

第22回国際測地学地球物理学連合総会 (IUGG99) 報告 (1)*

廣田 勇*¹・木田 秀次*²・永島 達也*³・渡辺 真吾*⁴
 内藤 陽子*⁵・高木 征弘*⁶・伊賀 晋一*⁷・荻野 慎也*⁸
 植竹 哲平*⁹・庭野 将徳*¹⁰・堀之内 武*¹¹・三好 勉信*¹²
 河本 望*¹³・清水 厚*¹⁴・滝川 雅之*¹⁵・廣岡 俊彦*¹⁶
 吉識 宗佳*¹⁷・宮原 三郎*¹⁸・森 厚*¹⁹・西村 浩一*²⁰
 鈴木 真一*²¹・高橋 正明*²²

1. 全体報告

去る1999年7月18日から30日の2週間にわたり第22回 IUGG (国際測地学地球物理学連合)の研究集会が英国のバーミンガム大学で開催された。この集会は4年毎に世界各地で開かれるもので、IAMAS (気象学・大気科学連合)をはじめ海洋学、地球電磁気学、地震学等の地球科学全分野の連合が一堂に会する大きな研究集会である。参加者総数は4000名を超え、そのうち日本からの参加者は地元英国と米国の約800名に次ぎ400名以上にも達した。気象関係だけでも私の数えた限りで50名近くに及んだ。特に今回は、大学院生を含む若手研究者の多いことが目を引いた。

IAMAS が関与した数多くのシンポジウム・ワークショップにおける個々の発表・議論の内容については以下の各報告にゆずり、ここでは IUGG 総会の意義について簡単に触れるに留めよう。

前回 (1995) の米国ボルダー集会后、「天気」42巻9月号にも書いたが(廣田, 1995), このような大規模な研究集会は決して単なる「お祭り」ではない。開会式の会長演説にもあったように、たとえば現在多くの関心を集めている“Global Change”の問題は、大気科学のみならず、地球内部から超高層に至るまで地球科学各分野が総合的・有機的に関与している事柄である。従って、気象学も将来の発展のためには地球科

* Report of IUGG99 (1).

¹ Isamu Hirota, 京都大学大学院理学研究科.

² Hideji Kida, 京都大学大学院理学研究科.

³ Tatsuya Nagashima, 東京大学気候システム研究センター.

⁴ Shingo Watanabe, 九州大学大学院理学研究科.

⁵ Yoko Naito, 京都大学大学院理学研究科.

⁶ Masahiro Takagi, 東京大学大学院理学系研究科.

⁷ Shinichi Iga, 東京大学大学院理学系研究科.

⁸ Shin-Ya Ogino, 京都大学超高層電波研究センター

⁹ Teppei Uetake, 茨城大学大学院理工学研究科.

¹⁰ Masanori Niwano, 北海道大学大学院地球環境科学研究科.

¹¹ Takeshi Horinouchi, 京都大学超高層電波研究センター.

¹² Yasunobu Miyoshi, 九州大学大学院理学研究科.

¹³ Nozomi Kawamoto, 京都大学大学院理学研究科.

¹⁴ Atsushi Shimizu, 京都大学超高層電波研究センター。(現: 国立環境研究所大気圏環境部)

¹⁵ Masayuki Takigawa, 東京大学気候システム研究センター.

¹⁶ Toshihiko Hirooka, 九州大学大学院理学研究科/オックスフォード大学大気海洋惑星物理.

¹⁷ Motoyoshi Yoshiki, 京都大学大学院理学研究科.

¹⁸ Saburo Miyahara, 九州大学大学院理学研究科.

¹⁹ Atsushi Mori, 東京学芸大学第三部地学科.

²⁰ Kouichi Nishimura, 北海道大学低温科学研究所.

²¹ Shin-ichi Suzuki, 東京大学海洋研究所海洋気象部門.

²² Masaaki Takahashi, 東京大学気候システム研究センター.

学全体にわたる広い視野を持ち続けることが大切である。

さらに、国際学会の最大の意義は、そこでの発表・討論を通して、最先端の研究に直接関わりあうことに尽きる。戦後半世紀以上を経て、我が国の気象界も世代交代が進んだ結果、いまや単に諸外国から知識を吸収するだけでなく、自から世界に向けて新しい成果を発信できる時代となった。

今回の IUGG 総会は2003年に日本(札幌)で開催されることが決定した。準備や実行上の苦労は多々あろうが、日本気象学会としてもこのような総会の意義を高めるため、会員諸氏のご理解とご協力を御願いたい。それによって、今回はじめて国際研究集会に参加した若い世代の人々が、やがて夫々の分野で世界をリードする優れた成果を発表することにつながってゆくことを強く期待したい。(廣田 勇)

2. 国際気象学・大気科学協会 (IAMAS) 総会

今回の IAMAS 総会は、IUGG99会期中の前半と後半の2回に分けて開催されたが、各国からの代表者として出席した人を含めて、出席者は30名そこそであった。日本からは代表権を持つものとして木田が、日本学術会議気象研究連絡委員会から指名されて出席した。

IAMAS 総会では、協会役員の交代に伴う新任の選出や定款の少々の改訂、IUGG99での決議文の内容、次回およびそれ以降の大会開催地などが主に検討された。新役員は以下の通り無投票で承認された。会長は H. Davies (スイス)、副会長は R. Vincent (豪) と R. Carbone (米)、事務局長は R. List (加)、理事は5名で、L. Barrie (加)、J. L. Fellous (仏)、I. Mokhov (露)、住明正 (東京大学)、G. X. Wu (中) である。また、役員選出のための推薦委員会手続きが新たに規定された。

以下に要約した決議文の採択が IAMAS として行われたが、IUGG で採択されるかどうかは未定である。

1. 気候および地球変動に関する研究において、WCRP, IGBP, IHDP 等の研究の協力が必要であることを認識し、IUGG として指導性を強力に発揮することが重要である。
2. 地球に関するあらゆる種類の観測データを公開して世界の研究者が利用できるよう、IUGG は世界の全ての国に呼びかける。
3. IGY から50年を経て、地球研究の新たな50年に向

け、関連諸学会の協力のもとに新 IGY を。

次回2001年の IAMAS 開催地である Innsbruck (オーストリア) の準備状況が報告され、1999年10月ごろには First Circular が出るとのことであった。2005年の総会候補地として、カナダと中国の代表から、立候補予定との発言があった。IUGG の次回2003年総会については、札幌が開催地として決定したことが報告された。

今後、IAMAS は、電子メールや WWW などを連絡手段として整備して行く方針であり、それに対して特に発展途上国への援助が考えられている。なお、IAMAS の WWW は、<http://iamas.org/> である。

IUGG や IAMAS 内の委員会どうしの連絡が密に進まない状況であるので、この問題を打開するよう、今後検討する旨が合意された。(木田秀次)

3. MI02: 大気化学と気候の相互作用

このシンポジウムは大きく4つのセッション(対流圏オゾン、対流圏の微量成分、成層圏オゾン、エアロゾル)に分かれていた。シンポジウム全体の雰囲気であるが、第一にシンポジウム全体を通じて発表のキャンセルが多く、また、特にシンポジウム2日目、「成層圏オゾン・エアロゾル」セッションの時間に同様な趣向のシンポジウムが他にも幾つか開かれていて、発表を聞く側としては、プログラムの組み方に非常に疑問を感じた。以下、主に「成層圏オゾン」セッションについて報告する。

このセッションは内容的にはほぼ2つに分ける事ができ、一方は O_3 (オゾン) や ClO (一酸化塩素) の地上観測結果、他方は化学過程を陽に含んだ GCM (大循環モデル) の計算結果であった。観測結果に関する発表では NDSC の成果の一端として2つの発表が行われたが (Tsou, 米 GATS Inc.; Klein, 独 Bremen 大学)、主に観測結果の誤差や測器間の測定結果の違いに重点を置いた発表になっており、シンポジウムのタイトルにあるような化学過程と気候の相互作用を論じるまでにはまだ少し時間のかかりそうな印象を持った。また、スウェーデン・キルナに於ける $O_3 \cdot ClO$ の観測結果についても報告された (Raffalski, スウェーデン宇宙物理研)。このような地上観測による成層圏化学成分の全球規模データの蓄積は、衛星観測データやモデル計算の検討にとって非常に有効であり、観測の継続とより詳細な解析が期待される。

化学モデルを用いた計算については4つの発表が行

われた。いずれも化学過程と放射過程が結合された GCM を用いて、数十年規模の計算を行っていた。このような計算はここ数年で広く行われるようになり、オゾンホール将来予測やその気候に与える影響の研究に使われるようになってきている。Austin (英国気象局) らは、予想される温室効果気体 (GHG) と塩素化合物のトレンドを考慮してオゾンホールの今後を計算し、GHG の増加にともなってオゾンホールの回復時期が遅くなる可能性を示した。また、オゾンホールの影響により春先の極渦の崩壊時期が遅れる事や、下部成層圏の気温に影響を及ぼす事を Schnadt (独 DLR 大気物理研究所) や永島 (東京大学) が示していた。ただ、モデルを用いる最大の目的であるメカニズムの解明は十分になされておらず、今後の研究の進展が待たれる所である。(永島達也)

4. MI12: 中層大気における変動の源

大会第 2 週の終盤、7 月 29・30 日に行われた、上記のシンポジウムに参加した。中層大気関連のシンポジウムは、第 1 週目の序盤とこの MI12 との間がかなり空いていたため、いずれかのみに参加して帰国される方も多かったようだ。講演のキャンセルが多かったのも日程と関係があるのかも知れない。それでもプログラムに記載されていた講演数が 24 もあるので、ここでは特に印象に残ったものについて、ごく一部を紹介する。

シンポジウムの最初の講演は、Randel (米 NCAR) が観測の立場から、中層大気の時季変動や経年変動やトレンドについて行った。このシンポジウムの名前通り、中層大気の変動の源となり得る、赤道準 2 年周期振動 (QBO) や、冬季の極渦の変動をもたらす中・高緯度のプラネタリー波などについて幅広く触れられた。さらに、最近の両半球春季の極域の寒冷化を表す結果も示された。アプローチは様々だったが、これらの話題が、最近脚光を浴びている北極振動 (AO) や、春先のオゾン減少の影響などとともに、このシンポジウムの中心的テーマになっていた。

数値実験に関する講演は、むしろ多数派だったが、モデルの下部境界に理想化された強制を与えたり、QBO に相当する平均東西風を低緯度に与えたり、現実的な春季の極域オゾン減少を再現するなどして、それらを起源とする変動に注目すると言ったものが中心だった。渡辺 (九州大学) は、GCM にオゾンホールに関する簡略化した光化学過程を導入して複数年にわた

る積分を行い、その結果を報告した。オゾンホールの規模と中・高緯度の温度場、さらに極夜渦の強さやプラネタリー波の活動度との間には興味深い関係が示され、放射過程を通じオゾンホールと大循環との間に生じるフィード・バック過程についても指摘がなされた。

(渡辺真吾)

Gray (英 Rutherford Appleton 研究所) の講演が筆者には特に印象に残った。彼女は、成層圏中間圏モデル内部の赤道域の風を観測値へ緩和させることで QBO を表現し、約 30 年分の数値積分を行なって冬極域への影響を調べていた。冬極域の変動との相関は赤道域下部成層圏に見られるほか、赤道域成層圏界面でもかなり大きく、「これは何?」と話していた。

内藤 (京都大学) は、南半球成層圏の帯状風と Eliassem-Palm (E-P) フラックスについて、QBO の位相で合成図解析した結果を報告した。11 月の帯状風に見られるシグナルは 10 月までのプラネタリー波の上方伝播と関係があり、さらに対流圏ジェット付近での赤道向き伝播とも関係がありそうなことを示した。

シンポジウム開始にあたり、参加者に SPARC 2000 のポスターが配られた。Mar del Plata (アルゼンチン) で集まる頃には、このシンポジウムで議論された問題がどのように進展しているのか、楽しみである。

なお、渡辺と内藤は今回の学会参加に対して、日本気象学会国際学術交流委員会から旅費の援助をいただいた。(内藤陽子)

5. MC06: QBO と内部重力波

QBO と内部重力波に関するシンポジウムは学会初日に丸 1 日かけて行われた。招待講演 3 件は持ち時間各 40 分、また一般講演は各 25 分と、発表も質疑応答も十分に行うことができたが、講演数が少なく、もの足りないという感もあった。発表は主に (1) 赤道 QBO の生成、(2) 赤道 QBO が中高緯度へ与える影響、(3) 物質循環に見られる QBO 変動、の 3 つからなっており、その中でも GCM を用いて赤道 QBO を調べた研究が多かった。

最初に、コンビナーの廣田 (京都大学) から、本シンポジウムを開催するに至った動機が述べられた。招待講演の 3 名は、近年の研究をレビューしながら、各人の最新の研究を紹介していた。Haynes (英 Cambridge 大学) は、QBO の東西風加速を考える上で赤道域の上昇流や短周期の内部重力波が重要であることを強調した。また、GCM を用いた最近の研究の流れと逆行

し、簡単な南北対称のモデルを用いて QBO の緯度構造を調べた研究は、大変興味深いものであった。Baldwin (米 Northwest Research Associates, Inc.) は、赤道 QBO と関連して生じる中高緯度の QBO 変動に関する自らの一連の研究結果を報告していた。最近、話題になっている AO との類似性についても触れていた。高橋 (東京大学) は、GCM を用いた QBO 再現実験の結果を紹介し、使用する積雲対流スキームが GCM における QBO の再現性に影響を及ぼすことを示していた。

全体的な感想として、最近の興味のある QBO における重力波の役割や物質輸送の QBO 変動に関する観測的研究がほとんどなかったように思われる。これは重力波と物質輸送のシンポジウムが併設されていたこととも関係しており、IUGG のような大規模学会の是非が問われるところであろう。また、この分野では日本人が頑張っているなあと改めて実感した。

(庭野将徳・荻野慎也・植竹哲平)

6. MC09: 惑星大気とその進化

Taylor (英 Oxford 大学) と Atreya (米 Michigan 大学) が座長を務め、1日の日程ではあったが多くの発表がなされた。

Athena (仏 Paris 天文台) は赤外観測の解析により、Titan の上層大気における水の存在量を推定し、土星との比較を行った。S. Ghosh (印 J. P. 大学) は、火星大気の水素の同位体比 (D/H) に関するモデルを用いて、かなりの水が地表に失われた可能性も否定できないことを示した。Sihra (英 Reading 大学) はメタンの吸収線に関して室内実験を行い、その結果を Galileo による木星大気の観測データに適用した。Baine (豪 CSIRO) は、複数の波長で得られた画像を処理すること (Multi-spectral imagery) により、木星の大赤斑と白斑の鉛直構造を解析した。伊賀と高木 (ともに東京大学) は、金星大気のスーパーローテーションに関して、子午面循環と順圧不安定に着目した数値実験および夜昼間対流の安定性の検討を行った。

その他、火星大気中のメソスケール循環 (Silli, フィンランド Meteor. 研)、Shoemaker-Levy 9 彗星の衝突による波動伝播の数値実験 (Schubert, 米 UCLA)、Europa 大気と木星磁場の作用 (Strobel, 米 Johns Hopkins 大学)、地球大気の進化に対する固体地球の作用 (Osmaston, 英) といった発表がなされたが、ポスター発表の時間が設けられなかったため、全ての発

表を聞くことができなかった点が惜まれる。雲の追跡だけでなく、吸収線の Doppler shift も利用した大気運動の解析 (Murphy, 米 JPL) も発表が予定されていたが、残念ながらキャンセルされてしまった。

(高木征弘・伊賀晋一)

7. MW01: 対流圏-成層圏の GCM 相互比較

SPARC の分科に GRIPS というプロジェクトがある。本シンポジウムは GRIPS の責任者の Pawson (米 NASA GSFC) がオーガナイズした、半ば GRIPS のためのシンポジウムであるが、それにとどまらず幅広い講演が行われた。

GRIPS プロジェクトからは、堀之内 (京都大学) が熱帯の積雲対流と中層大気の波動に関する比較研究を発表した。各モデルの3時間値より、積雲パラメトリゼーションの違いによる大気加熱の時空間構造の違いを明らかにし、中層大気中の波動のモデル間の違いは主にこの違いで説明できることを明瞭に示した。この研究はモデル中の積雲対流そのものに関する研究としても興味深い。

Hamilton (米 GFDL) は GFDL SKYHI モデルの水平・鉛直分解能をいろいろ変えた実験を行った。前者の向上は中高緯度、後者の向上は低緯度の平均状態に大きな改善をもたらした。Kosykh (加 Toronto 大学) は、SKYHI で水平分解能を数10 km にまで上げると、Nastrom and Gage (1984) が示したメソスケールでの $-5/3$ 乗スペクトルへの遷移が再現されたことを述べた。

Rood は Lin (ともに米 NASA GSFC) と開発した新しいフラックスタイプの semi-Lagrangian スキームを NCAR の CCM3 モデルの力学エンジンとした計算について発表した。このスキームは質量等を保存し、従来の semi-Lagrangian スキームより物理的により好ましいと考えられ、次世代のスキームとして有望に思える。CCM3 の気候にも改善が見られた。

GRIPS の話に戻すと、Pawson は各モデルの climatology について述べ、Stenchkov と Robock (ともに米 New Jersey 州立大学) は各モデルが、ピナツボを想定した強制にどのように応答したかを調べた。Langematz (独ベルリン自由大学、発表は Pawson) は、放射スキームの比較を行った。 (堀之内 武)

8. MW04: 全球モデルによる潮汐シミュレーション

MW04のワークショップは第1日目(7月19日)に行われた。中間圏界面付近での潮汐振動は観測により以前から知られていた。しかしながら、観測地点が限られているために、空間的・時間的変動を理解するためにはGlobal Modelが必要であり、このことが本ワークショップの目的であった。

まず、Vincent(豪 Adelaide 大学)は観測データを基に、1日潮の振幅の時間変動について報告した。よく知られているように、1日潮の振幅が半年周期で変動する他に、赤道成層圏下部におけるQBOと良い相関(QBOが西風のとき振幅が小)があることを報告した。Hamilton(米 GFDL)は、SKIHI-GCMの上端を130 kmに上げ、潮汐の効果を導入した場合について報告した。宮原(九州大学)ほかは、九大 GCMの解析結果を報告した。それによると、non-migrating tide(太陽非同期成分)も無視できず、潮汐振動の空間的・時間的変動は、主にnon-migrating tideにより引き起こされていることを示した。1日潮の振幅が半年周期で変動することについて、McLandress(加 York 大学)、Norton(英 Oxford 大学)は惑星波との相互作用を原因としてあげている。一方、Mayr(米 NASA)は、重力波に伴う運動量フラックスの季節変動を原因としてあげている。Forbes(米 Colorado 州立大学)は対流圏における水蒸気、雲分布の季節変化などにより潮汐振動の振幅が影響を受けるかについての見積もりについて紹介した。このように、潮汐の振幅が変動する原因についても様々な仮説が提唱されており、どの説が正しいかはよく分かっていない。GCMなどのGlobal modelを用いた潮汐振動の研究は、世界中の研究機関でまさに始まったばかりであり、今後の解析の進展により、大いなる発展が期待できるという印象を持った。

(三好勉信)

9. JSM01: 中層大気の力学と化学

中層大気の力学と化学に関するシンポジウム JSM01は、総会初日から5日間にわたり開催された。このシンポジウムは4つのセッション(Gravity waves and small-scale processes, Large-scale dynamics, Equatorial dynamics, Polar dynamics)から成り、さらに10のサブセッションにわかれて口頭発表約80件がおこなわれた。ポスター発表も約50件あり、本総会中のシンポジウムの中でも最大の規模と

なった。

総会初日と2日目午前に行われたプラネタリー波・大気潮汐に関する発表では、MLT(中間圏・下部熱圏)領域を扱ったものが多く、中でも2日波とよばれる、周期約2日で西進し、夏半球のMLT領域で卓越する波動に関する発表が目立っていた。2日波は、東西波数3の自由振動ロスビー重力波モードの特徴を示し、一方、その励起機構は、夏半球中間圏の東風ジェットに伴う大きなシアによる順圧もしくは傾圧不安定と考えられている。Norton(英 Oxford 大学)は、GCM中の重力波抵抗を調節して背景風のシアを変え、それにより生じる不安定性の変化が2日波の活動度にどのような影響を与えるかを示した。また、その時の潮汐波との相互作用についても議論した。Vincent(豪 Adelaide 大学)やManson(加 Saskatchewan 大学)は、各地のレーダー観測データを使い、2日波の時間・空間分布や、それと潮汐波や重力波との関係などを議論した。

扱う高度領域は上と全く異なるが、佐藤(京都大学)は、中緯度対流圏界面付近に捕捉される中間規模波動(波長2000-3000 km)に関する、彼女らのグループの研究成果をレビューした。その他、5日波、10日波、16日波などの自由振動ロスビー波に関する発表や、プラネタリー波と成層圏突然昇温に関する発表などがあったが、大半はデータ解析と数値実験をうまく融合させたもので、興味深い内容のものが多かった。

(廣岡俊彦)

総会2日目から3日目にかけて、重力波およびPSMOSのサブセッションがおこなわれた。まずWalterscheid(米 Aerospace Corporation)が重力波による各種Fluxの理論と観測に関するレビューを行い、津田(京都大学)はGPSによる温度プロファイル観測を利用して求めた成層圏の重力波強度の全球分布を示した。吉識(京都大学)はラジオゾンデデータを用いて南北両極域成層圏での重力波の統計解析と励起源の推定を行い、Duck(英 York 大学)はEureka(80°N)でのゾンデ/ライダー観測で冬期に見出された成層圏界面から下降する昇温現象を解析し、極渦の変動と重力波の関連性を示した。またモデリングの分野ではWarner(英 Cambridge 大学)がパラメタリゼーションの改善に関して議論し、Liu(米 NCAR)は潮汐と重力波の相互作用を取り扱うモデルを紹介した。このように、重力波に関する口頭発表は分野や手法に重なり

がない様に注意深く選ばれていた印象を持った。

PSMOS に関しては, Scheer (アルゼンチン PRONARP-CONICET) が各種プラネタリー波による日々変動に関して言及し, Gavrilov (露 St. Petersburg 大学) は PSMOS の観測結果とこの領域における重力波ドラッグのモデリングとの結合を議論した。Taylor (米 Utah 州立大学) は中間圏界面領域の温度を測定する MTM と呼ばれる測器による米国内での観測結果を示した。津田はイメージャ観測に基づいて信楽上空における小スケール重力波の伝播特性を示し, Takahashi (ブラジル INPE) はブラジル赤道域における大気光の長期変動と太陽活動周期との関連を示唆した。また Pancheva (英 Wales 大学) は周期の異なるプラネタリー波同士の相互作用を Bi-Spectral Analysis を用いて示した。こちらは以上のような多岐にわたる成果が今後統一的に議論される途上にある事を感じさせられる内容であった。(清水 厚)

シンポジウム 3 日目午後の輸送と平均流に関するサブセッションでは, モデルを用いた研究が多く, 特に中層大気の流れや輸送の過程に対する重力波の役割が注目されていた。興味を持った研究に以下のようなものがあった: Alexander (米 Colorado Research Associates) は波動の散逸による中層大気平均流の加速を, プラネタリー波によるものと重力波など小規模擾乱によるものとに分けて見積もり, それらの相対的重要性を季節で比較した。また Shepherd (加 Toronto 大学) は中間圏と成層圏では混合のプロセスが異なり, 成層圏ではカオスの混合が有効であるのに対し, 中間圏では重力波の砕破に伴う乱流が重要であることを示唆した。Ward (英 York 大学) は熱圏を含んだ GCM を用いることで, モデル上端の影響を受けることなく中間圏の現象を解析しようと試みていた。今回の IUGG では JSM01 に限らず QBO のセッションや重力波の起源とパラメタリゼーションのセッションなどでも, 重力波についての議論が活発に行われていたのが印象的であった。

輸送に続いて variability and trend のサブセッションがあり, 観測及びモデル実験に基づいて, 主に成層圏における微量成分の変動に関して発表がおこなわれた。観測に基づく研究発表では, 特に近年観測が長期間に及ぶようになった UARS データを用いたものが印象的で, 例えば Rosenlof (米 NOAA) は成層圏における水蒸気量が増加トレンドを示していることを報告

し, この結果を対流圏メタンの増加から説明していた。Randel (米 NCAR) も UARS データを用いて成層圏における水蒸気とメタンの変動について詳細な解析をおこない, 特にそれらの場に観測された QBO 変動について報告していた。(吉識宗佳・河本 望)

最後に, 大気化学や極域における力学・化学に関する発表が行なわれた。松見 (名古屋大学) は, 310 nm より長波長域における O_3 の吸収断面積の観測結果を報告した。この波長域における吸収断面積はこれまでほとんど無いと思われていたが, その寄与が高緯度の O_3 や下部成層圏の水酸基 (OH) ラジカルの分布に無視できないことを示した。滝川 (東京大学) は, 硫酸エアロゾルの気候に与える影響について化学結合 AGCM を用いた数値実験の結果について報告した。ピナツボ噴火に相当する二酸化硫黄 (SO_2) を赤道下部成層圏に与えた場合, 赤道下部成層圏で 2 K 程度の温度上昇が, 冬季極域で 10 K 程度の低温傾向がそれぞれみられたことや, 極域付近でのオゾン破壊における塩素酸化物 (ClO_x) の寄与が強まっていることなどを示した。Chipperfield (英 Leeds 大学) は, 475 K 等温位面上における 2 次元 CTM を用いた数値実験の結果から, 気象場の極域における O_3 減少に与える影響について報告した。北極域の低温傾向がとくに長期間にわたって継続した 95/96 年の場合, 極渦内全域で強い O_3 破壊がみられたこと, および, 春先にのみ特に強い低温傾向がみられた 1996/97 年の場合には, O_3 破壊は 3 月末まで長期間続いたことなどを示した。(滝川雅之)

謝辞: 今回の IUGG 参加にあたり, 吉識は日本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。

10. JSA20: 中間圏・熱圏・電離圏の結合とエネルギー収支

このシンポジウムは中間圏から熱圏・電離圏までを対象とし, IAGA と IAMAS の共催で 2 日半にわたって開催された。ここではその中の中性大気に関わる部分についてのみ報告する。

Ionosphere-Thermosphere-Mesosphere including vertical coupling の部では Gavrilov (露 St. Petersburg 大学) が京都大学 MU レーダーによる内部重力波観測の解析結果に基づいて, 対流圏・成層圏・中間圏での内部重力波の季節変動, 中間圏での運動量輸送

の向きの季節変動などを報告した。Sauli (チェコ科学アカデミー) は下部熱圏の電子密度に対流圏から伝播したと思われる内部重力波に伴う変動がみられ、下層の気象学的現象の影響が明らかに反映していることを報告した。Mitchell (英 Wales 大学 Aberystmyth 校) は英国での流星レーダー観測により、中間圏・下部熱圏の内部重力波の振幅が潮汐波やプラネタリー波により変調されていることを報告した。Stening (英 New South Wales 大学) はドイツでの中間圏・下部熱圏太陰潮汐の観測結果を報告し、季節変動年々変動を示すこと、カナダでの観測結果と比較して経度変化があることなどを報告した。Beard (英 Wales 大学 Aberystmyth 校) は流星レーダー観測結果により、潮汐波が2日、5日、16日などの周期で変動し、プラネタリー波と非線形相互作用をしていることを示した。後半では、Yee (米 JHU/APL) が2000年5月に打ち上げ予定のTIMED衛星計画について紹介した。この衛星は高度60~180 kmの領域の温度・風速・成分を観測し、基本的な構造とエネルギー収支を解明することを目的としている。Shepherd (加 York 大学) は下部熱圏の酸素原子分布が経度方向に変動することをエアグロー観測により示し、それが成層圏突然昇温と関連したプラネタリースケールの変動によることを報告した。Williams (英 Wales 大学 Aberystmyth 校) は Tromso (69°N) と Longyearbyen (78°N) での観測によると両地点で半日潮の振幅が同程度の大きさを持ち、理論的に予測される緯度分布と矛盾することを強調した。Pancheva (ブルガリア科学アカデミー) は英国とブルガリアでの同時観測の結果を比較して、半日潮の振幅が年間を通じて英国の方が大きいこと、東西波数1の西進5日波・16日波、波数3の西進2日波などの存在を報告した。また半日潮の振幅が16日周期で変動することも報告した。

Equatorial/Tropical coupling processes の部では、Forbes (米 Colorado 州立大学) が SCOSTEP/EPIC Project の概要を説明した。Alexander (米 Colorado Research Associates) が、対流圏の深い対流により発生する内部重力波が、中間圏力学へ与える効果についての数値シミュレーション結果を示した。水平波長10 km~1000 kmの間でフラットなスペクトルを持つこと、東西風の向きと内部重力波の伝播方向の3次元モデルシミュレーション結果などが示された。Vincent (豪 Adelaide 大学) は、中間圏・下部熱圏領域での内部重力波の長期変動と下層大気の関係に

ついて報告し、内部重力波に伴うフラックスが対流圏の対流活動と良い相関を持つこと、中間圏界面の半年振動に成層圏 QBO のフィルター効果が見られることなどを示した。宮原 (九州大学) は、九州大学 GCM 中の潮汐の解析結果について報告し、migrating tide (太陽周期成分) は non-migrating tide に比較してその振幅位相が安定していること、non-migrating tide が主に熱帯の対流活動に伴う潜熱の放出で励起されていることなどを示した。

全体を通じて、多点での観測の比較、重力波・潮汐波・プラネタリー波の相互作用観測、下層大気と中層大気のカップリング、経度方向の非一様性など、観測、シミュレーションともにより細かい構造の解析に重点が移行してきている印象を受けた。(宮原三郎)

11. JSM26 : 上部対流圏・下部成層圏における化学と輸送

本シンポジウムでは成層圏・対流圏交換の舞台となる上部対流圏及び下部成層圏における化学と輸送に関して活発な発表と質疑が行われた。輸送に関しては、多くの発表は Holton *et al.* (1995) によってまとめられた枠組においての精緻化、あるいはマイナーな見直し等、トマス・クーン*の意味での「通常科学」に類するもので、「科学革命」の兆しは特に見あたらないように思える。(勿論通常科学は必要であるが。)

この2つの領域の境界、対流圏界面とはなんであろうか。Holton *et al.* (1995) は、中緯度の圏界面を等温位面が横切ることから、物質の境目としての中緯度圏界面の意義は薄いと見た。とは言え、やはり圏界面は何らかのバリアーであろう。Haynes (英 Cambridge 大学) はプリミティブ方程式モデルを用いて、中緯度圏界面の effective diffusivity が小さいことを示した。彼は、それは副次的なものでなく、むしろ圏界面は傾圧波による混合の止む場所として決まるのだと示唆した。さて、それなら圏界面とはどれくらいの厚さのものとして捉えるべきだろうか。図からは effective diffusivity の極小域はなだらかに広がっているように見えた。一方、熱帯圏界面は、古典的な放射対流平衡での対流の上限ということで良さそうに思えるが、これも実は良くわからない存在である。Thubern (英 Reading 大学) は、対流は届かなくてよく、放射的に圏界面

* 編集委員会注：トマス・クーン「科学革命の構造」中山茂訳、みすず書房、1971年。

が決まるとした。西田(京都大学)はGPSで観測した圏界面高度等の統計を示した。

対流圏界面の話だけで長くなってしまった。トレーサーとしての水蒸気・オゾンに関してはMOZAIC(Kley, 独 Julich 大学), SOWER(塩谷, 北海道大学)等の興味深い観測プロジェクトが行われている。フォロー出来なかったが, Haynesによる鉛直拡散係数の巧妙な見積りも興味深かった。Pawson(米 NASA)はデータ同化の「強制」項が必ずしも真の物理的要因を反映していないことから来る問題について話した。

発表数はさほど多くなかったが, 輸送を考慮した大気化学の話はこのシンポジウムの大きな柱である。以下, 印象に残ったいくつかの発表について報告する。

Fahey(米 NOAA)は, 夏半球の高緯度域での O_3 分布における光化学と輸送の役割について, 1997年に行われたPOLARIS観測キャンペーンの観測結果を中心に講義を行なった。この中で, 夏極での O_3 破壊への寄与は窒素酸化物(NO_x)が主要因になっていることが示された。また, トラジェクトリ解析を用いた光化学と輸送の寄与の定量的評価を行ない, 極域では NO_x などによる光化学的な破壊で最大1.2 ppmv/monthの速度で減少し, 逆に赤道域からの輸送で最大0.8 ppmv/month増加していることなどが示された。

Borrman(独 Institute for Stratospheric Chemistry)は圏界面付近の高度における不均一反応について, とくに積乱雲の雲粒の表面での反応を中心にしてレビューした。ピナツボ火山噴火後に13 km付近の高度にCIOのスパイクが見られたこと, および, SAGE IIによる衛星観測から圏界面付近にも雲粒子があることなどが報告された。また, 積乱雲起源の氷粒子を入れることによりCIOの濃度が1桁以上増加した数値実験の結果などが紹介された。

Singh(米 NASA)は, SONEXやPOLINATなどの観測キャンペーンで得られた, 水酸化物ラジカルを中心とした観測結果について報告した。この中で, HO_2 ラジカルとOHラジカルの比はモデルと観測とでよく一致するものの, 各々単体でモデルと観測を比較するとモデルの方が過小評価されていることなどが示された。また, これ対して, 「ホルムアルデヒドがモデルで過小評価されていることが水酸化物ラジカルの過小評価の主要因ではないか」などの質問がなされた。

(堀之内 武・滝川雅之)

12. JSP39: 回転成層流体の力学

McIntyre(英 Cambridge 大学)の大気大循環の理論についての歴史的な紹介, Linden(米 California 大学)の室内実験と現実の現象の条件の違いについて, パラメータや無次元数の違いからの説明, などの招待講演から始まった。

大気を対象とした研究では, メソスケールから全球規模まで, さまざまなスケールを対象とした講演が見られた。山岳の風下にてできる循環への地球回転の影響の考察などはいかにも地球流体力学という内容であったが, 概して乱流が深い関わりを持つ内容の講演が多かったように思う。例えば, 客観解析データを用いたcoherent vortexの気候学的特徴の調査, 成層圏での重力波の碎波や詳細なKH(Kelvin-Helmholz)波の碎波の3次元数値実験, などである。また, 大気が直接の対象ではないが, 吹雪と吹き溜まりを例にとった「複雑な地形上での粒子の削剝, 輸送, 堆積現象」に関する発表(西村, 北海道大学)もみられた。

本大会参加にあたり, 日本気象学会国際学術交流委員会より旅費の一部を援助していただきました。ここに記して感謝致します。(鈴木真一)

JSP39は合同シンポジウムとして開催されたが, それぞれ独自のシンポジウムも同時進行していたため発表によっては参加者がかなり限定された場合も多く, 本来の目的がはたしてどの程度達成されているかについては疑問も残った。ただ分野の枠組みを越えた議論はそれぞれの研究発展にとって不可欠であり, 我が国でもそろそろこうした機会の創設を検討する時期にきているのではないかと考えられる。(西村浩一)

McIntyreとLindenの講演で華々しく始まったシンポジウムではあるが, 以前に比べてやや講演題目が分散しているような気がした。アプリケーションが広まったとも言えるし, 地球流体力学の求心力が弱まったとも言えるかもしれない。また, このシンポジウムでお目にかかった日本人の方々に, 日本国内でお目にかかるチャンスがお互い少ないということは, 今後の日本国内での地球流体力学のあり方に少なからぬ示唆を与えているような気がしてならない。

このシンポジウムで特に目を引いたのは次の2点である。一つは, Lindenらのグループに代表される, 画像解析による流速計測装置を用いた室内実験である。もう一つはFritts(米 Colorado Research Associ-

ates)らに代表される3D化された数値計算結果の表示である。例えば渦管の運動は、2次元的な等値線図を眺めていてもなかなかわかりにくいですが、この様な手法であればわかりやすい。両者ともに、今日の技術で初めて可能になったことである。それが学問の本質にかかわるかどうかは別として、今日なればこそできる課題にチャレンジしていくことは、分野の裾野を広げていく上でも重要であると思われる。

その一方で、McIntyreが演壇で即席で行った実験は、簡潔でありながら本質的な内容を例示するのに非常に良いものであった。OHP台の上に水槽を載せ、チョークの粉を散らして可視化し、(多分ペンキ用のローラーの)振動子を水面で振動させる実験である。振動子から発生した波が減衰する過程で運動量を失い、振動子の周りに流れが生じるというものである。もちろん、このような簡素な実験がそのまま研究になる訳ではないが、研究の原点としての遊び心を感じ、自分自身もそれを大切にしたいと思った。

(森 厚)

13. IUGG 雑感 (MC06, JSM01について)

2度目のイギリスではあったが、珍道中の連続であった。電車ののと1時間以上も停まったり、レンタカーを借りたがBack-Gearの操作を忘れてしまって警官を呼んだり、ホテルに泊まって寝っていると、火災報知器の誤動作でたたき起こされたりした。しかし、夏のイギリスは気持がよく、太って帰ってきた。

会議の方は大きすぎて困った。中層大気力学のシンポジウムが並行して走っており、聞きたい話が聞けなかった。そろそろ、このような大きな会議は意味をなくしているのかも知れない。

聞いた限りでは、話は玉石混淆といった感じであった。いくつかの招待講演の中で面白いと思った話(Rosenlof, 米Colorado州立大学)もあれば、つまらない話もあった。また、Boville(米NCAR)の話には、あいかわらずNCARはすごいなあ、と感じつつ、我々はゲリラ的な研究で対抗するしかないのかな?なんて思ったりしていた。学問的レベルとしては同じようなものと思うが、彼らはしらみつぶしにやるので、かなわないなあ(なんでこんなにQBO, パラメータを使えば出るのは当たり前と思いますが、10年前はQBOなんて誰も見向きもしなかったけどなあ?)。

と思いつつも、久しぶりのイギリスは楽しく、また元気をだして研究しようかな、なんて思っています(魔

の1999年7月の月も終わりつつある、7月30日記す)。

(高橋正明)

略語一覧

AGCM: Atmospheric General Circulation Model
大気大循環モデル

AO: Arctic Oscillation 北極振動

CCM3: NCAR Community Climate Model version
3

CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial
Research Organisation オーストラリア国立科学
技術研究機構

CTM: Chemical Transport Model 化学輸送モデル

GCM: General Circulation Model 大循環モデル

GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
NOAA 地球流体力学研究所

GHG: greenhouse gases 温室効果気体

GPS: Global Positioning System 全地球測位シス
テム

GRIPS: GCM Reality Intercomparison Project for
SPARC

IAGA: International Association of Geomagnetism
and Aeronomy 国際地球電磁気学・高層物理学協
会

IAMAS: International Association for Meteorol-
ogy and Atmospheric Sciences 国際気象学・大気
科学協会

IAPSO: International Association for the Physical
Sciences of the Ocean 国際海洋物理科学協会

IGBP: International Geosphere-Biosphere Pro-
gram 地球圏-生物圏国際協同研究計画

IGY: International Geophysical Year 国際地球観
測年 (1957年7月~1958年12月)

IHDP: International Human Dimensions Program
on Global Environmental Change 地球環境変化
の人間・社会的側面に関する国際研究計画

INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
(National Institute for Space Research) ブラジル
宇宙科学研究所

IUGG: International Union of Geodesy and Geo-
physics 国際測地学地球物理学連合

JHU/APL: Johns Hopkins University Applied
Physics Laboratory 米国ジョンズホプキンス大
学応用物理研究所

- JPL : Jet Propulsion Laboratory 米国ジェット推進研究所 (NASA)
- MLT : mesosphere-lower thermosphere
- MOZAIC : Measurement of OZone by Airbus In-service air Craft
- NASA : National Aeronautics and Space Administration 米国航空宇宙局
- NCAR : National Center for Atmospheric Research 米国大気研究センター
- NDSC : Network for the Detection of Stratospheric Change
- NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration 米国海洋大気庁
- POLINAT : Pollution from Aircraft Emissions in the North Atlantic Flight Corridor
- PRONARP-CONICET : Programa Nacional de Radiopropagación-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
- PSMOS : Planetary Scale Mesopause Observing System
- QBO : quasi-biennial oscillation 準2年周期振動
- SAGE : Stratospheric Aerosol and Gas Experiment 成層圏エアロゾル・気体実験
- SASS : Subsonics Assessment
- SCOSTEP/EPIC : Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics/Equatorial Processes Including Coupling
- SONEX : SASS Ozone and Nitrogen Oxide Experiment
- SOWER : Soundings of Ozone and Water in the Equatorial Region
- SPARC : Stratospheric Processes And their Role in Climate 成層圏プロセスとその気候における役割研究計画
- TIMED : Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics
- UARS : Upper Atmosphere Research Satellite 上層大気観測科学衛星 (NASA)
- WCRP : World Climate Research Programme 世界気候研究計画
- IUGG99におけるシンポジウム, ワークショップのコード
- JSM, JSP, JSA : Inter-Association Symposia (Workshop). 3文字目は主催学協会を示し, M : IAMAS P : IAPSO A : IAGA.
- MI : IAMAS Inter-Commission Symposia
- MC : IAMAS Commission Symposia
- MW : IAMAS Workshop

参考文献

- 廣田 勇, 1995 : IUGG 総会雑感. 天気, 42, 679-680.
- Holton, J. R., P. H. Haynes, M. E. McIntyre, A. R. Douglass, R. B. Rood, and L. Pfister, 1995 : Stratosphere-troposphere exchange, Rev. Geophys., 33, 403-439.
- Nastrom, G. D. and, K. S. Gage, 1985 : A climatology of atmospheric wavenumber spectra of wind and temperature observed by commercial aircraft, J. Atmos. Sci., 42, 950-960.

(編集委員会注記)

この IUGG99 の報告は編集委員会が企画し, 各シンポジウム (ワークショップを含む) 毎にお願いした, 取りまとめの方を中心にご執筆くださったものを, 編集委員会でまとめた. IUGG99 で行われたシンポジウムは気象学関係のものだけでも, のべ50日を超える膨大なものであった, 一般の「シンポジウム」欄に比べ, 十分な頁数をご提供することができなかったにもかかわらず, 快くご協力くださった取りまとめおよび執筆者の方々に厚く御礼申し上げる. 世界の地球科学の最先端が触れあった熱気と, 次回2003年の札幌 IUGG への期待を少しでもお伝えできれば幸いである.

報告は今回から2回に分けて掲載する. 1回目は全体報告と IAMAS 総会, 中層大気, 惑星, 地球流体力学関係, 2回目は気候変動, 水循環, 雲, リモートセンシング, 気候モデル関係のものをまとめた.