

岐阜大学工学部附属応用気象研究センター長 吉野純准教授

台風の進路形成メカニズムの解析方法を開発

ー異常な進路をとる台風や線状降水帯などの予測精度向上に期待ー

現在、台風の進路予報は、観測データと物理法則に基づきコンピュータ計算を行う「数値予報」によって行われていますが、台風がなぜその進路をとったのかというメカニズムを説明することはできません。このたび、国立大学法人岐阜大学 工学部附属応用気象研究センター長の吉野純准教授は、「渦位」と呼ばれる物理量の特性に着目して風速、温度、気圧データから台風周囲の全渦位^{*1}を算出し、それを6種類の渦位に分解し、台風自身の渦位を除いた台風の進路に影響を与える5種類の渦位が作り出す風速をそれぞれ推定することで、台風の進路形成メカニズムを解析する方法を開発しました。2016年に観測史上初めて東北の太平洋側に上陸した台風10号(1610号)の進路を解析した論文^{*2}が今年7月に土木学会に採択され、10月に出版予定です。今後はこの解析方法の応用により、異常な進路をとる台風や線状降水帯などの予測精度向上に繋がるのが期待されます。

図1. 台風1610号の(a) 移動速度ベクトル(観測値)

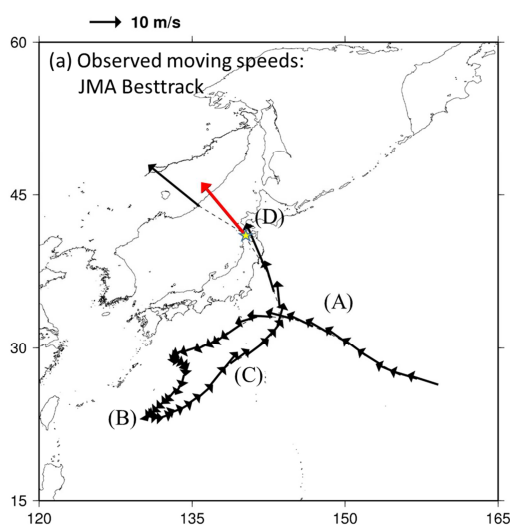


図2: 台風1610号の(b) 指向流ベクトル(推定値)

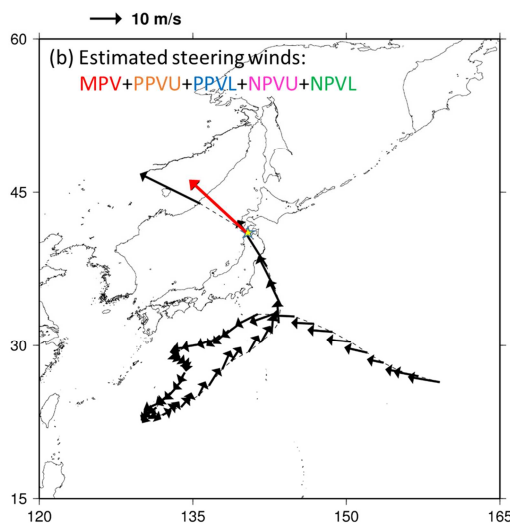


図3. 2016年8月30日JST21時の台風1610号の進路(観測値と今回の解析方法による推定)

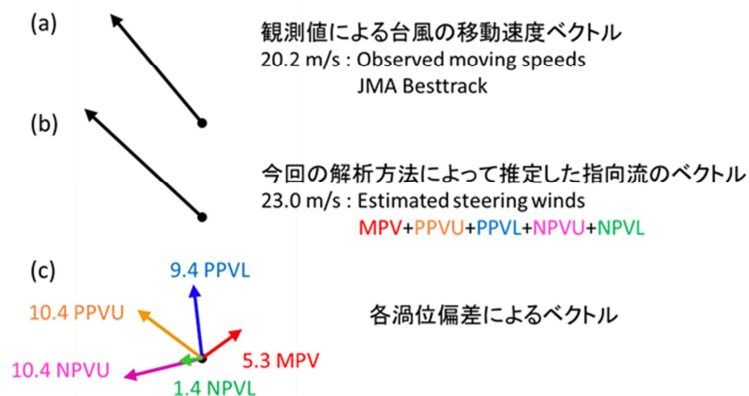


図4. 本解析方法「渦位部分的逆変換法」の解説

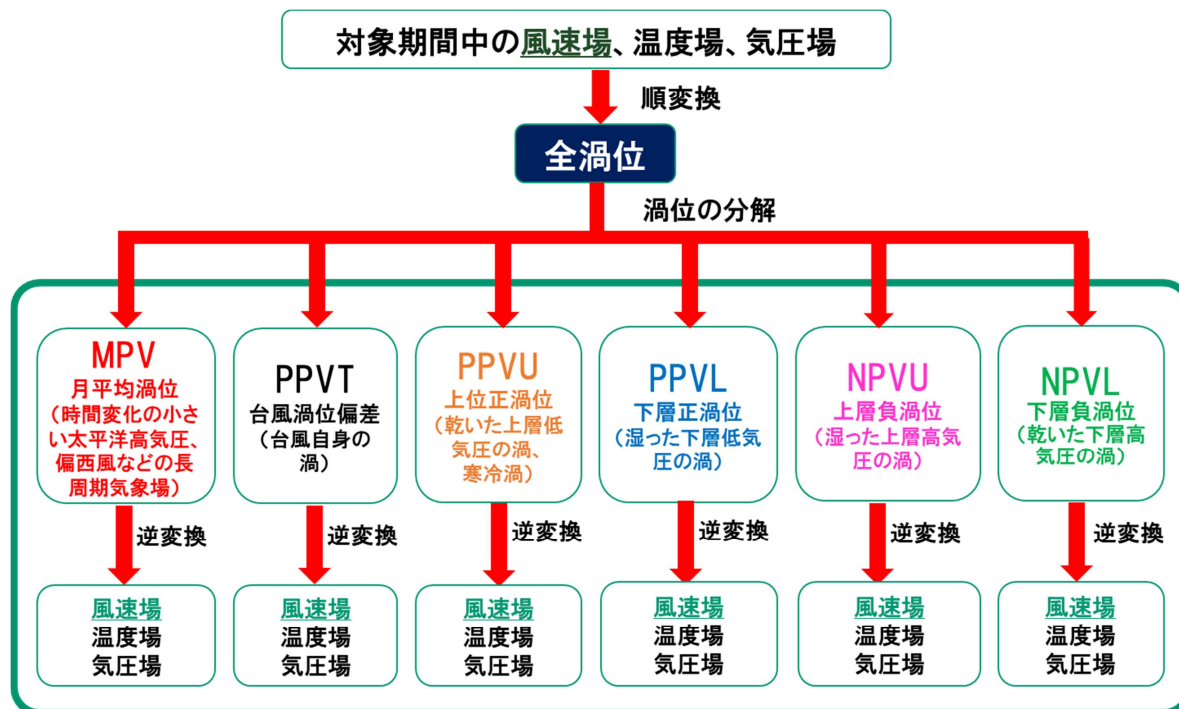


表1. 台風の全渦位を分解した6種類の渦位

渦 位	定 義
MPV 月平均渦位 (時間変化の小さい太平洋高気圧、 偏西風などの長周期気象場)	Mean Potential Vorticity 1ヶ月平均(2016年8月)の平均渦位 1ヶ月平均(2016年8月)の平均温位
PPVT 台風渦位偏差 (台風自身の渦)	Positive Potential Vorticity anomalies in the Typhoon 台風10号の半径350km以内の相対湿度30%以上の正渦位偏差 台風10号の半径350km以内の下部境界1000hPaの正温位偏差 上記以外の場所では、渦位偏差=0 [PVU]もしくは温位偏差=0 [K]とする
PPVU 上層正渦位 (乾いた上層低気圧の渦、寒冷渦)	Positive Potential Vorticity anomalies in the Upper-atmosphere 相対湿度30%以下の正渦位偏差 上部境界70hPaの正温位偏差 上記以外の場所では、渦位偏差=0 [PVU]もしくは温位偏差=0 [K]とする
PPVL 下層正渦位 (湿った下層低気圧の渦)	Positive Potential Vorticity anomalies in the Lower-atmosphere 台風10号の半径350km以上の相対湿度30%以上の正渦位偏差 台風10号の半径350km以上の下部境界1000hPaの正温位偏差 上記以外の場所では、渦位偏差=0 [PVU]もしくは温位偏差=0 [K]とする
NPVU 上層負渦位 (湿った上層高気圧の渦)	Negative Potential Vorticity anomalies in the Upper-atmosphere 300hPa面より上層の負渦位偏差 上部境界70hPaの負温位偏差 上記以外の場所では、渦位偏差=0 [PVU]もしくは温位偏差=0 [K]とする
NPVL 下層負渦位 (乾いた下層高気圧の渦)	Negative Potential Vorticity anomalies in the Lower-atmosphere 400hPa面より下層の負渦位偏差 下部境界1000hPaの負温位偏差 上記以外の場所では、渦位偏差=0 [PVU]もしくは温位偏差=0 [K]とする

※1: 渦位 (うずい) とは、回転している空気塊や水塊を、体積を変化させずに回転軸方向に伸縮させたときに保存される物理量のこと。

※2: 「渦位部分的逆変換法に基づく台風 1610 号の進路解析」(吉野純、中田勇輝、古田教彦、小林智尚)

●本解析方法「渦位部分的逆変換法」の特徴

渦位には可逆性原理と呼ばれる性質があり、風速ベクトル、高度、温度から渦位へと順変換するだけでなく、その逆に変換することもできます。この原理を用いて、台風のある時点の風速、温度、気圧データから、台風周囲の全渦位を算出し、それを表 1 に示す 6 種類の渦位 (MPV 月平均渦位、PPVT 台風渦位偏差、PPVU 上層正渦位、PPVL 下層正渦位、NPVU 上層負渦位、NPVL 下層負渦位) に分解することで、台風以外の周辺の 5 種類の渦位が総合的に台風をどのように移動させているのかを解析します。(図 4)

●特異な進路をたどり甚大な被害をもたらした台風 1610 号

2016 年の台風 10 号 (台風 1610 号) は特異な進路をたどった迷走台風でした。日本列島の東海上で熱帯低気圧として発生し、2016 年 8 月 17 日から 25 日の間に西寄りの進路を辿り (図 1 中 A)、非常に強い勢力 (中心気圧 945hPa) にまで発達し (図 1 中 B)、その後、勢力を維持しながら東よりに進路を変えて徐々に北上しました (図 1 中 C)。その後、北西方向へと進路を変えて (図 1 中 D)、同 30 日 18 時 JST 頃、岩手県大船渡市付近に上陸しました。観測史上初めて東北地方太平洋側に上陸した台風でした。この影響で、台風の上陸経験のない東北地方から北海道地方を中心とする広い範囲で大雨となり、死者・行方不明者 27 名、重軽傷者 15 名、住家被害 5,000 棟以上の甚大な被害をもたらしました。このような特異な進路をたどった台風の進路形成メカニズムを解明することは、今後の台風等災害への備えに繋がるだけでなく、気象予報士による進路予測の精度向上に繋がるものと期待されます。

●台風 1610 号の観測値進路と本解析における進路の比較 (図 1、図 2)

今回の論文の研究では台風 1610 号が熱帯低気圧として存在していた 2016 年 8 月 17 日時 UTC (9 時 JST) から、温帯低気圧へと消滅した同 30 日 18 時 UTC (翌 3 時 JST) までの期間を計算対象としました。6 時間ごとの NCEP (米国国立環境予報センター) 最終解析値 (水平格子間隔 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$) を使用し、北緯 0 度～50 度、東経 110 度～160 度の水平格子間隔 $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$ に内挿して、渦位、温位、絶対湿度を計算しました。鉛直層として 12 層の気圧レベルを設定しました (1000hPa、850hPa、700hPa、600hPa、500hPa、400hPa、300hPa、250hPa、200hPa、150hPa、100hPa、70hPa)。

図 1 は台風 1610 号の進路の観測値による移動速度ベクトル、図 2 は今回開発した解析手法を用いた台風 1610 号の指向流^{※3} ベクトルの推計を表します。図 1 と図 2 を比較すると、台風が西進していた発生期 (図 1 中 A) にかけては両者に若干のズレが見られますが、台風の最盛期 (図 1 中 B～C) から衰退期 (図 1 中 D) にかけては推定された指向流ベクトルが移動速度ベクトルによく一致しており、期間全体を通してかなり高精度に台風の移動を表現できています (相関係数 0.95、バイアス誤差 0.25m/s、平均二乗誤差 1.4m/s)。

※3: 「指向流」とは台風を移動させる大規模な大気の流れのこと。

●本解析における台風の進路メカニズムの分析（図 3）

図 3 は、台風 1610 号が青森県から日本海に抜けようとする時点（2016 年 8 月 30 日 12 時 UTC（21 時 JST））の、(a) 観測値による移動速度ベクトル（20.2m/s）、(b) 今回の解析方法によって推定した指向流ベクトル（23.0m/s）を表します。(c) は (b) の指向流ベクトル推計の内訳となる、台風進路に影響を与える 5 種類の渦位が作り出す鉛直平均風速ベクトル（台風 1610 号の回転の強さで重み付け）を表したものです。(a) と (b) は速度および北西の方向がほぼ一致していることから、(b) の内訳となる (c) の 5 つの渦位を分析することで、台風 1610 号の進路形成メカニズムをほぼ明らかにすることができます。(c) の 5 つの渦位が作り出す鉛直平均風速ベクトルを次のように分析します。

- MPV（時間変化の小さい長周期気象場）より西南西からの（東北東に向かう）5.3m/s の風があることから、西南西からの偏西風が確認できます。一般的な台風は本州付近ではこの偏西風によって北東方向に進みます。
- PPVU（乾いた上層低気圧の渦）より、台風の西側に寒冷渦と呼ばれるひと回り大きな低気圧性循環が存在しており、台風 1610 号付近では南東からの（北西に向かう）10.4m/s の風となっています。この寒冷渦による移流に伴い、「藤原効果^{※4}」が生じて台風 1610 号は北西方向に進んだと考察できます。しかしこれは台風の観測速度の 20.2m/s の半分程度の風速に過ぎず、他の渦位も影響していることが推測できます。
- PPVL（湿った下層低気圧の渦）より、寒冷渦の直下で下層低気圧が発達しており、それに伴って台風 1610 号付近で 9.4m/s 近い南からの（北に向かう）風が確認できます。この下層低気圧は、上空の寒冷渦の接近に伴い積乱雲活動が活発になることで徐々に成長したものであると考えられます。
- NPVU（湿った上層高気圧の渦）より、寒冷渦の北側にて上層高気圧が発達しており、それに伴って台風 1610 号付近では約 10m/s の東北東からの（西南西に向かう）風となっています。この上層高気圧は台風の接近に伴う積乱雲活動によって徐々に強化されたものであると考えられます。
- NPVL（寒冷な乾いた下層高気圧の渦）については台風 1610 号の指向流ベクトルにはほとんど貢献していないものと見なせます。

これらから、台風 1610 号が東北地方を北西方向に横断した要因を次のように説明できます。

- 上層の寒冷渦が作り出す約 10m/s の南東からの風
- 寒冷渦の直下で積乱雲活動により発達した下層低気圧の渦が作り出す約 10m/s の南からの風
- 台風の北側の積乱雲活動により発達した上層高気圧の渦が作り出す約 10m/s の東からの風

※4:「藤原効果」とは、2 つ以上の台風が接近して存在する場合に、それらが互いの進路に影響を及ぼすこと。その結果、相対的に低気圧性の回転運動をするなど、特徴的な動きをする。藤原咲平（第 5 代中央気象台長）が名付け親（昭和 16 年）。

●本研究の意義と今後の展望

本研究が開発した解析方法によって、今まで説明することができなかった台風の進路形成のメ

カニズムを量的に説明することができます。この台風 1610 号は、民間気象事業者により寒冷渦の影響により北西方向に進むことが解説されていましたが、今回の研究により、寒冷渦以外に下層の積乱雲活動や台風北側の上層高気圧も台風 1610 号の移動に貢献していたことが新たに解明されました。このような知見をさらに集積することによって、今後、気象予報士による台風進路の予測精度向上に繋がると期待されます。さらに、今までは、台風から温帯低気圧に移行する判断は気象予報官による主観的判断でなされていましたが、本解析手法を応用することで、数値による客観的な判断基準を提案できるようになり、より信頼度の高い防災情報を提供できる可能性があります。

また、本解析手法をさらに発展させることで、今後、数値予報をする際の、初期条件データの高精度化に繋がり、台風に伴う高潮・強風・大雨に対する数値予報の高精度化に役立つ可能性があります。

岐阜大学工学部附属応用気象研究センターでは、気象庁長官より大学初で唯一の気象予報業務許可（許可第 87 号）を取得し、岐阜県周辺の天気予報（岐阜大学局地気象予報）を気象予報士 3 人体制で行い、Web サイト (<http://net.cive.gifu-u.ac.jp/>) 上で情報提供しています。今後は、本解析手法による渦位の解析結果をリアルタイムに公開し、これまでにない高度な防災気象情報を皆さんに提供していく予定です。

また、平成 29 年 4 月に新たに発足した岐阜大学工学部附属応用気象研究センターは、大気海洋研究部門、大気電気研究部門、大気水圏研究部門の 3 部門からなる応用気象に関する大学初となる研究センターとなります。私たちは、台風に関する研究のみならず、多岐にわたる応用気象研究を、多方面の研究者・企業と共に連携して推進し、メテオインフォマティクス（気象情報科学）とも言うべき新たな学際的研究分野の創造を目指して参ります。

大気海洋研究部門では、数値予報モデルやレーダーを活用して、集中豪雨をもたらす線状降水帯や台風・高潮・波浪といった気象災害の高精度な予測を目指します。

大気電気研究部門では、岐阜市を中心とした中部地方で雷活動を 3 次元で監視するネットワークを構築して、雷の発生特性の解明とその予測を試みます。

大気水圏研究部門では、気候変動予測データベースによる温暖化影響評価や大気レーザー通信の実用化に向けたフィールド観測を進めてゆきます。

そして、ビッグデータともいうべき気象データを、AI/や IoT といった先端的な ICT を利用して付加価値をつけることによって、これまでにない新規の気象情報ビジネスを展開し、地域産業の生産性の向上に貢献して参ります。



【吉野 純 准教授プロフィール】

岐阜大学工学部附属応用気象研究センター センター長

岐阜大学工学部社会基盤工学科 准教授

岐阜大学大学院工学研究科環境エネルギーシステム専攻 准教授
博士（理学）、気象予報士

<略歴>

昭和51年 愛知県で生まれる

平成16年3月 京都大学大学院理学研究科博士後期課程
地球惑星科学専攻修了

平成14年4月 日本学術振興会 特別研究員（DC2）

平成16年4月 岐阜大学工学部 助手

平成19年4月 岐阜大学工学部 助教

平成22年4月 防災科学技術研究所 客員研究員

平成23年3月 英国レディング大学 客員研究員

平成24年7月 岐阜大学工学部 准教授

平成29年4月 岐阜大学工学部附属応用気象研究センター センター長 現在に至る



※本リリースは文部科学記者会、科学記者会および各社科学担当に送信しております。

【本件に関する問い合わせ先】

・岐阜大学 総務課広報室 担当：佐藤、伊藤

TEL：058-293-3377／2009 FAX：058-293-2021 MAIL：kohositu@gifu-u.ac.jp