

「高頻度高分解能衛星群データを活用した新たな情報サービスを創出する農業支援情報システムの開発実証」の成果について

実施体制	主管実施機関	株式会社 ビジョンテック	実施期間	平成28年度～平成30年度 (3年間)	実施規模	予算総額(契約額) 74.8百万円		
	代表者名	代表取締役 原 政直 (平成30年度当時)				1年目	2年目	3年目
	共同参画機関	北越後農業協同組合				25.0百万円	24.9百万円	24.9百万円

背景・全体目標

日本の農業、特に基幹作物である水稻の生産現場では、少子高齢化による担い手不足や気候変動に起因する農業災害や品質低下、あるいは農産物のTPP対策など内憂外患の状態にあり、このような問題の解決に向けたイノベーションが喫緊の課題となっている。一方、人工衛星を活用した農業情報の利用は、その期待はあるものの、被雲の影響や時空間の分解能、あるいは費用対効果等の解決すべき課題があり、その普及が遅れている。

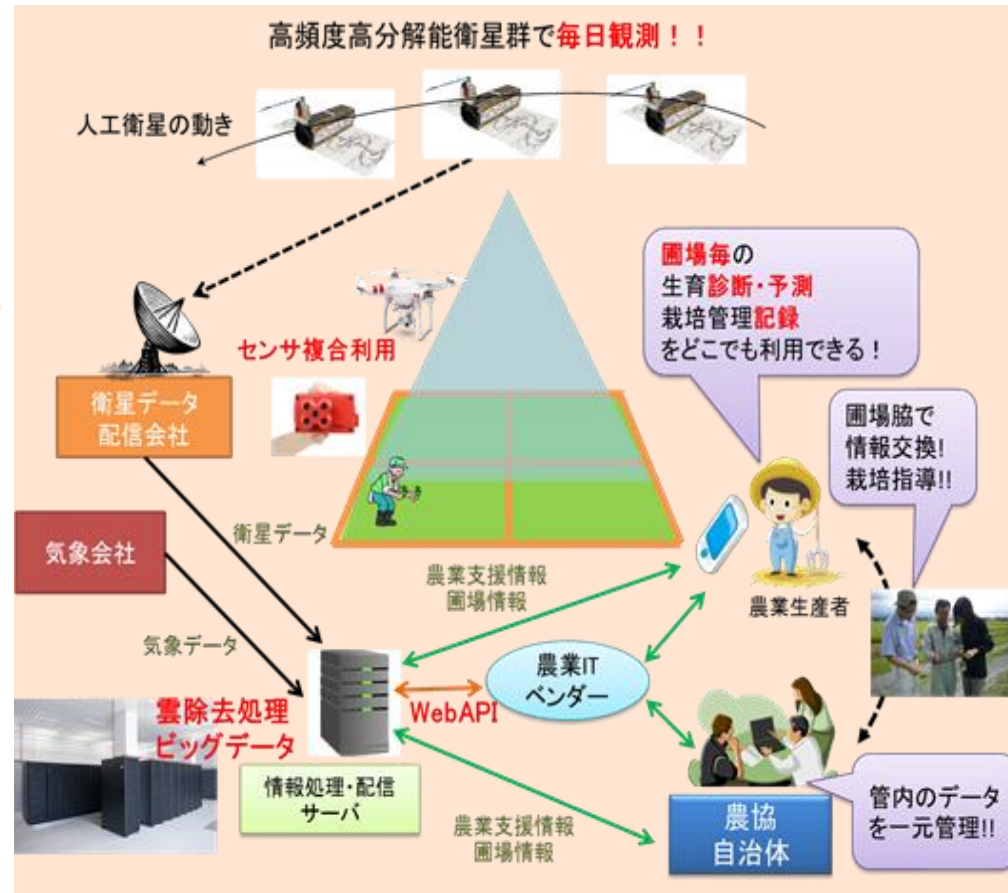
そこで、これらの課題解決のため、本課題により高頻度高分解能衛星群の利用を主とするリモートセンシング利用技術と、農業・気象・IoT・ビッグデータ等を融合した新たな「農業支援情報システム」を開発し、その実証をする。

全体概要・主な成果

高頻度高分解能衛星群のデータを用いて、雲の影響を除去した時系列データセットの生成、アメダスデータ等からの気象情報の生成、ならびに現地調査データ等を各種マップ情報と有機的に組み合わせ、農業情報として利用するためのネット上で稼働するリレーショナルなデータベース機能を持った情報生成システムの開発と実証を行った。

- 高頻度高分解能衛星Doveの観測データを用いて、雲除去処理技術や情報生成技術を組み合わせ、8日毎の雲無し時系列データセットを生成し、そのプロダクトを利用した圃場一筆毎の水稻生育度を表す葉色実況マップや予測マップを生成するシステムを開発
- 上記により得られた水稻の生育情報と降水や日照などの実況気象メッシュデータ、現地観測データ（デジタルカメラやマルチスペクトルカメラ、葉色計SPAD、土壌分析結果等）の複合利用により、追肥診断、刈り取り適期診断、土壌腐植含量診断など、農業現場で利用される情報に変換し、表示、送出すると同時にデータベース化する「情報生成システム」を開発
- これらの情報は日単位に自動更新し、農業支援情報システムAgriLook（商標登録済）に取り込むことで、ネットワーク（LAN）やWebを介して、常時閲覧できる仕組みを構築

開発されたシステムは、農業生産現場で好評を得た。また、国内関係機関や学会、新聞、雑誌などでも取り上げられる等の評価を得ると同時に、国内外からその問い合わせを得、利用実績を作る成果をあげた。

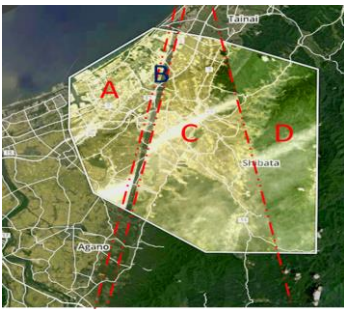


① 高頻度高分解能衛星群の衛星Doveデータの利用技術の開発と実証

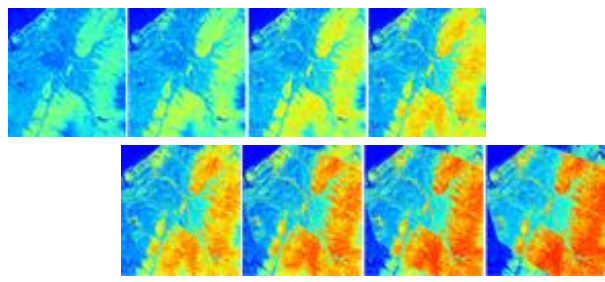
実施内容・成果

高頻度高分解能衛星群Dove（米国Planet Labs社。2018年8月現在172機運用）により、1日1回の頻度で観測されるデータを用いて、対象範囲内の自動モザイク処理と8日単位の時系列クラウドフリーデータセットの生成システムの開発を実施。

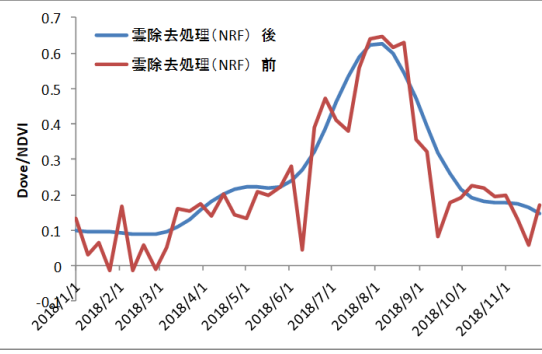
対象域の自動モザイク処理



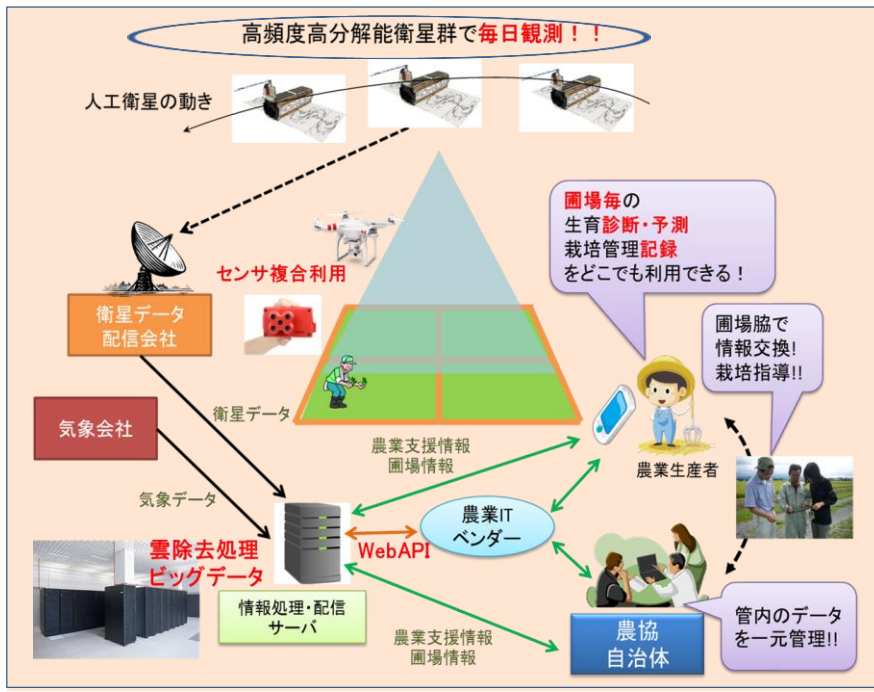
対象域の自動雲除去（NRF）処理後の時系列NDVI画像



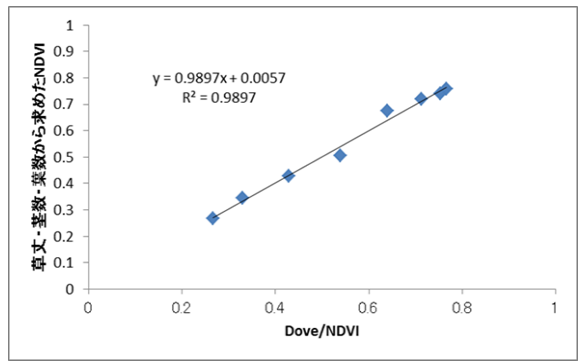
雲除去前後の時系列生育トレンド比較表示



雲除去後のNDVIクラス分類マップ表示



JA北越後、新発田農業普及指導センターの生育調査とNDVIの関係

$$NDVI = 0.001969 * [\text{草丈}] + 0.000466 * [\text{莖数}] + 0.022066 * [\text{葉数}] + 0.099145$$


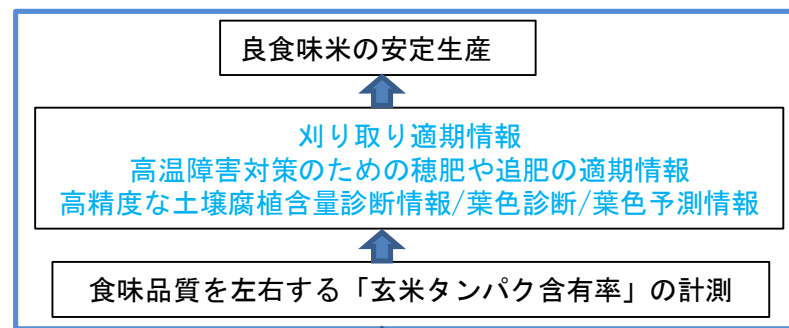
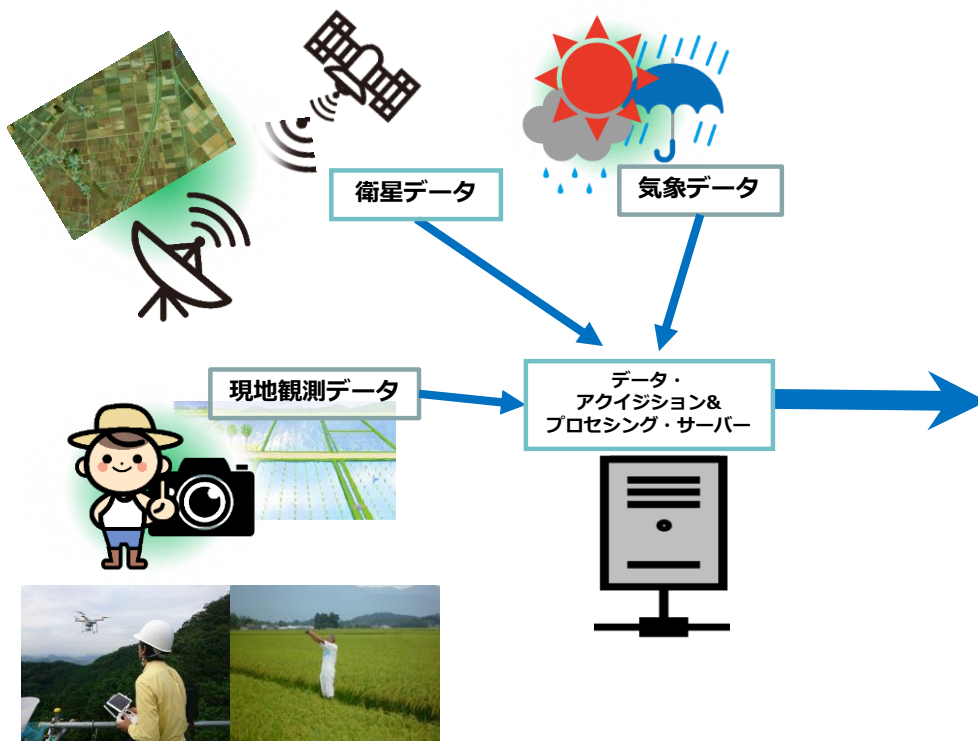
② 高頻度高分解能衛星群データ、メッシュ農業気象データ、現地観測データを用いた情報生成アルゴリズムの開発

実施内容・成果

時系列雲無し衛星データ、メッシュ農業気象データ、現地観測データなどを複合利用し、葉色予測情報、刈り取り適期診断、追肥診断、土壌腐植含量診断など、農業現場で利用される情報に変換するアルゴリズムを開発し、プログラムを構築した。

水稻の高温障害対策や良食味米の安定生産のための穂肥や追肥のタイミングの判断や食味品質を左右する「玄米タンパク含有率」の推定精度の向上と簡便で再現性の向上に貢献するスマートフォンなどの撮像機能を利用した葉色の計測法の開発を行った。

玄米タンパク含有率推定データを補正するプログラムを完成させ、その効果の検証を行い、いずれも営農指導現場が求める水準との結果が得られた。



圃場調査情報

圃場名	地域	位置	品種	移植日	収穫日	作物生育期間(日) 10/25迄	収穫日(推定)(日) 10/25迄	生育季数 10/26迄	NDVI 10/16	生育期間 SPAD値
圃場2017	新築田X-X-X		コシヒカリ	05/14	08/10	播種(04/01-10/25)	1405.5	追肥: 08/10 追水: 09/04 成熟: 09/22	0.3482	(05/30)31.1
						出穂(05/14-08/10)	792.5			(06/08)33.6
						成熟(08/11-10/25)	566.2			(06/20)37.4
圃場2017	新築田X-X-X		コシヒカリ	05/08	08/06	播種(04/01-10/25)	1464.3	追肥: 08/09 追水: 09/03 成熟: 09/21	0.4004	(05/30)29.7
						出穂(05/08-08/06)	776.2			(06/08)32.7
						成熟(08/07-10/25)	653.1			(06/20)37.4
圃場2017	新築田X-X-X		コシヒカリ	05/03	08/08	播種(04/01-10/25)	1451.0	追肥: 08/09 追水: 09/03 成熟: 09/22	0.3421	(05/30)27.8
						出穂(05/03-08/08)	882.2			(06/08)41.9
						成熟(08/09-10/25)	608.9			(06/20)37.5

スマートフォン等による撮像画像を利用した葉色計測アルゴリズム開発

時系列雲無し衛星データ生成とNDVIトレンド抽出アルゴリズムの開発

気温・日照・降水等日別実況気象メッシュ生成アルゴリズム開発

圃場図等マップデータ

③ 情報生成システムの構築

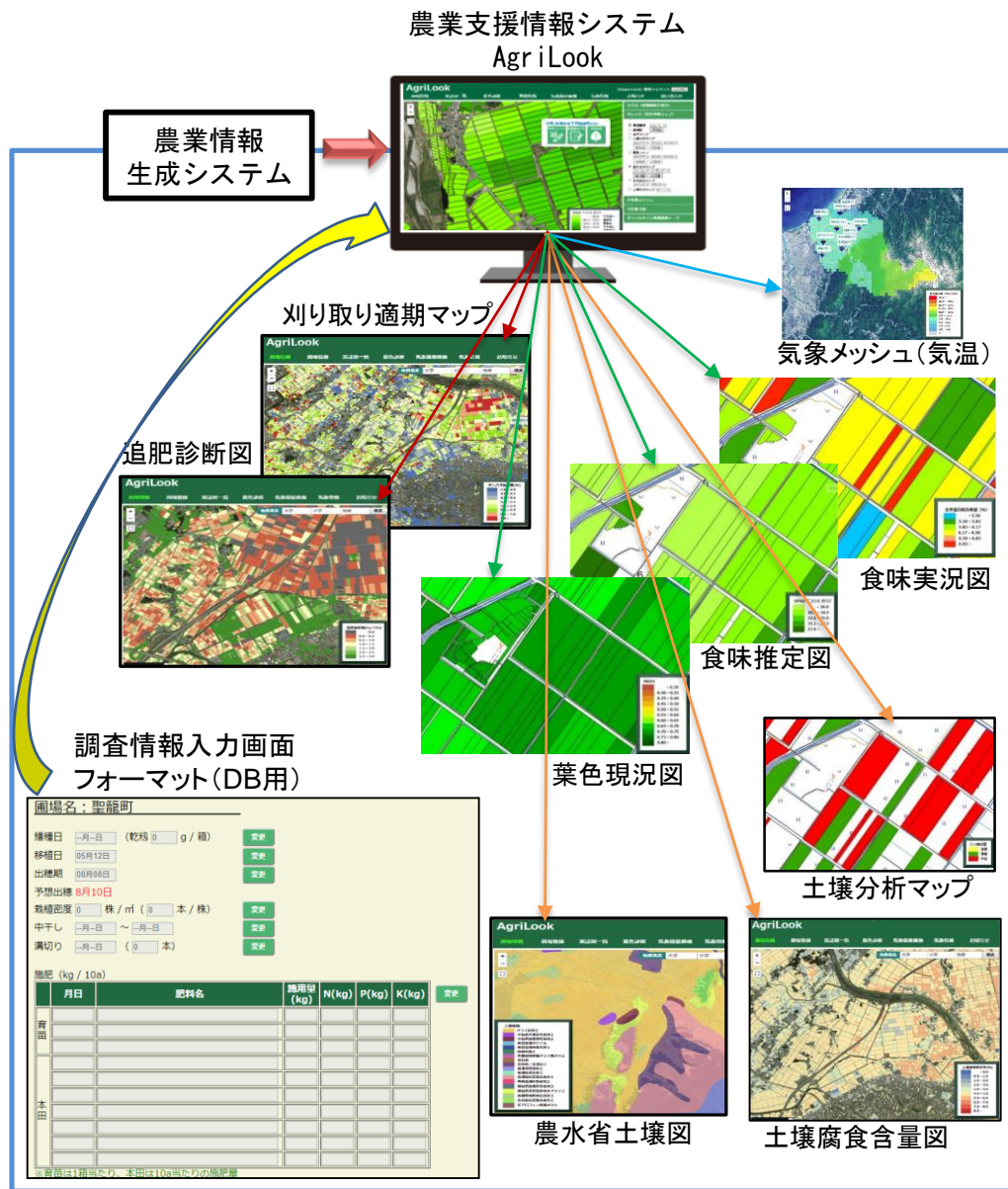
実施内容・成果

以下について、農業支援情報システムAgriLookに実装し、スマートフォンなどの端末から簡便な閲覧を可能にした。

- 前項で開発した情報生成アルゴリズムを実装した「情報生成システム」を構築した。
- 当該情報生成システムの根幹となる衛星情報データベースには、情報生成アルゴリズムの予測精度を高める基盤技術であるビジョンテック開発の雲除去処理済の約2年半分の高頻度高分解能雲なし時系列データセットを実装した。
- 農業支援情報利用者の情報利用の利便性を高めるデータベースを構築し、完成した。
- 利用者が登録した情報を圃場情報、現地情報を観測データとして活用する仕組みを構築、実装した。
- 予測情報と観測データの誤差を自動補正するモデル式を生成、情報精度の向上を図る仕組みを構築、完成させた。

被雲や被雲の影の影響はもとより、高頻度高分解能衛星群データ特有の刈り幅の狭さや機体毎のセンサ差などによるNDVIの異常値（ノイズ）補正をする効果も確認され、予測データの誤差を補正する機能強化が図られた。

行政やJAの営農指導員や生産者が、衛星解析データなどから得た科学的な予測データを根拠に、品質・コスト・リスクなど、経営判断やタイムリーな施業に利用することが実現し、生産者の労力や経費の節減を実現し、農家の所得向上に貢献するシステムとして完成。



④ クライアントアプリケーションの開発

実施内容・成果

- 1) パソコン用「クライアントアプリケーション」の開発
- JAや自治体を対象に、管轄内の多数の圃場について農業支援情報を利用するためのクライアントアプリケーションの開発を行った。
 - 情報生成システム内のデータベースと連携して圃場毎の情報を集約して表示する機能を実装した。
 - 設計、開発、実証、フィードバックのPDCAサイクルを回して、高いクオリティと効率的なシステムの開発を行った。

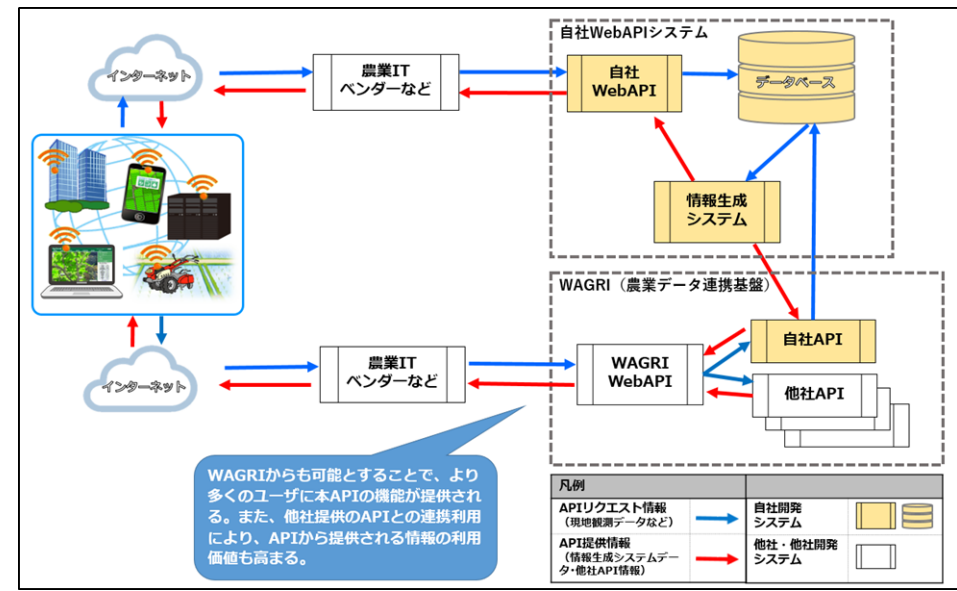
圃場登録画面

耕作物マップ

品種マップ

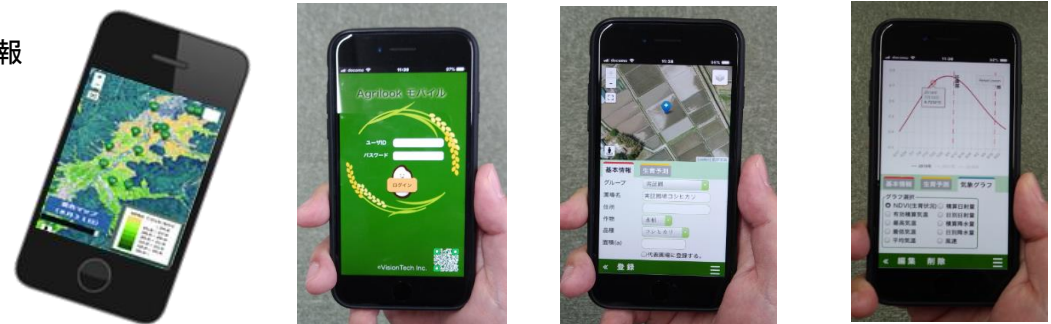
日付	肥料名	施肥量(Kg)	窒素(%)	リン酸(%)	カリウム(%)
2017/06/30	テスト肥料A	10	12	12	12
2017/07/15	テスト肥料B	10	14	14	14
2017/07/23	テスト肥料C	10	12	12	12

- 3) 農業ITベンダー向けWebAPIの開発
- WebAPIサーバの機能を情報生成システムに実装した。
 - WebAPIの提供情報の種類、リクエスト方法の説明Webページを作成した。



注：WebAPI (Web Application Programming Interface) とはクライアントのサーバからの要求に応じてデータを提供する仕組みのこと。Webサイトやアプリケーションソフトに外部のサイトの提供する機能や情報を組み込む際に用いられる。

- 2) モバイル端末用クライアントアプリケーションの開発
- 最大100圃場程度を所有する個人農業者や農業法人を対象に、農業支援情報の利用支援に適した以下のアプリケーションの開発を行った。
 - * 栽培記録簿機能の追加
 - * 情報生成システム内のデータベースと連携した屋外での情報入力/個別の圃場に関する情報閲覧の簡便化
 - * 設計、開発、実証、フィードバックのPDCAサイクルを回し、高いクオリティと効率的にシステム開発を行った。



⑤ 現地実証における農業支援情報の利用価値向上と定量的評価の実施

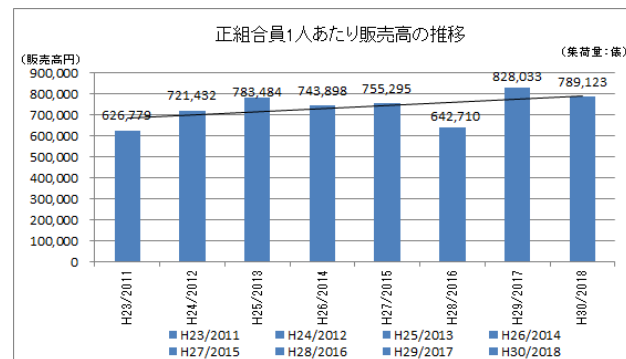
実施内容・成果

- 1) JA北越後管内における実証とフィードバックを行った。パソコン用appを利用して、改善希望箇所のフィードバックを受け、その都度、追加、改修、削除などの対応を実施した。
- 2) 農業支援情報の精度検証に使用する実証圃場の調査データを受け、新潟県新発田農業普及指導センター地域振興局農業振興部や新潟県農業総合研究所などと勉強会や検討会を行い、その評価結果をJA関係者とも共有した。
- 3) 北越後米の価値・収益力の向上への貢献度を一等米比率、販売高、集荷量、1俵当たり販売高等で評価を行った。
- 4) 地域ブロック別の宇宙科学技術利用に関する普及・啓発セミナー等を開催し、宇宙科学技術利用に関するリテラシーの向上及びサービスの創出を促進するため、各種メディアへの掲載や展示会・学会等での展示のみならず、地方自治体を対象とした、農業分野での宇宙利用に関する普及・啓発セミナー・勉強会を開催した。

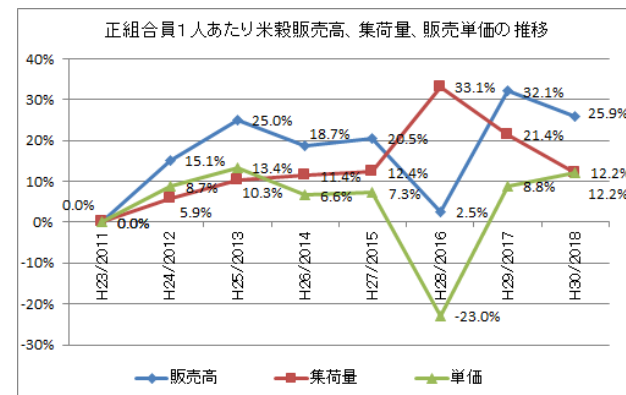
なお、2018年度より減反政策の廃止による各都道府県の米価の下落やコメ在庫の滞留等を防ぐための具体的な行政指導が都道府県単位で実施されることになり、この政策変更に対応するために、本課題で計画した普及・啓発活動は、「新潟県内のJAや関係機関」に重点を移して実施した。結果、米の全国ブランドとなっているJA魚沼みなみやJA十日町などでのAgriLookの利用が始まるなど、本課題で開発した成果（価値）が農業生産者やその関係機関に認められ、本格的な利用・普及の兆しが見えてきた。

5) 定量的評価

JA北越後における衛星データを利用したICT導入効果について、正組員1人当たりの販売高で評価を行った。結果、H24~26年の正組員1名当たりの平均販売高が674千円だったが、それ以降、増加傾向を示し、H30年時点では733千円となり、正組員1人当たり約6万円の増収になった。



また、H23年を基準として、正組員1人当たりの販売高、集荷量、販売単価（俵当り）の推移は下図に示す通り、H28年の豊作年は販売単価を下落させ、販売高も低下させた。この例が示す通り、生産管理が重要であることが分かる。



⑥ 宇宙利用及び成果の普及・啓発

実施内容・成果

■学会発表・講演会・セミナー・勉強会等

1) 学会発表

【IEEE AES-10 Japan Chapter広報】
電子情報通信学会総合大会
 BI-1-5
水稲生産現場における衛星リモートセンシングの活用に向けた取り組み
 原政直・岡田周平・八木浩(ビジョンテック)

2) 農業大学校での講義

新潟県農業大学校
JA北越後におけるICTの稲作への取り組み
 講義：農業ICT (14:50 ~ 16:20)
 地球観測衛星データによる水稲生産の軽労化と品質向上を目指した水稲生産管理システムAgriLookについて



4) JA・農業関係者との勉強会

3) 関係省庁・機関のHP (WEB)上で掲載・紹介

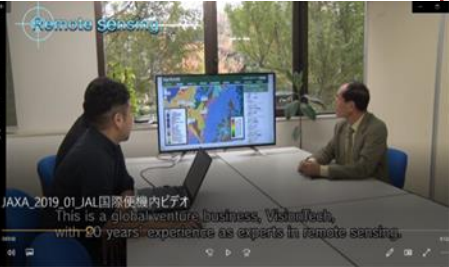
- ・首相官邸・内閣府
- ・宇宙航空研究開発機構
- ・農林水産省
- ・経済産業省

- オープンデータ 官民ラウンドテーブル説明資料
- 「衛星データ・サービス・ソリューション企業一覧」
- 農山漁村におけるIT活用事例
- 政府衛星データのオープン&フリー化 及び利用環境整備に関する検討会

他4件
 他2件
 他4件
 他2件

5) TVメディア関係

ファン!ファン! JAXA! 見て楽しい
 「キャッチアップ! 宇宙ビジネス最前線」では、JAXAと
 宇宙×農業 : 株式会社ビジョンテック
 宇宙×エンターテインメント: 株式会社ALE
 宇宙×旅行 : 株式会社Space Walker



キャッチアップ! 宇宙ビジネス最前線
 Catch up on the front lines of the Space Business



7) 新聞関係

日本農業新聞
衛星画像で営農支援 機械関係の技術
 ビジョンテック (敬称略)
 衛星画像を用いた営農支援技術の開発と普及について、ビジョンテックの代表取締役社長 八木浩氏が取材に応じて話を聞いた。

8) 雑誌関係

JATAFF Journal
JATAFF ジャーナル
 No.11
 特集 ▶ 農業環境情報の最新利用技術

水稲の良食味安定生産を支援する衛星リモートセンシングデータを用いた情報システムの紹介
 原 政直
 (株)ビジョンテック
 衛星リモートセンシングの農業利用は、衛星画像を高精度で捉えることが前提となる。衛星画像は、衛星が地球表面を撮影する際に、大気中の水蒸気や雲の影響を受けるため、衛星画像の処理が必要となる。本システムは、衛星画像の処理技術を活用し、水稲の生育状況を高精度で把握し、良食味安定生産を支援する。

6) 海外展開

中国科学院リモートセンシング研究所
学术報告
 主讲人: 原 政直
 日本千叶大学工学博士 日本VITI通感技術会社社長
題目
 基于卫星遥感技术AgriLook (农业管理系统) 的农田长势、产量以及品质预估
 时间:
 2018年8月6日 (周一) 上午10:00
 地点:
 中科院遥感与数字地球研究所A座503会议室
 联系电话:
 陆女士: 13522134430
 *日本VITI通感技术公司是日本政府内閣指定の通感技術会社 (http://www.viti.co.jp/)



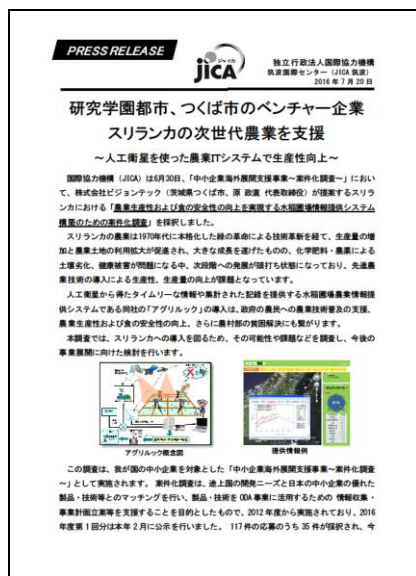
7 その他の成果

これまで得られた成果 (特許出願や論文発表数等)	特許出願	査読付き 投稿論文	その他研究発表	実用化事業	プレスリリース・取材対応	展示会出展
	—	—	国内：9 国際：6	国内：7 国際：3	国内：12 国際：2	国内：4

成果展開の状況・期待される効果

衛星リモートセンシングの今後の展開

本委託事業のH21-23年(第1期)で高頻度低分解能観測衛星の観測データを使用し、また、H24-26年(第2期)では複数の中分解能中頻度観測衛星の観測データを、H28-30年(第3期)では高分解能高頻度衛星群の観測データを使用して、高・中・低分解能観測データのそれぞれ雲無し時系列データセットを生成、データベース化した。この成果は、衛星観測データの利用が農林業に留まらず、環境・防災分野にも重要な役割を果たすことが期待でき、本課題での実証対象としたフィールド以外からも多々引き合いが来ており、国内外で新しいサービスにつながっている。このような衛星リモートセンシングによる情報抽出システムは社会インフラの一つになることが期待され、右図で示すように、既に、スリランカにおける農業災害情報システム(JICA)やマレーシアにおける水害・地すべり情報システムへの適用例がある。近年のオープン&フリー化の中でソースデータとなる衛星データのコストの無償化は、本システムにとっても、ユーザにとっても追い風となり、衛星リモートセンシングの今後の普及が期待できる。



今後の研究開発計画

サイバースペースに存在(周回)するバーチャル地球観測衛星システム「VEOSS」構想

衛星リモートセンシングの利用・普及が進展しないのは、欲しい時(タイミング)に、欲しい情報(空間分解能)が、確実に、かつ、安定して得られず(被雲の影響)、衛星リモートセンシングの特徴が十分に生かせないことにある。

そこで、これまでの本課題で得られた成果である、高頻度低分解能衛星、中頻度中分解能衛星、高頻度高分解能衛星のそれぞれの観測データを集積し、生成した雲無し時系列データセットとそのデータベース(DB)を継続して生成し、それをクラウド上で発展させていく。そして、観測された衛星データの空間分解能や観測時間(タイミング)が使用目的に合わない場合や、被雲の影響によって必要な空間が使用不能である場合に、その「使用できないデータ」を「ソースデータ」として使用して、ネット上にある時系列雲無しDBを利用し、AIなどの技法によって、必要とする「目的の時間、目的の空間分解能で観測されたデータに変換して、抽出するシステム」の開発を行っていく。

つまり、サイバースペース上に置かれた前述のビッグデータを利用して、目的の衛星観測データを抽出する「仮想的(Virtual)に地球観測(Earth Observation)をする衛星システム(Satellite System)」のシステムの構築を行っていく。

事後評価票

1. プログラム名 新事業・新サービス創出プログラム
2. 課題名 高頻度高分解能衛星群データを活用した新たな情報サービスを創出する農業支援情報システムの開発実証
3. 主管実施機関・研究代表者 株式会社ビジョンテック 代表取締役 原 政直 (平成 30 年度時点)
4. 共同参画機関 北越後農業協同組合
5. 実施期間 平成 28 年度～平成 30 年度
6. 予算総額 (契約額) 74.8 百万円
7. 実施結果
(1) 達成状況
「所期の目標に対する達成度」 ◆ 所期の目標 本課題では、観測頻度 1 日 1 回、空間分解能 3m で運用中の高頻度高分解能衛星群 (Dove) を利用し、気象データや現地観測データと複合利用し、農業支援情報として提供するシステムを構築する。また、生産者の農業現場での利用を可能とするためのモバイル端末用のクライアントアプリケーションや他機関からの利用を可能とする WebAPI ^{※1} の開発を行い、本課題終了後には、その成果を利用した新情報サービスを創出し、衛星データ利用の普及に貢献することを目標とするものである。 「達成する所期の目標 (1～6)」は、以下のとおりである。 1) 高頻度高分解能衛星群を用いた 8 日毎雲除去時系列データ生成法の確立 2) 高頻度高分解能衛星群データ、メッシュ農業気象データ、現地観測データを用いた農業支援情報生成アルゴリズムの確立 3) データベースを有効活用した「情報生成システム」の完成 4) パソコン、モバイル端末用「クライアントアプリケーション」と、WebAPI 利用環境の完成 5) 現地実証における農業支援情報の利用価値の定量化 6) 地域ブロック別の宇宙科学技術利用に関する普及・啓発セミナー等の開催 ※1 : WebAPI (Web Application Programming Interface) とは、クライアントのサーバからの要求に応じてデータを提供する仕組みのこと。Web サイトやアプリケーションソフトに外部のサイトが提供する機能や情報を組み込む際に用いられる。

◆ 達成度

1) 高頻度高分解能衛星群を用いた 8 日毎雲除去時系列データ生成法の確立

本課題では 172 機（2018 年 8 月現在）で構成される空間分解能 3m/画素で観測されるセンサを搭載した小型衛星群の衛星 Dove を使用して、異なるパスで毎日観測される対象範囲内の観測画像データをモザイク処理し、8 日単位に対象領域をカバーする画像を生成するプログラムを開発した。

さらに、8 日間単位に生成されたモザイク画像から、植生の活性度を示す植生指標値（**NDVI=Normalized Differential Vegetation Index**）をパラメータとする画像（NDVI 画像）を生成、それを 1 年間単位で集積し、時系列データセットを生成するシステムを構築し、完成させた。

ここで、生成されたこの時系列データセットには被雲や被雲の影響が存在しているため、平成 21 年度宇宙開発利用促進調整委託費の課題「良食味・高品質米の安定生産のための水稲生育管理への衛星データの適用実証」（H23 年度完了＝第 1 期）で開発した「高頻度低分解能観測衛星を利用し雲除去をする雲無し時系列データセットの生成アルゴリズム」を適用して、高頻度高分解能観測衛星で観測した時系列雲除去データセットを生成するシステムを完成させた。

また、生成されたデータは、中分解能衛星データや草丈・茎数・葉数・葉色値（SPAD 値）等のランドツルースデータによる検証を行い、これまでの衛星データと同様の信頼性があることを確認した。

以上の結果、高頻度高分解能衛星群の Dove データとビジョンテックが蓄積してきた雲除去処理技術、後述する情報生成技術とを組み合わせることで、空間分解能 3m/画素の衛星データを用いて、本課題の共同参画機関である北越後農業協同組合（以下、「JA 北越後」という）管内全域の 8 日間単位で更新される圃場の一筆毎の NDVI 画像（マップ）の現況図の生成と配布を行い、その情報に対する高い評価を得た。

これにより、前述の「本課題の第一期」で構築したネット上にある水稲圃場農業情報提供システム「AgriLook」（以下、「AgriLook」という）を介して、定期的、かつ、確実に安定して情報更新が行われ、ユーザーに配信するシステムが完成した。また、その情報がデータベースに自動登録されるシステムを構築し、所期の目標を達成した。

2) 高頻度高分解能衛星群データ、メッシュ農業気象データ、現地観測データを用いた農業支援情報生成アルゴリズムの確立

衛星データを主としてメッシュ農業気象データ、および、現地観測（ハイパー/マルチスペクトルカメラ、土壌分析結果等）データを複合利用し、蓄積してきた社有のノウハウを生かし、これまでに開発してきた衛星観測データの時系列雲無しデータ生成などの技術と融合させ、葉色予測情報、刈り取り適期診断、追肥診断、土壌腐植含量診断など、栽培期間を通して農業現場で利用される情報に変換するアルゴリズムの開発とそのプログラムを完成し、所期の目標を達成した。

なお、近年の気候変動影響などによる水稲の高温障害対策と、ブランド米の産地間競争激化を背景とした良食味米の安定生産を両立させるための穂肥や追肥のタイミングなど高度な生育管理の判断の目安となる「葉色値」の計測、並びに食味品質を左右する「玄米タンパク含有率」の推定精度の向上を図るための葉色の計測について、スマートフォンなどの撮像機能を利用した簡便で再現

性の良い現地観測技術（計測法）の開発を行い、所定の目標が達成された。なお、葉色計測法開発に当たり、第三者評価の意味も含め新潟県農業総合研究所の協力を得て実施した。

さらに、高頻度高分解能雲なし時系列衛星データなどのビッグデータから生成した葉色予測データ、玄米タンパク含有率推定データと実測値を補正するプログラムを完成させた。完成プログラムを AgriLook に実装し、その効果を検証した結果、いずれも営農指導現場が求める水準となる結果が得られた。

3) データベースを有効活用した「情報生成システム」の完成

前項の 2) で開発した情報生成アルゴリズムを実装した「情報生成システム」を構築し、農業支援情報の利用者が情報を利用する端末で同じ情報を繰り返し入力する手間を削減し、利便性を高めるためのデータベースの有効利用の開発を行った。同時に、情報を登録するモチベーションを高めるため、利用者が登録した情報を圃場情報、現地観測データとして活用する仕組み、および、予測情報と観測データの誤差を補正するモデル式を自動生成して情報精度を向上する仕組みを構築、完成させた。

- 当該情報生成システムの根幹となる衛星情報データベースには、農業情報生成アルゴリズムの予測精度を高める基盤技術である、ビジョンテック開発の雲除去処理済の約 2 年半分の高頻度高分解能雲なし時系列データセットが搭載されている。その衛星情報データベースを AgriLook に実装し、スマートフォンなどの端末からの手軽な閲覧を可能にした。
- その効果の検証を行った結果、被雲や被雲の影の影響はもとより、高頻度高分解能衛星データ特有の刈り幅の狭さや機体毎のセンサ差などによる NDVI の異常値（ノイズ）を補正する効果も確認され、予測データの誤差を補正する機能強化が図られた。

以上、行政や JA の営農指導員や生産者が、衛星解析データなどから得た科学的な予測データを根拠に、品質・コスト・リスクなどについての経営判断に基づきタイムリーな施業に利用することを実現し、また、生産者の労力や経費の節減を実現し、農家の所得向上に貢献できるシステムとして完成させた。

4) パソコン、モバイル端末用「クライアントアプリケーション」と、WebAPI 利用環境の完成

① パソコン用クライアントアプリケーションの開発

- ・主に JA や自治体を対象に、管轄内の多数の圃場について農業支援情報を利用するために適したクライアントアプリケーション（以下 app）の開発を行った。
- ・情報生成システム内のデータベースと連携して圃場毎の情報を集約して表示する機能を持たせ、PDCA（Plan→ Do→ Check→ Act）サイクルを回して、高いクオリティと効率的なシステムの開発を行い、完成させた。

② モバイル端末用クライアントアプリケーションの開発

最大 100 圃場程度を所有する個人農業者や農業法人を対象に、農業支援情報の利用支援のために適した以下の app の開発を行った。

- ・栽培記録簿機能の追加
- ・情報生成システム内のデータベースと連携した

- 屋外での情報入力
- 個別の圃場に関する情報の閲覧の簡便化
- ・パソコン用と同様に、設計、開発、実証、フィードバックのPDCAサイクルを回してクオリティを高め、効率的にシステム開発を行い、完成させた。

③ 農業 IT ベンダー向け WebAPI※の開発

- ・WebAPI サーバの機能を情報生成システムに実装
- ・WebAPI の提供情報の種類、リクエスト方法を説明した Web ページを作成

5) 現地実証における農業支援情報の利用価値の定量化

- ①JA 北越後管内において、パソコン用 app による実証を行い、改善希望箇所のフィードバックを受け、その都度、追加、改修、削除などの対応を実施した。
- ②農業支援情報の精度検証に使用する実証圃場の調査データを JA 北越後からビジョンテックが受け、新潟県新発田農業普及指導センター地域振興局農業振興部や新潟県農業総合研究所などと勉強会や検討会を行い、その評価結果を JA 関係者とも共有した。
- ③北越後米の価値・収益力の向上への貢献度を一等米比率、販売高、集荷量、1 俵当たり販売高等で評価を行った。

6) 地域ブロック別の宇宙科学技術利用に関する普及・啓発セミナー等の開催

宇宙科学技術利用に関するリテラシーの向上及び本課題・サービスの創出を促すため、各種メディアへの掲載や展示会・学会等での展示のみならず、地域ブロック別に、地方自治体・金融機関・JA・農業法人・農業関係者等を対象とした、農業分野での宇宙利用に関する普及・啓発セミナー、勉強会を開催した。セミナー、勉強会の内容は、宇宙利用の具体的な事例、現場の声、導入のポイントなどを、農業関係者やコンサルタント等の視点で構成した。

なお、2018 年度より減反政策が廃止されたため、各都道府県別に米価の下落やコメ在庫の滞留等を防ぐための具体的な行政指導が都道府県単位にされることになり、この政策変更に対応するために、本課題で計画した普及・啓発活動の「地域ブロック別の宇宙科学技術利用に関する普及・啓発セミナー等の開催」の「地域ブロック別」の実施を、「新潟県内の JA や関係機関」に重点を移して実施した。結果、米の全国ブランドとなっている JA 魚沼みなみや JA 十日町などでの当該情報システム (AgriLook) の利用が始まるなど、本課題で開発した成果 (価値) が農業生産者やその関係機関に認められ、本格的な利用・普及の兆しが見えてきた。

「必要性」

本課題は、以下の観点から、十分な必要性が認められる。

・科学的・技術的意義 (独創性、革新性、先導性、発展性等)

衛星リモートセンシングの持つ利用価値は非常に高いものがあり、世界で 400 機に上るリモートセンシング衛星が打ち上げられているのもその表れと言える。

しかし、その一般利用が進展しない理由に、「欲しい時」に「欲しいデータ」が得られない不安定

性が挙げられる。すなわち、衛星の回帰周期のためにタイムリーな観測ができないことや、タイムリーに観測されても、被雲のために観測データが利用不能となるなどの不安定性が挙げられる。これまでは、その問題解決のために、低分解能観測データ（第1期）、中分解能観測データ（第2期^{※2}）、そして、この第3期では高分解能観測データを用いて、時系列データセットを生成、それぞれ、フェノロジーの思想を導入、モデル化し、衛星観測データを再構築する手法で、被雲の影響の無い時間分解能の高い衛星観測時系列データを生成してきた。

この第3期では、入手した観測データをソースデータとして、これまで蓄積してきた前述の低・中・高空間分解能の時系列データベースを利用して、被雲の影響の無い任意の空間分解能を持つデータを自動抽出し、出力する技術を開発した。

これにより、例えば、LANDSAT/8はその回帰周期から16日に1回しか観測できず、さらに被雲の影響があればさらに16日後の観測、すなわち1ヵ月待たねばならない。

しかし、本開発技術を利用することにより、LANDSAT/8の1枚の観測データがあれば、それをソースデータ（テンプレート）として使用し、8日に一回のLANDSAT/8の観測データを生成抽出する技術開発を行ったものである。

この開発技術と時空間分解能の異なる時系列衛星画像データベースを利用することにより、サイバースペース上にバーチャルな地球観測衛星（VEOS）を構築する基礎技術が完成した。

※2：宇宙航空科学技術推進委託費 平成24年度採択課題「準衛星コンステレーションを利用した高度水稻農営情報システムの構築と実証」（H24年度～H26年度実施）

・社会的・経済的意義（産業・経済活動の活性化・高度化）

本課題で開発した情報生成システムはその利用分野を農業分野（稲作生産）にフォーカスし、安心安全な良食味米の安定生産と軽労化・効率化を支援することを目的に開発したものである。この成果を示す例として、全国的に有名な良食米（特A米）を生産している新潟県魚沼のH28年産米が特Aから格落ちし、それを契機に、本課題で開発した情報生成システムが実装されたAgriLookの導入を決定、その利用を開始し、H29年産米が特Aに返り咲いたことが挙げられる。

また、米食の多いアジア諸国でも認知されはじめ、スリランカ、バングラデシュ、中国（科学院）、中国内モンゴル（農牧業科学院）等からの問い合わせが来ており、そのいずれもが、食の安全・安心や産業の安定化のための利用や環境監視・防災利用やその研究に供することを目的としている。今後、アジア諸国を始め国際的な普及が期待される。

「有効性」

本課題は、以下の観点から、十分な有効性が認められる。

・新しい知の創出

本課題で開発した情報生成システムが実装されたAgriLookに類似するサービスに、米国カリフォルニア州に所在する”LAND IQ”社（<https://www.landip.com/>）がある。同社のサービスは作物の種類や作付け範囲、生育状態、収量予測など、クライアントの要求に応じて、衛星リモートセンシングデータと現地調査によるグランドツルースなどを合わせてプロダクト生成し提供するサービスを行っており、どちらかと言うとコンサルテーション的調査サービスで、日本国内の航測会社が実施している調査業務に近いものである。これに対し、本課題で開発した情報生成システムが実装

された AgriLook は、「逐次更新型オンライン・ニア・リアルタイム情報サービス」で、近年極めて身近になったスマートフォンやモバイル、あるいは PC ネット等の利用による ICT サービス形態で、場所を選ばずいつでもどこでも誰でも利用できる利便性とその有効性を発揮する技術開発と言える。また、衛星リモートセンシングの利用は、日本に居ながらにして海外対象国・機関・企業のための情報抽出とその提供が可能で、グローバルなビジネス展開が可能となる。

・ 直接・間接の成果・効果やその他の波及効果

本課題で開発した情報生成システムが実装された AgriLook で実現した稲作の生産現場における基盤情報インフラの技術は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の次世代農林水産業創造技術(アグリイノベーション創出)や、農林水産省の農業データ連携基盤 (WAGRI) に「農業のスマート化を実現する革新的な生産システム」として紹介され、さらに、農水省ホームページの「農山漁村における IT 活用事例」や「担い手農家の経営革新に資する稲作技術カタログ」に掲載されるなど、国家的プロジェクトの中で一定の評価を受け、国のミッションの一助を担っている。

また、海外からも、農業利用に留まらず、防災を中心とした他分野における利用のために、そのエンジンを活用した新たなシステムの再構築等が進んでいる。

「効率性」

本課題は、以下の観点から、十分な効率性が認められる。

・ 費用構造や費用対効果向上方策の妥当性

衛星リモートセンシングで、情報ソースとなる衛星データのコストは、その普及に関わる研究開発段階でも、研究開発終了後の一般利用の普及段階でも重要な懸案事項となる。この点について、本課題では Sentinel-2 をデータソースとして使用するなど「オープン&フリー」のデータを最大限利用して開発を行い、高額な商用衛星の利用は最終的に必要となる場合に限定し、コストを必要最低限に抑えると同時に、収集したデータはすべて時系列にデータベース化し、いつでも利用できる活性化状態に置く費用対効果の高い利用システムを構築した。本課題終了後の現在もそのデータベースは自動更新され、常に活性化状態に置かれ、生きた資源としていつでも活用できる状態で管理運用されている。

・ 計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の妥当性

アルゴリズム開発からシステム設計、その構築と運用のすべてについて、計画的に実施し、外注等を利用せず、アルゴリズム開発とその実装、情報アクセスのためのウインドシステムとデータベースの開発、モバイル、スマートフォンなどの端末を利用しての情報の入出力システムの開発・実装は社内のそれぞれの専門の技術要員が担当し、効率性と生産性の向上とそのノウハウの確保に努めた。このようにそれぞれのグループが独立して開発することにより、データや情報の入出力等の確認をする上でも必要となるそれぞれの開発・実装等の進捗状況や目標達成が相互に管理ができる開発体制で実施した。

・研究開発の手段やアプローチの妥当性について

本課題では、水稻の生産現場でどこでも実施されている生育調査(葉数・莖数・草丈・SPAD 値等の葉色)を「衛星観測データの利用」のための重要なグランドツルースデータとして利用し、その入手は、共同参画者や新潟県の農業総合技術研究所の試験圃場で収集された生育調査結果の提供を受けた。このデータの採取は、提供者それぞれが従来から定期的に行っている調査によって得られるもので、本課題のために特別な負荷や費用の負担もない。しかも、この生育調査の結果の提供を受けることにより、衛星データによる水稻生育情報への変換が可能になり、かつ、その精度向上にも貢献する大きなメリットが得られる。結果として、その利用システムの開発者側からは、「現場が納得する情報の抽出が可能」になり、一方、生産者側から見れば、これまで「遠い存在であった宇宙利用(衛星データから得られた情報)」が、まさに求めていた情報になっている極めて「身近で役立つ情報」に変化した。このように、特別な実験施設も持たずに、衛星データを「生育状況情報」として生産現場での利用普及することを実現した。

農業を始め第1次産業では、伝承された知識や技術の継承を重要視するあまり、新しい技術や手法の取り込みには抵抗感を持つ保守的な文化が一部にあることは否めないが、このようなグランドツルースの利用をインターフェースにすることによって、特別な労力や投資をせず、効率的に衛星データの生産現場での利用導入を成功させた。

(2) 成果

「アウトプット」

衛星リモートセンシングの特徴は、恣意性なく、広域を均質、同時(短時間)に、しかも定期的に観測できる点、長期保存や復元活性化が可能な点にある。しかしながら、衛星の回帰周期に依存して観測が行われるため、ニーズに合わせたタイミングで観測ができない点、被雲のため、データが利用不可能になる点から、その特徴を生かした利用やその普及が進展せず、普及促進に対する高いバリアーになっている。

本課題での成果は、このバリアーを乗り越えて、衛星リモートセンシングの特徴を産業界で最大限利用できるようにするための研究・技術開発を行い、刻々と変化する時空間情報を定期的、かつ安定的に、常時利用に供するための空間情報サービスシステムを完成させ、そのシステムを水稻生産のための管理システム(AgriLook=国内商標登録済)へ適用し、Webベースでの現業における実証を行い、生産現場が求める水準の精度を有することを検証したことである。

また、農業を始め第1次産業では、少なからず、新しい技術や手法の取り込みには抵抗感を持つ保守的な文化が一部にあることは否めず、その点もバリアーの一つとなっている。

本課題では、グランドツルースの利用をインターフェースにすることによって、生産現場における衛星データの利用導入のバリアーを下げ、同時に、生産現場のニーズを追求し、スマートフォンなどのモバイル端末から、場所を選ばず、いつでもどこでも誰でも利用できる利便性と有効性を持つ技術開発を行ったことも成果である。

「アウトカム」 (令和元年10月末時点)

AgriLookのような衛星リモートセンシングを利用した広域で同時性、定期的の高い空間情報と気象メッシュ情報等の他の情報と複合的、かつ、定期的・安定的・確実に提供する情報発信サービスはこれまでに類はなく、本課題の共同参画機関であるJA北越後をはじめ、JAみなみ魚沼、山形県、愛知県経済農業協同組合連合会や大学、研究機関、農業関連一般企業（NDA締結により社名等詳細の公開不可）などの利用がある。

また、本課題で開発した技術開発の成果の中心的成果物であり、2000年以降現在も継続して生成している東アジア全域の250mメッシュの8日間単位の時系列雲無しNDVIデータセットと、それをデータベースとして利用し、中分解能衛星や高分解能衛星データを組み入れ再構築した農業・牧畜や環境・防災の情報システムについても、アジアを中心とした海外からの利用ニーズが増え、サービスに対する問い合わせが増えてきている。

(3) 今後の展望

平成21年度以降、本課題も含め、低分解能、中分解能、高分解能の衛星観測データそれぞれの時系列雲無しデータセットの生成とデータベース化、並びにそのオン・ライン・ニア・リアルタイム衛星情報提供サービスシステムを完成させ、その利用や普及促進に貢献するアプリケーションの一つとして農業利用にフォーカスしてきた。

今後は、これらの成果の一般産業利用の促進や環境・防災利用へのアプリケーション拡大を図る。また、これまで構築した異なる空間分解能ごとの時系列衛星データのデータベースを利用して、目的や対象に合わせた任意の時空間分解能の画像データに変換・生成し提供するシステムの開発を行い、任意の時空間分解能を指定し、所定の画像データが抽出できるような「サイバースペースに存在するバーチャル・スペース・サテライトシステム（仮称）の構築」を行い、畑作や牧畜、防災利用など、変化が早いものや小規模な対象への適用をも可能とする技術開発をめざし、衛星リモートセンシングの更なる普及・促進を目指す。具体的には、本課題で得られた成果を以て、JST/JICAのプログラムであるSATREPSへの応募するための準備を行っている。

8. 評価点

A

評価を以下の5段階評価とする。

- S) 優れた成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に著しく貢献した。
- A) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献した。
- B) 相応の成果を挙げ、宇宙航空利用の促進に貢献しているが、一部の成果は得られておらず、その合理的な理由が説明されていない。
- C) 一部の成果を挙げているが、宇宙航空利用の明確な促進につながっていない。
- D) 成果はほとんど得られていない。

9. 評価理由

本課題は、観測頻度1日1回、空間分解能3メートルで運用中の高頻度高分解能衛星群のデータを気象データや現地観測データと複合利用することで、農業支援情報を提供するシステムを構築すると

ともに、生産者自らが生産現場での情報の入出力を可能とするためのモバイル端末用、パソコン用のクライアントアプリケーションや農業 IT ベンダー向け WebAPI を開発したものである。

所期の目標は十分に達成されており、特に以下は、特筆すべき成果であると認められる。

- 高頻度高分解衛星群データに雲の影響を除去するアルゴリズムを適用することにより、葉色予測データ等に関して、生産現場が求める水準の精度を有するシステムを構築し、小型衛星群を利用したサービスを創出した。
- 生産現場との密なやりとりによる地道な実証を重ね、スマートフォンなどのモバイル端末からの利用を可能とすることで、生産者がほぼリアルタイムで閲覧が可能であるのみならず、生産者からの農地の情報の入力が可能となり、他社による既存のサービスには無い利便性の高いサービスを創出した。
- 学会発表の他、新聞や公的機関のウェブページ等において、普及・啓発が広くなされ、国内及び米食の多いアジア諸地域（スリランカ、バングラデシュ、中国、中国内モンゴル等）等から関心が寄せられている。

以上により、本課題は相応の成果を上げ、宇宙航空利用の促進に貢献したと評価する。

今後は、農業の生産性向上に本システムがどの程度貢献しているのかについて、生産者が受けるメリットに基づく評価を深めるとともに、水稻以外の他の作物への展開や、環境、防災分野への展開も考慮したグローバルなビジネス展開が進むことを期待する。