

南半球中層大気と重力波に関する 合同国際ワークショップの報告*

廣田 勇**・神沢 博***

1. 会議のいきさつ

去る5月18日～23日の一週間にわたり、オーストラリアのアデレード大学で標記の国際ワークショップが開催された。会議の標題からおわかりのように、これは1982年から1985年にかけて行われた中層大気国際協同観測計画(MAP)の中から生まれ、その後1986～1988年のMAC期間中の国際研究の一環として行なわれている活動である。

Satellite による成層圏・中間圏のグローバル観測の進展に伴い、従来北半球中心であった中層大気循環解析を南半球に拡張しようとする動きは1980年代のはじめ頃から起こってきた(たとえば Hirota, Hirooka and Shiotani, 1983, Shiotani and Hirota, 1985)。MAP 期間中に衛星データの蓄積と国際交流が進んだことを受けて、Labitzke (ベルリン自由大学), O'Neill (英国気象局), それに廣田らが中心となって MASH (南半球中層大気) のプロジェクトが計画された。第1回会合は1985年に Oxford で、第2回は1986年にアメリカ東岸の Williamsburg でそれぞれ開かれ、今回が第3回目であった。

一方、MAP のもうひとつの大きな収穫であった中層大気重力波の研究も、京都大学 MU レーダーに代表される大型観測設備の充実と、世界数か所での継続的観測の蓄積によって、その理解が急速に進展しつつある分野である。GRATMAP (中層大気重力波及び乱流) もそのような国際交流の中から生まれたプロジェクトのひとつで、1983年の夏、アラスカの山中に重力波研究者十数

名が集って議論を交したのをきっかけに、以後、世界各地で数回のワークショップが開かれてきた。

今回、MASH と GRATMAP がはじめて合同の国際会議を開きたいいきさつは、重力波研究で大きな実績を持つアデレード大学(南半球!)の Vincent がホスト役を買って出たことによる。我が国からは、筆者2名のほか、田中 浩(名大)、宮原三郎(九大)、野村彰夫(信州大)、それに京都大学超高層電波研究センターの加藤進、深尾昌一郎、津田敏隆、佐藤 享、山本衛の各氏、計10名が出席した。オーストラリアと日本は近距離といえ、総勢約70名の会議に占める日本の地位向上を示す数であった。

以下にワークショップでの研究発表・討論の概略を紹介する。(I.H.)

2. 会議のあらまし

2.1 MASH

Andrews (英国気象局在オックスフォード) による南半球中層大気力学のレビューで始まった。Barnett・Corney (1985) による最新の気象モデル(新 CIRA モデルの一部となる予定)を利用して、北半球と南半球の違いに焦点を当てた議論が中心であった。問題点を整理した明快な話であった。しかし、Andrews にとっては精彩を欠く話だった、というのがその夜のワインとステーキの食卓での一致した感想だった。まず、廣田が話を切り出し、宮原、田中、神沢が打てば響くように同意した。わが廣田、松野によるこの種のレビューを聞き慣れている我々の耳が肥えているせいで、点が辛いということもあろう。

南半球中層大気の大規模運動を議論するためには、質の良い等圧面高度場を得なければならない。そのためには、base level (良く使われるのは 100 mb) の高度場とその上に積み上げる温度場(層厚)が必要である。南半球は観測点の希薄さから、良い base level データを得

* Report of the Joint International Workshops on Middle Atmosphere of the Southern Hemisphere (MASH) and Gravity Waves and Turbulence in the Middle Atmosphere (GRATMAP), Adelaide, May 1987.

** Isamu Hirota, 京都大学理学部.

*** Hiroshi Kanzawa, 国立極地研究所.

ることが大きな問題となる。Karoly (Monash 大学) は、層厚は同じ英国気象局のものを、南半球 100 mb 解析の違い (ECMWF, NMC, Australia) が成層圏循環の場に与える影響を論じた。100 mb base level の違いで、中層大気の帯状平均地衡風は、せいぜい 10 m/s 異なる程度である。しかし、Eliassen-Palm (E-P) フラックスの発散となると、100% 異なることもある。Gelman (NMC) は、同じ NMC 客観解析でも、年を経るに従って解析法が変遷してきていることに触れた。同じデータセットを使っても、その解析法の違いで、得られる 100 mb 面高度場に有意な違いがあり、南半球は北半球に比べ、その違いが著しいことを示した。年々変動を論ずる際、この点に注意が必要である。中層大気の温度の観測は、気象衛星によってなされており、南北同質のデータが得られる。O'Neill (英国気象局) は、NOAA/SSU, NIMBUS/LIMS, NIMBUS/SAMS の特徴、相違を論じた。南半球等圧面高度データは、欠点を認識して使えば、充分使用に耐えるものである、というのが全体の印象である。京都大学の廣田・廣岡によるノーマルモード・ロスビー波解析の一連の仕事は、この等圧面高度データの全球的に等質でしかも相対値は信用できるという長所を活かしたものである。廣田 (京大理) は、彼等の仕事の発展として、よりスケールの小さなロスビー波の特徴を南半球、北半球の違いに注目して議論をした。

Karoly は、1964 年以來の南半球ラジオゾンデ観測から得た年平均温度データを使って、対流圏で昇温、下部成層圏で降温しつつあることを示し、二酸化炭素などの微量気体増加と結びつけた。また、二酸化炭素増→下部成層圏低温→Polar Stratospheric Cloud 増→オゾンホールのシナリオにも言及した。オゾンホールは、MASH のトピックスのひとつであった。Newman (Applied Res. Co., 実質は NASA/GSFC) は、NMC データを使って力学の観点からの解析を行った。1979年と1985年の10月のE-Pフラックスを比べて、波の活動がオゾンの少なかった1985年に弱かったことを述べた。Hitchman (NCAR) は、2次元モデルに重力波の効果を組み込む話の中で、重力波がオゾンホールに関与しているのではないかという推測をちょっと述べた。以上3つの論点は、昨年(1986)末、極地研で催された極域気水圏シンポジウムでも話題となったものであった。Geller (NASA/GSFC) は、気象衛星のデータを使ってプラネタリー波によるオゾンフラックスの半球分布を計算し

て、オゾンの時間変化と良い相関があることを示した。Dunkerton (Northwest Res. Inc.) が飛び入りで講演し、Matsuno・Nakamura (1979) を引用しながら、プラネタリー波による body force で誘起される子午面循環のオゾン輸送に対する重要性を論じた。皆が考えつく話をちょっと計算してみたという話であった。光化学の観点からの話は、Hofmann (Wyoming 大学) によるもののみ。米国の1986年南極オゾン特別観測のうちのオゾンおよびエアロゾルの鉛直分布観測結果の話で、それ自身は興味深い貴重なデータが得られたが、オゾンホール問題に決着をつけるというところまではまだまだ、ということであった。

南極の中間圏界面付近の観測の話も興味深かった。Adelaide 大学のグループ (Vincent Jacka) は Mawson 基地で、Canterbury 大学のグループ (Fraser, Lawrence) は Scott 基地で MF/HF PR レーダによる風の観測を行っている。主に季節変化に焦点を当てた話であった。野村 (信州大工) は1985年昭和基地でのライダーによるナトリウム層観測の話をした。同基地では電波研究所のグループが流星レーダによる風の観測を行ってきており、この高度付近の南極上空での力学の全体像を描ける段階になってきつつある。

2.2 GRATMAP

Vincent が重力波活動の緯度分布、季節変化のレビューを行った。廣田による北半球気象ロケットデータ解析の結果と自分達の Adelaide, Mawson の MF/HF PR レーダデータ解析の結果を総合した。高緯度では年変化が卓越し冬に活動が強く、低緯度では半年振動が卓越する。ホドグラフ解析の結果は、エネルギーの上方伝播を担う波が下方伝播のものより卓越していることを示す。神沢 (極地研) は、ソ連の南極基地 Molodezhnaya の長年にわたる気象ロケット観測データから重力波が冬に活発であることを示して、Vincent のレビューを補足した。また、昭和基地で1985年に実施した約2時間おきの気象ロケット連続発射実験で得られたデータから重力波の分散関係を推定した。データ解析としては初歩的な段階に留まっており、よりきちんとした解析が必要であることを、他の話を聴いて痛感した。Illinois 大学 (Gardner), CNRS (Chanin, Wilson) の両ライダー観測グループは、MAP 期間中に米、仏で観測した豊富なナトリウム層密度、中間圏温度観測データを統計的に解析した結果を示した。Chanin は、中間圏で対流不安定となるような鉛直温度勾配がみられる頻度の統計をとると、

1月と7月に出現頻度が多いという半年周期を示すことを述べた。Gardnerは昨年(1986年)11月にナトリウム層観測用ライダーを飛行機に載せて、北米大陸を横断し、水平波長、ロッキー山脈の影響を調べた結果の速報を述べた。京都大学MUレーダーの一連の仕事の発表もたくさんあった。重力波によって作られた風の強いシアアの高度と乱流の高度がきれいに一致しているという山本(京大超高層)の話は、以前にも聞いたことがあったが、MUレーダーの特徴を活かした大きな成果のひとつであろう。重力波によってもたらされる流れのシアアによる不安定という理論予測の実例である。

Fritts (Alaska 大学) は、重力波の飽和 (saturation)、乱流発生、重力波のスペクトルの話を理論、観測の両面にわたってレビューした。重力波が飽和する時、本当のところ何が起るのか、という問題意識の下での波の一連の仕事の延長として、Dunkertonは、弱非線型共鳴理論と準線型理論という2つの対立的な考え方に橋を架けるべく数値計算を行った結果を話した。準線型理論では長命が仮定されている Primary wave が弱非線型共鳴不安定で壊される点を強調した。弱非線型共鳴不安定が起るような状況が現実大気でありうるかという議論が会場でなされた。

そもそも重力波が注目を浴びる発端となった平均場に重力波が及ぼす役割の話では、重力波を陽に表現する GFDL 中層大気大循環モデルの話は宮原(九大理)がした。重力波とプラネタリー波をきちんと分離した解析(モデル結果のデータ解析)を行い、中間圏での重力波の卓越した役割をあらためて示した。田中は、地形性重力波の効果を NASA/GSFC の大循環モデルに組み入れた結果、平均風、およびプラネタリー波が弱まるという話をした。

これから何をなすべきか、が Fritts を司会に議論された。色々議論された中で、波源 (source) の研究がもっと必要であることが、浮き彫りにされた。対流圏に重力

波の source の大部分があることは確からしいが、そこでの振幅が小さいため、観測がむづかしい(何といても一昔前はノイズとされていたのだから)。

2.3 その他

南極 Mawson 基地でのレーダ観測のため、1985年に越冬したという女性と話を交わすことができた。私(神沢)も同じ時に昭和基地で過ごしたので、親しく知っているような気分であった。彼女は Adelaide 大学の Mawson Institute for Antarctic Research の大学院生であった。日本へ戻ってから調べたところ、Mawson は南極英雄時代の人物で Adelaide 大学の地質学教授をしていたことを知った。Mawson Institute には Mawson の遺品やら資料やらがあるようで見逃したことが惜しまれる(廣田註: Adelaide 大学の構内に、Mawson 教授の業績を記した立派な銅像が立っている)。

南極から帰ってから1年あまりが過ぎた。研究者の内的動機に必ずしも基づかないうちに実施が決定してしまうような大型プロジェクトがますます流行する風潮にある気がする。そういう環境の中にあつて、この種のテーマを絞った会議、自らがやっていることを本当にわかっていることを議論しあう会議に参加できたことは、精神衛生上、非常によかった。

なお、私(神沢)は、この会議に出席するにあたり、旅費の一部の援助を、日本気象学会学術交流基金から受けました。感謝いたします。(H.K.)

GRATMAP でもうひとつ特筆すべきことは、重力波研究の草分けとして夙に名高い C.O. Hines が十余年の沈黙を破って姿を見せたことである。

空白期間の事情はさておき、現在アレンボの大気観測部長として再び重力波研究の世界にカムバックしたのは大変よろこばしいことである。夕食会の席上、一時間もの長きにわたって、1960年頃の重力波研究の動機などを回想したスピーチは聴く者に大きな感銘を与えた。

(I.H.)