

地球観測衛星データ利用事例集

行動判断のための地球観測

Applications of Satellite Earth Observations: Serving Society, Science, & Industry

.....

2015 edition

CEOS: Committee on Earth Observation Satellites

JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency

Message from the CEOS Chair

巻頭言

地球観測衛星委員会(CEOS)は、1984年にG7サミットの専門家パネルの勧告を受け、地球観測衛星の国際調整を行う国際協力枠組みとして発足しました。現在、アメリカ航空宇宙局(NASA)、欧州宇宙機関(ESA)、宇宙航空研究開発機構(JAXA)をはじめ、30以上の宇宙機関を中心に、準会員を含めて50以上の機関が参加しています。そして、世界の宇宙機関は、地球全体を高度な技術で継続的に観測するシステムを構築してきました。

CEOSのデータベースによれば、2015年時点でCEOS参加機関が運用するミッションは100以上に達するとみられます。世界各国の技術力が高まり、国際協力が活発化し、また、衛星の小型化や低価格化が進んだこともあって、衛星を運用する国の数と観測が多様化しています。近年の衛星は、高分解能のイメージャ、赤外センサ、マイクロ波センサ、ライダーなど多種多様な観測装置を搭載し、大気、海洋、陸域にわたる様々なユーザーニーズに応えてきています。その結果、地球観測衛星のデータは、より多くの人たちが利用する公共財としての役割を果たせるようになってきました。

一方、世界の人口は急増を続けており、食料や資源の枯渇、大気や海洋の汚染など人類が持続可能な未来を実現するために解決しなければならない、グローバルあるいはリージョナルな喫緊の課題に直面している事も事実です。そして、地球温暖化のような気候変動は、これらの課題を更に複雑化させているといえます。

人類にとって持続可能な繁栄を確保するために、国際的には気候変動に関する国際連合枠組み条約(UNFCCC)、持続可能な開発目標(SDGs)、国連防災世界会議(WCDRR)などといった多くの重要な政府間プロセスでの取り組みが継続されています。特に、2015年は、今後10～15年レベルでの世界に共通する目標や枠組みが設定される重要な1年です。地球観測衛星データは、世界の目標や枠組みを定める際に、信頼性ある科学的な根拠としての重要な役割を果たすとともに、その目標達成や進捗状況を確認するために、地球規模の重要な指標として使われることで、これらの地球規模課題の解決にも貢献しようとしています。

この報告書は、地球観測衛星データが、社会、科学、産業にどれだけ幅広く活用されているかを紹介することを目的に、2015年の議長機関であるJAXAにおいて編纂いたしました。ここでの利用事例は、防災、公衆衛生、天然資源探査、インフラ整備計画と管理、さらには環境・気候にいたる幅広い分野におよび、CEOS参加機関から提示された多くのベストプラクティス事例を基にまとめたものです。私たちは、この貴重な成功事例から、それぞれの分野での衛星利用をより一層深化させるために何をすべきかを学び、人類のより豊かな生活の実現にとって、宇宙からの多様な地球観測が無くてはならないものとして貢献できるよう取り組んでいきます。この報告書が、政策決定者から一般の皆様に至るまでの幅広い読者の皆さまのお役に立てればと願ってやみません。特に、これまで宇宙に接する機会が少なかった方々にとっても、宇宙からの観測の新たな活用可能性を見出す糸口になれば誠に幸いです。

山本静夫
宇宙航空研究開発機構 理事
CEOS 2015年議長



Contents

05 巻頭言

CHAPTER 1: CEOSについて

- 07 CEOSの歴史
- 08 CEOSの能力
- 09 地球観測データポリシー
- 10 国際協力枠組み
- 11 最新技術による将来の可能性

CHAPTER 2: 地球観測衛星データの利用事例

- 13 データ利用事例分析
- 14 海水監視による船舶航行経路の安全確保
- 16 カナダの輸送重点地域における地盤災害リスク監視
- 18 感染症の早期警報(全球リスクマップ)
- 20 カナダにおける感染症のリスク評価
- 22 越境パイプラインルートの計画
- 24 オーストラリアにおける炭素統計
- 26 農作物収量予測の改善
- 28 食糧安全保障と持続可能な農業に向けた地球観測衛星の活用
- 30 北米における干ばつ監視の強化
- 32 アマゾンの熱帯雨林における違法伐採の防止
- 34 養殖業を赤潮から守る

Appendix

- 36 地球観測データ利用事例集 事例一覧
- 38 地球観測衛星一覧

Chapter 1

CEOSについて

CEOSの歴史

CEOSの能力

地球観測データポリシー

国際協力枠組み

最新技術による将来の可能性



Serving Society, Science, & Industry

Chapter 1 A Brief History of CEOS

About CEOS 01

CEOSの歴史

地球観測衛星委員会(CEOS)は、先進7か国首脳会議(G7)経済サミット成長・技術・雇用ワーキンググループの傘下に設置された「衛星リモートセンシング専門家パネル」の提言に応じて、1984年9月に設立された。1985年と1986年のG7サミットでは、専門家パネルからCEOSの進捗に関する報告書が提出され、1990年には、「地球及びその大気に関する衛星データの収集のための調整と共有の重要性」が再確認された。CEOSは1990年までに、年1回の会合を開くとともに、データ作業部会と校正検証作業部会を設置した。

英国国立宇宙センター(BNSC)は1992年、ミッションと観測装置に関する調査資料をリオ地球サミット(UNCED)向けに作成した。この調査資料は、ミッションと観測装置に関する現在のCEOSオンラインデータベースの基盤となっている。1992年にはCEOS常設事務局が設置され、それ以降CEOS議長機関のリーダーシップの下、事務局間で実施する毎月の電話会議を通じてCEOSを運営している。なお、宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、当初より常設事務局の一員としてCEOSの運営に参加している。

1996年には、ミッションや観測と要求との間のギャップ、重複などの課題に取り組み、統合地球観測戦略(IGOS)を策定するため、各機関のCEOS代表による戦略実施チーム(SIT)が設置された。また、CEOS準メンバー(国連機関または科学技術機関)も体制づくりを支援し、IGOSパートナーシップが、CEOSを含む13の創設パートナーにより、1998年6月に発足した。1998年から2005年にかけてのCEOSとIGOSの会合では、具体的なテーマの策定及び宇宙からの地球観測と地上における観測の調整に関する議論が行われた。

1999年には「地球観測教育トレーニング部会(WGEdu)」が設置され、2002年8月から9月にかけてヨハネスブルクで開催された「持続可能な開発に関する世界首脳会議(WSSD)」で重要な役割を担ったことを背景に、CEOSも持続可能な開発にフォーカスするようになり、2003年にはWGEduの活動内容に能力開発を加えた。

ワシントンDCにおける2003年地球観測サミットでは、臨時の地球観測に関する政府間会合(GEO)の設置が認められ、後に「全球地球観測システム(GEOSS)10年実施計画」が承認された。以降、CEOSはGEOSSの宇宙利用部分を担う組織としてGEOと密接に協力しながら、GEOタスクの代表あるいは共同代表を務め、衛星計画やデータ利用を調整するバーチャル・コンステレーション(特定課題をターゲットとした国際チーム)を構築するとともに、全球森林監視(GFOI)、全球農業監視(GEOGLAM)、GEOスーパーサイト等、GEOの主要イニシアチブの実行に不可欠な衛星データを提供している。

また、CEOSは全球気候観測システム(GCOS)が特定した必須気候変数(ECV)に関わる観測に取り組むとともに、気候変動に関する国連枠組条約(UNFCCC)が注力している「体系的な研究及び観測」にも貢献している。2009年には、UNFCCCの科学及び技術の助言に関する補助機関(SBSTA)から直接の依頼を受けている。

2010年には気候作業部会を設置したが、この部会は後に気象衛星調整委員会(CGMS)にも属する共同作業部会となっている。また、2011年には開発途上国のユーザーが幅広く衛星データを利用できるよう、WGEduが能力開発・データデモクラシー作業部会へと改編された。2013年には災害作業部会が発足し、3つの災害(火山、地震、洪水)についてのパイロットプロジェクトを開始、その成果を2015年3月の第3回国連防災世界会議で発表した。

CEOSは現在、55の機関(31のメンバーと24の準メンバー)から構成され、100機を超える周回衛星の運用を担っている。(2015年10月末時点)

CEOS SIT 2015(CNES)



About CEOS 02

Chapter 1 Evolution in Capabilities

CEOSの能力

国とミッションの数

1995年時点で、地球観測衛星の開発・運用能力を有していたのは一握りの国に過ぎず、CEOS参加機関が運用する衛星ミッションは、28件程度であった。

CEOSのデータベースでは、2015年半ば現在、数十ヶ国が民生の衛星ミッションを運用しており、CEOS参加機関が実施しているミッションは100機以上が登録されている。技術力の向上、国際協力の拡充、地球観測衛星の小型化とコスト削減などにより、地球観測衛星を持つ国は増加し、利用も多様化している。

多様性

1995年のCEOS報告書「CEOS Special Report on Successful Applications of EO Satellite Data」に掲載された衛星データ利用事例36件の大半は、多波長の光学センサまたは合成開口レーダを利用しており、センサの種類は少なかった。一方、本書にまとめた2015年の事例を見ると、大気化学観測装置、雲プロファイルレーダ、降雨レーダ、散乱計など、「CEOS地球観測ハンドブック」にある観測装置の16カテゴリーのほとんどを利用している。今日、地球観測衛星は、幅広い技術と能力等の多様性を獲得している。

分解能と性能

地球観測センサはこの20年の間に長足の進歩を遂げた。1995年時点では、フランス国立宇宙研究所(CNES)のSPOT-3が、分解能10mのパンクロマティック画像と20mのマルチスペクトル画像を販売し、民生の陸域画像において代表的製品と見なされていたが、現在では、欧州宇宙機関/欧州委員会(ESA/EC)のSentinel-2が、分解能10mのマルチスペクトルデータを無償で一般公開している。また、商用では、分解能0.3mのパンクロマティック、1.24mのマルチスペクトルと極めて高い分解能を持ち、さらに、複数の衛星を用いて全球を迅速にカバーするデータも利用できる。

センサそのものの性能も大きく進歩し、静止軌道上の衛星(上空3万5,786km)の観測機器も、低軌道(通常は上空数百km)からの観測の分解能に近づきつつある。例えば、日本の静止気象衛星ひまわり8号(2014年打上げ)は、静止軌道から10分おきにマルチスペクトル画像を撮影できるなど時間分解能の高い継続的な観測を行っている。

アクセス性とデータ処理能力

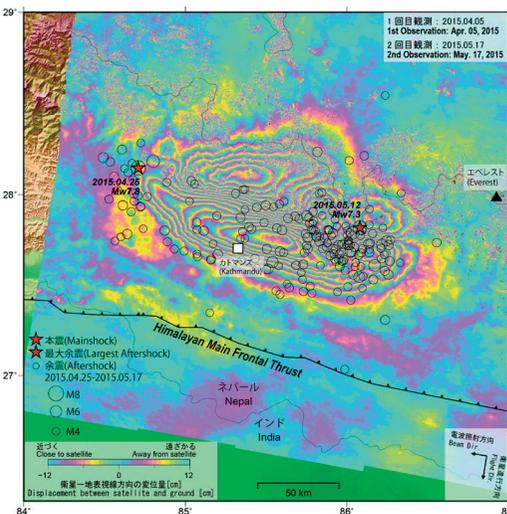
1990年代半ば、典型的なPCのハードディスク・ドライブの価格は約1,100米ドル、記憶容量は約1GBであったが、今日では同じ価格の記憶装置の容量は500GB~4TB、GB当たりの平均コストは0.03米ドル程度まで下がっている。同様に、処理装置やデータ通信の能力も格段に高まった。ピーク時のインターネット接続速度は世界平均で18Mbpsに達している。今日では小規模の企業やNGO、開発途上国政府、さらには個人でさえ、地球観測データベースにアクセスし、必要なデータをダウンロード、処理し、求める情報を抽出できる。

GPSを統合した利用

カーナビやスマートフォンでGPSシグナルが広く利用できるようになり、地球観測衛星データをナビや地図情報と統合する新たな地理空間利用の世界が開けた。スマートフォンで利用できるユビキタスマッピングソフトウェアから、衛星データを利用した作物と土壌の状況に関する情報とGPSの位置情報を統合して農耕用作業車から薬品散布を行う精密農業に至るまで多岐にわたる。

本書で取り上げた利用事例の多様性が示す通り、過去20年間で多種多様な地球観測衛星ミッションにより、幅広いユーザーやその用途に向けたデータを収集することができるようになった。

2015年ネパールで発生した地震に関するALOS-2観測データによる地殻変動解析
Analysis by GSI from ALOS-2 raw data of JAXA



About CEOS 03

Chapter 1 Earth Observation Data Policy

地球観測データポリシー

データへのアクセス、価格設定、データに係る権利等、地球観測衛星のデータ管理については一般的にデータポリシーによって規定される。データポリシーは、条約や原則に基づく法的アプローチ、知的財産権またはセキュリティの問題に関連する国あるいは国際間の法令、無償の公開データがもたらす産業の発展、社会経済的利益、官民パートナーシップの最適な選択、価格設定政策など、事業者とユーザーの多種多様な利害のバランスで設定される。

各国の政策

世界の主要な民間地球観測衛星は、国連のリモートセンシング原則に従いつつ、ライセンスや契約上の合意を通じ、商業化を促進している。法律規定に基づき保護されるデータに係る権利としては、著作権、データベース保護、機密条項または再配布禁止条項の他、暗号化や機密保持などが挙げられる。データ保護では、データ販売を通じたコスト回収が意図されている。他方、オープン・データ利用では、納税者の投資を還元するために、パブリックインフォメーションを広く利用可能とする意図がある。活動の性質、特にその商業化に対する姿勢の違いにより、各国が採用する政策や実践は国によって異なる。

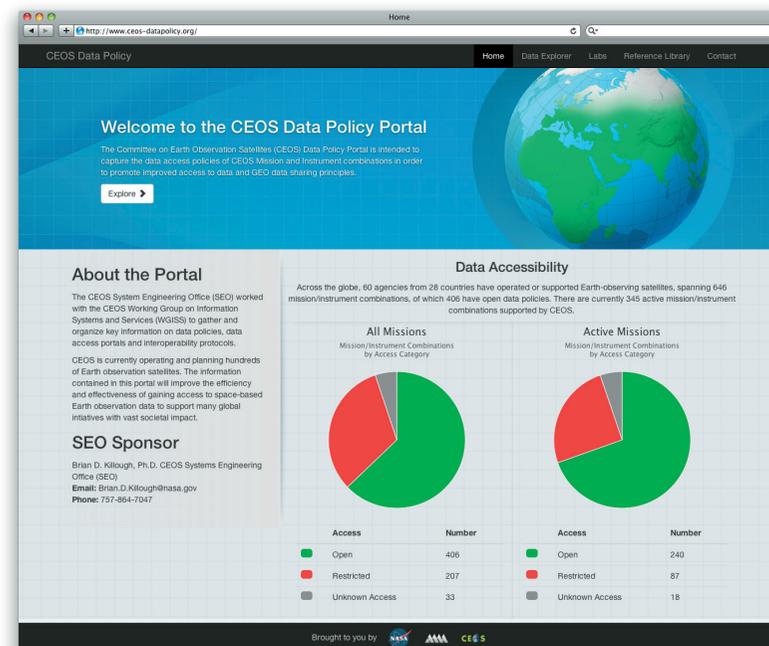
オープン・データ

データポリシーの国際調整に関する最近の大きな出来事として、GEOSSデータ共有原則の採択、米国のLandsat、欧州のSentinelのオープン・データ政策が挙げられるが、いずれもオープン・データに向かう大きなうねりの一部である。GEOSS10年実施計画は、GEOSSのビジョンと社会利益を達成するためのデータ共有の重要性をはっきりと認め、「地球観測の社会利益は、データ共有なくして実現しえない」と述べている。

将来

理想から言えば、データポリシーは、社会経済的ニーズ、民間市場の発展、セキュリティ上の懸念、さらには技術的変革を考慮に入れながら、様々な利害のバランスを最適化することが望ましい。GEOSSのような公共のグローバル・データ・インフラは、クリエイティブ・コモンズやサイエンス・コモンズ、オープン・データ・コモンズなどを背景に、グーグルのような民間IT企業との協業によって商用データへのアクセスにも活用が期待される。

GEOやCEOSをはじめとするグローバルな地球観測コミュニティは、オープン・データ、デジタル時代の知的財産、及び、いわゆるビッグデータの活用等、新たに生まれつつある世界的なデータ・トレンドを敏感に察知し、地球観測分野においても適応、主導することが望まれる。



CEOS Data Policy Portal
http://www.ceos-datapolicy.org/

About CEOS 04

国際協力枠組み

持続可能な開発や防災リスク管理などの世界的、地域的課題の解決のためには、全球、地域、地方のそれぞれのレイヤーでのデータを包括的かつ継続的に入手する必要がある。衛星はこのような多様なレイヤーのデータを提供できるが、一国のみですべてのデータを提供するのは困難である。そのため、CEOSに世界中から関係機関が参加し課題を克服するべく国際協力活動を実施している。100機以上の衛星と300を超える観測機器の利用についてCEOSを通じての調整が行われ、地球の変化に対する包括的な理解を深めようとしている。

CEOSは、衛星ミッションやデータプロダクト、サービス、政策等の国際間での調整を行い、検証と優先付けが行われた要求を満足するデータの充足を図っている。このためCEOSは主要なステークホルダーとの協議のほか、戦略的レベルから技術的レベルに至るまで、あらゆるレベルで主要な機関との調整と協力を行っている。また、宇宙機関とそのパートナーが、ミッションの重複を避けるとともに衛星への投資効果を最大限に高めるためプログラムを調整している。

衛星データに対する要求は、主要なユーザーグループとCEOSとの調整により特定される。ステークホルダーは、各国の政府やGEO、国連の条約やプログラムに参加するUNFCCC、国連国際防災戦略事務局 (UNISDR)、国連砂漠化対処条約 (UNCCD) 及び生物多様性条約 (CBD) 等が含まれる。

GEO: 衛星データを社会的利益をもたらす情報とサービスに転換

CEOSは、設立から10年以上が経過したGEOへの参画を維持、強化する姿勢を保ち「GEO戦略計画 – 2016-2025年、GEOSSの実施 –」に沿って、GEOの調整能力の強化を図っている。これによって、信頼できる、明確に優先付けられたユーザー・ニーズ、データ要求及び必須変数の定義が促進されるからである。CEOSは、国連食糧農業機関 (FAO) との間で構築した密接な関係を活用し、農林業関連の重要なGEOイニシアチブなど、様々なGEOの活動を引き続き支援していく。

衛星データによる気候監視

各国政府及び国際機関は一丸となって、全球規模の気候変動という課題に取り組んでいる。2005年には、UNFCCCがGCOSに対し実施計画の策定を要請し、地球観測に携わる宇宙機関を有する締約国に対しては、実施計画で出された提言に協力するよう呼びかけた。CEOSはCGMSとともに、気候に関する宇宙機関の活動を調整し、ECVの観測を通じて宇宙からの地球観測ニーズへの対応を図っている。CEOSは、2015年末にパリで開催される第21回UNFCCC締約国会議 (COP) 後の気候変動適応・緩和措置のための衛星観測データの提供において、さらに大きな役割を果たそうとしている。



About CEOS 05

最新技術による将来の可能性

最新技術やサービスは、地球観測衛星データによる様々な分野での社会課題の解決に向けた新たな機会や可能性を示している。

デュアル・ユース

デュアル・ユースとは、一つの衛星を民生用と軍用の両方に利用できる可能性を示すものである。センサの分解能が高まり、非軍事目的のデータ開示に関する規制が緩和される中で、デュアル・ユースとみなされる衛星を保有する国が増えてきている。米国では、DigitalGlobe社とGeoEye社という商用データ事業者2社が2013年に合併したが、引き続き米国国務省との長期契約を結んでいる。欧州でも、イタリアのCOSMO-SkyMedレーダ衛星コンステレーションや、フランスのPléiades高分解能光学衛星コンステレーションなど、軍事と民間が協力し、共通の予算でデュアル・ユースのシステムを実現するケースが見られる。大口の軍事顧客により売上が安定することで、通常であれば実現不可能な民生利用の能力開発も促している。

ビッグデータ

ウィキペディアはビッグデータを「市販されているデータベース管理ツールや従来のデータ処理アプリケーションで処理することが困難なほど巨大で複雑なデータ集合の集積物」と定義している。宇宙機関は、衛星地球観測に政府と産業の多くのセクターを支援する情報源としてのポテンシャルがあると確信しているが、データの潜在的ユーザーが抱える主要な課題への取り組みが十分にできていないことも認めている。衛星データを利用するためには、専門的かつ高度な技術とスキルが必要となるが、ほとんどのユーザーは、データから必要な情報を抽出するために必要な予算や技術を持っていない。CEOS参加機関は、このようなスキルを専門としているため、宇宙機関は衛星データを「即時解析可能」なレベルで用意し「ビッグデータ」の裏で様々な技術やイニシアチブを活用して迅速な解析とデータマイニングを可能にすることで科学の発展に大きな貢献ができる。

「即時解析可能なデータ」とは、前処理を施してあるデータを意味する。ユーザーは観測機器、衛星、軌道の違いによって生ずるばらつきを補正に時間をかける必要がなくなり、解析と情報抽出に集中することができる。より高い分解能で継続的に全球をカバーする新世代型センサから無償で供給されるデータの量が爆発的に増え、最新の高性能情報通信技術インフラがこれらデータを十分に活用できるポテンシャルを備えるようになったことで、新たな機会が生まれている。

2016年にCEOS議長となるオーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) は、次世代地球観測データシステムアーキテクチャに関する課題のほか、新しいアプローチ – CEOSデータキューブや、商用クラウド上のデータ保存・処理サービス等 – によって生まれる機会の検討を次期CEOS議長イニシアチブとして提案しようとしている。

小型衛星

複数の小型衛星からなるコンステレーション (多数の人工衛星で形成するシステム) は、従来の衛星よりも迅速かつ安価に開発できるため最新の地上技術を導入でき、高い頻度で繰り返し観測を行えるというメリットがある。このメリットを活かしたサービスやアプリケーションを提供するために、Skybox Imaging社やPlanet Labs社などの小型衛星のコンステレーションに特化する企業も出てきた。



小型衛星

Chapter 2

地球観測衛星データの利用事例

海氷監視による船舶航行経路の安全確保

カナダの輸送重点地域における地盤災害リスク監視

感染症の早期警報(全球リスクマップ)

カナダにおける感染症のリスク評価

越境パイプラインルートの計画

オーストラリアにおける炭素統計

農作物収量予測の改善

食糧安全保障と持続可能な農業に向けた地球観測衛星の活用

北米における干ばつ監視の強化

アマゾンの熱帯雨林における違法伐採の防止

養殖業を赤潮から守る



海運



災害



公衆衛生



資源・エネルギー



気候変動



農業



森林



環境

Chapter 2

Analysis of Data Applications Articles

APPLICATIONS

データ利用事例分析

本書では、CEOS参加機関から収集した約50件の地球観測衛星データ利用事例のうち優れた11件に絞って紹介する(フルレポートには全事例を掲載)。本書、およびフルレポートで紹介する事例は地球観測衛星データの利用事例を全て網羅することはできないが、地球観測衛星が発展を続けていることが示されている。全事例に関する分析を紹介する。

バリューチェーン: 本書で示された衛星観測からエンドユーザーによるデータ利用のバリューチェーンは、モデル化やマッピング、予測などの最先端な処理方法だけでなく、複数の衛星および様々な地上観測のデータにより、社会利益となる製品やサービスへ多大な付加価値がもたらされていることを示している。さらにエンドユーザーが明確に定まると、サービス提供者がエンドユーザーとデータ利用の詳細を理解することで、エンドユーザーの要求に合わせて成果や利益を提供できることがわかった。

公共利用 vs 商業利用: 本書やフルレポートで紹介するデータ利用事例の大半が、公共利用の事例である。商業利用も確実に増えてきている一方で、公共利用の事例は、CEOSの宇宙機関らによって提供されたデータの利用が多数を占めていると言える。公共利用におけるエンドユーザーの多くは、省庁、政府機関、地方自治体である。例えば、国の気象サービスセンター、沿岸警備、海氷監視センターといった機関は、一貫的な製品やサービスとして処理された大容量でリアルタイムに近いデータを要求している。

データ統合: 複数の地球観測衛星から得られたデータが、地上観測データや科学的モデルと統合される応用例が増えている。例えば、GEO全球農業監視イニシアチブ(GEOGLAM)による主要作物の観察には、Aqua、Terra両衛星の中分解能撮像分光放射計(MODIS)、Landsat-7/8、RADARSAT-2、Sentinel-1、ALOS-2等のミッションからのデータ、気象・土壌データ、および、作物生育モデルからのアウトプットが必要となる。欧州のSentinelミッションが登場したことで、多様な測定装置からの大量のデータを統合し、新しく、またイノベーション性に富むデータ利用法を開拓できる可能性が広がった。

リスクアセスメント: リスクアセスメント目的での地球観測衛星データ利用は拡大しており、自然災害や農業、公衆衛生に関するシナリオ評価にも、観測データが用いられている。例えば、合成開口レーダ(SAR)を利用してプロットされ定量化された過去の火山噴火による堆積物の情報がハザードマップの作成に用いられている事例、TRMM、Aquaその他の衛星から得られた環境条件に関するデータを用いて、生物媒介の疾患のリスクマップを作成している事例等があげられた。

国内環境統計/インフラ活用: 地球観測衛星データが簡便、自由かつオープンに入手できるようになり、情報通信技術(ICT)の進化と相まって、ユーザーはこれまでより遥かに多くのデータを収集、処理できるようになった。大規模な事例としてオーストラリアはLandsatのデータを活用し、全国規模で水と炭素資源の監視と管理を行っているほか、セルビアではSPOTのデータを利用し、全国規模の土地被覆マップを作成している。

ダウンストリームサービス: Collecte Localisation Satellite社(CLS)は、欧州域内の様々な用途向けに総合的な海洋サービスを提供している。このようなダウンストリームサービスの開発・提供が欧州で進んでいる。

新しい地球観測衛星の能力: これまで10年間に、次に示すような利用に影響を与える重要な地球観測衛星技術のイノベーションがあった。

—干渉SARを用いた地表変形の監視による、地震や火山活動により生じた地殻変動の検出。

—高感度重力測定装置を用いた地下水の監視。

—温室効果ガス(GHG)の監視により、CO₂の地上観測の空白部分が埋められた。国際協力の結果、誤差0.5%というかつてない観測精度が達成され、GHGの動態と人間の活動との関係に関する新たな理解が得られた。地球観測衛星の極めて幅広い技術と機能が今日の社会では実用化されている。



出典：海水情報センター

Chapter 2: Transport

海水監視による船舶航行経路の安全確保

流氷が存在する海域で船舶の安全かつ経済的な航行経路を確保するためには、海水の状況変化を継続的かつ頻りに監視する必要がある。レーダ画像を提供する地球観測衛星は、昼夜及び気象条件を問わず、広大な海域を継続的に監視する効果的かつ効率的なソリューションを提供する能力がある。



Value Chain



Benefit

船舶の安全航行

社会課題 Problem

流氷と冰山は、海象や気象の変化による影響を受け、ダイナミックな自然の姿を明らかにする。海運の安全と効率を高めながら、海洋を保護するためには、海水域に関する体系的で高頻度、かつ、信頼できる情報が欠かせない。

海水の観測には、地上観測や航空機による観測を用いることもできるが、広大な面積をカバーする場合は経済的でもなければ実用的でもない。しかも、氷が最も多くなる冬季には、天候条件と日照条件が悪くなるため、観測が妨げられる。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

現在、各国当局の多くが衛星搭載の合成開口レーダ(SAR)を利用し、船舶の航行状況、海面状態および環境汚染に加え海水を監視している。衛星に搭載されたSARには、時間帯や雲の有無にかかわらず、一貫して、定期的に、広大な面積をカバーできるという具体的な利点がある。本稿では、衛星搭載SARの海水監視への利用を示す3つの事例を紹介する。

1. ALOS-2による海水監視(日本)

1970年、択捉島の単冠湾で流氷による大きな海難事故が発生した。この事故をきっかけに海上保安庁(JCG)の下に海水情報センター(IIC Japan)が設置された。海水情報センターは冬季の間、海水速報を配信している。北海道周辺海域における海水の分布を示すこの速報は、漁船や商船、旅客船を含む船舶の安全航行に活用され、効果を上げている。海水情報センターは宇宙航空研究開発機構(JAXA)との協力により、ALOS-2のSARデータを用いて、その日の天候に関係なく、正確な海水速報を作成している。ALOS-2は入射角の範囲が広いこと、オホーツク海中心部付近の観測範囲を大きく改善した。

2. Sentinel-1による海水監視(欧州)

欧州のコペルニクス計画は、環境をより良く管理し、気候変動による影響の緩和に貢献し、人命を守るために重要な観測データと情報を提供している。コペルニクス計画によるサービスの1つ「コペルニクス海洋環境監視サービス(CMEMS)」は、その他の製品とともに、海水に関する実用的な予測情報を提供し、北極海域における航路の決定と捜索・救助活動を支援している。この海域では、コペルニクス Sentinel-1Aの広い観測幅により、極めて頻度の高い観測(現時点で緯度に応じ、1日1回から2~3日に1回)が可能になっているが、これと対をなす Sentinel-1Bが軌道に乗り、運用が本格化した際には、全域で1日1回の観測を行うことが目標とされている。衛星観測データは取得から3時間以内に、CMEMSのオペレーターに送信され、これに基づき、毎日の海水速報や冰山密度のマップ、さらには海水の漂流と変形を示すマップが作成される。デンマーク気象研究所が運営する解析の拠点では、グリーンランド周辺の広範な海域に関する海水マップが作成されている。これらのマップは各地の当局や海運会社、漁業関係者および狩猟関係者により、厳しい海洋環境下での安全な操業を確保するために利用されている。毎年、延べ15万件を超える海水速報と20万件を超える関連衛星画像がダウンロードされているが、Sentinel-1Aのデータが入手できるようになってから、この数は増大を続けている。

3. TerraSAR-Xによる海水監視(欧州)

ドイツ航空宇宙センター(DLR)とAirbus DS社は共同で、TerraSAR-Xによる船舶検出、海上風、海況情報、石油流出と冰山検出のための準リアルタイム処理システムを開発した。他衛星のCバンドSAR広域モードで広い範囲の海水情報を収集し、TerraSAR-Xの画像からより細かい部分を補完する。複数の高分解能センサを相乗効果的に利用することで、1機の衛星による観測能力の制限にとらわれることなく、状況認識が改善されている。衛星データ受信施設の受信範囲では、画像とともに、海水の自動検出製品が観測から30分以内に入手できる。その後のオペレーターによる品質保証作業により、製品の信頼性が確保されるとともに、船舶自動識別装置(AIS)との照合により、冰山と船舶の識別も可能であり、船舶の安全航行に役立っている。海上風と海況情報に関する製品は、気象局に送信され、高分解能海岸モデルの検証に用いられる。

More Information

- ALOS-2による海水監視(日本)
高橋陪夫, JAXA
Email: takahashi.masuo@jaxa.jp
 - Sentinel-1による海水監視(欧州)
コペルニクス Sentinel衛星:
<https://sentinels.copernicus.eu>
コペルニクス海洋環境監視サービス:
<http://marine.copernicus.eu>
 - TerraSAR-Xによる海水監視(欧州)
Susanne Lehner, German Aerospace Center
Email: Susanne.Lehner@dlr.de
- Oliver Lang, Airbus Defence and Space
Email: oliver.ol.lang@airbus.com
www.geo-airbusds.com



アルバータ州(カナダ)。地滑りが多く、土壌が不安定。出典: AGS/NRCAN

Chapter 2: Disaster

カナダの輸送重点地域における地盤災害リスク監視

カナダの輸送及びエネルギーの重点経路における干渉SAR(InSAR)による地盤変化のモニタリングの適用を実証した。この手法によりRADARSAT-1やRADARSAT-2が、カナダにおける地盤沈下等の地盤災害の評価能力を改善し被害を軽減できる可能性が示された。



Value Chain



社会課題 Problem

地盤災害は、カナダの生活の質(QOL)と経済にとって大きなリスクとなっている。本稿では、鉱山の町フランクの一部を飲み込み80人以上の死者を出したカナダで過去最悪の地滑り事故である1903年フランク地滑りの現場クロウズネスト峠、谷の斜面が不安定なために高速道路と西側の橋台が再三にわたり影響を受け、保守費用がかさんでいるリトルスモーキーリバー橋など3か所での利用事例を取り上げる。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

カナダ宇宙庁(CSA)はカナダリモートセンシングセンター(CCRS)と連携し、InSAR技術によって、カナダ西部3地域における地盤災害のマッピングと、その災害の特徴を明らかにするプロジェクトに取り組んでいる。InSARとは、衛星搭載のレーダの干渉画像を用いて地表の変化を抽出し、地盤沈下や地殻の活動、火山噴火などの地殻変動を検知、測定および監視する測地手法である。プロジェクトの目的は、(1)輸送・エネルギーの重点経路沿いにある活発な地滑り区域と、カナダの主な地震多発区域のInSARによるプロダクトを作成すること、及び、(2)カナダの主な地盤災害多発地域のInSAR画像のアーカイブを作成することである。

1) アルバータ州南西部のクロウズネスト峠はフランク地滑りの現場(図1)であると同時に、重要な通商路である。現代のインフラと都市は、廃坑となった地下炭鉱の上に築かれている。InSAR技術により、この廃坑部分の地盤沈下をマッピングした。2004年秋から2006年夏のRADARSAT-1のデータから、廃坑上で変動を示す場所が数千ヶ所特定され、地表面の変動の速度とパターンを示すマップを作成した。

2) リトルスモーキーリバー橋と進入路は1957年に完成したが、谷の斜面が不安定なために、高速道路と西側の橋台が再三にわたり影響を受け、保守費用がかさんでいる。アルバータ州運輸省(AT)は、谷の斜面に関するデータがほとんど無いなかで重要な政策決定を下さねばならなかったため、InSARの利用は有力な選択肢と考えられた。RADARSAT-1が受信するシグナルを増幅させるために地上にコーナリフレクタが設置され、2008年11月までに各リフレクターにつき28の測定値を得た。取得データはCCRSが処理した後、ATに提供され、高速道路周辺の地滑りリスク管理に関する政策決定を行う上での参考として用いられている。

3) ピースリバーは、アルバータ州北西部にあるピース川の氾濫原と谷の斜面に沿って広がる町である。2006年に、町と周辺部における大規模な地滑りの範囲、速度および状況を把握し、高速道路やガスのパイプライン網、都市インフラへの影響を評価するための調査が開始された。過去の地表の動きの速さと範囲に関する理解を深めるため、InSAR調査によって1992年から2006年までの変動トレンドを把握し、同期間における従来の測定機器による測定結果と比較することになっている。InSARの観測結果は、災害分析の重要な要素になるとともに、被害軽減と将来的な土地利用計画に関する政策決定の参考情報としても活用される見込みである。

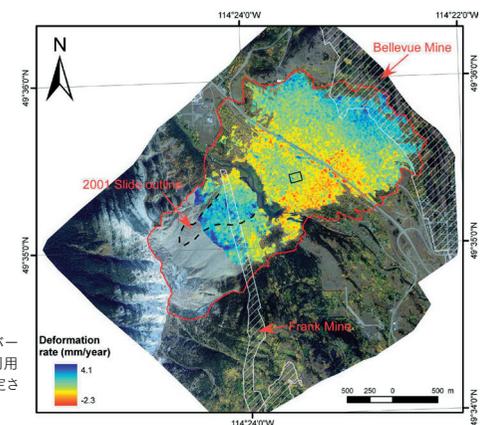


図1: クロウズネスト峠。フランク地滑りの事故現場となったタートル山の不安定な傾斜について、アルバータ州地質調査所(AGS)が行った調査では、廃坑上部の地盤沈下のマッピングにInSARの技術が利用された。2004年秋から2006年夏のRADARSAT-1データから、廃坑上で干渉する場所が数千ヶ所特定され、変動の速度とパターンを示すマップが作成された。出典: NRCAN

User's VOICE

山の斜面で起こる岩盤崩落を把握する際、地球観測衛星による監視は、人材や設備を危険にさらすことなく、補足情報として有益であると証明された。

Corey Froese, Alberta Energy Regulator

More Information

CSA: www.asc-csa.gc.ca/fra/observation/applications.asp
 カナダ天然資源庁(NRCAN): www.nrcan.gc.ca
 アルバータ州エネルギー監督庁(AER): www.aer.ca
 Guy Aubé, Canadian Space Agency
 Email: guy.aube@asc-csa.gc.ca





出典:WHO/S.Hawkey

Chapter 2: Health

感染症の早期警報(全球リスクマップ)

地球観測衛星データによるウイルス性出血熱のリスクマップは、衛生当局が疾病流行を予測し、疾病対策と予防のための措置を迅速に講じることに役立っている。



Value Chain



Benefit

公衆衛生上の利益

社会課題 Problem

リフトバレー熱、マールブルク出血熱、エボラ出血熱等のウイルス性出血熱は、出血性障害と体温の上昇を伴う。これらは人間に感染するだけでなく、特に家畜を死亡させることが多い。昆虫やコウモリが感染媒体であるが、年ごとの気候の変化や生態系の力学も、疾病発生の空間的・時間的要因に影響する。例えば、大雨が降れば、リフトバレー熱のウイルスを運ぶ蚊が大量発生する温床が生まれかねない。感染症の対策を講じるためには、このような環境や生態系の情報の取得が課題となっている。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

地球観測衛星は、地表の温度、降水量、植生その他、疾病の宿主と媒介生物に関連する環境パラメータに関するデータを収集している。アメリカ航空宇宙局(NASA)は、これらデータと過去の疾病発生記録との相関関係を分析した。TRMM, Aqua及びその他の衛星から得た環境条件に関するデータを利用すれば、所定の時期と場所における疾病の流行に関連する環境パターンの確率を、リスクマップとして示すことができる。

2012年から2週間に1度の頻度で作成されているNASAのリスクマップは、世界保健機関(WHO)と各国の衛生当局に対し、最大で9週間前に、ウイルス性出血熱に関連する感染症の流行を警告している。このようなリードタイムは、疾病対策・予防活動のタイムリーな展開を容易にする。例えば、感染国の公衆衛生当局は疾病が発生する前に、感染リスク軽減のための啓発キャンペーンなど、WHOが指示する対策を講じることができる。また、WHOは各国の機関と連携して、早期警報を发出し、国際的な渡航指針を提供できる。

2012年7月、リスクマップはアフリカの一部でリフトバレー熱流行のリスクがあることを示しており、また、リスクが比較的高くなる条件が、夏の間マリからモーリタニアへと西に動くことも示していた。初めて感染者が見つかったのは9月半ばのことであり、モーリタニア保健省は10月上旬、疾病の発生を宣言した。

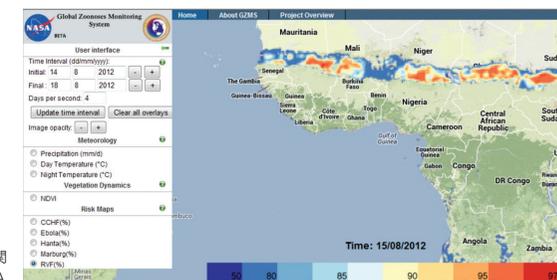
また、リスクマップによって可能になる早期警報は、家畜の管理にも役立つ。獣医学当局は、家畜の予防接種や、媒介生物の温床に対する幼虫駆除剤の散布など、国連食糧農業機関(FAO)が提言する戦略に各種リソースを配分できるからである。

プロジェクトチームは2012年、その他の地域と疾病にも疫学モデルの適用を拡大した。そして、ウクライナのハンタウイルスや、トルコのクリミア・コンゴ出血熱についても、現場のデータを用いた評価を行った。どちらのケースにおいても、プロジェクトでは気温、降水量および植生の値と関連づけて、媒介生物(それぞれ齧歯動物とダニ)の動きをモデル化した。

NASAは米国国防省(DoD)の保健担当者とも連携し、国防省のグローバル新興感染症監視対応システムを活用しながら、新たな感染症流行の恐れに対する事前の啓発活動も行っている。

リスクマップは疾病の流行に対する早期警報を発する新しい機能を備え、特にアフリカのサブサハラのような地域において、最初の症例が現れる前の事前対策を可能にしている。WHO、FAO及び各国の保健省や農業省は、リスクマップとその他関連する予測情報を使い始めており、疾病の流行による影響への備えと、その軽減に向けて取り組んでいる。

図1: 2012年8月中旬のアフリカにおけるリフトバレー熱リスクマップ。病気の発生に関連した環境要因を元に作成され、赤い地域ほど発生リスクが高い。 ©NASA



User's VOICE

WHOは、既存のモデルを使いながらも、警報発令から疾病発生までの期間をできるだけ長くする予測能力強化に向けた取り組みを支援している。
NASAのリスクマップは、この目標を達成する上で重要な要素だ。

Pierre Formenty, World Health Organization

More Information

リスクマップ
<http://rs4gzm.org/gzm>

Jorge Pinzon, NASA
Email: jorge.e.pinzon@nasa.gov

Lawrence Friedl, NASA
Email: LFriedl@nasa.gov





Chapter 2: Health

カナダにおける感染症のリスク評価

公衆衛生上の重要課題を管理するためには、エビデンスに基づく情報が必要である。しかし、健康を左右する環境要因に関するデータの入手は、対象とする地域が広大な範囲に及ぶため、大きな課題である。地球観測衛星からは自然的あるいは人為的な生態系変化とその影響等、人口あるいは環境因子に関するデータが得られる可能性がある。実際に、地球観測衛星データが疾病の予防と対策に有用であることが実証されている。



Value Chain

衛星／観測機器
RADARSAT-2, Envisat, Landsat-5, Terra/Aqua, AVHRR, SPOT-5, GeoEye-1, WorldView-2

データ提供者
MDA社 / CSA, ESA, USGS, NASA, NOAA, デジタルグローブ社

サービス提供者
PHAC

エンドユーザー
公衆衛生当局、政策決定当局

Benefit

感染症予防

社会課題 Problem

公衆衛生は、新しく発生する様々な疾病や慢性疾患の予防と対策に関し、多くの課題に直面している。公衆衛生上の課題の多くは、人の移動(人口構成の変化、移住および旅行)と環境との絶え間ない相互作用から生じている。人獣共通感染症は、動物と人間の接触を通じて感染する病気であり、鳥インフルエンザ(H5N1、H1N1、H7N9)や新型コロナウイルス(MERS-Cov)、西ナイル・ウイルス、ライム病、エボラウイルス、マラリア等の発生は、深刻な問題となっている。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

次々に発生する疾病や慢性疾患の予防対策には、正確なエビデンスに基づく情報が必要である。人の健康に影響する人口と環境因子にかかわるデータを広域にわたって取得することは困難であるので、この分野では地球観測衛星がもたらす地理空間情報は、公衆衛生に関する因子のモニタリングとリスク評価を改善し、低コストで、迅速かつ一貫した対策や疾病管理に役立つ。

遠隔疫学(tele-epidemiology)は、疫学と宇宙技術を組み合わせた新たな学問領域である。この分野では、気候変動や環境変化との結びつきが強い動物及び人間の疾病分布のモニタリングと評価を行っている。

遠隔疫学は特に、生物が媒介する疾病の発生と再発の調査・監視に役立つ。なぜなら、このような病気には、環境によって個体数や移動が影響を受ける媒介生物を介したウイルスや細菌の感染を伴うからである。疾病の蔓延は、媒介生物生態学の知識を用いて、リスクに関するモデル化やマッピングが可能である。また、地球観測衛星画像の解析により現地調査を実施すべき場所を迅速に特定できるようになった。病原菌を持つ媒介生物の存在の確認や、カナダにおけるライム病の場合のように、積極的な疾病調査の強化に活用できるだろう。

遠隔疫学は最近、細菌で汚染されたカナダの湖沼の調査にも応用されている。カナダ保健省(PHAC)はカナダ宇宙庁(CSA)の政府関連イニシアチブ計画(GRIP)を通じ、レジャー向けの水域に関連する食品媒介病原菌の監視と管理に衛星データが有用であることを検証した。また地球観測衛星に基づく測定は、ケベック州北部のレジャー海岸の平均汚染レベルを評価する統計モデルにも組み込まれている。RADARSAT-2、Envisat/MERIS、Landsat-5、MODIS、AVHRR、SPOT-5、GeoEye-1、Worldview-2等の各種地球観測衛星から得られたデータは、周辺区域の土地利用と環境因子の特徴をよりよく把握するために用いられている。PHACはこのプロジェクトによって、レジャー向け水域の微生物学的な水質(糞便汚染レベルと食品媒介病原菌という点で)に大きく影響する農業活動や都市活動を特定することができた。



図1: 地球観測衛星画像を用いた食品媒介病原菌による水質汚染の追跡
出典: PHAC

User's VOICE

遠隔疫学は、カナダの広大な国土における感染症の発生と蔓延に関する情報を提供してくれる。この情報提供は、効果的な公衆衛生上の対応に関する政策決定の重要なポイントだ。

Matthew W. Gilmour, Public Health Agency of Canada

More Information

PHAC: www.phac-aspc.gc.ca/index-eng.php
CSA: www.asc-csa.gc.ca/fra/observation/applications.asp

Email: stephanie.brazeau@phac-aspc.gc.ca
Email: guy.aube@asc-csa.gc.ca

Public Health Agency of Canada Agence de la santé publique du Canada





©ILF 2014

Chapter 2: Energy

越境パイプラインルート計画

アゼルバイジャンとジョージアを経由する南カスピ海パイプラインの最適ルート計画において、SPOT及びPléiadesの各衛星画像から抽出したデータセットが、莫大な費用を要する地上及び航空機を使用した調査に代わる効果的な資料となった。



Value Chain



Benefit

費用対効率が良く、タイムリーなインフラ計画策定

💡 社会課題 Problem

越境パイプライン敷設の最適ルートを検証するための調査は、多くの時間と費用を要する。地盤調査には膨大な時間と資金が必要であり、パイプラインが長くなればなるほど、調査期間も長くなる。また、航空写真を撮影する場合にも、ルート上にある各国政府による許可が必要である。衛星画像の利用はこのような場合の最適な手法であり、遠く離れた国境地帯における地上あるいは航空機による調査の時間と労力を削減することができる。

💡 ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

ILF Consulting Engineers社は、複合的なインフラ整備プロジェクト等のコンサルタント業務を営んでいる。南カスピ海パイプライン(SCPFX)プロジェクトの際、同社はアゼルバイジャンとジョージアにおけるパイプライン敷設ルートを検証するために、一連の地理情報を必要としていた。

SPOT衛星シリーズは1986年から稼働し、高分解能(20mから1.5mまで)で広範囲をカバーする光学画像を延べ3,000万回以上も撮影している。一方、2機のPléiades衛星コンステレーションは、同じ軌道上を180°間隔で地球を周回している。同じ仕様の2機のPléiades衛星は、最高で分解能50cmの光学データを毎日取得しており、地球上のどの地域でも、観測要求を出して24時間以内に迅速にデータを取得することが可能である。Airbus DS社は運用中の衛星コンステレーションと充実したアーカイブにより、パイプラインの経路に沿って計2,189km²の面積をカバーするデータセットを提供し、迅速性と1m(RMS)という精度の両面において顧客の要求を満たした。

パイプライン経路の予備検討において、SPOT画像から作成された既成データセットであるSPOTMapsとElevation30を利用しルートの迅速な分析と修正を実施した。SPOTMapsは分解能1.5mまたは2.5mで国単位に整備されたナチュラルカラーのモザイク製品で、現在までに110ヶ国以上で利用可能であり、Elevation30は中分解能の3次元モデルで、地表の8,000万km²以上をカバーするものである。



図1: 地勢の特徴を抽出した1/5,000縮尺の3Dベクターマップ ©Airbus DS

さらに、詳細な情報が必要な重点領域について、分解能50cmのオルソ補正画像と、分解能1mのElevation1数値地形モデルを利用した。パイプラインプロジェクトの最終案の策定に役立つよう、地上基準点(GCP)を選定し、面積測定と標高の絶対精度を高めた。ルートの一部については、パイプラインに沿った区域の地勢を示す3Dベクトル地図を、縮尺1:5,000の立体画像の形で作成し利用した。これらのデータは、Pléiadesコンステレーションにより撮影された超高分解能(VHR)立体画像から作成したものである。

User's VOICE

SPOTとPléiadesの製品は、極めて精度の高い地上観測に匹敵する。評価対象面積の80%以上について、すべての製品が要求された仕様を上回り、標高精度はRMSで50cmから60cmとなっている。残りの20%のRMSは1m程度だったが、プロジェクトの仕様内に常に収まっていた。

Georg Schlögl, ILF Consulting

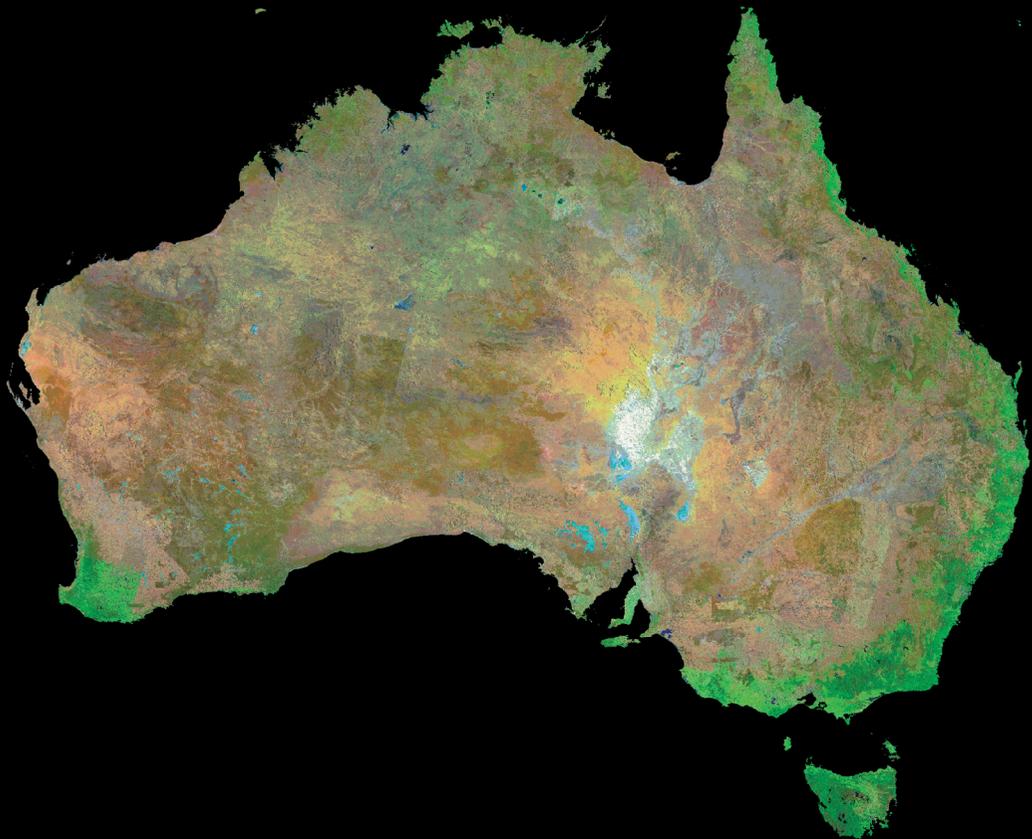


More Information

<http://www.geo-airbusds.com>

Charlotte Gabriel-Robez
Airbus Defence and Space
Email: contact@astrium-geo.com





Landsat-8によるオーストラリア全域の表面反射画像 - 2014年第4四半期
©Commonwealth of Australia (Geoscience Australia), 2015

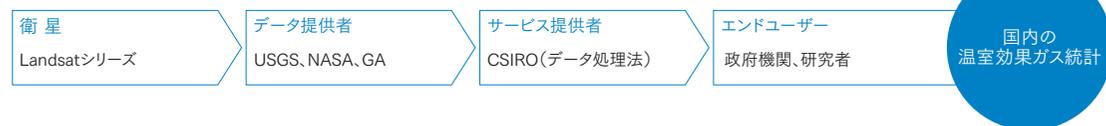
Chapter 2: Climate Change

オーストラリアにおける炭素統計

オーストラリア環境省は、国内の森林及び農業による炭素の吸収排出量を推計するため、Landsat衛星シリーズから取得した土地被覆変化データを用いて、統合型の炭素測定モデル(FullCAM)を開発した。



Value Chain



社会課題 Problem

土地セクターによる温室効果ガスの吸収排出量の推計は、気候変動に関する国連枠組条約(UNFCCC)に基づく国別温室効果ガスインベントリ(NIR)に欠かせない要素であり、ほとんどの国々は2015年から、隔年の最新動向報告の提出を要求される。

オーストラリアの国土は7億6,900万ヘクタール(うち約1億1,000万ヘクタールは森林)と広大であるため、衛星データを抜きに、毎年の土地利用変化の監視を、費用効果的に実施することは困難である。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

オーストラリアは、国内のインベントリシステムの一部として、Landsatの時系列データを用いた土地利用変化の検出を先駆的に実施している。1972年から現在までの時系列Landsatデータから、土地被覆変化をマッピングする処理システムが開発、運用されている。オーストラリアの「土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)」セクターによる温室効果ガス吸収排出量のモデリングのための衛星データの利用については、2015年5月にUNFCCCに提出された最新のNIRに詳しい説明がある。

最新のNIRにおける大きな変更点の1つとして、Landsat-8の表面反射データの利用が挙げられる。このデータは、国内インベントリ土地被覆変化プログラム(LCCP)で用いられたLandsat-5および7のデータと大きく異なっている。これまでの作業内容との整合性と互換性を確実にするため、詳細な技術評価が行われ、従来データと現行データとの間で幾何学的、放射量的な補正が行われた。

幾何学的、放射量的な補正の後、2014年のLandsat-8表面反射データから、森林/非森林の分類(オーストラリアによる「森林」の定義に従った)が行われた。その上で、条件付確率ネットワーク(CPN)分析を行い、時系列における前後の画像を比較検討することにより、各画素の「森林」または「非森林」への分類の信頼性を高めた。

解析の最終段階として、森林被覆の損失が土地利用の恒久的変化によるものか、収穫等の一時的要因によるものかも判定した。この原因別の土地被覆変化データはFullCAMにとって、所定の変化事象による吸収排出量を推計する際の重要なインプットとなっている。

オーストラリア政府は、最新の宇宙技術とイノベーション性に富む算出法を応用することにより、UNFCCCと京都議定書に基づく温室効果ガス測定の報告という国際的な義務の履行を可能にした。衛星データの利用は温室効果ガス測定の透明性と信頼性を高めており、UNFCCCのレビュープロセスで外部専門家による審査も行われている。

衛星データから導出した国内インベントリ情報は、オーストラリア政府排出削減基金(ERF)とカーボン・ファーム・イニシアチブ(CFI)の傘下で進められている国内気候変動プロジェクトをサポートするため、オンラインで公開されている。この情報はまた、学界や非政府組織(NGO)、州政府機関、さらには一般市民によっても、幅広く利用されている。

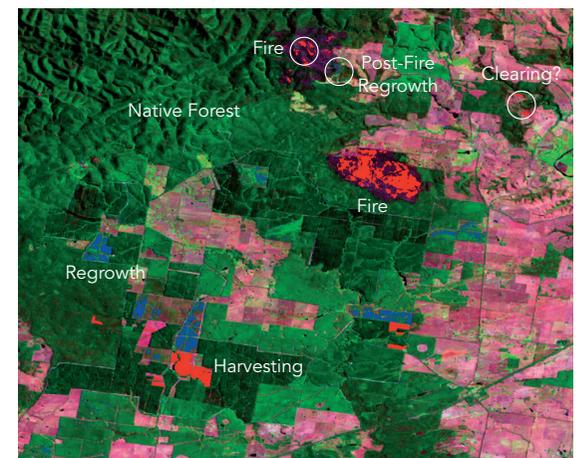


図1: Landsatによる土地被覆変化の検出。森林の再生(青)、収穫(赤)、森林火災(赤)、伐採の可能性(赤)

User's VOICE

宇宙技術により提供されるデータは安定的で信頼でき、土地セクターから正味の排出量を効率よく監視、報告するのに最適だ。多くの国々にとってMRV(測定・報告・検証)システムについて判断を下す際に幅広く適用される適切なモデルである。

Rob Sturgis, IPCC温室効果ガスインベントリタスクフォース(TFI)メンバー

More Information

<http://www.environment.gov.au>

Shanti Reddy
Australian Government Department of the Environment
Email: Shanti.Reddy@environment.gov.au





Chapter 2: Agriculture

農作物収量予測の改善

衛星による作物生育異常の観測は、世界の食糧市場にとって極めて重要な作物生産地域の監視を支援するとともに、備蓄食糧をより正確に評価し、食糧価格の変動幅を縮めることに役立っている。



Value Chain



社会課題 Problem

2012年、北半球では深刻な干ばつによって作物の生育が妨げられた。全世界の小麦輸出の4分の1を占めるユーラシア大陸西部と中部が、広く干ばつに襲われ、トウモロコシと大豆の生産量で世界の3分の1以上を占める米国も、約50年ぶりの最悪な干ばつに見舞われた。作物の成長状況把握が食料安全保障への課題解決につながる。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

国際的な研究者と応用技術の専門家のチームは、アメリカ航空宇宙局(NASA)の支援を受け、衛星観測に基づく作物状況の指標を応用し、重要な作物生産地域の監視、異常事態の特定、及び、収穫の数ヶ月前の生産予測に資する情報提供を行った。

ある波長帯の光は、その他の波長に比べて植生に敏感に反応することが知られている。正規化植生指標(NDVI)は、植生が反射する可視光と近赤外光の差異をもとに計算される、確立された指標である。NDVIは、生き生きとした緑の植生かどうかだけでなく、植物の生理学的活性度を測る尺度の役割も果たしている。

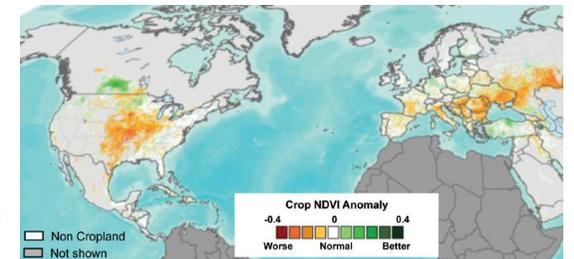
長年にわたって生育期の特定時期にNDVIの評価を行ってきた結果、NDVIの異常を見極めたり、平均値からどれだけ逸脱しているかを判断できるようになった。プロジェクトチームは、NDVIの異常に着目し、ピーク時のNDVIと比較することで、作物が高温や少雨の影響を特に受けやすい生育上の重要な段階を特定した。

プロジェクトでは、TerraとAquaのMODISデータを用いて、北半球における2012年の生育期の観測を行い、主な耕作地域の日々の時系列植生画像を作成した。2000年から2011年のデータから計算した平均的な作物状況と、2012年の同じ日付の作物状況を比較した結果、5月頃からNDVIの異常が生じていることが分かった。2012年5月から9月までの一連の画像は、米国とユーラシア大陸の一部の耕作地で干ばつとその影響が深刻化していることを示していた。

プロジェクトチームの解析により、生育の重要な段階において作物に幅広く被害が生じていることが示され、特に米国のコーンベルトと、ロシア、ウクライナ、カザフスタンの小麦生産地域で顕著であった。事実、これら地域の生産量はすべて平均を下回り、米国では5月から6月のトウモロコシの生産量が約1億トン減少した。2012年のNDVIの異常は、2010年にロシアとカザフスタンで生じた異常に類似していた。2010年の干ばつで、ロシアの穀物生産は30%落ち込み、小麦価格が上昇したことから、政府や市場は同じような大混乱を予測し得た。

このプロジェクトは、地球観測に関する政府間会合(GEO)の全球農業監視イニシアチブ(GEOGLAM)の一環として実施されている。プロジェクトは、正式な国家統計が出る前にできるだけ長いリードタイムをもって、主要生産国における生産量のタイムリーかつ総合的な評価を行おうとするGEOGLAMの取り組みに直結している。このような情報とリードタイムがあれば、市場の価格変動を抑えることに役立つ。プロジェクトはGEOGLAMや国際パートナーと協調し、農業市場情報システム(AMIS)を通じた作物状況見通しと生産予測の普及に向けた取り組みを進展させた。AMISはG20によるイニシアチブであり、食糧市場の透明性を高め、市場の不確実性に対応する政策的措置の調整を促進することを目的としている。

図1: 北半球における2012年8月の作物NDVI異常。2000~2011年における同日の平均的な状況と比較した。茶色の範囲は通常より悪く、緑色の範囲は通常より良い状態を表す。米国、ロシア、ウクライナ、カザフスタンの主要な耕作地域は、かなりの異常と生産への影響が見られる。©NASA



User's VOICE

収量予測の改善により、価格変動を抑え、最終的には全世界でより安定的に食糧が確保できるようになる。それこそ私たち全員が目指すべき目標だ。

Barbara Ryan, GEO事務局長

i

More Information

AMIS: <http://www.amis-outlook.org/home/en/>
GEOGLAM: <http://www.geoglam-crop-monitor.org/>

Chris Justice, University of Maryland
Email: cjustice@umd.edu

Author contact: Brad Doorn, NASA
Email: Bradley.Doorn@nasa.gov





社会課題 Problem

食糧、エネルギー、バイオマテリアル向けの世界のバイオマス需要は、2005年から2050年にかけて倍増すると見られている。その一方で、地球上で農業に適した土地はほとんど開拓し利用している。将来的に需要が増大する食糧を安定的に供給するためには、既存の耕作地の効率を持続可能な形で高め、収量を増大させることが不可欠である。現在の作物管理は農場に密着しており、同じ肥料を時期や品種に関係なく使う傾向にあるため、効率には限界がある。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

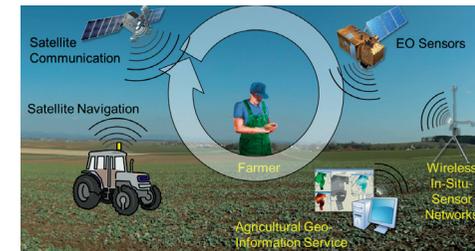


図1: TalkingFieldsの主役は農家。宇宙を利用した技術(主に衛星測位と地球観測)も含め、利用可能なあらゆる技術を駆使して支援が行われる。

TalkingFieldsは、ドイツのVISTA社、PC Agrar社、ルートヴィヒ・マクシミリアン大学ミュンヘンの3つの組織が協同で開発したサービスで、地球観測衛星や測位衛星から送られてきたデータと地上のセンサの情報とを組み合わせ、いつ、どこに、どのようにリソースを割り当てれば最小限の環境影響で、最大限の農業生産を得られるかを分析し、農家の判断を支援するものである。

TalkingFieldsは、Sentinel-2、Landsat、RapidEye、Sentinel-1、TerraSAR-X(将来的にはEnMAP)といった複数の衛星からのデータを利用している。各地の土壌肥沃度と作物の病害リスクをバイオマス分布から算出したり、営農計画の違いによる経済的利益を植物生育モデルを用いて計算する機能も有する。

農家はTalkingFieldsが提供する過去の収穫量と、4週間先までの収量推計を含む収量マップと報告書及び測位衛星からの正確な位置情報により、収量の確保に必要な対策を正確な場所で行うことができる。このサービスによって、農家は播種や施肥、農薬散布をより正確に行い、収穫時期をよりよいタイミングに設定できるようになる。さらに、精度の向上により水や肥料の浪費が減り、生産コストの低下が期待できる。また、肥料単位当たりの収量の増加は、農家だけでなく水資源を管理する官庁等の他のステークホルダーにも利益をもたらし、ビジネス的な成功だけでなく、環境面での改善も期待できる。

複数の衛星を利用することで、観測データを迅速かつ安定的に入手することが可能となり、バイオマスと収量予測に関する最新の情報が提供可能となる。これまでの経験から、雲のない光学衛星画像を1回の収穫期間の間に4回から5回取得できれば良好な結果が期待できると分かった。

2013年からはLandsat-8の陸域イメージャ(OLI)のデータが組み込まれ、生長解析に利用されている。Sentinel-2の利用についても準備が進んでおり、データが入手可能になり次第活用される予定である。さらに将来的にはEnMAPに搭載される画像分光計のスペクトル情報を利用することにより地上での測定が無くてもTalkingFieldsのサービスを大幅に改善できると期待されている。TalkingFieldsは2014年4月に実証フェーズを完了し、現在は商業サービスとして、ウェブサイトwww.talkingfields.deもしくは、PC Agrar社を通じて利用可能である。現時点でユーザーは欧州8か国に広がっており、農業生産の効率化を図っている。なおサービスの開発にあたっては、ESA通信・統合アプリケーション局の統合アプリケーション促進(IAP)プログラムと、DLRのEnMAP専門準備プログラムによる支援が行われた。

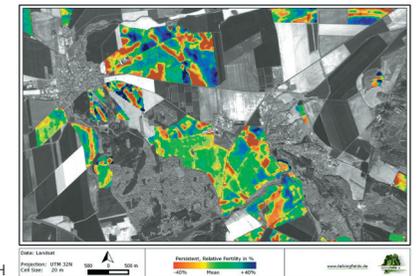


図2: ドイツ東部のある農場向けに作成されたTalkingFieldsのベースマップ ©VISTA GmbH

Chapter 2: Agriculture

食糧安全保障と持続可能な農業に向けた地球観測衛星の活用

衛星による地球観測は、局地的な農作物の状況を把握する最も現実的な方法である。地球観測衛星データを、農業生態学の作物生育・管理モデルと組み合わせれば、営農効率を向上させることができる。



Value Chain



Benefit

収量向上と環境影響の低減を通じた農業生産の最適化

User's VOICE

TalkingFieldsから甜菜の生育の収量推計を提供を受け、非常に正確な収量のモニタリングが、局地的な特定の場所でも可能になった。TalkingFieldsが無ければ、こういったことはできなかった。

Jürgen Schwarzensteiner, 農場経営者

i

More Information

www.talkingfields.de

Dr. Heike Bach, VISTA GmbH
Email: bach@vista-geo.de





©Tim Benson

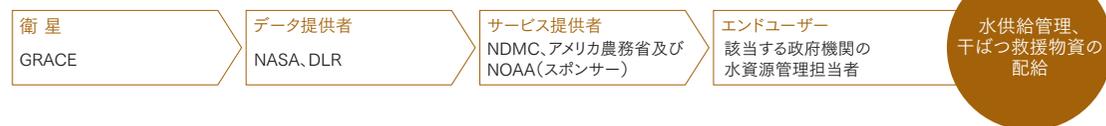
Chapter 2: Agriculture

北米における干ばつ監視の強化

GRACE衛星ミッションから得られる独自の地下水観測データは、米国の干ばつ監視システムを改良している。



Value Chain



社会課題 Problem

GRACEからもたらされる観測データが干ばつ指標に追加される以前、米国の干ばつモニターには、深部土壌水分と地下水貯留に関する情報がなかった。GRACE打ち上げ後、干ばつモニターのマップを毎週作成する当局は、この貴重な情報を用いて、長期にわたる降水や乾燥の影響を測定できるようになった。

干ばつは経済的に大きな影響を及ぼす。例えば、米国農務省(USDA)家畜飼料災害プログラムは、2008年から2011年にかけて、干ばつ関連の家畜損失補填として、4億7,900万ドルを支給した。2011年には、テキサス州の干ばつによる家畜と作物への被害が76億ドルを超えるとともに、干ばつに関連し引き起こされた野火で、さらに大きな損害が生じた。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

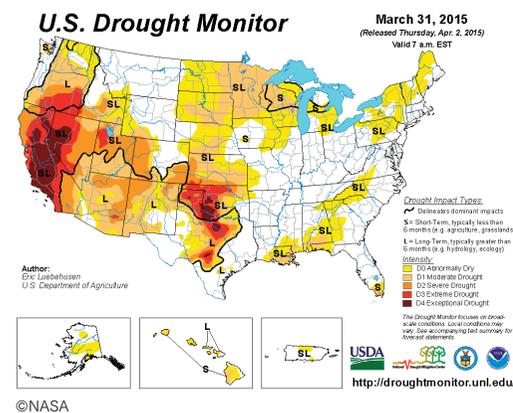
干ばつ軽減センター(NDMC)は、公式の干ばつマップと関連製品を週1回の頻度で作成している。アメリカ航空宇宙局(NASA)の資金提供によるプロジェクトは、GRACEからの地球観測データを用いて、新たな干ばつ指標を開発した。

GRACEは米独共同の衛星ミッションで、上空約450kmの軌道を回る2機の衛星が、地球の重力場におけるほんのわずかな変化も逃さず検出している。観測された変化は、雪や地表水、土壌水分、地下水を含め、地表と地下の両方に貯留された水の総量の変動を測定するために用いられる。これらの水の全容を把握することで、干ばつの深刻度合いをより詳細に区分できるようになった。

プロジェクトチームは、1948年にまで遡る時系列的な土壌水分と地下水の記録を作るため、GRACEのデータを、降水量、気温、太陽放射といった他の観測データや、高分解能の数値モデルと組み合わせた。その上で、この土壌と地下水の記録を用いて、土壌と帯水層の水分を示すマップを毎週作成している。

深部土壌水分と地下水貯留に関するこれら独自の信頼できる指標は現在、NDMCが日常的に作成しているため、干ばつの検証に利用できる既存データが充実してきた。

干ばつ対策計画には、干ばつを監視し、干ばつの影響を把握し、関連するリスクを軽減することが欠かせない。GRACEをベースとするデータは最終的に、米国全土、州、地方および自治体レベルでの長期計画の裏づけとなる可能性がある。災害援助やダム建設、水の配分といった問題に関する決定は、干ばつの正確な評価が重要である。



毎週オンラインで提供される地下水・土壌水分マップは、あらゆるユーザーがアクセスし、それぞれの評価や決定の参考として利用できるため、このプロジェクトによるプロダクトは正規の干ばつ監視を越える利益をもたらす。特に、短期/長期の干ばつに対して個別の対策を検討する資源管理担当者にとって、これらのマップは大いに役立つものとなっている。

2017年に打ち上げ予定のGRACE後継衛星は、これら重要な観測と長期的な記録を継続することになる。将来のGRACE-IIミッションは観測の精度と分解能をさらに向上できよう。

User's VOICE

これらGRACEマップは、政策立案者や政策決定者がこれまで利用できなかった地域レベルと全国レベルの水資源情報を提供してくれる。衛星観測による重力データの斬新な利用と、高度なモデリング手法を組み合わせることで、地下水に関し、地上観測だけでは把握できなかった独自の観点が得られるようになった。

Brian Wardlow, 干ばつ軽減センター

More Information

Matt Rodell, NASA
Email: matthew.rodell@nasa.gov

Author contact:
Lawrence Friedl, NASA
Email: LFriedl@nasa.gov





Chapter 2: Forest

アマゾンの熱帯雨林における 違法伐採の防止

宇宙航空研究開発機構(JAXA)、国際開発機構(JICA)及び一般財団法人リモート・センシング技術センター(RESTEC)は、ALOSのレーダデータを用いて、ブラジルの準リアルタイム森林監視システムで利用されている光学画像の曇天時には監視できないというデメリットを補完するプロジェクトを実施した。



Value Chain



Benefit

熱帯雨林の保全

社会課題 Problem

1970年代以来、ブラジルはアマゾンの熱帯雨林の減少に悩まされている。70年代から80年代においては、大規模な鉱業プロジェクトがアマゾンの森林減少の主な原因であったが、90年代以降は違法伐採が主な原因となっている。ブラジルの委員会報告によると、90年代に行われたアマゾンの森林伐採の内、80%が違法に行われたものであった。また、これまでの森林監視システムでは、光学衛星画像を利用しているため、曇天時には監視できないという課題があった。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

ブラジル国立宇宙研究所(INPE)は2004年、準リアルタイムの森林監視システム(DETER)を立ち上げ、ブラジル環境・再生可能自然資源庁(IBAMA)による監視と森林減少抑制に向けた取り組みを支援している。DETERはMODISのデータを用いて、25ヘクタールを超える区域の森林減少の監視を行っているが、この光学センサでは曇天時に地表を観測できず、ブラジルでは雨季が年間5か月にも及ぶため大きな課題となっていた。雨季の間、伐採者は光学画像のみに依存する衛星監視システムに検知されずに、広大な面積の伐採を行えるからである。

JAXAは、フェーズドレイ方式Lバンド合成開口レーダ(PALSAR)を搭載するALOSを開発し、2006年に打ち上げた。レーダセンサで用いる電磁波は雲の影響を受けないため、曇天時でも地表の監視が可能である。さらに、PALSARが採用している周波数(Lバンド)は、自然的なものであれ人為的なものであれ、森林の変化を検出しやすいため、PALSARは森林減少を監視するうえで最も効果的なツールのひとつとなっている。2007年、IBAMAとJAXAは、PALSARの広域観測データであるScanSARを無償で提供する技術協定を締結した。そして2009年には、森林減少をレーダセンサによって監視するための3ヶ年の能力開発プロジェクトがJICAによって立ち上げられ、RESTEC、IBAMA、ブラジル連邦警察(DPF)が参加した。ScanSAR観測モードは、画像の分解能こそやや低い(100m)ものの、観測幅が350kmと広く、15日ごとにアマゾン全体(520万km²)をカバーできるため、IBAMAやDPFにとって重要な時間分解能が高くなる。その結果、25ヘクタール以上の範囲に起きた森林減少は、容易にかつ極めて短い期間で検出できるようになった。

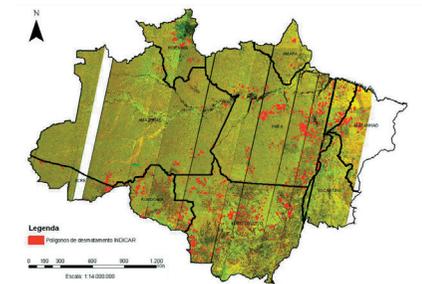


図1: モザイクしたカラー合成画像とポリゴン
©JAXA, METI, 分析: RESTEC

RESTECはまた、IBAMAの職員がより詳細な解析を行うための迅速なカラー合成を行えるソフトウェアも開発した。IBAMAはこのソフトウェアをさらに改良し、PALSARを利用した準リアルタイムの森林監視システム(INDICAR)を開発しているが、これによって4~5ヘクタールを超える面積の森林減少の検出が可能になった。

ALOSは2011年に運用を停止したため、INDICARの運用も停止されているが、JICAは2014年に打ち上げられたALOS-2を利用したプロジェクトの延長を検討中である。

DETERの導入は、2000年代のアマゾン森林減少が減速した主因となっており、DETERを利用した環境モニタリングと罰則の実施により、5年間で5万9,500km²を超えるアマゾンの森林伐採を食い止められたとする分析も見られる。ALOSから信頼できる観測データが高頻度で提供されたことが、この大きな成果に貢献したことは間違いない。

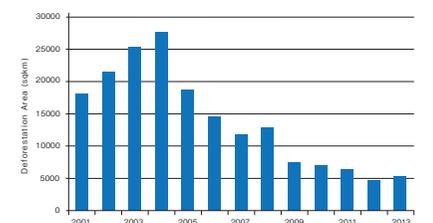


図2: 2001~2013年におけるブラジルアマゾンの年間森林減少率

User's VOICE

このプロジェクトは、雨季におけるアマゾンの森林減少の監視に大きな成果を上げた。このような重要なリモートセンシングデータを提供してくれたJAXA、JICA、RESTECに感謝する。

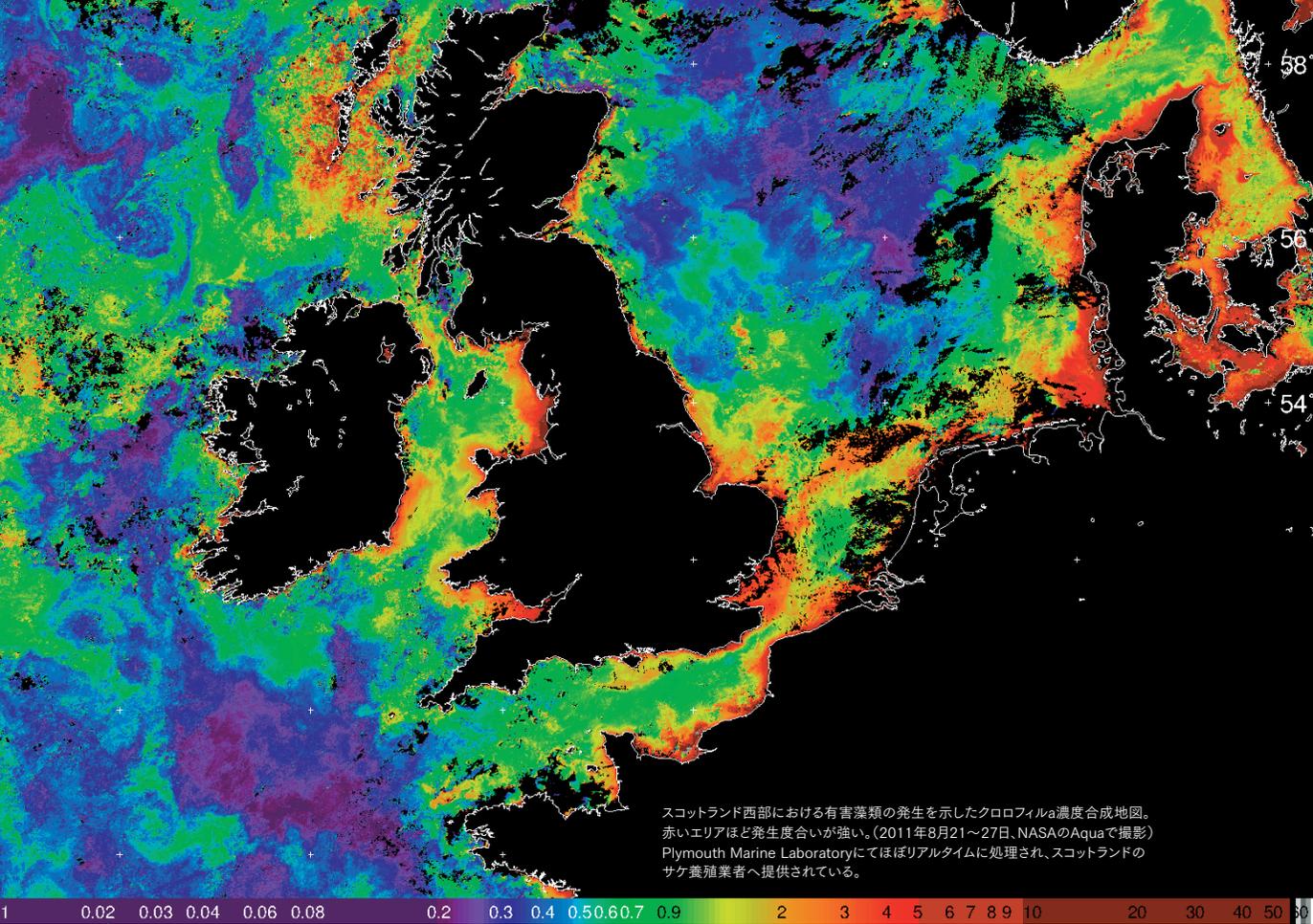
Edson Sano, IBAMA

i

More Information

亀井 雅敏
一般財団法人リモート・センシング技術センター(RESTEC)
Email: kamei@restec.or.jp





スコットランド西部における有害藻類の発生を示したクロロフィルa濃度合成地図。赤いエリアほど発生度合いが強い。(2011年8月21~27日、NASAのAquaで撮影) Plymouth Marine Laboratoryにてほぼリアルタイムに処理され、スコットランドのサケ養殖業者へ提供されている。

Chapter 2: Environment

養殖業を赤潮から守る

スコットランド養殖業界からの資金提供によるプリマス海洋研究所(PML)の有害藻類(HAB)監視は、アメリカ航空宇宙局(NASA)と欧州宇宙機関(ESA)から準リアルタイムで提供される海色データを利用し、一定の有害藻類を無害藻類から判別するという斬新な手法を採用して行われている。有害藻類の早期警報を出すことで、養殖業者は保護対策を講じ、経済的損失を最小限に抑えることができる。AQUA-USERSプロジェクトにおいて、欧州数ヶ国における他のHAB種の監視についても、利用が広がっている。



Value Chain



社会課題 Problem

スコットランドだけでも、養殖業(サケ養殖が主力)は年間6億ポンドの規模を誇っているほか、英国本土での貝類養殖の市場規模も年間3,300万ポンドに上る。ところが、有害藻類は養魚場に突然の大損害をもたらす恐れがある。例えば、シェトランドでは赤潮の発生で50万匹のサケが失われたほか、ノルウェーでも有害藻類の異常発生で350トンのサケが失われた。米国養殖業も有害藻類によって毎年約8,200万ドルの損害を被っているとみられている。また、有害藻類は人間の健康にとっても脅威となりかねない。

ソリューション Satellite Earth Observation Data Application

地球観測衛星による海色データは、準リアルタイムで処理され、スコットランドの養殖業界に速報として提供されている。このサービスでは、一定の有害藻類を無害の藻類から判別するためにPMLで開発された斬新な手法と、水質に関するタイムリーな情報を提供するためのデータ処理システムが用いられている。検出・分類アルゴリズムは、海の表面から反射する光の輝度、吸収および後方散乱を用いて「精度が上がる」一方、信頼できる形で分類できないデータがあった場合、これを「不明」のカテゴリーに入れ、誤認警報は最小限に抑えている。現地観測と比べると、この方法は、特徴的な海色を有するバイオマス度の高い赤潮を発生させる藻類にしか適用できないが、カレニア・ミキモトイ(Karenia mikimotoi)やファエオキスティス(Phaeocystis)科HABのリスク判別について有効性が検証されている(図1を参照)。

欧州委員会(EC)のAQUA-USERSプロジェクトでは、準リアルタイムで有害藻類を判別する能力をさらに改善するために、有害藻類を自動分類するソフトの開発も進められているほか、英国のShellEyeプロジェクトは、貝の養殖場に被害を及ぼす毒素を生み出す藻類にターゲットを絞っている。欧州でのサービスについて、ビジネスチャンスが模索されているところである。

この有害藻類監視サービスは、養殖業界からの資金提供により、数年前から順調に運営されている。エンドユーザーには、スコットランド・サケ生産者組合と、スコットランドの3大養魚会社が挙げられる。その他、潜在的なエンドユーザーには、海上保険業界、英国のCrown Estate、及び、その他諸国の養魚・養殖業者が含まれる。

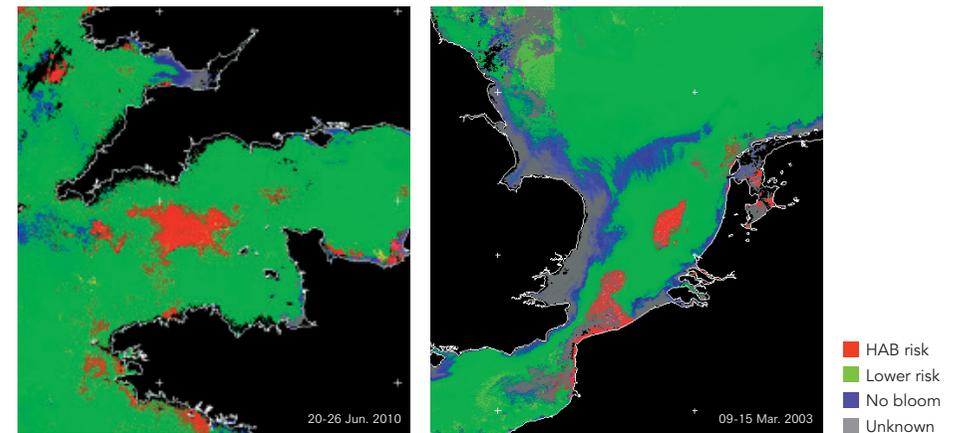


図1: 地球観測衛星画像による海色判別を用いた赤潮リスク・マップ
左図: 2010年夏の英仏海峡西部におけるカレニア・ミキモトイ(Karenia mikimotoi)の異常発生
右図: 2003年春の北海南部におけるファエオキスティス・グロボサ(Phaeocystis globosa)の異常発生 ©PML

User's VOICE

赤潮発生の数日前から養魚場を「警戒態勢」に置くことができるようになった。これによって被害が防げると確信している。
Rachel Hope, Shetland Products Ltd.

状況を把握できなければ安心できない。この情報は必要だ。
Chris Wallace, Marine Harvest (Scotland) Ltd.

More Information

http://www.pml-applications.co.uk/Services/Remote_Sensing

Dr Peter Miller
Plymouth Marine Laboratory
Email: pim@pml.ac.uk

PML Plymouth Marine Laboratory

地球観測データ利用事例集 事例一覧

地域	番号	要旨	
アジア・オセアニア	02	インドネシアの火山泥流リスク評価のための噴火堆積物マッピング : インドネシア火山地質災害防災センターは、火山泥流から人々の安全な避難を可能にするため、ALOSデータを使って噴火堆積物のマッピングと定量化を行った。	
	03	アジアにおける河川流域管理 : アジア開発銀行とJAXAは、衛星技術や情報通信技術をバングラデシュ、フィリピンおよびベトナムの洪水リスク管理に適用し、監視・警報システムを改善した。	
	04	フィリピンにおけるセンチネル・アジアによる防災活動 : JAXAは、フィリピンで「センチネル・アジア」の活動として、リモートセンシングとWeb-GIS技術を用いた災害情報を提供し、災害管理を支援した。	
	05	オーストラリアにおける火災多発地帯の監視 : オーストラリア地球科学機構、オーストラリア地理空間情報機関およびオーストラリア連邦科学産業研究機構は、国内の火災発生地域を監視し、国内防火機関にタイムリーに情報提供している。	
	06	中国における大規模洪水の観測と被災者支援 : 中国政府と地方自治体は、2013年夏に発生した中国北部とロシアの隣接区域で大洪水に関し風雲衛星からの情報に基づき被災者を支援した。	
	07	オーストラリアの鉱物資源探査と環境監視 : オーストラリアの地球科学関係諸機関は、ASTERデータから、鉱物資源マップを作成し、鉱業・鉱物探査会社や、農家や環境管理者向けに資源の調査や環境の監視のため提供している。	
	09	オーストラリア大陸の水資源探索 : オーストラリア地球科学機構は、27年分のLandsatデータを含めた「オーストラリア地球科学データキューブ」を開発し、地表水資源を把握・提供する「宇宙からの水観測」プロダクトを作成・公開している。	
	10	オーストラリア自然環境のための衛星マップの提供 : 地球生態系研究ネットワークは、オーストラリア全土を対象とし、衛星データによる植生などの生物学的特性マップを時系列で国や州、地方自治体に提供している。	
	11	オーストラリアにおける生態系変化の監視 : オーストラリアの各州政府は原生植物法に義務付けられている環境資源、大気、植生などの監視と管理に対し、衛星データの植生関連プロダクトを利用している。	
	12	ベトナムにおける食糧安全保障のための稲作監視 : GEOの全球農業監視イニシアチブによるアジア稲作監視プロジェクトは、ベトナムのメコン川デルタに関して、SARと地上観測による稲作情報を提供している。	
	アメリカ	13	カナダ・リシュリュー川の洪水対策 : カナダ宇宙庁は、アメリカ航空宇宙局(NASA)との協力やCEOSの枠組みで、カナダにおける災害での人命と財産の損失削減に取り組んでいる。
		17	アメリカにおける大気汚染情報 : 米国環境保護庁は、Aura、Aqua、Terra各衛星のデータを大気保全決定支援システムに統合し、保健当局がこれをもとに市民に危険汚染の警報を発している。
18		3次元データによるペルーの鉱物資源探査 : 豪州の鉱業会社は、ALOSによる全世界デジタル3次元地形データを利用して、ペルーの鉱物資源探査の計画段階でのターゲットの絞り込みなどにより効率的な調査を可能とした。	
19		鉱業会社によるチリの銅鉱脈の特定 : 日本の鉱業会社は、ASTERデータを利用し、アンデス山脈における銅鉱プロジェクトの初期段階で、銅の埋蔵可能性がある地域を効率的に特定した。	
20		ブラジルにおける河川や湖沼の水質と水位モニタリング : ブラジル国家水資源庁と開発研究所は、MEG-HIBAMプロジェクトにて、ブラジルの河川や湖沼の水質監視のため、複数の衛星から堆積物やプランクトン濃度の情報を提供している。	
21		北米における野生動物の保全と管理 : NASA等による「生態系・地理空間解析・景観評価システム」は、魚類・野生生物管理担当者が生息地管理と生物種保全に地球観測を利用する手法を拡大している。	
欧州	30	イタリアにおける地震防災 : イタリア防災局、イタリア宇宙庁およびイタリア国立地球物理学・火山研究所は、衛星と地上観測のデータを統合し、現象把握と地震リスク管理を支援している。	

地域	番号	要旨
欧州	31	科学利用のためのフランスによる地盤変動データ基盤 : フランスの「固体地球プロジェクト」は、地盤変動監視として、Sentinelの観測データへのアクセスを促進する地盤変動監視サービスを提案している。
	32	ギリシャ・ケファロニア地震における衛星利用 : イタリア国立地球物理学・火山研究所及びアテネ国立天文台は、2014年にギリシャでの大地震の直後にCOSMO-SkyMedとTerraSAR-X衛星コンステレーションの観測データを提供し、地殻変動の把握と地震災害の検証に貢献した。
	34	南アフリカの鉱山廃棄物の特定 : ドイツ地球科学研究センターは、Landsat-8などのデータを、衛星搭載のハイパースペクトルセンサの画像と組み合わせ、南アフリカにおける鉱山廃棄物の特性解析とマッピングを行った。
	35	衛星を使った欧州のエネルギー効率監視 : Stevenson Astrosat社による解析プログラムThermCERTは、衛星と地上観測のデータを併用し、熱効率投資の質的改善と観測頻度の向上を図っている。
	36	イギリスにおける海洋保護区の特定 : プリマス海洋研究所が衛星データをもとに開発した各種海洋フロントマップは、遠洋の海生動物の個体数と多様性を示す指標として用いられ、英国の海洋保護区に関する費用対効果の高い指針を提供している。
南アフリカ	39	南部アフリカの洪水監視 : CEOS災害作業部会によるパイロット・プロジェクト「洪水ダッシュボード」は、リアルタイムの洪水マップ、洪水リスク予測、降雨量及び水位上昇予測を提供した。
	40	セネガルにおけるリフトバレー熱のリスク : フランス国立宇宙研究センターや関係機関は、アフリカにおける家畜の健康管理改善を目的に、SPOT-5等の衛星を基にした意思決定支援ツールを開発した。
	41	ケニアの茶業保護のための霜被害の監視 : ケニア気象庁、ケニア茶業研究財団及び保険会社は、MODISデータを組み入れたマップを活用し、作物のリスクマネジメントの改善を図っている。
	42	衛星によるセルビアの空間情報基盤の発展 : Airbus DS社は、セルビア測地局と協力し、セルビア共和国の国家空間データ・インフラとリモート・センシングセンターの立ち上げに向けてSPOTによる国土全体の農地地表データを提供した。
	43	GOSATデータによる全球炭素監視 : JAXAのGOSATは2009年以降、二酸化炭素とメタンに関する高性能のスペクトル・データセットを提供している。
	44	EUMETSATの静止衛星システム : 欧州気象衛星開発機構は、Meteosatを開発中であり、静止衛星プログラムの下での観測を2040年頃まで延長する予定である。
全球	45	EUMETSATの極軌道衛星システム : 欧州気象衛星開発機構は、10日先の気象予報と気候監視に不可欠な要素として、正確な全球観測を行う極軌道衛星システムを開発中である。
	47	森林バイオマスの監視ーベトナムとカメルーンの事例 : フランス生物圏宇宙研究センターは、Sentinel-1データによるベトナムの森林減少を監視するプロダクトと、ALOSデータによるカメルーンのサバンナ林のバイオマスを監視するプロダクトを提供している。
	23	衛星による全球のサンゴ礁監視 : NASAは、衛星観測を用いて、サンゴ礁管理決定支援システムを強化している。サンゴ礁や周辺の生態系に与える影響を最小限に抑え、サンゴ礁を保全するための情報を提供している。
	29	海洋分野における遠洋漁業や海底油田のための衛星利用 : フランス国立宇宙研究センターの子会社であるCLS社は、リモートセンシング技術と海洋観測システムを組み合わせ、遠洋漁業の管理や海上の油田・ガス田の運営など、海洋分野で利用できる統合型のプロダクトを構築した。
	48	効率的な利用のための衛星データ提供システム : 英国の地球観測データ取得・解析サービスは、研究者が慣れない衛星データを利用できるよう、各ユーザーの要件に合わせたデータセンターを設計した。
49	環境監視のための全球データセンター : 複数のソースからデータを収集し様々な顧客に実用サービスを提供する環境モニタリング専門センターのグローバルネットワーク「EarthLab」プログラムの紹介。	

本表は、地球観測データ利用事例集フルレポート版の事例一覧となります(本書11事例は除く)。フルレポート(英語版のみ)をご覧になりたい方は、右記よりダウンロードください。

<http://www.ceos.org/dar2015>

地球観測衛星一覽

本書の事例に関連する地球観測衛星の一覽。

種類	衛星名	運用機関	搭載センサ
能動型 マイクロ波 センサ	ALOS	JAXA	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar (PALSAR), Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2 (AVNIR-2), Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping (PRISM)
	---	---	---
	ALOS-2	JAXA	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar type 2 (PALSAR-2), Compact InfraRed Camera (CIRC)
	---	---	---
	RADARSAT-1	CSA	C-band Synthetic Aperture Radar
	---	---	---
	RADARSAT-2	MDA	C-band Synthetic Aperture Radar
	---	---	---
	Sentinel-1	ESA/EC	C-band Synthetic Aperture Radar
	---	---	---
Sentinel-3	EUMETSAT/ESA	Imaging multi-spectral radiometer, SAR radar altimeter, Sea and land surface temperature radiometer	
---	---	---	---
TanDEM-X	DLR	X-band Synthetic Aperture Radar	
---	---	---	---
TerraSAR-X	DLR	X-band Synthetic Aperture Radar	
---	---	---	---
SRTM	NASA	C-band Synthetic Aperture Radar	
光学	GeoEye-1	DigitalGlobe	Panchromatic, Multispectral
	---	---	---
	WorldView-2	DigitalGlobe	8 spectral bands
	---	---	---
	SPOT-5	CNES	Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite (DORIS), High Resolution Stereoscope (HRS), High Resolution Optical Imager
	---	---	---
	Pleiades	CNES/Airbus DS	High-Resolution Imager
	---	---	---
Landsat-5	USGS/NASA	Thematic Mapper, Multispectral Scanner	
---	---	---	
Landsat-7	USGS/NASA	Enhanced Thematic Mapper Plus	
---	---	---	
Landsat-8	USGS/NASA	Operational Land Imager, Thermal Infrared Sensor	
---	---	---	
Sentinel-2	ESA/EC	Multispectral Imager	
受動型 マイクロ波 センサ	Aqua/ MODIS	NASA	Atmospheric Infrared Sounder, Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS (AMSR-E), Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A), Cloud and the Earth's Radiant Energy System (CERES), Humidity Sounder for Brazil, High Resolution Dynamics Limb Sounder (HIRDLS), MODerate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).
	---	---	---
	Terra/ MODIS	NASA	Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), Cloud and the Earth's Radiant Energy System (CERES), Multi-angle Imaging Spectro Radiometer, MODerate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), Measurements Of Pollution In The Troposphere (MOPITT)
その他	TRMM	NASA/JAXA	Cloud and the Earth's Radiant Energy System (CERES), Lightning Imaging Sensor (LIS), Precipitation Radar (PR), TRMM Microwave Imager, Visible Infrared Scanner (VIRS)
	---	---	---
	ENVISAT	ESA	Advanced Along-Track Scanning Radiometer (AATSR), Advanced C-band Synthetic Aperture Radar (ASAR), Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars (GOMOS), Medium-Resolution Imaging Spectrometer (MERIS), Michelson Interferometric Passive Atmospherere Sounder (MIPAS), Microwave Radiometer (MWR), Radar Altimeter-2 (RS-2), Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography (SCIAMACHY)
---	---	---	---
GRACE	NASA/DLR	K-band Ranging System, Satellite Global Positioning System (GPS)	

CEOS(地球観測衛星委員会):

CEOSは、地球観測衛星計画の国際調整を行う宇宙機関による枠組みです。各国が計画する地球観測衛星ミッションを調整し、データ共有を促進、また観測データが社会課題の解決につながるよう、データ利用者と連携しています。1984年にG7サミットの下に設立。宇宙機関31機関、データ利用機関24機関が参加。(2015年、10月末時点)

<http://www.ceos.org>

JAXA(宇宙航空研究開発機構):

JAXAは、宇宙航空分野の基礎研究から開発・利用に至るまで一貫して行う機関です。第一宇宙技術部門は、衛星システムの開発や、宇宙利用として地球環境観測・災害監視への取り組みや通信、測位技術の発展による豊かな暮らしの実現を目指しています。

<http://www.jaxa.jp>

地球観測衛星データ利用事例集 行動判断のための地球観測

執筆者(第一章)

Brent Smith(NOAA), 小野田勝美(JAXA),
Marie-Josée Bourassa(CSA),
Jonathon Ross(GA), 三浦聡子(JAXA)

CEOS編集委員会

Alexander Held
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)

Beth Greenaway
UK Space Agency (UKSA)

Brent Smith
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Cécile Vignolles
Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)

石田中
Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

Ivan Petiteville
European Space Agency (ESA)

Jonathon Ross
Geoscience Australia (GA)

Joost Carpay
Netherlands Space Office (NSO)

Kerry Sawyer
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Kim Holloway
National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Lawrence Friedl
National Aeronautics and Space Administration (NASA)

Marie-Josée Bourassa
Canadian Space Agency (CSA)

Michael Nyenhuis
German Aerospace Center (DLR)

藤本信義
Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)

Paul Briand
Canadian Space Agency (CSA)

Simona Zoffoli
Italian Space Agency (ASI)

編集者

松尾尚子(JAXA),
亀井雅敏, 秋山幸司(RESTEC)
Stephen Ward, George Dyke,
Matthew Steventon & Jennifer Harry(Symbios Communications)

デザイン

Sony Music Communications Inc.

表紙について

JAXAの人工衛星「だいち(ALOS)」が夏と冬に撮影した「白川郷」(日本/世界遺産)の画像を、グラフィカルに組み合わせました。高度約690kmから別々の時期に撮影した画像が、細部まで精密に重なります。



夏の「白川郷」

冬の「白川郷」

