

## 現業気象数値予報システムにおける観測・解析・予測

### Introduction of the operational data assimilation system for the numerical weather prediction in JMA

# 本田 有機[1]; 東田 進也[2]

# Yuki Honda[1]; Shin'ya Tsukada[2]

[1] 気象庁; [2] 気象庁

[1] Japan Meteorological Agency; [2] JMA

気象庁では、天気予報の基礎資料を作成するために数値予報システムの開発・運用をしている。現業数値予報システムの歴史は日本では1960年ごろから始まる。これは、1922年に英国のルイス・F・リチャードソンが最初に数値的な手法による気象予測のアイデアを提唱してからおよそ40年後のことである。この間に、高層観測の充実、大気力学の基礎の確立、電子計算機の開発など数値予報の背景が築かれていた。

最初に業務として用いられた数値予報システムは、鉛直1層、水平解像度400km程度の北半球順圧モデルという力学モデルであった。この約50年の間、電子計算機の進歩とともに気象庁の電子計算機(スーパーコンピューター)も6回の更新を重ね、数値予報システムもその都度バージョンアップし、現在では全球モデルにおいては、鉛直40層、水平解像度約55km、支配方程式も静水圧平衡を仮定しているが種々の物理過程を考慮したプリミティブ方程式系となっている。

数値予報も初期値問題の一つであり、予報には初期値が必要となる。1928年にラジオゾンデが開発されると、高層観測が充実し3次元の大気の解析が可能となった。初期の客観解析は観測データだけを用いて、あらかじめ決めた基底関数で展開する関数あてはめ法であった。しかし、この方法では観測密度が疎な海域などでの解析の品質が問題となってきた。このため、予報モデルの改良が進み精度があがると、予報結果を第一推定値として、これを観測データにより修正するという修正法へと変わってきた。この手法は、更に観測の誤差や第一推定値の誤差を適切に考慮した最適内挿法へと進化する。

予報結果を解析による修正前の場として用いることは、解析と予報を繰り返すシステムを構築することに他ならない。これを4次元データ同化と呼ぶ。予報モデルをシステムに組み込むことで、観測密度が密な地域の情報が疎な地域に伝播することになる。これにより海域などの解析の品質がある程度保証されることとなった。

それでも、海域などでの絶対的な観測データの不足は否めなかった。この問題を解決するためには、衛星観測の登場を待たなければならなかった。衛星から得られる情報は、地球上一様であり、これまで観測が困難であった地域の観測データは飛躍的に増加した。当時主流だった解析手法である最適内挿法は、解析対象となる変数(水平風や気温、気圧など)と同じ量またはこれらと線形の関係で表される量しか同化できないために、間接観測である衛星データ同化には不向きであった。しかしながら変分法を用いた解析手法が導入されることで、解析変数と観測の関係が非線形であっても扱えるようになり飛躍的に衛星データ同化が進歩してきた。

現在は変分法による解析手法が現業解析システムとしては主流となっている。初期の頃は3次元変分法データ同化システムと呼ばれる空間のバランスのみを考慮していたが、現在は4次元変分法に拡張され、時間方向の拘束条件として予報モデルによるバランスを考慮することができるようになった。

今回の講演では、現在の現業で使われている変分法データ同化システムを題材に、観測と解析と予測のシステム化について議論したいと思います。