

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」

【継続事業】
施策説明資料

令和4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」の全体像

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）これらの現象をAIにより即時自動解析・危険域早期検出・追跡する技術を実現する。開発した技術の社会実装により、公共交通機関の危険回避が可能となる

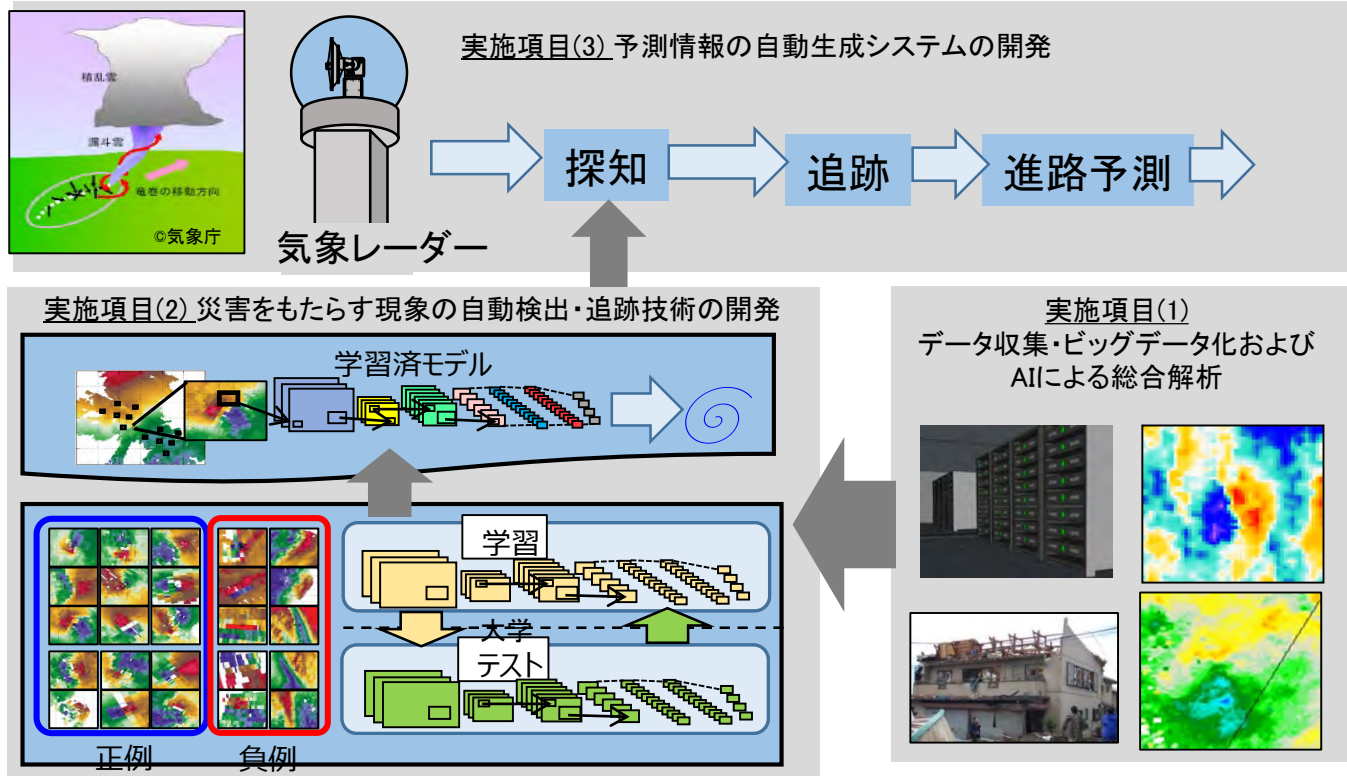


© J R東日本
(山形県東田川郡) 2005.12.25



© 気象庁
(宮崎県延岡市) 2006.9.17

国-6 竜巻等の自動検知・進路予測システム開発

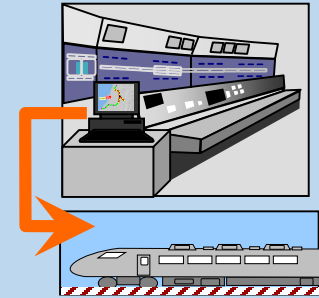


産学官連携体制での推進

- ・ 気象研究所がハブとなった産学官連携体制の構築、学術研究から事業化までを見据えた一貫通貫
- ・ 成果を参加企業が実用化・事業化につなげる仕組みやマッチングファンドをビルトイン

民間投資誘発効果など

鉄道事業者による列車運転規制

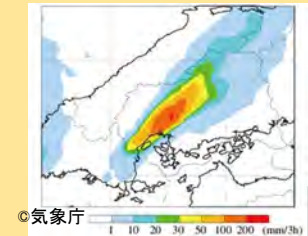


- ・ 様々な分野への活用
- ・ 海外展開



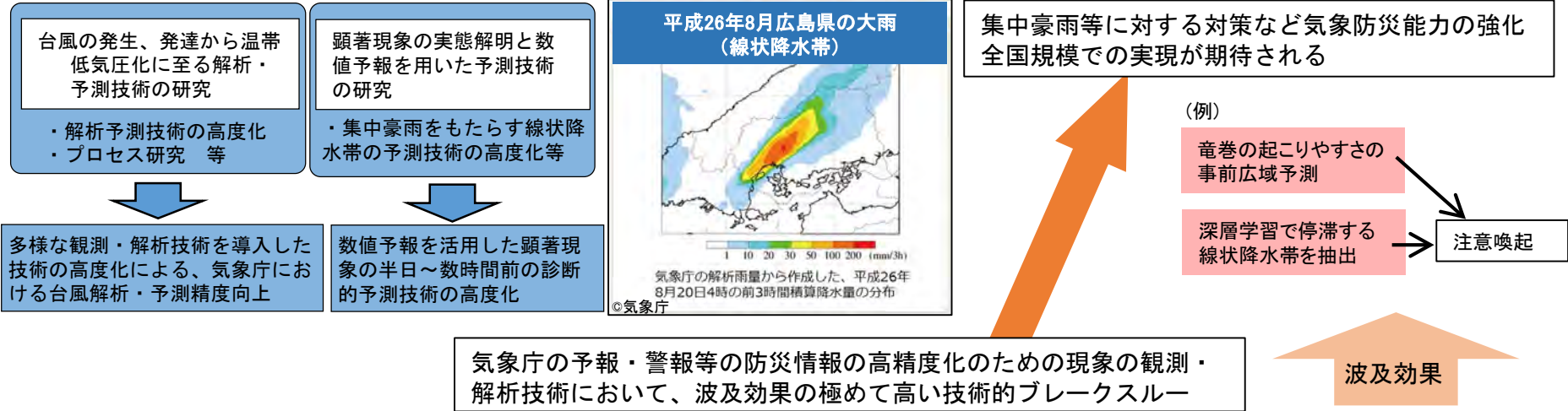
元施策への波及

集中豪雨をもたらす線状降水帯の早期検出など



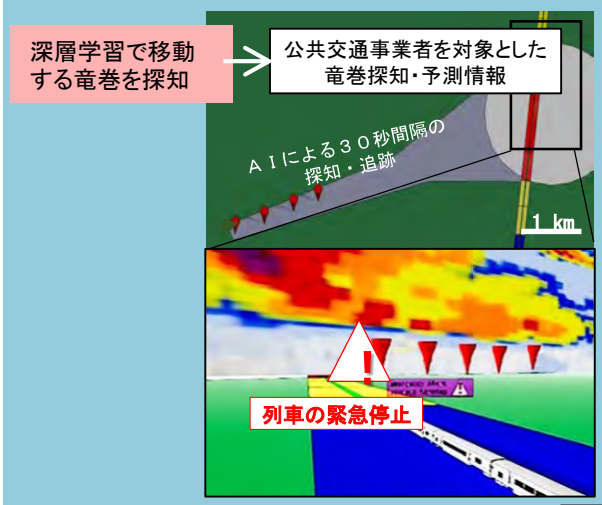
元施策 大気海洋に関する研究

台風・顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、新しい観測・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。



気象庁の予報・警報等の防災情報の高精度化のための現象の観測・解析技術において、波及効果の極めて高い技術的ブレークスルー

実施項目	H30	R1	R2	R3	R4
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	現象にかかわるAI学習データベース構築 ・レーダーデータ等の収集／・深層学習のためのカタログ化				
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	AIを用いた自動探知・追跡・進路予測検出技術の開発 リードタイム／適合率／再現率などの評価検証に基づく改善				
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	事前調査・ユーザーニーズ 鉄道への実装 リアルタイム試行による評価・検証				



資料3-1 「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の概要①

背景・現状、実施内容

- ◆集中豪雨・台風等およびそれらがもたらす気象災害の「新たなステージ」（局地化・集中化・激甚化）に関連し、局地的・突発的に発生し甚大な被害をもたらす大気現象に対する災害対応力の強化が求められている。
 - ◆防災におけるAI利活用とその他の現場データ標準化等が求められている。
 - ◆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）ごとにカスタマイズされた情報を提供するシステムを開発
 - ③AIによるビッグデータの災害リスク解析に基づく社会実装エリアの選定。
- ※)国土交通省交通政策審議会気象分科会 提言（平成30年8月）、AI戦略（令和元年6月）

研究開発目標

竜巻等突風、局地的大雨は高速交通などへの災害をもたらすものの、そのサイズが小さく急速に発達するため従来の手法でこれをとらえ防災に結び付けることは困難である。本アドオン施策は、主に公共交通事業者を対象としたこれらの現象における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の防災活動が可能となる。

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

また、災害に結びつく現象の早期予測が行えるようになり、以下のような民間投資が誘発される。

- ①AIでビッグデータから災害リスク対策の重点エリアを解析することによる、民間による防災事業形成の促進。
- ②気象レーダーと情報提供システムをパッケージとした新規整備、海外展開。
- ③産学官一体での最新レーダーの開発投資。
- ④当該システムから発信される情報を加工した情報通信コンテンツ等の産業の創出。
- ⑤気象情報を必要とする物流・港湾荷役・ライフライン関連事業者等への利用の広がりやレーダーの導入の加速。
- ⑥情報提供システムの実装で安全性向上が見込まれる自動運転等将来型交通インフラへの投資拡大。

資料3-2 「竜巻等の自動検知・進路予測システム開発」の概要②

PRISMで推進する理由

- ◆ 本研究開発は、公共交通事業者向けに特化した狭いエリアの気象情報提供の開発を産学官連携で行う。気象庁予算で実施する既存研究が対象とする全国をカバーする気象予測のための研究とは異なるほか、官民連携によって初めて可能となる気象・交通データの高度な融合に基づく新しい防災情報を創出するため、アドオン施策として申請した。
- ◆ 革新的技術のポイントは、局地的・突発的に発生し災害をもたらす現象をAIにより即時自動解析、危険域早期検出・追跡する技術を実現することである。上記の特化領域に当該アドオン予算を集中させることで、研究開発の加速と深化が図られる。その結果、本体事業における予報・警報等の防災情報の高精度化において、波及効果の極めて高い技術的ブレークスルーとなる。

元施策がどのように加速されるか

元施策：大気海洋に関する研究

台風・顕著現象がもたらす気象災害を防止・軽減するため、新しい観測・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。

アドオン施策で開発した技術の波及により、局地的大雨・竜巻等突風のみならず集中豪雨・台風等に対する対策のための研究開発が加速され、将来的な気象防災能力の強化の全国規模での実現が期待される。

- ・ 気象衛星ひまわりの高頻度雲画像や広域の気象レーダーデータに応用することにより、台風・集中豪雨等の新たな強度推定と発達予測につながる。
- ・ 将来型気象レーダーであるフェーズドアレイレーダーに適用することで、局地的大雨・竜巻等の盛衰を3次元・高速にとらえることができ、これらの超短時間予測の実現につながる。

戦略の位置付け等

「『統合イノベーション戦略2019』 特に取組を強化すべき主要分野」における位置づけ

○（１）AI技術 P75

本アドオン施策は、主に公共交通事業者を対象としたAIによる情報提供システムの開発を行う。全国で運用されている様々な気象レーダーなどで得られる竜巻等突風・局地的大雨および交通等のデータを収集し、AIで災害リスク対策の重点エリアを解析することにより、民間による防災事業形成を促進する。これはAIを用いた画期的な技術の開発として統合イノベーション戦略に整合するものであり、国土強靱化/物流分野における災害対応の高度化につながる。

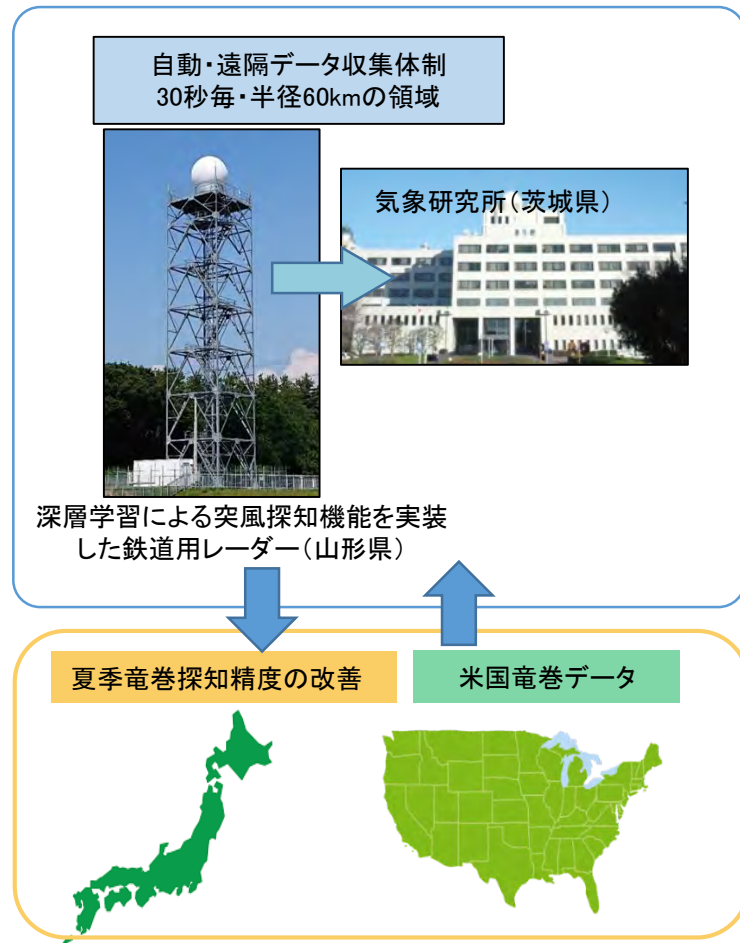
○（５）安全・安心 （ウ）自然災害への対応等に資する技術 P94

統合イノベーション戦略2019では、自然災害等の予兆や発生後の状況をいち早く、高精度に把握するとともに、自然災害等の予測・被害予測を迅速かつ正確に行い、自然災害等の防止や災害による被害を最小限に抑える技術の開発が求められている。本アドオン施策は、竜巻等突風、局地的大雨といった自然災害をAIにより探知・予測する、今後確実に世の中で必要になる技術の開発であり、統合イノベーション戦略で求められている内容に一致する。

資料 4 令和3年度の成果

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

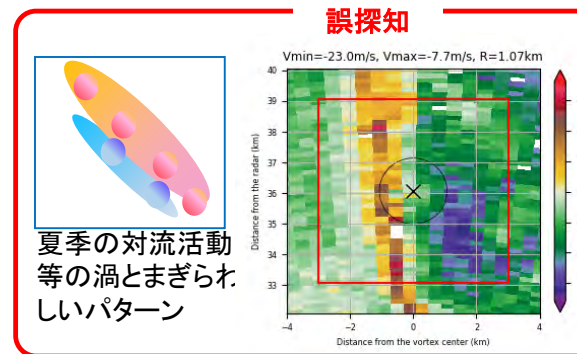
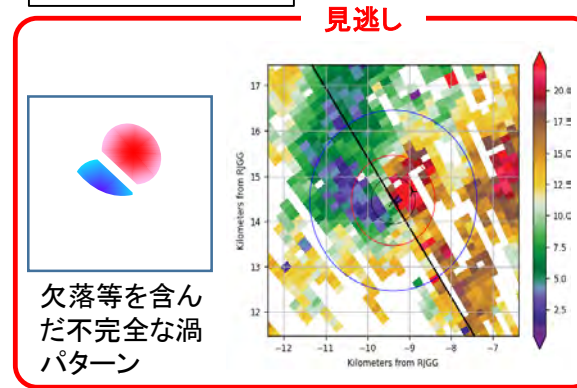
- 世界初の深層学習による突風探知機能を実装した鉄道用レーダーについて、320秒間隔・半径60kmのレーダーデータリアルタイムの自動・遠隔データ収集体制を実現
- 世界最多の竜巻災害が報告される米国の竜巻教師データの収集(91事例:2013年5月13日～2021年5月20日)



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

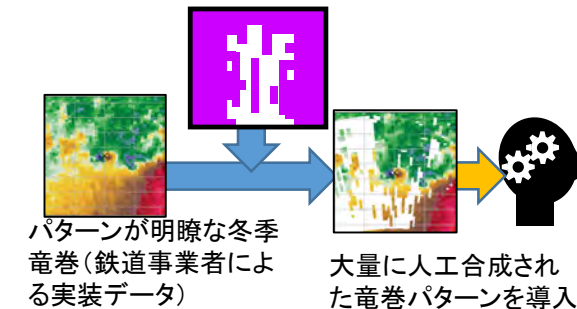
- 最重要課題「夏季竜巻」の精度向上のための取り組み
- ・再現率向上(最低数値目標60%達成見込み)
- 夏季竜巻を模造する人工合成された竜巻パターンを深層学習モデルに導入
- ・適合率向上(〃)
- モデル改良に用いるためのAIが着目する領域を色付けで可視化できるヒートマップを開発し、ヒートマップを学習させる新規モデルを開発

夏季竜巻の探知



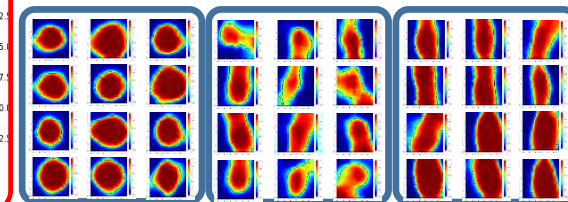
参考:補助資料[A-1]～[A-4]

夏季竜巻を模造する「冬季竜巻への人工パターン組み込み技術」



クラスタリングしたヒートマップを学習させる新しい分類モデル

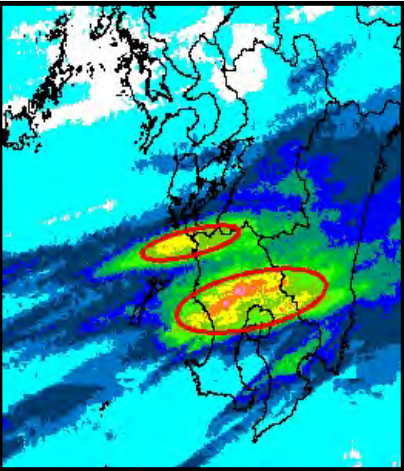
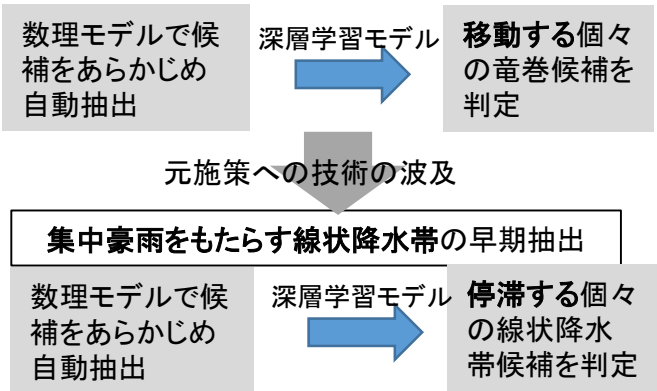
AIが着目する領域を色付けで可視化できるヒートマップを開発



竜巻パターン 遷移パターン 誤探知させる気流パターン

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（続き）
○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う見込みである。

竜巻渦パターン検出手法

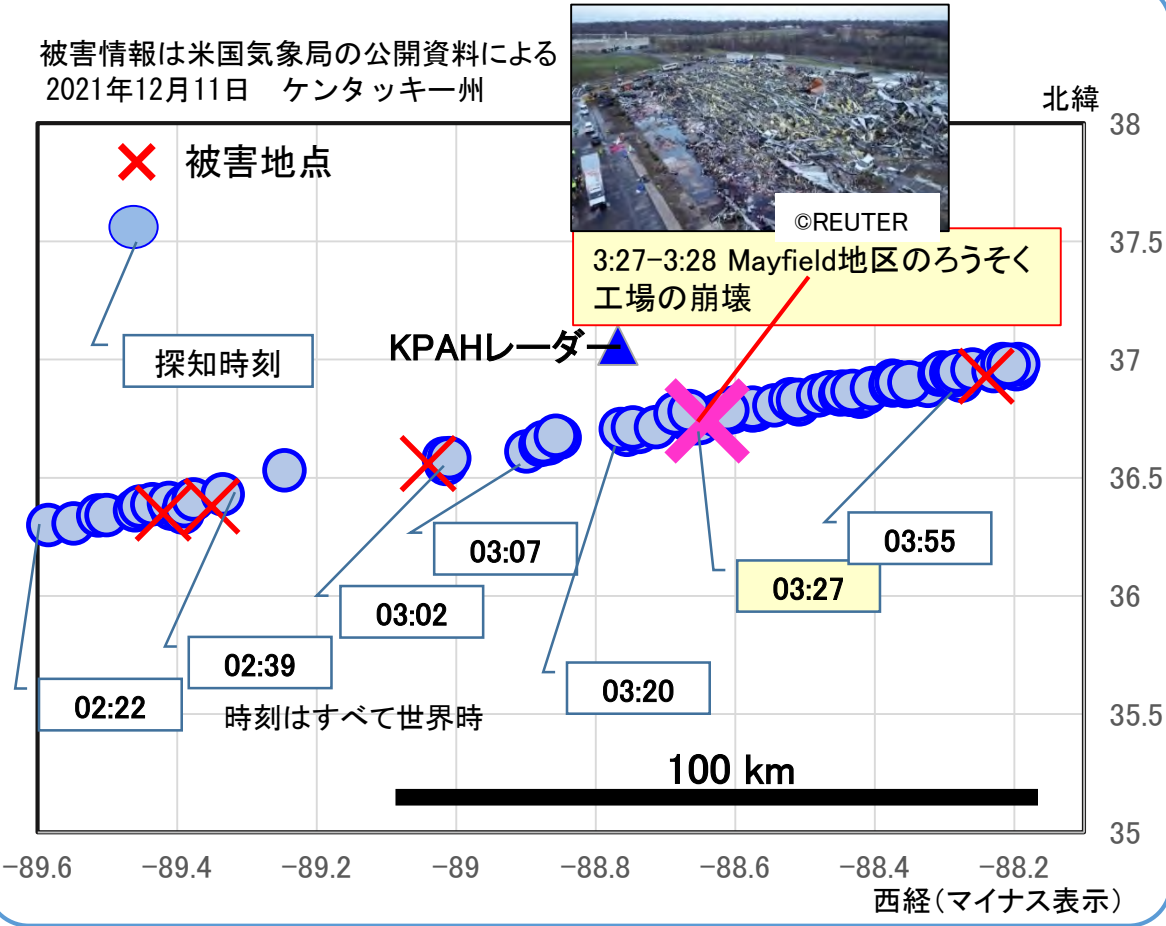


自動抽出例：2020年7月4日
（熊本、鹿児島に大雨特別
警報）

参考:補助資料[A-5]

水防災をテーマとする他施策との連携につながる

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
○世界最多の竜巻災害が報告される米国の竜巻91事例等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。

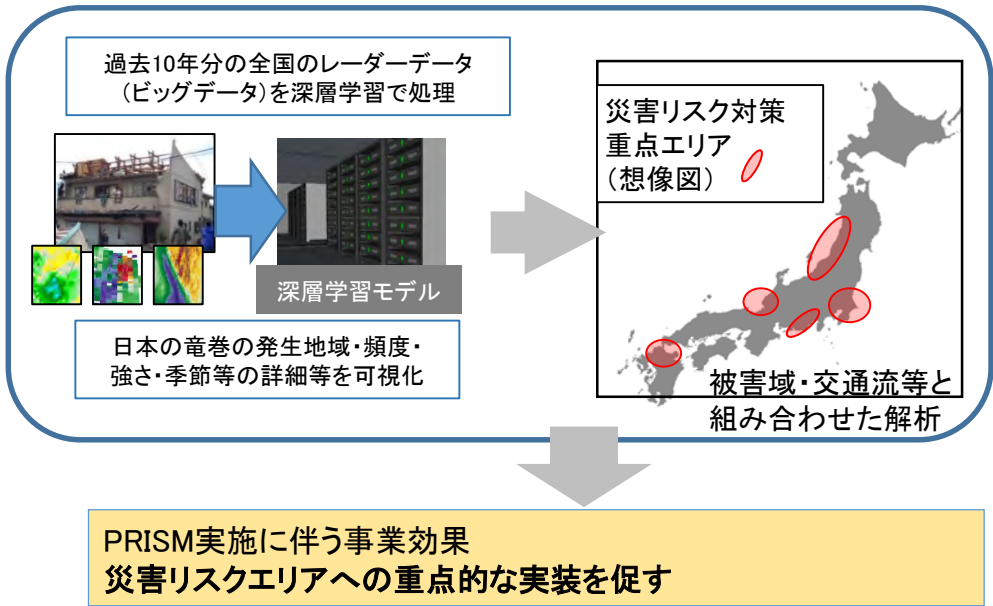


- 米国レーダーの利用
- ・豊富な竜巻事例を教師データへ活用
 - ・甚大な災害をもたらす強い竜巻に対する探知実験
 - ・海外出口戦略

資料5 令和4年度の研究計画

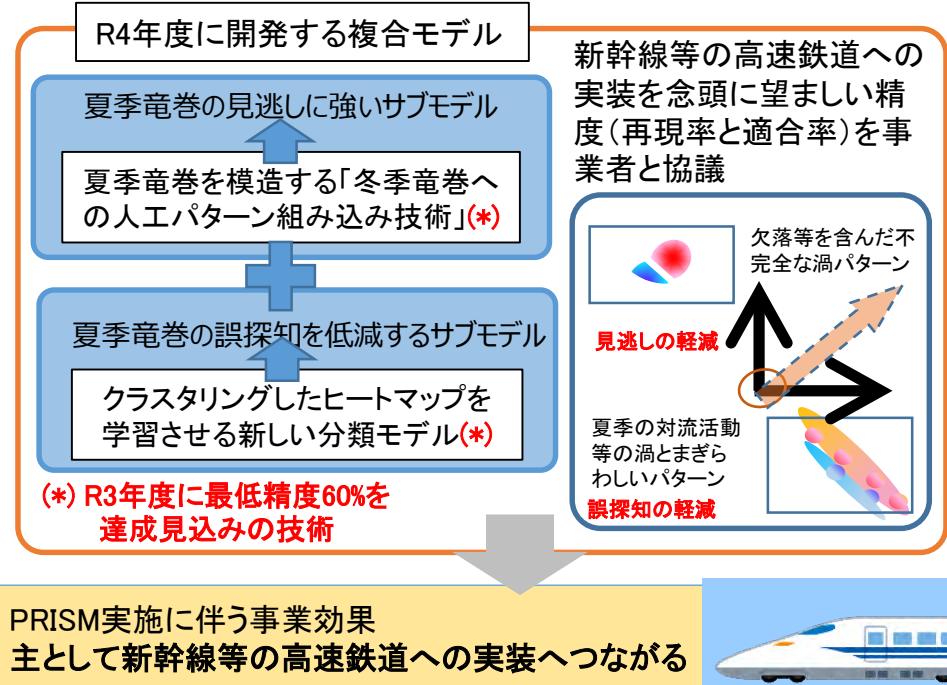
実施項目(1) 竜巻等突風・局地的大雨関連データの標準化・ビッグデータ化およびAIによる総合解析

- ①引き続き国内外の竜巻関連データを収集するとともに、交通系を主体とする多様なニーズに応じたデータ基盤の継続的な利活用について、検討を行う。
- ②ビッグデータに最新の深層学習モデルを広範囲に適用することで災害リスクエリアのマップ化を実現し、社会が求める突風等の防災情報の将来像を踏まえながら、今後の研究開発の方向性を有識者と共に考察する。



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
世界初の竜巻探知のための深層学習モデルと鉄道への実装を中心にこれまでの開発・試作成果を取りまとめ、主として新幹線等の高速鉄道への実装を念頭に、探知の高精度・高速化を実現する。

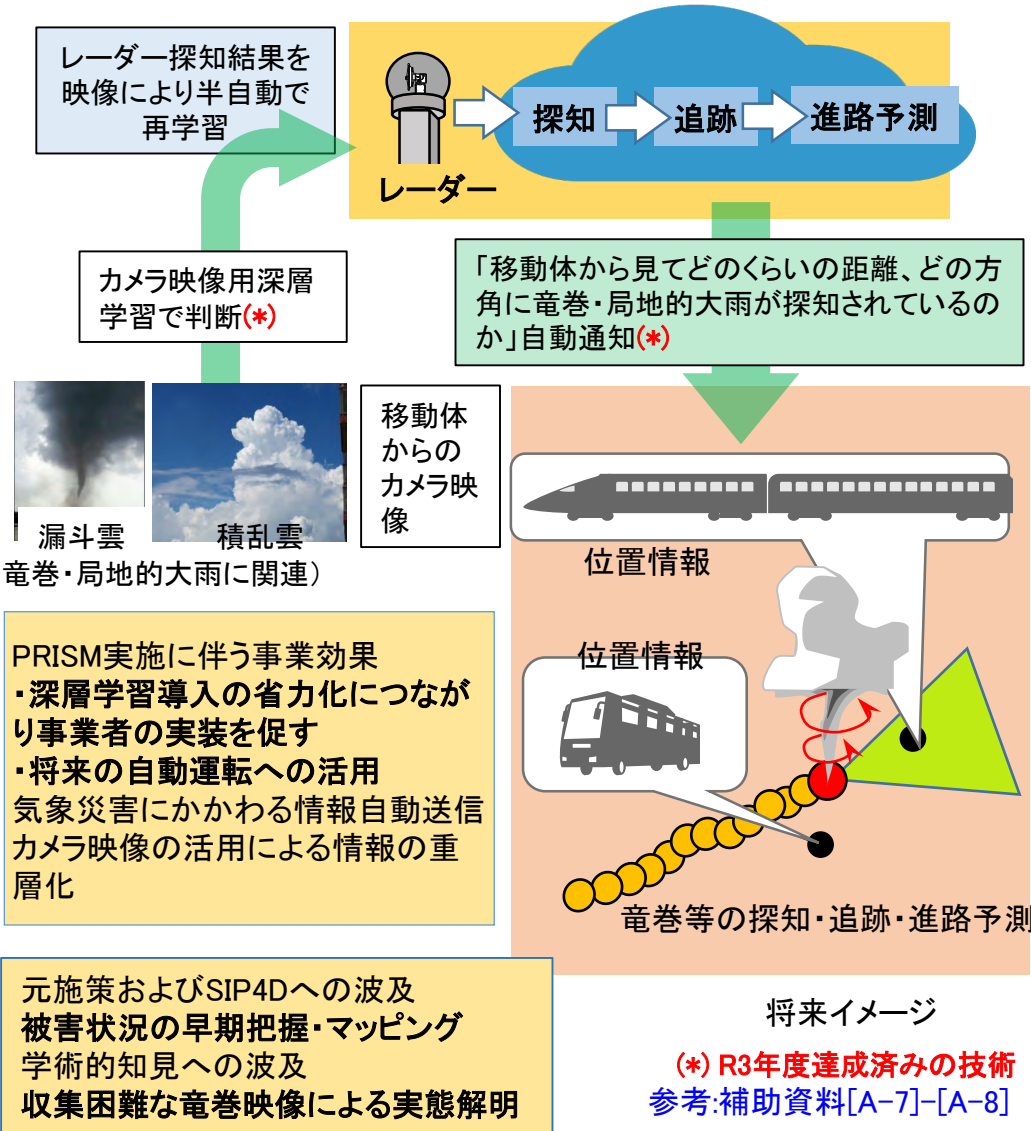
参考:補助資料[A-6]



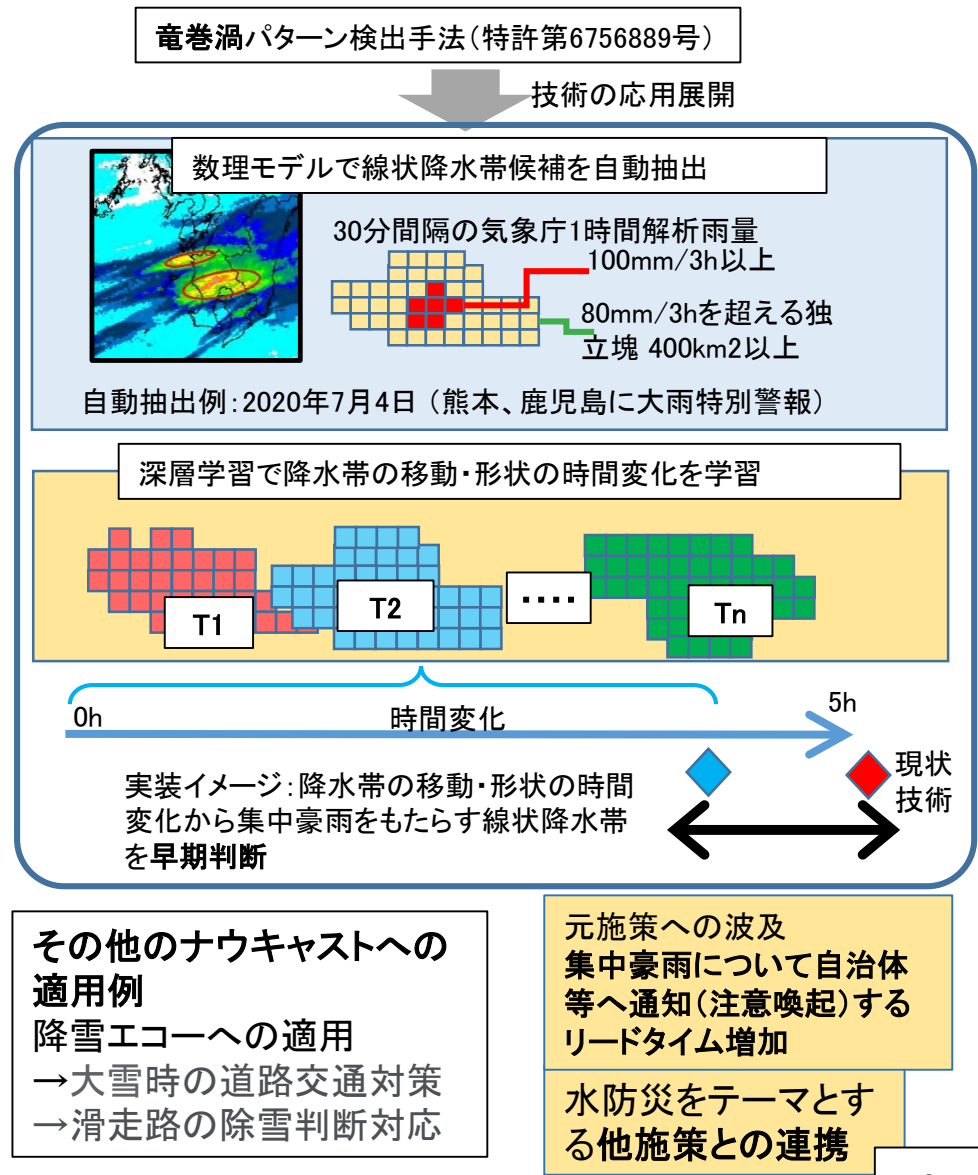
- 元施策への波及
竜巻発生時の大気の状態把握→起りやすさの広域予測の改善
- 学術的知見への波及
日本の竜巻発生全体像の解明
世界的に発生頻度の多い夏型の竜巻の発生プロセス解明

資料5 令和4年度の研究計画（続き）

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
② 深層学習による竜巻探知の重層化、学習の自動化、交通系の自動運転のニーズを念頭に、カメラ映像やGPSを取り込んだ将来型竜巻検出技術の開発を進め、効率的な運用の概念を提示する。



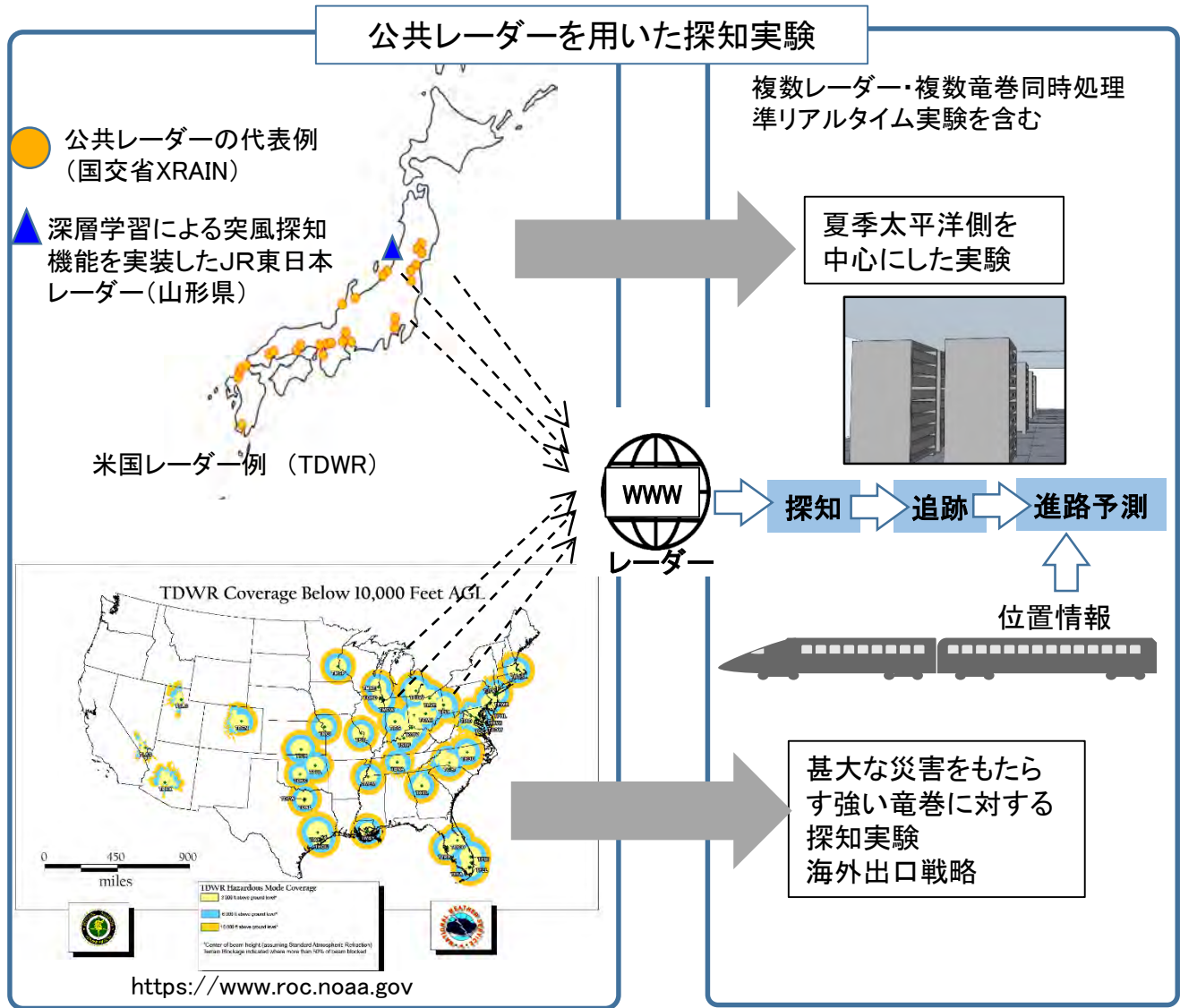
③ 開発した深層学習の応用展開として、線状降水帯など多様な現象のナウキャストへの適用を検討する。



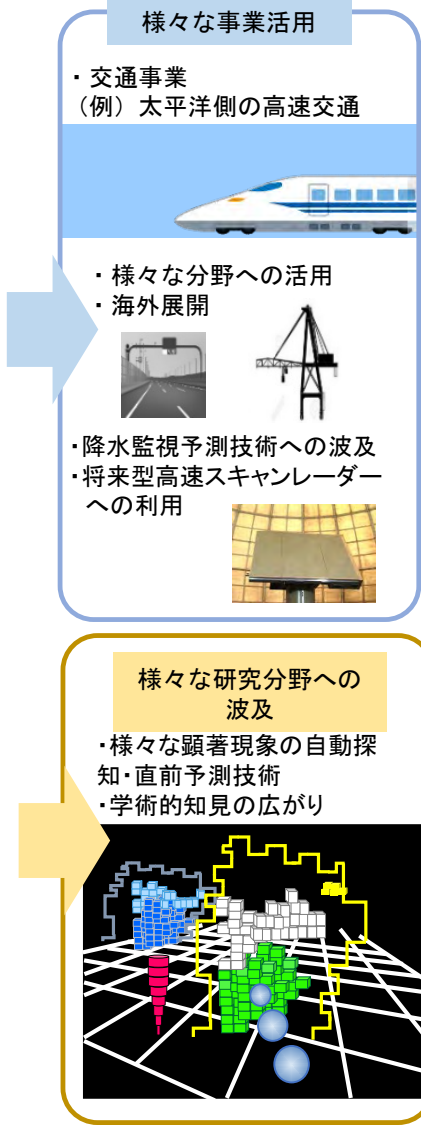
資料5 令和4年度の研究計画（続き）

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
①夏季太平洋側を中心に公共レーダーを用いた準リアルタイムを含む実験を行い、様々な地域における主に鉄道への実装のための課題や今後に向けたアクションプランを事業者とともに取りまとめる。



②有識者からなるシンポジウムを開催し、鉄道のみならず様々な事業者への普及に関する官民連携の進め方・中長期的なロードマップについて考察を行う



資料 6 PRISM実施に伴う事業効果等

○本事業により、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。

民間研究開発投資誘発効果等

- 鉄道用レーダー(達成済)
 - ・深層学習による世界初の冬季突風探知レーダー実装(110百万円:2020年)
 - ・当該レーダーの継続的な運用(26百万円/年:2020年～)
- 鉄道用レーダー(予定)
 - ・冬季突風探知レーダーの新規展開(秋田県)(385百万円:2022年度以降:用地策定・レーダー建設・無線免許)
 - ・夏季竜巻探知レーダーの新規展開(東海地方)(385百万円:2022年度以降:鉄道事業者と共同研究を締結、調査開始)
 - ・2030年までに11か所の新規展開(4,235百万円)・運用(286百万円(385百万円/年))
 - ・新幹線をはじめとする交通大動脈の安全を図ることによるインバウンド誘発への貢献
- その他の投資誘発効果(予定) 鉄道用レーダーと同等以上の金額的誘発効果を目指す
 - ・レーダーで得られた災害をもたらす現象の探知予測情報の共用を図ることによる他事業者の多様なニーズに応じた活用

マッチングファンド（民間からの貢献額）

項 目	企業名	概算金額(百万円)				
		2018	2019	2020	2021	2022
研究者の person 費	JR東日本	51	56	51	51	51
気象レーダー運用とデータ提供	JR東日本	43	48	43	43	43
ストレージ等の機材の提供	JR東日本	4	11	4	7	4
深層学習の実装	JR東日本			123	26	26
新規展開のためのアセスメント	東芝インフラシステムズ	56	68	56		
合計		154	183	277	127	124

アドオン施策に関連する大学等民間企業との研究件数

共同研究	2件
委託研究	4件

R2年度の成果

冬季竜巻渦の検出精度を改善する深層学習を用いたリアルタイム渦検出

官民連携で特許権取得
(特許第6756889号)
令和2年8月31日

大学等の学術的有識者への説明

事業活用
令和2年11月1日

世界初のAIを活用した突風探知
手法による列車運転規制の実施

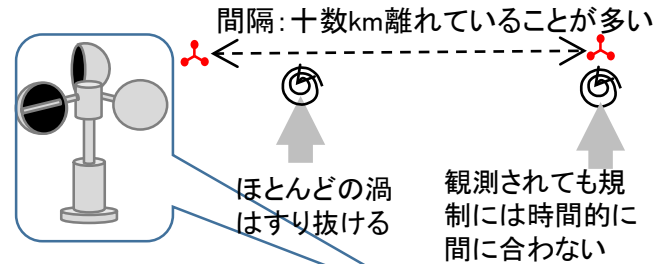
■ドップラーレーダーを用いた突風に対する列車運転規制



(引用) AIを活用した突風探知手法による列車運転規制の実施について 2020年10月6日 東日本旅客鉄道株式会社

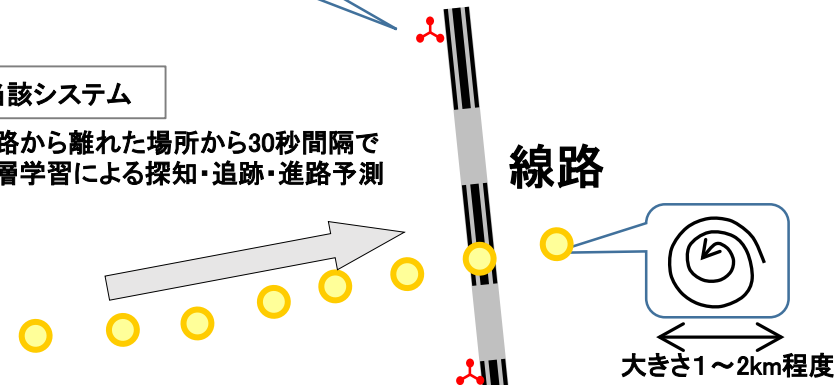
当該システムによる列車運転規制の実績(2120.11.1-2021.3.31)

従来方式(沿線風速計)



当該システム

線路から離れた場所から30秒間隔で
深層学習による探知・追跡・進路予測



従来方式の規制をすり抜けた突風を深層学習(AI)単独で探知

○現実の列車の運転見合わせ等、鉄道的安全運行における高い有用性を事業者と確認

○2021-22年冬季以降も引き続き当該技術を用いた運行規制の実施(2021年11月1日～)

**世界に先駆けた当該技術が継続的に鉄道に運用
今後の民間投資誘発拡大に向けた重要な一歩**

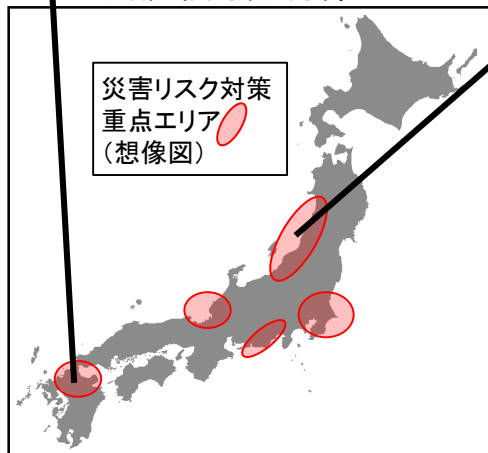
災害リスクエリアへの重点的な実装を促す



JR九州（宮崎県延岡市） 2006.9.17



JR東日本（山形県東田川郡） 2005.12.25



災害リスク対策
重点エリア
(想像図)

過去のレーダーデータ
を深層学習で処理
し竜巻の発生分布を
解析(令和4年度に
予定)

想定される実装例（民間投資誘発拡大）

民間事業者による新規
レーダーの設置と探知シ
ステムの実装

公共レーダーを利用した
探知システムの実装



深層学習による突風探知
機能を実装したJR東日本
レーダー(山形県)



公共レーダーの代表例
(国交省XRAIN)

様々な分野への活用による実装の加速

