

気候変動研究のための陸面の遠隔測定*

—ISLSCP¹ Americas ワークショップに参加して—

佐藤 信夫**

筆者は1992年6月24日～26日、米国メリーランド州コロンビア市で開催された GEWEX/WGNE 共催の“PILPS; 陸面水文過程スキーム相互比較プロジェクト²”会議に WMO の数値実験作業部会 (WGNE) 委員として参加した。この会議は、気候モデルや数値予報モデルに取り入れられている陸面水文過程スキームについて、国際比較を通して問題点を明らかにし、改善を図ることを目的としている。

この PILPS 会議と同一会場で、標記のワークショップが23日～26日の期間開かれており傍聴する機会があった。このワークショップは米国宇宙航空局、地質調査所、農務省 (土壌保全局、林野局など)、UCAR (大気科学大学連合、全米科学財団の下部組織) などに関与しており、ISLSCP が IGBP (地球圏-生物圏国際共同研究計画) へ傾斜している状況が伺え、興味深かったのでここに報告したい。

参加者は米国の上記機関・海洋大気庁・大学関係者の他に、米国内のワークショップとはいいながら仏・英・露・加・伯・豪などから、合わせて200名の参加があった。日本からは筆者のみであった。

* Remote Sensing of the Land Surface for Studies of Global Change.

** Sato Nobuo, 気象庁予報部数値予報課.

¹ (国際衛星陸面気象計画 International Satellite Land Surface Climatology Project)

² PILPS (Project for Intercomparison of Land-surface Parameterization Schemes). この会議では、第一段階として、独立した0次元モデルとしての陸面水文過程スキームを、地上気象観測データを与えて時間積分し、潜熱などのフラックスや土壌水分の変化を比較することになった。豪 Macquire 大学の Ann Henderson-Sellers 教授を世話役とし、32のグループが参加した。GEWEX は全球エネルギー・水循環観測計画のことである。

³ 生物群系。動物と植物を総合した生物群集の生態学的一形態

WCRP (世界気候研究計画) の副計画に ISLSCP がある。米国カンザス州コンザプレリーで、1987年に第1回野外実験、1989年に追加実験が行われた。この実験では、約10km四方に微気象観測網を展開すると同時に、航空機・LANDSAT 衛星による観測を行い、衛星による陸面水文過程に関する遠隔測定のアプローチを開発することを目的とした研究計画である。この実験からは、10kmスケールの衛星観測値から推定された PAR (光合成活性放射) や蒸発散量などの物理量が、地上微気象観測網データの重ね合わせと良く一致する (すなわち水平のスケールアップが可能だ) が、顕熱フラックスについては困難という総括がなされていた。

その後、北アメリカ大陸上の森林帯を対象とする野外観測実験 BOREAS などの計画をもちながらも、ISLSCP の活動は一時停滞したように見えた。従来から ISLSCP は陸面水文過程における植生の役割に注目している。今回のワークショップは、もう一歩進めて IGBP に関わることにより、ISLSCP の再生をはかろうとするものと見えた。

今回のワークショップでは、研究の対象として次の3課題を取り上げ、モデリング、(野外+衛星) 観測実験、アルゴリズムの開発の三位一体で攻める戦略の基に、特にデータベースの構築という観点で議論が交わされた。

1. (Water-Energy-Carbon) 秒から季節の時間スケールでの光合成や呼吸・腐食分解などによる大気と生物圏の間の CO₂ の交換、生物の成長と枯死、一次生産量

2. (Carbon and Bio-Geochemistry) 季節から数年の時間スケールでの、炭水化物の固定と分解、これらの過程での同位体比、光合成における窒素の影響、種による差異、大気とのメタン・亜酸化窒素・その他の微量気体の交換過程

3. (Ecosystems and Bio-Geochemical Cycle) 季節から数年の時間スケールでの生態系の構造と機能の変化 (火災や伐採後の森林の遷移など)。種から生態系、バイオーム³への集合化を如何に行うかという問題がある。

最終目標はこれら3課題についてモデリングを行い、大気大循環モデルに組み込み、地球環境変動の予想をより確実なものにすること、温暖化にともない生物圏の被る影響を評価すること、人間活動が気候変動に及ぼす影響を評価することにある。モデリングの例としては、すでに大気圏と生物圏の水・エネルギー・CO₂の交換を記述する生物物理に基づいたモデルが開発され、大気大循環モデルに組み込んでCO₂の年変化を再現する試みがなされている。

これらのモデリングにとって重要なパラメータを決めるため、またモデルを時間積分するため、あるいはモデルを検証するためには、水文過程、生物の生理過程・化学過程に関わるデータが必要となる。地形・植生(NDVI⁴、葉面積指数、根の深さ、粗度など)・土壌(土壌水分、成分、透水係数など)・気象(気温、風速、降水・下向き太陽放射・赤外放射など)についていかなる水平・時間分解能・精度のデータが必要であるのか、現状はどうか、将来計画されている野外実験や衛星観測に何が期待できるのかといったことに議論が集中した。

⁴ 正規化された植生指標。葉の反射率がクロロフィルの存在によって、可視域(VIS)と赤外域(NIR)で異なることを利用して、葉面積(クロロフィル量)の目安とする。NOAAの極軌道衛星などによって測定されている。NDVI=(NIR-VIS)/(NIR+VIS)

⁵ 観測値から大気の3次元的な構造を解析し、全球的な天気予報のために初期値を作る方法。降水量や放射量も大気モデルの物理過程の一部として計算される。

⁶ 1. 恋愛しつつ同時に客観的でありうるか (Can you be in love and objective at the same time?)
2. なぜ科学は宗教をことごとく代替し得ないのか (Why science has not taken all parts of religion?)
3. 哲学が役に立つ目的はあるのか (Does philosophy serve any useful purpose?)

流出などの水文過程にとって重要な地形については、北アメリカでは30mメッシュの高分解能データが存在するが、全球的には不備である。NOAAの極軌道衛星に搭載されている高分解能放射計 AVHRR から得られるNDVIについては、8kmメッシュのデータが地域的には存在し、現在米国農務省の機関やIGBP-DISで1kmメッシュのNDVIデータベースが計画されている。また地表面における日射量・赤外放射量・降水量・積雪分布と積雪深・土壌水分など諸々の要素についての衛星による推定精度や頻度などの総合報告が行われた。さらに、今後EOSに搭載されるHIRIS(高分解能赤外分光計)などから、窒素やリグニン等を求める手法などについても紹介があった。

これらの研究に必要なデータのうち、放射や降水・土壌水分・積雪深などについては、4次元データ同化⁵が時間・空間的に一様なデータを提供し得る可能性がある。期待されている分野であるが、発表件数は2件と少なかつた。

このような境界領域の研究会で常に感ずるのは、1. 各分野での研究対象とする現象の時間・空間スケール上の位置付けの理解ができないこと、2. 分野間に時間・空間スケールのギャップがあることである。例えば、大気数値モデルが扱える現象の水平スケールと(領域モデルで数10km、大循環モデルで数100km)、生態系や陸面水文過程の研究者が従来扱ってきた水平スケール(数m~数km)に大きなギャップがありとまどうことが多々ある。時間・空間・分野(植生・土壌・気象・水文)の3次元位相空間で重要な現象の分類を行い、どのように問題を解決するかを討論する研究会を催してはいかがだろうか?

最後に、IGBP-DISのディレクター I. Rasool が、講演の頭にフランスの18才の35万人の若者が受験するバカロレアの哲学の問題⁶を紹介しつつ、IGBPは何の役に立つのか?という疑問を投げかけたのが印象に残ったことを記して報告を締めくくりたい。