

中分解能地球観測衛星データの即時配信

Immediate Delivery of Middle Resolution Earth Observation Satellite Data

岩田敏彰 中村良介 小島 功 関口智嗣
岩男弘毅 飯島昭博 船木俊郎 横塚英世

Abstract

米国の陸域観測衛星ランドサット 8号の観測データなどの中空間分解能 (10~30 m) の地球観測衛星データを受信後 2 時間程度でユーザに配信するシステムを開発した。これによりランドサット 8号のデータを誰でも自由に無料で使用することができるようになった。これは産業技術総合研究所と米国地質調査所との国際協力契約により実現した。このシステムが防災・環境モニタリング・農業・林業・漁業・都市計画など広範囲に利用されることを期待している。これまで得られているランドサット 8号データの応用例も紹介する。

キーワード：ランドサット 8号，地球観測，即時配信

1. はじめに

産業技術総合研究所（以下、産総研）では米国の陸域観測衛星ランドサット 8号の観測データなどの中空間分解能 (10~30 m) 地球観測衛星データを受信後 2 時間程度で処理し、インターネットで一般ユーザに提供するシステムを構築し、その即時配信を 2013 年 11 月 21 日から開始した。現在、ランドサット 8号に限定して配信を行っているが、将来的には複数の衛星データの統合配信を行うことを考えており、望まれる衛星データ受信後の即時配信を目指している。これはいかに早く受信データを公開できるかが重要になると考えられるからである。

ランドサット 8号は日本の上空をほぼ毎日午前 10 時

半頃通過し、刈り幅 185 km で撮像するため、日本全体を 16 日かけて観測する。この観測データを上空通過時に直接受信し、データ転送、画像処理などの自動処理を行い、受信後約 2 時間でユーザに提供する。このシステムは、ランドサットを運用する米国地質調査所（以下、USGS）と産総研の国際協力により産総研がデータを衛星から直接受信して自由に提供できるようになったため実現した。システム構築は産総研の地球観測データのプラットフォーム GEO Grid (Global Earth Observation Grid の略) の研究開発の一環として行ったものである。画像を含む膨大なデータを蓄積し、容易に取り出せるアーカイブシステム技術やほかのデータと統合するための横断的な検索サービス技術などを組み合わせ、多様な用途に対応できるように、ワンストップで使いやすい形のデータ提供を目指している。

最近、都市計画⁽¹⁾、森林火災などの防災⁽²⁾、環境の監視⁽³⁾、農林水産業⁽⁴⁾などの分野で人工衛星による地球観測データの利用が進んできている。特に防災や農林水産業では安価で最新の観測データが求められている。しかし、これまでの衛星による地球観測では無料のデータは空間分解能が低く、例えば米国の TERRA 衛星に搭載されている MODIS センサ (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer の略。NASA によって開発された可視・赤外域の地球観測用センサ) の場合、毎日観測されるが空間分解能は 250 m 以上であり、河川・農地・道路などの識別がほとんどできなかった。このた

岩田敏彰 独立行政法人産業技術総合研究所情報技術研究部門
E-mail Totty.iwata@aist.go.jp
中村良介 小島 功 飯島昭博 船木俊郎 独立行政法人産業技術総合研究所情報技術研究部門
関口智嗣 独立行政法人産業技術総合研究所
岩男弘毅 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査情報センター
横塚英世 正員 東海大学情報技術センター
Toshiaki IWATA, Ryosuke NAKAMURA, Isao KOJIMA, Akihiro IJIMA, Toshio FUNAKI, Nonmembers (Information Technology Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba-shi, 305-8568 Japan), Satoshi SEKIGUCHI, Nonmember (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba-shi, 305-8568 Japan), Koki IWAO, Nonmember (Geoinformation Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba-shi, 305-8568 Japan), and Hideyo YOKOTSUKA, Member (Research and Information Center, Tokai University, Tokyo, 151-0063 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.97 No.9 pp.793-798 2014 年 9 月
©電子情報通信学会 2014

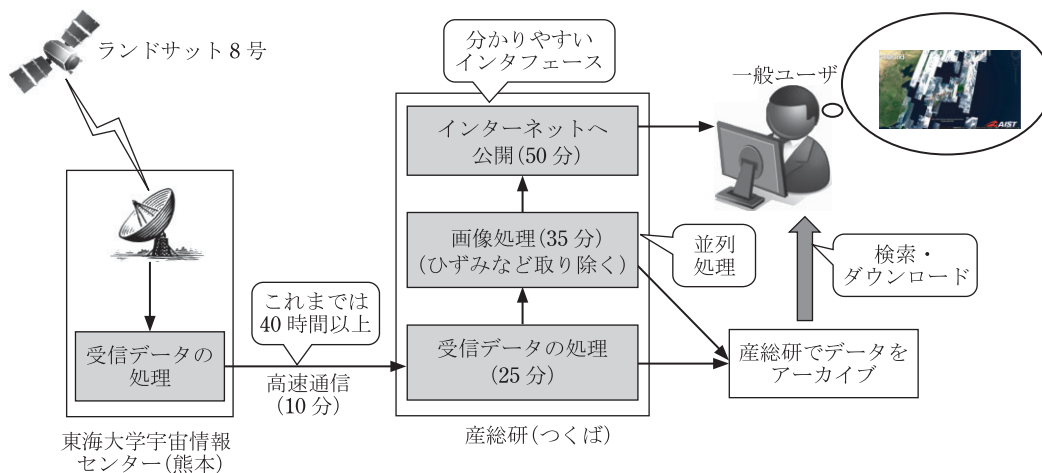


図1 即時配信システムの概要 ランドサット8号のデータを受信後2時間程度でインターネットを経由して一般ユーザに公開されるシステムを構築した。

め、これらの分野では必ずしも有効ではなかった。ランドサット8号の空間分解能は可視・近赤外線センサで15~30m、熱赤外線センサで100mであり、河川・農地・道路の識別もかなりできるようになり、十分活用できると期待される。しかし、これまではデータの受信局とデータ処理機関の通信遅れやデータ処理に要する時間などの影響で最新のデータは得るのが困難で通常数日かかり、従来型の地上データ処理・配信システムではこれらの分野のニーズには十分に生かし切れていなかった。

2. データの転送

図1に統合配信を目指して構成したランドサット8号データの即時配信システムの概要を示す。

即時配信を実現するため、まずデータ転送速度の改善を行っている。従来はアンテナのある受信サイトから信号を処理し、画像を配信する機関までのデータ転送に幾つかの場所を経由するため、40時間以上かかるのが通常であったが、熊本にある東海大学宇宙情報センター(以下 TSIC) から産総研まで途中で経由する機関をなくし、SINET などを使用して直接高速で送信することにより10分以内で1回分のデータを転送できるようにした^{(5),(6)}。次に受信したデータをシーン(南北170km、東西185km)と呼ばれる単位ごとに、並列に計算することにより画像処理の高速化を行っている。これにより、5時間以上かかる処理を35分程度に短縮している。また、処理した画像データを50分程度でインターネットへ公開し、配信を行っている。また、取得した受信データと画像処理されたデータは産総研内でアーカイブされる。これらの結果、データ受信開始後2時間程度でユーザが画像を見たり、データを検索・ダウンロードしたりできるようになった。これは、従来産総研の GEO Grid で蓄積されてきた衛星データのオンラインアーカ

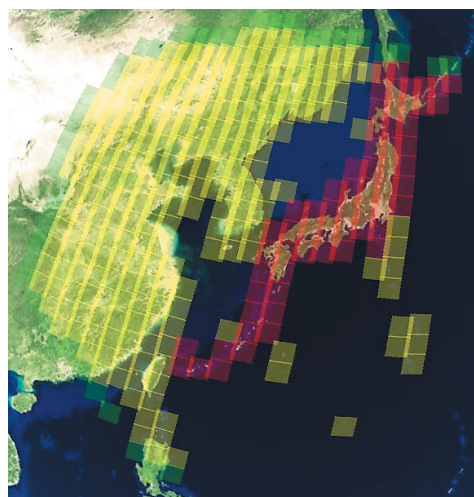


図2 日本の撮像地域 アンテナが熊本の TSIC にあるため、朝鮮半島・台湾の全域と中国・ロシア・フィリピンの一部のデータも受信できる。赤の部分は雲の有無にかかわらず99%撮影される。

イブ構築の経験や技術を用いたもので、受信からデータ処理、インターネットへの提供までの全てが自動化・最適化されているからである。

3. データ受信地域

産総研が受信する撮像地域は図2の四角で表された部分であり、それぞれの四角が一つのシーン(南北170km、東西185km)を表している。日本上空の大部分は図中、赤で示された最も優先度の高いシーンになっており、産総研と USGS との協力により、雲の有無にかかわらず99%確実に撮像される。熊本の TSIC にアンテナがあるため、朝鮮半島・台湾の全域と中国・ロシア・フィリピンの一部のデータについても受信できる。

4. 公開データの提供

過去 16 日分のランドサット 8 号の観測データについては公開サイト (<http://landsat8.geogrid.org/>) 上で直接閲覧できる。これは、Google Earth Enterprise™ のサーバを産総研内に構築して独自に配信しているもので、Google Earth のクライアントによる閲覧や過去に遡った時系列的な変化も表示できる。

一方、アーカイブされた膨大なデータについては、別途構築した検索サイトから、観測日時や雲の量の多さといった条件を指定することで必要なデータを検索・ダウ

ンロードできるようになっている。これは産総研が開発した Open Geospatial Consortium (OGC) のカタログサービス規格 (Catalog Service Web, CS-W) 準拠のオープンソースソフトウェア AIST-CSW⁽⁷⁾ を用いて構築されており、同規格準拠のサーバやクライアントと相互アクセスが可能である。また、OGC で現在策定中のカタログサービスの改訂版 (3.0) にも対応しており、複数の衛星データに対する横断的な検索なども可能である。検索結果は画面上で簡単に確認でき、必要なデータを容易にダウンロードできる。図 3 にその操作画面を示す。各シーンの観測された全バンドの Geotiff ファイル



図 3 画像検索サイトの画面と操作例 (<http://l8search.geogrid.org/GECSW/>) この画面では①～⑦の手順でデータを検索、サムネイル画像でデータを確認した上でダウンロードすることができる。図中、Bbox とは Bounding box の略であり、検索領域を決定する枠のことである。

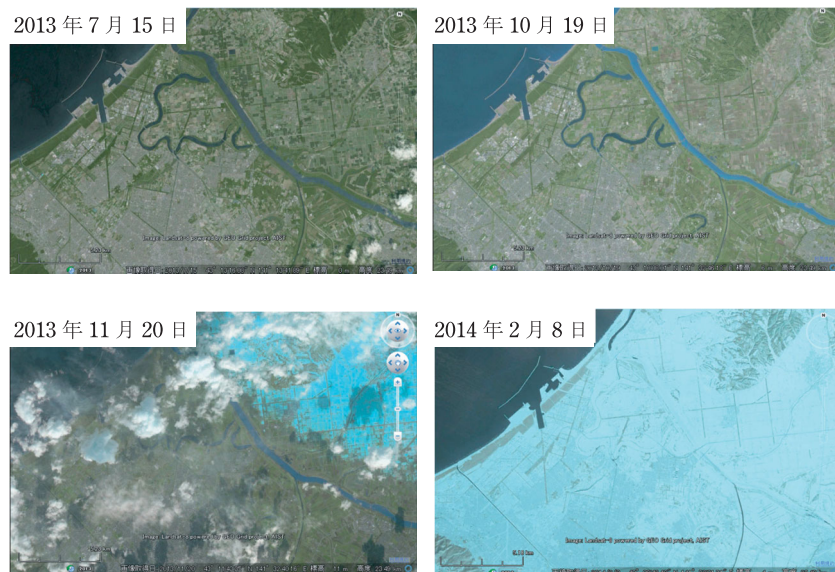


図 4 札幌市北部・石狩市の季節変化 擬似カラー表示。上段の二つを比較すると稲刈りが進んだことが示唆される。11月20日のものでは雲(白)と雪(水色)が区別できる。(産総研により画像が生成され、供給された。ランドサット 8 号データの源泉は米国地質調査所に存する。)

を圧縮して一つのファイルにしたものと、Google Earthのインタフェース上に表示されたものと同じ擬似カラーのkmlファイルの2種類がダウンロードできる。

5. 応 用 例

5.1 時系列データの利用

時系列画像を利用することにより、環境の変化などを監視することができる。図4は札幌市北部・石狩地方の季節ごとの変化を示したもので、表示には赤に短波長赤外 (band 6, 1.560~1.660 μm), 緑に近赤外 (band 5, 0.845~0.885 μm), 青に赤 (band 4, 0.630~0.680 μm) を入れて合成した擬似カラー画像である。この方法では植生が緑で表現され、雪は水色に、雲は白に表現されるため、可視光では区別がしにくい雲と雪を区別できる。左上から順に2013年7月15日、10月19日、11月20日、2014年2月8日の画像である。上の二つを比較すると、7月は緑であった水田が10月には茶色に変化し、稲刈りが進んだことが示唆される。11月20日には、既に画像右上(北東側)で降雪が見られ(雲は白に、雪は水色)、2月には市域全体に降雪で石狩川まで雪に覆われていることが分かる。



図5 茨城県ひたちなか市付近の台風18号による被害 那珂川とその周辺や海の濁りが確認できる。(産総研により画像が生成され、供給された。ランドサット8号データの源泉は米国地質調査所に存する。)

5.2 災害発見への応用

2013年9月16日に日本列島を縦断した台風18号による豪雨の影響を受けた茨城県ひたちなか市付近の翌9月17日の様子を9月1日の様子と比較して図5に示す。これは表示には赤に赤 (band 4, 0.630~0.680 μm), 緑に緑 (band 3, 0.53~0.59 μm), 青に青 (band 2, 0.45~0.51 μm) を入れて合成したトゥルーカラー画像であり、人間の目に映るのとほぼ同じ色彩となっている。9月1日の様子と比較して、9月17日には那珂川やその周辺が濁り、その影響で海も濁っている様子が分かる。

図6左はロシア沿海地方で2013年6月9日に発見された森林火災の様子で、煙が立ち上っているのが確認できるが、右の6月25日の画像では延焼範囲が焼けて黒くなっており、特定できる。なお、これらはトゥルーカラー画像である。

5.3 航跡の確認

不審船の監視などには航跡を使うことができる。図7は2013年11月23日の関門海峡での船の航跡を見たもので、図4と同じ擬似カラーで示されている。航跡から、狭い海峡を多くの船が往来していることが分かる。

5.4 温度分布の表示

2013年8月12日、高知県四万十市で日本の観測史上最高気温を記録した。この日の熱赤外画像 (band 11, 11.50~12.51 μm) から推定される地表面・海面温度をカラー表示したものを図8に示す。ここに表示されたも

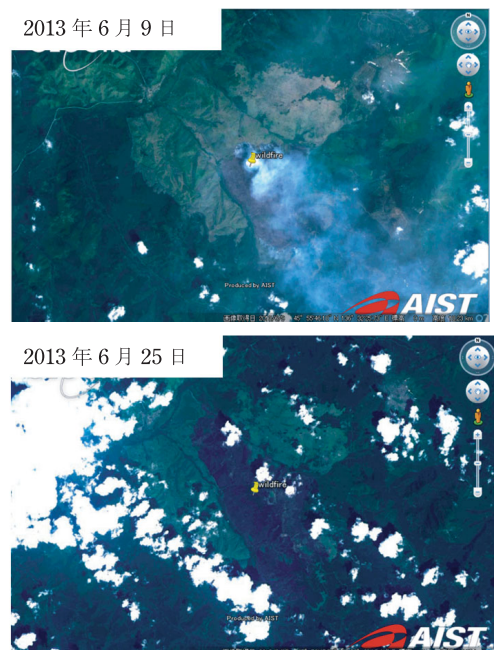


図6 ロシア沿海地方の森林火災 煙や焼け跡が確認できる。(産総研により画像が生成され、供給された。ランドサット8号データの源泉は米国地質調査所に存する。)



図7 関門海峡での航跡（産総研により画像が生成され、供給された。ランドサット8号データの源泉は米国地質調査所に存する。）

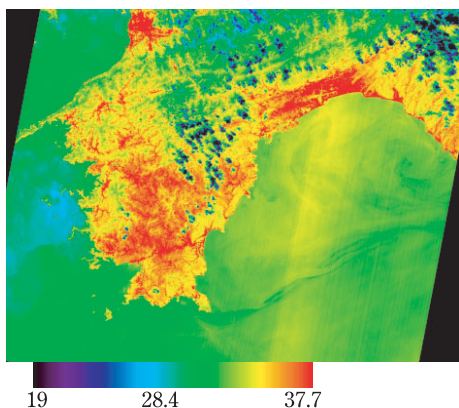


図8 2013年8月12日に日本最高気温を記録した高知県四万十市付近の熱赤外面像を基にした地表面・海面温度分布（産総研により画像が生成され、供給された。ランドサット8号データの源泉は米国地質調査所に存する。）

のは地表からふく射された熱赤外線強度を基にしており、気温を表しているものではないが熱赤外面像を使うと温度分布を知ることができる。午前10時半頃の画像なので、まだそれほど温度が上がっていない。

5.5 火山島の観察

2013年11月20日、小笠原諸島の西之島近海で噴火があり、新たな陸地が確認された。その様子を継続して観察した。図9にその様子を示す。

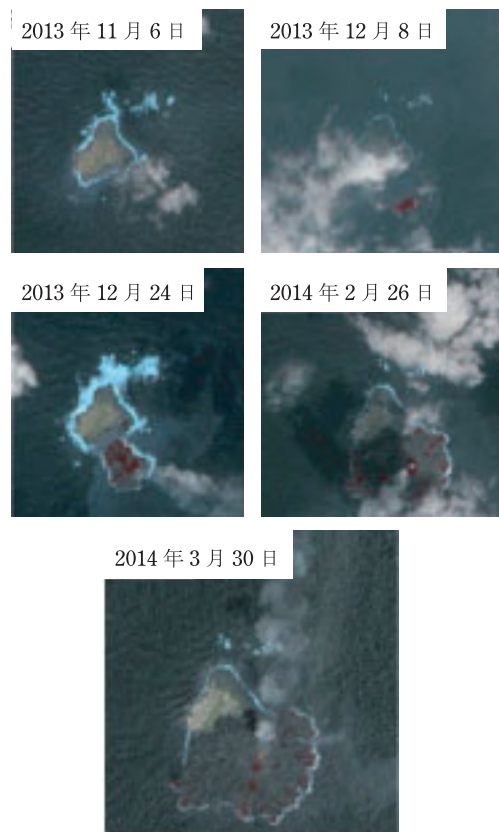


図9 小笠原諸島・西之島新島 2013年11月6日ではまだ新島らしきものは全く観測されていないが、12月8日には小さな島が認められる。その後12月24日には西之島とほとんど一体化したように見える。2014年2月26日、3月30日と噴煙を上げながら大きくなっているように見える。（産総研により画像が生成され、供給された。ランドサット8号データの源泉は米国地質調査所に存する。）

6. おわりに

11月21日から開始したランドサット8号の即時配信について報告し、その応用例について紹介した。

現在、一般ユーザの便宜を図るために、フェイスブックやツイッターなどのソーシャルメディアを活用して情報発信を行い、成果の広報と同時にユーザの要望などを取り入れる仕組みを整えている。

また、今後は大学などが製作する超小形衛星のデータの配信にもこのシステムを適用し、統合していく。更に大学の超小形衛星だけでなく、GEO Gridの環境で提供することでそのほかの地球観測衛星のデータも統合し、単独の衛星データ提供システムでは不可能な処理を可能として大学・産業界との連携を図る。

更に、過去の画像との比較による変化部分の自動検出のような高度な解析を行うIT基盤の整備を進めていく。

文 献

- (1) 浅輪貴史, “都市のリモートセンシングと熱環境シミュレーション,” *ながれ*, vol. 30, no. 4, pp. 285-292, Aug. 2013.
- (2) T. Kouyama, T. Fukuhara, S. Kato, R. Nakamura, K. Nakau, and T. Iwata, “Field campaign for simultaneous wildfire observation with satellites for future wildfire-monitoring mission, UNIFORM,” *Proc. Int. Symp. on Remote Sensing 2013*, no. Q-21, Chiba, Japan, May 2013.
- (3) 大政謙次, 大山博史, “分光リモートセンシングによる環境モニタリング,” *光技術コンタクト*, vol. 49, no. 11, pp. 4-13, Nov. 2011.
- (4) 伊藤那知, 太田諭志, 亀井卓也, 菅井慎也, 佐鳥 新, 千葉一永, 佐々木正巳, 三橋龍一, “CubeSat 搭載用マルチスペクトルカメラの設計,” 第 57 回宇宙科学技術連合講演会講演集, no. P25, Oct. 2013.
- (5) 岩田敏彰, 中村良介, 小島 功, 関口智嗣, 岩男弘毅, 飯島昭博, 徳武友輔, 船木俊郎, 横塚英世, “中分解能地球観測衛星データ統合配信実証実験,” 第 57 回宇宙科学技術連合講演会講演集, no. 3E07, Oct. 2013.
- (6) 横塚英世, 大庭康彦, 下田陽久, 松前義昭, 中村良介, 岩田敏彰, “Landsat-8 データ受信配信システム,” *日本リモートセンシング学会第 55 回学術講演会論文集*, no. A10, pp. 25-26, Nov. 2013.
- (7) I Kojima, M. Kimoto, and A. Matono, “AIST CSW: An OGC-based distributed geospatial search engine for heterogeneous metadata,” *ACM HPDGIS 11*, pp. 42-43, Nov. 2011.

(平成 26 年 4 月 10 日受付 平成 26 年 5 月 7 日最終受付)



いわた としあき
岩田 敏彰

1982 阪大・基礎工・電気卒。1984 同大学院博士前期課程了。同年工業技術院電子技術総合研究所入所。以来、宇宙ロボット、準天頂衛星擬似時計技術の研究に従事。現在、独立行政法人産業技術総合研究所にて測位・リモートセンシングの研究に従事。工博。日本航空宇宙学会会員。



なかむら りょうすけ
中村 良介

1996 神戸大大学院自然科学研究科了。同年神戸大総合情報処理センター助手となり、2000 からは宇宙航空研究開発機構で月探査衛星搭載カメラ/分光計の開発に携わる。2005 から、独立行政法人産業技術総合研究所にて地球観測衛星データを用いた資源開発及び画像データマイニングの研究に従事。日本航空宇宙学会、日本天文学会各会員。



こじま いさお
小島 功

1984 京大大学院工学研究科博士課程前期了。同年電子技術総合研究所入所。独立行政法人産業技術総合研究所においては異種・分散データ統合や地理空間情報基盤に関する研究開発に従事。研究グループ長などを経て現在情報技術研究部門総括研究主幹。ACM, 情報処理学会各会員, OGC メンバ。



せきぐち さとし
関口 智嗣

1982 東大・理・情報科学卒。1984 筑波大大学院理工学研究科了。2011 東大大学院情報理工学研究科博士課程了。博士(情報理工学)。1984 電子技術総合研究所入所。2001 独立行政法人産業技術総合研究所に組織変更後グリッド研究センター長などを経て、分野副研究統括。



いわお ひろき
岩男 弘毅

1969 生。1994 東京農工大・農卒。1996 東大大学院工学系研究科了。2000 同大学院工学系研究科社会基盤工学専攻了。博士(工学)。アジア工科大学院、産総研、国環研のポストドクを経て、2007 から独立行政法人産業技術総合研究所入所。専門は衛星リモートセンシング。



いじま あきひろ
飯島 昭博

(株)創夢運用技術部。ランドサット衛星データのアーカイブシステムと画像処理システムの設計と構築を行った。



ふなき としお
船木 俊郎

1983 東洋大・経済卒。日本電算機・日本 DEC・日本 SGI を経て、平 18 から Google Earth Enterprise によるシステムインテグレーション事業に従事。平 24 から独立行政法人産業技術総合研究所における「地理空間データクラウド公開・連携環境の開発・構築補助」を目的とした研究支援に従事。



よこざわ ひでよ
横塚 英世 (正員)

1967 東京生。1993 東海大大学院工学研究科博士課程前期了。同年、同大学開発技術研究所助手。2004 から東海大・第二工・情報システム・講師。2014 から同大学情報技術センター准教授。博士(工学)。地球観測衛星のデータ受信システム、地球観測衛星のデータ処理システムの研究に従事。リモートセンシング学会、写真測量学会など各会員。