



第3章 事例解析編

3.2 令和2年の台風の数値予報の結果

※以下のスライドの説明では、FTは予報時間(例:FT=6は6時間予報)、「～時」は日本時間、図中の「UTC」は協定世界時(例:9時は00UTC)を表す。

本節では、令和2年の3つの台風(台風第10号、台風第12号、台風第14号)について取り上げる。



第3章 事例解析編

3.2.1 台風第10号

台風第10号は、9月1日21時に小笠原近海で発生した。その後、発達し、4日3時には日本の南で非常に強い勢力へ発達した。6日から7日にかけて、非常に強い勢力を維持したまま、沖縄県の大東島地方から奄美地方を進み、九州地方に接近した。その後、北上を続けて7日9時頃に朝鮮半島に上陸した。8日3時に、中国東北区で台風は温帯低気圧に変わった。

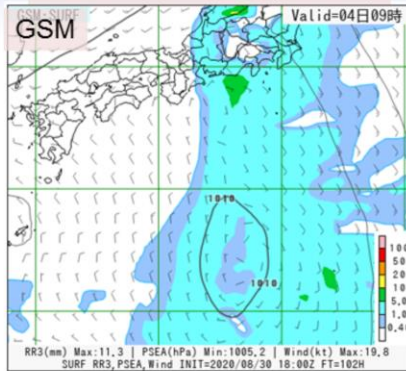
この台風は、2日時点で特別警報級(中心気圧930hPa以下、最大風速50m/s以上)の勢力まで発達し、6日から7日にかけて、奄美地方から西日本にかけて接近または上陸するおそれがあった(気象庁 2020a)が6日、鹿児島県に発表する見通しだった特別警報を中心気圧が発表基準に達する見込みではなくなったため見送った(気象庁 2020b)。

本節では、台風の進路予測や降水量予測などの数値予報結果を確認する。また、台風が特別警報級の勢力まで発達しなかった等、予測と実況の差異が生じていた。この考えられる要因について述べる。なお、速報としてまとめたものであるため、今後の調査により、考えられる要因が変わる可能性があることに留意願いたい。

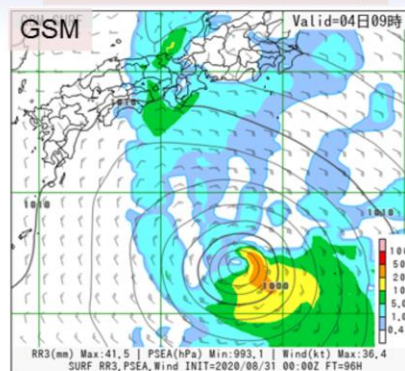
発生予測について

台風第10号の発生予測(2020年9月4日9時対象)

8月31日3時初期値 (FT=102)



8月31日9時初期値(FT=96)



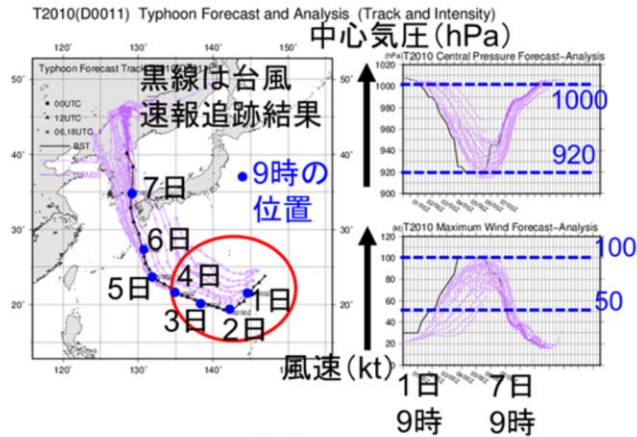
- ◎モデルでの発生の基準
低気圧性循環・閉曲線があつて34kt以上の風を対象
- ◎モデルで発生が確認できた初期値
GSM 8月31日9時
MSM 8月31日6時(図略)
- ◎台風解析での発生:9月1日21時

台風第10号について、GSMおよびMSMの発生予測結果について示す。2020年9月4日9時を対象として、台風の発生基準を低気圧性循環・閉曲線があつて、34kt以上の風を持っているかどうかで予測の有無を判断した。図はGSMで、発生予測の確認前の8月31日3時初期値の102時間予測、発生予測が確認できた31日9時初期値の96時間予測の結果を示す。黒の曲線は、海面更正気圧(hPa:2hPa毎)、風は矢羽根、塗りつぶしは前3時間降水量である。GSMやMSMは、実況に比べて、発生予測に関するリードタイム(台風が予測できた初期値日時に対して実際に台風が発生した日時までの期間とする)が約1.5日と短かった。

進路・強度予測について

台風発生当初を中心とした全球モデルの 進路・強度予測比較

台風第10号の全予測結果(GSM:紫)



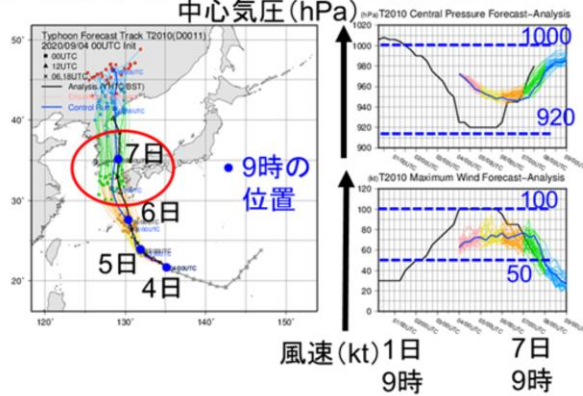
台風第10号の発生後、南西進した(赤丸)。この間のGSMの進路予測は西寄りで、実況とはズレがあった。進路予測が安定してきたのは、9月2日9時初期値の予測からだった。強度については、発生後、急激に発達したが、予測ではその遅延が見られた。

台風発生当初を中心とした進路・強度予測結果について示す。図は、台風第10号のGSMモデルの全予測結果を示す。台風発生後、南西進した(赤丸)が、この間のGSMの進路予測は西寄り(赤丸内の薄紫線)で、実況とはズレがあった。進路予測が安定してきたのは、9月2日9時初期値の予測からだった。強度については、発生後、急激に発達したが、予測ではその遅延が見られた。その後、5日～6日にかけて、920hPaを割る予測で時間差はあるものの解析に近かった。

北上期間中の全球アンサンブル予報(GEPS)の進路・強度予測 ～2020年9月4日9時初期値～

全球アンサンブル予報(GEPS)

T2010(D0011) Ensemble Typhoon Forecast (Track and Intensity) - 2020/09/04 00UTC -



2日9時以降の初期値予測では、6日9時までは全球モデル(GSM)は実況に近い進路を予測した。また、GSMは最も発達した時点で920hPaの予測であった(GSMは前頁図を参照)。全球アンサンブル予報(GEPS)も実況の進路を中心に分布する進路予測であった。九州西海上を北上するタイミングの予測(6日9時～7日9時を対象)では、4日9時初期値予測を中心にGSMやGEPSでは、台風の進行速度が遅くなるスローバイアスが見られた(1日3時～5日9時初期値予測で見られた:赤丸を参照)。

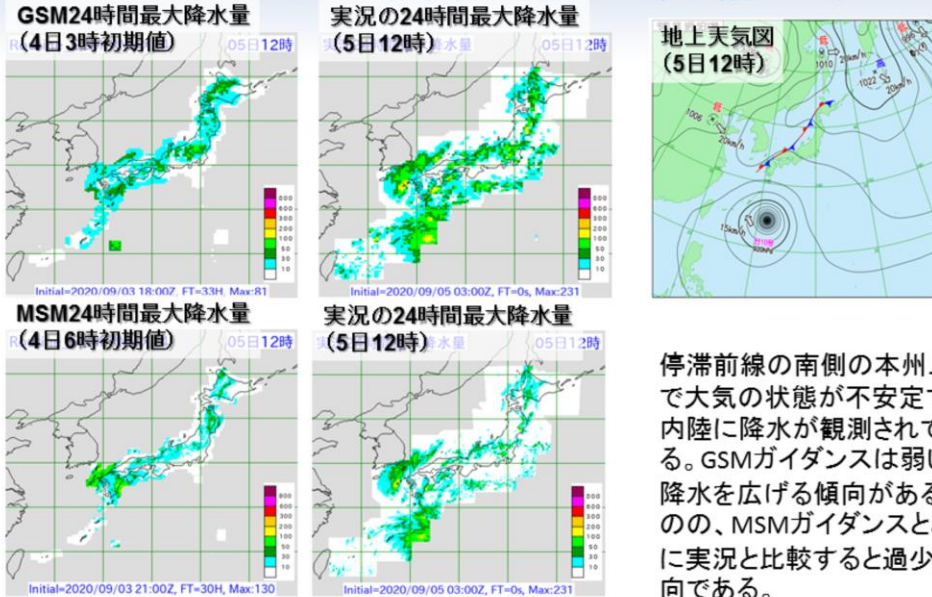
台風が北上を始めた2日9時初期値予測以降について述べる。

6日9時までの予測では、全球モデル(GSM)は実況に近い進路を予測した。強度予測では、GSMでは最も発達した時点で、920hPaの予測であった(GSMは前頁参照)。全球アンサンブル予報(GEPS)も実況の進路を中心に分布する進路予測、強度は浅い中心気圧を予測する結果であった。九州西海上を北上するタイミングの予測(6日9時～7日9時を対象)では、4日9時初期値を中心にGSMやGEPSでは、台風の進行速度が遅くなるスローバイアスが見られた。この傾向は、北上前であった1日3時初期値から5日9時初期値予測まで見られた。

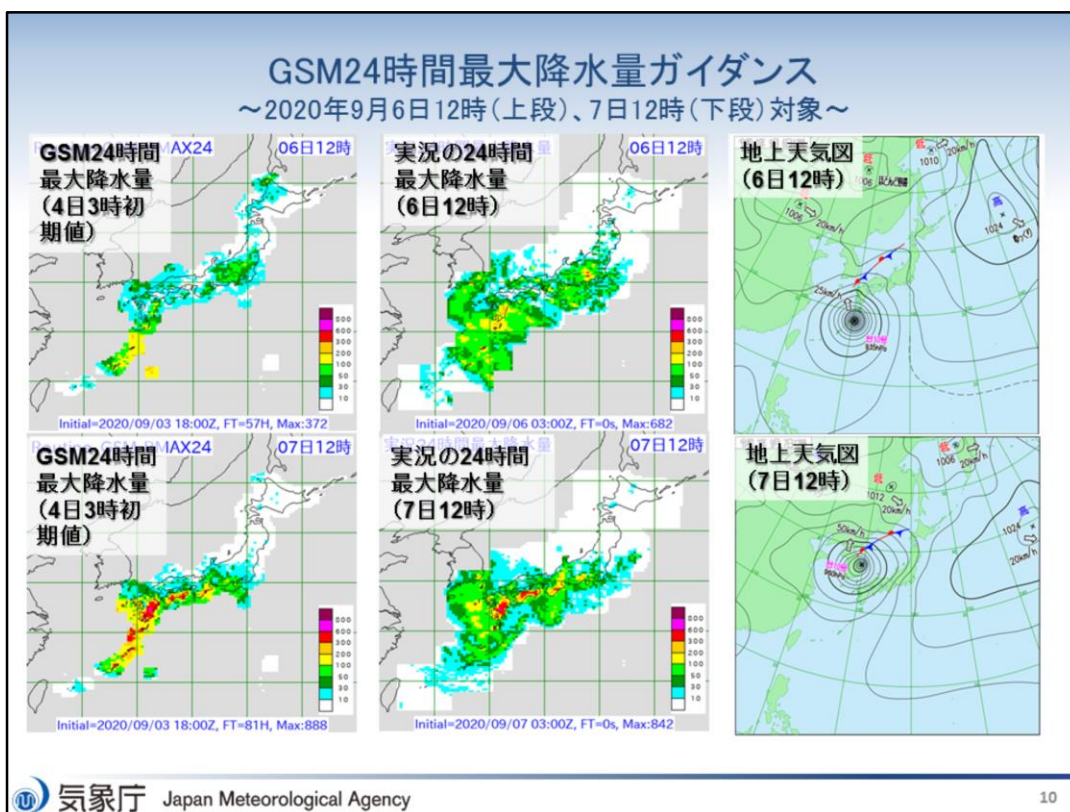
降水量予測について

24時間最大降水量ガイダンス

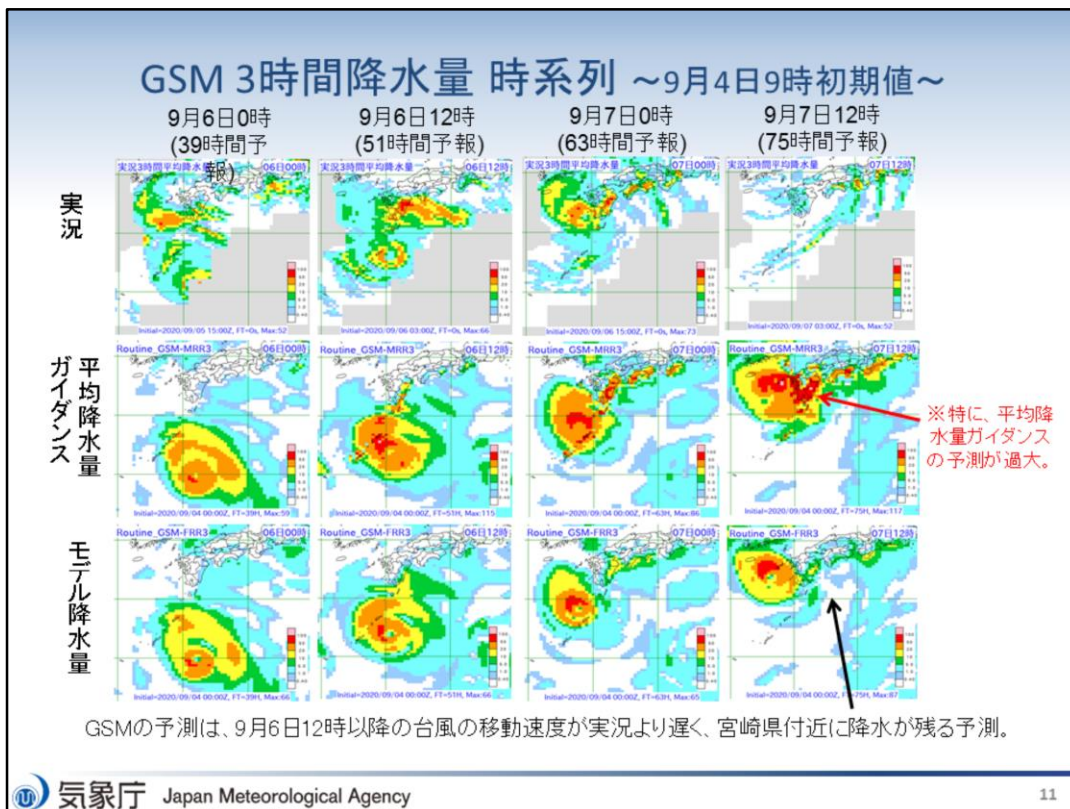
～2020年9月5日12時対象(上段GSM、下段MSM)～



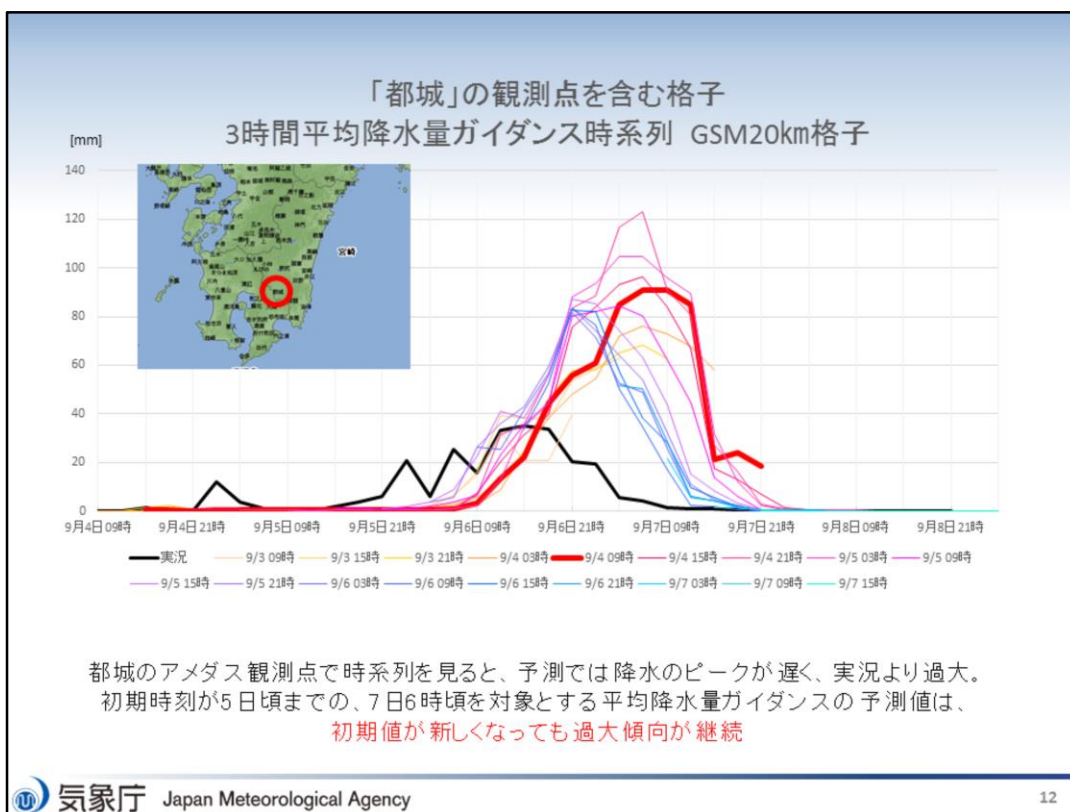
大雨のポテンシャルが予測できていたかという観点で、24時間最大降水量ガイダンスの結果を示す。図は、2020年9月5日12時を対象とした、上段がGSMで、左から順に9月4日3時初期値のガイダンスの結果と観測の20km格子最大24時間降水量および9月5日12時の地上天気図を示す。下段は、MSMで、左から順に9月4日6時初期値のガイダンスの結果と観測の5km格子最大24時間降水量を示す。降水量の単位はいずれもmm/24hである。台風が南西諸島に接近する前の予測では、停滞前線の南側の本州上で大気の状態が不安定で、内陸に降水が観測されている。GSMガイダンスは弱い降水を広げる傾向があるものの、MSMガイダンスとともに実況と比較すると過少傾向である。



24時間最大降水量ガイダンスの結果(GSM)を示す。図は、上段が2020年9月6日12時を対象、下段が9月7日12時対象で、左から順に9月4日3時初期値のガイダンスの結果と観測の20km格子最大24時間降水量および9月6日12時、7日12時の地上天気図を示す。降水量の単位はいずれもmm/24hである。6日～7日については、台風の進路予測に進行速度の遅れ(スローバイアス)があった関係で、6日12時対象のガイダンスの結果は、実況に比べ、全体的に過少傾向が見られる。特に九州の南東斜面の吹き付けによる降水と奄美大島付近の降水が過少である。また、7日12時対象の予測では、九州、四国、紀伊半島の南東斜面の吹き付けによる降水に関して、ガイダンスが実況に近い傾向が見られるが、九州の西側や奄美大島から南西諸島にかけては過大である。



西日本～南西諸島を対象とした3時間降水量の時系列の結果を示す。図は、左から2020年9月6日0時、12時、9月7日0時、12時をそれぞれを対象とした、上段が観測の20 km格子3時間平均降水量、中段が9月4日9時初期値としたGSM3時間平均降水量ガイダンス、下段がGSMモデル3時間降水量の結果を示す。降水量の単位はいずれもmm/3hである。GSMの予測が9月6日12時以降の台風の移動速度が実況より遅く、宮崎県付近に実況にはない降水が残る予測となっている。また、対応して、宮崎県付近を中心に平均降水量ガイダンスが過大となった。



宮崎県都城観測点を含む格子のGSM3時間平均降水量ガイダンスの時系列(9月4日9時～9月8日21時)の結果を示す。ガイダンスの予測結果は、9月3日9時初期値から9月7日15時初期値までを示し、赤太線は4日9時初期値、黒太線は実況、青線ほど最新初期値の予測結果となっている。予測では、降水のピークが遅く、実況より過大である。初期時刻が5日頃までの、7日6時頃を対象とする平均降水量ガイダンスの予測値は、初期値が新しくなっても過大傾向が継続している。

まとめ

- GSMとMSMおよびGEPSの発生・進路・強度予測の比較
 - GSMやMSMでは、実況に比べて、発生予測に関するリードタイムが約1.5日と短かった
 - 台風は発生後、南西進したが、この間のGSMの進路予測は西寄り、実況とはズレがあった。進路予測が安定してきたのは、9月2日9時初期値の予測からだった
 - 強度は、発生後、急激に発達したが、予測ではその遅延が見られた。最低中心気圧(920hPa)については、気圧時間差はあるもののGSMで予測されていた
 - 九州西海上を北上する6日9時～7日9時を対象とする予測
 - 4日9時初期値を中心にGSMやGEPSでは、台風の進行速度が遅くなるスローバイアスが見られた。この傾向は、北上前であった1日3時初期値から5日9時初期値予測まで見られた

台風の進路・強度予測のまとめを示す。

まとめ

• 降水量予測について

– 24時間最大降水量ガイダンス

- 台風が南西諸島に接近する前の予測(5日)では、停滞前線の南側の本州上で大気の状態が不安定で、内陸に降水が観測されていたが、GSMガイダンスは弱い降水を広げる傾向があるものの、MSMガイダンスとともに実況と比較すると過少傾向が見られる
- 6日～7日については、台風の進路予測にスローバイアスがあった関係で、6日12時対象のガイダンスの結果は、実況に比べ、全体的に過少傾向が見られる。特に九州の南東斜面の吹き付けによる降水と奄美大島付近の降水が過少
- 7日12時対象の予測では、九州、四国、紀伊半島の南東斜面の吹き付けによる降水に関して、ガイダンスが実況に近い傾向が見られるが、九州の西側や奄美大島から南西諸島にかけては過大

– 3時間降水量(6日～7日:西日本～南西諸島を対象)

- GSMでは9月6日12時以降の台風の移動速度が実況より遅く、宮崎県付近に実況にはない降水が残る予測
- 宮崎県付近を中心に平均降水量ガイダンスが過大
- 宮崎県都城地点予測では、降水のピークが遅く、実況より過大。初期時刻が5日頃までの、7日6時頃を対象とする平均降水量ガイダンスの予測値は、初期値が新しくなっても過大傾向が継続

台風の降水量の予測のまとめを示す。

予測と実況の差異の 考えられる要因について

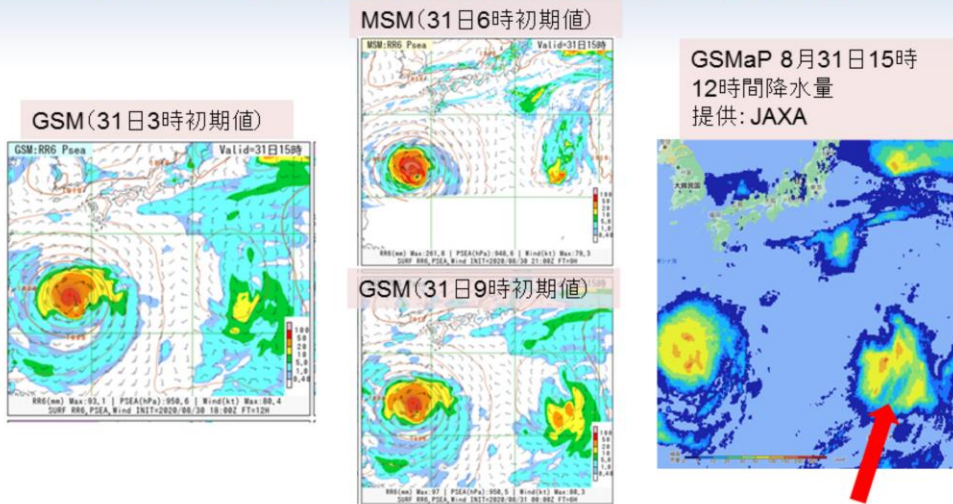
台風第10号は、比較的予測進路は安定していたが、発生予測や九州の西海上を北上する際の予測と実況に差異が生じた。その考えられる要因について述べる。なお、速報としてまとめたものであるため、今後の調査により、考えられる要因が変わる可能性があることに留意願いたい。

内容

- 台風発生予測のリードタイムが短かったと考えられる要因
- 台風の進路・強度予測
 - 9月6日～7日にかけて、九州の西海上で台風の進行速度が遅く予測された考えられる要因
 - 9月2日時点で特別警報級(中心気圧930hPa以下、最大風速50m/s以上)の勢力まで発達する予想であったのが、6日、中心気圧が発表基準に達する見込みではなくなった考えられる要因
- 降水量予測
 - 予測誤差が大きくなった要因

内容は、上記のとおりである。

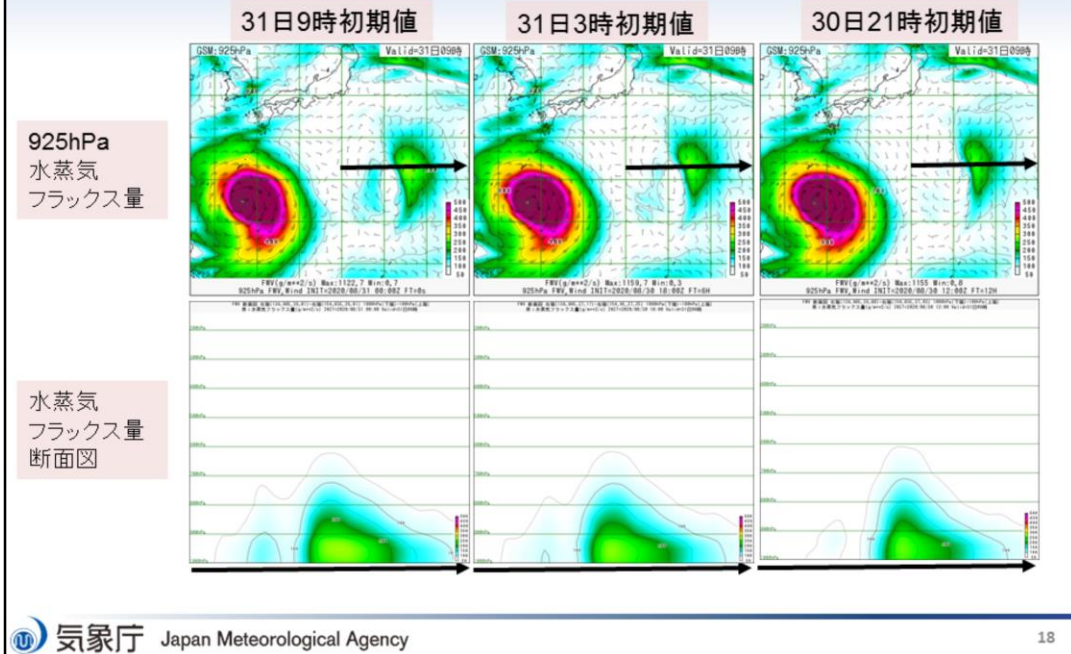
台風発生予測のリードタイムが短かった考えられる要因 ～8月31日15時予測対象(海面更正気圧、前6時間降水量、風)～



熱帯擾乱(のちの台風第10号)による降水は強いところで100～150mm/12hr以上の降水が表現されている。31日6時初期値MSMや31日9時初期値のGSMでは熱帯擾乱付近の降水量が多く、GSMaPの降水量に近いが、31日3時初期値GSMでは降水量が少ない。

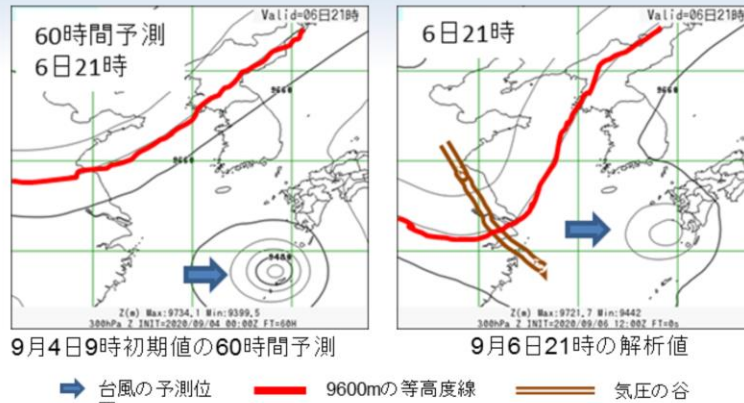
全球・メソモデルの8月31日15時予測の結果(左から順にGSM(31日3時初期値)、中上段:MSM(31日6時初期値)、中下段:GSM(31日9時初期値))とGSMaP(JAXA:国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構提供)による12時間降水量を示したものである。GSMaPでは、熱帯擾乱(のちの台風第10号)による降水は強いところで100～150mm/12hr以上の降水が表現されている。31日6時初期値MSMや31日9時初期値のGSMでは熱帯擾乱付近の降水量が多く、GSMaPの降水量に近いが、31日3時初期値GSMでは降水量が少ない。

台風発生予測のリードタイムが短かった考えられる要因 ～8月31日9時を対象とする水蒸気フラックス量と風～



8月31日9時を対象とする925hPaの水蒸気フラックス量と風(上段)と将来台風第10号となる熱帯擾乱の黒矢印の鉛直断面図を下段に示す。擾乱に供給される水蒸気フラックス量は最新初期値ほど多くなっている。下層の水平風速の強まりと水蒸気量の増加に対応していると思われる。擾乱の東側、南風の領域だけでなく、擾乱の西側、北風の領域でも水蒸気フラックスが大きくなっている。このことから、台風発生予測のリードタイムが短かった考えられる要因は、以下の通りである。対象の擾乱予測において、主に下層の風の表現が弱いことで擾乱への水蒸気の供給が不十分となり、結果として少ない降水量予測が継続した。そのため、降水に伴う凝結熱の放出による低圧部の強化が進まず、示度が深まらず、台風発生に至らない予測が継続したため、台風発生予測のリードタイムが短くなったと考えられる。

九州の西海上で台風の進行速度が遅く予測された考えられる要因
(300hPa高度場のGSM予測値と解析値の比較)

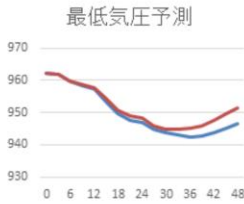


9月6日21時の解析値では、台風西側の気圧の谷が深まることにより加速しながら北上していたことがわかるが、4日9時初期値の予測では、気圧の谷が浅く予測され、台風北上の移動速度が遅かった。上層の気圧の谷が実況よりも浅く予測されたため、台風が上層の気圧の谷と相互作用するタイミングが遅れ、進行速度に遅れが生じたと考えられる。このような台風の進行速度のスローバイアスは、1日3時～5日9時の初期値からの予測で見られた。

九州の西海上で台風の進行速度が遅く予測された考えられる要因について、述べる。図は、9月6日21時を対象とした300hPa高度場のGSM予測値(9月4日9時初期値)と解析値を比較したものである。9月6日21時の解析値では、台風西側の気圧の谷が深まることにより加速しながら北上していたことがわかるが、4日9時初期値の予測では、気圧の谷が浅く予測され、台風北上の移動速度が遅かった。上層の気圧の谷が実況よりも浅く予測されたため、台風が上層の気圧の谷と相互作用するタイミングが遅れ、進行速度に遅れ(スローバイアス)が生じたと考えられる。このような台風の進行速度のスローバイアスは、1日3時～5日9時の初期値からの予測で見られた。

中心気圧が特別警報級の勢力に満たなくなった考えられる要因 (台風通過による海面水温低下の影響評価)

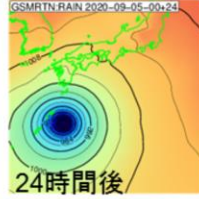
台風第10号の強度予測に関する感度実験



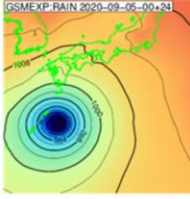
最低気圧予測の時系列
(青線が現業モデル、赤線は感度実験)

横軸は予報時間、縦軸が気圧(hPa)

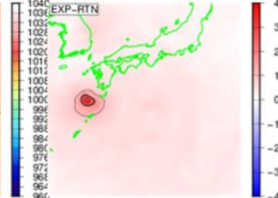
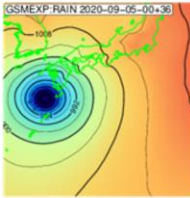
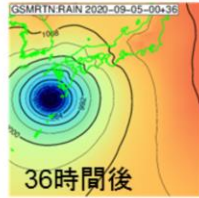
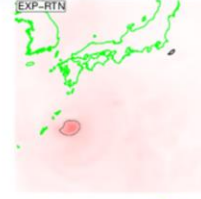
海面気圧(現業モデル)



海面気圧(実験)



差分



先行する台風第9号による海面水温低下を反映した海面水温に差し替えた実験では、台風の発達ที่止まるのが早い予測となった。最低気圧の差は、30時間予測まではほとんどなく、最盛期で数hPa程度だった。台風中心付近の気圧(台風の勢力)に差が若干見られたが、進行速度への影響は、ほとんどなかった。また、降水量ガイダンスへの影響もほとんどなかった(図略)。

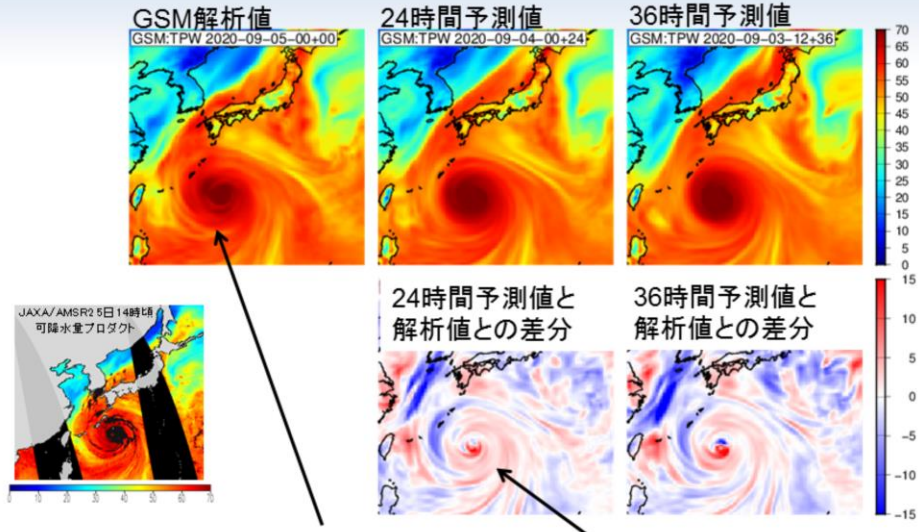
中心気圧が特別警報級の勢力に満たなくなった考えられる要因は、

1. 台風第9号通過による海面水温低下の影響
2. 乾燥空気の流入による影響

である。

まず、台風第9号通過による海面水温低下の影響について述べる。本スライドは、台風通過による海面水温低下の影響を評価するために、台風第10号の強度予測に関する感度実験を行った。図は、左から順に最低気圧予測の時系列を現業モデル(青線)、感度実験(赤線)で示したものの、5日9時初期値の現業モデルおよび感度実験の海面更正気圧(hPa)の24時間後、36時間後予測結果とその差分を示す。先行する台風第9号による海面水温低下を反映した海面水温に差し替えた実験(感度実験)では、台風の発達が止めるのが早い予測となった。最低気圧の差は、30時間予測まではほとんどなく、最盛期で数hPa程度だった。台風中心付近の気圧(台風の勢力)に差が若干見られたが、進行速度への影響は、ほとんどなかった。また、降水量ガイダンスへの影響もほとんどなかった。

中心気圧が特別警報級の勢力に満たなくなった考えられる要因
 (可降水量の解析値と予測値の分布の比較検証(5日9時を対象))

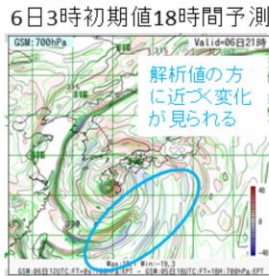
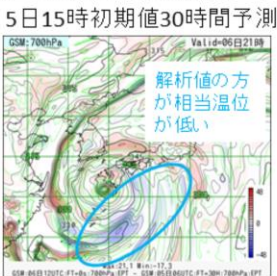
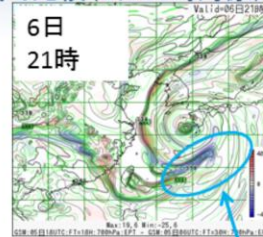
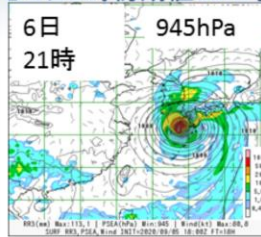
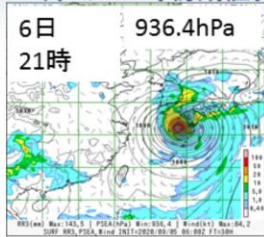


解析値に比べて予測値は、台風付近の可降水量が(特に中心付近で)多い。
 予測値での台風の西側からの乾燥空気の流入の表現が弱い。

次に乾燥空気の流入による影響について、述べる。9月5日9時を対象とした可降水量の解析値と予測値の分布の比較検証を行った。図は、上段がGSM解析値、GSM24時間、36時間予測値を示し、下段は、解析値との差分を示している。下段左図は、参考として9月5日14時頃のJAXA/AMSR2の可降水量プロダクトを載せている。解析値に比べて予測値は、台風付近の可降水量が(特に中心付近で)多い。予測値での台風の西側からの乾燥空気の流入の表現が弱いことが分かる。台風中心付近での乾燥空気の流入の表現の違いにより、台風強度予測に影響をもたらしたことが考えられる。

中心気圧が特別警報級の勢力に満たなくなった考えられる要因 (台風の強度変化)

9月5日15時初期値および6日3時初期値GSM予測で比較(6日21時対象)



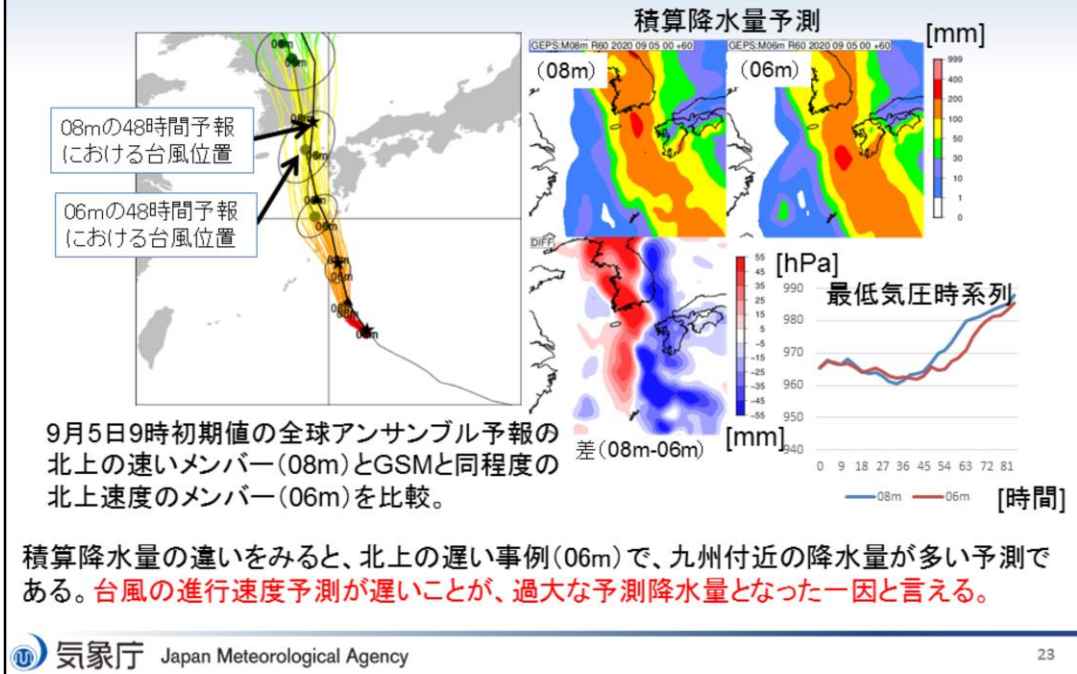
700hPa相当温位の差分
(6日3時初期値-5日15時初期値)
新初期値からの予測の方が相当温位が低い

6日3時初期値で、台風後面の中層付近の乾燥気塊の、台風中心付近への流入が強化された。このことにより、予測の台風強度を弱める方向に働いたことが考えられる。

700hPa相当温位の差分 (6日21時解析値-6日3時初期値18時間予測)
(6日21時解析値-5日15時初期値30時間予測)

9月6日21時を対象とした9月5日15時初期値予測(上段左図:海面更正気圧(hPa)、降水量(mm)、風)および9月6日3時初期値予測(上段中図)のGSMで比較したものである。上段右図は、9月6日3時初期値と9月5日15時初期値予測の700hPa相当温位の差分を示す。また、下段は、上段の予測の700hPa相当温位の解析値との差分を示す。6日初期値の方が中心気圧が浅くなり、約10hPaの差が生じた。そして、上段右図の700hPa相当温位の差分から台風の南側では、新初期値からの予測の方が相当温位が低いことが分かる。この部分は下段の結果より新初期値からの予測が解析値に近いことが分かる。このことから、6日3時初期値で台風後面の中層付近の乾燥気塊の、台風中心付近への流入が強化された。大気中層の乾燥大気の流入は、潜在不安定を維持する役割もあり、結果として積乱雲発生環境を維持する役割を持つ。一方で積乱雲の発生を抑制する役割も持つ(吉崎・加藤 2007)。後者により、予測の台風強度を弱める方向に働いたことが考えられる。

降水量予測の誤差が大きくなった要因について



降水量予測の誤差が大きくなった要因については、以下の2点が考えられる。

1. 台風の進行速度予測が遅いこと
2. 台風時の降水量ガイダンスの特性

最初の要因について、述べる。図は、9月5日9時初期値の全球アンサンブル予報(GEPS)の北上の速いメンバー(08m)とGSMと同程度の北上速度のメンバー(06m)を比較したもので、左図はそれぞれの48時間後の台風予測位置、右図はメンバー08mと06mの積算降水量予測とその差を示す。差については、青色ほど北上の速いメンバーの方が積算降水量が少ないことを示す。一番右の図が、メンバー08m(青線)と06m(赤線)の中心気圧の最低気圧時系列を示す。九州に着目して積算降水量の違いをみると、北上の速い08mの方が積算降水量が少ないことから、北上の遅い事例(06m)で、九州付近の降水量が多い予測である。台風の進行速度予測が遅いことが、過大な予測降水量となった一因と言える。

降水量予測の誤差が大きくなった要因について (ガイダンス雨量予測精度の検証結果より)

- 台風事例と非台風事例で、ガイダンスによるモデル予測雨量の補正の性能に違いがある。ガイダンスは、非台風事例では適切に雨量を補正できるが、台風事例では過大に補正する。特に、台風付近の風や水蒸気の強い移流による地形性降水は、過大になる傾向にある。
- ガイダンスの統計関係は、気象場による分類はしていないため、事例数の多い非台風事例で最適化される。このため、現在のガイダンスの手法(説明変数による統計的な補正)では、台風事例で見られる非常に湿った・強い下層風に対してモデル予測雨量を過大に補正する。

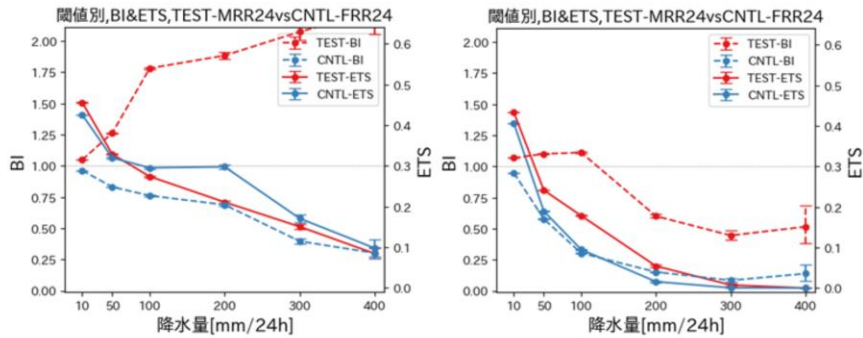
台風時の降水量ガイダンスの特性について、述べる。

台風事例における降水量ガイダンスは、水蒸気の強い移流による地形性降水や非常に湿った強い下層風に対してモデル予測降水量を過大に補正する。このことは、台風第10号の降水量予測のところで述べたことと整合する結果となっている。

降水量予測の誤差が大きくなった要因について GSM24時間平均降水量ガイダンスの精度検証結果 (2018, 2019年)

【台風事例】

【非台風事例】



ガイダンスは10mm,50m/24hはモデルより予測頻度が高いが、100mm/24h以上はモデルよりも予測頻度が高い。予測精度は50mm/24h以下を除いて低い。

ガイダンスは200mm/24h以上の大雨で予測頻度の補正が不足。100mm/24h以下で、ガイダンスはモデルの予測頻度の過少傾向を適切に補正し、予測精度を改善。

TEST: 24時間平均降水量ガイダンス
CNTL: モデル24時間降水量

例として、GSM24時間平均降水量ガイダンスの2018年と2019年の精度検証の結果を示す。図はモデル24時間降水量(青)、24時間平均降水量ガイダンス(赤)のエクイタブルスレットスコア(実線: 値が大きいほどスコアが良い)とバイアススコア(点線: 値が1の場合、観測と予測の頻度が同等であることを示す)で、左図が台風事例、右図が非台風事例である。台風事例では、ガイダンスは10mm,50m/24hはモデルより予測頻度が高いが、100mm/24h以上はモデルよりも予測頻度が高い。予測精度は50mm/24h以下を除いて、ガイダンスはモデル予測と比べると低い。非台風事例では、ガイダンスは200mm/24h以上の大雨で予測頻度の補正が不足しているものの100mm/24h以下で、ガイダンスはモデルの予測頻度の過少傾向を適切に補正し、予測精度が改善されている。

予測と実況の差異の考えられる要因についてのまとめ

【発生予測に関するリードタイムが短かった考えられる要因】

- 対象擾乱周辺の主に下層の風の表現が弱いことで、擾乱への水蒸気の供給が不十分であったことである

【九州の西海上で台風の進行速度が遅く予測された考えられる要因】

- 上層の気圧の谷が実況よりも浅く予測されたため、台風が上層の気圧の谷と相互作用するタイミングが遅れ、進行速度が遅れがでた。台風の予測誤差の考えられる要因は、上層の気圧の谷の予測誤差である

【中心気圧が特別警報級の勢力に満たなくなった考えられる要因】

◎ 台風第9号通過による海面水温低下

- 最新のSSTを初期値に利用した実験結果から、台風中心付近の気圧に差(最盛期で数hPa)が見られたが、実況との差を全て説明できるものではなかった。SSTの違いによる進行速度への影響は、ほとんどなく、ガイダンスの雨量予測への影響も、ほとんどなかった

◎ 乾燥空気の流入による影響

- 可降水量の解析値と予測値の比較検証から、予測値では、解析値や衛星観測に比べ、乾燥空気の流入が不十分であり、台風は勢力を維持した状態で北上することになっていた。台風中心付近での乾燥空気の流入の表現の違いにより、台風強度予測に影響をもたらしたことが考えられる
- 9月5日15時初期値および6日3時初期値GSMの台風強度予測比較から、6日初期値の方が中心気圧が浅くなり、約10hPaの差が生じた。その要因は、台風後面の中層付近の乾燥気塊の、台風中心付近への流入の強化であったことが考えられる

予測と実況の差異の考えられる要因について、まとめた。

予測と実況の差異の考えられる要因についてのまとめ

【降水量予測の誤差が大きくなった要因】

過大な予測雨量の主要因は、上層の気圧の谷の予測誤差(気圧の谷が浅い)により、台風の北上速度が遅く予測されたことと、ガイダンスによる過大補正である。

前者は、全球アンサンブル予報の進行速度に違いのあるメンバー間の比較から、台風の進行速度が遅い場合に雨量予測が多くなることにより示した。

後者は、現在のガイダンスの手法(説明変数による統計的な補正)では、台風事例で見られる非常に湿った、強い下層風に対してモデル予測雨量を過大に補正する特性によるものである。

課題のまとめと今後の対策

- 台風第10号の発生予測、進路予測、降水量予測の課題について
 - 実況に比べて、発生予測に関するリードタイムが約1.5日と短かった
 - 進路予測について、進行方向の予測誤差は小さかったが、実況より遅い進行速度の予測で誤差が大きかった
 - ガイダンスによるモデル降水量予測の修正が過大であった
- 1項目目の考えられる要因は、対象擾乱周辺の主に下層の風の表現が弱いことで擾乱への水蒸気の供給が不十分であったこと。2および3項目目の考えられる要因は、上空の気圧の谷が浅く予測され、台風の北上速度が遅くなったことである。進行が遅い誤差傾向(スローバイアス)が出た事例であった。また現行の降水量ガイダンスの台風などの顕著現象での予測限界が見られた事例であった。海面水温の台風予測への影響はあるものの限定的であった。
- 今後の対策について
 - 台風進路予測の精度改善に向けた技術開発
 - 降水量ガイダンスの改良に向けた技術開発
 - プロダクト利用者に対して、現行の降水量ガイダンスの特性や検証結果を解説し、利用上の留意点について注意喚起する

課題のまとめと今後の対策について、述べる。台風第10号の発生予測については、実況に比べて、発生予測に関するリードタイムが約1.5日と短かった。進路予測については、進行方向の予測誤差は小さかったが、実況より遅い進行速度の予測で誤差が大きかった。また、ガイダンスによるモデル降水量予測の修正が過大であった。今後の対策として、積雲対流パラメタリゼーションの改良や水平格子間隔の高解像度化、観測データの更なる利用などの台風進路予測の改善に向けた技術開発が上げられる。また、降水量ガイダンスでは、モデル降水量の寄与量に比べて、地形性上昇流と比湿、湿潤層の厚さに関係する説明変数や可降水量と850hPa風速、上昇流に関係する説明変数の寄与が支配的となっている。これらの説明変数は通常時も台風時も使われており、通常時に最適化された係数が台風時に利用されることが多く、適切な補正が困難である。そのため、短期的にはモデル降水量に比べて寄与が大きい説明変数への対応するなどの降水ガイダンスの改良に向けた技術開発を進めていく必要がある。中長期的には説明変数そのものを抜本的に見直す必要も出てくる可能性もある。また、統合型ガイダンス(2.6節を参照)を活用する方法も考えられる。さらに、プロダクト利用者に対して、現行の降水量ガイダンスの特性や検証を解説し、利用上の留意点について注意喚起する必要がある(1.8節を参照)。



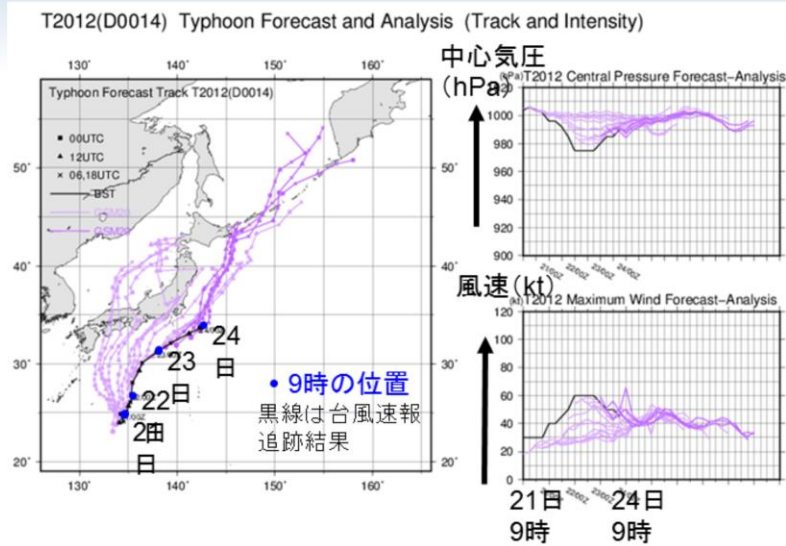
第3章 事例解析編

3.2.2 台風第12号

台風第12号は、9月21日12時に日本の南で発生し、その後北上し、23日に伊豆諸島の南を通過し、9月24日15時に関東の東で温帯低気圧に変わった。

この台風は、発生当初から西日本に上陸して、日本海へ進む予測となる等、予測誤差が大きかった。本節では、台風の進路予測の数値予報結果を確認するとともに、予測誤差の考えられる要因に関して述べる。なお、速報としてまとめたものであるため、今後の調査により、考えられる要因が変わる可能性があることに留意願いたい。

全球モデルGSMによる台風第12号の予測



当初、GSMは台風を北上させて、日本に上陸し、日本海に進む予測。
実況との誤差が大きかった。

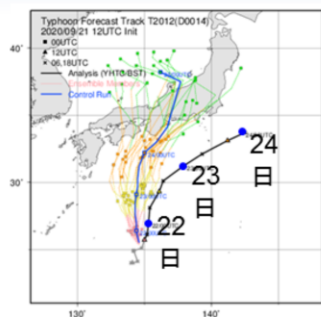
台風第12号のGSMモデルの全予測結果(薄紫線)を示す。黒線は台風速報追跡結果である。台風発生初期のGSMは、台風を北上させて、日本に上陸し、日本海に進む予測で、実況との誤差が大きかった。

全球アンサンブル予報システムによる 台風第12号の進路予測

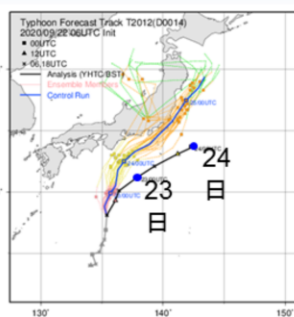
9/21 21時 初期値

9/22 15時 初期値

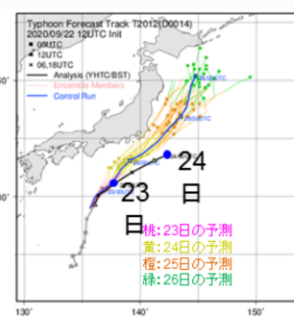
9/22 21時 初期値



桃: 22日の予測
黄: 23日の予測
橙: 24日の予測
緑: 25日の予測
水色: 26日の予測



桃: 23日の予測
黄: 24日の予測
橙: 25日の予測
緑: 26日の予測



桃: 23日の予測
黄: 24日の予測
橙: 25日の予測
緑: 26日の予測

● 9時の位置

図中の黒線: 台風速報追跡結果

図中の青線: コントロールラン

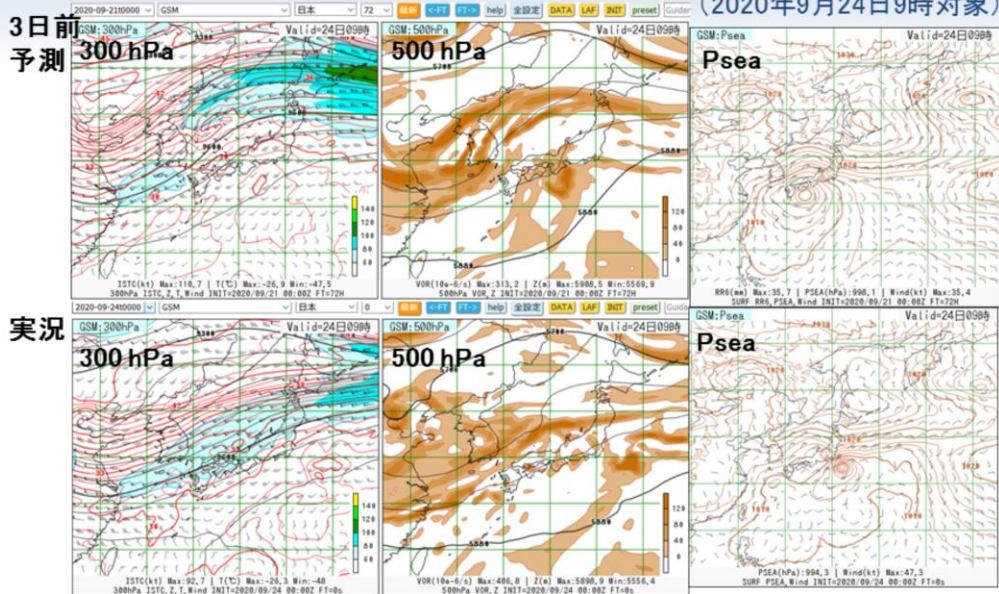
9/21 21時～9/22 9時初期値では多数のメンバーで台風が日本に上陸し、日本海に進む予測であった。その後、9/22 21時初期値では全メンバーで台風が日本の南を進む予測に変わった。

全球アンサンブル予報システム(GEPS)による台風第12号の進路予測(9月21日21時～9月22日21時)の結果を示す。GSMだけではなく、GEPSにおいても台風発生初期は多数のメンバーで台風が日本に上陸し、日本海に進む予測であった。その後、9月21日21時初期値では全メンバーで台風が日本の南を進む予測に変わった。

日本の南を進む予測に変わった考えられる要因

全球モデル(GSM)による上空の気圧の谷と尾根を含む偏西風の予測

(2020年9月24日9時対象)



台風第12号が日本に上陸し、日本海に進む予測から日本の南を進む予測に変わった考えられる要因について述べる。台風が関東の南東海上にある2020年9月24日9時を対象として、3日前(9月21日9時)初期値の予測(上段)と実況(下段)の比較を行った。左図が300hPaの等風速線(塗りつぶし:60kt以上が薄水色、80kt以上が水色)、高度(黒線)、気温(°C:赤線)および風(kt:矢羽根)、中央図が500hPaの高度(黒線)や相対渦度(10e-6/s)、右図が地上の海面更正気圧(hPa)、風(kt:矢羽根)を示す。

3日前のGSM予測では、300hPaでは等風速線60ktを目安に偏西風帯が南北に蛇行、500hPaでは東シナ海でトラフ、本州から日本の南東海上でリッジが明瞭である。そのため、太平洋高気圧が西への張り出しが強く、台風は北上し、日本に近づく予測となったと考えられる。

実況では、300hPaでは偏西風帯は大きく蛇行せず、500hPaでは東シナ海のトラフ、本州から日本の南東海上にかけてのリッジが弱くやや不明瞭である。そのため、太平洋高気圧の西への張り出しは弱くなり、台風は西南西の風の場合(予測よりも強風)に流されて、日本の南を東北東へ進んだ。

このため、台風第12号は、西南西の風の場合に流され、日本の南を東北東へ進んだため、予測誤差が大きくなったと考えられる。

まとめ

- 2020年台風第12号の数値予報の予測結果について、実況との誤差が大きかったため、進路予測誤差に着目して2020年9月24日9時を対象として確認した
- 全球モデル(GSM)による3日前の予測では、500 hPaで太平洋高気圧が日本の南で西に張り出す予測となり、大陸から上空の気圧の谷が南下し、偏西風が蛇行する予測であった
- 実況では、太平洋高気圧の西への張り出しは弱く、大陸からの気圧の谷は浅く、偏西風は蛇行せず、上層は、西南西の風の場となった
- このため、台風第12号は、西南西の風の場に流され、日本の南を東北東へ進んだため、予測誤差が大きくなったと考えられる

2020年台風第12号の数値予報の予測結果について、上記のとおり、まとめた。

実況との誤差が大きかった考えられる要因は、偏西風の蛇行の有無の予測精度の差にあるものと思われる。



第3章 事例解析編

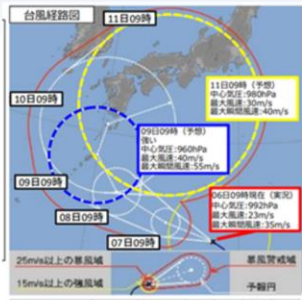
3.2.3 台風第14号

台風第14号は、10月5日9時に日本の南で発生し、その後、10月5日～7日にかけて、発達しながら北西進し、8日に奄美大島の東海上に達し、北向きに進路を変え、9日に中心気圧965hPa、中心付近の最大風速35m/sの強い勢力で四国沖に達した。その後、東寄りに進路を変え、日本の南を東進し、勢力を弱めながら10日夜～11日朝にかけて八丈島の南を東進した。その後、南下し、10月12日9時に小笠原近海で熱帯低気圧に変わった。

この台風の接近に伴い、伊豆諸島では大雨となり、降り始めからの降水量(10月6日3時～10月11日6時)が、八丈島西見で707.5mm、三宅坪田で599.0mmとなり、平年10月の1か月分の1.5倍を超える記録的大雨となった。また、三宅坪田では24, 48, 72時間、八丈島では、48, 72時間降水量で観測史上最大の降水量となった。10月10日17時から10月11日0時にかけて、東京都三宅村と御蔵島村に大雨特別警報を発表した。

この台風は、発生直後及び、転向後の進路予測の誤差が大きかった。本節では、台風の進路予測の数値予報結果を確認するとともに、予測誤差の考えられる要因に関して述べる。なお、速報としてまとめたものであるため、今後の調査により、考えられる要因が変わる可能性があることに留意願いたい。

台風第14号の発表予報



10月6日9時

台風の発生当初から予報円が大きい予報となっていた。



10月8日9時

台風の進路予測は、内回りのコースに変わり、本州に接近するタイミングが早まった。



10月10日4時

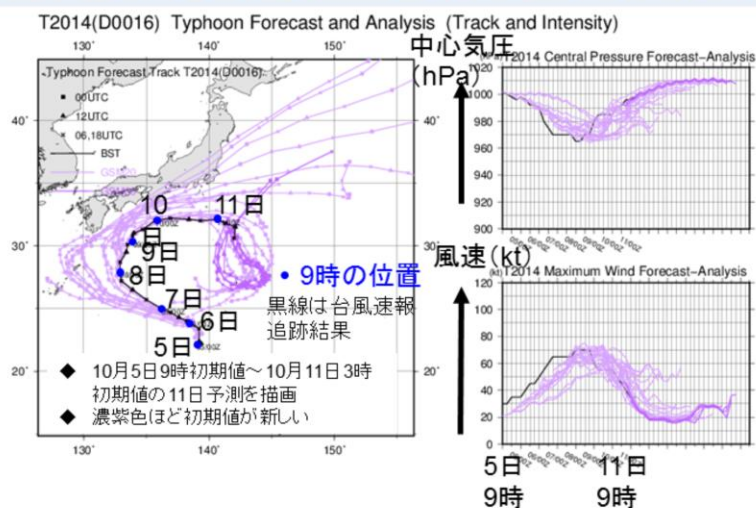
進路予測は、南寄りになった。

台風第14号の発表予報について、発生当初の2020年10月6日9時初期値、転向中の10月8日9時、転向後の10月10日4時の予報図を左から順に並べた。台風の発生当初から予報円が大きい予報であることが特徴的であった。転向中では、最新の予測ほど、東寄りの内回りのコースに変わり、本州に接近するタイミングが早まる変化があった。転向後は、東進後、南寄りに予測するように変化した。

全球モデル(GSM)および全球アンサンブル予報システム(GEPS)による 台風第14号の進路予測について

全球モデル(GSM)および全球アンサンブル予報システム(GEPS)による台風第14号の進路予測について、確認する。

GSMの全台風予測位置(紫線)と台風解析位置(黒線) および強度(中心気圧(右上図)、風速(ノット(右下図)))

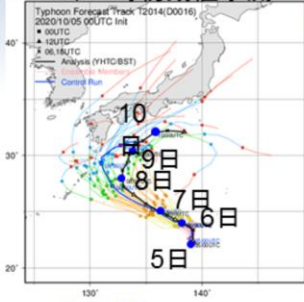


- ・ 発生当初から西北西進して南西諸島へ向かう予測だったが、実況は北西進。
- ・ 転向後は、北東進する予測だったが、実況はほぼ東進した。

GSMの全台風第14号の予測位置(紫線)と台風解析位置(黒線)および強度(中心気圧(右上図)、風速(ノット(右下図)))を示す。予測位置については、2020年10月5日9時初期値から10月11日3時初期値の11日予測が描画されている。濃紫色ほど初期値が新しい。発生当初から西北西進して南西諸島へ向かう予測だったが、実況は北西進した。転向後は、北東進する予測だったが、実況はほぼ東進したため、予測誤差が大きくなった。

全球アンサンブル予報システムによる進路予測

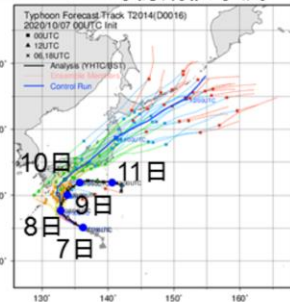
5日9時初期値予測



黄: 6日の予測
 橙: 7日の予測
 緑: 8日の予測
 水色: 9日の予測
 赤: 10日の予測

発生予測当初からGSMと同様に西北西進するメンバーと北西して四国の南海上を北上するメンバーに分かれていた。実況は後者となったが、アンサンブル予測では実況を捕捉できていた。

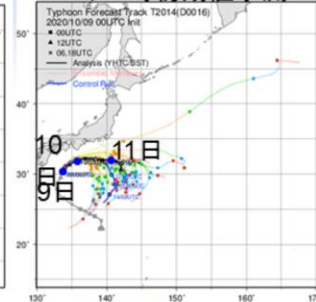
7日9時初期値予測



黄: 8日の予測
 橙: 9日の予測
 緑: 10日の予測
 水色: 11日の予測
 赤: 12日の予測

9日に西日本に接近、10日に紀伊半島に上陸しない本州南岸を東北東進する予測等、上陸する予測は継続し、ばらつきが大きかった。

9日9時初期値予測



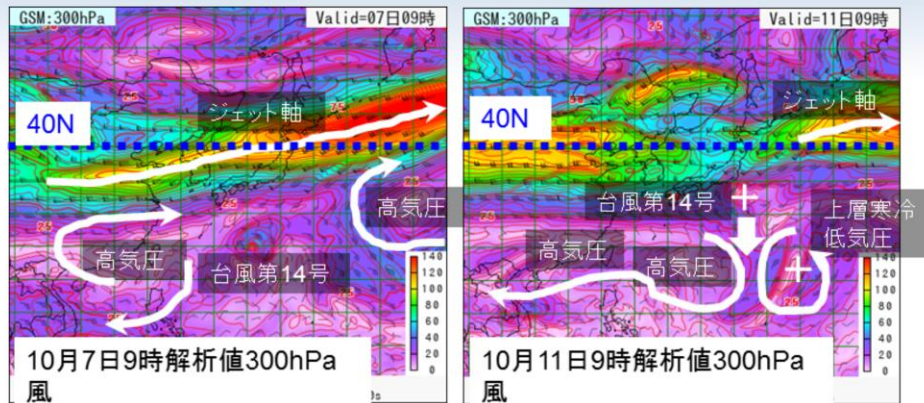
黄: 10日の予測
 橙: 11日の予測
 緑: 12日の予測
 水色: 13日の予測
 赤: 14日の予測

10日は本州の南海上を東進、その後南東進する予測へ変化した。

図中の黒線: 台風速報追跡結果
 図中の青線: コントロールラン

全球アンサンブル予報システム(GEPS)による進路予測結果の内、特徴的なものを示す。発生予測当初(10月5日9時初期値予測)では、GSMと同様に西北西進するメンバーと北西して四国の南海上を北上するメンバーに分かれていた。実況は後者となったが、アンサンブル予測では実況を捕捉できていた。10月7日9時初期値予測では、9日に西日本に接近、10日に紀伊半島に上陸しない本州南岸を東北東進する予測等、上陸する予測は継続し、ばらつきが大きかった。10月9日9時初期値予測では、10日は本州の南海上を東進、その後南東進する予測へ変化した。

台風の進路の不確実性が大きかった考えられる要因(背景)



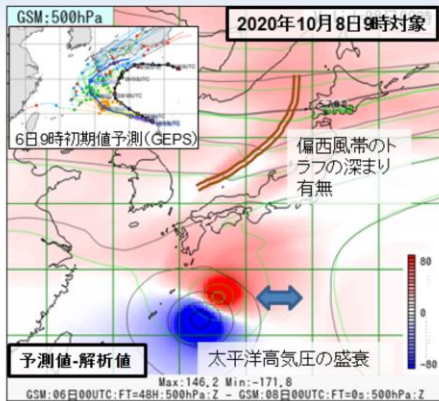
- ・日本の南海上の海域の2つの高気圧の間に台風第14号が発生したため、台風を流す風が弱かった。
- ・転向後も上層のジェット軸が北緯40°線から南下せず、台風はゆっくり東進した。
- ・八丈島の南東海上へ進んだ後は、小笠原近海に進んできた上層寒冷低気圧との相互作用やオホーツク海高気圧の南への張り出しにより、南進した。

台風の進路の不確実性が大きかった考えられる要因の背景について、述べる。図は、台風発生直後の10月7日9時(左図)および台風が衰弱する10月11日9時(右図)の300hPa風の解析図を示す。強風軸の目安とする60kt以上の等風速領域が水色系統で塗りつぶされている。

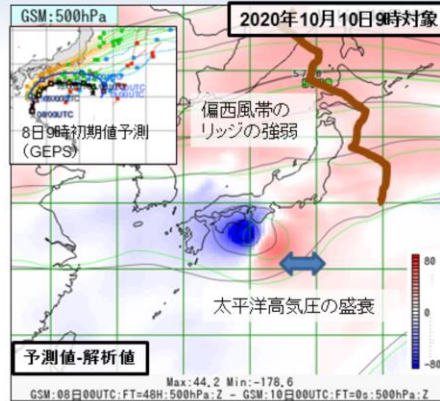
左図から日本の南海上の海域の2つの高気圧の間に台風第14号が発生したため、台風を流す風が弱く、不確実性が大きかった。両図から転向後も上層のジェット軸が北緯40°線から南下せず、台風はゆっくり東進したことも不確実性の要因となった。八丈島の南東海上へ進んだ後は、小笠原近海に進んできた上層寒冷低気圧との相互作用やオホーツク海高気圧の南への張り出しにより、南進した(左図)。

台風の進路の不確実性が大きかった考えられる要因(詳細)

(500hPa高度解析値(緑線)との比較:6日9時初期値予測(左図)と8日9時初期値予測(右図))



予測では、解析に比べて偏西風帯のトラフが浅く、太平洋高気圧の西への張り出しが強かったため、南西諸島方面へ西進した。



予測では、解析に比べて偏西風帯のリッジおよび太平洋高気圧の西への張り出しが強かったため、紀伊半島方面へ北東進した。

次に、台風の進路の不確実性が大きかった考えられる要因の詳細について、述べる。台風第14号の北上する場面(左図)と転向後の場面(右図)において、予測誤差が大きかった。左図は、2020年10月8日9時を対象とした500hPa高度場の6日9時初期値の48時間予測(黒線)と8日9時解析値(緑線)の差を塗りつぶし(赤いほど予測値の高度場が高い)として示す。左図内の左上図は、10月6日9時初期値予測のGEPSの結果を掲載している。右図は2020年10月10日9時を対象とした500hPa高度場の8日9時初期値の48時間予測(黒線)と10日9時解析値(緑線)の差を塗りつぶし(赤いほど予測値の高度場が高い)として示す。右図内の左上図は、10月8日9時初期値予測のGEPSの結果を掲載している。

台風の北上予測では、解析に比べて偏西風帯のトラフが浅く、太平洋高気圧の西への張り出しが強かったため、南西諸島方面へ西進した。

台風の転向後の予測では、解析に比べて偏西風帯のリッジおよび太平洋高気圧の西への張り出しが強かったため、紀伊半島方面へ北東進した。

結果として、どちらも不確実性が大きくなり、予測誤差が大きくなったと考えられる。

まとめ

- 台風の発生直後及び、転向後の進路予測の誤差が大きかった
 - 背景
 - 台風第14号が発生した日本の南海上の海域では、台風を流す風が弱かった
 - 転向後も上層のジェット軸が北緯40°線から南下しなかった
 - 発生直後
 - 台風発生直後の進路予測の誤差が大きく、アンサンブル予報では、南西諸島方面や四国沖方面に達するものなど予測の幅が大きかったと考えられる要因
 - 偏西風帯のトラフの深まりの違い
 - 太平洋高気圧の盛衰の差
 - 転向後
 - 台風の進路が上陸の予測から南寄りに変化したと考えられる要因
 - 東日本のリッジ場の強弱
 - 太平洋高気圧の盛衰の差
 - 南進について
 - 小笠原近海に進んできた上層寒冷低気圧との相互作用とオホーツク海高気圧の南への張り出し

台風第14号の進路予測の数値予報結果および予測誤差の考えられる要因について、上記のとおり、まとめた。

参考文献

- 気象庁 2020a: 台風第10号に早めの備えを！(9月2日), 報道発表資料,
<http://www.jma.go.jp/jma/press/2009/02a/kaisetsu202009021100.pdf>.
- 気象庁 2020b: 台風第10号の今後の見通しについて, 報道発表資料,
<http://www.jma.go.jp/jma/press/2009/06a/kaisetsu202009060930.pdf>.
- 吉崎正憲,加藤輝之, 2007: 豪雨・豪雪の気象学. 応用気象学シリーズ4. 朝倉書店, 187pp.