

# 気象レーダで風を見る

一雨域内の風をモニタする改良型バイスタティック観測システムー

「汎用性が高く安価なソフトウェア無線とデジタルビームフォーミングの技術で、従来の課題を克服する新しい観測手法を開発に挑戦しています。」

## 川村 誠治 (かわむら せいじ)

電磁波計測研究所  
センシングシステム研究室 主任研究員

大学院博士課程修了後、日本学術振興会特別研究員を経て 2006 年に NICT へ入所。大気物理、レーダシステムなどに関する研究に従事しています。趣味は物作り。木工が大好きで電動工具を使って家具なども作りますが、子どもができてからはミシンで子ども服を作ったことも。博士(情報学)。

## 風観測の現状

近年、突風や局地的大雨(通称ゲリラ豪雨)などの気象災害が大きな社会問題の 1 つとなっています。時間・空間スケールの小さなこれらの災害の予測は、昨今、技術向上がめざましい気象予報モデル(数値モデル)でも未だ困難です。その原因の 1 つは、観測データの不足です。数値モデルの分解能がいくら向上しても、計算の初期値となる現在の状態(観測データ)が分からなければ正確な未来は予測できないのです。

風はこのような気象災害における重要な情報の 1 つです。現時点で日本全土をカバーする風観測としては、気象庁によるアメダス(地上風観測：全国約 850 地点、約 21km 間隔)やウィンダス(風の高度分布観測：全国 31 地点)があります



が、これだけでは空間スケールが数百 m から数 km といわれる局地的災害に対応することは困難です。風を時間・空間的により細かく観測できれば、そのデータは気象予報モデルの入力値としてだけでなく、直接的に局地的災害に対する非常に有効な防災・減災情報となります。今、このような高い時間・空間分解能で、広いエリアをカバーする観測が望まれています。

### ● 気象レーダによる風観測

このような要請に応え得る有望な観測手段の1つに、気象レーダがあります。気象レーダは空間分解能数百 m で雨を測る装置で、すでに気象庁・国土交通省によって日本全土をカバーする観測網が展開・運用されています。雨の強度分布を測る装置ですが、雨で反射されて返ってくる電波のドップラーシフトを測ることで、レーダビーム方向の風速も測ることができます。近年気象庁現業レーダでもこのドップラーシフトによる風観測が可能になってきました。ただし、こうして得られる風速は真の風速ではなく、あくまでも風速のレーダビーム方向成分です。

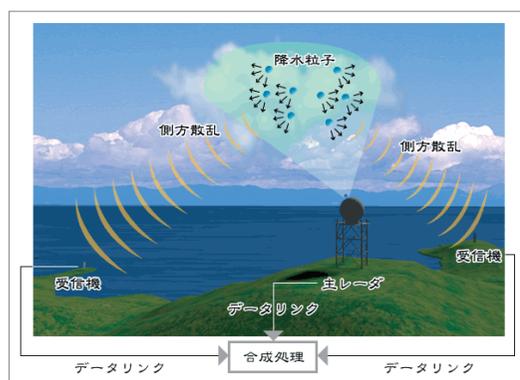


図1 バイスタティック計測のイメージ  
通常のレーダでは、自分で送信した電波の後方への反射波(後方散乱)を自分自身で受信する(モノスタティック観測)。一方、電波は後方だけでなく様々な方向に反射される(散乱)。バイスタティック観測では横方向への散乱(側方散乱)を別の受信機で受けることで、モノスタティック観測によるビーム方向の風速成分に加えてもう1つ別の風速成分を得ることができ、真の風速分布が分かる。

気象レーダで真の風速を観測する有効な方法の1つにバイスタティック観測があります。図1はバイスタティック観測のイメージ図です。バイスタティック観測では、既存の送信局の周辺に安価な受信専用局を付加するだけで真の風速を求めることができます。

### ● バイスタティック観測の課題

バイスタティック観測には、実用化へ向けていくつかの課題がありました。その中でも特に深刻だったのが疑似エコー問題です。

図2は疑似エコー問題の模式図を示しています。バイスタティック観測では、送信局は非常に細いビームを送信し、受信局では幅の広いビームで横方向に散乱した電波(側方散乱)を受信します。この図では送信ビーム(メインローブ)は地点Aを向いているので、観測されるべきは地点Aの雨です。

地点Bは送信局と受信局を焦点とする同一楕円上にある任意の点です。ほとんどの電波は送信局⇒地点A⇒受信局と伝搬して受信されますが、目的と異なる方向に漏れ出す電波(サイドローブ)が存在するため、一部の電波は送信局⇒地点B⇒受信局と伝搬します。この時2つの経路長は全く同じなので、同一時刻に発射された電波は同一時刻に受信されることとなり、地点Aと地点Bの情報を区別することはできません。

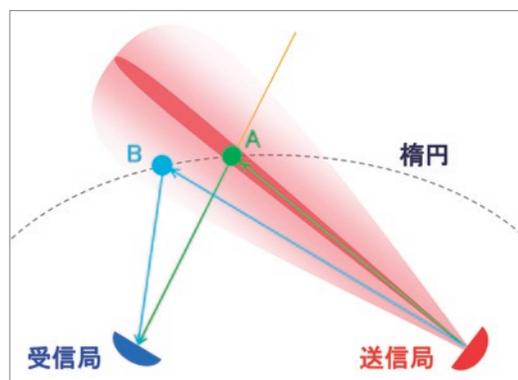


図2 バイスタティック観測・疑似エコー問題の模式図

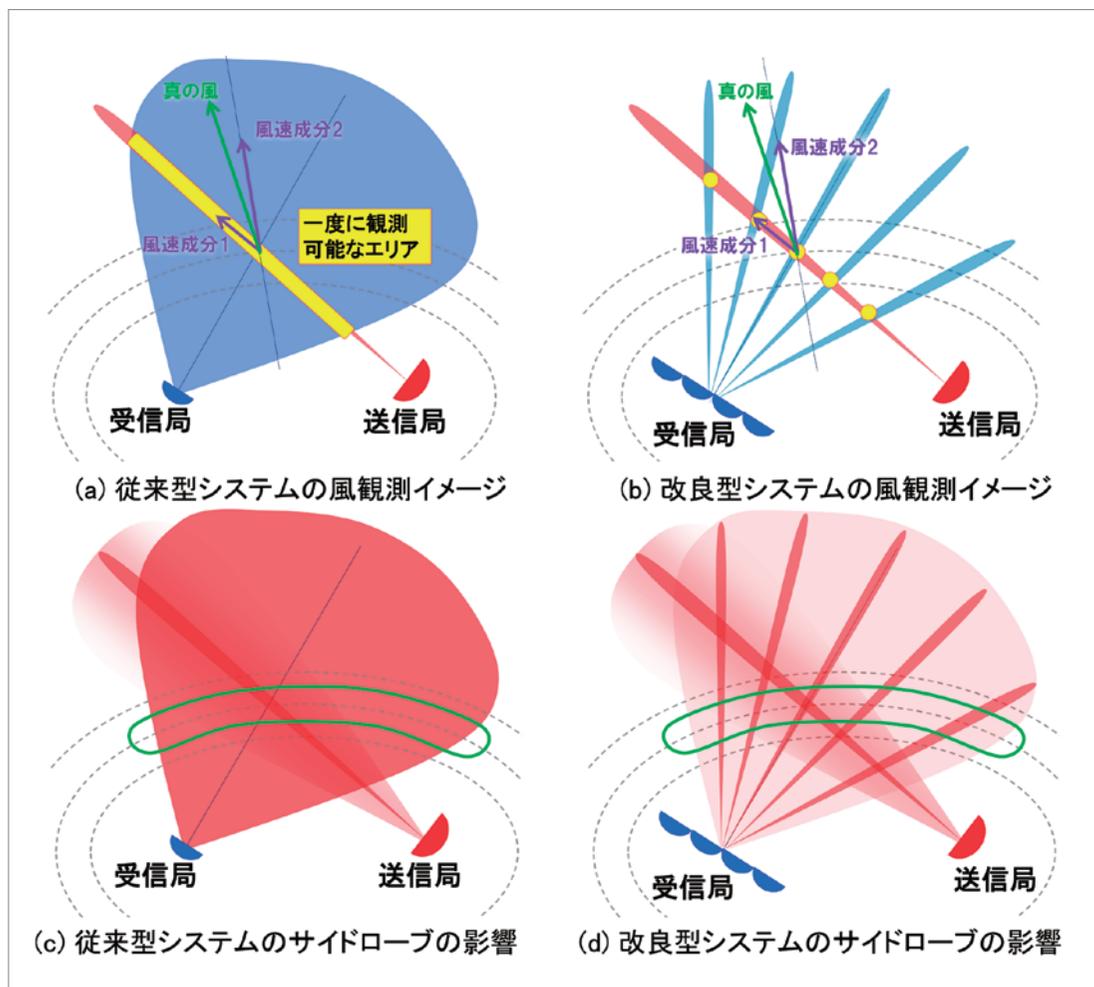


図3 バイスタティック観測システムの模式図

もし地点 A にほとんど雨が降っていなくても、地点 B に強い雨が降っていれば、その雨があたかも地点 A にあったかのように観測されてしまう、これが疑似エコー問題です。

### 改良型バイスタティック観測システム

我々が提案している改良型バイスタティック観測システムの模式図を図3に示します。改良型システムは次のような特徴を持ちます。(1)受信に複数の素子からなるアレイアンテナを用いる。(2)アレイの素子間隔を波長よりも長くすることで生じる多数の細いビーム(グレーティングローブ)を利

用する。(3)複数素子で受信した信号を位相調整しながら合成することで疑似的にビーム方向を変化させるデジタルビームフォーミング(DBF)\*の信号処理を行う。図3の(c)と(d)ではサイドローブの影響を色の濃淡で表しています。改良型システムでは同一楕円上のほとんどの部分で従来型より色が薄くなっており、疑似エコーの発生がそれだけ抑えられることが期待できます。

シミュレーション結果を図4に示します。弱い雨の中に強い雨の領域を3つ配置した状態での受信信号時系列を計算したものです。送信ビームは図中②の雨だけを通っているのですが、従来システムでは①や③の雨の信号もはっきりと受信

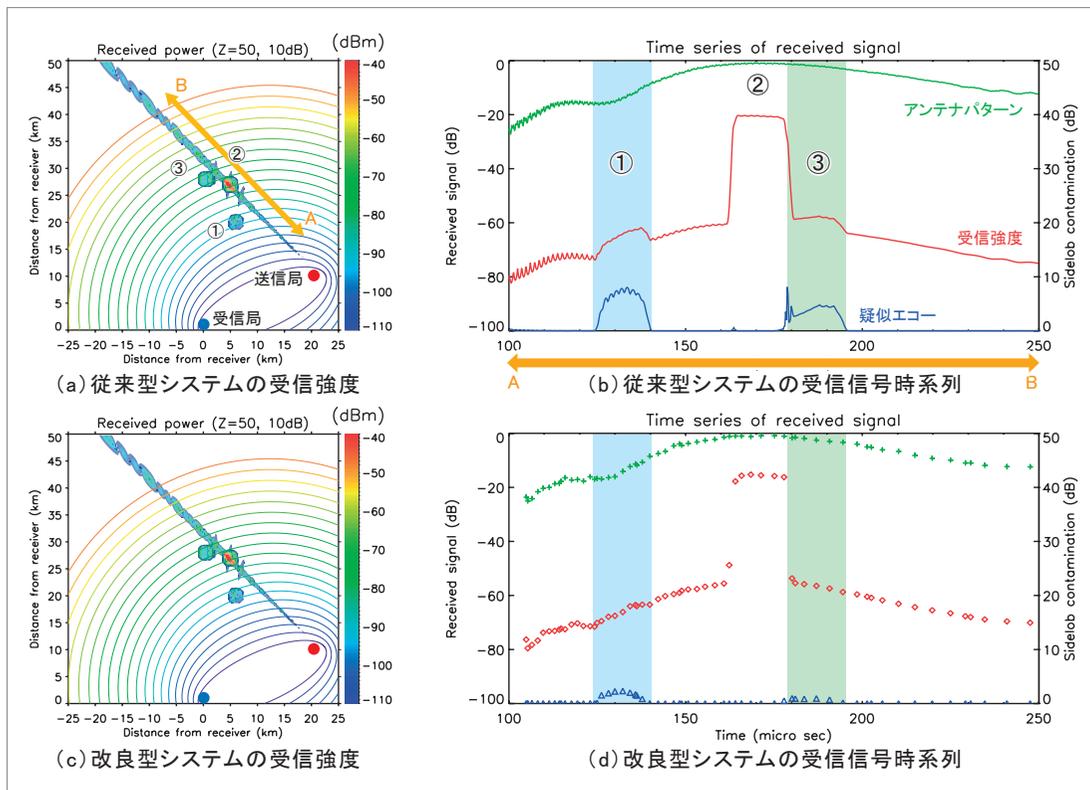


図4 受信信号時系列のシミュレーション結果

されてしまいます(疑似エコー)。改良型システム(DBF処理後)では①や③の信号が効果的に低減されており、疑似エコーの問題が大きく改善されていることが分かります。

### ● 今後の展開

現在、沖縄偏波降雨レーダ(COBRA)を使ってこの改良型バイスタティック観測システムの実証実験を行っています。受信機には安価で汎用性の高いソフトウェア無線を用い、コンパクトな受信システムの開発を目指しています。近い将来、局地的災害にも有効な観測システムの構築につながることを期待されます。

ソフトウェア無線の技術は、ソフトウェアを変更するだけで様々な用途に応用できます。その利点を生かし、気象レーダの他に、海流を測定する海洋

レーダでもバイスタティック観測システムの研究開発を進めています。これらバイスタティック観測の要は、既存のレーダに付加するだけで機能する受信システムです。この考え方を応用発展させると、自前では送信局を持たず、通信放送など他の目的で使われている電波を受信して情報を得る「パッシブレーダ」につながります。パッシブレーダは、周波数有効利用の観点からも今後重要となってくる技術です。我々は、地上デジタル放送波を用いたパッシブレーダの研究開発にも着手しています。

### 用語解説

#### \* デジタルビームフォーミング(DBF)

アレイアンテナにおいて、複数素子で受信した信号を別々にサンプリングし、位相を調整しながら合成することで、後処理で疑似的にアレイアンテナのビーム方向を変化させる技術。