

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2年度成果

令和3年3月

気象庁 気象研究所

資料1 「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の概要

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を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（R2年度：254,000千円の内数）。

■ PRISMで実施する理由：竜巻等突風はそのサイズが小さく急速に発達するため、これをリアルタイムに探知・追跡し、防災に結び付けることは技術的に困難である。そこで本アドオン施策により、これら現象を対象に、公共交通事業者向けに特化した狭いエリアの即時的な気象情報提供の開発に当該アドオン予算を集中させ、研究開発の加速と深化を図るため、PRISMで実施する。

■ テーマの全体像：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

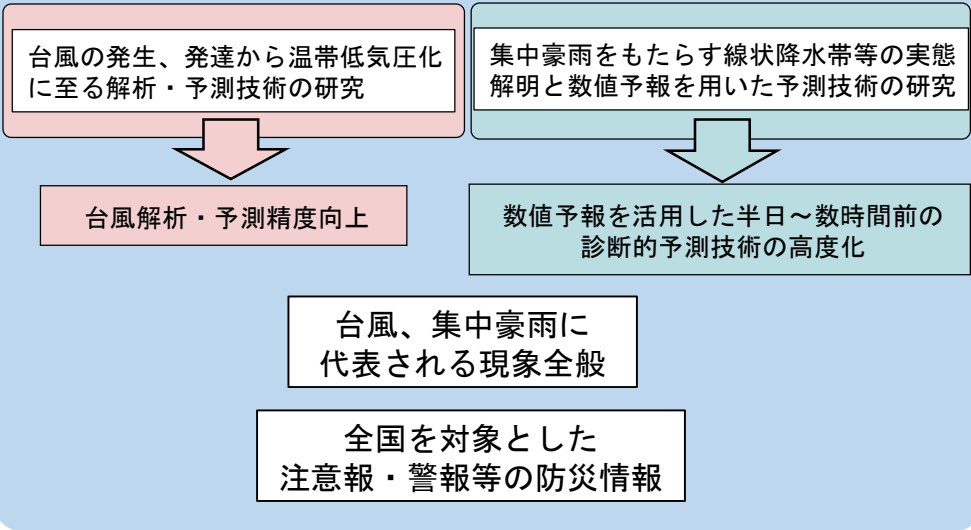
民間研究開発投資誘発効果等

- 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（254,000千円の内数）

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を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。



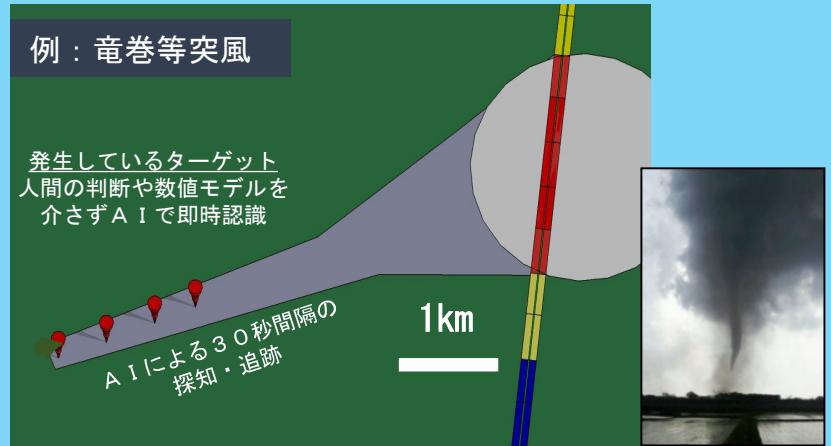
【PRISM】

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

AIによる30秒間隔の
探知・追跡

1km

○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

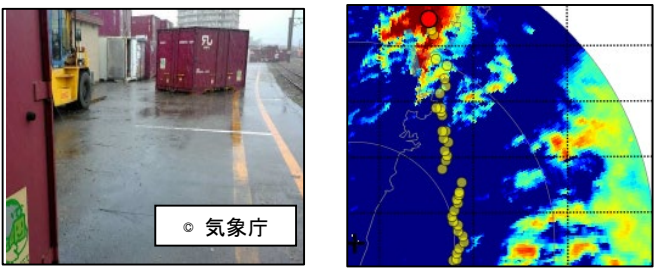
○本アドオン施策は、主に公共交通事業者を対象とした情報提供システムの開発を行う。全国で運用されている気象レーダー観測で得られるビッグデータを、人工知能を用いた技術等でリアルタイムに処理し、災害をもたらすおそれがある竜巻等突風・局地的大雨の範囲や強さを自動検出する技術を確認する。さらに公共交通事業者向けに進路上に自動的にアラートを出す技術を開発する。これらにより、災害の発生直前からまさに災害が発生中、及び事後における、公共交通の危険回避や抑止などの防災対策や応急対策等が可能となる。

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) 竜巻の事例とシミュレーションによる教師データ整備	①国内外の各種気象レーダーによる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、竜巻シミュレーターの開発を通して必要な教師データを拡充する。 ②さらにAIによる解析で、現象の発生季節・頻度・エリア等の分布を明らかにするとともに、交通のデータ等と合わせて災害リスクを解析し、優先すべき社会実装のエリアを検討する。	①2010年以降に発生した突風被害に関連するレーダー観測データの収集と、シミュレーションによる模擬的なレーダーデータを作成するとともに、竜巻の時間的推移を利用するモデル、さらに地形等に起因する異常パターン検出のための教師データを整備した。 ②災害リスクエリアのうち、比較的高頻度で竜巻が発生する夏季の九州太平洋岸において、2019年度に鉄道事故を発生させた竜巻のシミュレーション結果を用いた自動探知を行い、疑似的な鉄道へのアラート情報実験に成功した。
	実施項目(2) AIを用いた竜巻の自動検出・追跡技術の開発	令和1年度の研究開発で進展した夏季における竜巻探知を含め、深層学習(AI)を利用した、①様々な季節・場所で発生する竜巻への対応、②様々な性能を持つ多様なレーダーに対応可能な汎用型検出技術を開発する。さらに③局地的大雨の探知・追跡・予測アルゴリズムを開発する。	①夏季竜巻の探知について複数の深層学習モデルによる、適中率の精度向上を確認した。 ②日本の竜巻モデルを用い、竜巻の様相もレーダーの仕様も異なる米国レーダーデータによる探知実験を行い良好な結果を得た。 ③局地的大雨の探知・追跡・予測アルゴリズムの開発を完了した。
	実施項目(3) 自動予測・情報提供システムの開発	①局地的大雨の探知・追跡・予測に対し、自動アラートを出すための情報生成と携帯情報端末等への配信を行うシステムを開発する。 ②鉄道事業者：冬季日本海側を対象としたAIによる竜巻探知システムを社会実装及び精度検証を行う。また、事業者範囲の拡大を図るため、さらなるニーズ調査の深堀等を行う。	①局地的大雨の探知・追跡・予測に対し、自動アラートを出すための情報生成と携帯情報端末等への配信を行うシステムを開発し、初期実験を完了した。 ②鉄道用ドップラーレーダーへの世界初の実装を11月に行った。さらに事業者範囲拡大を図るため、精度の数値目標等についてのニーズ検討を行った。 ③アウトリーチ ・PDを委員長とする、有識者および気象庁防災関係者からなる研究会を実施 (2021年3月9日オンライン開催) ・委託研究機関によるプレスリリースを実施(2021年3月24日)

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) 竜巻の実事例とシミュレーションによる教師データ整備

- ①教師データの整備
 - ・突風被害に関連する実観測/シミュレーションデータ作成
 - ・竜巻の時間的推移/地形等に起因する異常パターン検出のための教師データ整備
- ②災害リスクエリアにおけるシミュレーション結果を用いた探知実験

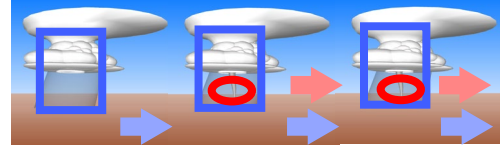


© 気象庁
2019. 9. 22 (宮崎県延岡市)

○ (3) 自動予測・情報提供システムの開発

①局地的大雨の探知・追跡・予測システムの開発

- 竜巻に伴う渦探知・追跡
- 局地的大雨の探知・追跡



②冬季日本海沿岸
(山形県等)における鉄道用ドップラーレーダーへの実装
(2020年11月)



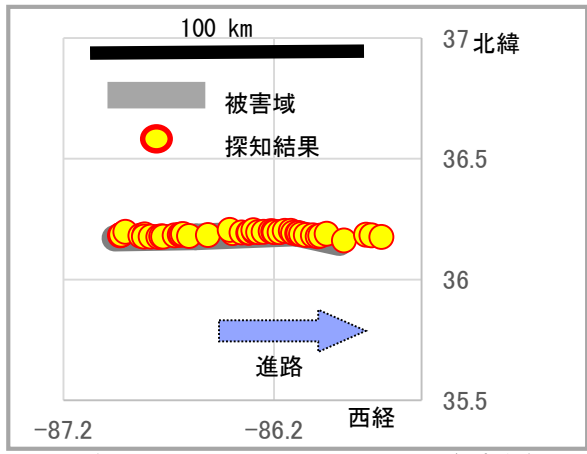
波及効果

集中豪雨災害をもたらす降水帯への将来的な適用

世界初の実用化を契機とした、他地域・他分野への加速的な普及

○ (2) AIを用いた竜巻の自動検出・追跡技術の開発

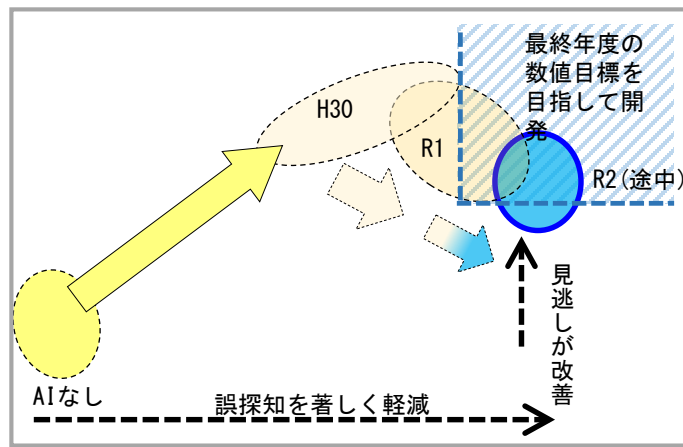
多様なレーダーに対応可能な汎用型検出技術の開発



2020年3月2日 テネシー州におけるトルネードの探知例

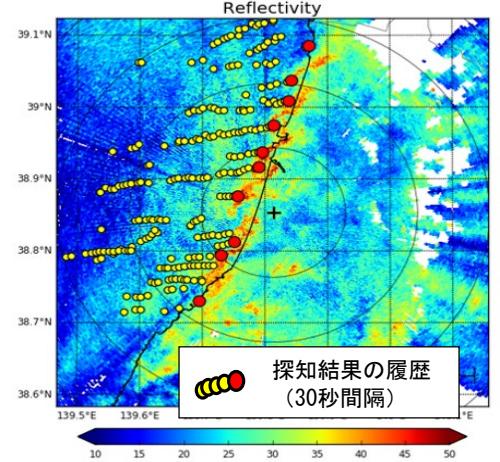
日本の竜巻モデルを用い、竜巻の様相もレーダーの仕様も異なる米国レーダーデータによる探知実験に成功

夏季竜巻の検出



AI (深層学習) の導入により、渦と紛らわしいパターンの誤探知は著しく軽減 (適中率の向上) 渦の見逃し (捕捉率) は全体的に目標値付近まで改善傾向

冬季竜巻の検出



最終年度の数値目標 適中率0.6以上、捕捉率0.6以上を達成 (H30)

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

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 98百万円
②（内訳）AIによる突風探知の実装 110百万円	②（内訳）AIによる突風探知の実装 110百万円
③（内訳）システムの新規実装のためのアセスメント 56百万円	③（内訳）システムの新規実装のためのアセスメント 56百万円

○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
AIを用いた突風探知の社会実装 ・2019年度：有識者会議による評価 ・2020-21年冬季：社会実装	AIを用いた突風探知の社会実装 ・2020年2月：有識者会議による評価 ・2020年11月：社会実装