

特集 雲 豊饒なる非線形科学の世界

雲のデータ同化

三好建正

みよし たけまさ

(メリーランド大学大気海洋科学部)

データ同化、それは数値シミュレーションと現実の観測とをつなぐ橋のようなものである。ここでいう数値シミュレーションは、時空間内で現実に起こる事象現象を箱庭的に再現しようとするものであり、現実を実際に見るのが観測である。数値シミュレーションと観測、この双方とも完全ではない。データ同化は、この不完全な両者を融合して最大限の情報を引き出そうとする、統計数理に基づいた学際的な科学である。数値天気予報や海洋循環、気候変動、火星等の惑星の大気循環、さらには航空宇宙工学や石油工学など、現実に起こる事象を数値シミュレーションするさまざまな分野で重要な役割を果たしている。とくに地球惑星科学では、その手法としてアンサンブルカルマンフィルタの台頭など近年発展が著しい。

雲は、最も身近な大気現象の1つと言ってよいだろう。しかし、最先端の科学をもってしても、現実の雲を忠実に数値シミュレーションすることは非常に難しい。また、雲は空を見上げると誰の目にも入るものだが、これを定量的に観測することも簡単ではない。雲はさまざまな大きさや形をもった水や氷の粒子の集まりであり、どのような大きさや形の粒子がどのくらいの密度であるか、という形で定量化できるが、これらを観測することは一般に難しい。このように数値シミュレーションでも観測でも「つかみどころがない」雲の研究においてこそ、両者の橋渡しをするところのデータ同化が、重要な役割を演じうると考えるのである。

たとえば、雲を数値シミュレーションしてみる

ことはできても、これが空に見える現実の雲と同様なのか、知ることは難しい。シミュレーションの結果をさまざまに可視化して主観的に判断することもできるかもしれないが、望むらくはシミュレーションによる数値と観測データとを客観的に比較したい。これは、両者の橋渡しをするデータ同化によって可能である。シミュレーションと観測との一致の度合いを調べることで、シミュレーションモデルの改善の手がかりにもなるだろう。また、データ同化によって観測では見えない部分が見えるようになることも、雲に関わる現象の理解を深めるには有効だろう。

さらに、雲は近年話題となる気候変動において、エネルギー放射を介して役割を演じているが、温暖化した大気の中で雲が気候変動にどのようなフィードバックを与えるかは大きな不確定要素となっている。気候変動における雲の役割を調べるには、上で述べたような数値シミュレーションと観測との融合が糸口となるかもしれない。

このように雲のデータ同化研究を進めることは、さまざまな観点で雲に関係した研究に役立つ。一方、データ同化の科学という観点でも、雲のデータ同化はチャレンジングで非常に面白い研究対象である。その理由の1つに、雲プロセスの複雑さ、カオス性がある。

データ同化では、観測データを時間軸に沿って積み重ねることが本質的である。この際、数値シミュレーションを使って時間方向に情報を伝達するのだが、この予測可能性が高いほど、時間方向に情報をよく伝達する。予測可能性はカオス性と強く結びついており、カオス性が強いほど予測が難しく、時間方向に観測データを積み重ねにくくなってしまふ。これが雲のデータ同化における大きなチャレンジであり、非ガウス性、非線形性へのチャレンジとしてデータ同化研究ではしばしば話題にのぼる難しい問題である。

また、観測データに起因するチャレンジもある。雲粒子に関する直接観測はなかなか得られないため、データ同化で主に扱うのは、人工衛星による可視光、赤外線、マイクロ波といった放射の観測、

および、人工衛星搭載型や地上設置型のレーダーやライダー(Light Detection and Ranging. レーザー光を用いた位置決定装置)による観測などである。このどれもが不完全であるばかりか、とくに放射の観測データは大気中の複雑な放射プロセスが関係しており、雲との関係も複雑である。ここでも非線形性が問題となり、非ガウス性、非線形性へのチャレンジに結びつく。

このようなチャレンジを見て、われわれデータ同化の科学者は、純粋な科学的な興味にドキドキ

して止まない。またこのような研究が気候変動予測や数値天気予報の改善に役立つかもしれないとなれば、その興奮たるや科学に造詣の深い本誌読者の想像に難くはあるまい。近年、計算機の高性能化に伴い詳細なシミュレーションが可能になり、また多くの地球観測人工衛星が打ち上げられて、雲のデータ同化に本格的に取り組める時機も満ちてきている。近い将来の最もエキサイティングな研究分野の1つとして、注目していきたい。