

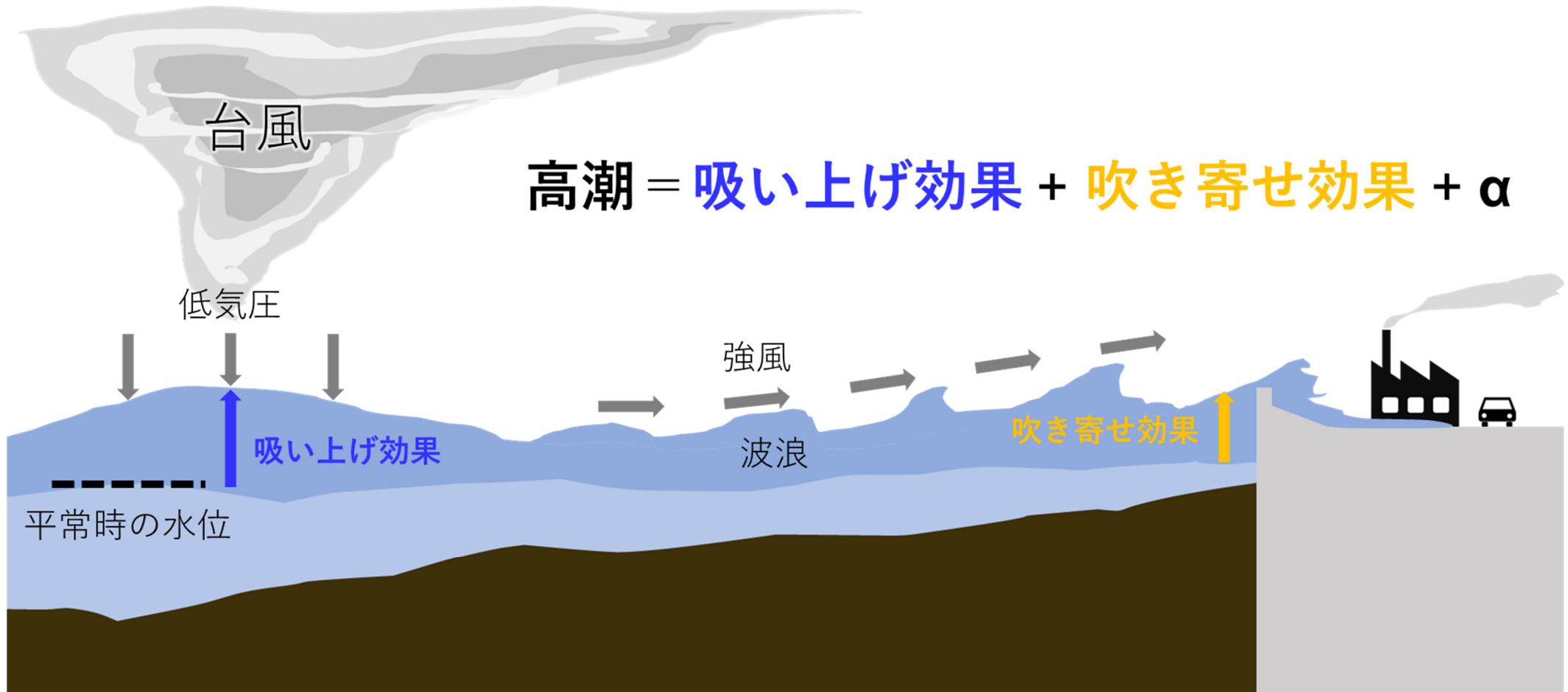


# 気候変動下での港湾の高潮リスク評価に 向けた取り組み

海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所  
津波高潮研究グループ 岩本匠夢



# 高潮とは、強風と低気圧を主因とする水位上昇



# 2018年台風21号による大阪湾での沿岸被害



引用：毎日新聞



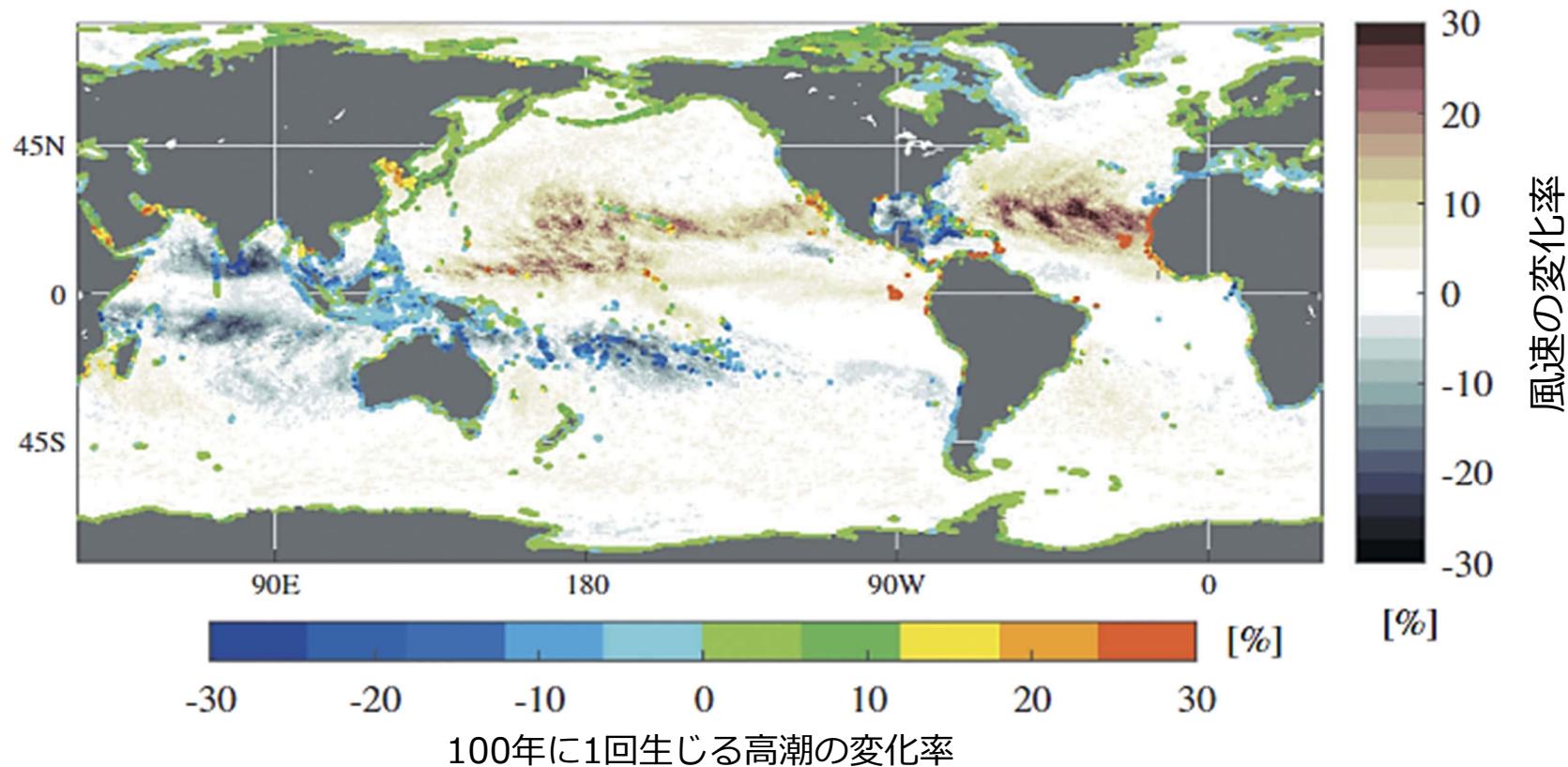
引用：毎日新聞



左上：<https://mainichi.jp/articles/20180920/k00/00m/040/181000c>

左下：<https://mainichi.jp/graphs/20180904/hpj/00m/040/001000g/20180904hpj00m040025000q>

# 気候変動が高潮に及ぼす影響の評価



Mori, N., Shimura, T., Yoshida, K., Mizuta, R., Okada, Y., Fujita, M., ... & Nakakita, E. (2019). Future changes in extreme storm surges based on mega-ensemble projection using 60-km resolution atmospheric global circulation model. Coastal Engineering Journal, 61(3), 295-307.

# 港湾の施設の技術上の基準での取り扱い



第2章 3 潜在【作】

(6) 高潮への気候変動の影響

気候変動の影響により、確信度は中程度ではあるものの、日本付近の台風の強度は将来強まる予測されているとともに、東京湾、伊勢湾及び大阪湾における高潮による潮位偏差は将来増大する予測されている<sup>30)</sup>。

気象の将来の見通しとして気候変動の高潮への影響を勘案する際には、気候変動に伴う高潮の予測に関する研究結果又は調査結果を参考に、将来における高潮による潮位偏差を適切に設定するものとする。

高潮の将来変化予測の代表的なものとして次の3つの方法があり、これらの方針を参考にすることができる。

①現在設定しているモデルを高潮を生じる想定台風に対して、地球温暖化対応で資源するサンプル気候変動データ(例: GCM<sup>31)</sup>等)の現在の気候が経年経過する上相場アダプティビティ実験結果<sup>32)</sup>等)、アーリー

高橋ら(2014)は、現行の気候変動対応計画による未実現の風速を用いて、小笠原台風強度の将来変化として中心気圧の低下量を評価するとともに、評価した低下量を反映させた中心気圧を有する想定台風を用いて、高潮算定による将来の高潮による潮位偏差を評価する方法である<sup>13)</sup>。ただし、台風の経路や通過頻度の将来変化を考慮できないといった問題があるが、現在想定台風を用いてモデル高潮を設定している場合には、高潮の将来変化の評価が容易である。

②観測された最大潮位偏差の極値分布に適合する閾値を用いて現実の潮位偏差の再現期間を決定とともに、現在気候及び将来気候の大規模サンプルを用いた現実実験結果で用いた高潮算定の極値統計の比較から、現在想定している潮位偏差の再現期間に対する現実気候に対する将来気候の潮位偏差の変化を評価し、この将来変化比を用いて将来の高潮による潮位偏差を評価する方法である<sup>14)</sup>。ただし、現在想定している潮位偏差が既往最大潮位偏差である場合には、統計誤差が大きくなるといったことに注意が必要であるとともに、十分に長い期間を対象とした高潮推算を実施する必要があることに注意が必要である。

である。

③気象庁が公表している台風のペストラックデータ<sup>34)5</sup>を用いて台風の中心気圧をバイアス補正した現地観測による潮位偏差の現在の設計値と同等の防護水準となる現在気圧に対する将来潮位偏差の変化を評価し、この将来変化を用いて将来の高潮による潮位偏差を評価する方法がある<sup>34)6</sup>。また、これと同様の方法で、台風以外の気象擾乱も含めた将来の高潮による潮位偏差を評価する方法もある<sup>34)7</sup>。ただし、十分に長期問題を対象とした場合合意実施する方法があるところに注意が必要である。

これら3つの高潮の将来予測方針では、現在気候及び将来気候について、それぞれ特定の期間又は時点を対象に高潮による潮位偏差を評価しているため、設計計算用期間における高潮による潮位偏差は、これら特定の期間又は時点と設計用期間との関係を考慮する必要がある。また、既往最高潮位を設計潮流としている場合には、既往最高潮位を観測した時点における天文潮及び高潮による潮位偏差のそれぞれに対して、気候変動の影響を考慮する必要がある。設計用期間における潮位偏差の設定について、現行気候及び将来気候の特定の期間又は時点と設計用期間との関係を考慮した検討事例、及び、既往最高潮位を設計潮流としている場合の検討事例として、文献4-2)を参考にすることができる。

将来における高潮による潮位偏差は、一般的にその予測には誤差に伴う予測誤差があるとともに、気候変動によっていかにも漸的に変化する。一方、施設の目的によって、また、同じ目的の施設においても性能照査の目的によって異なる設計指針を用いる場合がある（**本節**の「設計潮位の基本的考え方参照」）。このため、性能照査等の実験結果を用いて、高潮による潮位偏差の予測誤差を評価し<sup>34-8), 34-9)</sup>、漸的な変化及び予測誤差を考慮して高潮による潮位偏差を設定するままである。

<https://www.phaj.or.jp/book/20240415/1/04/p108-121-3.pdf>



## (6) 高潮への気候変動の影響

気候変動の影響により、確信度は中程度ではあるものの、日本付近の台風の強度は将来強まると予測されているとともに、東京湾、伊勢湾及び大阪湾における高潮による潮位偏差は将来増大すると予測されている。

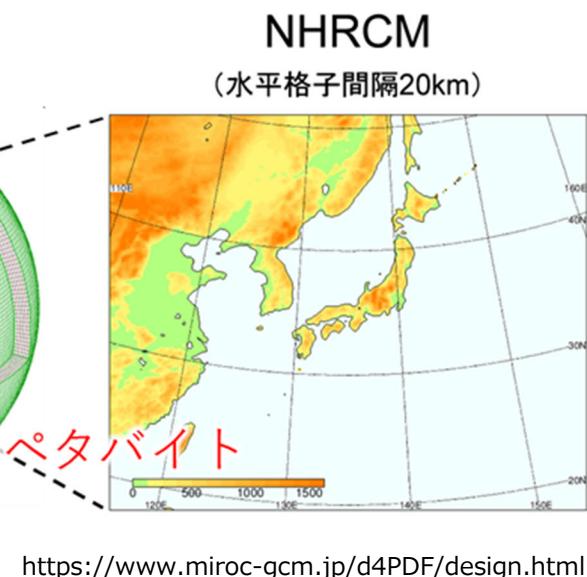
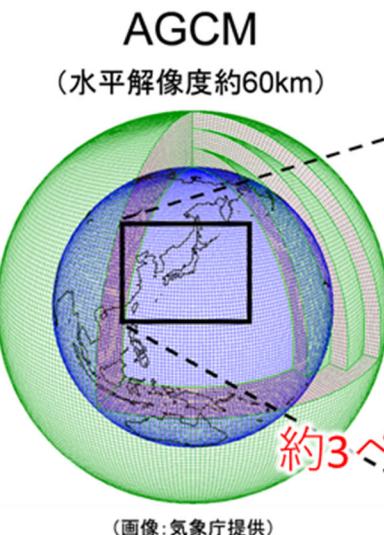
気象の将来の見通しとして気候変動の高潮への影響を勘案する際には、気候変動に伴う高潮の予測に関する研究成果又は調査結果を参考に、将来における高潮による潮位偏差を適切に設定するものとする。

- ① 現在設定しているモデル高潮を生じさせる想定台風に対して、地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF) …
  - ② 観測された年最大潮位偏差の極値分布に適合する…
  - ③ 気象庁が公表している台風のベストトラックデータを用いて台風の中心気圧をバイアス補正した現在気候及び将来気候の大規模アンサンブル数値実験結果…

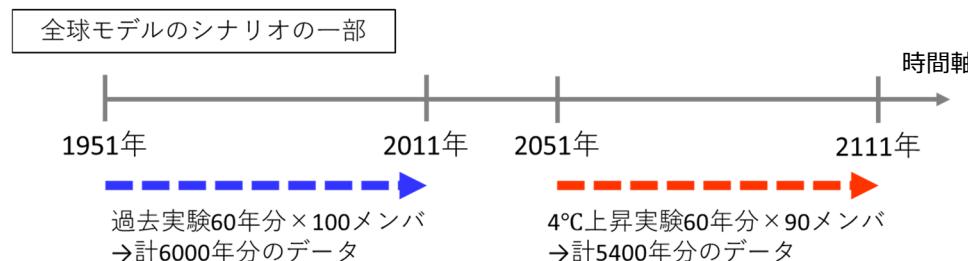
## キーワード：

# 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF)

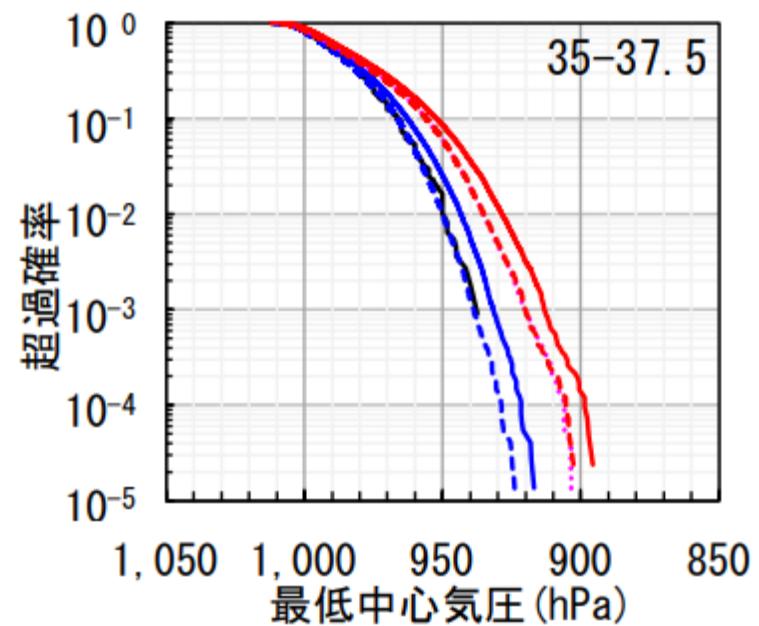
# d4PDFについて



<https://www.miroc-gcm.jp/d4PDF/design.html>

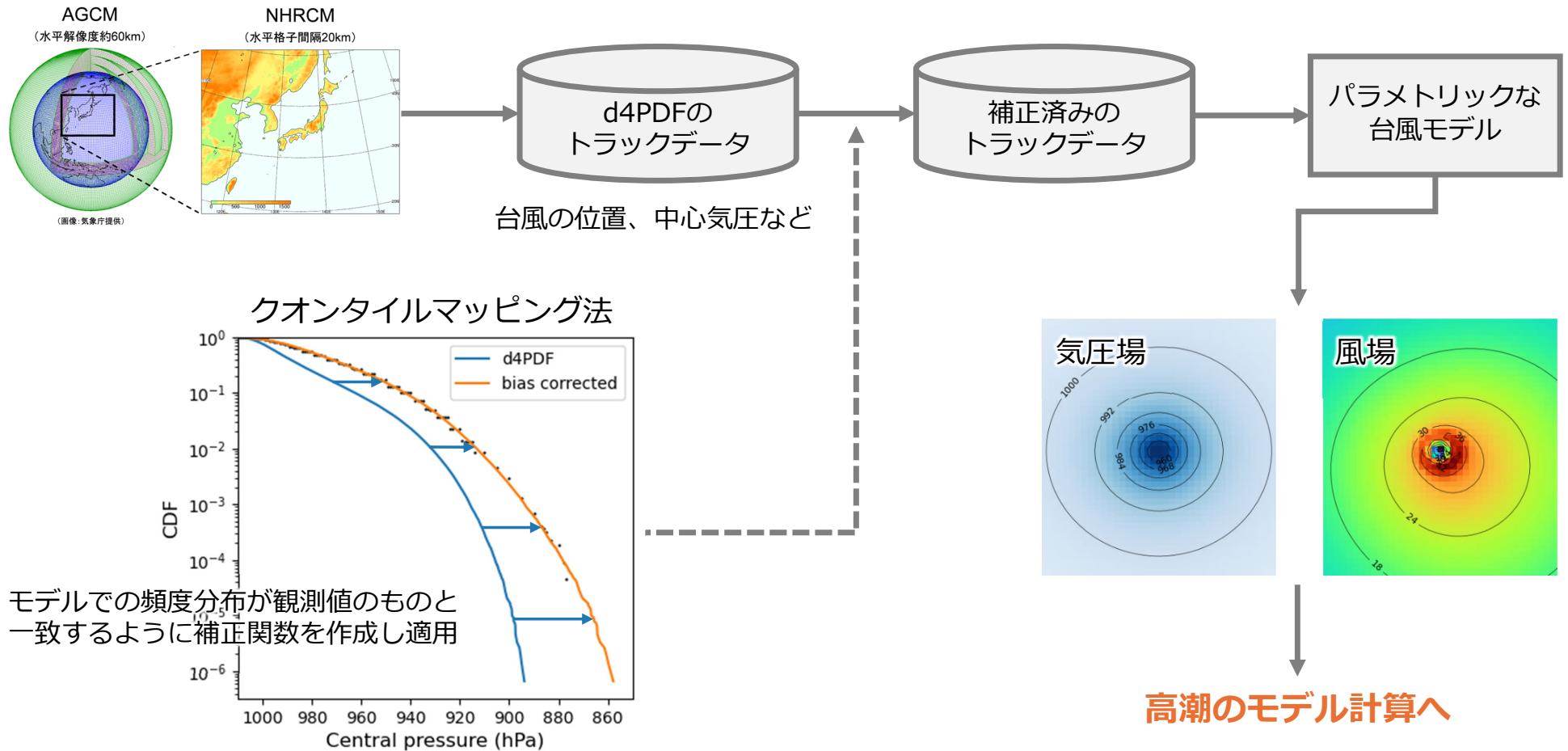


■ 気象庁BT  
■ 過去実験  
■ 過去実験バイアス補正  
■ 過去実験バイアス補正+ $\Delta p$   
■ 将来実験  
■ 将来実験バイアス補正比率



有村盾一, 邱中睿, 岡安徽也, 秩父宏太郎, 渡邊国広, & 森信人. (2021). 大規模アンサンブル気候予測データベース (d4PDF) の台風を対象としたバイアス補正手法とその将来変化予測. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 77(2), I\_973-I\_978.

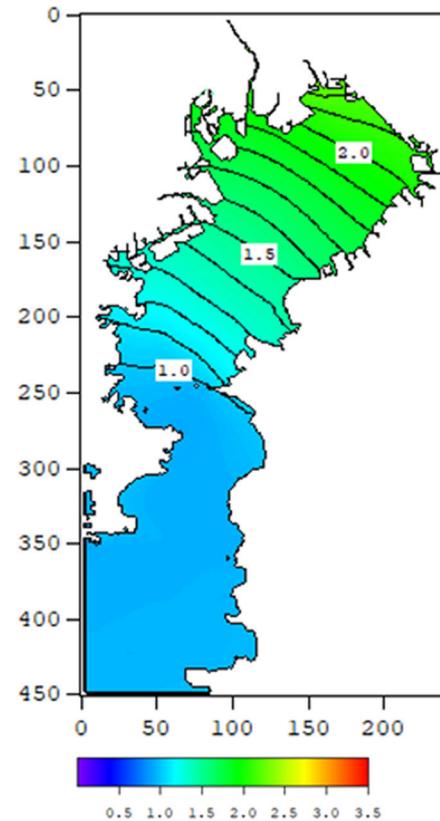
# d4PDF台風のバイアス補正手法の概念図



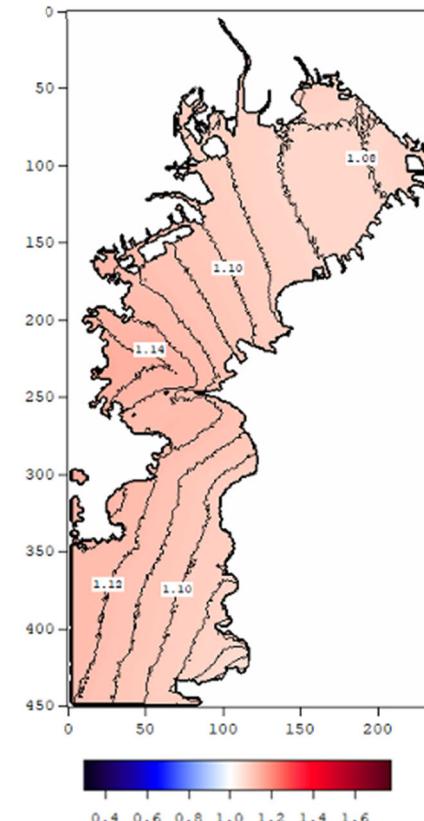
# 直接計算に基づく東京湾での予測結果



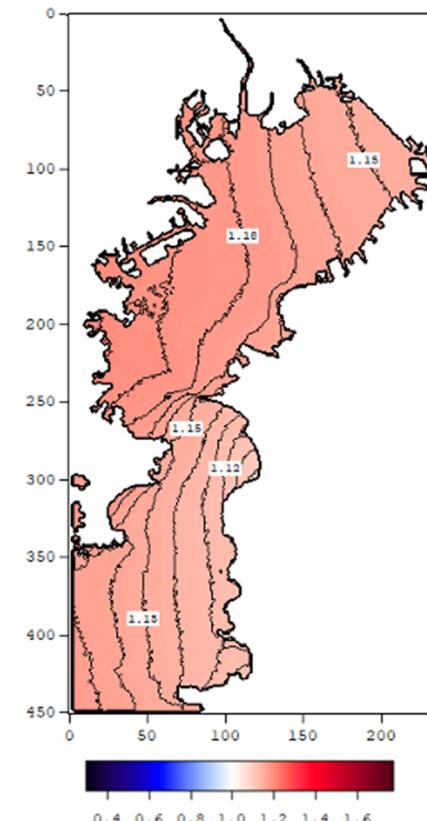
再現期間100年の潮位偏差



将来変化比 (+2K)



将来変化比 (+4K)



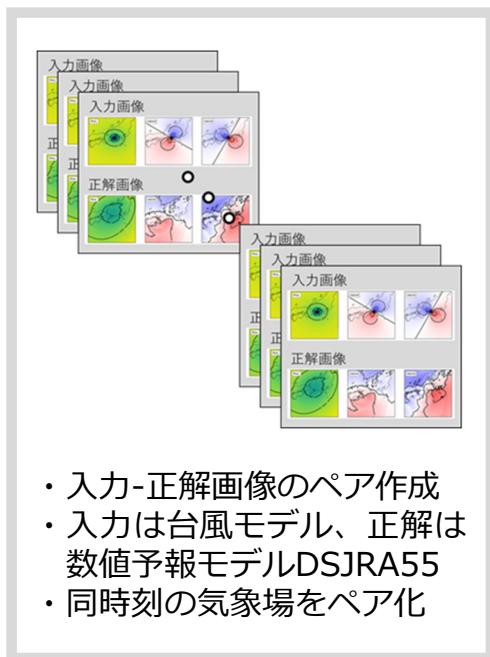
本多和彦, 成田裕也, 岡本侃大, 百海郁弥, 平山克也, 高川智博, 森 信人(2024). 3大湾内の港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価. 国総研資料、第1266号.

# パラメトリックな台風モデルの高精度化

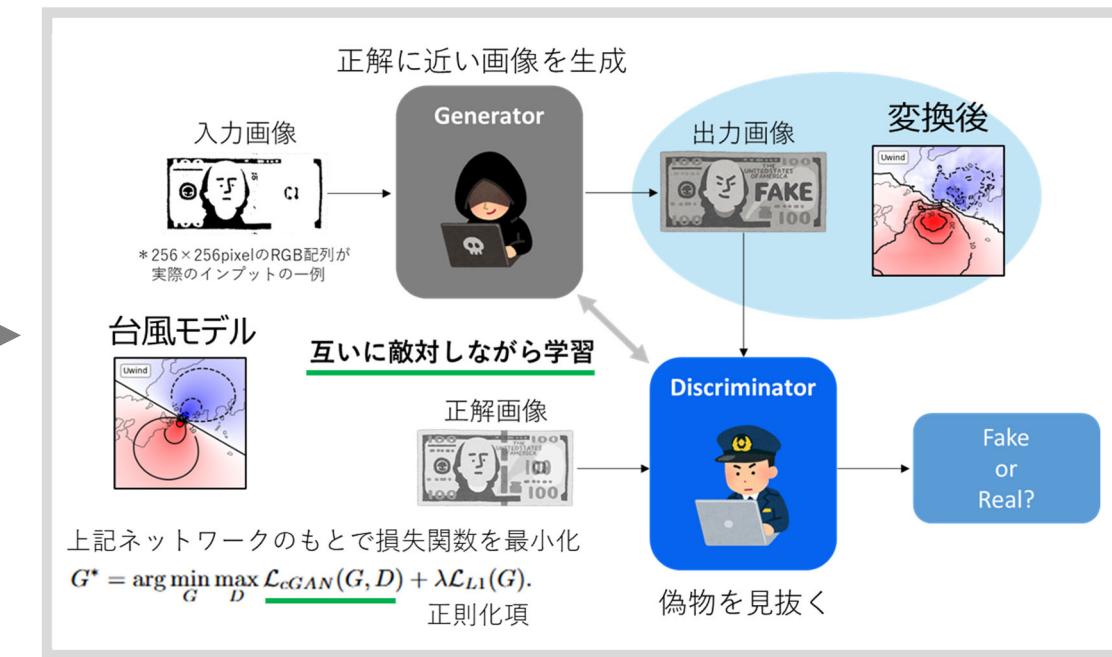


生成AIのPix2Pixにより、台風モデルを現実的なものへと補正

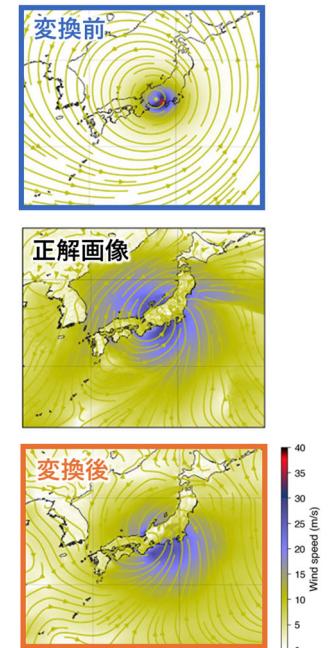
## 学習データの作成



## Pix2Pixの学習



## 出力

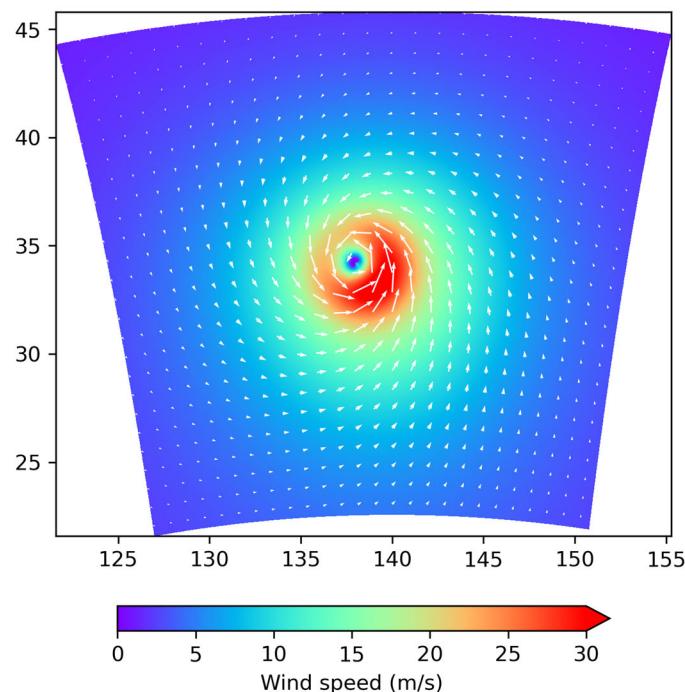


Mulia, I. E., Ueda, N., Miyoshi, T., Iwamoto, T., & Heidarzadeh, M. (2023). A novel deep learning approach for typhoon-induced storm surge modeling through efficient emulation of wind and pressure fields. *Scientific Reports*, 13(1), 7918.

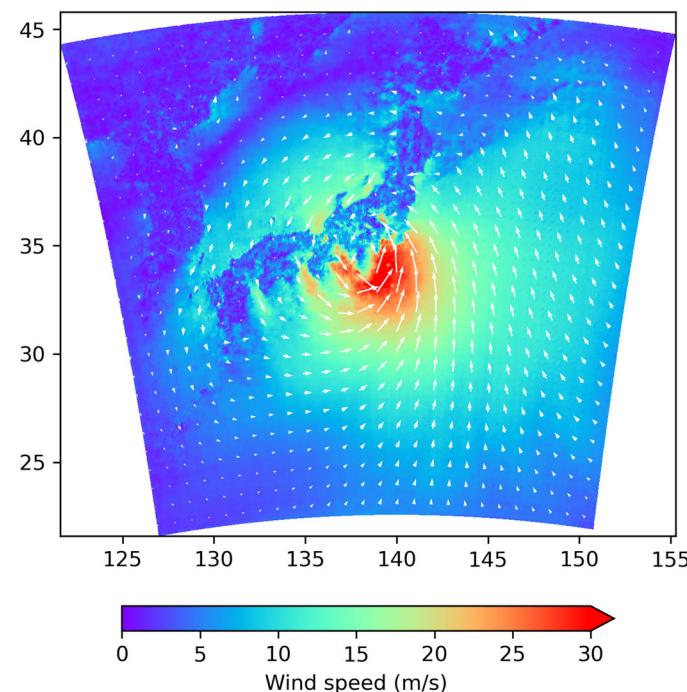
# 風場に対する補正効果



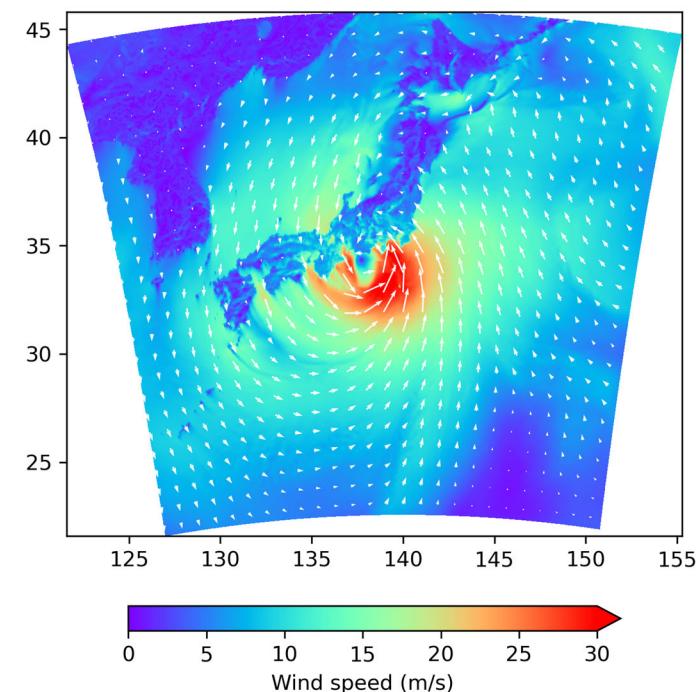
a) 補正前



b) 補正後



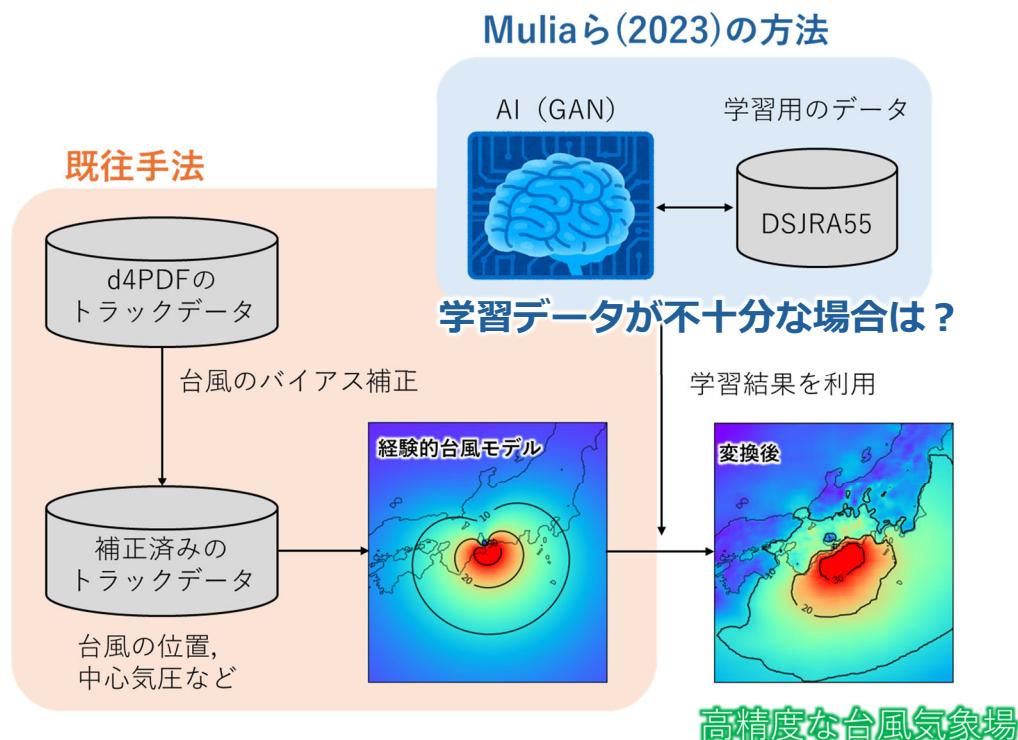
c) 正解画像



# 機械学習を併用したバイアス補正手法

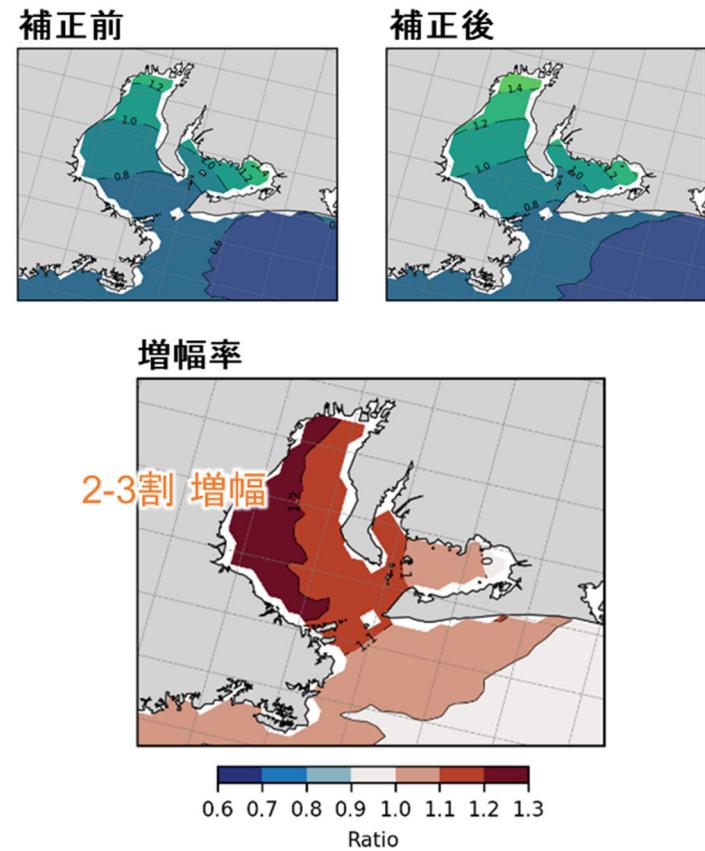


## a) 機械学習を併用したバイアス補正



AIであれば、数千年分の台風であっても補正可能

## b) 再現期間100年の潮位偏差の試算結果



# 終わりに



- 港湾分野においても、気候変動の影響を設計に反映するために技術基準が改訂された
- d4PDFに基づく高潮の予測手法とその高精度化のためにAIを活用する手法を紹介した
- 学習データの拡張を目的として、現在開発中の手法についても簡潔に述べた

ご清聴ありがとうございました。

連絡先 : iwamoto-t@p.mpat.go.jp