

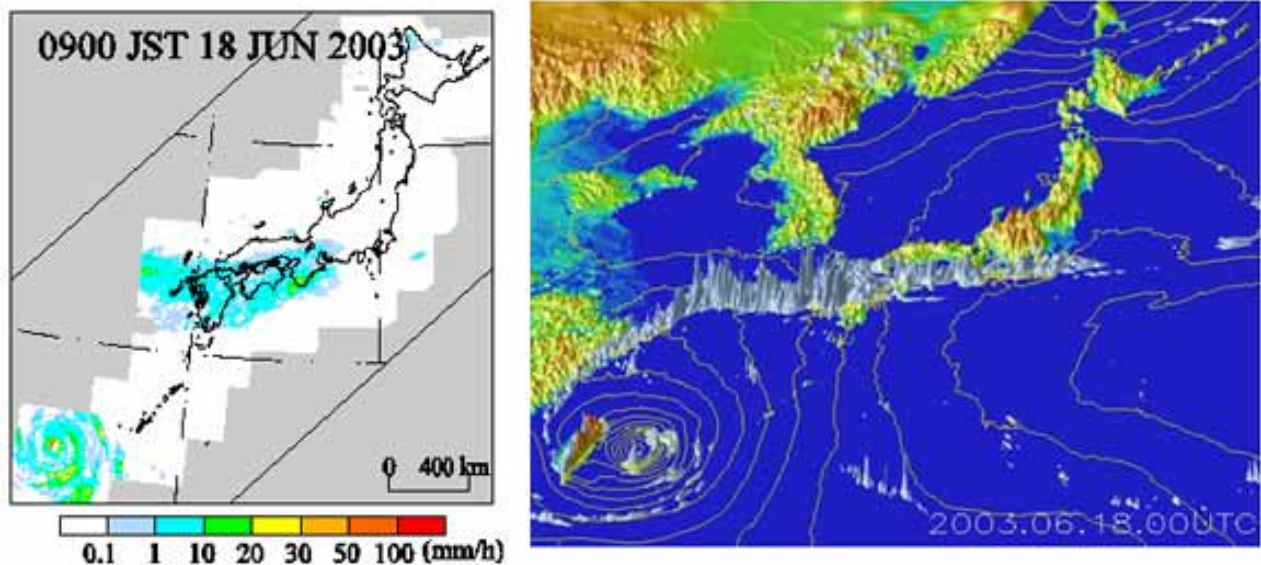
【図4】（左）気象研究所CGCM（T42）の結果を領域気候モデルTERC-RAMSによりダウンスケールしたときのアナトリア半島（トルコ）の7月の月降水分布

（右）地球シミュレータを利用して気象研究所の20kmメッシュの全球気候モデルにより直接ダウンスケールされた7月の降水分布

巻末モデルリスト【気象庁気象研統一大気モデル】 および 【領域気候モデルTERC-RAMS】の成果により
総合地球環境学研究所プロジェクト「乾燥地域の農業生産システムに及ぼす地球温暖化の影響」が作成

（3）雲解像モデル

気象研究所では、人・自然・地球共生プロジェクトにより、5kmメッシュ雲解像大気モデルを開発し、全球20kmメッシュ大気大循環モデルを境界条件として東アジア域で梅雨期を対象として1ヶ月間以上にわたって積分している。このモデルには精密な雲物理過程が導入されており、東アジア域の梅雨前線帯の活動（降水分布、降水強度等）や詳細な地形に対する応答を計算できる特徴がある。【図5】には5kmメッシュ雲解像大気モデルによる降水量分布を示す。前にも述べたように、雲解像モデルでは積雲対流のパラメタリゼーションを排除することが可能であり、予測精度の大幅な向上が期待できる。



【図5】(左) 2003年6月18日09日本時におけるレーダー図
 (右) 5kmメッシュ雲解像大気モデルによる同時刻の予報実験の結果
 海面気圧(実線)と前1時間積算降水量(三角錐)を示す (気象庁気象研究所提供)

(4) 気候モデル

大気大循環モデルでは、通常、大気と陸面の諸要素はモデル内部で予報する変数であるが、海洋については海面水温が境界条件として与えられている。季節予測やエルニーニョ予測のように一ヶ月より長い時間スケールでは、海洋の状態の変動も予測する必要があるため、大気・海洋間の相互作用を陽に表現できる大気海洋結合モデル(気候モデル)が使われる。日本においては気象研究所(MRI/JMA)および東京大学気候システム研究センター/国立環境研究所/地球環境フロンティア研究センター(CCSR/NIES/FRCGC)の2グループが独自の気候モデルを開発しており、20世紀の気候再現実験や21世紀末までの将来予測実験さらには最終氷期最盛期(約21,000年前)等のシミュレーションを行っている。地球温暖化予測には、世界中で約20の気候モデルが動いており、2007年発行予定のIPCC(気候変動に関する政府間パネル)第1作業部会(WG1)第4次評価報告書(AR4)のための各種シナリオ実験が行われた。なかでもCCSR/NIES/FRCGCグループは地球シミュレータを用いて、大気100km、海洋1/4度-1/6度という世界で最高解像度の気候モデルで気候予測実験を行った。

(5) 長期再解析

気候関連業務・研究には、基礎データとして過去数十年間の長期間に渡る日々の解析値が必要である。解析値は均質かつ高品質であることが必須であるが、現業的に作成された解析値は、作成当時のモデルの能力を反映しており、均質とはとても言い難い。長期再解析は、できるだけ多くの過去観測データを収集・整備して品質管理を精密に行い、最新の現業数値解析予報システムを使用して均質かつ高品質の気候データセットを作成することを目的とする。海外ではECMWFとNCEPが実施している。

気象庁と(財)電力中央研究所は2001年度から5年間の共同研究として、JRA-25長期

再解析プロジェクト【図6】を実施している。再解析の対象年は、1979年から2004年までの26年間である。観測データ整備、各種予備実験等の準備期間を経て2004年4月に本計算を開始し、2006年3月には全期間のJRA-25プロダクトが完成する見込みである。

JRA-25で使用している観測データは、地上・高層観測等の従来型観測データ、静止衛星による大気移動風、TOVS/ATOVS輝度温度データ、SSM/I可降水量等である。他の再解析で使用されず、JRA-25で独自に使用しているデータとして、GMS再計算大気移動風データ、熱帯低気圧周辺風データ、中国積雪深データがある。また、モデルに与える境界値として必要な海面水温と海水、日別3次元オゾンデータ、SSM/I輝度温度から算出した積雪域を気象庁独自に準備した。

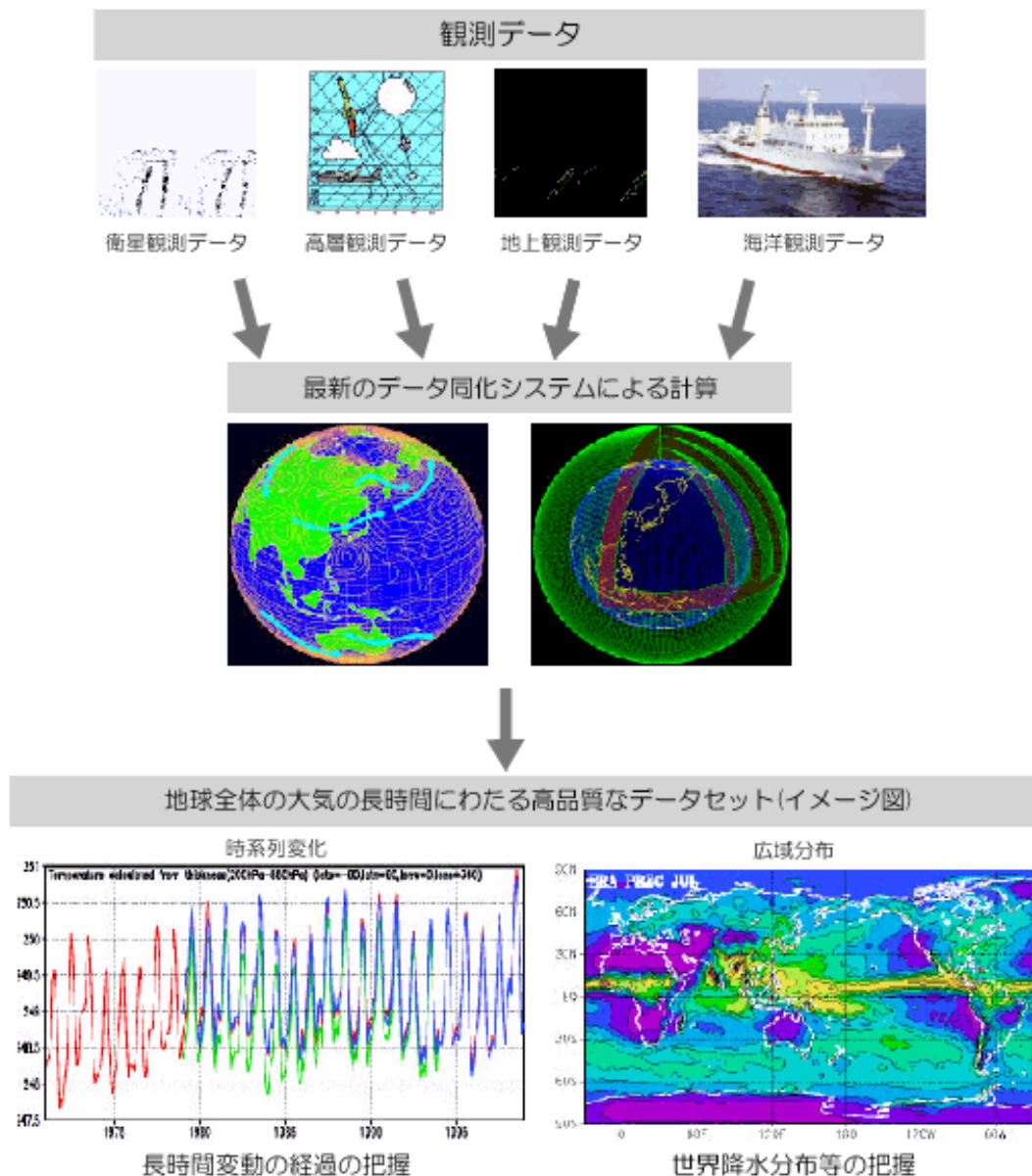
データ同化、予報モデルはともに水平分解能がT106(約100km)、鉛直レベル数は40層、最上層は0.4hPaである。データ同化法には3次元変分法を採用している。陸面データ同化は季節予報初期値作成用のルーチン陸面解析をサイクル化して適用している。予報モデルには2004年7月の数値予報ルーチン全球モデルとほぼ同じバージョンのモデルを使用している。

JRA-25プロダクトの特性として、6時間降水量、大陸西岸沖の下層雲の表現、熱帯低気圧の解析が他のどの再解析よりも優れていることがわかっている。

これまで外国に頼っていた長期再解析を自前で出来るようになったことは大きな進展である。JRA-25が開始される前には、GAME再解析が、気象研究所、気象庁数値予報課、宇宙開発事業団地球観測データ解析研究センター(NASDA/EORC)(当時)の協力により行われた。これは1998年夏季モンスーン期に行われたアジアモンスーンエネルギー・水循環研究観測計画(GAME)強化観測期間(IOP)の特別観測データ等を、1998年当時の天気予報のための数値モデルよりも改良されたモデルに、データを追加する形で入れて、モンスーン・水資源研究に資する高精度の客観解析データセットを作製したものである。このGAME再解析の対象期間は1998年4月から10月であった。水循環の研究者からなるGAME再解析の成功がJRA-25に結びついたと言える。JRA-25が終了しても、モデルの陸面過程や降水過程の改良を通じた長期再解析の高度化やアジアのデータを活かした再解析が必要である。

(6) データ同化システム

数値予報においては、観測される気温・水蒸気量・風向・風速の3次元値や陸面での温度・土壌水分量等を初期値として次の時刻の値を順次計算していくため、観測に基づいた、かつ数値予報モデルの格子点でのそれらの値を初期値として必要とする。地上・高層観測等の従来型観測データは世界的に決められた時刻に一斉に得られるが、衛星・航空機などから時々刻々送られてくる観測データは様々な時刻であったり連続的な観測データであったりする。従来は数値予報を開始する時刻の観測値だけを利用して初期値を作成していたが、観測時刻の異なるデータを有効に利用するための高度な解析手法(4次元変分法)が気象庁においては全球モデルに平成17年2月に導入され、より良い初期値が得られるようになった。



【図6】長期再解析（JRA-25 長期再解析プロジェクトホームページ（<http://www.jreap.org/>）より）

（7）アンサンブル予報

数値予報には予報期間に限界があり、概ね2週間程度で原理的に予測精度が低下するとされている。予報モデルの不完全性のほか、大気を持っているカオス性のため、観測値の誤差や不確実性による誤差が時間とともに拡大する。この問題を軽減する手法として最近実用化されたアンサンブル予報がある。【図7】に気温の例で示すように、少しずつ初期値を変えて予報すると、それぞれの予報は異なった誤差を拡大させる。これらのたくさんの予報結果を平均すると、統計的には個々の予報よりも予報精度が向上する。また予報の確度の指標にもなる。気象庁では平成8年から1ヶ月予報に、平成15年から3ヶ月予報にすでに採用されている。