

# KHANUN(2023)の進路の予測可能性

仲尾次晴空 (筑波大学理工情報生命学術院)  
松枝未遠 (筑波大学計算科学研究センター)

## 1. はじめに

2023 年台風 6 号(KHANUN)は、7 月 28 日 00UTC にフィリピン東沖で発生し、急発達しながら北上した(図 1)。その後、勢力と進行速度を急激に落とし 8 月 3 日 12UTC に台湾北東沖で急転向した。そして進路を東にとったのち、8 月 7 日 00UTC に九州南沖で再び急転向し、8 月 10 日 06UTC に朝鮮半島で温帯低気圧化した。この台風により、沖縄地方では 8 月の最大瞬間風速や潮位の最高値を更新した地点が存在したほか、西日本では約 5 万戸が停電した。また、8 月 1 日から 8 月 7 日にかけて沖縄近海を 2 度通過し、沖縄地方に長時間にわたり影響を及ぼした。

近年、台風の進路予報の精度は改善されてきているが、いまだに大きな予測不確実性が存在する。そのため、予報進路のばらつきが

大きな事例が注目されており、このような事例の定量的な評価が課題となっている。現在では、予報が不確実な台風進路に対して多くの研究が行われており、様々な手法によってモデルや環境場などが台風の予測可能性に与える影響の調査がされている。台風や熱帯低気圧の進路は周辺環境場に敏感であり(Nystrom *et al.*, 2018)、近傍の他の渦や高気圧との相互作用することが知られている(Yamada *et al.*, 2022; Nakano *et al.*, 2023)。また、台風の周辺海域の海面水温が上昇すると、台風の強風半径が拡大し太平洋高気圧を退けることで、台風が北上するという報告もある(Sun *et al.*, 2017)。

2023 年台風 6 号(KHANUN)も進路予報の不確実性が大きい事例のひとつであり、他の台風の予測不確実性の原因追究のためにも、本事例の不確実性の要因を調査する必要がある。本研究では、アンサンブル予報データを用いて KHANUN (2023)の進路の予測精度について調査し、その予測可能性を明らかにすること、また、台風の進路予測に影響を与えた原因を考察することを目的とする。

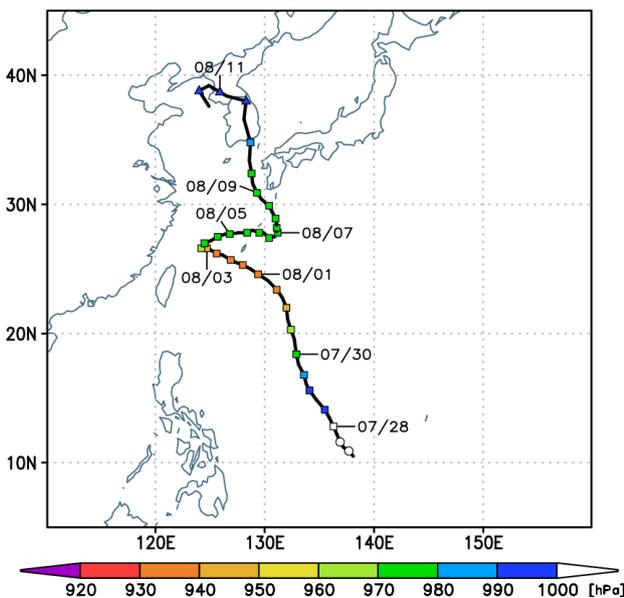


図 1. KHANUN のベストトラック。各シンボルは 12 時間ごとの台風の状態(丸; 熱帯低気圧、四角; 台風、三角; 温帯低気圧)、色は中心気圧を示す。

## 2. 使用データ

解析値として、ECMWF 再解析データ(ERA5; Hersbach *et al.*, 2020)の 300hPa, 500hPa ジオポテンシャル高度(Z300, Z500), 海面水温(SST)を実況の背景場の把握のために用いた。水平解像度は 1.25°×1.25°、時間間隔は 12 時間である。

台風のベストトラックデータとして、JMA(<https://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>)による RSMC ベストトラック用いた。時間間隔は6時間である。

予報データとして、ECMWF(欧州)とJMA(日本)の現業中期アンサンブル予報データを用いた。Z300, Z500 は TIGGE データベース(Swinbank *et al.*, 2016)から、また、台風進路予測データ(CXML 形式)は NCAR (<https://rda.ucar.edu/datasets/ds330.3/index.html?hash=sfol-wl-/data/ds330.3>) から取得した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 進路予測

7月28日12UTCを初期時刻とした予測(図2左列)では、ECMWFとJMAのほぼすべてのメンバーが8月3日12UTCの1度目の転向を予測できず、台風が中国に上陸する

進路を予測していた。

7月30日12UTCを初期時刻とした予測(図2中列)では、両センターともメンバー間のばらつきが大きくなり、急転向を予測できたメンバー、中国に上陸する予測をしたメンバー、転向は予測できたが転向の角度は予測できていないメンバーなどが存在した。ECMWFはJMAと比較して、急転向を角度まで予測できていたメンバーが多かった。

8月1日12UTCを初期時刻とした予測(図2右列)では、ECMWFのほぼすべてのメンバーが1度目の転向とその後の東向きの進路を予測できていた一方、JMAは転向の角度が浅い予測をしたメンバーが多く、転向後の進路の予測精度も低い結果となった。

また、8月7日00UTCの2度目の急転向の予測について、両センターとも初期時刻を新しくするごとに徐々に改善しており、8月6日00UTCを初期時刻とした予測(図略)では概ね転向を予測できていた。

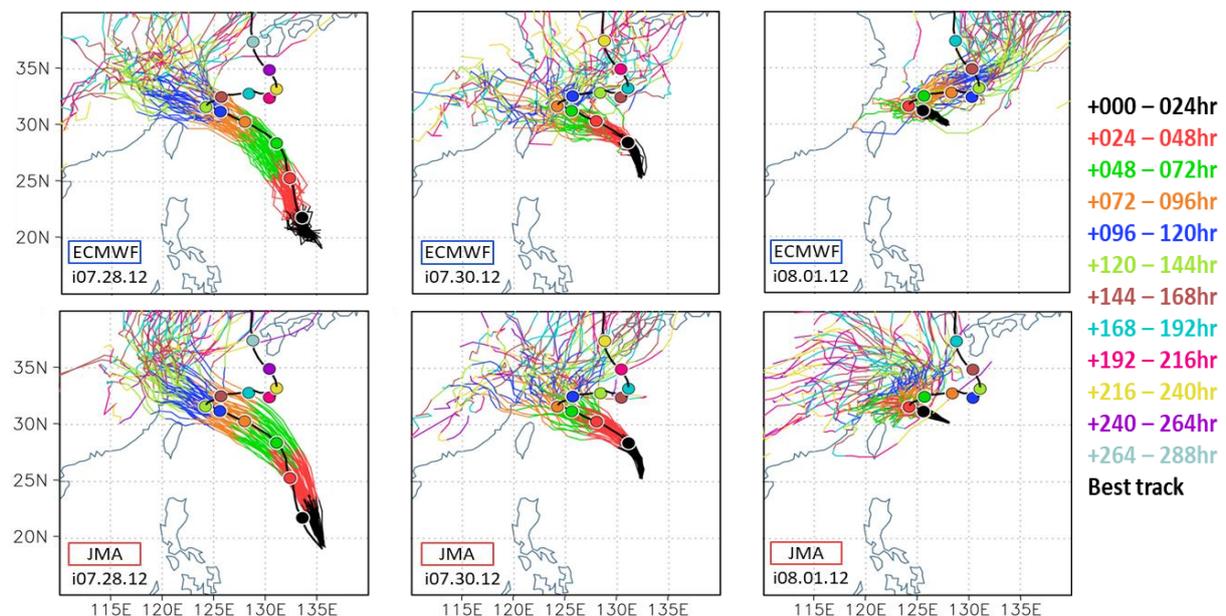


図2. (左列)2023年7月28日12UTC、(中列)7月30日12UTC、(右列)8月1日12UTCを初期時刻とした(上段)ECMWF、(下段)JMAによる KHANUN のアンサンブル進路予測(色線)とベストトラック(黒太線)。色は24時間毎で変化し、色線の終点がベストトラック上の色丸と一致する。

### 3.2. 環境場の予測

台風が1度目に転向した8月3日12UTCにおいて、実況では太平洋高気圧は東西に破断した。7月28日12UTCを初期時刻とした予測(図3)では、太平洋高気圧の破断や張り出しの不確実性が大きく、台風の位置の誤差も大きかった。初期時刻が新しくなるにつれ、太平洋高気圧と台風の位置の予測の不確実性は減少し、予測精度が向上した。転向2日前の8月1日12UTCを初期時刻とした予測では、両センターともほぼすべてのメンバーが太平洋高気圧の破断を予測できていた(図略)。

続いて、図4に台風の予測位置誤差と環境場の予測の関係を示す。7月28日12UTCを初期時刻とした予測において、太平洋高気圧の予測精度が悪く、太平洋高気圧の破断や張り出しを再現できていないメンバーは、台風の予測位置誤差が大きかった。8月1日12UTCを初期時刻とした予測では、両センターのほぼすべてのメンバーにおいて台風の予測位置誤差が小さくなり、太平洋高気圧を精度よく再現できていた(図略)。これらのことから、台風の予測位置誤差の大きさと太平洋高気圧の再現度は関連していると考えられる。

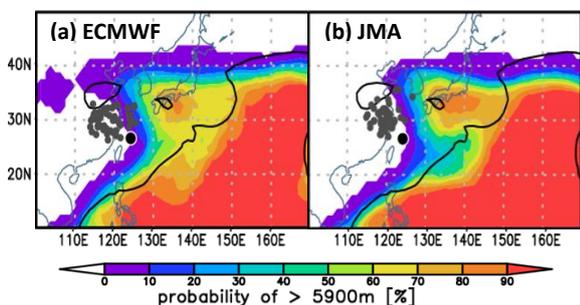


図3. 7月28日12UTCを初期時刻、8月3日12UTCを対象時刻とした(a)ECMWF、(b)JMAによるZ500の5900m以上の予報確率。黒太線は解析値、黒丸は台風の解析位置、灰色丸は台風の予測位置を示す。

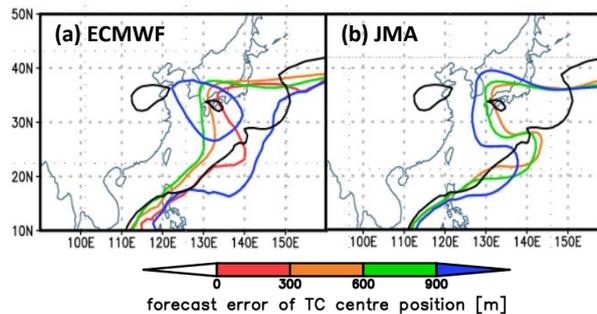


図4. 7月28日12UTCを初期時刻、8月3日12UTCを対象時刻とした(a)ECMWF、(b)JMAによるZ500の5900mの予報。コンターの色は台風の予測位置誤差の大きさを示し、誤差の大ききで分類されたメンバーの平均である。黒太線は解析値を示す。

### 3.3. 台風の予測強度

実況台風は、7月29日から31日にかけて急速に発達し、8月3日12UTCの1度目の転向前後に急速に衰退した(図5)。7月28日12UTCを初期時刻とした予測(図5左列)では、両センターとも急速発達と急速衰退の予測精度が低く、台風強度がピークに達するタイミングを遅く、また最低中心気圧を過大評価する傾向がみられた。

7月30日12UTCを初期時刻(図5中列)としたECMWFによる予測では、転向による急速衰退が予測できていた一方、JMAによる予測では急速衰退の予測精度が低い結果となった。JMAの予測は転向中から転向後に強度ピークを迎えるメンバーが多く、最低中心気圧を過少評価するメンバーも存在した。

初期時刻を8月1日12UTCとする予測では、ECMWFは転向前の中心気圧を過大評価、転向後の中心気圧を過小評価しているものの、転向時の急速衰退を再現できている。一方JMAは、転向前から転向中、転向後まで勢力を維持した予測となっており、転向時の急速衰退を予測できていなかった。

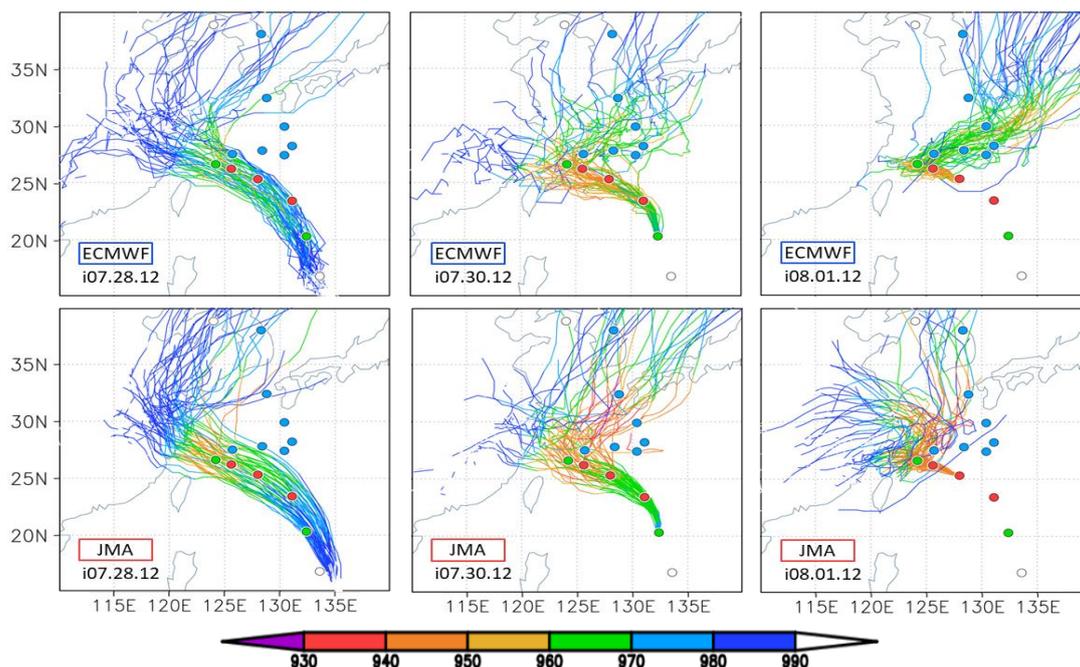


図5. 図2と同じ。ただし、ベストトラックは色丸で示し、色線と色丸の色は台風を中心気圧を表す。

図6に、ERA5のSST解析値を示す。転向前後の停滞と進路の折り返しによりSSTは低下し、台風の進路下では28度以下の海面が広がっている。台風は28度以下では発達することができないため、本事例の台風が転向後に勢力を弱めたのはSSTが低かったことが原因の1つと考えられる。図5のようにJMAの転向後の強度予測の精度が悪かったのは、JMAの予測モデル(GEPS)が大気海洋結合ではないため台風の減速と折り返しに伴うSST応答を得られなかった可能性がある。

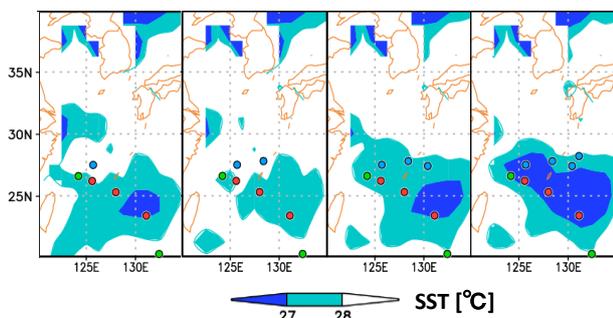


図6. ERA5のSST解析値(シェード)とベストトラックと中心気圧(色丸)。

#### 4. まとめ

本研究では2023年台風6号(KHANUN)の進路の予測可能性についてアンサンブル予報データを用いて議論した。KHANUNの予測進路は不確実性が大きく、進路予測精度は太平洋高気圧の再現度に大きく依存していることが示唆された。また、JMAは大気海洋結合モデルを使用していないため、台風強度の予測精度が悪かった可能性が示された。これらの結果より、台風の進路や強度、周辺大気環境場やSSTが相互作用している可能性が指摘される。

#### 謝辞

本研究集会への参加にあたり、A3フォーサイトより旅費支援を頂きました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

#### 参考文献

- Hersbach, H., and co-authors, 2020: The ERA5 global reanalysis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1–51.  
 Swinbank, R., and co-authors, 2016: The TIGGE project and its achievements. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **97**, 49–67.