

国際測地学地球物理学連合第20回総会報告*

—ウィーン, 1991年8月—

浅井 富雄・村上 勝人 他**

1. はしがき

気象学会に関連の深い国際気象学大気物理学協会 (IAMAP) など七つの国際科学協会を束ねる連合体である国際測地学地球物理学連合 (IUGG) の第20回総会が1991年8月11日から24日にかけて折しもモーツァルト没後200年記念行事で賑わうオーストリア共和国の首都ウィーンで開催された。2週間にわたる総会はコンツェルトハウスでの開会式で幕を開けた。オーストリア商務省の M. Fektor, 科学省の N. Rozsenich, 科学アカデミーの K. Schögl の各氏が歓迎の辞を述べ, また IUGG 会長 V. Keilis-Borok, 幹事長 P. Melchior, 財務担当 S. Grengersen 各氏の挨拶があった。開会式の最後は, ウィーンにふさわしくモーツァルトのシンフォニーやヨハン・シュトラウスのワルツの演奏で締めくくられた。

さて IUGG “総会” と言っても2週間の会期中, いつも全員が一堂に会しているわけではない。実際にそのような状態が実現するのは開会式と閉会式の時くらいである。ただ, 連合 (ユニオン) としての学際的交流を目的として, 会期中には各分野の指導的な研究者による5回のユニオンレクチャー, 及び固体地球から超高層大気までの各分野を対象とした15のユニオンシンポジウムが持たれた。これらの交流の場となった Messepalast と呼ばれるユニオン会場では, この他にも商業展示や科学映画の上映が会期中を通じて行なわれた。また会期3日目の14日には, ウィーン市庁舎 (Rathaus) で, オーストリア組織委員会のレセプションとしての舞踏会が催された。

上にも述べたように IUGG 総会の主体となったのは, 傘下の七つの協会によるシンポジウムや総会で, これらは6つの異なった会場で並行して行なわれた。今回の報

告ではこの内の IAMAP についての総会やシンポジウムの内容を紹介する。ちなみに日本からの IUGG 参加者は約150名, うち IAMAP 関係者は約30名であった。

2. IAMAP 総会

IAMAP 総会は, 会期の初日と第2週の2回会場となったウィーン工科大学の講堂で開催された。初日の総会では IAMAP 会長 G.B. Tucker の挨拶および幹事長 M. Kuhn の報告のほか, 日本代表の浅井から1993年の IAMAP 科学会議を横浜で開催することが表明された。第2週目の総会では, 新役員の選出, IAMAP 名称の変更, 1993年横浜における科学プログラムの3つが主要な議題であった。新役員の選出では, まず新しい会長として B.J. Hoskins (英国, レディング大学), 副会長の一人として P.V. Hobbs (米国, ワシントン大学) が満場一致で選出された。3名の執行委員は投票により M.L. Chanin (仏, 科学研究センター), A.A. Chernikov (ソ連, 中央気象台), 松野太郎 (東大気候センター) が選出された。IAMAP の名称の変更は総会に先立つ執行委員会の結論を受けて, 次回 (1995年) の IUGG 総会以降 IAMAS (International Association of Meteorology and Atmospheric Science) の名称を用いることが承認された。1993年横浜で開催される科学プログラムについては, IAHS (国際水文科学協会) との共催を含む15シンポジウムを開催することが承認された。シンポジウムの題名等の詳細は, 本誌の1991年12月号「IAMAP コーナー」を参照されたい。

3. IAMAP 執行委員会

廣田 勇 (京都大学理学部)

IUGG 総会の期間中に, IAMAP 執行委員会 (EC) が2回開かれた。議論の主な内容は以下の通りである。

(1) 気候研究への取り組み

現会長 Tucker の気候研究に対する強い意志表示 (会長演説) を受けて, IAMAP から世界気候研究計画

* Report of the XX General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Vienna, August 11–24, 1991.

** Tomio Asai (東京大学海洋研究所), Masato Murakami (気象研究所) *et al.*

(WCRP) 実施のための WMO との合同委員会 (JSC) へ送り込むメンバーを推薦すること、また、IUGG の中に IAMAP・IAPSO (国際海洋物理学協会)・IAHS の3協会からなる気候研究グループを結成することを取り決めた。これに関連して、Global Change という言葉 (概念) には、大気科学の研究対象として以外に、社会的関心の喚起やプロジェクト経費獲得における Magic Word としての作用もあることが指摘された。

(2) IAMAP の名称変更

4年前のカナダでの総会時に提起された IAMAP (International Association of Meteorology and Atmospheric Physics) の名称変更の議論、すなわち、現在の大気科学は Physics (物理学) のみならず化学等も含む幅広い学問であるとの認識にたつて、時代に則した名称に変えるべきかどうか、を検討した。その結果、古くからの基本的な言葉である Meteorology はそのまま残し、Physics を Science に変えて、IAMAS とすることに決定した。この新しい名称は、4年後の IUGG 総会 (米国 Boulder) から用いられる。

(3) 1933年横浜 IAMAP 科学会議

既に決定済みの1993年横浜会議に関し、浅井および村上による日本側の準備状況説明を受けて、各シンポジウムの題名と日数割当てを決めた。また、過去の研究集会の反省から、招待講演者は厳選すること、個々の口頭発表の持ち時間は最低15分とすること、ポスターセッションの場所および時間の便宜を十分考慮すること、などを申し合わせた。

(4) 役員の変更

IAMAP 執行部の任期は会長が1期4年、その他の役員や執行委員が最長2期8年と定められている。推薦委員会の候補者氏名を参考にして、新会長に B. Hoskins (英国, レディング大学)、副会長2名のうちの一人に P. Hobbs (米国, ワシントン大学) が選ばれた。(もう一人の副会長はあと一期留任の K. Labitzke ベルリン大学教授。) 任期満了の役員3名に替わっては、松野太郎 (東大気候センター)、M.L. Chanin (仏, 科学研究センター)、A.A. Chernikov (ソ連, 中央気象台) が指名された。残りの2名は留任の G. Ohring (米国, 海洋大気庁)、X. Zhou (中国, 国家気象局) である。なお、私と P.K. Das (インド気象局) とともに8年間役員を務めた O.A. Avaste (ソ連) は本年6月に逝去されたとのこと、痛惜の念に堪えない。

以上、EC で討議された内容は、8月21日に開かれた

IAMAP 総会で報告され承認された。

4. IAMAP シンポジウム

IAMAP シンポジウムは、主にウィーン工科大学の各講義室を使って行なわれた。以下に各シンポジウムのトピックスを日本からの参加者の感想も交えて紹介する。

M1: 雷の方探とその気象現象およびグローバル回路の予知への応用

早川正士 (電気通信大学)

まず、雷放電の方探に関しては興味ある論文が多かった。VLF/ELF 空電による遠方雷の位置決定は誤差が大きいのとして近年は用いられていないが、トウイーク空電の分散に高度な信号処理を施すことにより遠方雷を極めて高い精度にて標定する方法が提案され、注目された。続いて、雷方探の二つのシステム LLS と LPATS に関しては数件の論文発表があった。LLS (多点での到来方位の交差による方探法) に関しては、中国国内での多点観測に基づき、サイト誤差 (アンテナ周辺での地形等に基づく誤差) の評価が行なわれ、サイト誤差を考慮した方探結果がレーダ観測とよく一致することが示された。更に、その方探データを用いて、雷放電の空間分布や電子測が議論された。同様の LLS の米国国内での観測に基づき、正極性、負極性雷に関する諸特性が報告された。また、LPATS (多点での到来時間差に基づく方探法) に関しては、その測定誤差の原因に関する詳細な検討が示され、興味深かった。即ち、主な原因としては、地球が完全な球形でないこと、及び有限導電率の大地上下での伝搬による波形歪である。特に、後者の研究の必要性が痛感された。また、LPATS の評価のために、スイス国内での実験結果も報告された。雷放電の世界分布の解明を目指した衛星による光センサー観測の有用性も長期間のデータに基づいて示されたが、その低い検出率が問題となろう。

次に、気象現象とグローバルサーキット (大気循環回路) に関するものとしては、全地球的雷活動のモデル化が雲データを用いて行なわれ、全球規模での季節変化、日変化等の評価が行なわれ、衛星による雷観測結果とよく一致するとの報告があった。また、中緯度と赤道帯での方探システムによる雷 (大地放電) データを用いて、両地帯での帯電機構などの差異が論じられた。更に、微視的物理学に関しては、レーダ観測を加味した電と雷データとの比較により、雷の主たる帯電場所は電形成領域の

すぐ近傍であることなどが報告された。

M2：雷の電気特性

早川正士（電気通信大学）

ロケットを用いた誘雷実験が種々の研究目的のため各国にて実施された。まず、正極性リーダの進展状況が電流と静電界の観測から、電激の初期段階では正の上方へのリーダの電流、速度は正極性での実験室での長距離スパークの特性と類似しており、その後の進展は各種の理論モデルにて説明されることが報告された。誘導雷の放電特性や誘雷に必要な静電界強度等の研究成果も発表された。また、誘導雷の発生により自然雷の発生頻度や電界変化量がかなり減少することも明らかになり、雷雲中での動的および電氣的過程の結合機構が議論された。

次に、大気電界の光学的リモートセンシングや雷雲のマイクロ波によるリモートセンシング結果も発表された。後者は飛行機観測と地上レーダシステムとの同時観測により、対流雲の初期の帯電条件が議論された。また、コロナ電流と電界測定装置を積んだ降下ゾンデによっても雲中での帯電機構の初期結果が報告された。続いて、電界発生の新しい理論が展開された。即ち、大気対流セルに捕捉された荷電エアロゾル粒子に対する摩擦及び重力の作用による電界発生機構が自己無撞着して解かれた。また、有限層中の荷電粒子と上昇する部分電離した空気流との相互作用が議論され、このシステムでの電気特性から共鳴周波数が存在することが明らかにされ、この不安定性機構を用いて雷雲中でのセルの電気構造や速い空間電荷分離が議論された。最後に、雷雲中での各種の電氣的機構を解明するための室内実験に関する成果も報告された。

M3/4：エアロゾル—雲—気候相互作用

中島映至（東京大学気候システム研究センター）・早坂忠裕（東北大学大気海洋変動観測研究センター）

エアロゾル—雲—気候相互作用に関するシンポジウムにおいては、雲の気候影響にかかわる2つの重要な問題についての論文発表が多く見られた。一つは、エアロゾルと雲の相互作用に関する研究で、いくつかの仮説に基づくモデル実験、それを検出するための人工衛星データの解析がこの2年ほどで大きく進歩したことが見てとれた。人間起源の汚染やDMS（ジメチル硫化物）起源の雲凝結核増加に伴う雲の光学的性質の変質をモデル化する

る試みがいくつか行なわれた。また、船舶によるDMS濃度やエアロゾル濃度の測定データと人工衛星から見積った雲の反射率を比較したところ、DMS濃度の増加と反射率の増加の間には良い正の相関があるとしたM.L. Wu（米国、航空宇宙局）等の研究発表は注目に値した。他の重要な問題はCloud Radiative Forcing (CRF)の信頼できるデータを得ることであり、地球放射収支実験(ERBE)から得られた全球規模のCRFの分布に関するより深い解釈が示されるようになった。特に、エルニーニョ年と正常年の間のCRFの違い、及び雲の高度、光学的厚さ別のCRFの違いを詳細に調べた結果、高層の厚い雲の役割が重要であるとしたD.L. Hartmann（米国、ワシントン大学）の研究が目をついた。NASAを中心とした国際衛星気候計画第1回地域実験(ISCCP/FIRE)に関するデータ解析は相変わらず続いている。特に、近赤外領域で見られた雲の異常吸収が、従来の放射計算パッケージLowtran-5を水蒸気の吸収帯の取扱いを改良したLowtran-7に変えることによって解消することをJ. Taylor（米国、ローレンスリバモア研）が報告しており、長らく未解決であったこの問題解決の糸口が見えたと言えよう。その他、ヨーロッパの高層雲観測実験(ICE)に関する発表が増えたことが特筆できる。E. Raschke（ドイツ、GKSS研究センター）等の発表を総合すると、雲微物理量及び放射の観測共に、新鋭の測器による質の高いデータが得られつつあるような印象を受けた。ピナツポ噴火関係ではNASAの航空機観測結果や人工衛星からのSO₂分布の導出等の研究発表がぼつぼつ出始めていた。

M5：局地および大規模モデルにおける複雑地形効果のパラメータ化

鳥谷均（防衛大学校地球科学科）

コンビーナはヨーク大学のP.A. Taylorとコロラド州立大学のR. Pielkeであり、次のような8つのセッションに分かれている。

- (1) 大気大循環モデルにおけるパラメータ化の諸問題
- (2) 重力波抵抗に関する研究
- (3) 境界層に対する地形効果
- (4) 境界層のパラメータ化に関する諸問題
- (5) メソスケールモデルでのパラメータ化に関する諸問題
- (6) 境界層の研究
- (7) 境界層とメソスケール気流

(ポスターセッション)

(8) 境界層とメソスケール気流及び放射

発表件数は44題、うちポスター・セッションは10題、発表中止は2題であり、各発表の持ち時間は10~25分と各話題に見合った時間が配分されていた。また Taylor がセッションの冒頭の講演で述べたように、発表内容が「グローバルスケールからマイクロスケールまで、古典的理論から近代的なモデルまで」と幅広かったが、複雑地形をいかにパラメータ化するかという共通の問題意識に基づいたシンポジウムだったので、議論がよくかみ合い、スムーズに進行したとの印象を受けた。

大循環モデルのパラメタリゼーションに関するセッションでは、オーストラリアの Henderson-Sellers (マクアリア大学) が、大循環モデルに組み込む BAT (Biosphere/Atmosphere Transfer scheme) の感度について議論した。このなかで彼女は、タイムスケールによってパラメータの感度が異なることを述べていた。

重力波に関するセッションでは、数値実験やモデルに関する発表が数題続き、その後フランスの Bougeault (気象研究センター) はスペインとの共同観測の話題(ピレネー山脈で実施されたもの)を、イギリスの Mobbs (リード大学) はほかはラジオゾンデを用いた観測の話題を提供した。またドイツの Emcis (カールスルーエ大学) は重力波抵抗を取り扱うパラメータとして、有効抵抗係数を提案した。

メソスケールのパラメタリゼーションに関するセッションでは、オランダの Wieringa (王立気象研究所) が、教科書やハンドブックなどに掲載されている粗度の値は水平一様性を仮定したものが多く、複雑地形を取り扱うには適していないということを述べ、Davenport '60 の80年代版とでもいうべき粗度分類を提案した。他に、フランスの Pinty (クレルモン大学) はほかの時空間の平均化に関する発表、Kotroni (CRPE) はほかのソーダとラジオゾンデデータを用いた運動量フラックスのパラメタリゼーションに関する発表が印象深かった。

その他の境界層に関する発表において、アメリカの Gal-Chen (オクラホマ大学) はほかは、ドップラーレーダーとライダーを用いた運動量フラックスの観測についての話題を提供した。鳥谷ほかはここで、オホーツク海の流氷に関するパラメタリゼーションについての発表を行なった。

ポスターセッションでも、大循環モデルやメソスケールモデルに組み込むスキーム、テレニア海における長波

放射収支、森林縁におけるフラックスの測定とモデルなど、いろいろなスケールでの地表面のパラメタリゼーションに関する発表が行なわれた。

今回のシンポジウムに参加して、境界層研究が複雑地表面を介して、メソスケールあるいはラージスケールのモデルまでを意識したものになっていること、重力波などが考慮され、有効抵抗係数など新しい考え方が提案されていることなどを知り、大変勉強になった。また観測屋とモデル屋が同じ土俵に立ち、互いに情報交換して、現象の解明に一体となって立ち向かう姿に感銘した。残念なのは、このシンポジウムへの日本からの参加者が極めて少なかったことである。そして、多くの日本人研究者が日本国内で「複雑地表面」に関してあれほど議論しておきながら、国際的な議論の場にアプローチして来ないことに何かもどかしさを感じた。

M6 : 大気および海洋における渦の力学

余田成男(京都大学理学部)

米国マサチューセッツ工科大学(MIT)の Alan Plumb がコンビナーとなって開いた地球流体力学志向のシンポジウムである。4日間にわたり約50件の講演と約10件のポスター発表があった。シンポジウムの前半では、渦運動の基本的力学の理解を目指した理論・数値実験に関する話題が中心であった。コンターダイナミクス、モドンをはじめとする多極渦、渦の安定性、渦の再結合・融合、乱流中の孤立渦、などの内容である。ソリトン実験の N. Zabusky (ルトゲルス大学) や乱流実験の J.C. McWilliams (NCAR)、コンターダイナミクスの D.B. Dritschel (ケンブリッジ大学) など、流体力学の研究者も加えた講演・討論となり、とても面白く充実した集まりとなった。また、G.J.F. van Heijst (アインドベン大学) の見事な室内実験の報告もあった。後半は、現実の大気・海洋の運動の中で渦の力学が重要である(と考えられる)現象に目を向けた話題が取り上げられた。熱帯低気圧、海洋中のリング、成層圏極渦、高・低気圧、木星の渦、などである。K.A. Emanuel (MIT)、P.H. Haynes (ケンブリッジ大学)、J. Marshall (王立科学技術大学)、M.R. Schoeberl (NASA) など気象力学分野でおなじみの面々が集まった。

流れの安定性や波の力学と比較して、渦に関する物理概念やその数学解析手法は十分準備されているとはいえない。まだまだ、それらを整備するための試行を繰り返している段階である。シンポジウムで取り上げられた多

くの問題では渦運動の非線形性が重要であり、その研究のなかで数値実験やその結果のデータ解析が大きな重みを持つ。高分解能数値モデルを存分に使えるか、膨大なデータからいかに有効な情報を抽出できるかが研究の鍵となっている。スーパーコンピュータへのアクセス、信頼性のあるモデルコード、3次元グラフィクスや動画出力のためのワークステーションなど、計算機環境の整備も研究を進める上で大切な要素となっている。美しいカラー映画を見ながら、我々の分野の「資本主義的構造」を認識させられた。

もうひとつ、今回考えさせられたことは、M. McIntyre (ケンブリッジ大学) の研究姿勢である。このシンポジウムを通して、彼の弟子たちはいくつかの鍵となる発表をした。Haynes は成層圏極渦の微細構造を定量的に把握するには、3次元モデルと高分解能2次元モデルを如何に組み合わせて用いればよいかを示したが、これは、彼らのグループも加わっているグリーンランド付近での極渦をめぐる飛行機観測と直接関連する話題である。W.A. Norton (ケンブリッジ大学) はコンピュータ少年で、例の極渦崩壊実験の結果をカラービデオで生き生きと表現した。彼らの計算機環境を充実させる上でうってつけの人材である。前述の Dritschel は流体力学に興味があるだけのようで、地球物理的の話題が中心となったシンポジウム後半には姿を消した。McIntyre は弟子たちとともに、成層圏の物質輸送から流体力学の理論までの幅広さで渦のことを考えている。本心は流体力学が面白いだけなのかもしれないが、飛行機で中層大気微量成分を観測するプロジェクトにも加わっている。人材を配して、力強く精力的に研究を進めている。そこで、自分自身とは？を考えさせられた。彼と同様の幅広さで研究しようとしても、潰れることは目に見えている。研究対象をどのような範囲に絞るか、どのように研究を進めていくか、良く考えて決断し、強い意志でやり通さなければならない。

M7 : 大規模循環とその変動

田 中 博 (筑波大学地球科学系)

大気大循環、テレコネクション、大気不安定、スケール相互作用、数値予報、モンスーン、長周期変動、季節内変動、気候変動などのテーマに沼って約80の口頭発表と約20のポスター発表が行なわれた。ここでは、その中から特に印象に残った発表をいくつか紹介する。

長周期変動に関する研究では、相変わらず EOF (経

験直交関数) 解析が花盛りという印象を受けた。名前のみを上げると Branstator, Selten, Vautard, Hoskins などが相関分析や EOF 解析の結果を紹介した。統計よりはむしろ力学で名高い研究者たちが、独自の視点のもとに、そろってデータ解析を手掛けている点が興味深い。G. Branstator (米国大気研究センター; NCAR) は線形モデルを用いてアノマリー自身が自己調節によりアノマリーの長期変動の原因となっていることを示した。K.M. Lau (NASA) は順圧非線形モデルを用いて、異なる低緯度での強制が似た応答を示すという線形順圧不安定説を再確認した。T.C. Chen (アイオワ州立大学) は長周期変動が力学的というよりはむしろ加熱場の変化で生じると述べた。D.L. Hartmann (ワシントン大学) と T.N. Palmer (ヨーロッパ中期予報センター; ECMWF) は最も不安定なノーマルモードよりも、短期的にはその adjoint がより大きな成長率を持つことを示し、さらに、減衰モードの非線形相互作用の最適集積過程により特定の構造が一層速く成長しうることを述べた。一方 B.F. Farrell (ハーバード大学) はランダム変動がある種の条件を満たした時に急激に成長し得るという Stochastic excitation を提唱した。A.W. Robertson (ミュンヘン大学) は観測された風ベクトルとポテンシャル渦度を用いて方程式の adjoint を解くことにより、ポテンシャル渦度の履歴がわかるという情報トレーサーの概念を紹介した。筆者は傾圧不安定をパラメタライズして順圧モデルに導入し、傾圧大気からのエネルギー供給を持つ順圧大循環モデルを開発し、そこに発生する大規模ブロッキングの成因を解明した。森 (東大海洋研) は回転流体の境界層で形成される冷氣ドームの安定性を調べ、それが基本的には傾圧不安定により崩壊することを示した。NCAR の J.J. Hack は近々公開予定の気候モデル CCM2 のデータ解析を行ない、CCM1 と比べて子午面循環が一層強くなっていることを紹介した。米国気象センター (NMC) の M. Kanamitsu は近年の24時間数値予報が満足のゆく精度にまで向上したと述べ、現在 NMC では多くの収支計算がルーチン的に行なわれ、それを外部者でも利用できることを紹介した。K.E. Trenberth (NCAR) は ECMWF のデータを解析し、上昇流場が最近10年間でほぼ直線的に約2倍にまで増大した事実を紹介し (これは明らかにモデルの進歩による)、経年変化や気候変化の研究に注意を呼びかけた。J.P. McGuirk (テキサス農工大学) は ECMWF と NMC の月平均 200 mb 風ベクトルに 10 m/s の差があることを

示し、解析データの難点を指摘した。S.D. Shubert と C.K. Park (ゴダード大気研究施設; GLA) は GLA のモデル大気を解析し、Madden-Julian (M-J) 振動が完全に欠落していることを示した。林 (東京大学), 隈 (気象庁), P. Hess (NCAR) はそれぞれ M-J 振動の成因を解説したが、Kuo スキームと対流調節が M-J 振動に及ぼす影響の解釈の細部で食い違いを生じ討論になった。しかし本当のところは分からずじまいであった。隈による T159L21 モデルの結果は迫力があり、熱帯の 40 日周期を鮮やかに再現していた。Y. Kushnir (コロンビア大学) は SST の変化だけで大気のアノマリーを定量的に説明するには量的に不十分と述べた。T. Munphree (米国海軍大学院) は 1988 年の米国での干ばつがフィリピン付近の非断熱加熱だけでも説明できることを示し、先の Trenberth 等の結果と比較した。安成 (筑波大学) は Monsoon and the Coupled Atmosphere-Ocean System (MAOS: マオス) を提唱しモンスーン・海水温・雪氷の間の一連のリンクを解説した。

最後に、コンビーナ役の F. Baer (メリーランド大学) が横浜での IAMAP-93 に向け 2 つの宿題を参加者に提案したので、ここに書きとどめておきたい。ひとつは P 系- σ 系間の内挿の時に生じる誤差をなんとかしよう、あとのひとつは初期値データをより信頼のおけるものにして、という提案である。これらは気の効いた提案として受け止められた。

M8: 大気と海洋におけるメソスケールと総観スケールに対する大気海洋相互作用の効果

坪木和久 (東京大学海洋研究所)

K.A. Emanuel (MIT) と M. Moncrieff (NCAR) がコンビーナで、内容は、中高緯度低気圧、季節内振動、結合モデル及び SST アノマリーの効果、ENSO、熱帯低気圧と対流などであった。発表は 28 件のエントリーがあったが、かなりのキャンセルがあった。

ワシントン大学の R.J. Reed 他の招待講演から始まり、最近メソスケール予報モデルで示されてきている様に、急速に発達する低気圧において海面からのエネルギーフラックスが重要であることが強調された。これに続いて、低気圧と前線発生における海面からのエネルギーフラックスの効果についての 5 件の発表があった。この中で ERICA (Experiment of Rapidly Intensifying Cyclones over the Atlantic) や GALE (Genesis of Atlantic Lows Experiment) の結果についての発表が注

目された。

季節内振動については J. Yano (バイエル大学) and K.A. Emanuel の発表のみであった。これは熱帯大気海洋系の Wind-Induced Surface Heat Exchange Model に成層圏を付け加えたもので、30-60 日振動等を含む熱帯大気モデルを提示したものであった。

SST アノマリーのテーマのところでは、南極域のポリニア形成に関するものと、地中海の海面水温の降水に対する効果についてのものがそれぞれ 1 件ずつあり、他はすべて熱帯域に関するもので、エルニーニョやモンスーンと SST のアノマリーや変動との関係を論じたものが多くみられた。

ENSO については SST アノマリーのところでもいくつかの発表があったが、ここでは ENSO とクリスマス島におけるウインドプロファイラー観測による風の解析、ENSO 期間における大循環モデル大気の振舞い、大気海洋結合モデルによる対流圏準二年周期振動と ENSO の関係についてなどの発表があった。

熱帯低気圧と対流のテーマのところではキャンセルが多く、発表は C.C. Wu (MIT) and K.A. Emanuel のハリケーンの運動についての 1 件のみであった。これは二層モデルを用いて質量のポイントソースとして与えたハリケーンが鉛直シア一流 (傾圧流) 中でどの様な運動をするかを調べたもので、シアーによるステアリングは傾圧モデルのベータ効果によるものと同じほど強いことを示した。

M9: メソスケールの気象: 観測システム, 解析および予報

坪木和久 (東京大学海洋研究所)

題名からもわかるように、メソスケールの気象に関する非常に広範な内容を含むもので、観測システムから解析結果さらに予報についてまで講演は多岐にわたった。発表は 4 日間にわたって行われ、72 件の口頭発表と 23 件のポスターによる発表がエントリーされていた。しかしながら残念なことにキャンセルが多く、口頭発表とポスターの両方で 27 件の発表が取り消された。このシンポジウムは以下の 5 つのセッションから構成されていた。

(1) 観測システム

ここでは衛星の観測技術に力点がおかれた。メソスケール気象のナウキャストへの METEOSAT の技術、TOVS (TIROS-N Operational Vertical Sounder) と SSM/I (Special Sensor Microwave Imager) による

大気中の水蒸気量の見積りや、衛星からの温度や水蒸気量のプロファイルの取得が注目された。

(2) データ同化と数値モデル

データ同化あるいは数値モデルの初期値に、衛星の雲データとレーダー観測の降水データを含めるという議論が多くあり、メソスケールモデルの初期値にこれらを与えることにより降水の立ち上がりが改善されるという報告がなされた。

(3) 気象現象：対流から境界層まで

ここでは地形の降水に対する効果についての発表が多くあり、山地上の降水の数値実験、ロッキー山脈風下の低気圧発生などを含む地形効果によるメソスケール現象、地形の熱的、力学的効果、地形の台風に対する効果などが議論された。

(4) 気象現象：前線と低気圧

このセッションではメソスケール低気圧に関する発表が3件あり、他はすべて前線についてのものであった。最も注目されたのは、フランス、イギリス、ドイツの共同でおこなわれたプロジェクト、FRONT 87における結果である。ドップラーレーダー、ウインドプロファイラー等を用いて、前線を観測し、データ解析、理論、数値実験などさまざまな方法により、前線の構造や下層ジェット形成、前線の低気圧発生などについて論じていた。

(5) 予測技術

過半数がキャンセルされた。発表は、衛星とドップラーレーダーのナウキャストへの応用や、エキスパートシステムのような警報システム、ノルウェーの予報システムについてなどであった。

コンビナーの R. Stewart (ヨーク大学) によると、メソスケール気象に関する今回のシンポジウムは内容の範囲が広すぎたので、次回1993年の日本での IAMAP はもっとテーマをしばりたいとのことである。次回のテーマは“Mid-latitude mesoscale weather system”で、3日程度のシンポジウムになる予定である。

M10：中層大気科学

塩谷雅人・佐藤薫 (京都大学理学部)

中層大気科学が、従来の中層大気力学・光化学に関するセッションにとどまらず、中層大気の大気圏・熱圏のカップリング、さらには中層大気の大気圏・熱圏のグローバル環境変化との関連など、合計8つのセッションが9日間にわたって行なわれた。これらの全容を限られた紙面で紹介する

ことは不可能なので、筆者らが特に興味を持った3つのセッション、M10. 3. 北極域と南極域中層大気力学の比較、M10. 4. オゾン等大気微量成分のモデリングと観測、M10. 7. 対流圏・熱圏と中層大気力学のカップリング、の中から主要な講演について記したい。

M10. 3. 「北極域と南極域中層大気力学の比較」のセッションでは、まず廣田(京大)が衛星観測の成果をふまえて、南北両半球における平均風とプラネタリー波動の振舞いに関するレビューを行なった。さらに、過去10年にわたる南半球成層圏循環の年々変動について調べ、極夜ジェットの季節進行に2つの特徴的なパターンがあることを示した。牛丸(名大)は、冬季南半球成層圏で特徴的に見られる波数1の定在波と波数2の東進波を念頭におき、これらが相互作用して平均風が変動することを低次セミスペクトルモデルで再現してみせた。K. Labitzke (ベルリン自由大) は、冬季北極域下部成層圏の気温が QBO の西風・東風位相で分けた時、10.7 cm 太陽フラックスとそれぞれ正および負の相関になるという、彼女が最近精力的に行なっている解析を拡張して、他の気象量や他の領域でも太陽活動の11年周期と関連した変動が見られることを示した。

M10. 4. 「オゾン等大気微量成分のモデリングと観測」では、M. Geller (ニューヨーク州立大) らが、パラメタライズされた光化学仮定を含む大循環モデルを用いて衛星観測の問題点を明らかにした。すなわち、実際の衛星軌道に沿ってモデル結果から仮想的な衛星観測オゾンデータを採取し、そのデータを再びグローバルマッピングする。その結果、LIMS (Limb Infrared Monitor of the Stratosphere) による実測データは、この仮想衛星オゾンデータと比べて、下部成層圏では時間的にも空間的にもスムーズ過ぎることを指摘した。W.L. Grose (NASA) からも光化学・輸送過程を含む大循環モデルを用いて、春季南半球下層成層圏で見られるオゾンホール構造と極渦の崩壊過程を再現してみせた。また、S.E. Strahan (地球流体力学研究所; GFDL) も GFDL SKYHI のモデルを使って、微細構造を持つ極渦のへりから内部にかけても、航空機による N_2O 、風、温度場の観測とモデル結果が良い一致を示すことを明らかにした。

M10. 7 「対流圏・熱圏と中層大気力学のカップリング」ではまず、C.C. Fritts (アラスカ大) がおもにスペクトルに重点をおいた最近の重力波の観測および理論研究についてレビューをした。特に、観測される水平風鉛

直波数スペクトルに対する3つの理論についての Fritts 自身の批評も含む簡潔な説明は印象的であった。G.D. Nastrom (セントクラウド州立大) らは山岳の影響のない Flatland VHF レーダーの最近の研究結果をふまえ、重力波の対流圏ソースとして、山岳>フロント、ジェット気流>対流の順に重要であるとした。筆者(佐藤)は MU レーダー観測データの解析から、台風が重要な重力波ソースの1つであり、重力波の発生は台風構造に大きく影響していることを定量的に示した。I.M. Reid (アデレード大) は通常の VHF レーダーのサブスケール(鉛直分解能より小さい)擾乱による運動量フラックスの計算法を示し、実際にデータ解析を行なって、鉛直分解能より大きいスケールの擾乱によるものと同程度に重要であることを明らかにした。熱帯については、S.K. Avery (コロラド大) がクリスマス島での2年分の流星観測、最近の MF レーダー観測結果を基に、中間圏での半年周期変動、潮汐波・重力波活動度について示した。重力波についてはウィンドプロファイラーのデータから対流圏での活動度との関連にも言及した。H.H. Hendon (コロラド大) 衛星観測データによる最近の研究から、熱帯の対流分布は赤道対称な構造を持つケルビン波を作るには十分であるが、赤道非対称な波(混合ロスビー重力波等)にはそうではないことを示し、中層大気で観測される非対称波は必ずしも対流と良い相関がないことから、別のソースを考える必要性を示唆した。中層大気と熱圏のカップリングについては、Forbes (ボストン大) が潮汐波、重力波、平均帯状流の相互作用に関する最近の研究レビューを行ない、重力波・潮汐波・プラネタリー波による微量成分の混合・輸送に関する議論を行なった。

M11: 気候に依存した極域氷河と氷床の力学およびエネルギー・質量バランス

阿部 彩子(東京大学理学部)

南極やグリーンランドの氷床が定常状態にあるかといった現状分析の他、数十年スケールの地球温暖化や数万年スケールの地球軌道要素に伴う気候変化における氷床の振舞いを議論しようと、M. Kuhn (インスブルック大学)、C. Bentley (ウィスコンシン大学)、D. Bromwich (オハイオ州立大学)、H. Oerlemans (ユトレヒト大学) が開いた2日間のシンポジウムである。エネルギーと質量の収支(観測7, モデル5)、氷床と氷棚の力学(4)、氷床と古気候(7)の各セッションがもたれた。手法や

時空間スケールの違いを認識しつつ、地上観測と衛星観測、理論と数値モデリングのどれも視野に入れておく必要があることを改めて痛感した。以下、その要点をまとめる。

まず、質量収支に関して、世界の他の氷河の傾向やカナダの大循環モデルの結果に反して、カナダ北極のここ30年の氷河(4つ)の質量収支に顕著な変化が見られないことを Koerner (カナダ地質調査所) が報告した。グリーンランド氷床においては、観測空白域だった北東部と頂上付近の気候について発表があり、J.W. Greuell (チューリッヒ地理学研究所) は均衡線付近の熱収支観測を報告、質量収支や10m 深の氷温度の決まるプロセスを数値モデルで議論した。C.R. Bentley (ウィスコンシン大学) は、SEASAT と GEOSAT の衛星データ (Altimetry) から、東南極の72° S 以北、80-140° E は平均5cm/年(誤差1cm以内?)で高くなっていると発表したが、軌道による誤差はまだ大きいようである。Zwally は、衛星のマイクロ波データを用いた南極全域の年間融解日数の推定をポスターで発表、地上観測者らと盛んに議論していた。Bromwich らは Statistical-dynamical モデルを提案しグリーンランドの降水量分布を解析、入力に用いた NMC のデータは西岸を北上する低気圧のもとたらず降水量を過小評価している可能性を指摘した。R.J. Oglesby (ブラウン大学) は NCAR 大循環モデルを用いて氷床の発生に感応度の大きな領域を示す一方、大循環モデルにおける雪氷質量収支の扱いの難しさを述べた。

氷の力学に関して、南極観測に基づいた氷棚モデルを J. Determann (アルフレッド・ウェーゲナー研究所) と A. Jenkins (英国自然環境研究会議) が各々発表、氷棚の海洋循環との相互作用の重要性を示した。氷床の熱力学と流動のモデルを用いて、A.J. Payne (エディンバラ大学) らは氷期の北欧氷床内部の温度分布の推定を、A.R. Kerr (エディンバラ大学) はイギリスの氷期の氷床の発生時の振舞いを発表した。氷床モデルを用いた古気候の研究は、プロセスの吟味を重ね、古気候の地質学的データと比較し得る段階まで進みつつある。

会議後、飲物を片手に、違う国の人々と議論し夢を語り合うのも良い思い出である。2年後横浜で開かれる IAMAP と IAHS の共催のシンポジウムの盛会を期待したい。

M12: 南極大気循環

菊地時夫 (高知大学理学部)

南極の大気循環という題ではあるが、コンビーナ (オハイオ州立大学の D. Bromwich, レディング大学の I.N. James) の積極的な呼びかけもあって、微気象、放射、無人気象観測といった周辺の基礎的研究から、オゾンホールの問題や、大循環モデルを使った気候変動の研究にいたるまで幅広い内容であった。しかし、あえてこの題を選んだのは、次のような研究上の背景があったためであろうと思われる。つまり、Parish and Bromwich (1987: Nature 327, 51-54) が示したように、南極大陸の地表風はほぼ定常的なカタバ風で説明できるが、流出の結果として生じる気圧勾配まで考えると単純なモデルで出てくるような強風を長期間にわたって維持することはできないというパラドックスである。

南極カタバ風の役割 (TR. Parish; ワイオミング大学)、大気大循環モデルの中での南極循環 (I.N. James)、極渦とオゾンの問題 (M.E. McIntyre; ケンブリッジ大学)、南極と低緯度の相互作用 (A.M. Carleton; インディアナ大学) といった招待講演の選択も上記の問題意識を反映しているように思われる。

カタバ風の観測に関しては、ここ数年 Argos システムを使った無人気象観測 (G.A. Weidner; ウィスコンシン大学) と気象衛星画像との組合せによる研究が盛んで、ロス氷棚における強風帯形成や、強風の吹き出しによる沿岸ポリニアの形成が明らかにされている (D. Bromwich)。一方、南極氷床の温度分布 (I. Allison) や気球によるカタバ風の構造観測 (J.C. King; 英国自然環境研究会議) といった地道な観測による研究も続けられている。これらの研究は概して、カタバ風が必ずしも「定常的」ではないことを示しているように思われた。

大循環モデルに関しては、上記のパラドックスをどのように解決しているか興味のあるところであったが、発表は筆者の理解能力を越えるものであったため、満足な報告ができないことをお詫びしたい。モデルでは定常的なカタバ風が現われ、極渦形成とも矛盾しない (M.N. Jukes; レディング大学) という印象を受けたが、筆者の理解が間違っているのかもしれない。

パラドックスの解決という点では、むしろ、カタバ風の季節内変動と南半球大気循環パターンとの関係 (安成; 筑波大学) が注目された。詳しい説明は省略するが、長年探し続けてきたものがこうも簡単に発見できるのだろうか、というような懐疑的反応さえも見られた。

やや内容にまとまりが欠けたものの、全部が口頭発表だったことは、他のシンポジウムでポスターが離れたところに散見されたことと比べて好感が持てた。コンビーナの努力に感謝したい。

M14: 火星の気候

阿部 豊 (名古屋大学水圏科学研究所)

本シンポジウムは8月21日の午後と22日の午前に行なわれた。筆者は22日は他のセッションに出席しており、また21日も前半の一部を聴いたに過ぎないが、日本人の聴衆は筆者を含め2人しかいなかったのもこの報告を書く次第である。

コンビーナの S.K. Atreya (ミンガン大学) の努力にも関わらず、また最近流行のテーマであるにも関わらず、正直に言って非常に低調なセッションであった。これは、T. Owen (ハワイ大学) の火星初期大気の講演、J.B. Pollack を中心とする NASA エイムズ研究センターのグループの大気大循環モデルの講演が取り消しになり、主要な研究者が出席しなかったことにも原因があるのであろう。このため、彼らの講演を期待してきた聴衆が帰ってしまい (筆者もその1人である)、会場は閑散としていた。おそらくは惑星大気研究者には IUGG-IAMAP は魅力がないのであろうと筆者は思った。(アメリカ天文学会惑星科学分科会 (DPS/AAS) に行く方がましだと思う。)

主な講演者が講演を取り消したため、P.B. James (トレド大学) が2つレビュー講演をした。1つは地上からの観測に関する概論であり、もう1つは二酸化炭素循環と水循環に関する未解決の問題の整理であったが、よくまとまっていた。B.L. Lindner (MIT) はこの問題に関連して、南北両極冠の非対称性について南北1次元エネルギーバランスモデルを用いた研究を発表した。いずれにせよ極冠や水蒸気分布の非対称性など、現在の火星気候状態に関しては未解決の基本的な問題が残っており、系統的な研究の余地があるというのが筆者の感想であった。James も言っていたが、この点でも Pollack らの大循環モデルの講演がなかったのは痛かった。

5. IAMAP ワークショップ

IAMAP ワークショップは、より限定されたテーマについて専門家による講論を深めることを目的として、シンポジウムと並行して行なわれた。以下に各ワークショップのトピックスを日本からの参加者の感想も交えて紹

介する。

MW2 : IGBP/WCRP への必要データ

増田 耕一 (東京大学理学部)

新しいデータセットや今後のデータ整備計画の紹介が多かった。とりあえず列挙する。NOAA-NESDIS (米国大気海洋庁環境衛星データ情報サービス) は、NASA と共同で、NOAA, GOES 両シリーズの衛星のデータを使いやすい形に整備する計画 (Pathfinder) を進めている。NASA は DMSP (国防気象衛星プログラム) 衛星のマイクロ波 (SSM/I) のデータを光ディスクで研究者に配布している (WetNet プロジェクト)。U.S. EPA (米国環境保護庁) は NOAA-NCDC (気候データセンター) と共同で世界生態系データベースの CD-ROM を作成中である。これは、NOAA 衛星 AVHRR に基づく植生示数を中心に、関連するデータを集めたものである。Lettenmaier (ワシントン大・土木) らはアメリカ合衆国の流量と降水量の1948年以後の日単位のデータを CD-ROM にした。大循環モデルの水文過程の検証がねらいとのことである。オックスフォード大では、Nimbus シリーズによる1970~1983年の成層圏のデータをデータベース化した。NSASA, ESA (ヨーロッパ宇宙機構)、NASDA は、衛星観測とその周辺に関して、どんなデータがどこにあるかというデータディレクトリをオンラインで公開している。このほか WCDP, WCRP の活動の紹介もあり、WCRP の中では TOGA の海洋・海上気象データの CD-ROM も話題になった。

データの質に関する発表もいくつかあった。P.D. Jones (イーストアングリア大) は、主として気温データについて、温度計の設置状況や都市化に伴うバイアスを指摘した。L. Hasse (キール海洋研究所) は、海上の風のデータの多くが目視からビューフォート階級を使って換算したものであり、目視から「風力」を決める方法が経年変化している、「風力」から風速への WMO で決められた換算式には偏りがあるという2つの問題があると述べた。G.G. Glatman (NESDIS) は、NOAA の植生示数に、衛星のまわってくる時刻がずれて太陽天頂角が変わることによる系統誤差があるので、修正を試みている (この問題は日本の研究者も気づいている)。T.P. Charlock (NASA/Langley) は、地表面の放射収支を衛星観測から求めるアルゴリズムの比較実験の報告をしたが、相互に $20 \sim 30 \text{ W/m}^2$ の食い違いがある。グラウンドトゥルスとしての Baseline Surface Radiation Net-

work との協力が期待がかかっているようである。

データ整備の方針に関する議論は比較的少なかった。私は、FGGE の成功はデータの利用者からのコメントがデータ作成者にフィードバックされたことにある、という話をした。コンビーナーの S. Ruttenberg (NCAR) からは重要な指摘だとほめられたが、どれだけの人に理解してもらえたか心許ない。

MW3 : 降雨観測

増田 耕一 (東京大学理学部)

IAHS との共催であり、IAMAP 側の会場で開かれたが、水文関係者のほうが多かったようである。長期の気温データの研究で知られ、降水量の解析もしている P.D. Jones (イーストアングリア大) がコンビーナーになっていた。気候シグナルの検出のためにデータの質の変動を取り除く必要があるという立場なのであろう。ワークショップといっても総合討論はなく、情報交換と啓蒙をねらったものであるように感じられた。

最初の話は雨量計の系統誤差の問題だった。雨量計のまわりの局所的な気流、容器の壁への付着、蒸発などによって誤差が生じ、それは機種や設置の高さによっても変わってくる。特に雪などの固体降水の場合に誤差が大きい。B. Sevruk, V. Nespor (スイス連邦工科大) は雨量計のまわりの気流に関する研究を、B.E. Goodison (カナダ気候センター) と C. Yang (蘭州永河凍土研) は、WMO のプロジェクトとして行われた雪に関する各種雨量計の比較観測の結果を報告した。雪の測定はいずれにしても難しいが、とくに無人観測でよく使われる加熱バケツは集中した降雪には精度が悪いという指摘がされていた。日本でも、雪の捕捉の悪さは、多雪地帯の流域の水収支解析をした人は共通に認識していることである。しかし、日本での降水量の測定精度向上の努力は、昔 (たとえば川畑幸夫, 1961「水文気象学」参照) に比べても不活発になってしまっていないだろうか。

佐藤 (京大・工) の MU レーダーで降水と大気乱流の速度を同時に見る話など、新しい技術による観測の話題もあった。衛星データの利用では、フランスの I. Jobard (科学研究センター) が静止衛星の赤外と軌道衛星のマイクロ波 (SSM/I) を併用した試みを、米国の P.A. Arkin (気候解析センター) が日本の夏のケースについて各種の降水量推定アルゴリズムの比較結果を報告した。D.G. Vincent (パデュー大) は大気のエネルギ収支の残差 (Yanai の Q1) から熱帯の海上の降水量を

見積もる話をした。D.R. Legates (オクラホマ大) は雨量計の系統誤差を考慮した世界の降水量気候値を作ったとのことだが、講演では大循環モデルの降水分布の話をした。

B. Rudolf (全球降水気候センター) は WCRP の全球降水気候計画 (GPCP) のセンターの活動報告をした。地上観測のデータの収集は各国から自発的に送られてくるのを待っているらしくあまり進んでいないが、空間内挿した地上観測データと衛星観測 (赤外, マイクロ波), 予報値 (ECMWF による) との比較を系統的に進めている。

6. ユニオンシンポジウム

前節まで IAMAP に関連したシンポジウムやワークショップを紹介してきたが、冒頭に述べたように会期中には連合 (ユニオン) としての学際的交流を目的としたシンポジウムも行われていた。以下に、その中から気象に関係の深いものを、参加者の感想を交えて紹介する。

U14: 全球的気候変動; 過程と予測

増田 耕一 (東京大学理学部)

私にとって印象が強かったのは、Körner (バーゼル大・植物) の実験である。熱帯林の温室を作り、CO₂ を2倍にする。光合成による生産量は増えたのだが、分解量も増えて、バイオマスは増減なしだという。温度は同じに設定してあるのに分解速度が速くなったのは、落ち葉の組成が炭水化物に偏ったためだと考えられている。実験期間が100日程度なので、まだ決定的な結果とは思えないが、CO₂ 増加に対する植生の応答の複雑さを感じる。気候変化が重なりと予測はもっと難しくなりそうである。

地球回転と気候の関係は IUGG シンポジウムらしい話題である。Mörner (ストックホルム大) は、地球回転と海水位や海流の10~100年スケールの変動の時系列

曲線を並べて示した。地球内部に原因があるという主張をしていたが、曲線が似ていること以上に根拠があるようには思えなかった。Dickey (NASA ジェット推進研究所) は、地球回転変動の気候で説明されない残差の部分がエルニーニョと関係があるようだという議論 (定性的、おもに1983年のケースの話) をしていた。

Nemec は水文実験観測に関する意見を述べた。プロジェクトなしの演説だったのでよくは理解できなかったが、水文学者仲間 GEWEX に積極的に参加しようと呼びかけるとともに、気象学者に水文現象の空間平均の難しさを訴えていたようである。Nkeridim (カルガリー大) は、カリブ海沿岸の一部で見られる今世紀の温暖化は、森林面積の減少による地域的現象だろうという説を展開した。なお、本論とは直接つながらないのだが、前置きで、「世界の温暖化は、市場競争の中での強みがなくなるという意味で、熱帯にとって深刻な問題だ」と言っていた。Flohn (ボン大) は「水蒸気が増えている」という話をした。CO₂ 濃度増加にともなう温暖化に結びつけて CO₂ 濃度増加にともなう温暖化に結びつけて、水蒸気による温室効果のフィードバックがすでに現われているはずだという議論をしていたが、10年オーダーの変動という観点からの吟味も必要だろう。

このほか、(火山の気候への影響の話は講演中止だったが) Fröhlich (ダボス観測所) の太陽定数の変動の話、Raynaud (フランス雪氷学・環境地球物理学研究所: LGGE) の氷床コアの話など、レビューもあれば、Sausen (ハンブルク大) の海洋大気結合モデルによる CO₂ 濃度に対する応答実験、Braver (トリエステ大) の土壌水分主体の気候モデルの CO₂ への応答、Birchfield (ノースウェスタン大) や Grumbine (ペンシルバニア大) の氷期・間氷期の深層循環の簡単モデルによる研究など、研究速報的な発表もあり、盛りだくさんだった。