

文部科学省 御中

令和 5 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」
委託業務成果報告書

2024 年 3 月

株式会社デジタルプラス

本報告書は、文部科学省の令和5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5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	15
1.1 委託業務の題目	15
1.2 目的	15
1.3 タスク全体像	16
2. 実施タスク成果	17
2.1 令和 4 年度技術調査項目にかかる最新動向の調査分析	17
1) 本節における基本的な考え方	18
2) 衛星データ利活用に関する調査および観測センサに関する調査	19
A) 令和 5 年度における追加調査内容	19
B) 日本の強み・弱み	30
3) センサフュージョンに関する調査	30
A) 令和 5 年度における追加調査内容	30
B) 日本の強み・弱み	31
4) 新しい宇宙観測サービスに関する調査	32
A) 令和 5 年度における追加調査内容	32
5) 観測データの地上処理に関する調査	33
2.2 中型・大型観測衛星の調査分析	34
1) 本節における基本的な考え方	35
2) 調査対象衛星の抽出	36
A) 衛星抽出基準	36
B) 抽出結果	38
3) 代表的衛星のスペック調査	41
A) EU	42
B) ISRO	64
C) SASTIND	78
D) MNR (Chinese Ministry of Natural Resources)	82
E) China State Meteorological Administration	88
F) EUMETSAT	100
G) Roscosmos State Corporation	113
H) Maxar 社	120
I) NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration)	124
J) Roshydromet	129
K) JAXA	133
4) 中型・大型観測衛星の調査	142
A) 打上げ機数 (国)	142
B) 打上げ機数 (機関・企業)	144
C) 主なミッションと打上げ機数	146

D)	主なミッションと衛星軌道	148
E)	主なミッションと搭載センサ	150
F)	主なミッションと衛星所有者（官・民）	152
G)	調査結果の取りまとめ	154
5)	センサ種類の観点から見た中型・大型観測衛星の特徴	155
6)	物理量の観点から見た中型・大型観測衛星の特徴	157
7)	日本の強み・弱みの分析	161
A)	中型・大型衛星の特徴	161
B)	日本の強み・弱み	162
2.3	新たな観測センサ・観測技術に関する調査	163
1)	vLEO での搭載候補となる観測センサや衛星バス技術	165
A)	基本的な考え方	165
B)	衛星スペックの整理	166
C)	論文等における技術的課題	191
D)	vLEO における衛星運用に関する課題・特徴と対応	193
E)	ユースケースの想定	194
F)	日本の強み・弱みの分析	196
2)	オカルテーション	197
A)	基本的な考え方	197
B)	GNSS-RO 搭載（予定含む）衛星の概要	198
C)	GNSS-RO データの用途	226
D)	日本の強み・弱みの分析	229
2.4	SaaS	230
1)	本節における基本的な考え方	231
2)	SaaS の全体像	232
3)	SaTaaS	234
A)	ビジネスモデルとその利点・課題	234
B)	事例	236
4)	GSaaS	240
A)	ビジネスモデルとその利点・課題	240
B)	事例	241
5)	SDaaS	245
A)	ビジネスモデルとその利点・課題	245
B)	事例	246
6)	日本の強み・弱みの分析	250
A)	SaTaaS	250
B)	GSaaS	250
C)	SDaaS	251

7)	今後日本がとるべき戦略や取り組むべき研究開発計画の提言	251
A)	前提.....	251
B)	今後日本が取るべき戦略や取り組むべき研究開発計画	252
2.5	新たな衛星データ提供環境の分析	256
1)	運用要求.....	257
A)	海外ニーズ.....	257
B)	国内ニーズ.....	259
2)	地上分解能 1m 以上の全球観測を Near Real Time に行うために必要な衛星機能・機数等の推定.....	265
A)	基本的な考え方	265
B)	必要な衛星機能・機数等の推定.....	265
C)	ユースケースの想定	272
D)	日本の強み・弱みの分析.....	275
2.6	国外における官需の観測衛星プログラムの調査分析	276
1)	基本的な考え方	277
2)	制度・契約の詳細	280
A)	Earth Science Decadal Survey (米国)	280
B)	Earth Science Technology Office (ESTO) プログラム (米国)	281
C)	Earth Science Data Systems (ESDS) Program /Commercial Smallsat Data Acquisition (CSDA) Program (米国)	282
D)	NOAA Commercial Data Purchase (CDP) (米国)	283
E)	USGS Commercial Data Purchases (米国)	285
F)	NGA Enhanced View Program (米国)	285
G)	NGA G-EGD (米国)	286
H)	NGA Contract for RF mapping (米国)	286
I)	NGA Big Data Analysis Program (米国)	286
J)	NGA Boosting Innovative GEOINT Research Broad Agency Announcement (BIG-R BAA) (米国)	286
K)	NGA Luno Program (米国)	286
L)	NRO Electro-Optical Commercial Layer (EOCL) contracts (米国)	286
M)	NRO The BAA for commercial radar (米国)	287
N)	NRO Strategic Commercial Enhancements for RF monitoring (米国)	287
O)	中小企業・イノベーション支援 (SBIR/STTR) (米国)	288
P)	Innovation Corps (I-Corps) (米国)	288
Q)	Technology Transfer (T2) (米国)	289
R)	Entrepreneur's Challenge (米国)	290
S)	Space App Challenge (米国)	290
T)	Tech Leap PRIZE (米国)	290

U)	NSPIRES (米国)	290
V)	Incubed (欧州)	291
W)	EU Copernicus Contributing Mission (CCM) (欧州)	292
X)	ESA Third Party Mission (欧州)	294
Y)	ESA Business Incubation Centers (ESA BICs) (欧州)	295
Z)	EU Executive Agency for SMEs (欧州)	295
AA)	Future EO mission (欧州)	295
BB)	CASSINI Space Entrepreneurship Initiative (欧州)	296
CC)	カタパルト (英国)	297
DD)	National Space Innovation Programme (NSIP) (英国)	298
EE)	Space-Enabled and Geospatial Services (英国)	299
FF)	Space Cluster Funding (英国)	299
GG)	Space for Smarter Government Programme (SSGP) (英国)	300
HH)	Seraphim Space Investment Trust (英国)	300
II)	Centre for Earth Observation Instrumentation (CEOI) Call (英国)	300
JJ)	Framework Partnership Agreement for Copernicus User Uptake (SPACUU)	
	(ドイツ)	300
KK)	DLR Startup Factory (ドイツ)	301
LL)	Connect by CNES (フランス)	301
MM)	Space Technology Development Program (STDP) (カナダ)	301
NN)	smartEarth (カナダ)	301
OO)	IN-SPACe Seed Fund Scheme (インド)	302
3)	支援プログラムの傾向とまとめ	303
A)	支援の手段についての各国の傾向	306
B)	対象ステージの傾向について	308
C)	予算規模	310
4)	政府の役割に関する考察	311
2.7	10~20年後の日本の地理的及び環境的なリスクの低減に資する技術	313
1)	大型衛星と小型衛星の連携	314
A)	基本的な考え方	314
B)	調査対象衛星群の整理	314
C)	調査結果	316
D)	衛星開発の傾向	339
E)	官民連携ミッションにおける官の役割	341
2)	検知アルゴリズム	342
A)	基本的な考え方	342
B)	Sentinel-2 画像による車体検知	343
C)	Sentinel-2 画像による海洋プラスチック検知	345

D)	まとめ	346
3)	GNSS-R・熱赤外線観測などの他のセンサ最新技術	347
A)	基本的な考え方	347
B)	GNSS-Rの動向	348
C)	まとめ	353
2.8	定常調査・動向分析	354
1)	IGARSS	354
2)	WBSW (World Business Satellite Week)	355
3)	AGU2023	356
2.9	適時調査・事実確認	360
1)	編隊飛行の技術開発動向 (2024年1月26日)	360
2.10	研究開発に関する戦略のとりまとめ	364
1)	日本の強み・弱み及び研究開発の方向性のとりまとめ	364
2)	戦略マップ	366
3)	アクションプランの基本的な考え方	369
4)	アクションプランとレコメンデーション	370
3.	調査結果のとりまとめ	371

図表目次

図表 1	令和 4 年度および令和 5 年度本調査検討の基本的な考え方.....	15
図表 2	タスクの全体像.....	16
図表 3	R4 年度の調査項目と本報告書における記載箇所.....	18
図表 4	Copernicus Contributing Mission にて追加された衛星.....	19
図表 5	CYGNSS と NGRx との比較.....	20
図表 6	Mu-Sat1 (重さ 70kg).....	21
図表 7	プロトタイプ Arthur-1 の全景.....	22
図表 8	2021 年に打ち上げた W-Cube Satellite.....	23
図表 9	ISS から撮影された Constellr 社熱赤外線センサの最初の画像.....	24
図表 10	Orora Tech の衛星のスペックと 2026 年までの打ち上げ計画.....	25
図表 11	Orora Tech の Solution による森林火災の様子.....	26
図表 12	Aistech Space 社の衛星.....	27
図表 13	Satlantis 社の End to End Solution.....	28
図表 14	GEI-SAT のスペックと外観.....	28
図表 15	Absolut Sensing の衛星の構成.....	29
図表 16	5 つの段階でのデータフュージョン.....	30
図表 17	フュージョンの結果.....	31
図表 18	IGARSS におけるデータフュージョンに関する発表数.....	31
図表 19	Blacksky と Spire による海上追跡サービス.....	32
図表 20	中・大型衛星と小型衛星のメリット・デメリット.....	35
図表 21	調査対象とする地球観測衛星の主なミッション.....	37
図表 22	対象衛星一覧表 (その 1).....	38
図表 23	対象衛星一覧表 (その 2).....	39
図表 24	対象衛星一覧表 (その 3).....	40
図表 25	衛星打上げ機数上位機関・企業 (中型・大型衛星).....	41
図表 26	Sentinal 1A~1D 概要.....	42
図表 27	Sentinal 2A~2D 概要.....	44
図表 28	Sentinal 3A~3D 概要.....	45
図表 29	Sentinel-4 概要.....	46
図表 30	Sentinel-5P (Precursor) 概要.....	47
図表 31	Sentinel-5 概要.....	48
図表 32	Sentinel-6 概要.....	49
図表 33	Copernicus Sentinel Expansion mission 概要.....	51
図表 34	CHIME 概要.....	52
図表 35	Phi-week2021 における CHIME 報告.....	54
図表 36	CIMR 概要.....	55
図表 37	CO2M 概要.....	57

図表 38	CRISTAL 概要	58
図表 39	LSTM 概要	60
図表 40	ROSE-L 概要	62
図表 41	CARTOSAT-2 シリーズ概要	64
図表 42	CARTOSAT-3 概要	65
図表 43	Resourcesat 1、2、2A 概要	66
図表 44	Resourcesat 3、3A、3B 概要	67
図表 45	Resourcesat 3S、3SA 概要	68
図表 46	EOS-01 概要	69
図表 47	EOS-03,05 概要	70
図表 48	EOS-04 概要	72
図表 49	EOS-06 概要	73
図表 50	INSAT-3DR,3DS 概要	75
図表 51	NISAR 概要	77
図表 52	Gaofen 概要	78
図表 53	ZI YUAN 1-2D,E 概要	82
図表 54	ZI YUAN 3-02,03 概要	84
図表 55	HAI YANG 2 シリーズ概要	85
図表 56	HAI YANG 3 シリーズ概要	87
図表 57	Feng Yun-2 概要	88
図表 58	Feng Yun-3 概要	89
図表 59	Feng Yun-4 概要	97
図表 60	Metop-C 概要	100
図表 61	Metop-SGA シリーズ概要	103
図表 62	Metop-SGB シリーズ概要	108
図表 63	MTG-I シリーズ概要	110
図表 64	MTG-S シリーズ概要	112
図表 65	METEOR-M 2,M2 1-4 概要	113
図表 66	OBZOR O-1,2,3,4 概要	116
図表 67	OBZOR R-1,2,3,4 概要	117
図表 68	RESURS-P シリーズ概要	118
図表 69	World View-3 概要	120
図表 70	World View Legion 概要	122
図表 71	GOES-16,17,18,U 概要	124
図表 72	JPSS 概要	126
図表 73	Arktika-M シリーズ概要	129
図表 74	Elektro-L シリーズ概要	131
図表 75	ALOS-2 の概要	133

図表 76	ALOS-4 の概要	135
図表 77	GOSAT-2 の概要	136
図表 78	GOSAT-GW の概要	137
図表 79	日本政府の投資促進支援パッケージ	139
図表 80	GHG センターの 3 つの研究分野	140
図表 81	CAMS での各国の CO2 排出量データ	141
図表 82	Kayross Methane Watch	141
図表 83	衛星打上げ機数上位国（中型・大型衛星）	143
図表 84	衛星打上げ機数上位国（小型衛星）	143
図表 85	衛星打上げ機数上位機関・企業（中型・大型衛星）（再掲）	145
図表 86	衛星打上げ機数上位機関・企業（小型衛星）	145
図表 87	主なミッション別の衛星打上げ数（中型・大型衛星）	147
図表 88	主なミッション別の衛星打上げ数（小型衛星）	147
図表 89	主なミッション別の衛星軌道（中型・大型衛星）	149
図表 90	主なミッション別の衛星軌道（小型衛星）	149
図表 91	主なミッションと搭載センサ（中型・大型衛星）	151
図表 92	主なミッションと搭載センサ（小型衛星）	151
図表 93	主なミッションと衛星所有者（官・民）（中型・大型衛星）	153
図表 94	主なミッションと衛星所有者（官・民）（小型衛星）	153
図表 95	調査結果取りまとめ	154
図表 96	日本保有の中型・大型衛星に強みがあるセンサ	156
図表 97	日本保有の中型・大型衛星に強みがある物理量（その 1）	158
図表 98	日本保有の中型・大型衛星に強みがある物理量（その 2）	159
図表 99	日本保有の中型・大型衛星に強みがある物理量（その 3）	160
図表 100	調査対象衛星	166
図表 101	調査結果概要	168
図表 102	Albedo の計画する衛星	169
図表 103	Albedo の計画する衛星イメージ	171
図表 104	空間分解能 10cm の画像イメージ	171
図表 105	Stingray	172
図表 106	Stingray イメージ図	174
図表 108	Agile microsat	175
図表 109	AMS	176
図表 110	Skeyeon NEO	177
図表 111	The Skeyeon Near Earth Orbit イメージ図	178
図表 112	Disksat	179
図表 113	Disksat イメージ図	180
図表 114	Skimsat	181

図表 115	Skimsat イメージ	182
図表 116	GOCE.....	184
図表 117	GOCE イメージ	185
図表 118	SLATS.....	186
図表 119	SLATS イメージ	187
図表 120	Axelspace 社との光学リモートセンシング事業.....	187
図表 122	Axelspace 社との光学リモートセンシング事業.....	188
図表 123	SOAR.....	189
図表 124	SOAR イメージ.....	190
図表 125	1 st International Symposium on vLEO Missions and Technologies における課題・対応策等.....	192
図表 126	vLEO における衛星運用に関する課題・特徴及び対応	193
図表 127	民間光学（可視光）コンステレーションのユースケースとの関係イメージ	195
図表 132	GNSS-RO の原理（イメージ）	197
図表 133	代表的な GNSS-RO の衛星概要.....	198
図表 134	代表的な GNSS-RO センサ搭載衛星のスペック	200
図表 135	ESA MetOp-SG 概要	201
図表 136	MetOp-SG イメージ図.....	203
図表 137	Roscosmos Meteor-MP 概要.....	204
図表 138	CASIC 社 Tianmu-1 概要	206
図表 139	Geooptics 社 CICERO 概要	207
図表 140	CICERO イメージ図.....	208
図表 141	Geooptics 社 CICERO-2 概要.....	209
図表 143	CMA FY-3 シリーズ概要.....	210
図表 144	FY-3D イメージ図.....	212
図表 145	Sentinel-6 概要	213
図表 146	Sentinel-6 イメージ図	214
図表 147	PlanetIQ 社 GNOMES 概要.....	215
図表 148	GNOMES-1 イメージ図	216
図表 149	NASA GRACE-FO 概要	217
図表 150	GRACE-FO イメージ図.....	218
図表 151	CDTI SEOSAR/Paz 概要.....	219
図表 152	SEOSAR/Paz イメージ図.....	220
図表 153	Spire Global 社 Lemur 概要.....	222
図表 154	Lemur イメージ図	223
図表 155	KARI KOMPSAT-5 概要.....	224
図表 156	KOMPSAT-5 イメージ図.....	225
図表 157	観測から気象情報までの流れ	226

図表 158	特定時刻前後 3 時間の GNSS-RO データの水平分布	227
図表 159	各種観測データの観測対象高度の分布	227
図表 160	一貫性スコアカードで示す GNSS-RO データの同化結果	228
図表 163	SaaS のサービス範囲およびトレンド	232
図表 164	SaaS の成長要因と障害	233
図表 165	Spire のソフトウェア定義衛星によるサービス概要	236
図表 166	Loft Orbital サービス概要	237
図表 167	WarpHub InterSat イメージ	238
図表 168	Viasat-3 イメージ	239
図表 169	KSAT の地上局ネットワーク	241
図表 170	Stellar Station のサービス概要	242
図表 171	AWS Ground Station のアーキテクチャ	243
図表 172	Azure Orbital のアーキテクチャ	244
図表 173	Orbital Insight 石油貯蔵量推定のソリューションイメージ	246
図表 174	高頻度オイル漏れ検知サービスのイメージ	247
図表 175	Copernicus Contributing Mission にて 2023 年 9 月に契約した企業	248
図表 176	Tellus プラットフォームの概要	249
図表 177	SaaS における我が国の強み・弱み	250
図表 178	米国におけるインテリジェンス機関からの資金提供	251
図表 179	各国の大規模地滑り発生数	253
図表 180	各地上局事業者のネットワーク	254
図表 181	NRT のニーズがある領域	257
図表 182	観測対象ごとの NRT ニーズ	258
図表 183	市場領域毎の NRT ニーズ	258
図表 184	地上分解能 1m 未満の光学衛星コンステレーション	266
図表 185	地上分解能 1m 未満の SAR 衛星コンステレーション	267
図表 186	簡易計算式概要	268
図表 187	簡易計算結果（光学衛星）	269
図表 188	簡易計算結果（SAR 衛星）	270
図表 189	各シナリオにおける要素の値	271
図表 190	各シナリオにおける感度分析結果（トルネードチャート）	271
図表 191	機数・分解能の観点から想定されるユースケース【光学衛星】	272
図表 192	機数・分解能の観点から想定されるユースケース【SAR 衛星】	273
図表 193	パラメトリック保険での活用を検討する 4 種類の衛星	274
図表 194	今回調査した制度・スキーム	277
図表 195	Decadal Survey2017 における商業サービス活用の考え方	280
図表 196	ESDS / CSDA Program の概要	282
図表 197	NOAA Commercial Data Purchase (CDP) の概要	283

図表 198	USGS Commercial Data Purchases の概要	285
図表 199	NGA Enhanced View Program の概要.....	285
図表 200	SBIR/STTR.....	288
図表 201	Technology Transfer(T2)の概要.....	289
図表 202	各 Cycle における活動内容と目標.....	291
図表 203	InCubed プログラムにおける支援額の上限値.....	291
図表 204	Copernicus Contributing Mission の概要.....	292
図表 205	CCM で利用されている衛星群.....	293
図表 206	ESA Third Party Mission 概要.....	294
図表 207	Third Party Mission の衛星群.....	294
図表 208	衛星アプリケーションカタパルトのロジックモデル.....	298
図表 209	Space Cluster の成長イメージ.....	299
図表 210	欧米の主な支援策とその予算.....	304
図表 211	日本の支援策.....	305
図表 212	欧州の宇宙ベンチャーへの資金供給源の推移.....	307
図表 213	2018 年時点での欧州の宇宙産業支援策の対象段階・資金提供法と支援額.....	308
図表 214	欧州の地球観測サービス産業の企業規模（左図：労働者数、右図：売り上げ(€m)）	309
図表 215	大型衛星と小型衛星との連携事例.....	315
図表 216	CESTEM(CubeSat Enabled Spatio-Temporal Enhancement Method).....	317
図表 217	CESTEM イメージ.....	318
図表 218	Sentinel-2 と FLOCK.....	320
図表 219	Sentinel-2 と FLOCK のスペクトル応答比較(青、緑、赤、赤外線).....	321
図表 220	Sentinel-2 と FLOCK のデータフュージョンワークフロー.....	321
図表 221	MSCM(Multispectral Companion Mission).....	323
図表 222	Sentinel-2 衛星データを利用するにあたっての課題.....	324
図表 223	ESA Sentinel-3 と FLEX.....	326
図表 224	FLEX(Earth Explorer 8)と Sentinel-3 のセンサ波長帯比較.....	327
図表 225	FLEX(Earth Explorer 8) 衛星と Sentinel-3 との協調イメージ.....	327
図表 226	CHORUS.....	328
図表 227	AOS.....	329
図表 228	AOS イメージ.....	330
図表 229	Sentinel-5(MetOp-SG)と Tango.....	332
図表 230	Tango 運用シナリオイメージ.....	332
図表 231	MANTIS (Mission and Agile Nanosatellite for Terrestrial Imagery Services).....	334
図表 232	MANTIS 全体インフラ.....	334
図表 233	AWS(Arctic Weather Satellite).....	336
図表 234	AWS 衛星コンステレーションイメージ.....	336
図表 235	ESA Harmony.....	337

図表 236	Harmony と Sentinel-1 の連携イメージ	338
図表 237	官民連携型ミッション一覧	339
図表 238	画像処理プロセス	340
図表 239	画像製品概要	340
図表 240	Sentinel-2 画像からのトラック検出事例	342
図表 241	Sentinel-2 画像からのトラック検出の流れ	343
図表 242	Sentinel-2 画像からのトラック検出事例	344
図表 243	MARIDA 内のピクセルの分布	345
図表 244	MARIDA を用いた分析の実験結果	345
図表 245	GNSS-R の概念図	347
図表 246	GNSS-R による土壌水分量のアウトプット例	348
図表 247	GNSS-R による植生下内水観測のアウトプット例	349
図表 248	GNSS-R による藻類観測のアウトプット例とデータ比較例	349
図表 249	NGRx による海洋・都市・農作物の反射率ヒストグラム	350
図表 250	SPIRE 社による GNSS-R コンステレーション	351
図表 251	WNISAT-1R による DDM	352
図表 252	IGARSS におけるデータフュージョンに関する発表数（再掲）	354
図表 253	「ナノサット」によるフォーメーションフライトのイメージ	360
図表 254	「MAGNARO」の分離時の様子	361
図表 255	「MAGNARO」の結合時の様子	361
図表 256	「Starling」ミッションの実証イメージ	362
図表 257	2機の小型人工衛星で太陽コロナを観測する「PROBA-3」の想像図	363
図表 258	日本の強み・弱みと研究開発の方向性	365
図表 259	戦略マップ	368
図表 260	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	369
図表 261	アクションプランに関するレコメンデーション	370

1. 本検討の目的と全体像

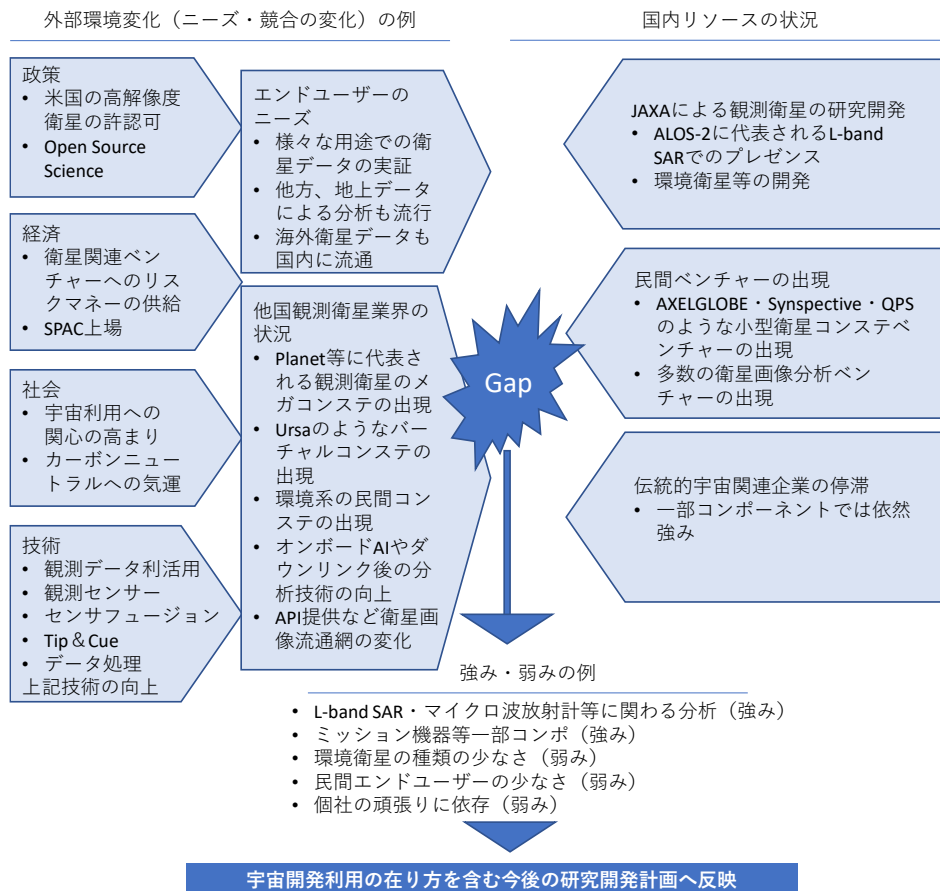
1.1 委託業務の題目

- 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。安全保障面でも近年取組が活発化しており、イノベーションが盛んな分野となっている。その範囲は衛星製造や打ち上げなどのアップストリームの領域から得られた観測データを分析・加工し流通させるダウンストリームの領域まで様々である。
- 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、この地球観測衛星に関わる産業の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今後の観測衛星の研究開発計画を検討する必要がある。
- 令和4年度の検討では、衛星スペックやデータフュージョンなどアップストリームからダウンストリームまでの動向を包括的に調査し、エンドユーザのニーズとシーズ・他国の動きからわが国の技術・企業の本産業の振興に貢献しうる領域の特定や、今後の研究開発戦略のあり方などを議論している。令和5年度の検討では、今後の研究開発計画策定に資するデータ・情報をさらに収集し示唆を得ることで、ブラッシュアップを図っていく。

図表 1 令和4年度および令和5年度本調査検討の基本的な考え方



1.3 タスク全体像

- 主なタスクの全体像は下図表のとおりである。
- 調査手法は、当社過去知見の棚卸を行うと共に、デスクトップ調査・海外市場レポート購入・Seradata、OSCAR や Crunchbase 等のデータベース分析・国際会議出席・インタビュー・メール照会などを行った。新たな衛星データ提供環境の調査分析の「地上分解能 1m 以上の全球観測を Near Real Time に行うために必要な衛星機能・機数」においては、シミュレーションと感度分析を実施した。

図表 2 タスクの全体像

タスク分類	タスク内容・論点	手法
令和4年度技術調査項目にかかる最新動向の調査分析	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星・センサースペックの最新動向/データフュージョン・Tip&Cue・AI処理に関する最新動向を把握 • 改めてユーザーニーズと比較し、どのような強み・弱みがあるか 	<ul style="list-style-type: none"> • 当社の既存知見整理 • 令和4年度調査 • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 (新たな衛星データ提供環境の調査分析に関しては上記のものに加え) <ul style="list-style-type: none"> • 衛星機能・機数シミュレーションと感度分析
中型・大型観測衛星の調査分析	<ul style="list-style-type: none"> • 小型コンステが流行中、どのような目的・背景で中型・大型衛星が準備されているか • それらを踏まえた上で我が国の中型・大型衛星はどのような開発を行うべきか 	
新たな観測センサ・観測技術に関する調査分析	<ul style="list-style-type: none"> • VLEOやGNSS-R0が実現できている技術的背景はどのようなものか • それらを踏まえた上で我が国もこの領域の研究を実施するべきか 	
SaaSに関する調査分析	<ul style="list-style-type: none"> • 地球観測技術を用いたサービスにはどのような種類があり、それぞれどのような付加価値を提供しているか • それらを踏まえた上で我が国はどの領域の研究を実施するべきか 	
新たな衛星データ提供環境の調査分析	<ul style="list-style-type: none"> • ニリアルタイム情報の活用用途およびそれらを実現する衛星コンステレーションのための伝送システムはどのようなものか • それらを踏まえた上で我が国はどの領域の研究を実施するべきか 	
国外における官需の観測衛星プログラムの調査分析	<ul style="list-style-type: none"> • 官需の観測衛星のためのセンサー高度化のためにどのような取り組みがなされているか? • それらを踏まえた上で我が国はどのような取り組みを実施すべきか 	
日本の地理的及び環境的なリスクの低減に資する技術の調査	<ul style="list-style-type: none"> • 時間分解能向上や低レイテンシーを実現するための衛星間連携とはどのようなものか? • 安全保障用途の検知アルゴリズム/GNSS-R/熱赤外線衛星/ハイパースペクトル衛星の最新動向はどのようなものか? 	
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"> • 国際会議でどのようなことが議論されているか • 国の委員会で焦点となっている事項に関し、如何に迅速に事実確認等するか 	
研究開発に関する戦略マップ(案)等 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 	<ul style="list-style-type: none"> • 事務局 ディスカッション

出所) DB 作成

2. 実施タスク成果

2.1 令和 4 年度技術調査項目にかかる最新動向の調査分析

サマリー

- 小型衛星コンステレーションとセンサ
 - ◇ 昨年度は、主にすでに実績のあるセンサや衛星コンステレーションを中心に網羅的に調査。これを踏まえ、本年度はまだ試験段階であるが将来重要なコンステレーションになりそうなものを中心に調査を実施。
 - ◇ その結果、センサとしては、次世代バイスタティックレーダーレーザー（NGRx）を搭載する Mu-Sat と Copernicus Contributing Mission に追加された 9 社に関し調査を実施し、その概要をとりまとめた。
 - ◇ 傾向としては、いずれもバス部はキューブサットを始めとする標準化されたプラットフォームを利用しており、ペイロード部が開発されればすぐに量産化が可能な体制となっていたことが挙げられる。また、オンボード AI を搭載している衛星コンステレーションが多かった。このような状況であるため、差別化ポイントはペイロード部のセンサとなり、各社の違いは主にセンサ部となっている。
 - ◇ わが国でも衛星の標準プラットフォームを用いた量産化を謳う企業はいくつかあるが、AerospaceLab のような年間 500 機の製造容量といった工場は存在しない。去年抽出されたダウンストリームサイドの分析能力に加え、小型衛星の製造能力についてもキャッチアップを行っていく必要がある。

- データフュージョン・AI
 - ◇ IGARSS2023 の発表件数をみるに我が国のプレゼンスは高くなく、引き続きキャッチアップを図っていく分野といえる。
 - ◇ 昨年度整理した通り、光学×SAR、ハイパースペクトル×マルチスペクトルなどの組み合わせによるトライアルが IGARSS2023 では発表されていた。
 - ◇ データフュージョンの課題として、どの処理段階におけるデータをフュージョンさせるべきか、という論点があったが、その実証結果をみるに未だ結論には至れないものと考えられる。
 - ◇ データフュージョン・AI 系に総じていえることは、どの研究もデータを組み合わせ、トライアルをし、Average Accuracy (AA) や Area Under the Curve (AUC) といった指標値で改善がみえた、という流れであり、その因果関係までを解明することが困難なことである。そのため、どのような組み合わせが今後支配的になるかといった導出にはまだ時間がかかるものと推察される。

1) 本節における基本的な考え方

- 本節では、令和4年度に実施した調査項目について引き続き調査し最新動向を確認した。令和4年度の調査項目と、本報告書における記載箇所の対応表を図表3に示す。
- 令和4年度の調査項目の内、本年度動向が確認された「観測データ利活用に関する調査」、「観測センサに関する調査」、「センサフュージョンに関する調査」について、日本の強み・弱みも整理した。
- なお、観測データ利活用に関する調査の内、オンボード処理に関しては、JAXAが開発したSAR衛星用のオンボード画像化装置をiQPS社の衛星に搭載してダウンリンクにかかる時間を短縮した事例があるが、そちらについては2.5 2)にて触れている。

図表 3 R4年度の調査項目と本報告書における記載箇所

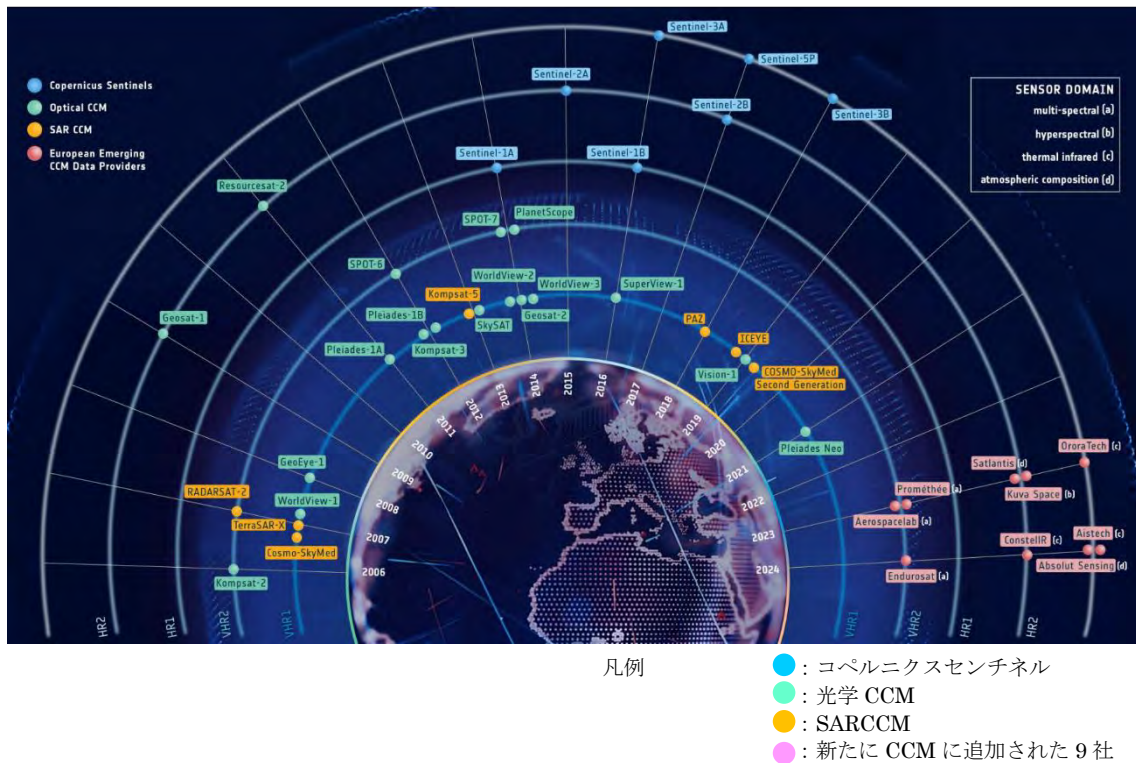
R4年度の調査項目			本報告書 における 記載箇所
章	調査内容	該当頁	
2.1	観測データ利活用に関する調査	P4～p280	2.1 2)
2.2	観測センサに関する調査	P281～p312	2.1 2)
2.3	センサフュージョンに関する調査	P313～p331	2.1 3)
2.4	新しい宇宙観測サービスに関する調査	P332～p346	2.1 4)
2.5	観測データの地上処理に関する調査	P347～p359	2.1 5)

2) 衛星データ利活用に関する調査および観測センサに関する調査

A) 令和 5 年度における追加調査内容

- 衛星データ利活用に関する調査および観測センサに関する調査の観点からは、今年度に打上げや契約等の重要な動向が見られた次世代バイスタティックレーダーレーザー (NGRx) を搭載する Mu-Sat と、Copernicus Contributing Mission に追加された 9 社 (Aerospacelab、EnduroSat、Kuva Space、Constellr、OroraTech、Aistech、Satlantis、Prométhée、Absolut Sensing) に関し調査を実施し、その概要をとりまとめた。

図表 4 Copernicus Contributing Mission にて追加された衛星



i. Muon Space (Next Generation Bistatic Radar Receiver)

- NASA の ESTO (Earth Science Technology Office) が資金支援していた次世代バイスタティックレーダーレシーバー (NGRx) を搭載した衛星が 2023 年 6 月に打ち上げられた。同センサは、co-polar and cross-polar scattering signals の双方向を受信できる、初のセンサとされており、GNSS-R の上位版と考えることができる。
- その他の仕様やユースケースについて、CYGNSS に搭載の GNSS-R と比較した結果を図表 5 に示す。センサの質向上のみならず、観測できる対象も増加していることがうかがえる。具体的には、L-band で取得できる植生下の土壌水分量などが取得できるため、気候変動分野での活用が期待されている。
- シリーズ A にあり、総資金調達額 USD35m の Muon Space 社 (米国カリフォルニア) により、同衛星は設計されている。同社は、30 機での同衛星コンステレーションを計画している。
- 2023 年 6 月に NGRx を積んだ MuSat1 が SpaceX の Transporter-8 で打ち上げられた。2024 年 2 月には第一世代のマイクロ波機器を搭載した衛星 MuSat-2 を、2024 年 10 月にはマイクロ波とマルチスペクトル赤外線センサを搭載して衛星の打上げを予定している。¹なお、同社は 2022 年 10 月に MuSat-2 で宇宙天気情報を米軍に提供する契約を 280 万 \$ で結んだとのことである。²また、2023 年 12 月には、NRO の戦略的商業強化プログラムにも選定されている。³

図表 5 CYGNSS と NGRx との比較⁴

CYGNSS	IIP Next Gen GNSS-R Receiver
<ul style="list-style-type: none"> • Engineering Design <ul style="list-style-type: none"> – GPS L1 scattered signals – 4 simultaneous receive channels – Co-pol antenna • Science data products <ul style="list-style-type: none"> – 15 km resolution – 7 hr mean revisit (8 s/c constellation) – Co-pol scattering cross section – O(100 cm) sea surface height uncert. • Enabling science applications <ul style="list-style-type: none"> – Ocean surface wind speed – Land surface soil moisture 	<ul style="list-style-type: none"> • Engineering Design <ul style="list-style-type: none"> – GPS L1&L5, Galileo E1&E5 – 20 simultaneous receive channels – Co- and X-pol antenna • Science data products <ul style="list-style-type: none"> – 5 km resolution – 2 hr mean revisit (8 s/c constellation) – Co- and X-pol scattering cross section – O(10 cm) sea surface height uncert. • Enabling science applications <ul style="list-style-type: none"> – Ocean surface wind speed (w/ improved temporal/spatial res) – Land surface soil moisture (w/ improved temporal/spatial res and improved vegetation discrimination) – Sea level height/tsunami detection – Sea ice draft/sea ice mass

¹ <https://spacenews.com/muon-celebrates-launch-of-first-satellite-in-climate-constellation/>

² <https://spacenews.com/muon-space-tapped-by-air-force-for-cloud-characterization-from-space/>

³ <https://spacenews.com/nro-signs-agreements-with-five-commercial-suppliers-of-electro-optical-imagery/>

⁴ https://esto.nasa.gov/forums/ESTF2018/presentations/Ruf_ESTF2018_A8P3.pdf

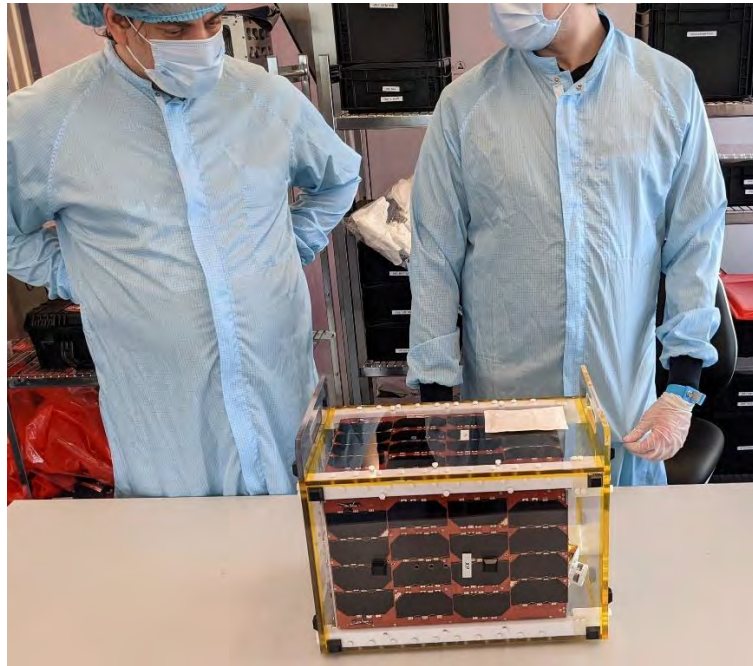
図表 6 Mu-Sat1 (重さ 70kg)



ii. AerospaceLab

- 2018年に設立されたベルギーに本社を置く衛星製造スタートアップである。小型衛星を製造するためのプラットフォームを有しており、人数はすでに140名超となっている。同社の製造プラットフォームは、観測衛星も通信衛星も対応しており、2021年および2023年に1基ずつ打ち上げに成功している。なお、同社の衛星製造工場は年間500機の小型衛星の製造が可能とのことである⁵。
- 2019年にシリーズA、2022年にシリーズBの資金調達をしており、Crunchbaseによれば、総資金調達額は51million Euroとなっている。出資者にはAirbus Venturesも含まれている。
- 観測衛星に関しては、Very High Resolution (VHR) と Multispectral Companion Mission (MCM) の2つのコンステレーションを構築予定である。後者は、ESAのInvesting in Industrial Innovation (InCubed) programmeの対象にもなっており、コペルニクスプログラムのSentinel-2の時間分解能を補完する予定である。2023年には同社の衛星はEU/ESAのCopernicus Contributing Missionにも組み込まれており、同プログラムにはマルチスペクトルの画像を提供する予定である。
- まだプロトタイプが打ち上げられた状態であるが、同社が予定している衛星(VHR)のスペックは、空間分解能50cmとされ、2024年には40機以上になっているとのことである⁶。

図表 7 プロトタイプ Arthur-1 の全景



出所) RRF1-Arthur @ Nanosats Database

⁵ <https://news.satnews.com/2022/06/15/satellite-megafactory-unveiled-by-aerospacelab-500-satellites-capacity-per-year/>

⁶ <https://www.newspace.im/constellations/aerospacelab>

iii. EnduroSat

- 2015年にブルガリアで設立された衛星製造メーカー兼衛星データプロバイダーである。
- シリーズ A をクローズした段階であり、総資金調達額は Crunchbase によれば、28.6million Euro とされている。
- マルチスペクトル画像を提供する 120 のナノ衛星で構成される Balkan Constellation を構築予定である。同コンステレーションは 2023 年に Copernicus Contributing Mission に組み込まれることが発表された⁷。同コンステレーションは、リアルタイムのクラウドベースのモニタリングや AI に基づいた検知を謡っている。初号機は 2024 年の第 2 四半期に打ち上げられる予定である。
- なお、同社は CubeSat Constellation for Climate Change (CC4CC) プロジェクトにも参加しており、こちらでも海面水位をデイリーでモニタリングするコンステレーションを構築するとのことである⁸。

iv. Kuva Space

- 2015年に設立されたフィンランドを本社とする衛星コンステレーション会社である。シードラウンドが終了した段階であり、Crunchbase によれば総資金調達額は 6.7million Euro である。同社によると現在シリーズ A を画策しており、フィンランドの民間投資家を募っている状態である⁹。
- 2018年と2021年に打ち上げを成功させており、現在軌道上で3機の衛星を運用している。同社の衛星コンステレーションは主に農業に特化しており、100超のバンド、空間分解能20mのセンサを搭載している。
- 将来的には2030年に100機のナノ衛星でのコンステレーション構築を目指している。¹⁰
- また、同社は ICEYE の元 CEO を採用し、米国での事業拡大に向けて取り組んでいる。¹¹

図表 8 2021年に打ち上げた W-Cube Satellite



出所) <https://sky-brokers.com/supplier/kuva-space/>

⁷ <https://www.endurosat.com/news/the-balkan-constellation-is-selected-by-esa/>

⁸ <https://cc4cc.eu/>

⁹ <https://kuvaspace.com/kuva-space-teams-up-with-springvest-to-extend-their-financing-round-to-finnish-private-investors-and-entities/>

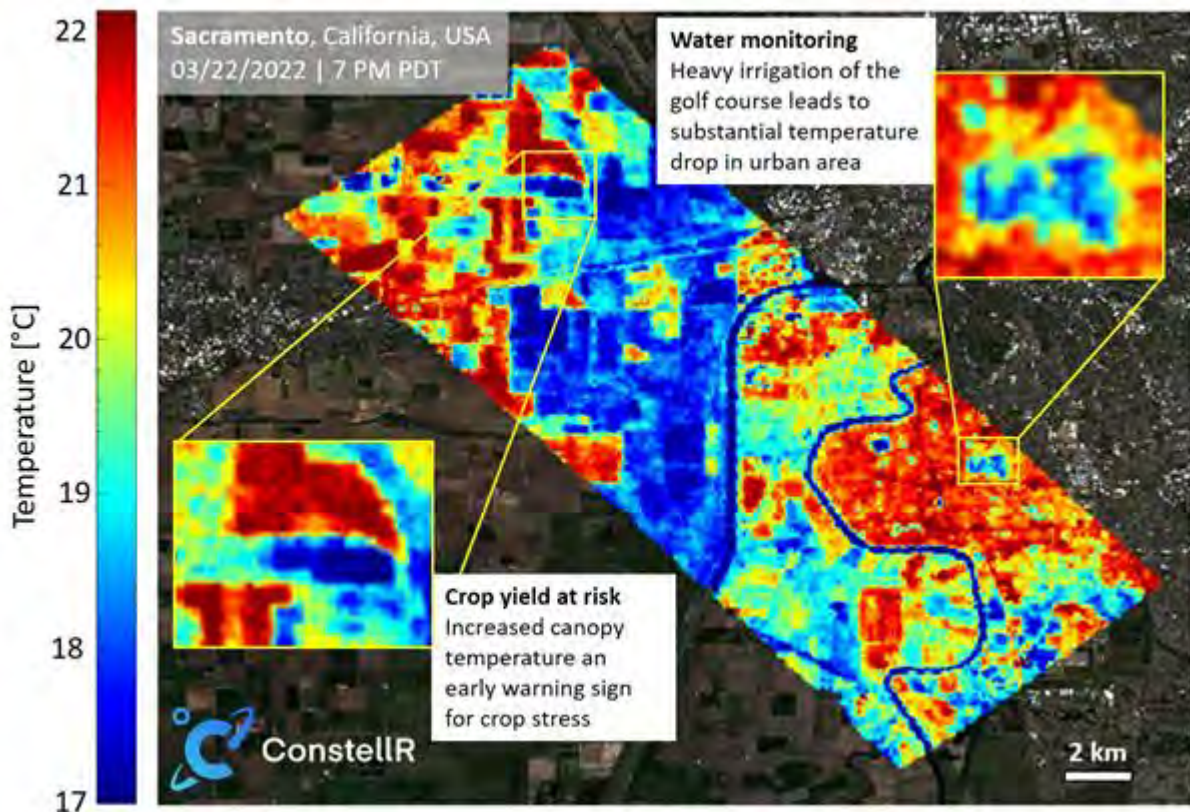
¹⁰ <https://www.newspace.im/constellations/kuva-space>

¹¹ <https://www.satellitetoday.com/imagery-and-sensing/2024/02/14/kuva-space-details-plan-to-target-us-government-business-in-expansion/>

v. Constellr

- 2019年にドイツで設立された熱赤外線衛星コンステレーションの運用企業である。シードラウンド後の状態であり、現在までの総資金調達額は33.5million EUROである。
- 同社の最初の衛星は、ESAのInvesting in Industrial Innovation (InCubed) programmeを通してESAおよびDLRから共同援助されている。同衛星の画像は、Copernicus Contributing Missionで採用されることとなっている。
- 同衛星コンステレーションは主に農業向けの地表面温度データの取得を目的としており、応用すれば水面のモニタリングに活用できるとのことである。2022年に同社の最初の熱赤外線センサシステムがISSに打ち上げられ、日本のJEM-EF (Japanese Experimental Platform Exposed Facility)に設置されている。ISSからの観測では空間分解能80m、観測幅25kmとのことだが、LEOでのコンステレーション化が進めば、より精度の高いデータが取得できる見込みとのことである。2023年末にコンステレーションの第一世代が打ち上げられる予定である¹²。

図表 9 ISS から撮影された Constellr 社熱赤外線センサの最初の画像



出所) <https://constellr.com/blog.html>

¹² <https://constellr.com/blog.html>

vi. OroraTech

- 2018年にドイツで設立された衛星コンステレーション企業である。シリーズ A での資金調達を終えた段階であり、現在までの総資金調達額は 23.4million EURO である。
- 森林火災の検知に着目した小型熱赤外線衛星コンステレーションの構築を目指しており、ニアリアルタイム観測を企図している。衛星のスペックや打ち上げ計画は下記図表の通りであり、2026年には100機による衛星コンステレーション構築を目指している。
- 2022年1月に試験機となるナノサテライト FOREST-1 を打ち上げ、2023年7月には2号機を打ち上げたところである¹³。同社の衛星データは EU/ESA の Copernicus Contributing Mission¹⁴にも提供される予定である。
- 米国 Spire Global との結びつきが強く、2024年半ばに打ち上げ予定の8機の衛星に関しては同社が OroraTech のペイロードを搭載する衛星の製造・打ち上げ・運用を担うとのことである¹⁵。この2社によるサービスは CSA (Canadian Space Agency) にも提供される¹⁶。

図表 10 Orora Tech の衛星のスペックと 2026 年までの打ち上げ計画



出所) <https://ororatech.com/thermal-intelligence/>

¹³ <https://ororatech.com/countdown-to-liftoff-retracing-the-forest-2-thermal-sensor-launch-into-orbit/>

¹⁴ <https://ororatech.com/ororatech-signs-a-multi-million-contract-to-deliver-data-to-the-european-union/>

¹⁵ <https://ir.spire.com/news-events/press-releases/detail/173/ororatech-selects-spire-global-to-provide-eight-satellites>

¹⁶ <https://ororatech.com/ororatech-and-spire-global-team-up-to-tackle-wildfires-for-the-canadian-space-agency/>

図表 11 Orora Tech の Solution による森林火災の様子

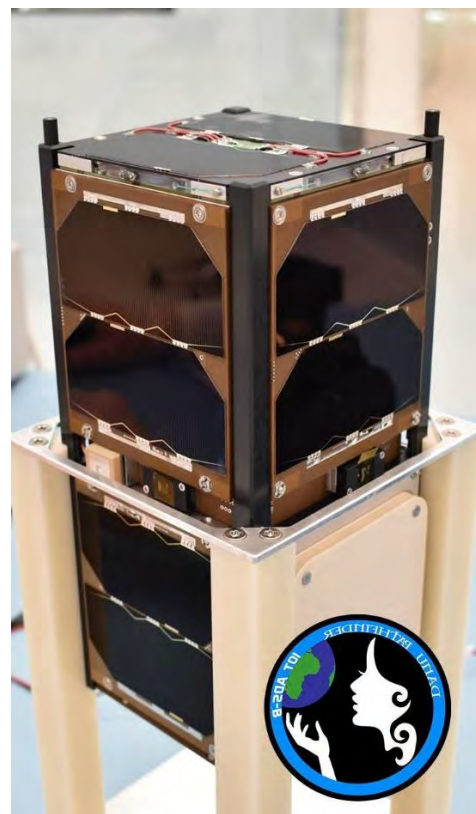
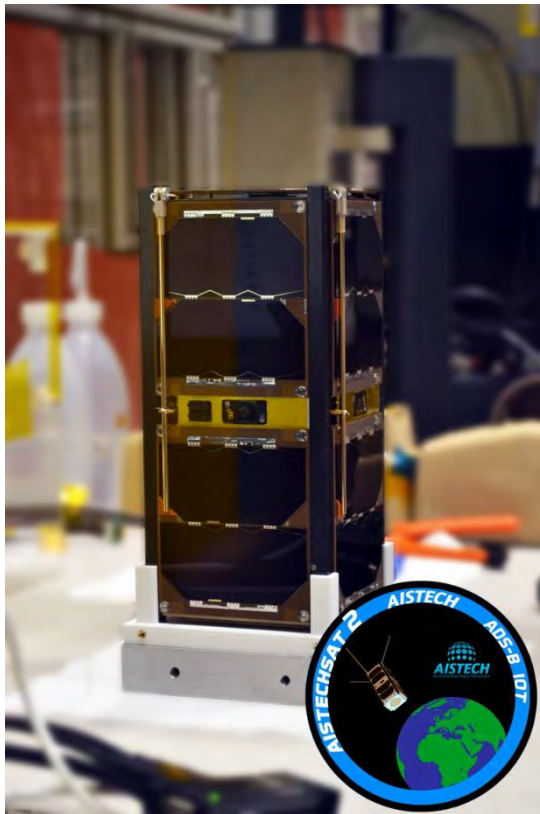


出所) <https://ororatech.com/ororatech-and-spire-global-team-up-to-tackle-wildfires-for-the-canadian-space-agency/>

vii. Aistech

- 2015年に設立されたスペイン・バルセロナに本社を置く企業である。
- 2種類のコンステレーションを計画している。
 - ◇ HYDRA: 22の小型衛星で構成され、様々なバンドのセンサを搭載できるとされているが、熱赤外線センサに重きを置いている。さらに、航空機の位置情報を取得できる ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) 受信機や IoT、SIGINT 用受信機などを搭載予定とのことである。
 - ◇ DANU: こちらも ADS-B 受信機や IoT、SIGINT 用受信機などを搭載予定とのことだが、アセット・モニタリングに重きを置き、将来的には 98 の小型衛星で構成されるとのことである¹⁷。
- 既に 4 機の衛星を軌道に投入しているとされ¹⁸、熱赤外線センサによる画像は、Copernicus Contributing Mission に提供される予定である。
- 設計から製造、打ち上げ手配までを手掛け、バスク地方における製造は毎月 4 機可能とのことである¹⁹。

図表 12 Aistech Space 社の衛星



出所) <https://aistechspace.com/technology/>

¹⁷ <https://aistechspace.com/technology/>

¹⁸ <https://www.newspace.im/constellations/aistech>

¹⁹ <https://aistechspace.com/technology/>

viii. Satlantis

- スペイン・ビルバオに本社を置く小型衛星製造企業である。2013年に米国で設立され、2014年にスペインに本社を設置している²⁰。
- Crunchbaseによれば総資金調達額は34.7million Euroとされており、直近の調達は2022年3月となっている。
- ECのH2020 ProgramにおけるSME Instrument Phase 2の支援対象に2017年に選ばれ、2019年にはJAXAと提携を結び、ISSで同社の衛星プラットフォームiSIMの軌道実証を実施している。
- 3-40kgの衛星製造を可能とし、パンクロマティック・マルチスペクトル・ハイパースペクトルのペイロードを開発することができる。
- 現在は、オイル&ガス産業のメタン観測に重きを置いたGEI-SATと呼ばれるコンステレーションを構築中である。同コンステレーションは3機で構成予定であり、2023年6月に1号機が打ち上げられている²¹。Copernicus Contributing Missionにも組み込まれている。

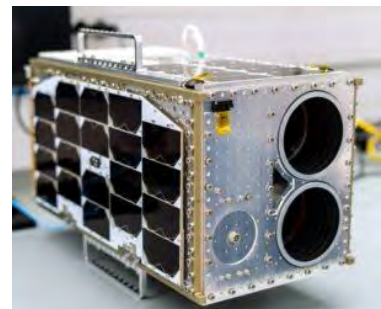
図表 13 Satlantis 社の End to End Solution



出所) <https://satlantis.com/what-we-offer/>

図表 14 GEI-SAT のスペックと外観

バス	16U CubeSat	
空間	PAN+RGB+NIR	2m
解像度	shortwave infrared	6m 以上
観測幅	14km	
重量	21kg	



出所) <https://satlantis.com/gei-sat-precursor-launch/>より DB 編集

²⁰ <https://satlantis.com/our-company/>

²¹ <https://satlantis.com/gei-sat-precursor-launch/>

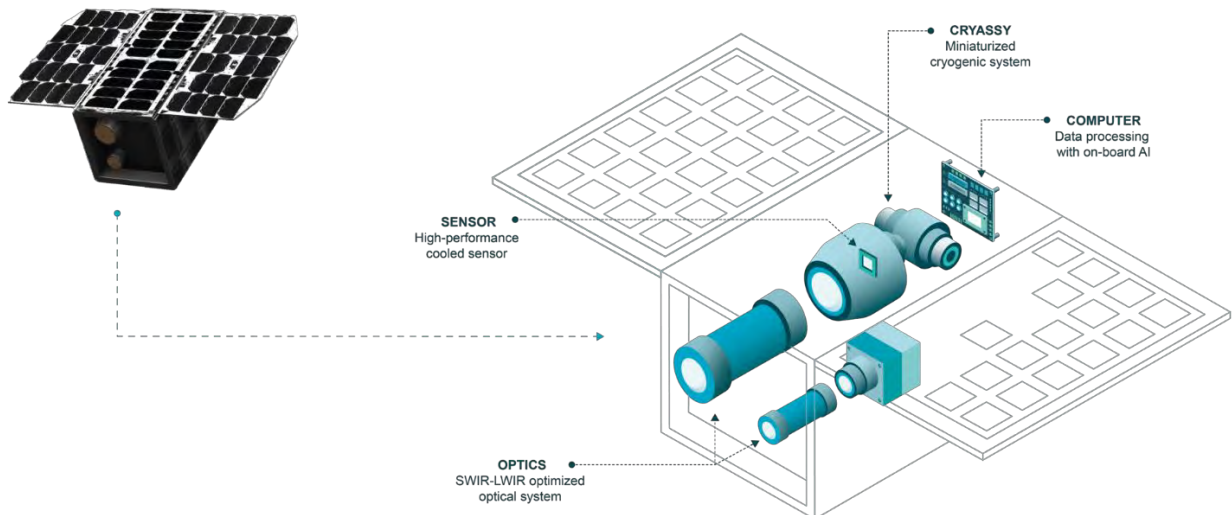
ix. Prométhée

- 2020年にフランスで設立されている。Sky Brokersの記事によれば総資金調達額は6.7million Euroと推察される²²。フランスのthe General Directorate for Enterprise (DGE)とCNESが主導する20機からなる衛星コンステレーションJAPETUSをProméthée社が2025年までに構築予定であり、最初の試験衛星Prométhée-1の打ち上げは2023年末とされている。同衛星はリトアニアのNanoAvionicsが製造する。
- Copernicus Contributing Missionに選定されており、そこではマルチスペクトル画像を提供する予定となっている。

x. Absolut Sensing

- フランスのグルノーブルに本社を置く衛星コンステレーション企業である。様々な低温技術を扱うAbsoluteグループの子会社であり、低温技術(Cryogenic Technology)を用いたセンサ開発を行っている。
- GESatと呼ばれるコンステレーションを構築予定である。最初の12の衛星は主にメタン観測を行うものであり、2025年までに打ち上げ予定とされている。さらに6つのCO2観測衛星と6つのN2O観測衛星がそれに続く予定である²³。これら24の衛星でニアリアルタイムの温室効果ガス排出のモニタリングを行い、AIを用いて検出するとのことである。
- 1号機の製造はリトアニアのNanoAvionicsに委託する予定であり、打ち上げは2024年半ばとされている。同社の衛星データもCopernicus Contributing Missionに組み込まれる予定である。

図表 15 Absolut Sensing の衛星の構成



出所) <https://absolut-sensing.com/technologies-ang/>

²² <https://sky-brokers.com/supplier/promethee/>

²³ <https://absolut-sensing.com/absolut-sensing-selects-nanoavionics-to-build-demonstration-satellite/>

B) 日本の強み・弱み

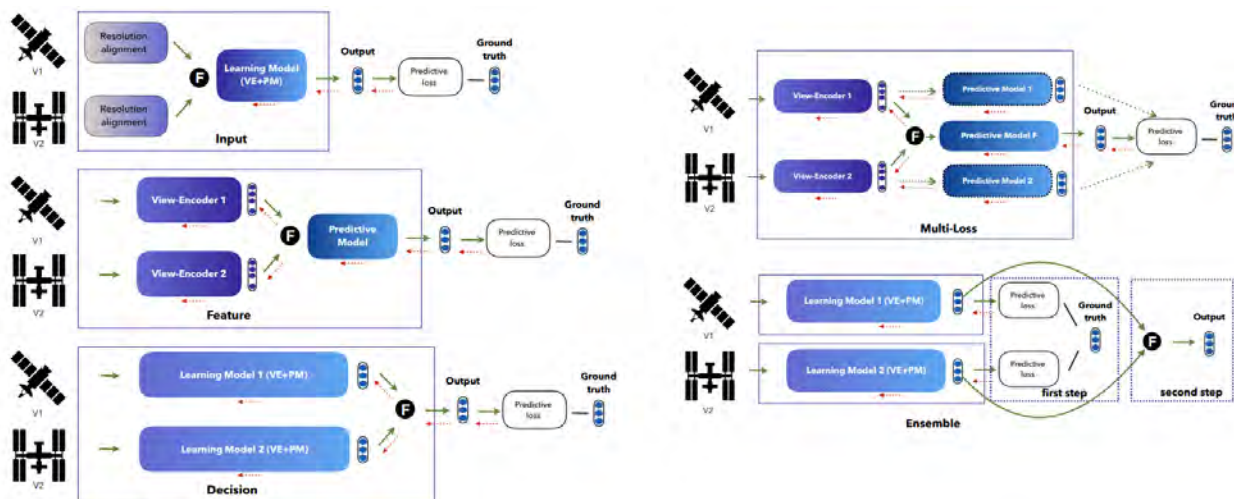
- 上記にて整理したように、海外では、気候変動やカーボンニュートラルに資する GNSS-R、ハイパースペクトル、熱赤外等センサを搭載した衛星コンステレーションの計画が民間企業から発表されている。一方、日本では、これらセンサを搭載した衛星コンステレーション計画を謳ったスタートアップはまだ現れておらず、上記センサを搭載した官側の衛星が1機での運用を実施している状況であり、我が国の弱みの1つといえるだろう。

3) センサフュージョンに関する調査

A) 令和5年度における追加調査内容

- データフュージョンに関しては、衛星が取得したローデータを一次処理したものをフュージョンするのか、二次処理したものをフュージョンさせるのか、どの段階のデータをフュージョンさせることが望ましいのかが、今後の課題として指摘されている。
- 一つの参考事例として、IGARSS2023 で発表された Francisco Mena et al.による「A COMPARATIVE ASSESSMENT OF MULTIVIEW FUSION LEARNING FOR CROP CLASSIFICATION」(2023) の概要を記載する。
- 同論文ではケニアとトーゴにおける農業収穫量を予測するにあたり、光学・NDVI・ライダー等のデータをどの段階でフュージョンすると最も正確に予測できるのかを検証している。段階の定義は下記図表のとおりである。

図表 16 5つの段階でのデータフュージョン



- フュージョンの結果の正確性は、Average Accuracy (AA)と Area Under the Curve (AUC) という2つの指標値で評価されているが、どちらにおいても共通で優位性のあるフュージョン手法はなかったようである。どの段階でのフュージョンが望ましいかという点はまだまだ今後の課題であることがうかがえる。

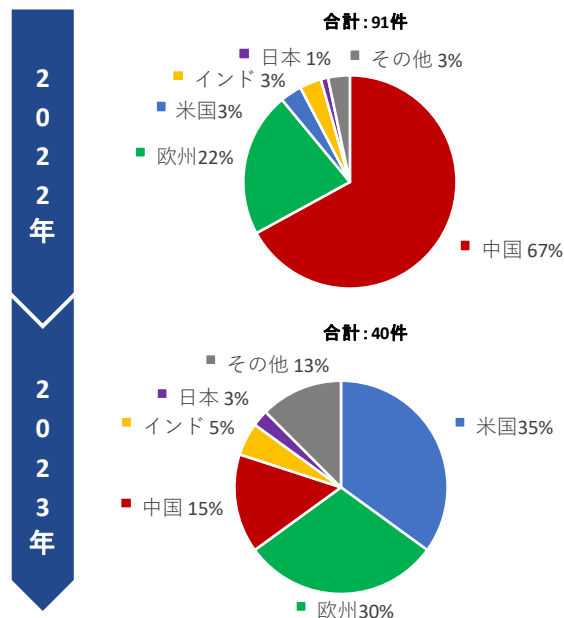
図表 17 フュージョンの結果

Data	Method	AA	AUC	Entropy
Kenya	Input	61.3 ± 7.5	70.0 ± 7.2	72.9 ± 6.1
	Feature-S	63.0 ± 5.1	71.6 ± 3.7	73.9 ± 4.4
	Feature-G	66.5 ± 3.6	71.8 ± 3.5	71.6 ± 5.8
	Decision	57.5 ± 7.6	63.2 ± 7.0	76.8 ± 7.6
	Ensemble	56.0 ± 5.3	69.5 ± 1.4	83.5 ± 2.2
	Multi-Loss	64.8 ± 5.2	71.6 ± 4.1	73.4 ± 4.3
Togo	Input	79.7 ± 1.5	89.0 ± 1.3	54.3 ± 4.2
	Feature-S	79.9 ± 1.0	88.9 ± 0.8	57.6 ± 4.1
	Feature-G	78.1 ± 1.8	87.6 ± 1.2	52.1 ± 7.8
	Decision	81.5 ± 1.6	89.5 ± 0.5	63.7 ± 2.5
	Ensemble	84.0 ± 1.0	90.9 ± 0.5	93.5 ± 0.6
	Multi-Loss	78.2 ± 6.1	88.6 ± 1.7	60.4 ± 12.2

B) 日本の強み・弱み

- 衛星データ解析では前提になりつつあるデータフュージョン技術について、IGARSS での国別発表数の推移を整理した。2022 年度に比べ、発表総数が減っているが、日本は相変わらず海外に劣後する状況である。

図表 18 IGARSS におけるデータフュージョンに関する発表数



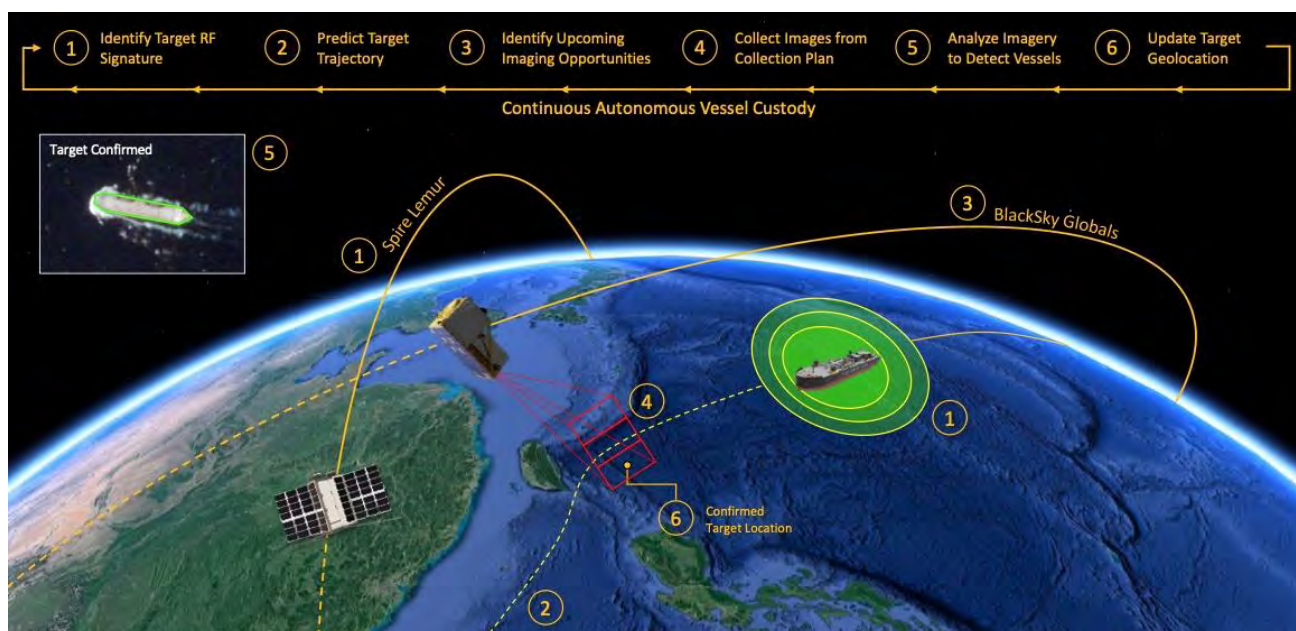
4) 新しい宇宙観測サービスに関する調査

- 令和4年度の本項目では Tip&Cue について調査がなされた。
- Tip&Cue とは、撮像された衛星データの解析結果 (Tip) を起点として新規の撮像指令 (Cue) を出す技術であり、Maxar 社、Planet 社、ICEYE 社といった様々な企業が自社サービスへの活用を開始している。

A) 令和5年度における追加調査内容

- 本年度では Tip&Cue に関する特段の進捗は確認されていないが、各企業とも本技術に関して継続して開発・アップデート等取り組んでいるものと思われる。
- Tip&Cue としては明言されてはいないが、Blacksky 社と Spire 社による取組みについて記載する。
- Blacksky と Spire は、2023年5月に RF 検出及び衛星画像を使用した海上追跡サービスの提供について発表した。
- Spire 社の衛星は船舶からの AIS 信号等の RF 放射を検出し、そのデータを Blacksky の衛星へ通知する。Blacksky の衛星は Blacksky Spectra AI と呼ばれる人工知能を使用して、SAR 画像を処理・分析し、船舶の検出、貨物の推定、経時的な変化のモニタリングを実施する。このサービスにより、国家安全保障にとって重要な海上活動の監視、違法な瀬取りの特定、違法漁業の追跡等に役に立つ。

図表 19 Blacksky と Spire による海上追跡サービス²⁴



²⁴ <https://spacenews.com/blacksky-spire-roll-out-space-based-maritime-tracking-service/>

5) 観測データの地上処理に関する調査

- 令和4年度の本項目ではパンシャープン処理や Explainable AI などについて調査がなされた。
- AI に関する国際状況については、IGARSS にてセッション確認を実施している。

2.2 中型・大型観測衛星の調査分析

サマリー

- 中型・大型衛星の傾向について、小型衛星との比較を踏まえ、打上げ機数、ミッション、衛星軌道、衛星所有者、搭載センサ、観測物理量、小型衛星との連携の観点から整理。
- 中型・大型衛星の傾向としては以下の通り。
 - ◇ 直近 10 年間及び今後における中型・大型衛星の開発は、小型衛星の約 1/4 程度であり、日本を含む特定の国において開発・所有が集中。
 - ◇ 民間企業が中心となる小型衛星とは異なり行政や研究機関などの官側を中心に所有しており、官側の意向が反映されやすいことが想定。
 - ◇ 官主導による中型・大型衛星では、商用利用に結び付きにくい科学研究用ミッション（大気/航空研究、気候、測地、気象、船舶監視、海洋モニタリング、地震/火山モニタリング）が中心であり、官所有の小型衛星においても同様。
 - ◇ 衛星軌道は LEO の太陽同期軌道が最も多いものの、ミッションにより異なる。
 - ◇ 衛星搭載センサ数は基本的に複数種であり、物理量の観点からは、小型衛星に比べ、優れたセンサを搭載している割合が非常に高く、科学研究用ミッション向き。
- 日本の弱みは、衛星打上げ計画数が少なく将来的に他国との差が広がること。
- 日本の強みは、以下の通り。
 - ◇ 「気候」「気象」「レーダー」ミッションにて、機数、センサ、物理量の観点から他国に先行。
 - ◇ 「気候」では、全体 6 機の内、日本が 4 機を占める。
 - ◇ 「気候」や「気象」では、関連センサに優位性があり、物理量の観点からも他国に先行。
 - ◇ 商用利用しやすい「レーダー」では、周波数帯域により民側とのデマケがなされ、現状では官側の打上げのみとなる L-bandSAR 衛星を保有。
- 日本の強みが発揮できる上記分野、センサ、物理量について、他国に追い越されないように死守することが先決。
- 日本の優位性強化のためには、小型衛星との官民連携ミッションを構築し、機数の少なさをカバーし、解像度・頻度における性能補完やセンサフュージョンによる解析向上を行うことで、衛星による提供サービスの質を向上することが一案。
- また、官側が開発・所有が中心であることから、マネタイズしにくい、リスクが高いといった民間企業が負うことが困難な活動・ミッションを中心とした開発が望ましい。

1) 本節における基本的な考え方

- 令和4年度調査は小型コンステレーションを主対象とした調査を行ったが、中型・大型衛星は小型衛星に対し下図表のように多数の優位性がある。例えば、現在 JAXA 殿で検討されている静止光学衛星は、広範囲で常時監視ができる衛星であり、データフュージョンと組み合わせれば、小型コンステレーションの時間分解能を補完しうるものである。
- このように中・大型衛星ならではのメリットに着目した上で、衛星仕様、ミッション、物理量の観点から我が国の中型・大型衛星の強み・弱みを整理する。
- また、大型衛星と小型衛星の連携を模索する動きが欧米で見られており、それらの点についても開発経緯、衛星の機能・性能、軌道選定理由、打上げ後の用途・利用状況等を調査分析する。
(詳細は、2.7 10~20 年後の日本の地理的及び環境的なリスクの低減に資する技術を参照のこと)
- なお、衛星サイズの明確な定義はないが、衛星通信企業 (Viasat²⁵) や小型衛星関連企業 (Nano Avionics²⁶) 等によると、衛星の重量により以下のように分類される。
 - ◇ ナノ衛星 : 1~10kg
 - ◇ マイクロ衛星 : 10~100kg
 - ◇ 小型衛星 : 100~500kg
 - ◇ 中型衛星 : 500~1,000kg
 - ◇ 大型衛星 : >1,000kg

図表 20 中・大型衛星と小型衛星のメリット・デメリット

	メリット	デメリット
中・大型衛星	<ul style="list-style-type: none"> 多種類のミッションを搭載可能 運用寿命が長い GEO に配置された場合、広範囲を常時観測可能 (なお、LEO に配置されることもある) 	<ul style="list-style-type: none"> 開発や試験に時間を要する 運用寿命が長い軌道上での機能・性能アップが困難 GEO に配置された場合、伝送時間が LEO に比べて長い
小型衛星	<ul style="list-style-type: none"> ラインによる製造も可能で短期間での大量生産が可能 一度に多数の衛星を打ち上げることができる 大型に比べ開発時間が短く、機能・性能の更新を短い時間で行うことができる 地球に近い軌道に配置されることが多く、観測精度が高い 	<ul style="list-style-type: none"> 搭載できるミッション数は少ない 運用寿命が短く衛星を頻りに打ち上げなおす必要がある LEO に配置されることがほとんどであり、観測できる地球上の位置が変化する。そのため、時間分解能を上げるのに衛星数を増やす必要がある

²⁵ <https://news.viasat.com/blog/scn/how-big-is-that-satellite-a-primer-on-satellite-categories>

²⁶ <https://nanoavionics.com/small-satellites-101/>

2) 調査対象衛星の抽出

A) 衛星抽出基準

- 調査対象とする地球観測衛星は、Seradata 社の Space Trak を用いて、以下の基準により抽出した。なお、500kg 以下の小型衛星に関しても同様に抽出し、比較した上で、中型・大型衛星の傾向を確認する。
 - ◇ 打上げ時期：直近 10 年間（2014～2023 年）及び 2024 年以降
 - ◇ 衛星状況：計画中、製造中、運用中の機体とし、運用終了機体は除く
 - ◇ 打上げ時荷重：500.01kg 以上
 - ◇ 衛星種類：軍事衛星以外の衛星（民間、商用等）
 - ◇ 主なミッション：地球観測衛星の用途を考慮した下図表のミッション
- ※以下の 2 つのミッションについては、軍事的用途であることから対象外とする
- Observational / Situational Awareness（観察/状況認識）
 - Reconnaissance（偵察）

図表 21 調査対象とする地球観測衛星の主なミッション

No.	Mission - Primary	該当/ 非該当	No.	Mission - Primary	該当/ 非該当		
1	Anti-satellite Test	対衛星試験	×	34	Microgravity Manufacturing	微小重力下製造	×
2	Astronomical	天文	×	35	Mission Unknown	ミッション不明	×
3	Atmospheric/ Aeronomy Research	大気/航空研究	○	36	Navigation	ナビゲーション	×
4	Bio Laboratory	生物実験	×	37	Nuclear Event Detection	核検知	×
5	Climatology	気候	○	38	Observational / Situational Awareness	観察/状況把握	×
6	Communications - Amateur	通信-アマチュア用	×	39	Ocean Surveillance	船舶監視	○
7	Communications - Data Relay	通信-データ中継	×	40	Oceanographic/ Ocean Monitoring	海洋/ 海洋モニタリング	○
8	Communications - Direct Broadcasting	通信-直接放送	×	41	Orbital/Deorbit / Attitude Control/Rescue Tug	軌道/脱軌道/ 姿勢制御/救援タグ	×
9	Communications - Experimental	通信-実験	×	42	Other Planet/Comet/ Asteroid/Solar Exploration	その他惑星/彗星/ 小惑星/太陽探査	×
10	Communications - General	通信-一般	×	43	Radar	レーダー (SAR含む)	○
11	Communications - High Throughput	通信-大容量	×	44	Radar / Optical Calibration	レーダー/光学キャリブレーション	×
12	Communications - Mobile Communications	通信-乗物への通信	×	45	Reconnaissance	偵察	×
13	Communications - Store/Forward/IoT	通信-保存/転送/IoT	×	46	Re-entry Test Payload	再突入試	×
14	Communications - Tracking, Maritime / Aviation	通信-追跡、海事/航空	×	47	Re-entry Warhead Test	再突入弾頭試験	×
15	Disaster Monitoring / Observation	災害監視/観測	○	48	Remote Sensing (>5m res)	リモートセンシング (低解像度)	○
16	Docking Target	ドッキングターゲット	×	49	Scientific Satellite	科学衛星	×
17	Dummy / Instrumented Dummy	ダミー/計装ダミー	×	50	Seismic/ Volcano Monitoring	地震/火山モニタリング	○
18	Early Warning	早期警戒	×	51	Servicing/Repair/ Refuelling	整備/修理/給油	×
19	Earth Observation /Imaging (<5m res)	地球観測/画像 (高解像度)	○	52	Signals Intelligence - Communications	電波収集衛星-通信	×
20	Educational / Engineering training	教育的/工学的訓練	×	53	Signals Intelligence - Electronic	電波収集衛星-電子	×
21	Freighter/Resupply Craft	貨物船/補給船	×	54	Solar Radiation / Space Weather	日射・宇宙天気	×
22	Geodesy	測地	○	55	Solar Sailing Test	ソーラーセーリング試験	×
23	Ground Spare	地上スペア	×	56	Space Burial	宇宙埋葬	×
24	Human Spaceflight - Lunar	有人宇宙飛行-月面	×	57	Space dust / Debris / Micrometeorites	宇宙塵・デブリ・微小隕石	×
25	Human Spaceflight - Other Orbital	有人宇宙飛行-その他軌道	×	58	Space Station/ Space Station Module	宇宙ステーション/ 宇宙ステーションモジュール	×
26	Human Spaceflight - Space Station	有人宇宙飛行-SS	×	59	Spacecraft Delivery/ Deployment	宇宙船の配送/配備	×
27	Human Spaceflight - SUBORBITAL	有人宇宙飛行-準軌道	×	60	SUBORBITAL Experiment	準軌道実験	×
28	Inspection Satellite	点検用衛星	×	61	SUBORBITAL Payload Test	準軌道ペイロード試験	×
29	LAUNCH BOOKING/ OPTION	予約/オプション打上げ	×	62	Target - satellite	ターゲット-衛星	×
30	Lunar Unmanned	無人宇宙飛行-月面	×	63	Technology Test	技術試験	×
31	Magnetospheric/ Magnetic field	磁気圏/磁場	×	64	Van allen belt / Near Earth Radiation	バン・アレン帯 / 近地球放射線	×
32	Mars Unmanned	無人宇宙飛行-火星	×	65	Venus Unmanned	無人宇宙飛行-木星	×
33	Meteorological	気象 (天気)	○				

出所) Space Trak を基に DB 作成

B) 抽出結果

- 中型・大型衛星について、所有者となる 54 機関・企業と 236 機の衛星を抽出した。なお、小型衛星では、所有者となる 178 機関・企業と 920 機の衛星を抽出した。
- 抽出され検討の対象となった中型・大型の観測衛星は以下の通り。

図表 22 対象衛星一覧表（その 1）

No.	Spacecraft Name	Spacecraft Owner	Spacecraft Owner Nationality
1	AIST-2D	TsSKB Progress/Samara State Aerospace University (Joint)	Russia
2	ALOS 2 (DAICHI 2)	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	Japan
3	ALOS 4	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	Japan
4	AMAZONIA 1	Brazilian Space Agency - AEB	Brazil
5	ARKTIKA-M 1	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
6	ARKTIKA-M 2	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
7	ARKTIKA-M 3	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
8	ASNARO 2 (RADAR)	Japan Space Systems (J-spacesystems)	Japan
9	BARTOLINA SISA	Government of Bolivia	Bolivia
10	BEIJING 3A	Twenty First Century Aerospace Technology Company Ltd (21AT)	China
11	BEIJING 3B	Twenty First Century Aerospace Technology Company Ltd (21AT)	China
12	BIOMASS	ESA - European Space Agency	International
13	CARTOSAT 2C (CARTOSAT 2 SERIES NO 1)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
14	CARTOSAT 2D (CARTOSAT 2 SERIES NO 2)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
15	CARTOSAT 2E (CARTOSAT 2 SERIES NO 3)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
16	CARTOSAT 2F (CARTOSAT 2 SERIES NO 4)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
17	CARTOSAT 3	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
18	CARTOSAT 3A	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
19	CARTOSAT 3B	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
20	CASSO-1	KARI - Korea Aerospace Research Institute	South Korea
21	CASSO-2	KARI - Korea Aerospace Research Institute	South Korea
22	CBERS 4	Brazilian Space Agency - AEB	Brazil
23	CBERS 4A	Brazilian Space Agency - AEB	Brazil
24	CFOSAT	CNSA/CNES Joint	China
25	COPERNICUS CHIME A	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
26	COPERNICUS CHIME B	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
27	COPERNICUS CIMR A	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
28	COPERNICUS CIMR B	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
29	COPERNICUS CO2M A	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
30	COPERNICUS CO2M B	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
31	COPERNICUS CRISTAL A	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
32	COPERNICUS CRISTAL B	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
33	COPERNICUS LSTM A	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
34	COPERNICUS LSTM B	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
35	COPERNICUS ROSE-L A	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
36	COPERNICUS ROSE-L B	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
37	COSMO-SKYMED SECOND GENERATION 1 (CSG-1)	ASI - Agenzia Spaziale Italiana	Italy
38	COSMO-SKYMED SECOND GENERATION 2 (CSG-2)	ASI - Agenzia Spaziale Italiana	Italy
39	COSMO-SKYMED SECOND GENERATION 3 (CSG-3)	ASI - Agenzia Spaziale Italiana	Italy
40	COSMO-SKYMED SECOND GENERATION 4 (CSG-4)	ASI - Agenzia Spaziale Italiana	Italy
41	DAQI-1	SAST - Shanghai Academy of Spaceflight Technology	China
42	DSCOVR - DEEP SPACE CLIMATE OBSERVATORY	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
43	EARTHCARE	ESA - European Space Agency	International
44	EGYPTSAT A (MIRSAT A)	EgSA - Egyptian Space Agency	Egypt
45	ELEKTRO-L N2	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
46	ELEKTRO-L N3	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
47	ELEKTRO-L N4	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
48	ELEKTRO-L N5	Roshydromet (Russian Weather Service)	Russia
49	ENMAP	DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt	Germany
50	EOS-04 (RISAT 1A) (INDIA)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
51	EOS-05 (INDIA)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
52	EOS-06 (INDIA)	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
53	FENG YUN 2G	China State Meteorological Administration	China
54	FENG YUN 2H	China State Meteorological Administration	China
55	FENG YUN 3D	China State Meteorological Administration	China
56	FENG YUN 3E	China State Meteorological Administration	China
57	FENG YUN 3F	China State Meteorological Administration	China
58	FENG YUN 3G	China State Meteorological Administration	China
59	FENG YUN 3H	China State Meteorological Administration	China
60	FENG YUN 4A	China State Meteorological Administration	China
61	FENG YUN 4B	China State Meteorological Administration	China
62	FENG YUN 4C	China State Meteorological Administration	China
63	FENG YUN 4D	China State Meteorological Administration	China
64	FENG YUN 4E	China State Meteorological Administration	China
65	FENG YUN 4F	China State Meteorological Administration	China
66	FENG YUN 4G	China State Meteorological Administration	China
67	FENG YUN 5TH GENERATION	China State Meteorological Administration	China
68	FORUM	ESA - European Space Agency	International
69	GAOFEN 1-02	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
70	GAOFEN 1-03	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China

図表 23 対象衛星一覧表 (その2)

No.	Spacecraft Name	Spacecraft Owner	Spacecraft Owner Nationality
71	GAOFEN 1-04	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
72	GAOFEN 10R	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
73	GAOFEN 12	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
74	GAOFEN 12-02	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
75	GAOFEN 12-03	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
76	GAOFEN 13	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
77	GAOFEN 13-02	CASIC - China Aerospace and Industry Corp.	China
78	GAOFEN 14	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
79	GAOFEN 2	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
80	GAOFEN 3	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
81	GAOFEN 3-02	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
82	GAOFEN 3-03	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
83	GAOFEN 4	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
84	GAOFEN 5	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
85	GAOFEN 5-01A	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
86	GAOFEN 5-02	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
87	GAOFEN 6	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
88	GAOFEN 7	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
89	GAOFEN 8	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
90	GAOFEN DUOMO (SUPERVIEW 2)	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	China
91	GCOM-C1	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	Japan
92	GEO-KOMPSAT-2A	Korea Meteorological Administration (KMA)	South Korea
93	GEO-KOMPSAT-2B	Korea Meteorological Administration (KMA)	South Korea
94	GOES 16 (GOES-EAST)	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
95	GOES 17	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
96	GOES 18 (GOES-WEST)	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
97	GOES U	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
98	GOKTURK 3	Turkish Ministry of National Defence (MSB)	Turkey
99	GOSAT-2 (IBUKI 2)	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	Japan
100	GOSAT-GW	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	Japan
101	GPM CORE OBSERVATORY	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	Japan
102	GRACE FOLLOW ON 1	NASA/DLR (Joint)	International
103	GRACE FOLLOW ON 2	NASA/DLR (Joint)	International
104	HAI YANG 2B	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
105	HAI YANG 2C	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
106	HAI YANG 2D	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
107	HAI YANG 2E	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
108	HAI YANG 2F	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
109	HAI YANG 2G	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
110	HAI YANG 2H	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
111	HAI YANG 3A	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
112	HAI YANG 3B	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
113	HAI YANG 3C	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
114	HAI YANG 3D	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
115	HIMAWARI 08 (GMS 08)	Japan Meteorological Agency (JMA)	Japan
116	HIMAWARI 09 (GMS 09)	Japan Meteorological Agency (JMA)	Japan
117	ICESAT 2	NASA (National Aeronautics and Space Administration)	United States
118	IMECE	Tubitak Uzay - Turkish Space Technologies Research Institute.	Turkey
119	INSAT 3DR	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
120	INSAT 3DS	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
121	JASON 3	NOAA/NASA/CNES/EUMETSAT Joint	International
122	JILIN 1 KUANFU-01 (WIDEBAND-01)	Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd (CGSTL)	China
123	JILIN 1 KUANFU-01B (WIDEBAND-01B)	Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd (CGSTL)	China
124	JILIN 1 KUANFU-01C (WIDEBAND-01C)	Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd (CGSTL)	China
125	JPSS-2	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
126	JPSS-3	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
127	JPSS-4	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
128	JV-LOTUSAT-1	Government of Vietnam	Vietnam
129	JV-LOTUSAT-2	Government of Vietnam	Vietnam
130	KAZEOSAT 1 (DZZ HR)	KGS - Kazakhstan Gharysh Sapary	Kazakhstan
131	KOMPSAT 3A	KARI - Korea Aerospace Research Institute	South Korea
132	KOMPSAT 6	KARI - Korea Aerospace Research Institute	South Korea
133	KOMPSAT 7	KARI - Korea Aerospace Research Institute	South Korea
134	KONDOR-FKA 1	Russian Ministry of Defence - VKS (MORF)	Russia
135	KONDOR-FKA 2	Russian Ministry of Defence - VKS (MORF)	Russia
136	KONDOR-FKA-M 1	Russian Ministry of Defence - VKS (MORF)	Russia
137	LANDSAT 9	US Geological Survey	United States
138	LUDI TANCE-01-A	CASC - China Aerospace Science and Technology Corp	China
139	LUDI TANCE-01-B	CASC - China Aerospace Science and Technology Corp	China
140	MBZ-SAT	MBRSC - Mohammed Bin Rashid Space Centre	United Arab Emirates
141	METEOR M2-2 (METEOR-M2 No 2)	Roscosmos State Corporation	Russia
142	METEOR M2-3 (METEOR-M2 No 3)	Roscosmos State Corporation	Russia
143	METEOR M2-4 (METEOR-M2 No 4)	Roscosmos State Corporation	Russia
144	METEOR-3M 4	Roscosmos State Corporation	Russia
145	METEOR-M 2/TOMS-F5 (METEOR-M No 2)	Roscosmos State Corporation	Russia
146	METEOSAT 11 (MSG 4)	EUMETSAT	Germany
147	METOP C	EUMETSAT	Germany
148	METOP-SG A-1	EUMETSAT	Germany
149	METOP-SG A-2	EUMETSAT	Germany
150	METOP-SG A-3	EUMETSAT	Germany

図表 24 対象衛星一覧表 (その 3)

No.	Spacecraft Name	Spacecraft Owner	Spacecraft Owner Nationality
151	METOP-SG B-1	EUMETSAT	Germany
152	METOP-SG B-2	EUMETSAT	Germany
153	METOP-SG B-3	EUMETSAT	Germany
154	MTG-I1	EUMETSAT	Germany
155	MTG-I2	EUMETSAT	Germany
156	MTG-I3	EUMETSAT	Germany
157	MTG-I4	EUMETSAT	Germany
158	MTG-S1	EUMETSAT	Germany
159	MTG-S2	EUMETSAT	Germany
160	NISAR	NASA/ISRO (Joint)	International
161	NOAA 20	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	United States
162	OBZOR O-1	Roscosmos State Corporation	Russia
163	OBZOR O-2	Roscosmos State Corporation	Russia
164	OBZOR O-3	Roscosmos State Corporation	Russia
165	OBZOR O-4	Roscosmos State Corporation	Russia
166	OBZOR R-1	Roscosmos State Corporation	Russia
167	OBZOR R-2	Roscosmos State Corporation	Russia
168	OCEANSAT 3A	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
169	PACE (NASA)	NASA (National Aeronautics and Space Administration)	United States
170	PAZ (EXACTVIEW-8 - EV-8)	Hisdesat Strategic Services S.A.	Spain
171	PLEIADES NEO 3	CNES - Centre National d'Etudes Spatiales	France
172	PLEIADES NEO 4	Airbus Defence and Space Communications, Intelligence & Security - CIS (Op.)	Europe
173	PRISMA (ITALY)	ASI - Agenzia Spaziale Italiana	Italy
174	PRSS-1 (RSSS)	Pakistan Space & Upper Atmosphere Research Commission (SUPARCO)	Pakistan
175	RADARSAT 2 FOLLOW-ON	Canadian Space Agency (CSA)	Canada
176	RCM 1 - RADARSAT CONSTELLATION MISSION 1	Canadian Space Agency (CSA)	Canada
177	RCM 2 - RADARSAT CONSTELLATION MISSION 2	Canadian Space Agency (CSA)	Canada
178	RCM 3 - RADARSAT CONSTELLATION MISSION 3	Canadian Space Agency (CSA)	Canada
179	RESOURCESAT 2A	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
180	RESOURCESAT 3	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
181	RESOURCESAT 3A	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
182	RESOURCESAT 3B	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
183	RESOURCESAT 3S	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
184	RESOURCESAT 3SA	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
185	RESURS-P 4	Roscosmos State Corporation	Russia
186	RESURS-P 5	Roscosmos State Corporation	Russia
187	RISAT 1B	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
188	RISAT 2BR1	ISRO - Indian Space Research Organisation	India
189	SAOCOM 1A	CONAE	Argentina
190	SAOCOM 1B	CONAE	Argentina
191	SAOCOM 2A	CONAE	Argentina
192	SAOCOM 2B	CONAE	Argentina
193	SDGSAT-1	China Academy of Sciences (CAS)/National Space Science Center	China
194	SENTINEL 1A (RADAR)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
195	SENTINEL 1C (RADAR)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
196	SENTINEL 1D (RADAR)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
197	SENTINEL 2A (OPTICAL)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
198	SENTINEL 2B (OPTICAL)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
199	SENTINEL 2C (OPTICAL)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
200	SENTINEL 2D (OPTICAL)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
201	SENTINEL 3A (OCEAN MONITORING)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
202	SENTINEL 3B (OCEAN MONITORING)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
203	SENTINEL 3C (OCEAN MONITORING)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
204	SENTINEL 3D (OCEAN MONITORING)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
205	SENTINEL 5P (PRECURSOR)	EU/EC - European Union/European Commission	Europe
206	SENTINEL-6A/JASON-CS	EUMETSAT/NOAA/EU	International
207	SENTINEL-6B/JASON-CS	EUMETSAT/NOAA/EU	International
208	SIWEI 01	China Siwei Surveying and Mapping Technology Co. Ltd	China
209	SIWEI 02	China Siwei Surveying and Mapping Technology Co. Ltd	China
210	SMAP	NASA (National Aeronautics and Space Administration)	United States
211	SPACEYE-T	Satrec Initiative (SI)	South Korea
212	SUCRE (VRSS-2)	ABAE - Venezuela (Bolivarian Agency for Space Activities)	Venezuela
213	SUPERVIEW NEO 2-01	China Siwei Surveying and Mapping Technology Co. Ltd	China
214	SUPERVIEW-1 01 (GAOJING 1-01)	Beijing Space View Technology Co Ltd	China
215	SUPERVIEW-1 02 (GAOJING 1-02)	Beijing Space View Technology Co Ltd	China
216	SUPERVIEW-1 03 (GAOJING 1-03)	Beijing Space View Technology Co Ltd	China
217	SUPERVIEW-1 04 (GAOJING 1-04)	Beijing Space View Technology Co Ltd	China
218	SWOT	CNES/NASA (Joint)	International
219	TANSAT	China Academy of Sciences (CAS)/National Space Science Center	China
220	TECIS-1	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
221	TELEOS-2	DSTA/ST Engineering	Singapore
222	WORLDVIEW 3	DigitalGlobe Inc.	United States
223	WORLDVIEW LEGION-1	DigitalGlobe Inc.	United States
224	WORLDVIEW LEGION-2	DigitalGlobe Inc.	United States
225	WORLDVIEW LEGION-3	DigitalGlobe Inc.	United States
226	WORLDVIEW LEGION-4	DigitalGlobe Inc.	United States
227	WORLDVIEW LEGION-5	DigitalGlobe Inc.	United States
228	WORLDVIEW LEGION-6	DigitalGlobe Inc.	United States
229	WORLDVIEW LEGION-7	DigitalGlobe Inc.	United States
230	WORLDVIEW LEGION-8	DigitalGlobe Inc.	United States
231	ZHANGHENG-1 (CSES)	China Academy of Sciences (CAS)/National Space Science Center	China
232	ZHANGHENG-2 (CSES)	CNSA - China National Space Administration	China
233	ZI YUAN 1-2D	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
234	ZI YUAN 1-2E	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
235	ZI YUAN 3-02	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China
236	ZI YUAN 3-03	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	China

3) 代表的衛星のスペック調査

- 中型・大型衛星について、後述する打上げ機数上位 10 機関・企業及びそれに次ぐ JAXA における代表的衛星のスペックについて整理する。

図表 25 衛星打上げ機数上位機関・企業（中型・大型衛星）

順位	衛星所有者	国籍	2014～ 2023	2024～	合計	主な中型・大型衛星
1	EU/EC - European Union/European Commission	EU	6	18	24	COPERNICUS, SENTINELシリーズ
2	ISRO - Indian Space Research Organisation	インド	10	11	21	CARTOSAT, RESOURCESAT, EOS, INSATシリーズ
3	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	中国	19	0	19	GAOFENシリーズ
4	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	中国	11	7	18	ZI YUAN, HAI YANGシリーズ
5	China State Meteorological Administration	中国	8	7	15	FENG YUNシリーズ
6	EUMETSAT	-	3	11	14	METOP, MTGシリーズ
7	Roscosmos State Corporation	ロシア	3	10	13	METEOR, OBZOR, RESURSシリーズ
8	Maxar Inc.	アメリカ	1	8	9	World View Legionシリーズ
8	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	アメリカ	6	3	9	GOES, JPSSシリーズ
10	Roshydromet (Russian Weather Service)	ロシア	5	2	7	ARKTIKA, ELEKTROシリーズ
11	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	日本	4	2	6	ALOS, GOSATシリーズ

出所) Space Trak を基に DB 作成

A) EU

i. Copernicus Sentinel シリーズ

- EU が主導している観測衛星プログラムであるコペルニクスプログラムにおいて、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。
- Sentinel-6 については、衛星所有者が EUMETSAT、NOAA、EU による共同所有であることから、上記衛星数カウントには含まれていない。

図表 26 Sentinel 1A~1D 概要²⁷

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 1 : The SAR Imaging Constellation for Land and Ocean Services • 1A : 2014 年、1B : 2016 年に打ち上げ済み。 <ul style="list-style-type: none"> • 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²⁸。 • 1C : 2023 年 4~7 月、1D : 2025 年に打ち上げ予定²⁹。 • C band SAR センサを搭載。
セクター		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	出資者 : EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者 : 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 : Thales Alenia Space Italia C-SAR ペイロード : Astrium Germany 中央アンテナのサブシステム³⁰ : Astrium UK • 開発コスト : 不明
	打上	Soyuz
	地上局	ESA
	運用	ESA/EC ³¹
	データ取扱	ESA と EC によりデータは一般公開されている

²⁷ 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

²⁸ Pierre Potin, et al., "STATUS AND EVOLUTION OF THE SENTINEL-1 MISSION" ※IEEE IGARSS 2022 より

²⁹ Pierre Potin, et al., "STATUS AND EVOLUTION OF THE SENTINEL-1 MISSION" ※IEEE IGARSS 2022 より

³⁰ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/satellite-description>

³¹ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1/satellite-description>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,300 kg³², 3.4m*1.3m*1.3m³³ • 軌道：太陽同期準回帰ドーナズク軌道 • 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 • 通信リンク（ダウンリンク）： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：Xバンド データレート：260Mbps×2
------	--

³² <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-1>

³³ <https://www.restec.or.jp/satellite/sentinel-1-a-1-b>

図表 27 Sentinel 2A~2D 概要³⁴

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 2 : The Optical Imaging Mission for Land Services • 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		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	出資者 : EC/ESA
	開発・ 製造	<ul style="list-style-type: none"> • Astrium GMBH • マルチスペクトルイメージャ : Astrium SAS • 開発コスト : 不明
	打上	Vega
	地上局	ESA
	運用	ESA/EC
	データ 取扱	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 : 1,100 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 • 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

³⁴ 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

図表 28 Sentinel 3A~3D 概要³⁵

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 3 : Global Sea/Land Monitoring Mission including Altimetry • 3A が 2016 年、3B が 2018 年に打ち上げ済み。 • 3C が 2024 年、3D が 2025 年に打ち上げ予定³⁶。 • 下記を搭載している。また、これ以外に軌道決定用のペイロードも 3 つ搭載。 <ol style="list-style-type: none"> (1) 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		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		海面温度、地表面温度、海面高度を計測
実施体制	出資	出資者 : EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • TAS-F (Thales Alenia Space – France)³⁷ • 開発コスト : 不明
	打上	Rocckot-TM
	地上局	ESA
	運用	ESA/EUMESAT
	データ取扱	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 : <ol 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 : <ol style="list-style-type: none"> (1) 直下のみ (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 : <ol style="list-style-type: none"> (1) 20km (2) 沿岸及び陸域 300m, 海洋 1.2km (3) 0.5km, 1km (4) 20km, SAR Along Track Mode 300m • 運用期間 : 7.5 年 • 回帰日数 : 27 日 • 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\times2 • TT&C (S バンド) : Up 64 kbps、Down 1Mbps

³⁵ 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

³⁶ <https://www.eumetsat.int/our-satellites/sentinel-series?sjid=future>

³⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-3>

図表 29 Sentinel-4 概要³⁸

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 4A は 2024 年に、MTG S1 に搭載され打上予定。4B は 2024 年に、MTG S2 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		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 大気中の気体 (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³⁹。
実施体制	出資	出資者：EC/ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約：Airbus Defense and Space⁴⁰ ESA：Custom Furnished Item 開発コスト：不明
	打上	Ariane 6
	地上局	ESA
	運用	ESA/EEA
	データ取扱	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⁴¹ 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 空間分解能：8 km スペクトル分解能： <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

³⁸ 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

³⁹ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>

⁴⁰ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-4>

⁴¹ <https://hsat.space/satellites-sentinel-4/>

図表 30 Sentinel-5P (Precursor) 概要⁴²

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)と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		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⁴³。
実施体制	出資	出資者：EC/ESA/NSO ⁴⁴
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約：Astrium UK⁴⁵ 開発コスト：€45.5 million
	打上	Rockot/Briz-KM, ESA
	地上局	ESA
	運用	ESA/EC/NSO
	データ取扱	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：250kg 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 運用期間：7年 回帰日数：17日 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

⁴² 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

⁴³ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>

⁴⁴ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5p>

⁴⁵ https://www.esa.int/About_Us/Law_at_ESA/ESA_selects_Astrium_to_build_Sentinel-5_Precursor_satellite

図表 31 Sentinel-5 概要⁴⁶

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 5 : Atmospheric Monitoring Mission in LEO • 2024 年に打ち上げ予定⁴⁷。 • 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		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⁴⁸。
実施体制	出資	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 million⁴⁹
	打上	未定
	地上局	ESA/DLR
	運用	ESA/COM/EUMESAT
	データ取扱	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 : 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 : 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 • 通信リンク : Ka-band ダウンリンク : 781Mbps (2 channels) X-band ダウンリンク : 80Mbps

⁴⁶ 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

⁴⁷ <http://database.eohandbook.com/database/missionsummary.aspx?missionID=641>

⁴⁸ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-5>

⁴⁹ <https://www.copernicus.eu/en/media/images/contract-signature-sentinel-5>

図表 32 Sentinel-6 概要⁵⁰

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 6A を 2020 年に打ち上げ⁵¹。 • Sentinel 6B は 2026 年に打ち上げ予定⁵²。 • 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 (5) DOPPLER ORBITOGRAPHY AND RADIOPOSITIONING INTEGRATED BY SATELLITE (DORIS)/衛星測位システム
セクター		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	出資者：EC/ESA/EUMETSAT/NASA/NOAA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Airbus DS⁵³ • NASA/JPL:LRA、AMR-C、GNSS-RO • ESA：Poseidon-4 Sar Altimeter Instrument、GNSS-POD、DORIS • 開発コスト：\$195m
	打上	Falcon 9
	地上局	ESA
	運用	ESA/NASA
	データ取扱	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 (2) 18.7GHz, 23.8GHz, 34GHz (3) GPS (4) GPS (5) – (6) Signals from ground station • 空間分解能：

⁵⁰ 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

⁵¹ <http://database.eohandbook.com/database/missionsummary.aspx?missionID=641>

⁵² https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-6_overview

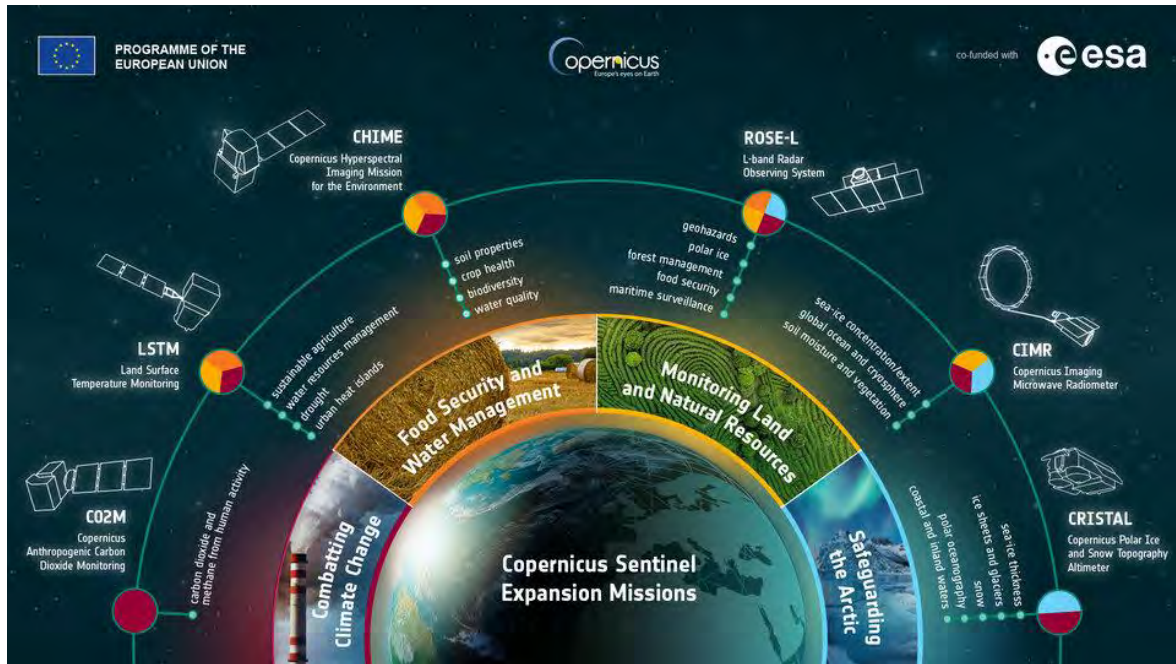
⁵³ <http://database.eohandbook.com/database/missionsummary.aspx?missionID=641> rticle/jason-cs

	<p>(1) 20km, SAR mode 300m</p> <p>(2) 25km</p> <p>(3) 300km horizontal, 0.5km vertical</p> <p>(4) -</p> <p>(5) -</p> <p>(6) -</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 missions⁵⁴

- 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 33 Copernicus Sentinel Expansion mission 概要⁵⁵



⁵⁴ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Copernicus_Sentinel_Expansion_missions

⁵⁵ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Copernicus_Sentinel_Expansion_missions

① CHIME (Copernicus Hyperspectral Imaging Mission) ⁵⁶⁵⁷

- 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⁵⁸。イメージング分光計 (AVIRIS : Airborne Visible and Infrared Imaging Spectrometer) の搭載による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する⁵⁹。

図表 34 CHIME 概要⁶⁰⁶¹⁶²

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。 2032 年に 2 機目の計画もあり。 ハイパースペクトルイメージング衛星である。 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。 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を提供する。 コンステレーションにより、準毎日観測、超高分解能、高い柔軟性、低コスト、迅速な開発の実現を目指す。 	
セクター	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⁶³ 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⁶⁴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 	
実施体制	出資	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 Systems⁶⁵ 開発コスト : €455M (契約金額) ⁶⁶
	打上	不明
	地上局	不明
	運用	ESA, EC, EUMETSAT
	データ取扱	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

⁵⁶ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

⁵⁷ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Going_hyperspectral_for_CHIME

⁵⁸ <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>

⁵⁹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus>

⁶⁰ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

⁶¹ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Going_hyperspectral_for_CHIME

⁶² https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

⁶³ <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>

⁶⁴ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus>

⁶⁵ <https://spacenews.com/esa-selects-prime-contractors-for-six-new-copernicus-missions/>

⁶⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/chime-copernicus>

		67。
	スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：不明 • 軌道：太陽同期軌道⁶⁸ • 高度：786 km • 観測波長帯：400-2500nm⁶⁹ • 観測幅：130km⁷⁰ • 空間分解能：30m⁷¹ • 運用期間：2機のコンステレーションとして7年以上⁷² • 回帰日数：11日⁷³ • 通信リンク：不明

⁶⁷ Phi-week2021 における ESA 報告より

⁶⁸ Phi-week2021 における ESA 報告より

⁶⁹ Phi-week2021 における ESA 報告より

⁷⁰ Phi-week2021 における ESA 報告より

⁷¹ Phi-week2021 における ESA 報告より

⁷² <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/chime>

⁷³ Phi-week2021 における ESA 報告より

図表 35 Phi-week2021 における CHIME 報告⁷⁴

CHIME overview



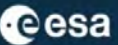
Key performance:

- 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

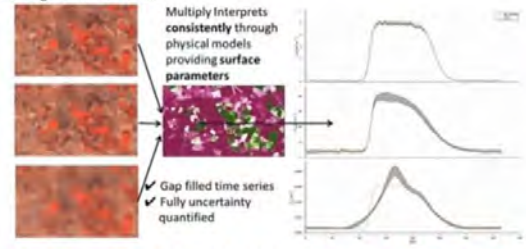
Potential applications: land surface information retrieval

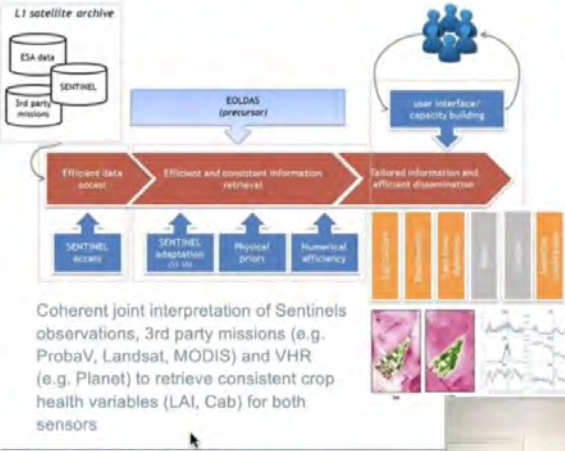



MULTIscale SENTINEL land surface information retrieval Platform (MULTIPLY)

- 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

⁷⁴ Phi-week2021 における ESA 報告より

② CIMR (Copernicus Imaging Microwave Radiometer mission) ⁷⁵⁷⁶⁷⁷

- 海洋と海水、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、海水密度等を分析する予定の衛星である⁷⁸。

図表 36 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⁷⁹。 2031 年に二機目の計画あり⁸⁰。 マイクロ波放射計を搭載。 海面温度、海面塩分、海水濃度を、それぞれ 15、55、5km の空間分解能、0.2K、0.3psu (実用塩分単位)、5%の精度で提供予定⁸¹。 	
セクター	Civil/Others	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 海洋と海水、特に保局研の環境を観測 海面温度、海面塩分、海水密度の分析⁸² 	
実施体制	出資	出資者：EC
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約：Thales Alenia Space France⁸³ 搭載機器：OHB Space Systems⁸⁴ アンテナ反射器：HPS (Germany) ⁸⁵ 開発コスト：不明
	打上	不明
	地上局	不明
	運用	ESA, EC, EUMETSAT ⁸⁶
	データ取扱	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⁸⁷ 高度：820km⁸⁸ 観測波長帯： L~Ka band (1.143GHz, 6.925GHz, 10.65GHz, 18.7GHz, 36.5GHz)⁸⁹ 観測幅：1,900 km⁹⁰ 空間分解能： 海水温度：15 km 海面塩分：55km 海氷温度：5 km 	

⁷⁵ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

⁷⁶ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>; <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/chime>

⁷⁷ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

⁷⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁷⁹ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

⁸⁰ SeraData より抽出

⁸¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁸² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁸³ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁸⁴ <https://spacenews.com/esa-selects-prime-contractors-for-six-new-copernicus-missions/>

⁸⁵ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁸⁶ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

⁸⁷ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁸⁸ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

⁸⁹ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

⁹⁰ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

- | | |
|--|---|
| | <ul style="list-style-type: none">• 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⁹¹• 回帰日数：1.5日⁹²• 通信リンク：不明 |
|--|---|

⁹¹ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cimr>

⁹² <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/cimr>

③ Copernicus CO2 Monitoring Mission (CO2M) ⁹³

- 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 37 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⁹⁴。 • 2029年に二機目の計画もあり⁹⁵。 • 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		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	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 Systems⁹⁶ • 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：OIS Sensors⁹⁷ • 開発コスト：€455M（2機の契約価格）⁹⁸
	打上	不明
	地上局	EUMETSAT ⁹⁹
	運用	EUMETSAT ¹⁰⁰
	データ取扱	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：735 km • 観測波長帯： <ol 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 km • 空間分解能： <ol 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 • 回帰日数：10日 • 通信リンク：不明

⁹³ <https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/map>

⁹⁴ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/co2m>

⁹⁵ SeraData より抽出

⁹⁶ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/cimr>

⁹⁷ <https://www.bbc.com/news/science-environment-53613336>

⁹⁸ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/co2m>

⁹⁹ <https://www.eumetsat.int/copernicus-co2m-science-support>

¹⁰⁰ <https://www.eumetsat.int/copernicus-co2m-science-support>

④ CRISTAL (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・監視に活用される予定の衛星である¹⁰¹。

図表 38 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¹⁰²。 2029年に二機目の計画もあり¹⁰³。 下記を搭載： <ol style="list-style-type: none"> IRIS (Interferometric Radar altimeter for Ice and Snow) AMR-C (Advanced Microwave Radiometer - C) LRR (Laser Retro-Reflector) GPS 受信機も搭載
セクター		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¹⁰⁴ 前世代の 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	出資者：EC
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> 主契約：Airbus Defense and Space¹⁰⁵ Ku/Ka 帯二周波レーダー高度計 (IRIS) : Thales Alenia Space¹⁰⁶ 開発コスト：\$350 million¹⁰⁷
	打上	不明
	地上局	不明
	運用	EUMETSAT
	データ取扱	不明

¹⁰¹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cristal.htm

¹⁰² <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/cristal>

¹⁰³ SeraData より抽出

¹⁰⁴ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cristal.htm

¹⁰⁵ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cristal.htm

¹⁰⁶ <https://spacenews.com/Airbus-signs-350-million-contract-to-build-cristal-ice-monitoring-satellite-for-eu/>

¹⁰⁷ <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 kg¹⁰⁸ • 軌道 : drifting orbit¹⁰⁹ • 高度 : 717 km¹¹⁰ • 観測波長帯¹¹¹ : <ul style="list-style-type: none"> (1) Ku band, Ka band (2) 18.7GHz, 23.8GHz, 34 GHz (3) 不明 (4) GPS 信号 • 観測幅 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 不明 (2) 30km, 100km (3) 不明 (4) - • 空間分解能¹¹² : <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¹¹³ • 軌道傾斜角 : 92°¹¹⁴ • 通信リンク : 不明
------	--

¹⁰⁸ <https://spacenews.com/Airbus-signs-350-million-contract-to-build-cristal-ice-monitoring-satellite-for-eu/>

¹⁰⁹ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹¹⁰ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹¹¹ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹¹² https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

¹¹³ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-09-Airbus-selected-for-esas-new-polar-ice-and-snow-topography-mission>

¹¹⁴ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/iris_cristal

⑤ LSTM Copernicus (Land Surface Temperature Monitoring) mission ¹¹⁵¹¹⁶¹¹⁷

- 地表面温度の変動を観測することを目的とする衛星である。

図表 39 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¹¹⁸。 • 2032年に二機目の計画もあり¹¹⁹。 • VIS/NIR/SWIR/TIR 24チャンネルを測定¹²⁰。 • 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（成長した植物から放出される水蒸気）を、現在宇宙から測定されているよりも400倍の解像度でマッピング、個々の畑の温度まで特定。
セクター		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を観測し水生産性の確実性を高める。 • 放射率の推定により土壌組成とその変化を観測する¹²¹。
実施体制	出資	出資者：ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Airbus Defense and Space (Spain) ¹²²¹²³ • 開発コスト：\$380 million¹²⁴ (2機)
	打上	不明
	地上局	不明
	運用	ESA
	データ取扱	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：640 km¹²⁵ • 観測波長帯：下図参照 • 観測幅：600-700km¹²⁶ • 空間分解能：50 m¹²⁷ • 運用期間：不明 • 回帰日数：3日¹²⁸ • 通信リンク：不明

¹¹⁵ <https://eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lstm>

¹¹⁶ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contracts_signed_for_three_high-priority_environmental_missions

¹¹⁷ <https://www.Airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/11/Airbus-wins-esas-lstm-temperaturecheck-mission-for-copernicus-next-generation.html>

¹¹⁸ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹¹⁹ SeraData より抽出

¹²⁰ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹²¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions//lstm>

¹²² https://space.skyrocket.de/doc_sdat/lstm.htm

¹²³ <https://spacenews.com/esa-selects-prime-contractors-for-six-new-copernicus-missions/>

¹²⁴ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

¹²⁵ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹²⁶ <https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/lstm>

¹²⁷ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

¹²⁸ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

- 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 $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
VNIR-1	0.665 μm	30 μm	142 @ 108.00 $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
VNIR-2	0.865 μm	20 μm	100 @ 52.38 $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
VNIR-3	0.945 μm	20 μm	114 @ 8.77 $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
SWIR-1	1.380 μm	30 μm	100 @ 6.00 $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
SWIR-2	1.610 μm	90 μm	133 @ 4.00 $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
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

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予定の衛星である。

図表 40 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¹²⁹。 • 2030 年に二機目の計画もあり¹³⁰。 • 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¹³¹。 • 2028 年に打上予定¹³²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。 • 史上最大の 11 メートル×3.6 メートルのフェーズドアレーアンテナ (PAA) を搭載予定。
セクター		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することを目指す¹³³。
実施体制	出資	出資者：－
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主契約：Thales Alenia Space¹³⁴ • レーダー機器：Airbus Defense and Space¹³⁵ • 開発コスト：\$482 million 以上¹³⁶ • 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¹³⁷
	打上	不明
	地上局	不明
	運用	ESA
	データ取扱	不明

¹²⁹ https://space.oscar.wmo.int/satellites/view/rose_1

¹³⁰ SeraData より抽出

¹³¹ <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/thales-alenia-space-signs-contract-esa-build-copernicus-rose-1>

¹³² https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹³³ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹³⁴ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹³⁵ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹³⁶ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹³⁷ <https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press-release/thales-alenia-space-signs-contract-esa-build-copernicus-rose-1>

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,060 kg • 軌道：極軌道 • 高度：690 km¹³⁸ • 観測波長帯：L band • 観測幅：80-400km¹³⁹ • 空間分解能：5m¹⁴⁰ • 運用期間：7.5 年 • 回帰日数：3 日¹⁴¹ • 通信リンク：不明
------	---

¹³⁸ https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Contract_signed_for_new_Copernicus_ROSE-L_mission

¹³⁹ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/rose_1

¹⁴⁰ https://space.oscar.wmo.int/instruments/view/rose_1

¹⁴¹ <https://www.Airbus.com/en/newsroom/press-releases/2020-11-Airbus-wins-esas-lstm-temperature-check-mission-for-copernicus-next>

B) ISRO

i. Cartosat

- Cartosat は、ISRO により設計・運用されている光学地球観測衛星であり、2013 年以降には、Cartosat 2 シリーズ及び Cartosat 3,3A,3B が打上げ済み及び打上げ予定である。^{142,143}

図表 41 CARTOSAT-2 シリーズ概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Cartosat-2 の後継機。 • 2C は 2016 年、2D、2E は 2017 年、2F は 2018 年に打上げ済み。 • 下記を搭載 <ol style="list-style-type: none"> (1) PAN (パンクロマティックカメラ) (2) HRMX (高解像度マルチスペクトルカメラ、2C,D,E,F のみ) (3) EVM (イベント監視ビデオカメラ、2C,D,E,F のみ)
セクター		Civil/Others
目的・ ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 2 台のカメラによる同一軌道内ステレオ観測により DTM,DEM を作成。 • 地形図作成、土地利用、GIS に利用。¹⁴⁴
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	ISRO ¹⁴⁵
	打上	PSLV ¹⁴⁶
	地上局	不明
	運用	ISRO ¹⁴⁷
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：700kg 程度 • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：500-640km 程度 • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.50-0.85 μ m (2) 0.43-0.52 μ m、0.52-0.61 μ m、0.61-0.69 μ m、0.76-0.90 μ m (3) 不明 • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 10km (2) 10km (3) 不明 • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.65m (2) 2m (3) 不明 • 運用期間：5 年 • 通信リンク：不明

¹⁴² https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-2.htm

¹⁴³ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁴⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/cartosat-2a.html>

¹⁴⁵ https://www.isro.gov.in/CARTOSAT_2_PSLVC34.html

¹⁴⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/cartosat-2a.html>

¹⁴⁷ <https://www.restec.or.jp/satellite/cartosat-2a.html>

図表 42 CARTOSAT-3 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • Cartosat-2 シリーズの後継機で第 3 世代の機敏な地球観測衛星。 • 3 は 2019 年に打上げ済み。3A は 2023 年、3B は 2024 年に打上げ予定。¹⁴⁸ • 下記を搭載¹⁴⁹ <ol style="list-style-type: none"> (1) PAN (パנקロマティックカメラ) (2) MX (高解像度マルチスペクトルカメラ) 4 バンド (3) MIR (ハイパースペクトルカメラ) (4) MWIR カメラ 	
セクター	Civil/Others	
目的・ ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 地形図作成 • 土地利用図作成 	
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・ 製造	ISRO ¹⁵⁰
	打上	PSLV ¹⁵¹
	地上局	不明
	運用	ISRO, Antrix ¹⁵²
	データ 取扱	不明
スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,625kg¹⁵³ • 軌道：太陽同期円軌道¹⁵⁴ • 高度：509km¹⁵⁵ • 観測波長帯¹⁵⁶： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.5-0.75 μm (2) 0.45-0.52 μm、0.52-0.59 μm、0.62-0.68 μm、0.77-0.86 μm (3) - (4) 3-5 μm • 観測幅¹⁵⁷： <ol style="list-style-type: none"> (1) 16km (2) 16km (3) 5km (4) 不明 • 空間分解能¹⁵⁸： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.25m (2) 1.14m (3) 12m (4) 5.7m • 運用期間：5 年¹⁵⁹ • 回帰日数：不明 • 通信リンク：不明 	

¹⁴⁸ Seradata 社 SpaceTrak より

¹⁴⁹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵⁰ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵¹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵² <https://innoter.com/en/satellites/cartosat-3/>

¹⁵³ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵⁴ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵⁵ https://www.isro.gov.in/media_isro/pdf/Missions/PSLVC47/PSLV-C47%20Launch%20Kit.cdr.pdf

¹⁵⁶ <https://innoter.com/en/satellites/cartosat-3/>

¹⁵⁷ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵⁸ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

¹⁵⁹ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/cartosat-3.htm

ii. Resourcesat

- ISRO により設計・運用されている光学地球観測衛星で、インドの天然資源・環境管理を目的として、3機が打ち上げられている。2025年までにさらに3機を打ち上げる予定である。

図表 43 Resourcesat 1、2、2A 概要¹⁶⁰

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 最初の Resourcesat 1 は、インドリモートセンシング衛星 (IRS) シリーズの最後の衛星として 2006 年に打ち上げられ、後に Resourcesat に改名された。 • Resourcesat 2 は、2011 年に打ち上げられ、2A は 2016 年に打ち上げられた。 • 下記の高解像、中解像、広角の 3 つの観測機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) LISS-4 (高分解) (2) LISS-3 (中分解) (3) AEFIS (広角)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		インドの天然資源・環境管理
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	ISRO
	打上	PSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,360kg • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：817km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.52-0.59 μm、0.62-0.68 μm、0.77-0.86 μm (2) 0.52-0.59 μm、0.62-0.68 μm、0.77-0.86 μm、1.55-1.70 μm (3) 0.52-0.59 μm、0.62-0.68 μm、0.77-0.86 μm、1.55-1.70 μm • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 23.9km、70km (2) 141km (3) 740km • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 5.8m (2) 23.5m (3) 56-70m • 運用期間：5年 • 回帰日数：24日 • 通信リンク：8125/8300MHz

¹⁶⁰ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

図表 44 Resourcesat 3、3A、3B 概要¹⁶¹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> Resourcesat の次世代シリーズとして、打ち上げ予定。 Resourcesat 3 は 2025 年に、3A は 2026 年に打ち上げ予定である。3B の打ち上げ予定は未定である。 下記の 2 つの観測機器を搭載する予定である。 <ol style="list-style-type: none"> ALISS-3 (高解像陸地観測機器) ATCOR (大気補正陸地観測機器)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		インドの天然資源・環境管理
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	ISRO
	打上	PSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：1,200kg 軌道：太陽同期軌道 高度：795km 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 0.4-1.0 μm、0.52-0.59 μm、0.62-0.68 μm、0.77-0.86 μm、1.55-1.75 μm 0.4-1.0 μm 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> 925km 925km 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 10m (パンクロマティック)、20m (マルチスペクトル) 240m 運用期間：5年 回帰日数：不明 通信リンク：Xバンド (詳細不明)

¹⁶¹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

図表 45 Resourcesat 3S、3SA 概要¹⁶²

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> Resourcesat 3 シリーズを補完する衛星シリーズとして、打ち上げ予定。 Resourcesat 3S は 2026 年に、3SA は 2027 年に打ち上げ予定である。 下記の 2 つの観測機器を搭載する予定である。 <ol style="list-style-type: none"> LISS-V (高解像陸地観測機器) APAN (高解像パナクロマティック観測機器)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		インドの天然資源・環境管理
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	ISRO
	打上	PSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：1,200kg 軌道：太陽同期軌道 高度：633km 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 0.45-0.52 μ m、0.52-0.59 μ m、0.62-0.68 μ m、0.77-0.86 μ m 0.45-0.9 μ m 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> 60km 60km 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 2.5m 1.25m 運用期間：5年 回帰日数：不明 通信リンク：Xバンド（詳細不明）

¹⁶² 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

iii. EOS

- ISRO が所有している地球観測衛星である。SAR 衛星や光学衛星、静止衛星など複数種類の衛星がまとめて EOS シリーズとされている。7 機が打ち上げられており、うち 2 機 (EOS-02,07) は小型衛星である。

図表 46 EOS-01 概要¹⁶³

項目		内容
概要		• X バンド SAR 衛星で、RISAT 2 として 2020 年に打ち上げられたが、EOS-01 に改名された。
セクター		Civil/Others
目的・ ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 農林業 • 防災支援
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・ 製造	ISRO
	打上	PSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ 取扱	NRSC が配布
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：630kg • 軌道：LEO • 高度：555km • 観測波長帯：X バンド (9.59Ghz) • 観測幅：10km、50km • 空間分解能：1.8m・8m • 運用期間：5 年 • 軌道傾斜角：36.9 度 • 周期：96 分 • 通信リンク：X バンド (詳細不明)

¹⁶³ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

図表 47 EOS-03,05 概要¹⁶⁴

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 高解像の地球観測を行う静止衛星として、EOS-03 が 2021 年に打ち上げられたが、軌道投入に失敗した。 搭載していた観測機器は以下の 4 つである。 <ol style="list-style-type: none"> MX-VNIR (マルチスペクトル可視光・近赤外観測機器) HyS-VNIR (ハイパースペクトル可視光・近赤外観測機器) HyS-SWIR (ハイパースペクトル近赤外観測機器) MX-LWIR (マルチスペクトル長赤外観測機器) EOS-05 は、インド海軍向けの改良版で仕様が若干異なるようだが詳細は不明¹⁶⁵。以下、EOS-03 について記載する。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		静止軌道からの陸地・海洋観測
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	URSC
	打上	GSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：2100kg 軌道：静止軌道（東経 85.5 度） 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 0.45 μ m-0.845 μ m (6 バンド) 0.375 μ m-1 μ m (60 バンド) 0.9 μ m-2.5 μ m (150 バンド) 7.1 μ m-13.5 μ m (6 バンド) 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 50m 500m 500m 1.5km 運用期間：5 年 通信リンク：X バンド（詳細不明）

¹⁶⁴ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

¹⁶⁵ <https://timesofindia.indiatimes.com/india/navy-to-acquire-gisat-2-dedicated-satellite-to-boost-capability-in-i-or-region/articleshow/91384738.cms>

- MX-VNIR の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified input
0.485 μm	0.45-0.52 μm	200 @ 100 % albedo
0.555 μm	0.52-0.59 μm	200 @ 100 % albedo
0.650 μm	0.62-0.68 μm	200 @ 100 % albedo
0.725 μm	0.71-0.74 μm	200 @ 100 % albedo
0.815 μm	0.77-0.86 μm	200 @ 100 % albedo
0.860 μm	0.845-0.875 μm	200 @ 100 % albedo

- MX-LWIR の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	NE Δ T @ specified input
7.35 μm	7.1-7.6 μm	0.15 K @ 300 K
8.50 μm	8.3-8.7 μm	0.15 K @ 300 K
9.60 μm	9.4-9.8 μm	0.15 K @ 300 K
10.8 μm	10-3-11.3 μm	0.15 K @ 300 K
12.0 μm	11.5-12.5 μm	0.15 K @ 300 K
13.25 μm	13.0-13.5 μm	0.15 K @ 300 K

図表 48 EOS-04 概要¹⁶⁶

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • Cバンド SAR 衛星で、2022年に打ち上げられた。 • 陸域観測を行う。RISAT プログラムの6号機であったが、EOS-04に名称が変更された。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 農業、林業への利用 • 洪水マッピング
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	URSC
	打上	PSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	NRSC が配布
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,710kg • 軌道：太陽同期ドーナズク軌道 • 高度：529km • 観測波長帯：Cバンド（5.35GHz） • 観測幅：10-240km • 空間分解能：1-50m • 運用期間：5年 • 通信リンク：Xバンド（詳細不明）

¹⁶⁶ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

図表 49 EOS-06 概要¹⁶⁷

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> 海洋観測衛星で、2022年に打ち上げられた。 フランスの観測機器を含む以下の4つの観測機器を搭載。 <ol style="list-style-type: none"> OCM (海洋カラー画像観測機器) SSTM (海面水温モニタ) OSCAT-3 (風計測用散乱計) ARGOS-4 (フランスの環境調査用地上センサ情報の収集機器)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 海洋観測 フランスのペイロード ARGOS-4 によるデータ中継
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	ISRO
	打上	PSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	NRSC が配布
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：960kg 軌道：太陽同期軌道 高度：723km 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 0.41-1.01 μ m (13バンド) 10.75-11.25 μ m、11.75-12.25 μ m Kuバンド (13.515GHz) 観測幅：1440km 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 360m、1080m 1.08km 12.5km、25km、50km 運用期間：6年 通信リンク：Kuバンド (13-14GHz)

¹⁶⁷ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- OCM の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Bandwidth	SNR @ specified input spectral radiance	IFOV
412 nm	10 nm	>1000 @ 91 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
443 nm	10 nm	>1000 @ 84 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
490 nm	10 nm	>1000 @ 66 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
510 nm	10 nm	>1000 @ 56 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
555 nm	10 nm	>1000 @ 46 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
566 nm	10 nm	>1000 @ 43 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
620 nm	10 nm	>1000 @ 31 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
670 nm	10 nm	>1000 @ 25 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
681 nm	7.5 nm	>1000 @ 23 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
710 nm	10 nm	>1000 @ 20 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 m
780 nm	10 nm	>800 @ 16 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1080 m
870 nm	20 nm	>800 @ 11 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1080 m
1010 nm	20 nm	>800 @ 5 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1080 m

iv. INSAT

- INSAT は ISRO が打ち上げている通信、放送、気象向けの静止衛星シリーズである。1983 年に初めて打ち上げに成功し、以来 25 機が打ち上げられている。
- 本調査で対象となっている 2 機 (INSAT-3DR、3DS) について以下の表に示す。

図表 50 INSAT-3DR,3DS 概要¹⁶⁸

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 気象衛星 INSAT-3D の後継として INSAT-3DR が 2016 年に打ち上げられた。 • 3DS は、3D、3DR の後継として、2024 年に打ち上げられた。 • 以下の 2 つの観測機器を搭載している。また、これ以外に地上センサや捜索救助用のデータ中継器をそれぞれ 1 基ずつ搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) IMAGER (2) SOUNDER
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気象観測 • 地上センサ、捜索救助用のデータ中継
実施体制	出資	出資者：ISRO
	開発・製造	URSC
	打上	GSLV
	地上局	ISRO
	運用	ISRO
	データ取扱	気象データとして、IMD (India Meteorological Department) が利用
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,060kg (3DR) /2,275kg (3DS) • 軌道：静止軌道 (東経 74 度 (3DR)、東経 82 度 (3DS)) • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.55-12.5 μ m (6 バンド) (2) 0.695-14.67 μ m (19 バンド) • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 1-8km (2) 10km • 運用期間：10 年 (3DR) /7 年 (3DS) • 通信リンク：4500MHz (3DR) /4800MHz (3DS)

¹⁶⁸ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- IMAGER の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NE Δ T @ specified input
0.65 μm	0.55 - 0.75 μm	900 @ 100 % albedo
1.625 μm	1.55 - 1.70 μm	220 @ 100 % albedo
3.82 μm	3.70 - 3.95 μm	0.5 K @ 300 K
6.8 μm	6.50 - 7.10 μm	0.25 K @ 300 K
10.8 μm	10.3 - 11.3 μm	0.26 K @ 300 K
12.0 μm	11.5 - 12.5 μm	0.28 K @ 300 K

- SOUNDER の観測波長帯

Wavelength	Wave number	Bandwidth	SNR or NE Δ T @ specified input
14.67 μm	682 cm^{-1}	13 cm^{-1}	0.17 K @ 300 K
14.32 μm	699 cm^{-1}	13 cm^{-1}	0.16 K @ 300 K
14.04 μm	712 cm^{-1}	13 cm^{-1}	0.15 K @ 300 K
13.64 μm	733 cm^{-1}	16 cm^{-1}	0.12 K @ 300 K
13.32 μm	751 cm^{-1}	16 cm^{-1}	0.12 K @ 300 K
12.62 μm	793 cm^{-1}	30 cm^{-1}	0.07 K @ 300 K
11.99 μm	834 cm^{-1}	50 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
11.04 μm	906 cm^{-1}	50 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
9.72 μm	1029 cm^{-1}	25 cm^{-1}	0.10 K @ 300 K
7.44 μm	1344 cm^{-1}	55 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
7.03 μm	1422 cm^{-1}	80 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
6.53 μm	1531 cm^{-1}	60 cm^{-1}	0.10 K @ 300 K
4.58 μm	2184 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
4.53 μm	2209 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
4.46 μm	2241 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
4.13 μm	2420 cm^{-1}	40 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
3.98 μm	2510 cm^{-1}	40 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
3.76 μm	2658 cm^{-1}	100 cm^{-1}	0.05 K @ 300 K
0.695 μm	14367 cm^{-1}	0.05 μm	1800 @ 100 % albedo

v. NISAR

- NISAR は、NASA と ISRO 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）を用いて、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である¹⁶⁹。
- AGU2023 では、NISAR の運用開始に向けた発表セッションがあり、土壌水分、時系列変位、浸水範囲、植物量推定、積雪水相当量測定などの用途を想定した研究発表があった。

図表 51 NISAR 概要¹⁷⁰

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。 • 世界初の 2 つの周波数（Lband、Sband）を搭載するレーダーイメージング衛星。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気候変動把握 • 森林、農業管理 • 災害管理
実施体制	出資	出資者：NASA、ISRO
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • NASA/JPL：L バンド SAR センサ、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 受信機など • ISRO：S バンド SAR センサ、衛星バス • 開発コスト：NASA のみで\$900m
	打上	GSLV
	地上局	NASA と ISRO がそれぞれ地上局を持つ。
	運用	NASA と ISRO
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • データ処理：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。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¹⁷¹。 • 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て公開する予定¹⁷²。
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：3,100kg • 軌道：太陽同期準回帰ドーンダスク軌道 • 観測波長帯： L band 1,2~1,3GHz S band 3GHz • 観測幅：240km • 空間分解能： Lband：2-7m Sband：2-6m • 回帰日数：12 日 • 運用期間：3 年 • 通信リンク（ダウンリンク）： 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）1500MHz データレート：4 Gbps

¹⁶⁹ <https://nisar.jpl.nasa.gov/>

¹⁷⁰ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

¹⁷¹ <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

¹⁷² <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/nisar>

C) SASTIND

i. Gaofen

- 高分解能地上観測用小型衛星シリーズ。Gaofen(高峰)は高分解能を意味する。中国における高分解能での地球観測システムを実施。

図表 52 Gaofen 概要¹⁷³

項目		内容					
概要	• 中国の高分解能地上観測用小型衛星シリーズ。						
セクター	Civil/Others						
目的・ ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> • 高分解能地上観測 • GF-1,2,4,6,7,8,9,10,11,13,14 : 高解像度陸域観測、災害監視 • GF-3,12 : 全天候型高解像度陸域観測、災害監視 • GF-5 : エアロゾルを含む大気化学、高解像度陸域観測 						
実施体制	出資	CNSA (中国国家航天局)					
	開発・ 製造	CAST (中国宇宙技術研究院) の子会社である China Spacesat Co. Ltd.					
	打上	衛星	打上げ日	ロケット	衛星	打上げ日	ロケット
		GF-1	2013/04/26	長征 2D	GF-9-04	2020/08/06	長征 2D
		GF-1-02	2018/03/30	長征 4C	GF-9-05	2020/08/23	長征 2D
		GF-1-03	2018/03/30	長征 4C	GF-10	2016/08/31	長征 4C
		GF-1-04	2018/03/30	長征 4C	GF-11	2016/07/31	長征 4B
		GF-2	2014/08/19	長征 4B	GF-11-02	2020/09/07	長征 4B
		GF-3	2016/08/09	長征 4C	GF-11-03	2021/11/20	長征 4B
		GF-4	2015/12/28	長征 3B	GF-11-04	2022/12/27	長征 4B
		GF-5-01A	2022/12/08	長征 2D	GF-12	2019/11/27	長征 4C
		GF-5-02	2021/09/07	長征 4C	GF-12-02	2021/03/30	長征 4C
		GF-6	2018/06/02	長征 2D	GF-12-03	2022/06/27	長征 4C
		GF-7	2019/11/03	長征 4B	GF-12-04	2023/08/20	長征 4C
		GF-8	2015/06/26	長征 4B	GF-13	2020/11/11	長征 3B
GF-9		2015/09/14	長征 2D	GF-13-02	2023/03/17	長征 3B	
GF-9-02	2020/05/31	長征 2D	GF-14	2020/12/06	長征 4B		
GF-9-03	2020/06/17	長征 2D	GF-DM	2020/07/03	長征 4B		
地上局	RADI Miyun 地上局						
運用	CNSA						
データ 取扱	主に中国の行政 (国土資源部、環境保護部、農業部)						
スペック	衛星	サイズ	軌道	運用 (設計) 期間			
	GF-1	805kg	640km・太陽同期軌道	不明			
	GF-1-02	805kg	640km・太陽同期軌道	6年			
	GF-1-03	805kg	640km・太陽同期軌道	6年			
	GF-1-04	805kg	640km・太陽同期軌道	6年			
	GF-2	不明	631km・太陽同期軌道	5-8年			
	GF-3	2950kg	758km・太陽同期軌道	8年			
	GF-4	4600kg	35786km GEO	8年			
GF-5-01A	不明	705km・太陽同期軌道	8年				
GF-5-02	不明	705km・太陽同期軌道	8年				

¹⁷³ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

GF-6	805kg	640km・太陽同期軌道	8年
GF-7	2400kg	500km・太陽同期軌道	不明
GF-8	不明	475km・太陽同期軌道	5-8年
GF-9	不明	650km・太陽同期軌道	不明
GF-9-02	不明	650km・太陽同期軌道	不明
GF-9-03	不明	650km・太陽同期軌道	不明
GF-9-04	不明	650km・太陽同期軌道	不明
GF-9-05	不明	650km・太陽同期軌道	不明
GF-10	不明	613km・太陽同期軌道	不明
GF-11	不明	412km・太陽同期軌道	不明
GF-11-02	不明	415km・太陽同期軌道	不明
GF-11-03	不明	450km・太陽同期軌道	不明
GF-11-04	不明	450km・太陽同期軌道	不明
GF-12	2950kg	635km・太陽同期軌道	不明
GF-12-02	2950kg	635km・太陽同期軌道	不明
GF-12-03	2950kg	635km・太陽同期軌道	不明
GF-12-04	2950kg	635km・太陽同期軌道	不明
GF-13	4600kg	35786km GEO	不明
GF-13-02	4600kg	35786km GEO	不明
GF-14	不明	488km・太陽同期軌道	不明
GF-DM	不明	不明	不明

・ 機器：

衛星	機器 1	機器 2	機器 3	機器 4	機器 5	機器 6
GF-1	PMS	WFV				
GF-1-02	PMS					
GF-1-03	PMS					
GF-1-04	PMS					
GF-2	PMS-2					
GF-3	SAR-C					
GF-4	GF-4/13imager					
GF-5-01A	AHSI	AIUS	DPC	EMI	GMI	VIMS
GF-5-02	AHSI	AIUS	DPC	EMI	GMI	VIMS
GF-6	PMS	WFV				
GF-7	PMS-2					
GF-8	PMS-2					
GF-9	PMS-2					
GF-9-02	PMS-2					
GF-9-03	PMS-2					
GF-9-04	PMS-2					
GF-9-05	PMS-2					
GF-10	PMS-2					
GF-11	PMS-2					
GF-11-02	PMS-2					
GF-11-03	PMS-2					
GF-11-04	PMS-2					
GF-12	SAR-C					
GF-12-02	SAR-C					
GF-12-03	SAR-C					
GF-12-04	SAR-C					
GF-13	GF-4/13imager					
GF-13-02	GF-4/13imager					
GF-14	PMS-2					
GF-DM	不明					

機器	種類	観測幅	空間分解能
PMS	光学イメージャ	90km	2m (パンクロ) 8m (マルチスペクトル)
PMS-2	光学イメージャ	17km	0.75m (パンクロ) 3m (マルチスペクトル)
WFV	光学イメージャ	800km	16m
SAR-C	SAR	10km/650km	1m/不明
GF-4/13imager	光学イメージャ	400x400km 7000x7000km	50m (パンクロ※GF-4) 15m (パンクロ※GF-13) 400m (MWIR)
AHSI	光学イメージャ	—	—
AIUS	リムサウンダ	—	水平 : 300km 垂直 2km
DPC	光学イメージャ	2400km	3.5km
EMI	パッシブサウンダ	2500km	13kmx48km
GMI	パッシブサウンダ	800km	10.3km
VIMS	光学イメージャ	不明	不明

- 回帰日数 : GF-1 : 4日 その他不明
- 通信リンク (ダウンリンク) : 不明

• PMS の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified albedo
0.485 μm	0.45-0.52 μm	..... @ ..... % albedo
0.555 μm	0.52-0.59 μm	..... @ ..... % albedo
0.660 μm	0.63-0.69 μm	..... @ ..... % albedo
0.830 μm	0.77-0.89 μm	..... @ ..... % albedo
N/A (PAN)	0.45-0.90 μm	..... @ ..... % albedo

• PMS-2 の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified albedo
0.485 μm	0.45-0.52 μm	..... @ ..... % albedo
0.555 μm	0.52-0.59 μm	..... @ ..... % albedo
0.660 μm	0.63-0.69 μm	..... @ ..... % albedo
0.830 μm	0.77-0.89 μm	..... @ ..... % albedo
N/A (PAN)	0.45-0.90 μm	..... @ ..... % albedo

• WFV の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified albedo
0.485 μm	0.45-0.52 μm	..... @ ..... % albedo
0.555 μm	0.52-0.59 μm	..... @ ..... % albedo
0.660 μm	0.63-0.69 μm	..... @ ..... % albedo
0.830 μm	0.77-0.89 μm	..... @ ..... % albedo

- DPC の観測波長帯

Central wavelength	Bandwidth	No. of pol.	SNR at the expected input radiance
443 nm	20 nm	-	500
490 nm	20 nm	three	500
565 nm	20 nm	-	500
670 nm	20 nm	three	500
765 nm	40 nm	-	500
788 nm	20 nm	-	500
885 nm	40 nm	three	500
910 nm	20 nm	-	500

- EMI の観測波長帯

Spectral range	No. of channels	Spectral resolution	SNR @ specified input spectral radiance
240-315 nm	256	0.3 nm	200 @ 1.27 mW cm ⁻² sr ⁻¹ nm ⁻¹
311-403 nm	256	0.3 nm	200 @ 1.27 mW cm ⁻² sr ⁻¹ nm ⁻¹
401-600 nm	512	0.5 nm	2000 @ 10.89 mW cm ⁻² sr ⁻¹ nm ⁻¹
590-790 nm	512	0.5 nm	2000 @ 10.89 mW cm ⁻² sr ⁻¹ nm ⁻¹

- GMI の観測波長帯

Species	Central wavelength	Spectral range	Spectral resolution	SNR @ 30 % albedo
O ₂	765 nm	759-769 nm	0.027 nm	300
CO ₂	1575 nm	1568-1583 nm	0.067 nm	300
CH ₄	1650 nm	1642-1658 nm	0.067 nm	250
CO ₂	2050 nm	2043-2058 nm	0.113 nm	250

D) MNR (Chinese Ministry of Natural Resources)

- MNR は、中国の天然資源管理を監督している省庁で 2018 年に設立された。天然資源管理や海洋監視を目的とした衛星を打ち上げている。衛星の運用は、国有企業の中国航天科技集团有限公司 (CASC) の中国資源衛星応用センター (CRESDA) によって行われている¹⁷⁴。

i. ZI YUAN

- ZI YUAN は中国の天然資源管理衛星シリーズである。元々は中国とブラジルの共同プロジェクトである CBERS として、1999 年から 2019 年までに計 6 機を打ち上げており、それらの衛星の中国側の呼称であった。2011 年から、中国単独で保有する衛星の打ち上げも行っている。中国単独で保有している衛星としては、上記のブラジルとの共同プロジェクトと同じ第一シリーズの 3 機を MNR が保有し、第二シリーズを人民解放軍が保有¹⁷⁵し、第 3 シリーズを MNR が保有している。
- ここでは、本調査の対象となっている第 1 シリーズと第 3 シリーズを下の表に示す。

図表 53 ZI YUAN 1-2D,E 概要¹⁷⁶

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • ZI YUAN の第一シリーズのうち中国単独で保有しているものとしては、1-2C が 2011 年に打ち上げられ、1-2D が 2019 年、1-2E が 2021 年に打ち上げられている。 • 観測結果は、主に土地資源管理や災害モニタリングに利用されている。 • 以下の 2 つの観測機器を搭載している。どちらも観測機器自体の名称は不明。 <ol style="list-style-type: none"> (1) 可視光近赤外カメラ (2) ハイパースペクトルセンサ
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 土地資源管理 • 災害モニタリング • 森林モニタリング
実施体制	出資	出資者：MNR
	開発・製造	Chinese Academy of Space Technology (CAST)
	打上	長征 4B (2D) /長征 4C (2E)
	地上局	CRESDA
	運用	CRESDA
	データ取扱	CRESDA が配布

¹⁷⁴ https://www.restec.or.jp/geoss_ap7/public/presentation/day1/cr03_nrscc.pdf

¹⁷⁵ https://space.skyrocket.de/doc_sdat/zy-2.htm

¹⁷⁶ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata、Gunter's Space Page を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 1,840kg • 軌道 : 太陽同期軌道 • 高度 : 775km • 観測波長帯 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 不明 (9 バンド) (2) 不明 (166 バンド) • 観測幅 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 115km (2) 不明 • 空間分解能 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 5m (2) 不明 • 運用期間 : 5 年 • 通信リンク (ダウンリンク) : ダウンリンク帯域 : 8 GHz
------	--

図表 54 ZI YUAN 3-02,03 概要¹⁷⁷

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • ZI YUAN の第三シリーズは、1号機が2012年に打ち上げられ、2号機が2016年、3号機が2020年に打ち上げられている。 • 観測結果は、主に地図作成に利用されている。 • 以下の2つの観測機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) TAC (DEM用パנקロマティックセンサ) (2) MSC (マルチスペクトルセンサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 土地利用調査 • 地図作成 • 火災監視 • 流氷観測
実施体制	出資	出資者：MNR
	開発・製造	Chinese Academy of Space Technology (CAST)
	打上	長征 4B
	地上局	不明
	運用	China Satellite Surveying and Mapping Application Centre (SASMAC)
	データ取扱	National Geomatics Center of China (NASG) が配布
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,630kg • 軌道：太陽同期準円軌道 • 高度：500km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 500-800nm (パנקロマティック) (2) 0.45-0.52 μm、0.52-0.59 μm、0.63-0.69 μm、0.77-0.89 μm • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 51km (2) 51km • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 2.1m (2) 5.8m • 回帰日数：5日 • 運用期間：4年(2号機) / 5年(3号機) • 通信リンク (ダウンリンク)： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：8 GHz

¹⁷⁷ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

ii. HAI YANG

- HAI YANG は、2002 年から打ち上げられている中国の海洋観測衛星シリーズである。3つのシリーズがあり、Seradata によると打ち上げ済みもしくは計画中の衛星は 16 機である。
- ここでは、本調査で対象となっている第二シリーズ及び第三シリーズについて、下の表に示す。

図表 55 HAI YANG 2 シリーズ概要¹⁷⁸

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • HAI YANG の第二シリーズは、1 号機が 2011 年に打ち上げられ、2 号機が 2018 年、3 号機が 2020 年、4 号機が 2021 年に打ち上げられている。また、8 号機までの計画がある。 • 観測結果は、主に海洋状況の把握に利用されている。 • 以下の 4 つの観測機器を搭載している。また、7 号機と 8 号機に搭載される予定の観測センサは不明である。また、1,3,4,6 号機は CNES が提供する軌道測定用の機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) MWRI (マイクロ波観測器) (1,2,5 号機に搭載) (2) HSCAT (風観測センサ) (3) CMR (マイクロ波水蒸気観測器) (4) ALT (レーダー高度計)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		海洋観測
実施体制	出資	出資者：MNR
	開発・製造	DongFangHong (DFH) Satellite Company (CAST の傘下)
	打上	長征 4B
	地上局	不明
	運用	National Satellite Ocean Application Service, China (NSOAS)
	データ取扱	NSOAS が配布

¹⁷⁸ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,500kg • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：970km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 6.6-37GHz (5バンド) (2) 13.25GHz (Kuバンド) (3) 18.7/23.8/37GHz (4) 5.25/13.58GHz • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 1600km (2) 1300km (3) - (4) - • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 15-120km (2) 25/50km (3) 25km (4) 16/20km • 回帰日数：14日 • 運用期間：5年 • 通信リンク（ダウンリンク）： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：8GHz
------	--

- MWRI の観測波長帯と空間分解能

Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEΔT	IFOV	Pixel
6.6	350	V, H	0.5 K	80 x 120 km	..... X km
10.7	250	V, H	0.5 K	50 x 75 km	..... X km
18.7	250	V, H	0.5 K	30 x 45 km	..... X km
23.8	400	V	0.5 K	24 x 40 km	..... X km
37.0	1000	V, H	0.8 K	15 x 22 km	..... X km

図表 56 HAI YANG 3 シリーズ概要¹⁷⁹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> HAI YANG の第三シリーズは、1号機が2023年に打ち上げられた。2-4号機は2025年に打ち上げられる予定である。 3号機と4号機は静止軌道に打ち上げられる予定である。 観測結果は、主に海洋状況の把握に利用される。 衛星に搭載する主要センサは、3号機のみ光学で、その他はSARセンサである。 1,2号機に搭載されるSARセンサはW-SARである。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		海洋観測
実施体制	出資	出資者：MNR
	開発・製造	Shanghai Institute of Satellite Engineering (CASTの傘下)
	打上	長征2C (1,2号機) /長征6 (3,4号機)
	地上局	不明
	運用	National Satellite Ocean Application Service, China (NSOAS)
	データ取扱	NSOASが配布
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明 (1000-2500kg程度) 軌道：太陽同期軌道 (1,2号機) /静止軌道 (3,4号機) 高度：787km (1号機)、900km (2号機の予定) 観測波長帯： 9.5GHz (1,2号機) 3,4号機は不明 観測幅： 40/80/150km (1,2号機) 3,4号機は不明 空間分解能： 1/5/10m (1,2号機) 3,4号機は不明 運用期間：8年 通信リンク (ダウンリンク)：不明

¹⁷⁹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

E) China State Meteorological Administration

i. FENG YUN

- FY シリーズである、FY-2G,H、FY-3D~H、FY-4A~G について整理した。
- FY シリーズの中で、FY-1、FY-3 などの奇数番号は極軌道衛星の観測機シリーズを表し、FY-2、FY-4 などの偶数番号は静止衛星シリーズを示す。

図表 57 Feng Yun-2 概要¹⁸⁰

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 中国の静止気象衛星シリーズ。 • FY-2G,2H は FY-2 の第 3 グループであり、第 2 グループと比較し性能が向上。
セクター		Civil/Others
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 • アジア太平洋地域における以下を目的とする <ul style="list-style-type: none"> ➢ 昼光可視雲図、昼夜赤外線雲図、水蒸気分布図の取得 ➢ 気象、海洋、水文観測プラットフォームからのデータ収集 ➢ 引き延ばされたデジタル雲図、低解像度雲図、天気図情報の放送 ➢ データ処理により雲頂温度、海面温度、風場分布の取得
実施体制	出資	CASIC (中国航空宇宙科学工業集团公司)
	開発・製造	CASIC に所属する SAST (上海宇宙飛行技術研究院)
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • FY-2G : 2014 年 12 月 31 日に長征 3A 号ロケットにて打上げ • FY-2H : 2018 年 6 月 5 日に長征 3A 号ロケットにて打上げ
	地上局	CDMS (北京の西郊外)
	運用	CMA(中国気象局)の NSMC(国家衛星気象センター)
	データ取扱 ¹⁸¹	<ul style="list-style-type: none"> • 中国国家衛星気象センターのデータベースに継続的に受信、アーカイブ化 • ユーザはアクセス可能であり、クラウドベースのデータ共有システムにてデータ配信の効率化を図っている。
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 1,380kg • 軌道 : 静止軌道 (東経 99.5 度 (2G)、79 度(2H)) • 搭載機器 : S-VISSR トレッチ可視赤外スピンスキャン放射計 • 観測波長帯 : <ul style="list-style-type: none"> 0.55-0.75μm 3.50-4.00μm 6.30-7.60μm 10.3-11.3μm 11.5-12.5μm • 観測間隔 : 半球全体を 15 分間隔で観測 • 空間分解能 : <ul style="list-style-type: none"> IR 帯 : 5.0km VIS 帯 : 1.25km • 運用期間 : 不明 • 通信リンク (ダウンリンク) : 不明

¹⁸⁰ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

¹⁸¹ <https://link.springer.com/article/10.1007/s00376-021-0425-3>

図表 58 Feng Yun-3 概要¹⁸²

項目		内容																																																																																																																																																																																															
概要		<ul style="list-style-type: none"> FY-1 シリーズに続く中国の極軌道気象衛星の第二世代。 																																																																																																																																																																																															
セクター		Civil/Others																																																																																																																																																																																															
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 極軌道からの実用気象観測 中長期の天気予報や地球規模の気候研究のための大気データ収集 <ul style="list-style-type: none"> 大気の3次元温度と水蒸気サウンディングを測定し、雲と降水パラメータを測定 大規模な気象・水文事象や生物圏環境異常の地球規模の画像提供 グローバル・ローカルの気象情報の提供 																																																																																																																																																																																															
実施体制	出資	CASIC (中国航空宇宙科学工業集团公司)																																																																																																																																																																																															
	開発・製造	CASIC に所属する SAST (上海宇宙飛行技術研究院)																																																																																																																																																																																															
	打上	<ul style="list-style-type: none"> FY-3C : 2013 年 9 月 23 日 FY-3D : 2017 年 11 月 14 日 FY-3E : 2021 年 7 月 4 日 FY-3F : 2023 年 8 月 3 日 FY-3G : 2023 年 4 月 16 日 FY-3H : 2025 年以降 FY-3I : 2026 年以降 FY-3J : 2027 年以降 																																																																																																																																																																																															
	地上局	CDMS (北京の西郊外)																																																																																																																																																																																															
	運用	CMA(中国気象局)の NSMC(国家衛星気象センター)																																																																																																																																																																																															
	データ 取扱 ¹⁸³	<ul style="list-style-type: none"> 中国国家衛星気象センターのデータベースに継続的に受信、アーカイブ化。 ユーザはアクセス可能であり、クラウドベースのデータ共有システムにてデータ配信の効率化を図っている。 																																																																																																																																																																																															
	スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ : 2300kg (3C-3F,3H-3J) 、 3850kg (3G) 軌道 : 太陽同期近円軌道 高度 : 836km 機器 : <table border="1"> <thead> <tr> <th>タイプ</th> <th>目的</th> <th>機器名</th> <th>3C</th> <th>3D</th> <th>3E</th> <th>3F</th> <th>3G</th> <th>3H</th> <th>3I</th> <th>3J</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">光学</td> <td rowspan="2">画像</td> <td>MERSI</td> <td>I</td> <td>II</td> <td>LL</td> <td>III</td> <td>RM</td> <td>III</td> <td>RM</td> <td>LI</td> </tr> <tr> <td>VIRR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">パッシブ マイクロ波</td> <td>画像</td> <td>MWRI</td> <td>I</td> <td>I</td> <td></td> <td>II</td> <td>RM</td> <td>II</td> <td>RM</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">サウンダ</td> <td>MWTS</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>III</td> <td>III</td> <td></td> <td>III</td> <td></td> <td>III</td> </tr> <tr> <td>MWHS</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td></td> <td>II</td> <td></td> <td>II</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">アクティブ マイクロ波</td> <td rowspan="2">サウンダ</td> <td>WindRAD</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>PMR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> </tr> <tr> <td>オカルテー ション</td> <td>サウンダ</td> <td>GNOS</td> <td>I</td> <td>I</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">ハイパース ペクトル</td> <td rowspan="2">サウンダ</td> <td>IRAS</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>HIRAS</td> <td></td> <td>I</td> <td>II</td> <td>II</td> <td></td> <td>II</td> <td></td> <td>II</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">微量ガス</td> <td>GAS</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SBUS</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOU</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>OMS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>N/L</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">放射線</td> <td rowspan="3">地球放射 線収支</td> <td>ERM</td> <td>I</td> <td></td> <td></td> <td>II</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SIM</td> <td>I</td> <td></td> <td>II</td> <td>II</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>II</td> </tr> <tr> <td>SSIM</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>											タイプ	目的	機器名	3C	3D	3E	3F	3G	3H	3I	3J	光学	画像	MERSI	I	II	LL	III	RM	III	RM	LI	VIRR									パッシブ マイクロ波	画像	MWRI	I	I		II	RM	II	RM		サウンダ	MWTS	II	II	III	III		III		III	MWHS	II	II	II	II		II		II	アクティブ マイクロ波	サウンダ	WindRAD			✓					✓	PMR					✓		✓		オカルテー ション	サウンダ	GNOS	I	I	II	II	II	II	II	II	ハイパース ペクトル	サウンダ	IRAS	✓								HIRAS		I	II	II		II		II	微量ガス	GAS		✓					✓			SBUS	✓									TOU	✓									OMS					N/L					放射線	地球放射 線収支	ERM	I			II					SIM	I		II	II				II	SSIM			✓				
タイプ	目的	機器名	3C	3D	3E	3F	3G	3H	3I	3J																																																																																																																																																																																							
光学	画像	MERSI	I	II	LL	III	RM	III	RM	LI																																																																																																																																																																																							
		VIRR																																																																																																																																																																																															
パッシブ マイクロ波	画像	MWRI	I	I		II	RM	II	RM																																																																																																																																																																																								
	サウンダ	MWTS	II	II	III	III		III		III																																																																																																																																																																																							
MWHS		II	II	II	II		II		II																																																																																																																																																																																								
アクティブ マイクロ波	サウンダ	WindRAD			✓					✓																																																																																																																																																																																							
		PMR					✓		✓																																																																																																																																																																																								
オカルテー ション	サウンダ	GNOS	I	I	II	II	II	II	II	II																																																																																																																																																																																							
ハイパース ペクトル	サウンダ	IRAS	✓																																																																																																																																																																																														
		HIRAS		I	II	II		II		II																																																																																																																																																																																							
	微量ガス	GAS		✓					✓																																																																																																																																																																																								
		SBUS	✓																																																																																																																																																																																														
		TOU	✓																																																																																																																																																																																														
		OMS					N/L																																																																																																																																																																																										
放射線	地球放射 線収支	ERM	I			II																																																																																																																																																																																											
		SIM	I		II	II				II																																																																																																																																																																																							
		SSIM			✓					✓																																																																																																																																																																																							

¹⁸² 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

¹⁸³ <https://link.springer.com/article/10.1007/s00376-021-0425-3>

宇宙天気	SEM	I	I	II	II	II	II	NADD	HEPD IMS FGM
	WAI		✓				✓		
	IPM		✓	Tri- IPM			✓		Tri- IPM
	X-EUVI			✓					✓

• 観測波長帯・観測幅・空間分解能：

タイプ	目的	機器名	観測幅		空間分解能	
光学	画像	MERSI	I	2900km	250m, 1.0km	
			II	2900km	250m, 1.0km	
			LL	2900km	250m, 1.0km	
			III	2900km	250m, 1.0km	
			RM	2900km	500m	
		VIRR	2800km	1.1km		
パッシブ マイクロ波	画像	MWRI	I	1400km	周波数で変化	
			II	1400km	周波数で変化	
			RM	800km	周波数で変化	
	サウン ダ	MWTS	II	2250km	32km	
			III	2700km	33km	
	MWHS	II	2700km	16km, 32km		
アクティブ マイクロ波	サウン ダ	WindRAD		1200km	C:25km Ku:10km	
		PMR		—	水平 5km 垂直 250m	
オカルテー ション	サウン ダ	GNOS	I	—	水平 300km 垂直 0.5km	
			II	—	垂直 0.5km	
ハイパース ペクトル	サウン ダ	IRAS		2250km	17km	
			HIRAS	I	2400km	16km
				II	2000km	14km
	微量ガ ス	GAS		—	10km	
			SBUS		直下視のみ	200km
			TOU		3000km	50km
			OMS	nadir	2900km	21x28km, 7x7km
				limb	3km	水平 100km 垂直 3km
放射線	地球放 射線収 支	ERM	I	2300km	28km	
			II	—	—	
		SIM	I	—	—	
			II	—	—	
		SSIM		—	—	
		宇宙天気		SEM	I	—
II	—				—	
NADD	—				—	
HEPD	—				—	
IMS	—				—	
FGM	—				—	
WAI				—	10km	
IPM				—	30km	
Tri-IPM				—	30km	
X-EUVI				—	X線：7500km EUV：3750km	

- 回帰日数：6日（赤道上の観測頻度）
- 運用期間：不明
- 通信リンク（ダウンリンク）：
- TT&C：GPSにより支援される統合Sバンドシステム

- データ転送
リアルタイム：BPSK 変調付き L バンド、データレート= 4.2 Mbit/s
リアルタイム：QPSK 変調付き X バンド、データレート= 18.2 Mbit/s
再生：QPSK 変調付き X バンド、データレート= 93 Mbit/s

- MERSI-1 (左) MERSI-2 (右) の観測波長帯と空間分解能

Center wavelength	Bandwidth	SNR or NEP or NEΔT @ specified input	IFOV at s.s.p.
412 nm	20 nm	300 @ 44.9 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
443 nm	20 nm	300 @ 41.9 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
470 nm	50 nm	100 @ 35.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
490 nm	20 nm	300 @ 32.1 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
550 nm	50 nm	100 @ 29.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
555 nm	20 nm	500 @ 21 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
650 nm	50 nm	100 @ 22 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
670 nm	20 nm	500 @ 10 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
709 nm	20 nm	500 @ 6.9 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
746 nm	20 nm	500 @ 9.6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
865 nm	20 nm	500 @ 6.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
865 nm	50 nm	100 @ 25 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
905 nm	20 nm	200 @ 10.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
936 nm	20 nm	100 @ 3.6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
940 nm	50 nm	200 @ 15.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
1240 or 1030 nm	20 nm	100 @ 5.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
(1030 on FY-3F)			
765 nm	20 nm	0.05 %	1000 m
865 nm	20 nm	0.05 %	1000 m
885 nm	50 nm	100 @ 50% albedo	250 m
905 nm	20 nm	0.10 %	1000 m
940 nm	20 nm	0.10 %	1000 m
980 nm	20 nm	0.10 %	1000 m
1030 nm	20 nm	0.10 %	1000 m
1640 nm	50 nm	0.08 %	1000 m
2130 nm	50 nm	0.07 %	1000 m
11.50 μm	2.50 μm	0.3 K @ 300 K	250 m
1380 nm	20 or 30 nm	60/100 @ 6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
(30 on FY-3F)			
1640 nm	50 nm	200 @ 7.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
2130 nm	50 nm	100 @ 1.2 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
3.80 μm	0.18 μm	0.25 K @ 270 K	1000 m
4.05 μm	0.155 μm	0.25 K @ 300/360 K	1000 m
7.20 μm	0.50 μm	0.30 K @ 270 K	1000 m
8.55 μm	0.30 μm	0.25 K @ 270 K	1000 m
10.8 μm	1.0 μm	0.4 K @ 300 K	250 m
12.0 μm	1.0 μm	0.4 K @ 300 K	250 m

- MERSI-LL (左)、MERSI-3 (右) の観測波長帯と空間分解能

Center wavelength	Bandwidth	SNR or NEΔT @ specified input	IFOV at s.s.p.
412 nm	20 nm	500/600 @ 44.9 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
443 nm	20 nm	500/600 @ 41.9 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
470 nm	50 nm	150 @ 35.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
490 nm	20 nm	600/700 @ 32.1 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
550 nm	50 nm	150 @ 29.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
555 nm	20 nm	600/700 @ 21 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
650 nm	50 nm	128/150 @ 22 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
670 nm	20 nm	500/600 @ 10 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
709 nm	20 nm	600/700 @ 6.9 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
746 nm	20 nm	600/700 @ 9.6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
865 nm	20 nm	600/700 @ 6.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
865 nm	50 nm	150 @ 25 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	250 m
905 nm	20 nm	200 @ 10.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
936 nm	20 nm	120/200 @ 3.6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
940 nm	50 nm	250/300 @ 15.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
1030 nm	20 nm	200 @ 5.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
1380 nm	30 nm	150 @ 6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
1640 nm	50 nm	300 @ 7.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
2130 nm	50 nm	110/150 @ 1.2 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	1000 m
0.70 μm	0.5-0.9 μm	7.0 @ 4.0e-5 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹ (LowLight) 200 @ 50.0e-5 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹ (daytime)	1000 m
3.80 μm	0.18 μm	0.25 K @ 300 K	1000 m
4.05 μm	0.155 μm	0.25 K @ 300 K	1000 m
7.20 μm	0.50 μm	0.30 K @ 270 K	1000 m
8.55 μm	0.30 μm	0.25 K @ 270 K	1000 m
10.8 μm	1.0 μm	0.3 K @ 300 K	250 m
12.0 μm	1.0 μm	0.3 K @ 300 K	250 m
3.80 μm	0.18 μm	0.25 K @ 270 K	1000 m
4.05 μm	0.155 μm	0.25 K @ 300/380 K	1000 m
7.20 μm	0.50 μm	0.30 K @ 270 K	1000 m
8.55 μm	0.30 μm	0.25 K @ 270 K	1000 m
10.8 μm	1.0 μm	0.3 K @ 300 K	250 m
12.0 μm	1.0 μm	0.3 K @ 300 K	250 m

- MERSI-RM の観測波長帯と空間分解能

Center wavelength	Bandwidth	SNR or NEΔT @ specified input	IFOV at s.s.p.
650 nm	50 nm	150 @ 22 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
865 nm	50 nm	150 @ 25 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
940 nm	50 nm	150 @ 15.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
1380 nm	30 nm	150 @ 6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
1640 nm	50 nm	340 @ 7.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
3.80 μm	0.18 μm	0.15 K @ 300 K	500 m
10.8 μm	1.0 μm	0.10 K @ 300 K	500 m
12.0 μm	1.0 μm	0.10 K @ 300 K	500 m

- MWRI-1 の観測波長帯と空間分解能

Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEΔT	IFOV	Pixel
10.65	180	V, H	0.5 K	51 x 85 km	40 x 11.2 km
18.7	200	V, H	0.5 K	30 x 50 km	40 x 11.2 km
23.8	400	V, H	0.8 K	27 x 45 km	20 x 11.2 km
36.5	900	V, H	0.5 K	18 x 30 km	20 x 11.2 km
89	4600	V, H	1.0 K	9 x 15 km	10 x 11.2 km
150	3000	V, H	1.3 K	7.5 x 12 km	

- MWRI-2 の観測波長帯と空間分解能

Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEΔT	IFOV	Pixel
10.65	180	V, H	0.5 K	27 x 45 km	4 x 14 km
18.7	200	V, H	0.5 K	18 x 30 km	4 x 14 km
23.8	400	V, H	0.5 K	17 x 29 km	4 x 14 km
36.5	900	V, H	0.5 K	11 x 18 km	4 x 14 km
50.3	400	V, H	0.5 K	9 x 14 km	4 x 14 km
52.61	400	V, H	0.5 K	9 x 14 km	4 x 14 km
53.24	400	V, H	0.5 K	9 x 14 km	4 x 14 km
53.75	400	V, H	0.5 K	9 x 14 km	4 x 14 km
89	3000	V, H	0.5 K	7 x 11 km	4 x 14 km
118.7503±3.2	2 x 500	V	0.8 K	6 x 10 km	4 x 14 km
118.7503±2.1	2 x 400	V	0.8 K	6 x 10 km	4 x 14 km
118.7503±1.4	2 x 400	V	0.8 K	6 x 10 km	4 x 14 km
118.7503±1.2	2 x 400	V	0.8 K	6 x 10 km	4 x 14 km

- MWRI-RM の観測波長帯と空間分解能

Central frequency	Bandwidth	Polarization	NEΔT	IFOV
10.65 GHz	180 MHz	V, H	0.5 K	21×35 km
18.7 GHz	200 MHz	V, H	0.5 K	14×23 km
23.8 GHz	400 MHz	V, H	0.5 K	13×21 km
36.5 GHz	900 MHz	V, H	0.5 K	9×15 km
50.30 GHz	400 MHz	V, H	0.5 K	7×11 km
52.61 GHz	400 MHz	V, H	0.5 K	7×11 km
53.24 GHz	400 MHz	V, H	0.5 K	7×11 km
53.75 GHz	400 MHz	V, H	0.5 K	7×11 km
89.0 GHz	3000 MHz	V, H	0.5 K	5×8 km
118.7503±3.2 GHz	2×500 MHz	V	0.8 K	4×7 km
118.7503±2.1 GHz	2×400 MHz	V	0.8 K	4×7 km
118.7503±1.4 GHz	2×400 MHz	V	0.8 K	4×7 km
118.7503±1.2 GHz	2×400 MHz	V	0.8 K	4×7 km
165.5±0.75 GHz	2×1350 MHz	V	0.8 K	4×6 km
183.31±2.0 GHz	2×1500 MHz	V	0.8 K	4×7 km
183.31±3.4 GHz	2×1500 MHz	V	0.8 K	4×7 km
183.31±7.0 GHz	2×2000 MHz	V	0.8 K	4×7 km

- MWTS-2 の観測波長帯

Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisation	NEΔT
50.30	180	QH	1.5 K
51.76	400	QH	0.9 K
52.8	400	QH	0.9 K
53.596	400	QH	0.9 K
54.40	400	QH	0.9 K
54.94	400	QH	0.9 K
55.50	330	QH	0.9 K
57.290	330	QH	0.9 K
57.290 ± 0.217	78	QH	1.5 K
57.290 ± 0.322 ± 0.048	36	QH	1.5 K
57.290 ± 0.322 ± 0.022	16	QH	2.3 K
57.290 ± 0.322 ± 0.010	8	QH	3.0 K
57.290 ± 0.322 ± 0.0045	3	QH	4.5 K

- MWTS-3 の観測波長帯

Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisation	NEAT
23.8	270	QH	0.4 K
31.4	180	QH	0.45 K
50.30	180	QV	0.45 K
51.76	400	QV	0.3 K
52.8	400	QV	0.3 K
53.246 ± 0.08	2x140	QV	0.35 K
53.596 ± 0.115	2x170	QV	0.3 K
53.948 ± 0.081	2x142	QV	0.35 K
54.40	400	QV	0.3 K
54.94	400	QV	0.3 K
55.50	330	QV	0.3 K
57.290	330	QV	0.7 K
57.290 ± 0.217	2x78	QV	0.9 K
57.290 ± 0.322 ± 0.048	4x36	QV	0.9 K
57.290 ± 0.322 ± 0.022	4x16	QV	1.3 K
57.290 ± 0.322 ± 0.010	4x8	QV	1.6 K
57.290 ± 0.322 ± 0.0045	4x3	QV	2.8 K

- MWHS-2 の観測波長帯

Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEAT
89	1500	QH	0.4 K
118.75±5.0	2000	QV	0.5 K
118.75±3.0	1000	QV	0.5 K
118.75±2.5	200	QV	0.8 K
118.75±1.1	200	QV	0.8 K
118.75±0.8	200	QV	0.8 K
118.75±0.3	165	QV	0.8 K
118.75±0.2	100	QV	1.0 K
118.75±0.08	20	QV	2.2 K
150 or 166	1500	QH	0.4 K
183±7	2000	QV	0.5 K
183±4.5	2000	QV	0.5 K
183±3	1000	QV	0.5 K
183±1.8	700	QV	0.6 K
183±1	500	QV	0.6 K

- IRAS の観測波長帯

Wavelength	Wave number	Bandwidth	SNR or NEAT @ specified input
14.95 μm	669 cm^{-1}	3 cm^{-1}	2.50 K @ 290 K
14.71 μm	680 cm^{-1}	10 cm^{-1}	0.50 K @ 290 K
14.49 μm	690 cm^{-1}	12 cm^{-1}	0.37 K @ 290 K
14.22 μm	703 cm^{-1}	16 cm^{-1}	0.22 K @ 290 K
13.97 μm	716 cm^{-1}	16 cm^{-1}	0.20 K @ 290 K
13.64 μm	733 cm^{-1}	16 cm^{-1}	0.22 K @ 290 K
13.35 μm	749 cm^{-1}	16 cm^{-1}	0.18 K @ 290 K
12.47 μm	802 cm^{-1}	30 cm^{-1}	0.12 K @ 290 K
11.11 μm	900 cm^{-1}	35 cm^{-1}	0.10 K @ 290 K
9.71 μm	1030 cm^{-1}	25 cm^{-1}	0.14 K @ 290 K
7.43 μm	1345 cm^{-1}	50 cm^{-1}	0.27 K @ 290 K
7.33 μm	1365 cm^{-1}	40 cm^{-1}	0.37 K @ 290 K
6.52 μm	1533 cm^{-1}	55 cm^{-1}	0.53 K @ 290 K
4.57 μm	2188 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.10 K @ 290 K
4.52 μm	2210 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.05 K @ 290 K
4.47 μm	2235 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.08 K @ 290 K
4.45 μm	2245 cm^{-1}	23 cm^{-1}	0.08 K @ 290 K
4.19 μm	2388 cm^{-1}	25 cm^{-1}	0.06 K @ 290 K
3.98 μm	2515 cm^{-1}	35 cm^{-1}	0.10 K @ 290 K
3.76 μm	2660 cm^{-1}	100 cm^{-1}	0.11 K @ 290 K
1.64 μm	n/a	120 nm	..... @ ..... % albedo
1.24 μm	n/a	100 nm	..... @ ..... % albedo
0.94 μm	n/a	18 nm	..... @ ..... % albedo
0.94 μm	n/a	49 nm	..... @ ..... % albedo
0.885 μm	n/a	30 nm	..... @ ..... % albedo
0.69 μm	n/a	48 nm	..... @ ..... % albedo

- HIRS の観測波長帯

Spectral range (μm)	Spectral range (cm^{-1})	Spectral resolution(unapodised)	NEAT @ specified scene temperature
8.80-15.39 μm	650-1136 cm^{-1}	0.625 cm^{-1}	0.15-0.4 K @ 250 K
5.71-8.26 μm	1210-1750 cm^{-1}	1.25 cm^{-1}	0.1-0.7 K @ 250 K
3.92-4.64 μm	2155-2550 cm^{-1}	2.5 cm^{-1}	0.3-1.2 K @ 250 K

- GAS の観測波長帯

Spectral range (μm)	Spectral range (cm^{-1})	Spectral resolution	SNR @ expected input radiance
0.75-0.77 μm	13000-13300 cm^{-1}	0.60 cm^{-1}	> 300
1.56-1.72 μm	5800-6400 cm^{-1}	0.27 cm^{-1}	> 300
1.92-2.08 μm	4800-5200 cm^{-1}	0.27 cm^{-1}	> 300
2.20-2.38 μm	4200-4550 cm^{-1}	0.27 cm^{-1}	> 300

図表 59 Feng Yun-4 概要¹⁸⁴

項目		内容																																																																																																																																										
概要		<ul style="list-style-type: none"> 中国の第2世代3軸安定静止気象衛星シリーズ。 FY-2と比較し、データ量、ネットワーク伝送帯域、プロダクトの種類と量、データとアプリケーションのアーカイブの点で性能向上。 																																																																																																																																										
セクター		Civil/Others																																																																																																																																										
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 画像、測深、雷マッピング、宇宙環境モニタリングが含まれる。 																																																																																																																																										
実施体制	出資	CASIC（中国航空宇宙科学工業集团公司）																																																																																																																																										
	開発・製造	CASICに所属するSAST（上海宇宙飛行技術研究院）																																																																																																																																										
	打上	<ul style="list-style-type: none"> FY-4A：2016年12月10日 FY-4B：2021年6月2日 FY-4C(2025年以降)、4D（2026年以降）、4E（2027年以降） 																																																																																																																																										
	地上局	不明																																																																																																																																										
	運用	CMA(中国気象局)のNSMC(国家衛星気象センター)																																																																																																																																										
	データ取扱	不明																																																																																																																																										
	スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：5300kg 軌道：静止軌道（東経86.5度（4A）105度(4B)） 機器・観測幅・空間分解能： <table border="1"> <thead> <tr> <th>タイプ</th> <th>目的</th> <th>機器名</th> <th>4A</th> <th>4B</th> <th>4C</th> <th>4D</th> <th>4E</th> <th>観測幅</th> <th>空間分解能</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">光学</td> <td rowspan="2">画像</td> <td>AGRI</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>0.5~4km</td> </tr> <tr> <td>LMI</td> <td>✓</td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> <td>7.8km</td> </tr> <tr> <td></td> <td>GHI</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2000×2000km</td> <td>0.25~2km</td> </tr> <tr> <td></td> <td>サウンド</td> <td>GIIRS</td> <td>I</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>II</td> <td>—</td> <td>16km (I) 12km(II)</td> </tr> <tr> <td>放射線</td> <td>放射線センサ</td> <td>MUSI</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td rowspan="8">宇宙天気</td> <td></td> <td>SEP-fields</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SEP-HEPs</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SEP-LEPs</td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SEP-MEPs</td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>FGM</td> <td></td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SUVI</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SXEUV</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td></td> <td>SXUS</td> <td></td> <td></td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> 観測波長帯：下記のとおり 運用期間：7年 通信リンク（ダウンリンク）：Xバンド7.5GHz 										タイプ	目的	機器名	4A	4B	4C	4D	4E	観測幅	空間分解能	光学	画像	AGRI	✓	✓	✓	✓	✓	—	0.5~4km	LMI	✓		✓	✓	✓		7.8km		GHI		✓				2000×2000km	0.25~2km		サウンド	GIIRS	I	II	II	II	II	—	16km (I) 12km(II)	放射線	放射線センサ	MUSI			✓	✓	✓	—	—	宇宙天気		SEP-fields	✓	✓	✓	✓	✓	—	—		SEP-HEPs	✓	✓	✓	✓	✓	—	—		SEP-LEPs		✓	✓	✓	✓	—	—		SEP-MEPs		✓	✓	✓	✓	—	—		FGM		✓				—	—		SUVI			✓	✓	✓	—	—		SXEUV			✓	✓	✓	—	—		SXUS			✓	✓	✓	—
タイプ	目的	機器名	4A	4B	4C	4D	4E	観測幅	空間分解能																																																																																																																																			
光学	画像	AGRI	✓	✓	✓	✓	✓	—	0.5~4km																																																																																																																																			
		LMI	✓		✓	✓	✓		7.8km																																																																																																																																			
		GHI		✓				2000×2000km	0.25~2km																																																																																																																																			
	サウンド	GIIRS	I	II	II	II	II	—	16km (I) 12km(II)																																																																																																																																			
放射線	放射線センサ	MUSI			✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
宇宙天気		SEP-fields	✓	✓	✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
		SEP-HEPs	✓	✓	✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
		SEP-LEPs		✓	✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
		SEP-MEPs		✓	✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
		FGM		✓				—	—																																																																																																																																			
		SUVI			✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
		SXEUV			✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			
		SXUS			✓	✓	✓	—	—																																																																																																																																			

¹⁸⁴ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- AGRI の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NEAT @ specified input	IFOV at s.s.p.	Comment
0.47 μm	0.45-0.49 μm	≥ 90 @ 100% albedo	1 km	
0.65 μm	0.55-0.75 μm	≥ 150 @ 100% albedo	0.5 km	
0.825 μm	0.75-0.90 μm	≥ 200 @ 100% albedo or ≥ 3 @ 1% albedo	1 km	
1.378 μm	1.371~1.388 μm	≥ 120 @ 100% albedo or ≥ 2 @ 1% albedo	2 km	
1.61 μm	1.58-1.64 μm	≥ 200 @ 100% albedo or ≥ 3 @ 1% albedo	2 km	
2.25 μm	2.10-2.35 μm	≥ 200 @ 100% albedo or ≥ 2 @ 1% albedo	2 km	
3.75 μm (high)	3.50-4.00 μm	≤ 0.7 K @ 315 K	2 km	
3.75 μm (low)	3.50-4.00 μm	0.2 K @ 300 K or 2.0 K @ 240 K	4 km	
6.25 μm	5.80-6.70 μm	0.2 K @ 300 K or 0.9 K @ 240 K	4 km	
6.95	6.75~7.15	0.25K @ 300K or 0.9 K @ 240 K	4 km	Not on FY-4A
7.1 μm /7.42 μm	6.90-7.30 μm /7.24-7.60 μm	0.25 K @ 300 K or 0.9 K @ 240 K	4 km	FY-4A/FY-4B
8.55 μm	8.30-8.80 μm	0.2 K @ 300 K or 0.4 K @ 240 K	4 km	
10.80 μm	10.30-11.30 μm	0.2 K @ 300 K or 0.4 K @ 240 K	4 km	
12.00 μm	11.50-12.50 μm	0.2 K @ 300 K or 0.4 K @ 240 K	4 km	
13.50 μm	13.20-13.80 μm	0.5 K @ 300 K or 0.9 K @ 240 K	4 km	

- GHI の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NEAT @ specified input	IFOV at s.s.p.
0.675 μm	0.45-0.9	> 300 @ 100 % albedo	0.25 km
0.470 μm	0.445-0.495	> 300 @ 100 % albedo	0.5 km
0.545 μm	0.52-0.57	> 300 @ 100 % albedo	0.5 km
0.645 μm	0.62-0.67	> 300 @ 100 % albedo	0.5 km
1.378 μm	1.371-1.386	> 300 @ 100 % albedo	0.5 km
1.61 μm	1.58-1.64	> 300 @ 100 % albedo	0.5 km
11.4 μm	10.3-12.5	0.2 K @ 300 K	2.0 km

- GIIRS-1 の観測波長帯

Spectral range (μm)	Spectral range (cm^{-1})	Spectral resolution	NE Δ R or SNR
14.2-8.85 μm	700-1130 cm^{-1}	0.625 cm^{-1}	0.5 $\text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{cm}$
6.06-4.44 μm	1650-2250 cm^{-1}	0.625 cm^{-1}	0.1 $\text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{cm}$
0.55-0.90 μm	N/A	N/A	200 @ 100 % albedo

- GIIRS-2 の観測波長帯

Spectral range (μm)	Spectral range (cm^{-1})	Spectral resolution	NE Δ R or SNR
14.7-8.85 μm	680-1130 cm^{-1}	0.625 cm^{-1}	0.5 $\text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{cm}$
6.06-4.44 μm	1650-2250 cm^{-1}	0.625 cm^{-1}	0.1 $\text{mW m}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{cm}$
0.55-0.90 μm	N/A	N/A	200 @ 100 % albedo

F) EUMETSAT

- EUMETSAT（欧州気象衛星機構）は、欧州の 30 カ国が参加している気象・環境観測衛星システムの構築・維持を目的とした国際機構である。EUMETSAT は、1986 年に設立され、ESA や EU からは独立しているものの、Sentinel ミッションなどで協力関係にある。

i. Metop

- Metop は、ESA と EUMETSAT が共同で構築しており、気象・環境観測のために極軌道を周回する衛星シリーズである。後述の静止衛星シリーズ MTG では観測の難しい高緯度地域の観測データを補完している。第一世代の Metop-A,B,C の 3 機が 2006 年から 2018 年の間に打ち上げられ、現在 2 機が運用中である。第二世代である Metop-SGA1-3,SGB1-3 の 6 機が 2025 年から 2040 年にかけて打ち上げられる予定である。
- 本調査の対象となっている Metop-C、Metop-SGA シリーズ、Metop-SGB シリーズについて、以下の表に示す。

図表 60 Metop-C 概要¹⁸⁵

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2018 年に Soyuz ロケットでギアナ宇宙センターから打ち上げられ、Metop-A,B と同一の軌道面に投入された。 • 開発においては、ESA と EUMETSAT が協力しており、共同チームが調達を行っている。 • 観測結果は、主に各国気象機関の数値天気予報や異常気象監視に利用されている。 • 以下の 7 つの観測機器を搭載している。また、これ以外に地上センサのデータ中継器として Argos-3 と宇宙天気予報用の 2 つの宇宙環境観測センサを搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) AMSU-A（温度測定サウンダ） (2) ASCAT（風計測・土壌水分測定用散乱計） (3) AVHRR/3（多目的画像観測機器） (4) GOME-2（オゾン観測機器） (5) GRAS（GNSS-RO 観測機器） (6) IASI（赤外線大気観測機器） (7) MHS（湿度観測機器）
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気象観測 • 異常気象監視 • 気候変動観測 • 海洋・海水監視
実施体制	出資	出資者：EUMETSAT（欧州 30 カ国）
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Airbus Defence and Space • 開発コスト：\$550m
	打上	Soyuz
	地上局	EUMETSAT（午前）、NOAA（午後）
	運用	EUMETSAT

¹⁸⁵ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

	データ 取扱	<ul style="list-style-type: none"> データ処理：NOAA と EUMETSAT のそれぞれの衛星について、午前は EUMETSAT が両方の衛星のデータを収集し、午後は NOAA が両方の衛星のデータを収集している。お互いの地上局に蓄積されたデータは、地上系システムで交換される。 配布：各国の気象機関が利用
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：4,084kg 軌道：太陽同期準回帰軌道 高度：827km 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 23-89GHz (15 バンド) 5.2GHz 0.58-12.5 μ m (6 バンド) 240-790nm (3272 バンド) － (GNSS 信号) 8.26-12.5 μ m (8461 バンド) 89,157,183.31, 190.311GHz (5 バンド) 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> 2250km 550km\times2 2900km 960/1920km － 2130km 2180km 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 48km 12.5-50km 1.1km 40km 水平 300km、垂直 0.5km 24km 16km 回帰日数：29 日 運用期間：5 年 通信リンク (ダウンリンク) : ダウンリンク帯域：7.8 GHz データレート：70Mbps 	

- AMSU-A の観測波長帯

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisation	NEAT
1	23.800	270	V	0.30 K
2	31.400	180	V	0.30 K
3	50.300	180	V	0.40 K
4	52.800	400	V	0.25 K
5	53.596 \pm 0.115	170	H	0.25 K
6	54.400	400	H	0.25 K
7	54.940	400	V	0.25 K
8	55.500	330	H	0.25 K
9	$f_0 = 57.290344$	330	H	0.25 K
10	$f_0 \pm 0.217$	78	H	0.40 K
11	$f_0 \pm 0.3222 \pm 0.048$	36	H	0.40 K
12	$f_0 \pm 0.3222 \pm 0.022$	16	H	0.60 K
13	$f_0 \pm 0.3222 \pm 0.010$	8	H	0.80 K
14	$f_0 \pm 0.3222 \pm 0.0045$	3	H	1.20 K
15	89.000	<6000	V	0.50 K

- AVHRR/3 の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NEΔT @ specified input
0.630 μm	0.58 - 0.68 μm	9 @ 0.5 % albedo
0.862 μm	0.725 - 1.00 μm	9 @ 0.5 % albedo
1.61 μm	1.58 - 1.64 μm	20 @ 0.5 % albedo
3.74 μm	3.55 - 3.93 μm	0.12 K @ 300 K
10.80 μm	10.3 - 11.3 μm	0.12 K @ 300 K
12.00 μm	11.5 - 12.5 μm	0.12 K @ 300 K

- GOME-2 の観測波長帯

Spectral range	Number of channels	Spectral resolution	SNR @ specified albedo
240-315 nm	1024	0.24 - 0.29 nm	7-177 @ 50 % albedo and 60° Solar Zenith Angle
311-403 nm	1024	0.26 - 0.28 nm	372-3000 @ 50 % albedo and 60° SZA
401-600 nm	1024	0.44 - 0.53 nm	4000 @ 50 % albedo and 60° SZA
590-790 nm	1024	0.44 - 0.53 nm	2000-4000 @ 50 % albedo and 60° SZA
312-790 nm	200	2.8 nm at 312 nm to 40 nm at 790 nm	100 for λ < 400 nm, 1000 for 400 nm < λ < 790 nm

- IASI の観測波長帯

Spectral range (μm)	Spectral range (cm ⁻¹)	Spectral resolution (unapodised)	NEΔT @ specified scene temperature
8.26 - 15.50 μm	645 - 1210 cm ⁻¹	0.25 cm ⁻¹	0.2-0.3 K @ 280 K
5.00 - 8.26 μm	1210 - 2000 cm ⁻¹	0.25 cm ⁻¹	0.2-0.5 K @ 280 K
3.62 - 5.00 μm	2000 - 2760 cm ⁻¹	0.25 cm ⁻¹	0.5-2.0 K @ 280 K
10.3-12.5 μm	N/A	N/A	0.8 K @ 280 K

- MHS の観測波長帯

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisation	NEΔT
1	89.0	2800	V	0.22 K
2	157.0	2800	V	0.38 K
4	183.31 ± 3.0	2000	H	0.42 K
3	183.31 ± 1.0	1000	H	0.57 K
5	190.311	2000	V	0.45 K

図表 61 Metop-SGA シリーズ概要¹⁸⁶

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> Metop 衛星の第二世代は 2 つのバージョンがそれぞれ 3 機ずつ打ち上げられる予定である。SGA シリーズは、2025 年に 1 号機が打ち上げ予定で、以降 7 年おきに 2 機が打ち上げられる予定である。 開発においては、ESA と EUMETSAT が協力している、 観測結果は、主に各国気象機関の天気予報に利用される予定である。 以下の 6 つの観測機器を搭載する。また、これ以外に宇宙天気予報用の観測センサを搭載する。 <ol style="list-style-type: none"> 3MI (多方向多周波数多偏光観測センサ) IASI-NG (赤外線大気観測サウンダ) Sentinel-5 (紫外線可視光赤外線サウンダ) METimage (可視光赤外線観測センサ) MWS (温度・湿度サウンダ) RO (GNSS-RO センサ) 	
セクター	Civil/Others	
目的・ビジネスモデル	<ul style="list-style-type: none"> 気象観測 気候変動観測 	
実施体制	出資	出資者：EUMETSAT (欧州 30 カ国)、ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> Airbus Defence and Space 開発コスト：\$550m
	打上	未定 (Arianespace 社)
	地上局	不明
	運用	EUMETSAT
	データ取扱	不明

¹⁸⁶ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：4,400kg • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：830km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.41-2.13 μm (12 バンド) (2) 3.62-15.50 μm (16921 バンド) (3) 0.27-2.385 μm (7270 バンド) (4) 0.443-13.345 μm (20 バンド) (5) 54-183GHz (24 バンド) (6) - (GNSS 信号) • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 2200km (2) 2000km (3) 2715km (4) 2670km (5) 2300km (6) - • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 4km (2) 24km (3) 7km (4) 0.5km (5) 17/20/40km (6) 水平 300km、垂直 0.5km • 運用期間：7.5 年 • 通信リンク（ダウンリンク）： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：Ka バンド、X バンド データレート：781Mbps (Ka バンド)、80Mbps (X バンド)
------	---

- 3MI の観測波長帯

Channel	Central wavelength	Bandwidth	Polarisation	SNR @ specified input
3MI-2b	410 nm	20 nm	Y	200 @ 46.64 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-3	443 nm	20 nm	Y	200 @ 56.61 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-4	490 nm	20 nm	Y	200 @ 57.74 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-5	555 nm	20 nm	Y	200 @ 55.24 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-6	670 nm	20 nm	Y	200 @ 44.57 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-7	763 nm	10 nm	N	200 @ 36.11 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-8	765 nm	40 nm	N	200 @ 36.11 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-9	865 nm	40 nm	Y	200 @ 28.20 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-9a	910 nm	20 nm	N	200 @ 25.18 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-10	1370 nm	40 nm	Y	200 @ 10.73 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-11	1650 nm	40 nm	Y	200 @ 6.80 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}
3MI-12	2130 nm	40 nm	Y	200 @ 2.50 W m ⁻² sr ⁻¹ μm^{-1}

- IASI-NG の観測波長帯

Band	Wavelength	Wavenumber	NEΔT after apodisation
IAS-1	15.50 μm	645 cm ⁻¹	0.39 K @ 280 K
	15.27 μm	655 cm ⁻¹	0.26 K @ 280 K
	15.08 μm	663 cm ⁻¹	0.225 K @ 280 K
	14.49 μm	690 cm ⁻¹	0.225 K @ 280 K
IAS-2	12.99-14.49 μm	690-770 cm ⁻¹	0.130 K @ 280 K
IAS-3	10.00-12.99 μm	770-1000 cm ⁻¹	0.130 K @ 280 K
IAS-4	9.35-10.00 μm	1000-1070 cm ⁻¹	0.195 K @ 280 K
IAS-5	8.70-10.00 μm	1070-1150 cm ⁻¹	0.195 K @ 280 K
IAS-6	6.06-8.70 μm	1150-1650 cm ⁻¹	0.130 K @ 280 K
IAS-7	4.76-6.06 μm	1650-2100 cm ⁻¹	0.449 K @ 280 K
IAS-8	4.59-4.76 μm	2100-2180 cm ⁻¹	0.156 K @ 280 K
IAS-9	4.44-4.59 μm	2180-2250 cm ⁻¹	0.26 K @ 280 K
IAS-10	4.13-4.44 μm	2250-2420 cm ⁻¹	0.26 K @ 280 K
IAS-11	4.13 μm	2420 cm ⁻¹	0.26 K @ 280 K
	4.08 μm	2450 cm ⁻¹	0.26 K @ 280 K
	3.85 μm	2600 cm ⁻¹	0.85 K @ 280 K
	3.70 μm	2700 cm ⁻¹	1.138 K @ 280 K
IAS-12	3.70 μm	2700 cm ⁻¹	1.138 K @ 280 K
	3.62 μm	2780 cm ⁻¹	1.43 K @ 280 K

- Sentinel-5 の観測波長帯

Band ID	Spectral range	Spectral resolution	SNR
UV-1	270-300 nm	1.0 nm	100 @ 270 nm
UV-2	300-370 nm	0.5 nm	1000 @ 320 nm
VIS	370-500 nm	0.5 nm	1500 @ 420 nm, for λ < 430 nm 1800 @ 460 nm for 430-460 nm 1500 @ 460 nm for λ > 460 nm
NIR-1	685-710 nm	0.4 nm	500 @ 710 nm
NIR-2	750-775 nm	0.4 nm	500 @ 750 nm
SWIR-1	1590-1675 nm	0.25 nm	250 @ 1675 nm
SWIR-2	2305-2385 nm	0.25 nm	120 @ 2385 nm

- METimage の観測波長帯と空間分解能

Channel	Central wavelength	Bandwidth	SNR or NE _{JT} at specified input	IFOV at s.s.p.
VII-4	443 nm	30 nm	221 @ 42 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-8	555 nm	20 nm	215 @ 22 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-12	668 nm	20 nm	86 @ 9.5 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-15	751.5 nm	10 nm	400 @ 28 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-16	762.7 nm	11.5 nm	400 @ 20 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-17	865 nm	20 nm	60 @ 8.04 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-20	914 nm	20 nm	250 @ 15 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-22	1240 nm	20 nm	75 @ 5.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-23	1375 nm	40 nm	300 @ 6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-24	1630 nm	20 nm	300 @ 7.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-25	2250 nm	50 nm	110 @ 1 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	500 m
VII-26	3.74 μm	0.18 μm	0.050 K @ 300 K	500 m
VII-28	3.959 μm	0.06 μm	0.074 K @ 300 K	500 m
VII-30	4.05 μm	0.06 μm	0.074 K @ 300 K	500 m
VII-33	6.725 μm	0.37 μm	0.215 K @ 238 K	500 m
VII-34	7.325 μm	0.29 μm	0.200 K @ 250 K	500 m
VII-35	8.54 μm	0.29 μm	0.050 K @ 300 K	500 m
VII-37	10.69 μm	0.50 μm	0.050 K @ 300 K	500 m
VII-39	12.02 μm	0.50 μm	0.050 K @ 300 K	500 m
VII-40	13.345 μm	0.31 μm	0.200 K @ 260 K	500 m

- MWS の観測波長帯と空間分解能

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisation	NEAT	IFOV at s.s.p.
1	23.8	270	V or H	0.25 K	40 km
2	31.4	180	V or H	0.35 K	40 km
3	50.3	180	V or H	0.5 K	20 km
4	52.8	400	V or H	0.35 K	20 km
5	53.246±0.08	2x140	H or V	0.4 K	20 km
6	53.596±0.115	2x170	H	0.4 K	20 km
7	53.948±0.081	2x142	H or V	0.4 K	20 km
8	54.4	400	H or V	0.35 K	20 km
9	54.94	400	V or H	0.35 K	20 km
10	55.5	330	H or V	0.4 K	20 km
11	57.290344	330	H or V	0.4 K	20 km
12	57.290344±0.217	2x78	H or V	0.55 K	20 km
13	57.290344±0.3222±0.048	4x36	H or V	0.6 K	20 km
14	57.290344±0.3222±0.022	4x16	H or V	0.9 K	20 km
15	57.290344±0.3222±0.010	4x8	H or V	1.2 K	20 km

16 57.290344±0.3222±0.0045 4x3 H or V 2.0 K 20 km

17 89 4000 V or H 0.25 K 17 km

18 164-167 2x1350 V or H 0.5 K 17 km

19 183.311±7.0 2x2000 V or H 0.4 K 17 km

20 183.311±4.5 2x2000 V or H 0.4 K 17 km

21 183.311±3.0 2x1000 V or H 0.6 K 17 km

22 183.311±1.8 2x1000 V or H 0.6 K 17 km

23 183.311±1.0 2x500 V or H 0.75 K 17 km

24 229.0 2000 V or H 0.70 K 17 km

図表 62 Metop-SGB シリーズ概要¹⁸⁷

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • SGB シリーズは、2026 年に 1 号機が打ち上げ予定で、以降 7 年おきに 2 機が打ち上げられる予定である。開発においては、ESA と EUMETSAT が協力している、 • 観測結果は、主に各国気象機関の天気予報に利用される予定である。 • 以下の 4 つの観測機器を搭載する。また、これ以外に地上センサのデータ中継器として Argos-4 と宇宙天気予報用の観測センサを搭載する。 <ol style="list-style-type: none"> (1) ICI (氷雲センサ) (2) SCA (散乱計) (3) MWI (多用途観測機器) (4) RO (GNSS-RO センサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気象観測 • 気候変動観測
実施体制	出資	出資者：EUMETSAT (欧州 30 カ国)、ESA
	開発・製造	Airbus Defence and Space
	打上	未定 (Arianespace 社)
	地上局	不明
	運用	EUMETSAT
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：4,400kg • 軌道：太陽同期軌道 • 高度：830km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 183-664GHz (13 バンド) (2) 5.355Ghz (3) 18.7-183GHz (26 バンド) (4) - (GNSS 信号) • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 1700km (2) 1320km (3) 1700km (4) - • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 15km (2) 15-20/25km (3) 10-50km (4) 水平 300km、垂直 0.5km • 運用期間：7.5 年 • 通信リンク (ダウンリンク)： <p>ダウンリンク帯域：Ka バンド、X バンド データレート：390Mbps (Ka バンド)、80Mbps (X バンド)</p>

¹⁸⁷ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- ICI の観測波長帯と空間分解能

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	NEΔT	Bias	Polarisations	IFOV
1	183.31±7.0	2x2000	0.8 K	1.0 K	V	16 km
2	183.31±3.4	2x1500	0.8 K	1.0 K	V	16 km
3	183.31±2.0	2x1500	0.8 K	1.0 K	V	16 km
4	243.2±2.5	2x3000	0.7 K	1.5 K	V, H	16 km
5	325.15±9.5	2x3000	1.2 K	1.5 K	V	16 km
6	325.15±3.5	2x2400	1.3 K	1.5 K	V	16 km
7	325.15±1.5	2x1600	1.5 K	1.5 K	V	16 km
8	448±7.2	2x3000	14 K	1.5 K	V	16 km
9	448±3.0	2x2000	1.6 K	1.5 K	V	16 km
10	448±1.4	2x1200	2.0 K	1.5 K	V	16 km
11	664±4.2	2x5000	1.6 K	1.5 K	V, H	16 km

- MWI の観測波長帯と空間分解能

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEΔT	IFOV
1	18.7	200	V, H	0.8 K	50 km
2	23.8	400	V, H	0.7 K	50 km
3	31.4	200	V, H	0.9 K	30 km
4	50.3	180	V, H	1.1 K	30 km
5	52.7	180	V, H	1.1 K	30 km
6	53.24	400	V, H	1.1 K	30 km
7	53.75	400	V, H	1.1 K	30 km
8	89.0	4000	V, H	1.1 K	10 km
9	118.7503±3.2	2x500	V	1.3 K	10 km
10	118.7503±2.1	2x400	V	1.3 K	10 km
11	118.7503±1.4	2x400	V	1.3 K	10 km
12	118.7503±1.2	2x400	V	1.3 K	10 km
13	165.5±0.725	2x1350	V	1.2 K	10 km
14	183.31±7.0	2x2000	V	1.3 K	10 km
15	183.31±6.1	2x1500	V	1.2 K	10 km
16	183.31±4.9	2x1500	V	1.2 K	10 km
17	183.31±3.4	2x1500	V	1.2 K	10 km
18	183.31±2.0	2x1500	V	1.3 K	10 km

ii. MTG

- METEOSAT は EUMETSAT の静止気象衛星シリーズである。最初の衛星は 1977 年に打ち上げられ、1997 年までに第一世代として、計 7 機が打ち上げられた。第一世代は、2017 年までに全機が運用停止し、現在運用中の衛星は、第二世代の 3 機（第二世代 1 号機は運用停止）と第三世代の 1 機である。
- METEOSAT の観測データは数値気象予測に用いられており、欧州の短時間天気予報の精度向上に貢献している。
- MTG は METEOSAT の第 3 世代の総称である。MTG はイメージャを中心に搭載する MTG-I1,I2,I3,I4 とサンダーを中心に搭載する MTG-S1,S2 が打ち上げ予定である（MTG-I1 のみ 2022 年に打ち上げ済み）。これらの衛星の詳細を以下に示す。

図表 63 MTG-I シリーズ概要¹⁸⁸

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • I シリーズは、2022 年に 1 号機が打ち上げられており、以降、2026 年に 2 号機、2033 年頃に 3 号機、2043 年頃に 4 号機が打ち上げられる予定である。 • 観測結果は、主に各国気象機関の数値天気予報に利用される。 • 以下の 2 つの観測機器を搭載する。また、これ以外に地上とのデータ中継器 2 つと宇宙天気予報用の観測センサ 1 つを搭載する。 <ol style="list-style-type: none"> (1) FCI (雲・水蒸気・風観測センサ) (2) LI (雷観測センサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		気象観測
実施体制	出資	出資者：EUMETSAT（欧州 30 カ国）、EC、ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • Thales Alenia Space • バス部製造：OHB System • 開発コスト：\$300m
	打上	Ariane 5
	地上局	EUMETSAT
	運用	EUMETSAT
	データ取扱	各国の気象機関が利用
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：3,760kg • 軌道：静止軌道（東経 0 度） • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.44-13.30 μm (16 バンド) (2) 777.4nm • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.5-2km (2) 4.5km • 運用期間：8.5 年 • 通信リンク（ダウンリンク）： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：Ka バンド データレート：165000Kbps

¹⁸⁸ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- FCI の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Bandwidth	SNR or NEΔT @ specified input	Sampling distance
444 nm	60 nm	25 @ 1 % albedo	1.0 km
510 nm	40 nm	25 @ 1 % albedo	1.0 km
640 nm	50 nm	30 @ 1 % albedo	1.0 km (0.5 km in Hi-Re mode)
865 nm	50 nm	21 @ 1 % albedo	1.0 km
914 nm	20 nm	12 @ 1 % albedo	1.0 km
1380 nm	30 nm	40 @ 1 % albedo	1.0 km
1610 nm	50 nm	30 @ 1 % albedo	1.0 km
2250 nm	50 nm	25 @ 1 % albedo	1.0 km (0.5 km in Hi-Re mode)
3.80 μm	0.40 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km (1.0 km in Hi-Re mode)
6.30 μm	1.00 μm	0.3 K @ 250 K	2.0 km
7.35 μm	0.50 μm	0.3 K @ 250 K	2.0 km
8.70 μm	0.40 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
9.66 μm	0.30 μm	0.3 K @ 250 K	2.0 km
10.50 μm	0.70 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km (1.0 km in Hi-Re mode)
12.30 μm	0.50 μm	0.2 K @ 300 K	2.0 km
13.30 μm	0.60 μm	0.2 K @ 270 K	2.0 km

図表 64 MTG-S シリーズ概要¹⁸⁹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> S シリーズは、2024-2025 年に 1 号機が打ち上げられる予定であり、その 10 年後に 2 号機が打ち上げられる予定である。 観測結果は、主に各国気象機関の数値天気予報に利用される。 以下の 2 つの観測機器を搭載する。また、これ以外に宇宙天気予報用の観測センサ 1 つを搭載する。 <ol style="list-style-type: none"> IRS (赤外線サウンダ) Sentinel-4 (紫外線可視光近赤外サウンダ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 気象観測
実施体制	出資	出資者：EUMETSAT (欧州 30 カ国)、EC、ESA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> OHB System 開発コスト：\$300m
	打上	Ariane 6
	地上局	EUMETSAT
	運用	EUMETSAT
	データ取扱	各国の気象機関が利用
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：3,800kg 軌道：静止軌道 (東経 0 度) 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 4.44–6.25 μ m、8.26–14.70 μ m (ハイパースペクトル、波長分解能 0.604cm⁻¹) 305-500nm (波長分解能 0.5nm)、755-775nm (波長分解能 0.2nm) (計 1500 バンド) 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 4km 8km 運用期間：8.5 年 通信リンク (ダウンリンク)： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：Ka バンド データレート：165000Kbps

¹⁸⁹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

G) Roscosmos State Corporation

- Roscosmos は、ロシアの国営企業で同国の宇宙開発全般を行っている。

i. METEOR

- METEOR はロシアの気象・地球観測衛星シリーズである。1960 年代より多数の衛星が打ち上げられている。
- 本調査の対象となっている METEOR-M の 2 号機、METEOR-M2 シリーズについて、以下の表に示す。

図表 65 METEOR-M 2,M2 1-4 概要¹⁹⁰

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> • METEOR-M シリーズの第一世代の 2 号機は 2014 年に打ち上げられた。3 号機の計画もあったが、2019 年に開発中止になった。 • 第二世代 (M2) は、2017 年に 1 号機が打ち上げられたが、打ち上げ時に分離に失敗した。2019 年に 2 号機、2023 年に 3 号機、2024 年に 4 号機が打ち上げられ、現在 3 機が運用中。 • 観測結果は、主に気象予報に利用されている。 • 以下の 7 つの観測機器を搭載している。また、これ以外に地上センサのデータ中継器と 2 つの宇宙環境観測センサを搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) IKFS-2 (気温水蒸気サウンダ) (2) KMSS (高解像光学赤外線センサ) (3) MSU-MR (低解像光学赤外線センサ) (4) MTVZA-GY (温度・湿度サウンダ) (5) Severjanin-M (X バンド SAR センサ) ・MeteoSAR (METEOR-M2 の 4 号機のみ、X バンド SAR センサ) (6) GGAK-M/RIMS-M (電離層観測センサ) (7) IKOR-M (短波観測センサ) 	
セクター	Civil/Others	
目的・ビジネスモデル	気象観測	
実施体制	出資	出資者：ロシア連邦政府
	開発・製造	JSC Corporation
	打上	Soyuz
	地上局	Roscosmos
	運用	Roscosmos
	データ取扱	不明

¹⁹⁰ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 2,778kg (M 2) /2,750kg (M2 1) /2,900kg (M2 2,3,4) • 軌道 : 太陽同期準回帰軌道 • 高度 : 820km • 観測波長帯 : <ol style="list-style-type: none"> (1) 5-15 μ m (2670 バンド) (2) 0.37-0.90 μ m (6 バンド) (3) 0.50-12.5 μ m (6 バンド) (4) 10-183GHz (21 バンド) (5) 9.623GHz (6) 不明 (7) 0.3-4 μ m • 観測幅 : <ol style="list-style-type: none"> (1) 1000/2500km (2) 960km (3) 2800km (4) 1500km (5) 600km (Severjanin-M) ・ 750km (MeteoSAR) (6) 不明 (7) 不明 • 空間分解能 : <ol style="list-style-type: none"> (1) 35km (2) 60/120m (3) 1km (4) 12-130km (5) 400-500/700-1000m (Severjanin-M) ・ 1/5/50/200/500m (MeteoSAR) (6) — (7) 不明 • 回帰日数 : 37 日 • 運用期間 : 5 年 • 通信リンク (ダウンリンク) : ダウンリンク帯域 : 1.7GHz、8GHz データレート : 3000kbps、15360kbps/61440kbps
------	---

- KMSS の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified albedo	Resolution at s.s.p.
0.41 μ m	0.37 - 0.45 μ m	200 @ 100 % albedo	120 m
0.48 μ m	0.45 - 0.51 μ m	200 @ 100 % albedo	120 m
0.635 μ m	0.58 - 0.69 μ m	200 @ 100 % albedo	120 m
0.555 μ m	0.535 - 0.575 μ m	200 @ 100 % albedo	60 m
0.655 μ m	0.63 - 0.68 μ m	200 @ 100 % albedo	60 m
0.830 μ m	0.76 - 0.90 μ m	200 @ 100 % albedo	60 m

- MSU-MR の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NE Δ T @ specified input
0.60 μ m	0.50 - 0.70 μ m	1000 @ 80 % albedo
0.90 μ m	0.70 - 1.10 μ m	1000 @ 80 % albedo
1.70 μ m	1.60 - 1.80 μ m	1000 @ 80 % albedo
3.80 μ m	3.50 - 4.10 μ m	0.5 K @ 300 K
11.00 μ m	10.5 - 11.5 μ m	0.15 K @ 300 K
12.00 μ m	11.5 - 12.5 μ m	0.15 K @ 300 K

- MTVZA-GY の観測波長帯と空間分解能

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Polarisations	NEΔT	IFOV	Pixel
1	10.6	100	V, H	0.5 K	89 x 198 km	32 x 32 km
2	18.7	200	V, H	0.4 K	52 x 116 km	32 x 32 km
3	23.8	400	V, H	0.3 K	42 x 94 km	32 x 32 km
4	31.5	400	V, H	0.3 K	35 x 76 km	32 x 32 km
5	36.7	400	V, H	0.3 K	30 x 67 km	32 x 32 km
6	42.0	400	V, H	0.4 K	28 x 60 km	32 x 32 km
7	48.0	400	V, H	0.4 K	24 x 43 km	32 x 32 km
8	52.80	400	V	0.4 K	21 x 48 km	48 x 48 km
9	53.30	400	V	0.4 K	21 x 48 km	48 x 48 km
10	53.80	400	V	0.4 K	21 x 48 km	48 x 48 km
11	54.64	400	V	0.4 K	21 x 48 km	48 x 48 km
12	55.63	400	V	0.4 K	21 x 48 km	48 x 48 km
13	57.290344±0.3222±0.1	50	H	0.4 K	21 x 48 km	48 x 48 km
14	57.290344±0.3222±0.05	20	H	0.7 K	21 x 48 km	48 x 48 km
15	57.290344±0.3222±0.025	10	H	0.9 K	21 x 48 km	48 x 48 km
16	57.290344±0.3222±0.01	5	H	1.3 K	21 x 48 km	48 x 48 km
17	57.290344±0.3222±0.005	3	H	1.7 K	21 x 48 km	48 x 48 km
18	91.655	2500	V, H	0.6 K	14 x 30 km	16 x 16 km
19	183.31 ± 7.0	1500	V	0.5 K	9 x 21 km	32 x 32 km
20	183.31 ± 3.0	1000	V	0.6 K	9 x 21 km	32 x 32 km
21	183.31 ± 1.0	500	V	0.8 K	9 x 21 km	32 x 32 km

ii. OBZOR

- OBZOR はロシアの地球観測衛星シリーズで、光学衛星である O シリーズを 4 機、SAR 衛星である R シリーズを 2 機または 4 機打ち上げることが、予定されている。

図表 66 OBZOR O-1,2,3,4 概要¹⁹¹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> OBZOR の O シリーズは 1 号機が 2024 年に打ち上げられ、以降 1 年ごとに 4 号機まで打ち上げられる予定である。 ミッションは高解像の陸域観測である。 観測機器は、可視光及び近赤外が観測可能なマルチスペクトルセンサ及びハイパースペクトルセンサが搭載される予定であるが、詳細は不明である。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		陸域観測
実施体制	出資	出資者：ロシア連邦政府
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> JSC Corporation 開発コスト：\$37.8m
	打上	Soyuz
	地上局	不明
	運用	Roscosmos
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明（2500-3500kg 程度） 軌道：太陽同期軌道 高度：700km 観測波長帯：不明（可視光及び近赤外） 観測幅：不明 空間分解能：5m（可視光）/20m（近赤外） 運用期間：不明 通信リンク（ダウンリンク）：不明

¹⁹¹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

図表 67 OBZOR R-1,2,3,4 概要¹⁹²

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> OBZOR の R シリーズは 1 号機が 2024 年に打ち上げられ、同じく 2024 年に 2 号機、2025 年に 3 号機、2027 年に 4 号機が打ち上げられる予定である。 ミッションは高解像の陸域観測で、地図作成、インフラ監視、地質調査への応用を想定している。 観測機器は、X バンドの SAR センサである ASAR を搭載する。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 陸域観測 地図作成 インフラ監視 地質調査 海洋監視 災害監視 天然資源・農業監視
実施体制	出資	出資者：ロシア連邦政府
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> TsSKB Progress 開発コスト：\$58.15m
	打上	Soyuz
	地上局	不明
	運用	Roscosmos
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：不明（2500-3500kg 程度） 軌道：太陽同期軌道 高度：654km 観測波長帯：9.623GHz（X バンド） 観測幅：10-750km 空間分解能：1-500m 運用期間：5 年 通信リンク（ダウンリンク）： ダウンリンク帯域：8GHz

¹⁹² 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

iii. RESURS

- RESURUS は陸域のマルチスペクトル観測を目的とした観測衛星シリーズである。初の打ち上げは 1979 年で、それ以来多数の衛星が打ち上げられている。
- 本調査の対象となっている RESURS-P シリーズについて下の表に示す。

図表 68 RESURS-P シリーズ概要¹⁹³

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • RESURS-P シリーズは 2013 年に 1 号機が打ち上げられ、2014 年に 2 号機、2016 年に 3 号機が打ち上げられた。2024 年には 4 号機と 5 号機が打ち上げられる予定である。 • 観測目的は高解像度の陸域観測である。 • 以下の 4 つの観測機器を搭載する。 <ol style="list-style-type: none"> (1) Geoton-L1 (マルチスペクトルセンサ) (2) GSA (ハイパースペクトルセンサ) (3) ShMSA-SR (中解像広角センサ) (4) ShMSA-VR (高解像広角センサ)
セクター		Civil/Others
目的・ ビジネスモデル		陸域観測
実施体制	出資	出資者：ロシア連邦政府
	開発・ 製造	<ul style="list-style-type: none"> • TsSKB Progress • 開発コスト：\$108m (3 号機)
	打上	Soyuz
	地上局	Roscosmos
	運用	Roscosmos/ROSHYDROMET
	データ 取扱	不明

¹⁹³ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 5,920kg • 軌道 : 太陽同期準回帰軌道 • 高度 : 472km • 観測波長帯 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 0.48-0.79 μ m (6 バンド) (2) 0.4-1.1 μ m (216 バンド) (3) 0.43-0.9 μ m (6 バンド) (4) 0.43-0.9 μ m (6 バンド) • 観測幅 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 38km (2) 30km (3) 442km (4) 97km • 空間分解能 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 1m (パンクロマティック) /14m (マルチスペクトル) (2) 25m (3) 60m (パンクロマティック) /120m (マルチスペクトル) (4) 12m (パンクロマティック) /24m (マルチスペクトル) • 運用期間 : 5 年 • 回帰日数 : 41 日 • 通信リンク (ダウンリンク) : <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域 : 8.2Ghz (X バンド) データレート : 781Mbps (Ka バンド) 、 80Mbps (X バンド)
------	---

• Geoton-L1 の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified albedo
0.505 μ m	0.48 - 0.53 μ m	..... @ ..... % albedo
0.565 μ m	0.54 - 0.59 μ m	..... @ ..... % albedo
0.650 μ m	0.62 - 0.68 μ m	..... @ ..... % albedo
0.760 μ m	0.72 - 0.80 μ m	..... @ ..... % albedo
0.845 μ m	0.81 - 0.88 μ m	..... @ ..... % albedo
Panchromatic	0.62 - 0.79 μ m	..... @ ..... % albedo

• ShMSA-SR,VR の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR @ specified albedo
0.470 μ m	0.43-0.51 μ m	..... @ ..... % albedo
0.545 μ m	0.51-0.58 μ m	..... @ ..... % albedo
0.650 μ m	0.60-0.70 μ m	..... @ ..... % albedo
0.750 μ m	0.7-0.8 μ m	..... @ ..... % albedo
0.850 μ m	0.8-0.9 μ m	..... @ ..... % albedo
Panchromatic	0.43-0.7 μ m	..... @ ..... % albedo

H) 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。
- 中型・大型衛星としては、World View-3が運用中であり、2023年にWorld View Legionを打上げ予定である。

i. World View-3

図表 69 World View-3 概要

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2014年に打ち上げられたWorld Viewシリーズ。 • World Viewシリーズ初のマルチペイロード高解像度データ取得した商業衛星。¹⁹⁴
セクター		Commercial
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 公共：環境モニタリングや災害観測、偵察やマッピング • 民間：インフラ監視、デジタル地図、ナビゲーション、高精度測位
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> • Maxar社はWorldView-3衛星の開発のため総額3億700万ドルを獲得。 • Ball Aerospace社は、2014年5月までに衛星を統合・納入するため、1億8,060万ドルを獲得した。 • ITT Corporation社は、2013年7月までに光学イメージング・システムを構築するために1億2650万米ドルを獲得した。¹⁹⁵ • 出資者：カナダ政府、VC • 2018年以降、カナダ政府から出資を受ける • 会社の資金調達額：2回の調達ラウンドで合計11億ドルを調達 • 最新の資金調達は、2019年11月にPost-IPO Debtラウンドを実施
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 主要開発・製造者：Ball Aerospace社 • 開発協力者：ITT Corporation社 • バス開発者：Ball Aerospace社 • 開発コスト：3億700万ドル¹⁹⁶
	打上	ULA社 ¹⁹⁷
	地上局	AWS社 ¹⁹⁸
	運用	Maxar社
	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 • 配布：Maxar社と販売代理店が販売
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,800 kg、5.7m*2.5m*7.1m¹⁹⁹ • 軌道：太陽同期準回帰軌道²⁰⁰ • 高度：617 km²⁰¹ • 運用期間：9年間²⁰² • 観測波長帯²⁰³：

¹⁹⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldview-3.html>

¹⁹⁵ Seradata社SpaceTrakデータより

¹⁹⁶ Seradata社SpaceTrakデータより

¹⁹⁷ Seradata社SpaceTrakデータより

¹⁹⁸ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3/description>

¹⁹⁹ <https://web.archive.org/web/20130116094939/https://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView3-DS-WV3-Web.pdf>

²⁰⁰ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldview-3.html>

²⁰¹ <https://www.restec.or.jp/solution/product/worldview-3.html>

²⁰² Seradata社SpaceTrakデータより

²⁰³ <https://www.restec.or.jp/solution/product/worldview-3.html>

	<p>パングロマティックバンド 8 バンドマルチスペクトル (Coastal/Blue/GreenYellow/Red/NIR) 8 バンド SWIR 12 バンド CAVIS (Desert Clouds, Aerosol, Green, Water, NDVI-SWIR, Cirrus, Snow)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 観測幅²⁰⁴ : 13.1 km (パングロマティック・マルチスペクトル) 10.8 km (SWIR) 14.8 km (CAVIS) • 地上分解能 (直下) ²⁰⁵ : 0.31m (パングロマティック) 1.24m (マルチスペクトル) 3.7m (SWIR) 30m (CAVIS) • 再訪日数²⁰⁶ : 1 日以下 (1m GSD 解像度) 4.5 日 (20°オフナディア/0.59m GSD) • オンボードストレージ : EDAC で 2199Gb ソリッドステート²⁰⁷ • 通信リンク (ダウンリンク) ²⁰⁸ : ダウンリンク帯域 : X バンド データレート : 800 または 1200 Mbps • データ量子化²⁰⁹ : Pan および MS は 11bit/ピクセル、SWIR は 14bit/ピクセル
--	---

²⁰⁴ <https://www.restec.or.jp/solution/product/worldview-3.html>

²⁰⁵ <https://www.restec.or.jp/solution/product/worldview-3.html>

²⁰⁶ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3>

²⁰⁷ <https://web.archive.org/web/20130116094939/https://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView3-DS-WV3-Web.pdf>

²⁰⁸ <https://web.archive.org/web/20130116094939/https://www.digitalglobe.com/downloads/WorldView3-DS-WV3-Web.pdf>

<https://www.eoportal.org/satellite-missions/worldview-3#wv-3-imager>

²⁰⁹ <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3>

ii. World View Legion

- World View Legion は、World View コンステレーションの次世代機である。光学衛星コンステレーションで8機を打ち上げる予定である。

図表 70 World View Legion 概要

項目	内容	
概要	<ul style="list-style-type: none"> 2024年に最初の4機を打ち上げる予定である。 5-8号機は2025年に打ち上げ予定である。 	
セクター	Commercial	
目的・ビジネスモデル	<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	World View-3と同じ
	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)²¹⁰ 開発協力者：不明 バス開発者：Space System Loral (Maxar社の一部)²¹¹ 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²¹²
	打上	Falcon 9
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> AWS²¹³ 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^{214,215} 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²¹⁶
	運用	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²¹⁷ 配布：Maxar社と販売代理店が販売²¹⁸
	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²¹⁹
	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²²⁰ ユースケース：消費者位置情報マッピング (Facebook や Uber と提携)²²¹
スペック	<ul style="list-style-type: none"> サイズ：625 kg未満、3m*2m*2m²²² 軌道：太陽同期軌道または中間傾斜軌道²²³ 	

²¹⁰ Seradata 社 SpaceTrak データより

²¹¹ Seradata 社 SpaceTrak データより

²¹² <https://spacenews.com/worldview-legion-pandemic/#:~:text=The%20initial%20block%20of%20six%20WorldView%20Legion%20satellites,collect%20about%20half%20as%20much%20imagery%20as%20WorldView-4.>

²¹³ <https://www.aboutamazon.com/news/innovation-at-amazon/amazon-web-services-unveils-new-space-business-segment>

²¹⁴ 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

²¹⁵ <https://www.maxar.com/products/direct-access-program>

²¹⁶ <https://www.maxar.com/press-releases/maxar-selected-to-deliver-portable-satellite-imagery-ground-systems-to-u-s-army-2020-09-21>

²¹⁷ <https://www8.cao.go.jp/space/committee/27-minsei/minsei-dai22/siryou2-1-1.pdf>

²¹⁸ <https://www.maxar.com/partner-ecosystem/resellers>

²¹⁹ <https://www.maxar.com/products/analysis-ready-data>

²²⁰ <https://www.maxar.com/customers>

²²¹ <https://www.maxar.com/industries/consumer-mapping>

²²² <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

²²³ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

	<ul style="list-style-type: none"> • 観測波長帯：8バンドマルチスペクトル（Blue/Green/Yellow/Red/NIR 及びパングロマトリック）²²⁴ • 観測幅：9km²²⁵ • 空間分解能：最大 0.3m • 再訪日数：1日に最大 15回²²⁶ • 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が可能
--	--

²²⁴ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

²²⁵ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

²²⁶ <https://www.restec.or.jp/satellite/worldviewlegion.html>

D) NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration)

i. GOES

- GOES は NASA と NOAA (アメリカ海洋大気庁) の静止気象衛星シリーズである。また、気象観測と同時に環境や宇宙天気の状態監視も行っている。GOES の 1 号機は、1975 年に打ち上げられた。最新の衛星は 18 号機である。
- 本調査では、2016 年より打ち上げられている第三世代の 16 号機から 19 号機について、以下の表に示す。

図表 71 GOES-16,17,18,U 概要²²⁷

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • GOES シリーズ第三世代の 1 号機である GOES-16 は 2016 年に打ち上げられた。GOES-17 は 2018 年、GOES-18 は 2022 年に打ち上げられている。これらは静止軌道のそれぞれ異なる位置に置かれている。2024 年に 19 号機の GOES-U が GOES-16 を置き換えるために打ち上げられる予定である。 • 観測結果は、主に天気予報や宇宙天気予報に利用される。 • 以下の 2 つの観測機器を搭載する。また、これ以外に地上とのデータ中継器 2 つと宇宙天気予報用の観測センサ 6 つ (GOES-U は 7 つ) を搭載する。 <ol style="list-style-type: none"> (1) ABI (多目的可視光赤外線観測センサ) (2) GLM (雷観測センサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		気象観測
実施体制	出資	出資者：NOAA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • 開発：NASA • 製造：Lockheed Martin • 開発コスト：\$350m
	打上	ATLAS V/Falcon Heavy (GOES-U のみ)
	地上局	NOAA
	運用	NASA/NOAA
	データ取扱	各国の気象機関が利用
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：5,200kg • 軌道：静止軌道 (西経 75 度/西経 105 度/西経 137 度/西経 75 度) • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.47-13.3 μm (16 バンド) (2) 777.4nm • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.5-2km (2) 8km • 運用期間：15 年 • 通信リンク (ダウンリンク)： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：8220MHz データレート：100Mbps

²²⁷ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- ABI の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Bandwidth	SNR or NEΔT @ specified input	Resolution (s.s.p.)
470 nm	40 nm	300 @ 100 % albedo	1.0 km
640 nm	100 nm	300 @ 100 % albedo	0.5 km
860 nm	40 nm	300 @ 100 % albedo	1.0 km
1380 nm	30 nm	300 @ 100 % albedo	2.0 km
1610 nm	60 nm	300 @ 100 % albedo	1.0 km
2260 nm	50 nm	300 @ 100 % albedo	2.0 km
3.90 μm	0.20 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
6.15 μm	0.90 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
7.00 μm	0.40 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
7.40 μm	0.20 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
8.50 μm	0.40 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
9.70 μm	0.20 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
10.3 μm	0.50 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
11.2 μm	0.80 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
12.3 μm	1.00 μm	0.1 K @ 300 K	2.0 km
13.3 μm	0.60 μm	0.3 K @ 300 K	2.0 km

ii. JPSS

- JPSSはNOAAとNASAが運用している極軌道を周回する気象観測衛星である。EUMETSATのMetopシリーズと協力体制にある。
- JPSSは2機が運用中で、今後2機が打ち上げ予定であり、以下の表に詳細を示す。

図表 72 JPSS 概要²²⁸

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2017年に1号機が打ち上げられ、2022年に2号機が打ち上げられた。2027年に3号機、2032年に4号機が打ち上げられる予定である。 • 観測結果は、主に天気予報や気候監視に利用されている。 • 以下の6つの観測機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) ATMS (温度・湿度用サウンダ) (2) CrIS (温度・湿度・気圧用サウンダ) (3) OMPS-limb (オゾン観測センサ) (4) OMSP-nadir (オゾン観測センサ) (5) VIIRS (可視光赤外観測センサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 気象観測 • 気候監視
実施体制	出資	出資者：NASA/NOAA
	開発・製造	<ul style="list-style-type: none"> • BALL AEROSPACE TECHNOLOGIES (JPSS-1) • ORBITAL ATK/バス製造業者：NGIS (JPSS-2,3,4) • 開発コスト：\$253m (JPSS-2)
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • DELTA II (JPSS-1) • ATLAS V (JPSS-2)
	地上局	EUMETSAT (午前)、NOAA (午後)
	運用	NOAA
	データ取扱	<ul style="list-style-type: none"> • データ処理：NOAAとEUMETSATのそれぞれの衛星について、午前はEUMETSATが両方の衛星のデータを収集し、午後はNOAAが両方の衛星のデータを収集している。お互いの地上局に蓄積されたデータは、地上系システムで交換される。 • 配布：各国の気象機関が利用

²²⁸ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ : 2,540kg (JPSS-1) /2,930kg (JPSS-2,3,4) • 軌道 : 太陽同期準回帰軌道 • 高度 : 834km/824km • 観測波長帯 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 23-183GHz (22 バンド) (2) 3.62-15.40 μ m(1305 バンド (JPSS-1,2) /2211 バンド (JPSS-3,4)) (3) 290-1000 nm (波長分解能 0.75-25 nm) (4) 300-380 nm (波長分解能 1nm) (5) 0.412-11.45 μ m(22 バンド) • 観測幅 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 2200km (2) 2200km (3) 500km (4) 2800km (5) 3000km • 空間分解能 : <ul style="list-style-type: none"> (1) 16/32/75km (2) 16km (3) 300km (4) 10km (5) 375/750m • 回帰日数 : 20 日 • 運用期間 : 7 年 • 通信リンク (ダウンリンク) : ダウンリンク帯域 : 26703.4MHz データレート : 261000Kbps
------	--

• ATMS の観測波長帯

No.	Central frequency (GHz)	Bandwidth (MHz)	Quasi-polarisation	NE Δ T
1	23.800	270	QV	0.90 K
2	31.400	180	QV	0.90 K
3	50.300	180	QH	1.20 K
4	51.760	400	QH	0.75 K
5	52.800	400	QH	0.75 K
6	53.596 \pm 0.115	170	QH	0.75 K
7	54.400	400	QH	0.75 K
8	54.940	400	QH	0.75 K
9	55.500	330	QH	0.75 K
10	f ₀ = 57.290344	330	QH	0.75 K
11	f ₀ \pm 0.217	78	QH	1.20 K
12	f ₀ \pm 0.3222 \pm 0.048	36	QH	1.20 K
13	f ₀ \pm 0.3222 \pm 0.022	16	QH	1.50 K
14	f ₀ \pm 0.3222 \pm 0.010	8	QH	2.40 K
15	f ₀ \pm 0.3222 \pm 0.0045	3	QH	3.60 K
16	88.2	2000	QV	0.50 K
17	165.5	3000	QH	0.60 K
18	183.31 \pm 7.0	2000	QH	0.80 K
19	183.31 \pm 4.5	2000	QH	0.80 K
20	183.31 \pm 3.0	1000	QH	0.80 K
21	183.31 \pm 1.8	1000	QH	0.80 K
22	183.31 \pm 1.0	500	QH	0.90 K

• CrIS の観測波長帯

Spectral range (μ m)	Spectral range (cm^{-1})	Spectral resolution (unapodised)	NE Δ T @ specified scene temperature
9.13 - 15.40 μ m	650 - 1095 cm^{-1}	0.625 cm^{-1}	0.24-0.39 K @ 287 K
5.71 - 8.26 μ m	1210 - 1750 cm^{-1}	1.25 cm^{-1}	0.19-0.28 K @ 287 K
3.92 - 4.64 μ m	2155 - 2550 cm^{-1}	2.5 cm^{-1}	0.18-0.21 K @ 287 K

- VIIRS の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Bandwidth	SNR or NEΔT @ specified input (High or single gain)	SNR or NEΔT @ specified input (Low gain)	Resolution
412 nm	20 nm	352 @ 45 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	316 @ 155 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	750 m
445 nm	18 nm	380 @ 40 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	409 @ 146 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	750 m
488 nm	20 nm	416 @ 32 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	414 @ 123 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	750 m
555 nm	20 nm	362 @ 21 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	315 @ 90 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	750 m
672 nm	20 nm	242 @ 10 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	360 @ 68 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	750 m
746 nm	15 nm	199 @ 9.6 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		750 m
865 nm	39 nm	215 @ 6.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	340 @ 33.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹	750 m
1240 nm	20 nm	101 @ 5.4 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		750 m
1378 nm	15 nm	83 @ 6.0 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		750 m
1610 nm	60 nm	342 @ 7.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		750 m
2250 nm	50 nm	10 @ 0.12 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		750 m
3.70 μm	0.18 μm	0.40 K @ 270 K		750 m
4.05 μm	0.155 μm	0.11 K @ 300 K	0.42 K @ 380 K	750 m
8.55 μm	0.30 μm	0.09 K @ 270 K		750 m
10.763 μm	1.00 μm	0.07 K @ 300 K		750 m
12.013 μm	0.95 μm	0.07 K @ 300 K		750 m
0.7 μm (day/night)	0.5-0.9 μm	6 @ 6.70 10 ⁻⁹ W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		375 m
0.64 μm	0.60-0.68 μm	119 @ 22 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		375 m
0.865 μm	0.845-0.884 μm	150 @ 25 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		375 m
1.61 μm	1.58-1.64 μm	6 @ 7.3 W m ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹		375 m
3.74 μm	3.55-3.93 μm	2.50 K @ 270 K		375 m
11.45 μm	10.5-12.4 μm	1.50 K @ 210 K		375 m

J) Roshydromet

- Roshydromet はロシア天然資源・環境省傘下の気象環境監視機関である。

i. Arktika-M

- Arktika は北極域における大気と地表の監視を目的とした衛星で、2機が運用中、1機が2024年に打ち上げ予定である。

図表 73 Arktika-M シリーズ概要²²⁹

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 北極域観測を中心とした多目的衛星シリーズで、Arktika-M N1 と N2 が打ち上げられている。極地の大気と地表の監視、極地施設からの情報の収集と中継、宇宙線の監視、国際捜索救助サービス COSPAR-SARSAT の支援（緊急通信）を目的としている。 • 以下の2つの観測機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) MSU-GS（マルチスペクトル走査型撮像放射計） (2) GGAK-E/FM-E（磁力計）
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		気象観測
実施体制	出資	出資者：Roshydromet
	開発・製造	NPO Lavochkin
	打上	Soyuz
	地上局	不明
	運用	ROSKOSMOS
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,200kg • 軌道：長楕円軌道（モルニア軌道）40,000 × 1,000 km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.57-11.7 μm(10バンド) (2) — • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 1/4km (2) — • 回帰日数：1日 • 運用期間：10年

²²⁹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- MSU-GS の観測波長帯

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NEΔT @ specified input
0.57 μm	0.50 - 0.65 μm	200 @ 100 % albedo
0.72 μm	0.65 - 0.80 μm	200 @ 100 % albedo
0.86 μm	0.80 - 0.90 μm	200 @ 100 % albedo
3.75 μm	3.50 - 4.00 μm	0.35 K @ 300 K
6.35 μm	5.70 - 7.00 μm	0.4 K @ 300 K
8.00 μm	7.50 - 8.50 μm	0.1 K @ 300 K
8.70 μm	8.20 - 9.20 μm	0.15 K @ 300 K
9.70 μm	9.20 - 10.2 μm	0.15 K @ 300 K
10.7 μm	10.2 - 11.2 μm	0.15 K @ 300 K
11.7 μm	11.2 - 12.5 μm	0.25 K @ 300 K

ii. Elektro-L

- Elektro-L は、大気と地表の水文気象、太陽圏、電離層、磁気圏のデータを提供することを目的とした静止気象衛星である。1 機が運用終了、3 機が運用中、1 機が打ち上げ予定である。

図表 74 Elektro-L シリーズ概要²³⁰

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 2011 年に打ち上げられた N1 は運用が終了しており、現在 N2・N3・N4 が運用されている。2024 年に N5 が打ち上げ予定である。 • 以下の 3 つの観測機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) MSU-GS (マルチスペクトル走査型撮像放射計) (2) GGAK-E (磁力計) (3) GEOSAR (静止搜索救助システム)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		気象観測
実施体制	出資	出資者：Roshydromet
	開発・製造	NPO Lavochkin
	打上	<ul style="list-style-type: none"> • N1・N2：Zenit • N3・N4：Proton
	地上局	不明
	運用	ROSKOSMOS, Roshydromet
	データ取扱	不明
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,620kg • 軌道：静止軌道（東経 76 度） • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.57-11.7 μ m (10 バンド) (2) - (3) - • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 半球全体 (2) - (3) - • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 1/4km (2) - (3) - • 運用期間：10 年 • データレート： <ol style="list-style-type: none"> (1) 2.56 - 15.36Mbps (2) - (3) -

²³⁰ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- MSU-GS の観測波長帯と空間分解能

Central wavelength	Spectral interval	SNR or NE Δ T @ specified input	IFOV
0.57 μ m	0.50 - 0.65 μ m	500 @ 100 % albedo	1 km
0.72 μ m	0.65 - 0.80 μ m	500 @ 100 % albedo	1 km
0.86 μ m	0.80 - 0.90 μ m	500 @ 100 % albedo	1 km
3.75 μ m	3.50 - 4.00 μ m	0.23 K @ 300 K	1 km
6.35 μ m	5.70 - 7.00 μ m	0.11 K @ 300 K	4 km
8.00 μ m	7.50 - 8.50 μ m	0.08 K @ 300 K	4 km
8.70 μ m	8.20 - 9.20 μ m	0.25 K @ 300 K	4 km
9.70 μ m	9.20 - 10.2 μ m	0.20 K @ 300 K	4 km
10.7 μ m	10.2 - 11.2 μ m	0.17 K @ 300 K	4 km
11.7 μ m	11.2 - 12.5 μ m	0.17 K @ 300 K	4 km

K) JAXA

i. ALOS

- ALOS は JAXA の地球観測衛星シリーズである。2006 年に 1 号機が打ち上げられ、同機の運用は終了している。2014 年に打ち上げられた 2 号機が運用中である。3 号機は、2023 年の H3 ロケットの打ち上げ失敗により機体を喪失した。4 号機が 2024 年度中に打ち上げられる予定である。

図表 75 ALOS-2 の概要²³¹

項目		内容
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) のみを搭載し、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ー」が搭載されている。 • 以下の 2 つの観測機器を搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) PALSAR-2 (SAR センサ) (2) CIRC (赤外カメラ)
セクター		Civil/Others
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 ALOS 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	文部科学省 (総事業費 374 億円)
	開発・製造	三菱電機株式会社
	打上	H-IIA
	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	JAXA
	データ取扱	株式会社パスコ (有償販売)
	主要ユ-ザ	<ul style="list-style-type: none"> • 官公庁 • 地方自治体 • 民間企業

²³¹ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

スペック	<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：2,120kg • 軌道：太陽同期準回帰軌道 • 高度：628km • PALSAR-2 観測周波数： <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 • PALSAR-2 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) • PALSAR-2 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 • CIRC 観測波長帯：8-12 μ m • CIRC 観測幅：128km×96km • CIRC 空間分解能：200m • 運用期間：5年 • 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）
------	--

図表 76 ALOS-4 の概要²³²

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> ALOS、ALOS-2 の SAR 観測ミッションを引き継ぐ地球観測衛星。2024 年度中に打ち上げ予定。 L バンド SAR センサとして、PALSAR-3 を搭載する予定。また、これ以外に船舶自動識別信号 (AIS) 受信機も搭載予定である。
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 陸域観測衛星 ALOS、ALOS-2 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、海水監視を行うと共に、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	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 AIS 受信機である「SPAISE3」は、日本電気株式会社
	打上	H3
	地上局	JAXA (筑波局、鳩山局)
	運用	JAXA
	データ取扱	民間に向けては、実費による提供を検討
	主要ユーザー	<ul style="list-style-type: none"> 官公庁 地方自治体 民間企業
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：約 3 トン 軌道：太陽同期準回帰軌道 高度：628km PALSAR-3 観測周波数：1.27GHz PALSAR-3 の観測幅と空間分解能： <ul style="list-style-type: none"> 高分解能モード (Stripmap)： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：100-200km 分解能：3/6/10m スポットライトモード (Spotlight)： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：35km×35km 分解能：1m×3m 広域観測モード (ScanSAR)： <ul style="list-style-type: none"> 観測幅：700km 分解能：25m 回帰日数：14 日 通信リンク (ダウンリンク)： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：Ka-band データレート：1.8/3.6Gbps

²³² 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

ii. GOSAT

- GOSATは、JAXAの環境観測衛星シリーズである。2009年に1号機が打ち上げられた。3号機が2024年度に打ち上げ予定である。

図表 77 GOSAT-2の概要²³³

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> • 温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT の後継機として、2018年に打ち上げられた。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ている。 • 観測機器は以下の2つを搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> (1) TANSO-FTS-2 (温度・湿度・大気サウンダ) (2) TANSO-CAI-2 (マルチスペクトルセンサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> • 環境監視 • 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の観測
実施体制	出資	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 • 開発コスト：\$404m
	打上	H-IIA
	地上局	JAXA
	運用	JAXA
	データ取扱	JAXA、環境省、国立環境研究所が利用
スペック		<ul style="list-style-type: none"> • サイズ：1,750 kg • 軌道：太陽同期準回帰軌道 • 高度：613 km • 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> (1) 0.753-0.772 μm、1.56-1.69 μm、1.92-2.38 μm、5.6-8.4 μm、8.4-14.3 μm (波長分解能 0.2cm⁻¹) (2) 0.343 μm、0.38 μm、0.443 μm、0.55 μm、0.674 μm、0.869 μm、1.63 μm (計 7 バンド) • 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> (1) 790km (2) 1000km • 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> (1) 10.5km (2) 0.5/1.5km • 運用期間：5年 • 回帰日数：6日 • 通信リンク (ダウンリンク)： <ul style="list-style-type: none"> • ダウンリンク帯域：8GHz

²³³ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

図表 78 GOSAT-GW の概要²³⁴

項目		内容
概要		<ul style="list-style-type: none"> GOSAT-2 の温室効果ガス観測ミッションと GCOM-W の水循環変動観測ミッションの発展形の衛星として、2024 年度の打上げを目指し開発中である。 観測機器は以下の 2 つを搭載している。 <ol style="list-style-type: none"> AMSR3 (マイクロ波センサ) TANSO-3 (温室効果ガス観測センサ)
セクター		Civil/Others
目的・ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 全大気温室効果ガスの濃度の監視、排出量の検証・モニタリング 水循環変動の把握と予測
実施体制	出資	<ul style="list-style-type: none"> 環境省 JAXA
	開発・製造	三菱電機株式会社
	打上	H-IIA
	地上局	JAXA
	運用	JAXA (環境省と NIES、JAXA が共同で実施)
	データ取扱	国立環境研究所、JAXA が利用予定
スペック		<ul style="list-style-type: none"> サイズ：約 2.9t (暫定) 軌道：太陽同期準回帰軌道 高度：666km 観測波長帯： <ol style="list-style-type: none"> 6.9-183GHz (21 バンド) 0.45 μ m、0.76 μ m、1.6 μ m 観測幅： <ol style="list-style-type: none"> 1530km 90/911km 空間分解能： <ol style="list-style-type: none"> 3-58km 1-3/10km 運用期間：7 年以上 回帰日数：3 日 通信リンク (ダウンリンク)： <ul style="list-style-type: none"> ダウンリンク帯域：8GHz (X バンド) データレート：400 Mbps

²³⁴ 主に eoPortal、WMO OSCAR、RESTEC 衛星情報データベース、Seradata を中心に参照し作成

- AMSR3 の観測波長帯と空間分解能

Central frequency	Bandwidth	Polarisation	NEΔT	IFOV	Pixel
6.925 GHz	350 MHz	H, V	0.34 K	34x58 km	10x10 km
7.3 GHz	350 MHz	H, V	0.34 K	34x58 km	10x10 km
10.25 GHz	500 MHz	H, V	0.34 K	22x39 km	10x10 km
10.65 GHz	100 MHz	H, V	0.7 K	22x39 km	10x10 km
18.7 GHz	200 MHz	H, V	0.7 K	12x21 km	10x10 km
23.8 GHz	400 MHz	H, V	0.6 K	14x24 km	10x10 km
36.42GHz	840 MHz	H, V	0.7 K	7x11 km	10x10 km
89.0 GHz (A)	3000 MHz	H, V	1.2 K	3x5 km	5x5 km
89.0 GHz (B)	3000 MHz	H, V	1.2 K	3x5 km	5x5 km
165.5 GHz	4000 MHz	V	1.5 K	4x9 km	5x5 km
183.31±7 GHz	4000 MHz	V	1.5 K	4x8 km	5x5 km
183.31±3 GHz	4000 MHz	V	1.5 K	4x8 km	5x5 km

- GOSAT シリーズの衛星を中心に、CO₂ やメタン濃度に関する全球規模の情報を提供している。このように衛星を用いて、GHG（Greenhouse Gas、温室効果ガス）を計測したデータは小型・大型衛星や、官・民に関わらずオープンフリーで提供されており、世界的な気候変動対策に資する信頼性のある情報として活用されつつある。各国の事例について以下に整理した。

【日本】

- 日本では、他国が展開するようなメタンマップや分析ツール提供などは実施されていないものの、環境省、NIES（国立環境研究所）及びJAXAが共同で、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を目的とした GOSAT ミッションを推進している。観測衛星 GOSAT シリーズは CO₂ やメタン濃度を観測することができ、このミッションを通じて GHG の情報を提供している。2009 年に GOSAT が、2018 年に GOSAT-2 が打上げられ、現在は 2024 年度の打上げを目標に GOSAT-GW の開発が進められている。
- COP28 において、日本政府は、パリ協定で定めた目標「世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べ 1.5°C に抑える努力をする」の実現に向けて投資促進支援パッケージを公表した。
- このパッケージの中では、削減目標を積み上げても 1.5°C 目標に届かない「目標のギャップ」解消のため、2009 年以来、長期・全球観測を行う GOSAT シリーズによる客観的、科学的なデータや排出量推計技術を世界に無償提供するとしている。国別排出量の推計技術を開発し、今後は各国への適用及び国際標準化を目指すなど、客観的、科学的な衛星データを活用して GHG 排出削減へ取り組んでいる。

図表 79 日本政府の投資促進支援パッケージ²³⁵

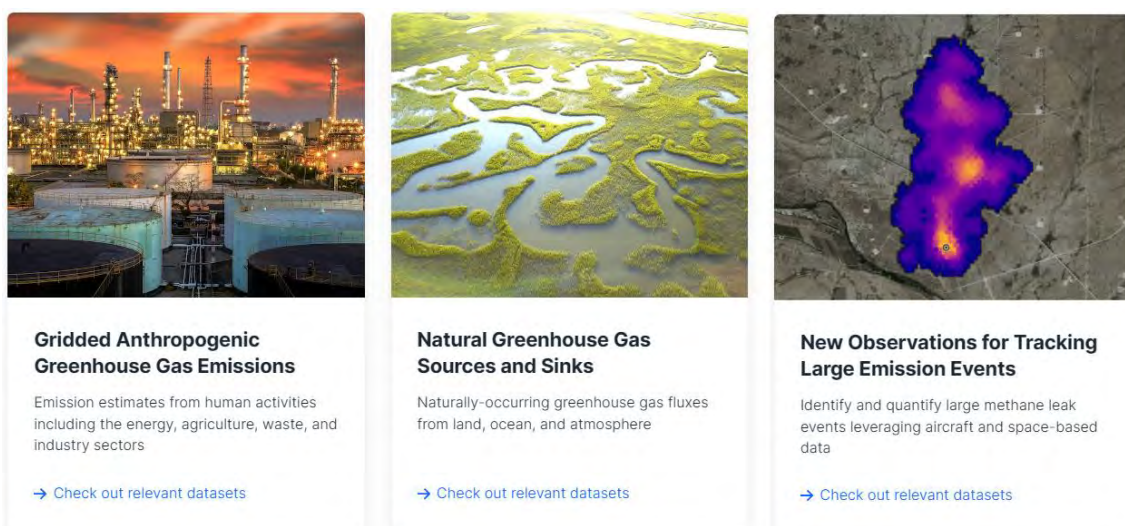


²³⁵ <https://www.env.go.jp/content/000177281.pdf>

【アメリカ】

- 米国では、COP28の一環として、GHGに関する官民パートナーシップのハブ機能となるGHGセンターを立ち上げることとなった。この新たなGHGセンターは、2023年11月29日に発表された「米国温室効果ガス測定、監視、および情報システムの統合を推進するための国家戦略」に基づき、NASAをはじめNOAA、EPA（アメリカ合衆国環境保護庁）、NIST（アメリカ国立標準技術研究所）が連携し、主導するものである。本センターの目標は、意思決定者にデータと分析のための場所を提供することである。
- GHGセンターでは、最初の2年間は実証フェーズとして以下の3分野に焦点を当てて、GHGの発生源、吸収源、排出量、移動量に関する洞察を提供するためのデータセットの公開や調査及び分析ツールの提供をオープンフリーで行う。
 - ◇ ①人為的なGHG排出量：エネルギー、農業、廃棄物、産業部門を含む人間活動からの排出量推計
 - ◇ ②自然のGHG排出源と吸収源：陸地、海洋、大気から自然発生するGHGフラックス
 - ◇ ③大規模放出事象を追跡するための新しい観測：航空機や宇宙ベースのデータを活用した大規模なメタン漏出事象の特定と定量化
- 宇宙ベースのデータの具体例としては、NASAがISS（国際宇宙ステーション）に設置した装置であるEMIT（Earth Surface Mineral Dust Source Investigation：空気中に含まれる鉱物の粉塵やメタンを検出するセンサ）により検出されたメタンガス情報や、日本の衛星であるGOSATによるメタン排出量情報などがある。今後は、データの追加、ツールの改善、ウェビナーやトレーニングイベントの実施、GISデータのダウンロード対応、民間企業との連携などを予定している。

図表 80 GHGセンターの3つの研究分野²³⁶

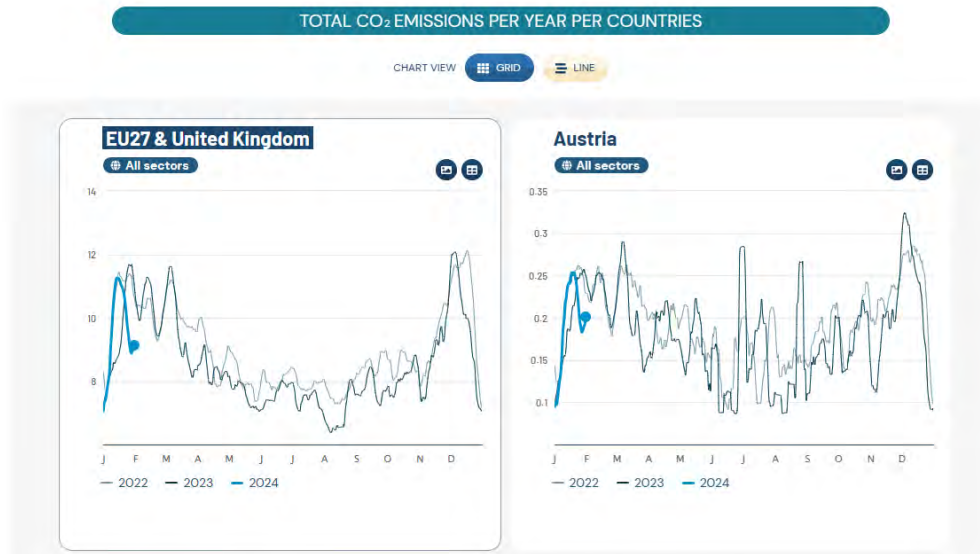


²³⁶ <https://earth.gov/ghgcenter/>

【ヨーロッパ】

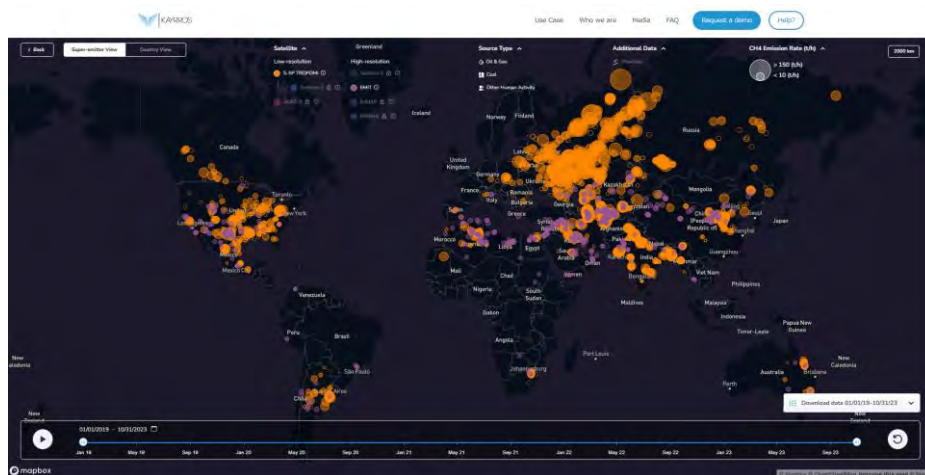
- ヨーロッパでは、ESA（欧州宇宙機関）内の組織にある ESA Climate Office が中心となり CCI（気候変動イニシアティブ）プログラム²³⁷を推進している。CCI プログラムでは、欧州の衛星データを基にしたオープンデータポータルや分析、視覚化ツールも提供されている。
- また、排出量取引制度の規制に対して、CAMS（Copernicus Atmosphere Monitoring Service）にて、GOSAT-2、Envisat、OCO-2 などの衛星から収集したデータを基に排出量等情報を提供している。

図表 81 CAMS での各国の CO2 排出量データ²³⁸



- また、民間企業では、IMEO でメタン警報・対応システムの主要なデータプロバイダーであるフランスの Kayross 社が、Sentinel-5P や EMIT 等の衛星データを基に、各国のメタン排出量やメタンが大量放出される箇所を確認できる Kayross Methane Watch を無料公開している。

図表 82 Kayross Methane Watch²³⁹



²³⁷ <https://climate.esa.int/en/>

²³⁸ <https://atmosphere.copernicus.eu/ghg-services/carbon-monitor-europe>

²³⁹ <https://methanewatch.kayross.com/>

4) 中型・大型観測衛星の調査

A) 打上げ機数（国）

【中型・大型衛星】

- 直近 10 年間では中国が圧倒的な機数となっているが、2024 年以降の計画値としては、中国、ロシア、ヨーロッパ、アメリカが同等程度で多く、インド、ドイツが並ぶ。
- 上位 10 ヶ国で 212 機と全体の 89.8%を占めており、中型・大型衛星の開発が特定の国に集中していることがうかがえる。
- 日本は総数としては 8 位となるが、2024 年以降の打上げ予定機数が他国と比較して少ない。

【小型衛星】

- アメリカ、中国が突出しており、他国と圧倒的な機数の差がある。
- 上位 10 ヶ国で 799 機と全体の 86.8%を占めており、小型衛星の開発が特定の国に集中していることがうかがえる。
- 日本は機数としては 4 位につけるものの、中型・大型衛星同様に、2024 年以降の打上げ予定機数が他国と比較して少ない。

図表 83 衛星打上げ機数上位国（中型・大型衛星）

順位	衛星所有国	2014～ 2023	2024～	合計
1	中国	58	15	73
2	ヨーロッパ（EC/EU）	7	18	25
3	ロシア	10	14	24
4	アメリカ	10	12	22
5	インド	10	11	21
6	ドイツ	4	11	15
7	国際機関（ESA、NASA/CNES、NASA/ISRO等）	5	5	10
8	日本	7	2	9
9	韓国	4	4	8
10	イタリア	3	2	5

出所) Space Trak を基に DB 作成

図表 84 衛星打上げ機数上位国（小型衛星）

順位	衛星所有国	2014～ 2023	2024～	合計
1	アメリカ	270	96	366
2	中国	227	21	248
3	アルゼンチン	24	18	42
4	日本	20	8	28
5	国際機関（ESA、NASA/NOAA等）	10	15	25
5	イギリス	17	8	25
7	カナダ	12	10	22
8	フィンランド	17	0	17
9	インド	7	8	15
10	チリ	1	10	11

出所) Space Trak を基に DB 作成

B) 打上げ機数（機関・企業）

【中型・大型衛星】

- 機関・企業別では、EU/EC が 1 位、ISRO が 2 位となる。上位 10 機関のうち、中国が 3 機関・52 機となり、全体の 22.0%を占め、他国に先行する状況である。
- 上位 10 機関・企業の合計打上げ機数は 149 機で全体の 63.1%を占めており、特定の機関に開発が集中していることがうかがえる。
- 上位 10 機関・企業のうち Maxar 社のみが民間企業であり、中型・大型衛星は、行政機関、国営企業、国家機構といった官側の開発・打上げが中心であることがうかがえる。
- 日本では JAXA が上位 10 機関・企業に次いだ 11 位となるが、2024 年以降の打上げ予定機数が他国と比較して少ない。

【小型衛星】

- 機関・企業別では、200 機に迫る Planet が 1 位、100 機を超える CGSTL が 2 位となる。上位 10 機関・企業のうちアメリカが 5 機関・企業・280 機、全体の 30.4%を占め、他国に先行する状況である。
- 上位 10 機関・企業で合計打上げ機数は 500 機で全体の 54.3%を占めており、特定の機関・企業に開発が集中していることがうかがえる。
- 上位 10 機関では、ESA を除き衛星所有者は民間企業であることから、小型衛星は民側の開発・打上げが中心であることがうかがえる。
- 日本では Axelspace 社が 17 位であり、打上げ機数・予定機数ともに他国と比較して少ない。

図表 85 衛星打上げ機数上位機関・企業（中型・大型衛星）（再掲）

順位	衛星所有者	国籍	2014～ 2023	2024～	合計	主な中型・大型衛星
1	EU/EC - European Union/European Commission	EU	6	18	24	COPERNICUS, SENTINELシリーズ
2	ISRO - Indian Space Research Organisation	インド	10	11	21	CARTOSAT, RESOURCESAT, EOS, INSATシリーズ
3	SASTIND - State Administration for Science, Technology and Industry for National Defense	中国	19	0	19	GAOFENシリーズ
4	Chinese Ministry of Natural Resources (MNR)	中国	11	7	18	ZI YUAN, HAI YANGシリーズ
5	China State Meteorological Administration	中国	8	7	15	FENG YUNシリーズ
6	EUMETSAT	-	3	11	14	METOP, MTGシリーズ
7	Roscosmos State Corporation	ロシア	3	10	13	METEOR, OBZOR, RESURSシリーズ
8	Maxar Inc.	アメリカ	1	8	9	World View Legionシリーズ
8	NOAA - National Oceanic & Atmospheric Administration	アメリカ	6	3	9	GOES, JPSSシリーズ
10	Roshydromet (Russian Weather Service)	ロシア	5	2	7	ARKTIKA, ELEKTROシリーズ
11	JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency	日本	4	2	6	ALOS, GOSATシリーズ

出所) Space Trak を基に DB 作成

図表 86 衛星打上げ機数上位機関・企業（小型衛星）

順位	衛星所有者	国籍	2014～ 2023	2024～	合計
1	Planet	アメリカ	194	1	195
2	Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd (CGSTL)	中国	125	1	126
3	Satellogic SA	アルゼンチン	24	18	42
4	Capella Space	アメリカ	4	24	28
5	Xiyong Microelectronics Park	中国	18	4	22
6	Tomorrow.io	アメリカ	2	19	21
7	BlackSky	アメリカ	13	5	18
7	PlanetiQ	アメリカ	2	16	18
9	ESA - European Space Agency	-	2	13	15
9	ICEYE	フィンランド	15	0	15

出所) Space Trak を基に DB 作成

C) 主なミッションと打上げ機数

【中型・大型衛星】

- 主なミッション別の打上げ数としては、「EO / Imaging (地球観測/画像)」、「Meteorological (気象)」、「Radar (レーダー)」、「Remote Sensing (リモートセンシング)」、「Oceanographic / Ocean Monitoring (海学/海洋モニタリング)」の順となり、全体の 94.5%を占める。
- 「Oceanographic / Ocean Monitoring (海洋/海洋モニタリング)」の用途は、現段階で判明している機数だけでも「2024～」打上げ予定数が「2014～2023」の打上げ実績機数を上回っている。また、「EO / Imaging (地球観測/画像)」、「Meteorological (気象)」、「Radar (レーダー)」についても打上げ予定数が打上げ実績機数に近づいており、ミッションとして増加傾向にあることがうかがえる。
- 日本の打上げ(予定含む)衛星については、世界的には数の少ない「Climatology (気候)」が最も多い主なミッションであり、その他としては、世界的にも数が多い「Meteorological (気象)」及び「Radar (レーダー)」が主なミッションとなっている。なお、日本の「Radar (レーダー)」衛星のうち 2 機は、機器サイズが大きい L-バンド SAR を搭載している。
- 主なミッションと機数の関係性は小型衛星と概ね同様の傾向にあるがミッションによって、異なる傾向を示すものがある。中型・大型衛星では、「EO / Imaging (地球観測/画像)」の割合が小型衛星の半分程度となるが、「Geodesy (測地)」、「Meteorological (気象)」、「Oceanographic / Ocean Monitoring (海学/海洋モニタリング)」の割合が 3～10 倍程度となっている。また、「Seismic/Volcano Monitoring (地震/火山モニタリング)」は、中型・大型衛星のみとなる。

【小型衛星】

- 主なミッション別の打上げ数としては、「EO / Imaging (地球観測/画像)」が突出して多く、次いで「Radar (レーダー)」、「Meteorological (気象)」の順であり、中型・大型衛星と順序や割合は異なるが、上位 3 ミッションの種類は同様である。
- 「Disaster Monitoring/Observation (災害監視/観測)」、「Meteorological (気象)」、「Ocean Surveillance (船舶監視)」の用途は、現段階で判明している機数だけでも「2024～」打上げ予定数が「2014～2023」の打上げ実績機数を上回っている。また、「Climatology (気候)」、「Radar (レーダー)」についても打上げ予定数が打上げ実績機数に近づいており、ミッションとして増加傾向にあることがうかがえる。
- 日本の打上げ(予定含む)衛星については、複数のミッションで確認されるものの「EO / Imaging (地球観測/画像)」、「Radar (レーダー)」が多く、光学衛星や SAR 衛星が中心となっていることがうかがえる。

図表 87 主なミッション別の衛星打上げ数（中型・大型衛星）

主なミッション	2014~ 2023	割合	2024~	割合	全体	割合
Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	1	0.7%	0	0.0%	1	0.4%
Climatology 気候	4 (3)	3.0%	2 (1)	2.0%	6 (4)	2.5%
Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	44	32.8%	37	36.3%	81	34.3%
Geodesy 測地	2	1.5%	0	0.0%	2	0.8%
Meteorological 気象	29 (2)	21.6%	26	25.5%	55 (2)	23.3%
Ocean Surveillance 船舶監視	1	0.7%	1	1.0%	2	0.8%
Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	10	7.5%	11	10.8%	21	8.9%
Radar レーダー	24 (2)	17.9%	17 (1)	16.7%	41 (3)	17.4%
Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	18	13.4%	7	6.9%	25	10.6%
Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング	1	0.7%	1	1.0%	2	0.8%

※括弧内は日本の値

出所) Space Trak を基に DB 作成

図表 88 主なミッション別の衛星打上げ数（小型衛星）

主なミッション	2014~ 2023	割合	2024~	割合	全体	割合
Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	36 (2)	5.2%	8	3.5%	44 (2)	4.8%
Climatology 気候	15	2.2%	13	5.6%	28	3.0%
Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	0	0.0%	8	3.5%	8	0.9%
Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	491 (9)	71.3%	96 (6)	41.6%	587 (15)	63.8%
Geodesy 測地	1	0.1%	0	0.0%	1	0.1%
Meteorological 気象	41	6.0%	44	19.0%	85	9.2%
Ocean Surveillance 船舶監視	0	0.0%	5	2.2%	5	0.5%
Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	7 (1)	1.0%	0	0.0%	7 (1)	0.8%
Radar レーダー	60 (5)	8.7%	49 (2)	21.2%	109 (7)	11.8%
Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	38 (3)	5.5%	8	3.5%	46 (3)	5.0%
Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%

※括弧内は日本の値

出所) Space Trak を基に DB 作成

D) 主なミッションと衛星軌道

【中型・大型衛星】

- 衛星軌道は全体の 84.0%を LEO (地球低軌道) が占め、残りのほぼすべてが GEO (静止軌道) となり、楕円軌道及びラグランジュ軌道はごくわずかとなる。
- LEO (地球低軌道) は様々なミッションで採用されており、太陽同期軌道が 84.8%を占め、次いで標準軌道、極軌道という順序となる。「Ocean Surveillance (船舶監視)」ではすべて標準軌道、「Geodesy (測地)」ではすべて極軌道となる。
- GEO (静止軌道) を採用するミッションは、その 88.2%が「Meteorological (気象)」となり、わずかに「EO/Imaging (地球観測/画像)」と「Remote Sensing (リモートセンシング)」で確認されるのみである。
- 楕円軌道は「Meteorological (気象)」が主なミッションとなり、モルニヤ軌道のみとなる。
- ラグランジュ軌道は「EO / Imaging (地球観測/画像)」が主なミッションとなり、L1 点 (太陽-地球間) 軌道のみとなる。
- 基本的には、衛星が持つミッションに応じて軌道選定がなされていることが確認された。
- 日本の衛星は、衛星軌道の分布について、全体と同様の傾向がうかがえる。

【小型衛星】

- 衛星軌道は 99%以上を LEO (地球低軌道) が占め、MEO (中軌道) は「Geodesy (測地)」にて、楕円軌道は「Atmospheric / Aeronomy Research (大気/航空研究)」にて 1 機ずつ確認されるのみである。
- LEO (地球低軌道) の中では、太陽同期軌道が 85.2%を占め、次いで標準軌道、極軌道となる。
- 「Climatology (気象)」「Remote Sensing (リモートセンシング)」では 80%以上が、「EO / Imaging (地球観測/画像)」「Radar (レーダー)」では、90%以上が、「Oceanographic / Ocean Monitoring (海洋/海洋モニタリング)」では 100%が太陽同期軌道を採用している。
- 日本の衛星は、衛星軌道の分布について、全体と同様の傾向がうかがえる。

図表 89 主なミッション別の衛星軌道（中型・大型衛星）

主なミッション	LEO				MEO	GEO	楕円軌道			ラグランジュ1	合計
	極軌道	標準軌道	太陽同期軌道	小計			離心軌道	モルニヤ軌道	小計	L1 (太陽-地球間)	
Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Climatology 気候	0	(1)	(3)	(4)	0	0	0	0	0	0	(4)
Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	0	14	63	77	0	3	0	0	0	1	81
Geodesy 測地	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Meteorological 気象	1	1	20	22	0	30 (2)	0	3	3	0	55 (2)
Ocean Surveillance 船舶監視	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	2
Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	0	4	17	21	0	0	0	0	0	0	21
Radar レーダー	0	4	37 (3)	41 (3)	0	0	0	0	0	0	41 (3)
Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	1	0	23	24	0	1	0	0	0	0	25
Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2
合計	4	26 (1)	168 (6)	198 (7)	0	34 (2)	0	3	3	1	236 (9)

※括弧内は日本の値
出所) Space Trak を基に DB 作成

図表 90 主なミッション別の衛星軌道（小型衛星）

主なミッション	LEO				MEO	GEO	楕円軌道			ラグランジュ1	合計
	極軌道	標準軌道	太陽同期軌道	小計			離心軌道	モルニヤ軌道	小計	L1 (太陽-地球間)	
Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	5	15	23 (1)	43 (1)	0	0	1 (1)	0	1 (1)	0	44 (2)
Climatology 気候	3	2	23	28	0	0	0	0	0	0	28
Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	8
Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	0	38 (1)	549 (14)	587 (15)	0	0	0	0	0	0	587 (15)
Geodesy 測地	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Meteorological 気象	1	52	32	85	0	0	0	0	0	0	85
Ocean Surveillance 船舶監視	4	1	0	5	0	0	0	0	0	0	5
Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	0	0	7 (1)	7 (1)	0	0	0	0	0	0	7 (1)
Radar レーダー	0	9 (2)	100 (5)	109 (7)	0	0	0	0	0	0	109 (7)
Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	0	6	40 (3)	46 (3)	0	0	0	0	0	0	46 (3)
Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	13	123 (3)	782 (24)	918 (27)	1	0	1 (1)	0	1 (1)	0	920 (28)

※括弧内は日本の値
出所) Space Trak を基に DB 作成

E) 主なミッションと搭載センサ

- 各衛星の搭載センサについて OSCAR を基に整理し、主なセッションにおける搭載センサの傾向を整理した。なお、センサの分類については、OSCAR におけるセンサ分類を参考とする。

【中型・大型衛星】

- 母数となる機数にもよるが、「Climatology (気候)」、「Earth Observation/Imaging (地球観測/画像)」、「Radar (レーダー)」では、平均搭載センサが 1 に近く、単一の用途に絞った開発であることが想定される。
- 「Geodesy (測地)」、「Ocean Surveillance (船舶監視)」、「Remote Sensing (リモートセンシング)」については、平均搭載センサは 2 以上となるが、センサの組合せが比較的同じであったり、同一センサの複数搭載となっていたりすることから、用途を絞った開発であることが想定される。
- 「Meteorological (気象)」、「Oceanographic / Ocean Monitoring (海洋/海洋モニタリング)」といった科学的な研究ミッションでは、センサが複数種類搭載されており、またセンサの組み合わせも複数あるなど、様々な研究向けに多目的な用途で開発されたことが想定される。
- 日本の衛星における主なミッションと搭載センサの関係性は、全体と同様の傾向である。

【小型衛星】

- 平均搭載センサ数がおおよそ 2 以上となるものは、「Atmospheric / Aeronomy Research (大気/航空研究)」、「Climatology (気候)」、「Oceanographic / Ocean Monitoring (海洋/海洋モニタリング)」のミッションであり、そのどれもが科学的な研究を行うものである。
- 上記以外のミッションでは、平均搭載センサが 1 または 1 に近く、単一の用途に絞った開発であることが想定される。

図表 91 主なミッションと搭載センサ（中型・大型衛星）

分類	主なミッション										
	Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	Climatology 気候	Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	Geodesy 測地	Meteorological 気象	Ocean Surveillance 船舶監視	Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	Radar レーダー	Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング
機数	2	6	0	81	2	55	2	21	41	25	2
機数（搭載センサ：単一/単一種類）	0	2	0	50	0	0	0	3	31	18	0
機数（搭載センサ：複数種類）	0	4	0	9	2	53	2	14	2	0	0
機数（搭載センサ：不明）	2	0	0	22	0	2	0	4	8	7	2
平均搭載センサ数 ※センサ不明機体を除く	—	1.3	—	1.6	5.0	7.2	8.0	4.6	1.2	2.7	—
受動 光学 中解像度イメージャ	0	3	0	9	0	51	0	14	0	0	0
受動 光学 高解像度イメージャ	0	0	0	57	0	2	0	0	2	43	0
受動 光学 クロスナディア短波長サウンダー	0	1	0	0	0	16	0	0	0	0	0
受動 光学 クロスナディア赤外サウンダー	0	2	0	0	0	27	0	0	0	0	0
受動 光学 光学イメージャ	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0
受動 光学 広帯域放射収支計	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0
受動 光学 太陽放射照度計	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
受動 マイクロ波 円錐型マイクロ波放射計	0	1	0	1	0	13	0	2	1	0	0
受動 マイクロ波 クロストラック型マイクロ波放射計	0	0	0	2	0	19	4	11	0	0	0
- リムサウンダー	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0
能動 光学 ライダー	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
能動 マイクロ波 雲/降雨レーダー	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
能動 マイクロ波 マイクロ波散乱計	0	0	0	0	0	5	0	8	0	0	0
能動 マイクロ波 マイクロ波高度計	0	0	0	1	0	0	2	13	0	0	0
能動 マイクロ波 SAR	0	0	0	5	0	2	0	2	30	1	0
能動 マイクロ波 GNSS-RO	0	0	0	0	2	13	2	0	2	0	0
- 太陽活動モニター	0	0	0	0	0	39	0	0	0	0	0
- 太陽放射照度モニター	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
- 宇宙放射計/分光計	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
- 高エネルギー粒子分光計	0	0	0	0	0	70	2	2	0	0	0
- フィールド/電波センサー	0	0	0	1	0	24	0	0	0	0	0
- 重力センシング	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
その他 ポジショニングシステム	0	0	0	2	4	0	6	26	2	2	0
- データ収集システム	0	0	0	0	0	36	0	1	3	2	0
- 捜索救難システム	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0

※括弧内は日本の値

出所) Space Trak・OSCAR を基に DB 作成

図表 92 主なミッションと搭載センサ（小型衛星）

分類	主なミッション										
	Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	Climatology 気候	Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	Geodesy 測地	Meteorological 気象	Ocean Surveillance 船舶監視	Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	Radar レーダー	Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング
機数	48	27	8	606	1	70	5	8	110	44	0
機数（搭載センサ：単一/単一種類）	10	5	8	405	1	43	0	1	66	16	0
機数（搭載センサ：複数種類）	8	13	0	2	0	0	0	4	0	1	0
機数（搭載センサ：不明）	30	9	0	199	0	27	5	3	44	27	0
平均搭載センサ数 ※センサ不明機体を除く	2.4	1.8	1.0	1.0	1.0	1.0	—	3.8	1.0	1.1	—
受動 光学 中解像度イメージャ	1	2	0	1	0	0	0	2	0	3	0
受動 光学 高解像度イメージャ	0	12	0	413	0	0	0	2	0	14	0
受動 光学 クロスナディア短波長サウンダー	1	12	0	2	0	0	0	0	2	0	0
受動 光学 クロスナディア赤外サウンダー	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0
受動 光学 光学イメージャ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
受動 光学 広帯域放射収支計	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
受動 光学 太陽放射照度計	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
受動 マイクロ波 円錐型マイクロ波放射計	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
受動 マイクロ波 クロストラック型マイクロ波放射計	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0
- リムサウンダー	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
能動 光学 ライダー	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
能動 マイクロ波 雲/降雨レーダー	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
能動 マイクロ波 マイクロ波散乱計	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
能動 マイクロ波 マイクロ波高度計	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
能動 マイクロ波 SAR	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0
能動 マイクロ波 GNSS-RO	11	0	8	0	0	28	0	0	0	0	0
- 太陽活動モニター	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- 太陽放射照度モニター	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0
- 宇宙放射計/分光計	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
- 高エネルギー粒子分光計	9	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
- フィールド/電波センサー	17	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
- 重力センシング	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他 ポジショニングシステム	2	1	0	0	1	7	0	3	0	0	0
- データ収集システム	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
- 捜索救難システム	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※括弧内は日本の値

出所) Space Trak・OSCAR を基に DB 作成

F) 主なミッションと衛星所有者（官・民）

【中型・大型衛星】

- 中型・大型衛星については、行政機関、国有企業などといった官側による衛星所有が全体の87.3%を占めている。
- 「EO / Imaging（地球観測/画像）」「Radar（レーダー）」「Remote Sensing（リモートセンシング）」といった商用利用しやすいミッションについては、民側による中型・大型衛星も確認される。
- 官民連携による衛星所有については、「Earth Observation / Imaging（地球観測/画像）」「Radar（レーダー）」で一部確認されるのみであり、非常に少ない。
- 日本の衛星における主なミッションと衛星所有者の関係性は、全体と同様の傾向である。
- 「官」は民間企業以外と定義しており、大学、研究所等も含むことに留意が必要。

【小型衛星】

- 小型衛星については、民側による衛星所有が76.3%を占めている。
- 小型衛星では概ねどのミッションでも官所有の衛星が確認される。特に、「Atmospheric/Aeronomy Research（大気/航空研究）」、「Oceanographic/Ocean Monitoring（海洋/海洋モニタリング）」では、官所有の衛星の方が多い。また、「Climatology（気候）」、「Meteorological（気象）」「Remote Sensing（リモートセンシング）」では、官所有が占める割合が他のミッションよりも大きい。
- 官民連携による衛星所有については、「EO / Imaging（地球観測/画像）」「Radar（レーダー）」で一部確認されるのみであり、非常に少ない。
- 日本の衛星における主なミッションと衛星所有者の関係性は、全体と同様の傾向である。
- 「官」は民間企業以外と定義しており、大学、研究所等も含むことに留意が必要。

図表 93 主なミッションと衛星所有者（官・民）（中型・大型衛星）

主なミッション	官	民	官/民	不明	合計
Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	1	0	0	0	1
Climatology 気候	6 (4)	0	0	0	6 (4)
Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	0	0	0	0	0
Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	59	21	1	0	81
Geodesy 測地	2	0	0	0	2
Meteorological 気象	55 (2)	0	0	0	55 (2)
Ocean Surveillance 船舶監視	2	0	0	0	2
Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	21	0	0	0	21
Radar レーダー	37 (2)	3 (1)	1	0	41 (3)
Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	21	4	0	0	25
Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング	2	0	0	0	2
合計	206 87.3%	28 11.9%	2 0.8%	0 0.0%	236 (9)

※括弧内は日本の値
※「官」は民間企業以外とし、大学や研究所等も含むものとする
出所) Space Trak を基に DB 作成

図表 94 主なミッションと衛星所有者（官・民）（小型衛星）

主なミッション	官	民	官/民	不明	合計
Atmospheric/Aeronomy Research 大気/航空研究	37 (2)	7	0	0	44 (2)
Climatology 気候	8	20	0	0	28
Disaster Monitoring/Observation 災害監視/観測	0	8	0	0	8
Earth Observation/Imaging (<5m res) 地球観測/画像	94 (2)	489 (13)	2	2	587 (15)
Geodesy 測地	1	0	0	0	1
Meteorological 気象	16	68	0	1	85
Ocean Surveillance 船舶監視	1	4	0	0	5
Oceanographic/Ocean Monitoring 海洋/海洋モニタリング	6	1 (1)	0	0	7 (1)
Radar レーダー	19	87 (7)	3	0	109 (7)
Remote Sensing (>5m res) リモートセンシング	18 (2)	26 (1)	0	2	46 (3)
Seismic/Volcano Monitoring 地震/火山モニタリング	0	0	0	0	0
合計	200 21.7%	710 77.2%	5 0.5%	5 0.5%	920 (28)

※括弧内は日本の値
※「官」は民間企業以外とし、大学や研究所等も含むものとする
出所) Space Trak を基に DB 作成

G) 調査結果の取りまとめ

- 上記までの調査結果を以下に整理した。

図表 95 調査結果取りまとめ

項目	中型・大型衛星の傾向	小型衛星の傾向
打上げ機数(国)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 実績値は中国が圧倒的であり計画値は中国、ロシア、ヨーロッパが多い ✓ 上位 10 カ国で全体の約 9 割を占め、衛星開発が特定の国に集中 ✓ 日本は実績・計画値合わせて 8 位だが、計画値が他国と比較し少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ アメリカ、中国が他国に圧倒的な差をつけ突出 ✓ 上位 10 カ国で全体の 8 割以上を占め、衛星開発が特定の国に集中 ✓ 日本は実績・計画値合わせて 4 位だが、計画値が他国と比較し少ない
打上げ機数(機関・企業)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 中国が 10 位以内に 3 機関も含まれ、全体の 2 割以上を占める ✓ 上位 10 機関で全体の 6 割以上を占め、衛星開発が特定の機関に集中 ✓ 上位 10 機関において民間企業は 1 つのみであり、官側の開発が中心 ✓ 日本は JAXA が 11 位となるが、計画値が他国と比較し少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ アメリカが 10 位以内に 6 機関も含まれ、全体の 3 割以上を占める ✓ 上位 10 機関で全体の 5 割以上を占め、衛星開発が特定の機関に集中 ✓ 上位 10 機関では 1 つを除き民間企業であり、民側の開発が中心 ✓ 日本企業の最高位は 17 位
主なミッションと打上げ機数	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「地球観測/画像」「気象」「レーダー」「リモートセンシング」「海洋/海洋モニタリング」の順で多く、全体の 9 割以上を占める ✓ 「気象」「海洋/海洋モニタリング」の用途は、増加傾向 ✓ 日本は世界的には機数の少ない「気候」が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「地球観測/画像」が突出し、次いで「レーダー」「気象」 ✓ 「気候」「災害監視/観測」「気象」「船舶監視」「レーダー」の用途は増加傾向 ✓ 日本の衛星は「地球観測/画像」「レーダー」が多く、光学・SAR が中心と想定
主なミッションと衛星軌道	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 8 割以上が LEO、残りのほぼすべてが GEO ✓ LEO の 8 割以上が太陽同期軌道 ✓ GEO の 9 割近くが「気象」 ✓ 日本は全体と同じ傾向 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 99%以上が LEO ✓ LEO の 8 割以上が太陽同期軌道 ✓ 「気象」「地球観測/画像」「海洋/海洋モニタリング」「レーダー」「リモートセンシング」では 9 割程度が太陽同期軌道 ✓ 日本は全体と同じ傾向
主なミッションと搭載センサ	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 「大気/航空研究」「気候」「地球観測/画像」「レーダー」は、平均搭載センサが 1 に近く単一用途に絞った開発 ✓ 「測地」「船舶監視」「リモートセンシング」は、平均搭載センサは 2.3~5.0 となるが、センサの組合せ方が衛星間で類似しており、用途を絞った開発 ✓ 「気象」「海洋/海洋モニタリング」など科学的研究ミッションは、センサが複数搭載、組合せも複数あり、様々な研究向けの多目的な用途 ✓ 日本は全体と同じ傾向 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 平均搭載センサ数が約 2 以上となるものは、「大気/航空研究」「気候」、「海洋/海洋モニタリング」であり科学的な研究となる ✓ 上記以外は平均搭載センサが 1 または 1 に近く、単一の用途に絞った開発
主なミッションと衛星所有者	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 官による衛星所有が 9 割近くを占める ✓ 「地球観測/画像」「レーダー」「リモートセンシング」などの商用利用しやすいものは、民側所有もあり ✓ 官民連携による衛星所有は極少数 ✓ 日本は全体と同じ傾向 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 民による衛星所有が 8 割近くを占める ✓ 「地球観測/画像」「レーダー」「リモートセンシング」などの商用利用しやすいものは、民側所有もあり ✓ 官民連携による衛星所有は極少数 ✓ 日本は全体と同じ傾向

5) センサ種類の観点から見た中型・大型観測衛星の特徴

- OSCAR を基に、特定のミッションに対応したセンサを搭載する衛星を確認した。センサはその優位性を基にして上からグループ 1~5 に分類されている。優位と想定されるグループ 1 及び 2 に該当するセンサを搭載する衛星における、中型・大型衛星のシェアと、日本が保有する中型・大型衛星のシェアを整理した。
- なお、本調査にて対象とした衛星は、Seradata 社の SpaceTrak による中型・大型衛星とは異なり、現在稼働中及び将来稼働が計画されている、軍事衛星以外の商用・民間衛星となることに留意が必要である。
- 一部のセンサでは、優位なグループに該当するセンサが見当たらないものもあるが、そのセンサを除いた全 40 センサの内、20 センサにおいて中型・大型衛星のシェアが 50%以上となった。センサ種類という観点においては、センサの項目によるものの、小型衛星と中型・大型衛星で優位なセンサを搭載している割合に差がないことが確認された。
- 日本の中型・大型衛星に強みがあるセンサとしては、「Cloud and precipitation profiling by radar (レーダーによる雲・降水量把握)」「Synthetic Aperture Radar (合成開口レーダー)」「Multi-purpose VIS/IR imagery from GEO (GEO からの多目的 VIS/IR イメージャ)」となる。
- 「Cloud and precipitation profiling by radar (レーダーによる雲・降水量把握)」では、優位となる衛星自体が少ないが、周波数帯域や降雨量に対する感度が基準となっており、日本では GPM Core Observatory や AOS-PMM が優位なセンサを搭載している。「Synthetic Aperture Radar (合成開口レーダー)」では、動作周波数帯域にて区分されており、日本では ALOS-2、ALOS-4 が対象となる。「Multi-purpose VIS/IR imagery from GEO (GEO からの多目的 VIS/IR イメージャ)」では、スペクトル範囲、チャンネル数、帯域幅、分解能などにより、広範囲の地球物理学的変数の観測レベルが基準となっており、日本では、気象衛星の Himawari-8,9,10 が優位なセンサを搭載している。

図表 96 日本保有の中型・大型衛星に強みがあるセンサ

センサ種類	優位な (グループ1・2) 衛星数	中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 中型・大型衛星の シェア (%)	日本保有の 中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 日本保有の 中型・大型衛星の シェア (%)
		グループ1	グループ2		グループ1	グループ2	
Multi-purpose VIS/IR imagery from LEO	15	2	13	13.3%	0	0	0.0%
Multi-purpose VIS/IR imagery from GEO	26	26	0	100.0%	3	0	11.5%
IR temperature/humidity sounding from LEO	19	18	1	94.7%	0	0	0.0%
IR temperature/humidity sounding from GEO	12	12	0	100.0%	1	0	8.3%
MW temperature/humidity sounding from LEO	16	9	7	56.3%	0	0	0.0%
MW temperature/humidity sounding from GEO	0	0	0	—	0	0	—
MW imagery	50	2	48	6.0%	2	1	6.0%
Radio occultation sounding	7	6	1	0.0%	0	0	0.0%
Earth radiation budget from LEO	8	0	8	0.0%	0	0	0.0%
Earth radiation budget from GEO	8	1	7	12.5%	0	0	0.0%
Sea-surface wind by active and passive MW	19	17	2	89.5%	0	0	0.0%
Radar altimetry	15	8	7	60.0%	0	1	6.7%
Ocean colour imagery from LEO	11	10	1	90.9%	0	1	9.1%
Ocean colour imagery from GEO	1	0	1	0.0%	0	0	0.0%
Imagery with special viewing geometry	5	5	0	80.0%	0	0	0.0%
Lightning imagery from GEO or LEO	17	17	0	100.0%	0	0	0.0%
Cloud and precipitation profiling by radar	4	3	1	100.0%	1	1	50.0%
Lidar observation (for wind, for cloud/aerosol, for trace gases, for altimetry)	5	5	0	100.0%	0	0	0.0%
Cross-nadir SW spectrometry (for chemistry) from LEO	4	0	4	0.0%	0	0	0.0%
Cross-nadir SW spectrometry (for chemistry) from GEO	2	0	2	0.0%	0	0	0.0%
Cross-nadir IR spectrometry (for chemistry) from LEO	7	3	4	42.9%	0	0	0.0%
Cross-nadir IR spectrometry (for chemistry) from GEO	12	12	0	100.0%	1	0	8.3%
Limb-sounding spectrometry	6	0	6	0.0%	0	0	0.0%
High-resolution imagery for land observation	19	7	12	26.3%	0	0	0.0%
Synthetic Aperture Radar	12	1	11	25.0%	0	2	16.7%
Space Weather: Solar activity monitoring	35	1	34	2.9%	0	1	2.9%
Space weather: Heliospheric radiation monitoring	7	5	2	14.3%	0	0	0.0%
Space weather: Energetic particles monitoring	183	124	59	57.4%	0	0	0.0%
Space Weather: Field and wave monitoring	77	64	13	64.9%	0	0	0.0%
Gravity field measuring systems	15	7	8	13.3%	0	0	0.0%
Precise positioning	70	14	56	18.6%	0	0	0.0%
Data Collection Systems and Search-and-Rescue	21	0	21	14.3%	0	3	14.3%
Instruments covering 200-400 nm	23	19	4	82.6%	0	0	0.0%
Instruments covering 400-700 nm	71	55	16	77.5%	3	0	4.2%
Instruments covering 700-1300 nm	30	16	14	50.0%	0	0	0.0%
Instruments covering 1300-3000 nm	16	8	8	50.0%	0	0	0.0%
Instruments covering 3.0-5.0 micrometers	30	12	18	40.0%	1	0	3.3%
Instruments covering 5.0-8.5 micrometers	38	12	26	36.8%	1	2	7.9%
Instruments covering 8.5-15 micrometers	38	26	12	71.1%	2	1	7.9%
Instrument covering 15 micrometers - 1 mm (300-20,000 GHz)	2	1	1	50.0%	0	0	0.0%
Instruments covering 1-300 GHz	62	25	37	27.4%	2	1	4.8%

※ 「Data Collection Systems and Search-and-Rescue」 は本調査が対象とする観測衛星センサには該当しないため彩色していない
 ※グループ 1,2 での中型・大型衛星のシェアが 50%以上となるものは赤字で表記
 出所) OSCAR を基に DB 作成

6) 物理量の観点から見た中型・大型観測衛星の特徴

- OSCAR を基に、特定の物理量に対応したセンサを保有する衛星を確認した。センサはその優位性を基にして上からグループ 1~5 に分類されている。優位と想定されるグループ 1 及び 2 に該当するセンサを保有する衛星における、中型・大型衛星のシェアと、日本が保有する中型・大型衛星のシェアを整理した。
- なお、本調査にて対象とした衛星は、Seradata 社の SpaceTrak による中型・大型衛星とは異なり、現在稼働中及び将来稼働が計画されている、軍事衛星以外の商用・民間衛星となることに留意が必要である。
- 一部の物理量では、優位なグループに該当するセンサが見当たらないものもあるが、その物理量を除いた全 168 の物理量の内、9 割以上となる 154 の物理量において中型・大型衛星のシェアが 50%以上となった。物理量という観点においては、中型・大型衛星において優位なセンサを搭載している割合が非常に高いことが確認された。特に「Basic atmospheric (基礎的な大気情報)」「Clouds and precipitations (雲・降水量)」「Aerosols and radiation (エアロゾルと放射線)」「Ocean (海)」「Sea Ice (海氷)」の大分類においては、そのすべての物理量において、小型衛星に比べ、中型・大型衛星の方が優位なセンサを搭載していることが確認された。
- 日本の中型・大型衛星に強みがある物理量として、グループ 1,2 における日本保有の中型・大型衛星のシェアが 20%を超える項目を選定した。
- 「Basic atmospheric (基礎的な大気情報)」では、「Accumulated precipitation (over 24 h) (24 時間以上の累積降水量)」と「Cloud drop effective radius (雲粒の有効半径)」において日本に強みがある。特に「Accumulated precipitation (over 24 h) (24 時間以上の累積降水量)」にて優位性のある衛星は日本の衛星のみであり、他国に大きく先行する。
- 「Clouds and precipitations (雲・降水量)」では、「Precipitation (liquid or solid) (降水量 (液体又は固体))」と「Precipitation intensity at surface (liquid or solid) (地表面における降水強度 (液体又は固体))」において、日本に強みがある。
- 「Atmospheric chemistry (大気化学)」では、「C2H2 (アセチレン)」「C2H6 (エタン)」「CFC-11(トリクロロフルオロメタン)」「CFC-12 (ジクロロジフルオロメタン)」「CH3Br (臭化メチル)」「HNO3 (硝酸)」「N2O5 (五酸化二窒素)」「PAN (ポリアクリロニトリル)」「SF6 (六フッ化硫黄)」において、日本に強みがある。
- 「Solar monitoring (太陽監視)」では、「Solar electric field (太陽電界)」「Solar EUV flux spectrum(太陽 EUV 光束スペクトル)」「Solar EUV image(太陽 EUV 画像)」「Solar magnetic field (太陽磁場)」「Solar velocity fields (太陽速度場)」「Solar VIS flux spectrum (太陽可視光束スペクトル)」「Solar VIS image (太陽可視画像)」「Solar X-ray flux (太陽 X 線束)」において、日本に強みがある。

図表 97 日本保有の中型・大型衛星に強みがある物理量（その1）

物理量（大分類）	物理量（小分類）	優先な (グループ1・2) 衛星数	中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 中型・大型衛星の シェア (%)	日本保有の 中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 日本保有の 中型・大型衛星の シェア (%)	
			グループ1	グループ2		グループ1	グループ2		
Basic atmospheric	Atmospheric density	33	24	0	72.7%	0	0	0.0%	
	Atmospheric temperature	101	39	50	88.1%	1	2	3.0%	
	Height of the top of PBL	33	0	24	72.7%	0	0	0.0%	
	Height of the tropopause	31	0	24	77.4%	0	0	0.0%	
	Integrated Water Vapour (IWV)	148	25	113	93.2%	3	7	6.8%	
	Specific humidity	80	38	26	80.0%	3	0	3.8%	
	Temperature of the tropopause	35	0	28	80.0%	0	2	5.7%	
	Wind (horizontal)	38	0	38	100.0%	0	4	10.5%	
	Wind speed (near surface)	25	17	8	100.0%	0	2	8.0%	
	Wind vector (near surface)	17	2	15	100.0%	0	0	0.0%	
	Accumulated precipitation (over 24 h)	3	0	3	100.0%	0	3	100.0%	
	Cloud base height	0	0	0	—	0	0	—	
	Cloud cover	73	58	13	97.3%	3	0	4.1%	
	Cloud drop effective radius	6	6	0	100.0%	2	0	33.3%	
	Cloud ice	26	10	6	61.5%	1	0	3.8%	
	Clouds and precipitations	Cloud ice effective radius	39	6	33	100.0%	2	0	5.1%
		Cloud ice Total Column	23	9	5	60.9%	1	0	4.3%
Cloud liquid water (CLW)		35	6	29	100.0%	2	2	11.4%	
Cloud liquid water (CLW) total column		35	6	29	100.0%	2	2	11.4%	
Cloud optical depth		35	6	23	82.9%	0	0	0.0%	
Cloud top height		85	6	77	97.6%	0	6	7.1%	
Cloud top temperature		106	38	67	99.1%	3	3	5.7%	
Cloud type		76	58	16	97.4%	3	1	5.3%	
Freezing level height in clouds		11	6	5	100.0%	2	0	18.2%	
Melting layer depth in clouds		11	6	5	100.0%	2	0	18.2%	
Precipitation (liquid or solid)		3	3	0	100.0%	1	0	33.3%	
Precipitation intensity at surface (liquid or solid)		7	3	4	100.0%	1	4	71.4%	
Total lightning density		17	17	0	100.0%	0	0	0.0%	
Aerosol column burden		43	4	32	83.7%	0	3	7.0%	
Aerosol effective radius		43	4	32	83.7%	0	3	7.0%	
Aerosol mass mixing ratio		43	4	32	83.7%	0	3	7.0%	
Aerosol Optical Depth		43	4	32	83.7%	0	3	7.0%	
Aerosol type	43	4	32	83.7%	0	3	7.0%		
Aerosols and radiation	Aerosol volcanic ash	50	10	32	84.0%	0	3	6.0%	
	Aerosol volcanic ash Total Column	94	51	35	91.5%	3	3	6.4%	
	Downward long-wave irradiance at Earth surface	38	30	8	100.0%	1	2	7.9%	
	Downward short-wave irradiance at Earth surface	16	9	5	87.5%	0	0	0.0%	
	Downward short-wave irradiance at TOA	8	1	5	75.0%	0	0	0.0%	
	Earth surface albedo	13	10	1	84.6%	0	0	0.0%	
	Earth surface short-wave bidirectional reflectance	11	9	1	90.9%	0	0	0.0%	
	Fraction of Absorbed PAR (FAPAR)	19	6	11	89.5%	0	0	0.0%	
	Long-wave Earth surface emissivity	38	30	8	100.0%	1	2	7.9%	
	Photosynthetically Active Radiation	24	10	11	87.5%	0	0	0.0%	
	Short-wave cloud reflectance	12	5	5	83.3%	0	0	0.0%	
	Upward long-wave irradiance at Earth surface	38	30	8	100.0%	1	2	7.9%	
	Upward long-wave irradiance at TOA	17	3	14	100.0%	0	0	0.0%	
	Upward short-wave irradiance at TOA	17	7	10	100.0%	0	0	0.0%	
	Upward spectral radiance at TOA	31	1	30	100.0%	0	1	3.2%	
	Coastal sea level (tide)	21	6	15	100.0%	1	1	9.5%	
	Colour Dissolved Organic Matter (CDOM)	13	9	3	92.3%	0	1	7.7%	
Dominant wave direction	24	0	24	100.0%	0	0	0.0%		
Dominant wave period	24	0	24	100.0%	0	0	0.0%		
Ocean chlorophyll concentration	13	9	3	92.3%	0	1	7.7%		
Ocean	Ocean Diffuse Attenuation Coefficient (DAC)	13	9	3	92.3%	0	1	7.7%	
	Ocean dynamic topography	21	6	15	100.0%	1	1	9.5%	
	Ocean suspended sediments concentration	13	9	3	92.3%	0	1	7.7%	
	Oil spill cover	65	45	13	89.2%	1	2	4.6%	
	Sea surface salinity	4	3	1	100.0%	0	0	0.0%	
	Sea surface temperature	114	34	78	98.2%	1	3	3.5%	
	Significant wave height	23	6	16	95.7%	1	1	8.7%	
Wave directional energy frequency spectrum	24	0	24	100.0%	0	0	0.0%		

※グループ 1,2 での中型・大型衛星のシェアが 50%以上となるものは赤字で表記
出所) OSCAR を基に DB 作成

図表 98 日本保有の中型・大型衛星に強みがある物理量（その2）

物理量（大分類）	物理量（小分類）	優位な (グループ1・2) 衛星数	中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 中型・大型衛星の シェア (%)	日本保有の 中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 日本保有の 中型・大型衛星の シェア (%)	
			グループ1	グループ2		グループ1	グループ2		
Land surface	Biomass	18	1	14	83.3%	0	2	11.1%	
	Discharge	0	0	0	—	0	0	—	
	Fire fractional cover	230	6	122	55.7%	0	2	0.9%	
	Fire radiative power	77	0	74	96.1%	0	3	3.9%	
	Fire temperature	77	0	74	96.1%	0	3	3.9%	
	Fraction of vegetated land	162	24	73	59.9%	0	1	0.6%	
	Glacier cover	65	13	47	92.3%	2	1	4.6%	
	Glacier motion	14	0	13	92.9%	0	2	14.3%	
	Glacier topography	17	1	13	82.4%	0	2	11.8%	
	Ice sheet topography	15	1	13	93.3%	0	2	13.3%	
	Land cover	162	24	73	59.9%	0	1	0.6%	
	Land surface temperature	34	4	30	100.0%	0	1	2.9%	
	Land surface topography	17	1	13	82.4%	0	2	11.8%	
	Leaf Area Index (LAI)	111	5	97	91.9%	0	6	5.4%	
	Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)	162	8	89	59.9%	0	1	0.6%	
	Snow cover	118	24	84	91.5%	0	9	7.6%	
	Snow status (wet/dry)	23	5	17	95.7%	3	0	13.0%	
	Snow water equivalent	23	5	17	95.7%	3	0	13.0%	
	Soil moisture (in the roots region)	19	4	14	94.7%	0	2	10.5%	
	Soil moisture at surface	19	4	14	94.7%	0	2	10.5%	
	Soil type	162	24	73	59.9%	0	1	0.6%	
	Vegetation type	36	5	22	75.0%	0	0	0.0%	
	Water level	0	0	0	—	0	0	—	
	Solid Earth and magnetic field	Crustal motion (horizontal and vertical)	8	0	0	0.0%	0	0	0.0%
		Crustal plates positioning	8	0	0	0.0%	0	0	0.0%
		Geoid	34	4	19	67.6%	0	2	5.9%
Geomagnetic field		25	19	0	76.0%	0	0	0.0%	
Gravity field		7	1	1	28.6%	0	0	0.0%	
Gravity gradients		1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
Atmospheric chemistry	Aerosol Optical Depth [550nm, str.]	0	0	0	—	0	0	—	
	Aerosol Optical Depth [550nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	Aerosol Optical Depth [CM, anthr.]	0	0	0	—	0	0	—	
	Aerosol Optical Depth [FM, anthr.]	0	0	0	—	0	0	—	
	Aerosol particle light extinction coefficient [355nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	Aerosol particle light extinction coefficient [532nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	BrO	25	22	1	92.0%	0	0	0.0%	
	C2H2	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%	
	C2H6	9	0	9	100.0%	0	2	22.2%	
	CFC-11	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%	
	CFC-12	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%	
	CH3Br	5	5	0	100.0%	2	0	40.0%	
	CH4	28	4	20	85.7%	1	2	10.7%	
	ClO	25	22	1	92.0%	0	0	0.0%	
	ClONO2	27	9	18	100.0%	2	1	11.1%	
	CO	1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
	CO2	20	5	9	70.0%	1	2	15.0%	
	COS	7	3	4	100.0%	0	0	0.0%	
	H2O	38	4	34	100.0%	0	3	7.9%	
	HCFC-22	3	3	0	100.0%	0	0	0.0%	
	HCHO	23	7	15	95.7%	0	0	0.0%	
	HCHO Total Column	23	7	15	95.7%	0	0	0.0%	
	HCl	0	0	0	—	0	0	—	
	HDO	0	0	0	—	0	0	—	
	HNO3	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%	
	Light backscattering coefficient [TSP, 1064nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	Light backscattering coefficient [TSP, 355nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	Light backscattering coefficient [TSP, 532nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	N2O	16	1	15	100.0%	1	1	12.5%	
	N2O5	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%	
	NO	32	10	21	96.9%	0	2	6.3%	
	NO2	23	7	15	95.7%	0	0	0.0%	
	NO2 Total Column	27	10	16	96.3%	0	2	7.4%	
	O3	23	0	22	95.7%	0	0	0.0%	
	O3 Total Column	26	0	22	84.6%	0	0	0.0%	
	OH	0	0	0	—	0	0	—	
	PAN	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%	
	Particle effective radius [CM]	0	0	0	—	0	0	—	
	Particle effective radius [FM]	0	0	0	—	0	0	—	
	Particle single scattering albedo [CM, 550nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	Particle single scattering albedo [FM, 550nm]	0	0	0	—	0	0	—	
	PSC occurrence	66	6	55	92.4%	0	3	4.5%	
SF6	9	3	6	100.0%	0	2	22.2%		
SO2	50	17	32	98.0%	2	1	6.0%		
SO2 Total Column	35	16	18	97.1%	2	1	8.6%		

※グループ 1,2 での中型・大型衛星のシェアが 50%以上となるものは赤字で表出所) OSCAR を基に DB 作成

図表 99 日本保有の中型・大型衛星に強みがある物理量（その3）

物理量（大分類）	物理量（小分類）	優位な (グループ1・2) 衛星数	中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 中型・大型衛星の シェア (%)	日本保有の 中型・大型衛星の 衛星種類数		グループ1・2での 日本保有の 中型・大型衛星の シェア (%)	
			グループ1	グループ2		グループ1	グループ2		
Ionospheric disturbances	Aurora	4	0	3	75.0%	0	0	0.0%	
	Electric Field	27	15	4	70.4%	0	0	0.0%	
	Electron Density	34	19	4	67.6%	0	0	0.0%	
	Ionospheric plasma density	20	4	8	60.0%	0	0	0.0%	
	Ionospheric plasma velocity	2	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
	Ionospheric Radio Absorption	9	0	4	44.4%	0	0	0.0%	
	Ionospheric Scintillation	7	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
	Ionospheric Vertical Total Electron Content (VTEC)	16	4	0	25.0%	0	0	0.0%	
Energetic particles and solar wind	Alpha particles differential directional flux	40	17	13	75.0%	0	0	0.0%	
	Alpha particles integral directional flux	1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
	Cosmic ray neutron flux spectrum	0	0	0	—	0	0	—	
	Electron differential directional flux	30	16	0	53.3%	0	0	0.0%	
	Electron integral directional flux	0	0	0	—	0	0	—	
	Electrostatic charge	0	0	0	—	0	0	—	
	Energetic Neutral Atom (ENA)	0	0	0	—	0	0	—	
	Heavy ion angular flux energy and mass spectrum	5	5	0	100.0%	0	0	0.0%	
	Heavy ion flux energy and mass spectrum	33	21	0	63.6%	0	0	0.0%	
	Interplanetary magnetic field	5	3	1	80.0%	0	0	0.0%	
	Proton differential directional flux	33	21	0	63.6%	0	0	0.0%	
	Proton integral directional flux	1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
	Radiation Dose Rate	0	0	0	—	0	0	—	
	Solar wind density	58	15	38	91.4%	0	0	0.0%	
	Solar wind temperature	58	15	38	91.4%	0	0	0.0%	
	Solar wind velocity	58	15	38	91.4%	0	0	0.0%	
	Solar monitoring	EUV flux	0	0	0	—	0	0	—
		EUV flux spectrum	0	0	0	—	0	0	—
EUV sky image		0	0	0	—	0	0	—	
Gamma-ray flux		0	0	0	—	0	0	—	
Gamma-ray flux spectrum		0	0	0	—	0	0	—	
Heliospheric image		4	2	1	75.0%	0	0	0.0%	
NIR/SWIR flux		1	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
Radio-waves		0	0	0	—	0	0	—	
Solar Ca II-K image		0	0	0	—	0	0	—	
Solar coronagraphic image		10	1	7	80.0%	0	0	0.0%	
Solar electric field		5	3	1	80.0%	1	0	20.0%	
Solar EUV flux		16	11	5	100.0%	0	0	0.0%	
Solar EUV flux spectrum		3	2	1	100.0%	0	1	33.3%	
Solar EUV image		3	3	0	100.0%	1	0	33.3%	
Solar gamma-ray flux spectrum		1	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
Solar H-alpha image		0	0	0	—	0	0	—	
Solar Lyman-alpha flux		13	1	10	84.6%	0	0	0.0%	
Solar Lyman-alpha image		1	0	1	100.0%	0	0	0.0%	
Solar magnetic field		5	4	1	100.0%	1	0	20.0%	
Solar radio flux spectrum		1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
Solar UV flux		1	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
Solar UV flux spectrum		1	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
Solar UV image		2	0	0	0.0%	0	0	0.0%	
Solar velocity fields		4	4	0	100.0%	1	0	25.0%	
Solar VIS flux		5	0	4	80.0%	0	0	0.0%	
Solar VIS flux spectrum		4	4	0	100.0%	1	0	25.0%	
Solar VIS image		5	5	0	100.0%	1	0	20.0%	
Solar white light image		0	0	0	—	0	0	—	
Solar X-ray flux		3	3	0	100.0%	1	0	33.3%	
Solar X-ray flux spectrum		5	2	0	40.0%	0	0	0.0%	
Solar X-ray image		3	1	0	33.3%	0	0	0.0%	
UV flux		11	6	3	81.8%	0	0	0.0%	
UV flux spectrum		2	1	0	50.0%	0	0	0.0%	
UV sky image		12	7	3	83.3%	0	0	0.0%	
VIS flux		1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
VIS flux spectrum		0	0	0	—	0	0	—	
VIS sky image		1	1	0	100.0%	0	0	0.0%	
X-ray flux		0	0	0	—	0	0	—	
X-ray flux spectrum	2	0	0	0.0%	0	0	0.0%		
X-ray sky image	2	2	0	100.0%	0	0	0.0%		
Sea Ice	Sea-ice cover	108	87	10	89.8%	5	2	6.5%	
	Sea-ice elevation	9	1	8	100.0%	0	0	0.0%	
	Sea-ice thickness	9	1	8	100.0%	0	0	0.0%	
	Sea-ice type	67	17	44	91.0%	0	1	1.5%	

グループ 1,2 での中型・大型衛星のシェアが 50%以上となるものは赤字で表記
出所) OSCAR を基に DB 作成

7) 日本の強み・弱みの分析

A) 中型・大型衛星の特徴

- 直近 10 年間及び今後における中型・大型衛星の開発機数は、小型衛星の約 1/4 程度であり、中国、ロシア、ヨーロッパ、アメリカ及び日本を含む特定の国に所有が集中している。また、民間企業が中心となる小型衛星とは異なり行政や研究機関などの官側を中心に所有しており、官側の意向が反映されやすいことが想定される。
- 「Atmospheric / Aeronomy Research (大気/航空研究)」「Climatology (気候)」「Geodesy (測地)」「Meteorological (気象)」「Ocean Surveillance (船舶監視)」「Oceanographic / Ocean Monitoring (海洋/海洋モニタリング)」「Seismic / Volcano Monitoring (地震/火山モニタリング)」が主なミッションとなる中型・大型衛星は、官側による所有が 100%となっている。一方で、「EO/Imaging (地球観測/画像)」「Radar (レーダー)」「Remote Sensing (リモートセンシング)」が主なミッションとなる中型・大型衛星は、民側による所有も確認される。官主導による中型・大型衛星では、商用利用に結び付きにくい科学研究用ミッションが中心となることがうかがえる。なお、この傾向は、小型衛星においても同様である。
- 搭載センサにおいては、小型衛星の平均搭載センサが 1 に近い一方で、中型・大型衛星はミッションにもよるが複数種のセンサを搭載している。また、物理量という観点においては、小型衛星に比べ、中型・大型衛星の方が優位なセンサを搭載している割合が非常に高い。これらからも、中型・大型衛星が小型衛星に比べ、科学研究用ミッション向きであることもうかがえる。

B) 日本の強み・弱み

- 日本の弱みとしては、衛星打上げの計画値が他国に比べ少なく将来的に他国との差が広がることや、「2.71) 大型衛星と小型衛星の連携」に整理するように他国に比べ大型・小型衛星連携ができていないことが挙げられる。
- 一方で日本の強みとしては、中型・大型衛星のミッションが「Climatology（気候）」「Meteorological（気象）」「Radar（レーダー）」に限られるものの、機数、センサ、物理量の観点から他国に先行することが挙げられる。
- 「Climatology（気候）」では、全体6機の内、日本が4機を占めている。
- 「Climatology（気候）」や「Meteorological（気象）」では、雲、降水量、エアロゾル、水蒸気、地表温度、海面温度などの観点で優位なセンサを保有しており、累積降水量、雲粒の有効半径、降水量、降水強度、GHG濃度などの多数の物理量において他国に先行する。
- 「Radar（レーダー）」に該当する衛星は、機器の小型化が難しく、現状では官側の打上げのみとなるL-bandという優位なセンサを搭載するSAR衛星(ALOS-2、ALOS-4)がある。「Radar（レーダー）」は商用利用しやすいミッションであるものの、周波数帯域により民側とのデマケがなされている。
- 今後は、日本の強みが発揮できる上記分野、センサ、物理量について、他国に追い越されないように死守することが先決である。そのうえで、本分野での日本の優位性をさらに強化するためには、2.71) 2.71) 大型衛星と小型衛星の連携にて示すような民間の小型衛星との官民連携ミッションを構築し、解像度・頻度における性能補完やセンサフュージョンによる解析を行うことで、中型・大型衛星の機数の少なさをカバーするとともに提供サービスの質を向上することが考えられる。なお、中型・大型衛星と小型衛星における官民連携の際には、連携ミッションについて大型・中型衛星の開発方針による部分が多く、官主導となる傾向がある。従って官民連携ミッションの成功には、官側が民間で実施する小型ミッションを念頭に置いたミッション計画を行う必要がある。
- また、官側の開発・所有が中心であることから、マネタイズしにくく、民間企業が負うことが難しいリスクの高い活動・ミッションを中心に開発していくことが望ましいと考えられる。