

<基本計画書>

90GHz 帯協調制御型リニアセルレーダーシステムの研究開発

1. 目的

近年、世界的な航空需要の高まりによって主要空港の離発着枠は限界を迎えつつあるが、その状況においても航空機の安全な離発着を実現するためには、滑走路面に落下したボルトなど異物を監視・除去することが不可欠であり、検知精度を高めるため、ミリ波帯レーダーを用いた異物検知システムの検討が欧米を中心に進んでいる。

ミリ波帯レーダーにおいて、微小な対象を高精度で検知するためには広い周波数帯域が必要となるが、複数の滑走路を有する拠点空港では、このような異物検知システムを複数台同時に運用する必要があり、さらには、主要鉄道ターミナルやその他の重要インフラにも適用が検討されており、小規模なエリアで複数の同一レーダーシステムを運用する際の相互の干渉抑制を実現し、既存の距離分解能は維持しつつ、周波数帯域の共用を可能とする技術の開発が不可欠となっている。

これまでの研究開発において、光ファイバー無線技術をベースとした線状に長く伸びるセル（リニアセル）を用いて、90GHz 帯において空間域・周波数域・時間域のすべてで高度に輻射を制御し、滑走路の障害物検知を想定した測定範囲 3000m×60m 以上、精度 3 cm 以下、測定時間 10s 以下の高速・高精度イメージングを実現するリニアセルレーダーシステムの基盤技術を開発したところである。

本研究開発では、精密に同期がとれた電波発射技術、機械可動部によらない電子的な手法による高度なビーム制御技術、スペクトラム制御技術を開発し、同一施設内で複数の 90GHz 帯のレーダーシステムの共用を実現する。これにより、3cm 程度の距離分解能力を維持するための限られた周波数帯域の中で、同一施設内で、複数の異物検知や監視のためのシステムの共用を可能とし、電波の有効利用に資することを目的とする。

2. 政策的位置付け

・「電波政策 2020 懇談会報告書」（平成 28 年 7 月 15 日）

ワイヤレスビジネスの成長・海外展開に向けた検討における今後に向けた提言の中で、2020 年までに実現することとして、「リニアセル・センサーネットワークについては、数 cm の異物が検知できるシステムを開発し、国内外の主要空港での実装を図る。」旨が記載されている。

・「航空産業ビジョン」（平成 27 年 12 月 10 日 内閣官房 基幹産業化に向けた航空ビジネス戦略に関する関係省庁会議）

次世代航空交通システムにかかる研究開発として「世界的な航空交通需要の増加への対応や、より安全かつ効率的な運航の実現のため、航空機位置の高精度な把握、

空港周辺空域での異物検出や情報共有化等に資する次世代航空交通システムの研究開発・技術開発を推進する」旨が記載されている。

3. 目標

本研究開発は、複数の送受信機の同期制御・協調信号処理技術等の開発を行い、高度なビーム制御技術、スペクトラム制御技術の実現により、既存のリニアセルレーダーシステムの検知性能(滑走路の障害物検知を想定した測定範囲 3000m×60m 以上、精度 3 cm 以下、測定時間 10s 以下の高速・高精度イメージング)は維持しつつ、新たな周波数を割当てることなく同一施設内で 2 以上の 90GHz 帯リニアセルレーダーシステムの共用を可能とし、もって周波数周波数利用効率を 2 倍以上とすることで電波資源の有効利用に資する。これにより複数の滑走路を有する拠点空港等においても、所要周波数帯を拡張することなく、必要な距離分解能力を実現することが可能となる。

4. 研究開発内容

(1) 概要

2 本以上の平行滑走路をもつ主要空港等の同一施設内(現在運用されている航空機ほぼすべての離着陸が可能な滑走路長として 3km、ICAO の平行滑走路に関するマニュアル Doc9643 に規定された同時離着陸が可能な平行滑走路の設置規定 1.5km を想定)で、既存のリニアセルレーダーシステムの検知性能は維持しつつ、2 以上の 90GHz 帯リニアセルレーダーシステムが共用することを可能とするミリ波帯同期複数送受信技術の研究開発を実施する。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア ビーム同期制御技術の開発

従来のリニアセルレーダーではアンテナを 4 秒に 1 回機械的に回転させることでビーム方向を制御し、±45 度の範囲を走査していた。この場合、回転揺らぎによりビーム方向が不安定になることで数度程度の回転角度誤差が生じていた。また、機械駆動部の摩耗により数ヶ月おきにオーバーホールが必要なため維持管理コストの増大をまねいていた。機械駆動部の無いフェーズドアレイ技術を用いたアンテナが必要となるが 90GHz 帯で実現したものは存在しない。そこで、光技術を利用してアンテナを機械的に回転させることなく、安定した送受信ビーム方向の制御が可能なフェーズドアレイ技術が必要である。

イ 複数同時受信技術の開発

従来技術では複数のアンテナ装置と中央装置で滑走路全体をカバーすることは可能であったが、個々のアンテナ装置は、アンテナを中心として回転方向の分解能がビーム幅に制限されて距離 100 メートルの位置で数 m の誤差が発生し検知

距離が長くなるに従い誤差が増大するという課題があった。また、従来技術では巨大な主要空港で見られるような複数の滑走路が隣接して配置される場合に、各滑走路の監視システム間の干渉が発生する可能性があった。更に、滑走路の特定部分（例えば着陸帯周辺）のみ検知性能を上げたいなどの要求に対応できないと言う課題があった。これらを解決するためには、

- ① 多数のアンテナ装置の受信タイミングを正確に同期連動し、異なる方向から得られた情報を複合処理し、監視の必要な範囲に高い二次元的位置精度を実現する必要がある。また他アンテナ装置からの信号を検出した場合にはビーム制御により干渉を回避することもシステムの適用範囲を広げるためには、重要である。
- ② 地形起伏等の影響により位置精度が悪くなる場所があり、それを改善するためには受信機のみを追加配置することで、信号処理により位置精度を向上させることが必要である。
- ③ ①および②を連動させることで、検知範囲の特定部分のみ検知精度を向上させる受信技術が必要である。

ウ 周波数共用・干渉低減技術の開発

従来技術では、複数のアンテナ装置間の電波干渉を回避するため、当該レーダ一波周波数割当て帯域幅である 8GHz 幅全てを利用して時分割にて運用されている。将来的には複数の滑走路で多数のアンテナ装置を高密度に設置する必要があるが、アンテナ装置間の時分割による制御のみでは検知時間の増大により運用上必要な検知時間の要求を満たすことができず、周波数を分割による制御では、距離分解能の劣化を招いてしまうと言う課題があった。

このため、

- ① ビーム衝突を回避すると共に、検知時間を増大させることなく距離分解能を維持する技術が必要である。
- ② 環境反射の多いフィールドにおいても、所要周波数帯を拡張することなく高い距離分解能を維持して干渉を抑圧することが必要となる。

到達目標

ア 送信ビーム同期制御技術の開発

ビーム制御のための光技術による信号位相制御技術を用いて 10 以上の送信素子で信号の位相を制御するフェーズドアレイ技術を開発するとともに、ビーム制御を行うための 90GHz 帯信号分配ネットワーク技術を開発し、毎秒 10 回以上で走査が可能なネットワーク制御技術を確立する。さらにその上で、ビーム方向制御 ± 45 度、角度繰り返し誤差 1 度以下のビーム走査が可能な送信方式を確立する。

イ 複数同時受信技術の開発

多数のアンテナ装置の受信タイミングを正確に同期連動し異なる方向から得られた情報を処理し、監視の必要な範囲に高い二次元的位置精度を実現する。また、受信機のみを追加して配置することで、信号処理により位置精度を向上させる。

①複数同期受信技術

複数の受信機を 100 ナノ秒以下の誤差で同期させて受信信号処理が可能な技術を開発する。また光給電による 0.1 秒以下での高速起動が可能で電源不要な 90GHz 対応受信技術を用いて 2 以上の受信機からなる系を構築し光給電により電源不要で 90GHz に対応する受信機技術を開発する。また、光給電の送信機への適用についても検討する。

②複数信号処理技術

複数の受信機らのデータを利用して二次元的位置精度を向上（二次元的位置精度 10cm 以下）させる信号処理技術を開発する。

③性能評価システム

①および②の開発技術を統合し連動させて検証することにより、複数同期受信技術の性能評価を実施する。

ウ 周波数共用・干渉低減技術の開発

複数の滑走路を有する主要空港においても、所要周波数帯を拡張することなく高い距離分解能を維持して干渉を抑圧する技術を開発する。

①ビーム衝突回避技術・動的分解能切り替え技術の開発

他アンテナ装置からの信号を検出した場合にはビーム制御により 10 ミリ秒以内で干渉を回避する技術を開発する。また、各送信機から放射される電波のスペクトラムを協調制御し干渉を抑圧しながら監視箇所の障害物検知優先度に応じて使用周波数幅を動的に割り当てる技術を開発する。

②統合システムの開発・評価

複数の送受信アンテナ装置の信号を同時並列に処理可能な光ファイバー無線による統合システムを開発する。実際の空港設備において地形形状や既設の反射物等の測定精度への影響等も考慮した評価を行うほか、空港よりも環境反射の多いフィールド（例えば鉄道環境）への技術展開についても実環境における評価を行う。なお、空港面における評価では、欧州等にて標準化されている異物検知システムの要件への適合性についても評価すること。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度ごとの目標については、以下の例を想定しているが、提案する研究計画に合わせて設定して良い。

(例)

<平成 29 年度>

ア ビーム同期制御技術の開発

- ・ 2 以上の送信素子を制御可能な光技術による信号位相御のための原理検証を実施する。
- ・ 2 以上の送信素子を制御可能なネットワーク構成を設計する。

イ 複数同時受信技術の開発

- ・ 2 以上のアンテナ装置の同期動作に対応した信号処理装置を開発する。
- ・ 複数の受信機を正確に同期させるための同期方式を検討し、2 以上の受信機で同期精度を検証する。
- ・ 給電用光を制御することで、必要な受信機を 1 秒以下で起動することを可能とする機構を開発する。
- ・ 2 以上のアンテナ装置からの信号を用いて、二次元の検知精度を向上するための信号処理アルゴリズムを構築する。

ウ 周波数共用・干渉低減技術の開発

- ・ 統合システム評価のため、システム要素の定義と全体システムの概念設計を行う。
- ・ 他アンテナ装置からの不要放射を検出するための原理確認実験を行う。
- ・ 2 以上の複数のアンテナ装置で、同じ周波数帯を共有するための周波数掃引方式の原理実証実験を行う。

<平成 30 年度>

ア ビーム同期制御技術の開発

- ・ 前年度の光技術による信号位相御のための原理検証装置を拡張し、4 以上の送信素子で、ビーム同期制御技術を検証する。
- ・ 毎秒 1 回以上の走査が可能なネットワーク技術を実証する。

イ 複数同時受信技術の開発

- ・ 検知精度向上を実現するためのアンテナ局の設置設計を行い、協調型リニアセルシステムのプロトタイプを構築する。
- ・ 同期精度 10 マイクロ秒以下を実現する。
- ・ 光給電による電源不要 90GHz 対応受信技術を用いて 2 以上の受信機からなる系を構築し光給電素子の適用性を確認する。
- ・ 前年度のアルゴリズムを FPGA 実装し、検知精度向上のリアルタイム処理を実現する。

ウ 周波数共用・干渉低減技術の開発

- ・ 他アンテナ装置からの強い信号に耐える受信機構造を開発する。さらに協調型リニアセルシステム用の管制側機能を構築し、最終年度の実証実験に向けたシステム要素の抽出を行う。
- ・ 前年度に実施した不要波検出実験を基に、課題アで検討したビーム制御技術

と連携し干渉を回避する基盤技術を開発する。

- ・ 距離分解能などのレーダー性能をアンテナ装置毎に可変する機構を開発する。

<平成 31 年度>

ア ビーム同期制御技術の開発

- ・ 10 以上の送信素子で、前年度の光技術による信号位相御のための原理検証装置を用いたビーム同期制御技術を検証する。
- ・ 毎秒 10 回以上の走査が可能なネットワーク技術を実現する。

イ 複数同時受信技術の開発

- ・ 前年度までの成果を統合するとともに、4 以上のアンテナ装置を有する協調型リニアセルシステムの性能評価を行う。
- ・ 同期精度 100 ナノ秒以下を実現し、光給電による 0.1 秒以下での高速起動可能な受信機との組み合わせを実現する。
- ・ 複数のアンテナ装置の情報を元に、2 次元的な位置精度向上処理の有効性を評価する。

ウ 周波数共用・干渉低減技術の開発

- ・ 複数滑走路を想定し、所要周波数帯を拡張することなく高い距離分解能を維持して干渉を抑圧できることを実証する。
- ・ 前年度までに実施した不要波検出・干渉回避技術を用いて、障害物によるリスクが高い箇所に高い分解能を動的に割り当てる技術を検証する。

5. 実施期間

平成 29 年度から 31 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および終了後、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・団体およ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」および平成 36 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。

③研究開発成果の情報発信

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況や成果について説明等を行うこと。

④研究開発成果のオープンな利用促進

本研究開発成果が広く一般での利活用に寄与していくために、可能な限り特定の機器および技術への依存を排除し、基礎的な技術に関しては容易に利用可能な技術を採用することを検討すること。

(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、従来の技術との差異を明確にした上で、技術課題および目標達成に向けた研究方法、実施計画およ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。

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。また、本研究開発においては原則として技術課題ウ②の実施者が、研究開発課題全体の取りまとめを行うものとする。(ただし、各技術課題の実施者間の調整により変更可能)

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、空港関係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。

本研究開発は、国が実施する関連施策と連携して進めることが想定されるため、総務省が受託者に対して指示する、研究開発に関する情報および研究開発成果の開示、関係研究開発プロジェクトとのミーティングへの出席、シンポジウム等での研究発表、共同実証実験への参加等に可能な限り応じること。