

## 長期再解析 JRA-25\*

大野木 和 敏\*\*

### 1. はじめに

気象庁と（財）電力中央研究所（以下、電中研）は、共同研究プロジェクトとして全球大気再解析 JRA-25 (Japanese 25-year Reanalysis) を実施した。再解析の対象期間は1979年から2004年までの26年間である。データ同化システムは気象庁の現業モデルに準拠し、計算機資源は電中研のスーパーコンピュータを使用した。実施にあたっては、気象庁（気候情報課、気象研究所気候研究部）と電中研で実施グループ<sup>†</sup>を組織した。JRA-25では、降水量プロダクトの精度や、熱帯低気圧の解析精度が海外の再解析データに比べて最も優れているなど、顕著な成果が得られている。詳細は JRA-25の総合報告<sup>1)</sup>を参照されたい。

### 2. 長期再解析実施の背景

過去の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、異常気象や地球環境問題、地球温暖化を正しく理解するために不可欠である。そのための情報源として、過去百年以上にわたる地上気象の観測データや過去数十年の高層観測、航空機・衛星観測などの観測データが原理的には利用可能である。しかしこれらの観測データは、網羅的に収集・品質管理されておらず、多様な単位・書式や媒体で国家・組織に分散して保管されており、それぞれのデータは断片的・局所的な情報としてしか機能せず、全球的な問題に対処するための必要を満たしていない。

一方、日本など先進的な国家気象機関においては、データ同化の手法を使って地球大気の状態を格子点上

に精度良く解析できるようになった。この解析値から数値シミュレーションにより未来の大気の状態を予報する「数値解析予報システム」が急速に発達し、1980年代には全球データ同化サイクルが現業的に運用されるようになった。データ同化サイクルは、観測データの同化によって得られた解析値を初期値として予報を行い、その予報で得られた予報値を第一推定値として再びデータ同化を行い、というように、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、現業数値解析予報システムの根幹をなすものである。

世界の主要な気象センターで数値解析予報が開始されて約半世紀が経過しているが、この間、計算機や観測などの数値予報を取り巻く環境も大きく変化してきた。現業的に作成された解析値の品質は、技術的な手法と計算機性能に大きく依存しているため、システムの更新とともに大きく変動しており、気候解析の目的で数年以上の時間スケールで利用しようとした場合にはそれが大きな障害となっていた。

### 3. これまでに実施された長期再解析

このような現業データ同化による解析値の欠点を補って、基礎的な気候データを整備することを目的に、1980年代末に気候研究者から「長期再解析」（以下、再解析）が提案された。これは、できるだけ多くの過去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と計算資源を使用して、過去数十年にわたるデータ同化サイクルをやり直し、時

\* Outline of the JRA-25.

\*\* Kazutoshi ONOGI, 気象庁地球環境・海洋部気候情報課。

© 2007 日本気象学会

<sup>†</sup> 大野木和敏・筒井純一・小出 寛・坂本雅巳・古林慎哉・初鹿宏壮・松本隆則・山崎信雄・釜堀弘隆・高橋清利・門倉真二・和田浩治・加藤浩司・小山 亮・尾瀬智昭・萬納寺信崇・平 隆介（総合報告<sup>1)</sup>の共著者）

第1表 主な全球長期再解析.

名称	実施機関	対象期間	分解能	データ同化	備考
JRA-25	気象庁・ 電力中央研究所	1979-2004	T106L40	3D-Var	2005年1月以降分も JCDAS として継続
ERA-15	ECMWF	1979-1993	T106 L31	3D-OI	
ERA-40	ECMWF	1957.9-2002.8	TL159 L60	3D-Var	
NCEP/NCAR R1	NCEP/NCAR	1948-現在	T62 L28	3D-Var	CDAS として継続
NCEP/DOE R2	NCEP/DOE	1979-現在	T62 L28	3D-Var	CDAS として継続

空間的に均質でかつ高精度の解析値を作成することである。

海外の主要な数値予報センターでは、1990年代から再解析が取り組まれた。米国では、米国環境予測センター（NCEP）が中心となって低分解能モデルによる1948年からの再解析を実施した（NCEP/NCAR R1）。また、R1と同じシステムを用いて、R1で発見した問題点を解決した NCEP/DOE R2を実施した。R1, R2ともに気候データ同化サイクル（CDAS）としてリアルタイムに実行が続けられている。一方、ECMWFでは、NCEPより高い分解能のモデルでERA-15を実施した。さらにECMWFは、ERA-15より進んだシステムを用い、対象期間を45年間に伸ばしたERA-40を実施し、2003年に完了している。ERA-40では、ERA-15の経験を踏まえ、その問題点の多くが解決されている。これまでに実施された主要な全球大気再解析を第1表にまとめた。

#### 4. JRA-25長期再解析

##### 4.1 概要

日本においては、2001年から気象庁と電中研がJRA-25長期再解析を実施した。世界のトップレベルの技術を保持する気象庁モデルを利用した実施したJRA-25は、アジアにおける最初の再解析であり、この分野での日本の国際的地位を高めるものである。

JRA-25では、1979年から2004年の26年間を対象とする6時間間隔のデータ同化サイクルを実行し、6時間ごとの大気解析値とそれに付随する多くの物理量を算出した。分解能は水平方向にはT106（約120 km間隔）、鉛直には40層をとり、最上層は0.4 hPaで成層圏界面までをカバーしている。データ同化に使用した観測データは、従来の地上・高層観測に加えて静止衛星による風データ、極軌道衛星による大気鉛直サウンドデータやマイクロ波輝度温度データから算出した可降水量データなどで、これらを3次元変分法で同化

した。海面水温、海水、3次元オゾン分布にはJRA-25用の日別データを作成して与えた。サウンドデータについては事前に可能な限りの品質管理を実施した。

JRA-25で使用したモデルは、データ同化、予報とも2004年3月当時の気象庁現業モデルに準拠している。JRA-25再解析データセットは、全世界の地上から上空約50 kmまでの気象に関する基礎的なデータセットとして水平約120 kmの間隔で気温、気圧、風、湿度、雲量、オゾン量、放射量、雨量、降雪量などの大気データおよび海面の温度、海水被覆量、地表面の温度、積雪量、蒸発量、土壌水分量、河川への流出量などの100種類以上の物理量を含んでいる。

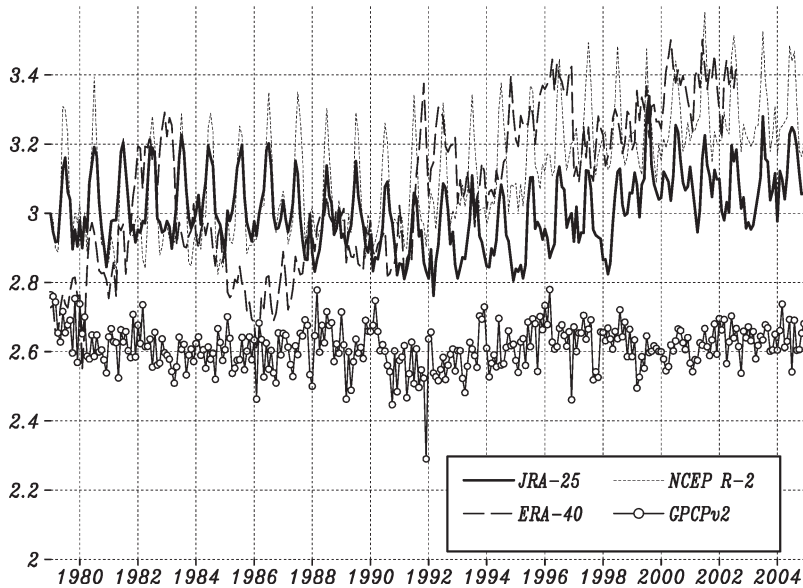
さらに、JRA-25と同じ手法による気象庁気候データ同化システムJCDAS（JMA CDAS）を運用し、JRA-25と一貫したデータが現業的に利用可能となっている。

##### 4.2 データの特性

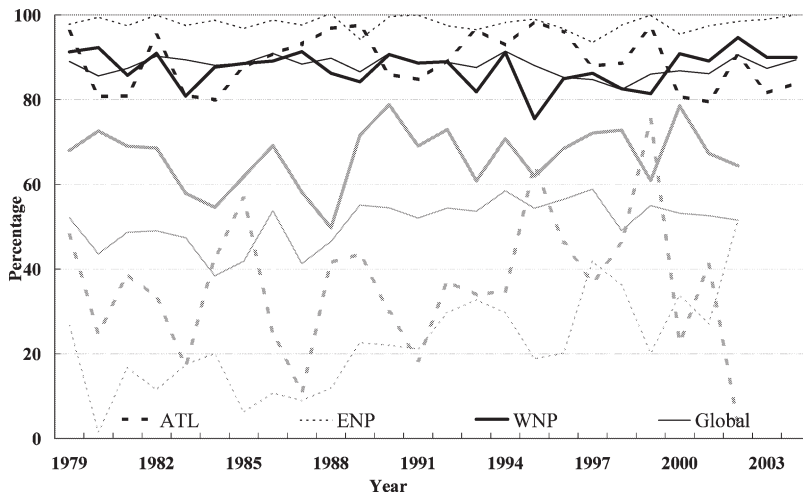
JRA-25の最大の長所は、降水量プロダクト<sup>\*\*</sup>の精度が他のどの再解析よりも優れていることである。これまでに実施された海外の再解析に比べ、最も優れている。海外で作成された最新の再解析で品質が良いといわれるERA-40でも衛星データ同化の問題により火山噴火の影響を過敏に受け、また、1990年代以降の衛星データの増加と共に降水量が過剰となっているが、JRA-25では期間を通して安定した降水量が得られている（第1図）。なお、全般に再解析における降水量は、全球降水気候計画（GPCP）による降水量や米国気候予報センターによる降水量（CMAP）といった観測に基づく降水量データより多い傾向がある。また、JRA-25では、これらの降水量データとの空間相関係数は他のどの再解析よりも大きく、これはJRA-25の降水量の空間的な分布が良いことを示す。特に

<sup>\*\*</sup> 降水量はデータ同化サイクルの6時間予報の積算値をプロダクトとしている。

Global-averaged Monthly Precipitation



第1図 各再解析の全球月平均降水量 (mm day<sup>-1</sup>) の時系列 (Onogi et al., 2007).



第2図 JRA-25とERA-40の領域別の熱帯低気圧の特定率 (%) の経年変化の比較。黒線はJRA-25、灰色線はERA-40で、線種は領域を示す。ATL：北大西洋、ENP：北東太平洋、WNP：北西太平洋、Global：全球 (Onogi et al., 2007).

1987年以降では、米国 DMSF 衛星のマイクロ波センサー-SSM/I のデータから算出した可降水量を同化している効果により相関が良くなっている。

第2の特長として、熱帯低気圧の解析では、過去の

ベストトラックデータに基づく熱帯低気圧周辺風を再解析としてはじめて同化することにより、観測データが少ない東太平洋などで、熱帯低気圧を検出できる割合が他の再解析より顕著に高く(第2図)、熱帯低気圧に関して全世界で領域によらない均質な解析値が得られた<sup>2)</sup>。

その他の特長としては、亜熱帯の大陸西岸沖での下層雲の精度が優れている。この領域での下層雲をモデルで再現するには世界の多くのモデルも苦心している。

また、積雪深解析では、電子化した中国積雪データの使用並びにマイクロ波衛星データから作成した積雪域データをSYNOPTと併用することにより、安定した積雪深解析が得られた。

一方、問題点としては、アマゾン領域での乾燥、降水過小がある。アマゾン領域は、元々陸面モデルにとって扱いの難しいところであるが、問題の解決には陸面過程の改良が必要である。もうひとつの問題は、背景場の成層圏の気温バイアスと衛星の変動に起因する時間的な不連続である。データの品質管理、同化手法を工夫して問題を軽減したが、不連続を解消するには至っていない。また、サ

ウンダのセンサーが切り替わった1998年11月を境に成層圏の気温や高度に不連続がある。

4.3 データの公開

JRA-25データは、研究目的での利用に対して、

JRA-25公式ページ (<http://jra.kishou.go.jp/>, 2007年9月現在) からオンライン・無償公開を行っている。データの取得方法及び内容の詳細は本ページに掲載されている。

### 5. 長期再解析データの利用価値

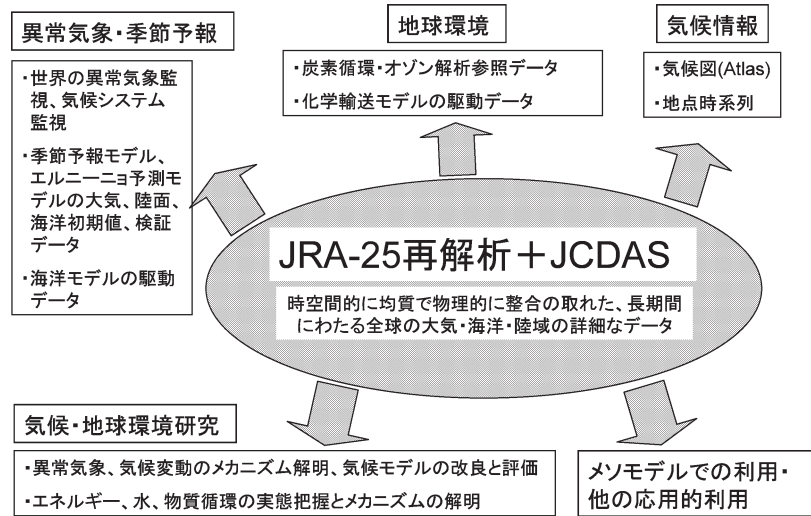
再解析データには、地球大気と地表面の多くの物理要素が、規則正しい空間格子配置、一定の時間間隔で収録されている。直接観測が可能な気温、風といった基本的な気象要素だけでなく、直接観測することの難しい、放射フラックス量、蒸発量などの物理要素も、物理法則に則った数値モデルにより、物理的に整合の取れたデータとして作成されている。これは、気候に限らず、あらゆる気象研究、関連する応用研究にとって基礎的なデータベースとして活用できる(第3図)。

気象庁気候情報課では、JRA-25の完成を受け、品質の一貫した再解析データから平年値を作成して、気候系監視、季節予報の循環場の解析などの業務に利用し、季節予報の高度化を図っている。また、季節予報モデルの長期間均質な初期値や検証データとして利用する。

一方、炭素循環、オゾンの逆解析、化学輸送モデルの長期にわたる参照データ等、環境気象分野での利用、海洋大循環モデルに与える大気側の境界条件等としても幅広く利用される。

気候研究以外の目的でも、再解析データが利用できる可能性がある。再解析値自身は分解能が不十分だが、総観規模で整合の取れた初期値・境界値をメソモ

## JRA-25+JCDASの利用と応用



第3図 JRA-25+JCDAS の利用と応用。

デルに提供することも可能になった。

さらには、理科年表への気候図の掲載、農林漁業分野での基礎的な気象データベースとしての利用、ロケット打ち上げ時の大気参照データとしての利用、科学館での展示への利用など、予期していた以上の幅広い応用的な利用もはじまっている。再解析データの利用が進むにつれて、これまでわかっていなかった気象庁数値モデルの細かな特性も研究成果として明らかにされることが期待される。再解析データは、気象・気候分野での標準的データセットとしての地位を確立しつつある。

### 参考文献

- 1) Onogi, K. *et al.*, 2007: J. Meteor. Soc. Japan, 85, 369-432.
- 2) Hatsushika, H. *et al.*, 2006: J. Meteor. Soc. Japan, 84, 891-905.