

# 近年の幾つかの台風事例を用いた降水短時間予報誤差と その分布特性の比較

中條 壮大<sup>1)</sup>

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

豪雨災害の危険性は、その降水量や降り方（Hazard）のみならず、予報値の精度（Vulnerability）の影響も受ける。ここでは3つの顕著な降水をもたらした台風イベントを取り上げ、気象庁の降水短時間予報誤差とその分布特性の比較を行った。精度評価はモデル開発主体である気象庁においても長年実施されているが、防災情報活用においても信頼性幅の特徴を知ることにより、不確実性を考慮した防災訓練教材の開発に資すると考えている。評価に際しては気象庁の提示するスコア分析とともに、台風期間の累積予報誤差について分析を行った。

Key words：台風，降水短時間予報，降水予報誤差，令和元年東日本台風

## 1. はじめに

台風襲来時の降雨予測の精度は、外水・内水氾濫、斜面災害、ダムの異常洪水時防災操作、洪水と高潮の同時生起といった災害の予測や、防災警報、避難指示に代表されるような減災行動と密接に関係している。「逃げ遅れゼロ」を目指す社会変革においては、現状の予測の限界を踏まえたうえでの自主的な行動を促す必要があり、様々な立場の専門家が情報提供を行うと同時に、その予測の解釈を助ける工夫も一層必要とされている。例えば既往の防災訓練においても降水量の不確実性はほとんど考慮されていない。このため、実際にはどの程度の不確実性を見込んで安全側に行動すべきかということの目安が不透明な状況にある。

ここでは2019年および2020年に日本を襲来して豪雨災害をもたらした3つの台風事例を対象として気象庁からリアルタイムに配信される降水短時間予報データを対象に解析を行った。先行して2020年には高解像度降水ナウキャストに関する分析結果を報告している<sup>1)</sup>が、高解像度降水ナウキャストは1時間先までのごく短時間の予報であり、今回は実際の減災行動への活用する機会が多いと考えられる降水短時間予報データを対象とした。

## 2. 降水予報データ

降水短時間予報には6時間先までの予報と15時間先までの予報の2種類が存在し、その解析分解能が前者は1km、後者は5kmと異なる。今回は前者の高解像度な降水短時間予報の分析結果を示す。6時間先までの予報では10分間隔で気象庁により発表されるが、契約者に自動配信されるデータは30分間隔となる。

降水短時間予報の予報手法は、気象レーダーや雨量計の観測データから再構築された降水量分布を元に、解析雨量の時間変化から降水域の移動速度と降水の発達・減衰を推測したものである。ただし、予報時間が延びるほど降水域の変化が大きくなるので、いわゆる現業数値予報モデルによる数値予報結果も考慮しながらハイブリッドの予報結果が示されている。

降水短時間予報の平均的な精度については、気象庁のHPに示されている<sup>2)</sup>。その中で解析雨量と降水短時間予報の値の差は2010年頃と比較して改善しているものの、現段階でも比較的強い雨については概ね倍半分程度の差があるとまとめられている。しかし、台風による降雨の場合に限定した評価や1降雨イベント内の累積値としての精度評価は示されていない。

## 3. 解析対象とした台風・降水イベント

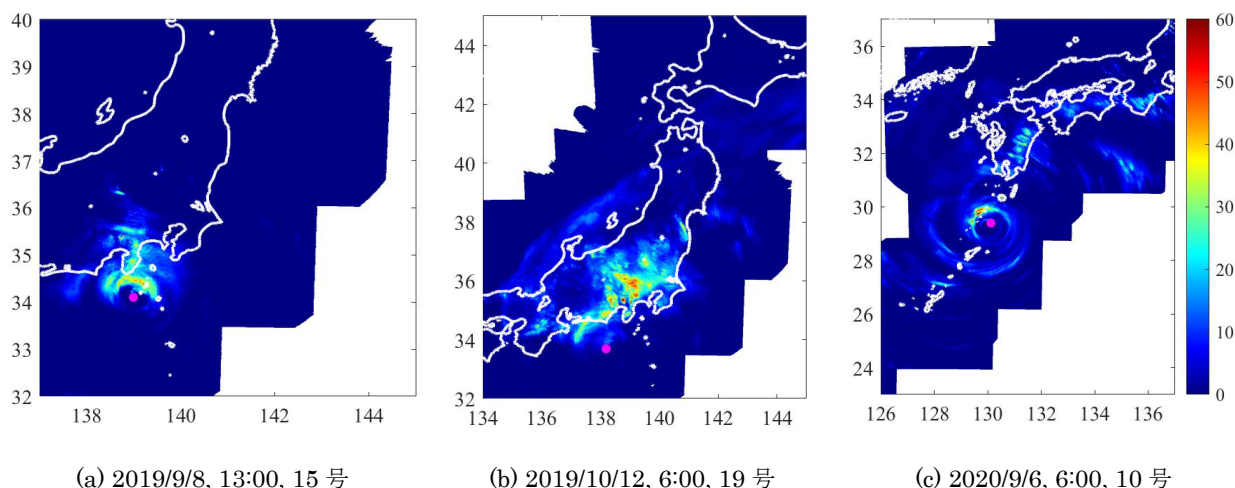


図1 各台風の代表時刻における解析雨量(mm/h)の分布

今回解析対象としたのは、気象庁 HP において「災害をもたらした気象事例」として記されている 2019 年台風 15 号, 19 号および 2020 年台風 10 号の 3 つである。

2019 年台風 15 号は令和元年房総半島台風と呼ばれ、千葉県を中心に記録的な暴風をもたらした「風台風」であるが、静岡県伊豆市では日降水量が 300mm を超えるなど大雨も記録している。台風が襲来する約 1 週間前から九州地方を中心に梅雨前線による記録的な大雨が続いていたが、今回はその期間は対象としていない。上陸時の中心気圧は約 960 hPa, 接近時の暴風域の半径は 110km と推定されている。

2019 年台風 19 号は令和元年東日本台風と呼ばれ、静岡県, 新潟県, 関東甲信地方, 東北地方の多数の地点で観測史上 1 位を記録した。経路は台風 15 号と似ているが、こちらは「雨台風」である。期間降水量が 10 月の平均降水量の数倍におよぶ地域が帯状に広範囲に広がり、神奈川県箱根町では日降水量が 1000mm に達した。上陸時の中心気圧は約 950 hPa, 接近時の暴風域の半径は 370km と推定されている。

2020 年台風 10 号は南西諸島および九州を中心に大雨をもたらし、宮崎県神門では期間降水量が 600mm 近くにもおよんだ。上陸時の中心気圧は約 950 hPa, 接近時の暴風域の半径は最大で 180km と推定されている。

いずれの台風も中心気圧の値ではほぼ同程度であるが、暴風半径がそれぞれ異なり、2019 年台風 15 号は風台風によく見られるように暴風半径は小さくスレンダーであり、2019 年台風 19 号は逆に暴風半径は大きく、影響範囲の広い台風であった。

#### 4. オリジナル資料の概要と予報誤差量の定義

図 1 に 3 つの台風の代表時刻における解析雨量の分布を示す。図中で+印は当時の台風中心位置を示している。2019 年台風 15 号は暴風域の大きさに対応して降雨の影響範囲も比較的狭いが、2019 年台風 19 号は広範囲におよんでいる。また 2020 年台風 10 号は台風の周りを取り巻く帯状の降水帯が明瞭に現れている。このように、比較した 3 事例においても降水量分布には構造上の違いが比較的明瞭に存在する。特に 2019 年台風 19 号は気象庁のレポート<sup>3)</sup>によれば、台風が温帯低気圧へと構造を変える際に、本州周辺の比較的冷温な空気と海洋から供給される暖かく湿った空気の衝突による前線の形成が広範囲の大雨の主要因とされている。

次に図 2 に代表的なリードタイム (1 時間, 6 時間) の予報誤差を示す。ここでは解析雨量  $P_a$  を真値とし、その解析雨量の現れる時刻を予報する各リードタイムの予報値  $P_{p1h}$ ,  $P_{p6h}$  との差を用いて以下のように予報誤差  $E_{pnh}$  を定義した。

$$E_{pnh}(x, y, t) = P_{pnh}(x, y, t) - P_a(x, y, t) \quad (1)$$

ここで下添え字  $n$  はリードタイム時間(h)を表す。この定義により、 $E_{pnh}$  が正值を示す場合は過大評価を、

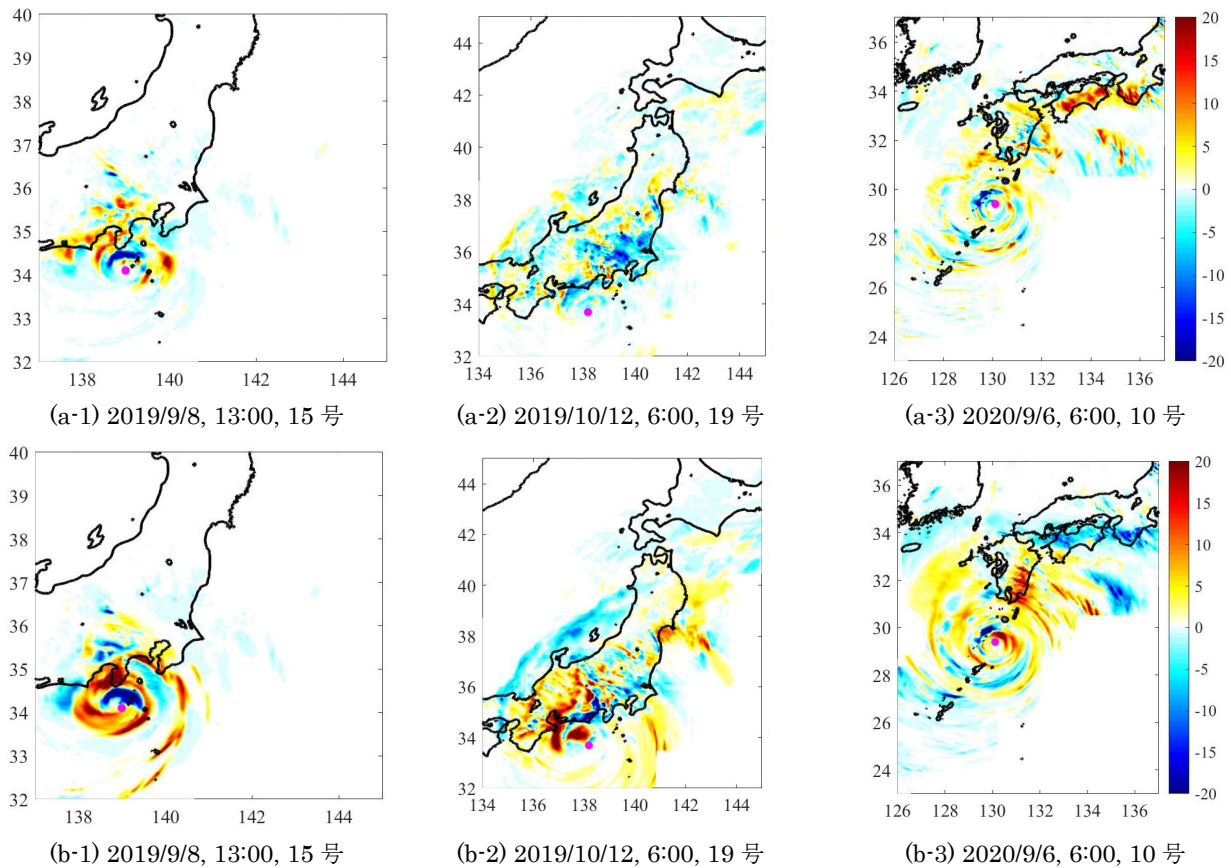


図2 各台風の代表時刻における予報誤差(mm/h)の分布 (a: リードタイム1時間, b: リードタイム6時間)

負値を示す場合は過小評価をしたことを表す。

図より、リードタイム間で比較すると予報誤差の分布パターンは概ね似ているが、リードタイムが長くなるほどに予報誤差の幅が大きくなるとともに、小スケールの対流構造による雨の予測には誤差が生じている。例えば2019年台風15号では、台風中心より南にある壁雲による降水や、台風中心より南東に少し離れたアウターバンドによる降水帯を $P_{p6h}$ で過大に評価している。図1によれば、それらに該当する顕著な降水帯は実際には存在していない。2019年台風19号においても6時間前予測では南東方向のアウターバンドの予測は過大に発生している。また、上陸直前のタイミングでは北側の壁雲領域と思われる静岡沿岸で過小評価が見られている。2020年台風10号もリードタイムが長くなるとアウターバンドがやや過大/過小な予測を示している。九州東岸や四国、和歌山といった地域では1時間前予測と6時間前予測では予測誤差の正負が変化している地域もある。

### 5. 累積降水量と累積予報誤差分布の特徴

予報誤差は毎時刻定義されるが、期間を通じた特徴について分析するために、1時間毎の予報誤差を積分し、累積予報誤差を求めた。図3にはリードタイム6時間における結果を台風経路とともに示している。2019年の台風15号と19号は似た経路を辿った台風であり、いずれも洋上では降水量を過大評価し、接近すると伊豆半島付近で過小評価している。15号の場合は房総半島でも過小評価しているが、19号の場合はそうではない。また関東平野から東北の仙台平野にかけて、奥羽山脈までの間で過小評価の領域が広がっている。2020年10号台風の場合は上陸せず九州西岸を通過したが、やはり洋上の台風経路付近では概ね過大評価であるが、少し離れた沖縄や九州山地の南側から宮崎平野にかけてと、四国山地の北側では過小評価である。また台風経路上近くでも屋久島付近では過小評価となっている。ここでは掲載を省略するが、リードタイム1時間の場合には、2019年台風15号では絶対値は異なるものの類似した分布であったのに対して、他の2事例では分布傾向の差が大きくなっていた。

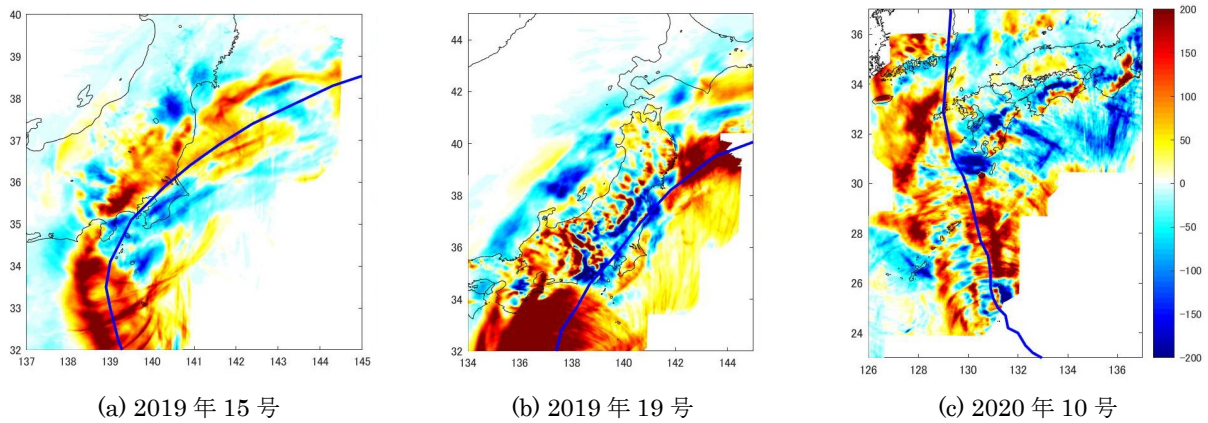


図3 累積予報誤差 $\Delta Q$  (mm)の分布 (リードタイム 6 時間)

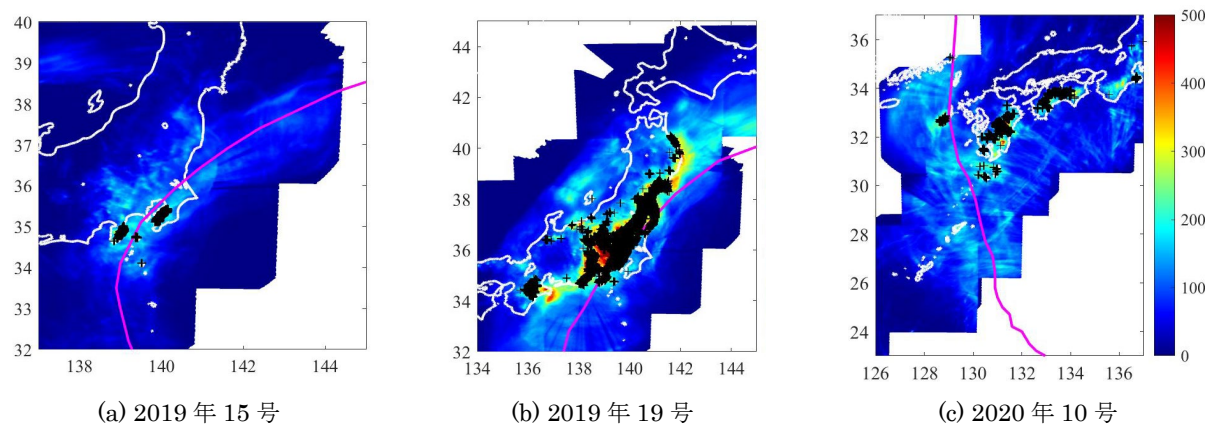


図4 累積降水量  $Q$  (mm)の分布と累積予報誤差比 $\Delta Q/Q$ が  $-0.1$  を下回った地点

高解像度ナウキャストを用いた既往研究<sup>3)</sup>においては、累積雨量が増加するほど累積予報誤差は過小評価に偏る傾向が見られていた。今回も同様に累積雨量との関係を調べたところ、データのばらつきは降水短時間予報の方が大きくなっていて、累積雨量が比較的少ないときには過大評価の傾向が、多い時にはやや過小評価となるという類似した傾向が見られた。図3では各地点の降水量との関係によらない単純な予報誤差を示したが、総降水量に対してどの程度の予報誤差であるのか、その比率で評価することも重要である。図4は累積降水量 $Q$ の分布図に、累積予報誤差の比 $\Delta Q/Q$ が $-0.1$ を下回る(顕著な過小評価となる)陸上地点を重ね合わせて示すことで、予報の観点から危険度の高かった地域を可視化した。ただし、ここでは $Q > 200$  mmとなる地点のみを抽出している。 $Q$ の閾値は主観的に決定したが、斜面災害の発生が危惧される目安<sup>4)</sup>として200mmが用いられる場合があり、これは日本の平均的な年間降水量1760mmの約1/10に相当する。2019年台風15号では伊豆半島の東岸の熱海から伊東、房総半島の市原から木更津にかけて $\Delta Q/Q$ が顕著に過小評価となっている。2019年台風19号では $\Delta Q/Q$ が低い地域は関東平野を中心に極めて広範囲にわたり、西は静岡県焼津から西は仙台、石巻、久慈、八戸といった地域、甲信越方面では松本盆地や長野盆地に及んでいる。また、やや離れた三重県の上野盆地においても累積予報誤差比が小さくなった場所が集中している。2019年の2つの台風は比較的台風経路に沿った地点で危険度の高い地域が存在していたが、2020年台風10号では五島列島や九州山地南側から宮崎平野にかけての地域に加えて、四国山地の北側といった離れた場所で $\Delta Q/Q$ の低い地域が存在している。このように、累積雨量の多い地点の多くで累積予報誤差は顕著な過小評価となっている。

## 6. 気象庁予測精度指標の算定

最後に気象庁が降水短時間予報の精度検証に用いている手法に準じて比較することで、台風以外の降水を含む平均的なイベントと比較してどうであったのかを調べた。気象庁では1時間に10mmを超える降水(や

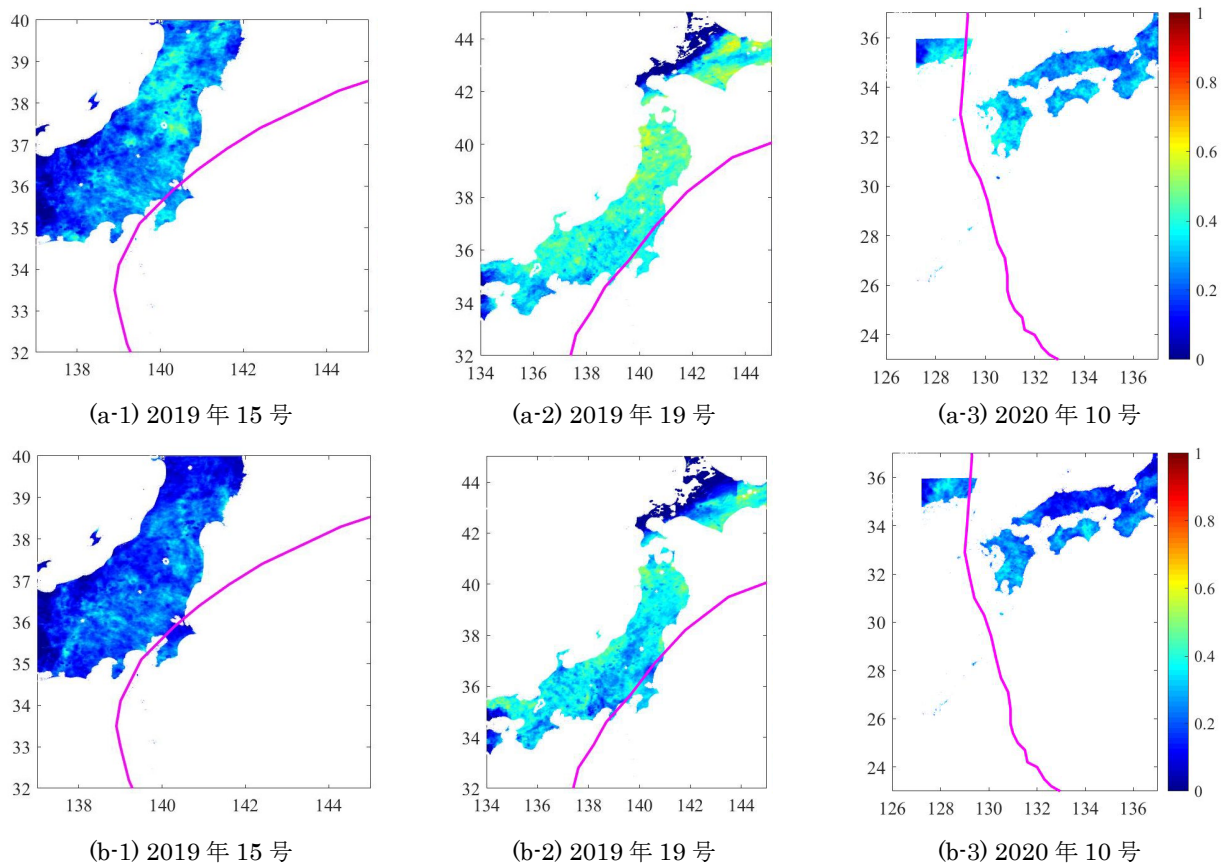


図5 台風イベント期間における予報スコア  $S$  の分布 (a: リードタイム2時間, b: リードタイム6時間)

や強い雨) に対する予測精度指標として2時間後から3時間後までの1時間に降ると予測した1km格子毎の降水量を5km格子毎に平均化して比較をしている。降水短時間予報を平均化したものを「予測値」、解析雨量を平均化したものを「実況値」と呼び、両者の合計が20mm以上の陸上地点においてスコアを計算する。スコア  $S$  の算定式は以下である。

$$S(x, y) = \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} Rt(x, y, t) dt \tag{2}$$

$$Rt(x, y, t) = P_a(x, y, t) / P_{pnh}(x, y, t) \quad , P_{pnh}(x, y, t) \geq P_a(x, y, t) \tag{3-1}$$

$$Rt(x, y, t) = P_{pnh}(x, y, t) / P_a(x, y, t) \quad , P_a(x, y, t) > P_{pnh}(x, y, t) \tag{3-2}$$

定義より、スコアの値は予測値と実況値が完全一致していれば1、完全な見逃し、あるいは空振りであれば0となる。仮にスコアが0.5であれば実況値と予測値は平均的に倍半分ほどの誤差を有していることを意味する。気象庁によればリードタイム2~3時間に対する降水短時間予報の精度は2007年から2014年までは0.4から0.5ポイントと改善傾向にあるが2014年以降は横ばいである。

図5にリードタイム2時間と6時間の場合のスコア分布を示す。一部白抜きになっている地点は対象となる降水がなかった地点である。また、リードタイム1時間と3時間の結果も合わせて、領域内の平均スコアを表1に示した。2019年台風19号は降水範囲も広くAQ/Qが低い地域が多数分布していたが、スコアとして見たときには最もよい予報結果を示している。しかし、それでも平均スコアは0.35と平均的な降水イベントと比べると予報精度は高くない。2020年台風10号は全般的にスコアが下がり(平均で0.30)、2019年台風15号はさらにスコアは低下し、平均は0.24と低い。必ずしも台風経路に近く壁雲が通過する地点のスコアが小さ

表1 各台風の平均スコア

台風No.	Pp1h	Pp2h	Pp3h	Pp6h
1915	0.37	0.24	0.22	0.18
1919	0.45	0.35	0.32	0.29
2010	0.41	0.30	0.23	0.23

くなるというわけでもなく、台風に連行して発生するアウトバウンドなどの積乱雲の再現精度の影響もスコアに影響していると思われる。台風特性と降水予測精度の関係についてはサンプルを増やした検討が必要であるが、変化幅は大きいと推測される。また、リードタイムが増加するほどスコアは低下している。

## 7. まとめ

6 時間先までの降水短時間予報の精度について、近年の顕著台風 3 事例を取り上げて検討を行った。スコアによる評価は各時刻における精度を平均化したものであり、降水帯の位置のズレが直接的に影響する厳しい評価基準である。一方で累積予報誤差を用いた評価では、降水到来時刻がずれた影響は正と負の予報誤差として一部は相殺されると見込まれるので、災害期間を通じた精度評価には適している。ただし、実際の災害予見性という点では、発災時を 0 時刻として幾つものリードタイムにまたがった予測結果を参照しており、そうした視点での誤差評価方法も今後検討したい。さらにリードタイムの長い 15 時間先の降水短時間予報についても同様の検討は可能である。また、こうした降水予報精度の現状分析をもとに、防災訓練教材の提案も可能であると考えている。

## 参考文献

- 1) 中條壯大・岩田鈴花 (2020), 台風時期の予測精度の傾向把握についての基礎的検討 : 2019 年高解像度降水ノウキャストデータを基に, 都市防災研究論文集, 第 7 巻, pp. 13-18.
- 2) 気象庁 降水短時間予報の精度について, [https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/kotan\\_kensho/kotan\\_hyoka.html](https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/kotan_kensho/kotan_hyoka.html), 2022/8/30 閲覧.
- 3) 気象庁 (2019), 令和元年台風第 19 号に伴う大雨の要因について, <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yohokaisetu/T1919/mechanism.pdf>, 8p.
- 4) 鈴木雅一・福嶋 義宏・武居有恒・小橋澄治 (1979), 土石流災害発生の危険雨量, 砂防学会誌, 31, No. 3, pp. 1-7.