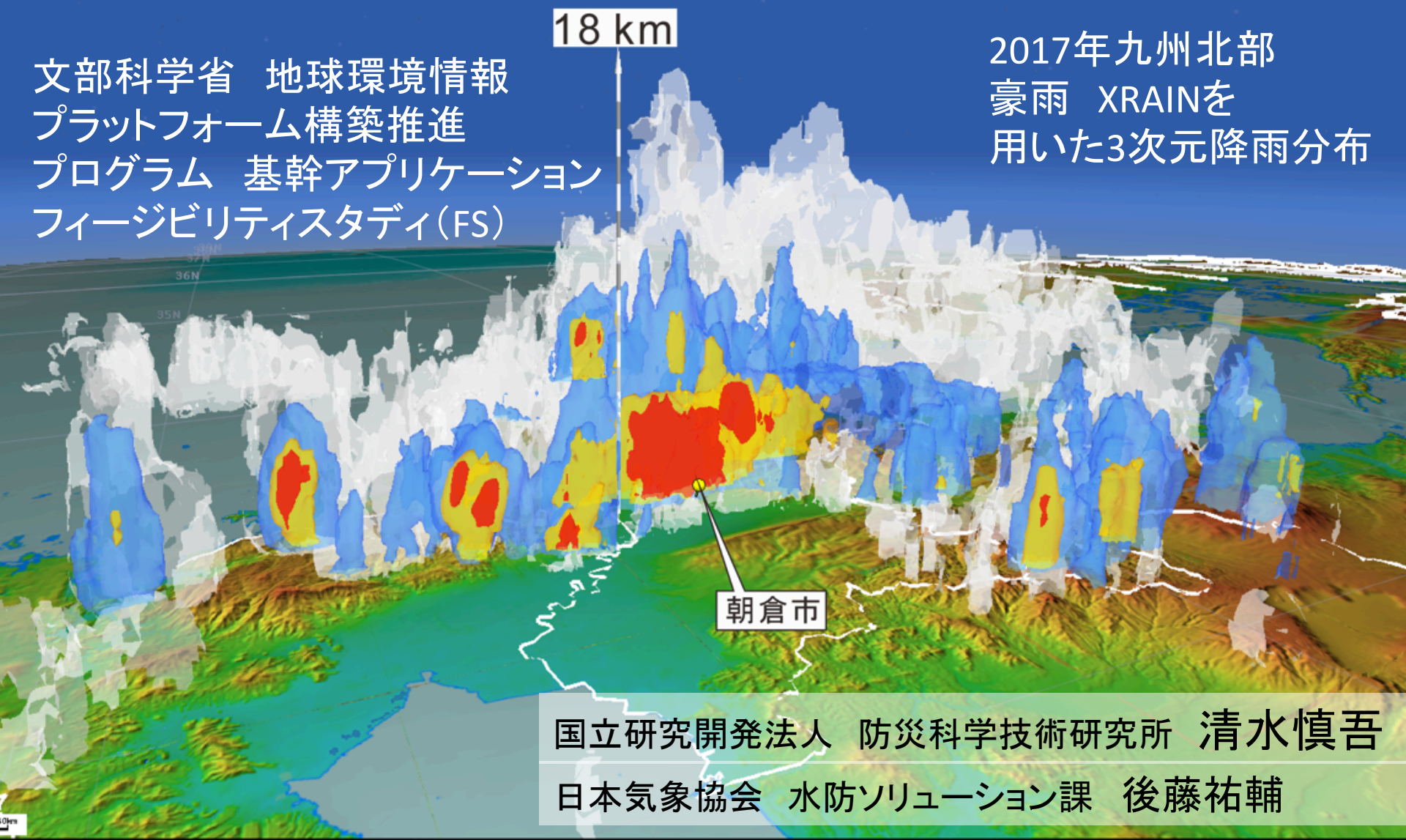


XRAINデータ等を用いた高度気象プロダクト作成による イノベーション創出にむけた調査

文部科学省 地球環境情報
プラットフォーム構築推進
プログラム 基幹アプリケーション
フィージビリティスタディ(FS)

2017年九州北部
豪雨 XRAINを
用いた3次元降雨分布

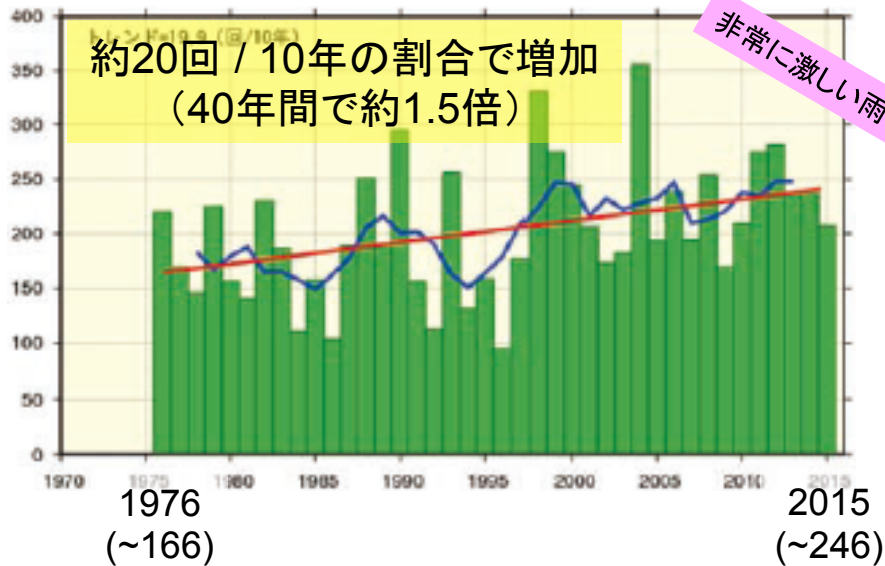


国立研究開発法人 防災科学技術研究所 清水慎吾
日本気象協会 水防ソリューション課 後藤祐輔

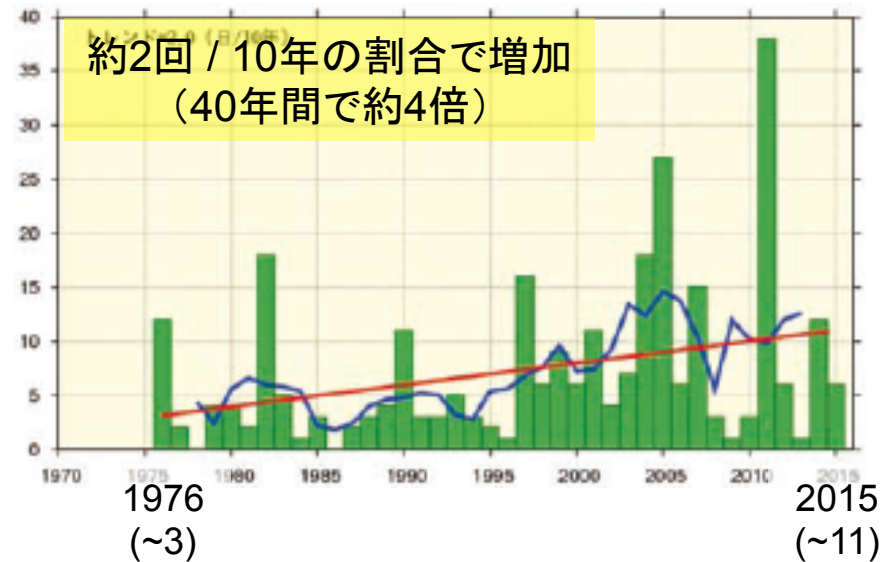
強雨は増加している？

アメダス1,000地点あたりの大雨の年間発生回数 (気象庁「気候変動監視レポート2015」)

1時間雨量:50 mm以上



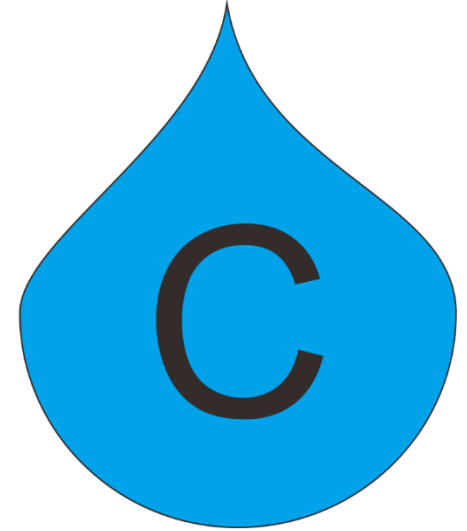
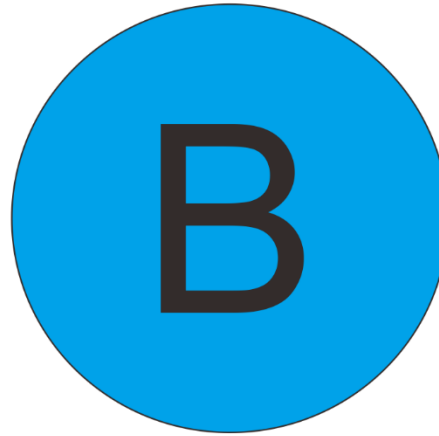
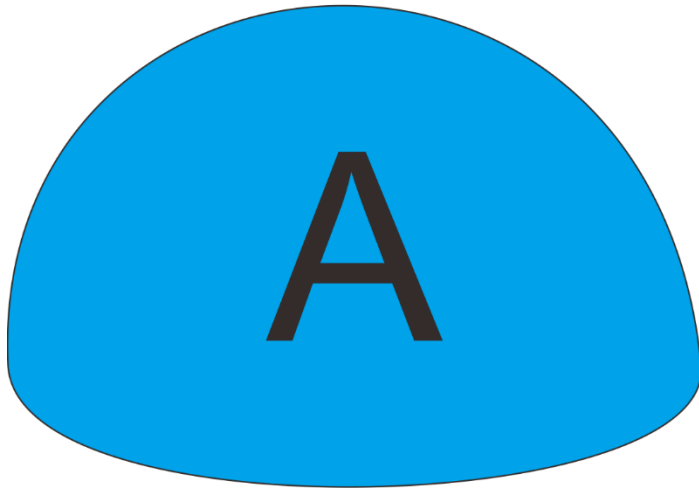
日雨量:400 mm以上



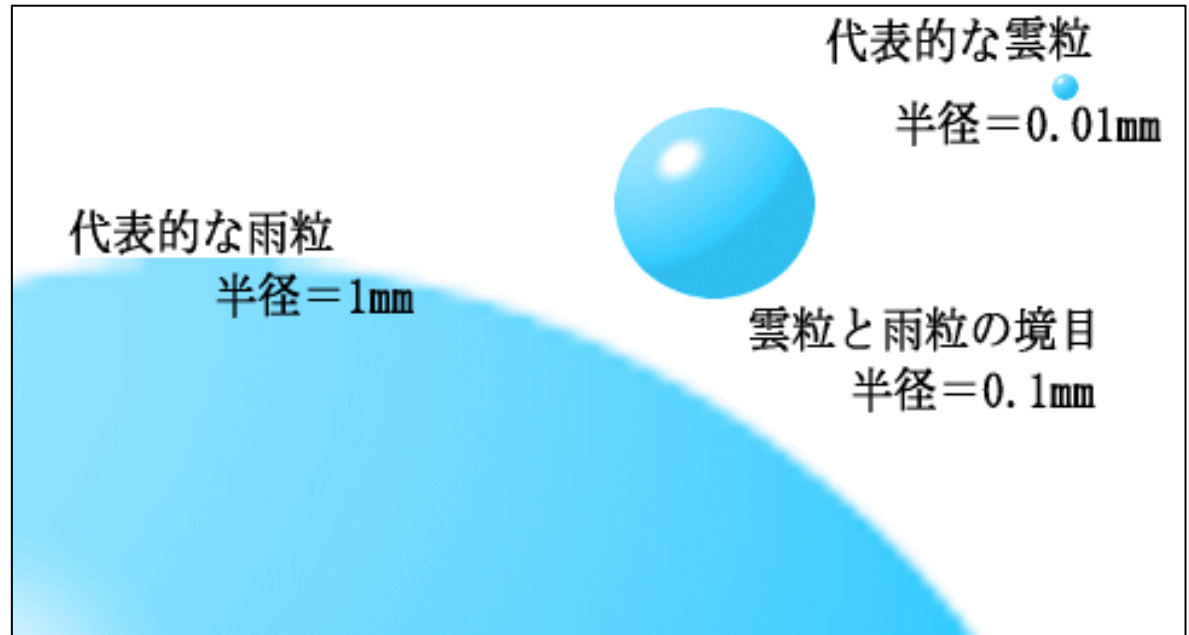
- IPCC(気候変動に関する政府間パネル) 第5次評価報告書(2013)は、温暖化に伴い、中緯度の陸域のほとんどと湿潤な熱帯域において、今世紀末までに極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い、と予測している。



雨粒クイズ：自然で見られる雨の形はどれが正しい？

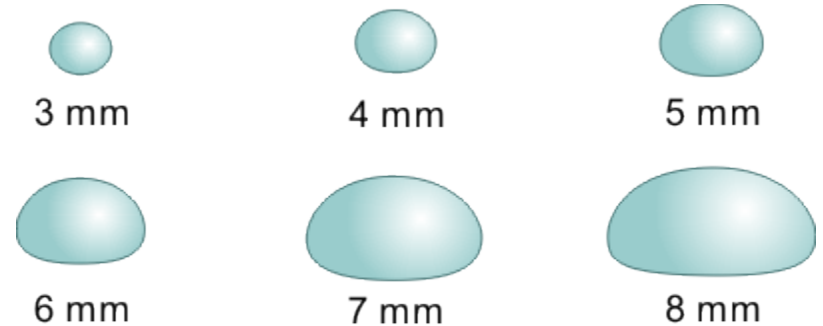
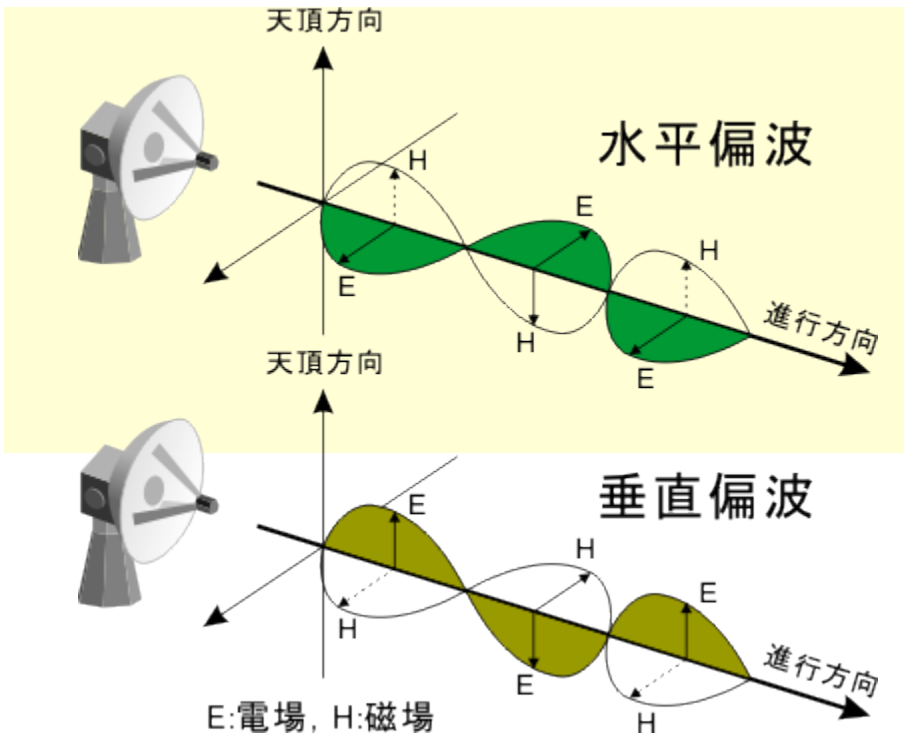


水蒸気から
雲粒へ。
そして
雨粒の大きさ
まで成長し、
落下してくる



XバンドMPLレーダーとは？

MPLレーダーとは、**マルチパラメータレーダー**を指す
いろいろな変数を取得できるレーダーということ



雨滴の形状(真横からみた形)

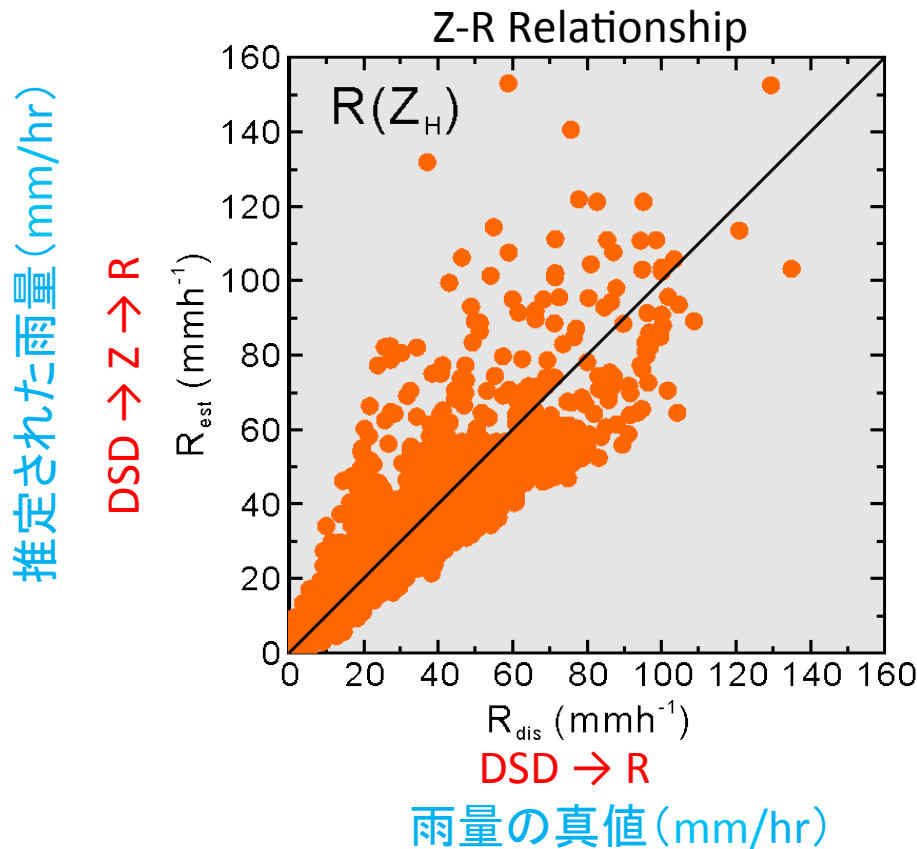
電場が水平方向に振動する電波と、電場が垂直方向に振動する電波を同時に送受信して、2つの電波の受信情報の差を測定することで、

雨粒の形状に関する情報も得るレーダー。

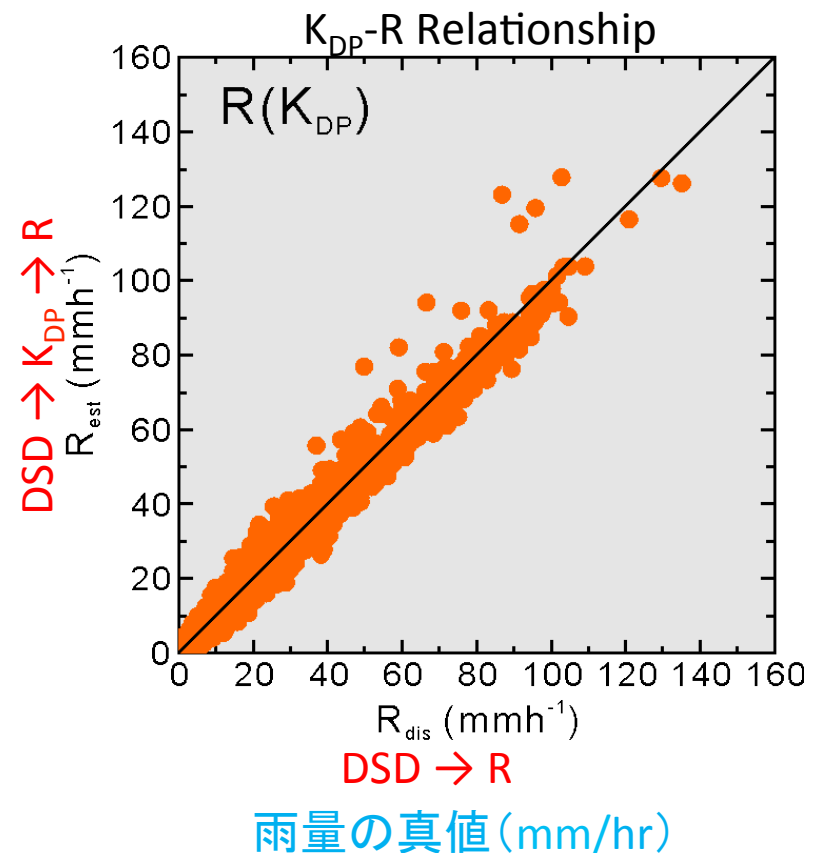
さらに、降水強度の測定精度が高い。

MPLレーダを使えば、雨量推定の精度が上がる！

古典的な方法（反射強度を用いる推定法）



MPLレーダ (Kdp) を用いる新しい推定法



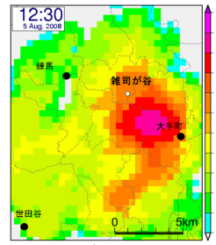
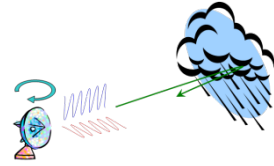
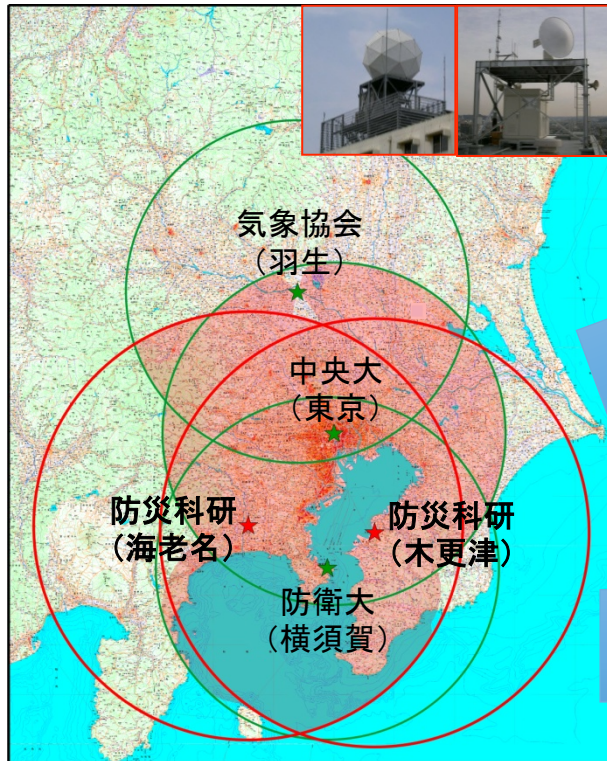
推定値と真値の相関が非常に高い。強い降水においても精度が落ちない。

（この技術に関連し、つくば奨励賞、国土交通大臣賞、文部科学大臣表彰科学技術賞 を受賞）

XバンドMPLレーダー解析手法の技術移転

XバンドMPLレーダーを活用した
高精度降雨観測手法を開発

首都圏研究用
Xバンドレーダー
ネットワーク(X-NET)



2008年8月5日
雑司が谷豪雨

技術移転

- X-NETの成果を踏まえて、河川局が水害に対する適切な水防活動や河川管理のために採用
- 防災科研が特許2件を含むデータ処理アルゴリズムを実装

11エリア27台、人口カバー率82%



国土交通省による現業利用

自治体への情報提供

- 東京消防庁では、警報発表前の水防態勢等の発令判断の補助情報として活用
- 藤沢市には、降雨情報とともに浸水深予測情報を提供（いずれも実証実験）

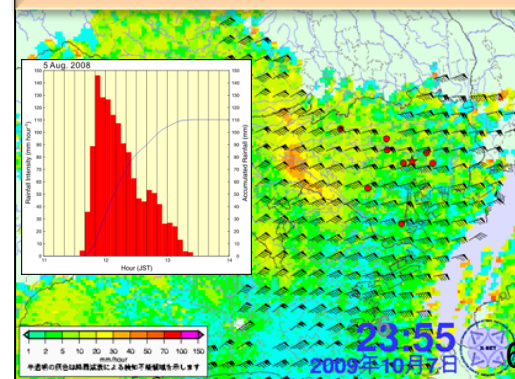
社会基盤分野での利用

- 鉄道会社で、運行管理への利用の有効性が確認され、実証実験を開始（運行規制区間・時間の短縮）

極端気象災害研究

- 現業の予測精度を上回る1時間先までの降雨予測手法開発
- 災害を引き起こす極端気象の解析と速報公開

東京消防庁向けwebサイト



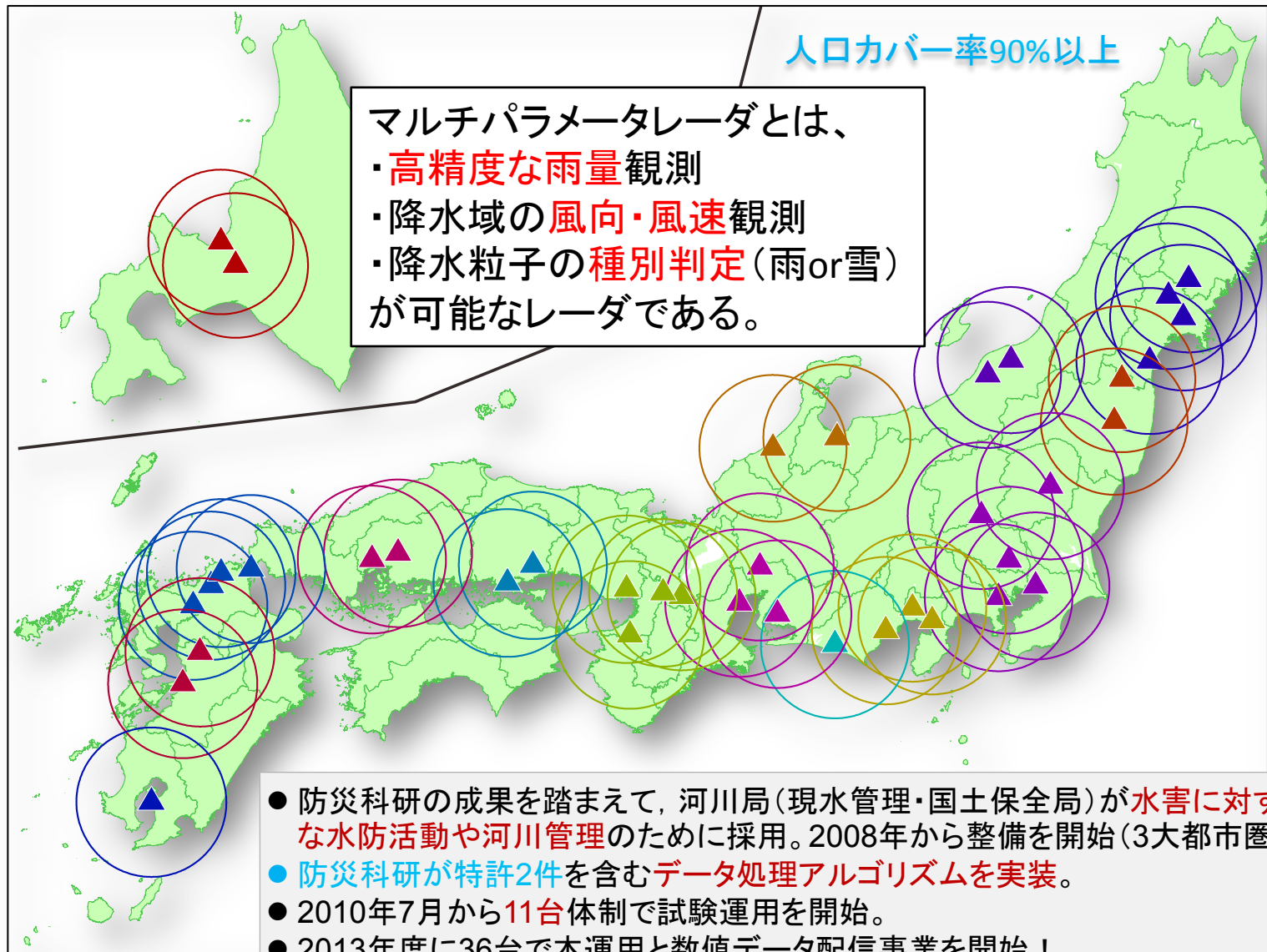
MPLレーダー（赤円）とドップラーレーダー（緑円）の観測範囲

局地的豪雨・強風の新しい監視技術を開発。

- 高い精度の雨量推定
- 500m格子、5分間隔のきめ細かさ
- リアルタイムの情報提供
- 風の分布も測定可能

XRAIN: 国交省Xバンドマルチパラメータレーダネットワーク

世界に先駆けて、「1分間隔」「250m格子」の雨量情報が提供されている。



XRAIN:
X-band polarimetric (multi parameter) Radar Information Network
⇒ extended Radar Information Network

雨量情報

◆ 1分間隔

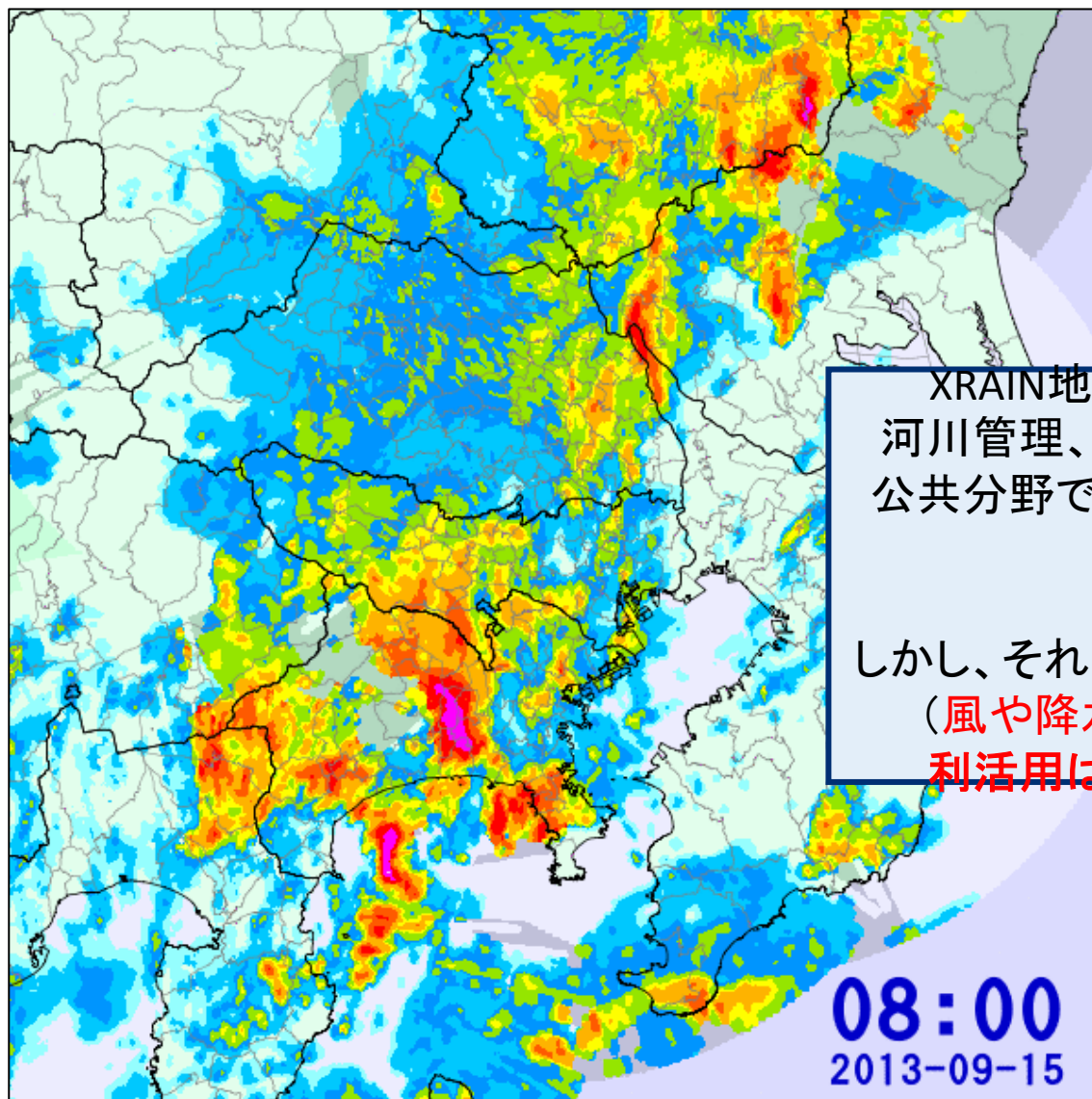
◆ 250m格子

素早く、きめ細かな
雨量情報更新が
可能となり、
近年増加している
急激に発達する
局地的な「ゲリラ豪
雨」の監視に威力。

関東地方

- ・ 新横浜
- ・ さいたま
- ・ 船橋
- ・ 八斗島
- ・ 氏家

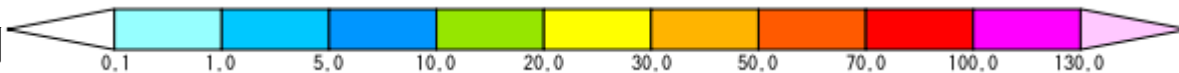
5台のレーダで観測



(注) 灰色部:
電波消散領域

XRAIN地上雨量情報は
河川管理、水資源管理等の
公共分野で広く利用されてい
る。

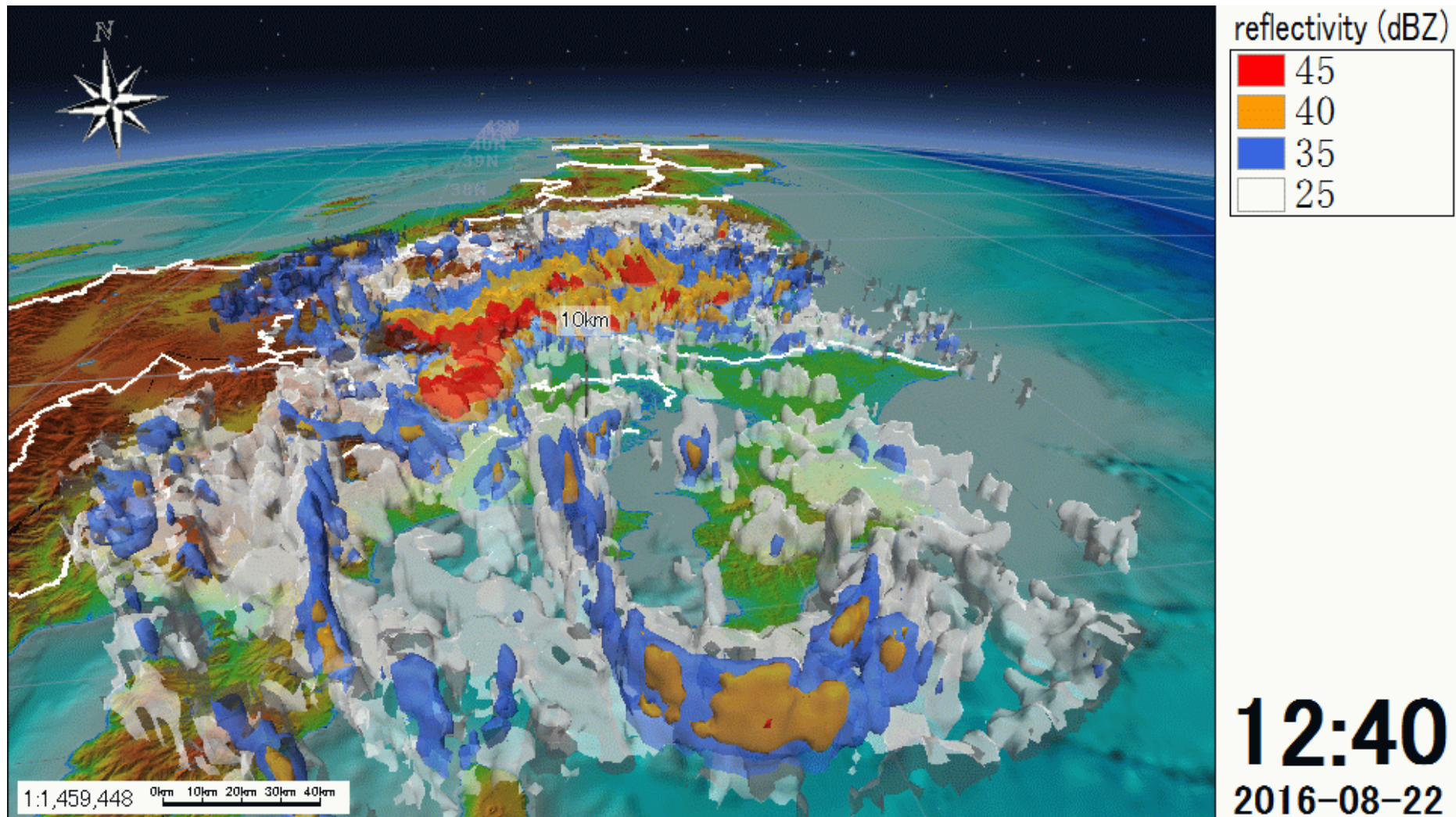
しかし、それ以外の気象データ
(風や降水粒子判別)の
利活用は進んでいない



降雨強度
mm/時

レーダ三次元観測(2016年台風第9号に伴う雨雲)

2016年8月22日, 12:40~19:30, 5分間隔



防災科研XバンドMPLレーダー(海老名、木更津)
+ 国土交通省XバンドMPLレーダ(XRAIN5台)

2016年台風第9号に伴う風雨

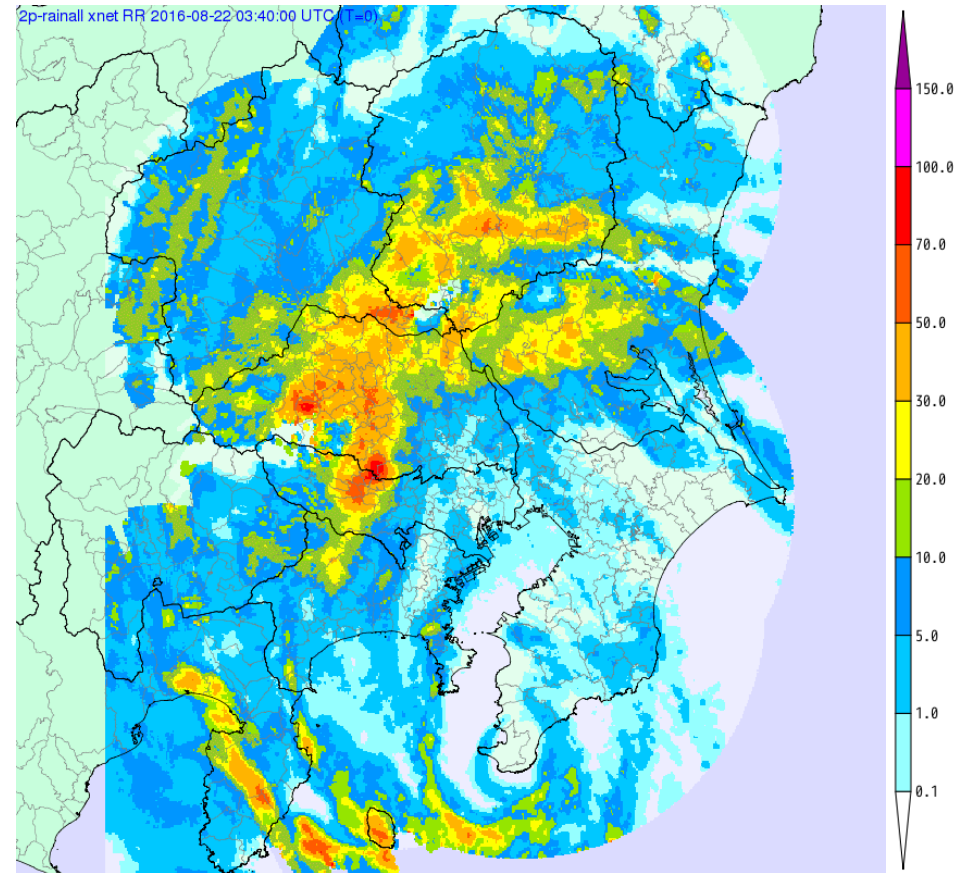
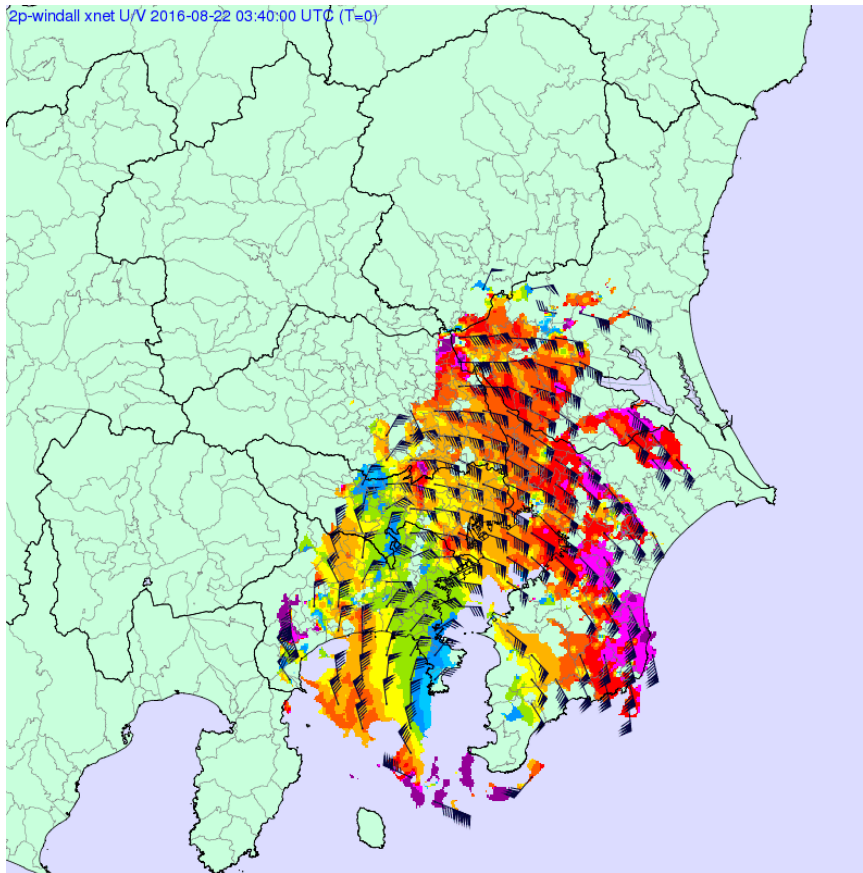
2016年8月22日, 12:40~19:30, 5分間隔)

高度1kmの風向風速

雨の強さ

m/秒

mm/時

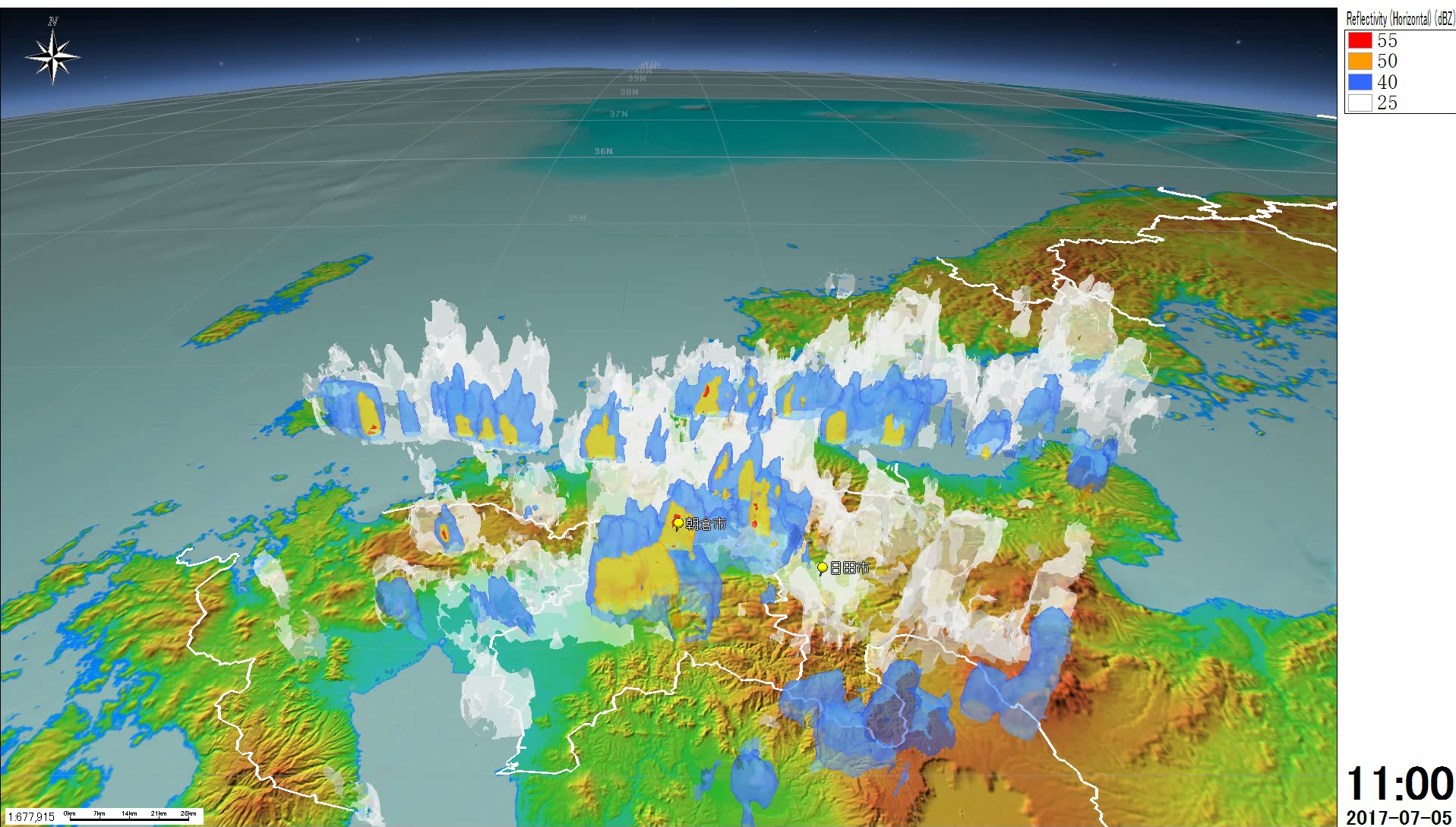


風向・風速
(高度1 km)

1 m/s	2 m/s	3 m/s	4 m/s	10 m/s	20 m/s
-------	-------	-------	-------	--------	--------

研究用Xバンドレーダネットワーク(防災科研、防衛大、電中研)
+ 国土交通省XバンドMPLレーダ(XRAIN)

2017年九州北部豪雨におけるXRAINの活用



豪雨の翌日の7月6日に3次元解析図をホームページに掲載。6日の夕刊で報道。
DIASのデータを利用した迅速な解析が可能となっている。

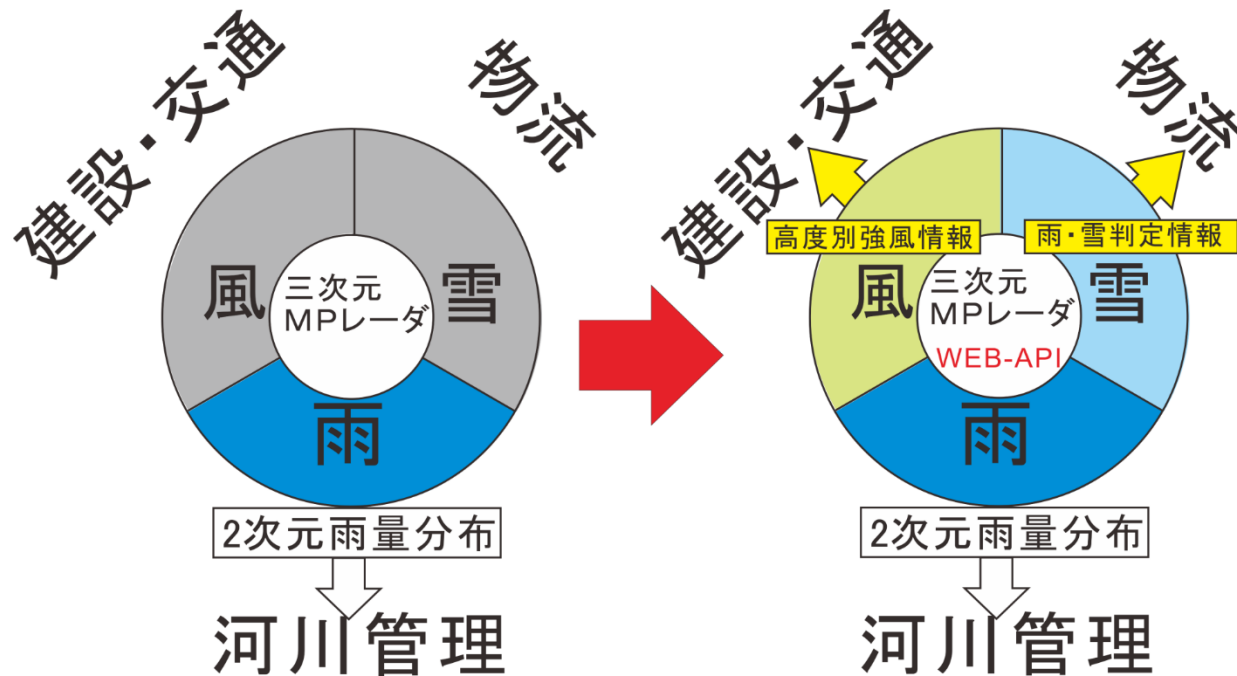
目的

本業務は、国土交通省のXバンドマルチパラメータレーダネットワーク(XRAIN)データ等を用いた**DIASのビジネス展開に向け、**

- ・三次元データ解析技術を用いた高度気象プロダクト作成機能
- ・WEB-APIによる配信機能

を有する**基幹アプリケーションの①開発可能性及び②ビジネス化の可能性**を明らかにし、**同アプリケーションの要件定義**を行うことを目的とする。

本課題がイノベーションを創出する産業分野



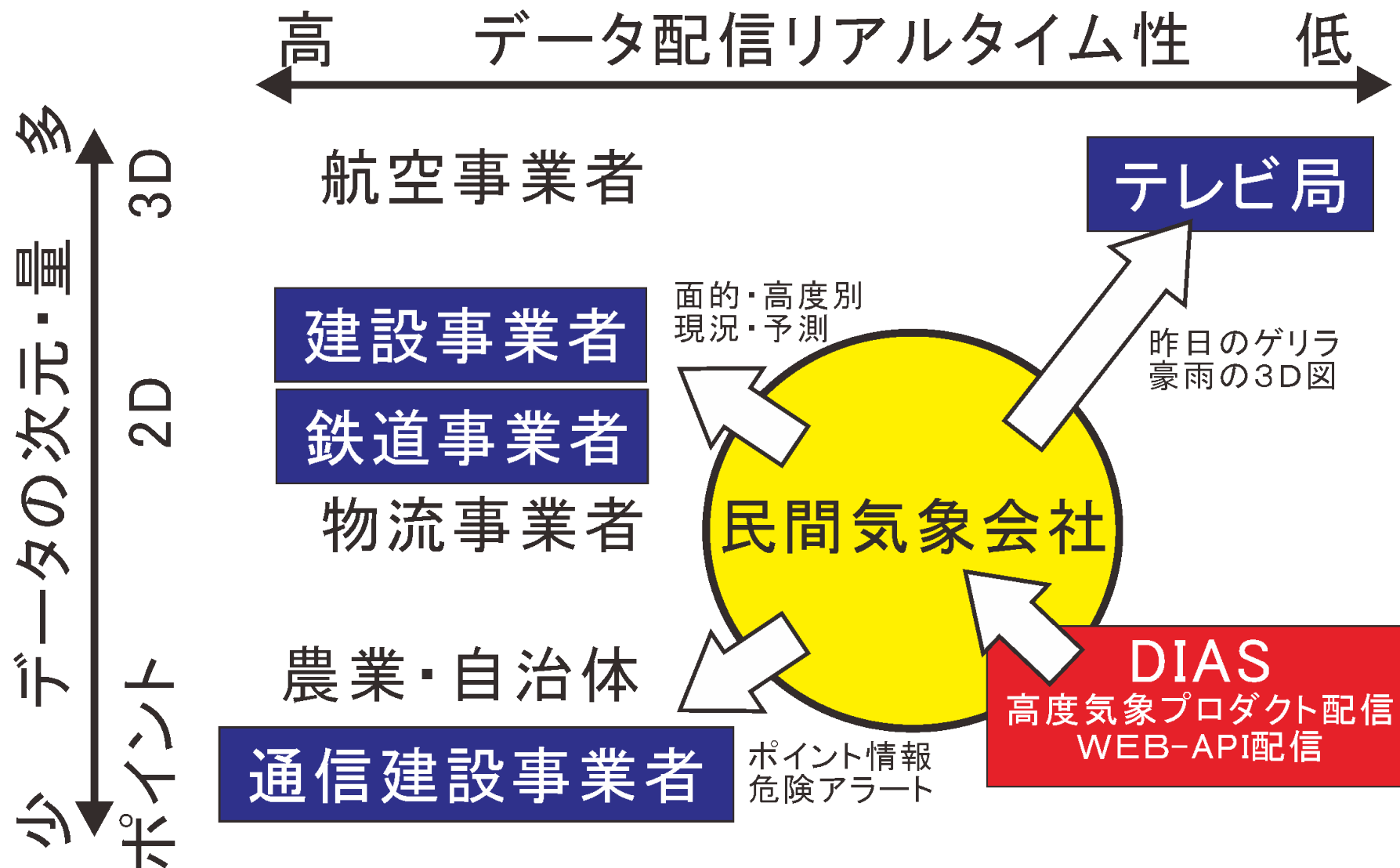
現状では河川情報センターが配信している2次元雨量分布のみが民間利用されており、**風と雪に関する情報が利用できない。**

風と雪の情報のニーズが想定される民間気象会社、建設会社、鉄道事業者、マスメディアを中心にニーズ調査を行い、必要とする気象情報の種類、配信の即時性の必要性を調査した

気象プロダクトのニーズ分析(民間気象会社による事前調査)

気象プロダクトの作成機能		使用データ ⇒ 利用要素	用途	社会ニーズ
(a)	3次元・降水分布	- 降水量分布 (2D) ⇒ 地上雨量分布 ※XRAIN雨量情報でも可 - 降水分布 (3D) ⇒ VILナウキャスト - 降水分布 (3D) ⇒ 火山噴煙分布 - 降水分布 (鉛直2D) ⇒ 鉛直断面の降水分布	- ゲリラ豪雨対策 - 豪雨直前予測 3D可視化 - 火山噴火監視 - 航空機着陸進入路状況	- 鉄道、道路運行管理 - 親水施設安全管理 - 防災機関、一般住民などへ提供 - TVメディアなどへ提供 - 空港就航率対策
(b)	3次元・風向風速分布 (上昇・下降流 wを含む)	- 風向風速 (2D) ⇒ 強風監視 (高度指定) - 風向風速 (3D) ⇒ 竜巻・ダウンバーストポテンシャル	- 強風の状況監視 - 竜巻指標、ダウンバースト指標監視	- 高所作業現場の強風対策 - 航空機、鉄道、道路運行管理
	2次元・風向風速分布 (指定高度1000m) ※プロダクト 2p-wind	風向風速 (2D) + 気象モデル出力 ⇒ 強風ナウキャスト (地上風換算)	強風の状況監視 (地上付近)	- 工事現場の管理 - 防災機関、一般住民などへ提供
(c)	降水粒子判定 (雨・雪・あられ)	- 雪 (2D) ⇒ 降雪量 - あられ (3D) ⇒ 雷ポテンシャル	- 積雪量分布 - 降雹監視 - 雷指標監視	- 水力発電 (融雪流出) - 雷予測精度向上 - 道路運行管理 - 航空機運行管理
(d)	積乱雲自動追跡	積乱雲移動+降水分布 (3D) ⇒ 降水ナウキャスト	ゲリラ豪雨対策	
(e)	非降水域の風向風速 (データ同化技術)	- 風向風速 (2D) + (b) ⇒ 強風ナウキャスト - 風向風速 (2D) ⇒ 風況分布 (地上、洋上)	- 強風ナウキャスト (観測値ベース) - 風況調査	- 高所作業現場の強風対策 - 風力発電立地条件調査

気象プロダクトのニーズのまとめ(民間企業ヒアリング調査結果)



高いニーズが見込まれた4分野(建設、鉄道、通信、テレビ局)にヒアリング調査。
風および雪情報に高いニーズを確認。しかし、配信量とリアルタイム性で多様性が見られた

提案する基幹アプリケーションの概要とビジネスモデル

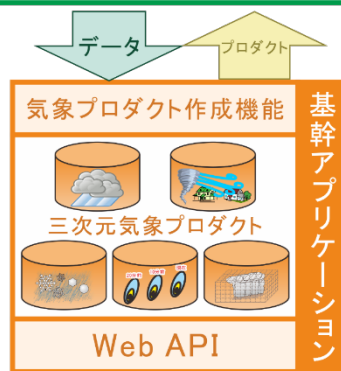
基盤技術

基盤データ/プラットフォーム



本課題では、
防災科研のレーダデータ解析技術を
基盤技術とし、XRAINのデータを
基盤データとして用い、
DIASを解析プラットフォームとする。

手法



XRAINデータを用いた 強風・降雪情報提供による 新しい気象ビジネスの展開

雨情報のみならず、
三次元の風情報および雪情報を提供する
アプリケーションを開発する。

ビジネス展開

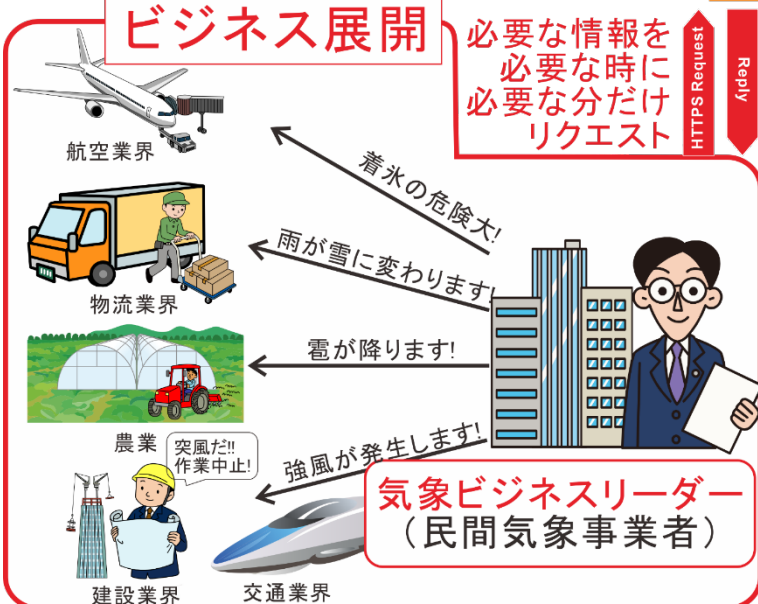
必要な情報を
必要な時に
必要な分だけ
リクエスト

HTTPS Request
Reply

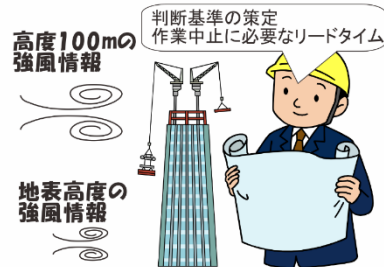
HTTPS Request
Reply

Social Exp

ユースケース



例) 高度別強風情報試験配信



先端的民間企業
(建設業者)

アプリケーション開発中に、
先端的民間企業とデータの
試験配信を行い、社会実験を行う。
社会実験で得られた知見をもとに、
民間気象事業者がビジネス展開が
できるようにプロダクトを高度化する

民間気象事業におけるXRAINの活用例



基幹アプリケーション

気象プロダクト作成機能

3次元
気象プロダクト
(リアルタイムデータ)

降水分布

風向風速

粒子判別

データ同化

Web-API

3次元
気象プロダクト
(過去データ)

IP-VPN

0011101010100110
切り出し
2D-data

モバイル



ナウキャスト
地上・上空風
ポイントアラート
気象情報

ダウンロード



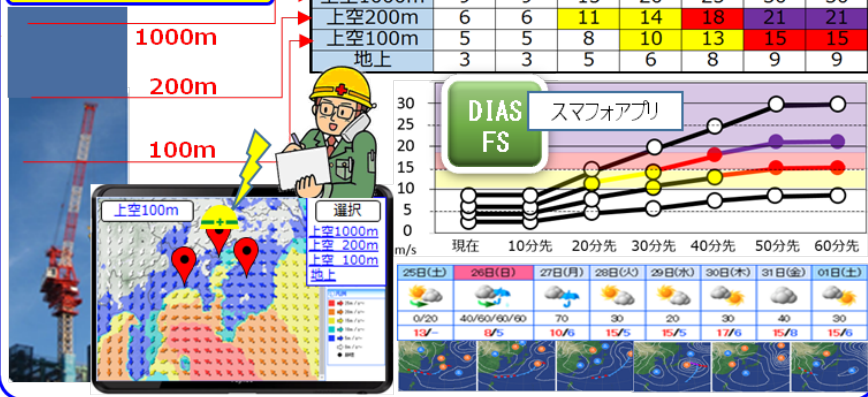
過去
3D-data

専門家向け

ユーザーシステム利用



工事現場向け



テレビ局向け



基幹APL
として開発
する高度
気象プロダクト
を利用者区分
毎において
最適な
WEB-API
配信方法
を提案

①基幹アプリケーションの開発可能性の調査

三次元降水分布推定アルゴリズムおよび三次元気流分布推定アルゴリズム等の高度気象情報プロダクトの計算コストを評価し、全国のXRAINデータに対してリアルタイムで三次元分布を推定するシステムの開発可能性を調査した。

→ ニーズが高い関東領域を代表させ、計算コストを調査した。三次元雨量分布は1分以内、三次元分布雨量については3分以内に計算を終えることができた。民間気象事業者のニーズ調査結果によると、更新頻度が5分程度であった。このことから、防災科研の現行のシステムをDIASに移植させることで、アプリケーションの開発が可能であると考えられる。

②基幹アプリケーションのビジネス化の可能性調査

ニーズが見込まれる民間企業(気象事業者、鉄道事業者、建設会社、通信建設会社、テレビ局)にヒアリング調査を行い、活用したい情報内容、活用場面を取りまとめた。調査結果に基づき、WEB-API配信システムの要件及びAPI群の構成を明らかにした。

→ 利用業種別に必要なデータの種類、次元、取得方法、出力形式、即時性の必要性が異なる。即時性が高いニーズには、三次元データの情報圧縮機能、プッシュ送信機能のニーズが高い。こうした付加価値を与えることは、民間気象会社が得意であり、民間気象会社のB2B事業として、本基幹アプリケーションは主に利用されると考えられる。課題としては、本基幹アプリケーションで、どの程度までの高機能御配信システムを構築することが望ましいかについて、対費用効果をさらに検討する必要がある。

補足資料

先端的民間企業のヒアリング調査結果のまとめ

	利用したい情報	活用場面	データの形式など	現行のサービスとの差別化は？
鉄道事業者	リアルタイム情報 ・ 予測情報（強風や強雨及び判別粒子） ・ 現況情報（降雪や雷）	・ 運行規制 ・ 現況情報の監視 ・ 人の配置（雪） ・ 電気やネットワーク設備等の管理	・ 実効雨量や累積雨量	・ 面的な情報であることが有効
	オフライン情報 ・ 大雨や強風の過去データと観測精度	—	—	—
通信建設会社	リアルタイム情報 ・ 風、雨、雪、雷	・ 屋外工事の中止等判断（雨、雷、風） ・ 移動手段（雪） ・ 現場は日々異なる	・ 特になし	・ 現行の気象情報は「KIYOMASA」を利用 工事箇所、1件あたり月額1万
建設会社	リアルタイム情報 ・ 現場における強風、雨域、雷のナウキャスト情報	・ クレーンなど現場作業における天候急変の監視と管理	・ 携帯端末へ配信 ・ アラート情報（判定閾値を設定）	・ 明日や今日の現行の予報情報を利用している。
	オフライン情報 ・ 強風や豪雨、落雷の過去データ等	・ ビル等の立地条件調査	・ 条件検索で結果を取得 ・ テキスト形式でダウンロードできる。	・ アメダス検索は現場などが欲しいピンポイントではない。
テレビ局	リアルタイム情報 ・ 雨や雪の現況情報	・ データ放送 ・ BS,CSの生番組 ・ プッシュ通知	—	—
	オフライン情報 ・ 三次元の各種情報	・ 過日発生した極端気象の3D動画をオンエアー	—	—

民間気象会社による高度気象プロダクト毎のニーズ

シーズ（要素技術）		社会ニーズ			
高度気象プロダクト		編集・加工	利用要素	用途	利用者
(a)	三 次 元 (3D)・ 降水分布	→2D（水平断面） ・ 地上雨量分布	・ ゲリラ豪雨監視	・ 鉄道、道路運行管理	・ 鉄道事業、道路会社 ・ 建設会社
		→2D（鉛直断面） ・ 降水分布	・ 航空機の着陸進入路状況	・ 空港就航率対策	・ 空港運用会社等
		→VIL(鉛直積算雨水量) ・ 降水ナウキャスト	・ 豪雨直前予測	・ 親水施設安全管理 ・ 工事現場の管理	・ 防災機関 ・ 建設会社
		→3D、2D（水平、鉛直断面） ・ 火山噴煙分布 ・ 気象現象の構造	・ 火山噴火監視 ・ 2D、3D可視化（可視化は気象会社にて作成）	・ 火山噴火情報 ・ 極端気象の解説	・ 防災機関 ・ テレビ局
(b)	三 次 元 (3D)・ 風向風速分布	→2D（任意高度） ・ 強風分布の状況	・ 強風の状況監視 （任意高度）	・ 高所作業現場の強風対策	・ 建設会社
		→3D(上昇・下降流を含む) ・ 竜巻、ダウンバーストのポテンシャル	・ 竜巻指標、ダウンバースト指標監視 ・ 2D、3D可視化（可視化は気象会社にて作成）	・ 航空機、鉄道、道路 運行管理 ・ 極端気象の解説	・ 交通関係（航空、鉄道、道路） ・ 建設会社 ・ 防災機関 ・ テレビ局、気象会社
	二 次 元 (2D)・ 風向風速分布 ※高度1km	→プラス 気象モデルの出力値+アメダス風補正 ・ 強風ナウキャスト	・ 強風直前予測（地上付近）	・ 工事現場の管理 ・ 運行管理 ・ 各強風対策	・ 建設会社 ・ 交通（鉄道、道路） ・ 防災機関、気象会社
(c)	降水粒子判別 (雨・雪・あられ)	→2D（雪判定） ・ 降雪強度分布	・ 積雪強度監視	・ 鉄道、道路運行管理	・ 鉄道事業、道路会社 ・ 民間気象会社
		3D（あられ判定） ・ 雷ポテンシャル	・ 降雹監視 ・ 雷指標監視	・ 航空運行管理 ・ 電気やネットワーク 設備等の管理 ・ 雷予測精度向上	・ 航空会社 ・ 鉄道事業、道路会社 ・ 民間気象会社
(d)	積乱雲自動追跡	→プラス 3D降水分布 ・ 降水ナウキャスト	・ ゲリラ豪雨監視	・ 親水施設安全管理	・ 防災機関
(e)	三 次 元 (3D)・ 非降水域風向 風速	→2D（任意高度） ・ 強風ナウキャスト ※客観解析ベース	・ 風の収束、気象急変の解析と監視 ・ 2D、3D可視化	・ 予報の作成と実況監視（常時監視が可能）	・ 民間気象会社 ・ 建設会社 ・ テレビ局
		→1D(任意地点と高度)	・ 風況調査、地点選定（地上／洋上、通年	・ 風力発電立地条件調	・ 電力会社等

WEB-APIで配信するデータ形式の検討

利用者（代表例）	プロダクト→編集	データ形式	ユーザ側・加工／次元	更新頻度	即時性
専門家向け 自社システムに融合・表示する技術を有する。	3D降水分布 →2D →ナウキャスト	csv形式	・地上雨量分布（実況、ナウキャスト）／2D	5分	リアルタイム処理
	3D風向風速分布 →2D →ナウキャスト	csv形式	・地上風分布（実況、ナウキャスト）／2D	10分	リアルタイム処理
	3D(上昇・下降流wを含む)	NetCDF形式 GRIB2形式	・竜巻、ダウンバースト指標／2D	5分	リアルタイム処理
	3D判別粒子 →2D	csv形式	・降水判別粒子／2D	5分	リアルタイム処理
工事現場向け 現場で携帯端末を用いて常に気象状況を把握する。	3D非降水域風向風速 ※データ同化 →2D（上空1000mと任意高度）	Web-APIへ NetCDF形式 スマホ向け 閲覧用可視化データ	・強風ナウキャスト／2D分布、1Dポイント予測・実況監視 ・スマートフォンアプリを提供	10分	リアルタイム処理
テレビ局向け 過日の特徴的な気象現象について、気象構造を可視化して解説する。	3D降水分布 3D判別粒子 3D非降水域風向風速 ※データ同化	NetCDF形式 GRIB2形式	・可視化（静止画、動画）／3D、2D	5分、10分、60分 ※現象による	バッチ処理（過去データ）
気象会社向け 予報作成と実況監視に利用	3D降水分布 3D判別粒子 3D非降水域風向風速 ※データ同化 →すべて2Dへ編集	csv形式 GIS対応のデータ形式	・風の収束、気象の急変の監視／2D分布	最小単位	リアルタイム処理

利用者の区分として、大手建設会社等の自社システムに融合・表示する技術を有する会社を“専門家向け”とした。

WEB-API機能で実装するインターフェースの提案

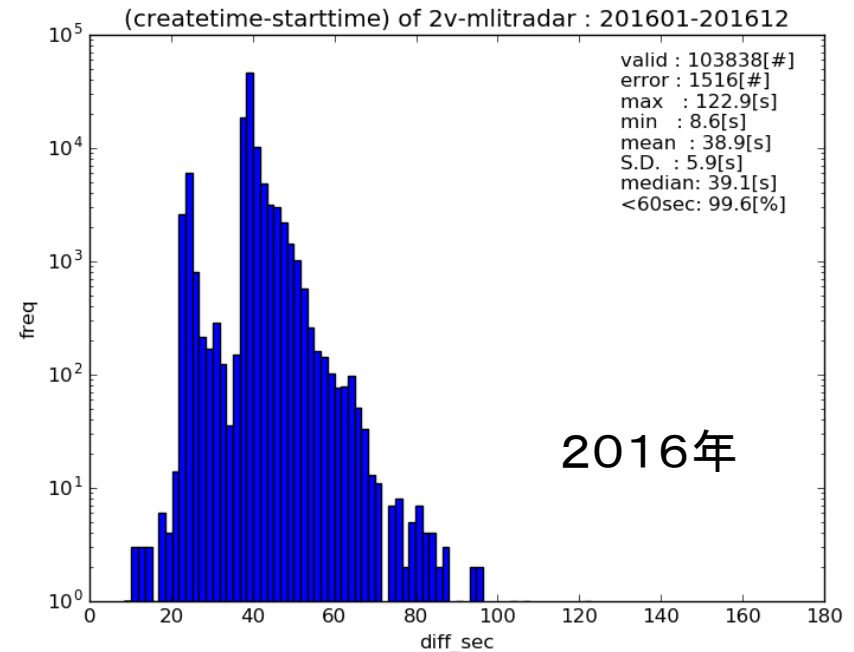
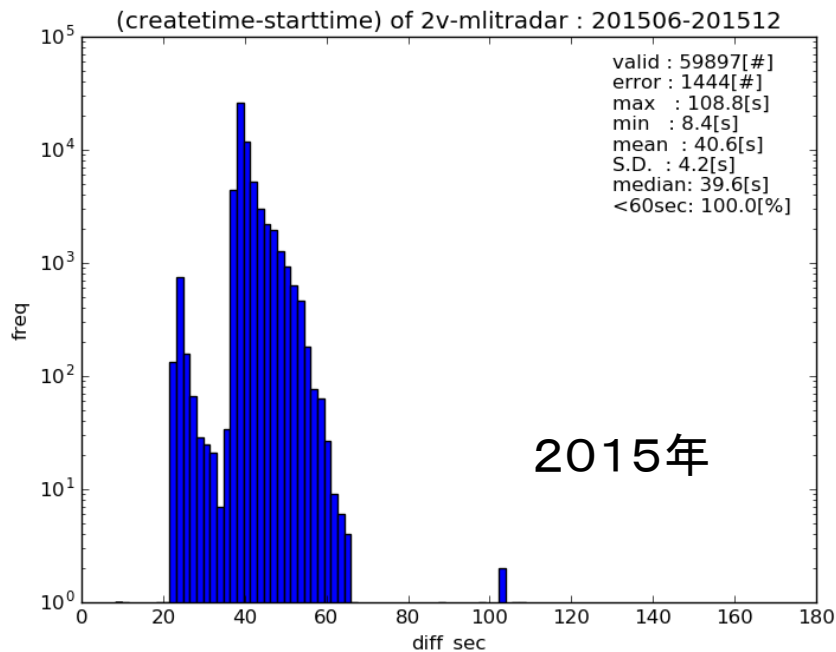
高度気象プロダクト		編集 次元	時刻指定 期間・刻み ／最新	領域指定	高度指定	演算指定
3D	☐ 降水分布 ☐ 風向風速分布 (降水域) ☐ 判別粒子 ☐ 風向風速分布 (非降水域)	1D	○	○ (地点)	○	平均・最大最小・積分
		2D (水平)	○	○	○	
		2D (鉛直)	○	○ (始点と終点)	○ (範囲)	
		3D	○	○	○ (範囲)	
2D	☐ 風向風速分布 (高度1Km)	1D	○	○ (地点)	指定高度	
		2D	○	○		
2D	☐ 積乱雲自動追 跡	2D	○	○	—	—

極座標系の生データ(PPI)取得に関しては、DIASの既存APIを利用可能である

3次元雨量分布の計算コスト

	2015年	2016年
正常処理数	59897	103838
異常処理数※	1444	1516
処理時間の最大値[秒]	108.8	122.9
処理時間の最小値[秒]	8.4	8.6
処理時間の平均値[秒]	40.6	38.9
処理時間の標準偏差[秒]	4.2	5.9
処理時間の中央値[秒]	39.6	39.1
60秒以内の割合[%]	100.0	99.6

2015～2016年における3次元降水分布推定処理の計算処理時間の統計値
 ※異常処理数は起動ログ数とDBに登録されたデータ数の差とした

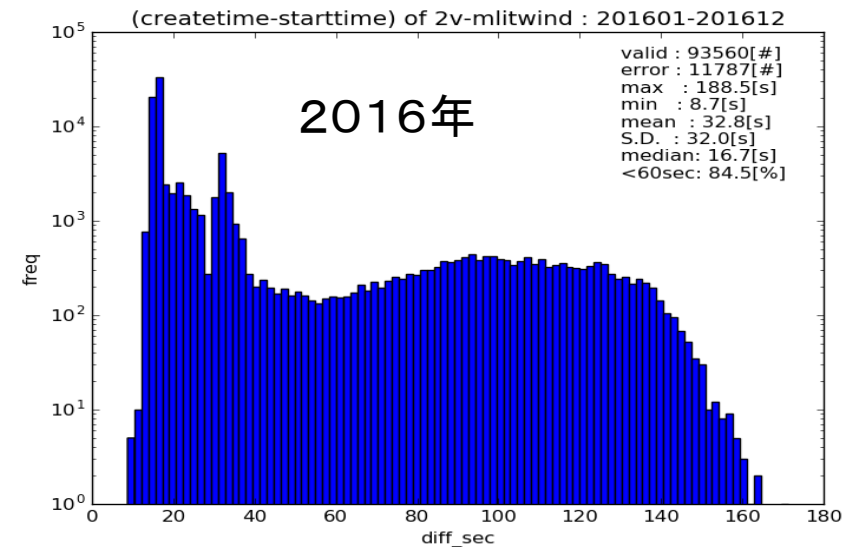
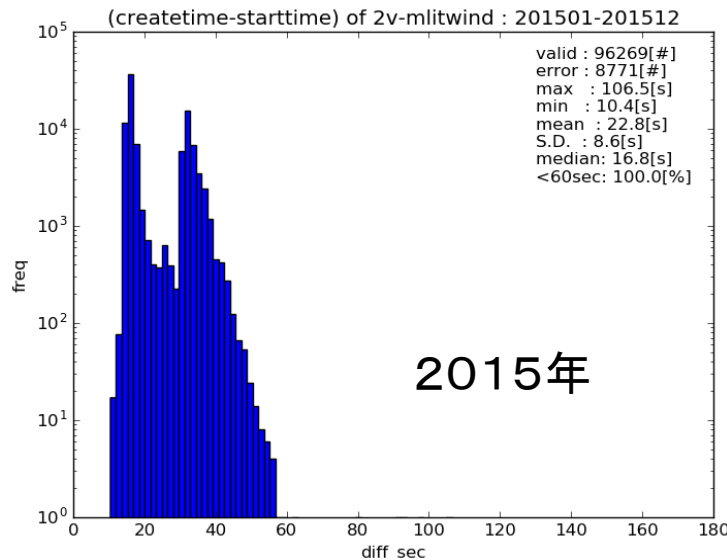


2015年および2016年において、全事例の99.6%で1分以内に
 三次元降水分布を推定できた。降水時と非降水時で計算コストに差があるため
 2つのピークがみられた。

3次元風速分布の計算コスト

2013～2016年における3次元風速分布推定処理の計算処理時間の統計値
 ※異常処理数は、起動ログ数とDBに登録されたデータ数の差とした

	2013年	2014年	2015年	2016年
正常処理数	56150	91283	96269	93560
異常処理数※	5129	13720	8771	11787
処理時間の最大値[秒]	756.2	109.2	106.5	188.5
処理時間の最小値[秒]	7.3	8.6	10.4	8.7
処理時間の平均値[秒]	22.0	21.5	22.8	32.8
処理時間の標準偏差[秒]	11.0	8.1	8.6	32.0
処理時間の中央値[秒]	16.6	16.4	16.8	16.7
60秒以内の割合[%]	99.6	100.0	100.0	84.5



年によって計算コストが異なる。雨量が多かった2016年で計算コストが高い。
 必ずしも1分以内に処理が終わるわけではないが、3分以内であれば計算完了できた。

2017年九州北部豪雨におけるXRAINの活用

XRAIN 降雨強度 2017年7月5日11時00分～16時50分(日本標準時)

