

JRA-55 長期再解析

釜堀弘隆¹、海老田綾貴²、古林慎哉³、太田行哉³、守谷昌己³、隈部良司⁴、大野木和敏³、原田やよい³、安井壯一郎³、宮岡健吾³、高橋清利⁵、小林ちあき¹、遠藤洋和¹、相馬求³、及川義教³、石水尊久⁶

1 気象研究所気候研究部, 2 気象庁地球環境業務課, 3 気象庁気候情報課
4 長崎海洋气象台, 5 前橋地方气象台, 6 気象庁数値予報課

1. はじめに

気象庁と電力中央研究所が共同で実施した。JRA-25 プロダクトでは、長所として

- ・ 全球降水表現が良い
- ・ 熱帯低気圧の表現が優れている
- ・ 大陸西岸沖の下層雲の表現が良い

を上げることができるが、逆に

- ・ データ期間が短い
- ・ アマゾン領域の乾燥化
- ・ 成層圏気温にバイアス

などの短所もかかえている。これら短所を改善し、また、JRA-25 以降の最新のモデル開発およびデータ同化システム開発の成果を反映させるため、第二次再解析である JRA-55 を開始した。ここでは JRA-55 の概要とその初期結果を報告する。

2. データ同化システムの仕様と観測データ

表 1 に JRA-25 と JRA-55 で使用されているデータ同化システムおよび全球モデルの比較を示す(JMA, 2007)。

JRA-25 では静止衛星データが利用可能になった 1979 年以降を対象としたが、JRA-55 では 1958 年以降を対象としている。1958 年は地球観測年 (IGY : International Geophysical Year) であり、この年から WMO (World Meteorological Organization) の高層ゾンデ計画が開始され、ゾンデの規格が統一された。また、ゾンデ観測数が飛躍的に増加したのも IGY からであり、1958 年以降ある程度の品質の再解析が期待できる。1958 年以降を対象としたこと

		JRA-25	JRA-55
期間		1979-2004(26yr)	1958--2012(55yr)
モデル	分解能	T106L40 (水平 120km, 0.4hPa)	TL319L60 (水平 60km, 0.1hPa)
	時間積分	Euler	Semi-Lagrange
	物理課程	As of Mar.2004	New Radiation
	温室効果ガス	constant CO2 (375ppm)	CMIP5 or other : CO2, CH4, N2O, CFC11, CFC12, HCFC22
データ同化		3D-VAR	4D-VAR
バイアス補正		[Upper Air] RAOB (Andrae et al., 2004)	[Upper Air] RAOBCORE (Haimberger , 2007) [Satellite] Variational bias correction

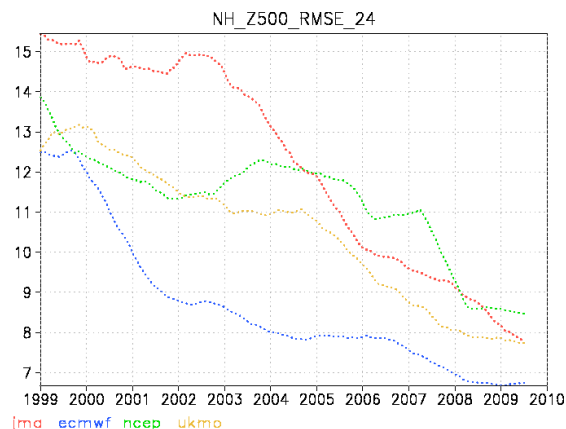


図1 主要全球モデル運用センターの、北半球500hPaジオポテンシャル高度の24時間予報の二乗平均誤差 (RMSE)。赤は日本、青は ECMWF、緑は NCEP、黄色は UKMO を示す。

により、地球温暖化のシグナルが顕著に見え始めた 20 世紀後半をフルにカバーできるようになったと同時に、数十年スケール変動の研究も容易になった。

データ同化で使用するモデルは再解析プロダクトの品質を支える骨格であり、その気候値が現実大気の気候値に如何に近いかが再解析プロダクトの品質を大きく左右する。特に、モデル気候値が現実大気の気候値と同一であることがデータ同化の大前提になっている。言い換えれば、モデルバイアスが限りなく小さいことが要求されるが、実際にはある程度の大きさのバイアスが存在する。従って、様々な物理課程の改善によりモデルバイアスを可能な限り小さくする努力が必要である。図1は、過去10年間の全球モデルの北半球500hPaジオポテンシャル高度の24時間予報値の二乗平均誤差 (RMSE) の変遷である。様々なモデル改善により、この RMSE は時間と共に小さくなってきているが、JRA-25 に使用された当時のモデル (2004年3月当時) RMSE は約 12m であるが、その後のモデル改善により RMSE は時間と共に小さくなり、JRA-55 で使用している 2010年当時のモデル RMSE は約 8m と、JRA-25 に較べて約 40%の改善となっている。

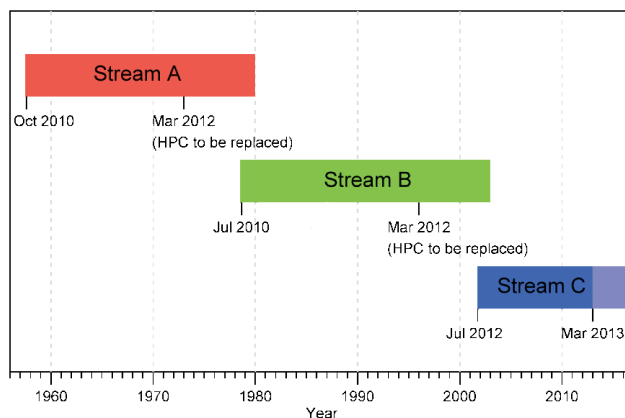


図2 JRA-55 の計算ストリームおよび計算スケジュール。横軸は、計算対象年を示す。また、図中の年月は本計算を実施する時期を示す。

る。これもまた、再解析プロダクトの品質を改善する要素である。

温室効果ガスは、JRA-25 では CO₂ のみ一定値(375ppmv)として考慮していたが、近年の地球温暖化のシグナルを表現するには不十分であった。JRA-55 では、CO₂ をはじめとして、6種類の温室効果ガスの変動を考慮している。その値は、CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)および WDCGG (World Data Centre for Greenhouse Gases)などから引用した。

3. 計算スケジュール

JRA-55 本計算では、1958年～2012年の55年間を以下の3本のストリームに分割して計算を行っている (図2)。

ストリーム A : 1958～1979年

ストリーム B : 1979～2003年

ストリーム C : 2003～2012年

ストリーム A は、衛星観測がまだほとんどなく、ゾンデや地上観測などの通常型観測のみによる再解析である。入力する観測データが少ないため、解析値の精度も他のストリームと較べてやや低いと考えられ、その解析値を初期値とするモデル推定値も相対的に誤差が大きいと考えられる。そのため、ストリーム A では他ストリームの1.8倍に設定している。2010年にストリーム A およびストリ

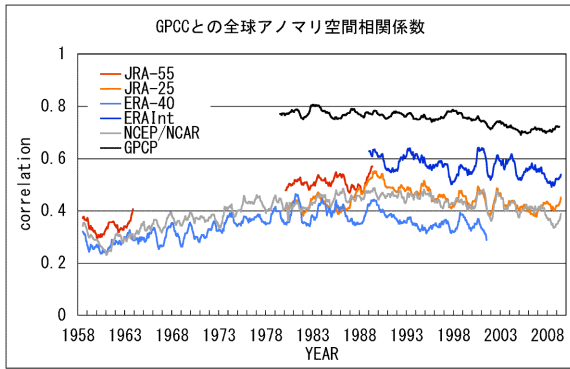


図3 各再解析の陸上降水量のGPCCに対するアノマリ相関係数の年々変動。各曲線は、赤：JRA-55、黄：JRA-25、水色：ERA-40、青：ERA-Interim、灰色：NCEP/NCARを示す。また、黒線はGPCPとGPCCのアノマリ相関係数を示す。

ームBの計算を始めた。2013年にはストリームCも開始する予定で、2013年度中の計算完了を目指している。

3. 初期結果

図3にストリームAおよびストリームBの全球降水量のGlobal Precipitation Climatology Center (GPCC)とのアノマリ相関係数を示す。図3では、JRA-25、ERA-40、ERA-InterimおよびNCEP/NCARの値も示している。GPCCは雨量計観測のみを用いた格子点データであり、主に陸上のみで定義されている。従って、図3は再解析の陸上降水量の品質を表していると考えられる。また、黒線はGlobal Precipitation Climatology Project (GPCP)とGPCCとのアノマリ相関係数である。GPCPとGPCCのいずれも観測ベースの格子点降水量であるが、格子点値を作成する際のアルゴリズムの差、元データの品質管理の差、バイアス補正の差などのため、ある程度異なる値のデータとなっている。GPCPとGPCCのアノマリ相関係数は0.8~0.9程度であるが、これが観測の持つ誤差と理解することができる。すなわち、0.8~0.9のアノマリ相関係数を持つ

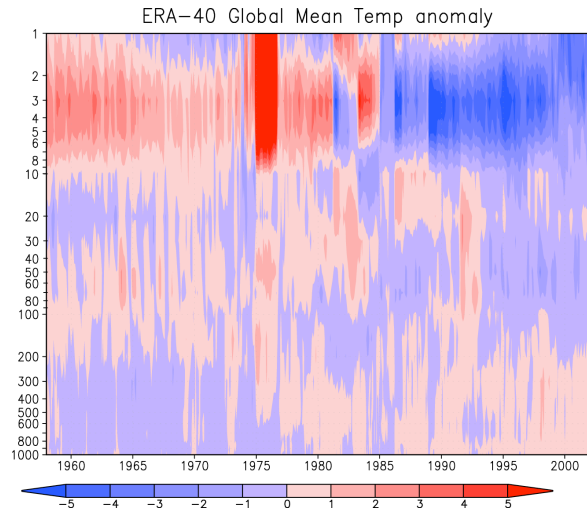


図4 ERA-40における各高度レベルの全球平均気温アノマリの変動(1958-2002年)。

つ再解析は観測に匹敵すると理解できる。JRA-55のアノマリ相関係数は、ストリームAで0.3~0.4、またストリームBで0.5~0.6と観測誤差の水準にはまだまだ達しないが、ERA-40やNCEP/NCARを大きく上回っており、現存する再解析の中では最高水準と考えることができる。

4. JRA-55C

従来の再解析は利用可能なすべての観測データを利用して作成されている。そのため、全期間を通して同一のデータ同化システムで作成されているとは言っても、入力される観測データの変遷の影響を受けて、ある程度のプロダクトの品質変動はやむを得ない。図4に、ERA-40の各高度レベルの全球平均気温アノマリの変動を示す。特に、1970年代以降、成層圏を中心に不自然な変動が見られるが、これは衛星データの出現およびその変遷に伴う再解析プロダクトの人為的変動と解釈される。つまり、従来の再解析プロダクトから気候変動のシグナルを取り出すには、観測データの変遷に起因するノイズが大きすぎた。これは、従来の再解析が多目的用途に設計されており、利用可能なすべての観測データを使用していたことによるものである。JRA-55プロジェクトでは、気候変動研

究に利用できる再解析プロダクトを作るため、JRA-55 本計算と平行して時代変遷のない観測データのみを用いた再解析 JRA-55C を実施している。具体的には、高層ゾンデ・地上観測・船舶観測など期間初めの 1958 年から現在まで存在する観測データを用い、衛星データは一切用いていない。JRA-55C により、世界で始めて期間を通して均質な再解析プロダクトが気候学研究へ適用されることになることと期待される。JRA-55C は JRA-55 本計算より約 1 年遅れで進んでおり、完成すれば、他用途目的の JRA-55 と気候変動研究用の JRA-55C の両方が利用可能になり、目的に応じて使い分けが出来るようになる。

5. まとめにかえて

JRA-55 は JRA-25 で見出された数々の問題点を改善し、かつ最新の全球モデル・データ同化システムを適用した再解析として現在計算中である。本計算は、2012 年度中の完了の予定で、2013 年夏頃の研究用度の公開を目指している。JRA-55 完成後には総合報告を作成する予定であるが、それまでは中間報告 Ebita et al.(2011)を参照してほしい。

JRA-55 に平行して、気候研究目的に特化した JRA-55C も計算を開始した。両者が完成すると、用途に応じて再解析プロダクトの利用の使い分けが可能となる。

参考文献

- Andrae, U., N. Sokka, and K. Onogi, 2004: 'The radiosonde temperature bias corrections used in ERA-40'. ECMWF ERA-40 Project Report Series, 15, 34 pp.
- Ebita, A., S. Kobayashi, Y. Ota, M. Moriya, R. Kumabe, K. Onogi, Y. Harada, S. Yasui, K. Miyaoka, K. Takahashi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, M. Soma, Y. Oikawa, and T. Ishimizu, 2011: The Japanese 55-year Reanalysis "JRA-55": An Interim Report. SOLA, 7, 149-152. doi:10.2151/sola.2011-038
- Haimberger, L., 2007: Homogenization of radiosonde temperature time series

using innovation statistics. *J. Climate*, 20, 1377-1403. doi:10.1175/JCLI4050.1

JMA, 2007: 'Outline of the operational numerical weather prediction at the Japan Meteorological Agency'. Appendix to WMO Technical Progress Report on GDPFS and NWP. Available at <http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/nwp/nwp-top.htm>