

平成25年度
リモートセンシング実利用シンポジウム
講演要旨集

Proceedings of Remote Sensing Symposium

平成26年1月31日
於 佐賀大学工学部

共催：日本リモートセンシング学会九州支部
日本リモートセンシング学会実利用委員会
九州航空宇宙開発推進協議会・宇宙利用プロジェクト創出研究会・
宇宙利用グループ

リモートセンシング実利用シンポジウム プログラム

日時:平成 26 年 1 月 31 日(金) 13:30-17:30

場所:佐賀大学理工学部 6 号館

13:30-13:35 主催者挨拶

13:35-13:55 日本リモートセンシング学会における実利用推進の取組み状況と今後の展望
赤松幸生(日本リモートセンシング学会副会長/実利用委員長)

13:55-14:25 五島のツバキ林管理技術構築のための衛星データ利用の試み
森山雅雄(長崎大学)・前田一・田嶋幸一

14:25-14:35 休憩

14:35-15:05 鹿児島におけるリモートセンシングの商用化について
吉岡英行(富士通株式会社)・澤根慎児・安田小百合・平山慎作・吉田正巳

15:05-15:35 分光分析手法による農作物の生育・品質推定、-鹿児島のカ、水稲の事例-
石川大太郎(関西学院大学)

15:35-16:05 水稲の肥培管理に及ぼすリモートセンシングの貢献
リモートセンシング技術を用いた経済的肥培管理システム開発に向けた実験
吉田貴樹(BIZWORKS)・木原武彦・沖一雄・石黒悦爾・森山雅雄

16:05-16:15 休憩

16:15-16:45 リモートセンシングによる茶・海苔・米生育・品質評価、-ビジネスモデルの展開
新井康平(佐賀大学)

16:45-17:15 RESTEC におけるソリューションサービス事例
祖父江真一(RESTEC)・向井田明

17:15-17:20 閉会挨拶

日本リモートセンシング学会九州支部
「リモートセンシング実利用シンポジウム」

日本リモートセンシング学会における 実利用推進の取組み状況と今後の展望

(一社)日本リモートセンシング学会
副会長/実利用委員長
赤松幸生

G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館



設立: 1981年
会員数: 約1,000名

目的

リモートセンシングに関する研究の連絡、
提携を図り、学問および技術の発展、
普及に寄与する

最近では学術のみならず、実利用推進
や産官学連携の枠組み形成に寄与

学会の活動

学会誌発行、各種研究会・講演会開催、
学会外への情報発信、海外の関連学会
との連携、ほか

会員の活動分野

環境、気象、海洋、生態、地理、測量、
地質、資源、農林水産、土木・建築、情
報、計測、機械、宇宙開発、行政ほか

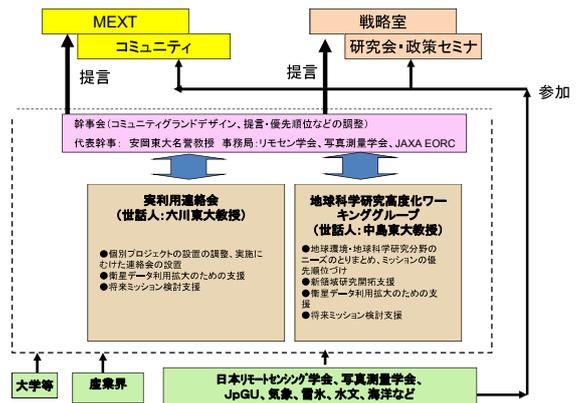
G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

RS学会の最近の特筆すべき実利用推進の活動例

- RSコミュニティの形成と活動推進
 - 「今後の宇宙開発体制のあり方に関するTF会合RS分科会」活動 → コミュニティに発展中
 - RS学会/写測学会/JAXA EORCで立ち上げの事務局を担当
- 提言活動
 - 2009年～今年までに4件の提言を学会として発出
 - 上記コミュニティとして本年10月に「新成長戦略に貢献する我が国の地球観測の今後の進め方」を提言
- 実利用推進/産官学・分野横断連携
 - 内閣府宇宙戦略室殿を始めとした国機関との意見交換励行
 - 横幹連合他の分野横断型での学会/団体連携の推進(上記TFも)
 - 研究会(応用系: 雪氷RS、国土防災RS等)を通じた利用技術/システム構築の推進
 - 共同研究(京大/JSS)を通じた利用推進/裾野拡大
 - 各会員の研究/実務利用を通じた利活用事例の蓄積

G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

リモートセンシングコミュニティの形成と活動推進



G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

実利用推進活動

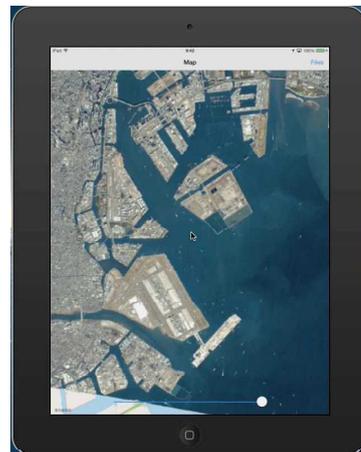
宇宙技術外交: 北極海イニシアティブ総合開発戦略研究

総合観測システム、北極海航路、極域資源開発・パイプライン、生態系保全



出典: <http://www6.cao.go.jp/space/seminar/dai3/rokugawa-5.pdf>

G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館



共同研究活動(京大/JSS)

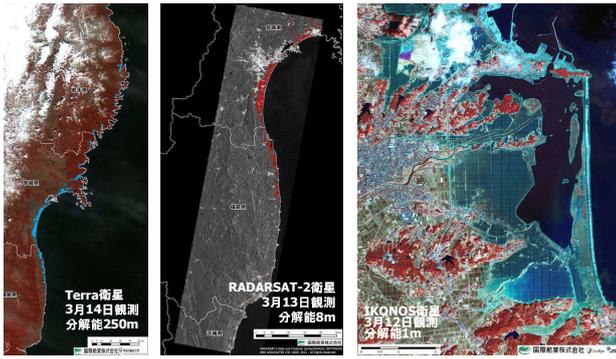
既に衛星画像は簡単に
タブレット上で表示できる!

iPad, iPhone用のアプリ (Bird View)
kmi画像を2枚重ねて表示し、上側の画像の透明度を変化させられる。沖合滑走路等の変化がよくわかる。
近々Apple Storeでの無料公開を予定。

(AIST/METI,NASA)

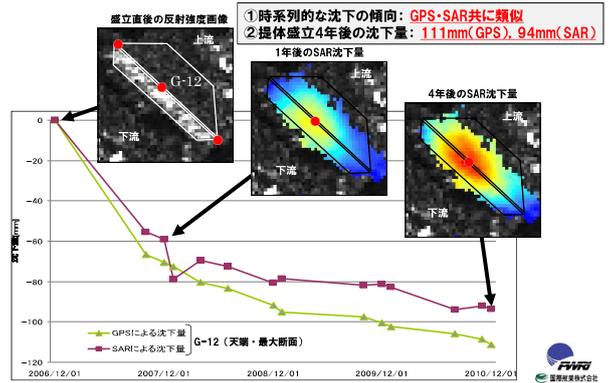
G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

利活用事例の蓄積
防災: マルチ衛星による津波浸水域の把握



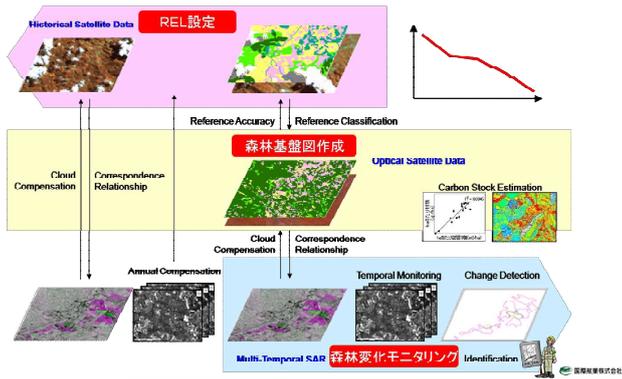
G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

利活用事例の蓄積
インフラ維持管理: InSARによる構造物モニタリング



G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

利活用事例の蓄積
環境: REDD+での森林情報把握



G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

RS学会でのRS実利用推進に向けた今後の展望

- コミュニティ/分野横断連携の拡大展開
 - TFコミュニティ活動の発展的拡大(各団体と分担しながら)
 - 横幹連合等の異分野横断型の連携機会を拡充
 - とくに、G空間・ICT分野のポテンシャルユーザーとの連携を強化
- 提言活動の励行
 - 基礎研究から実利用を一貫し産官学連携での活動が可能、数少ないRS専門団体の立場から、実利用推進の方策を随時提案
 - ex.欧州GMESのような産官学連携/分野横断プロジェクト提案等
- 実利用推進/産官学連携活動の強化
 - 関連機関(ユーザー省庁含む)とのさらなる意見交換励行
 - 北極海総合監視システムなど、実務利用に供する先導的な事例の開拓
 - タブレット配信や実用事例集の掲示などを通じたアウトリーチ、RS利用者の裾野拡大 → 衛星RSデータの社会インフラ化推進

G空間EXPO2013シンポジウム「G空間における地球観測衛星の役割」 日本科学未来館

五島のツバキ林管理技術構築のための衛星データ利用の試み

The attempt use of the remote sensing data for the camellia plantation management of Gotoh islands, Nagasaki Japan

○森山雅雄¹・前田一²・田嶋幸一²
Masao Moriyama, Hajime Maeda and Kohichi Tajima

Abstract : The high temporal resolution satellite data is used for the camellia plantation management on an experimental basis. It is found that the monthly cloudy rate which is the ratio between the cloudy count and the total observed number within a month at each pixel is related to the yield of the camellia nut. Especially the cloudy rate in May is closely related to the yield. Also the temporal analysis of the vegetation index and the brightness temperature are undergoing. These attempts will be the assistance to establish the satellite based camellia plantation management.

Keywords : MODIS, Cloud flag, Cloudy rate

1. はじめに

長崎県五島列島のツバキは、観賞用だけでなく、古来よりツバキ油を採取するために利用されてきた。近年では、ツバキ油の全国シェアの40%を生産し、大手化粧品メーカーの原材料としても有名である。長崎県は、「椿による五島列島活性化特区」を平成24年7月に設定し、ツバキを基にした経済活性化を指向している。五島のツバキは自生のもが多く、安定な収量確保と増産には以下のような問題点がある。

1. 五島の森林面積は45,000ha程度であるが、自生ツバキ林は510ha程度と利用率が低い。
2. 遊休地に植栽したツバキは40ha程度であるが、枯損や生育状況が悪い地域がある。
3. ツバキ実の豊凶の差は約10倍あり、ツバキ油の原材料の供給が不安定である。

これらの問題点を解決するため、長崎県農林技術センタは、以下の項目についての衛星リモートセンシング技術の活用を計画した。

1. 自生林活用のための、ツバキ林の把握
2. 遊休地活用のための、ツバキ植栽適地把握
3. 安定供給のための、ツバキ実の豊凶要因の把握と対策立案

長崎大学大学院工学研究科森山研究室では、計画の2,3を達成するための支援策として、地球観測衛星TERRAおよびAQUAに搭載されたMODISセンタを用いた五島列島の高頻度観測による環境特性把握を実施する。

2. MODIS 概説

アメリカの地球観測衛星TERRAおよびAQUAに搭載されたMODISセンサは、可視域から熱赤外域までに36の観測帯域を有し、観測幅が約2,000kmと広く、中緯度帯であれば、ほぼ2日に1回昼間に観測が可能である。空間分解能は250m(赤、近赤外)、500m(可視、短波長赤外)、1km(熱赤外)であり、衛星観測輝度だけでなく、それを処理した多くのプロダクトがNASAから無料で提供される。TERRAは2000年3月から観測が開始され、昼間の赤道通過時刻が10:30頃、AQUAは2002年7月から観測が開始され、昼間の赤道通過時刻が13:30頃である。両衛星とも、現在も稼働中であり、データ処理アルゴリズムの更新も続けられている。

¹ 長崎大学大学院工学研究科
(所在地 〒852-8521 長崎市文教町1-14)
(Tel: 095-819-2579, E-mail: matsu@cis.nagasaki-u.ac.jp)
² 長崎県農林技術センタ

3. ツバキ結実過程と収穫量推移

ヤブツバキ(Camellia Japonica)の結実は、結実前年の3,4月に出る新葉でのみ生じる。6月になると新葉に花芽が形成され、11月にかけて成長し、11月から翌年3月にかけて開花、受粉する。その後、3月下旬から4月にかけて幼果が形成され、ここで一部の受粉できなかった幼果が生理落果する。受粉できた幼果は8月にかけて肥大、結実して生理落果し、8月から9月にかけて収穫される。この過程をFig. 1にまとめた。

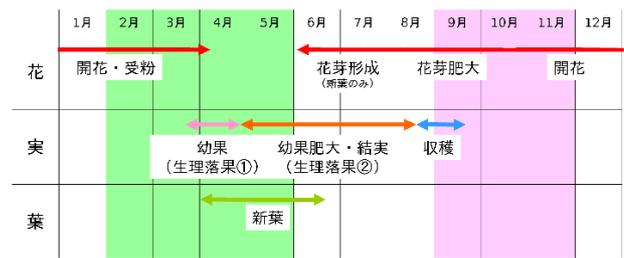


Fig. 1 ヤブツバキの開花、受粉、結実過程

ツバキの実の多寡は樹勢によって決まるとされている。若木や肥料過多の場合等、樹勢が強すぎる時には、樹木そのものを大きくするため、花芽もつかない。また結実しても樹勢が強いと、樹木を大きくするため、多く生理落果を生じ、その逆だと多く実をつける。通常、樹勢は隔年で強弱を繰り返すため、ツバキの実の収穫は一年おきに多寡を繰り返す隔年結果が生じることが多い。

新芽～結実に至る間に水、養分(光合成含む)不足が生じ、樹勢が過度に弱くなると、ツバキは実をつけるよりも、実を守り樹勢を強くしようとして、多くの生理落果を生じ、収穫量が低下する。このようなことが起こると、樹勢がある程度回復するまで収穫量は低下することになる。

Fig. 2 に五島全体のツバキ油の収穫量推移を示す。

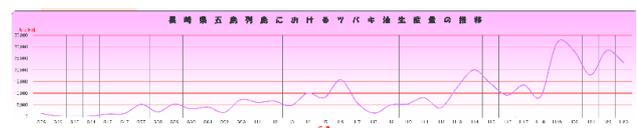


Fig. 2 五島全体のツバキ油の収穫量推移

平成に入ってから、収穫量の乱高下が見取れるが、これは産業振興策による増加と前述のような栄養不足による減少が複雑に絡み合った結果だと推察される。

4. MODIS データ処理

タバキに限らず植物の生育には、水、光、温度、栄養が不可欠であり、それらのモニタリングには、一年に数回しか観測できない高空間分解能センサよりも、MODIS のような高時間分解能センサが適している。本研究では、2000年3月から2013年12月までの一日毎のTERRA/MODIS 地表面反射率(MOD09)、雲フラグ(MOD35_L2)、2002年7月から2013年12月までのAQUA/MODIS 地表面反射率(MYD09)、雲フラグ(MYD35_L2)の五島観測データを収集し、以下の特徴量を求め、タバキ実の収穫データと比較した。

1. 月間曇天率: 空間分解能 1km
2. 月間最大NDVI: 空間分解能 250m
3. 月間最大輝度温度(ch. 31): 空間分解能 1km

なお、全てのデータは250m分解能に再投影し、シャトルからレーダで計測したDEMであるSRTM²⁾を用いて陸域のみをマスクした。2008年3月15日、14:10にAQUA/MODISで取得されたデータのFalse color compositeとNDVIをFig. 3に示す。

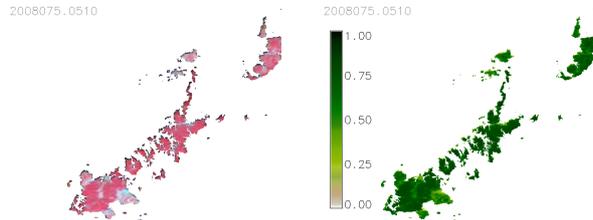


Fig. 3 2008年3月15日14:10のMODISデータ(左: False color, 右: NDVI)

ここで、月間曇天率とは、ある画素の一ヶ月分の観測回数のうち、曇りと判定された回数の割合であり、大きいほど一ヶ月の間曇天の日が多かったことを表す。

5. 月間曇天率とタバキ収量の関係

曇天率とタバキ収量の関係を、ふたつの地域について確認する。一つは福江島北部のかずら清タバキ林(32°46'08"N, 128°40'30"E)で、もう一つは上五島北部の新魚目町の17のタバキ林である。二つの領域の5月の月間曇天率と収穫量の比較をFig. 4に示す。なおかずら清の曇天率は1画素分であるが、新魚目町は複数画素の平均値である。

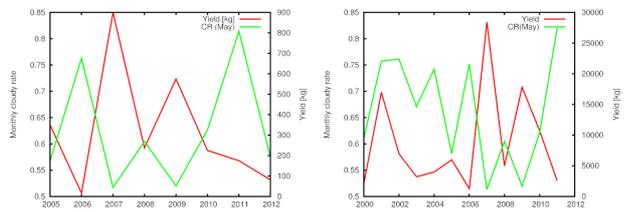


Fig. 4 5月の月間曇天率とタバキ実収穫量の関係(左: かずら清, 右: 新魚目町)

2006年以降は曇天率と収穫量の間逆相関が認められ、5月の曇天率がタバキ実収穫量の影響を及ぼしているのが理解できる。曇天日の多寡はいろいろな要因が考えられるが、南米ペルー沖の海水温が上昇し、結果的に日本周辺で曇天日が多くなるエルニーニョ現象が原因のひとつである可能性がある。これを確認するため、気象庁が発表しているペルー沖海水温の平均値からのずれとタバキ実収穫量の関係をFig. 5に示す。

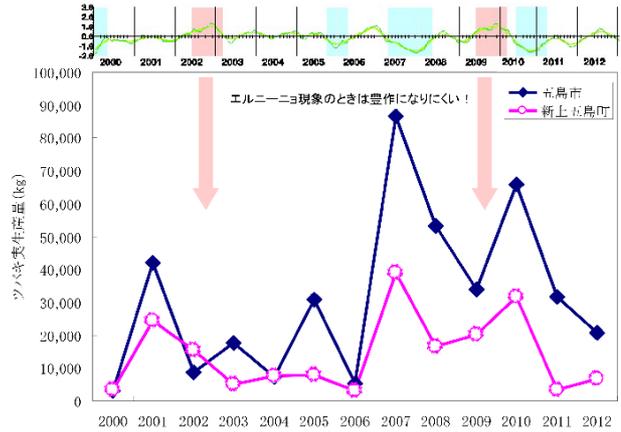


Fig. 5 ペルー沖海水温の変動とタバキ実収穫量の関係

明らかにエルニーニョが生じた年には豊作になりにくいのが見て取れる。

5月の曇天率とタバキ実収穫量の関係を五島列島全体で把握するため、5月の曇天率とタバキ実収穫量と比較した結果をFig. 6に示す。

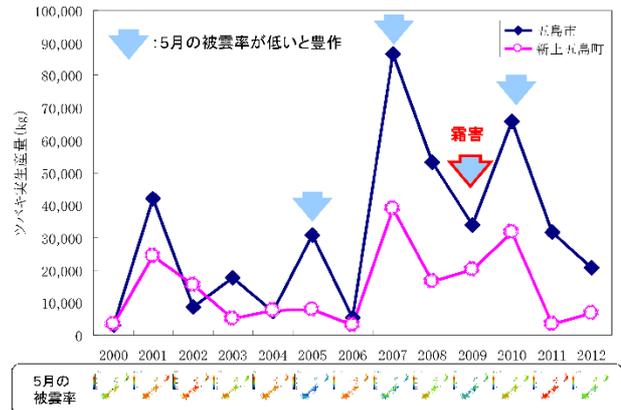


Fig. 6 タバキ実収穫量と5月の曇天率

エルニーニョとの比較と同様に、曇天率が収穫量に影響していることが確認された。

6. まとめ

五島列島のタバキ収穫量の豊凶要因の把握のため、MODIS データを用いた月間曇天率とタバキ実収穫量の関連を調べたところ、5月の曇天率の影響が大きいことが確認された。今後、この生物学的な解釈と、塩害、霜害などの把握のための衛星データ活用法についてさらに調査、検討していく予定である。

参考文献

- 1) Justice, CO, et al, (1998). [The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer \(MODIS\): Land remote sensing for global change research](#). *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, 36(4), 1228-1249.
- 2) Rodriguez, E., et al, (2005), An assessment of the SRTM topographic products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 143 pp.

鹿児島におけるリモートセンシングの商用化について

○吉岡英行 ○澤根慎二 ○安田小百合 ○平山慎作 ○吉田正巳¹

Yoshioka Hideyuki Sawane Shinji Yasuda Sayuri Hirayama Sinsaku Yoshida Masami

鹿児島県は日本で2番目のお茶の産地である。お茶は永年性の作物で年間を通した栽培管理が収量・品質に大きく影響する。そこで、圃場にフィールドサーバを設置して積算温度を監視したり、土壌診断を行い最適施肥設計を行うなど精密農法への取り組みが盛んである。こうした環境のなかで、近年著しい技術進歩が進むリモートセンシング技術に商用化のニーズがあると考え、リモートセンシングの画像取得方法(UAV)や解析手法の習得やサービス提供にかかるコストについて実証実験を行い、今後の課題について考察したので紹介する。

Keywords: フィールドサーバ、リモートセンシング、UAV、統合診断書

1. はじめに

鹿児島のお茶における精密農法への取り組みは富士通としては平成23年からである。最初はフィールドサーバに搭載した温度計による積算気温の測定や日射センサーによる日射量の測定・蓄積から始め、こうしたデータを簡易に見るためのソフトウェア(ダッシュボードという)の開発に繋がった。このダッシュボードに各種センサーの記録を見やすくする機能やクワシロカイガラムシの発生予測や耐凍性の獲得シュミレーションなどの計算ロジックを搭載することで生産者から見てICTを活用する意味が出てきたと考えられる。

今後はさらに、生産者に対して取得した温度や画像のデータから栽培管理に対して有効なアクションを能動的にガイドする仕組み作りに取り組む必要があると考え、リモートセンシング技術に注目し、商用サービス化に取り組むものとした。

今回、この取り組みを通じて学んだことや気づいた事を紹介させていただき、リモートセンシング技術の商用化(この場合の商用化とは小規模な生産者が対価を払う事が可能で且払う意味があるという意味で用いている)に結びつくよう指導を賜りたいと考えている。

2. リモートセンシング商用化の取り組み

お茶におけるリモートセンシングでは窒素含有率の推移から適期を推測する研究が富士通鹿児島インフォネットと鹿児島大学様で行われていたようである。お茶圃場へフィールドサーバの設置を進め、積算温度からクワシロカイガラムシの防除適期を計算したり、凍害・霜害対策向けに急激に下がる気温の監視をしたりといった商用ニーズに対して合わせて富士通側から利用提案を行ったが、適期になればお茶園の端から刈るだけなので、そうした精密なセンシングは必要ないということで一旦は下火となった。

しかし、UAV(md400)のデモフライトにより近接リモートセンシングへの期待が再び生産者サイドにも生じたことから、新たなテーマによるリモートセンシングの商用化を探る事とした。

そこで、まずはUAVによる圃場のNDVIを時系列的に取得して基礎データを収集するとともに、UAVの運用スキルの獲得や取得画像の解析スキルの蓄積を第一段階と位置づけ定期的な近接リモートセンシングの画像取得作業を行った。画像取得・解析作業に予想以上の工数がかかることが見えてきたので、単純なUAVによる圃場の画像取得⇒解析⇒診断が商用化に向かない事実も判明。

そこで、プロジェクトの後半である、今年2月～10月までの8ヶ月間は人工衛星を組み合わせるとか、フィールドサーバの画像を組み合わせるとか、栽培管理情報(施肥情報・防除日情報・整枝日情報など)を組み合わせることにより少ないUAVの稼働でより多くの画像診断もしくは画像診断に準じる効果が取得できないか取り組むこととした。

3. まとめ

リモートセンシングは将来有望であることは間違いないが、現在の機材やデータ取得料金・解析技術では単体での商用化は難しい。そこで、栽培管理情報や地上の定点画像などを活用した統合型の圃場診断(統合診断書)の開発へ進む必要がある。

¹富士通鹿児島支店

(所在地 〒892-0844 鹿児島市山之口町T3-31 住友生命ビル2F)

(連絡先 Tel:099-224-8800)

E-mail: yoshioka.hideyu@jp.fujitsu.com)

リモートセンシング実利用シンポ (佐賀大学、1月31日)

分光分析化学的手法による農作物の
生育・品質推定
-鹿児島県の茶・水稲の事例-

石川大太郎(関西学院大学)

本研究の背景

生育中に修正することが困難 (Difficult to correct during growth) / 収穫後に決定 (Decided after harvest)

生産者の経験や勘に依存 (Depends on producer's experience and intuition) / 生育・品質調査には時間や労力がかかり調査範囲も限られる (Time and labor are required for growth/quality surveys, and survey range is limited)

リモートセンシング技術による非破壊推定法の考案 (Development of non-destructive estimation method using remote sensing technology)

本研究の目的

リモートセンシング技術による非破壊推定法の考案

NDVIを基本にした推定手法が多い

化学的意味づけが必要 / 吸収を調べる方が直接的

作物葉のスペクトルの基礎的な変化を抽出する
・葉内分子の結合情報→シフト
・葉内分子の濃度情報→強度
・葉内分子の濃度不均一性→バンド幅

実利用に必要と考えられる現地調査項目

生育環境調査 (日射量、葉面付近温度葉内窒素含有量、土中温度)
生育量調査 (水分量等)
分光反射率
分光画像

栽培管理データ
・各圃場生産者からの聞き取り調査
⇒収穫量・施肥量・植え付け日・収穫日等

広域非破壊計測手法 (リモートセンシング手法)

事例1 茶葉の生育中の
スペクトル挙動把握に関する研究

現地調査(茶葉)

①スペクトルの取得

測定エリア：
0.3m×0.3m, 15 反復

Type：ポリクロメータ
KE-1(エルム社製)

- 検出器：シリコン(256素子)
- 測定波長領域：
400~1,100nm
- 波長間隔：3nm
- 視野角：3°

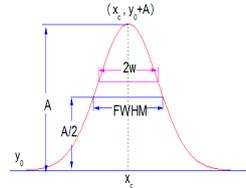
測定期間
2005、2007年 2月上旬~5月上旬

<解析手順>

- ①スペクトルデータの前処理
 - 吸光度(ABS)、反射係数(相対反射率)変換
 - 反射係数(R) : 反射強度/白色板の反射強度×100
 - 吸光度(ABS) : $\log(1/\text{反射係数})$
 - スムージング : 9ポイント(27nm)
- ②特性波長の抽出
 - ・二次微分
 - ・ガウス関数フィッティング

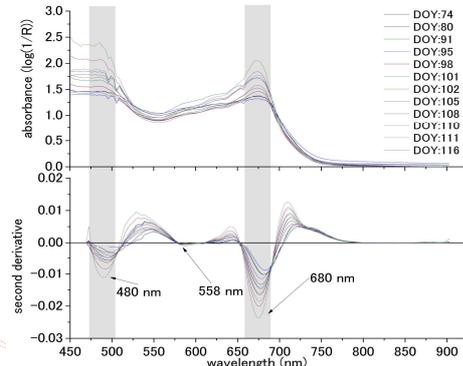
$$y = y_0 + A \exp\left(-\frac{(x - x_c)^2}{2w^2}\right)$$

$$2w = \frac{\text{FWHM}}{\sqrt{\ln(4)}}$$



y_0 : 0, A : ピーク強度, x_c : ピーク波長, FWHM : 半値全幅

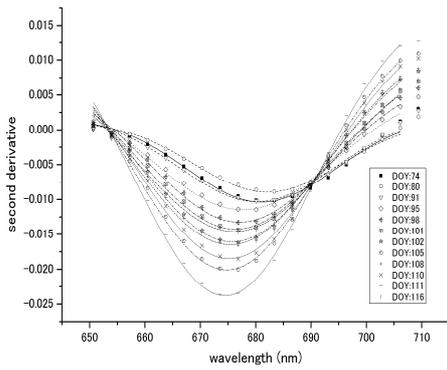
茶葉の生スペクトルと二次微分スペクトル



クロロフィル吸収バンドである480、588と680nmが抽出された。

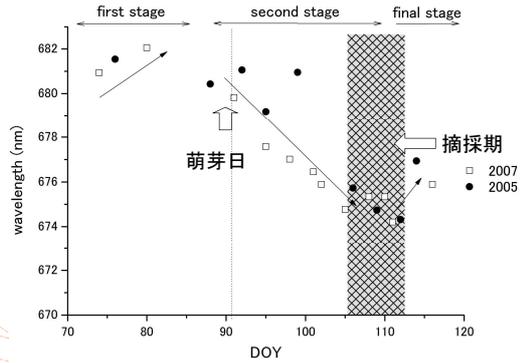
Ishikawa et al. *J. Agric. Meteorol.*, 69(4):255-263, 2013

680nm付近のガウス関数フィッティング



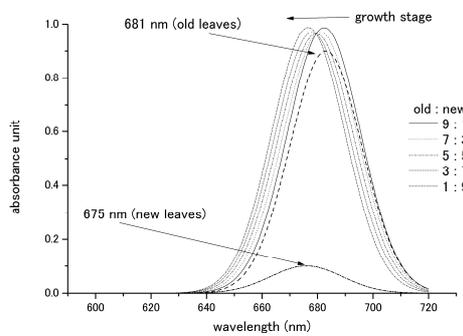
Ishikawa et al. *J. Agric. Meteorol.*, 69(4):255-263, 2013

680nm付近のピークバンドシフト



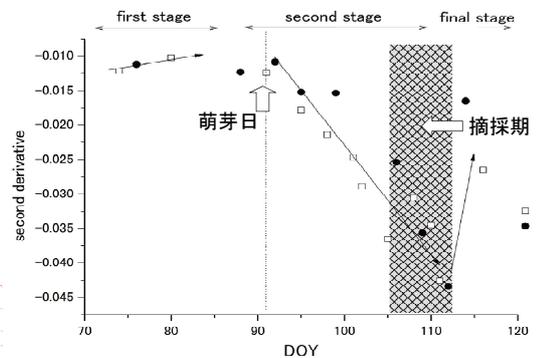
Ishikawa et al. *J. Agric. Meteorol.*, 69(4):255-263, 2013

ガウス関数による第2ステージのシフト原因に関する考察



Ishikawa et al. *J. Agric. Meteorol.*, 69(4):255-263, 2013

680nm付近のピーク強度の変化

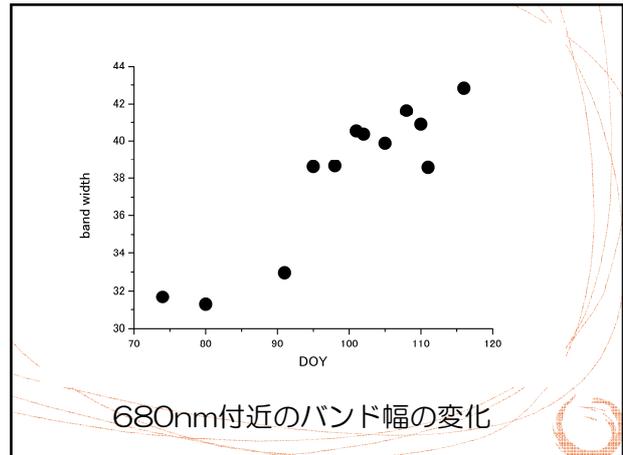


Ishikawa et al. *J. Agric. Meteorol.*, 69(4):255-263, 2013

結論

- ・スペクトルの二次微分値からクロロフィルの吸収帯である480、588と680nm付近が抽出された。
- ・680nmのピークシフトから3つのステージが確認された。第一ステージと第三ステージのシフトはクロロフィル会合の影響が示唆された。
- ・第2ステージのシフトは、旧葉と新葉のミクセルの影響が示唆された。
- ・バンド強度の変化も3つのステージに分離され、生育後期では、減少する傾向が示唆された。

→生育変化の把握、最適摘採期決定に有効



680nm付近のバンド幅の変化



事例2 水稻生育期間中のスペクトル変動解析

現地調査2

スペクトルの取得

測定エリア：
0.3m×0.3m

Type：ポリクロメータ
KE-1(エルム社製)

- ・検出器：シリコン(256素子)
- ・測定波長領域：400~1,100nm
- ・波長間隔：3nm
- ・視野角：3°

測定時期
6月上旬~10月上旬

現地調査 圃場

<期間>2006年-2007年
<実験場所>
鹿児島県さつま町の10圃場

- ・過去の等級、圃場位置等を基準にJAさつまによって選定
- ・生育ステージは、Kuenzer and Knauer (2012)に従って各圃場で決定した。

測定圃場位置(さつま町全域)

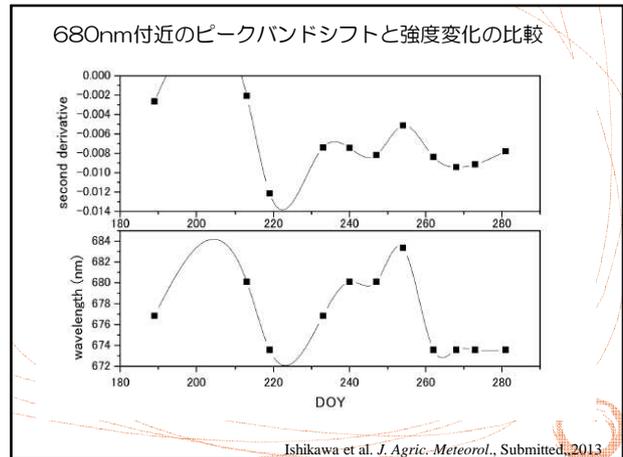
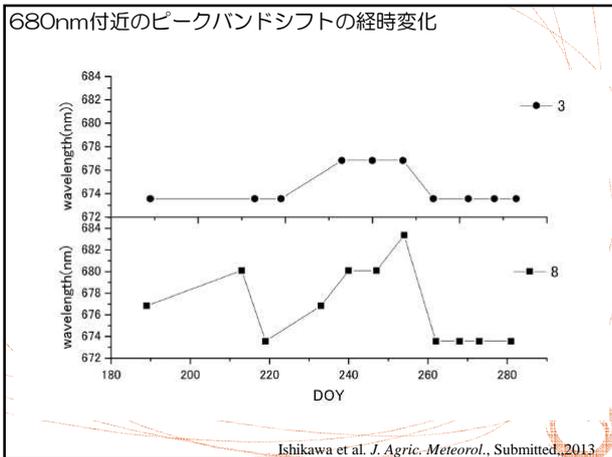
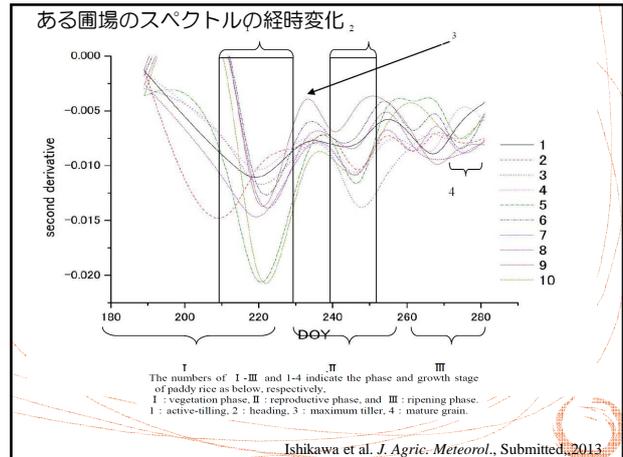
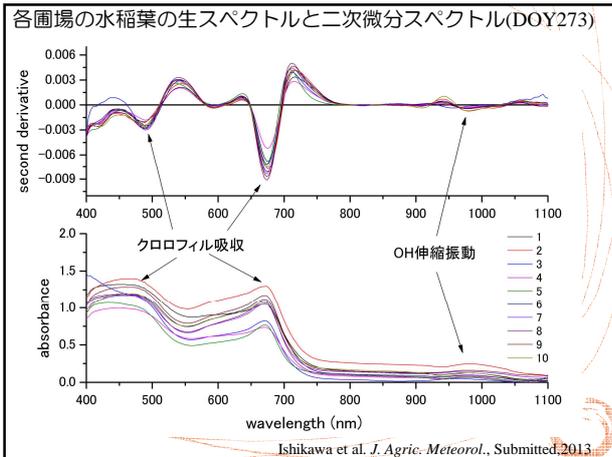
Site No	local name	latitude (°)	longitude (°)	altitude (m)	transplanting (DOY of 2006)	transplanting (DOY of 2007)	grade (2006)	grade (2007)
1	Funaki	31.88	130.44	70	181	175	1	1
2	Hirakawa	31.96	130.4	150	170	168	1	1
3	Kubuki	31.86	130.44	98.2	177	174	1	2
4	Kikano	31.99	130.43	96	176	174	1	2
5	Nagano	31.92	130.57	89	162	169	1	2
6	Sashi	31.91	130.52	50	183	N/A	2	2
7	Shahi	31.94	130.44	80	177	N/A	2	2
8	Fabaru	31.91	130.48	50	176	169	2	1
9	Tokiyoshi	31.92	130.47	50	181	N/A	2	N/A
10	Tsunata	31.97	130.47	89	173	172	2	2

解析手順

①スペクトルデータの前処理
吸光度(ABS)、反射係数(相対反射率)変換
反射係数(R)：反射強度/白色板の反射強度×100
吸光度(ABS)：log(1/反射係数) スムージング：9ポイント(27nm)

②特性波長の抽出
・二次微分

水稻葉の分光反射スペクトル



結論

- ・ スペクトルの二次微分値からクロロフィルの吸収帯である480、680nm付近が特徴波長として抽出された。水分吸収帯は大変小さく測定には困難であった。
- ・ 680nmのピーク強度は、分けつ最盛期、出穂期にボトムがあり、最高分けつ期に減少に転じた。
→強度による生育ステージの推定が可能
- ・ 680nm付近のピークは、分けつ最盛期付近に長波長側へ、出穂後短波長側へシフトした。
→クロロフィル会合によるシフトの可能性
- ・ 680nmのピーク強度とシフトを比較すると類似した変化であることが確認された。
→シフトを用いた場合がよりステージを明確化可能

謝辞

石黒悦爾先生 (元鹿児島大学農学部教授、長崎総合科学大学客員教授)

箱山晋先生 (元鹿児島大学農学部教授)

尾崎幸洋先生 (関西学院大学理工学部教授)

JAさつま様
 富士通鹿児島インフォネット様
 さつま町生産者の皆様

RS九州支部の皆様 (2009年九州支部懇親会後?)
 鹿児島大学農学部環境情報研究室の学生の皆様

水稻の肥培管理に及ぼすリモートセンシングの貢献 リモートセンシング技術を用いた経済的肥培管理システム開発に向けた実験

Contribution of remote sensing on rice cultivation

吉田 貴樹、木原 武彦、沖 一雄、石黒 悦爾、森山 雅雄
BIZWORKS、JA 北さつま農産課、東京大学、長崎総合科学大学、長崎大学大学院

実用・商品化までできているとはいえない現状 主な理由は、

- コスト** 1: 衛星やセスナでは、作物の個体を判別できるほど細かい写真が撮れない上に、衛星は16日に1回しか同じエリアを撮影できず、セスナは1フライト50万円〜など高コストで現実的でなかった。
- コスト** 2: 結局地上でも計測が必要で、作業工数や費用を余計に要することになっていた。
- 解析精度** 3: さほど解析結果が的確でない。既存のやり方と比べ、大幅な効果がみられない。
- 解析** 4: リモセン研究者による“研究実証”の場に留まり、農業実務者にとって“役立つ事”とのズレが見受けられる。
- 土壌** 5: 日本の農場は海外に比べ狭く、数十キロ単位で広域観測をするメリットが薄い。さらに海外に比べ土壌や肥料が優良なので作物が病気になることが少なく、あえてリモセンで頻繁に観測・ケアする必要が薄い。
(日本での農業リモセン利用は、農地の広い北海道に限定されている傾向)

農業に限らず他分野でも、リモセンは“研究分野”の枠を超えられず、“一般社会”への実用化がなかなか進んでいないのではないか。

農業リモセンの実用・商品化の課題目標 (前述の現状問題を潰していく)

- コスト** 1: 作物を判別できるほど高分解能データを、迅速・安価に撮れるようにする。
- コスト** 2: 現場作業(工数)を減らしつつ、診断精度をさらに上げる。
- 解析精度** 3: 農業実務者(ユーザ)のニーズと問題を知り、どんな解析結果を出せば役立つられるかを学び・検討する(していただく)。
(農業実務者にとっては困難な研究的テーマは不要。結果のみ必要。)

目標はあくまでも「経済効果」提供

「効果的な●●」、「●●が分かる解析」のような、成果が研究的で抽象的なものでなく、

具体的に農業実務者(ユーザ)の「作業コストを今より下げることを成果とする。

この仕組みをパッケージ化(商品化)して、最終的に“経済的肥培管理システム”(仮題)を構築、パッケージ化(商品化)して全国の農業者向けに販売できるまでにする。

実験に向けての事前活動

経済効果をもたらす為に、低コストでおこなえるリモセン技術を検討しつつ、農業実務者からのニーズをヒアリングした

パラモータ(モータ付きパラグライダー)による低コスト空撮



パラモータ



撮影範囲 1.2km x 1.2km
費用 21万円(全国・交通費込)
解像度 3cm~20cm(高度で調整)

ターゲット: 広島県広島大学内 草地



一般コンパクトデジカメを近赤外線撮影仕様に改造する技術
またそのカメラから輝度画像を抽出する技術※

一般のコンパクトデジカメを改造することで、低コストで利用可能な上、簡単操作が実現。通常、近赤外カメラは約100万円〜のところ20万円台で。



赤・緑・近赤外の3バンド撮影。付属ソフトの1クリックで輝度のフォールスカラーとNDVIを抽出。専門知識や高価ソフトは不要、一般の農業実務者でも手軽に操作ができる。

※輝度画像抽出技術は、長崎大学・森山研究室のアルゴリズムを使用

JA北さつま様(農業実務者)の賛同・協力

- 実験圃場の提供、肥料調整の協力、収穫後の結果データ提供をおこなっていただいた。
- 後述の農業実務者としての意見・ニーズを事前に提供いただけたことが大きい。



実験場所

JA北さつま様協力のもと、同機関が管轄する鹿児島県「時吉」地域水田圃場一帯 1.2km×1.2km。



写真: Googleearthより抜粋

得られた地域の現状

- この地域には「ひのひかり」という米品種があり、この地域で最も高値で取引されている。また収穫後には、米サイズなどから1～3等級に分けられる審査があり、1等級が最も高値とされる。
- ただし、ひのひかりの生育・肥培管理は他品種に比べて難しく、また1等級が少ない。その為、現在は比較的生育しやすく安定した収穫が期待できる、他品種のブレンド米を多くの水田で植えている。(できれば、ひのひかりを多く生育して多く収穫したい)
- また、同圃場西側は河川と隣接しており、土壌に砂利が混じっていることから、その付近の生育は例年総じて悪いという報告がある。
- さらに収穫時には、農家が保有する複数の水田をひとまとめに刈入れし、それを混合している。その為、例えば水田個々で生育の優劣があったとしても、等級審査時には混合させているが為に平均化判定されている可能性がある。(本来1等級のものが3等級と混合され2等級とされている可能性があるかも)

以下、実験の様子と撮影写真

前日に現地下見。



当日早朝5時集合。



近赤外カメラを装備してパラモータ降陸。



実験の目的・目標

リモートセンシングを用いて現在の稲と土壌を上空から広域観察し、今後ブレンド米に代わって、ひのひかりを安定的に生育できる肥培管理情報の整備をおこない、JAから各農家へ発信する。

具体的には、土壌ごとの最適追肥量を計り、無駄を減らし肥料コストを下げる。

刈入直前で水田単位で生育の優劣があるか観測。優秀と予測される水田がある場合には、のちに混合させず、その水田単独で収穫・等級審査をおこなっていただき、1等級と判定されやすくする。(実験中・未検証)

結果、多くの水田で効率的にひのひかりを生育でき、さらに1等級の確率を上げる情報提供の仕組みを整備し、最終的には農家の経済効果が出るまでを目標とする。

この地域で成果ができれば、今後全国の米農家に対し応用が見込める。

実験内容

本来は一番高値となる品種・ひのひかりを対象とすべきだが、肥料を減らすなどの成長にマイナス要因を与える実験をおこなうことから、農業実務者の負担を考慮し、2番目に高値で目この圃場で最も作付け量が多い品種・ひのひかりを対象とした。最も作付け量が多い品種・ひのひかりで最適な肥培管理を構築したのち、ひのひかりに移行すればよいと考えた。

この圃場内のはなさつまを植えた水田のうち、河川に隣接して収穫が例年乏しいSite 1と、中央に位置し例年収穫が安定しているSite 2の2か所を選定。さらにそれぞれの3つの水田に対し、与える追肥の量を、通常通りA、少なめB、多めCの3段階に調整していただく。結果的に、Site 1・2×追肥量A・B・C=6レベルの観測をおこなう。定期空撮から時期毎のNDVI抽出、土壌と追肥量の関係性を検証する。

Site 1



Site 2



実験内容

空撮作業は1回約30分間だが、その間の太陽光の変化に対応する為、白板を使って補正する。空撮用と地上用の2つの同機種の近赤外カメラを用意。

空撮中に地上用カメラで5分間隔で地上の白板を撮影。

→空撮写真と時刻で同期

空撮後に空撮用カメラで地上の白板を撮影。

→地上用カメラと感度補正

上空で空撮中に地上で5分間隔で撮影 空撮後に空撮に用いたカメラで撮影



実施した空撮スケジュール

第一回 7月24日 追肥前を撮影。

第二回 8月10日 追肥直前を撮影。

第三回 8月18~20日 追肥後を撮影。×
残念ながら天候不良で撮影断念。

最終回 9月5~6日 刈取直前を撮影。



以下、実験の様子と撮影写真

前日に現地下見。



当日早朝5時集合。



近赤外カメラを装備してパラモータ離陸。



これまでの写真

Google earthの航空写真 可視画像

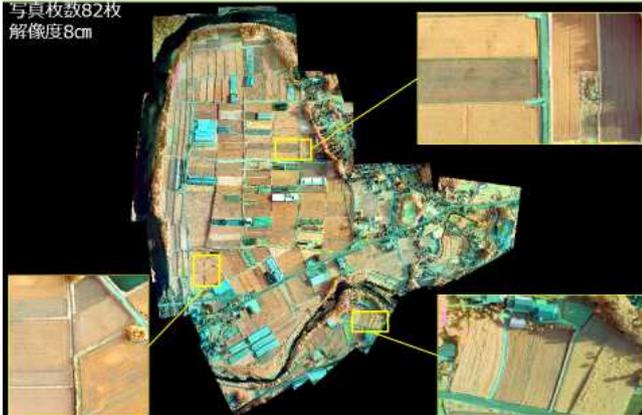


今回のパラモータ写真 フォールスカラーモザイク

飛行時間30分

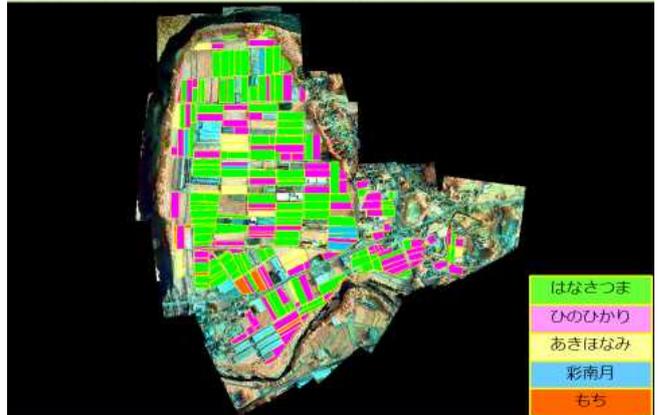
写真枚数82枚

解像度8cm



品種分布図合成図

これは二つに同じに使用。今更GISソフトとして有効と云われた。



リモートセンシングによる茶・海苔・米生育・品質評価、ビジネスモデルの展開

Business models for promoting tea, nori (sea weed), rice markets and amount and quality assessment using remote sensing data

○新井康平¹
Kohei Arai

Abstract : Business models for promoting tea, nori (sea weed), rice markets and amount and quality assessment using remote sensing data acquired with satellites, radio-control helicopter, and ground based camera systems are proposed. Through experiments, it is found that tea, nori (sea weed), and rice markets are stimulated based on the proposed business models. Also, it is found that amount and quality of tealeaves, nori (sea weed), rice crop can be assessed with remote sensing satellite data and radio-control helicopter as well as ground based camera system.

Keywords : tealeaves, nitrogen content, protein, rice crop, nori (sea weed), near infrared reflectance

1. まえがき

リモートセンシングデータを用いて茶畑、水田圃場、のり養殖場のモニタリング方法を検討した。実用化のため、茶工場の生産工程管理、ネット予約販売を含むビジネスモデルを提案した。本稿では一例として茶畑のモニタリング、茶工場の生産工程管理、ビジネスモデルを概説する。

2. 研究方法および実験結果

地上設置の可視近赤外放射計、可視および近赤外カメラによる撮像画像を用いる茶葉の品質推定に関する既往研究は数多いが、前者は観測頻度の観点から茶葉の生育モニタリングには適さないとの評価が殆どであった。これを秋整枝から新芽の芽吹くまでの間に取得する衛星画像を用いた茶木の樹勢診断である。

研究対象地域を佐賀県嬉野市の茶畑に設定した。Figure 1に対象地域のALOS/VNIRおよびPRISMを併用したパンシャープニング画像例を示す。青枠はトルースデータを取得した茶畑地域である。最上青枠は佐賀県茶業試験場の画像であり、この地域のGIS表示をFigure 2 に示す。

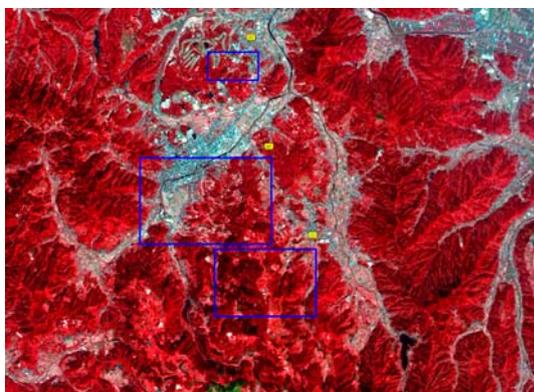


Figure 1 Pan-sharpening image of the intensive study area of Ureshino, Saga Japan

佐賀県茶業試験場：衛星画像と地形図の重ね合わせ(2009/2/12)

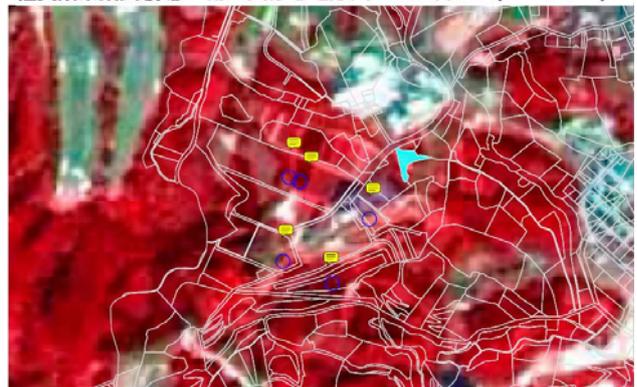


Figure 2 GIS representation of the Saga Prefectural Institute for Tea: SPIT

2008-2011 年の間、分光放射計によって茶葉の反射率を計測し、当該茶葉の全窒素(TN)、総繊維(F-NIR)を化学分析等で計測した。単回帰において最も決定値の高い870nm波長における反射率とTNおよびF-NIRとの関係をFigure 3に示す。

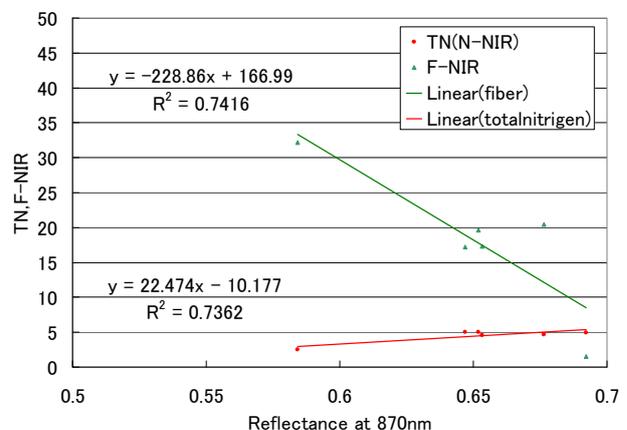


Figure 3 Relations between reflectance of tealeaves at 870nm and Total Nitrogen: TN as well as Fiber-Near Infrared: F-NIR

¹ 佐賀大学工学系研究科
(所在地 〒840-8502 佐賀市本庄1 番地)
(連絡先 Tel:0952-28-8567、E-mail:aria@is.saga-u.ac.jp)

TN は茶葉中アミノ酸(テアニン)と高い相関を有しており、これが多ければ高品質の茶葉である。また、F-NIR は生育状況を反映しており、新芽はこれが低い、成葉はこれが高い。

さらに、870nm 反射率は収量とも相関があり、入札価格とも、また、官能検査結果とも相関がある。したがって、収量および品質の評価が 870nm 反射率によって推定できる。

本論文では秋整枝から発芽までの間に取得する衛星データを用いる茶樹の樹勢判定を提案した。すなわち、衛星搭載可視近赤外放射計データから成葉窒素含有率を求め、これを媒介として当該茶園場の樹勢(摘採直前の荒茶窒素含有率と単位面積当たりの収量との積)を診断する方法である。また、成葉窒素含有率を樹勢判定指標として用いることの妥当性を評価した。成葉窒素含有率と樹勢との相関分析を行い、 R^2 値が0.873に達することを確認した。このとき、2月下旬において計測する成葉窒素含有率が樹勢判断に適していることも分かった。また、秋整枝から発芽までの期間における衛星データの取得も2-4シーンはあることから少なくとも雲量率を考慮しても1シーンのデータ取得は可能と考える。このとき、2月下旬に取得された衛星データが樹勢判断に適している。地上設置カメラモニタシステムによるTNおよびF-NIR推定も実測データとの相関が高いことから妥当であることが分かった。また、衛星画像、地上設置カメラ画像、茶園場における営農に必要な属性情報をデータベースとして持つ地理情報システムの有効性も確認できた。

Figure 4に茶工場における各茶畑の収量、品質に基づく製茶工程管理に用いるGIS表示例を示す。茶農家はFigure 5に示すように収量、品質に係る情報を携帯端末によって知ることができる。また、Figure 6に示す全農Webサイトからネット予約ができるようになっている。さらに、予約した顧客に対して予約茶畑の茶葉生育状況を反映した映像をFigure 7のサイトから閲覧できるようにしている。

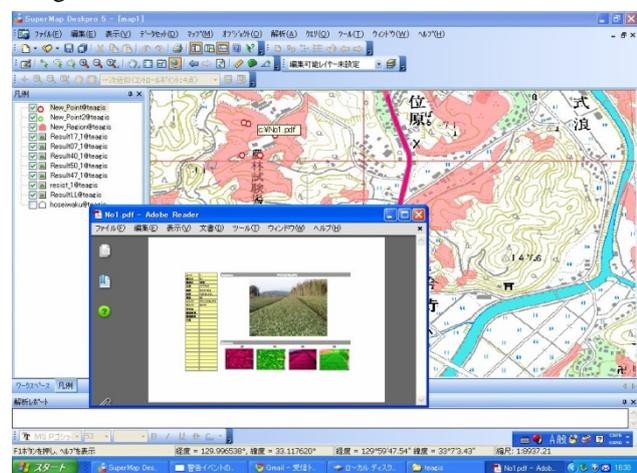


Figure 4 GIS representation of tealeaves amount and quality related information which is useful for JA tea process control

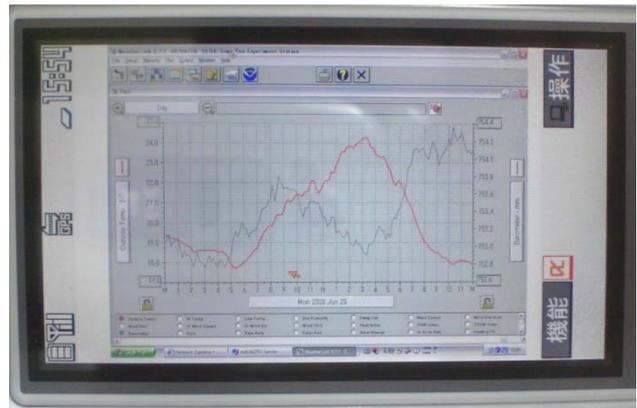


Figure 5 Example of mobile terminal display of tealeaves amount and quality related information



Figure 6 Reservation of tealeaves products through JA web site



Figure 7 Web site which is referred by the customers who have reservation of tealeaves

3. あとがき

提案するビジネスモデルの有効性が確認できた。米、海苔についても有効性が同様に確認できた。

RESTEC におけるソリューションサービス事例

An example of solution service using Earth observation satellites in RESTEC

○祖父江真一¹・向井田明¹
Shinichi Sobue and Akira Mukaida

アブストラクト: 地球観測衛星データの利用においては、LANDSAT のデータ無償化、欧州のコペルニクスプロジェクト (旧 GMES) におけるセンチネル衛星の無償化のように、オープンアンドフリーアクセスの流れを受け、1 m 以下の超高分解能データを除き、データ販売ではなく、地球観測衛星データとそれ以外の地上観測、モデルなどを統合的に用いた結果得られた情報をサービス提供することでのビジネス利用が進んできている。このような流れを受け、リモート・センシング技術センター (RESTEC) においても、データ販売から、ソリューションサービスの提供を通じた日本のリモートセンシングの中核機関となるべく中長期計画を策定し、ビジネス転換を行ってきた。本稿では、これまでに実施してきた RESTEC における地球観測衛星データを用いたソリューションサービス事例について紹介する。

Keywords: ソリューションサービス、地球観測衛星、コペルニクス

1. はじめに

リモート・センシング技術センター (RESTEC) においては、JAXA の地球観測センター (EOC) 設立翌年の 1979 年より運用業務の支援を開始し、1995 年に地球観測研究センター (EORC) が開設された後には、解析研究、利用、運用業務を支援している。また、その一方で、RESTEC では、LANDSAT などの海外衛星などとともに、昨年 4 月から ALOS データの主配布権を JAXA から受け、データ販売を実施している。

しかしながら、LANDSAT のデータ無償化、欧州のコペルニクスプロジェクト (旧 GMES) におけるセンチネル衛星の無償化のように、オープンアンドフリーアクセスの流れを受け、1 m 以下の超高分解能データを除き、地球観測衛星データのデータ販売ではなく、地球観測衛星データなどを統合的に用いて得られた情報の提供によるビジネスが広がっている。

このような流れを受け、RESTEC においても、データ販売から、ソリューションサービスの提供を通じた日本のリモートセンシングの中核機関となるべく中長期計画を策定し、ビジネス転換を行ってきた。本稿では、これまでに実施してきた RESTEC における地球観測衛星データを用いたソリューションサービス事例について紹介する。

2. ソリューションサービス分野

RESTEC においては、地球観測のソリューション提供分野として、農業、水災害、森林などの分野において、JAXA および海外の地球観測衛星などを用いたサービス提供の実用化を関係機関と協力して進めている。このようなソリューションサービスの実施においては、予測とつなぐためのモデルの活用、地上データとの統合利用などに加えて、IT 技術、ビッグデータ解析技術などを活用した情報サービスという形で進められている。欧米、特に欧州においては、本年から打ち上げられる Sentinel 衛星シリーズのデータが Open and Free アクセスとした上で、ESA/EC によるコペルニクス (旧 GMES) による社会課題に対応したソリューションサービスへの投資による民間の雇用創生などが進められている。それとともに、中小企業、ベンチャー企業による地球観測衛星を使ったベンチャービジネス、ビッグデータ解析技術の産学官連携による新しい価値の創生などが強力に進められている。これにより、安全保障などを中心にしたデータ売りの世界から、サービス提供による民間活動の推進に基軸が移りつつある。ただ、ここで注意しなければならないのは、必ずしも、民間の持続的なサービス提供を可能とすることにより、民間が大きな金銭的な利益を得ることが、コペルニクスの目的となっていないことである。むしろ、民間の雇用拡大とともに、社会インフラとしての衛星利用サービスの定着が期待されている。米国の LANDSAT などにおいてもオープンデータの流れが加速しており、G8 での合意などにみられるように、超高分解能でない衛星データについてはオープンデータ化が世界の流れといえる。

¹ リモート・センシング技術センター
(所在地 〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-17-1
(連絡先 Tel: 03-6435-6701, E-mail:
sobue_shinichi@restec.or.jp)

3. 洪水サービス

RESTEC のソリューションサービスとしては、複数の企業の連携でサービス提供を開始している洪水域の情報提供サービスをあげることができる。これは、タイの 2011 年の大洪水をうけ、タイに進出している日系企業向けに、SAR を使った冠水域の情報をタイムリーにタイ政府などの情報に加えて提供するサービスである。Fig.1 にサービス提供のシステムフローおよび Fig.2 に冠水の結果を示す。

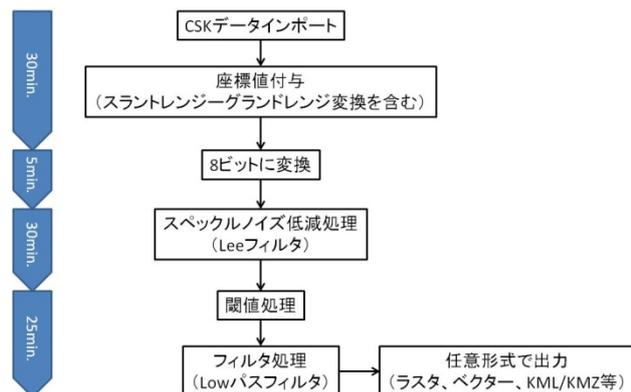


Fig.1 洪水冠水域把握サービス

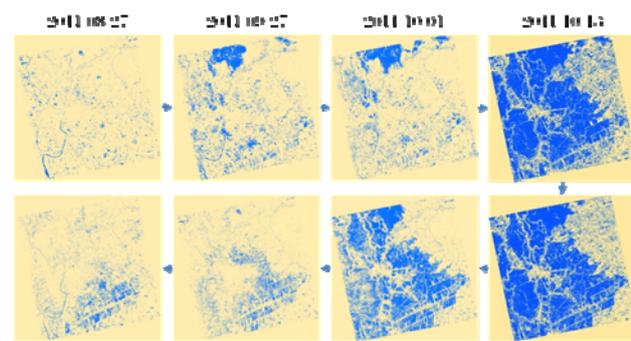


Fig.2 COSMO-SKYMED による洪水冠水域の時系列解析結果 (提供：JSI/RESTEC)

Fig.2 からは、2011/08/27～2011/11/06 にかけて洪水域が南下しながら拡大し、2011/11/30～2012/01/01 にかけて西側から東側に向けて洪水域が縮小していく様子がわかる。

4. 農業サービス

農業サービスとしては、実用化されているものとしては大きく 2 つに大別される。1 つは、作付面積・収量などを光学・SAR などの衛星を用いて国の統計情報の改善に対して貢献するサービスであり、もう 1 つは衛星などから得られる農業気象情報により、作況見通しを提供するサービスである。JAXA からの受託などにより、システムの開発・実証実験を国

内外で実施した稲作の作付面積把握・収量推定については、その結果を用いたサービスの提供、事業化をはじめているところである。この SAR データを用いた稲作作付面積の把握のシステムは INAHOR と名づけられ、アジア開発銀行の統計情報の改善のための技術プロジェクトにおいて、タイ、ベトナム、フィリピン、ラオスを対象国として利用されることになっている。Fig.3 は、INAHOR の利用画面である。

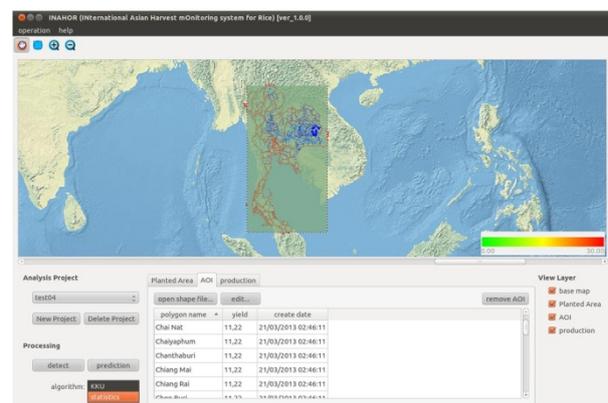


Fig.3 INAHOR の利用画面

他方、農業気象情報の提供においては、GCOM-W, TRMM, MODIS, MTSAT などを用いて降水、日射、気温、土壌水分、植生指数、干ばつ指数などを提供する JASMIN システムによるサービスを FAO AMIS (農業市場情報サービス) プロジェクトに対して米の作況見通し情報を提供するために、日本の農林水産省も支援している ASEAN+3 food security information system (AFSIS) プロジェクトと協力しながら、昨年 9 月から運用を行っている。この作況見通しの提供においては、農業気象情報、植生指数と如何に作況見通しを関係づけられるかがキーとなっている。そのような作業には、農業統計などの専門的な知見と衛星から得られる農業気象情報 (とくに平年との差、いわゆるアノマリー) をよみとける能力が必要である。このため、タイ、インドネシア、ベトナムの統計部門の方々に OJT を実施するとともに、AFSIS の農業統計専門家および JAXA、RESTEC などのリモートセンシングの専門家が協力し、統計部門の専門家に技術移転をしている。Fig.4 は、この作況見通しを FAO AMIS に提供するための運用フローであり、Fig.5 は JASMIN による農業気象情報の提供画面である。JASMIN では、月

に2度、15日程度の間の農業気象情報と、その平年との差異情報(偏差)を提供している。

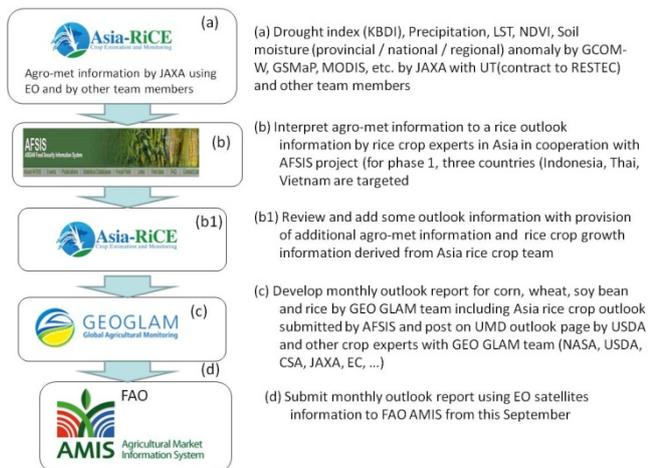


Fig. 4 作況見通し運用フロー

ソリューションサービス提供の検討にも着手している。加えて、昨今のビックデータ解析技術の急速な進歩を踏まえて、IT技術を用いた付加価値情報サービス提供のためのIT企業との協業についても検討をはじめたところである。

このように、データをそのまま使ってもらおうというサービスから発展し、ユーザは源泉データがどのようなものであるかを意識せずに、所望の情報が、所望の形態で得られるようなソリューションサービスの提供のための検討、実証および成果の実用化をRESTECとしても進めているところである。このような流れは、GPM, ALOS-2といった日本の衛星やSentinelシリーズ、radarsat RCM、ひまわり8/9号、LANDSAT8/9号などに加えて、小型・超小型衛星群によるopen and freeデータの急激な増加とopenデータ化、ビックデータなどのIT技術の進歩によりさらに加速していくものと考えている。

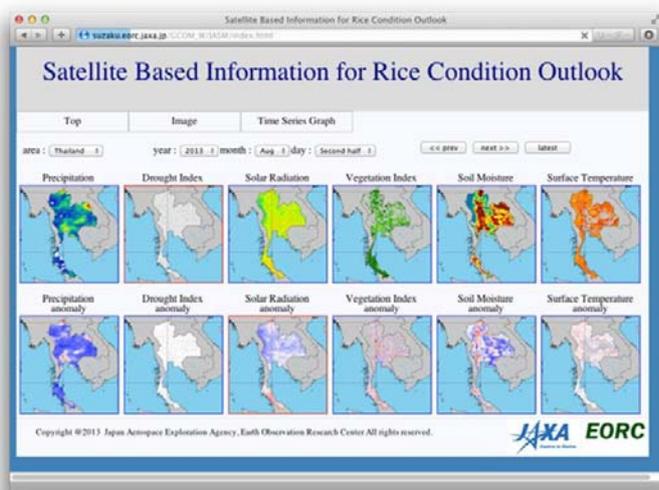


Fig. 5 JASMIN 画面例

5. まとめ

本稿では、RESTECが実施している洪水と農業に関する実利用サービスソリューション事例を紹介した。RESTECでは、リモートセンシングデータによる現状把握のみならず、大学・民間などの関係機関が開発したさまざまなモデルなどを活用して、将来あるいは過去の推定により、情報のデータベース化および予測のサービスへの拡大に関する検討を開始している。それ以外には、これまでリモートセンシングデータに縁遠かった人文科学、公衆衛生など新しい分野での衛星データを利用したソリュー

