

EO-1のHyperionはランドサットと同じ30mの空間解像度で、可視～近赤外(0.4～2.5 μm)の220バンドのハイパースペクトル画像を提供する。さらに、人工衛星からレーザ距離計によって、地形や森林の3次元計測を行う計画もある。最近、航空機搭載のレーザスキャン距離計(scanning lidar)により、森林の樹冠高やバイオマスの推定への利用が盛んに行われている。マイクロ波を利用した合成開口レーダ(SAR)は、その波長を選択することにより、雲や降雨の状態の計測や、逆に雲や降雨の影響を受けずに、地表面の情報を得ることができ、2002年末に打ち上げられたみどり2号に搭載されている高性能マイクロ波放射計は、受動的なセンサではあるが、地表面からのマイクロ波の放射画像を提供できる。

[大政謙次]

参考文献

- 1) 日本リモートセンシング研究会編(2001): 図解 リモートセンシング, 日本測量協会.
- 2) Oki, K. *et al.*: Environ. Monitoring and Assessment, in press.
- 3) 大政謙次ら監訳(1993): 生物圏機能のリモートセンシング(Hobbs, R. J. and H. A. Mooney 編), シュプリンガー・フェアラーク東京.
- 4) 大政謙次ら編著(2003): 地球温暖化. 遺伝, 別冊, No.17.
- 5) 大政謙次(2004): 新農業情報学(農業情報学会編), pp.66-78, 養賢堂.
- 6) Rencz, A. N. ed. (1999): Remote Sensing for the Earth Sciences, John Wiley & Sons.

2.6 環境情報と生態系モデリング

(1) 環境情報

地球環境問題や農林生態系に関わる環境情報は点データやメッシュデータとして、様々なものが利用可能である。点データで示される代表的なデータとして、気象台や測候所などの気象官署や、アメダス(AMeDAS, 地上気象観測システム)における地上気象観測のデータがある。気象官署では気温、降水量、日照時間、風向、風速、積雪・降雪深、気圧、相対湿度、日射量、視程(大気の混濁度を示す尺度)、天気などを観測しており、アメダスでは気温、日照時間、降水量、風向・風速の自動観測を行っている。アメダスでの降水量の観測は全国の約1300カ所(約17km四方に1カ所)で行われており、このうち約800カ所では、気温、日照時間、風向・風速の観測も行われている。一方、メッシュデータ

には気候、標高、地形、土地利用、植生などのデータがあり、「標準地域メッシュ」と呼ばれるメッシュシステムが統一的に採用されている。このシステムは、一定間隔の経緯線により地域を分割する方法の一つであり、一次メッシュと呼ばれる最も大きい区画は、緯度 40'・経度 1° で区切られる。二次メッシュは、一次メッシュを基準として、緯度・経度方向に 8 等分したものであり、同様に三次メッシュは、二次メッシュを基準として、緯度・経度方向に 10 等分したものである (図 2.11)。したがって、三次メッシュの大きさは、緯度 30"・経度 45" で区切られ、約 1 km² の大きさをもつ。

メッシュ気候値は、気象庁がアメダスや気象官署で観測された気象データを空間的に補間することによって作成した、三次メッシュ単位の気候値である。気候値の分布が地形の影響を強く受けていることを利用し、観測された気候値と緯度、経度、標高、勾配などの地形因子との統計的関係をもとにして、観測点がないところの気候値を地形因子から推定している (気象庁, 2002)。ここで使用される地形因子データは、メッシュデータである。また、都市化が気温に及ぼす影響を考慮するため、気温の推定では土地利用メッシュデータから求めた人工被覆率 (一つのメッシュにおける建物用地と幹線交通用地の割合) も併せて用いてい

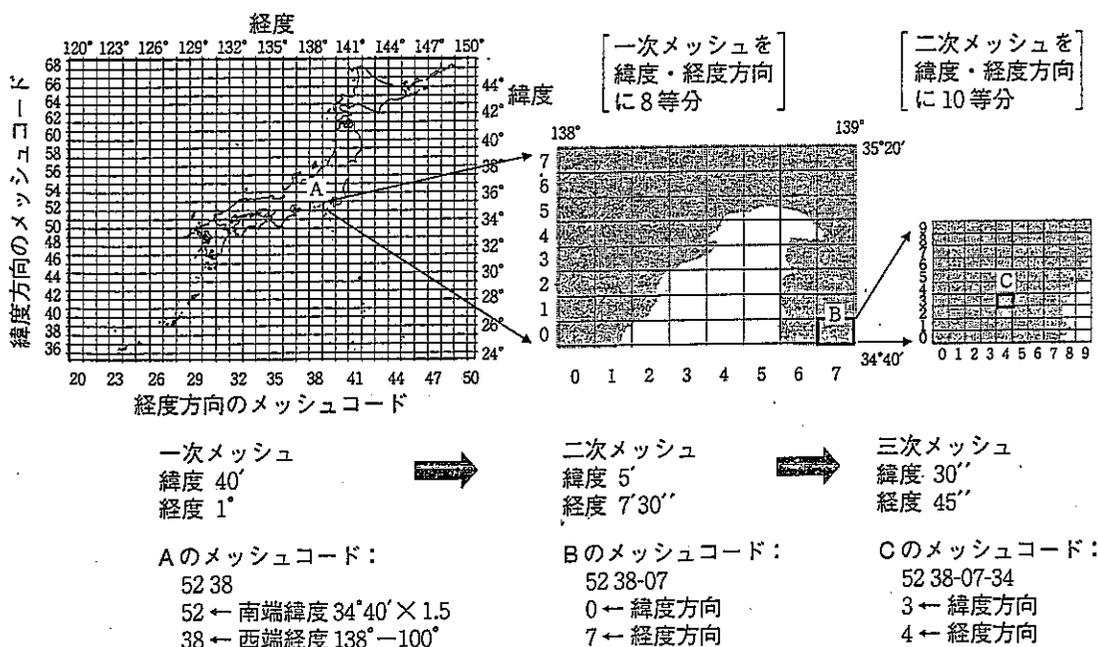


図 2.11 標準地域メッシュシステム

る。対象としている気候値は、月ごとの平均気温、最高気温、最低気温、降水量、最深積雪、日照時間の平年値である。平年値とは、観測点における気象や気候の平均的な状態を示す尺度であり、現在使用されている平年値は1971～2000年の連続する30年間の累年平均値である。

環境省は、三次メッシュ単位で植生メッシュデータを整備している。「植生」とは、ある地域を覆っている植物体の総称として定義され、陸上生態系を大まかに指し示す情報である。1979年度と1983～1986年度の植生調査により作成された縮尺1/5万の現存植生図をもとにメッシュデータを作成し、それ以後は衛星リモートセンシング画像を解析して植生改変地を抽出して、その結果をもとに現地調査を行うことでデータを更新している（環境庁自然保護局・アジア航測株式会社、1996）。公開されているデータで最新のものは、1994～1996年度に行われた第5回調査のデータである。また、1999年に環境庁から発行された『自然環境GIS（第二版）』には植生のポリゴンデータも含まれており、三次メッシュデータよりも高い精度で全国規模の植生データを扱うことが可能となりつつある。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、気候変化の状況やその影響、緩和策に関する科学的、社会経済的な情報を評価し、気候変動枠組条約の締約国会議に科学的、技術的、社会経済的なアドバイスを行う機関である。IPCCはWWW上にData Distribution Center (DDC) をつくり、将来の気候変化に関する最新の予測結果を公開し、温暖化の影響評価の研究で使用されるように、データの管理と配布を行っている。現在公開されている気候変化の予測結果は、2000年にIPCCから出された温室効果ガスの排出シナリオ（SRESシナリオ）に基づいたものである。SRESシナリオによる、将来の人口規模や経済成長の度合いに応じて変化する温室効果ガスの量や濃度をもとに、大気・海洋大循環モデルによって、将来の気候の状態が予測される。DDCに公開されているモデル名や代表的なデータの種類を表2.7に示す。

（2）生態系モデリング

生態系とは、物理的環境とそこに生息する生物群集の相互作用から構成される複雑なシステムである。生態系モデリングとは、その相互作用をモデル化することである。ここでは生態系が示す様々な情報や指標のうち、地球温暖化に関わり重要視されているものを取り上げ、いくつかのモデルを紹介する（大政ら、

表 2.7 IPCC-DDC に公開されている SRES シナリオに基づく大気・海洋大循環モデル

モデル名	CSIRO-Mk2	ECHAM4/OPYC3	CGCM2	CCSR/NIES AGCM +CCSR OGCM	R30	NCAR-CSM NCAR-PCM	HADCM3
組織名	Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)	Max Planck Institute for Meteorology (MPIfM)	Canadian Center for Climate Modelling and Analysis (CCCma)	Center for Climate Research Studies (CCSR) and National Institute for Environmental Studies (NIES)	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)	National Centre for Atmospheric Research (NCAR)	Hadley Centre for Climate Prediction and Research (HCCPR)
国名	オーストラリア	ドイツ	カナダ	日本	アメリカ	アメリカ	イギリス
グリッドポイント数 (経度方向×緯度方向)	64×56	128×64	96×48	64×32	96×80	128×64	96×73
出力データ							
気温	○	○	○	○	○	○	○
降水量	○	○	○	○	○	○	○
日射量	○	○	○	○	○	○	○
平均海面気圧	○	○	○	○	○	○	○
風速	○	○	○	○	○	○	○
湿度	×	○	○	○	○	○	○
平均海面上昇	×	×	×	○	○	×	×

2003; 清水・大政, 2003).

地球温暖化に関連して、陸上生態系が提供するサービス、たとえば「生物多様性」や炭素吸収などの「生物地球化学的循環」への温暖化影響を評価する必要がある (IPCC, 2001). たとえば、温室効果ガスである大気中の CO_2 濃度の推定は、大気、海洋、生物圏の各構成要素間での炭素の移動量や、各構成要素での蓄積量の推定と関わってくる。陸上生態系を対象とした生物地球化学モデル (biogeochemistry model) は、あらかじめ与えられた植生分布を条件として、生態系内における炭素をはじめとした物質の移動量および蓄積量をシミュレーションするプロセスベースモデルであり、植物の光合成による炭素の吸収と、植物の呼吸、植物の枯死物の分解に関わる土壤微生物の呼吸、そして森林伐採や農地開発などの土地利用変化を考慮して、大気・植物・土壤間の相互作用をモデル化している。モデルにおいて使用される炭素循環に関わる指標として、次のようなものがある (IPCC, 2000).

- ・総一次生産力 (gross primary productivity: *GPP*): 光合成によって植物が大気中の炭素を吸収した量 (全球レベル炭素換算, 約 120 GtC yr^{-1})

- ・純一次生産力 (net primary productivity: *NPP*): 植物により生産された正味の炭素量であり、総一次生産力から植物が呼吸により排出した分を差し引いた量 (約 60 GtC/年)

- ・純生態系生産力 (net ecosystem productivity: *NEP*): 純一次生産力から土壤微生物の呼吸である土壤呼吸分を差し引いた量 (約 10 GtC yr^{-1})

- ・純生物相生産力 (net biome productivity: *NBP*): ある地域から出る炭素の純増、あるいは純減を示し、純生態系生産力から収穫、森林伐採や火災など人為的活動や自然現象による有機物の減少を引いた量 (約 $0.7 \pm 1.0 \text{ GtC yr}^{-1}$)

一方、生物群の境界や生物種の分布の変化を扱うモデルは生物地理モデル (biogeography model) と呼ばれ、これらのモデルでは、ある地域に分布する植生タイプとその決定に影響を与える気候・土壤条件などの環境条件との関連性をモデル化したものである。モデルには統計モデルと呼ばれる、現在および過去の植生タイプとその地点の気温、積雪深といった環境条件との統計的關係に基づくものと、日射・気温・土壤水分条件などの環境条件を入力データとして、光合成などの生理生態学的プロセスを考慮して作成したプロセスベースモデルと呼ばれ

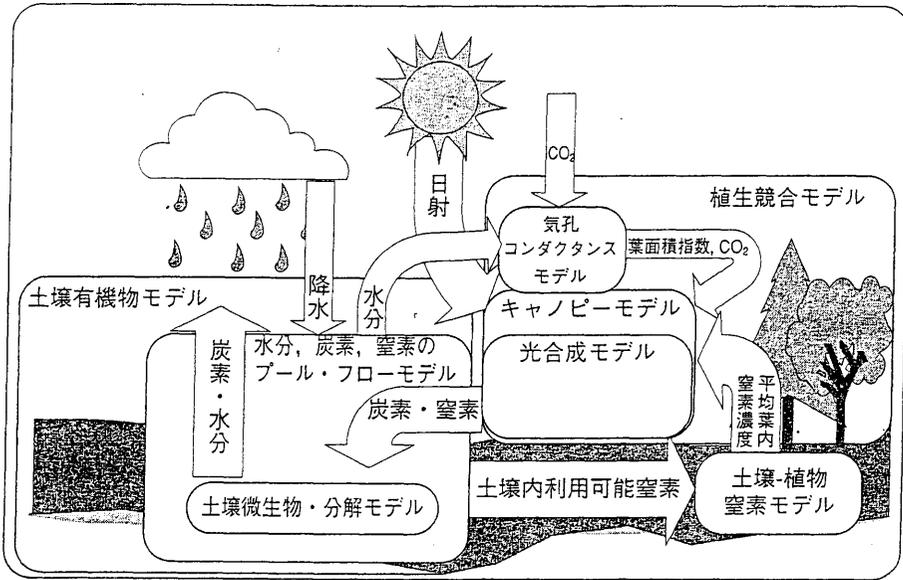


図 2.12 BGGC モデルの概要

るものがある。たとえば BIOME 3 や MAPPS といったモデルでは、対象地点における環境条件のもとで推定された NPP や葉面積指数を植生タイプ間で比較し、その結果、その地点における潜在自然植生のタイプを決定している (Haxeltine and Prentice, 1996; Neilson, 1995)。また、生物地理モデルと生物地球化学モデルを結合させたモデルである BGGC (Bio-Geographical and GeoChemical) モデル (Shimizu *et al.*, 2005) では、潜在自然植生分布の推定と同時に、炭素、窒素、水の循環のシミュレーションを試みている。植生タイプの決定は、群落内の光の減衰モデルおよび土壌内窒素を考慮した光合成モデルにより推定された NPP を基準としており、また土壌における窒素、炭素、水の挙動も扱っている (図 2.12)。最近では、地球植生動態モデル (transient or dynamic global vegetation model) が開発されつつあり、大気・海洋大循環モデルにより予測された将来の年ごとの気候条件を、植生モデルに入力データとして与えることで、植生分布の過渡的変化の推定と、大気と陸面における炭素・水の交換量および蓄積量のシミュレーションが試みられている。 [清水 庸・大政謙次]

参考文献

- 1) Haxeltine, A. and Prentice, I. C. (1996) : *Global Biogeochem. Cy.*, 10(4), 693-709.

- 2) IPCC (2000) : Land Use, Land-Use Change, and Forestry, Cambridge University Press.
- 3) IPCC (2001) : Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- 4) 環境庁自然保護局・アジア航測株式会社 (1996) : 第5回自然環境保全基礎調査植生調査画像解析業務報告書 (全国版).
- 5) 気象庁 (2002) : メッシュ気候値 2000 解説 (CD-ROM 付属のデータ解説資料).
- 6) Neilson, P. R. (1995) : *Ecol. Appl.*, **5**(2), 362-385.
- 7) 大政謙次・清水 庸・糸井正夫 (2003) : 地球温暖化と日本 <第3次報告> : 自然・人への影響予測 (原沢英夫・西岡秀三編著), pp. 108-131, 古今書院.
- 8) Shimizu, Y. *et al.* : *J. Agric. Meteorol.*, **60**, in press.
- 9) 清水 庸・大政謙次 (2003) : 地球温暖化 (大政謙次ら編著). 遺伝, 別冊, No. 17, pp. 88-94.