

第7章 リモートセンシングによる広域森林観測

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/2478

第 7 章

リモートセンシングによる広域森林観測

金沢大学大学院自然科学研究科数理情報科学専攻
村本 健一郎
e-mail:muramoto@i.kanazawa-u.ac.jp

1. はじめに

地球の環境は気圏、水圏、地圏の相互作用の微妙なバランスの上に立っていることが知られている。前世紀における空前の大規模の人間活動はこのバランスを崩しはじめ、人類はかつて経験したことのない大きな環境問題に直面している。

地球温暖化、砂漠化、オゾンホールなどの地球規模の環境問題に取り組むには、まずその現象を計測し、次に解析し、そして適切な対策を講じるという手順になる。

環境計測には、多次元にわたって存在する現象を最適なセンサで捉える技術が欠かせない。すなわち、対象物のスケールによりマイクロから地球規模まで、変動のスピードにより時分単位から世紀まで、また、センサとして使用する波長により光から電磁波まで、さらに、計測不可能な対象（規模）のシミュレーションまでを含み、多くの分野の最先端技術が関与している。図 1 は、地球環境の諸現象の時空間スケールと衛星が観測できる範囲を表している。

本章では、地球温暖化防止のための森林の役割、リモートセンシングの概要、リモートセンシングを用いた森林モニタリング、更に、中国の内モンゴル地区の植生調査等について紹介する。

2. 地球温暖化と森林の役割

(1) 地球温暖化

過去 200 年の間に地球の平均気温は約 0.8 度上昇しており、100 年後には、さらに約 2 度上昇すると予想されている。地球温暖化は、大気中の温室効果ガスの増大によって起こされている。温室効果ガスには、メタンガス、二酸化炭素、一酸化二窒素、フロンなどがあるが、その中でも二酸化炭素の温室効果への寄与率が高いことが分かっている。二酸化炭素の大気中濃度は、産業革命以降、急激に増加しており、近年も確実に増え続けている（図 2）。産業革命以来、人間の使うエネルギーは、家畜の労働力から、石炭、石油へと替りさらに天然ガスも加わっ

た。これらの化石燃料は、いずれも二酸化炭素を発生し、これらの大量消費により地球温暖化が進行している。地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出は、特定の人や機関ではなく、全ての人々であるところに地球温暖化問題の複雑さと深刻さがあるといえる。

(2) 京都議定書

1992 年 6 月にリオデジャネイロで開催された「環境と開発に関する国連会議」（地球サミット）は、国連加盟のほとんどの国（180 か国）の首脳が、持続可能な開発を目指して集まった初めての国際的な

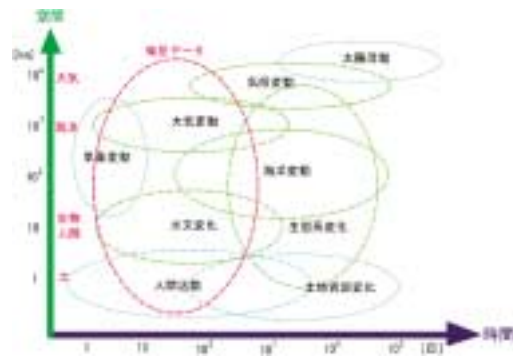


図 1. 地球環境の諸現象の時空間スケールと衛星データ

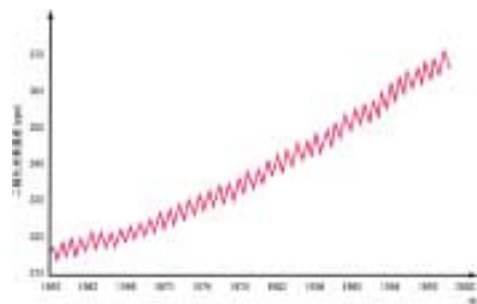


図 2. ハワイ・マウナロアにおける大気中二酸化炭素濃度の経年変化(カリフォルニア大学スクリpps海洋研究所の Keeling 博士が、大気中の二酸化炭素濃度の連続測定を開始したのが 1957 年で、以来今日までこの観測が続けられている) (1)

会議であり、世界の地球環境保全にとって歴史的な会議となった。この地球サミットでは、155 国が「気候変動枠組み条約」に署名した。1997 年 12 月に、この条約に参加している国が京都に集まり、第 3 回締結国会議（COP3）が開催された。会議では、2000 年以降の温暖化防止対策と、先進諸国の具体的な温室効果ガス削減目標を定めた「京都議定書」が採択された。この議定書には、2008 年から 2012 年の間に先進諸国全体で 1990 年に比べて少なくとも 5%の温室効果ガス削減を行うことが盛り込まれ、日本 6%、米国 7%、欧州連合（EU）8%の削減目標が掲げられた。京都議定書の発効条件は、①55 カ国以上が批准、②批准した先進国の 1990 年の温暖化ガス排出量が先進国全体の 55%以上に達すること、になっており、日本政府は 2002 年 5 月に批准した。しかし、最大排出国の米国ブッシュ政権が京都議定書の離脱宣言し、一時は京都議定書の発効が危ぶまれたが、2003 年 6 月のフランス・エビアンで開催された先進国サミットでロシアのプーチン大統領が前向きな姿勢を示し、無効となる危機は脱したようであった。しかし、9 月になってロシア政府は「経済的な利点が明確にならない限り批准しない」との方針を明らかにし、議定書の早期発効は困難とみられている。

だが、このような状況に関係なく地球温暖化の影響によるとみられる気候異変は世界各地で起こっており、これまでに排出された二酸化炭素などの温室効果ガスだけでも、地球全体での気温の上昇は当面続くと予想されている。温暖化を回避できるかどうかは、温室効果ガスをどう削減できるかという時間との競争になっている。

(3) 京都議定書の合意と吸収源評価

京都議定書の数値目標は、温室効果ガス排出量の削減とともに、森林等による二酸化炭素の吸収も換算できることになっている。

森林等の炭素吸収源の取り扱いは、COP3 以降、京都議定書の中心的な交渉テーマであったが、COP7（2001 年 11 月 モロッコ）において合意（マラケシュ合意）が得られ、「国内森林の吸収量を、一定の上限のもとに目標達成の手段として算入できる」ことになり、日本国の上限は 1,300 万炭素トンで、これは、1990 年排出量の 3.9%に相当する。これにより、2002 年 5 月 19 日に、地球温暖化対策推進本部は、我が国の森林経営によって、1,300 万炭素トン程度の吸収量の確保を目標とする地球温暖化対策推進大綱を決定した。

実際に、この吸収量を実現するためには、継続的な方法での森林管理や科学的な吸収量算定方法の確立等が必要であり、リモートセンシングによる広域かつ高精度観測データと現地調査による実測データとを組み合わせた統合的吸収源評価システムが必要である(2)。

3. 衛星リモートセンシング

通常、現地調査ではより正確な情報を得ることができるが、データの収集には時間がかかり、さらに山岳地域等では、現実には調査が不可能なこともある。衛星リモートセンシングを用いると、広い領域の地球表面を安定に繰り返して観測することが可能となる。

リモートセンシングとは、『離れたところから対象物の特性を測定する技術』と定義できる。

衛星リモートセンシングでは、地上数百 km の上空の衛星により、地球上から放出されるさまざまな波長のエネルギーを広範囲に測定するので、それらのデータを使って、地球規模での環境変化、台風や火山、流氷などの自然界の現象、森林、農地、市街地、湖沼、海洋等の分類識別など、さまざまな分野で活用することができる（図 3）。衛星リモートセンシングを他の観測手段と比較した場合、広域性、即時性、反復性などの有利な特徴がある。

(1) 衛星の軌道

リモートセンシングに利用している人工衛星の軌道には極軌道や静止軌道等いろいろな種類がある。資源の探査、環境・災害などの監視、海洋現象の観測などを行う地球観測衛星の場合は、地球上の同一地点をほぼ同時刻に（同一の日射条件）観測できる太陽同期準回帰軌道に打ち上げられる。

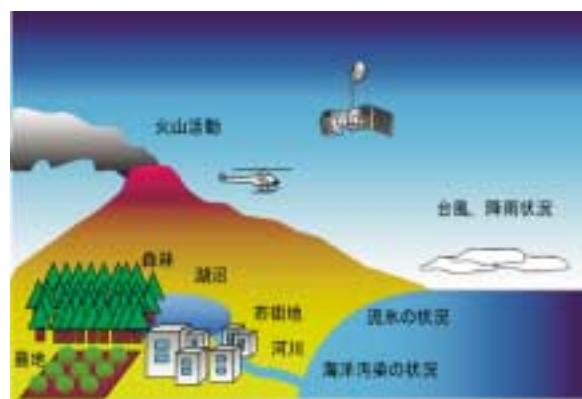


図 3. 衛星リモートセンシングの応用分野

一方、地球上の気象現象を観測する気象衛星「ひまわり」(GMS) は、赤道上空約 36,000km の高さから地球を観測している。これは、地球の同じ面を定時観測するために地球の自転周期と同じ周期を持ち、地球上からはあたかも静止しているように見える静止軌道が利用されている。

(2) センサ

リモートセンシングのセンサは、光学センサとマイクロ波センサに大別することができ、光学センサでは、可視光線（0.4～0.7 μm ）から熱赤外線（8～14 μm ）までの波長帯を観測対象とし、マイクロ波センサではマイクロ波（1mm～1m）の領域を観測対象としている。

(a) 光学センサ

・可視・近赤外リモートセンシング

地上の物体は太陽光（可視・近赤外）を反射しており、その反射の強さから諸物体の状態を知ることができる。同じように森林や田畑、河川、市街地、湖沼についても、反射の強さを調べればそれらがどのような状況にあるのかを知ることができる。この場合、太陽光が当たらない夜間の観測はできない。また、昼間でも雲があると太陽光は地上まで届かず雲で反射してしまうため、雲の下は観測することができない。

・熱赤外リモートセンシング

地表面からは、太陽光を反射しているだけでなく、太陽光を吸収して暖かくなった熱エネルギーと火山活動や火事などによる熱が熱赤外線として放射している。その放射の強さから、地表面の温度が推定できるため、地面や海面の温度分布、火山活動や地熱などの調査に役立てられている。この場合は、雲がなければ夜間でも地上のようすを観測することができる。

図4は、植物、土、水の反射・放射の強さを波長帯毎に表している。横軸は波長を表す。各波長帯における反射・放射の強さが、物質の種類（植物、土、水等）によって異なることがわかる。さらに、植物の種類や植物の生育状態（生い茂っている、枯れている等）、水の濁り具合等といった物質の状態によっても、反射・放射の強さは異なる。

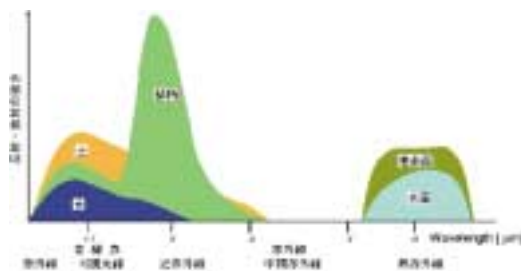


図4. 植物、土、水の反射・放射特性

(b) マイクロ波センサ

対象物から反射・放射される電磁波を観測する受動型と、対象物に向けて電磁波を照射し、その反射波を捕えて地表面の様子を探る能動型の2つの方法がある。光学センサにはない優れた特徴として、高

い分解能を得られるとともに、天候や昼夜の影響を受けずに観測することがあげられる。

(3) 実際の衛星

(a) 気象衛星ノア

気象衛星ノア NOAA は、アメリカ海洋大気局が運用しており、宇宙からの気象や海洋の観測、天気予報や遭難信号の探知なども行う。近地点高度 847km、遠地点高度 861km、軌道傾斜 98.9 度、公転周期約 102 分の、地球の自転とほぼ直角で両極上空を通過する極軌道である。日本上空を通過する時間帯は、NOAA-12 と 15 号が 7 時前後と 19 時前後、NOAA-14 号が 3 時前後と 15 時前後である。センサは、可視 2 バンドと赤外 3 バンドの計 5 バンドである。地表解像度（識別できる地表対象物の大きさ）は、1.1km であり、他の地球観測衛星よりは大きい。観測視野（観測範囲）は広いので、日本全土や大陸レベルのような大スケールの観測に適している。

(b) 地球観測衛星ランドサット

現代の衛星リモートセンシングによる地球観測は、1972 年に打ち上げられたアメリカのランドサット 1 号(LANDSAT-1)から始まった。

センサは、MSS(Multispectral Scanner)では 80m の解像度で、四つの波長帯（緑から近赤外）のデータを得ることができ、TM (Thematic Mapper)では 30m の解像度で、六つの波長帯（青から近赤外）と熱赤外のデータを得ることができる。ランドサット 7 号の観測機器は、TM の後継機器となる ETM+(Enhanced Thematic Mapper Plus)を搭載しており、TM と同じバンド 1 からバンド 7 に加えて、地上解像度 15m の高解像度を持つバンド 8 が新たに付加された。回帰は 16 日間であり、日本上空を 16 日間毎に(回帰)、9 時頃にほぼ北から南へ通過する。

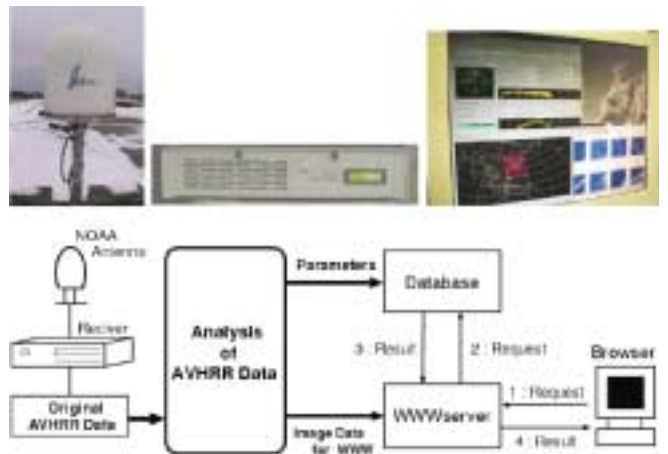


図5. 気象衛星ノアの受信システムの写真と構成図
(写真：アンテナ、レシーバ、受信・ブラウザ画面)

(c) 地球観測衛星「みどり」, 「みどり 2」

我が国の地球観測衛星としては、1996年8月17日にH-IIロケットにより、大型地球観測衛星「みどり」(ADEOS)が種子島宇宙センターから打ち上げられた。この衛星は、地球温暖化、オゾン層の破壊、熱帯雨林の減少、異常気象の発生等の環境変化に対応した全地球規模の観測データを取得し、国際協力による地球監視に役立てるとともに、次世代地球観測システムに必要な技術等の開発を行うことを目的とした衛星である。翌年6月末に電源系のトラブルにより停止したが、1年足らずの運用期間中に膨大な地球観測データが収集された。

「みどり」の後継機の「みどり 2」(ADEOS-II)は、2002年12月14日に種子島宇宙センターから打ち上げられた。「みどり II」は、水・エネルギー循環過程、炭素循環の解明を主目的に、これらの重要な指標となるクロロフィルの分布や、水蒸気、海水分布、海面温度等の観測を行う衛星である。

今日、数多くの地球観測衛星が運用されており、さまざまな波長帯、解像度、回帰のデータが得られるので、観測用途によって衛星が選ばれる。

4. 衛星データの受信と解析

(1) 衛星データの受信

地球観測衛星から送られてくるデータは、地上局で直接受信される。

静止衛星の場合は、地上から常時同じ方向を向いたパラボラアンテナによって受信することができる。極軌道衛星の場合、衛星が上空を通過するときに、地上局のアンテナが衛星を追尾しながら観測データを受信する。

一つの地上局がカバーできる範囲は限られているので、複数の地上局によって地球上をカバーする範囲が決まる。そこで、衛星に記録装置を搭載したり、他の衛星によって中継することにより観測範囲を広くすることができる。

図5は、金沢大学工学部情報システム工学科に設置されている気象衛星ノアの受信システムと構成図である。ノアの受信は、比較的容易であるので、各地で受信されている。

(2) カラー合成

地上に送られてくる観測データは、センサから得られた数値の羅列であるので、コンピュータを使って解析処理することにより、はじめて画像となる。

ランドサット衛星の場合、搭載されたセンサは、7つのバンドに分かれており、それぞれのバンドはそれぞれの波長帯だけを観測し、観測された電磁波の強度の数値を0から255の濃淡値として送ってくる。

これをバンド毎に表したのが、図6の白黒の画像である。複数のバンドのうち任意のバンドを取りだして、観測したデータが目で見えすぐわかるように、目的に応じて観測データに色付け等を行う。ここでは、解析処理の代表として、以下の3つのカラー合成を示す。

・ナチュラルカラー合成画像(青, 緑, 赤: バンド2, 4, 3)

森林や草地といった植物が多く生えているところを緑色で強調している。普段、私たちがイメージする植物の色に近い色合いが得られる。植物の少ないところや住宅地等は赤紫色で表示される(図7(a))。

・フォールスカラー合成画像(青, 緑, 赤: バンド2, 3, 4)

森林や草地のような植物が多く生えているところを赤色で強調している。植物が多く生えているところほど赤みを帯びて表示され、植物の生えている部分の識別がしやすくなる。植物の少ないところは灰色がかって見える(図7(b))。

・トゥルーカラー合成画像(青, 緑, 赤: バンド1, 2, 3)

私たちが実際に目にしている色とほぼ同じ色合いで表示される(図7(c))。

(3) 植生解析

植生とはある地域において植物に覆われる部分である。植物の活性度を示す代表的な方法は次の式で表される正規化植生指数(NDVI)である。

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

ここで、NIRは近赤外線の反射率の値、REDは赤の反射率の値を表す。NDVIは植生を強調しつつ日照条件による変動を軽減するように設計されている。指数は-1~+1の値をとり、植物が活発に活動している所では大きな値を、植物のない所では負の値を持つ。異なった時期のNDVIを比較することにより植生の生産量や状態の変動に関する情報が得られる。しかし、ほとんどの植生は、さまざまな時間的・空間的スケールで変動している、実際に植生活性度の評価を行うときには、これらの影響を検討する必要がある。

図8は、金沢市内のランドサットTMデータから、トゥルーカラー合成画像(a)と正規化植生指数(b)を表示したものである。図8(b)より、金沢市中心部では、植生指数は全般的に低くなっているが、兼六園では高くなっている。一方、本学角間キャンパスの周辺では、植生指数は全般的に高くなっているが、角間キャンパス内は低くなっている。図9は、ヘリコプタから、兼六園と角間キャンパスを調査した写

真である。兼六園では樹木が多く、角間キャンパスでは、第2期移転工事のため地表が削られていることが検証できる。

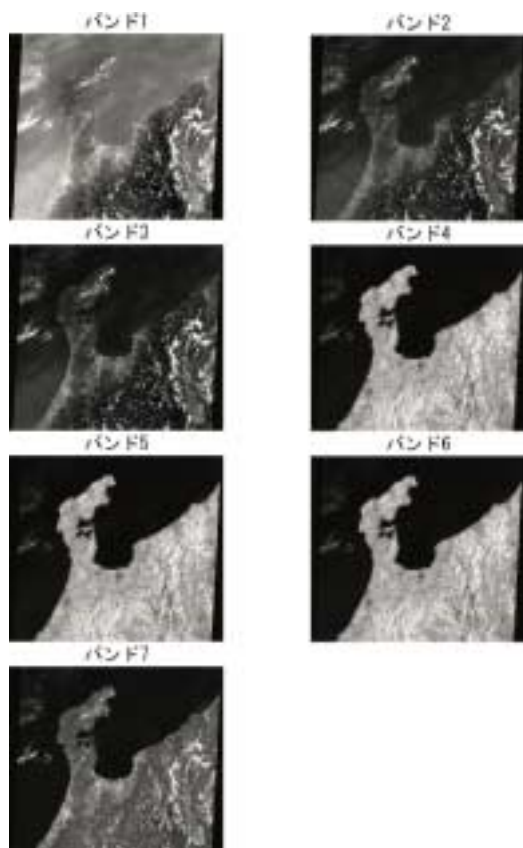


図6. ランドサット衛星に搭載された7つのバンドの白黒の画像（白い箇所ほど地表からの反射が強い）



図7. ランドサット衛星から得られるカラー合成画像

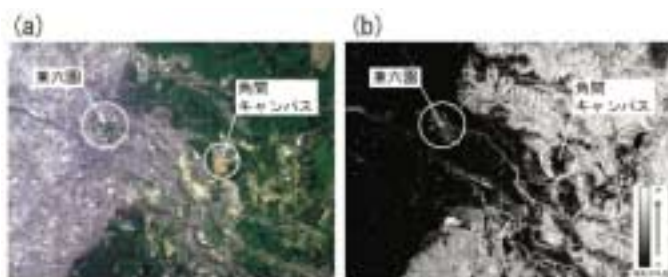


図8. 金沢市内のランドサットTMデータ（2000年5月）
(a) トゥルーカラー合成画像、(b) 正規化植生指数

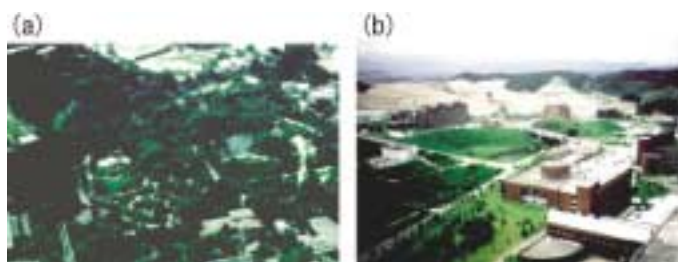


図9. 金沢市内のヘリコプタ写真（2000年8月）
(a) 兼六園、(b) 角間キャンパス

(4) 広域植生解析

広域の植生解析を行うには、センサ解像度の低いノア衛星の画像を用いることが多い。図10は、金沢大学に設置されているノア衛星受信機による受信範囲である。北はシベリア、南はルソン島、西は西安辺りまでのデータを取得できる。図11は受信データを解析した画像例である。

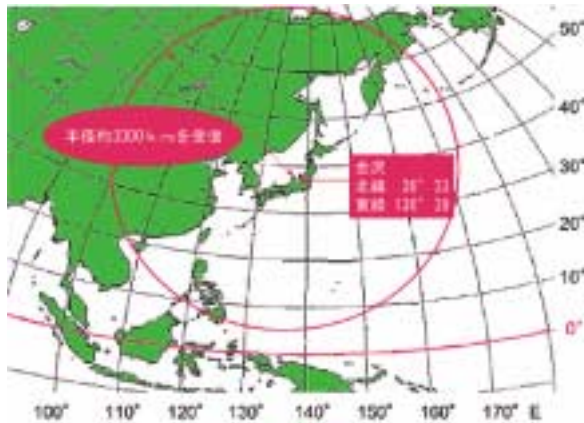


図10. ノア衛星受信機による受信範囲

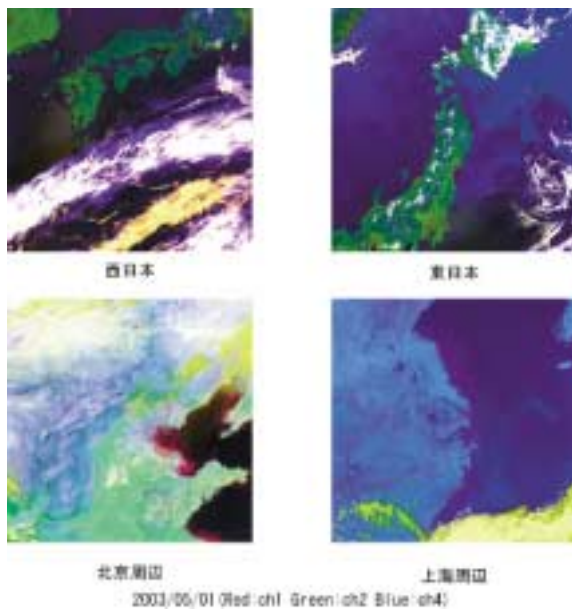


図11. ノア衛星からの受信データの解析画像例

5. ヘリコプタによる森林観測

森林を衛星リモートセンシングにより観測するには、衛星センサから得られるスペクトル画像と地上の実際の状況との対応を調べるのが不可欠である。地上の植生状況の調査は、衛星からの観測と同じ方向より調査できる航空機からの観測が適している(図12)。ヘリコプタにスペクトロメータと CCD カメラを搭載して森林観測が行われている(図13)。

ここでは、ヘリコプタから森林を撮影した映像より、画像処理法を用いて、樹種の分類ならびに樹木の大きさとその位置を解析する手法を紹介する(3)。



図12. 衛星、航空機、現地観測の概要図



図13. ヘリコプタからの観測

(1) 樹種解析

富山県有峰湖付近で、ヘリコプタから森林を撮影した映像より、3つの代表的な樹種を図14に示す。(a)は広葉樹のブナとミズナラ、(b)は針葉樹のカラマツ、(c)は針葉樹のスギである。これらの画像に濃度生起行列に基づくテクスチャ解析として、一様性とエントロピーの分布を求めた結果を図15に示す(4)。樹種毎にテクスチャ特徴量が異なった分布をなしているため、樹種の分類が可能となる。

(2) 樹冠解析

近年、人工衛星搭載センサの高空間解像度化が進んでおり、目視による単木判読が可能となってきた。さらに、高空間解像度の空撮画像では、林冠が閉鎖している森林の目視による樹冠の識別も可能となる。これまでの空撮画像による樹冠の判読は、人間の判断により行われており、定量的な解析には



図 14. 樹種別画像

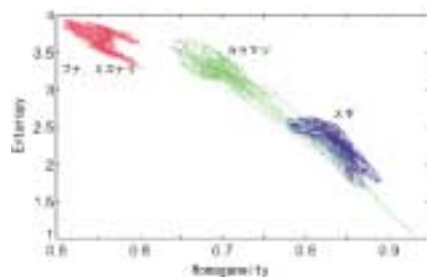


図 15. テクスチャ特徴量の分布

限界があった。さらに、広範囲の解析では判読者の負担が増大する。林冠が疎開している森林については、高解像度マルチスペクトル画像や空撮画像を用いて樹冠を自動識別する研究が報告されているが、広葉樹林のように林冠が閉鎖し、樹冠が隣接している森林を対象としていない。したがって、このような森林の樹冠判読を、画像処理によって自動化し、樹冠の大きさを算出することができれば、空撮画像や将来打ち上げられる高空間解像度衛星の画像から、さまざまな森林形態を広範囲に解析することが可能となる。

そこで、森林の空撮画像を用いて、樹冠の定量的解析の自動化が行われている(図 16)。

ここでは、近似色領域、すなわち構成画素の輝度値が一定の範囲となる領域の大きさを数値化し、樹冠の大きさを目視判定と同程度の精度で解析する手法を紹介する(5)。まず、近似色円という概念を導入し、近似色円分布を算出することにより樹冠の大きさと位置の分布を求め、さらに、樹木の繁茂状態による解析結果の精度の低下を改善するために、樹木の自己相似性を数値化する局所フラクタル次元を導入し近似色円算出のパラメータに加えている(6)。また、円による近似表現が困難な形状の樹冠にも対応できるように、算出された近似色円を統合する処理

も行っている。この解析手法により樹冠を円形として抽出した結果を図 17 に示す。本解析は、目視判読に比べ少ない労力での樹冠解析が可能であり、広範囲の森林の樹冠解析に有効な手法といえる。

6. 森林生態系の炭素収支とフラックス観測

地球温暖化防止の国際的な取り組みにおいて、森林生態系における二酸化炭素吸収量の解明が重要な課題となっている。しかし、温暖化防止に対する森林の役割を評価するだけのデータはまだ蓄積されているとはいえない。森林生態系による大気中の二酸化炭素の吸収は、森林が光合成によって大気中の二酸化炭素を固定

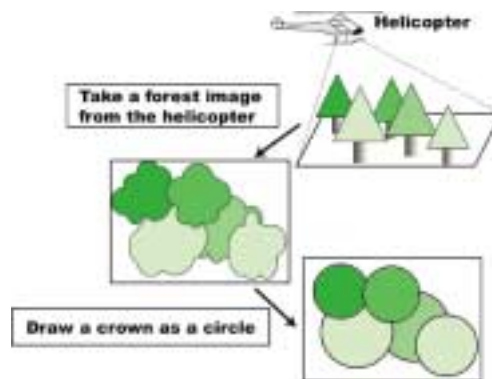


図 16. 樹冠解析の概念図

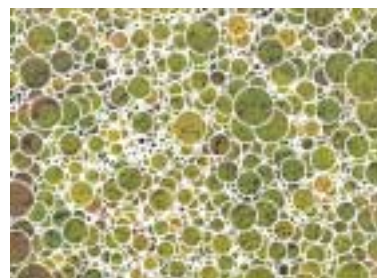


図 17. 樹冠の抽出例

するという、森林生態系の最も基本的な営みに依存している。地球上に分布する森林生態系は、それぞれの内部に複雑な炭素循環の仕組みを持っており、気候や森林タイプに対応した炭素循環のメカニズムの解明が求められている。

(1) 二酸化炭素フラックス観測システム

森林による二酸化炭素吸収量の評価を行い、気候変動が森林生態系に与える影響とフィードバックを予測するためには、まず観測によって森林と大気間のエネルギーや二酸化炭素のやりとりに関する理解

を深めることが必要である。そしてモデルの構築やモデルの検証に必要なデータを収集・蓄積する必要がある。フラックスとは、単位時間内に単位面積を通して輸送される物質やエネルギーなどの量で、ここでは炭素あるいは二酸化炭素の輸送量をいう。森林総合研究所では日本国内6カ所の試験地で観測研究を行っている。これにより、森林が大気から吸収する二酸化炭素の量、そのメカニズムの解明、予測方法の確立などが期待される。

(2) 森林生態系の炭素収支の概念

森林生態系の炭素収支の概念は、図18のように示すことができる。図中の四角で囲った文字は炭素が貯留される場所、矢印を伴った文字は炭素フラックスを表す。図から分かるように、群落内には葉群、樹幹・枝、土壌といった炭素収支に関わる個別要素があり、それぞれをコンパートメントと呼ぶ。年間の炭素収支を考えると、コンパートメント毎の蓄積量の時間変化やコンパートメント間の輸送量を組み合わせて、群落全体の炭素収支を見積もることができる。

(3) 森林総合研究所の炭素フラックス観測ネットワーク(7)

森林総合研究所内の本所-支所間にまたがる複数の研究室では、それぞれの気候帯や森林タイプに応じた森林に気象観測試験地を設定し、森林-大気間のエネルギーや二酸化炭素輸送の観測を行っている(図19)。これにより、観測サイト毎に群落スケールでの輸送のメカニズムが明らかとなる。さらに、より広域な森林における推定を行うために、これらの観測研究を集約し、共通の目的と観測項目をベースに地域の特徴を加えながら、フラックス観測研究を推進している。

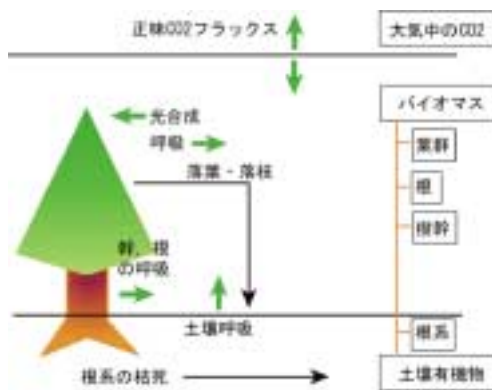


図18. 森林生態系の炭素収支の概念



図19. 森林総合研究所の炭素フラックス観測ネットワーク(8)

7. 東アジアの植生変化

過去45年間のうち、土地劣化の影響を受けている世界19億haの土地のうち、最大の面積である5億5,000万haはアジア太平洋地域に存在する。また、アジア地域内の人口の約40%に当たる14億人が干ばつと砂漠化の影響を受けやすい地域に居住している。原因は農業活動、薪炭材採取や伐採などの森林減少および過放牧、産業開発などがあげられる。

(1) 中国の植生変化

中国では、1億8000万ha(中国の草原の9割を含む)で土壌劣化が見られ、これは中国全体の乾燥、半乾燥、乾燥半湿潤地域の56%を占めている。

(2) 中国の内モンゴル地区の植生劣化

内モンゴル地区では、近年、広大な牧草地の植生劣化が問題となってきている。

モンゴル高原の南部に広がる内モンゴル地区では、東部から中部にかけての湿潤および半乾燥地域に広大な草原がひろがる。海拔は1000m以上あり、地形は比較的平坦である。また、この地域は第2次世界大戦以降に中国中央政府により草原の国有化が行われ、遊牧民の牧畜業も集団管理体制に組み込まれ、ある程度、計画的な牧畜生産が営まれていた。その後、1980年代より、家畜財産の私有化や市場での生産物の自由取引も認められるようになった。この結果、家畜の頭数は急増したが、草地面積は耕作地の増加と牧草地の後退のために減少した。したがって、家畜1頭当たりの牧草地の面積は大幅に減少し、さらに牧草地の荒廃が進み、砂漠化が年々進行しているといわれており、その対策のためには、まず、実態調査が急務である。しかし、広大な土地のために地上観測だけで全体の把握は困難であり、地上観測データと衛星観測データとの対応を早急に確立する必要がある。

(3) 中国の内モンゴル地区での植生調査

我々の研究プロジェクト (EMEA プロジェクト) では、東アジアで、緊急に植生調査の必要な地域の広域の植生を長期的に観測できるシステムを確立することを目的として、衛星リモートセンシングと現地調査により、東アジアの環境モニタリングを行っている(9)。



図 20. 観測の様子



図 21. 植生例

- (a) ヤクシ (北緯 49 度 15 分, 東経 120 度 47 分) 針葉樹林
- (b) フホノル草原 (北緯 49 度 17 分, 東経 119 度 12 分) 草原
- (c) ダライ湖畔 (北緯 49 度 21 分, 東経 117 度 39 分) ステップ

ここでは、地上観測データと衛星観測データとの対応を確立するために、中国の内モンゴル地区で行っている植生調査計画の一部を紹介する。まず、人工衛星搭載センサから観測される地上植生のスペクトルデータを評価するために、携帯型分光計と赤外カメラ等を使った現地植生調査を行う。各季節について、様々な植生に対するデータを収集し、スペクトルならびに画像処理解析を行い、地上植生についての新しいモデルを開発する。これにより人工衛星データだけを用いて、広域かつ長期的な植生状況を把握できることになる。図 20 に観測の様子、図 21 に、この地区の代表的な植生の写真 (2001 年 6 月 21 日〜23 日) を示す。

8. 広域降雪観測

降雪は雪崩や交通障害などの災害を引き起こすとともに、雪解け期には貴重な水資源としても利用される。近年では、地球温暖化が降雪に与える影響も懸念されている。豪雪災害から人命や社会活動を守り、水資源の有効利用を図り、長期の気候の変動を

理解していくためには、降雪状況の広域的で定量的な把握が不可欠である。現在、地上レーダが各地に配置され、広域の降雪の定性的な情報が収集され始めたが定量的な情報には至っておらず、また観測域は陸域および沿岸域のみで、短期予測に必要な日本海上や長期予測に必要な大陸スケールから地球規模のデータの収集には至っていない。

2002 年 5 月 4 日、宇宙開発事業団 (NASDA) は高性能マイクロ波放射計 (AMSRE) を米国航空宇宙局 (NASA) の衛星 AQUA で打ち上げに成功し、同年 12 月 14 日には H-IIa ロケットで同型の高性能マイクロ波放射計 (AMSR) を搭載した ADEOS-II (みどり 2) の打ち上げに成功した。これら AMSR, AMSRE で得られるデータを用いて、降雪を定量的に計測する手法を開発して、広域の降雪状況を把握し、予報精度を向上させ、災害防止や水資源の安定利用に役立てようという国際共同研究が企画された(10)。

観測地点には、降雪を観測できる特殊なレーダ、大気の状態を計測するゾンデ、GPS 電波を用いた大気水蒸気量連続測定システム、雲底高度を計測するライダー、衛星搭載センサと同じ波長観測が可能な地上マイクロ波放射計などのリモートセンサに加え、地上で特殊な画像処理技術によって降雪粒子の特性を定量的に計測する観測機器などが設置された。また米国 NASA からは、多数のリモートセンサを搭載した科学研究用航空機 P-3 が日本に飛来し、この集中観測に参加し、100-200km スケールの降雪集中観測に関して、これまでにない高精度で包括的な観測データが取得された (図 22)。図 23 は、地上での時間同期観測データの例である。

本集中観測には、多数のグループが様々な観測機器を用いて観測しているので、それらのデータを容易に検索し、さらにデータ間の関係を解析できるように、統合型リレーショナルデータベースを構築している(11)。

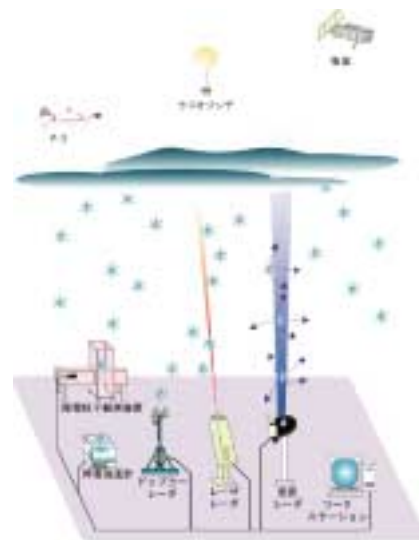


図 22. 地上、航空機、衛星による降雪観測

参考文献

- [1] <http://www.mlo.noaa.gov/default.htm>
- [2] 山形与志樹・小熊宏之・関根秀真・土田聡, “吸収源を用いた温暖化防止対策とリモートセンシングの役割”, 日本リモートセンシング学会誌, 22 巻, 5 号, pp.494-509, 2002.
- [3] 久保守・鎌田直人・川西琢也, “ヘリコプターで植生を観る”, 電子情報通信学会誌, 84 巻, 10 号, pp. 715-716, 2001.
- [4] 谷口慶二・村本健一郎他, “画像処理工学 (基礎編)”, pp. 101-104, 共立出版, 1996.
- [5] 小村良太郎・久保守・村本健一郎, “空撮画像を用いた局所フラクタル次元による樹冠解析写真測量とリモートセンシング”, 写真測量とリモートセンシング, 42 巻, 4 号, pp.27-37, 2003.
- [6] 谷口慶二・村本健一郎他, “画像処理工学 (基礎編)”, pp. 104-106, 共立出版, 1996.
- [7] <http://cse.ffpri.affrc.go.jp/ohatan03/global/fnet/fnetj.htm>
- [8] <http://cse.ffpri.affrc.go.jp/ohatan03/global/fnet/fnetj03.htm>
- [9] <http://emea.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/>
- [10] <http://monsoon.t.u-tokyo.ac.jp/wakasa/>
- [11] A. Teras, K. Muramoto, H. Aoyama *et al.*, “Database of snowfall for analyzing vertical structure of cloud”, pp. 104-106, Proceedings of SICE Conference, pp. 1878-1883, 2003.

著作権

Landsat 衛星データ所有：米国政府

Landsat 衛星データ提供：Space Imaging/宇宙開発事業団

謝辞 本原稿の執筆にあたり、金沢大学工学部情報システム工学科 画像情報工学研究室 久保守助手、小村良太郎氏、神田文隆氏の協力を頂きましたことに感謝します。

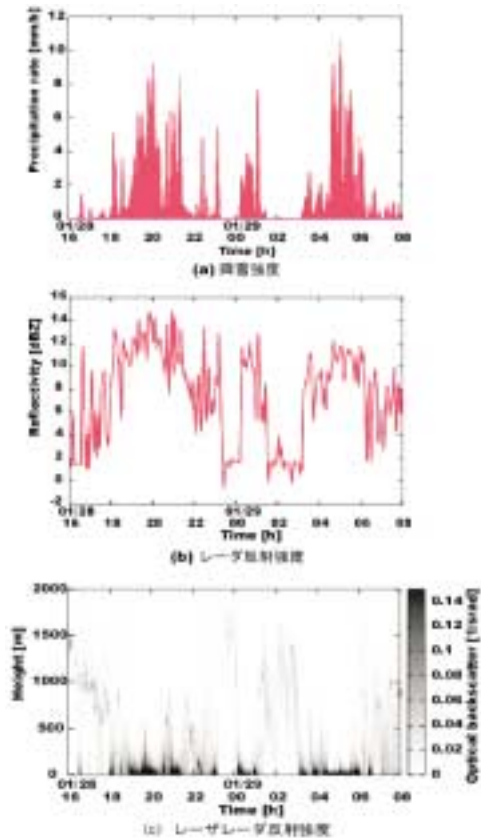


図 23. 地上での時間同期観測データの例
(a) 降雪強度, (b)レーザ反射強度, (c) レーザレーザ反射強度

9. あとがき

一般に地球環境劣化の原因には、自然の気候変動要因と人為的要因がある。気候的要因は年によって大きな変動があっても、長期的にはある程度一定とみなすことができる。人為的要因としては、急激な人口増加と人間活動の増大があげられる。

ここでは、地球温暖化防止のための森林の役割と広域森林モニタリングに衛星リモートセンシングを使う手法について紹介した。リモートセンシングの目的の一つは、このようなデータを使って広域観測に貢献することにある。しかしながら、収集された膨大なデータを処理し定量的な解析を行う手法論は完全には確立されておらず、さまざまな分野からの研究が進められている。