

地球環境のモニタリング

—高解像度衛星画像によるリモートセンシング—

Earth Environment Monitoring

鯨井 俊宏

Kujirai Toshihiro

風間 頼子

Kazama Yoriko

渡邊 高志

Watanabe Takashi

北野 佑

Kitano Yu

グオ タオ

Guo Tao

大橋 洋輝

Ohashi Hiroki

空間解像度 50 cm レベルの高解像度衛星画像が民間で利用できるようになり、研究・事業の両面で高解像度衛星画像を活用したりリモートセンシングの検討が進められている。衛星画像が本質的に有する広域性に加えて、空間分解能の向上、スペクトル分解能の向上、撮影頻度の向上により、衛星画像の適用範囲拡大が期待されている。日立グループは、時間変化の大きい植生のモニタリング、社会インフラ設備の管理、災害把握・復興支援などへの適用を検討している。

1. はじめに

リモートセンシングは、広義には観測対象の特徴を遠隔から測定する技術全般を意味するが、狭義には特に人工衛星・航空機・UAV (Unmanned Aerial Vehicle) などの観測プラットフォームから、地球表面を観測する技術を指すことが多い。

観測手法としては、観測プラットフォームから放出した

エネルギーの反射・散乱を観測プラットフォーム上のセンサーで受信する能動型リモートセンシングと、太陽光の反射・散乱や、地球が放射する電磁波をセンサーで受信する受動型リモートセンシングに大別することができる。

能動型リモートセンシングに利用する代表的なセンサーとしては、マイクロ波を用いた SAR (Synthetic Aperture Radar : 合成開口レーダ) があり、受動型リモートセンシングに利用する代表的なセンサーとしては、可視域から近赤外域にかけての太陽光反射・散乱を観測する光学センサーがある。

地球の環境を測定する観測衛星に搭載される光学センサーの特徴は、観測範囲、観測頻度、観測分解能の観点で表現することができ、観測解像度に関してはさらに空間分解能とスペクトル分解能に分けて考える。

近年打ち上げられた人工衛星では、観測頻度や観測解像度が向上しており、適用範囲の拡大が期待されている(図1参照)。日立グループは、「地球環境モニタリング」と称し、特に(1)時間変化の大きい植生のモニタリング、(2)社会インフラ設備の管理、そして、(3)災害把握・復興支援への適用を検討している。

ここでは、高解像度衛星画像を活用した地球環境モニタリングについて述べる。

2. 植生モニタリング

現在の日本の農業において、農業就業者の高齢化・後継者不足、耕作放棄地の増加、食品偽装や残留農薬など食の安全・安心への不信、国内食料自給率低下、環境破壊などが大きな問題となっている。そのため農業生産法人による農業のIT (Information Technology) 化・大規模化が進められており、農林水産省・経済産業省などは農業の効率化・高収益化などに向けた検討を行っている¹⁾。海外に目を向

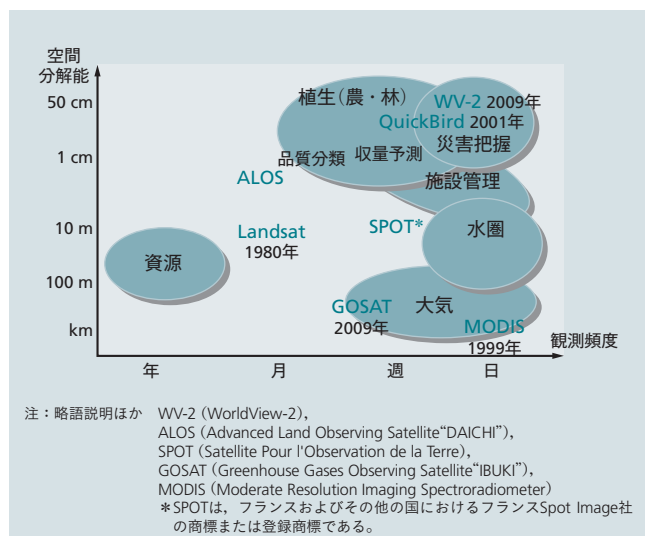


図1 | 地球観測衛星の観測頻度と空間分解能のトレンド

衛星画像の空間分解能と観測頻度の向上により、適用範囲が広がっている。

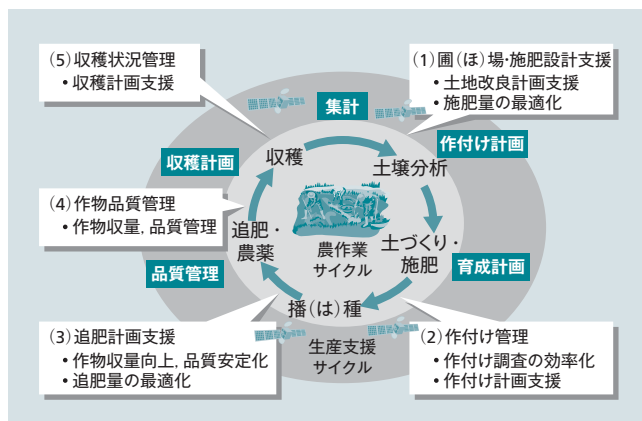


図2 | リモートセンシングを用いた農業生産支援体系

土づくりから収穫まで、生産サイクルを通じて、衛星画像を活用した支援が可能である。

けると、特にフランスでは、EU (European Union) 共通農業政策を農政の施策の柱としつつ、EU最大の農業国として、農業を重要な輸出産業として位置づけ、国際競争力の強化を図るほか、農業経営の近代化、環境保全型農業の推進などの施策が実施されている。

衛星画像には、広大な農作地域を一度に撮影できるという利点があり、作付け把握・生育状態把握・収量予測などの応用が考えられる²⁾。日立グループが提案しているリモートセンシングを用いた農業生産支援体系を図2に示す。

現在、作付け調査や収穫量調査は人手による現地調査で実施されており、リモートセンシングによる調査費削減が期待されている。特に、収穫量の調査は、高齢化によって熟練した調査員の確保が困難になることが予想され、喫緊の課題となっている。

DigitalGlobe社のWorldView-2衛星で撮影したマルチスペクトル画像を用いて、圃(ほ)場ごとの作付け品目を推定した図を図3に、圃場ごとの水稻収量を推定した図を図4にそれぞれ示す。特定の地域のデータによる検証ではあるが、調査員の目視による調査(検見)と同等の推定精度が得られている。

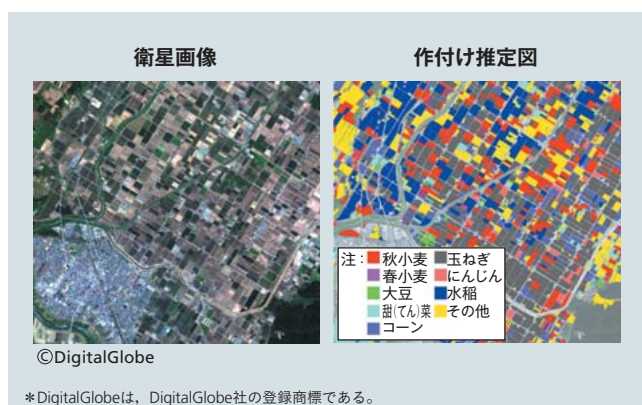


図3 | 作付け推定図

地域全体の作付け状況を把握することができる。

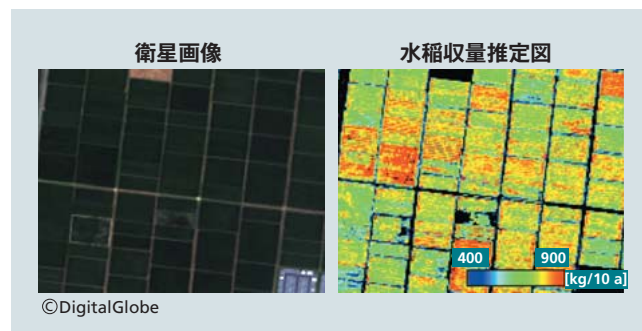


図4 | 水稻収量推定図

圃場ごとの収量が予測できるだけでなく、圃場内で収量の少ない箇所を把握することができるため、対策が可能となる。

また、推定された収量と、施肥記録、一部の圃場で採取した土壌の分析結果を総合的に解析することで、来年度の作付け計画や施肥設計の支援が可能になると考えられる。

3. 社会インフラ設備の管理

衛星画像の空間解像度の向上によって、これまでは航空画像を利用しないと判別できなかったような、人工物の判別が可能になってきている。

例えば、現在では固定資産税の課税調査を目的に、数年に一度、航空機撮影によって新築・増築などの確認を行っているが、これを衛星画像に置き換えることにより、コスト削減を実現することが考えられる。

DigitalGlobe社のQuickBird衛星で撮影した60 cm解像度の画像から、家屋を抽出した図を図5に示す。各家屋について、位置・大きさの情報が取得できている。

さらに、同じ地域を異なる方向から撮影したステレオペア画像を解析することによって、家屋・施設の形状だけでなく、高さ情報を抽出することができる。これによって作成された都市3Dモデル(図6参照)は、電波伝搬シミュレーション・日照シミュレーションなどに利用することができ、都市の最適設計に活用できる。



図5 | 家屋抽出図

家屋の新築・増築・撤去を、同時に広範囲に調査することができる。

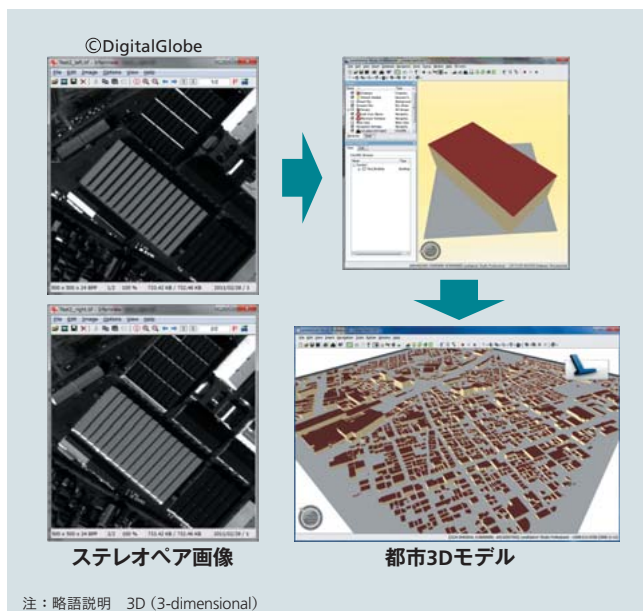


図6 | 都市3Dモデル

撮影対象地域を通り過ぎる前後にセンサーの向きを変えて撮影することで、ステレオペア画像が得られる。ステレオペア画像からは、建物の形状情報に加え、高さ情報が得られる。

4. 災害把握・復興支援

地震・津波・山火事のような広域災害の被害把握にも衛星画像は活用されている。地球上のほとんどの地域が撮影されているため、災害発生前の状態との比較が可能であることや、災害直後の混乱期にも撮影が可能であることなどが衛星画像の強みとなる。

日立グループは、東日本大震災以前から、衛星画像解析による災害把握に取り組んできた³⁾。図7は、ハイチ大地震が起きる前と発生後の衛星画像から、建物の倒壊エリアを推定したものである。

東日本大震災では発生直後から、被災地の衛星画像撮影



図7 | 家屋倒壊地域推定図

赤い領域は震災前後で変化のあった部分を示し、家屋倒壊・損傷箇所であると推定できる。

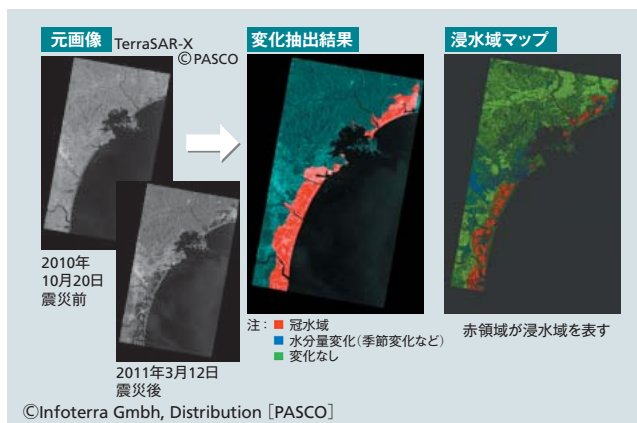


図8 | 津波浸水域推定図

震災前後のSAR (Synthetic Aperture Radar) 画像の変化により、津波浸水域が推定できる。

の緊急オーダが実施され、翌日以降各社から被災地の衛星画像が公開されるようになった。

今回の地震は津波による被害が甚大であったため、津波被害地域の災害把握に取り組んだ。まず、解析対象地域を把握するために津波浸水域を推定した(図8参照)。SAR画像では水のある地域が暗く撮影されることを利用し、震災前後のSAR画像の変化を調べることで浸水域を推定した。

次に、津波で発生した大量の土砂・がれきの分布を把握するために、WorldView-2画像のスペクトル・テクスチャ情報を利用して土砂・がれき・その他に分類を行った(図9参照)。さらに上記の土砂・がれき分布と、道路情報を重ね合わせることで、道路の通行不能領域の推定を行った(図10参照)。

震災から1年近くが経過し、社会ニーズは災害把握から災害復旧、そして復興へと移行している。特に、津波の被害を受けた農地の復興は長い期間を要する事業であり、衛星画像による長期的・定期的なモニタリングが必要となる。日立グループは、被災地のJA (Japan Agricultural Cooperatives)・自治体の協力の下、災害復興支援に取り組んでいる。

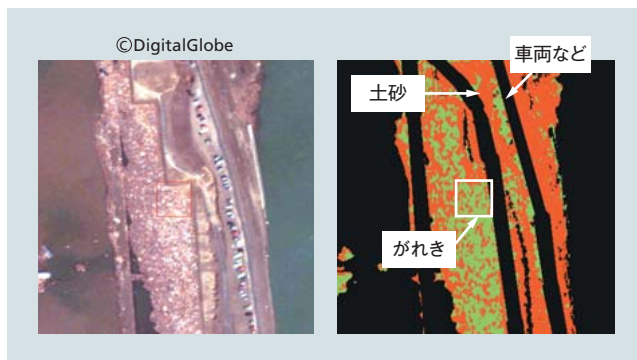


図9 | がれき粒度・分布推定図

赤色は粒度の細かい土砂、緑色は粒度が大きいがれき(車両などを含む)を示す。



図10 通行不能道路推定図

道路ネットワークと土砂・がれき分布を重畳することにより、道路の通行不能領域が推定できる。

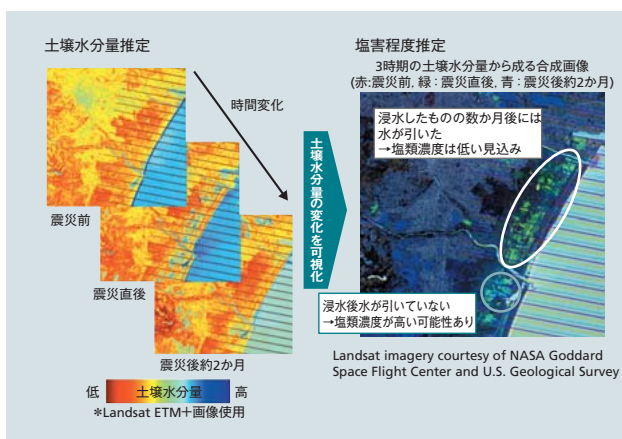


図11 塩害程度推定図

一部の地域は排水性が悪く、震災数か月後においても高い水分量を示している。このような地域は排水性のよい地域に比較して塩害程度が高いと推測できる。

震災前、震災直後、震災後約2か月経過した各時点でのLandsat衛星画像からNDWI (Normalized Difference Water Index)を用いて推定した土壌水分量の変化を図11に示す。津波によって浸水した地域でも水はけに大きな差があることがわかる。このような水はけの差が塩害の程度に影響を与えることは、過去の津波塩害の現地調査によって知られており⁴⁾、土壌水分量の変化から塩害程度を推定する可能性が示唆される。

また、除塩が完了し、作付けが行われた圃場についても、塩害による減収・品質低下などが発生する可能性がある。今後は、これまで研究してきた農業モニタリングの技術を活用し、塩害影響下での作物生育状態把握技術および収量予測技術についても研究を進め、被災地の農業復興に貢献できるように努力していく予定である。

5. おわりに

ここでは、高解像度衛星画像を活用した地球環境モニタリングについて述べた。

ここで紹介した衛星画像解析の具体例では、センサーの特性の異なる複数の衛星画像を活用している。衛星によって、観測頻度や観測解像度が異なるだけでなく、画像入手

のコストも大きく異なる。衛星画像を活用したソリューションを実用化するためには、観測対象の特性と顧客提供価値に応じて、最適な衛星もしくは複数の衛星の組み合わせの選択が必要となる。

今後は、上記の最適化問題に取り組むことで、衛星画像解析事業の拡大を進めていく。

なお、この研究は、北海道NOSAI (北海道農業共済組合連合会) より提供された上川管内および空知管内の一部地域のデータを利用している。関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献など

- 1) 農林水産省：平成22年食料・農業・農村基本計画, http://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/pdf/kihon_keikaku_22.pdf
- 2) 秋山, 外：農業リモートセンシング・ハンドブック, システム農学会 (2007.1)
- 3) T.Guo et al. : Towards automation of building damage detection using WorldView-2 satellite image: the case of the Haiti earthquake, Proceedings of SPIE 7831 (2010.9)
- 4) M.McLeod et al. : Soil Salinity Assessment in Tsunami-Affected Areas of Aceh Using the Electromagnetic Induction Method, International Workshop on Post Tsunami Soil Management (2008.7)

執筆者紹介



鯨井 俊宏

1997年日立製作所入社, 中央研究所 情報システム研究センタ 社会情報システム研究部 所属
現在, 地理空間情報およびリモートセンシングの研究に従事



渡邊 高志

1999年日立製作所入社, 中央研究所 情報システム研究センタ 社会情報システム研究部 所属
現在, 地理空間情報およびリモートセンシングの研究に従事
電子情報通信学会会員, IEEE会員



グオ タオ

2004年日立製作所入社, 中央研究所 情報システム研究センタ 社会情報システム研究部 所属
現在, 地理空間情報およびリモートセンシングの研究に従事
博士 (工学)
GISプロフェッショナル (米国GISCI)



風間 頼子

2005年日立製作所入社, 中央研究所 情報システム研究センタ 社会情報システム研究部 所属
現在, 地理空間情報およびリモートセンシングの研究に従事
博士 (工学)
日本リモートセンシング学会会員, 日本地球惑星科学学会会員



北野 佑

2010年日立製作所入社, 中央研究所 情報システム研究センタ 社会情報システム研究部 所属
現在, 地理空間情報およびリモートセンシングの研究に従事
電子情報通信学会会員



大橋 洋輝

2011年日立製作所入社, 中央研究所 情報システム研究センタ 社会情報システム研究部 所属
現在, 地理空間情報およびリモートセンシングの研究に従事