

(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

2023年3月1日：SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」成果発表シンポジウム

線状降水帯の早期発生及び発達予測情報の高度化と利活用

研究責任者 防災科学技術研究所 清水慎吾

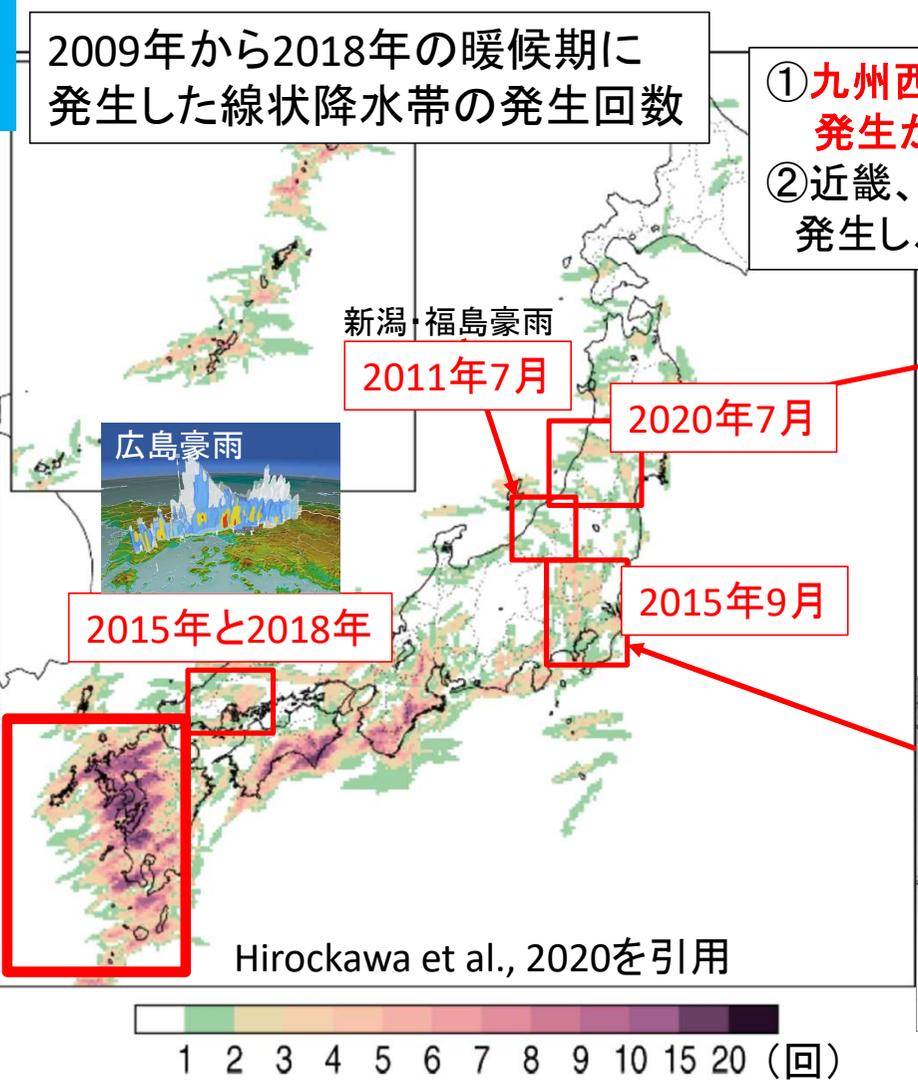
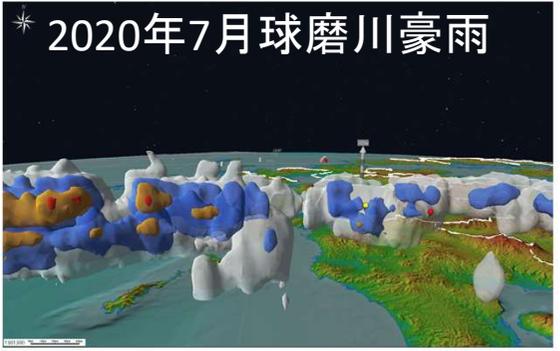
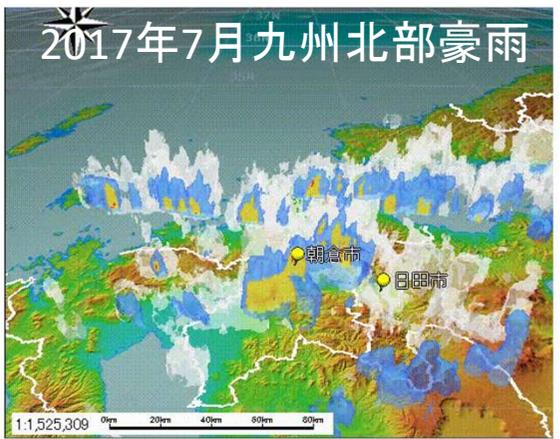
共同研究機関 情報通信研究機構 福岡大学 名古屋大学 大阪大学 日本気象協会
東芝インフラシステムズ 日本アンテナ

協力機関 気象研究所、東京大学、京都大学、九州大学、琉球大学、埼玉大学、三菱電機、
東京理科大、電気通信大学

関係省庁： 気象庁、国交省、総務省、環境省、文科省、内閣府

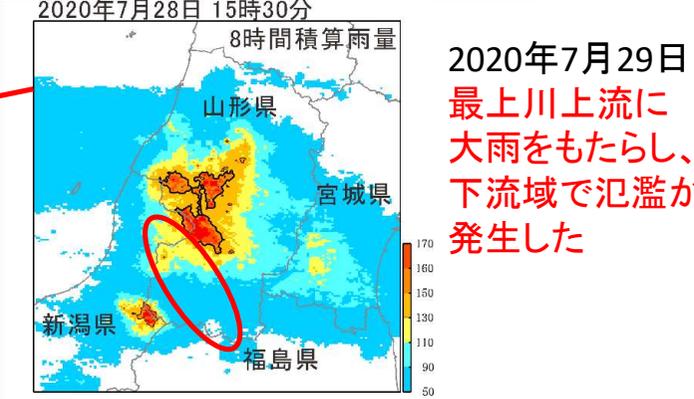
【逃げ遅れゼロ】 確実な避難を実現

頻発する線状降水帯による大規模水害

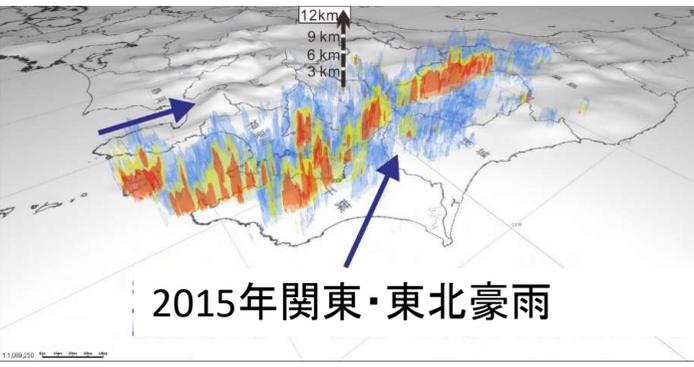


線状降水帯の発生傾向

- ①九州西岸、四国南部、紀伊半島に発生が集中している。
- ②近畿、関東、東北でも少なからず発生し、災害が発生している。



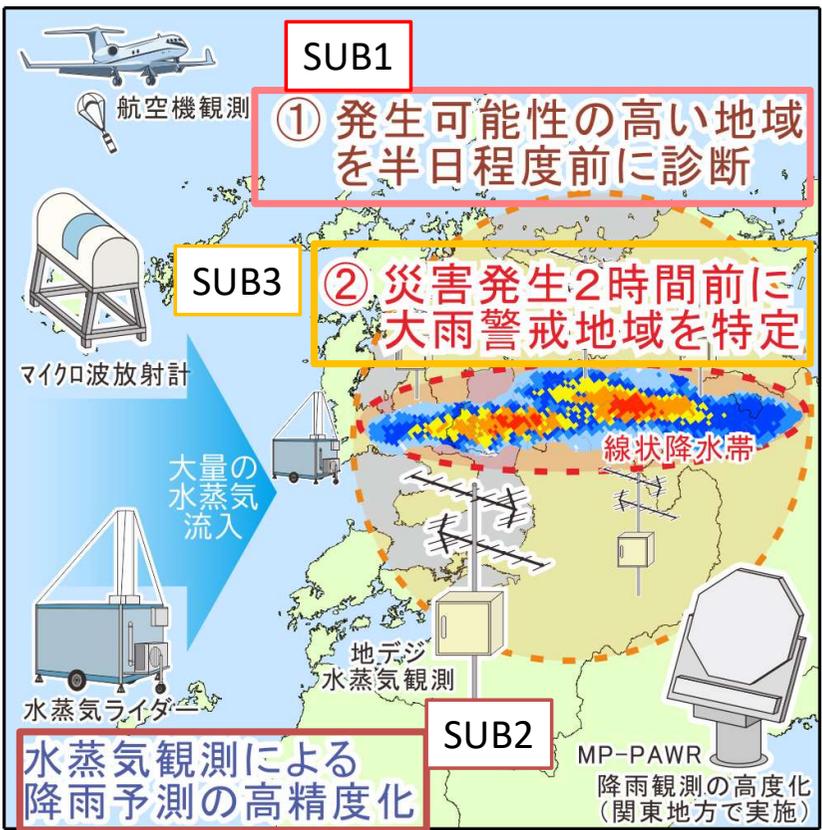
2020年7月29日
最上川上流に大雨をもたらし、
下流域で氾濫が発生した



(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

- (課題1) 線状降水帯の**早期予測の高度化と利活用**:
線状降水帯の観測・予測情報の可視化:
- (課題2) 降雨予測に資する**水蒸気・降水マルチセンシング技術開発**:
- (課題3) 線状降水帯の**高頻度積算雨量予測法の開発**:

半日前の避難準備・高齢者等避難開始の判断支援
 気象庁「**顕著な大雨情報**」として、2021年6月から**社会実装**
 面的水蒸気分布を取得可能とする
 2時間前の避難勧告・避難指示の判断支援



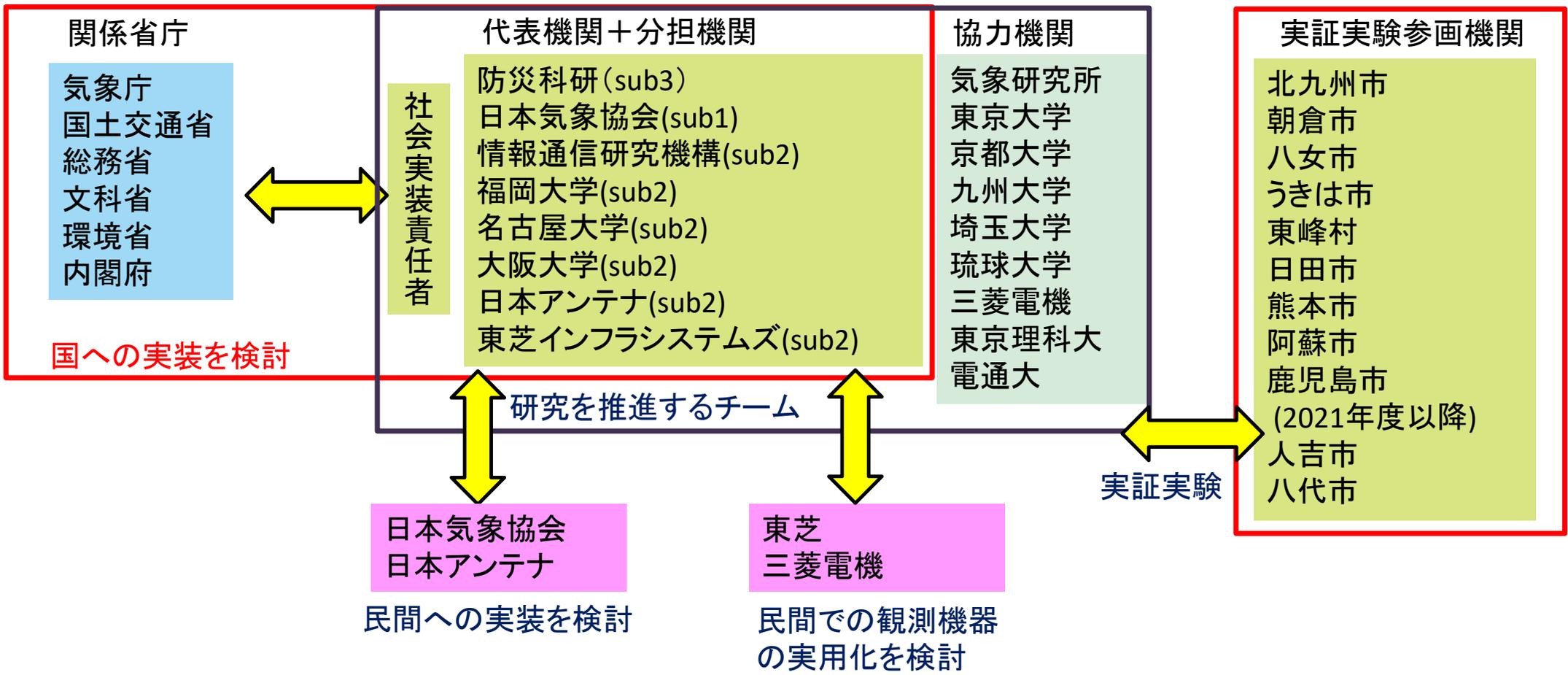
実証実験+精度検証

日没前における**半日程度先の予測情報を提供**
水蒸気・降水マルチセンシングデータを提供
 線状降水帯が発達する**2時間前に雨量を予測し、避難エリアを避難区分単位で特定。**

半日前から2時間前までに**避難が必要なエリアを絞り込む**



府省庁/産官学/自治体の連携



気象庁の「顕著な大雨情報」として社会実装 (2021年6月17日から気象庁が運用開始)

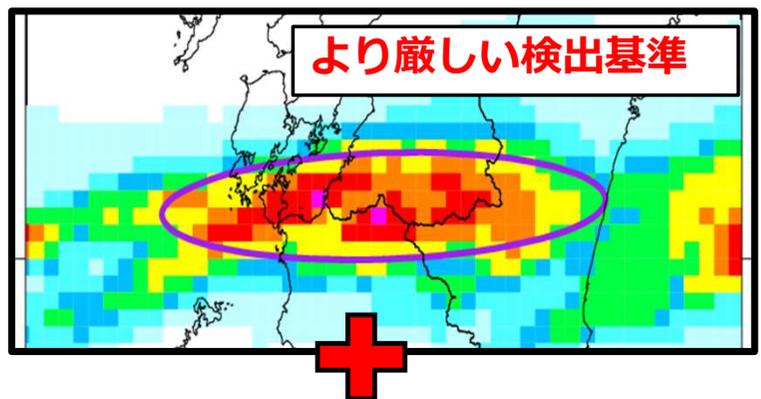
線状降水帯の
定性的な定義

線状降水帯の
学術的な定義

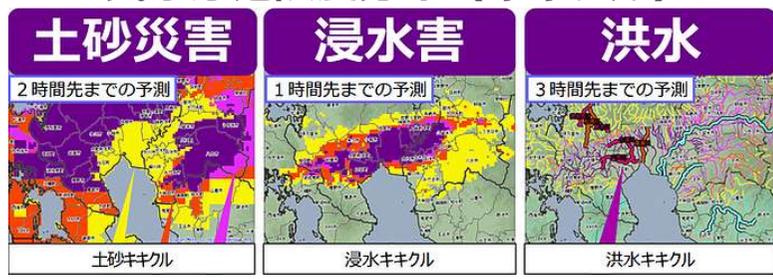
学術的な定義
の有効性検証

気象庁版定義を
気象庁とSIPが
協力して作成

解析雨量だけでなく、気象庁の危険度分布を活用することで、災害発生危険度が急激に高まっている地域における線状降水帯を検出する



気象庁危険度分布 (キキクル)



- 顕著な大雨に関する情報の発表基準**
- 雨量** : 解析雨量 (5kmメッシュ) において前3時間積算降水量が **100mm以上** の分布域の面積が **500km²以上**
 - 雨量** : 1.の形状が線状 (長軸・短軸比2.5以上)
 - 雨量** : 1.の領域内の最大値が **150mm以上**
 - 危険度** : 大雨警報(土砂災害)の危険度分布において土砂災害警戒情報の基準を実況で超過 (かつ大雨特別警報の土壤雨量指数基準値への到達割合8割以上) 又は洪水警報の危険度分布において警報基準を大きく超過した基準を実況で超過

線状降水帯の客観的抽出の社会実装

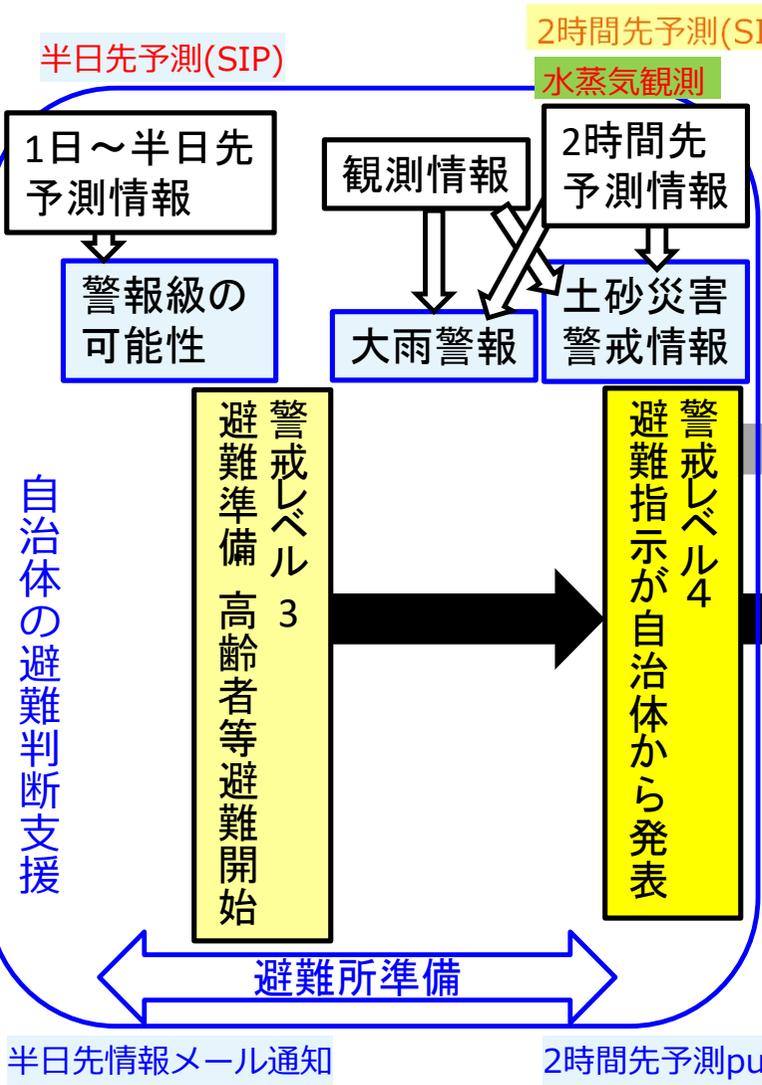


気象庁の「顕著な大雨情報」

全国で17回発表(2021年)

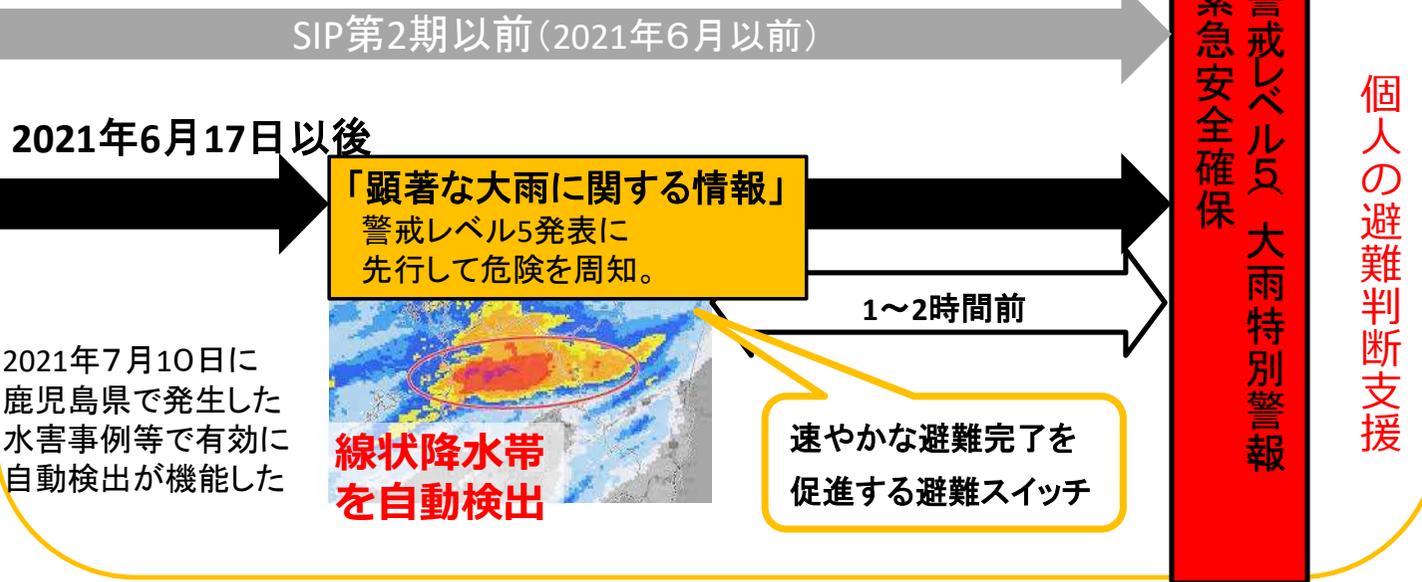
回数	日時	場所
1	2021/06/29	沖縄県
2	2021/07/01	東京都
3	2021/07/07	島根県
4	2021/07/07	島根県
5	2021/07/10	鹿児島県
6	2021/07/10	鹿児島県
7	2021/08/09	島根県
8	2021/08/12	福岡県
9	2021/08/12	熊本県
10	2021/08/13	広島県
11	2021/08/14	佐賀県
12	2021/08/14	長崎県
13	2021/08/14	長崎県
14	2021/08/14	佐賀県
15	2021/08/14	長崎県
16	2021/08/14	福岡県
17	2021/09/08	徳島県

自治体避難判断のタイムライン上での研究成果の貢献



線状降水帯の現況把握

2021年以前は警戒レベル5が前触れなく発表されることで避難行動の変更が唐突に求められていたが、この情報により、警戒レベル5の発表前に、危機感をもった速やかな避難完了を促進できるようになった。

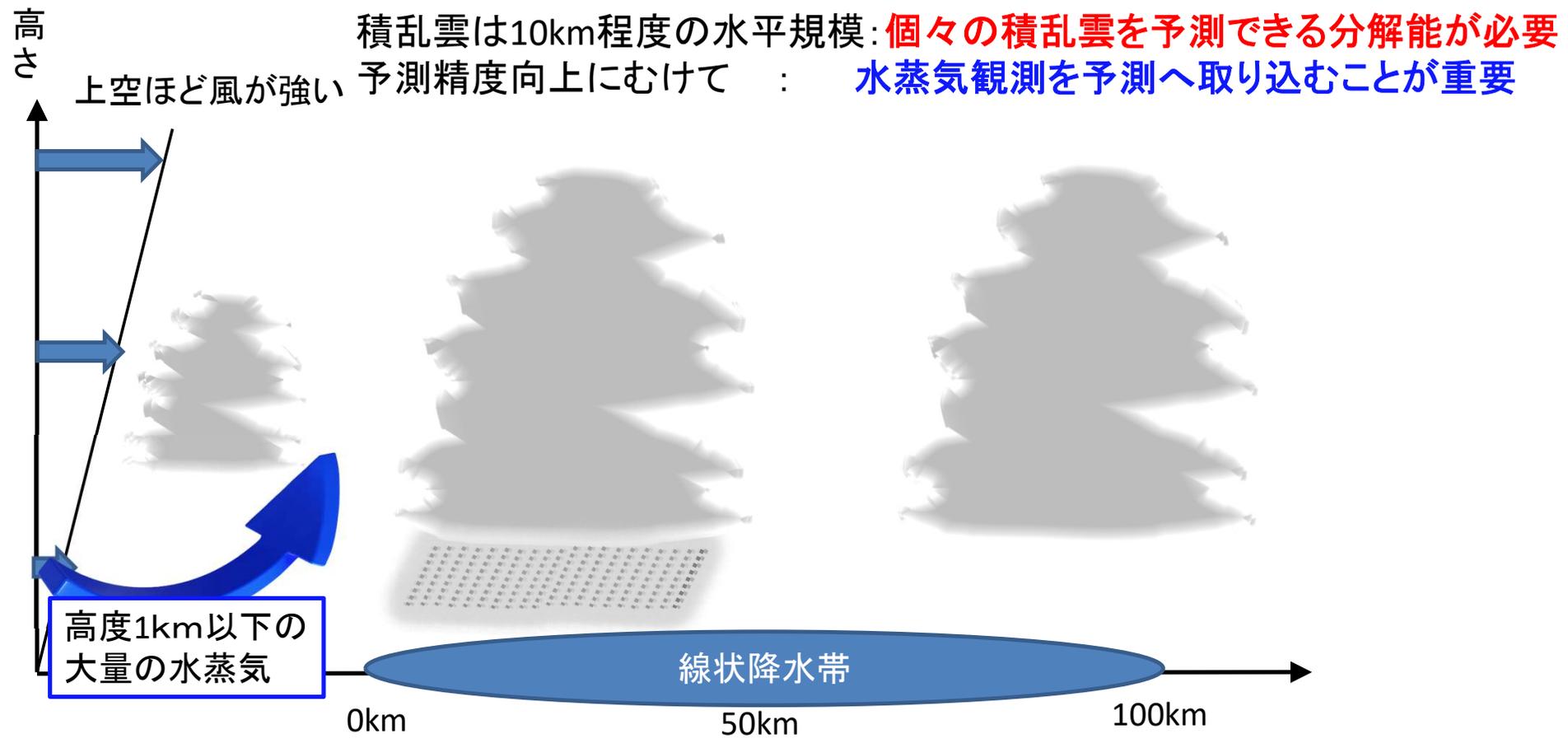


2021年7月10日に鹿児島県で発生した水害事例等で有効に自動検出が機能した

顕著な大雨情報は、必ずしもレベル5よりも前に発表されるとは限りません。また、必ずレベル5が発表されるわけではありません。

線状降水帯の発生メカニズム

線状降水帯は積乱雲が世代交代することで発生



(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

半日先・2時間先までの線状降水帯予測により、避難行動に必要なリードタイム毎に適切に避難エリアを絞り込むことが可能に。



半日先・2時間先までの線状降水帯予測のそれぞれで定量目標を達成した。半日先の予測の空振りを減らし、2時間前の検出率を向上させた。

半日先と2時間先の予測精度目標設定	半日先予測(発生予測)			2時間先予測 (80mm/3hr)			
	SIP前	定量目標	SIP後	SIP前	定量目標	SIP後	
空振率	95%	10%程度削減	79.5% (15.5%削減)	検出率	24%	10%程度向上	36% (12%向上)
発生頻度に対する予測頻度	20倍	実際と同程度 (1~2倍)	2倍	最大値雨量予測	実際の雨量に対して、20%過小に予測	観測された最大雨量と同程度の雨量を予測	過小も過大も無い予測

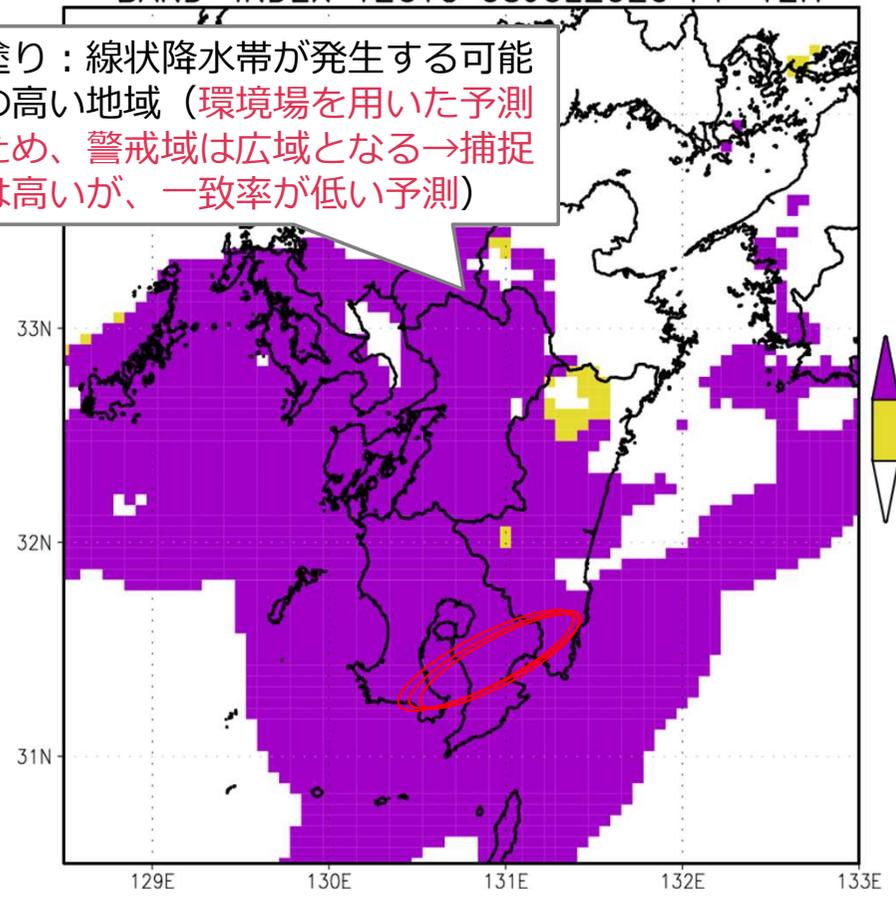


2種類の半日前予測の特徴

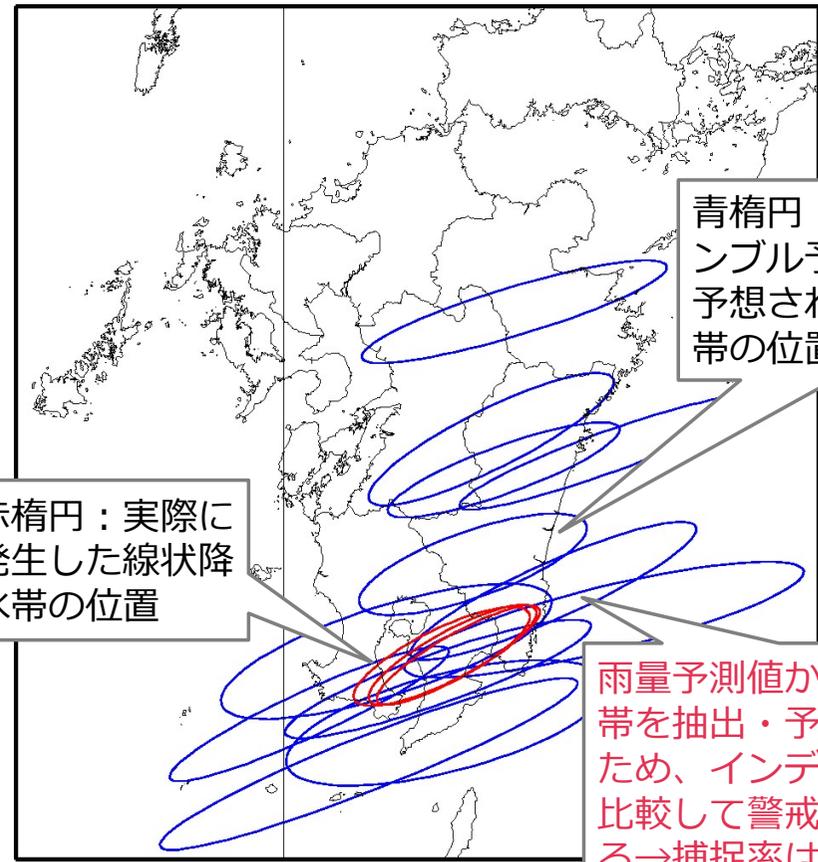
線状降水帯インデックス修正版

BAND-INDEX 12UTC 05JUL2020 FT=12H

色塗り：線状降水帯が発生する可能性の高い地域（環境場を用いた予測のため、警戒域は広域となる→捕捉率は高いが、一致率が低い予測）



メソアンサンプル版



青楕円：メソアンサンプル予測により、予想された線状降水帯の位置

赤楕円：実際に発生した線状降水帯の位置

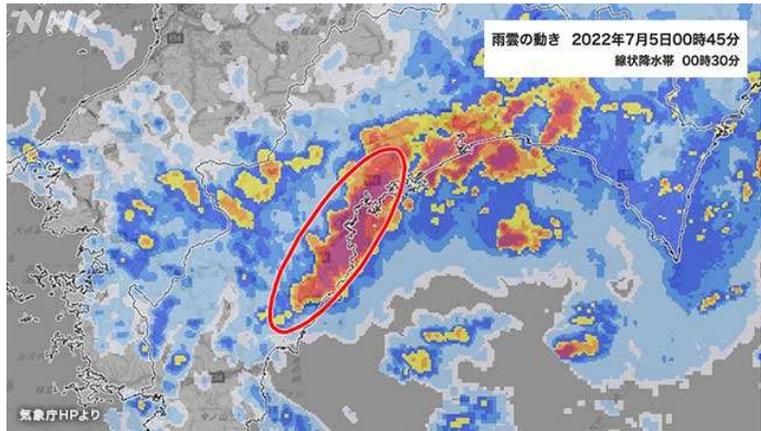
雨量予測値から線状降水帯を抽出・予測しているため、インデックス版と比較して警戒域が絞られる→捕捉率は低下するが、一致率が高い予測)

(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

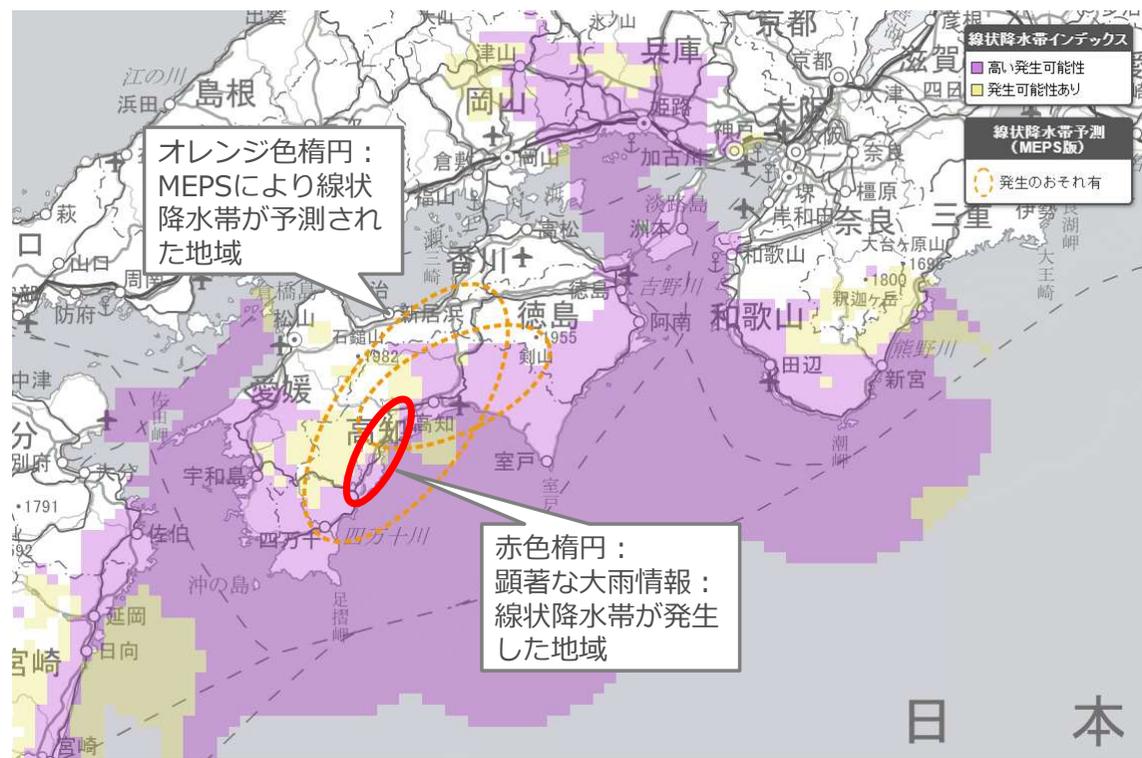
■ **気象庁：線状降水帯の半日先予測**
予測が出なかった。

2022年7月4日(高知県)の事例

■ **線状降水帯の発生状況(顕著な大雨に関する情報)**
4日から5日にかけての深夜に**高知県で1回発生**



■ **SIP：線状降水帯の半日先予測**
地域：インデックス版(主に高知県南と太平洋に広く予報)
MEPS版(高知県の一部)
期間：5日深夜(午前0時-1時頃)



※SIP-MEPS版では、線状降水帯の発生について、**より警戒が必要な地域(高知県と愛媛県及び徳島県の一部)**を絞ることができた。

(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用



半日先予測の精度検証(2022年)

インデックス修正版

- 捕捉率 : **94.7%**
- 一致率 : 4.3%
- 発令率 : 17.2%
- 発生率 : 0.8%

見逃しが非常に少ない

メソアンサンプル版

- 捕捉率 : 34.9%
- 一致率 : 20.5%
- 発令率 : **1.6%**
- 発生率 : 0.8%

• 顕著な大雨に関する情報に限定すると、**捕捉率は52%**

• インデックス版と比較して一致率が15%向上

• 発令率が発生率に近い

→ **空振りの少ない予測**

メソアンサンプル版におけるA~Dのサンプル数 (対象: 朝と午後の予測)

	朝倉市	日田市	東峰村	阿蘇市	北九州市	八女市	うきは市	熊本市	鹿児島市	八代市	人吉市
A	0	2	0	1	1	0	0	0	2	2	2
B	1	1	1	0	1	1	1	1	2	1	2
C	3	2	2	4	1	3	3	4	6	3	3
D	240	239	241	239	241	240	240	239	234	238	237

		予想	
		あり	なし
実況	あり	A	B
	なし	C	D

検証指数

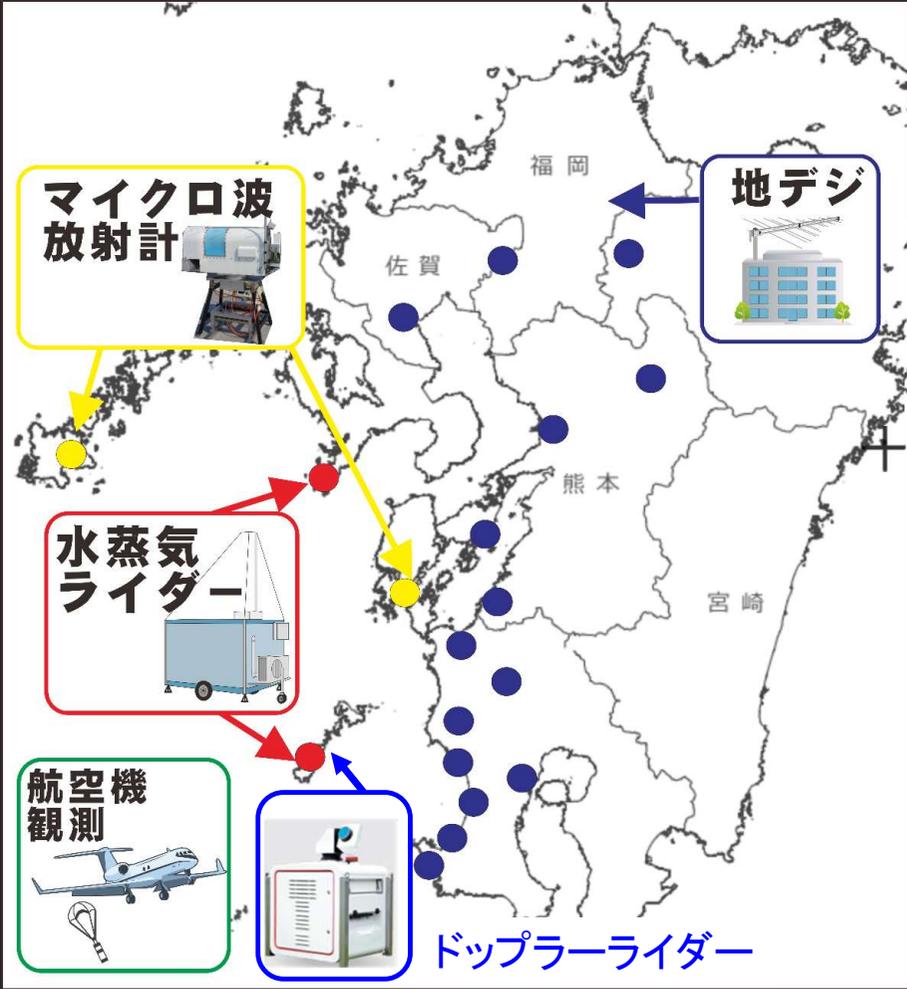
- 捕捉率 = $\frac{A}{A+B}$
- 一致率 = $\frac{A}{A+C}$
- 発令率 = $\frac{A+C}{A+B+C+D}$
- 発生率 = $\frac{A+B}{A+B+C+D}$

赤字値: 気象庁「顕著な大雨に関する情報」が発表された事例

Aの赤字値: 7/18, 9/18

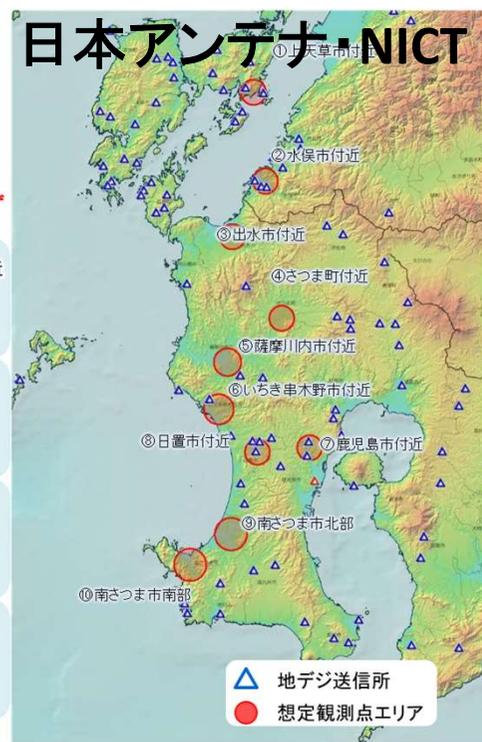
Bの赤字値: 7/18

2021年度にSIP観測網が完成



想定観測点エリア概況調査完了
観測点借用交渉着手
観測点仮観測未実施

- 概況調査、借地交渉
地デジ送信所位置、路上地デジ測定
観測点設置候補、建造物など調査
- 課題
コロナ禍により現地詳細調査実施出来ず

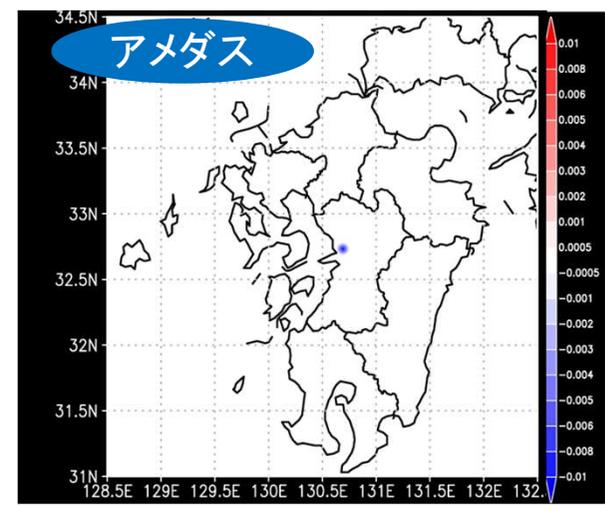
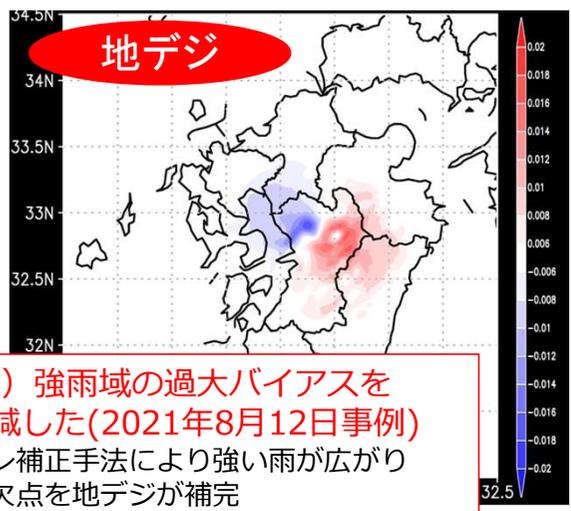


地デジ水蒸気観測の原理と優位性



- ◆ 放送局や測定装置の位相雑音を相殺して、伝搬遅延を**ピコ秒の精度**で測定
- ◆ 水蒸気量変化を**線上の積算値**で計測

データ同化におけるインパクト調査



- ◆ データ同化における優位性
 - 一地点の観測が影響を与えるエリアがアメダスなどの地上気象観測よりも広い
- ◆ 競争性ある価格設定
 - 小型・安価・安定した観測装置とクラウドによるデータ収集配信
- ◆ 国際展開の可能性
 - SIPの枠外だが、NICT予算で地デジ欧州方式に対応した測定装置を開発中



(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と活用

2022年6月29日にプレス発表

線状降水帯の2時間先予測に資する水蒸気観測網を整備完了し、気象庁とデータ連携

- ・2022年6月から九州地方でフルスペックでの水蒸気観測を開始。7月5日に航空機観測実施
- ・気象庁の線状降水帯の集中観測に参加し、陸上における水蒸気観測で中心的な役割を担い、**気象庁にリアルタイムでデータ提供。**
- ・気象庁が2021年度補正予算でSIPと同型のマイクロ波放射計 17台を導入。
- ・**気象庁の予測精度改善のため、SIP期間の全データを提供。**

本件配布先: 文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会、永田クラブ、経済研究会、総務省記者クラブ、テレコム記者会



プレス発表資料

2022年6月29日
 国立研究開発法人防災科学技術研究所
 国立研究開発法人情報通信研究機構
 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学
 学校法人 福岡大学
 日本アンテナ株式会社
 気象庁気象研究所
 内閣府科学技術・イノベーション推進事務局

線状降水帯の水蒸気観測網を展開

— 短時間雨量予測の精度向上への挑戦 —

近年、西日本では線状降水帯による大規模水害がほぼ毎年7月上旬に発生しています。線状降水帯の予測研究は被害を減らすうえで極めて重要で、国立研究開発法人防災科学技術研究所(理事長:林春男)をはじめとする研究グループは、内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」において線状降水帯の予測研究にいち早く取り組んでいます。この一環として2022年6月から九州地方に整備した水蒸気観測網による観測を開始し、線状降水帯による水害に向けて7月からは観測体制をさらに強化して、九州の11の自治体と共同で予測精度の向上を目指した実証実験を実施中です。また、気象庁気象研究所が中心となって実施する線状降水帯の集中観測に参加し、陸上における水蒸気観測で中心的な役割を担い、リアルタイムでデータを提供しています。さらに、本観測データを大学・研究機関に提供することで、今後、線状降水帯の発生メカニズムの解明に貢献します。予測精度向上の鍵となる水蒸気観測データ配信サービスの民間事業化も目指しています。

【発表のポイント】

- ・2022年6月から九州地方で線状降水帯の水蒸気観測を開始し、7月からはその観測体制をさらに強化して、九州の11の自治体との実証実験を通して線状降水帯予測の精度検証を実施中です。
- ・気象庁気象研究所が中心となって実施する線状降水帯の集中観測に参加し、防災科学技術研究所をはじめとした研究グループが陸上における水蒸気観測で中心的な役割を担い、リアルタイムでデータを提供しています。
- ・水蒸気観測データを大学・研究機関に提供し、線状降水帯の発生メカニズム解明に貢献します。
- ・日本アンテナ株式会社による地デジ水蒸気観測データ配信サービスの事業化も目指します。

●内容(詳細は別紙資料による)

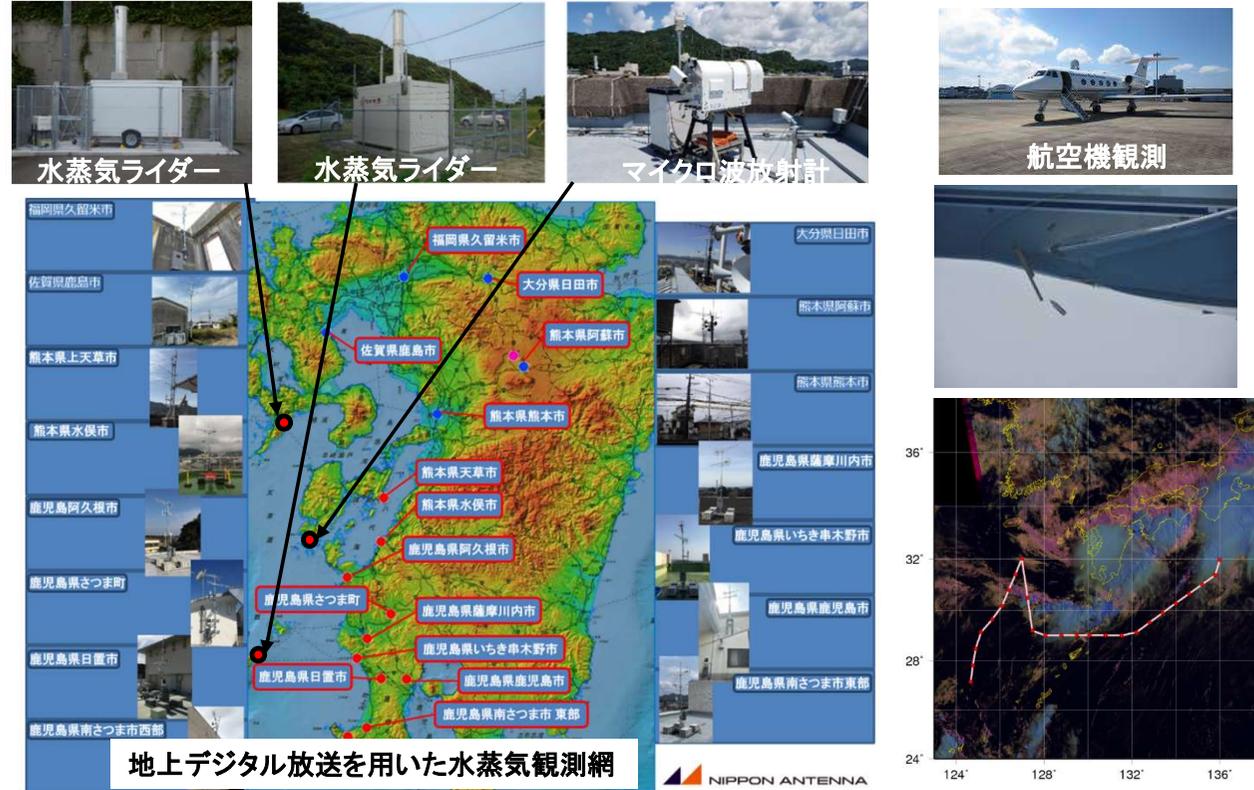
強雨が数時間以上にわたって継続し、河川氾濫や土砂災害などの深刻な被害を引き起こす線状降水帯が近年多発しています。数時間先までの線状降水帯による雨量を正確に予測する技術開発は喫緊の課題です。防災科学技術研究所をはじめとする研究グループは、2020年6月から2022年3月までに世界に類を見ない高密度(ちゅうみつ)な水蒸気観測網を九州地方に整備しました。2021年7月10日の鹿児島県における線状降水帯の事例では、水蒸気観測データを用いることで線状降水帯の雨量予測の精度が飛躍的に向上することを確認できました。2022年6月からはこの水蒸気観測網を活用したリアルタイム予測実験を開始し、近年7月上旬に発生している線状降水帯による水害に向けて観測体制をさらに強化して、九州の11の自治体と共同で予測精度の向上を目指した実証実験を実施中です。本観測データを大学・研究機関に提供することで今後の線状降水帯の発生メカニズム解明に貢献し、さらに日本アンテナ株式会社による地デジ水蒸気観測データの配信サービスを事業化することを目指します。

【本件に関するお問い合わせ】

国立研究開発法人防災科学技術研究所
 企画部広報・ブランディング推進課
 若月、土屋
 電話:029-863-7798 FAX:029-863-7699

【SIPに関するお問い合わせ】

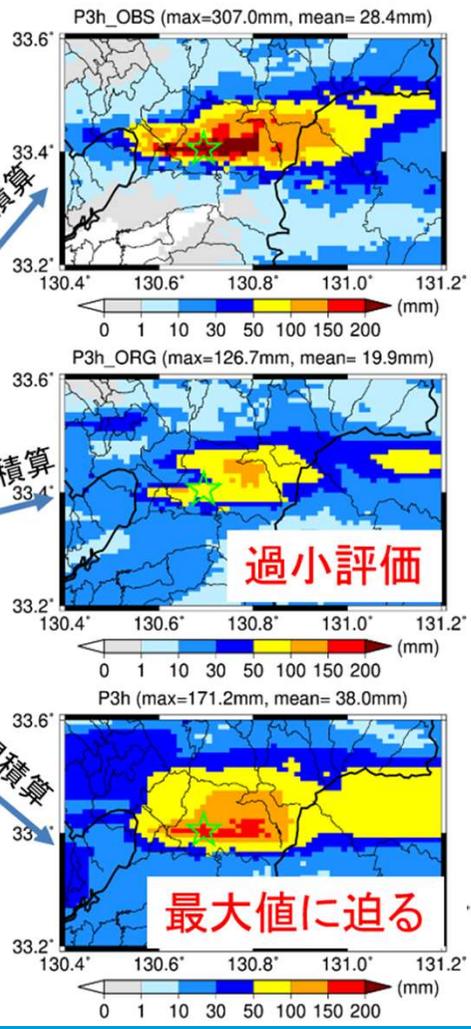
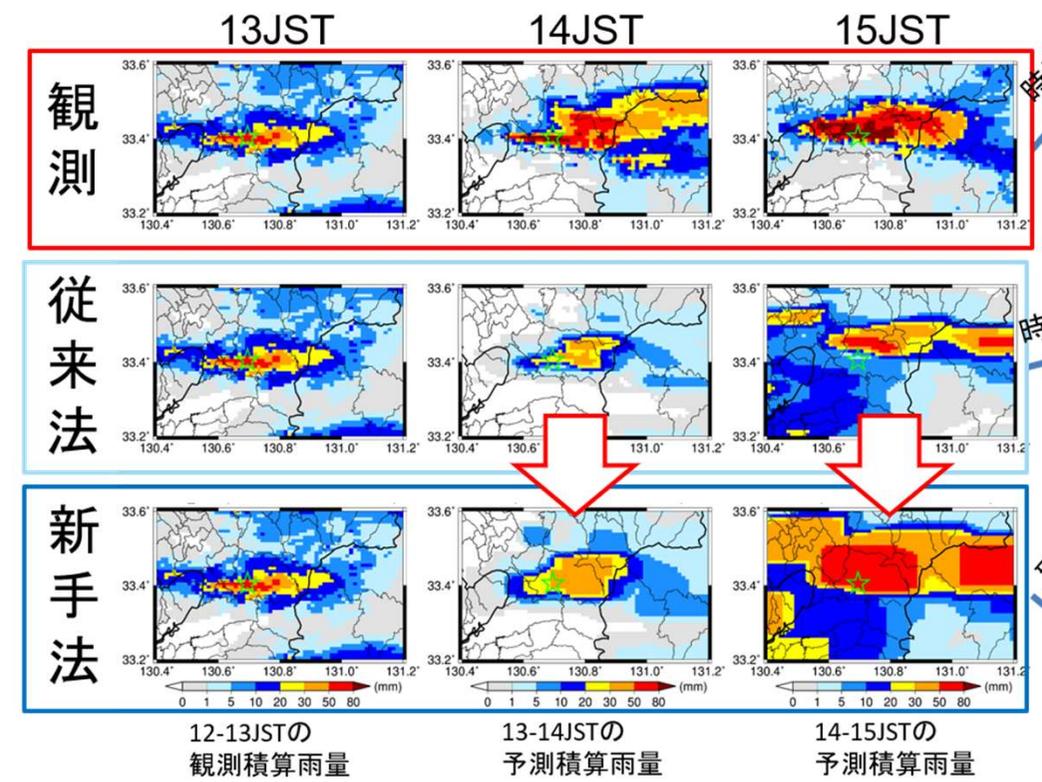
内閣府科学技術・イノベーション推進事務局
 濱口、小池
 代表:03-5253-2111
 直通:03-6257-1331



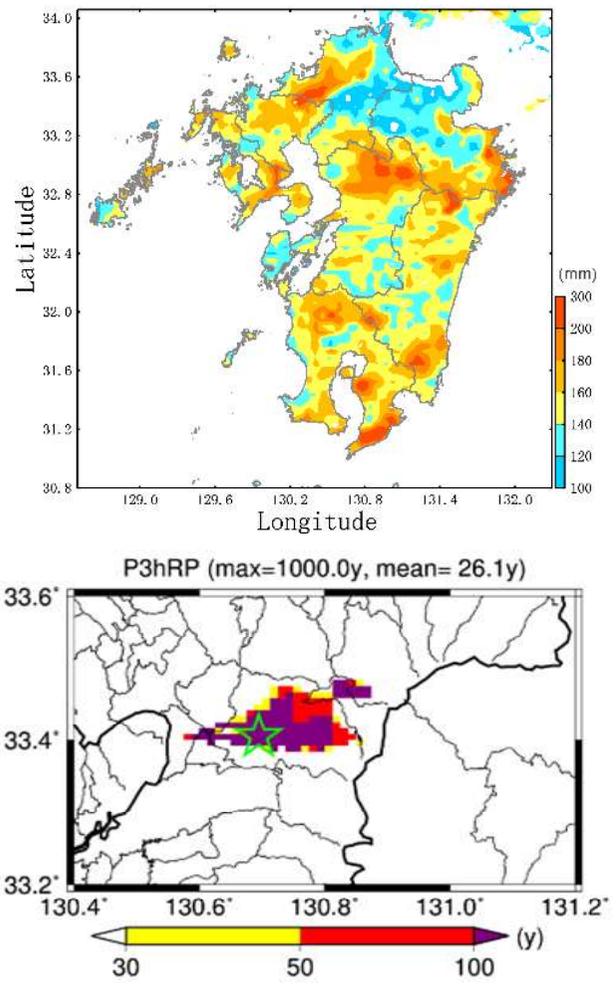
(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

2時間先予測の方法: 位置ズレ許容ブレンディング予測(特許技術)

予測法・予測時間に応じて、位置ズレを統計的に評価し、位置ズレの範囲内で最大値を探索し、置換する。

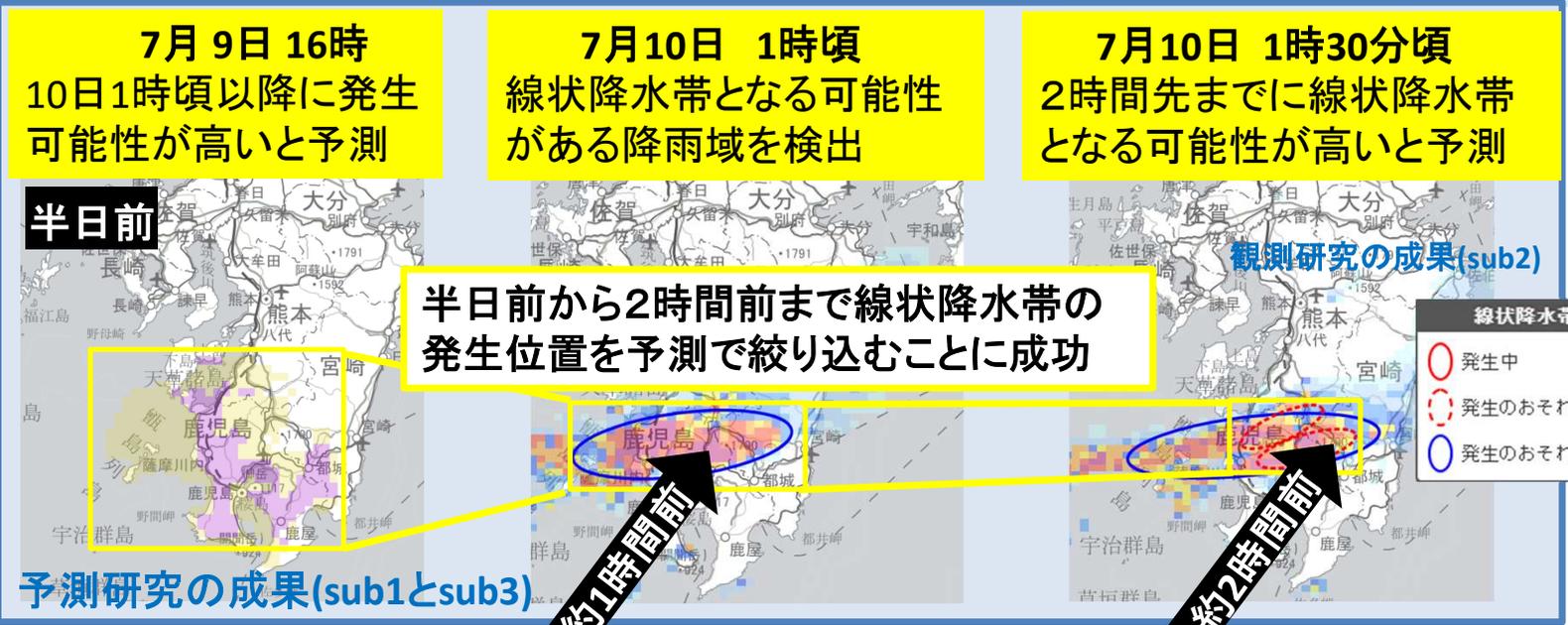


過去雨量統計から
30年に一度の確率雨量を定義



(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

避難判断支援に資する予測情報の提供状況
7月10日事例



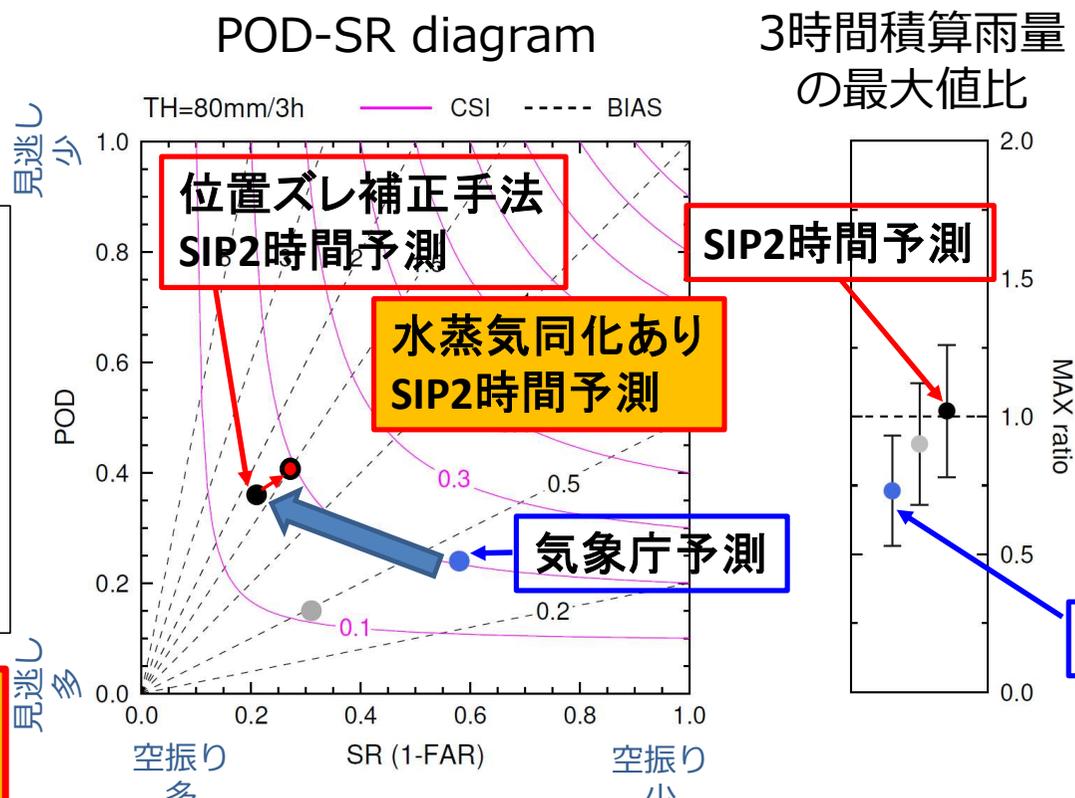
SIP版の線状降水帯の2時間先予測の精度検証(気象庁速報版降水短時間予測との比較)

位置ズレ補正のインパクト検証

特許技術の位置ズレ補正手法の効果を統計的に調査した(2019-2020年21事例)。特に線状降水帯の発生初期において気象庁速報版降水短時間予測に対して、10%程度上回る検出精度の向上(24%→36%)を確認した。

水蒸気ライダーの同化によって捕捉率を3%改善
空振率を5%改善
(2021年7月10日の事例において)

地デジ水蒸気の同化によって過大バイアスを4%改善
(2021年8月12日の事例において)

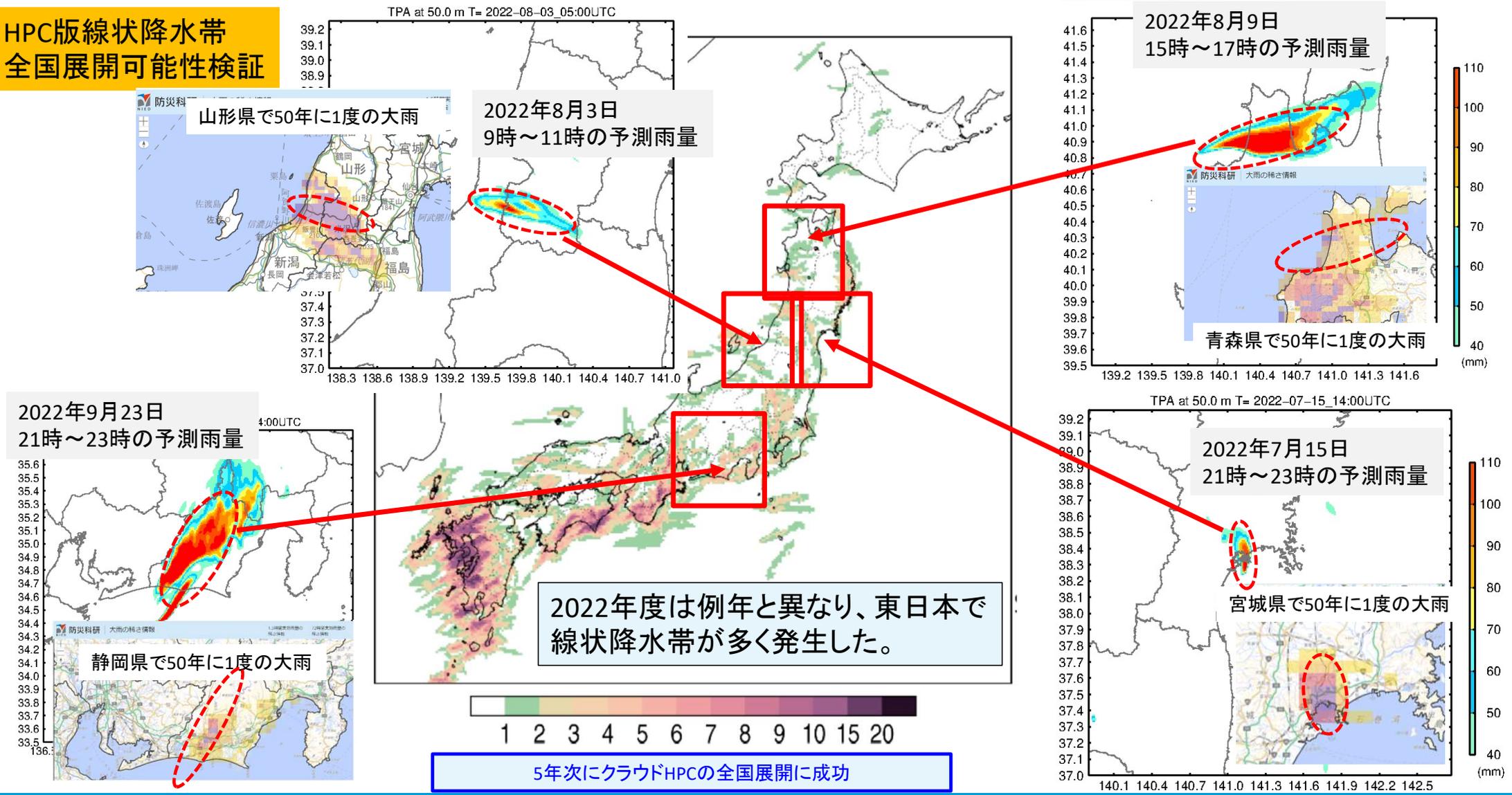


- 位置ズレ補正により負バイアスを改善 → 発生の見逃しを減らすために有効
- 捕捉率も0.36まで向上し、実際の強雨域をある程度捉えている。
- 3時間積算雨量の最大値を高精度に予測
- さらに水蒸気同化により、捕捉率も空振率も同時に改善している

SIP2時間予測では、観測された3時間積算雨量に対してほぼ同じ値の雨量を予測できた。

(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

HPC版線状降水帯
全国展開可能性検証



(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

テーマ5
研究
成果
一覧表

SIP第2期以前	SIP第2期の成果	SIP第2期終了後
<p>半日前に線状降水帯の発生を予測することは不可能だった。夜間に避難が必要</p> <p>SUB1</p>	<ul style="list-style-type: none"> 自動検出技術をR3年度気象庁へ実装 半日前に発生の可能性を診断・自治体へ情報提供 半日前の予測精度の改善に成功(新手法の開発) 自治体のニーズに最適化した配信方法の提案 	<p>半日前に線状降水帯予測を可能に。日没前避難を実現</p> <p>気象庁が線状降水帯の現況把握情報を配信。半日前予測も開始された</p>
<p>線状降水帯の正確な雨量予測は不可能だった。</p> <p>SUB2</p> <p>線状降水帯の雨量予測に必要な観測が無かった</p>	<ul style="list-style-type: none"> 世界初の地デジ水蒸気観測網の整備完了 地デジ導入による予測精度向上の確認 データ配信クラウドの試験運用開始 地デジ事業化にむけたプロモーション強化 社会実装可能なビジネスモデルの構築 気象庁に水蒸気観測データをリアルタイムで提供 東京都がMP-PAWRの導入を表明 	<p>線状降水帯の正確な雨量予測が可能</p> <p>避難エリアを特定</p> <p>民間による、低価格な水蒸気情報提供の事業化</p>
<p>SUB3</p> <p>線状降水帯の雨量予測に最適な予測法が無かった</p>	<ul style="list-style-type: none"> 現在の技術を上回る精度の予測精度を確認 雨量と降雨の稀さを提供し、避難エリアを特定 予測技術に関して特許を出願 クラウド版予測システムを試作、全国展開を可能に 全国で発生した線状降水帯を高精度に予測 一日当たり13万円で予測を可能に(低コスト化) 	<p>線状降水帯の正確な雨量予測が可能</p> <p>避難エリアを特定</p> <p>民間気象会社による、低価格な雨量予測情報提供の事業化</p>

半日前可能性検出率を上げ、同時に地域を絞り込むことで自治体のセカンドオピニオンとして半日前の避難判断を支援

2時間前の線状降水帯の検出率を大幅に上げ、同時に地域を絞り込むことで災害発生前の直前避難判断を支援。

水蒸気同化により見逃しと空振を同時に減らすことができた

(テーマ5) 線状降水帯の早期予測及び発達予測情報の高度化と利活用

自治体のニーズ **自治体防災担当の目線でみたテーマ5の成果**

位置ズレを周囲の自治体まで許してもいいので、警戒レベル4相当、またはそれ以上の、大雨が降るかどうかを、レベル4発表の数時間前までに予測してほしい。空振りはある程度許容するので、**検出率を上げてほしい(見逃しは困る)**。ただし、**県よりも広い範囲で予測されるとさすがに緊迫感はない**。

テーマ5の成果(自治体防災担当のコメントや感想から成果をまとめた)

- ①半日前予測は“気づき”で活用するが、その段階で、**県以上の範囲に広く予測されると、緊迫感がない**。
メソアンサンプル版予測で、**県以下の絞り込みを行った上で、オレンジの楕円が集中的に表示されると、緊迫感があり、事前対応しようと思うきっかけとなった**。
- ②現在の雨の分布に重ねて、「**2時間先予測による楕円表示が、自分の自治体の近くに、高頻度に、示される**」と「**大雨が降る**」という危険性を認識するきっかけとなり、災害対応の判断の背中を押した(**客観的情報が有り難い**)。
- ③「**空振りが多いと使わない**」。位置ズレ補正手法で検出率を上げるが、**水蒸気同化は同時に空振りも減らす**。

テーマ5の数値目標達成度

半日先予測	目標	達成状況	2時間先予測	目標	達成状況
検出率	できるだけ下げない 県単位で発表	100%と52%の 2種類の予報を提供 県単位に絞り込み可能	検出率	10%程度向上	36%(12%向上)
空振率	10%程度削減	79.5%(15.5%削減)	空振率	できるだけ上げない、 避難地区単位まで許容	80%
発生頻度に対する予測頻度	実際と同程度(1~2倍)	2倍程度まで抑制	3時間観測雨量に 対する予測値の比	100%前後	100.3%