

豪雨の3次元構造を高速に捉える フェースドアレイ気象レーダー

佐藤晋介（情報通信研究機構）

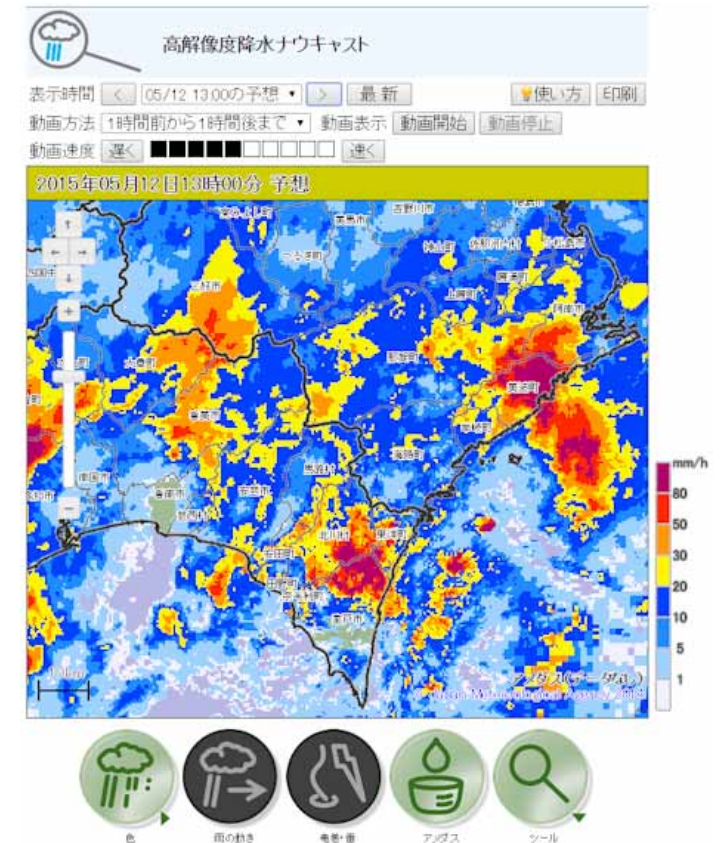
日本気象学会 公開気象講演会
気象情報のビッグデータ時代の幕開け

2015年5月24日@つくば国際会議場

はじめに

- ・ 気象レーダーで観測される降雨分布は、テレビやスマートフォンでもおなじみの情報であり、豪雨災害から身を守るためにも非常に役に立つ。
- ・ 気象庁「高解像度降水ナウキャスト」は、CバンドレーダーとXバンドMPレーダー (XRAIN) 観測データを用いて、5分毎の250mメッシュの降水分布を30分先まで予測している。
- ・ 大阪大学吹田キャンパス (2012年5月) とNICT神戸・NICT沖縄 (2014年3月) に設置されたフェーズドアレイ気象レーダー (PAWR) では30秒毎の高分解能3次元観測 (100mレンジ間隔、100仰角) が可能となった。

⇒ 本講演ではPAWRで観測された局地的大雨 (ゲリラ豪雨) や集中豪雨をもたらす積乱雲に伴う降水の3次元構造の変化をアニメーションで紹介し、ビッグな3次元気象レーダーデータの利用と将来展望について議論する。



気象庁高解像度降水ナウキャスト

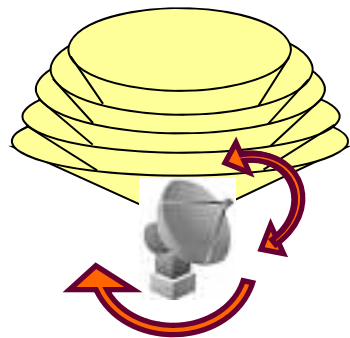


都賀川の鉄砲水 (2008/7/28)

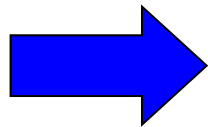


土砂崩れ・脱線事故 (2012/9/24)

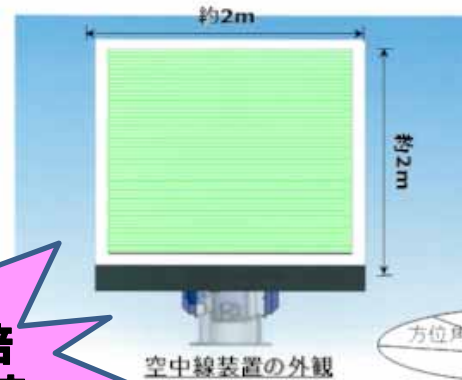
フェーズドアレイ気象レーダー



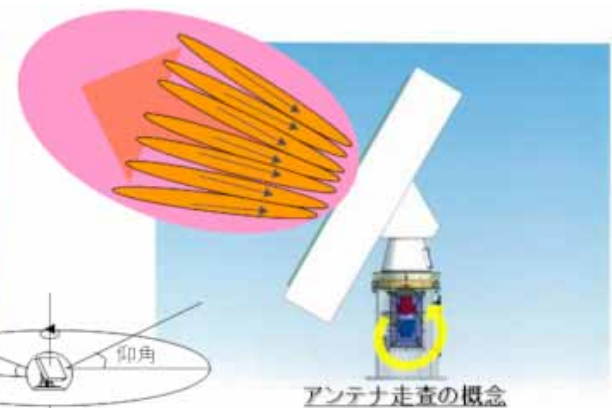
従来のパラボラアンテナ
レーダーによる3次元観測
(150m, 15仰角 ⇒ 5分)



**データ量10倍
更新頻度10倍**



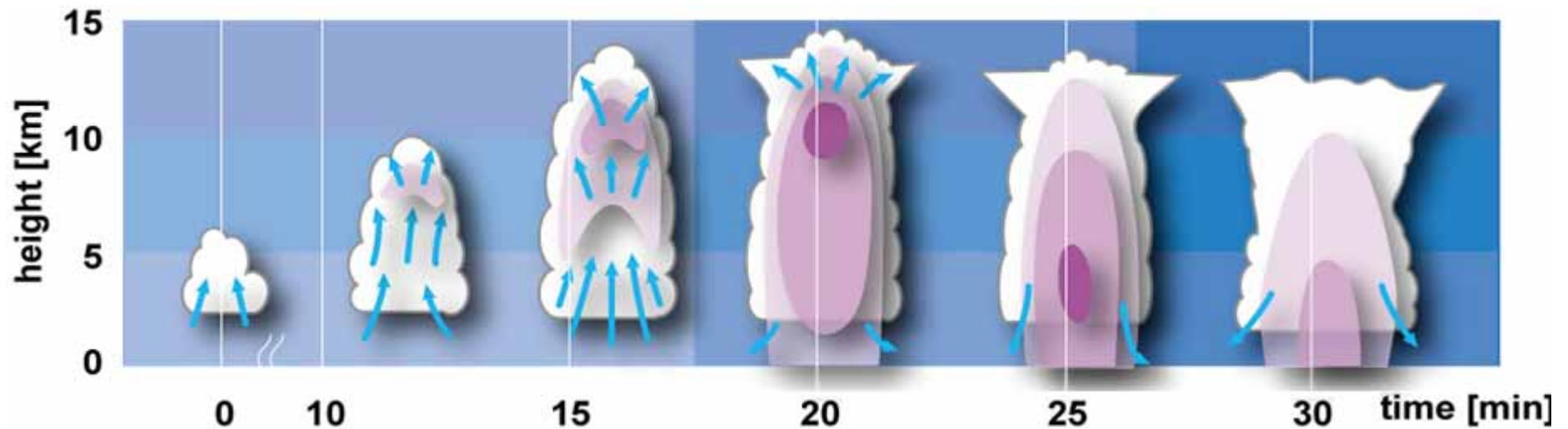
空中線装置の外観



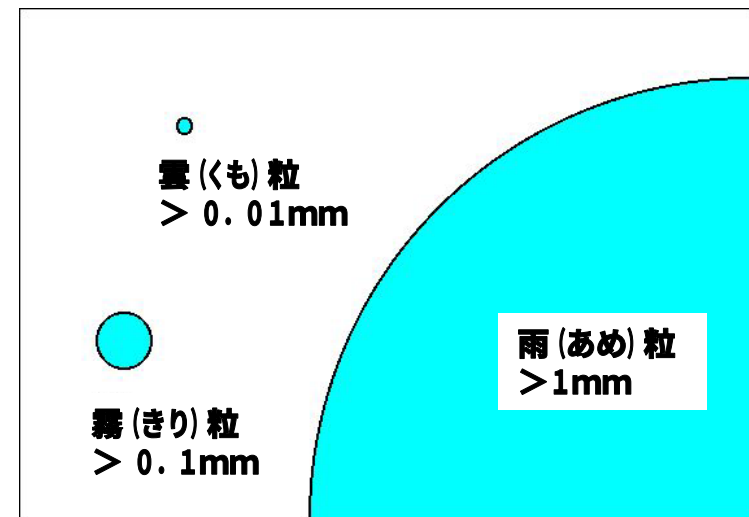
アンテナ走査の概念

1次元フェーズドアレイレーダーによる
3次元詳細観測 (100m, 100仰角 ⇒ 30秒)

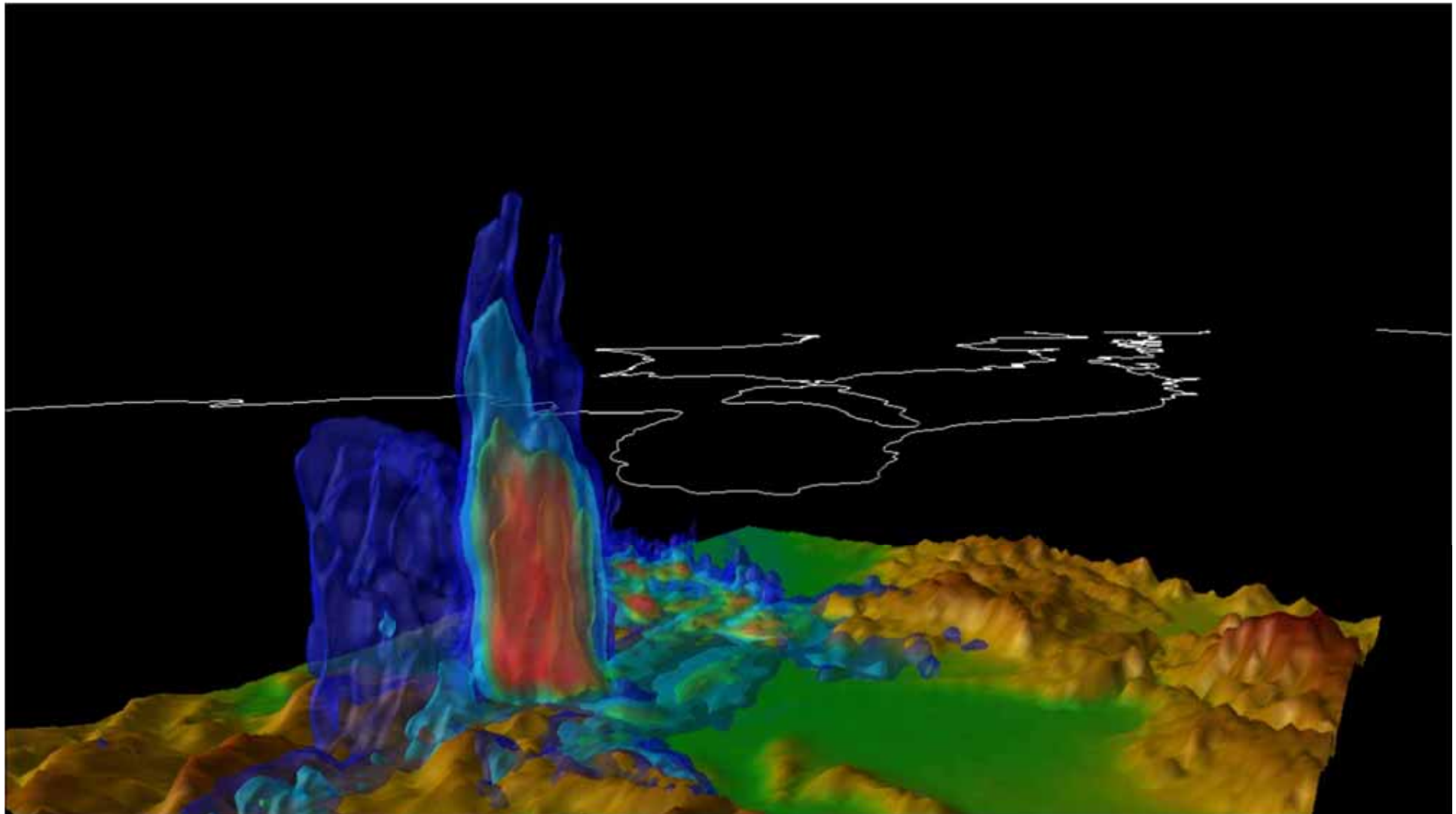
「積乱雲の発達」と「雨粒の成長」



- 1) 積乱雲の上層流中で雲粒が成長する.
- 2) 上層で粒径が大きくなり雨 (または雪・霰) としてレーダで観測される (ファーストエコー) .
- 3) 雨滴は10分間で4~5 km落下する.
- 4) 一つの積乱雲の一生は30~60分程度.

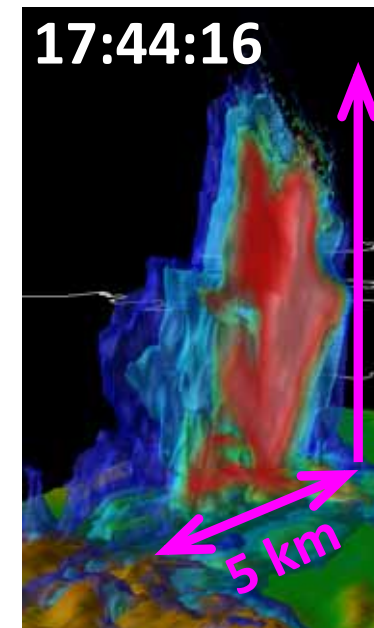
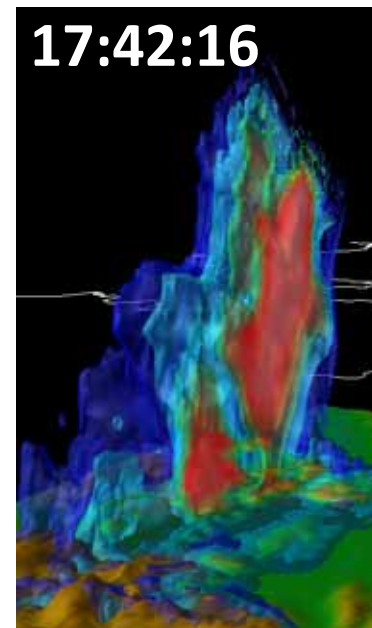
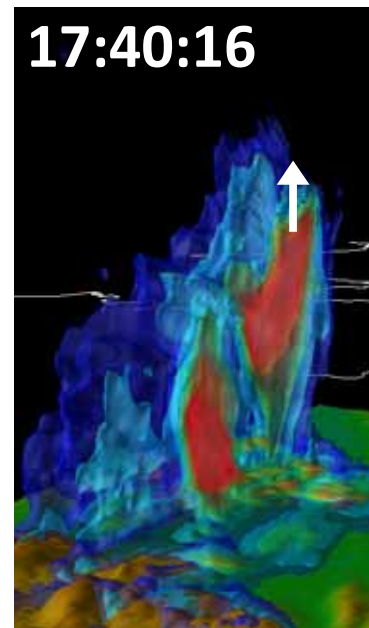
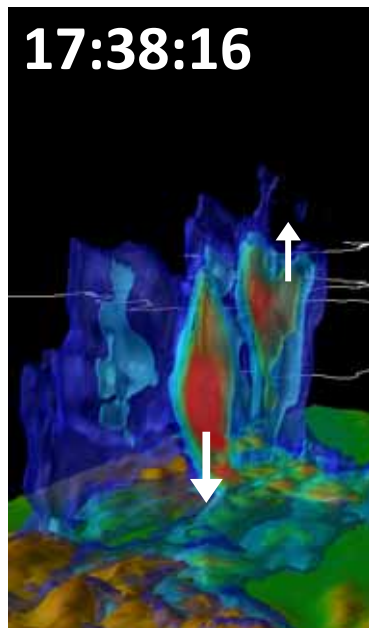
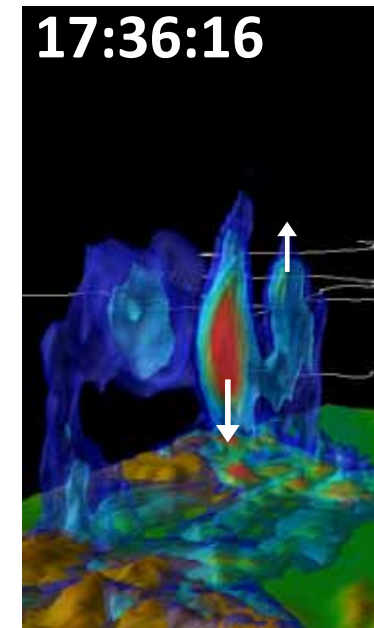
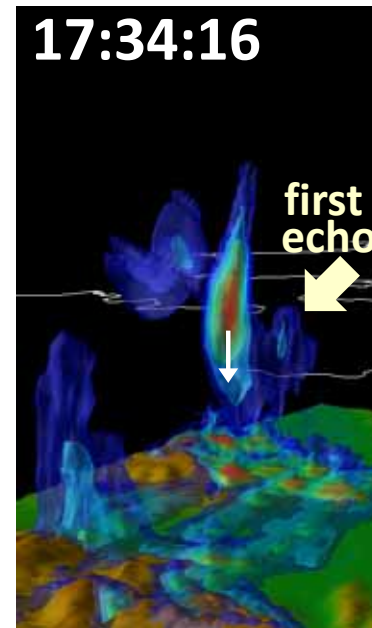
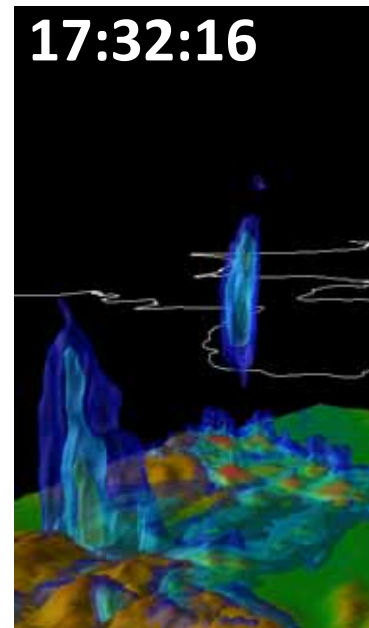
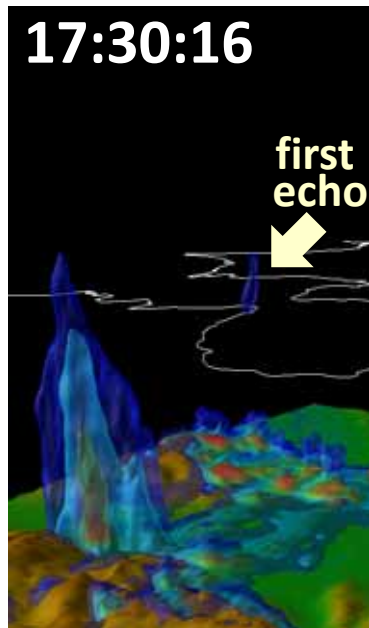


孤立積乱雲による局地的大雨



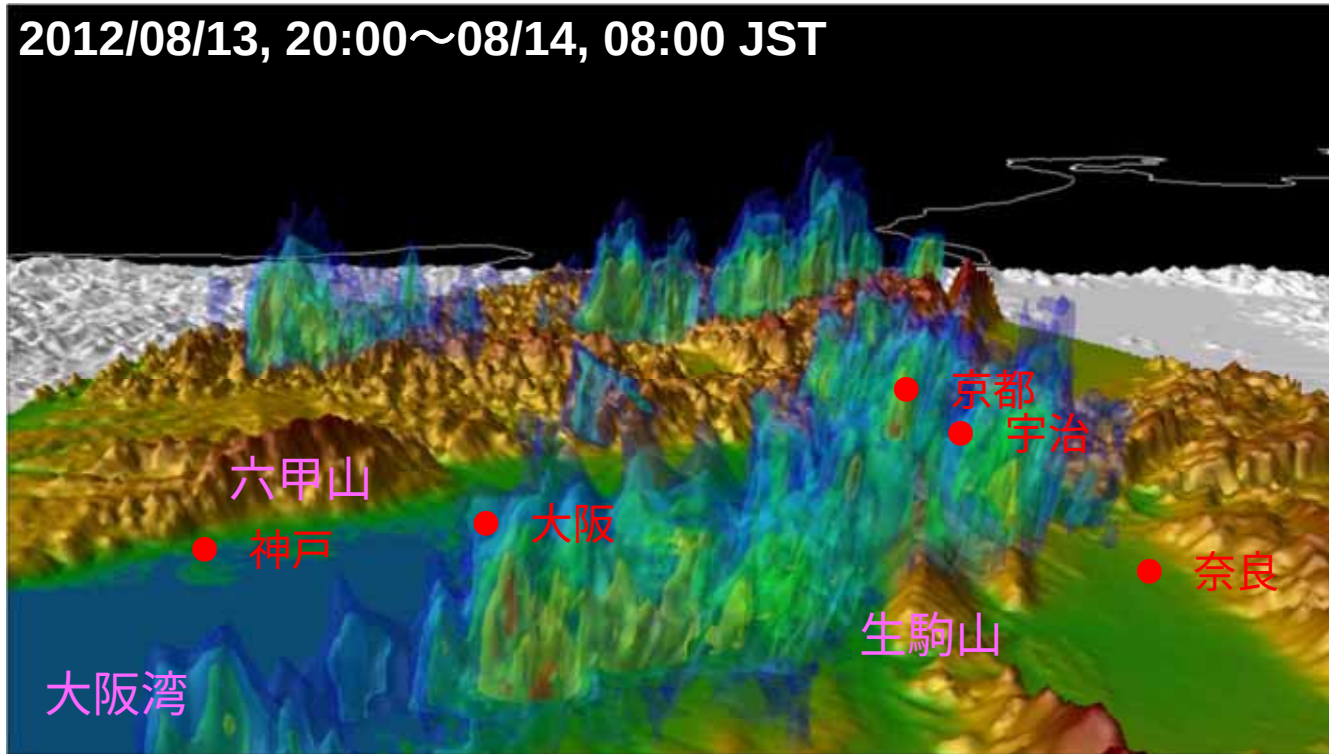
2012年07月26日,17:38:16の3次元降水分布. 京都府南部の京田辺市
付近の降雨の3次元構造を北東方向から眺める (格子間隔 100m).
⇒ 17:20:16~18:10:46の動画 (30秒間隔).

ファーストエコーと降水の発達



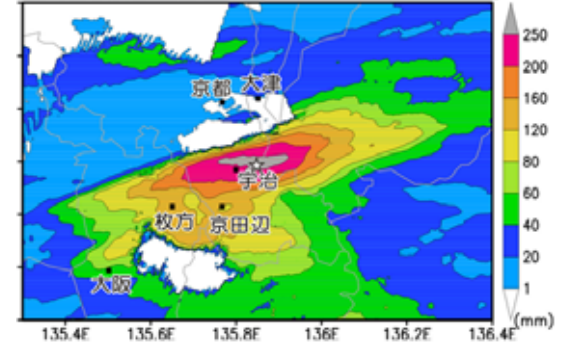
宇治豪雨 (2012年8月13日~14日)

2012/08/13, 20:00~08/14, 08:00 JST



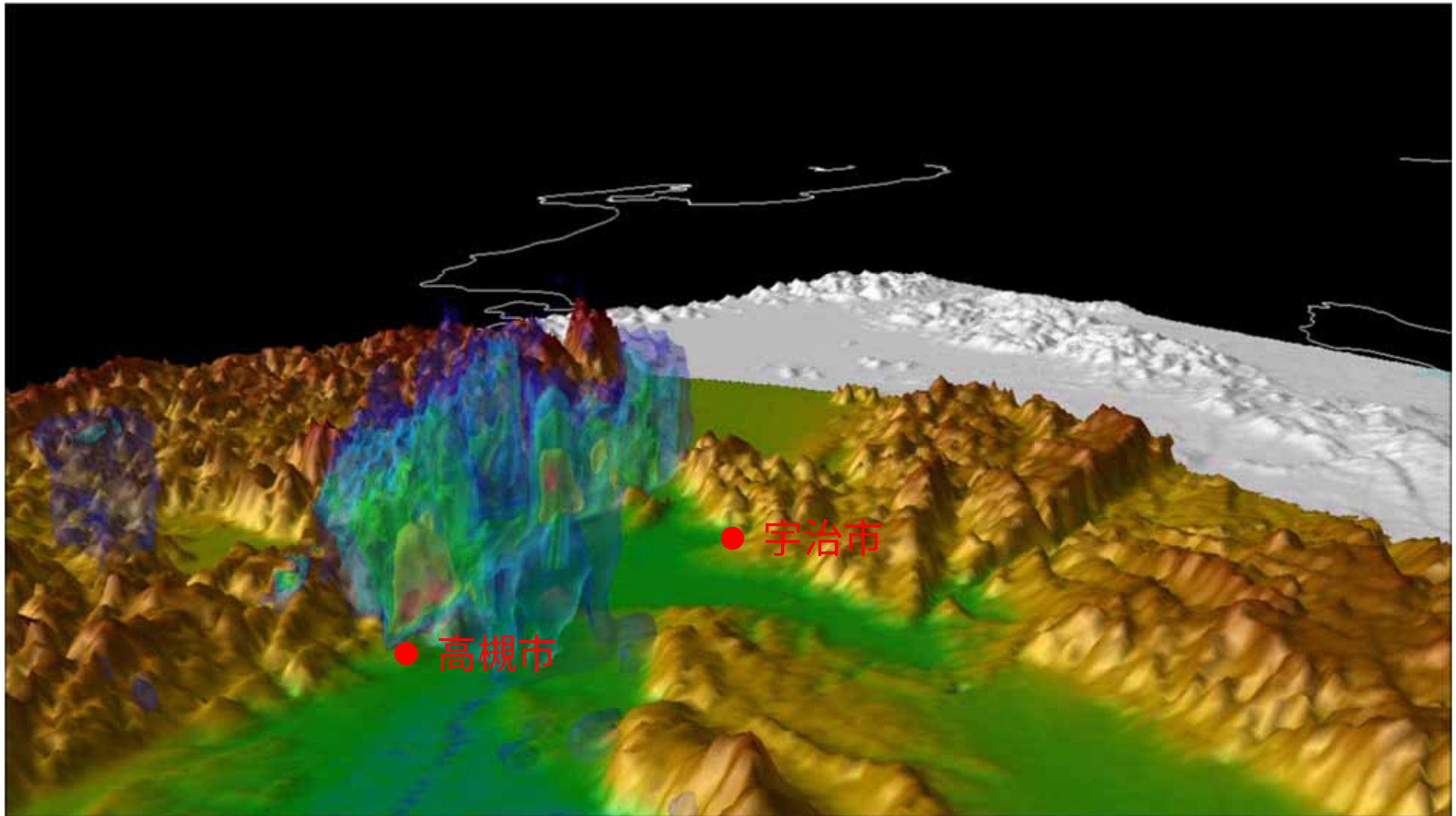
独立行政法人 防災科学技術研究所
観測・予測研究領域
水・土砂防災研究ユニット

2012年8月14日0時から8時の積算雨量
Accumulated rainfall amount [14 AUG 2012, 00:00-7:59JST]

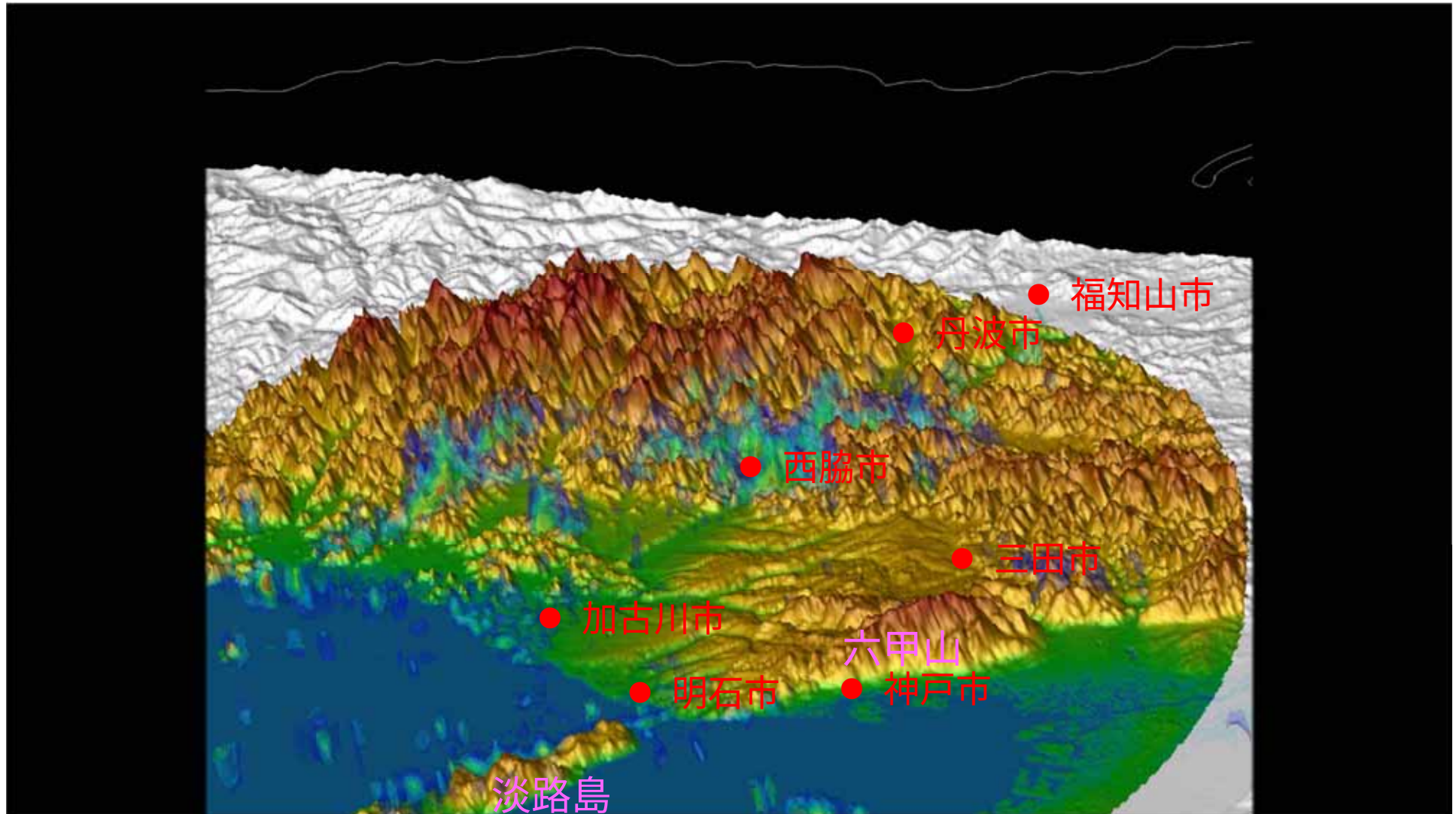


典型的な集中豪雨
(特定地域に降雨が集中)





**2012年08月14日深夜03時15分から04時15分までの3次元降雨分布。
ほぼ決まった場所で次々と新しい降雨エコーが発生している。**

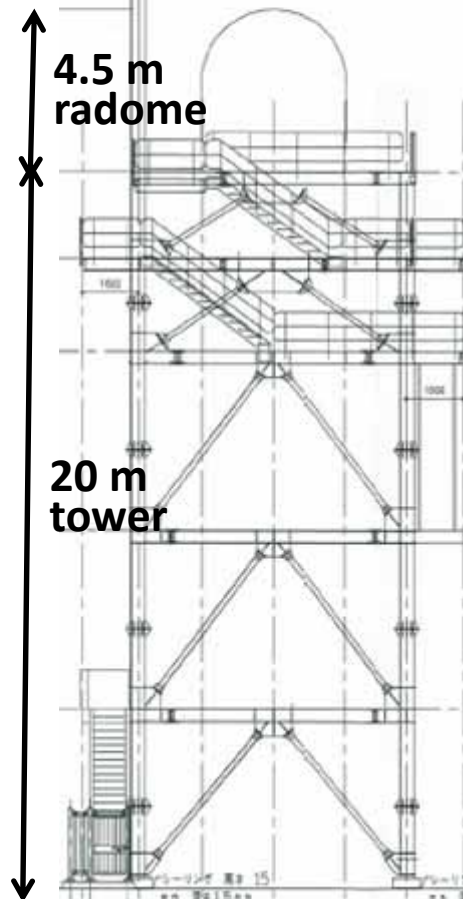


NICT未来ICT研究所(神戸市岩岡町)設置のフェーズドアレイ気象レーダで観測された2014年08月16日夜9時から翌日朝5時までの8時間の3次元降雨分布 (観測範囲半径60km, 格子間隔 250m) . 10fps → 300倍速



PANDA: Phased Array weather radar and Doppler Lidar Network fusion Data system

@NICT未来ICT研究所
(神戸市西区岩岡町)
@NICT沖縄電磁波技術
センター(恩納村)



PANDA センサ融合データシステム



ドップラーライダー



マイクロ波放射計



スカイラジオメータ



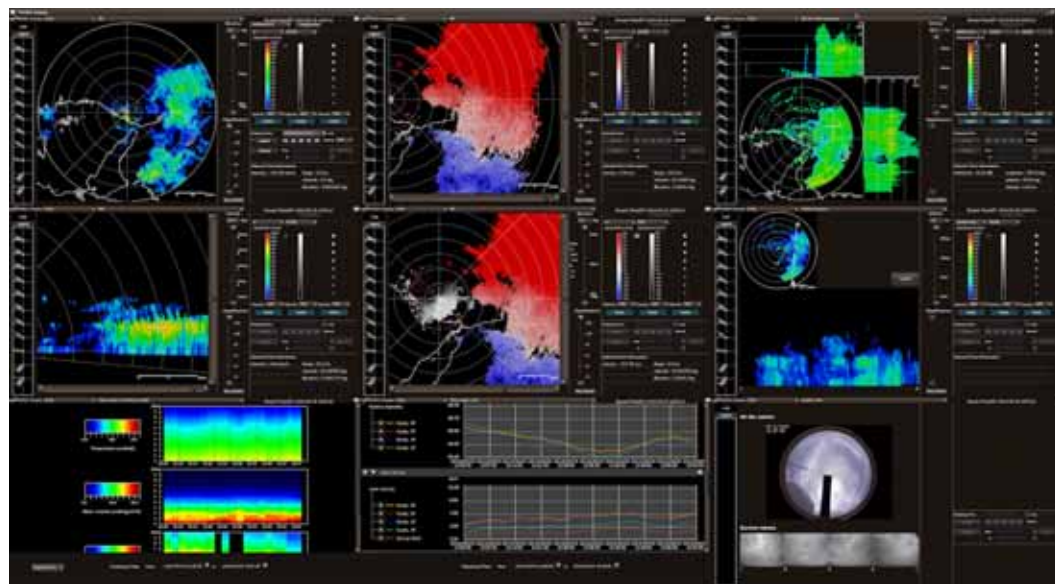
超音波風速計
温湿度計



雲監視カメラ



全天カメラ

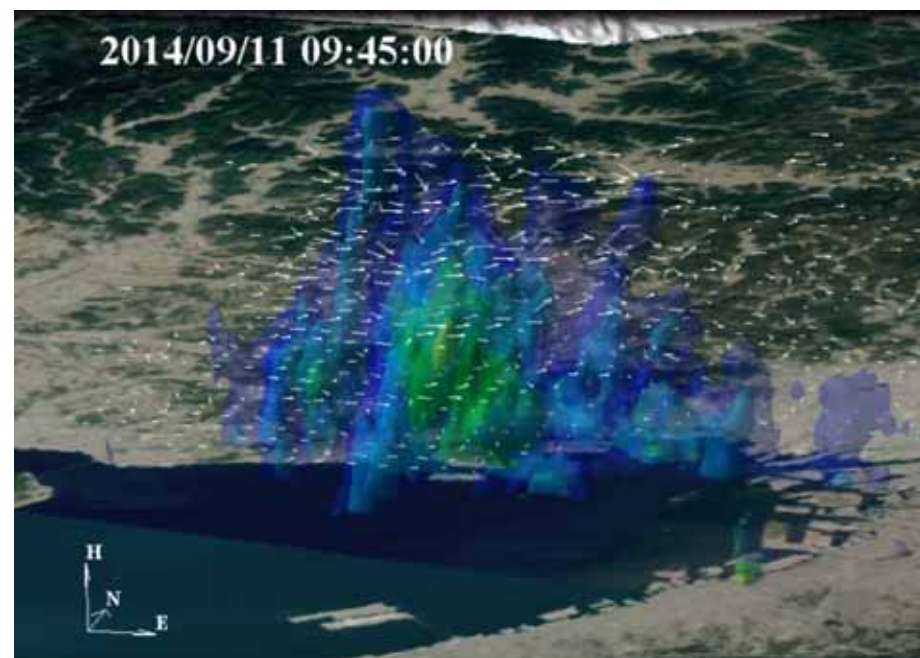
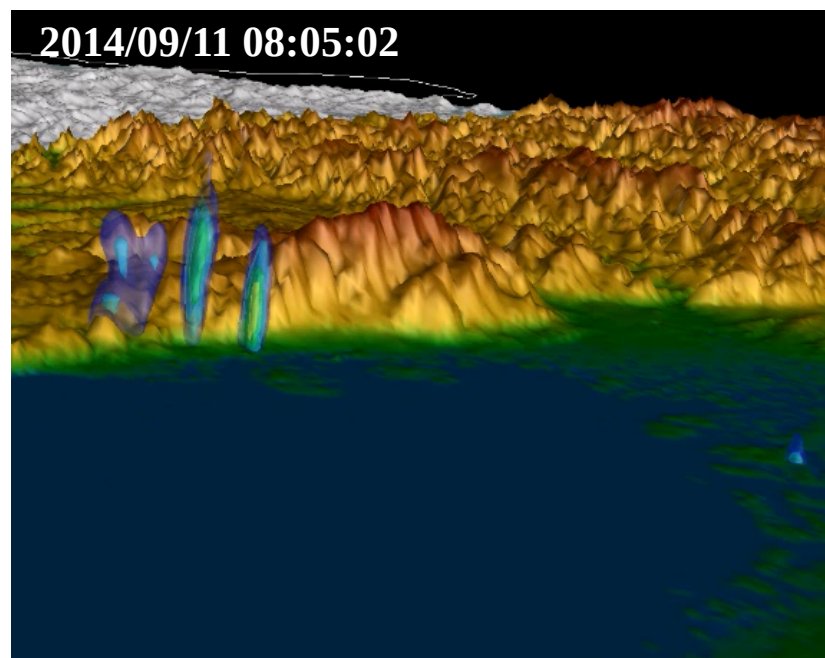
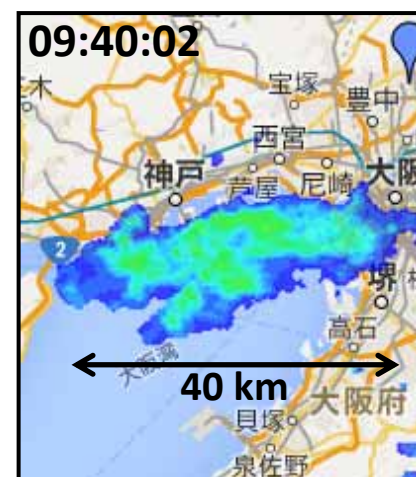


←融合システムのデータ可視化
(4K-REGZAによる9面表示)
@NICT小金井本部

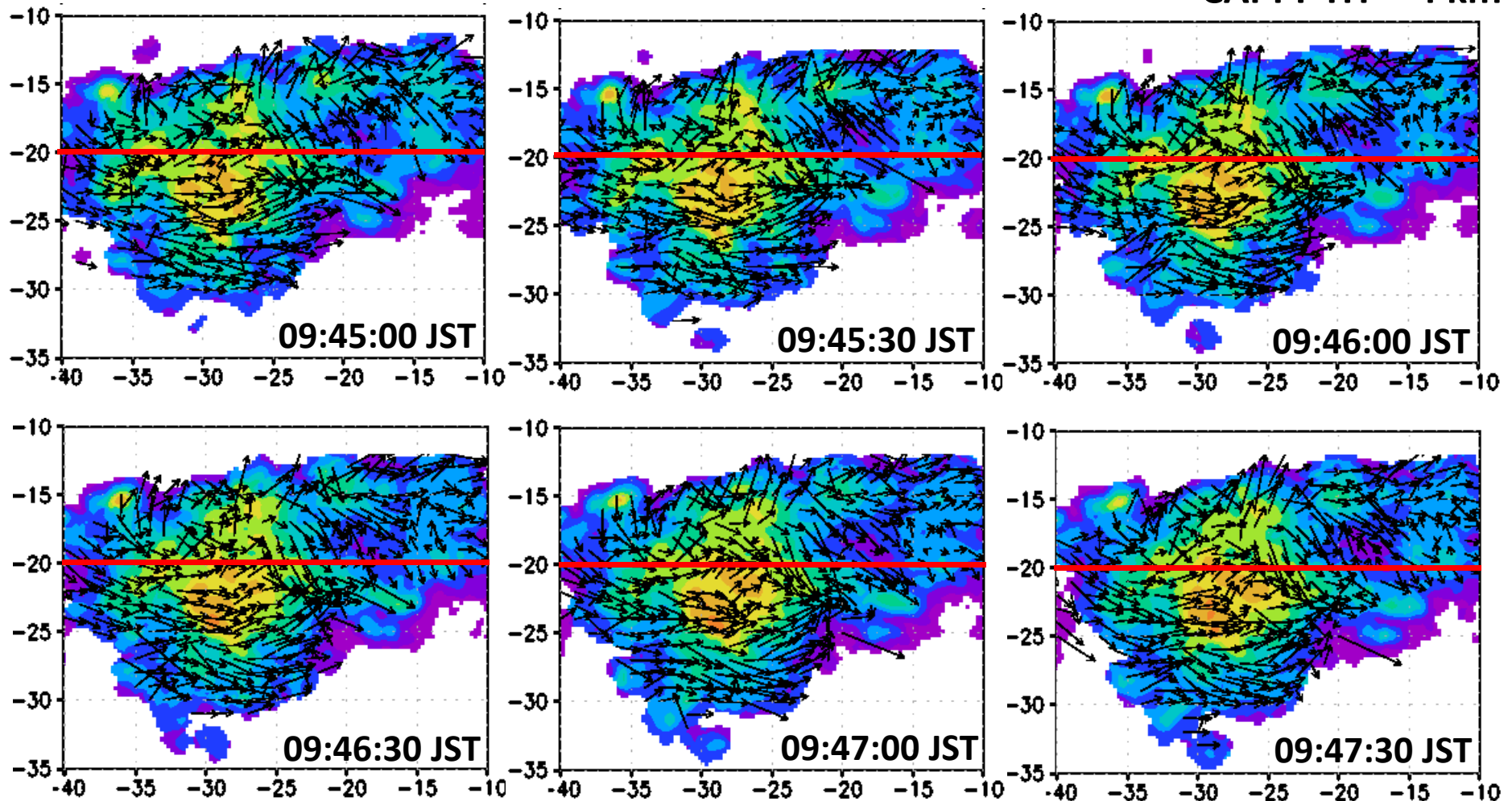
神戸・吹田PAWRの観測範囲



発達する対流雲 (08:00~10:00, Sep 11, 2014)

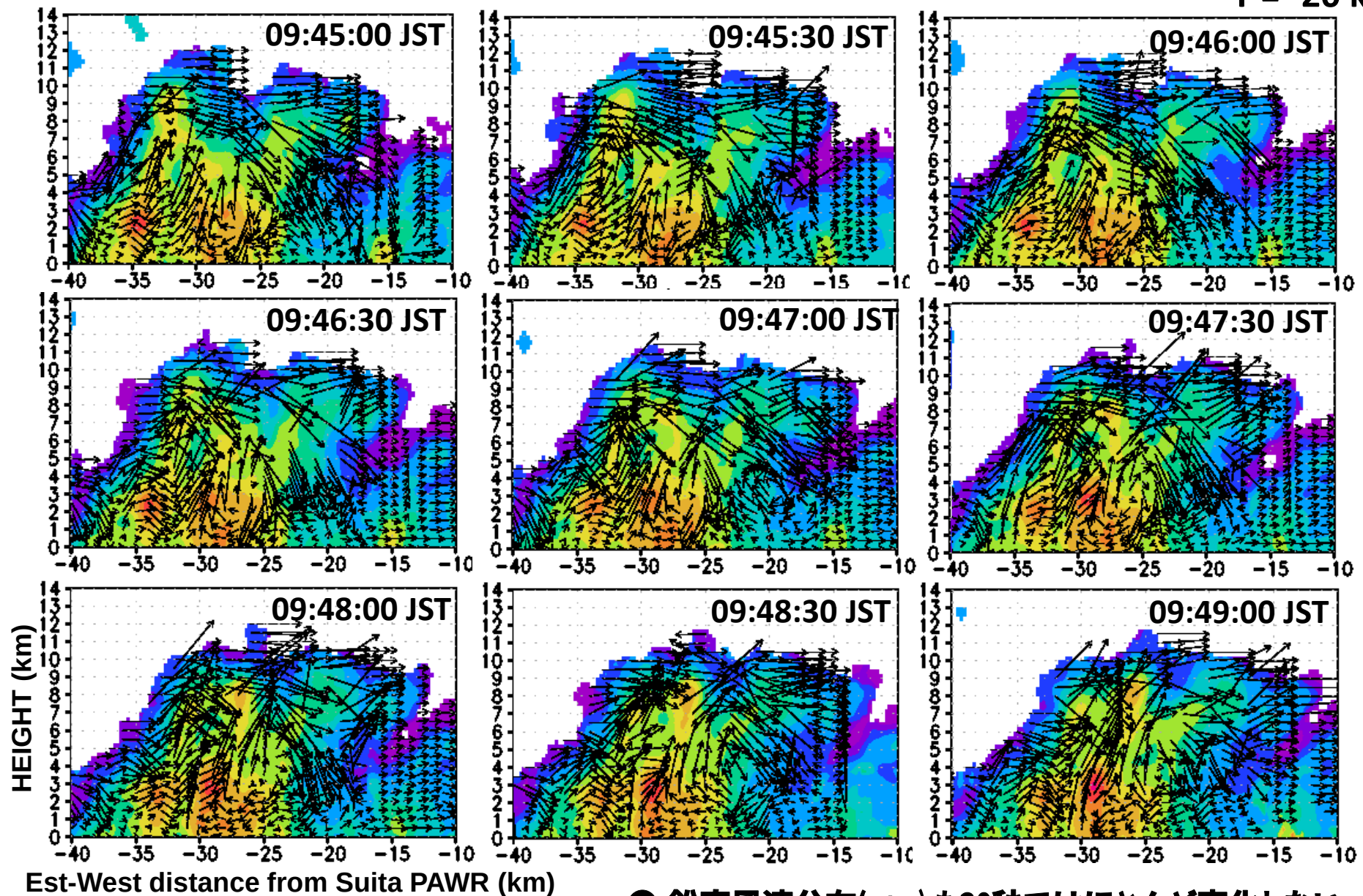


CAPPI HT = 4 km



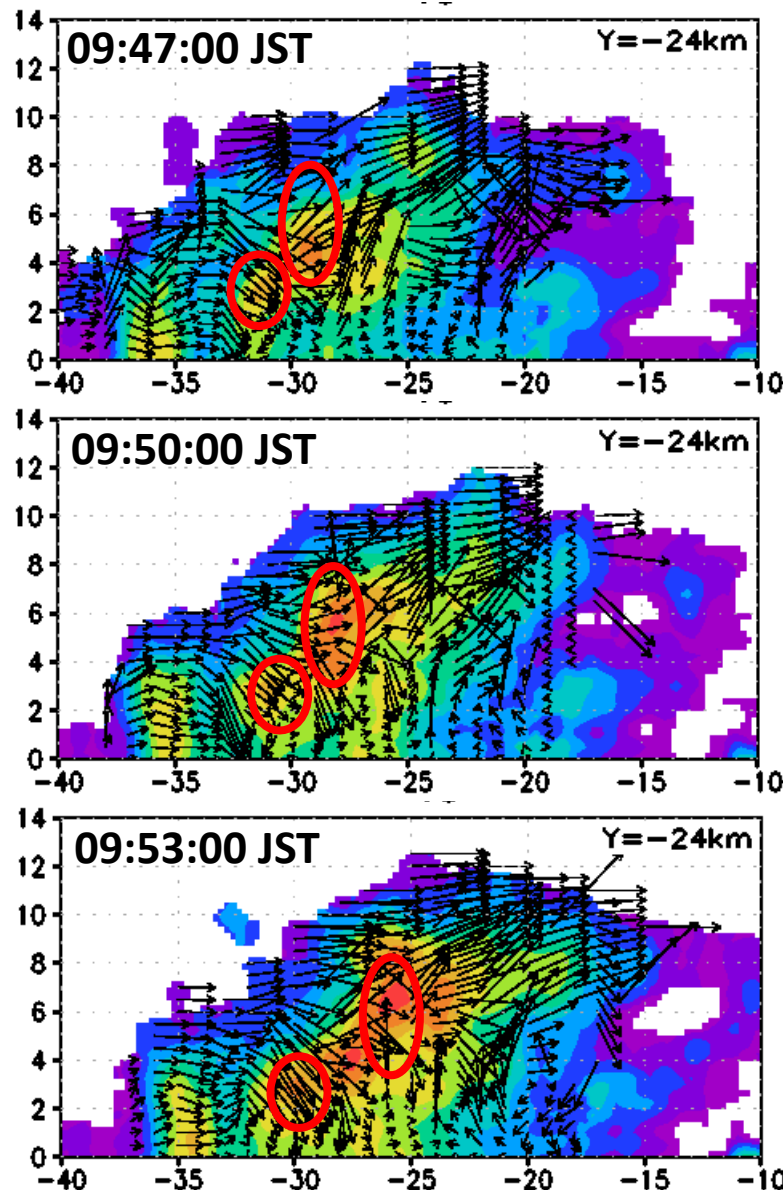
- 30秒毎に見ても、水平風速ベクトル(u+v) はほとんど変化しないが、降水コアは成長している@X=-30km, Y=-24km付近
- データ品質管理を行っていないため (特に神戸PAWR) ノイズデータが多い

Y = -20 km



● 鉛直風速分布($u+w$) も30秒ではほとんど変化しない

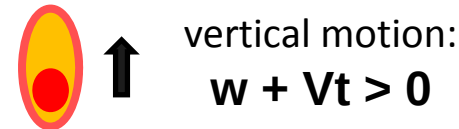
降水の成長とエコーの3次元移動ベクトル



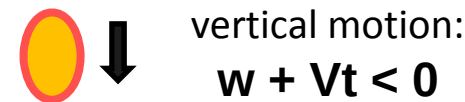
- 1) 水平・鉛直風速 u, v, w ← dual-Doppler解析
- 2) 雨滴の終端落下速度 V_t ← 反射強度(Z_e)から推定
- 3) 降水エコーの3次元移動ベクトル ← 30秒毎データから
TREC (Tracking Radar Echoes by Correlation)法で計算
- 4) 降水強度の盛衰量 ← 移動ベクトル or dual-Doppler風速

鉛直方向のエコーの動きを考えると、

強い上昇流 ($> 6 \text{ m/s}$) 中では移動ベクトルは上向き

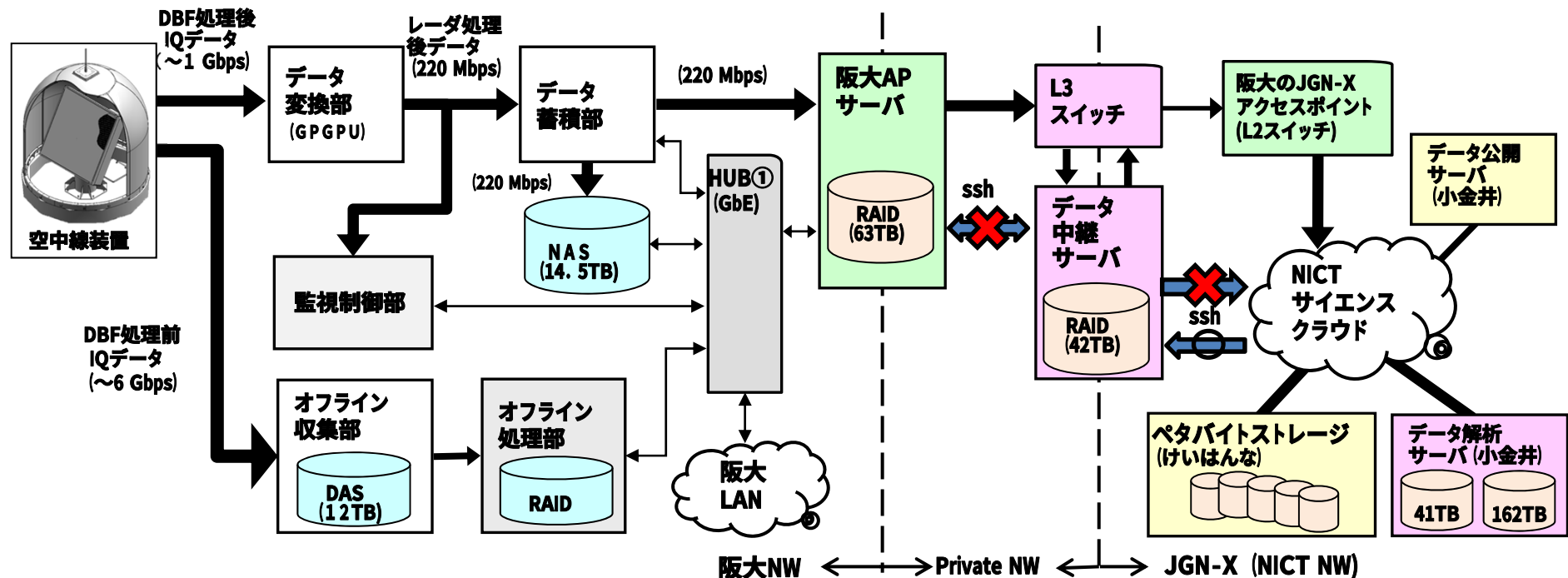


下降流や弱い上昇流中では移動ベクトルは下向き

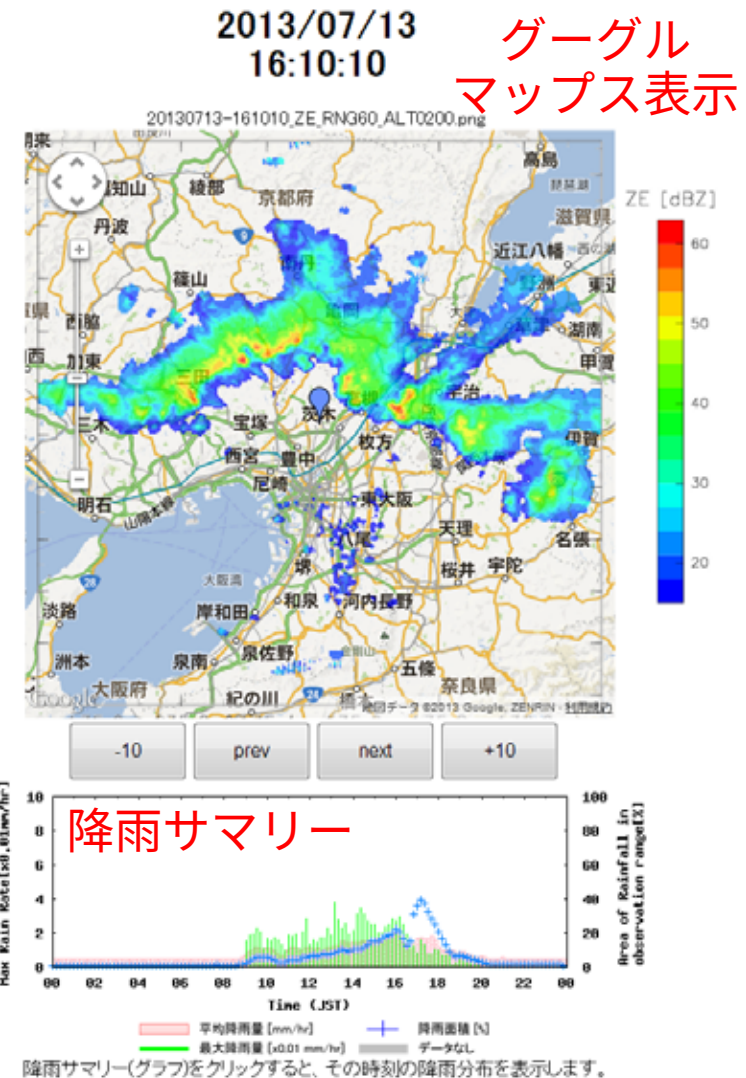
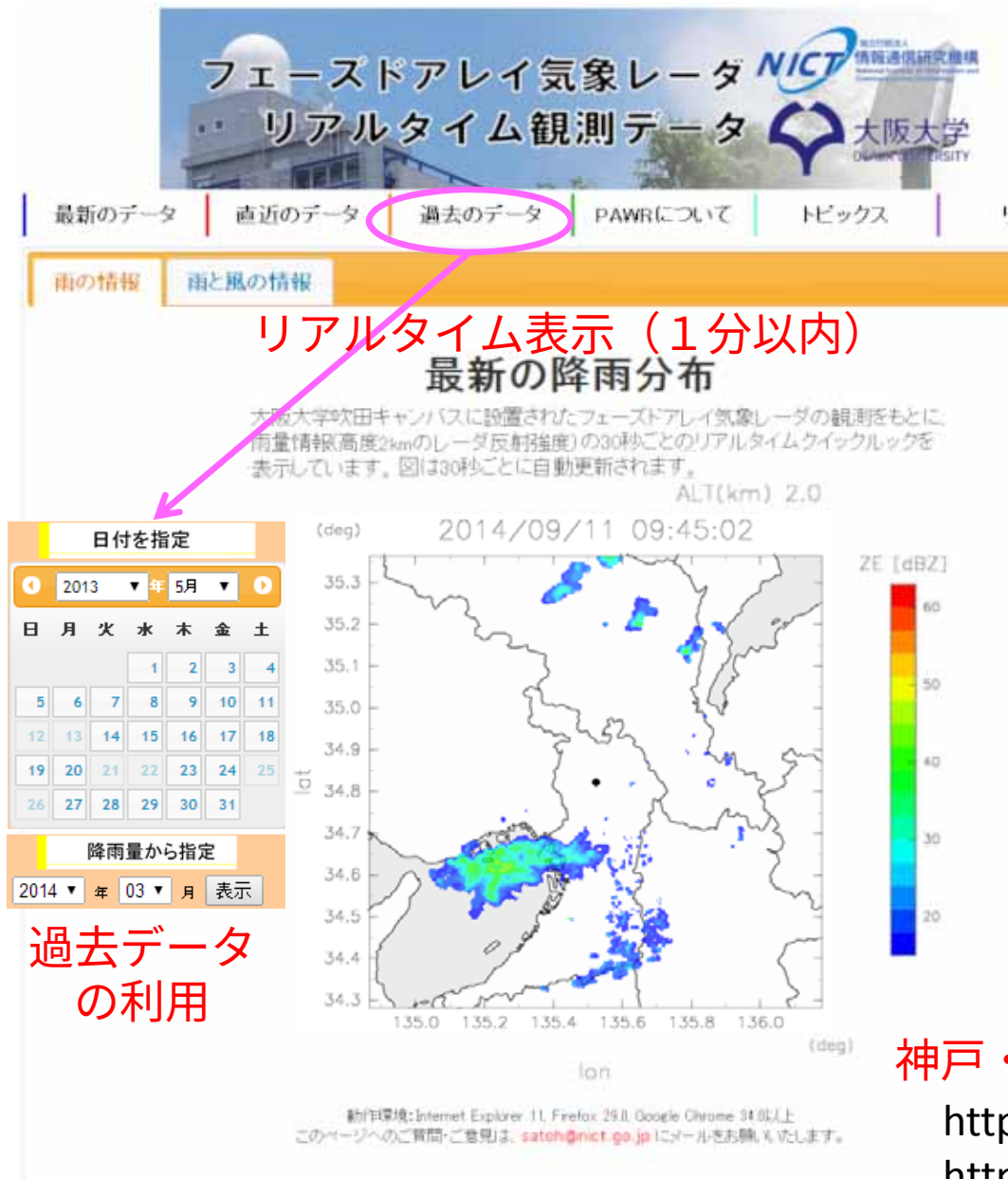


しかし、これに降水の盛衰を加えて考える必要がある。移動ベクトルが上向きでも下向きでも、衝突併合によって降水は成長するが、成長率は雲水量に比例するので上昇流の方が有利と考えられる。⇒ **詳細な解析は今後の研究課題**

阪大PAWR観測データシステム



- **リアルタイム処理** ⇒ 実利用には必須、現場計算機でQL画像を作成、現状は観測終了後1分後 (神戸・沖縄は3～5分後) にWeb画面更新
- **過去データの利用** ⇒ Webページから過去データに容易にアクセス
研究目的には非常に重要、防災対策としても利用価値大
- **ビッグデータ** ⇒ データ容量～1.4 TB/日 (1台PAWR)、原則24時間運用、NICTサイエンスクラウド (ペタバイトストレージ@けいはんな) M2Mデータセンター@けいはんな (2.4PBを確保) 無降雨時のデータはZe、Vrを残して削除



神戸・沖縄PAWRもWeb公開開始

<http://pawr.nict.go.jp/pawr/kobe/web/>

<http://pawr.nict.go.jp/pawr/okinawa/web/>

(株)エムティーアイとの共同研究

「フェーズドアレイ気象レーダーによる豪雨予報に関するモバイルコンテンツ開発」

ライフレンジャー
天気



- フェーズドアレイ気象レーダー(PAWR)は、わずか30秒で半径60kmの範囲を距離分解能100m、100仰角という詳細な3次元観測を実現し、従来のパラボラアンテナのレーダーに比べて約100倍のビッグデータを生成する。
- 3次元アニメーションで紹介した局地的大雨や集中豪雨の事例のように、30秒毎の3次元データを用いることで短時間予測／ナウキャストの大幅な精度向上が期待される。
- 神戸と吹田PAWRによる30秒毎のdual-Doppler観測による3次元風速分布(少なくとも数分間は維持)を紹介した。今後、降水の移動ベクトル算出と組み合わせることで、降水の成長に関する研究を進めていきたい。
- ビッグデータをリアルタイム処理してアーカイブするシステムとWeb公開ページに加えて、今年の夏に実施予定の豪雨予報に関するモバイルコンテンツの配信実験を紹介した。