気候システム科学への招待

住 明 正*

Invitation to Climate System Science

Akimasa SUMI *

1. はじめに

自然科学に人を向かわせる原動力は、「どうして自然はこのようになっているのだろうか?」という好奇心である。「どうして、太陽は東から昇り、西に沈むのか?」、「どうして、雲ができて雨がふるのだろうか?」と子供ながらに不思議に思った経験があるであろう。

昔は、人間の自然に対する好奇心が、天体や地球など目に見えるものに向けられていた。それが、やがて、物事を細かく、細かく、見るようになってきて、量子論が登場し、現代の科学が生まれてきたと考えられる。したがって、地球を巡る学問は、最初は、物理学として登場し、地震学・気象学として発展し、その後、地球物理学と呼ばれるようになってきたのである。第2次大戦後には、科学技術の爆発的な進展があり、気象学や地震学などの個別科学として大きな発展を遂げてきた。個別の科学の発展が一段落した後で、興味の対象が他の惑星にも広がり、地球惑星物理学に、さらに、地球惑星科学に進展してきたのである。

このような中で、地球の表層環境を扱う学問として、気候システム科学が登場してきたのである。従来、気候学は地理学の一分野として研究されてきた。いわゆる気候学と気候システム科学の区別を厳密に考える必要は無いと思われるが、気候シ

ステム科学の特徴をあげれば、物理学や化学などに依存していること、また、定量的なところであろう。さらに、現在の地球環境問題などの社会問題化という状況を受けて、人間社会の関わりを問題にする、地球環境科学と大いに関連が出てきている。

2. 地球惑星科学としての興味では

地球惑星科学としての気候システム科学の興味は、どうして、このような太陽系ができたのか?なぜ、地球型惑星と木星型惑星が存在するのか、という太陽系の起源に関する疑問であろう。太陽系の形成を考えるとすれば、同時に、太陽系の中で、どのように地球が誕生し、どのようにして現在のようない地球ができたのか?という地球進化論が大きな興味をもって見られている。また、地球誕生以来、地球の気候は大きな変動をしてきたことは地質学的な証拠で明らかである。たとえば、特に、有名なのは、恐竜などがいた温暖な気候、白亜紀(約6500万年前)や氷期-間氷期サイクルなどである。これらの気候システムの変動は、学問としても興味があり、また、現在の地球温暖化問題を考える意味でも重要と考えられている。

また、地球誕生時には、金星と同じ程度の二酸化炭素があったのに、風化などにより、大気中の二酸化炭素が海の底に堆積したと考えられている。

* 東京大学気候システム研究センター

* Center for Climate System Research, University of Tokyo

本稿は2004年1月20日に行われた講演をまとめたものである。

やがて、これらの炭素は、海洋底の移動により、地中へ移動し、火山活動などにより大気中へ運び込まれる。これらの地質学的な時間スケールでの炭素などの循環を理解することが、地球の進化を理解することであり、地球システムのダイナミクスを理解することなのである。

3. 地球環境科学としての興味は

地球環境科学としての気候システム科学は、一面では、学問的な興味と同時に、他方では、社会的な要請によって発展してきたと考えられる。社会的な要請としては、天気予報、長期予報（季節予報）などの予報の精度向上があげられる。事実、精度の良い予測情報は、防災の観点からも非常に重要である。もう一つの重要な因子は、人間活動に伴う地球温暖化などの社会的な問題や、フロン増加に伴うオゾンホールなどの現実的な問題である。このほかにも、熱帯林の伐採に伴う砂漠化の問題がある。いずれも、開発を進めたときの気候システムへの影響をいかに評価するか？ が重要な問題になる。これらの点に関しても気候シス

テム科学の果たすべき役割は大きいと考えられる。

4. 気候システム科学の方法論は？

気候システム科学の重要な柱は、気候システムの変動を、力学的に、言い換えれば、物理学的な法則に基づいて理解することである。そこで重要な手法は、計算機の発展に基づく数値モデルと人工衛星に基づく様々な物理量のグローバルな観測である。

数値モデルについては、数値天気予報などにより良く知られている。1950年以降、多くの人の努力で数値予報モデルは発展してきたし、この数値モデルの発展により、日々の天気予報は向上している。たとえば、現在の気象庁の数値予報モデルは、全球予報では、格子間隔が50 km程度である。さらに、現在では、格子間隔が20 km程度の全球モデルも走らせることが可能となっている。また、単に、温度や風の予報ではなく、様々な物理量の予報をだすことが可能となっている。たとえば、図1は、このような数値モデルの結果から作成した「ひまわりの雲画像」である。図2に対応する

図1 数値モデルの結果に基づいて計算された雲画像。格子間隔20 km、40層の全球モデルに基づく、2002年7月9日00Zを初期値とした、24時間予報に基づく。

図2 「ひまわり」から得られた雲画像。2002年7月10日00UTCのGMS-5の赤外画像。

図 3 2つのマイクロ波放射計から観測されたインド洋の4個の台風（2003年2月13日）。

時刻の「ひまわりの雲画像」と比べてみると、両者が非常に良く似ていることが理解されよう。言い換えれば、もっと利用者が使いやすい情報が提供できるということである。

ついで、人工衛星による「宇宙からの観測」の一例を示す。前にも出てきた静止気象衛星のように、宇宙からの観測は、テレビなどのメディアを通してお茶の間に入っている。世界各国が、様々な人工衛星を打ち上げており、多くの人工衛星が宇宙に飛んでいる。それらから得られる多くの観測データにより、多くの新たな知見が得られてきた。その一例を、図3に示す。この図は、アメリカの人工衛星に積んだマイクロ波放射計と、日本の「みどり2号」に積んだマイクロ波放射計を合わせて示したインド洋での4個の台風の観測例である。1個の衛星では、この4個の台風全部は観測できなかった。ここでも、観測網の重視が、新

たな知見を生み出すことが理解されよう。

5. ま と め

現在の地球環境問題を巡る状況は、個別科学ではなく、ますます総合的な学問が必要となる状況と考えられる。その観点で、気候システム科学は進展していくことと思われる。したがって、ますます物理学・化学・生物学・生態学・水文学などの知識が必要となる。また、そこでは、社会への応用など社会の状況に気を配ることが大事になる。しかし、個別科学を知らなくても良い、というわけではない。一方では、個別科学の枠内で学問を深化させていく必要がある。このことは、「言うは易く、行なうは難し」という問題である。個人の中で、個別科学と総合科学の両立を考えていくことが必要であろう。