



もう“ゲリラ豪雨”とは呼ばせない！ ～局地的大雨の早期予測を目指して～

NICTオープンハウス2019
令和元年6月21日

情報通信研究機構 電磁波研究所
リモートセンシング研究室
室長 中川 勝広

ゲリラ豪雨とは

ゲリラの意味は…

神出鬼没、変則的、臨機応変の印象として用いられることが多い。ゲリラ豪雨、ゲリラ撮影など…

【ピクシブ百科事典】

<https://dic.pixiv.net/a/%E3%82%B2%E3%83%AA>

【気象庁】予報用語のあり方では、使用を

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/youg>

局地的大雨、集中豪雨など。

- いつ・どこに現れるかわからない
(神出鬼没)
- すごい雨(豪雨)を
- 予測したい!



スカイツリーから撮影されたゲリラ豪雨
<https://twitter.com/shingekikyoin7/status/262439247364112384>

抱えていた課題

- ゲリラ豪雨や竜巻などの突発的な大気現象による被害が大きな社会問題に
- これらの大気現象は、積乱雲の急激な発達に伴って発生。
積乱雲発達の早期探知や予測は気象学研究的な重要課題

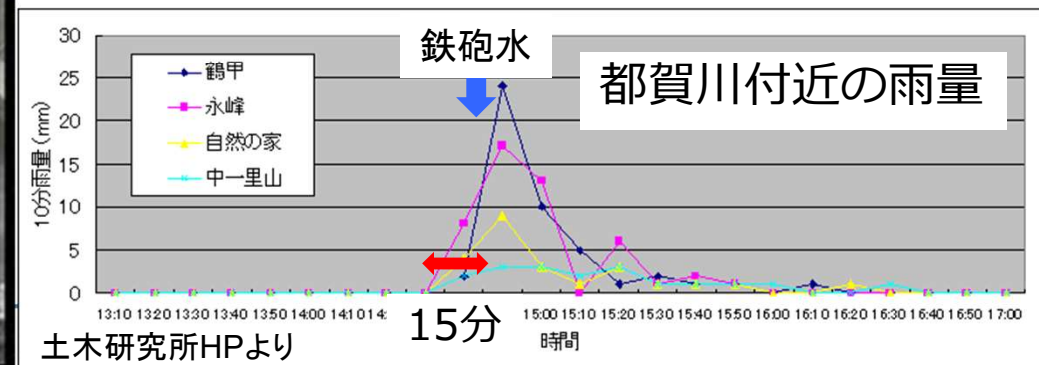
都賀川水難事故（平成20年）



越谷市付近で発生した竜巻（平成25年）



※雨が降り出してから僅か15分後に鉄砲水が発生



抱えていた課題

観測・予測

- 積乱雲を「素早く」「立体的に」観測する技術がなかった。

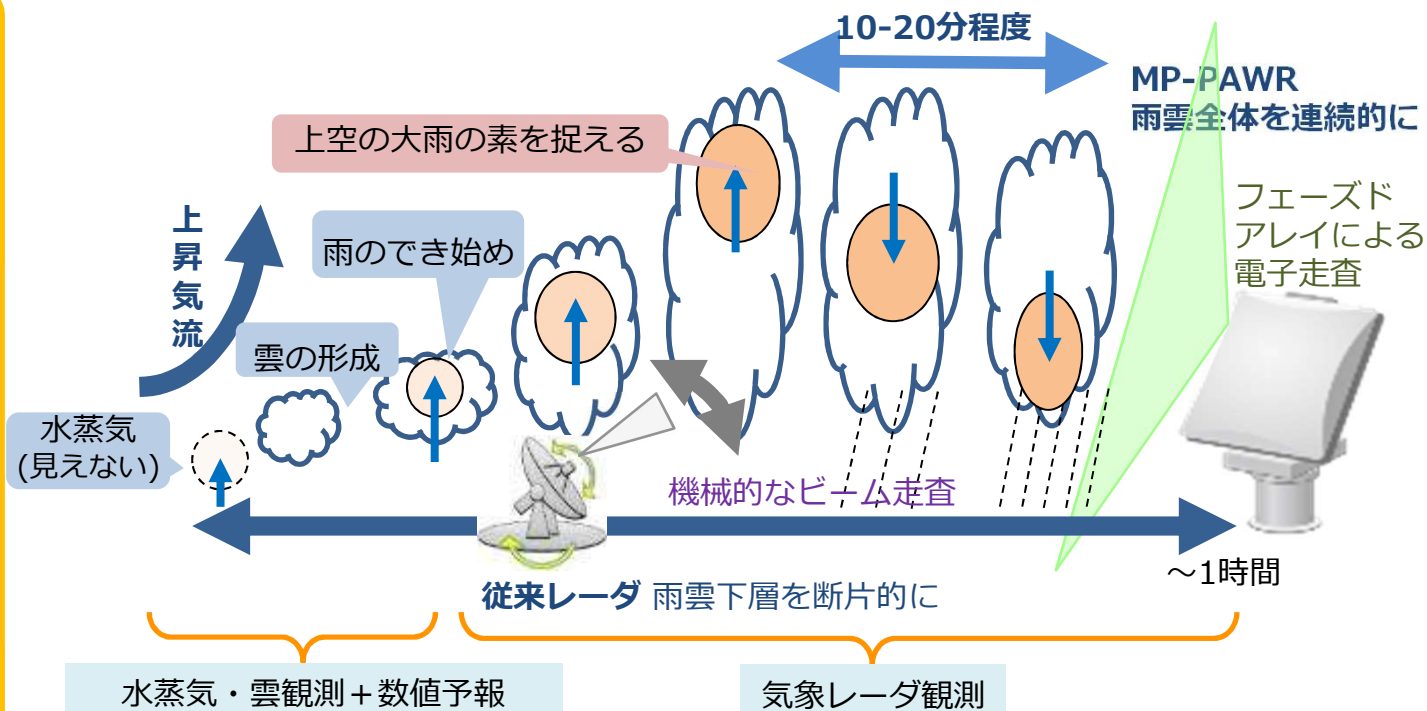
予測・情報発信

- 予測に必要なゲリラ豪雨情報が欠けていた。
- 浸水予測等のシステムが存在しなかった。

利用者への展開

大規模イベント・水防活動から日常での活用まで

- ニーズに合わせた情報提供が不十分であった。



豪雨をもたらす積乱雲とその観測

フェーズドアレイ気象レーダの特徴（従来型レーダとの比較）

従来困難であった雨雲の立体構造をわずか30秒で取得。



従来型レーダ

ペンシルビーム

→方位角および仰角方向に機械走査

- 5分で雨雲の立体情報の一部を取得（仰角1度～11度まで）



フェーズドアレイ気象レーダ

ファンビーム

→仰角方向には電子走査

- 30秒で雨雲の立体情報を取得（仰角0度から90度まで）

フェーズドアレイ技術により、これまでのパラボラアンテナを回して観測するレーダーに比べて、10倍高速で、10倍高密度な観測ができるようになった。

素早く観測するための技術

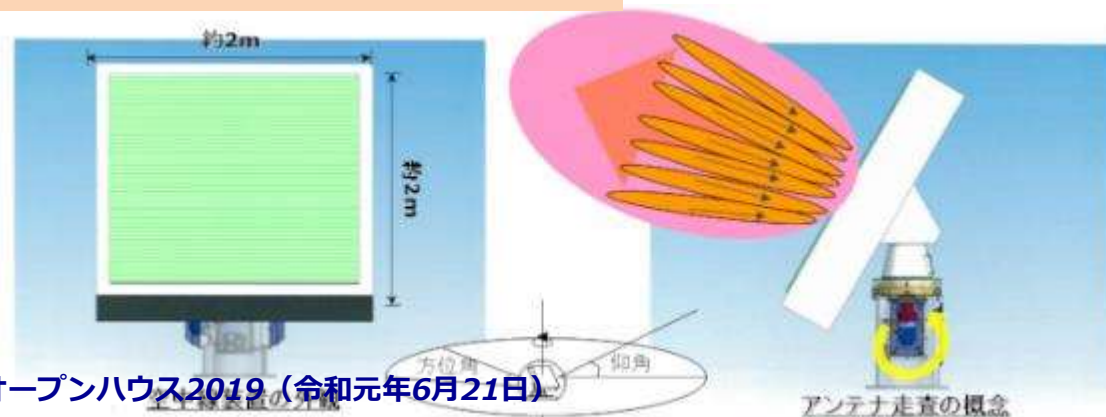
1次元のフェーズドアレイ技術とデジタルビームフォーミング技術により、30秒間で、半径60km、高さ14kmの範囲の雨雲を高速で3次元観測



フェーズドアレイ気象レーダ外観
(NICT未来ICT研究所:神戸)



電波の波長は9GHz帯(Xバンド)



フェーズドアレイ気象レーダ実証フィールド

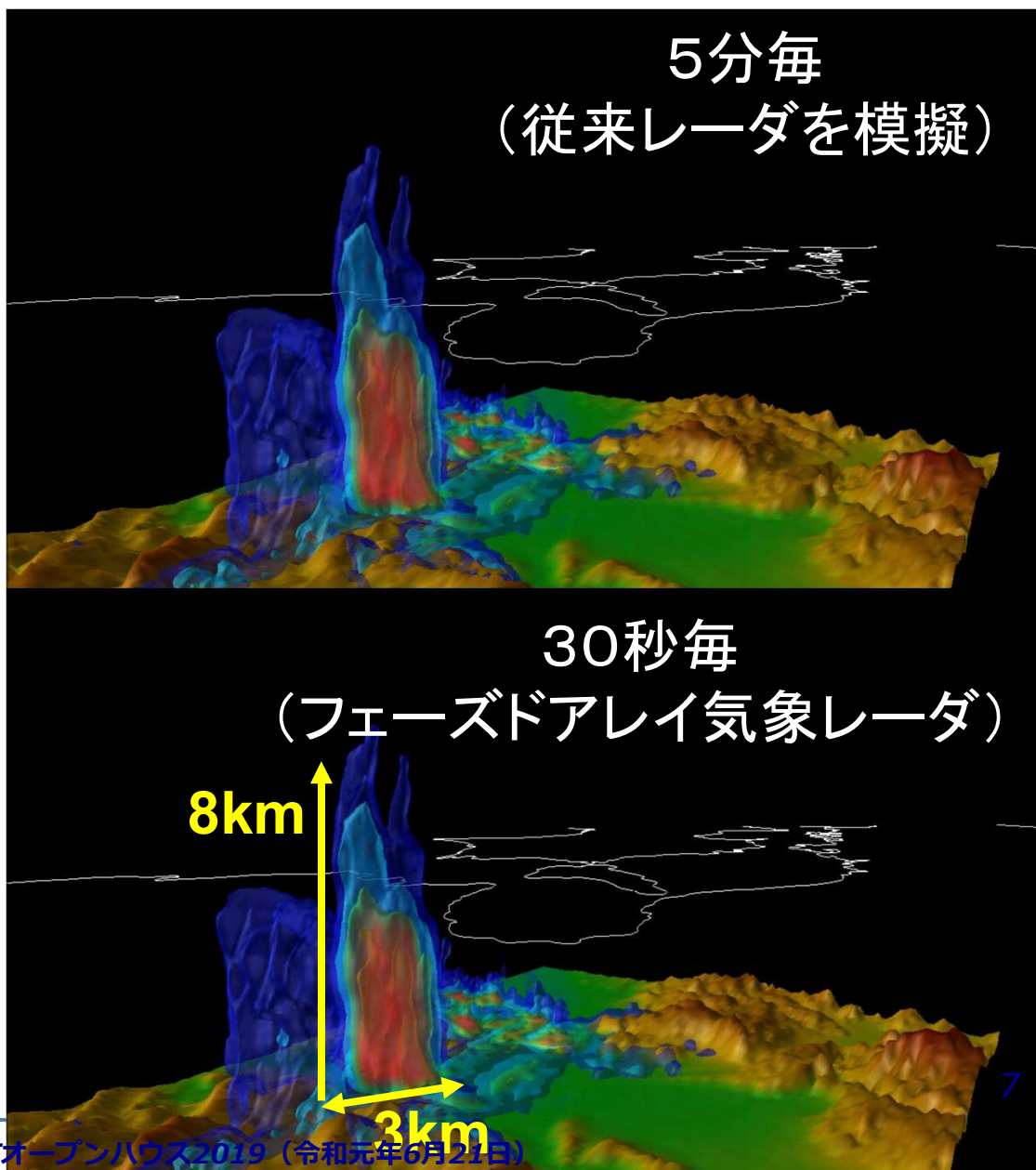
大阪・神戸に2基のフェーズドアレイ気象レーダを設置し実証実験進行中
○観測領域の広域化 ○2台のレーダによる複合観測(正確な雨量推定、風速場の推定)



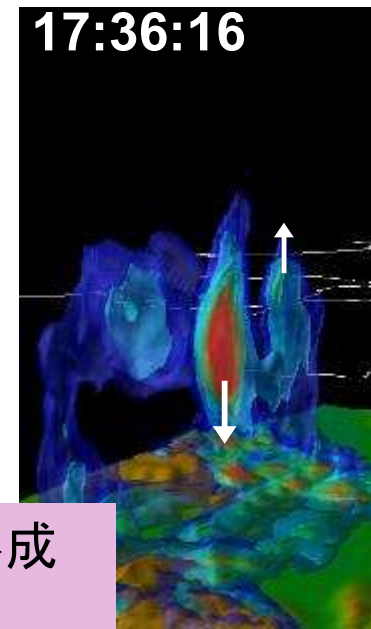
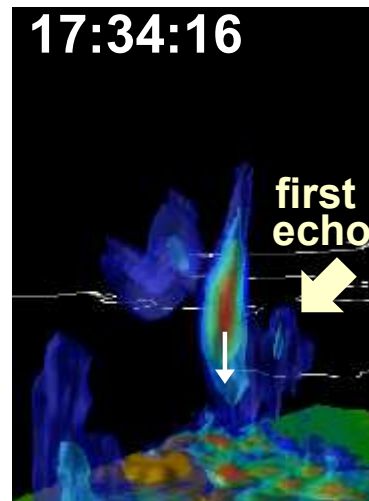
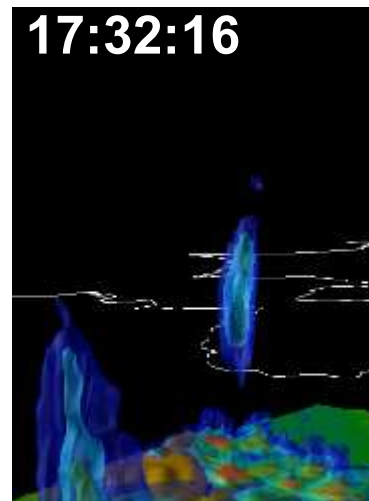
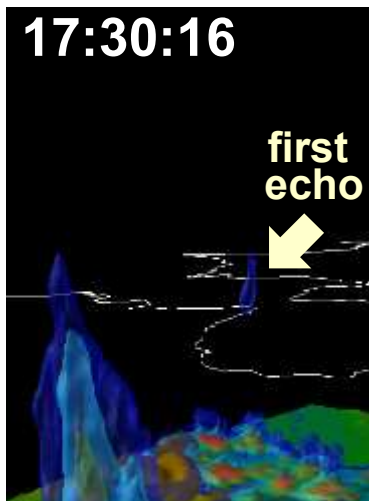
PAWRで捉えた豪雨の立体構造

フェーズドアレイ気象レーダ
と従来の気象レーダとの観
測スピードの比較

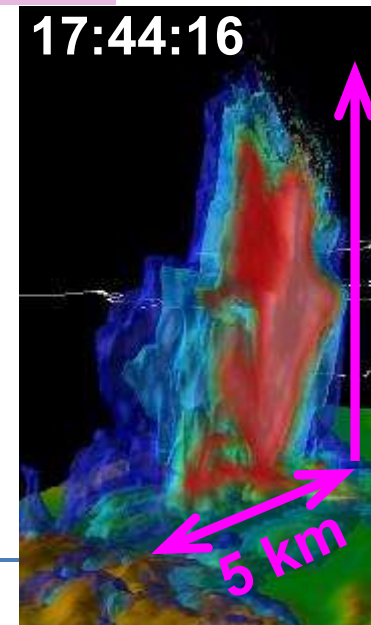
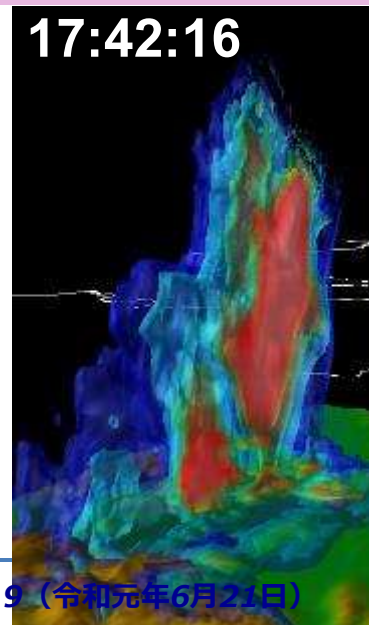
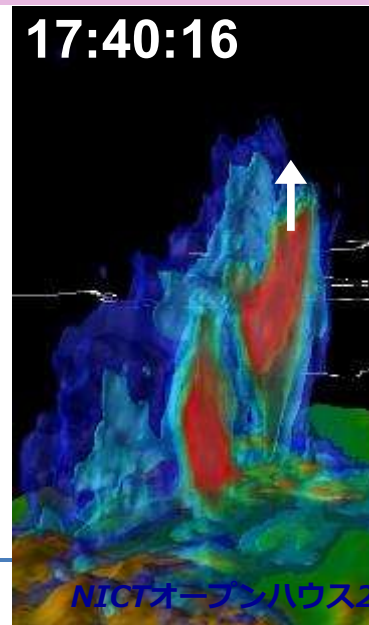
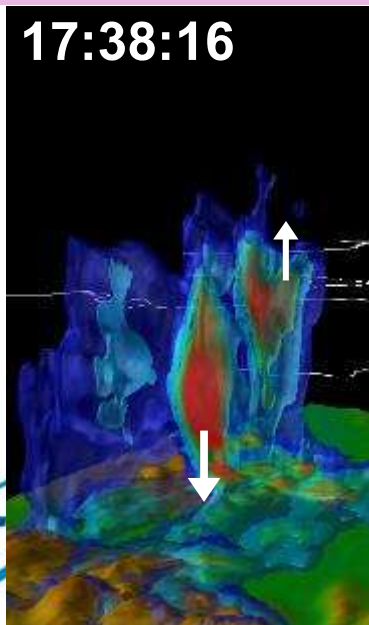
事例：平成24年07月26日
17:20:16～18:10:46
(300倍速で再生)
場所：けいはんな付近を北東
方向から眺めた降雨の
3次元構造
カラー：雨の強さを表し、赤い
色の部分で強い雨が
降っている。



豪雨の卵の形成・成長・落下



➤ 高速3次元観測により、上空で強い降水(豪雨の卵)が形成され、成長し、下降する詳細な様子が捉えられた。

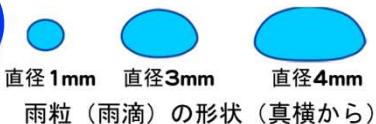


マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ

SIP (戦略的イノベーション創造プログラム、レジリエントな防災・減災機能の強化「豪雨・竜巻対策」)で実施

MP化

高精度降水観測



二重偏波を利用した
マルチパラメータ
気象レーダ(MPレーダ)
国交省XRAINなど



雨粒・氷・雪などの種類と大きさを二重偏波を用いて把握し、高精度な降水観測を実現

PAWR

高速三次元観測

30秒で積乱雲の
立体形状を把握



電子走査による
高速スキャン可能な
フェーズドアレイ
気象レーダ(PAWR)

MP-PAWR

高精度・高速三次元降水観測

短時間(30秒)に積乱雲などの
立体構造を高精度に観測が可能



SIPの実施体制

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)
レジリエントな防災・減災機能の強化
「豪雨・竜巻対策」



マルチパラメータ・フェーズドアレイ気象レーダ

世界初のマルチパラメータフェーズドアレイ気象レーダ

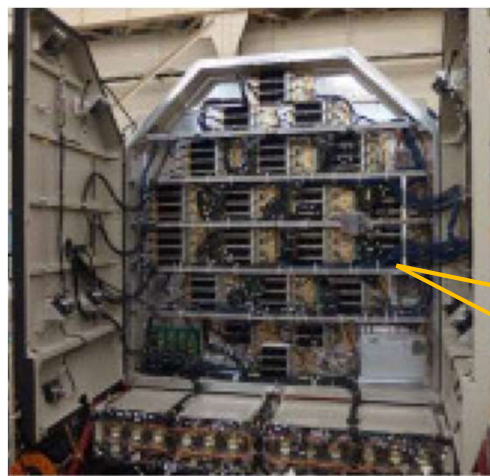
- 高性能で安価な**超小型受信機**を組み合わせ、**6000素子**からなるMP-PAWRアンテナを開発した。
- 高速処理技術開発により大容量（**従来の100倍**）のデータ処理技術を確立した。
- 大容量データを高速に解析する技術（**ストリーミング処理技術**）により、リアルタイム予測情報配信を可能とした。

東芝

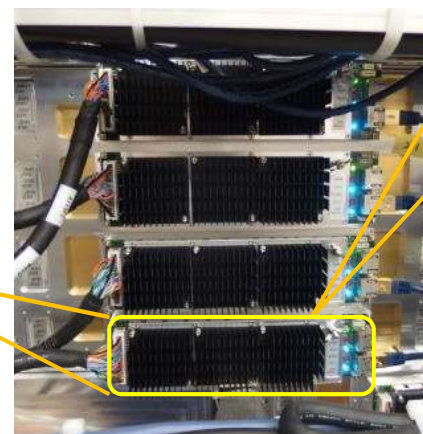
防災
科研



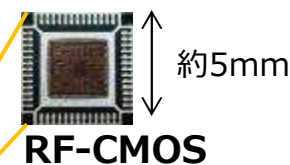
MP-PAWRアンテナ（表面）



（裏面）

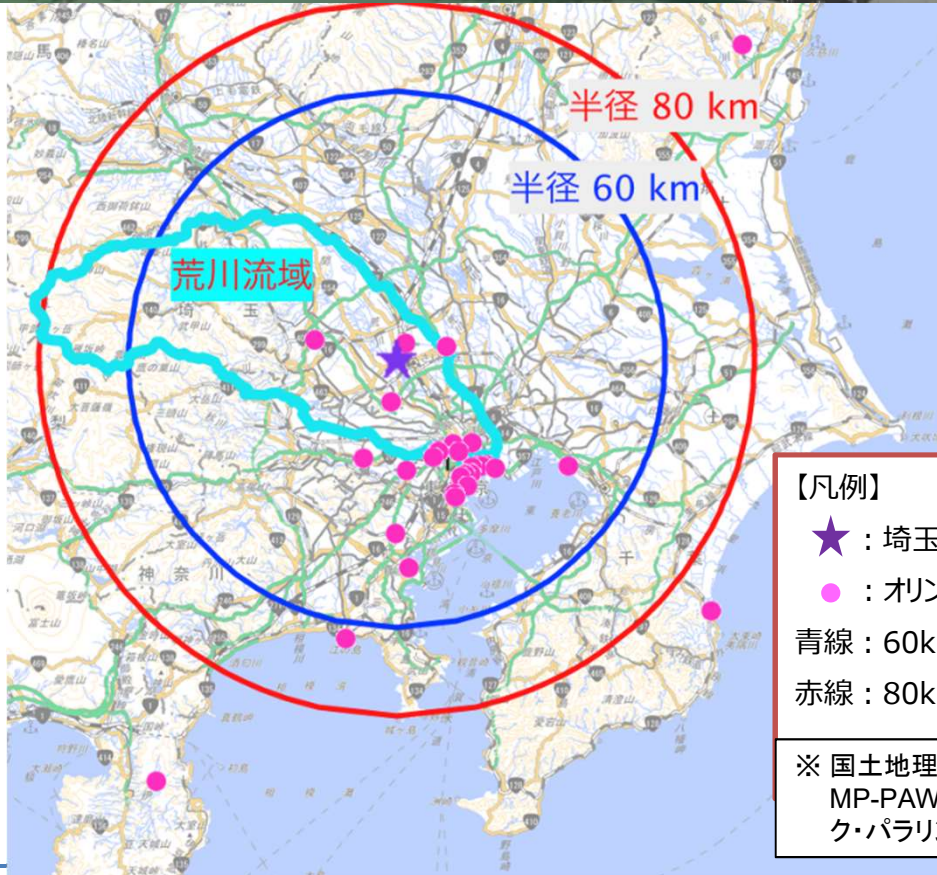


超小型受信機
（1台あたり8ch）



RF-CMOS

観測範囲



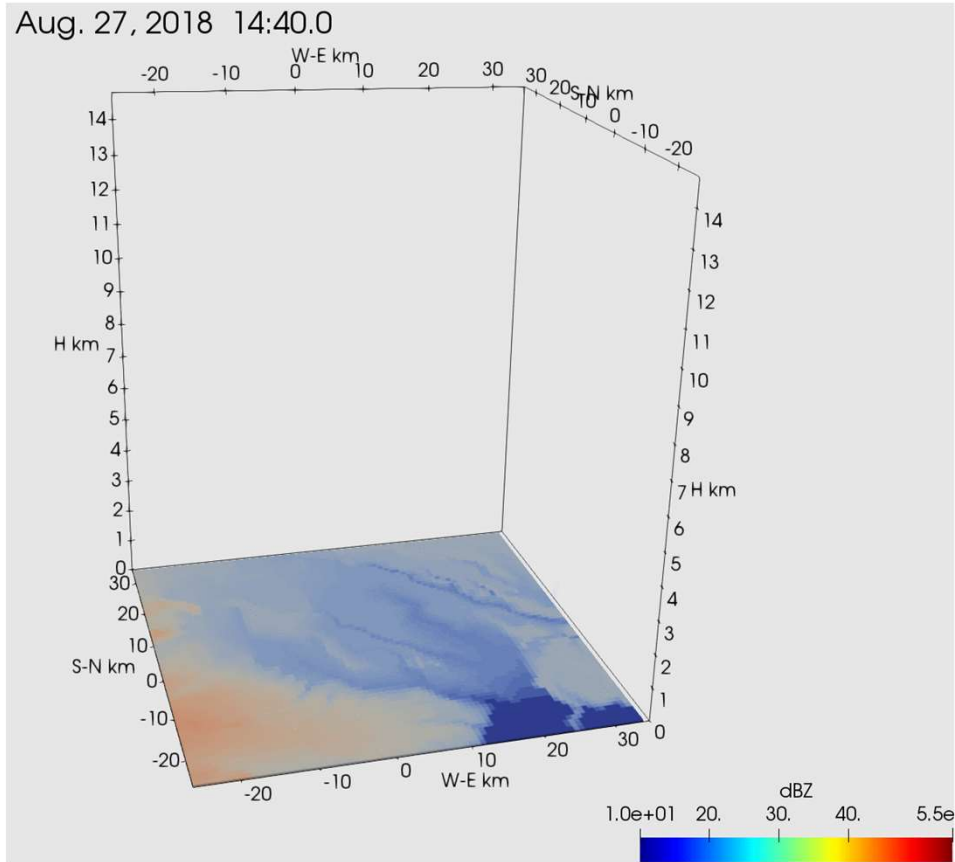
【凡例】

- ★ : 埼玉大学 (MP-PAWR設置場所)
- : オリンピック・パラリンピック会場
- 青線 : 60km (高層観測モード覆域)
- 赤線 : 80km (低層観測モード覆域)

※ 国土地理院の地理院タイル(淡色地図)にMP-PAWRの位置と観測範囲、オリンピック・パラリンピック会場の位置を重ねて作成

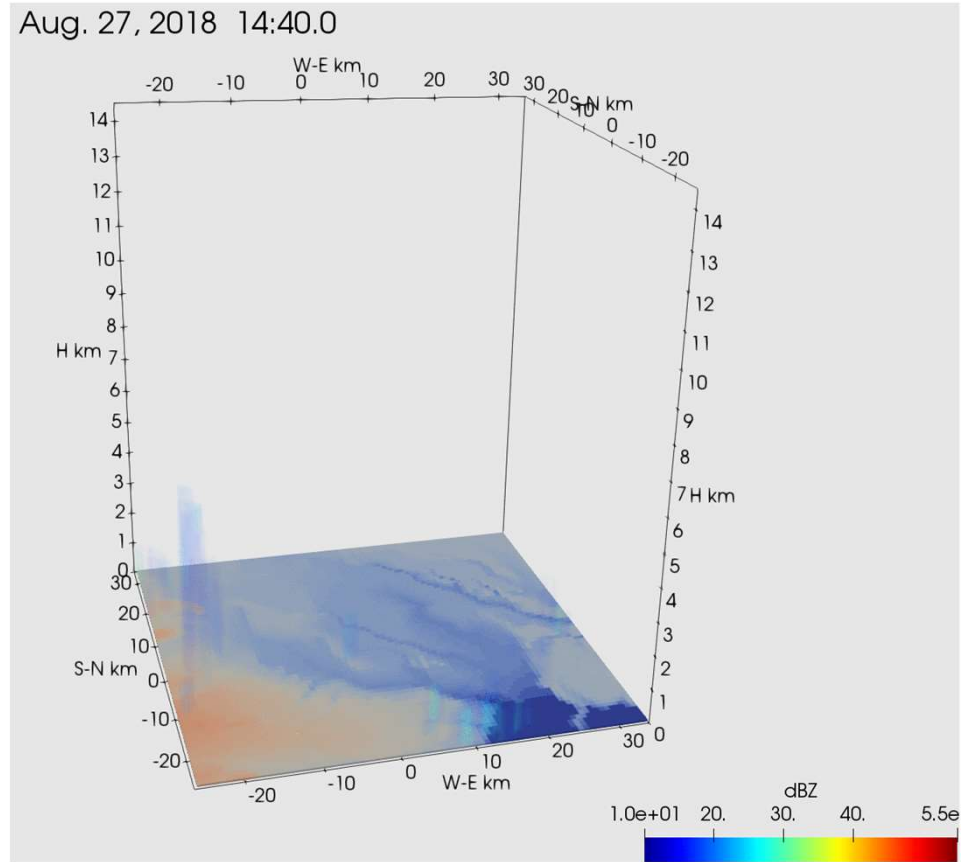
觀測結果 (一例)

2018/08/27 14:40-17:40



MP-PAWR 30 sec

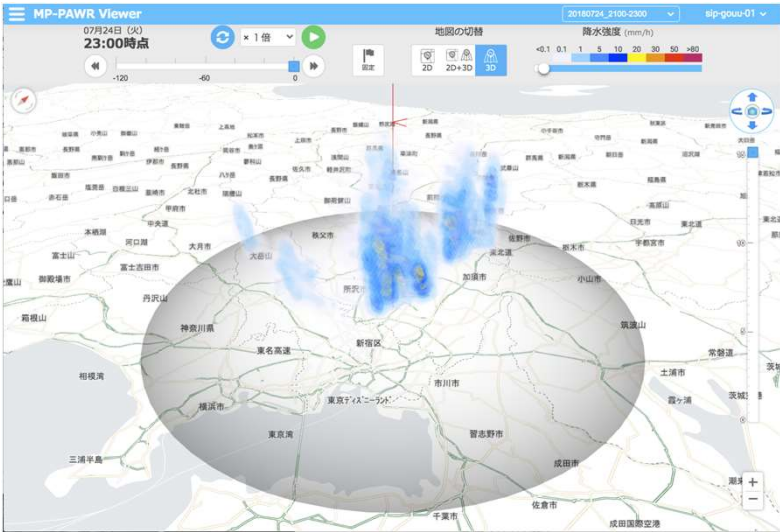
14:40:00 – 17:40:30 365 scenes



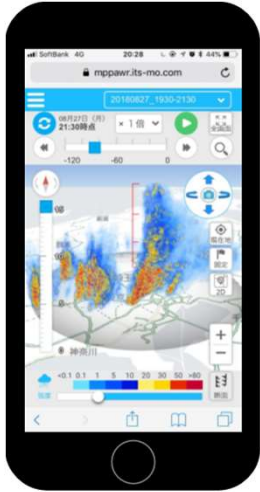
XRAIN 5 min

14:40 – 17:40 37 scenes

MP-PAWRのデータ表示



Webブラウザによる表示

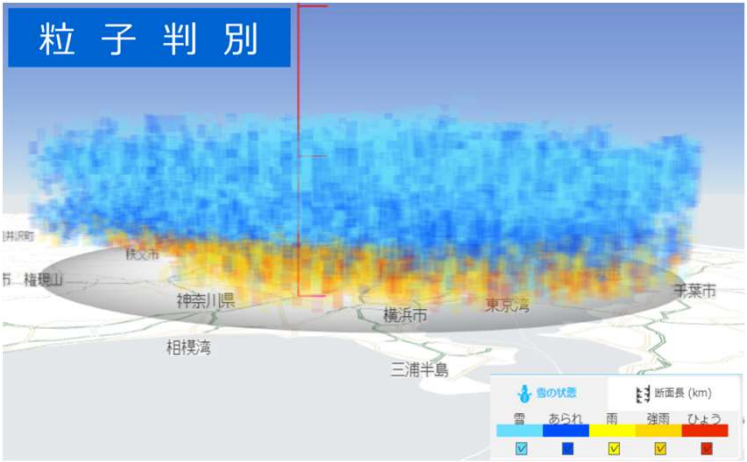
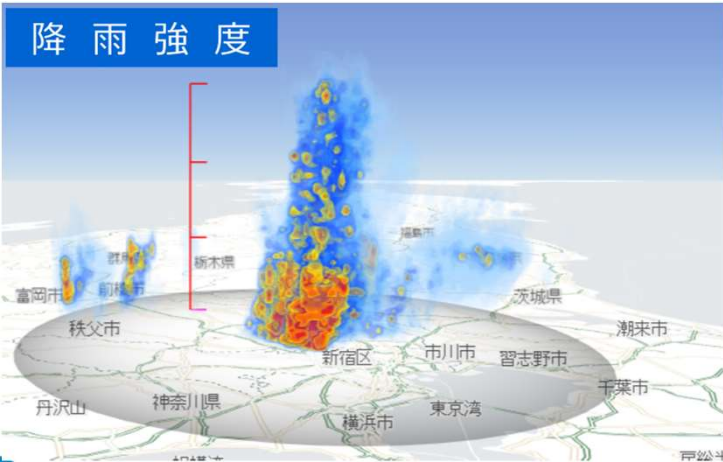


3次元的な降雨強度



3次元的な粒子判別

スマートフォン上の表示



抱えていた課題

観測・予測

- 積乱雲を「素早く」「立体的に」観測する技術がなかった。



PAWR/MP-PAWR



数値モデル



水蒸気・雲降水観測網

予測・情報発信

- 予測に必要なゲリラ豪雨情報が欠けていた。
- 浸水予測等のシステムが存在しなかった。

ゲリラ豪雨予測 強風・竜巻危険度予測



浸水予測



土砂災害予測



鉄道減災システム



河川氾濫予測



利用者への展開

大規模イベント・水防活動から日常での活用まで

- ニーズに合わせた情報提供が不十分であった。



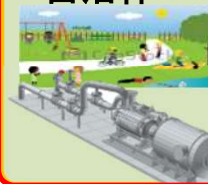
府省庁連携防災情報共有システムでの活用



市民

日常の豪雨を避ける行動

自治体



下水:ポンプの早期稼働
公園:来園者の早期避難
河川:早期の避難勧告
土砂:早期の防災体制構築

事業者



建設:高所作業実施判断
地下街:止水板の設置
鉄道:運転規制/旅客避難誘導

大規模スポーツイベント



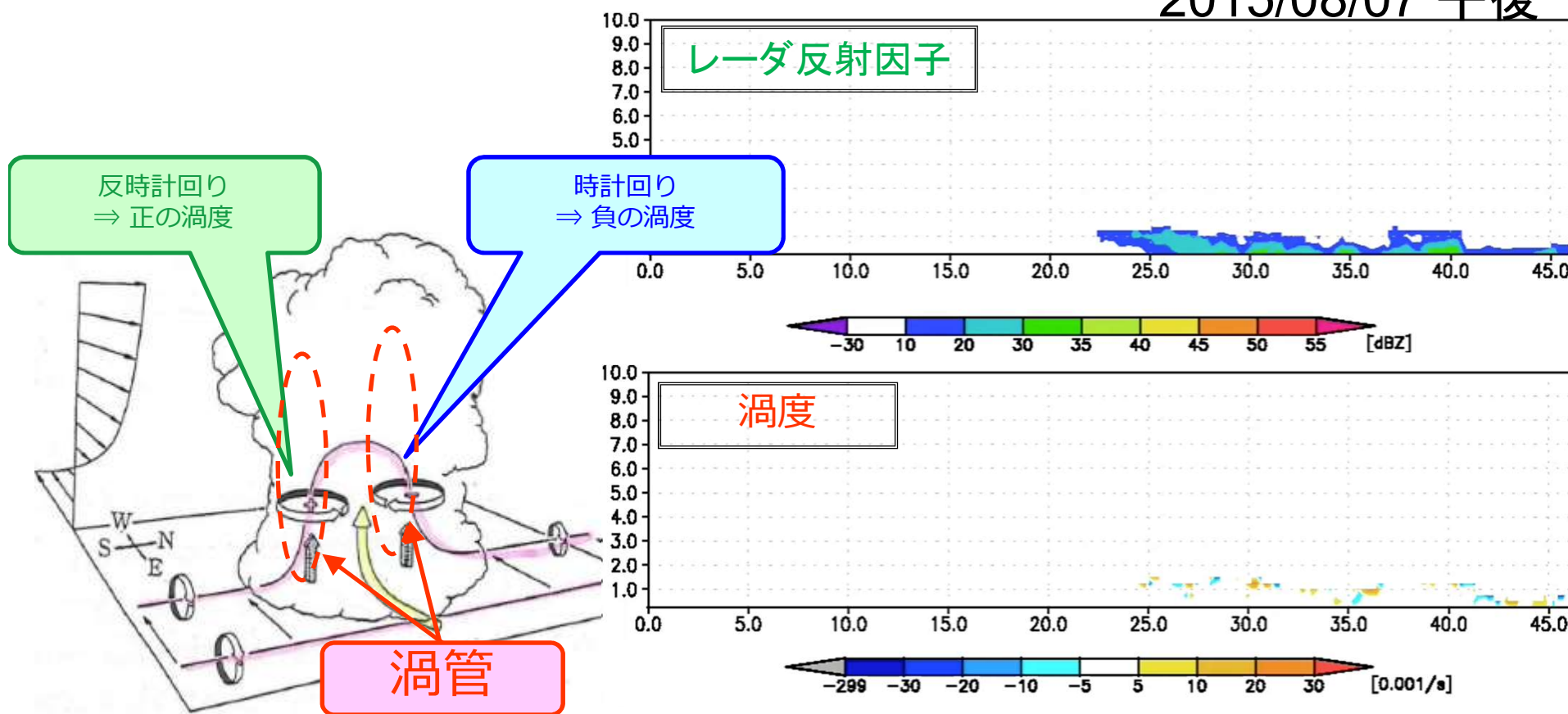
競技実施判断
来場者の避難誘導



ゲリラ豪雨早期探知手法

積乱雲内の渦の強さ(渦度)や渦管をフェーズドアレイ気象レーダで観測された情報より検出し、ゲリラ豪雨を早期に予測する手法

2015/08/07 午後

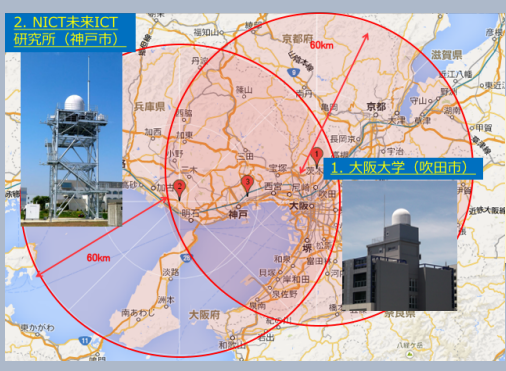


ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）

早期探知技術と自治体ハザードマップを統合し、ゲリラ豪雨災害対策支援へ

- 30秒毎に降雨の3次元分布を把握し、ゲリラ豪雨の早期探知を短時間で実現
- ゲリラ豪雨の早期探知結果と地域のハザードマップや危険箇所（アンダーパスなど）をリアルタイムに統合し、注意・警戒を視覚的に表示
- 業務内容に応じた関係担当者には個別にメールで注意・警戒を送信

2台のフェーズドアレイ気象レーダ



降雨観測データ

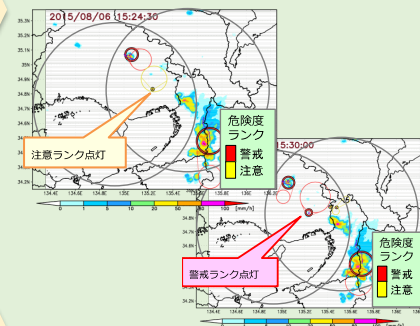
自治体ハザードマップ等

行政区域、危険河川箇所、内水氾濫箇所、アンダーパス等



危険箇所データ

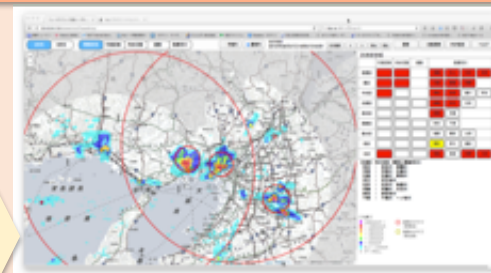
リアルタイムデータ処理基盤



注意警戒

- ゲリラ豪雨の早期探知*
 - 探知情報と危険箇所の合成
- * 共同研究
京都大学防災研究所(中北教授)

ゲリラ豪雨対策支援システム（管理者画面）

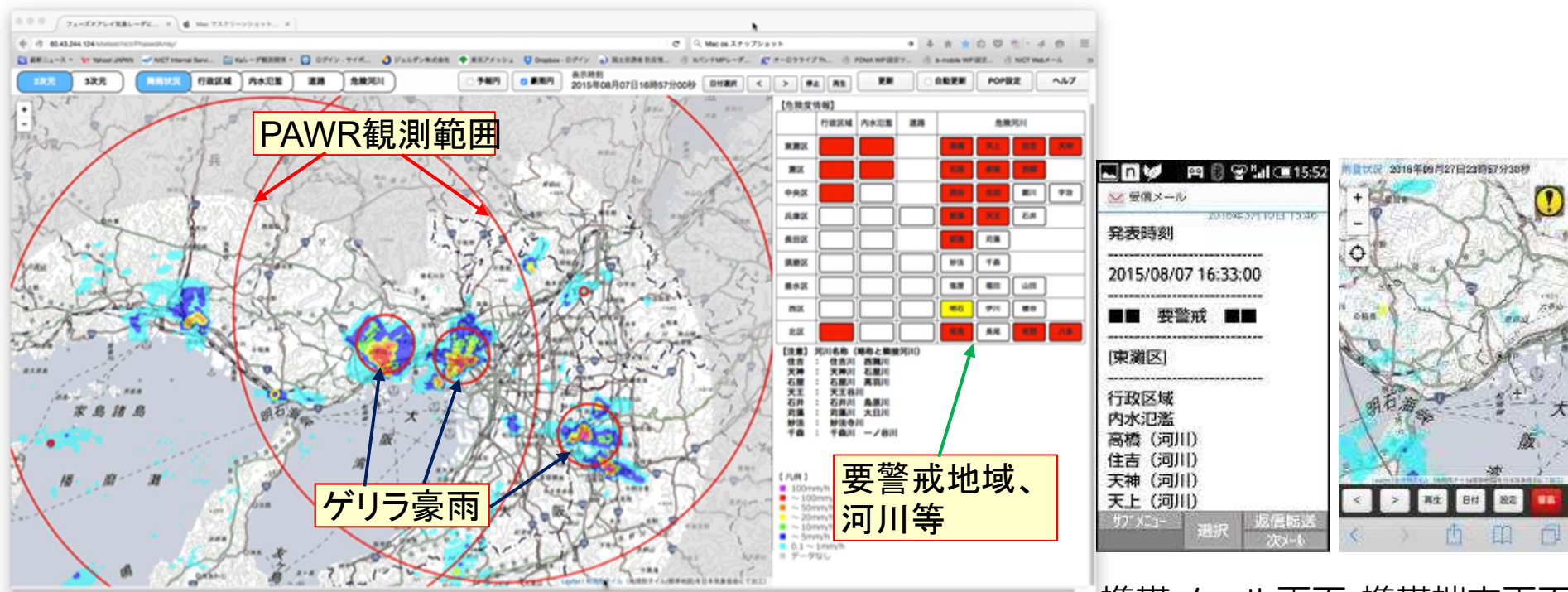


ゲリラ豪雨対策支援システム（担当者別携帯端末）



- 危険箇所表示
- メール通知

ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）



携帯メール画面 携帯端末画面

ゲリラ豪雨対策支援システム（管理者画面）

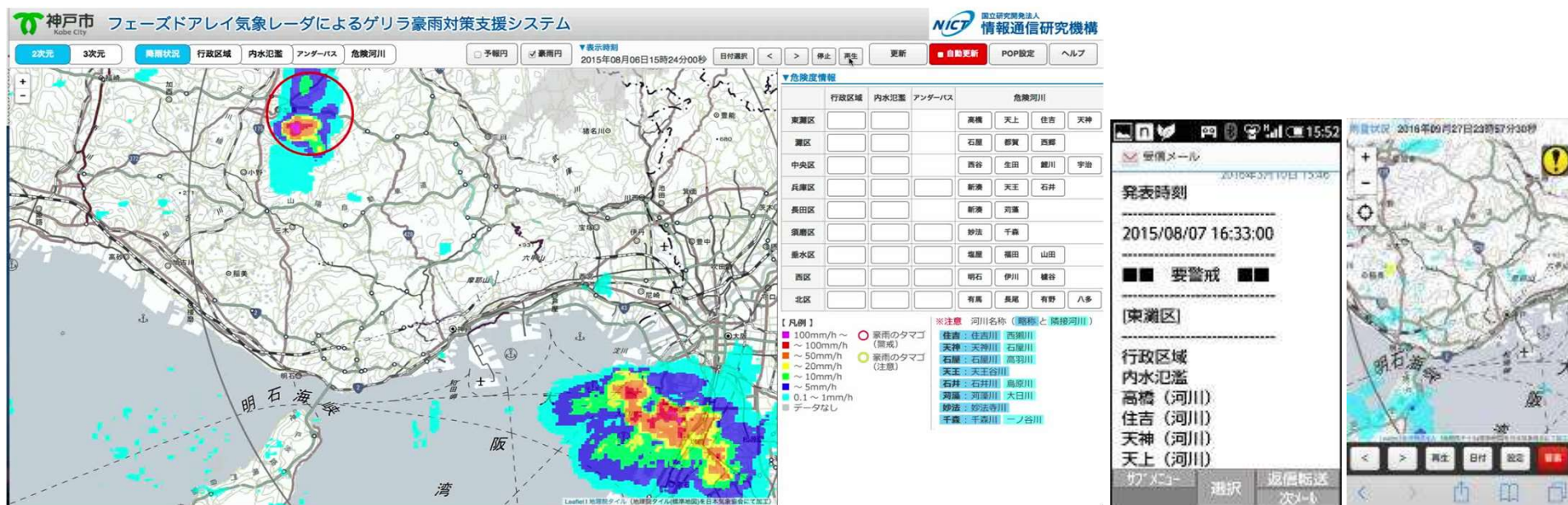
- 「フェーズドアレイ気象レーダ等による観測データの活用に関する覚書」を平成27年1月17日に神戸市と締結
- 神戸市でゲリラ豪雨対策支援システムの評価会を実施



NICTオープンハウス2019（令和元年6月21日）神戸市における評価会の様子平成28年3月



ゲリラ豪雨対策支援システム（自治体との連携）



携帯メール画面 携帯端末画面

ゲリラ豪雨対策支援システム（管理者画面）

- 「フェーズドアレイ気象レーダ等による観測データの活用に関する覚書」を平成27年1月17日に神戸市と締結
- 神戸市でゲリラ豪雨対策支援システムの評価会を実施



NICTオープンハウス2019（令和元年6月21日）神戸市における評価会の様子平成28年3月

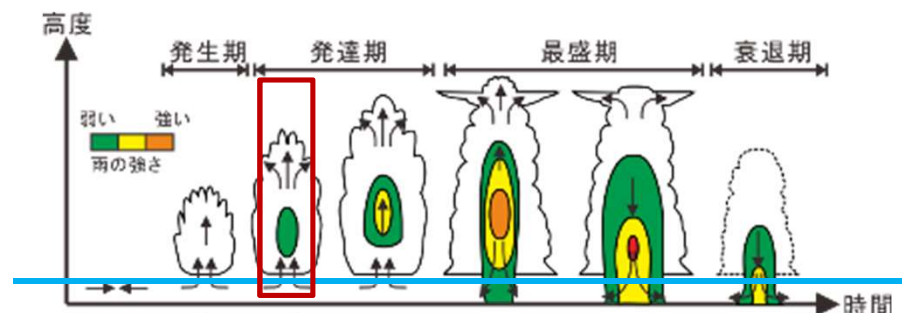
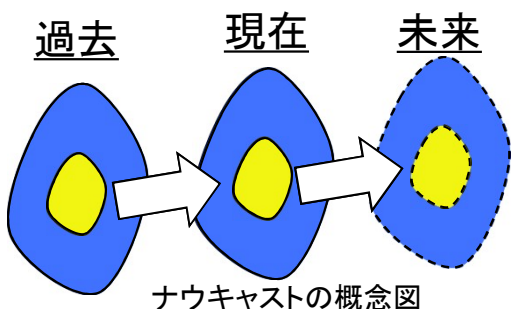
ゲリラ豪雨の1時間先までの予測

● ナウキャスト： 降雨域の時間外挿

SIPでの取組(防災科研、気象協会が中心)

- 従来手法は雨が降り始めない限り、予測につながらないため、降雨開始時、急発達時に予測が遅れる。
- 雨雲の発生・発達・衰弱を考慮できないので、短時間で精度が低下。

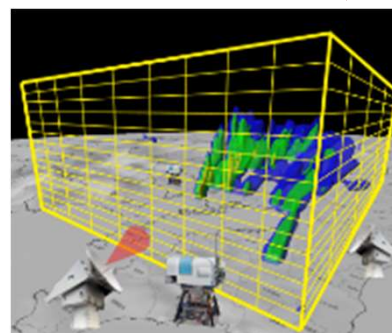
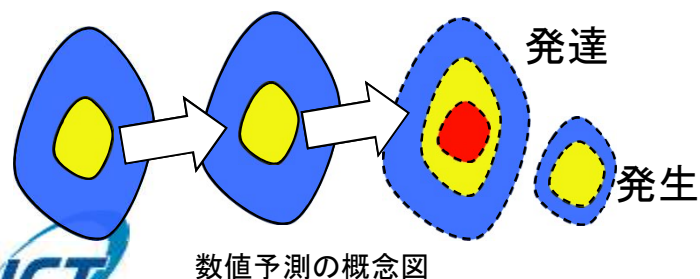
VILナウキャスト
(直前予測)



● 数値予測： 物理学の方程式を時間積分し、降雨等の時間発展を予測

- スピンアップ時間が必要(初期は精度が低い)。
- 不完全な初期値(観測)により精度が低下。

データ同化
(観測値の利用)



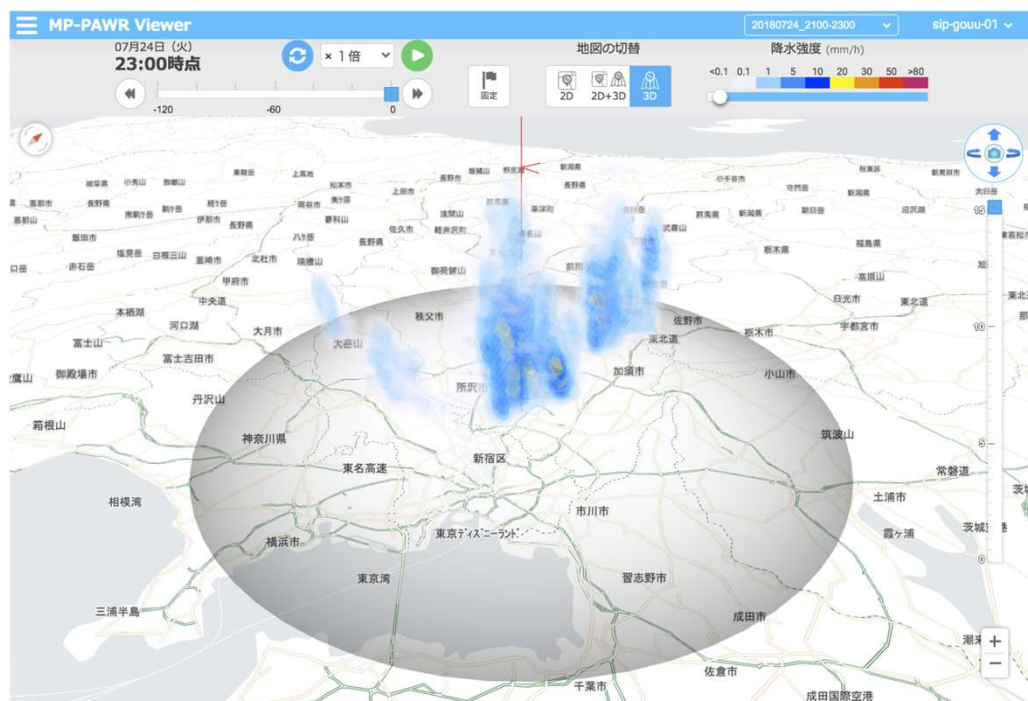
ゲリラ豪雨の1時間先までのブレンド予測

ゲリラ豪雨の直前予測情報の実証実験

SIPでの取組(防災科研、気象協会)

対象：2,000人のモニター

期間：平成30年7月23日～10月31日



実証実験用ブラウザ (3D表示)

Sub 豪雨直前予測メール

差出人: sjp2vil_bosai@jwa.or.jp
日時: 2018年8月13日 16:03:15 JST
宛先: *****
件名: 豪雨直前予測メール

[SIP 豪雨直前予測]
2018/08/13
16:02を初期時刻とするVILナウキャストにより、上大岡周辺で30分内に雨量が閾値(30mm/時)を超えます。
予想される10分間雨量(1時間雨量強度)は

- ◆16:12まで
1.12mm(6.72mm/時) :
- ◆16:22まで
2.12mm(12.72mm/時) : ザーザーと降る
- ◆16:32まで
5.55mm(33.3mm/時) : バケツをひっくり返したように降る
- 以上

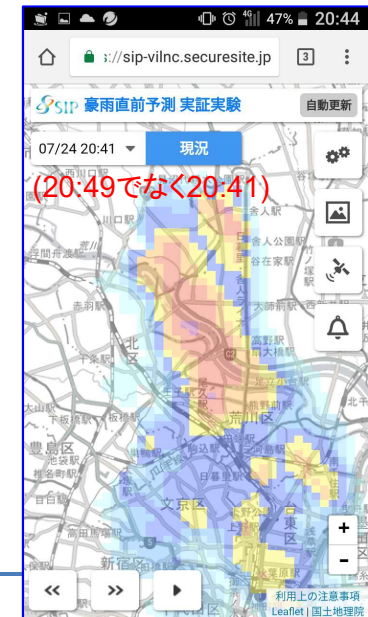
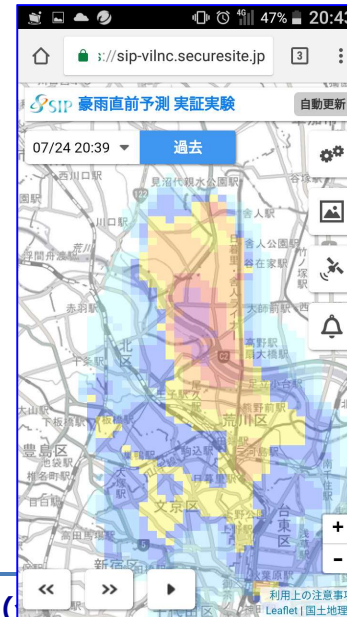
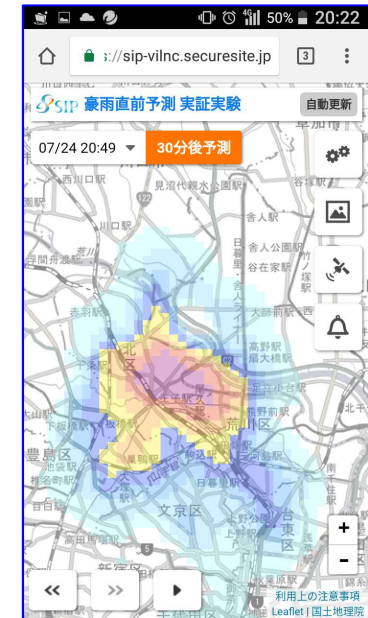
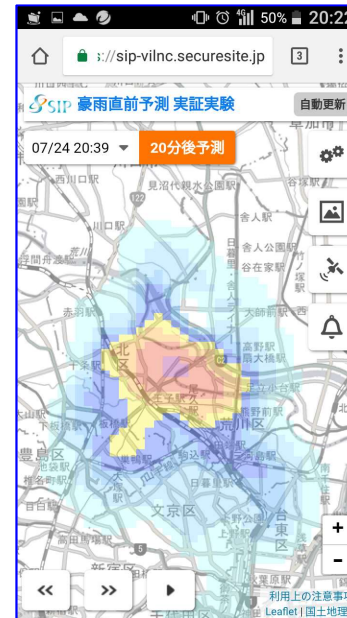
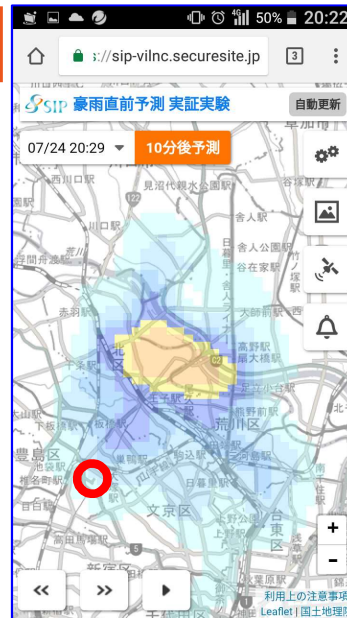
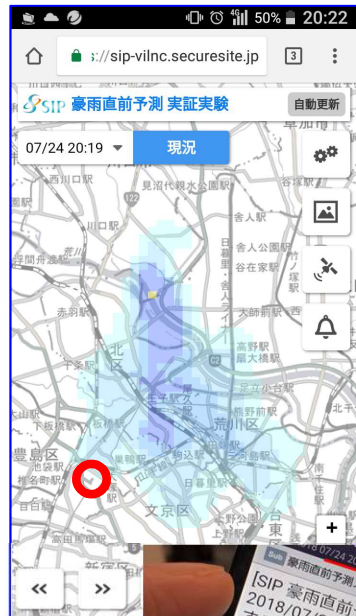
VILナウキャスト分布はこちらから
<https://sip-vilnc.secsite.jp/map/public/>

メールで配信される豪雨の直前予測情報

「豪雨直前予測」 予測事例(2018/07/24, 20:19)

10~30分後の予測

初期時刻 7/24 20:19



1分後に
メール通知

[SIP 豪雨直前予測メール
2018/07/24 20:19を初期時刻と
するVILアラートにより、
サンシャイン60周辺で30分以内
に予想される10分間雨量(1時間雨
量強度)は
◆20:29まで
0.47mm(2.82mm/時) :
◆20:39まで
1.41mm(8.46mm/時) :
◆20:49まで
3.17mm(19.02mm/時) : ザーザ
ーと降る
以上

10~30分後の観測



「豪雨直前予測情報」 予測事例 (8月13日久我山)

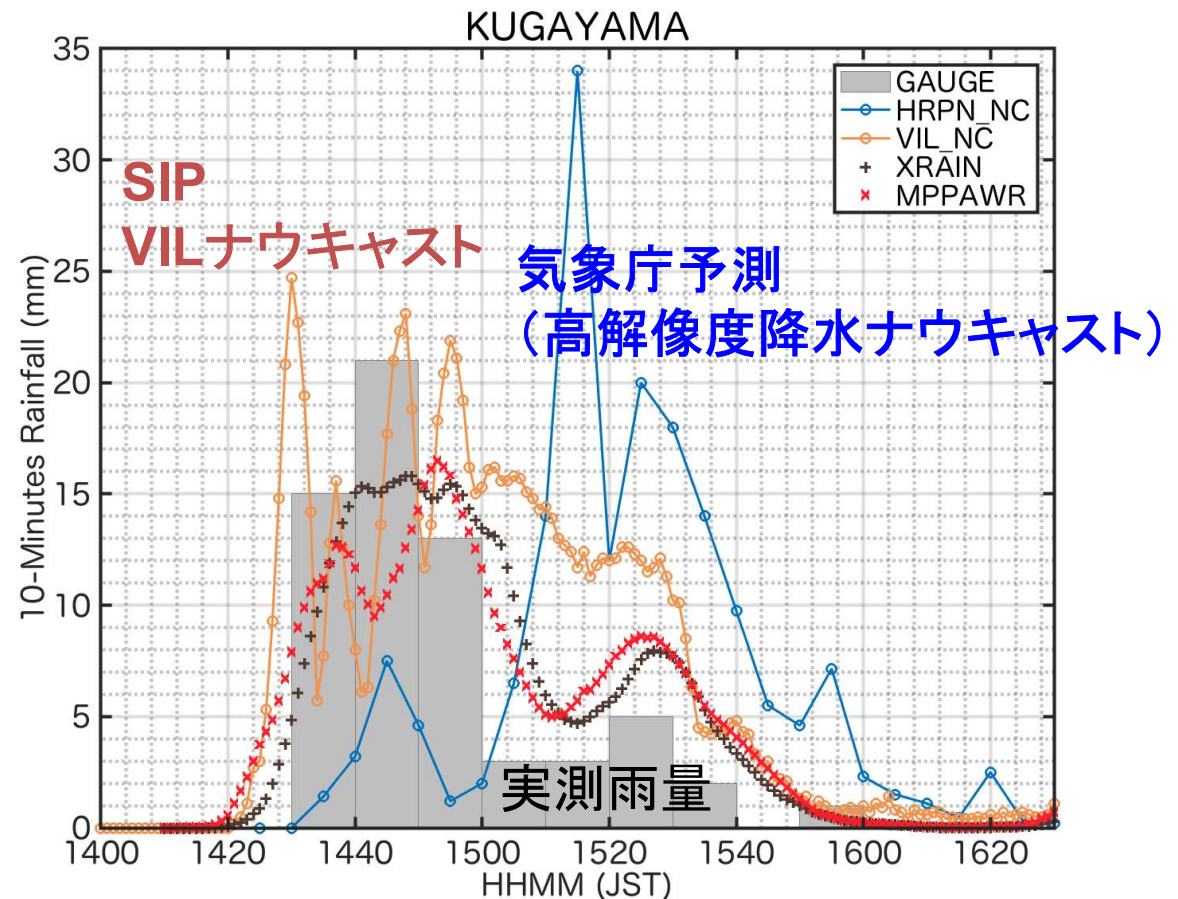
SIPでの取組(防災科研、気象協会)

2018年8月13日に久我山駅付近で浸水が発生した事例

- 気象庁高解像度降水ナウキャストの予測遅れに比べ、MP-PAWRを用いたVILナウキャストは降り始め、降り止みをより正確に予測。



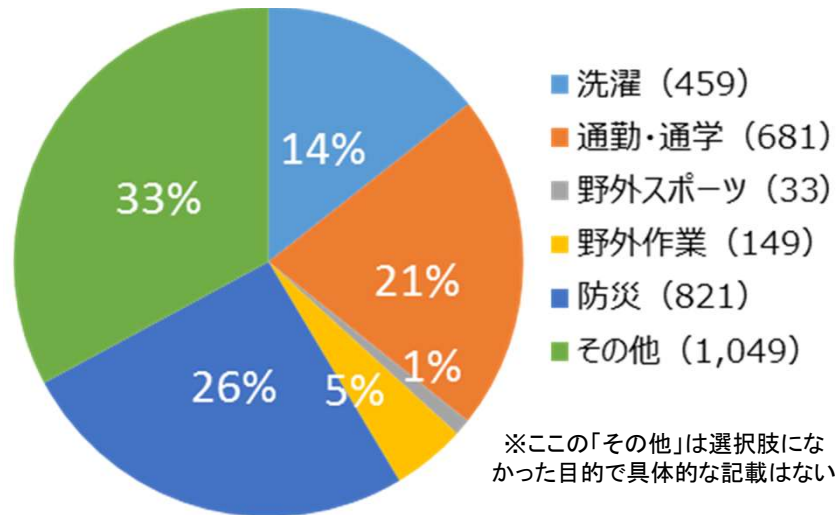
東京都水防災総合情報システムによると、杉並区久我山では降り始めの14時40分から1時間の雨量は60ミリ。
京王井の頭線久我山駅(久我山4丁目)では14時50分ごろ、北口付近が浸水し、駅舎へのエスカレーターを安全のため停止し、階段も使えなくした。駅員は入口周辺に土嚢(どのう)を置いて流入を防いだ。この雨の影響で、井の頭線は15時27分から同56分まで運転を見合わせた。



アンケート結果

SIPでの取組(防災科研、気象協会)

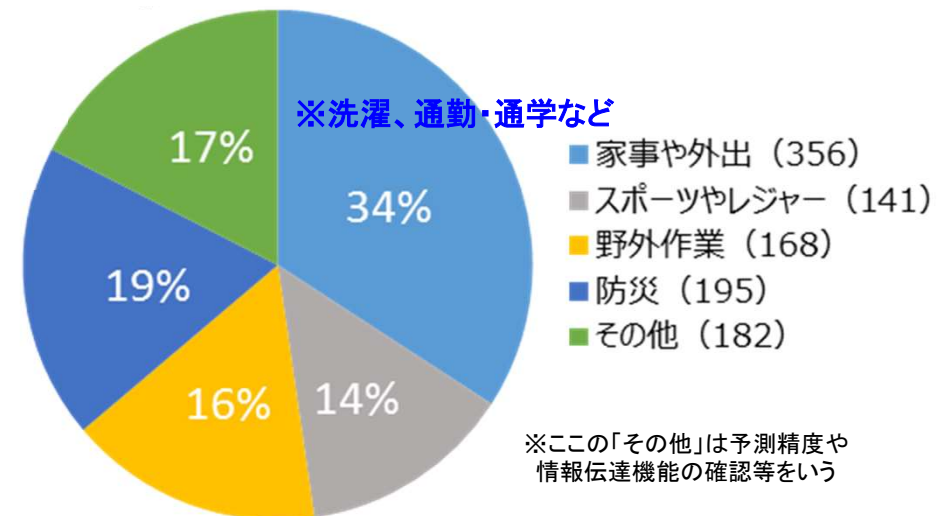
●利用した目的 《実験中》



●実際に利用できた目的は：

- ・「洗濯、通勤・通学」の日常生活の利用が最も多かった。
- ・「野外スポーツ」や「野外作業」への利用の機会が少なかった。

●利用した、利用できそうな目的 《終了時》



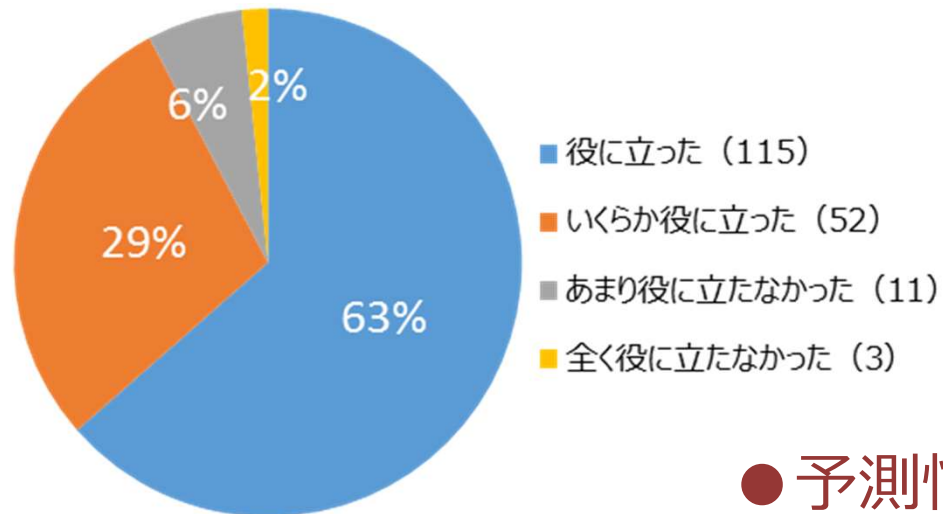
●利用できそうな目的を含めると：

- ・日常生活の利用は実験中と同様に最も多い。
- ・実験中には機会が少なかった「野外スポーツ」や「野外作業」についてもニーズはありそう。

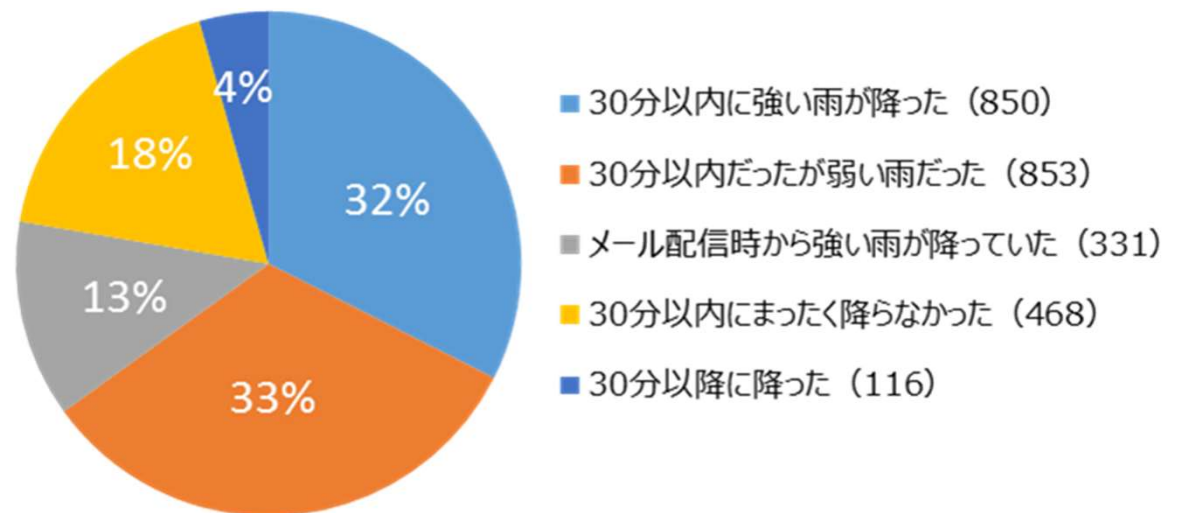
アンケート結果

SIPでの取組(防災科研、気象協会)

● 予測情報の有用性 《終了時》



● 予測情報の正確さ 《実験中》



今後の取組



ご静聴ありがとうございました

