

## 国際会議「南半球の気象」・「気候変動のメカニズム」と CSIRO 大気研究部門訪問

余田成男\*

1986年12月、ウェリントン（ニュージーランド）で開かれた「第2回南半球の気象に関する国際会議」とメルボルン（オーストラリア）で開かれた「気候変動のメカニズムに関する国際会議」に参加した。また、この機会を利用してCSIRO（Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization）の大気研究部門（アスペンダレ、オーストラリア）を訪問した。これらの個人的な印象をここにまもめてみる。

### 1. 「南半球の気象」

この会議では、赤道域の30～60日振動から南極カタバ風まで、また、大気大循環から雲粒の観測まで、さまざまな場所でのあらゆる時間・空間スケールにわたる「南半球」での気象現象が取り上げられた\*\*。このなかで私がとくに興味を持ったのは、大循環の変動に関する研究と赤道域の変動（30～60日振動、ENSO=El Niño and Southern Oscillation）であった。

K. Trenberth が南半球の大気大循環についてレビューを行なった。北半球の研究のコピーに終わるか、南半球の独自性を出せるかは、両半球の類似点と相違点をどこまで深く掘り下げられるかにかかっていると思われる。新しい流れとしては、K. Mo や A. Mullen が、半球規模の流れがいくつかの特徴的パターンをとりうることを示した。我々京大グループは、帯状平均流の季節内変動が2つの特徴的なレジーム間の遷移として捉えられる可能性を示し、それぞれのレジームでプラネタリー波がどのような役割を果たしているかを報告した。これらの研究は、解析方法やデータが異なるけれど、同様の現象を捉えているような気がする。また、オーストラリア域の亜熱帯ジェットの変動と赤道の北側の降水（つまり、

局所的なハドレー細胞の強さ）とが強く関連しているという発表（J. Paegle and K. Mo）があつたりしたので、熱帯域の変動との関連も調べてみる必要がある。いずれにしても、惑星規模流の季節内変動をどう理解すればよいかというのは、南北両半球ともに、今日の問題である。

D. Karoly は ENSO に関連したテレコネクション・パターン（PNA の裏返し）が冬季には存在することを示した。van Loon は SO を暖現象（El Niño）と冷現象に分けて（単純な“oscillation”ではないので）、合成図を作り、それぞれの現象が時間とともに半球（または全球）規模でどう推移していくかを詳細に調べていた。南半球では、暖現象は南太平洋収束帯域の変動と深く関連している様子である。最終日には、V. Kousky が今年の El Niño の様子について最新の観測結果を飛入りで話した。

30～60日振動の観測的研究もどんどん発展している。T. Murakami はその出現期と非出現期で、中緯度まで含めた循環パターンがどう違うか（天気、1986年9月号）という発表をしたし、R. Madden はその構造の季節による違いを示した。Madden の話など、理論・モデルで外力の赤道反対称成分が存在する場合（冬・夏）としてすぐに対応が調べられるはずで、その方面の人には面白い結果であろう。

もう一つ、私にとって目新しかったのは、オーストラリア南東岸の前線（クール・チェンジと呼ばれている）の話であった。夏で大陸上が暖められている折に、低気圧の通過で南極域から寒気が入ってきて、明瞭な寒冷前線ができる。ちょうどアスペンダレ滞在中に経験することになったが、前線の通過とともに気温は10°C以上下がるし、台風のような風（時には50 m/s）が吹き荒れる。CSIRO やモナッシュ大学の人たちが、最近の前線理論、数値モデル、室内実験などいろいろな手法で精力的に研究しているところである。日本にも梅雨前線など特色ある前線があるわけで、最近の前線理論の急進展を思うと

\* Shigeo Yoden, ワシントン大学大気科学科/京都大学理学部地球物理学教室/日本学術振興会海外特別研究員

\*\* この会議の要旨集（pp. 482）はアメリカ気象学会より出版されている。

き、日本の前線も今日的な面白いテーマであろう。

## 2. 「気候変動のメカニズム」

気候変動といえば、太陽の周期的変動や火山噴火などの外的影響、放射の問題（雲も重要）、海洋のフィードバック、氷床の影響、人間活動による影響などがすぐに思い浮ぶわけで、4日間はこれらの話題であった。とくに ENSO 関連は最も充実したセッションで、海洋・気象両関係者による観測、理論、モデルのさまざまな話があった。この会議で特に興味を持ったのは、5日目のセッション、「非線型メカニズム」と「不安定問題」であった。

「非線型メカニズム」では、E. Lorenz が低次モデル（大胆な波数切断をしたスペクトル・モデル）を用いた、大気の内過程による不規則変動の話をした。季節変化（周期的な外力の変化）を入れたモデルでの、次のような不規則な年々変動の結果が興味を引いた；ある季節（例えば冬）には、2つの安定な「周期」解が存在し、年毎にどちらの解が出現するかは秋から冬にかけての季節進行に依存する。この過程もちろん非線型なので、年毎にどちらの解が選択されるか規則性が無くても良い。（実際、不規則な例が得られる。）この年々変動のシナリオは、最近私が発表した、成層圏パシレーション・モデルの数値解析とその成層圏年々変動への応用と同じものであり、いろんな発展性のあるテーマだと思う。

大気大循環モデルを用いた実験でも、年々変動の議論が始まっている。R. Chervin (NCAR), G. Boer (Canadian Climate Centre), H. Gordon (CSIRO) がそれぞれのモデル結果を発表した。周期的な外力の季節変化を含むモデルを10~20年走らせ、年々変動の様子を調べていた。もっとも、どのような解析をすれば良いか試行錯誤の段階のようである。

内過程の非線型性が重要な不規則変動をどう理解すれば良いかは、ほとんど手のつけられていない大変難しい問題である。（モデルで作り出すことは簡単だが。）Lorenz 流のアプローチは、変動の“メカニズム”を明らかにするうえで、1つの有効な方法であろう。もっとも、低次モデルでの不規則変動と大循環モデルの不規則変動が、そして現実大気の変動が同じ性質のものであるという保証はどこにもないが、いずれにしても、低次モデルから大循環モデルまでのいくつかの階層のモデルを用いて、総合的に研究を進めてゆく必要があろう。次世代コンピュータが出現して、気楽に百年、千年のモデル

実験ができるようになれば、ちゃんとした「統計」の議論もできるであろう。また、現実大気のデータでは、外因に対する応答と内過程による変動を分離することが不可能なので、こういった議論は大循環モデルに頼るしかない。日本でも共同利用の大循環モデルを作ろうという話もあるようなので、この方面の研究もどんどん進んでゆくことだろう。

「不安定問題」では、A. White が回転水槽実験のパシレーションを中心に、変動のメカニズムとなりうる不安定現象のレビューを行った。回転水槽実験のような理想化された系での不規則変動をちゃんと理解することは大切である。逆説的な言い方をすれば、簡単な系での不規則変動が理解できないようならば、もっともっと複雑な大気の変動などとても理解できないであろう。I. James は順圧・傾圧不安定、J. Frederiksen は3次元基本流の不安定、A. Plumb は大気・海洋結合システムの不安定 (ENSO 関連) の話をした。

## 3. CSIRO 大気研究部門

15~17日の間、A. Plumb に連絡をとって CSIRO を訪ねた。大気研究部門は、大気組成、雲と放射、小規模力学、大規模力学の4つのプログラムから成り立っている。スタッフも含めて百人規模の研究機関である。

私は、15日の力学セミナーで、“Multiple Planetary Flow Regimes in the Southern Hemisphere”の講演をした。偶然 Lorenz 先生も訪問中で、話を聞いていただき、いくつか議論することができた。大学院に入ってからずっと私の研究に大きな影響を与えてきた先生だけに感慨深かった。もっとも、だんだんお年を召されているようで、大循環モデルを低次モデルの気分ですうというような発想には馴染めない様子であった。

Plumb, Frederiksen, Gordon, の他にも、B. Hunt, P. Baines, R. Hughes, H. Hendon とそれぞれ議論できたことは有意義であった。また、17日のオゾン・ホールに関する集会では、観測、理論のレビューや発表があり、オーストラリアでも独自に興味を持たれていることが判った。個人的な情報としては、いろいろわさのあった A. Plumb が今年夏までに M.I.T. の教授として迎えられそうである。

今回の出張も、J. Holton 教授、廣田勇教授、京都大学の気象学関係の先生方の御理解と御協力により初めて可能となった。ここに心より感謝します。