

気象レーダ データ解析・配信システム

Weather Radar Data Analysis and Data Distribution Systems

打田 洋一郎
UCHIDA Yoichiro

高幣 和明
TAKAHEI Kazuaki

上西 範久
UENISHI Norihisa

気象レーダから得られた観測データに対して、コンピュータによる様々な解析が行われ、天気予報、道路管理、ダム管理、河川管理、落雷事故対策、防災対策などのための重要な情報源として広く利用されている。近年、ネットワーク技術の発達により、従来に比べはるかに大量のデータ伝送や、ユーザーに使いやすい情報の提供ができるようになった。当社では、気象レーダシステムメーカーとして、レーダ機器だけでなくレーダ観測データの解析・配信システムを開発し、納入している。

With computer post-processing, the observed data from weather radar are widely utilized for weather forecasts, road management, dam control, river control, countermeasures against lightning accidents and natural disasters, and various other fields. Recent advancements in network technology have enabled the transmission of much larger volumes of data and the provision of easy-to-use information to users.

As a weather radar system manufacturer, Toshiba has been supplying weather radar data analysis and data distribution systems as well as the radar equipment.

1 まえがき

気象レーダは、ペンシルビーム状の電波を放射し、雨滴や氷晶に反射して戻ってくるまでの時間と反射電波の強さを計測して、雨域の位置と量を測定する装置である。雨滴の分布を観測する気象観測装置としては、この気象レーダのほかに地上雨量計や“ひまわり”などの気象衛星がある。これら装置の特徴を表1に示す。

気象レーダで得られるデータは、気象エコーの受信電力である。初期の気象レーダでは、これを直接PPI(Plan Position Indication)表示装置に表示していた。今日では、デジタル化処理技術及び計算機能力の進歩により、受信電力値をデジタル化し各種の処理を行うことで、単純なPPI表示より使いやすい気象情報が作成できるようになった。

作成した気象情報は、ネットワークを経由して端末に配信され、天気予報・防災対策などに広く利用されている。

2 気象レーダシステムにおけるデータ処理の過程

一般的に、気象レーダの観測データは以下の過程を経て処理が行われている。

2.1 信号処理

受信装置で受信した気象エコーをデジタル化する。この信号は、雨滴や氷晶のエコーだけでなく、他のレーダからの混信や地形エコーなども含まれているため、混信除去、地形エコー除去を行い、気象エコーだけを抽出する(図1)。更に、データのばらつきを抑えるため、方位平均化を行う。

表1. 各種気象観測機器の特徴
Characteristics of various types of meteorological equipment

観測機器	観測周期	観測範囲	観測単位	地上雨量としての精度
地上雨量計	数分	観測地点	観測地点	
気象レーダ	数分	半径数十 km ~ 数百 km	数 km	
人工衛星	数時間	数百 km ~ 数千 km	数 km	

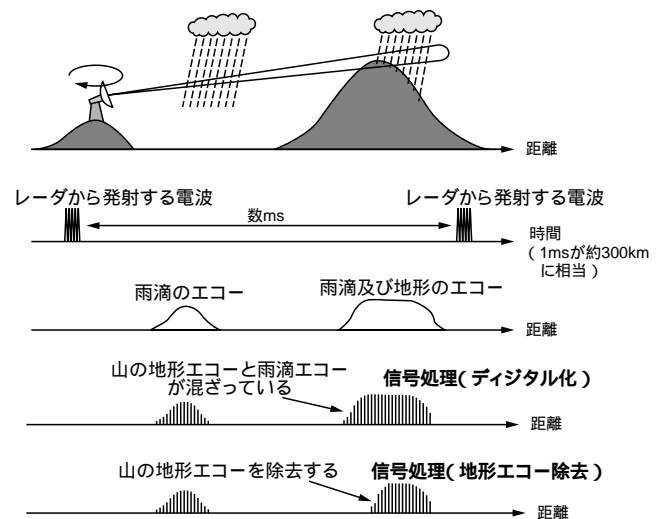


図1. 信号処理におけるデジタル化と地形エコー除去
雨滴エコーはパルスごとに変化するが、地形エコーは常に一定である。この違いを利用して地形エコーを除去する。

Elimination of ground clutter

気象レーダーの送信装置では、電波を1秒間に数百回のパルスとして発射している。信号処理ではパルスごとに処理を行う必要があるため、高速な演算が要求される。

2.2 収集処理

信号処理で方位平均されたデータに距離、時間の平均化を行い、レーダ1観測分のデータを作成する。データは、アンテナの回転に同期して信号処理部から連続的に入力されるので、処理能力の高い計算機を使用している。

2.3 解析処理

収集処理の結果からレーダ方程式^{注1)}を用いて降水強度を求め、更に各種のレーダ観測データを作成する。主な観測データとしては、以下のものがある。

- (1) 定高度降水強度 高度ごとの雨滴量をmm/h単位で求めたもの(図2 1~8のデータを集める)。
- (2) エコー頂高度 三次元観測をしたデータからエコー頂の高度を算出したもの(図2 Aの高度)。
- (3) 鉛直積算水分量 雲の鉛直方向の水分量を積算したもので、その地点での総水分量になる(図2 A~Eのデータを積算する)。
- (4) 1時間積算降雨分布 (1)の観測データを1時間積算したもの。

気象情報には、地上雨量計との合成処理や雷雲観測などのようにレーダ合成処理の結果を更に解析処理し、付加価値をつけたものもある。

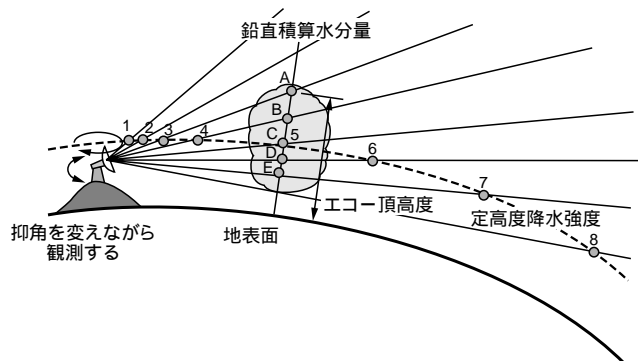


図2. レーダによる雨域観測と解析処理 レーダの仰角を変えながら三次元観測することで、雨滴エコーの分布が詳細に観測できる。
Measurement of precipitation

2.4 合成処理

複数のレーダから得られたレーダ観測結果を合成し、広域の観測データを作成する。また、一方のレーダでは山や建築物により遮蔽(しゃへい)となる部分を、他方のレーダ

(注1) レーダ方程式: 雨滴に反射したレーダエコーは雨滴の量に比例し、距離の二乗に反比例する。一般に、この関係をレーダ方程式と呼んでいる。この方程式を用いてエコーの強さから雨滴の量を求めることができる。

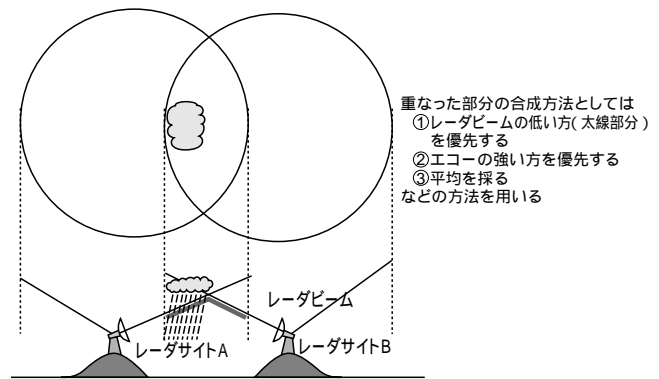


図3. 合成の方法 重なった部分を合成し、広域のデータを作成する。

Compounding process

で補完する。

覆域の重なった部分の合成方法としては次のような処理があり、目的によって使い分けている(図3)。

- (1) レーダビームの低いデータを優先する。
- (2) 境界面を中心として加重平均を行う。
- (3) エコーの強いデータを優先する。

2.5 表示処理

解析処理・合成処理の結果を地図とともに表示し、利用者に気象情報として提供する。拡大表示やマルチウインドウ表示、動画再生などにより降雨域の発達・移動をわかりやすく表示している。

以下に、気象レーダのレーダ装置、データ収集及び解析装置の例として、気象庁のレーダエコーデジタル化装置について述べる。また、配信及び表示システムの例として、関西電力(株)の新気象観測システムについて述べる。

3 気象庁レーダエコーデジタル化装置

気象庁は、全国に19台のレーダを設置し、気象観測を実施している。一つのレーダの観測範囲は半径250 kmで、もっとも短い観測周期は10分となっている。

札幌管区レーダエコーデジタル化装置(以下、デジタル化装置と呼ぶ)は、1999年3月に更新され運用を開始した。札幌管区では、横津岳(函館)、毛無山(札幌)、釧路の3カ所にレーダ観測所が設置されている。ここで観測した気象エコーは、札幌管区气象台に集められ、北海道全域を観測範囲とした各種レーダ観測データが生成される(図4)。生成したレーダ観測データは、L ADESS(Local Automated Data Editing and Switching System)を介して札幌管区の各官署に配信する。また、気象庁に伝送されてレーダアメダス合成などの処理が行われる。

デジタル化装置には以下の特長がある。

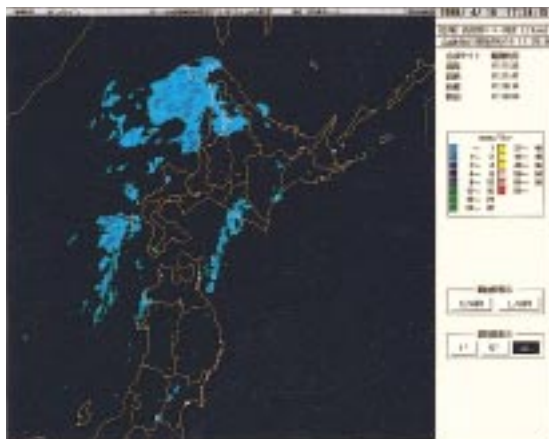


図4 .データ処理解析装置の画像 札幌管区の広域画像。高度2kmにおけるエコー強度をmm/h単位で表示している。

Display of data analysis processor

3.1 信号処理装置ビデオ処理部の小型化

信号処理装置は従来専用のハードウェアで処理していた。しかし、汎用のDSP(Digital Signal Processor)の性能向上により、ソフトウェアで信号処理を行うことが可能となり、低コスト化、並びに旧機種に比べて1/5の小型化を実現した。これにより、従来2台必要であったビデオ処理部の筐体(きょうたい)を1台にすることができた。

3.2 PPI表示機能の統合

PPI表示は、レーダの受信電力強度を表示するもっとも基本的な機能である。この機能を実現するためにPPI表示装置では、レーダの走査に同期して表示するという特殊な回路を持っている。この回路を信号処理装置のソフトウェアで実現することにより、特殊なハードウェアが不要となり、省スペース化ができた。

3.3 信号処理装置データ変換部の小型化

データ変換部は、収集処理と解析処理を行う装置である。従来はミニコンピュータを使用していたため、1高度面のエコーデータだけを作成するのが限界であった。これに対し、デジタル化装置ではデータ処理能力の優れたEWS(Engineering Work Station)を使用することで、5高度別及び19仰角別のエコー強度も算出することができるようになった。この結果、高度ごとの雨滴分布観測が可能になった。

4 関西電力(株)新気象システム

関西電力(株)は、落雷事故対策のため気象レーダシステムを導入している。気象レーダは、大阪市の中之島センタービル及び京都府の久須夜ヶ岳の2か所に設置されている。各レーダエコーを合成することにより、観測範囲は近畿地方540km×600kmをカバーしている。レーダの観測周期は5分である。

99年3月、この既設気象システムの機能追加として新気象システムが導入され、運用を開始した。

以下、新気象システムの特長について述べる。

4.1 レーダ処理機能の向上

従来のシステムでは、レーダの観測データを6×6kmメッシュで処理していた。新気象システムでは、レーダ処理サーバの導入によりデータ処理能力が向上し、1×1kmメッシュでの処理が可能となり、より詳細な情報を提供できるようになった。

4.2 他気象センサとの統合

レーダ観測だけでなく、落雷位置標定システムであるLLS(Lightning Location System)や気象庁観測データ、及び関西電力(株)内の雨量、風向風速、塩分付着量などのセンサからデータを取得し、画面表示データを作成・配信している。また、大雨・地震などの監視を行い、基準値を超えた場合には警報データを送信している。

各気象観測機器は、すべて異なったデータ伝送方式を採用している。新気象システムでは、気象受信サーバが気象観測機器ごとの伝送方式に対応し、新気象システム標準のデータ伝送プロトコルに変換している。これにより、新しく気象観測機器を追加する場合には、これに対応したデータ伝送プログラムを気象受信サーバに組み込むだけで、新気象システムを構成する他の機器へのデータ伝送ができる。

4.3 イン트라ネットへの対応

従来のシステムでは、専用回線を用い、気象用に開発された表示装置に気象データを配信していた。

新気象システムでは、関西電力(株)社内的一般ユーザーに広く気象情報を提供する必要がある。このため、気象データ処理サーバには生成した観測データを、汎用のWWW(World Wide Web)ブラウザで閲覧できる形式で作成する機能を付加した。作成した気象データは、系統運用WWWサーバに伝送することで、常に最新のデータが関西電力(株)の関係部門にイントラネットを介して提供される。

4.4 専用端末

支店給電所などにおいては、一般のWWWブラウザの画面以上に高機能な画面表示ができ、画面の追加、変更などを柔軟かつ容易に行えることが要求されていた。

これらの要求を満たすため、新気象システムでは気象専用端末を開発した。気象専用端末は、ユーザーの使い勝手を考えて、パソコンを使用した。

気象専用端末の特長は、以下のとおりである。

- (1) 高速な画面更新 専用端末用の通信や、データ管理を行うソフトウェアを新規に開発した。このソフトウェアは、気象データ処理サーバで画像を作成するたびに、ネットワークを介して専用端末へ最新のデータを伝送する。このため、専用端末は画面更新のたびにサーバに対してデータを要求する必要がなくなり、ネットワ

ークの負荷に関係なく約3秒で画面更新できる。また、画面表示中にデータが更新された場合でも、自動的に最新のデータを表示することが可能になった(図5)。

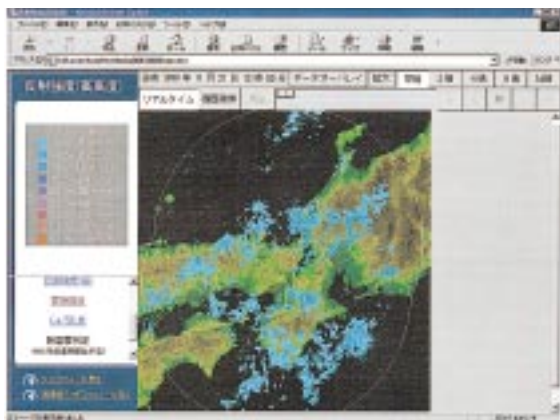


図5 . 専用端末の画像 レーダエコーの表示画面。低高度面(高さは季節によって変更)のエコー強度をmm/h単位で表示している。
Display of weather terminal

(2) WWWブラウザとの融合 HTML(HyperText Markup Language)による柔軟な画像表示やアプリケーションダウンロードなどに優れたWWWブラウザの機能を生かし、かつ高度な表示機能を持つ表示ソフトウェアをプラグインソフト^(注2)として開発した。通常のWWWブラウザではホームページを表示するだけであるが、今回開発したプラグインソフトは下記の操作が行える。

- (a) 任意の位置を中心とした拡大表示
- (b) 県境や主要地点など地図情報の重ね合わせ表示
- (c) 気象データベース装置に蓄積されている過去データの検索表示
- (d) 気象データ処理サーバから受信したデータを蓄積し、連続的に再生する動画表示

通常の画像を拡大すると、倍率が上がるに従って画像がモザイク状に表示されて見にくくなる。このため、新端末では独自のベクトルデータ表示方式を開発した。県境や河川などの線情報については、この方式を用いることで、拡大しても繊細な表示が行えるようになった(図6)。

WWWブラウザに機能を付加する方法としては、プラグインソフトとJava^(注3)の利用を検討した。その結果、プログラム起動時に時間がかかるなどの理由により、プラグインソフト方式を採用した。この場合に、ソフトウェアの保守が必要

(注2) 一般的には通常の機能に加えて、特別な機能を追加するためのプログラム。ここでは、WWWブラウザ用のプラグインソフトを開発した。

(注3) Javaは、Sun Microsystems Inc.の商標。

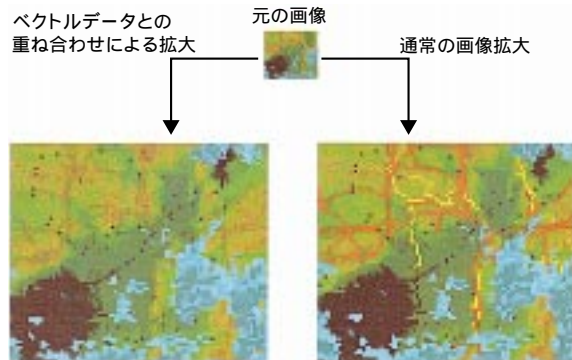


図6 . 通常の拡大とベクトルデータの重ね合わせによる拡大 ベクトルデータの採用により、拡大しても繊細な表示が可能になった。
Conventional expanded display and expanded display using vector map

となるバージョンアップに対しては、ダウンロード用のホームページを設けることで対応できる。

5 あとがき

計算機の処理能力向上により、従来は不可能であった気象レーダの三次元の観測や雷雲の検出などが可能になってきた。また、レーダ機器もドップラーや二重偏波などの新しい機能が付加され、更に有用なレーダ観測データの作成ができるようになった。

今後は、新しい処理機能を充実させ、より付加価値の高いデータをユーザーに提供できるシステムの開発に努めていく。

謝 辞

これらのシステム開発にあたり、多大なご指導とご協力をいただいた気象庁及び関西電力(株)中央給電指令所の関係各位に深く感謝の意を表します。



打田 洋一郎 UCHIDA Yoichiro
情報・社会システム社 小向工場 電波応用システム技術部 参事。
気象レーダ・防災システムの開発に従事。電気学会会員。
Komukai Operations



高幣 和明 TAKAHEI Kazuaki
情報・社会システム社 通信システム事業部 通信ネットワーク・システム技術部。
電力会社向け通信システムの技術業務に従事。
Telecommunications Systems Div.



上西 範久 UENISHI Norihisa
情報・社会システム社 東京システムセンター 応用システム部。
広域管理システム・気象システムの開発に従事。
Tokyo System Center