

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01431

研究課題名（和文）台風渦位ソース同定に基づく台風外力アンサンブル予報システムの構築

研究課題名（英文）Development of typhoon ensemble forecasting system based on the source inverse problem of potential vorticity

研究代表者

吉野 純（YOSHINO, Jun）

岐阜大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：70377688

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000円

研究成果の概要（和文）：進路のみならず高潮や大雨についても予報のばらつきを考慮に入れた情報提供によって、避難への実効性のある台風情報へと改善していく必要がある。本研究では、本研究課題では、数値予報モデルの初期値として台風の気圧や渦度の分布を推定する「変分法データ同化」とアンサンブル予報の初期摂動を推定する「渦度特異ベクトル法」を開発した。また、独自の高分解度台風モデルをベースとする「台風アンサンブル予報モデル」により、台風に伴う高潮や大雨の予報のばらつきを考慮できる「台風外力アンサンブル予報システム」を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、進路のみならず高潮や大雨についても予報のばらつきを考慮に入れた情報提供が可能となった。例えば、「地方では、台風が東よりに進路を取った場合により高潮の危険性が高く、最悪のケースでは潮位偏差は3.5mとなり、潮位偏差3mを超える確率は30%となるでしょう」といったより避難への実効性のある予報文を出せるようになる。このような情報提供により、住民の災害に対する油断（正常性バイアス）と避難行動の遅れの回避に繋がり、台風常襲地帯の我が国における地域防災力の向上に貢献できると期待される。

研究成果の概要（英文）：The information on predictability in forecasts of not only typhoon track but also storm surge and heavy rainfall should be improved to provide effective evacuation information. In this study, we created “variational data assimilation method” to estimate typhoon pressure and vorticity distributions in initial conditions of numerical prediction model and “vorticity singular vectors method” to estimate initial perturbations for ensemble predictions. In addition, we developed an ensemble forecasting system for typhoon external forces that can take into account uncertainties in the forecasts of storm surge and heavy rainfall associated with typhoons, based on our original high-resolution typhoon model.

研究分野：水工水理学

キーワード：自然災害 気象学 水工水理学 防災 高潮 台風

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気象庁の台風の進路予報の精度は過去 30 年で着実に向上している。2015 年の 3 日先予報の年平均誤差は、約 20 年前の 1998 年の 1 日先予報の年平均誤差と同程度である。また、過去 20 年間で 3 日先予報の年平均誤差は約 200km、24 時間予報の年平均誤差は約 100km 小さくなっている (気象庁, 2019)。しかしながら、時に「北進バイアス (実際より北よりに進む誤差)」と「減速バイアス (実際より遅く進む誤差)」といった 1,000km 以上の誤差となる大外しとなることもあり依然として課題が多い (山田ら, 2015; 気象庁, 2019)。

近年、気象庁の台風の強度予報の精度も向上しつつあり、2019 年より 5 日先予報でも台風強度予報が発表されるようになった (気象庁, 2019)。しかしながら、台風の進路予報に比べると目立った改善が見られず (Rappert, 2009)、気象庁全球予報モデルの解像度が 20km に高解像度化されたにも関わらず、台風の中心気圧の平均二乗誤差は 20hPa を超えており、精度面での課題は依然解消されていないのが現状である (斎藤ら, 2013)。

そのような中、2020 年 9 月 1 日に発生した台風 10 号は、30°C 以上の海水面温度の高い海域を移動したため 9 月 5 日には大型で非常に強い勢力 (920 hPa) にまで発達した。気象庁は、「特別警報級 (930 hPa) の台風が九州地方に接近する可能性がある」として警戒を呼びかけたが、その後、9 月 6 日には予想に反して 945 hPa にまで急減衰した (気象庁, 2020)。また、九州地方で予想された高潮や大雨についても、台風の強度が予想より弱く、かつ、予想より速く移動したために予想を下回る結果となった (気象庁, 2020)。このような予報誤差は、住民の災害に対する油断 (正常性バイアス) と避難行動の遅れに繋がる可能性があることから (片田, 2006)、台風予報に特化したより高分解能かつ高効率な台風アンサンブル予報モデルを開発する必要がある。また、進路のみならず高潮や大雨についても予報のばらつきを考慮に入れた情報提供によって、避難への実効性のある台風情報へと改善していくことが不可欠となる。

2. 研究の目的

本研究課題では、台風初期値化手法として台風の気圧や渦度の分布を推定する「変分法データ同化」と渦度 (渦位) 輸送方程式をベースとする「渦度 (渦位) 特異ベクトル法」を開発する。また、独自の高分解像度台風モデルをベースとする「台風アンサンブル予報モデル」により、最終的に、台風に伴う高潮や大雨の予報のばらつきを考慮できる「台風外力アンサンブル予報システム」を構築し、より実効性のある防災対策に資する台風予報を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究課題の目的を達成するために以下の手順で研究を実施した。以降の章で研究成果の一部を紹介する。

(1) 台風の気圧や渦度の分布を推定する「変分法データ同化」の開発 (4(1)節)

台風の内部は観測データが少なく、少ない観測データで台風の強度や構造を正確に表現できるデータ同化手法が必要となる。ここでは、変分法の手法を用いることで、観測された海面気圧データにより、台風の気圧分布式 (マイヤーズの式) を制約条件として台風内部の気圧分布を推定する。また、観測された台風中心の流線関数 (ジオポテンシャル) と最大風速半径より、渦度に関するポワソン方程式を制約条件として台風内部の渦度分布を推定する。

(2) 渦度 (渦位) 輸送方程式をベースとする「渦度 (渦位) 特異ベクトル法」の開発 (4(2)節)

効率的に台風アンサンブル予報を行うためには、時間とともに拡大しやすい初期摂動を推定し基準計算の初期値に合成する必要がある。このような初期摂動は、特異ベクトル法により推定できる。ここでは、2 次元渦度輸送方程式や 3 次元渦位輸送方程式に関する特異ベクトル法の定式化を行う。固有値分解の際には Lanczos 法を、複数の初期摂動の合成にはバリアンスミニマム法を適用し、渦度や渦位の初期摂動を算出する。

(3) 高分解像度台風モデルによる「台風外力アンサンブル予報」の検証 (4(4)節)

台風に伴う高潮の予測において、気象モデルによるアンサンブル予報のメンバー数だけでは十分とは言えず、最大潮位偏差を過小評価するだけでなく、不確実性を適切に評価できない可能性がある。ここでは、機械学習の分野のオーバーサンプリング技術として利用されている SMOTE を利用して、巨大高潮アンサンブル予報を行い、その沿岸防災において効果的な可視化方法について検討する。

4. 研究成果

(1) 台風の気圧や渦度の分布を推定する「変分法データ同化」の開発

台風の内部構造を表現する半径方向の 1 次元の経験的な気圧分布式 (マイヤーズの式) を利用して数少ない観測データから台風内部の気圧分布を推定する。マイヤーズの式は、

$$p(r) = p_c + (p_0 - p_c) \exp \left[\frac{R_m}{r} \right]^B$$

である． p_c は台風の中心気圧， p_0 は無限遠の気圧を示し，いずれも既知の値であるとする．変分法による逆解析では，次のように表される評価関数 J が最小となる \mathbf{x} （ここでは，最大風速半径 R_m とパラメータ B ）を推定する問題に帰着させる．

$$J(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b)\mathbf{B}^{-1}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b) + \frac{1}{2}(\mathbf{H}\mathbf{x} - \mathbf{y})^T\mathbf{R}^{-1}(\mathbf{H}\mathbf{x} - \mathbf{y})$$

ここで， \mathbf{x}^b は第一推定値であり， \mathbf{y} は観測値である．また， \mathbf{B} および \mathbf{R} はそれぞれ背景誤差共分散行列および観測誤差共分散行列である．評価関数の勾配ベクトル $\nabla J(\mathbf{x})$ やヘッセ行列 $\nabla^2 J(\mathbf{x})$ を手がかりに勾配降下法的一种である信頼領域 **dog-leg** 法により最小値探索を行った．

図 1(a)と(b)は，2022 年台風 14 号が上陸前の 2022 年 9 月 18 日 03 時 JST の逆解析により推定された気圧分布と風速分布を示す．また，図 1(c)は同時刻の CCMP の海上風分布を示す．観測された気圧 (+印) に沿うように台風内部の気圧分布形 (赤線) を推定できている．推定風速が過大傾向にあるのは，より粗度の小さい海上での風速を推定しているからである．このとき，海上の最大風速は 60.0 m/s，最大風速半径 R_m は 79.8 km と推定された．CCMP の海上風分布から見積もられた最大風速半径 R_m は 83.4 km となり，よく一致している．台風が南海上にあり，台風中心近傍に観測点がなくても縁辺の気圧と中心の気圧があれば概ね台風の構造を推定できることが明らかとなった．

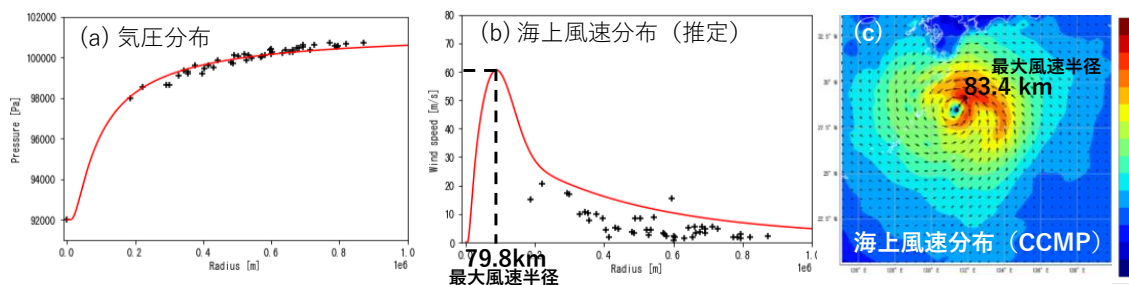


図 1：2022 年台風 14 号（2022 年 9 月 18 日 03 時 JST）の気圧分布と風速分布の推定結果．

次に，台風の内部構造を表現する 2 次元の渦度に関するポワソン方程式を利用して台風中心気圧と台風の最大風速半径から台風内部の渦度分布を推定する．渦度に関するポワソン方程式は，

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial y^2} = -\zeta$$

である． Ψ は流線関数， ζ は渦度を示す．変分法による逆解析では，次のように表される評価関数 J が最小となる \mathbf{x} （ここでは，渦度 ζ ）を推定する問題に帰着させる．

$$J(\mathbf{x}) = \frac{1}{2}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b)\mathbf{B}^{-1}(\mathbf{x} - \mathbf{x}^b) + \frac{1}{2}(\mathbf{H}\mathbf{x} - \mathbf{y})^T\mathbf{R}^{-1}(\mathbf{H}\mathbf{x} - \mathbf{y}) + \frac{1}{2}\alpha(\mathbf{F}(\mathbf{x}))^T(\mathbf{F}(\mathbf{x}))$$

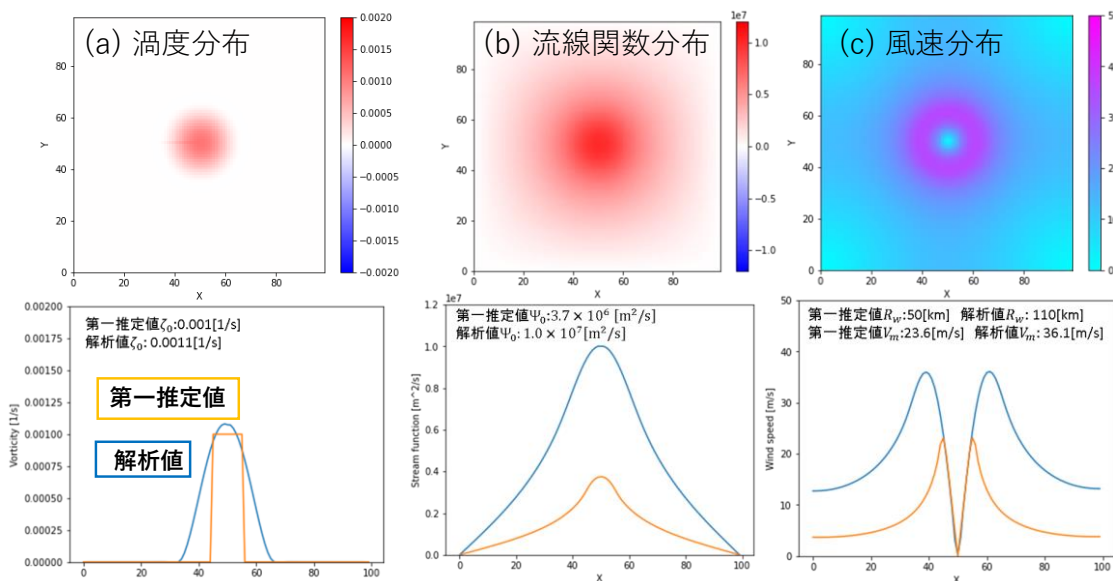


図 2：理想的な台風渦（観測値：渦中心の流線関数 Ψ は $1.0 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s}$ ，最大風速半径 R_m は 100 km）の 2 次元の渦度分布の推定結果．

ここで、 \mathbf{x}^b は第一推定値であり、 \mathbf{y} は観測値である。また、 \mathbf{B} および \mathbf{R} はそれぞれ背景誤差共分散行列および観測誤差共分散行列である。評価関数の勾配ベクトル $\nabla J(\mathbf{x})$ やヘッセ行列 $\nabla^2 J(\mathbf{x})$ を手がかりに勾配降下法的一种である信頼領域 dog-leg 法により最小値探索を行った。

観測値 \mathbf{y} として、渦中心の流線関数 Ψ は $1.0 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s}$ とし、側面境界の流線関数 Ψ は $0.0 \text{ m}^2/\text{s}$ とする。また、最大風速半径 R_m は 100 km とし、台風中心からの半径が最大風速半径 R_m より小さいときは渦度の背景誤差分散は 1.0×10^{-6} とし、半径が最大風速半径 R_m より大きいときは渦度の背景誤差分散は 1.0×10^{-18} とした。図 2(a)は渦度の第一推定値と解析値の分布を、図 2(b)は流線関数の第一推定値と解析値の分布を、図 2(c)は風速の第一推定値と解析値の分布を示す。図より、観測値の渦中心の流線関数 $\Psi = 1.0 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s}$ と一致する流線関数分布とそれに伴う渦度分布を表現できている。推定された渦度分布は、最大風速半径 R_m の 100 km ともよく一致している。以上より、本手法により、台風内部の流線関数（ジオポテンシャル）を得ることができれば、渦度 ζ を推定することが可能となることを明らかとなった。この定式化を3次元の渦位に関するポワソン方程式へと拡張することによって、3次元台風に対しても適用できるようになる。

(2) 渦度（渦位）輸送方程式をベースとする「渦度（渦位）特異ベクトル法」の開発

ここでは、2次元渦度に対する特異ベクトル法の定式化について説明する。2次元渦度輸送方程式は、

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \beta \frac{\partial \psi}{\partial x} + K \left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} \right)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\zeta$$

となる。変数は渦度 ζ と流れ関数 ψ であり、自由度は格子点 300×300 個となる。それぞれの格子点に1つの次元を与え変数をベクトルで表記すると渦度に関するポワソン方程式は行列 \mathbf{X} 、渦度ベクトル $\boldsymbol{\zeta}$ 、流れ関数ベクトル $\boldsymbol{\psi}$ を用いて、 $\mathbf{X}\boldsymbol{\psi} = \boldsymbol{\zeta}$ と表される。また、摂動を加えた変数 $\zeta + \zeta'$ と $\psi + \psi'$ も上記の式を満たすとすれば、差分をとることにより渦度摂動の時間発展式と渦度摂動と流れ関数摂動の関係式は、

$$\frac{\partial \zeta'}{\partial t} = \left\{ -\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} + K \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \right\} \zeta' + \left\{ -\frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial y} \frac{\partial}{\partial x} + \beta \frac{\partial}{\partial x} \right\} \psi'$$

$$\frac{\partial^2 \psi'}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi'}{\partial y^2} = -\zeta'$$

となる。この式を計算領域全体に適用し、行列 \mathbf{J}_1 、 \mathbf{J}_2 と渦度と流れ関数の摂動ベクトル $\boldsymbol{\zeta}'$ 、 $\boldsymbol{\psi}'$ を用いて表記すれば、

$$\frac{\partial \boldsymbol{\zeta}'}{\partial t} = \mathbf{J}_1 \boldsymbol{\zeta}' + \mathbf{J}_2 \boldsymbol{\psi}' = \mathbf{J}_1 \boldsymbol{\zeta}' + \mathbf{J}_2 \mathbf{W}^{-1} \boldsymbol{\zeta}' = \mathbf{J} \boldsymbol{\zeta}' \quad (1.5)$$

となる。 \mathbf{J} はヤコビアン行列であり、摂動の発展を表す行列は \mathbf{J} と発展時間 τ により決まる。行列を特異値分解することで初期摂動を求めた。3次元渦位についても同様に渦位の輸送方程式に対して格子点法を適用し、摂動の時間発展式を求めて行列で表すことで発展する摂動である特異ベクトルを求めることができる。

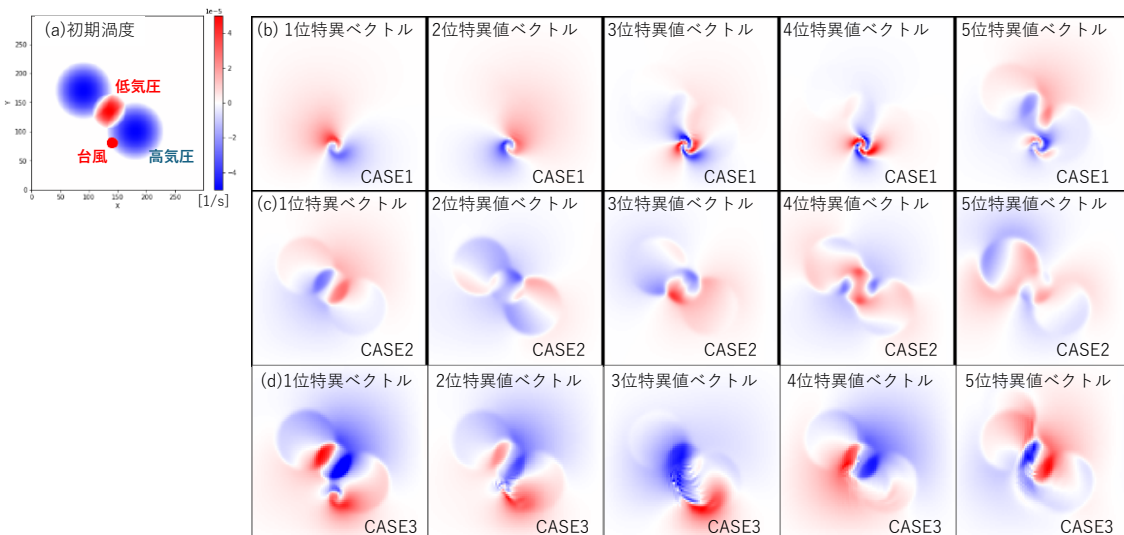


図 3 : (a)初期の渦度分布と(b) CASE1, (c) CASE2, および, (d) CASE3 の特異ベクトルの分布。左から順に第 1 位, 2 位, 3 位, 4 位, 5 位。

図 3(a)は、2次元渦度輸送方程式でアンサンブル予報実験を行う際の基準計算の初期値を示す。台風に伴う小スケールの高渦度と台風を移動させる周辺の低気圧（正渦度）と高気圧（負渦度）が配置されている。時間発展とともに、台風に伴う高渦度が低気圧の正渦度に取り込まれて徐々に渦度が減少する変化を示す。この場に対して3種類の摂動作成方法について比較・検証した。まず、基準2の初期値に対して、そのまま、上位5個の特異ベクトルを求め（図 3(b)）、それらの符号を反転させたベクトルと合わせた計10個を摂動とする予報をCASE1とする。次に、基準計算の初期値から台風渦を取り除いた場に対して上位5個の特異ベクトルを求め（図 3(c)）、符号を反転させたベクトルを合わせた計10個をそれぞれ摂動とする予報をCASE2とする。摂動の発展時間はいずれのケースも6時間としている。最後に、CASE1の発展時間を6, 12, 24, 48, 72時間と変えて求めた5個の最上位の特異ベクトルをそれぞれバリエーション法によりCASE2の最上位の特異ベクトルと線形結合した5個のベクトル（図 3(d)）と符号を反転させたベクトルの計10個をそれぞれ摂動とする予報をCASE3とする。得られた特異ベクトルは基準計算の初期状態の渦度ベクトルの大きさの0.1倍になるよう調節し、基準となる初期値に加算した。

図 4は、CASE1, CASE2, および、CASE3を初期とする2次元渦度輸送方程式による10メンバーによるアンサンブル予報実験の結果を示す。どのアンサンブル予報も上位の特異ベクトルを摂動作成に使用することでよくばらついているが、台風渦を取り除く処理をしたCASE2やCASE3のほうが特異ベクトルの成分の2乗の分散の値が小さく領域全体に広がる摂動となっている。また、台風中心位置の標準偏差はCASE3が最も大きい。また、台風中心の平均位置からの標準偏差のジニ係数はCASE3の値が一番小さく、メンバーが偏りなく均等に大きくばらつくことが分かる。台風渦を取り除いた初期場を利用するだけでなく、異なる発展時間で作成された摂動を合成することによって、台風渦周辺だけに集中しない多様な摂動を作成することができ、少ないアンサンブルメンバーで多様な進路を生み出すことが可能になることが明らかとなった。

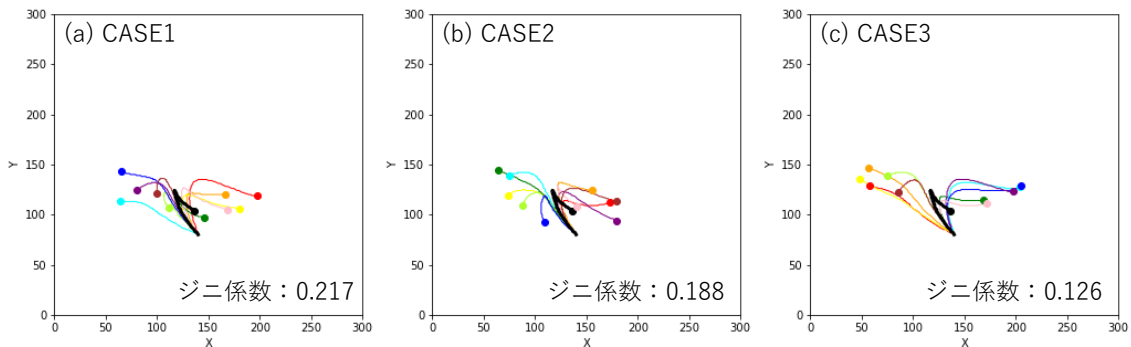


図 4 : (a) CASE1, (b) CASE2, および、(c) CASE3を初期値とする10メンバーの台風進路図。

(3) 高解像度台風モデルによる「台風外力アンサンブル予報」

2023年台風7号を対象として、高解像度モデルによる少ないメンバー数からなるアンサンブル予報を利用した高潮アンサンブル予報の高度化について検討した。高解像度台風モデルによる21メンバーだけで高潮の不確実性を表現することは不十分であるため、機械学習の分野のオーバーサンプリング技術として利用されるSMOTEを利用して、中心位置、中心気圧、および最大風速半径の台風属性データに対して合計1000メンバーのデータ拡張を行い、経験的台風モデルと高潮モデルにより伊勢湾内の巨大高潮アンサンブル予報実験を行った（図 5）。進路予報偏差を5つにクラスター分類を行い、潮位偏差に関するクラスター毎の積み上げヒストグラムにより可視化する表現方法を提案した。これは予報発表後も時々刻々と変化する台風進路を考慮に入れた機動的な高潮対策に資すると期待される。

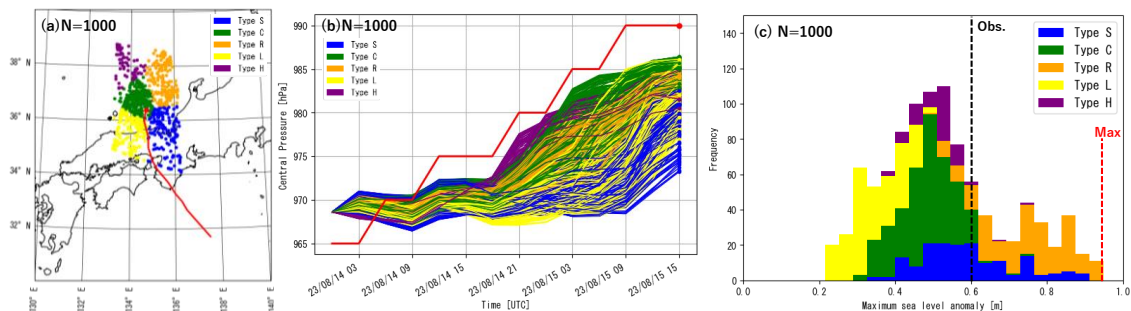


図 5: データ拡張(1000メンバー)された(a)台風進路と(b)中心気圧、および、(c)最大潮位偏差確率分布。色の違いは台風進路偏差の5つのクラスターの違いを表す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Haruyama Kazuki, Toyoda Masaya, Kato Shigeru, Mori Nobuhito, Kim Sooyoul, Yoshino Jun	4. 巻 6
2. 論文標題 Investigation of compound occurrence of storm surge and river flood in Mikawa Bay, Japan, using typhoon track ensemble experiments	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Frontiers in Water	6. 最初と最後の頁 n/a ~ n/a
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frwa.2024.1403286	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Toyoda Masaya, Mori Nobuhito, Kim Sooyoul, Shibutani Yoko, Yoshino Jun	4. 巻 120
2. 論文標題 Assessment of compound occurrence of storm surge and river flood in Ise and Mikawa Bays, Japan using a framework of atmosphere?ocean?river coupling	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Natural Hazards	6. 最初と最後の頁 3891 ~ 3917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11069-023-06362-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Harada Daiki, Moriai Naoki, Chinnavornrungrsee Perawut, Kittisontirak Songkiate, Chollacoop Nuwong, Songtraï Sasiwimon, Sriprapha Kobsak, Yoshino Jun, Kobayashi Tomonao	4. 巻 62
2. 論文標題 Probability prediction of solar irradiance in the tropic using ensemble forecasting	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SK1057 ~ SK1057
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acdf68	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Harada Daiki, Chinnavornrungrsee Perawut, Kittisontirak Songkiate, Chollacoop Nuwong, Songtraï Sasiwimon, Sriprapha Kobsak, Yoshino Jun, Kobayashi Tomonao	4. 巻 62
2. 論文標題 Optimization of numerical weather model parameterizations for solar irradiance prediction in the tropics	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SK1056 ~ SK1056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acd9b5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Chinnavornrungrsee Perawut, Kittisontirak Songkiate, Chollacoop Nuwong, Songtraï Sasiwimon, Sriprapha Kobsak, Uthong Piti, Yoshino Jun, Kobayashi Tomonao	4. 巻 62
2. 論文標題 Solar irradiance prediction in the tropics using a weather forecasting model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SK1050 ~ SK1050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acd4c8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 YOSHINO Jun, KURINO Yuma, KOBAYASHI Tomonao	4. 巻 79
2. 論文標題 2022年台風14号の高潮に関する擬似温暖化進路アンサンブル実験	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of JSCE	6. 最初と最後の頁 n/a ~ n/a
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.23-17166	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MORO Yamato, TOYODA Masaya, KATO Shigeru, YOSHINO Jun	4. 巻 79
2. 論文標題 ANALYSIS OF THE TREND AND VARIATION FACTORS FOR THE RADIUS OF MAXIMUM WIND SPEED OF TYPHOONS MAKING LANDFALL IN JAPAN	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of JSCE	6. 最初と最後の頁 n/a ~ n/a
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.23-17165	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉野純, 栗野優真, 小林智尚	4. 巻 79
2. 論文標題 2022年台風14号の高潮に関する擬似温暖化進路アンサンブル実験	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 n/a ~ n/a
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Chinnavornrungrsee, Perawut; Kittisontirak, Songkiate; Chollacoop, Nuwong; Songtrai, Sasiwimon; Sriprapha, Kobsak; Uthong, Piti; Yoshino, Jun; Kobayashi, Tomonao	4. 巻 -
2. 論文標題 Solar irradiance prediction in tropics using weather forecasting model	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 n/a ~ n/a
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Toyoda Masaya, Mori Nobuhito, Yoshino Jun	4. 巻 64
2. 論文標題 Optimization of empirical typhoon model considering the difference of radius between pressure gradient and wind speed distributions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 1 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2022.2035514	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Toyoda Masaya, Yoshino Jun, Kobayashi Tomonao	4. 巻 64
2. 論文標題 Future changes in typhoons and storm surges along the Pacific coast in Japan: proposal of an empirical pseudo-global-warming downscaling	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 190 ~ 215
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2021.2002060	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 吉野純, 栗野優真, 豊田将也, 小林智尚	4. 巻 77
2. 論文標題 2019年台風19号の大雨に関する擬似温暖化進路アンサンブル実験	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_1249 ~ I_1254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉野純, 山本康平, 小林智尚	4. 巻 77
2. 論文標題 d4PDFの直接ダウンスケーリングによる伊勢湾におけるL2想定高潮の将来変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_991 ~ I_996
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計31件 (うち招待講演 19件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 パネルディスカッション「社会や産業における気象データ利活用と人材育成のあり方」
3. 学会等名 第2回応用気象シンポジウム2024 in ぎふ (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 大学初の気象データアナリスト養成プログラムの紹介と実施報告
3. 学会等名 第2回応用気象シンポジウム2024 in ぎふ (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 ～気象データアナリストが拓く気象ビジネスの未来～トークセッション第2部
3. 学会等名 第8回気象ビジネスフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 気象データの応用技術開発と人材育成の現状
3. 学会等名 令和5年度気候情報の応用技術に関する検討会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 茂呂 陽真人, 豊田 将也, 加藤 茂, 吉野 純
2. 発表標題 日本に上陸する台風の最大風速半径の変化傾向とばらつき要因の解析
3. 学会等名 第70回海岸工学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純, 栗野優真, 小林智尚
2. 発表標題 2022年台風14号の高潮に関する擬似温暖化進路アンサンブル実験
3. 学会等名 第70回海岸工学講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 堀康郎, 後藤則昭, 古川隆之, 吉野純
2. 発表標題 山岳地帯の中小河川の水位予測の検討
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純, 小林智尚, 玉川一郎
2. 発表標題 大学による 気象データアナリスト育成講座の実施例
3. 学会等名 日本気象学会2023年度秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 地球温暖化による気象災害の激化 ~緩和と適応に向けて~
3. 学会等名 (一社)建設コンサルタ ンツ協会中部支部河川検討グループ第一分科会講演会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 気象データに基づく温暖化の現状と対策について
3. 学会等名 令和5年度「清流の国ぎふ」SDGs推進セミナー(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 地域産業のための気象データ活用と実践
3. 学会等名 岐阜商工会議所「若鮎倶楽部」第28回総会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 「気象データアナリスト」育成講座紹介
3. 学会等名 日本気象予報士会気象記念講演会～気象データアナリストとビジネス創出の未来～（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 近頃の気象の話
3. 学会等名 岐阜大学・十六銀行産学連携プロジェクト「くるるセミナー」（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 渦位逆変換法を用いた台風進路予測誤差の分析
3. 学会等名 第14回気象庁数値モデル研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 春山和輝，豊田将也，加藤茂，森信人，金洙列，吉野純
2. 発表標題 愛知県三河湾における台風進路が河口部での複合氾濫リスクへ与える影響評価
3. 学会等名 令和4年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 茂呂陽真人, 豊田将也, 加藤茂, 吉野純
2. 発表標題 日本に上陸する台風の最大風速半径の時間変化に関する解析
3. 学会等名 令和4年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 奥彩菜, 永田晃大, 山下泰輝, 玉川一郎, 小林智尚, 吉田弘樹, 亀山展和, 吉野純, 高山佳久
2. 発表標題 大気揺らぎの影響を受けた伝送光の計測
3. 学会等名 第43回レーザー学会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 近年の気象災害の特徴と防災気象情報の読み取り方
3. 学会等名 第31回国立七大学安全衛生管理協議会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 異常気象の未来の姿 ～温暖化の緩和と適応に向けて～
3. 学会等名 大日コンサルタント株式会社70周年記念講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 暮らしに密着した気象情報～防災に役立つ情報活用術～
3. 学会等名 岐阜市生涯学習センター主催事業「長良川大学」講座（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 さまざまな気象情報とその活用
3. 学会等名 岐阜テクノ62例会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 気候変動と災害の激化について
3. 学会等名 岐阜テクノ62例会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 中部地域の気候変動と気象災害への適応
3. 学会等名 名古屋大学フューチャー・アース研究センター公開シンポジウム「適応と緩和・脱炭素社会」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 地域活性化のための気象データ活用と実践
3. 学会等名 内閣官房デジタル田園都市国家構想実現会議事務局データ分析セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jun Yoshino, Yuma Kurino, Masaya Toyoda and Tomonao Kobayashi
2. 発表標題 Pseudo-global Warming Track Ensemble Experiments on Widespread Heavy Rainfall Associated with Typhoon Hagibis (2019)
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉野純 , 栗野優真 , 豊田将也 , 小林智尚
2. 発表標題 2019年台風19号の大雨に関する擬似温暖化進路アンサンブル実験
3. 学会等名 第66回水工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉野純 , 栗野優真 , 小林智尚 , 豊田将也
2. 発表標題 2019年台風19号の大雨に関する擬似温暖化進路アンサンブル実験
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大矢康裕 , 吉野純
2. 発表標題 2019年台風19号で大雨をもたらした前線強化の要因解析2
3. 学会等名 日本気象学会2021年度秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉野純 , 山本康平 , 小林智尚
2. 発表標題 d4PDFの直接ダウンスケーリングによる伊勢湾におけるL2想定高潮の将来変化
3. 学会等名 第68回海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 異常気象の未来の姿 ~ 私たちが今できること ~
3. 学会等名 岐阜大学フェア (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉野純
2. 発表標題 気象データ活用によるデータ分析の流れ - データや分析手法の選び方 -
3. 学会等名 気象庁 / 気象ビジネス推進コンソーシアム 気象データビジネス活用セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 越塚 登, 加藤輝之, 呉修一, 気象庁, 吉野純, 他	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 252
3. 書名 気象データ分析の高度化とビジネス利用	

1. 著者名 大矢 康裕, 吉野 純 (担当:監修)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 山と溪谷社	5. 総ページ数 260
3. 書名 山岳気象遭難の真実 気候変動で山の天気はどう変わるのか	

1. 著者名 日本自然災害学会	4. 発行年 2022年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 806
3. 書名 自然災害科学・防災の百科事典	

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 釣り情報提供装置, 釣り情報表示装置及びプログラム	発明者 株式会社creato, 国立大学法人東海国立大学機構	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特許7125069	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

岐阜大学が発信する愛知県・岐阜県の局地気象予報
http://net.cive.gifu-u.ac.jp/
気象予報業務許可（第87号）

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	小林 智尚 (KOBAYASHI Tomonao)	岐阜大学・大学院工学研究科・教授	
研究協力者	豊田 将也 (TOYODA Masaya)	豊橋技術科学大学・建築・都市システム学系・助教	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------