The ArcGIS® Imagery Book

New View. New Vision.

Edited by Clint Brown and Christian Harder

The ArcGIS® Imagery Book

新しい視野。新しいビジョン。

Esri Press
Redlands, California

Esri Press, 380 New York Street, Redlands, California 92373-8100
Copyright © 2016 Esri
All rights reserved.

Printed in the United States of America
19 18 17 16 15　1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

本書に含まれる情報は、特に指示がない限り、Esri が独占的権利を有するものであり、米国著作権法、所定の原産国の著作権法および該当する国際的な法律、条約、規則によって保護されています。本書のいかなる部分も Esri 社の明示的な書面による許可なしには、電子的、機械的 (複写、記録を含む) などのいかなる手段によっても、またはいかなる情報格納、取得システムによっても、複製、伝送することはできません。本件に関するお問い合わせは、すべて、担当窓口 (Contracts and Legal Services Manager, Esri, 380 New York Street, Redlands, California 92373-8100, USA) で受け付けております。

本書に記載されている内容は、予告なく変更される場合があります。

米国政府の権利制限: 本記載に従って提供されるあらゆるソフトウェア、資料、およびデータの提供は、ライセンス契約の条件に支配されます。ライセンス許諾者によるソフトウェア、データ、およびドキュメントの使用、複製、および開示は、ライセンス契約に含まれる商用のライセンス権利により厳密に制限されます。米国政府は、いかなる場合も、制限付き権利 (RESTRICTED/LIMITED RIGHTS) の範囲を超えて権利を行使することはできません。最低限の制限として、米国政府による使用、複製、または開示は、連邦調達規則 (FAR: Federal Acquisition Regulations) の (1) 第 52 章 227 条 14 項「代替 (Alternatives)」の I、II、および III (2007 年 12 月発効)、(2) 同規則同章同条 19 項 (b) (2007 年 12 月発効)、ならびに同規則第 12 章 211 項および 212 項「民生技術データおよびコンピューター ソフトウェア (Commercial Technical Data/Computer Software)」、および (3) 連邦防衛調達規則付録 (DFARS: Defense Federal Acquisition Regulation Supplement) の第 252 章 227 条から第 7015 条「技術データ (Technical Data – Commercial Items)」(2011 年 12 月発効) および同付録第 227 章 7202 条「コンピューター ソフトウェア (Commercial Computer Software and Commercial Computer Software Documentation)」で規定されている制限事項に適宜準拠します。製造者は、Esri (380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100 USA) です。

@esri.com、3D Analyst、ACORN、Address Coder、ADF、AML、ArcAtlas、ArcCAD、ArcCatalog、ArcCOGO、ArcData、ArcDoc、ArcEdit、ArcEditor、ArcEurope、ArcExplorer、ArcExpress、ArcGIS、arcgis.com、ArcGlobe、ArcGrid、ArcIMS、ARC/INFO、ArcInfo、ArcInfo Librarian、ArcLessons、ArcLocation、ArcLogistics、ArcMap、ArcNetwork、ArcNews、ArcObjects、ArcOpen、ArcPad、ArcPlot、ArcPress、ArcPy、ArcReader、ArcScan、ArcScene、ArcSchool、ArcScripts、ArcSDE、ArcSdl、ArcSketch、ArcStorm、ArcSurvey、ArcTIN、ArcToolbox、ArcTools、ArcUSA、ArcUser、ArcView、ArcVoyager、ArcWatch、ArcWeb、ArcWorld、ArcXML、Atlas GIS、AtlasWare、Avenue、BAO、Business Analyst、Business Analyst Online、BusinessMAP、CityEngine、CommunityInfo、Database Integrator、DBI Kit、EDN、Esri、esri.com、Esri—Team GIS、Esri—The GIS Company、Esri—The GIS People、Esri—The GIS Software Leader、FormEdit、GeoCollector、Geographic Design System、Geography Matters、Geography Network、geographynetwork.com、Geoloqi、Geotrigger、GIS by Esri、gis.com、GISData Server、GIS Day、gisday.com、GIS for Everyone、JTX、MapIt、Maplex、MapObjects、MapStudio、ModelBuilder、MOLE、MPS—Atlas、PLTS、Rent-a-Tech、SDE、SML、Sourcebook•America、SpatiaLABS、Spatial Database Engine、StreetMap、Tapestry、ARC/INFO ロゴ、ArcGIS Explorer ロゴ、ArcGIS ロゴ、ArcPad ロゴ、Esri globe ロゴ、Esri Press ロゴ、The Geographic Advantage、The Geographic Approach、GIS Day ロゴ、MapIt ロゴ、The World' s Leading Desktop GIS、Water Writes、および Your Personal Geographic Information System は、米国、欧州共同体、ならびにその他の裁判管轄区域における、Esri の商標、登録商標、またはサービス マークです。CityEngine は Procedural AG の登録商標であり、Esri のライセンスに基づいて配布されます。本書で言及されるその他の企業および製品またはサービスは、それらの各所有者が所有する商標、サービス マーク、または登録商標である場合があります。

Esri Press の出版物は、地域の書店にお問い合わせになるか、800-447-9778 に電話して注文するか、esri.com/esripress のオンライン ショップでお求めください。
米国以外の場合は、それぞれの地域の Esri 製品販売代理店にお問い合わせになるか、eurospanbookstore.com/esri のオンライン ショップでお求めください。

Esri Press の出版物は、次の流通経路で販売されています。

北米:
Ingram Publisher Services
フリー ダイヤル: 800-648-3104 Fax (無料): 800-838-1149
電子メール: customerservice@ingrampublisherservices.com

英国、ヨーロッパ、中東およびアフリカ、アジア、オーストラリア:
Eurospan Group, 3 Henrietta Street, London WC2E 8LU, United Kingdom
電話番号: 44(0) 1767 604972 Fax: 44(0) 1767 601640
電子メール: eurospan@turpin-distribution.com

すべての画像は、注意書きがない限り、Esri が提供します。

表紙: この地球のデジタル ポートレートは、アポロ号によって宇宙から撮影された大きな青いビー玉のような地球の写真をヒントに作成されました。この画像は、Goddard Space Flight Center の Laboratory for Atmospheres のデータ科学者たちによって、GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite)、SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor)、および POES (Polar Orbiting Environmental Satellites) のデータと、地球の地形図の USGS 標高モデルを統合して作成されています。この惑星の西半球が驚くほど詳細に描かれ、緑の多い地域は緑、少ない地域は黄色で表示されています。また、垂直方向の陰影起伏がよくわかるように、山の高さや谷の深さは 50 倍強調されています。北米の西海岸沖に確認できる暴風雨は、ハリケーン Linda です。

裏表紙: アポロ 8 号の宇宙飛行士である William Anders と残りの乗組員は、1968 年のクリスマス イブに、地球軌道を離れ、月の軌道に入った最初の人類になりました。Anders が Hasselblad のカメラで撮ったこの象徴的な画像は、公開時に世界に衝撃を与えました。

目次

はじめに vi
Lawrie Jordan

本書の概要 vii

第 1 章 1
画像は可視化された情報
地理上のロゼッタ ストーン

第 2 章 19
リモート センシングとは
遠く離れた場所から情報を収集

第 3 章 35
画像の定義
GIS と画像が生み出す相乗効果

第 4 章 51
わずかな差異の認識
センサーが実現する超人的な視覚能力

第 5 章 73
画像から情報への変換
画像を解析して理解する

第 6 章 91
鏡の世界を作る
3D 画像で新たな次元を実現

第 7 章 113
4 次元からの画像
世界で最も素晴らしいタイム マシン

第 8 章 133
究極のビッグ データ
画像情報の管理はデータ管理の大きな課題

第 9 章 149
未来は今のなかに
未来のマップ画像はますますインテリジェントに

提供者と謝辞 165

本書で使用したデータとマップ 166

はじめに

GIS とリモート センシングは、常に特別な関係にありました。それは、現代の情報テクノロジの初期にまで遡ります。1960 年代と 1970 年代、GIS 用のコンピューター システムは、パンチ カードを使用した大型かつ高価でありながら非常に遅いメイン フレームでした。しかし、これら初期のシステムの基盤となるほぼすべてのデータ レイヤーは、画像から直接的または間接的に取得していました。当初から、GIS とリモート センシングは、同じコインの裏表のように補完的な関係にありました。これらは、共に進化していきました。

1972 年、商用で最初の地球観測画像衛星である Landsat が打ち上げられるという革命が起こりました。この衛星は地球の軌道を周回し、16 日ごとに同じ地点の画像を撮影しました。衛星は非常に高い位置にあるため、この惑星とそのパターンについてまったく異なる写真を提供しました。これは、新しい視野だけでなく、GIS の将来性に対して新しいビジョンももたらしました。ここから商用の地球観測の革命が始まりました。これは現在も続いており、今では数百 (まもなく数千) の小型人工衛星、マイクロ人工衛星、宇宙からのビデオ カメラ、高空ドローンなどが、爆発的に増加しています。

GIS とリモート センシング、50 年を超えるこの 2 つの密接な関係は、次はどこに向かうのでしょうか。

まず現在、単純化と速度が大きく注目されています。未来は単純で高速な世界になることは明らかです。私たちの目の前にある最新のテクノロジは、世界中に分散配置されている驚くほど多くのセンサーを活用し、一般にモノのインターネットと呼ばれる、膨大に集積された動的でリアルタイムの情報ストリームを築いています。こうしたデータは Web GIS の中に取り込まれ、その心臓部となっています。さらに、このネットワークはリアルタイムで稼働しているため、「Internet of All My Things」などに対して、新しい地理情報モデルを通じて自分のデバイスからアクセスすることができます。

この概念を推進しているテクノロジは先進的なものですが、実際のところ私たちにも理解することができます。なぜなら私たちは写真のことを理解しているからです。アインシュタインの有名な言葉に「If I can' t see it, I can' t understand it. (見えないなら理解できない)」というものがあります。つまり、見ることさえできれば理解できるのです。

画像と空間解析を統合して急速に変化している現在のあらゆる発展は、GIS の歴史に新たな時代を築こうとしています。それと同時に、社会は地理が持つ力に目覚め、画像を利用することで何でも理解できるようになると直感的に理解し始めています。

未来のマップはインテリジェントな画像である、と私たちは表現しています。

Lawrie Jordan は Esri の画像およびリモート センシングのディレクターで、画像処理とリモート センシングの分野の先駆者です。

ビデオ: 未来のマップ画像はますますインテリジェントに

本書の概要

本書に記載の例は、TheArcGISImageryBook.com でご覧いただけます。

本書の目的は、読者 (GIS プロフェッショナル、アプリ開発者、Web デザイナー、ほぼすべての種類の科学技術者) に対して、GIS と画像の専門家になる方法を紹介することです。言い換えれば、GIS 内の画像データを他の人よりもスマートに、巧みに、そして効果的に活用できる人になることです。画像の重要性は急激に高まっています。画像を検索、解析し、その本当の意味を理解することに卓越した人は、数年後には引く手あまたの存在になるでしょう。

対象読者

本書は、さまざまな読者を対象にしています。まず、世界規模の専門的な GIS およびマッピング コミュニティ、マップと地理空間を毎日操作するユーザー、特に GIS アプリケーションで画像を使用して高度な作業を行いたいユーザーです。データ科学者、カートグラファー、政府機関の職員、都市計画者、その他の GIS プロフェッショナルであれば、すでに Web を活用して地理情報を一般に公開しているかもしれません。画像の本来の価値は、従来のベクターベースの地理空間データをうまく統合する驚異的なデータ取得テクノロジであると、すでに本能的に認識しているでしょう。

次に、画像を使用してできることに関心がある GIS 初心者が挙げられます。学校のキャンパスをマッピングするために飛行するアマチュアのドローン パイロット、再開発プロジェクトを計画する不動産開発業者、気候の変化を報告する市民科学者やブロガーなど、画像への興味を通じて GIS の世界に来たと思われるユーザーです。

最後に、世界を探索し、地球の魅力的な写真を見ることが好きなユーザーも本書に興味を持つでしょう。本書と電子版の TheArcGISImageryBook.com では、こうした「机上の経験しかない」地理学者などのために、美しくまた時には不安をもたらすような非常に多くの画像や、この惑星についての興味深いストーリーを紡ぐ、画像ベースの高機能な Web アプリとマップへのリンクを提供します。本書から収穫を得るために前提となる条件は、画像とマッピングを通じて世界に対する理解を深めたいという意欲と、本気で取り組む姿勢だけです。

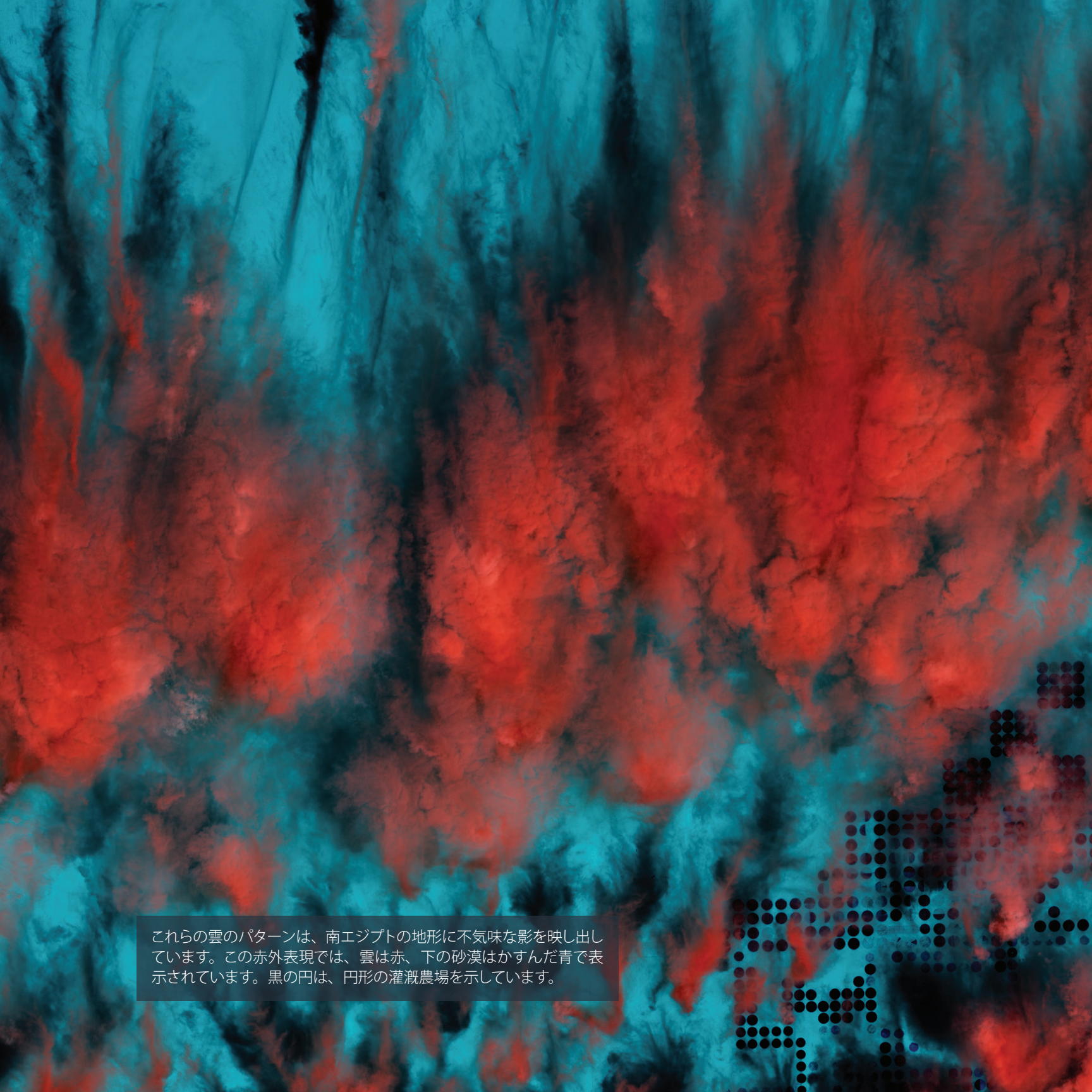
実践による学習

これは、読むだけでなく実際に体験するための書籍です。そのため、Web にアクセスできるパーソナル コンピューターが必要です。プロセスに取り組めば冒険が始まります。リンクを開き、他のユーザーが作成したマップやアプリを探索してから、レッスンを実行して、独自のマップやアプリを作成します。TheArcGISImageryBook.com では、これらのリソース (全部で 200 を超えるマップ、アプリ、ビデオ、画像) へのハイパーリンクが設定されています。

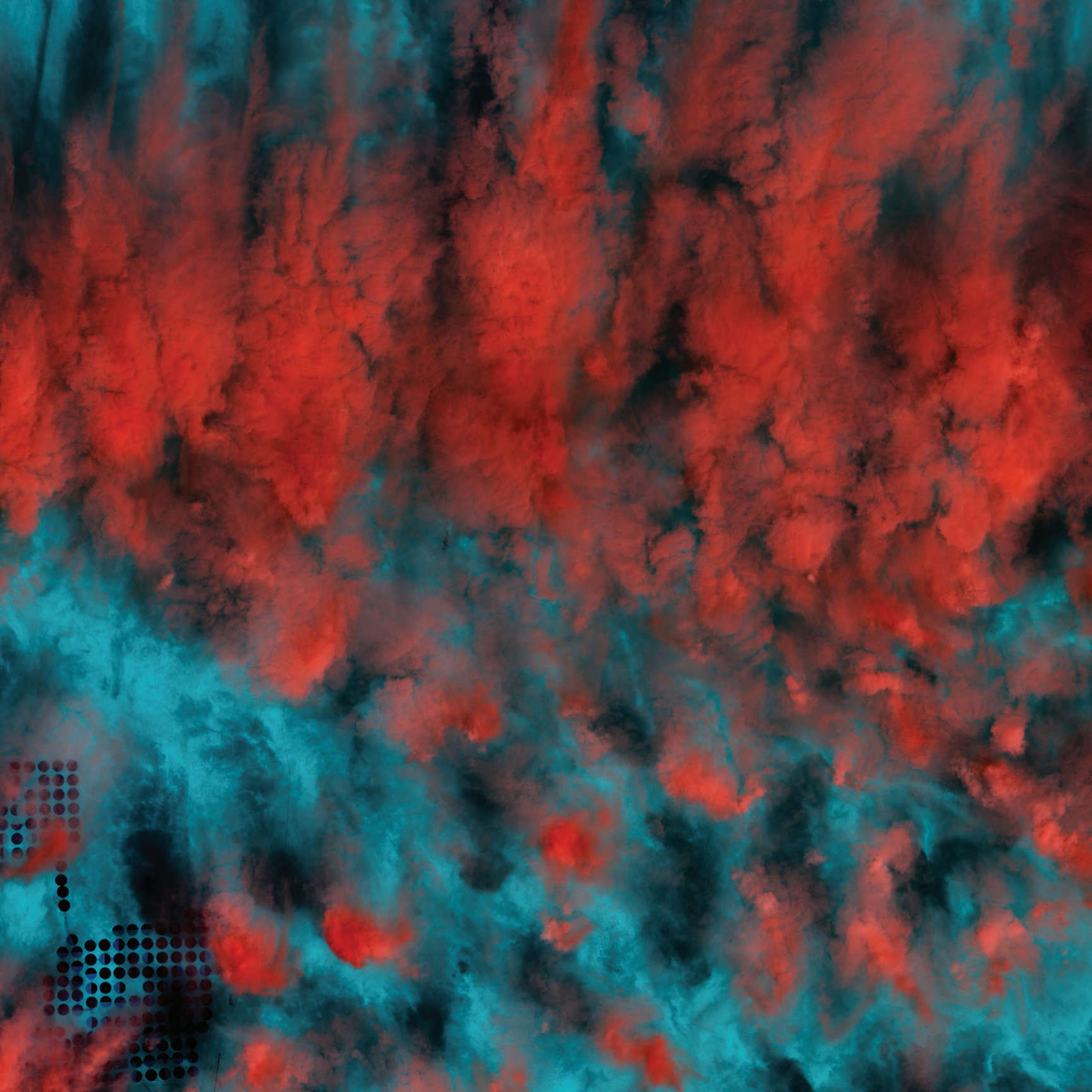
これは、Web GIS プラットフォームである ArcGIS で画像を利用するための書籍であり、「素晴らしいアイデア」シリーズの 2 作目です。初めて GIS を扱うユーザーは、シリーズ 1 作目である「The ArcGIS Book: 地理情報を活用するための 10 個の素晴らしいアイデア」もご参照ください。本書は単独で利用できる作品として制作されていますが、多くの読者は 1 作目にも興味を持つでしょう。

対話型コンテンツについて

対話型 Web コンテンツにリンクしているテキストから参照先を表示するには、本書の Web バージョンまたは対話形式の PDF バージョンが必要です。
www.thearcgisimagerybook.com からご利用いただけます。



これらの雲のパターンは、南エジプトの地形に不気味な影を映し出しています。この赤外表現では、雲は赤、下の砂漠はかすんだ青で表示されています。黒の円は、円形の灌漑農場を示しています。



01

画像は可視化された情報

地理上のロゼッタ ストーン

地理情報システム (GIS) テクノロジは直感的に認識できます。このシステムは、強力な可視化とマッピングの機能を、高機能な解析およびモデリング ツールと組み合わせます。リモート センサーによる地球観測 (GIS の世界では一般に画像と呼ばれます) は、GIS の心臓部にある最も信頼できる視覚的な参照情報です。これは、この惑星の機能と活動の謎を解く鍵となる、地理上のロゼッタ ストーンを提供します。上空から撮影された地球の写真を見ると、GIS の全体像が即座にわかります。

画像による深い理解

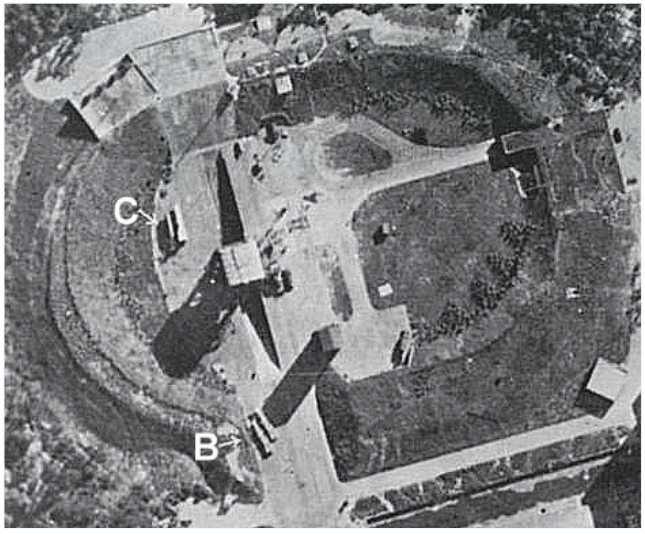
見ることは信じることだけでなく認識すること

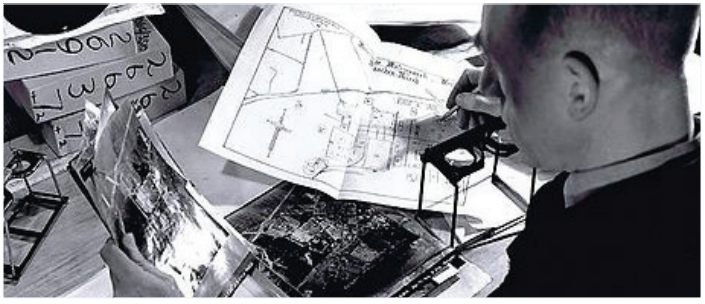
地球観測ツールとしての画像の物語は、写真の撮影から始まりました。20 世紀の初期には、写真撮影は驚くべき変化を経て、社会に普及しました。写真は、人類が新たに利用できる視覚的表現を提供しただけでなく、認識の変化ももたらしました。カラー写真が広く使用されるようになりました。映画とテレビは、今日の姿に進化しました。人類が飛行機で空を飛ぶようになり、地球の写真を上空から初めて撮ることができるようになりました。それは、マッピングと観測の転換期で、まったく新しい地球の見方を提供しました。

第二次世界大戦: 偵察と情報収集

第二次世界大戦の時期は、画像を利用した情報収集が大きく進歩しました。連合軍は、同一の対象地域のオフセット写真を使用するようになり、それらを組み合わせて、情報収集活動を強化するステレオ写真のペアを生成しました。多くの諜報活動の 1 つであるクロスボー作戦では、飛行機のパイロットが敵地の写真を数千枚撮りました (飛行機は写真の収集のために大幅に改造され、武器を搭載する余地はありませんでした)。撮影したコレクションは、情報アナリストによって、数十万のステレオ写真のペアを解釈および解析する必要がありました。

これらの 3D 航空写真により、アナリストは、ドイツが開発し、カモフラージュしていたロケット テクノロジの場所を正確に特定することができました。これは、イギリスを狙うロケット システムを阻止する鍵となりました。その結果、数千名の命が救われ、第二次世界大戦の終結に貢献しました。BBC は、このテーマについて素晴らしいドキュメントを制作しています (Operation Crossbow: How 3D glasses helped defeat Hitler)。





ステレオ画像は、ナチスのロケット計画の施設を識別する手段でした。上の写真は、オフセット写真のペアを表示するのに使用されるステレオ眼鏡です。この 1943 年 6 月の写真 (左) は、実際に運用されている武器を公に晒した最初の写真です。長さ 40 フィートの 2 つの V2 ロケットが、(B) で寝かせた状態になっています。(C) の構造がプロトタイプの飛行爆弾のカタパルトであることが判明したのは 12 月でした。

1969 年: 宇宙飛行士の登場

人類初の月探索

1960 年代の初期には、大多数の人が、人類が月面を歩くことなど不可能だと言っていたでしょう。しかし、1969 年 7 月、月から地球に送られテレビ放送された画像は、Neil Armstrong と Buzz Aldrin が月面を飛び跳ねているところを映し、月面を歩くことが実際に可能であることを証明しました。それは、私達の目の前で起こったのです。見ることは信じることでした。

Armstrong、Aldrin、その後の月面探索の宇宙飛行士が地球を写真の背景にしたところ、予想もしなかったメリットが明らかになりました。人類は、この惑星にまったく新しい認識を持つようになったのです。地球の画像がこぞって使用されるようになりました。

1972 年 12 月、アポロ 17 号の宇宙飛行士は、宇宙から地球の象徴的な写真を撮影しました。有名な「青いビー玉」の写真です。この写真は人類にとって、地球という惑星そして宇宙における私たちの居場所を巡る新しい視点のきっかけとなりました。

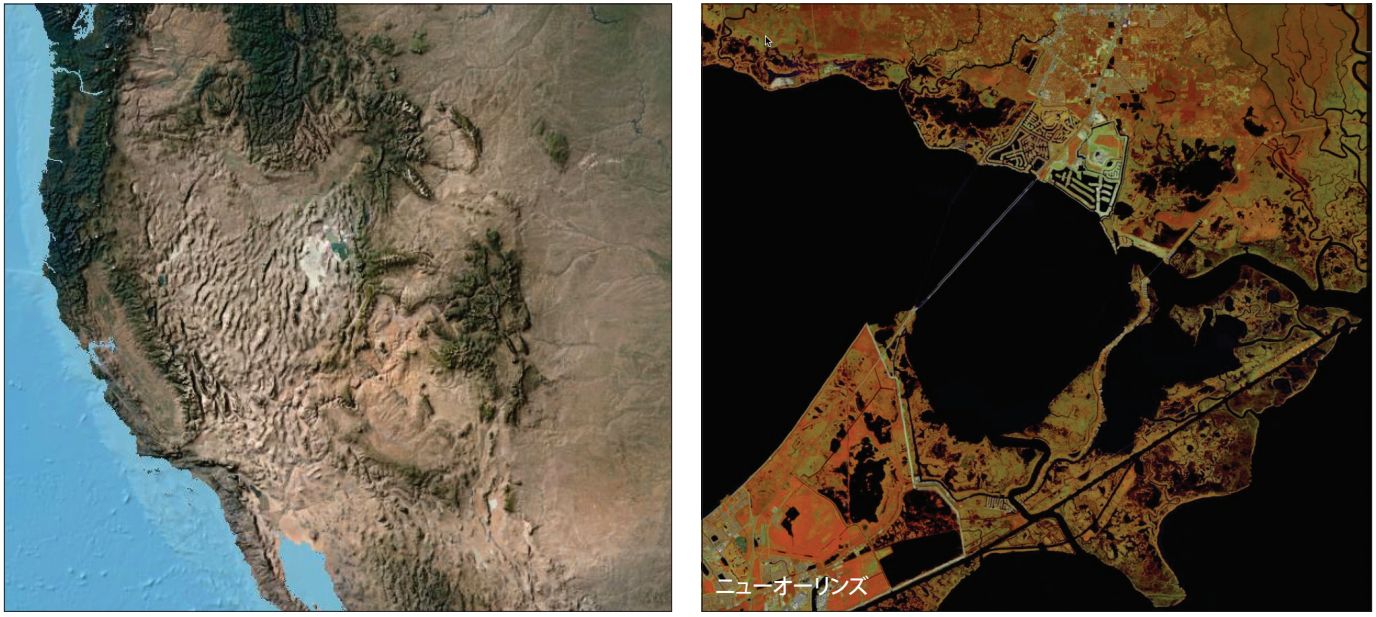
アポロ 11 号のミッションで、宇宙飛行士の Buzz Aldrin は 1969 年 7 月に月面に降り立ちました。写真は宇宙飛行士の Neil Armstrong によるものです (Aldrin のフェイス シールドに映っています)。

1972 年: Landsat プログラム

地球をカバーする最初の衛星画像

1972 年、人類を月に運ぶために開発されたのと同じ宇宙技術により、最初の Landsat 衛星が打ち上げられました。Landsat ミッションは、私達自身の惑星に対して、驚くべき新たな視野をもたらしました。これは、画期的なシステムであり、民間主導で幅広く利用可能になった初めての衛星画像でした。これは、地球上の見えるものだけでなく見えない情報も提供し、世界における電磁波の反射を制限なく利用できるようにもなりました。地球をまったく新しい方法で見ることができるようになったのです。

この永続的な地球観測プログラムは、他の数百の衛星やリモート センシング ミッションとともに、今日まで継続されています。国家の州や最近では民間企業も数多くのミッションを立ち上げ、地球の画像を撮影し、常に観測および監視しています。



Landsat センサーは、1970 年代から、地球の写真を絶え間なく作成および共有してきました。科学者は早い段階から、新たに生み出される有益な認識から刺激を受けていました。今日では、非常に多くの衛星が毎日何千回も地球の画像を撮影し、地球に関する巨大で仮想的なイメージ カタログを作成しています。Web GIS は、これらの画像を活用して、専門家が地球の執事として、私たちが直面している幅広い種類の質問や課題に対処できるようにしています。

私の家を見せてください

2005 年: 人類の GIS 時代の始まり

十数年前、世界中の人々は、上空からの地球の画像の力に突然目覚めたように思われます。まず、Google やその他のマッピング企業がオンラインで提供する、複数の縮尺で表示可能な世界の連続画像マップを探索し始めました。これらの衛星写真と航空写真を組み合わせた地球の写真により、世界中の人々が画像の力を実感し、GIS 専門家がすでに知っていたことを経験し始めました。私達はさっそく近隣地域を拡大し、世界の中で自分が住んでいる場所の位置的な情報を確かめました。この新しく登場した機能は、驚くべき新しい顕微鏡を通して、ローカル コミュニティや近隣地域を調べることを可能にしました。当然ながら私たちは地域の探索だけにとどまらず、最終的には世界のあらゆる場所を調べるようになりました。その結果、世界に対する経験と考え方がまったく新しいものになりました。

これらの単純な写真は、人の創造力を捉え、まったく新しい認識をもたらし、新しい可能性を想起させました。今日では、インターネットにアクセスできるほぼすべての人が、自分の近隣地域に目を向けて、まったく新しい方法で日々の世界を見ることができます。また、世界中の人々が、あらゆる種類のマップ レイヤーと画像を組み合わた力を実際に享受して、より豊かで意義のある理解を得ています。

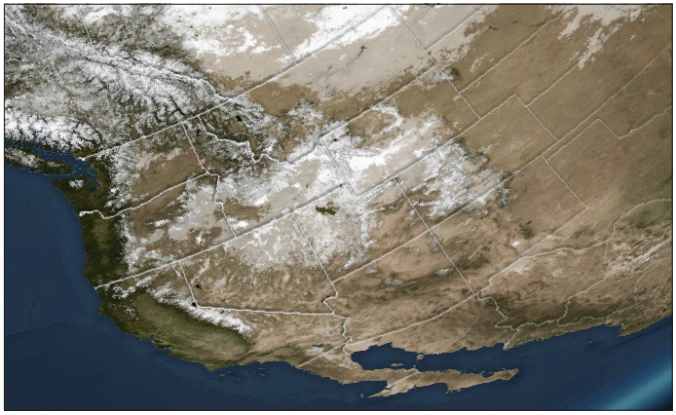
ほぼ一夜にして、コンピューターにアクセスできるすべての人は GIS ユーザーになりました。

最初は、自宅を拡大し、この新しいレンズを通して近所を探索しました。この経験は、世界中の人々が自分の世界での場所に対する理解を深める方法を変えました。私たちは、すぐに知っている場所を訪問しました。今では、訪問先は、行ってみたいと思っている遠くの場所へと移っています。航空写真は、上空からの新しいコンテキストを提供し、人類の認識を永遠に変えました。このマップ ツアーでは、超高解像度の画像が利用可能な複数のコミュニティの一部地域を訪問します。

画像による認識の拡大

見えるもの、見えないもの、過去、未来を見る

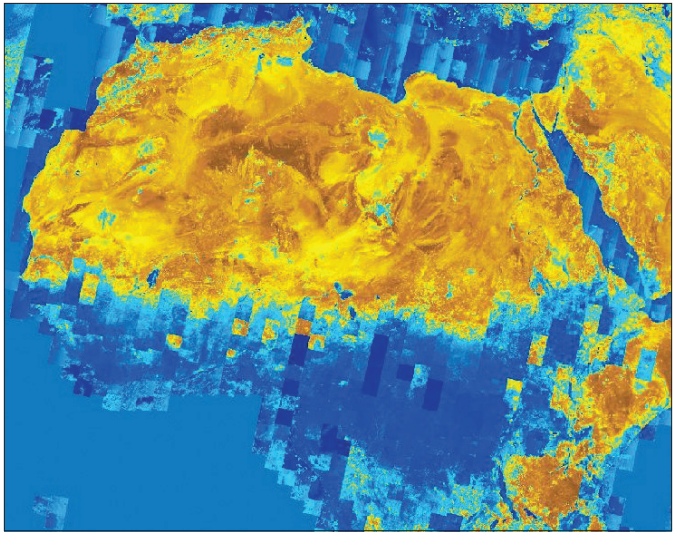
見ることは信じることです。世界はカラフルな画像で観察したほうが、参考になりすぐに理解できます。視覚的に明らかな証拠を確認でき、新たな洞察も生まれます。画像が与える情報は、目で見てわかる情報をはるかに超えています。また、世界の現在の状態を教えてくれます。また、過去を調べたり、未来を予測したり、地球とそのプロセス、および人類の活動の影響とタイムラインを認識し理解するための方法も提供してくれます。驚くべきことに、画像を利用することで、見えないものを確認したり、電磁スペクトル全体の反射エネルギーの視覚的表現を表示したり、地球とすべての生命体が直面する重大な問題について、より多くの情報に基づいた意思決定を行うことができます。



季節的な気候パターンの理解

地球の画像は継続的に収集されており、世界が活動するる様子を見ることができます。一定期間の画像を組み合わせることで、地球のサイクル、過去の状態、今後の状態を可視化、アニメーション化、解析、および理解し始めることができます。

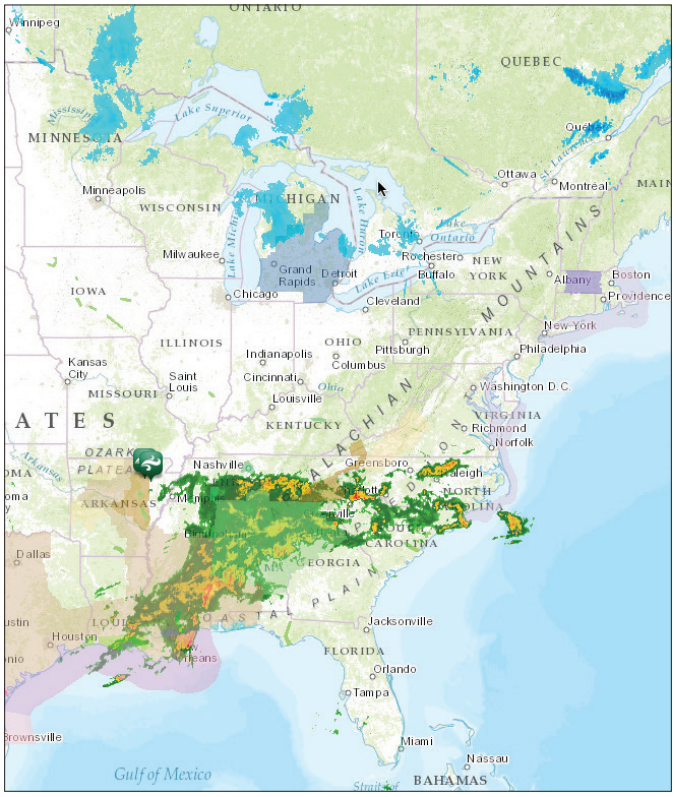
天気は、地球の「雪と氷の呼吸範囲」を提供し、すべての生命を支え維持する貴重な水を提供します。この画像は、北米大陸の降水の季節的な天気サイクルを示しています。



目に見えないものを見る

画像を使用すると、人間の目では認識できないものを表示し、地球に関する新しい科学的知見を得ることができます。衛星には、電磁エネルギー スペクトルの赤外線エネルギーなど、見えない情報を計測するセンサーがあり、多くの新しい地上のビューを作成および解析できます。

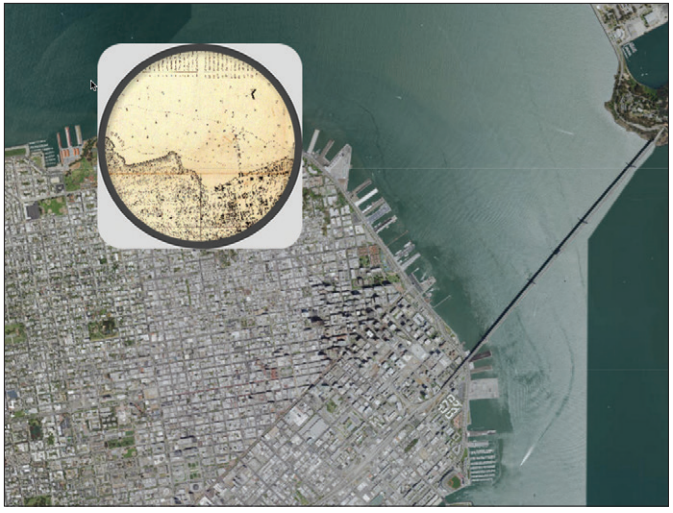
この北アフリカのフォルス カラー画像は、近赤外 (バンド 5) と短波赤外 (バンド 6) による、植物の水分が多い地帯と少ない地帯を示しています。暖色は、マップ内の乾燥した地帯を示しています。ストライプ パターンは、Landsat 8 のシーンのフットプリントを示しています。地球を周回し、約 16 日ごとにシーンの位置に戻ってきています。



日々の天気の予測と追跡

過去 10 年の画像処理技術と天気観測の進歩により、天気予報の精度は劇的に向上しました。運用管理のための天気データの GIS の統合は、農家、緊急対応チーム、学区、公共機関など多くの組織で役立っています。センサーの範囲は、地球規模の気象衛星から地上ベースの地域の気象観測機器にまで及び、専門家はかつてないほど天候に関する事象を監視および予測できます。センサー ネットワークは地域に根ざしたものになり、コミュニティの天気イベントを継続的に予測できるようになりました。今では、1 時間先の近隣の正確な天気予報を利用できるようになりました。

AccuWeather からのこのレーダーによる米国本土のレイヤーは、ほぼリアルタイムの降水量を示しています。これらのほぼリアルタイムの気象観測は、天気予報とともに、画像観測を使用して管理されています。



目に見えないものを見る

画像を使用して、過去に遡ったり、現在の画像と履歴ビューを組み合わせることができます。画像は非常に単純な形式であるため、他のマップや画像と簡単にオーバーレイして、一種の多層化された「仮想サンドイッチ」を作成できます。

この独特のスパイグラス アプリは、サンフランシスコ市が、昔に存在していた海岸沿いの集落を越えて広がったことを示す様子を示しています。サンアンドレアス断層に沿って入江方向に拡張するために、建設エンジニアは、岩盤に約 200 フィートの杭を打ち込む独自の課題に取り組む必要がありました。

オピニオン リーダー : Jack Dangermond

GIS に完全な画像処理システムが組み込まれました

私たちの分野では初期の頃から、GIS プロフェッショナルは画像処理と GIS を別々のシステムで実行していました。計算処理と保存に制約があるため、何年もの間、これら別々のシステムが必要でした。また一部のユーザーは両方を必要としていました。ユーザーは、画像処理を別の画像システムで実行し、主要なデータ レイヤーを作成し、結果を GIS に入力しました。両方のシステムには地理的な基盤がありましたが、これらは別のシステムとタスクであることが当然と考えられていました。これらのシステムを実行する人員も分けていました。それぞれが独自のコミュニティと手法を持っていました。画像処理システムと GIS は別々のテクノロジであるが密接なつながりがある、と一般的には考えられ、理解されていました。

しかし、実践的な視点から見ると、このやり方はまるで合理的ではありません。どちらのテクノロジも、情報セットのために 1 つの地理空間フレームが必要でした。どちらのシステムも、これらのデータセットを地理的レイヤーとして管理しました。どちらもジオリファレンスされるレイヤーを提供したため、これらのレイヤーを他のレイヤーと組み合わせたり、マッシュアップしたり、オーバーレイしたりすることができました。もちろん、1 つの統合されたシステムが合理的です。

GIS と画像が 1 つの統合された完全なシステム (ArcGIS) 内に統合されたのは、つい最近のことです。ArcGIS に追加された新しい画像処理機能は、この一部です。画像のビッグ データの処理と管理は、拡大し続ける地球観測データとシームレスに動作します。たとえば、ドローン ミッション、および新しい地上、航空、宇宙ベースのセンサーなどからの観測データが、急速にオンラインで利用可能になっています。最近の傾向は、これらの洗練された処理機能を、非常に拡張性の高いクラウド コンピューティング ネットワークに移行することです。これにより、ArcGIS で、ビッグ データのコレクションを操作できるようになります。

Jack Dangermond は、Esri の社長兼創業者であり、GIS ソフトウェア開発の世界的なリーダーです。

Jack Dangermond が画像と GIS の関連性を説明しているビデオを見る

画像には非常に多くの使い途があります

さまざまな活用場面

今では、画像を使用することで、解決したい問題と世界について、まったく新しい認識と洞察を得ることができるのは明らかです。画像には、多くの利点や機能もあります。

新しい情報へほぼ毎日アクセス

画像コレクションは簡単で増え続けています。画像へのアクセスも、ますますスムーズになっています。すでに多くの人工衛星とセンサーが配置されていますが、その数は今も増え続けています。これらは、新しいデータを収集し、時系列に観測した地球のデータを継続的に追加しています。これらの画像コレクションにより、地球の表面またはその付近にあるほとんどのものをマッピング、計測、監視することができます。誰もが作業に必要なデータの多くを短時間で収集できます。画像は、他の惑星に「旅行」するときなどの探索のための主要な方法になりました。宇宙にプローブを送り、連続した時系列の情報観測データを提供するリターンを、主に画像の形式で受信します。これにより、興味深いさまざまな方法で新しい情報を取得できます。

過去を振り返る

航空写真を使用するようになったのは、比較的最近のことです。画像が使用され始めたのは 20 世紀からですが、画像コレクションに存在する、既存の時点の観測を比較するのは容易です。また、画像を古地図に重ね合わせて、現在と過去を比較することもできます。

画像データ コレクションは日々拡大しています

画像による発見は爆発的に増えています。多くの画像イニシアチブは繰り返され、発展しています。また、対象地域の画像データベースに追加されています。ArcGIS はその規模を拡大しています。だからこそ、ますます大きくなり、ダイナミックに増え続けている地球の観測データを管理することができるのです。これは、画像の即時的な効果や、簡単な統合を可能にする能力を実現するものであり、たとえば、災害対応の前後を示すビュー、新しく収集した画像の即時利用、画像の解釈や分類、および情報を引き出す能力といった新しい使用用途や使用機会を提供することができます。これらの技術の多くは、注目を集めるような新しい方法で徐々に発展していくでしょう。私たちはそのような技術を利用して、私たちのコミュニティ、抱えている問題や課題、GIS を使用してこれらを解決に導く方法について深いレベルで学ぶことができるようになります。

画像で可能になる強力な解析機能

画像とその一般的なラスター形式は、ArcGIS を使用して高度な解析を実現します。そしてこの解析から、解決しようとしている問題に対するより有意義な洞察と認識を得ることができます。

あらゆるデータをラスターに統合

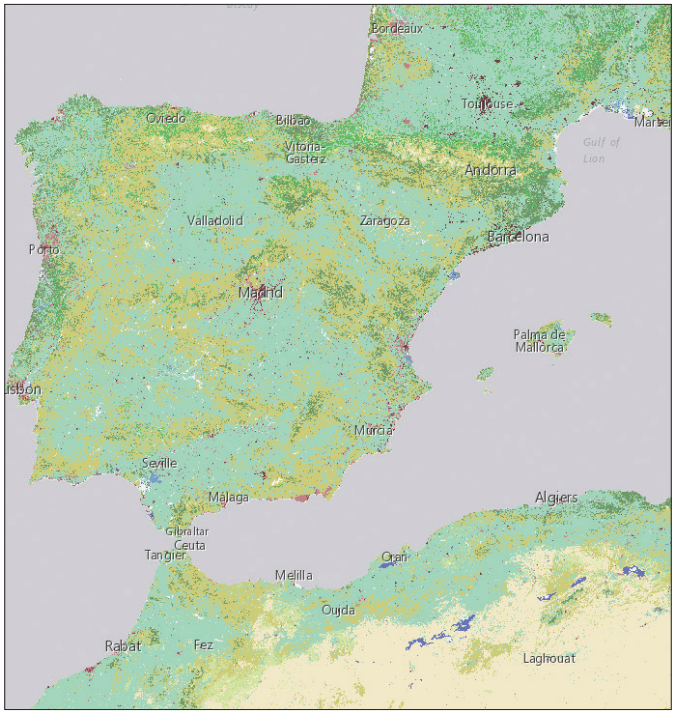
GIS と画像処理の組み合わせによる相乗効果

各種画像はいずれも、ラスターと呼ばれる GIS において非常に重要で一般的データ形式を使用します。これは、最も汎用性の高い GIS データ形式の 1 つです。ほぼすべてのデータ レイヤーは、ラスターとして使用できます。これは、あらゆる種類のデータと画像を組み合わせれば、統合や解析を実現できることを意味しています。

役に立つさまざまな GIS データ レイヤーとして機能するラスター

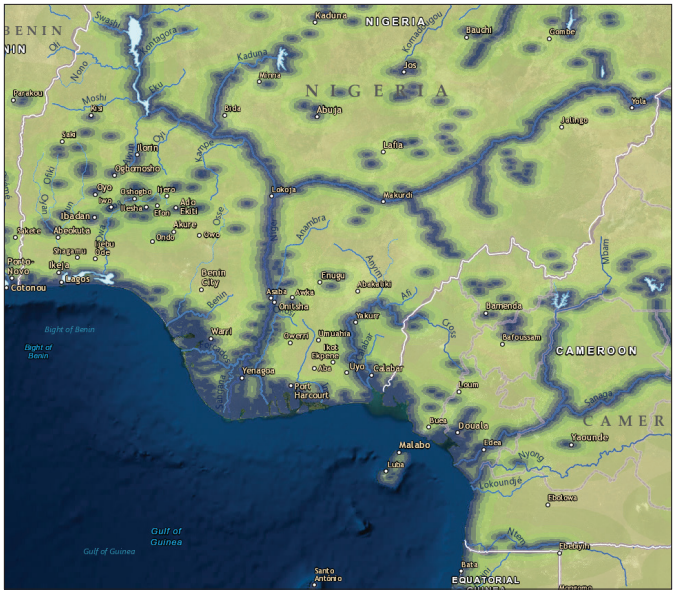
ラスターは、各種デジタル写真と同様、マッピングされたエリアで、同一サイズのピクセルまたはセルがロウとカラムに配置されたデータ モデルを提供します。ラスターを使用すると、写真をピクセルのコレクションとして表現したり、選択したフィーチャの標高や近接性などのサーフェス、各種フィーチャ (ポイント、ライン、エリア)、各期間ごとの状態を多数含んだ時系列情報を表現することができます。

分類表示された土地被覆と土地利用



西地中海周辺の土地被覆。これは MDA からのグローバル ラスター データセットで、解像度が 30 メートルの主要な土地特性を表しています。

水源までの距離

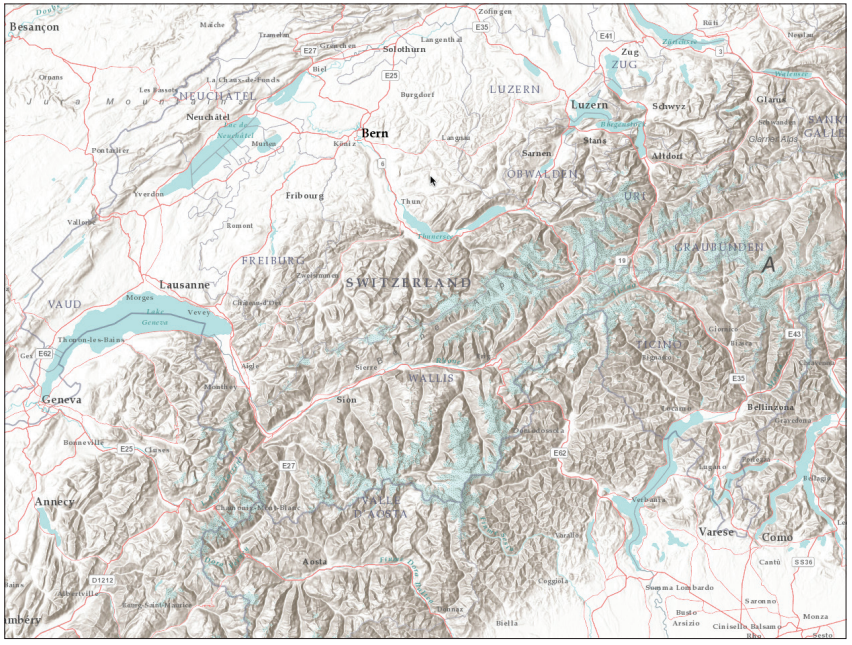


西アフリカの一部における、各セルまたはピクセルから信頼できる水源までの距離を示す近接マップ。水源へのアクセスは、人間だけでなく野生動物にとっても重要です。距離グリッドの上に河川がオーバーレイされています。グリッド内の水源から最も近いセルは、濃い青で表示されています。水源からの距離が遠くなるにつれて色が変化しています。

3 次元シーン

フランスとイタリアの国境にあるアルプスのモンブランです。このアプリは、世界中の関心を集める場所を 3D ツアーで紹介しています。

陰影起伏として表現された標高



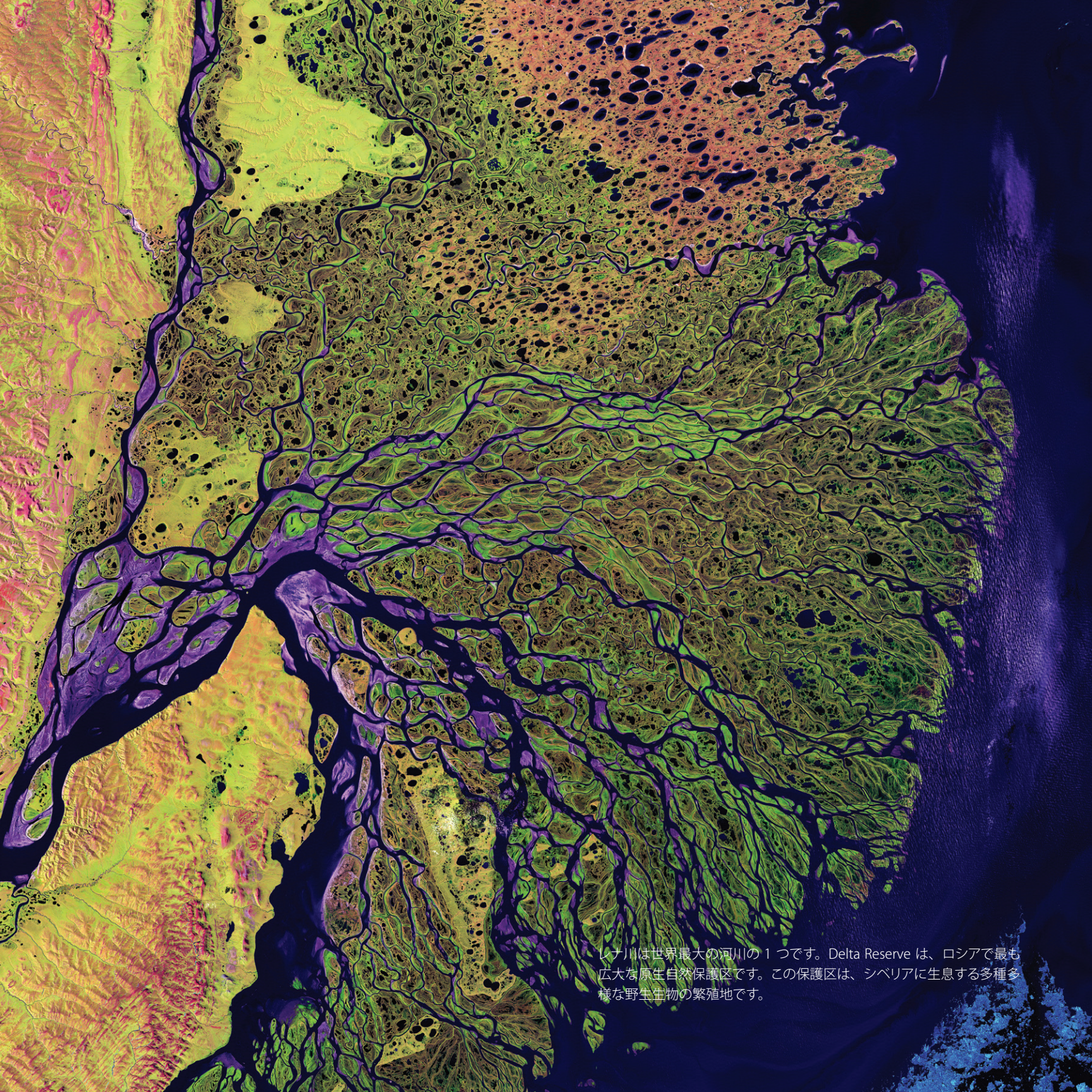
陰影起伏として表示されたグローバルな標高です。これは、入手可能で最も品質の高いソースから編纂されたグローバルな標高レイヤーの一部です。

斜めから撮影された写真

傾いた画像によって、現実世界の事物を特別な角度から見ることができます。詳細が 3D で自然に表示され、解釈や調査がしやすくなっています。

時系列情報

NASA GLDAS (Global Land Data Assimilation System) が提供する毎月の雪塊の観測データを示す時間対応画像マップのスナップショットです。このマップには、2000 年から 2015 年までの各月の累積積雪量が含まれています。

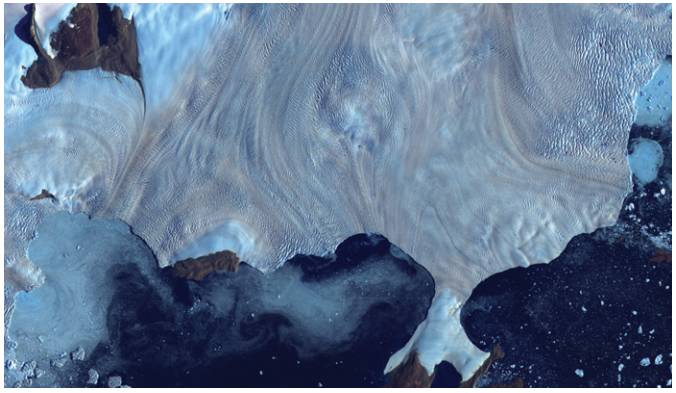


レナ川は世界最大の河川の 1 つです。Delta Reserve は、ロシアで最も広大な原生自然保護区です。この保護区は、シベリアに生息する多種多様な野生生物の繁殖地です。

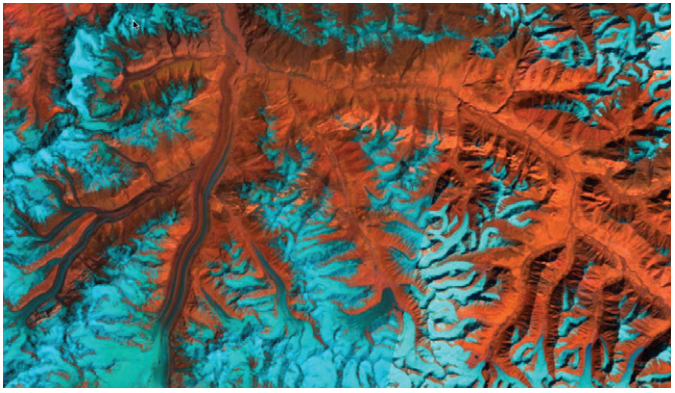
画像は美しい

情報豊かであると同時に崇高

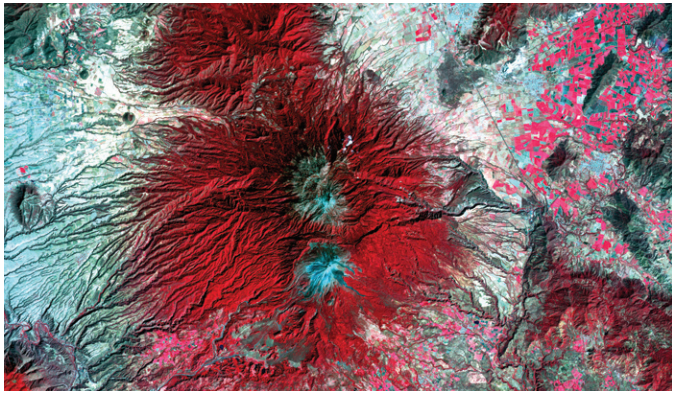
画像は、まったく新しい認識をもたらし、私たちの理解の形成に大きな影響を与えています。その一方で、画像は世界の魅力あふれる姿を心から感動する美しい芸術作品として映し出す役割も果たしていることは明らかです。画像は、私たちを驚嘆させ、感情を揺さぶり、私たちの世界の驚異や、発見と探索を追い求める新世界を教えてくれます。米国地質調査所 (USGS) が Earth as Art のコレクションを保守しているのは偶然ではありません。



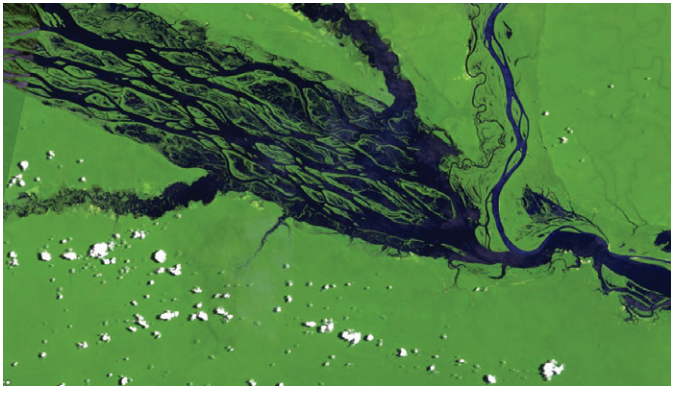
グリーンランドの西海岸沿いでは、小さな氷河地帯がバフィン湾を取り囲んでいます。



ヒマラヤ山脈東部の、高くそびえる雪に覆われた山頂と尾根は、中国西南部の大河川の間に不規則な赤と青のパッチワークを形成しています。



雪に覆われたコリマ山は、メキシコで最も活発な火山で、ハリスコ州の周辺の地形から突然隆起しています。



ブラジルのネグロ川は、複数の水路が合流するアマゾン川最大の支流です。水路にモザイク状に見える、一部が水面下に隠れた島々は、雨期になって水位が上がると見えなくなります。

宇宙から見た地球

1 つの画像の力

アポロ月面着陸において、アポロ 8 号は人類を月の軌道に運んだ最初のミッションでした。4 周目の軌道中だった 1968 年のクリスマス イブ、アポロ 8 号の船長 Frank Borman は、地球が月の端から現れたのを見て叫びました。「みんな見てくれ。地球が昇っているぞ。なんて美しい景色だ。」同僚の宇宙飛行士の Bill Anders は Hasselblad のカメラで、今では有名になった月から昇る地球の画像を撮影しました。

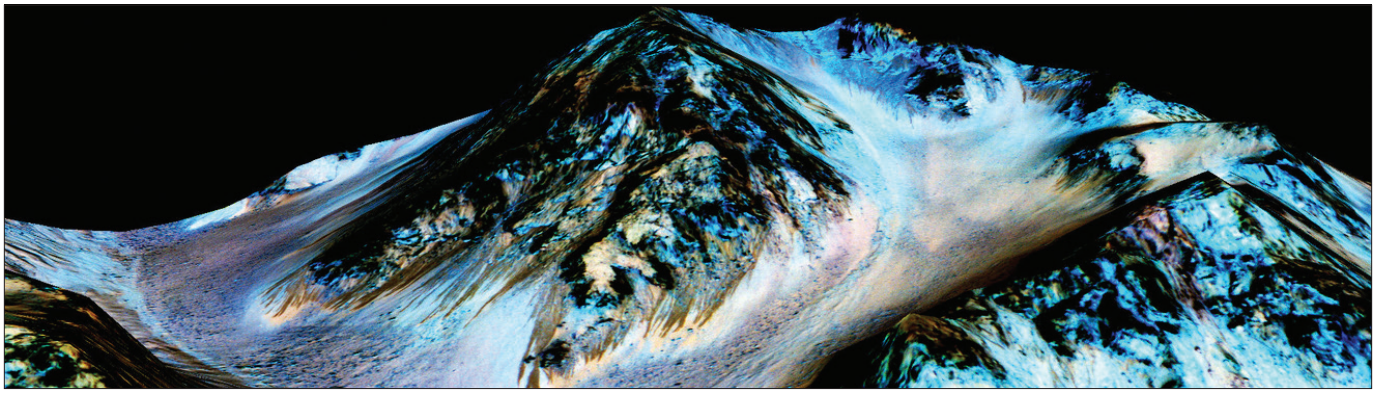
Bill Anders の著作「Earthrise: How Man First Saw the Earth」で、歴史学者の Robert Poole は、この 1 枚の画像は環境運動の始まりを象徴するものになったと指摘しています。「地球が昇る画像は転換点を示したと考えてよいでしょう。宇宙時代の感覚が、宇宙にとっての意味から地球にとっての意味へと切り替わった瞬間です」画像の力は、この 1 枚の写真の物語にまとめることができます。画像を使用すると、地球に対する理解を深め、変化を促進し、つながりを生むことができます。場合によっては運動を起こすこともできます。

これは人類史上、最も多く複製され、誰もが見たことのある写真の 1 つです。米国郵便公社は、この画像を切手にしました。Time magazine は、表紙に採用しました。著名な自然写真家の Galen Rowell によると、これは、昔も今も変わらず「これまで撮影された中で最も影響力のある環境写真」です。

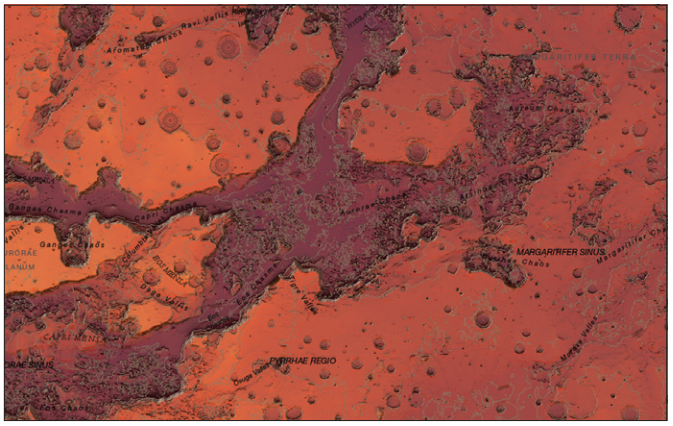
太陽系のマッピング

人類の追求心を示した活動

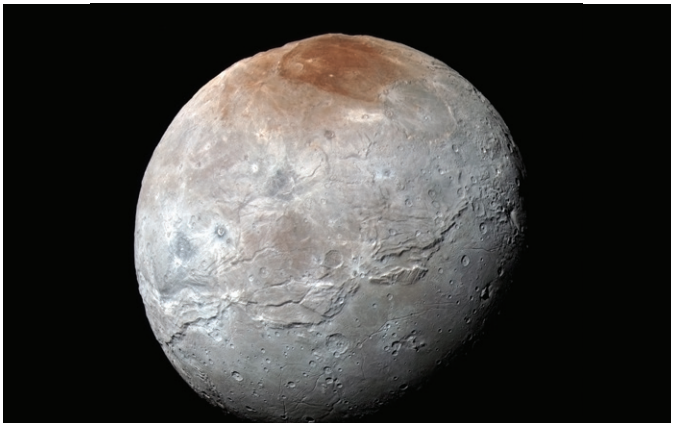
最初に月の写真が撮影されて以来、世界の宇宙機関の宇宙飛行士は、カメラのレンズを地球から外にも向けてきました。多くの場合、GIS ユーザーは科学愛好家でもあるため、当然のように地球以外の惑星のマッピングにも取り組みました。NASA は 2015 年、火星を周回するセンサーから撮影されたマルチスペクトル画像が、火星で移動する水の存在を確認したことを世界に発表しました。これは、GIS と画像解析コミュニティにとって、忘れられない出来事でした。



火星に対する認識を変えたハイパースペクトル画像データの 3D ビジュアライゼーション。



このマップは、感動的な火星の地形図写真と、この遠く遠く離れた赤い惑星の探査で人類が行ったすべての地上任務を示しています。



2015 年 7 月 14 日、ニュー ホライズンズ惑星探査機は、30 億マイル、約 10 年の航行を経て、準惑星の冥王星の衛星であるカロンを探索した最初の宇宙船になりました。

クイックスタート

ArcGIS プラットフォームに接続してプラットフォームを配置します

さあここで、ArcGIS を体験してみましょう。すでに ArcGIS を使用したことがあり、(公開者権限が付与された) ArcGIS サブスクリプションを保持していて、ArcGIS Pro がローカル コンピューター上にインストールされているユーザーは、そのまま次のページに進むことができます。これらの条件をまだ満たしていない場合は、以下をお読みください。

Learn ArcGIS 組織のメンバーシップを取得

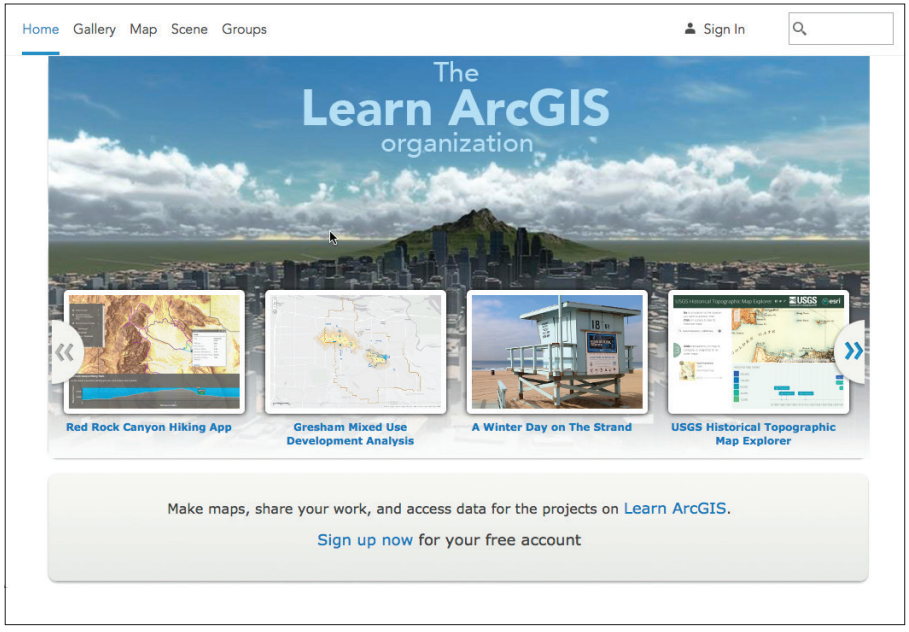
このブックにあるレッスンの大半は、ArcGIS プラットフォーム (クラウド内) 上で実施され、ArcGIS 組織の (公開者権限が付与された) メンバーシップを必要とします。Learn GIS の組織は、学生およびその他の ArcGIS 初心者向けに提供されています。メンバーシップをお持ちの方は、マップの利用、データ リソースの探索、Web への地理情報の公開をすぐに開始することができます。Learn ArcGIS 組織にアクセスし、[今すぐサイン アップ] リンクをクリックして、60 日間のメンバーシップを有効化してください。

ArcGIS Pro のインストール

ArcGIS Pro は、ローカル コンピューターにダウンロードおよびインストールして使用するデスクトップ アプリケーションです。これは、Learn ArcGIS 組織のメンバーシップを通じて 60 日間のライセンスが付与されます。システム要件を確認してから、下の [ダウンロード] ボタンを使用して、ソフトウェアをローカル コンピューターにインストールしてください。

システム要件

ArcGIS Pro は、64 ビットの Windows アプリケーションです。お使いのコンピューターで ArcGIS Pro を実行できるかどうかを確認するには、要件をご参照ください。



ArcGIS Pro のダウンロード

Learn ArcGIS 組織は、学生専用です。すでに別の ArcGIS アカウントを持っている場合でも、この組織に加入できます。

Learn ArcGIS のレッスン

画像の基本操作

このレッスンでは、Landsat 画像に加え、Esri の Landsat アプリでの用途を見ていきます。まず、バングラデシュのスンダルバンスマングローブ林をカラー赤外で確認し、植生の健康状態と土地被覆の様子を追跡します。次に、タクラマカン砂漠の水域や、モルディブの水没した島々を探索します。40 年もの年月をかけて蓄積された Landsat 画像を活用し、スエズ運河の開発における変化を追跡したら、次はぜひご自身の手で世界を再発見してください。

概要

衛星画像は、世界をマッピングし、可視化できるツールとして、ますます重要になっています。これほど広い地域を短い時間で網羅できる画像取得方法は他にありません。衛星画像プログラムとして最も長い歴史を誇るのは、アメリカの 2 つの政府機関の共同イニシアチブである Landsat です。その高品質なデータは、電磁スペクトル上の数多くの波長として捉えられたものです。人間の目では見えないような地物もわかるため、幅広く実用化されています。

このレッスンで習得できるスキル:

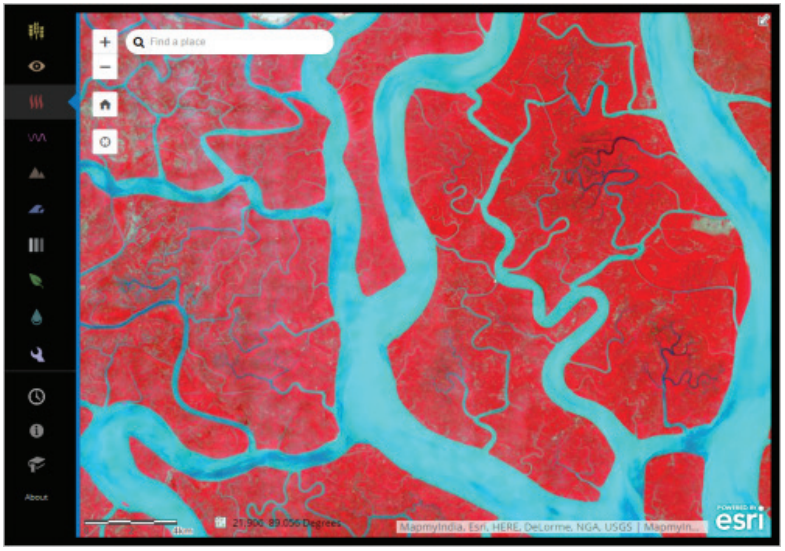
- 画像のナビゲートと操作
- スペクトル バンドの変更による地物の強調
- 経時的変化の追跡
- 独自のバンド割り当ての作成

必要なもの:

- 所要時間: 30 分

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter1_Lesson



このアプリでは、Landsat 衛星画像で世界中を見ることができます。Landsat は地球の画像を撮影し、火山活動から都市のスプロール現象まで、さまざまな秘密を明らかにします。Landsat は、人間の目で見られるものも含め、電磁スペクトルとして画像を捉えます。異なるスペクトル バンドにより、常に変化を続ける、私たちの大切な地球に関する情報を得ることができます。

02

リモート センシングとは

遠く離れた場所から情報を収集

リモート センシングは、遠く離れた場所から情報を取得する技術で、近代史において人類に大きな影響を及ぼしています。このブリティッシュ ビーチ (第二次世界大戦の 1944 年 6 月に決行されたノルマンディ侵攻作戦の上陸地点のコード ネーム) の画像は、米軍の特別装備の F5 戦闘機から撮影されたもので、大小さまざまな舟艇から海岸に上陸するライフル兵が確認できます。それから 70 年が経ち、リモート センシングは、想像を超える分野にまで活用範囲が広がりましたが、現在でも偵察と地球観測では最も重要なテクノロジです。

上からの視界

リモート センシングの力

人類は、見晴らしのきく高い場所を常に求めてきました。これまでの歴史を通して、私たちの先祖は、木の上、山頂、岸壁など、高い場所からの視界を得ることで、重要な質問に答えることができました。水はどこにある? 最高の猟場はどこだ? 敵はどこに居る? 最初の航空写真は、1858 年のパリで気球に乗った Gaspard-Félix Tournachon によって撮影されました。20 世紀の初期は、写真の誕生と飛行機の実用化により、高い場所の有効性が飛躍的に高まり、リモート センシングの分野が誕生しました。

このテクノロジは、卓越した新しい軍事技術として、第一次世界大戦中に急速に発展しました。航空偵察は、1914 年から 1918 年の間に、基本的に何もない状態から厳密で複雑な科学にまで進化しました。今日でも使用されているリモート センシングの手順、方法、用語は、この期間に誕生しています。リモート センシングの科学と精度は、第二次世界大戦を通して発展しました。

次の大きな進歩は、宇宙飛行とデジタル写真によってもたらされました。衛星テクノロジにより、地球全体が繰り返し画像処理されるようになりました。また、デジタル画像の管理と送信技術によって、増加し続ける画像をより効果的かつ直接的に利用できるようになりました。今日のさまざまな人類の試みは、画像を常に取得できることを前提にしています。画像の多くは、取得するとすぐに Web 上に取り込まれます。

航空写真は、第一次世界大戦中に急速に普及しました。偵察用の飛行機は、敵の動きと防備を記録するためにカメラを搭載していました。紛争の当初、航空写真の有用性は十分には認められていませんでした。偵察では、地図制作者が上空で地図を描いていました。

リモート センシングの画像撮影の歴史

リモート センシングの画像による真実の記録

最初の航空写真が撮影されたのは、「リモート センシング」という言葉が誕生する 100 年前の 1858 年でした。衛星とデジタル画像撮影が登場するかなり以前から、人類は遠くから地表の写真を撮影し、多くの決定的な瞬間を記録して後世に残してきました。

世界的に賞賛された初期の航空写真の 1 つとして、1906 年にカリフォルニア州のサンフランシスコで発生した地震の後に撮影された写真があります。これは、凧を揚げてサンフランシスコの上空 2,000 フィート (610 メートル) から撮影された 160 度のパノラマ写真で、1 枚のフィルムで撮影された 17 x 48 インチの密着印刷に、市全体が映っています。この画像は、商業写真家の George Lawrence によるもので、市全体に及ぶ広範な火災被害を記録しています。

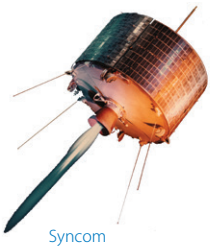
これは Landsat 7 による 2001 年 9 月 12 日のマンハッタンの画像で、ニューヨークとニュージャージーの広い範囲に有害物質が拡散している様子を示しています。

1962 年 10 月 14 日、アメリカ人の航空写真家である Cuba は、ミサイル発射機、燃料トレーラー、酸化剤タンクトレーラーを公に晒しました。

多くのプラットフォームとさまざまな活用場面

センサーの高度によって変わる利用目的

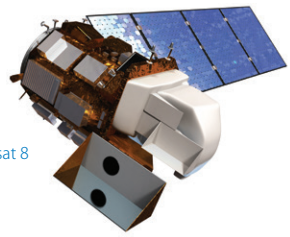
現代の画像は、地表から上空 22,000 マイルまで、さまざまな高度で撮影されています。それぞれの高度で撮影された画像は、さまざまな用途で活用されています。網羅的ではありませんが、次の図は、最も一般的に使用されるセンサーの高度を分類したものです。



Syncom

静止衛星 — 22,236 マイル

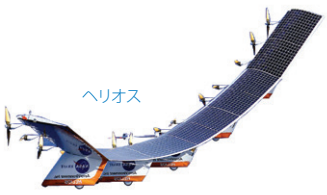
地上の観測者にとって、地球の自転と同じ周期で公転する衛星は、上空で静止しているように見えます。静止軌道衛星は、通信に最も一般的に利用されていますが、ハイパースペクトル GIFTS 映像装置のように、気象条件などの変化する現象の観測にも有効です。1960 年代初頭に打ち上げられた NASA の Syncom は、「高高度の飛行機器」として初めて成功しました。



Landsat 8

太陽同期軌道 — 375 ～ 500 マイル

この軌道の衛星は、地上における太陽の角度をできる限り一定に保ちます。科学者は、Landsat の画像と同様に、同じ季節で年の異なる画像を比較することができます。これは、地球観測センサーの最も一般的な高度です。



ヘリオス

気象衛星 — 100,000 フィート

この無人機は疑似衛星とも呼ばれ、大気圏の境界で検出可能な情報を取得します。NASA のヘリオス実験機は、カウアイ島の近くの太平洋に墜落するまで、太陽フレアを計測しました。

SR71 ブラックバード

ジェット機 — 90,000 ～ 30,000 フィート

高度 30,000 フィート以上を飛行するジェット機は、災害地域を非常に短時間で飛行できるため、特定種類の光学的およびマルチスペクトル画像の利用に適したプラットフォームです。

セスナ

一般的な航空機 — 100 ～ 10,000 フィート

低速度、低高度で飛行できる小型飛行機は、高品質な航空写真と正射投影撮影に長い間利用されてきました。セスナ機、超軽量動力機、ヘリコプターなどは、都市の光学画像に欠かせません。

超軽量

ヘリコプター

米海軍
シルバー フォックス

ドローン — 100 ～ 500 マイル

ドローンは、新たに登場したテクノロジです。ドローンの低空飛行、ホバリング、リモート制御の機能は、解像度が 1 インチ未満の航空写真を実現します。軍事用の無人飛行機は、小型のドローンや実際の飛行機が使用されます。

3DR Solo プライベート ドローン

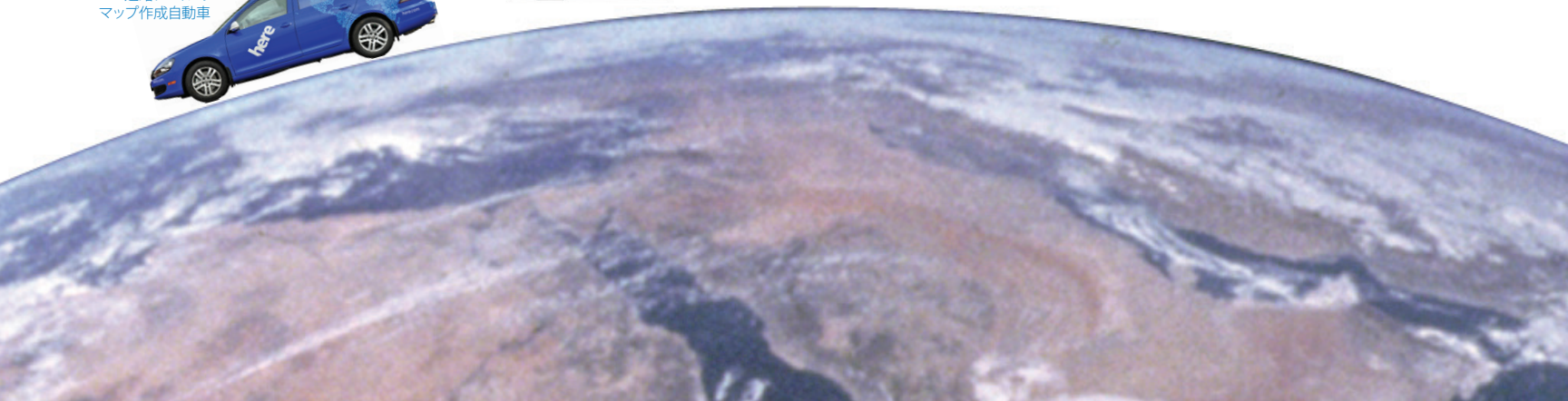
携帯型の分光計

スマートフォン

道路レベルの
マップ作成自動車

地表/携帯 — 地表

地表で撮影された画像は、GIS のワークフローにますます組み込まれるようになっています。Google のストリート ビュー、HERE の道路レベル画像、Mapillary などのサービスや、携帯型のマルチスペクトル映像装置、その他の地上センサーは、パイプライン、セキュリティ、観光、不動産、天然資源、エンターテイメントなどの分野に活用されています。

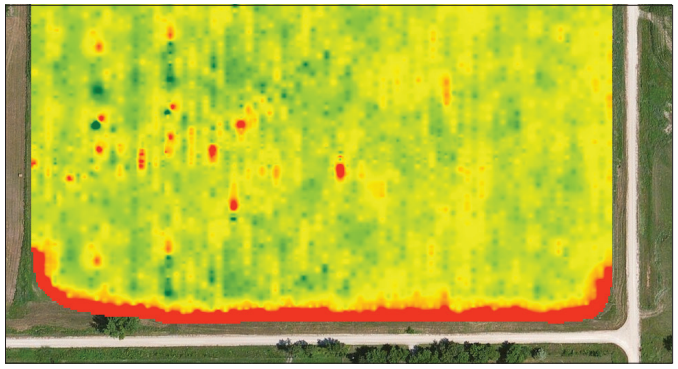


画像の利用のトレンド

リモート センシングはすでに多くの産業で利用されています

リモート センシングの画像は、地上の変化する状況を記録した信頼できる情報として、土地の管理に関わる従来の人的活動に幅広く活用されています。そのため、林業、農業、鉱業、探査などの業界は、リモート センシングを当初から導入し、その発展を支えてきました。

精密農業



ある場所の収穫量など、収穫期に収集した情報は、生産者が農産物を追跡するのに役立ち、翌年の種まきや土壌改良率の計算の貴重な入力情報になります。

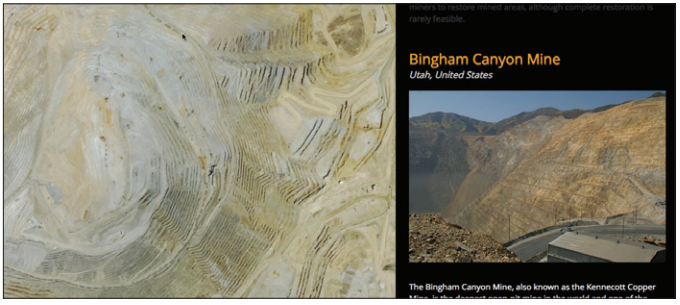
人道的援助

最新画像にアクセスすると、ザータリ難民キャンプが設立された 2012 年 7 月の 9 日間が表示されます。キャンプは 60,000 人以上を収容できるように設計されていましたが、急激に人口増加し、新しいキャンプの増設でゆとりが生まれた頃には、すでに人口が 150,000 以上に達していました。詳細については、ストーリー マップ The Uprooted をご覧ください。

林業

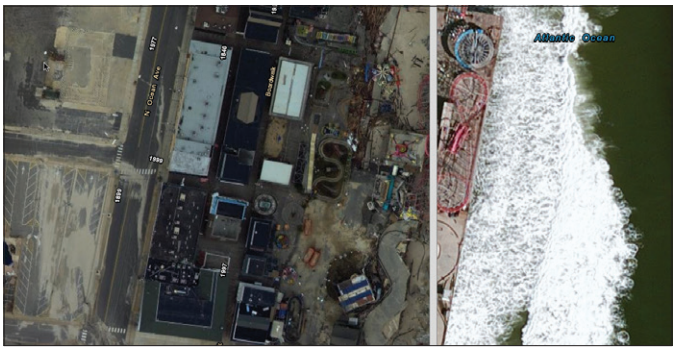
ヨーロッパの森林データへの動的なアクセスは、Corine Land Cover 2006 の一覧から取得されます。Corine は「環境情報の調整」を意味します。

鉱業



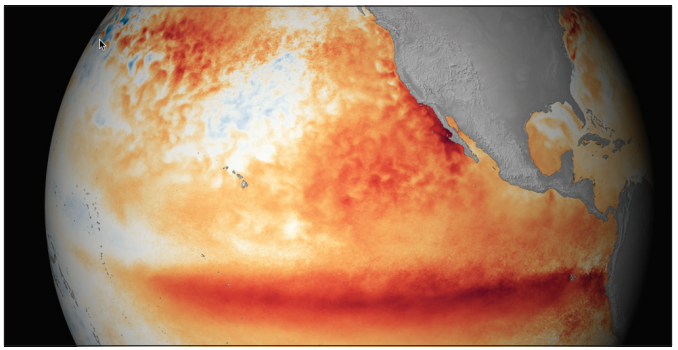
地質調査は、地球軌道衛星を活用することで活発になりました。

自然災害評価



このシーンは、ハリケーン サンディによってニュージャージーの海岸が受けた風津波の被害を示しています。顕著な違いを示すこのスワイプ マップは、NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) が撮影した被害前後の画像を比較しています。

気候・気象調査

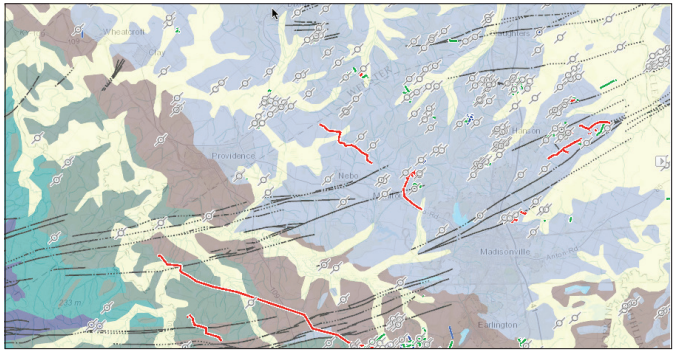


この NOAA による簡単なマップ プレゼンテーションは、エルニーニョ現象の影響に関する多くの質問に答えています。下にスクロールすると、この気候の特長と特性が表示されます。

建設・土木

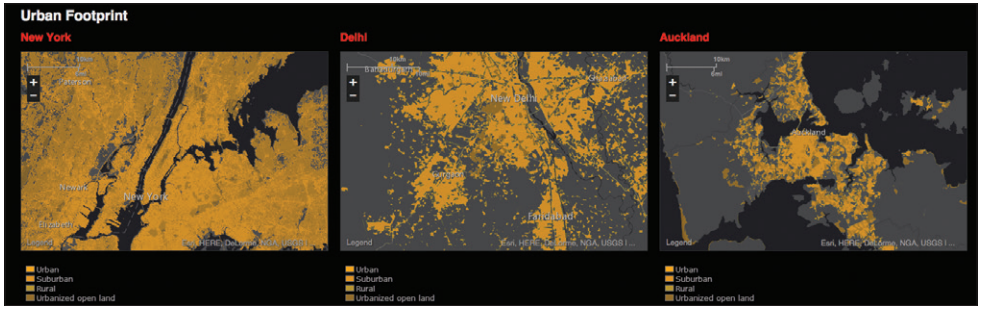
ここには、テキサス州フラッガービルの建設中の開発プロジェクトが表示されています。

石油・ガス探査



この地質マップは、ケンタッキー州立地質調査所が編纂したもので、土地利用、環境保護、経済開発について説明しています。

都市計画

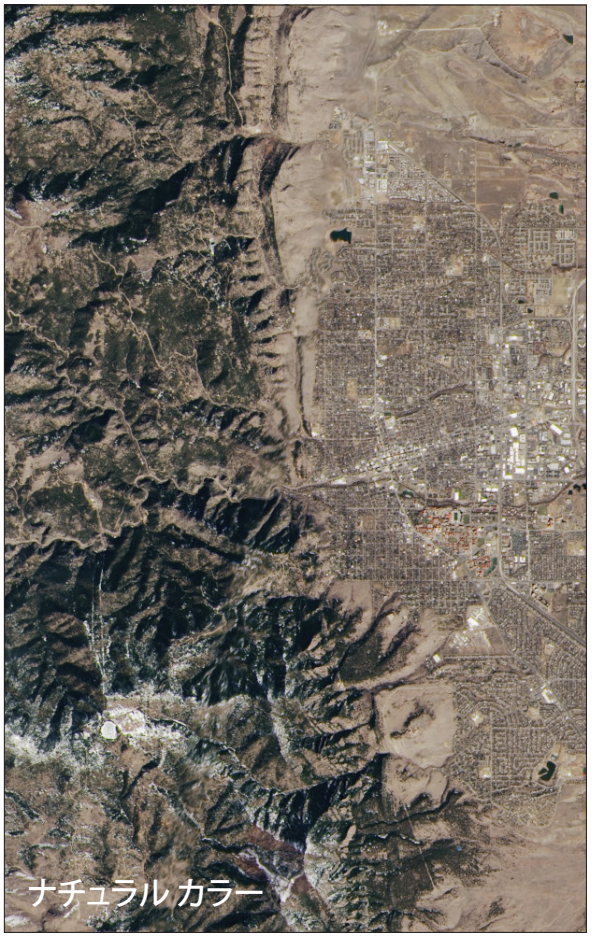


Urban Observatory は、TED の創立者である Richard Saul Wurman が指揮する野心的なプロジェクトで、地下のエリアを一般的な縮尺で比較できるデータを編纂しています。

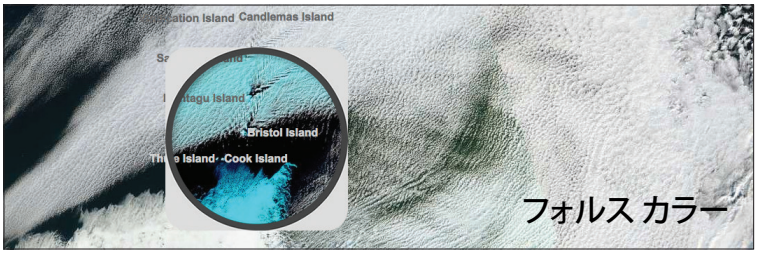
太陽の反射エネルギーの計測

パッシブ センサーはさまざまなスペクトルの反射光を感知します

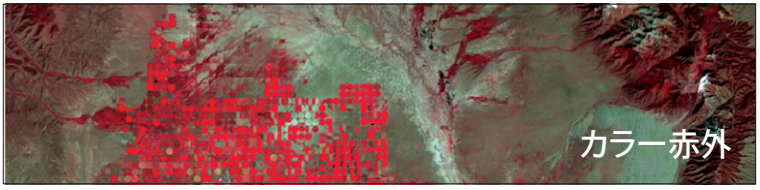
パッシブ画像センサーは、画像の場所から反射または放出されるエネルギーを感知します。太陽の反射光は、パッシブ センサーが計測する電磁エネルギーの中で最も一般的なソースです。このセンサーを使用すると、地球や大気を世界規模で観測できます。



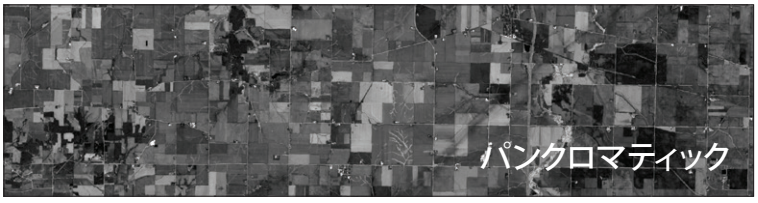
ナチュラル カラーは、画像の中心的存在です。これは、地上および水中のフィーチャ、都市の調査、探査など、さまざまな解析に適しており、幅広い利用者にとって馴染みがあり、最もわかりやすい画像です。



このマップは、南大西洋のサウスサンドウィッチ諸島付近で 2014 年 5 月 1 日に撮影された MODIS 衛星画像です。スパイグラスのフォルス カラーによって、雪氷と雲量が強調表示されています。



赤外カラー画像は、近赤外、赤、緑のエネルギーから構成され、それぞれ赤、緑、青として表示されます。広葉や健康な植物は濃い赤色、草原や植物が少ない地域は明るい赤色で表示されます。



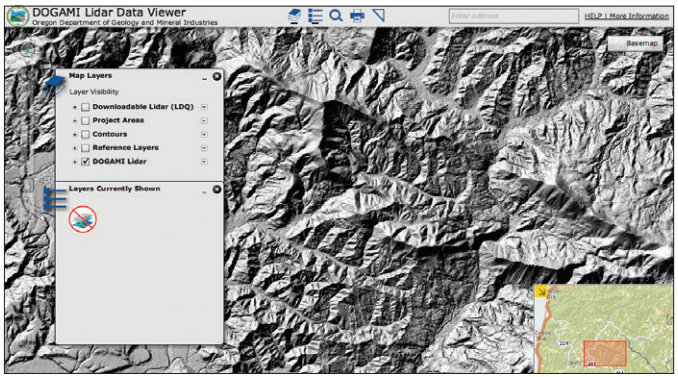
高解像度のパンクロマティック画像では、画像センサーが幅広い波長の光、特に可視領域の光を感知して、その情報が単一バンドのグレースケール画像として格納および表示されます。これは、同じシステムの通常のマルチスペクトル センサーと比べて、センサーのピクセルを小さくできるため、より鮮明な画像を作成できます。

伝達エネルギーの計測

アクティブ センサーは自らの信号を送受信します

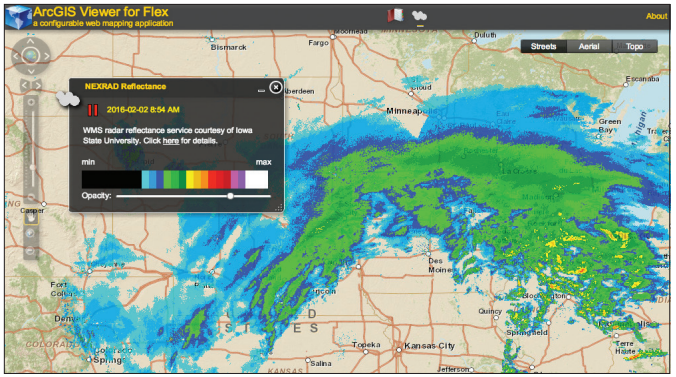
アクティブ センサーは、エネルギーを放射し、地表などのターゲットから返される放射を感知する機器です。これは、雨雲などのオブジェクトからの反射を計測するレーダー、詳細なサーフェス標高値を取得する LIDAR、海底の水深を計測するソナーなど、気象や大気に関係するさまざまな用途に利用されています。

LIDAR

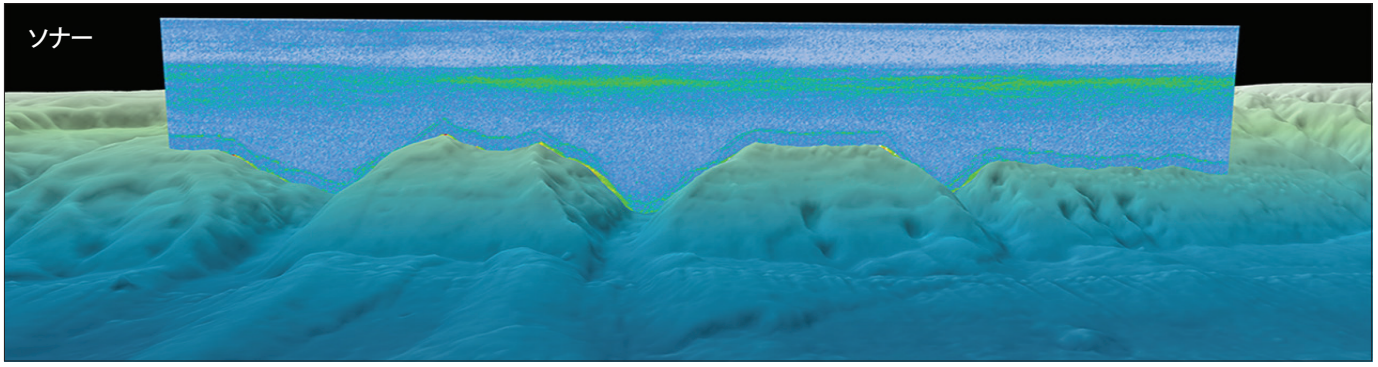


LIDAR は、飛行機に搭載されたシステムで収集され、1 秒あたり最大 500,000 ポイントを収集します。これにより、広い地域に渡る高密度で正確な標高ポイントの大規模なコレクションが作成されます。オレゴン州は、コミュニティの価値を認識して、ダウンロード可能な無料の LIDAR を公開しています。

レーダー



レーダー データには、主に、暗くても使用できることと、雲を通して感知できることの 2 つの利点があります。このため、この次世代気象レーダー (NEXRAD) アプリケーションのような情報収集や気象追跡に最適です。



NOAA が主導する世界的な活動では、アクティブ音響 (ソナー) テクノロジによって、海面近くから海底までの水柱ソナー データが収集されています。収集中は船舶が移動するため、実際のデータは、ここに示したようにカーテンあるいはシートに似たものになります。NOAA やその他の学術的な国際機関は、このアプリを通じて、世界中の研究者や一般の利用者にこのデータを公開しています。

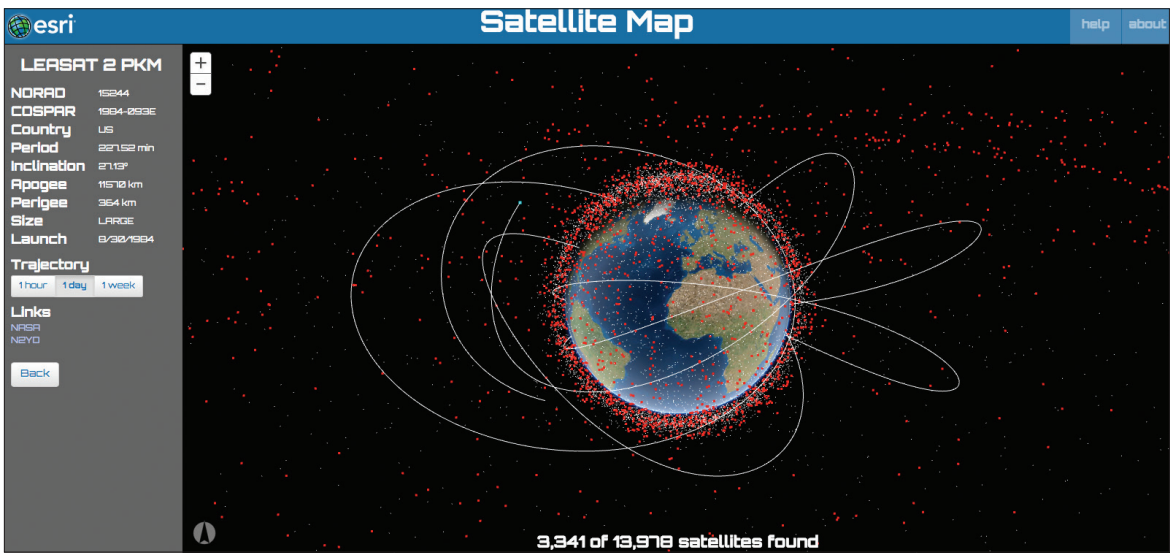
空の目

大量の地球周回衛星

地球を周回する地球観測衛星は 3,300 を超え、その数は今も増加し続けています。これら無数の「空の目」は、かつてない量の画像データを空間解析の専門家に送り、あらゆる人的活動に活用されています。衛星は、低、中、高 (静止衛星) の高度で地球を周回しています。これらは、行政機関 (NASA や欧州宇宙機関など) や民間企業 (Digital Globe や Airbus など) によって運用されています。衛星は、紫外線から、ナチュラル カラー、近赤外、中赤外、熱赤外、そしてレーダーなどのアクティブ マイクロ波センサーに至るまで、電磁スペクトルのあらゆるセグメントに対応しています。

しかし、宇宙は混雑し始めています。3,000 を超える運用中の宇宙船に加えて、世界の宇宙機関は 10,000 を超える「宇宙廃品」を追跡しています。これには、使用済みのブースター、バッテリー切れの衛星、宇宙飛行士が落としたツール、さまざまな出来事や事故による宇宙廃棄物などがあります。

民間の打ち上げや超小型衛星が活発なため、センサーの数はこれからも増え続けると考えられます。センサー グリッドの密度はますます高まり、幅広く活用されていくのは間違いありませんが、前例のない大量の未加工の情報を有効に利用および配信することには大きな課題があります。



このアプリケーションは、地球を周回する約 14,000 の人工オブジェクトの現在位置をマッピングしています。このデータは、Space-Track.org によって保守されています。この組織は、米国や国際的な衛星運用機関およびその他の団体で状況認識を共有することで、宇宙飛行の安全、宇宙環境の保護、および宇宙の平和的利用を推進しています。

その他の視点

傾いた画像と道路レベルの画像は新たな視点をもたらします

すべての地形写真が真上から撮影されるわけではありません。斜めからの画像は、探査や不動産などの分野で活用できる独自の視点を提供します。Google のストリート ビューで普及した道路レベルの画像は、空間データの別の有効な活用方法で、没入型の統合された操作環境を提供します。

傾斜

斜めから撮影された航空写真は、地上の建物や位置を前方や側面から表現できます。これらの視点をつなぎ合わせて、広大な地域をシームレスに表示する航空マップを合成できます。

道路レベル

Mapillary は、道路写真を 3D マップに変換するプラットフォームで、地理空間データを抽出できます。携帯電話や消費者向けのカメラで撮影された写真を数分で結合および再構築して、Mapillary や ArcGIS にアップロードできます。

Reality Lens

HERE Reality Lens は、高品質な道路レベルのパンクロマティック ビューと、高精度の LIDAR データを利用しています。道路レベルのデータを使用して、正確な計測を実行できます。

画像解像度と地上の精度

画像における重要な概念として、画像の地上分解能があります。各画像には地上分解能があり、通常は地表での距離として表現されます。画像コミュニティは、これを地上分解距離 (GSD) と呼んでいます。このセル解像度は、正方形のセルの高さと幅をフィートやメートルなどの地表単位で計測したものです。

1 台の車が、3 つの異なるピクセル サイズまたは GSD で表現され、同じ縮尺で表示されています。車上のピクセル数が多いほど、または GSD が小さいほど、車の表示は鮮明になります。左側の画像では、車がセダンとわかります。右側の画像では、物体が存在することしかわかりません。

このカリフォルニア州リバーサイドの歴史ある Mission Inn ホテルの画像は、約 1 フィートの解像度で撮影されています。画像をクリックして、可能な限り拡大してみましょう 各ピクセルは、地上の約 1 フィートを表します。この種類の画像は、場所に固有の調査や解析に適しています。

この画像は、同じ範囲が 1 メートルの解像度で撮影されています。解像度の違いは明らかです。解像度が 1 メートルのデータは、広い対象地域に及ぶ現象を取得および解析するのに適しています。

オピニオン リーダー : Kass Green

画像はさまざまな形で特性と構造を明らかにします

画像は、優れた芸術作品のように、いつも畏敬の念を起こさせ、時には捉えにくく、時には困惑させる、さまざまな形で特性と構造を明らかにします。まず、グリーンランドの荒涼とした氷河、レッドウッドの微妙な枝の LIDAR プロファイル、レーダーの断層線のぎざぎざの縁、熱帯地方の鮮やかな緑、人為的影響の決定線、セント ヘレンズ山の森の再生、アジアとアフリカの穂が揺れる農耕地、キリマンジャロの消失した雪など、ありのままの美に驚かされます。それぞれの画像は、新しい発見を求めて何度も見たくなります。

画像を一度見た後は、探索を始めます。独特のスペクトル反応を生んでいるのは何か? この地域は、北向きの斜面には樹木、南向きの斜面には低木があるのはなぜか? さまざまな種類の樹木の位置は、斜面や標高と関係しているか? この家は火事になったのに、隣の家に被害がなかったのはなぜか? この村の住人は何人か? ここで育つ作物は何か? この人々に十分な食物はあるか? 景観はどのようにして大きく変化したのか? 誰が変えたのか?

次に、GIS の力を利用して、つながりを発見します。可能ならば Collector アプリを持って現場へ行き、景観が変化した様子を画像やその他の GIS レイヤーと関連付けて確認します。ArcGIS を使用して、情報のレイヤーを整理したり共同で登録して、変化するものの中で最も予測できる要素を探索します。それぞれのオブジェクトの位置、高さ、形状、感触、コンテキスト、影、雰囲気、色に関する情報を画像や GIS データから取得する方法を学びます。次に、マップを作成します。リソースを記録し、時間の経過に伴う変化を監視します。

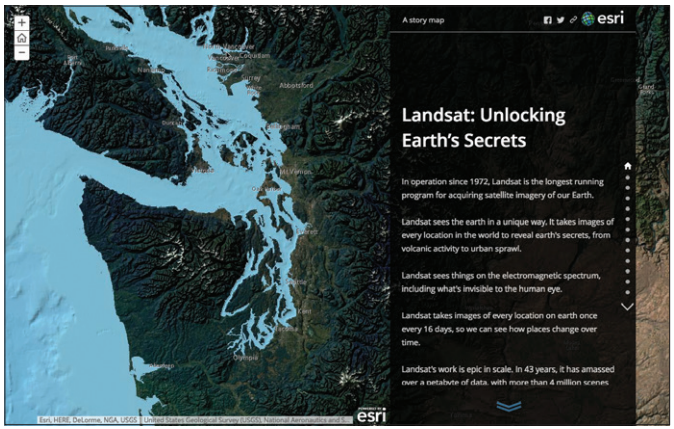
私にとって、画像は世界に通じる道でした。画像を通して、世界を旅行し、素晴らしい話を聞き、魅力的な人々と出会いました。すべての人が自身の取り組みとコミュニティに情熱を傾けていました。私は、画像の美しさを発見できてとても幸運です。画像を通して、自分がやるべき仕事を見つけました。

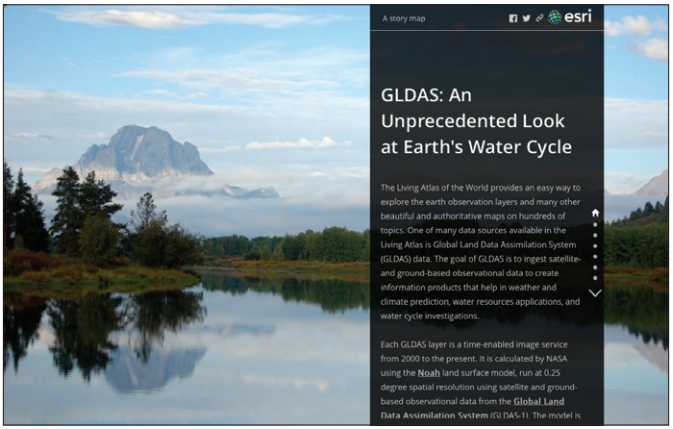
Kass Green 女史は、Landsat データを処理する最初の民間企業の 1 つの創立者であり、20 年以上に渡るリモート センシングと GIS のオピニオン リーダーです。女史の新しい Esri Press 書籍「Imagery and GIS: Best Practices for Extracting Information from Imagery」は、2017 年の出版を予定しています。

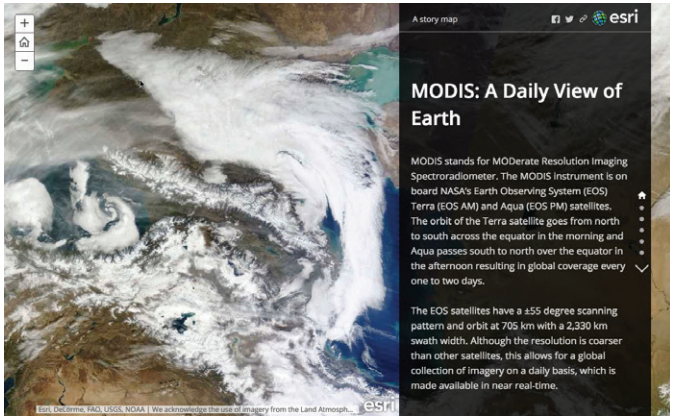
クイックスタート

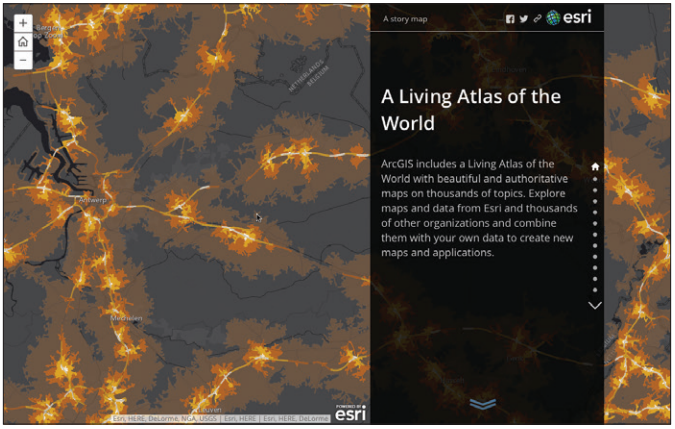
理解を深める最良の方法は、まず、ArcGIS プラットフォームで実際に問題を解決する (または少なくともその問題を知らせる) 様子を見て、画像がどのように活用されているかについて感触を得ることです。次のストーリー マップは、世界の画像をガイド付きで案内するビューを提供しており、最も緊急性の高い地球の問題の解決に応用した重要な例を紹介しています。

各ストーリー マップの最後には、使用されたソース データと、ArcGIS でデータを操作するためのベスト プラクティスへのリンクがあります。









Learn ArcGIS のレッスン

ArcGIS Earth で Living Atlas のデータを使用して、生態学的な土地利用の 3D パターンを調査します

概要

グローバルな ELU (Global Ecological Land Units) マップは、生態学的および地質学的な土地サーフェス フィーチャを使用して、生物圏の系統的な分類を表現しています。これはグローバルなデータセットであるため、ArcGIS Earth を使用して解析するのに最適なデータ ソースです。

このレッスンでは、軽量なアプリである ArcGIS Earth を開き、地表の変化パターンを示す ELU データにアクセスして表示します。次に、地球のさまざまな地域を解析し、これらの地域に対する自分の意見を実際の経験的なデータと比較して確認します。

このレッスンで習得できるスキル:

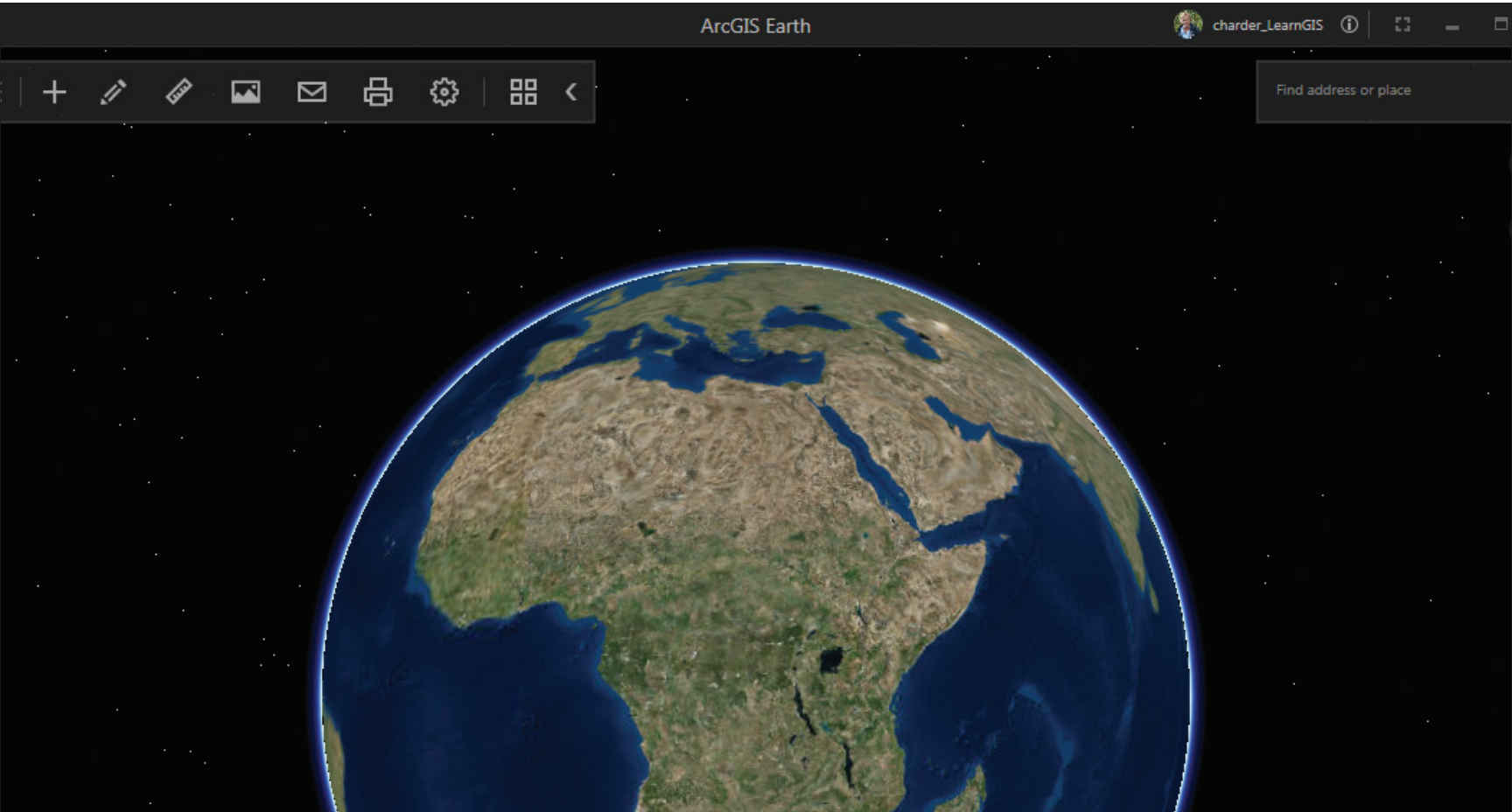
- ArcGIS Earth の操作
- Living Atlas からのデータの読み込み
- 3D KML データへのアクセス

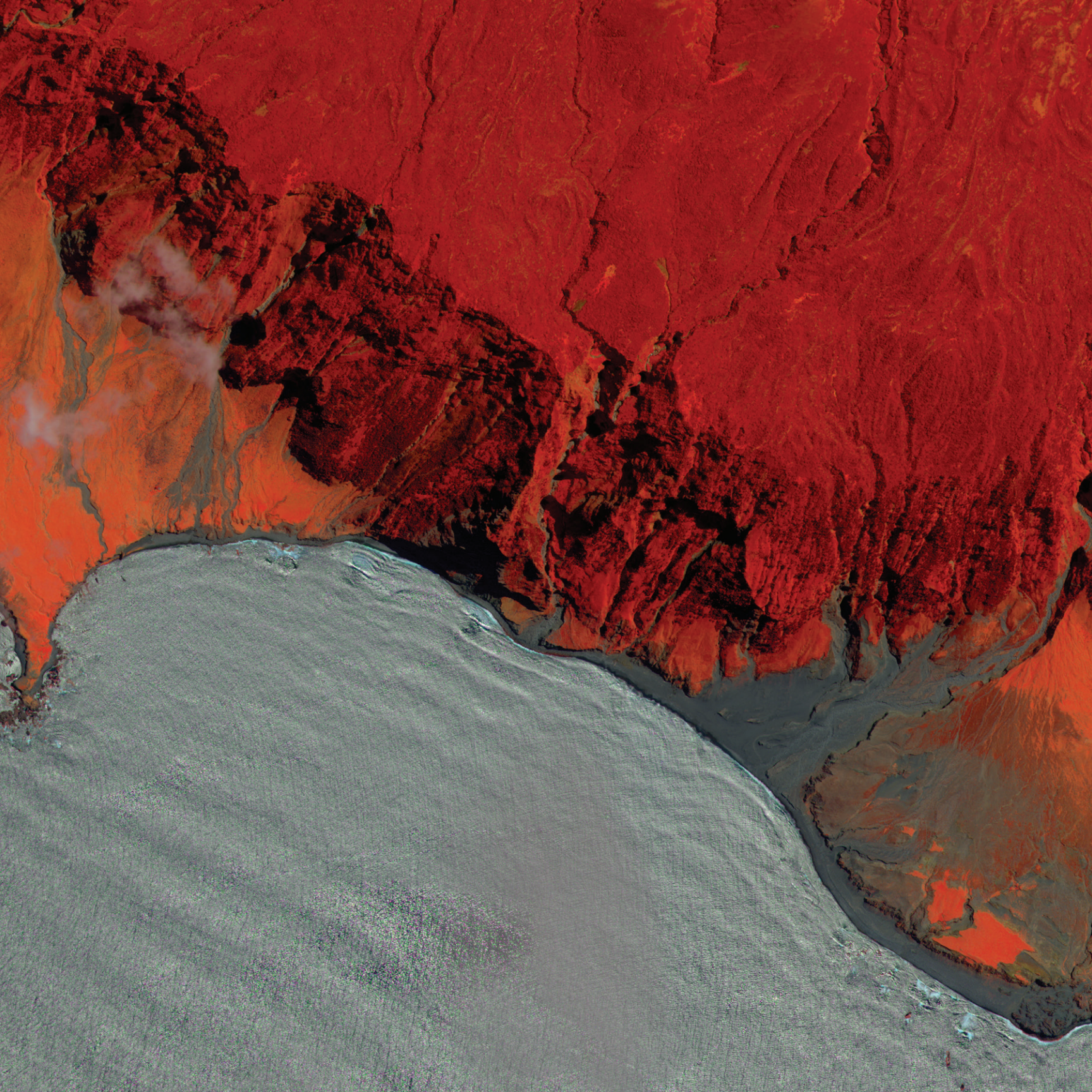
必要なもの:

- ArcGIS Earth
- 所要時間: 15 分

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter2_Lesson





03

画像の定義

GIS と画像が生み出す相乗効果

プロフェッショナル ユーザーにとって、画像と GIS は、デジタル ジオグラフィの補完的な形として概念上緊密に関連しているが、概ね独立していると認識されてきました。ユーザーは GIS と画像処理にそれぞれ別のシステムを導入してきました。これら 2 つのシステムを ArcGIS 内で本質的に統合するという素晴らしいアイデアが生まれ、ベクター中心の従来型 GIS の世界で画像アプリケーションが広範囲にわたって急激に広がってきています。

GIS の基盤

画像の構造

画像は長きにわたって、広範な GIS アプリケーションに相乗的に寄与する GIS の基盤となってきました。実際のところ、何十年にもわたる GIS の広範で着実な導入は、画像とリモート センシングによって支えられてきました。画像は、写真ベースマップの作成や、地理フィーチャを抽出、トレース、またはデジタイズする完璧な土台の作成に理想的で、ポイント、ライン、ポリゴンを使用して地理情報を表すベクター GIS を完全に補完します。

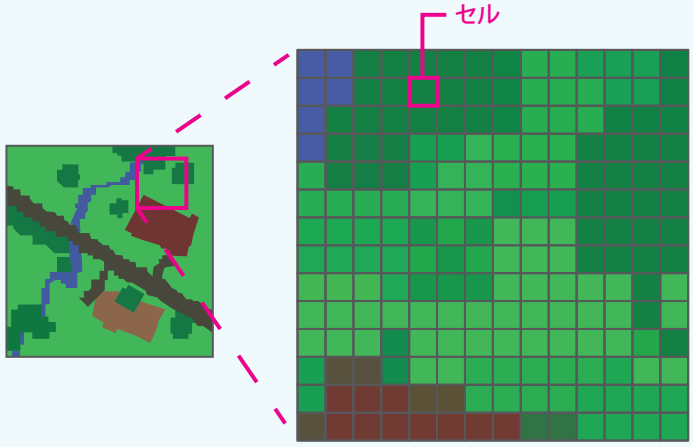
包括的に画像を統合するコンピューターである ArcGIS は、世界中で絶え間なく動作している航空機ベース、衛星ベース、ドローンベース、および地上ベースの画像センサーの使用を可能にします。デジタルで取得されたこのような観測データは、地理空間に最適で、時間対応のアプリケーション用にタイムスタンプが付加されます。こうして作成された情報レイヤーは、収集されている地球に関する GIS データに絶えず追加されているため、地理情報を使用して作業する人々は、さらに多くの作業をより迅速に行い、より広範な影響を及ぼすことができます。

ArcGIS は、従来の GIS 機能に加えて、画像とリモート センシングの適用、使用、統合をサポートする包括的な画像処理システムも組み込んでいます。

この統合の基礎となっているのは、画像と GIS を結び付ける、重要な統一的概念です。この章では、これらの重要な概念について、GIS 内での画像の能力を示す例を挙げながら説明します。

セルベースの画像

各画像は、値を含むセル (ピクセル) の一連の行で構成されています。画像の各セルで表される値は、デジタル写真で見られるようなカラー ピクセルであったり、Landsat シーンの測定値のような一連の観測データであったり、主題カテゴリ、標高などのサーフェス値、または解析モデルの結果を表す他の値であったりします。



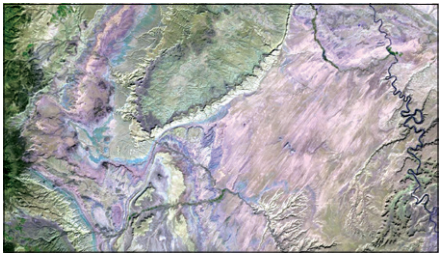
画像レイヤーは汎用的で多様

ラスターは、地理空間内のセルの 1 グリッドです。グリッド内の空間がセルです。GIS では、これらのセルは実際の地理情報を基準としています。このセルベースのラスター構造は、すべての画像データの保存と管理に使用されます。この基本的なグリッド構造によって、ラスター データが汎用的になり、ほとんどすべての種類の地理情報の表現に役立ちます。つまり、マッピング、高度な解析、およびデータ管理に向けてあらゆる種類のデータを画像と統合できるのです。

True Color の航空画像

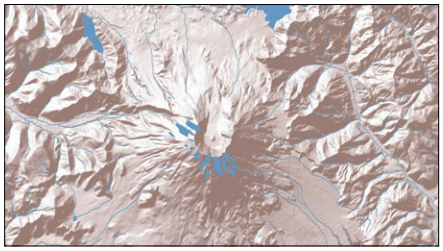
ニュージーランドのマールボロ地方にあるペロラス川に沿った画像。これは、LINZ (Land Information New Zealand) から提供された豊富な全国画像データセットの一部です。

Landsat シーン



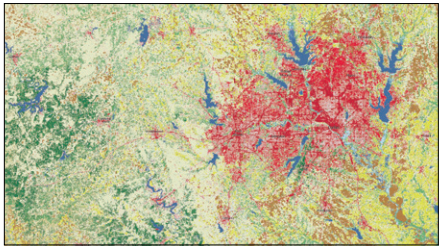
ユタ州の山と峡谷を表す Landsat 8 シーン。この短波赤外線画像は、植生の状態、変化の検出、変状土、および土壌の性質の研究に役立ちます。

標高サーフェス



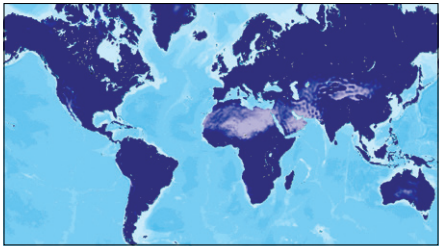
衛星で取得されたデジタル標高モデル (DEM) から生成され、写実的な陰影起伏の作成に使用される、セント ヘレンズ山の標高サーフェス。

土地被覆



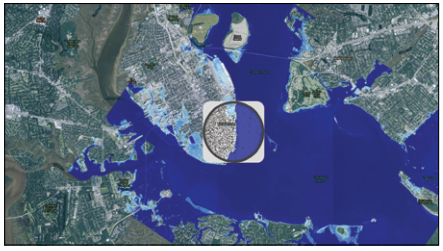
土地被覆ラスターは、さまざまなタイプの開発エリア、農地、森林、および自然植生を示します。各セルは、そのセルをカバーする主要な値を表します。

降水量



MODIS 衛星画像から取得されたこの時系列マップには、2000 年 3 月から現在までの各月の降水量を示す履歴レコードが含まれています。

洪水氾濫ゾーン



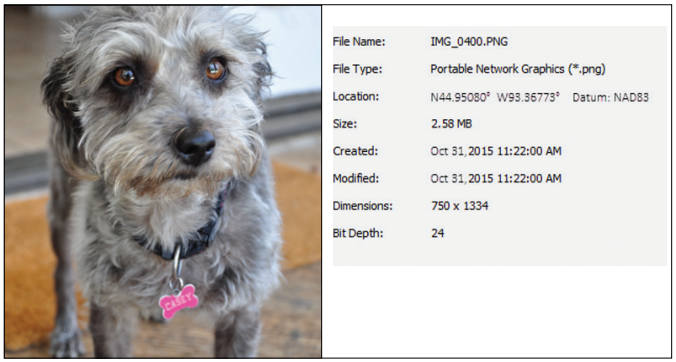
サウス カロライナ州チャールストン市のこのマップは、沿岸洪水の被害を受けやすいエリアを、1863 年のこの市の US Coast Survey マップに示された同じエリアと比較しています。

画像の中身

画像にはメタデータが含まれます

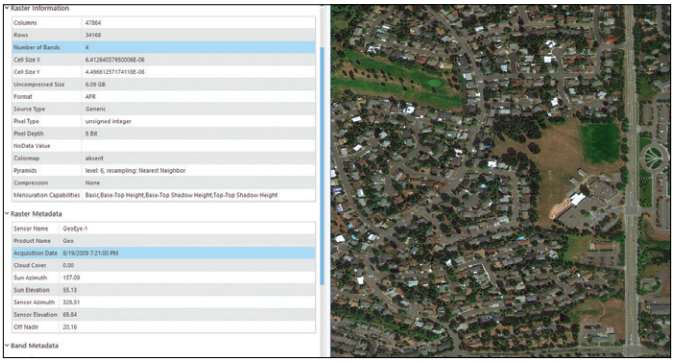
地球観測画像には、デジタル写真のように、ArcGIS での情報のインテリジェントな活用を可能にする重要なメタデータが含まれています。ソフトウェア アルゴリズムは、この情報を使用して、かつては煩雑であった画像ジオリファレンスの技術ステップの多くを自動化します。

デジタル写真のメタデータ



デジタル写真には、写真の撮影日やカメラの位置 (GPS 座標を記録するジオタグ) など、その写真に関するメタデータが含まれています。

画像のメタデータ

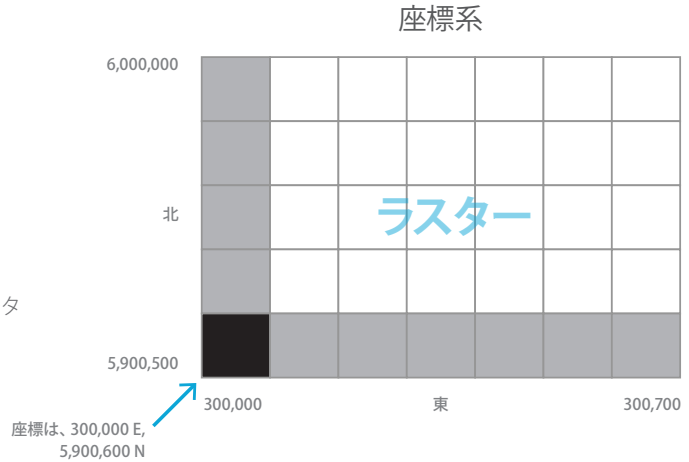


同様に、ドローン、航空機、衛星からの画像には、よりインテリジェントな活用を可能にする詳細なメタデータ アイテム (画像の空間参照 (位置)、作成日、雲量や他のプロパティ) が含まれています。

ArcGIS は、この情報を画像と連携させて、自動化されたインテリジェントな表示と解析を実現します。

画像には地理参照が含まれます

GIS データの特徴となっている性質は、すべてのレイヤーが地球 (または他の惑星が調査エリアの場合はその惑星) の表面を基準とするということです。画像データにも、他のあらゆる GIS レイヤー タイプと重ね合わせたり一緒に使用したりするための空間参照が含まれます。これにより、ArcGIS が完全な画像統合プラットフォームとなります。

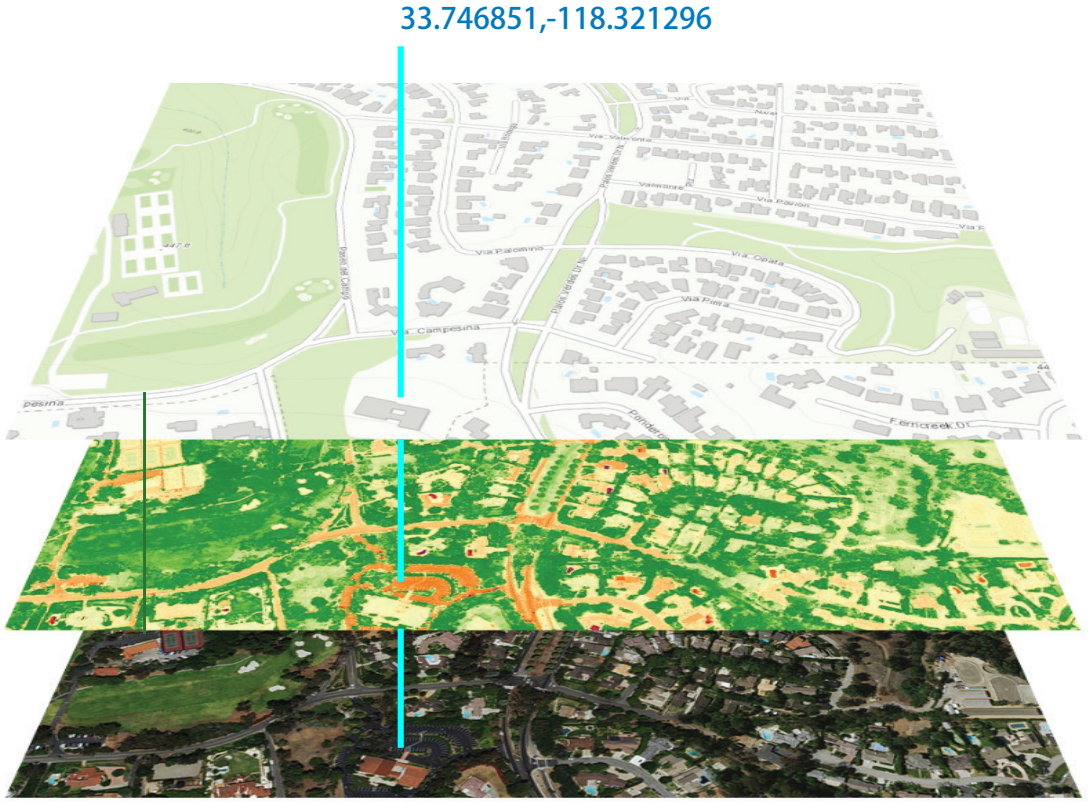


ラスターには、地球表面への登録および他の GIS データレイヤーとの結合を可能にする空間参照が含まれます。

地理情報は画像を構成する重要要素

画像は他の地理レイヤーと位置合わせされます

画像は、GIS レイヤーでもあります。すべての地理情報と同様に、画像は地球上の場所にジオリファレンスされます。つまり、GIS で他の地理レイヤーに登録されます。このオーバーレイ機能は、GIS の動作の基本となる概念です。画像は、他のマッピング可能データと結合すると、単なるピクチャとしてのステータスを超えて、真の情報ソース (同じエリアの他のデータ レイヤーと結合、比較、解析可能なデータ) となります。



画像レイヤーを含め、すべてのレイヤーが GIS で登録および位置合わせされます。このような情報のジオリファレンスこそが GIS を特徴づけるもので、これによって異なるタイプの情報を共通の地理空間で表示、結合、解析できるようになります。

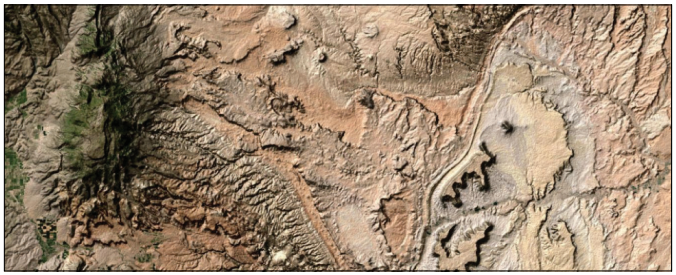
順応性のある形式

どの GIS レイヤーもラスターとして表現できます

ラスターが地理的に位置合わせされた単なる画像ファイルであることを理解した時点で、ラスターは汎用的に適用可能なシンプルなデータ形式の基礎となります。すべての画像は、ラスターのコレクションとして簡単に管理されます。同様に、ほとんどすべての GIS データセット (ベクター フィーチャ、連続サーフェス、時系列情報) もラスターを使用して表現できます。

このように、GIS は画像の構成と理解に役立ちます。特定の地理の広がり (その縮尺と範囲) を示す一意のデータセットが、レイヤー スタック (データ キューブとも呼ばれる) を形成し、さまざまな独立したレイヤーを無限に統合することを可能にします。その結果、画像は GIS で多くのレイヤーを提供し、驚くべき力を生み出します。

ラスターはサーフェスを表現できます

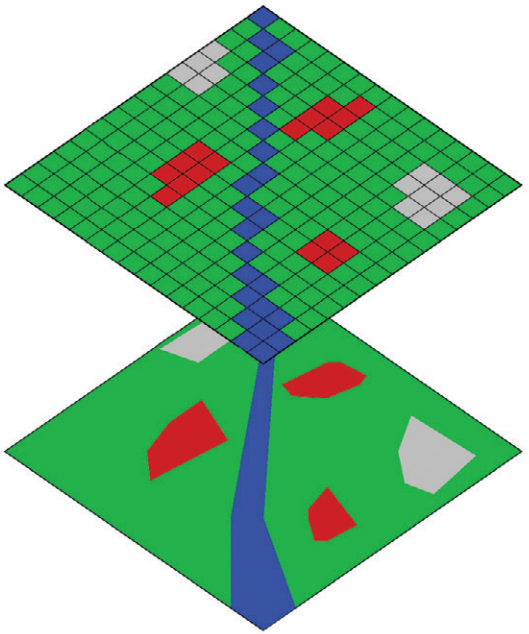


この例は、Landsat 陰影ベースマップを使用して、南ユタの非常に変化に富む劇的な標高サーフェスを示しています。

ラスターは時間を表現できます

この Web マッピング アプリケーションは、2014 年の毎月の平均積雪量を示すために設計されています。

ラスターはフィーチャを表現できます

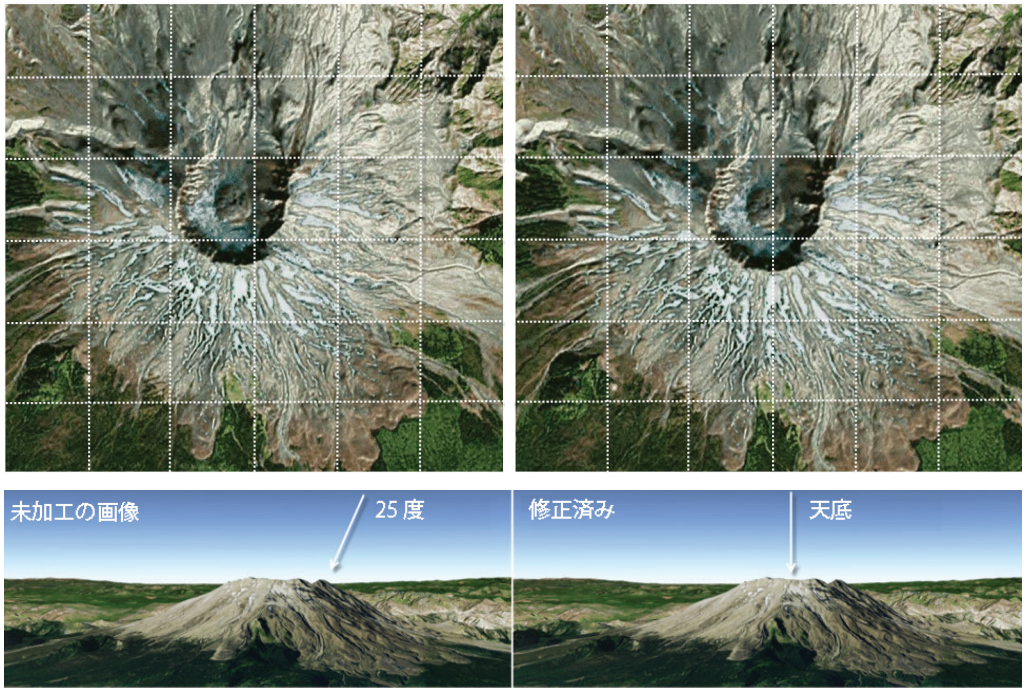


この図は、ベクターとしての小川のセグメント (下のビューの可変幅の青いポリゴン) が上のビューで (他のフィーチャと共に) ラスターに変換される様子を示しています。

オルソ幾何補正された画像

標高を使用して正確な画像ジオリファレンスを実現

画像には大量の情報が含まれますが、未処理の航空画像や衛星画像は、すべてのピクセルが地表で正確な (x,y) 位置となるように処理されるまで GIS で使用できません。 写真測量は、画像を処理して、オルソ幾何補正された画像と呼ばれる正確にジオリファレンスされた画像 (単にオルソ画像とも呼ばれる) を生成するために、何十年にもわたって開発されてきた分野です。オルソ幾何補正された画像は、センサー システムからの光学的な歪みを補正し、センサーの視野角と地上地形の観点による地上物体の位置に見かけ上の変更を適用するように処理されています。



斜めの角度から取得されたビュー (たとえば 25 度、左の図) は、オルソ幾何補正されたビュー (真上から、右の図) を生成するために、テレインによる起伏のずれについて補正される必要があります。オルソ画像は、各ピクセルの天底ビューを計算することによって生成されます。

オルソ幾何補正プロセスには、センサーの正確な説明 (通常は、センサー モデルと呼ばれる)、センサーの位置と各画像の向きに関する詳細な情報、および正確なテレイン モデル (ArcGIS Online から利用可能な World Elevation サービスなど) が必要です。オルソ幾何補正された画像は、GIS 内で使用して、他のデータ レイヤーと正確に重ね合わせることができます。

マルチスペクトル画像

超感覚的な知覚の実現

リモート センシングによって収集される最も非凡な画像タイプの 1 つは、マルチスペクトル画像です。各画像は、電磁スペクトル上で小さなスライス (バンド) を収集する一連のオンボード センサーからのデータで構成されます。以下の表は、Landsat 8 画像によって収集される波長 (バンド) の全リストです。各バンドによって捕捉される内容が異なります。以下の画像は、さまざまなバンドを組み合わせて赤、緑、青の電子ディスプレイまたはハードコピー印刷に出力することによって何が「見えるか」を示した例です。

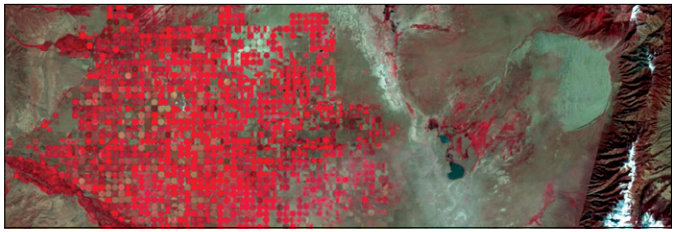
バンド 1	コースタル エアロゾル	**バンド 4**	赤	**バンド 7**	短波赤外 2	**バンド 10**	熱赤外
バンド 2	青	**バンド 5**	近赤外	**バンド 8**	パンクロマティック	**バンド 11**	熱赤外
バンド 3	緑	**バンド 6**	短波赤外 1	**バンド 9**	巻雲		

Landsat 8 の画像バンドを組み合わせて、研究や解析に使用される多数の科学データ レイヤーを作成できます。詳細については、USGS Landsat オンラインをご参照ください。

ナチュラル カラー

ナチュラル カラー (バンド 4、3、2)、つまり赤、緑、青の組み合わせは、陸地と水中の両方のフィーチャの広範囲にわたる解析、および都市研究に適しています。

カラー赤外

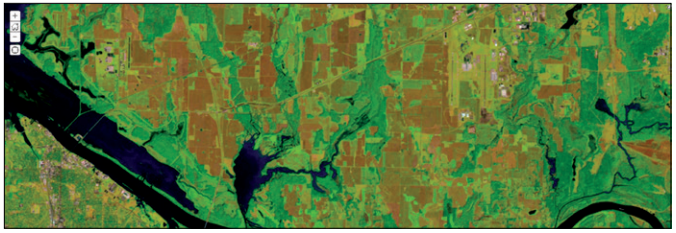


カラー赤外写真 (通常人間の目に見える色以外でシーンをレンダリングするため、疑似カラー写真と呼ばれることが多い) は、天然資源の解明に広く使用されます。

陸と水のインターフェイス

Landsat GLS 陸と水の境界 (バンド 4、5、3) は、陸と水の間のエッジを強調します。

植生解析

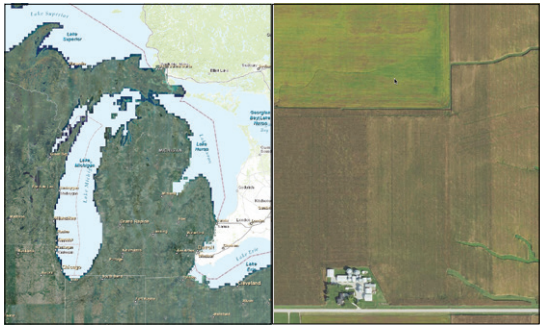


この 6、5、4 のバンド割り当ては、灌漑植物を明るい緑で示します。土壌は、黄褐色、茶色、および藤色として表示されます。

モザイク データセット

画像のコレクション

画像を管理および処理するために ArcGIS 内で推奨されるデータ構造は、モザイク データセットです。モザイク構造では、大規模な (巨大でさえある) 画像コレクションに対する重要なビッグ データ機能が利用できるようになります。各モザイクは、多数の関連するラスター データセットで構成されているため、元の個別の画像ファイルをディスクに保存しておき、大規模な統合された 1 つのコレクションの一部としてそれらにアクセスできます。モザイクは、広いエリアにわたる連続画像サーフェスの作成に使用されます。たとえば、モザイクを使用して、数あるシナリオの中でも特に、大陸全体の非常に高解像度な画像ファイルのカバレッジを処理できます。また、ある国の古地図シリーズ全体を、年ごとおよびマップ縮尺ごとに管理できます。さらに、地球観測および気象予報モデリングの時系列情報の巨大な多次元コレクション (多くの場合 4D と呼ばれる) を管理することもできます。モザイクの作成は簡単です。ジオリファレンスされた一連のソース画像ファイルをポイントすることで、各画像がコレクション内でタイルとして機能するモザイクを数分で自動的に構築できます。

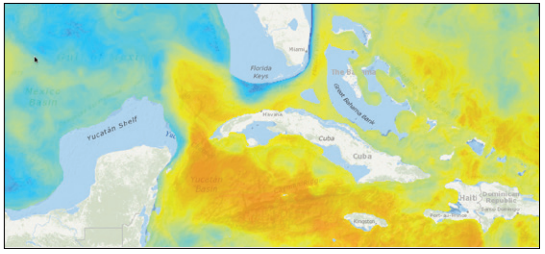


非常に大規模なコレクションの管理

左側は、ミシガン州、イリノイ州、ウィスコンシン州の周辺エリアのモザイク概要で、右側は農地のビューです。NAIP (National Agriculture Imagery Program) によるこのモザイク データセットは、400,000 をはるかに超える個別の画像タイルを含み、米国本土をカバーします。このモザイク データセットには、各 NAIP 画像の複数のバンドにわたる完全な情報、および複数の縮尺で画像を操作するための概要が含まれています。

過去のコレクションの活用

画像モザイクは、ArcGIS Online で画像モザイクとしてアクセス可能な 175,000 の古い USGS マップを含む Historical Topographic Map Explorer のように、スキャンされた古地図で構成することもできます。独自の古地図や昔の航空写真をジオリファレンスし、それらを組み合わせてモザイクを作成することもできます。



多次元データの解析

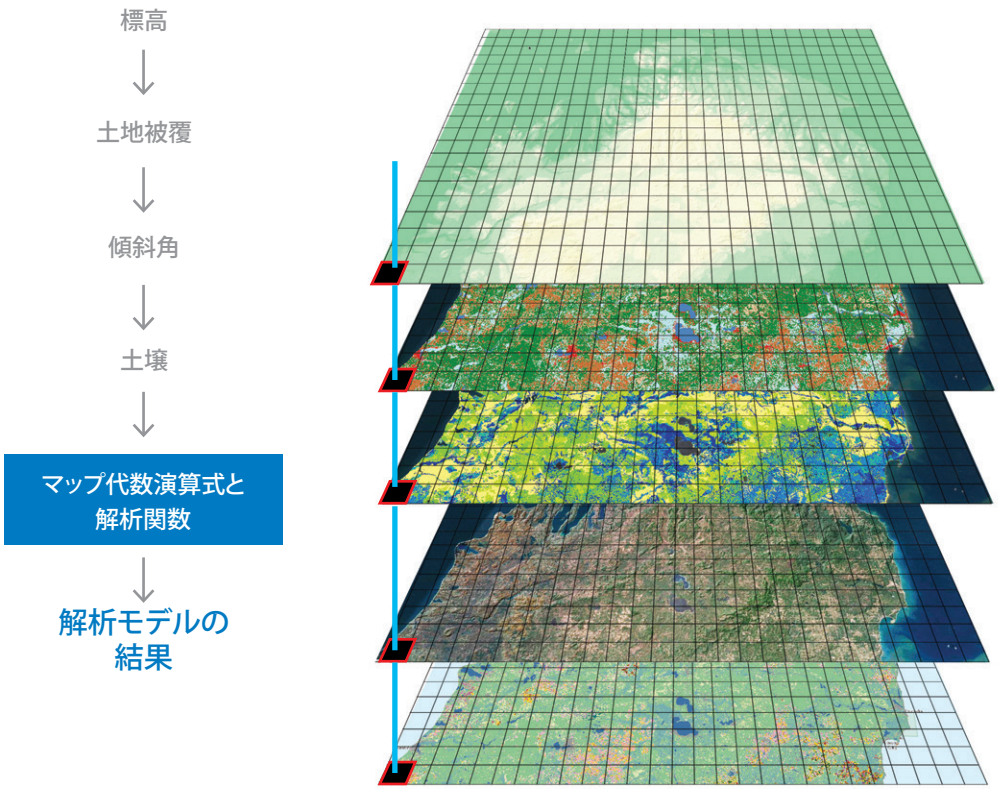
多次元データは、場所、海の深度、および日付別に取得されます。地球科学者は、多くの場合、このデータを 4D と呼びます。それは、このデータが場所を 3 次元で表し、時間をもう 1 つの次元とするためです。モザイク データセットは、多次元データの管理と適用に役立ちます。

ラスターは解析を容易にする

ラスター スタックの構築

ラスターでは、ほとんどすべての種類の地理データセットをサポートするシンプルな汎用データ形式を提供することで、多岐にわたる高度な空間処理や数学関数を簡単に実行できます。また、ラスターを使用すると、シンプルなワークフローで、関心を引く複雑なあらゆるタイプの解析処理や演算を実行することができます。ラスター セルは、互いに積み重ねられると、ある種の処理可能なデータ「スタック」になります。

どの GIS データ レイヤーでも、グリッド形式のデータセットに変換し、他のデータセットと組み合わせることで、多くのレイヤーを含むことができるスタックを作成し、有用な解析モデルでデータを結合できます。

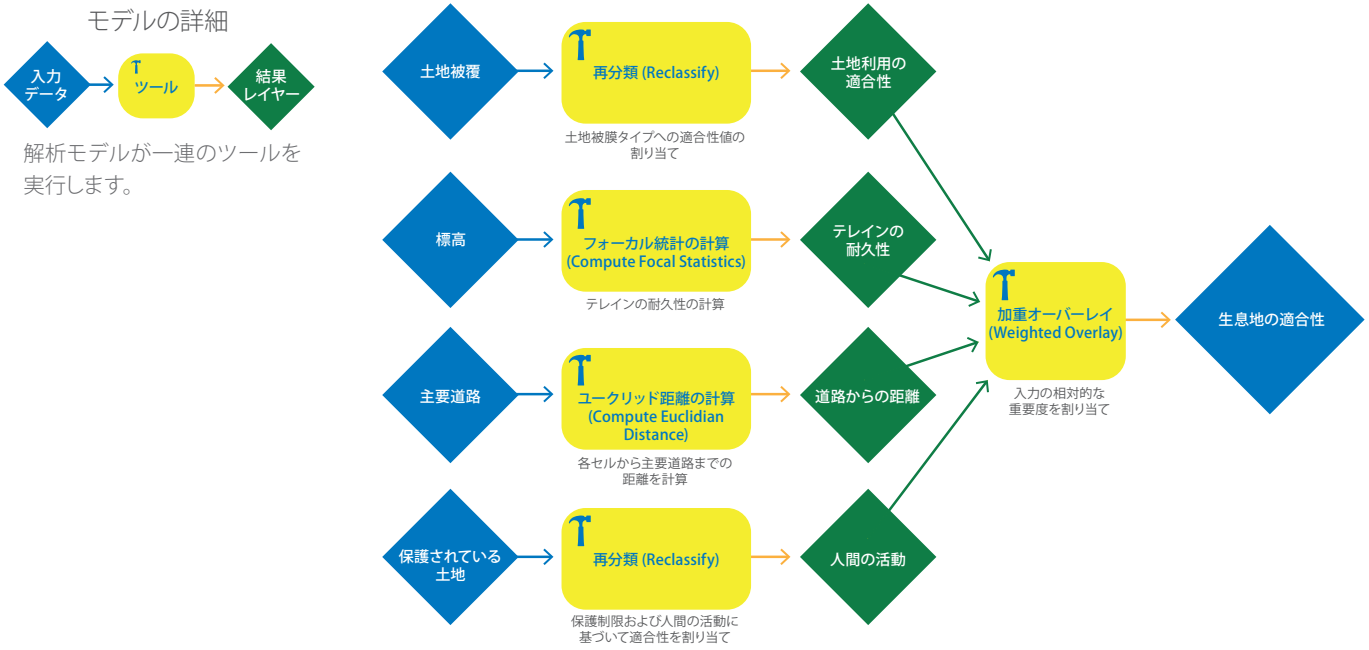


ラスターは、強力な解析機能を実現します。たとえば、ラスターを互いに積み重ねると、統合や有用なオーバーレイ処理が可能になります。また、ラスター内の隣接セルは、ゾーン統計、選択したフィーチャまでの近さ、サーフェス モデリング、およびフロー関数の計算に使用できます。さらに、さまざまな方法で 3D と時間の両方を解析上有効にすることができます。

モデルにおけるラスターの結合

一連の処理の連結

ArcGIS では、ラスター レイヤーとツールを組み合わせて、プログレッシブ モデルが作成されます。各ラスター解析ツールは、地理データに対して単純で重要な処理を実行します。たとえば、加重オーバーレイでのレイヤーの結合、各セルから特定のフィーチャまでの距離の計算、サーフェス上のフロー パスのトレースなどです。また、これらの派生レイヤーを、さらなる結果を生成する追加のツールに入力することもできます。これにより、一連の処理を連結して、独自の空間解析アルゴリズムを作成できます。これらのアルゴリズムでは、ArcGIS を使用して、考えられるほとんどすべての種類の空間的問題をモデリングできます。



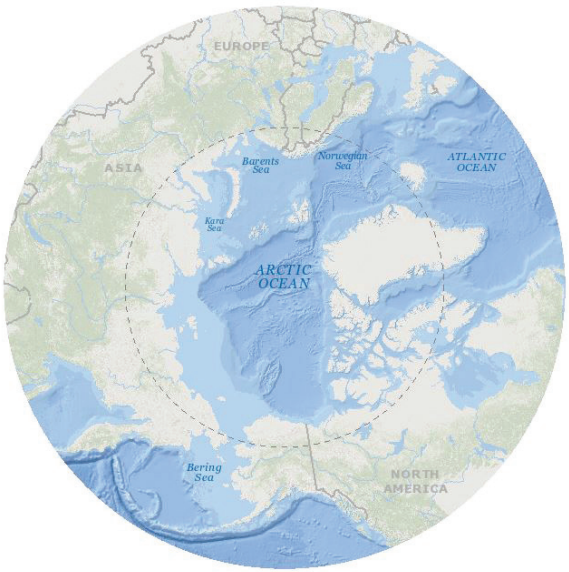
ジオプロセシングとは、地理データに一連の処理を論理的に実行し、新しい情報を作成することです。ラスター データ タイプは、ラスター レイヤーをモデリングおよび結合するツールの中でも最も機能性の高いツールを提供します。上記のマウンテン ライオンの生息地に関する単純化したモデルは、ArcGIS におけるラスターの優れたモデリング機能と解析機能の一例です。

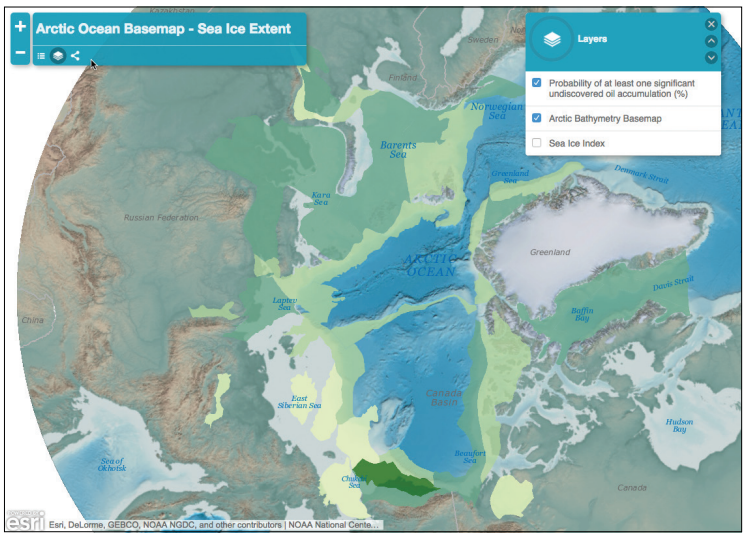
ケース スタディ : 新しい冷却レベル

北極海ベースマップ

過去数年間にわたって、Esri の海洋図ベースマップ チームは、世界の科学的関心が北の方に移っていることに注目してきました。北極海における海氷の減少と船舶航行の増加が表面化し、海洋および海運コミュニティで議論の中心となっています。このようなコミュニティをサポートするため、Esri の海洋図ベースマップ チームは北極海ベースマップを開発しました。

北極海ベースマップは、地球のこの地域に向けて最適化された極投影法を使用します。アラスカを中心とするランベルト正積方位図法を使用すると、北極海ベースマップが、極中心のアプリケーションに対してシームレスにつながります。現在、北極海ベースマップが取り上げているのは、Esri の結束力の強い海運コミュニティから提供された信頼できる測深データのさまざまな海洋ソースからのデータです。世界海洋図ベースマップの Web メルカトル バージョンと同様、北極海ベースマップは 2 つのマップ サービスで構成されています。この Web マップでは、ベース サービスと参照サービスを結合して、マップの「サンドイッチ」が作成されます。





北極海ベースマップ (左) は、北緯 90 度から 50 度までをカバーするこの地域の研究用に最適化された特別な投影法を使用します。このベースマップ (およびコンパニオン画像バージョン) は、極ベースマップ上の海氷域データと石油探査データを取り上げているこの例 (右) のように、北極地方の他のデータを重ね合わせるためのベースマップとしての使用を目的としています。

オピニオン リーダー : Dawn Wright

海中からの画像

1,500 人を超える人がエベレストに登り、300 人を超える人が宇宙旅行をして、12 人が月面を歩きましたが、海の最深部に降りて帰ってきた人はわずか 3 人しかいません。我々は、オデッセウスのように、船で海に行って内部の世界を探索する必要があります。その画像を収集するために、我々は船上のサウンド センサーと上方および下方のリモート センサーを利用します。その後、GIS を利用して、この多種多様なデータを使用可能な情報に変換します。この情報は、生息地のマッピングや復元、保護エリアの設計、深海魚場の管理、避難に向けた津波上昇のモデリング、原油流出への対応、港湾ナビゲーションの改善、嵐が海岸を侵食する様子の把握などに使用できます。また、この情報は発見にも使用します。私たちの「新たな」未開拓地帯には、30 億年以上の歴史がありますが、我々はその 10 分の 1 をマッピングするのがやっとで、しかもそれは州立公園のハイキング マップの詳細レベルです。

それでも、深く暗い海洋探索の将来は我々にかかっており、明るいように思えます。私たちは優れたセンサーと解析法、およびそれらがお互いに最大限の能力を発揮できる方法を開発しています。長年にわたって、衛星および航空機上のセンサーが水面上の事物をうまく感知してきましたが、海中の事物は感知できていません。空中センサーは電磁エネルギーを利用するため、深くなるほど (水柱と呼ばれる海面から海底への概念)、そのエネルギーが歪み、消散します。ただし、音波は、水中をより遠くより高速に伝わることができます。そこで、私たちは水中音響センサーを利用して、水柱を視覚化しました。私たちは、音響信号の強度 (後方散乱) を使用して、物体の形状と海底の特性を解明します。たとえば、堆積物の多いエリアは、通常、反射がありません。一方で、最近噴火した海底火山からの溶岩の流れはガラス状で、きわめてよく反射する傾向にあります。沈没船や墜落機などの金属製の物体も反射します。

音響センサーを使用した航海により、私たちは最高の詳細レベルの画像を取得しましたが、そのような系統的調査が少なすぎます。そこで、私たちは、水中のビデオ撮影や写真撮影によるリモート センシングを必要とします。また、さまざまな次元、

Esri の主任研究員である Dawn Wright は Esri の研究のうち環境科学、保存科学、気候科学、および海洋科学の側面の課題改善に尽力しています。

解像度、精度のデータを、内部空間を本当に理解するための画像に変換する GIS も必要です。

ビデオを見る: Dawn Wright と Jack Dangermond による GIS および海洋に関するディスカッション

クイックスタート

Landsat 大鉱脈の採掘

Esri の社長 Jack Dangermond が Landsat の効果について説明するビデオを見る

Change Matters Web サイト

Landsat 8 データは、インターネットに接続していれば誰でも利用できます。AWS (アマゾン ウェブ サービス) によって Landsat 8 データが自由に利用できるようになったため、Landsat データの格納コストやダウンロードに必要な時間を心配せずに、誰でもオンデマンド コンピューティング リソースを使用して、解析を実行したり、新製品を作成したりできます。2015 年のすべての Landsat 8 シーンだけでなく、2013 年と 2014 年の雲が映っていないさまざまなシーンも利用できます。新しい Landsat 8 シーンはすべて毎日公開され、多くの場合は撮影後数時間以内に利用可能になります。

Landsat は、独自の方法で地球を眺めます。世界のあらゆる場所の画像を撮影し、火山活動から都市のスプロール現象まで、地球の秘密を明らかにします。Landsat は、人間の目で見られるものだけでなく、電磁スペクトルによって広い範囲を捉えます。Landsat は、地球上のあらゆる場所の画像を 16 日おきに撮影するため、我々はそれらの場所がどのような経時的変化を遂げているかを見ることができます。

Esri はこのイニシアチブに積極的に参加しています。Amazon は、アマゾン ウェブ サービスのクラウド上で USGS からの 1 ペタバイトの Landsat 画像をホストして、GIS ユーザー コミュニティがその画像にアクセスして使用できるようにしています。Esri はその一歩先を行き、一般ユーザーがアクセスできる一連の Web サービスを作成して毎日更新しています。毎日、最新の Landsat 8 シーンが追加され、以前のシーンと共に直接アクセスできるようになります。これらのサービスはマルチスペクトルおよび時間対応で、最新の小さいピクチャだけではなく、Landsat からの完全な情報コンテンツも提供します。

Esri は、Amazon の AWS クラウド上でホストされている Landsat 画像を取得して、その画像が ArcGIS ユーザー コミュニティにとって便利で、アクセス可能となるようにします。上記は、すぐに利用できる既製のイメージ サービスの一部です。

Learn ArcGIS のレッスン

衛星画像を使用した焼け跡の評価

2015 年の夏季に、モンタナ州のグレイシャー国立公園は山火事の被害に見舞われました。火災が鎮火すると、モンタナ州の森林資源管理局は、被害を受けた地域を定量化するために焼け跡を計測しました。焼け跡の計測は、森林を再生し、植生を持続するための基礎となります。ただし、地表面での計測は困難で、現実的には不可能です。その代わりとして、衛星画像を計測の基盤として使用できます。

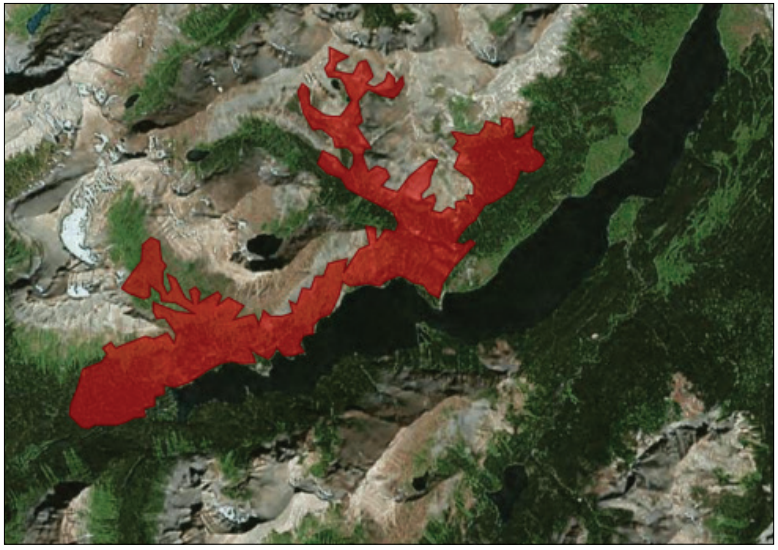
このレッスンでは、モンタナ州の森林局で働く地理空間科学者として、グレイシャー国立公園の被害を解析する役割を果たしていただきます。最初に、山火事の前と後に撮られた Landsat 8 画像を比較します。次に、焼け跡の強調表示と定量的な評価のため、火災後の画像内のバンド割り当てを変更します。その後、この画像を基に、正規化した燃焼指数 (焼失地域を強調するよう作成された比率) を計算して、評価を定量化します。最後に、焼け跡を表すフィーチャクラスを作成して焼け跡の面積を計算し、ArcGIS Online にその結果を公開して森林局と共有します。

このレッスンで習得できるスキル:

- 各種バンド割り当ての表示
- カスタム バンド割り当ての作成
- 正規化した燃焼指数の計算
- ArcGIS Online へのレイヤーの公開

必要なもの:

- ArcGIS Pro
- ArcGIS 組織の公開者ロールまたは管理者ロール
- 所要時間: 2 時間



レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter3_Lesson

04

わずかな差異の認識

センサーが実現する超人的な視覚能力

画像は単純な写真以上のものを提供します。センサーの中には、人間の目には見えないエネルギーを検出し、広範な電磁スペクトル上で私たちに「見える」ようにすることができるものもあります。これにより、科学者、地質学者、農業従事者、植物学者や、他のスペシャリストたちは、隠れた状況、事象、および活動を調査できます。これが意味するものは非常に意義深いもので、その活用場面は無限であるように思えます。

視点の拡大

マルチスペクトル データは、被写界深度を高めます

地球は毎日、上空や宇宙の軌道上の多数のセンサーから直接画像化されています。発生するほとんどすべての事象が、衛星、航空機、ドローン、およびロボットに搭載された何千もの画像装置によって測定、監視、撮影、探索されます。この情報の多くは、最終的に、世界の大規模で活気ある仮想 GIS に統合された画像となり、Web 上に展開されます。

これらのセンサーの中には、私たちの目に見えないものを検知して、私たちに見えるようにしてくれるものもあります。マルチスペクトル画像は、虹の色よりもはるかに多くのディメンションを持つ世界について表すことができるこの情報を、測定および取得します。つまり、この画像は、私たちの目に見えるものの限界を超えて認識します。

レーザーやレーダーなど、他のアクティブ センサー技術は、光速で反射して戻ってくるシグナルを送出し、リポジトリとして集積されている地理データにさらに情報を追加します。画像センサーの中には、雲を通して見たり、樹木の下を見たりできるものもあります。また、微小すぎて私たちの感覚では識別できないものを検出するものもあります。このような情報が持つ豊富さと即時性により、私たちは、私たちのコミュニティと環境に影響を及ぼす自然のプロセスや人間の活動について理解を深めることができます。こうした新しい情報ソースを収集、利用する能力は、GIS を実際に使用する人々にとってますます重要になっています。

これは、カメラが初めて航空機で上空に運ばれて以来、リモート センシング コミュニティの使命となっています。現在では、このようなセンサーから出力される情報は全スペクトル範囲に及び、人々の意思決定能力を向上させるうえで必要不可欠なものとなっています。科学的研究や解析で使用される新型のマルチスペクトル センサーは、従来の自然光シーンと同様に GIS で機能します。基本的な原理は同じです。最近では、収集と送信の速度が向上し、範囲が拡大されたため、かつてないほどに情報の即時性が高まっています。これは、重大な人為的事象や自然事象が発生した後でも、ほぼリアルタイムで重要な比較を行うことを可能しています。

Web GIS はいわば地球の神経系で、スペクトルの画像はきわめて重要な役割を果たします。

ニカラグアのモモトンボ火山は、2015 年 12 月に爆発的な噴火を起こしました。この疑似カラー画像は、熱を帯びたエリア、主に北東に伸びる溶岩の流れを強調表示しています。

ナチュラル カラーの画像

スペクトルの可視部分

携帯電話に搭載されたカメラは、写真 (私たちが認識する物体を私たちが普段見ているように表現する光と色) を撮影するように設計されているセンサーです。このような写真は、赤、緑、青の色の濃さとして表現されるピクセルのコレクションです。多くの航空および衛星プラットフォームは、これと同様の方法で (可視スペクトルで) 画像を取得するため、基本的には上空から地球をジオリファレンスした写真になります。ナチュラル カラー画像は、一部のタイプの画像ほど著しい特徴があるわけではありませんが、その価値はきわめて高いものです。

単に、目に見える景色の一連のピクチャを空から取得するだけで、新しい洞察が生まれ、その地理コンテキストや場所のフレームワーク内にある多くの物事を理解することができます。さらに、センサー数と取得頻度が増えれば増えるほど、画像と写真を活用する価値は高くなります。

衛星画像

衛星画像ベースマップ (ここではニューファンドランドのセント ジョンズにズーム) は、ArcGIS で最も一般的に使用されるベースマップで、1 週間に 20 億を超えるリクエストがあります。何十ものソースからつなぎ合わされて、クラウドに保存されているこの画像は、グローバル ビューから高解像度のサイト ビューに至るまで、さまざまな用途のためにキャッシュされ、最適化されています。

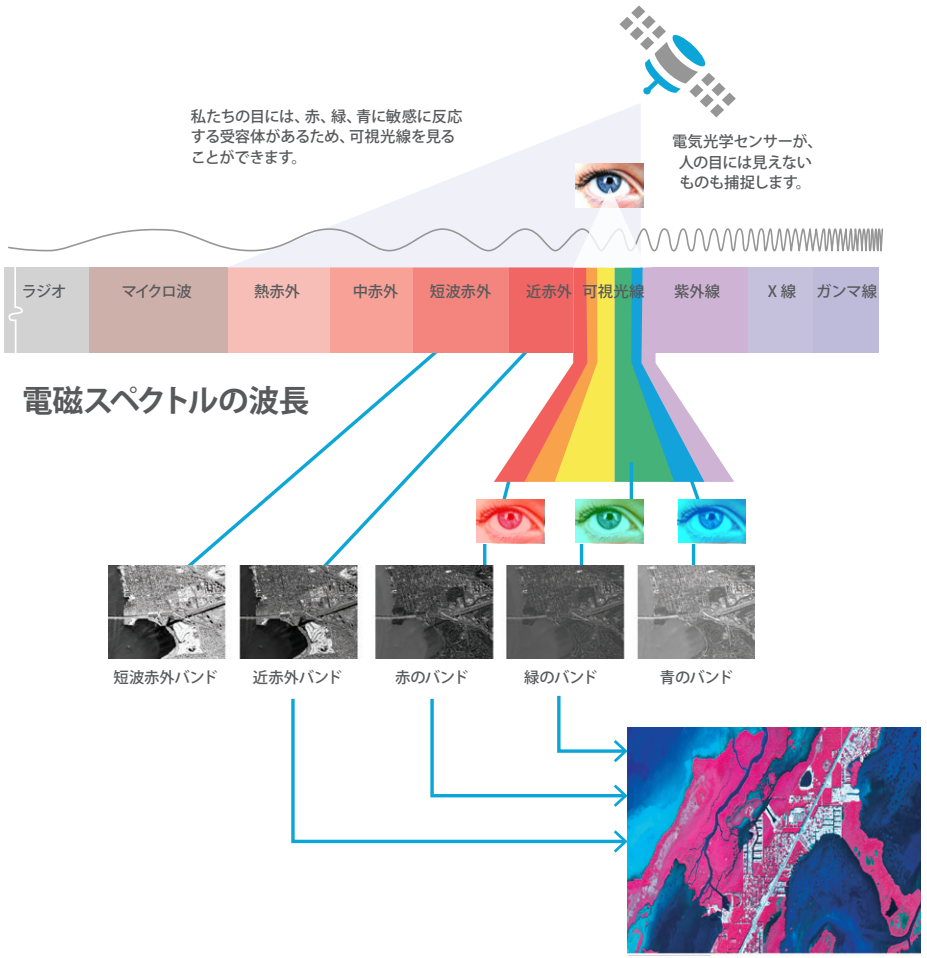
地球上のさまざまなパターン

ニュージーランドのエグモント国立公園には、休火山のタラナキ山があります。山の傾斜上の森林地帯を保護するほぼ円形の境界は、True Color 画像の探索から浮かび上がるパターンの一例です。画像をクリックして、地球のいたる所に存在する円形パターンのストーリー マップを探索してください。

電磁スペクトル

目に見えないものを見る

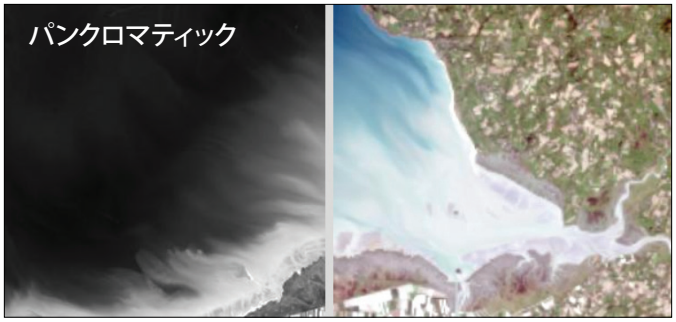
動力航空機の歴史の初期に、航空写真 (上空からの地球の写真) が、軍事や科学に有用であることが分かり始めました。程なくして、画像の専門家および科学者は、人間の生の目で見えないものを検出できることに気づきました。可視光の虹を超えたところから、目に見えないものまでの波形を検出することで、より深くより豊富な情報を明らかにすることができました。その結果、このような検出困難な領域のスペクトルによって、最も有意義な洞察がいくつか導き出されました。以前は未知とされてきた地球に関する事実は、このようなシグナルの中に隠されていました。しかし、これらが明らかになったことで、私たちはこの世界を以前よりもはるかに効率的に理解できるようになりました。



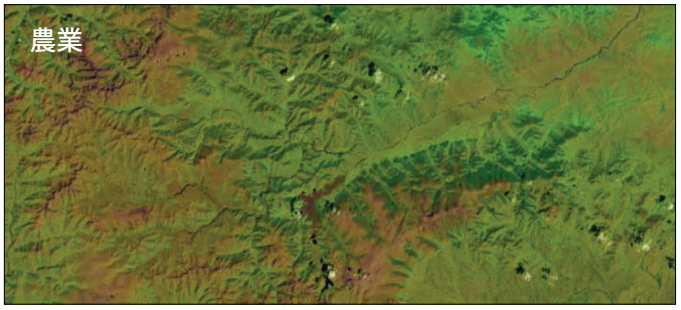
これらのセンサーの多くは、電磁スペクトル上のバンドを測定し、EO (電気光学) センサーと呼ばれます。これらのセンサーは、地上のあらゆるものから反射または放射される、太陽からのエネルギー波長を記録します。これらの電磁シグナルには、可視光バンド、赤外バンド、および反射エネルギー スペクトル上の他の周波数バンドが含まれます。

マルチスペクトル バンド割り当て

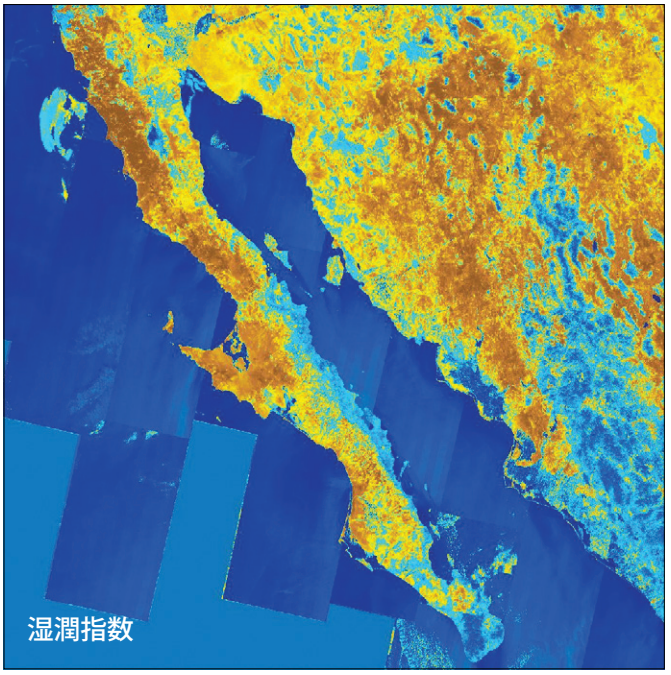
マルチスペクトル画像は、電磁スペクトル上のさまざまな範囲の周波数を測定します。このさまざまな周波数を表現する方法の 1 つとして色があります。一部の色は、人間には直接見ることができません。これらの周波数範囲は、バンドと呼ばれます。さまざまな画像センサーが、さまざまなバンド割り当てを測定します。最も長期にわたり、そして最も有名であろうマルチスペクトル画像プログラムは、Landsat です。Landsat は、1970 年代に地球の画像収集を開始しました。センサーの 3 つのバンドから電子ディスプレイ (またはハード コピーのプリンター) の赤、緑、青のチャンネルにデータを割り当てることで、色の可視化が実現されます。ここでは、さまざまなバンド割り当てとそれらの使用例をいくつか示します。



パンクロマティック画像 (一般にパンと呼ばれる) は、通常、どの衛星でもマルチスペクトル バンドより高い解像度で記録されます。この画像は、基本的な解明や解析の参考用に、依然として多くの GIS アプリケーションの重要なソースとなっています。この画像は、基本的な解釈や解析の参照として、多くの GIS アプリケーションの重要なソースとして利用され続けています。



農業バンド (5、4、1 の組み合わせ) では、元気に満ちた植生が明るい緑で、健康な植生が暗い緑で、ストレスを受けた植生がくすんだ緑で表示されます。

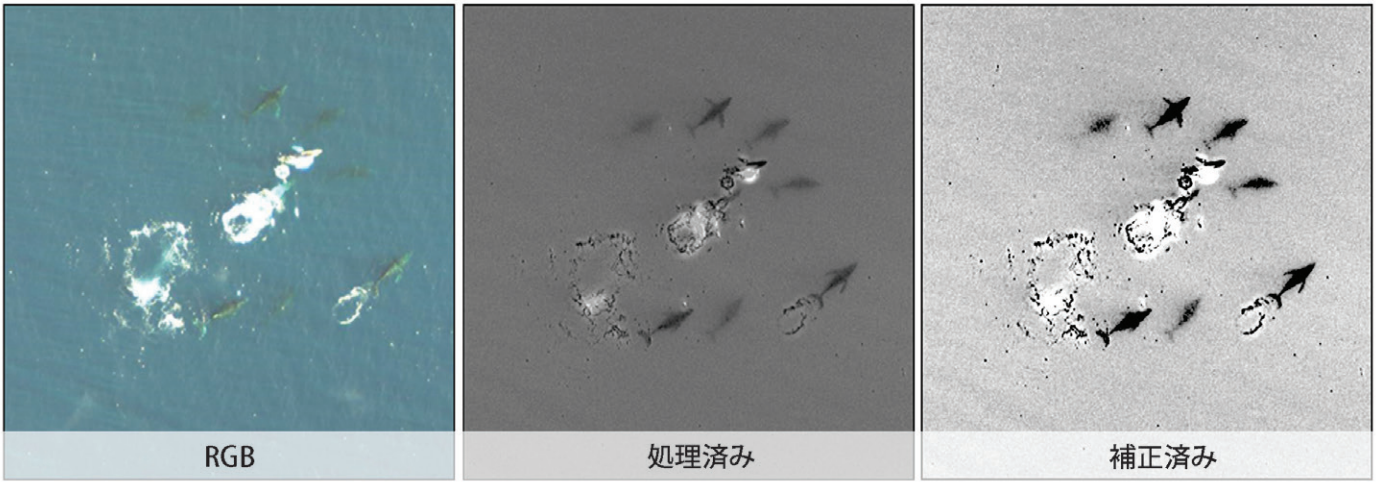


NDMI (正規化湿潤指数) は、植生の水分レベルを評価して、湿地帯と水分を多く含む植生を青で表します。この青は、水分レベルが高くなるほど濃くなります。また、乾燥地域を黄色から茶色の陰で表示します。多くの場合、画像アナリストはさまざまな指標を算出するために、式を使用して、選択したマルチスペクトル バンドを組み合わせます。

マルチスペクトル画像の活用

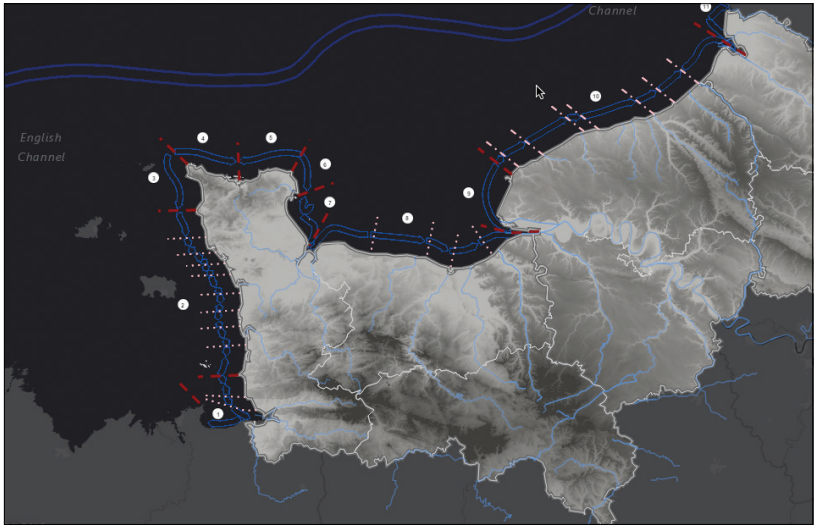
リモート センサーで取得した画像データの利用

海洋哺乳類の検出



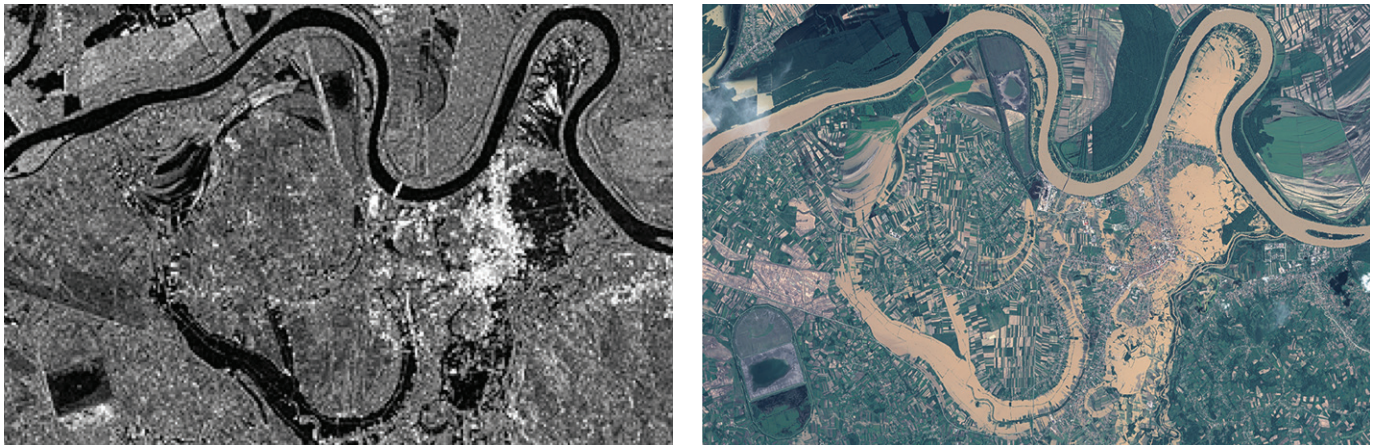
海洋哺乳類の調査に携わる人々にとって、昼と夜の両方の状態の赤外解析は、正確な種目録を作成するための効果的な手段です。

海岸における侵食リスクの力学



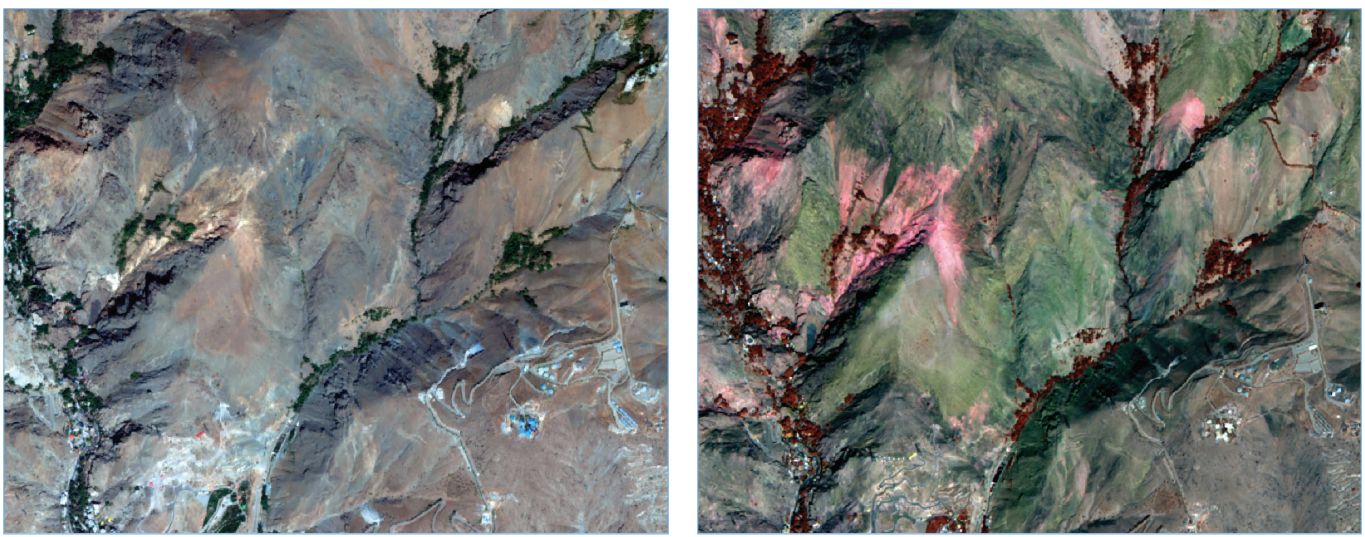
フランスの組織 Réseau d' Observation du Littoral Normand et Picard は、いくつかのプラットフォームの画像を使用して、ノルマンディーからピカルディーに至る海岸線の移り変わりについて調査しています。フランスで発表されたこの驚くべきストーリー マップは、海岸沿いの帯状の地域で堆積物や砂や砂利が、潮流、波、および卓越風によって運ばれて移動する様子を追跡します。海岸浸食は、浜や崖に重大な影響を及ぼしています。

深刻な洪水の監視



このセルビア西部の 2 つの画像の比較は、2014 年の大洪水後、2 つの川が氾濫して周辺の地域に広く流れ込んでいる様子を表しています。セルビアのクルパニとオブレノバツの町は完全に冠水しています。地表やさまざまな土地区画が、水と泥で完全に隠れています。左の画像は、洪水が始まった夜に撮影された TerraSAR-X レーダー画像で、すでに東のダムが決壊していることが分かります。右の図は、その後雲量が減ってから撮影された光学 SPOT 画像で、洪水による決壊の惨状をすべて表しています。一方、リンク先の例では、洪水の 9 か月前のこの地域の状況と、洪水に見舞われた最悪の日の状況が対比して示されています。

鉱物パターン検出のための採鉱現場の画像



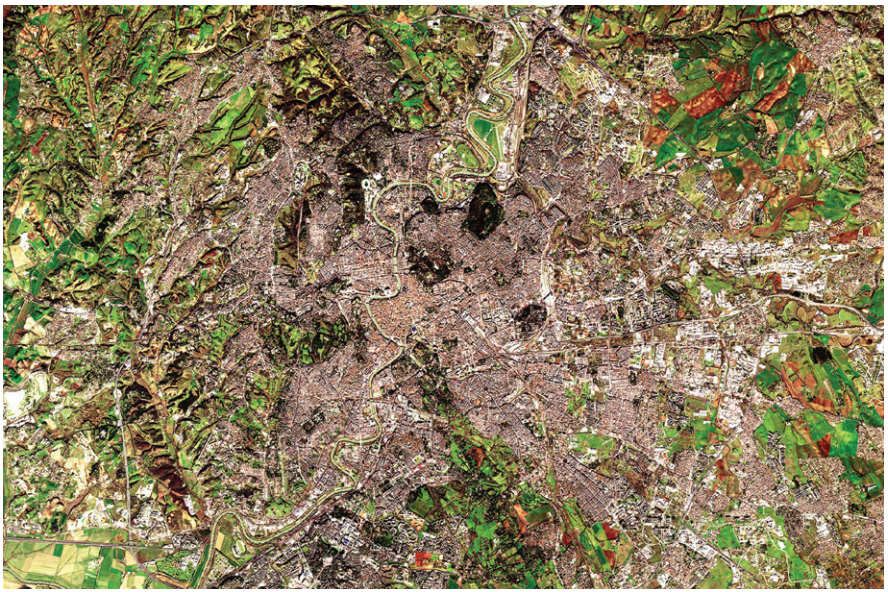
イランのテヘラン付近のこれらのビューは、ナチュラル カラー バンド画像 (左)、および短波赤外 (SWIR) 画像 (右) を示しています。SWIR バンドを使用した場合は、あるの特定の岩山の頂上がピンク色で目立っており、ナチュラル カラー バンド割り当てではそれほど簡単に識別できない点に注目してください。アナリストは、岩山のタイプの違いから、特定の鉱物パターンを簡単に識別できるため、特定の物質を探す際にその探索エリアを大きく絞り込むことができます。

コペルニクス - 地球を観測するヨーロッパの目

コペルニクスは、ESA (European Space Agency) の地球観測プログラムで、地球とその環境の変化の様子を監視しています。世界的な人口増加によって、限りある天然資源に枯渇の危機が忍び寄っており、安全な生活空間、新鮮な水、肥沃な土地、およびきれいな空気の需要がかつてないほど高まっています。

効果的な意思決定を下すため、公共機関、政策立案者、企業、および一般人は、信頼できる最新の情報サービスを必要としています。コペルニクス プログラムは、Sentinel と呼ばれる衛星の専用コンステレーションを基盤としています。今後 10 年にわたって 10 数基の衛星が軌道に打ち上げられ、海洋、陸地、気候、緊急事態、セキュリティ、大気の研究など、さまざま用途に活用される予定です。最初の衛星 Sentinel-1A は、陸地と海洋のサービスを目的とした極軌道の全天候型ミッションで、24 時間体制でレーダー画像を提供します。この衛星は、2014 年後半にオンラインになりました。2 番目のレーダー衛星 Sentinel-1B は、2016 年 4 月に打ち上げに成功しました。

Sentinel-2A は、陸地、植生、および沿岸水を監視するために 2015 年 6 月に打ち上げられました。この新しい衛星は、13 のスペクトル バンドを 290 キロメートルの走査幅でカバーする、高解像度の光学機器を搭載しています。センサーのバンド感度を向上したため、2014 年 8 月に撮影されたイタリアのローマのこの画像 (右) に見られるように、都市のスプロール現象や土地利用の監視を特に得意とします。



この光学センサー (Sentinel-2A) とレーダー センサー (Sentinel-1A) の結合画像は、2016 年のローマの都市開発と潜在的な土地変化の様子を表しています。リンク先のアプリケーションは、Sentinel 2 と Landsat 8 を比較しています。

ESA アプリをダウンロードすると、Sentinel 衛星が地球を周回する様子をライブで見ることができます。iTunes App Store または Google Play (Android の場合) で「ESA Sentinel」を検索してください。

グリーンランド上空の Sentinel-1A

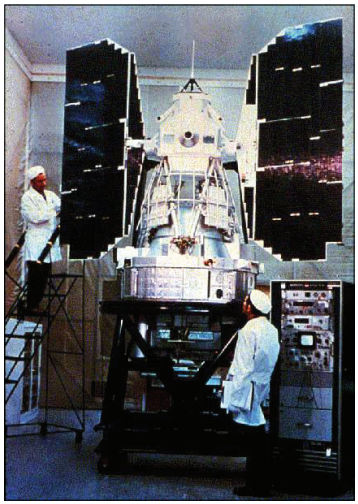
Sentinel-1A のフライト パスのビデオを見る

[オンラインのコペルニクス プログラム]

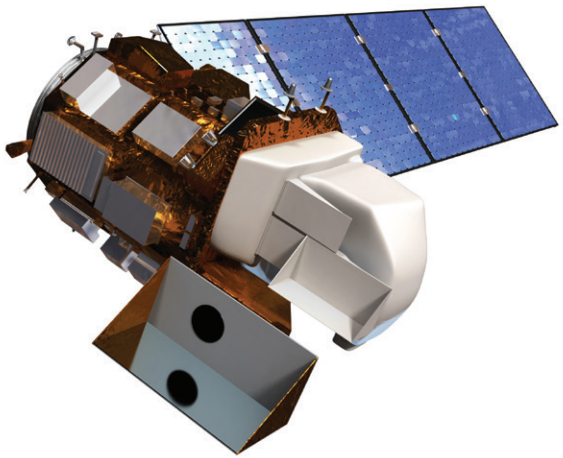
ケース スタディ : Landsat プログラム

Landsat プログラムは、地球の衛星画像を取得するための長期にわたる活動です。1972 年 7 月 23 日に、最初の地球資源探査技術衛星が打ち上げられました。この衛星は、最終的に Landsat という名前に変更されました。最新の Landsat 8 は、2013 年に打ち上げられました。Landsat 衛星に搭載されている機器は、これまで何百万もの画像を撮影してきました。これらの画像は、世界中の Landsat 受信局でアーカイブされ、地球変動の研究、農業、地図製作、地質学、林学、地域計画、調査、教育などの特別なリソースとなっています。履歴アーカイブは、USGS EarthExplorer の Web サイトで参照できます。Landsat 7 のデータは 8 つのスペクトル バンドを持ち、空間解像度は 15 ～ 60 メートルです。Landsat がカバーする各部分は、16 日おきに再撮影されます。

Landsat 8 では、さらに 2 つのバンドが追加されています。この最新の「鳥」の重要な使命的かつ科学的目的は、3 つあります。1 つは、5 年以上もの期間にわたって地球上の陸塊の季節的カバレッジを提供する、中解像度 (30 メートル/ピクセル) のマルチスペクトル画像データを収集してアーカイブすることです。
もう 1 つは、Landsat 8 データが、カバレッジとスペクトルの特性、出力プロダクトの品質、データ可用性において、以前の Landsat ミッションのデータと十分に一貫性を保つようにすることです。これにより、時間経過に伴う土地被覆や土地利用の研究が可能になります。最後の 1 つは、Landsat 8 データ プロダクトを一般ユーザーに無償で配布することです。

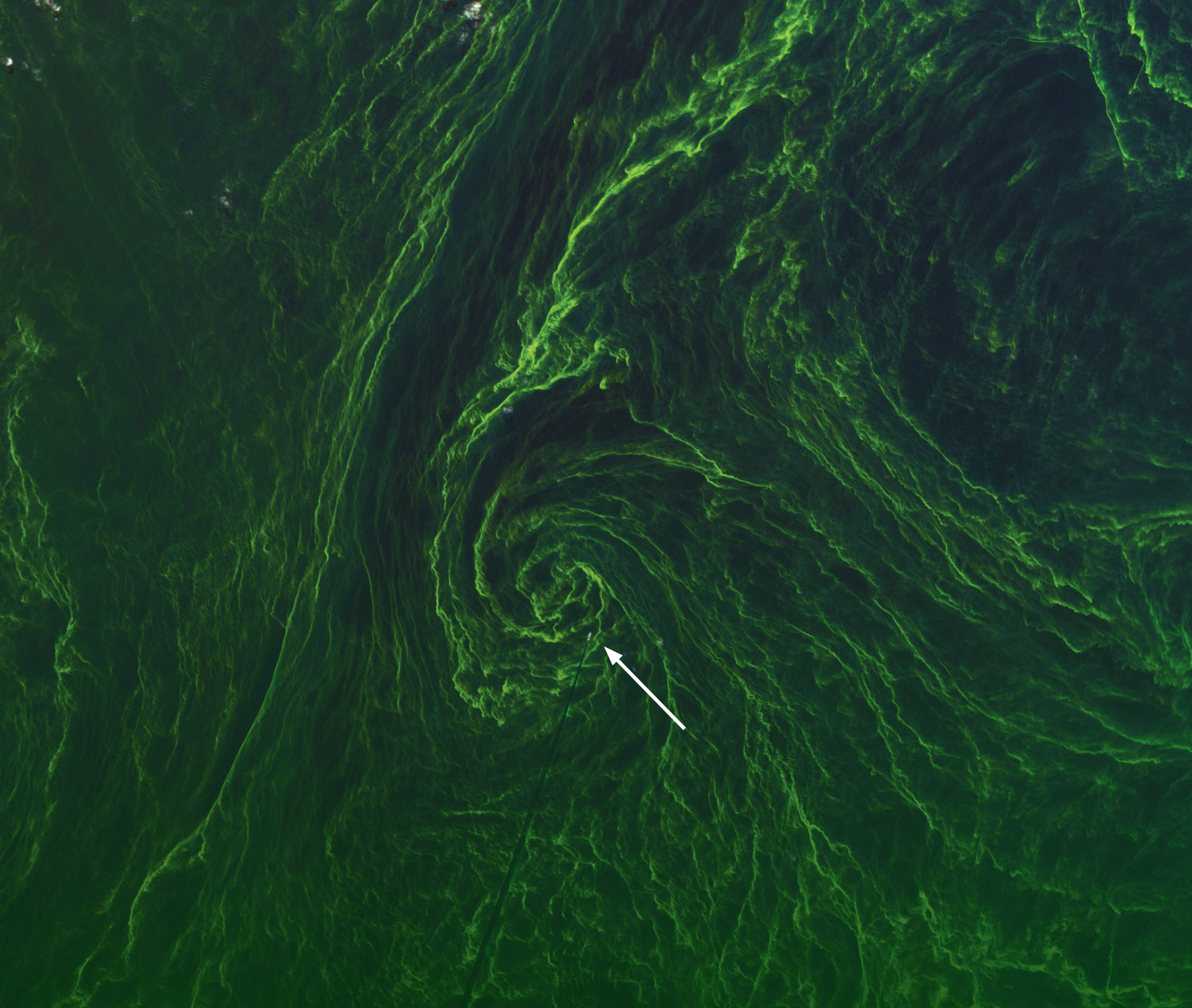


1976 年に Landsat 1 (左の図、最終的な組み立て中) は、カナダの東海岸の沖合 20 キロメートルに小さな無人島を発見しました。その後、この島は、この衛星にちなんで Landsat 島と名づけられました。



Landsat 8 は、2 つの新しいスペクトル バンド (濃い青のコースタル/エアロゾル バンドおよび短波赤外巻雲バンド) を提供し、科学者が水質を測定したり、高高度にある薄雲の検出を改善したりすることを可能にしました。

ビデオ: LDCM (Landsat によるデータ連続性ミッション) の概要



バルト海は、有害な汚染物質、深海の酸素欠乏、生態系や水産養殖や観光事業に影響を与える有毒なシアノバクテリアの異常発生など、多くの深刻な問題に直面しています。この Sentinel-2 からの画像は、上空から見た幅 10 メートルの外観を示しています。ここでは、渦を巻く藻の様子がきわめて詳細に表されています。この渦の目の中心近くでは、船 (矢印のところ) さえも見えません。船の軌跡は、まっすぐな黒っぽい線として確認できます。船が通った後、船のプロペラによってできた乱流によって藻がかき乱され、藻に水が混ざって、このような線に見えるのです。

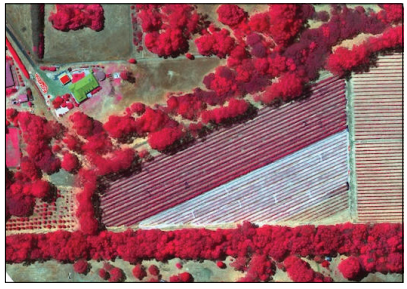
「レッド エッジ」の検出

ドローンに搭載されたマルチスペクトル カメラは、農業に大きな変革をもたらしています

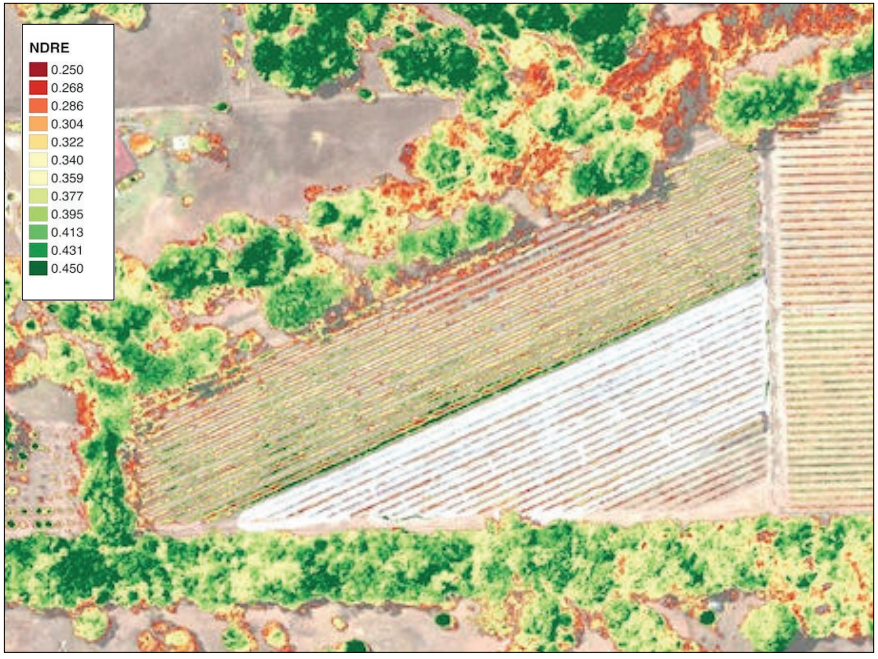
マルチスペクトル リモート センシングは、作物の状態や活性度に関するまったく新しい視点を提供します。レッド エッジは (目に見える) 赤と (人間の目には見えない) 近赤外 (NIR) の間の境界です。これがエッジと呼ばれる理由は、赤から NIR にかけて植生のスペクトル プロファイルの輝度が劇的に上昇するところにあります。植生がストレスを受けてプロファイルが変わると、エッジが動き、適切な波長の、狭いスペクトル バンドが劇的な変化を検出できます。MicaSense の RedEdge カメラは、青、緑、赤、および NIR の典型的なスペクトル バンド用にキャリブレーションされていますが、レッド エッジの動きを検出するために 720 ナノメートルの 5 つ目のバンドも装備しています。MicaSense カメラを搭載した低価格なドローンは、必要に応じて何度も飛行できるため、農業従事者は、灌漑、施肥、および農薬の使用 (ドローンで散布することも可能) を細かく調整できます。

RGB (ナチュラル カラー)

カラー赤外



正規化レッド エッジ指数

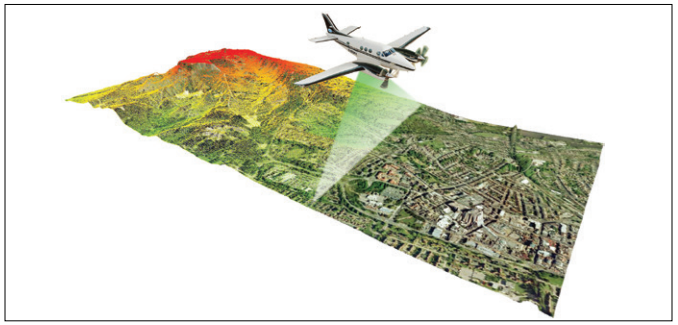


高度な軽量マルチスペクトル カメラは、農業用のリモート センシング アプリケーションに、正確なマルチバンド データを提供します。つまり、限定された狭い地域でドローンを飛ばすことで、作物がストレスを受けているエリア (レッド エッジ フィルターを通して見たぶどう園 (右) の上の列にある赤いエリア) を簡単に識別できます。農作物または植物に含まれる葉緑素の含有量をを示す科学的なマルチスペクトル画像については、RF70 ドローンに搭載した Micasense RedEdge NVDI センサーのビデオ デモをご覧ください。

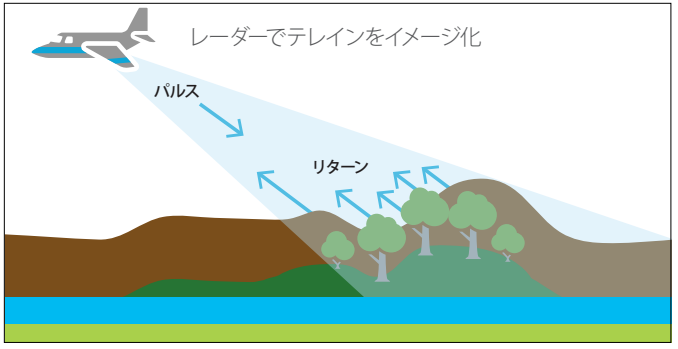
反射した太陽光以外の利用

LIDAR、レーダー、ソナー - アクティブ センサー

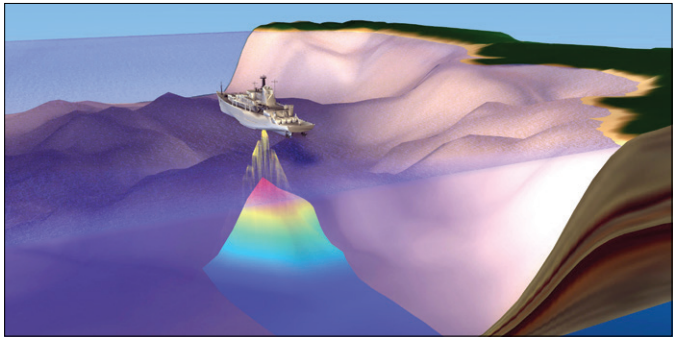
宇宙ベースの画像センサーは、通常、地上から反射される太陽光を測定します。これは、多くの場合、パッシブ センシングと呼ばれます。一方、LIDAR、レーダー、ソナーなどのアクティブ センサーは、エネルギーのパルスを放射し、戻ってくるエネルギーを監視します。戻ってきたエネルギーがセンサーに到着すると、戻ってきたシグナルの強度とタイム スタンプを使用して、物体の正確な形状と位置が特定されます。アクティブ センサーは、夜間でも完璧に機能します。これは、アクティブ センシング技術に独自の機能です。



LIDAR は、レーザー技術を使用して物や風景をスキャンし、スキャン装置で測定された距離に基づいて、これらの物体の標高サーフェスの詳細や形状を記録します。戻ってきたレーザーを使用して、強度、ルック アングル、非常に正確なタイム スタンプなど、一連の属性を含む x,y,z 空間の多数のポイントが生成されます。LIDAR は、地形のモデリングだけではなく、樹冠、建物、送電線、橋など、サーフェス上のあらゆるもののモデリングにも使用できます。



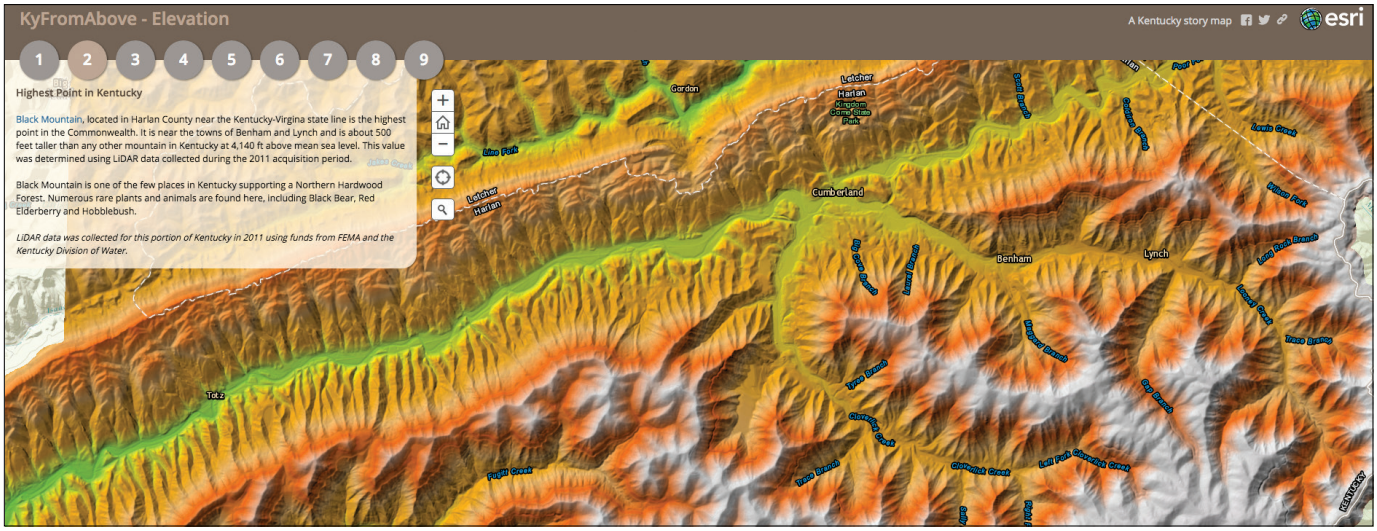
レーダーは、夜間の飛行や、雲が広がっている中での飛行に特に有用なセンサーです。光学センサーは、遮るものがないクリアな視界を必要としますが、レーダーは夜間や荒天でも通常どおり機能します。レーダーのデメリットは、解像度が電波波長によって制限されることです。



ソナーは、水深測量に最適です。変換器から音響パルスが放射され、海底 (あるいは湖底または川底) に向かう、1 つの狭い円錐状のエネルギーで伝播されます。その後、変換器は水中の地形から反射されたエネルギーを「聞き」、深度測定値に変換可能な、戻ってきた時間を提供します。

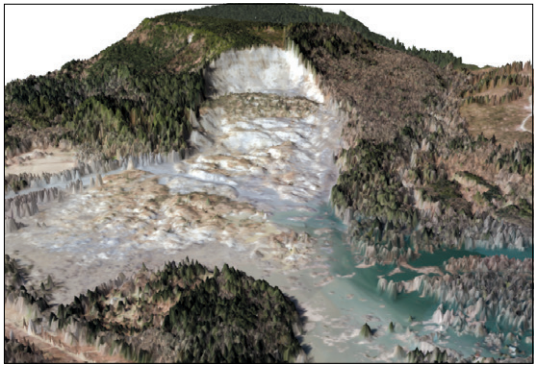
LIDAR の応用

高解像度のサーフェス標高マッピング



KyFromAbove は、ケンタッキー州政府の州全体にわたるマッピング プログラムで、州全体の高解像度なサーフェス標高の包括的な LIDAR コレクションを含みます。このストーリー マップは、州全体にわたるコレクションの話と、その利用に至る経緯を伝えています。

デジタル サーフェス モデル (DSM)



LIDAR は、多くの場合、地球上で地滑りなどの重大な事象が発生した後に収集されます。この 3D シーンは、ワシントン州オソで発生し、多くの犠牲者を出した大規模な地滑りの影響を示しています。[この地滑りのニュースは、2013 年春、世界中に届けられました]。

写実的なシーン

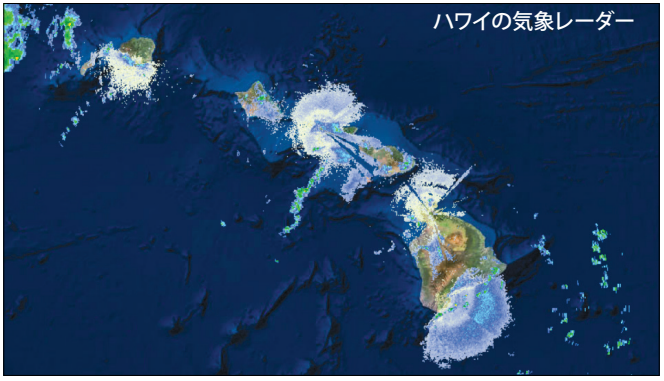
LAS ファイル (汎用的な LIDAR 交換形式) は、ポイントのコレクションで、各ポイントには水平座標と垂直標高値があります。LAS ファイルは、レーザーの強度、走査角、戻ってきた情報などの追加情報を格納するための一般的な形式を提供します。赤、緑、青 (RGB) としてエンコードされたシーンは、カリフォルニア州ペタルーマのこの画像のように、写実的な外観を呈します。

レーダー

高周波数での反射

気象監視レーダー (WSR) とドップラー気象レーダー

気象ベースのレーダーは、降水とそのタイプ (雨、雪、雹など) の検知や、暴風圏の動きの測定に使用されます。最近の気象レーダーはほとんど、ドップラー レーダーで、雨粒の動きと場所および降水の強さを検出できます。レーダー データを解析して、嵐の構造を特定したり、嵐が悪天候を引き起こす可能性を判断したりできます。

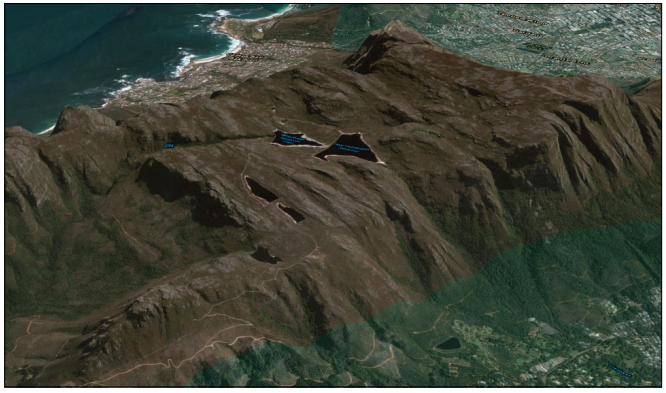


NEXRAD は、160 の高解像度ドップラー気象レーダー ステーションのネットワークで、米国立測候所 (NWS) によって運営されています。NEXRAD レーダーのこの対話型マップでは、ハワイの島々の最新の天候を表示したり、マップを操作したりできます。

SRTM 標高データ

SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) は、NASA のスペース シャトルをベースとした研究活動で、宇宙から見た地球の完全な高解像度デジタル地形図データベースを生成する目的で、北緯 60 度から南緯 56 度までのほぼ地球規模のデジタル標高モデルを取得しました。

標高データを取得するために、スペース シャトル エンデバーに 2 つのレーダー アンテナが (1 つはシャトルの観測機器室に、もう 1 つは 60 メートルのマストの先に) 搭載されました。搭載されたレーダー機器は、合成開口レーダーを発信し、このレーダーを使用して 30 メートルの解像度で地球の地形表面のマップが生成されました。このミッションが完了し、データが処理可能になると、最初の数年間は解像度を 90 メートルに減らしてデータが一般ユーザーと共有されました。最近では、30 メートルの完全な解像度で、標高データが世界にリリースされています。



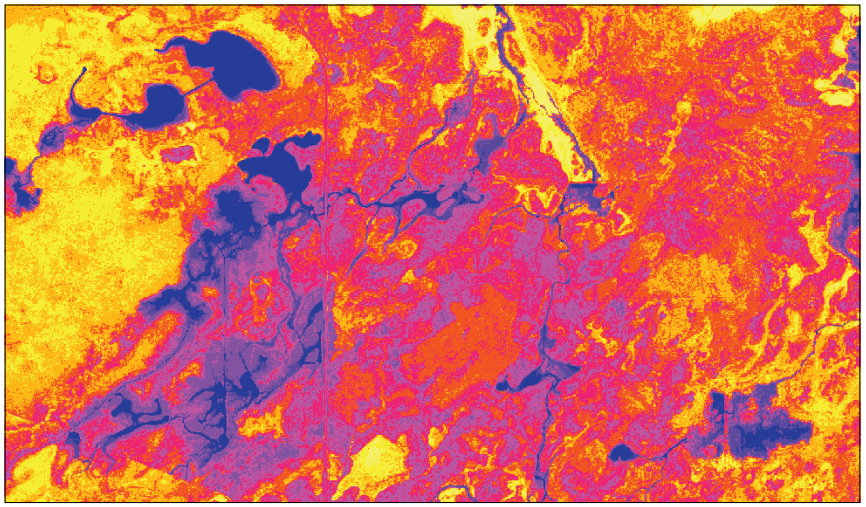
このアフリカの Web シーン ツアーは、Shuttle Radar Topography Mission (世界で初めて地球規模の標高カバレッジを提供) によって収集された、標高データを使用しています。

熱を帯びた場所はどこ？ ガスはどこ？

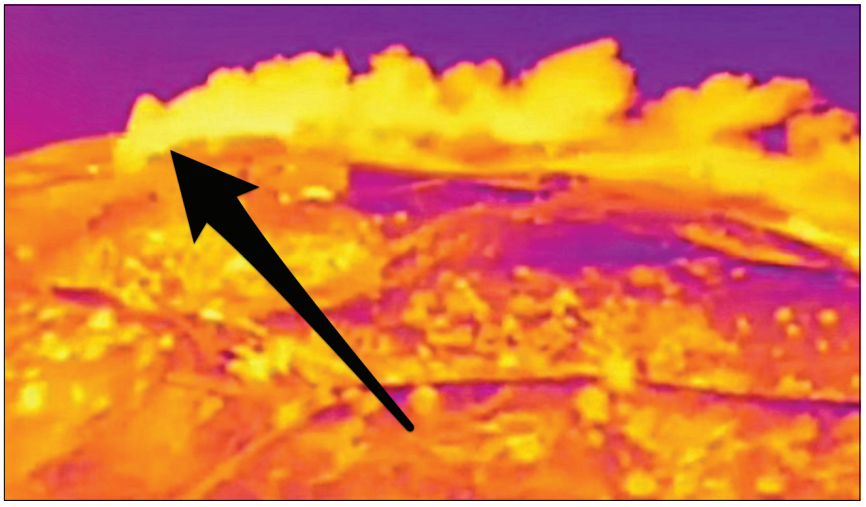
熱とガスの検知アプリケーション

地球上のすべての物体は、温度を持っているため、赤外線を放射します。このエネルギーは長波長で、熱赤外 (TIR) センサーで収集できます。赤外線画像センサーは、照明を必要としないため、昼も夜も機能します。すべての物体が、昼夜を問わず自力でエネルギーを放出します。物体は熱を帯びるほど、より多くのエネルギーを放出するため、熱分布画像でより明るく表示されます。

地熱エネルギー



Energy Geothermal Technologies Program の米国部門から資金提供されたプロジェクトの一部として収集された、熱赤外データ。この特に活発な地熱地域は、中央オレゴンのコンリー ヒルズにあります。



熱赤外センサー搭載のカメラで収集された画像は、毒性ガスの噴煙を示しています。この噴煙は、人間の目では見えませんでした。カリフォルニア州ポーター ランチの山腹からのこのような漏出は、110 日間続き、最終的には 2016 年 2 月にガス井がふさがれて停止しました。

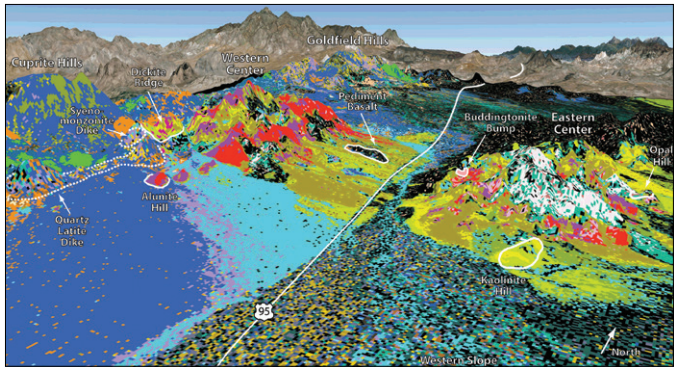
ハイパースペクトル画像

特性による地表の事物の識別

ハイパースペクトル センサーは、広範な電磁スペクトルを使用して世界を観測します。ハイパースペクトル システムは、マルチスペクトル センサーとは異なり、非常に多くのスペクトル バンドを提供して、詳細なスペクトル シグネチャの観測を可能にします。ハイパースペクトル画像では、特定の植物や鉱物を識別できます。

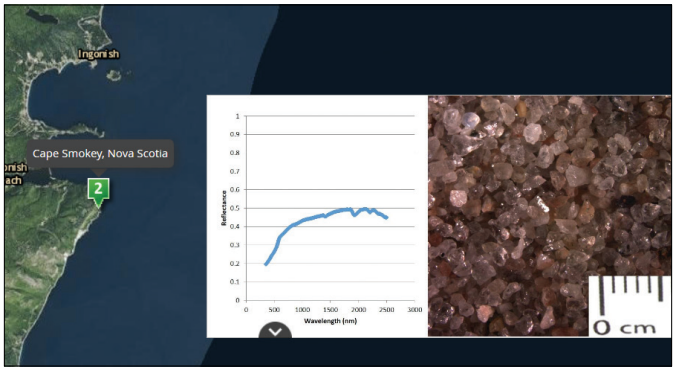
ハイパースペクトル センサーを使用する多くのプロジェクトは、特定のバンドに特別な焦点を当て、特定の事象の存在を見つけることを目的としています。このようなシグネチャにより、スキャンされた物体を構成する物質を識別できます。既知のスペクトル オブジェクトの検出に役立っているのは、そのオブジェクトがどこに存在していても非常に似たスペクトル特性を持つという傾向です。たとえば、ホワイト パインの木のスペクトル シグネチャは一貫しており、サトウ カエデのシグネチャとは異なります。ある 1 つの鉱物を大量に含む岩山は、別のタイプの鉱物を含む、同じような見た目の岩山とは異なります。このような相違は、さまざまなアプリケーションで利用される物体の識別および抽出に使用されます。

鉱物のマッピング

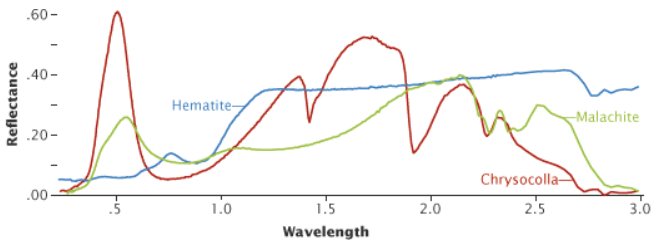


このネバダ州キュープライトのハイパースペクトル マップは、地表の鉱物の大観図を示しています。これによって、鉄分を含むエレメントが広範囲に分散される結果となった、以前は認識されていなかった昔の蒸気加熱熱水イベントが識別されました。

砂と海底物質のマッピング



異なるタイプの土や砂の一意なスペクトル シグネチャにより、地質学向けのマッピングや試掘の計画が簡単になります。



ハイパースペクトル画像を使用してスキャンした個々の物質には、独自の特性 (フィンガープリント) があります。このグラフは、波長 200 ～ 3,000 ナノメートルにおけるヘマタイト (鉄鉱石)、マラカイト、珪孔雀石の反射率を比較しています。

オピニオン リーダー : Sarah Parcak

衛星考古学を使用した遺跡の保護

世界には、まだ発見されていない遺跡が、何百万とは言わないまでも、何十万も存在する可能性があります。Sarah Parcak は、それらの場所を特定したいと考えています。彼女は、衛星考古学者として、地球のはるか上空から収集された赤外線画像を解析し、目に見えない人工物の存在を知らせるわずかな変化を識別します。そうすることで、彼女とその同僚たちは、目に見えない歴史をもう一度見えるようにして、過去についての新しい解釈を打ち出すことを目指しています。

インスピレーションは、航空写真の初期のパイオニアである彼女の祖父から得られました。Parcak は、大学でエジプト学を勉強するかたわら、リモート センシングの授業を取り、エジプトの考古学的に重要な場所を見るために、衛星データ処理技術の開発に着手しました。この技術により、迅速で費用効果の高い方法で、新たな遺跡を発見できます。

彼女たちは、彼女の夫 Greg Mumford と協力して、エジプトのさまざまな場所で調査および掘削プロジェクトを指揮しました。彼女は、いくつかのタイプの衛星画像を使用して、水源や遺跡を探しました。

彼女の最近の活動は、遺跡の略奪に重点を置いています。チームは、長期間にわたってエジプトを衛星でマッピングし、遺跡を比較することにより、主要な遺跡で略奪が 2009 年から 1,000 パーセントも増加していることに気づきました。毎年、何百万ドル分もの古代の人工遺物が盗まれている可能性があります。私たちの活気ある豊かな歴史を失わないように、マッピングを通じて未知の遺跡を保護できることを願っています。

Sarah Parcak は、宇宙考古学の第一人者です。彼女はメイン州バンゴーの出身で、ナショナル ジオグラフィック協会の考古学部門の特別研究員、Society of Antiquaries の特別研究員、および 2013 TED の上級特別研究員です。Sarah は、アラバマ大学バーミンガム校の地球観測研究所の創設所長で、同大学の教授も務めています。

Sarah Parcak のTED トークのビデオを見る

画像にマップを持ち込む

画像空間での作業

すべての画像アプリケーションが、センサー データをマップに投影する (言い換えると、画像を地理座標系に登録する) ことを必要としているわけではありません。元の画像で作業し、カメラの視点からその画像を見たほうが、効果的で適切なアプリケーションも数多くあります。これは、マップ座標系での作業とは対照的に、画像空間での作業と呼ばれます。軍用および民生用の多くの偵察アプリケーションが、マップ ビューと画像ウィンドウの両方を使用しています。たとえば、調査アプリケーションは、画像ビューとマップ ビューを一緒に効果的に使用します。

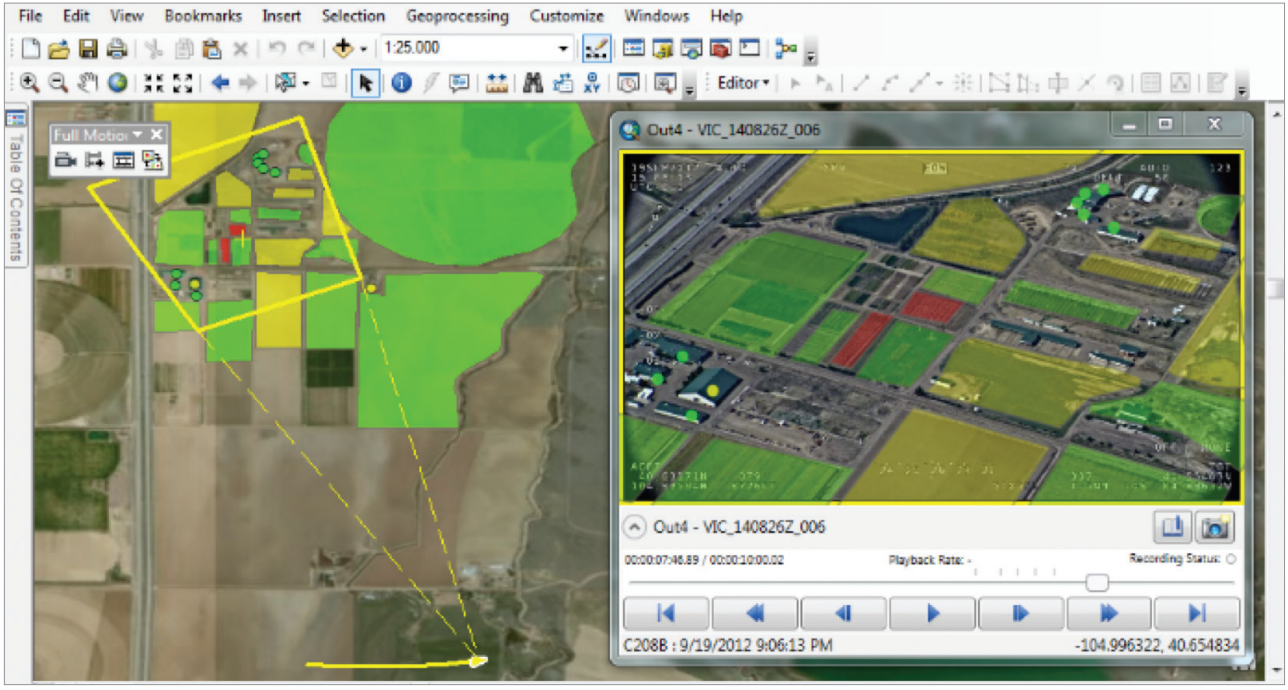
建物調査は、ドローン革命によって実現された初期の有用なアプリケーションの 1 つです。ドローン画像を使用しているこの例では (ちなみに、1,000 ドル未満の 3DR モデルで飛行)、フライト パスが黄色い円で表示され、青い点が取得ポイントを表しています。画像ビューアー内の斜視図は、画像空間に一連の画像を表示して、カメラで撮影された歪みのない光景を示す例です。

Full Motion Video

マップへのビデオの配置と、ビデオへのマップの配置

ビデオの地理的位置を示すメタデータがあれば、ArcGIS は FMV (Full Motion Video) を統合および実装できます。これは、ビデオのすべてのフレームがジオリファレンスされるという点を除き、航空画像がジオリファレンスされる様子に似ています。このようなジオリファレンス ビデオは、MISB (Motion Imagery Standards Board) によって定められた形式に準拠しています (MISB は、米国の防衛/インテリジェンス分野に関する Full Motion Video 撮影基準を管理する機関です)。

これにより、MISB に準拠したビデオ フレームの場所を、マップ ビューにウィンドウとして配置できます。また、マップ データをオプションのオーバーレイとしてビデオに配置できます。FMV 技術を使用すると、さまざまな種類の空中センサー (航空機、ドローン、他の UAV など) からのビデオ データをすばやく簡単に解析できます。

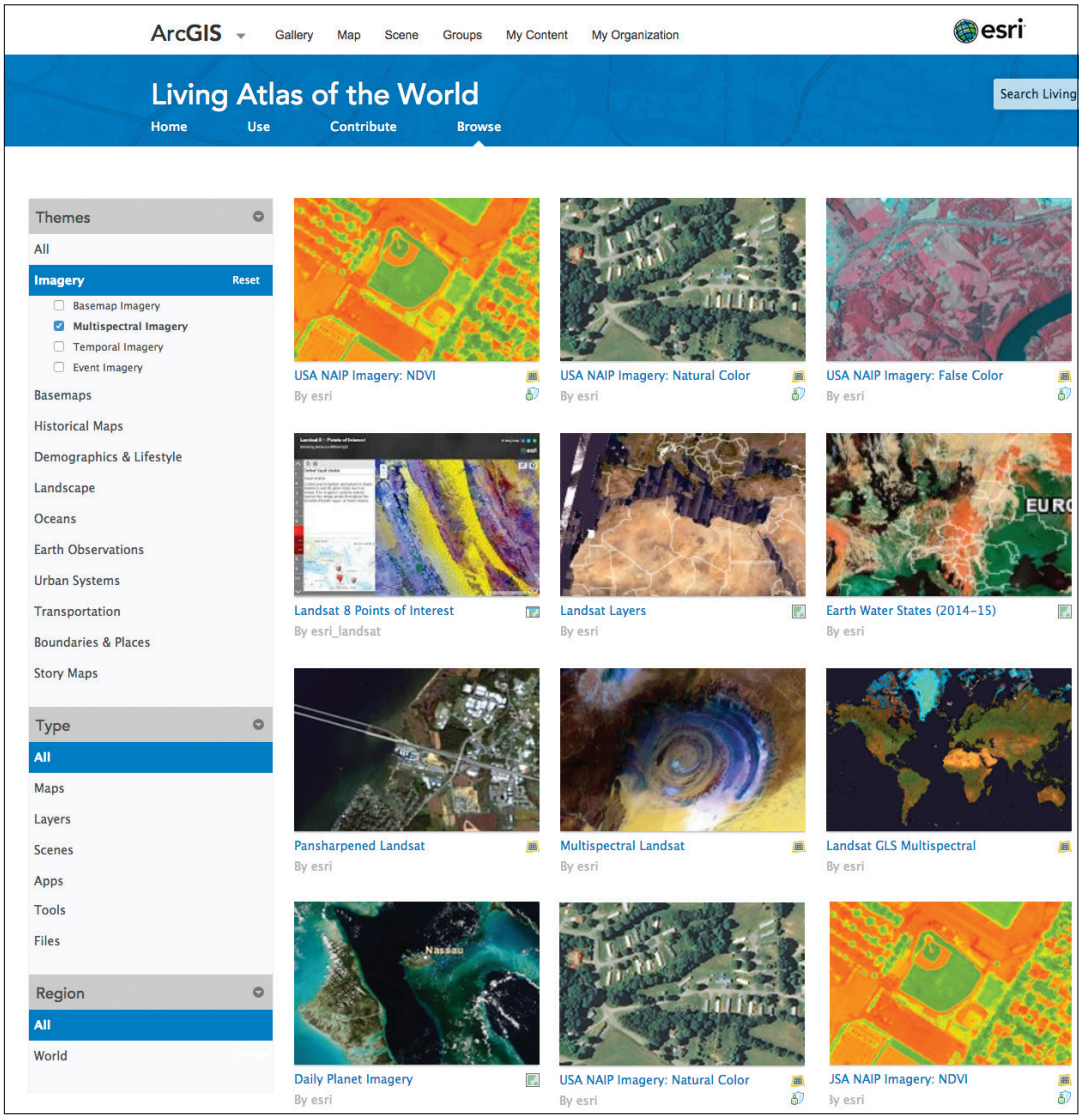


Full Motion Video 機能は、ドローン (または他の航空機) のカメラの場所とルック アングルを GIS マップにリンクします。これにより、航空機の場所だけでなく、カメラ画像で表示されているエリアのフレームごとのフットプリントも追跡できます。

クイックスタート

Living Atlas of the World のマルチスペクトル画像ギャラリー

ArcGIS Online でマルチスペクトル画像にアクセスする最も簡単な方法は、Living Atlas of the World を使用することです。しかし、これは出発点に過ぎません。ArcGIS でこのようなサービスのいずれかを開いたら、[画像の表示] メニューを選択して、バンド幅を変更し、独自の割り当てを作成できます。



Learn ArcGIS のレッスン

マルチスペクトル画像を使用して一定期間にわたり水面と地面を識別および測定する、中国の八陽湖の水位解析

今回のレッスンでは、地理空間科学者として、1984 年から 2014 年の間に見られた湖周辺地域の変化を計測します。Landsat 画像を活用し、過去 30 年間のさまざまな時点に撮影された 3 枚の画像を基に土地被覆を分類し、湖の表面積のみを表示します。その後、湖の経時的な変化を確認します。

縮小する湖の測定を目的とした土地被覆分類

中国最大の淡水湖、八陽湖の水位は季節によって常に大きく変動してきました。八陽湖の水源は雨と長江ですが、数年にわたる干ばつと三峡ダムの建設により、近年は水位の変動がさらに顕著になっていました。

乾季の水位は驚くほど低く、雨季になっても水位は上昇しません。こうした変化は地域経済に打撃を与え、周辺地域の土地被覆も変えました。しかし、地元住民が湖の縮小を食い留めたいのであれば、実際に目にしていることを科学的根拠で裏付けなくてはなりません。

中国の八陽湖付近の枯渇した河床を歩く人

中国の三峡ダム

このレッスンで習得できるスキル:

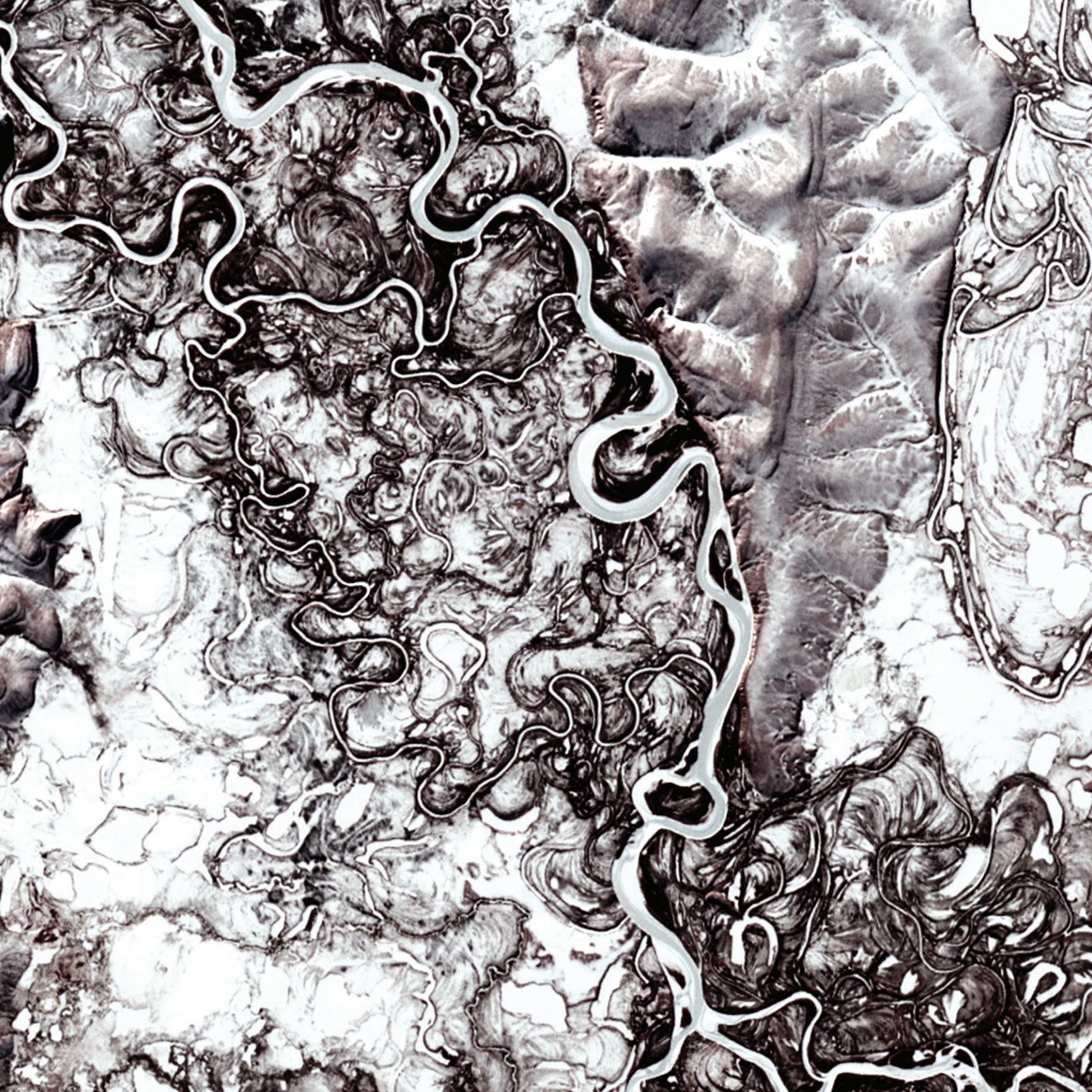
- 土地被覆の分類
- 湖の過去の面積の計算

必要なもの:

- ArcGIS Pro
- ArcGIS Pro Spatial Analyst エクステンション
- 所要時間: 1 時間 15 分

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter4_Lesson



05

画像から情報への変換

画像を解析して理解する

画像解析では、洞察や知識を得るための解析マップを作成することで、既存のデータから新たな理解を生み出すことができます。ラスター (セルベース) レイヤーを使用して、農業、計画、水文学、気候、野生動物の生息地など、地球表面上のほぼすべての事物や現象をマッピングおよびモデリングできます。この章では、画像データ (およびそのセルベースのデータ構造) が、複数のレイヤーにわたるさまざまな事象の、制御された体系的解析を可能にするということを大きなテーマとしています。

画像解析から理解が生まれる

GIS と画像の統合により、複雑な課題の解決が可能になります。

ArcGIS は、解析モデル内で画像と他の種類の地理情報を結合できるようにする解析プラットフォームを提供します。それはシンプルです。GIS は、情報を地理レイヤーとしてまとめます。一方、地球の画像シーンとセンサー データもレイヤーとしてアクセスできます。ArcGIS には、統計情報を導き出したり、サーフェス上の動きや流れをモデリングしたり、活動に最も適切な場所と最も適切でない場所の検出を支援したりできる、何千もの解析演算子が用意されています。

画像は、汎用性のある情報フィード (GIS へ向かう情報の仮想消防ホース) を提供します。また、ArcGIS には、情報に関する洞察や理解を深めるための空間解析演算子が数多く用意されています。このような解析ツールを使用すると、データからの統計的シグナルの導出、一連の事象の時系列調査、それらの事象の将来の予想や予測など、ほぼすべての種類の課題に対処することができます。空間解析では、新しい情報レイヤーの識別と作成が必要です。これは、建設に適した場所の検出、業績の解析、潜在的な新しいマーケットの解析、農業生産の評価や管理、病気の監視や予測など、あらゆる種類の課題の解決に役立ちます。

私たちが直面しているほぼすべての課題は、ArcGIS によって提供される分析的な洞察から解決に導くことができます。そして、画像は常に、解析作業における重要な情報ソースとなっています。

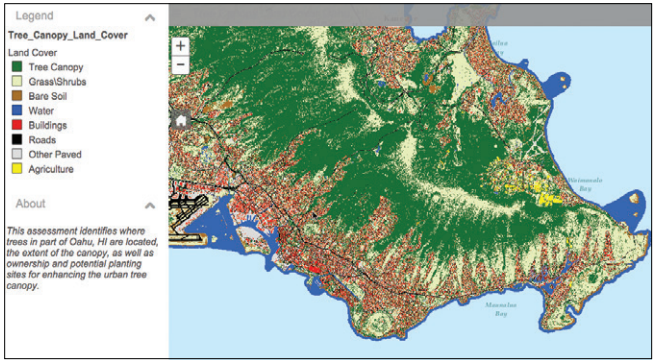
GIS と画像解析は最近になってようやく一体化し、統合されました。また、クラウドおよびエンタープライズ サーバー コンピューティングの登場により、最近のコンピューティング システムは膨大な量の画像情報を解析できます。モデリングの制限が大幅に緩和されたため、情報をより深く、より十分にモデリングおよび解析できます。

このストーリー マップで説明されているように、生息地適合性モデリングは GIS および画像解析のための典型的な課題です。土地利用計画者が長期間の種の生存を保護するために、野生動物の退避路などの戦略を割り出すことができるよう、複数のセンサーからのソース データが結合され、ジオリファレンスされます。

従来の画像解析

GIS 解析での画像の使用は、今に始まったことではありません。過去数十年にわたって、マルチスペクトル レイヤー、デジタル標高モデル、デジタル オルソ写真など、さまざまな画像ソースがモデリングとフィーチャ抽出のための解析基盤を提供してきました。次に、一般的な例をいくつか示します。

現在の樹冠の評価

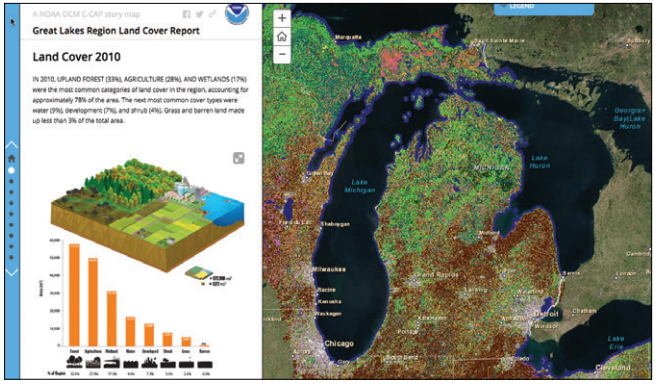


この解析は、ハワイのオワフ島における樹木の被覆と樹冠の範囲を示しています。USGS は、Landsat や他のデータ ソースに対して画像解析を行い、この島全体の土地被覆を導き出しました。

写真測量

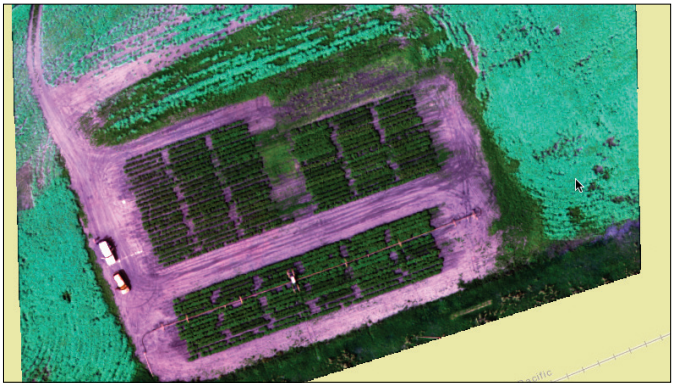
ここでは、オルソ写真を使用して、ドイツの港湾施設がマッピングされています。画像解析者は、このようなタイプの画像ソースから正確な事物を捉えます。

土地被覆分類



土地被覆と土地利用の変化によって、米国の五大湖地域などのさまざまな場所で発生している急速な環境変化に関する劇的なストーリーを伝えることができます。

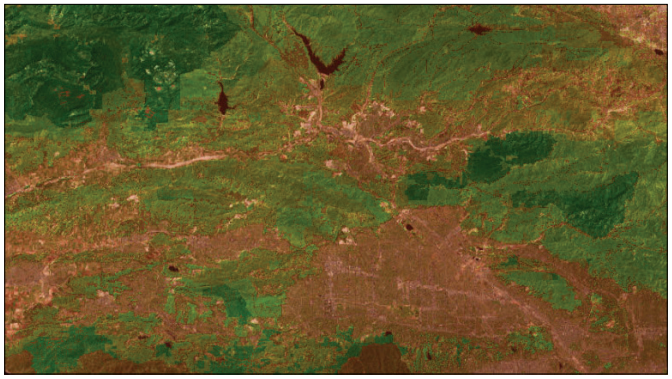
作物の健康状態の評価



マルチスペクトル画像は、作物の状態や活性度に関する新しい視点を提供できます。この正規化植生指数 (NDVI) は、サスカチュワン州における健康な作物 (じゃがいもとキャノーラ) を示しています。

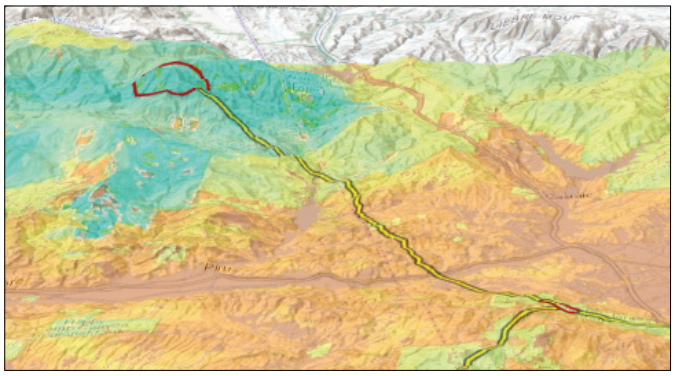
ナビゲーション、フロー、およびサーフェス モデリング

高度な解析と可視化のための事前構築



コスト サーフェスの計算

コスト サーフェスは、各セル値がそこを通過するコストを表すラスター グリッドです。コスト サーフェスは、森の中を進む消防隊に最適なパス、火災が広がる様子の予測、マウンテン ライオンが生息範囲の中を動き回るときの移動傾向の予測など、さまざまな事柄をモデリングできます。このマップの緑のエリアは、やや田園的な南カリフォルニアにおける、大型ネコ科動物の低い移動コストを示しています。



最適パスの検出

コスト パスは、ある場所から別の場所に移動するための最小コストの移動パスを計算します。コストは、実際にかかる費用など、さまざまな基準を表すことができますが、多くの場合は、移動を完了するために必要な時間と労力に関連します。この例では、クーガーが主要生息エリアのうちの 2 つの間を移動するための最適パスを確認できます。

目視解析と可視解析

3D 空間に表示されるサーフェスは、データをドレープして解析するための視覚的表示背景としての価値があります。この眺望シーンは、その地形のデジタル標高モデルにドレープされ、復元された分水界と川を示しています。

世界の生態系の特徴付け

Ecological Land Units プロジェクト

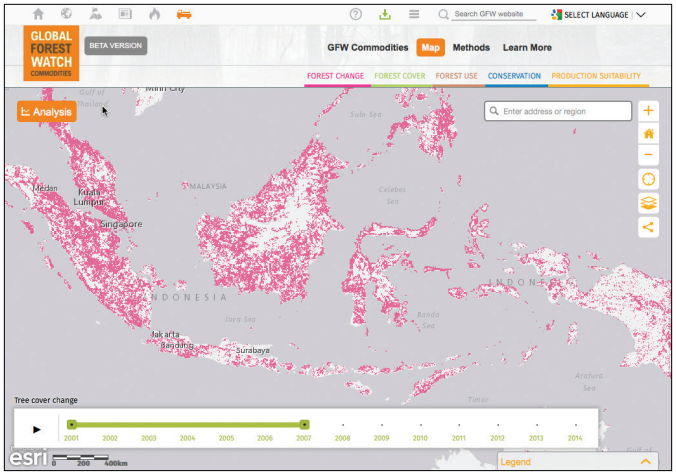
セルベースのデータの性質は、ベクター データでは検討すらできない特定の種類の高度な解析に最適です。ELU (Ecological Land Units) プロジェクトがその一例です。4 つのグローバル レイヤー (生気候、地形、岩山のタイプ、土地被覆) が重ね合わせられ、結合されて、1 つの出力サーフェスが作成されます。このサーフェスは、地表の生態学的および地形学的特徴を使用して地球生物圏の体系的な分割および分類を表現し、各土地単位を説明して特徴付けます。「このマップは、Web ベースで、GIS 対応の、地球規模の生態地形学的データ プロダクトを提供する初めてのマップです。土地管理者、科学者、自然保護活動家、計画者、そして一般人も、地球規模および地域規模の地形解析や計算にこのマップを使用できます。」と USGS の Roger Sayre は語っています。

生態学的な土地単位は、特徴がはっきりした生気候、地形、岩相、および土地被覆のエリアであり、地球の生態系構造の基本的な構成要素を形成します。この ELU マップは、ArcGIS を使用して、250 メートルのセルサイズの 4 つのグローバル ラスターの値を結合することによって生成されました。これら 4 つの構成要素から、全世界にわたる 3,900 以上の、ELU の一意の組み合わせが生まれました。ELU とその 4 つの入力レイヤーは、最も正確で最新の、グローバルに包括的な使用可能データを表します。

場所の説明または特徴付け

セグメンテーションと分類

画像を使用して、土地を特定のカテゴリ (異なるタイプの土地利用や土地被覆など) に分類および配置する作業を自動化できます。その後、その派生レイヤーをベースマップとして使用したり、もっと興味深いことには、その後の解析で使用したりできます。時期が異なる一連の画像を分類することで、アナリストが、自然の力や人間の介入によって場所が変化していく様子を探索することもできます。



土地被覆の変化の検出

この森林変化解析ツールは、選択された対象エリア内で、樹木の被覆損失の合計と進行中の火災の数を評価し、さまざまな土地被覆クラスに応じて結果を表示します。Global Forest Watch 変化解析ツールは、空間と時間の情報を使用して、対象エリア内の森林被覆の変化、現在の土地被覆、および法的分類に関する独自の調査を実施できるようにします。

セグメンテーション

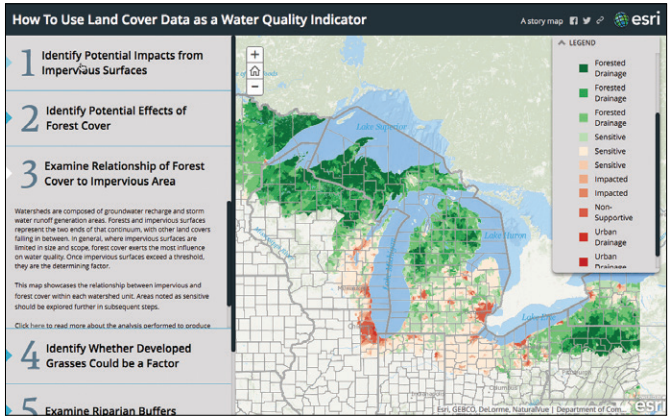
画像セグメンテーションは、各地域が同質となるように画像を同質のグループに分割するプロセスとして定義されています。このマップは、ArcGIS のフィーチャ抽出解析を使用して各土地区画の不浸透面がセグメント化された後の、それらの不浸透面を示しています。これは、典型的なセグメンテーション アプリケーションです。

適合性解析

最適な場所の検出

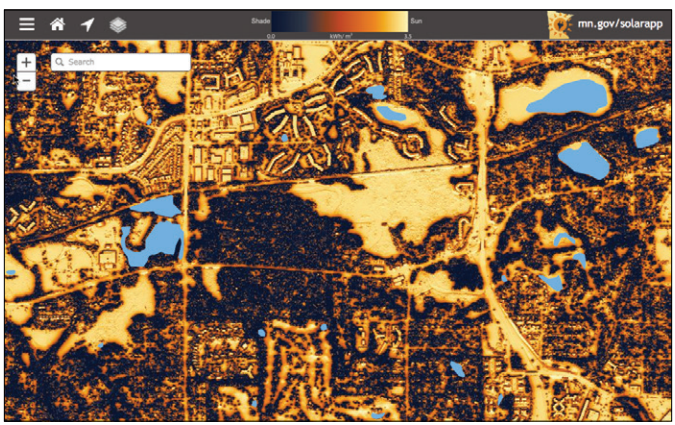
GIS 解析で解決できる一般的な課題は、「あるものを配置するために最適な場所はどこか?」ということです。適合性モデルは、まさにその目的 (つまり、建設または保全 (目的によって異なる) するために最適な場所の検出) に使用されます。取り組む課題は多岐にわたります。たとえば、新しいショッピング センターの建設地、作物の植え付け場所、湿地保全地域、風車の展開場所、建物の屋根の上のソーラー パネル設置場所などです。

たとえば、新しい公園の立地の決定に関連する基準には、1) 1 エーカー以上の空き地、2) 川に近いこと、3) 既存の公園に近すぎない場所、4) 成木のあるエリア、5) 多くの人の家や仕事場に近い場所、などがあります。ArcGIS では、ラスター データと画像を使用して、公園や他の場所の適合性を簡単にモデリングできます。次に、さらにいくつかの例を示します。



水質の指標としての土地被覆

NOAA は、GIS 解析で水質を予測する手段として、土地被覆を使用してきました。たとえば、通常、森林や湿地の近くでは水質が高く、産業施設や大規模な駐車場のある地域では水質が低くなります。このストーリー マップは、この取り組みの優れた概要を示しています。



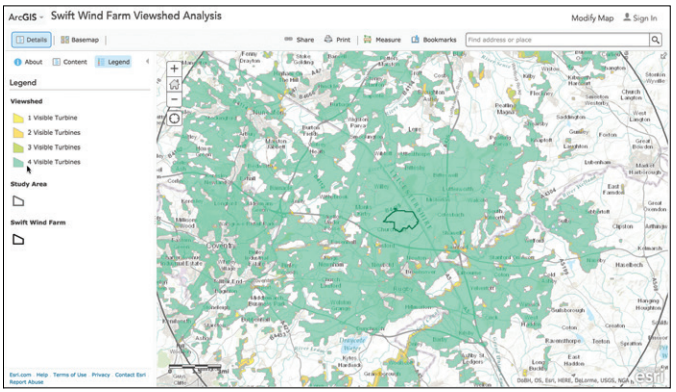
屋根の上の太陽光発電の可能性の見積もり

ミネソタ州は、標高レイヤーや植生レイヤー、他の重要なラスターおよび画像レイヤーから、太陽の放射量と方向を取得することで、州全体の太陽光発電の可能性をモデリングしました。これにより、住民は、太陽光発電をどこに設置すると実用的な代替手段になるかについて、大まかな評価をすばやく行うことができます。

何が見えるか

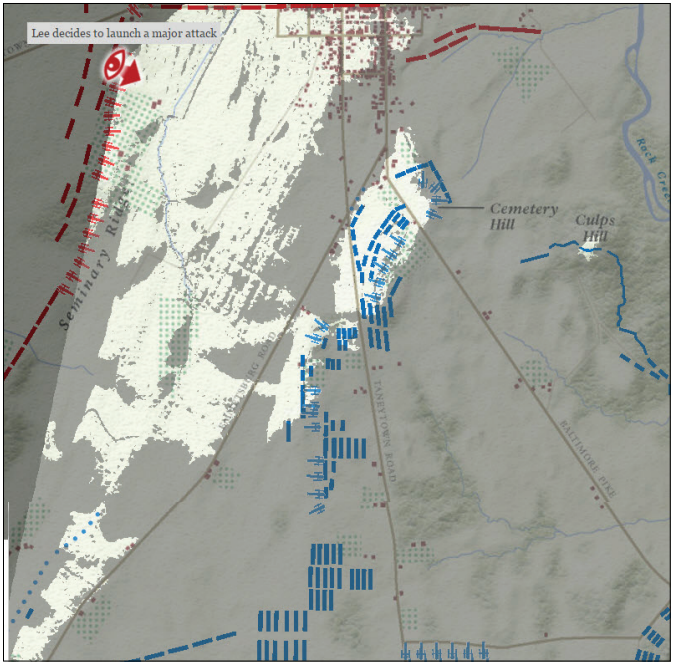
可視解析

可視領域解析では、距離、地形、および土地被覆に基づいて、所定の場所から何が見えるか、または見えないかを解析します。これは、たとえば、公園のどのエリアから川が見えるか、町の広場から風車がいくつ見えるかなど、特定のランドマークが見える場所を識別するための作業です。



風力発電所の適切な配置

この可視領域解析では、イギリスのある調査エリアで 4 基の大型タービンを使用した風力発電所が景観にどのような影響を与えるかが明らかになりました。都市部または半都市的なエリアに風力発電所を建設した場合の景観への影響は、コミュニティで議論を引き起こす可能性があります。風力発電所の建設前に、どこから風力発電所が見えるかを示すことができると、コミュニティの反応を和らげることができます。



可視領域の計算

この興味深いストーリー マップは、GIS 可視解析を使用して、アメリカ南北戦争のゲティスバーグの戦いの運命的な話を伝えています。Robert E. Lee 将軍 (赤い目のところ) は、北軍との戦いに身を投じた時点では、明るいエリアの軍隊しか見えませんでした。その時点で、彼にはグレーで表示されている部分 (北軍の力がもっと強い部分) のものが何も見えなかったのです。歴史家たちは、伝記、戦闘地図、および基本的な標高レイヤーを使用して、Lee がなぜそのような勝ち目の乏しい戦いに挑んだのかという謎を解き明かすことができました。

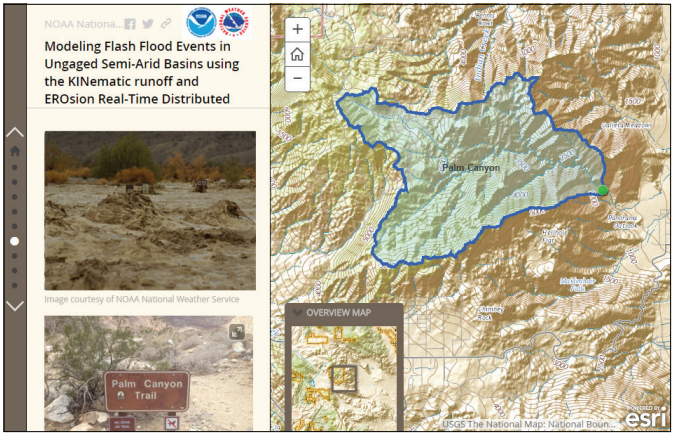
水の流れを追う

水分解析

水文学は、地球の水 (特に、陸地に対する水の動き) に関連する科学です。水は重力に対応して動くため、地球の表面の高さを使用して水が動く様子をモデリングできます。

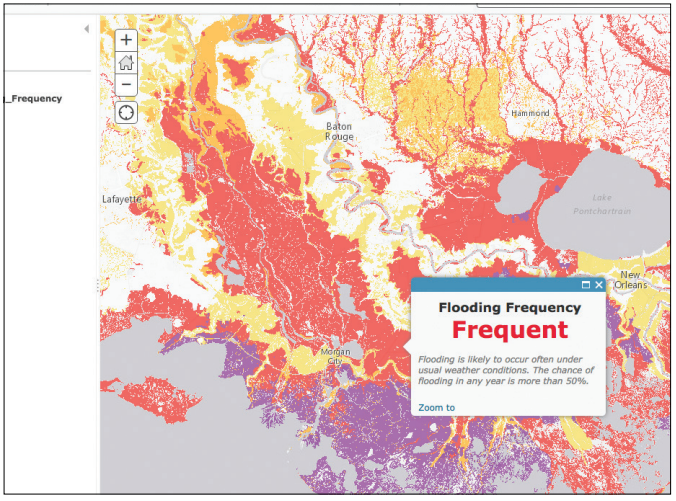
鉄砲水発生のモデリング

洪水が多い峡谷は、米国西部の半乾燥地帯の行楽客に深刻な脅威をもたらします。サンディエゴの NOAA 気象予報事務局は、存在する鉄砲水リスクを認識し、洪水の多い 2 つの峡谷に高度な鉄砲水サービスを実装しました。このストーリー マップは、アンザボレゴ砂漠州立公園内の最も危険なエリアに対する一般の認識を生むための方法を詳細に説明しています。



洪水の頻度

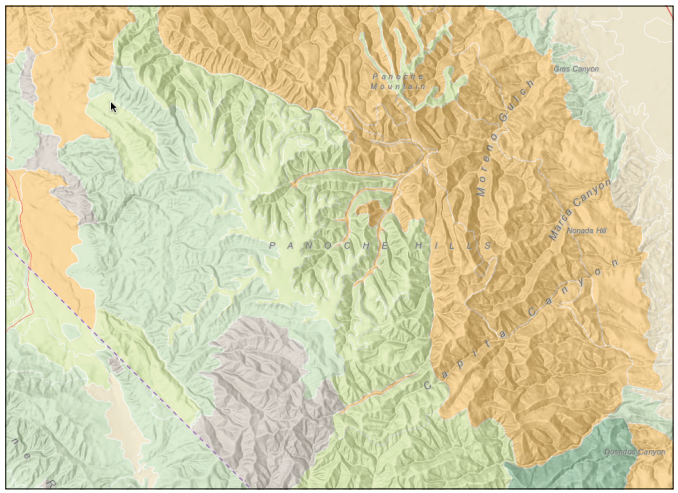
集水域解析レイヤーは、None (なし) から Very frequent (非常に頻繁) までの 6 つのクラスの 1 つとして洪水の頻度を評価します。マップ上の任意の地点をクリックすると、洪水の頻度の評価値を取得できます。この 30 メートルの解像度のレイヤーは、アラスカ、ハワイ、プエルト リコ、バージン諸島、太平洋のいくつかの島 (グアムやサイパンなど) を含め、米国本土のほとんどをカバーしています。



ラスターの可視化

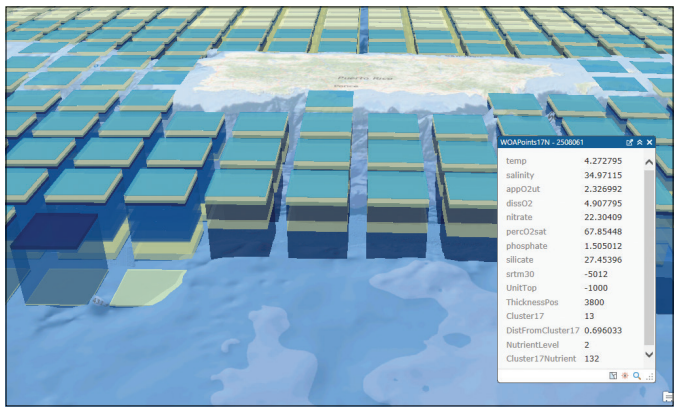
レンダラー、2D と 3D

ラスター データは、シングル バンドの場合もマルチ バンドの場合もあり、ごく少数の一意なピクセル値を持つことも、所定のピクセル深度内の全範囲の値を持つこともあります。ラスター データを 3D のマルチバンド画像として可視化したり、動的な時系列マップとして可視化したりする方法は数多くあります。たとえば、カラーの航空写真を表示すると、多くの場合、RGB (赤、緑、青) レンダラーがデフォルトで適用された、3 バンド ラスター データセットが示されます。



陰影起伏の計算

陰影起伏の解析では、太陽に対する所定のコンパス方向 (方位角) と水平線上の特定の高度に基づいて、サーフェスのイルミネーションをラスター サーフェスとして 0 ～ 255 の値で計算します。カリフォルニア州フレズノ西部のパノーチェ ヒルズのこの土壌マップに見られるように、地形のモデリングおよび可視化では、他の情報レイヤーを活用することができます。



海洋環境の 4D での可視化

Coastal and Marine Ecological Classification Standard は、海岸と海およびそれらの生命系に関する情報を整理するための、包括的なフレームワークを提供しています。この 4 次元の時系列マップには、海岸と海洋生態系の定義に集合的に使用される、物理学的、生物学的、および化学的な特性が含まれています。データを 3D で表すと、アナリストがドリル スルーできるスタックが形成されます。

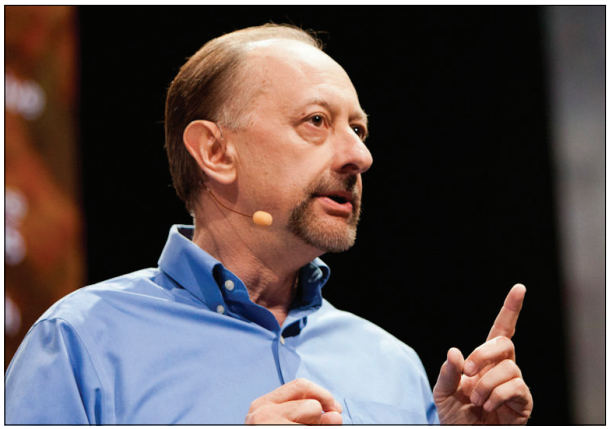
オピニオン リーダー : Gerry Kinn

画像解析は、小さいピクチャの作成に留まりません

Landsat の 1 号機が打ち上げられて以来、画像解析は劇的に進化しました。当初は、画像を解釈できるようにするための画像処理に重点が置かれていましたが、後になって、GIS データベースへの入力に使用するフィーチャを抽出するための画像処理に重点が置かれるようになりました。現在では、必要な技術の多くが、一般的なものとなっています。新たに重要視されているのは、世界をより深く理解できるような方法で画像を処理することにより、起こりそうなことを私たちがうまく予測して管理し、先手を打てるようにすることです。これは、私たちが農業、林業、環境資源管理、都市計画、交通管理で、さらには法執行のような分野でさえも、実現しようとしていることです。

画像解析は、孤立して進化するのではありません。画像解析は、それに関連した、進化しつつあるさまざまなものによる影響を受けます。現在そして将来に向けて、クラウド コンピューティングのパラレル機能を持つコンピューターの能力が向上しています。また、画像の数、様式、解像度、収集オプションが増えたり、画像を収集する前に大規模な既存の GIS データ コレクションにアクセスできるようになったり、解析のための新しい革新的な方法が登場したりしています。このようなさまざまな要素が重なった、進歩のための千載一遇のチャンスにより、私たちはどこに向かうのでしょうか。

農業を例に取ってみましょう。米国では、大半の農業従事者が自分の農地と作物を USDA に登録しています。優れた土壌マップがあり、全国の標高モデルを利用できます。NEXRAD のおかげで、大陸の降雨データが地上ベースのレーダーから 1 キロメートル未満のセル サイズで 5 分おきに収集されています。作物モデルは、他の温度データや日々の直射日光照度データと組み合わされて、各農地の作物がどのように成長するかを予測できます。これにより、衛星、航空機、またはドローンから新しい画像が収集されるたびに、マルチスペクトル画像を使用して、このような作物モデルを検証して調整できます。実際に、ドローンは、高い解像度と収集頻度を実現することで、個人の農業従事者に向けて非常に個人的なデータを提供しています。解析結果には、水分の問題、栄養不足、雑草や害虫の悩みを軽減するために、農業従事者が行動を起こす必要がある異常が表示されます。この結果、国家レベルでも、農地レベルの精密農業でも、生産についての理解が深まります。



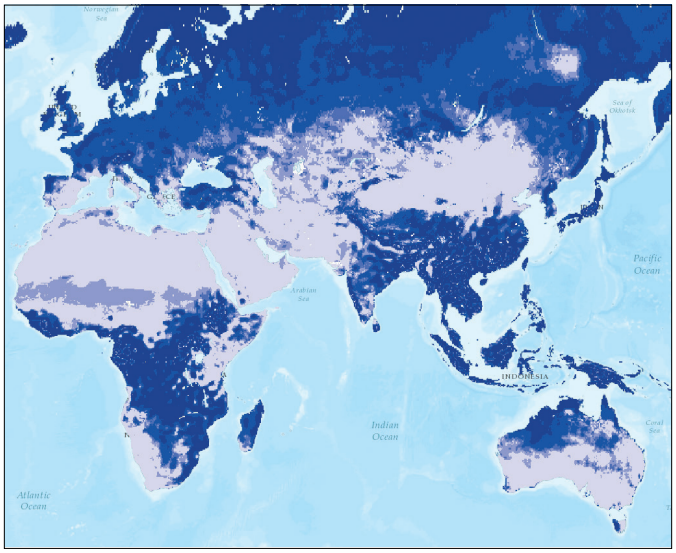
Gerry Kinn は、ユーザーがリアルタイムに近い情報を使用して重要な疑問に答えることができるように、豊かな画像技術を ArcGIS プラットフォームに統合することを支援しています。

画像解析は、もはや小さいピクチャの作成に留まりません。画像解析は、リモート センシングの技術を、利用可能な他のすべてのセンサーおよび GIS データと統合して、私たちの環境で毎日起こり、私たちの生活に影響を与える重要なプロセスをモデリングします。

画像は地球を映し出すモニター

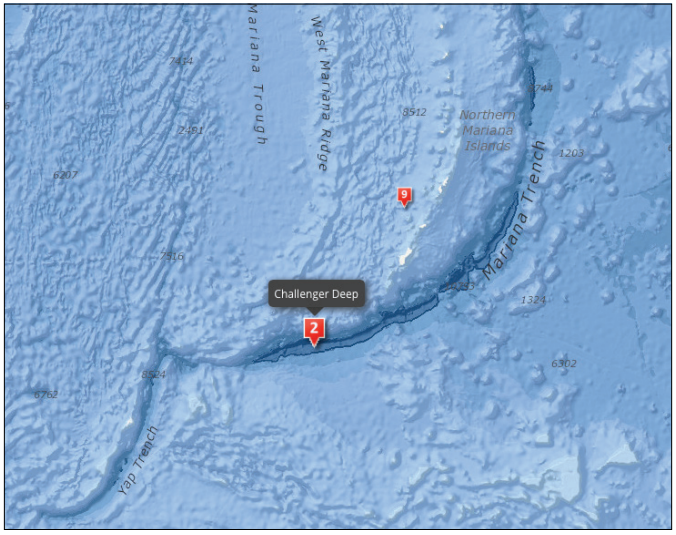
マップには何を表示できるか

カートグラフィやあらゆるスタイルの情報設計の目的は、そのデータに関して重要な点を浮き彫りにすることです。多くの場合、データを表面化させるときにマップつまり情報表示につながるのは、高度な空間解析です。



降雨流出指数

地表面に降った雨の多くは、貯蔵スペース (湖、帯水層、土壌水分、雪塊、植生など) に取り込まれます。貯蔵容量を超えた雨は、流出水となって、水系に流れ込みます。都市部では、舗装道路や他の不浸透面によって地表流出水の量が激増し、ごみや都市のがれきを水路に押し流して、汚染や洪水の深刻さが増しています。農業地域では、地表および地下の流出水が塩分や養分 (特に、窒素やリン) を過剰に運ぶことがあります。



測深学

測深学は、湖底または海底の水面下の深さの研究です。言い換えると、測深学は水中の地形学に相当します。このマップは、世界の海と、その海底地形を探索しています。

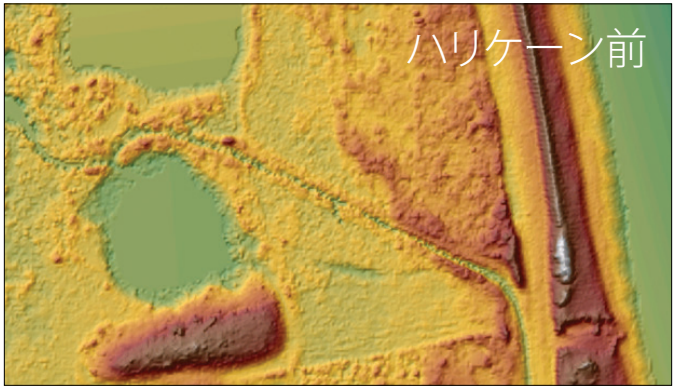
解析のケース スタディ : ハリケーン「アイリーン」

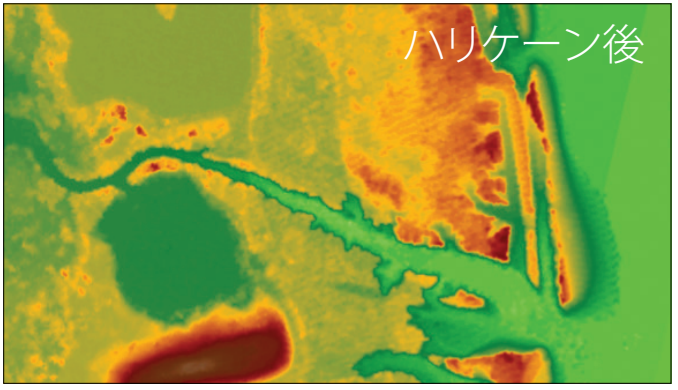
LIDAR 画像を使用した、ハリケーンの被害と侵食回復のモデリング

2011 年にハリケーン「アイリーン」がノース カロライナ州アウター バンクスを襲ったとき、高潮と暴風によって、ピー アイランドを通る 2 つの新しい水路が掘られました。本土に戻る主要な輸送ルートは破壊されました。州および地域の交通局によって LIDAR センサーが上空に飛ばされ、画像が送信されて、マルチスペクトル データと地表の情報が収集されました。

破壊された道路は、地域住民を地域外と結ぶ唯一の手段でした。道路自体に修理が必要なだけでなく、周辺の浜も新しい道路を保護する緩衝地帯として作り直す必要がありました。上空から画像が送信され解析されるとすぐに (ハリケーンからわずか数日で)、対応機関が画像を利用できるようになり、その画像がインフラの再建にきわめて重要であることがわかりました。

ノース カロライナ州は、簡単なアプリを導入し、嵐で押し流されたものすべてを復旧させるためにトラック何台分の砂が必要であるかについて職員たちが計算を開始できるようにしました。職員たちは、地表にさまざまなサイズの形状を描くことで、道路と浜をできる限り速く修復するために必要な砂の量の現実的な見積もりを提供することができました。





これらの劇的な画像では、海水がコミュニティに侵入した範囲 (および海水が出ていくときに運んでいった砂の量) が LIDAR 画像によって明らかにされています。測定値が非常に正確であったため、職員たちは割れ目を埋めて、道路の再建を開始するためにトラック何台分の砂が必要であるかを計算することができました。

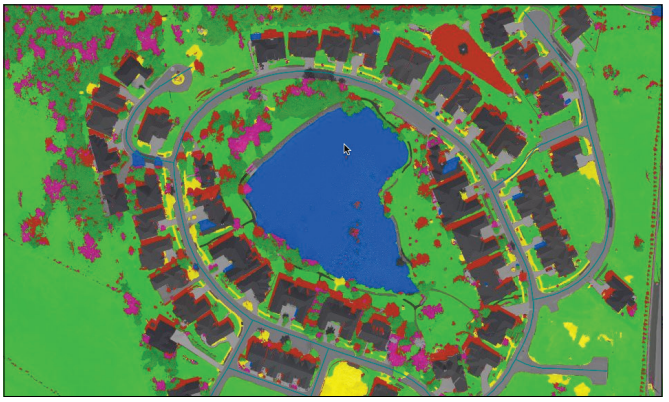
不浸透面を示すこのマップでは、各土地区画の建物と舗装部分によって、水が地面に浸透するのが妨げられている様子を確認できます。不動産所有者には、所有している土地の不浸透面の量に応じて流出料金が課せられます。

不浸透面の計算

ラスター機能の使用

多くの地方自治体は、不浸透面の量を使用して、個々の不動産の雨水料金を計算しています。ノース カロライナ州シャーロットのこの例に示すように、不浸透面の地物は、動的な画像処理を使用して、マルチスペクトル画像から抽出され、土地区画ごとの不浸透面の合計面積を計算するために使用されます。この解析計算は、GIS と画像処理の統合で生み出された相乗効果を示す素晴らしい実例です。

この分譲地には、アスファルトや他の不浸透面が多くありますが、それを定量化するのは困難です。



「トレーニング」は、どのサンプル セグメントがどのタイプのカバレッジを表しているかを識別する作業の技術的名称で、より正確な自動分類につながります。

赤外は、植生の検出と抽出に役立ちます。赤は、露出土壌の識別に重要です。青は、都市の事物、特にコンクリートや屋根の上面の識別に重要です。

クイックスタート

空間解析を使用して新しい見識、知識を発見し、理解する

Spatial Analyst

ArcGIS Spatial Analyst は、さまざまなラスター空間モデリングおよび解析ツールを追加して ArcGIS for Desktop の機能を拡張する ArcMap のエクステンションです。新しい小売店に最適な場所を見つけたり、野生動物保護活動のために最も有望なエリアを決定するなどの複雑な問題の解決に使用されます。このエクステンションは、このブックの対象ではありませんが、本格的なアナリスト向けの重要なツールです。

Going Places with Spatial Analysis MOOC

このコースは、データ解析についてある程度の知識を持ち、空間データ解析の空間機能によってより深い理解が与えられる方法を学習したい方を対象としています。ArcGIS Online (Esri のクラウドベース GIS プラットフォーム) の解析機能全体に自由にアクセスしてください。GIS ソフトウェアの使用経験があると役立ちますが、必須ではありません。

ArcGIS Online の解析ツール

Spatial Analyst エクステンションにはラスター固有のツールが最も多く用意されていますが、ArcGIS Online Web GIS 環境でもそのようなツールの数が増えています。ArcGIS Online のいくつかのラスター モデリング ツールの概要を以下に示します。

密度の計算

[密度の計算] ツールは、ある現象の既知の数量 (ポイントまたはラインの属性として表す) をマップ上に分布することによって、ポイント フィーチャまたはライン フィーチャから密度マップを作成します 結果として出力されるのは、低密度から高密度に分類されたエリア ポリゴンのレイヤーです。

ホット スポット分析

[ホット スポット分析] ツールは、データの空間パターンに、統計的に有意なクラスターが存在するかどうかを判定します。

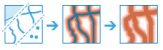
ポイントの内挿

[ポイントの内挿] ツールを使用すると、一連のポイントからの計測値に

基づいて、新しい場所の値を推定できます。このツールは、各ポイントの値を持つポイント データを取得して、推定値で分類したエリアを返します。

バッファーの作成

バッファーとは、ポイント、ライン、またはエリア フィーチャから特定の距離をカバーするエリアです。



Learn ArcGIS のレッスン

スペクトル画像からの不浸透面の計算

概要

水を通さない地表 (不浸透面と呼ばれる) は、重大な環境問題を引き起こします。雨水からの流出水は、洪水を招いたり、湖や川に汚染物質を運んだりすることがあります。このような危険があるため、多くの地方自治体は、不浸透面が大量にある土地区画に対して料金を制定しています。ケンタッキー州ルイビルの地方自治体も、その 1 つです。ただし、不動産に雨水料金を課すには、各土地区画に含まれる不浸透面の面積を知る必要があります。

ルイビルのある 1 つの地区の不浸透面を計算して、この地方自治体の手助けをします。ArcGIS Pro のタスクを活用して、その地区のマルチスペクトル画像からバンドを抽出し、道路やグレーの屋根など、都市の事物を強調します。その後、その画像を土地利用タイプにセグメント化して分類します。これを、浸透面または不浸透面に再分類できます。分類の精度を評価したら、土地区画ごとの不浸透面の面積を計算し、雨水料金の決定に必要な情報とともにルイビルに提供します。

このレッスンで習得できるスキル:

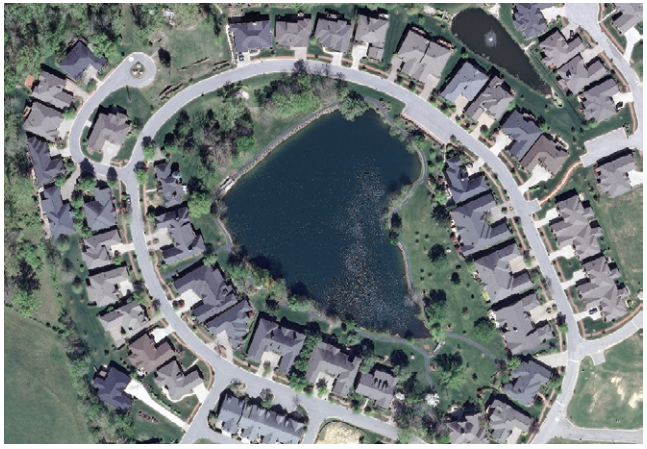
- ArcGIS Pro タスクのワークフローに沿った操作
- 教師付き分類の実行
- 分類精度の評価
- 地物ごとの土地利用面積の計算

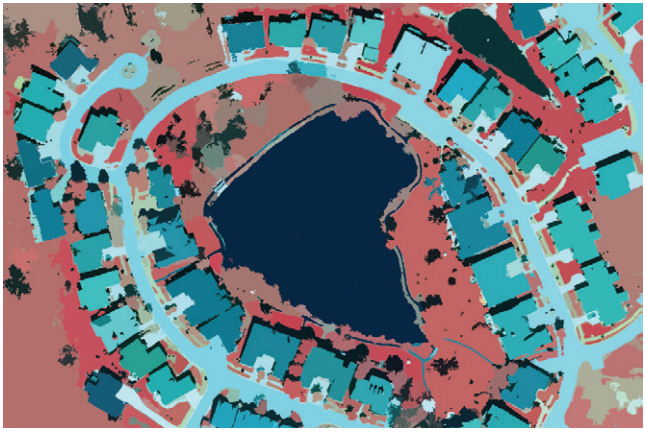
必要なもの:

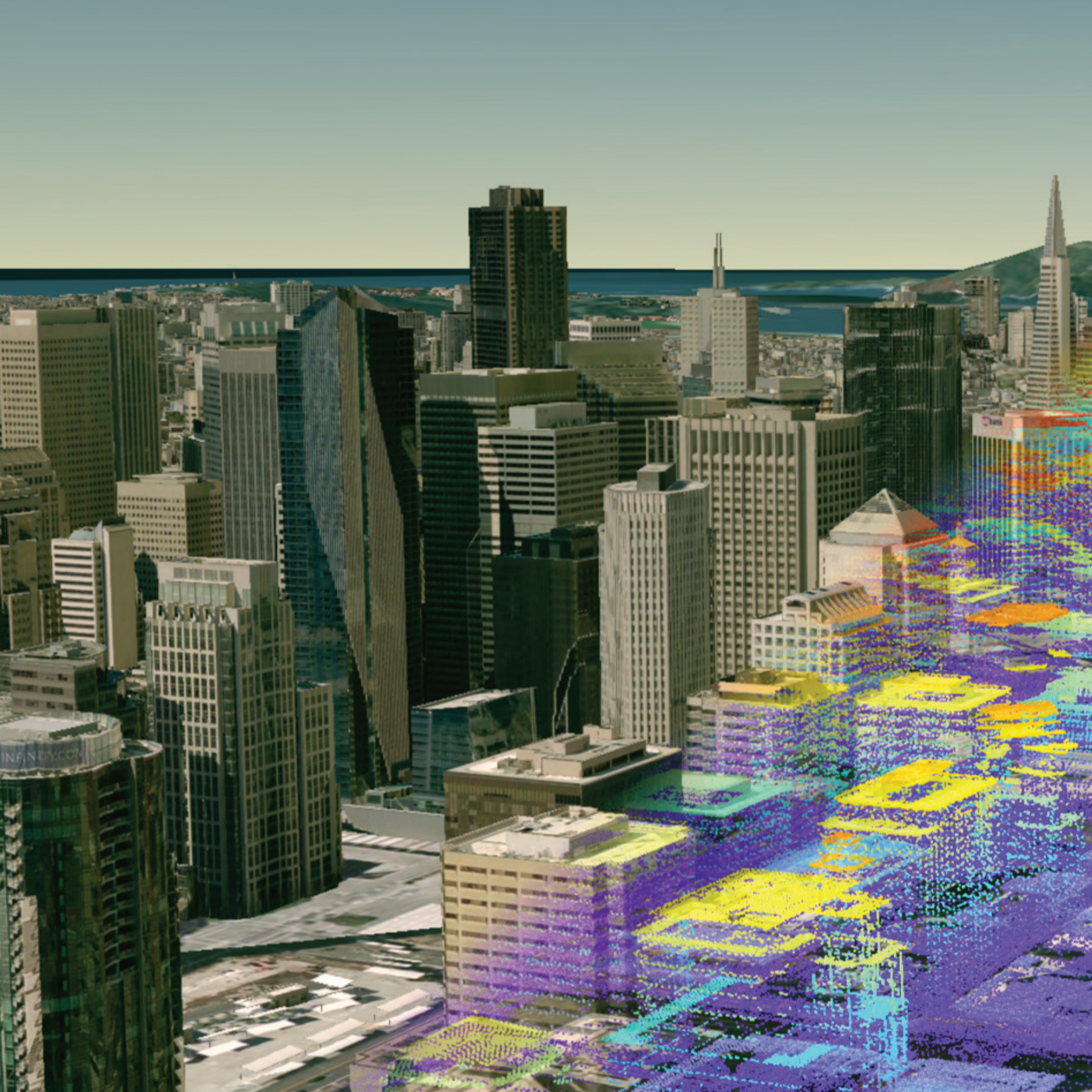
- ArcGIS Pro 1.2.0 以降
- ArcMap 10.3 以降 (オプション)
- 所要時間: 1 時間 30 分

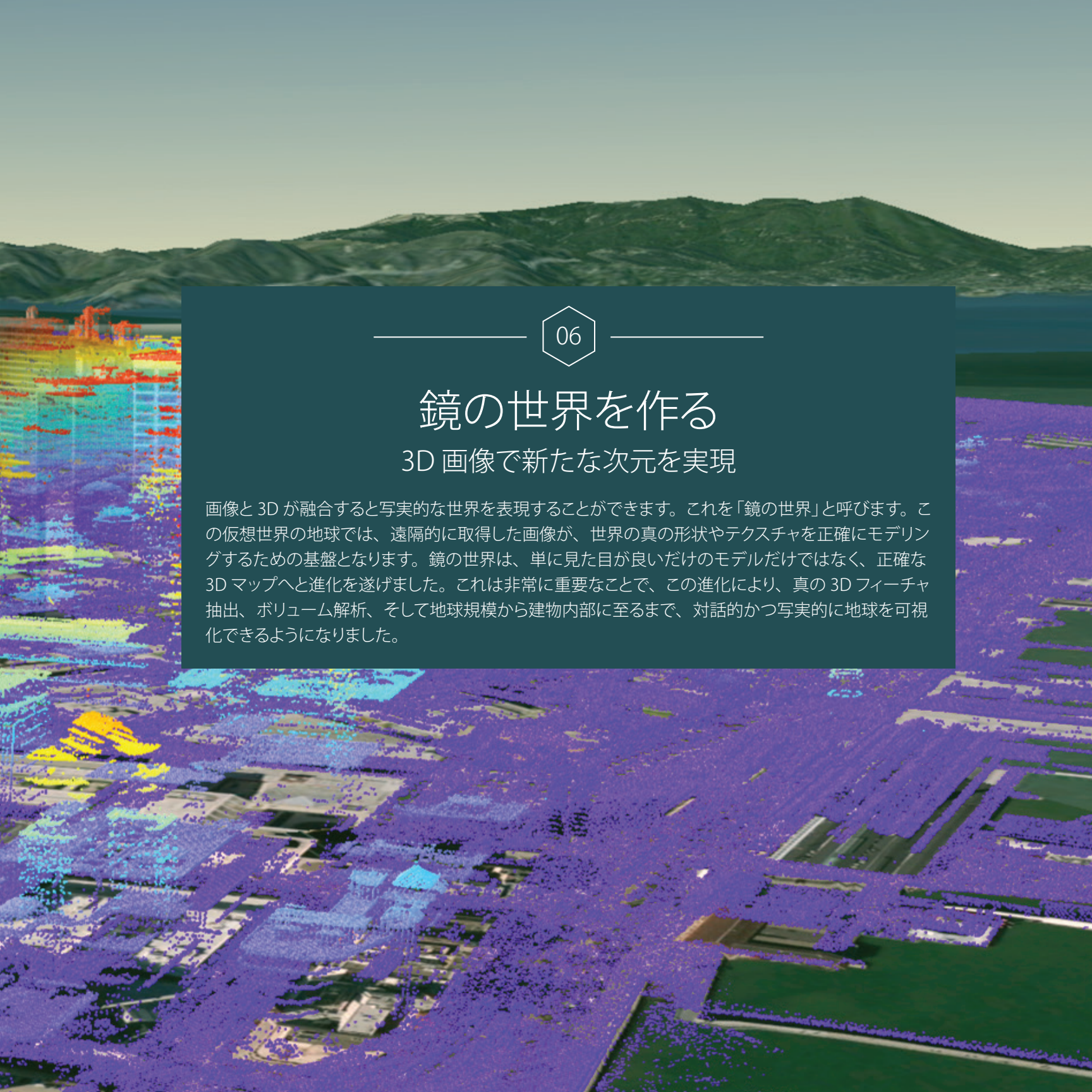
レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter5_Lesson









06

鏡の世界を作る

3D 画像で新たな次元を実現

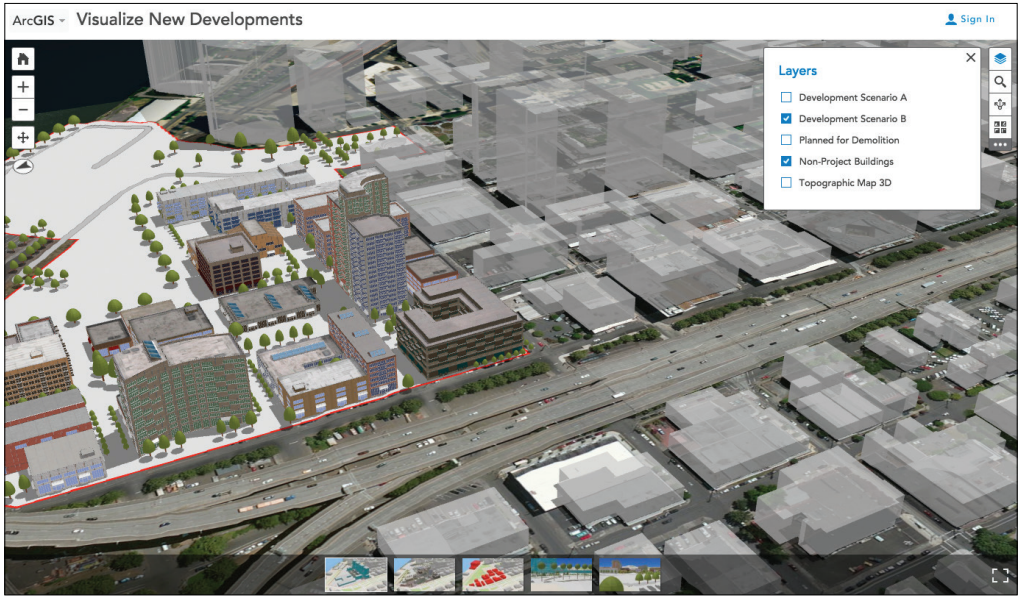
画像と 3D が融合すると写実的な世界を表現することができます。これを「鏡の世界」と呼びます。この仮想世界の地球では、遠隔的に取得した画像が、世界の真の形状やテクスチャを正確にモデリングするための基盤となります。鏡の世界は、単に見た目が良いだけのモデルだけではなく、正確な 3D マップへと進化を遂げました。これは非常に重要なことで、この進化により、真の 3D フィーチャ抽出、ボリューム解析、そして地球規模から建物内部に至るまで、対話的かつ写実的に地球を可視化できるようになりました。

3D 画像の進化

1990 年代以前は、メインストリームの 3D 画像は、地形の実際の測定値を、2D デジタル表現の地形図に変換するために使用されていました。このデータが 2D で表示されていたのは、3D ビューアーが一般的に普及しておらず、また 3D を扱うには膨大なコンピューティング要件が必要とされていたからです。

1990 年から 2010 年ごろにかけて 3D ソフトウェアが徐々に利用可能になりました。コンピューティング能力はムーアの法則どおりに向上し、反対に価格は下がっていきました。建物などの 3D オブジェクトは、GIS で現実世界をモデリングされるようになりました。3D GIS はまだそれほど導入されておらず、大半の 3D 作業は 2D マップを地形の 3D 表現の上にドレープする形で行われていました。3D オブジェクトは、技術力のあるデータ オペレーターが平射図法の画像ペアを使用し、多大な労力を必要とするプロセスを経て作成されていました。この頃、ほとんどのユーザーは、3D オブジェクトを作成する方法をまだ理解していませんでした。

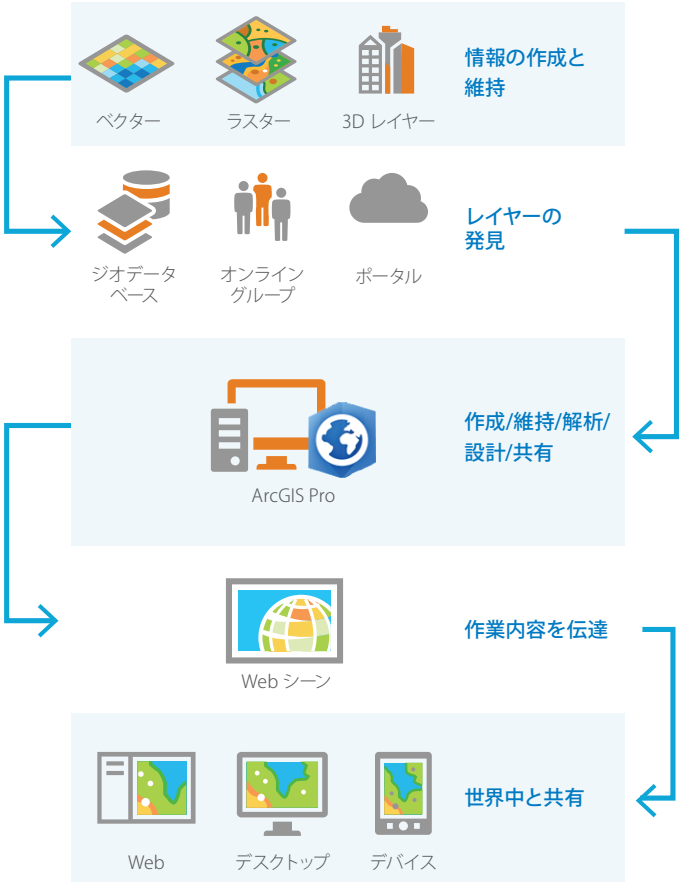
では、現代の技術はどうでしょう。私たちは今や、エンドツーエンドのワークフローを利用し、3D 画像の処理、センサーや画像から 3D 標高の作成、編集、維持、解析や可視化を行うことができます、また、没入型の 3D シーンをデスクトップ、ブラウザー、モバイル デバイスで共有できるようにもなりました。このようなタスクをすぐに実行できるようになったのはほんの最近の話です。デスクトップ、エンタープライズ サーバー、Web、モバイル デバイスで ArcGIS を使用することで、画像を利用して GIS を完全に 3D 対応にできるのです。世界的な気候変動、地域的な森林管理計画、持続可能で回復力に富み、住みよい都市の構築、公園や建物内での作業に至るまで、多岐にわたって役立てることができます。



オレゴン州ポートランドの都市開発計画を、既存の建物環境の中で比較します。このシーンでは、3D テレインが使用されている他、周辺の建築物は立ち上げられ、手続き的に描画処理された 3D 建築物が示されています。このような可視化は、かつては技術に優れた専門スタッフが何時間もかけて行っていましたが、現在ではたった 1 人でもわずか数分で行えるようになりました。

ArcGIS に埋め込まれた 3D

ArcGIS では、画像や GIS データを起点として 3D の世界に入り込むことができます。これは、写真のように写実的な体験になることもあれば、解析結果を対話的に操作する方法となったりもするでしょう。複数の表示角度からプロジェクト サイトを探索したり、Web サイト用に 3D Web シーンを公開したり、あるいは新しい 3D レイヤーをゼロから作成するタスクも、ArcGIS では簡単に行うことができます。



大西洋を通過しているハリケーンがどのような経路をたどってきたかを表示したり、建物内部を案内したり、地下設備のフィーチャを見せたりすることもできます。

ArcGIS では、デバイスおよびプラットフォーム間での相互運用が可能です。3D シーンを複数のデスクトップ間で共有したり、Web 上で共有したりすることで、一般ユーザーからプロのプランナーやエンジニアに至るまで、特定のユーザーに応じた情報の詳細レベルを提供することができます。 この新しいオープン スタンダードとなるサーバーベースの 3D ストリーミング技術のおかげで、3D 建物を 1 棟でもあるいは数百万棟でも、高機能で使いやすい Web シーンを使用して共有できます。

ArcGIS Pro は、プラットフォームの主要 3D 製品です。ローカルのデスクトップにインストールでき、直感的な環境で 2D レイヤーと 3D レイヤーを作成し、維持できます。ArcGIS Pro のパワフルな分析ツールを利用すると、独自の 3D 調査を実施できます。たとえば、屋上太陽光システムのポテンシャルの評価、冬至と夏至の日影による影響調査、建物内のさまざまな位置からの眺望を解析することで不動産を正確に査定するなどといったことが可能です。

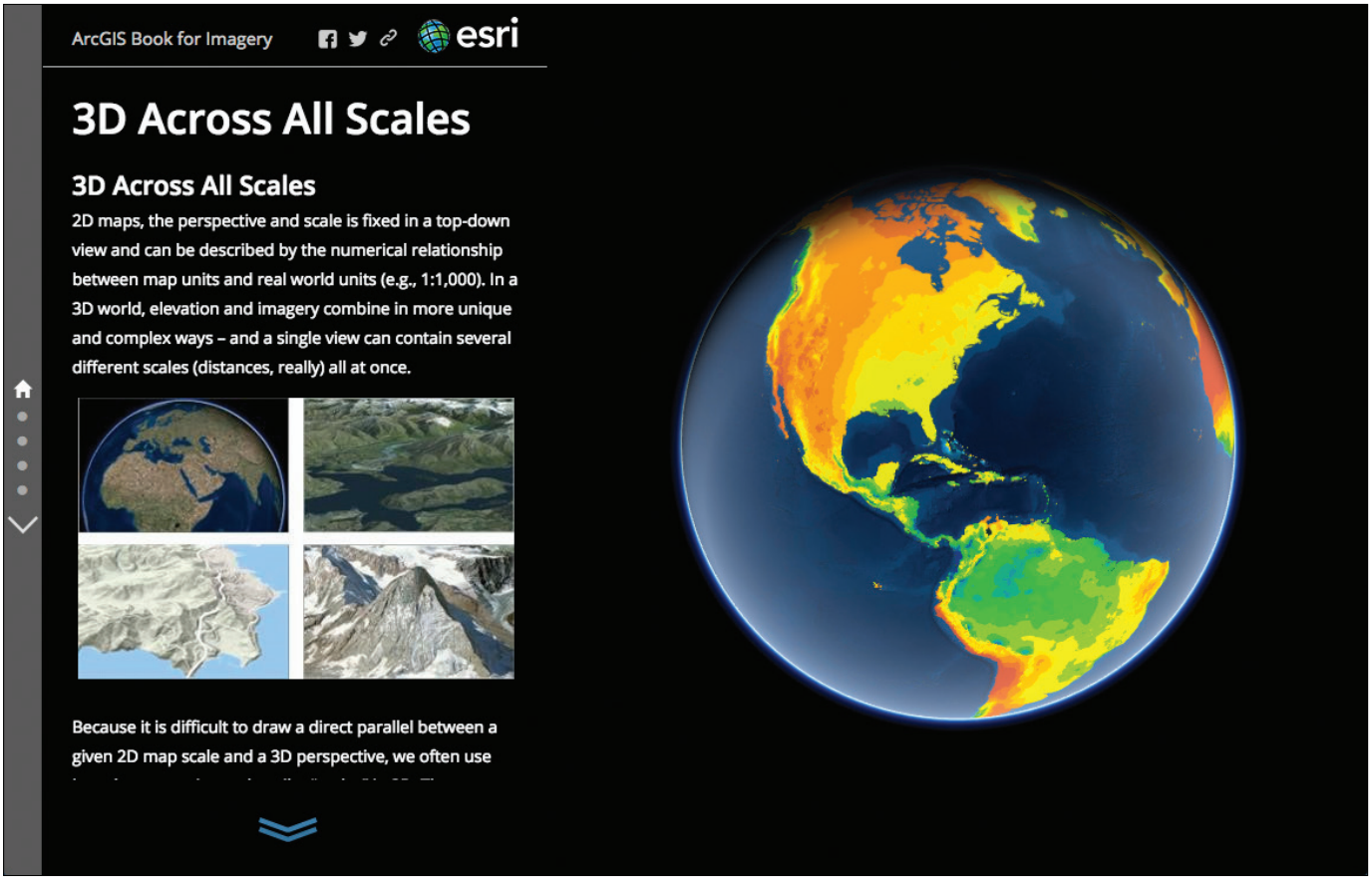
最大のインパクトを引き出すために、ルールベースの手続き的なモデリングを使用し、自分のアイデアやデザインを写実的な 3D で表現することができます。たとえば、沿海都市や沿海地域の将来を予想するなどです。このような場合、デザインの中に自然を取り入れるには、人口岩礁が必要になります。

こうした 3D コンテンツはすべて ArcGIS Online に格納し、簡単に共有して活用することができます。

3D の縮尺

2D マップでは、視点も縮尺も上から下方向に固定されており、マップ単位と実世界の単位との数値的な関係によって表されます (1:1,000 など)。3D の世界では、標高と画像がさらにユニークで複雑に組み合わせられており、1 つのビューに複数の縮尺 (実際には距離) を設定することができます。表示中のウィンドウで前面にあるフィーチャは、背面にあるフィーチャに比べると近くに位置するため、縮尺も大きくなります。

3D の縮尺では、幅広いカテゴリが使用されることも多々あります。これは、地球全体を捉える大きなグローバル ビューから、ローカルな地域を示す小縮尺に至るカテゴリまで、一般的なデータ パターンや作業の種類に応じて表示されます。マップ単位と実世界の単位との正確な数値的関係に依存することはありません。



ArcGIS の 3D はあらゆる縮尺での表示が可能です。地球全体を見渡すことも、大陸、地域を見ることも、あるいは都市、街、建物やサイトなどの内部を見ることもできます。

グローバル ビューから屋上までを可視化

グローバル

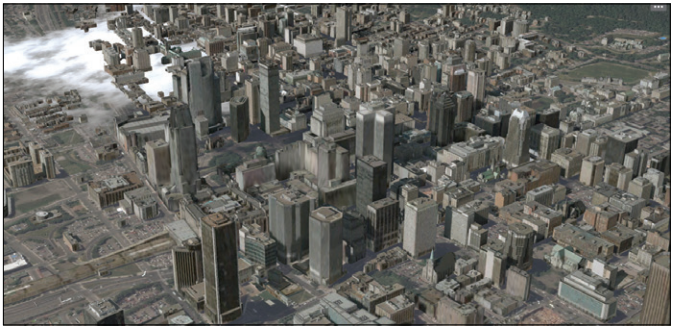
グローバル レベルの縮尺では、地球表面を包み込むような大陸間の現象や、その状況を理解するために 3D シーンが使用されます。広範囲にわたるデータセットの一般的な例としては、気候、気象、海洋、地球規模の輸送、国や大陸に関する表現などが挙げられます。この縮尺では標高サーフェスははっきりと見分けることができず、画像の解像度も比較的粗くなります。

地域

地域レベルの縮尺には郡や省から、最大では国規模の領域が含まれますが、峡谷や山脈など、地形の表面で非常に大きな変化を見ることができます。データセットは幅広い範囲を網羅しますが、グローバル レベルの縮尺に比べるとより細かく、解像度も高くなります。

ローカル

ローカル レベルの縮尺では、建物などの 3D フィーチャが見られるようになり、テクスチャや建物環境、自然環境の範囲も明確に区別できるようになります。都市計画や可視化、農業や農園の管理にはこの縮尺が使われることがほとんどで、高解像度画像によって見やすさも向上します。また、細部にわたるローカルの標高サーフェスが追加されることが多いため、3D データとテレインをさらに正確に配置できます。



サイト

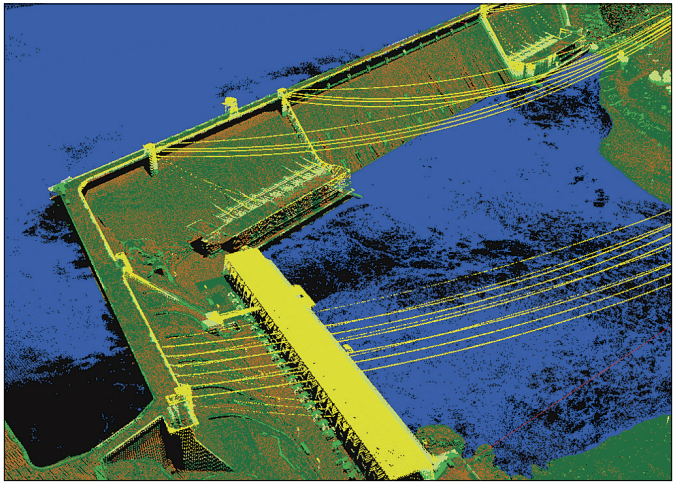
サイト レベルの縮尺は、区画、キャンパス、地域の公園、並木など、建物が集まる範囲を網羅するデータセットを可視化するものです。屋内マップを 3D で表示することもできます。この縮尺では、正確で高解像度の標高データが不可欠となるため、多くの場合は高解像度画像が使用されます。カスタム ベースマップを追加すると、建物内部の部屋やフロアにもズームすることができます。

LIDAR とレーダーによる標高の捕捉

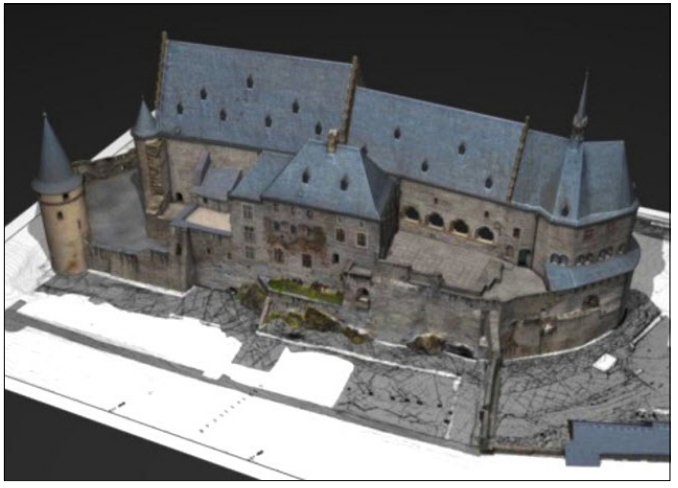
3D の作業では、地球の地形図が自然の基盤として使用されます。オブジェクトは地形表面の上、またはその下に配置されるからです。GIS では地形図はラスター形式の標高モデルか、場合によっては TIN (不規則三角形網) で表現されます。ラスター標高モデル (一般的に使用される) は地表を一定間隔のグリッドに分割し、それぞれのグリッド セルに 1 つの標高値が含まれるようにします。反対に、TIN はサイズが不規則な三角形 (面) で空間上の 3D ポイント位置をつなげ、一意の標高値を面内の任意の場所で内挿します。

現在の標高モデルは、一般的にレーザーやレーダーを使用するリモート センシング技法を使用して作成されています。干渉合成開口レーダー (IFSAR) では、反対向きのレーダーのペアを使用し、標高値を読み取ります。たとえば、2001 年の NASA Shuttle Radar Terrain Mapping (SRTM) ミッションでは、レーダーを使用して 30 メートルの分解能で地球全体の標高をマッピングしました。

LIDAR は高解像度標高モデルを作成する標準として、急速に導入されつつあります。LIDAR では定期的にレーザーをパルス照射して、標高ポイントに対して非常に高精度、高密度の「点群」を生成し、デジタル サーフェス モデル (DSM)、デジタル地形モデル (DTM)、三角形メッシュ (TIN) などさまざまな情報を提供できます。



LIDAR はアクティブなリモート センシング技術で、レーザーを使用してフィーチャ (グランド クーリー ダムなど) に照射し、反射したパルスを記録してオブジェクトの 3D モデルを生成します。この場合、データは LAS クラスでシンボル化されます (水、セメント、送電線など)。



このルクセンブルクのヴィアンデン城に関する 3D 調査および資料作成では、ドローンによる航空レーザー スキャンおよび写真測量法を利用して、この種の歴史的記念物としてはおそらく最も詳細にわたって描写した 3D モデルが作成されました。

3D GIS の基盤

ベース標高

フィーチャの主な 3D 属性の 1 つとして挙げられるのが垂直位置、すなわちベース標高です。これは建物や樹木などのオブジェクトの下辺部分が、いわゆる「地表面」の標高と接する場所です。視覚的な観点から、地形との位置合わせが重要です。地表と同一平面上に配置されるべきフィーチャが浮かんだり、埋没したりしないようにする他、3D 解析において、相対的な垂直位置を正確に捉える必要があるからです。

地表のデジタル地形モデル (DTM) は通常、フィーチャ (ポイント、線、ポリゴン、マルチパッチ (ボリューム)) に適用される正しい Z 値を捉えるためにサンプリングされます。単一の Z 値を適用し、フィーチャの位置を上下に垂直方向にシフトしたり、フィーチャを標高サーフェスにドレープすることもできます。

DEM

実質的には、地表のデジタル サーフェス モデル (DEM) は、デジタル地形モデル (DTM) と同義語として使用されます。高品質な DEM 作品は、標高の精細さ (つまり、各ピクセルの地上でのサイズ)、形状の正確さ、言い換えると、Z 軸の精度によって測定されます。

DSM

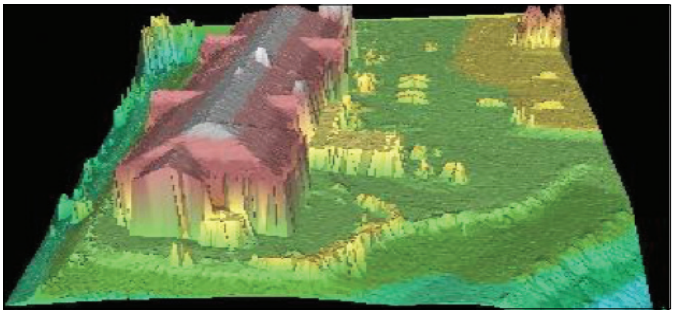
デジタル サーフェス モデル (DSM) は地表の樹木や建築物など、地表から突き出ているフィーチャの高度の標高を表します。

3D GIS の基盤

主な標高モデル

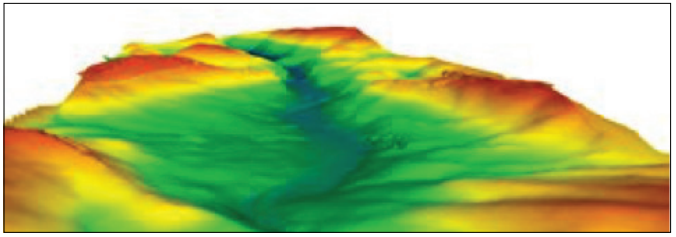
DSM: デジタル サーフェス モデル

サーフェス モデルには、地形図や地表にあるすべてのオブジェクト (樹木や建物など) があります。 DSM の上に画像をドレープすると、シンプルな仮想世界を再現できます。あるいは、お使いの GIS で専用ツールを使用すれば樹木や建物などのフィーチャを追加で作成することもできます。LIDAR は、一般的にファースト リターン データと呼ばれるデータで DSM を生成します。ここでは最初に戻るレーザー パルスの標高が使用されます。



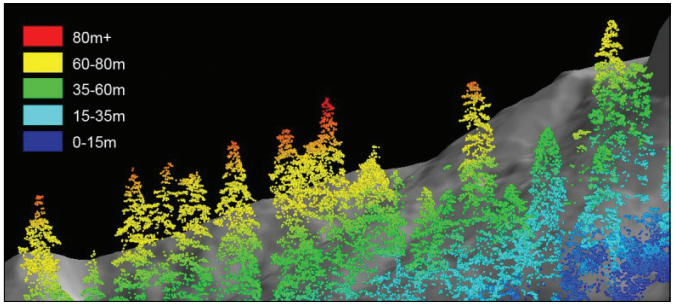
DTM: デジタル地形モデル

「地表」とも呼ばれる地形モデルは、建物や樹木などがない状態を指します。 DTM を使用し、陰影起伏を生成、地形図の傾斜や太陽に対する向きを決定、地表水の流れを計算、建物などのフィーチャのベース高度を設定できます。



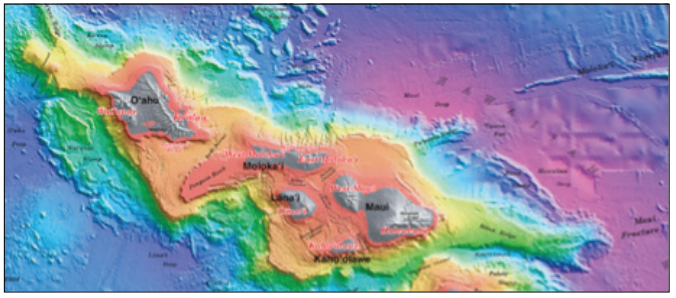
DHM: デジタル高度モデル

高度モデルは使用頻度は高くありませんが、GIS を 3D 対応にするために欠かすことができません。建物や樹木などのフィーチャの、地表からの高さを計算するために使用されます。高度モデルは、地形モデルと表層モデルとの差を計算することで作成されます。LIDAR は、DHM 生成に使用されることが増えています。ダグラス ファー原生林の樹冠の高さを表すこのプロファイルも、その一例です。



海底地形

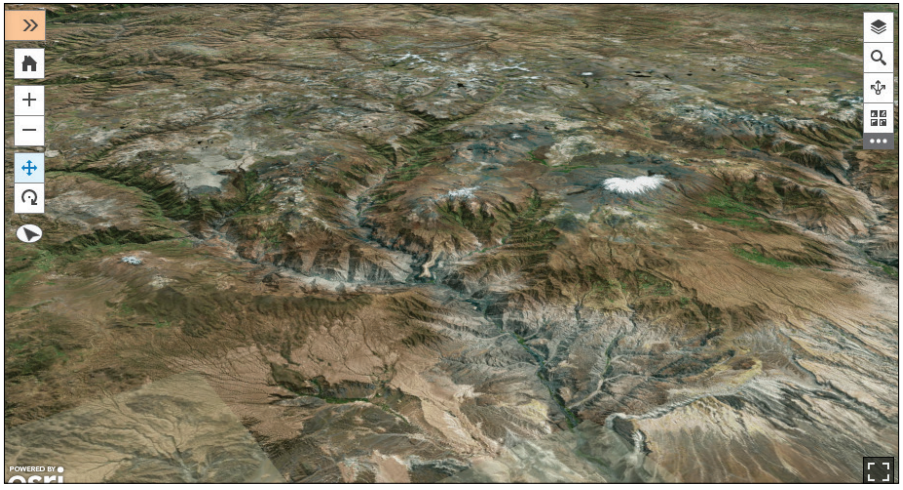
海底または湖底の地形図は海底地形と呼ばれ、陸上での地形データと同じ方法で使用されます。 海底地形データは一般的にソナーを使用して収集されます。ソナーは、アクティブ型センサーとしては LIDAR に似ていますが、測量は水面の船舶から行われます。沿岸の浅瀬の海底地形データは、航空機から収集されることもあります。



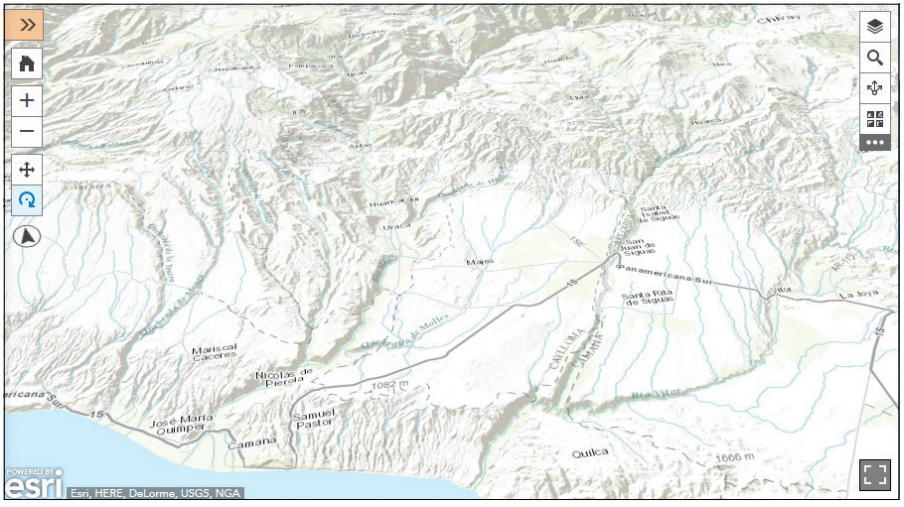
Web シーン

GIS データの 3D 化

ArcGIS では、3D マップはシーンと呼ばれ、Web やブラウザーで使用される 3D マップは Web シーンと呼ばれます。基盤としては地形を使用します。すべての 3D シーンの作成は、必要な数の 2D マップをサーフェスの標高カバレッジにドレープすることから始まります。3D 化するための最も簡単で迅速な方法は、画像やベースマップをベースの標高サーフェスにドレープすることです。GIS レイヤーの多くはすでに 3D に対応しており、また 3D 対応していないレイヤーもわずか数ステップで 3D 化することができます。この事実は多くの GIS ユーザーにとって驚きに違いありません。



画像を 3D 表示にすると、写実的な Web シーンをすぐに基盤として使用できます。Web シーンには 2D レイヤーや 3D レイヤーを簡単に追加できるため、3D GIS の没入型のエクスペリエンスをもたらすことができます。



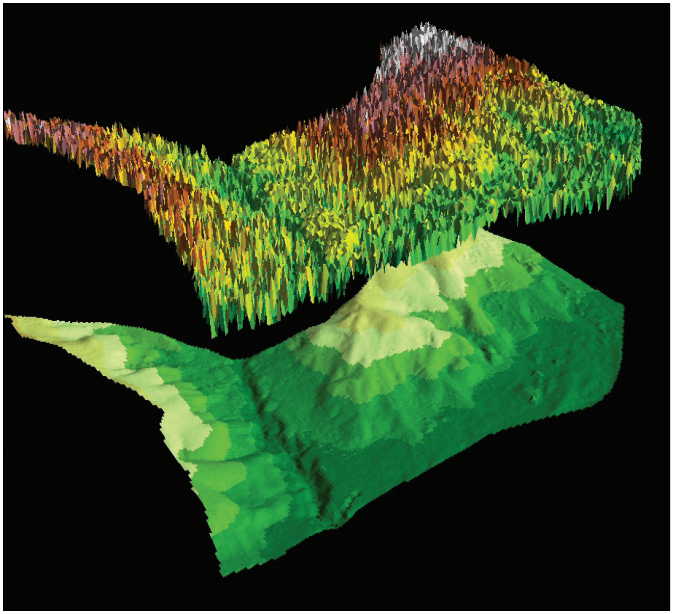
標高を基盤にすることで、実質的にどの 2D マップ レイヤーでも魅力的な 3D シーンに変換でき、素晴らしいユーザー エクスペリエンスを提供することができます。この基盤は、3D マッピングで表現できることの 1 つにすぎません。

正確な基盤の作成

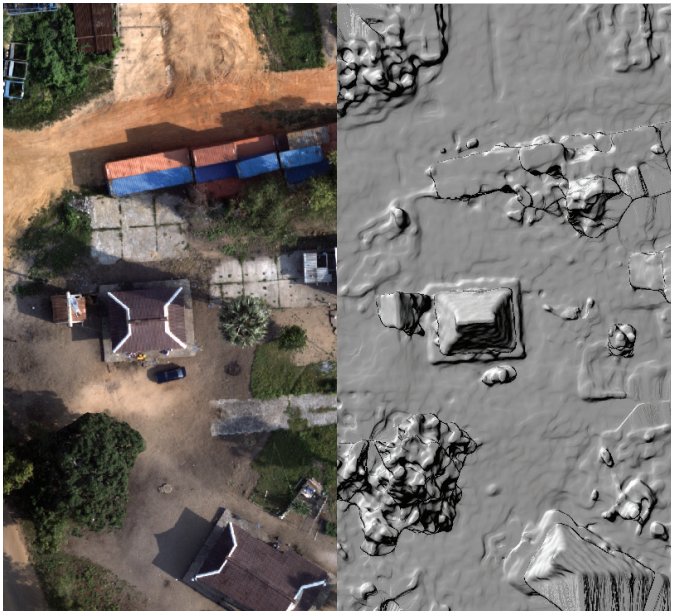
高解像度の標高データの収集

大縮尺に拡大して使用するための高解像度の標高データが必要な場合、比較的新しい 2 つのソースを使用することで、詳細レベルを向上させることができます。たとえば真の LIDAR コレクションやドローン ミッション飛行などです。いずれも、高解像度のサーフェス標高データを生成するために使用されます。高解像度 LIDAR のコレクションは急速に増加しており、3D GIS をまったく新しい用途で活用できるようになっています。

ドローン飛行を使用し、撮影した写真からピクセルごとに標高値を生成することもできます。これで、地表での標高の読み取りだけでなく、観察されたすべてのフィーチャの高度のでデジタル サーフェス モデルを生成することができます。



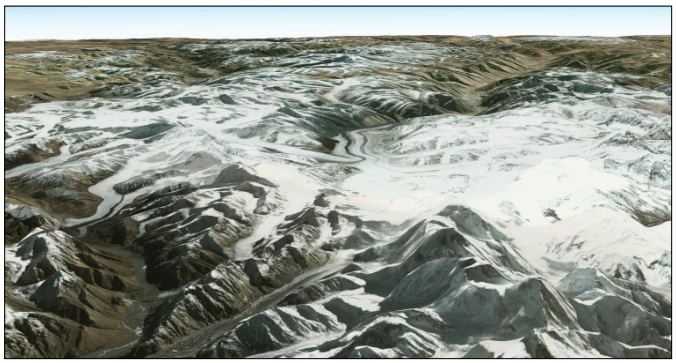
この画像は、地表と植生バイオマスの標高を分離した様子です。バイオマスもサーフェス標高も、シグナルのファースト リターンの一部として捕捉されます。一方で地表は、LIDAR の反射データを解析して計算され、DTM サーフェス標高を抽出します。



ここでは一般ユーザー向けのドローンで収集し、Drone2Map で処理されたビューを横に並べています。デジタル サーフェス モデルと真上から見たオルソモザイク画像を比較することができます。

3D ベースマップの作成

ArcGIS には、世界のほとんどの場所の標高を 30 メートルの解像度で表示できるグローバル標高ソースが内蔵されています。LIDAR やドローンの撮影画像など、より解像度の高い標高ソースがある場合は、対象の領域にズームしたときに利用できる詳細な標高を追加することで、大縮尺の 3D マッピング レイヤーを独自に作成できます。

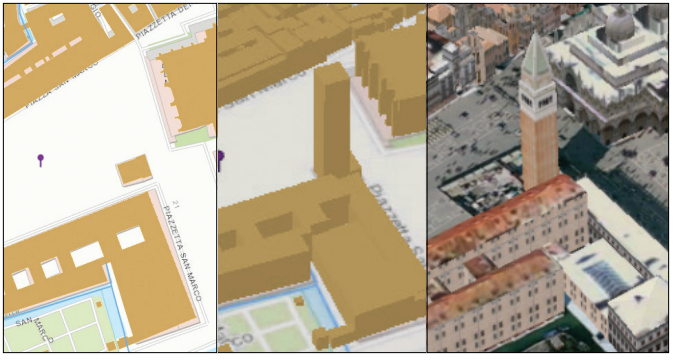


三次元のサーフェスにドレープされたデータには、新たな視点がもたらされます。ヒマラヤ山脈の画像データであれ、ナショナル ジオグラフィック風のベースマップであれ、ラスター データは 3D で新たな形に生まれ変わります。

2D フィーチャを 3D に変換

2D GIS フィーチャの一部は、各 2D フィーチャに属性をいくつか追加することでクリエイティブに表現し、3D GIS で使用することができるようになります。

樹木の位置は、ポイント フィーチャとして収集できます。シンプルな属性 (種類、一般名、樹冠部の高さ、幅など) を追加することで、現実的な特性をシンボル化し、樹木のシンボルのカタログから樹木を表現し、サイズを調整して樹木のポイント位置に配置できます。



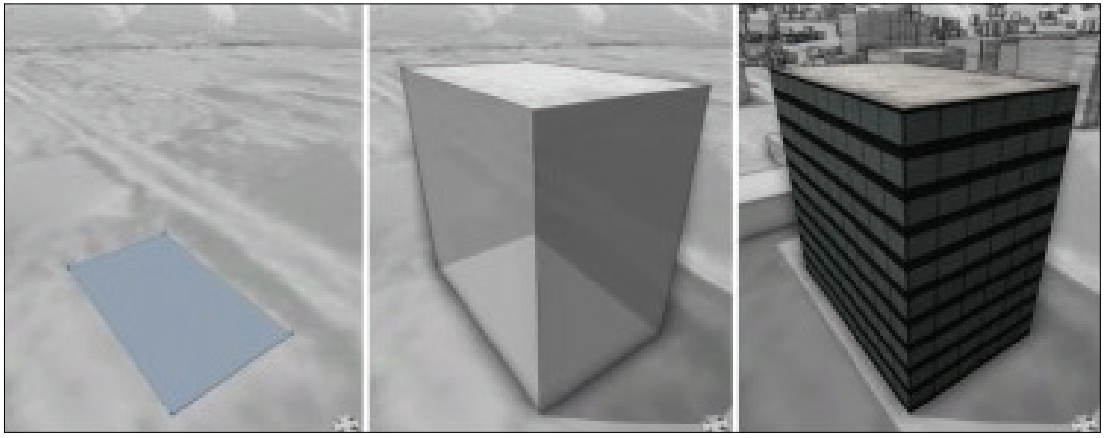
建物は、高さまたはフロア数に応じて立ち上げることができます。また、必要に応じて詳細レベルを変えてモデル化することも可能です。2D の建築物のフットプリント (左) はブロック建物 (中央) として立ち上げるか、サーフェス詳細を追加することでモデル化できます (右)。

建物と樹木の高さのモデリング

3D フィーチャの高さは、フィーチャと地表サーフェスとの交差部分と、フィーチャの高さが最も高いポイントとの距離を測定することで決定されます。この基本的な Z 値情報を使用して、2D フィーチャを立ち上げたり、既存の 3D モデルを適切な高さまで伸張することができます。

分類された LIDAR データを使用すると、生成されるデジタル地形モデル (DTM) をデジタル サーフェス モデル (DSM) から除去して、「地表からの高さ」ラスター、または正規化デジタル サーフェス モデル (nDSM) を生成することができます。次にこの nDSM ラスターは、立ち上げまたは垂直スケーリングでジオメトリに適用される高さの最大値を決定するために、2D または 3D GIS フィーチャ内でサンプリングされます。

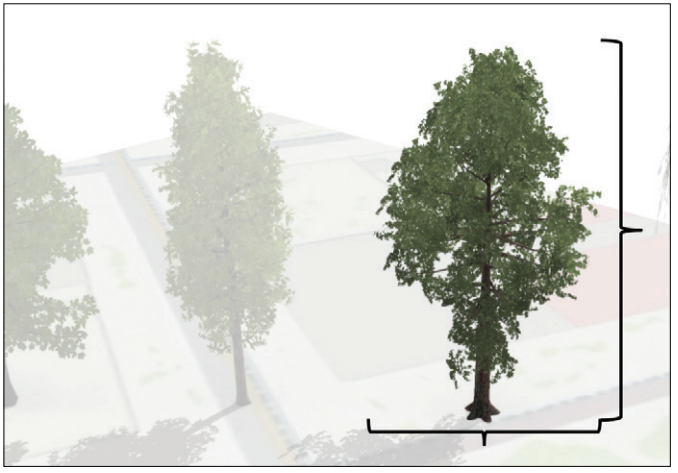
建物



建物のフットプリントはまず、テレイン サーフェスに位置合わせされます。次に、高さの値まで立ち上げられ、最後に属性 (フロア数など) に合わせてテクスチャ処理を行います。

樹木

樹木も、画像や LIDAR から抽出されるフィーチャです。樹木の高さは、建物のベース標高と最大高さを決定するときと同じ手順により、手動または自動で抽出することができます。次に樹木の種類 (オークなど) に応じた詳細の 3D シンボルを適用し、各樹木の高さに応じて垂直方向に、そして樹冠部の幅に応じて水平方向にスケーリングして、写実的なシンボルを作成することができます。



写実的な 3D 樹木モデルは、LIDAR から高さ属性と樹冠部の幅属を取得することでスケーリングされます。

3D 建物の表現

3D 建物は、詳細レベルまたは精度の範囲内で表現できます。この範囲は通常、これらの建物を収集するときに使用される手法やソース データによって決まります。以下に示した詳細レベル (LoD) は、仮想的な 3D 都市モデルの表現手法である CityGML によって普及したもので、実世界の 3D 構造物の抽象化の度合いを表しています。各 LoD はテクスチャ処理された形でも、テクスチャ処理されていない形でも適用でき、適切な詳細レベルを選択できるかどうかは、建物のジオメトリを抽象化できるデータの可用性と、3D 可視化と解析の具体的なユース ケースによって異なります。たとえば、LoD1 の建物は、屋根の形状を正確に捉えられないため、日影による影響や屋上太陽光の解析には適していません。同様に、写実的にテクスチャ処理された LoD4 の建物は、エクステリアの 3D 解析で必要とされる以上の詳細が含まれています。

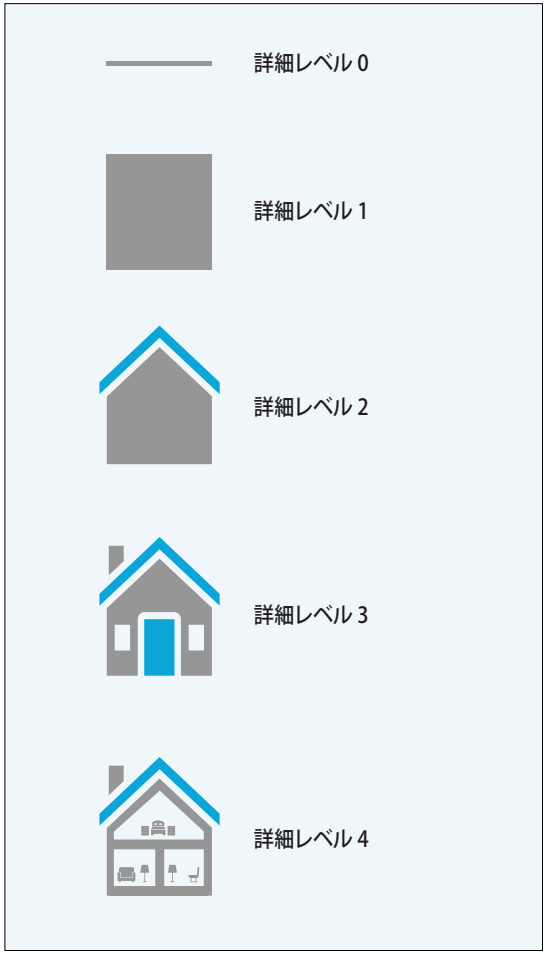
LoD0 ― 詳細レベル 0 の建物は、単なる 2D フットプリントであるかベース標高情報を含むポリゴンです。言い換えると、地表サーフェスと何らかの形で垂直方向に位置合わせされている状態です。

LoD1 ― LoD1 の建物は、一定の高さに立ち上がっているポリゴンで、水平面と垂直面でのみ構成される閉じられた 3D 外郭構造になります。LoD1 の建物は簡単に作成でき、相対的な高さも表示できますが、ジオメトリが簡素化されているため、3D 解析よりも 3D 可視化に適しています。

LoD2 ― LoD2 の建物の外郭構造には、垂直の壁面に加え、屋根のジオメトリが含まれる他、煙突や屋根窓といった細部が含まれることもあります。LoD2 建物は、日影による影響、見通し、屋上太陽光パネルのポテンシャルなど、さまざまな 3D 解析に適しています。

LoD3 ― LoD3 建物の外郭構造には、LoD2 建物と同じように細部にわたる壁面および屋根のジオメトリが含まれますが、窓、扉、柱など構造上の細部がさらに追加されています。LoD3 建物は、ストリートレベルの可視化や、的を絞ったサイトの解析など、近づいたときの写実感が重視される場合に適しています。

LoD4 ― 建物の外郭構造には、細部にわたるエクステリアのフィーチャだけでなく、インテリアの壁、フロア、扉、什器類なども含まれます。LoD4 建物は、屋内の GIS や可視化に適しています。



3D 屋根形状の抽出

これまで、写実的な 3D 建物は、ほとんどの自治体や都市計画者の技術力では作成不可能とされてきました。これは、GIS ユーザーが最も役に立つ場面です。このようなデータの作成には法外なコストがかかることも珍しくありませんでした。幸いにも、高解像度の LIDAR や写真測量法で測量される市街地が増えてきたことから、細部にわたる 3D 情報を入手しやすくなりました。そのデータを基に、建物のモデリングに必要な情報を抽出することができます。高さ情報だけでなく、屋根の形状も正確に把握できるようになったのです。

建物を手続き的にモデリング処理するうえで重要なのは、建物の屋根のジオメトリを正確に表現することです。このジオメトリを捕捉するために必要な属性は、以下のとおりです。

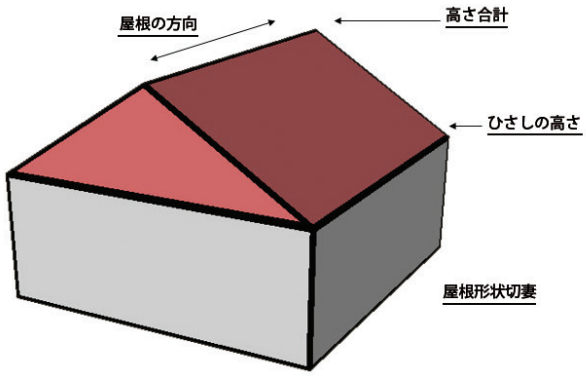
高さの合計 ― 建物の最も高い部分の高さ (つまり屋根の棟)。

ひさしの高さ ― 建物の屋根形状の主要なひさしの高さ。

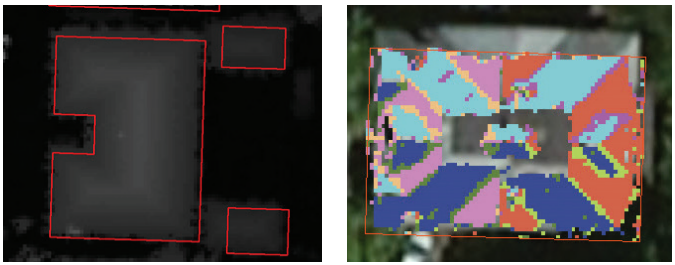
屋根形状 ― 屋根形状 (陸屋根、切妻、寄棟など)。

屋根の方向 ― 屋根の棟の向き。

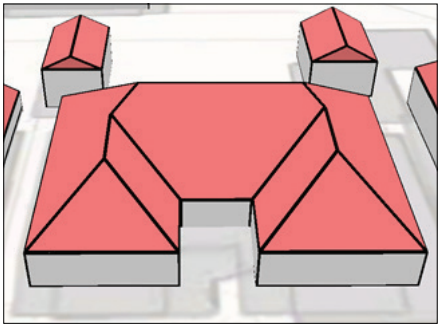
これらの属性は、技術者が建物を検証して手動で入力することもできますが、自動処理を使用して ArcGIS の標準ツールに基づく屋根形状情報を抽出することもできます。このプロセスについては、本章末尾の「Learn ArcGIS のレッスン」をご参照ください (112 ページ)。



手続き的に 3D 建物を作成するための基本的な属性



デジタル サーフェス モデル ラスターの建物のフットプリント ポリゴン (左) と、傾斜角と傾斜方向で分類された屋根



オピニオン リーダー : Pascal Mueller

都市の将来のマッピング

現在、世界の人口の半分以上が都市部に住んでおり、その割合は増え続けています。2050 年になっても農村人口の規模は現在と同程度と予測されていますが、都市部の住民の総数は倍増し、70 億人に上るとされています。その結果、都市は面積が著しく拡大し、高さも増すでしょう。

3D GIS は、このような都市部の未来を形作る重要なツールです。都市空間には 3D の建物が複雑に寄り集まっており、住居、ビル、区画、ブロック、地区に整理されています。これらの構造物は、道路、歩行者ルート、地下鉄などの各種輸送網でつながっており、複数のエネルギー網および公共設備網に接続されています。ArcGIS などの 3D GIS はさまざまなツールを提供しており、このような既存の構造物のモデリングと管理に使用することができます。このような都市形成は、いわゆるスマート シティに発展します。つまり、すべての部門が互いに接続され、インフラストラクチャの性能と都市サービスの品質がリアルタイムに監視されます。

これまでは、3D での都市空間のモデリングと計画の大半は手動で行われており、大量のリソースが投入されてきました。しかし、都市の 3D コンテンツの要件が質量ともに増えていることから、迅速かつ半自動的な都市モデリング、設計、シミュレーションが可能な、代替的なソリューションのニーズが高まっています。その例として、2D フットプリントから 3D 建物の外郭構造の可視化、高層マンションの 3D 地籍記録の維持、3D による区画規制の管理と、区画改正による経済的影響の調査の他、マスター計画が挙げられます。マスター計画では、都市再開発の遂行 (通常は高密度化のシナリオ) における空間の需要、交通渋滞の影響、持続可能なエネルギーの利用、生活の質がシミュレーション、解析、最適化されます。

3D の機能は ArcGIS 全体で使用できます。これによりスマート シティと市民が効果的かつ活発に関わりを深めることができます。こうして 3D 情報を簡単に広く共有できるようになり、設計上の決断を効果的に周知し、都市に関する 3D コンテキストのビッグ データを可視化することが可能になります。

Pascal Mueller は、ArcGIS の 3D ソフトウェアと、アカデミー賞にもノミネートされた手続き的な都市モデリング ツール City Engine が開発された Esri R&D Center Zurich (チューリッヒ) の所長を務めています。

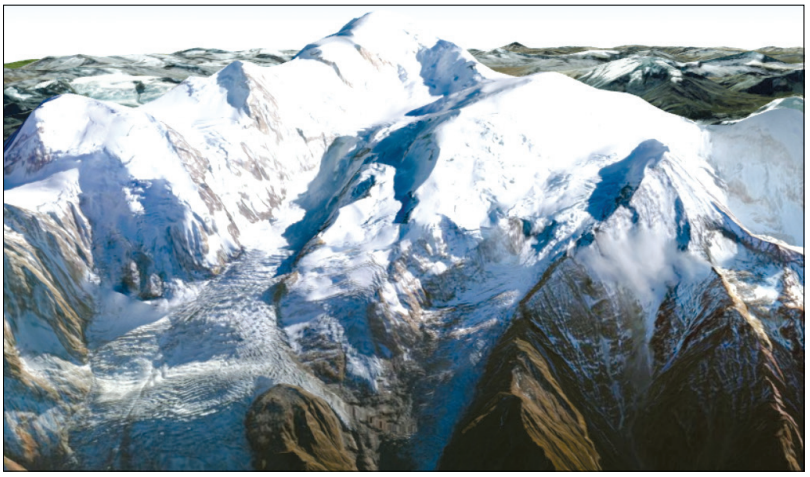
Pascal と CityEngine 開発チームのご紹介

テクスチャ処理

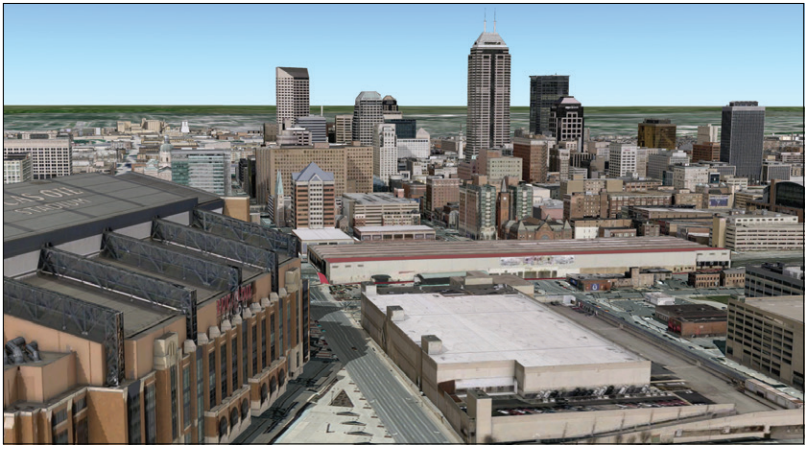
画像を建物などのフィーチャに適用すると、空白の 3D ジオメトリを写実的な、詳細にわたる 3D モデルに変換できます。航空画像や低角度の傾斜 (またはストリートレベル) 画像は、現実に則した形で、または手続き的に、個々の建物の面に貼り付けることができます。

現実的なテクスチャ

現実的なテクスチャは航空画像や傾斜画像から生成され、3D でモデリングされる実際の建物やフィーチャで使用されます。建物のすべてのサーフェスにはユニークなテクスチャがあり、実世界での個々の面や屋根のサーフェスを表現することができます。このアプローチでは、データ取得にかかるコストと労力が多くなりますが、非常に写実的な 3D シーンを作成できます。たとえば、親しまれている建物や有名建築物を、構造的な細部まで写実的に再現できます。



写実的にテクスチャ処理された、写実的なフレンチ アルプスのモンブラン



正確にテクスチャ処理された、インディアナ州インディアナポリス中心部の写実的な 3D 建物モデル

手続き的なテクスチャ

手続き的なテクスチャ処理では、3D 建物形状に対し、地理的または構造的に典型的な外観や屋根のテクスチャを適用します。これらのテクスチャは、テクスチャ処理されていない既存の 3D 建物モデルに適用することもできますが、2D フットプリントをテクスチャ処理済みの 3D 建物に変換する、手続き的なモデリング処理の一環として適用することもできます。

手続き的なテクスチャは、各建物のテクスチャのタイプや、テクスチャを繰り返す回数を決定するルールに従って適用されます。テクスチャは通常、傾斜画像またはストリートレベルの画像から収集されます。その後、その画像は、建物やフロアの周囲でシームレスに繰り返すことができるように修正、編集されます。

非常に写実的な 3D 建物を作成するために、テクスチャ ライブラリをグループ化し、建物の土地利用タイプ、高さ、フロア数、地域的な建築様式に合わせて適用できます。多くの場合、テクスチャ ライブラリは 1 階部分 (通常は他のフロアよりも天井が高く、エントランス ドアや店舗の軒先がある) と、2 階から上の部分 (均一的に繰り返される) の 2 つのグループに分かれています。

手続き的なテクスチャ処理が施された建物のテクスチャは、実世界のテクスチャと完全に一致するわけではありませんが、さまざまな建築様式の外観に似せたテクスチャを安価に生成することができます。手続き的な建物は、建物の高さや様式を簡単に変更でき、さまざまなシナリオを検討できることから、都市計画でも非常に便利です。

手続き的にテクスチャ処理された、サウスカロライナ州グリーンビル中心部の 3D 建物

3D データの収集

ドローンが 3D データを捕捉する方法

現在の技術革新時代において最大の奇跡の 1 つとして挙げられるのは、ドローン画像や Drone2Map (Esri の新しいアプリケーション) を使用し、小規模な調査エリアの 3D マップを生成できるようになったことです。ここで示す基本的な建物査察ワークフローでは、ドローンはあらかじめプログラミングされた経路を飛行し、一連の傾斜角画像を収集します。その後、ソフトウェアを使用して 3D シーンを作成します。

1. 飛行ミッションの実施

この建物を査察するため、ドローンはほぼ完ぺきな円形 (黄色) で飛行しています。撮影ポイントを青の点で示します。

2. 傾斜角のついた写真の撮影

ここでは、ドローンの高解像度カメラで撮影された 40 枚の傾斜角画像のうち 4 枚を示しています。

3. 3D シーンの作成

Drone2Map の出力形式の 1 つとして、3D PDF があります。これは、3D シーンを GIS ユーザー以外の人々に確実に共有する方法として最適です。

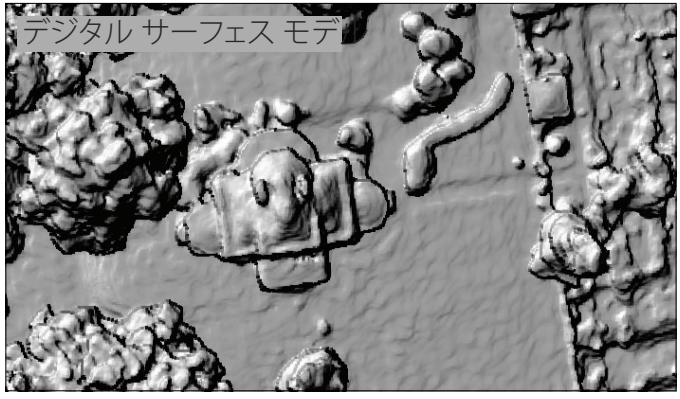
ケース スタディ : Oatlands House のミッション

200 年前、ジョージ・カーター氏はバージニア州リーズバーグの Oatkands Historic House and Gardens を設計、建築を手掛けました。今日、Oatlands House は歴史的建造物として保存されています。施設管理者は、ドローン画像を基に、精度の高いデータを迅速に、かつ大量に取得することができました。これには、細部にわたる 3D モデルが含まれ、地形の変更案 (樹木を大量に伐採するなど) を可視化するために使用できます。

この 3D Web シーンは、一般ユーザー向けの個人用ドローンを使用して収集された点群から生成されています。このシーンは、ドローン ミッションの完了後、30 分以内にオンラインで使用可能になりました。

ミッションに関するビデオを見る

メッシュとは、地理空間を、重なり合わない連続する三角形に分割したデータ構造で、RGB 値で描画することができます。



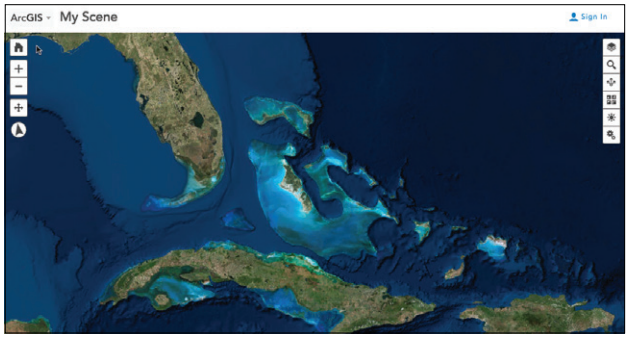
同じサイトのデジタル サーフェス モデルでは、情報量が多く、詳細な標高データによって、印象的な画像が示されています。

クイックスタート

画像を 3D で表示できる ArcGIS アプリ

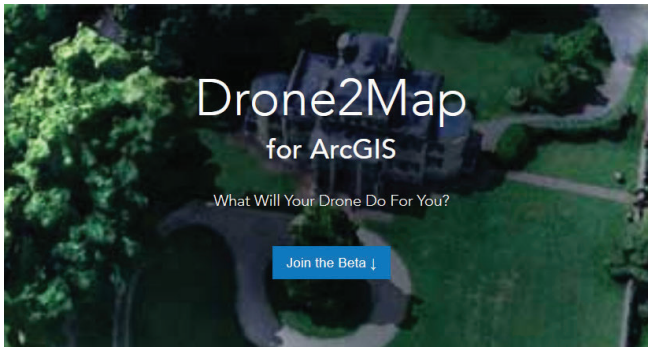
シーン ビューアー

シーン ビューアーは ArcGIS Online Web サイトに組み込まれたアプリで、3D シーンの作成と操作に使用します。シーン ビューアーは WebGL をサポートするデスクトップ Web ブラウザーで動作します。WebGL は、最新のブラウザーのほとんどに組み込まれている、3D グラフィックスをレンダリングするための Web 技術標準です。サイン インしてから、独自のシーンを作成することもできます。



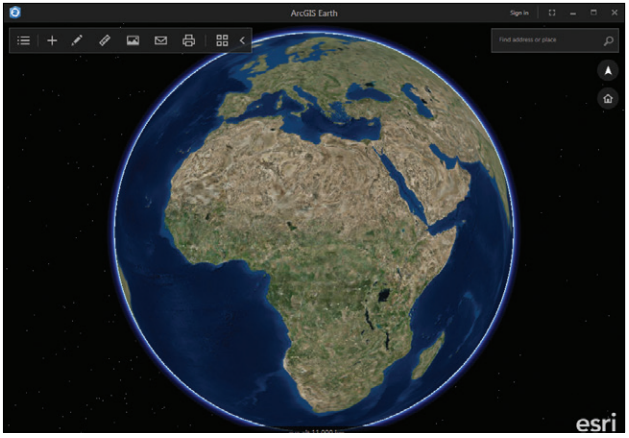
Drone2Map

Drone2Map for ArcGIS は、ドローンで捉えた未加工の静止画像を ArcGIS でオルソモザイク画像、3D メッシュ、タイル画像などに変換することができます。アクセスしにくい事物やエリアの 2D マップや 3D マップを作成します。



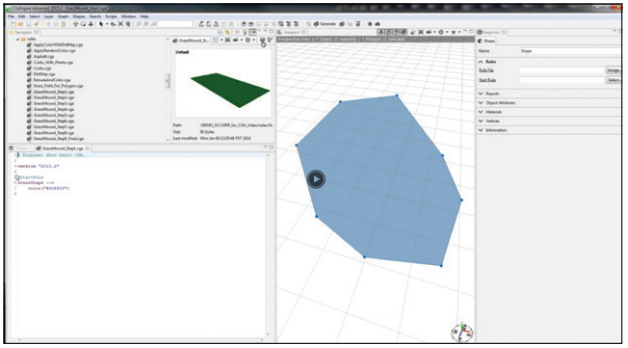
ArcGIS Earth

ArcGIS Earth は無料で提供される軽量のデスクトップ用アプリで、誰でも 3D マップを簡単に表示できます。ArcGIS Earth は Windows デスクトップおよびタブレット向けに提供されています。



CityEngine

CityEngine は、シナリオ主導型の都市設計をしたり、手続き的に構築されるデータを作成するためのルールを開発できる高度なツールです。



City Engine クイックスタート

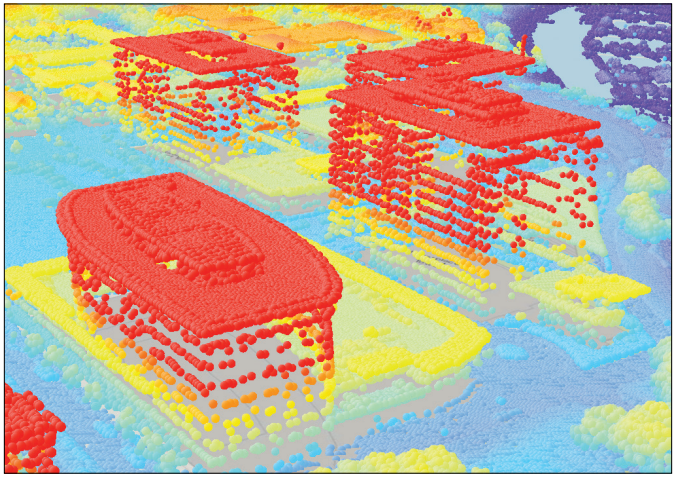
Learn ArcGIS のレッスン

自治体開発のために屋根形状を抽出

概要

オレゴン州ポートランド市役所は、市中心部周辺の建物が、市が新たに制定した環境イニシアチブに則しているかどうかを評価することにしました。この評価には、太陽光および日影の解析など、地域の 3D シーンや建物の写実的な屋根形状を必要とするさまざまな指標が含まれます。基本的な 3D シーンは、詳細レベル (LoD) 1 建物、すなわち、建物のフットプリントが均一の高さで立ち上がっているものを使用します。市役所では、ひさし、切妻、傾斜などの屋根形状の属性を表す LoD2 建物を使用することにしました。

ここでの目的は、LoD2 建物でポートランドの一地域の 3D シーンを作成することです。ArcGIS Pro タスクを活用し、LIDAR データから生成した点群データセットを作成し、それを基に地域のデジタル標高モデルを作成します。標高モデルのパターンに基づき、屋根形状に関する属性データを建物のフットプリントに追加し、ルール パッケージを使用してフットプリントを 3D でシンボル化します。最後に、建物にエラーがないことを確認し、不正なフィーチャを修正してからデータをマルチパッチ フィーチャクラスに変換します。こうすると、市役所とも共有しやすくなります。



このレッスンで習得できるスキル:

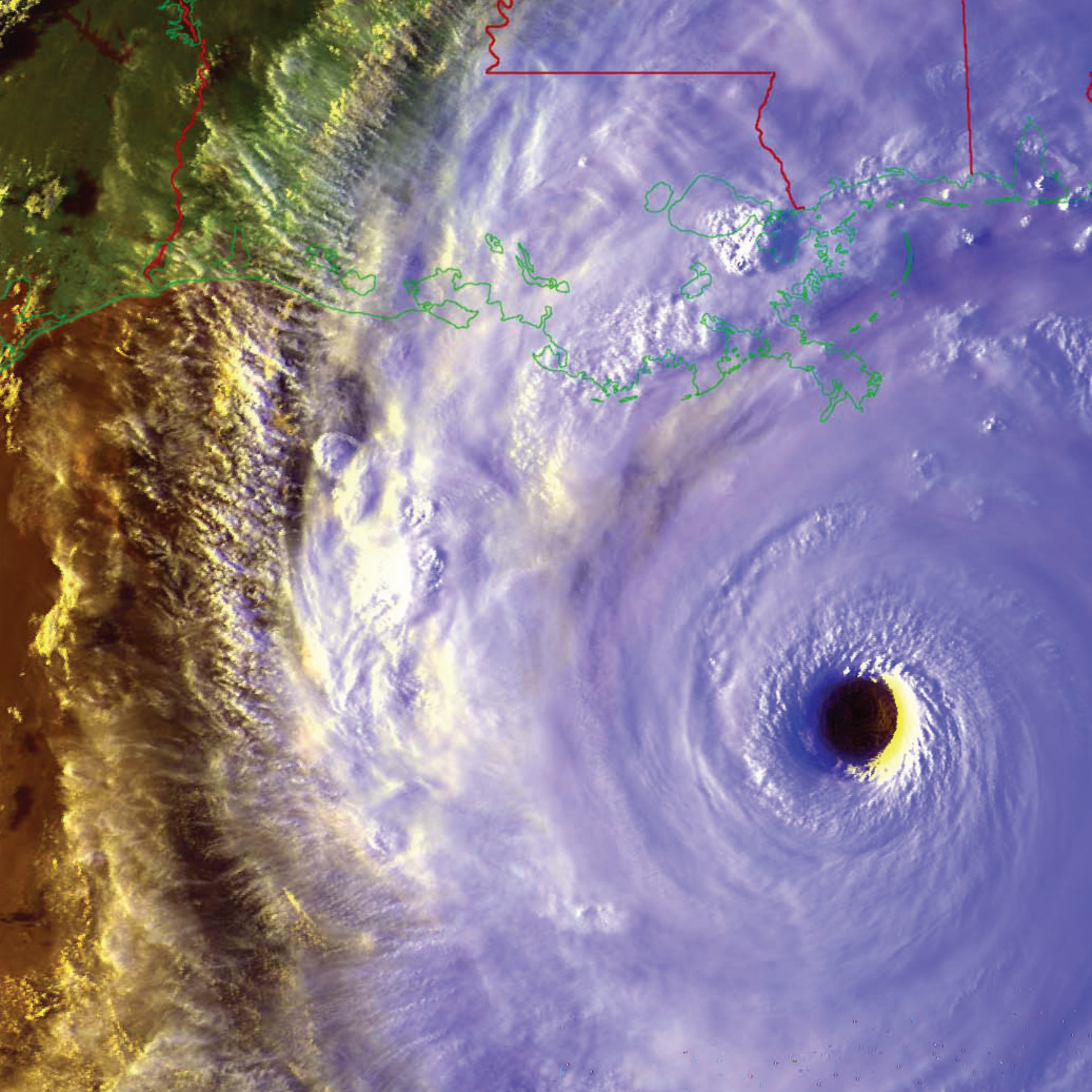
- ArcGIS Pro タスクのワークフローに沿った操作
- LIDAR データから LAS 点群データセットを作成
- 3D シーン用の LoD2 建物の作成
- 3D フィーチャの編集

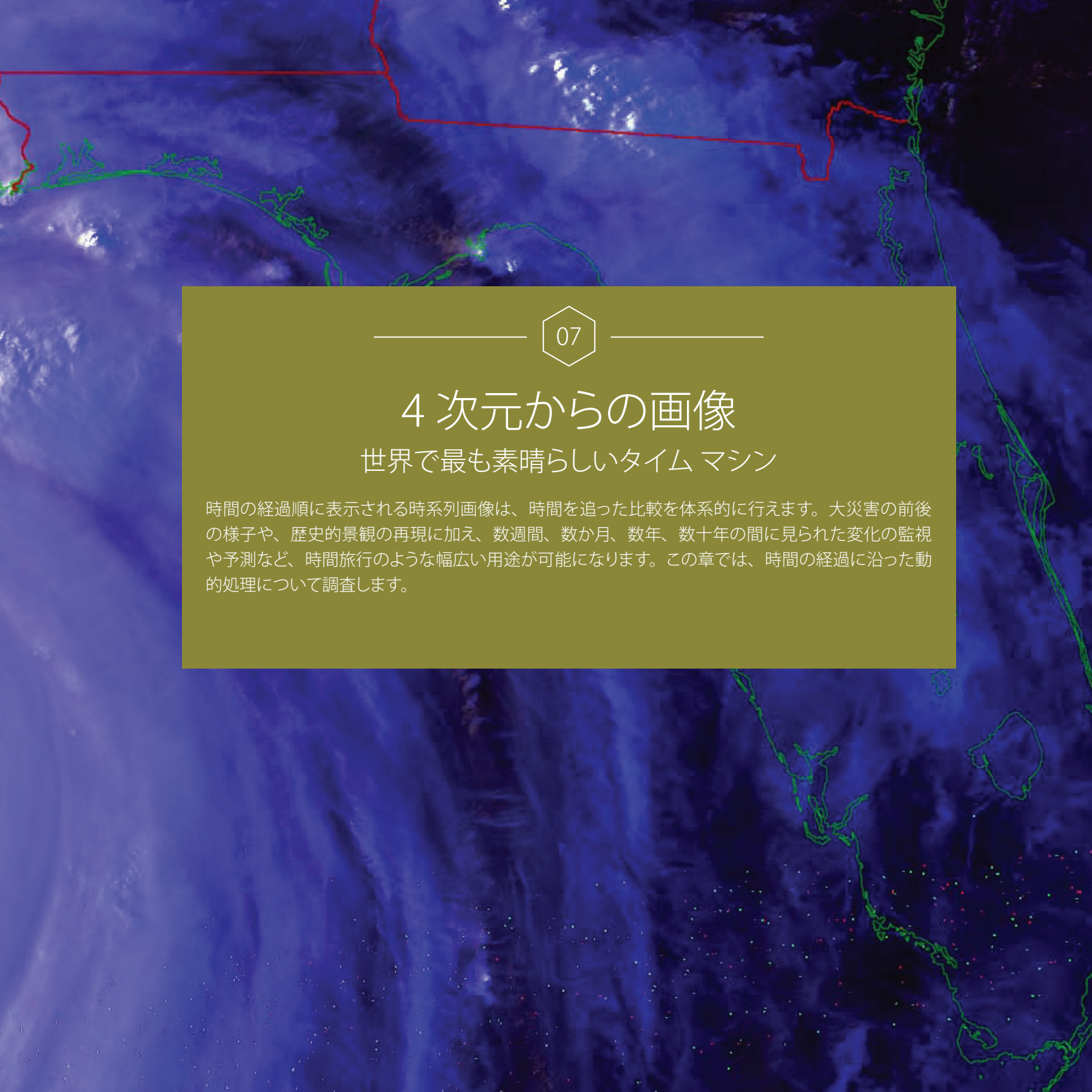
必要なもの:

- ArcGIS Pro 1.2.0 以上
- 所要時間: 1 時間 20 分

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter6_Lesson





07

4 次元からの画像

世界で最も素晴らしいタイム マシン

時間の経過順に表示される時系列画像は、時間を追った比較を体系的に行えます。大災害の前後の様子や、歴史的景観の再現に加え、数週間、数か月、数年、数十年の間に見られた変化の監視や予測など、時間旅行のような幅広い用途が可能になります。この章では、時間の経過に沿った動的処理について調査します。

経時的な変化を捉える

画像を通じ、躍動的な惑星の姿を見る

変化に満ちた地球に関する理解を深めるため、私たちは情報を時系列で把握し、過去を可視化し、現在を理解し、将来的な傾向を見通せるよう努めています。たとえば、地球科学者たちは時系列の衛星観測を使用し、毎月の降水パターンを追跡しています。雪塊氷原の面積や、冬の間に高緯度地域や極域から雪塊が降下し、夏の到来とともに消滅していく様子などもこれに含まれます。また、科学者たちは衛星の時系列データを通じて干ばつを監視し、気候学者たちは、今後の気候傾向を予測するモデルを適用しています。コンピューティングや GIS が発展する中で、時間ベースの機能が新たに開発され、応用されています。このような流れと共に、画像が持つ時間的な側面の重要性が認識されつつあります。私たちは変化に富む世界に生きているので、GIS がそれを反映するのも当然のことなのです。そこで画像は重要な役割を担っています。

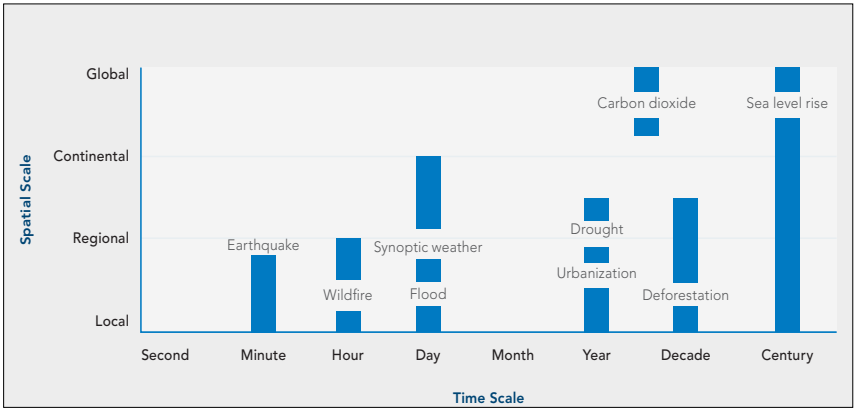
時間的な点を考慮しなければならない用途は数えきれないほどあります。山火事の範囲を視覚的に示すには、飛行任務を何回も実施し、火災が発生している周辺地域をクローズアップした熱画像を収集する必要があります。山火事は急速に変化するため、飛行任務は 1 日に数回行われます。反対に、森林伐採を観測するには、広い範囲を長期間にわたって網羅する画像が必要です。森林伐採は長い年月をかけて行われるからです。

継続的な地球観測

一方、センサーから未加工の情報が大量に取得され、このような難題の対処に役立てられています。継続的な観測を行う衛星プラットフォームは (政府でも民間でも) 爆発的に増加しており、そのどれもが地球の観測データを収集しています。継続的な観測を行うために設計された衛星のいくつかは、一定の期間ごとに同じ地域を撮影します。ランドサット、MODIS、GLDAS、Sentinel、SPOT、RapidEye などはその例です。ランドサット 8 は、16 日 (回帰日数) おきに地球上のあらゆる場所を再訪します。MODIS は 1 ～ 2 日おきに観測データを収集し、地球を網羅します。このようにして衛星プラットフォームは定期的に観測を行っているのです。

経時的な変化を捉えましょう。

私たちは、時間的な変化が起こっている真っ最中に、その変化を認識します。たとえば秋から冬、昼から夜への移り変わりなどです。しかし、画像は人間の認識を模倣しながらも、時間的、空間的なスケールをさらに広げることができます。時間対応の画像は、個人の時間や空間をも超越するようなことに疑問を呈し、答えを見出す力を与えてくれます。



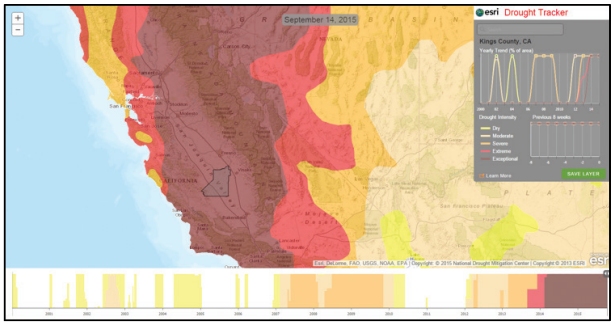
地球が抱える重大な課題は、さまざまな時空スケールで発生しています。

時間の種類

不連続、周期的、連続的

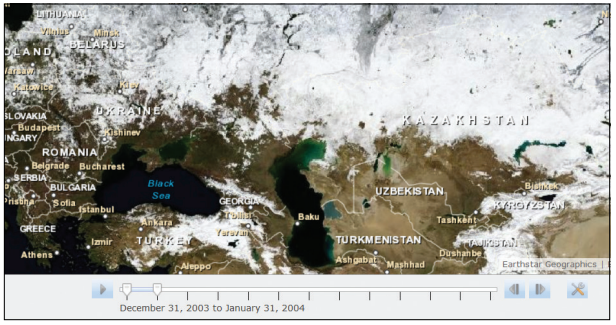
時間は、直線的に捉えられることもあれば、周期的に捉えられることもあります。直線的な時間の場合、始まりと終わりがはっきりしており、不連続、連続的、または周期的な時間単位で表現できます。連続的な時間を捉えた画像の一例には、動画が挙げられます。周期的な時間とは、何度も連続して起こる出来事を捉えたものです。毎日観測される気象は、周期的な時間の一例です。

連続



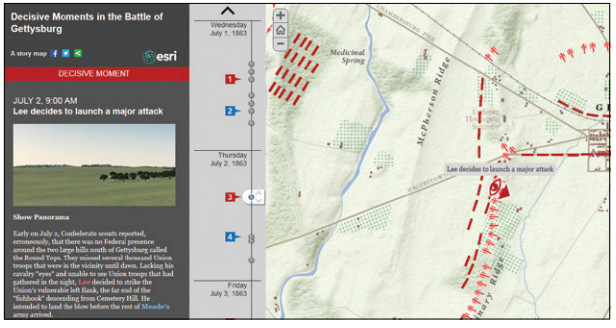
米国の干ばつの状況の変化を対話形式のインターフェイスで提供する Esri Drought Tracker アプリは、直線的な時間で変化を検出できます。水不足がさらに深刻になると農作物にも影響が及ぶため、自発的な節水が必要となります。深刻な干ばつは農作物や家畜を壊滅させ、農地が枯れ果ててしまいます。土地が雪解け水や降雨などの恵みを受けない時期が長くなればなるほど、干ばつやその影響もさらに深刻になります。

周期的



このマップは、NASA の Blue Marble: Next Generation 画像を利用しています。これらの画像は、MODIS 衛星から地球を 500 メートルの解像度で月に 1 枚撮影し、組み合わせたものです。毎月撮影された画像を見ると、地表における季節的な変動がわかります。北米やヨーロッパのような温暖な地域で植生の緑が濃くなり、徐々に枯れていく様子、熱帯地域の雨季や乾季、北半球の積雪の増加と減少などです。

不連続



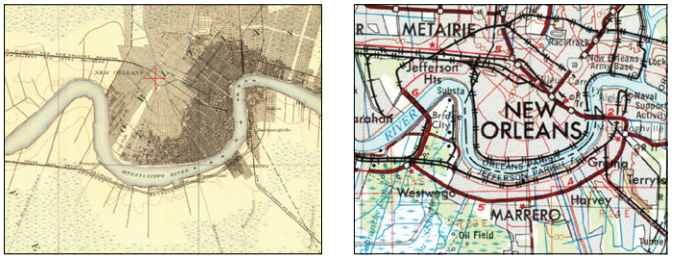
画像や GIS ベースの可視領域分析では、南北戦争のゲティスバーグの戦いのいくつかの転機を、北軍と南軍の指揮官の視点に立って見ることができます。全景を見ると、どの指揮官が何を目にして決断を下したかがわかります。垂直方向のタイムラインに示される転機をクリックすると、指揮官が取った行動や、それに応じた戦況を確認できます。

履歴画像

画像は、過去を最も効果的かつ印象的に捉える方法の 1 つです。履歴画像は、変化を捉えるためのベンチマークとして、地球の貴重な資源の管理についてより適切な判断を下すために役立てられています。GIS 技術は古地図や古い写真に地上から、上空から、あるいは宇宙から、新たな命を吹き込みます。

スキャンされた古地図

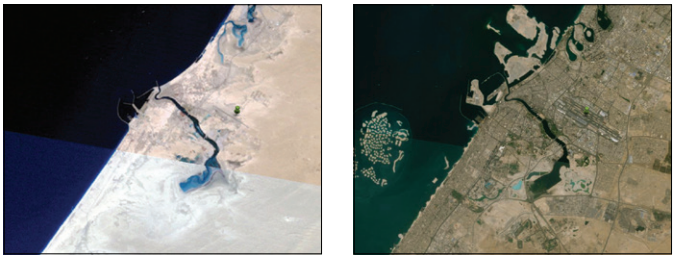
紙の地図をスキャンすると画像に変換できます。スキャンしたものはジオリファレンスでき、他のレイヤーと同様に GIS に含めることができます。古地図は解析に背景情報を与え、変化を捉えるための基準となります。USGS には、世界最大のコレクションがあります。



1891 年から 1963 年にかけ、ニューオーリンズの湿地帯で行われた大規模な宅地造成は、USGS が所有する古い地形図のスキャン画像を見ると一目瞭然です。

履歴航空写真

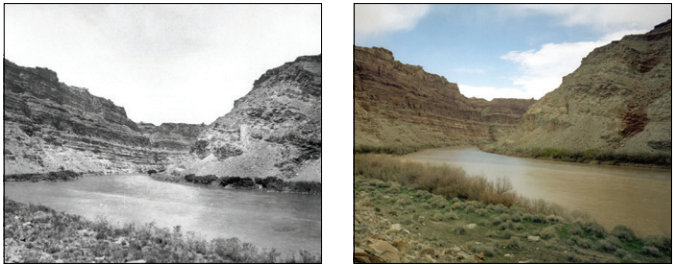
このような画像は、気球や航空機、最近ではドローンで撮影されており、地勢を平面的に (鳥瞰図で) 捉えることができます。初の航空画像は、19 世紀後半に撮影されました。



1970 年と 2010 年にドバイ上空で撮影された画像。この石油地域における劇的な成長がわかります。

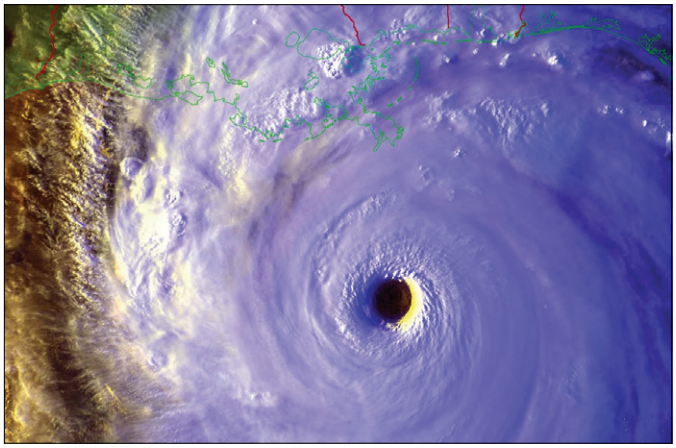
履歴地上写真

画像を捉える方法として、初めて使われたのが写真です。履歴写真には、GIS 解析用の背景情報や視点が詰まっています。100 年前に撮影された場所をもう一度撮影して画像を比較すると、どのような変化があったかがわかります。たとえば、USGS Repeat Photography Project がコロラド川沿いで行ったような取り組みです。



コロラド川のカタラクト渓谷で USGS が撮影した写真 (左: 1889 年 5 月 31 日撮影、右: 1997 年 3 月 24 日撮影) では、外来種のチートグラスが増殖している様子がわかります。

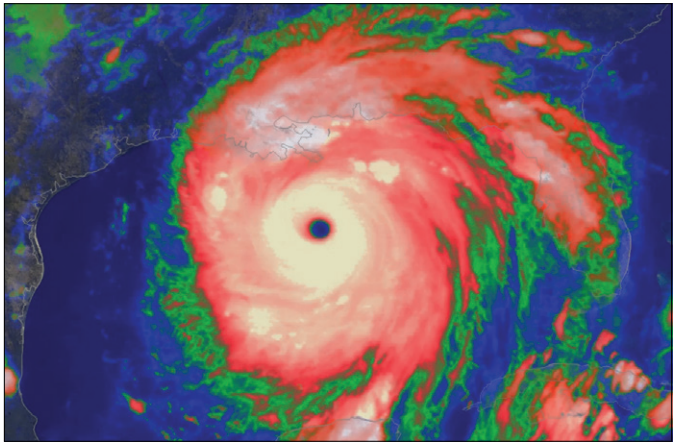
地球の変化のモデリング



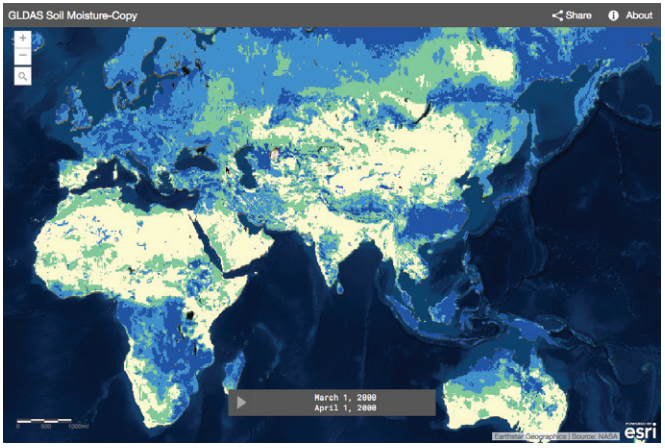
USGS や NOAA などの政府機関は、検索可能な画像のアーカイブを大量に保管しています。衛星画像の履歴を通じ、地球上で起こった地震、火災、悪天候の影響を監視できます。

数多くの地球観測衛星が、指定地域の上空を毎日通過し、時系列の画像を撮影しています。たとえば、気象衛星は 1 日の天候をほぼリアルタイムに捉えます。一方で、GLDAS をはじめとする衛星の多くは、地球の全地域の上空を日々通過し、地球に関する非常に重要な観測を行っています。

興味深いことに、画像の時系列の結果を計算するには、地球の物理プロセスの多次元コンピューター シミュレーション モデルが使用されており、これによって衛星が通過するまでの間の様子が補間されています。他のモデルでも、歴史的な状況をシミュレーションして過去の出来事を再現したり、将来の状況を予測することができます。



これは、ハリケーン カトリーナの勢力を示す赤外衛星画像をアニメ化したものです (2005 年作成)。白い部分が最も勢力が強く、赤、緑、青と続きます。

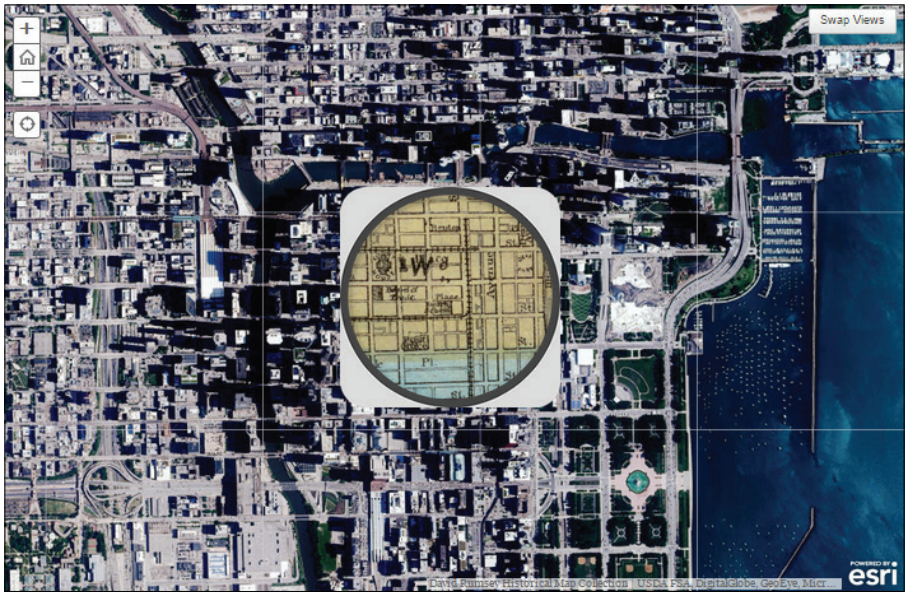


GLDAS 土壌水分データは、干ばつや洪水などの水循環を地球規模でモデリングする際に役立ちます。干ばつや洪水は現在、人間だけでなく、幅広い生物多様性にも大きな影響を及ぼしています。

過去に関する調査

画像を通じて、過去の風景をデジタル的に再構築することができます。1 枚の歴史的画像を基に、ある場所の過去を調査することも、複数の歴史的画像を使用して、時空を経た変化をより細かく見ることもできます。

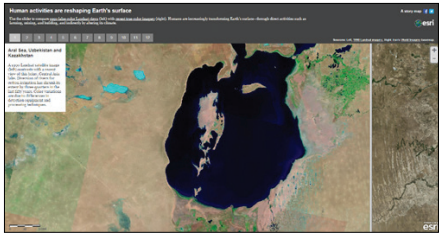
シカゴ大火前のシカゴを覗き見る



"What Did Chicago Look Like Before the Great Fire?" (大火前のシカゴの様子) と題された、Smithsonian 誌に掲載された記事では、事物が時空を経て変化を遂げた様子が、歴史的画像からわかることを示しています。オンライン版の読者は、埋め込み型のストーリー マップを利用し、1868 年のシカゴの簡易地図と最新の航空画像を比較するサービスが提供されています。スパイグラスを使用し、2 枚のマップを比較します。火災によって生じたがれきから、湖岸に新しい造成地が作られた様子を探索しましょう。

一連の画像や古地図を、時系列に集成写真として整理すると、過去の風景同士、または過去の風景と現在の様子を比較する際に特に便利です。

アラル海の縮小



かつては世界最大の湖の 1 つであったアラル海は、アラル海に流れ込む川が綿栽培の灌漑のために取水されていたことから、1960 年代から徐々に縮小してきました。中央アジアに位置するこの塩湖の様子を、1990 年にランドサット衛星が撮影した画像 (左) と 2015 年に撮影された画像で比較すると、数十年の年月を経て水の表面積が著しく縮小していることがわかります。現在、アラル海は元の面積の 10% ほどしかありません。

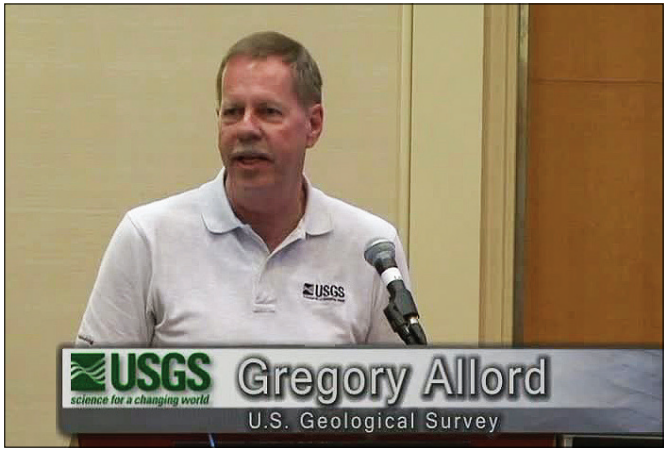
オピニオン リーダー : Greg Allord

古地図は過去への窓を開き、将来に向けた背景情報を提供

私は長年にわたり米国地質調査所 (USGS) で勤務していましたが、その間、優秀な地質学者、水文学者、エンジニア、水質専門家、イラストレーター、エディター、地図製図士の仕事を支援し、観察し、多大な敬意を抱いてきました。地図製図士の芸術的才能や精密さや、印刷媒体の時代の到来、解釈的科学、地理的範囲など、私たちのチームが手掛けてきた地図や出版物の内容は幅広い人々に愛されてきました。

米国の環境、科学、文化を研究している多くの組織は、設立から数十年前が経過していますが、中には、米国建国の数年後まで遡るものもあります。136 年の歴史を誇る USGS は、地質、地形、水質、生物的な資源の研究に尽力してきました。私も、光栄なことにその一員として勤務してきました。USGS でも、手作業で行ってきたことが、デジタル探索の時代の到来と共にデジタル製図への期待が高まり、マップの共有も可能になりました。

司書からは、このようなハードコピー印刷を残しておくだけでは不十分なため、これからはカタログ化して保管する必要があると聞かされました。効果的な保管プロセスを通じ、オリジナルの画像を捉えることも可能になりました。これは特に、従来の紙の地図や報告書にとってメリットがあります。その結果、http://pubs.er.usgs.gov では USGS が発行した 130,000 本以上もの科学刊行物にアクセスできるようになり、http://nationalmap.gov/historical/index.html では 175,000 件もの地形図にアクセスできるようになりました。地形図は、ArcGIS Online でも活用できます。研究者や科学者たちがこれらの地図や文書を使用できるようになっただけではありません。幅広いユーザーが、その美しさや重要性を認識し、実感できるようになったということです。



元 USGS 地図製図士の Gregory Allord 氏は、175,000 件もの USGS 地形図福地図をスキャンし、GeoPDF ファイルでジオリファレンスすることで、USGS や一般ユーザーがオンラインで無料で利用できるようにする取り組みを主導しています。

USGS などの機関が制作した古地図は、過去への扉を開くだけでなく、明日への背景情報も提供するのです。この情報を誰がどのように利用するかをすべて予測することは不可能ですが、ArcGIS Online や Living Atlas を通じて古地図のアーカイブにアクセスできるようになったことで、過去をより深く理解し、現在を管理し、将来の計画を立て、共有することが可能になりました。

古地図のコレクションを見る

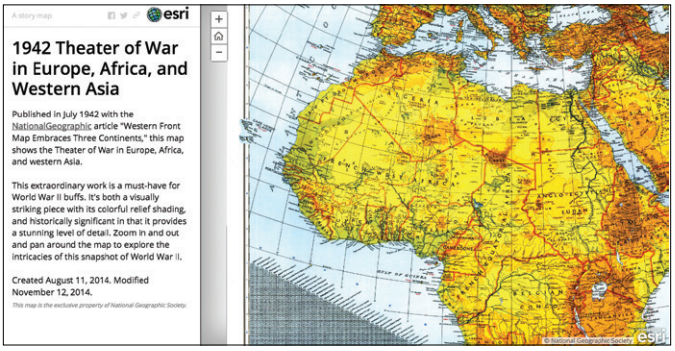
古地図のコレクション

古地図は、GIS に重要な観点を与えてくれます。過去の世界の様子を明確にし、形にしてくれるのです。地図がなければ二度と訪れることができない場所を目にすることを可能にし、現在と過去、そして未来を比較するための枠組みを提供してくれるのです。 古地図の優れた点の 1 つとして挙げられるのは、現在の地図や情報に統合できることです。実際には、新しい種類のレイヤーとして GIS に追加できます。これは、古地図をスキャンしてデジタル化し、ジオリファレンスすることで行われます。この地図は、実質的に GIS の新しい種類のラスター レイヤーとなり、さまざまな用途での活用が可能になります。

1787 年のアフリカ

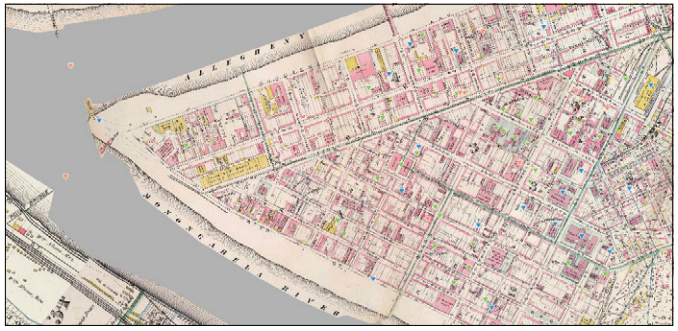
この地図は、1787 年前後のアフリカの合成写真で、当時のすべての州、王国、共和国、地域、島が含まれており、
現存しない多くの地名や国境を示す有名な地図です。

1942 年の戦局



1942 年に ナショナル ジオグラフィックが発行したこの地図は、ヨーロッパ、アフリカ、西アジアの戦局を示します。「Western Front Map Embraces Three Continents」(3 つの大陸を包囲する西部戦線図) という記事で使用されていました。

ピッツバーグの地図と史跡ビューアー



このサイトでは、ピッツバーグの歴史と、150 年前からの劇的な成長を検証しています。スライダーを使用するか、年を選択することで、経時的な変化を見ることができます。

David Rumsey Historical Map Collection (デビッド・ラムゼイの古地図コレクション)

デビッド・ラムゼイ氏の素晴らしい古地図コレクションを探索できる Web サイト。67,000 点以上の古地図を観賞できます。

ランドサットはタイム マシン

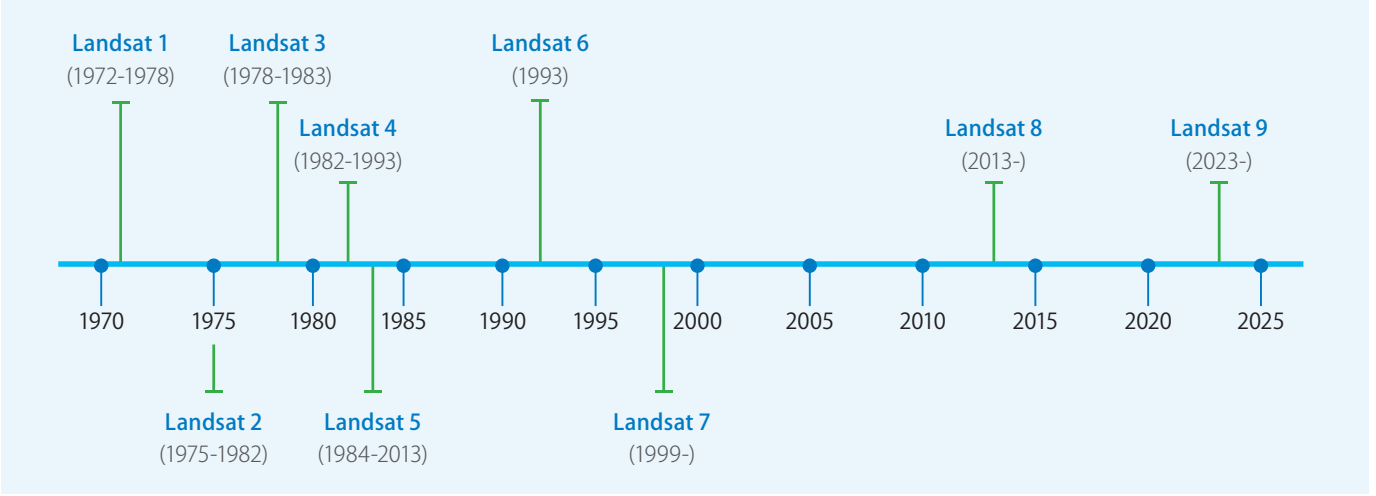
継続的な地球観測を行う初の衛星

ランドサットは、独自の方法で地球を眺めます。世界のあらゆる場所の画像を撮影して、森林破壊のパターンから農業の動向、火山活動から都市のスプロール現象まで、地球に隠された秘密を明らかにします。ランドサット プログラムがセンサーで撮影を開始したのは 1970 年代のことで、現在はランドサット 8 ミッションで継続中です。地球のあらゆる部分を数週間に一度撮影するため、経時的な変化を確認し、分析することができます。

画像の一般共有

USGS はランドサットのデータ プログラムを管理しており、画像を誰でも自由に使用できるようにしています。画像のコレクションは、40 年以上にわたってさまざまなランドサット センサーが撮影してきたシーンで定期的に更新されており、地球の歴史を垣間見ることができる素晴らしい画像リソースになっています。

新しいランドサット シーンは毎日撮影されています。新しいシーンが生成されると、動的に増加している画像モザイクに追加されていきます。この画像モザイクは共有データベースにあり、数百万枚もの既存のランドサット シーンが格納されています。これは、歴史的な比較を行ううえで非常に有用な情報として活用されています。



すべての事物をマッピング、測定、監視

ランドサット プログラムの開始以来、世界中の政府機関が独自のミッションを立ち上げてきました。例として、MODIS、欧州宇宙機関 (ESA) のコペルニクス計画、最近では Sentinel-2 の衛星のペアが挙げられます。こうした取り組みにより、画像の収集と地球観測の共有が継続的に行われています。新しいミッションは定期的に打ち上げられているため、宇宙からの時系列の地球観測も増えています。これはまさに、地球のマクロスコープとも言えるでしょう。

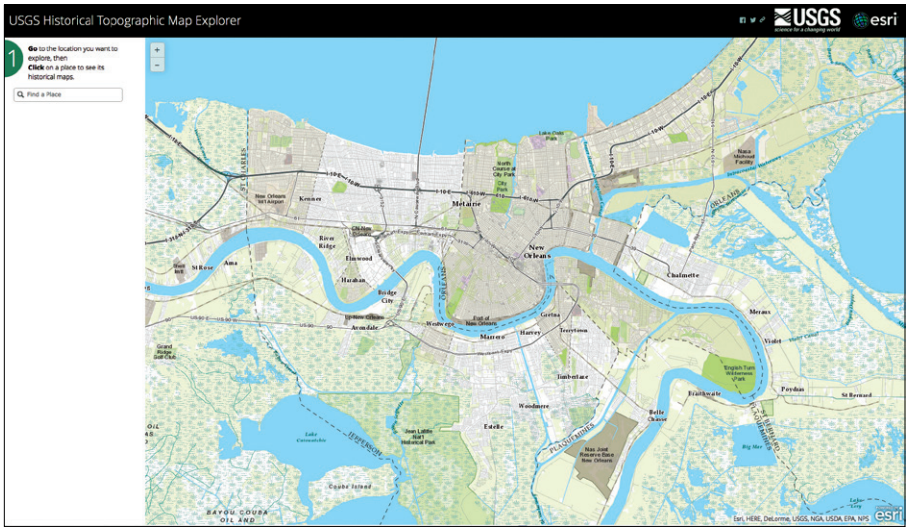
古地図のモザイク

簡単にコレクションを編纂

多くの地図はそれ自身で使用されますが、中には大きな地図シリーズ、または地図コレクションの一部となっているものもあります。USGS の地形図シリーズ、洪水地図シリーズ、保険地図シリーズ、過去に実施された特殊ミッションの航空写真、デビッド・ラムゼイ氏のコレクション、ナショナル ジオグラフィックすべて GIS を有効活用できる地図コレクションの例です。

大量の古地図コレクションを整理し、アクセスできるようにする際に有効な方法は、コレクションの画像モザイクを生成することです。各地図の特性、つまりその名前、作成日、空間参照などの特徴を属性として記録し、シームレスなモザイク データセットを作成します。モザイクを使用することで、GIS で地図コレクション全体が蘇り、数多くの応用や利用方法が可能になります。

USGS Historical Topographic Map Viewer



関心のある地域を検索したり、その場所に移動して地図をクリックすると、そこに重ねてある地図のタイムラインを見ることができます。タイムライン内の地図をクリックし、表示画面に追加して探索を開始できます。

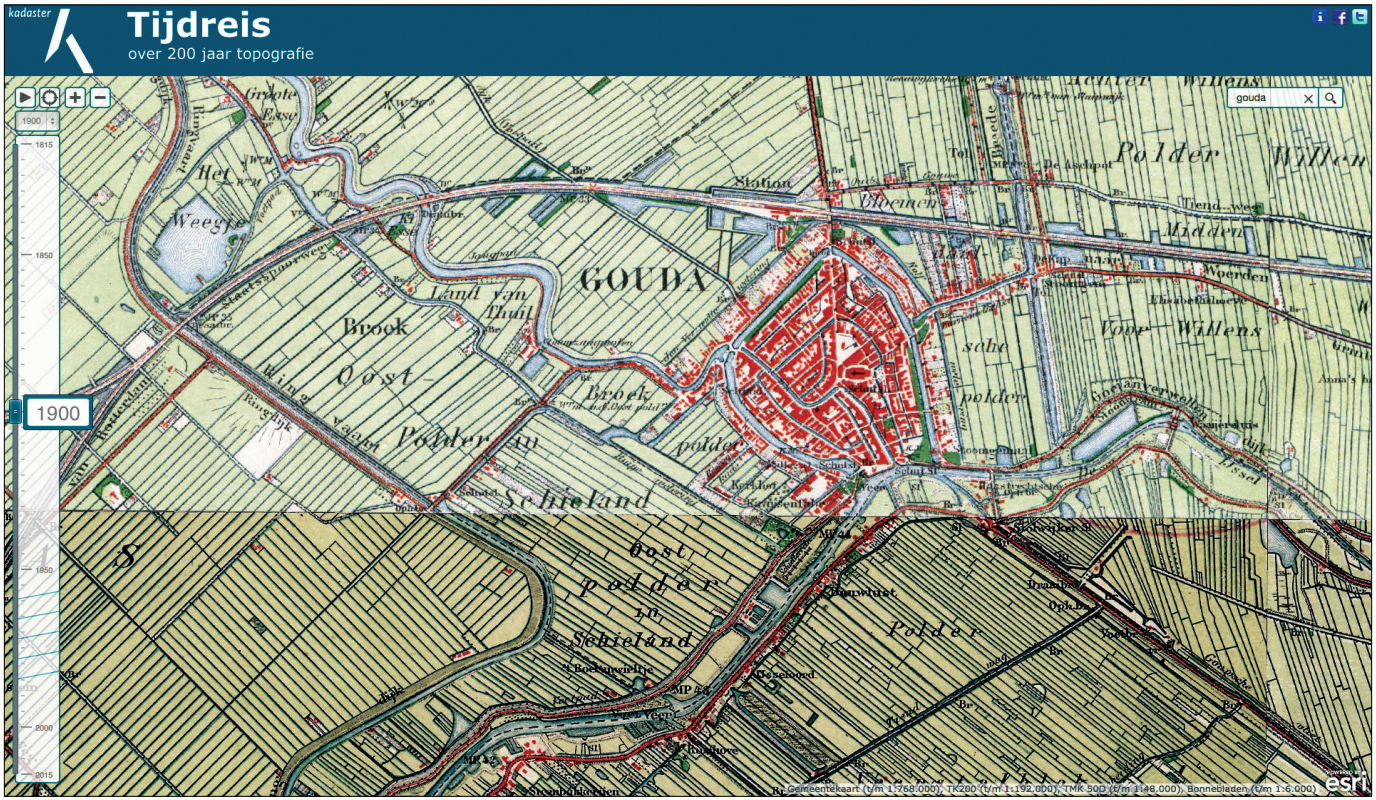
USGS Historical Topographic Map Collection には、USGS が 1882 年の設立以来、発行してきた 175,000 件以上の地形図のすべての縮尺と版が格納されています。

スライダーを使用すると、さまざまな古地図の透過表示を変更することができます。地図を右クリックしてダウンロードし、友達や同僚と共有することも可能です。

200 年分のオランダ地形図

Dutch Cadastre による作成と共有

Dutch Cadastre (オランダ国立の地図製作機関) は、オランダ全土の地図をさまざまな縮尺で毎年作成してキャッシュに登録し、それをつなぎ合わせて、履歴的な地形図のコレクションとしてまとめました。これはオランダ国民やオランダを愛する人々にとっては、2 つとない貴重な地図なのです。



オランダ人は、昔から地図製作の能力に優れています。上の図にリンクしている革新的なアプリケーションは、200 年もの歳月をかけて作成された地図を 1 つのインターフェイスにまとめたもので、左側のタイム コントロールをスライドさせるだけで比較が可能です。マウス ホイールを使用すると、拡大/縮小できます。

イベントドリブン型の解析

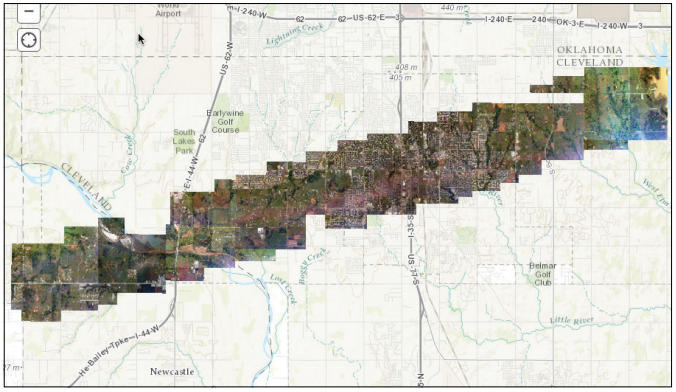
最適なタイミングと最適な場所

GIS ユーザーは、最新の状態と、数日前、数時間前の状態を比較することで、事象の結果を理解することに努めます。ほぼリアルタイムで捉えられる画像の一般的な例としては、緊急対応の調整、損害評価の実施、森林や農業の監視、軍事作戦の遂行などが挙げられます。

ここで言う「ほぼリアルタイム」とは、アクティビティや事象が発生する直前から、そのアクティビティや事象が発生してから 2 ～ 3 日が経過したときまでの時間の範囲を指します。多くの場合、このような時間の範囲が、リアルタイムまたはほぼリアルタイムとして表現されます。これは、人々が対応している事象から、(時間的な意味で) ユーザー自身がどれだけ離れているかによって異なります。

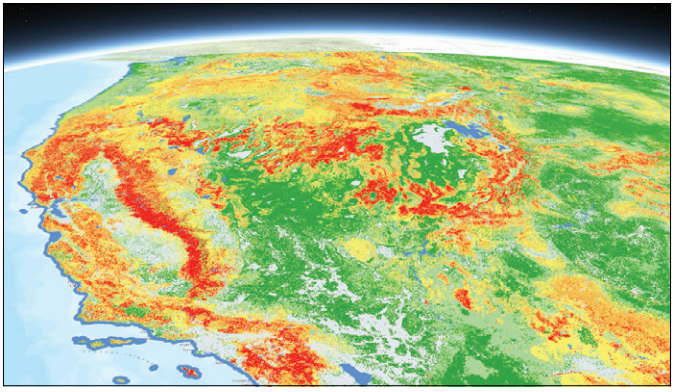
イベントドリブン型の画像に関しては、その事象に影響する状況を観測する頻度を決めることが重要です。たとえばハリケーンの場合は、該当地域の画像を頻繁に撮影することで、ハリケーンの進路や速度の微妙な変化も検知できます。つまり、特定の場所の状況を確認することが、命や財産を守るうえで大きく役に立つのです。GIS の解析は、変化の様子を高頻度でサンプリングすることで、ハリケーン対策を支援しています。タイムリーに決定を下すことで、より大きな効果が見込めるためです。

災害準備と対応



このほぼリアルタイムの画像は、最終的には必要な部分だけが精選され、実用性のある情報として GIS 内で使用されるようになります。この写真は、2013 年オクラホマ州ムーアを直撃した竜巻の様子を示すものです。竜巻発生後 1 日以内に 6 インチの解像度で画像が撮影され、応答者や市民向けにオンラインで公開されました。

山火事が発生しやすい地域の予測

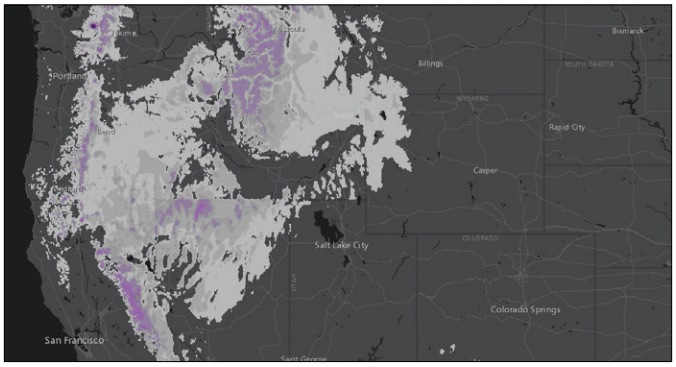


米国の Forest Service and Fire Modeling Institute が作成したこの地図は、山火事のリスク評価や、広域な地形における燃料管理ニーズの優先順位設定に使用されており、食い止めるのが困難な山火事の相対的な可能性を示します。

GIS を利用した気象予報

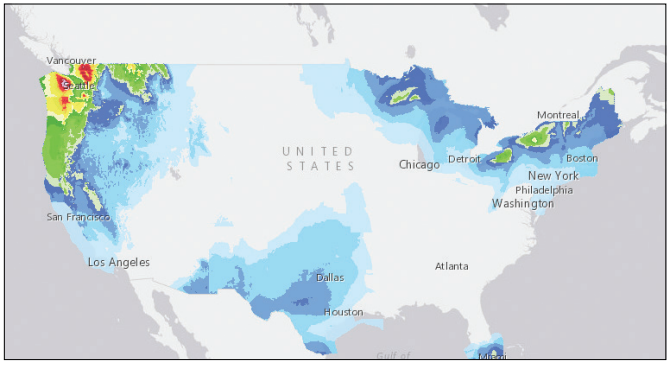
気象学者が衛星画像を見るとき、彼らはただ現在の天気を見ているわけではありません。今後の天気の移り変わりにも目を向けています。気象学者は、現在の状況を分析できるだけでなく、次に何が起こるかも予測することができます。

降雪予報マップ



このマップは、NOAA (米国海洋大気庁) が提供する、米国の最新の降雪量予測を示します。今後 2 日間に、いつ、どこで、どのくらいの積雪量が見込まれるかがわかります。

米国の降水予報

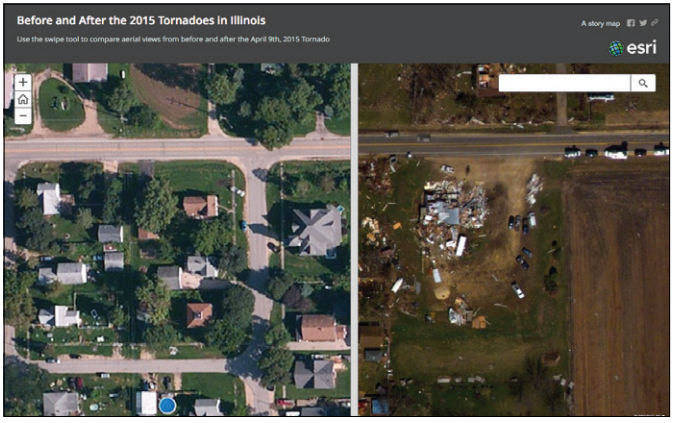


このマップは、この後 72 時間に予測される降水量を示します。データは、国立測候所が作成した National Digital Forecast Database から 1 時間おきに更新されます。データセットには、6 時間おきに取得された、増分的で累積的な降水データが格納されています。

異常気象の影響の文書化

米国史上最大の破壊力を持つハリケーン カトリーナに見舞われた地域は、復旧に 10 年以上もかかるすさまじい被害を受けました。ニュー オーリンズの 8 割が水浸しになりました。[Flooding] タブをクリックすると、カトリーナ直撃前のニュー オーリンズと、その後の様子を比較できます。

2015 年に竜巻がイリノイ州に直撃する前後の様子

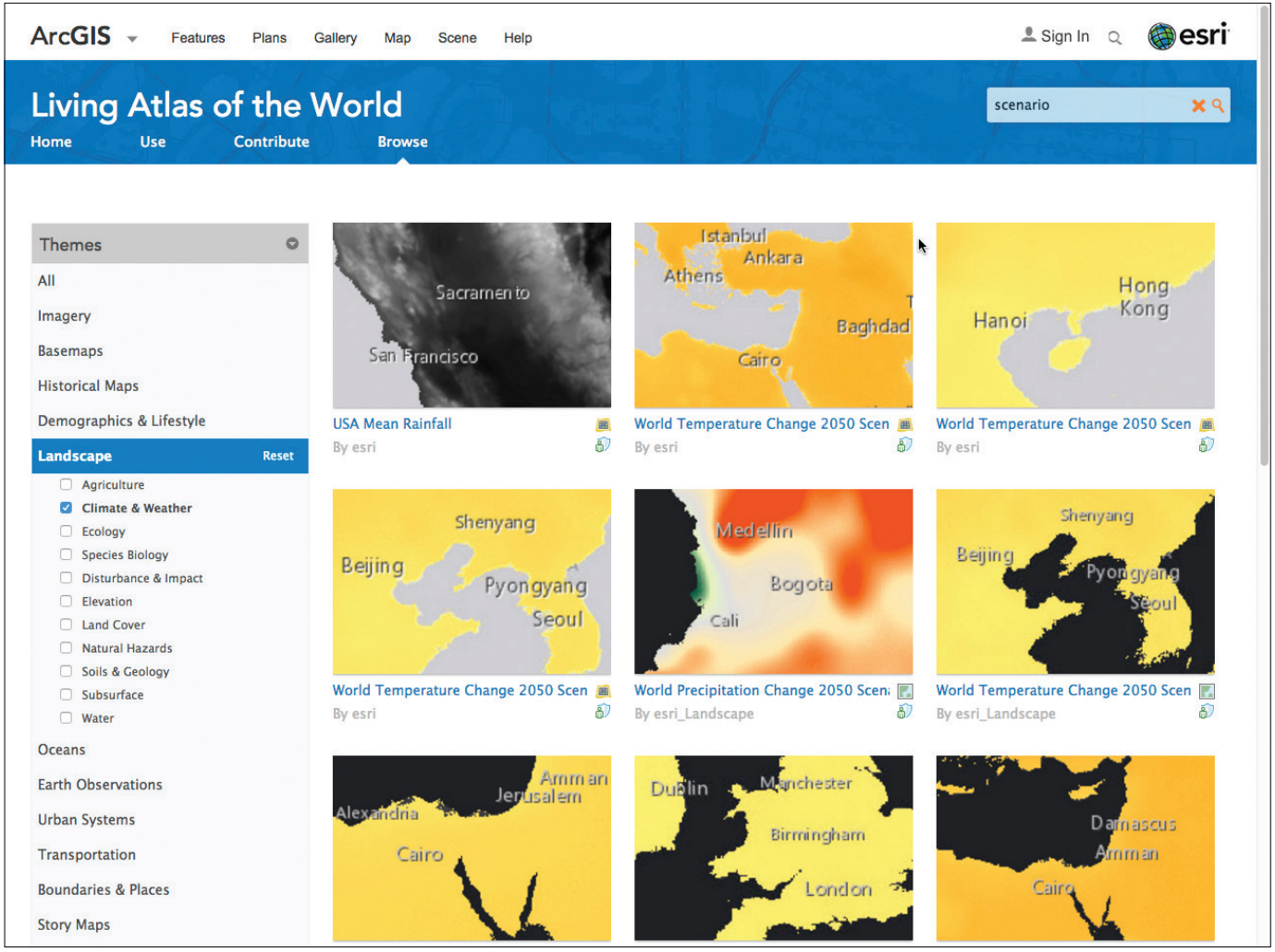


ストーリー マップのスワイプ ツールを使用し、2015 年 4 月 9 日にイリノイ州フェアデールを襲った複数の竜巻による被害を見ることができます。

画像を通じて未来を見通す

気候変動や海面上昇など、将来予想されている状況に対する効果的な対応は、今すぐ始める必要があります。考えうる結果や影響が起こるかなり前から備えておかなければなりません。GIS では、はるか遠い未来についても複雑なモデルを作成できるため、潜在的な影響をよりよく把握できます。

気候と天気の予報



Living Atlas が提供する重要な天然資源情報で構成される地勢システム レイヤーには、さまざまな気候予測マップが含まれます。これは、オンラインで [気候と天気] ギャラリーにアクセスすると表示できます。

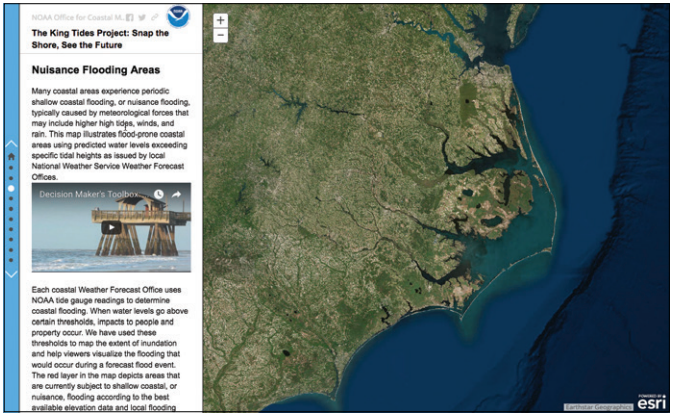
変化に満ちた世界の探索

地球が急激に変化していることは、疑いの余地もない事実です。21 世紀に生まれた人々は、数世代前に生まれた人たちに比べると、もっと短い期間でさらに大きな変化を体験することでしょう。画像や GIS を駆使することで、どのような影響が考えられるか、その状況を軽減するためにどのような方法を採ることができるかを理解し、共有できるようになります。

Atlas for a Changing Planet (変わりゆく地球のアトラス)

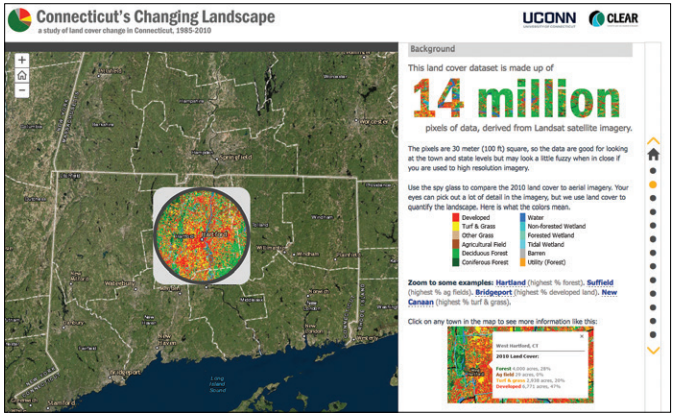
私たちの地球は変化に富んでいます。このストーリー マップでは、絶え間なく変わり続ける世界の、動的な側面を調査し、理解を深めることができます。また、応用した画像の分析力や解析力を明らかにします。画像は他の地理情報と統合され、地球の変化を実証することができるからです。

The King Tides Project: See the Future (キング タイド プロジェクト: 将来の予測)



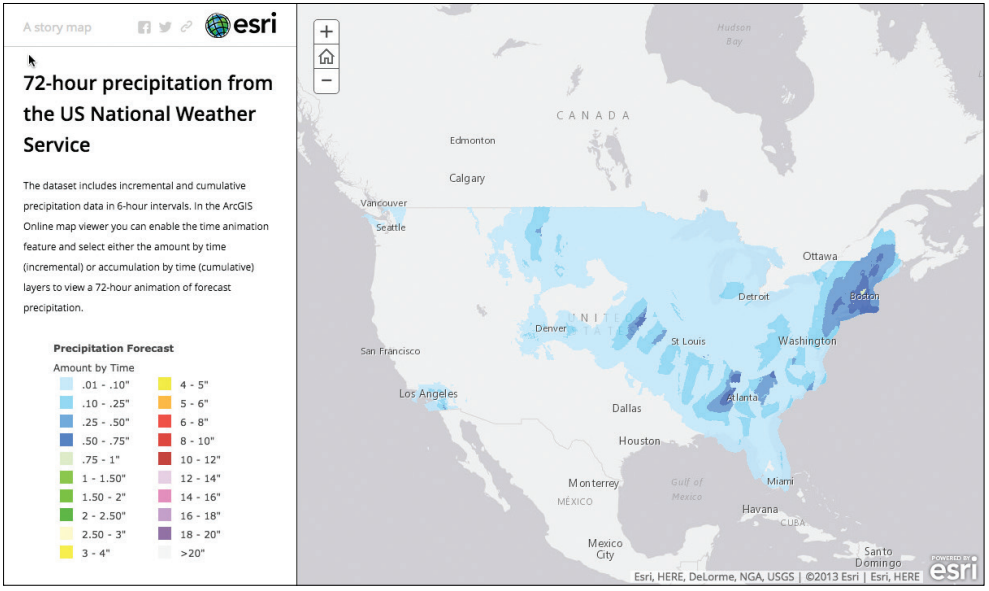
キング タイドとは 1 年で最も潮位が高くなる大潮のことで、太陽と月が一列に並び、地球に最も接近したときに、潮の満ち引きが大きくなる現象です。市民科学者たちは、今後の海水位を予測し、海面上昇によるリスクとキング タイドによる影響を見ることができる画像を捉えています。

Connecticut's Changing Landscape (コネチカット州の変わりゆく地形)



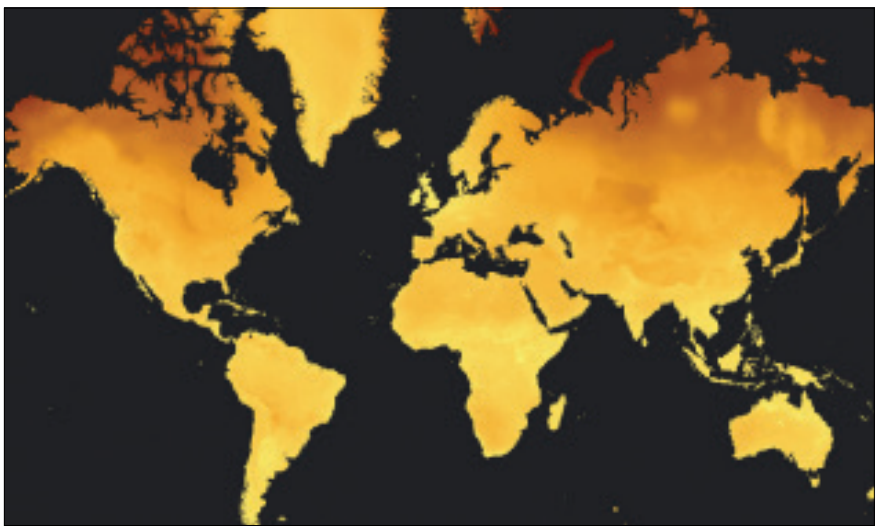
コネチカット大学は、1985 年から 2010 年までの 25 年間の土地利用を数値化し、理解を深めるため、リモート センサーを使用した画像を使用しました。

将来の予測



このデータセットには、6 時間おきに取得された、増分的で累積的な降水データが格納されています。ArcGIS Online マップでは、タイム アニメーション機能を有効にし、経時的な量 (増分的) または経時的な累積量 (累加的) のどちらかのレイヤーを選択し、森林における 72 時間の降水のアニメーションを表示できます。

次世代のための計画

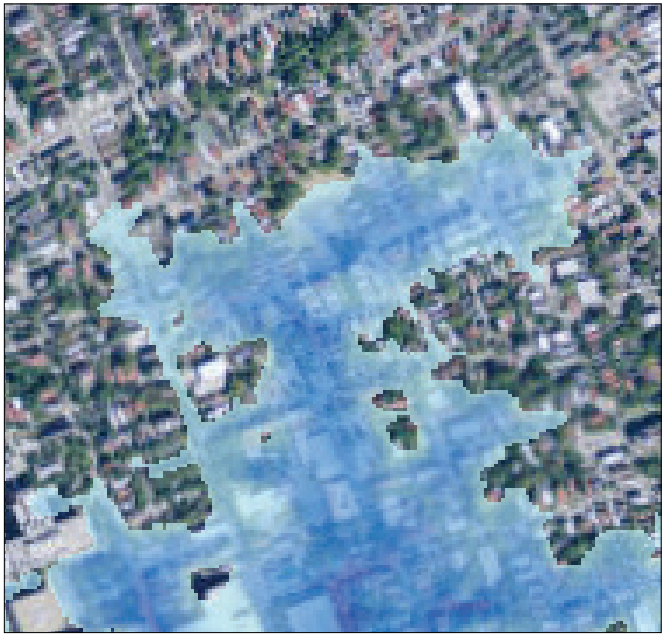


GIS では、複雑な時系列モデルを実行し、将来の状況をシミュレーションできます。これで、気候などの今後の動向の予測を立てられるようになります。このマップは、2050 年までの年間平均気温の推移を予測したものです。

ケース スタディ : NOAA による海面上昇予測

地球の将来的な海水位は、今後の意思決定に左右されるため、今はまだ予測できません。しかし、今後 100 年に起こることは、かなりよくわかっています。二酸化炭素の排出が明日ゼロになっても、海水位は少なくとも 3 フィート上昇するでしょう。また、現在のペースで排出量が増えていくと、6 フィート上昇します。これが近隣地域にどのような影響を及ぼすか、エンジニア、市の行政担当者、懸念を示している市民に理解してもらうため、NOAA の Office for Coastal Management は Sea Level Rise Impact Viewer を開発しました。これは、海面が上昇すると、沿岸地域がどのような状態になるかを画像を通じて予測するものです。

また、6 フィート上昇すると、マンハッタンのフルトン ストリートが海面下に沈みます。



海面が 4 フィート上昇すると、ニュージャージー州マンモス ビーチが破壊されます。

このデータ ビューアーは、海岸管理者、科学者、市民に、海面上昇や沿岸洪水の影響に関する予備概念を提供し、理解を促します。このビューアーは、全国的に一貫性のあるデータセットや分析結果を使用するスクリーニングレベルのツールです。複数の縮尺でデータやマップを操作して動向を評価し、さまざまなシナリオにおける潜在的な対応を明確にできます。
スライダーを使用すると、さまざまな場所で 1 フィート、2 フィート、最大 6 フィートまで海面が上昇したときの様子を視覚化できます。

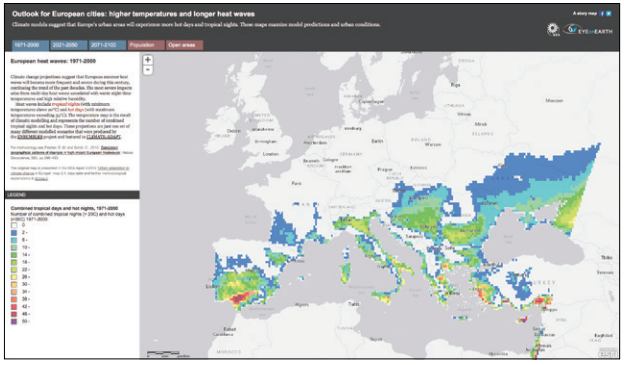
タブを切り替えると、自然色の画像から土地利用の分類や社会経済的な脆弱性を表すレイヤーにマップを切り替えることができます。これで、海面下に沈む建物の視覚的なインパクトだけでなく、重要な背景情報も見ることができます。このアプリケーションは、湿地帯や沼地への影響に重点を置き、海面上昇による土地被膜の変化も予測します。

クイックスタート

時系列の画像を通じて探索した、実世界の問題の例を見てみましょう。

ヨーロッパの都市の気候変動予測を探索する

気候変動予測によると、今世紀中にヨーロッパの夏の熱波は頻度が増え、厳しくなることが見込まれています。つまり、数十年前からの流れがそのまま続くということです。最も深刻なのは、温度が高く、湿度も相対的に高い夜が増え、熱波が連日続くことによる影響です。

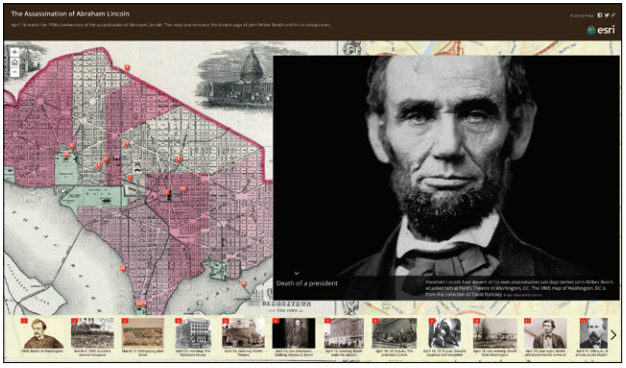


2015 年 4 月のカトマンズ地震の前、およびその後の航空画像を比較する

4 月 25 日、ネパールは大地震に見舞われました。地震発生の 2 日後にカトマンズ中心部を捉えた衛星画像を見ると、ネパール首都は大きな被害を被ったことがわかります。

アブラハム・リンカーンの死のストーリーにまつわるマップと画像を見る

2015 年 4 月、アブラハム・リンカーン暗殺から 150 年が経ちました。このマップでは、古地図や画像を通じてジョン・ウィルクス・ブースと共謀者たちの行動を再現します。



Learn ArcGIS のレッスン

時系列対応アプリで土地利用の変化を描く

過去 40 年にわたり、水産養殖業が成長を遂げてきたタイでは、土地利用に大幅な変化が見られました。エビ養殖場を造成するため、広大な土地に注水したことから、国全体、中でも沿岸地域で、デリケートな生態系が影響を受けました。環境保全と持続可能な土地利用を重視する非営利団体の GIS アナリストとして、バンコク南部のサムット ソンクラーム郡の過去のランドサット画像を探し、環境の時系列の変化の様子を視覚的に再現しましょう。それを寄付者や投資家向けのプレゼンにまとめ、資金調達や沿岸地域の生態系回復に向けたプロモーションを行います。

このレッスンでは、サムット ソンクラーム郡の中でも環境保全を重点的に行う地域を特定するプレゼンテーションを作成します。Living Atlas ランドサット アーカイブの中から、調査対象全域について 1970 年代から 10 年ごとに 1 枚の画像を取得します。画像を取得したら、マルチスペクトル データを解析し、植生、土地、水域を強調表示します。次に、ArcGIS Online のタイムアニメーション ツールを構成し、時系列アプリをカスタマイズして観測データを公開します。

このレッスンで習得できるスキル:

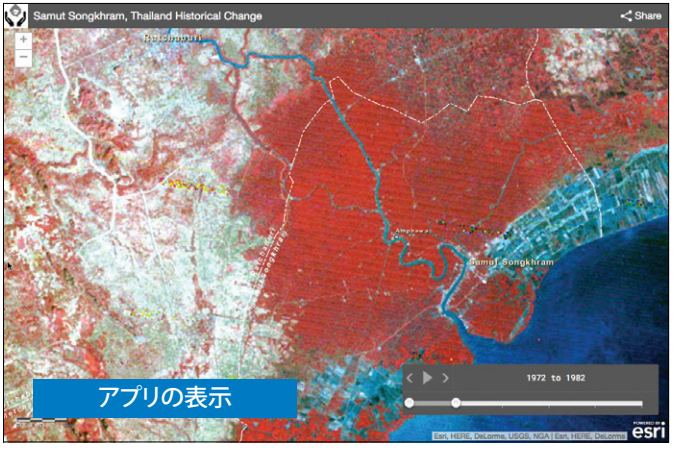
- ランドサット画像のマップへの追加
- タイム アニメーションの有効化と構成
- 過去の衛星画像のフィルタリング
- バンド割り当ての変更
- 時間対応の Web アプリの作成と共有

必要なもの:

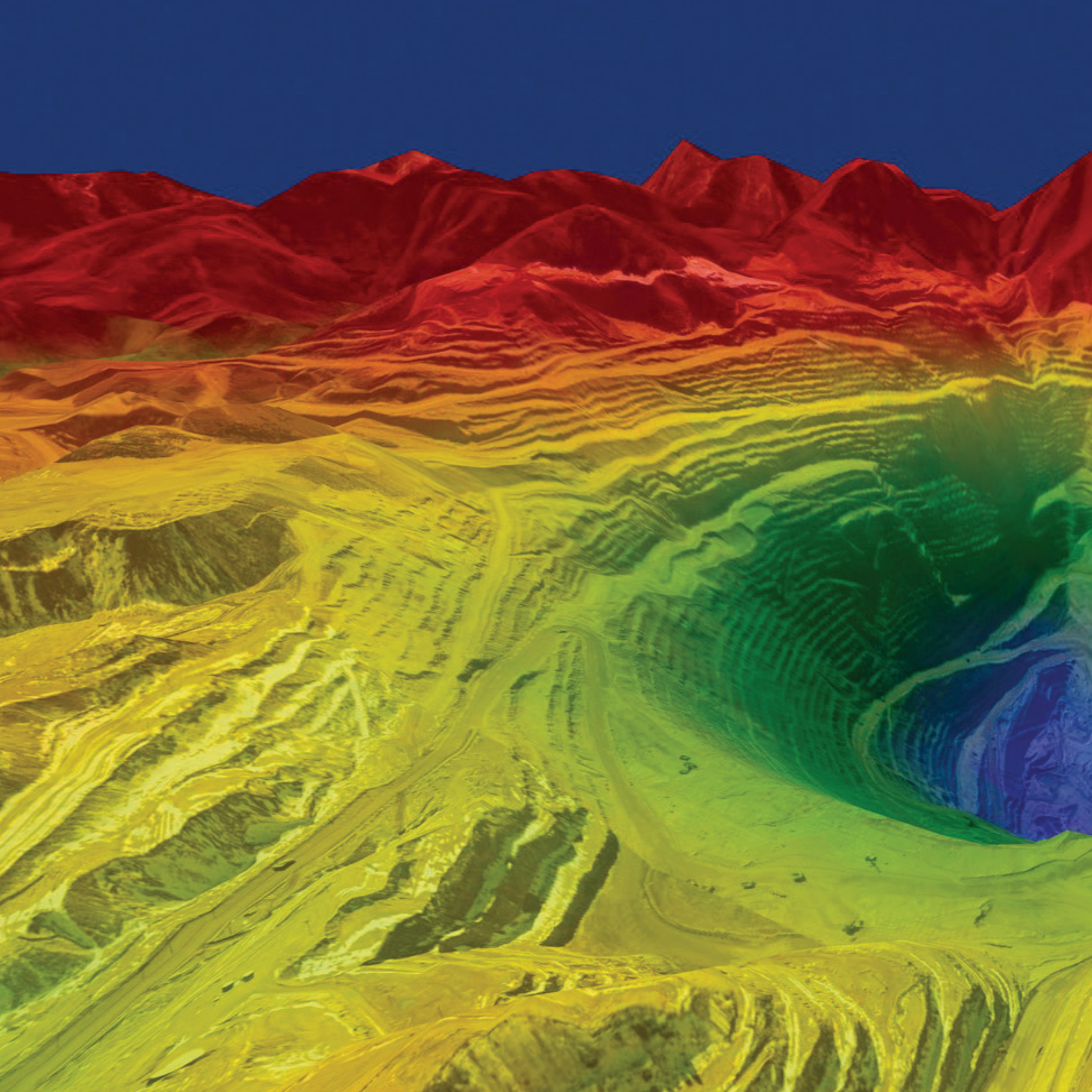
- ArcGIS Online 組織の公開者ロールまたは管理者ロール
- 所要時間: 40 分

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter7_Lesson



アプリの表示



08

究極のビッグ データ

画像情報の管理はデータ管理の大きな課題

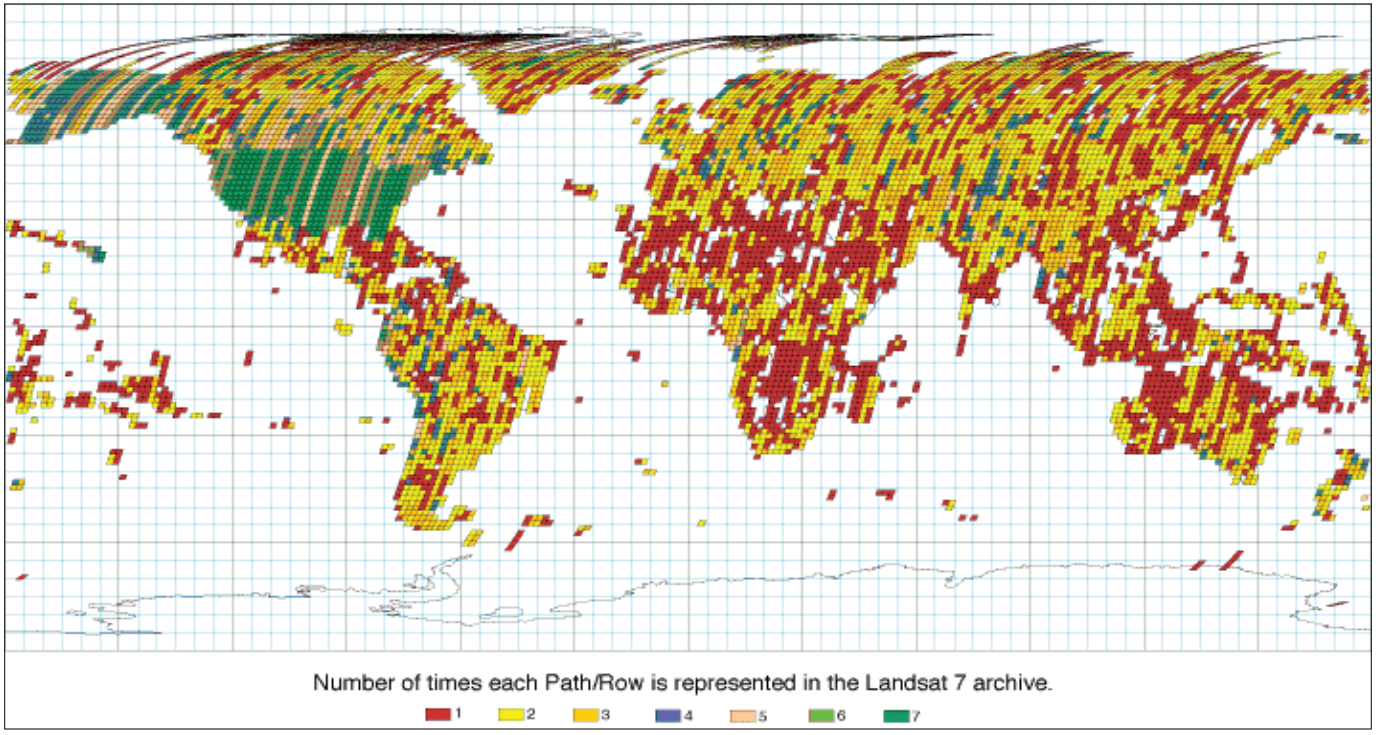
画像はビッグ データであり、GIS ユーザーに対し、次々に課題を提示してきました。初期のころは、コンピューティングやデータを扱う際に直面する重大な制約を解消するため、さまざまなアプローチが取られてきました。この制約は、膨大なデータ量と、画像の収集ペースによるものでした。システムが、大量の画像によってもたらされる大きなチャンスを活かすことができるようになったのはつい最近のことです。これは、クラウドで新たなコンピューティング アーキテクチャが誕生し、同時に GIS ソフトウェアが進化したことによる成果です。

画像はビッグ データ

地理的そして時間的な深さと幅広さを見る

世界中の実に 80% ものデータが、GIS のデータ レイヤーとしてマッピングできます。これには、画像およびリモート センシング情報、膨大な数のフィーチャ レイヤー、記述的および表形式のデータベース、フル モーション ビデオ、リアルタイムおよび履歴的なコレクション、センサー フィード、観測用に生成された大量の点群などが含まれます。驚くべきなのは、このデータの大半は画像およびリモート センシング プラットフォーム (以下の図に示すランドサットのデータなど) から取得されていることです。Web やクラウド コンピューティングの最近のトレンドから、世界の GIS 情報はより幅広く、より多くの人々がアクセスできるようになっています。

私たちは、共通の「世界の GIS」を有効利用しているのです。



世界中から打ち上げられた数々の地球観測 (EO) 衛星が、毎日のように地球のマッピング、監視、測定を行い、大量のデータを生成しています。このマップは、ランドサット 7 ミッションの最初の 112 日間にアーカイブされた画像の相対的な量を示しています。ミッションはまだ初期の段階でしたが、一定の傾向が見られます。米国 (アラスカも含む) は緑が多くなっていますが、これは画像撮影のチャンスが余すことなく捉えられていたからです。北アフリカの大部分は砂漠で、画像取得の需要が少なかったことから、赤く表示されています。北アジアは、ランドサット 7 の画像取得カレンダーのレコーダーに制約があったことから、大部分が赤と黄色で示されています。

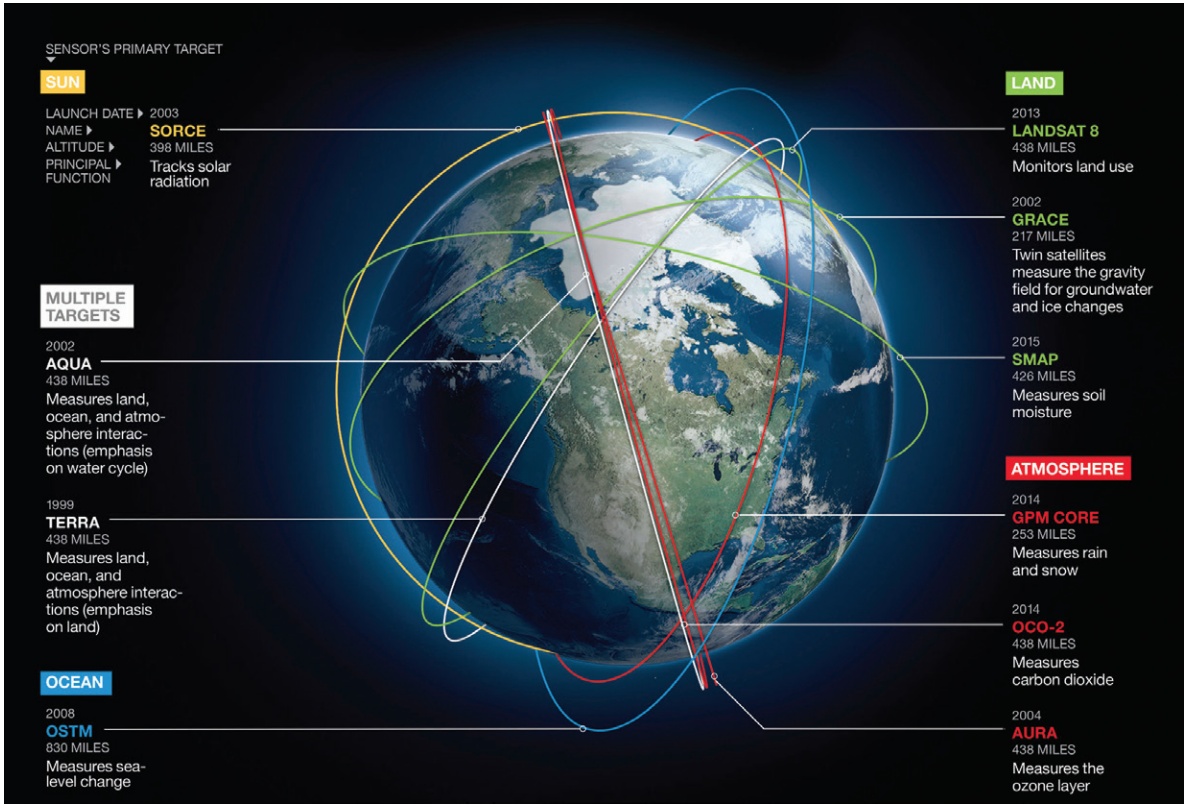
地球の探索

上空から膨大な情報を収集

地球は、数十年にわたって上空から監視、観測されてきました。衛星、航空機、ドローンに搭載された数千基ものセンサーを使用して測定、検知、撮影されることも増えてきています。また、こうした画像収集のペースは速まっています。NASA だけでも、19 件もの地球観測ミッションを実施しています (そのうち 10 件がここに表示されています)。

この素晴らしい技術のおかげで、無数の画像が利用可能になっています。ペタバイト単位の観測データや科学的な測定結果が収集、ダウンロードされ、世界中の GIS システムで画像形式で活用されています。

そして、その勢いは日に日に増しています。



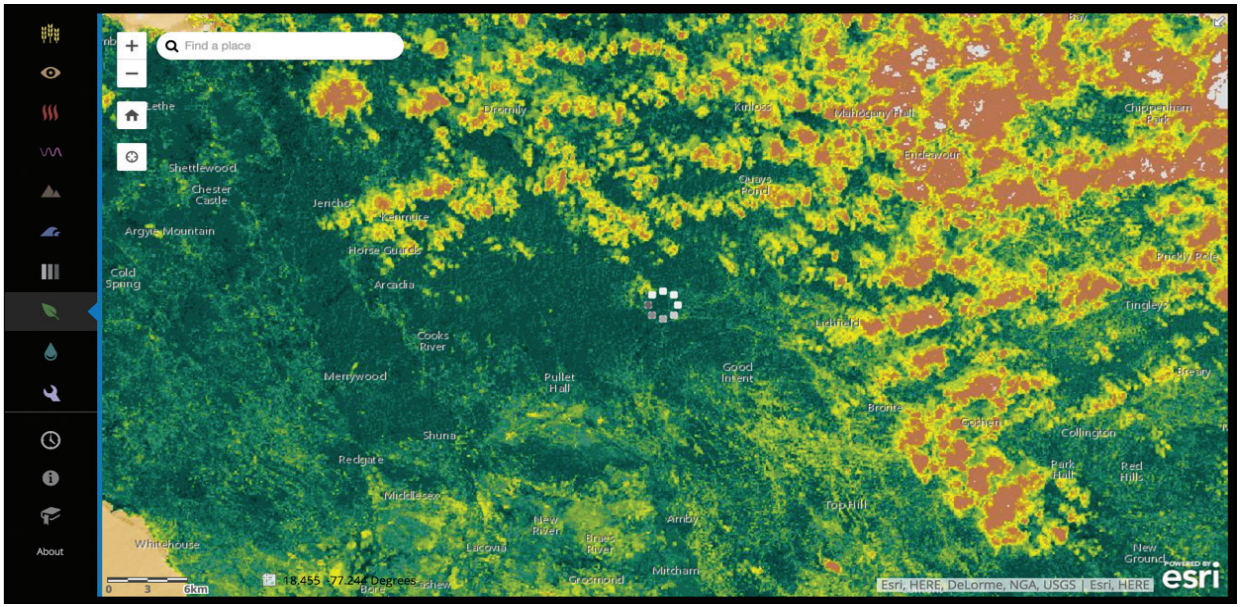
大量の画像およびリモート センシング情報が日々収集され、世界中の多数の GIS システムで活用されています。

クラウドがすべてを変える

クラウド コンピューティングにより、オンデマンド画像が可能に

近年、クラウド コンピューティングの出現や急速な導入、そしてスマートフォン アプリの革命により、コンピューティングの分野には急激な変化が起こりました。以前は、画像やビッグ データを管理するために、自社に大容量のサーバーをインストールして実装することが求められていました。しかし今ではこのようなハードルや投資上の制約はなくなっています。クラウド コンピューティングでは、スイッチをオンにするだけでクラウドに新しいサーバーを立ち上げ、必要に応じた処理機能を導入することができます。

ビッグ データの飛躍的進歩の 1 つとして、信頼性の高い、集合的な GIS 画像リポジトリの大半に ArcGIS Online を直接接続し、相互運用できることがあります。新しい Web GIS パラダイムにより、オンラインのクラウドベース ArcGIS プラットフォームを通じて、自分の地理情報と他のユーザーの地理レイヤーを組み合わせて操作できるようになりました。クラウド コンピューティングでは大容量ストレージと柔軟なコンピューティングが可能で、コンピューティングのニーズに合わせて拡張することができます。クラウド コンピューティングは、ビッグ データをオンデマンドで利用して統合するための方法を提供しています。



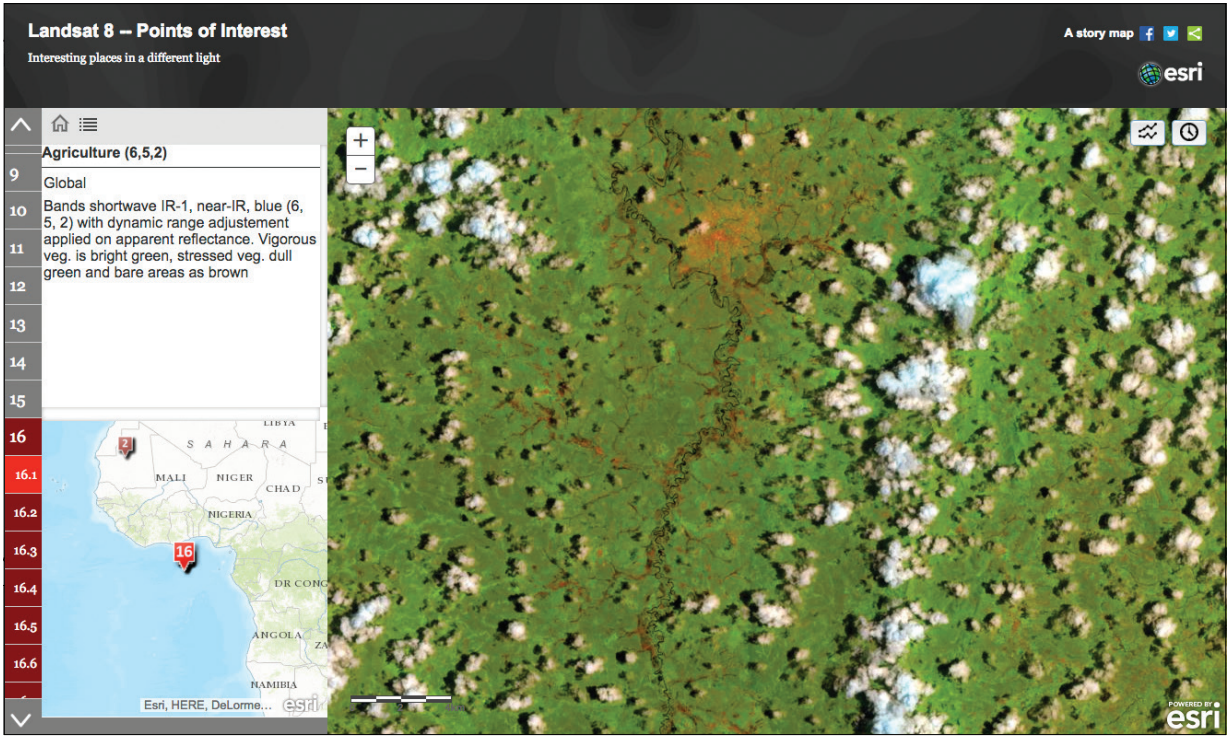
ランドサットは、過去 40 年以上にわたってペタバイト単位のデータを収集してきました。シーンの数は 400 万枚に及び、今なお増え続けています。地球上のあらゆる場所の画像を 16 日おきに撮影します。最近 Web に配置されたランドサット アーカイブなら、わずか 1 回のクリック操作でアクセスできます。このアプリでは、左パネルのアイコンを使用すると、さまざまなスペクトル ビューに切り替えることができます。バンドの組み合わせの場合もあれば、算出された一般的な指標値の場合もあります。ArcGIS は現在のビューに基づいて画像を自動的に補正するため、ズームや画面移動もお試しください。時間ツール (時計のアイコン) を使用すると、関心のある領域の時代を遡って探索できます。

ケース スタディ : AWS ランドサット

ランドサット データを共有する野心的なプログラム

2015 年に、人気のクラウド コンピューティング プラットフォームであるアマゾン ウェブ サービス (AWS) でランドサット画像の提供を発表した Amazon は、衛星画像の勢力図を変えました。このプログラムでは、Amazon は 1 ペタバイトのランドサット画像をホスティングします。

2015 年および 2016 年のすべての Landsat 8 シーンだけでなく、2013 年と 2014 年の雲が映っていないさまざまなシーンも利用できます。新しい Landsat 8 シーンはすべて毎日公開され、多くの場合は撮影後数時間以内に利用可能になります。AWS は、Amazon S3 でランドサット 8 データを ArcGIS を通じて無料で提供しています。これで、誰でも ArcGIS のコンピューティング リソースをオンデマンドで使用して解析を実行し、ランドサット データをローカル保存するコストや、ダウンロードにかかる時間を気にすることなく、新しい製品を作成できるようになります。



このストーリー マップは、ランドサット 8 画像のさまざまなバンド組み合わせを使用し、興味深い場所にリンクしています。それぞれの場所について、簡単な説明が記載されています。マップはライブで提供され、世界中のどこでもナビゲートし、同じバンドの画像を見ることができます。これらのマップには、重複する画像から特定のシーンを使用し、世界を探索するためのウィジェットもいくつか組み込まれています。

初期の画像

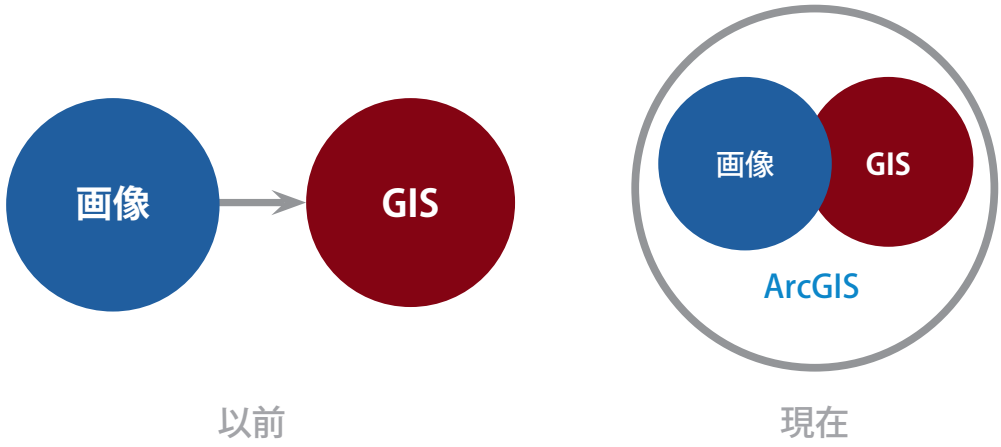
GIS と画像処理の簡単な歴史

画像は、その膨大なデータ量と、さまざまな衛星や航空機から継続的にセンサー観測のフィードが送られてくるため、初期段階からコンピューティングの課題を抱えてきました。その頃からつい最近になるまで、すべてのビッグ データに対応できるような、十分なコンピューティング能力や保存容量を確保できるユーザーはほとんどいませんでした。さらに、画像操作による探索や、多大なメリットを享受するためのストレージ ニーズや処理ニーズに対応できるだけの大容量を持つエンタープライズ システムも、ごくわずかしかありませんでした。

大半の GIS スペシャリストや画像アナリストは、実務的な理由から、コンピューティングの問題を回避するためのさまざま方法を開発してきました。そしてその多くが今も続いています。

画像処理と GIS の分離

ラスターはパワフルなモデリングおよび空間解析を可能にする、汎用的な GIS データ タイプであるにもかかわらず、ビッグ データの課題を抱えていたことから、画像処理システムと GIS を統合することは困難でした。ほとんどのシステム実装では、画像処理システムと GIS は分離されていました。



GIS と画像は以前は分離していましたが、今では ArcGIS で統合されるようになりました。

画像処理は 1 つのシステムで行われ、その結果は別の GIS に送られていたのです。多くの場合、画像の処理と準備は GIS 組織外の事業者によって行われてから、結果が返されていました。複数のレイヤーを操作し、統合する能力が求められていましたが、困難であったため、現実的ではありませんでした。

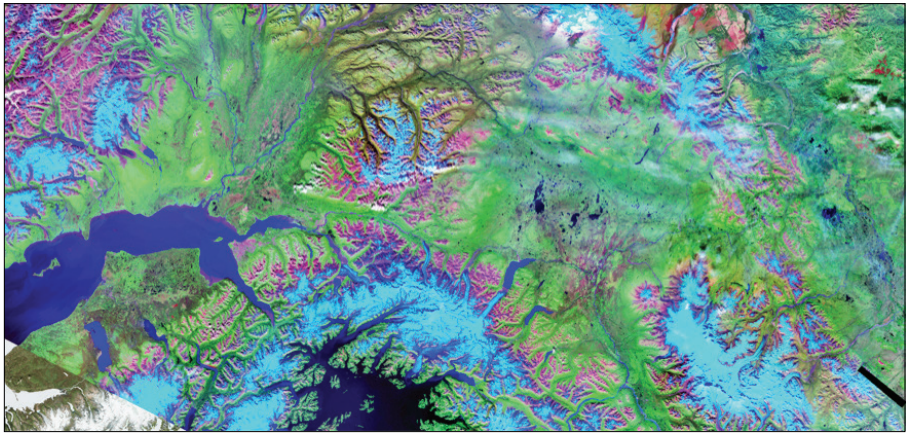
ほとんどの画像レイヤーを共有するには、非可逆的圧縮が必要

大量の画像情報を統合するため、クリエイティブなテクニックがいくつも使用されていました。一般的に使用されていたアプローチには、画像データを圧縮し、結果を再計算するという方法がありました。たとえば、MrSID や JPEG 2000 圧縮などです。これらの圧縮方法のおかげで、GIS ユーザーは、関心のあるエリアに画像カバレッジをすぐに活用できるようになりました。実際、MrSID や JPEG 2000 を使用し、重点的な画像コレクションを遠隔地のユーザーと共有しているユーザーはまだ多くいます。

画像ファイルを MrSID や JPEG 2000 などの非可逆形式に変換すると、画像表示には不要なデータが排除されます。はるかにサイズが小さく、簡単に共有できるファイルが新たに作成されるのです。しかし、画像解析ワークフローの中には、失われたデータを必要とするものもあります。

事前処理および非可逆的圧縮の問題点とは、解析操作の大半で元のデータが必要となることです。また、事前処理や非可逆的圧縮は破壊的であるため、ユーザーは連続的なデータ フィードを維持できなくなります。

マサチューセッツ州ボストンのフェンウェイ パーク周辺の True Color 画像。0.3 メートルの解像度で撮影され、USGS と MassGIS からファイル共有ダウンロードとして提供されています。16:1 圧縮の JPEG 2000 で作成されました。



MrSID 圧縮を使用して生成された Global Land Cover モザイクは、リモート センシングされた衛星データや製品を使用し、土地被膜の変化を可視化し、調査するために使用されています。MrSID 圧縮は、画像データのサイズを 20 分の 1 のサイズにまで縮小します。しかし、元の画像バンドにも影響を与えるため、数多くの解析能力がなくなっていたのです。

ArcGIS はオンデマンドで大きな画像をサポート

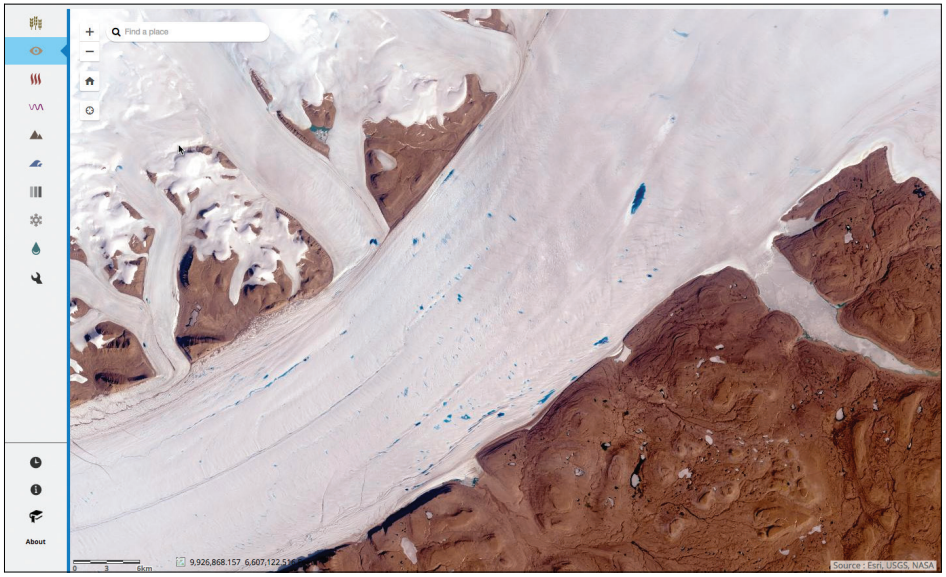
画像処理革命の集大成

地球の画像は、コンピューティング上の課題をいくつか抱えています。たとえば、時空を経て捕捉された、大量かつ動的に増加を続ける個々のシーンを保存し、処理する方法などです (問題を端的に言い表すと「400 万枚のシーンがあり、今なお増加中である」ということです)。ArcGIS がこの「ビッグ画像」を有効利用するための主な機能の一部について、簡単に説明します。

モザイク データセットを格納した大容量の画像ストレージ

モザイク データセットを使用することで、小規模から大規模の画像およびラスター データのコレクションを格納、管理、使用、共有できます。モザイク データセットとは、元の画像ソース ファイルのコレクションを、柔軟かつスケーラブルに組み合わせて使用する方法です。非常に小さなコレクションも、大きな集合体も使用できます。たとえば、モザイク データセットとは、あなたが昨日ドローン ミッションで撮影した、数十枚のオルソ画像の小さなコレクションと言うことができます。また極端なケースとしては、世界を連続的に完全に捉えた画像コレクションと言うこともできます。たとえば、アマゾン ウェブ サービスに格納され、提供されているランドサット 8 の全コレクションや、コペルニクス計画の Sentinel-2 画像などです。これら 2 つのコレクションには、日々新しいシーンが数百万枚単位で追加されています。モザイクにより、柔軟な保管、管理、統一感のある画像コレクションとしてこれらのシーンを使用できるようになります。

ArcGIS のモザイク データセットは汎用性と弾力性に富み、随時更新することができます。数百万枚もの画像ファイルを 1 つの統合的なデータセットとして処理し、管理しながら、衛星がシーンを次々に捕捉する間に、継続的なアップデートや追加シーンを取り込むことができる容量があります。モザイク データセットは常に利用可能な、いつでも自由に使用できるデータ ソースなのです。地球観測プラットフォームが急増し、データ量も増えていることを考えると、これは重要なことです。すべての衛星システムから獲得される画像は、モザイク データセットを使用して管理、およびサービス提供されます。



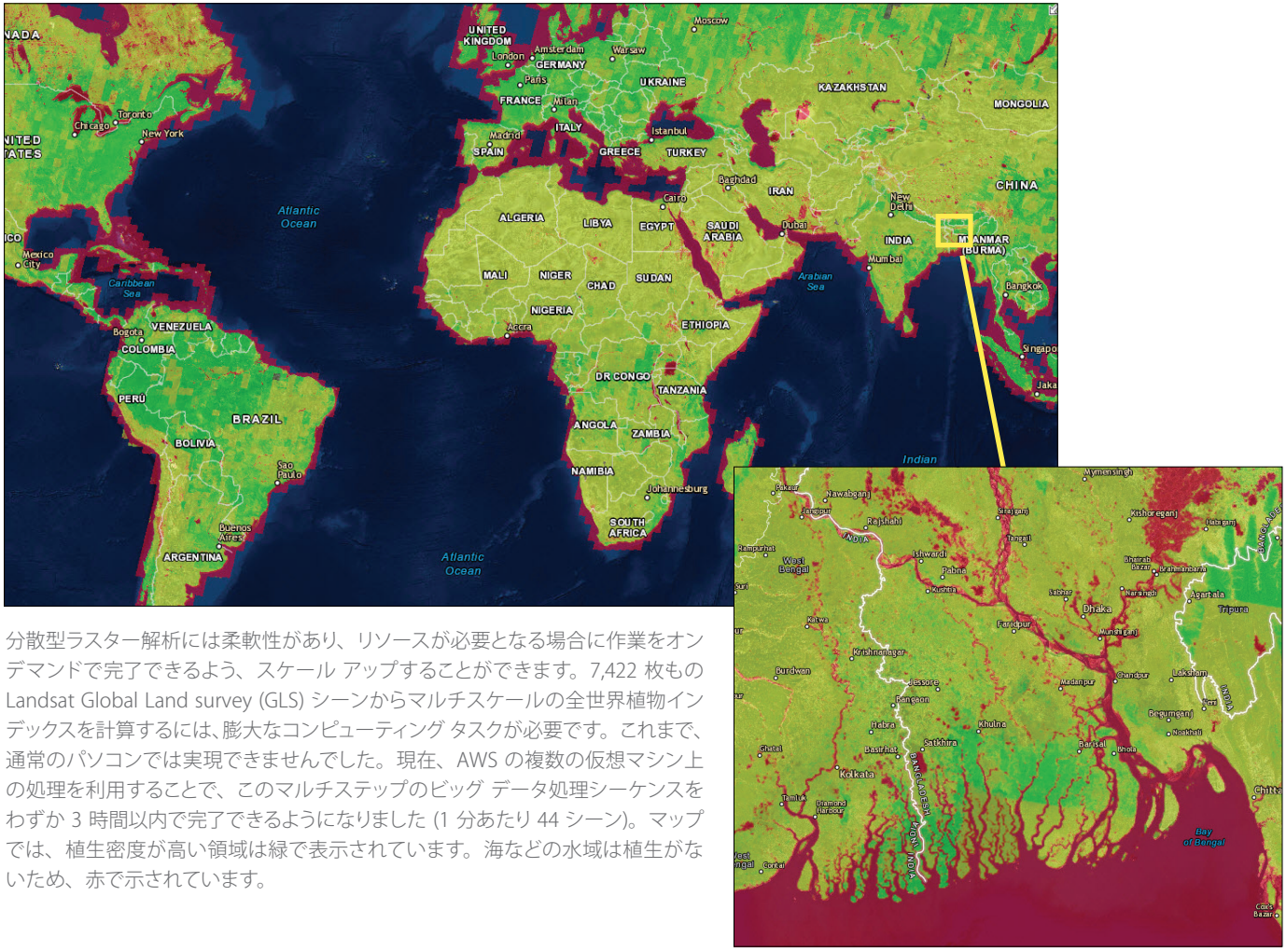
モザイクは、ランドサットの Arctic コレクションのように急激に増加している地球観測データセットに対応します。新しいシーンが日々追加されると、コレクションのサイズや範囲もそれに比例して増えていきます。オンラインでは、関心のある地域にズームできます。たとえば、タイム ライン ツールを開き、タイム ラインに沿ってクリックすると、コレクション全体を探索できます。

分散型ラスター データ ストレージ

ArcGIS は、複数のスケーラブルなデータ ストレージの種類で使用できます。画像データは、組織内の既存のコンピューターやサーバーの保存場所で処理できます。あるいは、アマゾン ウェブ サービス (AWS) や Microsoft Azure など、クラウドの分散型データ ストレージを使用することもできます。これらのストレージを使用する場合、ストレージの拡張性はほぼ無制限です。

ArcGIS の分散型でスケーラブルなラスター解析

ArcGIS の分散型ラスター解析では、柔軟で大容量の画像コンピューティングを行います。ArcGIS のラスター解析は、組織の要求に応じて拡張できるよう設計されています。空間解析モデルと画像処理計算は、データが保管されている場所で適用されます。つまり、ローカル ネットワークやエンタープライズ ネットワーク上のサーバーに加え、分散型画像解析のスケーラビリティをさらに改善するためにクラウド ストレージを活用する場合などです。解析結果は、分散型データ ストアと並行して書き込まれます。



分散型ラスター解析には柔軟性があり、リソースが必要となる場合に作業をオンデマンドで完了できるよう、スケール アップすることができます。7,422 枚もの Landsat Global Land survey (GLS) シーンからマルチスケールの全世界植物インデックスを計算するには、膨大なコンピューティング タスクが必要です。これまで、通常のパソコンでは実現できませんでした。現在、AWS の複数の仮想マシン上の処理を利用することで、このマルチステップのビッグ データ処理シーケンスをわずか 3 時間以内で完了できるようになりました (1 分あたり 44 シーン)。マップでは、植生密度が高い領域は緑で表示されています。海などの水域は植生がないため、赤で示されています。

大きな画像は誰でも利用可能

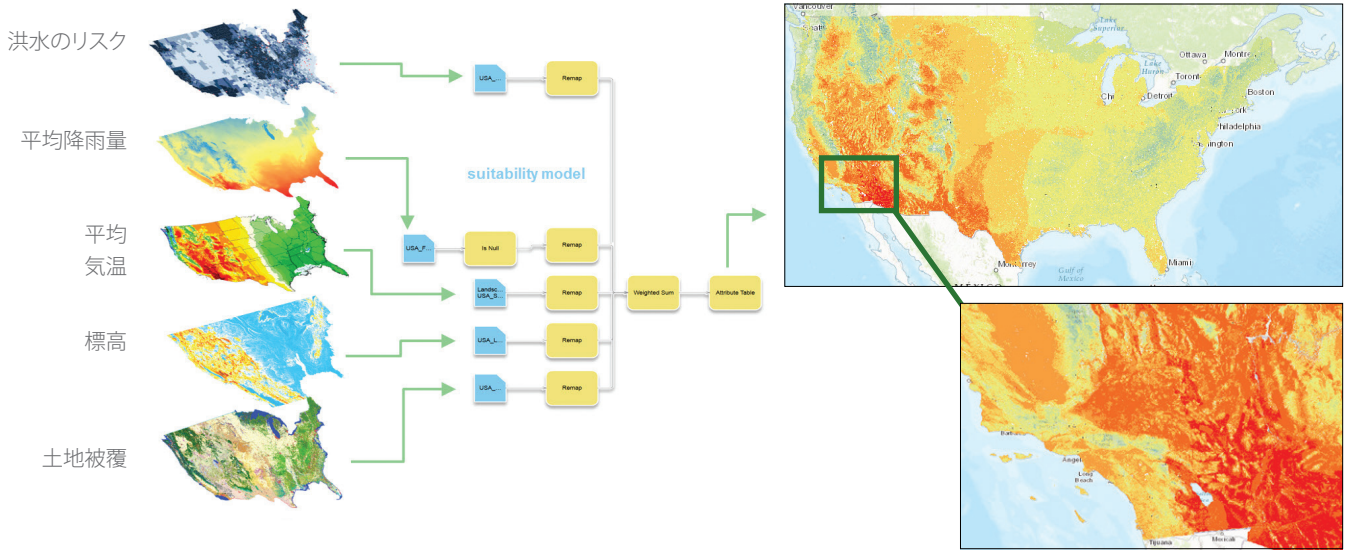
ArcGIS の分散型ラスター解析を使用すると、必要に応じて大きな画像を最適化できます。画像データのサイズが大きくなるにつれ、1 台のコンピューターにデータを保管したり、十分なコンピューティング能力を提供することが難しくなってきます。ArcGIS には、必要なときに画像を使用できるよう、スケール アウトする柔軟性があります。

ArcGIS の分散型データ ストアと解析は、クラウドベースのクラスター コンピューティング向けに最適化されています。そのため、大量の画像コンピューティングの並列化が可能となり、モザイク データセットがその本質的なスケーラビリティを発揮します。大容量プロセスを、並行して稼働している複数のコンピューターに分散すると、処理時間を大幅に削減できます。

大きな画像を通じて理解を深める

クラウド コンピューティングと ArcGIS を使用すると、画像アプリケーションを動的に拡張できます。GIS 専門家の多くにとって、GIS が持つ独自の能力とは、GIS により画像解析や探索の可能性が無限に広がり、その結果、計算やモデリングを通じた洞察が可能になるところです。これこそが GIS のパワーなのです。自分の農場で行うドローン ミッションのような、きわめてローカルなプロジェクトでも応用できます。また、衛星コレクション全体や、気候予測の高度な時系列シミュレーション モデリングなどの処理を網羅することもできます。

分散型解析コンピューティングは、さまざまなシナリオで幅広く使用されています。



分散型ラスター コンピューティングは拡張性に優れています。目覚ましい結果を得るために、大量のコンピューティング リソースにアクセスする必要はありません。ある程度のサーバー構成があれば、素晴らしいパフォーマンスが発揮され、さらに向上し続けます。中でも特に重要なのは柔軟性です。どの ArcGIS ユーザーでも、必要に応じてコンピューティングを拡張できます。

オピニオン リーダー : Kathryn Sullivan

24 年前、フロリダのインフラストラクチャの大部分がハリケーン アンドリューの大打撃を受けた後、私は緊急事態管理者と連携して作業を行う機会がありました。大きな紙の地図や手作業で編集したデータを毎日のように持参し、全体像の把握に努めている緊急時対応者向けに電話、上下水道、電気のノードの場所を示しました。つまり、原始的な GIS を手で作っていたようなものです。現在の Web ベースのプラットフォームでは、数十件ものデータ ソースから取得したデータをリアルタイムに合成し、可視化することができます。これは、まさに驚くべきことです。こうした GIS ツールは、多岐にわたるニーズに対してよりスマートで迅速、かつより多くの情報を得たうえでの決断を可能にしてくれます。

命や生活を守り、経済的回復力を促進するために欠かせない環境情報を支えるために、私たちは大量のデータを頼りにしているのです。しかし、データは環境情報の基になるだけで、ただのスタート地点でしかありません。困難なのは、そのデータを実用的なニーズに結び付け、ウォール ストリートからメイン ストリートまで、そして世帯主でも国家元首でも、すぐに使用できるようにすることです。データは、それを必要としている人の手に、必要なときに、適切な縮尺と解像度で届かなくてはなりません。データは検出可能、検索可能、かつ簡単に取得できる必要があります。簡単に言うと、誰でも利用できるものでなくてはならないのです。

これが実現されれば、大きな実りが得られます。Esri ツールと NOAA データを活用することで、再保険団体は、悪天候の評価と保険金の請求が一致しているかどうかを確認できます。Esri のストーリー マップは、嵐の予測と勢力、海面上昇、漁業への影響など、多くの面で実用的に利用することができます。NOAA は米国の河川予測機能を 700 倍に拡大し、270 万か所以上もの場所で提供しています。科学データは、こうしたすべての環境情報製品で活用されています。リスクを回避するための洞察力を提供し、地球に関する理解を高めてくれます。これは、地球での暮らし方に役立ちます。
それでも、環境情報にとって重要な、連邦政府のデータの多くは活用されていません。NOAA 観測だけでも、毎日 20 テラバイトものデータが収集されています。これは実に、米国議会図書館の全蔵書の 2 倍に相当するデータ量です。しかし、一般ユーザーが簡単にアクセスできるのは、そのわずか数パーセントにすぎません。米国の環境情報機関として、NOAA はより多くのデータを提供できるよう取り組んでいます。

Kathryn D. Sullivan: NOAA 役員、海洋大気局次官、元 NASA 宇宙飛行士

研究所やハードディスク ドライブのデータを、製品やサービス、さまざまな業種において重要な価値をもたらす予測に変える意欲のある人々に渡るようにしたいと考えています。このデータが持つ環境的、経済的な潜在価値は計り知れません。

NOAA は、この潜在能力を活用できるよう、Amazon、Microsoft、IBM、Google、Open Commons Consortium と協力体制を築いています。Esri もアクティブなパートナーです。民間の気象予報企業が、分散していたデータ ストリームを組み合わせることで脆弱性モデルを導入し、価値を 20 億ドルから 200 億ドルへと引き上げることも想像に難くありません。衛星で捕捉される数百万ものデータ ポイントを、長期的な降雨予報へと変換することは、農家や干ばつに苦しむ事業にとって非常に大きな助けとなります。

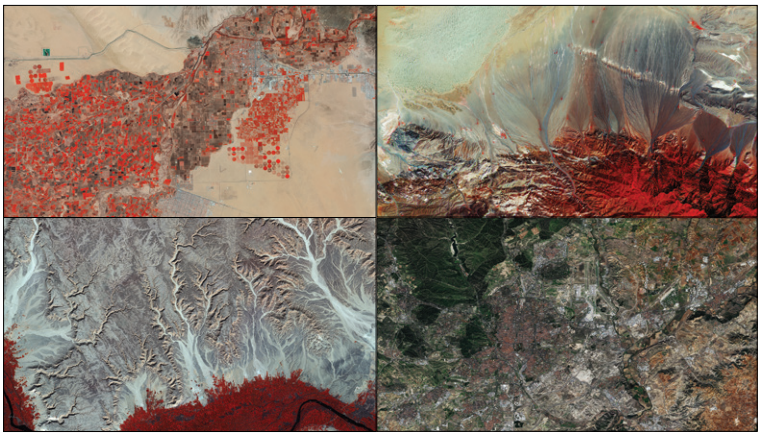
わずか 20 年前まで、私たちはデータ ポイントを手作業でつなげていました。5 年前、今日のデータの 90% はまだ生成されていませんでした。現在、私たちはクラウドで新機軸を打ち出しており、より大きなレンズと斬新な方法で地球を見ています。近い将来、大きなチャンスがやってくるでしょう。それを共に手にしましょう。

Sullivan の動画を見る
科学を生活に活かす

大きな画像のギャラリー

このギャラリーでは、日常的に収集されているさまざまな画像やリモート センシング情報をご紹介します。ここで示すように、GIS では、圧倒的な量の画像を活用することができます。

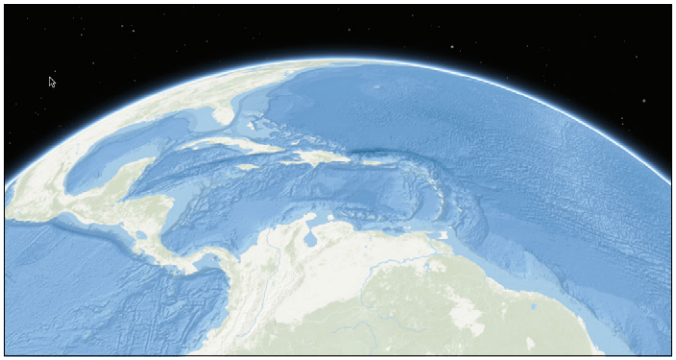
Sentinel-2



Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

欧州宇宙機関 (ESA)、欧州委員会、業界が共同で実施している Sentinel-2 ミッションでは、お互いに 180 度となる位置にまったく同じ衛星が配置されています。Sentinel-2 は、農業、土地被膜マッピングと変化の検出、林業、環境モニタリングなどの用途のために地球観測を行っています。マルチスペクトル データには 13 のバンドがあり、これらのバンドの空間分解能は、右側の表に示すように 10、20、60 メートルのいずれかです。双子衛星の回帰日数はどちらも 10 日です。つまり、実質的には 5 日おきに地球のあらゆる場所を再訪する計算になります。

海洋

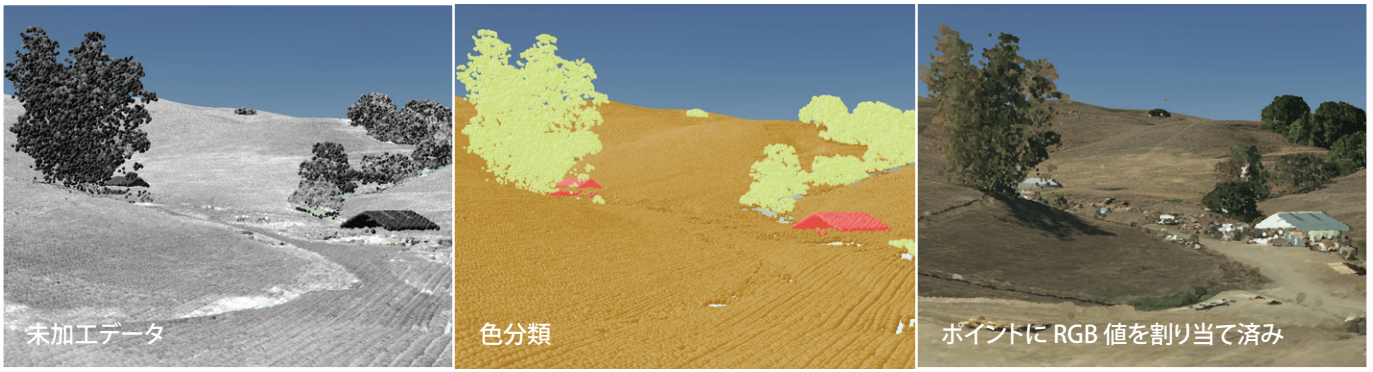


細部にわたる地球のマッピングは、大陸の端まで行ったら終わりというわけではありません。海洋測定ミッションの件数は、着実に増えており、詳細な海底マップも作成されつつあります。

ドローン

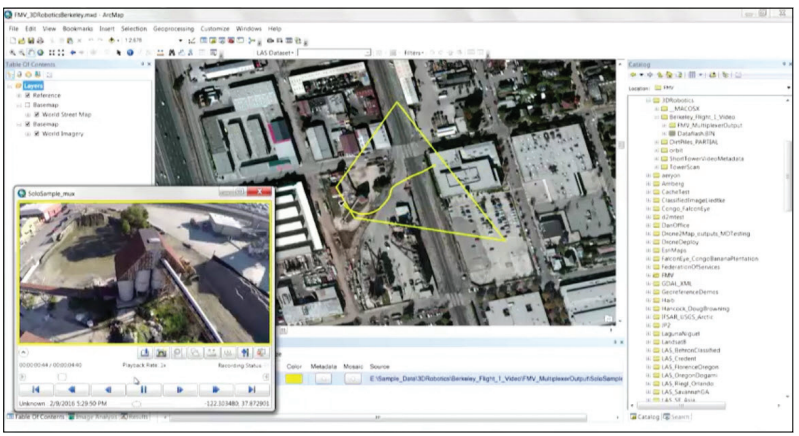
ドローンが低空飛行し、大きいペイロードの高解像度画像を収集しています。このデータの管理と保管に伴う課題は、Drone2Map が解消しました。

LIDAR



LIDAR データでは、小さいシーンであってもポイント数が非常に多くなり、調査領域が大きくなると何倍にも増えるため、ビッグ データという独自の課題を抱えています。複数の LIDAR 製品 (それぞれが独自の特徴と用途を持つ) が必要になることで、これはさらに複雑になります。

Full Motion Video



UAV が捕捉したものであれ航空機が捕捉したものであれ、動画は、地上で起こっている事象や事物の状態を動的に捉えることができる重要なデータ ソースであると言えます。ArcGIS のフル モーション ビデオ (FMV) 機能では、ライブ フィードを含む動画コンテンツを表示、管理、解析、共有できます。

履歴的な航空画像のコレクション

イリノイ州全体の航空写真は、1937 年から 1947 年にかけて初めて撮影されました。このコレクションには、約 33,500 枚もの印刷写真が含まれていて、これらはスキャンされ、デジタル画像に変換されました。

クイックスタート

モザイク データセット レイヤー

ArcGIS での画像の管理はモザイク データセットから開始します。モザイク データセットとは、コレクションのすべてのシーンを管理、解析、マッピングするためのデータのカタログです。

モザイク データセットは、ジオデータベース内にあり、境界、フットプリント、および画像の 3 つレイヤーを構成します。

- 境界レイヤーには、モザイク データセット内のすべてのラスター データセットの範囲が単一ポリゴンまたはマルチパート ポリゴン (画像のコレクションが連続していない場合) として示されます。

- フットプリント レイヤーには、モザイク データセット内の各アイテムの範囲が独立したポリゴンとして示されます。フットプリント属性テーブルは、モザイク データセット内のすべての画像および関連する概観図から成るカタログです。このテーブル内で、雲量や取得日などの属性や任意のセンサー特性に基づいて画像を並べ替えることができます。

- 画像レイヤーは、モザイクを 1 つの統合的なラスター レイヤーとして管理、解析、マッピングを制御します。このレイヤーではストレッチ、バンドの組み合わせ、リサンプリング、モザイク手法などの表示プロパティやレンダリング プロパティをモザイクに適用することができます。

モザイク データセットは動的なモザイク処理とリアルタイム処理が可能です。画像はアクセスされると同時に処理されるため、単一のソースから複数のプロダクトをリアルタイムで作成できます。複数のソースから解像度が異なる画像を取り込んでほぼシームレスなモザイクを作成できます。モザイク データセットを構成する個々のラスターすべてに 1 つのデータベースからアクセスして、重複するラスターの表示方法を指定できます。

ArcGIS Pro の画像とラスター

画像およびラスター データセットのコレクションの管理

Learn ArcGIS のレッスン

オンライン データベースからの衛星画像のダウンロード

今回のレッスンでは、あなたは都市計画者の役割を担い、1 つの小さな島が境界線になっている巨大都市シンガポールの衛星画像を探していると仮定します。シンガポールは人口密度が高いため (1 平方キロメートルあたり約 8,000 人)、都市開発を厳格に管理する必要があります。LandsatLook アプリを使用して、雲量の最も少ない比較的最近の画像を USGS データベースから探します。画像をダウンロードして、ArcGIS Pro のマップに追加します。次に、画像がより鮮明に表示されるように、デフォルトのバンド割り当てを変更します。

概要

USGS (米国地質調査所) および NASA (アメリカ航空宇宙局) が実施しているランドサット衛星プログラムでは、地球表面の衛星画像を 1972 年から継続的に収集しています。この画像は、USGS の Web サイトから無料で入手できます。ただし、400 万を超えるランドサット画像の中から要件に最も適した画像を見つけることは大変です。

このレッスンで習得できるスキル:

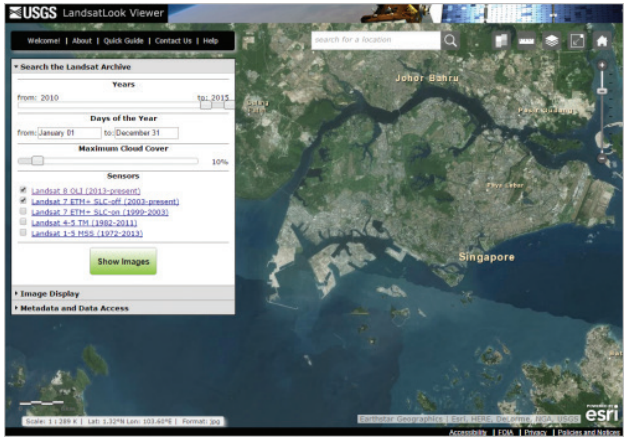
- Landsat データの検索とダウンロード
- ArcGIS での Landsat データの表示

必要なもの:

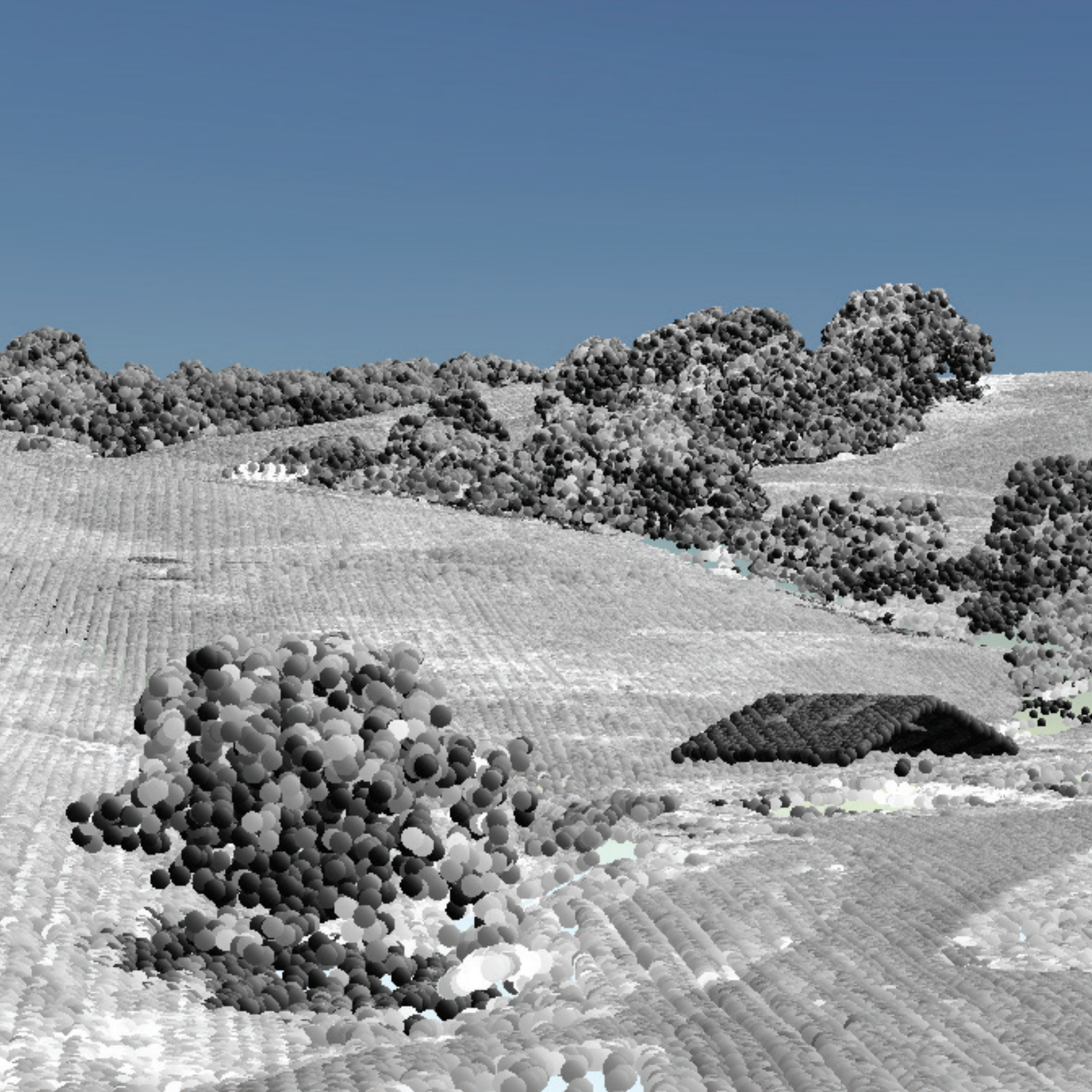
- ArcGIS Pro
- 900 MB のハード ディスクの空き容量
- 所要時間: 1 時間

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter8_Lesson



これまでは、科学および技術ユーザーのコミュニティしかランドサット データを活用してきませんでした。LandsatLook Natural Color 画像製品オプションは、自然色をシミュレーションできるよう選定され、アレンジされたバンドに基づき、ランドサット画像をシンプルで使いやすく、ビューアーにすぐ表示できる形式で提供するために作成されました。このような製品では、アーカイブされたランドサット画像を、特殊なソフトウェアや技術的な専門知識がなくても、簡単に可視化できます。



09

未来は今のなかに

未来のマップ画像はますますインテリジェントに

ここまで読まれた方は、GIS と画像で起こっている大きな変化を十分に認識しているでしょう。過去を遡っても、これだけ多くの画像の情報フィードや地理情報が、コンピューティングやストレージの制約もなく、急速に拡大中の GIS コミュニティに提供されてきたことは一度もありませんでした。このことは、クラウドの ArcGIS を利用すれば、非常に大きなエンタープライズ コンピューティング構成を必要とする大規模組織だけでなく、実質的にすべての人にとっても当てはまります。そこには、想像を超える可能性が広がっています。

GIS は人間の時代に突入

クラウド コンピューティングの成長と ArcGIS の進化、そして画像フィードとリモート センシング フィードの爆発的な増加により、GIS ユーザーにとってはまたとないエキサイティングな時代が到来しています。素晴らしい変革も進行中です。GIS はますますソーシャルになり、アクセスが簡単になっているだけでなく、効果も高まっています。私たちは GIS が人々の暮らしに大きな変化と意義をもたらしているのを毎日のように目の当たりにしています。GIS は人々の活動そのものになりつつあります。ArcGIS を枠組みとして応用し、人々が互いにコラボレーションしたり、作業効率を向上させたり、より効果的な決断を下したり、理解を深めたり、コミュニケーションを円滑に図ったり、世界に大きな違い生み出したりすることで、知性あふれる変革を実現しています。そして、こうした変革の中で画像が果たす役割は計り知れません。

明らかなのは、こうした新しい環境では、組織やコミュニティを横断したコラボレーションや情報共有が歓迎、奨励されるということです。それどころか、こうしたコラボレーションや情報共有は必要なことであると言う人もいるでしょう。これはとてつもなく大きなチャンスで、GIS のコンセプトやビジョンはすっかり姿を変えたと考えています。あなたは組織のためだけに GIS に取り組んでいるのではなく、あなたの作業はより大きな「世界の GIS」の重要な一部分にもなっています。
GIS は、個人的な視点をより大きい共同システムへとつなぎます。それは、双方向的です。他のユーザーが公開している情報を必要に応じて利用し、その代わりに、他の組織が探索したり利用できるよう、自分の情報をより大きいエコシステムにフィードバックします。

情報の共有や利用にこうした変革を巻き起こしたのは画像以外の何者でもありません。

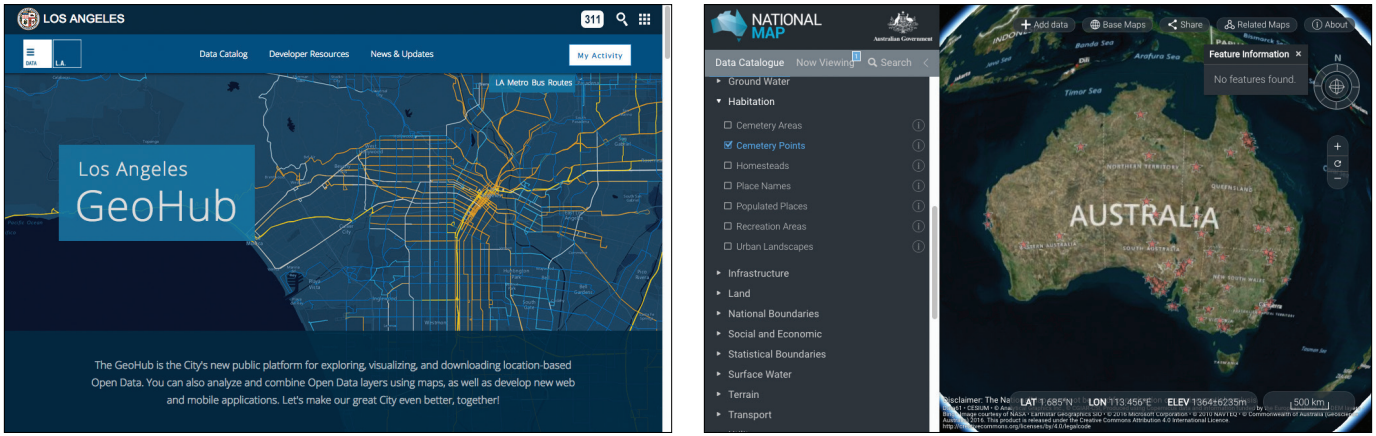
GIS が、オープンデータとコミュニティのつながりを可能にするクラウドに移行するなか、ArcGIS の画像は爆発的な成長を遂げています。米国労働省では、コンピューティングおよび技術産業の中で今後 10 年間に大きな成長が見込まれる上位 3 つの職種として、GIS 関連の職種を挙げています。

世界の GIS を実現する画像の力

最新の GIS は参加型、共有型、共同作業型

GIS は世界中の 350,000 を越える組織によって利用されており、人間が活動する実質的にすべての分野で応用されています。画像は GIS を輝かせるエンジンのようなもので、世界中でかつてないほど活用されています。これこそが、画像のパワーです。見えることは理解することと同じです。

GIS の初期の頃から、成功するためには、直近の作業グループ以外の、他のソースの画像とデータが必要であることが理解されていました。そのためデータ共有の必要性が急速に認識されました。そしてオープンな GIS とデータ共有は GIS コミュニティ全体で非常に急速に勢いを増しました。これらは GIS の導入において重要な課題であり続けています。



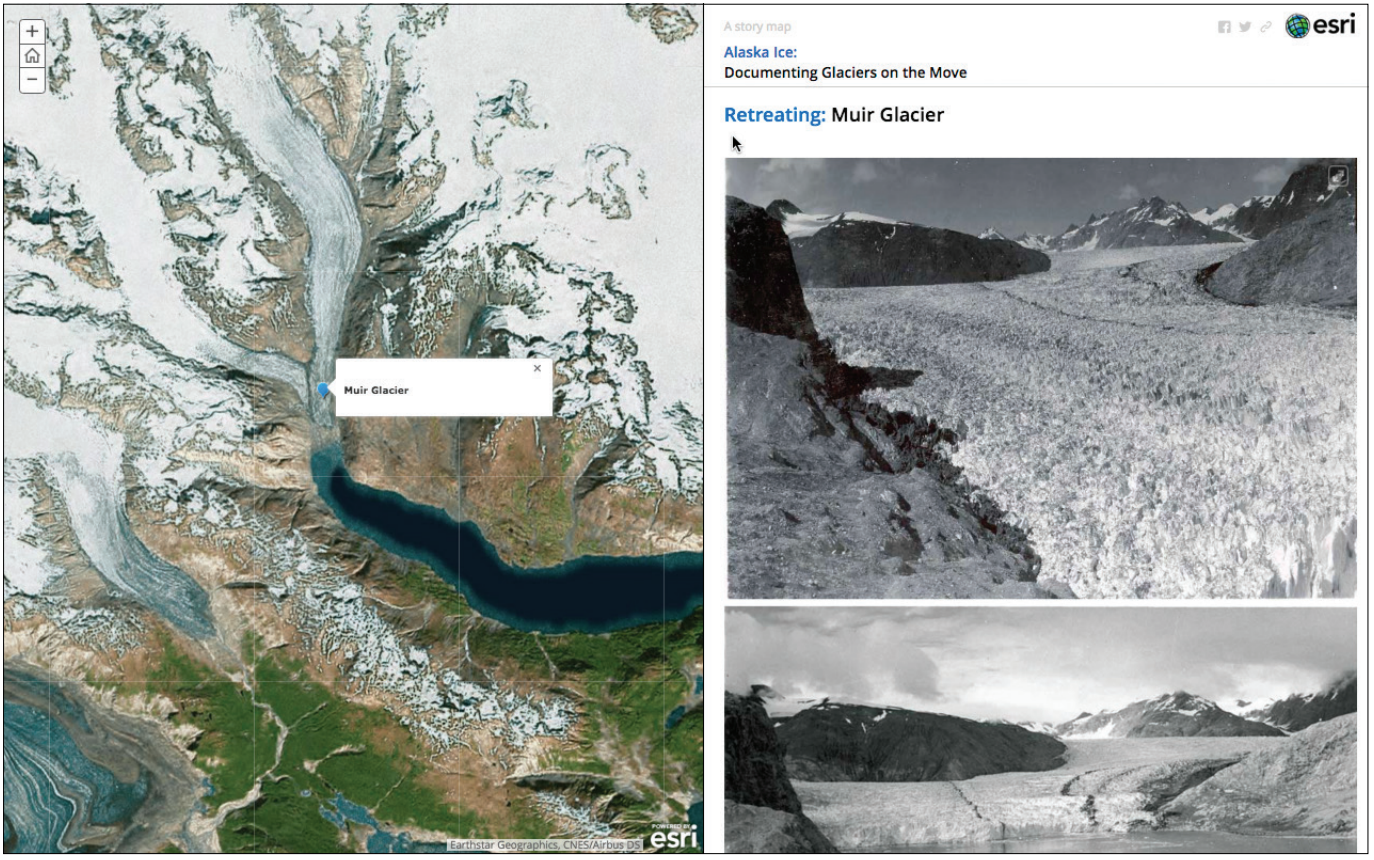
レベルに関係なく多くの政府が、画像コレクションなどの地理情報へのアクセスを公開しつつあります。公開することで自国の市民が大きなメリットを享受できることがわかっているからです。

GIS: 統合のエンジン

GIS は、ある種の統合エンジンを提供します。これは、重要な考え方です。私たちは、独自の地理情報システムに焦点を当て、取り組みを続けています。そして、きわめて有望で、包括的な世界の GIS 構築しています。この GIS の世界は日々成長し、情報は豊かになっています。世界中の画像情報のコレクションが日々集められ、更新されています。こうしたフィードやサービスは、GIS ユーザー コミュニティ全体によってさらなる発展を遂げています。地球を参照する一連の情報レイヤーが、複数のソースから得られた情報を統合しやすくしています。

画像と GIS は Web でアクセス可能

GIS はクラウドに移行しつつあります。クラウドは、情報を利用可能にする素晴らしいコンピューティング ネットワークで、誰もが豊富な情報源にアクセスすることができます。どのレイヤーにも URL (Web アドレス) があるため、それを探すと、データを簡単に使用できるようになります。データ レイヤーの URL を参照して GIS に取り込むだけで、実際の作業に活用することができます。さまざまなソースからレイヤーをマッシュアップしたら、それを Web マップに保存し、アプリとして公開するだけでパワフルな情報製品が新たに生み出し、ほとんどすべての人と共有することができます。地理情報のオーサーシップを主張できる新時代の到来により、私たちが視点を持ち、自らの主張について論拠を示し、他者を説得し、影響を与えることが可能になります。



ある目的で作成されたこのストーリー マップは、アラスカで温暖化が進んでいる様子を裏付けます。GIS コミュニティの多くのユーザーが共有した画像と GIS の応用範囲は多岐にわたります。多くの組織は、これらのリソースにより、GIS コミュニティが提供するコンテンツを日常業務に活用しています。ArcGIS を利用すると、コミュニティ全体で情報を共有することの重要性を認識し、そのありがたみがわかるだけでなく、ArcGIS がどれだけ業務の質を向上させ、私たちの仕事を遂行させてくれているかも実感できるでしょう。

未来の GIS を想像する

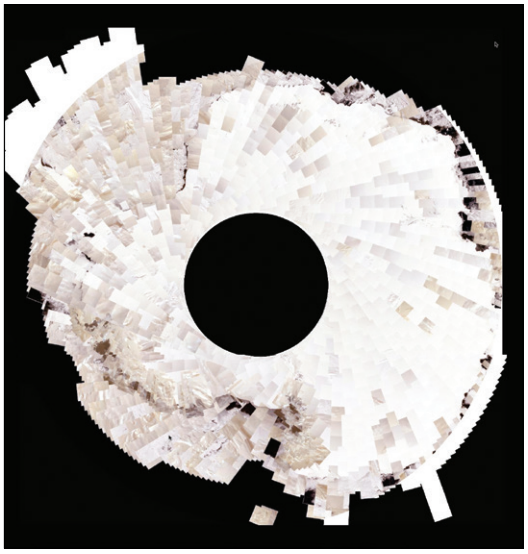
未来は今のなかに

すべての GIS ユーザーが、世界中のさまざまなエリアについて数々の組織が共有している画像、リモート センシング情報、その他の区画レイヤーのカタログにアクセスできる時代を想像してください。さらに、この画像カタログが毎日新しいシーンで更新されるとしたらどうでしょう。新しいセンサーが毎日のように打ち上げられているとしたら? その情報の大半が一般公開されているとしたら? 未来は今のなかにあります。

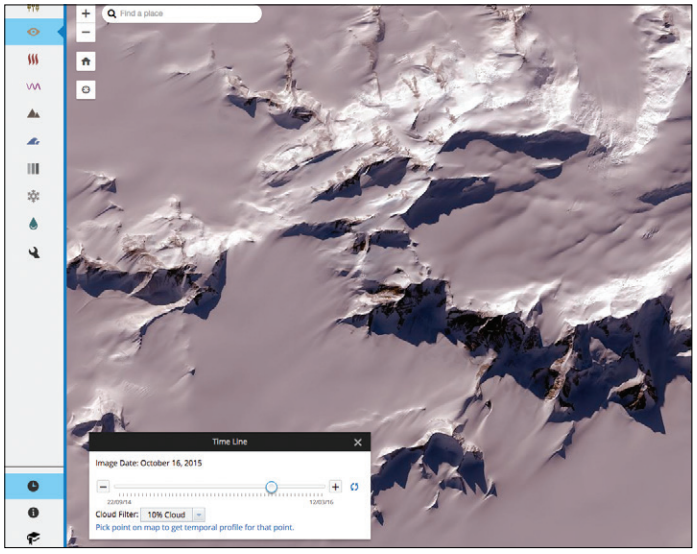
新しく誕生した現代の GIS は、参加型でソーシャルな性質を持ちます。現代社会の情報ニーズを考慮すると、このような新しいシステムはただ参加を促すだけではありません。システムのユーザーにより参加することが求められます。主な進歩の多くを認識し、注意を向けることは重要なことです。このような進歩は、画像と GIS の相乗効果によってどのようなことが可能になるか、私たちの視点やビジョンを変えようとしています。

データ ストレージとコンピューティングに制限はありません

GIS と画像には、ビッグ データだけでなく、ビッグ コンピューティングも必要です。クラウド システムでは、どのようなレベルのコンピューティングも、必要なときに有効化するだけで利用することができます。現在、データ ソースの近くでハイエンドの解析を実行できます。ストレージ容量は実質的に無制限です。必要であれば、増やすことができます。大規模な演算処理が可能な構成を購入することはほとんどありません。クラウド コンピューティングを利用すれば手に入ります。



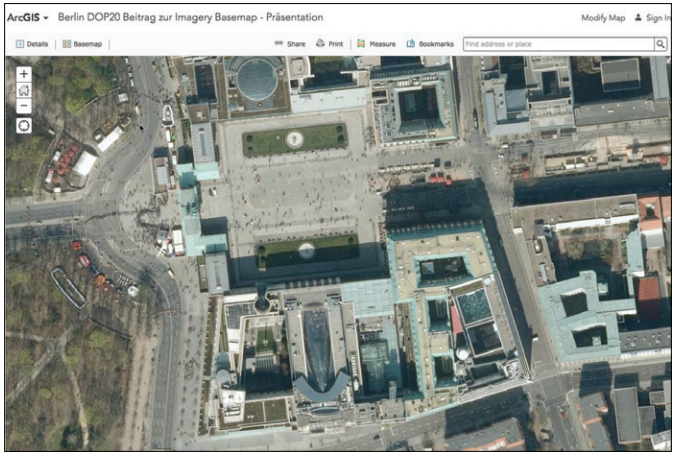
この画像マップは、一定の時間をかけて収集された数千枚ものランドサット シーンの一部を、南極の画像モザイク データセットにまとめたものです。



南極の画像の一部を拡大したもの。タイム コントローラー (時計アイコンでオンにする) を使用すると、クリックするだけで次の画像キャプチャに移動できます。これまでに、科学者が指先 1 本でこれだけのデータ量をすぐに利用できることはありませんでした。

画像の一般共有

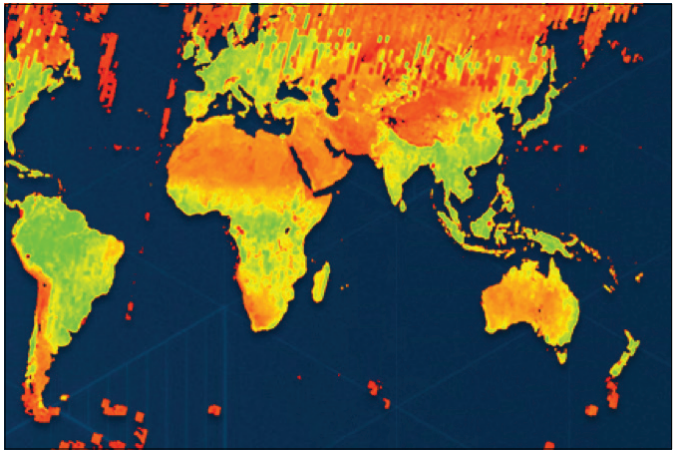
画像処理の初期の時代には、多くの画像ソースは収集にコストがかかり、数か月もの時間を要していました。これからは、衛星などのプラットフォームが、マルチバンド センサー、LIDAR、その他のデータ ソースを使用して価値の高い情報を提供します。ユーザーは、最適な画像を業務に使用することを期待しています。GPS 搭載スマートフォンのおかげで道に迷わずに済むこと、リビング ルームで映画館品質の大画面を楽しめること、世界中の画像にいつでもアクセスできることは、今や当たり前のこととなっています。このような変化による影響は、ようやく認識され始めているところです。



ドイツの首都ベルリン、および世界中のその他数百もの都市や組織が、最新の高解像度オルソ画像を ArcGIS コミュニティ ベースマップに提供してきました。

すぐに使える解析ツール

GIS とは、解析を行い、インテリジェントな解析モデルを使用して複数のレイヤーを組み合わせることです。ArcGIS ではさまざまな解析ツールを豊富に提供しており、業務や問題の解決に活用したり適用することができます。これらの解析ツールは、個人用のデスクトップであれ、大規模なエンタープライズ コンピューターであれ、クラウドの ArcGIS Online であれ、さまざまな場所に常駐するデータに適用できます。画像解析は、急激な拡大を遂げている大規模な画像処理の機能の 1 つです。



画像解析はどこでも使用できます。新たに誕生した画像アナリストたちが、さまざまな画像計算向けのモデルを作成し、共有するでしょう。これらのモデルはギャラリーで提供され、多様性に富み、拡大を続けている GIS コミュニティで使用されます。

ハイパーローカルなカスタム ミッション

ドローン時代が到来しました。それに伴い、個人的な飛行ミッションを実施して独自の地図を作成し、さまざまな問題に対して斬新な方法で GIS を応用することも可能になりました。たとえば街路舗装の状態の確認、共同溝での飛行ミッション、魚類や野生動物の生息環境の保護、緊急事態や災害への対応、気候、森林、農園の監視、小規模で局地的な地形の管理などが挙げられます。

多くのユーザーは、独自のプライベート GIS アプリケーションで使用するために、ローカルな飛行ミッションを実施します。Drone2Map では、特定の調査エリアについて、ほぼリアルタイムに GIS ベースマップの基盤を作成できるため、それを利用してさまざまな種類の GIS レイヤーを追加し、解析することができます。これを「インスタント GIS」と呼びます。

カスタムの衛星ミッション

毎日新しいセンサーが打ち上げられ、特定の目的にかなう画像コレクションの作成に役立てられています。これに含まれるスペクトル バンドは、貴重な情報や結果を生成する解析処理が可能で、これを基に、私たちの業務やミッションを効果的に監視することができます。

靴箱ほどのサイズの衛星が国際宇宙ステーションから打ち上げられています。こうした小型衛星は、米国国立研究所、NanoRacks、Planet Labs の共同ミッションの一環として打ち上げられているもので、さまざまな実用や用途向けに地球のスナップショットを毎日撮影することを目的としています。

技術的なトレンドの融合

オンボードの解析により、未加工の画像と処理済みの画像の両方にアクセス

将来的には、衛星から未加工の画像データをダウンロードするだけでなく、解析計算が行われた後の画像をその場でダウンロードし、画像で使用できるようになるでしょう。

ArcGIS には、センサーからローカル コンピューター、そしてインテリジェントな画像のクラウド処理など、実質的にどこにでも導入可能な解析機能が搭載されています。さらに、この解析処理はほぼリアルタイムで行われます。つまり、これらのプラットフォームから得られる情報フィードは、未加工の画像データフィード以上の価値があるということです。有益な情報に加工された画像インテリジェンスが提供されるため、業務や活動に役立てることができます。

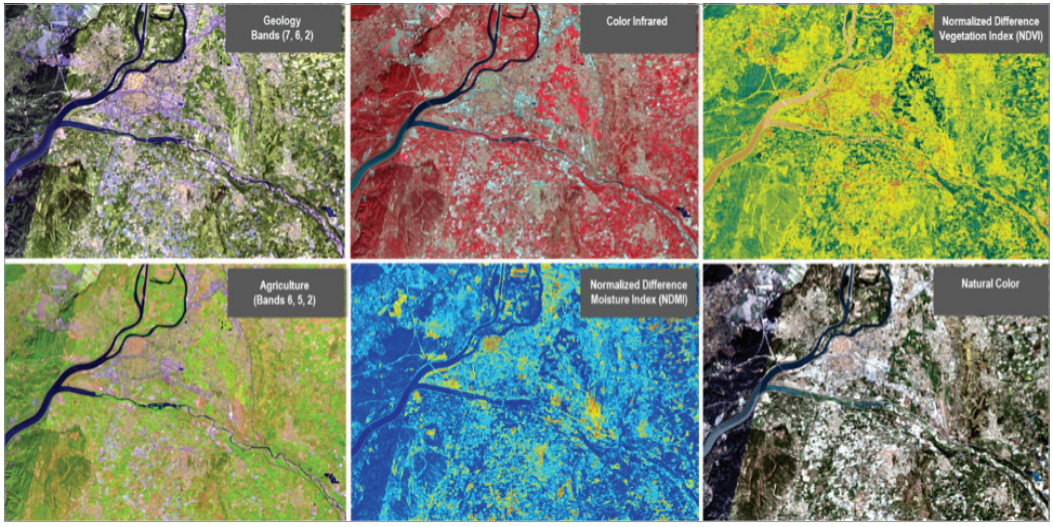
コンピューティングの制約はなくなる

Google のように、10,000 台以上のコンピューターにアクセスできるユーザーはどれだけいると思いますか? また、それだけの費用を支払える人はどれだけいるでしょうか? 実は、どの ArcGIS ユーザーも、クラウドの大量のコンピューティング リソースにアクセスでき、分散型ラスター ストレージや解析を実行できます。

世界中で増えつつある GIS が地球のマクロスコープを提供

GIS と画像は、さまざまな地理情報レイヤーを組み合わせることで、統合的なエンジンを提供します。数千もの組織でコミュニティ参画や共有が増えるなか、世界の GIS の情報と画像レイヤーはさらに豊富に、そして有能になっています。ArcGIS とクラウド コンピューティングにより、地球の洞察を得ることができます。

これらのレイヤーを視覚的にも解析においても統合できるため、より深い新たな洞察と視点を得ることができ、世界に対する理解を深め、効果的に管理することができます。



マルチスペクトル画像はセンサー プラットフォームから直接リアルタイムで提供されるもので、さまざまな用途に対して処理し、表示することができます。画像処理アルゴリズムを未加工の画像に適用すると、自分が望む結果を生成することができます。この例では、ランドサット 8 シーンを解釈し、それと同時にリアルタイムの画像インテリジェンスとして配信しています。

未来は個人的な用途にも

ナビゲーション可能なこの 3D Web シーンは、実際の自転車のルートを示すものです。速度と心拍の情報を GPS デバイスから取得し、3D 空間グラフとして高解像度の Web シーンに表示し、それを標高を強調した地形にドレープしています。

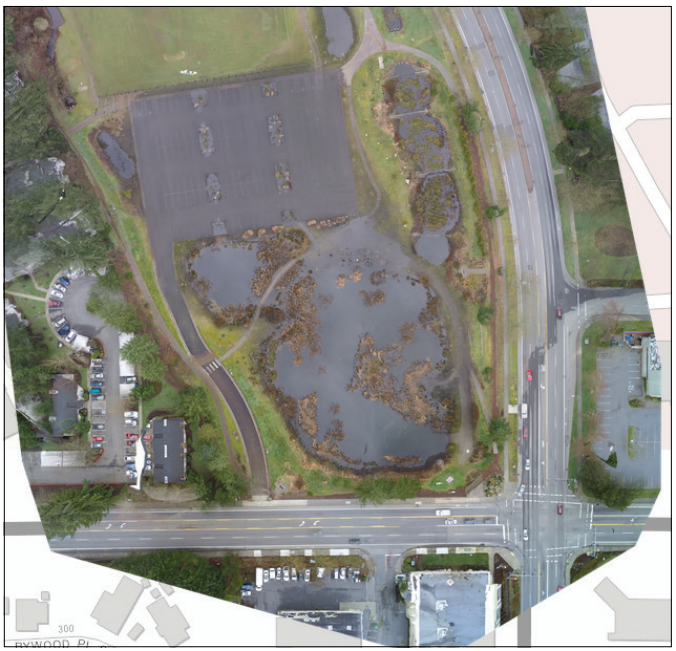
コンバージング テクノロジーは、想像もつかないような没入型の操作を地理画像に対して行える時代へと先導しています。Occulus Rift のような 3D ヘッドセット用の新しいアプリケーションにより、私たちの周りの世界に対する理解と関係性の見直しが期待されています。驚きはまだまだこれからです。

ドローンからの GIS データの作成

2D ギャラリー

ドローン ミッションで収集された写真や動画は、オルソ補正されたマッピング画像を作成するために真上から撮影されているか、調査のために、建物などのインフラストラクチャに対して斜めの角度で撮影されています。いずれの方法も、GIS 対応のデータを生成します。このページでは、Drone2Map セッションから生成された 2D GIS データ出力の例を示します。次のページでは、3D 出力のギャラリーを示します。

オルソモザイク



GIS ユーザーにとって、オルソモザイク画像とは究極のグランドトゥルースです。オルソモザイクは、既存のマップ フィーチャを検証し、手動または自動のデジタル処理によって新しいマップ フィーチャを作成します。また、超高解像度で調査エリアの GIS ベースマップを表示することもできます。

DSM

スイスのジュネーブ湖畔にある同じ建物の DSM とオルソモザイクを並べて表示しています。これを見ると、地上にある事物の本当の形状がわかります。ここでは陰影起伏レンダラーが適用されています。

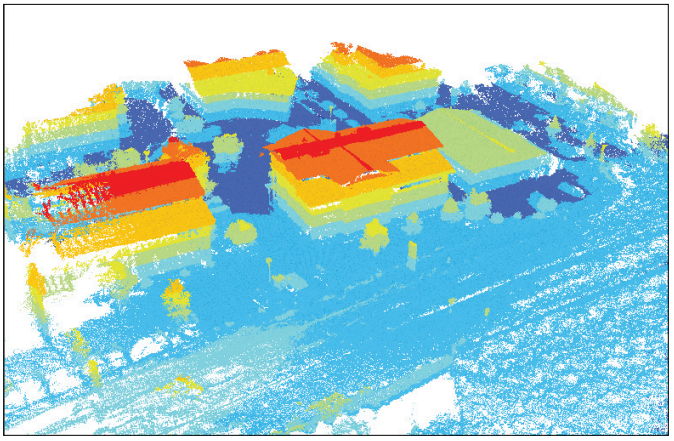
ドローンからの GIS データの作成

3D ギャラリー

RGB でレンダリングされた LAS データ

LAS ファイルは、航空機 LIDAR データを格納する業界標準の形式です。このレンダリングでは、ソース写真から各ポイントに RGB 値を割り当て、写実的な効果を実現しています。

標高としてレンダリングされた LAS データ



同じ LAS 点群を、データの属性に基づいてレンダリングできます (ここに示すような標高など)。赤は、シーン内で最も標高が高い場所です。

3D メッシュ

3D メッシュはすべてのポイントの合成で、三角形や面の集合でつなげられています。これにより、ナビゲーション可能な 3D シーンが作成されます。

斜めからの写真のコレクション

カメラが撮影した、斜めからの未加工の写真には、いくつかの用途があります。まず、3D データ レイヤーのソースとしての役割があります。また、各写真は、それ自身が単独で調査用の製品として機能します。

オピニオン リーダー：Kathryn Keranen と Lyn Malone

GIS 技術は、学生の学習方法にも変化をもたらします

「デジタル移民」という言葉を聞いたことはありませんか？デジタル移民とは、ソーシャル テクノロジーがオンラインに登場する前に生まれた人たちのことです。たとえば、「5 歳の甥っ子に、スマートフォンのアプリの使い方を教えてもらった」人などです。今日の学生の大半は、スマートフォン、デスクトップ パソコン、タブレット、ラップトップ、GPS デバイスがない生活を経験したことがないはずです。生まれたときからインターネットやモバイル技術、ソーシャル メディアを通じて、デジタル的に世界とつながってきた彼らは、最初の「デジタル ネイティブ」です。これは、デジタル技術になじむ努力を必要としない世代を表すために、ピュー財団が使用している用語です。このおかげで、現在の学生が互いにつながったり、世界を見たり、技術を使用したりする方法も変わりました。デジタルの世界で育ったことは、学習の方法にも大きく影響しました。

GIS、GPS (全地球測位システム)、リモート センシングは、学生が世界について学ぶ方法を根本的に変えました。政府機関や企業、環境グループ、ヘルスケア業界がそれぞれの分野で問題を解決し、決断するために使用しているのと同じツールを、学生たちは教室の中で使用し、実世界の問題を探索し、それに対処しています。

GIS は、実世界で活躍する、問題解決のためのツールです。教育現場以外の GIS ユーザー、つまり政府、企業、天然資源管理、ヘルスケアなどの分野に携わる人たちは、このパワフルな技術を、まさに問題解決のために活用しています。このツールは、最も汎用性が高く、効果的な問題解決ツールであると言えます。その主題が科学であれ数学であれ経済であれ、あるいは教室が小学校であれ中学校であれ高校であれ、学生は GIS を通じ、技術を効果的に使用して包括的に問題に対処する方法を学ぶことができるとともに、21 世紀の仕事や生活において直面する課題にも備えることができます。

教育界のリーダーは、問題ベースの学習方法の是非を長きにわたって議論してきました。問題ベースの学習には終わりがありません。つまり、1 つの正解を覚えるのではなく、さまざまな代替策や可能性を模索するというプロセスです。教室で GIS を使用することで、問題解決のスキルが養われます。たとえば、関連性のある質問をすること、その質問を調査するためのデータを獲得すること、そのデータのパターンを観測し、解析すること、データ分析結果から推測と結論を得ること、そして調査の結果に対して行動するなどといったことが行えるようになります。GIS は、問題解決能力が欠かせない職業にも対応できます。GIS を利用できる教室は将来への足掛かりとなるのです。GIS は、その性質から複数の専門分野にまたがっているため、さまざまな主要科目の知識やスキルを統合するのに理想的なツールです。GIS では、数学と地理学が組み合わさることで、歴史や市政学、環境科学、生物学、地球科学、社会学、言語学、文学などの学問分野のデータの観測や解析の基盤となります。複数の専門分野にまたがる解析を通じ、GIS は学習したことを幅広いコンテンツ領域に引き継ぐだけでなく、その応用性と関連性を示すことで、コンテンツ領域の学習を強化します。

私たちは過去 20 年間にわたり、GIS で海洋の変化を目の当たりにしてきました。その変化は、教室においても大きな影響がありました。20 年前、GIS はデスクトップベースのソフトウェアでした。それを教室で使用するには、教師たちはソフトウェアのインストールやデータ ストレージに伴う困難な課題に対処しなければなりませんでした。学生間での共有や共同作業は、多くの時間と労力を要することもあります。今日の教師や学生たちは、ArcGIS Online を使用してこのような問題を回避することができます。ArcGIS 組織のパワフルな機能を通じて無限のオープンデータ リソースを使用して独自のデータを充実させたり、データの解析、共有、共同作業を促進することが可能になります。さらに、モバイル デバイス向けのデータ収集アプリが普及したことで、学生たちは教室から出て、現実世界の調査エリアでも GIS を使用できるようになります。

GIS は、他の教育ツールではできない方法で、学生たちの関与を促進します。 学生たちは、GIS を使用して自分たちのコミュニティの問題点を解決し、個人的に関心がある問題にも直面するパワーを得ることができます。 GIS を使用すると、学生たち

Kathryn Keranen: バージニア州フェアファックス郡の元教師。20 年前から現在にわたり、ジェイムズ マディソン大学の非常勤講師として、学生や講師たちを対象に地理空間技術について教鞭をとっています。全 4 巻のシリーズ『Making Spatial Decisions』を共同で執筆しました (共同執筆者は Robert Kolvoord 氏)。Lyn Malone: 地理空間技術の教室での応用を専門とする教育コンサルタント。著書に『Mapping Our World: GIS Lessons for Educators and the Teachers Guide to Community Geography

Keranen および Malone の両氏は、Esri Press 発行の『Instructional Guide for the ArcGIS Book』を共同執筆しました。

は自らが調査員として学習することができます。疑問点に関連するデータを収集、評価、解析を行う中で、学生たちは GIS ワークフローを通じてその情報を処理し、データ主導型の結論を見出すことができます。ある教師は「地図を作った学生は、学習した生徒」だと言いましたが、まさにそのとおりです。

2002 年に、新しい学習モデルを促進することを目的として官民が協力して設立した Partnership for 21st Century Skills は「大半の学生たちが学校で得る知識やスキルと、21 世紀の一般的なコミュニティや職場で必要となる知識やスキルには、いまだ大きなギャップがある」と主張しています。カリキュラム全体で最先端の技術 (特に GIS) を統合することは、そこにあるギャップを埋める重要な橋渡しとなります。

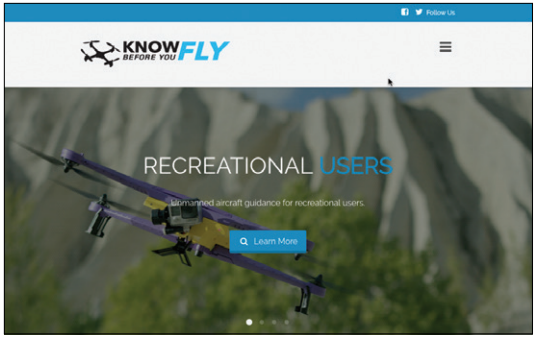
私なりの意見を 3 つ述べさせていただきます。まず、学生に注意を向けましょう。新しいソフトウェアや新しいカリキュラムに対する学習者の反応をしっかりと観察し、理解する姿勢を持とうとしなくてはなりません。現在の学生たちのコミュニティは、まったく新しい期待感とスキルを持っていることを忘れないでください。『地理情報を活用するための 10 個の素晴らしいアイデア』を初めて紹介したとき、何人かの学生は 20 分のうちに、オンライン マッピングのラップトップ画面はそのままにして、携帯電話でこの冊子の PDF 版を開いてました。私たちは顔を見合わせて「果たしてうまくいくのでしょうか」と思ったものです。もちろんうまくいきました。その 5 分後には、他のほとんどの生徒たちも同じことをやっていました。次に、学生たちの知識を有効利用しましょう。彼らはモバイル デバイスやアプリのスキルがあるため、手順書を作成しておく必要はありません。最後に、最も重要な点ですが、学生たちに自分たちの質問をさせましょう。

クイックスタート

ドローン ミッションのチェックリスト

連邦航空局 (FAA) の統計によると、2016 年 3 月現在、米国の UAV (ドローン) パイロットの数はすでに 400,000 人を越えているそうです。世界的に見ると 100 万人を越えるでしょう。ドローン愛好家であれプロであれ、素晴らしい時代であることは間違いありませんが、国内でドローン飛行を行う際には、規則を理解しておく必要があります。他の国々でも、それぞれの規則が定められています (定められていない可能性もあります)。ミッションを遂行する前に、地域の航空当局に必ず確認してください。次に、一般ユーザーと民間向け小型ドローン業界のリーダーである 3DR が作成したリストの一部をご紹介します。

- ✓ 自宅を出る前に、コントローラー、ドローン、モバイル デバイスが完全に充電されていて、すぐに使用できる状態であることを確認します。GoPro® を使用する場合は、GoPro のバッテリーが充電されていることも確認してください。
- ✓ 現場では、ドローンを飛ばす場所に人がいないことを確認します。ベテランのパイロットであれ初心者であれ、人がいる場所では飛ばさないでください。予期しない飛行障害は、いつ起こるかわかりません。自分自身や他人の安全を守るようにしましょう。
- ✓ 小型ドローン (3DR Solo など) は悪天候に対応できるよう設計されていません。強風、雪、雨など荒れ模様の場合は、天候が回復するまで待ちましょう。
- ✓ 空港から 5 マイル以上離れた場所で飛ばしてください。
- ✓ 混雑している Wi-Fi 環境から離れましょう。Wi-Fi ネットワークが多数存在する場所にいると、ドローンへの無線接続が不安定になることがあります。また、電柱や携帯電話の基地局などの背の高い物により干渉が発生することもあるため、それらの物からは離れましょう。
- ✓ 滑らかに離陸させるには、平坦で安定した場所を選んでください。離着陸の場所から半径 20 フィート以内に何もないことを確認してください。



Know Before You Fly は、無人航空機システム (UAS) の安全性に関与する 2 つの主要組織 (Association for Unmanned Vehicle Systems International (AUVSI) と Academy of Model Aeronautics (AMA)) によって設立されました。FAA はその設立メンバーと連携し、安全かつ責任ある飛行に関する普及活動を行っています。

Learn ArcGIS のレッスン

Drone2Map の基本操作

このレッスンでは、ドイツの Etterschlag のオフィス ビスに対し、ひと通りの検査およびマッピング ミッションを実施します。Drone2Map のトライアル版とサンプル データをダウンロードし、ソフトウェアを使用してドローンから送られてくるデータを処理します。2D 出力と 3D 出力を作成するためのパラメーターを設定します。オルソモザイク、3D メッシュ、デジタル サーフェス モデルに加え、特殊な共有ドキュメントである 3D PDF などです。最後に、ArcGIS Online でデータ タイル サービスを公開します。

概要

ドローンを使用すると、規模や地形によりアクセスしにくい、または完全に網羅することが難しい自然物、人工物、土地や領域の画像を手頃な価格で撮影できます。ドローンを使用した、重要なインフラストラクチャの調査は、成長している活用分野の 1 つであり、広大なエリアにまたがる固定資産などの調査能力を向上させています。

このレッスンで習得できるスキル:

- Drone2Map の使用
- 3D データの公開

必要なもの:

- 所要時間: 60 分
- ArcGIS 組織の公開者ロール

レッスンの開始

Esri.com/imagerybook/Chapter9_Lesson

Solo カメラを搭載した、3DR 製クアッドローター ドローンで撮影した高解像度のサンプル データを使用して、2D および 3D GIS データのマップをいくつか作成します。

制作者と謝辞

制作者

編集者: Clint Brown、Christian Harder
シリーズ編集者: Christian Harder

第 1 章 - Clint Brown
第 2 章 - Christian Harder
第 3 章 - Steve Kopp、Melanie Harlow
第 4 章 - Gerry Kinn、Cody Benkelman
第 5 章 - Nawajish Noman、
Vinay Viswambharan
第 6 章 - Brian Sims、Craig McCabe
第 7 章 - Kevin Butler、Daniel Siegel
第 8 章 - Mike Muller、Gerry Kinn、
Peter Becker
第 9 章 - Christian Harder、Clint Brown、
Tony Mason

その他の制作者 - Eric Rice、Greg Allord、Jamie Ritchie、Kass Green、Kathryn Keranen、Kathryn Sullivan、Lawrie Jordan、Lyn Malone、Matt Artz、Mark Romero、Sarah Parcak

謝辞

多数の Esri 地図製作者とデータ科学者の作品が取り上げられています。Aileen Buckley、Allen Carroll、Andrew Skinner、Jennifer Bell、Jim Herries、John Nelson、Kenneth Field、Lisa Berry、Nathan Shephard、Sean Breyer、および Richie Carmichael に感謝いたします。

Learn ArcGIS チームは、Bradley Wertman、Brandy Perkins、John Berry、Kyle Bauer、および Riley Peake です。

Betty Martinez、Candace Hogan、Catherine Ortiz、Chris Andrews、Claudia Naber、Clayton Crawford、Cliff Crabbe、Dan Hedges、Dan Zimble、Dave Boyles、Dawn Wright、Eleanor Haire、Eric Laycock、Gisele Mounzer、Jeff Liedtke、Jeremy Schuyler、Jie Zhang、John Calkins、Kathleen Morgan、Kevin J. Butler、Michelle McDaniel、Mike Kataoka、Mike Livingston、Peng Gao、Renee Brandt、Sandi Newman、Steve Pablo、Veronica Rojas、および Wei Ying のプロジェクトへのサポート、フィードバック、アイデアの提供に心から感謝いたします。

最後に、ArcGIS のテクノロジを利用して素晴らしい仕事をしていただいた世界中の画像および GIS ユーザー コミュニティに感謝いたします。

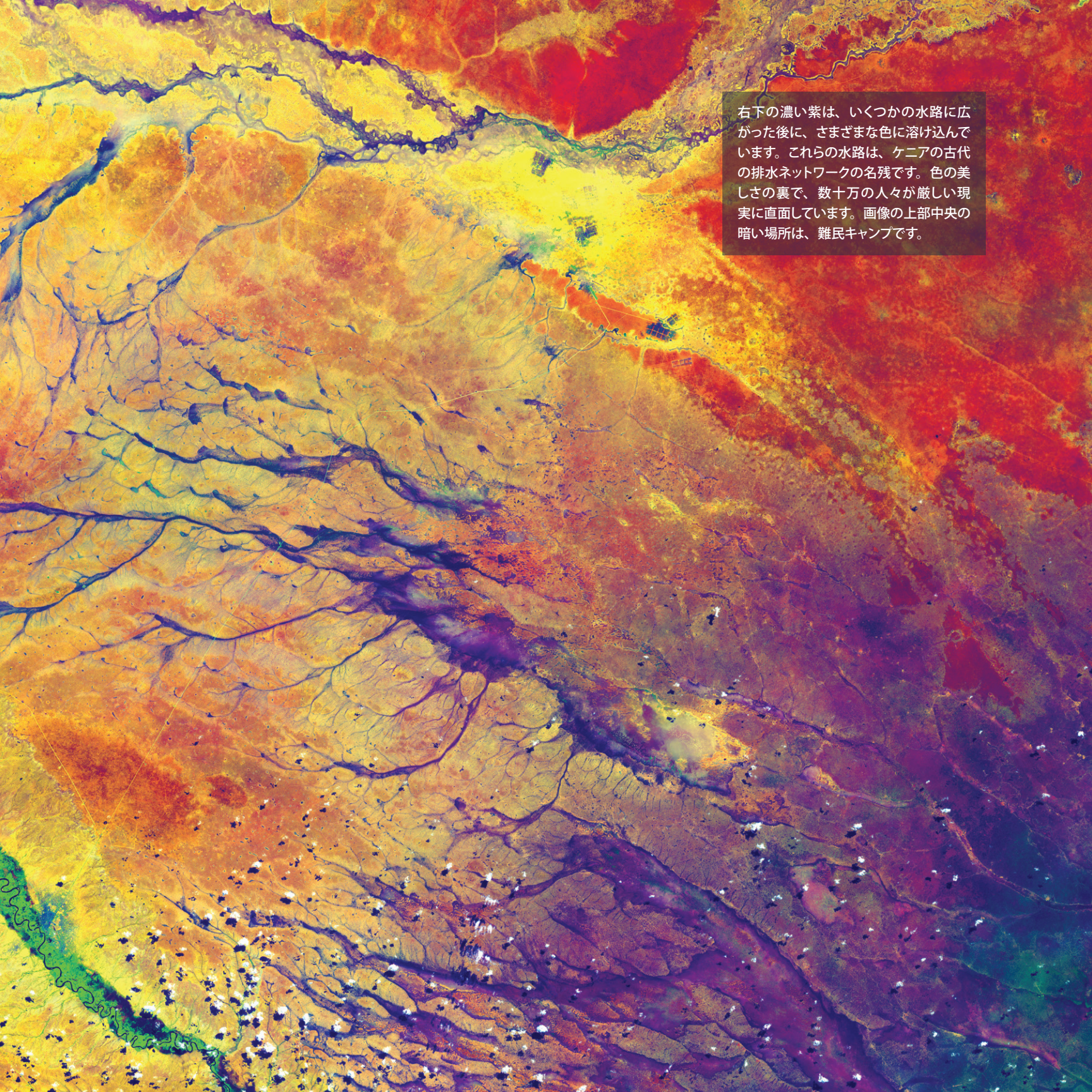
本書で使用したデータとマップ

ページ　著作権

viii、ix　不気味な雲の影: USGS、Landsat 8。
1、2　画像は可視化された情報: 画像の提供元: DigitalGlobe。
3　ステレオ画像:「Operation Crossbow: How 3D glasses helped defeat Hitler」からの写真: ソース - BBC News / BBC Sport / bbc.co.uk - © 2011 BBC。
4　青いビー玉: NASA/Apollo 17 号の乗組員。Harrison Schmitt または Ron Evans による撮影。
月面に立つ Buzz Aldrin: NASA/Apollo 11 号の乗組員。Neil Armstrong による撮影。
4　Neil Armstrong: 月面を歩いた最初の小さな一歩: thenatman。
5　Landsat 陰影起伏ベースマップ: Esri、USGS (米国地質調査所)、NASA (アメリカ航空宇宙局)。
5　Landsat: Unlocking Earth's Secrets: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS (米国地質調査所)、NASA (アメリカ航空宇宙局)。
6　高解像度画像: Esri、Earthstar Geographics、HERE、DeLorme。
7　呼吸範囲: Esri、Visible Earth、NASA。
7　湿潤指数: 乾湿の度合: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS。
8　悪天候の一般情報マップ: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS、EPA、NPS| AccuWeather, Inc. | © 2013 Esri.
8　1859 年と現在のサンフランシスコ: Esri、SFEI & Quantum Spatial、USDA FSA、Microsoft、David Rumsey Historical Map Collection。
11　世界の土地被覆: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | ソース: MDAUS | Esri、HERE。
12　興味深い場所: Esri、USDA、FSA、Microsoft。
12　誰もが使用できる陰影起伏: Esri、USGS、NOAA、DeLorme、NPS、CGIAR。
12　Pictometry 3D シーン: Esri、USDA、FSA、Microsoft。
13　ロシア、レナ川の三角州: USGS、Landsat NASA、Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
14　コリマ火山: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、USGS (米国地質調査所)、NASA (アメリカ航空宇宙局)。
14　ヒマラヤ山脈: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
14　ブラジル、ネグロ川: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
15　地球が昇る画像: NASA。
16　火星での液状水の発見: Esri、NASA、JPL-Caltech、アリゾナ大学。
16　ニュー ホライズンズ: 冥王星の秘密を明かす: Esri、NASA。
16　(Is there) Life on Mars?: Ken Field、Esri、MGS (NASA/JPL/GSF) での MOLA (火星周回レーザー高度計) 機器による約 463 m/px の画像。IAU/USGS が公式に認定した MRCTR GIS lab (USGS) からの名称です。着陸地点データは NASA が提供。
17　Learn ArcGIS: Esri。
18　画像の基本操作、Learn ArcGIS: Esri。
19, 20　米軍の偵察飛行: アメリカ国立公文書記録管理局。
21　航空偵察カメラを搭載した RFC 飛行機: Royal Flying Corps。
22　Lawrence Captive Airship から撮影された大きな被害の出たサンフランシスコ。サンフランシスコ湾の上空 2,000 フィートから海辺が撮影されています: Geo. R. Lawrence Co. (パンクロマティック写真家) による写真、Library of Congress、複製番号 LC-DIG-ppmsca-07823 DLC。
22　キューバ、サンクリストバルの MRBM サイト 1、1962 年 10 月 23 日: 米国政府の偵察画像。
23　Landsat 8: NASA/US 地質調査、内務省。
23　ヘリオス: NASA。
23　Syncom: NASA。
23　アポロ 17 号から見た地球: NASA。
24　ロッキード SR71 ブラックバード: Tsgt. Michael Haggerty、USAF。
24　3DR Solo プライベート ドローン: © 3DR。
24　米海軍 RQ-2B Pioneer 無人航空機: Photographer's Mate 二等海曹 Daniel J. McLain による海軍写真。
24　ヘリコプター : CC-by-1.0 に基づくライセンス。
24　セスナ 172 モデル R182 D-FRZE © Nick Dean。
24　GPS、LIDAR、カメラを搭載した HERE の自動車: © Nokia HERE。
24　青いビー玉: NASA/Apollo 17 号の乗組員。Harrison Schmitt または Ron Evans による撮影。
25　大きな穴: Esri、Earthstar Geographics、National Geographic (コンテンツは National Geographic の現在のマップ ポリシーを反映していない可能性があります)、DeLorme、HERE、UNEP-WCMC、USGS、NASA、ESA、METI、NRCAN、GEBCO、NOAA、increment P Corp。
25　ヨーロッパの森林地帯: © EEA、コペンハーゲン、2012 年。EEA、コペンハーゲン、2014 年。EEA。Esri、DigitalGlobe、GeoEye、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、USDA、USGS、AEX、Getmapping、Aerogrid、IGN、IGP、swisstopo、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap の制作者、GIS ユーザー コミュニティ。
25　The Uprooted: Esri、UNHCR、Airbus Defense and Space、PesentiStory。
26　フロリダ州のエルニーニョの影響: 米国商務省、国立気象局、フロリダ州タンパ湾/ラスキン。
26　提供元: ケンタッキー大学でのケンタッキー州の地質調査。
26　建設中: テキサス州フラッガービル市の建設中の開発プロジェクト: Esri。
26　Urban Observatory: © 2014 Esri、Richard Saul Wurman & RadicalMedia。
26　ハリケーン サンディ : The AfterMap: Esri、Microsoft、NOAA、HDDS、USGS、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap の制作者、GeoEye、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、USDA、AEX、Getmapping、Aerogrid、IGN、IGP、swisstopo、GIS ユーザー コミュニティ。
27　衛星画像ベースマップ: Esri、Earthstar Geographics、HERE、DeLorme。
27　高解像度画像: Esri | Earthstar Geographics
27　サウスサンドウィッチ諸島の背後に隠れる雪氷と雲量: Earthstar Geographics、LANCE (Land Atmosphere Near real-time Capability for EOS) システムの画像と GIBS (Global Imagery Browse Services) のサービスを使用しています。どちらも NASA/HQ が資金提供する NASA/GSFC/ESDIS (Earth Science Data and Information System、http://earthdata.nasa.gov) が運営しています。Esri、HERE、DeLorme。
27　マルチスペクトル Landsat: Esri、USGS、AWS、NASA。
27　パンクロマティック Landsat: Esri、USGS、AWS、NASA。
28　Dogami LIDAR データ ビューアー : Esri、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap の制作者、GIS ユーザー コミュニティ。
28　水柱ソナー データ: National Geophysical Data Center (2014): Water Column Sonar Data Collection。National Geophysical Data Center、NOAA。
28　ArcGIS Viewer for Flex: Esri。WMS レーダー反射率サービスの提供元: アイオワ州立大学。
29　衛星マップ: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、NASA。
30　道路レベル: Mapillary。
30　Reality Lens: HERE。
31　Mission Inn の解像度: Esri、Riverside、Microsoft。
31　Mission Inn の解像度: Esri、USDA Farm Service Agency。
32　Jim Block による写真。
33　MODIS: 地球のデイリー ビュー : Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS | LANCE (Land Atmosphere Near real-time Capability for EOS) システムの画像と GIBS (Global Imagery Browse Services) のサービスを使用しています。どちらも NASA/HQ が資金提供する NASA/GSFC/ESDIS (Earth Science Data and Information System、http://earthdata.nasa.gov) が運営しています。
33　Living Atlas of the World: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
33　Landsat: Unlocking Earth's Secrets: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS (米国地質調査所)、NASA (アメリカ航空宇宙局)。
33　GLDAS: An Unprecedented Look at Earth's Water Cycle: Esri。
34　ArcGIS Earth: Esri。
35　画像の定義: 画像の提供元: DigitalGlobe。
38　GLDAS からの降水量: Esri、HERE、FAO、NOAA、NASA。
38　2011 年の米国の土地被覆: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
38　ニュージーランドの画像: Esri、ソース: LINZ Data Service、再利用のライセンス: Creative Commons Attribution 3.0 New Zealand License。
38　Landsat 8 (短波赤外): Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
38　サウスカロライナ州チャールストンの洪水の歴史: USDA FSA、DigitalGlobe、GeoEye、Microsoft、CNES/Airbus DS、NOAA Office for Coastal Management、Esri、HERE、DeLorme。
38　陰影起伏ベースマップ: © 2014 Esri。ソース: Esri、DeLorme、USGS、NPS。

39 Christian Harder による写真。
41 Landsat 陰影起伏ベースマップ: Esri、USGS (米国地質調査所)、NASA (アメリカ航空宇宙局)。
41 季節の変化: Earthstar Geographics | Esri、HERE、DeLorme。
42 オルソ幾何補正された画像: World Elevation Service、Esri、NASA、NGA、USGS。
43 Landsat 8 (陸地/水域の境界): ニューオーリンズ市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS、NASA。
43 Landsat 8 (近赤外): 土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
43 Landsat 8 (True Color): モンゴメリー郡、ハンツビル市、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
43 Landsat GLS (植生解析): モンゴメリー郡、ハンツビル市、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS、NASA。
44 USA NAIP 画像: VITA、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA | Esri、USDA Farm Service Agency | VITA、Esri、HERE、DeLorme。
44 USGS Historical Topographic Map Explorer: ニューオリンズ市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
44 The Scientific Data Discovery and Explorer: Esri、GEBCO、IHO-IOC GEBCO、NGS、DeLorme。
47 北極海ベースマップ: Esri、DeLorme、GEBCO、NOAA NGDC、NOAA、National Geographic、HERE、Geonames.org、その他の制作者。
47 北極海ベースマップ (海氷範囲): Esri、DeLorme、GEBCO、NOAA NGDC、National Snow and Ice Data Center、National Geographic、HERE、Geonames.org、その他の制作者。
48 Jack Dangermond と Dawn Wright 教授 - 2012 Esri Oceans Summit: Esri。
49 Landsat 画像/イメージ サービスへのアクセス: Esri、USGS、Landsat NASA。
51、52 Landsat 画像/イメージ サービスへのアクセス: Esri、USGS、Landsat NASA。
53 モモトンボ火山: Esri、HERE、DeLorme、USGS、METI/NASA。
54 円の世界 - ニュージーランドのエグモント国立公園: Esri、Earthstar、CNES/Airbus DS。
54 衛星画像 - ニューファンドランド: セント ジョンズ、DigitalGlobe、GeoEye | Esri、HERE、DeLorme、NRCan。
56 Landsat 8 パンクロマティックおよびパンシャープン: IGN、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA。
56 Landsat GLS (農業): Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、NASA。
56 湿潤指数: 乾湿の度合: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS。
57 海岸の動態とリスク: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | ROLNP、2014。
58 深刻な洪水の監視: © CNES 2013-2014、Distribution Airbus DS。
58 鉱物パターン検出のための採鉱現場の画像: Digital Globe。MDA Information Systems LLC によって処理された画像。
59 コペルニクス: © CNES 2013-2014、Distribution Airbus DS.
60 Landsat 8 の写真: NASA。
60 Landsat 8 の写真: NASA。
60 Landsat Data Continuity Mission の概要: NASA.gov。
61 Sentinel-2 が撮影した藻の台風の目: ESA。
62 レッド エッジ: MicaSense、サスカトゥーン市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、USGS、EPA、USDA、AAFC、NRCan。
64 KyFromAbove-Elevation: モンゴメリー郡、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA | KYAPED Partners、DGI。
64 オソで発生した地滑りの 3D スワイプの前後: Puget Sound Lidar Consortium、ArcGIS Online の画像。(サーフェスは 2013 年中旬に収集)、WSDOT、USGS。
65 Dynamique et risques côtiers: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | ROLNP、2014。
65 NEXRAD によるハワイ: Earthstar Geographics | Esri、HERE、DeLorme。
66 熱赤外画像: MRLC、土地管理局、オレゴン州、オレゴン州 DOT、オレゴン州 GEO、Esri、HERE、DeLorme、INCREMENT P、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA、米国林野局。
66 ビデオ 2 - 新しいポーター ランチのガス漏れの低速度撮影 (12/10/15): mmforthepeople。
67 砂の標本のハイパースペクトル シグネチャ : Esri。フロリダ アトランティック大学の Donna Selch、Caiyun Zhang、Anton Oleinik、および Hannah Cooper。
68 北西のキュープライト変質センターに向いた Google™ Earth 地形図にドレープされた 2 μm の範囲で振動する鉱物マップの 3D ビュー (垂直方向に 3 倍に強調)。AVIRIS 画像はキュープライトおよびゴールドフィールド ヒルズ地域の北西の山には対応していないため、色は Google™ Earth のベース画像から取得しています。
68 サラ パーカック: 上は BBC の Louise Bray、下は Ryan Lash @ TED による写真。
69 Drone2Map for ArcGIS からのビュー : データ © 2015 Falcon Eye Drones. All rights reserved. Delair-Tech DT-18 ドローン。
70 GEOINT 2015 で紹介された Esri の ArcGIS Full Motion Video アドイン: GPS World。
71 Living Atlas of the World: Esri。
72 中国、長江の三峡ダム: Le Grand による写真、CC-by-2.0 ライセンスによる運搬。
72 長引く干ばつによるハ陽湖の縮小: Xinhua/Zhou Ke による写真、© 2014 Xinhua、english.news.cn. All rights reserved.
73 画像から情報への変換: USGS.
75 The Cougar Corridors of Southern California: ロサンゼルス郡、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
76 樹冠の土地被覆: ホノルル郡および市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、METI/NASA、NGA、EPA、USDA | DPP、Holis、バーモント大学の Spatial Analysis Lab および USDA Forest Service の Northeastern Research Station の協力。
76 レッド エッジ: Micasense、サスカトゥーン市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、USGS、EPA、USDA、AAFC、NRCan。
76 五大湖地域の土地被覆レポート: Earthstar Geographics | NOAA Office for Coastal Management | Esri、HERE、DeLorme。
77 河川の再生: Esri。
77 コスト サーフェス: Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
78 世界のエコシステムのタペストリの探索: Esri、GEBCO、DeLorme、NaturalVue、Metzger et al., 2012、ESA、GEO、USGS、WorldClim。
79 不浸透面解析: モンゴメリー郡、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA。
79 世界規模の森林監視のコモディティ : Esri、HERE、DeLorme、MapmyIndia、© OpenStreetMap の制作者、GIS ユーザー コミュニティ。
80 How to Use Land Cover Data as a Water Quality Indicator: Earthstar Geographics | 商務省 (DOC)、NOAA (アメリカ海洋大気庁)、NOS (National Ocean Service)、OCM (Office for Coastal Management) | 米国国勢調査局 | Esri、HERE、DeLorme。
80 ミネソタ州の太陽光の適性: mn.gov/solarapp.
81 Swift Wind Farm 可視領域解析: DoBH、OS、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA。
81 ゲティスバーグの戦いにおける決定的瞬間: Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA。
82 データのない降水量の少ない流域における鉄砲水のモデル化、USGS The National Map: National Boundaries Dataset、National Elevation Dataset、Geographic Names Information System、National Hydrography Dataset、National Land Cover Database、National Structures Dataset、National Transportation Dataset。米国国勢調査局 - TIGER/Line。HERE Road Data。
82 米国における耕地の洪水頻度: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS | Esri、HERE | ソース: USDA NRCS。
83 パノーチェ ヒルズの土壌: Esri、HERE、DeLorme、increment p、NGA、USGS、USDA - NRCS、NGA、NASA、CGIAR、NCEAS、NLS、OS、NMA、Geodatastyrelsen、GSA、GIS ユーザー コミュニティ。
85 世界規模の降水の流出: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、NASA。
85 太平洋の科学と探査: Esri。
86 ハタラス島のロダンザの北端にある NC 12 (2011 年 8 月 28 日に撮影) は、ハリケーン アイリーンによって崩壊しました。Steve Earley | バージニア州のパイロット。
86 ノースカロライナの 011 NOAA NGS (National Geodetic Survey) の LIDAR: ハリケーン アイリーンの緊急対応マッピング製品: NOAA の海洋サービス、CSC (Coastal Services Center)。
87、89 ノースカロライナ州シャーロットの不浸透面: Jefferson County (KY) Property Valuation Administrator。
92 サンフランシスコの点群とテクスチャ処理された建物: Esri、EagleView Pictometry、NOAA。
93 新しい開発の視覚化: MRLC、オレゴン地域政府、土地管理局、オレゴン州、オレゴン州 DOT、オレゴン州 GEO、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA、米国林野局。
95 あらゆる縮尺での 3D: Esri。
96 グローバル スケール: Esri、NASA。
96 Esri キャンパスの 3D: リバーサイド郡、レッドランド市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、METI/NASA、USGS、EPA、USDA。
96 カナダ、モントリオールのシーン: Esri、USDA FSA、DigitalGlobe、GeoEye、Microsoft、CNES/Airbus DS。
96 Esri キャンパスの 3D: リバーサイド郡、レッドランド市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、METI/NASA、USGS、EPA、USDA。
97 LAS クラス コードでシンボル表示されたグランド クーリー ダムの点群: Esri、NOAA 沿岸サービス センター。
97 ソノマ郡の GIS チームによる、カリフォルニア州ペタルーマの一部について収集した詳

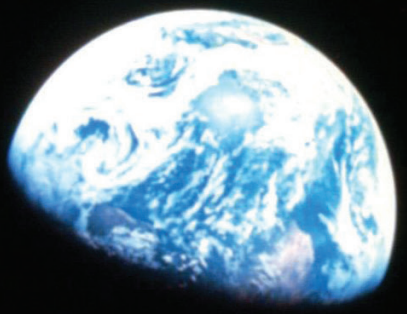
細にわたる LIDAR: NOAA。
100 マイ地形図シーン: Esri、HERE、DeLorme、USGS、GA。
100 マイ シーンの画像: Esri、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS。
101 植生バイオマスの地表からの分離: Fugro Geospatial、EarthData。
101 Drone2Map の比較: データ © 2015 Falcon Eye Drones. All rights reserved. Delair-Tech DT-18 ドローン。
102 Landsat ナチュラル カラー画像: Esri USGS、NASA、Landsat。
102 ナショナル ジオグラフィック世界地図: National Geographic、Esri、DeLorme、HERE、UNEP-WCMC、USGS、NASA、ESA、METI、NRCnn、GEBCO、NOAA、INCREMENT P。
102 3D 建物モデル: Esri、Pictometry International。
103 建物のフットプリント: Esri。
103 3D 樹木モデル: Esri。
107 フランスのアルプス山脈におけるモンブランのテクスチャ処理されたリアルな写真: Esri France、SRTM、NASA、Landsat, USGS。
107 インディアナポリスでの Pictometry 3D シーンとフィラデルフィアの 3D シーン レイヤー : Esri、Pictometry International
113 2005 年に発生したカトリーナ: NOAA、商務省。
116 季節の変化: Earthstar Geographics | Esri、HERE、DeLorme。
116 ゲティスバーグの戦いにおける決定的瞬間: Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、METI/NASA、EPA、USDA。
116 Drought Tracker: Esri、HERE、FAO、NOAA | © 2015 National Drought Mitigation Center | © 2013 Esri。
117 ドバイの変化の視覚化: Farsi Geotech、HERE、DeLorme、USGS、METI/NASA、NGA。
117 上流右側から撮影したグリーン川とコロラド川の合流地点、216.3 マイル (Stake 2429)、1889 年 5 月 31 日。Franklin A. Nims による写真、57RS35、提供元: The National Archives。
117 上流右側から撮影したグリーン川とコロラド川の合流地点、216.3 マイル (Stake 2429)、1997 年 5 月 24 日。Robert H. Webb による写真、提供元: USGS。
118 ハリケーン カトリーナ: NOAA (ビデオ)。
118 GLDAS 土壌水分 - コピー : Esri、Earthstar Geographics、NASA。
118 Katrinahd1080.mp4: NOAA。
119 人間の活動による地表の形状の変化: Esri の衛星画像ベースマップ、1990 年の Landsat 画像。
119 過去のスパイグラス: USDA FSA、Microsoft | David Rumsey Historical Map Collection。
122 David Rumsey Historical Map Collection: www.davidrumsey.com。
122 1787 年のアフリカ: David Rumsey Historical Map Collection。
122 ピッツバーグの歴史マップ: ピッツバーグ大学。
122 ヨーロッパ、アフリカ、西アジアの 1942 年の戦局: Esri、© National Geographic Society。
123 USGS Historical Topographic Map Explorer: ニューオリンズ市、Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS。
124 オランダの古地図: Tijdreis。
125 オクラホマ州ムーアの竜巻発生後の画像、2013 年 5 月 22 日撮影: Texas Parks & Wildlife、Esri、HERE、DeLorme、Intermap、USGS、NGA、EPA、USDA、NPS | Bearing Tree Land Surveying (http://www.btls.us/)、Esri、オクラホマ州。
125 米国の山火事の可能性: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA、USGS、EPA | ソース: Fire Modeling Institute (FMI)、USDA Forest Service、Esri。
126 国立気象局の降水予報: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
126 イリノイ州における 2015 年の竜巻発生の前後: Microsoft | NOAA (アメリカ海洋大気庁)、NOS (National Ocean Service)、NGS (National Geodetic Survey)、Remote Sensing Division | Esri、HERE、DeLorme、iPC。
126 米国降水予測: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
126 カトリーナから 10 年後: ニューオリンズの 10 年間の変化: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
127 Living Atlas of the World: Esri。
128 Atlas for a Changing Planet: Esri。
128 コネチカット州の土地被覆の変化の追跡: コネチカット大学、CLEAR (Center for Land Use Education and Research)。
128 キング タイド プロジェクト: Esri, NOAA、Earthstar Geographics。
129 米国国立気象局による 72 時間の降水量: Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
129 2050 年までの世界の気温変化シナリオ 8.5: Esri、GEBCO、DeLorme、NaturalVue、HERE、IPCC。
130 海面上昇と海岸近くの洪水の影響: NOAA National Ocean Service。
131 ネパールの壊滅的被害: カトマンズの 2015 年 4 月に発生した地震の前後: Esri、CNES/Airbus DS | Airbus Defense and Space。
131 アブラハム・リンカーンの暗殺: Esri。
131 ヨーロッパの都市の様子: 高温と長期間の熱波: Esri。
132 タイのサムット ソンクラームの歴史的変化: Esri、HERE、DeLorme、USGS、NGA。
133 ソルトレイクシティ近くの銅山のマップ。GIS は、ベース マップ レイヤー、土壌レイヤー、天候レイヤーなど、レイヤーという概念に基づいて構築されます: Esri。
135 Landsat 7 の画像取得カレンダー : USGS。
136 NASA の地球観測船: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio。
137 Landsat アプリ: リバーサイド郡、リバーサイド市、Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
138 Landsat 8 - 関心のある地点: Esri、HERE、DeLorme、FAO、NOAA。
140 マサチューセッツの 2013 ～ 2014 年の USGS カラー オルソ画像: USGS、MassGIS、Esri。
140 Global Land Cover Facility: メリーランド大学、NASA、GOFC-GOLD。
141 Landsat の極地アプリ: Earthstar Geographics、Esri、USGS、NASA。
142 Landsat Global Land Survey: Esri、USGS、NASA Landsat。
143 Landsat Global Land Survey: Esri、USGS、NASA Landsat。
144 科学を生活に活かす、Kathryn Sullivan 博士 (ビデオ): Esri.
144 NOAA による写真。
147 LIDAR の未加工データ: ソノマ郡のデータセットのサブセットとしての OpenTopography。
147 LIDAR の色分類: ソノマ郡のデータセットのサブセットとしての OpenTopography。
147 LIDAR のポイントに RGB 値を割り当て済み: ソノマ郡のデータセットのサブセットとしての OpenTopography。
147 Full Motion Video アドイン: Esri。
149 オンライン データベースからのダウンロード画像: Esri、USGS、NASA Landsat。
153 LA Hub が計画する青写真: Esri。
153 National Map Web サイト: オーストラリア政府。
155 ベルリンの DOP20: Esri、DigitalGlobe、GeoEye、Earthstar Geographics、CNES/Airbus DS、USDA、USGS、AEX、Getmapping、AeroGRID、IGN、IGP、swisstopo | Geoportal Berlin、DigitalGlobe、Microsoft | iPC。
156 Drone2Map および Solo で作成されたオルソモザイク画像マップ - コピー : オリンピア市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA。
157 Landsat レイヤー : Esri、HERE、DeLorme、NGA、USGS。
158 3D GPS アクティビティ : 33 km、1:31 分のオートバイ運転: Esri、USDA、FSA、Microsoft。
158 Oculus Rift の最初の使用 (Esri CityEngine SIGGRAPH 13、Autobrine)。
159 DSM とオルソ画像の比較: 著作権: DigitalGlobe、Microsoft | SAGIS (Salzburger Geographisches Informationssystem)。
159 Drone2Map および 3DR Solo で作成されたオルソモザイク画像マップ: オリンピア市、土地管理局、Esri、HERE、DeLorme、increment p、Intermap、USGS、EPA、USDA。
163 Kathryn Keranen と Lyn Malone: 写真の提供元: Keranen および Malone。
164 Solo Drone: 3DR。



右下の濃い紫は、いくつかの水路に広がった後に、さまざまな色に溶け込んでいます。これらの水路は、ケニアの古代の排水ネットワークの名残です。色の美しさの裏で、数十万の人々が厳しい現実に直面しています。画像の上部中央の暗い場所は、難民キャンプです。

The ArcGIS Imagery Book

新しい視野。新しいビジョン。



画像およびリモート センシングが現代の GIS でどのように活用されているかを探索します。The ArcGIS Imagery Book では、画像と GIS をこれまで以上にスマートかつ巧みな形で利用するためのアイデアを提供します。

本書と電子版 (www.TheArcGISImageryBook.com) は、「机上の経験しかない」地理学者にとっても非常に有益なものであり、美しくまた時には不安をもたらすような非常に多くの画像や、地球および私たちが直面する問題についての興味深いストーリーを紡ぐ高機能な Web アプリとマップへのリンクを提供します。

GIS に慣れ親しんでいる方も、GIS を初めて知る方もお楽しみいただけます。

本書は、www.thearcgisimagerybook.com より
オンラインで操作できます。

esri PRESS

カテゴリ : 地理情報システム / テクノロジ

9 781589 484627 90000