

文部科学省 御中

令和4年度地球観測技術等調査研究委託事業「将来観測衛星にかかる技術調査」
最終報告書

2023年3月

株式会社デジタルプラスト

本報告書は、文部科学省の令和4年度地球観測技術等調査研究委託事業による委託業務として、株式会社デジタルブラストが実施した令和4年度地球観測技術等調査研究委託事業「将来観測衛星にかかる技術調査」の成果を取りまとめたものです。

目次

1. 本検討の目的と全体像	1
1.1 委託業務の題目	1
1.2 目的	1
1.3 タスク全体像	2
2. 実施タスク成果	4
2.1 観測データ利活用に関する調査	4
1) 本節における基本的な考え方	5
2) 代表的衛星の観測性能や構成等に関する調査	9
A) NASA (米国航空宇宙局) /NOAA (米国海洋大気庁) /USGS (米国地質調査所)	9
B) ESA (European Space Agency)	29
C) DMC (Disaster Monitoring Constellation)	76
D) Cygnss (Cyclone GNSS : サイクロン航行測位衛星システム)	77
E) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	79
F) 経済産業省	92
G) 気象庁	95
H) Planet Labs	97
I) Airbus Defense and Space 社	103
J) Maxar 社	110
K) Albedo Space Corp.社	114
L) GHOSSt (Global Hyperspectral Observation Satellite)	116
M) Axelspace Corporation 社 Axelglobe & すいせん	117
N) Astro Digital 社 Landmapper -HD	118
O) Astro Digital 社 Landmapper -BC	118
P) BlackSky Global 社 Blacksky	118
Q) Earth-i 社 Vivid-i	119
R) DMCii 社 DMC3	121
S) Hera Systems 社 1HOPSAT	121
T) Pixxel 社 Anand	122
U) Satellite Vu の計画する衛星	122
V) SatRevolution 社 Stork	123
W) Wyvern 社 DragonEye	123
X) Capella Space 社	123
Y) ICEYE 社	125
Z) EOSSAR	128
AA) PredaSAR 社 PredaSAR	129
BB) iQPS Inc.社 QPS-SAR	130
CC) SSTL 社 NovaSAR	130
DD) Synspective Inc.社 StriX	130

EE)	Umbra 社 Umbra-SAR.....	131
FF)	Satellogic 社.....	132
GG)	光学・SAR 以外の民間小型衛星コンステレーション.....	134
HH)	中国の地球観測衛星.....	159
ID)	ロシアの地球観測衛星.....	164
JJ)	L-band SAR 衛星の動向.....	167
KK)	IoT 衛星の動向.....	174
LL)	日本の民間環境観測衛星.....	179
3)	オンボード処理の動向.....	182
A)	オンボード処理の調査概要.....	182
B)	オンボード処理技術.....	182
C)	オンボード AI 処理.....	185
D)	オンボードプロセッサ.....	188
4)	地球観測衛星のデュアルユース.....	204
A)	COSMO-SkyMed (イタリア).....	204
B)	PAZ (SEOSAR/PAZ).....	211
C)	SSOT/FASat Charlie.....	212
5)	海外防衛機関による財務的支援の動向.....	214
A)	海外防衛機関による財務的支援の動向のサマリー.....	214
B)	米国の状況.....	214
6)	日本の強み・弱みの分析.....	218
A)	民間光学(可視光)コンステレーション.....	218
B)	民間 SAR 衛星コンステレーション.....	220
C)	光学(可視光)・SAR 以外の民間コンステレーション.....	221
D)	サイエンス分野の衛星.....	222
E)	強み・弱みの背景要因に関する考察.....	278
2.2	観測センサに関する調査.....	279
1)	本節における基本的な考え方.....	280
2)	各種センサーの代表例.....	282
A)	中解像度イメージャ.....	282
B)	高解像度イメージャ.....	287
C)	クロスナディア短波長サウンダー.....	291
D)	クロスナディア赤外サウンダー.....	292
E)	光学イメージャ.....	293
F)	広帯域放射収支計.....	293
G)	太陽放射照度計.....	294
H)	円錐型マイクロ波放射計.....	294
I)	クロストラック型マイクロ波放射計.....	295
J)	リムサウンダー.....	295
K)	ライダー.....	296

L)	雲/降雨レーダー	296
M)	マイクロ波散乱計	297
N)	マイクロ波高度計	297
O)	GNSS 電波掩蔽観測	298
P)	合成開口レーダー (SAR)	300
Q)	重力センシング	301
3)	その他の地球観測技術	302
A)	GNSS-R	302
B)	AIS	305
C)	衛星 IoT	306
4)	グラフェンについて	307
A)	概要	307
B)	開発事例	308
5)	日本の弱み・強みの分析	310
2.3	センサフュージョンに関する調査	311
1)	本節における基本的な考え方	312
2)	本検討におけるセンサフュージョンの定義	313
3)	低次元プロダクトのフュージョン	314
A)	概況	314
B)	事例：Harmony ミッション (ESA)	314
C)	事例：BIOMASS/NISAR/GEDI ミッション	317
4)	Pixel Level Fusion	318
A)	概況	318
5)	Feature Level Fusion/Decision Level Fusion	321
A)	概況	321
B)	事例：Phi-sat ミッションにおける FMPL-2	324
C)	事例：高頻度船舶検出サービス (スカパーJSAT 社)	326
6)	日本の強み・弱みの分析	327
7)	まとめ	328
A)	センサフュージョンの付加価値	328
B)	本調査と定常調査から得られる国内の将来地球観測衛星に対する示唆	329
2.4	新しい宇宙観測サービスに関する調査	330
1)	本節における基本的な考え方	331
2)	利用シーンおよび Tip&Cue の付加価値	331
A)	Palantir 社	332
B)	MAXAR Technologies 社 (旧デジタルグローブ社)	334
C)	Planet 社	336
D)	ICEYE 社	337
E)	Ursa Space Systems 社	338
F)	Orbital Insight 社	339
3)	キーとなる技術課題	340
4)	その他の課題	343
5)	日本の強み・弱みの分析	344

2.5 観測データの地上処理に関する調査.....	345
1) 本節における基本的な考え方.....	346
2) キーとなる技術.....	346
A) パンシャーブン/Unmixing.....	346
B) 最近傍法.....	347
C) 辞書学習.....	348
D) SRCNN.....	348
E) 3D 再構成.....	349
F) Explainable AI (説明可能な AI)	349
3) キーとなる技術課題.....	351
A) 教師データの不足.....	351
B) リモートセンシング処理の特殊性.....	351
4) AI 技術を利用している企業.....	352
A) up42 (ドイツ)	352
B) MAXAR(米国).....	356
C) SpaceKnow (米国)	356
D) シャープと Tellus (日本)	356
E) 【超解像の参考】 Solafune と日本マイクロソフト.....	356
5) (参考) PolSAR による水漏れ検知.....	357
2.6 定常調査・動向分析.....	358
1) IGARSS.....	358
2) Small Satellite Conference.....	358
3) World Satellite business week.....	359
4) AGU.....	360
5) EOcafe.....	361
2.7 適時調査・事実確認.....	362
1) 国内外の宇宙関係スタートアップ企業一覧 (2022年8月19日)	362
2) 国内外の宇宙関係スタートアップ企業の推移 (2022年8月19日)	362
3) 災害観測のリードタイム (2022年11月29日)	365
2.8 研究開発に関する戦略マップ (案) のとりまとめ.....	366
1) 戦略マップ構築における基本的な考え方.....	366
2) 地球観測衛星に対するユーザーニーズ調査.....	367
A) 概要.....	367
B) 手法.....	367
C) 解析結果.....	369
3) Gap 分析.....	377
A) 概要.....	377
B) 空間分解能 (平面)	377
C) 時間分解能.....	378
D) レイテンシー.....	379
E) アーカイブ量.....	380
F) Gap 分析のまとめ.....	381
4) 戦略マップ.....	382
5) アクションプラン.....	384

3. 調査結果のとりまとめ	386
---------------------	-----

図表目次

図表 1	業務の基本的な考え方	1
図表 2	タスクの全体像	2
図表 3	各タスクの地球観測バリューチェーン上での位置づけ	3
図表 4	調査対象衛星リスト	6
図表 5	NISAR Science Data Processing System の説明	10
図表 6	NISAR 概要	11
図表 7	NISAR 利用スキーム	13
図表 8	NISAR 地上局	13
図表 9	Landsat 1-3 概要	14
図表 10	Landsat 4-5 概要	15
図表 11	Landsat 7 概要	16
図表 12	Landsat 8 概要	17
図表 13	Landsat 9 概要	18
図表 14	NASA 地球観測ミッションの全体像	20
図表 15	TROPICS 概要	20
図表 16	TROPICS の観測波長帯	22
図表 17	TROPICS ミッション紹介	22
図表 18	JPSS-2 概要	23
図表 19	SWOT 概要	25
図表 20	EMIT 概要	27
図表 21	EMIT スペック概要	27
図表 22	EMIT ミッション紹介	28
図表 23	Sentinal 1A~1D 概要	29
図表 24	Sentinal 2A~2D 概要	30
図表 25	Sentinal 3A~3D 概要	31
図表 26	Sentinel-4 概要	33
図表 27	Sentinel-5P (Precursor) 概要	34
図表 28	Sentinel-5 概要	35
図表 29	Sentinel-6 概要	37
図表 30	Cornicus Sentinal Expansion mission 概要	39
図表 31	CHIME 概要	40
図表 32	Phi-week2021 における CHIME 報告	42
図表 33	CIMR 概要	43
図表 34	CO2M 概要	45
図表 35	CRISTAL 概要	47
図表 36	LSTM 概要	49
図表 37	LSTM の観測波長帯	50

図表 38	ROSE-L 概要.....	51
図表 39	検討されている Next Generation ミッション.....	53
図表 40	コペルニクスプログラムのスケジュール (2020 年 7 月時点)	54
図表 41	GOCE 概要.....	55
図表 42	GOCE の精度・空間分解能.....	56
図表 43	SMOS 概要.....	57
図表 44	CryoSat 概要.....	59
図表 45	Swarm 概要	60
図表 46	ADM-Aeolus 概要	61
図表 47	EarthCARE 概要	63
図表 48	EarthCare の概観.....	64
図表 49	Biomass 概要	65
図表 50	FLEX 概要	66
図表 51	FORUM 概要	68
図表 52	Harmony 概要.....	69
図表 53	Harmony と Sentinel-1 の連携イメージ	70
図表 54	Earth Explorer 11 のミッション候補	71
図表 55	Arctic Weather Satellite 概要.....	72
図表 56	AWS 観測波長帯	74
図表 57	AWS 概要	75
図表 58	DMC 3 概要.....	76
図表 59	Cygnss 概要	77
図表 60	Cygnss イメージ.....	78
図表 61	ALOS-2 の概要	79
図表 62	ALOS-3 の概要	80
図表 63	ALOS-4 の概要	82
図表 64	EarthCare の概要.....	83
図表 65	GCOM-C の概要	85
図表 66	GCOM-W の概要	86
図表 67	GOSAT の概要.....	87
図表 68	GOSAT-2 の概要.....	89
図表 69	GOSAT-GW の概要.....	90
図表 70	ASNARO-1 の概要.....	92
図表 71	ASNARO-2 の概要.....	93
図表 72	ひまわり 8・9 号の概要.....	95
図表 73	ひまわり 8・9 号のバンドの概要	96
図表 74	Planet の顧客イメージ	97
図表 75	Planet 社 PlanetScope (FLOCK, Dove) 概要.....	98

図表 76	Planet 社 FLOCK (Dove, PlanetScope) ビジネススキーム	99
図表 77	Planet 社 SkySat 概要	100
図表 78	Planet 社 SkySat ビジネススキーム	101
図表 79	国別の nanosatellite 打ち上げ実績	102
図表 80	Airbus D&S 社 Pleiades NEO 概要	103
図表 81	Airbus D&S 社 Pleiades NEO ビジネススキーム	105
図表 82	Airbus D&S 社 CO3D 概要	106
図表 83	Airbus D&S 社 CO3D ビジネススキーム	107
図表 84	Airbus D&S 社 GO3S 概要	108
図表 85	Maxar 社 WorldView Legion 概要	110
図表 86	Maxar 社 WorldView Legion ビジネススキーム	112
図表 87	Maxar 社 SCOUT 概要	113
図表 88	Albedo の計画する衛星	114
図表 89	GHOSt 概要	116
図表 90	GHOSt のイメージ	117
図表 91	Axelspace Corporation 社 Axelglobe & すいせん概要	117
図表 92	Astro Digital 社 Landmapper-HD 概要	118
図表 93	Astro Digital 社 Landmapper-BC 概要	118
図表 94	BlackSky Global 社 Blacksky 概要	119
図表 95	Earth-i 社 Vivid-i 概要	119
図表 96	DMCii 社 DMC3 概要	121
図表 97	Hera Systems 社 1HOPSAT 概要	121
図表 98	Pixxel 社 Anand 概要	122
図表 99	Satellite Vu の計画する衛星概要	122
図表 100	SatRevolution 社 Stork 概要	123
図表 101	Wyvern 社 DragonEye	123
図表 102	Capella Space 社 Capella X-SAR 概要	124
図表 103	Capella Space 社 Capella X-SAR ビジネススキーム	125
図表 104	ICEYE 社 ICEYE X-SAR 概要	126
図表 105	ICEYE 社 ICEYE X-SAR ビジネススキーム	127
図表 106	EOSSAR 概要	128
図表 107	EOSSAR 観測性能 (目標)	129
図表 108	PredaSAR 社 PredaSAR 概要	129
図表 109	iQPS Inc.社 QPS-SAR 概要	130
図表 110	SSTL 社 NovaSAR 概要	130
図表 111	Synspective Inc.社 StriX 概要	131
図表 112	Umbra 社 Umbra-SAR 衛星概要	131
図表 113	Satellologic 社 NuSat 概要	132

図表 114	Satellogic 社 NuSat ビジネススキーム	133
図表 115	Phi-week2021 におけるメタン観測衛星の整理	135
図表 116	GHGSat 社 GHGSat 概要.....	135
図表 117	GHGSat 社 GHGSat ビジネススキーム.....	137
図表 118	Bluefield Technologies 社 COOL 概要	138
図表 119	Bluefield Technologies 社 COOL ビジネススキーム	139
図表 120	MethaneSAT 社 MethaneSat 概要	140
図表 121	MethaneSAT 社 MethaneSat ビジネススキーム	141
図表 122	Planet 社が計画する GHG 観測衛星 Tanager 概要.....	142
図表 123	Orbital Micro Systems 社 GEMS 概要	143
図表 124	Orbital Micro Systems 社 GEMS ビジネススキーム	144
図表 125	Care Weather 社 Hatchling Veery 概要	145
図表 126	Care Weather 社 Hatchling Veery ビジネススキーム.....	146
図表 127	Tomorrow.io 社 Operation Tomorrow Space 概要.....	147
図表 128	Tomorrow.io 社 Operation Tomorrow Space ビジネススキーム.....	148
図表 129	Spire Global 社 Lemur 概要.....	149
図表 130	Spire Global 社 Lemur ビジネススキーム.....	151
図表 131	Geooptics 社 CICERO 概要.....	151
図表 132	Geooptics 社 CICERO ビジネススキーム	153
図表 133	HawkEye360 衛星諸元.....	154
図表 134	HawkEwe360 の衛星概観	154
図表 135	UNSEENLABS 衛星の諸元.....	156
図表 136	BRO 衛星概観.....	157
図表 137	AMBER 衛星の概要	158
図表 138	宇宙白書で報告された地球観測衛星	160
図表 139	2021 年 10 月 1 日～12 月 31 日に打上げられた中国の地球観測衛星.....	161
図表 140	Gaofen (高分) 衛星 (打上げ)	162
図表 141	ロシアの主な地球観測衛星 (打上げ)	165
図表 142	諸外国の L-band SAR 衛星	167
図表 143	SAOCOM 概要.....	168
図表 144	NISAR 概要	169
図表 145	SDC の 5 つのフォーカスグループ	170
図表 146	Tandem-L 概要	171
図表 147	Tandem-L のイメージ	172
図表 148	ROSE-L 概要	172
図表 149	L-SAR 01 概要	173
図表 150	L-SAR 01A の試験と衛星データ受信風景	173
図表 151	IoT 衛星の種類.....	174

図表 152	主な IoT 衛星	175
図表 153	Swarm Technologies の衛星	178
図表 154	Kepler 衛星のイメージ (Kepler4)	178
図表 155	Fleet Space の衛星イメージ (パッチアンテナ)	178
図表 156	Tianqi 11	179
図表 157	Myriota 衛星のイメージ	179
図表 158	WNISAT-1R の諸元	180
図表 159	WNISAT-1R の概観	180
図表 160	ArkEdge Space の 6 U 衛星	181
図表 161	ALOS のデータ圧縮方式諸元	183
図表 162	主な市販オンボード・プロセッサの例	190
図表 163	Edge Computing Alliance のメンバー企業	192
図表 164	COSMO-SkyMed の諸元	204
図表 165	CSG の諸元	205
図表 166	e-GEOS が管理する地上設備 (Matera Space Center)	208
図表 167	COSMO-SkyMed の地上設備	208
図表 168	Cosmo SkyMed ユーザー	209
図表 169	ISI 衛星の諸元	210
図表 170	PAZ の諸元	211
図表 171	SSOT の諸元	212
図表 172	米国におけるインテリジェンス機関からの資金提供	215
図表 173	民間光学 (可視光) コンステレーションのポジション	218
図表 174	民間光学 (可視光) コンステレーションの利用シーンとの関係イメージ	219
図表 175	民間 SAR コンステレーションのポジション	220
図表 176	民間 SAR コンステレーションのポジションと主な利用用途の関係	221
図表 177	日本の衛星のプレゼンスが高い物理量 (濃黄は日本のシェアが 20%以上、薄黄は 10% ~20%)	222
図表 178	Biomass 計測に優位な衛星	223
図表 179	Precipitation Intensity at surface(liquid or solid)計測に優位な衛星	224
図表 180	Land surface topography 計測に優位な衛星	225
図表 181	Sea-Ice cover 計測に優位な衛星	226
図表 182	Sea-Ice elevation 計測に優位な衛星	231
図表 183	Snow water equivalent 計測に優位な衛星	232
図表 184	Land cover 計測に優位な衛星	235
図表 185	H2O 計測に優位な衛星	237
図表 186	Vegetation type 計測に優位な衛星	239
図表 187	NDVI 計測に優位な衛星	242
図表 188	Cloud cover 計測に優位な衛星	244

図表 189	Fire fractional cover 計測に優位な衛星	248
図表 190	Sea surface temperature 計測に優位な衛星	250
図表 191	Ice sheet topography 計測に優位な衛星.....	252
図表 192	Soil moisture 計測に優位な衛星	253
図表 193	CO2 計測に優位な衛星	255
図表 194	CH4 計測に優位な衛星.....	257
図表 195	Aerosol effective radius 計測に優位な衛星	259
図表 196	Aerosol Optical Depth 計測に優位な衛星	263
図表 197	Height of the top of PBL 計測に優位な衛星.....	267
図表 198	Land surface temperature 計測に優位な衛星	269
図表 199	O3 計測に優位な衛星.....	271
図表 200	Wind vector (near surface)計測に優位な衛星	273
図表 201	Atmospheric temperature 計測に優位な衛星	275
図表 202	EOS Handbook でのセンサ分類	280
図表 203	打ち上げ (予定含む) 年次別のセンサーの種類の数.....	281
図表 204	中解像度イメージャセンサーのリスト.....	282
図表 205	高解像度イメージャセンサーのリスト.....	287
図表 206	Albedo のセンサースペック (可視光)	290
図表 207	Albedo のセンサースペック (熱赤外線)	290
図表 208	クロスナディア短波長サウンダーのリスト	291
図表 209	クロスナディア赤外サウンダーのリスト.....	292
図表 210	光学イメージャのリスト.....	293
図表 211	クロスナディア短波長サウンダーのリスト	293
図表 212	太陽放射照度計のリスト.....	294
図表 213	円錐型マイクロ波放射計のリスト	294
図表 214	クロストラック型マイクロ波放射計のリスト.....	295
図表 215	リムサウンダーのリスト	295
図表 216	ライダーのリスト	296
図表 217	雲/降雨レーダーのリスト	296
図表 218	マイクロ波散乱計のリスト.....	297
図表 219	マイクロ波高度計のリスト.....	297
図表 220	GNSS 電波掩蔽観測のリスト.....	298
図表 221	GNSS 電波掩蔽観測の仕組.....	299
図表 222	GeoOptics 社衛星の特徴.....	299
図表 223	合成開口レーダーのリスト.....	300
図表 224	重力センシングのリスト.....	301
図表 225	GNSS-R の概念図.....	302
図表 226	Satlab A/S 社の LEO 衛星用 AIS Receiver	305

図表 227	Hoenywell 社の AIS-MS03	306
図表 228	グラフェンのイメージと他の炭素素材との違い	307
図表 229	グラフェンの特徴	307
図表 230	グラフェンの変遷	308
図表 231	センサー種類ごとの日本保有衛星のプレゼンス	310
図表 232	データ処理レベル毎のセンサフュージョンの分類	313
図表 233	IGARSS 2022 におけるセンサフュージョンアルゴリズム研究の国別発表数	313
図表 234	Harmony 衛星の構成.....	315
図表 235	Harmony ミッションの目的.....	315
図表 236	HLIX 構成の概略図	316
図表 237	MAAP の概略図	318
図表 238	パンシャープニングの概略図	319
図表 239	熱バンドとパンクロマティック画像の融合の例	320
図表 240	Unmixing の概略図	321
図表 241	Linear Unmixing と Non-Linear unmixing.....	321
図表 242	Feature Level Fusion における CNN 活用例.....	322
図表 243	光学画像と SAR 画像の融合による変化検知の例	323
図表 244	FMPL-2 の概要.....	324
図表 245	GNSS-R および L バンド MWR を用いた海氷の予測精度向上	325
図表 246	高頻度船舶検出サービスポータルイメージ	326
図表 247	センサフュージョンの付加価値、および社会的／科学的インパクト	328
図表 248	Tip&Cue による船舶の追跡イメージ	331
図表 249	MetaConstellation の概要.....	333
図表 250	Crow's Nest の概要.....	334
図表 251	MAXAR と Earthcube の連携.....	335
図表 252	WorldView Legion の概要	335
図表 253	Planet 社のサービス概要（再掲）	336
図表 254	ICEYE 社が提供する浸水深モデル	337
図表 255	Ursa Space Sytems の Tip&Cue 概要	338
図表 256	Orbital Insight 社のサービス概要	339
図表 257	処理の流れ	341
図表 258	Space Compass 社の宇宙データセンタ概要.....	343
図表 259	ニューラルネットワークによる画像分類のイメージ.....	347
図表 260	画像拡大したときの最近傍法による補間イメージ	348
図表 261	Super-Resolution Convolutional Neural Network	349
図表 262	論文検索サイト「arXiv」における「Explainable AI」の検索ヒット数.....	350
図表 263	各 Topic の要素割合	351
図表 264	超解像画像の比較	352

図表 265	PolSAR により水漏れ検出結果	357
図表 266	企業数上位 8 か国の代表企業	362
図表 267	企業数上位 8 か国の代表企業	363
図表 268	上場済み企業の年間売上高	364
図表 269	代表的スタートアップのまとめ	364
図表 270	災害発生時の緊急観測データ提供にかかる時間	365
図表 271	2.1～2.7 の調査結果のとりまとめ	366
図表 272	コペルニクスプログラムのユーザーニーズ調査における市場領域ごとの回答者数の分布	367
図表 273	本節における分析対象の抽出結果	368
図表 274	環境/汚染/気候における各ニーズのヒストグラム	369
図表 275	海事における各ニーズのヒストグラム	370
図表 276	教育・研究における各ニーズのヒストグラム	371
図表 277	地域計画における各ニーズのヒストグラム	373
図表 278	農業における各ニーズのヒストグラム	374
図表 279	森林における各ニーズのヒストグラム	375
図表 280	空間分解能に関する市場領域別のニーズと衛星スペックの関係	377
図表 281	時間分解能に関する市場領域別のニーズと衛星スペックの関係	378
図表 282	レイテンシーに関する市場領域別のニーズ	379
図表 283	アーカイブ量に関する市場領域別のニーズ	380
図表 284	PlanetScope における再訪時間のヒストグラム	381
図表 285	戦略マップ	382
図表 286	戦略マップを基にしたアクションプランの基本的な考え方	384
図表 287	アクションプランに関するレコメンデーション	385

1. 本検討の目的と全体像

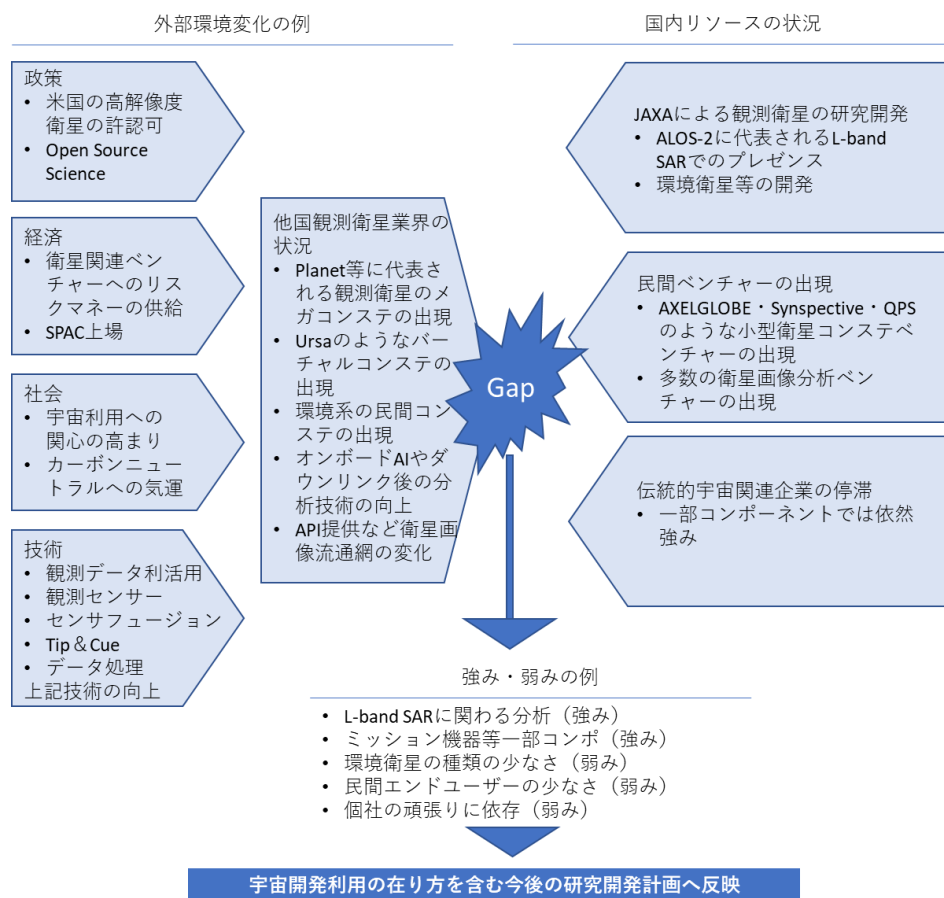
1.1 委託業務の題目

- 将来観測衛星にかかる技術調査

1.2 目的

- 地球観測衛星は、防災・農業・気候変動など、様々な地上の社会課題に対し、ソリューションを提供し始めている。ますます注目を集める地球観測衛星であるが、小型衛星やコンステレーションの利用の増加や、民間アクターの活躍、分析技術の発展など、その構造は大きな転換期を迎えている。
- 文部科学省殿は宇宙開発利用を国家戦略の1つとして推進しており、上述した転換期を踏まえながら今後の宇宙開発利用の在り方および観測衛星の研究開発計画を検討する必要がある。
- 特に観測衛星の研究開発計画を立案するためには、衛星に関する政策的・経済的・社会的・技術的な外部環境変化を導出すると共に、わが国観測衛星やそれに関連する分析技術等の強み・弱みを把握し、外部の変化と内部の状況のギャップを把握する必要がある。
- 上記の背景に伴い、本業務の目的を、観測衛星にまつわる外部環境変化とそれに伴う国内リソースの強み・弱みを分析し、外部の変化と国内リソースのギャップを埋めるに資する観測衛星の研究開発立案への示唆を得ることと設定する。

図表 1 業務の基本的な考え方



Source) DB 作成

1.3 タスク全体像

- 主なタスクの全体像は下記のとおりである。
- 調査手法は、デスクトップ調査・Seradata や Crunchbase 等のデータベース分析・国際会議出席・インタビュー・メール照会などで検討の基礎となるデータを収集した。
- 今後、事務局ディスカッションを経て、研究開発に関する戦略マップ（案）をとりまとめる予定である。

図表 2 タスクの全体像

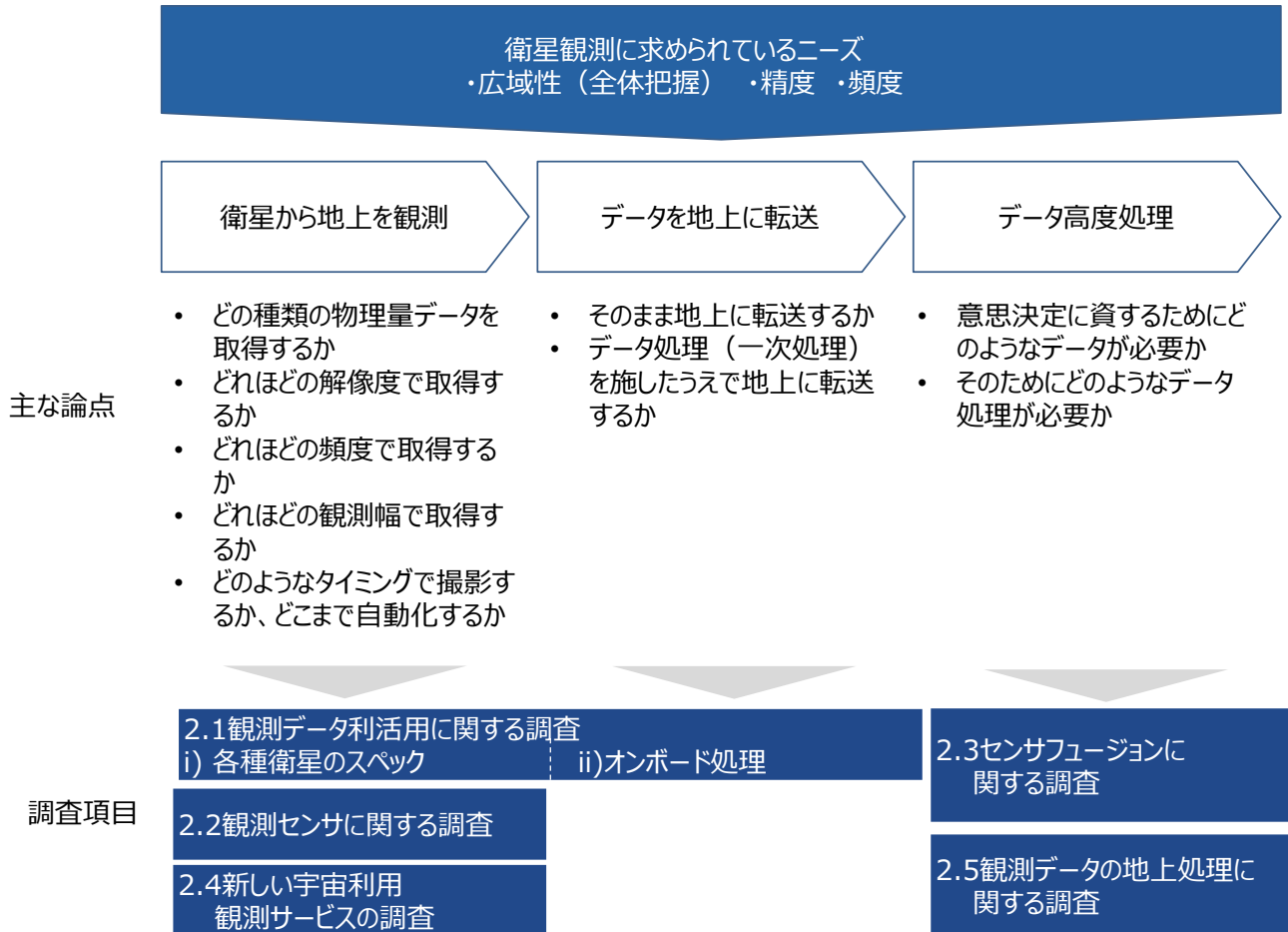
タスク分類	タスク内容・論点	手法
観測データ利活用に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> • どのような衛星・オンボード処理が近年開発されているか • どのタイプのエンドユーザー・ユースケース等を軸に強み・弱みを比較するか 	<ul style="list-style-type: none"> • 当社の既存知見整理・JAXA調査・内閣府調査・経営コンサル案件 • デスクトップ調査 • 海外市場レポート購入 • データベース分析・SeraData・Crunchbase、など • 国際会議出席 • インタビュー・メール照会 • 事務局ディスカッション
観測センサに関する調査	<ul style="list-style-type: none"> • 2016年TF報告書以降、どのようなセンサが新規に開発されているか、わが国の強みはどこにあるか • グラフェンがどれほど各国で開発・流通しているか 	
センサフュージョンに関する調査	<ul style="list-style-type: none"> • どの処理レベルのデータを融合させるのか • 付加価値はどこにあるのか • ステークホルダー間の調整をどのように行うのか 	
新しい宇宙利用観測サービスの調査	<ul style="list-style-type: none"> • Tip&Cueの付加価値やキーとなる技術はどのようなものか？また、その実態はどのようなものか 	
観測データの地上処理に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> • AI処理の現状、異なるアルゴリズム、超解像に関する動向はどのようなものか • それらの付加価値は何か？ 	
その他外部環境変化に関する調査 (定常調査・動向分析・適時調査・事実確認)	<ul style="list-style-type: none"> • 地球観測分野でどのようなスタートアップが近年出てきているか • 国際会議でどのようなことが議論されているか 	
研究開発に関する戦略マップ（案）のとりまとめ	<ul style="list-style-type: none"> • 我が国の観測衛星の研究開発はどこを目指すのか • そのためどのような要素技術や研究体制が必要か 	



Source) DB 作成

- 衛星から地上を観測→データを地上に転送→データを高度処理する、という流れで各タスクを位置付けると下図表の通りとなる。

図表 3 各タスクの地球観測バリューチェーン上での位置づけ



2. 実施タスク成果

2.1 観測データ利活用に関する調査

サマリー

- 米国は NASA を始めとして今後も多くの衛星ミッションを保有している。他方、光学衛星や SAR 衛星など民間で開発できるものは積極的に民間に開発を移管している。そのため、Planet や Umbra など有力企業が育っており、ICEYE といった外資の企業ともコワークを始めている。
- ESA はコペルニクスプログラムの強化を今後も実施する予定となっている。一方で、民間ベンチャー向けにビジネスコンテストや中小企業向け支援プログラムなどのキャッシュを提供している。
- 民間ビジネスでは光学や SAR の衛星コンステレーションが主流となっているが、CH4などを観測する環境衛星コンステレーションも出始めてきている。
- 我が国も光学・SAR 衛星コンステレーションを構築しようとしている民間ベンチャーが複数存在する。また、物理量ベースで見ると、いくつかの分野では世界的にも優位な衛星を保有しており、この分野の死守が求められる。
- 強み・弱みの原因は様々あるが、過去の宇宙向け予算の多寡、宇宙ベンチャーの資金調達環境、民間セクターからの需要などが大きな要因として考えられる。

1) 本節における基本的な考え方

- 本節では、地球観測を行う衛星を調査し、各種衛星のスペックを把握する。そのうち、近年導入が始まっている衛星上でのオンボード処理についても、その概要と導入理由等を精査する。衛星単体での強み・弱みを把握するためには、どのような利活用シーンを想定した強み・弱みかを検討するのが肝要である。本節では、利活用シーンにつながるの強い観測物理量ごとの各種衛星の強みなどを考察し、どの物理量の観測において我が国衛星が強みをもつかを検討した。

- 調査対象とする地球観測衛星は、次頁の通りである。以下の基準により抽出した。
 - 米国・欧州等の各国宇宙機関が保有・運営する地球衛星衛星およびコンステレーションのうち、代表的な既存/新規計画
 - 米国・欧州・日本等の民間企業が保有・運営する光学・SAR・それ以外（環境観測等）衛星のうち、代表的な既存/新規計画
 - 中国・ロシアにより保有・運営される地球観測衛星およびコンステレーション

図表 4 調査対象衛星リスト

機数の定義

- ・ 既存: 打上済
- ・ 予定(確定): 打上年等のある程度具体性を帯びた計画 (Seradata でも打上年度が記載ある/自社ウェブサイト等で具体的な計画として公開されているレベル)
- ・ 将来計画: 打上年も定まっていない将来目標(企業等が将来目標数値として掲げるビジョンの水準)

推進主体	宇宙機関・企業等	衛星プロジェクト/衛星名	タイプ/目的	軌道	機数			
					計	既存	予定	将来計画
海外宇宙・公的機関	(A) NASA/NOAA/USGS	i. - NISAR	SAR	太陽同期準回帰 ドーンダスク軌道	1	-	1	-
		ii. - Landsat - Landsat-1/2/3	光学	太陽同期準回帰	各 1	各 1	-	-
		Landsat - Landsat-4/5	光学	太陽同期準回帰	各 1	各 1	-	-
		Landsat - Landsat-7	光学	太陽同期準回帰	1	1	-	-
		Landsat - Landsat-8	光学	太陽同期準回帰	1	1	-	-
		Landsat - Landsat-9	光学	太陽同期準回帰	1	1	-	-
		iii. - Earth System Observatory 計画 - : TROPICS	SAR	太陽非同期軌道	4	-	4	-
		- : JPSS-2	SAR	太陽同期軌道	5	3	2	-
		- : SWOT	SAR	太陽非同期軌道	1	1	-	-
	- : EMIT	光学	ISS/地球低軌道	1	1	-	-	
	(B) ESA	i. - Copernicus Sentinel シリーズ - Sentinel 1A-1D	SAR	太陽同期準回帰 ドーンダスク軌道	4	2	2	-
		- Sentinel 2A-2D	光学	太陽同期軌道	4	2	2	-
		- Sentinel 3A-3D	SAR	太陽同期軌道	4	2	2	-
		- Sentinel-4	光学	静止軌道	1	-	1	-
		- Sentinel-5P	光学	太陽同期軌道	1	1	-	-
		- Sentinel-5	光学	太陽同期軌道	1	-	1	-
		- Sentinel-6	SAR	非太陽同期軌道	2	1	1	-
		ii. - Copernicus Sentinel Expansion - ①: CHIME	光学	太陽同期軌道	2	-	2	-
		- ②: CIMR	SAR	太陽同期極軌道	2	-	2	-
		- ③: CO2M	SAR	太陽同期軌道	2	-	2	-
		- ④: CRISTAL	SAR	Drifting orbit	2	-	2	-
		- ⑤: LSTM	SAR	太陽同期軌道	2	-	2	-
		- ⑥: ROSE-L	SAR	極軌道	2	-	2	-
		iii. - Copernicus Sentinel Next Generation	-	-	-	-	-	-
iv. - ESA Earth Explorer - ①: GOCE		重力	太陽同期軌道	1	1	-	-	
- ②: SMOS	SAR	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-		
- ③: CryoSat	SAR	太陽非同期軌道	1	1	-	-		
- ④: Swar	磁場	太陽非同期軌道	5	5	-	-		
- ⑤: ADM-Aeolus	光学	太陽同期ドーンダスク軌道	1	1	-	-		
- ⑥: EarthCARE	光学	太陽同期準回帰軌道	1	-	1	-		
- ⑦: Biomass	SAR	太陽同期ドーンダスク軌道	1	-	1	-		
- ⑧: FLEX	光学	太陽同期軌道	1	-	1	-		

推進主体	宇宙機関・企業等	衛星プロジェクト／衛星名	タイプ／目的	軌道	機数			
					計	既存	予定	将来計画
		- ◎: FORUM	光学	太陽同期軌道	1	-	1	-
		- ◎: Harmony	SAR	不明	2	-	2	-
		- ◎: Earth Explorer 候補	-	-	>4	-	-	>4
		vi. - Arctic Weather Satellite	SAR	極軌道	16	-	1	15
	(C) DMC	DMC-1/DMC-3 (複数国参加)	光学	太陽同期軌道	8	8	-	-
	(D) Cygnss	Cygnus	光学/測位	地球低軌道	8	8	-	-
国内宇宙・公的機関	(E) JAXA	ALOS-2	SAR	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-
		ALOS-3	光学	太陽同期準回帰軌道	1	-	1*	-
		ALOS-4	SAR	太陽同期準回帰軌道	1	-	1	-
		EarthCARE	光学	太陽同期準回帰軌道	1	-	1	-
		GCOM-C	環境	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-
		GCOM-W	環境	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-
		GOSAT	環境	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-
		GOSAT-2	環境	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-
	GOSAT-GW	環境	太陽同期準回帰軌道	1	-	1	-	
	(F) METI	ASNARO-1	光学	太陽同期軌道	1	1	-	-
ASNARO-2		SAR	太陽同期準回帰軌道	1	1	-	-	
	(G) JMA(気象庁)	Himawari 8&9	光学	静止軌道	1	1	-	-
民間(光学/SAR)	(H) Planet Lab 社	i. - PlanetScope (FLOCK, Dove) シリーズ	光学	太陽同期軌道	147	147	-	-
		ii. - SkySat	光学	太陽同期準回帰軌道	15	15	-	-
	(I) Airbus 社	i. - Pleiades NEO	光学	太陽同期軌道	4	2	2	-
		ii. - CO3D	光学	太陽同期軌道	4	-	4	-
		iii. - GO3S	光学	静止軌道	3	-	-	3
	(J) Maxar 社	i. - World View Legion	光学	太陽同期軌道/中間傾斜軌道	6	-	6	-
		ii. - SCOUT	光学	太陽同期軌道	6	-	-	6
	(K) Albedo Space Corp.社	10cm 級高分解能の光学衛星	光学	VLEO	24	-	-	24
	(L) Global Hyperspectral Observation Satellite	GHOST	光学	太陽同期軌道	6	-	6	-
	(M) Axelspace Corporation	Axelglobe (GRUS)	光学	太陽同期軌道	14	5	6	3
(N) Astro Digital - Landmapper HD		光学	太陽同期軌道	20	-	-	20	
(O) Astro Digital - Landmapper BC		光学	太陽同期軌道	<10	-	-	<10	
(P) Blacksky Global	Blacksky	光学	太陽同期軌道	60	21	39	-	

推進主体	宇宙機関・企業等	衛星プロジェクト／衛星名	タイプ／目的	軌道	機数			
					計	既存	予定	将来計画
	(Q) Earth-i	Vivid-i	光学	太陽同期軌道	15	-	5	10
	(R) DMC ii	DMC3-FM1	光学	太陽同期軌道	4	4	-	-
	(S)Hera Systems	1HOPSAT	光学	太陽同期軌道	8	-	8	-
	(T) Pixel	Anand	光学	太陽同期軌道/ 中間傾斜軌道	不明	-	-	-
	(U)Satellite Vu	NA	光学	地球低軌道	7	-	2	5
	(V)SatRevolution	Stork	光学	太陽同期軌道	14	5	-	9
	(W) Wyvern	DragonEye	光学	不明	2	-	-	2
	(X)Capella Space 社	Capella X-SAR	SAR	太陽同期軌道	36	6	30	-
	(Y) ICEYE 社	ICEYE X-SAR	SAR	太陽同期軌道	21	21	-	-
	(Z) EOS Data Analytics Inc.	EOSSAR	SAR	太陽同期軌道	12	-	8	4
	(AA) PredaSAR	NA	SAR	太陽同期軌道/ 中間傾斜軌道	96	2	-	94
	(BB)QPS Research Institute	QPS-SAR	SAR	太陽同期軌道	36	2	3	31
	(CC) SSTL	NovaSAR	SAR	太陽同期軌道	36	1	-	35
	(DD) Synspective Inc.	StriX	SAR	太陽同期軌道	25	2	1	22
	(EE) Umbra	Umbra-SAR	SAR	極軌道	24	3	3	18
	(FF)Satellogic	NuSat	SAR	太陽同期軌道	300	17	223	60
民間 (光学/ SAR 以外)	i.-ⓄGHGSat 社	GHGSat	環境	太陽同期極軌道	10	6	3	1
	i.-Ⓞ Blue Field Technologies 社	COOL	環境	地球低軌道	22	-	2	20
	i.-ⓄMethaneSAT 社	MethaneSat	環境	太陽同期軌道	不明	-	-	-
	i.-ⓄPlanet Lab 社	Carbon Mapper	環境	太陽同期軌道	2	-	2	-
	ii.-ⓄOrbital Micro Systems 社	GEMS	環境	不明	50	1	-	49
	ii.-ⓄCare Weather 社	Hatchling Verry	環境	不明	50	2	-	48
	ii.-ⓄTomorrow.io 社	Operation Tomorrow Space	環境	不明	32	-	12	20
	iii.-ⓄSpire Global	Lemur	光学/ 測位	太陽同期極軌道	140	114	-	26
	iii.-ⓄGeoptics 社	CICERO	環境	低地球軌道	24	9	-	15
	iv. RF マッピング	Ⓞ - HawkEye360	測位	太陽同期極軌道	27	15	12	-
	Ⓞ - UNSEENLABS	測位	太陽同期極軌道	7	7	-	-	
その他 (中露)	(HH) 中国の地球観測衛星	複数の衛星案件	-	-	-	-	-	-
	(II) ロシアの地球観測衛星	複数の衛星案件	-	-	-	-	-	-
その他の衛星	(JJ) L-band SAR 衛星の動向	i. - SAOCOM	SAR	太陽同期軌道	6	6	-	-
		ii. - NISAR	SAR	太陽同期軌道	1	-	1	-
		iii. - Tandem-L	SAR	太陽同期ドーナズ軌道	2	-	2	-
		iv. - ROSE-L	SAR	極軌道	2	-	2	-
		v. - L-SAR(Ludi Tance)	SAR	太陽同期軌道	2	2	-	-
	(OO) IoT 衛星	複数の衛星案件						

出所) SeraData 社データベースおよび各社ホームページなど

※2023年3月1日時点

2) 代表的衛星の観測性能や構成等に関する調査

A) NASA (米国航空宇宙局) /NOAA (米国海洋大気庁) /USGS (米国地質調査所)

i. NISAR (NASA-ISRO SAR Mission)

- 2007年のDecadal Surveyと2010年のNASA Climate-Centric Architectureを受け、NASAではSARミッションが検討されていた。並行して、2014年の国際宇宙会議にてISROと、共同による将来の衛星ミッションの打ち上げ及び火星探査の共同ミッションに関し署名を行った¹。
- NISARは、こうした活動の中で生まれたNASAとISRO (Indian Space Research Organization, インド宇宙研究機関)による共同ミッションである。災害や地球規模の環境変化の観測を目的としており、二種のSARセンサ(L-bandおよびC-band)を用い、1cm未満の変化を測定し、地球を体系的にマッピングする計画としている²。2023年に打ち上げ予定³。
- JPL (Jet Propulsion Laboratory, ジェット推進研究所)は、本件に関し、ASF (Alaska Satellite Facility)と共に、SDS (NISAR Science Data Processing System)を構築する。衛星のローデータをインプットすると自動で処理済みのデータをアウトプットする仕組みとしており、クラウドを介して提供される⁴。
- SDSは1日に平均35Tbits (4.5TB)のローデータを取り込み、自動でL-SARのL0a、L0b、L1、L2データを導出する。ミッション中に2回のバルク再処理が行われ、迅速にデータがユーザーに提供される。データはASFが管理するNASAのDAAC (EOSDIS Distributed Active Archive Centers)からアクセスできるようになる。
- NISARは低容量のL2プロダクト・生データおよびSLC (Scan Line Corrector) データ⁵を、ASFを通じて提供する。ダウンロード、クラウドでの分析の双方を可能とする。科学者のワークフローに合わせた、使いやすいシステムの開発が今後は必要とされている。
- NISARの開発を担当するNASAのSDC (Surface Deformation and Change) 研究部門は、オープンフリー、国際パートナーシップ、オープンサイエンスなどのビジョンを持っており、NISARの開発方針にもこのように大きく反映されている。NISARは、2021年に発表された新ミッションNASA Earth System Observatoryの先駆けとして位置づけられている⁶。

¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

² <https://nisar.jpl.nasa.gov/>

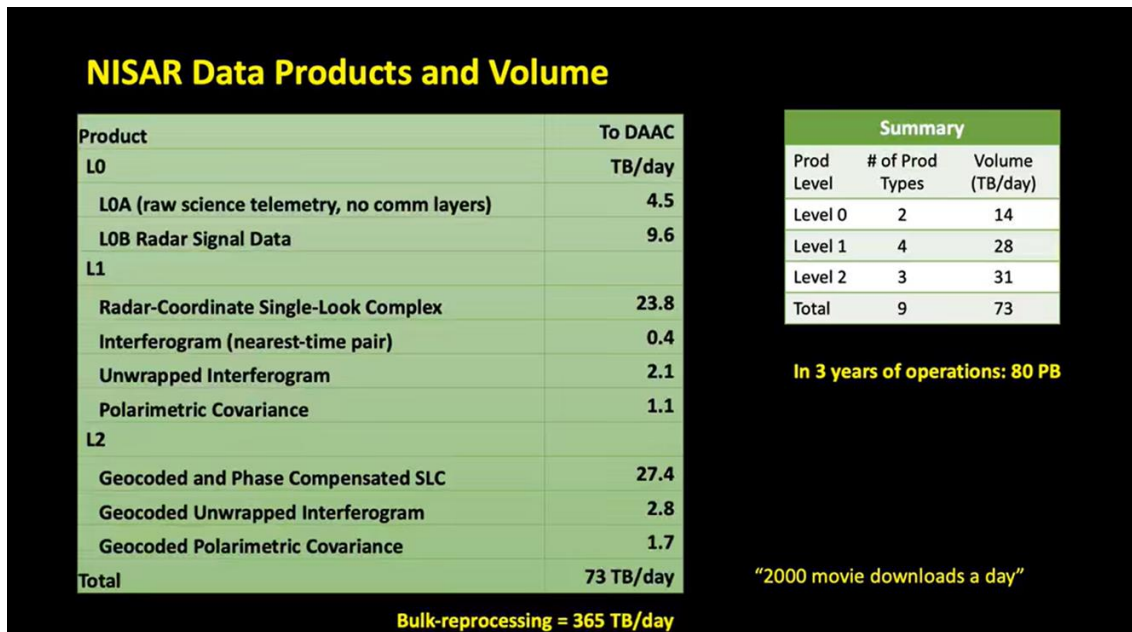
³ <https://nisar.jpl.nasa.gov/mission/quick-facts/>

⁴ AGU2021におけるJPLの報告「The NISAR-ASF Partnership: Thick as Thieves and Tied at the Hip for Open Science」より

⁵ SLCは合成開口レーダ(SAR)の画像フォーマットのひとつで、画像として認識できる振幅の情報に加え、位相の情報もあわせもつデータ(複素データ)のこと。通常、SARの干渉処理(InSAR)には、このSLCフォーマットのデータが使用される(出典:RESTEC)

⁶ AGU2021 SDCのセッションより

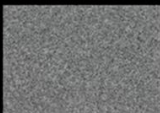
図表 5 NISAR Science Data Processing System の説明⁷



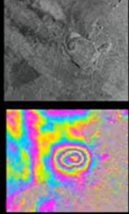
NISAR Science Data Processing System (SDS)

- **Ingest 35 Tbits (4.5 TB) of raw data per day on average**
- **Automatically generate L-SAR L0a, L0b, L1, and L2 science products**
- **Perform bulk reprocessing twice during mission**
- **Low-latency data available to users during operations**

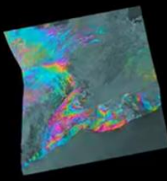
- SDS makes data available to NASA Distributed Active Archive Center (DAAC) managed by the Alaska Satellite Facility (ASF)
- ASF is the data interface to the science community *in perpetuity*



L0 Raw

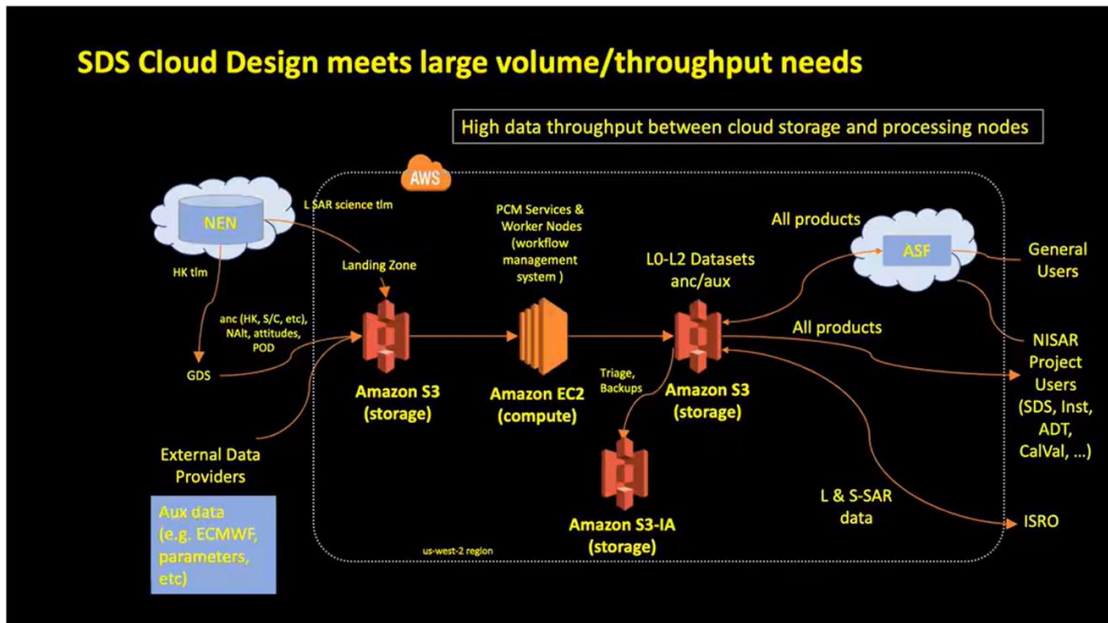


L1 in Radar Coordinates



L2 in Map Coordinates

⁷ AGU2021 における JPL の報告「The NISAR- ASF Partnership: Thick as Thieves and Tied at the Hip for Open Science」より



図表 6 NISAR 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 2024 年打ち上げ予定、NASA と ISRO の共同プロジェクト⁸ 世界初の 2 つの周波数を搭載するレーダーイメージング衛星 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<p>(科学)</p> <ul style="list-style-type: none"> 気候変動に対する氷床の反応と、海氷と気候の相互作用把握 森林、農業、湿地、永久凍土における炭素の貯蔵・吸収ダイナミクス把握 地震、火山噴火、地滑りの発生予測の判断 (アプリケーション) 地下水、炭化水素、CO2 貯留層のダイナミクスによる影響の把握 食糧安全保障の目的に沿った農業モニタリング能力の提供 緊急対応や災害軽減の可能性模索 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：NASA、ISRO
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者⁹： NASA/JPL：Lバンド SAR、高速通信サブシステム、直径 12m 展開型メッシュ反射鏡 (アンテナ)、GPS 受信機、solid-state データレコーダ、ペイロードデータサブシステムなど ISRO：S バンド SAR、衛星バス、打ち上げサービスなど 開発コスト：NASA のみで\$900m¹⁰
	打上	<ul style="list-style-type: none"> ISRO¹¹
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> NASA と ISRO がそれぞれ地上局を持つ。(Goddard Space Flight Center)¹²

⁸ <https://www.restec.or.jp/satellite/nisar>

⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/nisar>

¹⁰ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

¹¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/nisar>

¹² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

運用主体	<ul style="list-style-type: none"> NASA と ISRO¹³
データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：JPL のクラウド型生産管理システムが管理する SDS (science data system) を用いて処理。JPL でレベル 0 のデータからレベル 1、2 のデータに変換した後、科学チームがレベル 3 の地球物理学的なデータに変換¹⁴。SDS のソフトウェアやストレージは AWS によって提供される¹⁵。 蓄積・配布：データはアラスカの分散型アクティブアーカイブセンター (DAAC) が、AWS を利用して、オープンデータポリシーにのっとり公開する予定¹⁶
付加 価値 サービス 提供 ¹⁷	<ul style="list-style-type: none"> 突発的な地滑りや崩落を予知 地震や水災害、山火事、石油流出事故など、緊急対応に必要な情報の収集 海上の気象状況の収集 効率的な農業のための情報提供
主要 ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 研究者、政府などを想定
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：2,500-3,100kg¹⁸ 軌道：太陽同期準回帰ドーナズク軌道、98°¹⁹ 観測波長帯： L band 1,215～1,300 Hz (波長：24cm) S band 4～2 GHz (波長：12cm)²⁰ 観測幅:240km²¹ 空間分解能²²： Lband:7m (方位角)、3-48m (傾斜範囲) Sband:7m (方位角)、3-24m (傾斜範囲) 回帰日数：12 日²³ 通信リンク (ダウンリンク) <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク平均データ量：26Tbit/日 ダウンリンク帯域：Ka バンド (25.5～27.0 GHz) 1500MHz²⁴ データレート：4 Gbps (Coded Data Rates : 500, 1000, 2000Mpsps) 通信方式：QPSK (周波数利用効率：2.7bit/Hz)

¹³ <https://www.restec.or.jp/satellite/nisar>

¹⁴ https://nisar.jpl.nasa.gov/files/nisar/NISAR_Science_Users_Handbook.pdf

¹⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

¹⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

¹⁷ https://nisar.jpl.nasa.gov/applications/societal-benefit/?order=date+desc&per_page=50&page=0&search=&filter_categories%5B0%5D%5B%5D=204&fs=&fc=&ft=&dp=&category=204

¹⁸ Seradata 社 SpaceTrack データより

¹⁹ Seradata 社 SpaceTrack データより

²⁰ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

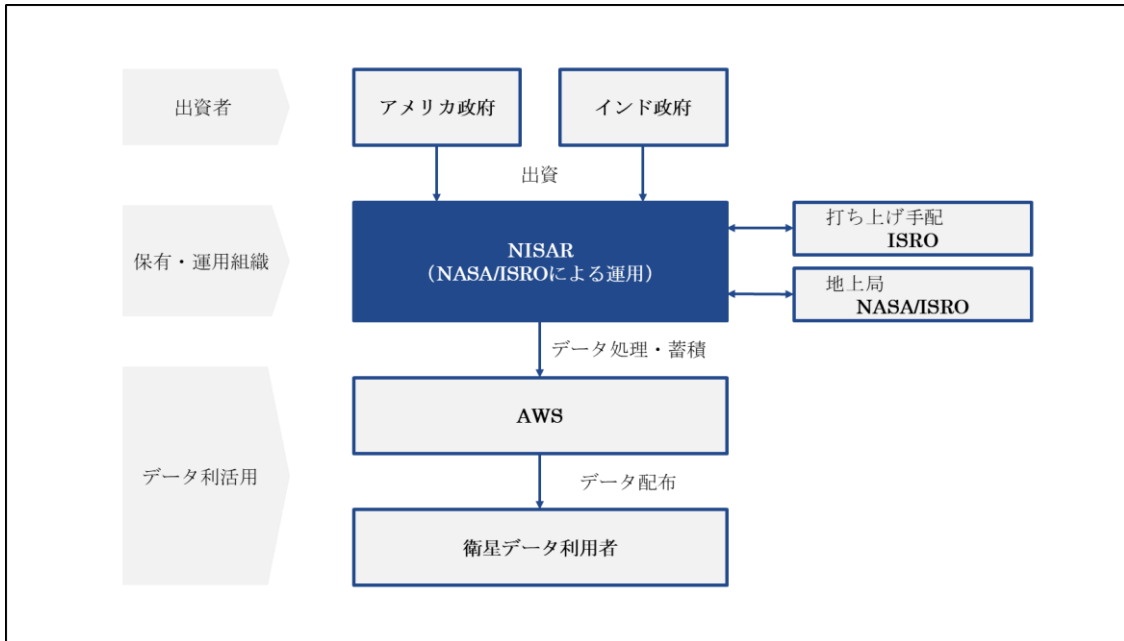
²¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/nisar>

²² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

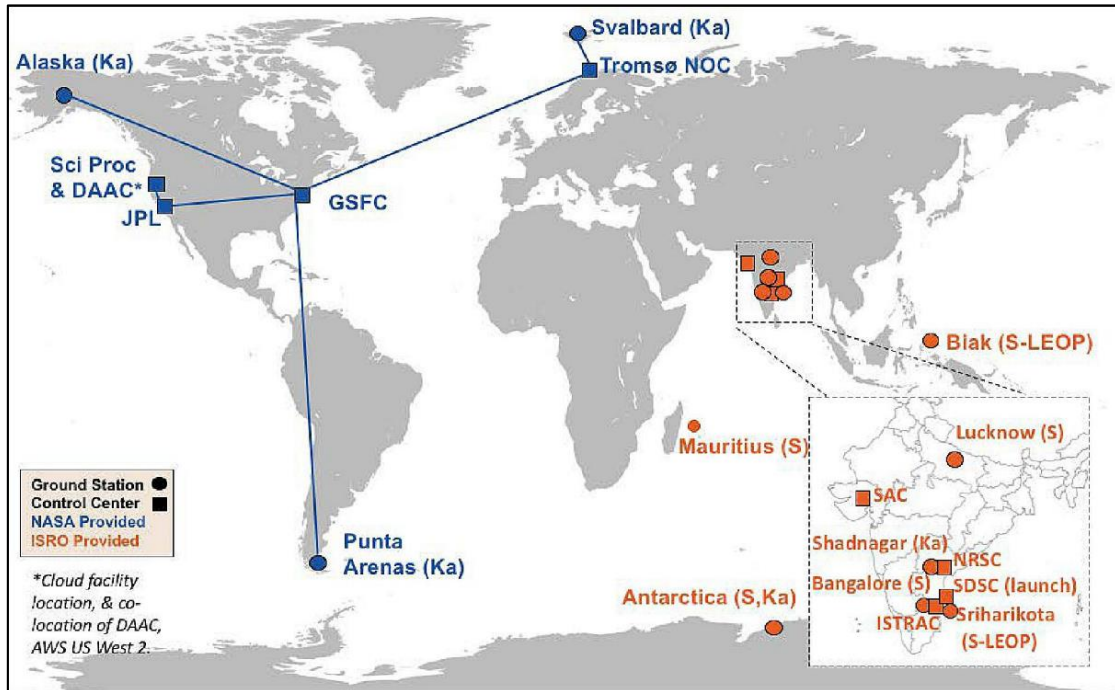
²³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

²⁴ https://www.kenkai.jaxa.jp/publication/event/2020/pdf/ws2020_05_07.pdf

図表 7 NISAR 利用スキーム



図表 8 NISAR 地上局²⁵



²⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

ii. Landsat シリーズ

- 米国が推進する、最も歴史の長い光学衛星コンステレーションの1つである。同衛星群より取得されるデータは、USGS（United States Geological Survey）を通じてオープンフリーに公開されている。2021年にLandsat-9を打ち上げている。

図表 9 Landsat 1-3 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 1号：1972年、2号：1975年、3号：1978年に打ち上げ済み • 世界初地球の大陸の研究と観測を目的とした地球観測衛星²⁶
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 農業、地質、森林、地域計画、教育、地図作成など陸域の中分解能データを収集
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：NASA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者²⁷： NASA：Data Collection System, World Reference System など RCA Astro-Electronics Division: Return Beam Vidicon Camera Raytheon Santa Barbara Remote Sensing: Multispectral Scanner • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • NASA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 1号: NASA、CCMEO、ESA • 2号: NASA、GA、INPE、CCMEO、ESA、JAXA/RESTEC、SANSА、ESA/SSC、GISTDA • 3号: NASA、GA、INPE、CCMEO、ESA、JAXA/RESTEC、ESA/SSC、GISTDA²⁸
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> • NASA（1979年からNOAA）²⁹
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 1W トランスポンダでデータの輸送 • NASAとUSGSでMSSデータの取得と配布を担っていた。 • 現在はEROS Data Center（EDC）によりパブリックドメインとしてデータが公開されている
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：953 kg³⁰ • 軌道：951km、太陽同期準回帰軌道 • 観測波長帯： band4 緑 500-600nm band5 赤 600-700nm band6 近赤外 700-800nm band7 近赤外 800-1,100nm

²⁶ <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-1/>

²⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/nisar>

²⁸ <https://landsat.usgs.gov/historical-international-ground-stations/>

²⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-1-3#launch>

³⁰ <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-1>

	<ul style="list-style-type: none"> 観測幅:185km 空間分解能: 80m 1画素あたり情報量: 8bits 運用期間: <ul style="list-style-type: none"> 1号: 1975-1978 2号: 1975-1983 3号: 1978-1983³¹ 回帰日数: 18日 約103分/1周回 通信リンク: 不明
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 10 Landsat 4-5 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 4号: 1982年、5号: 1984年に打ち上げ済み MSSとThematic Mapperを搭載 運用期間が最も長い地球観測衛星
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 地球資源、地表面及び環境監視 農林業、災害監視とアセスメント 雪氷域の図化
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者: NASA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者: <ul style="list-style-type: none"> NASA (開発) GE Astro Space (現在 Lockheed Martin Missiles & Space): MSS、GPS受信システムなど衛星の製造 Santa Barbara Research Center of Hughes Aircraft Company: Thematic Mapper³² 開発コスト: 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> NASA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 4号: NASA、CONAE、GA、INPE、CCMEO、AIR、CLIRSEN、AGEOS、ISRO、LAPAN、ESA、JAXA/RESTEC、DLR、CONABIO、SUPARCO、ScanEx、KASCT、SCRS、SANSA、ESA-INTA、ESA/SSC、EOSAT、GISTDA 5号: NASA、CONAE、GA、INPE、CCMEO、AIR、CLIRSEN、AGEOS、DLR、ISRO、LAPAN、ESA、JAXA/RESTEC、DLR、CONABIO、SUPARCO、ScanEx、KASCT、SCRS、SANSA、ESA-INTA、ESA/SSC、EOSAT、GISTDA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> USGS (1998まではNOAA) /NASA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 1985年から2001年まではEosatがデータの商業的配布を担っていた データが10年をすぎると一般公開された 現在はEROS Data Center (EDC)によりパブリックドメインとしてデータが公開されている

³¹ <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-1>

³² <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-4-5>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,200 kg³³ • 軌道：705km、太陽同期準回帰軌道 • 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> band1 青 450-520nm band2 緑 530-600nm band3 赤 630-690nm band4 近赤外 760-900nm band5 中間赤外 1,550-1,750nm band6 熱赤外 10,400-12,500nm band7 中間赤外 2,080-2,350nm • 観測幅:185km • 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> 熱赤外：120m それ以外：30m • 1画素あたり情報量: 8bits • 運用期間： <ul style="list-style-type: none"> 4号：1982-1993（運用中止:2001） 5号：1984-1983（運用中止:2012） • 回帰日数：16日 • 約99分/1周回 • 通信リンク：不明
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 11 Landsat 7 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 1999年に打ち上げ済み。ETM+センサを搭載 • 2003年からScan Line Correctorの故障よりデータの空白込みでデータ提供 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • これまでのLandsatデータと十分に首尾一貫したLandsatデータの連続性によりグローバル及びリージョナルな変化検知の特徴付に関する比較を可能にすること • 全陸地表面の雲なしが画像のアーカイブの繰り返しの取得と更新³⁴ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：NASA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者： <ul style="list-style-type: none"> NASA（開発） Lockheed Martin Missiles & Space: 衛星の製造 Raytheon Santa Barbara Remote Sensing: ETM+（Enhanced Thematic Mapper Plus） • 開発コスト：\$666 million
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • NASA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • NASA、CONAE、GA、INPE、CCMEO、AIR、DLR、ISRO、LAPAN、ESA、JAXA/RESTEC/HIT/HEETIC、DLR、SANSА、ESA-INTA、ESA/SSC、GISTDA、UPR
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • USGS/NASA

³³ <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-5>

³⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/landsat-7.html>

データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 1985年から Eosat がデータの商業的配布を担っていた 2001年に USGS が商業的配布を担い、1 シーン\$600 で販売 2008年から無料 現在は EROS Data Center (EDC) によりパブリックドメインとしてデータが公開されている
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：2200 kg 軌道：705km、太陽同期準回帰軌道 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> band1 青 450-520nm band2 緑 530-610nm band3 赤 630-690nm band4 近赤外 750-900nm band5 中間赤外 1,550-1,750nm band6 熱赤外 10,400-12,500nm band7 中間赤外 2,090-2,350nm band8 520-900nm 観測幅:185km 空間分解能：熱赤外：60m、それ以外：30m 1画素あたり情報量: 8bits 運用期間：1999-現在 回帰日数：16日 約99分/1周回 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク (Xバンド)：75Mbps×2チャンネル TT&C (Sバンド)：テレメトリ 1.2k/4.8k/256 kbps、コマンド 2kbps

図表 12 Landsat 8 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 2013年に打ち上げ済み Operational Land Imager (OLI) と Thermal Infrared Sensor (TIRS) を搭載 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others 	
目的・ ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 地球全体の中分解能マルチスペクトル画像並びに熱赤外画像の取得と保存 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：NASA/USGS
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者： NASA: Thermal Infrared Sensor Ball Aerospace and Technologies Corporation: Operational Land Imager³⁵ General Dynamics Advanced Information Systems (GDAIS) が衛星製造³⁶ 開発コスト: 855 million³⁷
	打上	<ul style="list-style-type: none"> NASA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> NASA、CONAE、GA、INPE、CCMEO、AIR、AGEOS、DLR、ISRO、LAPAN、ESA、AIST、SANSa、ESA/SSC、GISTDA、GISTDA、UPR

³⁵ <https://web.archive.org/web/20170426223126/https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/spacecraft-instruments/>

³⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/landsat-8#spacecraft>

³⁷ <https://www.cbsnews.com/news/nasa-launches-855-million-landsat-mission/>

	運用	<ul style="list-style-type: none"> USGS/NASA
	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 現在は EROS Data Center (EDC) によりパブリックドメインとしてデータが公開されている
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：2071 kg³⁸ 軌道：705km、太陽同期準回帰軌道 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> Operational Land imager (OLI) <ul style="list-style-type: none"> band1:コースタル/エアロゾル 433-453nm band2:青 450-515nm band3:緑 525-600nm band4:赤 630-680nm band5:近赤外 845-885nm band6:中間赤外 1,560-1,660nm band7:中間赤外 2,100-2,300nm band8: 500-680nm band9:中間赤外 1,360-1,390nm Thermal Infrared Sensor (TIRS) <ul style="list-style-type: none"> band10:熱赤外 10,600-11,200nm band11:熱赤外 11,500-12,500nm 観測幅:185km 空間分解能：OLI：30m、TIRS：100m band8 は、パンクロマチックの波長で分解能 15m 運用期間：2013-現在 回帰日数：16 日 約 99 分/1 周回 通信リンク (ダウンリンク) <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク (Xバンド)：441.625Msps (符号化データ) 通信方式：LDPC 符号化 (レート 7/8) 384 Mbps

図表 13 Landsat 9 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 2021 年打ち上げ済み Operational Land Imager2 (OLI2) と Thermal Infrared Sensor2 (TIRS2) を搭載 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others 	
目的・ ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 災害観測・森林破壊やとし、水資源などのモニタリング 熱帯雨林の伐採の動向の把握 都市での人の活動がどのように環境に影響を与えるかの把握 人的・自然災害のマッピング 気候変動の影響の可視化³⁹ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：NASA/USGS
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者： <ul style="list-style-type: none"> NASA: Thermal Infrared Sensor 2 Northrup Grumman Innovation Systems が衛星製造 Ball Aerospace: Operational Land Imager 2 開発コスト：\$750 million⁴⁰

³⁸ <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8>

³⁹ <https://web.archive.org/web/20170324113854/https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-9/landsat-9-overview/>

⁴⁰ <https://www.space.com/nasa-landsat-9-earth-observation-satellite-launch-success>

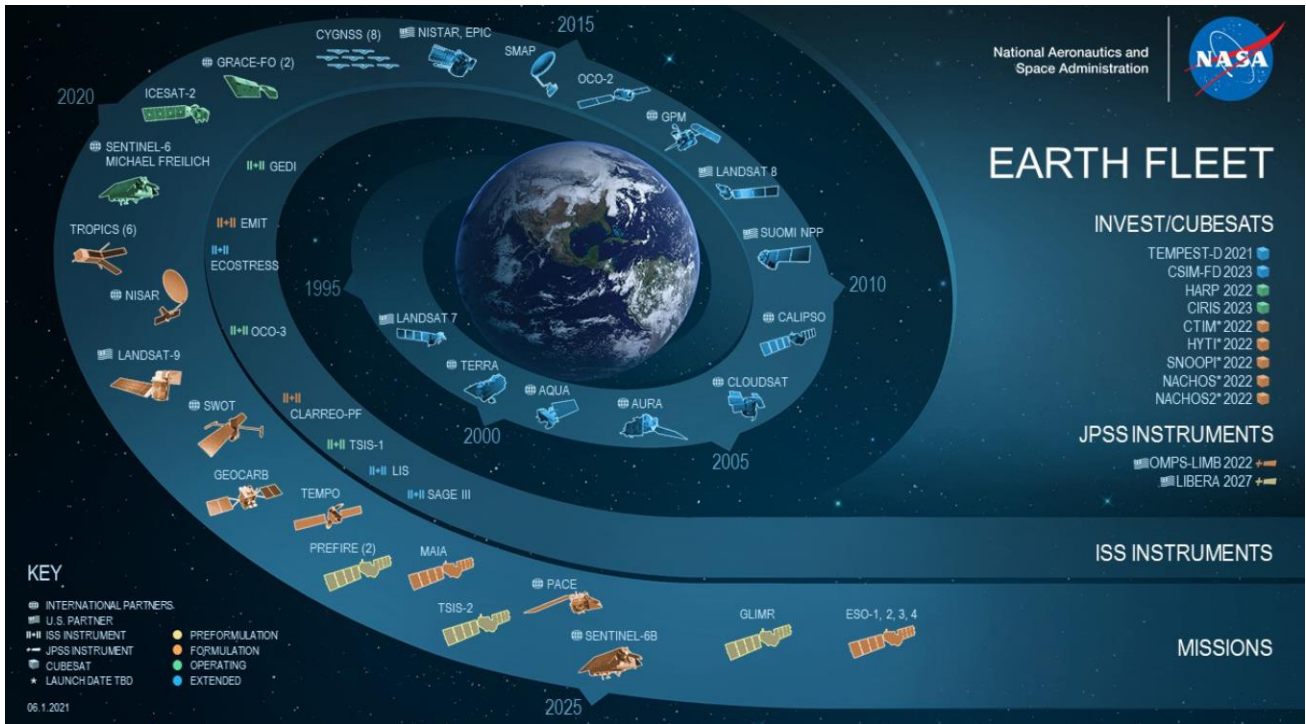
	打上	<ul style="list-style-type: none"> NASA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> NASA、DOI/USGS (EROS Center)⁴¹
	運用	<ul style="list-style-type: none"> USGS/NASA
	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 現在は EROS Data Center (EDC) によりパブリックドメインとしてデータが公開されている
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：2,711 kg 軌道：705km、太陽同期準回帰軌道 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> Operational Land imager (OLI) <ul style="list-style-type: none"> band 1: コースタル/エアロゾル 435-451nm band 2: 青 452-512nm band 3: 緑 533-590nm band 4: 赤 636-673nm band 5: NIR 851-879nm band 6: SWIR1 1,566-1,651nm band 7: SWIR 2 2,107-2,294nm band 8: 503-676nm band 9: Cirrus 1,363-1,384nm Thermal Infrared Sensor (TIRS) <ul style="list-style-type: none"> band 10: TIR 1 10,600-11,190nm band 11: TIR 2 11,500-12,510 観測幅: 185km 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> OLI：30m TIRS：100m band 8 は、パンクロマチックの波長で分解能 15m 運用期間：2021-現在（最低でも 5 年、15 年分の燃料がある） 回帰日数：16 日 約 99 分 / 1 周回 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> データリンク (X バンド)：協力国に設置された地球局を介したリアルタイムおよび衛星上に蓄積されたシーンデータの送信 TT&C (S バンド) 	

⁴¹ <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-9/landsat-9-mission-details/landsat-9-ground-system/>;
<https://www.usgs.gov/centers/eros/news/usgs-eros-landsat-9-ground-system-ready-launch>

iii. Earth System Observatory で予定している衛星 :

- NASA は 2022 年に、Earth System Observatory 下で、以下 4 つのミッションの打ち上げを予定している。

図表 14 NASA 地球観測ミッションの全体像⁴²



- TROPICS(Time-Resolved Observations of Precipitation structure and storm Intensity with a Constellation of Smallsats)⁴³ : 気象観測を目的とした 6 つの小型衛星であり、完成時の再訪期間は 60 分以内とされている。マイクロ波放射計を搭載。試験用の Pathfinder を 2021 年に打上げ。なお、2022 年に 2 機打上に失敗している。

図表 15 TROPICS 概要

項目	内容
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 2023 年 5 月に打上げ予定。なお、2022 年に 2 機打上に失敗。 • 試験衛星 (Pathfinder を 2021 年 6 月 30 日 Falcon-9 で打上げ) • マイクロ波放射計を搭載した 6 つの小型衛星により 3 つの軌道平面を描く
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others

⁴² NASA Website

⁴³ <https://tropics.ll.mit.edu/CMS/tropics/Mission-Overview>

目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 熱帯低気圧における対流圏の熱移動や降水分布を観測⁴⁴ 降水構造の進化（日変化を含む）に対する上層の暖気と嵐の強度の関係の確認 熱帯低気圧の仕組み、湿度と嵐の大きさや強さの関係を知り、嵐の予報を改善
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> NASA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> NASA, MIT, NOAA, University of Wisconsin, University of Miami, WFF, UMASS, Cornell University, Tufts University 製造：Blue Canyon Technologies、MIT
	打上	<ul style="list-style-type: none"> Astra
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> KSAT
	運用 ⁴⁵	<ul style="list-style-type: none"> BCT (Mission Operations Center) MIT LL (Science Operations Center)
	データ取扱 ⁴⁶	<ul style="list-style-type: none"> UW-SSEC
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：5.34 kg、10*10*36cm, 3U⁴⁷ 軌道：Pathfinder は太陽同期軌道、Drifting orbit⁴⁸ 高度：600 km⁴⁹ 観測波長帯：下図参照 観測幅：2,200 km⁵⁰ 空間分解能：下図参照⁵¹ 運用期間：15 ヶ月 再訪期間：60 分以内（コンステレーション完成時） 周期：94.5 分（Pathfinder） 軌道傾斜角：97.5°（Pathfinder）、TROPICS は 30° 通信リンク：不明

⁴⁴ <https://tropics.ll.mit.edu/CMS/tropics/Mission-Overview>

⁴⁵ AGU2021 における NASA 報告より

⁴⁶ AGU2021 における NASA 報告より

⁴⁷ AGU2021 における NASA 報告より

⁴⁸ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/tropics_02

⁴⁹ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/tropics_02

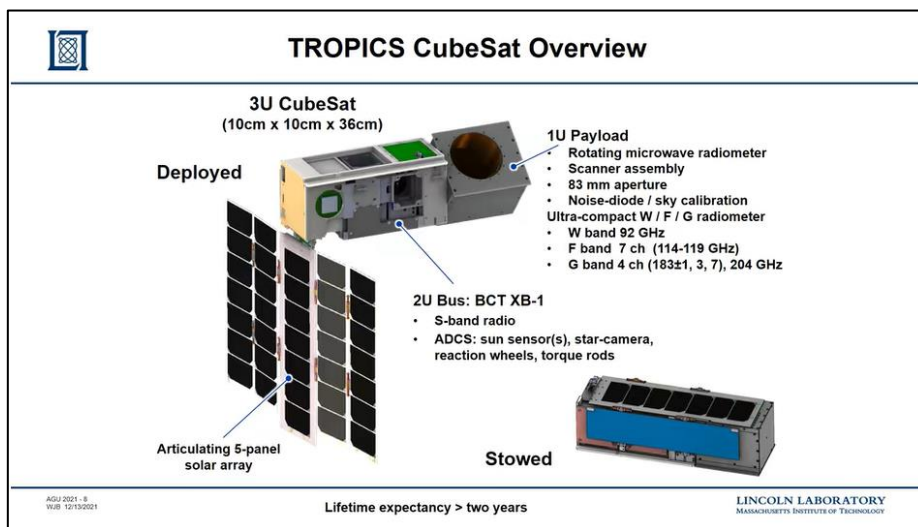
⁵⁰ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/tropics_02

⁵¹ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/tropics_02

図表 16 TROPICS の観測波長帯⁵²

No.	Central frequency	Bandwidth	Effective resolution across scan	NEΔT
1	91.655 ± 1.4 GHz	1000 MHz	50.7 km	0.95 K
2	114.50 GHz	1000 MHz	41.2 km	0.55 K
3	115.95 GHz	800 MHz	41.2 km	0.60 K
4	116.65 GHz	600 MHz	41.2 km	0.70 K
5	117.25 GHz	600 MHz	41.2 km	0.70 K
6	117.80 GHz	500 MHz	41.2 km	0.75 K
7	118.24 GHz	380 MHz	41.2 km	0.85 K
8	118.58 GHz	300 MHz	41.2 km	1.00 K
9	184.41 GHz	2000 MHz	27.5 km	0.60 K
10	186.51 GHz	2000 MHz	27.5 km	0.60 K
11	190.31 GHz	2000 MHz	27.5 km	0.60 K
12	204.8 GHz	2000 MHz	26.0 km	0.60 K

図表 17 TROPICS ミッション紹介⁵³



⁵² https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/tropics_02

⁵³ AGU2021 における NASA 報告より

- JPSS-2 : 気温・湿度・海面温度観測を目的とした衛星。極軌道に投入予定。マイクロ波・赤外線サウンダと可視光・赤外線センサを搭載。EUMETSAT の MetOp シリーズと連携予定。NASA が NOAA の代理人として開発し、NOAA-21 に名称を変更する予定。

図表 18 JPSS-2 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 2022 年打ち上げ • 大気圧、陸域、海域の気象と長期的な環境と気候のデータの観測を行う⁵⁴ 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • NOAA および NASA が JPSS (Joint Polar Satellite System) による午後観測を実施し、EUMETSAT (欧州気象衛星機関 : European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites) は MetOp シリーズにより午前観測を実施することで協力。 • JPSS は Suomi-NPP, JPSS-1 (NOAA-20) , JPSS-2, JPSS-3, JPSS-4 の 5 機構成による次世代極軌道環境観測衛星で 2038 年まで継続する計画⁵⁵ • JPSS-3/4 はそれぞれ 28 年および 32 年に打上計画あり⁵⁶ • NASA が NOAA の代理人として、衛星機器、打ち上、地上局の取得を行う⁵⁷ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • NOAA⁵⁸
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • NASA • Northrop Grumman Innovation System
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Atlas
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • NOAA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 2540 kg • 軌道 : 太陽同期軌道 • 高度 : 833 km (± 17 km) • ATMS ((Advanced Technology Microwave Sounder : クロストラック走査マ 	

⁵⁴ https://www.jpss.noaa.gov/mission_and_instruments.html

⁵⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/jpss-series.html>

⁵⁶ Jeremy Goldstein et al., “VIIRS Socio-Economics Impact Assessment” ※IEEE IGARSS 2022 より

⁵⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/noaa-20>

⁵⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/noaa-20>

マイクロ波放射計)⁵⁹

周波数：23 – 184 GHz

観測幅：2300 km

空間分解能：1.5 km

- CrIS (Cross-track Infrared Sounder：フーリエ変換スペクトロメータ)⁶⁰

観測波長帯：

SWIR: 4.64 – 3.92 μm

MWIR: 8.62 - 5.7 μm

TIR:15.3 - 9.1 μm

観測幅：14 km

空間分解能：1 km

- OMPS (Ozone Mapping and Profiler Suite：リム・直下観測 UV ハイパースペクトルイメージングスペクトロメータ)⁶¹

観測幅：

直下マップ：2800 km

直下プロファイラ：250 km

リムサウンディング：500 km

セルサイズ：

直下マップ：49 x 50 km

直下プロファイラ：250 x 250 km

リムサウンディング：1 km

波長帯：

直下マップ：300 – 380 nm

直下プロファイラ：250 – 310 nm

リムサウンディング：290 – 1000 nm

- VIIRS (Visible/Infrared Imager Radiometer Suite：マルチチャンネルイメージャ・放射計)⁶²

観測波長帯：0.4 – 12.5 μm

観測幅：3000 km

空間分解能：0.4 – 0.8 km

- RBI (Radiation Budget Instrument)⁶³

周波数：

Short-wave: 0.3 – 5.0 μm

Total radiance: 0.3- 100 μm

Long-wave: 5- 50 μm

観測幅：3000 km

空間分解能：30 km

- 運用期間：7年

- 回帰日数：20日

- 周期：101分

- 軌道傾斜角：98.7

- 通信リンク

- JPSS-1 のダウンリンク (Ka バンド)：300Mbps

バックアップとして TDRSS (Tracking and Data Relay Satellite System)

伝送 transmissions (to improve future latency issues)

- JPSS-1 のユーザ直接リンク (X バンド)：15Mbps

⁵⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/jpss-series.html>

⁶⁰ <https://www.restec.or.jp/satellite/jpss-series.html>

⁶¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/jpss-series.html>

⁶² <https://www.restec.or.jp/satellite/jpss-series.html>

⁶³ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/rbi>

- SWOT (Surface Water Ocean Topography) : 水観測を目的とした衛星。Ka バンドレーダー干渉計を搭載。CNES と CSA、UKSA が協力。

図表 19 SWOT 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 2022 年打ち上げ⁶⁴ • NASA と CNES が予定している次世代衛星高度計ミッション。⁶⁵ • 従来の水面標高をレーダーパルス (Nadir Altimete) で観測する方法と異なり、合成開口レーダー干渉計を用いて水面標高を高解像度で 2 次的に計測する。 • 下記を搭載 : <ol style="list-style-type: none"> (1) KaRIN (Ka-band Radar Interferometer) (2) マイクロ波高度計 (3) マイクロ波放射計 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 海域および陸域の水面標高の詳細な時空間分布の計測が目的 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • NASA, CNES
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • NASA, CNES • Thales Alenia Space
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Space X (Falcon-9)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • NASA, CNES
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • NASA, CNES (CSA, UK Space Agency)
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • NASA, CNES

⁶⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swot>

⁶⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swot>

スペック

- サイズ：~2000 kg
- 軌道：太陽非同期
- 高度：890 km
- 観測波長帯⁶⁶：
 - (1) Ka-band
 - (2) 5.3GHz, 13.58 GHz
 - (3) 18.7GHz, 23.8GHz, 34 GHz
- 観測幅⁶⁷：
 - (1) 120km
 - (2) 70 km
 - (3) 70km
- 空間分解能⁶⁸：
 - (1) 陸：Horizontal 50m、Vertical：10 cm
海：Horizontal 1 km、Vertical：1 cm
 - (2) 25 km
 - (3) 30km
- 運用期間：5 年⁶⁹
- 回帰日数：14 日⁷⁰
- 周期：不明
- 軌道傾斜角：77.6°
- 科学および工学データ用ダウンリンク (X バンド) :620Mbps

⁶⁶ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/swot>

⁶⁷ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/swot>

⁶⁸ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/swot>

⁶⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swot>

⁷⁰ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/swot>

- EMIT (Earth Surface Mineral Dust Source Investigation) : 地表鉱物ダスト源調査を目的とした ISS 搭載予定のインストラメント。可視光・赤外線センサを搭載

図表 20 EMIT 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 2022 年 7 月に打上済⁷¹ • 乾燥地域の鉱物構成を測定、鉱物性粉塵の測定 • 鉱物性粉塵の発生源の観測⁷² 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 鉱物性粉塵がどこからきているかの地図を作成 	
実施体制	出資	
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • NASA (JPL) • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • NASA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • NASA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • NASA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • NASA
スペック	<ul style="list-style-type: none"> • 下図参照 • 通信リンクは ISS を利用 	

図表 21 EMIT スペック概要⁷³

Key EMIT Properties	
F-number	F/1.8
Cross-track FOV	11°
IFOV (cross-track x along-track)	155 x 71 μrad
Focal length	193.5 mm
Entrance pupil aperture	110 mm
Spectral Range	380 – 2500 nm
Spectral Sampling	7.4 nm

⁷¹ <https://earth.jpl.nasa.gov/emit/>

⁷² <https://earth.jpl.nasa.gov/emit/mission/about/>

⁷³<https://earth.jpl.nasa.gov/emit/instrument/specifications/#:~:text=Key%20EMIT%20Properties%20Optical%20configuration%20of%20the%20EMIT,calcium%20fluoride%20crystal%20refractive%20element%20to%20the%20grating.>

B) ESA (European Space Agency)

i. Copernicus Sentinel シリーズ

- コペルニクスプログラムは、EC が主導している観測衛星プログラムである。Sentinel シリーズはプログラムの根幹となる衛星コンステレーションであり、定期的なグローバルの地球観測データを無償で全世界のユーザーに提供し続けている。
- 近年では、Open Data Cube などデータの流通や分析に資するプラットフォームなども充実してきており、リモートセンシングデータを分析しそれを付加価値としている企業の基盤データとなってきた。リモートセンシング産業の拡大に大いに貢献しているとみなされており、EU としては本シリーズに続く衛星打ち上げを複数計画している。
- Copernicus Sentinel シリーズの概要を、以下にまとめる。

図表 23 Sentinel 1A~1D 概要⁷⁵

項目		内容
概要		Sentinel 1 : The SAR Imaging Constellation for Land and Ocean Services <ul style="list-style-type: none"> • 1A : 2014 年、1B : 2016 年に打ち上げ済み • 但し、1B は'21/12 月に発生した電源サブシステム異常による運用は中断しており復旧見通しも立っていない状況⁷⁶ • 1C : 2023 年 4~7 月、1D : 2025 年に打ち上げ予定⁷⁷ • C band SAR センサを搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 欧州連合 (EU) とヨーロッパ宇宙機関 (ESA) の地球観測プログラム「コペルニクス計画」による地球観測衛星 • 地表面形状、陸域画像取得、海面画像取得、海上風 (水平方向の風向と風速)、海面の流速、波高、海氷の分布・タイプを観測
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者 : EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者 : Thales Alenia Space Italia: CSAR アンテナの T/R モジュールやフロントエンドエレクトロニクスなど Astrium Germany: C-SAR ペイロード Astrium UK: 中央アンテナのサブシステム⁷⁸ • 開発コスト : 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Soyuz, ROSCOSMOS
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA/EC⁷⁹
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • ESA と EC によりデータは一般公開されている

⁷⁵ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

⁷⁶ Pierre Potin, et al., "STATUS AND EVOLUTION OF THE SENTINEL-1 MISSION" ※IEEE IGARSS 2022 より

⁷⁷ Pierre Potin, et al., "STATUS AND EVOLUTION OF THE SENTINEL-1 MISSION" ※IEEE IGARSS 2022 より

⁷⁸ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/satellite-description>

⁷⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/sentinel-1-a-1-b.html>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,300 kg⁸⁰, 3.4m*1.3m*1.3m⁸¹ • 軌道：太陽同期準回帰ドーナツ軌道 • 高度：693km • 観測波長帯：C band SAR • 観測幅： <ul style="list-style-type: none"> Stripmap 80km IWS 250km EWS 400km Wave 20km*20km • 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> Stripmap 5m*5m IWS 5m*20m EWS 25m*100m Wave 5m*20m • 運用期間：7.25年（A、B、C、Dの4機で14年） • 回帰日数：12日 • 周期：98.74分 • 軌道傾斜角：98.19° • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ペイロードダウンリンク（Xバンド）：260Mbps×2 • TT&C（Sバンド）Up 4kbps、Down 16/128/512kbps • 通信方式：O-QPSK（ペイロードダウンリンク） • PDHTサブシステムスループット：1950 Mbit/s
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 24 Sentinel 2A～2D 概要⁸²

項目	内容	
概要	Sentinel 2 : The Optical Imaging Mission for Land Services <ul style="list-style-type: none"> • 2A：2015年、2B：2017年に打ち上げ済み • 2C：2024年、2D：2025年に打ち上げ予定 • Multispectral Imager (MSI) / マルチスペクトルイメージャ（13バンド）を搭載 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 陸域観測を主目的とした光学ミッション • 植生、土地利用、農地状況等、陸域の詳細観測 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Astrium GMBH • Astrium SAS: Multispectral Instrument (MSI) • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Vega, ESA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA/EC
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • ESAとECによりデータは一般公開されている

⁸⁰ <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-1>

⁸¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/sentinel-1-a-1-b>

⁸² 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,100 kg, 2.0m*1.7m*2.2m • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：786km • 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> B1 藍 443nm B2 青 493nm B3 緑 560nm B4 赤 665nm B5 可視近赤外 704nm B6 可視近赤外 740nm B7 可視近赤外 783nm B8 近赤外 833nm B8a 近赤外 865nm B9 近赤外 945nm B10 短波長赤外 1,374nm B11 短波長赤外 1,610nm B12 短波長赤外 2,190nm • 観測幅：290km • 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> B1、9、10：60m B5、6、7、8a、11、12：20m B2、3、4、8：10m • 運用期間：7年（A、B、C、Dの4機で14年） • 回帰日数：10日 • 周期：100.7分 • 軌道傾斜角 98.5° • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ペイロードデータダウンリンク（Xバンド）：560 Mbps • TT&C（Sバンド）：Up 64 kbps、Down 2Mbps • EDRS（European Data Relay Satellite）間で光リンク
------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 25 Sentinel 3A～3D 概要⁸³

項目	内容
概要	<p>Sentinel 3：Global Sea/Land Monitoring Mission including Altimetry</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3A：2016年、3B：2018年に打ち上げ済み • 3A及び3Bの2機のコンステレーション • 3Cが2024年、3Dが2025年に打ち上げ予定⁸⁴ • 下記を搭載： <ol style="list-style-type: none"> (1) DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) 衛星測位システム /GPS (GPS Receiver) /LRR (Laser Retro-Reflector) /MWR (Micro-Wave Radiometer) マイクロ波放射計 (2) OLCI (Ocean and Land Color Imager) 中分解能イメージングスペクトロメータ (3) SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) 可視赤外イメージングマルチスペクトル放射計 (4) SRAL (SAR Radar Altimeter) 2周波（Cバンド、Kuバンド）直下観測高度計
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 海面温度、地表面温度、海面高度を計測

⁸³ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

⁸⁴ <https://www.eumetsat.int/our-satellites/sentinel-series?sjid=future>

実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：EC/ESA
	開発 ・製造	<ul style="list-style-type: none"> TAS-F (Thales Alenia Space – France)⁸⁵ 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> Roccket-TM, ESA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> ESA/EUMESAT
	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> ESA と EC によりデータは一般公開されている
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：1,250 kg, 3.9*2.2*2.2m 軌道：太陽同期軌道 高度：814.5km 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> (1) 23.8、36.5GHz (2) 0.4-1.0μm (3) 0.55、0.659、0.865、1.375、1.610、2.250、3.74、10.85、12μm, 火災検知バンド 3.74、10.85μm (4) Ku band 13.575GHz, C band 5.41GHz 観測幅： <ul style="list-style-type: none"> (1) 30km, 100km (2) 1,300km (3) 1,400km (直下観測), 740km (デュアル観測) (4) 30km, 100km 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> (1) 20km (2) 沿岸及び陸域 300m, 海洋 1.2km (3) 0.5km, 1km (4) IFOV 20km, SAR Along Track Mode 300m 運用期間：7.5年 回帰日数：27日 周期：100分 軌道傾斜角 98.6° 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> ペイロードデータダウンリンク (Xバンド)：280Mbps×2 TT&C (Sバンド)：Up 64 kbps、Down 1Mbps 	

⁸⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-3>

図表 26 Sentinel-4 概要⁸⁶

項目		内容
概要 ⁸⁷		<ul style="list-style-type: none"> 2024 年に、MTG S1 に搭載され打上予定 紫外・可視・近赤外スペクトロメータと、熱赤外線サウンダで構成される
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 大気の大気質を示す気体 (NO₂、O₃、SO₂、HCHO、CHOCHO) とエアロゾルの観測 Sentinel-4、-5、-5 precursor は、Copernicus Atmospheric Monitoring Services (CAMS) のニーズに対応した相互補完的なコンステレーションの用途として構想されている⁸⁸
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約：Airbus Defense and Space⁸⁹ ESA: Custom Furnished Item 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> ESA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> ESA/EEA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> データは一般公開される
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：3,600 kg 軌道：静止軌道⁹⁰ 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> 紫外 305-400nm 可視 400-500nm 近赤外 750-775 nm 観測幅：8 km スペクトラル分解能： <ul style="list-style-type: none"> 紫外 0.5nm 可視 0.5nm 近赤外 0.5nm 運用期間：8.5 年 通信リンク：260 Mbps

⁸⁶ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

⁸⁷ <https://hsat.space/satellites-sentinel-4/>

⁸⁸ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>

⁸⁹ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-4>

⁹⁰ <https://hsat.space/satellites-sentinel-4/>

図表 27 Sentinel-5P (Precursor) 概要⁹¹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 2017年に打ち上げ済み SCIAMACHY/Envisat、OMI/AURA、Sentinel-4とSentinel-5の空白を減らす Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI)/ UV-VIS-NIR-SWIR イメージングスペクトロメータを搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) をサポートする主要な大気質の微量ガスとエアロゾルを、高い空間分解能で、毎日グローバルに監視する Sentinel-4、-5、-5 precursor は、Copernicus Atmospheric Monitoring Services (CAMS) のニーズに対応した相互補完的なコンステレーションの用途として構想されている⁹²
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：EC/ESA/NSO⁹³
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約：Astrium UK⁹⁴ 開発コスト：€45.5 million
	打上	<ul style="list-style-type: none"> Rocket/Briz-KM, ESA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> ESA/EC/NSO
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> データは一般公開されている

⁹¹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

⁹² <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>

⁹³ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p>

⁹⁴ https://www.esa.int/About_Us/Law_at_ESA/ESA_selects_Astrium_to_build_Sentinel-5_Precursor_satellite

スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：980 kg 軌道：太陽同期軌道 高度：824km 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> B1 紫外 1 270-300nm B2 紫外 2 300-320nm B3 UVIS 310-405nm B4 可視 405-500nm B5 近赤外 675-725nm B6 近赤外 725-775nm B7 短波長赤外 2,305-2,385nm 観測幅：2,600km 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> B2、3、4、5、7：7km*7km B1：21km*28km B6：7km*7km 1画素あたり情報量：不明 運用期間：7年 回帰日数：17日 周期：101分 軌道傾斜角 98.74° 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> ペイロードデータダウンリンク (Xバンド)：310 Mbps、OQPSK TT&C (Sバンド)：Up 64kbps、Down 128k/1Mbps
------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 28 Sentinel-5 概要⁹⁵

項目	内容	
概要	<p>Sentinel 5 : Atmospheric Monitoring Mission in LEO</p> <ul style="list-style-type: none"> 2024年に打ち上げ予定⁹⁶ Sentinel-5 は UVNS (Ultra-Violet /Visible/Near Infrared/SWIR) Spectrometer : UV-VIS-NIR-SWIR イメージングスペクトロメータで、EUMETSAT の EPS 第二世代、MetOp-SG に搭載される 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 対流圏の大気化学と気候アプリケーションのため、大気混合及び大気質を監視 オゾン、二酸化炭素、二酸化硫黄、一酸化炭素、メタン、ホルムアルデヒド、エアロゾル特性を測定 Sentinel-4、-5、-5 precursor は、Copernicus Atmospheric Monitoring Services (CAMS) のニーズに対応した相互補完的なコンステレーションの用途として構想されている⁹⁷ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> Airbus Defense & Space: 衛星に搭載される器具の製造 開発コスト：€144 million⁹⁸
	打上	<ul style="list-style-type: none"> ESA
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> ESA/DLR

⁹⁵ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

⁹⁶ <http://database.eohandbook.com/database/missionsummary.aspx?missionID=641>

⁹⁷ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>

⁹⁸ <https://www.copernicus.eu/en/media/images/contract-signature-sentinel-5>

	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA/COM/EUMESAT
	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> • データは一般公開されている
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：980 kg • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：824km • 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> Ultraviolet 270-300nm UV2VIS 300-500nm、 750-773nm 近赤外 685-710nm 短波長赤外1 1,590-1,675nm 短波長赤外3 2,305-2,385nm • 観測幅：2,670km • 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> Ultraviolet1 50km*50km UV2VIS 7.5km*7.5km 近赤外 7.5km*7.5km 短波長赤外1 7.5km*7.5km 短波長赤外3 7.5km*7.5km • 運用期間：7.5年 • 回帰日数：29日 • 周期：101分 • 軌道傾斜角 98.5度 • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • Ka-band ダウンリンク：781Mbps (2 channels) • X-band ダウンリンク：80Mbps

図表 29 Sentinel-6 概要⁹⁹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 6A を 2020 年に打ち上げ¹⁰⁰ • Sentinel 6B は 2026 年に打ち上げ予定¹⁰¹ • 6A には下記を搭載： <ol style="list-style-type: none"> (1) Poseidon-4 SAR Altimeter Instrument (POS4) /レーダー高度計 (2) Advanced Microwave Radiometer for Climate (AMR-C)/高性能直下観測マイクロ波放射計 (3) Global Navigation Satellite System – Radio Occultation (GNSS-RO)/全地球測位衛星システム (4) GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM – PRECISE ORBIT DETERMINATION (GNSS-POD)/全地球測位衛星システム (5) LASER RETROREFLECTOR ARRAY (LRA)/レーザーレトロリフレクターアレイ (6) DOPPLER ORBITOGRAPHY AND RADIOPOSITIONING INTEGRATED BY SATELLITE (DORIS)/衛星測位システム
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • TOPEX/Poseidon 衛星、Jason-1、2、3 シリーズ衛星による海面観測を継続するとともに天気予報のモデルに活用される気温と湿度の情報を収集し、改善に貢献する。 • 気候変動が海岸線に与える影響の捕捉、海面上昇の計測、気象予報の精度の向上
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：EC/ESA/EUMETSAT/NASA/NOAA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Airbus DS¹⁰² • NASA/JPL: LRA、AMR-C、GNSS-RO • ESA: Poseidon-4 Sar Altimeter Instrument、GNSS-POD、DORIS • 開発コスト：NASA: \$97 million¹⁰³¹⁰⁴
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • SpaceX
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA/NASA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • データは一般公開されている
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,192 kg, 5.15*2.35*2.58m • 軌道：非太陽同期軌道 • 高度：1,336km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 5.4GHz, 13.58GHz

⁹⁹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベースを中心に参照し作成

¹⁰⁰ <http://database.eohandbook.com/database/missionsummary.aspx?missionID=641>

¹⁰¹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-6_overview

¹⁰² <http://database.eohandbook.com/database/missionsummary.aspx?missionID=641> rticle/jason-cs

¹⁰³ https://www.jpl.nasa.gov/news/press_kits/sentinel-6/facts/

¹⁰⁴ <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-awards-launch-services-contract-for-sentinel-6a-mission>

	<ul style="list-style-type: none"> (2) 18.7GHz, 23.8GHz, 34GHz (3) GPS (4) GPS (5) - (6) Signals from ground station • 空間分解能 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 20km, SAR mode 300m (2) 25km (3) 300km horizontal, 0.5km vertical (4) - (5) - (6) - • 観測幅: <ul style="list-style-type: none"> (1) 30km, 100km (2) 30km, 100km (3) 300km, average 710km (4) - (5) - (6) - • 運用期間 : 5.5 年 • 回帰日数 : 10 日 • 周期 : 112 分 • 軌道傾斜角 66° • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • X-band ダウンリンク (科学データ用) :150Mbps • TT&C:S バンド双方向リンク
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ii. Copernicus Sentinel Expansion missions¹⁰⁵

- Sentinel-6 の打ち上げに続いて、”Copernicus Sentinel Expansion Missions”として以下 6 つのミッションが計画されている。コペルニクスユーザーからのニーズで既存の Sentinel で対応できなかったものの解決に資する衛星という位置づけである。

図表 30 Copernicus Sentinel Expansion mission 概要¹⁰⁶



¹⁰⁵ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Copernicus_Sentinel_Expansion_missions

¹⁰⁶ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Copernicus_Sentinel_Expansion_missions

①CHIME (Copernicus Hyperspectral Imaging Mission) ¹⁰⁷

- ハイパースペクトル観測を通じ、天然資源や資産管理に関する EU および関連政策を支援¹⁰⁸。イメージング分光計 (AVIRIS : Airborne Visible and Infrared Imaging Spectrometer) の搭載に伴う体系的なハイパースペクトル画像を提供することで、土地被覆の変化をマッピングし、持続可能な農業等にも活用される¹⁰⁹。

図表 31 CHIME 概要¹¹⁰

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 2028 年第二四半期に QAR (Qualification Acceptance Review) 予定¹¹¹ 2032 年に 2 機目の計画もあり¹¹² ハイパースペクトルイメージング衛星 チューリッヒ大学、JPL、Italian Space Agency、German Space Centre、NASA、Thales Alenia Space、Airbus らが参画する 商用超高分解能小型衛星コンステレーションとのハイブリッド運用を想定¹¹³ CHIME : 全球観測、オープン&フリー、高い信頼性、高い SNR、完全なキャリブレーション済みデータプロダクト 小型コンステレーション : 準毎日観測、超高分解能、高い柔軟性、低コスト、迅速な開発
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 恒常的なハイパースペクトル観測を通じ、天然資源、資産の管理に関する EU および関連政策を支援¹¹⁴ イメージング分光計 (AVIRIS) の搭載により体系的なハイパースペクトル¹¹⁵画像を提供することで、土地被覆の変化をマッピングし、持続可能な農業や鉱床の特定に活用 社会経済課題への対処
実施体	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者 : EC
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約 : Thales Alenia Space France 搭載機器 : OHB Space Systems¹¹⁶

¹⁰⁷ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions ; https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Going_hyperspectral_for_CHIME ; https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

¹⁰⁸ <https://www.google.com/url?q=https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus&sa=D&source=editors&ust=1632897680935000&usg=AOvVaw08e1seFIT8nVmKfnayVgA9>

¹⁰⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus>

¹¹⁰ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions ; https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Going_hyperspectral_for_CHIME ; https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

¹¹¹ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/chime>

¹¹² SeraData より抽出

¹¹³ Phi-week2021 での紹介より

¹¹⁴ <https://www.google.com/url?q=https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus&sa=D&source=editors&ust=1632897680935000&usg=AOvVaw08e1seFIT8nVmKfnayVgA9>

¹¹⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus>

¹¹⁶ <https://spacenews.com/esa-selects-prime-contractors-for-six-new-copernicus-missions/>

制		<ul style="list-style-type: none"> 開発コスト：€455M（契約金額）¹¹⁷
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> ESA, EC, EUMETSAT
	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> MULTIscale SENTINEL land surface information retrieval Platform (MULTIPLY)に、取り込まれる。Sentinel シリーズと Third Party Missions (ProbaV, Landsat, MODIS など)、Planet などの超高分解能衛星などのデータとともに、継続性のある作物の健康状態のデータを提供予定¹¹⁸
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明 軌道：太陽同期軌道¹¹⁹ 高度：786 km 観測波長帯：400 -2500nm¹²⁰ 観測幅：130km¹²¹ 空間分解能：30m¹²² 運用期間：2機のコンステレーションとして7年以上¹²³ 回帰日数：11日¹²⁴ 通信リンク：不明

¹¹⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus>

¹¹⁸ Phi-week2021 における ESA 報告より

¹¹⁹ Phi-week2021 における ESA 報告より

¹²⁰ Phi-week2021 における ESA 報告より

¹²¹ Phi-week2021 における ESA 報告より


¹²² Phi-week2021 における ESA 報告より

¹²³ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/chime>

¹²⁴ Phi-week2021 における ESA 報告より

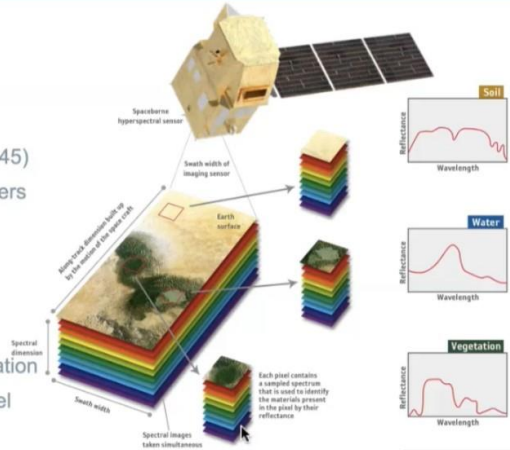
図表 32 Phi-week2021 における CHIME 報告¹²⁵


CHIME overview




Key performance:

- Two identical satellites
- **Global coverage** hyperspectral observations
- **Revisit time** 11 days
- Sun synchronous orbit (Local time at descending node 10:45)
- Nadir view covering land surfaces, inland- and coastal waters
- **Swath width:** ~130 km @ equator
- **Spectral range:** 400 – 2500 nm
- **Spectral bandwidth** ≤ 10nm
- **Spatial sampling distance:** 30m
- High radiometric accuracy, low spectral/spatial mis-registration
- High Signal-to-Noise Ratio to match performance of parallel missions (EnMap, PRISMA, etc)




• THE EU

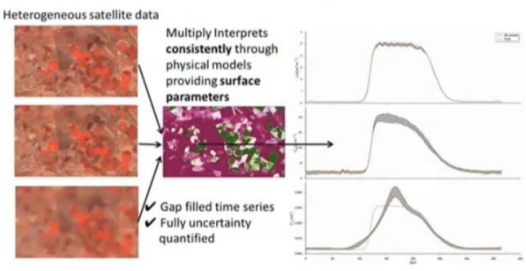
Potential applications: land surface information retrieval

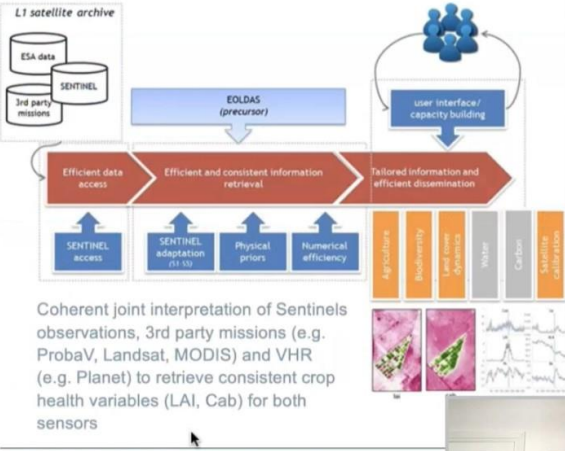



MULTIscale SENTINEL land surface information retrieval Platform (MULTIPLY)

- Fully generic platform that can produce a continuous stream of high spatial/temporal estimates of land surface parameters from heterogeneous satellite data sources
- <http://www.multiply-h2020.eu/>

Heterogeneous satellite data






• THE EU

¹²⁵ Phi-week2021 における ESA 報告より

②CIMR (Copernicus Imaging Microwave Radiometer mission) ¹²⁶

- 海洋と海氷、特に北極圏の環境を観測するために開発される。海面温度、海面塩分、海水密度等を分析予定¹²⁷。

図表 33 CIMR 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2028 年第二四半期に QAR 予定¹²⁸ • 2031 年に二機目の計画あり¹²⁹ • マイクロ波放射計 • 海面温度、海面塩分、海氷濃度を、それぞれ 15、55、5km の空間分解能、0.2K、0.3psu (実用塩分単位)、5%の精度で提供¹³⁰
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 海洋と海氷、特に保局研の環境を観測するために開発され、海面温度、海面塩分、海氷密度を精度と空間分解能の点から分析¹³¹
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：EC
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Thales Alenia Space France¹³² • 搭載機器：OHB Space Systems¹³³ • アンテナ反射器：HPS (Germany) ¹³⁴ • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA, EC, EUMETSAT¹³⁵
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：不明 • 軌道：太陽同期の極軌道¹³⁶ • 高度：820km¹³⁷ • 観測波長帯：

¹²⁶ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions ; <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>; <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/chime>; <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

¹²⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹²⁸ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

¹²⁹ SeraData より抽出

¹³⁰ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹³¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹³² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹³³ <https://spacenews.com/esa-selects-prime-contractors-for-six-new-copernicus-missions/>

¹³⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹³⁵ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

¹³⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹³⁷ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

	<p>L~Ka band (1.143GHz, 6.925GHz, 10.65GHz, 18.7GHz, 36.5GHz)¹³⁸</p> <ul style="list-style-type: none"> • 観測幅: 1,900 km¹³⁹ • 空間分解能 : <ul style="list-style-type: none"> 海水温度 : 15 km 海面塩分 : 55km 海氷温度 : 5 km • 運用期間 : 2 機以上のコンステレーションとして 7 年以上¹⁴⁰ • 回帰日数 : 1.5 日¹⁴¹ • 通信リンク : 不明
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹³⁸ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

¹³⁹ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹⁴⁰ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

¹⁴¹ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/cimr>

③Copernicus CO2 Monitoring Mission (CO2M) ¹⁴²

- CO₂ の排出量を測定し、国や地方自治体へ情報提供することを目的とする。

図表 34 CO2M 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2025 年第三四半期に QAR 予定¹⁴³ • 2029 年に二機目の計画もあり¹⁴⁴ • 下記を搭載： <ol style="list-style-type: none"> (1) クラウドイメージャ (CLIM) (2) 多角度変更系 (MAP) (3) CO₂/NO₂ スペクトロメータ (CO₂I and NO₂I)
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ の排出量を測定し、国家や地方自治体へ情報を提供する • 大気中の二酸化炭素を 2km×2km の分解能で、最小 250km の範囲で追跡する
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：EC
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星ネットワーク (主契約)：OHB Space Systems¹⁴⁵ • CO₂/NO₂ スペクトロメータ：Thales Alenia Space • 多角度偏光計：TAS's UK arm • クラウドイメージャー：OIS Sensors¹⁴⁶ • 開発コスト：€455M (2 機の契約価格) ¹⁴⁷
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • EUMETSAT¹⁴⁸
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • EUMETSAT¹⁴⁹
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

¹⁴² <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/map>

¹⁴³ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

¹⁴⁴ SeraData より抽出

¹⁴⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

¹⁴⁶ <https://www.bbc.com/news/science-environment-53613336>

¹⁴⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/co2m>

¹⁴⁸ <https://www.eumetsat.int/copernicus-co2m-science-support>

¹⁴⁹ <https://www.eumetsat.int/copernicus-co2m-science-support>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：不明 • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：735 km • 観測波長帯¹⁵⁰： <ul style="list-style-type: none"> (1) 670nm, 753nm, 1,370nm (2) 410nm, 443nm, 490nm, 555nm, 570nm, 753nm, 865nm (3) 405 - 490 nm, 747 - 773 nm, 1590 - 1675 nm, 1990 - 2095 nm • 観測幅: 256 km¹⁵¹ • 空間分解能¹⁵²： <ul style="list-style-type: none"> (1) 174m (VIS/NIR), 348m (SWIR) (2) 1km (3) 0.8km • 運用期間：2機以上のコンステレーションとして7年以上¹⁵³ • 回帰日数：10日¹⁵⁴ • 通信リンク：不明
------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹⁵⁰ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

¹⁵¹ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

¹⁵² <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

¹⁵³ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

¹⁵⁴ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

④CRISTAL (Copernicus Polar Ice and Snow Topography Altimeter) or Sentinel 9

- 海氷の厚さ、積雪の深さ、氷床や氷河の大きさの変化を測定・監視に活用¹⁵⁵。

図表 35 CRISTAL 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2027 年第二四半期に QAR 予定¹⁵⁶ • 2029 年に二機目の計画もあり¹⁵⁷ • 下記を搭載： <ol style="list-style-type: none"> (1) IRIS (Interferometric Radar altimeter for Ice and Snow) (2) AMR-C (Advanced Microwave Radiometer - C) (3) LRR (Laser Retro-Reflector) (4) GPS 受信機
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 海氷の厚さ、積雪の深さ、氷床や氷河の大きさの変化を測定・監視に活用¹⁵⁸ • 前任の SIRAL-2 (ESA の地球探査衛星 CryoSat-2 に搭載された Ku 帯のみの高度計) の測定精度を、2 つの周波数で運用することで大幅に向上させ、さらに海面高度の測定をミッションの目的の一部として追加する
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：EC
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Airbus Defense and Space¹⁵⁹ • Ku/Ka 帯二周波レーダー高度計 (IRIS) : Thales Alenia Space¹⁶⁰ • 開発コスト：\$350 million¹⁶¹
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • EUMETSAT
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

¹⁵⁵ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cristal.htm

¹⁵⁶ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cristal>

¹⁵⁷ SeraData より抽出

¹⁵⁸ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cristal.htm

¹⁵⁹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cristal.htm

¹⁶⁰ <https://spacenews.com/Airbus-signs-350-million-contract-to-build-cristal-ice-monitoring-satellite-for-eu/>

¹⁶¹ <https://spacenews.com/Airbus-signs-350-million-contract-to-build-cristal-ice-monitoring-satellite-for-eu/>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,700 kg¹⁶² • 軌道：drifting orbit¹⁶³ 92°¹⁶⁴ • 高度：717 km¹⁶⁵ • 観測波長帯¹⁶⁶： <ul style="list-style-type: none"> (1) Ku band, Ka band (2) 18.7GHz, 23.8GHz, 34 GHz (3) 不明 (4) GPS • 観測幅： <ul style="list-style-type: none"> (1) 不明 (2) 30km, 100km (3) 不明 (4) 不明 • 空間分解能¹⁶⁷： <ul style="list-style-type: none"> (1) 10km, SAR mode 80m (2) 25km (3) 不明 (4) 不明 • 運用期間：7.5年¹⁶⁸ • 回帰日数：不明 • 通信リンク：不明
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

¹⁶² <https://spacenews.com/Airbus-signs-350-million-contract-to-build-cristal-ice-monitoring-satellite-for-eu/>

¹⁶³ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹⁶⁴ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹⁶⁵ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹⁶⁶ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹⁶⁷ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹⁶⁸ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-09-Airbus-selected-for-esas-new-polar-ice-and-snow-topography-mission>

⑤LSTM Copernicus (Land Surface Temperature Monitoring) mission ¹⁶⁹

- 地表面温度の変動を観測。

図表 36 LSTM 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2028年第三四半期に QAR 予定¹⁷⁰ • 2032年に二機目の計画もあり¹⁷¹ • VIS/NIR/SWIR/TIR 24チャンネルを測定¹⁷² • 3日ごとに 50m の解像度で地球を撮影することで、地球の表面温度と蒸発散率を、現在宇宙から測定されているよりも 400 倍も細かい解像度でマッピング、個々の畑の温度まで特定
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 地表面温度の変動を捉えることでヨーロッパの蒸発散率（成長した植物から放出される水蒸気）を観測し水生産性の現実性を高めること、放射率の推定により土壌組成とその変化を観測することが目的¹⁷³
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Airbus Defense and Space (Spain) ¹⁷⁴¹⁷⁵ • 開発コスト：\$380 million¹⁷⁶ (2機)
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

¹⁶⁹ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lstm> ; https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions ; <https://www.Airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/11/Airbus-wins-esas-lstm-temperaturecheck-mission-for-copernicus-next-generation.html>

¹⁷⁰ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹⁷¹ SeraData より抽出

¹⁷² <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹⁷³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/lstm>

¹⁷⁴ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lstm.htm

¹⁷⁵ <https://spacenews.com/esa-selects-prime-contractors-for-six-new-copernicus-missions/>

¹⁷⁶ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：不明 • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：640 km¹⁷⁷ • 観測波長帯：下図参照 • 観測幅：600-700km¹⁷⁸ • 空間分解能：50 m¹⁷⁹ • 運用期間：不明 • 回帰日数：3 日¹⁸⁰ • 通信リンク：不明
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 37 LSTM の観測波長帯

Channel	Wavelength	Bandwidth	SNR @ reference input L or NEAT
VNIR-0	0.490 μm	65 μm	162 @ 128.00 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹
VNIR-1	0.665 μm	30 μm	142 @ 108.00 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹
VNIR-2	0.865 μm	20 μm	100 @ 52.38 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹
VNIR-3	0.945 μm	20 μm	114 @ 8.77 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹
SWIR-1	1.380 μm	30 μm	100 @ 6.00 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹
SWIR-2	1.610 μm	90 μm	133 @ 4.00 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹
TIR-1	8.6 μm	0.18/0.30 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-2	8.9 μm	0.18/0.30 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-3	9.2 μm	0.18/0.30 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-4	10.9 μm	0.40 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-5	12.0 μm	0.47 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S1	8.2 μm	0.20 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S2	9.1 μm	0.20 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S3	8.63 μm	0.10 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S4	12.63 μm	0.10 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S5	7.5 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S6	12.2 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S7	9.0 μm	0.10 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S8	9.8 μm	0.10 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S9	10.5 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S10	10.95 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S11	12.3 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S12	9.3 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K
TIR-S13	9.53 μm	0.1/0.2 μm	0.1/0.15 K @ 300 K

¹⁷⁷ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹⁷⁸ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹⁷⁹ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

¹⁸⁰ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

⑥ ROSE-L (Copernicus Radar Observation System for Europe in L-band environmental monitoring mission)

- Lバンドの SAR レーダーにより、Cバンド SAR 衛星である Sentinel-1 を補完し、新たに植生、氷雪、海洋を含めた観測データセットを提供する。

図表 38 ROSE-L 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2028 年第一四半期に QAR 予定¹⁸¹ • 2030 年に二機目の計画もあり¹⁸² • L band SAR 搭載 • Thales Alenia Space 社が主契約社、レーダー製造は Airbus Defense and Space が担当。2020 年 12 月、ESA は主契約者である Thales Alenia Space と 4 億 8,200 万ユーロの契約を締結。Airbus Defense & System (ドイツ) は約 1 億 9,000 万ユーロの契約で搭載レーダー機器を開発・製造する¹⁸³ • 2028 年に打上予定¹⁸⁴も、2021 年米国 AGU (アメリカ地球物理学連合) の研究大会における NASA 関係者の発言に寄れば、予算の確保が課題で進捗が遅れている
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • Copernicus 拡張計画に含まれるミッションで、Lバンドの SAR レーダーにより Cバンド SAR 衛星である Sentinel-1 を補完するとともに、新たに植生、氷雪、海洋をモニタリングして観測データセットを提供する • 森林管理、地盤沈下や土壌水分のモニタリング、精密農業や食料安全保障のための作物の種類判別、極地の氷床・氷冠、極域の海氷面積、季節的な雪のモニタリング • 気候変動の研究や緩和に大きく貢献¹⁸⁵
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：－
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Thales Alenia Space¹⁸⁶ • レーダー機器：Airbus Defense and Space¹⁸⁷ • 開発コスト：\$482 million 以上¹⁸⁸ • 史上最大の 11 メートル×3.6 メートルのフェーズドアレイアンテナ (PAA) を搭載 • 2020 年 12 月、ESA は主契約者である Thales Alenia Space と 4 億 8,200 万ユーロの契約を締結。Airbus Defense & System (ドイツ) は約 1 億 9,000 万ユーロの契約で搭載レーダー機器を開発・製造する¹⁸⁹
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA

¹⁸¹ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/rose_1

¹⁸² SeraData より抽出

¹⁸³ <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/thales-alenia-space-signs-contract-esa-build-copernicus-rose-1>

¹⁸⁴https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_missionhttps://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹⁸⁵https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹⁸⁶ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹⁸⁷https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹⁸⁸ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹⁸⁹ <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/thales-alenia-space-signs-contract-esa-build-copernicus-rose-1>

	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 2,060 kg • 軌道 : 極軌道 • 高度 : 690 km¹⁹⁰ • 観測波長帯 : L band • 観測幅 : 80-400km¹⁹¹ • 空間分解能 : 5m¹⁹² • 運用期間 : 7.5 年 • 回帰日数 : 3 日¹⁹³ • 通信リンク : 不明

¹⁹⁰ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹⁹¹ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/rose_1

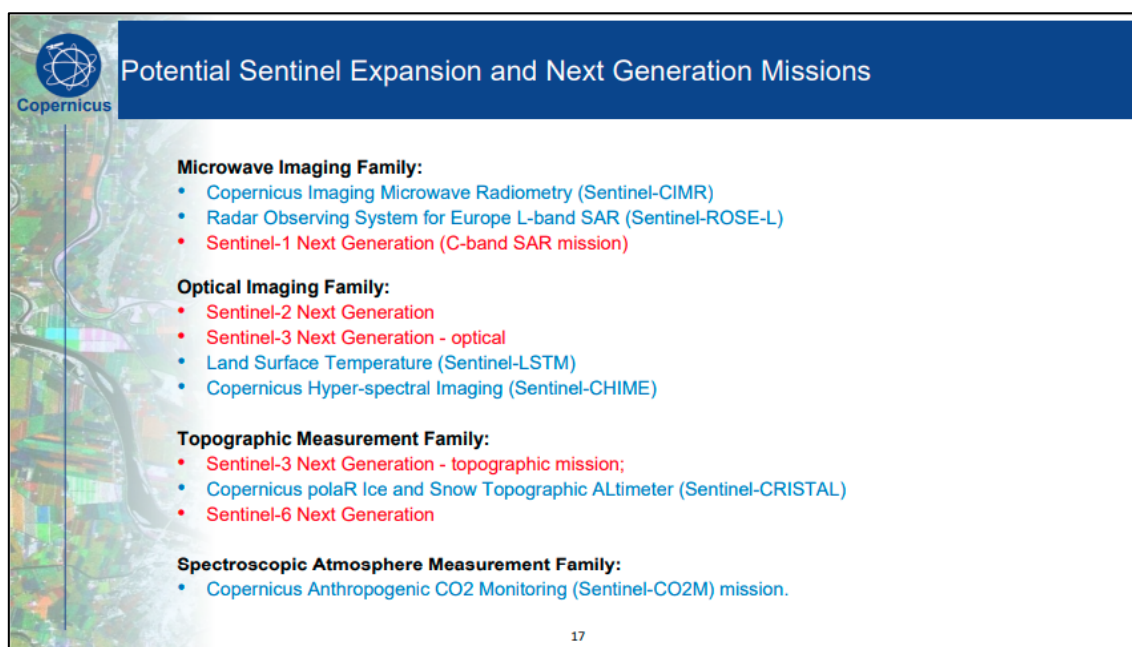
¹⁹² https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/rose_1

¹⁹³ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

iii. Copernicus Sentinel Next Generation

- 2030年以降のECコペルニクス衛星群である。Sentinelシリーズの後継機として長期の継続的な観測を可能にすることを目的としている¹⁹⁴。マイクロ波イメージングでは、CバンドSARミッションのSentinel-1 Next Generationが計画されている。光学イメージングでは、Sentinel-2 Next Generation および Sentinel-3 Next Generation-optical、地表計測では、Sentinel-3 Next Generation -topographic mission および Sentinel-6 Next Generation がそれぞれ計画されている¹⁹⁵。
- Sentinel-1 Next Generation については、SARの性能向上と新たな画像処理能力が計画されており、現在、開発段階の(Eまでであるうちの)A/B1フェーズにあり、TAS Italia および Airbus D&S が対応中。’23年に初号機を打上予定。¹⁹⁶

図表 39 検討されている Next Generation ミッション¹⁹⁷



¹⁹⁴ EC, “Copernicus today and tomorrow: Webinar ‘Scaling up the Sentinels in Europe’”

http://www.eurosd.net/sites/default/files/images/inline/1_copernicus_today_and_tomorrow_-_webinar_-_andras_roboz.pdf

¹⁹⁵ EC, “Copernicus today and tomorrow: Webinar ‘Scaling up the Sentinels in Europe’”

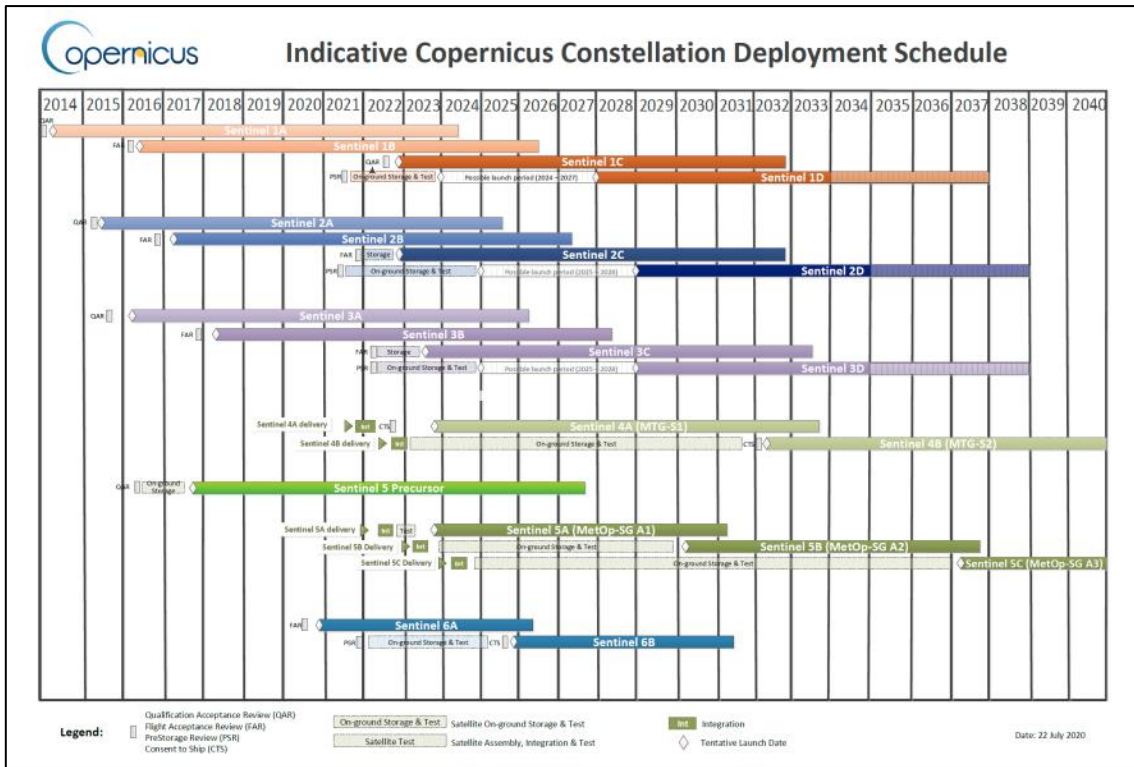
http://www.eurosd.net/sites/default/files/images/inline/1_copernicus_today_and_tomorrow_-_webinar_-_andras_roboz.pdf

¹⁹⁶ Ramon Torres et al., “COPERNICUS SENTINEL-1 NEXT GENERATION MISSION: ENHANCED C-BAND DATA CONTINUITY” ※IEEE IGARSS 2022 より

¹⁹⁷ EC, “Copernicus today and tomorrow: Webinar ‘Scaling up the Sentinels in Europe’”

http://www.eurosd.net/sites/default/files/images/inline/1_copernicus_today_and_tomorrow_-_webinar_-_andras_roboz.pdf

図表 40 コペルニクスプログラムのスケジュール (2020年7月時点) 198



198 EC, "Copernicus today and tomorrow: Webinar 'Scaling up the Sentinels in Europe'"

http://www.eurodr.net/sites/default/files/images/inline/1_copernicus_today_and_tomorrow_-_webinar_-_andras_roboz.pdf

iv. ESA Earth Explorer

- Earth Explorer は、地球環境の側面に特化した、宇宙での新技術の実証を目的とするミッションである。地球科学の問題にグローバルに取り組んだ ERS (European Remote Satellite) と Envisat (Environmental Satellite) の後継にあたる。本ミッションは、大気、生物圏、水圏、雪氷圏、地球内部に焦点を当て、これらの構成要素間の相互作用や、人間の活動が地球の自然なプロセスに与えている影響を調査することに重点を置く¹⁹⁹。

①GOCE (Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer)²⁰⁰

- Earth Explorer の最初のミッションである。地球の重力場と等電位基準面のグローバルモデルを、高い空間分解能と精度で取得することを目的とする。既存の CHAMP (Challenging Minisatellite Payload) ミッション、GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) ミッションを補完する位置づけにある。地球の重力場によって定義されるジオイド (重力ポテンシャルが等しい表面) を正確にモデル化することは、気候変動の影響を受ける海洋循環、海面変化、地球上の氷の力学を正確に測定するために不可欠なプロセスとされている。

図表 41 GOCE 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2009 年打ち上げ済み、2013 年 11 月に燃料切れのため運用停止 • 静電式重力勾配計 (ECG : Electrostatic Gravity Gradiometer)、オンボード GPS 受信機、衛星間追尾装置 (SSTI : Satellite-to-Satellite Tracking Instrument)、レーザ反射鏡 (地上局からの追尾用)、キセノンを推進剤とするイオンエンジンを搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 地球の重力場と等電位基準面のモデルを、高い空間分解能と高精度で地球規模で取得し、地球内部の構造や地震のプロセスだけでなく、海洋循環、氷床の地形や進化、地球の海面変化などを調査
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Thales Alenia Space (元: TAS-I と Alcatel Alenia Space) : 主契約²⁰¹ • EADS Astrium GmbH: 衛星プラットフォーム²⁰² • Alcatel Space : 重力計 • 開発コスト : 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Eurockot²⁰³
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESA²⁰⁴
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA

¹⁹⁹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Earth_Explorers_overview

²⁰⁰ https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/GOCE

²⁰¹ <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/goce>

²⁰² <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/goce>

²⁰³ https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/GOCE

²⁰⁴ https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/GOCE

データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 不明
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：1,050 kg²⁰⁵ 軌道：太陽同期軌道²⁰⁶ 96.7° 高度：250 km 観測対象・精度・空間分解能：下図参照 観測幅：不明 空間分解能：20~20,000 km²⁰⁷ 運用期間：20 か月²⁰⁸ 回帰日数：61 日（サブの 20 日周期が 3 つ）²⁰⁹ 通信リンク（S バンド） Uplink:4 kbps、downlink:~1.2 Mbps

図表 42 GOCE の精度・空間分解能²¹⁰

Application	Accuracy		Spatial Resolution half wavelength
	Geoid (cm)	Gravity (mgal)	
Solid Earth:			
- Lithosphere and upper mantle density structure		1-2	100 km
- Continental lithosphere		1-2	50-100 km
- Sedimentary basins		1-2	20-100 km
- Rifts		1-2	100-500 km
- Tectonic motions		1	100 km
- Seismic hazards		0.5-1	100-200 km
Oceanography:			
- Short scale	1-2		100 km
- Basin scale	0.2		200 km
	0.1 (approx.)		1000 km
Ice sheets:			
- Rock basement		1-5	50-100 km
- Ice vertical movements	2		100-1000 km
Geodesy:			
- Levelling by GPS	1		100-1000 km
- Unification of worldwide height systems	1		100-20000 km
- Inertial navigation system	1-3 (approx.)	1-5 (approx.)	100-1000 km
- Orbits (1 cm radial orbit error for altimetric satellites)			100-1000 km
Sea-level change	Many of the above applications, with their specific requirements, are relevant to sea-level studies		

²⁰⁵ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/goce>

²⁰⁶ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/goce>

²⁰⁷ <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/goce>

²⁰⁸ https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/GOCE

²⁰⁹ <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/goce>

²¹⁰ <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/g/goce>

②SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) ²¹¹

- Earth Explorer の 2 番目のミッションであり、全地球の土壌水分分析及び海洋塩分分布を調査する。ESA の Living Planet Program における技術実証衛星であり、フランス CNES とスペイン CDTI (Center for Technological and Industrial Development) の共同プロジェクトとなる。

図表 43 SMOS 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2009 年 11 月に打ち上げ • ESA の Living Planet Program における技術実証衛星で Earth Explorer の 2 番目のミッション。フランスの CNES とスペインの CDTI (Center for Technological and Industrial Development) の共同プロジェクト • Y 字形アーム上に各 18、中心部に 18 (合計 72) の受信アンテナを配置
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 全地球の土壌水分分析及び海洋塩分分布を調査 • ミッションの主な科学的目的は、気候学、気象学、水文学、海洋学の応用を促進するために、海洋の SSS (Sea Surface Salinity) と陸地の SM (Soil Moisture) の観測実証
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • CNES と Alcatel Alenia Space (元 Alcatel Space Industries) : 衛星プラットフォーム²¹² • 開発コスト: 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • ROSCOSMOS (Rockot-KM)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • CNES²¹³
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA, CDTI, CNES²¹⁴, ESAC (European Space Astronomy Centre, Spain)
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

²¹¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/smos>; <https://www.restec.or.jp/satellite/smos.html>

²¹² <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos/description>

²¹³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/smos>

²¹⁴ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/smos>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：670 kg²¹⁵ (Platform:312kg、Payload:355kg) • 軌道：太陽同期準回帰軌道、98.45° • 高度：758 x 760 km • 観測波長帯：L band 1,400-1,427 MHz (H、V 同時観測可能) • 観測幅：1000 km²¹⁶ • 空間分解能：35 km²¹⁷ • 運用期間：3年 • 回帰日数：2.5-3日²¹⁸ • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • 科学データダウンリンク (Xバンド)：18.4Mbps • TT&C (Sバンド)：Downlink: 722 kbps、Uplink: 4 kbps
------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

²¹⁵ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos/description>

²¹⁶ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/miras>

²¹⁷ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos/description>

²¹⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/smos>

③CryoSat (CryoSat-2) ²¹⁹

- Earth Explorer の 3 番目のミッションである。極地の氷や海水の厚さを計測し、極氷の融解と海面上昇の関連付けに寄与。

図表 44 CryoSat 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2010 年 4 月に打ち上げ済み • SIRAL-2 (SAR/Interferometric Radar Altimeter-2)、Radar Altimeter (SIRAL)、DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite) を搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 陸氷や海水の厚さを観測し、極地の氷の融解と海面上昇の関係、気候変動への影響を解明 • ミッションの主な科学的目的は、気候学、気象学、水文学、海洋学の応用を促進するために、海洋の SSS (Sea Surface Salinity) と陸地の SM (Soil Moisture) の観測実証分解能の向上のための軌道に沿った合成開口処理 • 急峻な地形に対応するための第 2 アンテナによるインターフェロメトリック観測 • 氷床、氷河、氷冠の標高変化の観測、浮遊海水の高さの推定
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • EADS Astrium GmbH • 開発コスト：
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Dpner
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA²²⁰
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 60 kbps (Low Resolution Mode) • 12 Mbps (SAR) • 24 Mbps (Sar interferometry)
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：720 kg • 軌道：太陽非同期軌道²²¹， 92° • 高度：720 x 720m • 観測幅：15 km • 空間分解能：²²² レンジ方向：45 cm アロングトラック方向：250 m • 運用期間：3.5~5.5 年 運用中 • 回帰日数：369 日 (サブサイクルは 30 日)²²³ • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ダウンリンク (X バンド)：100Mbps • TT&C (S バンド)：uplink 2kbps、downlink 8kbps • スループット：約 320GB/日

²¹⁹ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/cryosat>; <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/cryosat-2>

²²⁰ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cryosat_2

²²¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/cryosat-2.html>

²²² <https://www.restec.or.jp/satellite/cryosat-2.html>

²²³ <https://www.restec.or.jp/satellite/cryosat-2.html>

④Swarm²²⁴

- Earth Explorer の 5 番目のミッションであり、ESA の地球観測のための最初のコンステレーションとされている。地磁気のさまざまな発生源を分離し、モデル化するために必要な観測を実施。大気中の電磁場の観測も可能とする。CHAMP (Challenging Minisatellite Payload) のフォローアップミッションの位置づけ。

図表 45 Swarm 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2013 年 11 月に打ち上げ済み • 低高度 (初期高度 450km) で並んで飛行する 2 機の衛星と、高度 530km で飛行する衛星の計 3 機で構成。2 機の低高度衛星は、磁場の東西の勾配を測定。DTU Space (デンマーク国立宇宙センタ) を中心としたヨーロッパのコンソーシアムが ESA に提案²²⁵ • Absolute Scalar Magnetometer (ASM : スカラー磁力計)、Vector Field Magnetometer (VFM : ベクトル磁界観測装置)、Electric Field Instrument (EFI : 電界測定器)、Accelerometer (ACC : 加速度計)、Laser Range Reflector (LRR : レーザー測距計) を搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 磁場の強さ、方向、変化を高精度かつ高解像度で測定し、さらにナビゲーション、加速度計、電場、プラズマ密度、温度を高精度で測定することで、地磁気のさまざまな発生源を分離し、モデル化するために必要な観測を実施
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • EADS Astrium GmbH • 開発コスト : 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • ROSCOSMOS (Rockot-KM)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESA, KSAT
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA, CNES, CSA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 472 kg²²⁶ • 軌道 : 太陽非同期軌道、A と C: 87.35、B: 87.75²²⁷ • 高度: 460km (A と C 機)、530km (B 機) ²²⁸ • 観測波長帯 : 不明 • 観測幅 : 不明 • 空間分解能 : 不明 • 運用期間 : 4 年 • 回帰日数 : 不明 • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ダウンリンク (S-バンド) : 6 Mbps • アップリンク (S-バンド) : 4kbps • スループット : 1.8 Gbit/日、1 dump/日 (Kiruna 地上局向け)

²²⁴ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/swarm>; <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/swarm>

²²⁵ <https://www.space.dtu.dk/english/Research/Projects/Project-descriptions/Swarm>

²²⁶ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/swarm/objectives>

²²⁷ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/swarm_a

²²⁸ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/swarm_a

⑤ADM-Aeolus²²⁹

- Earth Explorer の 4 番目のミッションで、全球気候観測システム（GCOS : Global Climate Observing System）の実証プロジェクトである。WMO（世界気象機関）が要求する精度を満たす鉛直解像度で、全球の風速分布の観測を目的としている。

図表 46 ADM-Aeolus 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年 8 月に打ち上げ済み • ALADIN (Atmospheric Laser Doppler Instrument) /レーザードップラーライダー、Fizeau interferometer for aerosol return (フィゾー干渉計)、Sequential Fabry-Perot interferometer for molecular return (ファブリ・ペロー干渉計)、Accumulation CCD as detector (also referred to as ACCD) を搭載 • ALADIN は DWL (Doppler Wind Lidar) 技術を採用。観測結果は、NWP (Numerical Weather Prediction) モデル²³⁰へインプットされる • 2019 年 5 月、Aeolus のプライムレーザーが劣化し、すでに出力が半分になっていることが発表された。6 月、Aeolus をバックアップ光源に切り替え
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 3 次元風速場の全球観測を行い、風速計測技術、大気モデリング・解析技術を向上させ、気象予報や気候研究に貢献。地球規模の測定システムから得られる高品質な風のプロファイルを用いて、気候モデルを検証
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • EADS Astrium : 主契約²³¹ • 開発コスト : \$ 560 million²³²
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Vega
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESOC²³³、TTC 局は Kiruna
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

²²⁹ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/aeolus>; <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aeolus>;
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/aeolus>

²³⁰ <https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-climate-models/numerical-weather-prediction>

²³¹ <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/a/adm-aeolus>

²³² <https://www.space.com/41587-vega-rocket-launches-aeolus-wind-satellite.html>

²³³ https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Aeolus_operations

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1367 kg（ペイロード：266kg） • 軌道：太陽同期ドーナズク軌道、97°²³⁴ • 高度：314km×317km • 観測波長帯：不明 • 観測幅：全球を観測²³⁵ • 空間分解能：0.5~2.0 km²³⁶ 横：87 km（継続的サンプリング）²³⁷ 縦：PBLで250m • 運用期間：3年²³⁸ • 回帰日数：7日²³⁹ • 周期：92.5分²⁴⁰ • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • データダウンリンク（Xバンド）：10 Mbps（Svalbard 地上局で受信） • TT&C（Sバンド）：uplink 2 kbit/s、downlink ~8 kbps
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

²³⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/adm-aeolus.html>

²³⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/adm-aeolus.html>

²³⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/adm-aeolus.html>

²³⁷ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/aladin>

²³⁸ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Aeolus

²³⁹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Aeolus

²⁴⁰ <https://www.restec.or.jp/satellite/adm-aeolus.html>

⑥EarthCARE (Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer) ²⁴¹

- ESA の ERM (Earth Radiation Mission) と JAXA の ATMOS-B1 衛星プロジェクトの目的を基にした日欧共同 (ESA/JAXA/NICT) のミッションである。雲・エアロゾル・放射線の相互作用を定量化し、気候モデルや数値気象予報に正しく反映させることを目的としている。

図表 47 EarthCARE 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2024 年に打ち上げ予定²⁴² • ESA の Living Planet Program の Earth Explorer Core ミッションの中の日欧共同ミッションで、ESA の ERM (Earth Radiation Mission) と JAXA の ATMOS-B1 衛星プロジェクトの目的をベースに統合。日本側は JAXA と NICT が担当。 • 搭載センサは、①雲プロファイリングレーダー (CPR)、②大気ライダー (ATLID)、③多波長イメージャー (MSI)、④広帯域放射収支計 (BBR) の 4 種で、雲、エアロゾル (大気中に存在するほこりやちりなどの微粒子) の全地球的な観測を行い、気候変動予測の精度向上に貢献 • これまで十分な観測が行われてこなかった鉛直方向の雲粒やエアロゾルの分布、雲粒が上昇・下降する速度の計測等を行い、雲、エアロゾルとそれらの相互作用による放射収支メカニズムを解明して、気候変動予測の精度向上が期待 • レーダーにより台風のような厚い雲の内部までも捉えることで、雲の鉛直構造を調べる雲プロファイリングレーダー (CPR) の設計・製造は日本電気株式会社担当 • 大気ライダー (ATLID)、③多波長イメージャー (MSI)、④広帯域放射収支計 (BBR) は ESA が担当
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気候変動予測の主要誤差要因である、雲・エアロゾルについて 3 次元分布を観測し、相互作用を含めたその地球放射収支に関するプロセスを明らかにすることを目的とする²⁴³
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Airbus Defense and Space: 主契約²⁴⁴ • ESA : 多波長イメージャー (MSI) (設計) • SSTL (UK) ・ TNO (オランダ) : 多波長イメージャー (MSI) (製造) • SEA (Systems Engineering & Assessment Ltd.) を主契約者とする英国主導のコンソーシアム (光学ユニットを担当する RAL (Rutherford Appleton Laboratory) 、Sula Systems Ltd.、ESR Electronic Components Ltd.、カナダの INO、フランスの SciSys および LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique du CNRS) が参加) : 広帯域放射収支計 (BBR) • 開発コスト : 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Arianespace : Soyuz ロケット (予定)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA, JAXA

²⁴¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/earthcare.html>; <https://www.jaxa.jp/projects/sat/earthcare/>

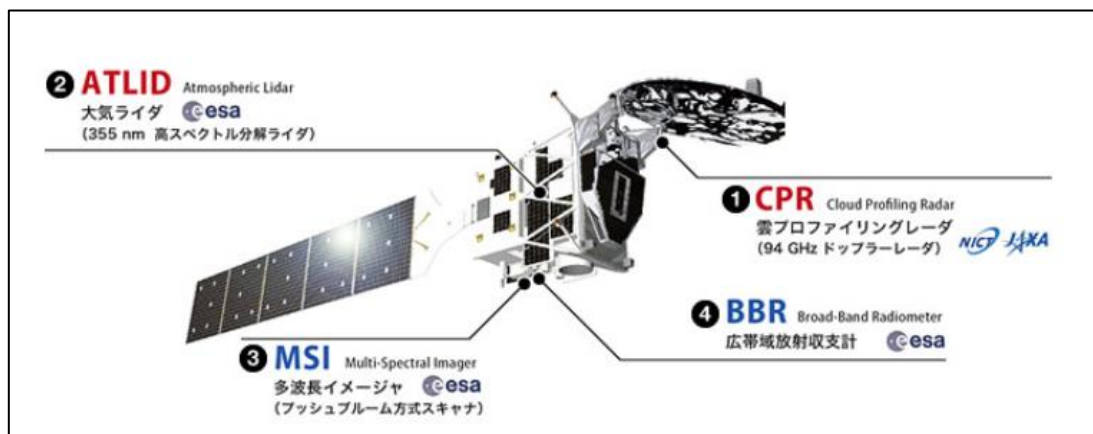
²⁴² https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/EarthCARE

²⁴³ <https://www.restec.or.jp/satellite/earthcare.html>

²⁴⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/earthcare>

データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 不明
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：1859 kg²⁴⁵ 軌道：太陽同期準回帰軌道 高度：約 393km (赤道上) 雲プロファイリングレーダー (CPR) <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：直下 1 ピクセルのみ (約 750m) 分解能：1km (水平)、100m (垂直) 周波数：94.05 GHz ±3.5 MHz 大気ライダ (ATLID) <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：1 ピクセルのみ (30m 以下) 分解能：10km (水平)、100m (垂直) 波長帯：355nm 多波長イメージャ (MSI) <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：150km (-35~115km) 分解能：500m×500m 広帯域放射収支計 (BBR) <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：直下/前方/後方の各々1 ピクセルのみ 分解能：10km×10km 波長帯：SW channel、0.25-4μm、LW channel、0.25-50μm 運用期間：3年 回帰日数：25日 周期：約 92.5分 軌道傾斜角：97.05²⁴⁶ 発生電力：約 3,400W 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> ペイロードデータダウンリンク (Xバンド)：150Mbps TT&C (Sバンド)：uplink 64kbps、downlink 128 kbps/2 Mbps (レンジングあり/レンジングなし)

図表 48 EarthCare の概観²⁴⁷



²⁴⁵ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/earthcare>

²⁴⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/earthcare.html>

²⁴⁷ <https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/earthcare/>

⑦Biomass ²⁴⁸

- Earth Explorer の 7 番目のミッション。P-band SAR を搭載。森林のバイオマスを測定し、陸域の炭素蓄積量とフラックスを評価することで、炭素循環の理解を深めることを目的としている。

図表 49 Biomass 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2024 年に打ち上げ予定²⁴⁹ • バイオマスのマッピングとモニタリングを目的とする P バンド (250～500MHz) 合成開口レーダーを搭載し、森林の状態や変化情報を提供し、炭素循環における森林の役割について調査する
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 土地利用の変化による炭素フラックスの不確実性を減らす²⁵⁰ • 国際条約や合意のための科学的根拠の提供 • 二酸化炭素の変動を把握し、予測の改善に用いる
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Airbus DS：主契約²⁵¹ • 開発コスト：
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Vega 予定²⁵²
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESOC、ESRIN、ESTEC²⁵³
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,170 kg • 軌道：太陽同期ドーンダスク軌道 • 高度：660 km • 観測波長帯： • 観測幅：50 – 60 km²⁵⁴ • 空間分解能：50 - 60 m²⁵⁵ • 運用期間：5 年 • 回帰日数：25 日²⁵⁶ • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • 科学データ (X バンド)：310/520Mbps • TT&C (S バンド) ²⁵⁷：uplink 64kbps、downlink 128 kbps

²⁴⁸ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Biomass; https://space.skyrocket.de/doc_sdat/biomass.htm;

https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/ESA_s_next_Earth_Explorer_satellite;

<https://earth.esa.int/eogateway/missions/biomass>

²⁴⁹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Biomass

²⁵⁰ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/biomass/objectives>

²⁵¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/biomass>

²⁵² https://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/SP1324-1_BIOMASSr.pdf

²⁵³ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/biomass/description>

²⁵⁴ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/sar_p

²⁵⁵ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/sar_p

²⁵⁶ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/sar_p

²⁵⁷ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/biomass/description>

⑧FLEX (Fluorescence Explorer or Earth Explorer 8) ²⁵⁸

- Earth Explorer の 8 番目のミッション。植生蛍光のマッピングにより、光合成活性と植物ストレスを定量化することを目的としている。

図表 50 FLEX 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2025 年に打ち上げ予定²⁵⁹ • 光合成活動を定量化するために植物クロロフィル蛍光の全球マッピングを提供する • Copernicus Sentinel-3 と連携することで、光学センサと熱センサを活用し、統合的に測定 • FLORIS (FLuOrescence Imaging Spectrometer) と Leonardo 搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 植物と大気の間で炭素がどのように移動するか、また光合成が炭素と水の循環にどのように影響するかについての知識を与える • 蛍光イメージング分光計により、光合成の指標となる微弱な光を観測
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Thales Alenia Space：主契約²⁶⁰、FLORIS 機器 • Teledyne e2v: CCD イメージセンサ²⁶¹ • 開発コスト：€150 million²⁶²
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Vega-C 予定 ²⁶³
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

²⁵⁸ https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/FLEX_mission_to_be_next_ESA_Earth_Explorer;

https://space.skyrocket.de/doc_sdat/flex.htm

²⁵⁹ Jose F. Moreno, "THE FLUORESCENCE EXPLORER (FLEX): MISSION STATUS AND DATA EXPLOITATION PLANS" ※ IEEE IGARSS 2022 より

²⁶⁰ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/flex>

²⁶¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/flex>

²⁶² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/flex>

²⁶³ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/FLEX

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : • 軌道 : 太陽同期軌道 • 高度 : 814 km²⁶⁴ • 観測波長帯 : 500 – 800 nm²⁶⁵ • 観測幅 : 150 km²⁶⁶ • 空間分解能 : 300 m²⁶⁷ • 運用期間 : 3.5 年²⁶⁸ • 回帰日数 : 27 日²⁶⁹ • 搭載機器 : FLORIS (FLuOrescence Imaging Spectrometer) • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • 科学データリンク (X バンド) : 伝送速度不明 (Svalbard および Norway 地上局) • TT&C (S バンド) : 伝送速度不明 (Kiruna 地上局)
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

²⁶⁴ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/FLEX

²⁶⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/f/flex>

²⁶⁶ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/floris>

²⁶⁷ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/floris>

²⁶⁸ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/FLEX

²⁶⁹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/FLEX

⑨FORUM (Far-infrared Outgoing Radiation Understanding and Monitoring) ²⁷⁰

- Earth Explorerの9番目のミッション。遠赤外線放射の把握とモニタリングを目的としている。温室効果に対する理解を深めるとともに、政策決定の基礎となる気候変動評価の精度を高めることに貢献するものとされている。

図表 51 FORUM 概要²⁷¹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2027年に打ち上げ予定²⁷² • 地球の光スペクトルの遠赤外線部分を観測 • FSI (FORUM Sounding Instrument) を搭載
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 地球の表面温度は、大気上層部の放射バランスによって左右されているが、温室効果ガスの排出によって、本来なら宇宙に逃げていくはずの熱が大気中に閉じ込められ、バランスが崩れる • 放射される長波エネルギーの半分以上は、電磁スペクトルの遠赤外線であり、これまで測定されていなかったこれにより、FORUMは気候モデルを改善し、気候予測を向上させることが期待でき、将来の政策決定の基礎となる気候変動評価の精度に対する信頼性を向上させる
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Airbus UK、OHB (Instrument) • 開発コスト：€160 million
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：不明 • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：835 km • 観測波長帯：6.25 – 100µm, 10.5µm²⁷³ • 観測幅：IFOV 40km*40km ²⁷⁴ • 空間分解能：²⁷⁵ Interferometer: 15km、Embedded Imager: 0.75 km • 運用期間：不明 • 回帰日数：29日²⁷⁶ • 通信リンク：不明

²⁷⁰ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/A_new_satellite_to_understand_how_Earth_is_losing_its_cool;
<https://www.mi.uni-hamburg.de/en/arbeitsgruppen/strahlung-und-fernerkundung/newsarchiv/20190924-forum-earth-explorer.html>

²⁷¹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/FutureEO/Contract_secures_design_for_ESA_s_FORUM_satellite

²⁷² <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/fsi>

²⁷³ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/fsi>

²⁷⁴ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/fsi>

²⁷⁵ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/fsi>

²⁷⁶ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/fsi>

⑩Harmony（候補ミッション時の名称：Stereoid）²⁷⁷

- Earth Explorer の 10 番目のミッション。地表の動きを監視し、現在進行中の微妙な変化を高解像度で記録することを目的としている。Sentinel-1 と連携する 2 機の衛星を打ち上げ、海や地表の変形測定値を取得する。

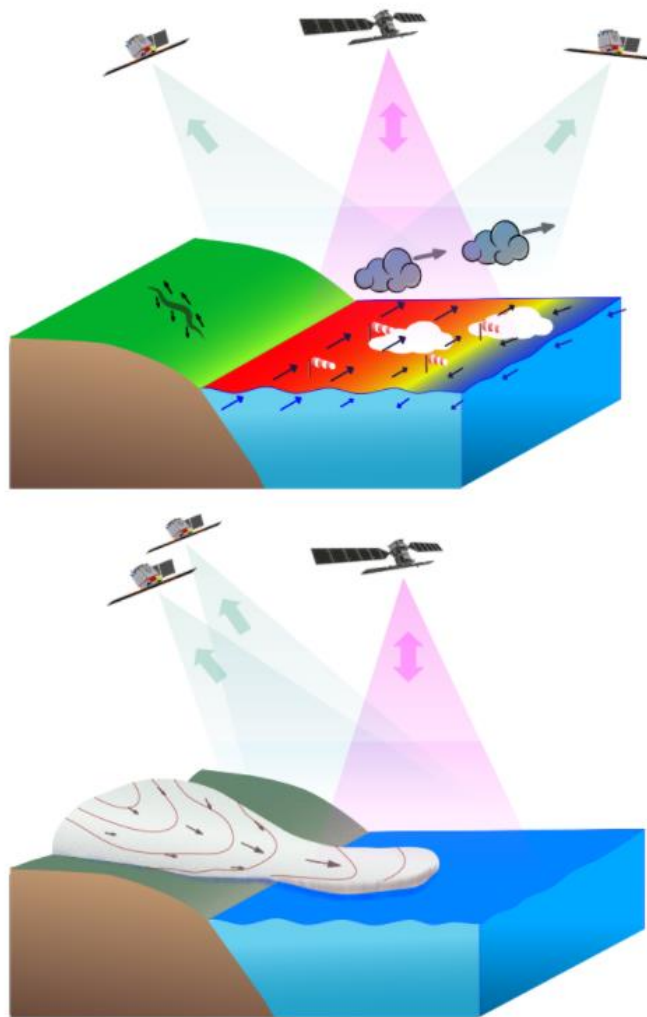
図表 52 Harmony 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2026 年に打ち上げ予定 • 2 機の衛星が Copernicus Sentinel-1 衛星と連携し、海、氷、陸の活動に関する重要な科学的課題に取り組む • Sentinel-1 から約 350km 離れた場所に Harmony 衛星を前後に配置することと、Sentinel-1 から 350km 離れた場所に Harmony 衛星をお互いに近づけて（約 200~500m）飛行する。ハーモニーの各衛星には、受信専用の合成開口レーダー（SAR）が搭載されており、Sentinel-1 が地球に向けて送信した反射信号を取得する • Harmony と Sentinel-1 を組み合わせることで得られる角度の多様性により、これまでにない精度で海や地表の変形測定値を取得できる • Harmony の各衛星には、マルチビーム熱赤外放射計が搭載されており、雲の動きを高さ方向に分解して測定できる
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • Harmony の各衛星には、受信専用の合成開口レーダーが搭載され、Sentinel-1 のレーダーと連携して、地震や火山活動などによる地表の小さな変化を測定するデータを提供する。また、海面上昇を理解するために、急速に変化する氷床の縁辺部における氷河の 3 次元的な変形や流動のダイナミクスを調査する。
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 不明 • 開発コスト：
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：不明 • 軌道：不明 • 高度：不明 • 観測波長帯：不明 • 観測幅：不明 • 空間分解能：不明 • 運用期間：不明 • 回帰日数：不明 • 通信リンク：不明

²⁷⁷ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/ESA_moves_forward_with_Harmony;

https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Earth_Explorers ; https://optics.org/phonex/news/12/9/20_

図表 53 Harmony と Sentinel-1 の連携イメージ²⁷⁸



²⁷⁸ <https://comet.nerc.ac.uk/harmony-mission-candidate-for-the-earth-explorer-10/>

v. Earth Explorer 11（候補に選ばれた4衛星）²⁷⁹

- Earth Explorer 11の11番目のミッション候補として、Cairt、Nitrosat、Seastar、Wivernの4案がプレフィージビリティスタディに入っている。2023年と2025年に候補を絞り込み、2031年から2032年にEarth Explorer 11として成功させることを目指す。

図表 54 Earth Explorer 11 のミッション候補

衛星名	詳細
Cairt (Changing-atmosphere infrared tomography)	高度 5~120km の範囲で、気候変動と大気化学・大気力学との関連性を理解するための測定を行う。大気の循環、組成、地域的な気候変動を結びつけるプロセスに焦点を当て、既存の衛星ミッションや計画中の衛星ミッションでは得られない重要な観測データを取得するため、画像フーリエ変換赤外線技術を用いた limb-sounder（地球の大気の内縁（limb）からの自然に発生するマイクロ波熱放射を測定し、大気ガス、温度、圧力、雲氷の鉛直分布を遠隔検出する ²⁸⁰ 。）を搭載
Nitrosat	大気中の二酸化窒素（NO ₂ ）とアンモニア（NH ₃ ）の測定を行う。二酸化窒素は有害な大気汚染物質であり、オゾンや粒子状物質の前駆体でもある。アンモニアは、環境レベルでは人体に直接有害ではないが、微細なエアロゾル粒子汚染を形成する重要な前駆体である。この2つの化合物は、自然の炭素循環と窒素循環の相互作用を通じて、気候変動に関連している
Wivern (Wind Velocity Radar Nephoscope)	雲中の風を測定し、雨、雪、氷水のプロファイルを取得。二重偏波の 94GHz ドップラーレーダーを円錐状にスキャンすることで、気象予報モデルに大きな影響を与える天候の予測や危険な警告に役立ち、雲や降水のプロファイリングによる気候の記録にも貢献
Seastar	すべての沿岸海洋、大陸棚海及び周辺氷域に対して、1 km の解像度で海面流及び海面風ベクトルを提供する。この情報は、海洋の食物連鎖を支える大気と海洋の相互作用を理解する上で重要となる海洋の動態と小規模な海洋プロセスに関する科学的な疑問に答えるものである。これらの小規模動力学は油とプラスチック汚染の分散にも重要なものである。この衛星には、2つのアンテナを搭載した軌道干渉レーダー（along-track interferometry radar）が搭載される

²⁷⁹

https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Future_EO/Earth_Explorers/Four_mission_ideas_to_compete_for_Earth_Explorer_11 ; <https://noc.ac.uk/news/esa-earth-explorer-11-selects-noc-led-ocean-satellite-mission-idea-further-study>

²⁸⁰ <https://mls.jpl.nasa.gov/>

vi. Arctic Weather Satellite (AWS)

- ESA が開発する小型気象衛星。地球上のあらゆる場所の気温と湿度のデータを提供し、北極圏の超短距離天気予報（ナウキャスト）を可能にするとされている。本ミッションにより、世界中の天気予報の改善が期待されている。

図表 55 Arctic Weather Satellite 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2024 年に打ち上げ予定 • 19 チャンネルの cross-track scanning マイクロ波放射計搭載²⁸¹ • ESA メンバー国の 12 国から 31 の企業（うち 14 が中小規模の企業）が参画²⁸² • コスト効率の高い自動車グレードの部品やアジャイル開発を採用 • 将来的に 16 機のコンステレーションを計画
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気象条件に関わらず、高分解能で大気の湿度と気温をサウンディングする²⁸³。 • 高頻度で地球を観測することで、北極圏の短期気象予報や数値気象予測を改善することを目的とする • AWS ミッションで MetOp と米国 NOAA が連携する極衛星システムを補完する（MetOp 衛星は、地球全体をカバーするのに最大 24 時間を要する）
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • ESA²⁸⁴
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • OHB Sweden：主契約²⁸⁵、InnoSat platform • AAC Clyde Space：コマンド・データ処理ユニットおよび電力システム²⁸⁶ • Omnisys Instruments（AAC グループ）：Cross-Track Scanning マイクロ波放射計（マイクロ波放射計の電源系は Ruag²⁸⁷） • 開発コスト： €32 million 以上²⁸⁸
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • Thales Alenia Space • ANYWAVES（S バンド TT&C、 geolocation、 ダウンリンク）
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • ESA²⁸⁹
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

²⁸¹https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Meteorological_missions/Arctic_Weather_Satellite

²⁸² Phi-week 2021 における ESA 報告より

²⁸³ Phi-week 2021 における ESA 報告より

²⁸⁴https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Meteorological_missions/Arctic_Weather_Satellite/Contract_signed_to_build_Arctic_weather_satellite

²⁸⁵https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Meteorological_missions/Arctic_Weather_Satellite/Contract_signed_to_build_Arctic_weather_satellite

²⁸⁶ <https://news.satnews.com/2021/10/04/core-avionics-for-esas-arctic-weather-satellite-to-be-supplied-by-aac-clyde-space/>

²⁸⁷ <https://www.ruag.com/en/news/esas-new-arctic-weather-satellite-flies-power-system-ruag-space>

²⁸⁸ Phi-week2021 における ESA 報告より

²⁸⁹ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/aws>

<p>スペック</p>	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：120kg • 軌道：極軌道 • 高度：600km • 観測波長帯：下図参照 • 観測幅：不明 • 空間分解能：下図参照 • 運用期間：6年²⁹⁰ • 回帰日数：不明 • 周期：97分 • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • TT&C (Sバンド) ²⁹¹ : 4Mbps (PFM) • Payload (Lバンド) : 1.5Mbps (PFM)
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

²⁹⁰ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/aws>

²⁹¹ <https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=5087&context=smallsat>

図表 56 AWS 観測波長帯²⁹²

No.	Central frequency	Bandwidth	NEΔT	Polarisation	Resolution
1	50.3 GHz	180 MHz	< 0.6 K	???	≤ 40 km
2	52.8 GHz	400 MHz	< 0.4 K	???	≤ 40 km
3	53.246 GHz	300 MHz	< 0.4 K	???	≤ 40 km
4	53.596 GHz	370 MHz	< 0.4 K	???	≤ 40 km
5	54.4 GHz	400 MHz	< 0.4 K	???	≤ 40 km
6	54.94 GHz	400 MHz	< 0.4 K	???	≤ 40 km
7	55.5 GHz	330 MHz	< 0.5 K	???	≤ 40 km
8	57.290344 GHz	330 MHz	< 0.6 K	???	≤ 40 km
9	89 GHz	4000 MHz	< 0.3 K	???	≤ 20 km
10	165.5 GHz	2800 MHz	< 0.6 K	???	≤ 10 km
11	176.311 GHz	2000 MHz	< 0.7 K	???	≤ 10 km
12	178.811 GHz	2000 MHz	< 0.7 K	???	≤ 10 km
13	180.311 GHz	1000 MHz	< 1 K	???	≤ 10 km
14	181.511 GHz	1000 MHz	< 1 K	???	≤ 10 km
15	182.311 GHz	500 MHz	< 1.3 K	???	≤ 10 km
16	325.15±1.2 GHz	800 MHz	< 1.7 K	???	≤ 10 km
17	325.15±2.4 GHz	1200 MHz	< 1.4 K	???	≤ 10 km
18	325.15±4.1 GHz	1800 MHz	< 1.2 K	???	≤ 10 km
19	325.15±6.6 GHz	2800 MHz	< 1 K	???	≤ 10 km

²⁹² https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/mwr_aws

ARCTIC WEATHER SATELLITE

RADIOMETER PAYLOAD DEVELOPMENT

Based on radiometer technology and performance know-how in addition to optimisation of the instrument to meet the most important end user needs.

Significant end user engagement since 1992 but more focused since 2007 (GeoMS) and 2015-2017 (GAIS)


- Also formal (and informal) communication with experts from UK Met office, ECMWF and Eumetsat

Performance

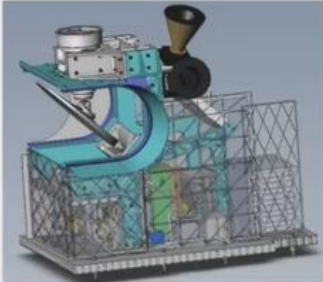
- Best in class spatial resolution for microwave sounders at 183 GHz (10km)
- Best in class sensitivity for all channels (54, 89, 183 and 325 GHz)
- Implementing the most important channels leaving out the less important ones

Cost


- About a factor of 8 lower cost than METOP 2G



Arctic Weather Satellite Constellation.
Image OHB Sweden



AWS radiometer concept



AAC
CLYDE
SPACE

²⁹³ Phi-week2021 における AAC Clydespace 社の報告より

C) DMC (Disaster Monitoring Constellation)

- 1996年に提唱された Disaster Monitoring Constellation (DMC)を目的とし、英国の SSTL (SURREY SATELLITE TECHNOLOGY LTD) が主導する小型 LEO コンステレーションである。

図表 58 DMC 3 概要

項目		内容
概要		<p>DMC-1²⁹⁴ (経緯)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1996年に提唱された Disaster Monitoring Constellation (DMC)を目的とする小型 LEO コンステレーションで、英国の SSTL (SURREY SATELLITE TECHNOLOGY LTD) が主導 DMC コンソーシアムは、アルジェリア、中国、ナイジェリア、トルコ、英国のパートナーシップで構成 AISAT-1 (アルジェリア) : 2002年11月28日打上げ (micro-sat1号機) トルコ、ナイジェリア BILSAT-1 : 2003年9月27日打上げ 同時に英国の超小型衛星プログラムの中で SSTL が開発した DMC-1 (UK-DMC 1) を打上げ DMC+4 (中国) : Oct. 27, 2005年10月27日打上げ (Beijing-1) <p>DMC-3²⁹⁵</p> <ul style="list-style-type: none"> 英国の DMCii (DMC International Imaging Ltd.)が所有し運用する3機の光学衛星コンステレーション
セクター		<ul style="list-style-type: none"> 中国の民間地球観測衛星事業者による中国政府およびグローバル顧客向けサービス提供
目的・ビジネスモデル (利用分野)		<ul style="list-style-type: none"> 目的: 災害監視用 ビジネスモデル: ファーストユーザは中国最初の商用地球観測衛星事業である21AT (Twenty First Century Aerospace Technology Pte. Ltd.) 21ATは3機の撮像能力の100%をリース (21ATでの呼称は TripleSat) 21ATは、TripleSat Constellation を用いた監視サービスを通じて世界中のパートナーにビジネスチャンスを創出するため、シンガポールに21AT(ア Asia)を設立。
衛星	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者: Twenty First Century Aerospace Technology Pte. Ltd
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者: SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd.) 開発等コスト: 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2015/7/10 (打上げ機: PSLV XL)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> 21AT
	S/C	<ul style="list-style-type: none"> プラットフォーム: SSTL-300 S1 bus 重量: 447 kg 軌道高度: 651km、軌道傾斜角: 97.8°、太陽同期軌道 設計寿命: 7年
観測性能		<ul style="list-style-type: none"> 空間分解能 Pan: 1m GSD (450-650 nm)、MS: 4 m GSD (青、緑、赤、近赤外) 観測幅: 23km 回帰日数: 3日 (3機で毎日)

²⁹⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dmc>

²⁹⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/dmc-3>

データ処理	<ul style="list-style-type: none"> • 量子化ビット：10bits • データ圧縮：JPEG-LS • オンボードメモリ：128GB 不揮発性ストレージ • データスループット：xxx • ダウンリンク通信方式： ペイロードデータ用 X バンドダウンリンク：320Mbps TT&C 用通信リンク： Up (コマンド) 9.6 又は 19.2kbps Down (テレメトリ) 9.6k~8.0Mbps (BPSK 又は QPS 変調) LVDS(Low voltage differential signaling:低電圧作動信号)
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

D) Cygnss (Cyclone GNSS : サイクロン航行測位衛星システム) ²⁹⁶

- Cygnss (Cyclone GNSS) は、GPS などの GNSS 信号の反射波を利用して台風をはじめとする海洋風の観測を行う小型衛星ミッションである。本プロジェクトは Earth Venture の一つに位置付けられている。Earth Venture は、科学主導でかつ競争力のある低コストのミッションである NASA の Earth System Science Pathfinder Program (ESSP) 中の 1 つであり、地球システムの現状をより深く理解し、将来の変化の予測における継続的な改善を可能にするために設立されたプログラムである。

図表 59 Cygnss 概要²⁹⁷

項目	内容	
概要 ²⁹⁸	<ul style="list-style-type: none"> • 8機の小型衛星によるフォーメーションフライトで高頻度観測（同地点を12分間隔）を実現 • 衛星の軌道傾斜角を35度とし、観測エリアをハリケーンの存在する北緯35度～南緯35度の熱帯域に限定することなどで、従来は数日間隔だった観測を約12時間で全球（北緯35度～南緯35度の範囲内）のデータを取得 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • 大学での研究利用 	
目的・ビジネスモデル（利用分野）	<ul style="list-style-type: none"> • 目的：科学観測、ハリケーン予測 • ビジネスモデル：科学観測及び、ハリケーン予測コミュニティに作成した海面風速データを提供し支援する 	
衛星	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：NASA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：SwRI (Southwest Research Institute) • GPS受信機：SSTL of Colorado, 英国 SSTL の子会社である • 展開モジュール：SNC (Sierra Nevada Corporation)
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 2016/12/15 (空中発射システム ATK Pegasus XL)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 受信局：チリ、ハワイ、オーストラリア、和歌山大学 (12m アンテナ)
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> • ミッション運用：ミシガン大学
	S/C	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ • 重量：28.9 kg • 軌道高度：510km、軌道傾斜角：35° • 電力：38.3W (70W EOL、30%マージン)

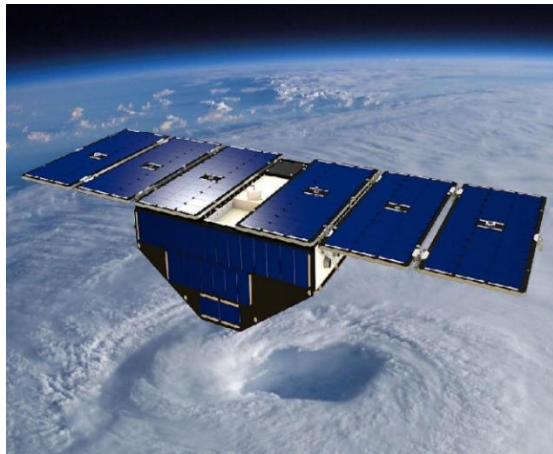
²⁹⁶ <https://eosps.nasa.gov/mission-category/13>

²⁹⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss>

²⁹⁸ みちびき HP (https://qzss.go.jp/info/archive/cygnss_170814.html)

観測性能	<ul style="list-style-type: none"> 観測機器：Delay Doppler Mapping Instrument 設計寿命・運用期間： 8機のフォーメーションで同地点を12分間隔 約12時間で全球（北緯35度～南緯35度の範囲内） GNSS-R（GNSS-Reflectometry） 衛星に2台のGPS受信機を搭載し、GPS衛星からの直接波と海面で反射したGPS衛星の電波の強度を計測し、反射点における風波の強さを推定
データ処理	<ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク：4Mbps アップリンク：2kbps

図表 60 Cygnss イメージ²⁹⁹



²⁹⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cygnss>

E) 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)

- JAXA も NASA や ESA と同様、多数のミッションを経て、多くの衛星を打ち上げている。ここではその一例を他の衛星と比較するために記載する。

i. ALOS-2 (陸域観測技術衛星 2号「だいち 2号」)³⁰⁰

図表 61 ALOS-2 の概要

項目		内容 ³⁰¹
概要		<ul style="list-style-type: none"> • ALOS の後継機として開発され、レーダセンサ (SAR) のみ搭載し、観測の頻度を向上させてより迅速な情報提供を可能としている。 • ALOS-2 には、新たに開発された「フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダ」が搭載されている。
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 地図作成、地域観測、災害監視、環境監視に利用できるデータの提供 • 陸域観測技術衛星「だいち」で実証された技術や利用成果を発展させ、国内外の大規模 自然災害に対して、高分解能かつ広域の観測データを迅速に取得・処理・配信するシステムを構築し、関係機関の防災活動、災害対応において利用実証を行うこと • 災害状況の把握に加え、国土管理や資源管理など衛星の運用の過半を占める平常時のニーズにも対応した多様な分野における衛星データの利用拡大を図ること
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 文部科学省 (総事業費 374 億円)
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 三菱電機株式会社 (プライムメーカー)
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • H-IIA ロケット 24 号機
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 地上ネットワークシステム (GN) : 増田局、沖縄局、勝浦局 • 高緯度局: スバルバード局 • 拡張型ネットワーク局 (EN 局) : 勝浦 S/X 局、鳩山 X 局 • スペースネットワーク局 (SN 局) : 筑波局、鳩山局
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> • JAXA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 株式会社パスコ
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> • 地震や火山活動による地殻変動や隆起などの地表面の動きを数 cm の精度で捉えることができるため、例えば、火山活動の活発化による広範囲にわたる地表の隆起を捉えることができれば、行政機関によるそのエリアへの立入りの可否の判断材料になる。 • 地表面の動きは、異なる日時に観測した同じ場所の画像を比較する干渉 SAR 解析という手法により把握。「だいち 2号」は海外の同種の人工衛星と比較しても地表の動きを明瞭に捉えることが可能。 • 世界中の森林の増減や違法伐採の様子を監視可能。
	主要	<ul style="list-style-type: none"> • 官公庁・地方自治体・民間企業ら

³⁰⁰ https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/alos-2/a2_about_j.htm

³⁰¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/alos-2.html>
<https://alos-pasco.com/alos-2/>
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/alos-2/index.html>
<https://www8.cao.go.jp/space/budget/h25/fy25yosan-gaiyou6.pdf>
<https://fanfun.jaxa.jp/countdown/daichi2/files/daichi2.pdf>

	ユーザ	
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：2 トン級 衛星 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 628km） 周波数： <ul style="list-style-type: none"> スポットライト 1257.5 MHz 高分解能（3m） 1257.5 MHz 高分解能（6m） 1257.5 MHz、1236.5 / 1278.5 MHz, selectable 高分解能（10m） 1257.5 MHz、1236.5 / 1278.5 MHz, selectable 広域観測 1257.5 MHz、1236.5 / 1278.5 MHz, selectable 観測幅： <ul style="list-style-type: none"> スポットライト 25 × 25km 高分解能（3m） 50km 高分解能（6m） 50km (FP: 30km) 高分解能（10m） 70km (FP:30 km) 広域観測 350km (5 ルック) 空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> スポットライト 3 × 1m 高分解能（3m） 3m 高分解能（6m） 6m 高分解能（10m） 10m 広域観測 100m 運用期間：5 年（7 年目標） 回帰日数：14 日 データスループット：直接伝送（最大 800Mbps）、データ中継衛星経由（278Mbps）

ii. 先進光学衛星「だいち 3 号」(ALOS-3 : Advanced Land Observing Satellite 3) ³⁰²

図表 62 ALOS-3 の概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 陸域観測技術衛星「だいち」の光学ミッションを引き継ぎ、全地球規模の陸域を継続的に観測する地球観測衛星。 「だいち」と比べ大型化・高性能化したセンサを搭載することにより、「だいち」の広い観測幅（直下 70km）を維持しつつ、さらに高い地上分解能（直下 0.8m）を実現。 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Civil/other 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 陸域観測技術衛星「だいち」の光学ミッションを引き継ぎ、全地球規模の陸域を継続的に観測する地球観測衛星。 主な役割としては以下が挙げられる。 (1) 平時や被災時の画像を防災・災害対策等の広義な安全保障に活用 (2) 高分解能な画像データにより高精度な地理空間情報の整備・更新に貢献 (3) 多様な観測バンドによる沿岸域や植生域の環境モニタリング・土地被覆分類など、様々な分野での利用が期待 	
実施体	出資	<ul style="list-style-type: none"> 文部科学省（総開発費 282 億円）
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 三菱電機株式会社（プライムメーカー）

³⁰² <https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai21/siryou2-2-7.pdf>

<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/alos-3/index.html>

<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-anpo/anpo-dai33/siryou1-4.pdf>

https://track.sfo.jaxa.jp/business_overview_ex/busi_over11.html

<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai21/siryou2-2-6.pdf>

制	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2023年以降【2023年3月1日時点の情報】
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 筑波局、鳩山局
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JAXA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 株式会社パスコ 民間事業の活用による衛星データ利用のさらなる拡大を目的として、ALOS-3のデータについてはJAXAと事業者（株パスコ）の契約に基づき配布事業が実施される（JAXA-株パスコ間は既に契約済）。事業者はJAXAミッション、関係府省が必要とする防災目的等以外の余剰の観測リソース及びアーカイブデータを用いて国内外のユーザ（ミッションパートナー及び研究公募で選定した研究ユーザを除く）へ有償配布を行う見込み。 なお、分解能1m以下の高分解能データについては、打上げ予定時期の32年度以降も商業価値を有する見通しであり、プラットフォーム提供による利用形態について事業者、経産省、JAXAの間で検討予定。
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 「だいち3号」の地上分解能では、構築物の倒壊や道路遮断の状況が「だいち」に比べてより明確に視認でき、発災前後の画像の比較により、詳細な被害状況を迅速に抽出することが可能。 観測波長帯に新たにコースタルとレッドエッジの2つが追加されたが、コースタルの波長帯は水中で減衰しにくいいため、沿岸域の観測に有効で、レッドエッジから近赤外の波長帯は、健康な植物からの反射が強く、植物の分布やその健康状態などの把握に有効。
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体・民間企業ら 	
スペック	<ul style="list-style-type: none"> 重量：約3トン サイズ：5.0m×16.5m×3.6m（太陽電池パドル展開時） 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度669km） 観測波長帯： <ul style="list-style-type: none"> パングロマチックバンド（白黒） 0.52～0.76μm マルチバンド（カラー） <ul style="list-style-type: none"> バンド1 0.40～0.45μm（コースタル） バンド2 0.45～0.50μm（青） バンド3 0.52～0.60μm（緑） バンド4 0.61～0.69μm（赤ースタル） バンド5 0.69～0.74μm（レッドエッジ） バンド6 0.76～0.89μm（近赤外） 地上分解能： <ul style="list-style-type: none"> パングロマチックバンド 0.8m（衛星直下） マルチバンド 3.2m（衛星直下） 観測幅：70km（衛星直下） 観測モード： <ul style="list-style-type: none"> ストリップマップ観測モード 立体視観測モード 地点観測モード 広域観測モード 方向変更観測モード 重量：約3t 観測時間：1週回あたり最大10分 寸法：5.0m×16.5m×3.6m（太陽電池パドル展開時） 設計寿命：7年 回帰日数：35日（サブサイクル(ある直下軌道パスに対し、隣接するパスを衛星が通過するまでの日数)は約3日） データスループット：データ中継衛星経由（光通信）：1.8Gbps 直接伝送：1.8Gbps（Ka-band） 800Mbps（X-band） データ取得リードタイム・リビジット性能：35日 	

iii. 先進レーダ衛星「だいち4号」(ALOS-4: Advanced Land Observing Satellite 4) ³⁰³

図表 63 ALOS-4 の概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 「だいち」(ALOS)、「だいち2号」(ALOS-2)のSAR観測ミッションを引き継ぐ地球観測衛星。
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 陸域観測衛星「だいち」「だいち2号」のSAR観測ミッションを引き継ぐ地球観測衛星。 地殻・地盤変動の監視、森林観測、海氷監視を行うと共に、インフラ変位モニタリング等の新分野への実用化も行う。
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 文部科学省(総開発費320億円)
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 三菱電機株式会社(プライムメーカー) AIS受信機である「SPAISE3」は、日本電気株式会社
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2023年以降
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 筑波局、鳩山局
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JAXA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 今後はSARデータ自体の販売市場よりも、ソリューション販売型のビジネス市場の方が大きくなるとともに、中分解能(10m程度)のSARデータについては2020年初頭には海外衛星が無償配布する見通しであることを踏まえ、商業市場が成立しない可能性が高い。現状、実費による提供の方向で検討。
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 「だいち2号」の高い空間分解能(3m)を維持しつつ、観測幅を4倍(200km)に拡大し、平時における地殻・地盤変動などの観測頻度を向上させます。広域災害時には、一度に多くの発災状況を取得できる。また、発災後の状況把握のみならず、火山活動、地盤沈下、地すべり等の異変の早期発見など、減災への取組において重要な役割を担うことが可能。
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体・民間企業ら 	

³⁰³ https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/alos-4/a4_about_j.htm
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/alos-4/index.html>
<https://www.giho.mitsubishielectric.co.jp/giho/pdf/2018/1802108.pdf>
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-anpo/anpo-dai33/siryou1-4.pdf>
https://track.sfo.jaxa.jp/business_overview_ex/busi_over11.html
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai21/siryou2-2-6.pdf>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> 重量：約 3 トン サイズ：10.0m×20.0m×6.4m 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 628km） L-band synthetic aperture radar (PALSAR-3)/L バンド合成開口レーダ 高分解能モード (Stripmap) 分解能： 3m, 6m, 10m 観測幅： 100-200km スポットライトモード (Spotlight) 分解能： 1m×3m 観測幅： 35km×35km 広域観測モード (ScanSAR) 分解能： 25m 観測幅： 700km Space-based Automatic Identification System Experiment (SPAISE3)/船舶自動識別信号受信機も搭載 回帰日数：14 日 データスループット：1.8/3.6Gbps (Ka-band) データ取得リードタイム・リビジット性能：14 日
------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

iv. 雲エアロゾル放射ミッション(EarthCARE : Earth Clouds, Aerosols and Radiation Explorer)³⁰⁴

図表 64 EarthCare の概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 雲エアロゾル放射ミッション
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 気候変動予測の主要誤差要因である、雲・エアロゾルについて 3 次元分布を観測し、相互作用を含めたその地球放射収支に関するプロセスを明らかにすることを目的とし、気候数値予測精度を向上させる事を目指す日欧共同計画。
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 文部科学省（総開発費 83 億円）
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 雲プロファイリングレーダ (CPR) の設計・製造は日本電気株式会社が担当 CPR は JAXA/NICT の共同開発であり、JAXA が取り纏める。CPR は JAXA/NICT が共同で、他のセンサー (ATLID, MSI, BBR) は欧州宇宙機関が開発を担当しています。衛星バスや打ち上げ、そして追跡完成は欧州宇宙機関の下で行われます。
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2024 年
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> ESA/JAXA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> JAXA、NICT、ESA

³⁰⁴ https://www.eorc.jaxa.jp/EARTHCARE/about/mn_cooperation_j.html
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/earthcare/index.html>
<https://www.eoportal.org/satellite-missions/earthcare#spacecraft>
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-anpo/anpo-dai15/sankou3-6.pdf>

	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 地上設備や気象衛星では観測できなかった、雲全体の内部構造を観測することができるので、これまで科学的に解明されてこなかった雲・エアロゾルが気候変動に与える影響の科学的理解の促進が期待される。 																																
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体・民間企業ら 																																
スペック		<ul style="list-style-type: none"> 重量：約 2.2 トン 設計寿命：3 年 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 393km） ATLID (Atmospheric Lidar) / 大気ライダー センサー種類：高スペクトル分解ライダー (HSRL) 開発担当： ESA 観測項目：雲・エアロゾルの鉛直分布と形状情報 観測幅：1 ピクセルのみ (30m 以下) 分解能：10km (水平) / 100km (垂直) 波長帯：355nm CPR (Cloud Profiling Radar) / 雲プロファイリングレーダー センサー種類：94GHz (W バンド) ドップラー速度計測機能つきパルスレーダー 開発担当： JAXA/NICT 観測項目：雲粒および弱い降水粒子の鉛直分布および鉛直移動 観測幅：直下 1 ピクセルのみ (約 750m) 分解能：1km (水平) / 100m (垂直) 周波数：94.05 GHz ±3.5 MHz MSI (Multi-Spectral Imager) / 多波長イメージャ センサー種類：プッシュブルーム方式スキャナ 開発担当： ESA 観測項目：雲やエアロゾルの水平分布 観測幅：150km (-35~115km) 分解能：500m×500m バンド： <table border="1" data-bbox="526 1254 1133 1512"> <thead> <tr> <th></th> <th>波長帯(μm)</th> <th>SNR/NEDT</th> <th>コメント</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.660-0.680</td> <td>500 @ ρ = 1.0</td> <td>VIS</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.855-0.875</td> <td>500 @ ρ = 1.0</td> <td>VNIR</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.625-1.675</td> <td>250 @ ρ = 1.0</td> <td>SWIR 1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2.160-2.260</td> <td>250 @ ρ = 1.0</td> <td>SWIR 2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8.35-9.25</td> <td>0.25 K @ T = 293 K</td> <td>TIR 1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>10.35-11.25</td> <td>0.25 K @ T = 293 K</td> <td>TIR 2</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>11.55-12.45</td> <td>0.25 K @ T = 293 K</td> <td>TIR 3</td> </tr> </tbody> </table> BBR (Broadband Radiometer) / 広帯域放射収支計 センサー種類：放射収支計 開発担当： ESA 観測項目：大気上端における短波および長波放射フラックス 観測幅：直下/前方/後方の各々 1 ピクセルのみ 分解能：10km×10km 波長帯：SW channel, 0.25-4 μm、LW channel, 0.25-50 μm 回帰日数：25 日 データスループット： <ul style="list-style-type: none"> X バンドダウンリンク 150 Mbit/s (ペイロード)、 S バンド (ハウスキーピング) アップリンク 64 kbit/s、ダウンリンク 128 kbps/2 Mbps (レンジングあり/なし) データ取得リードタイム・リビジット性能：25 日 		波長帯(μm)	SNR/NEDT	コメント	1	0.660-0.680	500 @ ρ = 1.0	VIS	2	0.855-0.875	500 @ ρ = 1.0	VNIR	3	1.625-1.675	250 @ ρ = 1.0	SWIR 1	4	2.160-2.260	250 @ ρ = 1.0	SWIR 2	5	8.35-9.25	0.25 K @ T = 293 K	TIR 1	6	10.35-11.25	0.25 K @ T = 293 K	TIR 2	7	11.55-12.45	0.25 K @ T = 293 K	TIR 3
	波長帯(μm)	SNR/NEDT	コメント																															
1	0.660-0.680	500 @ ρ = 1.0	VIS																															
2	0.855-0.875	500 @ ρ = 1.0	VNIR																															
3	1.625-1.675	250 @ ρ = 1.0	SWIR 1																															
4	2.160-2.260	250 @ ρ = 1.0	SWIR 2																															
5	8.35-9.25	0.25 K @ T = 293 K	TIR 1																															
6	10.35-11.25	0.25 K @ T = 293 K	TIR 2																															
7	11.55-12.45	0.25 K @ T = 293 K	TIR 3																															

v. 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C : Global Change Observation Mission- Cimate 1)³⁰⁵

図表 65 GCOM-C の概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 宇宙から地球の気候変動を観測することを目的とした人工衛星
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> JAXA の「地球環境変動観測ミッション (GCOM : Global Change Observation Mission)」衛星のひとつ。水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W) とで構成される。 ADEOS シリーズに搭載された光学センサ OCTS や GLI で観測してきた、地球の気候形成に影響を及ぼす様々な物理量の観測を継承する。 雲・エアロゾル特性、反射率、積雪面特性、緒表面温度、陸域植物生産、海域植物生産、土地被覆、沿岸環境変化などを観測する。
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 文部科学省 (総開発費 322 億円)
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 日本電気株式会社がプライムメーカーとして設計・製造を担当
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2017 年 (H-II A ロケット)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 勝浦局、鳩山局、筑波局、KSAT (スバルバード局) より構成する。国内の勝浦局・鳩山局・筑波局ではリアルタイム可視域の受信を基本とし、全球観測データはスバルバード局で受信
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JAXA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> JAXA つくば宇宙センター
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> エアロゾル (大気中のチリやホコリなどの微粒子) が地表へ届く日射量に与える影響や生物による二酸化炭素の吸収能力といった、地球の気候形成に影響を及ぼしている様々な物理量を長期的に観測することで、これらの科学的理解を深め、将来の気候変動予測を精度を高めるが可能となる。
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁、漁業情報サービスセンター

³⁰⁵ https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/GCOM-C/GCOM-C_SHIKISAI_Data_Users_Handbook_jp.pdf
<https://www8.cao.go.jp/space/committee/kihon-dai4/siryou2-4.pdf>
<https://www.eoportal.org/satellite-missions/gcom-c1#spacecraft>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> 重量：約 2020kg サイズ：4.6m×16.3m×2.8m 設計寿命：5年 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 798km） SGLI (Second-generation Global Imager) / 多波長光学放射計 																																																												
	SGLI-VNI : <table border="1"> <thead> <tr> <th>チャンネル</th> <th>中心波長(nm)</th> <th>バンド幅(nm)</th> <th>解像度(m)</th> <th>観測幅(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>VNIR1</td><td>380</td><td>10</td><td>250</td><td>1150</td></tr> <tr><td>VNIR2</td><td>412</td><td>10</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR3</td><td>443</td><td>10</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR4</td><td>490</td><td>10</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR5</td><td>530</td><td>20</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR6</td><td>565</td><td>20</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR7</td><td>673.5</td><td>10</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR8</td><td>673.5</td><td>20</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR9</td><td>763</td><td>8</td><td>1000</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR10</td><td>868.5</td><td>20</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>VNIR11</td><td>868.5</td><td>20</td><td>250</td><td>〃</td></tr> </tbody> </table>	チャンネル	中心波長(nm)	バンド幅(nm)	解像度(m)	観測幅(km)	VNIR1	380	10	250	1150	VNIR2	412	10	250	〃	VNIR3	443	10	250	〃	VNIR4	490	10	250	〃	VNIR5	530	20	250	〃	VNIR6	565	20	250	〃	VNIR7	673.5	10	250	〃	VNIR8	673.5	20	250	〃	VNIR9	763	8	1000	〃	VNIR10	868.5	20	250	〃	VNIR11	868.5	20	250	〃
	チャンネル	中心波長(nm)	バンド幅(nm)	解像度(m)	観測幅(km)																																																								
	VNIR1	380	10	250	1150																																																								
	VNIR2	412	10	250	〃																																																								
	VNIR3	443	10	250	〃																																																								
	VNIR4	490	10	250	〃																																																								
	VNIR5	530	20	250	〃																																																								
	VNIR6	565	20	250	〃																																																								
	VNIR7	673.5	10	250	〃																																																								
	VNIR8	673.5	20	250	〃																																																								
	VNIR9	763	8	1000	〃																																																								
	VNIR10	868.5	20	250	〃																																																								
	VNIR11	868.5	20	250	〃																																																								
	偏光チャンネル : <table border="1"> <tbody> <tr><td>P1</td><td>673.5</td><td>20</td><td>1000</td><td>1150</td></tr> <tr><td>P2</td><td>868.5</td><td>20</td><td>〃</td><td>〃</td></tr> </tbody> </table>	P1	673.5	20	1000	1150	P2	868.5	20	〃	〃																																																		
	P1	673.5	20	1000	1150																																																								
	P2	868.5	20	〃	〃																																																								
	SGLI-IRS : <table border="1"> <thead> <tr> <th>チャンネル</th> <th>中心波長(μm)</th> <th>バンド幅(μm)</th> <th>解像度(m)</th> <th>観測幅(km)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>SWIR1</td><td>1.05</td><td>0.02</td><td>1000</td><td>1400</td></tr> <tr><td>SWIR2</td><td>1.38</td><td>0.02</td><td>〃</td><td>〃</td></tr> <tr><td>SWIR3</td><td>1.63</td><td>0.2</td><td>250</td><td>〃</td></tr> <tr><td>SWIR4</td><td>2.21</td><td>0.05</td><td>1000</td><td>〃</td></tr> <tr><td>TIR1</td><td>10.8</td><td>0.74</td><td>500</td><td>〃</td></tr> <tr><td>TIR</td><td>12.0</td><td>0.74</td><td>〃</td><td>〃</td></tr> </tbody> </table>	チャンネル	中心波長(μm)	バンド幅(μm)	解像度(m)	観測幅(km)	SWIR1	1.05	0.02	1000	1400	SWIR2	1.38	0.02	〃	〃	SWIR3	1.63	0.2	250	〃	SWIR4	2.21	0.05	1000	〃	TIR1	10.8	0.74	500	〃	TIR	12.0	0.74	〃	〃																									
	チャンネル	中心波長(μm)	バンド幅(μm)	解像度(m)	観測幅(km)																																																								
	SWIR1	1.05	0.02	1000	1400																																																								
SWIR2	1.38	0.02	〃	〃																																																									
SWIR3	1.63	0.2	250	〃																																																									
SWIR4	2.21	0.05	1000	〃																																																									
TIR1	10.8	0.74	500	〃																																																									
TIR	12.0	0.74	〃	〃																																																									
<ul style="list-style-type: none"> 回帰日数：34日 データスループット（通信方式） TT&C データ@S バンド：29.4 kbit/s (USB)、1 Mbit/s (QPSK)、1.6 kbit/s (SSA)、コマンドデータ 4 kbit/s (USB)、125 kbit/s (SSA) ペイロードデータダウンリンク@X バンド：138.76Mbit/s (OQPSK) データ取得リードタイム・リビジット性能：34日 																																																													

vi. 水循環変動観測衛星「しずく」(GCOM-W)³⁰⁶

図表 66 GCOM-W の概要

項目	内容
概要	<ul style="list-style-type: none"> 降水量、水蒸気量、海洋上の風速や水温、土壌の水分量、積雪の深さなどを観測する人工衛星
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> JAXA の「地球環境変動観測ミッション (GCOM : Global Change Observation Mission)」衛星のひとつ。気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) とで構成される。 気候や水循環の変動メカニズムを解明するために必要となる観測データを全球規模での長期継続して観測するシステムの構築とその利用実証を行うことが目的。

³⁰⁶ https://news.mynavi.jp/techplus/article/20120118-gsom_w1/

<https://www.eoportal.org/satellite-missions/gcom#spacecraft>

https://gportal.jaxa.jp/gpr/assets/mng_upload/GCOM-W/GCOM-W1_SHIZUKU_Data_Users_Handbook_JP.pdf

		<ul style="list-style-type: none"> ・ 主な観測項目は水蒸気量（可降水量）、積算雲水量、降水量、海面水温、海上風速、海水密接度、積雪水量、土壌水分量
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> ・ 文部科学省（開発費 180 億円）
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本電気株式会社プライムメーカーとして設計・製造を担当
	打上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2012 年（H-IIA F21）
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> ・ 勝浦局、筑波局、KSAT（スバルバード局、トロール局）
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> ・ JAXA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不明
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> ・ 微弱な電波を解析することで得られる、様々な情報を使って、異常気象などをもたらす気候変動の解明を目指す。海面温度やクロロフィル濃度、降水量や水蒸気量、植生分布や土壌水分量など、海・空・陸の総合的な観測によって、エルニーニョ現象の解明に役立つ。
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 官公庁・地方自治体・民間企業ら
スペック		<ul style="list-style-type: none"> ・ 重量：1991 kg ・ サイズ：5.1 m (X) × 17.5 m (Y) × 3.4 m (Z) ・ 設計寿命：5 年 ・ 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 699.6km） ・ 回帰日数：16 日 ・ AMSR2 (Advanced Microwave Scanning Radiometer-2) /高性能マイクロ波放射計 2 観測幅 1450km 分解能 5-50km 波長帯 6.925、7.3、10.65、18.7、23.8、36.5、89.0 (GHz) ・ データスループット（通信方式） TT&C データ@S バンド：29.4 kbit/s (USB)、1 Mbit/s (QPSK)、1.6 kbit/s (SSA)、コマンドデータ 4 kbit/s (USB)、125 kbit/s (SSA) ペイロードデータダウンリンク@X バンド：20Mbit/s（畳み込み符号化なし、QPSK）

vii. 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT) ³⁰⁷

図表 67 GOSAT の概要

項目	内容
概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 二酸化炭素やメタンなどの濃度分布を宇宙から観測する人工衛星。
セクター	<ul style="list-style-type: none"> ・ Civil/other
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンの濃度を宇宙から観測する TANSO-FTS：二酸化炭素 (CO₂)、メタン (CH₄) の分布 TANSO-CAI：雲とエアロゾルの検知

³⁰⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/gosat.html>
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gosat>
https://www.jaxa.jp/press/2013/05/20130513_gosat2.pdf
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/004/gijiroku/08120203/001.pdf

実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 文科省/JAXA が総事業費の 95%を負担、環境省/環境研が総事業費の 5%を負担
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 三菱電機株式会社（プライムメーカー）
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2009 年（H・IIA）
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> JAXA 施設（筑波局、鳩山局、増田局、勝浦局、沖縄局、パース局、サンチャゴ局、マスパロマス局、キルナ局）、海外施設（KSAT・スバルバード局）
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JAXA(宇宙航空研究開発機構)と国立環境研究所(NIES)の共同プロジェクトで、環境省(環境省)の機器開発・助成を受けている。 この取り決めでは、JAXA が衛星・機器の開発、打ち上げ、運用(データ取得を含む)を担当し、NIES がデータ解析(アルゴリズム開発)と活用を担当している
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 環境省、国立環境研究所
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 従来の地上観測では困難であった全球の均一な観測が実現できる。観測データを取り込むことで、推定誤差を最大で 50%以上低減できる。
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体ら 	
スペック	<ul style="list-style-type: none"> 重量：1750 kg サイズ：2.0 m × 1.8 m × 3.7 m、13.7 m（太陽電池パドル展開時） 設計寿命：5 年 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 666km） 回帰日数：3 日 温度・湿度・大気化学サウンダ： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅 160km 分解能 10.5km 波長帯 0.785-0.775、1.56-1.72、1.92-2.08、5.56-14.3μm イメージングマルチスペクトル放射計： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅 1000 km (0.380, 0.678, 0.870 μm)、750 km (1.62 μm) 波長帯 0.380、0.678、0.870、1.62 μm データスループット <ul style="list-style-type: none"> TT&C@S バンド：アップリンク 2 kbit/s、ダウンリンク 30 kbit/s ミッションデータ@X バンド：120 Mbit/s（ダウンリンク、DRTS 経由） 	

viii. 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき2」(GOSAT-2) ³⁰⁸

図表 68 GOSAT-2 の概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)の後継機として、高性能な観測センサを搭載して、温室効果ガス観測精度の向上を目指した地球観測衛星。
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 主要な温室効果ガスである二酸化炭素とメタンおよび一酸化炭素の濃度分布を宇宙から観測する GOSAT-2のミッションは、以下のとおり。 <ol style="list-style-type: none"> GOSATによる主要な温室効果ガスの宇宙からの観測を強化・継続する 気候変動や人間活動が炭素循環に与える影響を監視する 気候科学と気候変動に関連する政策に貢献する
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 文科省/JAXAが総事業費の約50%を負担、環境省/環境研が総事業費の約50%を負担
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 三菱電機株式会社がプライムメーカーとして衛星と搭載センサを担当
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2018年(H-IIA)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JAXAと環境省(MOE)、国立環境研究所(NIES)の3機関による共同プロジェクト
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> JAXA、環境省、国立環境研究所
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 温室効果ガスの吸収・排出量をよりの確に把握するため、観測したい対象エリアにあわせて地上観測ポイントを設定できる機能を備えており、発電所や大都市、石油・天然ガス田・ごみ処理場・畜産など人為起源の大規模排出源を精度よく観測することが可能。 燃焼とともに発生する「一酸化炭素」を新たに観測対象に加え、二酸化炭素の発生源の把握による環境行政への貢献が可能。
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体ら 	

308 <https://www.restec.or.jp/satellite/gosat-2.html>
<https://www.gosat-2.nies.go.jp/jp/about/mission/>
https://www.jaxa.jp/press/2013/05/20130513_gosat2.pdf
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/gosat-2/>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • 重量：1750 kg • サイズ：2.0 m × 1.8 m × 3.7 m、13.7 m（太陽電池パドル展開時） • 設計寿命：5年 • 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 613 km） • 回帰日数：6日 • 温度・湿度・大気化学サウンダ： <ul style="list-style-type: none"> 観測対象 CO₂, CH₄, O₃, H₂O, CO 観測範囲 Cross Track: +/- 35 deg、Along Track: +/- 40 deg 観測幅 約 160 km 間隔（5 points in the CT） IFOV 9.7 km 観測波長域 ①12,950-13,250 (P/S) (760nm) (O₂A)、②5,900-6,400 (P/S) (1.6μm) (CO₂,CH₄)、③5,900-6,400 (P/S) (1.6μm) (CO₂,CH₄)、④4,200-5,200 (2.3μm) (CO)、⑤700-1,188 (5.5-14.3μm)(CO₂,CH₄,H₂O,O₃) • イメージングマルチスペクトル放射計： <ul style="list-style-type: none"> 観測項目 雲とエアロゾルの検知 波長帯 バンド1：333 - 353 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド2：433 - 453 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド3：664 - 684 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド4：859 - 879 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド5：1585-1675 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド6：370 - 390 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド7：540 - 560 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド8：664 - 684 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド9：859 - 879 nm <li style="padding-left: 40px;">バンド10：1585 - 1675 nm 観測幅 1000 km 解像度 0.5 km • データスループット：不明
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ix. 温室効果ガス・水循環観測技術衛星（GOSAT-GW : Global Observing Satellite for Greenhouse gases and Water cycle）³⁰⁹

図表 69 GOSAT-GW の概要

項目	内容
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 気候変動に関する科学の発展への貢献と気候変動政策への貢献（脱炭素社会開発の推進）をミッション目的とした衛星シリーズの1つで、GHG 観測ミッション（環境省、国環研）の他、水循環変動観測ミッション（JAXA）の相乗り衛星として、2024年度の打上げを目指し現在開発中。
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/other
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • GOSAT-2の温室効果ガス観測ミッションおよび、GCOM-Wの水循環観測ミッションを発展的に継続する。全大気温室効果ガスの濃度の監視、排出量の検証、排出源等のモニタリングや、気候変動に伴う水循環変動の把握と予測、気象・水産・航行支援といった実利用分野への社会実装を目的とする。 • 1, 2号機のミッションを発展的に継承するため、以下のGHG観測ミッションを目指します。 <ol style="list-style-type: none"> 1. 地球全大気の大気二酸化炭素およびメタン濃度の継続モニタリング 2. パリ協定に基づく各国の温室効果ガスインベントリ報告の透明性の確保 3. 大規模排出源の監視をすることにより、気候変動予測の精緻化

³⁰⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/gosat-gw.html>
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/gosat.html>
<https://www.satnavi.jaxa.jp/ja/project/gosat-gw/>
<https://www.mext.go.jp/kaigisiryoo/content/000020148.pdf>

実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 環境省、JAXA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 三菱電機株式会社（プライムメーカー）
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2023年度予定（H-IIA ロケット）
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JAXA（環境省と NIES、JAXA が共同で実施）
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 国立環境研究所
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 高性能マイクロ波放射計 3（AMSR3）：地表面や海面、雲の中の水に関する物理量を雲を透過して観測することが可能です。また夜間の観測も可能なため、天候や昼夜を問わず常時観測を行える事が特徴。新たに 166GHz 帯、183GHz 帯を追加搭載することで、解析精度の向上に加え、降雪や陸上での水蒸気観測の実現を目指す。IPCC で報告される世界平均海面水位上昇予測精度向上への貢献、豪雨・台風等の範囲や進路、盛衰の予報精度向上、大陸棚周辺での漁場利用、北極海航路の開通・閉塞予測情報による運航計画立案などが期待される。 温室効果ガス観測センサ 3 型（TANSO-3）：地球上の温室効果ガスを広範囲・高精度に観測することで温室効果ガス排出量の推定精度向上に貢献。新たに回折格子型分光方式を採用することで、これまでは格子点状に観測していたのに対し、面的に観測する事が可能となり、より多くの観測データの取得が可能となる。
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁、各国気象機関、科学（大学等）、食糧安全保障（農水省）、水産（水研機構、JAFIC）、航行（海保、極地研） 	
スペック	<ul style="list-style-type: none"> 重量：約 2.9t（暫定） サイズ： 設計寿命：7 年以上 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 666km） 回帰日数：3 日 高性能マイクロ波放射計 3： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅 1530km 分解能 7×11km(36GHz)、34×58km(7GHz) 波長帯（GHz） 21-channel <ul style="list-style-type: none"> C バンド 6.9, 7.3 X バンド 10 K,Ka バンド 18, 23, 36 W バンド 89 G バンド 165, 183 温室効果ガス観測センサ 3 型： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅 911km 以上（広域観測モード）、90km 以上（精密観測モード） 分解能 10km（広域観測モード）、3km（目標 1km、精密観測モード） 観測対象 CO2、CH4、NO2 データスループット <ul style="list-style-type: none"> X バンド：400 Mbps S バンド：1 Mbps（AMSR3 のみ） 	

F) 経済産業省

i. ASNARO-1 (Advanced Satellite with New system ARchitecture for Observation) ³¹⁰

図表 70 ASNARO-1 の概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 高解像度の光学センサによる地表の光学観測のための小型地球観測衛星
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 高分解能光学センサによる地表面観測、災害監視
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 経済産業省、無人宇宙実験システム研究開発機構 (USEF)、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 日本電気株式会社と USEF、地上部分はパスコ
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 2014 年 (Dnepr-1)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 国内商用地上設備及び可搬局、海外局
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> パスコ
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 直下観測だけでなく斜め方向の観測が可能であるため、海岸線を中心にした重要地域の高分解能観測が可能となる。
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体・民間企業ら

³¹⁰ <https://www.restec.or.jp/satellite/asnaro-1.html>
<https://jpn.nec.com/techrep/journal/g11/n01/pdf/110106.pdf>
https://www.jspacesystems.or.jp/project/observation/jp-asnaro_r/

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • 重量：500kg • サイズ：2.5 m x 3.5 m x 3.2 m (展開時) • 設計寿命：3年 • 軌道：太陽同期軌道（高度 504km） • 回帰日数： • 観測幅：10 Km（直下） • 分解能：0.5 m (Pan)、2 m (MS) • 波長帯： <ul style="list-style-type: none"> Pan: 450-860 nm MS : 400-450 nm (Ocean Blue) 450-520 nm (Blue) 520-600 nm (Green) 630-690 nm (Red) 705-745 nm (Red Edge) 760-860 nm (NIR) • データスループット <ul style="list-style-type: none"> TT&C：S-band X-band ダウンリンク（～800Mbps、16QAM）
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ii. ASNARO-2 (Advanced Satellite with New system ARchitecture for Observation-2) ³¹¹

図表 71 ASNARO-2 の概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 経済産業省による支援の下、NEC が主体的に取り組んでいる、国際競争力を持った高性能小型衛星システムの研究開発プログラムを通じて開発された地球観測衛星。日本初の商用 X バンド SAR 衛星。 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/other 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 災害状況把握・国土管理・資源管理等の分野での利用 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 経済産業省、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 日本電気株式会社と USEF • X バンド合成開口レーダは三菱電機株式会社が設計・開発
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年（Epsilon-3）
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> • NEC（NEDO/ METI）
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 日本地球観測衛星サービス株式会社

³¹¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/asnaro-2.html>
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/asnaro-2#foot5%29>
<https://jpn.nec.com/ad/cosmos/asnaro2/contents/index.html>
<https://www.jsicorp.jp/product/satellite/asnaro2.html>

	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 火山活動や土砂崩れなどの自然災害の監視、変化しつづける都市の土地利用状況の把握、鉱物資源の分布を調べる資源調査、海氷の観測、船舶の監視等
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁・地方自治体・民間企業ら
スペック	<ul style="list-style-type: none"> 重量：570kg サイズ：1.5 m x 1.5 m x 3.9 m 設計寿命：5年 軌道：太陽同期準回帰軌道（高度 505km） 回帰日数：1日（緊急時日本域） 観測幅：Spotlight 10km, Stripmap 12km, ScanSAR 50km 分解能：Spotlight 1m, Stripmap 2m, ScanSAR 16m 偏波：2偏波 HH/VV データスループット Xバンドダウンリンク 800 Mbit/s(16QAM) 	

G) 気象庁

i. Himawari 8 & 9³¹²

図表 72 ひまわり 8・9号の概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 「ひまわり 8・9号」は、2015年に運用寿命を迎えた「ひまわり 7号」の気象ミッションを引き継ぐ静止気象衛星。
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Civil/other
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 静止軌道からの実用気象観測
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> JMA (気象庁)
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 三菱電機株式会社
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 8号：2014年 (H-IIA F25)、9号：2016年 (H-IIA F31)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 主局／埼玉県比企郡 副局／北海道江別市
	運用主体	<ul style="list-style-type: none"> JMA (気象庁)
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 気象衛星ひまわり運用事業株式会社が受信し、気象衛星センターへ送る。
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 次世代の気象観測センサーを搭載し、解像度の向上や観測チャンネルの増加などによって、地球環境をより詳細に監視できる。画像も白黒からカラーへ、静止衛星から見える範囲の観測時間も30分から10分へと短縮でき、地球環境をより詳細に、よりきめ細かく監視することができるため、得られた観測データは、日本だけではなく、アジア・太平洋を含む30以上の国々に広く提供され、防災への貢献が期待される。
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 気象庁、アジア・太平洋の30以上の国や地域
スペック		<ul style="list-style-type: none"> 重量：3,500 kg サイズ：全長約 8m 設計寿命：衛星バス 15年、観測ミッション 8年(並行観測を含む) 軌道：静止軌道 (東経 140度) (高度 35,786 km) 観測幅：半球全体を 10分間隔で観測 分解能：0.5 km、1.0 km、2.0 km 波長帯：16チャンネル (可視・近赤外：6、赤外：10) 詳細は以下参照 データスループット：Kuバンド 500bit/s (アップリンク) 15.36 kbit/s (ダウンリンク)、Kaバンド 66 Mbit/s (AHI) 100 bit/s/300 bit/s (DCS)、UHF 100 bit/s/300 bit/s 通信方式：画像観測データ Kaバンド (ダウンリンク)、通報局データの中継 UHF (アップリンク)・Kaバンド (ダウンリンク)、テレメトリ/コマンド Kuバンド

312 <https://www.restec.or.jp/satellite/himawari-8-9.html>
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/society/space/satellite/observation/himawari8-9.html>
<https://www.eoportals.org/satellite-missions/himawari-8-9>
https://www.ituaj.jp/wp-content/uploads/2016/01/2016_02-06-kishoeisei.pdf

図表 73 ひまわり 8・9 号のバンドの概要

バンド	中心波長	バンド幅	SNR or NEAT	解像度	観測項目、用途
1	455 nm	50 nm	≤ 300 @ 100 % albedo	1.0 km	日中の陸域のエアロゾル、沿岸水分布
2	510 nm	20 nm	≤ 300 @ 100 % albedo	1.0 km	緑バンド (カラー合成用)
3	645 nm	30 nm	≤ 300 @ 100 % albedo	0.5 km	日中の植生/焼跡、水域のエアロゾル、風
4	860 nm	20 nm	≤ 300 @ 100 % albedo	1.0 km	日中の巻雲
5	1610 nm	20 nm	≤ 300 @ 100 % albedo	2.0 km	日中の雲頂フェーズと粒子サイズ、雪
6	2260 nm	20 nm	≤ 300 @ 100 % albedo	2.0 km	日中の陸/雲識別、粒子サイズ、植生、雪
7	3.85 μ m	0.22 μ m	≤ 0.16 @ 300 K	2.0 km	夜間の地表面と雲識別、火災、風
8	6.25 μ m	0.37 μ m	≤ 0.40 @ 240 K	2.0 km	高レベルの水蒸気、風、降雨
9	6.95 μ m	0.12 μ m	≤ 0.10 @ 300 K	2.0 km	中レベルの水蒸気、風、降雨
10	7.35 μ m	0.17 μ m	≤ 0.32 @ 240 K	2.0 km	低レベルの水蒸気、風、SO ₂
11	8.60 μ m	0.32 μ m	≤ 0.10 @ 300 K	2.0 km	全水分量 (水域、雲、煙、SO ₂ 、降雨)
12	9.63 μ m	0.18 μ m	≤ 0.10 @ 300 K	2.0 km	オゾン全量、乱気流、風
13	10.45 μ m	0.30 μ m	≤ 0.10 @ 300 K	2.0 km	地表面と雲の識別
14	11.20 μ m	0.20 μ m	≤ 0.10 @ 300 K	2.0 km	画像、SST、雲、降雨
15	12.35 μ m	0.30 μ m	≤ 0.10 @ 300 K	2.0 km	全水分量、灰、SST
16	13.30 μ m	0.20 μ m	≤ 0.30 @ 300 K	2.0 km	大気温度、雲高および雲量

H) Planet Labs

- Planet は、元 NASA の科学者らにより 2010 年に設立された、米国を拠点とするリモートセンシング企業である。2021 年 12 月に SPAC 上場を果たしている。
- 元 NASA の科学者 Will Marshall と Robbie Schneider により 2010 年に設立された。2013 年に最初のデモンストレーション衛星 Dove-1 と Dove-2 を打上げ、2014 年には最初の FLOCK (Dove, PlanetScope) シリーズの打ち上げを ISS から行った。
- 2015 年には Blackbridge 社を買収し、Rapid Eye シリーズを傘下に収めた。また 2017 年には、Google の地球画像部門であった Terra Bella を買収し、SkySat シリーズを傘下に収めた。現在合計で 228 機の衛星を軌道上に所有³¹³。FLOCK (Dove, PlanetScope) による衛星コンステレーションで対応できない、高分解能画像を SkySat シリーズで、広範囲画像を Rapid Eye シリーズで画像提供してきた³¹⁴。
- 2021 年には農業インデックス保険に必要な衛星データ分析のトッププロバイダーである VanderSat 社を傘下に収めた。
- 広く衛星画像のサブスクリプションビジネスを展開し、年 1.1 億米ドルの収益³¹⁵。
- NASA は Planet 社のデータを購入し、米連邦政府の非軍事機関と、アメリカ国立科学財団 (NSF) の資金援助を受けた研究者に、無償で提供している (従来は NASA が資金援助する研究者のみであったが、2021 年から対象を拡大) ³¹⁶。
- Google Cloud 上に自社プラットフォームを構築している³¹⁷。

図表 74 Planet の顧客イメージ³¹⁸



³¹³ Seradata 社 SpaceTrak データより

³¹⁴ <https://www.meti.go.jp/press/2018/06/20180601005/20180601005-2.pdf>; なお、Rapid Eye シリーズは現在運用終了し、アーカイブ画像のみの販売となっている。(<https://www.snet.co.jp/planet/service/>)

³¹⁵ <https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf>

³¹⁶ <https://earthdata.nasa.gov/esds/csdap/commercial-datasets>; <https://www.planet.com/pulse/planet-expands-contract-with-nasa-to-provide-data-to-all-us-federal-civilian-agencies-researchers/>; <https://spacenews.com/nasa-planet-contract-sept-2021/>

³¹⁷ <https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai22/siryoku2-1-1.pdf>

³¹⁸ <https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf>

i. PlanetScope (FLOCK, Dove) シリーズ

図表 75 Planet 社 PlanetScope (FLOCK, Dove) 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 現在軌道上に 147 機体制を構える光学衛星³¹⁹ 2014 年に 1 機目が開発・打ち上げ
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 広域災害被災状況の連続監視、農作物の生育管理、森林管理、全世界の港湾・空港・島嶼などや船舶の高頻度モニタリング、国内外開発・工事の進捗管理³²⁰ 衛星画像のサブスクリプションビジネスで収益をあげる³²¹
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：Data Collective、DFJ、Felicis Ventures ら VC³²²、Google³²³ 調達額：2019 年のシリーズ D で 1.68 億米ドルを調達。調達総額は 3.84 億米ドル³²⁴
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者：Planet 社（2021 年打ち上げ予定のもの）³²⁵ コスト：1 機あたり不明。一方衛星の約 10%が設計寿命以下で停止し、その補充コストは 2018 - 2022 年で 9,700 万米ドルとの試算あり³²⁶
	打上	<ul style="list-style-type: none"> SpaceX 社（2021 年打ち上げ予定のもの）³²⁷
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> Planet 社（SkySat Mission Operations team）³²⁸
	運用	<ul style="list-style-type: none"> Planet 社（SkySat Mission Operations team）³²⁹
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：Planet 社が Google Cloud を利用³³⁰ 蓄積：Planet 社が Google Cloud を利用³³¹ 配布：撮影後、4～12 時間で代理店 web サイトから画像を検索、ダウンロード可能³³²
	付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> SNET 社：「BaseMap サービス」更新期間 1～3 か月の最新の衛星地図を提供³³³ スカパーJSAT 社：AIS 情報とアルゴリズムを組み合わせ、高頻度船舶検出サービスを提供。船舶の運行管理・物流管理の効率化を実現。2019 年から日本政府も利用³³⁴
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 行政、地方自治体、金融機関等³³⁵ ユースケース：水を効率的に使う灌漑農業の設計³³⁶

³¹⁹ Seradata 社 SpaceTrak データより

³²⁰ <https://www.snet.co.jp/planet/service/>

³²¹ <https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf>

³²² http://www.jsprs.jp/pdf/GEXPO18_shibuya.pdf

³²³ Seradata 社 SpaceTrak データより

³²⁴ Seradata 社 SpaceTrak データより

³²⁵ Seradata 社 SpaceTrak データより

³²⁶ <https://www.nsr.com/planets-dove-agile-or-fragile/>

³²⁷ <https://www.nsr.com/planets-dove-agile-or-fragile/>

³²⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat>

³²⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat>

³³⁰ <https://www.planet.com/pulse/planet-and-google-cloud-partner-to-bring-planetary-scale-satellite-data-analysis-to-governments-and-enterprises/>

³³¹ <https://www.planet.com/pulse/planet-and-google-cloud-partner-to-bring-planetary-scale-satellite-data-analysis-to-governments-and-enterprises/>

³³² <https://www.snet.co.jp/planet/service/>

³³³ https://www.snet.co.jp/fileadmin/res/planet/180725_planet_basemap_____pdf

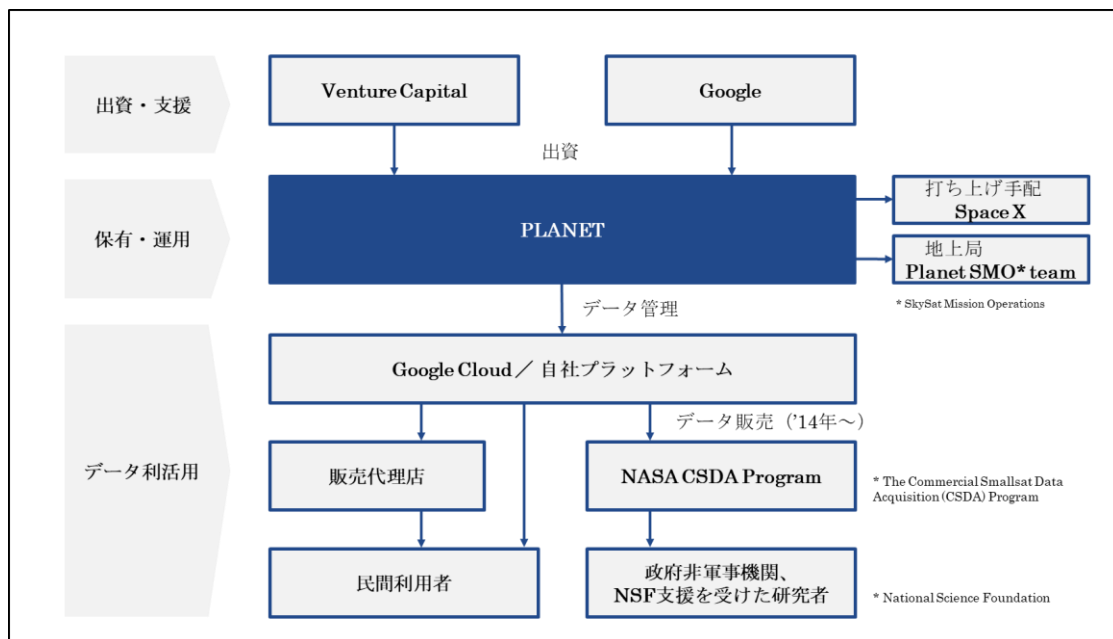
³³⁴ https://www.skyperfectjsat.space/news/detail/post_22.html

³³⁵ <https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf>

³³⁶ <https://www.planet.com/pulse/leveraging-planet-satellite-imagery-to-improve-irrigation-intelligence/>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：3U、 4.7kg³³⁷ • 軌道：太陽同期軌道 97.6°³³⁸ • 観測波長帯：Blue/Green/Red/NIR³³⁹ • 観測域：省略 • 空間分解能：（高度 475km） 3.7m、（高度 400km） 3.0m³⁴⁰ • 回帰日数： 90 分に 1 回（最大）³⁴¹、1 日（一機あたり） • その他：常時撮影³⁴² • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • HSD2 (High Speed Downlink 2) <ul style="list-style-type: none"> データリンク:X バンド (RHCP、 LHCP 各 300MHz) チャンネル帯域 96Hz あたり 76.8 Msps チャンネル当たりデータレート: 37Mbps~336Mbps 通信方式： DVB-S2 (QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK) 符号化： 1/4、 9/10 の FEC 最大伝送レート： 1674Mbps • TT&C: VHF 無線ビーコン • 双方向通信リンク (S バンド) 及びデータダウンロード： 周波数ホッピングスプレッドスペクトラム.
------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 76 Planet 社 FLOCK (Dove, PlanetScope) ビジネススキーム



³³⁷ Seradata 社 SpaceTrak データより

³³⁸ Seradata 社 SpaceTrak データより

³³⁹ <https://www.snet.co.jp/planet/service/>

³⁴⁰ <https://www.snet.co.jp/planet/service/>

³⁴¹ <https://www.planet.com/products/monitoring/>

³⁴² <https://www.planet.com/products/monitoring/>

ii. SkySat

図表 77 Planet 社 SkySat 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 元来 21 機体制、現在軌道上に 15 機体制を構える光学衛星³⁴³ 2013 年に Terra Bella 社により 1 機目が開発・打ち上げ 2017 年の Terra Bella 買収に伴い Planet 社傘下の衛星となる 2020 年 8 月に最新の衛星が打ち上げ³⁴⁴
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 安全保障・諜報活動、インフラ管理、天然資源の保護、地図作成、土地利用の監視、森林の管理、防災・災害対応、など³⁴⁵ 衛星画像のサブスクリプションビジネスで収益をあげる³⁴⁶
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：Khosla Ventures、 Bessemer Venture Partners、 Canaan Partners、 Norwest Venture Partners など VC³⁴⁷ 調達額：2012 年シリーズ C で 7,000 万米ドルを調達。調達総額は 9,100 万米ドル³⁴⁸
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者：Skybox imaging 開発協力者：Sinclair Interplanetary、 Ryerson University³⁴⁹ バス開発者：Space Systems/Loral – Part of Maxar³⁵⁰ 開発コスト：既存の電子機器を用い 5 千万米ドル以下に抑える（1-2 機目）³⁵¹
	打上	<ul style="list-style-type: none"> Kosmotras、 NPO Lavochkin など³⁵²
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> Planet 社（SkySat Mission Operations team）³⁵³
	運用	<ul style="list-style-type: none"> Planet 社（SkySat Mission Operations team）³⁵⁴
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：Planet 社が Google Cloud を利用³⁵⁵ 蓄積：Planet 社が Google Cloud を利用³⁵⁶ 配布： <ul style="list-style-type: none"> Tasking Dashboard と API から直接オーダー受付 販売代理店を経由し、新規撮影のオーダー受付あるいはアーカイブ画像を提供³⁵⁷
	付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 行政、地方自治体、金融機関等³⁵⁸

³⁴³ Seradata 社 SpaceTrak データから

³⁴⁴ Seradata 社 SpaceTrak データから

³⁴⁵ <https://www.planet.com/products/hi-res-monitoring/>

³⁴⁶ <https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf>

³⁴⁷ <https://www.thespacereview.com/article/2322/1>

³⁴⁸ <https://www.thespacereview.com/article/2322/1>

³⁴⁹ <https://www.thespacereview.com/article/2322/1>

³⁵⁰ Seradata 社 SpaceTrak データから

³⁵¹ <https://www.fastcompany.com/3023325/proof-that-cheaper-satellites-still-can-take-incredibly-detailed-photos-of-earth>

³⁵² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat>

³⁵³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat>

³⁵⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat>

³⁵⁵ <https://www.planet.com/pulse/planet-and-google-cloud-partner-to-bring-planetary-scale-satellite-data-analysis-to-governments-and-enterprises/>

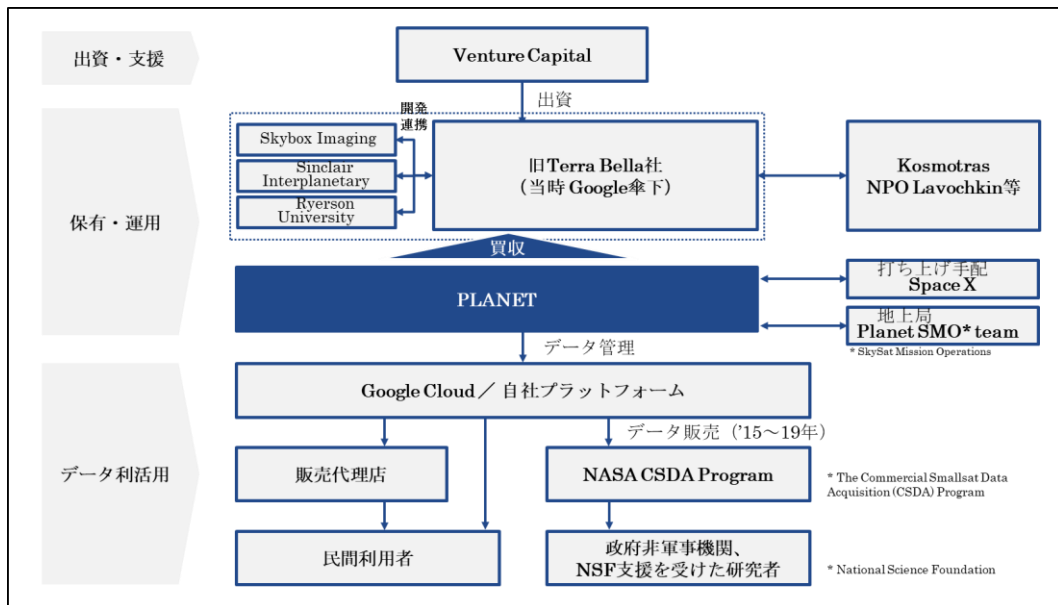
³⁵⁶ <https://www.planet.com/pulse/planet-and-google-cloud-partner-to-bring-planetary-scale-satellite-data-analysis-to-governments-and-enterprises/>

³⁵⁷ <https://www.snet.co.jp/planet/service/>

³⁵⁸ <https://www.planet.com/investors/presentations/2021/investor-presentation-20210707.pdf>

	<ul style="list-style-type: none"> ユースケース：イランの核施設の発見³⁵⁹ ユースケース：大麻が合法化されたカリフォルニアで、大麻の栽培を監視³⁶⁰ ユースケース：山火事の初期対応の意思決定に衛星画像を活用³⁶¹
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：83kg、60*60*80cm³⁶² 軌道：太陽同期準回帰軌道、98.4°³⁶³ 観測波長帯：Blue/Green/Red/NIR + Panchromatic³⁶⁴ 観測域：8 km³⁶⁵ 空間分解能³⁶⁶: <ul style="list-style-type: none"> Skysat1、2: 0.86m (パンクロマチック)、1m (マルチスペクトル) Skysat3~14: 0.72m (パンクロマチック)、1m (マルチスペクトル) 回帰日数：1日に5-7回 (21機体制)³⁶⁷、一機あたり4-5日³⁶⁸ その他：SkySat-1は、毎秒30フレームで90秒の映像クリップを撮影可 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> ペイロードダウンリンク (Xバンド)：470 Mbps アップリンク (Sバンド)：16 kbps オンボード蓄積容量: 768 GB

図表 78 Planet社 SkySat ビジネススキーム



³⁵⁹ <https://www.planet.com/pulse/how-analysts-uncover-covert-nuclear-facilities-with-planet-data/>

³⁶⁰ <https://www.planet.com/products/hi-res-monitoring/>

³⁶¹ <https://www.planet.com/products/hi-res-monitoring/>

³⁶² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/skysat#mission-status>

³⁶³ <https://www.restec.or.jp/satellite/skysat-1-2.html>

³⁶⁴ <https://www.snet.co.jp/planet/service/>

³⁶⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/skysat-1-2.html>

³⁶⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/skysat-1-2.html>

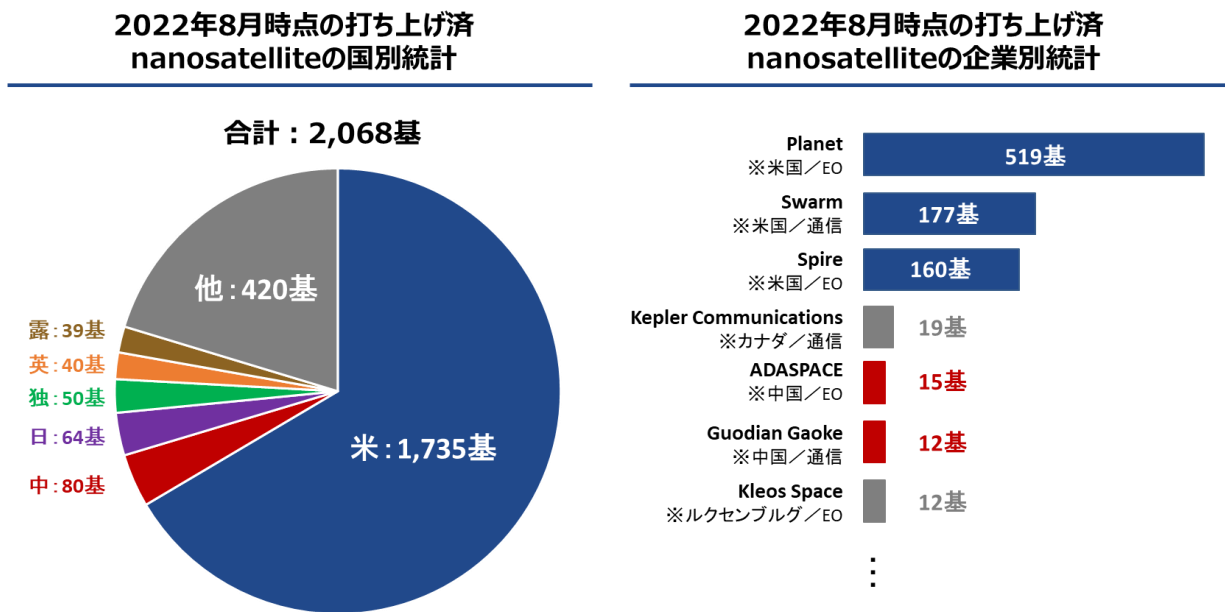
³⁶⁷ <https://www.planet.com/products/hi-res-monitoring/>

³⁶⁸ <https://www.restec.or.jp/solution/product/skysat.html>

参考：nanosatellite のトレンドについて

- 地球観測衛星における各国企業の動向について、その概観を補足する目的で、昨今急激に成長している cubesat に代表される nanosatellite³⁶⁹における国/組織毎の動向についてまとめる³⁷⁰
- 2022年8月現在、延べ2,068基もの nanosatellite が打ち上げられており、そのうち90%以上が cubesat である。これは主に、2014年以降の商用衛星コンステレーション開発の発展によるものである。
- 打ち上げを主導した組織の本拠地別では、米国（1,375基）が大いに先行しており、中国（80基）、日本（64基）、ドイツ（50基）と続く。米国の圧倒的な基数は主に3U cubesat の地球観測衛星コンステレーションである Flock（Planet社）や Lemur-2（Spire）、および0.25U cubesat のIoT向け通信衛星コンステレーション（Swarm社）によるものである。

図表 79 国別の nanosatellite 打ち上げ実績



出所)SmallSat 2022, Nanosats Database, “Nanosatellite Launch Forecasts” をもとにデジタルプラスト作成

- ほとんどの nanosatellite は高度400km~500kmの低軌道で運用されており、運用期間としては1-10年に相当する。一部は600km以上で10-25年の長い運用期間を想定しているものも存在する
- cubesat が台頭しはじめた2013年頃における予測と比較すると、現在の打ち上げ基数状況は、予測を下回っており、これは商用コンステレーションのデモンストレーションからのスケールアップに困難が多いことが原因と考えられる。ただし、上記を加味しても今後5年間は年間300~400基程度の nanosatellite が打ち上げられると予想される。

³⁶⁹ ここでは、CubeSats (0.25U~27U)、Nanosatellites (1kg~10kg)、Picosatellites (100g to 1kg)、PocketQubes、TubeSats、ThinSats の総称と定義する

³⁷⁰ SmallSat 2022, Nanosats Database, “Nanosatellite Launch Forecasts - Track Record and Latest Prediction” より

D) Airbus Defense and Space 社

- Airbus Defense and Space 社はドイツに本社を置く欧州宇宙産業の主要企業である。Airbus グループ（仏・独・英・西の4か国の出資で発足）に属す³⁷¹。

i. Pleiades NEO

図表 80 Airbus D&S 社 Pleiades NEO 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 2021年4月に打上げが開始された、4機体制の光学衛星コンステ³⁷² • 現在軌道の上に2機、2022年に追加の2機を損失³⁷³ • Airbusグループが所有、出資～製造～運用までを行う³⁷⁴ 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 防衛、地図作成、都市開発など、官民双方へ地理空間情報を提供³⁷⁵ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：Airbus Defense and Space 社 • 投資額：約6億～7億ユーロ（≒7.23億米ドル～8.48億米ドル）³⁷⁶ • 打上げ前の2019年時点で、中国企業や米国などから数億円の契約を獲得³⁷⁷
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Airbus Defense and Space³⁷⁸ • 開発協力者：Tesat Spacecom（通信レーザー設計）、DLR（レーザーをAirbus社と共同開発）³⁷⁹ • バス開発者：Airbus Defense and Space³⁸⁰ • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Arianespace 社³⁸¹
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • Swedish Space Corporation の極地にある地上局でタスキング・ダウンリンク³⁸² • SpaceDataHighway を経由³⁸³： <ul style="list-style-type: none"> • ESA と Airbus 社の PPP で開発³⁸⁴ • Airbus 社が所有運用の European Data Relay System の衛星間通信に利用³⁸⁵ • Airbus 子会社 Tesat Sapacecom がレーザーを設計、DLR が出資³⁸⁶

³⁷¹ JETRO（2021）『欧州宇宙産業調査』p.26.

³⁷² <https://www.restec.or.jp/satellite/pleiadesneo.html>

³⁷³ <https://www.intelligence-airbusds.com/newsroom/news/airbus-statement-following-pleiades-neo-5-6-loss/>

³⁷⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pleiades-neo>

³⁷⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pleiades-neo>

³⁷⁶ <https://spacenews.com/vega-return-to-flight-creates-competition-for-30-centimeter-satellite-imagery/>

³⁷⁷ <https://spacenews.com/vega-return-to-flight-creates-competition-for-30-centimeter-satellite-imagery/>

³⁷⁸ Seradata 社 SpaceTrak データより

³⁷⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pleiades-neo>

³⁸⁰ Seradata 社 SpaceTrak データより

³⁸¹ Seradata 社 SpaceTrak データより

³⁸² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pleiades-neo#sensors>

³⁸³ <https://www.intelligence-Airbusds.com/imagery/constellation/pleiades-neo/>

³⁸⁴ https://www.Airbus.com/space/telecommunications-satellites/space-data-highway.html?__hstc=145437547.811057af28b5ac5f7ceb30fc4c4ce48d.1629342312633.1630312879934.1631752838261.6&__hssc=145437547.2.1631752838261&__hsfp=222522160

³⁸⁵ https://www.Airbus.com/space/telecommunications-satellites/space-data-highway.html?__hstc=145437547.811057af28b5ac5f7ceb30fc4c4ce48d.1629342312633.1630312879934.1631752838261.6&__hssc=145437547.2.1631752838261&__hsfp=222522160

³⁸⁶ https://www.Airbus.com/space/telecommunications-satellites/space-data-highway.html?__hstc=145437547.811057af28b5ac5f7ceb30fc4c4ce48d.1629342312633.1630312879934.1631752838261.6&__hssc=145437547.2.1631752838261&__hsfp=222522160

	<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel4 機と EC の地球観測プログラムが対応し、EC が最初の顧客となる³⁸⁷ • Pleiades NEO は同技術に対応した初の商業コンステ³⁸⁸
運用	<ul style="list-style-type: none"> • Airbus Defense and Space Communications、 Intelligence & Security 社³⁸⁹
データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：クラウドベースで管理³⁹⁰ • 蓄積：Airbus 社の OneAtlas オンラインプラットフォーム³⁹¹ • 配布：Airbus 社より、2021 年 11 月より販売開始³⁹²
付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> • 行政、地方自治体、地図関連会社³⁹³ • ユースケース：違法船/漁業の摘発・オイル流出の監視³⁹⁴
スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：950kg³⁹⁵ • 軌道：太陽同期軌道、98°³⁹⁶ • 観測波長帯：Blue/Green/Red/NIR + Panchromatic³⁹⁷ • 観測域：観測幅 14 km³⁹⁸ • 空間分解能：可視光分解能 1.2m、近赤外線・パングロマチック分解能 30 cm³⁹⁹ • 回帰日数：1 日に 2 回⁴⁰⁰ • その他：各衛星が 1 日に 50 万 km² をカバー⁴⁰¹ • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ダウンリンク (X バンド)：1.2 Gbps dual polarity (Toulouse@France、Kiruna@Sweden) Inuvik @Canada などの地球局で受信) • アップリンク (タスキング)：S バンド、Ka バンド (SDH 経由) • 衛星間通信：EDRS との間で 1.8 Gbps 光 Space Data Highway を構成⁴⁰²

³⁸⁷ https://www.Airbus.com/space/telecommunications-satellites/space-data-highway.html?__hstc=145437547.811057af28b5ac5f7ceb30fc4c4ce48d.1629342312633.1630312879934.1631752838261.6&__hssc=145437547.2.1631752838261&__hsfp=222522160

³⁸⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/pleiades-neo>
<https://www.intelligence-Airbusds.com/imagery/constellation/pleiades-neo/>; https://www.Airbus.com/space/telecommunications-satellites/space-data-highway.html?__hstc=145437547.811057af28b5ac5f7ceb30fc4c4ce48d.1629342312633.1630312879934.1631752838261.6&__hssc=145437547.2.1631752838261&__hsfp=222522160

³⁸⁹ Seradata 社 SpaceTrak データより

³⁹⁰ <https://www.intelligence-Airbusds.com/imagery/constellation/pleiades-neo/>

³⁹¹ JETRO (2021) 『欧州宇宙産業調査』 p.70.

³⁹² <https://www.intelligence-Airbusds.com/imagery/constellation/pleiades-neo/>

³⁹³ https://www.intelligence-Airbusds.com/files/pDocutheque/public/r64806_495_210714-pleiades-neo-urban-application-brochure.pdf

³⁹⁴ <https://www.intelligence-Airbusds.com/imagery/constellation/pleiades-neo/>

³⁹⁵ Seradata 社 SpaceTrak データより

³⁹⁶ Seradata 社 SpaceTrak データより

³⁹⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/pleiadesneo.html>

³⁹⁸ <https://www.restec.or.jp/satellite/pleiadesneo.html>

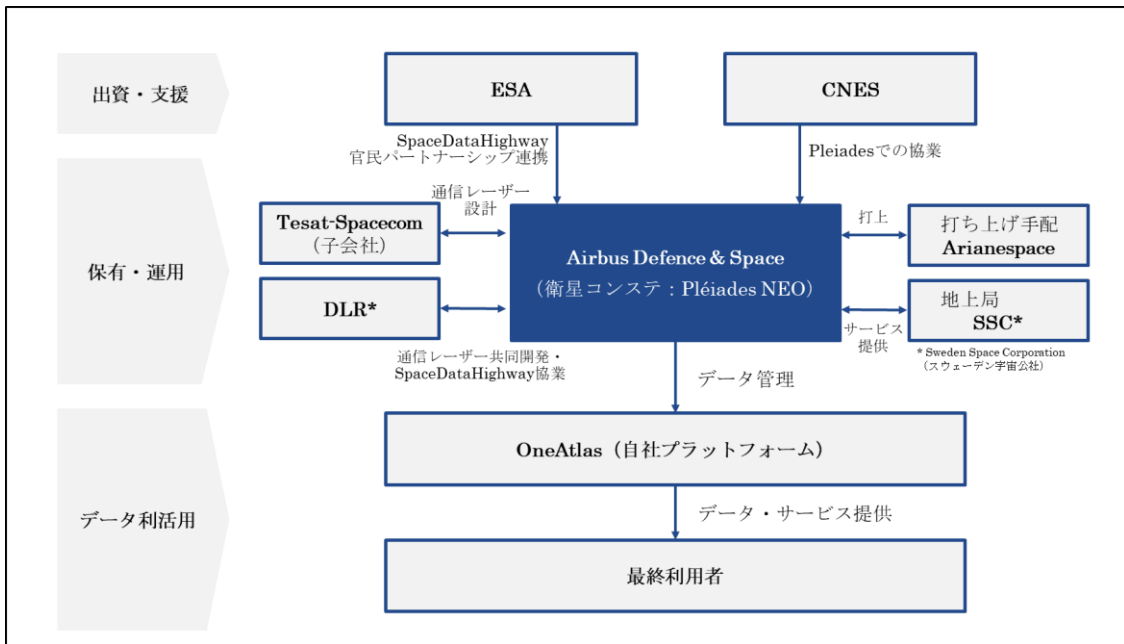
³⁹⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/pleiadesneo.html>

⁴⁰⁰ <https://www.intelligence-Airbusds.com/imagery/constellation/pleiades-neo/>

⁴⁰¹ JETRO (2021) 『欧州宇宙産業調査』 p.70.

⁴⁰² <https://earth.esa.int/eogateway/documents/20142/37627/Pleiades-Neo-User-Guide-Airbus.pdf>

図表 81 Airbus D&S 社 Pleiades NEO ビジネススキーム



ii. CO3D

図表 82 Airbus D&S 社 CO3D 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 地球観測および全球 3D マッピング・DSM の作成を目的とする光学衛星コンステレーション CNES が Airbus 社に発注した Pleiades の後継という位置づけ⁴⁰³
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 公的：科学・軍事関連機関を含む、フランス政府への画像提供⁴⁰⁴ 民間：Airbus による商用販売向けの画像提供⁴⁰⁵
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：Airbus Defense and Space 社、CNES⁴⁰⁶ Airbus 社はこの契約を今後の 20 機以上のコンステレーションへの足掛かりと考えており、様々な形で投資をしてくれる顧客やパートナーを探している⁴⁰⁷
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者：Airbus Defense and Space⁴⁰⁸ バス開発者：Airbus Defense and Space⁴⁰⁹ 開発コスト：不明 2017 年の Phase A では Thales Alenia 社と Airbus 社が概念検討に参加し、2018 年の Call for Tender で Airbus が選定された。この段階で出資提案・ビジネスモデルも含め評価・選定が行われた。 その後、Airbus 社と CNES で共同研究がすすめられ、Phase ごとに支払いが行われた。要件をクリアできなければ途中でプロジェクトは終了可能とした。 Airbus と CNES が共通のビルで協業する形。
	打上	<ul style="list-style-type: none"> ArianeSpace 社
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> Swedish Space Corporation、KSAT ら
	運用	<ul style="list-style-type: none"> Airbus Defense and Space Communications、Intelligence & Security 社
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理： <ul style="list-style-type: none"> 衛星側で画像を前処理し、高いデータレートで地上にダウンリンク その後 Airbus 社が運営する、CNES のアルゴリズムを統合したクラウドベースの処理チェーンに取り込まれ、DSM の作成に用いられる⁴¹⁰ <ul style="list-style-type: none"> 全球 3D マップ、標高解像度約 1 メートルの DSM DSM の生産量は年間約 2,500 万平方キロメートルを想定 蓄積：不明、配布：不明
	付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 不明

⁴⁰³ <https://co3d.cnes.fr/en/co3d-0>

⁴⁰⁴ <https://spacenews.com/Airbus-to-build-four-imaging-satellites-for-french-space-agency-mulls-20-plus-constellation/>

⁴⁰⁵ <https://spacenews.com/Airbus-to-build-four-imaging-satellites-for-french-space-agency-mulls-20-plus-constellation/>

⁴⁰⁶ <https://spacenews.com/Airbus-to-build-four-imaging-satellites-for-french-space-agency-mulls-20-plus-constellation/>

⁴⁰⁷ <https://spacenews.com/Airbus-to-build-four-imaging-satellites-for-french-space-agency-mulls-20-plus-constellation/>

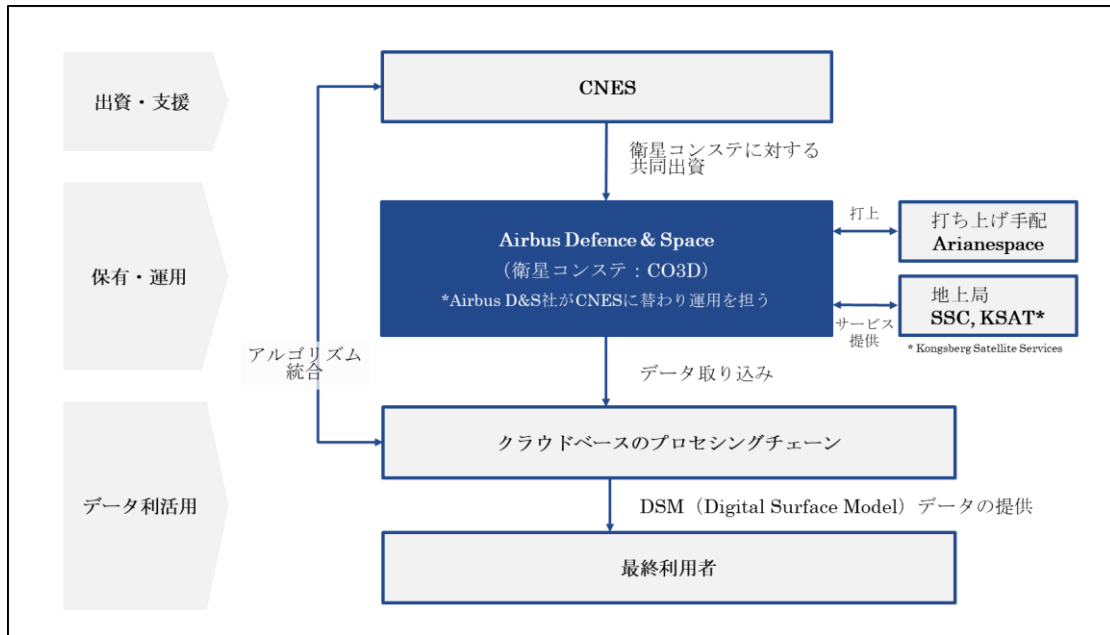
⁴⁰⁸ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴⁰⁹ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴¹⁰ <https://co3d.cnes.fr/en/co3d-0>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：300kg、サイズ不明 • 軌道：太陽同期軌道、角度不明 • 観測波長帯：不明 • 観測域：不明 • 空間分解能：50cm⁴¹¹ • 回帰日数：不明 • 通信リンク：不明
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 83 Airbus D&S 社 CO3D ビジネススキーム



⁴¹¹ <https://co3d.cnes.fr/en/co3d-0>

iii. GO3S

図表 84 Airbus D&S 社 GO3S 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 静止軌道における地球観測用の大型望遠鏡衛星、3機体制のコンステレーションを想定⁴¹² • 4m の一枚鏡を搭載。エアバス社は 100km×100km の視野、5 フレーム/秒のリフレッシュレート、3m の解像度を謳う。従来の方法であれば 5m が限界⁴¹³ • 2016 年に製造を開始し、2020 年に打ち上げ予定であった⁴¹⁴ • これ以外に、Astrium 社は 2008-9 年にかけて ESA とともに大型望遠鏡 GEO-oculus 構想で協働⁴¹⁵。1.5m のミラーで 13m 分解能を実現しようとしていた⁴¹⁶
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 不明
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：Astrium 社はシンガポールや日本など欧州外のアクターに出資を募っていた（2013-4 年頃）⁴¹⁷ • 投資額：不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Astrium Satellites SMBH- Friedrichshafen（European Aeronautic Defense and Space Company の一部）⁴¹⁸ • 開発協力者：不明 • バス開発者：Astrium Satellites⁴¹⁹ • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • ArianeSpace 社⁴²⁰
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • Airbus Defense and Space Communications、Intelligence & Security 社⁴²¹
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：不明 • 蓄積：不明 • 配布：不明
	付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

⁴¹² Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴¹³ <https://satelliteobservation.net/2016/10/17/persistent-surveillance/>

⁴¹⁴ <https://www.geospatialworld.net/news/astrium-seeks-non-european-partner-for-its-next-geo-satellite/>

⁴¹⁵ <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/10565/105651V/Geo-oculus--high-resolution-multi-spectral-earth-imaging-mission/10.1117/12.2309216.full?SSO=1#:~:text=Geo-Oculus%20is%20a%20GEO-based%20Earth%20observation%20mission%20studied,mot%20of%20GMES%20needs%20%2810%20to%20100%20m%29.>

⁴¹⁶ <https://satelliteobservation.net/2016/10/17/persistent-surveillance/>

⁴¹⁷ <https://www.geospatialworld.net/news/astrium-seeks-non-european-partner-for-its-next-geo-satellite/>

⁴¹⁸ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴¹⁹ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴²⁰ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴²¹ Seradata 社 SpaceTrak データより

<p>スペック</p>	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：8,840kg 超⁴²²、サイズ不明 • 軌道：静止軌道 • 観測波長帯：不明 • 観測域：不明 • 空間分解能：3m⁴²³ • その他：高いフレームレートと中分解能を合わせれば、衛星の地上分解能よりも小さな対象物でも、車のように動いているものであれば補足可能⁴²⁴ • 通信リンク：不明
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

⁴²² Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴²³ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴²⁴ Seradata 社 SpaceTrak データより

J) Maxar 社

- 2017年10月、DigitalGlobe社（2013年にGeoEye社と合併）とMDA Holdings社の合併により設立される。World View シリーズの1-3機とGEOEYE-1を運用中⁴²⁵。
- Amazon Web Services（AWS）上に、自社プラットフォームを構築⁴²⁶。

i. WorldView Legion

図表 85 Maxar 社 WorldView Legion 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • WorldView コンステレーションの次世代機。6機体制の小型光学衛星コンステ⁴²⁷ • 2023年打ち上げ予定
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Commercial
目的・ビジネスモデル ⁴²⁸		<ul style="list-style-type: none"> • 公共：環境モニタリングや災害観測、安全保障 • 民間：インフラ監視、海上監視、3D地図
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：カナダ政府、VC <ul style="list-style-type: none"> • 2018年以降、カナダ政府から出資を受ける • 調達額：2回の調達ラウンドで合計11億米ドルを調達 <ul style="list-style-type: none"> • 最新の資金調達は、2019年11月にPost-IPO Debtラウンド⁴²⁹
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Space System Loral（Maxar社の一部）⁴³⁰ • 開発協力者：不明 • バス開発者：Space System Loral（Maxar社の一部）⁴³¹ • 開発コスト：6億米ドル（1機目）。※WorldViewの4機目は8.5億米ドル⁴³²
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Space X社⁴³³
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • AWS⁴³⁴ • 2021年7月、国際的な防衛・諜報機関との複数年にわたる契約を発表。3,500万ドルで、顧客が衛星に対し直接タスクし、衛星画像を地上局にダウンロードできる、ダイレクト・アクセス・プログラムを提供⁴³⁵

⁴²⁵ <https://www.maxar.com/constellation> ; <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/worldview-legion>

⁴²⁶ <https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai22/siryoushou2-1-1.pdf>

⁴²⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁴²⁸ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁴²⁹ https://www.crunchbase.com/organization/macdonald-dettwiler-and-associates/company_financials

⁴³⁰ Seradata社 SpaceTrak データより

⁴³¹ Seradata社 SpaceTrak データより

⁴³² <https://spacenews.com/worldview-legion-pandemic/#:~:text=The%20initial%20block%20of%20six%20WorldView%20Legion%20satellites,collect%20about%20half%20as%20much%20imagery%20as%20WorldView-4.>

⁴³³ <https://spacenews.com/worldview-legion-pandemic/#:~:text=The%20initial%20block%20of%20six%20WorldView%20Legion%20satellites,collect%20about%20half%20as%20much%20imagery%20as%20WorldView-4.>

⁴³⁴ <https://www.aboutamazon.com/news/innovation-at-amazon/amazon-web-services-unveils-new-space-business-segment>

⁴³⁵ https://www.maxar.com/press-releases/maxar-secures-worldview-legion-commitment-under-expanded-agreement-with-international-defense-and-intelligence-customer?utm_source=maxar.com-hp&utm_medium=website ; <https://www.maxar.com/products/direct-access-program>

	<ul style="list-style-type: none"> 2020年9月、米軍 Geospatial センターに、可動式のリモートグラウンドターミナルを納入⁴³⁶
運用	<ul style="list-style-type: none"> Maxar
データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：Maxar 社で処理 蓄積：AWS に自社プラットフォーム構築⁴³⁷ 配布：Maxar 社と販売代理店が販売⁴³⁸
付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> Analysis-ready Data (ARD)：Maxar 社によって処理され、すぐ分析に使うことのできるようになった衛星画像を、オンデマンドもしくはサブスクリプションで提供⁴³⁹
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 政府機関、CSIS、世界銀行、ビル&メリンダ・ゲイツ財団、地図作成事業者等⁴⁴⁰ ユースケース：消費者位置情報マッピング (Facebook や Uber と提携)⁴⁴¹
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：625 kg未満、3m*2m*2m⁴⁴² 軌道：太陽同期軌道または中間傾斜軌道⁴⁴³ 観測波長帯：8バンドマルチスペクトル (Blue/Green/Red/NIR) + Panchromatic⁴⁴⁴ 観測幅：9km⁴⁴⁵ 空間分解能：最大 0.3m 回帰日数：1日に最大 15回⁴⁴⁶ 通信リンク：ダイレクトアクセス、ダイレクトタスキング、移動地球局へのダウンリンク可能

⁴³⁶ <https://www.maxar.com/press-releases/maxar-selected-to-deliver-portable-satellite-imagery-ground-systems-to-u-s-army-2020-09-21>

⁴³⁷ <https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai22/siryoku2-1-1.pdf>

⁴³⁸ <https://www.maxar.com/partner-ecosystem/resellers>

⁴³⁹ <https://www.maxar.com/products/analysis-ready-data>

⁴⁴⁰ <https://www.maxar.com/customers>

⁴⁴¹ <https://www.maxar.com/industries/consumer-mapping>

⁴⁴² <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

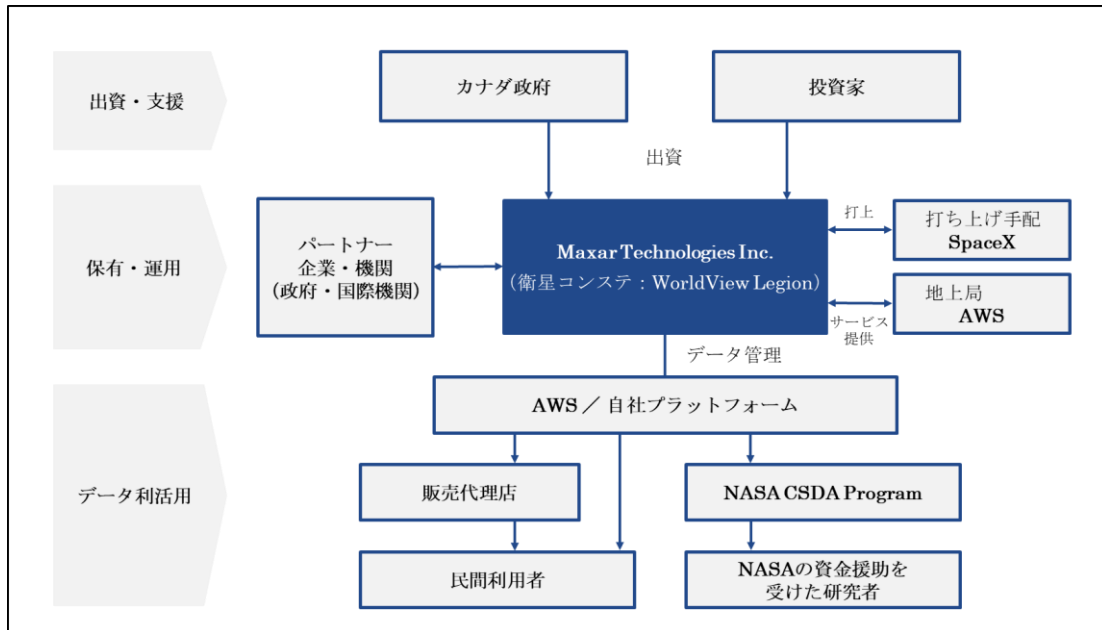
⁴⁴³ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁴⁴⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁴⁴⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁴⁴⁶ <http://interactive.satellitetoday.com/via/july-2021/worldview-legion-a-new-era-in-actionable-earth-intelligence/>

図表 86 Maxar 社 WorldView Legion ビジネススキーム



ii. SCOUT

図表 87 Maxar 社 SCOUT 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 6 機体制の小型光学衛星コンステ447 他の WorldView シリーズと比べると分解能に劣るが、より早い回帰を実現する448 サウジアラビア政府の協力を得たキング・アブドゥルアジーズ科学技術都市 (KACST) と、サウジアラビアの TAQNIA 社との合弁で開発予定449 2017 年末 Maxar 社への統合を機にキャンセルされたという情報も450
セクター		<ul style="list-style-type: none"> unknown
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 不明
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：旧 Digital Globe 社、TAQNIA 社、KACST による合弁会社 出資額：不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者： KACST- Space Research Institute Satellite Manufacturing⁴⁵¹ 開発協力者：不明 バス開発者：不明 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> 旧 Digital Globe 社、TAQNIA 社、KACST による合弁会社⁴⁵²
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：不明 蓄積：不明 配布：不明
	付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> KACST が、サウジアラビアとその周辺の撮影能力の 50%を所有し、旧 Digital Globe 社は残りの 50%と他の地域の 100%を所有予定だった⁴⁵³ TAQNIA 社が中東地域へのマーケティングの 50%を担当し、旧 Digital Globe 社が残りの 50%と他の地域の 100%を担当予定だった⁴⁵⁴
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：625 kg未満、3m*2m*2m⁴⁵⁵ 軌道：太陽同期軌道、98°⁴⁵⁶ 観測波長帯：不明 観測幅：不明

⁴⁴⁷ <https://spaceflightnow.com/2019/01/07/digitalglobes-worldview-4-earth-imaging-satellite-fails/>

⁴⁴⁸ <https://spaceflightnow.com/2019/01/07/digitalglobes-worldview-4-earth-imaging-satellite-fails/>

⁴⁴⁹ <https://www.reuters.com/article/us-digitalglobe-saudi-venture-idUSKCN0VU11F>

⁴⁵⁰ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴⁵¹ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴⁵² Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴⁵³ <https://www.reuters.com/article/us-digitalglobe-saudi-venture-idUSKCN0VU11F>

⁴⁵⁴ <https://www.reuters.com/article/us-digitalglobe-saudi-venture-idUSKCN0VU11F>

⁴⁵⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁴⁵⁶ Seradata 社 SpaceTrak データより

	<ul style="list-style-type: none"> 空間分解能：0.8m⁴⁵⁷ 回帰日数：1日に最大40回⁴⁵⁸ 通信リンク：不明
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

K) Albedo Space Corp.社

- Albedo は 2020 年に設立された衛星製造企業である。解像度 10cm の商用画像販売の許可を NOAA から獲得した。VLEO（超低軌道）へ投入することで、高解像度画像の低価格化を目指している。Thermal も 4m 解像度としている⁴⁵⁹。入手しやすい価格の画像と高解像度画像で膨大な価値を産み出すことで市場を成長させることを目指している⁴⁶⁰。
- 2021 年 12 月、解像度 10 cmの商用画像販売の許可を NOAA から獲得（これは、2021 年 7 月に発表された NOAA の新たな規制に基づくもの）可視光センサと熱赤外センサを搭載した衛星を計画している。
- サービス利用は、API もしくはダッシュボードを通しての画像提供を想定している。数時間内でのデリバリーをかかげており、提供されるデータは Analysis Ready Data に留まっているため、分析はクライアント任せになっているものと考えられる。

図表 88 Albedo の計画する衛星

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 米国のスタートアップ Albedo 社が計画する衛星 2024 年から 1 機目の衛星打上げを開始し、2027 年には 24 機のコンステレーションを形成⁴⁶¹
セクター		<ul style="list-style-type: none"> unknown
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 衛星を高度 200～300km 程度の VLEO（超低高度）に投入することで画像取得の低コスト化を図ろうとしている。ただし、大気抵抗による姿勢・軌道制御の困難性、原子状酸素や大気による摩擦熱などで衛星が損傷を受けやすく寿命が短くなるなどの課題もある⁴⁶²
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> シードラウンド \$10m. (21 年 4 月) 投資家：Initialized Capital, Jetstream, Liquid2 Ventures and Soma Capital⁴⁶³
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> 不明

⁴⁵⁷ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁴⁵⁸ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/worldview-scout.htm

⁴⁵⁹ <https://spacenews.com/albedo-wins-license-to-sell-10-centimeter-imagery/>

⁴⁶⁰ Space News : <https://spacenews.com/introducing-albedo/>

⁴⁶¹ <https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/albedo-10cm/>

⁴⁶² <https://spacenews.com/how-low-can-satellites-go-vleo-entrepreneurs-plan-to-find-out/>

⁴⁶³ <https://techcrunch.com/2021/04/22/satellite-imagery-startup-albedo-closes-10m-seed-round/>

	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	付加 価値 サービ ス例	<ul style="list-style-type: none"> 森林火災、ソーラーパネル配置の検査、野生生物の検出・監視、メタンと CO2 排出マッピング等を提供予定 インフラ管理⁴⁶⁴：電力線周辺の植生管理が山火事や停電防止のために重要となっており、10 cm 解像度の画像と熱センサは、Overstory⁴⁶⁵や LiveEO⁴⁶⁶のような画像と AI を使ってこのような山林やインフラ管理を自動化している企業にとって、モデル精度を大きく向上させることができる 廃熱管理⁴⁶⁷：可視画像と熱画像を比較すると、4 本のタワーのうち 2 本だけが稼働していることがわかる。WattTime.org⁴⁶⁸のチームは、このヒートシグネチャを使用することで、最終的に世界中の主要な発電所の炭素排出量を正確に計算可能となる
	主要 ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明 軌道：VLEO 観測波長帯： 可視光センサ パングロマチック：400～700 nm Blue: 450～510 nm Green: 510～580 nm Red: 630～690 nm NIR: 770～895 nm 熱赤外センサ 7.5～13.5μm 観測幅： 可視光センサ 35km×7km 熱赤外センサ 35km×6km 空間分解能： 可視光センサ パングロ 10cm (Nadir) 12.4cm (30°Off Nadir) マルチスペクトラル 40cm (Nadir) 49.7cm (30°Off Nadir) 熱赤外センサ 4.0m (Nadir) 5.0m (30°Off Nadir) 回帰日数（緯度<53°）： 1 衛星あたり 15 日 (Nadir) 5 日 (30°Off Nadir) コンステレーション 1.5 回/日 (Nadir) 5 回/日 (30°Off Nadir) その他： NIIRS（National Image Interpretability Rating Scale）:画像の質を評価するために使用される米国の主観的尺度で、0（最低品質）から 9（最高品質）までの 10 のレベルで評価する。さまざまな画像システムから取得した画像の評価に使用される。 可視光センサ 7.1 (Nadir) 6.8 (30°Off Nadir) 熱赤外センサ 3.5 (Nadir) 3.2 (30°Off Nadir) 通信リンク：不明

⁴⁶⁴ <https://www.linkedin.com/company/albedo-space/posts/?feedView=all>

⁴⁶⁵ <https://www.overstory.com/>

⁴⁶⁶ <https://live-eo.com/>

⁴⁶⁷ <https://www.linkedin.com/company/albedo-space/posts/?feedView=al>

⁴⁶⁸ <https://www.watttime.org/>

L) GHOST (Global Hyperspectral Observation Satellite)

- 2022年から2023年にかけて6基の打ち上げを計画している米国のOrbital Sidekick (OSK)が計画するハイパースペクトラルイメージング衛星コンステレーションである⁴⁶⁹。
- Orbital SidekickではGHOSTの前身ハイパースペクトラルイメージング衛星Auroraを使った環境監視サービスSigmaを提供しており、パイプライン企業などでメタンや液化炭素の漏出検知に活用されている。⁴⁷⁰
- 防衛・セキュリティ分野でターゲット検知、侵入車両、土壌破壊などの情報収集や分析を実施する予定である

図表 89 GHOST 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 2023年から6機の衛星を打ち上げ 6機のコンステレーションを計画 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> USAF 向けの情報収集・分析 パイプライン監視などのリスク管理、農業・森林管理、等 400~2500nmの可視～短波赤外線500以上のスペクトルバンドを収集し、OSKのSpectral Intelligence Global Monitoring Application (SIGMA™)プラットフォームで分析 SIGMAはOSKのアーカイブデータ、分析エンジン、衛星タスキングシステムを軍事および商用向けに提供 OSKはSIGMAと空軍のAdvanced Battle Management System (ABMS)を統合 	
実施体制	出資 ⁴⁷¹	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：AF VenturesのStrategic Financing program AF Venturesは米空軍の商業投資グループ⁴⁷² U.S. Space ForceのSpace and Missile Systems CenterとU.S. Air Force Research Labからのサポート
	開発・製造 ⁴⁷³	<ul style="list-style-type: none"> 衛星：Astro Digital ペイロード：Orbital sidekick (ハイパースペクトラルイメージャ)
	打上 ⁴⁷⁴	<ul style="list-style-type: none"> ライドシェアサービスを提供するSpaceflight, Inc.が手配 2022年から2023年、Space XのFalcon9で打ち上げ予定
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> Orbital Sidekick
	設計寿命	<ul style="list-style-type: none"> 3～5年
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> Orbital Sidekickが収集・分析し民間及び政府ユーザに提供

⁴⁶⁹ <https://www.orbitalsidekick.com/>

⁴⁷⁰ https://techcrunch.com/2023/01/31/orbital-sidekick-raises-10m-to-bring-hyperspectral-imaging-to-oil-and-gas-pipeline-monitoring/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cub3JiaXRhbHNpZGVraWNrLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAKm2FrLPPhCncBvSDaeeW0MRSrwEz610IwkGAo-9mn9ZeAOCcFJGHyyHzoaqqmI62eG4b7ybuVctuvukCvloOdN1lLs7YYVMZ8lKPlgR9li450ZsklvFwPsE3lcb2gxVC8tOu6yq6FgqVXeayEHpPqDWRtFVRVMkDm8kG4SqsWE

⁴⁷¹ <https://spacenews.com/orbital-sidekick-air-force-contract/>

⁴⁷² <https://www.satellitetoday.com/imagery-and-sensing/2020/10/19/us-air-force-investment-group-selects-orbital-sidekick-for-hyperspectral-satellite-imaging-contract/>

⁴⁷³ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ghost-1.htm

⁴⁷⁴ <https://spaceflight.com/customer-profile-orbital-sidekick-astro-digital/>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星重量：85 kg • 軌道高度：525km • 軌道：太陽同期軌道 • 空間分解能 <ul style="list-style-type: none"> • HSI：8m • パンクロ：3m • 通信リンク：不明
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 90 GHOST のイメージ⁴⁷⁵



M) Axelspace Corporation 社 Axelglobe & すいせん

- 1A号(2018年)、1B号、1C号、1D号(すいせん)、1E号(2021年)を打ち上げ済み⁴⁷⁶。衛星14機の衛星コンステレーションを形成予定。

図表 91 Axelspace Corporation 社 Axelglobe & すいせん概要

項目	内容
サイズ	100kg ⁴⁷⁷
軌道	600km ⁴⁷⁸
観測波長帯	<ul style="list-style-type: none"> • パンクロマティック 450-900nm 青 450-505nm 緑 515-585nm 赤 620-685nm レッドエッジ 705-745nm 近赤外 770-900nm⁴⁷⁹
観測幅	57km 以上 ⁴⁸⁰
空間分解能	PM: 2.5m MS: 5.0m ⁴⁸¹
回帰日数	非公開

⁴⁷⁵ <https://spaceflight.com/customer-profile-orbital-sidekick-astro-digital/>

⁴⁷⁶ <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

⁴⁷⁷ <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

⁴⁷⁸ <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

⁴⁷⁹ <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

⁴⁸⁰ <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

⁴⁸¹ <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

その他	<ul style="list-style-type: none"> 運用期間：5年以上⁴⁸² 1画素あたりの情報:12bit
-----	----------------------------------------------------------------------------------------------------

N) Astro Digital 社 Landmapper -HD

- 打上げ予定は不明。案件自体がキャンセルになった可能性が高い⁴⁸³

図表 92 Astro Digital 社 Landmapper -HD 概要

項目	内容
サイズ	20kg ⁴⁸⁴
軌道	太陽同期軌道 600km ⁴⁸⁵
観測波長帯	青/赤/緑/NIR (近赤外線) /Red Edge (レッドエッジ) ⁴⁸⁶
観測幅	非公開
空間分解能	2.5m
回帰日数	非公開

O) Astro Digital 社 Landmapper -BC

- 打上げ予定は不明。1号、2号、3号(2017年)、3号v2、4号(2018年)、5号(2020年)を打ち上げ済み。1号、2号は打ち上げ直後に失敗⁴⁸⁷。3号は打ち上げ失敗。

図表 93 Astro Digital 社 Landmapper- BC 概要

項目	内容
サイズ	10kg ⁴⁸⁸
軌道	太陽同期軌道 600km
観測波長帯	赤/緑/NIR (近赤外線) ⁴⁸⁹
観測幅	220km ⁴⁹⁰
空間分解能	22m ⁴⁹¹
回帰日数	不明
その他	<ul style="list-style-type: none"> 運用期間： 3v2号：2018- (運用中止:2001) 4号：2018- (運用中止:2012) 5号: 2020-

P) BlackSky Global 社 Blacksky

- BlackSky社は、2013年設立の米国に拠点をもちリモートセンシングに関する分析プラットフォーム企業である。1m分解能の小型光学衛星コンステレーションを開発しており、最終的には60機体制を目指している。2021年9月にSPAC上場を果たしている。
- 2020年、米NGAは独自システムG-EGD (Global Enhanced Geoint Delivery) に、BlackSky

⁴⁸² <https://www.restec.or.jp/solution/product/grus.html>

⁴⁸³ SeraDataより抽出

⁴⁸⁴ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/landmapper-hd.htm

⁴⁸⁵ <https://web.archive.org/web/20160707172027/http://www.aquilaspace.com:80/satellites/>

⁴⁸⁶ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/landmapper-hd.htm

⁴⁸⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/landmapper-bc.htm

⁴⁸⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero>

⁴⁸⁹ <https://calval.cr.usgs.gov/apps/sites/default/files/jacie/AstroDigitalJACIE2018.pdf>

⁴⁹⁰ <https://calval.cr.usgs.gov/apps/sites/default/files/jacie/AstroDigitalJACIE2018.pdf>

⁴⁹¹ <https://calval.cr.usgs.gov/apps/sites/default/files/jacie/AstroDigitalJACIE2018.pdf>

社と Planet 社の画像を組み込むことを発表。国防総省、情報機関など政府機関へ地理空間データを供給する。また、両社は 2018 年に NGA と密に連携している NRO から、研究契約を受託している。

- Planet 社や Satellogic 社と異なり、100 を超える衛星でのコンステレーションを目指しているわけではなく、どちらかといえば分析・販売流通のほうに重きを置いている。
- BlackSky によるコンステレーションは彼らが提供する分析プラットフォームの元データのあくまで 1 つであり、他の地球観測データや企業情報、ニュース、IoT センサー、環境・人・危機対応データなどを組み合わせたインテリジェンスサービスが BlackSky のビジネスモデルの柱であるものと考えられる。
- 1 号・2 号 (2018 年) 3 号・4 号 (2019 年)、5 号・6 号 (2020 年)、9 号から 17 号 (2021 年) を打ち上げ済み⁴⁹²。

図表 94 BlackSky Global 社 Blacksky 概要

項目	内容
サイズ	44kg ⁴⁹³
軌道	450km ⁴⁹⁴
観測波長帯	8 バンド ⁴⁹⁵
観測幅	不明
空間分解能	1m
回帰日数	不明
その他	• 運用期間：3 年 ⁴⁹⁶

Q) Earth-i 社 Vivid-i

- Earth-i 社はイギリスのリモートセンシング関係のコンサルティングやデータ提供、トレーニングを行う企業である。
- 衛星 15 個の衛星コンステレーションを形成予定⁴⁹⁷。

図表 95 Earth-i 社 Vivid-i 概要

項目	内容
サイズ	100 kg ⁴⁹⁸
軌道	太陽同期軌道 500km ⁴⁹⁹
観測波長帯	Blue/Green/Red
観測幅	5km ⁵⁰⁰
空間分解能	60cm ⁵⁰¹
回帰日数	1 日 ⁵⁰²

⁴⁹² https://space.skyrocket.de/doc_sdat/blacksky-pathfinder.htm

⁴⁹³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/blacksky-constellation>

⁴⁹⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/blacksky-constellation>

⁴⁹⁵ <https://pubs.usgs.gov/circ/1468/cir1468.pdf>

⁴⁹⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/b/blacksky-constellation>

⁴⁹⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/vivid-i.htm

⁴⁹⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/vivid-i>

⁴⁹⁹ <https://earth-i.space/wp-content/uploads/2020/05/Earth-i-Vivid-i-Constellation-Overview.pdf>

⁵⁰⁰ <https://pubs.usgs.gov/circ/1468/cir1468.pdf>

⁵⁰¹ <https://earth-i.space/wp-content/uploads/2020/05/Earth-i-Vivid-i-Constellation-Overview.pdf>

⁵⁰² <https://pubs.usgs.gov/circ/1468/cir1468.pdf>

その他	運用期間： 5 年 ⁵⁰³
-----	--------------------------

⁵⁰³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/vivid-i>

R) DMCii 社 DMC3

- イギリスの災害モニタリング用の衛星コンステレーションである。2015年に打ち上げ済み。4機の衛星で衛星コンステレーションを形成。中国の21AT (Twenty First Century Aerospace Technology Company Ltd.) が2011年6月、7年間のリース契約をDMCiiと結び、3機全部の撮像能力は21ATが取得⁵⁰⁴。

図表 96 DMCii 社 DMC3 概要

項目	内容
サイズ	440kg ⁵⁰⁵
軌道	630km、太陽同期軌道 ⁵⁰⁶ 、97.8° ⁵⁰⁷
観測波長帯	非公開
観測幅	23km
空間分解能	PA: 1m MS: 4m ⁵⁰⁸
回帰日数	非公開

S) Hera Systems 社 1HOPSAT

- 試験機1HOPSAT TDが2019年に打ち上げ済み。8機の衛星で衛星コンステレーションを形成する予定

図表 97 Hera Systems 社 1HOPSAT 概要

項目	内容
サイズ	22kg ⁵⁰⁹
軌道	<ul style="list-style-type: none"> 初期軌道：600km(8機); 402km(1機)⁵¹⁰ 最終軌道：350km以下 97.79°(1機は51.6-55度)
観測波長帯	非公開
観測幅	非公開
空間分解能	1m ⁵¹¹
回帰日数	非公開
その他	運用期間：3-5年 ⁵¹²

⁵⁰⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/dmc-3.html>

⁵⁰⁵ <https://www.sstl.co.uk/space-portfolio/launched-missions>

⁵⁰⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/dmc-3.html>

⁵⁰⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/dmc-3.html>

⁵⁰⁸ <https://www.restec.or.jp/satellite/dmc-3.html>

⁵⁰⁹ <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=218010&x=>

⁵¹⁰ <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=218010&x=>

⁵¹¹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/1hopsat.htm

⁵¹² <https://apps.fcc.gov/els/GetAtt.html?id=218010&x=>

T) Pixxel 社 Anand

- インドのスタートアップ Pixxel 社が計画するハイパースペクトラル衛星コンステレーション。既存衛星の 10 倍のバンド、商用ハイパースペクトル衛星で最高の分解能、24 時間観測を謳う⁵¹³。

図表 98 Pixxel 社 Anand 概要

項目	内容
サイズ	非公開
軌道	太陽同期軌道または中間傾斜軌道
観測波長帯	300 バンドハイパースペクトル (VNIR、SWIR) ⁵¹⁴
観測幅	非公開
空間分解能	5m ⁵¹⁵
回帰日数	非公開

U) Satellite Vu の計画する衛星

- 英国のスタートアップ Satellite Vu 初の衛星となる高分解能熱赤外衛星⁵¹⁶。2021 年 12 月、Surrey Satellite Technology Ltd. (SSTL) と製造契約を締結⁵¹⁷。7 機体制のコンステ。2022 年の第 4 四半期に 1 機目を打上予定⁵¹⁸。
- 構想としては、セミリアルタイムに近い状態で地球上の全ての建物の温度を計測し、経済活動やエネルギー効率性、温暖化ガスの排出状況などのモニタリングを掲げている。

図表 99 Satellite Vu の計画する衛星概要

項目	内容
サイズ	130kg
軌道	地球低軌道
観測波長帯	中波長赤外線 ⁵¹⁹
観測幅	4.0 km
空間分解能	3.5m ⁵²⁰
回帰日数	1 日に複数回 ⁵²¹
その他	動画の撮影が可能 (3D 撮像、動きの捕捉、速度の計測などに活用)

⁵¹³ <https://www.pixxel.space/technology>

⁵¹⁴ <https://www.pixxel.space/technology>

⁵¹⁵ <https://www.pixxel.space/technology>

⁵¹⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

⁵¹⁷ <https://www.satellitevu.com/press/satellite-vu-signs-deal-with-surrey-satellite-technology-ltd-to-build-worlds-first-high-resolution-thermal-imaging-satellite>

⁵¹⁸ <https://www.satellitevu.com/press/satellite-vu-signs-deal-with-surrey-satellite-technology-ltd-to-build-worlds-first-high-resolution-thermal-imaging-satellite>

⁵¹⁹ <https://www.satellitevu.com/press/satellite-vu-signs-deal-with-surrey-satellite-technology-ltd-to-build-worlds-first-high-resolution-thermal-imaging-satellite>

⁵²⁰ <https://www.satellitevu.com/press/satellite-vu-signs-deal-with-surrey-satellite-technology-ltd-to-build-worlds-first-high-resolution-thermal-imaging-satellite>

⁵²¹ <https://www.satellitevu.com/press/satellite-vu-signs-deal-with-surrey-satellite-technology-ltd-to-build-worlds-first-high-resolution-thermal-imaging-satellite>

V) SatRevolution 社 Stork

- 1号～3号(2022年)、4号・5号(2021年)を打ち上げ済み。衛星14個の衛星コンステレーションを形成予定⁵²²。

図表 100 SatRevolution 社 Stork 概要

項目	内容
サイズ	• 3U (4kg) ⁵²³
軌道	• 太陽同期軌道 500km ⁵²⁴
観測波長帯	• Blue: 450nm (FWHM 110nm) • Green: 537nm (FWHM 125nm) • Red: 622nm (FWHM 95nm) • NIR: 840nm (FWHM 140nm)
観測幅	非公開
空間分解能	5.8m ⁵²⁵
回帰日数	非公開

W) Wyvern 社 DragonEye

- 2018年に設立されたカナダ発の衛星スタートアップ。765万米ドルを調達済み。2022年前半に最初の衛星1機を、2022年の後半に衛星2機を打ち上げ予定⁵²⁶。Wyvern社が開発したセンサを、AAC Clyde Space社の衛星プラットフォームに搭載する⁵²⁷。
- カナダ政府の Sustainable Development Technology Program から資金支援を受けている。

図表 101 Wyvern 社 DragonEye

項目	内容
サイズ	6U ⁵²⁸
軌道	非公開
観測波長帯	ハイパースペクトル (VNIR,SWIR) ⁵²⁹
観測幅	非公開
空間分解能	1m (VNIR) 、5m (SWIR) を 2023年に達成を目指す ⁵³⁰
回帰日数	非公開

X) Capella Space 社

- 米国を拠点とする企業。2016年設立し、2018年に小型 SAR 衛星を打ち上げ。米国政府に安全保障分野でデータ解析サービスを提供している。
- 2021年9月までに、8,200万米ドルの資金調達に成功しており、米国 VC が主な出資者となっている。衛星の打ち上げは主に RocketLab や SpaceX を活用しており、地上局に関しては AWS とのパートナーシップを結んでいる。
- 2020年、Capella は、米陸軍、米海軍、米空軍、米宇宙軍、国家地球空間情報局 (National Geospatial-Intelligence Agency)、SDA などの政府機関と関係を構築している。CIA 直下の

⁵²² https://space.skyrocket.de/doc_sdat/stork-1.htm

⁵²³ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/stork-1.htm

⁵²⁴ <https://www.satrevolution.com>

⁵²⁵ <https://www.satrevolution.com>

⁵²⁶ <https://www.aac-clyde.space/case-studies/wyvern>

⁵²⁷ <https://www.satellitetoday.com/manufacture/2021/07/02/aac-clyde-space-signs-wyvern-for-4-year-data-services-contract/>

⁵²⁸ <https://www.aac-clyde.space/case-studies/wyvern>

⁵²⁹ https://wyvern.space/?page_id=2540

⁵³⁰ https://wyvern.space/?page_id=31

非営利投資機関である In-Q-Tel も Capella を支援している⁵³¹。

図表 102 Capella Space 社 Capella X-SAR 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 現在軌道の上に 6 機の衛星を保有。将来的には 36 機体制を目指す 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Commercial 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 安全保障・諜報、天然資源管理、インフラ管理、人道支援・災害対応、保険、海洋監視、金融など⁵³² 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者： <ul style="list-style-type: none"> シリーズ A、B でのリード投資家は DCVC、Cota Capital、Spark Capital⁵³³ 調達額：2021 年 9 月までに、8,200 万米ドルの資金調達に成功
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者：Capella Space 開発協力者：不明 バス開発者：Capella Space 開発コスト：一機につき、打ち上げ含めて「数百万米ドル」⁵³⁴
	打上	<ul style="list-style-type: none"> Rocket Lab、SpaceX⁵³⁵
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> AWS⁵³⁶
	運用	<ul style="list-style-type: none"> Capella Space 社
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：AWS⁵³⁷ 蓄積：AWS⁵³⁸ 配布：Web アプリ Capella Console と Capella API を運用⁵³⁹
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> ユースケース：災害後の道路やインフラの変化を把握し、効果的に緊急物資を配備⁵⁴⁰
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 米国国防総省に、SAR データおよび分析サービスを提供する旨契約。Defense Innovation Unit の Commercial Solution Opening プログラムを通じて契約に至る。現在は海軍、空軍、国家偵察局にデータとサービスを提供⁵⁴¹ 国家地理空間情報局国家地理空間情報局との間で研究開発協力協定を締結 その他民間事業者など（土地の有効活用、災害対応）

⁵³¹ <https://spacenews.com/capella-sda-demonstration/>

⁵³² <https://www.capellaspace.com/data/>

⁵³³ https://www.crunchbase.com/organization/capella-space/company_financials

⁵³⁴ <https://www.satellitetoday.com/innovation/2016/12/06/capella-space-ceo-cost-enabling-inexpensive-sar/>

⁵³⁵ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁵³⁶ <https://aws.amazon.com/jp/blogs/news/capella-uses-space-bring-you-closer-earth/>

⁵³⁷ <https://aws.amazon.com/jp/blogs/publicsector/capella-uses-space-bring-you-closer-earth/>

⁵³⁸ <https://aws.amazon.com/jp/blogs/publicsector/capella-uses-space-bring-you-closer-earth/>

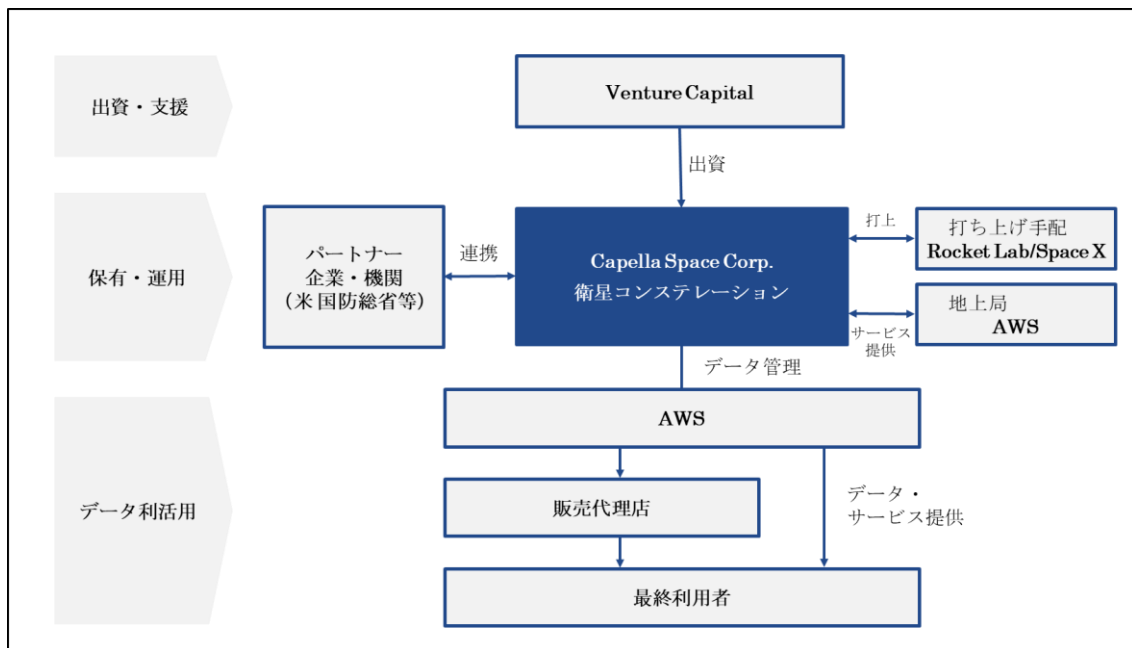
⁵³⁹ <https://www.capellaspace.com/capellas-intuitive-self-serve-online-platform/>

⁵⁴⁰ <https://www.capellaspace.com/customers/case-studies/>

⁵⁴¹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/capella-2.htm ; <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/content/-/article/capella-x-sar>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：120kg⁵⁴² • 軌道：太陽同期軌道、98°⁵⁴³ • 観測波長帯：省略 • 観測幅：5km*5km • 空間分解能：最大 0.5m • 回帰日数：6 時間に 1 回（36 機体制で）⁵⁴⁴ • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ダウンリンク：1.2Gbps • 衛星間通信：Inmarsat（Lバンド）を介してリアルタイムのタスキングを実施
------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 103 Capella Space 社 Capella X-SAR ビジネススキーム



Y) ICEYE 社

- フィンランドを拠点とする企業。2014 年にフィンランドのアールト大学から分離・独立する形で設立された。2018 年から衛星の打ち上げを開始している。現在軌道に、分解能が最大 0.25m の、21 機の X-band SAR 衛星を保有している。
- 資金調達幅広く行っており、EC（欧州委員会）の SME Instrument やシリコンバレー・ロンドンのベンチャーキャピタルなどから資金を得ている。シリーズ D の資金調達を 2022 年 2 月に実施しており、日系企業からの出資も得ている。
- 既にグローバルに展開しており、米国法人や日本支店なども保有している。
- ESA Third Party Mission や、Copernicus Contributing Mission に参画し、データを提供している。

⁵⁴² Seradata 社 SpaceTrak データより

⁵⁴³ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁵⁴⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/capella-x-sar>

- 2022年、Airbusらとともに米NROと研究契約を結んだ。

図表 104 ICEYE 社 ICEYE X-SAR 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 現在軌道上に 10 機の X-Band SAR 衛星を保有 2022 年 8 月時点で 21 機打上⁵⁴⁵ 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Commercial 	
目的・ ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 安全保障、保険事業、金融事業、海運事業等に用いられる⁵⁴⁶ 国際災害チャーターに貢献 Copernicus Contributing Mission、ESA Third Party Mission に貢献 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 出資者：シリーズ A、B、C ラウンドでのリード投資家は True Ventures と DNX Ventures (DNX Ventures はシリーズ A のみ)⁵⁴⁷ 調達額： <ul style="list-style-type: none"> 2020 年 9 月、シリーズ C ラウンドで \$ 87M (約 92 億円) の資金調達に成功 2021 年 9 月までに、\$152.1M の資金調達に成功
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主要開発・製造者：ICEYE 開発協力者：不明 バス開発者：ICEYE、York Space Systems など⁵⁴⁸ 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> SpaceX (最新機の打ち上げ)⁵⁴⁹
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> KSAT⁵⁵⁰
	運用	<ul style="list-style-type: none"> ICEYE 社
	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> 処理：ICEYE 社 蓄積：不明 配布：18,000 枚のアーカイブ SAR 画像を公開⁵⁵¹
	付加 価値 サービス 提供	<ul style="list-style-type: none"> ICEYE Flood Monitoring: 洪水時の浸水深を 50cm 幅で推定 ESA の Earthnet Third Party Mission に協力。ESA は研究開発目的のユーザーに、ICEYE のアーカイブ画像と研究開発のための新しいタスキングへのアクセス権を付与⁵⁵²
	主要 ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 民間損害保険会社、政府機関、石油・ガス事業者など カナダ防衛省⁵⁵³

⁵⁴⁵ <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-signs-contract-to-provide-government-of-ukraine-with-access-to-its-sar-satellite-constellation#:~:text=ICEYE%20has%20successfully%20launched%2021,fleet%20of%20commercial%20SAR%20satellites.>

⁵⁴⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html>

⁵⁴⁷ https://www.crunchbase.com/organization/iceye/company_financials

⁵⁴⁸ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁵⁴⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html>

⁵⁵⁰ <https://spacenews.com/iceye-ksat-extend-partnership/> ; <https://www.iceye.com/systems/ground-segment-services>

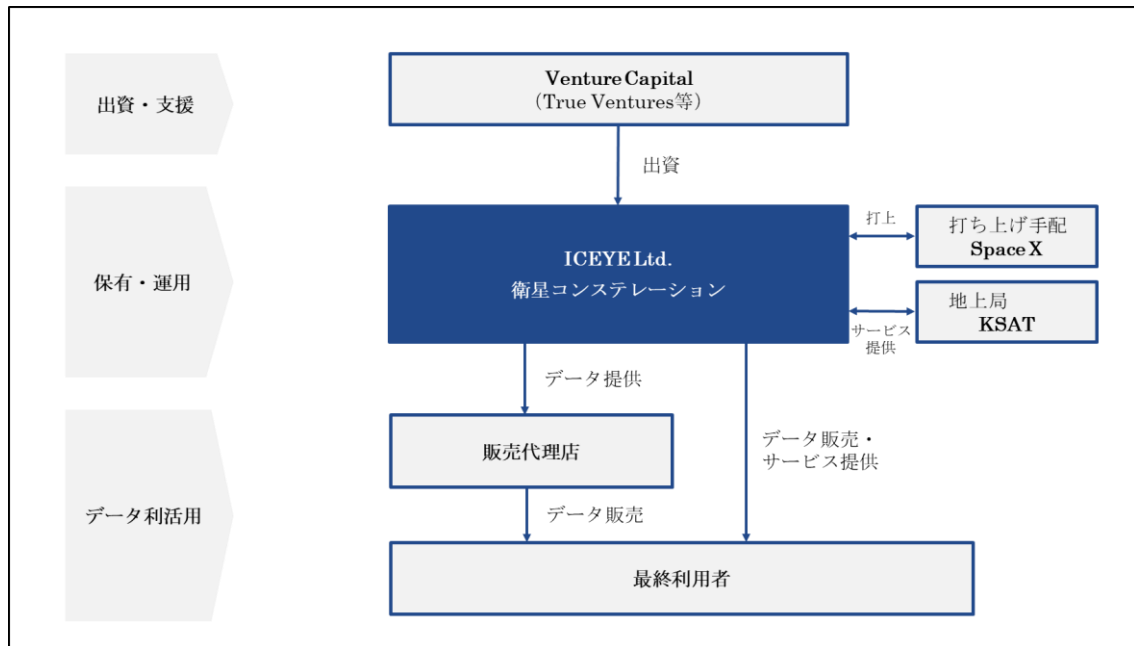
⁵⁵¹ <https://www.iceye.com/lp/iceye-18000-public-archive>

⁵⁵² <https://www.iceye.com/free-data/iceye-data-for-research>

⁵⁵³ <https://spacenews.com/iceye-to-provide-satellite-for-mda-radar-constellation/>

	<ul style="list-style-type: none"> ユースケース：東京海上日動⇒保険金支払い迅速化に洪水監視ソリューションを利用⁵⁵⁴
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：80-90kg ほど 軌道：太陽同期軌道、97.7°⁵⁵⁵ 観測波長帯：省略⁵⁵⁶ 観測幅⁵⁵⁷: <ul style="list-style-type: none"> SPOT mode: 5km*5km STRIP mode: 30km*50km SCAN mode: 100km*100km 空間分解能：Spot で最大 0.25m の分解能⁵⁵⁸ 回帰日数：1 日に 15 回⁵⁵⁹ 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> データダウンリンク (Xバンド)：140Mbps⁵⁶⁰ 光通信を計画：10 Gbps⁵⁶¹ TT&C：Sバンド

図表 105 ICEYE 社 ICEYE X-SAR ビジネススキーム



⁵⁵⁴ <https://kyodonewsprwire.jp/release/202106246700>

⁵⁵⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html>

⁵⁵⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html>

⁵⁵⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html>

⁵⁵⁸ <https://www.iceye.com/sar-data/constellation-capabilities>

⁵⁵⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/iceye.html>

⁵⁶⁰ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/iceye>

⁵⁶¹ <https://newspaceglobal.com/bridgesat-provide-iceye-radar-smallsats-high-speed-laser-communications-systems/>

Z) EOSSAR

- 米国のベンチャー企業である EOS Data Analytics Inc. (EOS)が計画するマイクロ波 SAR 衛星コンステレーション⁵⁶²

図表 106 EOSSAR 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2023 年に最初の衛星を打ち上げ予定 • 12 機のコンステレーションを計画 • 小型衛星に高分解能 X バンド・S バンド SAR 搭載衛星による Dual Band 運用を目指す • 光学衛星とのフォーメーションフライトを計画
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • バスの供給事業者、コンステレーションによるマネタイズを行うコンステレーション所有者との連携を模索 • 政府および一般商用向け
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • バス製造：未定 • ペイロード開発：EOS（開発）
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • 衛星サイズ：次頁図表参照 • ペイロード重量：50 kg • 軌道：太陽同期軌道 • 観測幅：次頁図表参照 • 空間分解能：25 cmを実現するペイロードを開発中（次頁図表参照） • 観測モード：Stripmap、Spotlight (interferometry)、Scan SAR • 設計寿命：不明 • 再訪間隔：2～3 時間（目標） • 通信リンク：不明

⁵⁶² <https://eossar.com/sar-press-release/>

図表 107 EOSSAR 観測性能（目標）⁵⁶³

項目	初号機	次世代衛星	
		Xバンド	Sバンド
周波数帯	Xバンド	Xバンド	Sバンド
アンテナ形式	メッシュ反射鏡	メッシュ反射鏡	メッシュ反射鏡
ビーム数	4	4	2
偏波	Linear	Dual polarization	Full-polarimetric
帯域幅 (MHz)	600	1200	200
観測モード	Stripmap/Spotlight/ScanSAR	Stripmap/Spotlight/ScanSAR	Stripmap/Spotlight
分解能 (m)	1x1.5/0.5x0.25/2x3	1x1.5/ 0.5x0.25/2x3	1.5x1.5/1.5x0.5
観測幅 (km)	25/25/50	25/25/50	25/25
最大撮像時間/ 軌道(分)	20	10	10
衛星重量 (kg)	200	200	
打上げ	2023 年	2024 年	

AA) PredaSAR 社 PredaSAR

- 2022年にNRO (National Reconnaissance Office) と研究契約を締結⁵⁶⁴。48機体制のコンステレーションを予定⁵⁶⁵。
- 22年10月に第一機の衛星を打上げ予定、26年までには96機の衛星コンステレーション形成を目指す⁵⁶⁶

図表 108 PredaSAR 社 PredaSAR 概要

項目	内容
サイズ	350 – 400kg
軌道	太陽同期軌道または中間傾斜軌道
観測波長帯	Xバンド
観測幅	非公開
空間分解能	非公開
回帰日数	非公開

⁵⁶³ <https://eossar.com/technology/>

⁵⁶⁴ <https://spacenews.com/national-reconnaissance-office-signs-agreements-with-five-commercial-radar-satellite-operators/>

⁵⁶⁵ <https://www.predasar.com/predasaranounces48satellites>

⁵⁶⁶ <https://spacenews.com/predasar-nears-first-launch-of-its-radar-imaging-constellation/>

BB) iQPS Inc.社 QPS-SAR

- 「JAXA 宇宙イノベーションパートナーシップ」の下、事業コンセプトを共創。イザナギ (2019 年)、イザナミ (2021 年) 打ち上げ済み。衛星 36 個の衛星コンステレーションを形成予定⁵⁶⁷。

図表 109 iQPS Inc.社 QPS-SAR 概要

項目	内容
サイズ	100kg
軌道	太陽同期軌道
観測波長帯	X バンド
観測幅	非公開
空間分解能	1m ⁵⁶⁸
回帰日数	非公開

CC) SSTL 社 NovaSAR

- 2018 年打ち上げ済みの S バンド SAR 衛星。36 機体制の衛星コンステレーションを形成予定⁵⁶⁹。

図表 110 SSTL 社 NovaSAR 概要

項目	内容
サイズ	450kg ⁵⁷⁰ 、
軌道	太陽同期軌道 ⁵⁷¹ 、580km ⁵⁷²
観測波長帯	S バンド
観測幅 ⁵⁷³	<ul style="list-style-type: none"> ScanSAR: 100km Maritime: 400km 以上 Stripmap: 15-20km ScanSAR wide: 140km
空間分解能 ⁵⁷⁴	ScanSAR: 20m Maritime: 6-13.7m Stripmap: 6m ScanSAR wide: 30m
回帰日数	<ul style="list-style-type: none"> Stripmap: 3.6 日 Maritime: 0.9 日⁵⁷⁵
その他	<ul style="list-style-type: none"> 運用期間: 7 年⁵⁷⁶

DD) Synspec Inc.社 StriX

- 試験衛星 StriXα:2020 年打ち上げ済み。衛星 25 個の衛星コンステレーションを形成予定⁵⁷⁷。

⁵⁶⁷ https://www.jaxa.jp/press/2020/02/20200226-2_j.html

⁵⁶⁸ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/qps-sar-1.htm

⁵⁶⁹ https://www.jaxa.jp/press/2020/02/20200226-2_j.html

⁵⁷⁰ <https://www.sstl.co.uk/space-portfolio/launched-missions>

⁵⁷¹ <https://www.restec.or.jp/satellite/novasars.html>

⁵⁷² <https://www.sstl.co.uk/space-portfolio/launched-missions>

⁵⁷³ <https://www.sstl.co.uk/space-portfolio/launched-missions>

⁵⁷⁴ <https://www.sstl.co.uk/space-portfolio/launched-missions>

⁵⁷⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/novasars.html>

⁵⁷⁶ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/novasars.htm

⁵⁷⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/strix-alpha.htm

図表 111 Synspective Inc.社 StriX 概要

項目	内容
サイズ	150kg
軌道	太陽同期軌道
観測波長帯	X バンド
観測幅	10-30km ⁵⁷⁸
空間分解能	ストリップマップ：1m、スライディングスポットライト：3m ⁵⁷⁹
回帰日数	非公開

EE) Umbra 社 Umbra-SAR

- 2022年にNROと研究契約を締結⁵⁸⁰。2021年に1機を打上げ済み⁵⁸¹。
- UMBRA社は2021年にSAR衛星を1,200MHzの帯域で運用するライセンスを連邦通信委員会(FCC)から取得した⁵⁸²。同帯域での運用は15cm解像度の画像撮像を可能としている。ただし、15cm・25cmについては一部の顧客に配布するとしており⁵⁸³、配布に制約があるものと考えられる。

図表 112 Umbra 社 Umbra-SAR 衛星概要⁵⁸⁴

項目	内容
サイズ	～70kg
軌道	極軌道、560km、97.4°
観測波長帯	X-band
観測幅 ⁵⁸⁵	<ul style="list-style-type: none"> • Spotlight: 4km*4km • Stripmap: 5~20km*50km • Extended Dwell: 4km*4km • Scanning: 100km*100km 内の任意のポリゴン
空間分解能	<ul style="list-style-type: none"> • 撮像方法は不明だが0.15m解像度を実現 • Spotlight: 0.25-2m • Stripmap: 3m • Extended Dwell: 0.25~2m • Scanning: 10m
回帰日数	<ul style="list-style-type: none"> • 1機で2週間に1回、24機体制で14時間に1回 • 極域なら1機で2時間に1回、24機体制で7.5分に1回
その他	<ul style="list-style-type: none"> • Extended Dwellで160秒まで撮像?

⁵⁷⁸ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/strix-alpha.htm

⁵⁷⁹ <https://synspective.com/jp/satellite/satellite-strix/>

⁵⁸⁰ <https://spacenews.com/national-reconnaissance-office-signs-agreements-with-five-commercial-radar-satellite-operators/>

⁵⁸¹ <https://umbra.space/blog/umbra-launches-worlds-most-capable-commercial-radar-imaging-satellite>

⁵⁸² <https://news.satnews.com/2021/03/11/umbra-sarsat-receives-fcc-license/#:~:text=Umbra%20has%20been%20granted%20a%20license%20from%20the,as%2015-centimeter%20%286%20inch%29%20ground%20sampling%20distance%20%28GSD%29.>

⁵⁸³ <https://umbra.space/products/sar>

⁵⁸⁴ <https://umbra.space/sar-specs>

⁵⁸⁵ <https://umbra.space/sar-specs>

FF) Satellogic 社

- Satellogic は、2010 年にアルゼンチンの科学者らによって設立されたリモートセンシング企業である。日に 30 万km²以上のデータを収集し、低価格で販売している。2022 年 1 月に SPAC 上場を果たしている。
- 独自の光学・ハイパースペクトル小型コンステレーション NuSat を所有している。2025 年で 300 機体制を構想している。

図表 113 Satellogic 社 NuSat 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • 光学・ハイパースペクトルセンサ搭載の小型地球観測衛星コンステレーション • 現在最初の 90 機のうち 17 機を打上げ済み、2025 年までに 300 機体制を構想⁵⁸⁶ 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Commercial 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 農業、水、エネルギー、気候変動、自然災害、公衆衛生、人道危機などに関して、資源の効果的な利用と再分配の方法を、衛星画像を通じて提案⁵⁸⁷ • 国際災害チャーターに貢献⁵⁸⁸ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：SPAC 会社 CF Acquisition Corp. V により買収・合併予定、ソフトバンクグループ子会社 SBLA Advisers Corp および Cantor Fitzgerald からの出資⁵⁸⁹ • 調達額：合併完了で約 2 億 7400 万ドル（約 300 億円）を獲得⁵⁹⁰
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Satellogic SA • 開発協力者：不明 • バス開発者：Satellogic Manufacturing Division • 開発コスト：100 万ドル（打ち上げ費用込み）⁵⁹¹
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • SpaceX⁵⁹²、China Great Wall Industry Group⁵⁹³、など
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • Satellogic
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • Satellogic
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：自社で AI とアルゴリズムを活用し処理⁵⁹⁴ • 蓄積：不明 • 配布：自社プラットフォーム⁵⁹⁵、代理店 European Space Imaging⁵⁹⁶ • 2021 年 9 月、AWS との契約を発表。今後は処理・蓄積・配布が AWS で行われる⁵⁹⁷

⁵⁸⁶ <https://sorabatake.jp/21463/>

⁵⁸⁷ <https://satellogic.com/earth-observation/>

⁵⁸⁸ <https://gisuser.com/2021/09/satellogic-joins-the-international-disasters-charter/>

⁵⁸⁹ <https://jp.techcrunch.com/2021/07/07/2021-07-06-satellite-imagery-startup-satellogic-to-go-public-via-spac-valuing-the-company-at-850m/>

⁵⁹⁰ <https://jp.techcrunch.com/2021/07/07/2021-07-06-satellite-imagery-startup-satellogic-to-go-public-via-spac-valuing-the-company-at-850m/>

⁵⁹¹ https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic_InvestorPresentation_July6-2021.pdf

⁵⁹² <https://gisuser.com/2021/09/satellogic-joins-the-international-disasters-charter/>

⁵⁹³ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁵⁹⁴ <https://satellogic.com/technology/platform/>

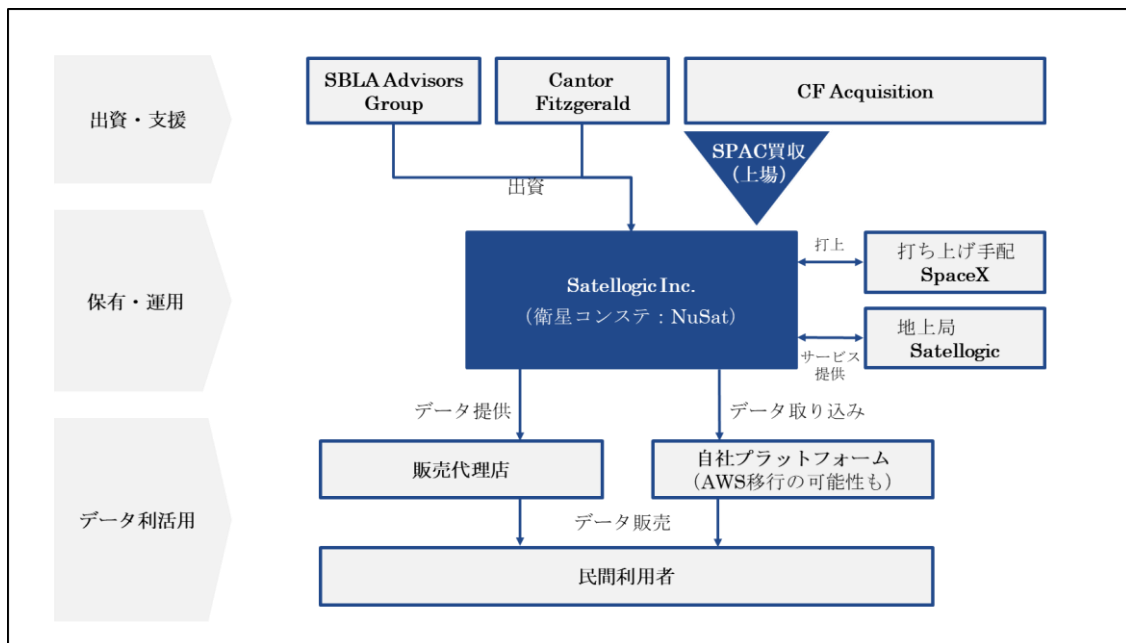
⁵⁹⁵ <https://satellogic.com/technology/platform/>

⁵⁹⁶ https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic_InvestorPresentation_July6-2021.pdf

⁵⁹⁷ <https://siliconangle.com/2021/09/29/satellogic-creating-searchable-near-real-time-view-earth-aws/>

	付加価値サービス例	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 米シンクタンク CSIS⁵⁹⁸、中国データ分析会社 ABDAS⁵⁹⁹、Geo TerraImage⁶⁰⁰等 石油・ガス、農業、林業、金融、保険分野の事業者など
	スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：38.5kg、51*57*82cm⁶⁰¹ 軌道：太陽同期軌道、97.5°⁶⁰² 観測波長帯：パングロマチック：400-900nm、マルチスペクトラル：400-690nm,400-510nm,510-580nm,580-690nm,750-900nm、ハイパースペクトラル：400-900nm, up to 600 spectral bands 5nm FWHM、熱赤外線：8-14μm, 0.01K resolution 観測幅：パングロマチック：5km、マルチスペクトラル：5km、ハイパースペクトラル：150 km、熱赤外線：92 km 空間分解能：マルチスペクトラルで 0.7m⁶⁰³ 回帰日数：90 機で 1 時間に 1 回、300 機で 5 分に 1 回を構想⁶⁰⁴ その他：動画撮影も可能⁶⁰⁵ 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> TT&C：uplink S-band、downlink X-band 100 kbit/s ペイロードダウンリンク：Xバンド、通信方式は DVB-S2

図表 114 Satellogic 社 NuSat ビジネススキーム



⁵⁹⁸ https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic_InvestorPresentation_July6-2021.pdf

⁵⁹⁹ https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic_InvestorPresentation_July6-2021.pdf

⁶⁰⁰ <https://www.businesswire.com/news/home/20210812005274/en/Satellogic-Partners-with-GeoTerraImage-to-Provide-High-Resolution-Satellite-Imagery-to-African-Space-Industry>

⁶⁰¹ <https://satellogic.com/technology/satellites/>

⁶⁰² Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶⁰³ https://satellogic.com/wp-content/uploads/2021/07/Satellogic_InvestorPresentation_July6-2021.pdf

⁶⁰⁴ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶⁰⁵ <https://gisuser.com/2021/09/satellogic-joins-the-international-disasters-charter/>

GG) 光学・SAR 以外の民間小型衛星コンステレーション

i. 「温室効果ガス」観測衛星

- 地球温暖化対策として昨今 CO₂ やメタンガス観測に注目が集まっている。
- 現状計画されている民間小型衛星は、主にメタン観測に特化したもので構成されている。他方、Planet 社が計画しているものに関しては CO₂ 計測も視野に入っている。
- メタンガスは、単位量当たりの地球温暖化係数が二酸化炭素よりも高い⁶⁰⁶。そのため、CO₂ が計測できなくても、メタンガスを計測することには意義があるものと考えられる。一方、民間衛星が搭載するメタン観測センサに対して、その精度には検証の余地があるとする声もある⁶⁰⁷。もちろん大気中の CO₂ 濃度を考慮すると、CO₂ はメタンよりも地球温暖化に対して大きなフアクターであり⁶⁰⁸、依然として重要である。
- 従来、地上センサによるメタンガスの排出量観測は、多くの時間と人材が必要で高コストであった。しかしこの 10 年で、産業界のニーズが高まり、衛星打ち上げコストの低減が進んだことで、衛星による宇宙からの高解像度メタン測定が可能となった⁶⁰⁹。
- メタンガス観測には、以下のような官民のニーズが存在するとされている⁶¹⁰。
 - ◇ 民間：石油・ガスなど製品の損失の抑制・事故防止・当局による規制への対応・社会的評価の維持など
 - ◇ 公共：規制の徹底と効率化・気候変動対策など
- CO₂ 観測衛星の多くは、政府系宇宙機関が開発した大型衛星である⁶¹¹。他方、2023 年打ち上げ予定の CNES が開発する MicroCarb をみると、政府系宇宙機関でも小型衛星による CO₂ 観測が試みられていることがわかる。MicroCarb は CO₂ を 1ppm の精度で検出できるとされている⁶¹²。

⁶⁰⁶ <https://spacenews.com/private-methane-watching-smallsat-methanesat-taps-spacex-for-late-2022-rideshare/> ; <https://tenbou.nies.go.jp/news/fnews/detail.php?i=29418> ; 国連環境計画 (UNEP) と気候と大気浄化の国際パートナーシップ (CCAC) による試算が、各所で持ち上げられている模様。 <https://tenbou.nies.go.jp/news/fnews/detail.php?i=31803>

⁶⁰⁷ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶⁰⁸ https://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/15/15-1/qa_15-1-j.html

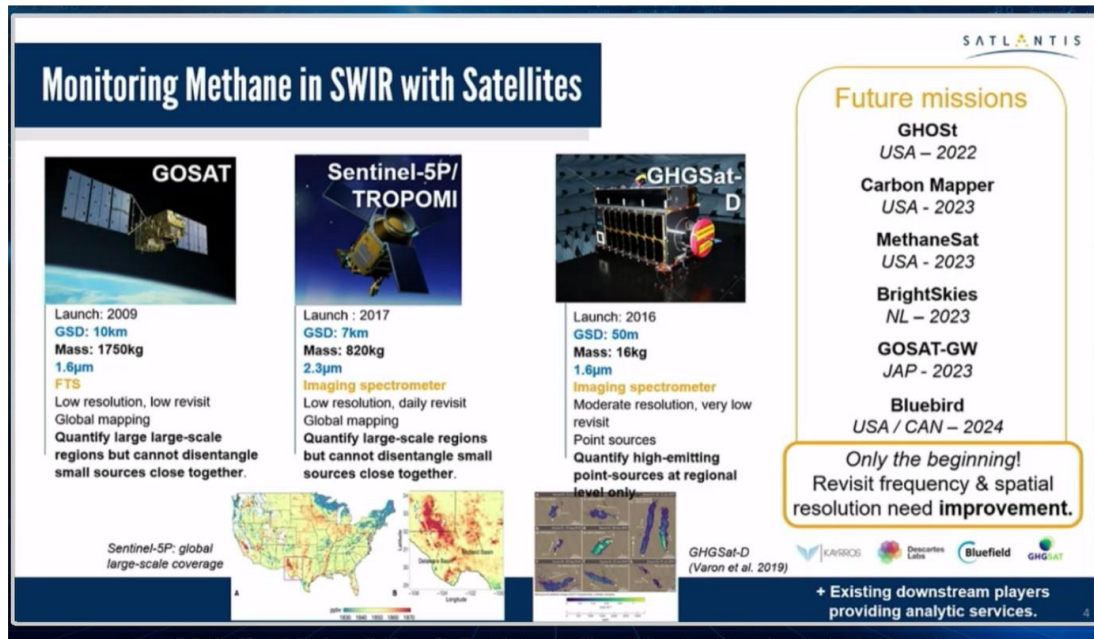
⁶⁰⁹ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶¹⁰ <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/> ; <https://www.linkedin.com/pulse/why-do-oil-companies-care-methane-leaks-its-quite-what-yotam-ariel/>

⁶¹¹ 大山&松永 (2019) 「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67.

⁶¹² <https://microcarb.cnes.fr/en/MICROCARB/index.htm>

図表 115 Phi-week2021 におけるメタン観測衛星の整理



①GHGSat 社

- 温室効果ガスを測定する衛星運用のリーディングカンパニーの1つである。カナダに拠点を置く同社は、2011年12月に法人化、2013年に開発を開始⁶¹³。ESAのThird Party Missionにも参加している。

図表 116 GHGSat 社 GHGSat 概要

項目	内容
概要	<ul style="list-style-type: none"> • メタンを観測する超小型衛星（～15kg）の商業コンステレーション⁶¹⁴ • Claire (D) /IRIS (C1) /HUGO (C2) の3機を打上、2022年までに10機体制予定⁶¹⁵
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Commercial
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星画像および衛星データに基づいて排出される温室効果ガスをモニタリング⁶¹⁶ • 排出量削減のための課税・排出量取引に必要な情報を低コストで提供⁶¹⁷
実施体制	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：Sustainable Development Technology Canada（カナダ政府が出資し、持続可能な発展に資する民間企業を支援するファンド）、ボーイング社、その他多数の顧客とベンダーが出資⁶¹⁸ • 調達額：SDTCが3,300万カナダドルを出資。シリーズBで3,000万米ドル調達⁶¹⁹。

⁶¹³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/ghgsat-d#foot5%29>

⁶¹⁴ <https://www.ghgsat.com/en/>

⁶¹⁵ <https://www.ghgsat.com/en/>

⁶¹⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/ghgsat-d#foot5%29>

⁶¹⁷ <https://www.ghgsat.com/en/>

⁶¹⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/ghgsat-d#foot5%29>

⁶¹⁹ <https://www.ghgsat.com/en/newsroom/ghgsat-awarded-3-3m-funding-agreement-with-sdte-to-study-emissions-from-oil-gas-operations-in-the-montney-region-of-bc/>

開発 ・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：UTIAS Space Flight Laboratory • 開発協力者：カナダ宇宙庁のパートナー企業、大学等研究機関 • バス開発者：UTIAS Space Flight Laboratory • 開発コスト：不明
打上	<ul style="list-style-type: none"> • ISRO⁶²⁰
地上局	<ul style="list-style-type: none"> • KSAT⁶²¹
運用	<ul style="list-style-type: none"> • UTIAS Space Flight Laboratory（一機目）、GHGSat 社（二機目以降）
データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：不明 • 蓄積：不明 • 配布：主なデータ販売代理店 InfoSAT, GeOilEnergy, Stantec, SP Interface⁶²²
付加 価値 サービ ス 提供	<ul style="list-style-type: none"> • GHGSat 社によるサービス： • メタン濃度マップ「PULSE」：GHGSat の所有衛星、ESA の Sentinel、その他データベースからの情報を組み合わせ、AI で様々な産業・地域の排出傾向を分析。無料⁶²³。 • 温室効果ガスの排出量データ管理ポータル「SPECTRA」を 2021 年 6 月にリリース⁶²⁴ ⇒民間業者のパイプラインの管理、事故防止、政府の排出量規制に貢献
主要 ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> • 石油・ガス事業者など

⁶²⁰ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶²¹ <https://www.ghgsat.com/en/>

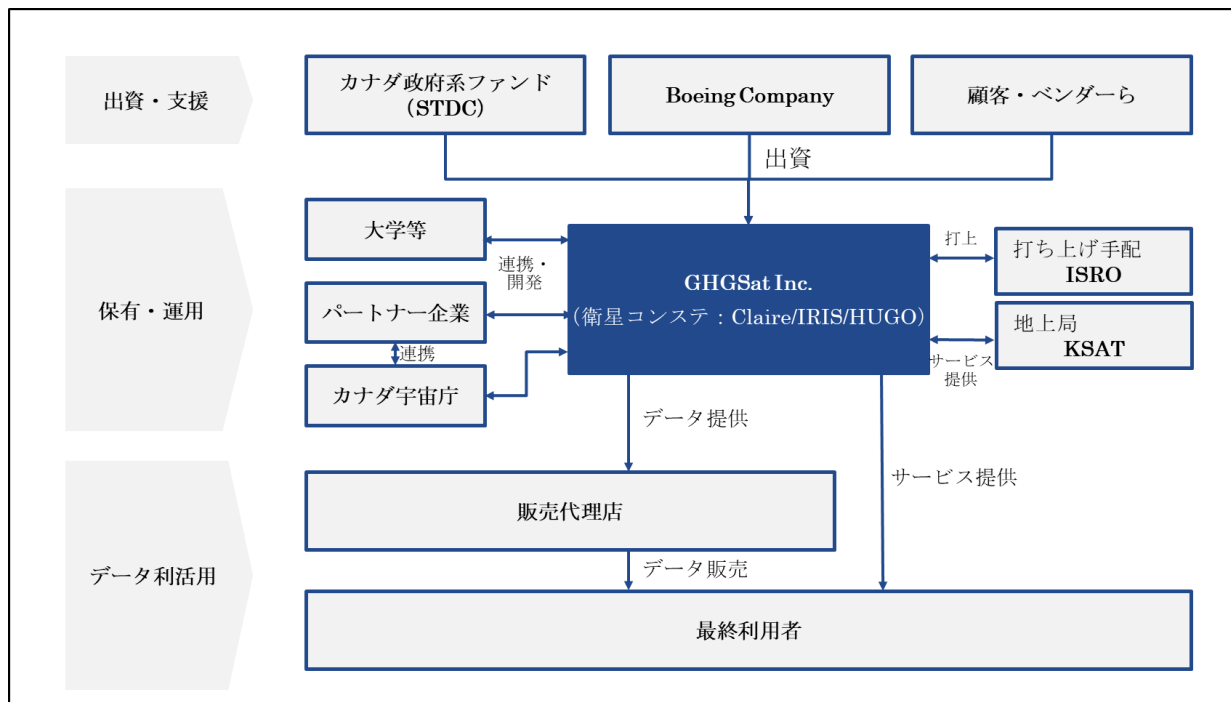
⁶²² <https://www.ghgsat.com/en/>

⁶²³ <https://www.ghgsat.com/en/> ; <https://www.scientificamerican.com/article/meet-the-satellites-that-can-pinpoint-methane-and-carbon-dioxide-leaks/>

⁶²⁴ <https://www.ghgsat.com/en/>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Claire (D)</i> : 2016年6月打上、寿命最低4年、メタンを観測⁶²⁵ <ul style="list-style-type: none"> • サイズ: 15kg、20*30*40cm⁶²⁶ • 軌道: 太陽同期極軌道⁶²⁷、98°⁶²⁸ • 観測波長帯: 1630~1675 nm (179THz~184THz) ⁶²⁹ • 観測幅: 10km • 空間分解能: 50m • 回帰日数: 14日⁶³⁰ • その他: 観測精度 CO2: 4 ppm、CH4 18 ppb⁶³¹ <ul style="list-style-type: none"> • SWIR イメージング分光器 (ファブリペロー干渉計): ターゲットモードのみで運用。ただし1回の観測では精度が低いため、10-20回の観測を時間平均⁶³² • 雲エアロゾルカメラ⁶³³ • <i>IRIS (C1)</i> : 2020年9月打上、寿命最低4年、メタンを観測⁶³⁴ • <i>HUGO (C2)</i> : 2021年1月打上、寿命最低4年、メタンを観測⁶³⁵ <ul style="list-style-type: none"> • SWIR イメージング分光器⁶³⁶、雲エアロゾルカメラ、Sバンドダウンリンク送信機⁶³⁷ • 通信リンク: 標準プラットフォームの通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • アップリンク (UHF) : 4 kbps • ダウンリンク (Sバンド) : 32 k/2 Mbps(enhance 予定)
------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 117 GHGSat 社 GHGSat ビジネススキーム



⁶²⁵ https://earth.esa.int/eogateway/missions/ghgsat?sortBy=NEWEST_FIRST

⁶²⁶ <https://amt.copernicus.org/articles/14/2127/2021/amt-14-2127-2021.pdf>

⁶²⁷ <https://amt.copernicus.org/articles/14/2127/2021/amt-14-2127-2021.pdf>

⁶²⁸ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶²⁹ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶³⁰ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/ghgsat>

⁶³¹ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/ghgsat>

⁶³² 大山&松永 (2019) 「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67.

⁶³³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/ghgsat-d#foot5%29>

⁶³⁴ https://earth.esa.int/eogateway/missions/ghgsat?sortBy=NEWEST_FIRST

⁶³⁵ https://earth.esa.int/eogateway/missions/ghgsat?sortBy=NEWEST_FIRST

⁶³⁶ 大山&松永 (2019) 「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67.)

⁶³⁷ 大山&松永 (2019) 「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67.)

②Bluefield Technologies 社

- 米国カリフォルニアに拠点を置く。同社の CEO は、「メタン観測は技術的に実現可能で、経済的にも魅力的」である一方で、CO₂、SO₂、NO₂などの観測は難しいが、ゆくゆくは実現可能であり、同社も将来的には挑戦したいと語る⁶³⁸。

図表 118 Bluefield Technologies 社 COOL 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • メタンを観測する超小型衛星（～20 kg）の商業コンステレーション⁶³⁹ • 1機目を2022年12月に打ち上げ予定だったが詳細不明、2機目を2023年12月に打上予定⁶⁴⁰ • 2023年末までに8機の超小型衛星を展開の計画⁶⁴¹
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • メタンガス漏れの特定⁶⁴² • 将来の政府による規制を見据えて排出量抑制を目指す企業ニーズへの対応⁶⁴³
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：エネルギー系富裕層、Unshackled Ventures と Village Global ら VC⁶⁴⁴ • Unshackled Ventures は25万ドルのシードラウンドを主導⁶⁴⁵ • 調達額：設立以来、「数百万ドル」を調達（2019年1月時点）⁶⁴⁶
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Bluefield Technologies 社 • 開発協力者：カリフォルニア州エネルギー委員会が資金提供するプロジェクトに参加⁶⁴⁷。Planet Labs 社とともにカリフォルニア州と協力して、石油・ガス施設、埋立地、乳牛の群れなどから発生するメタンガスをモニターするプロジェクトを実施⁶⁴⁸ • バス開発者：不明、 • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • Bluefield Technologies 社
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：Bluefield 社の BFX-2 データ解析アルゴリズム⁶⁴⁹ • 蓄積：不明 • 配布：下記 ESG データとして Bluefield 社配布
	付加価値	<ul style="list-style-type: none"> • 「ESG データ」：23 の衛星と各種地上データ、政府の記録等から、AI や ML 技術を用いたアルゴリズムにより作成（メタンガスの観測データなど）。130 か国以上の12万社以上に提供の実績。データは毎日世界中をカバーし、アセ

⁶³⁸ <https://www.geospatialworld.net/blogs/pinpointing-methane-emissions/>

⁶³⁹ 大山&松永（2019）「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67

⁶⁴⁰ <https://www.nanosats.eu/sat/bluefield>

⁶⁴¹ <https://www.geospatialworld.net/blogs/pinpointing-methane-emissions>

⁶⁴² <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/>

⁶⁴³ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶⁴⁴ <https://spacenews.com/bluefield-adds-customers/>

⁶⁴⁵ <https://spacenews.com/bluefield-adds-customers/>

⁶⁴⁶ <https://spacenews.com/bluefield-adds-customers/>

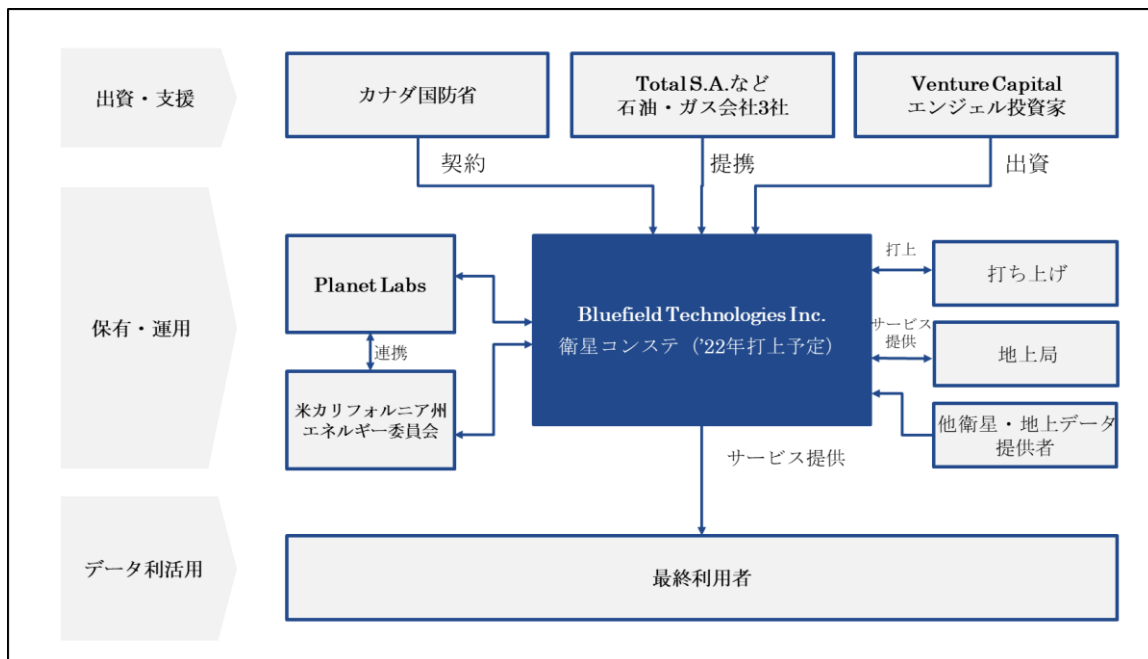
⁶⁴⁷ <https://spacenews.com/bluefield-adds-customers/>

⁶⁴⁸ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶⁴⁹ <https://bluefield.co/press-release-florida-methane-0720/>

サービス提供	ットレベルでのデータ提供が可能。パイプラインからのメタン漏れの把握等に利用可能 ⁶⁵⁰ ⇒民間業者の ESG への取組に貢献
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 石油・ガス事業者など Total S.A.を含む世界最大級の石油・ガス会社 3 社と提携⁶⁵¹ カナダ国防省と契約締結⁶⁵²
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：～20 kg 軌道：不明 観測波長帯：～2300nm 観測幅：25km*20km 空間分解能：20m（実現すれば世界最高の分解能）⁶⁵³ 回帰日数：1日（10機体制）⁶⁵⁴ その他：観測精度 不明 <ul style="list-style-type: none"> SWIR イメージング分光器（ガスフィルタ関連放射計（GFCR））：NASA が開発 通信リンク：不明

図表 119 Bluefield Technologies 社 COOL ビジネススキーム



⁶⁵⁰ <https://bluefield.co/>

⁶⁵¹ <https://spacenews.com/bluefield-adds-customers/>

⁶⁵² <https://spacenews.com/bluefield-adds-customers/>

⁶⁵³ <https://bluefield.co/press-release-florida-methane-0720/>

⁶⁵⁴ 大山&松永（2019）「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67. ja (jst.go.jp)

③MethaneSAT, LLC

- 米国テキサス州に拠点を置く衛星データプロバイダ。オイル&ガスセクターのメタン排出量に主眼を置いた紺打てレーションを展開予定。Environmental Defense Fund (NPO) の完全子会社。

図表 120 MethaneSAT 社 MethaneSat 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 米国の NPO Environmental Defense Fund の完全子会社である MethaneSAT LLC が開発する、メタンを観測する小型衛星コンステレーション⁶⁵⁵ • 2023 年に打上予定^{656 657}
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 石油・ガス施設からのメタン排出量を記録し、事業者に対し排出量を削減するために必要なデータを、規制当局や一般市民に対しモニタリングに必要なデータを提供⁶⁵⁸
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者：NPO Environmental Defense Fund、NZ 政府（2,600 万 NZ ドル）⁶⁵⁹ • 調達額：不明
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Ball Aerospace and Technologies CORP 社⁶⁶⁰ • 開発協力者： <ul style="list-style-type: none"> • ハーバード大学、スミソニアン天体物理観測所が協力⁶⁶¹。 • 複数の企業に協力を仰ぎ開発⁶⁶² • GHGSat Inc. と Bluefield Technology Inc. とも連携⁶⁶³ • バス開発者：Blue Canyon Technologies⁶⁶⁴ • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • SpaceX⁶⁶⁵
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • Rocket Lab⁶⁶⁶
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • MethaneSAT 社
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：不明 • 蓄積：GHGSat が計画している測定結果をまとめたデータベースに協力意向⁶⁶⁷ • 配布：信頼できる独立した排出量測定を望む政策立案者に無料で提供⁶⁶⁸

⁶⁵⁵ <https://www.methanesat.org/>

⁶⁵⁶ <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/>

⁶⁵⁷ <https://www.eoportal.org/satellite-missions/methane-sat>

⁶⁵⁸ <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/>

⁶⁵⁹ <https://news.satnews.com/2021/04/22/rocket-lab-tapped-to-create-mission-operations-control-center-for-methanesat/>

⁶⁶⁰ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶⁶¹ 大山&松永（2019）「他国の温室効果ガスカラム量観測衛星の概要」『日本リモートセンシング学会誌』 Vol.39, No.1, pp.61-67.

⁶⁶² <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶⁶³ <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/>

⁶⁶⁴ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶⁶⁵ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶⁶⁶ <https://news.satnews.com/2021/04/22/rocket-lab-tapped-to-create-mission-operations-control-center-for-methanesat/>

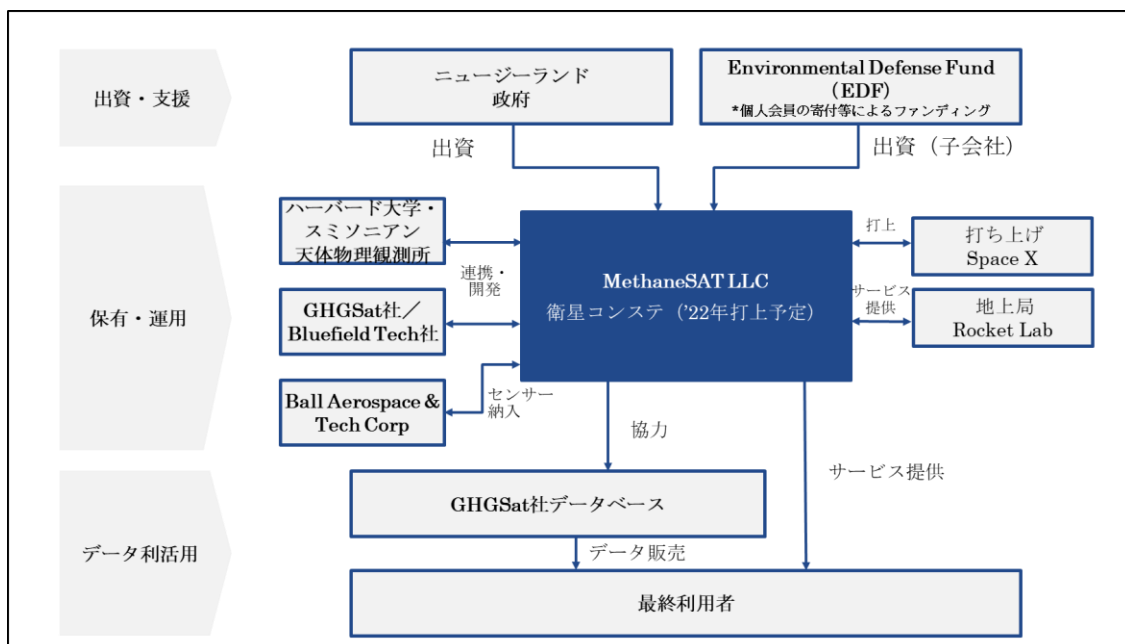
⁶⁶⁷ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶⁶⁸ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/> ;

<https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/>

付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 不明
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 政策立案者、規制当局、一般市民、事業者
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：350 kg⁶⁶⁹ 軌道：太陽同期軌道⁶⁷⁰ 観測波長帯：不明 観測幅：200km 超 空間分解能：130m*400m 回帰日数：3-4 日⁶⁷¹ その他：観測精度 2ppb（大気中のメタン濃度の 0.1%上昇を感知） <ul style="list-style-type: none"> イメージング分光器（回折格子）：メタンの特徴的な赤外吸収特性を抽出⁶⁷² GHGSat など、より高解像度の衛星のデータを補完⁶⁷³ 世界の主要な石油・ガス生産地の最大 80%を毎週観測することが目標⁶⁷⁴ 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク：X バンド

図表 121 MethaneSAT 社 MethaneSat ビジネススキーム



⁶⁶⁹ Seradata 社 SpaceTrak データより

⁶⁷⁰ <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2018AGUFM.A43R3442B/abstract>

⁶⁷¹ <https://www.methanesat.org/fit-with-other-missions/>

⁶⁷² <https://aerospaceamerica.aiaa.org/features/targeting-methane/>

⁶⁷³ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

⁶⁷⁴ <https://www.scientificamerican.com/article/private-space-race-targets-greenhouse-gas-emitters/>

④ Planet 社

- 米国の衛星大手 Planet Labs も GHG 観測衛星に乗り出している。2022 年 9 月に計画の詳細を発表している。

図表 122 Planet 社が計画する GHG 観測衛星 Tanager 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • JPL が開発したハイパースペクトル画像センサ技術を利用 • メタンや CO2 など 25 以上の環境指標を観測する、衛星コンステレーション⁶⁷⁵ • 2018 年から Planet 社はカリフォルニア州と連携 • 2019 年にブルームバーグ氏とカリフォルニア州が気候変動に対抗する衛星構想を発表。 • 2021 年に Carbon Mapper（メタンと CO2 の削減を目指す産業界・政府・慈善団体・学術機関らの連盟）の設立とともに Planet の衛星構想が発表された⁶⁷⁶ • 2023 年に最初の 2 機を打上げ予定⁶⁷⁷
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • Carbon Mapper への協力
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • 出資者： • 調達額：
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Planet 社 • 開発協力者：不明 • バス開発者：不明 • 開発コスト：不明
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • 処理：不明 • 蓄積：不明 • 配布：Carbon Mapper Inc. と California Air Resources Board が開発したオープンデータポータルを通じて提供⁶⁷⁸
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> • 不明

⁶⁷⁵ <https://www.planet.com/carbon-mapper>

⁶⁷⁶ <https://www.planet.com/carbon-mapper>

⁶⁷⁷ [https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.)

[1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.)

⁶⁷⁸ [https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.)

[1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.](https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.)

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：40-100⁶⁷⁹ • 軌道：太陽同期軌道 • 観測波長帯：短波赤外線領域を 5nm ごとに 400 バンド以上 • 観測幅：18km • 空間分解能：30m • 回帰日数：不明 • 通信リンク：不明
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ii. 気象観測

①Orbital Micro Systems 社/GEMS (マイクロ波放射計)

図表 123 Orbital Micro Systems 社 GEMS 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • マイクロ波放射計を用いた商業衛星コンステレーション⁶⁸⁰ • 50 機打上予定であり、2019 年 7 月に 1 機目 (3U) が ISS から打上⁶⁸¹ • 気象による自然災害に対し、正確でリアルタイムな情報を提供⁶⁸²
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 3 次元で気温、大気中の水分量のプロファイルを取得し、迅速に気象の変化を検知⁶⁸³ • 南アジアや中央アジア、アフリカ、極地など未観測地域における天候データの提供が可能⁶⁸⁴
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • UK リサーチ・イノベーション (科学研究に出資する国家機関) 下の Innovate UK が出資⁶⁸⁵ • 2019 年の Space Pitch Day で、アメリカ空軍から 150 万ドルの資金を勝ち取る⁶⁸⁶
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • AAC Clyde Space 社の衛星プラットフォームを利用し、自社開発のセンサを統合⁶⁸⁷ • 現在 AAC Clyde Space と共に UKSLP ミッションに向けて 2 機目 (6U) の衛星を開発⁶⁸⁸
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • Satellite Applications Catapult (英政府の科学技術振興予算計画の一部) による「In-Orbit Demonstration Program」に採択⁶⁸⁹ • NanoRacks が提供するプラットフォームを利用し、ISS から打上げ⁶⁹⁰
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> • 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> • Orbital Micro Systems 社

⁶⁷⁹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/carbon-mapper-1.htm#:~:text=Carbon%20Mapper%20%20Carbon%20Mapper%20is%20a%20constellation,providing%20information%20to%20help%20limit%20greenhouse%20gas%20emissions.

⁶⁸⁰ <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁸¹ <https://news.satnews.com/2020/07/13/a-first-year-anniversary-for-orbital-micro-systems-iod-1-gems-eo-satellite/>

⁶⁸² <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁸³ <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁸⁴ <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁸⁵ <https://news.satnews.com/2020/07/13/a-first-year-anniversary-for-orbital-micro-systems-iod-1-gems-eo-satellite/>

⁶⁸⁶ <https://spacenews.com/space-pitch-day-2/>

⁶⁸⁷ <https://sa.catapult.org.uk/news/in-orbit-demonstration-programme-opens-call-for-mission-3-proposals/>

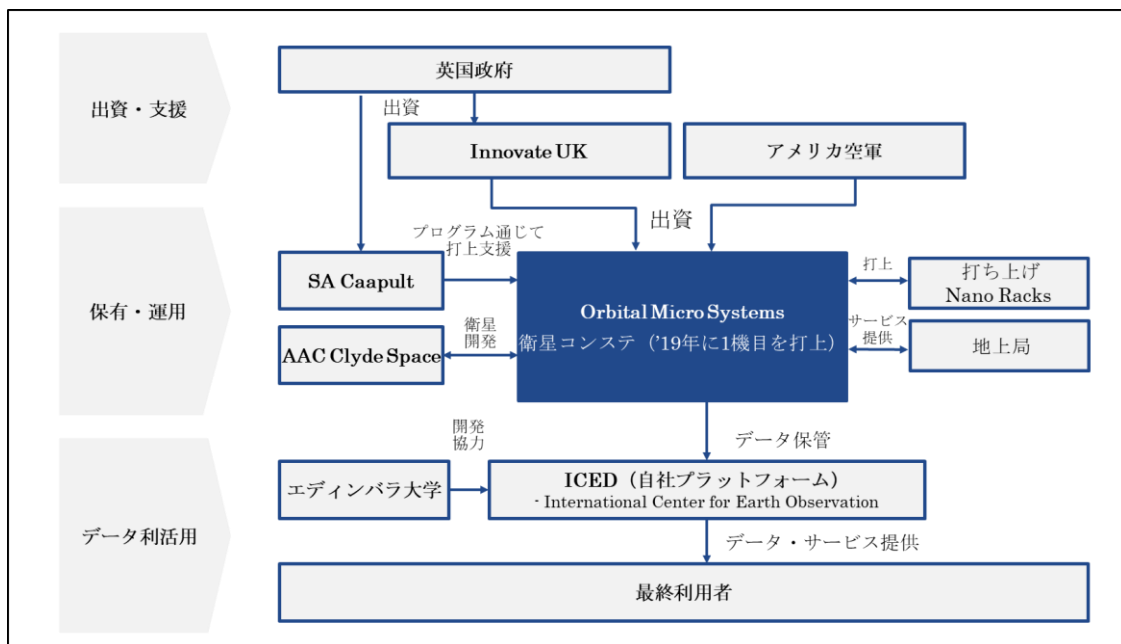
⁶⁸⁸ <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁸⁹ <https://news.satnews.com/2020/07/13/a-first-year-anniversary-for-orbital-micro-systems-iod-1-gems-eo-satellite/>

⁶⁹⁰ <https://sa.catapult.org.uk/news/in-orbit-demonstration-programme-opens-call-for-mission-3-proposals/>

データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> データの一部は同社 web ページからサインアップすることでダウンロード可能⁶⁹¹ ICED (International Centre For Earth Data) :地球観測データの統合と伝播のため同社が立ち上げた商業用プラットフォーム⁶⁹²
付加価値 サービス 提供	<ul style="list-style-type: none"> 2019年にインドのケーララ州と MoU を締結。インド支社設立も念頭に、衛星データインフラ設立に向けてケーララ州政府と協力意向⁶⁹³
主要ユー ザ	<ul style="list-style-type: none"> 現状は公共機関。将来的に保険、交通、農業のユーザも視野に⁶⁹⁴
スペック ⁶⁹⁵	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明 軌道：不明 観測幅:1,500km 空間分解能：16km×16km 回帰日数：15分に1回 IOD-1 GEMS platform の通信リンク <ul style="list-style-type: none"> コマンド (VHF) 、テレメトリ：(UHF)：9.6kbps duplex ペイロードデータ (Sバンド)：10Mbps raw data (4.5Mbps usable)

図表 124 Orbital Micro Systems 社 GEMS ビジネススキーム



⁶⁹¹ <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁹² <https://www.orbitalmicro.com/>

⁶⁹³ <https://economictimes.indiatimes.com/small-biz/startups/newsbuzz/orbital-micro-systems-signs-mou-with-kerala-government-to-build-centre-of-excellence-in-state/articleshow/71346750.cms>

⁶⁹⁴ <https://news.satnews.com/2020/07/13/a-first-year-anniversary-for-orbital-micro-systems-iod-1-gems-eo-satellite/>

⁶⁹⁵ <https://www.orbitalmicro.com/>

②Care Weather 社/ Hatchling Veery (マイクロ波散乱形)

図表 125 Care Weather 社 Hatchling Veery 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> マイクロ波散乱計を用いた商業衛星コンステレーション⁶⁹⁶ 2021年に1機目(プロトタイプ)打上げ。将来的には50機を打上げ予定⁶⁹⁷ 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> Commercial 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> より迅速な嵐の予報を可能にするため、海上風を従来の10倍の頻度で測定する衛星を開発中。異常気象を引き起こす大気と海の相互作用の予測向上を図る⁶⁹⁸ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> boostVC、Campus Founders Fundによる出資⁶⁹⁹ 大学でのサークル活動に端を発し、企業⁷⁰⁰
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> Care Weather 社が3か月で開発⁷⁰¹
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 1機目は、2021年3月にRocket LabのElectronで打ち上げ⁷⁰² 2機目は、2022年5月にSpaceXのFalcon 9で打ち上げ⁷⁰³
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 2機目以降、Care Weather 社がユタ州に保有する地上局を利用予定⁷⁰⁴
	運用	<ul style="list-style-type: none"> Care Weather 社
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 自社制作のアプリを通じ、衛星データを踏まえた気象情報を提供予定
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 同社Webページ上で気象の影響を受ける事業者にコンタクトを呼びかけ⁷⁰⁵
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明 1機目(重量0.9kg、通信速度1kbps、寿命3.5年)：イリジウムネットワークとの連絡、多様な姿勢制御のテスト、気温の測定等)⁷⁰⁶ 2機目(重量0.25kg、通信速度10kbps、寿命3.5年)：地上局との通信、衛星の姿勢制御、衛星による遠隔測定のテスト等⁷⁰⁷ 3機目(重量1.3kg、通信速度10kbps、寿命半年、1U、2022年8月打上予定)：初めてレーダー(Pathfinder Scattrometer, Cバンド)を搭載 	

⁶⁹⁶ <https://careweather.com/>

⁶⁹⁷ <https://www.newspace.im/constellations/care-weather>

⁶⁹⁸ <https://careweather.com/>

⁶⁹⁹ <https://careweather.com/>

⁷⁰⁰ <https://careweather.com/>

⁷⁰¹ <https://careweather.com/>

⁷⁰² <https://careweather.com/>

⁷⁰³ SeraData より抽出

⁷⁰⁴ <https://careweather.com/mission/veery-fs1-1616109923953x142756869424226500>

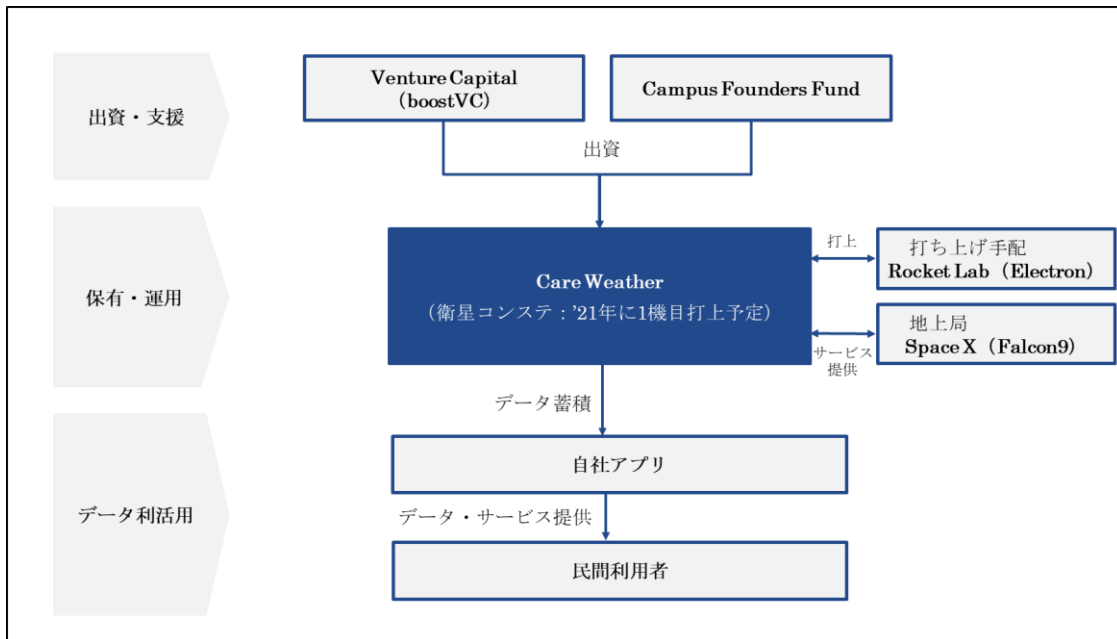
⁷⁰⁵ <https://careweather.com/>

⁷⁰⁶ <https://careweather.com/>

⁷⁰⁷ <https://careweather.com/mission/veery-fs1-1616109923953x142756869424226500>

	<p>708。JPLが開発した RainCube (6U) に近い性能⁷⁰⁹</p> <ul style="list-style-type: none"> • 軌道：不明 • 観測幅：不明 • 分解能：不明 • 回帰日数：海上風速・風向を毎時間観測（従来は 12 時間ごと）⁷¹⁰ • その他：従来の衛星の 1,000 分の 1 まで小型化⁷¹¹ • 通信リンク：不明
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図表 126 Care Weather 社 Hatchling Veery ビジネススキーム



⁷⁰⁸ <https://careweather.com/mission/veery-tbd-1616108758685x747763514956701000>

⁷⁰⁹ <https://careweather.com/mission/veery-tbd-1616108758685x747763514956701000>

⁷¹⁰ <https://careweather.com/>

⁷¹¹ <https://careweather.com/>

③Tomorrow.io 社/ Operation Tomorrow Space (降雨・雲レーダー)

図表 127 Tomorrow.io 社 Operation Tomorrow Space 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 降雨・雲レーダーを用いた気象業界初の小型商業衛星コンステレーション⁷¹² 1機目は2022年に打ち上げ予定。将来的には36機を打ち上げ予定⁷¹³ 「気象業界初のレーダー搭載小型衛星」⁷¹⁴ 従来のレーダー衛星の回帰日数3日を1時間に短縮し、サイズとコストの大幅な削減を達成⁷¹⁵
セクター		<ul style="list-style-type: none"> Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 大気を通して雨滴や雲などを検知し、正確な天候情報を発信⁷¹⁶ 既存の気象レーダーが未だカバーしていない地域（アフリカ、中南米、東南アジア、中東など、約50億人ほど）に着目⁷¹⁷
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> VC等から資金調達を行う（SoftbankもシリーズBでリード投資家）⁷¹⁸
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 同社が独自にセンサを開発。現在多数の衛星製造ベンダーと交渉中⁷¹⁹
	打上	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	運用	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	データ処理配布/蓄積	<ul style="list-style-type: none"> 不明
	付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> 自社プラットフォーム⁷²⁰: 自社で開発した天候情報プラットフォームを保有。正確な過去・現在の気象データおよび予報を入手可能。気温や湿度だけでなく、公害や火事の危険性などのデータも提供。サブスクリプション契約⁷²¹ 自社アプリ Weather by Tomorrow: 最新の天候情報を提供⁷²²
	主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> 天候に事業が左右される事業者（すでにUber, 自動車メーカーなどが上記PFを利用）⁷²³
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ: 不明 軌道: 不明 観測幅: 不明 空間分解能: 不明

⁷¹² <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷¹³ <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷¹⁴ <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷¹⁵ <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷¹⁶ <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷¹⁷ <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷¹⁸ https://www.crunchbase.com/organization/climacell/company_financials

⁷¹⁹ <https://techcrunch.com/2021/02/24/climacell-plans-to-launch-its-own-satellites-to-improve-its-weather-predictions/>

⁷²⁰ <https://www.tomorrow.io/software/>

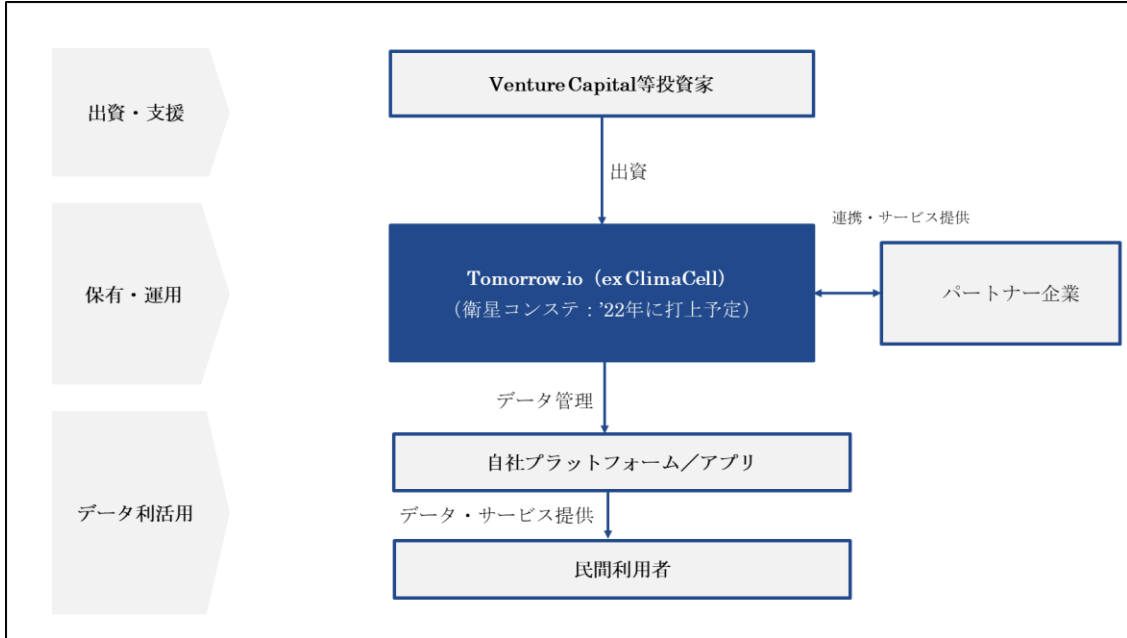
⁷²¹ <https://www.tomorrow.io/space/>

⁷²² <https://www.tomorrow.io/consumer-app/>

⁷²³ <https://www.tomorrow.io/software/>; <https://techcrunch.com/2021/02/24/climacell-plans-to-launch-its-own-satellites-to-improve-its-weather-predictions/>

- 回帰日数：1時間に1回
- 通信リンク：不明

図表 128 Tomorrow.io 社 Operation Tomorrow Space ビジネススキーム



iii. RO 観測

①Spire Global 社

- 軌道上に現在 88 衛星保有、総調達額 1 億 5 千万米ドル⁷²⁴
- RO データに関して Geoptics 社と競合
- 衛星技術の提供、衛星製造～打ち上げ支援～地上局運用までのパッケージ支援、自社衛星で取得した RO データの提供などを事業とする
- Covid-19 の影響による航空機搭載センサデータの減少に際し、European Center for Medium-Range Weather Forecasts と英国気象庁にデータを無償提供
- NASA、NOAA、EUMETSAT などに RO データを提供・販売
 - 2018 年 NASA テストデータ提供契約 (Planet 社、Maxar 社ともに)
 - 2020 年 NASA データバイパイロットで 1 年 700 万米ドルの契約⁷²⁵
 - 2020 年 NOAA データバイプログラムで 6 か月間 1 日あたり 3,000 プロファイルを提供する契約

図表 129 Spire Global 社 Lemur 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 宇宙から海上、航空、気象活動を追跡する超小型衛星による商業コンステレーション⁷²⁶ • 140 機以上のキューブサットを運用中⁷²⁷ • Lemur-1:2014 年にソユーズロケットの上に、プロトタイプ衛星を打ち上げて発足⁷²⁸ • Lemur-2: 2015 年にインドの PSLV ロケットで 4 機を打ち上げて発足⁷²⁹ • Lemur-2 のミッション期間中は段階的な改良を実施
セクター		<ul style="list-style-type: none"> • Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 衛星プラットフォームとサポートシステムの実証が目的⁷³⁰ • 船舶の所在に関するデータの改善⁷³¹
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • NOAA:データの無期限納入、無期限数量契約 (Spire 社と合計 2300 万ドル) ⁷³²
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 開発費用は 1 機あたり 100 万ドル以下⁷³³ • 既存の衛星に、SpireChain のソフトウェアをアップロード (2021 年 9 月 28 日にパートナーシップ) →ブロックチェーン技術の宇宙利用⁷³⁴

⁷²⁴ <https://www.washingtonpost.com/weather/2020/06/25/spire-satellites-weather-forecasting/>

⁷²⁵ <https://ir.spire.com/news-events/press-releases/detail/57/spire-global-awarded-noaa-contract-to-deliver-satellite> ; <https://news.satnews.com/2021/09/02/contract-received-by-spire-global-from-noaa-for-satellite-weather-data-delivery/>

⁷²⁶ <https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/>

⁷²⁷ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷²⁸ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷²⁹ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷³⁰ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷³¹ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷³² <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷³³ <https://www.ipa.go.jp/files/000058297.pdf>

⁷³⁴ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

打上	<ul style="list-style-type: none"> • Lemur-1:ソユーズロケット (2014 年) • Lemur-2:インドの PSLV ロケット (2015 年) • ISS から打ち上げることで、一度に複数の小型衛星を低コストに⁷³⁵
地上局	<ul style="list-style-type: none"> • KSAT⁷³⁶
運用	<ul style="list-style-type: none"> • Spire
データ処理配布/蓄積	<ul style="list-style-type: none"> • Ball Aerospace と共同で北極圏の海上交通を監視するデータ収集・分析プラットフォームを開発 (NGA との関係による) • Spire の超小型衛星が AIS の追跡データを取得→Ball 社のクラウドベースデータ分析アーキテクチャ→ほかの GEOINT データと融合→船舶行動のベンチマークが確立
付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> • 2016 年 9 月、NOAA の商用気象データパイロットプログラムにおいて、37 万ドルのデータ提供契約を締結⁷³⁷ • 2021 年 8 月、EUMESAT が 3 年、1100 万ドルで電波障害データを購入⁷³⁸
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> • 海運会社、保険会社、沿岸警備隊
スペック	<ul style="list-style-type: none"> • 太陽同期極軌道 地表から 400-650km⁷³⁹ • 期間は 2 年⁷⁴⁰ • サイズは 10×10×34.5cm であり、6kg 以下の重量⁷⁴¹ • AIS 受信機、GPS を用いた特殊アンテナを使用⁷⁴² • Lemur-1:中解像度のカラーカメラと低解像度の赤外線画像システムを搭載⁷⁴³ • Lemur-2:STRATOS GPS 電波遮蔽気象観測装置と SENSEAIS 船舶追跡装置⁷⁴⁴ • Spire ADCS による 3 軸の姿勢制御⁷⁴⁵ • 通信リンク : UHF および S バンド

⁷³⁵ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷³⁶ <https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/>

⁷³⁷ <https://www.ipa.go.jp/files/000058297.pdf>

⁷³⁸ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷³⁹ <https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/>

⁷⁴⁰ <https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/>

⁷⁴¹ <https://spire.com/spirepedia/low-earth-multi-use-receiver/>

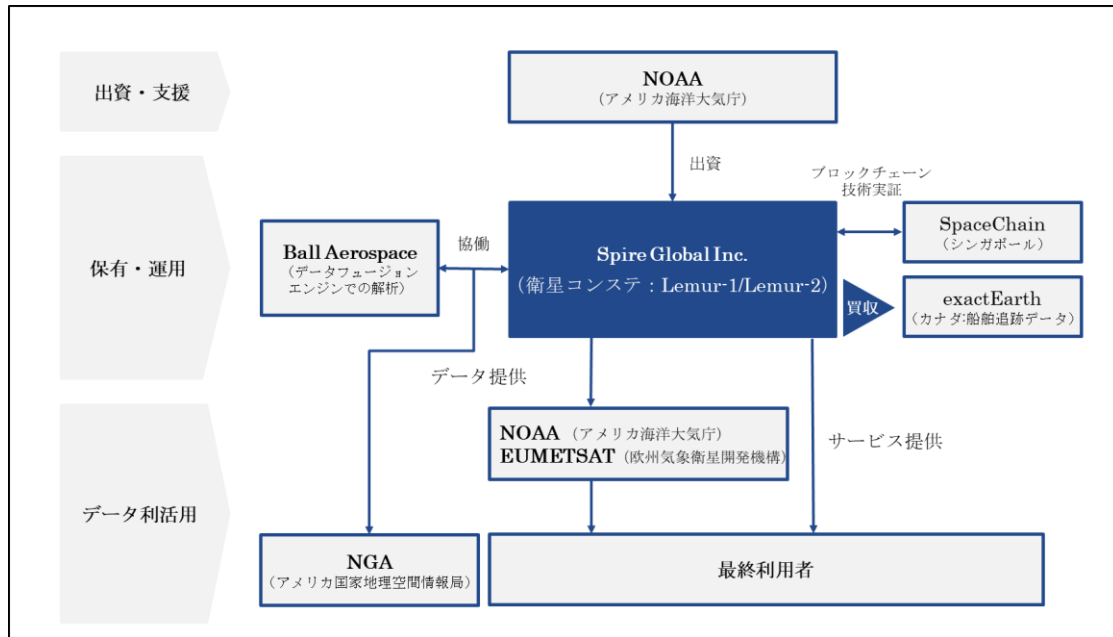
⁷⁴² <https://www.ipa.go.jp/files/000058297.pdf>

⁷⁴³ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷⁴⁴ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

⁷⁴⁵ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lemur>

図表 130 Spire Global 社 Lemur ビジネススキーム



②Geoptics 社/CICERO

- 元 NOAA 長官の Conrad 氏が率いる
- NOAA のデータバイプログラムで Spire 社とともに契約を勝ち取る

図表 131 Geoptics 社 CICERO 概要

項目	内容	
概要 ⁷⁴⁶	<ul style="list-style-type: none"> • 地球大気の GPS および Galileo 電波掩蔽 (GNSS-RO) と GNSS 反射による地表リモートセンシングを行う • 高精度な気圧、温度、水分のプロファイル、電離層における電子分布の 3D マップ、海洋や氷の様々な特性を計測 • 最初のロケットは、2017 年に打ち上げられた CICERO6 	
セクター	<ul style="list-style-type: none"> • Commercial 	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 天気予報、気候研究、宇宙天気モニタリング棟の地球観測を行う⁷⁴⁷ • ミッションの目的は、GNSS-RO 観測のための 24 機の超小型衛星の配備し、地球の電離層と大気圏の詳細な画像の作成⁷⁴⁸ 	
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • NOAA:データの無期限納入、無期限数量契約 (Spire 社と合計 2300 万ドル)⁷⁴⁹
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 最初に、UC/LASP と共同で FORMOSAT 7 / COSMIC-2 ミッションに搭載された TriG GNSS-RO ペイロード を用いて、開発 • CION と呼ばれる GNSS-RO ペイロードの大幅な小型化により、Tyvak Nano-Satellite Systems 社が製作した 6U キューブサットベースの小型衛星に設計

⁷⁴⁶ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm

⁷⁴⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm

⁷⁴⁸ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero#design>

⁷⁴⁹ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero#design>

750	変更
打上 ⁷⁵¹	<ul style="list-style-type: none"> • CICERO6、7 : PSLV-XL ロケット (2017年6月、2018年1月) • CICERO1, 2, 3 : Soyuz-2-1a Fregat ブースター (2017年7月) (現在動作停止) • CICERO10 : Electron KS ロケット (2018年11月) • CICERO8 : PSLV-CA ロケット (2018年11月) • OSM-1 CICERO : Vega ロケット (2020年9月)
地上局	<ul style="list-style-type: none"> • KSAT⁷⁵²
運用	<ul style="list-style-type: none"> • GeoOptics Inc./ OSM⁷⁵³
データ処理配布/蓄積	<ul style="list-style-type: none"> • NOAAによるデータ配布(2021年2月19日発表):3月から9月まで、毎日1300回電波掩蔽観測データをNOAAに提供し、MOAAは米国政府機関との共有の後に24時間後に一般公開⁷⁵⁴
付加価値サービス提供	<ul style="list-style-type: none"> • NOAA:提供された商業電波掩蔽データを運用型数値気象観測モデルに組み込む予定⁷⁵⁵ • GeoPRO:独自の電波掩蔽データ処理システムであり、より正確かつタイムリーな気象データの提供が可能
主要ユーザ	<ul style="list-style-type: none"> • 科学者
スペック	<ul style="list-style-type: none"> • 低地球軌道 • GNSS RO (CION) : 数値天気予報に有用であり、温度、密度、気圧、大気の屈折率を計測 • 6U CubeSat : 質量10kg以下、高速通信(KSATとの互換性による)、3軸高性能姿勢制御、2Mbit/sのXバンド送信機により1軌道で收拾したすべてのデータをダウンリンク可能 • 通信リンク <ul style="list-style-type: none"> • ペイロードデータダウンリンク : Xバンド • TT&C : UHF

⁷⁵⁰ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm

⁷⁵¹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm

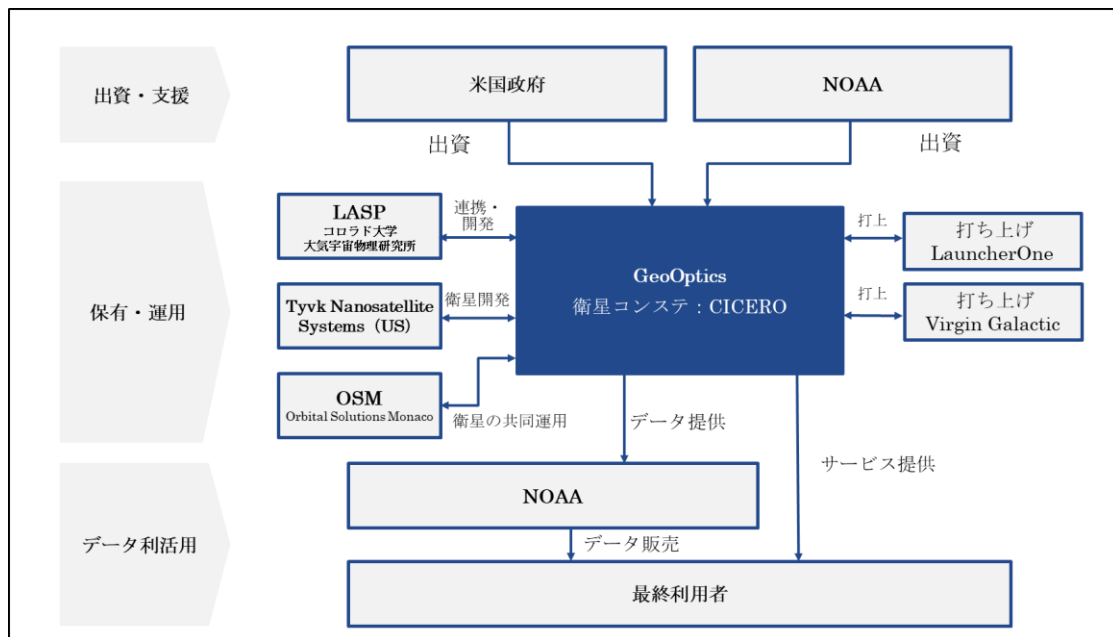
⁷⁵² <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero#design>

⁷⁵³ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cicero.htm

⁷⁵⁴ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero#design>

⁷⁵⁵ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cicero#design>

図表 132 GeoOptics 社 CICERO ビジネススキーム



iv. RF マッピング

- HawkEye360 をはじめとする、地表面等から発射される無線信号の検知と位置特定を行う衛星による無線周波数発生源マッピング（radio frequency emissions mapping：衛星による RF マッピング）について報告する。

①HawkEye360⁷⁵⁶

【HawkEye360 概要】

- 2015 年、創設。
- 2017 年、RF 発生源の位置を特定する特許「Determining emitter locations」を取得⁷⁵⁷
- 2018 年 12 月 3 日、商用フォーメーションフライト衛星である Cluster 1 (Pathfinder) 3 機を打ち上げ
- 2019 年、さまざまな製品を市場に投入し顧客に宇宙ベースの RF 分析を提供
- 2021 年 1 月 24 日、3 機の Cluster 2 を打ち上げ
- 2021 年 6 月 30 日、3 機の Cluster 3 を打ち上げ。冗長システム、オンボード処理のためのコンピューティング機能強化、GPS 干渉を監視するための専用 GNSS アンテナ、地理情報精度向上、RF 周波数のカバレッジおよび収集能力を向上
- 2022 年 4 月 1 日、3 機の Cluster 4 を打ち上げ
- 2022 年 5 月 25 日、3 機の Cluster 5 を打ち上げ。
- 3 衛星で構成される 6 Cluster を計画しているが、市場動向により計画の見直しがあり得る

⁷⁵⁶HawkEye360 ホームページ (<https://www.he360.com/>)

⁷⁵⁷Determining emitter locations (<https://patents.google.com/patent/US9661604B1/en>)

【HawkEye360 衛星の諸元】

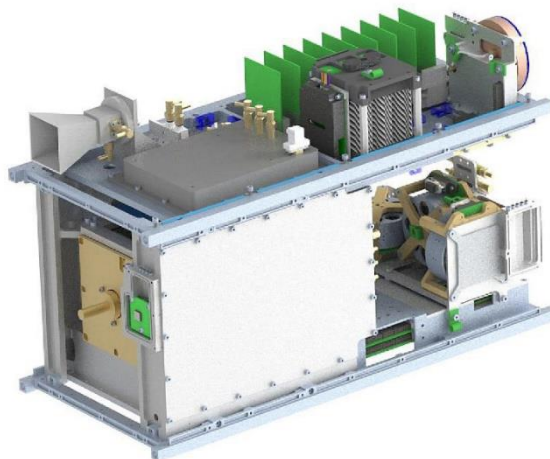
- HawkEye360 衛星の諸元を図表 133 に示す。

図表 133 HawkEye360 衛星諸元

衛星	概要 ^{758,759}	主なペイロード
Cluster 1	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラットフォーム：20×20×44cm 7 cmの mezzanine (図表 134 参照) ・ 重量：13.4 kg ・ 主契約：Deep Space Industries (新世代の推進系) バス：UTIAS/SFL (University of Toronto, Institute for Aerospace Studies/Space Flight Laboratory)の Nemo*-V1 bus ペイロード：GOMSpace、2以降は HawkEye360 ・ 軌道高度：575km ・ 軌道：SSO 	<ul style="list-style-type: none"> ・ EMI を考慮した RF ペイロード構成で3つの RF ゾーンに分離 ①ペイロード格納エリア ②ペイロード以外のプラットフォーム ③外部環境 ゾーンは境界で隔離され、ノイズを減衰させるためにファラデーケージを構成。
Cluster 2		
Cluster 3		
Cluster 4		
Cluster 5		

* : Nemo : Next-generation Earth Monitoring and Observation、SFLはコンパクトで低コストのフォーメーション飛行技術を確立済

図表 134 HawkEwe360 の衛星概観



出所：<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/hawkeye>

(image credit: UTIAS/SFL)

⁷⁵⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/h/hawkeye>

⁷⁵⁹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hawk-2a.htm

【Determining emitter locations の原理】

- 3機の衛星が同時に多数の地上発生源を監視
- 信号が衛星の共通のフットプリントから発信されている場合、2機あるいは3機の衛星が同じ信号を傍受することができる。
- 3機の衛星は GPS 受信機を使用してクロックを同期させることで、衛星のデジタル化 RF チューナーのチューニング周波数を制御する PLL(Phase Locked Loop)を安定させる。
- 信号は、衛星と発生源間のスラントレンジに応じて時間差を持ってそれぞれの衛星の受信機に到達する。
- 信号は、送信側から受信側への伝搬方向の速度成分に対応して中心周波数からの位相差を持って受信機に到達する（ドップラー効果）。
- 受信機のペア間での到着時間（TOA : time-of-arrival）と到着周波数（FOA : frequency-of-arrival）を比較し、GPS 受信機による受信機の正確な位置と速度の推定値から、マルチラテレーション**を実施。

**マルチラテレーション（MLAT : Multilateration）⁷⁶⁰ : 航空機のトランスポンダから送信される信号（スキッタ）を3カ所以上の受信局で受信して、受信時刻の差から航空機等の位置を測定する装置。ASDE（Airport Surface Detection Equipment : 空港面探知レーダー）がカバーできない領域(ブラインドエリア)を監視することが可能であり、ASDE と組み合わせることにより、空港地表面の航空機や車両等の動きを、より効率的に監視することができる。主に飛行場管制業務に使用される。

【フォーメーションフライト】

- フォーメーション制御は 5km(1 σ)で、地上局が 1 週間の稼働停止を考慮
- 誘導、ナビゲーション、選択すべき制御を宇宙船に搭載することも可能だが、現状では、制御マヌーバは地上で計算し、各衛星にアップロードしている。
- 目標ミッション期間は 2 年。ゴールは 3 年
- 軌道位置制御（station keeping）では、離心率/傾斜角ベクトル分離（eccentricity/inclination vector separation）の概念に基づき衛星を安全に制御ウィンドウ内に保持する

【アプリケーション】

安全保障

- 宇宙ベースの RF 分析による GEOINT を利用し、ユーザ環境での活動のベースライン理解し、異常な行動を迅速に特定し、他の情報源に基づいて行動することができる。
- 2022 年 3 月 4 日、同社はロシアによるウクライナ侵攻前の過去 4 ヶ月間のウクライナとその周辺で GPS 干渉が継続的かつ増加していると指摘した⁷⁶¹。

海洋状況監視

- 船舶識別のための AIS では、GPS/GNSS 信号操作による位置情報の改ざんやの他の船舶の識

⁷⁶⁰ MLAT の概要 (<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001471477.pdf>)

⁷⁶¹ SpaceNews (<https://spacenews.com/hawkeye-360-gps-ukr/>)

別信号の複製などの偽装不正が行われるケースがある。RF 分析では、監視エリアが削減されるためユーザが所有するリソースを効率的に展開でき、また AIS の範囲を超えて、排他的経済水域や領海における違法漁業、密輸、人身売買などからの保護に役立つ。

脅威からの保護

- 国立公園内の動物を攻撃する密猟者の特定、危機的状況下での緊急ビーコンの検出など、保存や保護の活動をサポート。

②UNSEENLABS⁷⁶²

【UNSEENLABS の概要】

- 海洋監視のための衛星による無線発信源の認識と追跡を行う。船舶に関する正確で最新の位置データの欠如は、公共・民間両部門において環境とセキュリティの問題に直結する。UNSEENLABS は、船舶の安全性を確保し、犯罪行為や反環境行為の防止を支援することで、海事分野すべての関係者が海域を正確かつ迅速に管理できるように支援することを目標として掲げる。
 - 2015 年フランスの Brittany で設立
 - 軌道上のセンサーから AIS をオフしている船舶を追跡
 - 20 機の衛星コンステレーションを構築
 - 2021 年 3 月 1 日、丸紅株式会社と Unseenlabs は、Unseenlabs の電波収集衛星を用いて収集した高精度船舶位置データを日本市場へ提供することを目的とした販売代理店契約を締結⁷⁶³

【UNSEENLABS 衛星の諸元】

- 衛星の諸元を図表 135 に、衛星 (BRO-1) の概観 (イメージ) を図表 136 に示す。

図表 135 UNSEENLABS 衛星の諸元

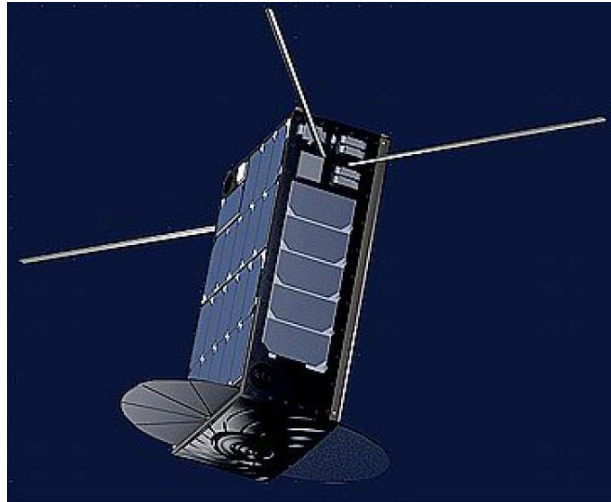
衛星	概要	主なペイロード
BRO-1 (Breizh Recon Orbiter-1)	<ul style="list-style-type: none"> • 6 U CubeSat • バス : GOMSpace プラットフォーム • 打上げ : 2019 年 8 月 20 日 (Rocket Lab) • 軌道高度 : 540km、軌道傾斜角 : 45° 	<ul style="list-style-type: none"> • ハードウェア、ソフトウェア共に社内開発 (詳細不明)
BRO-2	<ul style="list-style-type: none"> • 6 U CubeSat 	
BRO-3	<ul style="list-style-type: none"> • 打上げ : 2020 年 11 月 19 日 (Rocket Lab) • 軌道高度 : ~500km、SSO、軌道傾斜角 : 97.3° 	

⁷⁶² unseenlabs ホームページ (<https://unseenlabs.space/>)

⁷⁶³ 丸紅 (<https://www.marubeni.com/jp/news/2021/release/00027.html>)

BRO-4	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6 U CubeSat ・ 打上げ：2021年8月17日 (Ariane) ・ 軌道高度：551km、SSO 	
-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

図表 136 BRO 衛星概観



出所：<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/u/unseenlabs#foot4%29> (credit:GomSpace)

【海洋監視の概要】

- ・ 同社は、STARBOARD MARITIME INTELLIGENT 社、MDA 社と連携⁷⁶⁴
- ・ STARBOARD のプラットフォームは、AIS、RF、SAR データ (MDA の RADARSAT-2 など)、光学画像を自動的に収集・処理・分析

③Horizon Aerospace Technologies⁷⁶⁵

- ・ 英国の Small Business で SIGINT と宇宙からの MDA (Maritime Domain Awareness) インテリジェンスソリューションの提供を計画。2022年4月、Satellite Applications Catapult、Virgin Orbit は、Catapult の IOD (軌道上実証：In-Orbit Demonstration) プログラムの最新衛星を今年後半 Cornwall から打ち上げることで合意した
- ・ この最新衛星が AMBER 1 と呼ばれるもので、Catapult と Horizon Aerospace Technologies とのパートナーシップである。

【Horizon Aerospace Technologies の概要】

- ・ UK 政府の CubeSat SIGINT AMBER™プログラムの主契約者
- ・ AMBER プログラムは、複数の軌道面の AMBER CubeSats で構成され、NMIC(National Maritime Information Centre)にグローバルな海洋状況把握(MDA：Maritime Domain Awareness)データを提供
- ・ AMBER コンステレーションは、以下の RF 信号を監視

⁷⁶⁴ <https://unseenlabs.space/2022/04/21/live-demonstration-of-satellite-surveillance-by-space-tech-trio/>

⁷⁶⁵ Horizon Technologies ホームページ (<https://horizontechnologies.eu/>)

- Automatic Identification System (AIS)
- S/X-Band 船舶レーダー
- L-Band 衛星電話
- GNSS/GPS スプーフィング (なりすまし)
- LRIT (船舶長距離識別追跡装置) *
- BGAN (Inmarsat の通信システム)

*LRIT⁷⁶⁶ : インマルサットシステムを利用して、AIS 航行支援システムの通信圏以遠を航行する国際航海に従事する旅客船及び総トン数 300 トン以上の船舶に対し、自動的に船舶 (装置) の ID、船舶の位置、当該位置を取得した日時を各主管庁が設置したデータセンター (我が国では、海上保安庁) へ伝送するためのシステムで、2009 年 1 月から、世界的に設置が義務付けられている。

【AMBER 衛星の概要⁷⁶⁷】

- AMBER 衛星の概要を図表 137 に示す。

図表 137 AMBER 衛星の概要

衛星	概要	主なペイロード
AMBER 1 (IOD-3)	<ul style="list-style-type: none"> • 6 U CubeSat • AAC Clyde Space 製造 • 2022 年打上げ予定 (Launcher One) 	<ul style="list-style-type: none"> • Horizon Aerospace Technologies 製造 • SIGINT ソリューション • FlyingFish™をベースとする

- AMBER コンステレーションは、6 つの軌道面に配置される 6 機の CubeSat から構成される。:
 - AMBER 1 の再訪率は、24 時間ごとに 4~7 回
 - AMBER 2、3 の追加で、最大 1.5~2 時間の再訪期間
 - フル AMBER コンステレーションでは、1 時間未満の再訪期間を提供

⁷⁶⁶ 総務省 (<https://www.soumu.go.jp/soutsu/kanto/ru/musen/riyo/kaijyou.html>)

⁷⁶⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/iod-amber.htm

HH) 中国の地球観測衛星

- 中国は「両弾一星（原爆、爆、人工衛星すなわち核技術と宇宙技術の同時開発）」の精神を継承し、国力向上等の観点から宇宙開発を党・国家において高いプライオリティに位置づけ推進している。宇宙開発は「国家中長期科学技術発展規画綱要（2006－2020年）」、「国民経済と社会発展5ヶ年計画」などの中長期計画により実施され、5年毎の「宇宙白書」により進展状況及び方向を公表している⁷⁶⁸。2022年1月28日、The State Council Information Officeの会見席上、国家航天局（CNSA：China National Space Administration）は、「China's Space Program: A 2021 Perspective」を宇宙白書として発表した。その中で、2016年以降の中国の宇宙分野における重要プロジェクトや科学応用などの成果を紹介するとともに、「今後5年にわたり宇宙応用産業を育成・拡大し、経済・社会の質の高い発展をサポートする。宇宙応用とデジタル経済の融合を推進し、応用シーンを豊富にし、ビジネスモデルを刷新する。業界・地域の発展及び一般の人々の多様化したニーズを見据え、通信、ナビゲーション、リモートセンシング情報の総合的な応用を進める。宇宙技術成果の経済・社会への移転・転化を急ぎ、宇宙旅行、宇宙バイオ製薬、スペースデブリ除去、宇宙実験などの宇宙経済新業態を育成し、発展させる。」としている。
- 白書の中で、地球観測衛星については次のように述べられている
 - 高分解能地球観測システムの宇宙セグメントはほぼ完成し、高空間分解能、高時間分解能、高スペクトル分解能の地球観測が可能になった。
 - 中国は現在、地球資源監視衛星 Ziyuan-3 03、環境災害管理のための Huanjing Jianzai-2A/2B 衛星、高解像度マルチモードイメージング衛星、ハイパースペクトル観測衛星、および多数の商用リモートセンシング衛星などを打ち上げ、陸域観測サービスを改善しようとしている。
 - 海洋観測では、Haiyang-1C/1D 衛星と Haiyang-2B/2C/2D 衛星からの高解像度画像で、世界中の連続した海域を様々なスケールで見ることができる。
 - 世界の大気観測の能力は大幅に向上しており、静止軌道上の全天候型 Fengyun-4A/4B 気象衛星は、正確で中断のない大気モニタリングと災害モニタリングを行い、対応能力を向上している。Fengyun-3D/3E 衛星の打ち上げ成功により、朝、午後、夕暮における協調的な監視が可能になり、Fengyun-2H 衛星は一帯一路に参加する国や地域に監視サービスを提供している。
 - リモートセンシング衛星の地上システムのさらなる改善により、リモートセンシング衛星データ受信と迅速な処理サービスを世界中で提供可能となった。
- 宇宙白書に登場した衛星の諸元を以下に示す。

⁷⁶⁸ 内閣府 主要国の宇宙政策等 (<https://www8.cao.go.jp/space/committee/tyousa-dai10/sankou.pdf>)

図表 138 宇宙白書で報告された地球観測衛星

衛星名称	運用あるいは所 有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命 【年】	軌道・センサ・ 解像度等
Ziyuan-3 03	State Bureau of Surveying and Mapping	2360	2020/7/5 5	<ul style="list-style-type: none"> ・ LEO、高度：505km、97.4° ・ 市民ユーザ向け高解像度立体マッピング ・ 環境、植生モニタリング用マルチスペクトルイメージャの解像度は 5.8m⁷⁶⁹
Huanjing Jianzai- 2A/2B ⁷⁷⁰	China Center for Resource Satellite Data and Applications (CRESDA)		2020/9/27	<ul style="list-style-type: none"> ・ マルチスペクトル：解像度 16m ・ ハイパースペクトル：解像度 48m ・ 赤外線イメージャ
Haiyang- 1C/1D ⁷⁷¹	China Academy of Space Technology (CAST)	1 C:442	1C:2018/9/7 5 1D:2020/6/10	<ul style="list-style-type: none"> ・ LEO ・ China Ocean Color and Temperature Scanner (再訪期間 3 日) :8 チャンネルの可視および 近赤外バンドと 2 チャンネルの熱赤外バン ド ・ Coastal Zone Image: VIS/NIR の 4-band で解像 度は 50m ・ Ultraviolet Imager, Satellite Calibration Spectrometer, AIS
Haiyang- 2B/2C/2D	CAST	1575(2C)	2018/10/24 2020/9/21 2021/5/19	<ul style="list-style-type: none"> ・ LEO ・ 海洋動態監視：海面の wind field、海面高、海面 温度等の監視 ・ Ku および C バンドの高度計、散乱計搭載
Fengyun- 4A/4B ⁷⁷²	National Satellite Meteorological Center of the Chinese Meteorological Administration/ National	5400	2016/12/10 2021/6/3 ≥7	<ul style="list-style-type: none"> ・ 静止軌道、気象・地球観測衛星 ・ Lightning Mapping Imager)/CCD カメラ:雷検 知、観測幅：半球全体、分解能:7.8km ・ 中分解能光学イメージャ

⁷⁶⁹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/zy-3.htm

⁷⁷⁰ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hj-2a.htm

⁷⁷¹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/hy-1c.htm

⁷⁷² NSMC (https://fy4.nsmc.org.cn/nsmc/en/theme/FY4A_intro.html)

衛星名称	運用あるいは所 有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命 【年】	軌道・センサ・ 解像度等
	Remote Sensing Center of China (NSMC-CMA /NRSCC)			
Fengyun- 3D/3E ⁷⁷³	NSMC- CMA/NRSCC	2300(3E)	2017/11/14 終了≥2022 2021/07/05 終了≥2026	・ 静止軌道 ・ Medium Resolution Spectral Imager ・ Hyperspectral Infrared Atmospheric Sounder ・ Micro-Wave Temperature Sounder ・ Micro-Wave Humidity Sounder ・ GNSS Radio Occultation Sounder 等
Fengyun- 2H ⁷⁷⁴	NSMC- CMA/NRSCC	1380	2018/6/5	・ 静止軌道 ・ Stretched Visible and Infrared Spin Scan Radiometer : 分解能 1.25km (VIS)/5km(IR) ・ Space Environment Monitor

- ・ 2021年10月1日から12月31日までに打ち上げられた中国の地球観測衛星を以下に示す⁷⁷⁵。

図表 139 2021年10月1日～12月31日に打上げられた中国の地球観測衛星

関係機関	衛星名	性能概要	打上日日時
中央政府の衛星	Gaofen (高分) 11-03	・ 248km×694km, 97.4° 解像度不明	2021/11/20
	Gaofen (高分) 3-02	・ Cバンド SAR ・ 解像度 1m 以下の C バン 30C9SAR による海洋の 24 時間監視 ・ 主たるユーザは中国国家海洋局	2021/11/22
	Yaogan (遥感) 32-02	・ 電波信号受信衛 (SIGINT) ・ 人民解放軍	2021/11/3
	Yaogan (遥感) 35		2021/11/6
	Tianhui(天絵)4	・ 陸域観測衛星(立体地図作成や測量) ・ 人民解放軍 (民間利用あり)	2021/12/29
中国科学院 (CAS)	Ziyuan (資源) 1-02E ⁷⁷⁶	・ 9-band 可視近赤外カメラ : 5m 解像度、 観測幅 : 115km ・ 166-band ハイパースペクトラルイメージ ャ ・ 長波長赤外カメラ ・ 資源調査、災害監視、林業監視	2021/12/26

⁷⁷³ NSMC (<http://www.nsmc.org.cn/nsmc/en/satellite/FY3D.html>)

⁷⁷⁴ NSMC (<https://www.nsmc.org.cn/subject/cac/satellite/FY2H.html>)

⁷⁷⁵ Science Portal China 中国の宇宙開発動向 (その 18) (https://spc.jst.go.jp/hottopics/2202/r2202_tsujino.html)

⁷⁷⁶ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/zy-1-02e.htm

関係機関	衛星名	性能概要	打上日日時
	Guangmu (広目) 1号 (SDGSAT)	<ul style="list-style-type: none"> 熱赤外線、low light level and a multispectral imager 観測幅：300km 	2021/11/5
吉林省長光衛星技術公司	Jilin (吉林) 1GF (高分) 02F ⁷⁷⁷	<ul style="list-style-type: none"> パンクロマティックモード:0.75m 解像度 マルチスペクトルモードで3mを越える解像度 観測幅：40km Push broom scanner 吉林衛星は累計30機のうち28機が運用中 	2021/10/27

- Gaofen (高分) 衛星は China High-definition Earth Observation System (CHEOS) を構成するもので、GF 1 から GF 14 まで 2021 年現在で 22 機が運用されており⁷⁷⁸、中国政府が推進する地球観測衛星であることから、諸元等を図表 140 に示す。
- Gaofen シリーズとしては、2022 年 4 月 7 日、Gaofen-3 03 が打ち上げられた。Gaofen-3、Gaofen-3 02 衛星とともにネットワーク化され、陸海レーダー衛星コンステレーションを形成し、信頼性が高く安定した SAR 画像を取得することで、海洋防災・減災、ダイナミックな海洋環境モニタリング、海洋研究、環境保護、水利、農業、気象学の分野で利用され、海洋の権利と利益の保護に貢献する、としている⁷⁷⁹。なお、解像度：1メートル。再訪期間：1日
- 吉林省長光衛星技術会社が構築する吉林コンステレーションは現在 75 基の衛星で構成されており、近年急激に打ち上げ数を伸ばしている。この点について、中国の観測衛星の動向も含めたニュース記事を弊社が運営する自社メディアに公開した⁷⁸⁰。

図表 140 Gaofen (高分) 衛星 (打上げ)⁷⁸¹

衛星名称	運用あるいは所有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命【年】	軌道・センサ・ 解像度等
Gaofen 1	China National Academy of Sciences (CNSAS)	1000	2013/4/26 8	LEO、光学
Gaofen 1-02	China's Ministry of Land and Resources, Ministry of Environmental Protection, and Ministry of Agriculture	805	2018/3/30 8	LEO、光学
Gaofen 1-03	同上	805	2018/3/30 8	LEO、光学
Gaofen 1-04	同上	805	2018/3/30 8	LEO、光学
Gaofen 1-05	同上	805	2018/5/8 8	LEO、ハイパースペクトラル画像
Gaofen 1-06	同上	1064	2018/6/3 8	LEO、光学

⁷⁷⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/jilin-1-gaofen-02a.htm

⁷⁷⁸ RESTEC (<https://www.restec.or.jp/satellite/gaofen-3.html>)

⁷⁷⁹ China launches new satellite for Earth observation

([https://english.news.cn/20220407/7a252e543a90461ca1b521971ca27ad9/c.html#:~:text=JIUQUAN%2C%20April%207%20\(Xinhua\).entered%20the%20planned%20orbit%20successfully](https://english.news.cn/20220407/7a252e543a90461ca1b521971ca27ad9/c.html#:~:text=JIUQUAN%2C%20April%207%20(Xinhua).entered%20the%20planned%20orbit%20successfully))

⁷⁸⁰ <https://spacemedia.jp/news/4317>

⁷⁸¹ UCS Database(<https://www.ucusa.org/resources/satellite-database>), Spacebiz Guide (<https://www.spacebizguide.com/satellites/search/results>)

衛星名称	運用あるいは所有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命【年】	軌道・センサ・ 解像度等
Gaofen 11	CNSAS (人民解放軍)	1000	2018/7/31 8	LEO (Elliptical)、光学
Gaofen 11-02	CNSAS	1000	2020/9/7 8	LEO (Elliptical)、光学
Gaofen 11-03	CNSAS	3000	2021/11/20 8	LEO (Elliptical)、光学
Gaofen 12	CNSAS	1000	2019/11/28 8	LEO、マイクロ波レーダー、サブメータ級
Gaofen 12-02	CNSAS	3000	2021/3/30 8	LEO、光学
Gaofen 13	CNSAS	1000	2020/10/11 8	GEO、光学 15m 解像度の大型光学系を有すると推測 ⁷⁸²
Gaofen 14	CNSAS	1000	2020/12/6 8	LEO、ステレオマッピング画像
Gaofen 2	CNSAS	1000	2014/8/19 8	LEO、光学イメージャ、0.8m パンクロ/3.2m マルチバンドカメラを搭載
Gaofen 3 ⁷⁸³	EOSDC-CNSA (Earth Observation System and Data Center — China National Space Administration)	2950	2016/8/9 8	LEO、C バンド SAR、観測幅 10 ~ 650 km、解像度 ユーザは State Oceanic Administration (SOA)
Gaofen 3-02		2950	2021/11/22 8	
Gaofen 4	CNSAS/CAST	4600	2015/12/28 8	GEO、光学・赤外線センサー、解像度 50m
Gaofen 5-02	CNSAS	4200	2021/9/6 8	LEO、ハイパースペクトルイメージャ、赤外線マルチスペクトルセンサー等
Gaofen 7	CAST National Administration of Surveying, Mapping and Geoinformation of China (NASMG)	2400	2019/11/3 8	LEO、2 台のカメラ (mapping and surveying and a laser altimeter)
Gaofen 8	人民解放軍	1000	2015/6/26 8	
Gaofen 9~05	CNSAS	1000	2015/9/14 2020/5/31 2020/6/17 2020/8/6 2020/8/23	LEO、サブメータ解像度

⁷⁸² Skyrocket (https://space.skyrocket.de/doc_sdat/gf-13.htm)

⁷⁸³ RESTEC (<https://www.restec.or.jp/satellite/gaofen-3.html>)

衛星名称	運用あるいは所有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命【年】	軌道・センサ・ 解像度等
			8	

- 最近の特筆すべき情報としては、2022年2月9日、1月26日に打ち上げられた「陸地探査1号01組A星」(LT-1A)に搭載されたLバンドSARによる軌道上撮像に成功したことが挙げられる⁷⁸⁴。さらに2月27日、長征4号丙ロケットにより、陸地探査1号01組B星(L-SAR01組)を酒泉衛星発射センターから打ち上げた。衛星は予定の軌道に投入され、先に打ち上げられたA星と軌道上でネットワークを構築し、主に地質学的な環境や地滑り、地震災害などのモニタリングに用いられる。2機の衛星による近距離共同陸域観測によって、干渉SARによる高精度な地上高度測定を実現し、森林や険しい山地など地質関係者が到達しにくい場所の観測が可能となる。これは林業分野において、植生バイオマス推定などの業務にデータを提供し、世界の地理情報資源、および高精度地形データの更新をサポートするとされている⁷⁸⁵。

II) ロシアの地球観測衛星

- ロシアにおける宇宙分野の基本政策は、2013年4月、大統領により承認された「宇宙活動に関する2030年までおよびそれ以降の展望に関する国家基本方針」で定められている。その時点におけるロシアの宇宙活動(宇宙空間の調査・開発・利用)に関する国家政策上主要事項は以下のとおりである。
 - ロシア領土内からの宇宙への打ち上げ確保、それに伴う諸外国の地上宇宙インフラの利用に伴う潜在的リスクの排除
 - ロシアの社会経済・科学の発展に寄与
 - 月、火星、および太陽系の他の天体を含む宇宙空間の調査・開発・利用に関する国際プロジェクトへのロシアの参加
 - 宇宙分野におけるロシアの競争力・優位性の向上と、世界の宇宙産業市場におけるロシアのシェア拡大
 - 宇宙関連のサービス提供を通じた諸外国との協力関係の促進や、通信、航行サービス、放送などの宇宙関連機器の商業ベースでの展開、また、民間向けの有人宇宙飛行などの商業用宇宙分野の開発
 - ロシアの宇宙関連企業の形成と発展
 - 「宇宙大国」としてのロシアの立場を維持・向上
- 地球観測分野については、地球観測衛星に加え気象衛星の開発・運用が行われているが、地球観測衛星 Resurs-DK1、極域の海水監視のためのXバンド合成開口レーダを搭載した Meteor-M-1、静止軌道で太陽圏、電離層および磁気圏のデータ収集を行う Electro-L など多くの衛星が偵察衛星技術の転用である⁷⁸⁶。

⁷⁸⁴ Science Portal China (https://spc.jst.go.jp/news/220203/topic_1_05.html)

⁷⁸⁵ <https://japanese.cri.cn/20220228/b9c71437-ec00-51e1-1d22-f30a1ee0e2cd.html>

⁷⁸⁶ 内閣府 (<https://www8.cao.go.jp/space/committee/tyousa-dai10/sankou.pdf>)

- 公表されているロシアの主な地球観測衛星を以下に示す。

図表 141 ロシアの主な地球観測衛星 (打上げ)

衛星名称	運用あるいは 所有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命【年】	軌道・センサ・ 解像度等
Resurs-P1	Russian Federal	5900	2013/6/25 3	<ul style="list-style-type: none"> ・ LEO、光学 ・ 高解像度パンクロ (立体視可能)：観測幅 38km、解像度 1 m ・ 高解像度マルチ：観測幅 38km、解像度 3 m ・ 中解像度マルチ：観測幅 97.2 km、解像度 11.9 m (PA) 23.8 m (MS) ・ 低解像度マルチ：観測幅 441.6km、解像度 59.4 m (PA) 118.8 m (MS) 0.43 - 0.70 μm (PA) 0.43 - 0.51 μm (MS) 0.51 - 0.58 μm (MS) 0.60 - 0.70 μm (MS) 0.70 - 0.90 μm (MS) 0.80 - 0.90 μm (MS) ・ ハイパースペクトル：観測幅 30km、解像度 25m⁷⁸⁷
Resurs-P2	Space Agency		2014/12/26 3	
Resurs-P3	(Roskosmos)		2016/3/13 5	
Kanopus-B	Scientific Production Corporation (joint stock creation of Russian Space Agency)	400	2012/7/22 5	<ul style="list-style-type: none"> ・ LEO、光学
Kanopus-V- IK-2	Roscosmos State Cor	500	2017/7/14	<ul style="list-style-type: none"> ・ LEO、赤外線センサ ・ 観測幅：2000km ・ 解像度：5m⁷⁸⁸
Kanopus-V- IK-3			2018/1/31	
Kanopus-V- IK-4			2018/1/31	
Kanopus-V- IK-5			2018/12/27	

⁷⁸⁷ RESTEC (<https://www.restec.or.jp/satellite/resurs-p-1.html>)

⁷⁸⁸ Skyrocket (https://space.skyrocket.de/doc_sdat/kanopus-v-ik.htm)

衛星名称	運用あるいは 所有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命【年】	軌道・センサ・ 解像度等
Kanopus-V- IK-6			018/12/27	
Cosmos 2487 ⁷⁸⁹	Ministry of Defense	1150	2013/6/27	・ LEO、S Band SAR ・ 観測幅：15km ・ 解像度： Spotlight 1m stripmap 1～3m ScanSAR 5～30m
Cosmos 2486	Ministry of Defense	7000	2013/6/7 5～7	詳細不明（LEO、光学情報収集衛星）
Cosmos 2506	Ministry of Defense	7000	2015/6/23 5	LEO、光学情報収集衛星
Cosmos 2550 ⁷⁹⁰	Ministry of Defense	6500	2021/6/25 5	LEO、レーダー
Meteor-M- 1 ⁷⁹¹	Russian Federal Service For Hydrometeorology and Environmental Monitoring	2900	2009/9/17 5	・ X band SAR（海氷モニター用） ⁷⁹² ・ 低解像度マルチスペクトルスキャナ （1km） LEO（Sun-synchronous near-circular orbit 832km、98.80）
Meteor-M- 2 ⁷⁹³	Russian Federal Service For Hydrometeorology and Environmental Monitoring	2778	2014/7/8 5	・ X-band Side-Looking Radar（500 m and 1000 m resolution） ・ 低解像度マルチスペクトルスキャナ （1km） LEO（Sun-synchronous near-circular orbit 825km、98.80）
Electro-L 1～3 ⁷⁹⁴ 4, 5 ⁷⁹⁵	Roshydromet - Planeta	1740(#1) 2094(#3)	2011/1/20 (#1) 2015/12/11 (#2) 2019/12/24 (#) 10 4、5は2023年	・ GEO Multispectral Scanner 等

⁷⁸⁹ N2YO.com (<https://www.n2yo.com/satellite/?s=39194>)

⁷⁹⁰ <https://www.russianspaceweb.com/pion.html>

⁷⁹¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteor-m-1>

⁷⁹² https://space.skyrocket.de/doc_sdat/meteor-m-1.htm

⁷⁹³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteor-m-2>

⁷⁹⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/electro-l>

⁷⁹⁵ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/elektro-l.htm

衛星名称	運用あるいは 所有機関	打上げ重量 【kg】	打上日時 設計寿命【年】	軌道・センサ・ 解像度等
			以降	

JJ) L-band SAR 衛星の動向

- 本節では、日本の強みの1つとされる L-band SAR 衛星の海外動向を中心に記述する。そのため、上述した衛星群と重複があることには留意が必要である。
- LバンドはCバンドやXバンドに比べて波長が長いので、森林の植物成分や土地被覆に対する感度が高く、また気象現象などの外乱の影響を比較的受けにくいという特徴がある。このため、Lバンド SAR は、赤道帯や前線帯のように雲の多い地域における光学センサの補完や土地被覆、森林関連の観測データを得るために利用される⁷⁹⁶。
- 日本の ALOS-2、4 以外の諸外国の Lバンド SAR 計画を以下に示す。

図表 142 諸外国の L-band SAR 衛星

#	国	衛星名	運用機関	打上
1	アルゼンチン・ イタリア	SAOCOM (SAR Observation & Communications Satellite) ⁷⁹⁷	CONAE (National Commission on Space Activities) /ASI	2018年と2020年に 打ち上げ済み
2	米国	NISAR (NASA-ISRO Synthetic Aperture Radar) ⁷⁹⁸	NASA/ISRO	2023年打ち上げ 予定
3	ドイツ	Tandem-L ⁷⁹⁹	DLR	2023年打ち上げ 予定
4	欧州	ROSE-L ⁸⁰⁰	ESA	2028年打ち上げ 予定
5	中国	L-SAR 01A L-SAR 01B ⁸⁰¹	CAS	2022年1月打上げ 2022年2月打上げ

⁷⁹⁶ https://www.reddcopernicus.info/wp-content/uploads/2021/06/REDDCopernicus_RD_Needs_SpaceComponent_V2.pdf

⁷⁹⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/saocom-1a-1b.html>

<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/saocom>

<https://www.satellitetoday.com/launch/2020/08/30/spacex-launches-saocom-1b-for-argentinass-space-agency/>

⁷⁹⁸ http://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/ni_sar

⁷⁹⁹ <https://www.restec.or.jp/satellite/tandem-l>

<https://www.dlr.de/hr/en/desktopdefault.aspx/tabid-8113/>

⁸⁰⁰ https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/11/ROSE-L

https://space.skyrocket.de/doc_sdat/rose-l.htm

⁸⁰¹ https://english.cas.cn/newsroom/news/202203/t20220307_301985.shtml

- 各計画の特徴は以下のとおりである。

i. SAOCOM

- アルゼンチンの CONAE (National Commission on Space Activities) と ASI (イタリア宇宙機関) の共同プロジェクトで、CONAE が運用する L-band SAR 衛星。プロセッサの開発等でベルギーも参画。これまでに、1A (2018 年 10 月) /1B (2020 年 8 月) が打ち上げられている。2A/2B が計画されているが詳細不明。
- 利用目的は、自然災害と人為的な災害の管理 (洪水、火山噴火、地震、地滑り、森林火災など) のためのタイムリーな情報の提供、土壌水分観測を通じた農業のモニタリング、南極大陸の監視調査などである⁸⁰²。
- 2 機の SAOCOM と 4 機の ASI の COSMO-SkyMed が連携し、1 日 2 回の撮像が可能となる。両機関が協力することで、L バンドと X バンドの SAR プロダクトを顧客に提供することができる。地上局は CONAE と ASI 双方が保有。

図表 143 SAOCOM 概要⁸⁰³

項目	仕様
製造	INVAP (アルゼンチン)
衛星重量	1600 kg
大きさ	高さ : 4.468m、直径:2.965m 太陽電池 : 15m ²
SAR アンテナ	10m×2.5m Active Phase Array
観測性能	観測幅 : 50~400km 分解能 : 7~100m
ダウンリンク速度	310Mbps (X バンド 2 チャンネル)
設計寿命	5 年
軌道	太陽同期 高度 : 620km、軌道傾斜角 : 97.89 度
打ち上げ ロケット	1A : 2018 年 10 月 8 日、1B : 2020 年 8 月 30 日 いずれも Falcon-9 v1.1

ii. NISAR

- NASA と ISRO の共同プロジェクト。L バンドと S バンドの 2 周波でレーダー観測を行う。これまで入手できなかった地球科学分野の 3 領域 (DESDynI : Deformation, Ecosystem Structure, and Dynamics of Ice) におけるデータや知見を求める 2007 年の NRC Decadal

⁸⁰² https://earth.esa.int/eogateway/missions/saocom?sortby=NEWEST_FIRST

⁸⁰³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/saocom>

Survey の要求を実現。データアクセスはオープン&フリーとなる⁸⁰⁴。

- 利用目的は、気候変動の氷河への影響の観測、森林、農業、湿地、永久凍土における炭素の貯蔵・吸収ダイナミックスの把握、地震、火山噴火、地滑りの発生予測、地下水、炭化水素、CO₂貯留層のダイナミックスによる影響の把握、食糧安全保障を見据えた農業モニタリング、災害への緊急対応や被害軽減などである。

図表 144 NISAR 概要⁸⁰⁵

項目	仕様
製造	ISRO
衛星重量	～2800 kg
大きさ	—
SAR アンテナ	直径 12m 展開型メッシュ反射鏡 ⁸⁰⁶ (Northrop Grumman, Astro Aerospace)
観測性能	L バンド SAR 観測幅：240km (SweepSAR モード) 分解能 (2 偏波)：3～12m
ダウンリンク速度	Ka バンド 極地局で 1 軌道当たり 30～45 分で 3.5 Gbps インド局で 1 Gbps
設計寿命	3 年
軌道	太陽同期 高度：747 km、軌道傾斜角：98°
打ち上げロケット	2023 年目標 GSLV Mk.2

- NISAR は NASA Surface Deformation and Change (SDC) 研究部門が開発を担当。NISAR は Earth System Observatory の先駆けとして位置づけられており、SDC は Decadal Survey のビジョン実現のため、NISAR を通じてオープンフリー、国際パートナーシップ、オープンサイエンスなどを目指していく⁸⁰⁷。
- SDC は今後、コスト削減のため商業 SAR データの利用や、国際連携を進めていくとしている。また、ケイパビリティ向上のために小型衛星技術も活用していくとしている⁸⁰⁸。
- また、SDC は 2021 年に、Decadal Survey を補完する目的で、インターディシプリンに研究

⁸⁰⁴ https://vedas.sac.gov.in/vedas/downloads/ertd/SAR/L_1.pdf

⁸⁰⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

⁸⁰⁶ <https://www.globenewswire.com/news-release/2015/10/30/781817/10154634/en/NASA-Jet-Propulsion-Laboratory-Selects-Northrop-Grumman-s-Astro-Aerospace-for-NISAR-Reflector.html>

⁸⁰⁷ AGU2021 における NASA SDC 報告より

⁸⁰⁸ AGU2021 における NASA SDC 報告より

領域の優先度等をまとめた Science and Applications Traceability Matrix (SATM) を発表⁸⁰⁹。SATM は、ワークショップや調査のほか、研究ディシプリンで分けられた以下の 5 つのフォーカスグループの活動をもとに作成された⁸¹⁰。今後、SATM のフェーズ 2 では、どの候補ミッションが SATM に沿ったものになるかを明らかにする評価指標の構築が行われる⁸¹¹。この活動の中で、NISAR の利用方法についても検討される。

図表 145 SDC の 5 つのフォーカスグループ⁸¹²

項目	AGU2021 で示された今後の展望
Solid Earth	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な観測が必要。地震観測で言えば、グローバルな観測、日に一回の撮影頻度、10m～50m の解像度が求められる。 植生の影響を避けてデータの一貫性を保つには L-band SAR/S-band SAR 観測が必要。特定の地殻変動への対応には、商用データを購入して SDC のデータを補完することも検討すべきとしている。
Geohazards	<ul style="list-style-type: none"> 定期的な観測が必要と同時に、災害対応には強力なレイテンシが求められる。地震観測で言えば、局所的な観測、日に 1 回の撮影頻度、10～30m の解像度、本震後 3 時間以内、余震後 12 時間以内のデータレイテンシが必要。水に関する観測についていえば、緊急時に 2 時間以内のデータレイテンシ、3～10m 分解能、4 時間に一回の撮影頻度が期待されている。 植生の影響を避けてデータの一貫性を保つには L-band SAR/S-band SAR 観測が必要。特定の地殻変動への対応には、商用データを購入して SDC のデータを補完することも検討すべきとしている。
Cryosphere	<ul style="list-style-type: none"> 陸氷観測においては、高精度（10m/yr+1%）の継続的な海岸沿いの氷河観測が優先される。SDC は空間と時間サンプルの増大に注力する。 海氷観測においては、空間・時間分解能と観測域はトレードオフ。極地における海氷の動きの高精度マッピング、日に 4～6 回の高頻度撮影が優先度の高いタスクとして考えられている。
Hydrology	<ul style="list-style-type: none"> SATM では Hydrology 研究に関して 6 つの重点領域が、8 つの観測項目にまたがって取り上げられている。地下水観測については変化が遅く、長期観測が不可欠。土壌水分については、変化が激しく、高解像度の観測が求められる。地表面の水観測については、洪水などの災害対応が想定されており、高い空間・時間解像度が求められる。 グローバルな観測、日に一回の撮影頻度、10m 分解能が求められる。
Ecosystems	<ul style="list-style-type: none"> 土壌水分、バイオマス、農業マネジメント、湿地がこのカテゴリに含まれる。SATM では 10 の新しい重点項目が決められ、NISAR による継続観測と、全球を対象にした観測が必要とされている。

iii. Tandem-L⁸¹³

- DLR (Deutsches Zentrum für Luft-und Raumfahrt : ドイツ航空宇宙センター) による計画。Tandem-X の成功に基づくもので、ドイツが蓄積した SAR ノウハウが利用される。2 機の L バンド衛星で構成される。

⁸⁰⁹ https://science.nasa.gov/science-pink/s3fs-public/atoms/files/SDC_SATM_Phase1_Final_0.pdf

⁸¹⁰ AGU2021 における NASA SDC 報告より

⁸¹¹ https://science.nasa.gov/science-pink/s3fs-public/atoms/files/SDC_SATM_Phase1_Final_0.pdf

⁸¹² AGU2021 における NASA SDC 報告より

⁸¹³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/tandem-l>

- ミリ単位で広範囲の地表面の変形を測定することを目指している。また、植生や氷塊の3次元トモグラフィック画像を作成可能とする予定である。
- 利用目的は、3次元植生監視（森林の高さと構造計測、森林バイオマスインベントリ、植生・バイオマスの時間的变化、全球計測など）、地殻変動計測（地震・火山噴火サイクル研究、マグニチュード数値化、地殻変動にかかる災害の予測など）、水圏・雪氷圏観測（氷河の構造と変化計測、地表面の水分変化の監視、海流と波のダイナミクス観測など）である。
- NASA/JPL との2年間の pre-phase A study によりミッションコンセプトを開発⁸¹⁴

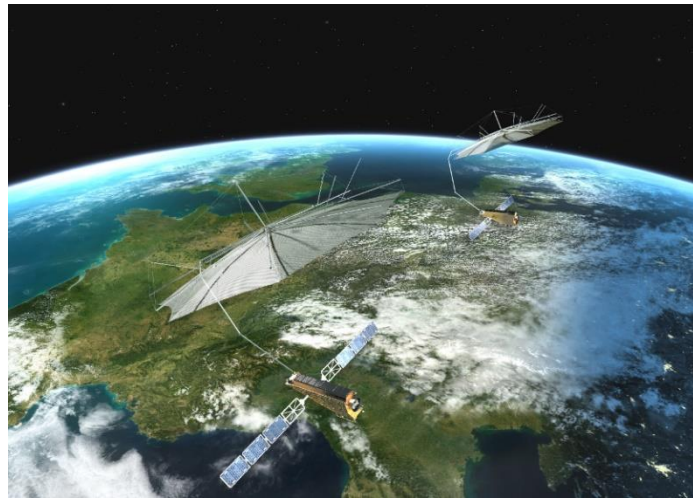
図表 146 Tandem-L 概要⁸¹⁵

項目	仕様
製造	—
衛星重量	—
大きさ	—
SAR アンテナ	展開型反射鏡、直径 15m、ビームフォーミング（図表 147）
観測性能	3-D structure mode : fully-polarimetric single-pass SAR interferometry により構造パラメータを取得 Deformation Mode : repeat-pass interferometry により幅 350km でアジマス方向 7m
ダウンリンク速度	Ka バンド、~8TB/day
設計寿命	10 年
軌道	高度 : 745km、軌道傾斜角 : 97°
打ち上げロケット	2023 年予定

⁸¹⁴ https://www.dlr.de/hr/en/desktopdefault.aspx/tabid-8113/14171_read-35837/

⁸¹⁵ https://www.dlr.de/content/en/downloads/publications/brochures/tandem-l-brochure_1663.pdf?__blob=publicationFile&v=11

図表 147 Tandem-L のイメージ



出所：DLR (https://www.dlr.de/hr/en/desktopdefault.aspx/tabid-8113/14171_read-35837/)

iv. ROSE-L (Radar Observation System for Europe in L-band)

- Copernicus 拡張計画に含まれるミッションで、Lバンドの SAR レーダーにより Cバンド SAR 衛星である Sentinel-1 を補完するとともに、新たに植生、氷雪、海洋をモニタリングして観測データセットを提供する。
- 利用目的は、森林観測（バイオマス推定など）、地盤沈下や土壌水分のモニタリング、精密農業や食料安全保障のための作物の種類判別、陸氷・海氷のマッピングや面積の観測、雪のモニタリングなどとされている。

図表 148 ROSE-L 概要

項目	仕様
製造	Thales Alenia Space
衛星重量	2,060 kg
大きさ	—
SAR アンテナ	平面展開型 Phased Array Antenna (5 パネル) 11m×3.6m
観測性能	システム解像度要求条件：50m ² 以上 ⁸¹⁶
ダウンリンク速度	—
設計寿命	7.5 年
軌道	高度 690km
打ち上げロケット	2028 年予定 Vega-C、Ariane 6-2 と整合

⁸¹⁶ Copernicus L-band SAR Mission Requirements Document
(https://esamultimedia.esa.int/docs/EarthObservation/Copernicus_L-band_SAR_mission_ROSE-L_MRD_v2.0_issued.pdf)

v. L-SAR (Ludi Tance) 01A/01B⁸¹⁷

- 中国の National Civil Space Infrastructure 開発計画（2015年～2025年）の一部
- 衛星データ CAS（Chinese Academy of Sciences）の Aerospace Information Research Institute (AIR)で受信
- 利用目的は土地資源、地図作成、林業、防災・減災を支援する高品質のデータを提供

図表 149 L-SAR 01 概要⁸¹⁸

項目	仕様
製造	開発：CAST、運用：CAS
衛星重量	～3,200kg
大きさ	—
SAR アンテナ	アンテナ総面積 33m ²
観測性能 ⁸¹⁹	空間分解能：3m、観測幅：400km、再訪期間：8日/1機
ダウンリンク速度	16.55 GB のデータを2分35秒で受信・記録・伝送
設計寿命	8年
軌道	太陽同期軌道、595km×602km、軌道傾斜角 97.8°
打ち上げロケット	01A：2022年1月26日 CZ-4C (Long March-4C) で打上げ 01B：2022年2月27日 CZ-4C (Long March-4C) で打上げ

図表 150 L-SAR 01A の試験と衛星データ受信風景



出所：<https://www.nasaspacelight.com/2022/02/long-march-4c-ludi-tance/> (左図)

CAS (https://english.cas.cn/newsroom/news/202203/t20220307_301985.shtml) (右図)

⁸¹⁷ https://english.cas.cn/newsroom/news/202203/t20220307_301985.shtml

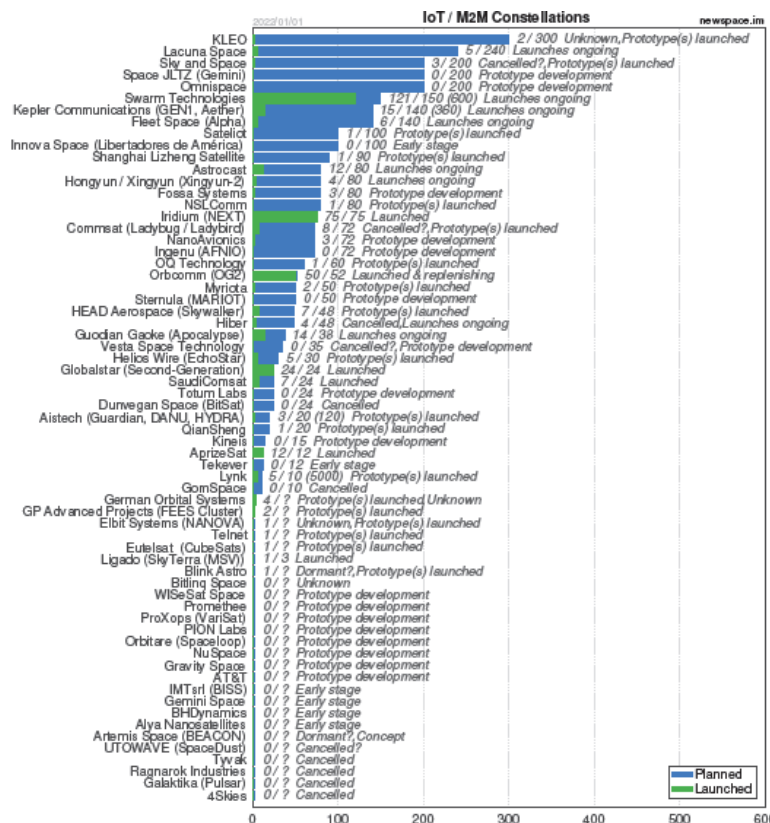
⁸¹⁸ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/ludi-tance-1-01.htm

⁸¹⁹ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/l_band_sar_ludi_tance

KK) IoT 衛星の動向

- IoT 衛星は地上や海上に設置された IoT センサーが取得した情報をセンサー情報の集約局やユーザーに伝送する
- IoT センサーから伝送される情報量は小さいがセンサーの電力制限が厳しいことから、衛星の軌道はほとんど LEO が利用される。
- NewSpace Index⁸²⁰によると、計画中あるいは運用中の IoT 衛星コンステレーションは以下の図表のとおりである。この中から既に打ち上げられサービスを提供しているコンステレーションの中から以下のものについて調査した。
 - Swarm Technologies：打ち上げ機数が最も多い
 - Kepler Communications：打ち上げ機数が多く事業を継続している
 - Fleet Space：打ち上げと事業を継続している
 - Guodian Gaoke (天啓)：打ち上げと事業を継続している中国の IoT 衛星ネットワークであることから調査
 - Iridium NEXT：長期にわたって事業を展開している
 - Orbcomm：長期にわたって事業を展開している
 - Astrocast：打ち上げを継続するとともに Hiber を買収したため⁸²¹調査。
 - Myriota：プロトタイプ of the example として調査

図表 151 IoT 衛星の種類



出所：https://www.newspace.im/assets/fig/Newspace_constellations2_iotm2m_2022-01-01.svg

⁸²⁰ <https://www.newspace.im/>

⁸²¹ <https://www.astrocast.com/news/astrocast-acquires-hiber-accelerates-oem-strategy/>

- 各衛星コンステレーションの概要を以下に示す。

図表 152 主な IoT 衛星

#	衛星 コンステレーション	企業名 (国)	衛星・サービス等概要
1	SpaceBEE ⁸²²	Swarm Technologies ⁸²³ (米国) 2021年8月Space Xが 買収 ⁸²⁴	<ul style="list-style-type: none"> 2018年1月より打ち上げを開始、既に150機以上を打ち上げ 0.25U (11×11×2.8 cm)、1U 軌道：高度 約450～550km、太陽同期軌道面に配置 打ち上げロケット：Falcon9、Astro Rocket 等 寿命：6か月～2年 衛星、ユーザモデムなどのハードウェア・ソフトウェアを全て自社で開発 低コストIoT通信を目指す 衛星イメージ：図表 153
2	Kepler (GEN1 等)	Kepler Communications ⁸²⁵ (カナダ)	<ul style="list-style-type: none"> 2018年の初期タイプの打ち上げから現在まで約20機を打ち上げ 2020～2022年に16機のGEN1 (6U XL) を打ち上げ 大きさ：10×22×36cm (stowed) 軌道：高度575km 周波数帯：DL 10.7～12.7GHz、 UL 14.0～14.5GHz ペイロードは自社で開発したreconfigurable KuバンドSDR (ストアアンドフォワード又はベントパイプ) 衛星間通信リンク 衛星イメージ (Kepler 4)：図表 154
3	Alpha Centauri (Path Finder) Proxima (Path Finder)	Fleet Space ⁸²⁶ (オーストラリア)	<ul style="list-style-type: none"> 140機のコンステレーションを計画。2018年以降実証衛星7機を打ち上げ。2022年以降Alphaを打ち上げ 3Dプリントによるオールメタルパッチアンテナ (図表 155) 衛星大きさ：6U

⁸²² https://space.skyrocket.de/doc_sdat/spacebee.htm、等

⁸²³ <https://swarm.space/>

⁸²⁴ <https://www.space.com/spacex-to-acquire-swarm-technologies-starlink-satellites>

⁸²⁵ <https://kepler.space/>

⁸²⁶ <https://fleetspace.com/>

			<ul style="list-style-type: none"> 重量：<10 kg (Centauri) 軌道：542km×558 km 45.00° (#3) 521km× 536 km 97.51° (#4) Centauri 5は2022年5月25日Falcon9により打ち上げ⁸²⁷
4	Tianqi (天啓)	Guodian Gaoke ⁸²⁸ (中国)	<ul style="list-style-type: none"> 2018年10月29日に01号を打ち上げ2022年2月までに19機を打ち上げ 打ち上げロケットは主に長征 38機のコンステレーション構築を目指す 大きさ：6U (図表 156) 観測間隔：1.5時間 利用目的：海洋、環境保護、気象、林業、地質学、緊急対応、救助、スマートシティ産業分野などにおける地上ネットワークカバレッジ外でのデータ伝送
5	Iridium NEXT ⁸²⁹	Iridium Communications Inc. ⁸³⁰ (米国)	<ul style="list-style-type: none"> 2021年11月、車両、船舶、航空機向けに、最大88KbpsのIPデータと高品質のデュアル音声回線機能を備えたIridium Certus 100を発表⁸³¹。リモートモニタリング、リアルタイム資産管理などのIoTが含まれる。Iridium Certus® 100を発表。 6軌道に11機の衛星を配置。 軌道：高度780km、軌道傾斜角86.4° 衛星大きさ：3.1×2.4×1.5m 打上げ重量：～860kg 発生電力：2kW 寿命：設計寿命10年、運用寿命15年 フィーダリンク：20/30GHz (Two steerable) 衛星間通信：23GHz crosslinks
6	Orbcomm OG2	Orbcomm ⁸³² (米国)	<ul style="list-style-type: none"> 1990年初頭からサービスを開始しており、現在は16機のOrbcomm Generation 2 (OG2)を利用⁸³³ 衛星重量：172kg 軌道：高度750km、軌道傾斜角47° (typical) 寿命：5年以上⁸³⁴

⁸²⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/centauri-3.htm

⁸²⁸ <https://dongfanghour.com/guodian-gaoke-chinas-first-constellations-to-take-shape/>

⁸²⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/i/iridium-next>

⁸³⁰ <https://www.iridium.com/>

⁸³¹ <https://www.iridium.com/services/iridium-certus-100/>

⁸³² <https://www.orbcomm.co.jp/>

⁸³³ <https://www.orbcomm.co.jp/info/satellite.html>

⁸³⁴ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/orbcomm-2.htm

			<ul style="list-style-type: none"> ・ Orbcomm 受信機と AIS 受信機を搭載 ・ 物流、コールドチェーン、重機、海事、エネルギー、緊急時の連絡などの各産業に、単独でトータルな通信ソリューションを提供
7	Astrocast 0.1、0.2 ⁸³⁵	Astrocast SA ⁸³⁶ (スイス)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2018 年以降 Astrocast 0.1 (Kiwi)と 0.2 (Hawaii)を打ち上げ ・ 衛星大きさ：3 U ・ 衛星重量：5 kg以下 ・ 軌道：高度 574×590 km、軌道傾斜角 97.77° (#0.1) 494 km × 510 km 軌道傾斜角 97.5° (#0.2) 太陽同期軌道および equatorial 軌道 ・ 寿命：3～5 年 ・ Lバンド利用 ・ 2022 年 5 月 30 日オランダを拠点とする IoT-as-a-Service プロバイダーである Hiber を買収する契約に署名。Hiber は遠隔地の資産を監視、追跡できる衛星接続デバイスを介して、産業分野のユーザにソリューションを提供 ・ IoT チップセット：低消費電力 L-band チップセット ・ フルコンステレーションで 15 分以内の低を目指す
		Myriota ⁸³⁷ (オーストラリア)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 50 機の LEO コンステレーションを目指し exactEarth より 4 機の衛星を軌道上で購入。第一世代としてオーストラリアやニュージーランドで環境モニタリング、農業、鉱業などにサービス提供。 ・ 2019 年、Tyvak Nano-Satellite Systems, Inc. と第 2 世代の 3U CubeSat 3 機の契約を締結し、2021 年 3 月に 1 機のみ打上げ⁸³⁸(図表 157) ・ 2021 年、Spire と提携⁸³⁹ 2022 年、Spire Space Services が提供する Spire 衛星搭載された SDR によりサービスエリアを各拡張⁸⁴⁰

⁸³⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/astrocast>

⁸³⁶ <https://www.astrocast.com/>

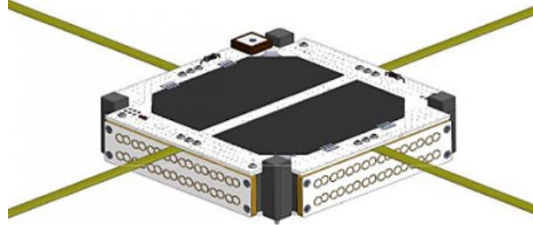
⁸³⁷ <https://myriota.com/>

⁸³⁸ <https://myriota.com/2021/03/23/myriota-launches-commercial-service-in-the-united-states-and-canada-with-second-generation-nanosatellites/>

⁸³⁹ <https://myriota.com/2021/09/22/spire-global-and-myriota-partner-to-re-imagine-iot-connectivity/>

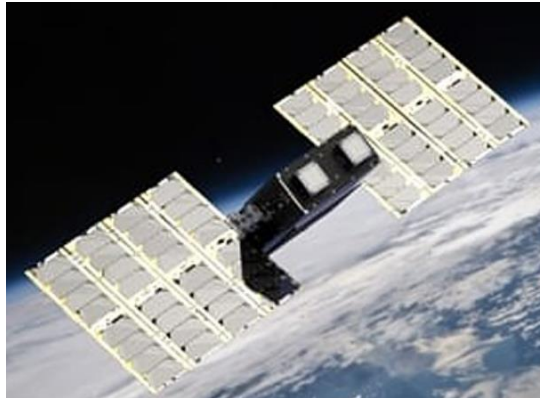
⁸⁴⁰ <https://myriota.com/2022/05/19/spire-global-to-launch-five-satellites-on-spacex-transporter-5-mission/>

図表 153 Swarm Technologies の衛星



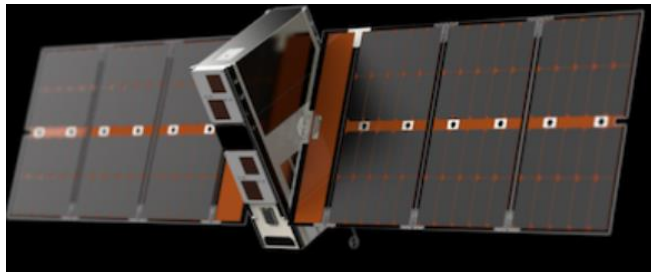
出所 : https://space.skyrocket.de/doc_sdat/spacebee-10.htm (Credit: Swarm Technologies)

図表 154 Kepler 衛星のイメージ (Kepler4)



出所 : https://space.skyrocket.de/doc_sdat/kepler-4.htm
(Credit: University of Toronto Institute for Aerospace Studies)

図表 155 Fleet Space の衛星イメージ (パッチアンテナ)



出所 : Fleet Space (<https://fleetspace.com/about>)

図表 156 Tianqi 11



出所 : https://space.skyrocket.de/doc_sdat/tianqi-10.htm (Credit : Guodian Gaoke)

図表 157 Myriota 衛星のイメージ



出所 : <https://myriota.com/2021/03/23/myriota-launches-commercial-service-in-the-united-states-and-canada-with-second-generation-nanosatellites/> (Credit:Myriota)

LL) 日本の民間環境観測衛星

- 日本の民間企業(ベンチャー企業)が開発あるいは運用している環境観測衛星は以下のとおり。
 - i. WNISAT-1R (株式会社ウェザーニューズ)⁸⁴¹
 - 2013年11月21日に打ち上げられ、2014年5月16日に運用が停止したWNISAT-1のリカバリー衛星
 - 船舶の安全運航に影響を及ぼす海氷の分布、台風、火山の噴煙などを観測
 - 株式会社アクセルスペースと共同開発
 - WNISAT-1ではダウンリンク回線として38.4kbpsのUHFしか確保できず、取得したデータ

⁸⁴¹ <https://jp.weathernews.com/innovation/>

を地上に降ろす点で大きな制約となっていた⁸⁴²。

図表 158 WNISAT-1R の諸元

項目	仕様
製造	株式会社アクセルスペース
衛星重量	43kg
大きさ	524×524×507mm (突起部含まず)
電力	55～59W (軌道平均)
ペイロード	<ul style="list-style-type: none"> ・ 光学カメ：計 6 台 ・ 可視光：3 台 (赤・緑・パンクロ) ・ 近赤外：1 台 ・ 予備：2 台 ・ GNSS-R 受信システム
観測性能	光学カメラ <ul style="list-style-type: none"> ・ 分解能：400m (近赤外/赤)、200m (緑/パンクロ) ・ 波長帯：パンクロ(450-650nm)、緑(535-607nm)、赤(620-680nm)、近赤外(695-1005nm) ・ 複数波長の解析により、海氷と海水面を判別 ・ ステレオ撮影によって、台風の雲頂高度や火山噴火時の噴煙高度を観測
設計寿命	5 年
軌道	高度：600km、太陽同期軌道
打ち上げ日時 (ロケット)	2017 年 07 月 14 日 (ソユーズ)

図表 159 WNISAT-1R の概観



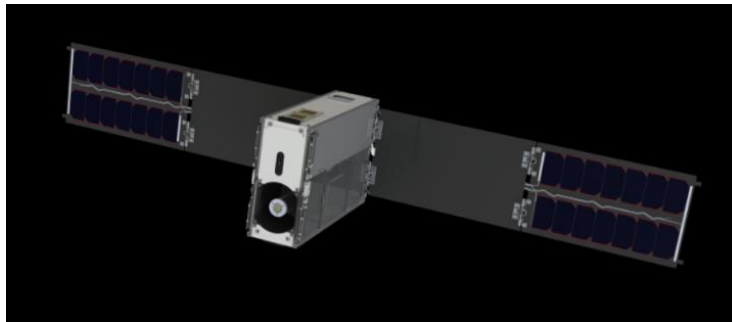
出所：株式会社ウェザーニューズ (<https://jp.weathernews.com/infrastructure/wnisat-1/>)

⁸⁴² 超小型衛星を用いた地球温暖化監視への挑戦 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicejl/51/5/51_460/_pdf)

ii. ArkEdge Space

- ArkEdge Space は、「宇宙機（超小型衛星）、地上局、関連部品の設計・製作及び運用サービスの提供、これらに関連するソフトウェア開発、教育・コンサルティング業務等」を主な事業とし、顧客のニーズ（要望）にあわせた衛星や地上局の設計・製造を行う Satellite as a Service 事業者である⁸⁴³。
- 顧客ニーズに対応する、例えば、IoT 通信、地球観測、海洋 VDES 衛星等のコンステレーションを同社が保有する 6 U 衛星プラットフォームにより構築することを計画している。

図表 160 ArkEdge Space の 6 U 衛星



⁸⁴³ <https://arkedgespace.com/>, https://arkedgespace.com/news/2022-03-29_series_a_additional