

レーダーによる降雨観測・予測技術と 気候変動による水災害影響評価の最新動向

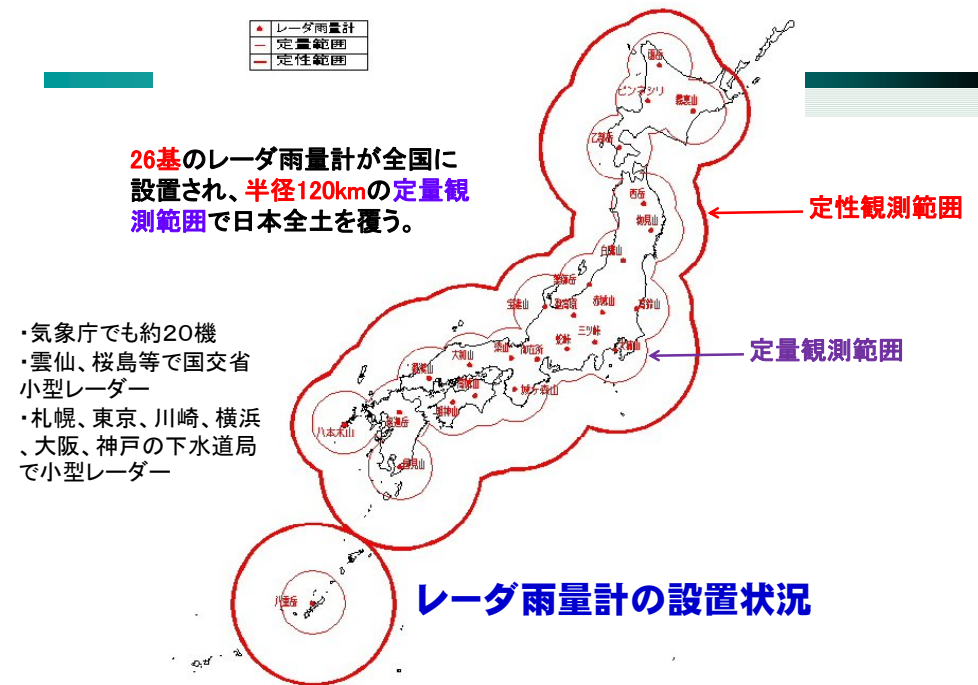
京都大学防災研究所
気象・水象災害研究部門
中北 英一

内 容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

内 容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向



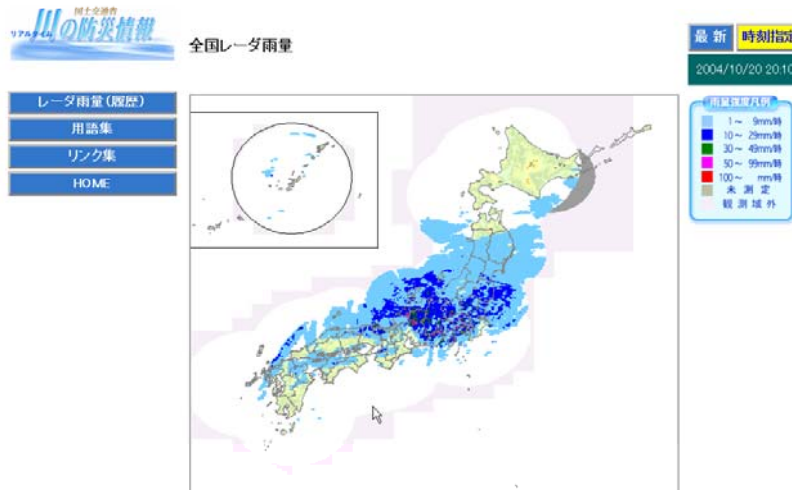
レーダ雨量計の導入・更新と活用の歴史

- 1976 赤城山レーダ雨量計 運用開始 定性的利用(防災情報の監視)
- 1982 深山レーダ雨量計(近畿) 運用開始 (初の立体観測)
- 1986 FRICSシステム始動 工事事務所端末にレーダ雨量情報を提供
- 1990 城ヶ森山レーダ雨量計(近畿)運用開始 (立体観測)
- 1993 釈迦岳レーダ雨量計(九州)旧偏波化 (2001:八本木, 2003:国見山)
- 2000 深山レーダ雨量計 ドップラー化(レーダービーム方向の風速観測)
- 2001 「川の防災情報」提供開始 一般住民にレーダ雨量情報を提供
- 2002 地上雨量計によるキャリブレーション開始 定量的利用への展開
水文観測業務規程改定 レーダー雨量観測所を水文観測施設とする
- 2003 全国合成システム運用開始 定量的データとしての利用
- 2004 同時刻合成レーダ雨量データの保存開始 1kmメッシュの雨量データ利用
- 2009 釈迦岳レーダ雨量計 最新型偏波化
城ヶ森山レーダ雨量計(近畿) ドップラー化
小型ドップラ最新型偏波レーダー群の導入(近畿圏,中部圏,関東圏,石川・富山)
- 2010 城ヶ森山レーダ雨量計(近畿) 最新型偏波化
- 201? 深山レーダ雨量計(近畿) 最新型偏波化

レーダ雨量計の活用

- 河川管理(大・中河川を中心)
防災情報の提供/降雨予測/洪水予測/
土砂災害予測
- ダム管理
洪水調節の支援
- 河川調査・計画
地上雨量計の適正配置/流出解析
- 広域防災
災害の監視/道路防災

全国合成レーダ雨量の提供 (川の防災情報)

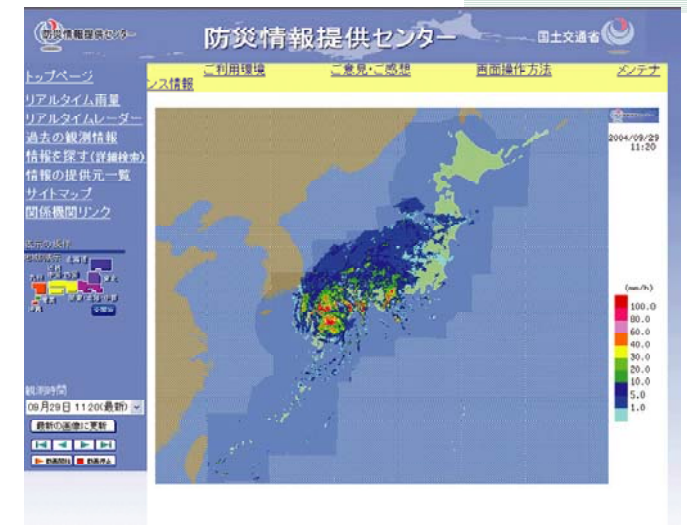


雨量強弱はレーダーで5分間観測した雨の強さを60分間の雨量に換算したものです。地図を直接クリックするとその地域に移動・拡大します。

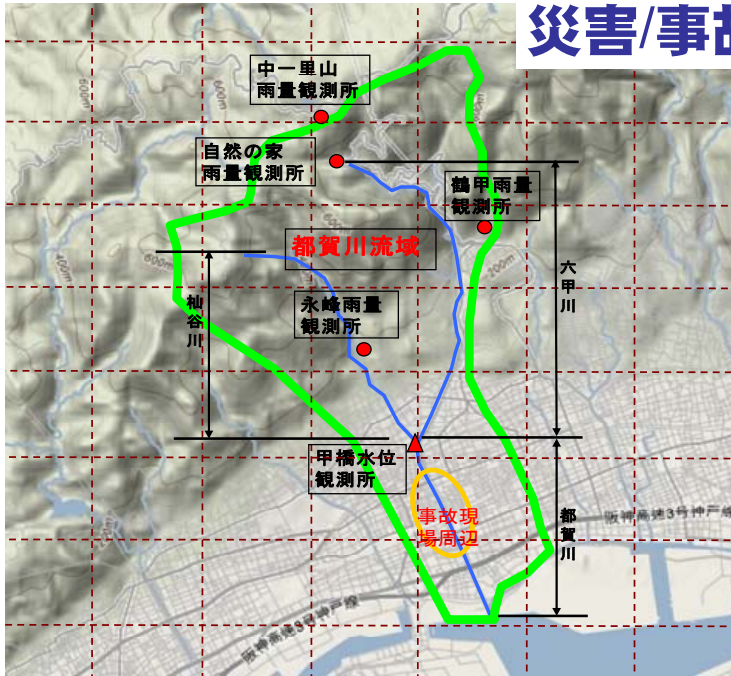
合成レーダ雨量は、国土交通省の統一河川情報システムや防災情報提供センターの**防災情報**のひとつとして配信されている。

災害の監視 (気象庁レーダーとの合成画像)

レーダ雨量を用いて台風や発達した低気圧の接近に伴う雨域の移動を示すことにより、**災害の監視情報**として活用することができる。



災害/事故の監視



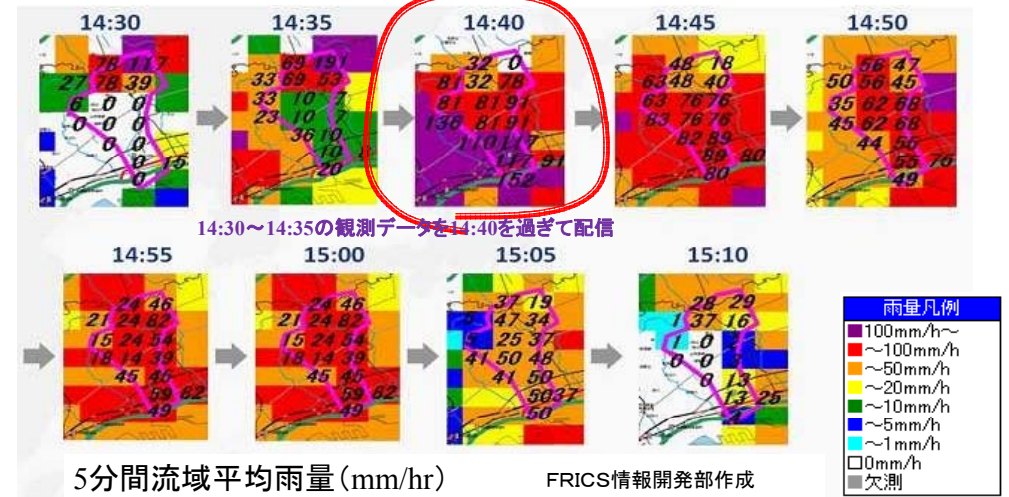
平成20年7月28日局地的な豪雨により、都賀川(二級河川)が急激に増水により、甲橋地点では10分間で水位が1.3mも上昇し、小学生等を含む5名が流されて死亡した。

FRICS
情報開発部作成 8

災害/事故の監視

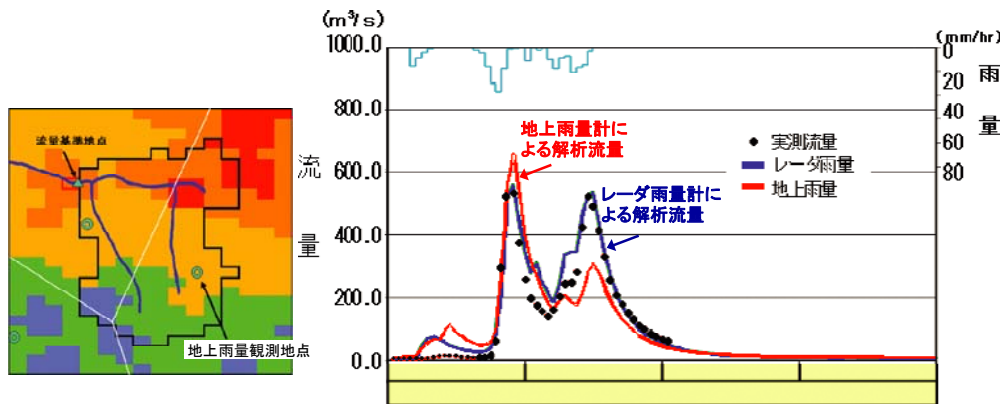
2008年7月28日豪雨の際の都賀川流域レーダ雨量。
激しい強雨域を良くとらえている。

14:40からの10分間で1.3mの水位上昇



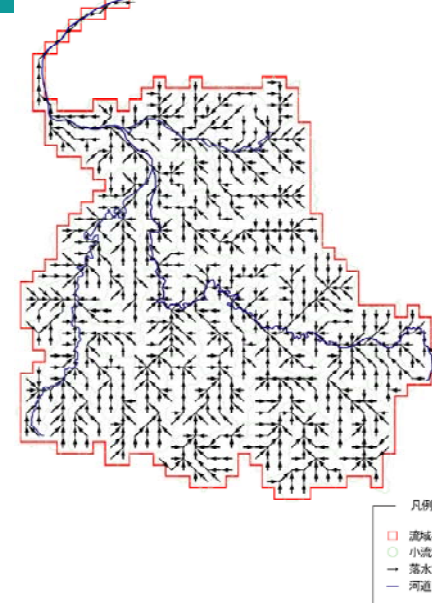
洪水流出解析

レーダ雨量計を用いて面的な雨量の分布を定量的に捉えることにより、精度の高い流域平均雨量を求めることができる。これを用いることにより、精度の高い洪水流量の再現を行うことが可能。



By FRICS 10

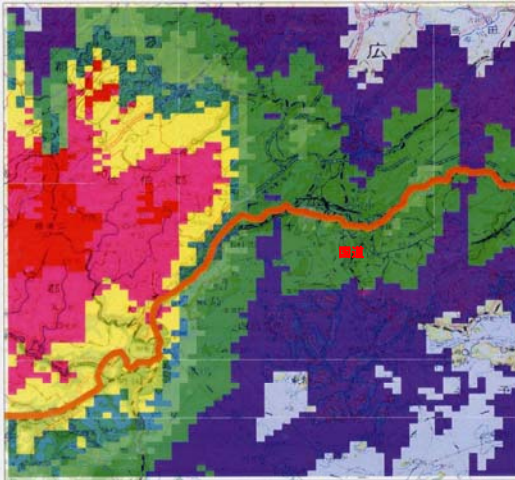
洪水流出解析



分布型流出モデルは、流域を細メッシュに分割し、地形などの物理的な諸元によりモデル定数を設定する。このため、1kmメッシュで計算されるレーダ雨量の空間分布を反映でき、かつ、物理的に流出機構を解析することが可能であり、精度の高い流出量が得られる。



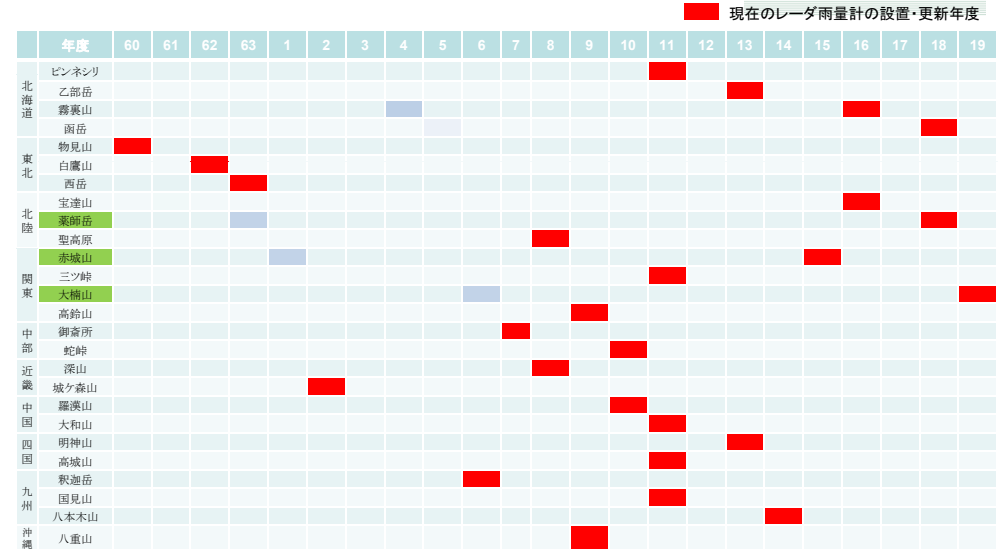
洪水予測・ダム管理



レーダ雨量は面的に降雨分布を把握することができるため、地上雨量計が配置されていない路線全区間をくまなくカバーすることができる。従って、対象とする路線全区間の安全性を一目で認識することができ、道路の適切な交通規制等に活用することができる。

By FRICS 12

レーダ雨量計設置・更新状況

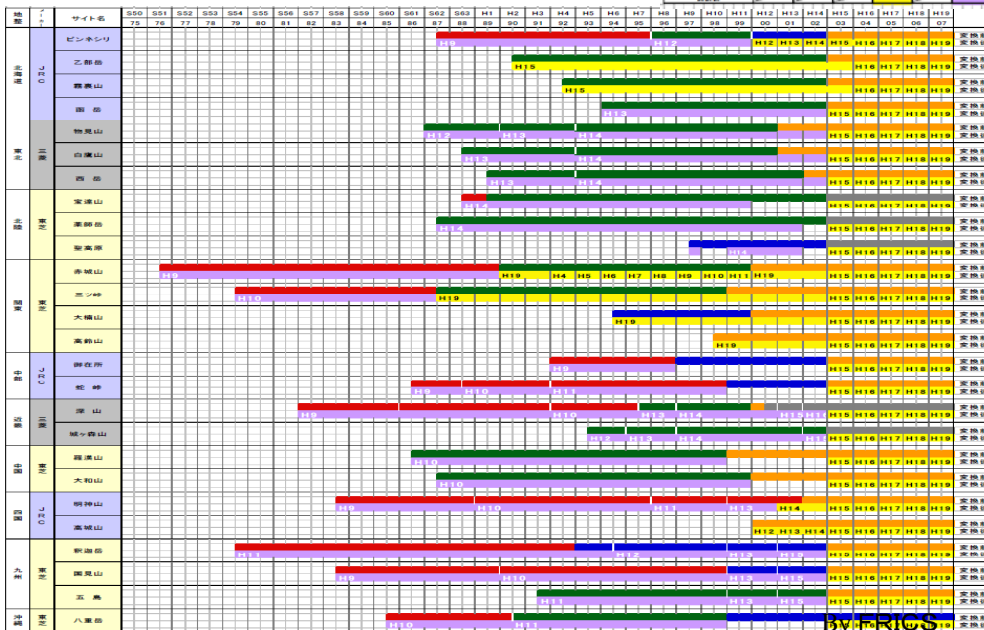


送信管にクライストロンを使用。その他はマグネトロンを使用。

By FRICS 13

レーダ観測データの保存状況

| レーダ観測データ保存状況 | MT | OD | MO | DVD | DAT | CD |
|--------------|----|----|----|-----|-----|----|
|--------------|----|----|----|-----|-----|----|



By FRICS

レーダーによる降雨量観測

- ・ 1パラメータレーダー

レーダー反射因子 Z (雨滴直径の6乗に比例)



$$Z = B R^{\beta}$$

降雨強度 R (雨滴直径のたとえば3.26乗に比例)

- ・ B, β は雨滴の粒径分布に依存
- ・ 降雨量推定精度は70点台～80点台
- ・ マルチパラメータレーダー(MPLレーダー:2偏波レーダーなど)
 - B, β の実時間推定へ

レーダー反射因子と降水強度

直径の6乗に比例

●レーダー反射因子 (Z) [mm⁶/m³]

$$Z \equiv \int_0^{D_{\max}} D^6 N(D) dD$$

D:雨滴の直径[mm], N(D):単位体積中の直径Dの雨滴数

●降水強度(R) [mm/h]

終端落下速度:0.26乗に比例

$$R = \int_0^{D_{\max}} N(D) w_t(D) \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^3 dD$$

体積:3乗に比例

●粒系分布のモデル (ガンマ分布, $\mu=0$ は指数分布)

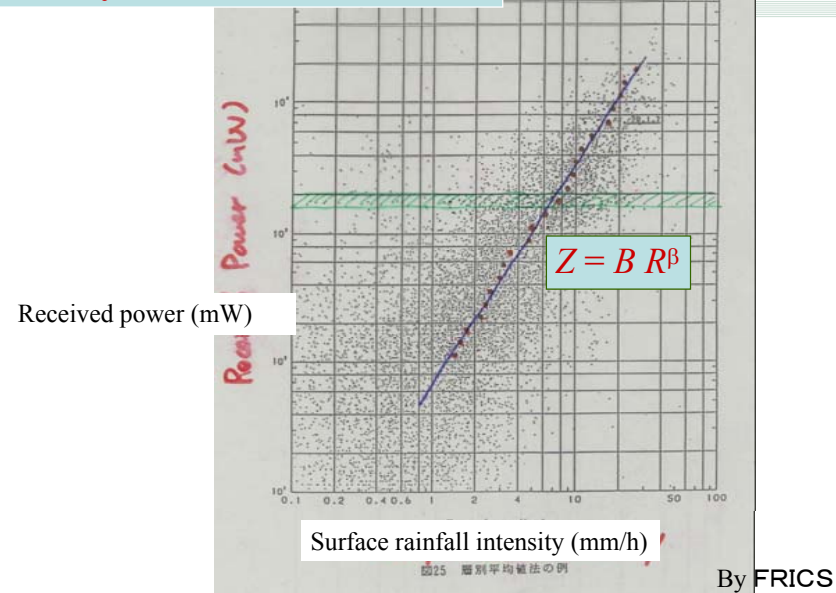
$$N(D) = N_0 D^\mu \exp(-\Lambda D)$$

●Z~R関係

$$Z = B R^\beta$$

降雨換算定数B,βは降雨の成因や粒径分布など、降雨ごとに異なる

Estimation of B, β using past data by the layer-mean method



内容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

電波の波長によるレーダー特性の違い

- **Sバンド(10cm)波**(アメリカ等の広大な大陸)[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)[中型]
 - 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)[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で解決(最新の動向)
 - 感度、空間分解能(500m程度)は大きい
 - 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¹⁹

レーダーによる気象観測（観測機能による違い）

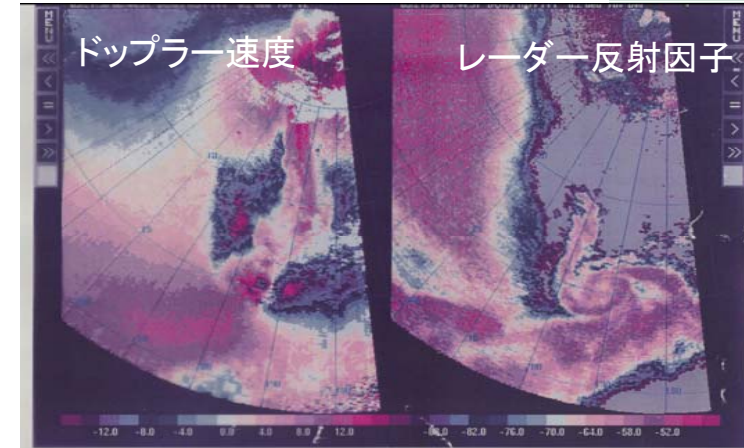
コンベンショナル
レーダー

→レーダー反射因子 Z_{HH}

その他のレーダー

- ・ドップラーレーダー（現在は当然の機能）
- ・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)

ドップラーレーダー(1)

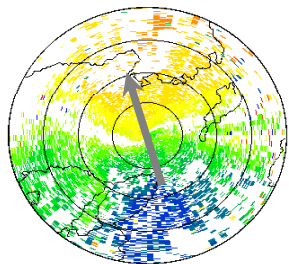


レーダービーム方向の風速成分が測れる => 若干の過程により水平風速が求まる

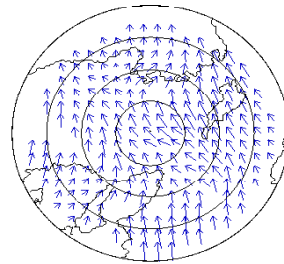
ドップラーレーダー(2)

ドップラー速度

様々な高度の風速分布



VVP法に
より変換



ドップラー速度：ドップラ効果を利用してレーダ雨量計からみた降水粒子の移動速度（近づくか、遠ざかるか）

VVP法：局所的に風が一様であると仮定しドップラー速度から水平風速を推定する方法

レーダーによる気象観測（観測機能による違い）

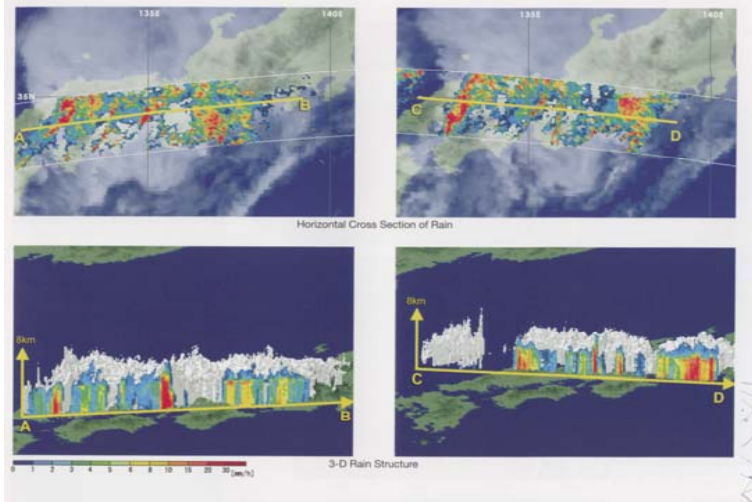
コンベンショナル
レーダー

→レーダー反射因子 Z_{HH}

その他のレーダー

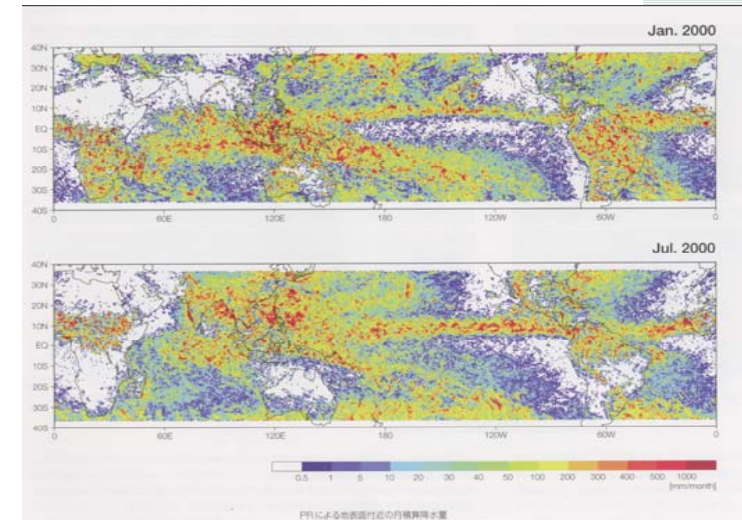
- ・ドップラーレーダー（現在は当然の機能）
- ・ウインドプロファイラー(ウィンダス)
- ・宇宙からの降水観測(TRMM)

Precipitation Radar (1)



Observed Precipitation with TRMM/PR

Precipitation Radar (2)



Monthly rainfall amount estimated with TRMM/PR

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

→レーダー反射因子 Z_{HH}

その他のレーダー

- ・ドップラーレーダー（現在は当然の機能）
- ・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）

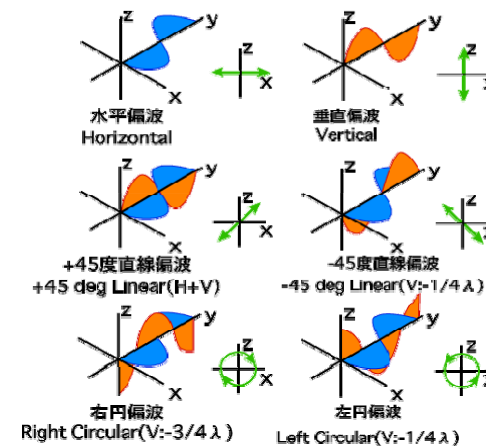
次世代レーダー

・マルチパラメータレーダー

❖ 二周波レーダー（ Z_{HHL} , $Z_{HHS} \Rightarrow K$ ）：次世代衛星搭載レーダー

❖ 偏波レーダー（ Z_{HH} , Z_{VV} , Z_{DR} , ϕ_{DP} , K_{DP} , ρ_{HV} , L_{DR} ）：次世代の現業レーダー

偏波レーダー

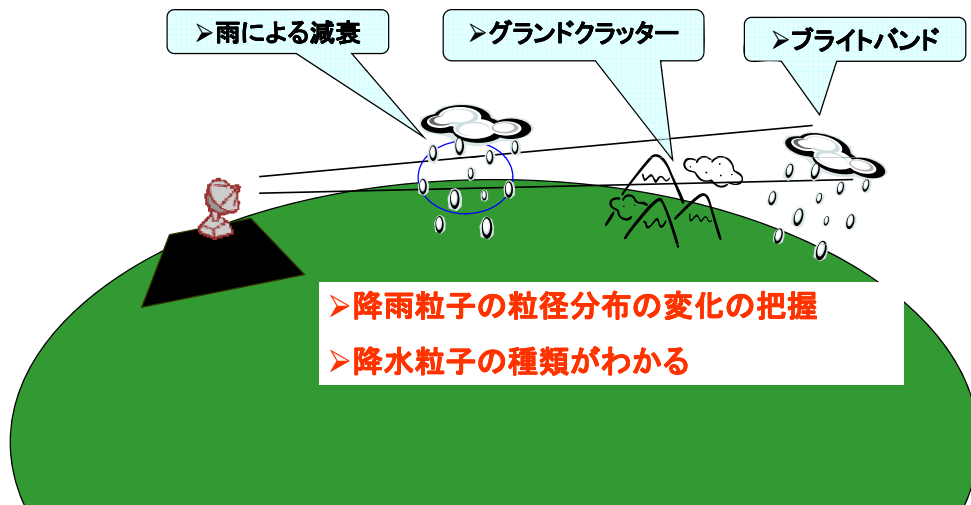


- ・コンベンショナルレーダーは水平偏波のみ
- ・偏波レーダーは様々な偏波を出すことができるレーダー
- ・最新型のレーダーでは偏波の強度情報 Z_{DR} だけでなく、位相情報 K_{DP} を得ることも可能

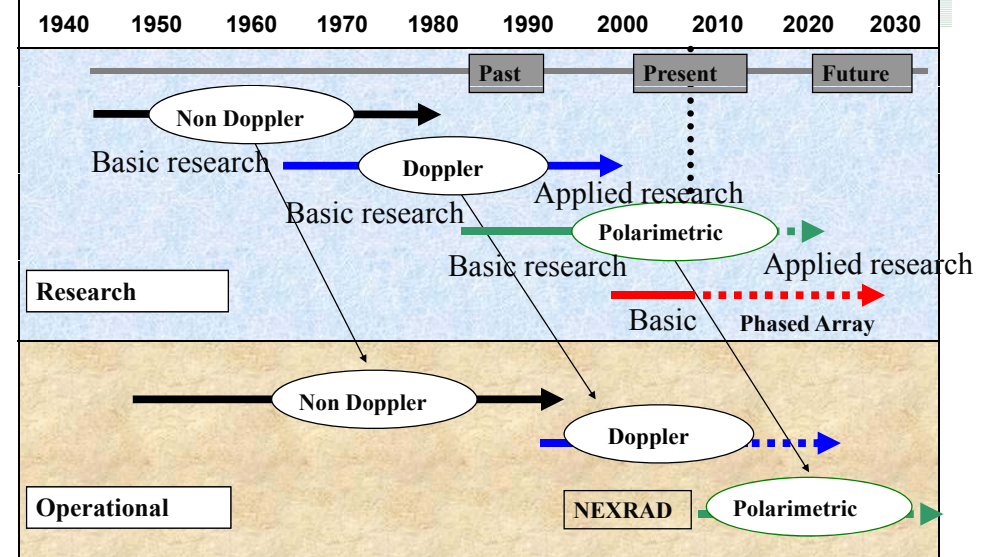
降水粒子の識別

粒径分布の把握

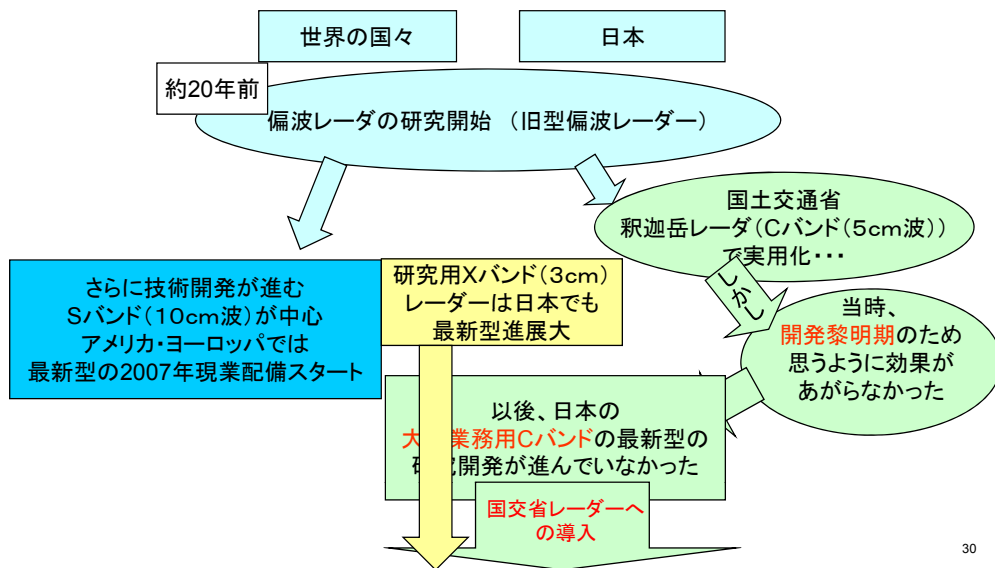
コンベンショナルレーダーの問題を解決する偏波レーダーを用いる利点



History of weather radar



最新型偏波レーダー研究の背景



偏波パラメータ

1つ目の添え字は受信
 2つ目の添え字は送信
 H: 水平偏波, V: 垂直偏波

レーダー反射因子差: Z_{DR}

$$Z_{DR} = 10 \log_{10} (Z_{HH} / Z_{VV})$$

- 粒子の縦横の比に関連したパラメータ
- 降雨が強い(粒子の扁平が大きい)ほど Z_{DR} は大きくなる。
- 一方、氷粒子は落下による扁平が小さく、0dBに近い値となる。

偏波間相関係数: ρ_{HV}

- 水平偏波 Z_{HH} と垂直偏波 Z_{VV} の相関係数
- 単一の種類の降水粒子では0.95以上
- 異なる形や種類の粒子が混在すると ρ_{HV} は低下する。
- 特に融解層やグラウンドクラッターにおいては最小値をとる。

関連大 関連小

偏波パラメータ2

偏波間位相差: Φ_{DP} 位相差変化率: K_{DP}

$$\Phi_{DP} = \phi_{hh} - \phi_{vv} \quad K_{DP} = \frac{\Phi_{DP}(r_2) - \Phi_{DP}(r_1)}{2(r_2 - r_1)}$$

- Φ_{DP} は水平・垂直偏波の位相変化の差をあらわす。
- K_{DP} は Φ_{DP} のビーム方向の変化率
- 受信電力に左右されず、減衰や遮蔽の影響を受けない。
- 降水強度推定に有効なパラメータとして期待される。

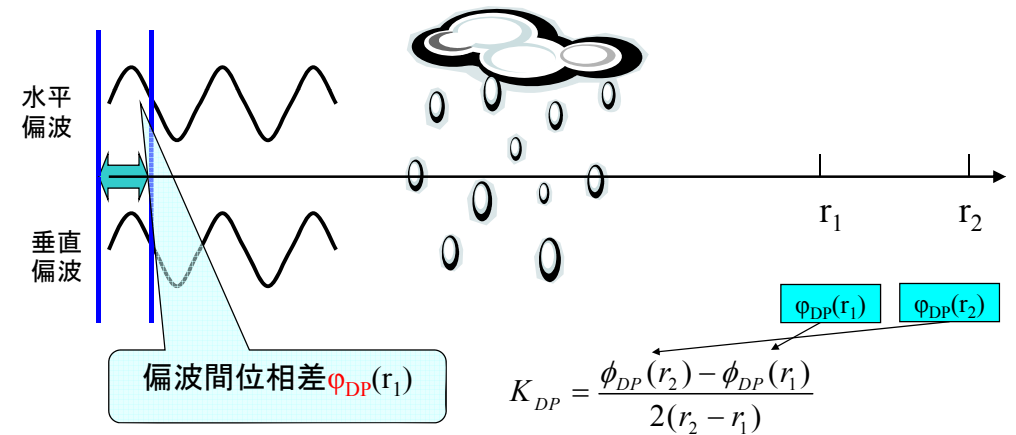
直線偏波抑圧比: LDR

$$LDR_{HV} = 10 \log_{10}(Z_{HV}/Z_{VV})$$

- 扁平度・主軸の傾きに関するパラメータ
- 交差偏波の値が微弱なため、大きい場合でも-20dB程度
- 精度よい観測が困難であり、実用的な応用には課題がある。

偏波パラメータ3

偏波間位相差 (Φ_{DP}) と伝搬位相差変化率 K_{DP}



偏波パラメータ4

伝搬位相差変化率 K_{DP}

雲水量 W と粒径分布の中心値 D_m をもちいて

$$K_{DP} = 62 D_m \left(\frac{180}{\lambda}\right) 10^{-3} C_k \textcircled{W}$$

と表される。(D_m : [m], レーダー波長 λ : [m], W : [g/m³]: 雨滴群の体積)

粒径分布 $N(D)$ の n 次モーメントを以下のように定義する。

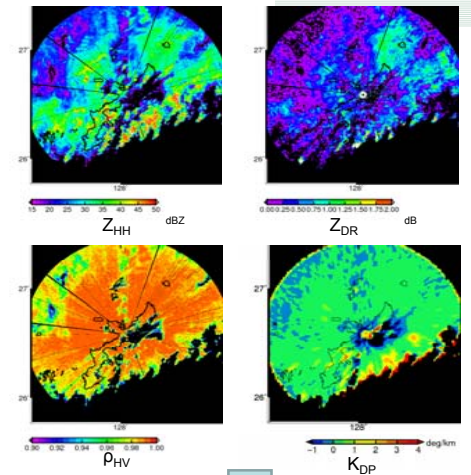
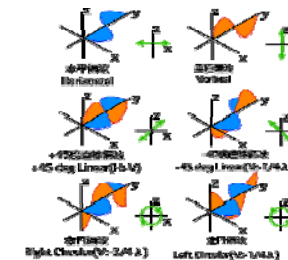
$$m_n \equiv \int_0^{\infty} D^n N(D) dD$$

K_{DP} は 4.78 次モーメント, Z_{HH} は 6.38 次モーメント, そして降雨強度 R は 3.67 次モーメントに比例すると言われている。したがって, 降雨強度推定には Z_{HH} よりも K_{DP} の方が精度よく推定可能である。

偏波レーダー-COBRAによる観測例



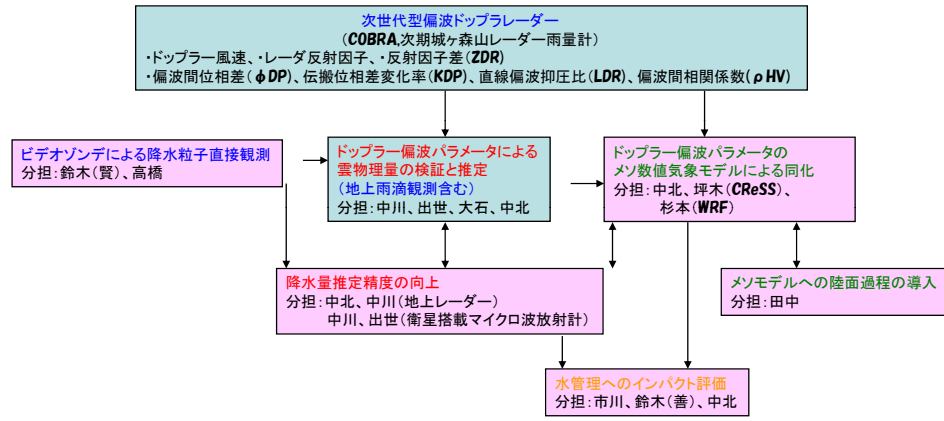
偏波レーダー COBRA
(独)情報通信研究機構



雨滴粒径分布

降水粒子種類

最新型偏波レーダーによる 観測+解析+モデル同化+インパクト評価



各研究課題ならびにその相互の関係を示すとともに、研究代表者ならびに研究分担者の役割を示す。
 土台となる研究課題を水色、それをベースとするが平行して進める研究課題を桃色として分けてある。

Z_{HH}, Z_{DR}, K_{DP} を用いた降雨量推定の特徴 (C-band)

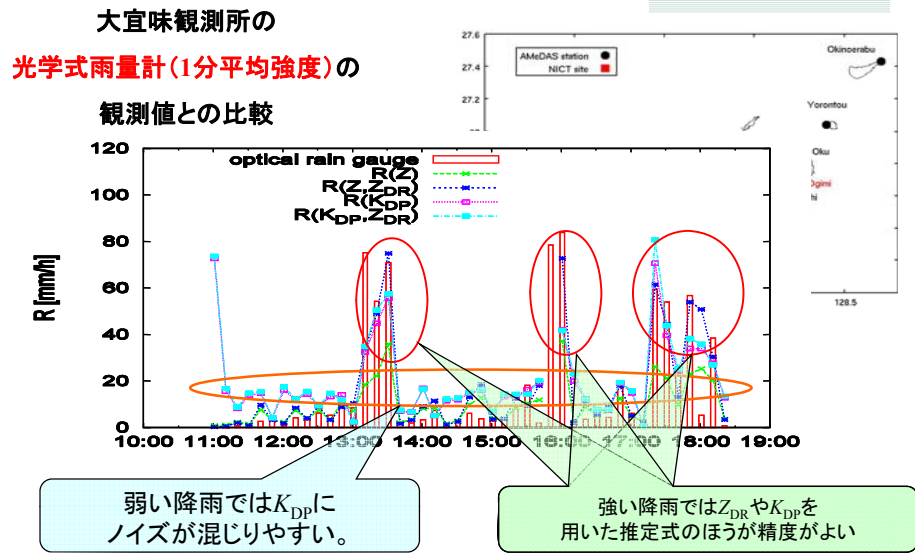
まずは、これまで一般的に与えられている係数を用いて、特徴を見る。

$$R(Z_{HH}, Z_{DR}) = c_1 Z_{HH}^{a_1} 10^{0.1 b_1 Z_{DR}} \quad (a_1=0.91, b_1=-3.43, c_1=5.8 \times 10^{-3})$$

$$R(K_{DP}) = 129 (K_{DP} / f)^{b_2} \quad (f: \text{周波数}, b_2=0.85)$$

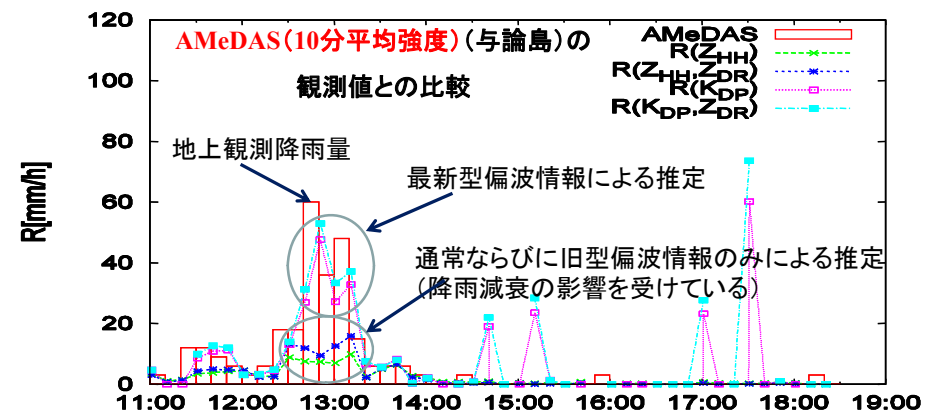
$$R(K_{DP}, Z_{DR}) = c_3 K_{DP}^{a_3} 10^{0.1 b_3 Z_{DR}} \quad (a_3=0.89, b_3=-0.72, c_3=37.9)$$

降雨強度推定に関する解析 (2004年6月8日・梅雨前線)



中北・竹畑・中川(2007)

手前の豪雨による電波減衰に負けない(10分降雨強度推定)



最新型偏波レーダーで得られる新たな偏波情報を用いることにより、極めて強い降雨強度も測定可能となる。

中北・竹畑・中川(2007)

最新型偏波レーダーの飛躍的なアドバンテージ

- Z_{HH}(これまでの現業用ネットワークレーダー):
 - 雨滴の粒径分布(DSD)に依存して、降雨強度 R への変換式が異なる。地上雨量計によるキャリブレーションが必要。
 - 雨滴の直径の6乗に比例するため、雨でない大きな降水粒子(雹など)が上空で混在すると、降雨強度 R を極めて過大に見積もってしまう。(降雨強度 R は直径の3.26乗に比例)
 - 3cm波(Xバンド)では大きな、5cm波(Cバンド)でも多少の、電波の降雨減衰がある。
- Z_{DR}: (80年代後半からの技術。九州の3レーダーに備わっている機能)
 - 雨滴の粒径分布の情報が得られる。地上雨量計によるキャリブレーションは不要。
 - ただし、降雨減衰の影響を受ける。3cm波(Xバンド)では、5cm波(Cバンド)に比べて、強雨による電波の減衰が激しい。
- K_{DP}: (これからの現業用偏波レーダー)
 - 直径の4乗に比例するので、降雨強度 R (直径の3.26乗に比例)に近い。地上雨量計によるキャリブレーションは不要。
 - 波(位相)の情報なので、降雨減衰の影響を受けない。(Z_{HH}やZ_{DR}の減衰補正に実時間で利用できる。)
 - 3cm波(Xバンド)ではほぼ完全に、Z_{HH}やZ_{DR}の代わりに用いることができる。5cm波(Cバンド)では、20~30mm/h以下ではZ_{HH}やZ_{DR}と併用。(欧米では新たに、Xバンドレーダーによるネットワーク構築が始まる)
- ρ_{HV}: (これからの現業用偏波レーダー)
 - 降雨かそうでないかの識別、グランドクラッターの識別に、極めて重要。

降雨強度推定による誤差要因に対する最新型偏波レーダーの利点

| 誤差要因 | Z-R関係式 在来型、ドップラー | 偏波パラメータ MPレーダーネットワーク |
|-----------------|---------------------|-------------------------|
| 粒径分布の変動 | × | ○ |
| 降雨減衰 | × | ○ |
| 雨滴の形状(軸比) | ○ | × |
| 雹の影響 | ×(過大評価) | ○ |
| 地形によるビームの一部遮蔽 | ×(過小評価) | ○ |
| 降水粒子のビーム内非充填 | ×(過小評価) | ○ |
| 観測高度 | △ | ○ |
| ハードウェアキャリブレーション | △ | ○ |

防災科学技術研究所 真木博士提供
(2008) 41

内 容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- **降雨強度推定アルゴリズムの開発**
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

Cバンド偏波レーダーによる 降雨量推定アルゴリズムの構築に関する研究(2008)

京都大学防災研究所 中北英一
中部電力 竹畑栄伸
情報通信研究機構 中川勝広

内容

1. 背景と目的
2. 使ったデータセット
3. 地上で観測された粒径分布(DSD)を用いた解析と新しい降雨量推定アルゴリズムの開発
4. 実際のレーダー観測情報を用いた検証
5. 結論

44

Introduction

背景

- 約20年前から偏波レーダーの研究開発が始まる。
 - 開発された偏波レーダーは、観測可能な平均粒径 D_m を、降雨量推定式 $R(Z_{HH})$ と $R(K_{DP})$ に導入して、 $R(Z_{HH}, D_m)$ と $R(K_{DP}, D_m)$ を提案する。
 - そのうち、 $R(Z_{HH}, D_m)$ or $R(K_{DP}, D_m)$ のどちらを用いるかの判断にも D_m を利用する。
- 2007年から現業配備がスタートした。

目的

- Cバンドの偏波レーダーは世界的に見ても例が少ない。
- 将来、偏波レーダーが導入されたときに、有効活用できるようにする。
- 以上のことから、本研究では偏波レーダーを用いて実運用に耐えうる新たな降雨量推定アルゴリズムを構築し、降雨量推定精度を向上させることにある。

45

内容

1. 背景と目的
2. 使ったデータセット
3. 地上で観測された粒径分布(DSD)を用いた解析と新しい降雨量推定アルゴリズムの開発
4. 実際のレーダー観測情報を用いた検証
5. 結論

46

偏波レーダー (Cバンドバイスタティック偏波ドップラーレーダー) 情報通信研究機構(NICT)



COBRA = CRL Okinawa Bistatic polarimetric RAdar

「次世代のメソ気象・水文観測技術の開発」

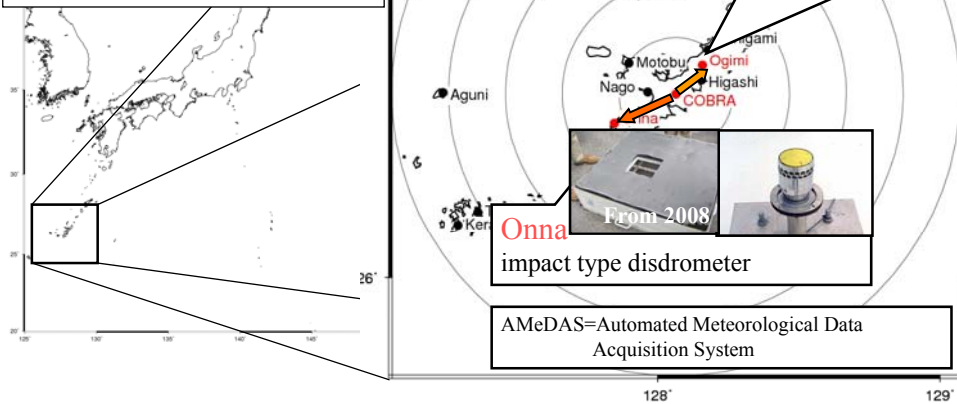
- 降水システムにおける降水及び風の3次元構造を高精度で計測が可能となる降雨レーダの開発(Cバンド; 5cm波)
 - 詳細な偏波観測 (Z_{HH} , Z_{VV} , Z_{DR} , Z_{DP} , K_{DP} , ρ_{HV} , L_{DR})
 - バイスタティックドップラー観測
- 現業の気象予報業務防災支援データ収集など、COBRAの実用化
 - 台風、梅雨、メソスケールの降水現象

| レーダ形式 | モノスタティックパルスドップラーレーダ |
|-----------|---|
| 中心周波数 | 5340MHz (C帯) |
| 尖頭出力 | 250kW以上 (クライストロン, TWT : 2台) |
| パルス幅 | 0.5, 1.0, 2.0ps |
| パルス繰返し周波数 | 250~3000Hz |
| アンテナ直径 | 4.5m |
| レドーム直径 | 8m |
| 交差偏波比 | 36dB以上 |
| アンテナゲイン | 42dB以上 |
| サイドローベレベル | -25dB以下 |
| アンテナ回転速度 | 水平方向: 0.5~10rpm 鉛直方向: 0.1~3.6rpm (0.1rpm毎に可変) |

47

Data set (Ground)

- 地上で観測される雨滴粒径分布(DSD)を基礎解析・検証に用いる。
- 二次元ディストロメータ(2DVD)と衝撃タイプのディストロメータ
- アメダス観測雨量



Data set

| No. | Start Time (UTC) | End Time (UTC) |
|-----|------------------|------------------|
| 1 | 2006. 5.30 23:00 | 2006. 5.31 11:00 |
| 2 | 2006. 6. 1 15:00 | 2006. 6. 2 4:00 |
| 3 | 2006. 6. 4 8:00 | 2006. 6. 5 8:00 |
| 4 | 2006. 6.10 0:00 | 2006. 6.10 13:00 |
| 5 | 2006. 6.11 6:00 | 2006. 6.11 12:00 |
| 6 | 2006. 7. 8 15:00 | 2006. 7. 9 10:00 |
| 7 | 2006. 8. 5 10:00 | 2006. 8. 6 12:00 |
| 8 | 2006. 8. 9 0:00 | 2006. 8. 9 5:00 |
| 9 | 2006.12. 7 2:00 | 2006.12. 7 9:00 |
| 10 | 2007. 5.25 18:00 | 2007. 5.25 24:00 |
| 11 | 2007. 6. 5 4:00 | 2007. 6. 5 15:00 |
| 12 | 2007. 6. 7 0:00 | 2007. 6. 7 13:00 |
| 13 | 2007. 6.11 12:00 | 2007. 6.12 22:00 |
| 14 | 2007. 6.16 8:00 | 2007. 6.16 23:00 |
| 15 | 2007. 6.18 20:00 | 2007. 6.19 5:00 |

レーダー

- COBRA
- $Z_{HH}, Z_{VV}, Z_{DR}, \phi_{DP}, \rho_{hv}, LDR,$
- 観測時間間隔 6分
- 14PPI(0.5, 1.1, 1.8, 2.5, 3.3, 4.2, 5.3, 6.5, 8.1, 10.0, 12.3, 14.8, 17.4, 仰角)
- パルス幅 2 μ s (300m)
- ビーム幅 0.9°

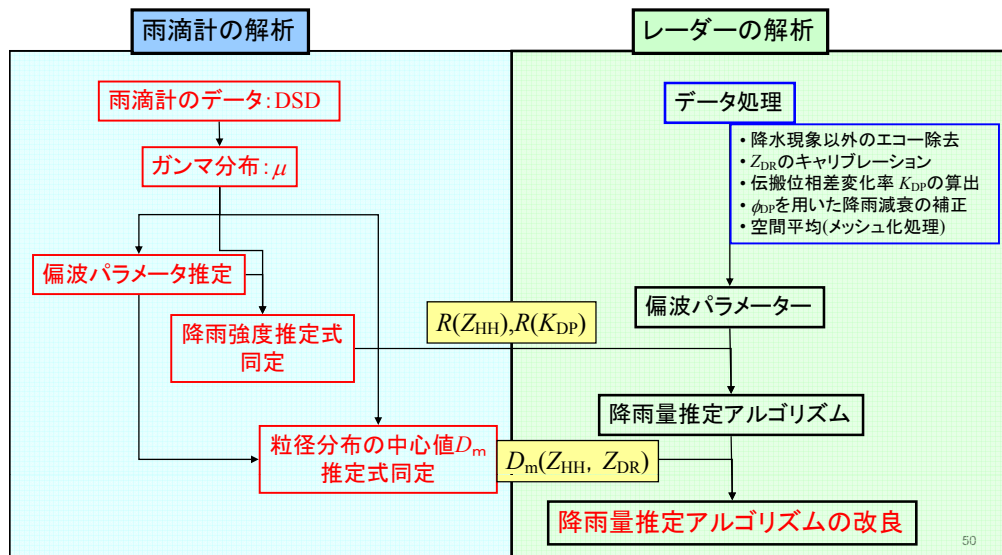
地上データ

- Impact type disdrometer (2006-2007)
- 2DVD (4-11 June. 2006)
- AMeDAS (2006-2007)

AMeDAS=Automated Meteorological Data Acquisition System

49

COBRA (沖縄)の 降雨量推定式の構築



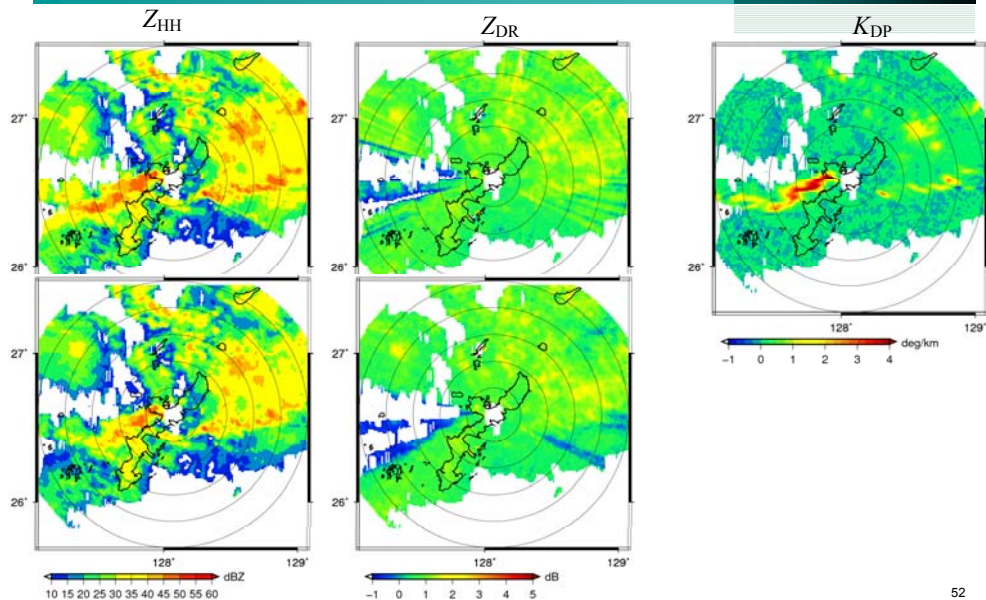
50

事前処理(1)

- ρ_{hv} による、グラウンドクラッターといった降水粒子からでないエコーを消去 ($\rho_{hv} < 0.9$)
- 二次元ディストロメータ (2DVD) を用いた、 Z_{DR} のオフセットのキャリブレーション。
- ϕ_{DP} を用いた、Self-consistent method (Bringi *et al* (2001))による降雨減衰補正。
- 1km × 1km メッシュのデータに平均化して使用。

51

事前処理(2)



52

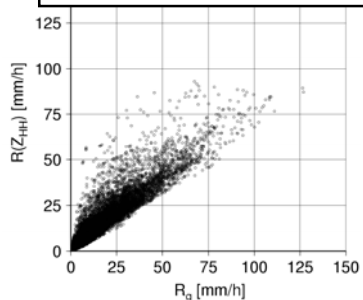
内容

1. 背景と目的
2. 使ったデータセット
3. 地上で観測された粒径分布(DSD)を用いた解析と新しい降雨量推定アルゴリズムの開発
4. 実際のレーダー観測情報を用いた検証
5. 結論

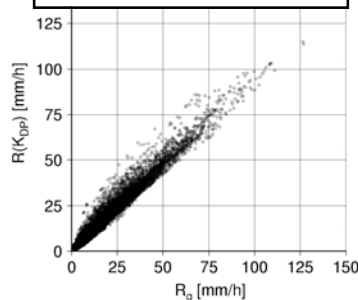
53

観測された雨滴粒径分布を用いた降雨量推定式の最適化

$$R(Z_{HH}) = 3.94 \times 10^{-2} Z_{HH}^{0.650}$$



$$R(K_{DP}) = 30.56 K_{DP}^{0.813}$$



用いたデータと仮定

- データ: 衝撃タイプのディストロメータで観測された雨滴粒径分布(DSD) (2006-2007)
- 雨滴粒径分布(DSD)をガンマ関数 $N(D)$ で表現
- 扁平した雨滴の長軸・短軸比

$$r(D) = 1.0048 + 5.7 \times 10^{-4} D - 2.628 \times 10^{-2} D^2 + 3.682 \times 10^{-3} D^3 - 1.677 \times 10^{-4} D^4$$

• 基本となる降雨強度推定式:

$$R(Z_{HH}) = a_0 Z_{HH}^{b_0}, \quad R(K_{DP}) = a_1 K_{DP}^{b_1}$$

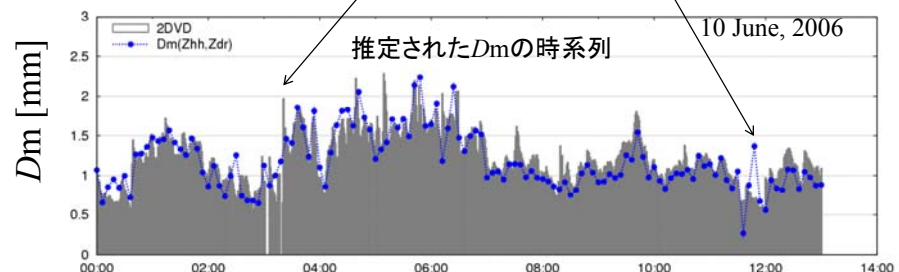
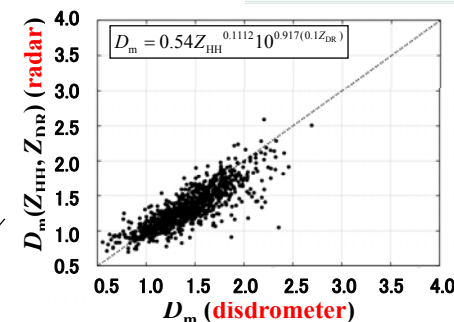
$$Z_{HH} = \int_0^{D_{max}} D^6 N(D) dD$$

$$Z_{DR} = 10 \log_{10} \frac{\int_0^{D_{max}} D^6 N(D) dD}{\int_0^{D_{max}} r(D)^{7/3} D^6 N(D) dD}$$

$$K_{DP} = \frac{180}{\lambda} 10^{-3} C_k W_g \left(1 - \frac{\int_0^{D_{max}} r(D) D^3 N(D) dD}{\int_0^{D_{max}} D^3 N(D) dD} \right)$$

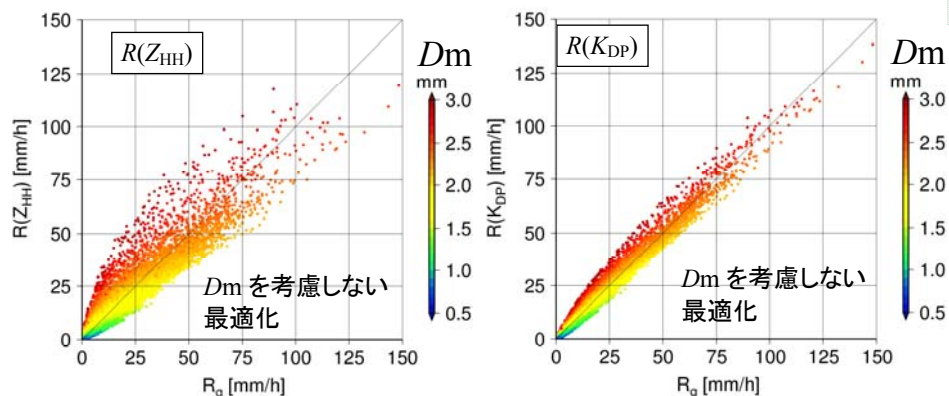
質量で重み付けした平均粒径(D_m)

観測された雨滴粒径分布から直接推定した D_m とレーダー情報から推定した D_m の比較。



55

Dm のサイズ分類別に降雨強度推定式を最適化(1)



$$R(Z_{HH}) = 3.59 \times 10^{-2} Z_{HH}^{0.634}$$

$$R(K_{DP}) = 30.56 K_{DP}^{0.814}$$

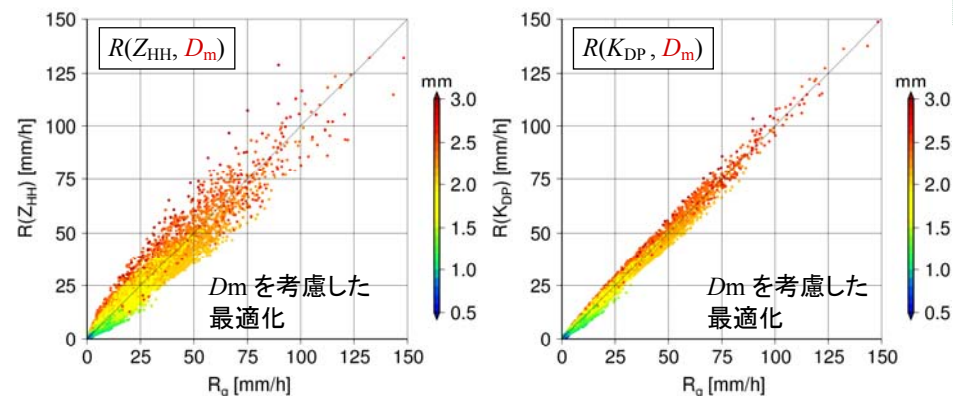
$R(Z_{HH})$.VS. R_g and $R(K_{DP})$.VS. R_g depend on the size of D_m .



These relations can be further sophisticated using D_m .

56

Dm のサイズ分類別に降雨強度推定式を最適化(2)



$$R(Z_{HH}, D_m) = \begin{cases} 3.49 \times 10^{-2} Z_{HH}^{0.724} & 0.0 \leq D_m < 1.0 \\ 7.72 \times 10^{-3} Z_{HH}^{0.852} & 1.0 \leq D_m < 1.5 \\ 3.39 \times 10^{-3} Z_{HH}^{0.878} & 1.5 \leq D_m < 2.0 \\ 3.13 \times 10^{-3} Z_{HH}^{0.867} & 2.0 \leq D_m < 2.5 \\ 1.60 \times 10^{-4} Z_{HH}^{1.083} & 2.5 \leq D_m < 3.0 \end{cases}$$

$$R(K_{DP}, D_m) = \begin{cases} 45.62 K_{DP}^{0.776} & 0.0 \leq D_m < 1.0 \\ 44.63 K_{DP}^{0.903} & 1.0 \leq D_m < 1.5 \\ 35.00 K_{DP}^{0.911} & 1.5 \leq D_m < 2.0 \\ 29.52 K_{DP}^{0.935} & 2.0 \leq D_m < 2.5 \\ 22.57 K_{DP}^{1.031} & 2.5 \leq D_m < 3.0 \end{cases}$$

57

アルゴリズムの開発

基礎としたアルゴリズム

$$R_{\text{alg}} = \begin{cases} R(K_{DP}) & \text{if } Z_{HH} \geq T_{h,z} \text{ and } K_{DP} \geq T_{h,k}, \\ R(Z_{HH}) & \text{otherwise.} \end{cases}$$

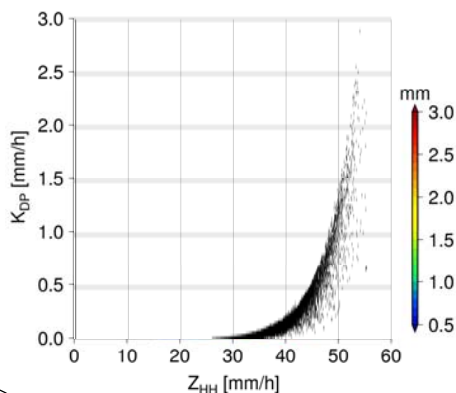
$$K_{DP} = 0.062 D_m \left(\frac{180}{\lambda} \right) 10^{-3} C_k W$$

$$D_m = 0.54 Z_{HH}^{0.1112} 10^{0.917(0.1Z_{DR})}$$

開発したアルゴリズム

$$R_{\text{alg}} = \begin{cases} R(K_{DP}, D_m) & \text{if } ((Z_{HH} \geq T_{h,z} \text{ or } D_m \geq T_{h,z}) \\ & \text{and } K_{DP} \geq T_{h,kdp}) \\ R(Z_{HH}, D_m) \text{ or } R(K_{DP}, D_m) & \text{の} \\ R(Z_{HH}, D_m) & \text{otherwise.} \end{cases}$$

選択にも D_m を利用



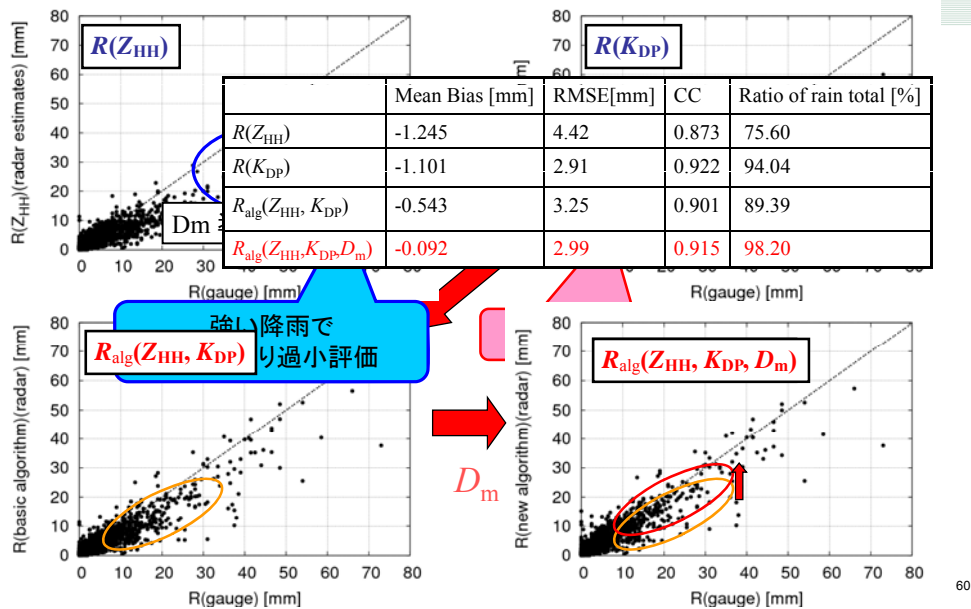
58

内容

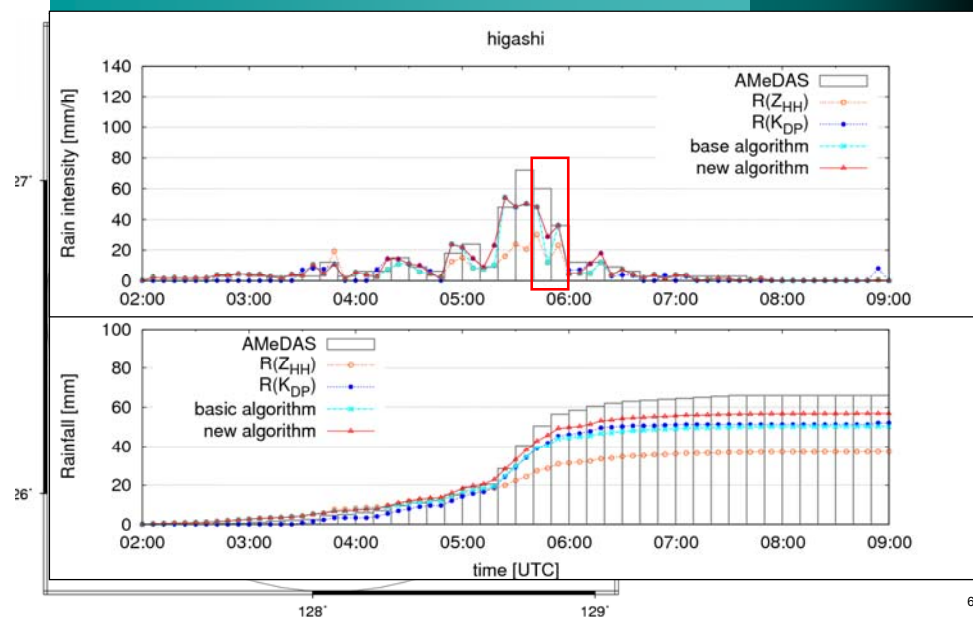
1. 背景と目的
2. 使ったデータセット
3. 地上で観測された粒径分布(DSD)を用いた解析と新しい降雨量推定アルゴリズムの開発
4. 実際のレーダー観測情報を用いた検証
5. 結論

59

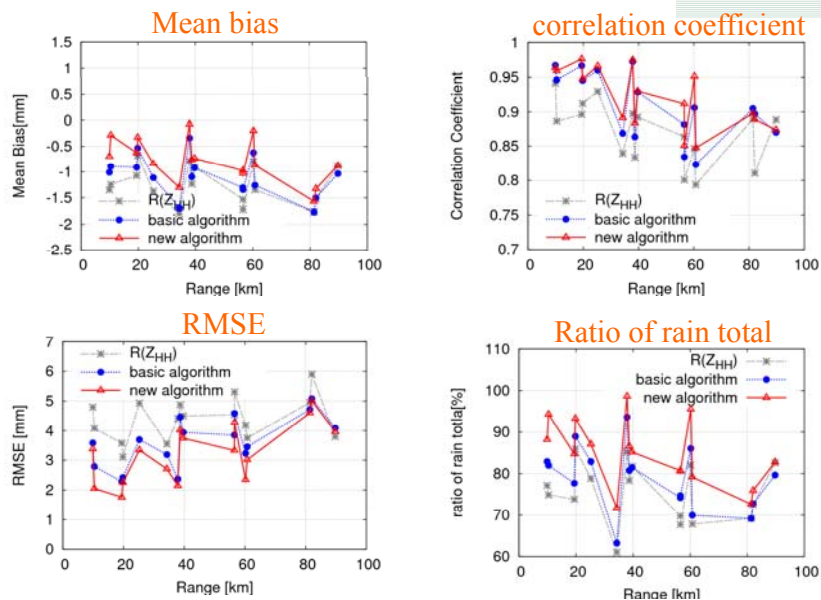
検証(1) アルゴリズム間の比較



検証(1) アルゴリズム間の比較

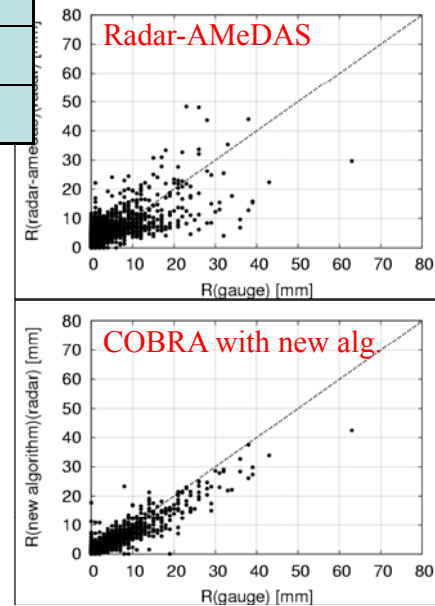
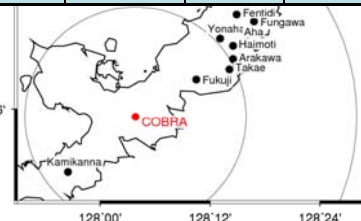


検証(1) 推定精度統計値 (15 stations)



検証(2) 現業アルゴリズムとの精度比較 (Radar-AMeDAS)

| | 平均誤差 [mm] | RMSE[m] | 相関係数 | 総降雨量比 [%] |
|---------------|-----------|---------|-------|-----------|
| Radar-AMeDAS | 1.623 | 5.241 | 0.606 | 131.165 |
| New Algorithm | -0.223 | 2.342 | 0.924 | 95.724 |



- 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、フェンチチ、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。

内容

1. 背景と目的
2. 使ったデータセット
3. 地上で観測された粒径分布(DSD)を用いた解析と新しい降雨量推定アルゴリズムの開発
4. 実際のレーダー観測情報を用いた検証
5. 結論

64

結論

- Cバンド偏波レーダーの降雨量推定アルゴリズムの構築に関する研究を行った.
- DSD観測情報より沖縄における降雨強度推定式の同定をし, さらにDSDの中心値 D_m を偏波パラメーターで表すことが可能となった.
- 降雨量推定アルゴリズムの構築を行い, D_m を導入した新たなアルゴリズムを考案した.
- その結果, 降雨量の推定精度の向上が可能となった.

65

内容

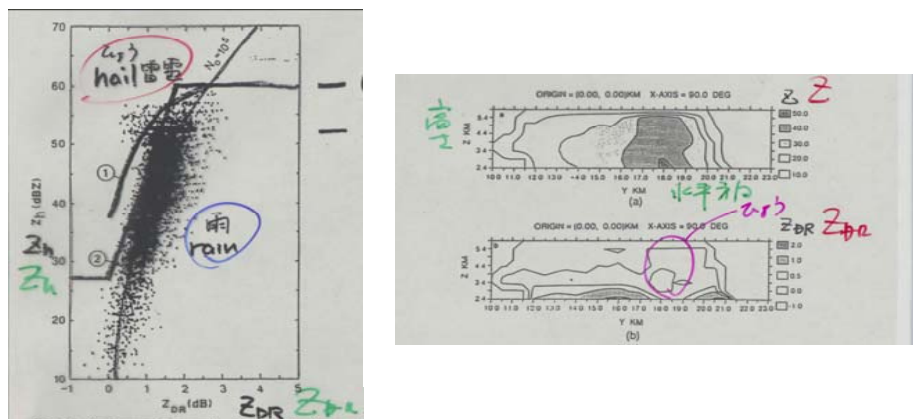
- 国交省レーダー雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダー雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

66

Cバンド偏波レーダーを用いた降水粒子識別とビデオゾンデを用いた集中同期検証観測(2008)

京都大学: 中北英一・山口弘誠・竹畑栄伸・隅田康彦
山口大学: 鈴木賢士
情報通信研究機構: 中川勝広
山梨大学: 大石 哲
名古屋大学: 出世ゆかり・坪木和久

降水粒子タイプの判別の基本的原理

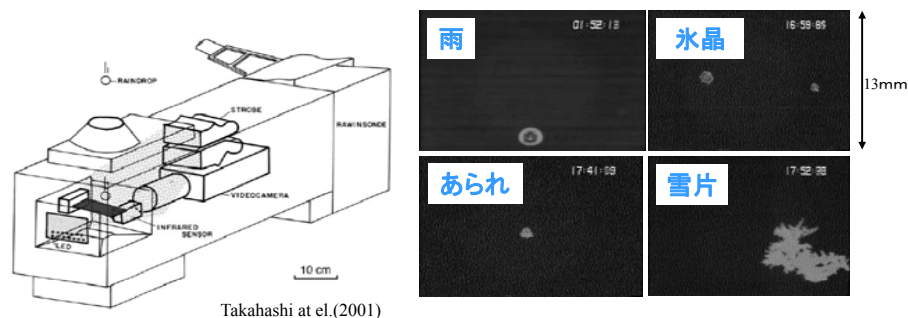


Estimation of types of precipitation particles

沖縄同期集中観測

- 観測期間: 予備観測 平成19年11月15日～28日
本観測(1): 平成20年5月28日～6月21日
本観測(2): 平成21年5月末～6月中旬(21年1月に決定)
- 参加機関(8機関、約30名)
京都大学, 情報通信研究機構(NICT), 山梨大学, 山口大学,
名古屋大学, つくば大学, 宇都宮大学, 電力中央研究所
- 観測測器
 - ・気象レーダーCOBRA
 - ・ビデオゾンデ
 - ・2次元ビデオディストロメータ, インパクト型ディストロメータ, パーシバル雨滴計, マイクロレインレーダ, レーザ雨滴計(LD), 光学式雨量計, 転倒桁式雨量計などの地上測器

ビデオゾンデと降水粒子



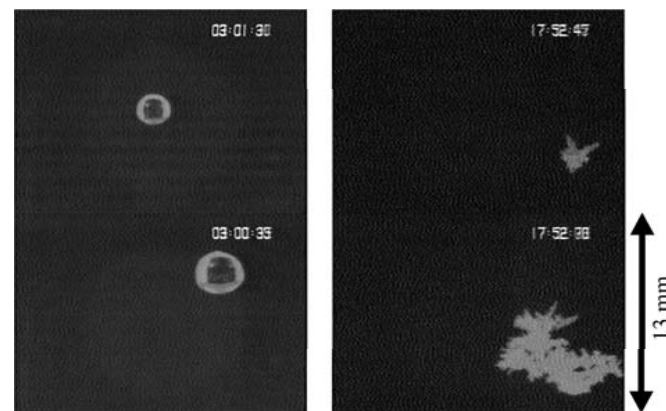
Takahashi et al.(2001)

- ・ビデオゾンデは気球に吊り下げ、上空の降水粒子を直接撮影
- ・センサーにより0.5mm以上の粒子を感知し撮影
- ・ビデオゾンデで撮影された降水粒子は、4種類に分類
- ・将来のモデル同化を目指して、降水粒子の区分をおこなった

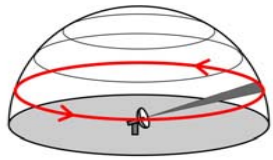
ビデオゾンデ



観測の様子

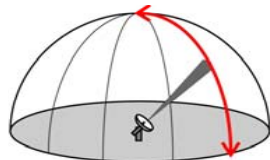


気象レーダーのアンテナ走査



PPIスキャン
(Plan Position Indicator)

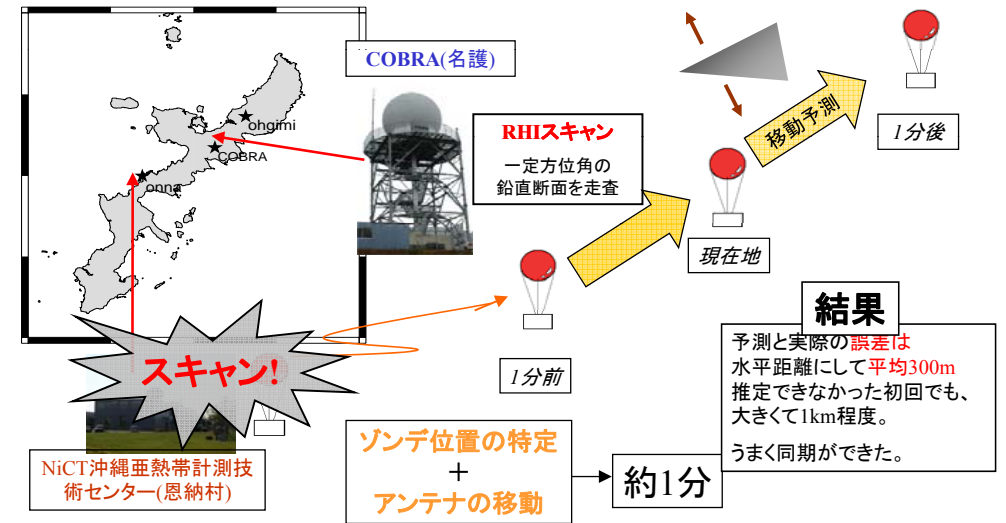
通常のレーダー観測
一定仰角で方位角方向に
一周走査
PPIスキャンの仰角を少しずつ
変えながら繰り返す
→ボリュームスキャン



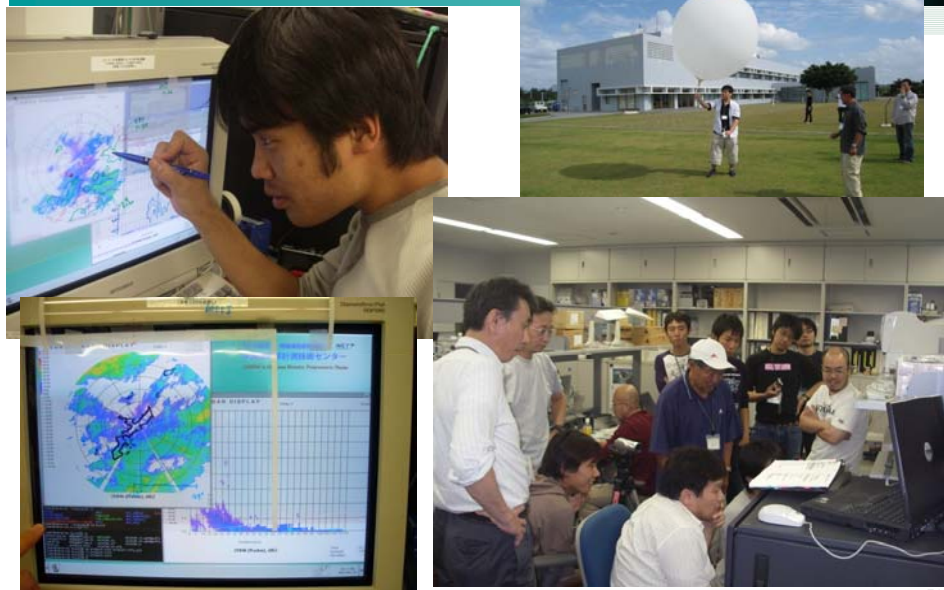
RHIスキャン
(Range Height Indicator)

今回のレーダー観測
一定方位角の鉛直断面を走査
同期に必要な周期の短い観測が可能

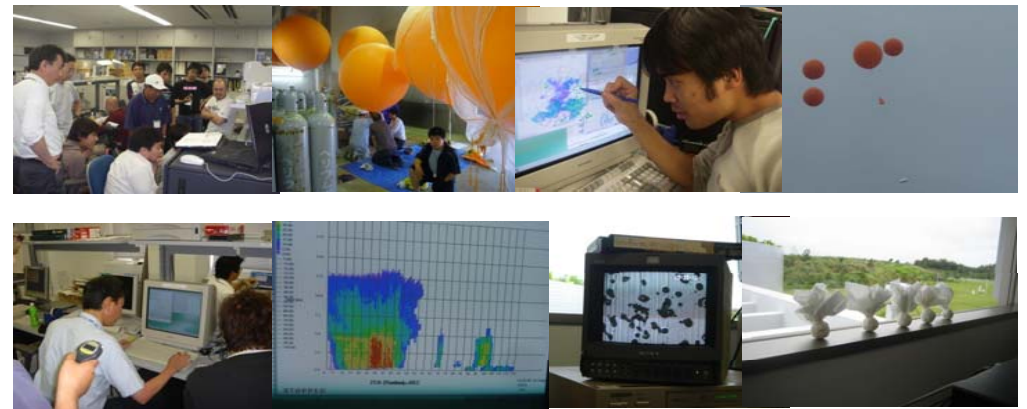
COBRAとビデオゾンデの同期観測



同期観測の様子



同期観測の様子



メンバーシップ関数の作成

ビデオゾンデ観測データ

*ビデオゾンデNo.1~No.6のデータを使用

メンバーシップ関数

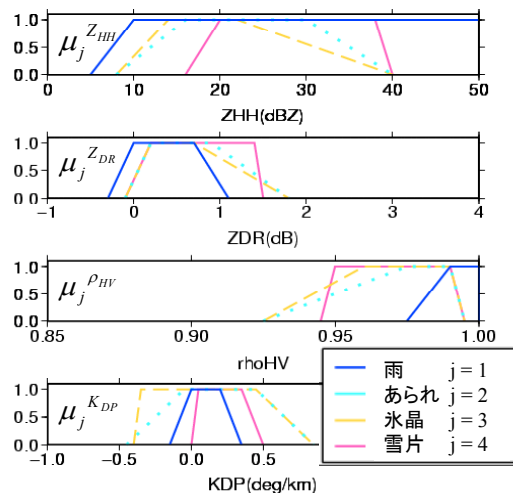
$\mu_j^{Z_{HH}}$, $\mu_j^{Z_{DR}}$, $\mu_j^{\rho_{HV}}$, $\mu_j^{K_{DP}}$, μ_j^{MLH}

* j : 降水粒子タイプインデックス

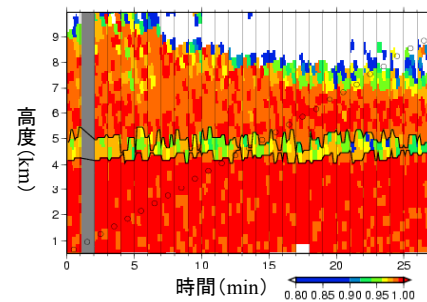
* 各粒子, 各偏波パラメータごとにメンバーシップ関数を作成

サンプル数が限られていたため、既往研究の境界値と異なる部分を修正

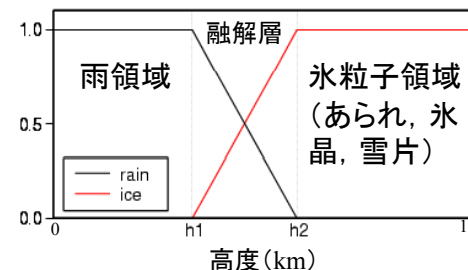
できる限り観測事例に即してメンバーシップ関数を決定



ρ_{HV} による融解層の特定



融解層高度 h メンバーシップ関数 $\mu_j^{MLH}(h)$



- ▶ 雨と氷粒子を区別することが重要
- ▶ 融解層は $\rho_{HV} < 0.98$ となる領域
- ▶ 融解層で雨と氷粒子を区分
- ▶ 下端 h_1 , 上端 h_2 として各鉛直断面での高度のメンバーシップ関数を作成

- ▶ 気温の情報を用いることなくレーダー情報のみによる粒子判別を目指した。

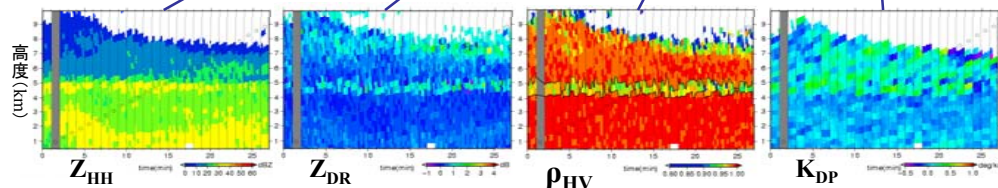
降水粒子タイプの判別

評価値 Q_j を求める

$$Q_j = \mu_j^{MLH}(h) \times (\mu_j^{Z_{HH}}(Z_{HH}) + \mu_j^{Z_{DR}}(Z_{DR}) + \mu_j^{\rho_{HV}}(\rho_{HV}) + \mu_j^{K_{DP}}(K_{DP}))$$

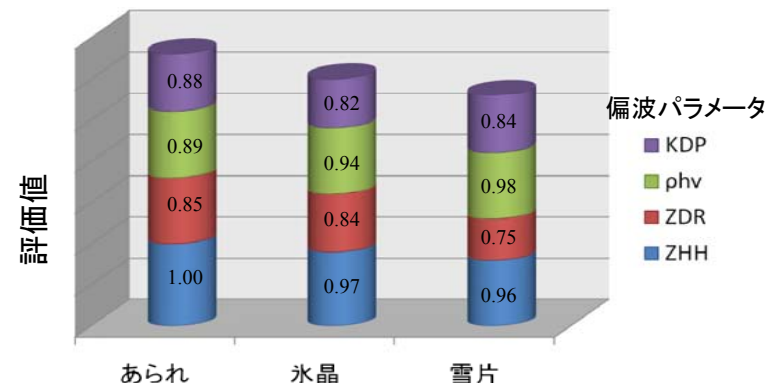
* グリッドごとに、各粒子 j の評価式の値 Q_j を計算

* μ_j^{MLH} の積を取ることで矛盾した判別を除去



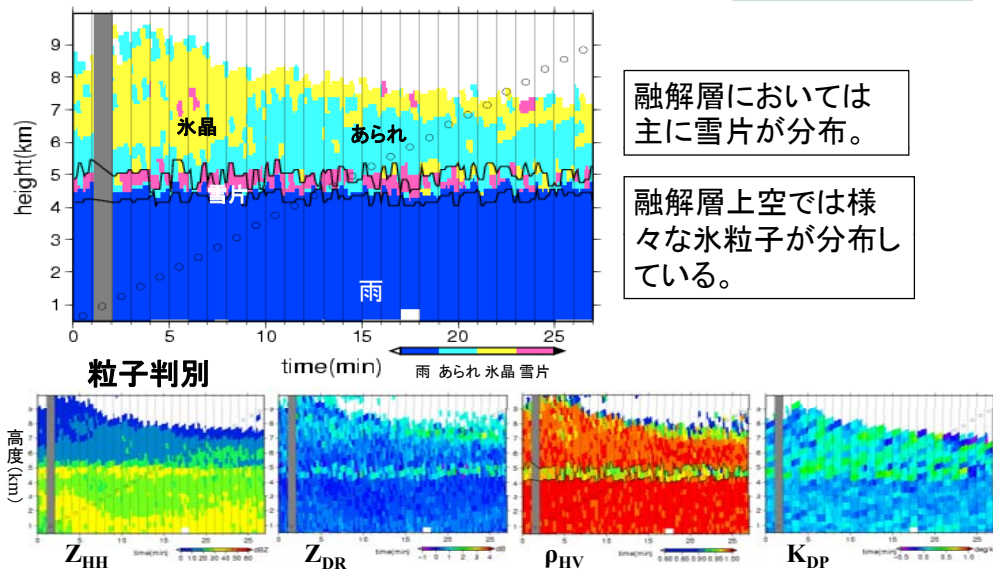
ファジー理論を用いた分類手法

ファジー理論…「属する度合い」をあいまいさを考慮して評価



$$Q_j = \mu_j^{MLH}(h) \times (\mu_j^{Z_{HH}}(Z_{HH}) + \mu_j^{Z_{DR}}(Z_{DR}) + \mu_j^{\rho_{HV}}(\rho_{HV}) + \mu_j^{K_{DP}}(K_{DP}))$$

ファジー推論を用いた降水粒子タイプの判別



降水粒子タイプの判別(混在状態も識別)

評価値 Q_j を求める

$$Q_j = \mu_j^{MLH}(h) \times (\mu_j^{Z_{HH}}(Z_{HH}) + \mu_j^{Z_{DR}}(Z_{DR}) + \mu_j^{\rho_{HV}}(\rho_{HV}) + \mu_j^{K_{DP}}(K_{DP}))$$

* グリッドごとに、各粒子 j の評価式の値 Q_j を計算

* μ_j^{MLH} の積を取ることで矛盾した判別を除去

降水粒子タイプ j の決定

$$\max\{Q_j; j=1, 4\} = Q_{j_{\max}}$$

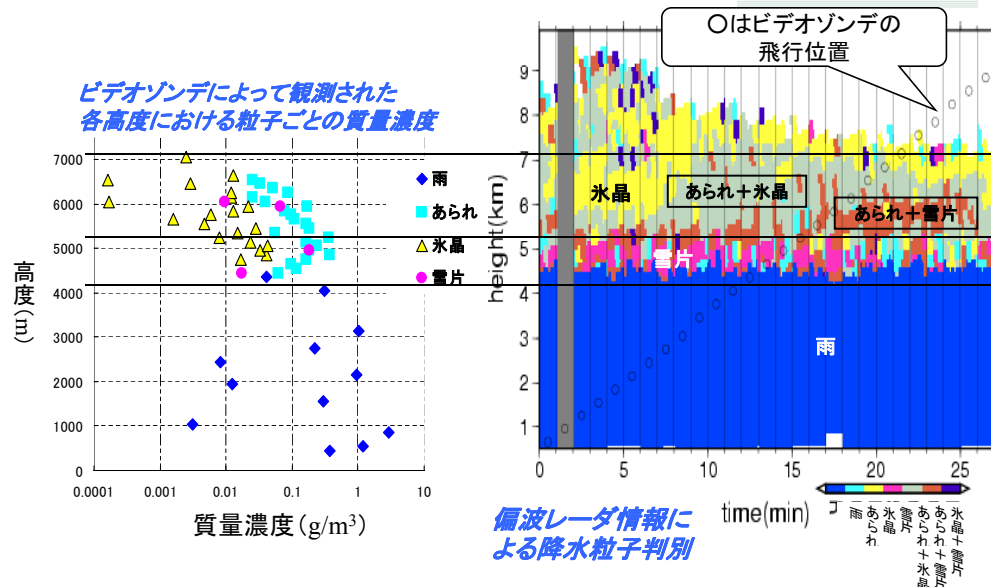
$$\text{if } Q_{j_{\max}} - Q_{j_{2\text{nd}}} \leq 0.1 \quad \text{then particle type : } j_{\max} \text{ and } j_{2\text{nd}}$$

$$\text{else particle type : } j_{\max}$$

混ざり具合の表現

- ビデオゾンデで観測された粒子は融解層以上において混在している。
- 既往研究では基本的に一種類に特定
- 評価式の値が近いものは粒子が混在しているとして、あられ+氷晶、あられ+雪片、氷晶+雪片の三種類の分類を追加し、混在を表現

降水粒子タイプの判別



結論

- Cバンド偏波レーダとビデオゾンデとの同期観測を行なった。
- ビデオゾンデ観測結果から、上空のいくつかのタイプの降水粒子の数濃度を算定した。
- 降水粒子の識別手法の構築を行なった。特に、大気モデルによる同化を意識して、異なる降水粒子の混在を推定する手法を構築した。

内容

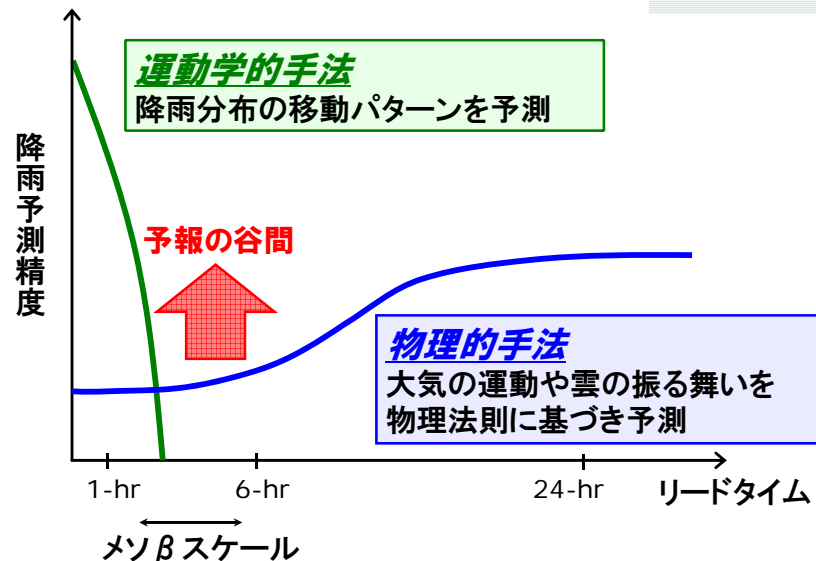
- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- **レーダーを用いた短時間降雨予測の展望**
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

84

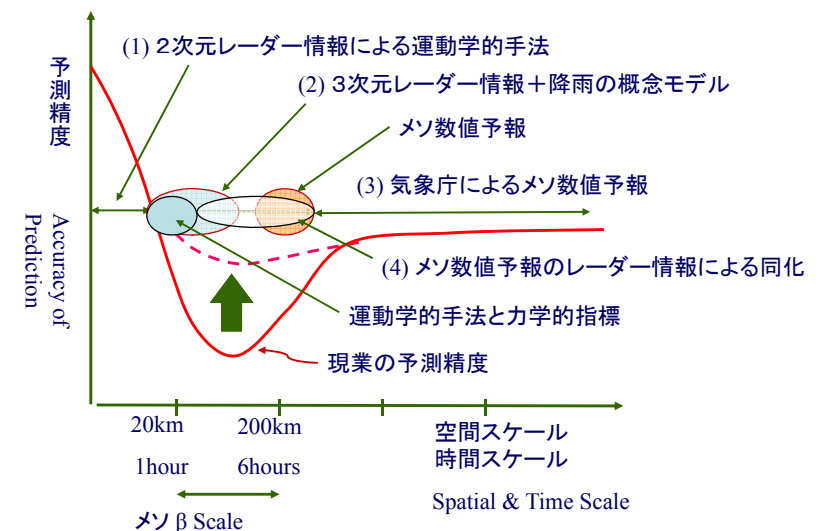
降雨の短時間降雨予測の種類

- (1) 運動学的手法
 - 降雨分布の移動パターンをベースに予測
- 物理的手法
 - (2) 降雨の概念モデルによる手法
 - ・ 3次元レーダーを利用して物理情報を抽出
 - ・ 水・熱収支を考慮した降雨の概念モデルを用いる
 - (3) メソスケールモデル
 - ・ 大気のほぼすべての物理方程式を10km以下のグリッドサイズで積分
 - (4) 究極の目標は
 - ・ 積乱雲を生む上昇気流をもたらす浮力を考慮(非静力学)
 - ・ レーダー情報(エコー強度, ドップラー速度 等)の同化

降雨予測精度の現状



降雨予測精度の概念図



降雨の短時間降雨予測の種類

(1) 運動学的手法

- 降雨分布の移動パターンをベースに予測

物理的手法

- (2) 降雨の概念モデルによる手法
 - ・ 3次元レーダーを利用して物理情報を抽出
 - ・ 水・熱収支を考慮した降雨の概念モデルを用いる
- (3) メソスケールモデル
 - ・ 大気のほぼすべての物理方程式を10km以下のグリッドサイズで積分
- (4) 究極の目標は
 - ・ 積乱雲を生む上昇気流をもたらす浮力を考慮(非静力学)
 - ・ レーダー情報(エコー強度, ドップラー速度 等)の同化

一次式による移流モデル

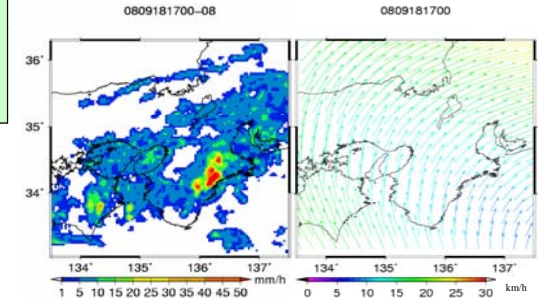
単位時間当りに移流ベクトル $u(x,y)$, $v(x,y)$ に沿って移動しながら降雨強度分布 $z(x,y)$ を発達・衰弱 $w(x,y)$ させる

$$\frac{\partial z}{\partial t} + u \frac{\partial z}{\partial x} + v \frac{\partial z}{\partial y} = w$$

$$u = c_1 x + c_2 y + c_3$$

$$v = c_4 x + c_5 y + c_6$$

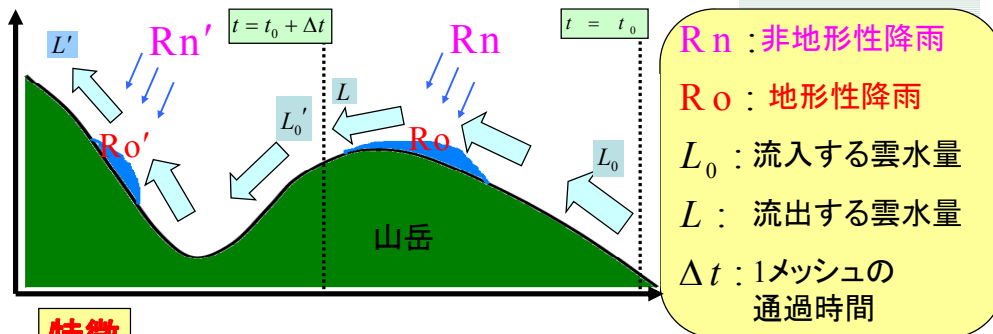
$$w = c_7 x + c_8 y + c_9$$



平行移動に限らない雨域の変動を捉えることができる
線形自乗最小推定問題として定式化できる
特性曲線により解析的に雨域を移流させることができる

椎葉・高棹・中北 (1984)

立平モデルを用いた地形性降雨の算定

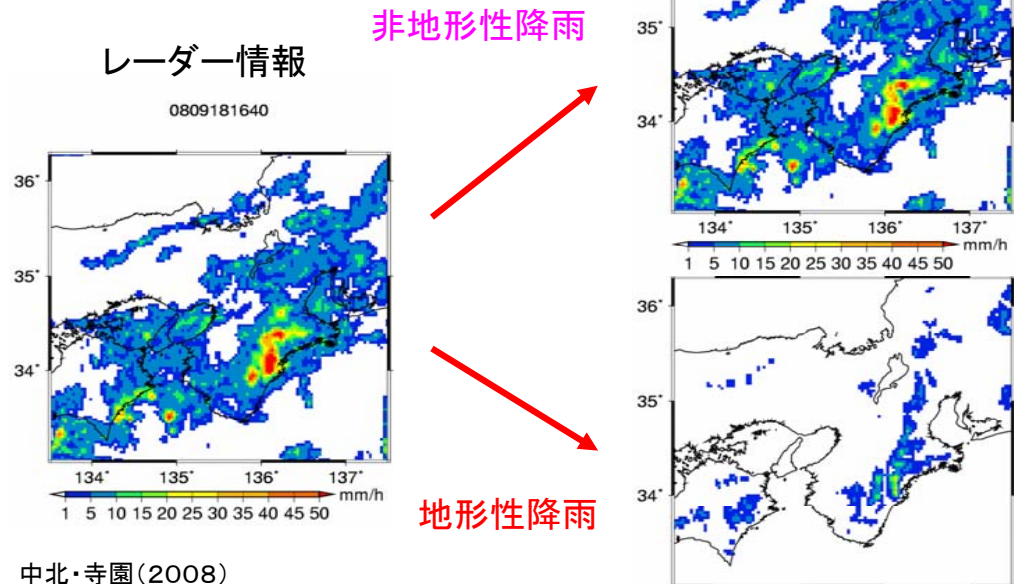


特徴

- ・ 地形性上昇風によって山を越える時に凝結した水蒸気(雲水量)から降水に転換する。
- ・ 雲粒から雨滴への成長過程も考慮している。
- ・ 気塊が山を迂回せずに上昇すると仮定している。
- ・ 過去(風上)に地形性降雨として落下した水蒸気を気塊から逐次取り除く。

中北・寺園(2008)

レーダー情報から地形性降雨と非地形性降雨を分離

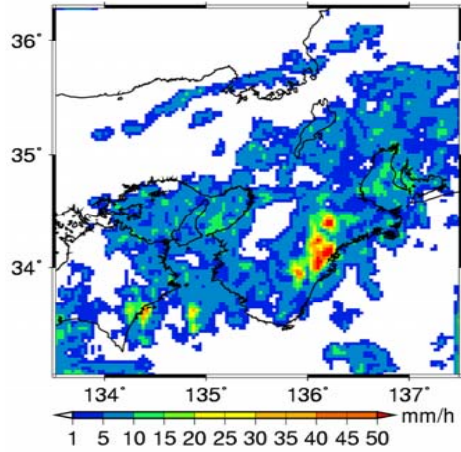


中北・寺園(2008)

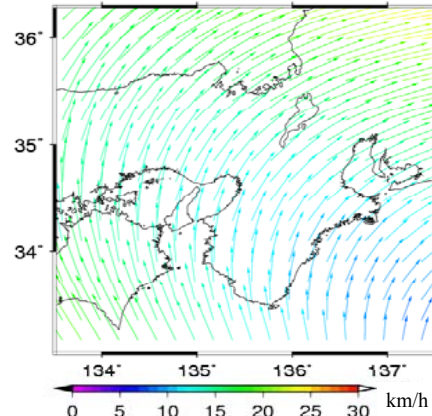
非地形性降雨を移流

非地形性降雨

0809181700-00



算定された移流ベクトル



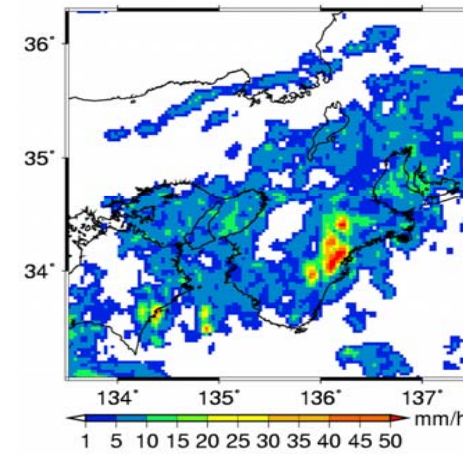
中北・寺園(2008)

非地形性降雨から地形性降雨を算定

中北・寺園(2008)

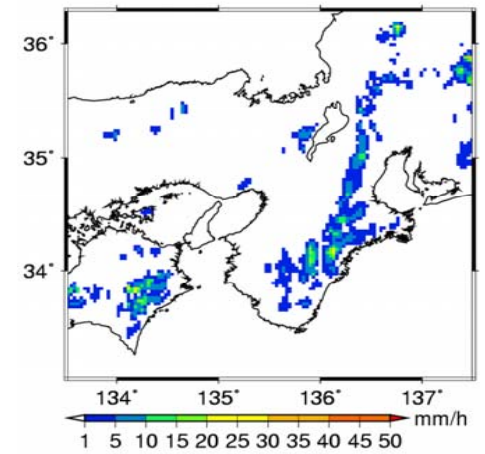
予測非地形性降雨

0809181700-01



予測地形性降雨

0809181700-01

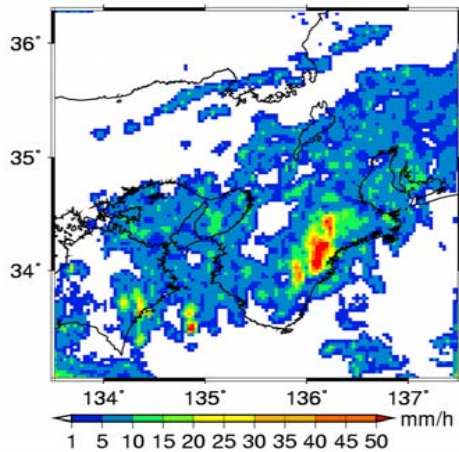


実況降雨と予測(地形性あり)

中北・寺園(2008)

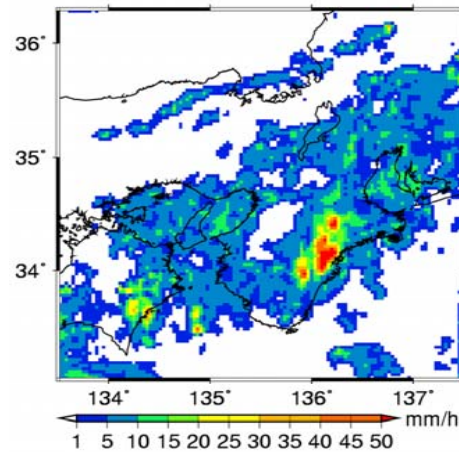
実況降雨

0809181710



予測降雨(地形性あり)

0809181700-01

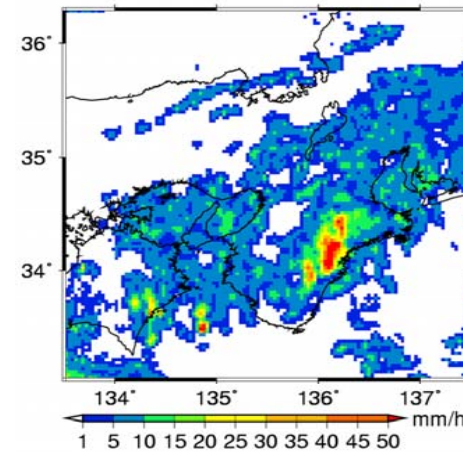


実況降雨と予測(地形性なし)

中北・寺園(2008)

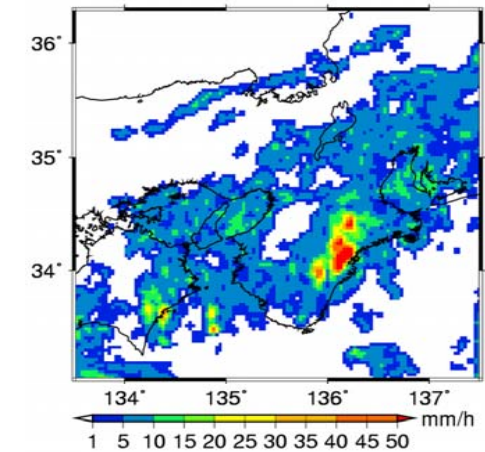
実況降雨

0809181710

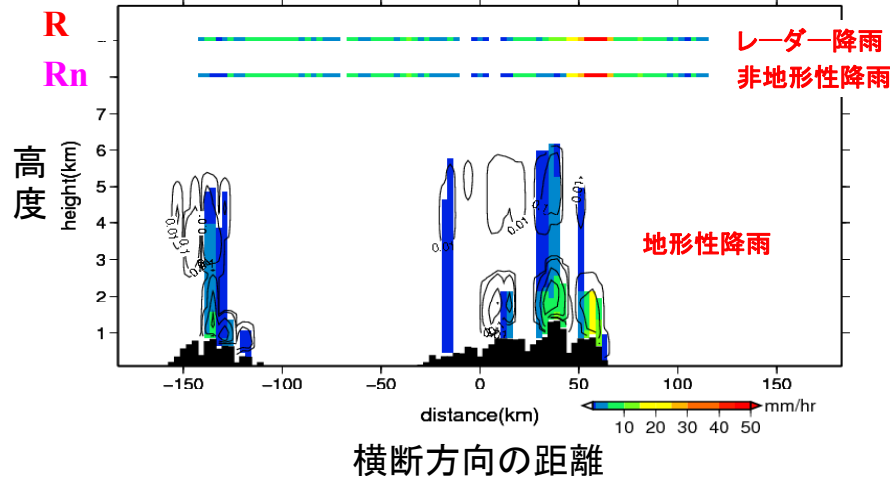


予測降雨(地形性なし)

0809181700-01

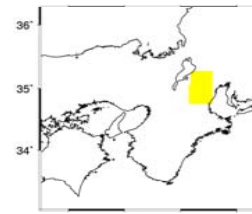


推定された地形性降雨

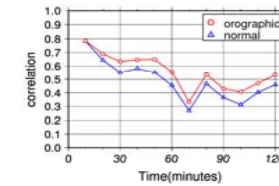


山岳部における予測精度評価

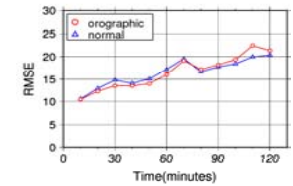
評価対象範囲



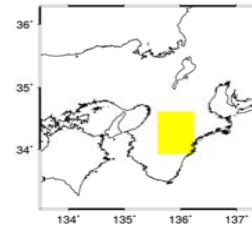
相関係数



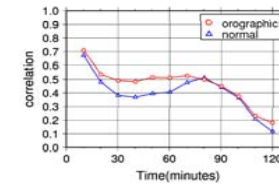
RMSE



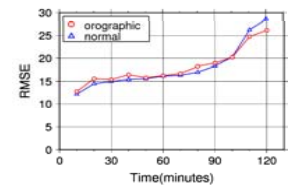
評価対象範囲



相関係数



RMSE



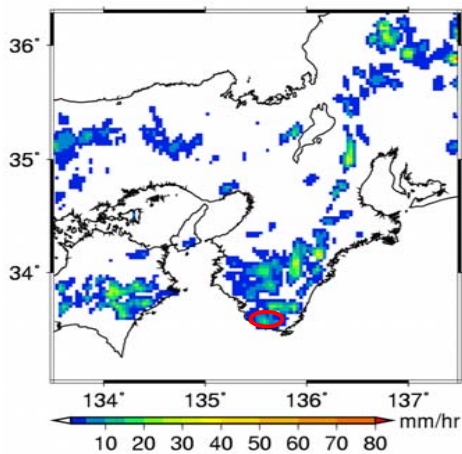
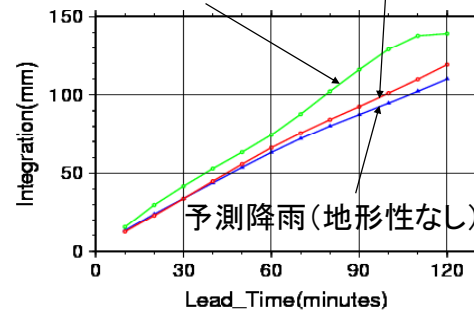
山岳部における予測精度評価

0406211000-01

積算雨量

予測降雨(地形性あり)

レーダー観測降雨



降雨の短時間降雨予測の種類

- ・ (1) 運動学的手法
 - 降雨分布の移動パターンをベースに予測
- ・ 物理的手法
 - (2) 降雨の概念モデルによる手法(中北・杉本・池淵ら(1996))
 - ・ 3次元レーダーを利用して物理情報を抽出
 - ・ 水・熱収支を考慮した降雨の概念モデルを用いる
 - (3) メソスケールモデル
 - ・ 大気のほぼすべての物理方程式を10km以下のグリッドサイズで積分
 - (4) 究極の目標(最新の動向)
 - ・ 積乱雲を生む上昇気流をもたらす浮力を考慮(非静力学), 高分解能
 - ・ レーダー情報(エコー強度, ドップラー速度 等)の同化

高分解能のメソスケール数値予報の目標とするものは

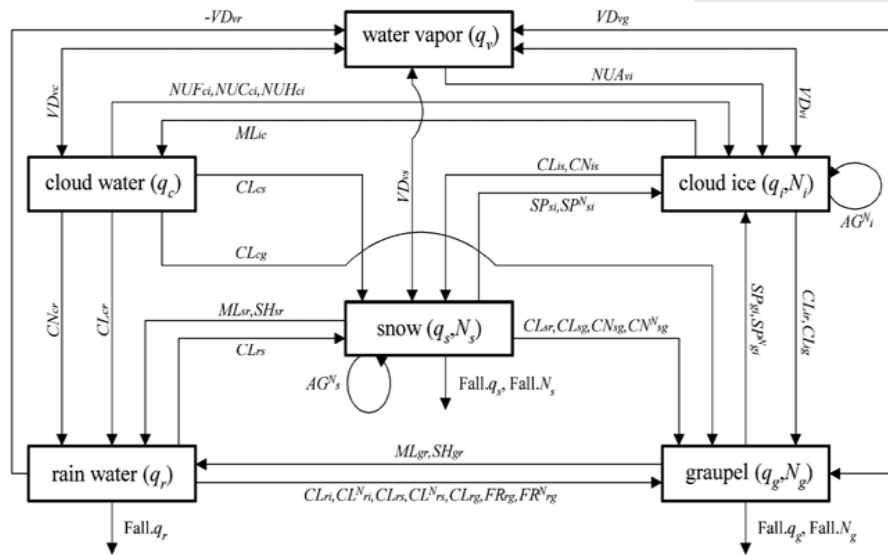
例えば, CReSS (Cloud Resolving Storm Simulation System)

- ◆ 雲に比べて非常に大規模な領域
(~ 1000 km × 1000 km)
- ◆ 非常に高い解像度 (水平解像度 1 km ~ 10 m)
積乱雲を表現できるほど細かな格子点で計算する。
- ◆ 詳細な雲物理過程
- ◆ 大規模並列計算機 (地球シミュレーターなど) に最適化

究極のメソスケールモデルの特性

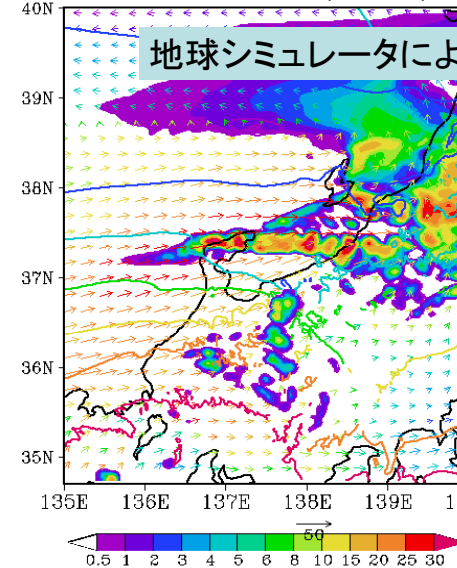
- ◆ 熱に伴う浮力を考慮する (非静力学)
- ◆ 大気の支配方程式によって求める物理量:
 - ▶ 3次元の速度成分 (風速)
 - ▶ 気圧
 - ▶ 温度
 - ▶ 乱流運動エネルギー
 - ▶ 水蒸気量
 - ▶ 雲・降水物質の量・粒の大きさ (雲物理過程)

雲・降水物理学過程モデルの例



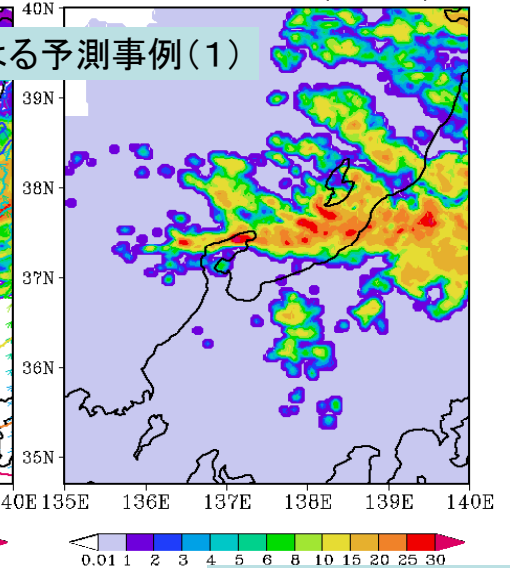
CReSS simulation

18Z12JUL2004 (CReSS)



Radar observation

18Z12JUL2004 (RADAR)



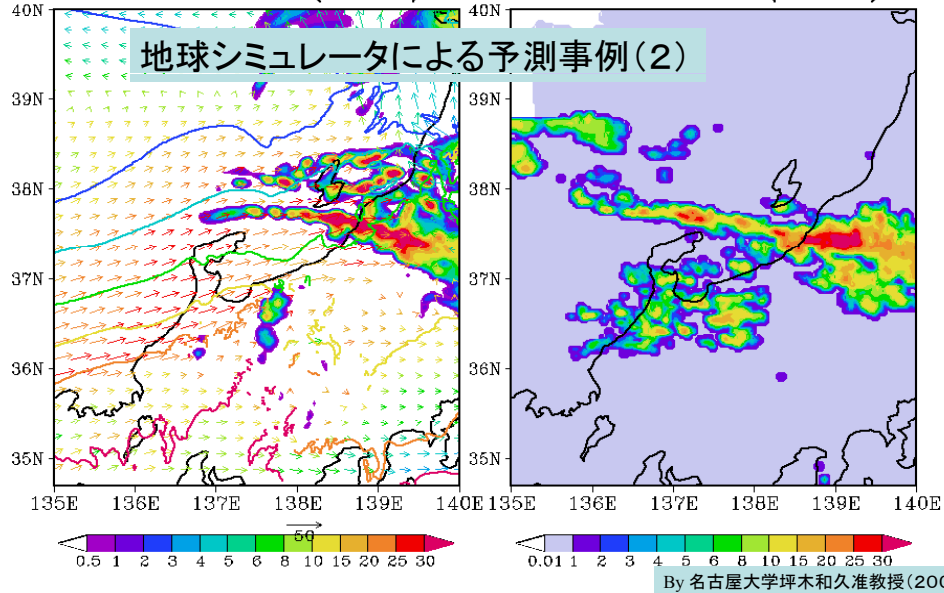
By 名古屋大学坪木和久助教授 (2005)

CReSS simulation

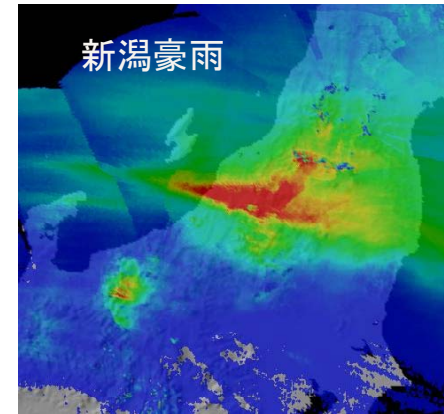
00Z13JUL2004 (CReSS)

Radar observation

00Z13JUL2004 (RADAR)

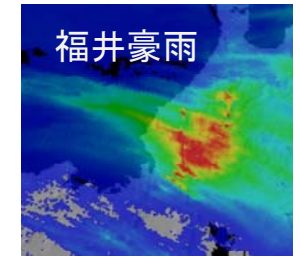


新潟豪雨の降雨状況との比較



12日21時から13日21時までのレーダー情報積算値分布

豪雨の成因スケールが異なる



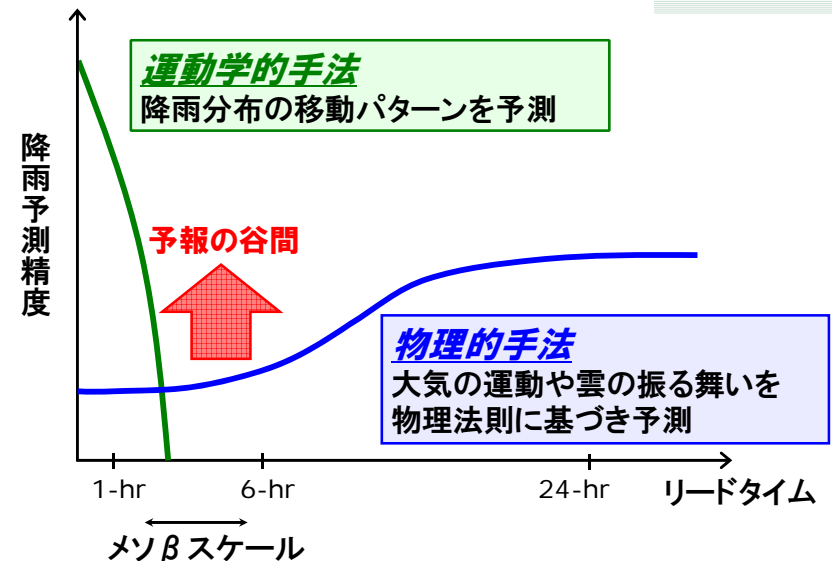
左図と同縮尺率の福井豪雨時のレーダー情報積算値分布

By 中北・伊藤(2005)

降雨の短時間降雨予測の種類

- ・ (1) 運動学的手法
 - 降雨分布の移動パターンをベースに予測
- ・ 物理的手法
 - (2) 降雨の概念モデルによる手法
 - ・ 3次元レーダーを利用して物理情報を抽出
 - ・ 水・熱収支を考慮した降雨の概念モデルを用いる
 - (3) メソスケールモデル
 - ・ 大気のはほぼすべての物理方程式を10km以下のグリッドサイズで積分
 - (4) 究極の目標(最新の動向)
 - ・ 積乱雲を生む上昇気流をもたらす浮力を考慮(非静力学)
 - ・ レーダー情報(エコー強度, ドップラー速度 等)の同化

降雨予測精度の現状



降雨予測精度向上に向けた取り組み

防災気象情報の高度化に向けた
時間・場所を特定したきめ細かな降雨予測

メソ数値予報モデルの高度化

- ・モデルの高解像度化
- ・雲物理過程の精緻化
- ・陸面・海洋の結合

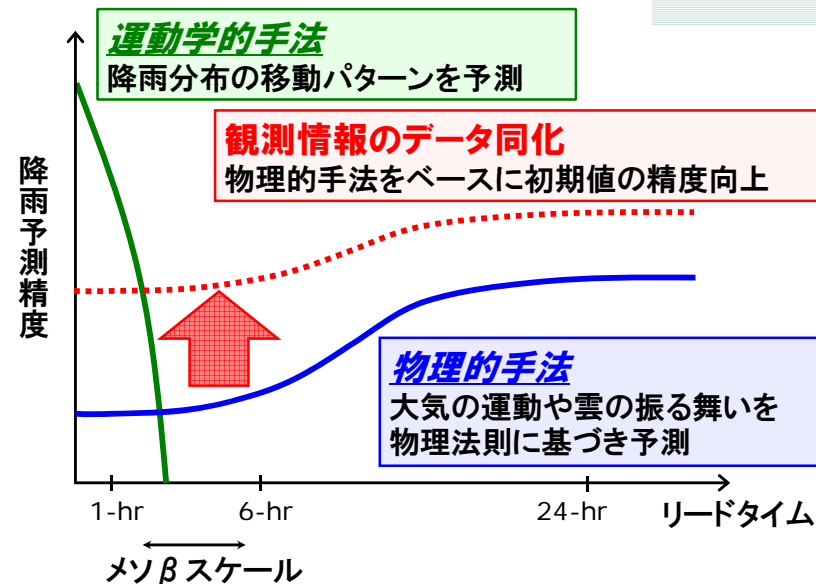
観測データ同化技術の高度化

- ・観測データの高度利用
- ・データ同化技術の高度化

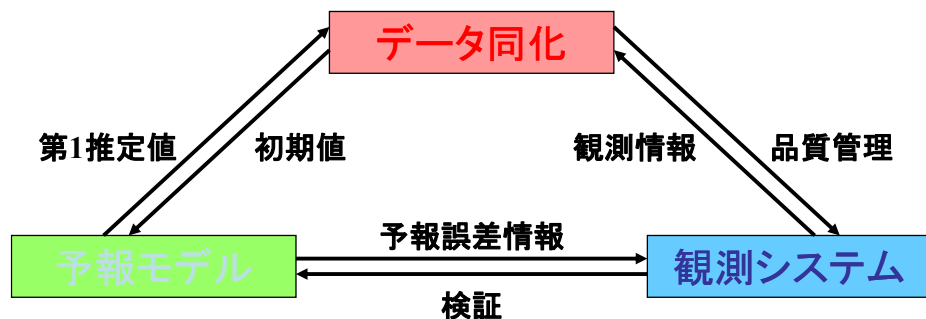
降雨予測の精緻化による高度利用

- ・流域降雨量 → 流出予測 → ダム貯水池の操作
- ・市町村を特定した警報発表

データ同化の目指すところ



データ同化と観測システム、予報モデルの関係



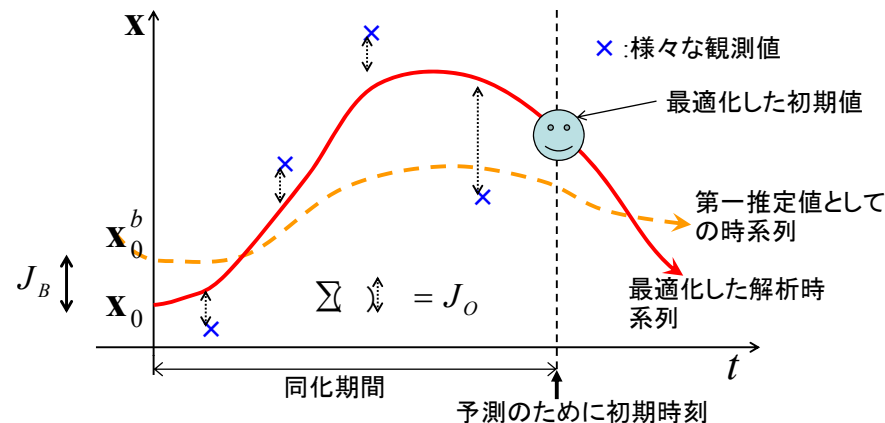
4次元変分法による同化

評価関数(最小になる初期値 x_0 を探す)

$$J(\mathbf{x}) = \frac{\alpha_w}{2} (\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_0^b)^T B^{-1} (\mathbf{x}_0 - \mathbf{x}_0^b) + \sum_{\tau} \frac{1}{2} (H_{\tau}(\mathbf{x}_{\tau}) - \mathbf{y}_{\tau}^o)^T R_{\tau}^{-1} (H_{\tau}(\mathbf{x}_{\tau}) - \mathbf{y}_{\tau}^o) \rightarrow \text{Minimize}$$

J_B (背景項) J_O (観測項)

大気の支配方程式が拘束条件 $\mathbf{x}_{\tau+1} = \mathbf{x}_{\tau} + M(\mathbf{x}_{\tau})\Delta t$



データ同化研究の枠組み

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、…
- ・パラメータ
- ・降雨粒子の粒径分布
- ・降水粒子の種類

解析（データ同化）

- ・フィルタリング (ensemble KF, Kalman filter)
- ・変分法 (3D-VAR, 4D-VAR)

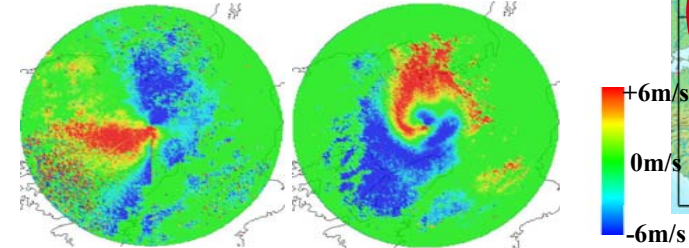
国交省レーダによる同化実験

By Nakakita et al. (2007)

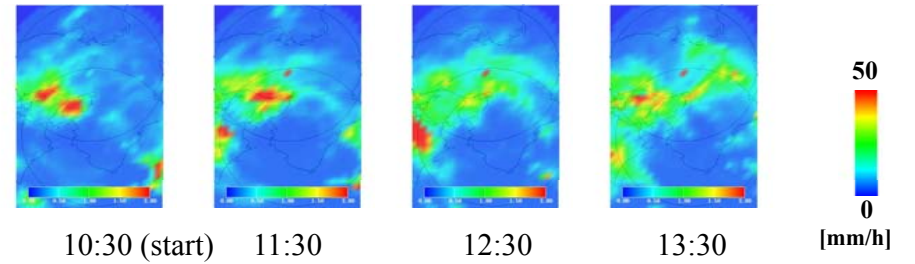
Doppler Velocity (2003/08/14/09:00)

Elevation Angle 0.8°

Elevation Angle 3.2°

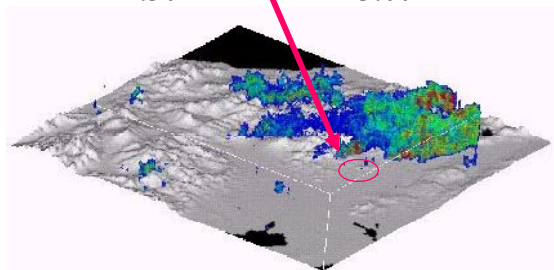
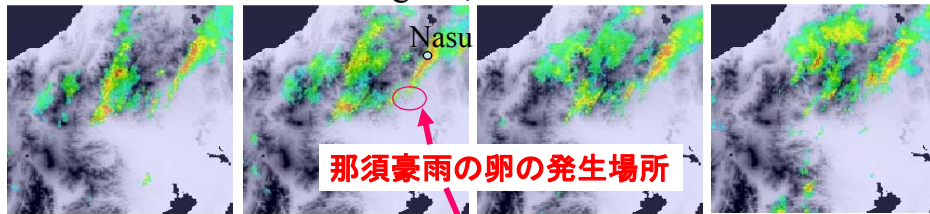


Composed Distribution of Rainfall Intensity (3.5 km height)



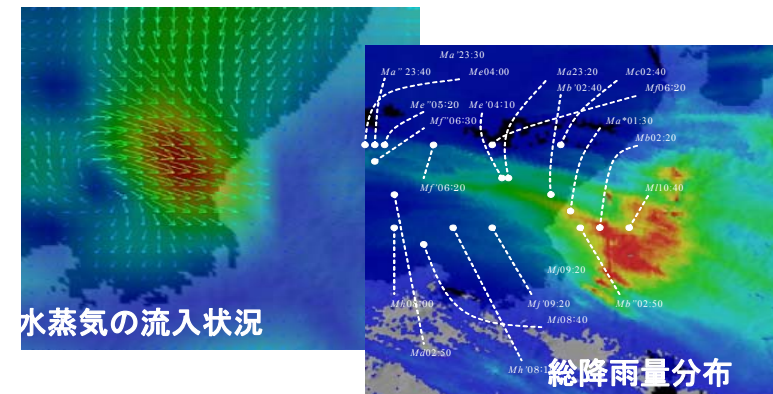
3次元レーダーによって観測された那須豪雨の立体構造

Aug. 27, 1998



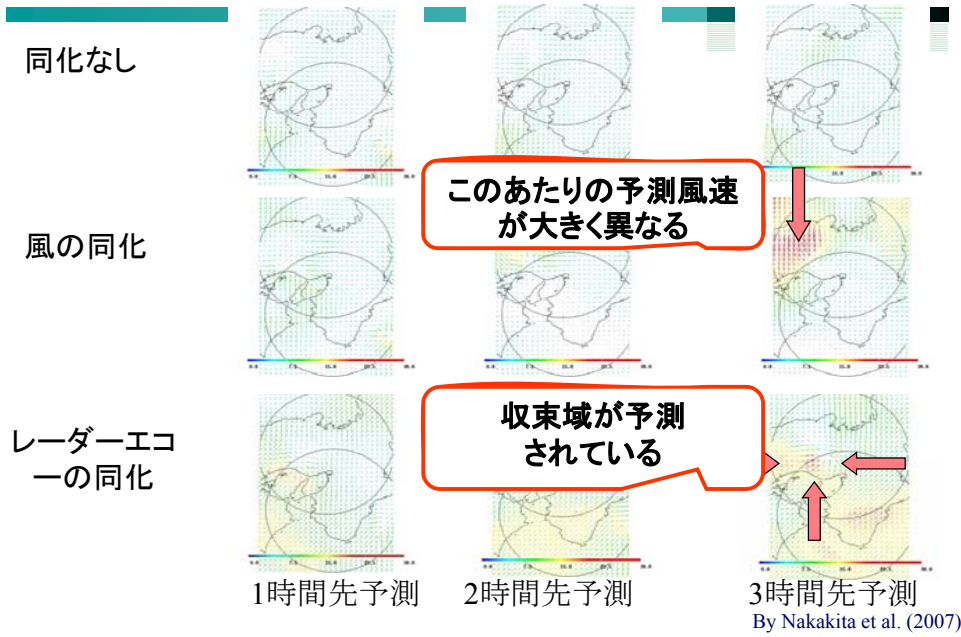
By 中北・矢神・池淵, 土木学会水工学論文集. 第44巻, pp.109-114, 2000.

福井豪雨の物理的解析

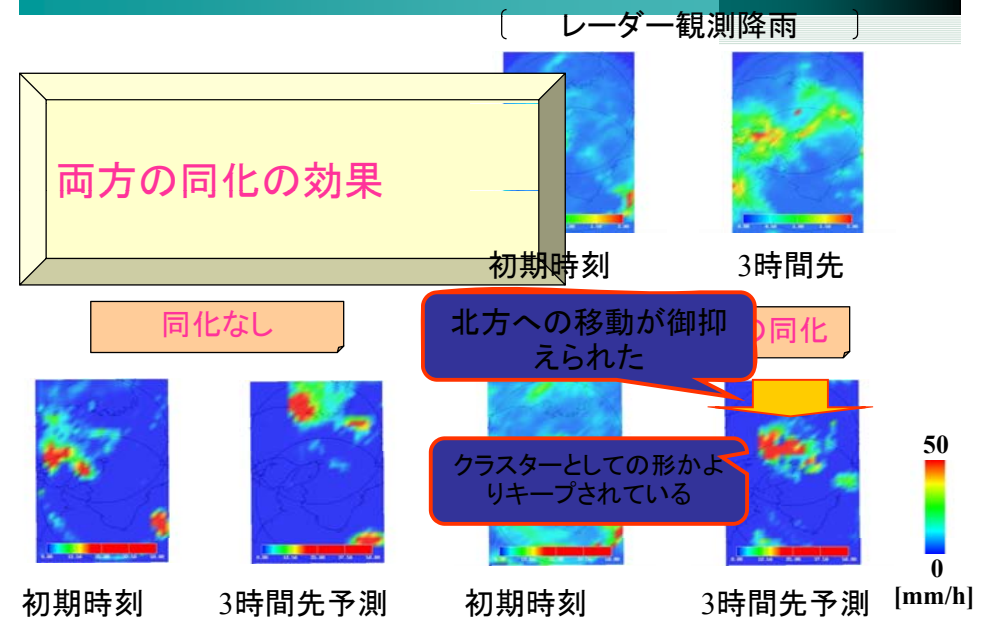


By 中北・伊藤・田村, 土木学会平成17年度年次講演会.

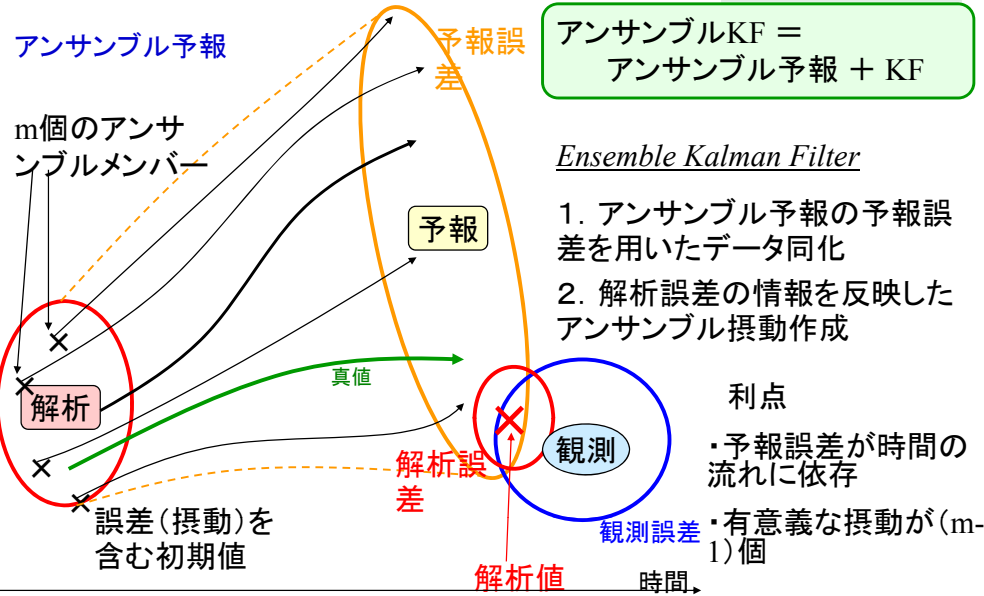
予測された風速分布



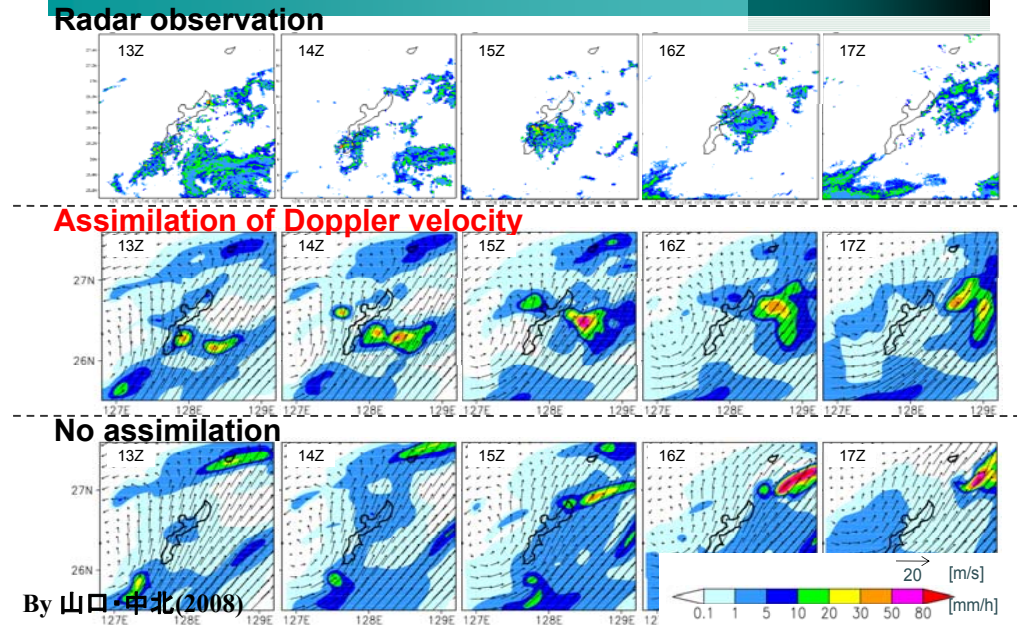
風・エコーの同化



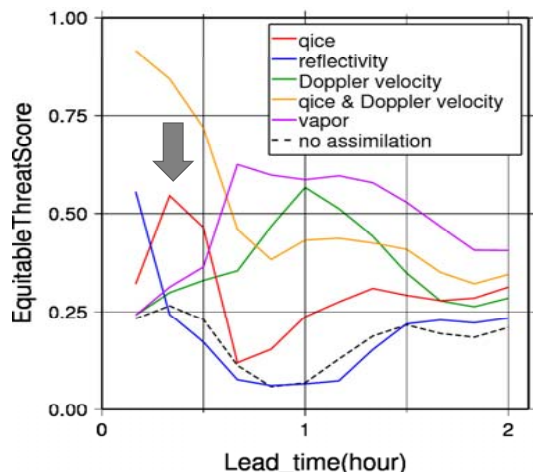
アンサンブルカルマンフィルタ



Ensemble Kalman filter with CReSS (CReSS-LETKF)



スレットスコア(ETS)による10分降雨強度の評価(理想実験)



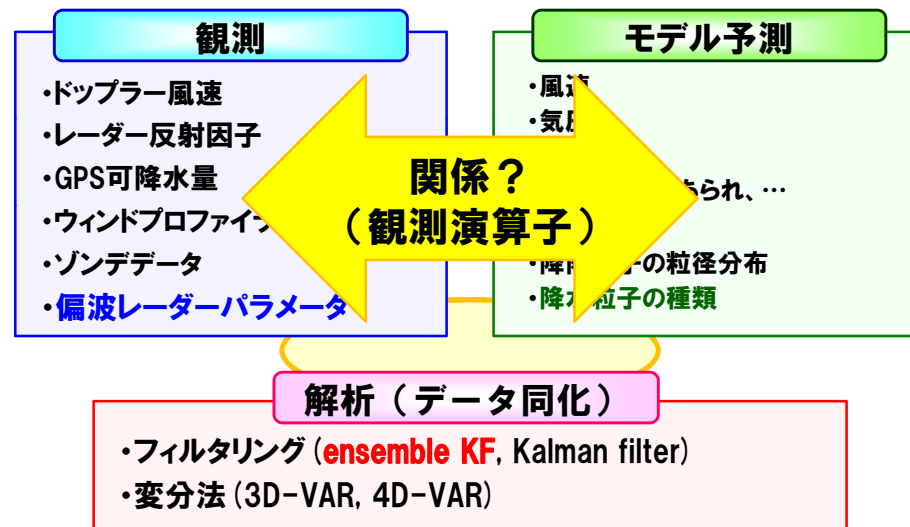
- 雲微物理量の同化(red line)によって、30分先の精度向上。
Cf. 反射因子の同化 (blue line)よりも先の時間の精度が向上。
- ドップラー風速の同化(green line)によって、1時間先の精度が向上。
- 雲微物理量とドップラー風速の両者を同化(yellow line)すると、比較的高いスコア。
- 水蒸気量を同化(purple line)すると、1時間先以後のスコアが高い。

Threshold 1mm/hr
完全予報: 1
ランダム予報: 0

By 山口・中北(2008)

データ同化研究の枠組み

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



内容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- **ゲリラ豪雨の卵の解析**
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

レーダー情報を用いたゲリラ豪雨の卵の解析(2009)

京都大学防災研究所 中北英一
京都大学工学研究科 山口弘誠
京都大学地球工学科 山邊洋之

発表の流れ

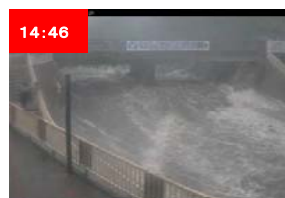
研究背景と目的
レーダー情報
大気場の力学的指標
豊中豪雨
都賀川豪雨
結論

発表の流れ

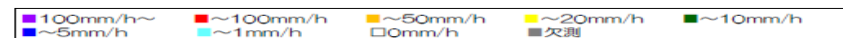
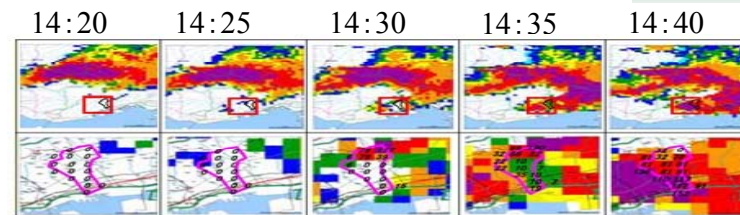
研究背景と目的
レーダー情報
大気場の力学的指標
豊中豪雨
都賀川豪雨
結論

2008年豪雨事例

- 兵庫県神戸市灘区都賀川
急増水した激流に流され
5人が亡くなる
- 東京都豊島区
下水道で作業中の
作業員が流され亡くなる



国交省レーダー雨量(中小河川における水難事故防止策検討WG参考資料を改変)



14時25分 流域西部で弱い降水
14時30分 流域北部で強い降水
14時35分 流域全体に降水
14時40分 流域全体に強い降水
14時42分 出水

14時25分の初めて雨域を探知した
レーダー情報を14時30分に得て、
14時35~40分の降雨の様子を予測し
避難警報を発令しなければならない



早期探知の重要性
5~10分の予測の重要性

研究背景と目的

- 都賀川豪雨事故で早期探知および5分, 10分の予測の重要性和難しさを知る。

ゲリラ豪雨の初期状態を知る → ゲリラ豪雨の卵の状態
(生成場所や生成条件)

→ 何をどうやって観測すればいいのかわかるか?
予測へつなげる

本研究では卵を知るための解析事例として
豊中豪雨および都賀川豪雨を用いた

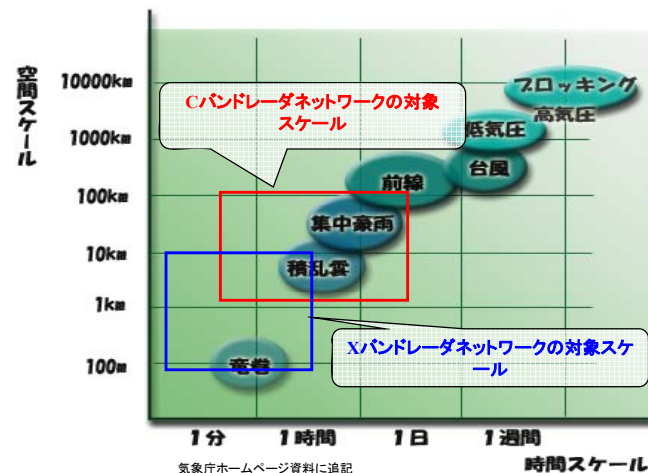
- ・レーダー電波の波長による感度の違い
- ・レーダー観測の時間, 空間分解能の差
- ・ドップラー風速や他の物理量の利用可能性

アプローチ

レーダー情報
GPV情報
AMeD

- ・水平運動学的 降雨域の移流
- ・鉛直運動学的 上空の降水粒子
- ・同化 よりよい初期場を求めて

現象と観測ターゲット



気象庁ホームページ資料に追記

発表の流れ

研究背景と目的

レーダー情報

大気場の力学的指標

豊中豪雨

都賀川豪雨

結論

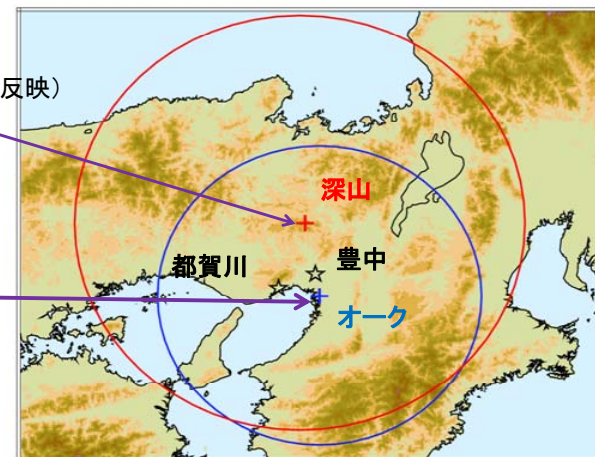
レーダーサイト

深山レーダー (Cバンド)

- 観測範囲120km
- 低仰角観測PPIf(全国合成に反映)
- 立体観測PPIv
- ドップラー観測PPI d

オークレーダー (Xバンド)

- 観測範囲80km
- 1仰角のみ



0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 2.0 km

用いたレーダー情報

時間分解能が細かい

空間分解能が細かい

| | | レーダー AMeDAS | 深山レーダー | | | オークレーダー |
|-------|------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|
| | | | PPIf | PPIv | PPId | |
| 波長 | | Cバンド | Cバンド | | | Xバンド |
| 観測範囲 | | | 198km | 120km | 120km | 80km |
| 空間分解能 | 距離 方位方向 | | 1.5km, 360/256° | 1.5km, 360/256° | 0.1875km, 360/512° | 0.25km, 360/256° |
| | 直交座標系 | 1km × 1km | 2km × 2km | 2km × 2km | 0.2km × 0.2km | 0.3km × 0.3km |
| 時間分解能 | | 10分1回 | 5分3回 | 7.5分1回 | 7.5分1回 | 2.5分1回 |
| 特徴 | | AMeDASにより キャリブレーション | 低仰角観測 0.4°, 0.8° 全国合成に 反映 | 立体観測 (複数仰角) | 立体観測 (複数仰角) ドップラー観測 感度が良い | 降雨減衰が 激しい 感度が良い |

発表の流れ

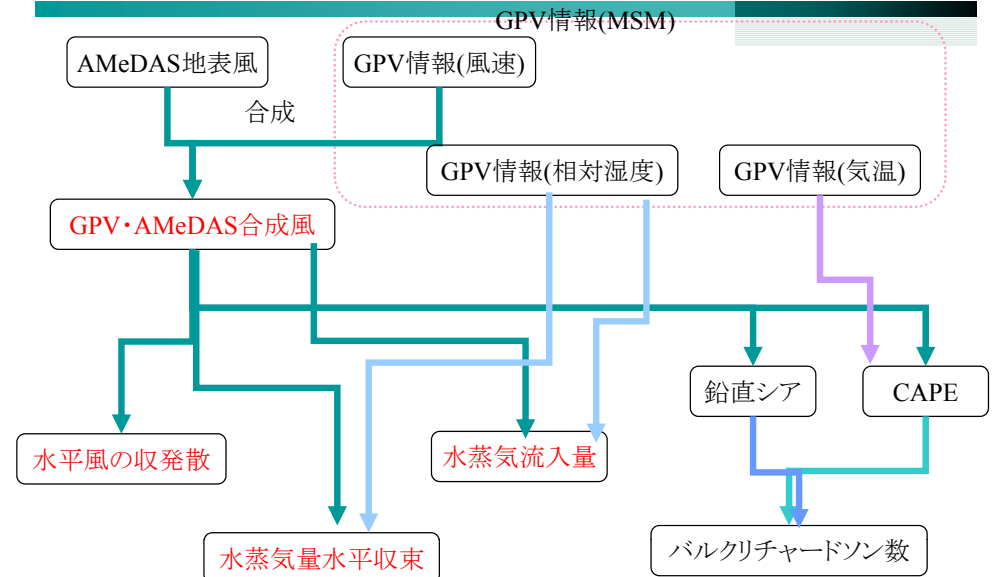
研究背景と目的
レーダー情報
大気場の力学的指標
豊中豪雨
都賀川豪雨
結論

力学的指標(GPV情報及びAMeDASから算定)

- **水平収束** 水平方向の風の収束
- **水蒸気流入量** 水蒸気のフラックス
- **水蒸気量水平収束** 水蒸気の収束
- **CAPE** 積雲対流が生じたときに利用できる浮力エネルギー
- **鉛直シア** 渦による乱流エネルギーに比例
- **バルクリチャードソン数**

$$Ri = \frac{\text{浮力エネルギー}}{\text{乱流のエネルギー生成量}} = \frac{\text{CAPE}}{\text{Shear}}$$

力学的指標(大気場の不安定さの指標)



研究背景と目的

レーダー情報

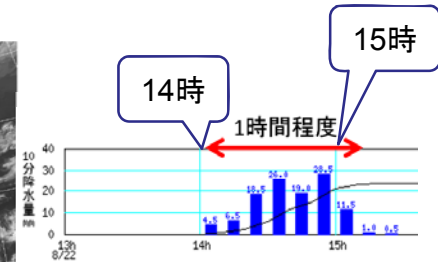
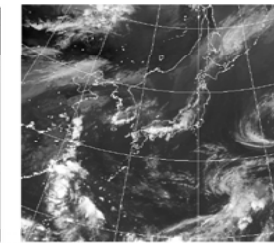
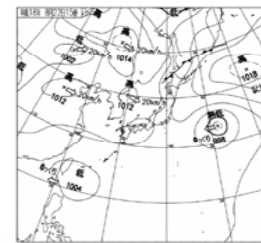
大気場の力学的指標

豊中豪雨

都賀川豪雨

結論

- 大阪府では22日の朝のうちからよく晴れて気温も上昇し、豊中市では34℃を超えて、大気の状態がさらに不安定となった
- 昼過ぎにかけて北大阪及び東部大阪を中心に非常に激しい雨
- 豊中では14時10分から15時10分までの1時間に110ミリの猛烈な雨を観測



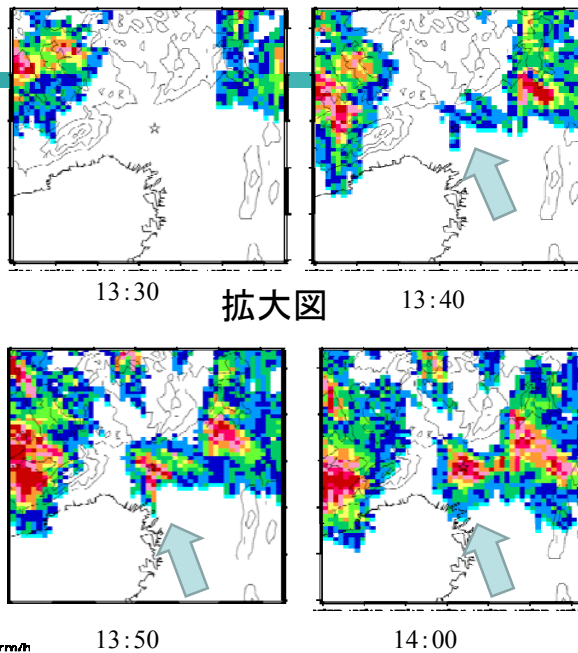
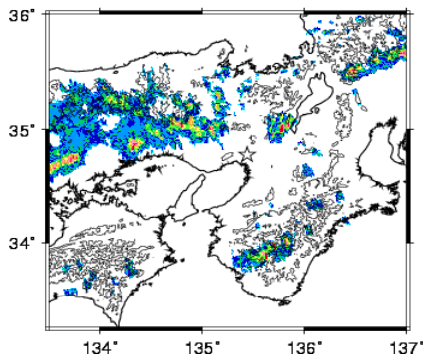
8月22日15時の地上天気図と気象衛星赤外画像

豊中AMeDAS

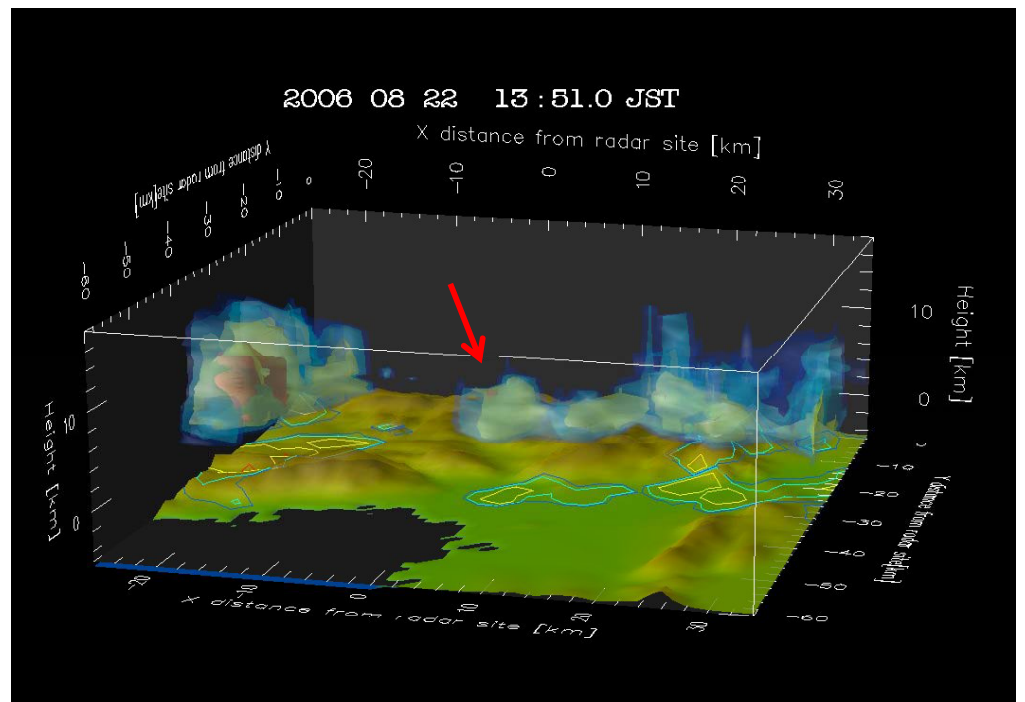
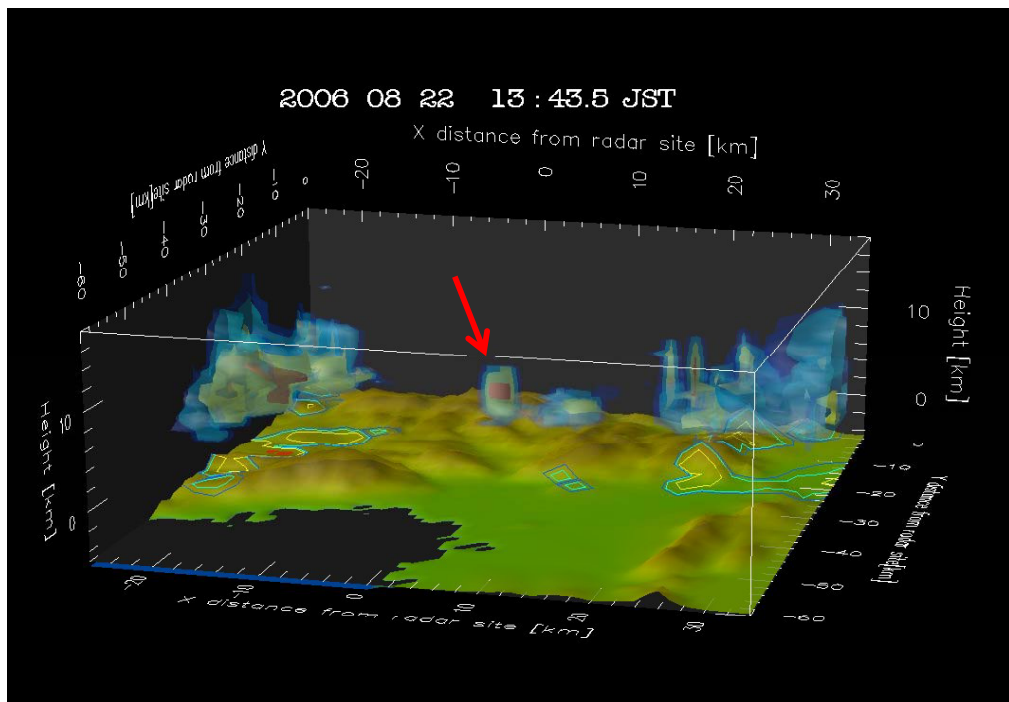
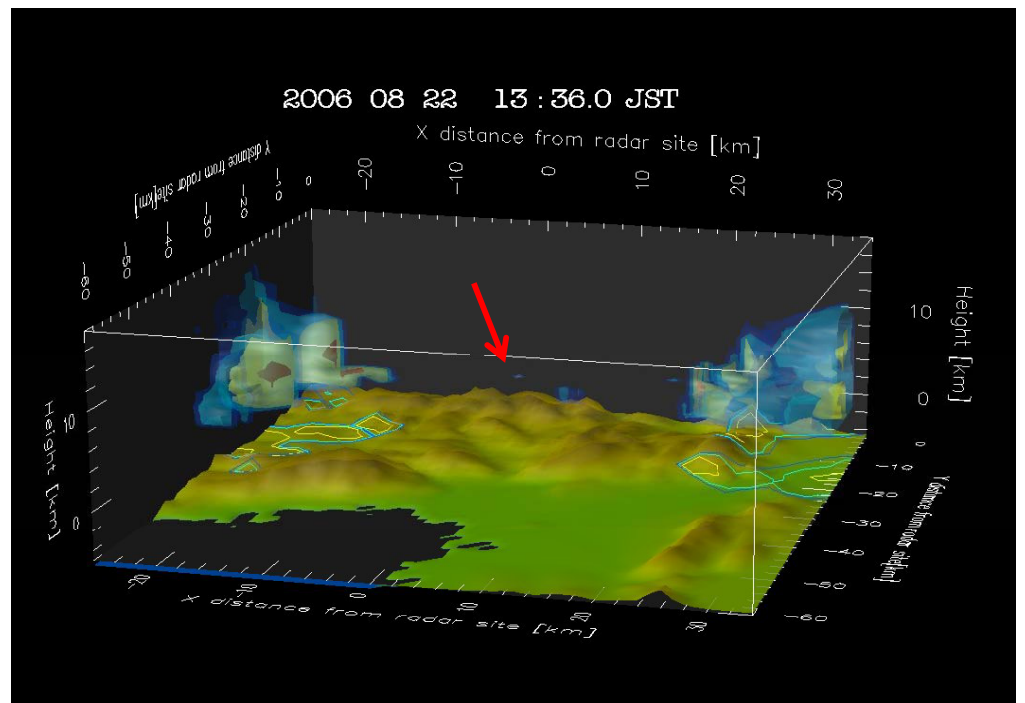
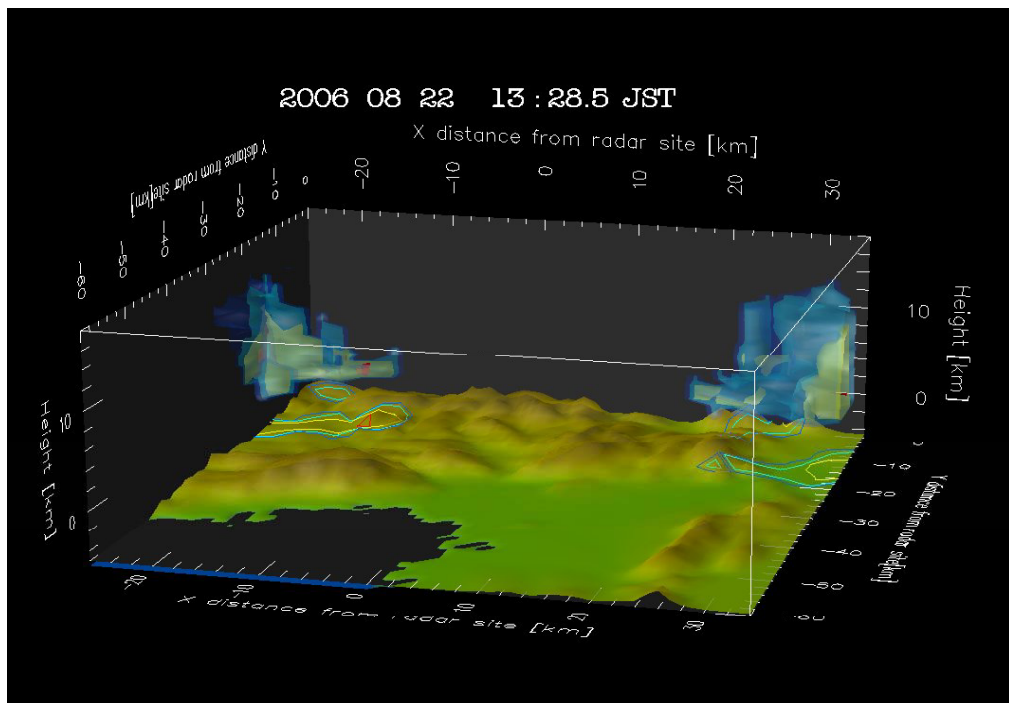
レーダー-AMeDAS

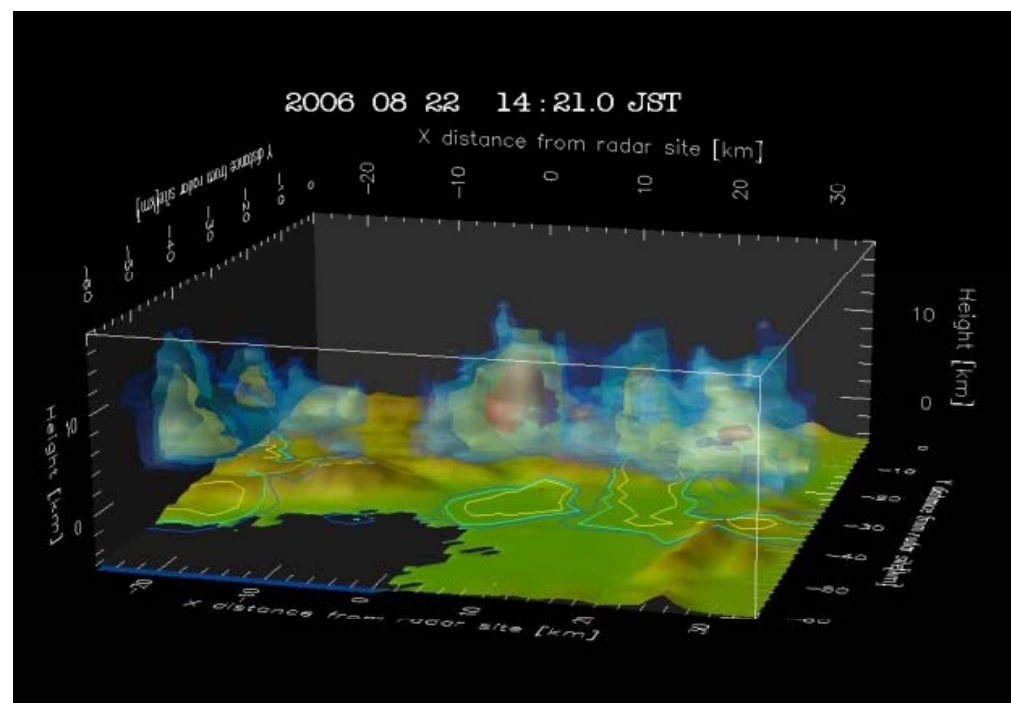
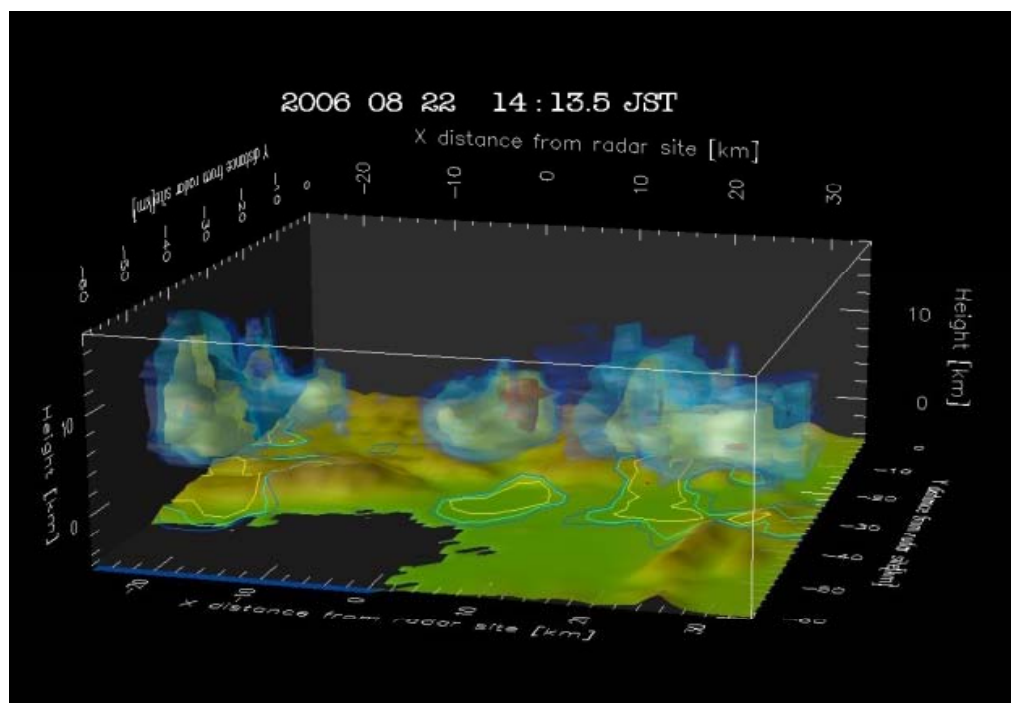
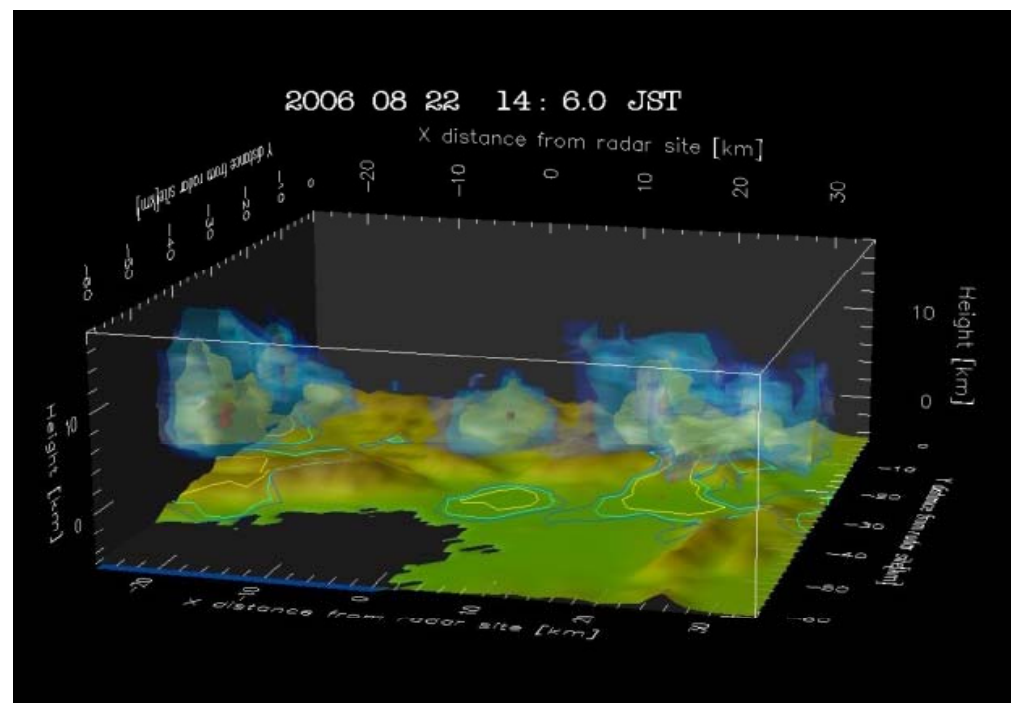
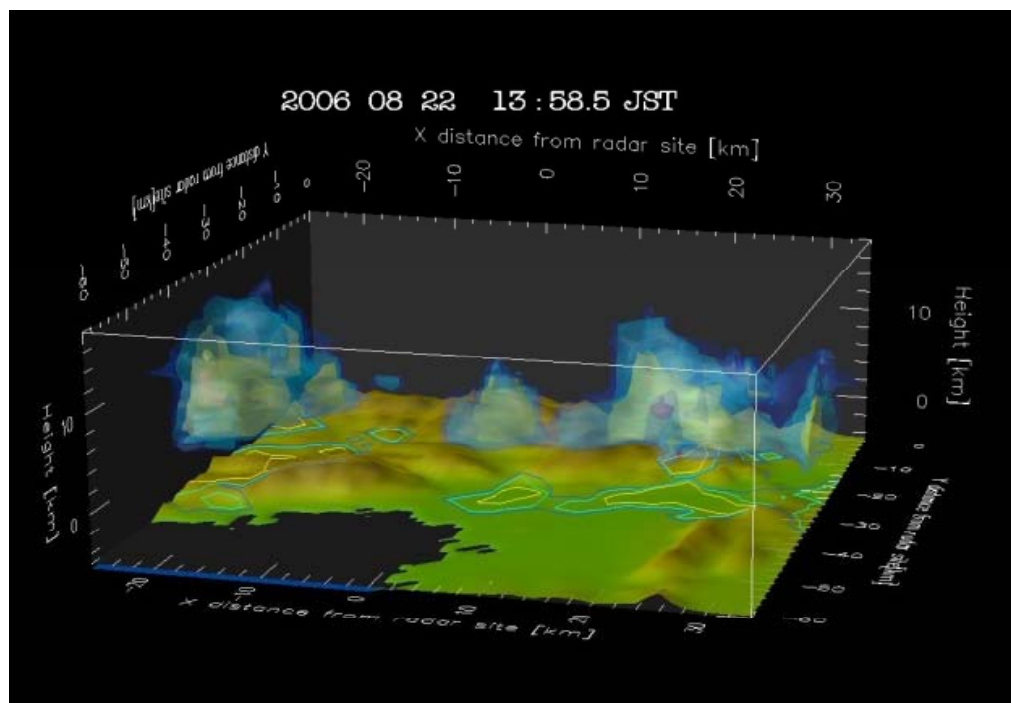
広域図

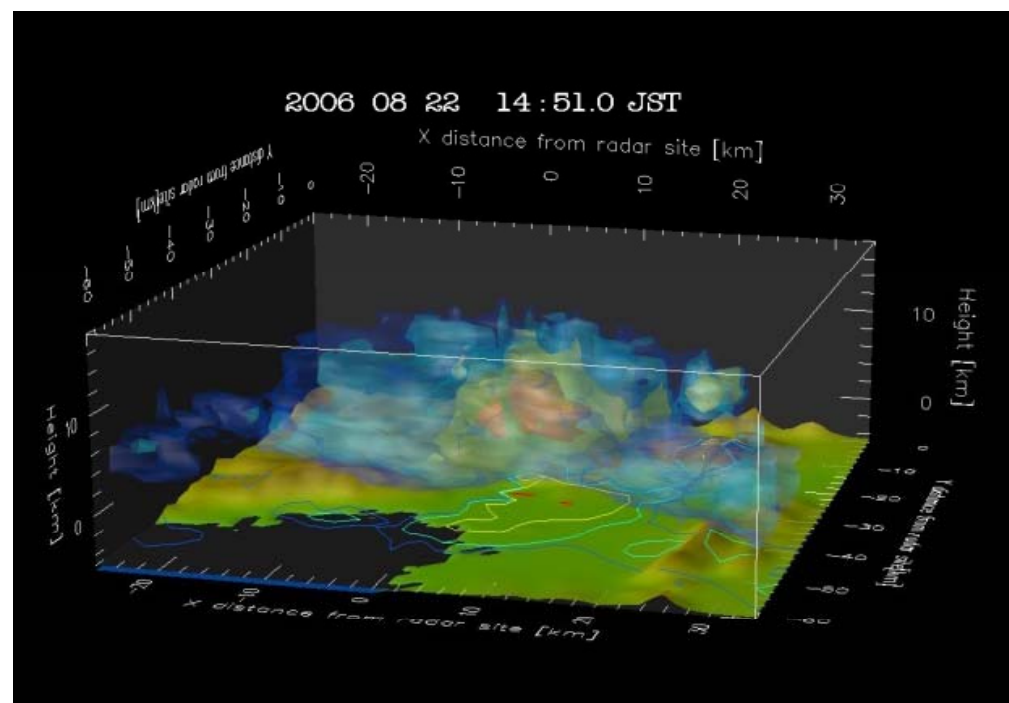
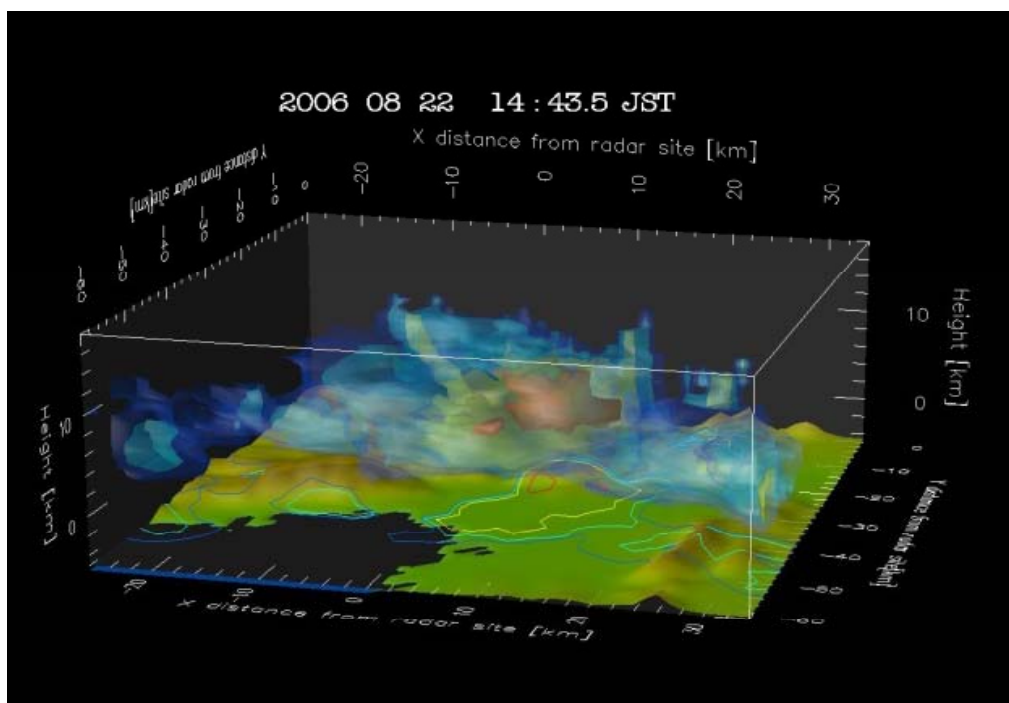
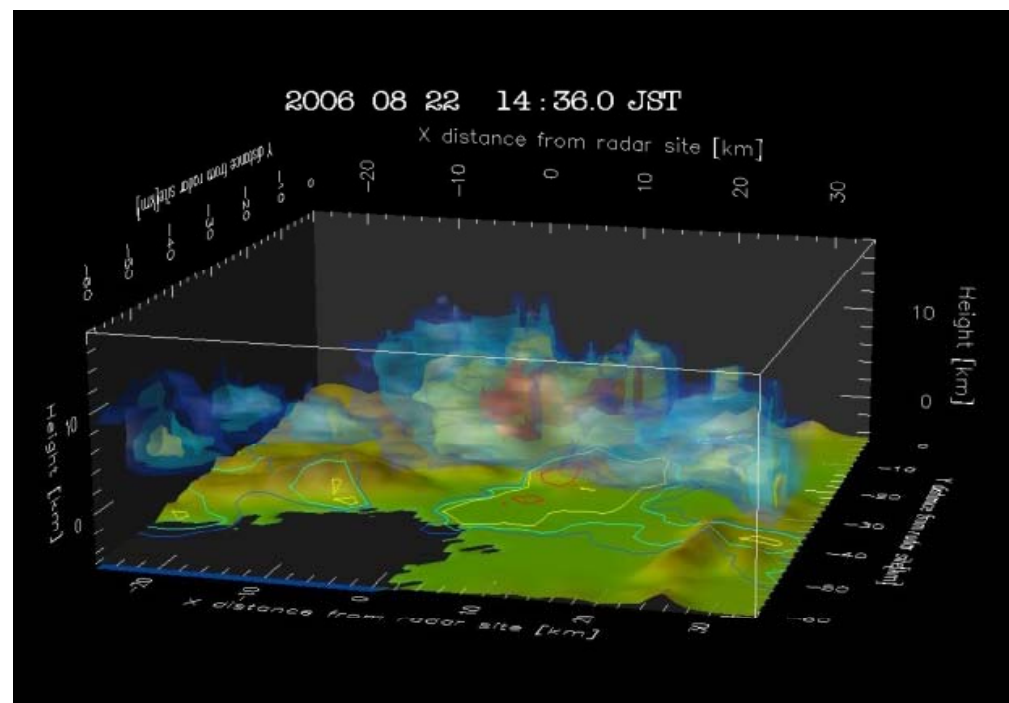
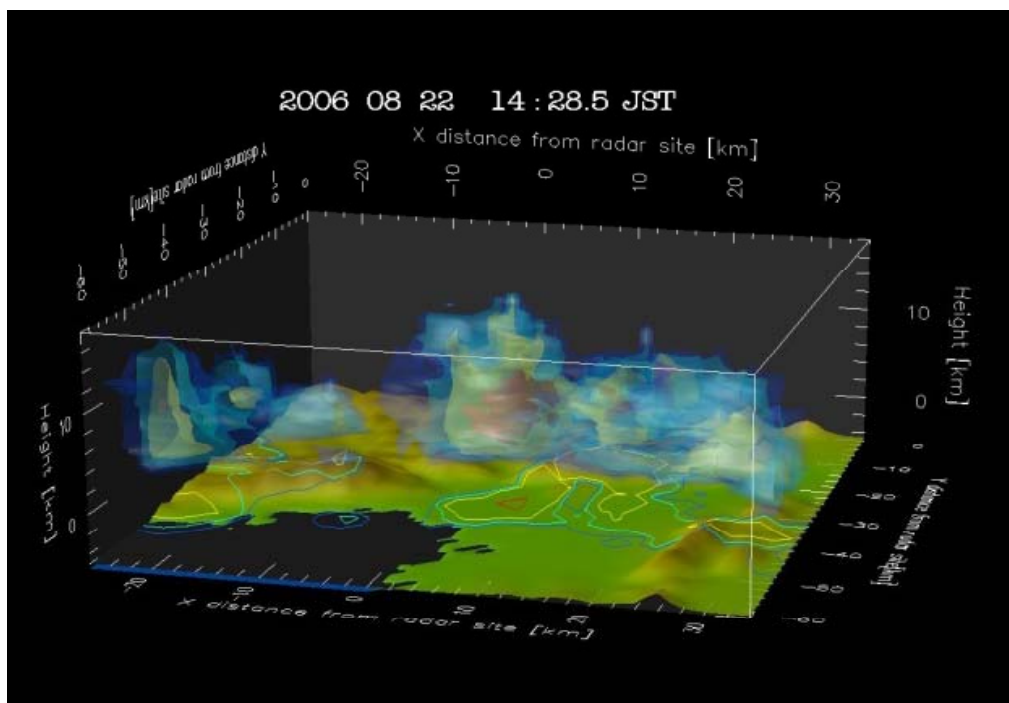
1300

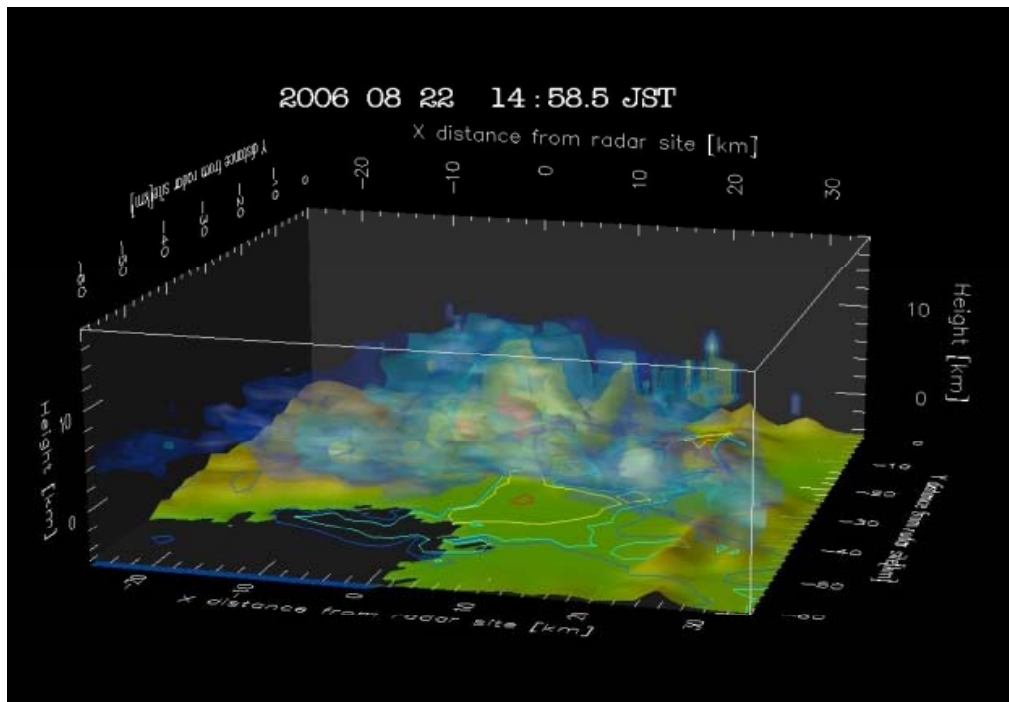


豊中深山レーダー(3次元観測)



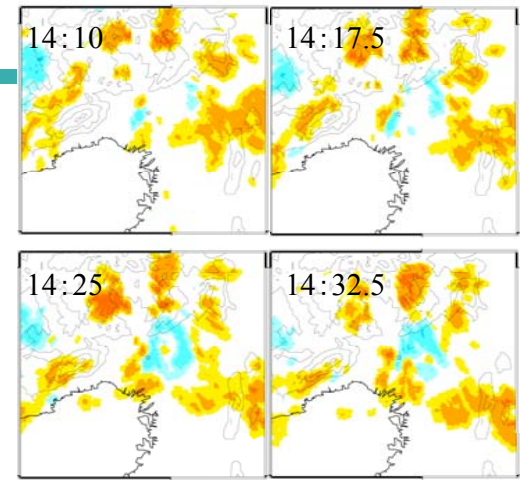
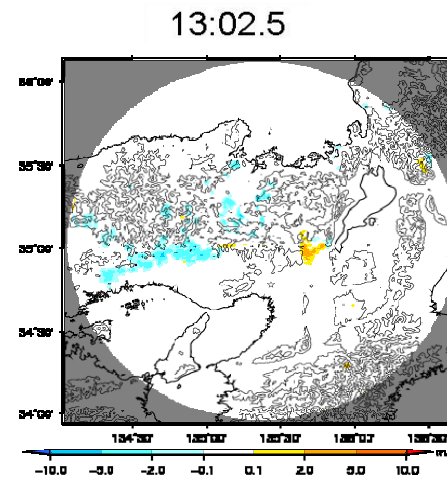






深山レーダー(ドップラー風速)

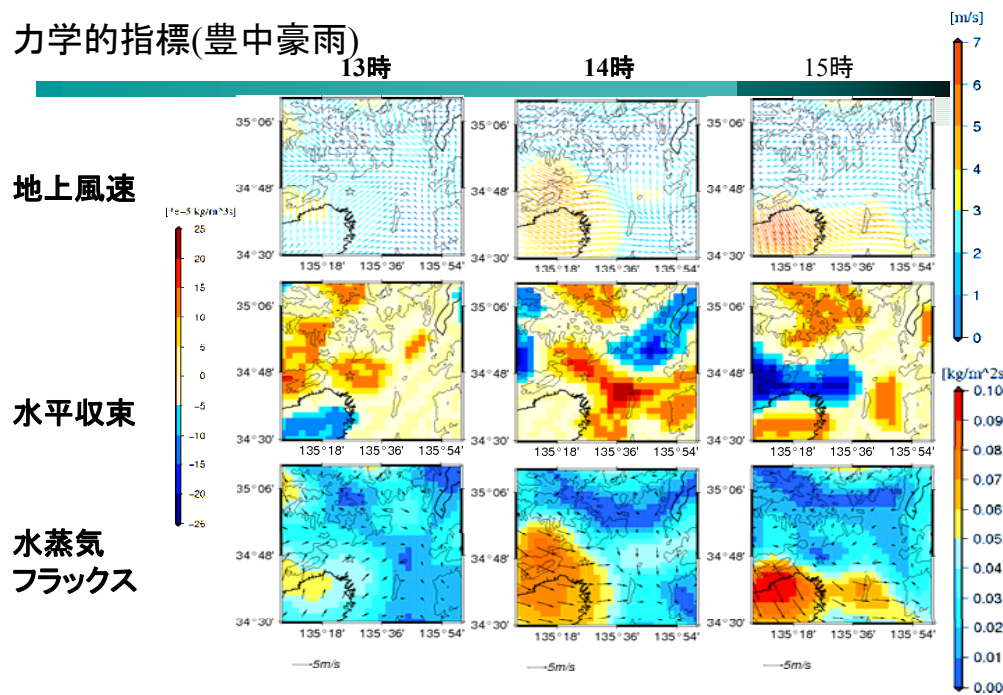
仰角0.8°



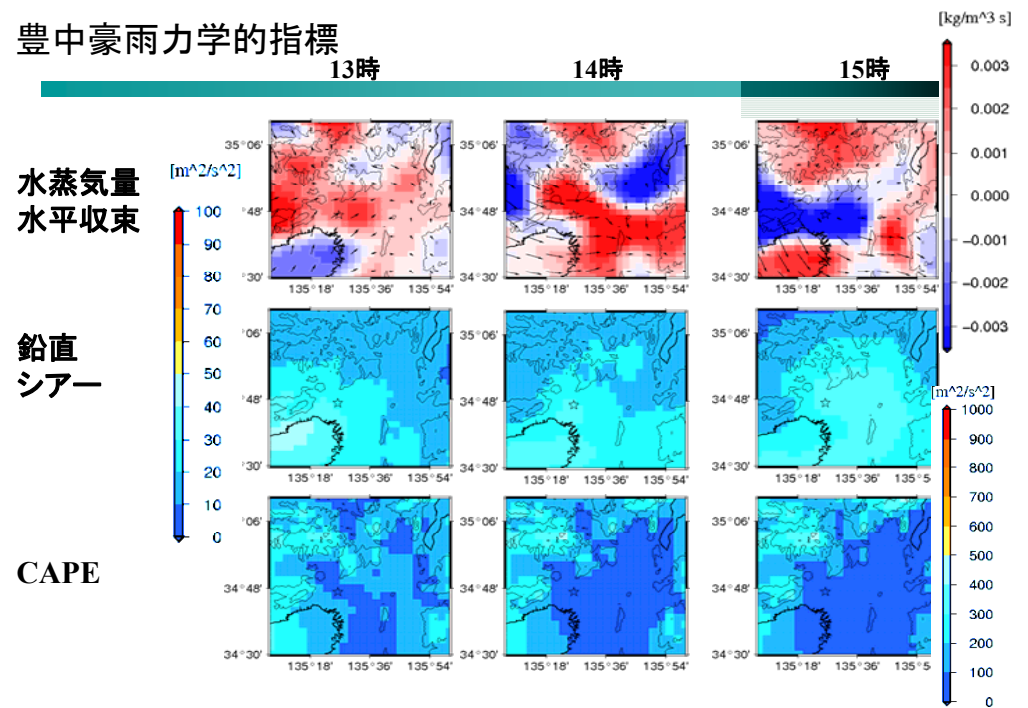
暖色系色 (遠ざかる成分) と寒色系色 (近づく成分)

豪雨発生域に長い時間水平収束が存在している
積乱雲が発生、発達
ドップラー風速が同化し利用できる可能性がある

力学的指標(豊中豪雨)



豊中豪雨力学的指標



研究背景と目的

レーダー情報

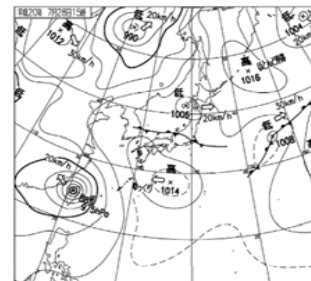
大気場の力学的指標

豊中豪雨

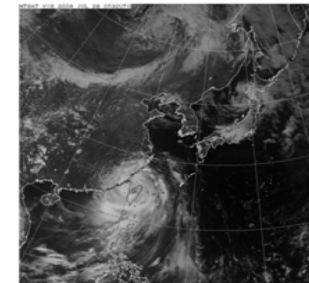
都賀川豪雨

結論

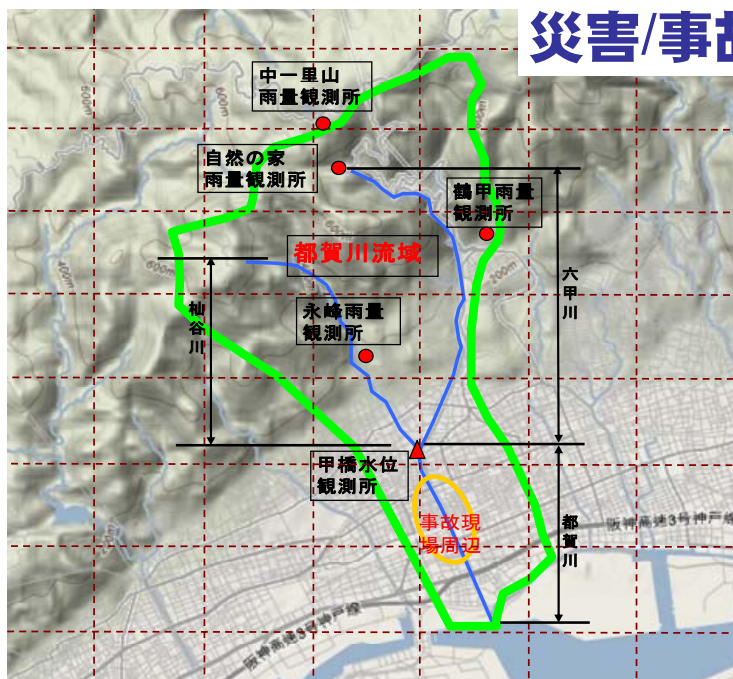
- 午前、西日本の上空には寒気が存在し、一方下層では前線に向かって暖かく湿った空気が流入しており、大気の状態が不安定となっていた。
- 午後には強い日射の影響も加わり、近畿を中心に広い範囲で雷雲が発達して強い降水や雷を観測した
- 神戸市付近で約60 mm/hrの非常に激しい雨となった。この大雨の影響で神戸市灘区都賀川では、急激な増水のため、8名が流され、そのうち5名が亡くなった他、各地で浸水被害が発生した



都賀川豪雨が発生した日の地上天気図



都賀川豪雨が発生した日の衛星可視画像



災害/事故の監視

平成20年7月28日局地的な豪雨により、都賀川(二級河川)が急激に増水により、甲橋地点では10分間で水位が1.3mも上昇し、小学生等を含む5名が流されて死亡した。

都賀川豪雨時系列

衆議院災害対策特別委員会
都賀川現地調査説明資料より転記

14:30



14:40



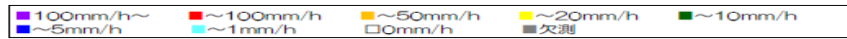
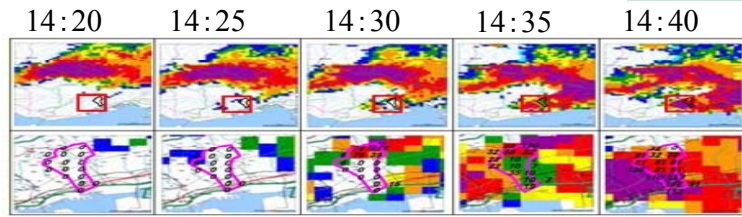
14:50



15:00



国交省レーダー雨量(中小河川における水難事故防止策検討WG参考資料を改変)



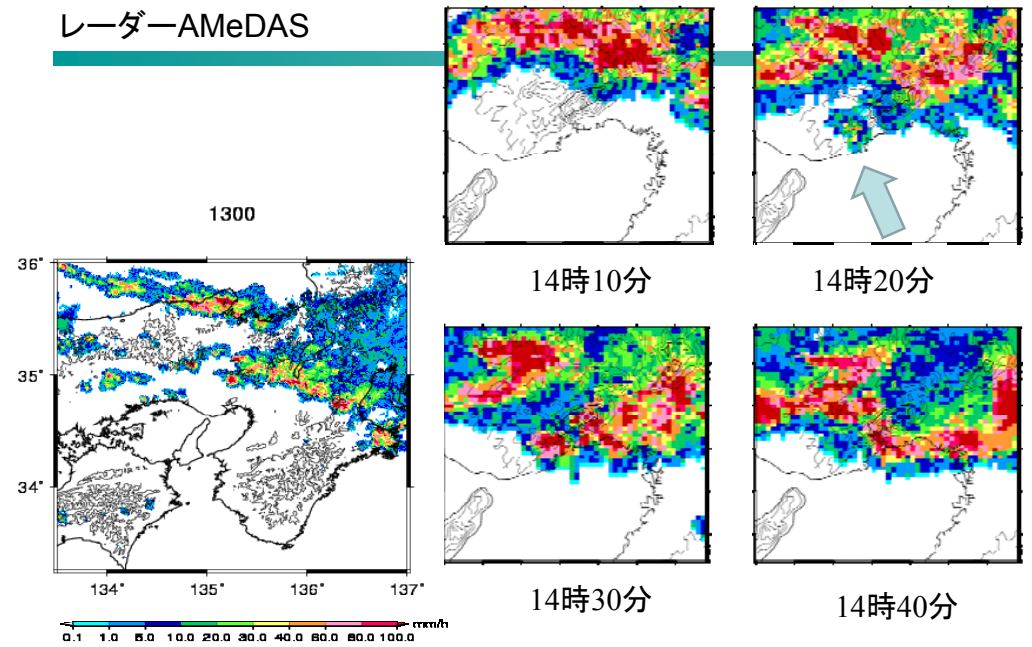
- 14時25分 流域西部で弱い降水
- 14時30分 流域北部で強い降水
- 14時35分 流域全体に降水
- 14時40分 流域全体に強い降水
- 14時42分 出水

14時25分の初めて雨域を探知したレーダー情報を14時30分に得て、14時35～40分の降雨の様子を予測し避難警報を発令しなければならない

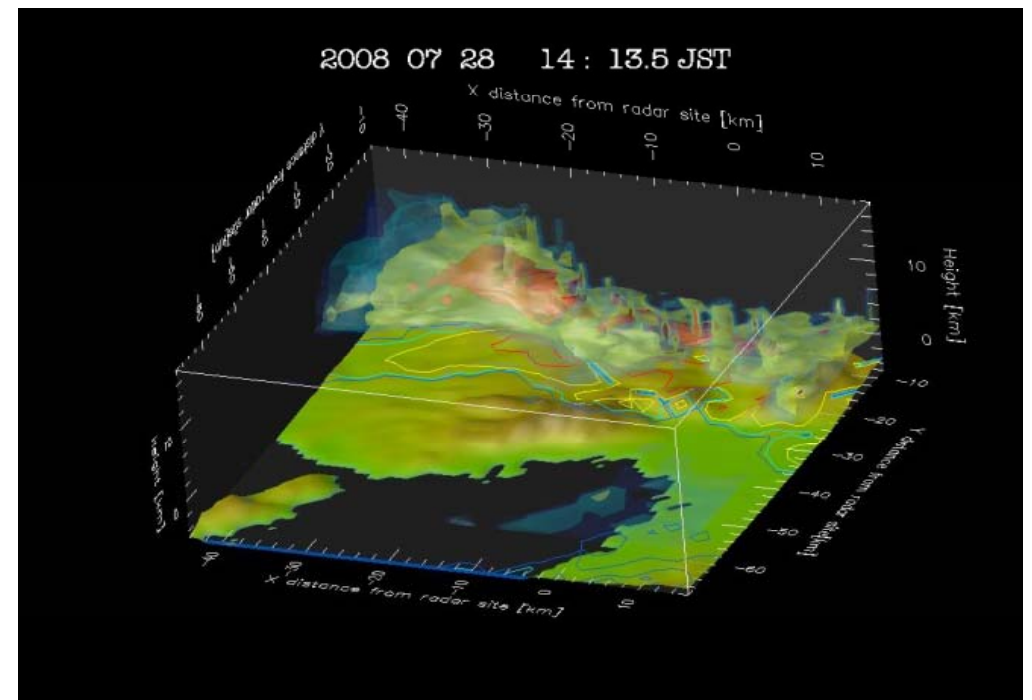


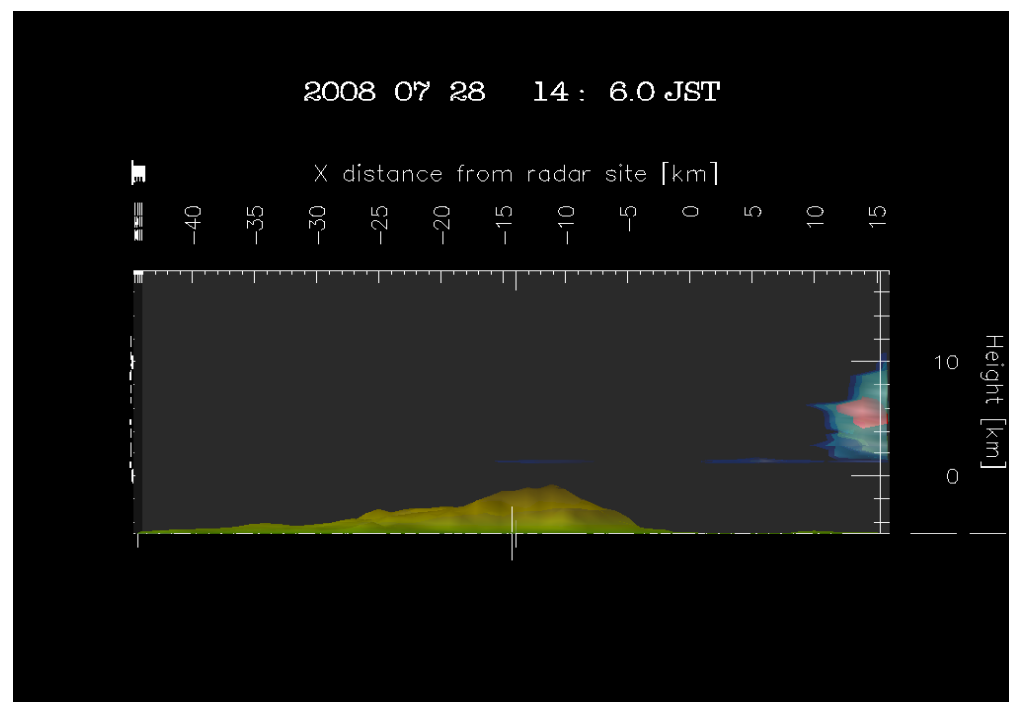
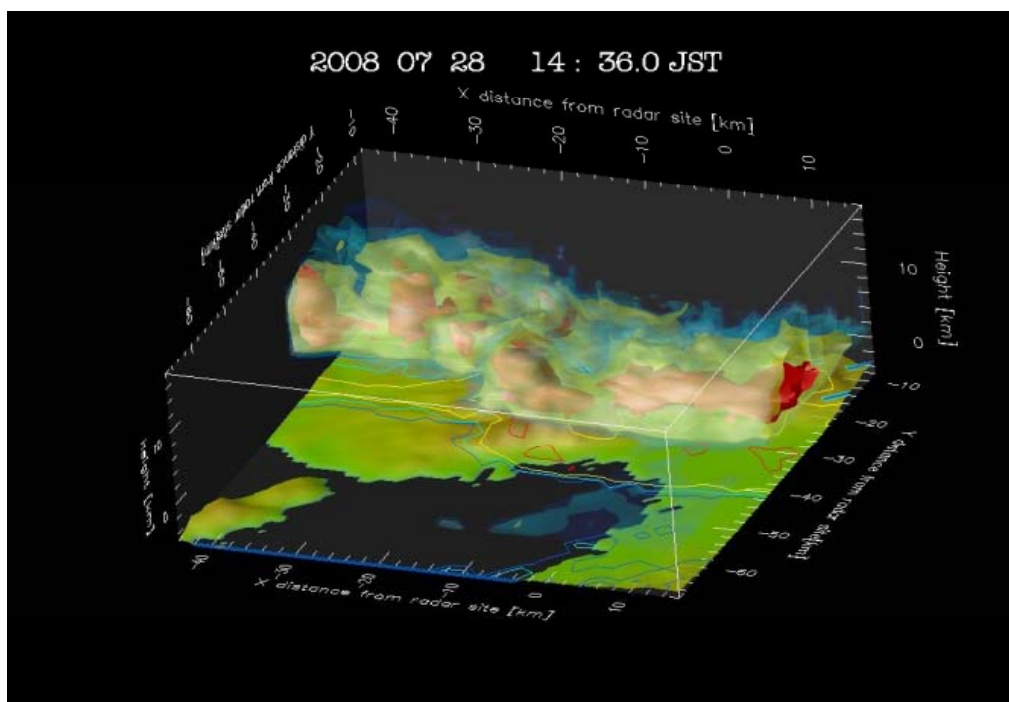
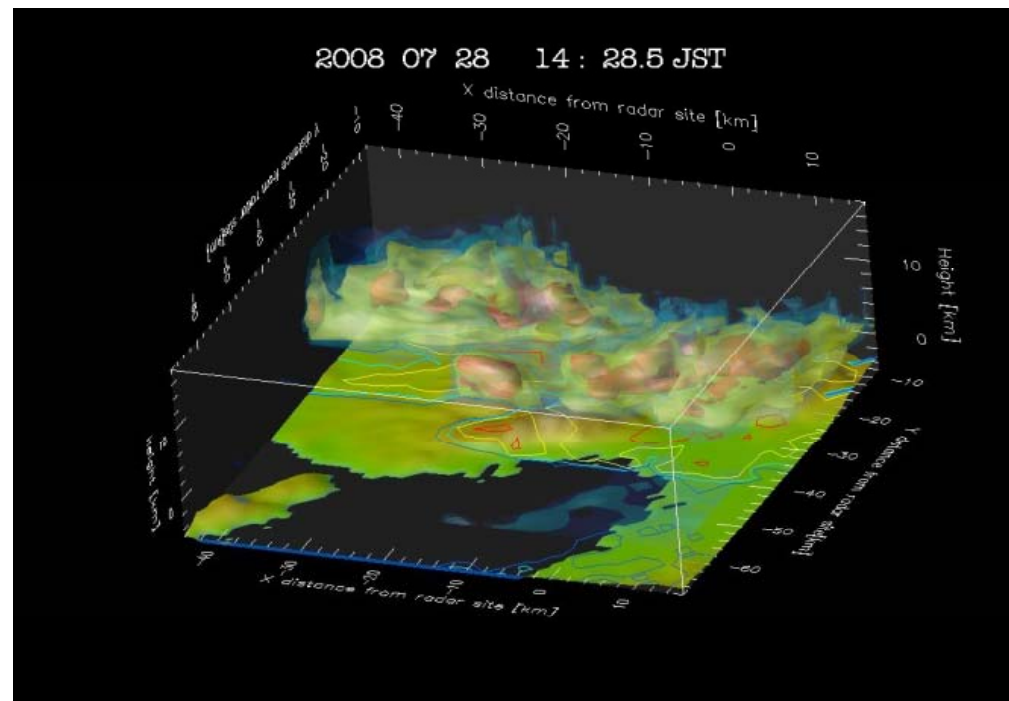
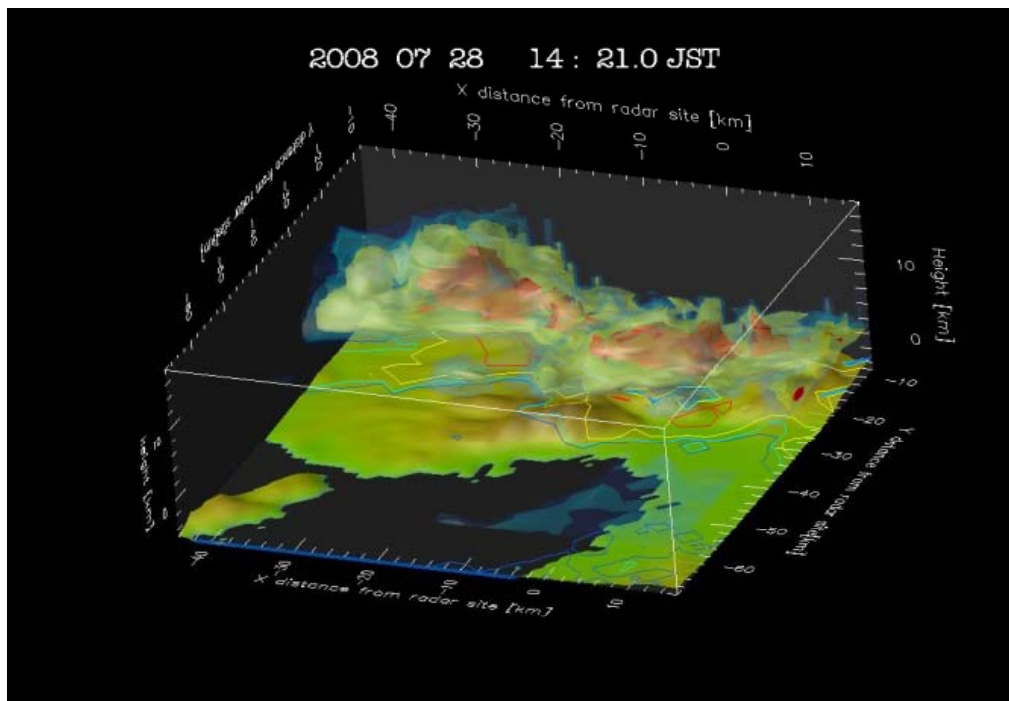
早期探知の重要性
5～10分の予測の重要性

レーダー-AMeDAS

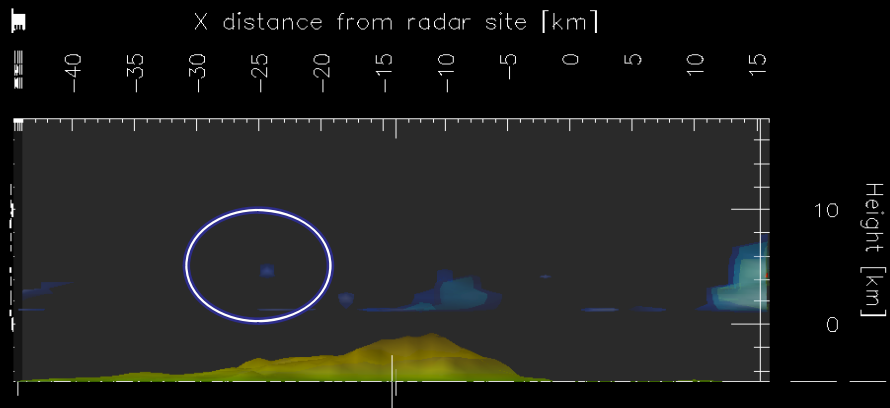


都賀川深山レーダー(3次元観測)

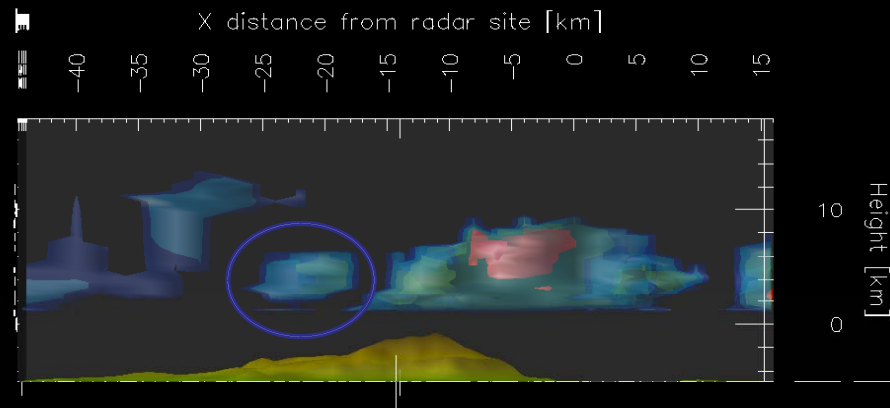




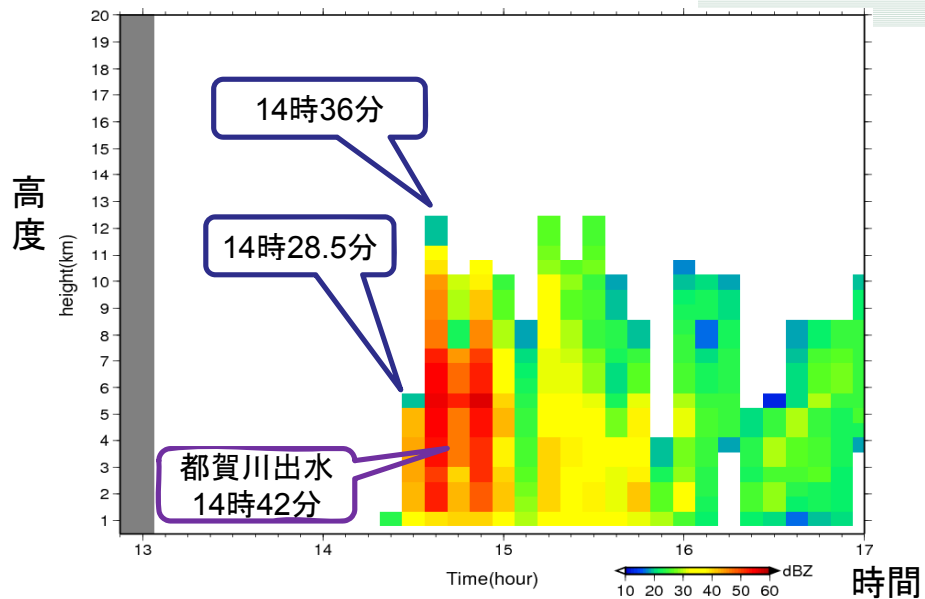
2008 07 28 14:13.5 JST



2008 07 28 14:21.0 JST

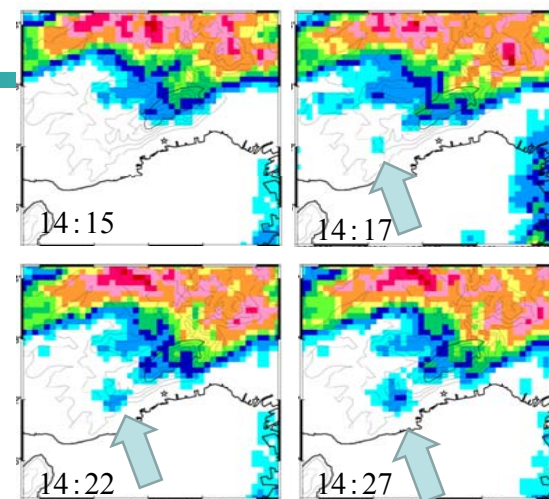


都賀川上空 7.5分間隔



深山低仰角観測 (PPIf)

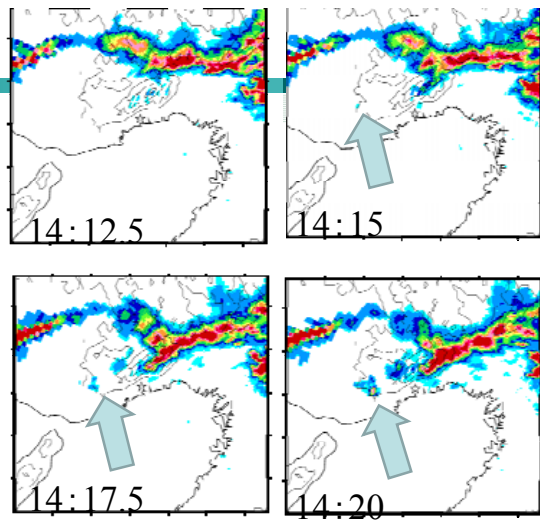
卵の生成高度が5km
 低仰角は観測高度が低い
 ため、積乱雲がある程度
 の大きさにならないと探知
 されない
 探知された時には上空には
 降水粒子を蓄えた積乱雲が
 存在し、降水粒子が落下を
 開始する



レーダーで探知された直後
 には豪雨がもたらされる

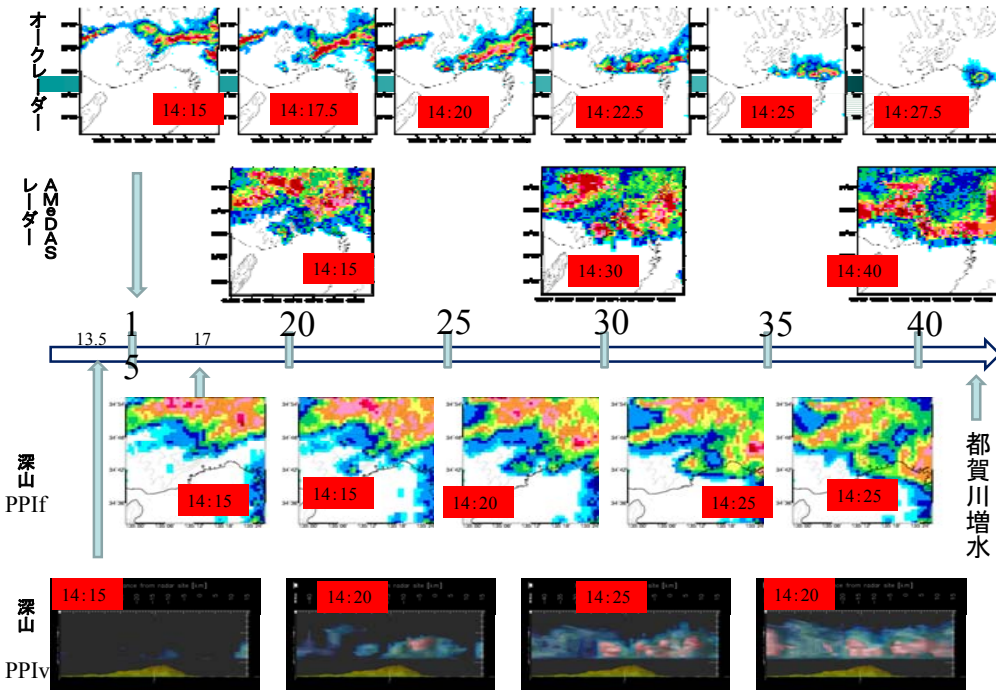
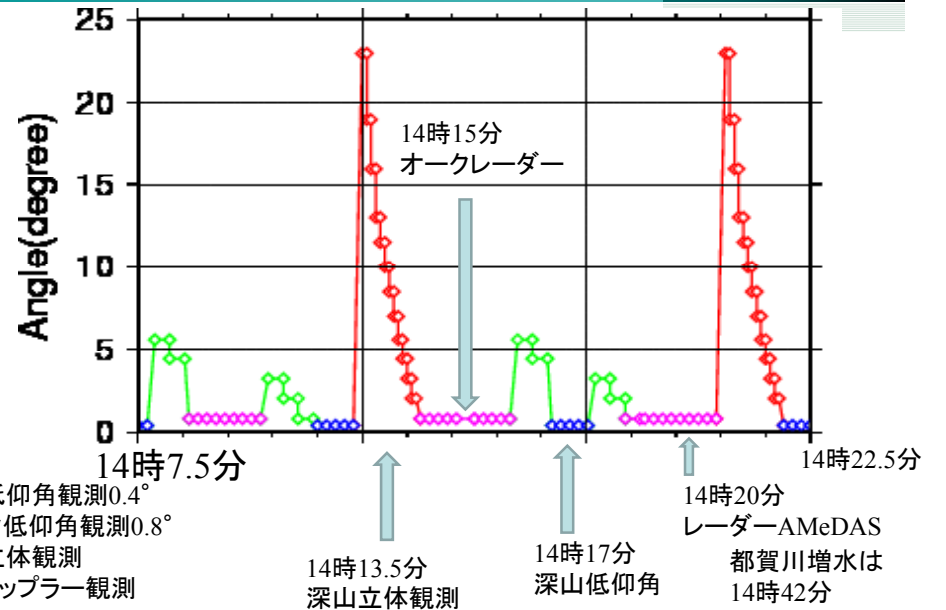
都賀川増水は14時42分
 14時17分にゲリラ豪雨の卵を
 探知
 深山立体観測よりも3.5分
 遅い

オー克雷ダー(Xバンド)

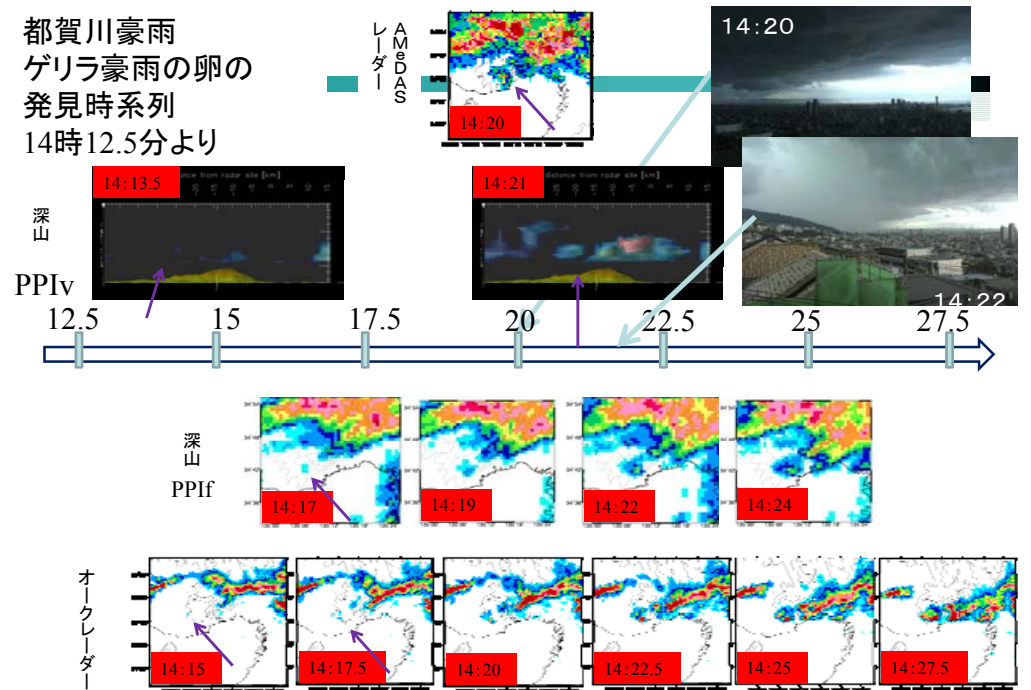


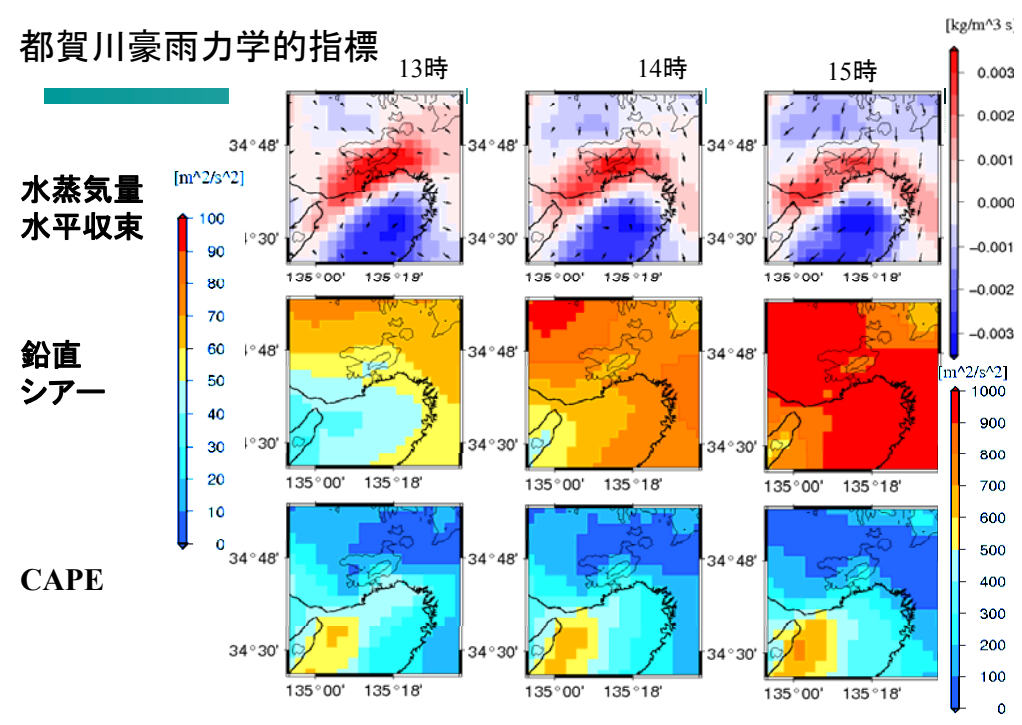
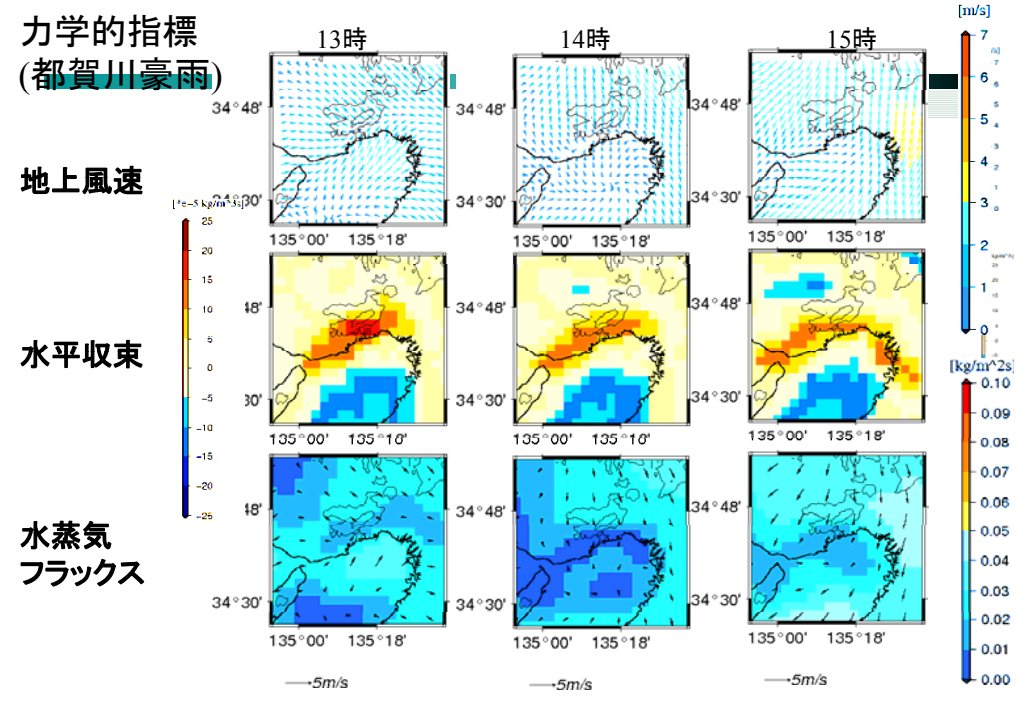
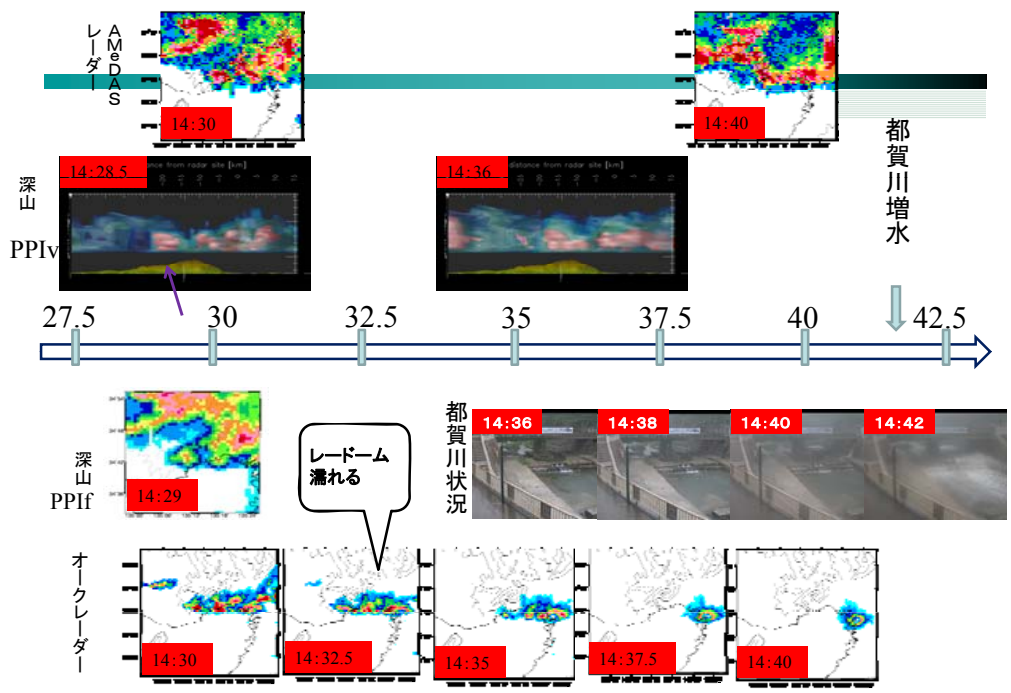
都賀川増水は14時42分
 14時15分にゲリラ豪雨の卵を探知
 深山低仰角よりも発見が2分早い

ゲリラ豪雨の卵の探知時刻(図は深山レーダー運用モード)

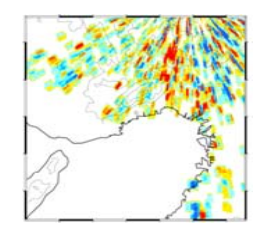


都賀川豪雨 ゲリラ豪雨の卵の 発見時系列 14時12.5分より





- 力学的指標
 - ・都賀川事例ではAMeDASが使用できず
 - ・大きなスケールでは豪雨の発生する場
- ドップラー風速
 - ・ノイズが多く、現段階では解析に用いない



研究背景と目的
レーダー情報
大気場の力学的指標
豊中豪雨
都賀川豪雨
結論

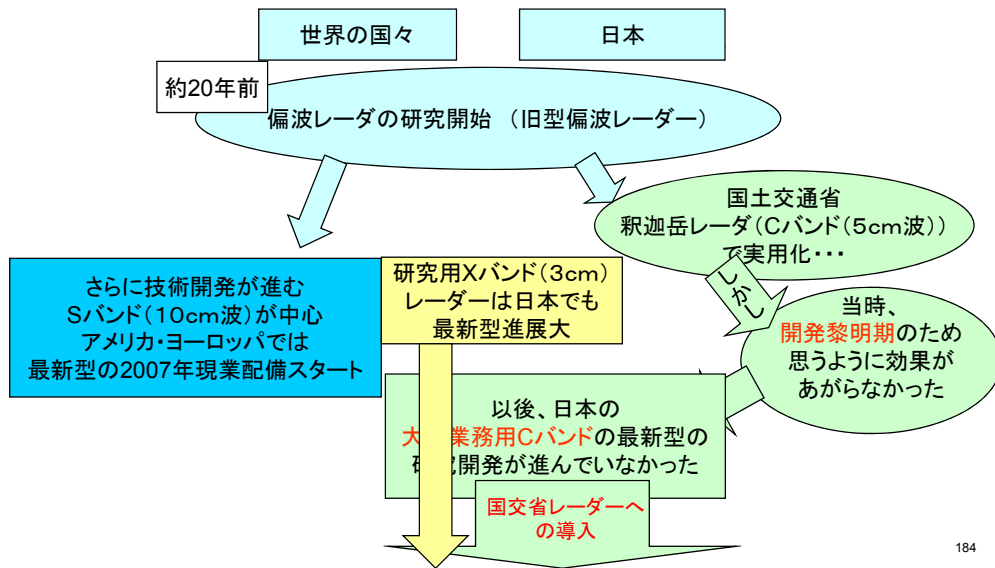
• 豊中豪雨
AMeDAS観測による地上風の
GPV情報
ドップラー風速の同化

• 都賀川豪雨
ゲリラ豪雨の卵の観測において
空間, 時間分解能が粗いCバンド立体観測が最初に観測
感度のよいXバンド, 時間分解能が最も細かいCバンド低仰角の順

- 地形の影響による遮断 複数での監視
- 反射強度の立体観測の有用性
- 高時間分解能での立体観測の必要性

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- **国交省レーダ雨量計の今後**
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

最新型偏波レーダー研究の背景



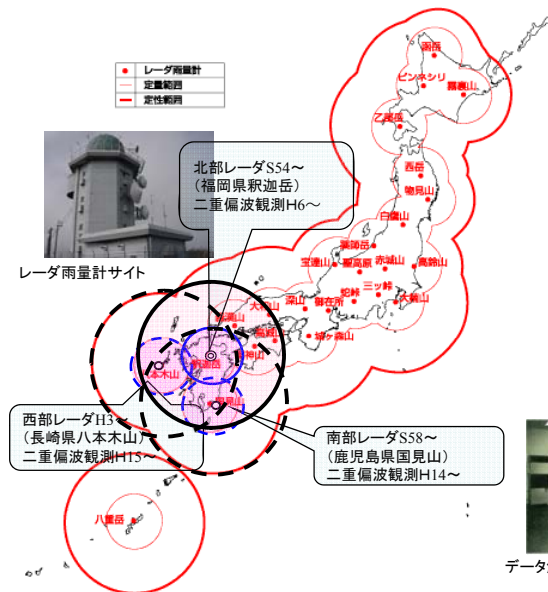
184

国交省レーダー雨量計の今後

1. **Cバンドレーダーの最新型偏波化(KDP化)**
 - 九州の釈迦岳レーダー雨量計(2009年度試験運用,2010年度～運用開始)
 - 近畿の城ヶ森山レーダー雨量計(2009年度ドップラー化+2010年度最新型偏波化)、その後深山レーダーへ
2. **都市域へのXバンド最新型偏波ドップラーレーダーネットワークの導入(2009年度導入,2010年度～試験運用開始) 監視と予測**
3. **レーダー利用のための全国的委員会の設置(2008年12月～)**

185

1. 釈迦岳レーダー雨量計の最新型偏波化)



赤城山に、昭和51年に日本で初めて雨量観測を目的としたレーダー雨量計が設置されて以来、現在までに26基のレーダー雨量計が全国に配置され、半径120kmの定量観測範囲で日本全土を覆うことで、精度の高い降雨観測を行っています。

また、平成14年度には新たに国土交通省のレーダー雨量計全国合成システムが構築され、全国26基のレーダー雨量計の連続的な合成と地上観測雨量を用いた精度の高い補正により、レーダー雨量計の全国合成処理が実施されています。この結果は、一般向けの防災情報として提供される他、河川管理や道路管理の実務に有効に活用されています。



データ解析とデータサービス装置



データ表示端末
九州地方整備局2008

国交省レーダー雨量計の今後

1. **Cバンドレーダーの最新型偏波化(KDP化)**
 - 九州の釈迦岳レーダー雨量計(2009年度試験運用,2010年度～運用開始)
 - 近畿の城ヶ森山レーダー雨量計(2009年度ドップラー化+2010年度最新型偏波化)
2. **都市域へのXバンド最新型偏波ドップラーレーダーネットワークの導入(2009年度導入,2010年度～試験運用開始)**
3. **レーダー利用のための全国的委員会の設置(2008年12月～)**

187

2. レーダ雨量計の今後 (Xbandドップラー偏波レーダー群)

| 観点 | 課題 | 過去 | 現在 | 今後 |
|----------|--------|-------------|-------------|----------|
| 1. 空間分解能 | 観測性能向上 | 3km メッシュ | 1km メッシュ | 細分化* |
| 2. 精度 | 精度向上 | 定性 | 定量 | 高精度 |
| 3. データ利用 | 有効活用 | ローカル | 全国合成 | より迅速な配信 |
| 4. 予測 | 雨量予測 | 目視 | 移動解析 | 成長・衰退解析* |

国土交通省河川局(2009) *ゲリラ豪雨のような局地現象に対しては、Cバンドレーダでの実現は難しい¹⁸⁸

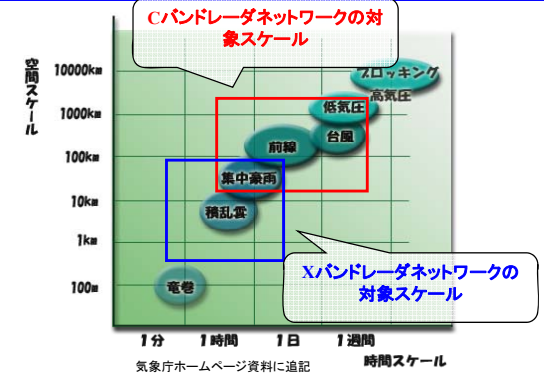
2.1 新たな監視の必要性

Cバンドレーダの役割

台風や発達した低気圧の接近に伴う降雨を観測し、洪水や土砂災害等の監視に活用

Cバンドレーダの特徴

- ・全国を26基のレーダで網羅
- 半径120kmの定量範囲
- ・観測から情報提供までに要する時間
- 約10分
- ・降雨監視は反射強度のみ
- 地上雨量との補正を要する
- ・低仰角を主体に観測
- ・空間分解能は約1km



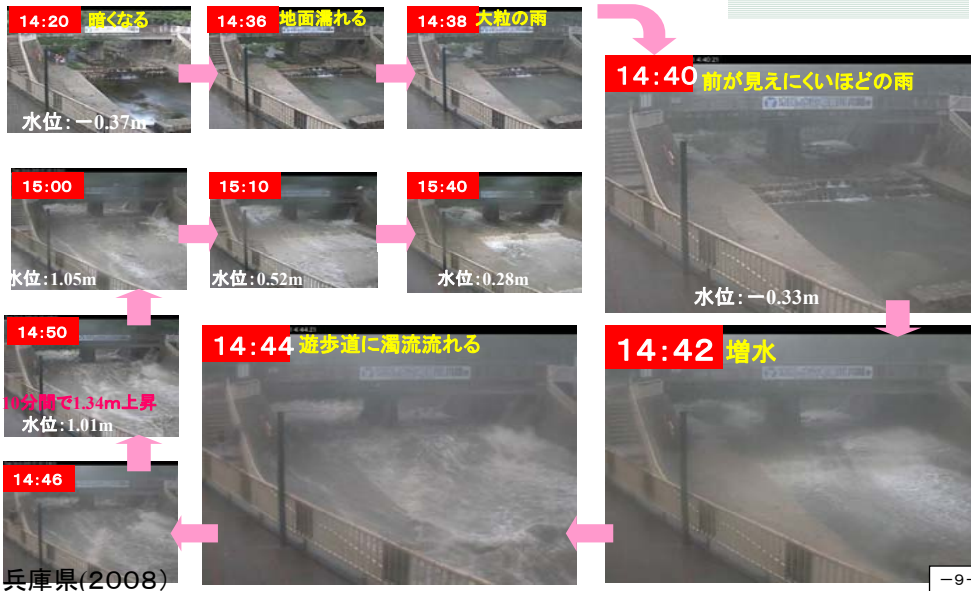
時空間スケールの小さな局地的な大雨や集中豪雨に対する監視強化が必要

Xバンドレーダの導入

国土交通省河川局(2009)

189

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



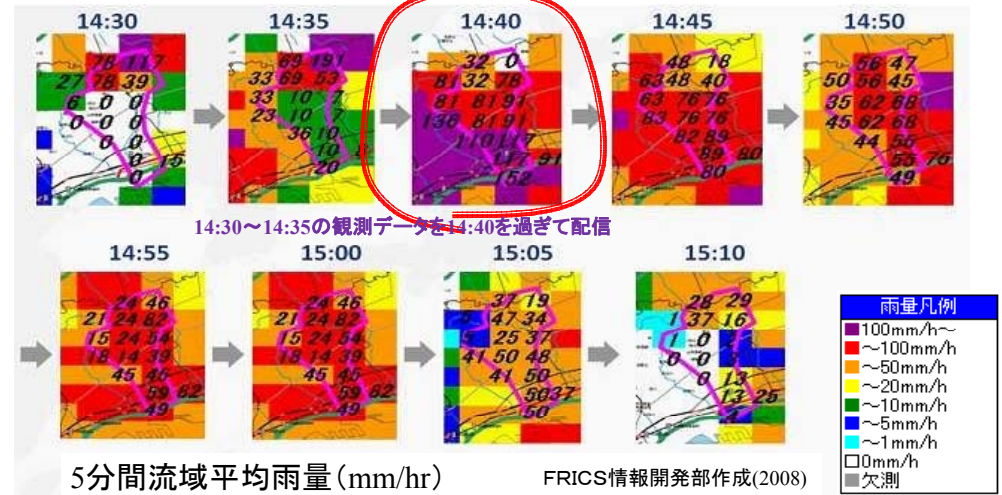
兵庫県(2008)

-9-

災害/事故の監視

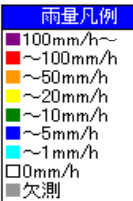
2008年7月28日豪雨の際の都賀川流域レーダ雨量。
激しい強雨域を良くとらえている。

14:40からの10分間で1.3mの水位上昇



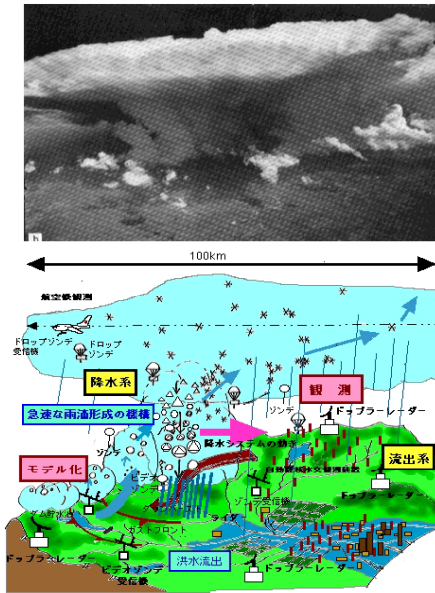
5分間流域平均雨量 (mm/hr)

FRICS情報開発部作成(2008)



集中豪雨

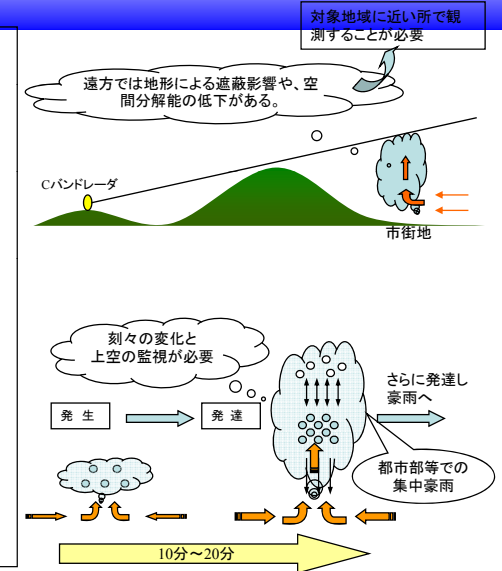
メソβ降水・流出系の共同観測



2.2 新たな監視の必要性(2)

Xバンドレーダによる監視

- ①急激に発生・発達する「ゲリラ豪雨」の監視
 - ・1kmより細かな空間分解能
 - ・高感度化(5~10でも早く探知)
- ②対象地域に対し極力遮蔽域を持たない監視
 - ・対象地域近傍での観測
 - ・複数のレーダによる相互補完
- ③リアルタイムの情報提供
 - ・1~2分間隔での情報更新
(降雨強度分布をレーダ情報のみから算出)



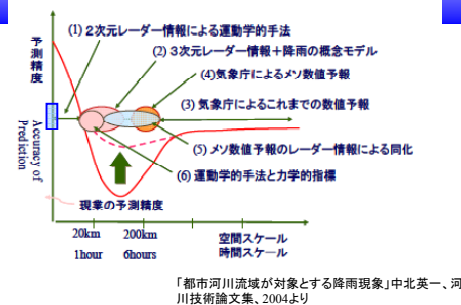
国土交通省河川局(2009)

2.2 新たな監視の必要性(3)

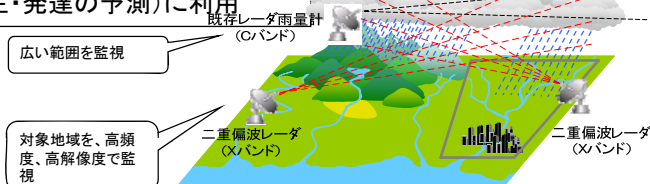
Xバンドレーダの高度な利用

- ・高頻度、高分解能の降雨分布
- ・ボリュームスキャンから得られる上空の風や雲の発達状況
- ・Cバンドレーダから得られる広域の降雨分布や数値予報等と連携

10~60分程度先の局地的な大雨や集中豪雨の発生予測(豪雨をもたらす積乱雲の発生・発達予測)に利用



「都市河川流域を対象とする降雨現象」中北英一、河川技術論文集、2004より



国土交通省河川局(2009)

既存レーダの空間的・時間的ギャップを埋めた降雨観測

2.3 既存Cバンドレーダと導入するXバンドレーダの比較

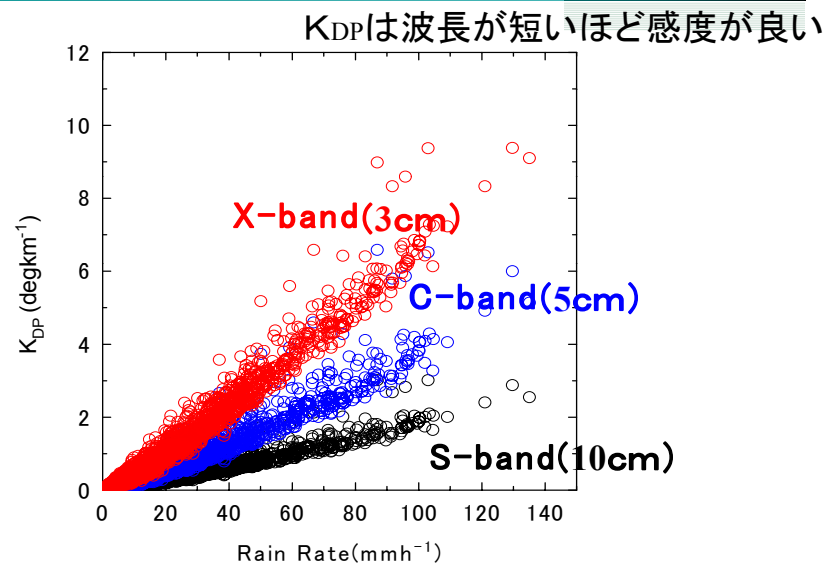
| レーダ種類 | Xバンドレーダ (目標値) | 国土交通省 Cバンドレーダ | 気象庁 Cバンドレーダ |
|------------------|------------------|------------------|----------------|
| 観測間隔 | 1分 | 5分 | 10分 |
| 情報発表までの タイムラグ | 1~2分 | 5~10分 | 5~10分 |
| 提供するデータの分 解能 | 500m | 1km(1.5km) | 1km(1.5km) |
| 二重偏波の有無 | ○ | △*1 | × |
| ドップラー観測 | ○ | △*1 | ○*2 |
| ボリュームスキャン | ○ | △*1 | ○ |

*1:一部のレーダサイトで実施

*2:一部のレーダサイトでは未実施

国土交通省河川局(2009)

K_{DP}の降雨強度に対する感度(Xバンドレーダーの利点)



By Bringi

降雨強度推定による誤差要因に対する最新型偏波Xレーダーの利点

| 誤差要因 | Z-R関係式 在来型, ドップラー | 偏波パラメータ MPレーダーネットワーク |
|-----------------|----------------------|-------------------------|
| 粒径分布の変動 | × | ○ |
| 降雨減衰 | × | ○ |
| 雨滴の形状(軸比) | ○ | × |
| 雹の影響 | ×(過大評価) | ○ |
| 地形によるビームの一部遮蔽 | ×(過小評価) | ○ |
| 降水粒子のビーム内非充填 | ×(過小評価) | ○ |
| 観測高度 | △ | ○ |
| ハードウェアキャリブレーション | △ | ○ |

防災科学技術研究所 真木博士提供
(2008) 197

大型レーダーと中型レーダーの比較(電波の降雨減衰)



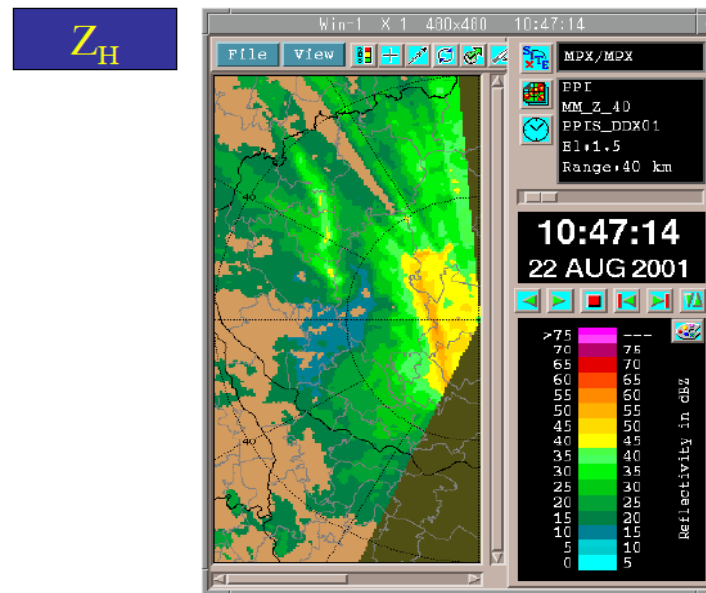
中型レーダー(3cm波)



大型レーダー(5cm波)

HP by 大阪市、国土交通省(2007)

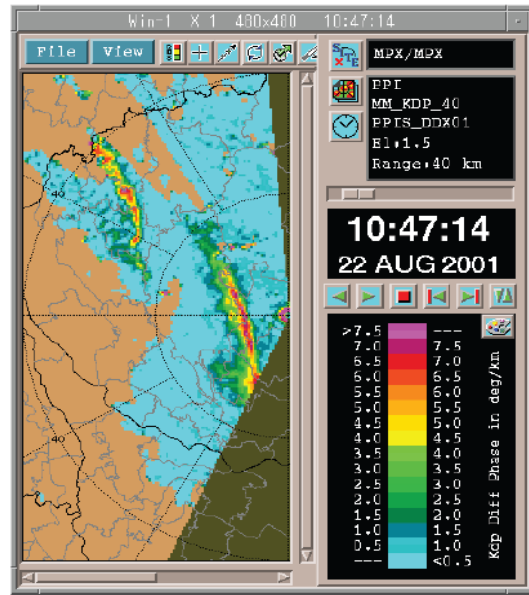
降雨減衰の影響



防災科学技術研究所 真木博士提供
(2007)

降雨減衰の影響

K_{DP}



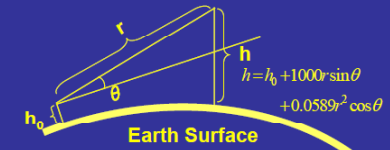
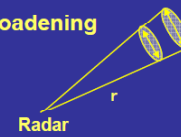
防災科学技術研究所 真木博士提供 (2007)

ネットワークとしての利点(防災科学技術研究所のX-netの場合)

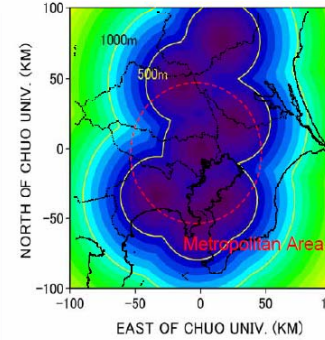
空間分解能

観測高度

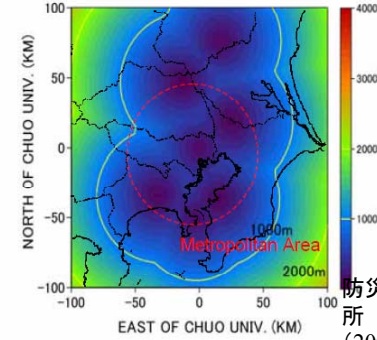
Beam broadening



AZIMUTHAL RESOLUTION (M)



BAEM HEIGHT (M), EL= 1 °

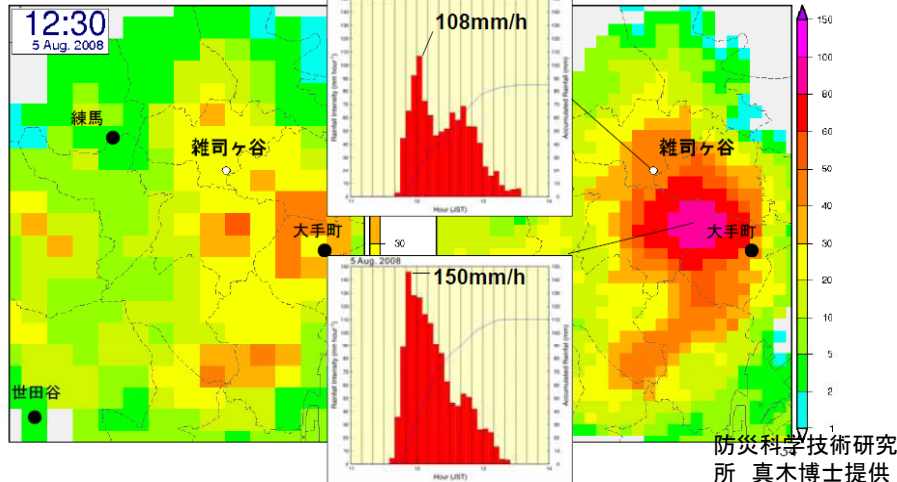


防災科学技術研究所 真木博士提供 (2008) 201

1時間雨量 気象庁レーダアメダス解析雨量との比較

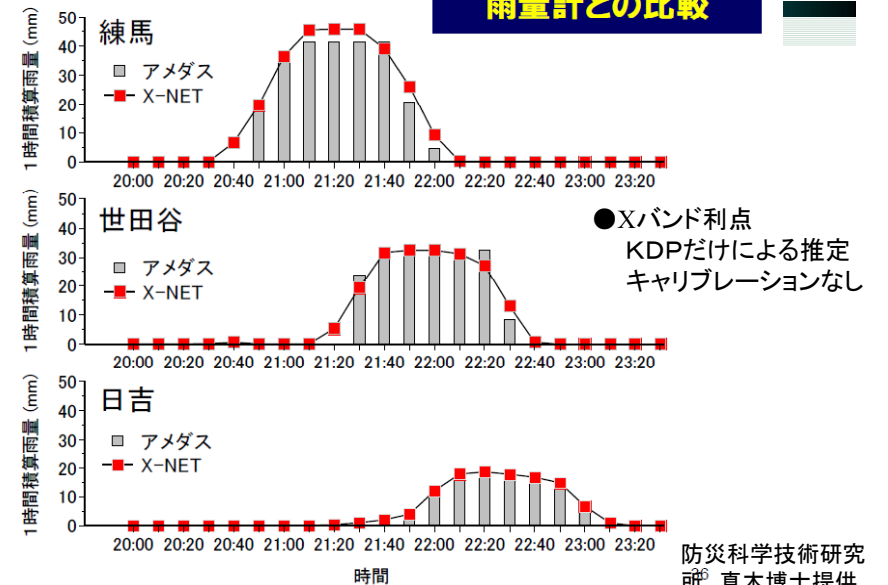
気象庁レーダアメダス

MPLレーダ



防災科学技術研究所 真木博士提供 (2008) 202

雨量計との比較



防災科学技術研究所 真木博士提供 (2008) 203

Xバンド偏波ドップラーレーダー候補地(近畿)



六甲、葛城
⇒神戸市、大阪市、
大阪市南部の実況監視
⇒南西気流場により
発生する「淀川チャネ
ル型豪雨」(大阪湾)
の監視

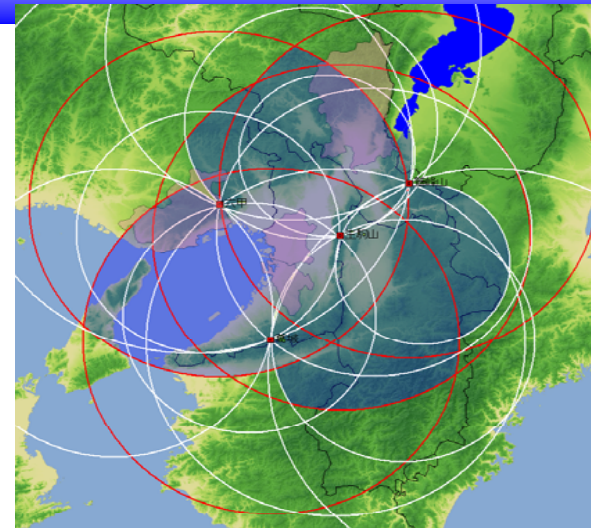
鷲峰山、生駒山
⇒京都市、大阪市東
部の実況監視

赤実線 : 半径
60km
水色点線 : 半径
30km

国土交通省河川局(2009)

204

2台のレーダによる2次元水平風速の算出可能範囲



赤実線 : 半径60km
白実線 : 交差角30° の
デュアル円
青塗り : デュアル法により
風が算出できる範
囲

国土交通省河川局(2009)

205

内 容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

206



災害環境の温暖化による影響評価の動向

21世紀気候変動予測革新プログラム
流域圏を総合した災害環境変動評価

代表: 京都大学防災研究所 中北英一

Program plan

- ◆ **A 5-year initiative (FY 2007-2011)** by the **MEXT** (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology) launched in April 2007.
- ◆ The Program is to follow-up and develop the **“Kyo-sei” Project (FY 2002-2006)**.
- ◆ The **Earth Simulator** to be further utilized.
- ◆ The Program intends to **contribute to the possible AR5**.
- ◆ **Coordination** with studies outside the Program in **impact, adaptation and response strategies** to be closely kept.

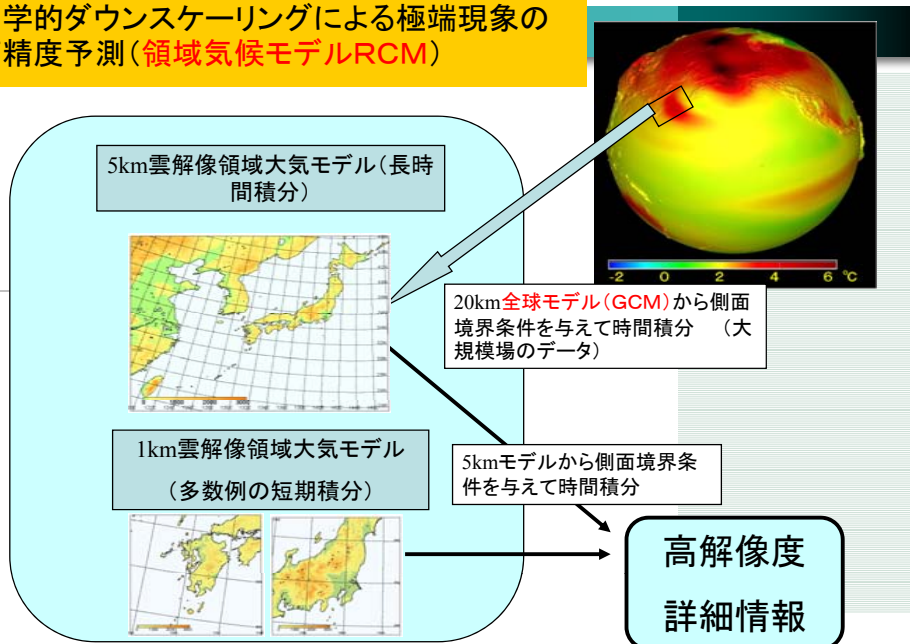


Participating groups and their studies

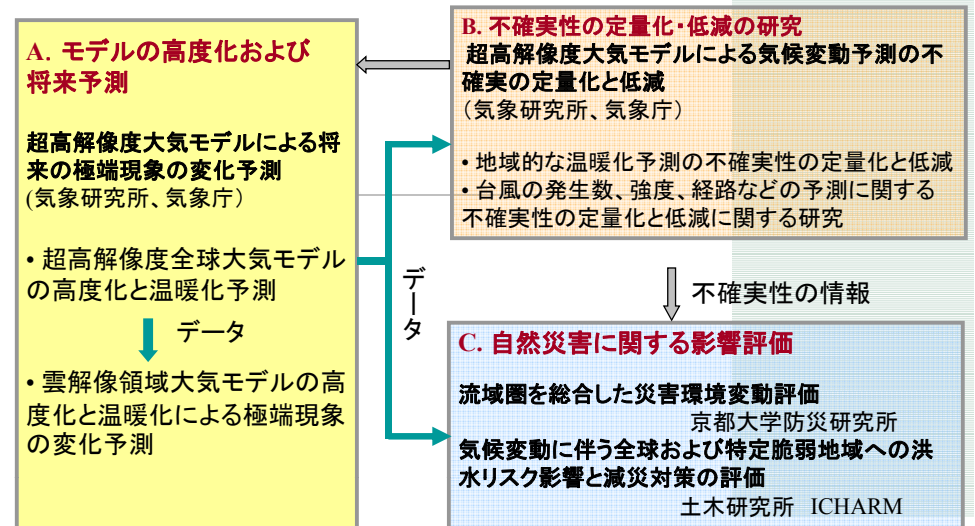
- ◆ **Long-term global environmental projection**
with an earth system model
- Frontier Research Center for Global Change (FRCGC) et al.
- ◆ **Near-term climate prediction**
with a high-resolution coupled ocean-atmosphere GCM
- Center for Climate System Research (CCSR) of the University of Tokyo et al.
- ◆ **Projection of changes in extremes in the future**
with super-high resolution atmospheric models
- Meteorological Research Institute (MRI) et al.
- Disaster Prevention Research Institute (DPRI), Kyoto University
- International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM),
Public Work Research Institute (PWRI)



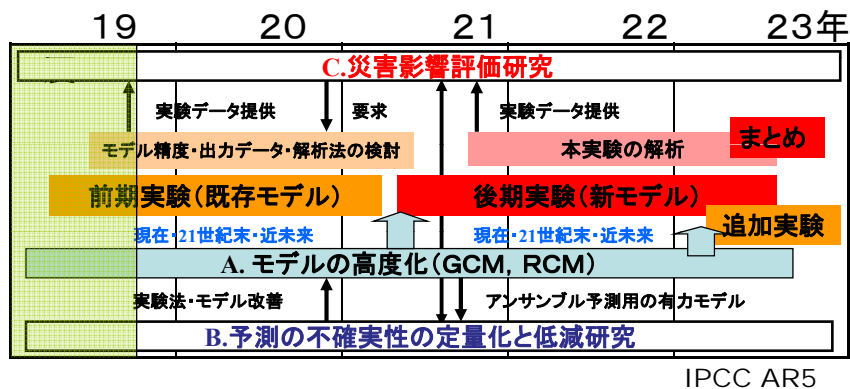
力学的ダウンスケーリングによる極端現象の高精度予測 (領域気候モデルRCM)



超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測および影響評価に関する研究



研究実施計画

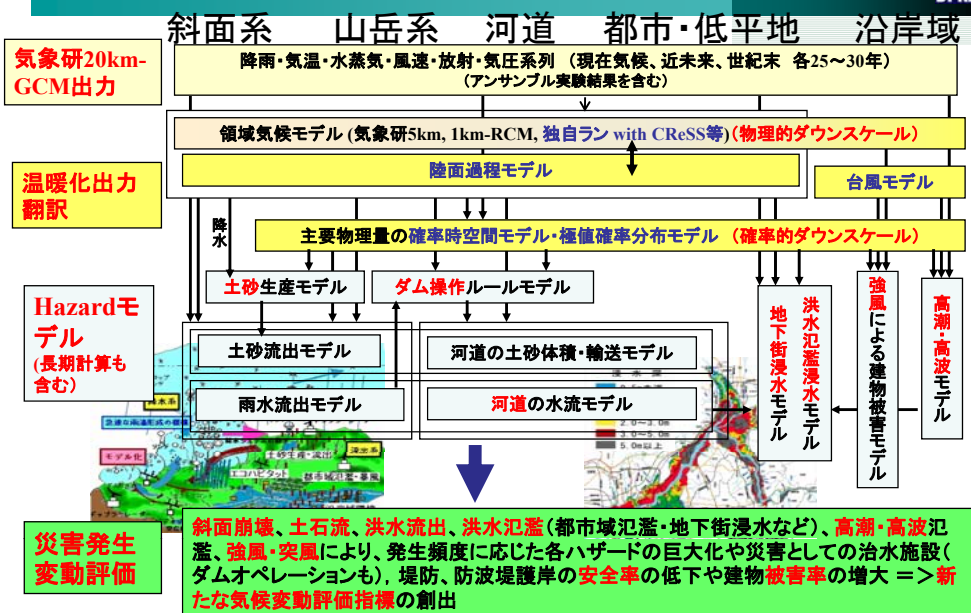


研究実施体制(1)

- 京都大学防災研究所(25名(工学研究科1名も含む))
 - 気象・水象災害研究部門、流域災害研究センター、水資源環境研究センターで構成される大気・水グループと総合防災グループの社会防災部門が総力を結集
- 名古屋大学地球水循環研究センター(1名)
- 総合地球環境学研究所(1名)
- 宇都宮大学(1名)
- 信州大学(1名)
- ポスドク研究員(3名:京都大学防災研究所)



極端現象に伴う災害発生変動評価



防災研究所が予定している災害環境評価

- 降水: 我が国はもとより全球(様々な時・空間スケールでの極端降雨の生起特性、統計的ダウンスケール)
- 土砂災害: 全国の主要土砂災害地域
- 河川流量: 淀川流域、最上川流域、利根川流域、木曾川流域、吉野川流域
- 高潮・高波: 東京湾、伊勢湾、大阪湾
- 強風被害: 全国の市町村単位(台風通過時の建物の強風被害率)
- 氾濫災害: 東京、名古屋、京都、大阪、福岡

物理的ダウンスケール
台風の初期化手法
CReSS等を用いたDS

を対象として温暖化による影響予測を実施する。



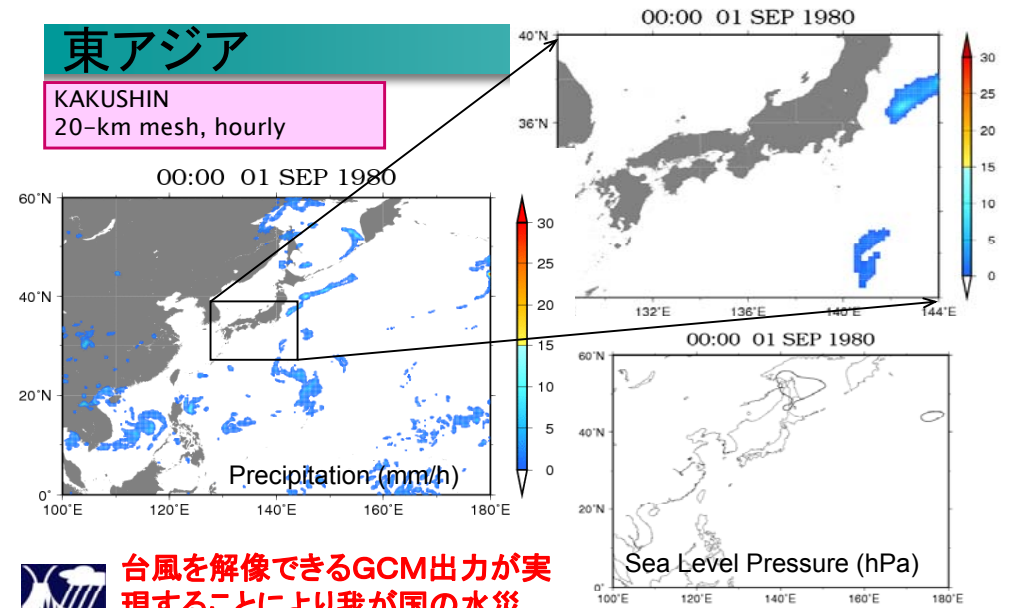
気象研究所からの出力(降水の場合)

- **20km-GCM(全球気候モデル) : 1時間降水量(全球)**
 - 極端降水量を含む、全球降水量時空間分布評価
 - 長期計算による我が国の主要河川の流量評価
- **5km-RCM(領域気候モデル) : 30分降水量**
 - 主要河川・中小河川(都市河川も含む)の流量評価、氾濫評価
 - 斜面崩壊、土石流評価にサブ的に利用
- **1km-RCM : 10分降水量**
 - 都市域の内水氾濫評価
 - 斜面崩壊、土石流評価にメインに利用



東アジア

KAKUSHIN
20-km mesh, hourly



台風を解像できるGCM出力が実現することにより我が国の水災害影響評価が可能になった。

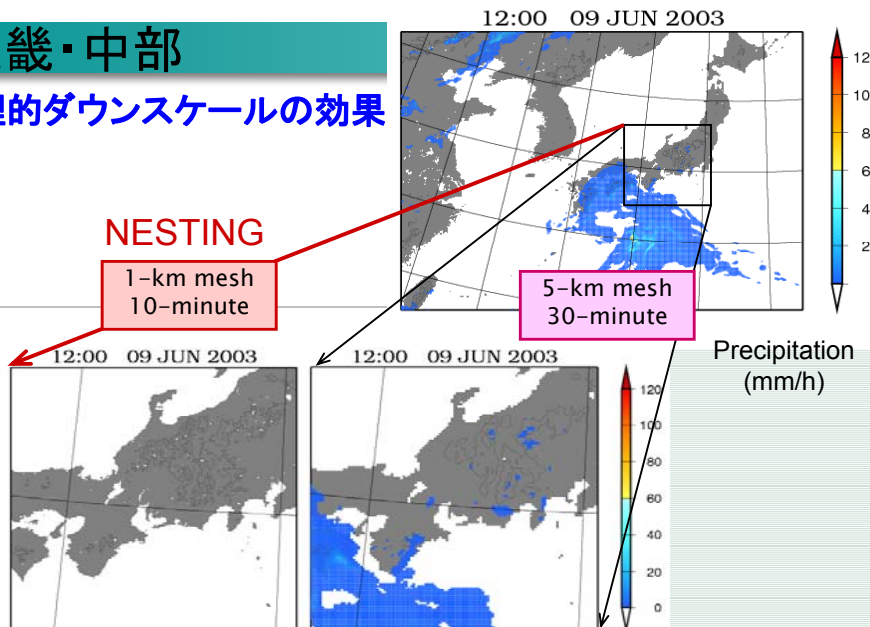
近畿・中部

物理的ダウンスケールの効果

NESTING

1-km mesh
10-minute

5-km mesh
30-minute



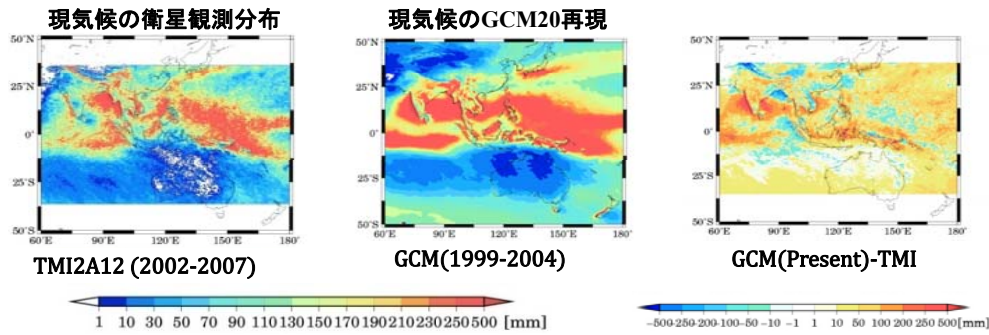
降雨分布特性の解析



Difference Between GCM Output and TRMM Observations

June-October

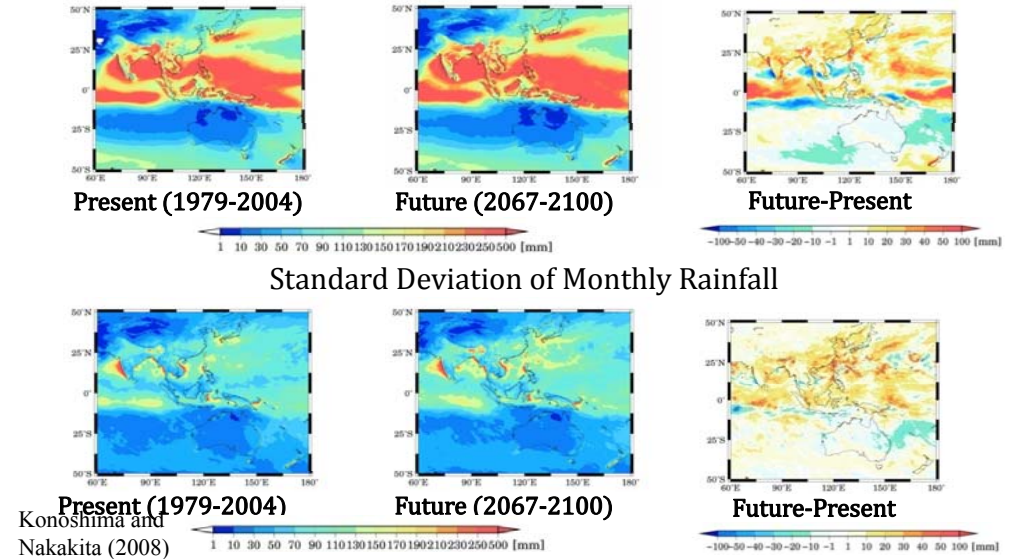
Monthly Mean Rainfall (30 month average)



Konoshima and Nakakita (2008)

GCM Present and Future Changes

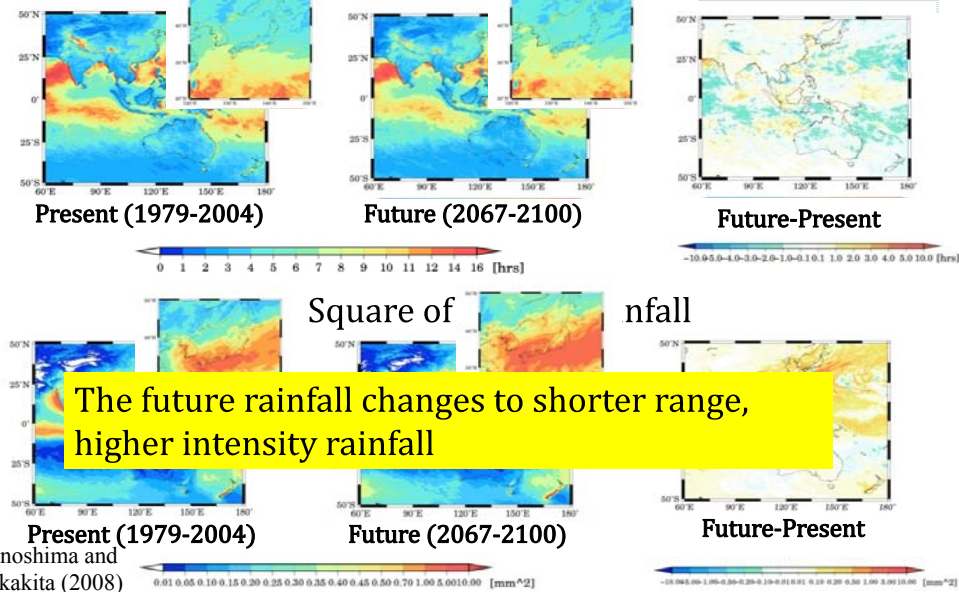
Monthly Mean Rainfall (25 years average) June-October



Konoshima and Nakakita (2008)

Estimated Temporal Correlation Length from GCM of Instantaneous Rainfall

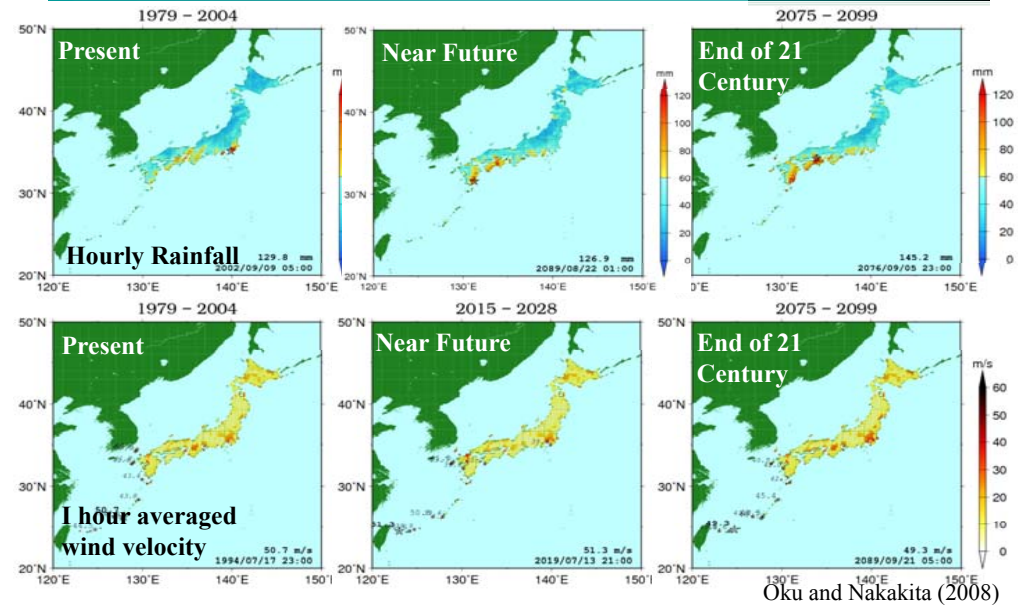
June-October



The future rainfall changes to shorter range, higher intensity rainfall

Konoshima and Nakakita (2008)

20km GCM Maximum Value (Japan)

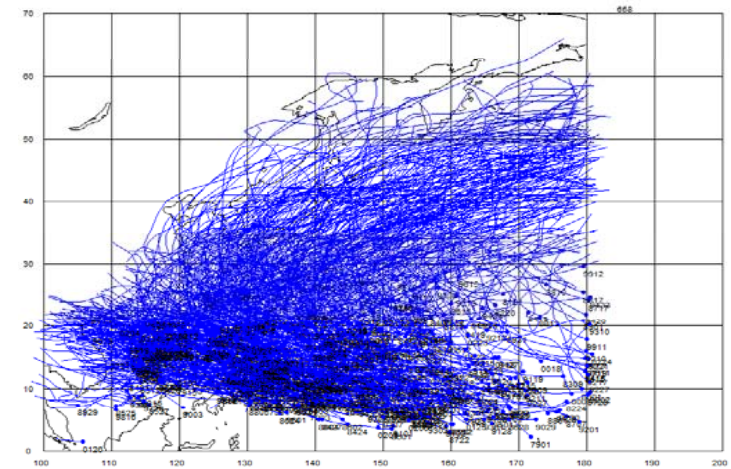


Oku and Nakakita (2008)

台風特性の解析



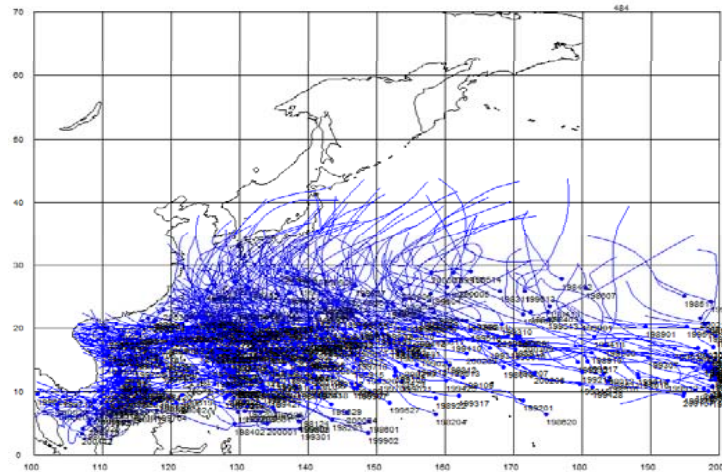
台風経路(ベストトラックデータ)



1979年～2003年の台風経路(気象庁のベストトラックデータ)

間瀬, 森, 安田 (2008)

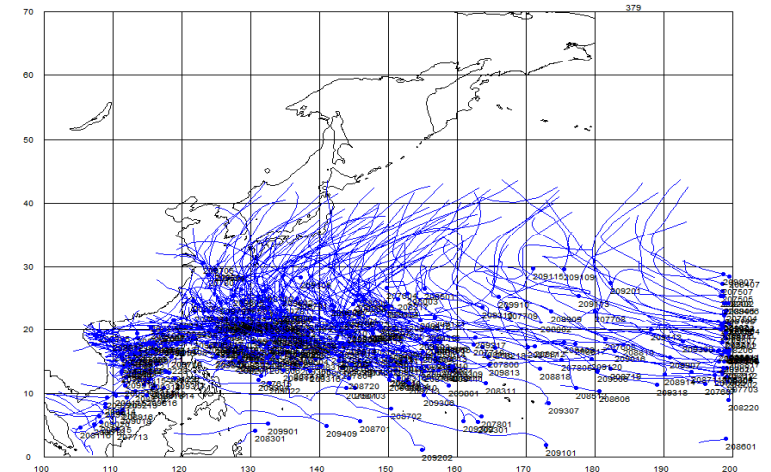
台風経路(過去再現データ)



1979年～2003年の台風経路(GCM予測データ)

間瀬, 森, 安田 (2008)

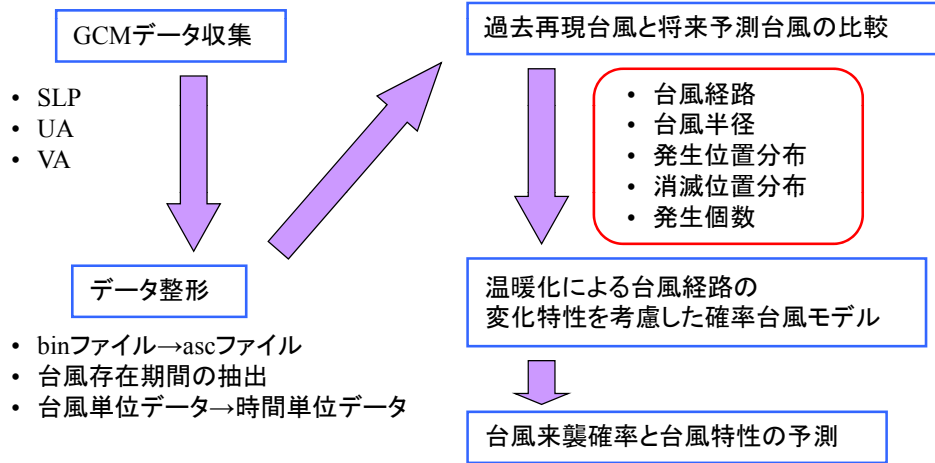
台風経路(将来予測データ)



2075年～2099年の台風経路(GCM予測データ)

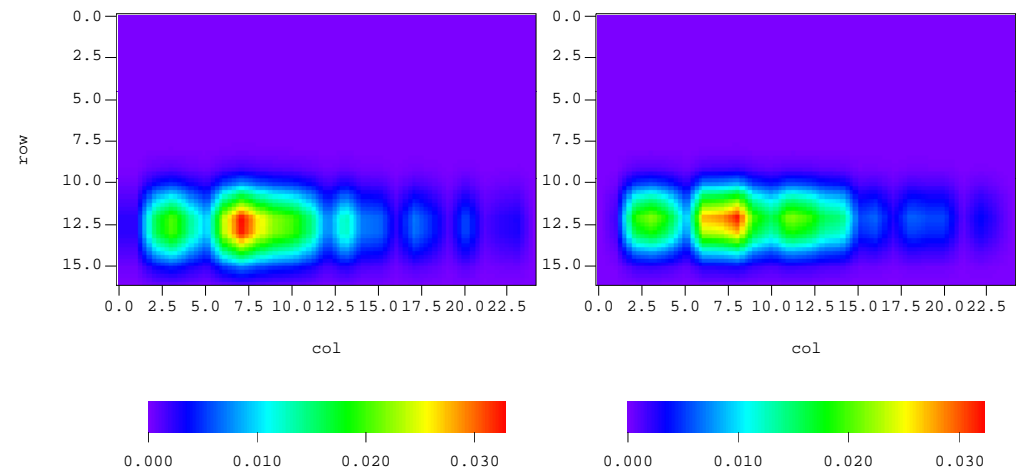
間瀬, 森, 安田 (2008)

確率台風モデル作成の流れ



間瀬, 森, 安田 (2008)

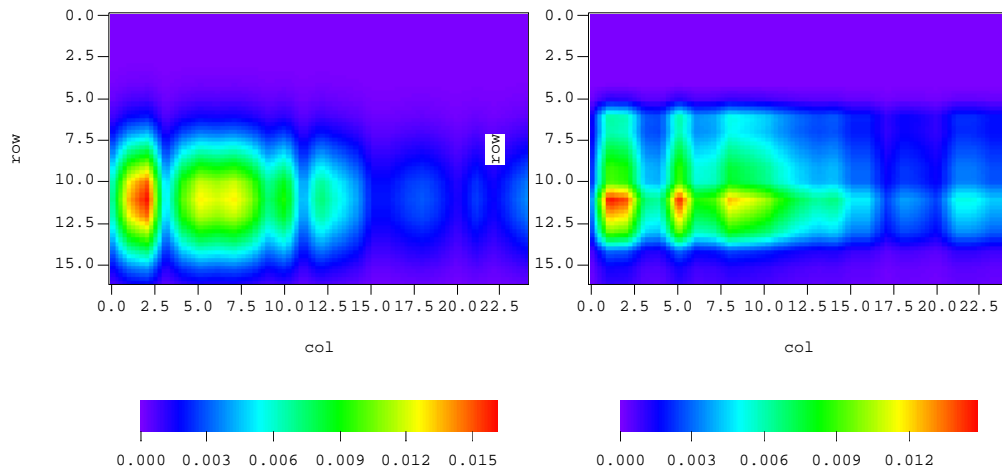
経緯度4度毎の出現位置確率分布



間瀬, 森, 安田 (2008) simu_p4_txt_rs

simu_f4_txt_rs

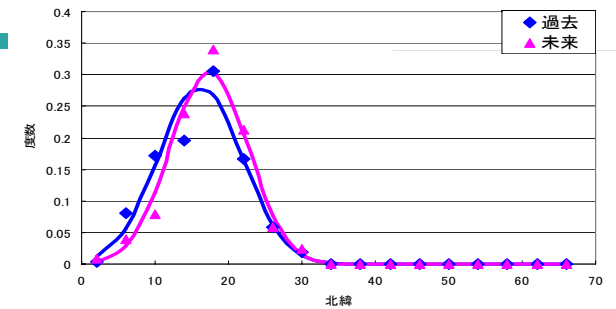
経緯度4度毎の消滅位置確率分布



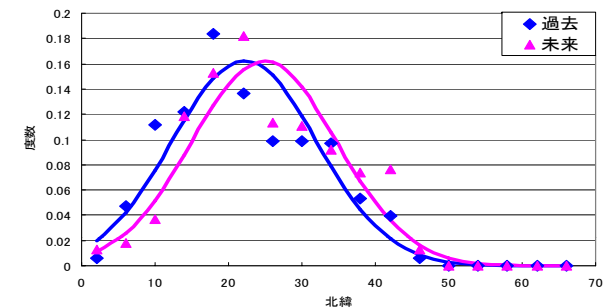
間瀬, 森, 安田 (2008) simu_end_p4_txt_rs

simu_end_f4_txt_rs

発生位置分布

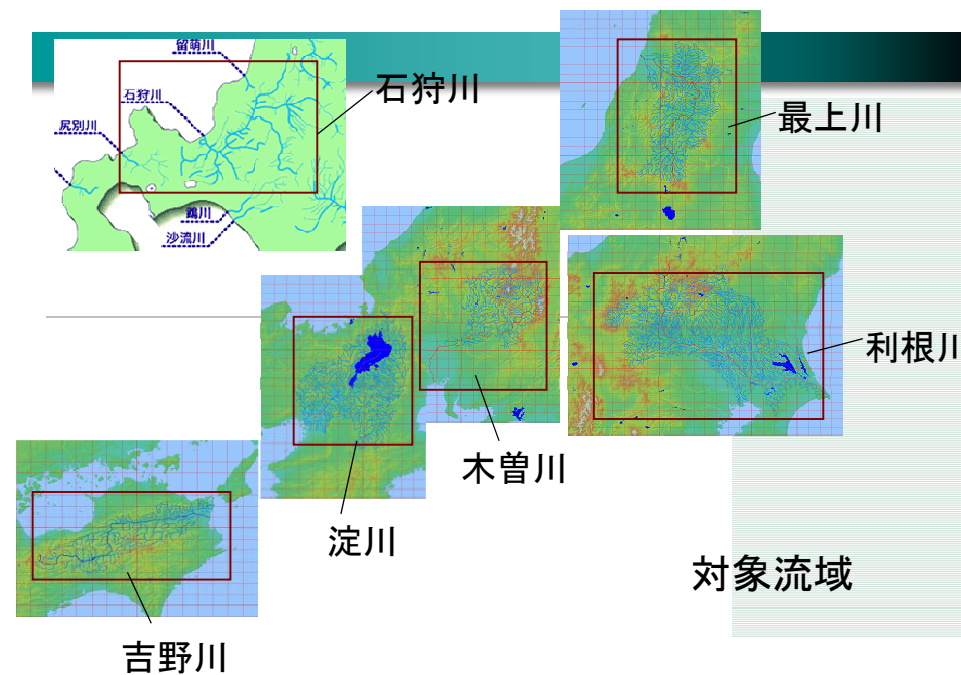


消滅位置分布



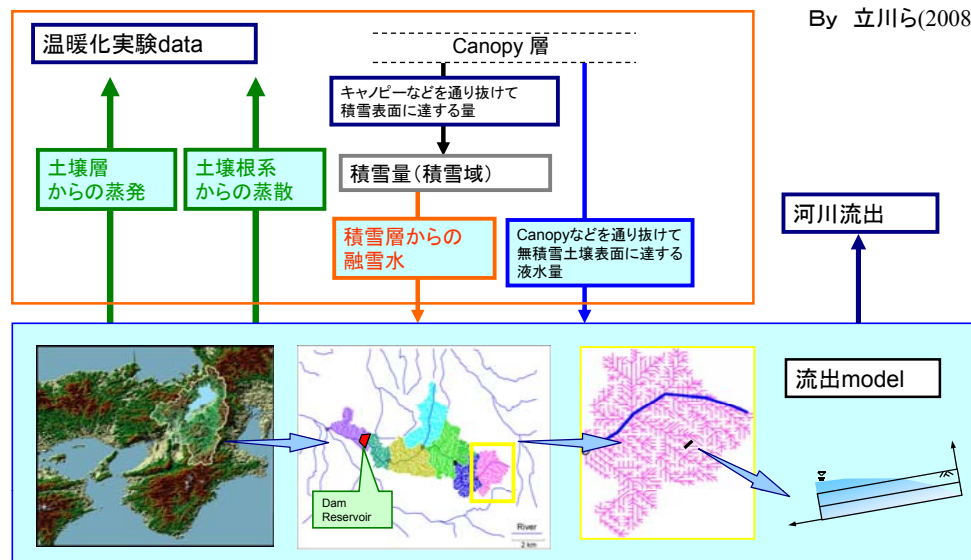
間瀬, 森, 安田 (2008)

河川流況の分析

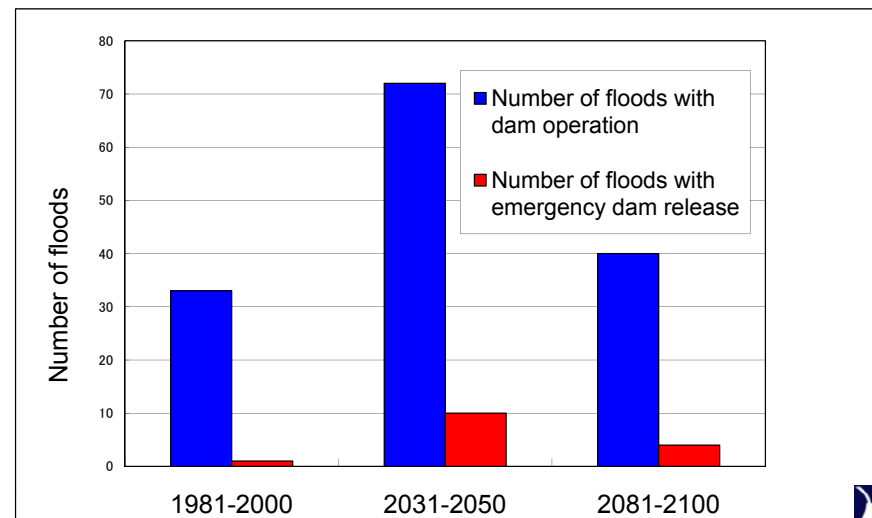


Combination with GCM through surface hydrological process for long-term computation

By 立川ら(2008)



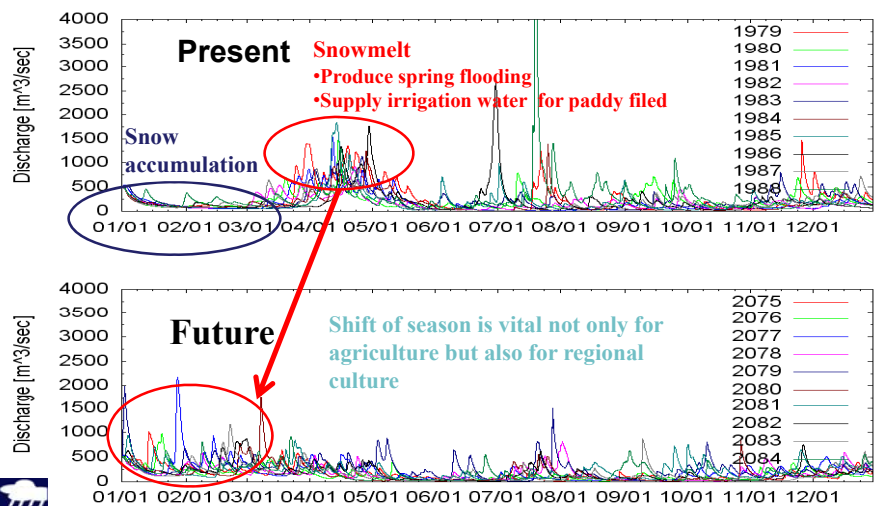
Possible changes in the number of floods requiring dam operation and emergency dam release (Yodo River)



By Sayama et al. (2007)

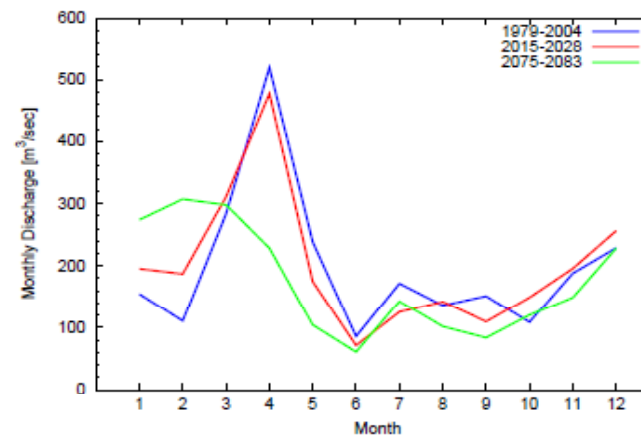


Influence of changing in snowfall and snow melt (Mogami River)



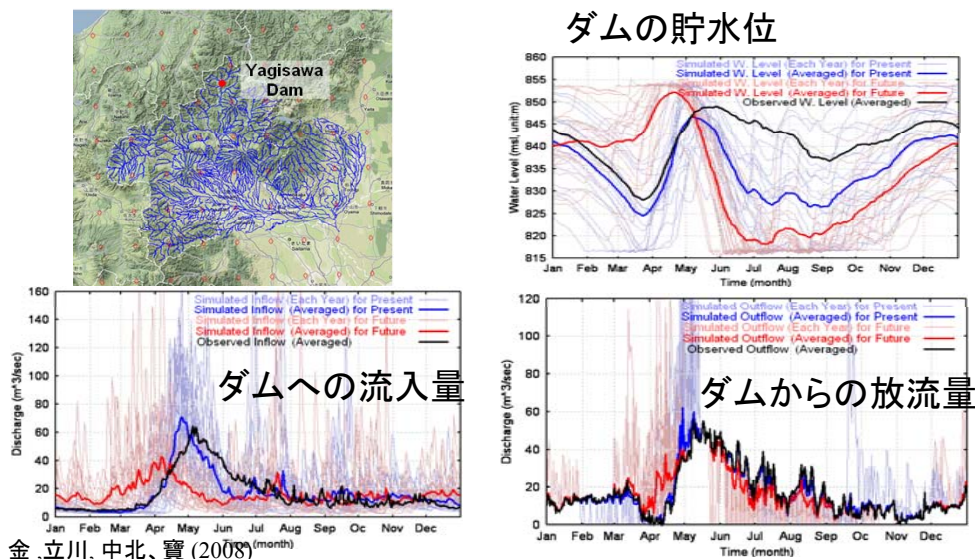
立川ら(2008)

最上川砂越地点での現在気候と21世紀末実験による月流量の変化



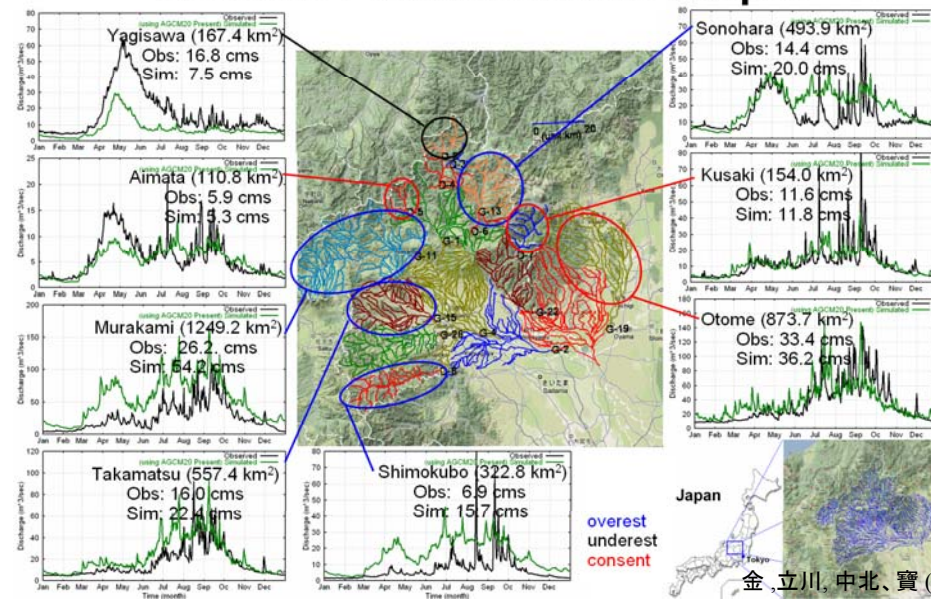
立川ら(2008)

ダム操作ルールの変更による現行流況パターンの再現可能性(利根川八木沢ダム流域)



金,立川,中北,寶(2008)

Rainfall-Runoff Simulation Results using AGCM20 Present Climate Output



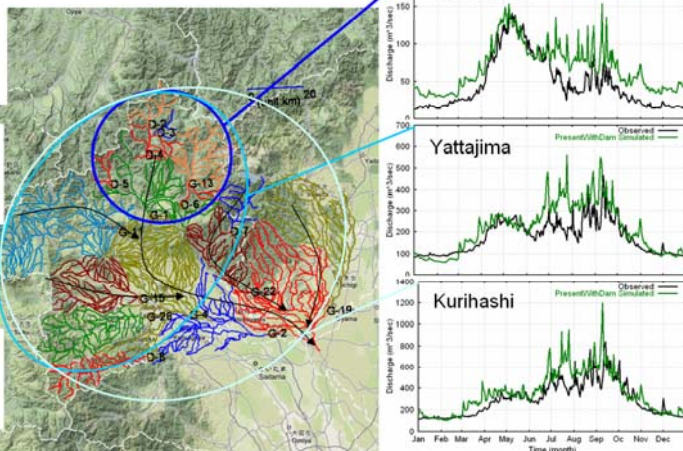
金,立川,中北,寶(2009)

流域スケールが大きくなると20kmGCMの出力の再現性が良好

Yakatahara (1677.5 km²)
Obs. flow: 47.1 cms (884.8 mm)
Sim. flow: 65.5 cms (1230.6 mm)
39.1 % overestimation

Yattajima (5133.6 km²)
Obs. flow: 177.6cms (1090.8mm)
Sim. flow: 212.9cms (1308.1mm)
19.9 % overestimation

Kurihashi (8772.2 km²)
Obs. flow: 296.7cms (1066.6mm)
Sim. flow: 353.9cms (1272.4mm)
19.3 % overestimation

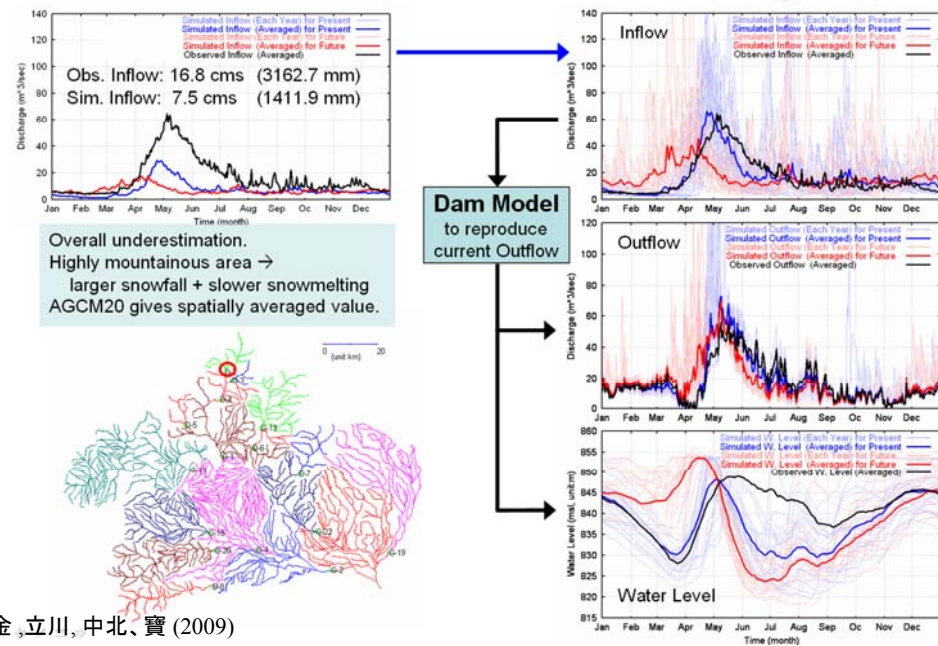


Scale Inconsistency:

Not enough for small basin (scale), but GOOD enough for larger basin (scale)

金,立川,中北,竇 (2009)

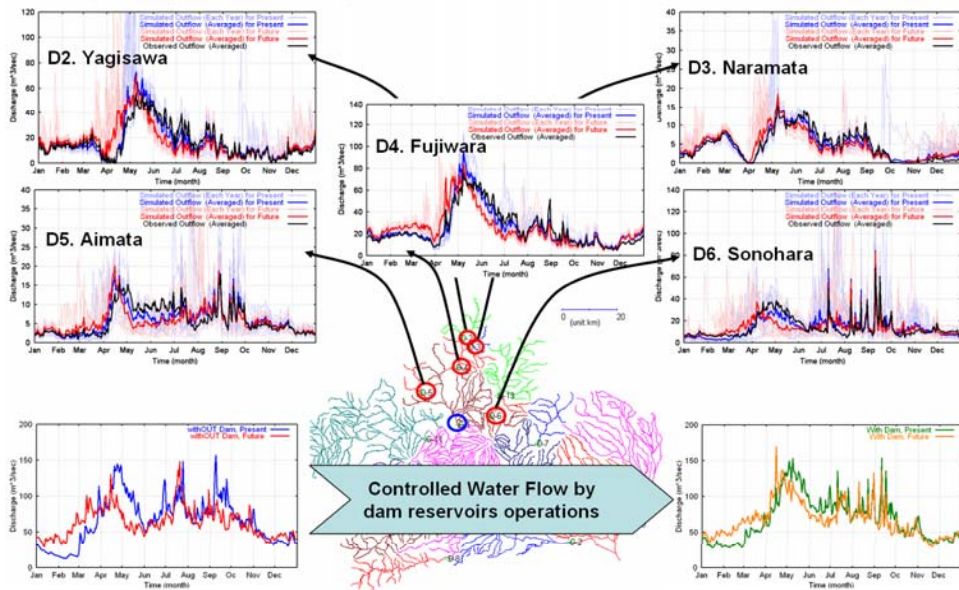
Dam Model for Water Resources Management



金,立川,中北,竇 (2009)

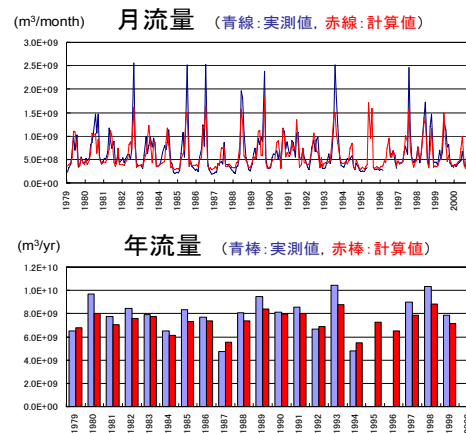
Controlled Outflow of Present/Future

By the designed dam reservoir operation, it was able to realize similar pattern to the current one.

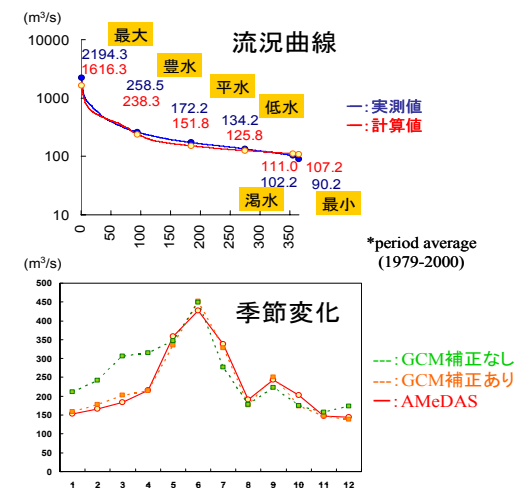


金,立川,中北,竇 (2009)

Hydro-BEAMによる流量再現結果(淀川流域)



佐藤,浜口,小尻ら (2008)



氾濫災害・土砂災害

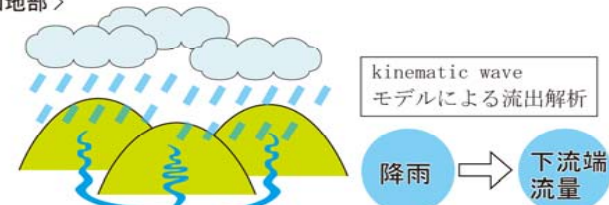


Runoff + Channel flow + Inundation

河道の流下能力以上の流出量に起因する中小河川の溢水による氾濫を対象とする。

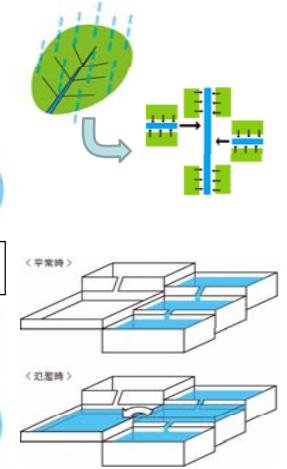
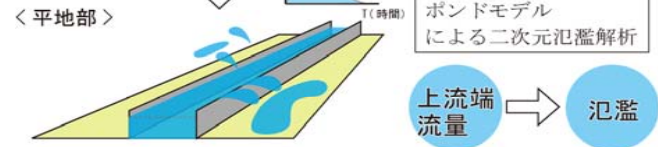
流出解析・氾濫解析を組み合わせた**統合型流域モデル**を適用する。

＜山地部＞



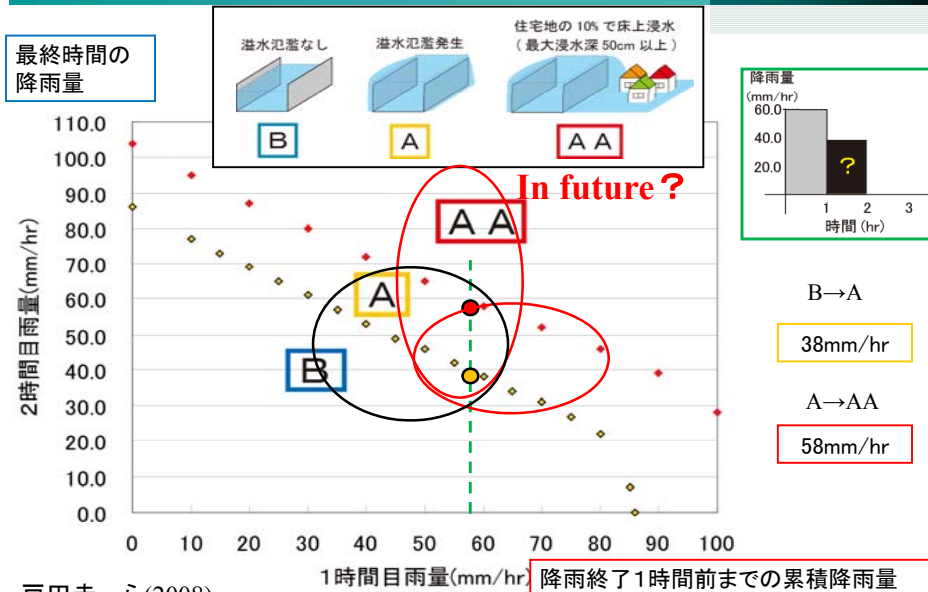
流出解析下流端で得られた流量ヒドログラフを氾濫解析上流端の境界条件として用いる。

＜平地部＞



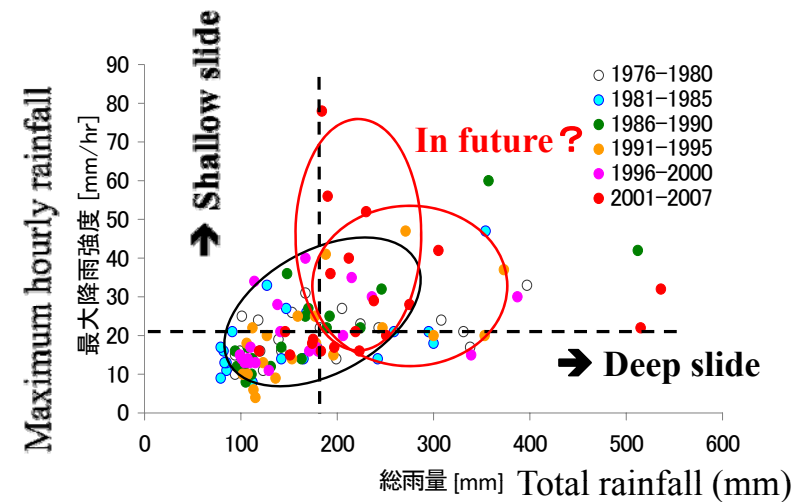
By 戸田圭一ら(2008)

都市氾濫災害を引き起こす降雨外力の評価



By 戸田圭一ら(2008)

土砂災害を引き起こす降雨外力の評価



By 藤田正治ら(2008)

ハザードへの影響評価 と災害への影響評価、 そして適応策



災害環境の変化の分析と適応策(1)

気象外力の変化による災害リスク: $R_{D,S}$

$$= \text{Abnormality of Forcing } (F_{D,S}) \\ \times \frac{1}{\text{Natural Coping } (NCP_{D,S})} \times \frac{1}{\text{Social Coping } (SCP_{D,S})}$$

中北英一・花房大輔: 様々な時間・空間スケールと流域特性を考慮した異常降雨のグローバル解析.
第12回地球環境シンポジウム講演論文集, 土木学会, pp.241-246, 2004.
中北英一・義本欣司: 時間・空間スケールを考慮した異常降雨のグローバル解析に関する基礎的研究.
土木学会水工学論文集, 第50巻, CD-ROM, 6pp., 2006.

災害環境の変化の分析と適応策(2)

1. ハザードとして評価 $(\Delta P_{D,S}, \Delta NCP_{D,S})$

$$\Delta F_{D,S} \times \frac{1}{NCP_{D,S}} \quad \text{or} \quad \Delta (F_{D,S} \times \frac{1}{NCP_{D,S}})$$

2. 災害として評価 (適応策を考えない場合)

$$\Delta R_{D,S} = \Delta (F_{D,S} \times \frac{1}{NCP_{D,S}}) \times \frac{1}{SCP_{D,S}}$$

3. 災害としての評価 (適応策 $\Delta SCP_{D,S}$ を考える場合)

$$\Delta R_{D,S} = \Delta (F_{D,S} \times \frac{1}{NCP_{D,S}} \times \frac{1}{SCP_{D,S}})$$

内 容

- 国交省レーダ雨量計の現状と利活用
- 最新型Cバンド偏波レーダーによる降水量推定の特徴
- 降雨強度推定アルゴリズムの開発
- ビデオゾンデによる同期観測と降水粒子の識別
- レーダーを用いた短時間降雨予測の展望
- ゲリラ豪雨の卵の解析
- 国交省レーダ雨量計の今後
- 災害環境の気候変動による影響評価の動向

関係ホームページ

- 1) 文部科学省21世紀気候変動革新プログラム(2007)
<http://www.kakushin21.jp/jp/>
- 2) 環境省地球温暖化影響・適応研究委員会報告書(2008)(あらゆる分野に関する総合的なとりまとめ): http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rc_eff-adp/index.html
- 3) 国土交通省河川局(2008): 水関連災害分野における地球温暖化に伴う気候変動への適応策のあり方について(中間答申):
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/05/051129_2_.html
- 4) 国土交通省土地・水資源局(2008)「総合水資源管理について(中間とりまとめ)」:
http://www.mlit.go.jp/report/press/water01_hh_000020.html
- 5) 沖縄同期集中観測の防災研究所ニューズレター(2008)
http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/index_topics.html

252

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)

