

スペシャル・セッションの報告

「地表面・大気相互作用」(1988年秋),
「陸面過程」(1989年春)*

増田 耕一**・桑形 恒男***

1988年の気象学会秋の大会で、大会運営上の新しい試みとして「スペシャル・セッション」が企画され、その題目として「地表面・大気相互作用」がとりあげられた。その趣旨説明は「天気」1988年5月号(35巻311ページ)に書かれており、また増田の補足が同7月号(35巻455~456)にあるので、詳しくは繰り返さない。簡単に述べれば、気候研究の中で、大気と海・陸・雪氷との相互作用が重要であることが明らかになり、これを考えるためには分化した discipline を越えたセッション編成が必要だと考えたことによる。

このセッションへの講演応募は予想より多く、34件(他の分類からのふりかえ1件を含む)の発表が、1988年10月28日の午前・午後を通じて行われた。プログラムは「天気」1988年9月号(35巻588~590ページ)に印刷されている。発表内容によって大きく4部に分け、第1部は海面での熱・物質・運動量フラックスとその大規模な影響、第2部は雪氷面(積雪、海水、氷河)とその影響、第3部は陸面の蒸発および熱収支、第4部は地形の効果を中心とするものを集めた。これはむしろ進行上のつごうでほぼ同じ時間ごとにくぎったにすぎず、内容はそれほどきれいに分類されるものではない。たとえば第3部にも積雪に関する問題を含んでいる。また、第4部は局地循環のより大規模におよぼす効果の話題が多数をしめているが、大陸の大きさや位置の効果という全く違った観点の発表も含んでいる。限られた時間をどのように配分するかはむずかしいところだが、最後にまとめて総合討論の時間をとることにした。そのため講演や個別の質疑・討論の時間は普通のセッションよりもやや短め

となってしまった。座長は第1部が内藤玄一さん(近藤純正教授の病気のため急拠お願いした)、第2部が増田、第3部が井上君夫さん、第4部が木村竜治さん、総合討論は桑形である。

総合討論(内容はこのあとに収録した)では、出席者もほぼ会場をうめるほどになり、活発な議論がされた。ただし、どちらかといえば大規模気象・気候研究者の発言が多く、境界層研究者がもう少し積極的であってほしかったという気もしないでもない。東北大グループが会場係で忙しかったこと、および近藤教授の病気という事情もあったわけではあるが。

ふりかえてみて、このセッションは、少なくとも顔合せの「お祭り」としては成功したと思う。特に、雪氷と大気にもたがった研究をしている人から、気象学会に積極的に参加する場ができたことと歓迎された。しかし、今後続けて行くのには、テーマがあまりにも大きすぎる。また、1日ばかりで、他のセッションが並行して進行している場合となると、多くの人に貫して参加してもらうのはむずかしい。そこで、次の機会である1989年春の大会では、主題を「陸面過程」にしぼり、また総合討論では今後の観測およびモデリングの研究の方向に関する議論を中心とすることにした。秋のセッションのあと有志が集まった反省会の中では「地表面・大気相互作用」は「気候システム」全体を展望するような視点を持つものであり、この幅を狭めないで続けてほしいという意見もあり、われわれも非常に迷ったのである。しかし、運営能力の点から、「海」の問題と「陸」の問題に大きくわけ、われわれは「陸」の問題の討論を呼びかけることに精力を注ごうと考えた。

「陸面過程」の趣旨説明は「天気」1988年12月号(35巻752ページ)にある。これに対して11件の講演申し込みがあり、セッションは1989年5月26日の午前に行われた。座長は鳥谷均さんをお願いした。プログラムは「天気」1989年4月号(36巻252~253ページ)にある。短い

* Special sessions "surface-atmosphere interactions" and "land-surface processes".

** Kooiti Masuda, 東京大学理学部地球物理学教室.

*** Tsuneo Kuwagata, 東北大学理学部地球物理学教室.

発表という新制度の導入と、テーマ別セッションに対する優遇のおかげで各講演について他のセッションと同様の時間を分配した上で、約30分の総合討論の時間をとることができた。これだけの時間で何かの結論が出るわけもないが、参加者のそれぞれにとって刺激となるものにはできたと思う。この討論の記録もこのあとに収録した。

1989年秋の大会ではこれに続く企画は休むことにした。一つの理由は、地表面・大気相互作用は気象学会ばかりでなく他の学会にもまたがる問題であり、その研究者の中には同じ学会の大会に年2回も出るのがむずかしい人もあることがある(実際、増田は沖縄大会を欠席した。地理学会を優先させたためである)。また、これ以後の方向として、通常のセッションの編成がえに向かうか、あるいはより明確な主題を持った特別セッションを企画していくかがまだ固まっていなかったこともある。後に、今後の方針について呼びかけ人同士で話し合った結果、今回行ったセッションをこれからも通常セッションとして続けていきたいとの結論に達し、講演企画委員会にその旨を申し出ることになった。地表面として陸面のみを扱うか、それとも海洋も含めるかは目下検討中であり、題目としては「大気・地表面相互作用」もしくは「大気・陸面相互作用」を考えている。

なお、スペシャル・セッションを実行する上で気をつけた点は、事前にかなり詳しい進行のプログラムを組んでおいたことである。各講演ごとの時間、交代時間などのロスタイム1分ずつ、休憩時間、総合討論の時間を単位で割り当て、事前に講演者と座長に郵送した。これまでシンポジウムなどで進行が遅れて総合討論が縮小されることがよくあるのを反面教師とし、1講演ごとに時間が割り振ってある地理学会のプログラム、および気象学会の1985年大阪大会で地方事務局のかたが作成された時間割りを参考にしたものである。結果として、多少の遅れはあり、また個別の討論を惜しいところで打ち切らなければならないことが多かったが、総合討論の時間がともかくも確保できた。また、秋の大会では1人、春の大会では数人のかたに総合討論での発言を事前をお願いした。準備が遅く大会直前になってしまい、この時期に言われても困るとお叱りもいただいたが、熱心なかたがたの発言で討論が充実できてありがたかった。

セッションを終えて、得られた成果を多少とも体系的にまとめようと考えたが、筆者の能力ではやはり不可能である。少なくとも総合討論の内容を記録にとどめ、出席できなかった人にも参考にしていただくことに意義があると考え、このあとに収録した。発言の趣旨を取り違

えている恐れもあるが文責は世話人にある。

1. 1988年秋の大会「地表面・大気相互作用」

総合討論メモ(文責:増田)

内藤玄一: ローカルな研究とグローバルな研究をどうつなげたらよいのだろうか?

住 明正: 熱源という角度からは disturbance のほうが境界層よりもきくのではないか? 「気候」を、平均値よりもこまかく理解することができるだろうか?

安成哲三: 気候図を作っていくことは重要だと思う。

藤谷徳之助: 海上の渦関観測で、Bowen 比が disturbed の状態と undisturbed の状態で違うことが出てくる。このことをグローバルな問題に反映させるのはむずかしい。Disturbance のところを船が通ることが少ないから、普通に統計すると偏る。レジームごとに分類し、それぞれのバルク係数をまとめておいて適用するのがよいだろう。

安成: 雪と気象要素の関連について、大陸上のデータを集めていきたい。しかし、観測のないところもある。

井上治郎: 中国との共同実験観測計画「HEIFE」を紹介する。場所は中国西北部のかなり多様な地表面状態のところであり、一部は「ゴビ」(岩石砂漠)である。この地域が選ばれたのは農業などの開発の関心からである。日本人の砂漠に関する知識をふやすこと、人間活動(耕地化など)と気候とのかわりについて考えること、などの意義がある。Synoptic, grid scale, pixel scale での観測をそれぞれ計画している。現在概算要求中であり、予備観測はすでに始めている。本観測は1990年10月から2年間で、10~30日の強化観測を4回、そのほかテーマ別の特別観測を予定している。

大内彩子: 特別観測のほか、従来の観測のデータ収集も大事だと思う。たとえば「中国地面気象記録月報」のようなものを積極的に集め、解析することである。一方、大循環モデルの側からも、観測に対してどういう精度がほしいのか示すべきだろう。

井上君夫: きょうの話の多くは湿潤地域を対象にしていた。地球全体としては、乾燥域も重要である。乾燥域ではとくに土壌水分が問題になるが、そのデータは少ない。衛星データを活用すべきである。また Canopy density が特に問題になるのは、それが中程度の時である。

木村竜治: 東北大・近藤グループは一貫した philosophy をもって取り組んでいるように見える。現象をすっきりとモデル化し、観測事実と比較し、あえばよしとするという、一種の工学的態度と思われる。わたしは地形

は個性豊かでモデル化しにくいと思うので、合っていると言われても懐疑的になる。観測も点か線を pick up したのだから、面を代表している保証はない。わたしは役にたたなくても面そのものを知りたいと思う。今回のセッションを含めて、研究の多くが、(a) 大循環モデルなどにより、わかるかぎりの現象を現実的に表現する、(b) 観測結果の時系列から関係を見つけようとする(しばしば短絡的にモデル化する)のいずれかの態度をとっているようだ。一方、大淵ほかの講演のような、(c) drastic に簡単な気候モデルというアプローチもおもしろいのではない。

加藤内蔵進：大規模(大循環あるいは総観規模)の研究で乱流はパラメタリゼーションとして、乱流の研究で大規模は基本場として、利用するだけだった。しかしメソスケールは実体としてある。局地循環の熱輸送、水蒸気輸送に対する役割りのパラメタリゼーションは、中国などの大陸でも有効だと思う。雪水と大気の関係で、今回は雪を降らせる大気場の話があまりなかった。大気中で水が動くプロセスを考えると、平均場だけではだめで、synoptic 擾乱を考える必要がある。

住：議論するまえに問題(特にスケール、シグナルレベル)を定義したほうがよい。「夏が暑いのはなぜか」ならば太陽高度だけですむ。観測にかかりやすくよく問題にされるのは1~2年の変動である。しかしそのスケールの同じ現象(たとえば ENSO)でも、過程(みちすじ)はひととおりではない。「最終的」な定常状態ならば保存則があるので、陸・海のコントラストや陸の形などで決まった一定の形になるという予想もっている。

沼口 敦：モデルのスペクトルのはばは連続的にあってよい。気候モデルは GCM ばかりではない。境界層を explicit に取り込んだ大規模モデルも計算機の能力で可能になってきた。GCM を簡単モデル的に、おおまかなふるまいをみるように使うこともできるようになってきた。

増田耕一：現地観測計画の中で、衛星に対する ground truth としての意義を重視してほしい。

安田延寿：乱流理論の基本的なところが解決されていない(天才待ちである)ので、境界層理論は帰納的にやるしかない。境界層観測はただやるだけではなくて、少しでも進んでいる乱流理論に基づき、モデリングをやることを念頭に置いて観測することも必要だろう(生物の変化となると手が届かないが……)

孫 沈清：これまで日中協力というと台風、梅雨ばかりだったが、乾燥地域への関心も高まってくれたい。発

展を期待する。科学院の研究所との協力もいいが、各地の気象局の研究所とも協力してほしい(新疆気象台にも研究所がある)。

藤谷：科学技術庁と理化学研究所が中心となり、砂漠化の研究を計画している。

加藤：これまでの実験観測は観測を専門とする人が中心になって企画したものが多かったが、モデル、理論、解析の人の要求を中心とした実験観測をやってみたらどうか。

2. 1989年春の大会「陸面過程」総合討論メモ

(文責：桑形)

増田耕一：陸面過程をどのように見ていったらいいかということに関して、さまざまなスケールにおける観測、データ解析、モデルおよび理論的研究を相互に役に立つような形で組み合わせていかなければいけないと思う。

(a) 素過程：コントロールされた条件下で観測が可能。

(b) 小規模(数 km)：割合正確に熱収支や水収支が見られる。飛行機も利用可能。

(c) メソスケール(数 10 km)：研究観測だけでは足りなくなって既存のデータを使わなければならない。しかし既存のデータにもいろいろと不満がある。例えば放射データが少ない、ゾンデの観測が1日2回しかない等等。観測を強化しながらこれを使っていく必要がある。

(d) 大規模：陸面および雲のデータを取得するには衛星が必要。自由大気のデータについてはゾンデのデータを中心として衛星データを加味して数値モデルによって同化する方法がほぼ確立しているが、今後は境界層までを含めて質のよいデータを作っていく必要がある。

(なお、素過程や小規模の実験観測を行う場合、上流に違う状態がある場合にはそれも含めて観測しないとだめである)

佐藤信夫：数値予報にとって陸面水文過程は重要である。陸面水文過程は大気循環に影響を与える。今後は地上の気温・風などのものをモデルで直接予報してしまいたい。気象庁数値予報課において今年の秋には水平メッシュ 100 km、鉛直 21 層の全球モデルが動き出す。水平メッシュが 10 km、鉛直 19 層の地域モデルの実験も始めている。モデルにおける陸面水文過程は十分にシンプルで、しかもきちんとしたものである必要がある。同時にモデルに必要なパラメータを観測し、モデルのチューニングをしてやる必要もある。モデルをテストするのに最もいいのは日本である。ほかにはアメリカやヨーロッパ

でも日本ほど密な観測網はない。そういう意味で、東北大グループの広域熱収支解析に非常に興味を持っている。最近、予報がよくなっているので、予報エラーが観測エラーに近づいている。そのため近い将来のうちに、地表面についても予報結果に観測値を入れて解析し、さらにそれをもとにして予報するという、予報・解析サイクルが可能となるであろう。陸水が扱えるいいモデルができればこのサイクルを用いて顕熱・潜熱の予測ができるようになる。将来構想としては、大気、水圏、生物圏の時々刻々の状態、運動を監視、予報する地球環境監視予測モデルをめざしたい。その内でも陸面水文過程は、われわれが生きている地上での現象の把握・予測という点で重要である。

沢井哲滋：なぜ海面でなくて陸面であるのか？ さらに増田さんはなぜ水平スケールで分けて議論したのか。

増田：海面が重要ということは疑いもない。だからといって全員が海をやればよいということではない。海については一応こういう方程式を使えばよさそうだというモデルがある。陸についてはどういう変数を使ってどういことを議論したらいいかわかっていない状況なので、知恵を集める必要がある。水平スケールの話は自然現象のスケールを考えているわけではなくて、研究手法を意識したスケール分けのことである。また鉛直スケールはあまり小さくできないと考えている。

木村富士男：陸固有の問題が一つ抜けているように思う。それは陸上での運動量の交換である。山があると運動量の交換は平坦地と異なってくる。熱の場合は各グリッドの熱を積分していけば陸全体の熱収支が出るが（水蒸気の場合も同様）、運動量の場合はこれに加えて、気圧と地面の傾きの積の総和みたいな量が効いてくる。これは mountain drag に相当する。今回の講演で気圧データを有効に使って熱収支を解析しているのが印象に残った。複雑地形での運動量収支を扱おうとすると、気圧の解析というのがこれから重要になるのではないか。熱の場合だと基本的には素過程が一番重要である。それらの蓄積が大規模な熱収支にも効いてくる。運動量の場合にはそうではなくて、気圧と山との相互作用のような中規模の現象が直接かかわってくる。これらの問題は、数値予報の面ではメッシュを数 km までに小さくしていけばやがては解決するのかもしれない。しかし夜の斜面風などの例ではかなり小さい地形の影響も受けている印象を持つ。最小メッシュ内の地形の効果を何らかの形でパラメータ化する必要があるのではないか。それらパラメータ化においては乱流の知識だけでなく、もう少し力学

的な問題も入ってくる。例えば、地形の効果によって、内部重力波のようなものを通してはるか上空にまで運動量が伝搬することもある。

桑形恒男：木村さんは運動量の観点で複雑地形の重要性について述べたが、私は熱交換に関する複雑地形の重要性に興味を持っている。いうまでもなく熱交換の原動力は日射である。大気が乾燥しているときには、複雑地形上の熱交換量は領域平均すると平坦地とそれほど変わらないであろう。しかし大気が湿っている場合には、局地循環により山岳地で積雲対流が発達し、対流圏スケールで大気・地面間の熱のやりとりが行われるようになる。今まで境界層の研究では雲のことをやっていなかった。今後、境界層は雲を含めて研究していかなければならない。それと全球的な意味での熱収支をきちんと評価していかなければいけないと考える。その評価を観測だけでやるのは無理である。そのためにはルーチンのデータを有効に利用していく必要がある。

加藤内蔵進：局地循環がグローバルな面で効いてくると思われる例にチベット高原がある。モンスーン・梅雨の1つの要因として高原上で加熱が維持されることが重要。加熱の維持には地面からの顕熱だけではなく、凝結による潜熱も重要である。比較的大きなスケールの地形によって励起された局地循環が日変化で水蒸気を運んで、対流を形成し、高原上でかなりの降雨をもたらしている。これらの現象は十分に調べる必要がある。陸面過程という意味で大循環あるいは局地循環における素過程を扱った話が多かったと思われるけれども、気候・水循環そのものがどのようになっているのを認識する必要もあるのではないか。衛星データの利用はだれしもが考えることであるが、それ以外にも雨量、地表面温度など既存のデータがどのくらい使えるのかを検討し、それらをデータベース化することが重要であると考えている。例えば高層観測の回数を増やし、分解能を上げていくことも検討する必要がある。

佐藤：モデルのチェックをするときに観測データが必要であるが、なかなか全部そろったよいデータがない。例えば水文に関するデータをはかっていない、放射をはかっていないなどバラバラである。雨の日は観測できないというものもある。全部ひとまとめにしてデータを測定することが重要ではないか。

謝辞

総合討論の記録を手伝っていただいた東北大学理学部の山崎剛氏と三枝信子さんに感謝の意を表します。