

## 「日本における気象学研究に関する現状と将来」

### 第2回研究会報告

標記の研究会が日本学術会議気象学研究連絡委員会主催の下、1997年の気象学会春季大会前日の5月20日午後、筑波大学の大学会館小ホールで開かれた。第2回は「気象力学」と「惑星大気」がそのテーマであった。以下に研究会の内容を報告する。

#### 1. 「気象力学」

松田佳久（東京大学理学系研究科）

##### 1.1 はじめに

ここでは、「気象力学」を地球の中・高緯度の気象力学に限定して議論したい。そのように限定して理解しても、戦後の気象力学が大きな成果を挙げたことは否定できないであろう。この成果の理論的枠組は、傾圧不安定論に代表されるような「線型論」と特に成層圏の力学で威力を発揮した「波と平均流の相互作用」といった所に分類できるだろうか。一般的に言って、複雑多岐にわたる気象現象のある部分のある面から切り出してきて、それを説明する線型（ないし準線型）理論をうまく構築することに成功した訳である。しかし、最近に至って、気象力学の分野においては、以前ほど興味深い研究成果は見られないようである。このことは、従来手法により比較的簡単な理論によって説明できる現象が少なくなったということであって、気象力学の問題がほとんど解決したことを勿論意味しない。気象力学が対象とするシステムが、全体としていかに作動するかは、現在の研究段階では全く不明と言ってよいであろう。この理解は、気象力学が今まで個々に取り扱ってきた「部分系」がいかに非線型相互作用するかを理解することであり、簡単ではない。今まで成功してきた「線型論」の問題設定とは趣を異にする。

一方、最近ではGCMに代表されるようなシミュレーションを目的とする数値モデルが非常に発展してき

た。全ての過程をなるべく取り入れようというシミュレーション・モデルは複雑で、その中で生じている力学的過程は明解ではないが、少なくとも、正しい予測はできる可能性がある。複雑なシステムはシミュレーション・モデルのみによって取り扱え、力学的過程の「理解」や「納得」を目指す気象力学の「理論」によっては取り扱えないのだろうか。以上のような問題意識の下に以下の4人の方に講演をして頂いた。

##### 1.2 4つの講演

まず、伊藤久徳氏（和歌山大学、本研究会の時点の所属、以下同様）が「力学系理論から中緯度大気を考える—非線型から線型へ、そして非線型へ、さらに「線型」へ—」と題して講演された。伊藤氏のアプローチは、上に述べた部分系に対する線型論でもなく、シミュレーション・モデルによるものでもない。物理過程をごく単純化したT15やT21という分解能の準地衡風半球モデルの数学的構造（アトラクターの個数やその安定性などのパラメータ依存性）の解明を通して、中緯度大気力学を考えている。自分自身の研究結果に基づき、線型論の妥当性について興味深い議論をした。力学研究の将来に対しても、T21程度の解像度の気象モデルの力学系の観点からの解明の重要性を指摘した。

次に、余田成男氏（京都大学・理学部）が「地球流体力学の新展開—数値流体力学の立場から—」と題して講演された。球面上の二次元乱流の数値実験について、自分自身の計算結果に基づき議論した。気象研究に関する現状と将来像についても、現状認識と将来展望という観点から話題を提供した。

次に、謝尚平氏（北海道大学・地球環境研究科）が「気象力学と海洋力学の接点」と題して講演された。海洋の渦の研究を紹介し、渦による運動量や熱輸送の観点から、今まで独自の発展をとげてきた気象力学と海洋力学の接点を議論した。さらに、気候研究、特に大気海洋相互作用の研究における両分野の融合を議論

した。最後に、気象学であり重要でないが、気候問題解決の鍵になる現象の例として、ITCZ問題における南米沖の南風の役割を、自分自身の研究に基づいて話した。

4つの講演の締括りとして、林 祥介氏(東京大学・数理科学研究科)が「記述と理解と予言：統合する言葉としての力学と情報化」という題で講演された。「物理学帝国主義」の終焉と平行して、気象学においても、気象力学の理論による定性的な理解の時代から、定量的なシミュレーションの時代に移行したと論じた。しかし、気象の研究者・技術者の素養としての力学は重要であり、その質を維持するための教育は決して容易ではないことを指摘した。最後に、情報化についても議論した。

### 1.3 まとめ

以上、4つの講演を受けて討論に入ったが、時間も足りず、議論が収斂しなかった。従って、ここでは、講演や討論の結果を踏まえて、気象力学の将来を考える上での問題を私なりに整理してみた。

- (1) 林氏の主張したように、気象力学の研究面での役割は、(他の惑星は別として)山を越えたのか？
- (2) 従来の気象力学の部分系に対する簡明な理論とシミュレーション以外には、別の研究手法や研究スタイルは存在しないのか？ 例えば、伊藤氏のような研究手法は、将来の研究の1つの重要な方向なのか？
- (3) (2)と重複するが、GCMのような複雑なモデルによる現象のシミュレーションだけで事足りるのか？ 複雑な系に対しても、何らかの「理解」や「納得」が必要なのか？ 又、それは可能なのか？
- (4) 惑星気象学の発展に伴って、地球の気象力学の新しい観点からの再検討が可能になるのか？

以上、私見による問題提起に終わってしまったが、これらの問題を議論していく必要があると共に、実際の研究で答えていくのが、気象力学の将来であろう。

最後に、快く講演を引き受けて頂いた4人の方には、この場を借りて深甚の謝意を表します。

## 2. 「惑星大気」

阿部 豊 (東京大学理学系研究科)

惑星大気は気象学に限らず、いろいろな分野から研究されてきた。例えば惑星大気の観測は天文学的手法によることが多い。このような事情から、惑星大気研究は全体としては古典的な気象学の範疇にはおさま

きらないものがある。そこで、今回は気象学からのアプローチということ念頭に置き、気象学的手法をベースに置きつつ、様々な視点から惑星大気を研究しようとしている研究者4人に講演をお願いした。

今回注目した研究領域は次の4つである。

- ・気象力学的視点からの惑星大気研究
- ・超高層大気からの惑星大気研究
- ・観測に基づく惑星大気研究
- ・進化の視点からの惑星大気研究

後の3つは、それぞれ超高層大気科学、観測天文学、惑星進化学との接点である。その問題意識において従来の気象学とはやや趣を異にしているが、現在の惑星大気研究を支える重要な分野である。

竹広真一氏(九州大学・理学部)は力学的な視点からの惑星大気研究の現状を紹介した。木星型惑星の帯状流、金星・タイタンのsuper rotation、火星GCMなどの研究を紹介した後、今後の展開の方向として2つの方向を挙げた。すなわち、火星・タイタン・金星大気の研究に代表されるような、個別的な天体の大気を定量的に理解しようとする方向と、木星型惑星大気の研究に代表されるような、地球流体力学を基礎にした定性的かつ惑星横断的な理解を目指す方向、である。特に後者については、大気に限らず、回転や成分の凝結というような現象が起こっていて同様な手法が適用できる領域、例えば天体中心の核や木星内部構造の研究などまでひろげて展開するべきであるとした。これは地球流体力学の目指すところに近い。

今村 剛氏(東京大学・理学系研究科)は惑星超高層大気の研究の現状について述べた。惑星超高層大気は、リモートセンシングで直接的な観測ができる領域であること、惑星間空間と大気が接する領域であって大気の散逸や下層大気の紫外線環境を支配する領域であること、下層大気と力学的なカップリングがあること、が特徴である。更に、金星や火星の超高層大気の研究において、地球気象学でこれまで培われてきた概念や手法が有用である場合を例示した。これは当然のことなのかもしれないが、惑星超高層大気でも気象学的手法はかなり有用な場合がある。しかし、これまでは意外なほどそのようなアプローチが行われていない。気象学的素養を持つ研究者の参入で発展が見込める領域であろう。

竹内 覚氏(宇宙開発事業団)は惑星大気観測について述べた。実証的科学として観測が重要であることは言うまでもないが、惑星大気では単に観測データが

少ないだけではなく、地球大気の場合とはやや異なる観測量を用いざるを得ない。竹内氏によれば、惑星大気研究者は「気象衛星ひまわりは持っているが、気圧計・温度計は持っていない気象学者」であるという。これは地球気象学と惑星大気科学の観測量の違いを巧妙に言い表している。しかし、近年では、地上望遠鏡や宇宙望遠鏡の発達によって、「温度計」は入手可能であり、通常的气象学的な解析に耐えるレベルのデータ取得が可能になってきている。この場合の問題点の1つは、観測の興味は大気科学のものでありながら、観測手段は天文学のものである点で、惑星大気研究者が観測施設を自由に使えるためには大気研究者から観測施設を持っている天文学者への強い働きかけが必要となっている。観測の問題は今後の惑星大気研究の展開において重要な課題である。

橋本成司氏（東京大学・理学系研究科）は大気進化の視点からの惑星大気研究について述べた。一般に大気の進化は、大気が自律的に決めるというよりも、固体惑星や超高層大気の都合で決まるという側面が強い。しかし、地表の現象は地表の温度・圧力に依存し、

温度・圧力は大気によって決められる。これを介して大気それ自体が進化に影響する。このような影響の代表的なものとして大気組成が変化したときの温室効果とアルベドの変化が挙げられる。前者に関わる研究は比較的多いものの、後者の研究は少ない。橋本氏は自身が研究している金星気候状態の安定性の問題について述べ、大気化学・地球化学と結合したアルベド変化が重要な役割を果たすことを示した。

この4人の講演者の発表に続いて、総合討論が予定されていた。しかし、全体の進行が遅れてしまったために総合討論がほとんどできなかったことは大変残念であった。

今回の講演者は、皆、気象学会の会員であり、しかも、古典的な意味での「気象学」研究室に所属しない。このことはこの分野の現状について示唆的である。伝統的气象学からややみ出したところで、しかし、気象学をベース（の一つ）として惑星大気にアプローチしようとしている若手研究者層が確実に育ちつつある。我が国における惑星大気の研究は、徐々に根付きつつあるといえよう。



#### 第4回トヨタ先端科学技術研究助成プログラム課題募集

1. 対象：国内の大学・研究機関等（民間含む）  
において「環境、エネルギー、安全」に関する分野で、独創的、先進的な萌芽段階の研究に従事している研究者および研究グループ。なお、社会・人文科学にまたがる領域も可。
2. 助成金額：総額5000万円程度（25件程度、最高200万円）。但し、助成選考においては45歳以下の方を優先とします。
3. 助成時期：平成12年4月
4. 募集締切：平成11年9月30日（木）  
なお、英文での申請も可。
5. 応募用紙請求・問合せ先：  
〒471-8572 愛知県豊田市トヨタ町1  
トヨタ自動車株式会社 技術管理部  
研究助成プログラム事務局  
Tel：0565-23-6312, Fax：0565-23-5744  
E-mail：yasuda@mother.ee.toyota.co.jp