

## <基本計画書>

### 周波数の有効利用を可能とする協調制御型レーダーシステムの研究開発

#### 1. 目的

現在、気象用レーダーは、自らが送信した電波の反射波を自らが受信する「モノスタティック方式」と呼ばれるシステムが一般的に運用されている。このシステムにおいて精度の高い立体的な観測を行うためには、複数方向から同じ対象物を観測することが重要であるが、そのためには、従来どおりの送信電力のレーダーを密に配置するか、又は従来どおりの配置でレーダーの送信電力を大きくして観測可能なエリアを重ね合わせる必要があり、いずれにしても利用周波数の増加が必要となる。

気象用レーダーは、気象庁が全国網として設置（5GHz帯）しているほか、一部の大規模な自治体や国交省、民間気象会社などが地域の比較的小さい領域の高精度観測のために設置（9GHz帯）している。近年のゲリラ豪雨対応など地域の防災意識の高まりから、自治体を中心に9GHz帯気象レーダーの設置ニーズが増加しており、今後10年程度でレーダー用周波数が逼迫することも予想される。

このレーダー用周波数の逼迫課題に対応する手段として、「マルチスタティック方式」がある。

マルチスタティック方式とは、あるレーダーが送信した電波の側方散乱を他のレーダーでも受信するシステムであり、一つの送信局と多数の受信局で構成される。このシステムでは、精度を向上させるために全てのレーダーで送信を行う必要がないため、立体観測を行う場合でも、モノスタティックレーダーでは2又は3の周波数が必要となるところが1つの周波数だけで済むなど、送信局数の大幅な削減による周波数の有効利用及びレーダー機器のコストダウン（一般に送信機能は受信機能に比べて高コスト）が可能となる。

ただし、このシステムを実現するためには、送信局と受信側の各レーダーを同期させて制御し、それぞれのレーダーの指向方向を動的に変化させつつ、送信側のレーダーから発射された電波が当たっているポイントに瞬時に焦点を合わせる技術が不可欠となる。

そのため、本研究開発では、各レーダーを同期させて制御するための「レーダー協調制御技術」とレーダーの指向方向を動的に変化させ瞬時に焦点を合わせる「二次元デジタルビームフォーミング（DBF）技術」の研究開発を実施し、周波数の有効利用を可能とするレーダーシステムの実現に向けた取組みを推進する。なお、二次元DBF技術では、レーダーの機械駆動が不要となるため、レーダーのメンテナンスに係る負担の軽減も期待できる。

以上により、レーダー用周波数の有効利用や機器のコストダウンを実現させ、

気象観測用高性能レーダーの普及を促進することにより、国民の利便性の向上や安心安全な国民社会の実現を図るとともに、当該分野における我が国の国際競争力を強化する。

## 2. 政策的位置付け

- ・新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）

別表 成長戦略実行計画（工程表）「V 科学・技術・情報通信立国戦略 ～ I T立国・日本～②」において、「ホワイトスペースなど新たな電波の有効利用」等により、「情報通信技術の徹底的な利活用による新市場の創出（約 70 兆円の関連新市場の創出を目指す）」旨を記載

- ・新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 11 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）

### Ⅲ. 分野別戦略

#### 3. 新市場の創出と国際展開

- (2) 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発等の推進

##### 【重点施策】

- 我が国が強みを持つ情報通信技術関連の研究開発を重点的に推進し、早期の市場投入を目指す。

##### 【具体的取組】

今後、世界的な成長が期待され、我が国が強みを有する技術分野（新世代・光ネットワーク、次世代ワイヤレス、（中略）等）を特定して集中的に研究開発を行う（以下、略）

- ・「科学技術に関する基本政策について」見直し案（平成 23 年 6 月 14 日 総合科学技術会議）

### Ⅲ. 我が国が直面する重要課題への対応

#### 2. 重要課題達成のための施策の推進

- (1) 安全、かつ豊かで質の高い国民生活の実現

「国として、大規模な自然災害の発生に際し、人々の生命と財産を守るための取組を着実に進めていく必要がある」旨を記載

i) 生活の安全性と利便性の向上において、「自然災害をはじめとする様々な災害等から、人々の生活の安全を守る」ため、「地震、火山、津波、高波・高潮、風水害、土砂災害等に関する調査観測や予測、防災、減災に関する研究開発を推進する」旨を記載

- ・研究開発マップ（平成 23 年 7 月 7 日 情報通信審議会情報通信政策部会研究開発戦略委員会）

国として今後取り組むべき研究開発課題の一覧

- (4) 東日本大震災を踏まえた復興・再生、災害からの安全性向上への対応

② 災害の状況を遠隔からリアルタイムに把握・蓄積・分析等を可能とするセンサーネットワーク

### 3. 目標

9 GHz帯において、マルチスタティック方式レーダーシステムの主要機能となるレーダー協調制御技術及び二次元DBF技術の研究開発を実施し、レーダー用周波数の有効利用を可能とする協調制御型レーダーシステムの実現を目指す。

### 4. 研究開発内容

#### (1) 概要

9 GHz帯において、協調制御型レーダーシステムの主要機能となるレーダー協調制御技術及び二次元DBF技術の研究開発を行う。

#### (2) 技術課題および到達目標

##### 技術課題

##### ア レーダー協調制御技術の開発

複数レーダーの送信ビーム、受信ビームを統合的に制御するためには、以下の技術の確立が必要となる。

- ・ レーダー同期技術  
各レーダーを高い時間精度で同期する技術
- ・ レーダーへの送受信パターンの割付・制御技術  
各レーダーに最適な観測シーケンス等を割り付け、制御する技術
- ・ レーダー受信データの統合・分析技術  
観測されたデータを統合・分析し、三次元ボリュームデータや速度ベクトルを算出する技術

##### イ 二次元DBF技術の開発

レーダーのアンテナパターンを動的に最適化するためには、以下の技術の確立が必要となる。

- ・ アンテナパターン最適化形成技術  
アンテナパターンを任意に形成するために各レーダー素子を電子制御する技術
- ・ 小型・低廉なレーダーアンテナの開発  
位相制御により任意のアンテナパターンを瞬時に形成可能な小型・低廉なレーダーアンテナの開発

##### 到達目標

##### ア レーダー協調制御技術の開発

「レーダー同期技術」においては、GPS (Global Positioning System) 電波や高速回線を用いて、ドップラー観測を実現するための速度誤差 1 m/s 以下に相当する精度での位相同期、各レーダーの観測位置合わせを正確に行うための 1

マイクロ秒以下の精度での時刻同期、各レーダーの観測データを統合処理するための10秒以下の遅延時間での処理同期を実現可能とする方法について検討を行い、この検討を基に用いるGPSや高速回線への要求条件を明確にした上で、各レーダー間においてこれらの同期を実現する技術の開発及び同期装置の試作を行い、評価環境を構築し、動作確認及び性能評価を行う。

「レーダーへの送受信パターンの割付・制御技術」においては、気象状況に応じた最適な高精度観測を行うため、送受信ビームの電子走査を前提に、観測される気象現象を自動的に判別し動的に運用シーケンスを最適化させるアルゴリズムの開発を行う。また、マルチスタティックシステムでは、受信局は送信局の送信方向と送信タイミングを事前に把握し、側方散乱が受信局に到達するタイミングに到達する方向に向けて受信ビームを形成する必要があることから、システム全体の動作を集中的に管理し各レーダーの観測シーケンスと送受信パターン等を動的に割り付け・制御する技術の開発を行い、評価環境を構築し、動作確認及び性能評価を行う。

「各レーダーの受信データの統合・分析技術」においては、各レーダーで検出された受信強度やドップラー速度などの観測データを補正しデータの品質向上を図るとともに、これらのデータを統合的に解析し、短時間に精度の高い三次元ボリュームデータの生成及び二次元又は三次元の数値ベクトル（風向・風速）の算出を可能とする技術の開発を行い、評価環境を構築し、動作確認及び性能評価を行う。

#### イ 二次元DBF技術の開発

「アンテナパターン最適化形成技術」においては、最適化されたアンテナパターンを任意に形成するために、各レーダー素子を電子制御する技術を開発する。これにより、例えば、三次元空間の高速観測のために、比較的広い範囲に送信ビームを送信し、複数の受信ビームを同時かつ高精度に受信することも可能となる。

「レーダーアンテナの開発」においては、電子的な位相制御により一瞬で送受信方向の切り替えを可能とするレーダーアンテナの実現に向け、その基本単位となるレーダーセルを開発する。

開発に当たっては、最小単位部品として、小型アンテナとレーダーの基本機能（送受信、周波数変換、デジタル化機能）が一体となったレーダー素子を開発し、この素子を複数組み合わせることでレーダーセルを構成するとともに、実運用環境を想定した条件下での動作確認及び性能評価を行う。

なお、レーダーアンテナは、このレーダーセルを複数組み合わせることで構成し、上

記アのレーダー協調制御を実現するためのインターフェースを具備するものとする

二次元アクティブフェーズドアレイレーダーのアンテナ部は、膨大な数のレーダー素子を二次元的に並べることになり、それぞれのレーダー素子には送受信、周波数変換、デジタル化の機能を持たせることが必要となるため、従来の技術でこれを実現するためには、大量のモジュールを組み合わせるしか手段がなく、大型で高額なシステムとならざるを得なかった。

本研究開発では、送受信、周波数変換、デジタル化の機能について、これまでのレーダーでは実現していなかった通信機器レベルの集積化を行うことで、小型・低廉なレーダーの開発を目指す。

また、実際のレーダーには、必要なアンテナ利得や送信出力に様々なバリエーションが存在するが、それらのニーズにはこのレーダーセルを必要枚数組み合わせることで対応できることとなる。これにより少量多品種の製品群に対して、効率的な大量生産で対応することができ、量産効果によるローコスト化が期待できる。

加えて、これらの技術を用いることにより、現在のMPレーダー相当の観測能力（参考参照）を有し、60km遠方で1mm/h以下の降雨を観測できる感度を維持した上で、二次元DBF技術による10方向以上の同時処理が可能なレーダーシステムを実現することも可能となる。

このレーダーシステムについては、送受信機能を有する場合には現行のレーダーと同程度、受信機能のみの場合には現行の1/10程度の水準の価格での実現を目指す。

（参考）MPレーダーの性能

- ・ 空中線利得42dBi以上
- ・ 送信電力500W以上
- ・ DBF処理後の等価最小受信感度-107dBm以下

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

（例）

<平成24年度>

ア レーダー協調制御技術の開発

- ・ ローコストでレーダー間の同期を実現するための方式の検討
- ・ 気象現象に応じた運用シーケンス最適化アルゴリズムの検討
- ・ レーダーシステム集中制御手法の検討
- ・ 三次元ボリュームデータ生成及び速度ベクトル算出アルゴリズムの検討

- ・ 同期機能の部分試作、性能評価

#### イ 二次元DBF技術の開発

- ・ 現業の気象観測用レーダーの機能及びシステムの分析
- ・ レーダーアンテナの基本単位となるレーダーセルの概念設計
- ・ レーダーの基本機能の実現に必要な要素技術の開発

#### <平成25年度>

##### ア レーダー協調制御技術の開発

- ・ 前年度の検討結果を踏まえたレーダー協調制御のためのシステムの設計
- ・ レーダー協調制御機能を検証するための評価装置の開発

#### イ 二次元DBF技術の開発

レーダー素子の製作のために以下の開発を行う。

- ・ 小型アンテナ部の試作、性能評価
- ・ 送受信部の試作、性能評価

#### <平成26年度>

##### ア レーダー協調制御技術の開発

- ・ 前年度に設計したシステムの評価装置によるレーダー協調制御機能の動作検証、性能評価

#### イ 二次元DBF技術の開発

- ・ レーダーセルの試作、性能評価
- ・ マルチスタティックレーダーを構成する際に必要な基本機能の動作確認、性能評価

## 5. 実施期間

平成24年度から26年度までの3年間

## 6. その他

### (1) 成果の普及展開に向けた取組等

#### ①国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

## ②実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び平成30年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

### (2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

### (3) 実績等

本研究開発を進める上で基盤となりうる保有技術があれば、開発実績、製品化実績等を提案書に記載すること。

また、本件と類似の研究開発において実際に普及に結びつけた実績があれば、その際の普及啓蒙活動への取り組み及び現時点での普及状況について具体的に記載すること。