2023 年の 3 つの台風に関する予報の不確実性および災害ポテンシャルについての考察

中條　壮大 1)

1) 大阪公立大学　大学院工学研究科　e-mail: nakajo@omu.ac.jp

2023 年に発生した 3 つの台風は日本に直接的な被害だけでなく物流の麻痺や計画運休など社会システムへの多大な影響をもたらした特徴的な台風であった．本稿ではそれらの特徴を整理するとともに，台風情報に示された台風特性の予報値，解析雨量と降水短期予報のデータから，台風経路，中心気圧，最大風速，進行速度，降水量の視点で不確実性の事後検証を行い，事前対策上の課題と起こり得た災害のポテンシャルについて考察を行った．

Key words：台風，予報，不確実性，降水短期予報

１．はじめに

台風災害は事前の予報結果が不確実性の幅とともに周知され，それらを踏まえた事前の減災行動が求められる．しかし，その減災行動へのフィードバックとして，予報の不確実性や起こり得た災害の可能性（災害ポテンシャル）については，事後にその検証が十分になされていない．2023 年 6 月初旬には梅雨前線に台風 2 号の影響で温かく湿った空気が供給されたことによって，広範囲に線状降水帯による豪雨がもたらされた．8 月初旬には台風 6 号が沖縄付近に停滞し，東西方向に折り返すような経路を辿ったことにより長期間の孤立を生じさせた．また，その後の台風 7 号は 8 月中旬のお盆シーズンに関西地方を通過し，東海道新幹線を始めとする交通機関が計画運休となり，その後の復旧も含めて帰省の大動脈が麻痺することとなった．その後も立て続けに台風が日本近傍を通過しており，改めて台風災害の連続性を認識させることとなった．

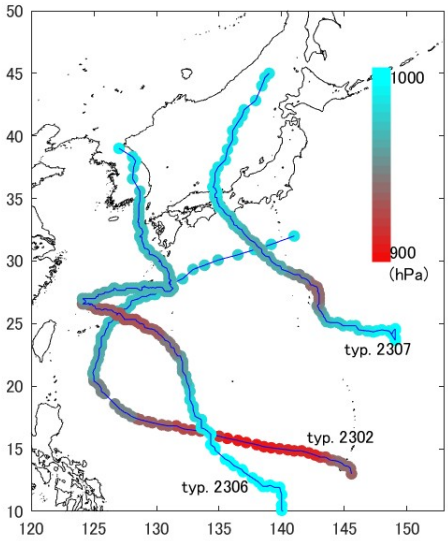


図 1 2023 年 3 台風の経路と中心気圧

本稿では特に 2023 年の特徴的な 3 台風である，台風 2 号，6 号，7 号の予報とその不確実性を事後評価し，起こり得た災害特性について台風因子の観点から取りまとめ，今後の事前減災行動の一助とすることを目的とする．

２．3 台風の概要

図 1 に各台風の経路と中心気圧の変化を示す．ここで示すのは実況値として気象庁の「台風情報」に当時公開された情報を自動収集した結果である．気象庁は事後の再解析結果から確定値としてのベストトラックデータを公開するが，2023 年 8 月 31 日現在ではまだこれらの 3 台風のベストトラックは公開されていない．

台風 2 号は 2023/5/20 にグアム近海で台風となり，最発達時の中心気圧は 905 hPa，最大風速 60 m/s となるスーパー台風であった．勢力を弱めながら北西に進み，その後フィリピンのルソン島沖で北東に進路を変えて沖縄島上空を 975 hPa 程度の勢力で通過した．5/29 頃より西日本に停滞していた梅雨前線に接近すると，前線に平行して東進し，前線に暖かく湿った空気を洋上から供給し，6/2 には四国，近畿，東海地方の広い範囲にわたって豪雨をも

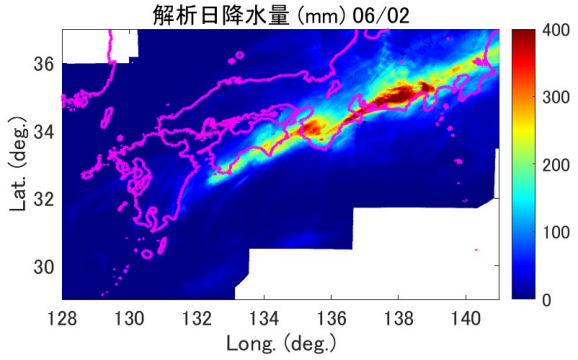


図 2 2023/6/2（台風 2 号）の日降水量（解析雨量）

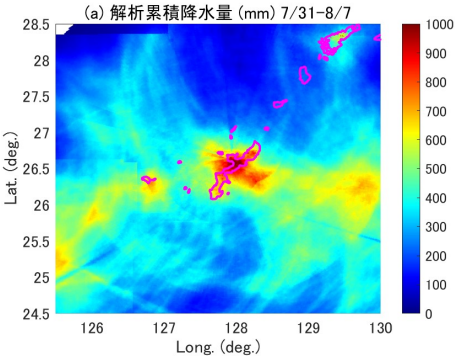


図 3 台風 6 号による累積降水量（解析雨量）

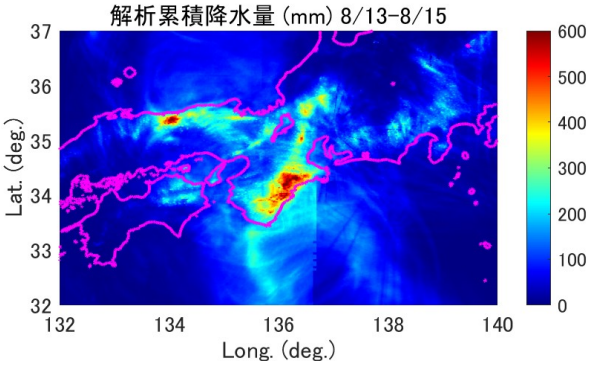
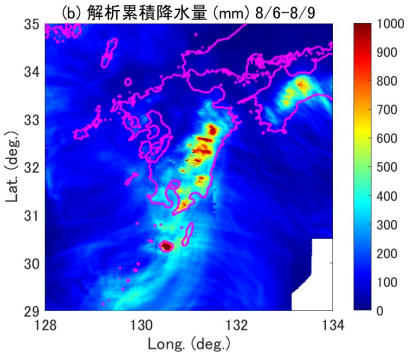


図 4 台風 7 号による 8/13-8/15 の累積降水量（解析雨量）



たらした [1]. **図 2** は 6/2 の日降水量（解析雨量）の分布であり，帯状の降水帯の存在が確認できる．日降水量が 400 mm を超えた地点も愛知県，静岡県に多く存在しており，観測 1 位の記録を更新した地点も多い（例えば伊良湖 444 mm，天竜 427 mm，御殿場 418 mm）．関西でも和歌山県湯浅町で観測値は 385 mm と記録を更新している [1].

台風 6 号はフィリピンの東で 7/28 に台風となり，北上とともに発達し，沖縄接近時に最発達し 7/31 に中心気圧は 930 hPa まで低下した．この後，台風 6 号は西進するものの，太平洋高気圧により北上を阻止されて停滞し，最終的に 8/4 には東に進路を変えた後に奄美大島東沖で北上し，九州西岸を通過した．気圧配置の影響で，いわゆる迷走台風となることで強風と豪雨の時間が長期化し，停電や断水も長期化し，港湾と空港の機能は停止し，物資が枯渇する事態となった [2]．停電は県内の 1/3 の世帯で生じていたとされる．**図 3** (a)は沖縄周辺における 7/31 から 8/7 にかけての累積降水量を示したものであり，沖縄島周辺に帯状の降水帯が高頻度に存在していたことがわかる．名護市付近では 8 日間の降水量が 1000 mm 近くにも達している（名護の観測値では 730 mm 超）．沖縄島北部山間地の地形性降雨の影響もあると思われるが，8/1 深夜に台風の北東側の降水帯が，8/6 未明には通過後の南西側の降水帯が重なったことが主な原因と考えられる．8/5 には継続的な大雨による出水と満潮が重なり，満名川が氾濫した．沖縄島北側を東進する台風がもたらす西風により，河口の渡久地港では吹き寄せが生じていた影響も推測される．離れた那覇では南方を通過時の 8/2 未明に 0.5 m，8/5 は 0.2 m の潮位偏差が記録されている．**図 3** (b)は九州周辺における 8/6 から 8/9 にかけての累積降水量を示しており，九州の南東から北西方向に抜ける経路であったことから，宮崎県の山地の東側や屋久島を中心に主要な降水が発生し，4 日間の降水量が 1000 mm 近くに達した地点もある（観測値では神門で 730 mm，屋久島で 660 mm）．四国山地を中心に高知県でも累積降水量は多くなっている（観測値では本川で 430 mm）．鹿児島，枕崎，長崎など九州西岸では 0.5 m 程度の潮位偏差が生じた．

台風 7 号は 8/9 に南鳥島付近で発生し，小笠原諸島近海で 940 hPa となった．その後に勢力を弱めながら北西にゆっくりと進み，8/15 に和歌山県潮岬付近に上陸し，日本列島を日本海側に横断した．経路としては過去に類似の事例もあるが，接近時がお盆の帰省時期と一致していたことで混乱を招いた．移動速度が遅かったことから雨の影響が大きく，日本海側の鳥取において大雨特別警報が発表された．**図 4** は関西を中心とした 8/13 から 8/15 にかけての 3 日間の累積降水量（解析雨量）の分布であり，三重県全域と岐阜県西部を中心に主要な降水が発生している

（観測値では粥見 350 mm，紀伊長島 360 mm）．また鳥取付近でも累計 500 mm 近い降水量が認められ（観測値では鳥取で 225 mm），日降水量では 2018 年 7 月豪雨を超える記録となった．

３．台風経路の予報誤差

気象庁がリアルタイムに「台風情報」で当時公開した予報のテキスト情報を自動収集して分析を行った．**図 5** には各台風の実際の経路（当時の実況値）を灰色太線で，各時刻の予報経路を寒色から暖色の細線で，各時刻の予報円を重ねてハッチングしたものを薄墨色で示している．台風 2 号については，概ね予報とよく似た経路を辿っており，実際の経路も予報円範囲の中心付近を通過している．ただし北緯 20 度付近の転向点付近では，予報よりも 100-200 km ほど東側を通過した．また，その後の台風は太平洋岸よりもだいぶ南を通過しているが，その経路は予報よりもやや北にシフトしている．

台風 6 号は予報進路が大きく変化した台風である．沖縄付近の迷走区間だけではなく，北緯 25 度より南の海域においても台風の経路は予報よりも 200 km 程度は西に寄っており，予報円領域の西端付近に位置している．また災害を大きくした沖縄島付近を通過した後の東進であるが，予報ではそのまま中国の浙江省に上陸することになっていたが，途中で反転することになった様子がわかる．また，奄美大島東沖でさらに転向し北西に進む際にも，予報では宮崎・鹿児島に上陸することになっていたが，実際は 200 km ほど西寄りの，予報円の西端付近の経路を通り，上陸することは無かった．

台風 7 号についても，予報よりも全体的に西側に寄った経路をとっている．発生初期は関東方面に，小笠原諸島付近で最も発達した頃には静岡方面に進行する予報であったが，北上するにつれて徐々に西側へ経路がずれ，最終的に和歌山潮岬付近を通る経路となった．大阪湾にとっては幸いにも暴風域が紀伊水道や大阪湾上に重なる時間が短かったことから，高潮の影響はそれほど大きくなかった．とはいえ 8/15 の昼頃に大阪湾奥や神戸で 0.6 m，洲本や淡輪で 0.5 m ほどの潮位偏差が生じた．和歌山県東岸の浦神では 0.8 m と相対的に高くなっている．仮に台風経路がさらに西進し 2018 年 21 号台風のような経路となれば大阪湾奥の高潮は増大が予想される．

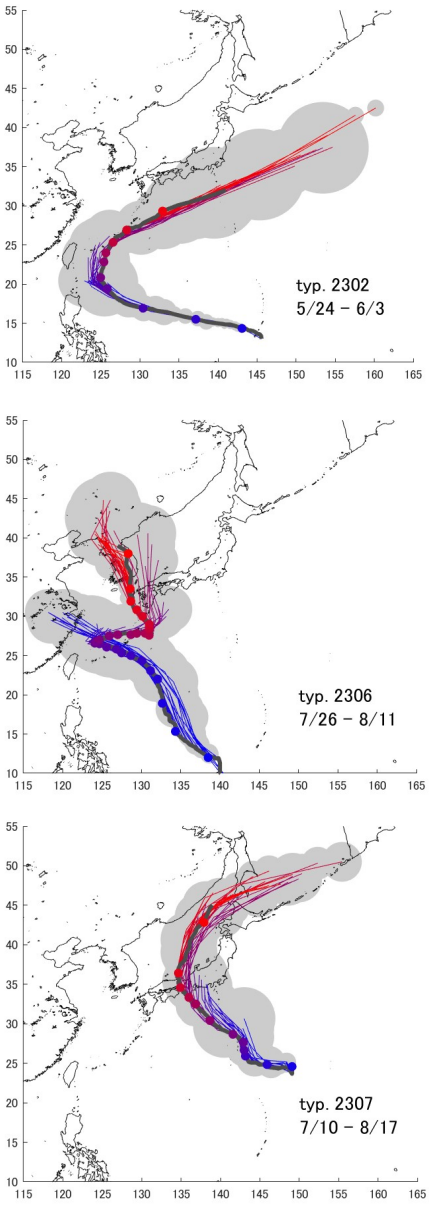


図 5 台風経路と予報値，予報円領域の比較

台風 6 号と 7 号については予報よりも西側の経路を辿る時間が見られたが，2015 年 7 号から 2020 年 10 号までの台風について分析した結果からは，日本の南の海域では 12 時間前や 24 時間前の予報値としては予報よりも東側を通るバイアス傾向が確認されており [3]，今回の 2 事例についてはその平均的な傾向とは異なる．

４．台風の中心気圧・最大風速および進行速度の予報誤差

台風の強さの指標である中心気圧と最大風速について，経路と同様に「台風情報」の結果から分析を行った．**図 6** には台風の中心気圧について，**図 7** には最大風速について実況値と予報値の比較を示す．また**図 8** には進行速度の比較を示す．いずれの図においても，横軸は緯度で台風の北上にともなう変化を示している．水色の太線が実況値で，細線が各予報値である．ここでは識別しやすくするために代表的な 10 時刻毎に寒色から暖色に変化させて示している（その間は薄墨色）．中心気圧と最大風速は基本的に負の相関関係にあり，中心気圧が低くなるほど風

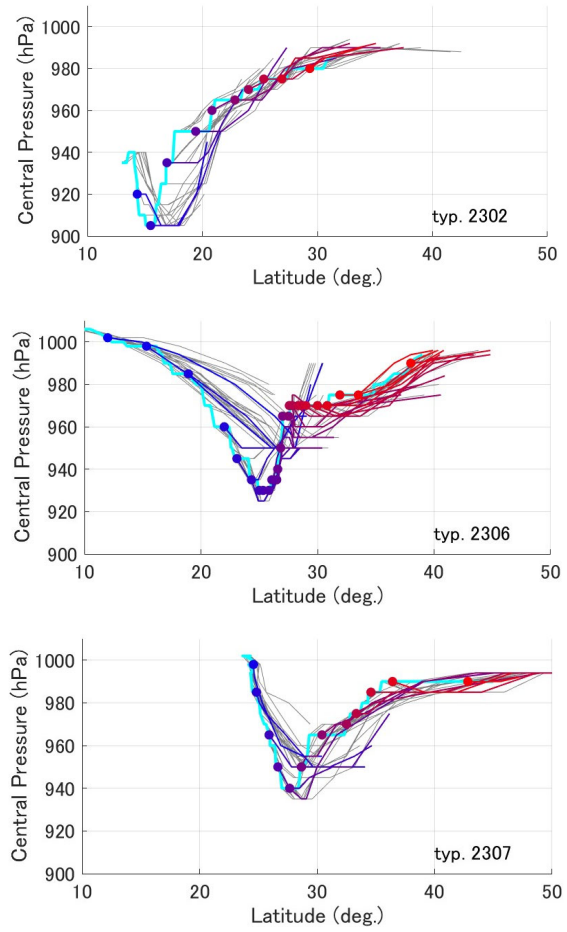


図 6 台風の中心気圧の変化と予報値の比較

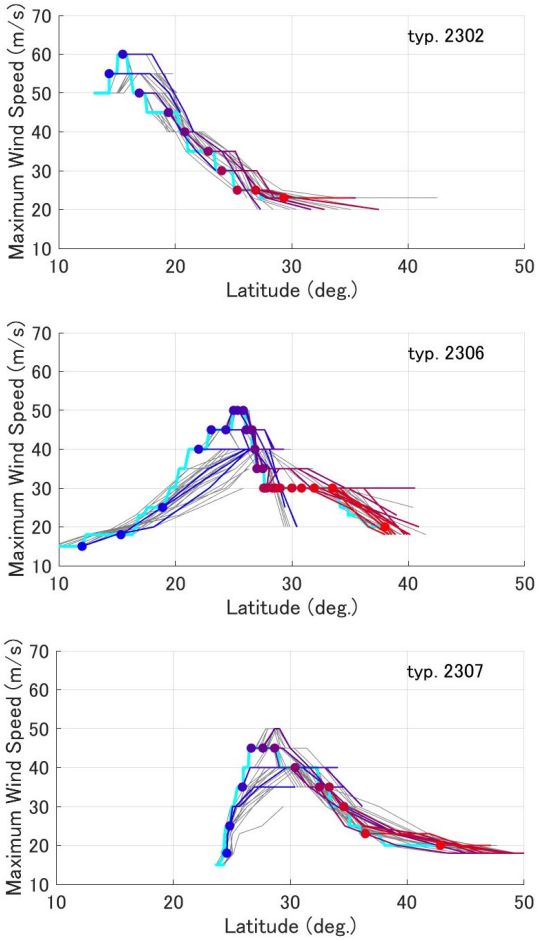


図 7 台風の最大風速の変化と予報値の比較

速は増加する．ただし，風速は台風の進行速度や構造によっても変化する．

台風 2 号は発生時から強い勢力であり，急激に発達しスーパー台風となった．最大風速は 60 m/s に達している．緯度 15 度を過ぎてからは減衰が早いが，6 月初旬は海水温が低いことによる．6/2 頃は平年と比べても北緯 25 度以南では海水温は低い状況であった．予報では低緯度での急発達とその後の早い減衰を表現できていない（発達時に過小評価，減衰時に過大評価）．しかし，最発達時の中心気圧は予報通りである．沖縄に接近する北緯 20-25 度では過大評価気味ではあるが約 10 hPa 程度の誤差で予報しており，既往知見から考えて平均的な精度である．最大風速については中心気圧の精度から推測される誤差の傾向があり，発生時の急発達および減衰の表現ができておらず，誤差は概ね 10 m/s 程度であった．進行速度についてはそれほど大きな誤差はないが 5 km/h 程度であり，北緯 20 度までの減衰期にはやや過大評価となっている．

台風 6 号は北緯 25 度付近の沖縄近傍で最発達となったが，この台風についても比較的展開は緩やかであったにも関わらず，北緯 20 度付近に来るまでは発達時を過小評価している．予報では台風 2 号と同程度の強さが見込まれたが，実際にはそれを上回る結果であった．8/1 頃の周辺海水温は十分に高く発達が見込まれる状況であったが，平年より特に高かったわけではない．**図 8** に見るように台風の移動速度が予報よりも遅かったことによって獲得エネルギーが見込みよりも増加した影響はあると考えられる．沖縄付近で停滞し，東進に転じた過程での予報は概ね精度が良いが，北上を始めた頃の減衰過程は過大評価となり，予報よりも早く減衰している．最大風速の予報誤差についても，中心気圧と概ね整合し，北緯 20 度付近に来るまでの予測では発達時の風速を 15 m/s 近く過小評価している．気象庁により風速 50 m/s 以上の風速階級は 2021 年に導入されたが，最発達時にはその条件に到達し，木造家屋の倒壊や鉄骨構造物の変形が始まる程度の風速であった．北進が停滞し，東にゆっくりと移動を始めた時には減衰を始めているために，沖縄島が経験した 2 回目の風は 30 m/s 近くまで弱まったが，依然として「猛烈な

風」に区分される危険な状況であった．その後，朝鮮半島付近（北緯 35 度）に達するまで最大風速は 30 m/s 程度を維持した．これには台風の進行速度や構造が影響した可能性がある．実際に**図 8** を見ると進行速度は 5 km/h の低速状態から 30 km/h まで増加している．

台風 7 号についても北緯 25 度付近の予報から台風の発達を過小評価している（最発達時について中心気圧で 15 hPa，最大風速で 10 m/s 程度）．また最発達時の勢力をやや過大に評価し，予報風速のピーク値は 50 m/s を示していたが，実際にはそこまで発達はしなかった．8/11 頃の海水温は小笠原諸島付近で若干平年値よりも高い（最大+1℃）傾向が見られたが，ほぼ平年並みであった．7 号についても発達期の進行速度はかなり低速で，北緯 30 度，東経 140 度付近に到達してから徐々に速度を上げた．潮岬（北緯 33.4 度）に上陸する時には 975 hPa まで減衰していたが，最発達時の小笠原諸島付近にある時の予報は 960 hPa 程度と過大評価をしていた．ただし風速については 5 m/s 程度の誤差と概ね予報通りであり，風速 30 m/s 超の猛烈な風をもたらした．

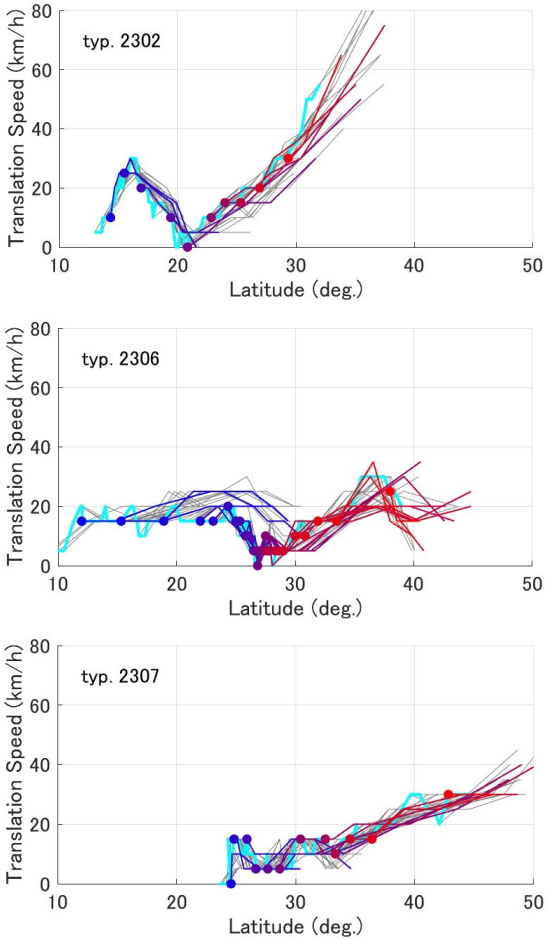


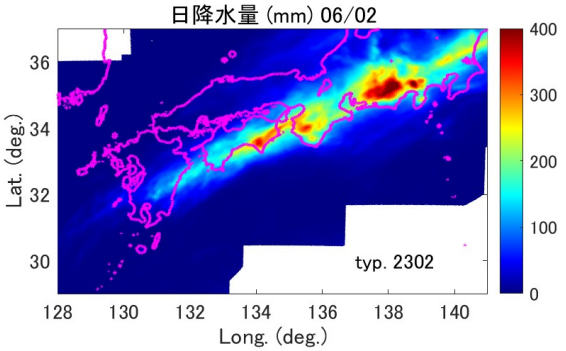
図 8 台風の進行速度の変化と予報値の比較

５．降水予報から見た予測の不確実性評価と災害ポテンシャル評価

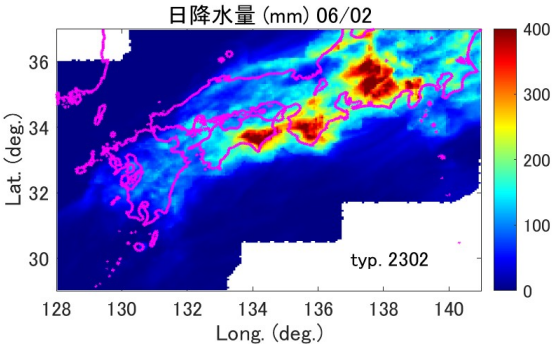
今回取り上げた台風事例はいずれも比較的低速で接近し災害をもたらした雨台風である．ここでは類似の台風災害に備えるために，降水量予報の変動幅の一部を，異なるリードタイムの予報結果から推定し，予測の不確実性と災害ポテンシャルを評価する．**図 9** に示すのは**図 2** から**図 4** で示したのと同じ期間の日降水量や累積降水量を，解析雨量ではなく短時間予報の結果を真値として算定したものであり，6 時間先予報値と 15 時間先予報値の結果である．15 時間先予報では数値モデルの予測結果の比重が大きくなっている．数値モデルには正規分布で生じる誤差だけでなく固有のバイアス（常に過大/過小に評価するなど）が存在する可能性はあるが，気象庁は過去の予測精度を考慮した上で修正した結果を提示していることから，ここではバイアスは存在しない（あるいは判別不可能である）と仮定して考察する． 6 時間先予報から算定した台風 2 号による 6/2 の日降水量は，概ね図 2 の降水帯と同じであるが，愛知，三重における降水を過小評価している．一方で 15 時間先予報の結果では降水帯の領域が広くなり，静岡の降水量が弱まる一方で四国南東部や紀伊半島，岐阜，長野での降水量が増えている．台風 6 号の場合，降水量の多い地点は類似しているが，6 時間先予報と 15 時間先予報はともに累積降水量が増えており，後者の方がその増大が顕著で，総降水量の観点からは，沖縄島や周辺諸島全てで名護の降雨と同程度の災害ポテンシャルがあると言える．ただし，災害は降り方によって変化するので，詳細な検討には時系列の予測結果を用いたアンサンブル評価が必要である．台風 7 号のケースでも降水分布に類似性はあり，15 時間先予報では降水量が増加し，分布域が広がる傾向は他と同じである．愛知，静岡など東海道の交通網と高降水域は重なっており，今回の計画運休の適切さを示すとともに，不確実性の中での行動制限の難しさも示唆している．特別警報が発表された鳥取における高降水域はいずれの場合も予見されている．

６．まとめ

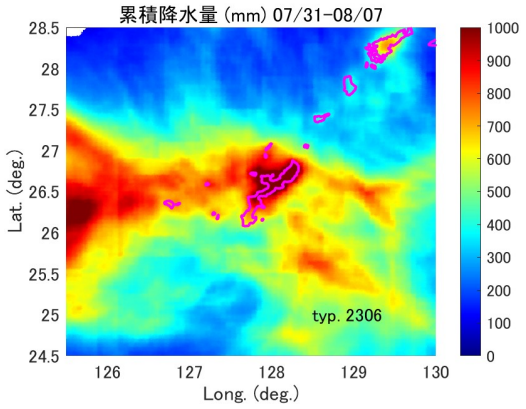
台風 6 号と 7 号は予報円の範囲内ではあるが予報よりも大きく西側に経路が寄った台風であった．特に 7 号は



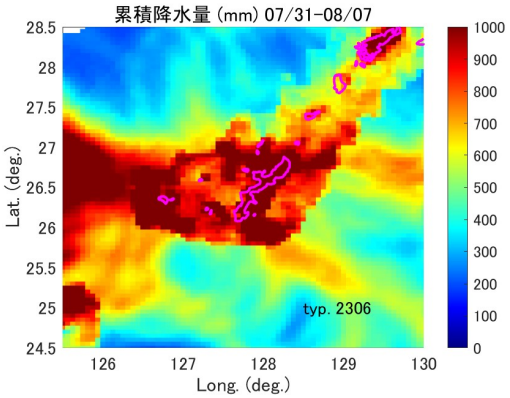
(a-1) 6/2 の日降水量（6 時間先予報）



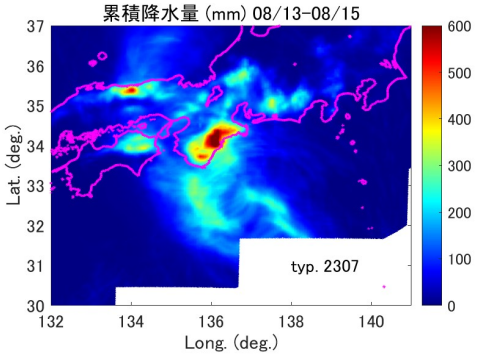
(a-2) 6/2 の日降水量（15 時間先予報）



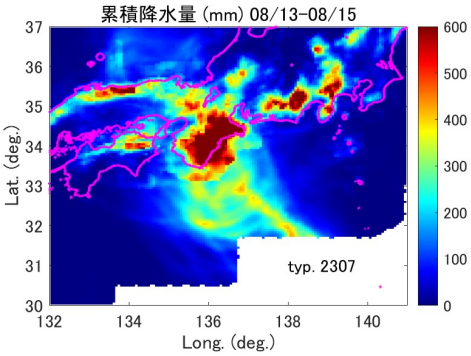
(b-1) 7/31-8/7 の累積降水量（6 時間先予報）



(b-2) 7/31-8/7 の累積降水量（15 時間先予報）



(c-1) 8/13-8/15 の累積降水量（6 時間先予報）



(c-2) 8/13-8/15 の累積降水量（15 時間先予報）

図 9 降水短時間予報値から推定した降雨シナリオ

上陸予測が西にずれ続けたことで事前行動の意思決定が難しかったと考えられる．3 つの台風で発達期の中心気圧を過小評価し，減衰期を過大評価する傾向にある．最大風速は進行速度等との関係から必ずしも中心気圧が弱まっても同じように減衰しない場合がある．短時間予報から求めた累積降水量との比較から 2 号の時には愛知，三重の降水の予見性は 6 時間先予報では低かったことがわかった．15 時間先予報では降水量の値は全般的に大きく，影響範囲は広がる傾向にある．降水予測も不確実性の幅は大きいが，こうした情報を起こり得た降水シナリオとして活用することで災害経験知を身につけて行く必要があると考える．

参考文献

1) 気象庁（2023）：梅雨前線及び台風第 2 号による大雨，災害をもたらした気象事例，21p.

2) NHK オンライン（2023）：台風 6 号が物流に影響 沖縄 先島諸島への物資到着は来週中頃か，2023/8/3 掲載，https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230803/k10014152161000.html, 2023/8/31 確認.

3) 中條壮大，安井慶人（2023）：近年の台風予報誤差の海域別統計的特性について，土論 No.17 特集号（海洋開発），印刷中.