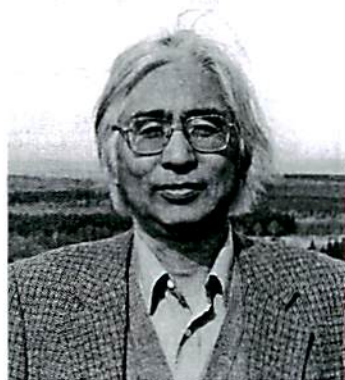


森林・環境ビッグデータの統合とICT活用

東京大学大学院農学生命科学研究科 教授
 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1
 E-mail: aomasa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

愛媛県生まれ。1975年愛媛大学大学院農学研究科修士課程修了。工学博士（東京大学）。国立公害研究所、国立環境研究所、筑波大学生物科学研究科教授を経て、1999年より現職。日本学術会議会員・第2部（生命科学）副部長、北京大学環境エネルギー学院名誉客員教授・科学委員会委員、東北師範大学地理科学学院客員教授、愛媛大学農学部客員教授、CSIRO Plant Phenomics Centre Visiting Scientist、日本農業工学会、日本農業気象学会、農業情報学会などの会長を歴任。紫綬褒章、科学技術庁長官賞（研究功績者表彰）、日本農学賞・読売農学賞など多数受賞。



おおまさ けんじ
大政 謙次

●森林・環境データの多様性

森林には様々な動植物や微生物が生息・生育し、生態系を構成している。生態系では、その環境に適した生物種がお互いに食物連鎖で繋がり、また、環境との間には相互作用がある。そして、生物の生存場の種構成や環境は、時空間的に変化し、何を対象とするかによって、調査する場のスケールや時間、方法が異なる。例えば、通常、森林調査に用いるコドラート法では、適切な区画を設定し、その中の群落の階層構造と各層の種組成、リター量、また、樹高や胸高直径、樹冠の大きさの毎木調査などを実施する。これまで、これらの調査には多大な労力を必要としていたが、遠隔操作やデータ保存が可能な自動撮影カメラや地上ライダー、マルチコプターのような小型無人機（UAV）を利用した観測などの計測技術の導入が徐々に図られてきている。また、航空機や衛星などのリモートセンシング技術の発達も著しく、高空間分解能の画像データを利用して、地上での森林調査との比較解析が容易にできるようになっている。気象や大気成分、CO₂フラックス、土壌水分などの時系列的なデータも、計測機器による自動化が進んでいる。これらの計測は、個別に行われる場合もあるが、国際協定に基づく観測ネットワークで行われることも多く、膨大なデータをどのように蓄積し、利用していくかが課題になっている。

一方、この特集でも取り上げられているが（本誌 P.12～15）、DNAシーケンサによる動植物のゲノム情報は、生物多様性保全に関する有用な情報を提供する。また、最近では、次世代高速シーケンサを用いた、微生物群集を培養することなく網羅的に

解析できるメタゲノム解析なども普及してきており、培養方法が見つからない環境中の微生物群集の解析や新たな有用遺伝子の発見などの期待がある。また、膨大な情報をもとに、ゲノム DNA から、メッセンジャー RNA (mRNA)、タンパク質、細胞、組織、器官、個体、個体群（遺伝学における集団）、群集、群系（バイオーム）に至る統合的オミクス研究¹⁾への夢を抱かせる。最近、産地特定や食物連鎖などの調査によく用いられる安定同位体比の分析や地下水などの水年齢の放射性同位体分析なども、分析技術の改良とともに、多くのデータに基づく解析が可能になっている。このように、森林・環境調査では、多様で、膨大なデータが収集される。

●地理空間情報と ICT

森林・環境調査データは、リモートセンシングデータも含めて、地理空間情報として取り扱われることが多い。地理空間情報の利用のための地理情報システム (GIS) は、1960 年代の始めに米国やカナダなどで始まり、コンピュータ技術と発展を共にしてきた。当初は、研究や業務といった分野での利用が主流であったが、1990 年代半ば以降のパーソナルコンピュータとインターネットに代表される情報通信技術 (ICT) の発達で、GIS の個人ユーザへの普及を促した。最近では、世界中の様々な地理空間情報を Web GIS として、身近に利用できるようになり、また、GPS (Global Positioning System) などの全地球航法衛星システム (GNSS) 受信機能をもつ携帯電話やカーナビゲーションの普及により、GIS が日常生活で欠かすことのできないものになってきている。

我が国では 1970 年の初頭以降、国や地方公共団体を中心に、国土数値情報の整備や公開などが行われてきたが、1995 年の阪神・淡路大震災を契機に、「GIS 関係省庁連絡会議」が設置され、GIS の標準化と整備、相互利用の環境づくりなどを政府として計画的・一体的に進めることになった。その後、2007 年には、GIS と衛星測位を一体的に推進することを目的とした「地理空間情報活用推進基本法」が成立し、準天頂衛星²⁾の利用と併せて、地理空間情報高度活用社会の実現に向けての取組が盛んに行われている。

これと並行して、ICT に関しては、2000 年に、「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法 (IT 基本法)」が成立して以降、内閣に設置された IT 総合戦略本部によって、e-Japan 戦略が提唱され、2005 年からは、ユビキタス社会実現に向けての u-japan 政策が推進されてきた。最近では、総務省が 2013 年に ICT 成長戦略を、また、2014 年には、国内戦略である ICT 成長戦略 II と国際戦略としての ICT 国際競争力強化・国際展開イニシアティブを併せたスマート・ジャパン ICT 戦略を公表し、様々な分野において、ICT の活用が推進されている状況にある。このような最近の ICT 環境の充実に

1) ゲノミクス (genomics) からの派生で生まれた (研究対象 + omics) として提唱される種々のオミクスを統合して扱うという考え方。

2) 正確な位置情報の電波を地上で受信しやすくするために、特定の地域 (例えば日本) の上空に長時間とどまる軌道をとる人工衛星。

より、様々な方法で取得された膨大なデータ（ビッグデータ）やソフトウェアの資源を、大規模なデータセンターに保存し、遠隔からネットワーク（特にインターネット）を通じて利用するクラウドコンピューティングが発達してきている。また、森林・環境調査の分野でも、従来のデータベースだけでなく、観測サイトに設置したセンサなどからの時々刻々送られてくるストリームデータも扱えるようになってきている。

●データ取得、解析、利用における ICT 活用

森林・環境データは、前述したように、多様で、膨大である。データの取得方法も、コドラート法やフィールドワークによる調査の他に、実験や調査サンプルの機器分析、無線機器やインターネットなどを利用したオンライン計測、UAV や航空機などを用いた観測、さらに、衛星リモートセンシングなど、多岐にわたる。また、数値シミュレーションのためのモデルとその結果などもある。これらのデータには、取得者自身がデータを利用する場合と、第三者が取得したものを利用する場合の両方があるが、先に述べたように、各国とも政策的にデータの保存と ICT を活用した利用を推進しており、国際的な共同利用も進んでいる。

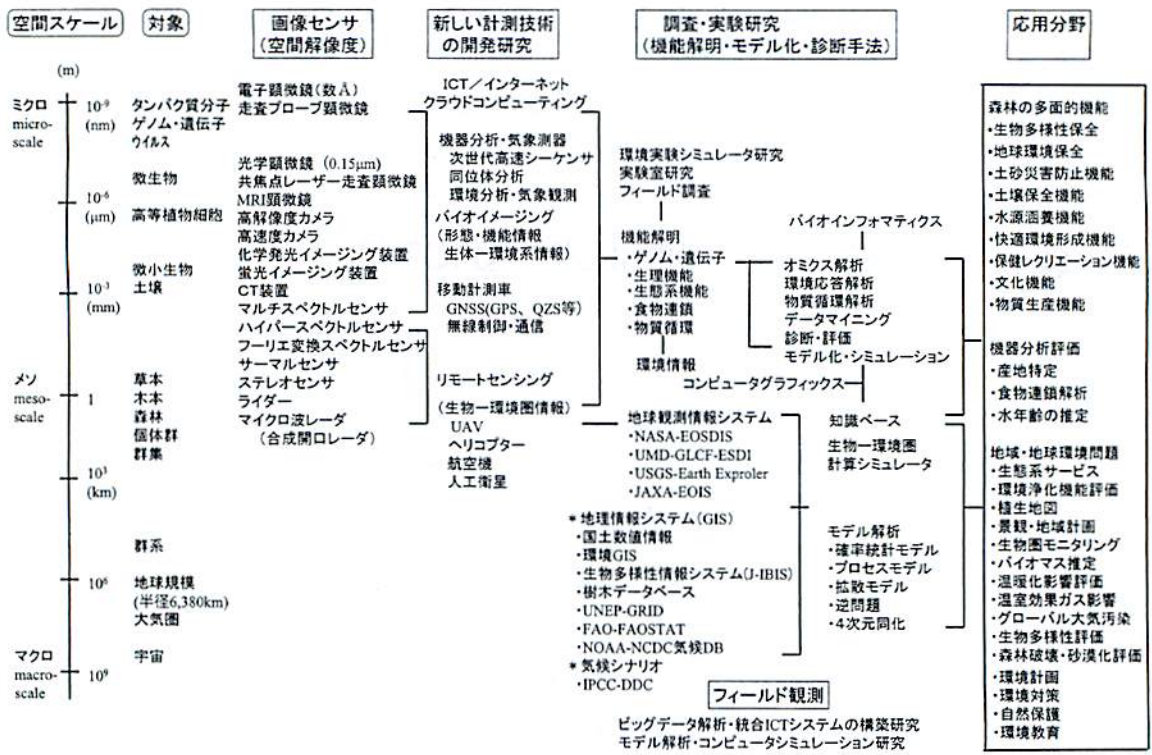
図①は、画像情報が中心であるが、森林・環境データの取得、解析、利用に関する概念的な流れを示したものである。画像センサとしては、分子や細胞レベルを対象とするものから地球規模の衛星リモートセンシングのセンサまで多様である。これに、利用者の目的に応じた気象測器や分析機器などが加わる。オンラインでストリームデータを取得するものから、バッチでデータ取得するものまで様々であるが、インターネットを使ったデータ利用は不可欠である。

広域での森林・環境調査に用いられるリモートセンシングの技術的発展は、高空間解像度化、多チャンネル・高波長分解能化、3次元化、レーザやマイクロ波などの能動的センサ利用、小型衛星での高頻度観測、コンポジット利用などである。また、世界的には、従来の通信や放送利用に加えて、気象観測、環境観測、災害監視、地図作製、農業、森林管理などの衛星利用の需要は拡大しており、昨年 8 月に打ち上げられた DigitalGlobe 社の商用地球観測衛星 WorldView-3 では、地上解像度 31cm という航空機観測にも匹敵する解像度での商用実利用も進んでいる。衛星リモートセンシングでは、受信局で受けたデータを前処理後、データセンターに保存し、インターネットを介して利用者に提供している。例えば、NASA の EOSDIS³⁾ では、MODIS⁴⁾ や Landsat データなどの各種のリモートセンシングデータの他に、衛星データから作成された土地被覆データ、NDVI⁵⁾ などの植生指標データ、さらに土壌データなども提供している。また、大気環境、太陽の放射データ、雪氷圏、社会経済データ、陸域、海洋などの各種データも取得できる。リモートセンシングによって取得されたものだ

3) Earth Observing System Data and Information System, 地球観測システムデータ・情報システム。

4) Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, 中分解能撮像分光放射計。米国の地球観測衛星である Terra と Aqua に搭載されている可視・赤外域の放射計。大気や地球表面の温度、土地被覆、植生状態などを観測する。

5) Normalized Vegetation Index, 正規化植生指標。植生の状態を示す指標で、-1~1 に正規化された値を示す。



注) 画像センサ

①受動的方法…環境光 (太陽光など) 利用 例) マルチスペクトルセンサ, ハイパースペクトルセンサ, サーマルセンサ (熱放射) (センサ=カメラまたはスキャナ)

②能動的方法…電磁波や音波の利用 例) 共焦点レーザー走査顕微鏡, CT, ライダー, 合成開口レーダ

▲図① 画像情報を中心とした森林・環境データの取得, 解析, 利用に関する概念的な流れ

けではないが, 森林・環境データに関連するものとして, UNEP (国際連合環境計画) の GRID⁶⁾ や FAO (国際連合食糧農業機関) の FAOSTAT⁷⁾ がある。また, 気候変動予測に関連したものとして, IPCC Data Distribution Center⁸⁾ から, 過去から将来までの気候データ⁹⁾, 社会経済データやシナリオなどが提供されている。また, わが国の森林・環境データの提供サイトとしては, 国土交通省の国土数値情報ダウンロードサービス, 環境省生物多様性センターの自然環境情報 GIS 提供システム, 農林水産省森林総合研究所の森林動態データベースや樹木データベースなどがある。

利用者は, 自身が取得したデータや上述のサイトからインターネットを介して取得したデータを用いることで, 目的に応じて解析やモデル化, シミュレーションなどを行う。従来のコンピュータ利用の場合は, 利用者が自身のコンピュータの中にデータなどを保管管理し利用していた。しかし, 最近では, 大規模なデータセンターなどに

6) The Global Resource Information Database, 地球資源データベース。
 7) Food and Agricultural Organization Statistical Database, 世界の食料・農林水産業に関する FAO のオンライン統計データベース。
 8) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) データ配信センター
 9) Climate estimates from observations and Global Climate Model data

多数のサーバが用意され、利用料金を払ってコンピュータの処理やデータの格納をネットワーク経由で利用するクラウドコンピューティングが徐々に普及してきている。クラウドコンピューティングの利点は、利用者のコンピュータが端末としての最低限の機能を持っていればよく、データセンターで提供するソフトウェアパッケージやアプリケーション実行用のプラットフォーム、データベース、デスクトップ仮想化、共有ディスクなどをインターネット経由で利用できることである。このため、利用料金は必要であるが、データセンター側の利用資源を目的に合わせて自由に選択することができ、また、コンピュータやデータ管理に関連した手間と費用が軽減される。このため、森林・環境データのような統合的な扱いを必要とするビッグデータの解析と利用には有効である。

ビッグデータから目的とする知識を取り出すためには、相関ルールや回帰分析、クラス分類、クラスタリングなどの多変量解析、パターン認識、人工知能などのデータ解析手法を網羅的に適用し、知識を取り出すデータマイニングが不可欠である。また、複雑な現象をモデルにより整理することも重要で、環境変化の森林への影響や、森林や流域における物質循環、また、大気の流れ・拡散と森林とのガス交換などの現象の解明とモデル化、シミュレーションなどにおいては、モデルの開発に加えて、観測データとの時空間的な同化なども重要な課題である。これらの分野は、日進月歩であり、今後、森林の多面的機能や、地域や地球規模の環境問題などの応用分野に適用していくためには、ICTを活用したデータの統合に加えて、知識の統合のための専門家と社会の様々なステークホルダーとの連携が望まれる。 [完]

ら し ん ば ん
森林クラウドポータルサイト 羅 森 盤 を公開しました。

「森林クラウド」って、なに？





『羅森盤』で詳しく紹介！

Web版森林GISを無料公開中だよ！

羅森盤の案内人「モーリンちゃん」



今すぐアクセス！ >> <http://rashinban-mori.com/>



一般社団法人 日本森林技術協会
Japan Forest Technology Association

【連絡先】 日本森林技術協会内 森林クラウド事務局
E-mail: fore_cloud@jafta.or.jp