

「XバンドMPレーダ雨量情報 と豪雨予測」

中北英一

京都大学 防災研究所

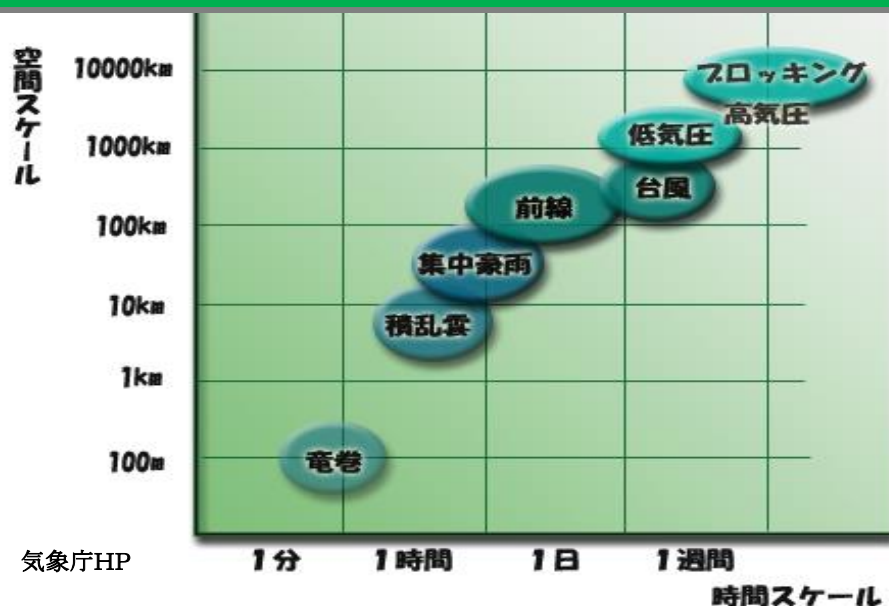
気象・水象災害研究部門

水文気象災害研究分野

内 容

- 1. ゲリラ豪雨とタマゴの早期探知**
- 2. MPレーダーとは？**
- 3. 国交省MPレーダーネットワーク(XRAIN)**
- 4. 早期探知と予測**
- 5. さらなる利用に向けて**

災害をもたらす豪雨のスケール



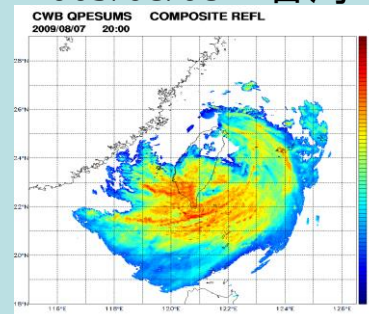
台風

範囲: 1000km

継続時間: 1日から数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害

2009/08/08 in台湾



台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

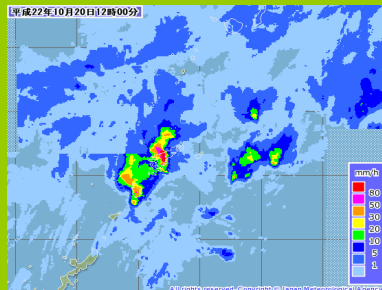
集中豪雨

範囲: 100km

継続時間: 6時間から半日程度

中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害

2010/10/20 in奄美



南日本新聞 OFFICIAL SITE

ゲリラ豪雨(局地的豪雨)

範囲: 数km

継続時間: 1時間程度

小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫

2008/07/28 at都賀川

2008/08/05 at雑司ヶ谷

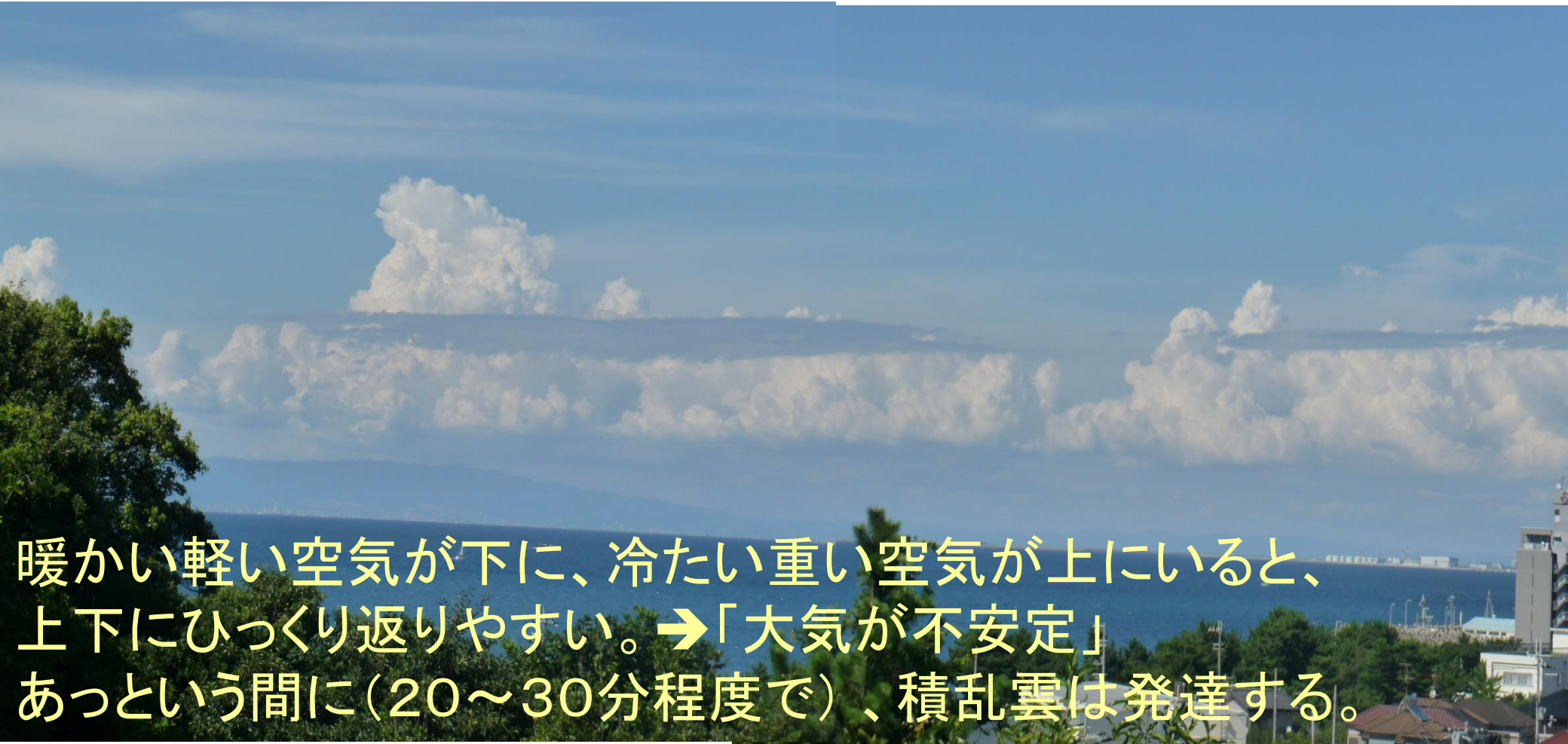


都賀川モニタリング映像

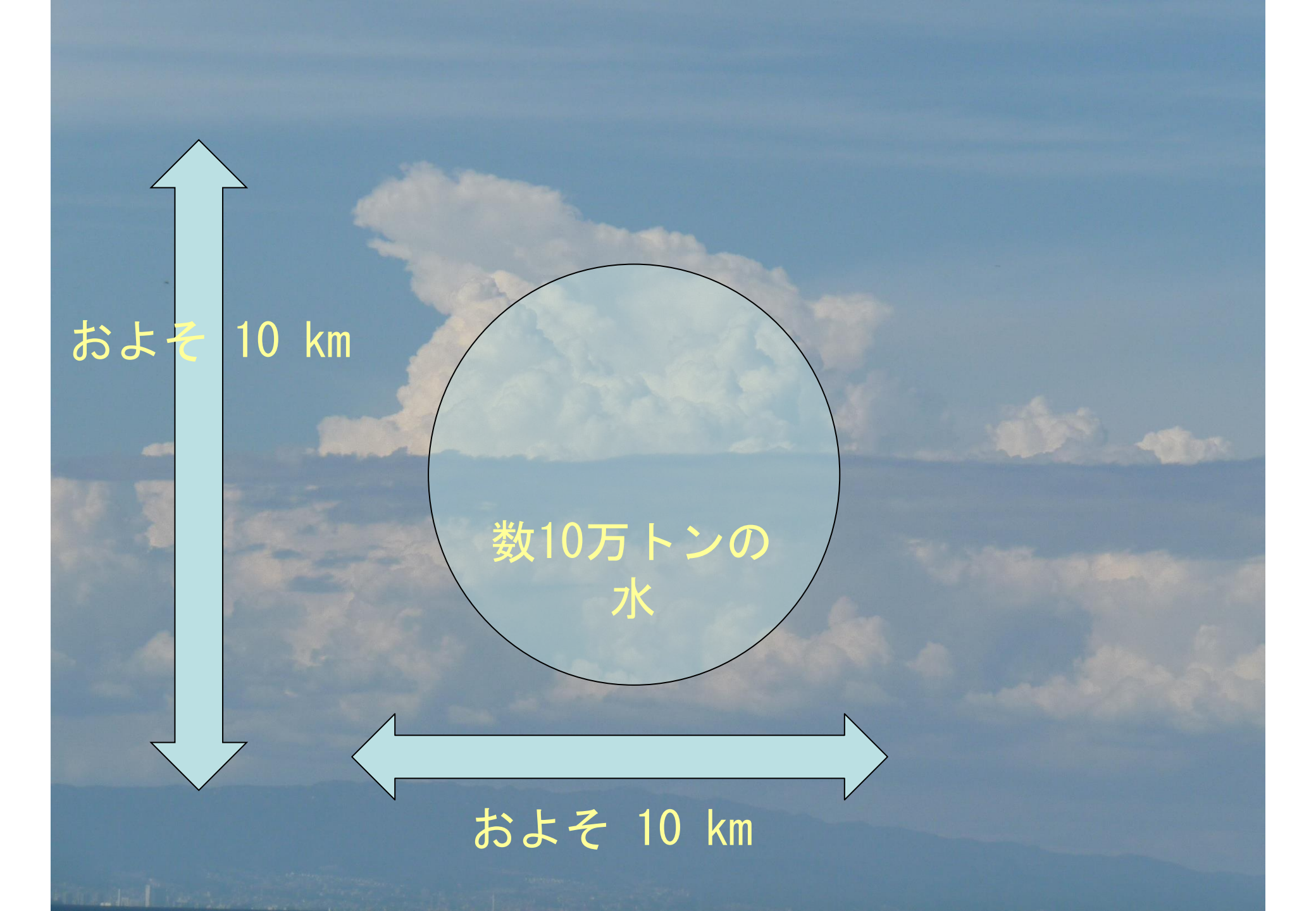


共同通信

キーワード(1) ゲリラ豪雨(積乱雲(入道雲))



暖かい軽い空気が下に、冷たい重い空気が上にあると、
上下にひっくり返りやすい。→「大気が不安定」
あっという間に(20～30分程度で)、積乱雲は発達する。

A diagram illustrating a volume of water in the sky. A large, light blue circle is centered in the upper half of the image, representing a cloud or a specific volume of water. The background is a blue sky with scattered white clouds. A vertical double-headed arrow on the left side of the circle indicates a height of approximately 10 km. A horizontal double-headed arrow below the circle indicates a width of approximately 10 km. Inside the circle, the text '数10万トンの水' (Approximately 100,000 tons of water) is written in yellow.

およそ 10 km

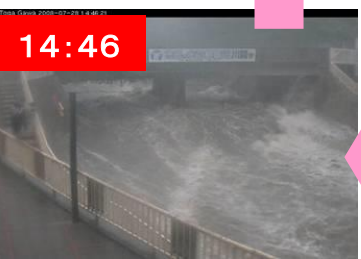
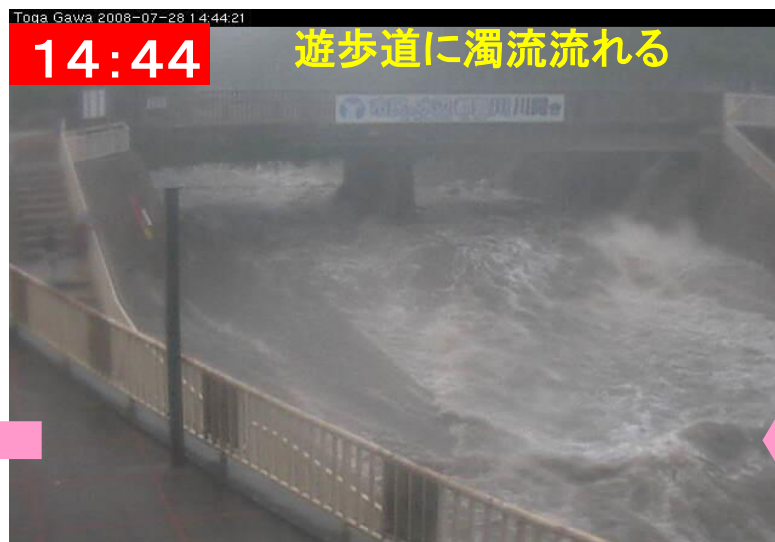
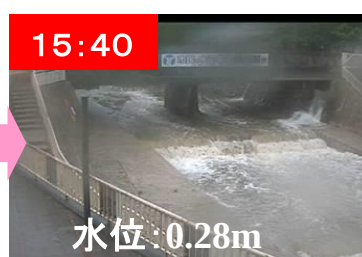
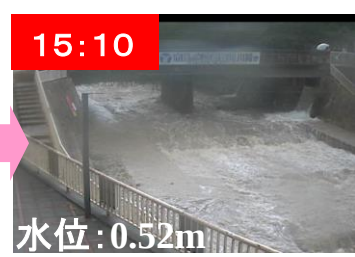
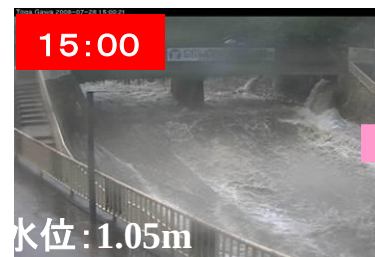
数10万トンの
水

およそ 10 km

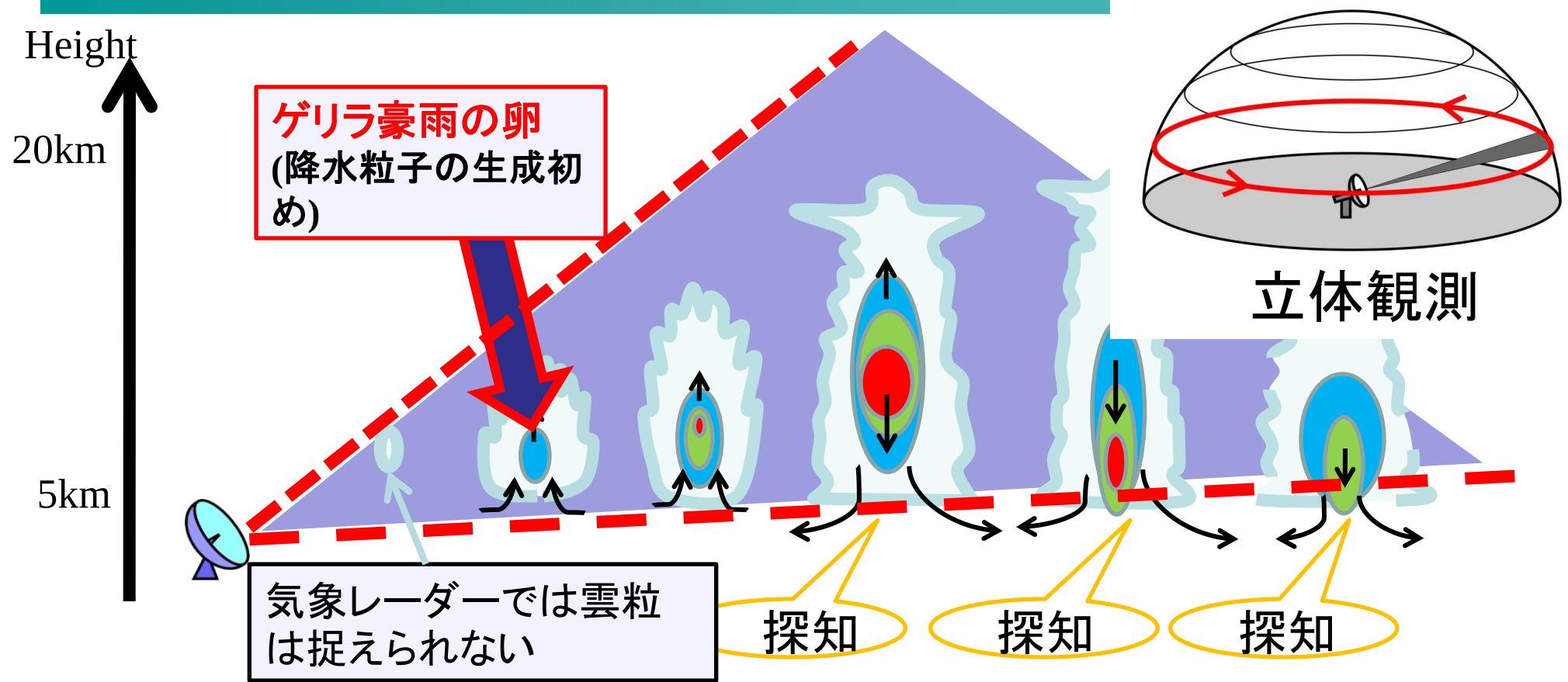
都賀川災害時の周辺の様子(7月28日14:20~24)



平成20年7月28日 都賀川甲橋 神戸市モニタリングカメラ画像



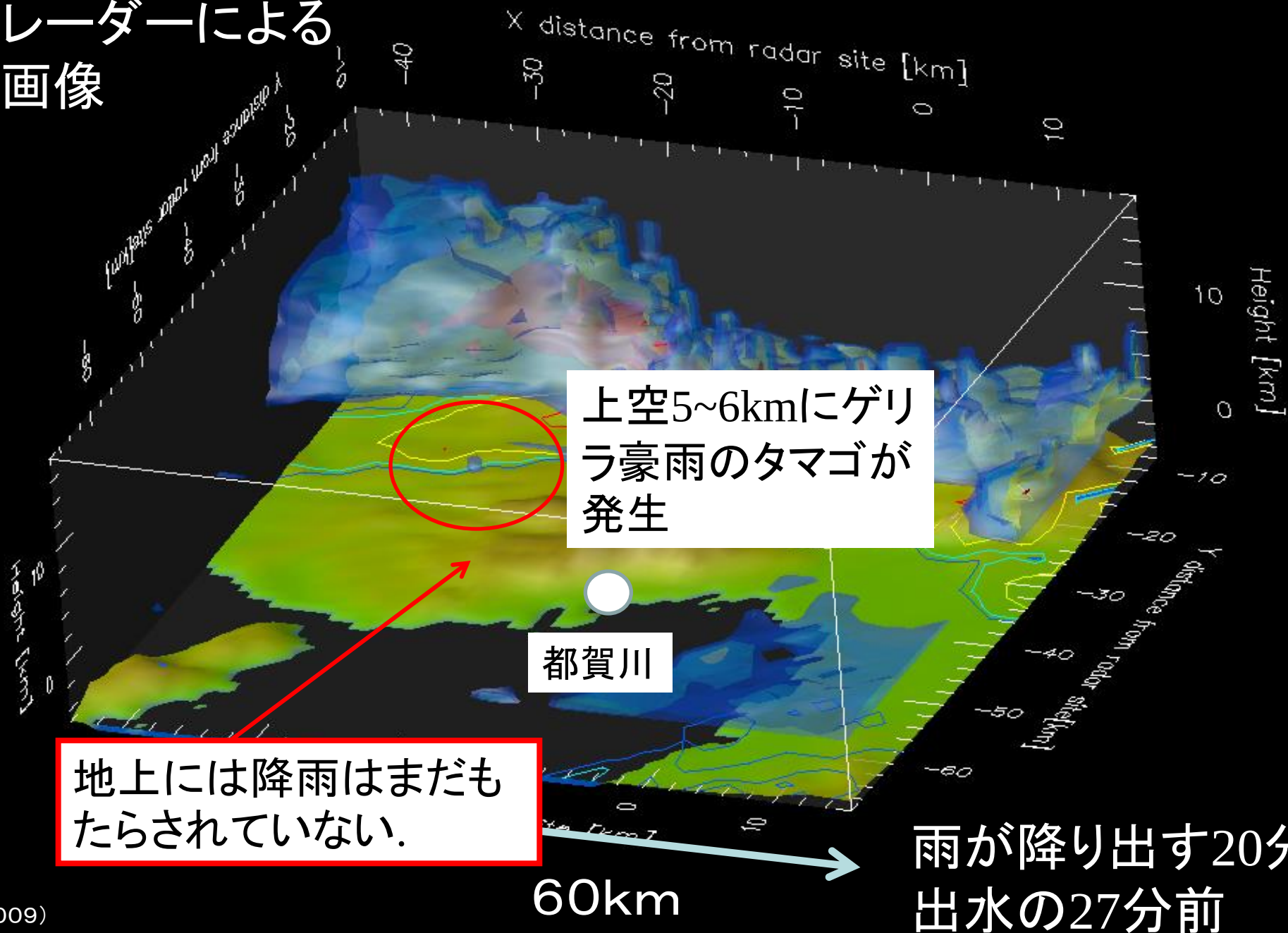
もっと早く捉えられなかったのだろうか？ 立体観測の有効性



- ✓低高度の観測だけでは、積乱雲がかなり発達してからしか、降雨は探知できない。
- ✓立体観測は、より早い時期に「ゲリラ豪雨の卵」を探知できる可能性がある。

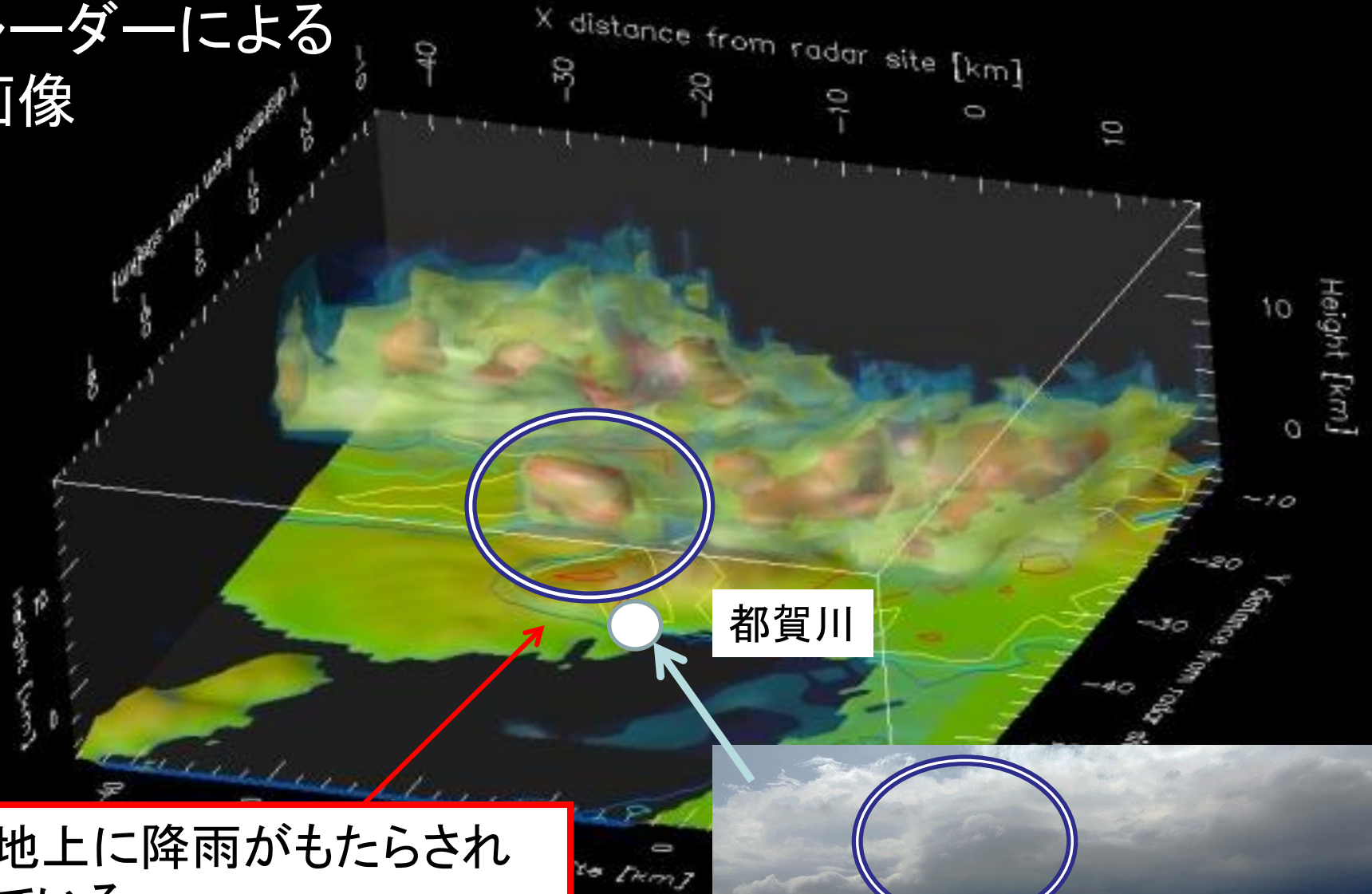
2008 07 28 14:13.5 JST

大型レーダーによる 立体画像

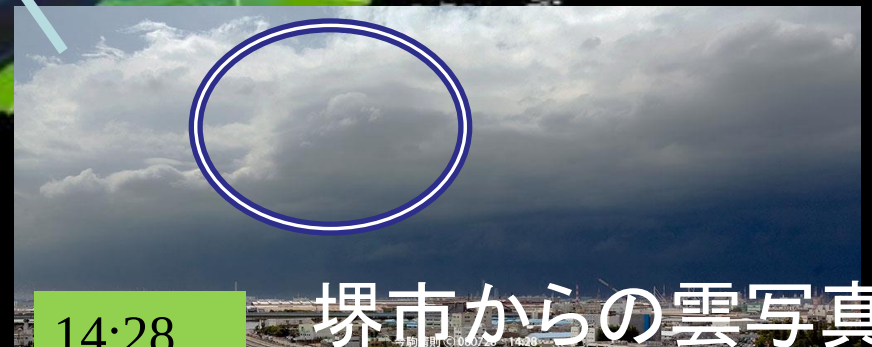


2008 07 28 14:28.5 JST

大型レーダーによる 立体画像



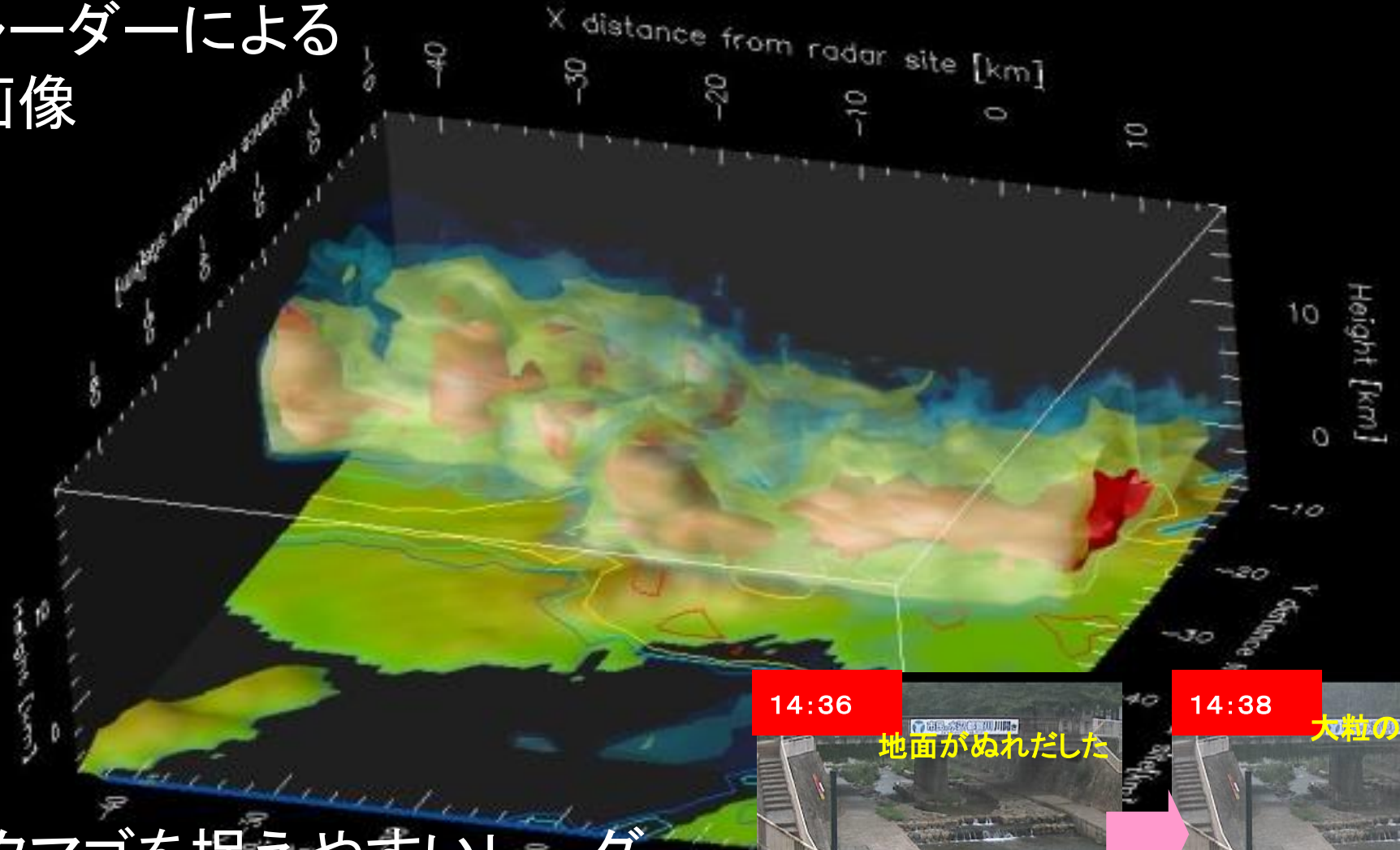
地上に降雨がもたらされている。



14:28 堺市からの雲写真

2008 07 28 14:36.0 JST

大型レーダーによる 立体画像



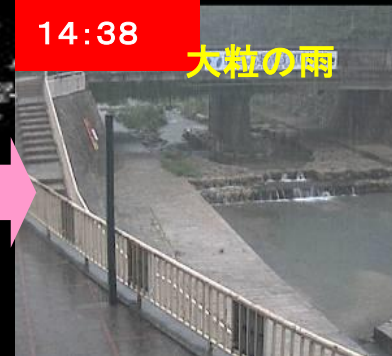
もっとタマゴを捉えやすいレーダー
観測体制はないものだろうか？

14:36

地面がぬれだした

14:38

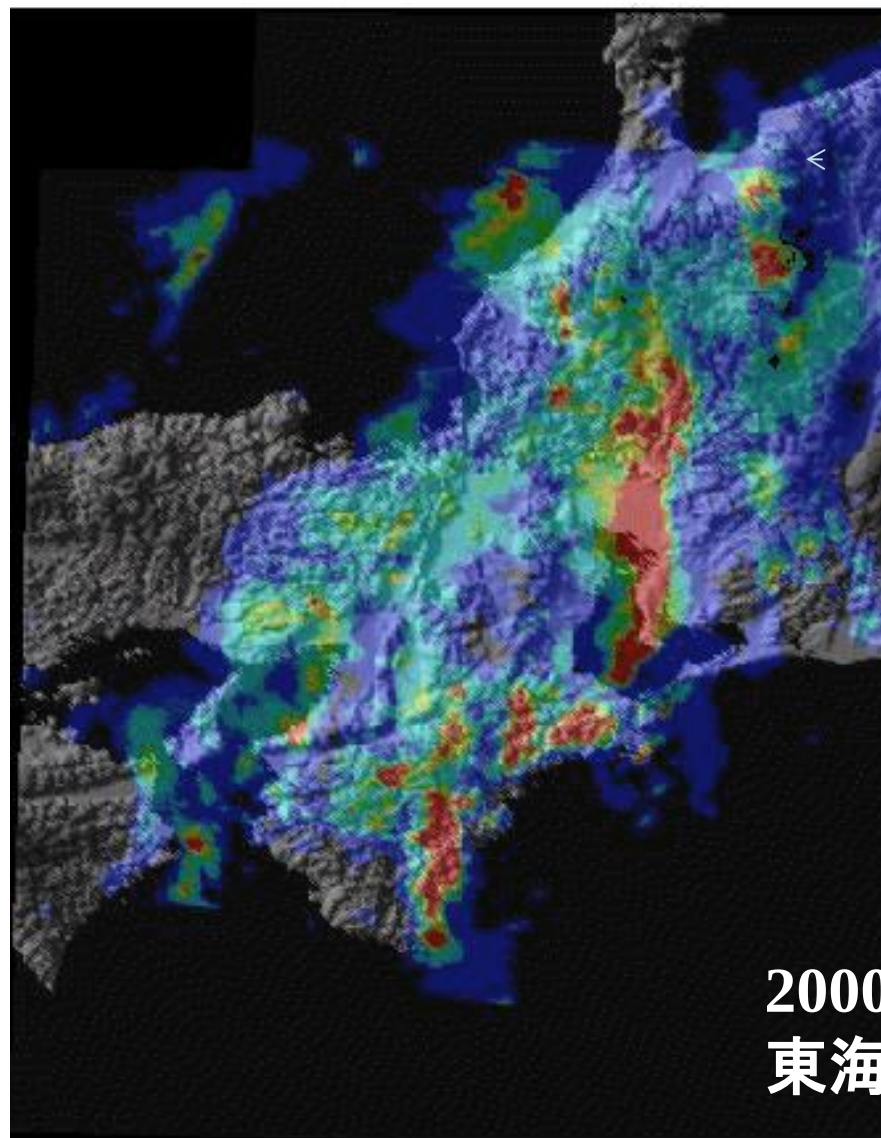
大粒の雨



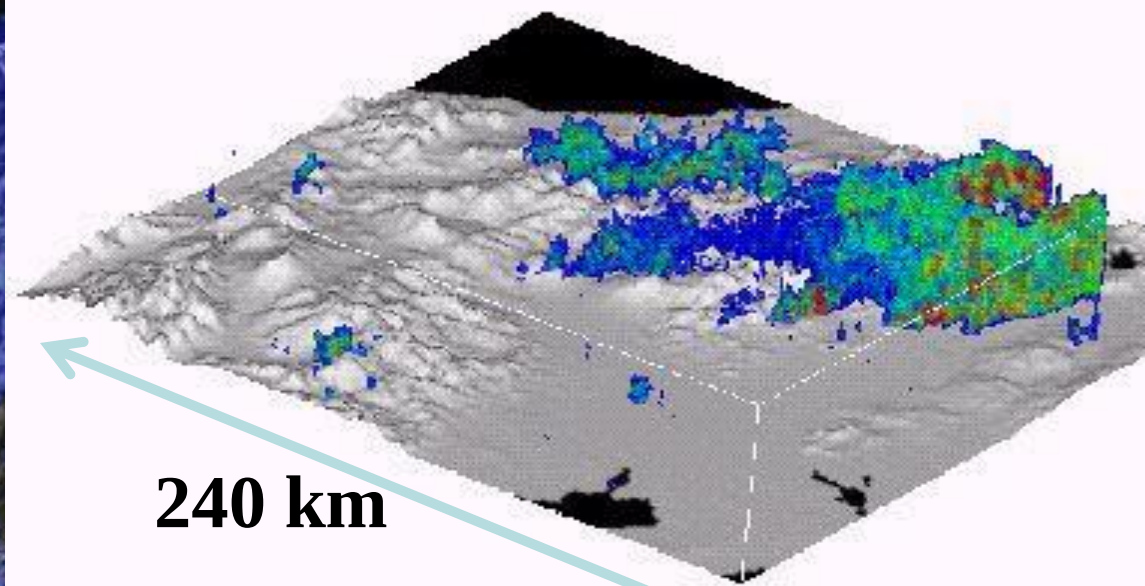
内 容

1. ゲリラ豪雨とタマゴの早期探知
2. **MPレーダーとは？**
3. 国交省MPレーダーネットワーク(XRAIN)
4. 早期探知と予測
5. さらなる利用に向けて

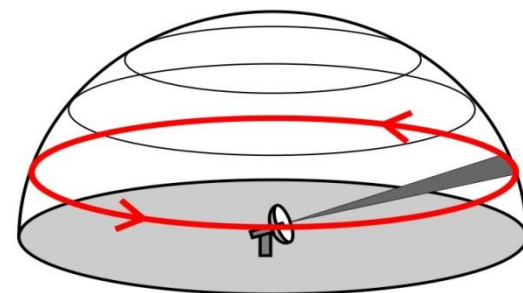
キーワード(2) 気象レーダーで豪雨を観る



563 km



1998年8月26~27日
那須豪雨



レーダー観測

レーダーによる気象観測(観測機能による違い)

コンベンショナル
レーダー(旧来のレーダー)

→レーダー反射因子 Z_{HH} (電波の強さ)

その他のレーダー

- ・ ドップラーレーダー (風をはかる)
- ・ ウインドプロファイラー(ウィンダス)
- ・ 宇宙からの降水観測(TRMM)

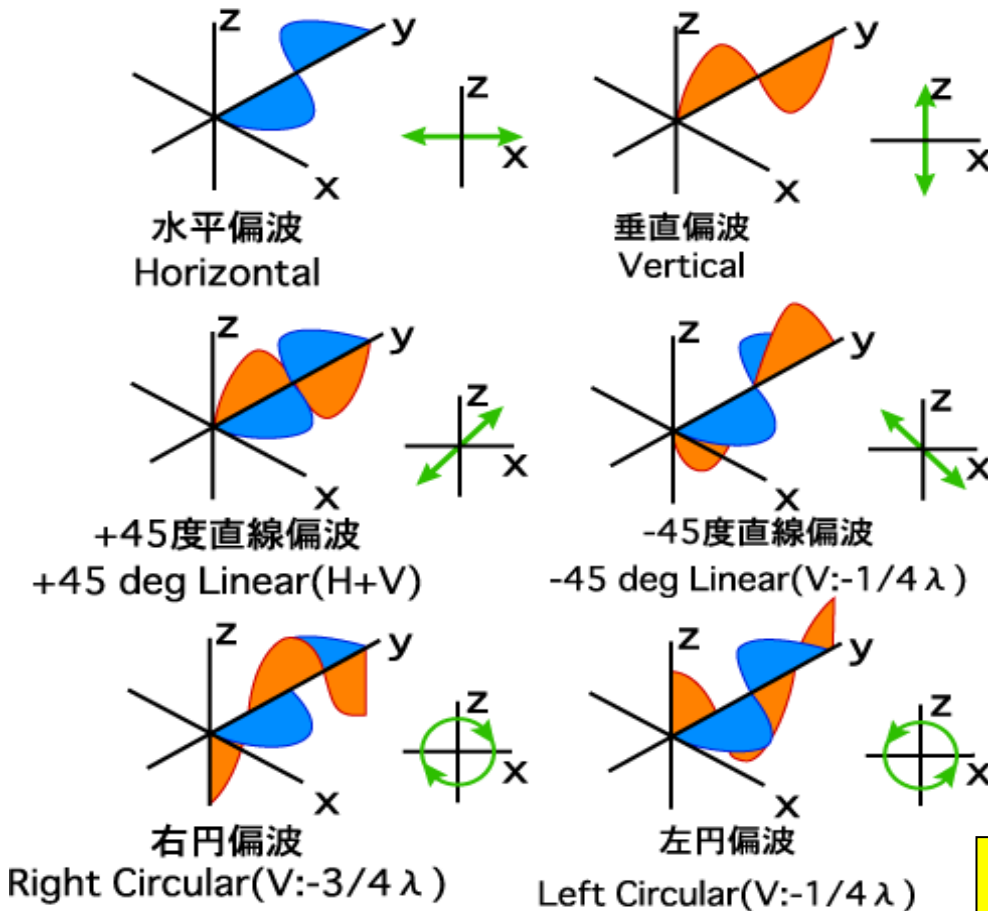
次世代レーダー

・ マルチパラメータレーダー
(MPレーダー)

- ❁ 二周波レーダー: 次世代衛星搭載レーダー(JAXA, NICT)
- ❁ 偏波レーダー: 次世代の現業レーダー(NICT, NIED, Nagoya Univ. MLIT)
- ・ フェイズドアレイレーダー(NICT, Osaka Univ.)

最新型偏波レーダーとは？

- 旧来の気象レーダーは水平偏波のみ
- 偏波レーダーは様々な偏波を出すことができるレーダー
- 最新型のレーダーでは水平・垂直偏波間の受信**強度差情報ZDR**だけでなく、**位相差情報KDP**を得ることも可能



降水粒子の形や大きさ

降水粒子の識別

粒径分布の把握

短時間・ピンポイントの降雨量推定精度の向上

豪雨の早期探知や予測精度の向上



レーダーの大型、小型

- **Sバンド(10cm)波**(アメリカ等の広大な大陸)[**特大型**]
 - 200km以上の定量観測範囲(降雨による電波減衰が極めて小さい)
 - 感度小(弱い降雨に弱い)
 - 粗い空間分解能(数km)
- **Cバンド(5cm)波**(日本の国交省、気象庁)[**大型**]
 - 120km程度の観測範囲(降雨による電波減衰はほぼ小さい)
 - 感度、空間分解能(1km程度)は中程度
- **Xバンド(3cm)波**(研究用、自治体下水道局、国交省の火山周辺、そして国交省MPネットワーク)[**小型**]
 - 60km程度の観測範囲(降雨による電波減衰が極めて大きい) => **最新型偏波レーダーとネットワークとで解決(最新の動向)**
 - 感度、空間分解能(250~500m程度)は高い
 - 減衰の問題が少ない宇宙からの観測ではより短波長も用いられる

内 容

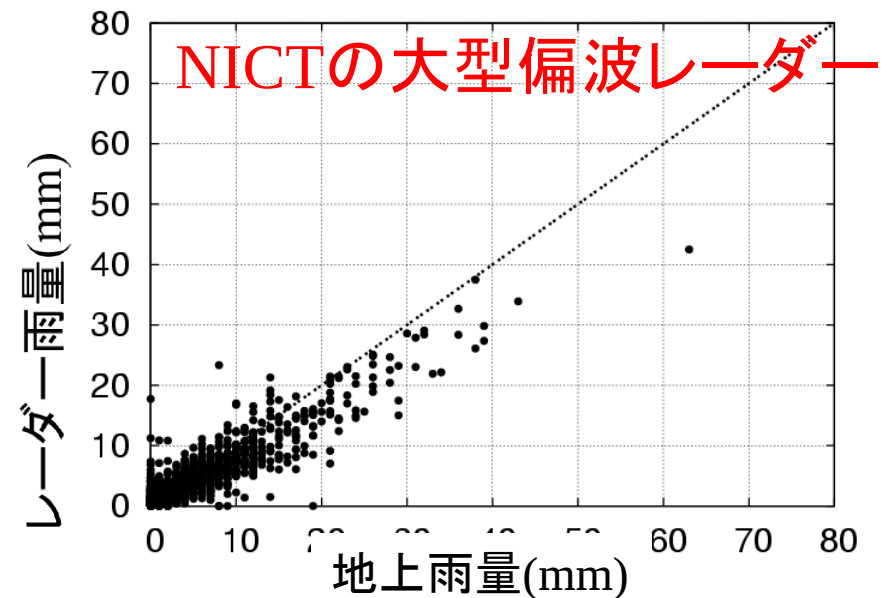
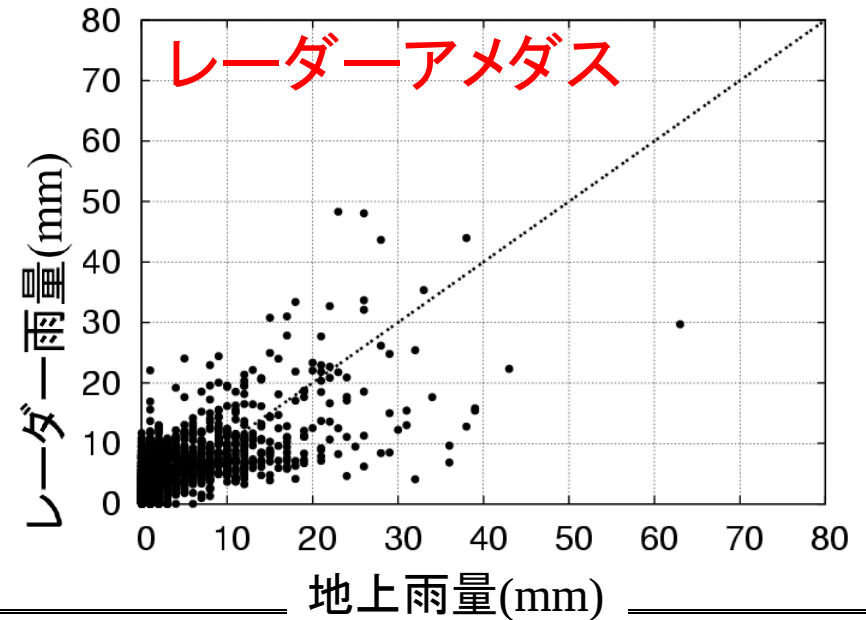
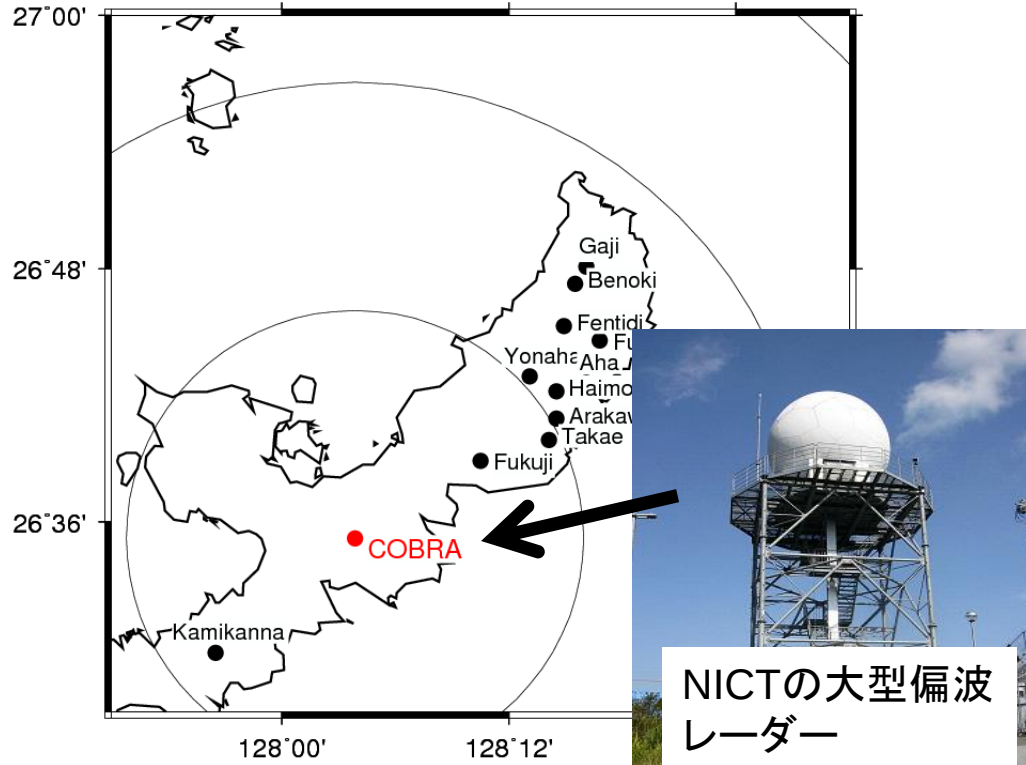
1. ゲリラ豪雨とタマゴの早期探知
2. MP(偏波)レーダーとは？
3. 国交省MPレーダーネットワーク(XRAIN)
4. 早期探知と予測
5. さらなる利用に向けて

© 2010 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 267: 255–263

▲	レーダー雨量計
—	定量範囲
—	定性範囲

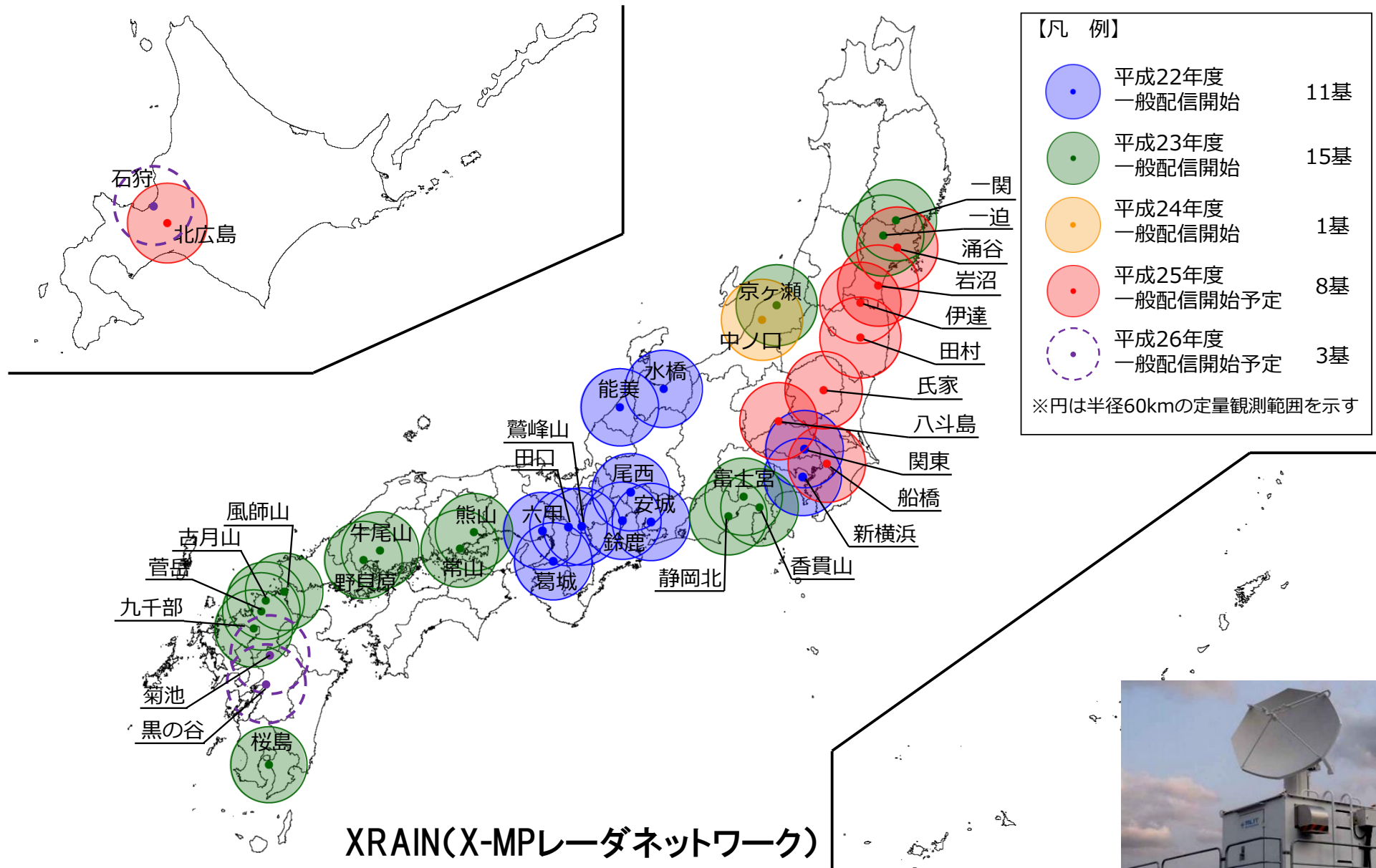
- これまでの大型レーダー観測網
- 大型レーダーを最新型偏波(MP)レーダーに変更した(2009)
- 大型気象レーダーを2011年から1～3年で最新型偏波(MP)に変更

大型MPレーダーによる雨量推定精度(1時間雨量)

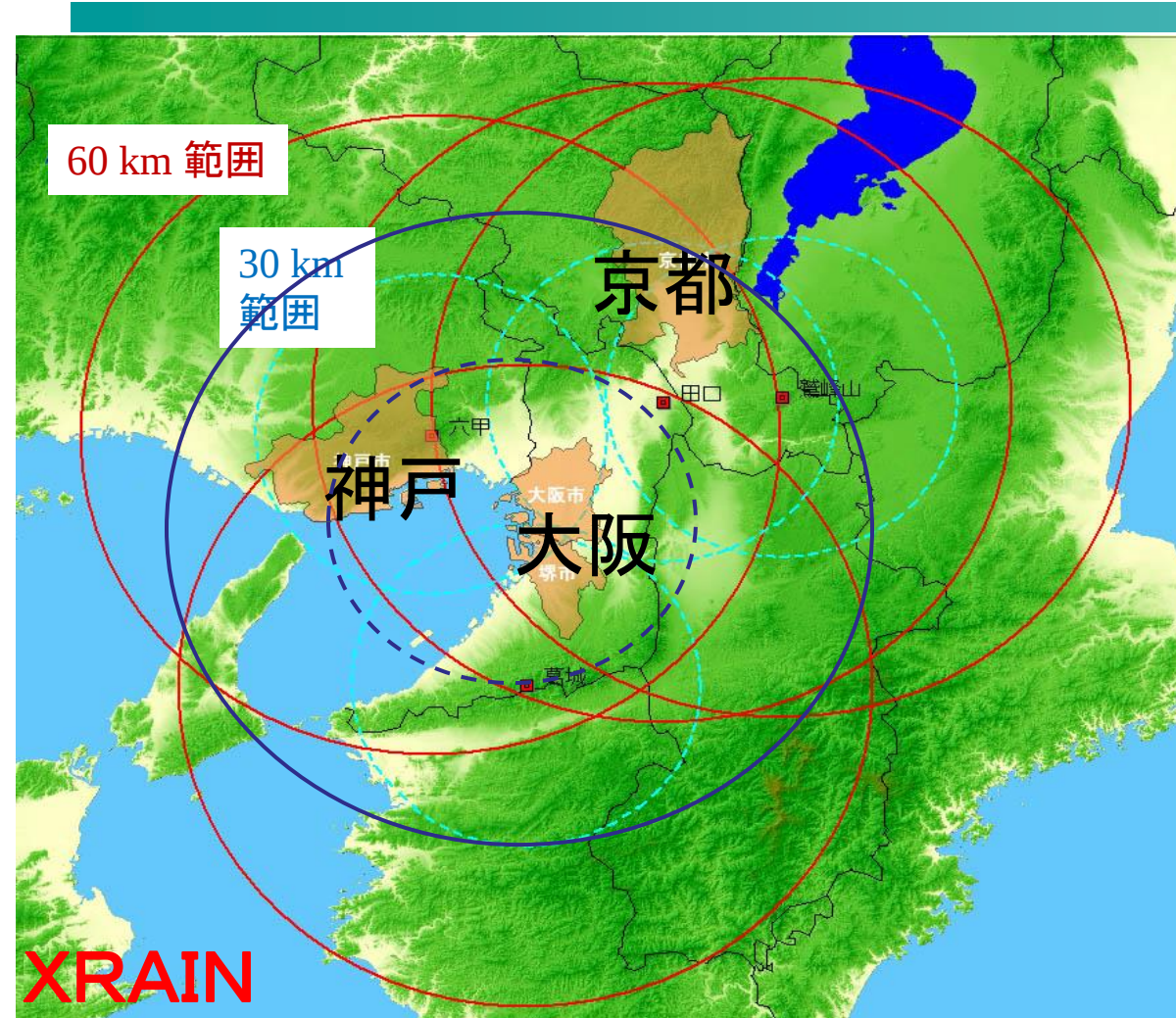


- レーダー・アメダス解析雨量値との比較を行う。
 - レーダー・アメダス解析雨量値はアメダスの観測値で補正が行われている。
 - アメダス観測値以外で比較を行う。(国土交通省)
 - 我地, 辺野喜ダム, フェンチヂ, 普久川ダム, 安波ダム, 与那覇岳, 排持山, 新川ダム, 高江, 福地ダム, 上漢那ダムの15ヶ所.
- 中北・竹畑・中川(2008)

X-RAIN 小型MPLレーダーネットワーク（国土交通省）



小型MPレーダーによる新しい豪雨探知システム

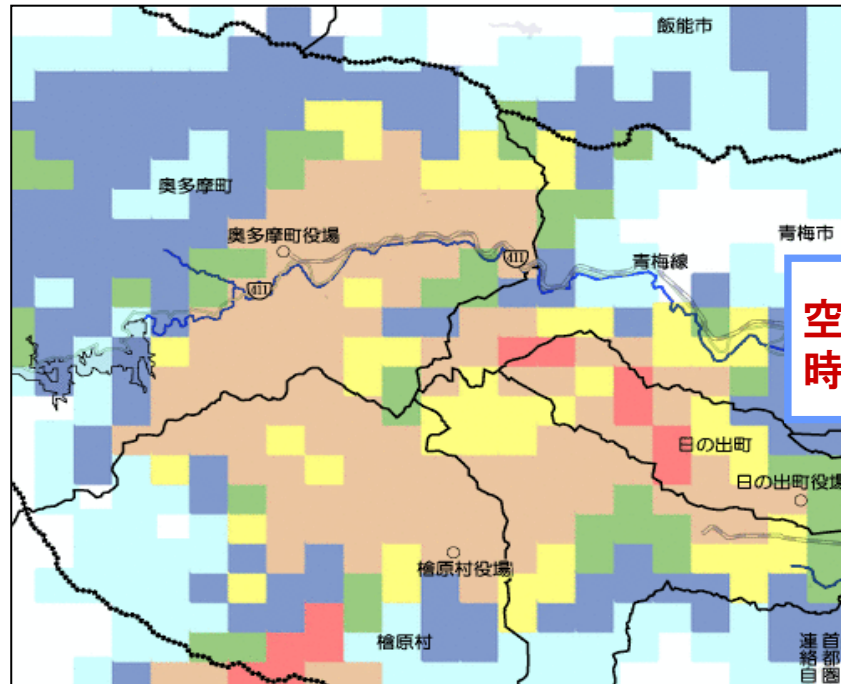


- 高い感度の実現:
小型レーダーによる
- 高い観測空間分解能(細かい観測):
小型レーダーにより(250~500 m)
密なネットワークにより
- 小型レーダの降雨減衰解決:
最新型偏波機能(偏波間位相差)
密なネットワークにより
- 高精度な降雨量観測:
最新型偏波機能により
- より高頻度の低高度観測:
1分
- 情報伝達時間の短縮:
1~2分
- ゲリラ豪雨のタマゴ探知:
立体観測と高感度、高分解能機能により

京阪神地区では、2010年度から試験運用が開始された。
大阪市オークレーダも最新型に更新されたので、より低高度で高密度な観測が実現

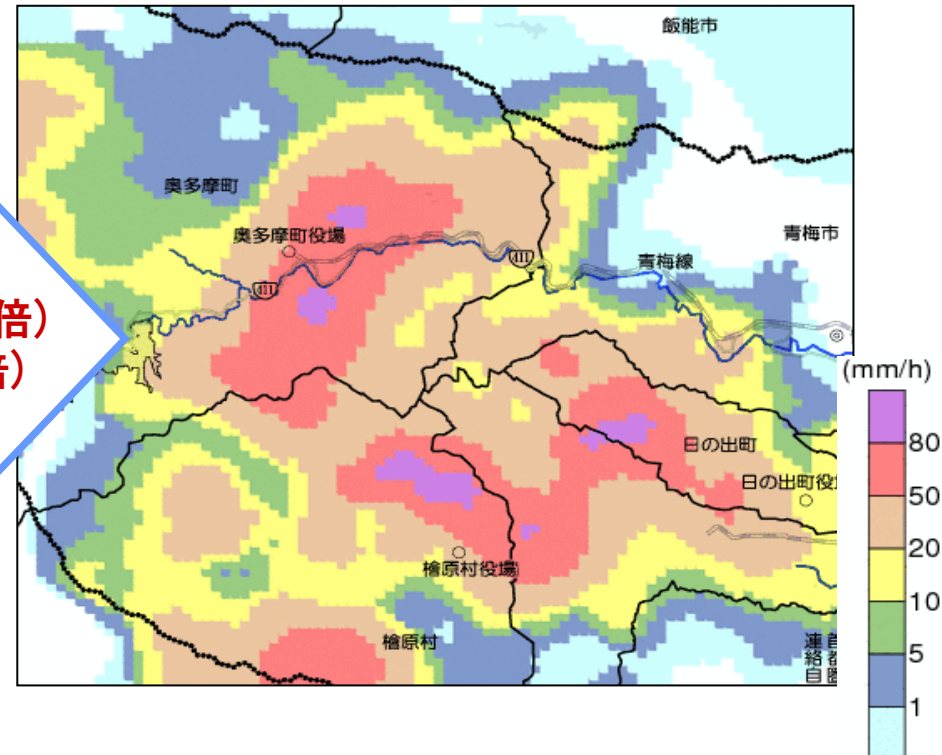
X-RAIN(小型MPLレーダーネットワーク)の特徴

在来型非偏波Cバンドレーダ雨量
(空間分解能：1km, 更新間隔：5分, 配信までの遅れ時間：5～6分, 地上雨量による補正：あり)

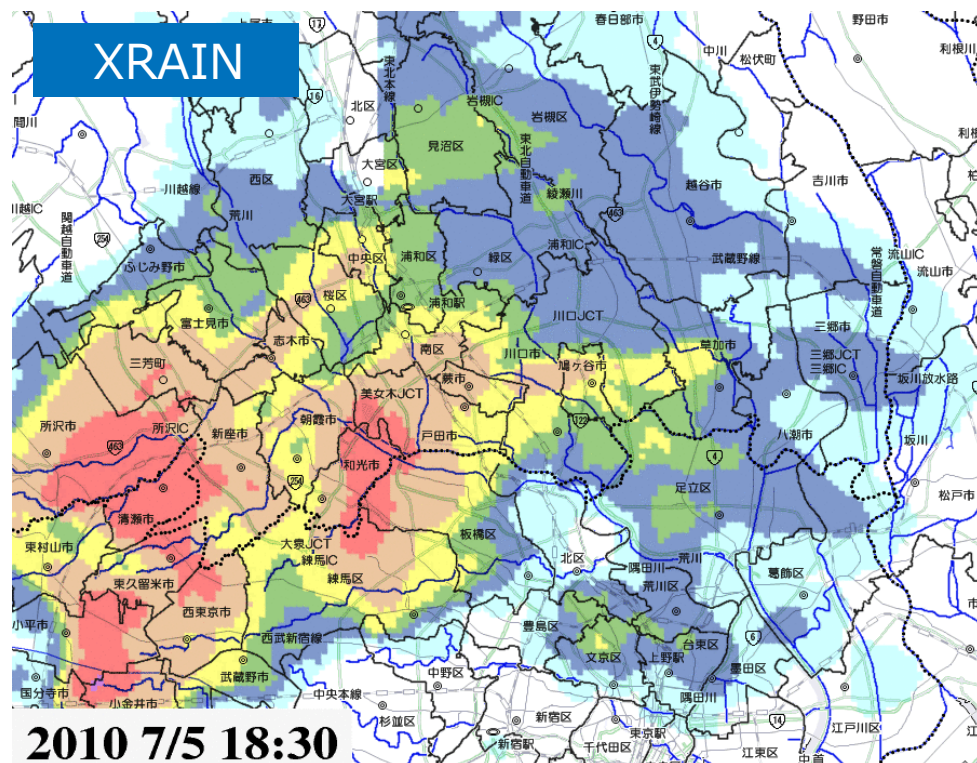
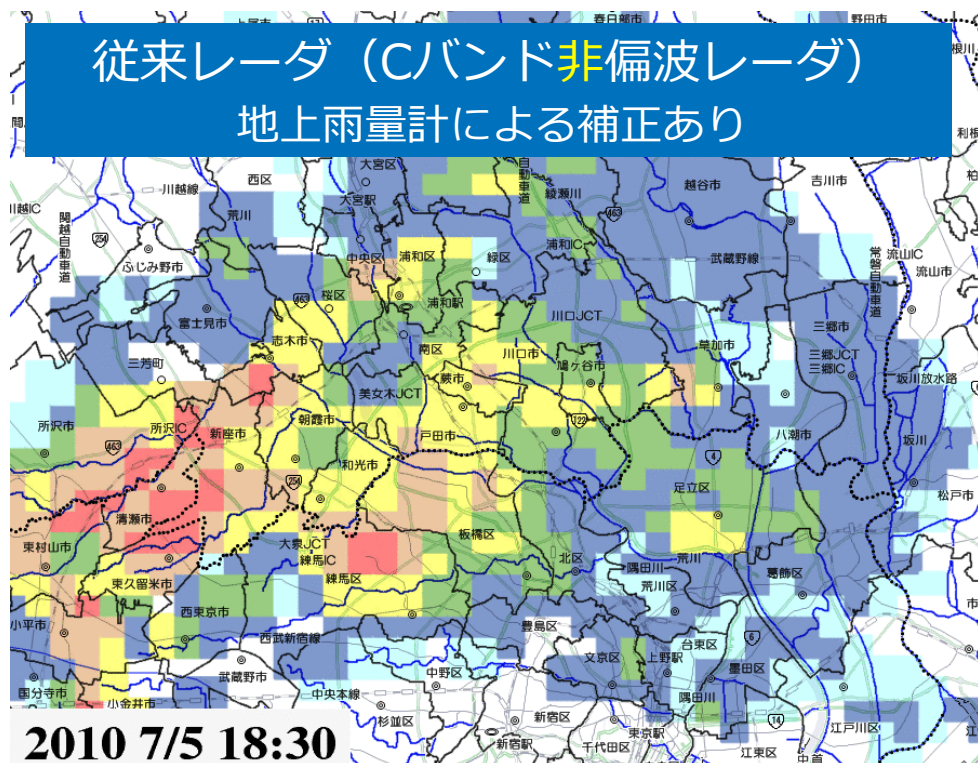


空間分解能(16倍)
時間分解能(5倍)

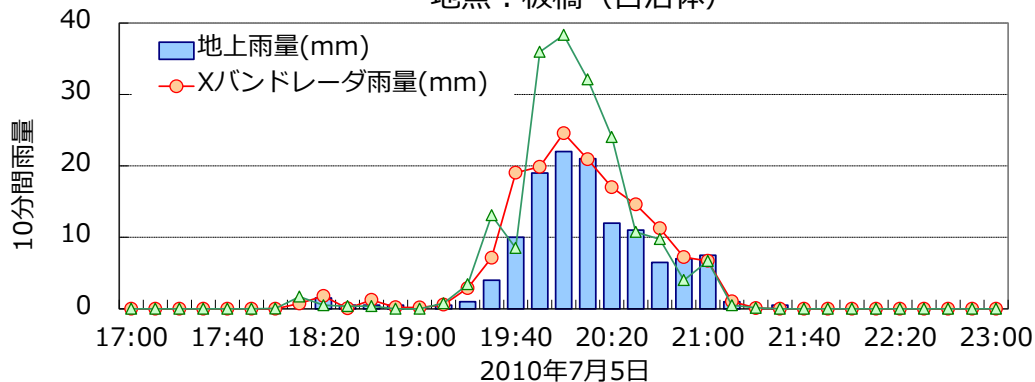
XバンドMPLレーダ雨量
(空間分解能：250m, 更新間隔：1分, 配信までの遅れ時間：1分, 地上雨量による補正：なし)



従来レーダとXRAIN(XバンドMPレーダ)の比較



地点：板橋（自治体）



⇒ 10分雨量精度が格段に改善
⇒ 個々の積乱雲を識別し追跡することが現実的に。積乱雲の寿命内であれば、運動学的手法が適用可能



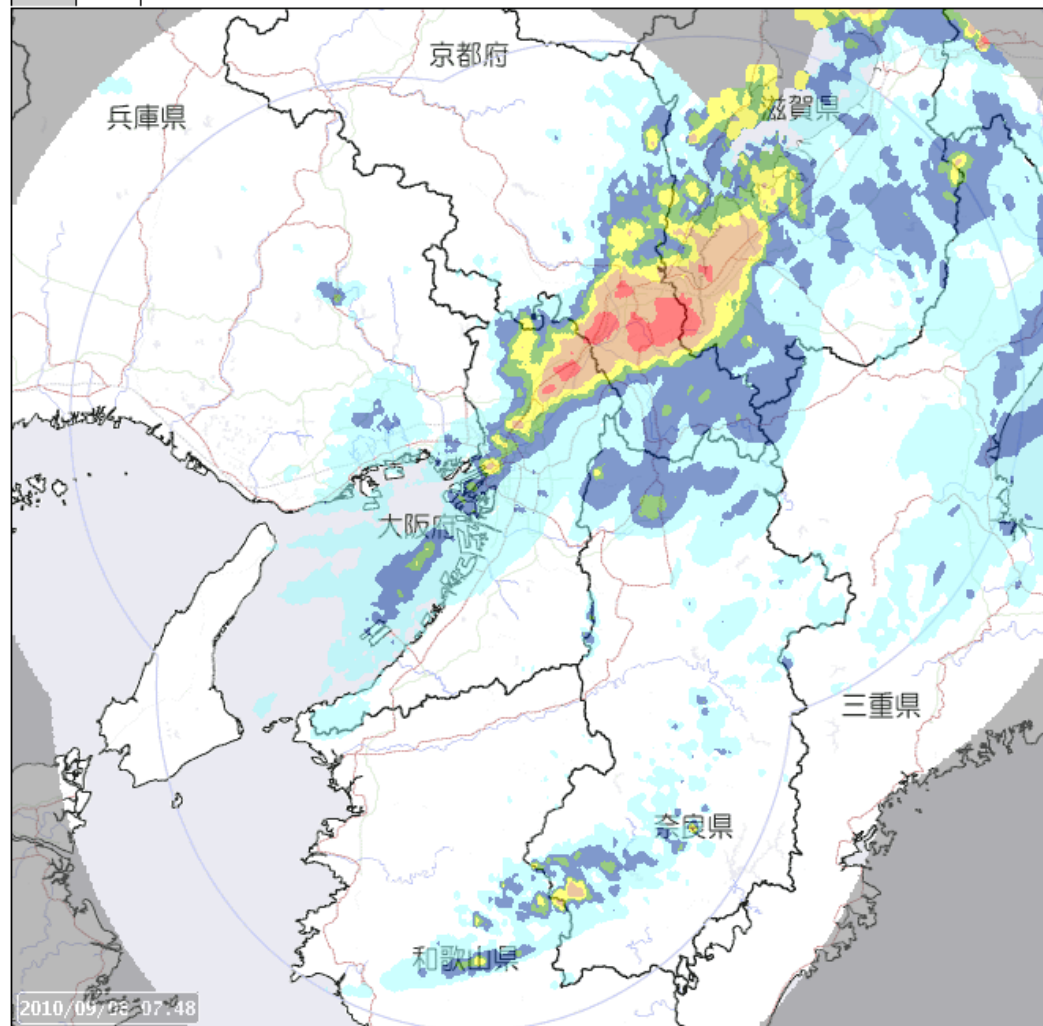
XバンドMPLレーダ雨量情報 履歴全体図 試験運用実施中

国土交通省

履歴 現況

2010/09/08 07:48 観測

更新



2010/09/08 07:48

詳細図の位置選択



観測範囲外や山岳などにより遮蔽されているエリア等についてはグレーで表示されます。詳細については、「[このサイトについて](#)」をご覧ください。

雨量凡例

- 100mm/h～
- ～100mm/h
- ～50mm/h
- ～20mm/h
- ～10mm/h
- ～5mm/h
- 0.1～1mm/h
- データなし

[トップページへ](#)

[お知らせへ](#)

[このサイトについて\(利用上の注意\)](#)



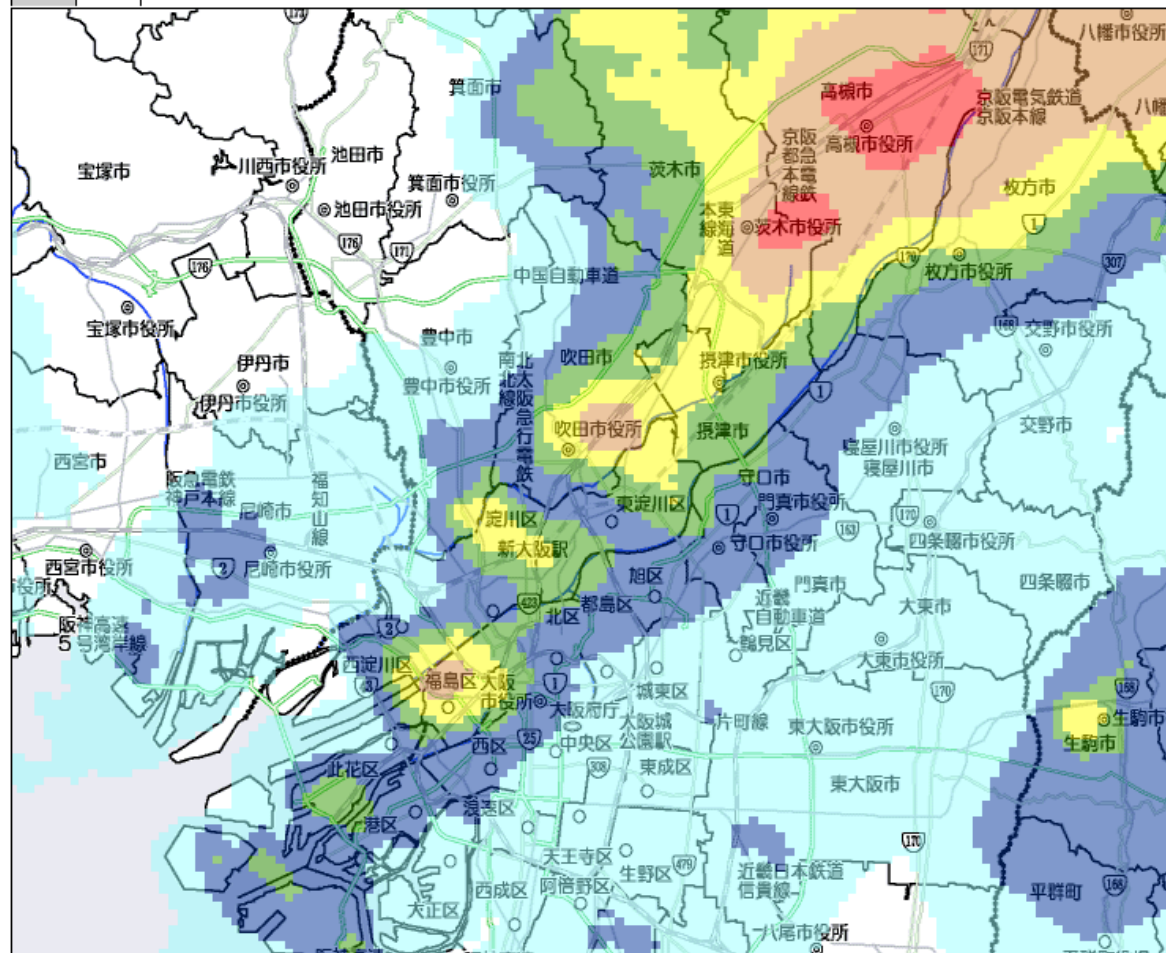
XバンドMPLレーダー雨量情報 履歴詳細図 試験運用実施中

国土交通省

履歴 現況

2010/09/08 07:48 観測

更新



詳細図の位置選択



観測範囲外や山岳などにより遮蔽されているエリア等についてはグレーで表示されます。詳細については、「[このサイトについて](#)」をご覧ください。

雨量凡例

- 100mm/h～
- ～100mm/h
- ～50mm/h
- ～20mm/h
- ～10mm/h
- ～5mm/h
- 0.1～1mm/h
- データなし

2010年09月08日 07時48分

1枚表示

4枚表示



全体表示

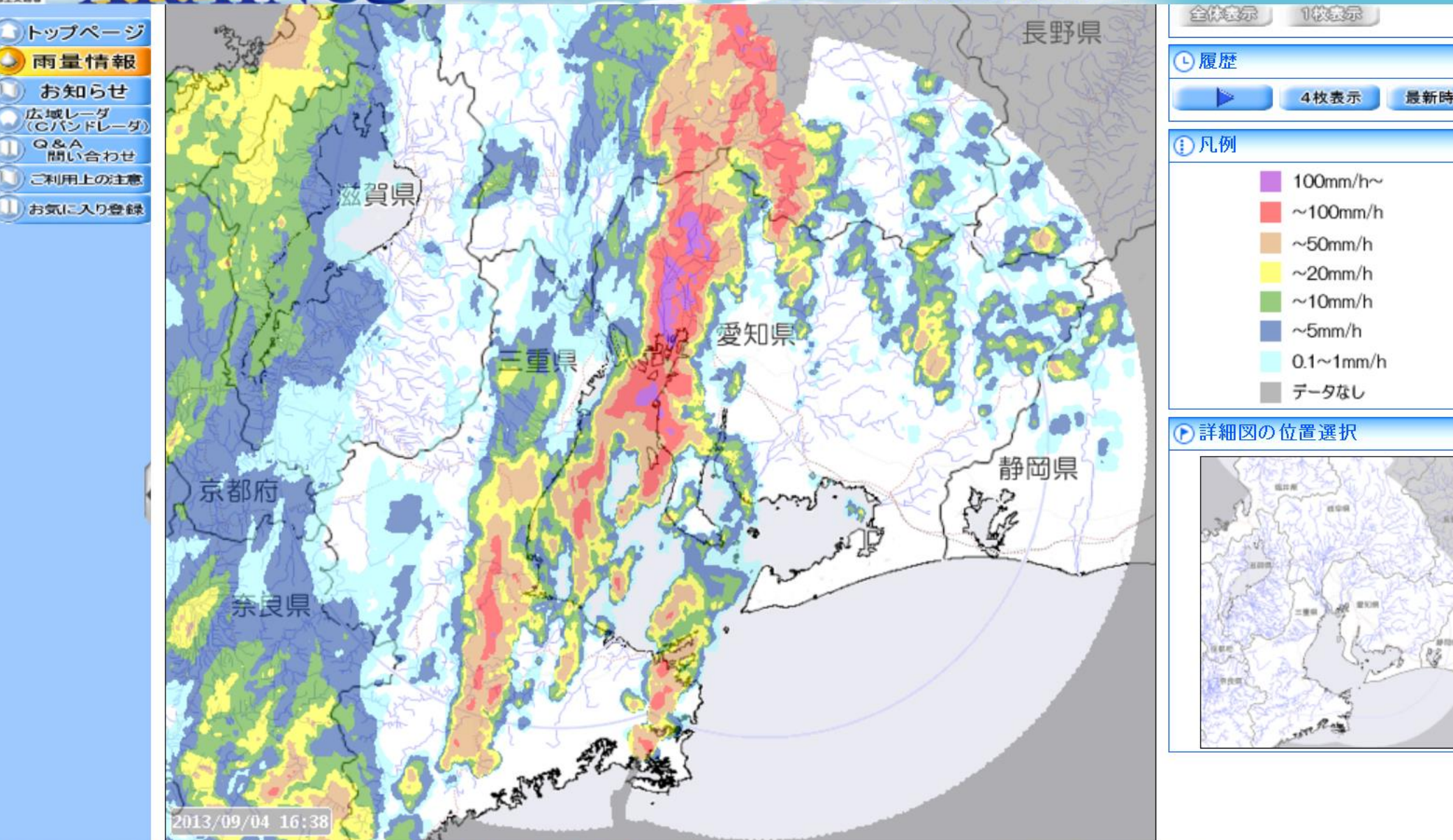
[トップページへ](#)

[お知らせへ](#)

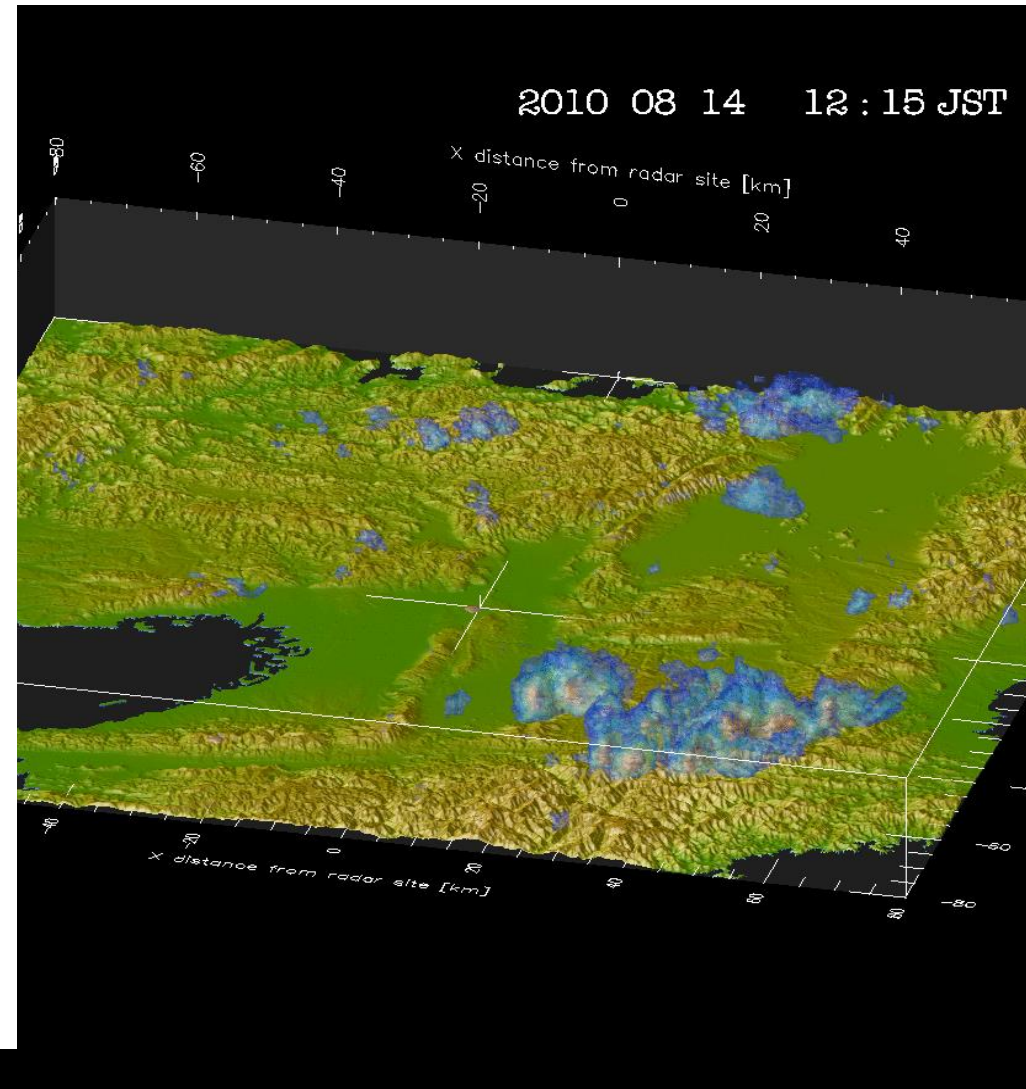
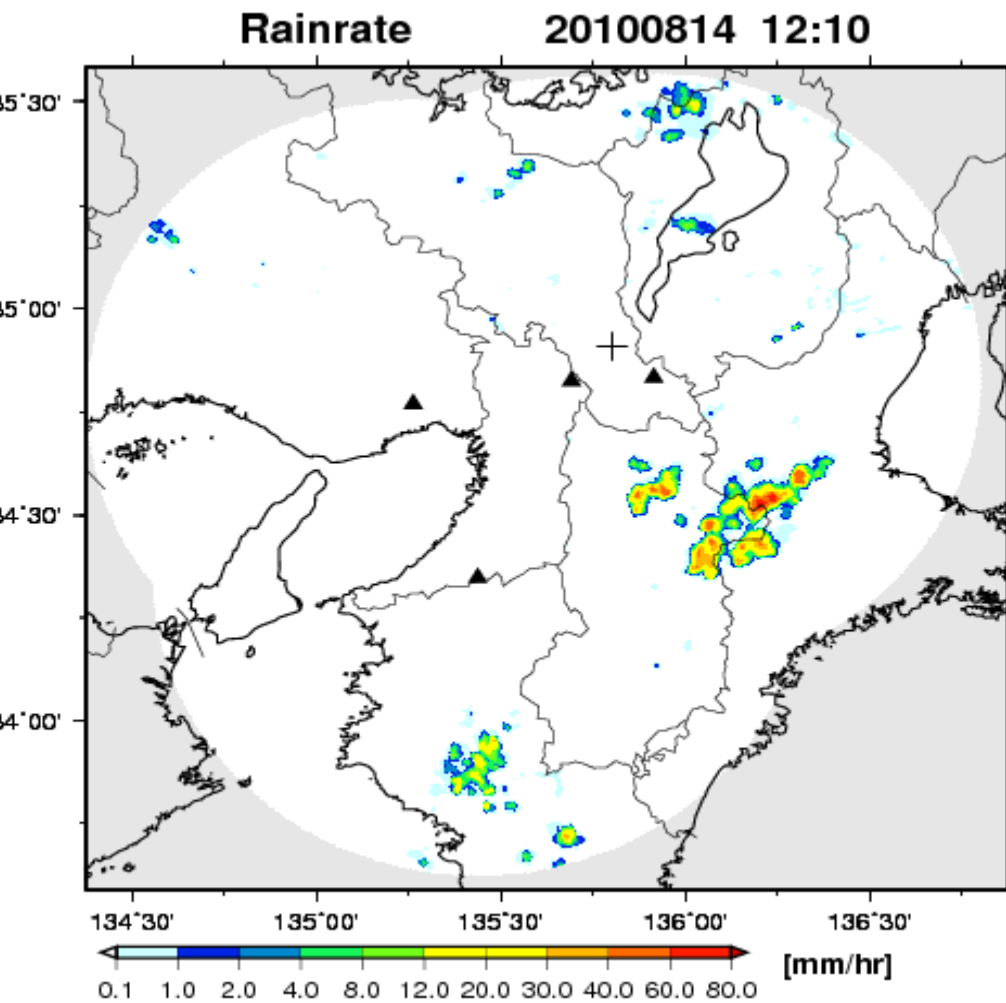
[このサイトについて\(利用上の注意\)](#)

インターネット | 保護モード: 無効

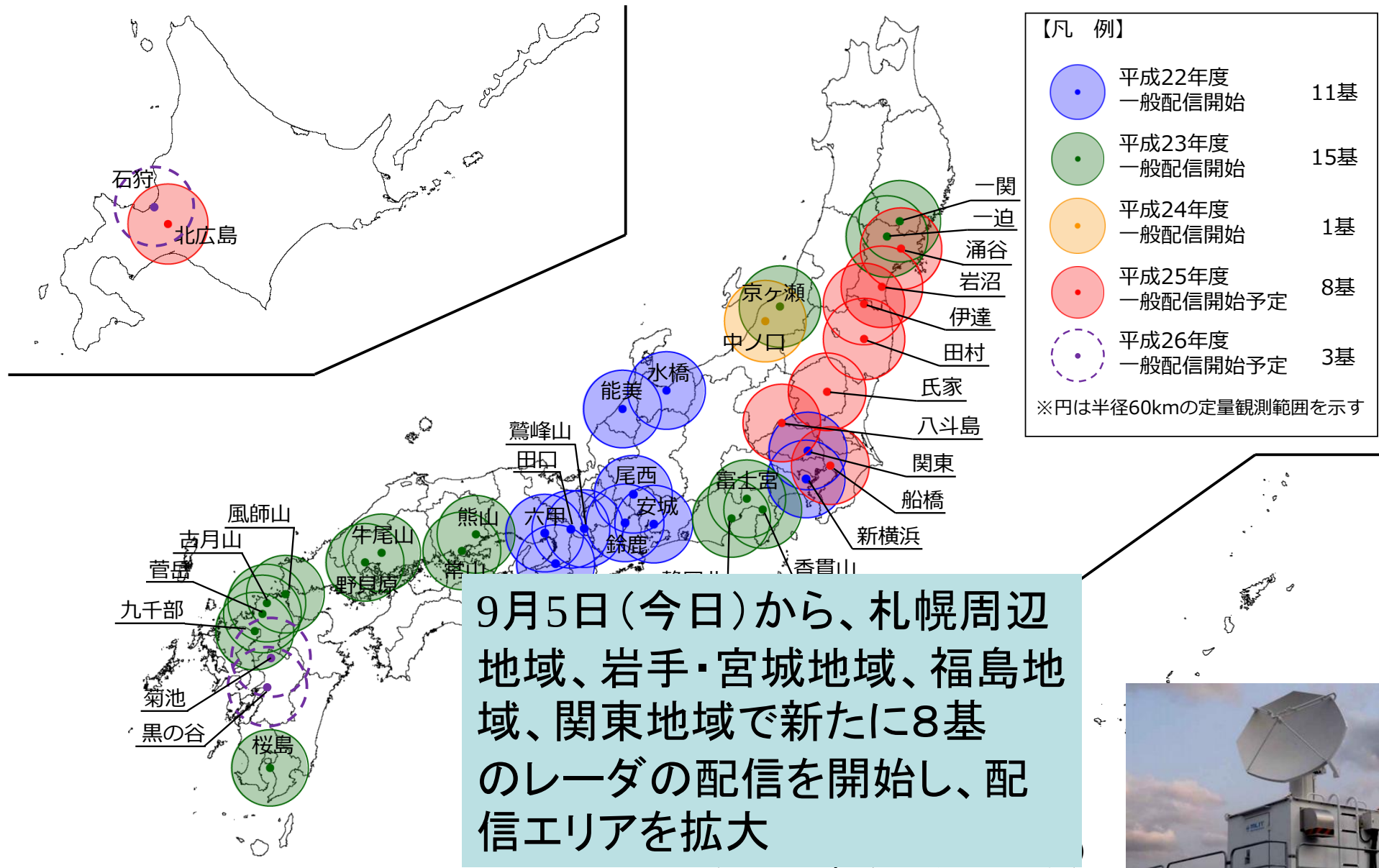
XRAIN Xバンド MP レーダ雨量情報 試験運用実施中



XRAINによる平面画像(1分毎)と立体画像(5分毎)



X-RAIN 小型MPLレーダーネットワーク（国土交通省）



内 容

1. ゲリラ豪雨とタマゴの早期探知
2. MPレーダーとは？
3. 国交省MPレーダーネットワーク(XRAIN)
4. 早期探知と予測
5. さらなる利用に向けて

豪雨予測の現状と今後

(1) 平面的なレーダー画像を用いた予測
降雨分布の移動パターンを予測

(2) ゲリラ豪雨の
早期探知と危険性推測

情報のデータ同化(集中豪雨、台風豪雨)
統計的手法をベースに初期値の精度向上

予測精度

1-hr

6-hr

24-hr

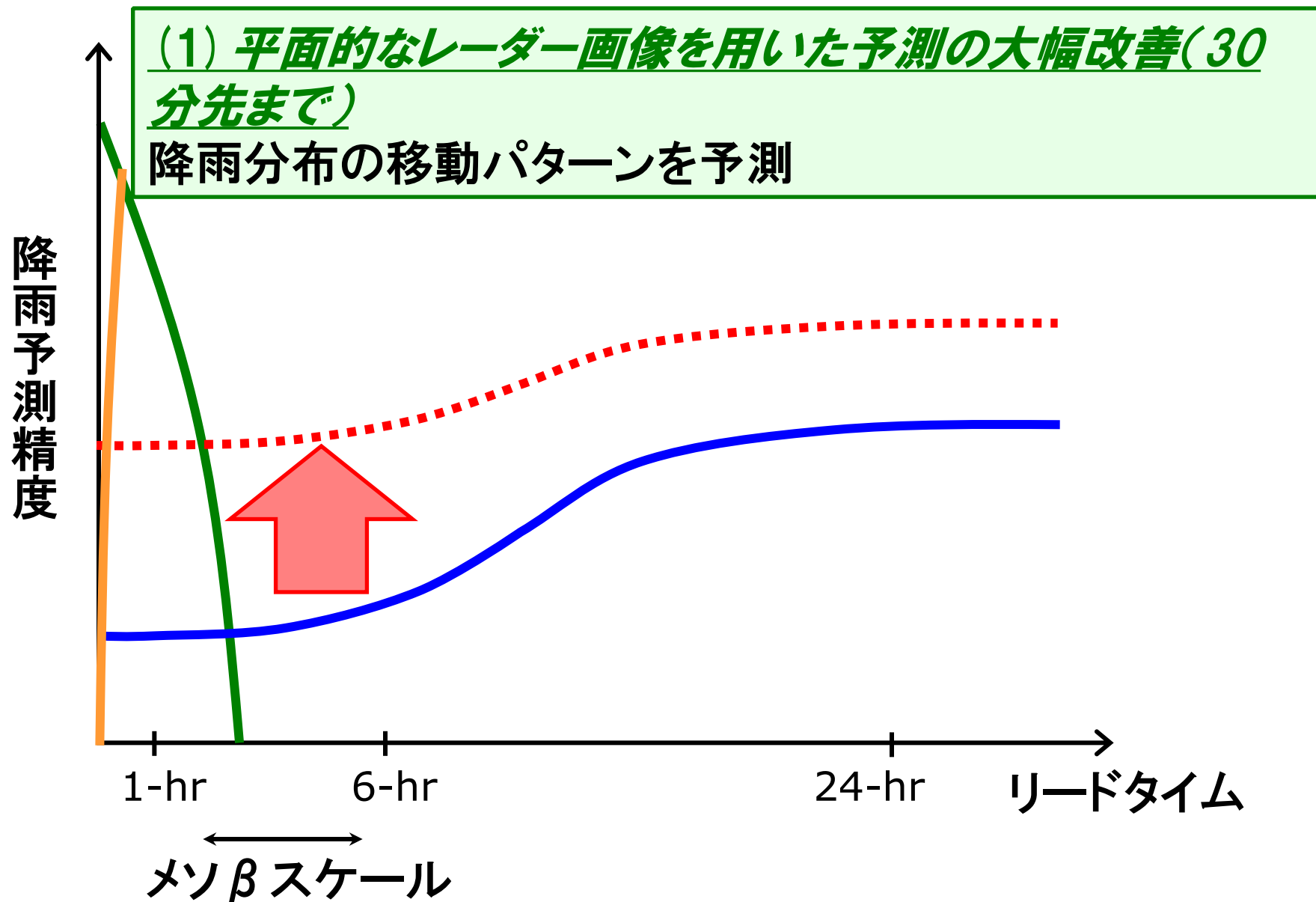
リードタイム

メソβスケール

(3) 大気モデルによる手法

大気の運動や雲の振る舞いを
物理法則に基づき予測

豪雨予測の現状と今後



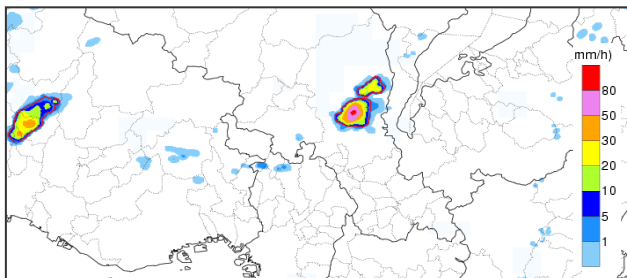
超短時間降雨予測手法の開発

(1) 平面的なレーダー画像を用いた予測

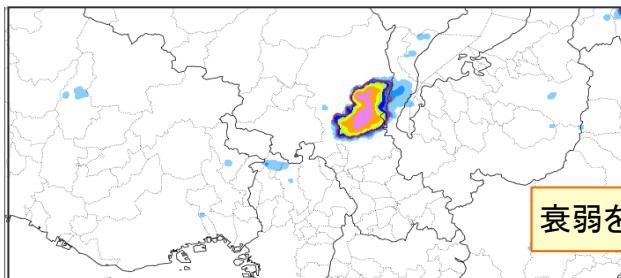
セル追跡手法による降雨予測

- ・ 移動: セル毎の移動ベクトルを用いて外挿
- ・ 発達: 初期時刻におけるセル面積及びセル平均降雨強度の直近変化率を外挿

7/24 17:12 [観測]

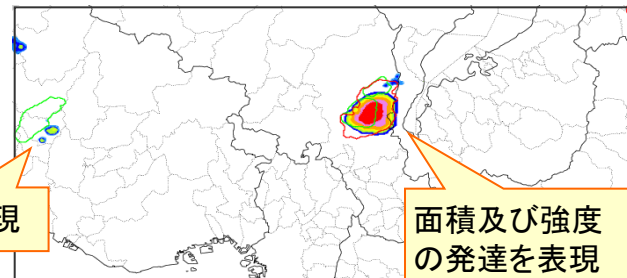


7/24 17:32 [観測]



衰弱を表現

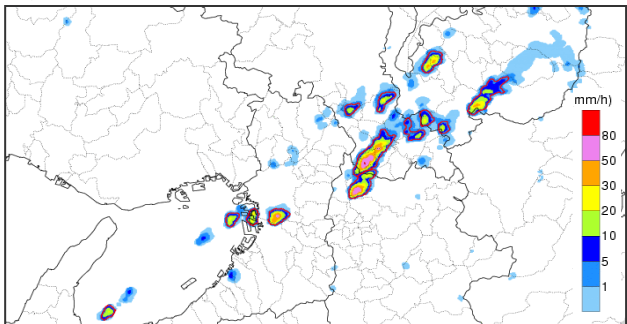
7/24 17:32 [20分後予測]



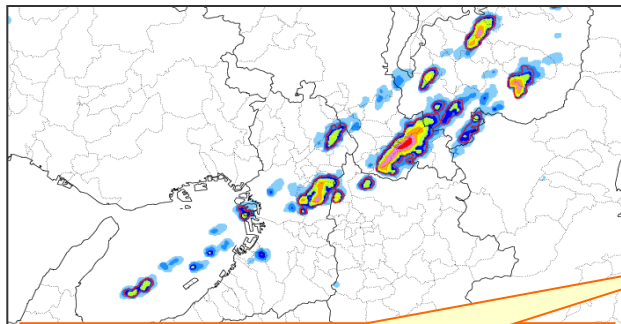
面積及び強度の発達を表現

17:12を初期時刻とした20分後予測

9/23 03:05 [観測]

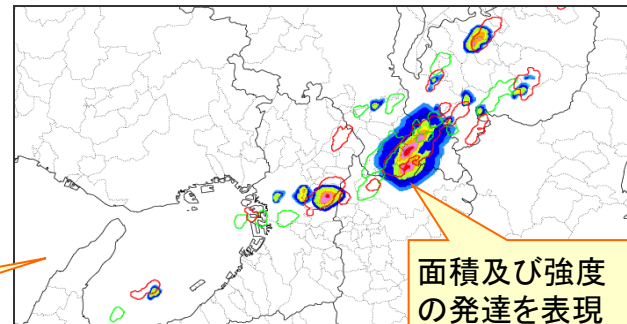


9/23 03:25 [観測]



従来の運動学的手法では表現できなかった、
降雨の発達・衰弱を表現
⇒30分程度先までであれば適応可能？

9/23 03:25 [20分後予測]



面積及び強度の発達を表現

03:25を初期時刻とした20分後予測

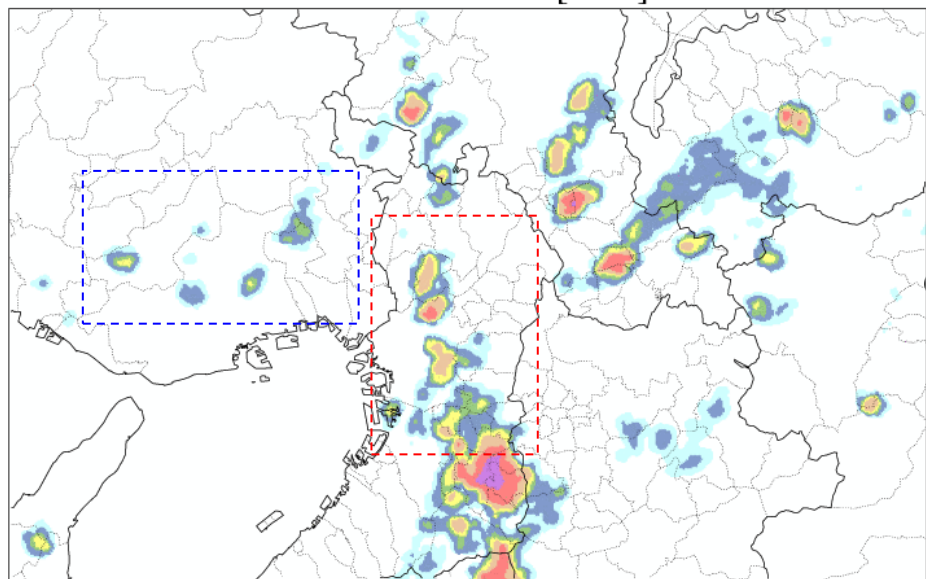
緑枠: 予測初期時刻のセル位置
赤枠: 当該時刻の実際のセル位置

セル追跡法による降雨予測

(1) 平面的なレーダー画像を用いた予測

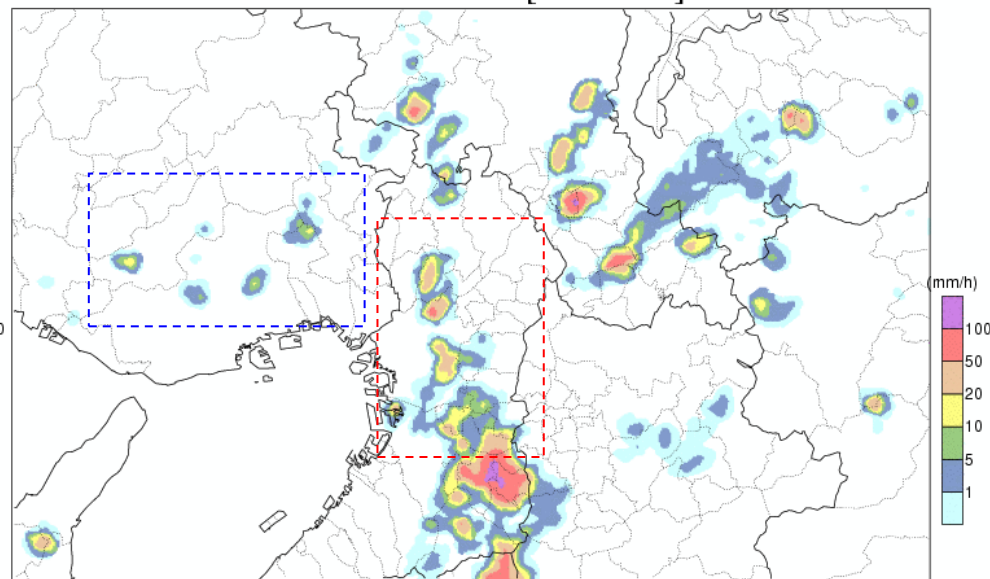
観測値

2011/08/27 14:31 [Rain]



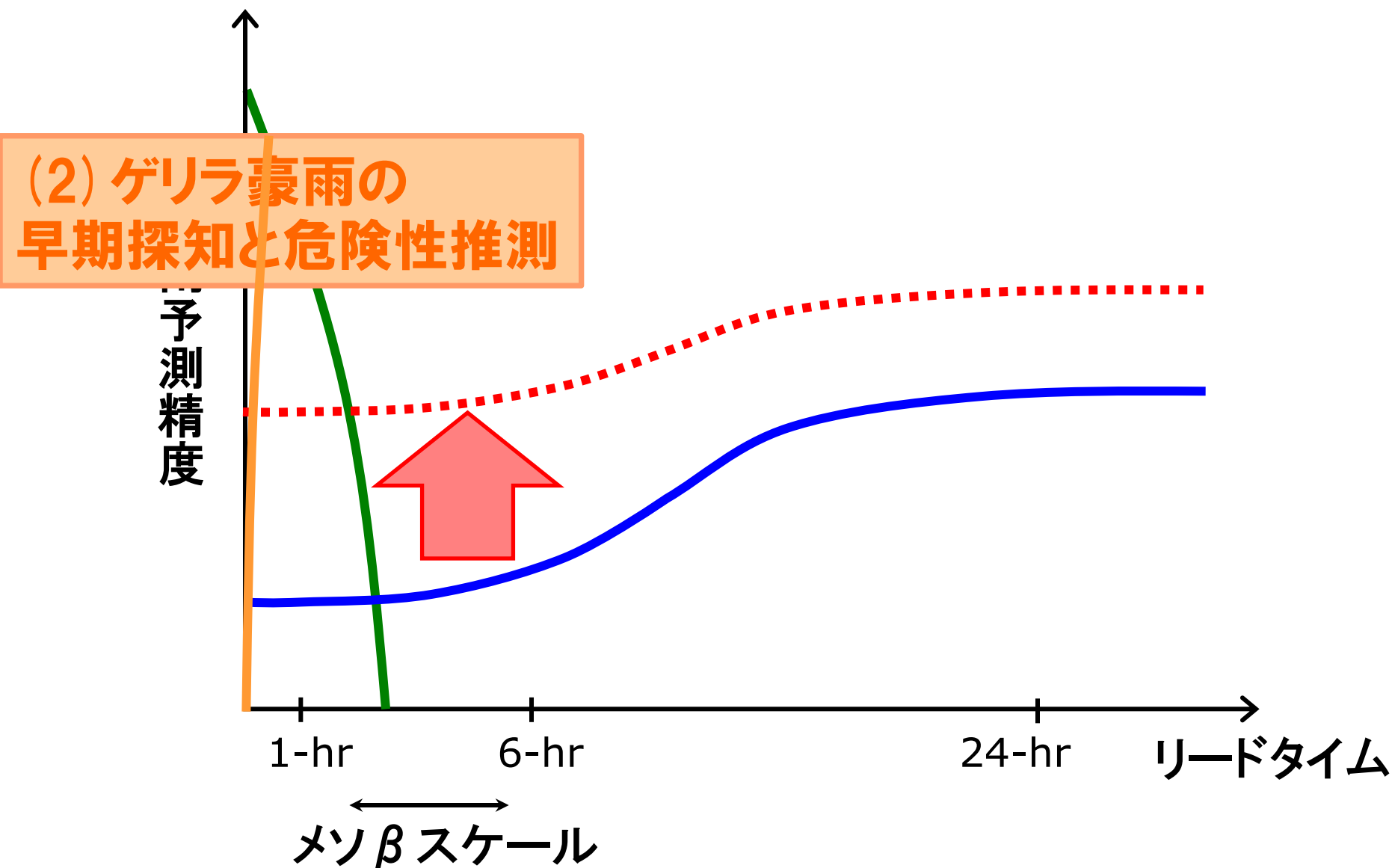
セル追跡法

2011/08/27 14:30 [FT01min]



従来手法ではできなかった、個々のセルの発達・衰弱を表現

豪雨予測の現状と今後



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:15 JST

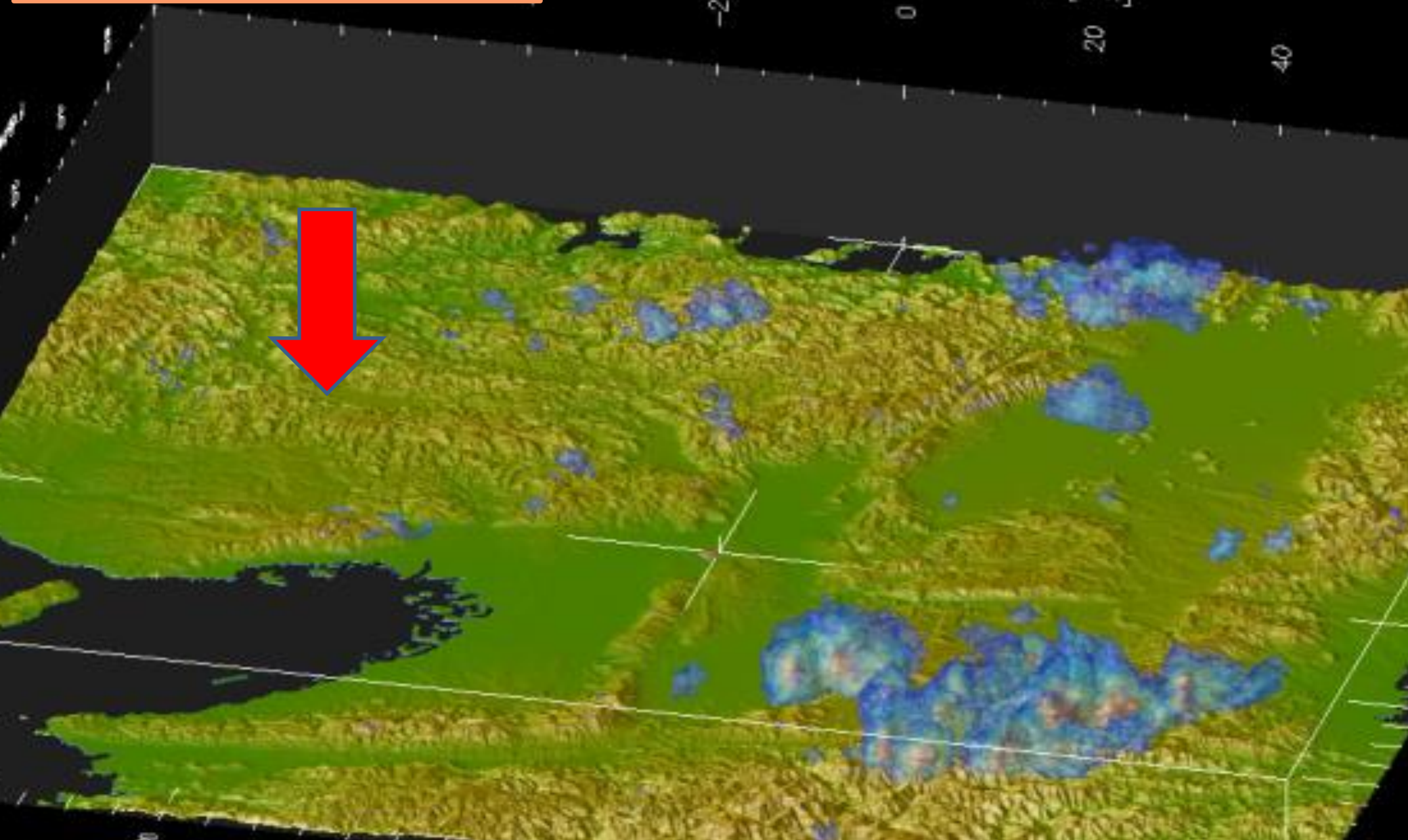
X distance from radar site [km]

-20

0

20

40



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:20 JST

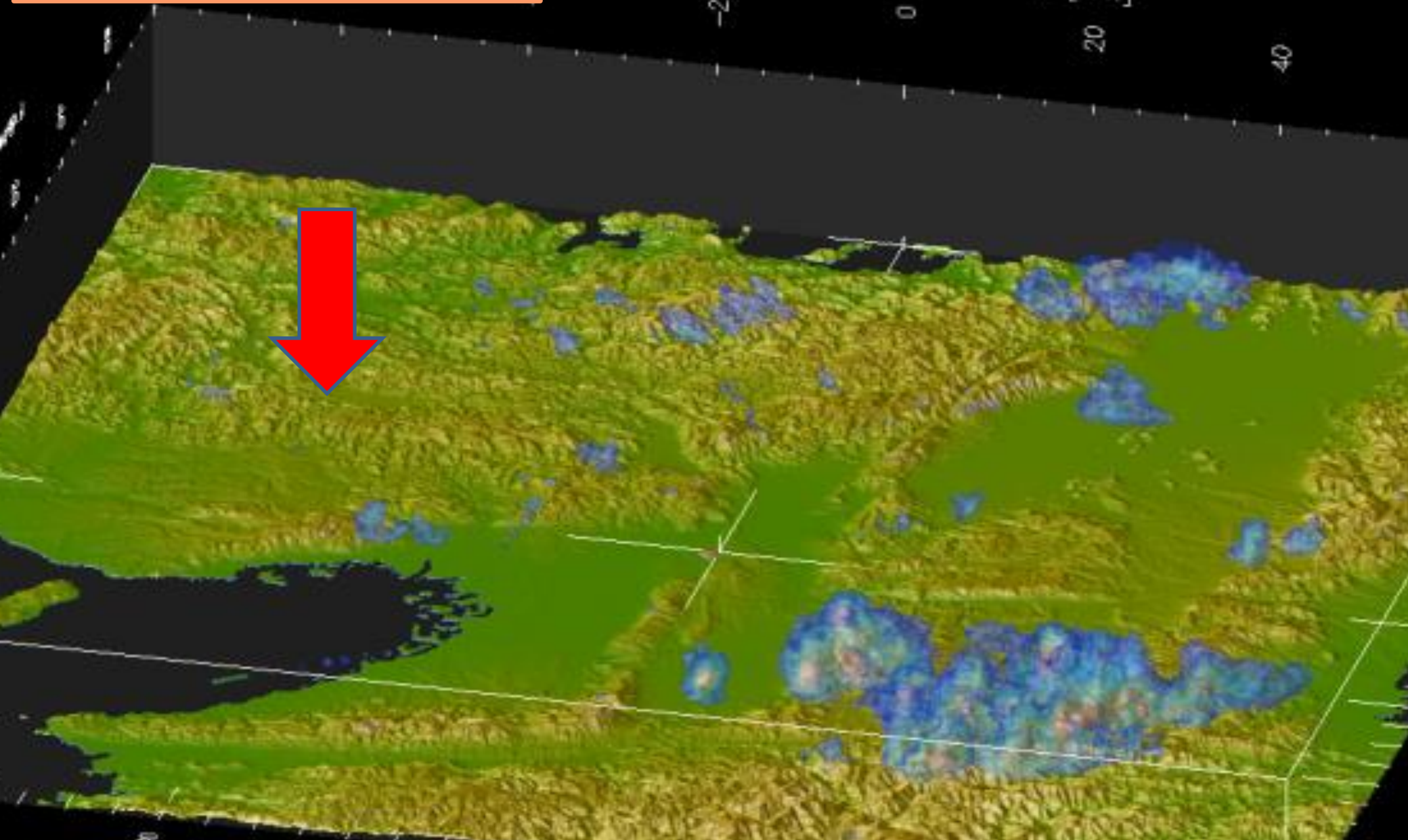
X distance from radar site [km]

-20

0

20

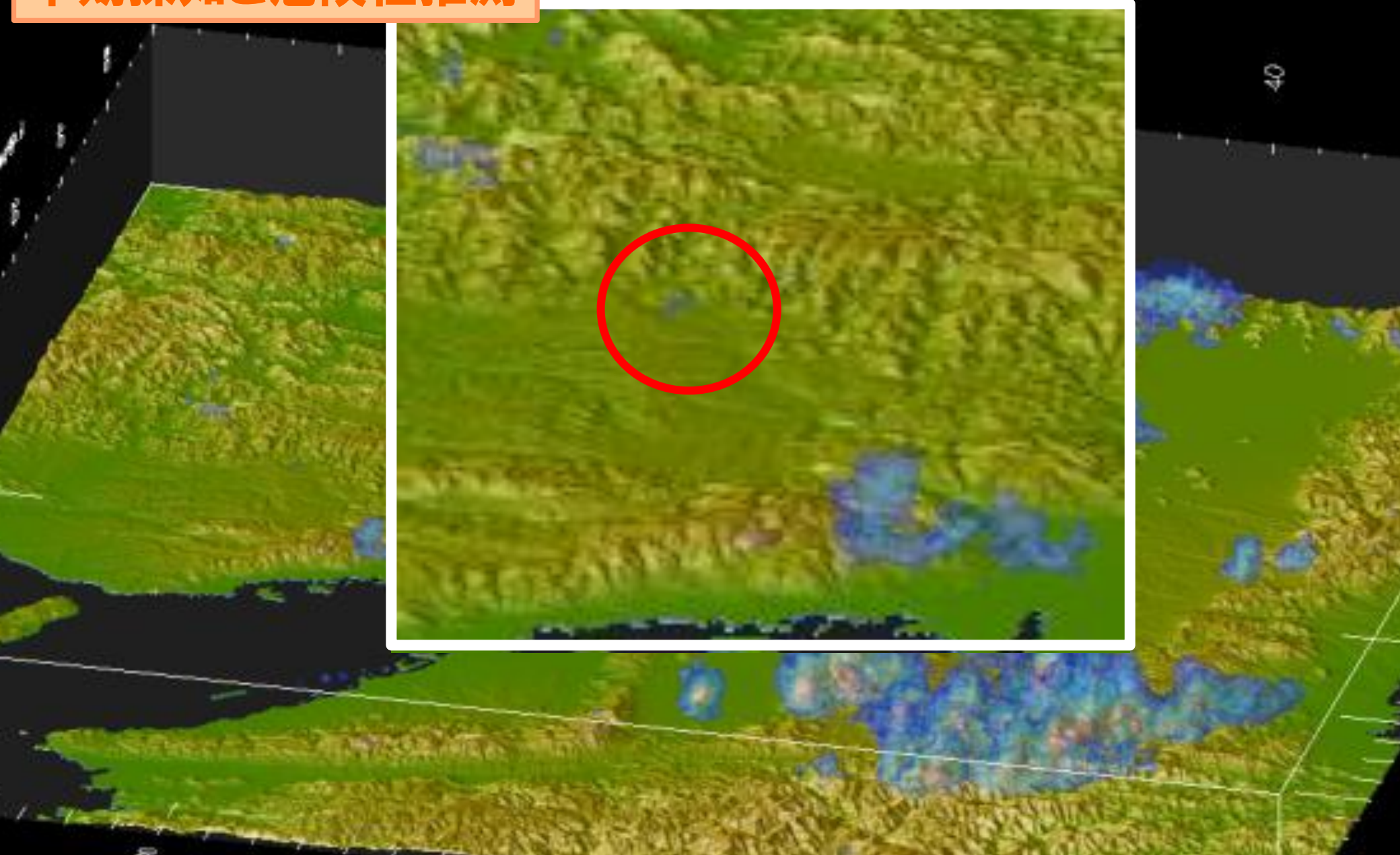
40



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:20 JST

X distance from radar station



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:25 JST

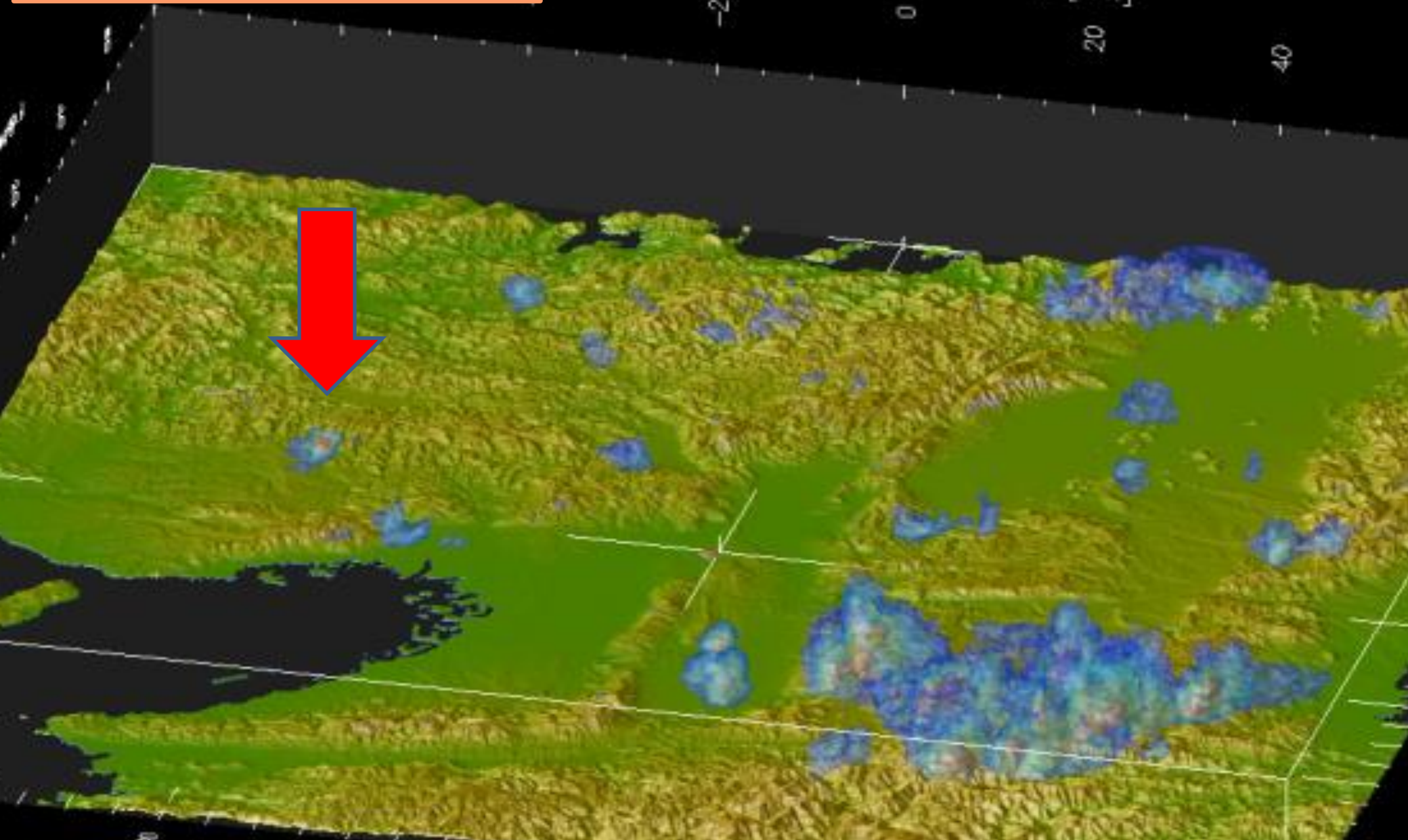
X distance from radar site [km]

-20

0

20

40



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:30 JST

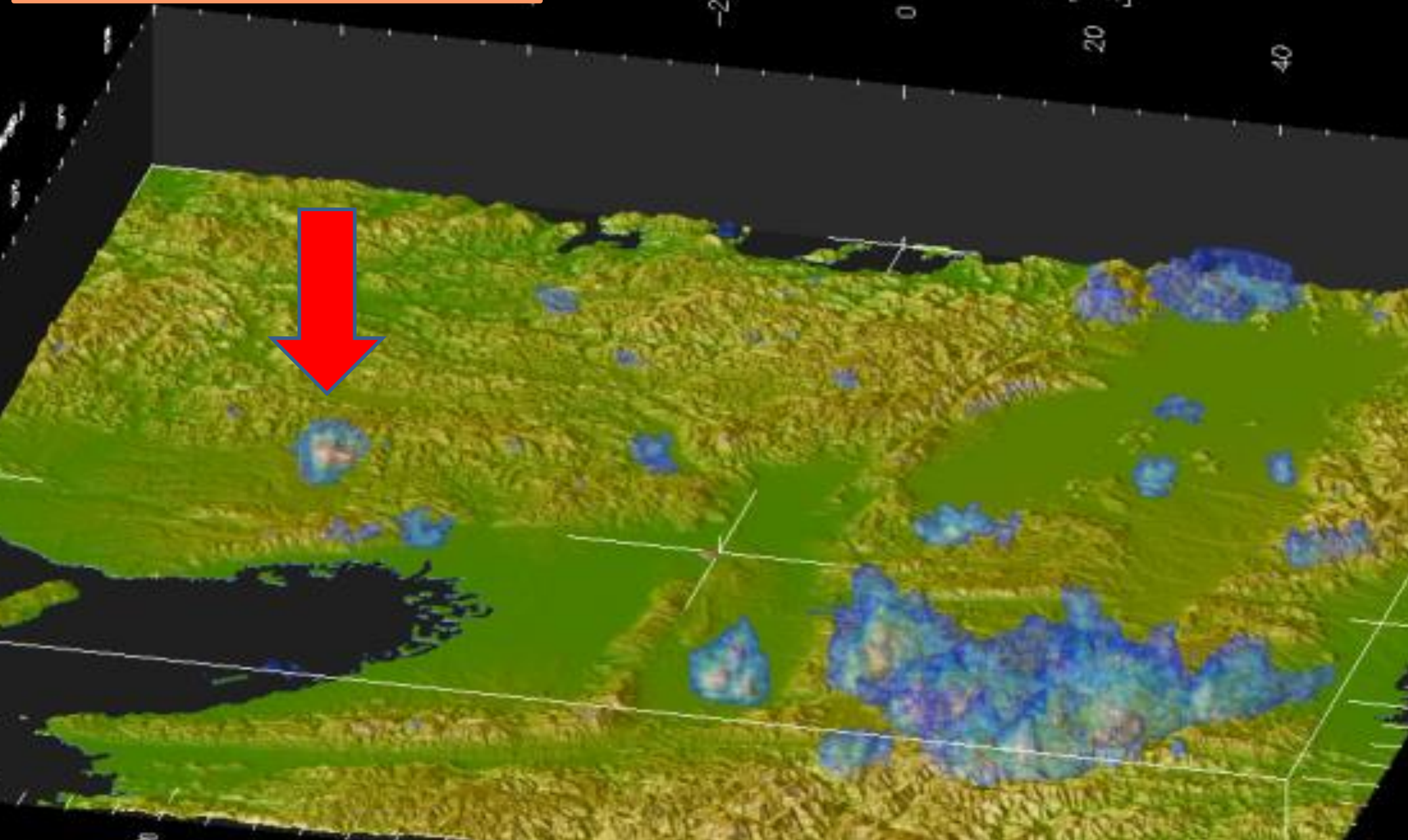
X distance from radar site [km]

-20

0

20

40



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:35 JST

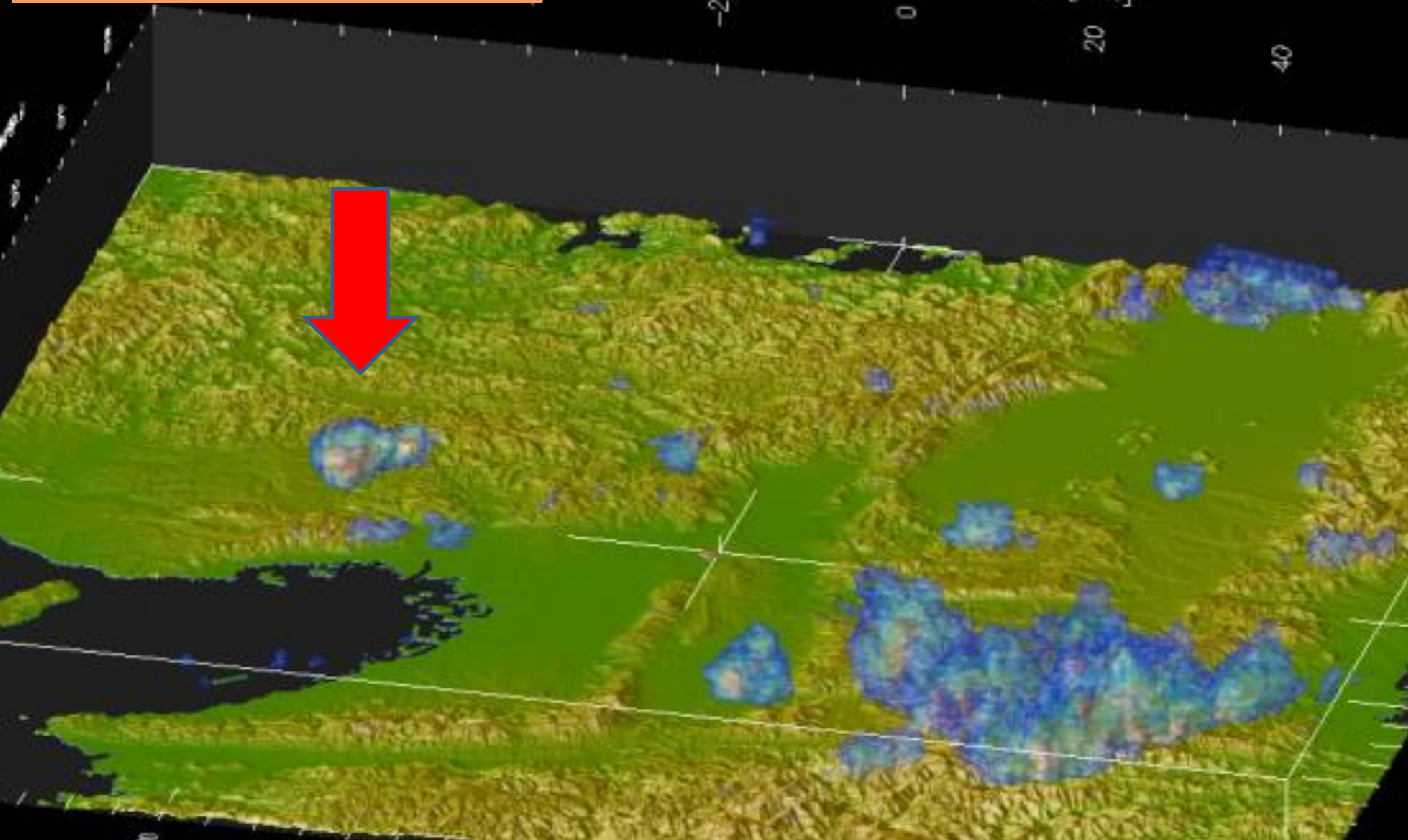
X distance from radar site [km]

-20

0

20

40



(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

2010 08 14 12:40 JST

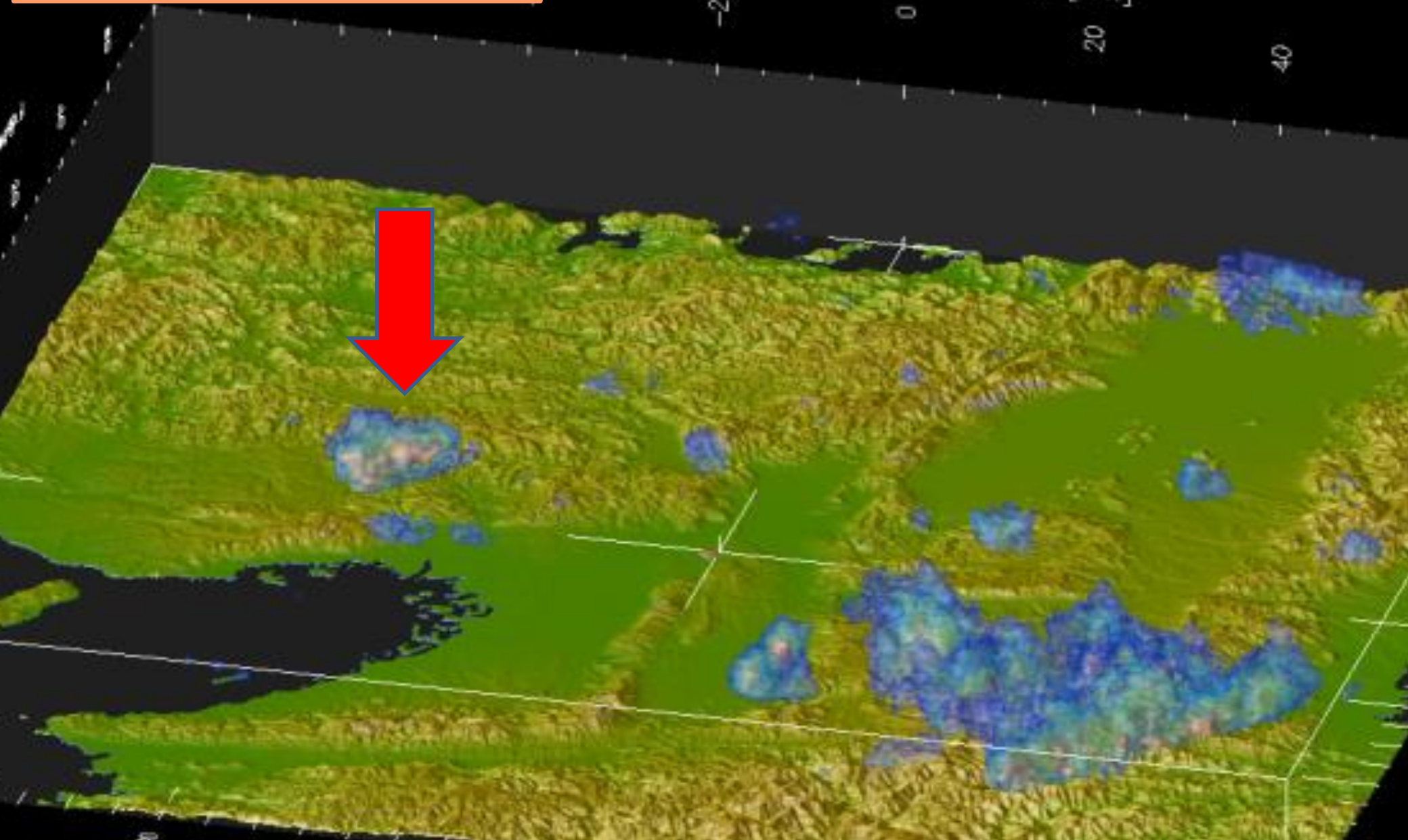
X distance from radar site [km]

-20

0

20

40

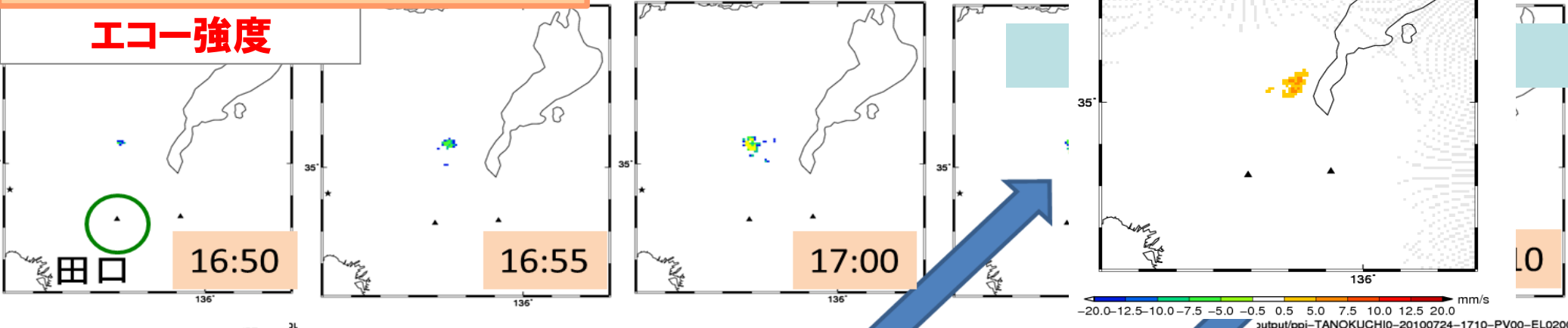


■ドップラー風速を用いた卵の危険性予測 発達しなかった事例

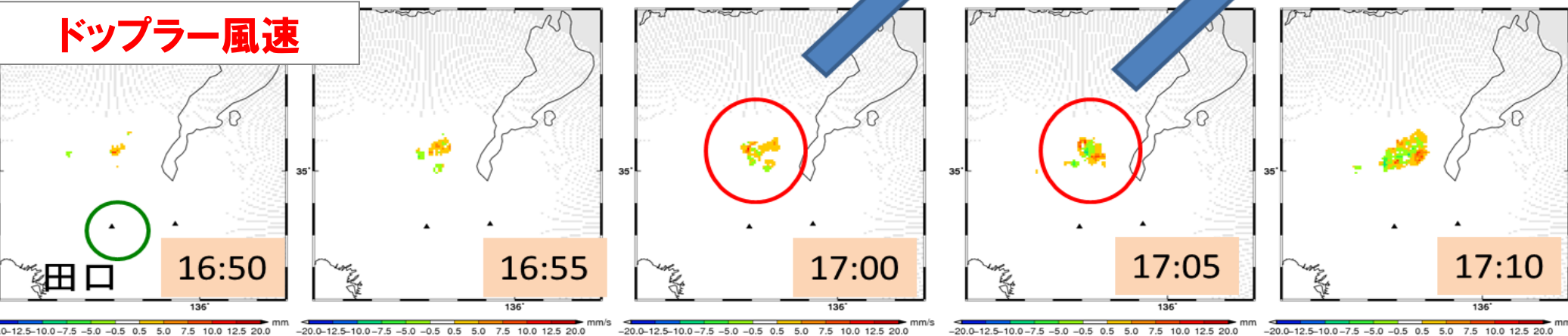
(2) ゲリラ豪雨の早期探知と危険性推測

発達しない事例：雲は回転していない
(ドップラー風速の正負成分の混ざり合いがない)

エコー強度



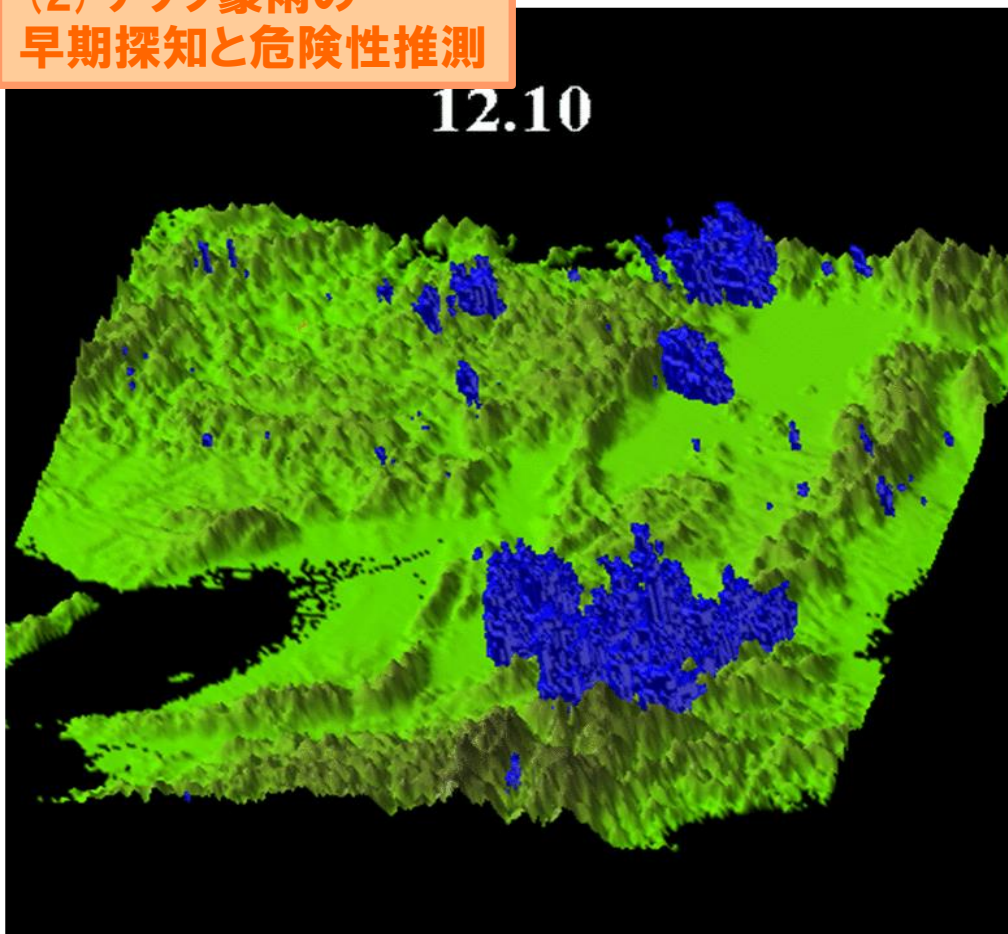
ドップラー風速



発達した事例：雲の水平回転(ドップラー風速の正負成分の混ざり合い)を確認

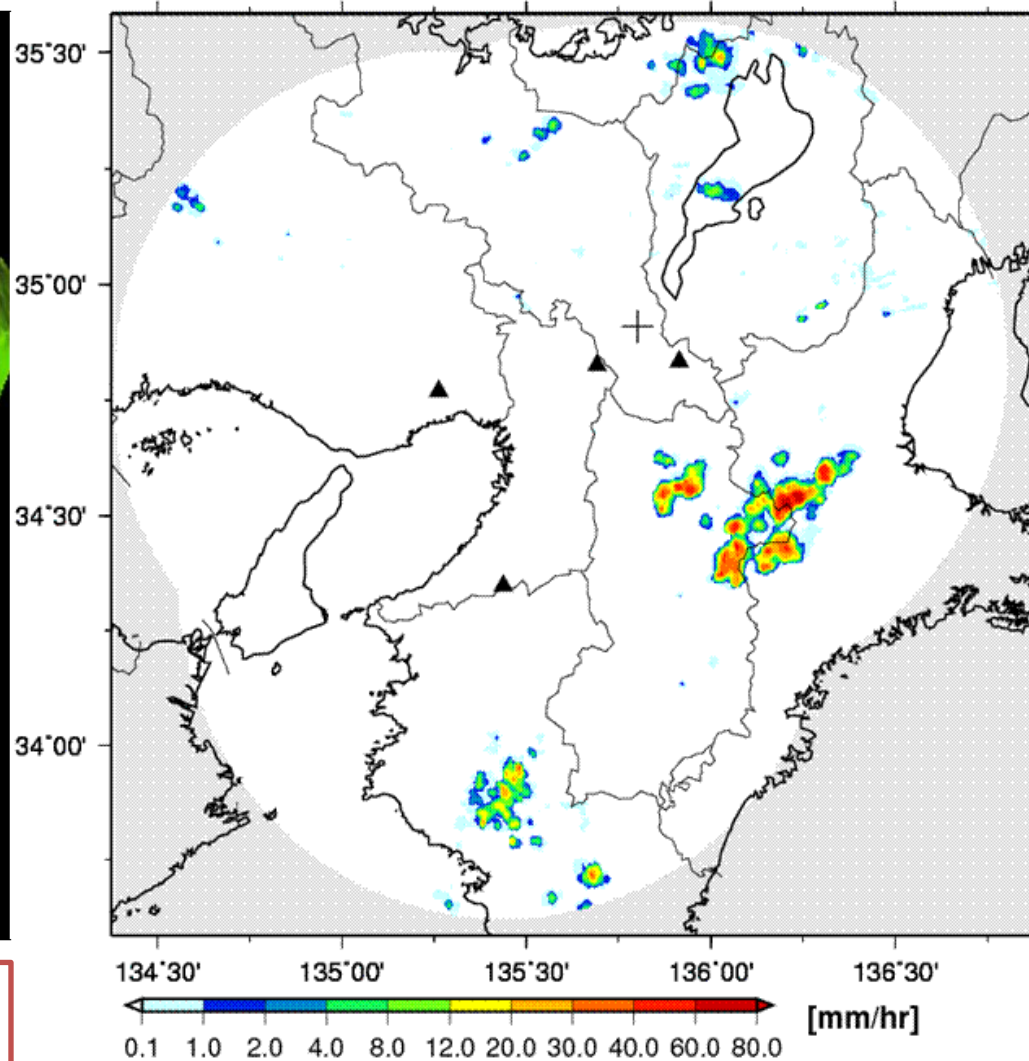
ゲリラ豪雨の早期探知と危険性推測

(2) ゲリラ豪雨の 早期探知と危険性推測

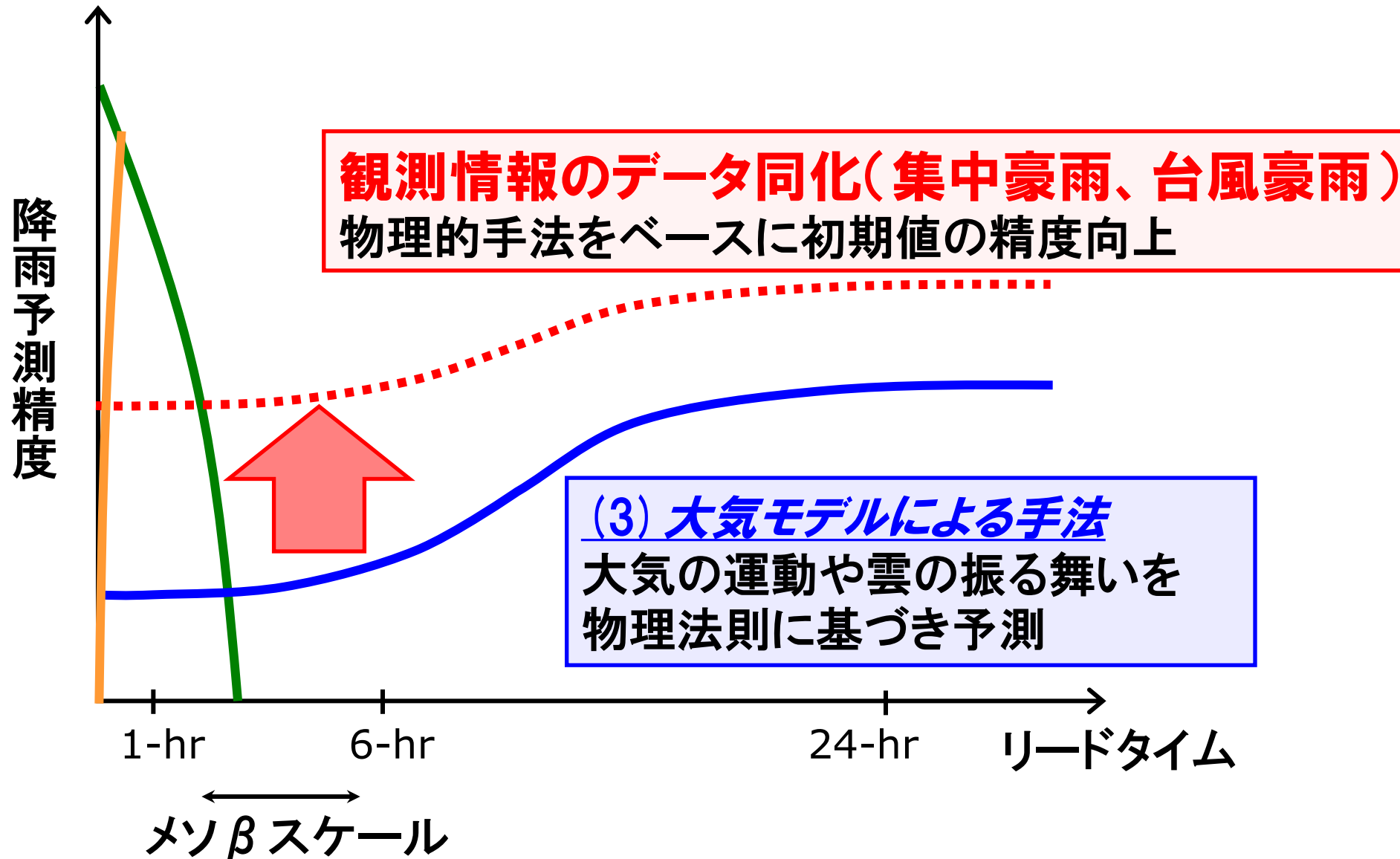


タマゴ探知時に渦あり・・・黄
タマゴ探知時及び5分後も渦あり
タマゴ探知時はなかったものの5分後には渦あり } 赤

Rainrate 20100814 12:10



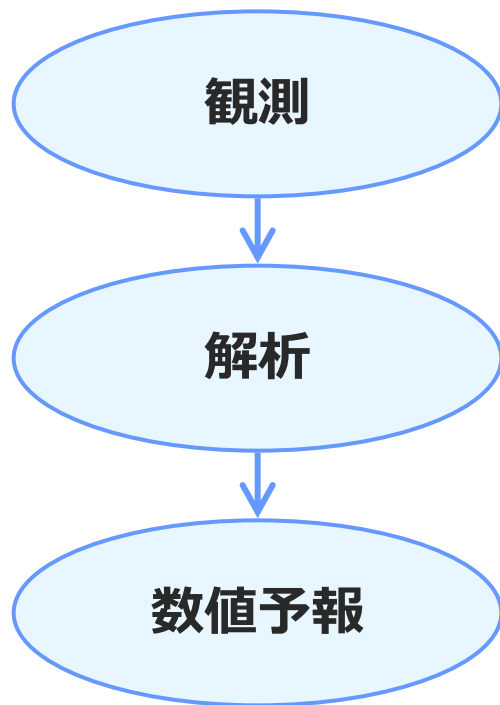
豪雨予測の現状と今後



(3) 大気モデルによる手法

(3) 大気モデルによる手法

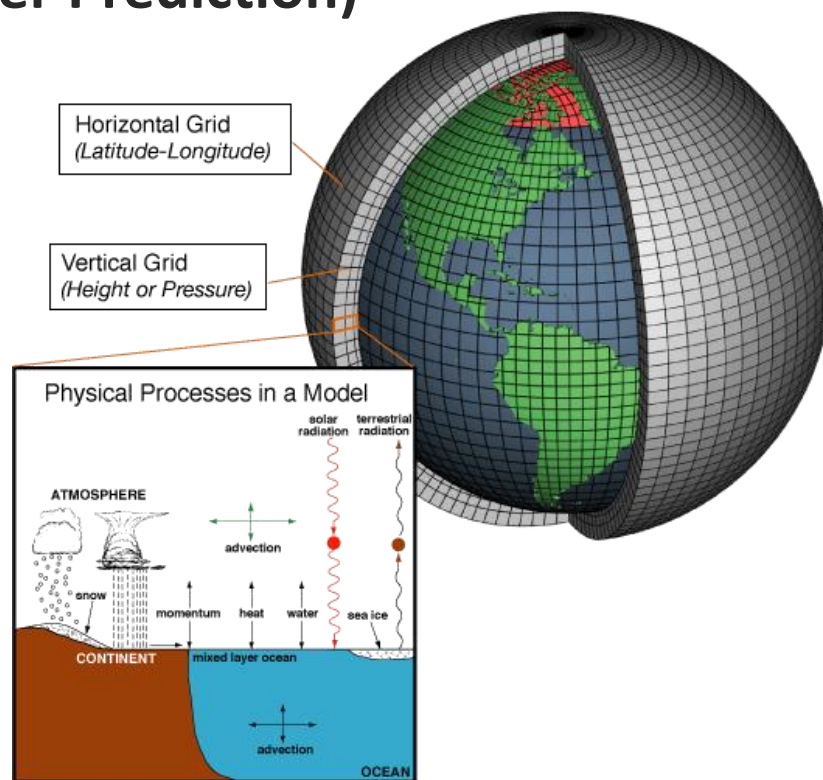
■ Numerical model (Numerical Weather Prediction)



- ・ 地上観測
- ・ 高層観測
- ・ 気象衛星
- ・ 気象レーダ

- ・ 品質管理
- ・ データ同化

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} = F$$



手法	予報期間	メリット	デメリット
物理法則に基づいた数値モデルによる予測	数時間先～数日 (数ヶ月) 先	雨雲の発生・発達を表現することが可能	計算負荷が高い

観測情報を大気モデル予測へパスする

データ同化…最も確からしい大気状態を推定→初期値精度向上

観測

- ドップラー風速
- レーダー反射因子
- GPS可降水量
- ウィンドプロファイラ
- ゾンデデータ
- 偏波レーダーパラメータ

モデル予測

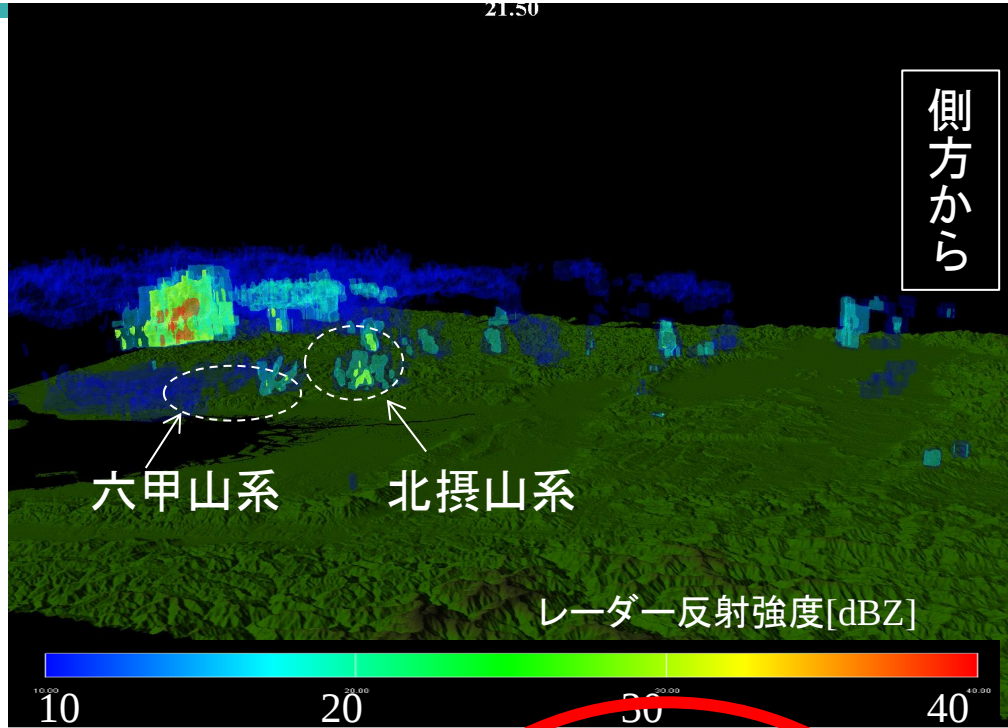
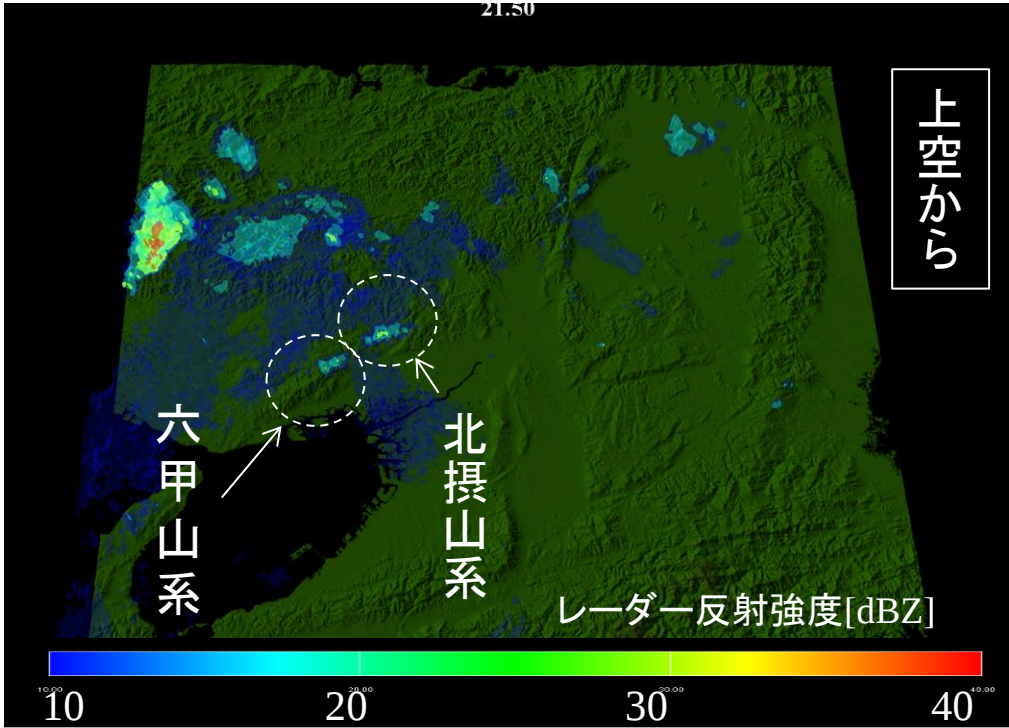
- 風速
- 気圧
- 気温
- 雨水、雲水、あられ、…
- 水蒸気量
- 降雨粒子の粒径分布
- 降水粒子の種類

データ同化

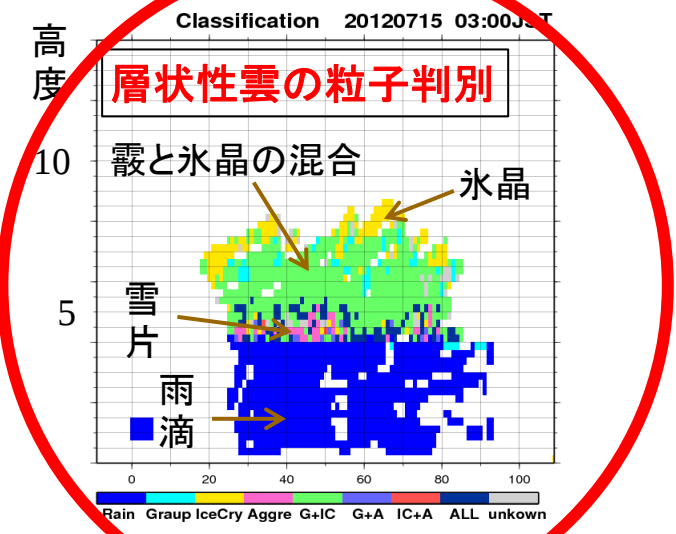
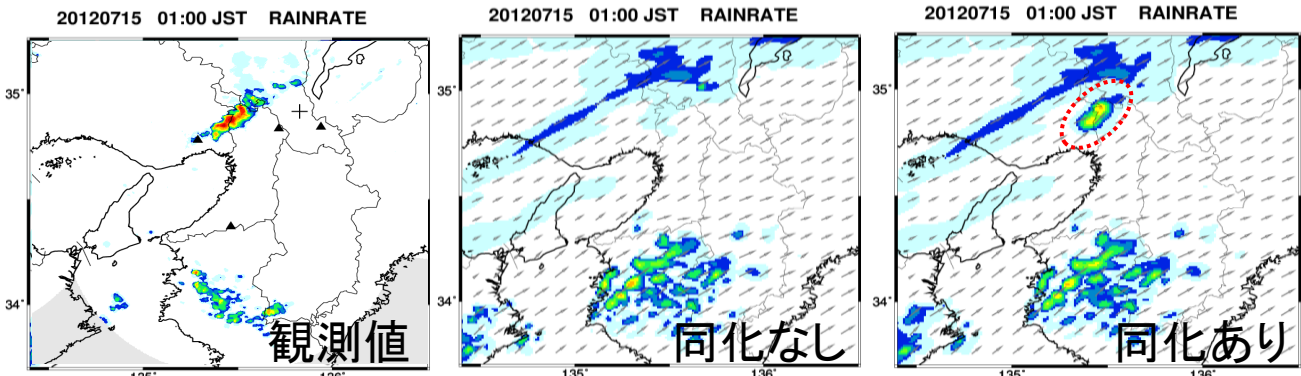
- フィルタリング (カルマンフィルター、アンサンブル カルマンフィルター)
- 変分法 (3次元変分法, 4次元変分法)

(3) 大気モデルによる手法

気象モデルによる予測実験(12年7月15日 京都豪雨)



レーダー観測情報の同化による降水システムの再現



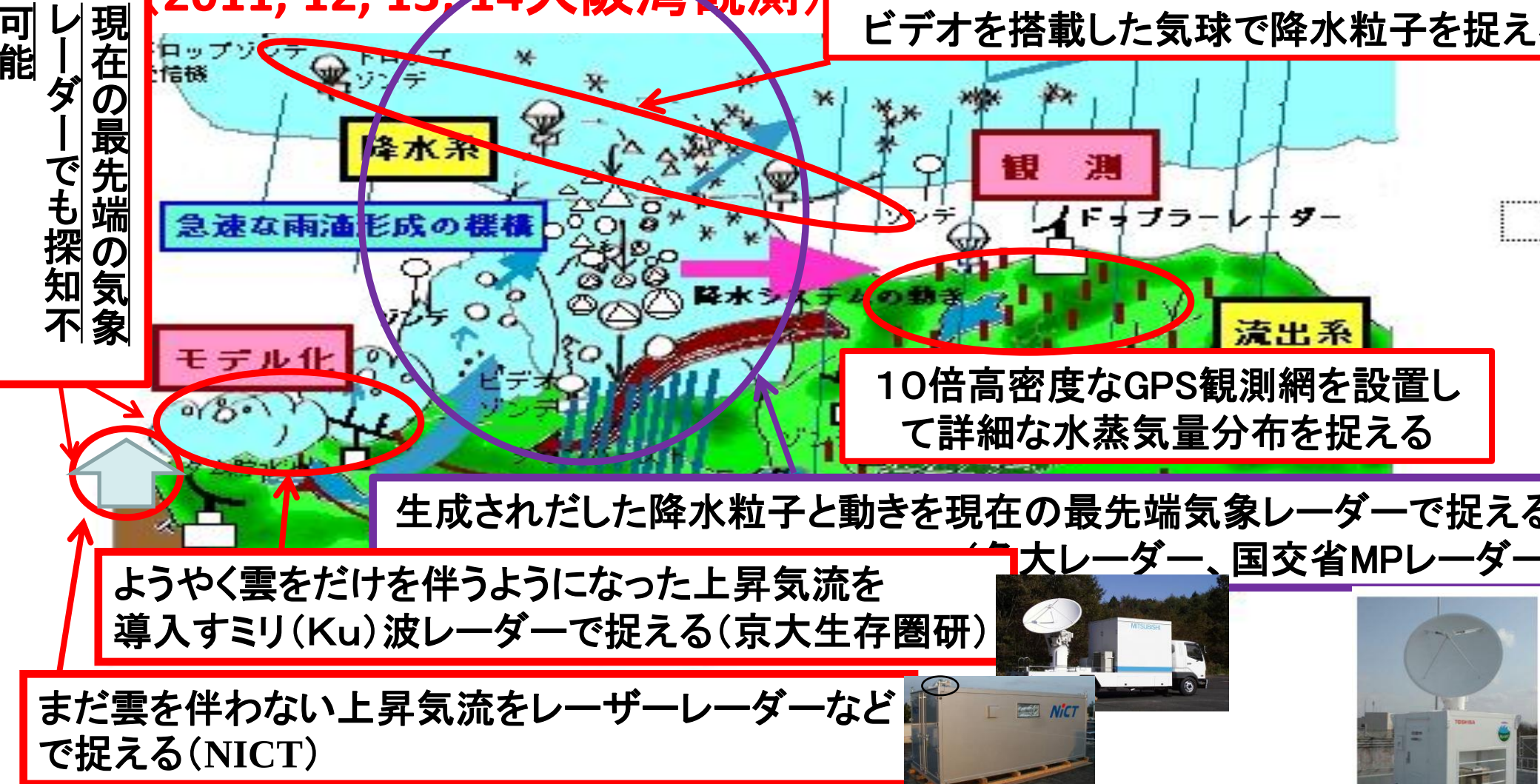
内 容

1. ゲリラ豪雨とタマゴの早期探知
2. MPレーダーとは？
3. 国交省MPレーダーネットワーク(XRAIN)
4. 早期探知と予測
5. **さらなる利用に向けて**

集中豪雨・局地的豪雨の基礎観測実験

積乱雲のすべての発達過程の基礎観測と
将来の夢の現業観測・予測技術の確立

(2011, 12, 13, 14大阪湾観測)



フェーズアレイ(大阪大学(千里), NICT(明石))による観測とも共同できれば幸いです。



ご静聴ありがとうございました。



様々な大学、機関からの若い研究者・学生達とのブレイク
(沖縄レーダー&ビデオゾンデ
同期集中観測2008)

2013年も沖縄・大阪湾～京都で！

