従来型観測データのみを用いた長期再解析 JRA-55C の評価

小林ちあき（気象研究所　気候研究部）

１．はじめに

現業気象機関から提供されている多くの大気長期再解析データは、データ同化システムで利用可能なすべての観測データを利用し、その時点での最新の数値モデルを用いて、可能な限り精度高く、過去の大気の状態を再現しようと作成されている。これらのデータセットは、実際には観測が行われていない場所や時刻における気象要素の推定値として用いられることも多く、気候研究にも広く使用されてきている。一方、長期再解析データの気候研究における利用が広がるにつれ、同化に利用した観測システムの変遷が再解析データの気象要素の特徴に影響することが認識されるようになり、自然変動である気候変化を対象とする気候研究において再解析データが利用しづらいことが指摘されている。例えば、気象庁第１次長期再解析 JRA-25(Onogi et al, 2007)では、極軌道衛星による大気鉛直サウンダが TOVS から ATOVS に切り替わった 1998 年を境に成層圏気温に不連続な変化がみられる。これは、同化システムで使用している大気モデルが成層圏に比較的大きな系統誤差を持っており、衛星観測システムの変更にともない、解析された気温が変化したものであり、自然変動による変化をとらえたわけではない。このような不連続は、程度の差はあるものの、ERA-Interim (Dee et al., 2011) など他の再解析データにもみられるものである。

これらの観測システム変更に伴う解析場の不連続変化を軽減するため、再解析センターでは、系統誤差の小さい大気モデルの開発や衛星観測のバイアス修正法の改良が行われている。その成果が反映され、気象庁第２次長期再解析 JRA-55(Ebita et al, 2011, Kobayashi S. et al., 2015)では、成層圏での気温変化が ERA-Interim よりスムーズに表現されている。一方、もう一つの解決方法として、長期間存在する観測データのみを同化に用い長期再解析データを作成すれば、気候解析に適した再解析データができるのではないか？という考え方もできる。このアイデアを実現するため、気象研究所では、JRA-55 のサブプロジェクトとして、従来型観測データのみを同化観測データとして用いる長期再解析 JRA-55Conventional (JRA-55C, Kobayashi C. et al., 2014)を実施した。これは、衛星観測データを同化に用いずに再解析を行うため、解析精度は犠牲となるが、時間均質性を重視した長期再解析である。ここでは、この JRA-55C について評価した結果のうち、特に熱帯域の特徴について報告する。また、データ同化を行わず、JRA-55 の同化システムで用いた大気モデルの長期ランである JRA-55AMIP も、モデルの系統誤差把握のために実施されている。JRA-55,JRA-55C,JRA-55AMIP を合わせて、JRA-55family と呼んでおり、これらの結果についても合わせて紹介する。

２．JRA-55C の概要と利用データ

JRA-55C の解析対象期間は、JRA-55 と同じく 1958 年から 2012 年までの 55 年間である。ただし、1958 年から 1972 年 10 月までは、JRA-55 において衛星観測データを同化に利用しておらず、JRA-55 は JRA-55C と全く同じ計算結果となる。そのため、実際の計算は 1972 年 11 月以降を行った。

同化に利用する観測データは、地上、海洋気象観測データ、高層気象観測データ(WindProfiler を含む)、熱帯低気圧周辺風データであり、これらはデータ数などの変遷がある

ものの、解析する全期間を通して存在する観測データである。また、JRA-55 では、衛星観測が存在しない時期の背景誤差を、衛星が存在する時期の 1.8 倍としてデータ同化を行っているが、JRA-55C では、全期間にわたりこの 1.8 倍した背景誤差を用いた。使用する同化システムは JRA-55 と同様であり、詳細は Kobayashi S. et al., 2015 を参照していただきたい。

実際の計算にあたり JRA-55C では、計算資源の節約のため対象期間を３つに分割して計算を実施した。期間 A は 1972 年 10 月から 1980 年 8 月まで、期間 B は 1980 年 9 月から 2005 年 8 月まで、期間 C は 2005 年 9 月から 2012 年 12 月まででである。

JRA-55family で表現されている熱帯域の降水量評価を行うため、検証用観測データは GPCPv2.2（Adler et al., 2003)、及び、CMAP（Xie and Arkin 1997）を用いた。また、比較の対照として、JRA-25(Onogi et al, 2007)、ERA-Interim(Dee et al., 2011)も適宜使用した。

３結果

3−1　全球降水量

主な全球再解析では、降水量観測データを同化データとして使用していないため、降水量プロダクトは同化システム中の予報モデルの短時間予報結果である。JRA-55 ではモデルの 6 時間予測結果を降水量としている。

図１に全球平均降水量の経年変化を示す。JRA-55 ファミリーの全球平均降水量は、解析期間を通して、観測からの推定である GPCPv2.2 や CMAP と比較し、過剰となっている。JRA-25 の降水量は、観測より多いことが知られていたが、それよりも多い量となっている。JRA−55 の時間変化をみると、1990 年代後半から徐々に降水量が増えている様子が見られるが、JRA-55C ではそのような増加は見られない。このため、JRA-55 の降水量の時間変化は、同化する観測データが変遷した影響を受けているとみられる。

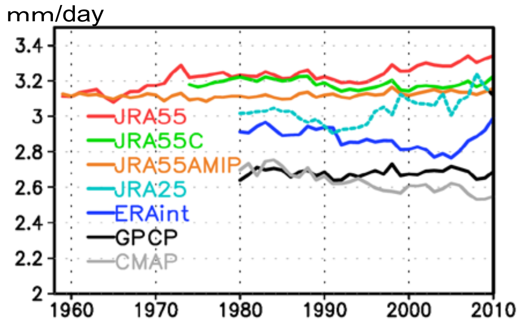

図１　全球平均降水量の経年変化

3−2　月平均降水量平年偏差パターン相関

図２に月平均降水量平年偏差のパターン相関係数時系列（13 か月移動平均）を示す。平年偏差は、それぞれ 1979 年から 2010 年の 32 年平均各月平均値からの偏差であり、全球域での偏差パターンを GPCPv2 の偏差パターンと比較した相関係数である。JRA-55 の時系列では、ENSO に関連した年々変動がみられるとともに、年代を経るに従い徐々に観測との相関が高くなる様子がみられる。これは、JRA-55 の降水量偏差パターンの表現が、同化する観測データの増加に伴い徐々に良くなっていることを示している。一方、JRA-55C の時系列は、ENSO に関連した年々変動がみられるものの、期間を通してほぼ一定であり、JRA-55C の品質がほぼ一定であることを示している。

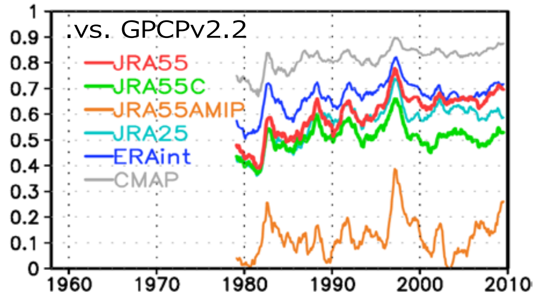

図 2　月平均降水量平年偏差パターン相関係数時系列（13 か月移動平均）比較対象は GPCPv2.2. 1979−2010 年平均からの全球域偏差パターン相関係数

3−3　熱帯子午面循環

熱帯子午面循環の強度の指標として、熱帯域の帯状平均 200hPa 速度ポテンシャルの時系列を図３に示す。平均の範囲は 20S-20N である。JRA-55 では 2002 年以降、対流圏上層の発散が強化した状態が続いている。一方、JRA-55C、JRA-55AMIP では、そのような強化は見られず、解析期間を通して、ほぼ一定の強度を保っており、全球平均降水量の経年変化が示す結果と定性的に整合している。

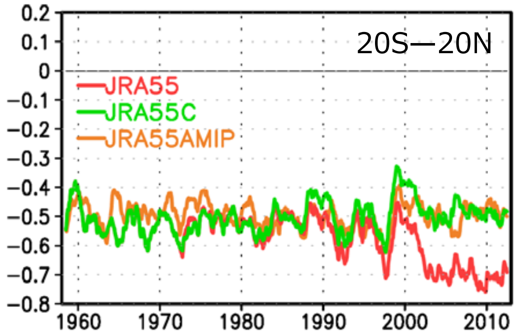

図３　熱帯域平均上層発散（200hPa 速度ポテンシャル）平均の範囲は 20S－20N

3−4　熱帯東西循環

図４は赤道域平均の 200hPa 東西風経度時間断面図であり、平均した範囲は 10S-10N である。JRA-55C の 160W-90W の領域（カリブ海付近）を見ると、90 年代以降、東風域が出現するようになり、2000 年以降は、より強い東風が出現している。この東風強化傾向は、JRA-55、JRA-55AMIP でも共通にみられる変化であることから、共通の境界条件として与えた SST の経年変化によりもたらされていると推測される。一方、JRA-55C の 0-40E の領域（アフリカ付近）では、97，8 年ごろを境に東風が弱化している。この変化は JRA-55、JRA-55AMIP には見られない。また、JRA-55C の 850hPa 東西風の経度時間断面図（図略）をみても、西太平洋からインド洋付近で、1997，8 年ごろを境に西風強化が起きており、この変化も、JRA-55、JRA-55AMIP でみられる変化よりも大きな変化である。このため、JRA-55C における熱帯東西循環の 1997，8 年ごろを境とする変化は、過大に評価している可能性が高い。

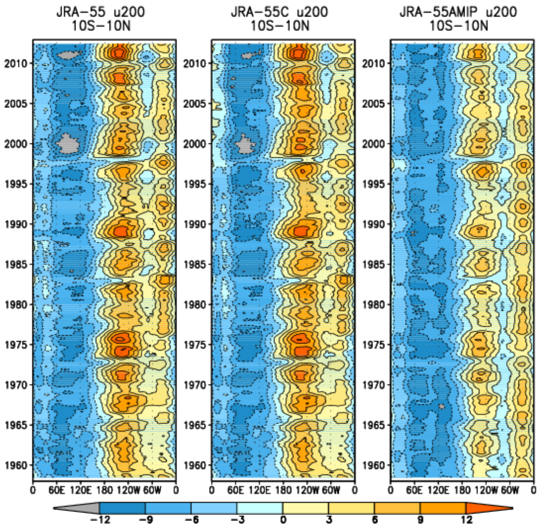

図４　赤道域平均の 200hPa 東西風の経度時間断面図（13 か月移動平均）平均範囲は 10S-10N 単位 m/s

４議論

JRA-55C における熱帯東西循環の 1997，8 年ごろを境とする変化が何によってもたらされたのかを調べるため、赤道域のインクリメント（同化システムにおける、観測データによる第一推定値修正量）を示す。図５と６は赤道域平均の 200hPa 東西風と地上気圧のインクリメント経度時間断面図である。JRA-55C の東西風インクリメントのアフリカ付近をみると、1997，8 年ごろを境として東風インクリメントが強化されている。図４に示した東西風では、アフリカ付近の東風は、この時期を境に弱まっていることから、大気モデルの結果である第一推定値が、観測データによる大きな東風インクリメントにより修正され、弱い東風として解析されていることになる。地上気圧インクリメントのアフリカ付近でも、1997，8 年ごろを境としてインクリメントが変化しており、観測データが地上気圧を増やす方向へ作用している。この原因は調査中ではあるが、JRA-55 の予備実験時にアマゾン域でみられた症状と類似した症状（地上

気圧インクリメントが局所的に増加し、地表面の乾燥化が起きる）がアフリカ域で起きている様子がみられた。JRA-55 では予備実験での調査を踏まえ、アマゾン域の地上観測データを同化に用いないことにして問題を回避したが、同化システムに問題が内在しており、同化する観測データ数が少ない JRA-55C で顕在化していると考えることもできる。

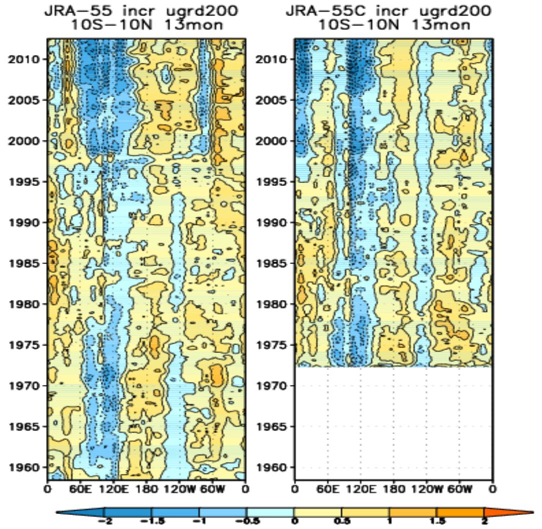

図５　赤道域平均の 200hPa 東西風インクリメントの経度時間断面図（13 か月移動平均）平均範囲は 10S-10N 単位 m/s/day

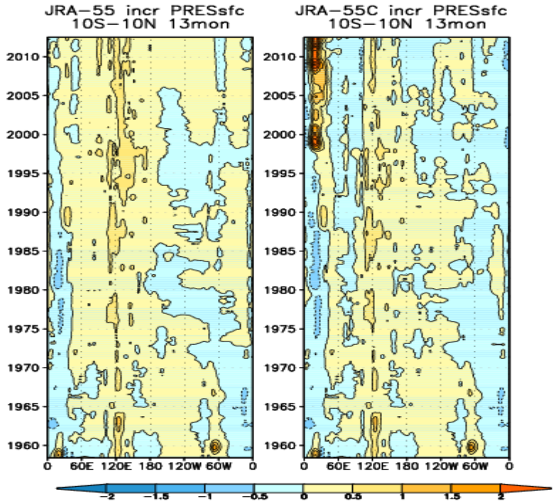

図 6　赤道域平均の地上気圧インクリメントの経度時間断面図（13 か月移動平均）平均範囲は 10S-10N 単位 hPa/day

５まとめ

従来型観測のみをデータ同化に用いた長期再解析 JRA-55C を行い、熱帯域解析場の評価を行った。全球平均降水量や子午面循環をみると、JRA-55C は、解析期間を通して時間均質性が高い再解析データとなっており、当初の見込みどおりである。しかし、熱帯東西循環に関しては、1997,8 年ごろを境とする変化が JRA-55 よりも過大に表現されており、この原因は現在調査中である。JRA-55C を用いて、熱帯東西循環に関する 10 年規模変動やトレンドの議論を行う際には、この変化に留意して使用する必要があると考えられる。

参考文献

Dee, D. P., and co-authors, 2011: The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **137**, 553-597.

Ebita, A., and co-authors, 2011: The Japanese 55-year Reanalysis “JRA-55”: An Interim Report, *SOLA*, **7**, 149-152.

Kobayashi, C., and co-authors, Preliminary results of the JRA-55C, an atmospheric reanalysis assimilating conventional observations only. , 2014, *SOLA,* **10,** 78-82, doi: 10.2151/sola.2014-016

Kobayashi, S. and co-authors, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteorol. Soc. Jpn,* **93,** doi: 10.2151/jmsj.2015-001.

Onogi, K. and co-authors, 2007: The JRA-25 reanalysis. *J. Meteorol. Soc. Jpn* **85** 369-432.