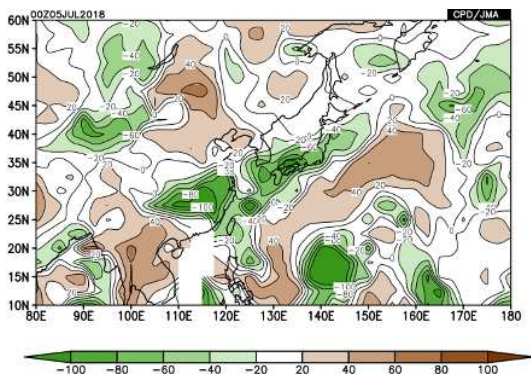


平成 30 年 7 月豪雨の予測可能性

山田 崇、小森 拓也、久保 勇太郎（気象庁気候情報課）

1. はじめに

平成 30 年 7 月豪雨では、2018 年 7 月 5 日から 8 日にかけて西日本を中心に記録的な大雨が発生し（第 1 図）、各地で甚大な被害が発生した（JMA, 2018）。しかしながら、6 月 28 日に発表した 1 か月予報では、7 月 1 日から 30 日までの期間の西日本の降水量について、少雨確率を 50%と予測していた。これは、気象庁が週間から 1 か月先までの予報の作成に利用している全球アンサンブル予報システム（以下「全球 EPS」、Yamaguchi et al., 2018：概要は第 1 表参照）において、1 か月予報発表当時の初期値では 7 月 5 日から 8 日に発生した大雨の予測が十分ではなかったことが一因である。そこで、1 か月予報の予測精度向上、及び豪雨災害に対するより早期の適切な注意喚起を念頭に、西日本での大雨の予測可能性について調べた。



第 1 図 2018 年 7 月 5～8 日の NOAA の衛星観測に基づいて算出された外向き長波放射 (OLR) 偏差（単位は W/m^2 ）

2. 全球 EPS による予測状況

7 月 5 日から 8 日にかけての西日本での大雨に対する全球 EPS の予測は、6 月 29 日 12

時 UTC 初期値と 7 月 1 日 12 時 UTC 初期値の間で大きく変化していた。

第 2 図に 6 月 29 日 12 時 UTC、7 月 1 日 12 時 UTC 初期値の予測、及び気象庁長期再解析値（JRA-55；古林ほか, 2015；Kobayashi et al., 2015）の比較を示す。6 月 29 日 12 時 UTC 以前の初期値では、梅雨前線が JRA-55 に比べて北方に予測され、朝鮮半島や北日本で大雨となる予測であった。6 月 30 日初期値以降、初期値が新しくなる毎に梅雨前線が次第に南よりに予測される傾向が明瞭となり、7 月 1 日 12 時 UTC 初期値では JRA-55 に近く西日本で大雨となる予測となった。

6 月 29 日 12 時 UTC 初期値と 7 月 1 日

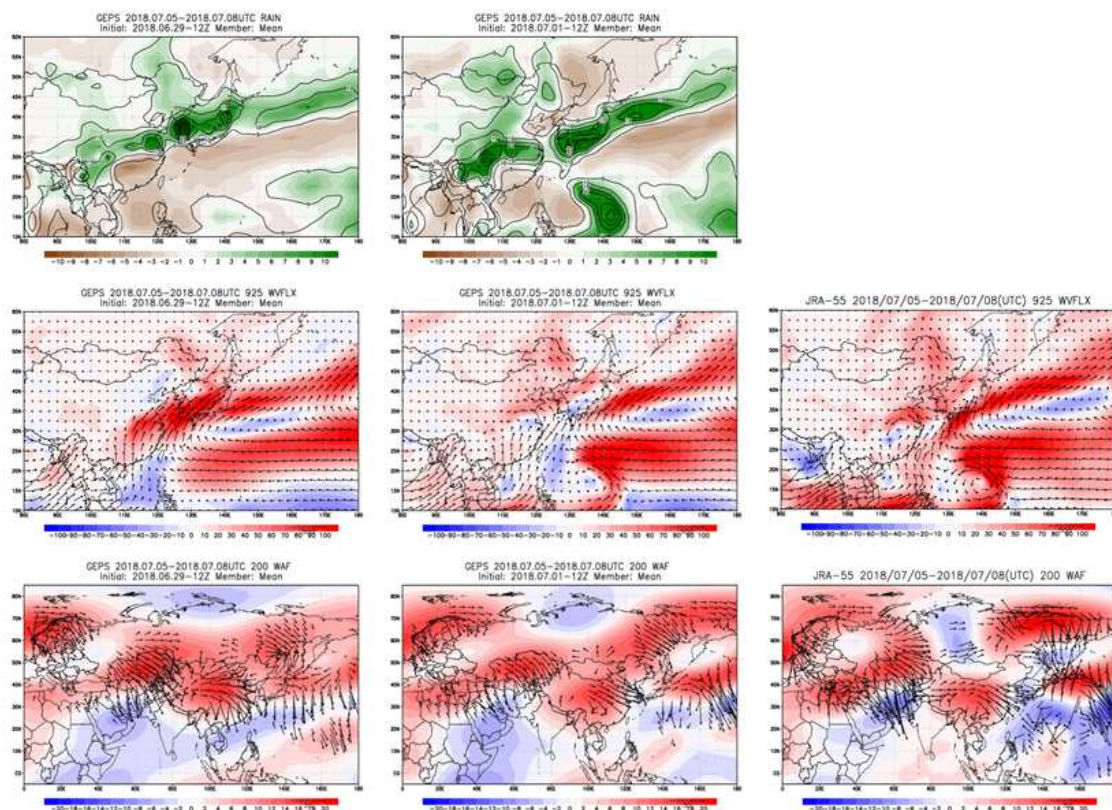
第 1 表 全球アンサンブル予報システムの概要

モデル	大気モデル（AGCM）
解像度	水平： 432 時間まで：40km（TL479） 432 時間以降：55km（TL319） 鉛直：100 層（最上層は 0.01hPa）
初期値	全球速報解析、土壌水分気候値
海面水温	海面水温摂動
海氷	初期状態から統計的推定
アンサンブル手法	SV 法+LETKF, LAF 法, 確率的物理過程強制法
メンバー数	1 初期値あたり 13 メンバー（ただし、264 時間予報までは 27 メンバー）
実行頻度	毎日 00, 12 時 UTC 初期値で 432 時間予報を計算、火曜 00, 12UTC 初期値は 816 時間予報まで延長計算
平年値期間	1981～2010 年

12 時 UTC 初期値の予測結果を比較すると、7 月 1 日 12 時 UTC 初期値では台風第 8 号の発生が明瞭化したことで日本の南海上における水蒸気の流れが JRA-55 に大きく近づいていたほか、対流圏上層における中央シベリアから北日本にかけてのロスビー波列の予測が JRA-55 に近づき改善していた。一方、ユーラシア大陸上の亜熱帯ジェット沿いのロスビー波列（シルクロードパターン）については、6 月 29 日 12 時 UTC 初期値から JRA-55 に近い予測が出来ていた。

3. 海外数値予報センターの予測状況

筑波大学 TIGGE Museum ウェブサイト (<http://gpvjma.ccs.hpcc.jp/TIGGE/>) により比較したところ、欧州中期予報センター（ECMWF）と米国国立環境予報センター（NCEP）は気象庁（JMA）と同様に 6 月 29 日 12 時 UTC 初期値の予測では西日本の大雨や台風第 8 号の発生が不十分であったが、7 月 1 日 12 時 UTC 初期値の予測では西日本の大雨や台風第 8 号の発生をある程度予測していた。英国気象局（UKMO）は、ECMWF、NCEP、JMA と同様に 6 月



第 2 図 全球 EPS による 6 月 29 日 12 時 UTC 初期値の予測（左）と 7 月 1 日 12 時 UTC 初期値の予測（中央）、及び気象庁長期再解析（JRA-55）（右）の 7 月 5～8 日平均図
上段は日降水量（等値線）とその年差（陰影）、中段は 925hPa 水蒸気フラックス（矢印）とその大きさの年差（陰影）、下段は 200hPa 流線関数偏差（陰影）と波の活動度フラックス（矢印）で、予測は何れも 13 メンバー平均。単位はそれぞれ、日降水量：mm/day、水蒸気フラックス：kg/m/s、流線関数： $10^6 m^2/s$ 、波の活動度フラックス： m^2/s^2 。

29日12時UTC初期値では西日本の大雨は予測出来ておらず、7月1日12時UTC初期値ではある程度予測していた。また、台風第8号の発生については6月29日12時UTC初期値から比較的明瞭に予測していた。

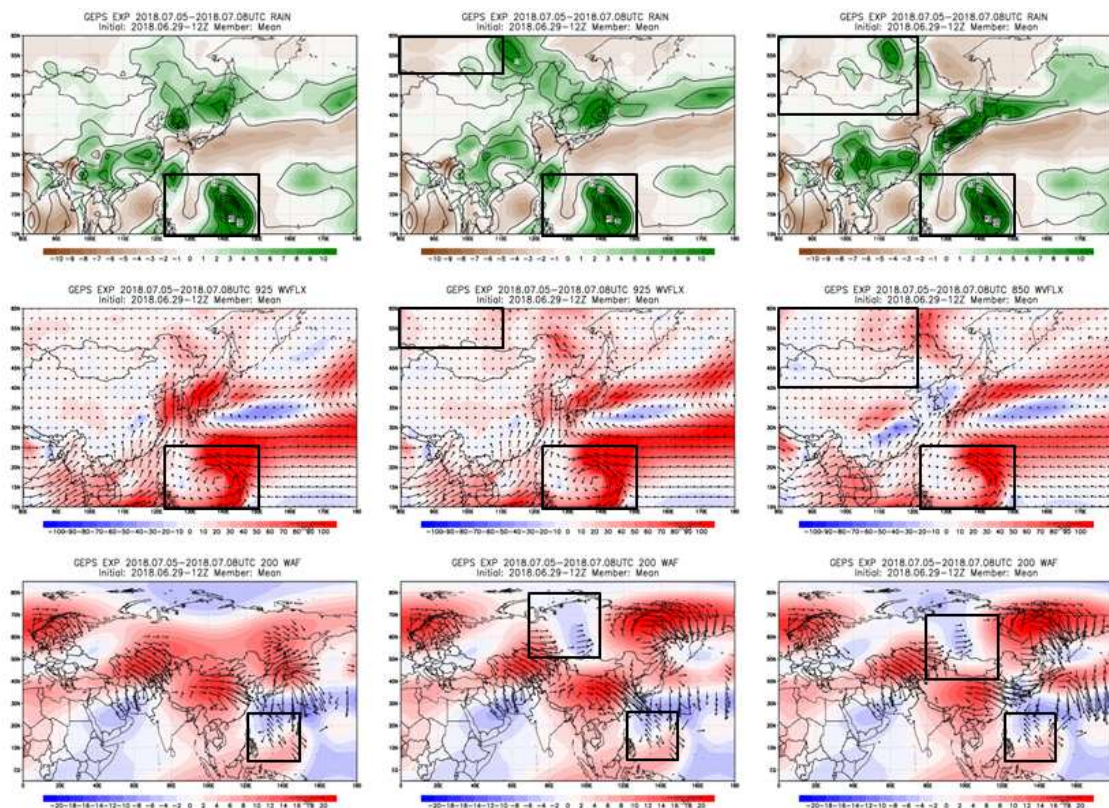
ているのではないかと推察された。このため、全球EPSを用いて特定の領域を強制的に全球速報解析値に近づけながら予報する緩和実験（リラクゼーション実験）を行い、西日本の大雨との関連性を確認した。

4. 緩和実験

全球EPS及び海外数値予報センターの予測状況から、「台風第8号の発生が予測出来ていないこと」及び「中央シベリアから北日本にかけての波列の予測出来ていないこと」の2つの特徴が、6月29日12時UTC初期値以前の西日本の不十分な大雨と関係し

4. 1 実験方法

緩和実験はFerranti et al. (1990)やJung et al. (2010)などと同様、以下の式で行う。緩和係数 λ の決め方には任意性があるが、本実験ではJung et al. (2010)と同様、 $\lambda = 0.1(\text{hr}^{-1})$ で、全球速報解析値に向かって東西風U、南北風V、気温T、地上気圧ln(ps)



第3図 実験①（左）、実験②（中央）、実験③（右）の7月5～8日平均図

上段は日降水量（等値線）とその平年差（陰影）、中段は925hPa水蒸気フラックス（矢印）とその大きさの平年差（陰影）、下段は200hPa流線関数偏差（陰影）と波の活動度フラックス（矢印）で、何れも13メンバー平均。黒枠は全球速報解析値に近づけた緩和領域。単位はそれぞれ、日降水量：mm/day、水蒸気フラックス：kg/m/s、流線関数： $10^6 \text{m}^2/\text{s}$ 、波の活動度フラックス： m^2/s^2 。

の要素について緩和するよう設定した。

$$\frac{\partial X}{\partial t} = F_{mt}(X) + \lambda(X_{ref} - X)$$

F_{mt} : X についての予測方程式

λ : 緩和係数

X_{ref} : 全球速報解析値

X: 予報値

4. 2 実験設定

西日本の大雨の予測が出来ていない 6 月 29 日 12 時 UTC 初期値について、以下実験①～③の仕様で緩和実験を実施した。

実験① 以下の領域のみを緩和。

- ・ 台風第 8 号の発生発達する領域。
(5-25N, 120-150E)

実験② 以下 2 領域を同時に緩和。

- ・ 台風第 8 号の発生発達する領域。
(5-25N, 120-150E)
- ・ 北日本付近への波列の起点となる中央シベリア。ただし、亜熱帯ジェットには影響しない領域。(50-80N, 70-110E)

実験③ 以下 2 領域を同時に緩和。

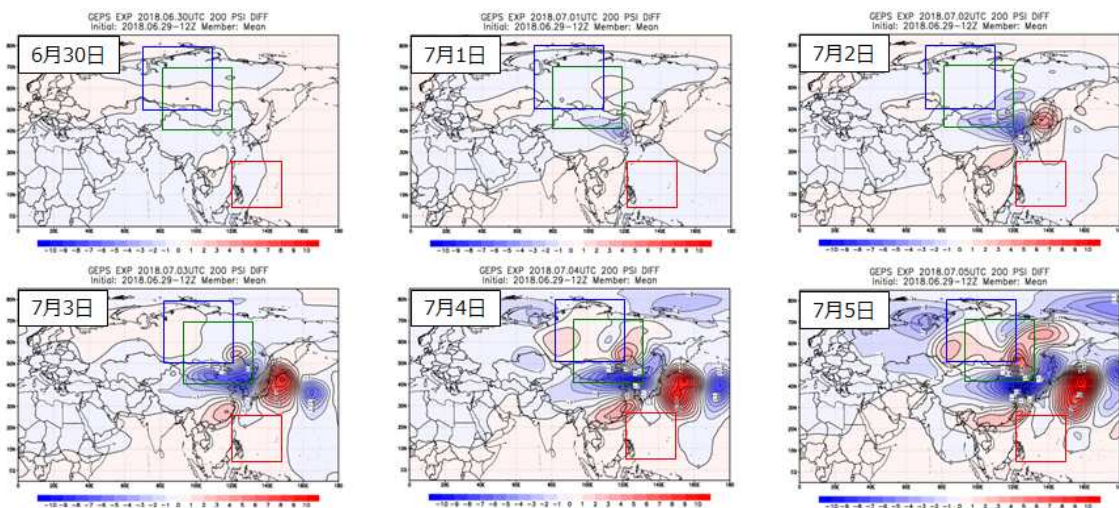
- ・ 台風第 8 号の発生発達する領域。
(5-25N, 120-150E)
- ・ 実験②の中央シベリア領域をやや南東にシフトし、亜熱帯ジェットを含むようにした領域 (40-70N, 80-120E)

5. 実験結果

第 3 図に実験①②③の結果を示す。

実験①では、西日本の大雨は予測出来なかったが、台風第 8 号の発生発達が表現されたことで、日本の南海上から西日本に流れ込む水蒸気の流れについては、大きく改善した。水蒸気の流れが改善したにも関わらず西日本の大雨が予測出来ていない要因としては、梅雨前線が JRA-55 に比べて北よりに予測されたままであり、西日本の大気が安定していることが原因と推察される。

実験②でも、西日本の大雨は予測出来なかったが、中央シベリアから北日本にかけての対流圏上層のロスビー波列の予測が改善すると共に、北緯 30 度以北の水蒸気の流れに



第 4 図 実験③と実験②の 200hPa 流線関数差分の日別値 (13 メンバー平均)

赤枠は実験①②③共通、青枠は実験②のみ、緑枠は実験③のみの緩和領域を示す。流線関数の単位は $10^6 m^2/s$ 。

改善が見られた。一方、梅雨前線の位置については実験①と比べて大きな変化はなく、JRA-55 に比べて北よりに予測されたままで、西日本の大気が安定していることが西日本に大雨が予測出来ない原因と考えられる。

梅雨前線の予測位置を改善するために不足している要因について調べると、亜熱帯ジェット沿いの波束伝播における中国以東の部分について、JRA-55 では波の活動度フラックス (WAF; Takaya and Nakamura, 2001) が東向きに伝播し朝鮮半島における対流圏上層の低気圧性循環 (トラフ) を強化しているのに対し、実験結果では WAF が南東向きに伝播しており、朝鮮半島における対流圏上層の低気圧性循環を強めていないことが原因と推察された。

亜熱帯ジェットも全球速報解析値に緩和させた実験③では、西日本に顕著な大雨が予測されるようになった。実験②で西日本に大雨が予測できない原因として推察された亜熱帯ジェット沿いの波束伝播については、JRA-55 と同様に中国以東で WAF が東向きに伝播し、朝鮮半島における対流圏上層の低気圧性循環を強めるようになった。

さらに、実験②と③の差分を見ると、予報初期到北京の北西に見られる小さな低気圧性循環の誤差が急成長し、西日本で大雨が発生した7月5日からの朝鮮半島における対流圏上層の低気圧性循環を形成していることが分かった (第4図)。しかしながら、予報初期到北京付近に見られる小さな低気圧性循環の誤差を生じた要因までは、本実験では特定できなかった。

6. まとめ

全球 EPS では、6月29日12時 UTC 初期値の予測では西日本の大雨や台風第8号

の発生の予測が不十分だったが、7月1日12時 UTC 初期値の予測では西日本の大雨や台風第8号の発生をある程度予測しており、この特徴は海外数値予報センターでも同様の傾向であった。

この要因を探るべく緩和実験を行ったところ、全球 EPS や海外数値予報センターの初期値ごとの予測状況の比較から推察された「台風第8号の発生予測」及び「中央シベリアから北日本にかけてのロスビー波列」だけでなく、「中国以東における亜熱帯ジェット沿いの波束伝播」も西日本の大雨の予測に重要な要因の1つであることが分かった。しかしながら、亜熱帯ジェット沿いの波束伝播について、予報初期から北京付近で急成長する低気圧性循環の誤差を生じた要因の特定までに至っておらず、今後の課題である。

7. 参考文献

- 古林慎哉, 太田行哉, 原田やよい, 海老田綾貴, 守谷昌巳, 小野田浩克, 大野木和敏, 釜堀弘隆, 小林ちあき, 遠藤洋和, 宮岡健吾, 高橋清利, 2015: 気象庁 55 年長期再解析 (JRA-55) の概要. 平成 26 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部, 66-115.
- Ferranti, L., T. N. Palmer, F. Molteni, and E. Klinker, 1990: Tropical-extratropical interaction associated with the 30–60-day oscillation and its impact on medium and extended range prediction. *J. Atmos. Sci.*, **47**, 2177–2199.
- JMA, 2018: Primary Factors behind the Heavy Rain Event of July 2018 and the Subsequent Heatwave in Japan from Mid-July Onward. *Press Release of Tokyo Climate Center*, https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/news/press_20180822.pdf.
- Jung, T., M. J. Miller, and T. N. Palmer, 2010: Diagnosing the origin of extended-range forecast error. *Mon. Wea. Rev.*, **138**, 2434–2446.
- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebata, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J. Meteor. Soc. Japan*, **93**, 5–48.

- Takaya, K., and H. Nakamura, 2001: A formulation of a phase-independent wave activity flux for stationary and migratory quasi-geostrophic eddies on a zonally varying basic flow. *J. Atmos. Sci.*, **58**, 608-627.
- Yamaguchi, H., D. Hotta, T. Kanehama, K. Ochi, Y. Ota, R. Sekiguchi, A. Shimpo, and T. Yoshida, 2018: Introduction to JMA's new Global Ensemble Prediction System. *CAS/JSC WGNE Res. Activ. Atmos. Oceanic Modell.*, 6.13-6.14.