

国-6 竜巻等の自動検知・進路予測 システム開発

官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)

「革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術領域」

令和3年度成果

令和4年3月
気象庁 気象研究所

課題と目標

- （課題）局地的・突発的な現象の即時的な検出・予測及び情報提供が困難
- （目標）当該システムの開発により、以下の目標を将来的に実現できる。
 - ①人工知能を用いた、気象レーダーデータのリアルタイムの分析・判断により、災害をもたらす竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出。
 - ②位置情報等を連携させ、先読み情報（直前予測）を入れて様々なニーズを持つ事業者（公共交通事業者等）へカスタマイズされた情報を提供。

「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の概要

- 元施策：大気海洋に関する研究
台風および集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、最先端の観測・解析手法や高精度の数値予報システムを用い、これらの現象の機構解明と高度な監視予測技術の開発を行う。
- 施策の全体像：本アドオン施策は、主に公共交通事業者を対象とした情報提供システムの開発を行う。全国で運用される気象レーダーの観測で得られるビッグデータを、人工知能を用いた技術等でリアルタイムに処理し、災害をもたらすおそれがある竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出する技術を確立する。さらに利用者向けにカスタマイズされた情報を提供するためのシステムを開発する。これらにより、災害の発生直前からまさに災害が発生中、及び事後における、公共交通の危険回避や抑止などの防災対策や応急対策等が可能となる。

出口戦略

- アドオン施策で開発したAI（人工知能）システムを以下に搭載し、災害に結びつく現象の早期予測による運行規制を行うことで、防災減災が図られる。
- ①公共交通事業者が主要幹線沿い等に新規整備する気象レーダー
 - ②システム要件を満たす既設の公共気象レーダー

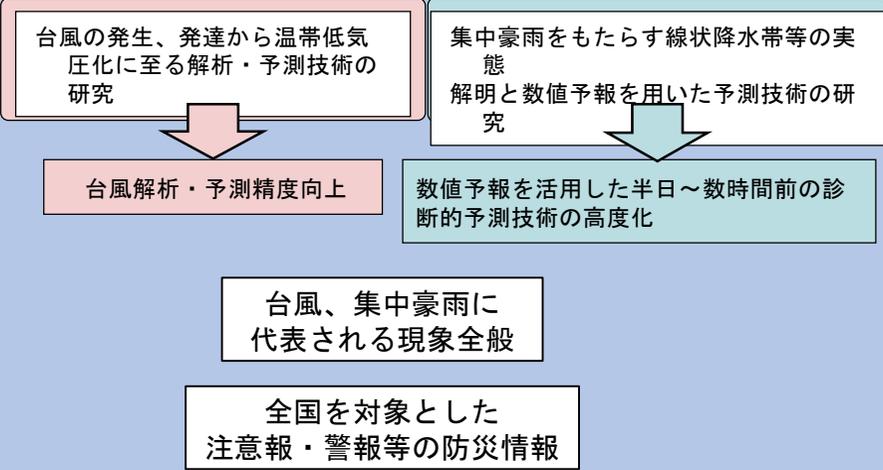
民間研究開発投資誘発効果等

- 民間投資誘発効果として、レーダーと探知システムを合わせた新規展開等により 50億円以上（2030年まで）
- 民間からの貢献額：平成30年～令和4年度までの5年で8億9千万円相当
 - ①（内訳）共同研究開発 506,000千円
 - ②（内訳）システムの新規実装のためのアセスメント 274,000千円
 - ③（内訳）AIによる突風探知の実装 110,000千円

アドオン（気象庁）：竜巻等の自動検知・進路予測システム開発（183,000千円）
元施策名：大気海洋に関する研究（191,305千円）

元施策：大気海洋に関する研究

台風および集中豪雨・大雪・竜巻等突風等の顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、最先端の観測・解析手法や高精度の数値予報システムを用い、これらの現象の機構解明と高度な監視予測技術の開発を行う。



【PRISM】

アドオン施策：竜巻等の自動検知・進路予測システム開発

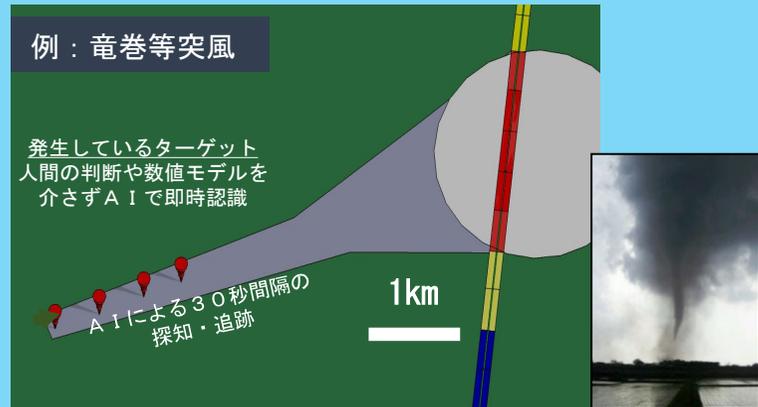
- ◆目標：当該システムの開発により、以下の目標を将来的に実現できる。
- ①人工知能を用いた、気象レーダーデータのリアルタイムの分析・判断により、災害をもたらす竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出。
- ②交通の位置情報等を連携させ、先読み情報（直前予測）を入れて事業者（公共交通事業者等）向けにカスタマイズされた情報を提供するためのシステムを開発

【開発のイメージ】

局地的かつ急激に発生発達するため、従来の手法では対処困難

例：竜巻等突風

発生しているターゲット
人間の判断や数値モデルを
介さずAIで即時認識



○社会実装により、竜巻等突風・局地的大雨に関する防災減災能力の強化が、全国規模で実現。

局地的・突発的な現象
竜巻等突風・局地的大雨

公共交通事業者を対象とした極めて短時間の探知・予測情報

資料3 「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の目標達成状況

○本アドオン施策は、主に公共交通事業者を対象とした情報提供システムの開発を行う。全国で運用されている気象レーダー観測で得られるビッグデータを、人工知能を用いた技術等でリアルタイムに処理し、災害をもたらすおそれがある竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出する技術を確認する。さらに公共交通事業者向けに進路上に自動的にアラートを出す技術を開発する。これらにより、災害の発生直前からまさに災害が発生中、及び事後における、公共交通の危険回避や抑止などの防災対策や応急対策等が可能となる。

事業名等		当年度目標	目標の達成状況
竜巻等の自動検知・進路予測システム開発	実施項目(1) 竜巻等突風・局地的大雨関連データの標準化・ビッグデータ化およびAIによる総合解析	<ul style="list-style-type: none"> ①国内外の各種気象レーダー・竜巻シミュレーション結果を利用したデータベースを構築し、データ標準化・ビッグデータ化を図るとともに、教師データを拡充する。 ②様々な災害リスクエリアにて行う竜巻シミュレーションを利用し、探知実験を行うとともに、交通のデータ等と合わせてリスクを解析する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①世界初の深層学習による突風探知機能を実装した鉄道用レーダーについて、リアルタイム(30秒毎)の自動・遠隔データ収集体制を実現し、全国の公共レーダーデータとともに深層学習開発用の大規模データベースを構築した。さらに実装拡大・精度向上・海外出口戦略に向け、世界最多の竜巻災害が報告される米国の竜巻教師データの収集(91事例:2013年5月13日～2021年5月20日)を行った。 ②災害リスクエリアの1つとして交通大動脈の東海地方を選定し、将来の実装を念頭ににした複数の公共レーダーを組み合わせた探知実験を行い、さらに交通データと合わせてリスクを解析した。
	実施項目(2) 災害をもたらす現象の自動検出・追跡技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ①引き続き、夏季の竜巻探知を中心に、深層学習(AI)を利用した(a)様々な季節・地域の竜巻、(b)多様なレーダーに対応可能な汎用型AIモデルを開発する。 ②実装範囲を拡大し、探知システムの効率の良い運用を行うことを念頭に、アノテーションを半自動化した深層学習パイプラインの開発を行う。 ③局地的大雨の探知・追跡・予測アルゴリズムの開発とともに、技術の波及の取り組みとして集中豪雨をもたらす線状降水帯への適用を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ①最重要課題「夏季竜巻」の再現率低下をシミュレーションで把握し、その知見に基づいた、夏季竜巻を模造する人工合成された竜巻パターンを深層学習モデルに導入し、評価を行った。さらに開発を進めることにより実装条件に近い再現率60%の達成の見通しが得られた。 ①モデル改良に用いるためのAIが着目する領域を色付けで可視化できるヒートマップを開発した。さらに適合率の向上を図るためヒートマップを学習させる新規モデルを開発した。 ②探知の重層化や半自動アノテーションを念頭に、カメラ映像から竜巻や局地的大雨を判断する新たな深層学習モデルを試作した。 ③竜巻探知のための深層学習技術の波及効果を目指し、線状降水帯を判別する深層学習モデルのプロトタイプを作成、560事例(2011-2021年)について初期実験を行った。
	実施項目(3) AIによる竜巻等突風・局地的大雨の予測情報の自動生成システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> ①世界初の実用化を達成し、11月から一部の鉄道路線で運用を始めた深層学習を用いた突風探知について検証手法の開発を行い、高い探知精度と輸送安定性を両立させるための改善を行う。 ②多様なレーダーに対応する汎用型深層学習技術に世界初の運用で得られた情報を活用し、実装範囲を拡大するための本格的な準リアルタイム実験を様々なエリアで行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ①世界初の深層学習による突風探知について、2020-21年冬季、山形・秋田・新潟エリアを対象とした検証を行った。 ②首都圏において、公共レーダーとカメラ映像を組み合わせた竜巻・局地的大雨探知の準リアルタイム実験を関東平野10か所程度で2回にわたり実施し想定通りの成果を確認した。 ③世界最多の竜巻災害が報告される米国の竜巻64事例の探知実験を行った。実験結果は日本国内(特に夏季太平洋側)における実装拡大・精度向上に加え、海外出口戦略に活用可能な技術であることが確認された。

資料4 「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の成果

○ (1) 竜巻等突風・局地的大雨関連データの標準化・ビッグデータ化およびAIによる総合解析

国内外のデータの自動・遠隔データ収集体制

探知 → 追跡 → 進路予測

リアルタイムデータベースの構築

深層学習による突風探知機能を実装した鉄道用レーダー(山形県)

国内外の公共レーダー

○ (3) AIによる竜巻等突風・局地的大雨の予測情報の自動生成システムの開発

首都圏において、公共レーダーとカメラ映像を組み合わせた竜巻・局地的大雨探知の準リアルタイム実験を関東平野10か所程度で2回にわたり実施し想定通りの成果を確認

探知 追跡 進路予測

カメラ映像と気象レーダーを用いた将来型竜巻検出技術の開発と実証実験の実施

○ (2) 災害をもたらす現象の自動検出・追跡技術の開発

モデル改良に用いるためのAIが着目する領域を色付けで可視化できるヒートマップを開発。さらに適合率の向上を図るためヒートマップを学習させる新規モデルを開発。

見逃されたもの	正しく判別されたもの

最重要課題「夏季竜巻」の再現率低下をシミュレーションで把握し、その知見に基づいた、夏季竜巻を模造する人工合成された竜巻パターンを深層学習モデルに導入した。さらに開発を進めることにより実装条件に近い再現率60%の達成の見通しが得られた。

夏季竜巻特有な不完全な渦パターンに強いモデル

夏季竜巻を模造する人工合成された竜巻パターンを導入

資料5 「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の民間からの貢献及び出口の実績

○民間からの貢献額：平成30年～令和4年度までの5年で7億4千万円
 ①（内訳）共同研究開発 412,000千円 ②新規展開のためのアセスメント 180,000千円
 ②（内訳）AIによる突風探知の運用・遠隔データ提供 149,000千円

当年度当初見込み	当年度実績
①（内訳）共同研究開発 98百万円	①（内訳）共同研究開発 101百万円
②（内訳）AIによる突風探知の運用・遠隔データ提供 26百万円	②（内訳）AIによる突風探知の運用・遠隔データ提供 26百万円

○出口戦略
 アドオン施策で開発したAI（人工知能）システムを以下に搭載し、災害に結びつく現象の早期予測による運行規制を行うことで、防災減災が図られる。
 ①公共交通事業者が主要幹線沿い等に新規整備する気象レーダー ②システム要件を満たす既設の公共気象レーダー

当年度当初見込み	当年度実績
<ul style="list-style-type: none"> ・世界初のAIを用いた突風探知の社会実装（2020-21年冬季）の評価 ・2021-21年冬季の運用方針の検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・2020-21年冬季、山形・秋田・新潟エリアを対象とした検証を行い、深層学習を用いた有用性が確認された。 ・上記実績を踏まえ、2021-21年冬季以降も引き続き当該技術を用いた運行規制が実施されることとなった。世界に先駆けた当該技術が引き続き鉄道に運用されることは、今後の民間投資誘発拡大に向けた重要な一歩と評価される。