

第5回 GEWEX 国際会議報告*

増田 耕一*¹・藤 吉 康 志*²・木 口 雅 司*³・谷田貝 亜紀代*⁴
 古澤(秋元)文江*⁵・陽 ヤン 坤*⁶・平 林 由希子*⁷・鼎 信次郎*⁸

1. まえおき

2005年6月20日から24日まで、アメリカ合衆国カリフォルニア州 Costa Mesa で開かれた5th International Scientific Conference on the Global Energy and Water Cycle について報告する。これは WCRP (世界気候研究計画) の一環である GEWEX (全球エネルギー・水循環実験研究計画) に関する一連の国際研究集会の第5回である。第1回は1994年にロンドンで開かれ、その内容をもとに Browning and Gurney (1999) の本がまとめられた。第2回(1997年, ワシントン), 第3回(1999年, 北京), 第4回(2001年, パリ)についてはそれぞれ安成ほか(1997), 安成ほか(2000), 増田ほか(2002)で報告されている。

この報告では、最初に会議の概略、次に GEWEX がどんな状況にあるかを述べ、それから参加者それぞれの立場から重要だと思われた内容および感想などを述べる。

GEWEX 関連の話題では頭文字略語が非常に多く、本来の形で書くと長くなりすぎるので、略語の説明を文末の略語一覧にまとめ、以下の本文からは省略した。

また、会議での発表は複数の著者によるものが多かったが、この報告では便宜上、講演者の名前で代表させて示す。講演者などの所属は「機関名略称/国名」の形で示すことにする。所属機関が複数ある場合も1つだけ示し、国名の「日本」は省略する。(増田耕一)

2. 会議の概略

Costa Mesa は Los Angeles の南東約50 km のところで、GEWEX SSG の議長 Sorooshian の本拠地である Irvine の隣町である。会議運営には、Lawford ひきいる国際 GEWEX 事務局とともに、UCI の Sorooshian 研究室のスタッフ・学生が働いていた。なお会計はアメリカ気象学会に委託されていた。

今回はあらかじめ6つのテーマが設定され、発表希望者はテーマを指定して申しこむようになっていた。日程は、5日間のそれぞれの午前の前半が全体会、午後の後半と午後(4日目まで)は2会場に分かれて2つのテーマの分科会の口頭発表が並行、夕方(第1, 2, 4日)がポスターの時間というふうに組まれていた。発表プログラムは、基調報告的なものが各日最初の全体会に配置されたほかは、テーマごとに編成され、テーマにまたがった内容の関連はあまり考慮されなかったようである。下に各テーマとその発表に割り当てられた日を示す。

- (1) The role of clouds and their effects on radiation budget in climate prediction/気候予測のための雲とその放射収支におよぼす効果の役割(口頭第1・2日, ポスター第1日)。
- (2) Use of predictions of water cycle variables in

* A report on the 5th International Scientific Conference on the Global Energy and Water Cycle.

*¹ Kooiti MASUDA, 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター。

*² Yasushi FUJIYOSHI, 北海道大学低温科学研究所, 地球環境フロンティア研究センター。

*³ Masashi KIGUCHI, 京都大学理学研究科。

*⁴ Akiyo YATAGAI, 総合地球環境学研究所。

*⁵ Fumie Akimoto FURUZAWA, 科学技術振興機構, 名古屋大学地球水循環研究センター。

*⁶ Kun YANG, 東京大学工学系研究科。

*⁷ Yukiko HIRABAYASHI, 山梨大学医学工学総合研究部。

*⁸ Shinjiro KANAE, 総合地球環境学研究所。

© 2006 日本気象学会

- water management/水循環に関する変数の予測の水資源管理への利用(口頭第1・2日,ポスター第1日).
- (3) Data and analysis for the role of land fluxes in water and energy budgets/水・エネルギー収支にとっての陸面フラックスの役割に関するデータと解析(口頭第2・3日,ポスター第2日).
- (4) The role of modeling in predictability and prediction studies/予測可能性研究および予測研究にとってのモデリングの役割(口頭第2~4日,ポスター第2日).
- (5) New strategies for characterizing and predicting energy and water budgets/エネルギーと水の収支の特徴をつかみ予測するための新しい戦略(口頭第4・5日,ポスター第4日).
- (6) Measuring and predicting precipitation/降水の観測と予測(口頭第4・5日,ポスター第4日).

また,2日目にはGAPP,4日目にはCEOPについてのTownhall Meetingというプロジェクト紹介と意見交換の場が設定されていた.最後の日の午後にはパネルディスカッションが行なわれた.

GEWEXのwebページ(<http://www.gewex.org/>)での報告によれば,23か国から290人の参加者がおり,158件の口頭発表と170件のポスター発表があったとのことである.ただしこの数にはとりやめられたポスターが含まれているようである.(増田耕一)

3. GEWEX をとりまく状況

GEWEX 関連ではたくさんの動きがあるが,ここでは要点と情報源の紹介にしぼって簡単に述べる.

1990年から始まったGEWEXは,2002年から第2期(Phase 2)にはいつている.第1期の主要な活動は,GAMEを含む大陸規模実験観測,衛星観測を活用したグローバルデータセットの作成,雲や陸面のモデルの改良であった.それに続く第2期の課題としては特に,エネルギー・水の循環の変化の検出,自然変動の原因となるフィードバックの解明,季節あるいは年々変動までの時間スケールの変化の予測,水資源に対するインパクトの研究などが重視されている(http://www.gewex.org/gewex_overview.html参照).

GEWEXの中から提案され,WCRP全体の一環として位置づけられているCEOP(<http://www.ceop.net/>参照)はGEWEX第2期の柱の1つでもある.

CEOPは当初,観測は2004年まで,解析・研究期間を含めても2007年までの計画であったが,続いて第2期(2005~2010年)を行なうことが決まっている.

WCRP全体の方針も見なおされ,10年間(2005~2015)の戦略的枠組としてCOPEsが発足した(<http://copes.ipsl.jussieu.fr/>参照).これはGEWEXなどの研究プログラムを横断的に結びつけるものである.

ICSUが関与している4つの地球環境に関する国際共同研究プログラムWCRP,IGBP,IHDP,DIVERSITASをたばねたEarth System Science Partnershipのプロジェクトの1つとして,GWSPが発足している(<http://www.gwsp.org/>参照).増田ほか(2002)中の沖大幹による報告でJoint Water Projectとして論じられていたものである.GEWEXの水資源や防災に関する活動はGWSPへの貢献とも位置づけられる.

WCRPのような研究プログラムよりも大きな政府間の枠組として,GEO(<http://earthobservations.org/>参照)が発足し,GEOS10年実施計画の具体的内容を定める作業が進行中である.今回の会議の間にも作業集会があった.(増田耕一)

4. 全球規模の水循環の観測と長期解析

今回の会議では,テーマ5をはじめとして全般に衛星観測に関する話題の比率が高かったと思う.主会場の講演者席の背後のパネルにも最大のスポンサーNASAの存在が目立った.地上ベースの観測を忘れてほしくはないが,全球規模の情報に関しては衛星観測が重要であることはまちがいない.新しいセンサーによる成果としては,2002年に観測が始まったAqua衛星のAIRSで対流圏上部の水蒸気分布が精度よくわかったというChahine(JPL/USA,4日目の全体会)の報告が印象的だった.また2005年中には雲レーダをのせたCloudSatとライダーをのせたCALIPSOの打ち上げが予定されており,Aquaと合わせてA-Trainというあだ名で呼ばれている.今回は計画の紹介だけだったが,2年後くらいには成果が出てきそうだ.EarthCAREも数年後に向けて準備が進んでいる.

WCRPの長老格であるMorel(Maryland大学/USA,2日目の全体会)の展望は,このような進展を喜ぶと同時に,今後に向けた戦略的計画の必要性を訴えるものだった.温暖化予測の不確かさのうち物理的

気候システムに関するもので一番重要なのは水蒸気と雲がどう変化するかに関する知識の不足である。(これは前回2001年の会議のときと同様な主張だった。その主張はもっともだと思うが、今回議論の材料として示していた、外向き地球放射と海面水温のローカルな値による水蒸気の温室効果の強さの見積もりは、あまり適切だとは思えなかった。)これまでの観測計画には能力の許す限りなんでも測ってやろうという態度が見られた。確かに2次元分布では満足できず、3次元分布を知りたい。そのためには能動型センサーが必要である。しかし高度なセンサーをたくさんあげるだけのお金があるかという問題のほか、データ量の増加に人間の頭脳の能力が追いつかないという問題がある。比較的少量のサンプルとして質のよい観測をし、そこから普遍的なプロセスを推測し、全球規模の気候を現実的に表現することをめざす観測戦略が必要である、という主張だった。

過去にさかのぼった観測事実の話題としては、Trenberth (NCAR/USA) による、この20~30年間の全球規模の水循環関係の数量の変化傾向のレビューがあった(4日目の全体会)。これまでの全球規模の再解析データや衛星プロダクトには、衛星の交代や火山の影響など、データの質の変化があるので、吟味が必要である。たとえば水蒸気量については、長期の変化傾向を論じるという目的には、1988年以後の海上に限られるものではあるが Wentz らによる DMSPP SSM/I のプロダクトが相対的にはいちばん信頼できると判断し、10年あたり $1.3 \pm 0.3\%$ の増加という数値を出していた。

陸面の乾湿や蒸発量については、観測だけに基づくグローバルや大陸規模のデータはなく、なんらかの陸面モデルに気象データを入力として計算した結果に頼ることになる。Trenberth は、Dai *et al.* (2004) の1900年以後の Palmer かんばつ指数 (一種の2層バケツモデルから導かれたもの) や、Qian らの1950年以後についての陸面モデル CLM による計算を紹介していた。Dai らの結果によれば1980年ごろに世界的に乾燥した地域の面積が増えており、その原因は降水量と気温(可能蒸発量)の両方だそうだ。別の方法でも検討してみる必要があると思った。また平林 (山梨大学、テーマ5) は MATSIRO による100年間の計算を報告した。ORCHIDEE モデルをもつフランス LMD のグループでもこの種の計算が進行中であり、Ngo-Duc がテーマ3のセッションで入力データセットを作ったという

報告をしていた。

Schlosser (MIT/USA, テーマ5) は、降水量は GPCP および CMAP, 陸上の蒸発量は Dirmeyer (COLA/USA) が陸面モデル SSiB で計算した値、海上の蒸発量は GSSTF2 と HOAPS といういずれも衛星観測中心のデータセットを使って、1988年以後の全地球水収支の変化傾向の議論を試みていた。

(増田耕一)

5. 雲と放射

GEWEX の会議への参加であれば、本来ならば私(藤吉)が参加した GAME/HUBEX で行われた梅雨前線に伴うメソスケールの降水系の観測成果をとりまとめて話すべきかと思ったが、会議の概略に記されているように、この話題に適したセッションが無かった。ただし、雲・降水システムのモデリングに関しては、約1か月前の5月中旬にギリシャのアテネで行われた Pan-GCSS 会議で討議された。それについては、別途「天気」に報告した(藤吉ほか, 2005)。その代わり、テーマ1に SHEBA の報告が予定されていたので、それに関連させて、私がこれまで4回参加した、研究観測船「みらい」の北極航海で行なった北極海での雲・水・エネルギーに関する観測結果の総合報告を行なった。北極層雲の雲量や放射特性は気候システムに重要な役割を果たしており、陸面過程は陽に入っていないが、GEWEX の重要なコンポーネントである。また、北極海内で行なった降水システムのドップラーレーダ観測も貴重なデータであることから、今後の観測計画の参考にと、講演後にデータ公開についての問い合わせが寄せられた。

雲と放射に関しては、現在は、雲の3次元形状が放射場の3次元分布にどのような影響を及ぼしているかに関心が移っている。これは、計算や観測が大変であるが、大気境界層内での雲と陸面過程の相互作用を議論する上でも避けて通れない問題である。GAME では、地表面フラックスと大気境界層内でのフラックスや雲との関係が、残念ながら未解決な研究テーマとして残った。GAME 以後のアジアの GEWEX 関連研究の中では、「地表面過程+接地境界層+エアロゾル+大気境界層+雲+3次元放射場」を重要な研究テーマとして推進したいと考えている。(藤吉康志)

6. 熱帯モンスーン

3日目のテーマ3のセッションでは、筆者(木口)

が興味を持っている陸面フラックスと降水現象との関係についての発表があった。特に、アジアモンスーンが最初に始まるインドシナ半島における研究と南アメリカモンスーンが最初に始まるアマゾン地域における研究が、それぞれ3日目の午前と午後に報告された。

木口(京都大学)は、タイ内陸部におけるプレモンスーン期の降水現象の要因を調べ、熱帯であるタイにもたらされるプレモンスーン期の降水現象が中緯度の影響を強く受けていることを明らかにした。さらにその降水現象が陸面を広域的に湿らせることによって、陸面からの潜熱フラックスが上昇していることをNCEP/NCAR再解析データから示し、ミャンマーやインドとのプレモンスーン期の陸面状態の違いを明らかにした。しかし、再解析データによる陸面からのフラックスの算出は問題があるという指摘もあった。今後タイの観測サイトにおいて検証実験を行うことになっている。

南アメリカモンスーンの研究として、Fu (Georgia工科大学/USA)は、雨季が始まる前の陸面からのフラックスがモンスーンオンセットにどれくらい効くかを議論した。それによると、アマゾン地域でもモンスーンオンセット前に降水現象があり地表面は湿っている(同様なことは、以前CEOPの会議において、松本(東京大学)・木口によってNCEP/NCAR再解析データから示されている)。陸面が湿っていることで、陸面からの潜熱フラックスが増加し、それによって表層の大気が浮力によって上昇、その結果CAPEが増大し、降水がもたらされるとしている。しかし、モンスーンオンセットをもたらすような大規模な降水現象に必要な水蒸気がどこから来るかは結論は出ていなかった。

ある特定の地域における研究も大事であるが、このように似たような現象が見られる違う地域での比較研究は、新たな知見をもたらすのではないかと感じたセッションであった。(木口雅司)

7. 地形効果を表現した雨量計に基づく降水量データとその利用

GPCPやCMAPといったグリッド降水データは、全球モデルの降水の検証やグローバルな水循環の理解に広く用いられている。これらのプロダクトの陸域の降水量は、雨量計のほか、赤外の雲頂温度やマイクロ波の散乱から推定され、一部客観解析データの予報値が用いられている。また一方で、長期的な陸域のグリッドデータが必要な場合に、雨量計に基づく

PREC/L (Chen *et al.*, 2002) や CRU の月降水量データが使われている。十分密な雨量計観測値があれば、これらは衛星によるプロダクトより精度がよいとされる。

グリッド降水量データは、地形効果(一般的には山岳域で雨が多いこと)を適切に表現していないと考えられがちである。しかしPREC/LやCRUの作成過程では、データを内挿する際に、平年値と偏差(あるいは平年値とそれに対する割合)にわけて内挿することにより、地形に依存する成分は平年値に現れやすいことから、ある程度の地形効果を考慮したとされる(New *et al.*, 1999; Chen *et al.*, 2002)。

今回のGEWEX会議(テーマ6)では、地形効果の表現にPRISM (Daly *et al.*, 1994) というデジタル気候値を用いる研究が3件あった。PRISMはその名の通り斜面の傾きをDEMの情報により考慮し水文的なモデルを使用して計算されるデジタル気候値であるが、そのデータの作成には、数多くの雨量計観測値が用いられているばかりでなく、経験による補正もされているということである。現在までのところ、USAと中国とモンゴルについてのものが公開されている。先に公開されたUSA領域のものは評価が高く現業的にも用いられているということである。

さて、その3件の発表タイトルは

- (1) Adam (Washington大学/USA): 全球降水量プロダクトの地形効果に関する補正、および降水量プロダクトの相互比較。
- (2) Xie (CPC/USA): 降水の地形的強化: 密な雨量計網による地域規模の検討。
- (3) Xie: 東アジアの40年間の日降水量の解析: プロダクトの記述および他のデータセットとの比較。

であった。(1)は、Willmott and Matsuura (Delaware大学/USA)作成の降水量データをPRISM (USA)で補正するものであった。ただし、これは年降水量をPRISM年降水値で補正していたために、月降水量で補正すべきというコメントが会場から出された。(2)はPREC/LとPRISMをUSAで比較するものである。PRISMの作成時に使用された雨量計の分布は明らかにされていない。しかし、Xieは、USA西部の山岳地域のPREC/Lで雨量計のあるグリッドについて比較して、PREC/Lで雨量計が多いところほどPRISMとよく合うということを散布図で示すことによりPRISMの有効性を示した。(3)は、中国の日降

水グリッドデータ (Xie *et al.*, 2004) を作成する際に、月降水量の気候値を PRISM (中国, 月値) で補正するというものである。

雨量計に基づくグリッドデータは、衛星によるプロダクトと比較して、それが降水の直接観測であることに加えて、(地域にもよるが)長期の観測値が得られるという利点がある。しかし月々もしくは日々のグリッドデータ作成時にどれだけの雨量計データが用いられているか注意する必要がある。この点で、CRU は New *et al.* (1999) に雨量計分布図が掲載されているが、月々の雨量計データ分布は明らかにされていない。生データの入手状況は変化しているはずなので、それを PREC/L のように月々のデータごとに添えて示す必要があろう。上記 (3) では、水収支の経年変動を扱うことを前提に、ほぼ一定した入力データを使用してグリッドデータセットが作成された。谷田貝 (地球研) は、このデータと ECMWF の再解析 (ERA15, ERA40) を組み合わせることにより、黄河流域での蒸発散量を含む水収支の経年変動を評価した。経年変動の変化を議論できるデータセットを組み合わせることにより、残差として見積もられる広域平均蒸発散量は、黄河下流域で夏季に増加傾向を示した。この傾向は人間活動 (灌漑水利用の増加) による影響を評価していると考えている。(谷田貝亜紀代)

8. 降水計測について

4日目のテーマ6で、Carbone (NCAR/USA) は、アフリカ、オーストラリア、中国、USA の4大陸で、大規模降水システムが夏季の陸上降水に与える影響を比較した。特に、USA 東部の大規模降水システムの毎時のアニメーションが興味深かった。Bellerby (Hull 大学/イギリス) は、衛星を用いた雲システムのトラッキングと進化の定量化について報告した。GPI を使い、雲の占める面積と降水量が比例するという経験則から雨のリトリバルがなされてきたが、GPM ミッションにより3時間毎の降水サンプリングが可能となれば、このアルゴリズムをより良くすることが出来ると期待を述べていた。Janowiak (CPC/USA) は、IPWG の一環として、オーストラリア、イギリス、USA の衛星やレーダ、予報、雨量計の降雨量比較を行い、衛星やレーダでは冬季降水を捉え損なうこと、衛星(放射計)では乾燥域での蒸発を捉えられず過大評価となることを示し、一方で、レーダとモデルで検出できる雨が雨量計ではできない場合もあることを報告した。

Xie (CPC/USA) は、地形効果を考慮した PRISM と考慮していない PREC/L という2つの雨量計データを用い、USA に於ける雨量計データの地形効果を調べ、山岳域で PREC/L の雨量計データが過小評価されていること、また、降雨量の高度依存性は季節や風向きにより異なることを示した。Zolina (Bonn 大学/ドイツ) は、1958年~2000年のヨーロッパの雨量計による日降水量を用い、地点毎の補正の違いの影響と豪雨の分布や変動について報告した。Hong (UCI/USA) は、PERSIANN-CCS という高空間分解能を持つ衛星降雨推定アルゴリズムを開発している (対象地域は北アメリカ)。これは、雨と雲タイプの関係のデータベースを作り、雲タイプから雨を推定する方法である。

5日目の全体会では、Smith (GSFC/USA) は GPM ミッションの紹介をし、Adler (GSFC/USA) は、TRMM の結果を長期的に捉え、GPCP と降水量の年々変化を比較し、GPCP と TRMM/TMI は似たトレンドを示すが、TRMM/PR と TRMM の複合アルゴリズムの結果は逆のトレンドを示すことを報告した。

5日目のテーマ6で、山本 (名古屋大学) は、6年間の TRMM データから降雨量が最大になる時間を調べ、PR より TMI, TMI より VIRS の方がより遅い時間に降雨量が最大になることを報告した。また、VIRS に split window 法を適用し、閾値を変えることにより最小輝度温度を示す時間が変化することを示した。古澤 (名古屋大学) は、対流性と層状性降雨それぞれについて TRMM/PR の地表面付近の瞬時の Z-R 関係を求め、雨滴粒径分布の情報を引き出した。1 mm/時以上の降雨の平均粒径は、冬季中緯度、夏季中緯度、赤道域の順番で小さく、またチベットなどの高い場所でも小さく、日周変化は昼に小さく夜に大きい。Chuang (UCSC/USA) は、粒径、密度、速度を精度よく測る位相ドップラー粒子計測装置 (Phase-Doppler Interferometry) を紹介し、雲の粒径分布と雲の中の乱流を測定する装置を開発したと報告した。

(古澤文江)

9. 寒冷地域の陸面過程

この GEWEX 会議では、陸面過程に関する発表がたくさんあった。それは、陸面データ同化、陸面の非一様性のシミュレーション、モデル相互比較、陸面大気相互作用など、広い研究分野にわたっていた。この短い要約では、寒冷地域 (高地や高緯度) の陸面過程に

関するいくつかの研究に限って紹介する。寒冷地域の陸面過程の理解はまだ不十分である。

土壌水分の凍結・融解と、雪の融解・昇華が、寒冷地域での2つの重要なプロセスである。Sun(中国科学院, テーマ2)は、気候研究のための凍土のモデルを提示した。このモデルは、熱の拡散方程式、土壌水分の流れの式、熱力学の Clapeyron の式を含む。モデルは現場観測データで検証されており、結果は期待がもてるものだった。大畑(JAMSTEC・IORGC, テーマ3)は、昇華がユーラシアの雪の質量およびエネルギーの収支にとって重要なフラックスであることを示唆した。Barlage (Arizona 大学/USA, テーマ3)は、雪に覆われた陸の高分解能のアルベドのデータを提示した。これは高緯度の陸面過程の不均一性をシミュレートするうえで重要なものである。

寒冷地域や乾燥・半乾燥地域では、植生は熱帯のように密ではない。疎な植生キャノピーについての熱輸送のパラメタリゼーションはいまだに挑戦課題である。Zeng (Arizona 大学/USA, テーマ3)は、陸面モデル CLM のキャノピーの上・中・下の熱輸送に関する一貫した扱いを提示した。CLM は密な植生キャノピーをよく表現するが、疎なキャノピーについては地表面からの乱流熱フラックスが小さすぎ、地表面温度が高すぎる。Zeng は、このモデルの偏りは陸面とキャノピー内の空気との間の伝達係数が小さすぎることによると考え、もっと大きな伝達係数を導入した(Zeng *et al.*, 2005)。結果は改良されたが、この問題は理論的にもっと追求するべきである。CLM はキャノピー内の風速を摩擦速度(u_*)によって近似する。この近似は密なキャノピーには適切と認められるが、疎なキャノピーに適用するのは合理的でない。疎なキャノピーでは、摩擦速度は実際のキャノピー内の風速よりもずっと小さい。これが乱流熱フラックスの過小評価と陸面温度の過大評価の主要な理由である可能性がある。SiB や SiB2 では、キャノピー内の風速分布の形を得るために1次の混合距離理論を使っている。この理論は密なキャノピーについてはもっともな結果をもたらすが、疎な植生をもつ地表面については、運動量に関する粗度長が小さすぎ、熱に関する粗度長が大きすぎる傾向がある。要するに、これらの現在最良のモデルは、裸地、疎な植生、密な植生に適用できる物理的に一貫した熱伝達の定式をまだもっていない。新しい定式は、キャノピー内の風速分布を表わすのに合理的な混合距離理論を使い(たとえば Watanabe

and Kondo, 1990)、熱に関する粗度長を表現するのに物理的な土壌熱伝達の定式を使うことによって実現できる可能性がある。

陽(東京大学, テーマ3)は陸面過程の中で土壌有機物が重要な役割を果たしていることを示した。北極圏のツンドラ、北方亜寒帯林、チベットなどの寒冷地域では、地中の落葉落枝の分解が遅いので、土壌表層に無視できない量の土壌有機物がたまる。GAME-Tibet のデータを使って陽は、土壌有機物のために土壌が鉛直に非常に不均一になることを示した。土壌表層に有機物があることによって、土壌の熱伝導係数と熱容量は小さくなり、他方、土壌の水保有容量は大きくなる。その結果、地表面温度は低く、顕熱フラックスは小さくなり、他方、土壌湿潤度と蒸発は大きくなる。この結果は最近出された論文(Yang *et al.*, 2005)にまとめられている。

また、Liu (Jackson 州立大学/USA, テーマ3)は、北方亜寒帯林生態系に対する火事による攪乱の重要なインパクトについて報告した。火事のあと、正味放射は15~20%減り、顕熱フラックスの減少率はさらに大きかった。それは密なキャノピーがアルベドと上向き長波放射(あるいは地表面温度)の両方を減らすことができるからである。この観測事実は、火事の頻度がふえることは高緯度地帯の地域的寒冷化をもたらす可能性があるという仮説を強めるものである(Liu *et al.*, 2005)。

石平(山梨大学, テーマ2)の報告は、直接寒冷地域の陸面過程に関するものではないが、ふれておく価値がある。石平は全球規模の動的植生モデル LPJ-DGVM を使って熱帯生態系をシミュレートした。このモデルは水田の葉面積指数を再現することはできないが、シミュレーションで得られた自然植生の機能型ごとの葉面積指数は観測事実とよく対応する。このことは、このようなモデルが長期の生態系と気候の相互作用を研究するのに役立つ可能性を示すものである。

(陽 坤)

10. 陸面モデル研究の動向

私(平林)が今回しばしば耳にしたキーワードは、「seamless」と「モデルアンサンブル」の2つである。前者は1, 2日先の初期値問題である気象(天気)予報と、数年~数百年の気候変動の予報やメカニズムの間を埋める時間スケールを意味する。Lemke (AWI/ドイツ, WCRP に関する基調報告)は seamless 予報

を WCRP の次の挑戦であると述べ、GEWEX 議長の Sorooshian も、GEWEX のみの課題ではないと前置きしながらも、気象予報は今後水文の研究者と共に準オンタイムで seamless な水資源量や土壌水分の予測をして社会に貢献する必要がある、と述べていた。後者のモデルアンサンブルは、単一のモデルの結果を用いずに数種類の異なるモデルの平均をとったものを用いるという考え方である。モデルの平均を取ると、必ずしもばらついている結果の中心に平均がくるわけではないのにも関わらず、なぜか最も観測値に近くなるらしい。今回の会議では、気候モデル（温暖化実験など）と陸面（水文）モデルの両方においてアンサンブル平均を使った研究が散見された。

前回の GEWEX 会議では、陸面モデル研究は土壌水分や地表面温度など衛星データを同化する手法に関する発表が多かったのに対し、今回は NLDAS などの数十年の長期間シミュレーションと、モデルアンサンブルによる準リアルタイム予報についての発表が多かったように思われる。Wood (Princeton 大学/USA) は GCM の月平均のアンサンブル平均を観測値の月平均値で補正し、VIC や NOAH などいくつかの陸面モデルに与えたモデルアンサンブル平均による渇水予報を紹介した。Lettenmaier (Washington 大学/USA) のグループも陸面モデルを用いた全球渇水・洪水のナウキャスト予報について発表していた。このように陸面モデルを用いた研究に関しては、高解像度化、現業気象予報や GCM の利用、モデルアンサンブルなどの、仕事量で勝負の研究が多く、オリジナルなアイデアは乏しいと感じた。USA からの同じグループによる似たような発表が多かったせいかもしれないが、モデルの開発については一段落し、応用的な研究にシフトしているようである。その中で Kollet や Maxwell (LLNL/USA) による鉛直方向の土壌タイプを統計的に作成し陸面モデルに組み込んだ研究と、Dirmeyer (COLA/USA) による各地域の水リサイクル率を全球的に比較した研究は、目新しく面白いと感じた。

(平林由希子)

11. 我々は社会にどう貢献できるのか

何人かの VIP の演説や WCRP/GEWEX からの配布物の中で強調され続けていた一と、私（鼎）が感じる一は「人々の役に立つこと、役に立つことを demonstrate すること」であった。現在の GEWEX の議長が engineering hydrologist の Sorooshian であるた

め増幅され伝えられた可能性もあるが、COPES や GEOSS という新しい動きにも、それは現われていた。

しかし我々は本当に人々の役に立つことができるのだろうか、役に立ちたいのだろうか。この点に関して今回の会議で最も印象に残った発表は、テーマ2において招待講演として行われた Pagano (USDA/USA) によるものであった。彼は、アメリカ中西部の河川の季節流量予測のスコア（予測が後の現実とどれぐらい合っていたか）の数十年前からの経年変化を示し、ほとんど改善されていないことを我々に伝えた。春先の積雪量の情報さえあれば夏の流量はそこそこ予測できるが、一方で気候（予測）情報を取り入れたからといって、大した進歩は無いとのこと。あの巨額の投資はどうなってしまったのか（彼は誰かを責めていたのではなく、同じ分野の者としての悩みを伝える風であった）。もちろん、基礎科学の成果というものは、長い雌伏の末に、あるとき急に花開くものなのかもしれない。あと一押しなのか、二押しなのか、そんなことは気にする必要はないのか、それでもとりあえずお題目としては社会への貢献を掲げるべきなのか、お題目ではなく真剣に社会貢献を意識するものなのか、若輩者としては周囲の温度がとても気になるところである。ついでながら、発展途上国への貢献がお題目として挙げられている割には先進国で働いている人しか参加していないことも気になった。招待しようという気さえなかったように見える。

ところで、水文屋としてぜひ記したいことがある。今回の会議では、NASA を始めとした USA のさまざまなグループがリアルタイム河川流量・水資源予測を行いつつあることが報告された。Webster (Georgia 工科大学/USA) と Palmer (ECMWF) のグループまでもが、インドを対象としてそういう試みを行っているのには正直びっくりした。日本でも気象庁が、タンクモデルを用いての流出雨量指数の算定を実験的に開始したとのことである。日本の、アジアの、水文屋は、撤退かそれとも正面からの徹底抗戦かの分水嶺に立たされた感を持った。

GEWEX といえばフィールドキャンペーンというイメージが強かったが、今回は全くもってそうではなかった一というのが個人的な印象である。予算の都合などもあるのだろうが、モデルと解析ばかりでは少し寂しいと感じた。

(鼎 信次郎)

略語一覧

AIRS : Atmospheric Infrared Sensor (Aqua 衛星にのせられたセンサー)
 AWI : Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research アルフレッド・ウェゲナー極地・海洋研究所 (ドイツ)
 CALIPSO : Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observations (NASA を中心とする衛星ミッション)
 CAPE : convective available potential energy 対流有効位置エネルギー
 CEOP : Coordinated Enhanced Observing Period 地球水循環統合強化観測期間プロジェクト
 CGMS : Coordination Group for Meteorological Satellites 気象衛星調整委員会
 CLM : Community Land Model (NCAR を中心に開発されている陸面モデル), または Common Land Model (前者から分岐して Georgia 工科大学などの研究者が開発している陸面モデル)
 CMAP : CPC Merged Analysis of Precipitation (Xie and Arkin の降水量データセット)
 COLA : Center for Ocean-Land-Atmosphere Studies (USA の Maryland 州にある研究所)
 COPES : Coordinated Observation and Prediction of the Earth System (WCRP 内横断的活動)
 CPC : Climate Prediction Center (NOAA NCEP の部門)
 CRU : Climatic Research Unit (イギリス East Anglia 大学にある研究所)
 DEM : digital elevation model デジタル標高モデル (ふつう格子点型の標高データをさす)
 DIVERSITAS : (頭文字略語ではない.) 生物多様性 (biodiversity) に関する国際研究プログラム (ICSU, UNESCO など複数組織が主導)
 DMSP : Defence Meteorological Satellite Program (USA 国防省の一連の気象衛星)
 EarthCARE : Earth Clouds Aerosols and Radiation Explorer (ESA, JAXA などによる, 雲レーダとライダーを含む衛星ミッション)
 ECMWF : European Centre for Medium-range Weather Forecasts ヨーロッパ中期天気予報センター
 ERA15, ERA40 : ECMWF (15-year, 40-year) Re-analysis ECMWF の (15年, 40年) 再解析
 ESA : European Space Agency ヨーロッパ宇宙機関
 GAME : GEWEX Asian Monsoon Experiment アジアモンスーンエネルギー・水循環研究観測計画
 GAPP : GEWEX Americas Prediction Project (進行中の GEWEX 大陸規模観測実験)

GCM : general circulation model 大循環モデル
 GCSS : GEWEX Cloud System Study GEWEX 雲システム研究
 GEO : Group on Earth Observations 地球観測グループ (政府間組織)
 GEOS : Global Earth Observation System of Systems 全地球観測システム (GEO が推進する地球観測の体制)
 GEWEX : Global Energy and Water Cycle Experiment 全球エネルギー・水循環実験研究計画 (WCRP の一部)
 GOES : Geostationary Operational Environmental Satellite (USA の NOAA が運用する静止気象衛星)
 GPCP : Global Precipitation Climatology Project (GEWEX の一環のプロジェクト, またそのプロダクトである降水量データセットもさす)
 GPI : GOES Precipitation Index (GOES などの静止衛星の赤外データに基づく降水量指標)
 GPM : Global Precipitation Measurement 全球降水観測計画
 GSFC : Goddard Space Flight Center (USA のメリーランド州にある NASA の機関)
 GSSTF2 : Goddard Satellite-based Surface Turbulent Fluxes version 2 (衛星観測を使った海面潜熱・顕熱フラックスのデータセット)
 GSWP : Global Soil Wetness Project 全球土壌水分プロジェクト
 GWSP : Global Water System Project (WCRP, IGBP, IHDP, DIVERSITAS の共同プロジェクト)
 HOAPS : Hamburg Ocean Atmosphere Parameters and Fluxes from Satellite data (衛星観測を使った海面潜熱・顕熱フラックスのデータセット)
 HUBEX : Huai-he river Basin Experiment (GAME の一環, 中国の淮河流域での実験観測)
 ICSU : International Council of Science 国際学術会議
 IGBP : International Geosphere-Biosphere Programme 地球圏・生物圏国際協同研究計画 (ICSU が主導)
 IHDP : International Human Dimension Programme on Global Environmental Change 地球環境変動の人的側面研究計画 (ICSU と ISSC が主導)
 IORGC : Institute of Observational Research for Global Change 地球環境観測研究センター
 IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change 気候変動に関する政府間パネル
 IPWG : International Precipitation Working Group (CGMS の作業グループ)
 ISSC : International Social Science Council 国際社

会科学評議会

JAMSTEC : Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology 海洋研究開発機構 (日本)

JAXA : Japan Aerospace Exploration Agency 宇宙航空研究開発機構 (日本)

JPL : Jet Propulsion Laboratory (USA のカリフォルニア州にある NASA の研究所)

LLNL : Lawrence Livermore National Laboratory (USA のカリフォルニア州にあるエネルギー省の研究所)

LMD : Laboratoire Météorologique Dynamique 気象力学研究所 (フランス)

LPJ-DGVM : Lund-Potsdam-Jena Dynamic Global Vegetation Model (全球規模の動的植生モデル, Lund, Potsdam, Jena は開発者たちの本拠地の地名)

MATSIRO : Minimal Advanced Treatments of Surface Interaction and RunOff (Takata *et al.* (2003) の陸面モデル)

MIT : Massachusetts Institute of Technology マサチューセッツ工科大学

NASA : National Aeronautical and Space Administration 航空宇宙局 (USA)

NCAR : National Center for Atmospheric Research 国立大気研究センター (USA)

NCEP : National Centers for Environmental Prediction 国立環境予測センター (NOAA の一部, 数値天気予報の中心)

NLDAS : North American Land Data Assimilation System

NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration 海洋大気庁 (USA), またはその極軌道衛星

NOAH : (頭文字略語ではないらしい, NOAA NCEP を中心に開発されている陸面モデル)

ORCHIDEE : ORganizing Carbon and Hydrology In Dynamic Ecosystems (フランス LMD で開発された陸面モデル)

PERSIANN-CCS : Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks-Cloud Classification System (UCI で開発されている高空間分解能を持つ衛星降雨推定アルゴリズム)

PR : Precipitation Radar 降雨レーダ (TRMM のセンサー)

PREC/L : Precipitation Reconstruction over Land (CPC で作られている雨量計にもとづく1948年以降の月降水量データセット, Chen *et al.*, 2002)

PRISM : Parameter-elevation Regressions on Independent Slopes Model (Daly *et al.* (1994) による, 地形情報を考慮した降水量気候値データを作る方

法)

SHEBA : Surface Heat Budget of the Arctic Ocean project

SiB, SiB2 : Simple Biosphere, 同2 (P. J. Sellers によって開発された陸面モデル)

SSG : scientific steering committee 科学的運営委員会

SSiB : Simplified SiB (SiB をもとに Y. Xue によって開発された陸面モデル)

SSM/I : Special Sensor Microwave Imager (DMSP 衛星のマイクロ波放射計)

TMI : TRMM Microwave Imager TRMM マイクロ波観測装置

TRMM : Tropical Rainfall Measuring Mission 熱帯降雨観測衛星

UCI : University of California at Irvine カリフォルニア大学アーバイン校

UCSC : University of California at Santa Cruz カリフォルニア大学サンタクルズ校

USA : United States of America アメリカ合衆国

USDA : United States Department of Agriculture アメリカ合衆国農業省

VIC : Variable Infiltration Capacity (Lettenmaier による陸面モデル)

VIP : very important person 重要人物

VIRS : Visible and Infrared Scanner 可視赤外線観測装置 (TRMM のセンサー)

WCRP : World Climate Research Programme 世界気候研究計画 (ICSU, WMO, UNESCO が主導)

WMO : World Meteorological Organization 世界気象機関

参考文献

Browning, K. A. and R. J. Gurney, 1999 : Global Energy and Water Cycles, Cambridge Univ. Press, 292pp.

Chen, M., P. Xie, J. E. Janowiak and P. A. Arkin, 2002 : Global land precipitation : A 50-year monthly analysis based on gauge observations, *J. Hydrometeorol.*, **3**, 249-266.

Dai, A., K. E. Trenberth and T. Qian, 2004 : A global dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870-2002 : Relationship with soil moisture and effects of surface warming, *J. Hydrometeorol.*, **5**, 1117-1130.

Daly, C., R. P. Neilson and D. L. Phillips, 1994 : A statistical-topographic model for mapping climatological precipitation over mountainous terrain, *J. Appl. Meteor.*, **33**, 140-158.

藤吉康志, 佐藤正樹, 岩崎俊樹, 野田 暁, 対馬洋子, 井

- 上豊志郎, 中村晃三, 北川裕人, 2005 : 第3回 Pan-GCSS (GEWEX Cloud System Study) の報告, 天気, **52**, 854-861.
- Liu, H., J. T. Randerson, J. Lindfors and F. S. Chapin III, 2005 : Changes in the surface energy budget after fire in boreal ecosystems of interior Alaska : An annual perspective, *J. Geophys. Res.*, **110**, D13101, doi : 10.1029/2004JD005158.
- 増田耕一, 福富慶樹, 鈴木力英, 安成哲三, 檜山哲哉, 高橋清利, 沖 大幹, 安形 康, 平林由希子, 谷田貝亜紀代, 2002 : 第4回 GEWEX 国際会議報告, 天気, **49**, 477-486.
- New, M. G., M. Hulme and P. D. Jones, 1999 : Representing twentieth century space-time climate variability. Part I : Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology, *J. Climate*, **12**, 829-856.
- Takata, K., S. Emori and T. Watanabe, 2003 : Development of the minimal advanced treatments of surface interaction and runoff, *Global and Planetary Change*, **38**, 209-222.
- Watanabe, T. and J. Kondo, 1990 : The influence of canopy structure and density upon the mixing length within and above vegetation, *J. Meteor. Soc. Japan*, **68**, 227-235.
- Xie, P., A. Yatagai, M. Chen, T. Hayasaka, Y. Fukushima and C. Liu, 2004 : An analysis of daily precipitation over East Asia : Current status and future improvements. Proceedings of the 6th International Study Conference on GEWEX in Asia and GAME (Kyoto, Japan), P1-20.
- Yang, K., T. Koike, B. Ye and L. Bastidas, 2005 : Inverse analysis of the role of soil vertical heterogeneity in controlling surface soil state and energy partition, *J. Geophys. Res.*, **110**, D08101, doi : 10.1029/2004JD005500.
- 安成哲三, 鼎 信次郎, 遠藤伸彦, 谷田貝亜紀代, 沖 理子, 沖 大幹, 上野健一, 塩原匡貴, 1997 : GEWEX はどこまで成果を出したか—第2回 GEWEX 国際会議報告, 天気, **44**, 181-188.
- 安成哲三, 小池俊雄, 中村健治, 隈 健一, 沖 大幹, 石川裕彦, 一柳錦平, 上野健一, 江守正多, 桑形恒男, 田中克典, 玉川一郎, 寺尾 徹, 戸田 求, 宮崎 真, 村田文絵, 谷田貝亜紀代, 山田広幸, 2000 : 第3回 GEWEX 国際会議及び第4回 GAME 国際会議報告, 天気, **47**, 189-197.
- Zeng, X., R. E. Dickinson, M. Barlage, Y. Dai, G. Wang and K. Oleson, 2005 : Treatment of under-canopy turbulence in land models, *J. Climate*, **18**, 5086-5094.