

IAMAS/IAPSO'97合同国際会議の報告*

高橋 劭^{*1}・田中 博^{*2}・古屋 正人^{*3}・大谷 竜^{*4}
 谷田貝 亜紀代^{*5}・江守 正多^{*6}・桑形 恒男^{*7}・岡本 創^{*8}
 万納寺 信崇^{*9}・酒井 孝太郎^{*10}・浮田 甚郎^{*11}・沼口 敦^{*12}
 渡部 雅浩^{*13}・中村 尚^{*14}

1. はじめに

1997年7月1～9日、オーストラリアのメルボルン国際会議場にて、IAMAS (International Association of Meteorology and Atmospheric Sciences : 国際気象学大気科学協会)・IAPSO (International Association for Physical Sciences of the Oceans : 国際海洋物理学協会)の合同国際会議が開催された。メインテーマは"Earth-Ocean-Atmosphere Forces for Change"。今回 IAMAS は通算7回目だが、前回まで

の IAMAP (International Association of Meteorology and Atmospheric Physics : 国際気象学大気物理学協会)からの名称変更の影響はほとんど見受けられなかった。今回の参加者総数は最終日前日の段階で1025名、うち6割が IAMAS 関係者、残りが IAPSO 関係者と発表された。4年前横浜で開かれた IAMAP/IAHS (国際水文科学協会)'93合同国際会議の参加者総数が1088名だったことを思い起こせば、特に多くも少なくもないという印象だ。ただ、一部の情報では当初2000人の参加を見込んでいたというから、もし本当なら相当な赤字を出したことになる。

我が国からも相当数の参加者があった。以下、実行委員会での議論の概要に引き続き、主に若手研究者に、印象に残った発表を中心に会議の印象を綴ってもらった。実行委員会でも苦言が呈せられたが、類似したセッションが重複するなどプログラム編成に難があり、セッション毎にきちんとした報告をまとめるには至らなかった点、予めご了解頂きたい。(高橋 劭)

2. IAMAS 実行委員会の報告

標記委員会が7月8日夕方開催され、各国から22名の代表が集まった。IAMAS の Duce 会長と List 事務局長の司会で議事が進行した。本大会の反省点として、James (英レディング大学)から現地組織委員会 (LOC) に対し、以下4項目の指摘がなされた。

- 1) 口頭・ポスター発表ともキャンセルが多すぎる。
- 2) 内容的に重複するセッションが多すぎる。
- 3) 参加して然るべき人々が来ていない。
- 4) 参加費が高すぎる。昼食券にも不満が募った。

* A Summary of 1997 Joint Assemblies of IAMAS/IAPSO at Melbourne, Australia.

^{*1} Tsutomu Takahashi, 桜美林大学.

^{*2} Hiroshi L. Tanaka, 筑波大学地球科学系.

^{*3} Masato Furuya, 通信総合研究所.

^{*4} Ryu Otani, 東京大学理学部.

^{*5} Akiyo Yatagai, 宇宙開発事業団地球観測データ観測センター.

^{*6} Seita Emori, 国立環境研究所.

^{*7} Tsuneo Kuwagata, 東北農業試験場.

^{*8} Hajime Okamoto, 東京大学気候システム研究センター.

^{*9} Nobutaka Mannoji, 気象庁数値予報課.

^{*10} Kotaro Sakai, 名古屋大学大気圏科学研究所.

^{*11} Jinro Ukita, 宇宙開発事業団地球観測データ解析センター (現:地球フロンティア).

^{*12} Atusi Numaguti, 東京大学気候システム研究センター.

^{*13} Masahiro Watanabe, 東京大学気候システム研究センター.

^{*14} Hisashi Nakamura, 東京大学理学部.

1) については、掲示用に置かれたパネルがポスター会場を埋め尽くさんばかりだったが、ポスター発表が少なく結果としてほとんど使われなかった。加えて、口頭発表にもキャンセルが続出し、参加者の多くは時間を持って余していた。セッションを予定通り進行させるため、キャンセル一件につき20分空白ができるのだが、これがあまりに多かった。反面、予定通りの進行に、キャンセルの間安心して他のセッションを聞けるという利点があったのも事実だが…。

2) としては、IAMAS/IAPSO 合わせて41ものセッションがあり、双方に関係する大気海洋相互作用に関する発表などは、どのセッションに入れるか迷うほどであった。横浜での IAMAP/IAHS のセッション数34と比べると確かに多い。そのため、招待講演を含め聞きたい講演が重なることが多く、多くの参加者から不満の声が上がっていた。

3) に関しては、例えば関係者が多いはずの地元CSIRO (豪州科学産業研究機構) などからの参加者が思ったほどは多くなく、国内の協力体制のまずさや不響和音といったものが聞こえてくるようでもあった。NCAR (米大気科学研究センター) からの参加者もわずかに3名ほどだったようである。表向き財政難が理由らしいが、本当にそれだけだろうか? 巨大会議IAMASの真価が問われているようではない。

4) としては、基本登録料\$640に加え、7日分の昼食券\$126、バンケット\$90はどれをとっても高すぎた。因みに、登録料が高いと騒がれた横浜の大会ですら3万円程度だった。また、昼食券について不満が爆発していた。いくら会場は立派でも、用意された食事は1回1800円に見合う内容には程遠く、おまけに初日は食事のために腰を降ろす場所さえほとんどない有様だった。「会場近くにはレストランが少ないから」と昼食券の購入を強く薦める案内を信じて、7日分まとめて購入した人が多かった。だが、いざ蓋を開けて見ると、周りは真新しいレストランだらけだった。久しぶりに再会した仲間と外食する度に、折角購入した昼食券がフイになった。

次に、IAMASの役員構成や選出方法の見直しについて議論されたが、結局基本的には従来通りとなった。ただし、副会長にも秘書役を付ける方針が認められた。また、今回IAMAP (最後のPはPhysics) からIAMAS (最後のSはScience) への改名は、主として大気化学関係者の主張によるものであるが、これを機にIUGG (International Union of Geodesy and Geo-

physics: 国際測地学地球物理学連合) も同様に名称変更したらどうかと提案があった。これに対し、AGU (American Geophysical Union: 米国地球物理学連合) 代表者から「AGUについても同様の意見があるが、この3文字は既に本来の意味からは遊離し、ブランド名(あるいはidentity)として認知されており、今変更はできない。」と明解な回答が述べられた。

委員会の最後に、2001年開催の次回第8回IAMAS大会の2つの立候補地、インスブルック (オーストリア) とツールーズ (フランス) が紹介された。オーストリアは1991年にIUGGを開催した実績が売り物だ。やる気満々のKuhnの下で「IAMASも是非オーストリアで!」と強く誘致を表明し、大会参加費は今回の半分で済むとの試算結果を紹介してみせた。これに対し、大国でありながらこれまでなぜかIAMAS開催の経験がないフランスは、町の名所やワインの魅力をちらつかせつつ誘致を行なった。ただし、登録料の試算は\$500程度で、この点ではオーストリアに一步譲らざるを得ない。すかさず、IAMAP前会長のHoskins (英レディング大学) が、「IAMASのような科学者の会議では参加費の安さが最も重要だ。」と言葉をはさんだ。Duce会長とList事務局長は、「本委員会での意見を考慮した上で、執行部が9月末までに次期開催地を決定する。万一、決定に不満が多い場合は、実行委員による投票をお願いするかも知れない。」と回答した。

最後に一言。いかなる場合でも、このように大きな会議を開催するのは、実働部隊であるLOC委員にとっては骨の折れる仕事だ。会議の成功を祈って献身的に働いても、やれ登録料が高い、食事がまずいなどと、参加者の文句ばかりが聞こえてくる。でも、参加者の多くは委員のそんな苦勞を心の奥底で感じ取り、大いに感謝しているに違いない。

(高橋 劭・田中 博)

3. 大気海洋の角運動量収支と地球回転変動

読者諸氏は、近年の高精度宇宙測地技術によって観測される自転角速度変動が、気象庁などの全球大気客観解析値に基づく角運動量変動でよく説明されることはご存知であろう。しかし、大気角運動量だけでは地球回転変動の全てを説明出来ない。特に、極運動 (赤道軸の回りの角運動量収支) については大気からの寄与との食い違いが依然顕著に残っている。全部で9件の口頭発表のうち、Dickey (JPL: 米ジェット推進研究所) によるレビューと、Suendermann (独ハンブルグ

大学)による氷期以降の海洋潮汐に伴う角運動量の話題を除けば、各自何らかの手法で海洋角運動量を計算し、地球回転への影響を調べるといったものだった。Gross (JPL) は、GFDL (米地球流体力学研究所) とマイアミ大学の2つの海洋大循環モデルの出力データに基づき、1992~94年までの自転角速度変動と極運動への効果を調べた。同様の研究を、Bryan (NCAR) は米ロスアラモス国立研究所の、Johnson (米テキサス大学) は Semtner=Chervin の各モデルに基づいて行った。筆者は、NCEP (米環境予測センター) による太平洋の客観解析データに基づいて海洋の寄与を推定し、季節変動成分への大気の影響を補うことを示した。また太平洋角運動量に ENSO (エル・ニーニョ/南方振動) のシグナルが現れるが、極運動の方ではあまり明瞭ではないことも示した。各研究者の結果は定量的にはまだまだ一致しない部分が多いが、海洋が極運動励起にとって重要であるらしいという点では一致しているようである。1980年代初めから全球大気データを用いて大気の地球回転への影響が精力的に調べられてきたが、今後しばらくは水 (海洋や陸水) からの寄与へと焦点が移行しそうである。(古屋正人)

4. 宇宙測地技術による大気研究

宇宙測地技術 (Space Geodetic Techniques) によると名うたれたものの、講演の大半は GPS (Global Positioning System) に関してであった。初日は GPS 衛星と低軌道衛星 (LEO) を用いた宇宙からの大気プロファイルの推定と電離層のモニタリング、2日目は主に地上からの GPS 観測に基づく水蒸気量測定についての講演がなされた。両日とも盛況で、計35もの講演がほぼキャンセルなく行われたが、誌面の都合から2日目のセッションのみ取り上げる。

講演の半数は、GPS を利用した可降水量の集中観測や定常的観測網の構築と、これらの結果を用いた可降水量の精度検証に関する報告に占められた。GPS による可降水量推定精度は現状で1~2mm 程度というのが共通認識である。ある物理量の振幅を測定する従来のリモートセンシング技術とは異なり、GPS では電波の伝搬速度の遅延を正確な時計で測定して可降水量のリトリバルを行なう。そのため、従来不可欠であったキャリブレーションを不要とし、機種に依存せず長期間安定した測定が可能とされている。だが、アンテナ毎の位相特性の差異や解析時に設定する最低仰角の任意性などによって、可降水量の推定に系統的な食い違

いが生ずることが最近の研究から明らかになっている。こうした「隠れたキャリブレーション」の必要性が、異なる観測・解析方法に基づく推定の単純な比較を困難にする。また、更に高い精度で検証を行おうとすると、他の気象測器による観測が最早満足できる比較基準とはならないことが、Bevis (米ハワイ大学) から指摘された。今後 GPS から可降水量の高精度のリトリバルを行なうには、こうした点に注意を払いつつ、観測機器としての GPS の特性を明らかにすることが必要だと強く感じた。

他には以下の講演が特に目を引いた。Bar-Sever ら (JPL) は、GPS 解析用の大気モデルであるマッピング関数に、天頂方向の大気遅延に加え一次の勾配を未知因子として導入した解析結果を示した。低い仰角の GPS 衛星まで含めた解析により、大気遅延や測位解の推定精度が向上する事が示された。また、Ware ら (米 UCAR: 大気研究大学連合) は、改良された GPS アンテナで各衛星の視線方向の水蒸気量 (SWV: Slant path Water Vapor) を直接推定し、放射計の観測と変動パターンがよく一致する結果を示した。彼らは、SWV 時系列に見られる短周期変動を、雲の影響など現実の水蒸気の不均質性に帰することが可能としている。検討の余地はまだあるものの、こうした方法が確立すれば今後トモグラフィ等の手法で水蒸気の高次元分布を推定できる可能性もあり、大変興味深い。

Benjamin (米国予報システム研究所) は、暫定的な結果ながら、GPS 可降水量データを数値モデルに取り込むと、降水域が現実と近づくことを示し、注目を集めた。実際の現業数値予報への利用には、GPS 可降水量の推定に不可欠な高精度の衛星軌道情報を数時間の内に入手する必要がある。Dodson ら (英 IESSG: 工学測量宇宙測地学研究所) は、IGS (International GPS Service) の予測する衛星軌道情報 (予測暦) を用いて可降水量を推定した結果を紹介した。軌道推定精度の低い衛星を予め除いておけば、現在の予測暦でも精密暦より若干劣る程度の精度で可降水量が推定可能とのことであり、GPS 可降水量の数値予報への応用にまた一歩前進した感があった。

総じて、GPS 可降水量の気象学的応用研究よりも、その前段階に当たる基礎研究に関する報告が多かった。それは、GPS による可降水量測定がまだ若い技術であり、データの蓄積を通じた地道な検証を必要とするからであろう。その一方で、筆者らが発表した可降水量の日変化の事例など、気象学的にも興味深い現象

が捉えられつつあり、気象学への応用に関して今後の発展が期待できる萌芽も見られた。なお、この会議への出席に際して、日本気象学会国際学術交流委員会より補助金を頂いた。ここに記して感謝する。

(大谷 竜)

5. 水循環 (GEWEX) について

水循環についての解析研究では、NCEP や ECMWF (欧州中期予報センター) による大気循環再解析データを利用した研究が、筆者のものを含めて数件あった。これらは、発表後必ずと言っていいほど、ゾンデデータと比較したか、GPS による水蒸気量の見積りと比較したかなどと質問されていた。筆者の発表に対しても、モデルと比較したかと尋ねられた。反面、扱っている内容や現象自体についての議論が殆どなかったのが残念であった。

そんな中で、Trenberth (NCAR) は、Xie and Arkin (1996) の推定による降水量や、NASA (米航空宇宙局) 水蒸気プロジェクト (NVAP) に基づく水蒸気量なども比較しながら、NCEP 再解析データの水蒸気収支を論じた。また、Fasullo (米コロラド大学) も、NCEP をはじめ複数の降水量データの平均値を提示しつつ、モンスーンの季節内変動に伴う水収支や水循環の役割を論じた。使えるものはできるだけ利用して比較検討するという彼らの姿勢には感服した。また、Trenberth は、気候温暖化に伴う降水分布や降水率の変化についても、大気の水蒸気保有能力や蒸発率の変化を絡めて論じ、印象に残った。

筆者の発表は、不運なことに著名な方の発表と重なり、その前の発表もキャンセルされたこともあって、聴衆は極めて少なかった。知り合いの研究者から「あなたのことは個人的に知っているから、後で聞きにしよう」と思い、別の人の話を聞きました。」と言われ、休憩時間に議論してドラフトを交換することができたのが不幸中の幸いであった。(谷田貝亜紀代)

エネルギー・水循環のモデリングに関する発表では、Dickinson (米アリゾナ大学) や Betts (英ハドレーセンター) らのように、植物生態系と気候の相互作用の研究が活発に始められていることが、まず第一に印象に残った。炭素収支や環境ストレスなどによって植物の成長量が予報され、それが蒸発散やアルベドの変化などを通じて気候にインパクトを与えるといったものである。現在のところ適用範囲があまり顧みられない

ままモデルが一人歩きしている感もあるが、今後重要な研究課題になることが予想される。陸面モデルの相互比較プロジェクト PILPS (Project for Inter-comparison of Land-surface Parameterization Schemes) は、大気モデルと結合した陸面モデルの振舞を比較するフェイズを開始した。ただ、Henderson-Sellers (豪 BMRC:メルボルン王立技術研究所) や Schulz (独 MPI:マックス=プランク研究所) らの結果は、陸面モデルが異なると大気にもこれだけ違いが出ると言った類のもので、どのような過程が重要ななどの議論が聞けなかったのは残念だった。筆者が特に興味を持つ降水と土壌水分の相互作用に関しては、筆者が理想化した条件におけるモデル実験の結果を発表した他、Schär (ETH:スイス連邦技術研究所) が興味深い発表を行った。彼は領域モデル実験の結果から降水再循環 (リサイクル) 率を評価し、蒸発の増加に伴う降水の増加にはリサイクルよりもむしろ間接的要因 (境界層・放射の変化) の方が重要なことを示した。ただし、彼は Budyko の完全混合の仮定を用いており、それが結果に大きく影響していると思われる。沼口 (東京大学) は大循環モデル (GCM) にトレーサーを流して大陸規模の水循環経路などを評価したが、この手法は様々なスケールの水循環を調べる上で今後有力な手段になるであろう。(江守正多)

6. 境界層

境界層のセッションは、“Boundary layer in complex terrain” というテーマで3日間にわたり実施された。ここでは、植生キャノピーの乱流特性、ウィンドブレイクおよび内部境界層に関わる乱流特性、多様地表面上の熱収支、大気汚染物質の拡散、丘を越える気流の特性、複雑地形上でのメソ気流モデル等の話題が発表された。今回はとりわけ植生キャノピーに関連した発表が多く、全講演43件中 (うち2件はポスター) 19件を占めていた。複雑地形上の大気境界層を扱った研究では、丘を越える気流に関する発表が8件もあった反面、筆者が最も興味を持っている、複雑地形や多様地表面上における大気-地表面間エネルギー・水循環過程に関する話題はあまり多くなかった。元来植生キャノピーの研究が盛んなお国柄ではあるが、“complex terrain” というキーワードに期待していた筆者にとってはやや期待はずれの感があった。その中にあって、OASIS (Observations at Several Interacting Scales; オーストラリアで1994~95年に実施された領

域スケールの大気-植生相互作用に関する観測プロジェクト)に関連した一連の研究成果(6件)の発表は、筆者の興味を引いた話題であった。最近、領域スケールの大気-陸面相互作用に関する観測プロジェクトが世界各地で実施されているが、これらのプロジェクトに関する情報や成果は、わが国主導で計画されたGAME (GEWEX Asian Monsoon Experiment)等の観測プロジェクトを実行する上で、大いに参考になるのではないと思う。また本セッションでは、全講演の半数近くにあたる19件が地元オーストラリアの研究者による発表で、以下英国8件、カナダ5件...と続き、その他の欧米諸国からの参加者が極端に少なかったのも残念であった。今回の会議の出席にあたり、気象学会国際学術交流基金より旅費の援助を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。(桑形恒男)

7. 雲・エアロゾルと放射

雲やエアロゾルの衛星観測とモデルを用いたそれらの気候への影響評価に関する発表の中で、いくつか印象に残ったものについて報告しようと思う。まず雲については、Davies (米アリゾナ大学)による雲の不均質性の放射への影響に関するレビューがあった。雲の側面からの反射の影響が考慮されない、平行平板な雲層を仮定した通常の衛星データ解析アルゴリズムでは、緯度によっては導かれる結果にかなりバイアスが含まれる可能性が指摘された。また、Spinhirne (NASA)は、航空機に搭載されたパッシブとアクティブのセンサーを組み合わせた観測結果から、雲の鉛直構造と放射特性との関連について報告し、複数の雲層を考慮する重要性を指摘した。エアロゾルの衛星観測としては、Stowe (米NESDIS:環境衛星データ情報サービス)がNOAA (米大気海洋庁)衛星搭載のAVHRR (改良型高解像度赤外放射計)センサーによる14年分の観測データの解析結果を発表した。地域によっては、硫酸エアロゾルのように短い波長域にのみ強い影響を及ぼすものだけではなく、炭素など吸収性の強いものの影響の方が数倍大きいこと等が発表された。彼らのエアロゾルのリトリーバル・アルゴリズムは単一波長を使ったものであったが、同センサーの2波長を用いたアルゴリズムに基づく解析結果が日暮(東京大学)により発表された。このように今や長期にわたり蓄積された衛星データの高精度の放射コードを用いた解析が進んでおり、エアロゾル分布に対する量的理解が今後急速に深まるだろうという実感を持つ

た。エアロゾルの気候モデルを用いた取り組みについては、Graf (MPI)がピナツボ火山の影響をGCMを用いて評価した研究が興味を引いた。SAGE (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment) IIで得られた成層圏エアロゾルの衛星データをモデルへの入力として使うものであった。筆者は、対流圏については硫酸エアロゾル、炭素、ダスト等の複数のタイプ、成層圏に対してはSAGE IIのデータセットを用いて、エアロゾルの直接効果のGCM感度実験を行ない、その結果を報告した。エアロゾルと雲の相互作用を考慮した間接効果に関する研究には、中島(東京大学)による衛星データを用いたものがあり、雲とエアロゾル双方の解析により間接効果の証拠が示された。気候モデルを用いたものとしても複数の発表があった。Chuang (米ローレンス=リバモア国立研究所)とRohde (スウェーデン=ストックホルム大学)によると、対流圏の硫酸エアロゾルの間接効果は直接効果の2~3倍もあるらしい。硫酸以外のエアロゾルの影響評価は、直接・間接双方ともこれからといった感じで、これらが今後の課題といえるだろう。(岡本 創)

筆者は雲や衛星に関する発表を比較的多く聞いた。雲に関する発表で印象に残ったのはRandall (米コロラド州立大学)の話だ。数値モデルの長波または短波の下向き放射を増やすと逆に海面水温は下がるという研究を紹介し、雲の影響は単純ではない事を強調した。放射が変わると熱帯の対流活動が変化し、それに伴い大気循環が変わって海上風が強まり、蒸発に伴う潜熱放出が増え、最終的に海面温度は下がる、という関係で結びついている。モデルの気候値が悪いからと言って安直にスキームを変えるようなことは望ましくなく、観測事実や実験に基づきパラメタリゼーションの改善を積み重ねていくのが、良いモデルを作るために大切であるという印象を受けた。一方、LiとLe Treut (仏CNRS:国立科学研究センター)は、雲のパラメタリゼーションさえうまくいけばモデルの気候ドリフトは解消できると信じているようであった。彼らの大気海洋結合モデルによる実験では、最初の2年で高緯度の海水温が上がったり熱帯の海水温が下がるという問題がある。これは実効的な雲氷の粒径、雲の重なり方、雲粒の水と水との割合などで調節できるはずで、大気が乾燥・低温で蒸発が多いのも雲で調節できると言っていた。しかし、何もかも雲のせいにしてしまっているのだからかという気にもなった。

衛星観測のセッションではチャンネルを多くして(赤外で200チャンネルなど)鉛直分解能を上げ、精度も上げようという話があった。NESDISのような衛星センターが解析した温度データを使う方がいいのか、各数値予報センターが生データに近いデータから変分法などを用いて解析する方がいいのか、という議論もあった。(万納寺信崇)

8. モデル開発の新方針に関して

F. Bryan (NCAR) が CSM (NCAR Climate System Model) の宣伝に来ていました。これは、フラックス・カップラー(または driver) によって大気・海洋・陸・海水の各々独立した部分モデルを繋いで作った結合モデルで、大気は CCM3 (NCAR Community Climate Model-3) です。結合モデルに有りがちなドリフトが無いなどの長所を宣伝した後、準定常状態に見られる海水温の異常などその「短所」にも触れましたが、結びに述べた事がとても印象に残っています: “Steal this model!” 今や大規模ソフトウェアとなってしまう大循環モデルですから、開発コストも相当なはずですが、「モデルのプログラムを公開するから使ってくれ。」ということです。これはモデルの完成度を高めるには賢い方法だと思います。CSM1は去年公開されたばかりのかなり新しいものです。利用者が多いほどバグの発見・修正が敏速でしょうし、発展へのアイデアも多くなるでしょう。因みに、NCAR では低解像度版の CSM2を開発中ですが、これは未公開です。

全球の力学モデルは今後益々解像度が高まるでしょうが、この方面に関して Stuhne (加トロント大学) の有限要素法による新格子点モデルは、一つの方針を提示しているように思えます。全球力学モデルでの運動量の計算はスペクトル法が主流となった昨今です。しかし、解像度が上がるにつれ、格子点ベースの方がメモリの効率的な使用という点では有利になるという考え方です。そのグループではデータ点を緯度経度格子ではなく、面積がほぼ一樣になる全球用メッシュに配置しています。高緯度で格子が細かくなり過ぎるといふ欠点はありません。この結果は、全体講演における Peltier (加トロント大学) の発表でアニメーションでも紹介され、非常に印象的でした。(酒井孝太郎)

9. 海水変動とモデリング

大会期間中の7月5日に海水モデリングに関するワークショップが開かれた。これは前回のハワイ大会

において、IAPSO 分科会である国際海水委員会 (International Commission of Sea Ice) の主導により開催が決定されたもので、これを受けた Lepparanta 議長の呼びかけに応じて、筆者自身も副議長としての参加を予定していた。しかし、同氏が突然参加出来なくなった事情により、筆者が急遽議長を務める事となった。各講演者の持ち時間は20分だったが、スケジュールに比較的余裕があったため、質疑応答に充分時間取るように留意した。また、司会者として若手研究者による数値モデル研究の発表が多い事情を考慮し、観測を主に行っている研究者からの「現場の声」を少しでも多く取り入れるよう努めた。

全講演終了後、海水モデルの検証に焦点を絞り、全体での自由討論を約1時間行った。衛星を利用したりモートセンシングにおいて、氷縁の位置の特定以外にこれといった検証が無い事実が明らかにされた。また、海水の力学・熱力学特性を決定する重要な要素である海水の厚さに関して、その検証作業がほとんどと言って良いほど進んでいない事実も指摘された。今回比較的発表の多かった南氷洋に関して、海水の時間・空間分布を中心に、情報が著しく欠如している事実が浮き彫りにされた。こうした現状認識を踏まえ、無人潜水艇などを用いた長期にわたる広範な氷厚観測の重要性及びその必要性が確認された。(浮田甚郎)

10. 気候・大規模現象

結合モデルのセッションでは、数多くの大気海洋結合モデルの現状が報告され、大きなフラックス調節をいかに避けるかに苦心している様子が窺われた。Hirst (CSIRO) は、Gent-McWilliams の拡散の導入により海面熱フラックスの極値が小さくなり、ドリフトが減少することを示した。一方、Li (CNRS) は、大気のと放射過程のチューニングが重要であるという見解を示した。米 NCAR や独 MPI では、スピニングアップ方法の工夫により解決を目指しているようである。気候モデル関係でも、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) 報告などを意識したエアロゾルの気候影響の発表が目についたが、大気化学過程、放射強制、乱流中の物質輸送のセッションなどで、エアロゾルに関係した観測、モデリング、気候影響評価の発表が相次いだ。地表短波放射の過大評価にエアロゾルがどれほど重要かについても意見が分かれるなど、エアロゾルなどの対流圏物質循環の地球規模の把握とモデリングに関してはまだまだこれからという印象を受けた。しかし、ACE

(Aerosol Characterization Experiments) などの大規模な観測などが進展しており、大気化学を含む各分野間の協力によって、今後の大きな発展が見込めそうな雰囲気である。雲の気候影響に関しては、ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) などのデータの解析が着々と進んでおり、気温と光学的厚さとの関係を論じた Tselioudis (コロンビア大学) や、北太平洋と北大西洋の雲の季節変化の違いを論じた Weaver (米スクリプス海洋研究所) などの発表が興味深かった。(沼口 敦)

IAMAS/IAPSO へ初参加の筆者は、予想していたとはいえ、その参加者の多さと規模の大きさにまず驚かされた。専ら参加したセッションは、自らの発表を含む“Large-scale natural variability in the atmosphere and ocean systems”である。タイトル通り、ここでは大気・海洋の幅広い現象を扱った発表が行なわれ、内容も様々であったが、特に大西洋の10~数10年規模変動を取り上げた研究が目立った。筆者が現在関心を持つ北大西洋10年規模変動 (Deser and Blackmon, 1993) についても新しい報告が幾つかあり、本場(?) 欧米で活発に研究されていることが確認できた。しかし、そのメカニズムについてはまだまだ作業仮説の域を出ていないようである。Latif and Barnett (1994, 1996) の提案した太平洋の10年規模変動に関するシナリオをそのまま大西洋に適用した Grotzner *et al.* (1997) など、海洋の傾圧ロスビー波に伴う亜熱帯海洋循環系のゆっくりとした調節が(遅延)振動の主要因とする意見が多かったが、反対意見もあった。筆者もそのシナリオにはまだ懐疑的で、ロスビー波に伴う調節は、大西洋ではむしろ正の遅延フィードバックをもたらす可能性があると考えている。会議中 Kushnir (コロンビア大学) と議論したところ、「お前の指摘はもっともだ。」と認めてくれた。実力・自信ともに未熟な筆者にとっては大きな喜びであった。(渡部雅浩)

気候変動に関する発表では10年規模変動を扱ったものが目立った。特に独立したセッションが組まれた太平洋については、データ解析から変動の実態を捉えようとするものが多かった。見延 (北海道大学) は、熱帯太平洋から北米にわたる周期約60年の変動を同定した。筆者は周期10年程度の変動に着目してデータを再検証した。海面水温の変動が亜寒帯・亜熱帯の両海洋フロント域に集中し、各々アリューシャン低気圧と亜

熱帯高気圧の変動を伴うこと、熱帯の変動と同時相関が強いのは亜熱帯の変動に限ることなど幾つかの新事実を提示した。一方、White (スクリプス海洋研究所)、Tourre (コロンビア大学)、渡辺 (水産庁遠洋水産研究所)、可知 (宇宙開発事業団) らは、広域の海洋上層水温データを解析した。現象の主役であろう海洋内部の変動にもようやくメスが入った感がある。周期約20年の変動に注目した White や Tourre は偏差の移動性を強調し、解析手法の違いからその定在性が強調された筆者の発表とは対照的だった。実際には、Miller (スクリプス海洋研究所) の指摘するように、大気強制の強いフロント域では混合層内の定在性偏差が強調され、それが海洋内部にサブダクトされるとその移動が見えてくるのであろう。冒頭コンペーナーの花輪 (東北大学) が、北太平洋中緯度の変動の起源を熱帯太平洋に求める従来の説を俎上に乗せたが、2日間の議論の末、北太平洋の大気海洋系の果たす能動的な役割が強く認識されてきた。今後は変動のより詳細な記述と共に、与る物理過程の解明を進める必要がある。その意味でも、乏しい塩分データも取り入れ水塊形成の観点から変動を解析した須賀 (東北大学) や、亜熱帯での水温偏差の形成、海洋内部へのサブダクトと熱帯方面への輸送過程を数値実験により調べた乾 (北海道大学) や野中 (北海道大学) らの研究が目された。

一方、大気大循環・気象力学関係はテーマが絞られず、まとまりを欠いた印象は免れない。そんな中で、Hoskins (レディング大学) の活躍が印象的だった。まず、加熱に水平・鉛直両方向の温度移流が釣り合う亜熱帯の特徴を解説した後、熱帯の局所的加熱への応答としてその北西に亜熱帯高気圧が形成されることを線型論から説明した。また、東大西洋から伝播する東進性擾乱が東アフリカ付近にケルビン波を励起し、それが Madden-Julian 振動の引き金となるという新説も披露した。一方、Tomas (コロラド大学) は、熱帯の下層風が赤道を越えて他半球へ吹き込む際に順圧不安定となり、それに伴い対流活動が強化されると主張した。赤道の大気海洋系の結合不安定以外にも、大気自体が赤道非対称性を産み出す要因を持ち得る点が興味深い。中高緯度関連では、北太平洋亜寒帯フロント域の海面水温偏差がアリューシャン低気圧に与える影響を調べた Peng (コロラド大学) の発表が目された。GCM の解像度を上げ (T40, 18層)、移動性擾乱から定在性偏差へのフィードバックの評価が改善されたことが成功の鍵らしい。筆者は、弱風域に入射する

定常ロスビー波束の“local breaking”が、ブロッキングの形成・減衰をもたらすという新仮説を提示した。移動性擾乱の弱い大陸上や夏季のブロッキングの形成もこれで説明がつく。講演終了後、待ち構えていた Hoskins や Peng らと昼食を取りつつあれこれ議論し、国際会議ならではの一時を過ごすことができた。

(中村 尚)

11. 大会特別記念講演に想う

大会3日目の夕刻、Peltier (トロント大学) による大会特別記念講演が行なわれた。500人は入ろうという講堂に立ち見客が出るほどの盛況ぶりだった。講演のタイトルは「地球流体に見られるコヒーレント渦の発生から消滅まで」。地球内部におけるマントル対流、ダイナモ理論、海洋における西岸流大蛇行と渦リング、大気中のケルビン・ヘルムホルツ (K-H) 波、カルマン渦、高低気圧波動と傾斜対流、双極子ブロッキング、極渦の剝離とオゾンホール、超高層大気におけるオーロラリング、太陽黒点、フレアー、プロミネンス、太陽風、木星の大赤班、海王星の大暗班など、多岐に渡る現象が地球流体力学におけるコヒーレント渦との関連で統一的に解説された。

いくつかのシミュレーション結果をアニメーションにして紹介し、複雑極まりない流体の挙動が形作るイメージをわかりやすく表現してみせた。そのなかでも特に筆者の興味を引いたのは、2次元流体に見られるエネルギーの逆カスケードに伴う一連のプロセスに関するものであった。2層流体のシアゾーンで発達を始めた K-H 波が、やがて猫目型のブレーキングを経て数珠つなぎの孤立渦へと発達する。それらの多くの孤立渦が右に左にと動き回るうちに衝突合併を繰り返し、やがては最後の2つが衝突合併して1つの大きなコヒーレント渦に成長するプロセスが、アニメーションによって見事に描き出されていた。木星の大赤班につ

いてはこれまでに色々な学説が提唱されてきたが、回転2次元流体の逆カスケードによって乱流から造りだされるコヒーレント渦としての解釈が定着しつつあることを示唆した。

また、強く密度成層した流体の横からノズルで染料を一気に吹き出す実験も興味を引いた。ノズルの先のジェットで膨れあがった乱流状の細かい渦が、時間と共に併合を繰り返して最終的には大きな双極渦に発展する様子は、無秩序から秩序を産み出す2次元乱流の不思議な一面をのぞかせてくれた。地球流体力学は Global Change に振り回されてアメリカや一部の国では下火になっているが、世界的にはいまだ健在であり、科学者の一人として純粋におもしろいと思った。そして、このような興味深い講義が日本でももっと聞けるようになって欲しいと思った。

(田中 博)

参考文献

- Deser, C. and M. L. Blackmon, 1993: Surface climate variations over the North Atlantic Ocean during winter: 1900-1989, *J. Climate*, **6**, 1743-1753.
- Grotzner, A., M. Latif and T. P. Barnett, 1997: A decadal climate cycle in the North Atlantic Ocean as simulated by the ECHO coupled GCM, *J. Climate* (submitted).
- Latif, M. and T. P. Barnett, 1994: Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America, *Science*, **266**, 634-637.
- Latif, M. and T. P. Barnett, 1996: Decadal climate variability over the North Pacific and North America: Dynamics and predictability, *J. Climate*, **9**, 2407-2423.
- Xie, P., and P. A. Arkin, 1996: Analysis of global monthly precipitation using gauge observations, satellite estimates, and numerical model predictions, *J. Climate*, **9**, 840-858.