



# 過去の台風予報誤差統計量の 活用可能性について

中條壯大 大阪公立大学大学院工学研究科都市系専攻

大西一生 奈良県庁県土マネジメント中和土木事務所

# 台風災害対策の課題 予報の不確実性

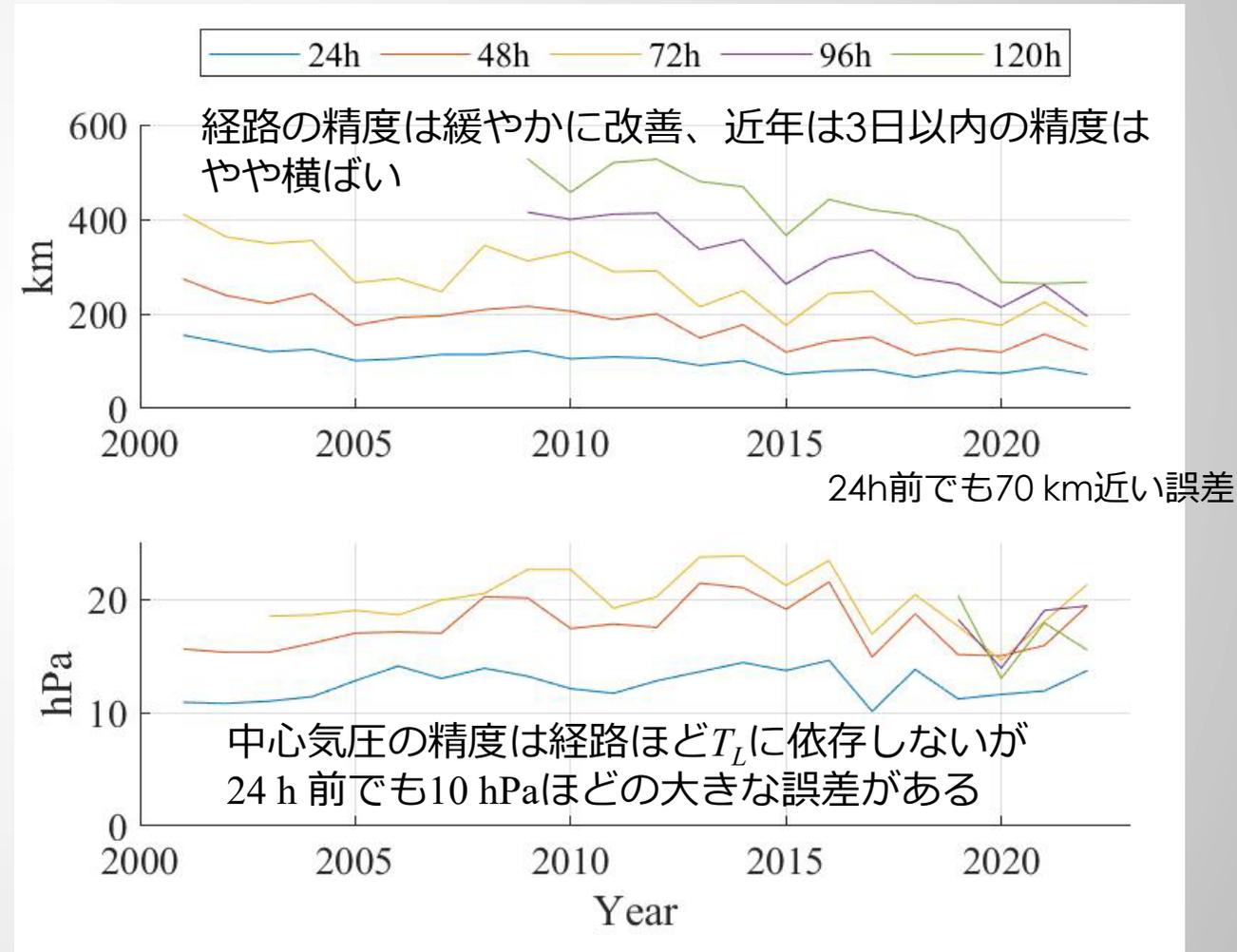
- 台風予報は事前に周知され，それを踏まえた事前の減災行動が求められる：**災害死ゼロ，タイムライン防災**
  - 避難情報，水門操作，ダム管理，計画運休など
- しかし，**予報の不確実性や起こり得た災害の可能性**（災害ポテンシャル）については，事後にその検証が十分になされていない
  - 予報円は予報の不確かさを示す一つの指標ではあるが，実際の予報誤差とイコールではない

広域避難をうながす  
江戸川区ハザードマップ



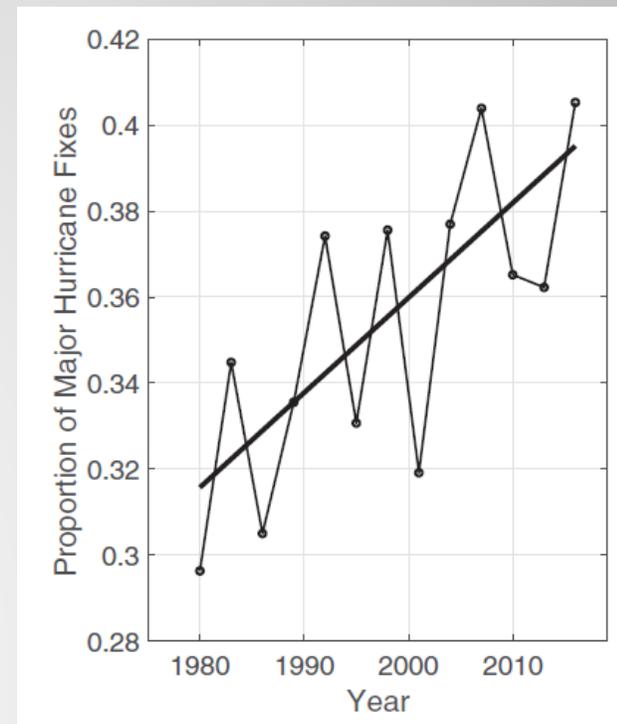
# リードタイム $T_L$ 別の経路と中心気圧の 平均予報誤差（既往の知見）

- 全域平均・年平均としての予報誤差は示されている
  - 海域や季節，台風特性への依存性は不明
- 24時間前でも経路で70 km，中心気圧で10 hPaの誤差
  - 台風災害予測に大きく影響
  - 進行速度や進行方位の予報誤差は不明



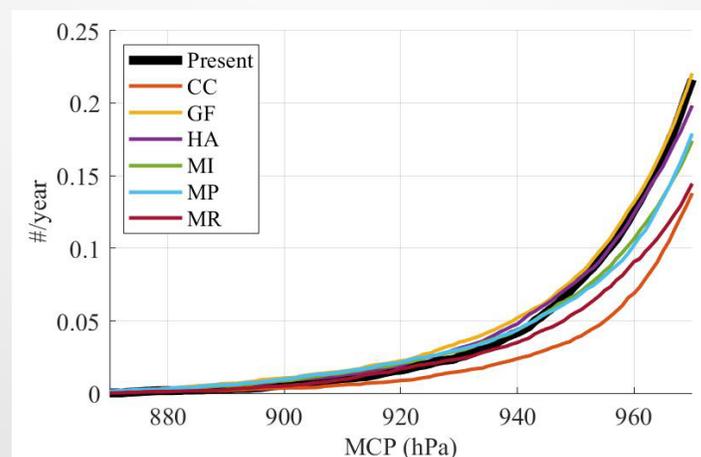
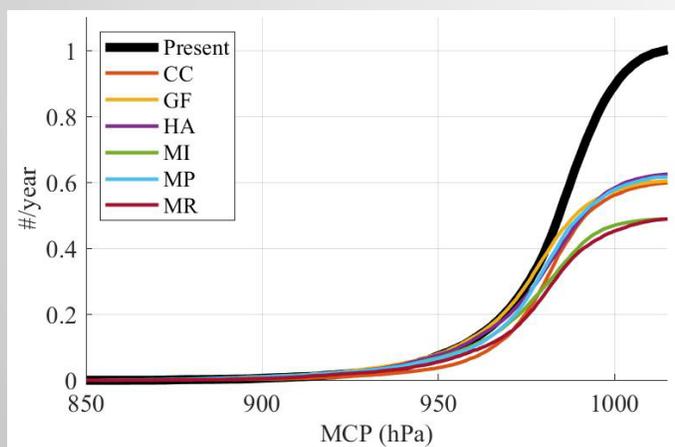
# 気候変動の影響と予報誤差

- 気候変動予測「台風の発生数は減少するが、極端台風の数は増加するか変化しない」
- ならば、防災対策上は災害体験が減少し、さらなる脆弱性の拡大が予想される
- 適応策として防災教育ツール、減災行動支援ツールの開発が求められている



全球の顕著なハリケーン (Saffir-Simpson 3-5) の比率変化

過去約40年の衛星画像の再解析より  
J. P. Kossin et al., PNAS, 2020

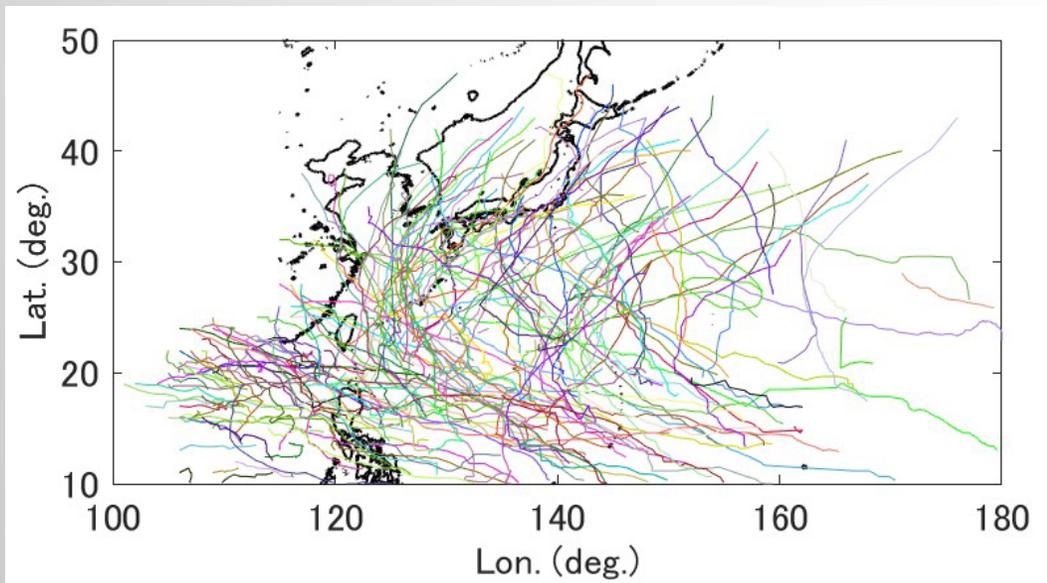


中心気圧の将来変化@大阪  
中條・森 (2020, 土論B2)

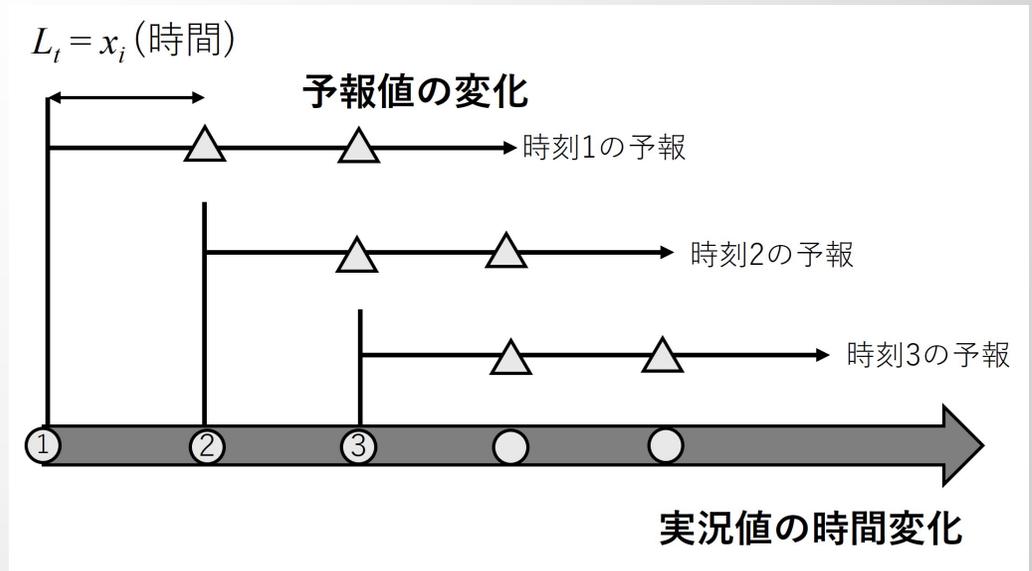
弱い台風の個数が減少.  
950hPa以下では逆転し、強い台風の個数は増加.

# 研究の目的

- 気象庁が予報値としてリアルタイムに提示した台風情報とその後の実況値を比較することで予報誤差を定義し、その予報誤差の統計的特性を明らかにする
- 統計量としてモデル化した予報誤差を、過去の台風予報に加えることで想定シナリオを作成し、台風予報の不確実性評価への活用可能性を検討する



解析対象とした台風経路 (2015-2022) 173個  
\* 前報 137個

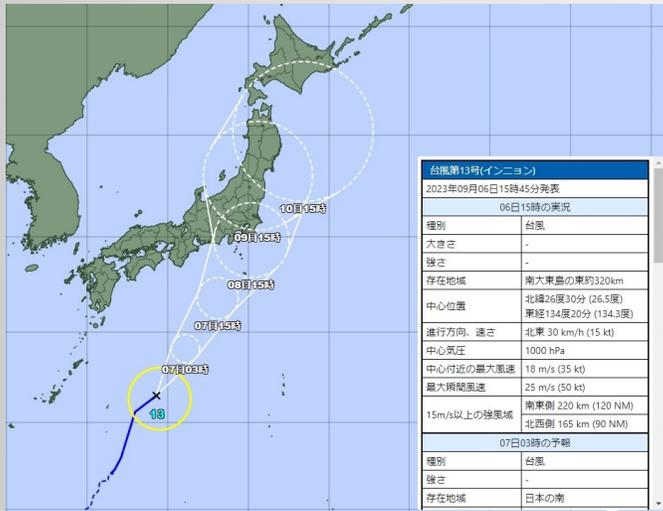


予報誤差の定義

リードタイム別に予報誤差を評価  
 $L_t = 12, 24, 48, 72, 96, 120 \text{ h}$

# 分析した台風予報資料

- 気象庁「台風情報」



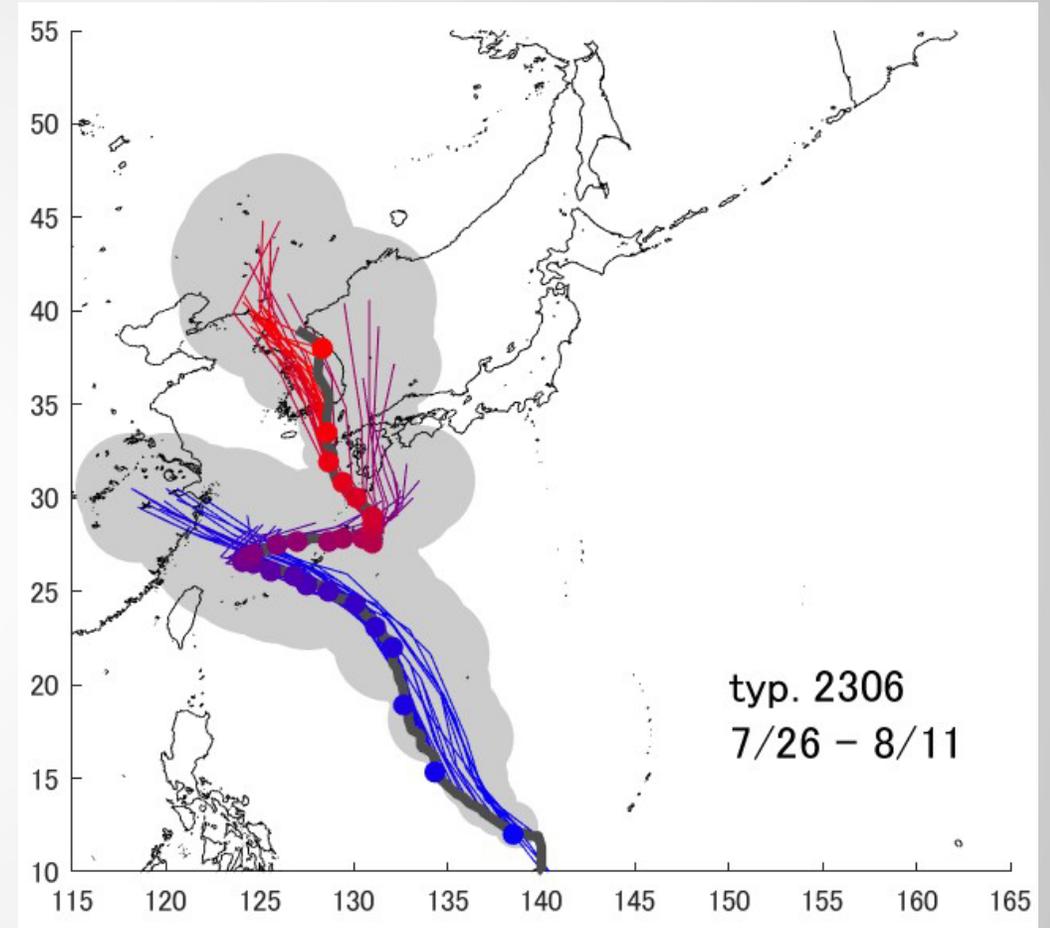
Webスクレイピングにより取得

中心位置と予報円半径  
 進行速度, 進行方位, 中心気圧  
 中心最大風速, 最大瞬間風速, 暴風警戒域 の情報

台風第20号(ネサット)  
 2022年10月17日03時40分発表

```

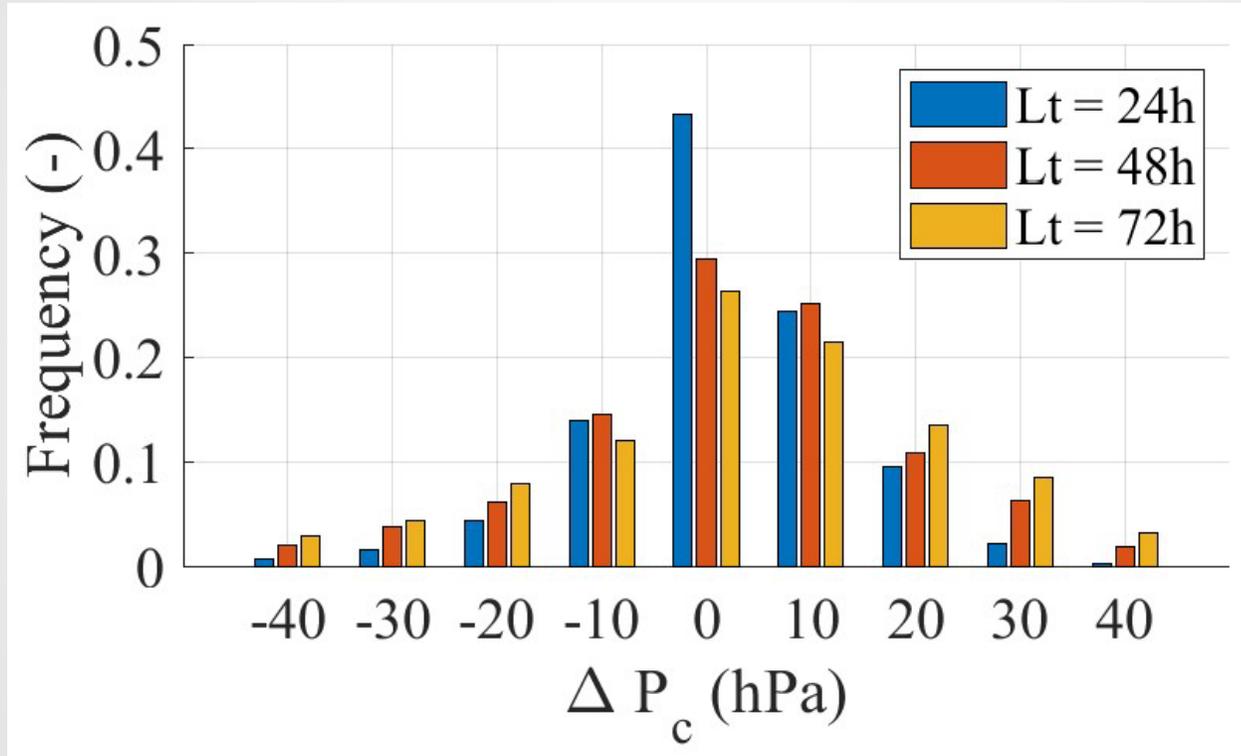
[0][0] = DATA
[0][1] = 17日03時の実況
[0][2] = 種別
[0][3] = 台風
[0][4] = 大きさ
[0][5] = -
[0][6] = 強さ
[0][7] = -
[0][8] = 存在地域
[0][9] = 南シナ海
[0][10] = 中心位置
[0][11] = 北緯19度55分(19.9度)
[0][12] = 東経117度40分(117.7度)
[0][13] = 進行方向、速さ
[0][14] = 西 20 km/h (11 kt)
[0][15] = 中心気圧
[0][16] = 985 hPa
[0][17] = 中心付近の最大風速
[0][18] = 30 m/s (55 kt)
[0][19] = 最大瞬間風速
[0][20] = 40 m/s (80 kt)
[0][21] = 25m/s以上の暴風域
[0][22] = 全域 55 km (30 NM)
[0][23] = 15m/s以上の強風域
[0][24] = 北西側 330 km (180 NM)
[0][25] = 南東側 220 km (120 NM)
    
```



実際の経路と予報経路の比較図  
 2023年6号台風の例

# 中心気圧予報誤差の頻度分布（全資料）

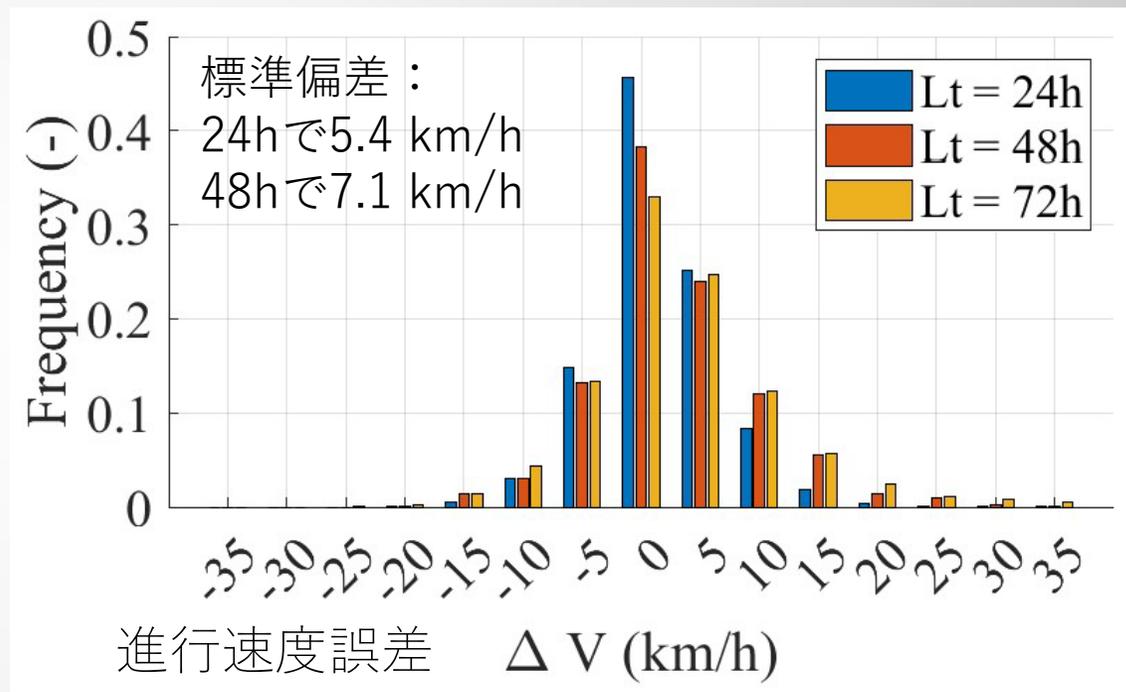
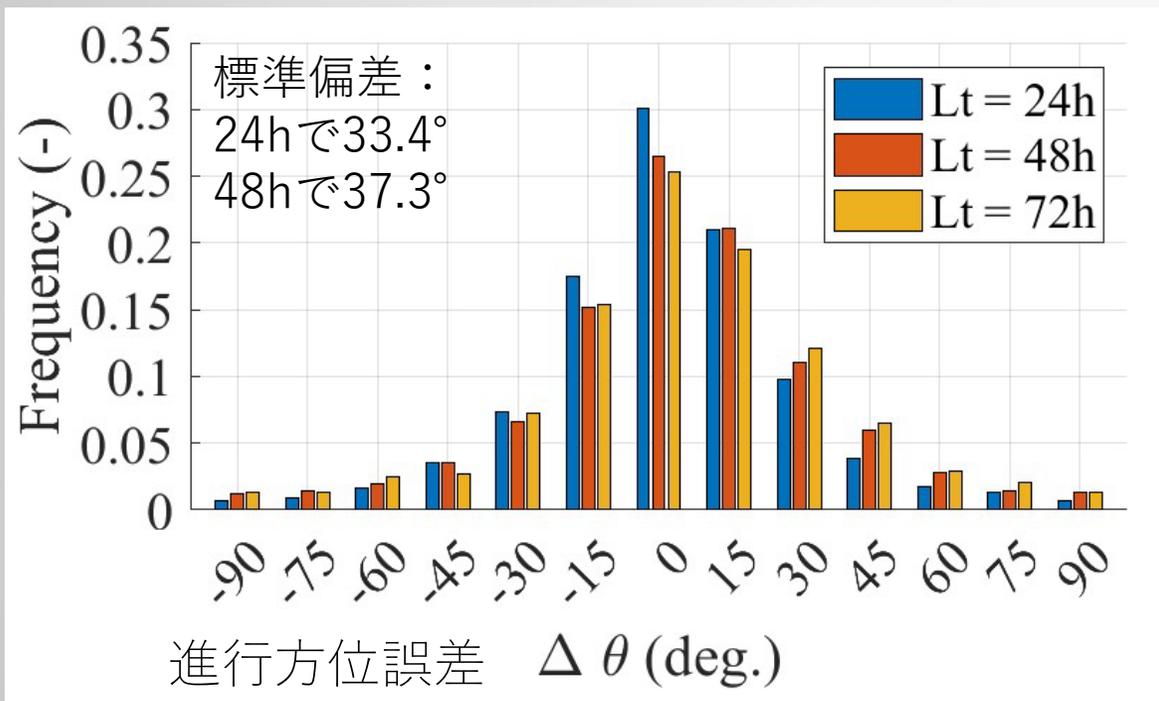
正の誤差は実況値が予報値よりも大きいことを意味する



$L_f$ が長くなると0付近の値は減少し、誤差の分布の裾野は広がる：精度が低下  
分布は対称形に近いが、やや正の方向に偏り（バイアス）がある：実際よりも強い台風を予想しがち  
標準偏差は24hで11.4 hPa, 48hで16.6 hPaと概ね気象庁の公開値と同程度

# 進行方位・進行速度予報誤差の頻度分布 (全資料)

正の誤差は実況値が予報値よりも大きいことを意味する



$L_t$ が長くなると0付近の値は減少し、誤差の分布の裾野は広がる：精度が低下  
 分布は対称形に近いが、やや正の方向に偏り（バイアス）がある  
 ：実際よりも反時計回りに方位を予測、低速度に予測しがち

# 予報誤差の影響要因について

2標本コルモゴロフ・スミルノフ検定で頻度分布の類似性を評価した結果

予報誤差は緯度，季節，強度に依存して頻度分布が変化する

## a)緯度

中心気圧，中心最大風速，最大瞬間風速と進行速度は概ね全てのリードタイム $L_t$ で，進行方位は48 h以下の $L_t$ で，緯度帯で頻度分布が異なると判定された。

## b)季節

中心気圧，中心最大風速，最大瞬間風速は概ね全ての $L_t$ で，進行方位は $L_t \leq 72$  hで，季節間で頻度分布が異なると判定された。しかし，進行速度についてはほぼ全ての $L_t$ で頻度分布に違いは見られなかった。

## c)強度

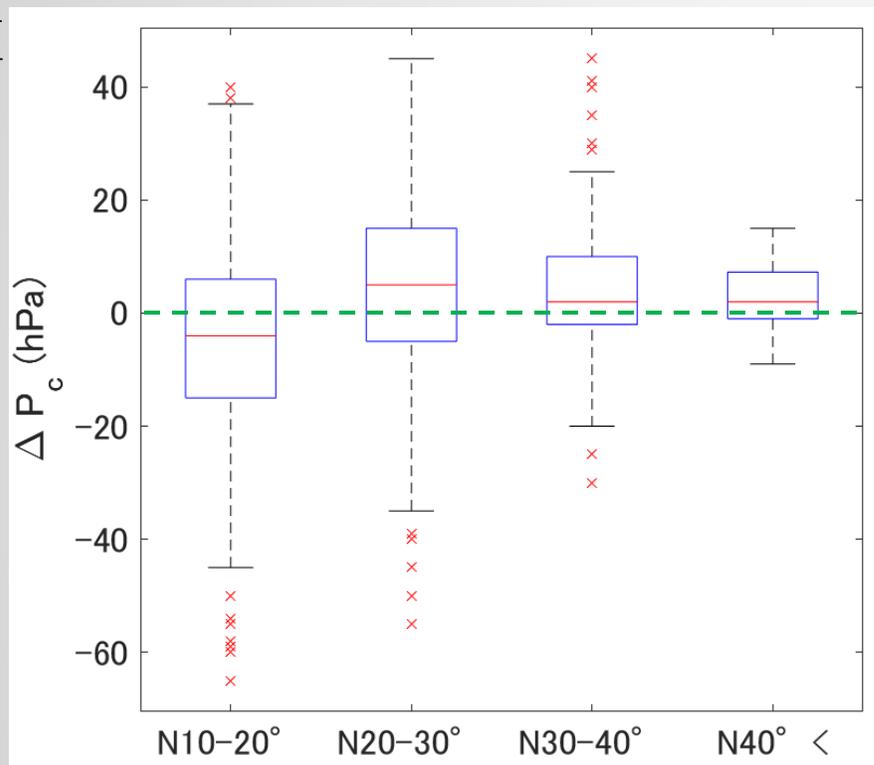
中心気圧，中心最大風速，最大瞬間風速，進行速度，進行方位の全てにおいて，概ね全ての $L_t$ で強度によって頻度分布が異なると判定された。

リードタイムが長い場合には資料数が減少するので，有意差は検出しにくい傾向にある

# 緯度変化が誤差頻度分布に及ぼす影響

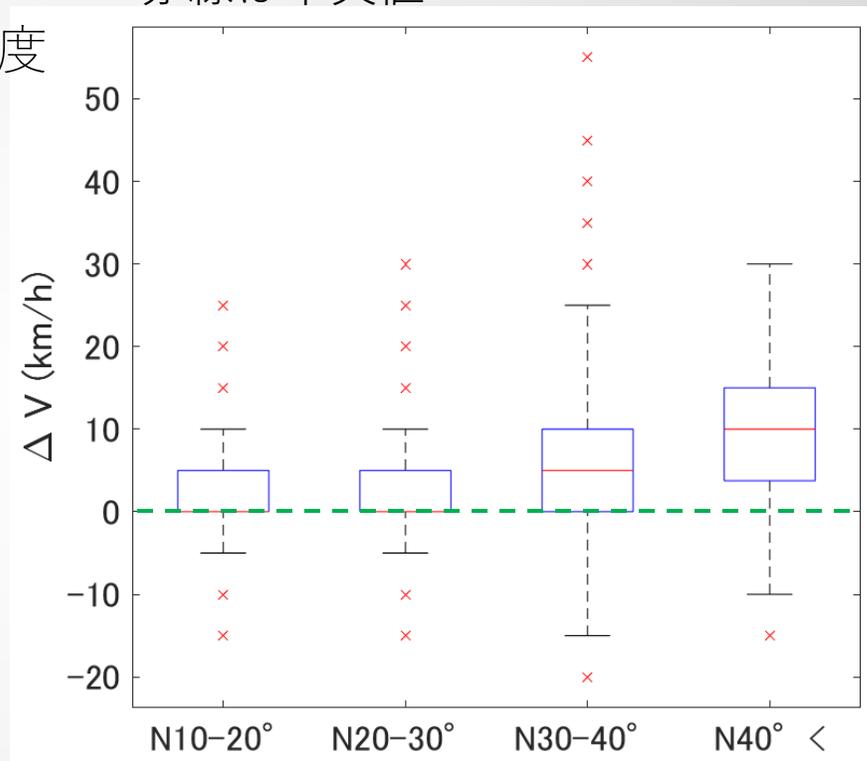
$L_t = 48h$ の例

中心気圧  
誤差



進行速度  
誤差

\* 赤線は中央値



中緯度で  
正のバイアス

高緯度ほど誤差のばらつきは小さくなる  
(進行方位も同様)

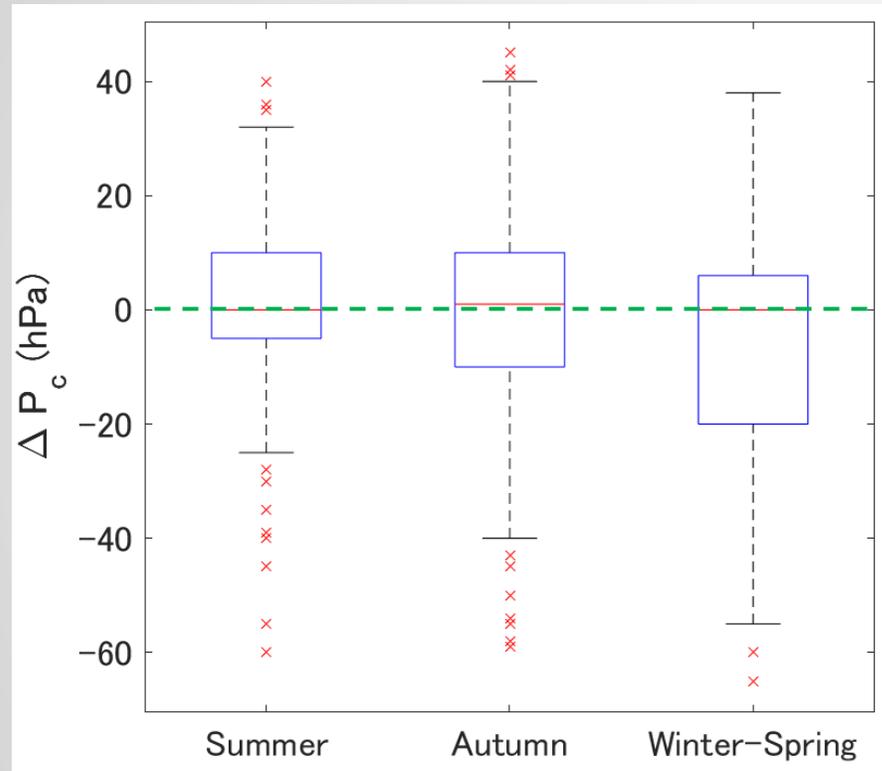
- 日本に近づくほど観測値が充実する
- 低緯度の急発達予測が困難

高緯度ほど誤差のばらつきは大きくなる

- N30°以北で偏西風の影響を受ける  
タイミングの予測が困難

# 季節変化・台風強度の影響

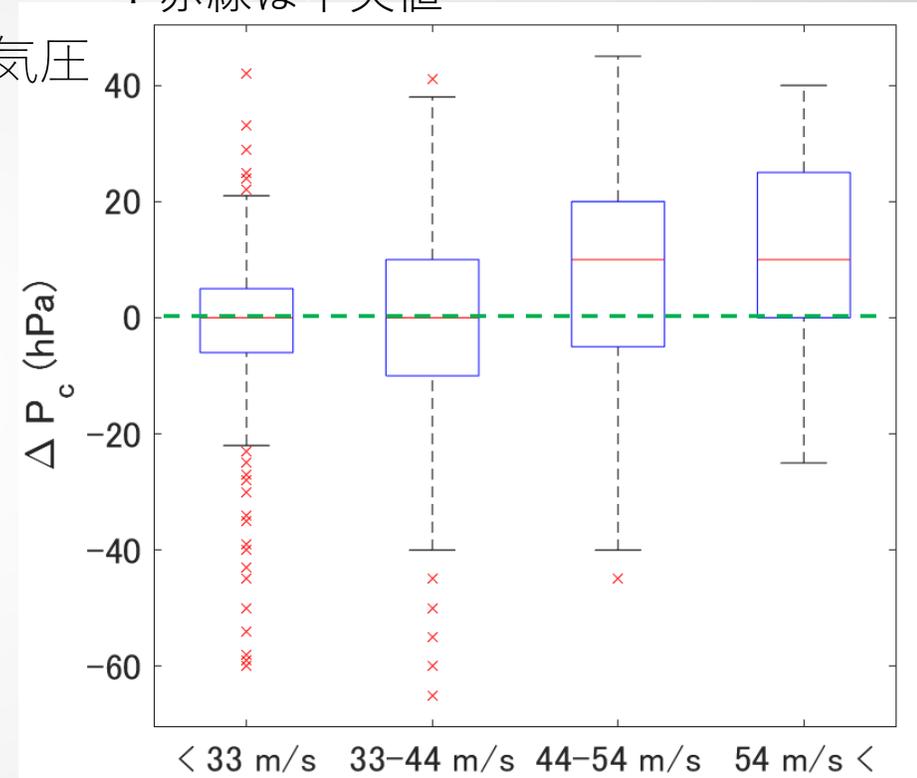
中心気圧  
誤差



夏季の誤差のばらつきは小さく精度が比較的高い（進行方位は冬春季にばらつきが小さい）

\* 赤線は中央値

中心気圧  
誤差

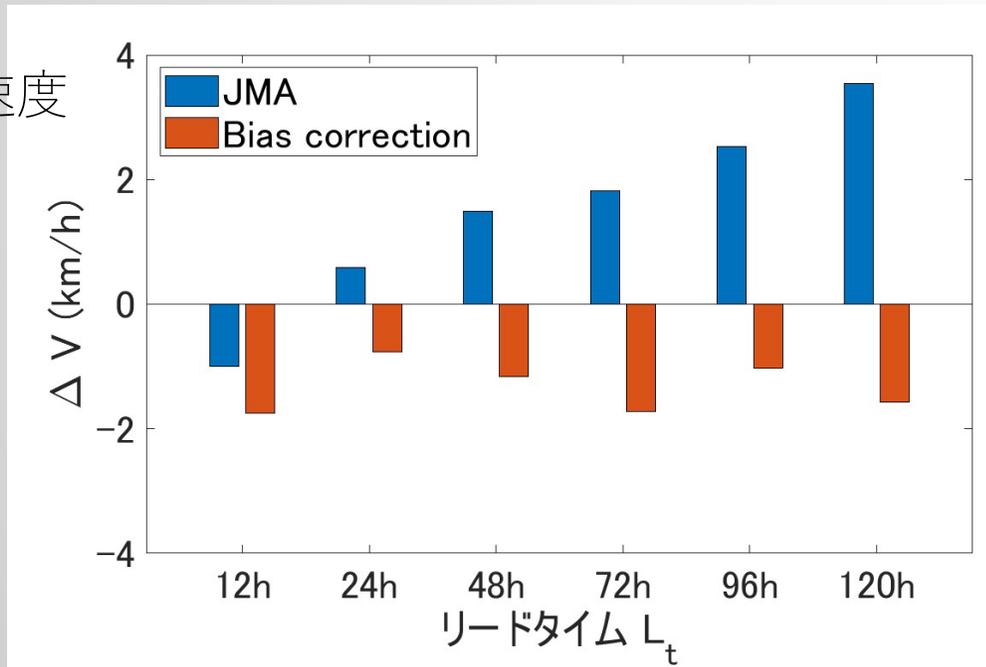


強い台風の方がばらつきが大きく、精度が低下する傾向にあり、正のバイアス（実際より強い台風を予報する）が明瞭

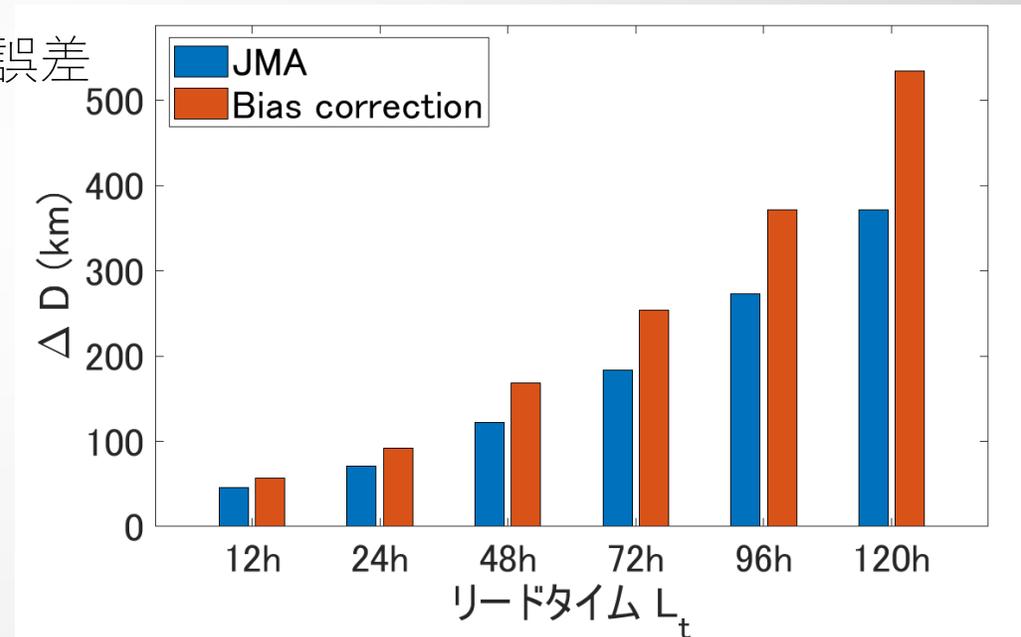
# 予報誤差バイアスは補正可能か

2015-2022年の資料から評価した予報誤差の算術平均をバイアスと定義し、2023年の気象庁予報値（JMA）に緯度と強度の影響を考慮した（4×4区分）バイアス補正を加えることで、予報値が改善するかを検証した

進行速度  
誤差



経路誤差



移動速度についてはバイアス補正で誤差は低減したが、中心気圧と進行方位における効果は微小であった。経路誤差（速度と方位の補正が重畳作用）については元の予報よりやや大きくなる結果を示した。

- ・バイアス補正量の評価資料数や不足、検証資料数の不足が考えられる

# 統計的モデルによる仮想シナリオ作成

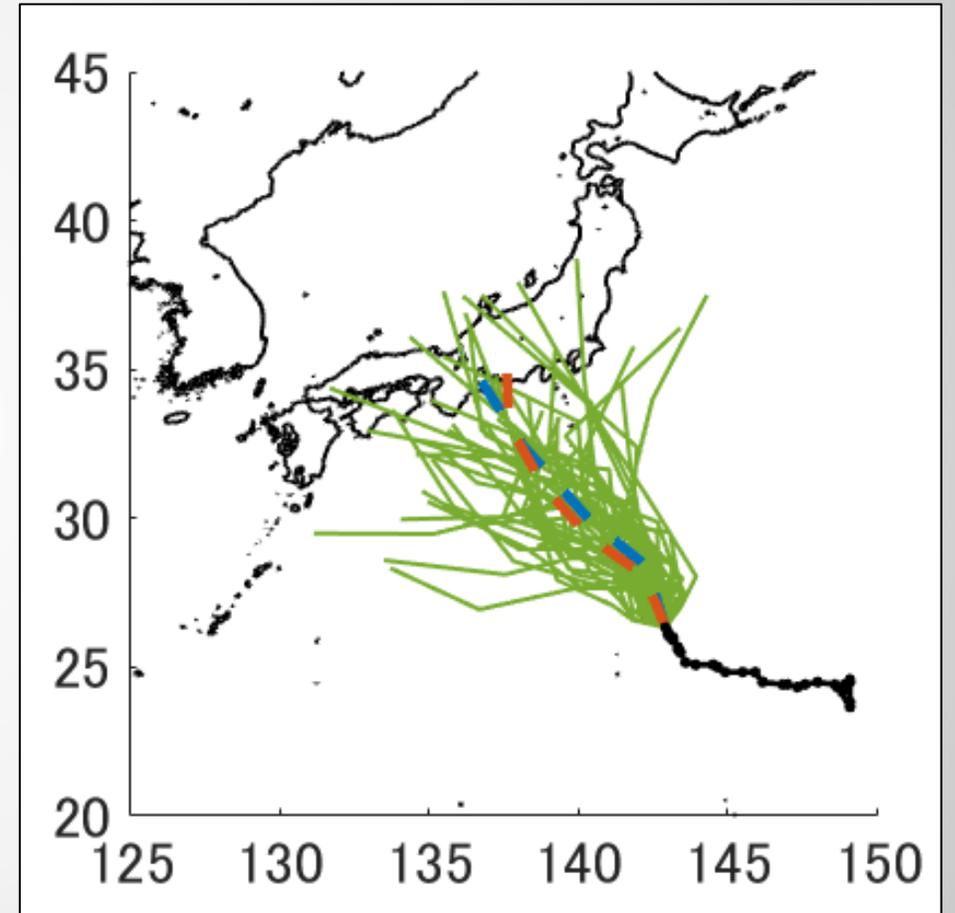
- 各予報誤差にリードタイム毎に正規分布を仮定し，モンテカルロ法で仮想予報誤差を作成
- 2023年のアンサンブル平均予報値に仮想予報誤差を加えることで，「起こり得たシナリオ」を評価
  - リアルタイム台風災害予測への活用
  - 防災訓練シナリオへの活用

黒：既往経路

橙：予報アンサンブル経路（JMA）

緑：仮想予報シナリオ経路（50ケース）

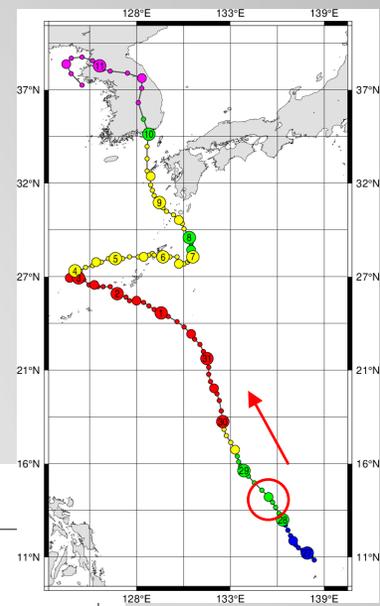
青：仮想予報シナリオの平均（バイアス補正）



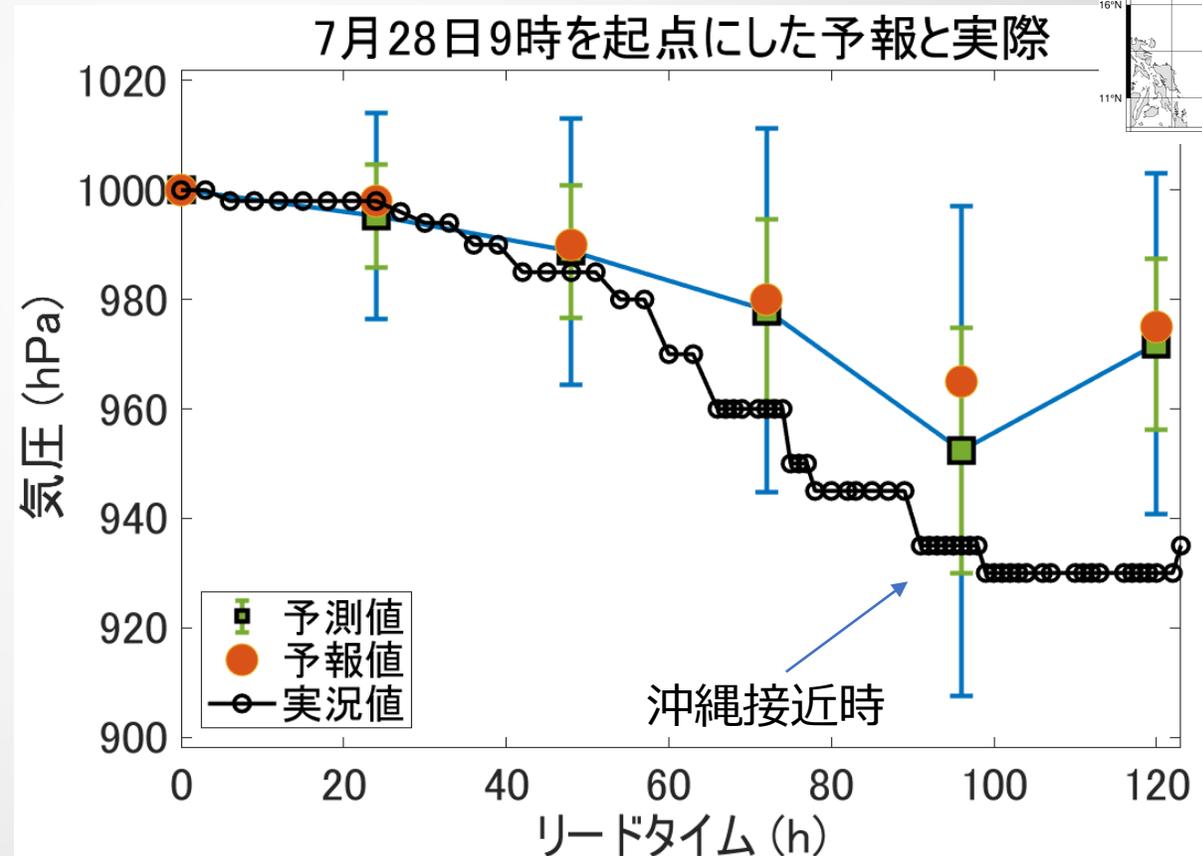
2023年7号台風の経路シナリオ作例  
（8/10頃の子報に対して）

# 予報誤差の可視化による考察

2023年6号台風



- 当時の予報は沖縄接近時の発達を40hPaほど過小に評価
- 過去の経験的な予報誤差バイアスの補正により20hPa近く真値に漸近
- さらに予報誤差のばらつきを評価することで $-1\sigma$ の範囲に含まれるように



デジタル台風

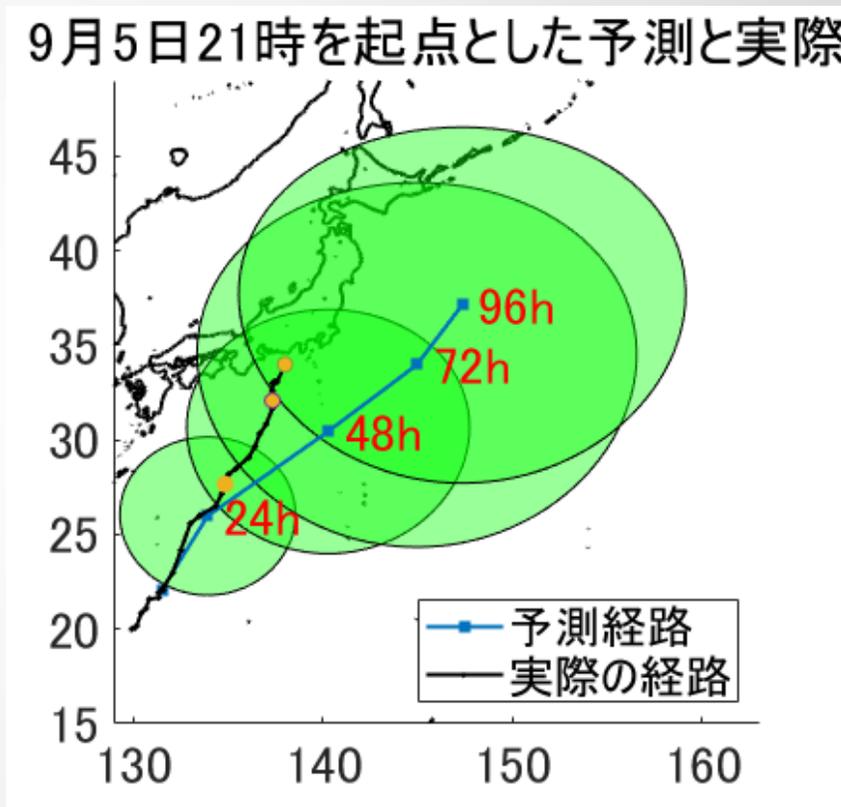
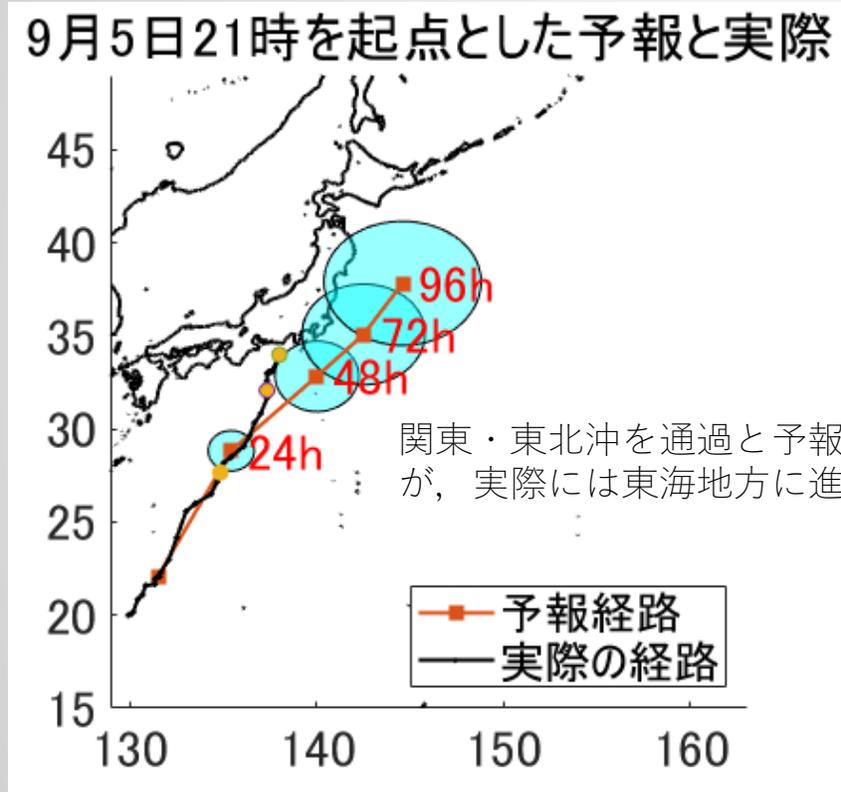
2023年6号台風の中心気圧シナリオ作例

# 予報誤差の可視化による考察

2023年13号台風

気象庁が示すアンサンブル平均経路と予報円

仮想シナリオの平均経路と、経路の70%が含まれる確率円



実際の経路は予報円内に含まれていない

実際の経路が確率円内に含まれている

過去の経験的誤差を考慮すると危険性の「見逃し」は改善される（ただし、「空振り」の頻度は増える）

# まとめ

- リードタイムの増大は予報誤差分布の裾野を拡大する
- 緯度, 季節, 台風強度に依存して予報誤差の分布は変化する
  - これらの誤差分布特性を定量評価した
- 過去事例から推定された誤差バイアスを2023年の予報事例に適用しても予報精度の顕著な改善には至らなかった
- 誤差分布を模擬した統計モデルを用いて2023年の予報を検証し, 危険性が見逃しが改善される可能性を示した