

論文の内容の要旨

論文題目 Quality Control of Observational Data
and the JRA-25 Reanalysis
(観測データの品質管理と
長期再解析 JRA-25)

氏 名 大 野 木 和 敏

長期再解析は、気候解析にとって新たに登場した強力なデータである。過去数十年の気候変化を調べるには、高精度で均質な気候データが必要である。長期にわたる地球大気および表層の気候状態を定量的に正確に把握することは、自然変動に起因する異常気象や地球環境問題、特にここ数十年において顕在化している地球温暖化に正しく対処するための課題である。それには、過去の観測データを調査する方法があるが、観測データは地域的に偏在しており、精度のよい気候データが作成できる領域は限られる。そこで、数値解析予報技術を利用して、過去数十年間の地球全体の大気の状態を均質・高精度に再現した全球の長期再解析データを作成した。長期再解析データは、現業数値解析予報システムで培われた技術を基盤として作成される。現業数値解析予報システムの根幹を形成しているのは、データ同化サイクルである。これは、観測データの同化と予報を相互に依存させながらサイクル的に連続して行うもので、全球の大気の状態を高精度で再現することができる。

長期再解析では、できるだけ多くの過去の観測データを収集して精密な品質管理を行い、最新の数値解析予報モデルを使用してデータ同化サイクルを数十年分行う。長期再解析は、過去の大気の状態を均質で高精度に再現し、気候研究をはじめとする様々な業務・研究に活用することを目的とする。

気象庁と(財)電力中央研究所は、1979年から2004年の26年間を対象とする長期再解析 JRA-25 を実施した。JRA-25 は、2004年当時の気象庁現業数値解析予報モデルをベースに、3次元変分法による6時間間隔のデータ同化サイクルを行い、過去データに対応するために必要な様々な修正を加えたモデルを使用した。

本論文では、最初に JRA-25 でもそのほとんどの技術が使われている気象庁の観測データの品質管理手法の新規開発と改良について述べる。低品質の観測データを同化すると解析値および予報値の精度を著しく低下させることから、観測データの品質管理は、データ同化にとってきわめて重要である。特に Onogi (1998) が新規開発した動的品質管理は、第一推定値に表現された局所的な大気の状態により、品質管理の閾値を適切に変動させる手法である。これは、激しい気象状態の下では、モデルの予報誤差も大きくなるという推定に基づき、それを統計的に確認して利用した手法である。動的品質管理により局所的な予報精度の相違を的確に品質管理に反映することが可能となり、現業数値解析予報の精度改善に大きく貢献した。

再解析に的を絞ったもうひとつの重要な観測データの品質管理として、Onogi (2000) による過去50年間のラジオゾンデ観測値の品質調査がある。過去の観測データには、データの欠落、観測の中断、地点の移動、地点番号の不整合、異なるデータソースによる情報の齟齬など、困難な問題が多い。そこで、「地点グループ」という考え方を導入し、国または旧植民地の盟主国別にまとめて品質を調査するなどの工夫をして、これらの問題を克服し、長期間の特性の推移を追跡することに成功した。また、観測データに含まれる振幅の大きな季節変化や日変化を除き、観測時刻の太陽高度を基準に昼夜別に統計調査を行ったとこ

る、ゾンデ測器に対する日射や放射冷却の影響により、昼夜の観測値に明瞭な差がある場合があることが判明した。最近のゾンデ観測では、放射の影響を補正してから観測値が通報されるが、過去においてはそれが十分ではなく、放射の補正の経年変化を精査することによって、それと連動した過去の測器の変更や系統誤差の特性を把握することができる。この研究結果に基づいたラジオゾンデのバイアス補正方法 (Onogi et al. 2001; Andrae et al. 2004) は、欧州中期予報センターが実施した ERA-40 (Uppala et al. 2005) と JRA-25 の両再解析で利用されている。また、この調査により、高緯度地方の対流圏上層付近で、1990年代以降に気温の低下傾向が確認されるなど、いくつかの長期変化の特徴が明らかになった。

次に、JRA-25 長期再解析の作成とその特性 (Onogi et al. 2005; Onogi et al. 2007) について述べる。上述の2件の観測データ品質管理の成果は、JRA-25 再解析で全面的に利用されている。再解析で特に重要なのは、過去の観測データの品質管理である。最新の観測データでは、観測値に含まれるエラーは少なくなっているが、過去のデータは、人為的ミスや通報高度・通報位置の誤りが多く含まれる。また、衛星データは、衛星ごとに観測値のバイアス特性が異なる場合があり、それらの衛星間バイアスを補正する必要がある。また、JRA-25 で使用した予報モデルではモデルの第一推定値と衛星による観測値に顕著な差がある場合があり、その影響を軽減するための調整をおこなう必要があった。

JRA-25 の特性として、熱帯低気圧の再現性が優れている点、全球平均降水量の不自然な変動が少なく安定している点などが長所としてあげられる。このうち、JRA-25 の特性のなかでも大きな長所である熱帯低気圧の再現性についての調査結果について詳しく述べる。JRA-25 では、再解析として初めて熱帯低気圧周辺風 (TCR データ) を使用した。それにより、熱帯低気圧を解析場に適切に再現することができ、その周囲の降水表現も改善されている。JRA-25 の低緯度地域の降水量のうち、熱帯低気圧によるものを抽出してコンポジット解析を行った結果、熱帯低気圧の活動が活発な地域では熱帯低気圧に依存する降水量の

割合が大きいことが確認された。

領域に依存して、熱帯低気圧の解析結果に大きな差があるのは、気候データとして好ましくない。熱帯低気圧を適切に解析するための最小限の「種」となる TCR データを配置することにより、解析場に熱帯低気圧の循環が形成される。これによりモデルが下層の収束と中心付近の上昇流を励起して、熱帯低気圧の鉛直構造を再現できる。JRA-25 では、過去の熱帯低気圧を領域・年代によらず均質に表現できており、熱帯低気圧とそれによる物理要素の経年変化の詳細な調査にきわめて有効な気候データであることが確認された。

JRA-25 のデータ同化サイクルはそのまま準リアルタイムに気象庁気候データ同化システム (JCDAS) として継続している。これらを合わせて過去から現在まで一貫した気候データが得られ、気候系監視、季節予報などの気候業務改善に貢献しているほか、様々な気候研究の基礎データとして広く利用されている。また、メソモデルによる過去の顕著現象の再現実験のための境界値・初期値としての利用も進んでいる。最後に、現在の再解析の課題と将来展望について議論する。

付録として JRA-25 を利用した気候図 (JRA-25 Atlas) などの多くのアプリケーション例と研究での利用例を紹介し、気象学・気候学の発展に再解析がいかに大きな貢献をしているかについて述べる。