

## 巻 頭 言

# 複雑系の科学

理事長 佐 藤 薫

新型コロナウイルス感染症に翻弄される日々がまだ続いています。今年度の秋季大会は、感染の落ち着いた12月上旬に奇跡的に現地開催で行うことができました。対面での口頭発表には緊張感があり、会場が一体となって1つのテーマを考える充実感がありました。一方、並行して行われたオンラインのポスター発表では丁寧な議論が交わされ、高い満足度を得られた方も少なくなかったのではないかと思います。大会実行委員会や講演企画委員会の皆様のご尽力に心より感謝申し上げます。

さて、昨年は名誉会員であるプリンストン大学の真鍋淑郎氏のノーベル物理学賞受賞という、誠にうれしい出来事がありました。今回の同賞は「複雑な物理システムの理解への革新的な貢献」をなした3人の研究者に授与され、真鍋氏は、マックスプランク研究所のKlaus Hasselmann氏と共に「気候変動の定量化や、信頼性の高い地球温暖化予測を可能にする地球気候の物理モデリング」の研究業績に対して表彰されました。気象学は複雑系科学の1分野であり、物理学に基づいていること、地球温暖化が人間活動を原因として現実に行っているという結論は物理学的帰結の1つであること、したがって、気候モデルによる予測は定量的な評価が可能であることを知らしめた社会的にも大きな出来事でした。

今回のノーベル物理学賞の対象は、地球温暖化という深刻な社会問題に関わる側面が目されがちですが、純粋科学の側面も大きいことも強調しておきたいと思います。例えば、大気運動はカオスの性質を持ち、天気予報の精度には限界があるのに、なぜ数十年あるいはそれ以上の気候予測が可能なのかという問題です。これに対し、今回の受賞者は、複雑系（例えば気候）に現れるマクロな性質を理解し予測につなげるためには、系を構成する素過程を正しく理解し、カオスの性質を含めて、素過程を適切に扱うことが必要であることを純粋科学研究により明確化したことになり

ます。

純粋科学研究、別の言い方をすれば基礎研究は、最初から社会に役立つことを意図して行われるわけではないことも重要なポイントです。真鍋氏は、大気海洋結合モデルによる気候の研究スタイルを確立しましたが、若手研究者のころ、すなわち1960年代には、対流の役割を単純化して組み込んだ鉛直1次元の対流放射平衡モデルの研究を行っています。これを用いて、水蒸気、オゾン、二酸化炭素といった大気微量成分の気温の鉛直構造への寄与を定量的に評価しただけでなく、大気中の二酸化炭素濃度が2倍となった時に、地上気温が約2.3K上昇するという、現在の緻密な気候モデルと調和的な結果も示しています。この時代に二酸化炭素倍増実験を行ったこと自体、真鍋氏の先見の明が感じられますが、真鍋氏はこの研究がcuriosity-drivenであったことを強調しています。

実は1964年の真鍋氏の論文には、成層圏についてかなり詳しい記述があります。当時、成層圏を飛ぶ超音速旅客機の計画が進んでいて、その気候影響が目ざされていたためです。興味深いのは、この論文に「冬の極域成層圏の放射平衡温度は観測よりかなり低いので、力学的な作用があると考えられる」と明確な記述があることです。これはまさに気候予測モデルのもつ冬季成層圏のコールドバイアス誤差につながる指摘であり、現在も解決されていない問題です。コールドバイアスの解消には、最近の研究で明らかになった極夜ジェットに向かう重力波の斜め伝播という、現在の気候予測モデルのパラメタリゼーションでは考慮されていない重力波の性質が重要ではないかと考えられており、基礎研究の成果が社会応用に繋がる気象学の脈々と続く流れを改めて感じることができます。

純粋なcuriosity-drivenで始まった研究から、気が付くと社会に役立つ結果が得られていることがある、そういう面白さが気象学にはあります。意図した目的以外に役立つのは純粋科学にとどまらないことかもしれません。会員の皆様には、大いに好奇心を持ち、研究を楽しんでいただきたいと思います。