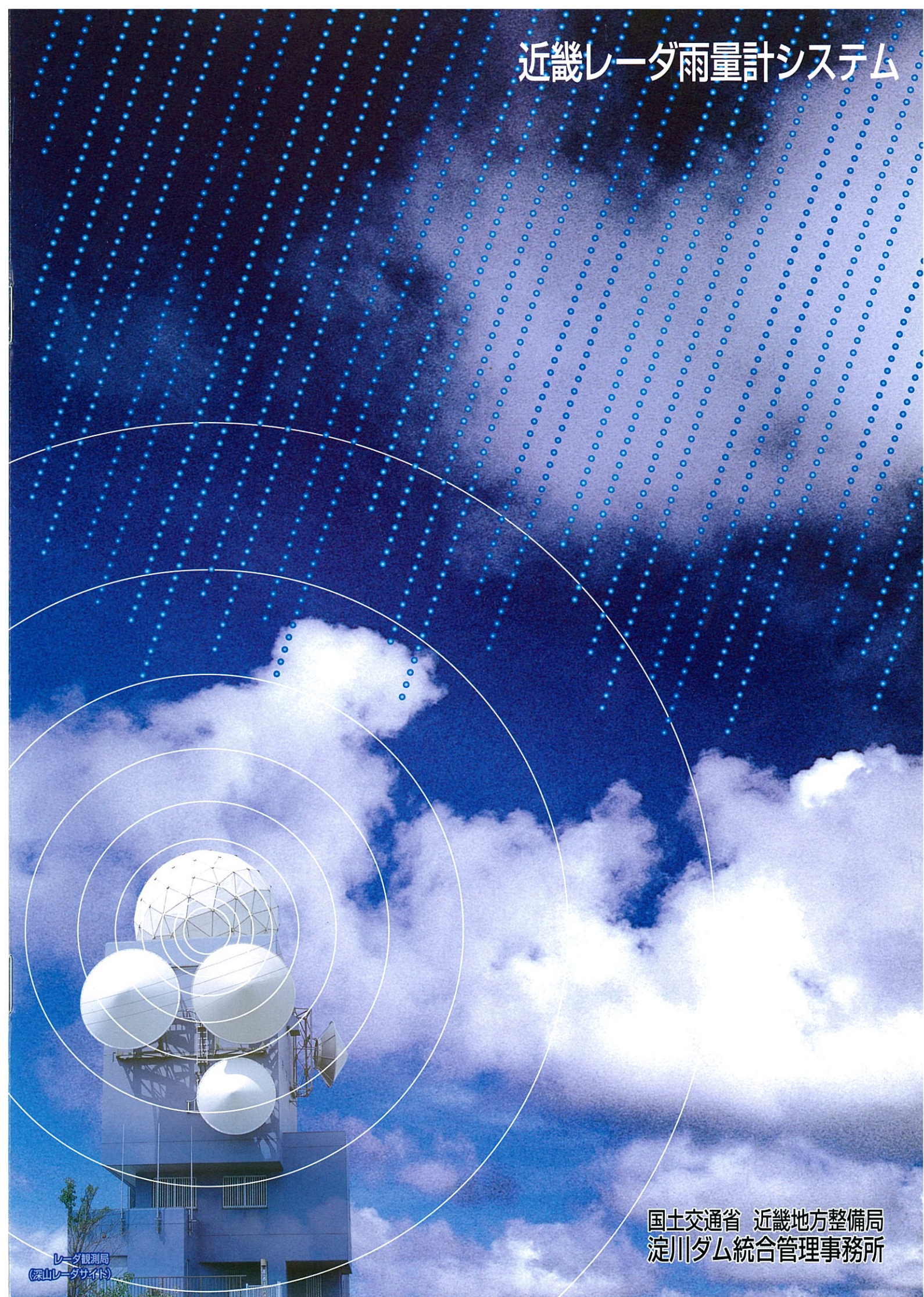


# 近畿レーダ雨量計システム



国土交通省 近畿地方整備局  
淀川ダム統合管理事務所  
〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町10番1号  
TEL(072)856-3131(代)



レーダ観測局  
(深山レーダサイト)

国土交通省 近畿地方整備局  
淀川ダム統合管理事務所

# レーダによる雨量観測の概要

## 1.レーダ雨量計システムの概要

レーダによる雨量観測は、アンテナを水平方向に回転させながら1秒間に数百回のパルス状電波を発射することによって観測されます。発射された電波は、雨滴などの反射目標にあたり反射波（エコー）として帰ってきます。

レーダ雨量は、このエコー強度と降雨強度の間に一つの比例関係式（レーダ方程式）が成立することを利用して、降雨観測を行うもので、レーダ雨量計システムは、見通しの良い山頂に設置したレーダと解析処理のためのコンピュータをオンラインで結び、エコーデータを電波の発射方向及びレーダからの距離に従って雨量強度に変換します。このように全方向からのエコーを処理することにより、

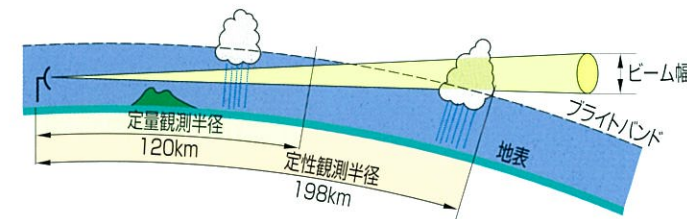
降雨現象を平面的、連続的に観測するものです。

エコーは、雨滴粒子のばらつき、動き等により常に変動しているため、一定空間内から反射されてくるエコーごとに平均化を行ったのち、コンピュータ処理により降雨強度に変換します。

降雨強度データは、観測者が特殊な解析技能を必要とすることなく、現象を定量的及び定性的に把握することができるような画面で表示するとともに、河川、ダム、道路等の各管理業務に即した形で表示、利用するものです。

## 2.レーダ観測範囲

レーダ雨量計システムによる雨量測定を精度を上げるためには、レーダ方程式中の諸条件を運用面でいかに理想状態に近づけるかが前提条件となります。その一つにレーダビームの仰角と観測範囲があり、レーダビームは、光と同じように直進性を有するとともに、ある程度の広がりをもっています。



一方観測範囲内の地形条件、地球の曲率等があり、次に掲げる前提条件により観測範囲が決定されます。

- (1) 山岳等でレーダビームが遮蔽されることなく、できるだけレーダビームの全体積から降雨エコーが反射されてくること。
- (2) 降雨粒子が、氷から水に変わる層（ブライツバンド）以下にレーダビームがあること。（ブライツバンドの高さは、一般的に夏場で9km、冬場で4km程度である）

これらの前提条件の概念は、上図のとおりであり、レーダで降雨測定を行う場合のビーム高度がブライツバンド以下にあれば、その測定値は地表付近の値とほぼ一致します。

以上のことから、観測範囲は、ビーム仰角、地球の曲率及びブライツバンド

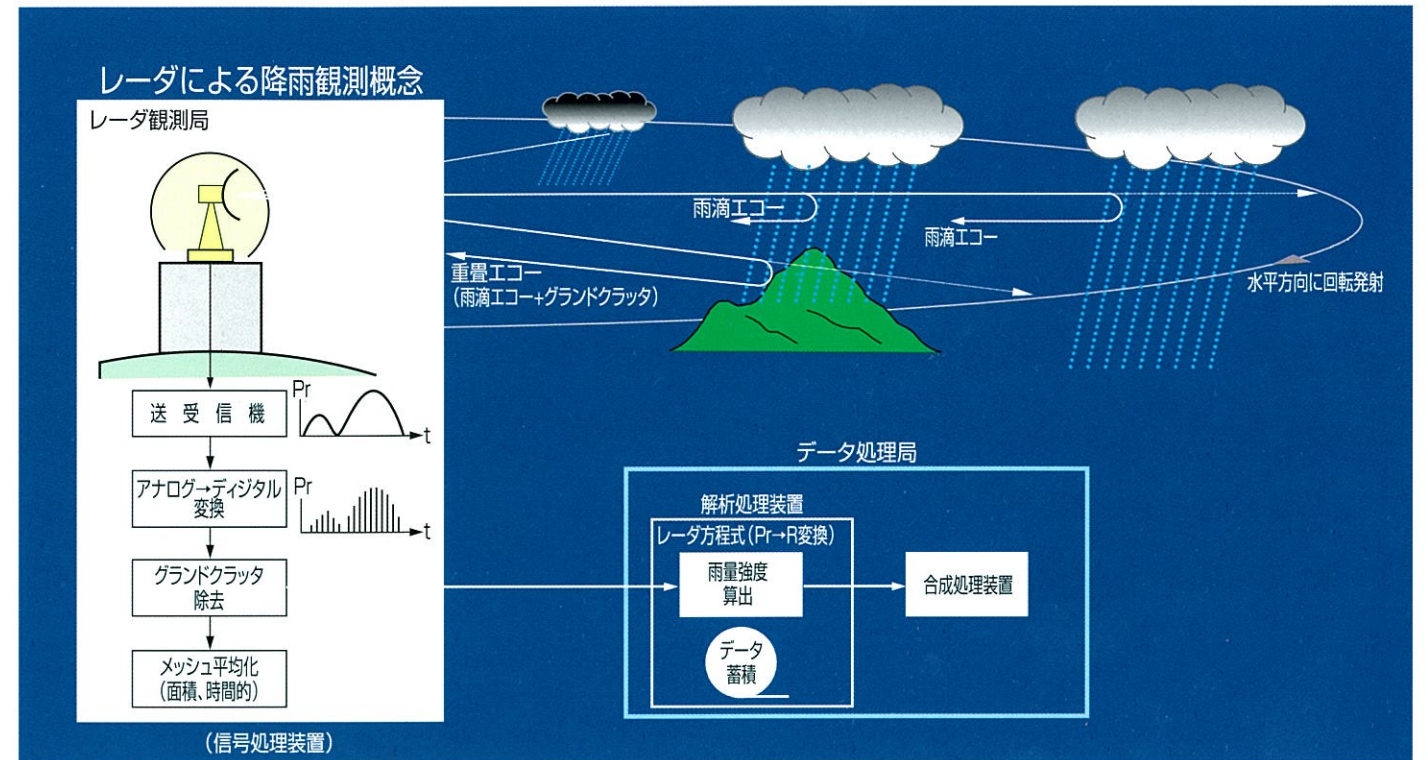
イトバンド高度から決定され、レーダビームがブライツバンド以下にある半径の範囲内を、定量的（降雨強度をミリメートル単位）に測定する定量観測範囲としています。

また、前述の前提条件を十分満足しなくても、半径198kmまでは概略の降雨強度、雨域の分布、移動状況等の定性観測が可能とされています。

ブライツバンドの高度は、季節によって4km~9km程度の間で変化しているため、定量観測範囲も夏場は広くとることが考えられますが、四季を通してのブライツバンド高度及びその他の条件を考慮して、一般的に定量観測範囲は、半径120kmとしています。



# 近畿レーダ雨量計システム



## 1.データ処理の流れ

### (1)レーダ観測局

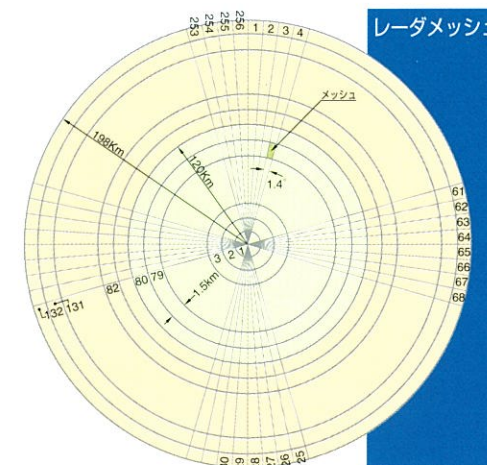
受信装置で雨滴からの反射電波を、電気信号（アナログ値）に変換、増幅した後、信号処理装置に送る。信号処理装置では、距離補正（距離による減衰等の補正）を行った後、デジタル値に変換されます。

デジタル値に変換された信号はMTI処理によりグランドクラッタの除去を行った後、距離方向1.5km、方位方向360°/256分割毎に平均処理を行います。このメッシュ構成毎に処理されたデータが基本生データとなり、決められた伝送フォーマットに従いデータ処理局（解析処理装置）に伝送されます。

### (2)データ処理局

解析処理装置では、信号処理装置から受けた基本生データを減算処理した後、レーダ方程式により雨量強度に変換し、雨量強度生データとして生成し、合成処理装置を経由して全国合成局（関東、近畿）へ送られます。

全国合成局で合成処理されたデータを合成処理装置で受信し端末装置用のデータに変換し各端末局へ配信しています。



## 2.グランドクラッタの除去方法

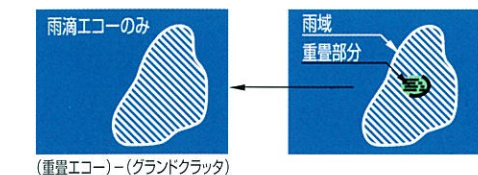
地上に設置されたレーダの場合、空間に存在する反射目標からのエコーの他に、山岳・建築物などからのエコーが複雑に重畳した信号を受信します。この地上からのエコーをグランドクラッタと呼び、降雨観測を正確に行うためには不要なものとして除去する必要があります。このグランドクラッタ除去手段として、以下の二つの方法で実現しています。

### (1)ノンコヒーレントパルスMTI

降雨からの反射エコーは、絶えず変動しており統計的にはレーレ分布によって表され、送信パルス間におけるエコー信号の振幅差とレーダ方程式で与えられるレーダ受信強度との間には定量的な関係が成立しています。一方、固定物からの反射エコーは送信パルス毎に変わらず一定振幅なので、次の送信パルスに対する反射エコーとの差をとると常に零となって出力は現れません。従って、グランドクラッタは除去され降雨情報だけが抽出されることとなります。

### (2)減算処理

グランドクラッタは、固定物からの反射波であるため、そのエコー強度は常にほぼ一定であることに着目して、晴天時に観測範囲内の各グランドクラッタをその位置とともに収集しておきます。次に降雨時の観測においては上記の概念図に示すように、グランドクラッタがある場所のエコーは、降雨からのものと地上からのものが重畳したかたちで反射されてきていますので、先に収集しているグランドクラッタ分を差し引くことによって降雨からのエコーのみを検出します。

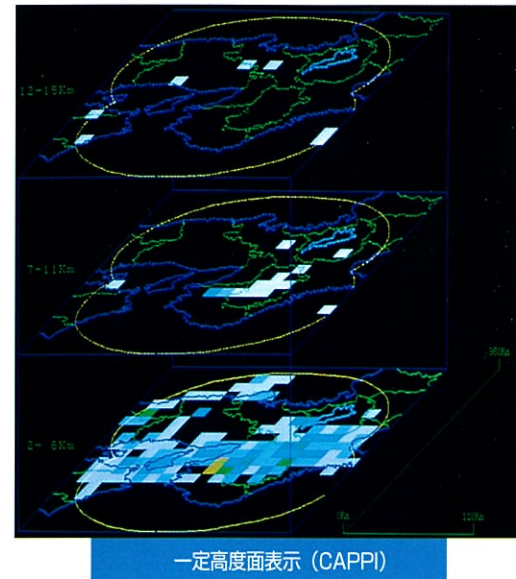
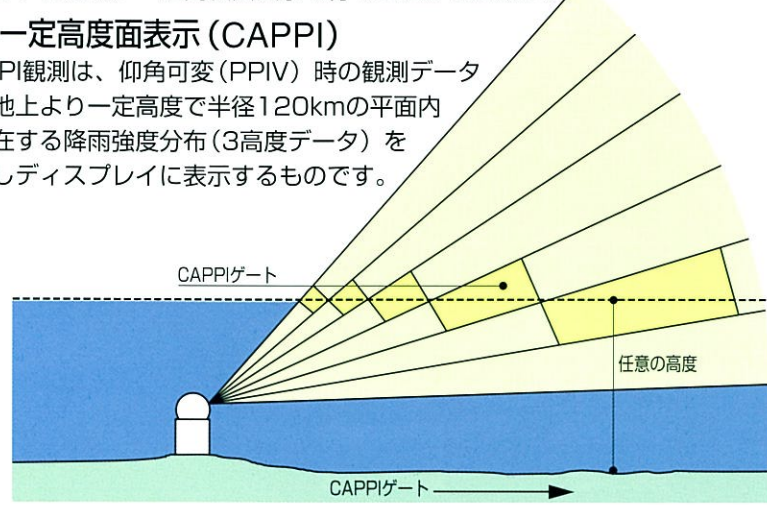


### 3. その他の観測

近畿レーダ雨量計はアンテナ仰角を可変にしてデータを収集しているため、一定高度面表示を行うことができます。

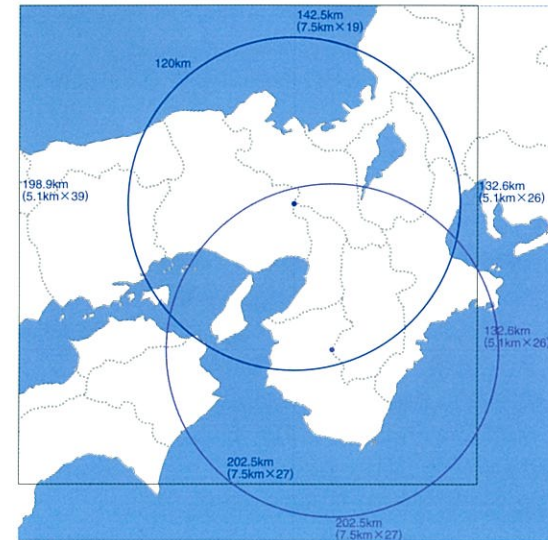
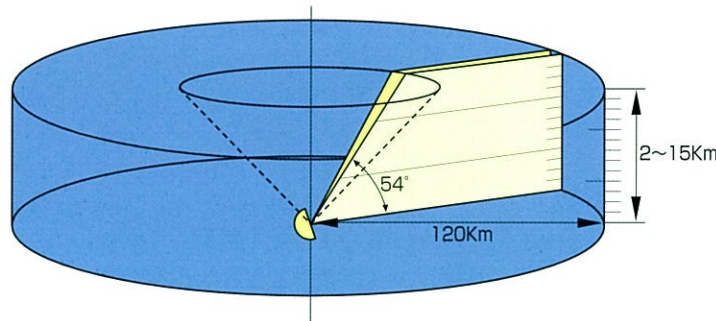
#### (1) 一定高度面表示 (CAPPI)

CAPPI観測は、仰角可変 (PPIV) 時の観測データから地上より一定高度で半径120kmの平面内に存在する降雨強度分布 (3高度データ) を抽出しディスプレイに表示するものです。



#### (2) 仰角可変観測方法 (PPIV)

PPIV観測は、120km以内の垂直断面内の降雨強度高度分布データを抽出するため、24仰角 (1°~54°の間) 観測を行います。その観測データから、下層 (2~6km高度)、中層 (7~11km高度)、高層 (12~15km高度) の3高度データを作成します。



#### (3) ドップラー観測

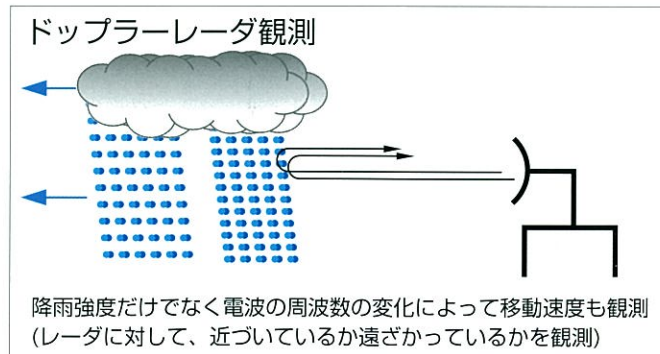
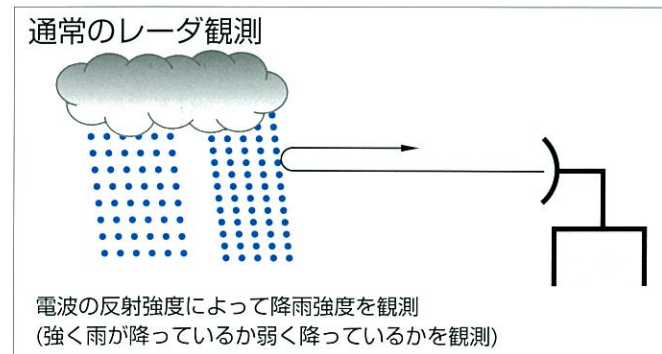
アンテナから放射された送信波は、降雨の移動、落下等によりドップラー効果の影響を受けている。

そのことに注目し、雨滴からの反射波の周波数成分を抽出し、雨滴の移動速度を検出しているのがドップラー観測です。

風向風速分布を降雨予測、移流補正に利用するために観測領域

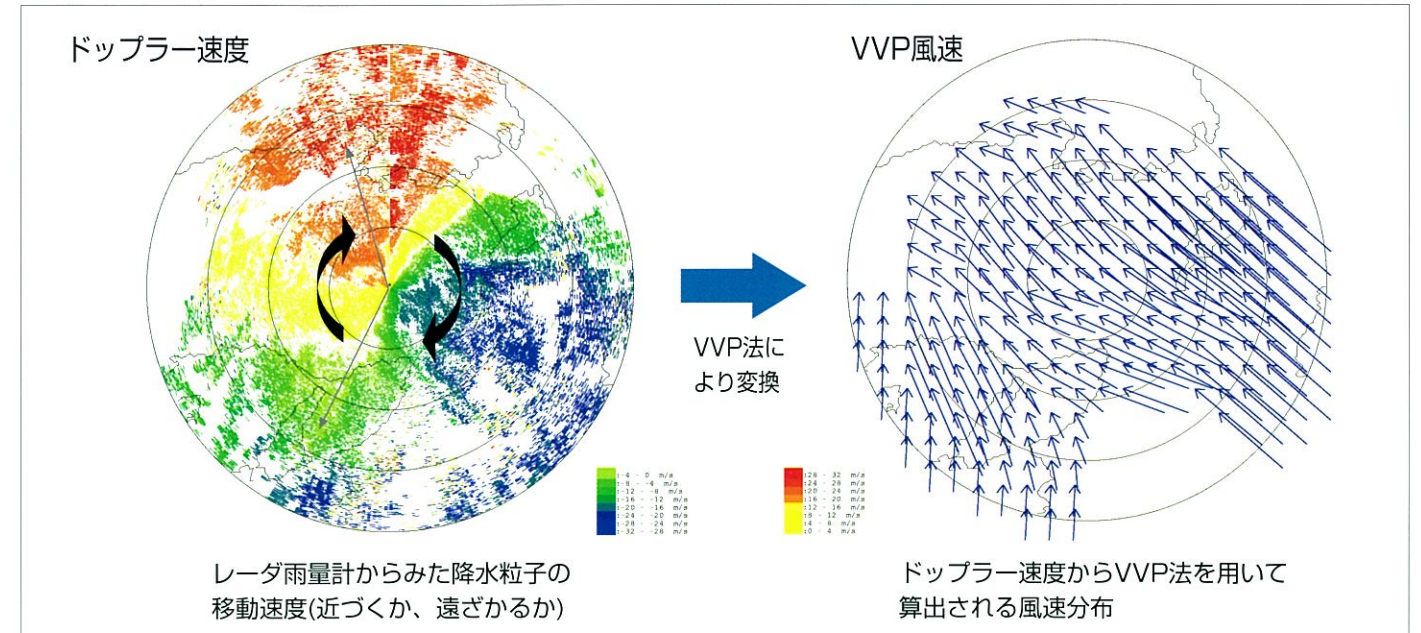
域内で、できるだけ細分化していることが必要であるため、※VVP法による風向風速算出方式を採用しています。

※VVP法/多仰角観測の結果、立体的に得られたドップラー速度を元に、観測領域中のある単位空間において一様風を前提に観測領域全体にわたる風向風速の分布を推定する手法。



### VVP風速

VVP法とは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



### 4. レーダ定数検定システム

レーダ雨量計の観測精度を決めるものに、レーダ受信電力より雨量強度に変換するためのデータ処理があります。この変換はレーダ方程式と呼ぶ変換式によって行われており、これに用いる定数によって観測値は大きく異なります。一般に、この定数は精度の高い地上雨量観測の値と比較検討され相対精度を充分確保できる値に固定されています。

このレーダ定数の固定作業には膨大な時間と労力を必要とし、本システムでも今後更に観測精度を向上させてゆくには継続的に検討を行う必要があります。

レーダ定数検定システムとは、レーダ雨量計システムよりレーダ観測情報をデータ処理サーバに伝送し、ここで既存のテレメータ雨量観測データと比較解析しレーダ定数検討作業の効率かつ省力化を図るとともに運用中のレーダ雨量計システムの観測精度のモニタリングを容易にするものです。

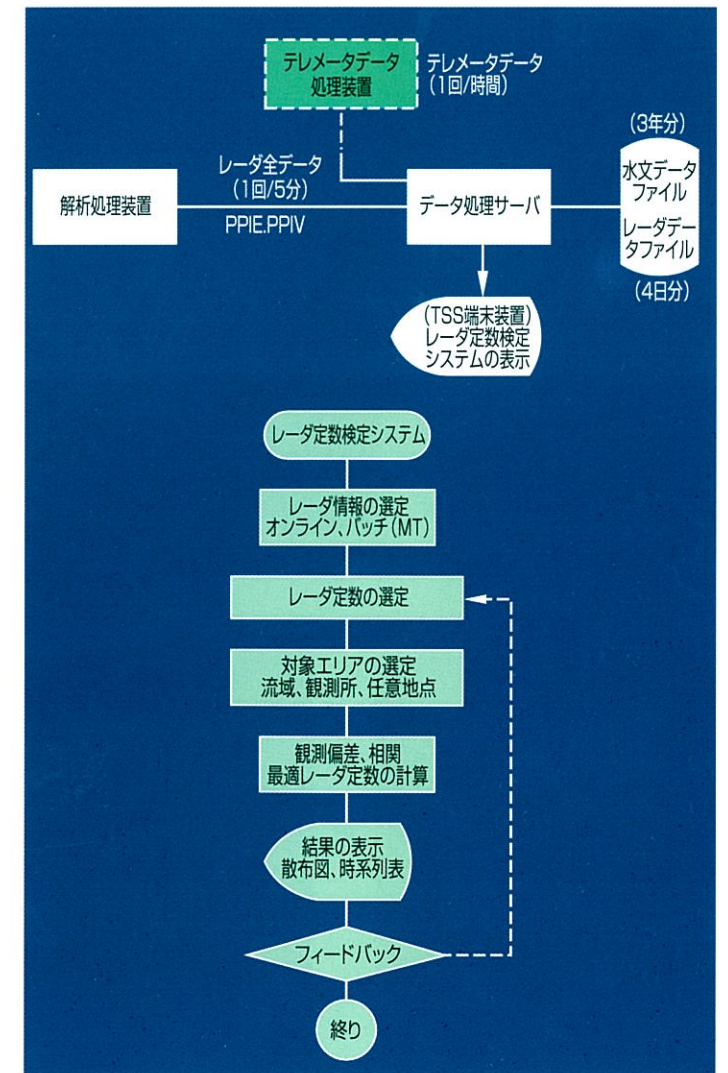
#### 近畿レーダ雨量計システム

近畿レーダ雨量計システムでは、5分毎に観測されるレーダ情報は全てレーダ雨量計解析処理装置よりサーバコンピュータに転送、ファイルされます。サーバコンピュータは近畿管内の河川情報処理システムとして、近畿全域の雨量、河川水位等の水文情報を収集記録し、常時保有していますので、最新データと過去のデータを必要とするレーダ定数検定システムの作成を比較的容易にしています。

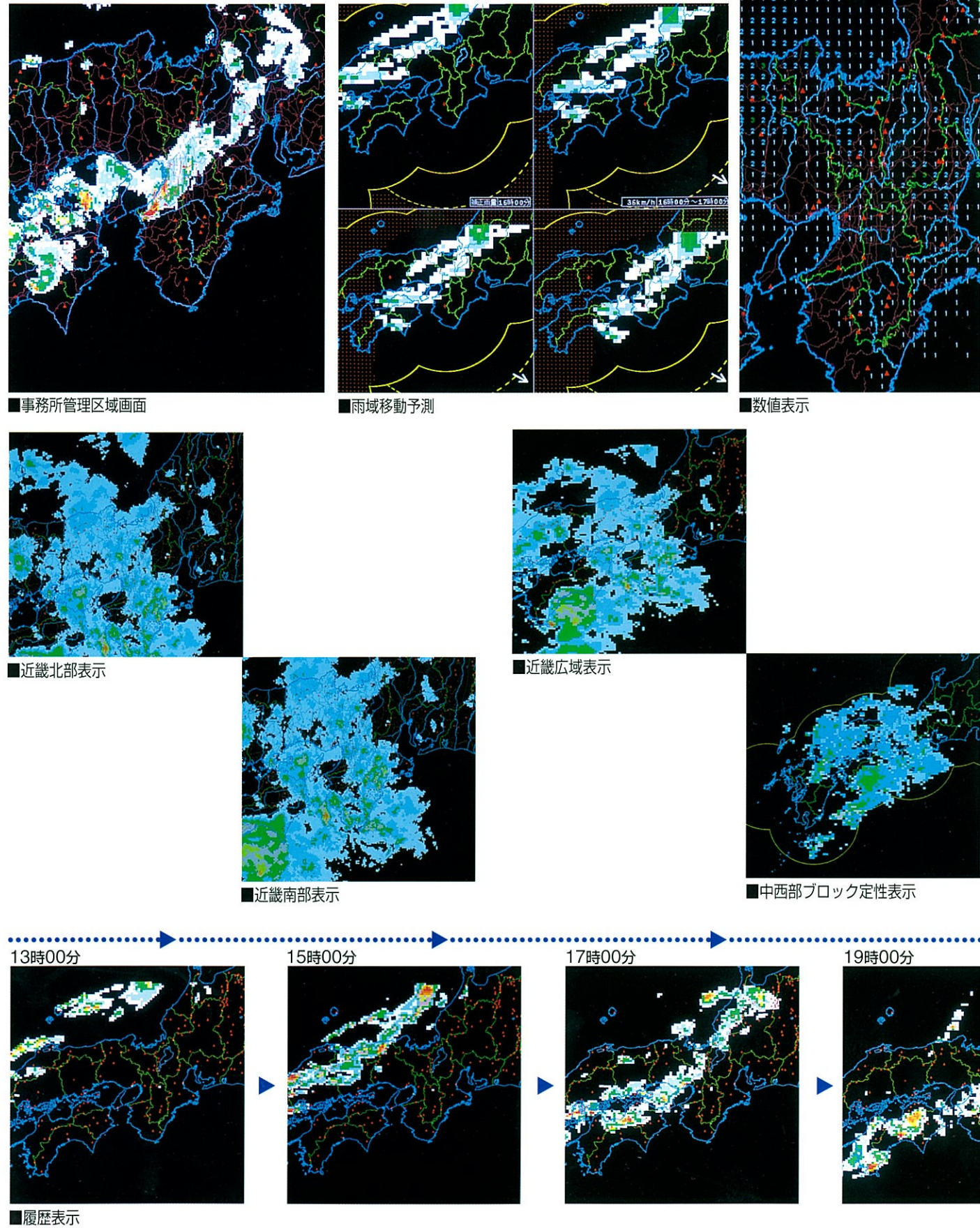
#### レーダ定数検定システム処理の流れ

レーダ定数検定システムの処理の流れは、右記のフローチャートの通りです。基本的にはこの処理は最新データを用いて行うオンラインシステムとして開発されましたが、過去に収集されたレーダ情報を検討することも可能です。(10年以内のテレメータデータのなかで任意のケースの検討が可能)

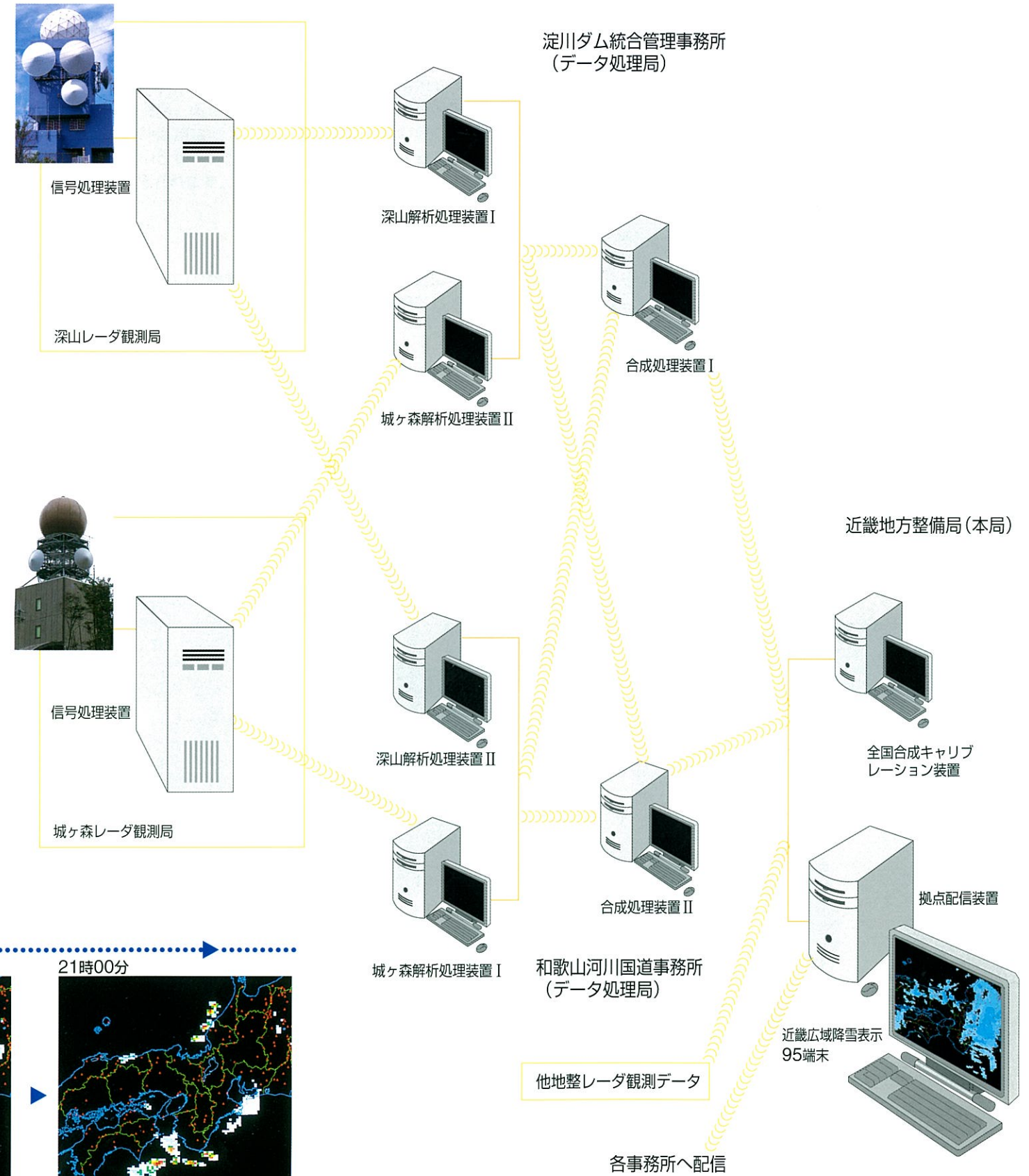
処理内容は河川の小流域単位の流域平均雨量、またはテレメータ観測所 (又は任意地点) の地点雨量をレーダとテレメータの観測偏差、相関及びその降雨に対するレーダ定数の最適値の推定として行います。結果はカラーCRTディスプレイにグラフ表示されます。



## 5.レーダ表示画面例



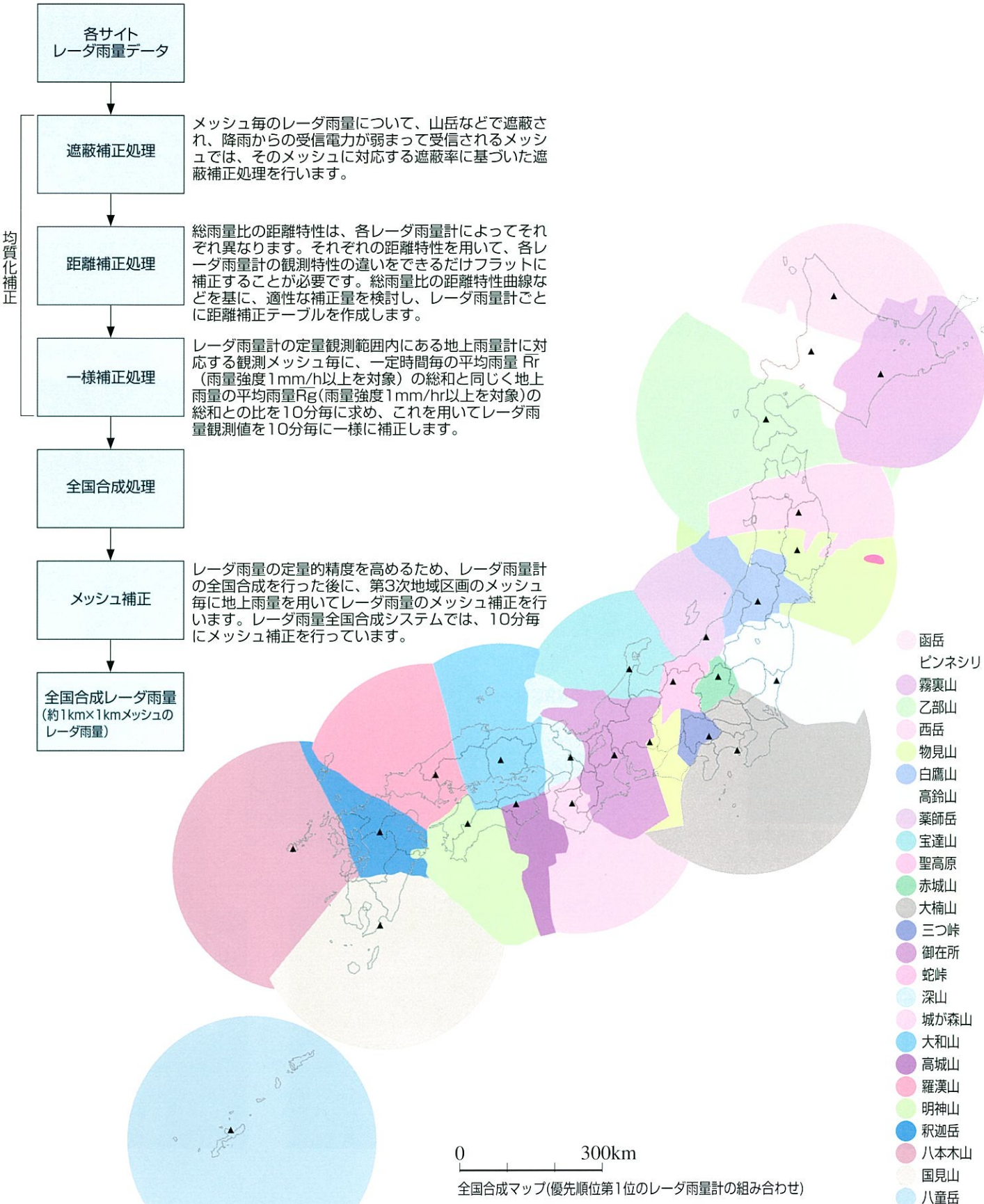
## 6.近畿レーダ雨量計システム機器構成図



# 全国合成システムの概要

## 1. 全国合成方法

全国26基のレーダ雨量計の雨量観測結果は、それぞれのサイトで仰角合成を行った後、全国合成キャリブレーション装置に送られ、合成を行い、時々刻々、地上補正を行った合成レーダ雨量として配信されます。



# レーダ雨量計の利活用

## 1. レーダ雨量画面の提供

レーダ雨量計の利活用新たに開発されたレーダ雨量計全国合成システムでは、定量的に精度の高いレーダ雨量をオンラインで配信したり、オフラインの本文データとして保存することが可能となりました。

これにより、洪水予測やダム管理支援などに使用するオンライン的活用、河川計画流量検討や洪水再現検討等のオフライン的活用など、正確な雨量強度とその分布が求められるというレーダ雨量の特性を生かしたさまざまな利活用が考えられます。

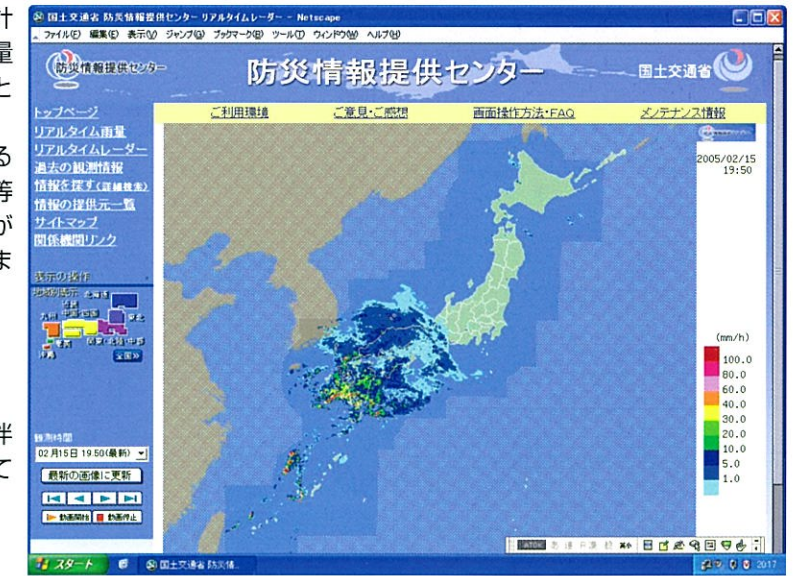
### 防災情報の提供

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、有効な防災情報として提供できます。

国土交通省防災情報提供センター

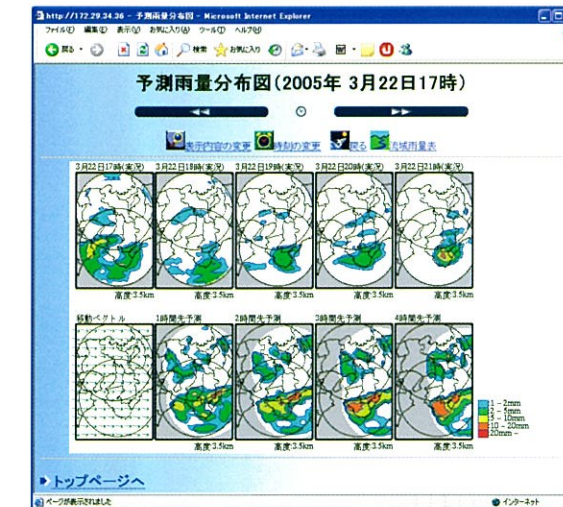
防災情報提供例(国土交通省防災情報提供センター画面)

<http://www.bosaijoho.go.jp>

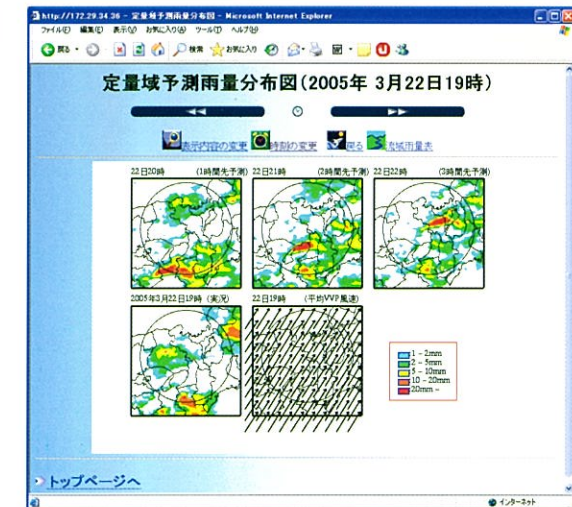


## 2. 新短時間降雨予測システム

深山・城ヶ森山雨量データ、深山VVP風速データ及び気象情報処理サーバに蓄積されるアメダス風速データ、GPVデータを利用して、4時間先までの予測雨量をリアルタイムに計算し、予測雨量を表示します。



物理的予測手法画面例



運動学的予測手法画面例

正確な降水量の把握は、安定した治水事業や道路の安全確保において不可欠なものとなっています。淀川ダム統合管理事務所では、高度な水管理や防災システムからの要望に応え、従来の地上雨量計に比べ、雨を面的にとらえることのできるレーダ雨量計システムを昭和56年7月、和歌山工事事務所では、平成5年4月より本格的に運用開始いたしました。

その後、さらなる高度化を実施し、現在では、近畿レーダ雨量計システムとして、深山レーダと城ヶ森レーダ観測データを合成処理することにより、近畿の全域において、局地的な集中豪雨はもとより、広域的な降雨状況、雨域の広がり、移動方向、速度、強度などの詳細な情報を提供できるシステムとして運用しています。ダムや河川における洪水対策、道路における災害予知などに迅速で的確な対応を可能にする情報を提供し続けています。

■レーダ観測局・データ処理局の主な機器構成

| 項目                |           | 深山レーダ雨量計                        | 城ヶ森レーダ雨量計               |              |
|-------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------|--------------|
| レーダ空中線            | 位置        | 北緯(° ' ")                       | 35° 02' 18"             | 34° 01' 58"  |
|                   |           | 東経(° ' ")                       | 135° 22' 48"            | 135° 30' 39" |
|                   | 標高(m)海拔高  | 804.7                           | 1290.85                 |              |
| 空中線運用             | 偏波の方向     | 垂直                              | 水平                      |              |
|                   | 仰角変更      | 有り                              | 有り                      |              |
|                   | 運用仰角      | PPIf                            | 2仰角                     |              |
|                   | 回転数(rpm)  | PPIf                            | 5                       |              |
| 複数仰角合成処理 (PPIf)   |           | PPIv                            | 10                      |              |
|                   | 仰角1(°)    | 0.4                             | 0.0                     |              |
|                   | 仰角2(°)    | 0.8                             | 0.3                     |              |
| 特殊仰角運用            |           | 行っていない                          | AZ=53.4~132.2 : EL2=1.0 |              |
| 観測範囲              | 定量        | ~120Km                          | ~120Km                  |              |
|                   | 定性        | 120~198Km                       | 120~198Km               |              |
|                   | 監視        | なし                              | 198~300Km : AZ90~270°   |              |
| 方位方向メッシュサイズ       | (度)       | 定量範囲                            | 360/256                 | 360/256      |
|                   |           | 定性範囲                            | 360/256                 | 360/256      |
|                   |           | 監視範囲                            | なし                      | 360/256      |
| 距離方向メッシュサイズ       | (Km)      | 1.5                             | 1.5                     |              |
| 観測メッシュ数           | 定量範囲      | 20480                           | 20480                   |              |
|                   | 定性範囲      | 13312                           | 13312                   |              |
|                   | 監視範囲      | なし                              | 有り                      |              |
| C項目関連項目           | 空中線径(m)   |                                 | 4                       | 4            |
|                   | 送信電力(Kw)  | Pt                              | 250                     | 250          |
|                   | 波長(cm)    | λ                               | 5.7                     | 5.64         |
|                   | 周波数(MHz)  |                                 | 5260                    | 5320         |
|                   | パルス幅(μs)  |                                 | 2.5                     | 2.0          |
|                   | 誘電係数      | $1/(\epsilon-1)/(\epsilon+2)^2$ | 0.93                    | 0.93         |
|                   | 空中線利得(dB) | G(垂直)                           | 44.09                   | -            |
| G(水平)             |           | -                               | 44.97                   |              |
| 距離補正の取扱い          | 正規化距離(Km) | 120                             | 120                     |              |
| 途中減衰              | 補正範囲(Km)  | 0~198                           | 0~198                   |              |
| 最小受信電力(dBm)       | 大気(片道)    | Ka(dB/Km)                       | 0.01                    | 0.01         |
|                   |           | smin                            | -110                    | -110         |
| ダイナミックレンジの終端(dBm) |           | -46                             | -46                     |              |
| ビデオ振幅量子化(μs)      |           | 1.25                            | 1.25                    |              |
| メッシュ平均            | 距離平均      |                                 | 8                       | 8            |
|                   | 方位平均      | 定量範囲                            | 14                      | 18           |
|                   |           | 定性範囲                            | 14                      | 18           |
|                   | 時間平均      | 定量範囲                            | 112                     | 144          |
| 定性範囲              |           | 112                             | 144                     |              |
| サンプル数             |           | 4                               | 4                       |              |
|                   |           | 1                               | 1                       |              |
| レドーム直径(m)         |           | 7                               | 7                       |              |
| パルス繰り返し           | 強度観測時     | (pps)                           | 330                     | 420          |
|                   |           | PPIf                            | 5                       | 5            |
| 観測周期(分)           |           | 7.5                             | 7.5                     |              |
|                   |           |                                 |                         |              |
| マグネトロン形式          |           | 同軸型                             | 同軸型                     |              |
| 監視及び処理を行う場所       | 監視局       | 淀川ダム統合管理事務所                     | 和歌山河川国道事務所              |              |
|                   | 処理局       | 淀川ダム統合管理事務所/和歌山河川国道事務所          |                         |              |
|                   | 合成局       | 淀川ダム統合管理事務所/和歌山河川国道事務所          |                         |              |
|                   | 配信局       | 近畿地方整備局                         |                         |              |
| 免許の番号             |           | 近第75968号                        | 近第84700号                |              |
| 機器型式              |           | RC-54F                          | RC-54E                  |              |
| 送信機の製造年月日         |           | 平成6年3月                          | 平成3年3月                  |              |
| クラッター除去方式         |           | MTI/減算                          | MTI/減算                  |              |
| メーカー名             |           | 三菱電機                            | 三菱電機                    |              |