



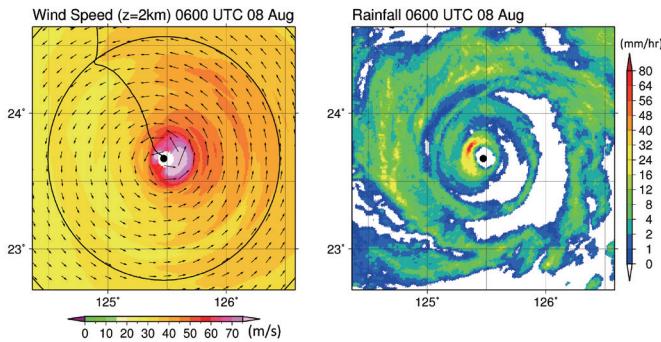
## INVITATION

気象庁気象研究所  
台風・災害気象研究部

台風被害の軽減をめざし、  
AIによる  
予測精度向上に取り組む

第一研究室 主任研究官 嶋田宇大さん

[2019年台風第9号 高度2Km風速と降水強度]



嶋田さんが開発した可視化技術による台風内部の風速と降水の様子

筑波研究学園都市の広々とした敷地に建つ気象庁気象研究所。139名（2019年5月現在）の研究者が、気象や地震・火山などに関するさまざまな研究を行っている。

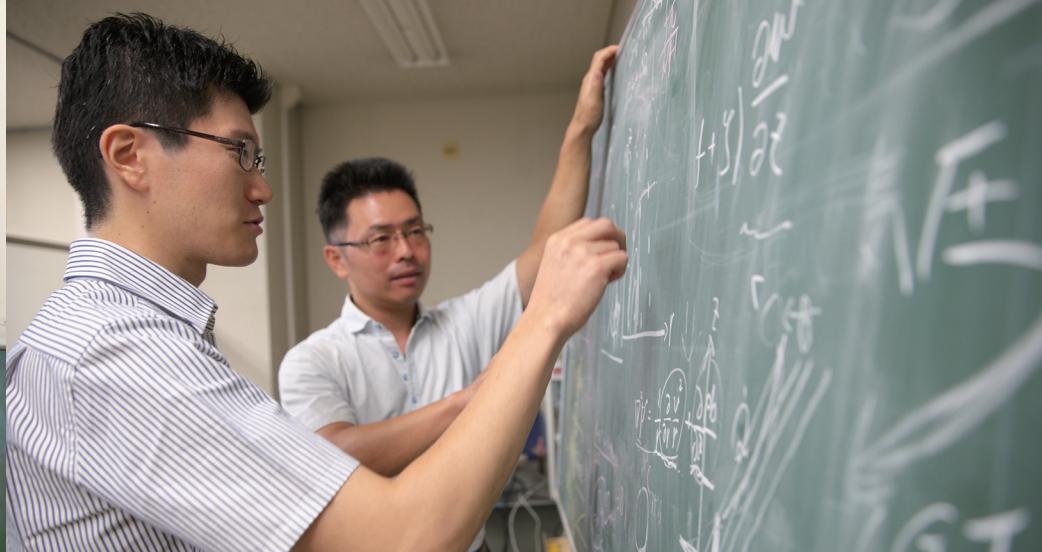
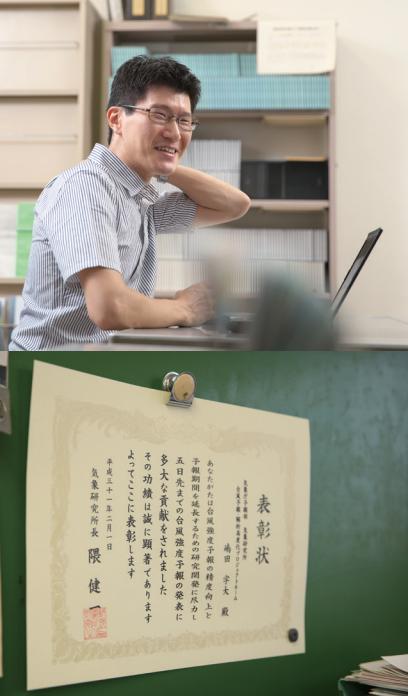
### 雪が見たくて天気図チェックが日課に

「今度のお休みに出かける予定だけど、台風どうかなー」。今年の夏も、天気予報や台風情報が気になった方が多いかもしれない。

夏から秋にかけて、日本列島に毎年やってくる台風。その予報が今年から少し変化したことをご存知だろうか。従来は進路予報が5日先まで、強度予報は3日先までだったのが、2019年3月14日より強度予報も5日先まで発表されるようになった。台風の強度は、中心気圧、最大風速、最大瞬間風速、暴風警戒域などの数値で示される。台風の大きさに進路と強度の予報を組み合わせることで、いつごろ、どのあたりに、どれぐらいの風が吹くかが予測できる。

「予報の日数が伸びたのは、台風の強度予測の精度が向上したためです。今までより早い段階で台風への備えや避難判断を行えるようになることは、防災・減災の観点で大きな意味があると言えます」と話すのは、気象庁気象研究所 台風・災害気象研究部の嶋田宇大主任研究官だ。5日先強度予報の実現には、気象庁が2015年に立ち上げた「台風予報・解析技術高度化プロジェクトチーム」の研究成果が貢献している。嶋田さんは若くしてこのチームのメンバーに名を連ね、台風研究者として将来を嘱望されている。

気象には子供の頃から関心があったという。「でも最初に興味があったのは台風ではなく雪でした。出身は埼玉県なので雪はめったに降りません。なのでどうしても見たくて、あるとき父にいつ降るのか訊いたのです。すると『天気図を見てごらん』と。雪が降るときの天気図のパターンを教えてもらい、それ以来、新聞の天気図をチェックするのが日課になりました」と笑顔を見せる。



上左：屈託のない笑顔で、少年時代のエピソードを語る。

上：同じ第一研究室の柳瀬研究官と、最近出された研究報告について議論を交わす。

左：5日先までの台風強度予報に貢献した功績が認められ、「台風予報・解析技術高度化プロジェクトチーム」は隈健一所長から表彰を受けた。

## 観測データから台風の真の姿を知りたい

気象少年となった嶋田さんは、大学も雪の研究で世界をリードしていた北海道大学を選んだ。卒業後は同大大学院の環境科学院に進み、冬の日本海に発生する台風に似た現象、ポーラーロウを研究する。修士課程を修了し、2009年に気象庁に入庁した。企画課や海洋気象情報室を経たのち、2013年に気象研究所に異動して台風研究を開始する。「私の研究テーマは台風の強度推定の精度を高めることと、強度が変化するプロセスの解明、そしてそれらの応用による台風強度予報の精度向上です。台風の研究には観測と理論、数値モデルングという3つの側面がありますが、私は『観測データを用いて台風の真の姿を知りたい!』という思いを原点として研究に取り組んできました」。

台風の観測データとは、気象衛星が10分毎に撮影する雲の画像や、地上の気象レーダーから5分間隔で得られる観測データだ。気象レーダーは、内部にあるアンテナを回転させながら半径数百kmの広範囲に電波を発し、降水粒子を観測する。電波が反射されて戻ってくるまでの時間で降水域までの距離が、反射電波の強さで降水の強さが分かる。さらに、反射電波の周波数のずれ(ドップラー効果)を利用して、降水粒子の動き、つまり降水域で吹いている風の3次元分布を観測する。台風の場合、内部の風の分布が分かると、物理法則により中心気圧も推定できる。

## 台風内部の風と雨を可視化する

気象レーダーでこのような観測データが得られるようになったのは、実はここ10年ほどの話だ。それ以前は降水域の場所や降水量だけだったのが、技術の進歩により内部の

風の分布も含めた台風の詳細が把握できるようになった。

嶋田さんは、その観測データを処理して風速と降水強度を可視化する技術を開発した。「生データではなく画像で示すことで、台風の内部で何が起きているか、風と雨がどのように分布し、強度がどう変化するかを視覚的に把握できるようにしました」。強度の変化が詳しく把握できるようになれば、変化の予測精度を高めることも可能になる。

そもそも台風の強度予測は簡単ではなく、これまであまり精度が向上してこなかった。その要因の1つに計算コストの問題がある。気象現象は物理法則に基づいていることから、通常の天気予測は観測データを物理方程式(数値モデル)に入れてコンピュータで計算する方法で行われる。ところが台風は現象が複雑で計算量が膨大になってしまう。

近年は、コンピューティングパワーの向上により計算コストの課題は解消されつつあるが、実際の気象予報業務では、なるべく少ない計算コストで高い精度を実現できる手法が求められる。「それが統計的手法です。過去の膨大なデータを使って経験的に台風の強度を予測するというアプローチで、現在、実際に台風の予報で用いられているのも重回帰分析という古典的な手法です」。古典的とはいえ、使しながら磨かれて予測精度は高まっている。また、実際の業務では予報官の責任の下で予報を発表するため、予測過程がブラックボックスでは困る。その点、それぞれの変数が結果にどれだけ影響しているのか、つまり根拠情報を明示できる重回帰分析は、予報に向いた手法として重宝されている。

## 世界トップレベルの予測精度に到達

重回帰分析のよさを活かしつつ、さらに精度を高める

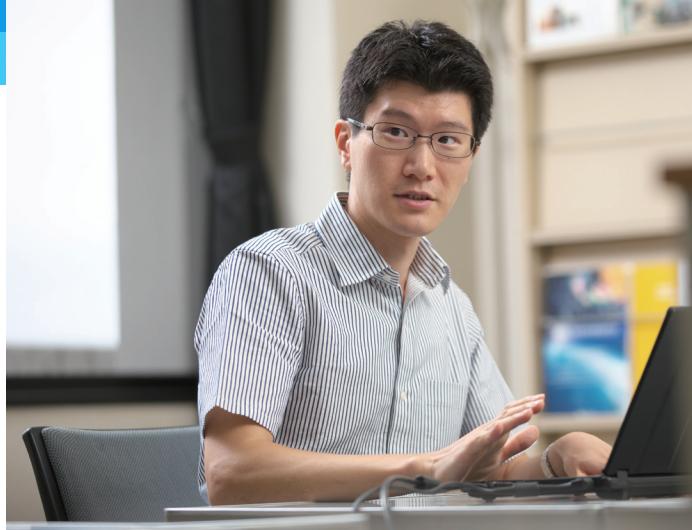
生活になじみ深い天気予報だが、観測や予報がどのように行われているのか、意外に知らないものだ。素人のような質問に、嶋田さんは丁寧に答えてくれた。

記事はWebでも  
閲覧できます。

<http://www.labscope.net>



Lab SCOPE WEB



方法はないか。嶋田さんは、統計的手法と相性のよいAI（人工知能）の活用を思いつく。最初に用いたのはランダムフォレストと呼ばれる、決定木（提示条件に対してイエスかノーで分類するルール）を複数組み合わせた機械学習アルゴリズムだ。その特性を活かすため、嶋田さんは一工夫した。これまで重回帰分析による台風の強度予測モデルは1種類しかなかったのだが、発達期・定常期・衰弱期と台風のライフステージを3つに分け、それぞれに最適な3種類の予測モデルをつくった。「そして、どのモデルを重視して予測するかをランダムフォレストに判断させてみました。100本の決定木を用意して100通りの予想結果が出た中で、例えば発達予測が75本、定常予測が25本、衰弱予測が0本だったとすると、3:1:0とそれぞれのモデルに重みをつけて最終的な予測結果に反映させるのです。重みづけは根拠情報にも適用できるため、ブラックボックス化も回避できます」。

このランダムフォレストを用いた手法で、15%以上の予測精度向上に成功した。現在、台風予測モデルで世界トップの精度を実現しているモデルは、NOAA（米国海洋大気庁）がハリケーン予測専用に開発したHWRF（Hurricane Weather Research and Forecasting Model）だが、それに匹敵する精度レベルに到達したのだ。

## 深層学習を活用してより精度を高める

しかし嶋田さんはそれだけで満足してはいない。「実は課題がまだあります。台風でしばしば起きる急発達という現象が予測の誤差を大きくしてしまうのです。急発達がどんな時に起こるのかよく分かっていないのですが、まずはそのシグナルをつかむことができないか、研究を始めました」。

これまで急発達が起きた台風の衛星画像を集め、機械学習によるデータ分類手法の1つ、クラスター解析にかけてみた。すると、サイズや発達条件の違いから大きく3タイプに分類できることが明らかになった。「こういう多様性のある現象は深層学習の出番だな」と直感した嶋田さん

は、今年3月から、理化学研究所の革新知能統合研究センターと共同で深層学習を用いた急発達予測モデルの研究を開始した。

開発しているモデルには2本の柱がある。1つは気象衛星の画像データから急発達が起きるケースの特徴量を抽出すること。もう1つは台風の統計データや水蒸気量・気流・海面水温などの数値データから特徴量を抽出すること。この二つの柱から得られる特徴量から統合的な判定を行う。この手法はマルチモーダル学習と言い、深層学習の手法の1つだ。人間が五感から情報を得るように、画像や数値など種類が異なる複数のデータから学習し、統合的な処理を行う。そして、高精度に急発達の前兆現象を捉える予測モデルの構築をめざしている。「共同研究は2021年3月までの2年間ですが、最先端のAIを活用したこのアプローチなら、世界で最も精度の高い台風の強度予測モデルを実現できるという手応えを感じています」と嶋田さんは意気込む。

気象研究所は、気象庁が気象や地震、火山、気候などのさまざまな情報を、より精度よく的確に提供するための研究開発を行う機関だ。毎日何気なく見ている天気予報だが、その裏側には気象研究所が戦後間もない頃から積み上げてきた数々の研究成果がある。「台風を避けることはできなくても、私たち研究者が予測精度を高めれば、その成果が予報に反映され、より的確な情報提供による被害の軽減につながるはずです。そうした形で社会に貢献できることが私の研究のモチベーションとなっています」。嶋田さんと同じ思いで日々気象と向き合う研究者が、日本の気象予報や災害対策を陰で支えている。

「台風は個性豊かで、どれ1つとして同じものはありません。研究すればするほど奥深い現象なのですが、いつかその強度変化を時間単位で予測できるようにしたいですね」。毎年のように日本列島を襲う台風だが、まだ解明されていない謎も多いという。台風の真の姿を知るために。嶋田さんの研究はこれからも続していく。

（取材・文 関亜希子）