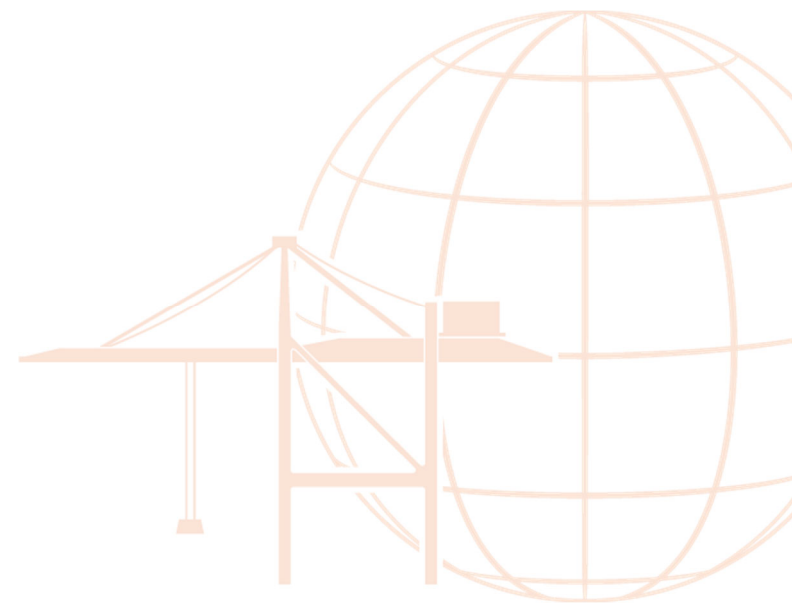


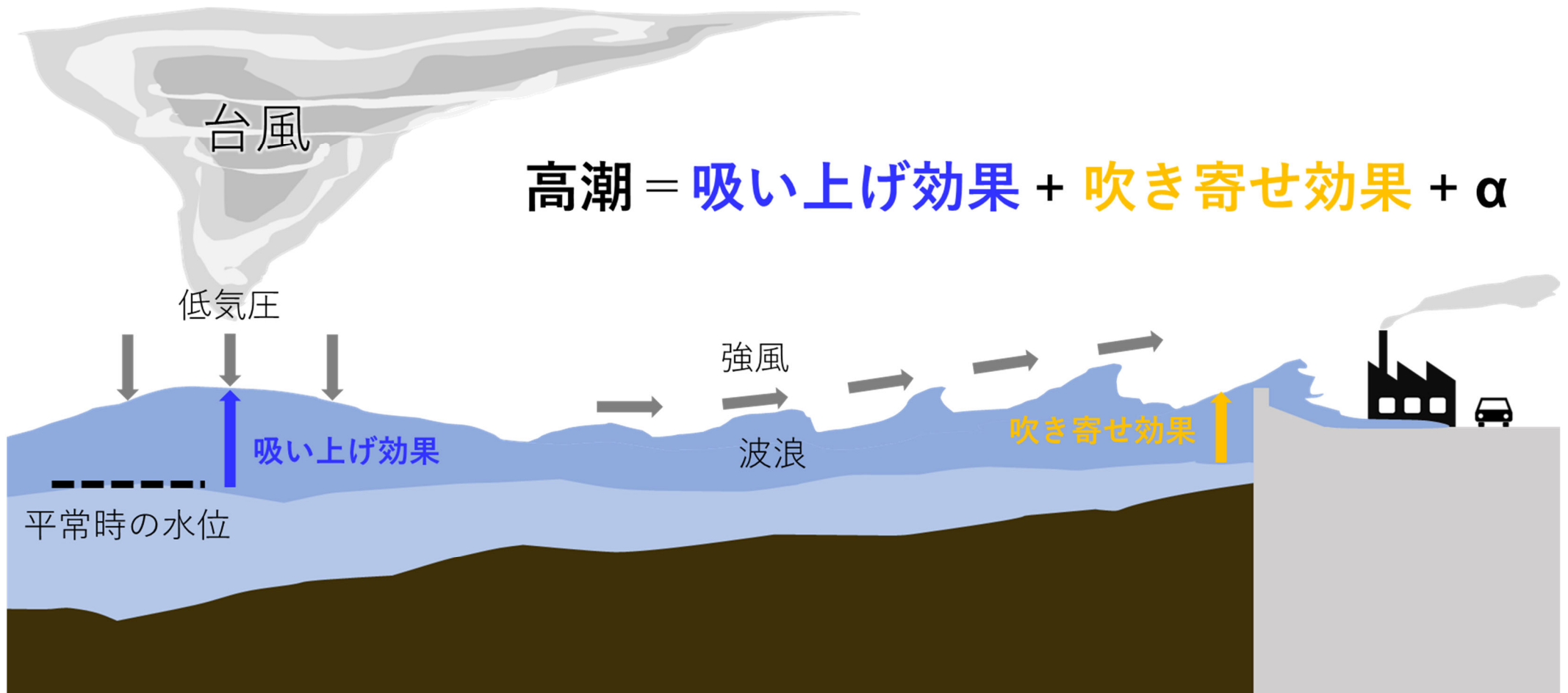


気候変動下での港湾の高潮リスク評価に向けた取り組み

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



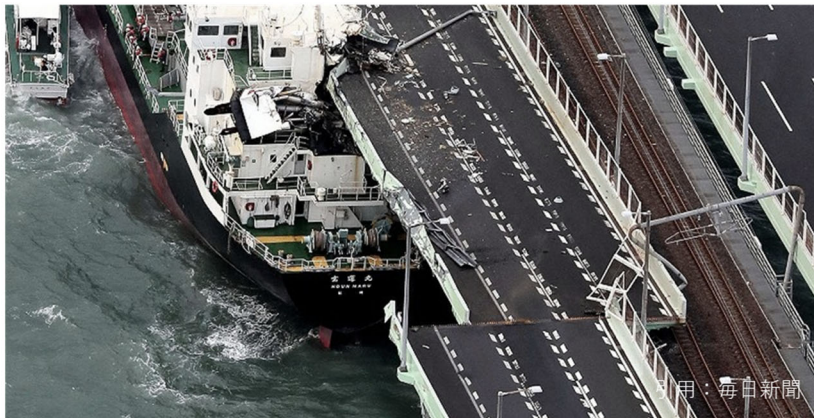
高潮とは、強風と低気圧を主因とする水位上昇



2018年台風21号による大阪湾での沿岸被害



引用：毎日新聞



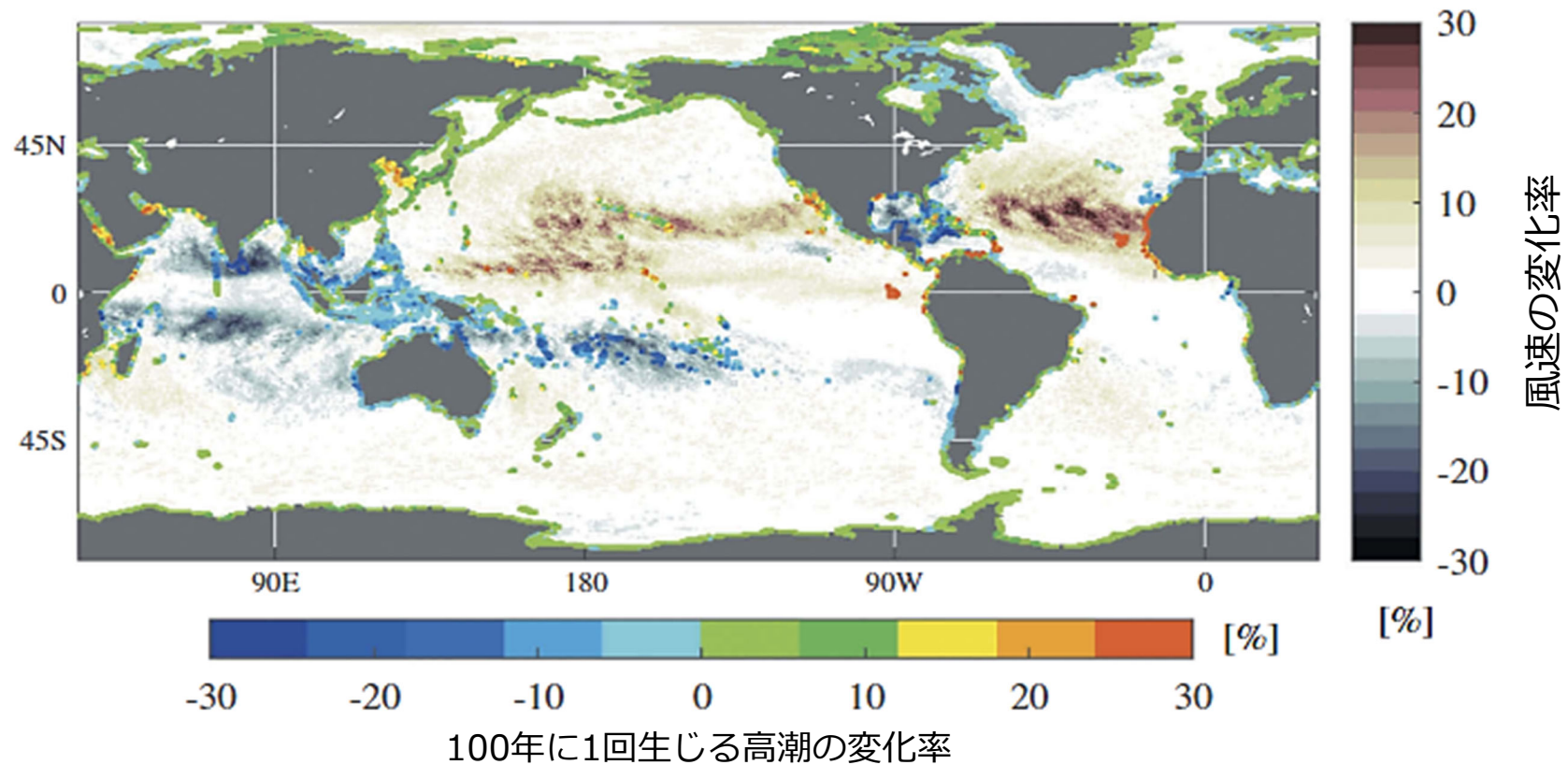
引用：毎日新聞



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 潮位【作】

(5) 高潮、津波等に対する防護施設の性能照査

高潮、津波等に対する防護施設の防護目標とした高潮や津波を超過するものが発生する可能性がある。避難を含めた総合的なリスクから考えられる高潮の被害を軽減するため、浸水等の被害が発生するリスクを軽減するため、高潮の被害を軽減するための避難支援対策も含めて、高潮への気候変動の影響」が追加

R6dの技術基準部分改訂で

「高潮への気候変動の影響」が追加

(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増大す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。

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、これらの方法を参考にすることができる。
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)等³⁴⁻³⁷⁾の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³⁴⁻³⁷⁾を用いて、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、高潮推算により将来の高潮による潮位偏差を評価する方法である³⁴⁻³⁷⁾。ただし、台風の経路及び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観測された年最大潮位偏差の極値分布に適合する極値関数から現在想定している潮位偏差の再現期間を推定するとともに、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を用いた高潮推算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応する将来気候の潮位偏差の変化比を評価し、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³⁴⁻³⁷⁾。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。

③気象庁が公表している台風のベストトラックデータ³⁴⁻³⁷⁾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を用いた高潮推算の極値統計結果の比較から、高潮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候に対する将来気候の潮位偏差の変化比を評価し、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³⁴⁻³⁷⁾。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³⁴⁻³⁷⁾。ただし、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。

これら3つの高潮の将来変化予測の方法では、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、設計供用期間中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供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位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。設計供用期間中における高潮による潮位偏差の設定について、現在気候及び将来気候の特定の期間又は時点と設計供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位としている場合の検討事例として、文庫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幅があるとともに、気候変動に伴い漸次的に変化する。一方、施設の目的により、また、同じ目的の施設においても性能照査の目的により異なる設計潮位を用いる場合がある(本節(1)設計潮位の基本的考え方参照)。このため、性能照査等の目的により異なる設計潮位を用いる場合には、高潮による潮位偏差の予測幅を評価し³⁴⁻³⁷⁾、漸次的な変化及び予測幅を勘案して高潮による潮位偏差を設定することが望ましい。

(6) 高潮への気候変動の影響

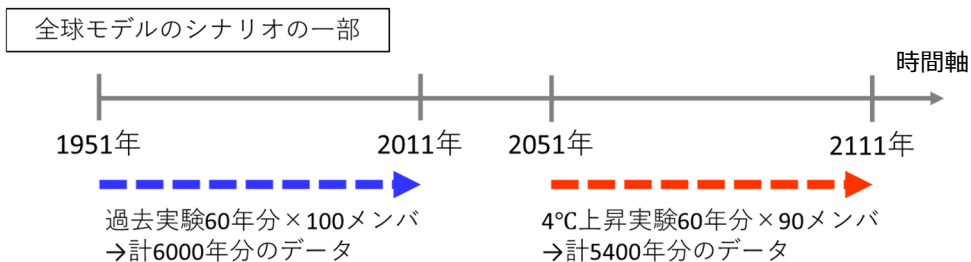
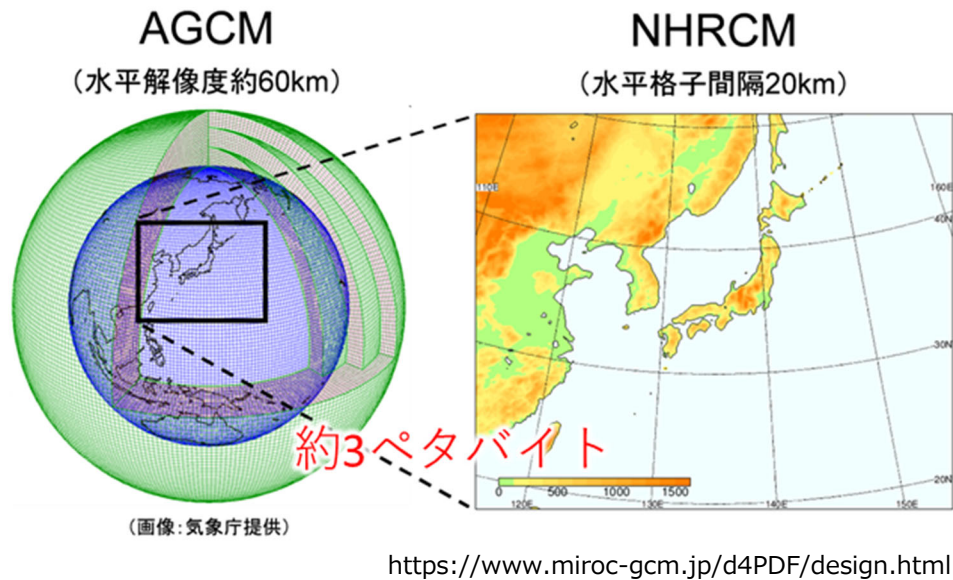
気候変動の影響により、確信度は中程度ではあるものの、日本付近の台風の強度は将来強まると予測されているとともに、東京湾、伊勢湾及び大阪湾における高潮による潮位偏差は将来増大すると予測されている。気象の将来の見通しとして気候変動の高潮への影響を勘案する際には、気候変動に伴う高潮の予測に関する研究成果又は調査結果を参考に、将来における高潮による潮位偏差を適切に設定するものとする。

- 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…

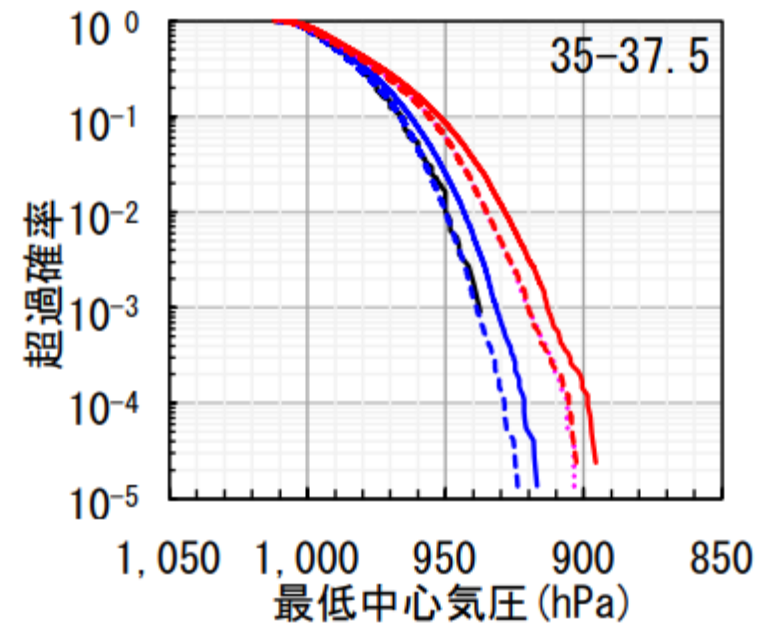
キーワード：
地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース(d4PDF)

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

d4PDFについて

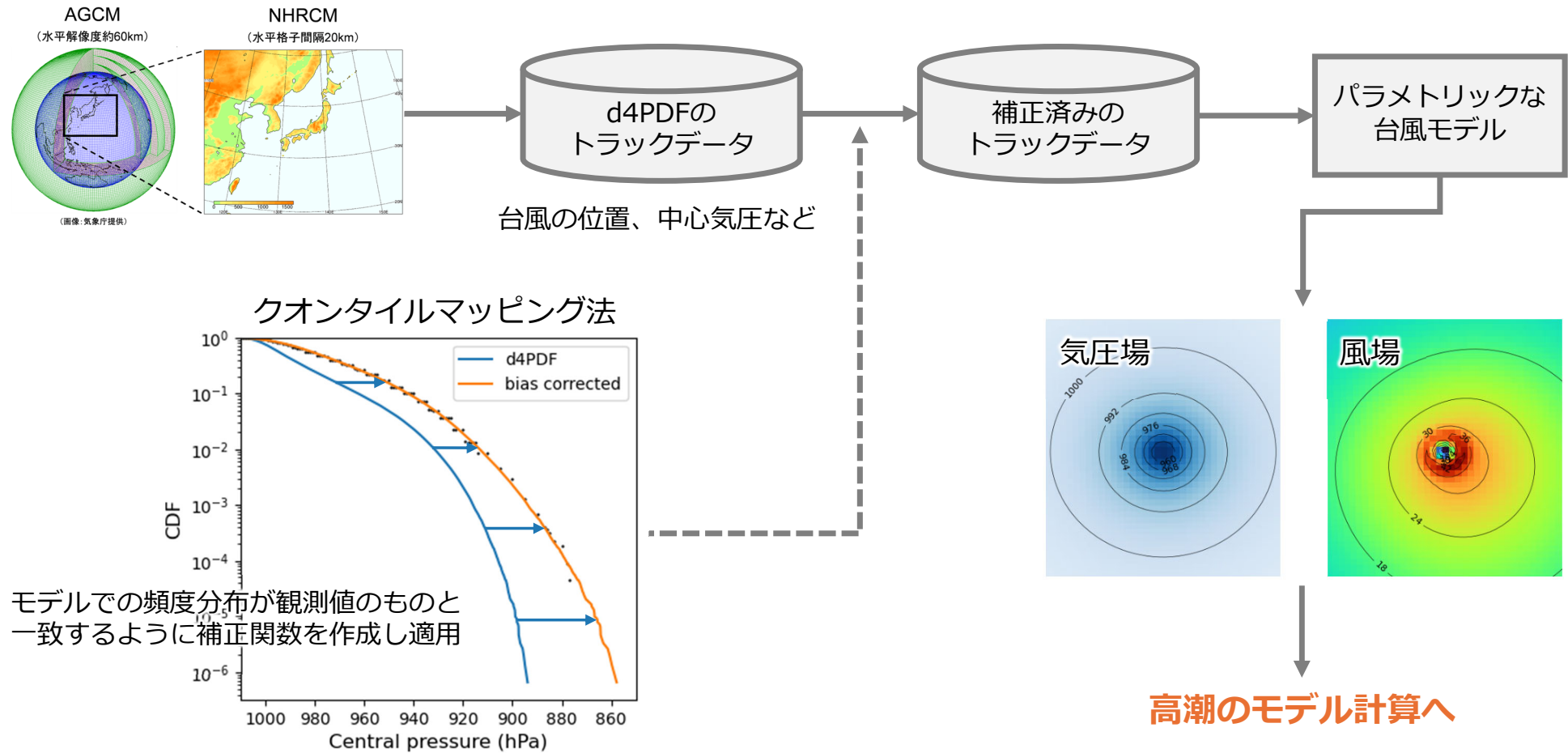


— 気象庁BT
 — 過去実験
 - - 過去実験バイアス補正
 過去実験バイアス補正+ Δp
 — 将来実験
 - - 将来実験バイアス補正比率



有村盾一, 邱中睿, 岡安徹也, 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.

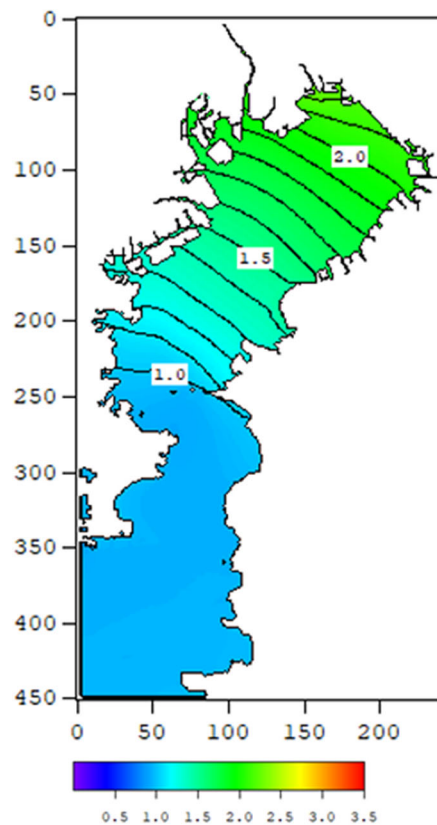
d4PDF台風のバイアス補正手法の概念図



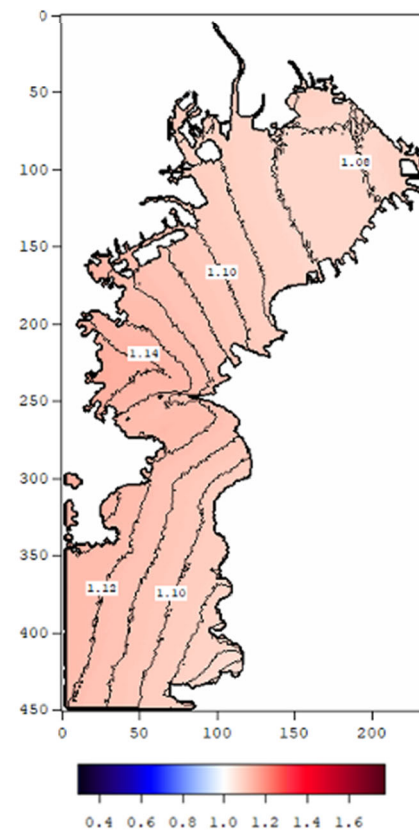
直接計算に基づく東京湾での予測結果



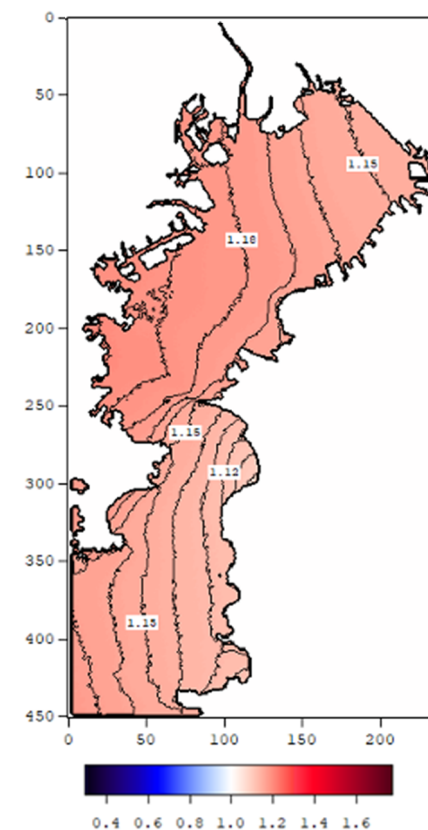
再現期間100年の潮位偏差



将来変化比 (+2K)



将来変化比 (+4K)



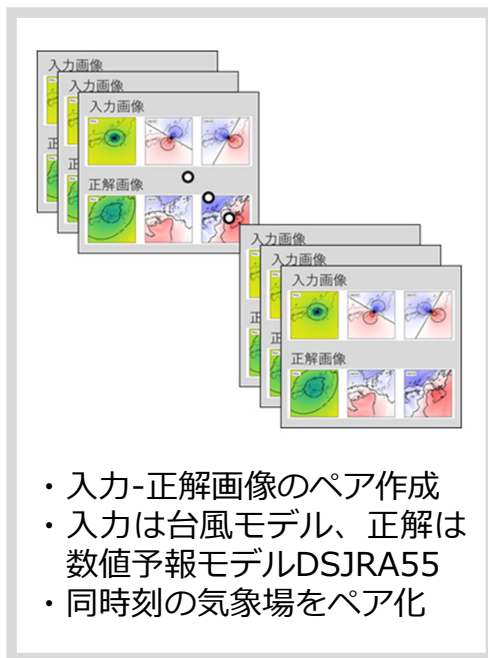
本多和彦, 成田裕也, 岡本侃大, 百海郁弥, 平山克也, 高川智博, 森 信人(2024). 3大湾内の港湾における高潮・波浪への気候変動の影響評価. 国総研資料、第1266号.

パラメトリックな台風モデルの高精度化

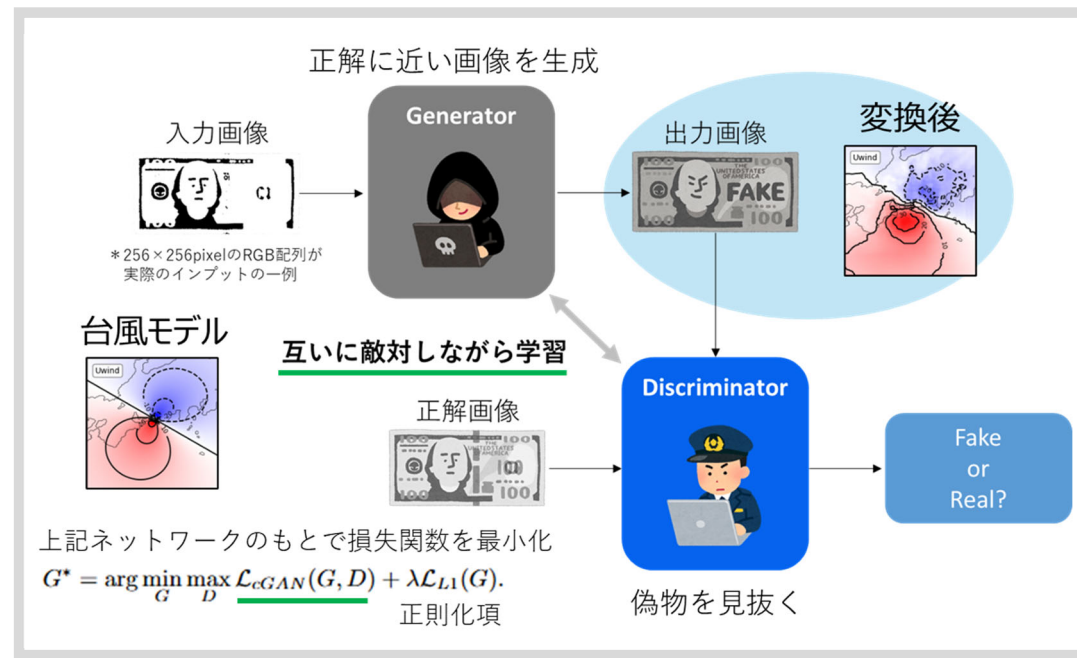


生成AIのPix2Pixにより、台風モデルを現実的なものへと補正

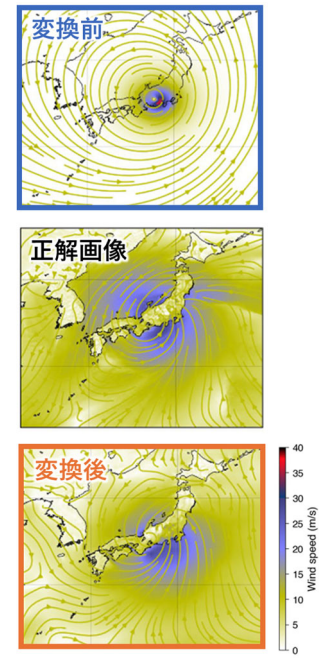
学習データの作成



Pix2Pixの学習



出力

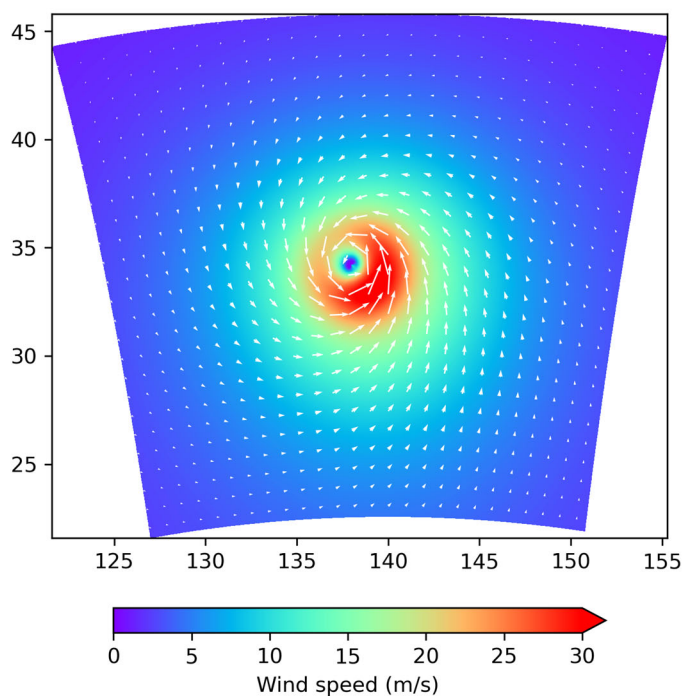


Mulia, I. E., Ueda, N., Miyoshi, T., Iwamoto, T., & Heidarzadeh, M. (2023). A novel deep learning approach for typhoon-induced storm surge modeling through efficient emulation of wind and pressure fields. Scientific Reports, 13(1), 7918.

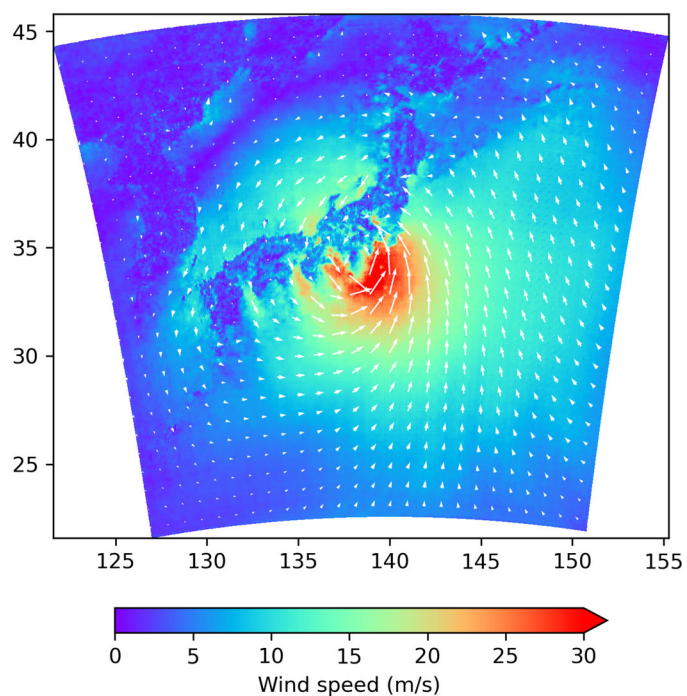
風場に対する補正効果



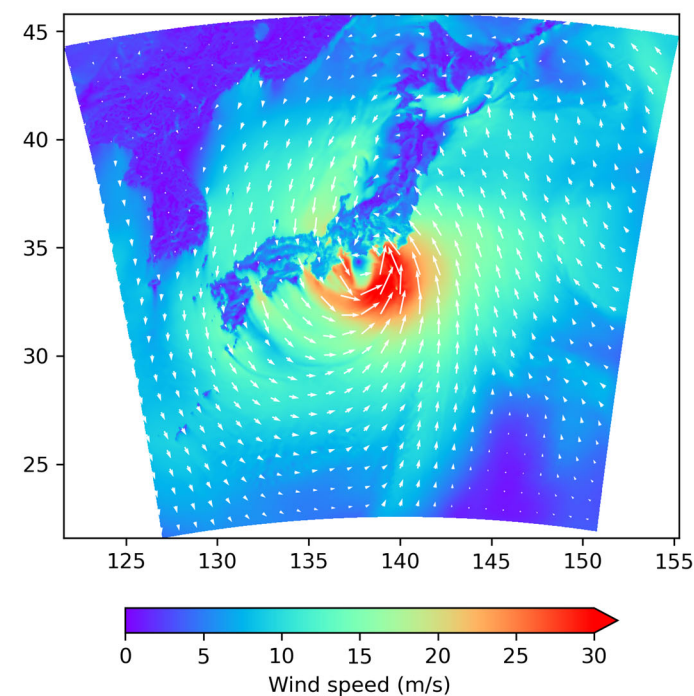
a) 補正前



b) 補正後



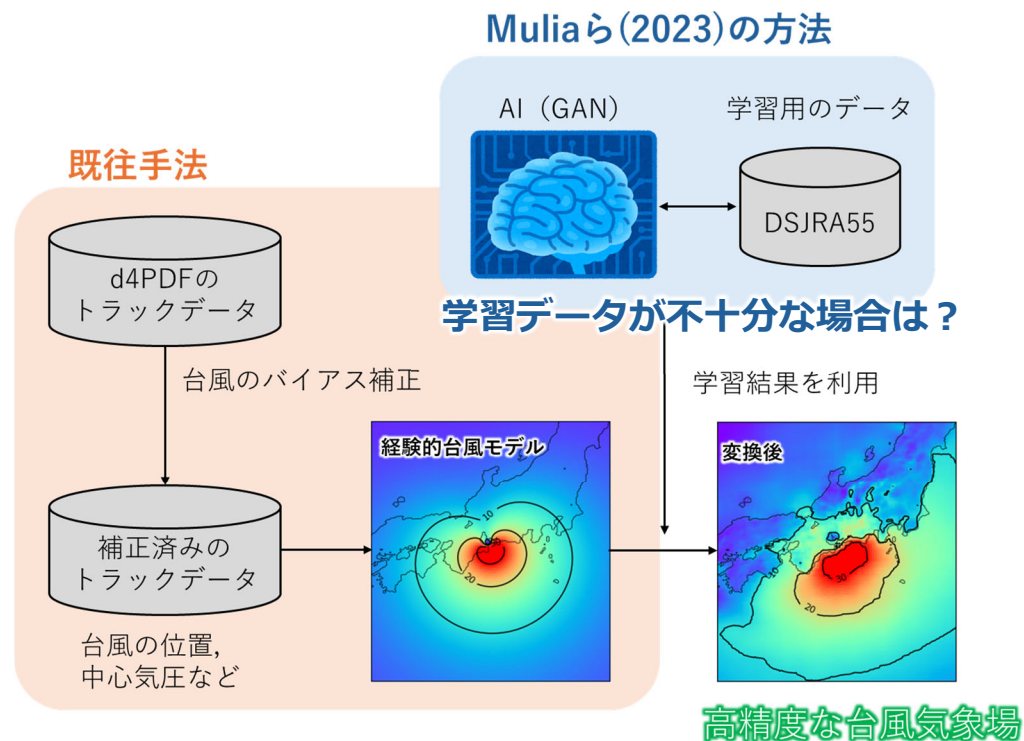
c) 正解画像



機械学習を併用したバイアス補正手法

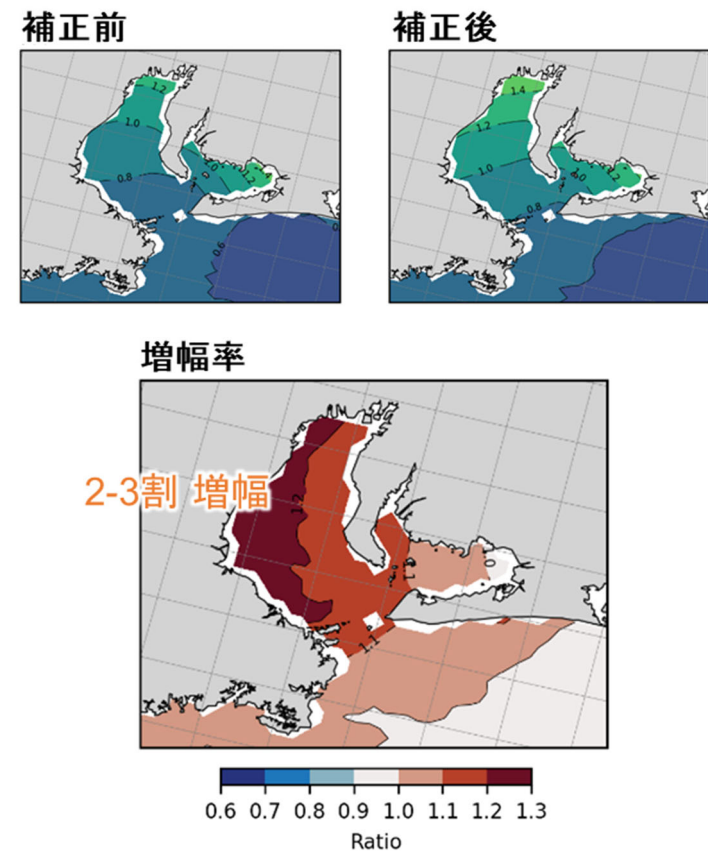


a) 機械学習を併用したバイアス補正



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