

気象現象の総合的な観測を実現する センサフュージョンシステム

Sensor Fusion System for Comprehensive Observation of Weather Phenomena

弓削 信子 木田 智史

■ YUGE Nobuko ■ KIDA Satoshi

気象現象を総合的に観測し把握することは、自然災害などへの対応や自然エネルギーの効率的な利用において重要となっている。

東芝は、様々な気象観測測器を組み合わせることで気象データを得るとともに、その観測データを一元的に管理・運用するためのセンサフュージョンシステムの開発を行っている。その一つとして、降雨と風速の3次元分布や多様な気象要素を観測できるフェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システムを開発し、独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT) に納入した。このシステムでは、観測データを効果的に利用するために、Webブラウザで速報表示する機能や大型ディスプレイに複数画面表示する機能などを備えており、局地的大雨など極端気象の予兆検知に向けた様々な研究への貢献が期待される。

As a result of the attention being focused on reducing the damage caused by natural disasters and improving the operational efficiency of natural-energy electricity generation systems, there is a growing need for advanced observation technologies to provide a broader understanding of weather phenomena.

Toshiba has been promoting the development of sensor fusion systems not only for the observation of meteorological parameters by integrating various meteorological sensors, but also for the comprehensive management and utilization of such meteorological data. As part of these efforts, we have developed a phased-array weather radar and Doppler lidar fusion system that makes it possible to observe the three-dimensional distribution of rainfall and wind velocity as well as a wide range of other meteorological elements, and delivered the system to the National Institute of Information and Communications Technology (NICT). This system is equipped with a large monitor display incorporating various functions including a quick-look function to access observation data using a Web browser and a function to simultaneously display combined data by overlaying multiple sensor data, to facilitate the effective analysis of observation data. The newly developed system is expected to contribute to the understanding and prediction of extreme weather phenomena such as localized torrential rainfall.

1 まえがき

気象現象は、私たちの生活に様々な場面で深く関わる現象である。例えば、局地的大雨や竜巻などの極端な気象現象は甚大な自然災害を引き起こし、降雨や風の状況などは交通システムの運用や太陽光・風力発電などの自然エネルギー利用に大きな影響を与えている。このような気象状況を早期に把握して自然災害を回避するとともに、様々な社会システムを効率的に利用するためには、複雑な気象現象を総合的に観測し、的確に把握していくことが求められている。

このようなニーズに対して、東芝は様々な気象観測測器とそこから得られる観測データを一元管理するセンサフュージョンシステムの開発を行っている。その具体例として、図1に示すフェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システムを開発し、独立行政法人 情報通信研究機構 (NICT) に納入した。

ここでは、当社が目指すセンサフュージョンシステムの概要と機能について述べるとともに、フェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システムの概要とその特長を述べる。

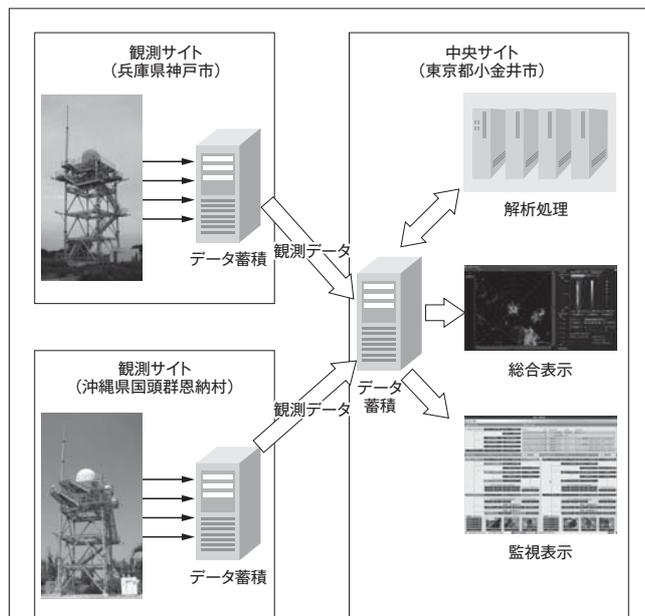


図1. フェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システムの概要
— 観測サイトで取得した観測データは、中央サイトに転送される。中央サイトでは、解析処理や、総合表示、監視表示の処理などを行う。

Overview of phased-array weather radar and Doppler lidar fusion system

2 センサフュージョンシステム

2.1 システムの概要

ひと言に気象といっても、気温や気圧といった大気の状態を指していたり、雨や風など大気中で起こる諸現象のことを示していたりなど、様々な側面を持ち、その要素は多岐にわたっている。世の中で使用されている気象観測測器は、多種多様に存在する気象要素の一部を切り取って観測するものであり、ユーザーはそれらの観測データを必要に応じて利用している。

しかし、多くのユーザーは気象要素のデータそのものを取得することを目的としているわけではなく、気象データを活用することで、更にその先のアクションを起こすことを目的としている。例えば、防災を目的とするユーザーは、雨の降り方や風の状況などの気象データに基づいて防災のための判断を行っており、また、風力や太陽光を利用した発電システムに関わるユーザーは、刻一刻と変わる風や日照状況などの気象データをシステムの運用へ役だてている。

当社が想定するセンサフュージョンシステムは、ユーザーの目的に沿った複数の気象観測測器を選定し、それらの観測データを集中的に管理できるシステムである。加えて、複数の気象観測測器から得られた観測データから、ユーザーが必要としているデータをより効果的に活用できるような情報に変換して提供することで、複数の気象観測測器を、あたかもユーザー独自の一つの気象観測測器として取り扱えるようにするものである。

そのためには、様々な気象観測測器の監視制御と観測データの表示を統一したユーザーインターフェースで行えることが必要になる。更に、複数の観測データから得られる気象要素に関する情報をユーザーが必要としている情報へと変換する仕組みも必要となる。こうした仕組みを実現するセンサフュージョンシステムの基本的な機能を次に述べる。

2.2 システムの機能

気象観測測器には、その仕様や観測対象によって、特定の場所を観測するものから広範囲を観測するものまであり、得られる観測データは、それぞれ異なった特徴を持っている。そのため、センサフュージョンシステムには、各種気象観測測器から得られた観測データを一元的に管理することが求められる。加えて、観測データの解析処理を行い、ユーザーが必要な情報へと変換を行うことも必要である。これを実現すると、ユーザーは、データ表示画面上の観測データや変換された情報を統一した操作で任意に選択し、目的にかなった形で表示し確認できる。

また、センサフュージョンシステムでは、中央に配置した監視制御機能でシステム内に配置した複数の気象観測測器を集中的に監視するとともに、それらの電源なども同時に集中的に監視し制御することが不可欠である。この仕組みを実現することで、ユーザーは個別に管理してきた複数の気象観測測器を意識することなく一つの仕組みで効果的に運用し管理できるようになる。

3 フェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システム

3.1 システムの概要

センサフュージョンシステムの実現例であるフェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システム⁽¹⁾は、2014年に当社がNICTに納入し、既に運用を開始している。

このシステムは、各種の気象観測測器を備えて、観測データの集約及び転送を行う観測サイトと、システム全体の集中監視制御を行うとともに観測サイトから得られたデータの解析及び蓄積を行う中央サイトから成るシステムである。観測サイトは、兵庫県神戸市と沖縄県国頭郡恩納村の2か所に設置し、中央サイトは東京都小金井市に設置されている。

観測サイト(図2)には、フェーズドアレイ気象レーダや、ドップラーライダー、多波長マイクロ波放射計など11種類の気象観測測器(表1)と、それらの気象観測測器を監視し制御するための装置が収められている。

中央サイトは、2か所の観測サイトを集中監視し制御するための総合データ表示制御装置と、観測サイトから転送されてくるデータを蓄積するためのデータ蓄積装置、観測データの解析処理を行う解析処理装置から構成されている(図3)。

観測サイトで取得された観測データは、10Gビット/s以上の帯域をもつネットワーク回線を通じて中央サイトにリアルタイムで転送される。中央サイトでは、大容量のデータ蓄積装置に各観測サイトの観測データが格納され、総合データ表示制御装置でリアルタイムに表示される。更に、中央サイトでは、気象観測データに対して高度な解析処理を行うことで、様々な用途での



表1. 観測サイトの気象観測測器一覧

List of meteorological sensors installed at observation site

気象観測測器	観測条件		観測高度		観測物理量								観測範囲
	晴天時	降雨時	地上	上空	降雨	風向風速	気温	湿度	エアロゾル	放射収支量*	気圧	雲量, 雲形	
フェーズドアレイ気象レーダ		○	○	○	○	○							3次元
ドップラーライダー	○		○	○		○							3次元
多波長マイクロ波放射計	○		○	○			○	○					2次元
スカイラジオメータ	○		○						○				1次元
放射収支計	○	○	○							○			1次元
風向風速計	○	○	○			○							1次元
温湿度計	○	○	○				○	○					1次元
雨量計		○	○										1次元
気圧計	○	○	○								○		1次元
全天カメラ	○	○		○								○	2次元
雲監視カメラ	○	○		○								○	2次元

○: 該当項目

*地球を出入りするエネルギー量

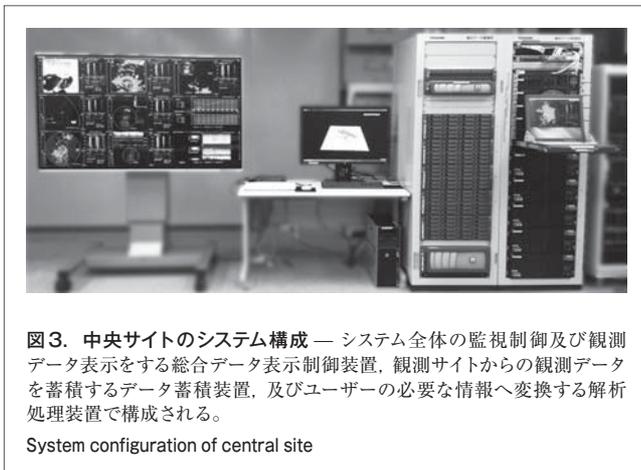


図3. 中央サイトのシステム構成 — システム全体の監視制御及び観測データ表示をする総合データ表示制御装置, 観測サイトからの観測データを蓄積するデータ蓄積装置, 及びユーザーの必要な情報へ変換する解析処理装置で構成される。

System configuration of central site

データ表示ができ、また、システム全体の集中監視や、電源操作、緊急時の対応ができる(図4)。

3.2 システムの特長

このシステムは、局地的大雨や竜巻、突風などによる災害の予測と軽減を目指す研究を行うためのシステムである。そのため、局地的大雨の3次元構造と成長過程を捉えることができるフェーズドアレイ気象レーダだけでなく、降水発生前に風速の3次元分布を観測するためのドップラーライダーも持っている。更に、気温や湿度、大気圧などの大気の状態の観測のほか、エアロゾル(大気中に浮遊する微粒子)の観測も行う必要があり、マイクロ波放射計やスカイラジオメータなどの多彩な気象観測測器を設置し、多岐にわたる気象要素の観測を可能にしている。

局地的大雨の予測には、降雨が発生する前から、空間的な風の分布をはじめ、気温や湿度、気圧の状況など様々な気象要素を把握することが求められる。フェーズドアレイ気象レーダは、局地的大雨をもたらす積乱雲中の雨の強さや風向風速の状況は観測できるが、雨粒のない空間の状況は観測できな



(a) 観測データ表示画面例

(b) 監視制御画面例

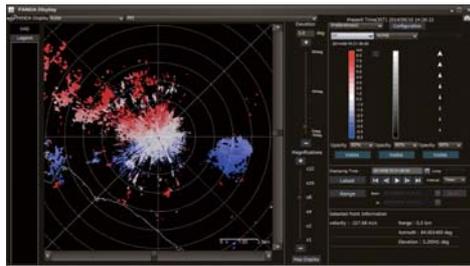
観測データ提供: NICT

図4. 総合データ表示制御装置の表示画面例 — 観測データ表示画面は、フェーズドアレイ気象レーダやドップラーライダーなどの観測データを地図上に重ねて表示したり、時系列データとして表示したりできる。監視制御画面は、観測サイトごとに各装置をシステムブロック図によって表現し、それらの状態を把握できる。

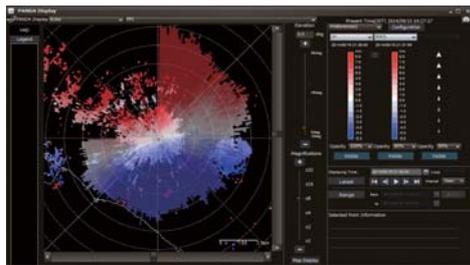
Examples of integrated data display and control equipment display

いという制約がある。一方で、ドップラーライダーは、積乱雲発生前の風の状況を観測できるが、積乱雲など強い雨の向こう側の風は観測できないという特性がある。

そのため、これら二つの気象観測測器を組み合わせ、同時に観測することで、局地的大雨をもたらす積乱雲の発生前か



(a) レーダーデータだけの表示



(b) レーダーデータとライダーデータの重畳表示

観測データ提供：NICT

図5. フェーズドアレイ気象レーダーとドップラーライダーのデータ重畳表示 — データを重畳することで、積乱雲の発生前から雨や風の状況を空間的に連続して観測できる。

Example of combined data display overlaying Doppler lidar data on phased-array weather radar data

ら発生・成長過程における雨や風の状況を空間的に連続して観測できるようになる(図5)。加えて、多種多様な気象観測器による気温や湿度、大気圧などの気象状態の観測と、エアロゾルの観測も併せて行い、総合的な気象観測を行うことで、局地的大雨発生のメカニズム解明に役だつ。

このような多種多様な気象観測データを多角的かつ効果的に把握できるようにするため、表示機能には二つの工夫を行っている。一つは、Webブラウザを用いたフェーズドアレイ気象レーダーのクイックルック(速報による観測画像)をリアルタイムで閲覧する機能(クイックルックWeb表示機能)であり、もう一つは、4K(3,840×2,160画素)大型ディスプレイ上に観測データ画面を複数表示する展示用表示機能である。

クイックルックWeb表示機能は、フェーズドアレイ気象レーダーが高頻度で観測した降雨のクイックルック画像を、Webブラウザを用いて確認することを可能にする機能である。観測直後のリアルタイム画像を表示するだけでなく、過去の画像も時系列的に表示することで、発生から消滅までのサイクルが短いとされる局地的大雨などの刻一刻と変化する降雨状況を、俯瞰(ふかん)的にかつすばやく把握できる。

展示用表示機能は、4K大型ディスプレイに複数のデータ表示画面(最大9画面)を映し出すことができる。データの表示は、データ蓄積装置に直接つながっている場合、リアルタイムで表示できることはもちろんのこと、任意の期間のデータもオ

フライン表示ができる。ユーザーは、解像度の高い大画面に様々なデータや表示方式の複数画面を映し出すことで、多角的に観測データの検討を行うことができるため、局地的大雨をもたらす積乱雲の構造の把握や、その発生・成長過程の分析を効果的に行うことが期待される。

4 あとがき

当社の想定するセンサフュージョンシステムの概要及び機能と、その具体例として、NICTに納入したフェーズドアレイ気象レーダー・ドップラーライダー融合システムの概要及び特長について述べた。今回納入したシステムにより、自然災害をもたらす局地的大雨などの気象現象の予兆と、その発生メカニズムの研究が推進されることが期待される。

今後は、このシステムで得られた成果に基づいて、様々なユーザーのニーズに応えられるような新たなシステムの開発を考えている。また、気象観測器の観測データを融合し、ユーザーが求める情報に変換する技術の開発や、それらの解析結果をユーザーへ効果的にわかりやすく伝えるユーザーインタフェースの研究開発などを更に進め、安心して安全な社会の実現に貢献していく。

謝辞

フェーズドアレイ気象レーダー・ドップラーライダー融合システムの開発にあたり、ご協力いただいたNICTの関係各位に深く感謝します。

文献

- (1) 佐藤晋介 他. “フェーズドアレイ気象レーダー・ドップラーライダー融合システム(PANDA)の開発”. 日本気象学会2014年度春季大会予稿集. 横浜, 2014-05, 日本気象学会. 2014, B203.



弓削 信子 YUGE Nobuko

社会インフラシステム社 小向事業所 電波応用技術部主務。
気象・防災システムの開発・設計に従事。
Komukai Complex



木田 智史 KIDA Satoshi, Ph.D.

社会インフラシステム社 小向事業所 電波応用技術部主務、
博士(工学)。気象・防災システムの開発・設計に従事。日本
気象学会, 日本リモートセンシング学会会員。
Komukai Complex