

アンサンブル予報による平成 30 年 7 月豪雨の予測可能性について

松信匠・松枝未遠・田中博 (筑波大学計算科学研究センター)

1. はじめに

平成 30 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た。本州上で停滞した前線に対し南方から 2 つの流れによって多量の水蒸気が供給されたことが主な発生要因の 1 つとして挙げられている(気象庁, 2018)。

本研究では National Centers for Environmental Prediction (NCEP) と European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) の現業アンサンブル予報データ、ならびに ECMWF の数値予報モデルで NCEP の初期状態からシミュレーションを行う初期値交換実験により、大雨事例に対する予測可能性について検証した。

2. 実験手法

2.1. 使用データとモデル

NCEP および ECMWF の現業アンサンブル予報データは TIGGE (Swinbank et al., 2016) データベースから取得した。NCEP のアンサンブル予報システムは GEFS (Global Ensemble Forecast System) と呼ばれることから、NCEP の初期値を GEFS 初期値と呼称する。

初期値交換実験における NCEP の初期値として GEFS 初期値の気圧面データを使用した。予報モデルには OpenIFS を使用した。OpenIFS は ECMWF の現業予報モデル IFS (Integrated Forecasting System) から一部機能を取り除いて研究向けに提供されている簡易モデルである。静力学コアや物理パラメタリゼーションは IFS と同一であることから、IFS と同程度の予報能力があると考えられる。現在の OpenIFS のバージョンは 40r1 であり、これは 2013 年

11 月 19 日から 2015 年 5 月 11 日まで現業で使用されていた IFS のバージョンに対応する。

2.2. 初期値交換実験の手法

初期値交換実験の実験設定を表 1 に示す。

GEFS 初期値から東西風 u , 南北風 v , ジオポテンシャル高さ z , 気温 T , 比湿 q のデータを抽出し、31 層の気圧面データから 60 層のモデル面に内挿した。その後、各層について渦度, 水平発散, 気温, 比湿の分布を作成し、球面調和関数を用いてスペクトル化した。切断波数は 255 とした。

2.3. 確率的予報

数値予報モデルの予報気候値はそれぞれ異なっているため、出力された生の値にはバイアスが含まれている。Matsueda and Nakazawa (2015) では TIGGE アンサンブルデータを用いて各予報センターごとに気候学的確率密度分布 (気候学的 PDF) を求め、気候学的 PDF に対して有意な極端現象が発生する確率を求める確率的予報を開発した。

気候学的 PDF は対象のカレンダー日に対して、各格子点・予報時間・予報変数の 3 次元変数として求められた。使用されたデータ期間は 2006 年 10 月から 2011 年 1 月までであり、対象のカレンダー日とその前後 15 日からの予報データを使用した。

表1 OpenIFS_GEFS 実験の設定

バージョン	40r1v2
水平解像度	T255
鉛直層数	60
時間ステップ	1800 秒
GEFS 解像度	1.0 度 31 層
変数	渦度 水平発散 気温 比湿

3. 結果

集中的な大雨が発生した7月5日、6日、7日の12UTCから前24時間の降水量を対象に予測精度を検証した(図1-3)。

6月29日12UTCを初期日とした予報では、NCEP、OpenIFS_GEFS 実験、ECMWF 全てにおいて全体的に降水域が北偏していた(図1)。予測された降水域は観測(GSMaP)に比べて広く、特にNCEPとECMWFについては確率が50%未満の領域が大きく広がっていた。海面更正気圧(コンター)からは、形状に差異はあるが朝鮮半島の北部にかけて低圧部が張り出しているという共通の特徴が見られた。

Occurrence probability of extreme 24hr precipitation
initial: 2018.06.29.12UTC

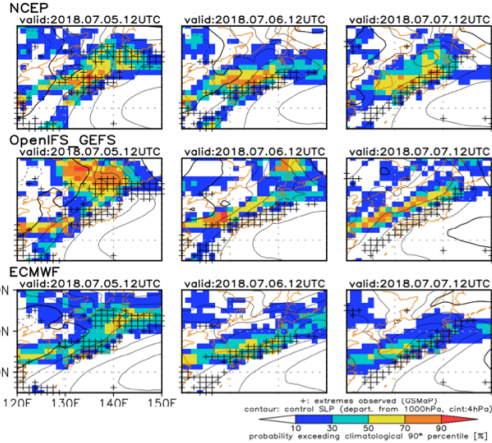


図1 6月29日12UTCを初期時刻とした7月5-7日12UTCにおける24時間降水量の確率的予報(陰影)。NCEP(上段)、OpenIFS_GEFS 実験(中段)、

ECMWF(下段)におけるそれぞれの予報モデルの気候学的PDFをもとに、極端降水が起こる確率(90%-ileを超える確率)を定義した。コンターはコントロールの海面更正気圧を、ハッチは極端降水が実際に発生した地点(観測(GSMaP)の気候学的PDFをもとに定義)を表す。

翌日の6月30日を初期日とする予報では、7月6日と7日において予測降水域が絞られるとともに北偏が改善された(図2)。NCEPでは九州南西部の降水が一部予測された一方、6日に北海道北東で極端な降水を予測しているが、これらは実際には発生しなかった。OpenIFS_GEFS 実験は50%以上の高い確率で降水を予測した点ではNCEPに近い結果となったが、降水域の位置はECMWFに近い結果となった。海面更正気圧は6月29日初期値でみられた朝鮮半島の北への張り出しが南下し、北からのリッジが日本海の上まで強く張り出すようになった。このリッジが水蒸気輸送を西日本に集中させる役割の一端をになったとされており、リッジの発達予測が改善されたことが降水域の北偏を改善させたことに繋がると考えられる。

Occurrence probability of extreme 24hr precipitation
initial: 2018.06.30.12UTC

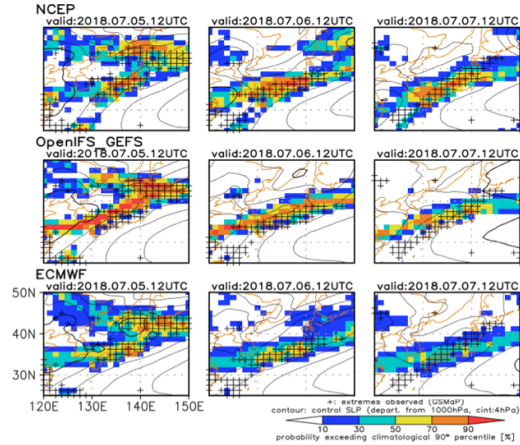


図2 図1と同じ。ただし、初期時刻が6月30日12UTC。

7月1日を初期日とした予報では更に改善がみられた(図3)。GEFS_OpenIFS 実験とECMWFは7月6日の本州における極端な降水を予測したが(とくに

GEFS_OpenIFS)、九州南西沖の降水は予測できなかった。NCEPの本州降水域は南の海上に南偏したが、九州南西沖の降水域は予測していた。7月7日を対象とする予測については、NCEPが東シナ海から本州を貫くような降水域をわずかに南に広がりながらも予測した一方、OpenIFS_GEFS実験とECMWFは降水域の傾斜が観測に比較してゆるくなっており、東シナ海と北海道周辺の降水域を予測できなかった(図3)。

Occurrence probability of extreme 24hr precipitation
initial: 2018.07.01.12UTC

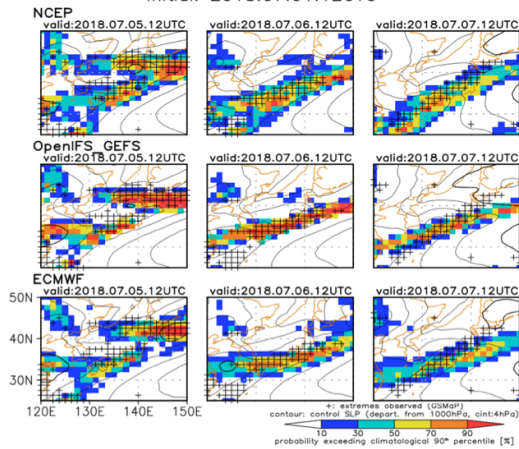


図3 図1と同じ。ただし、初期時刻が7月1日12UTC。

図4では各予報モデル、各初期日(6月29日-7月2日)ごとの7月5日12UTCにおける水蒸気フラックスの確率的予報(650kg/msを超える確率)を示している。細桃色の線は各アンサンブルメンバーにおける海面更正気圧のコンターを示しており、太桃線は観測(ERA-Interim)を示す。水蒸気フラックスも降水域と同様に6月29日を初期日とする予報では北偏する傾向があり、6月30日初期日で改善がみられた。NCEPは6月29日初期日の予報で既に高フラックス領域を捉えていた。OpenIFS_GEFS実験とECMWFでは九州南西沖(ハッチの南西端)における水蒸気フラックスを予測できなかった。また、九州南部まで張り出した高気圧が実況よりも強く予測されており、水蒸気フラックスはその張り出しに押されてピークが北西にずれ

たような配置をしていた。初期日が対象日に近くなり気圧の過剰な張り出し予報が改善されるにつれて水蒸気フラックスの予測精度も改善された。

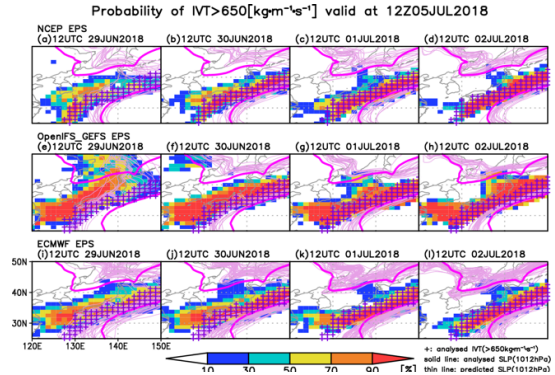


図4 各予報モデル・各初期時刻からの7月5日12UTCの水蒸気フラックスの確率的予報(650kg/m/sを超える確率)。細桃線は各アンサンブルメンバーの海面更正気圧(1012hPa)を、太桃線は解析値(ERA-Interim)の海面更正気圧(1012hPa)を表す。

図5は7月3日12UTCのスパゲッティダイアグラムである。日本列島西には台風起因する低圧部の張り出しが、北東部と南東部には高気圧の張り出しがみられた。この台風に向かう低気圧性の水蒸気流入と、南からの太平洋高気圧の端に沿うような水蒸気流入が大雨の要因となったと考えられている(気象庁,2018)。

6月29日初期日の予報では、各センターとも日本列島西の低圧部の張り出し予報が北偏しており、台風の進路を北寄りに予測していた。このことが水蒸気フラックスと降水域の予測を北偏させていたと考えられる。OpenIFS_GEFS実験とECMWFでは、ほぼ全てのメンバーが南の高気圧の張り出しを強く予測しすぎていた。6月30日初期日の予報では、ECMWFが台風の位置を大きく改善させた一方で、高気圧の張り出しは強いままであった。OpenIFS_GEFS実験では台風の位置はまだ北偏している点でNCEPに近いが、高気圧の張り出しはECMWFに近い結果であった。よって、九州南西沖の水蒸気フラックス及び降水域の予測は、台風の位置ではな

く高気圧の張り出しの予測が大きく影響していたと考えられる。

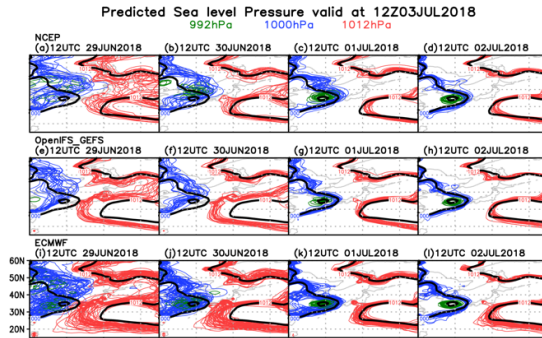


図5 各予報モデル・各初期時刻に対する7月3日12UTCの海面更正気圧のスパゲッティ図(緑線: 992hPa, 青線: 1000hPa, 赤線: 1012hPa)。黒線は解析値の海面更正気圧。

4. まとめと課題

本研究では、予報モデルごとの気候学的PDFを用いた確率的予報に基づき、大雨事例の予測可能性について検証した。降水域の予測ではNCEPが九州南西沖の降水をよく予測していたが、同じ大気状態を初期値に用いたOpenIFS_GEFS実験では再現されなかった。また水蒸気フラックスと海面更正気圧の分布についても同様に、OpenIFS_GEFS実験ではECMWFに似た分布を示した。一方で、台風の経路予測に関してはECMWFがNCEPとOpenIFS_GEFS実験より1日早く高精度の予測をしていたことから、対象領域の予測について必ずしも初期値よりも予報モデルの影響が大きいとは言えなかった。本事例については、台風の予測よりも太平洋高気圧の予測が水蒸気フラックスの予測に大きく影響しており、結果的に降水域の予測の差につながったと考えられる。

本研究の課題のひとつとして、NCEPとECMWFの現業アンサンブル予報モデルと比べて、モデル解像度が低いことが挙げられる。台風経路の予測には解像度も大きく依存するため、可能な限り現業の解像度に近い設定で実験を行えるようにすることが望ましい。

また、ECMWF初期値とNCEP予報モデルを用いた初期値交換実験を行っていないため、初期値とモデルの寄与を完全に切り分けることができていない問題もある。現在、NCEPの現業予報モデル(GFS)による実験環境を構築中である。

さらに、太平洋高気圧の張り出しを正確に予測するには何が重要であったかについても調査をする必要がある。

5. 参考文献

気象庁, 2018: 「平成30年7月豪雨」及び7月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について。

<https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/10c/h30goukouon20180810.html>

Matsueda, M., and T. Nakazawa, 2015: Early warning products for severe weather events derived from operational medium-range ensemble forecasts. *Meteorol. Appl.*, 22, 213–222, doi:10.1002/met.1444.