

# フェースドアレイ気象レーダー の研究開発

佐藤 晋介(NICT)、水谷 文彦、和田 将一(東芝)  
牛尾 知雄、吉川 栄一(大阪大)、井口 俊夫(NICT)

2012年6月6日 @ 気象庁観測部談話会

## 1. 気象レーダーの課題

- 社会的背景、小型レーダーネットワーク

## 2. 次世代ドップラーレーダーの研究開発

- 開発目標、産学官連携による開発体制
- システム概要、アンテナパターン
- 観測方法、検証実験

## 3. フェーズドアレイレーダーの利用

- 高速3次元観測データの利用価値

## 4. 大容量データの解析・保管・公開

- クラウドによるデータ解析処理システム

## 5. 大阪大での設置作業

### 公開シンポジウム

「気象災害の軽減を目指した  
リモートセンシング技術の利用」

日時:平成24年1月18日

場所:大阪商工会議所 国際会議ホール

主催:次世代安心・安全ICTフォーラム  
(独)情報通信研究機構

参加者数:約190名



#### <講演者>

中北 英一(京都大学防災研究所) ゲリラ豪雨と国土交通省MPLレーダー  
小山 芳太(大阪管区気象台) 2011年8月27日の大阪府の大雨  
石原 正仁(高層気象台) 現行の気象レーダ観測の限界と新型レーダ  
への期待

水谷 文彦((株)東芝) フェーズドアレイ気象レーダの研究開発  
牛尾 知雄(大阪大学) フェーズドアレイレーダ開発の背景と検証実験  
浦塚 清峰(NICT) 航空機搭載合成開口レーダによる災害地の観測  
安井 元昭(NICT) ドップラーライダーによる新しい気象観測  
～パネルディスカッション～

コーディネータ: 津田 敏隆(京都大学生存圏研究所)

パネリスト: 中藤 俊彦(国土交通省近畿地方整備局)

瀧村 豪(神戸市建設局)

中北 英一(京都大学防災研究所)

杉野 勲(総務省研究推進室)

井口 俊夫((独)情報通信研究機構)

# 社会的背景・気象レーダーの課題

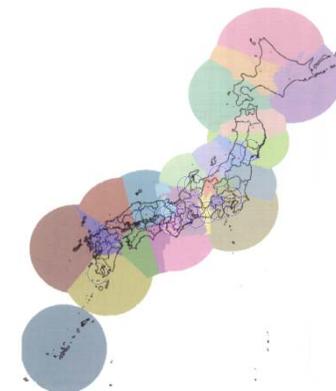
- ・ 近年頻発している突発的・局所的気象災害（**局地的大雨、竜巻突風等**）の予測や被害軽減に対する社会的ニーズが大きくなってきている。
- ・ 国土交通省では従来のC-band気象レーダー観測網に加えて、都市域へのX-band MPLレーダーの配備を進めている。
- ・ 現状レーダーでは、突然発生したり急発達する豪雨の発見・追跡が困難なことが多く、高精度予測には高時間空間分解能が必要。



都賀川の鉄砲水(2008/7/28)

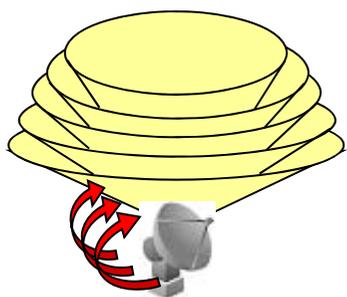


豊島区雑司が谷の下水道事故(2008/8/5)

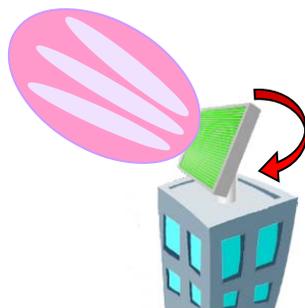
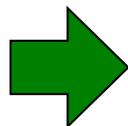


国土交通省C-bandレーダ雨量計観測網とX-band MPLレーダー配備状況(○印).

## <時間分解能の向上>

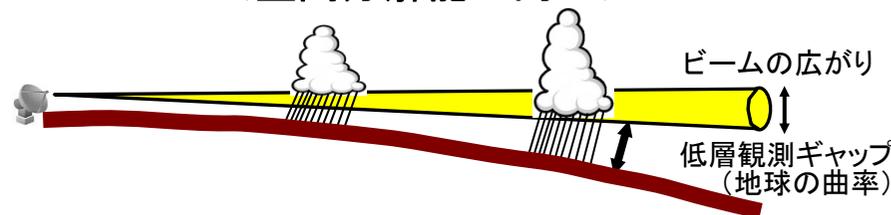


パラボラアンテナによる3次元立体観測(5~10分)



フェーズドアレイレーダーによる3次元立体観測(10~30秒)

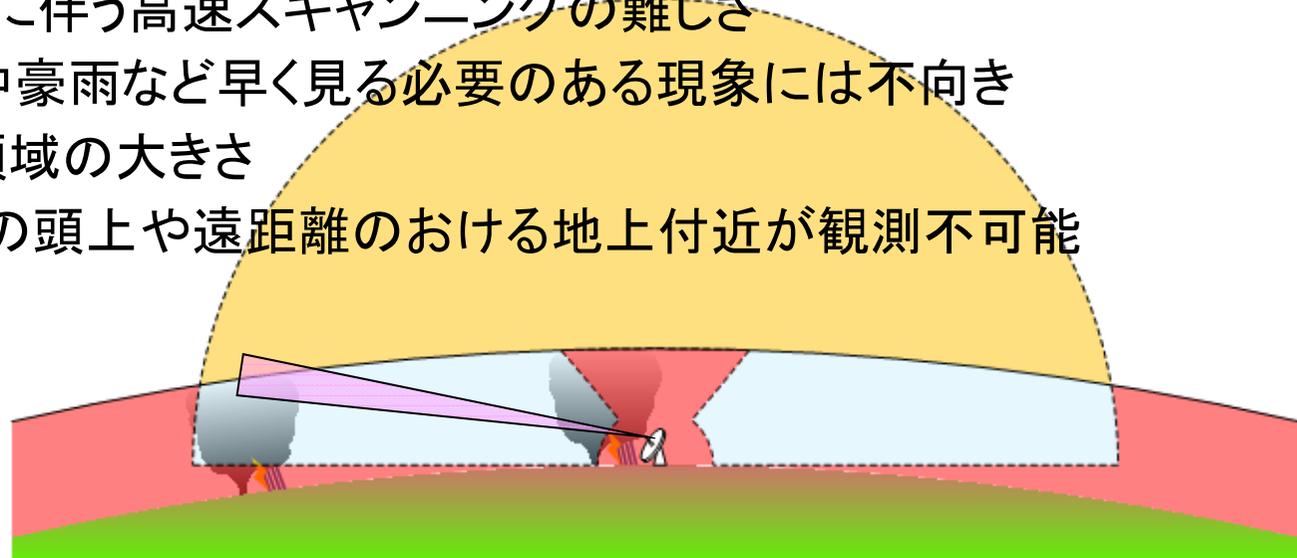
## <空間分解能の向上>



低層まで観測できる小型・短距離レーダーを多数配置

# 大型レーダの利点と欠点

- 大型レーダの利点
  - 広い範囲を補償
  - 低い仰角でのサーベイ観測
  
- 大型レーダの欠点
  - 遠距離におけるビームの拡がりに伴う分解能劣化
    - 3次元構造の詳細な把握が困難
  - 大型アンテナに伴う高速スキャンニングの難しさ
    - 竜巻や集中豪雨など早く見る必要のある現象には不向き
  - 観測不可能領域の大きさ
    - レーダ近くの頭上や遠距離における地上付近が観測不可能



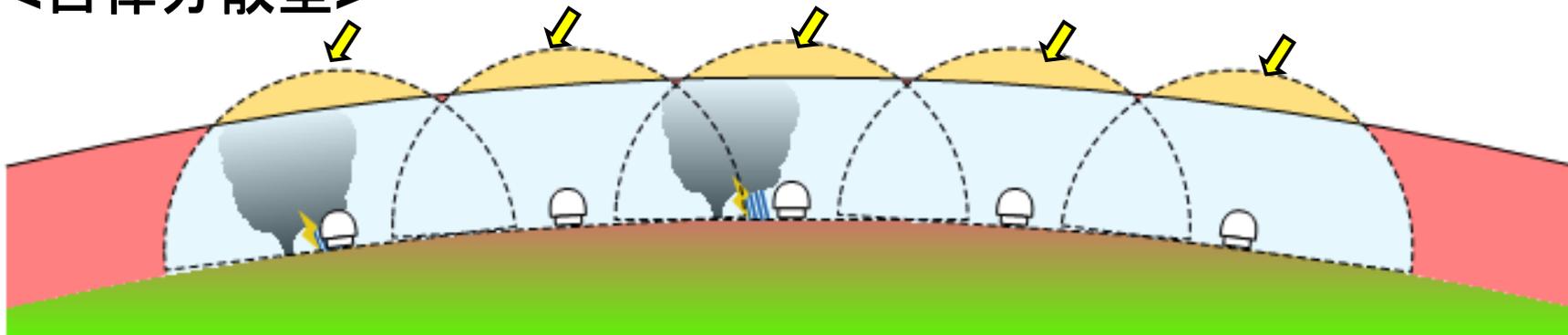
大型レーダの運用概念図

# 小型レーダによるネットワーク観測

**短距離型の高速高分解能レーダの多数配置**

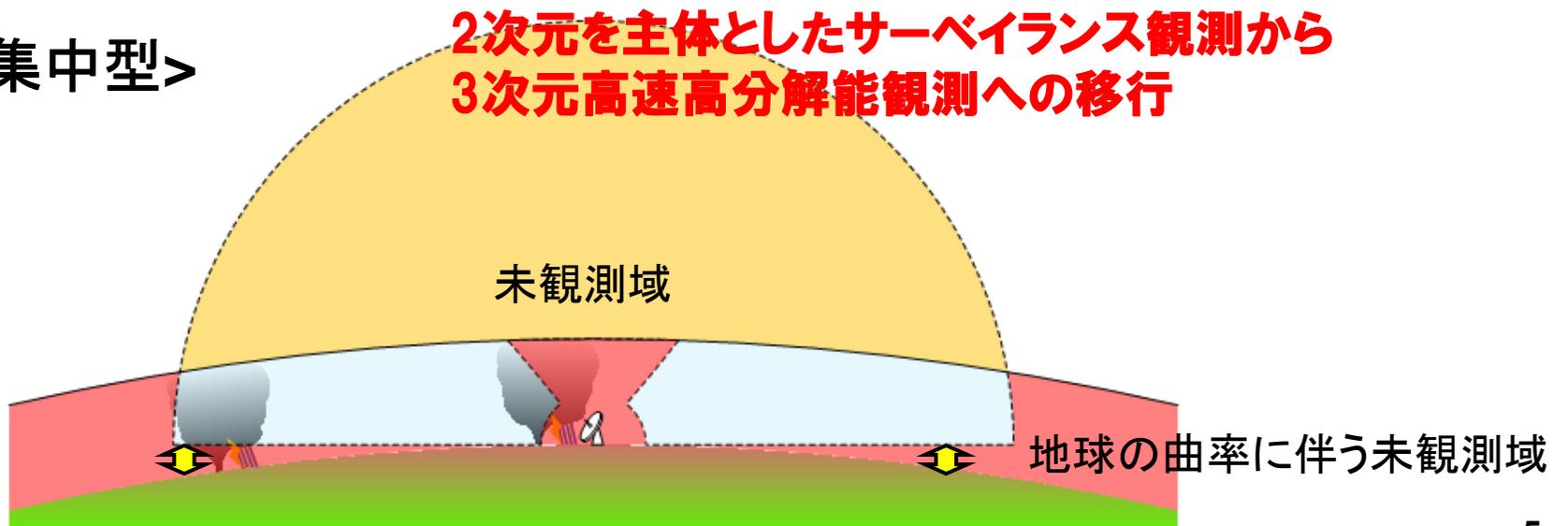
**このネットワーク内に散在するレーダ群を仮想的な超高精度大型レーダとみなして、  
様々な規模の処理や運用を行う自律分散型レーダグリッドの構築**

<自律分散型>

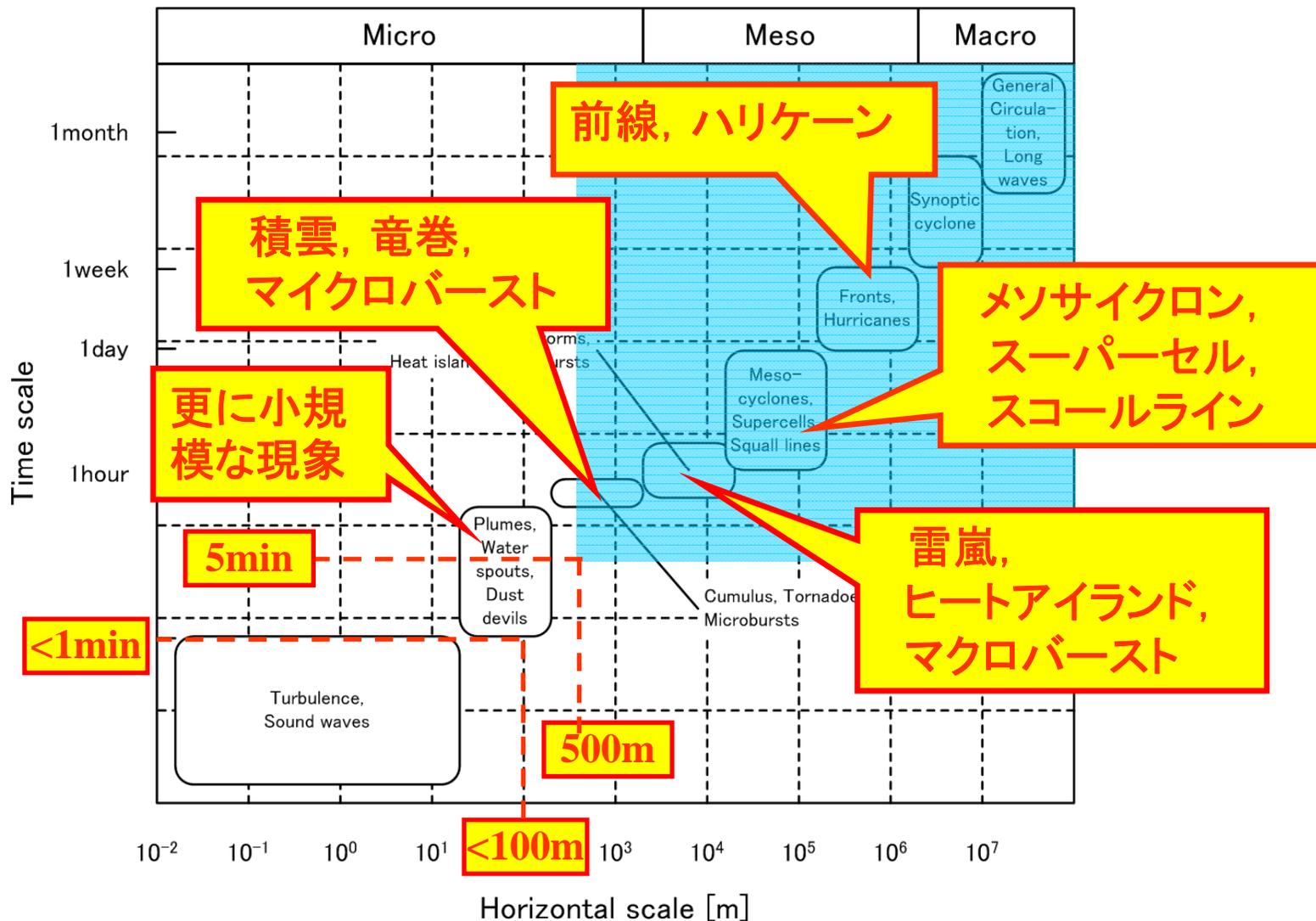


<単体集中型>

**2次元を主体としたサーベイランス観測から  
3次元高速高分解能観測への移行**

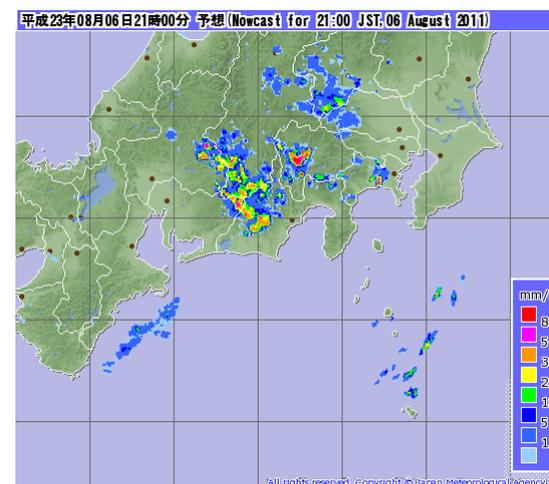
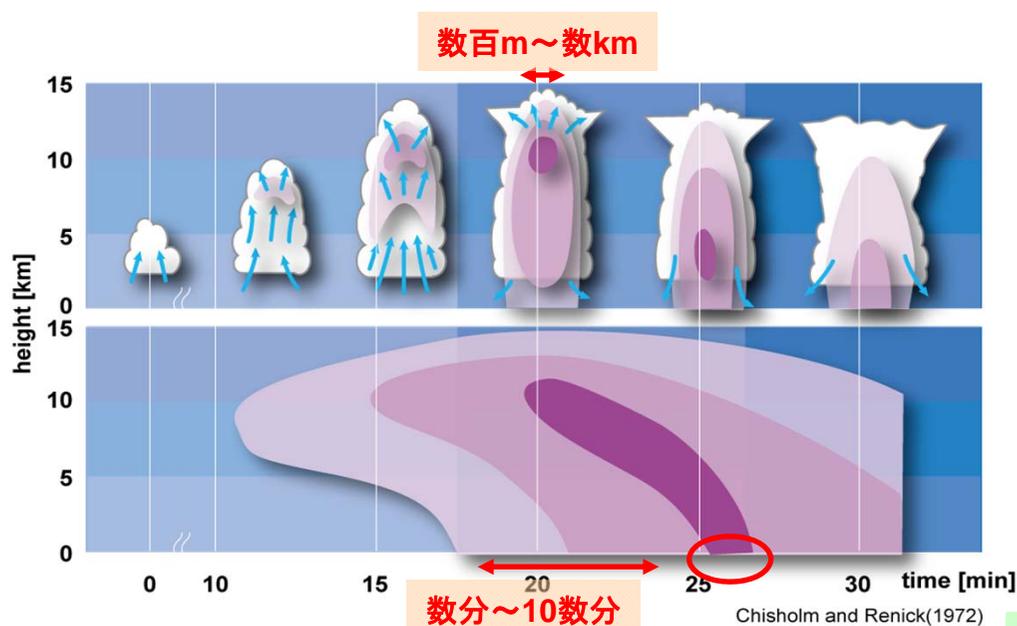


# 求められる時間・空間分解能



# 「ゲリラ豪雨」を事前にキャッチできたら...

- 毎年のように気象災害が発生しているが特に近年、非常に局地的短時間で被害をもたらすいわゆる「ゲリラ豪雨」が多発。
  - 「ゲリラ豪雨」は局地的に急速に発達する積乱雲によりもたらされる。



気象レーダ雨量情報例(\*1)

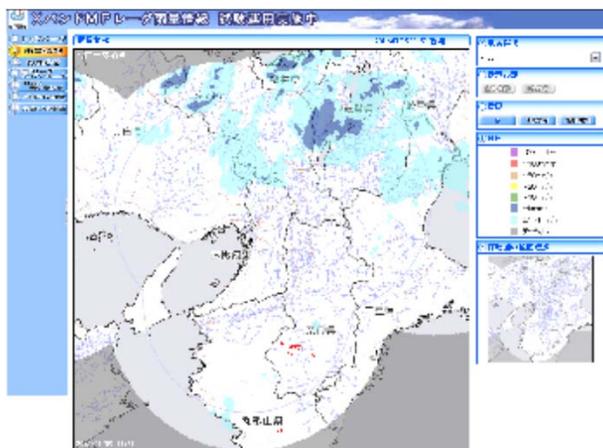
豪雨の水平スケールが小さい上に、雨の降り始めから豪雨になるまでのリードタイムが非常に短い。

従来レーダ：1kmメッシュ、5分毎  
時空間分解能が粗く  
ゲリラ豪雨のキャッチが遅れる場合がある

(\*1)気象庁レーダ情報：<http://www.jma.go.jp/jp/radnowc/> より引用

# 現在推進中の対策～MPLレーダ網の展開～

- 国土交通省は「250mメッシュで1分毎に地上付近を観測できるXバンドMPLレーダ」(\*1)を全国に展開。
  - 関東・近畿など国内11地域(\*2)への設置が完了。
  - 東芝は、フェーズドアレイ気象レーダでも利用する「固体化送信素子」を採用したMPLレーダを10式納入。



XバンドMPLレーダ雨量情報例(\*3)



固体化送信素子  
(GaN半導体)

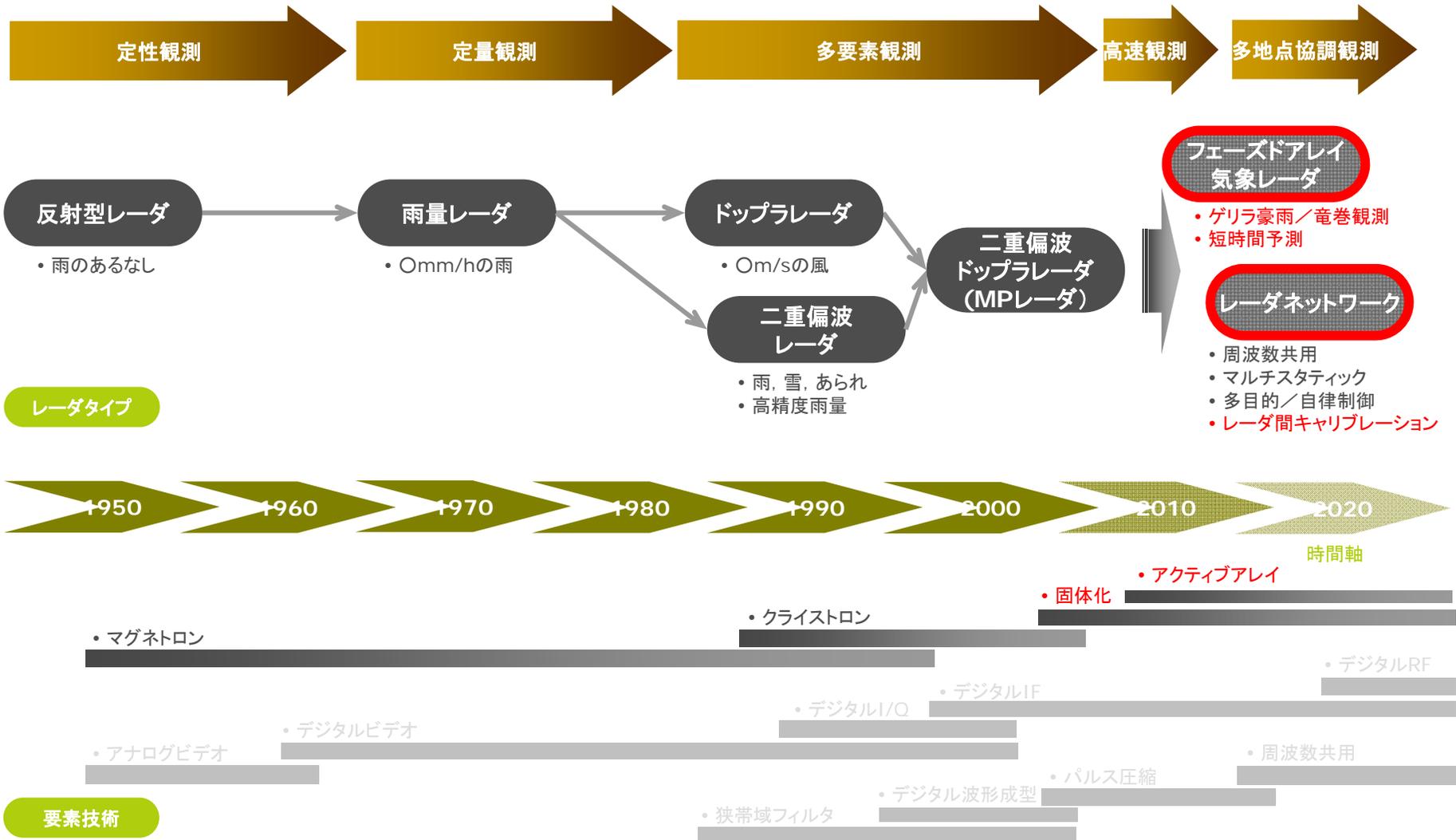


固体化送信素子を用いた送受信ユニット  
(小型・長寿命・電波資源有効利用などが特徴)

**ゲリラ豪雨の地上雨量「観測」網については整ってきた。**

(\*1)国土交通省報道発表: XバンドMP(マルチパラメータ)レーダの降雨観測情報(web画像)の一般配信について  
 (\*2)国土交通省報道発表: シンポジウム(XバンドMPLレーダの利活用と今後への期待)の開催について  
 (\*3)XバンドMPLレーダ雨量情報: <http://www.river.go.jp/xbandradar/index.htm>  
 よりそれぞれ引用

# さらなる進化へ



近未来に、フェーズドアレイ気象レーダの配備や、また近年発達した情報ネットワークを利用して、気象レーダのネットワーク観測へ進化

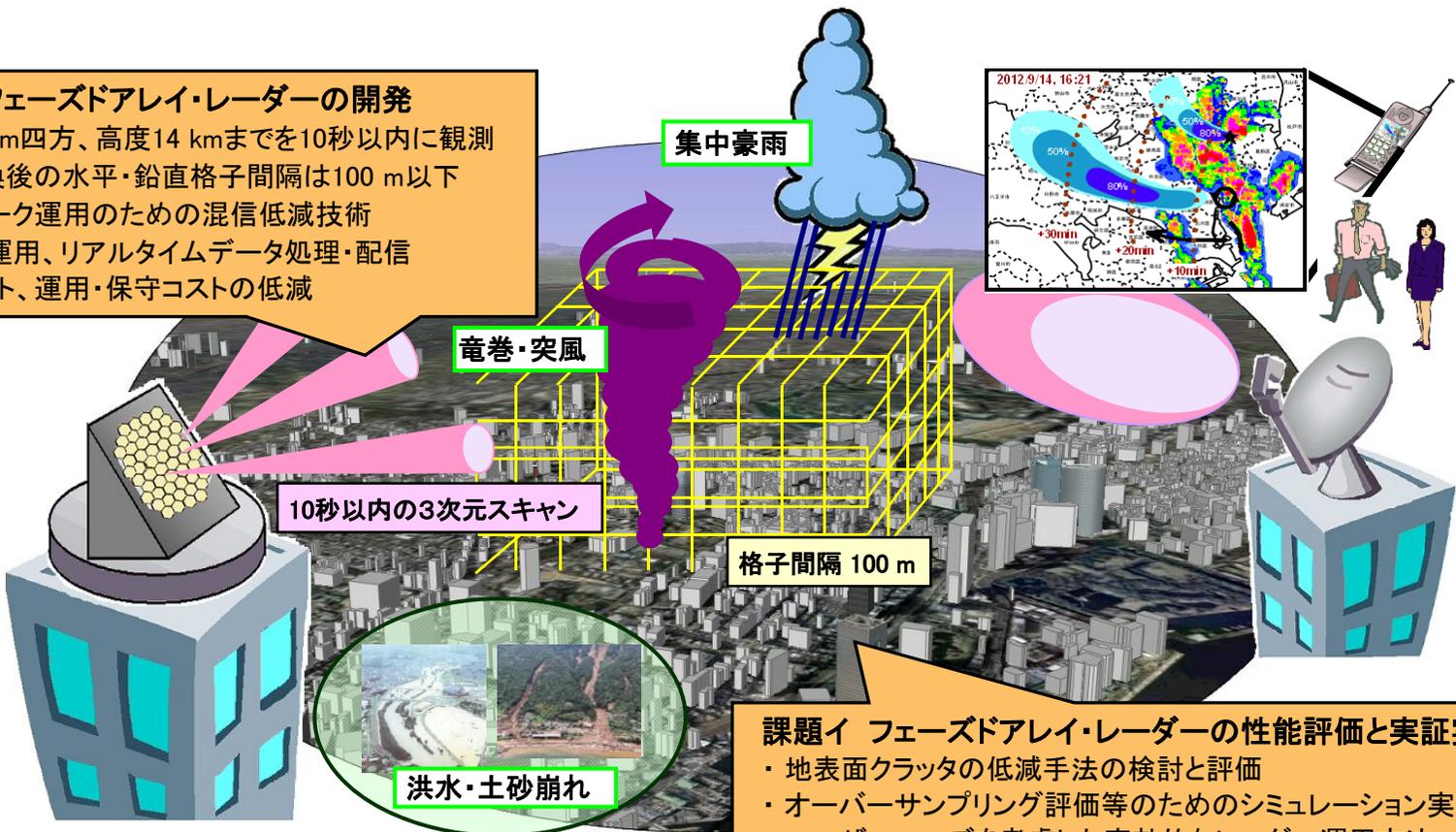
# 次世代ドップラーレーダー技術の研究開発(目標)

突発的、局所的気象災害の予測や災害対策のため、その原因となる集中豪雨、竜巻突風等を10秒以内に100 m以下の分解能で立体的に観測可能な次世代ドップラーレーダーの研究開発を行う。

**課題ア フェーズドアレイ・レーダーの開発**

- ・ 水平30 km四方、高度14 kmまでを10秒以内に観測
- ・ 座標変換後の水平・鉛直格子間隔は100 m以下
- ・ ネットワーク運用のための混信低減技術
- ・ リモート運用、リアルタイムデータ処理・配信
- ・ 製造コスト、運用・保守コストの低減

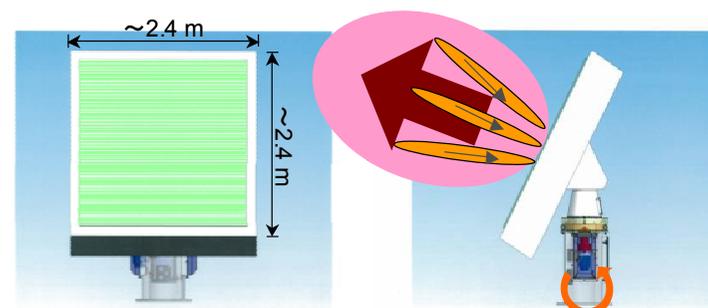
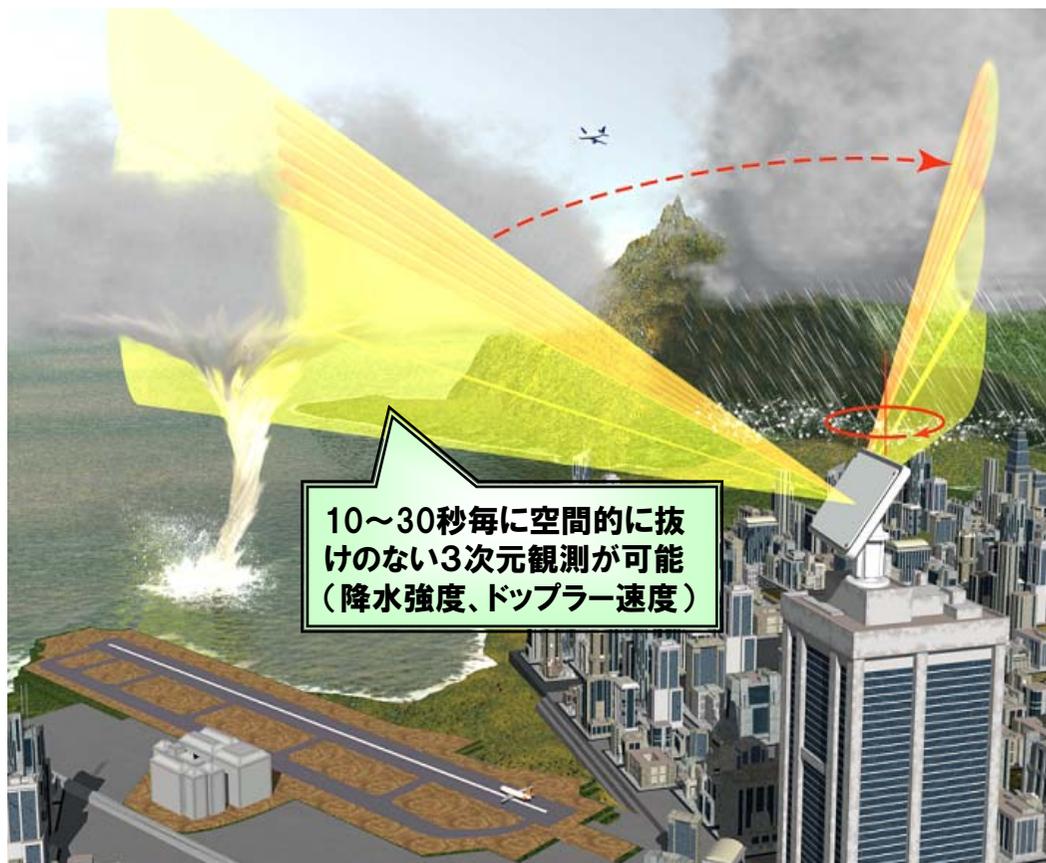
産学官連携  
プロジェクト  
NICT  
委託研究  
↓  
東芝・  
大阪大  
が受託



**課題イ フェーズドアレイ・レーダーの性能評価と実証実験**

- ・ 地表面クラッタの低減手法の検討と評価
- ・ オーバーサンプリング評価等のためのシミュレーション実験
- ・ ユーザーニーズを考慮した実効的なレーダー運用方法
- ・ 実証実験、実用化を目指した運用試験

# 次世代ドップラーレーダー技術の研究開発



1次元フェーズドアレイ  
レーダーの概念図

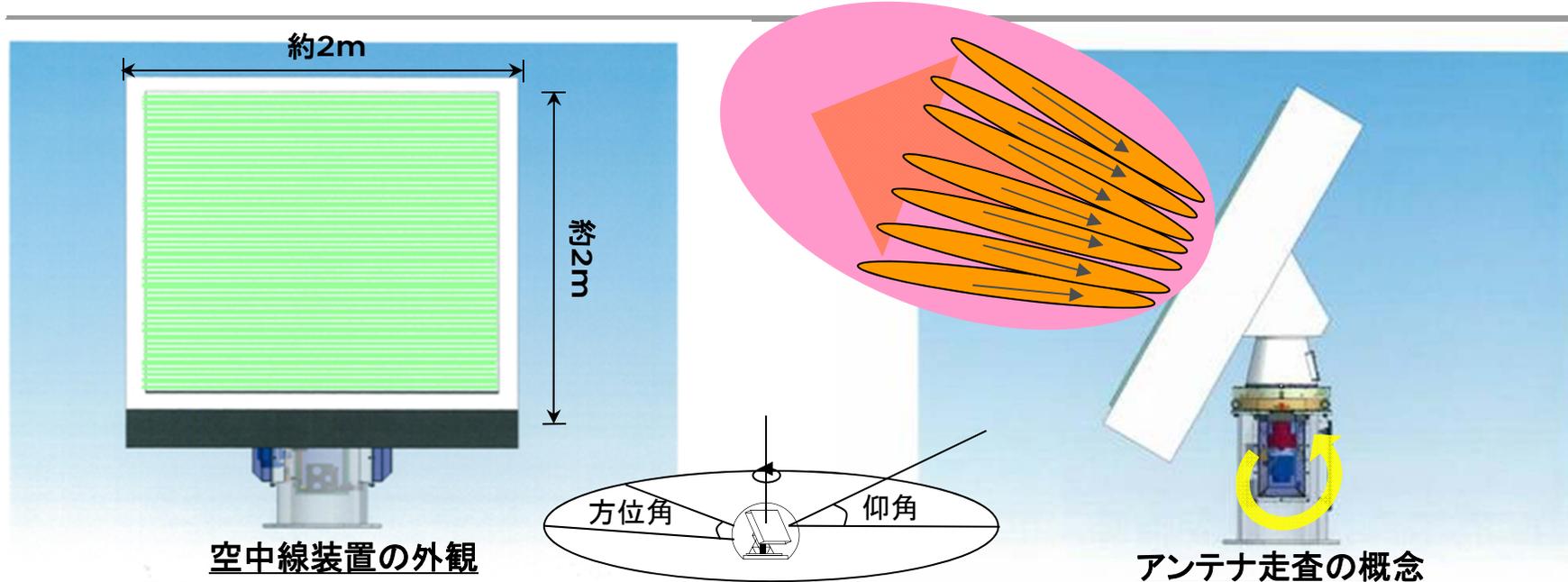


## 開発スケジュール

2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)
<ul style="list-style-type: none"> <li>概念設計(システム検討)</li> <li>素子部分試作</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>予備設計(主に空中線部)</li> <li>送受信モジュール試作</li> <li>性能評価シミュレーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本設計(主に信号処理部)</li> <li>空中線部の製作</li> <li>クラッタ除去技術の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細設計(解析処理部)</li> <li>信号処理部の製作</li> <li>観測運用技術の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実証実験・評価</li> <li>データ解析処理部の開発</li> </ul>

完成

# 開発コンセプト

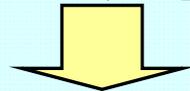


空中線装置の外観

アンテナ走査の概念

## <コストパフォーマンスの実現>

- ・一般的にはフェーズドアレイは高価
- ・1次元アレイ(仰角の電子走査)とDBF(Digital Beam Forming)の組み合わせにより、10秒単位の3次元観測を実現



- ・高価だったフェーズドアレイでパラボラアンテナ型気象レーダと同程度の価格帯を狙う

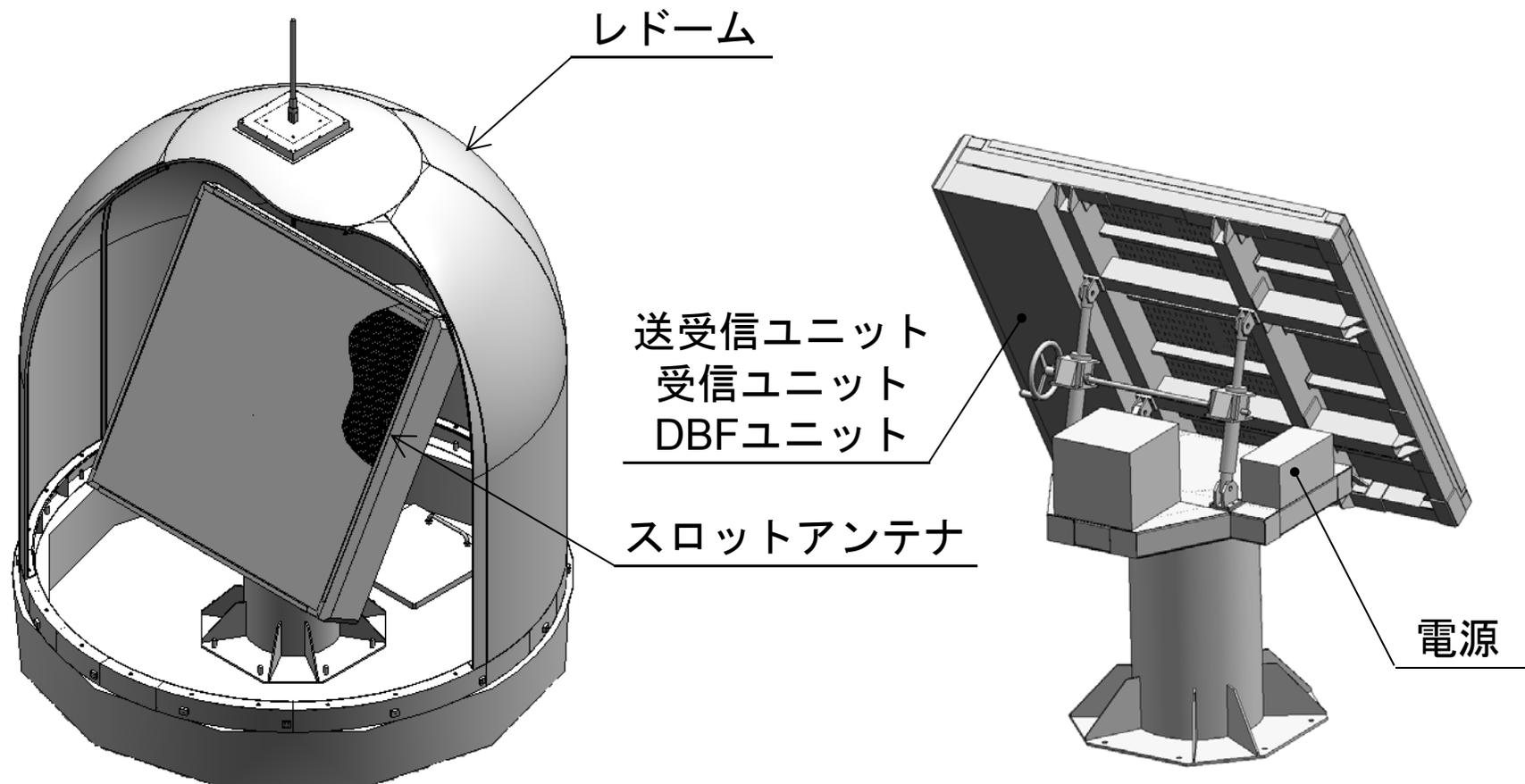
## <1次元アレイ/DBF技術を用いたアンテナ走査>

- ・仰角方向は1次元のアクティブフェーズドアレイアンテナを採用し、電子走査にて観測。
  - ・送信波は仰角方向のファンビームを形成
  - ・受信時は仰角方向に複数の細いビームをデジタル処理(DBF)で同時形成
- ・方位角方向はスロットアンテナにより機械的にビームを形成し、機械回転させて観測。



- ・1回転のみで三次元ボリュームの観測が可能。

# アンテナ外観



耐風速を高めるためにレドームを使用  
送受信系などのアナログ機器を全てアンテナ背面に配置

# フェーズドアレイ気象レーダ：研究開発計画

	2008年度 (H20年度)	2009年度 (H21年度)	2010年度 (H22年度)	2011年度 (H23年度)	2012年度 (H24年度)
東芝	研究開始 9月 システム検討 ▼ アンテナ検討 部分試作 信号処理検討	システム設計 空中線装置設計 モジュール試作 信号処理装置設計 信号処理部分試作 素管購入	空中線部製作 スロット導波管製作	信号処理装置製作 駆動部製作	初期観測 観測／評価
	広帯域レーダ	フィールド検証	解析方式開発	評価方式開発	新方式評価



5年間のプロジェクトも最終段階  
 フェーズドアレイアンテナの評価完了  
 今年度末にシステム製作完了予定  
 来年度、大阪大学にて観測／評価予定

# 開発したシステム



アンテナ／駆動部

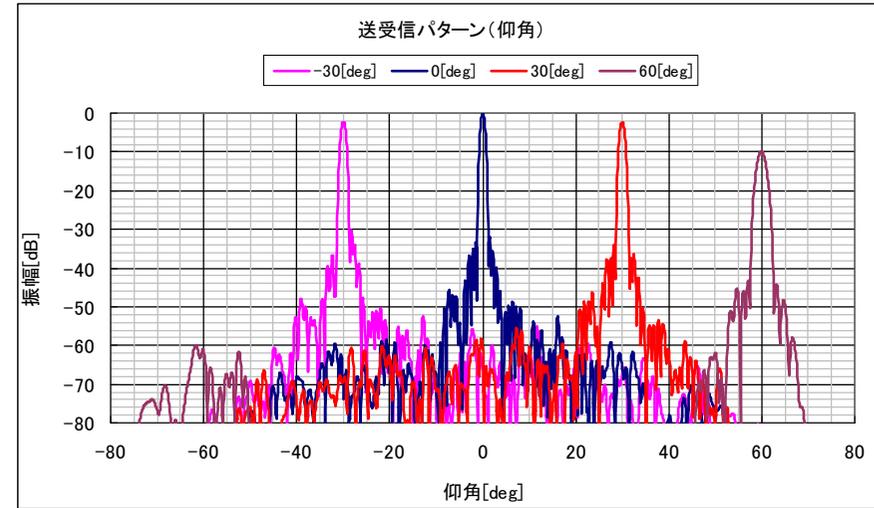
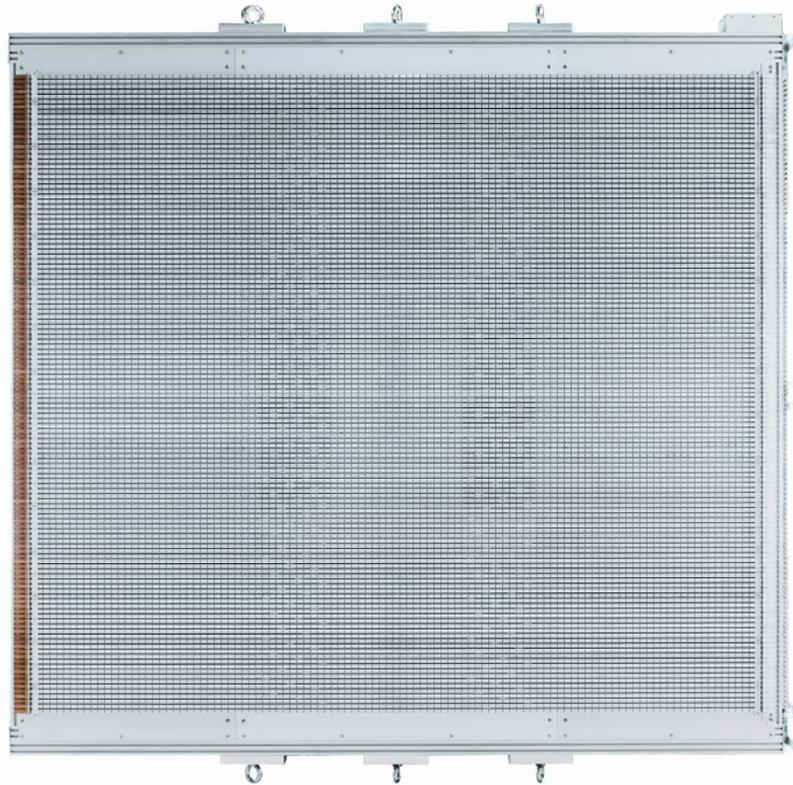


レーダ処理装置  
(データ処理・監視制御・表示)



レーダ制御装置  
(駆動制御・分電盤)

2012年1月現在、弊社工場にてシステム総合試験中。



仰角電子走査時の送受信往復のアンテナパターン

- 128素子スロットアレイ
- 送信 24ch、受信 128ch
- アンテナ開口径 2.2m × 2.1 m (ビーム幅 ~ 1°)



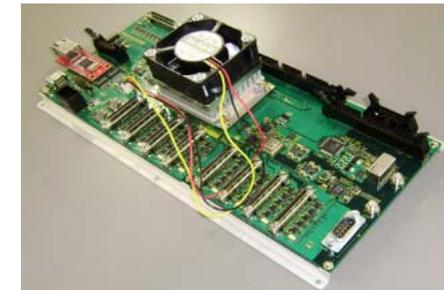
送受信ユニット

(8ch送受信 × 3枚 + 8ch受信 × 13枚)



A/D変換・IQ検波ユニット

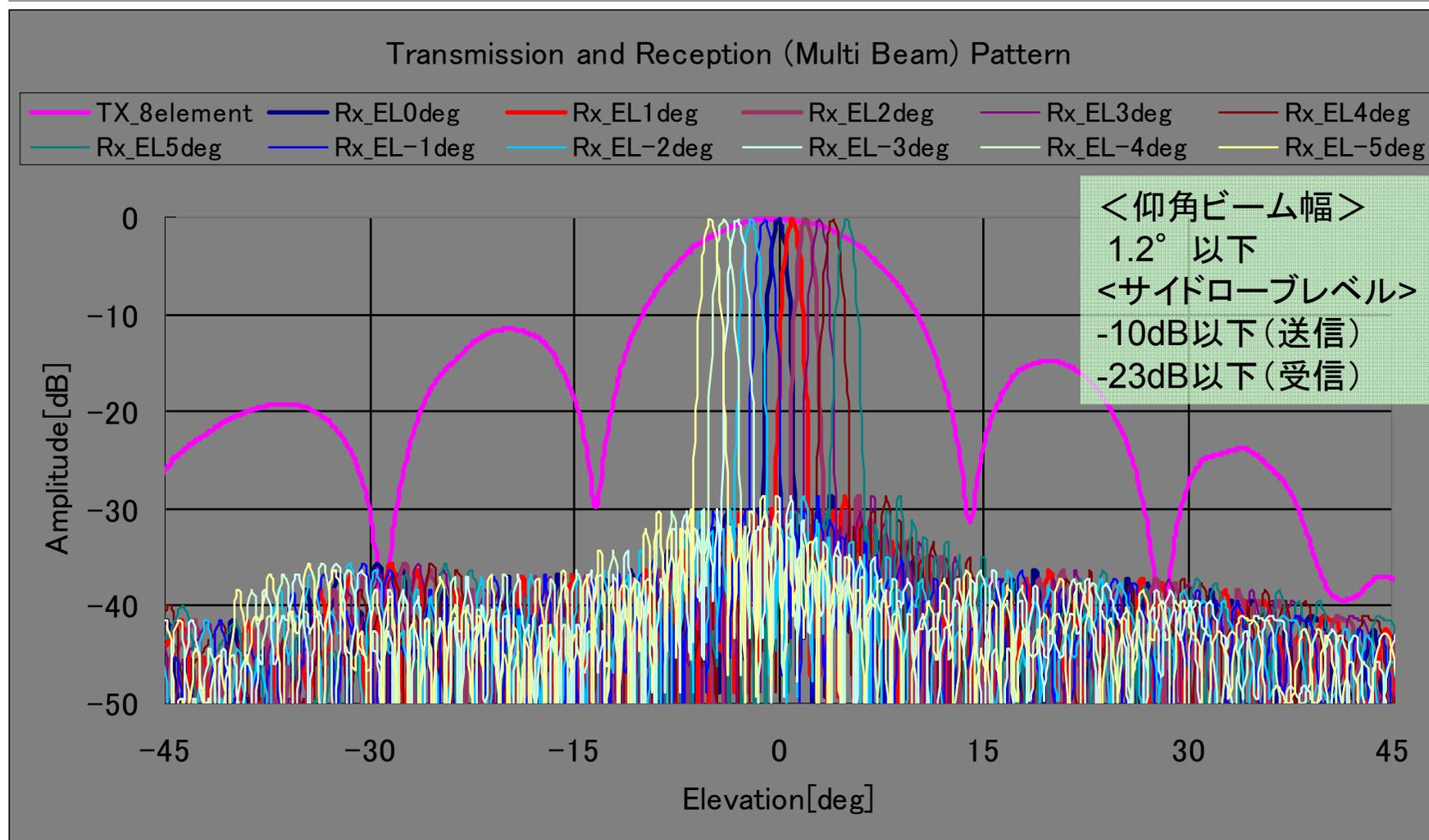
(16 ch × 8枚)



レーダ信号処理ユニット

(16ビーム程度の同時DBF処理)

# アンテナパターン（仰角）（送受信パターン）

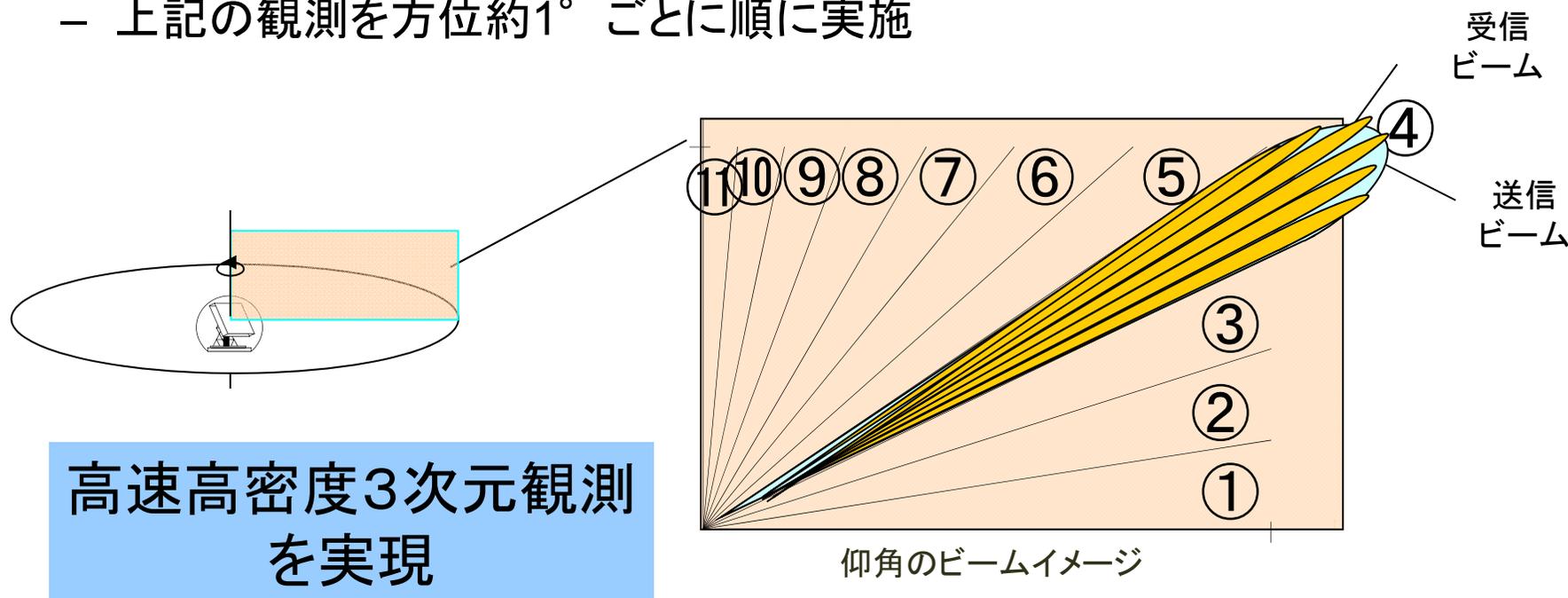


電子走査により、仰角0度～90度の観測を実施  
広く送信し、DBFでマルチビームを形成

# 観測スケジュール

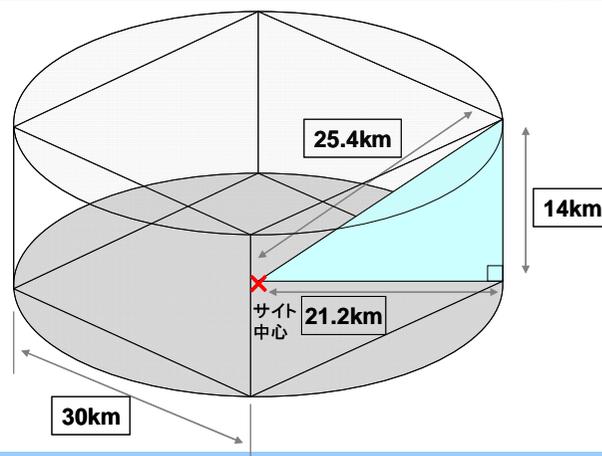
- 仰角の観測方法が特徴

- 仰角0-90° の観測
- 8~11本の幅の広い送信ビーム(ファンビーム)を低仰角から順番に1本ずつすき間なく送信
- 1本の送信波の受信信号を信号処理(DBF)でビーム幅1° の受信波を10仰角以上同時形成
- 上記の観測を方位約1° ごとに順に実施



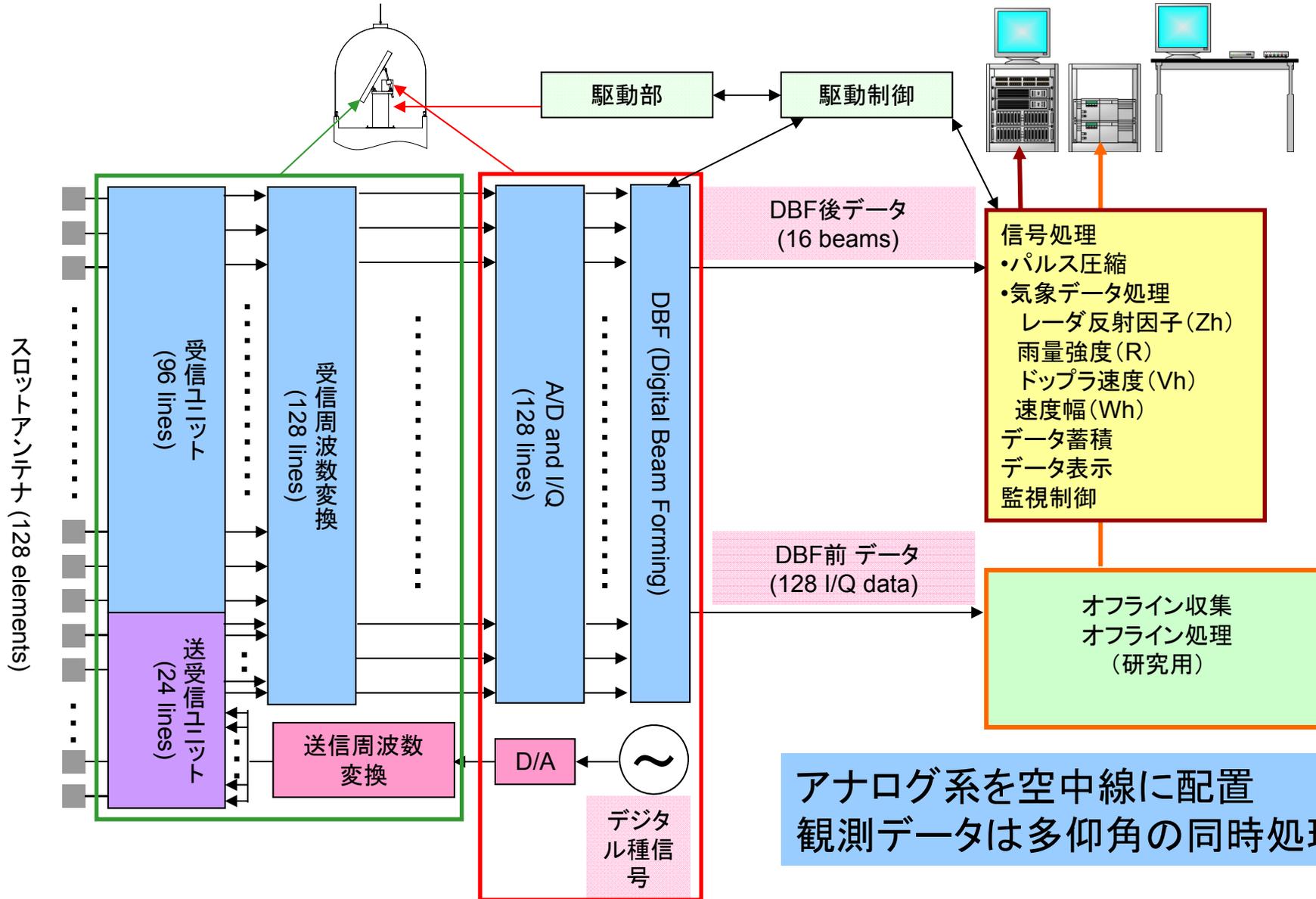
# 運用モード

		システム仕様	
送信出力		430W以上	
周波数		9320 ~ 9445MHz (5MHzステップ)	
ビーム幅(受信)		約1度	
運用モード		高速モード	広域モード
	覆域(水平)	約20km	60km
	観測時間	10 秒	30 秒
	ヒット数	約 10ヒット	約 10ヒット
	仰角数	約100仰角	約100仰角



高速(10秒)で近距離を観測するモードと、広域(60km)を観測するモードを準備

# 概略系統図



アナログ系を空中線に配置  
観測データは多仰角の同時処理

13F: レダアンテナ  
12F: ラック設置  
LANホトホカ(千代田-サ)  
11F: E3排ヒ-タ

JGN-Xの  
U3様 ファイバ端子が210 (諸議棟)  
100m  
サーバ-メディアセンター  
互換300m

Q. 物理的ファイバ回線は  
必要あるか。

? 阪大の基準回線が20-213m  
もしが(2) 10Gbps1本が  
ある。

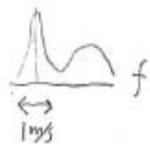
Q 阪大内のGWから  
**16TB / 5hour**  
**(~6.4Gbps)**

水谷さん: 8日大阪作室  
6/4の週 (14)

報告書 6月末日本票  
一本先月6月末申請迄也  
(1~2週内に出す)

IR7019-

テスト MTI  
ビット数の多さ(1) 消える。



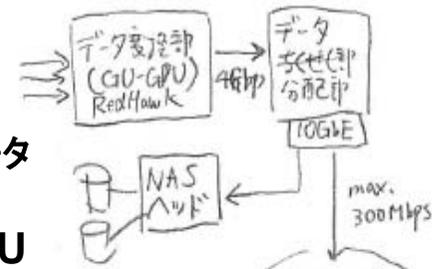
×1000 HDH  
×net 岩倉 志本  
(公用用)



GPS時計  
1Gbps SWHub  
Gbps SW Hub  
KVM SW  
NAS  
サーバ (本体+増設)  
422-LAN  
DC23C-LAN

## 16仰角データ 同時処理 by GPGPU

データ管理部 (GP-GPU)  
OS- RedHawk (Realtime-UNIX)  
オラクルデータベース IN OVT  
CPUH s-PPPP (専用) 48Mbps  
Windows-server (特注) 48Mbps  
Amazon 共有  
NASヘッド (RedHat)  
監視センター (Red Hat) 32bit  
データ管理部 10GbE (20)  
(データ管理のみ)  
RedHat (edit) 3-4年前. 4core  
JGN-X

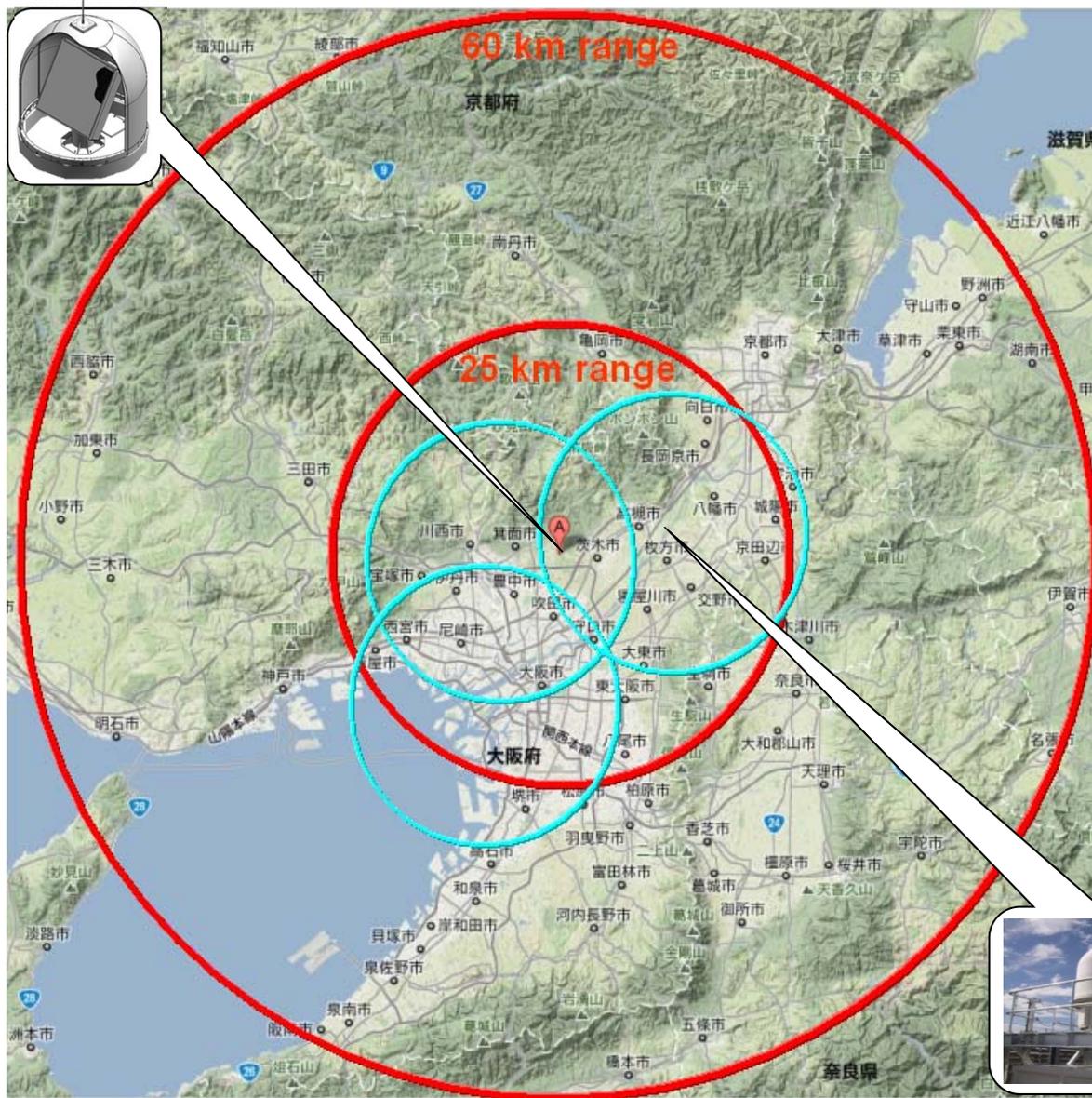


**Normal-data**  
**13TB / 7day**  
**(~240Mbps)**

137016 240Mbps

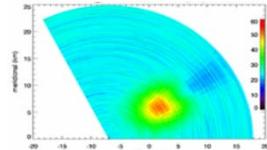
$$2 \text{ byte} \times (30 \times 10) \times \frac{320}{\text{Range}} \times \frac{121}{\text{Sector AZ}} \times \frac{13}{\text{Sector EL}} = 30 \text{ Mbyte/sec}$$

(Pr. Vr. Wid SNR) x 2  
R. 10倍 SNR, Zp, FFT.



## 観測方法・信号処理手法等の検討・評価

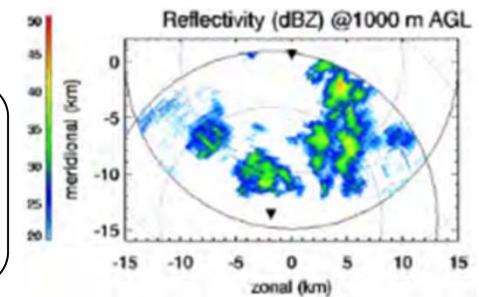
- フェーズドアレイレーダーの観測手法の検討および設置に向けた準備を実施
- 地形等による不要エコーを除去するための信号処理手法の検討と評価
- 正確な降雨量を算出するための、降雨減衰補正手法の開発



確率的降雨減衰補正結果

## 検証用レーダーによる予備観測

- 検証用Ku帯広帯域レーダーを、「大阪大学豊中キャンパス」、「渚水みらいセンター(枚方市)」、「住友電工大阪製作所(此花区島屋)」の3ヶ所に設置し、予備観測を実施。



2代の検証用レーダーによる観測結果の合成

- フェーズドアレイレーダーは、H24年4月～大阪大学吹田キャンパスに設置予定（詳細観測範囲として、淀川水系、大阪北部一帯をカバー）

# 高速高分解能レーダ観測ネットワーク

今後、これらのレーダを  
動員して、集中観測を実  
施予定。

大阪大学  
豊中キャンパス  
2重偏波広帯域  
ドップラーレーダ1



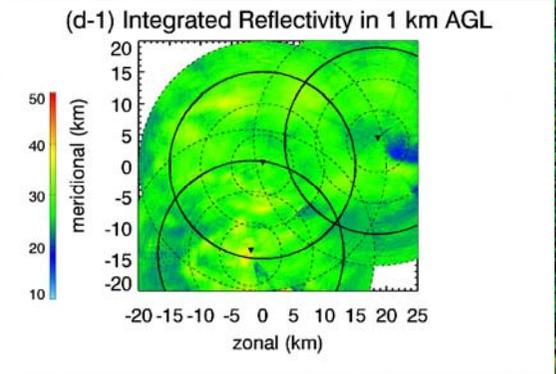
住友電工  
大阪工場  
広帯域  
ドップラーレーダ2



大阪大学  
吹田キャンパス  
フェーズドアレイド  
ップラーレーダ



枚方渚水みらい  
センター  
広帯域  
ドップラーレーダ3



### フェーズドアレイアンテナの開発



フェーズドアレイアンテナ

- 送信24ch、受信128chの一次元フェーズドアレイアンテナを開発
- 固体素子の合計送信電力430W
- アンテナ内部にアナログ高周波部品を全て搭載
- 128chの受信I/F信号の同期A/D変換、I/Q検波
- Digital Beam Forming 処理による指向性ビームの16仰角同時形成
- 光通信にてレーダ処理装置への最大768MByte/sの高速データ伝送

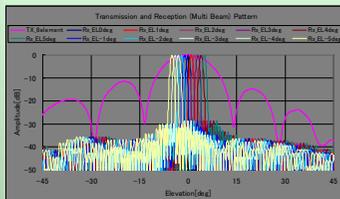
### レーダ制御・処理システムの開発



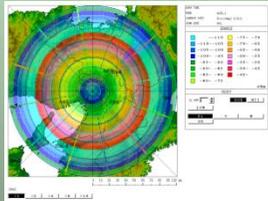
レーダ制御装置 レーダ処理装置

- 最大6rpm(10秒周期観測)のアンテナ駆動制御
- アンテナへの配電盤を内蔵
- 仰角0-90°の最大121仰角処理による隙間のない3次元観測データを10秒周期で作成
- 最大7日間の観測データ保存
- アンテナ素子の生データの最大3時間の保存
- レーダシステム制御監視機能
- 今後のシステム拡張による観測データの外部配信が可能

### フェーズドアレイ・レーダー総合試験



アンテナパターン(送信・複数受信)



観測画面(模擬データ)

- 電波暗室にてアンテナパターンを取得し、指向性のある送信ビーム形成および受信ビームの複数同時形成を設計どおりに実現
- 受信系、信号処理系の総合試験を実施し、10秒周期の3次元データがエラーなく生成されることを確認。
- 電波発射試験を4月に実施後、大阪大学へ移設予定。

### 今年度の成果

- 次世代ドップラーレーダーとなる、フェーズドアレイ・レーダーのシステムを開発した。
- アンテナパターン測定、および総合試験を実施し、設計どおりの結果を得ることができた。

### 今後の課題

- 試験電波発射による試験観測、およびシステムの大阪大学への移設
- 関西地方での降雨観測/評価
- 研究者間のデータ共有を目的とした外部へのデータ配信
- フェーズドアレイ・レーダーシステムの改善検討

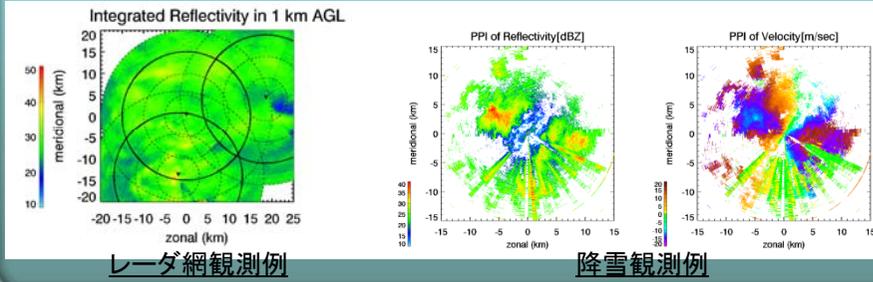
### レーダー観測網の構築

- フェーズアレイ・レーダーは、大阪大学吹田キャンパスに設置予定
- 検証用高分解能レーダーを大阪大学豊中キャンパス、枚方渚水みらいセンター、住友電気大阪製作所の計3か所に設置完了
- 予備観測・検証を開始



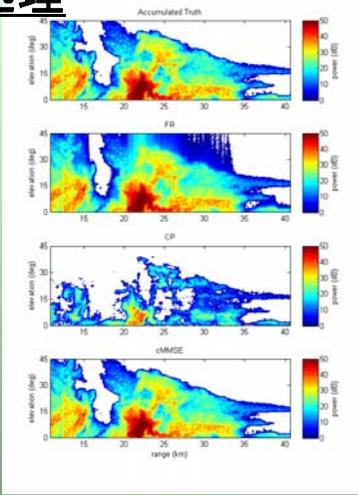
### 検証用レーダーの予備観測・評価

- 検証用高分解能レーダーによる予備観測
- 大阪平野にてレーダーネットワーク観測を実施. レーダーネットワークによる高品質な降水構造を取得
- 庄内空港において冬季の降雪及び突風の観測を実施. 冬季日本海側に見られる特徴的な竜巻の詳細構造を取得



### アダプティブアレイ信号処理

- グラウンドクラッタ及びアンテナサイドローブを低減する為にMMSE規範を用いたアダプティブアレイ信号処理手法を開発
- 降水からの信号を再現するレーダー信号シミュレータを用いた統計的な評価を実施. 従来のFourier, Capon法に比して、極めて高い性能(受信電力, ドップラー速度, 速度幅推定精度)を示した.
- 推定精度は送信ヒット数に依存せず、高速観測に適している.



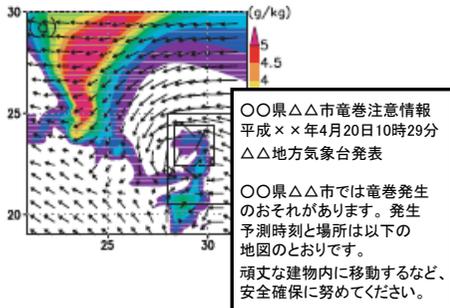
### 今年の成果

- 検証用高分解能レーダー網の大阪平野への設置
- 検証用高分解能レーダー網による、多重観測の初期実験
- 検証用高分解能レーダーによる山形県庄内空港周辺における降雪観測
- グラウンドクラッタ及びアンテナサイドローブ低減のためのアダプティブアレイ信号処理手法の設計
- レーダー信号シミュレータによる、統計的な精度評価
- CSU-CHILLレーダーデータによる高度なシミュレーションによる評価

### 今後の課題

- フェーズドアレイ・レーダーの設置・初期観測
- 較正誤差や相互カップリングを軽減するための、アダプティブアレイアルゴリズムの改善
- アダプティブアレイアルゴリズムの実装・実観測による評価
- 検証用レーダー及びレーダー網を用いた、フェーズドアレイ・レーダーの相互検証
- 観測の継続による信頼度の高い評価の実現

# フェースドアレイレーダの応用分野



数値予報モデルへのデータ同化、  
きめ細かな竜巻注意情報  
【気象庁】



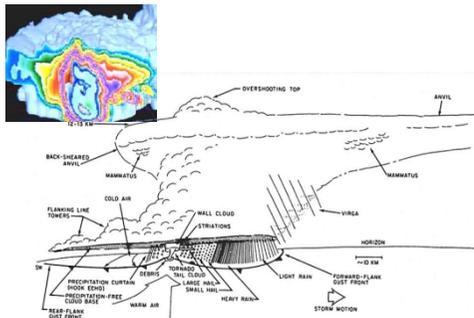
洪水予測、土砂災害予測  
【河川局】



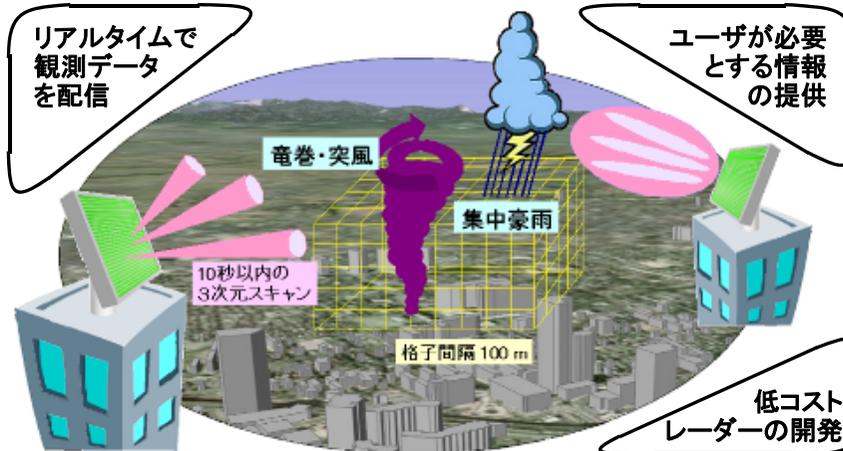
ダム放流(洪水調整)  
【ダム管理事務所】



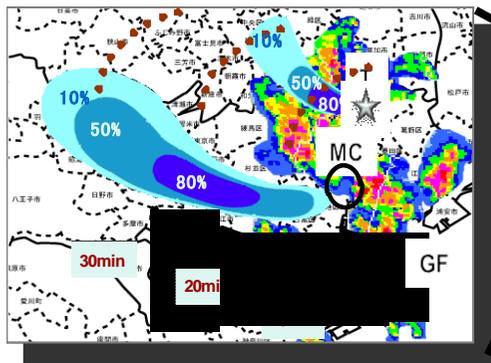
航空管制【航空局】



突発的・局所的現象の解明  
【研究機関・大学】



住民避難勧告【市町村】

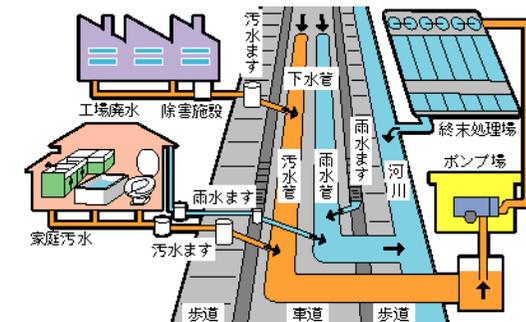


一般市民への情報提供  
【民間気象会社】

次世代ドップラーレーダー技術の研究開発  
【総務省・NICT】

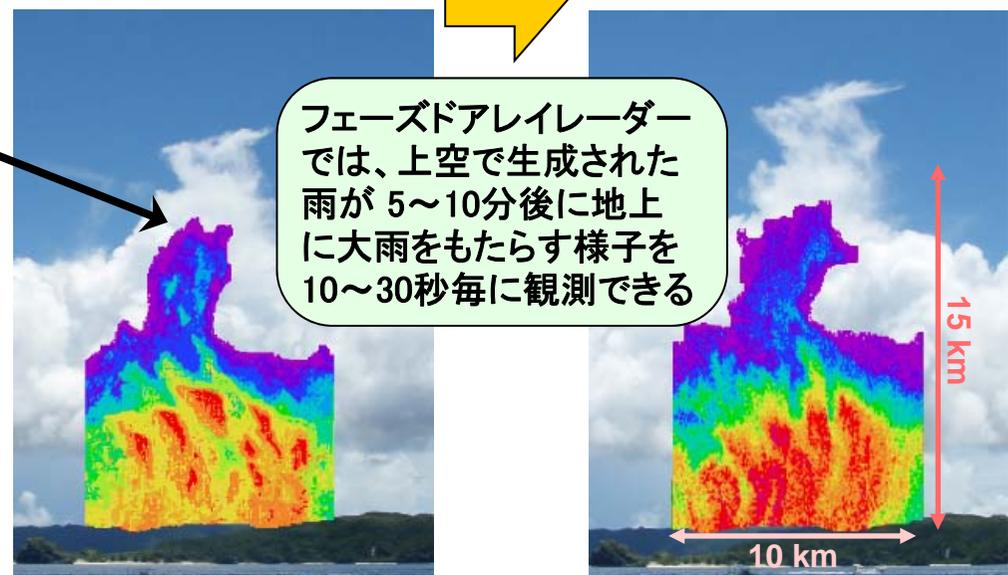
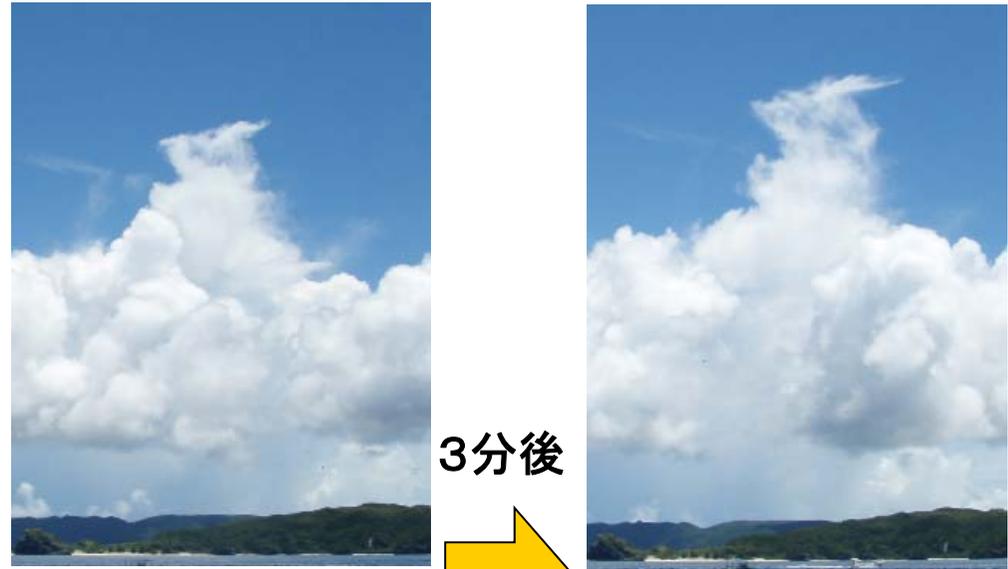
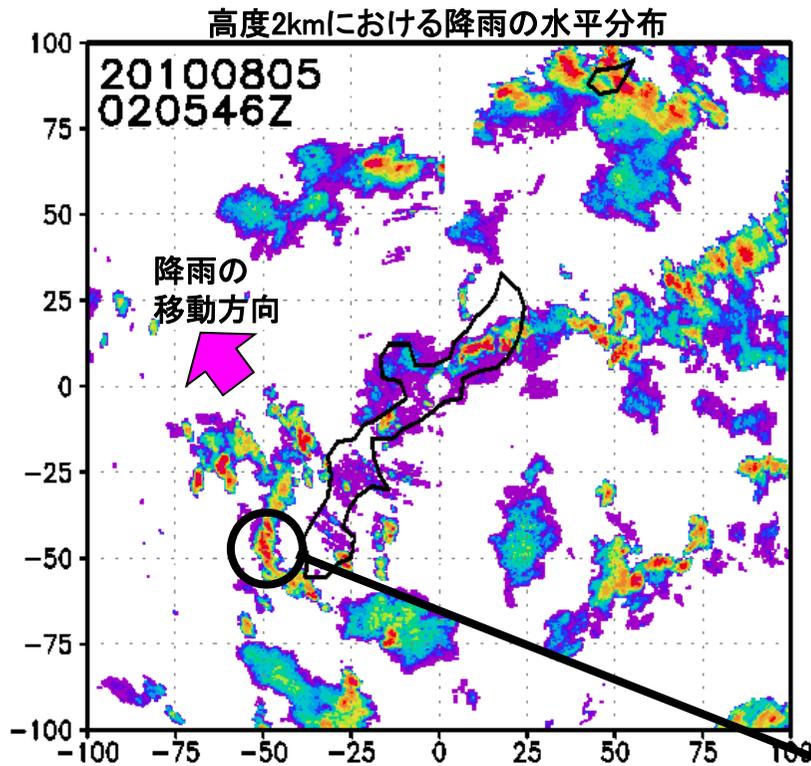


列車安全運行【鉄道会社】



下水道ポンプ制御【市町村】

# 高時間分解能の3次元立体観測の重要性



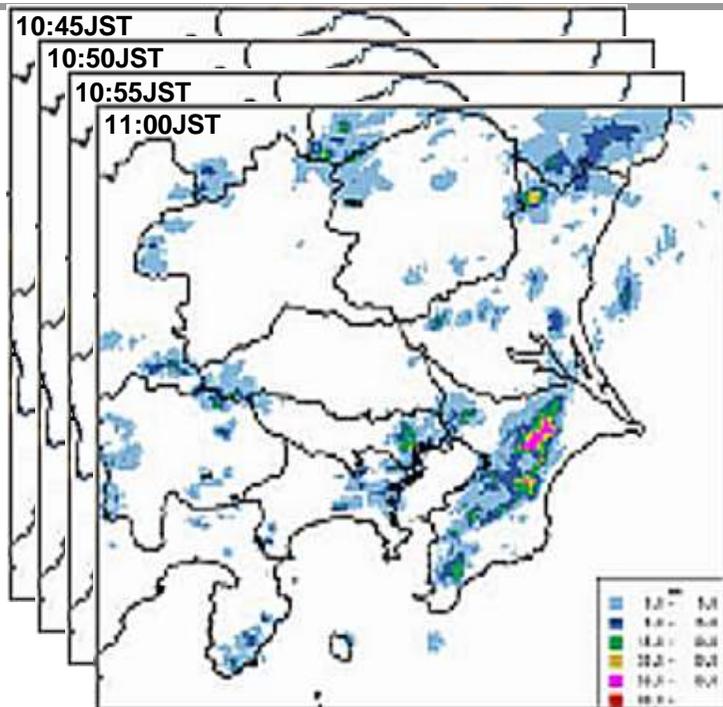
現状の降雨の水平移動ベクトルによる短時間予測(注)では、どの積乱雲が発達して大雨をもたらすか予測できない

↓

高時間分解能の3次元観測データを用いれば、雨の落下による予測が可能

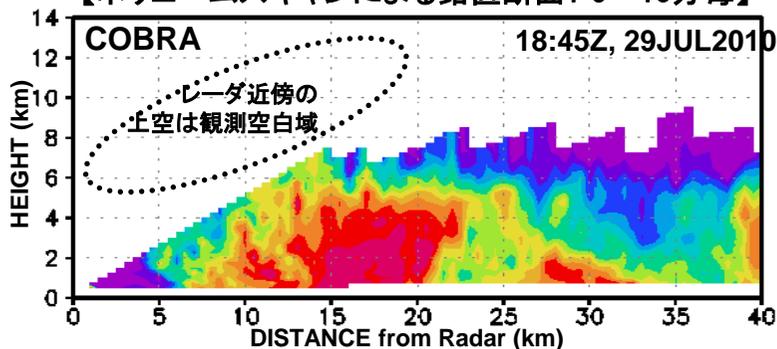
(注) 数時間先の降雨分布を数kmの空間分解能で予測する手法 (\* ) 雲の写真とCOBRAのRHI観測によるレーダーエコーは別の事例を合成

# 3次元観測データの利活用 (3次元可視化)

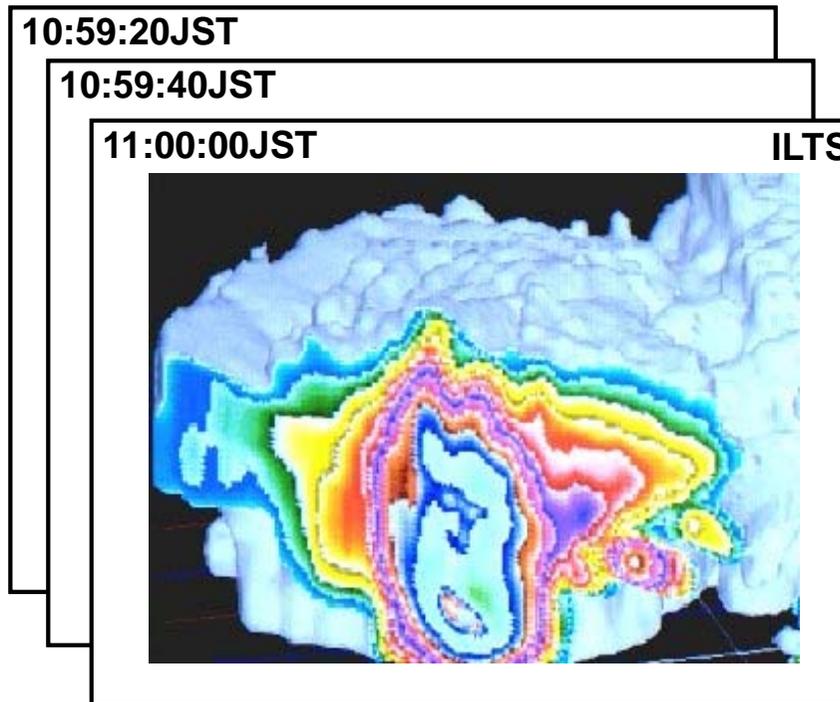


【現状】1~5分毎の水平分布による降雨  
 短時間予測 ⇒ 急激な発達 は 予測困難

【ボリュームスキャンによる鉛直断面：5~10分毎】

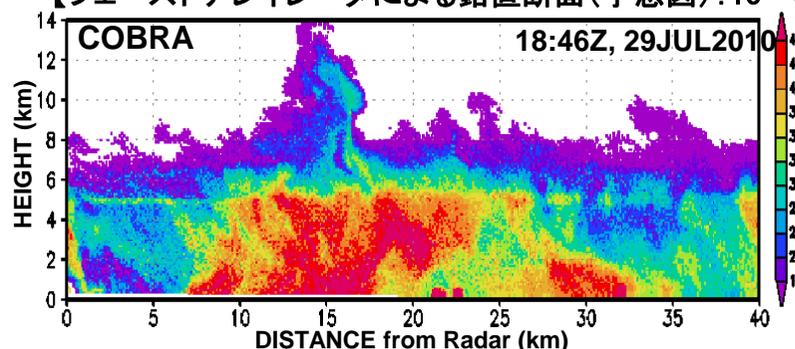


グリッドサイズ：250 m (5分間の14仰角:0.5~24° から合成)



【特長】10~30秒毎の詳細な3次元観測データ  
 ⇒ 雨滴の発生・成長・落下による予測が可能

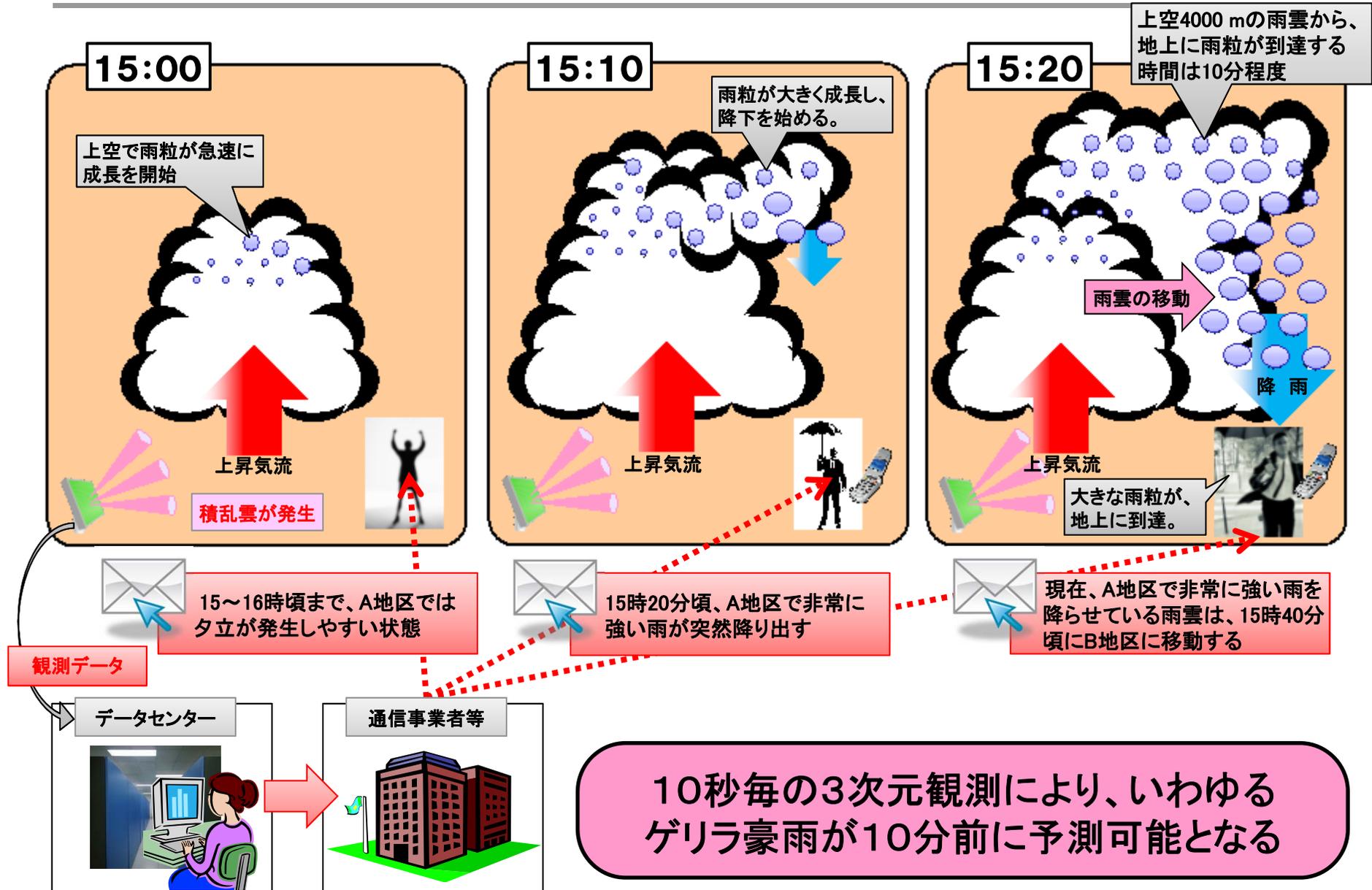
【フェーズドアレイレーダによる鉛直断面(予想図)：10~30秒毎】



グリッドサイズ：100 m (30秒間のRHI観測データから作成)



# 雨粒の落下・成長による局地的大雨の予測



# フェーズドアレイ気象レーダーの特長

		MPLレーダー	フェーズドアレイレーダー
スキャン方式(鉛直)		機械式	高速電子スキャン
時間分解能		60 秒	10 ~ 30 秒 [*1]
空間分解能 (グリッドサイズ)	水平	250 m	100 ~ 250 m [*2]
	鉛直	~500 m (4~6仰角) [*3]	100 m (90仰角) [*4]
観測範囲		60 km	60 km
ドップラー機能		○	○
偏波機能		○	× [*5]
コスト(目標)		—	MPLレーダーと同程度 [*6]

[\*1] 機能的には10秒間の3次元スキャンが可能であるが、実利用目的には精度向上のため20~30秒程度が適当かもしれない。

[\*2] 接線方向の空間分解能(ビームの広がり)はアンテナの大きさで決まるが、フェーズドアレイでは信号処理・画像処理技術によって座標変換後の分解能として水平・鉛直ともに(少なくとも25 km観測範囲では)100mグリッドサイズを実現することを目標とする。

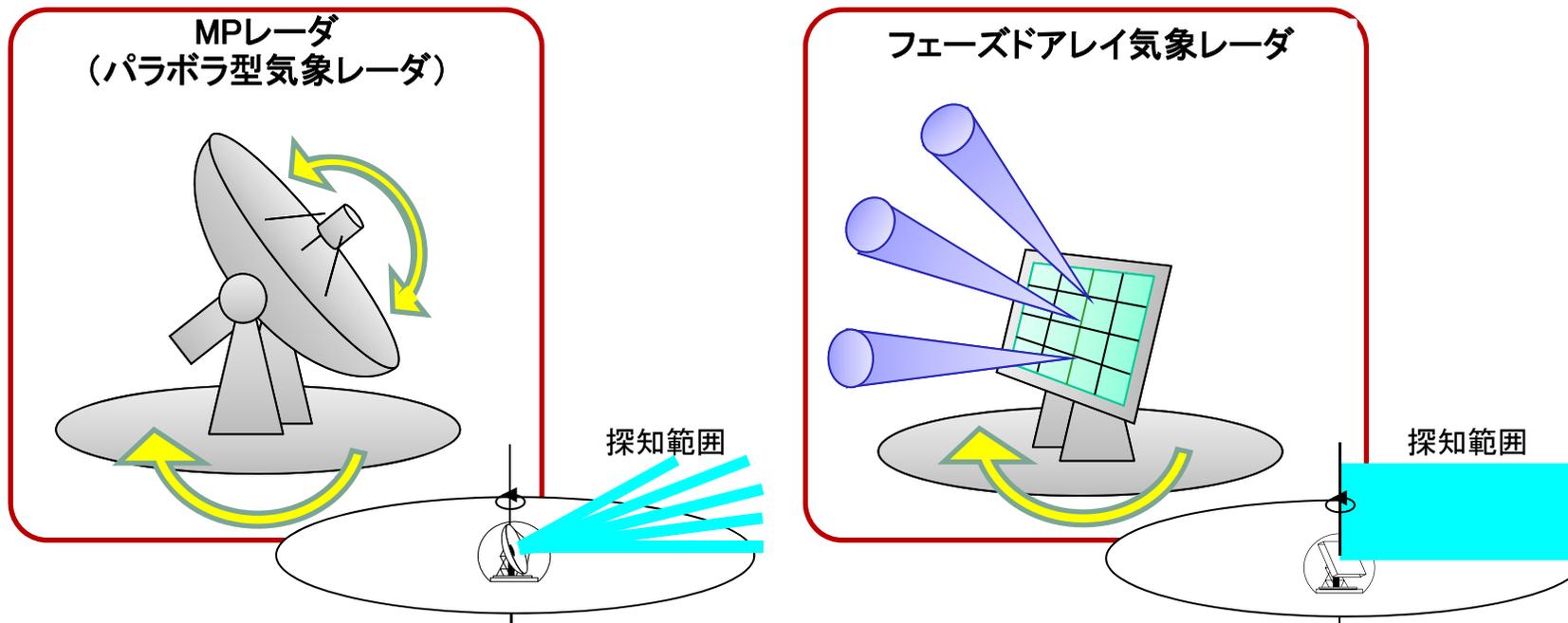
[\*3] パラボラアンテナのボリュームスキャン(1分間で3~6仰角)では、他のレーダで補完しない限りレーダ近傍の上空は観測できない。

[\*4] デジタル・ビーム・フォーミング(DBF)技術により、128本のアンテナで受信した信号から複数仰角データを同時に復元できる。

[\*5] 現状のフェーズドアレイ設計では偏波機能付加は困難であり(コストの大幅増)、降雨減衰補正は複数のレーダ観測から行う予定。

[\*6] 基本構成のみの導入コスト。固体化送信機の採用とアンテナ回転の単純化により運用・保守コストは相当低減する見込み。

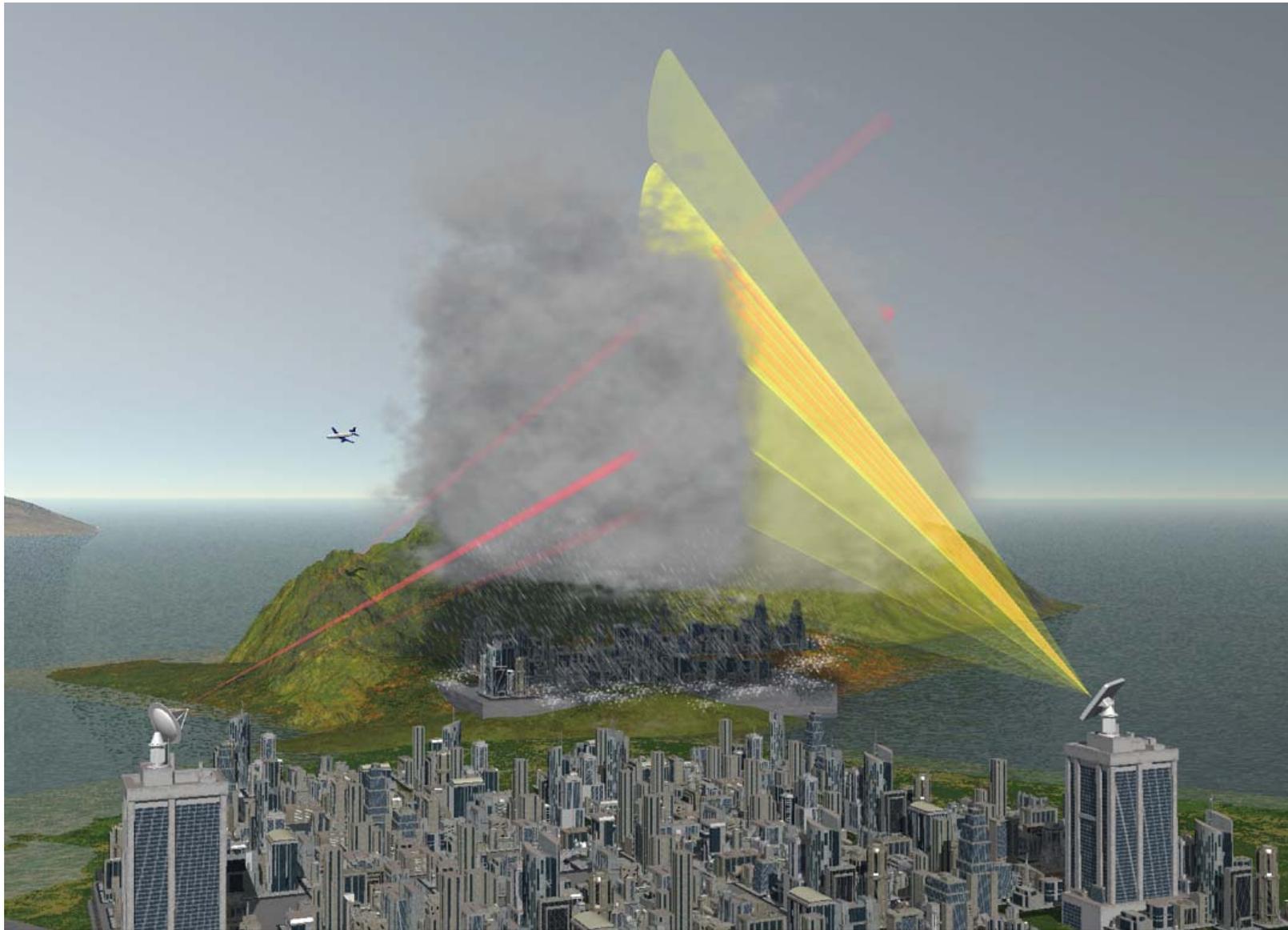
# MPLレーダとフェーズドアレイ気象レーダの比較



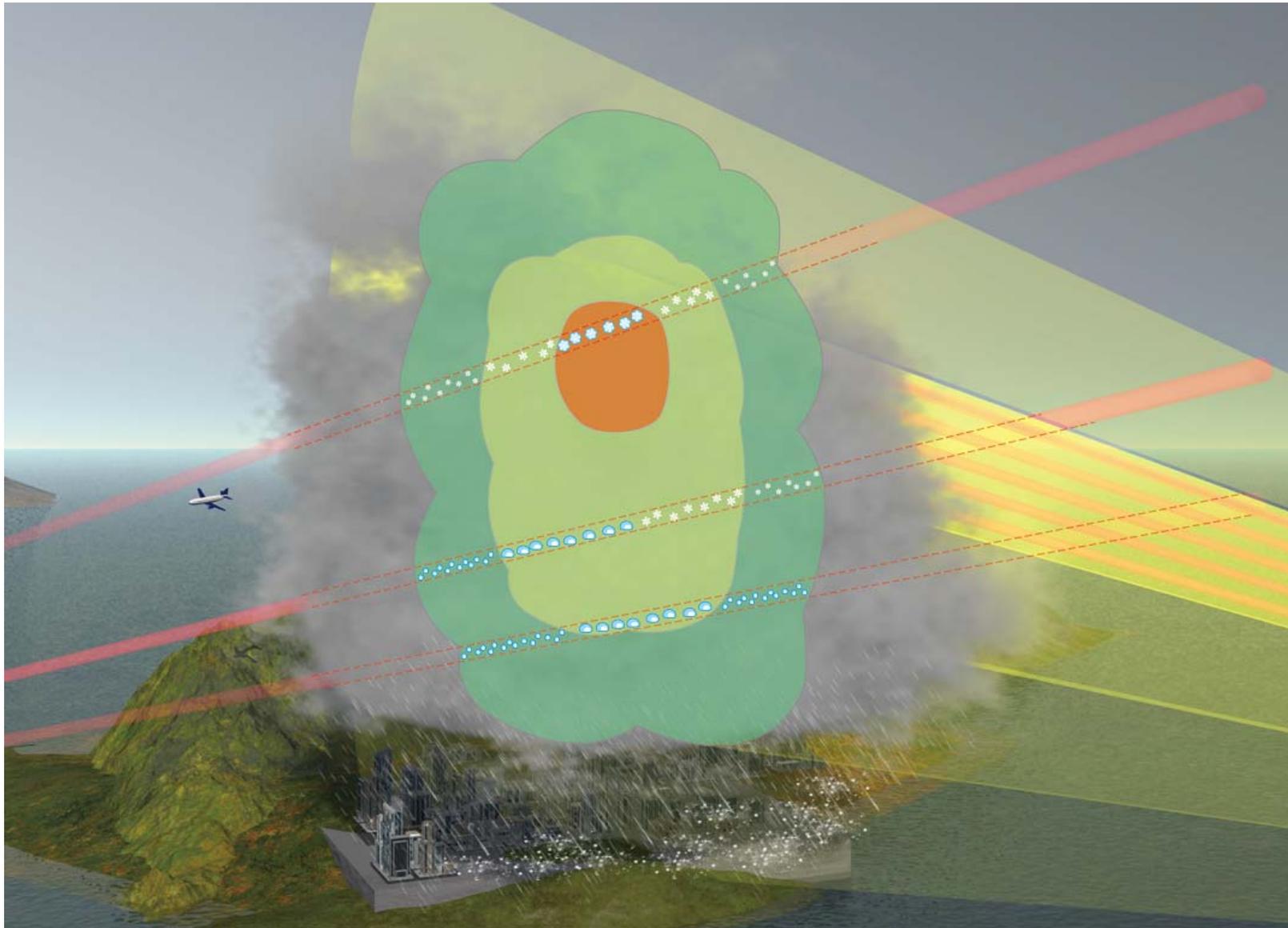
MPLレーダ (パラボラ型気象レーダ)		フェーズドアレイ気象レーダ
仰角 : 機械走査 方位角 : 機械走査	走査方法	仰角 : 電子走査 方位角 : 機械走査
3次元スキャン(20仰角) ／10分程度(地上は1分周期で観測)	観測空間 ／観測時間	3次元スキャン(約100仰角) ／10秒～1分程度
Zh, Vh, Wh, Zdr, Kdp, ρ <sub>hv</sub>	観測パラメータ	Zh, Vh, Wh

MPLレーダとフェーズドアレイ気象レーダの複合観測により、相互のメリットを生かした豪雨観測・予測システムを構築することができる

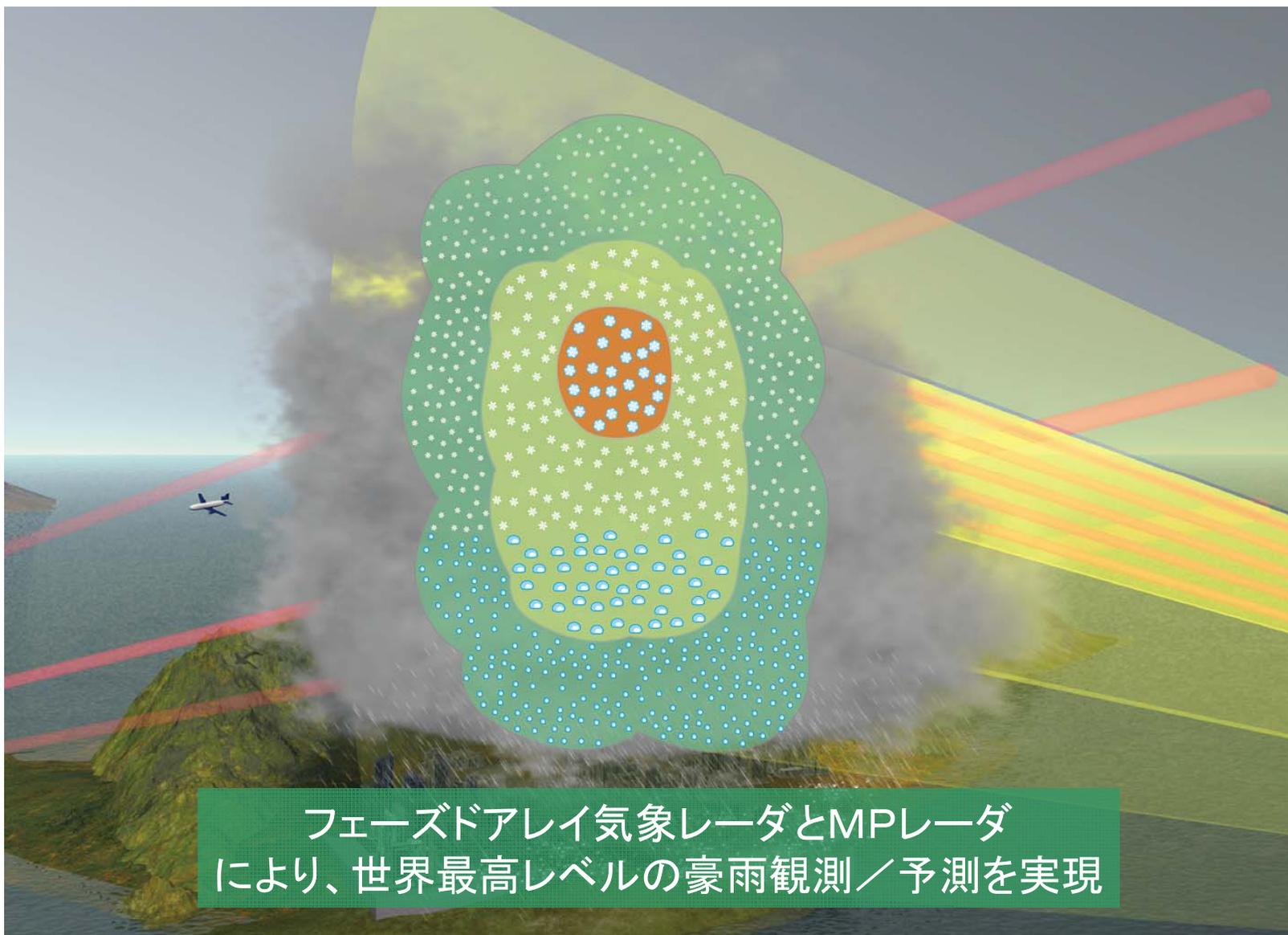
# 都市をゲリラ豪雨から守る複合観測



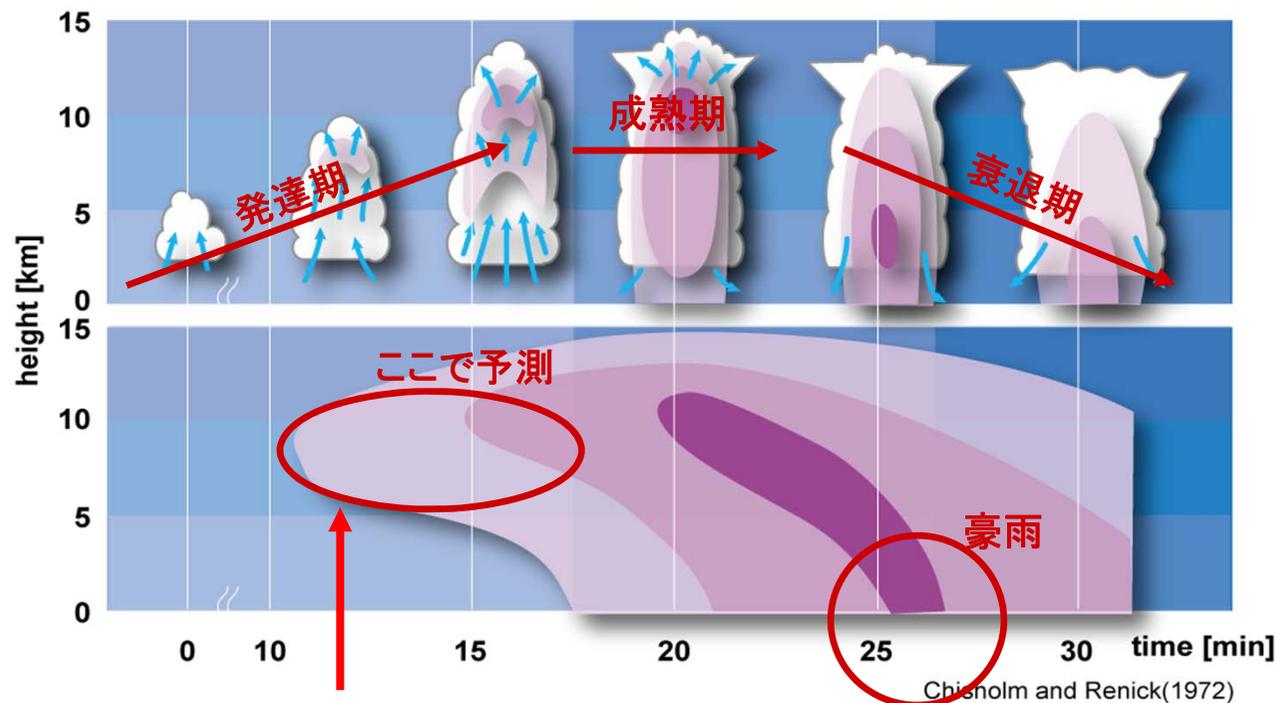
# 都市をゲリラ豪雨から守る複合観測



# 都市をゲリラ豪雨から守る複合観測



# 複合観測による短時間豪雨予測(一例)



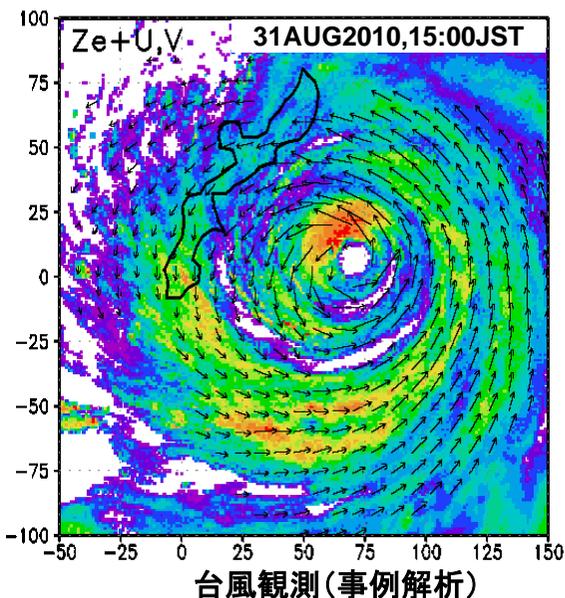
タマゴ

積乱雲のライフサイクル

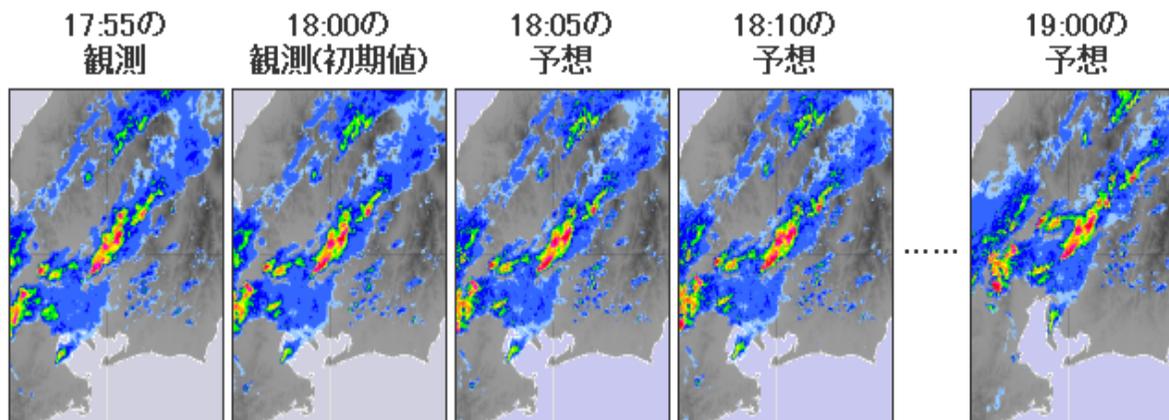
- ・上空にある水分量を迅速かつ的確に複合観測で測定し、風データも加味して落下する強雨・豪雨を予測

# 気象レーダーデータの情報化

- 集中豪雨・局地的大雨などによる水害の予測・軽減には、降雨量の分布や持続性情報が重要で、その地域の降雨の過去事例や統計的特性の調査も必要。
- 時空間分解能に優れている気象レーダーデータが期待されるが、その利用はナウキャストや事例解析研究が主で、統合的な過去データの利用は進んでいない。  
⇒ 大きなデータ容量が阻害要因の一つと考えられる。
- まずはNICT沖縄偏波降雨レーダー(COBRA)の観測データを対象として、高速・大容量の情報通信環境を利用したレーダーデータの解析・保管・公開システムを開発する。



アメダス積算降水量



気象庁レーダーによる降水ナウキャスト

## 気象庁レーダーデータ (気象業務支援センターによる提供)

### ●全国合成レーダーGPV

<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp/arch/jmadata/synthetic-original.html>  
(京大RISHアーカイブ: 2003/6~現在)

### ●レーダー毎極座標レーダーエコー強度GPV 及びレーダー毎極座標ドップラー速度GPV

<http://www3.nict.go.jp/aeri/rrs/JMA-PolarCoordsRadar/>

(NICTアーカイブ: 2010/5/15~現在)

※ どちらもGRIB2形式(極座標データは特殊)

## 国土交通省 Cバンドレーダ雨量計

● 過去データは一般には公開されていない?

## 国土交通省 XバンドMPLレーダ

● コンソーシアムのメンバーに公開  
ただし、アーカイブは過去2~3週間程度のみ

## 研究機関・大学

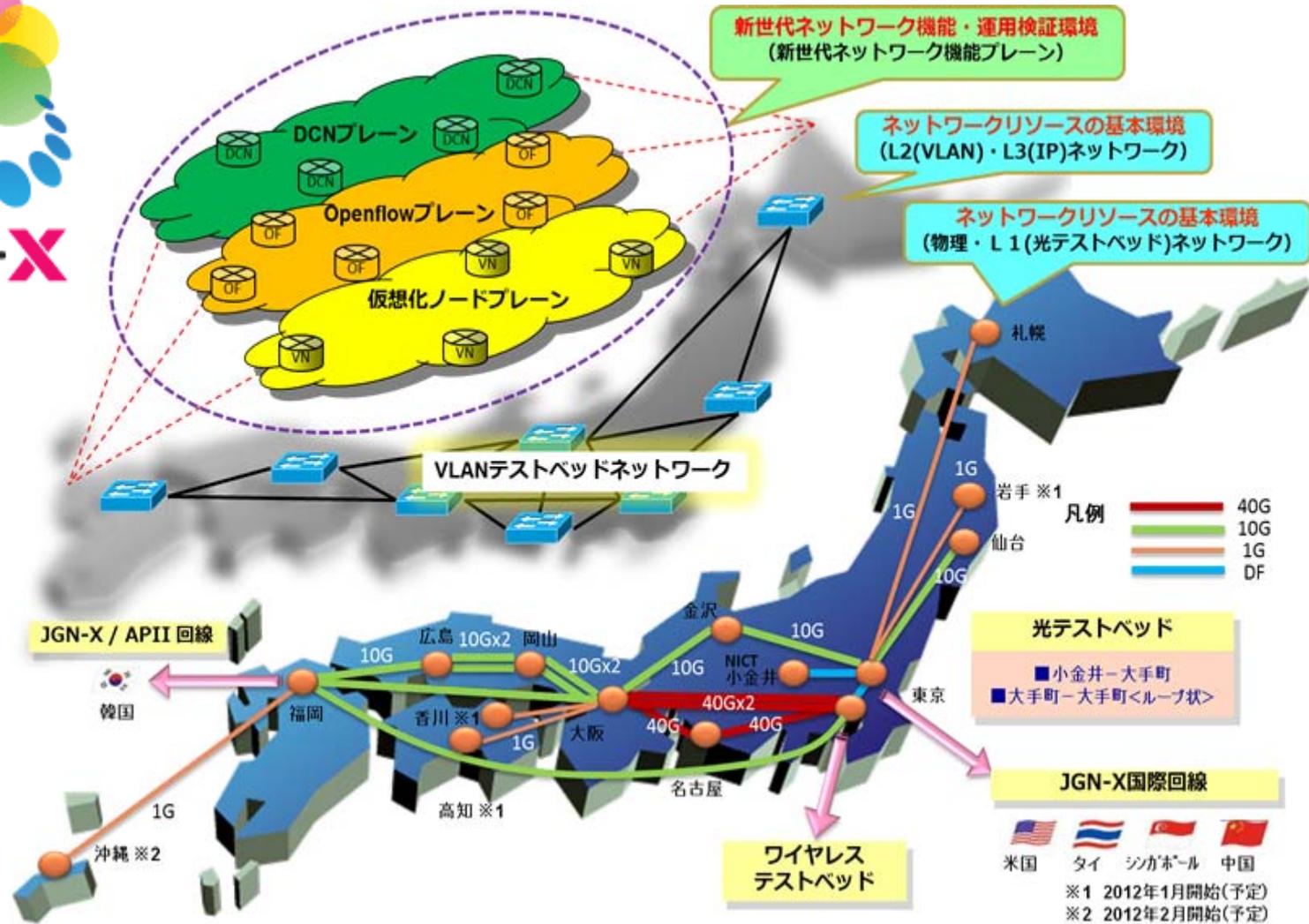
### <X-NET>

- 防災科研(海老名・木更津)
- 中央大、防衛大、山梨大、気象協会
- 防災科研(長岡、つくば)
- 気象研(固体化C-band、X-band)
- NICT (COBRA)
- 北海道大学低温研
- 福島大学
- 名古屋大学(金・銀)
- 大阪大学(BBR、Phased-array)

レーダー観測データの多くは、ネットワーク上でアーカイブ/公開されていない

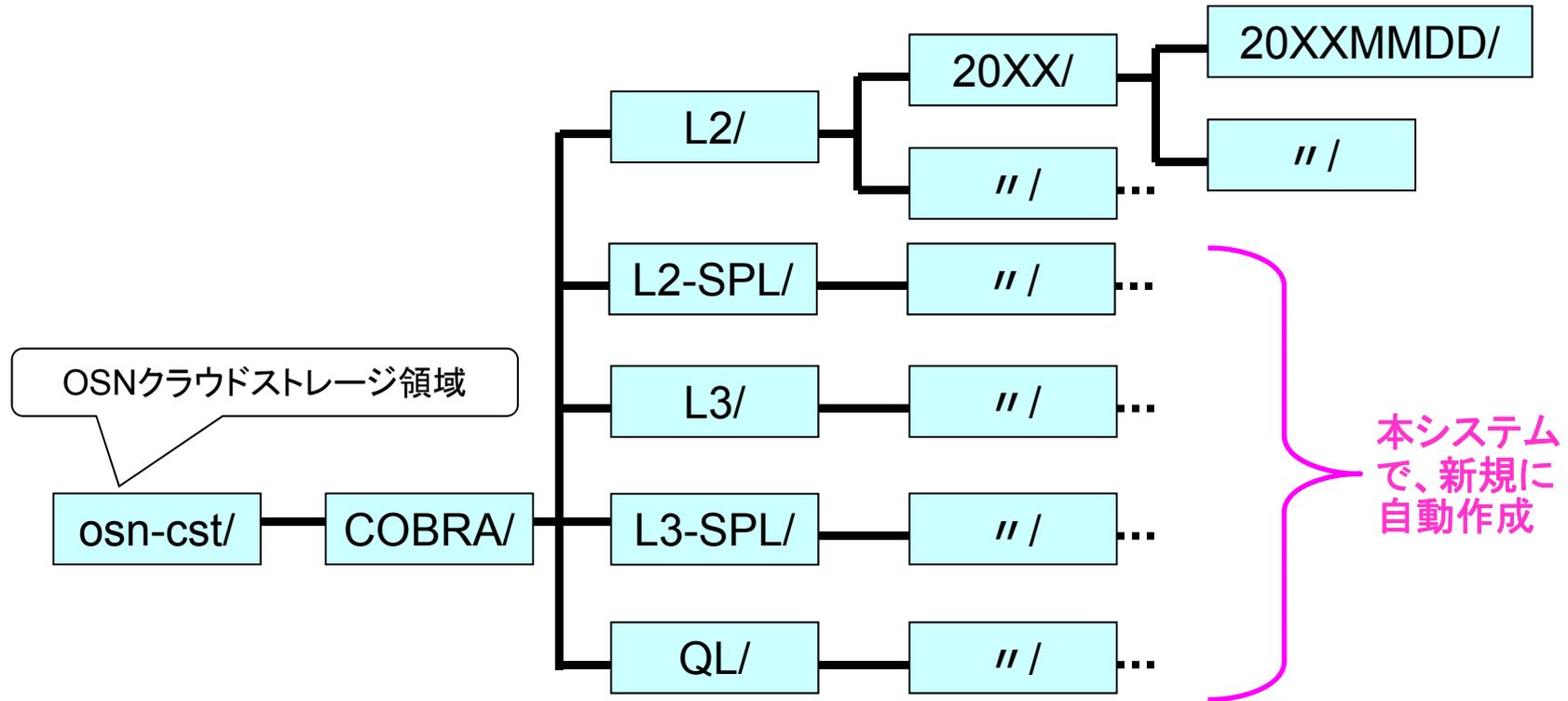


# JGN-X (New Generation Network Testbed)



JGN (H11~) ⇒ JGN2 (H16~) ⇒ JGN2 plus (H20~) ⇒ JGN-X (H23~)

# COBRAデータアーカイブ

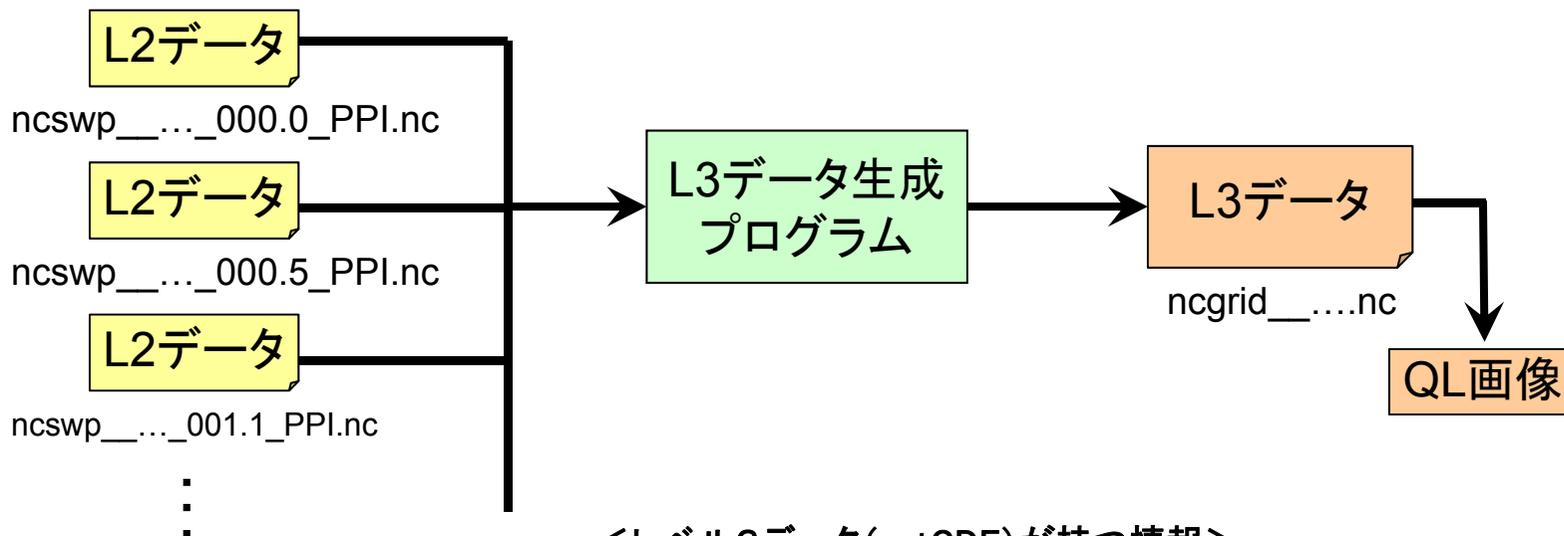


L2 : レベル2データ(netCDF)用ディレクトリ    L3: レベル3データ(netCDF)用ディレクトリ  
 L2-SPL : L2管理データ用ディレクトリ        L3-SPL : L3管理データ用ディレクトリ  
 QL : クイックルック画像用ディレクトリ ← 電脳Rubyを使ってL3-netCDFファイルの水平・鉛直画像を自動作成

レベル2管理データ(ファイル名規則) ⇒ ファイル名が収録されたXMLファイル(L3作成にも利用)

ncswp\_\_20100831\_170000-20100831\_173000.xml  
 開始日付(yyyymmdd) 開始時刻(hhMMss) 終了日付(yyyymmdd) 終了時刻(hhMMss)

# COBRA level-3 (netCDF) data



収録変数を限定する  
ことで、データ容量を  
減らし、データハンド  
リングを容易にする

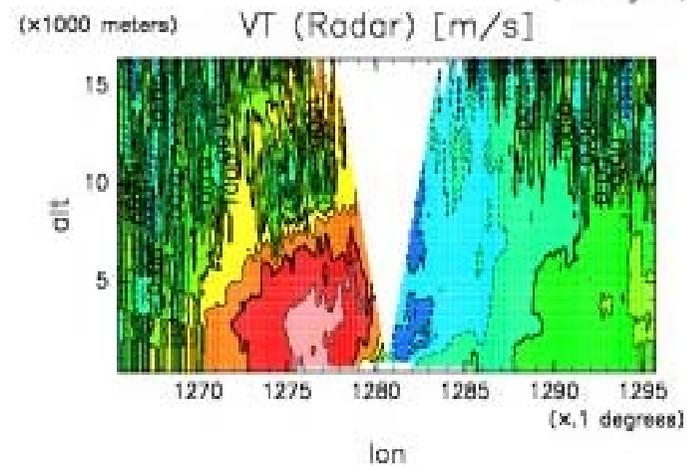
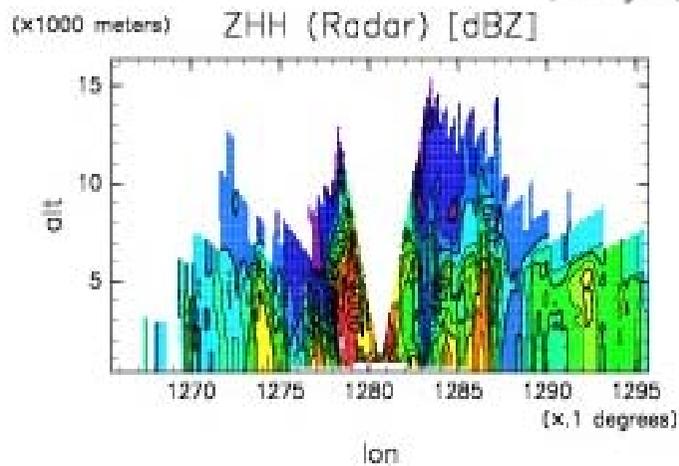
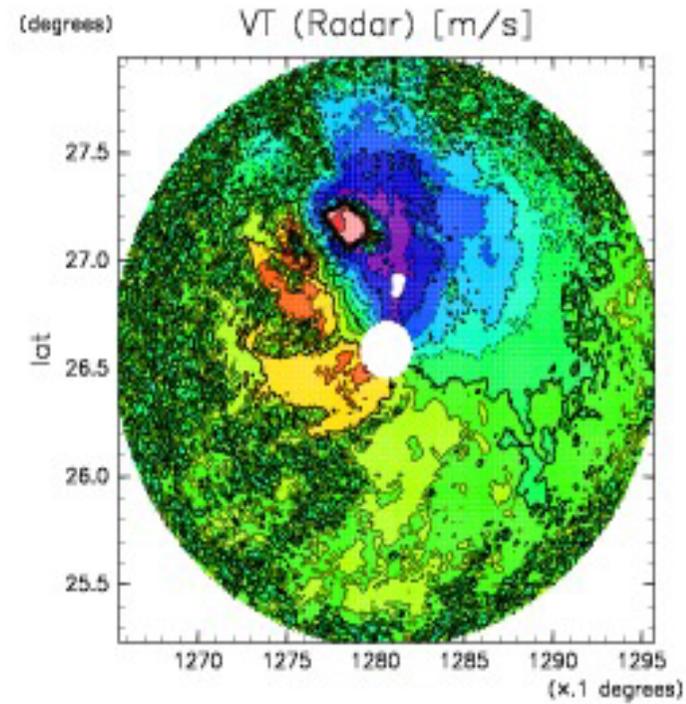
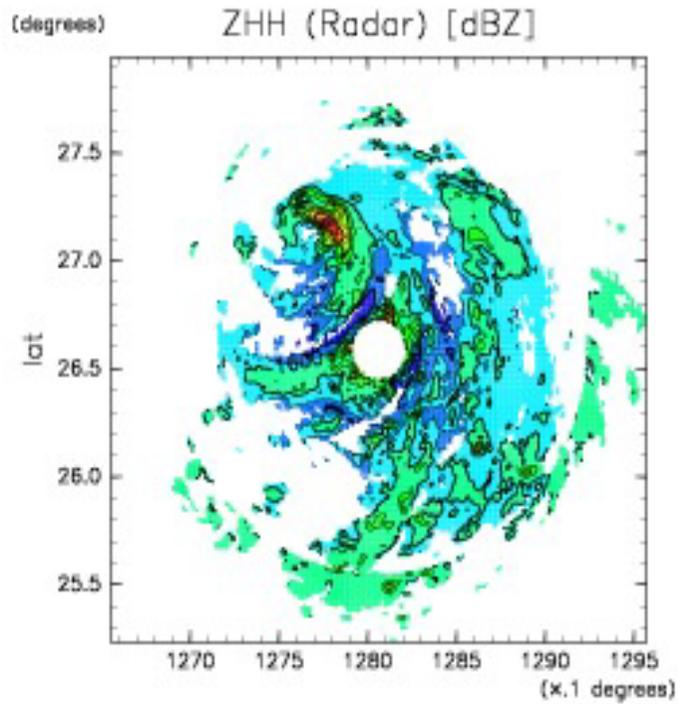
## <レベル3データ(netCDF)が持つ情報>

- 以下の三つの次元を座標変数とする。— レーダからの距離座標も収録
  - LatitudeDimension (緯度座標)
  - LongitudeDimension (経度座標)
  - AltitudeDimension (高度座標)
- 以下の三つの変数を三次元情報として所持する。
  - ZE\_3D (反射強度): レベル2の VT0 または VE0
  - VD\_3D (ドップラー速度): レベル2の ZHH0 または ZVV0
  - NCP\_3D (ノイズ情報/速度分散): レベル2データのNCP0
  - その他、レベル2に含まれる観測パラメータ情報などを持つ。

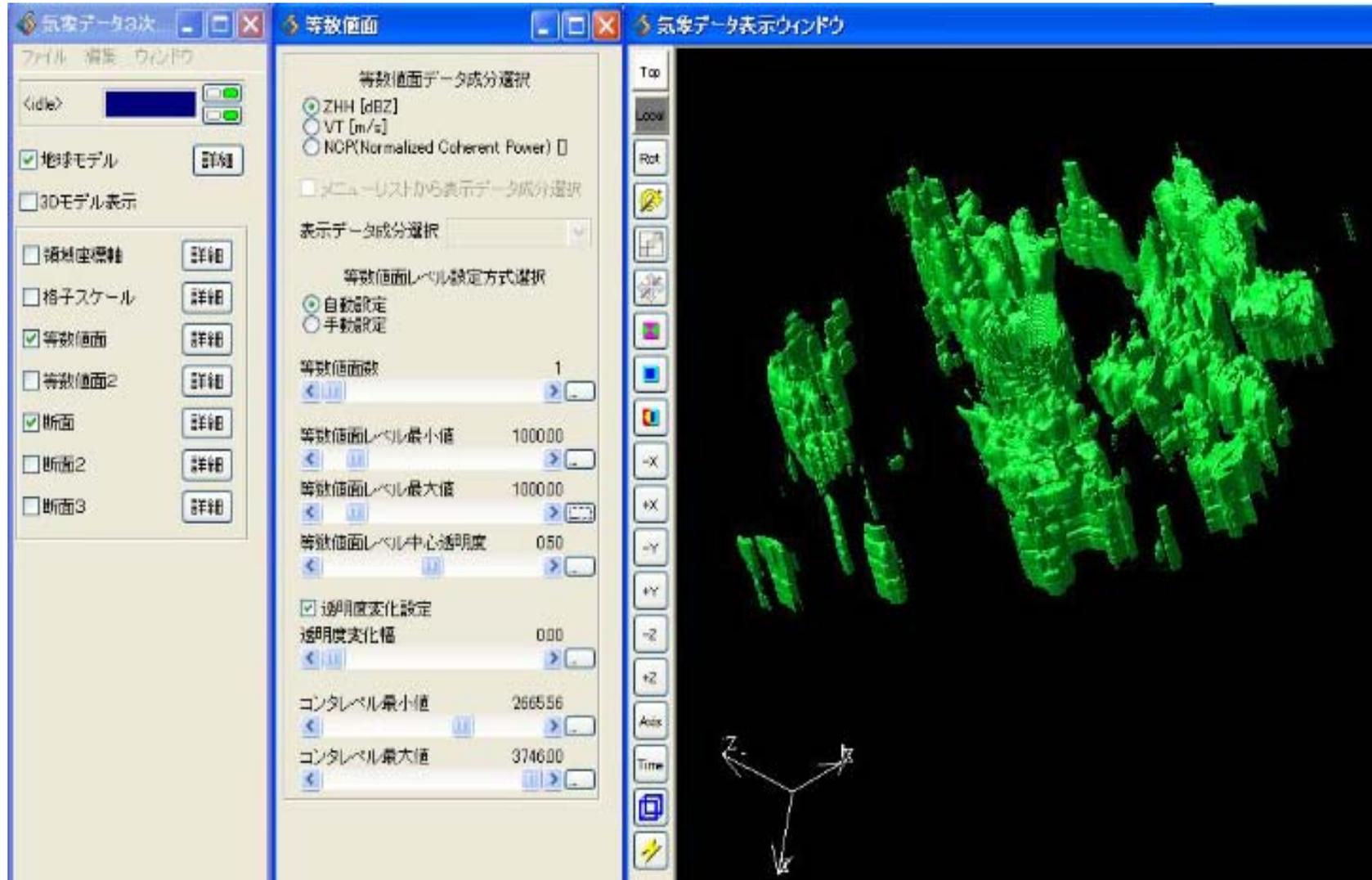
## レベル3データ(ファイル名規則)

ncgrid\_\_20100831\_170510\_2500N-2800N\_12600E-12800E\_000-100.nc  
 日付(yyyymmdd) 時刻(hhMMss) 緯度(x.xx~y.yy) 経度(x.xx~y.yy) 高度(x.x~y.y[km])

# COBRA L3 QL画像 (サンプル)



# 3次元可視化ツール (開発中)



# アンテナ設置作業 (5月18日)



梱包された  
アンテナ部と  
ペデスタル



木漏れ日の美しい  
レドーム表面には、  
超機水塗料



120tクレーン





アンテナ  
取付部



上空の強風  
( $\sim 5$  m/s)  
で流される

ペDESTAL  
は約1000 kg



毛布に包まれ  
たアンテナ部  
(500 kg)が  
無事上がる



# レドーム吊り上げ



梯子は後では入らない！人は木蓋を取ると出入り可





ラックなども吊り上げて、最後には自らを解体するクレーン



一応、360° パノラマ、左下写真の15階ビルは低仰角でシャドーになる可能性大

- 10～30秒間で3次元空間を隙間なく観測できるフェーズドアレイ気象レーダーシステムを開発中。
- 現在、大阪大学吹田キャンパスにてレーダー設置・調整作業中、7月には試験観測を開始予定。今年度中は検証実験という位置づけだが、できるだけ早期にデータ公開を行いたい。
- 早期実用化・普及を目指して高速3次元観測データの有効な利用方法を検討している。
- 大容量の観測データをリアルタイム処理するためにJGN-XおよびNICTサイエンス・クラウドを利用したデータ解析・保管・公開システムの開発を開始。