

<基本計画書>

小型旅客機等に搭載可能な電子走査アレイアンテナによる 周波数狭帯域化技術の研究開発

1. 目的

近年、スマートフォンやタブレット端末の急速な普及に伴い、大型航空機等では衛星通信を活用したブロードバンドサービスの普及が進んでいる。

また、航空機需要は今後 20 年で 1 万 9 千機から 3 万 6 千機に増加すると見込まれ、特にリージョナルジェットと呼ばれる 50 名から 100 名程度の客席の小・中型航空機が増加することが予想されており、これらの航空機においても大型機と同様のブロードバンドサービスが求められており、航空機向けの衛星通信需要が大きく増加することが想定される。

このため、衛星通信システムの高速度と大容量化のために周波数の有効利用が必須の課題となっており、衛星通信アンテナの高性能化が求められている。衛星通信アンテナの高性能化には一般的にはアンテナ開口面積を大きくする必要があるが、従来の一般的な機械駆動型のアンテナでは小・中型航空機への搭載は困難となっている。

従って、本研究開発では、航空機への搭載性を損なわずに衛星通信アンテナの性能を改善する技術を確認し、変調方式をより多値化することで周波数利用効率を 30%以上改善し、周波数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

・「電波政策ビジョン懇談会報告書」（平成 26 年 12 月 26 日）

6GHz 以上の周波数帯について第 5 世代移動通信システムでの活用を念頭に、現在、固定・衛星系等で使われている 14GHz 帯/28GHz 帯等を対象に、諸外国の動向等を踏まえつつ、当該周波数帯の利用に関する研究・標準化等を進めた上で、移動通信システムに今後必要となる周波数幅を確定・確保していくことが適当としており、さらに逼迫する可能性がある衛星通信用周波数帯の一層の有効利用を図る必要がある。

・「電波政策 2020 懇談会報告書」（平成 28 年 7 月 15 日）

「ワイヤレス海外新市場の創出としてリージョナル航空機でも搭載可能な薄型・スケーラブルな衛星アンテナや周波数狭帯域効率化を図る技術開発を進める」および「衛星通信の高度化に向けた研究開発として、航空機によるブロードバンド環境の利活用ニーズが高まりつつある。」旨が記載されている。

3. 目標

移動体向け衛星通信を利用したブロードバンドサービスを提供する小・中型航空機において、衛星通信アンテナの搭載性を損なわずに電子走査アレイアンテナの性

能を改善する技術を確立し、高速多値変調(8PSK 以上)に対応した周波数狭帯域化を実現することで周波数利用効率を 30%以上改善し、周波数の有効利用に資することを目標とする。

4. 研究開発内容

(1) 概要

大幅な需要増加が予想される小・中型航空機に搭載される移動体向け衛星通信を利用したブロードバンドサービス用アンテナには、データの高速化と大容量化の観点から高速通信かつ周波数利用効率が高い多値変調への対応が求められる。また、搭載性との両立の観点から薄型な形状で所要性能に応じてアンテナ開口サイズがスケラブルであることが求められる。その両方を兼ね備える衛星通信アンテナ技術に関する研究開発を実施する。

具体的には、図2のとおり、8PSK による多値化でチャンネル当たりの占有帯域を 3.6MHz 幅から 2.4MHz 幅と 33%の狭帯域化を実現することでチャンネル数を増加させることが可能となる。



図1 小・中型航空機搭載用の薄型電子走査アレイアンテナ概念図

現状			多値化による 33%狭帯域化 周波数を効率的 に利用する	研究開発成果 適用後		
変調方式	DVB-S2 QPSK	FECLレート 2/3		変調方式	DVB-S2 8PSK	FECLレート 2/3
情報速度	4Mbps	(3.0sps)	情報速度	4Mbps	(2.0sps)	
占有帯域	3.6MHz	sps × 1.2	占有帯域	2.4MHz	sps × 1.2	
要求C/N	3.5dB		要求C/N	7.4dB		
アンテナサイズ	40cm	等価開口径	アンテナサイズ	60cm	等価開口径	
アンテナ利得	40dBi		アンテナ利得	43dBi		

図2 周波数の効率的利用の具体化

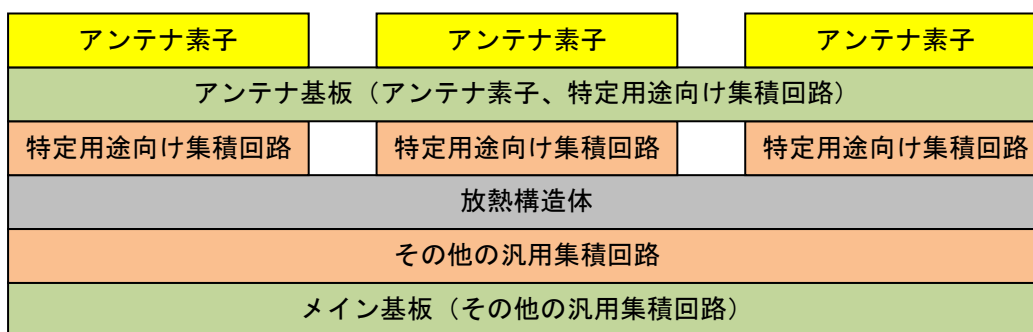


図3 電子走査アレイアンテナ断面概念図

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア. 高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステム構成の基礎研究開発

従来の航空機搭載用の衛星通信アンテナとしては、機械駆動式の開口アンテナと従来型の電子走査アレイアンテナがある。機械駆動式の開口アンテナは従来型の電子走査アレイアンテナと比較し、アンテナ開口面を機械的に駆動してアンテナ指向方向を走査する方式のため、アンテナ開口が駆動により掃引する体積よりアンテナサイズを小型化できない。また従来型の電子走査アレイアンテナは電子走査型のため機械駆動式の開口アンテナに比べて薄型化が可能であるが、従来の電子走査アレイアンテナは、アンテナ素子と RF モジュールおよび低損失伝送線路(導波管等)を用いる等の構成が考えられ、更なる薄型化への課題や開口サイズを容易に変更できないという課題がある。これらの課題を克服するために、薄型かつ開口サイズがスケラブルであり、EIRP 密度を高く設定する事でサイドローブを下げ、高速多値変調に有利な電子走査アレイアンテナの技術開発が周波数利用効率向上には不可欠である。そのために、将来の衛星並びに衛星地上局側の通信方式の動向に配慮し、新たに高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステム構成を検討する必要がある。

以下に主な検討項目を記載する。

- ① 電子走査アレイアンテナのシステム方式ならびに構成の基礎検討
- ② アンテナ、RF 部、ベースバンド部の各機能と仕様検討
- ③ 電子走査アレイアンテナの軸外輻射特性検討ならびに低仰角での利得低下の改善検討（広角輻射特性）
- ④ アレイアンテナシステム各部の合成回路部等の薄型化実現方法の検討

イ. RF 部の小型、薄型化に最適な特定用途向け集積回路(ASIC)を含めた構成検討（移相器、増幅器、直交変調器、発振回路、位相同期回路等）

高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステムの実現において、従来の電子走査アレイアンテナの RF モジュールおよび低

損失化のために導波管等の低損失伝送線路を用いる等の構成ではなく、薄型化に適した構成を実現するための技術開発が不可欠である。そのため、RF 部の小型、薄型化に最適な特定用途向け集積回路(ASIC)を含めた構成検討が必要である。

以下に主な検討項目を記載する。

- ① RF 部の特定用途向け集積回路(ASIC)の集積範囲ならびに構成検討
- ② 高速多値変調(8PSK 以上)信号に対応するための低歪回路の検討
- ③ 放熱構造体の小型、薄型化のための高効率化等の低消費電力化検討

ウ. 航空機—衛星間のアクセス方式の検討

上記で開発するアンテナシステムの更なる周波数利用効率を高め、効率的に活用するために、航空機—衛星間のアクセス方式を検討する必要がある。

以下に主な検討項目を記載する。

- ① 航空機—衛星間通信に特化した技術的要件の検討
- ② 複数の航空機に対するハンドオーバー技術を含めたアクセス方式の検討

到達目標

- ア. 高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化(3cm 以下を目安)に適した電子走査アレイアンテナシステムの実現
- イ. アンテナ素子間(Ka 帯で 5mm 程度を目安)に実装可能な RF 部の専用特定用途向け集積回路(ASIC)の実現
- ウ. 技術的および国際的な動向を踏まえた上で、周波数利用効率を高めるべくハンドオーバーを含む航空機—衛星間アクセス方式の決定
- エ. その他の到達目標として、主要性能を表 1 に示す。

表 1 Ka 帯の搭載システムでの主要性能目標

	項目	目標値	備考
送信	周波数帯域	29.5GHz-30.0GHz	ESIM 利用帯域※1
	瞬時帯域幅※2	100MHz 以上	※3
	変調方式	8PSK 以上	
	EIRP	44dBW 以上@EL 30deg	
	偏波	右旋円偏波、左旋円偏波切替え可能	
	仰角範囲	下限(a) : 30deg 以下 上限(b) : 90deg	$a \leq \text{仰角} \leq b$
受信	周波数帯域	19.7GHz-20.2GHz	ESIM 利用帯域※1
	瞬時帯域幅※2	100MHz 以上	※3、※4
	変調方式	8PSK 以上	※4
	G/T	10dB/K 以上@EL 30deg	
	偏波	右旋円偏波、左旋円偏波切替え可能	
	仰角範囲	下限(a) : 30deg 以下 上限(b) : 90deg	$a \leq \text{仰角} \leq b$

- ※1:ESIM(Earth Stations in Motion):決議 156(WRC-15)にて脚注 5.527A に地域共通で、Ka 帯移動体向けに上り 29.5-30.0GHz / 下り 19.7-20.2GHz の周波数が割り当てられた。
- ※2:瞬時帯域幅:アンテナが送信あるいは受信できる変調信号の帯域幅の限界値
- ※3:HTS やメガコンステレーション計画では、TDM 方式が趨勢であり、受信において瞬時帯域の広帯域化が求められている。
- ※4:瞬時帯域幅 100MHz、8PSK、FEC レートが 1/2 を想定すると、情報速度は最大 150Mbps となる。
- ※5:重量、消費電力については、研究開発において、航空機メーカーとも協議の上搭載可能な目標値を設定すること。

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 29 年度>

ア. 高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステム構成の基礎研究開発

送信用薄型電子走査アレイアンテナの要素開発と基礎検証の実施

① 送信用全体システム方式ならびに構成の基礎検討

- ・航空機搭載可能な重量、供給される電力など、送信システムの搭載条件の明確化
- ・QPSK、8PSK 等の想定される変調方式毎のシステムレベルダイヤの検討
- ・アンテナ、RF 部、ベースバンド部の各機能と仕様検討(ロールオフ率、フィルタ特性、位相雑音、線形性などを含む)

② 開口サイズのスケラビリティを考慮した送信アンテナ方式検討

③ シミュレーションによる広角輻射特性の改善、軸外輻射特性検討

④ 送信用 16 素子以上の要素試作による基本性能確認

イ. RF 部の小型、薄型化に最適な特定用途向け集積回路(ASIC)を含めた構成検討
高速多値変調(8PSK 以上)対応の特定用途向け集積回路(ASIC)の構成検討と要素試作ならびに汎用集積回路(IC)を適用した回路検討

① RF 部の特定用途向け集積回路(ASIC)用の高周波動作、高効率動作等に適した半導体プロセス検討

② RF 部の特定用途向け集積回路(ASIC)の構成検討

③ RF 部の特定用途向け集積回路(ASIC)の要素試作設計

④ ベースバンド部の汎用集積回路(IC)を用いた高速多値変調対応の部分システム検討・基本性能確認

ウ. 航空機-衛星間のアクセス方式の検討

① 航空機-衛星間通信のための特性解析および技術的要件の検討

② 航空機搭載への技術的要件の検討

③ 変復調を含むアクセス方式の検討

<平成 30 年度>

ア. 高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステム構成の基礎研究開発

受信用薄型電子走査アレイアンテナの要素開発と基礎検証の実施

- ① 受信用全体システム方式ならびに構成の基礎検討
 - ・ 航空機搭載可能な重量、供給される電力など、受信システムの搭載条件の明確化
 - ・ QPSK、8PSK 等の想定される変調方式毎のシステムレベルダイヤの検討
 - ・ アンテナ、RF 部、ベースバンド部の各機能と仕様検討（ロールオフ率、フィルタ特性、位相雑音、線形性などを含む）
- ② 開口サイズのスケーラビリティを考慮した受信アンテナ方式検討
- ③ シミュレーションによる広角輻射特性、軸外輻射特性検討
- ④ 受信用 16 素子以上の要素試作による基本性能確認

イ. RF 部の小型、薄型化に最適な特定用途向け集積回路(ASIC)を含めた構成検討
高速多値変調(8PSK 以上)対応の RF 部特定用途向け集積回路(ASIC)の要素試作、ならびに集積化設計

- ① 送信用、受信用特定用途向け集積回路(ASIC)の要素試作の評価・改善検討（高効率化等の低消費電力化を含む）
- ② 送信用、受信用特定用途向け集積回路(ASIC)の要素試作の集積化検討、特定用途向け集積回路(ASIC)試作設計

ウ. 航空機-衛星間アクセス方式のための検討

実際の環境を考慮した通信特性評価

<平成 31 年度>

ア. 高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステム構成の基礎研究開発

送信用電子走査アレイアンテナのサブアレイ部分試作開発

- ① 要素試作を用いたサブアレイ部分試作に向けた改善検討（軸比、軸外輻射、広角輻射特性等）
- ② サブアレイのアンテナ素子部分(64 素子以上)試作開発・評価
- ③ 汎用集積回路(IC)を用いたベースバンド部の改善設計・評価
- ④ 各部分試作結果を用いたサブアレイシステムの模擬検証（アンテナ、RF 部、ベースバンド部の部分試作）

イ. RF 部の小型、薄型化に最適な特定用途向け集積回路(ASIC)を含めた構成検討
高速多値変調(8PSK 以上)対応の RF 部特定用途向け集積回路(ASIC)試作の評

価・改善設計

- ① 送信、受信用特定用途向け集積回路(ASIC)試作の評価
- ② 送信、受信用特定用途向け集積回路(ASIC)試作の改善設計
(高効率化等の低消費電力化を含む)

- ウ. 航空機-衛星間のアクセス方式の検討
ハンドオーバーを含むアクセス方式の検討および机上評価

<平成 32 年度>

- ア. 高速多値変調(8PSK 以上)対応の薄型化に適した電子走査アレイアンテナシステム構成の基礎研究開発

1. 送信用電子走査サブアレイアンテナを用いたサブシステム検証
 - ① 高速多値変調対応の特定用途向け集積回路(ASIC)の改善試作評価
 - ② サブアレイアンテナ(64素子以上×N以上)の設計・評価によるスケールビリティ検証
 - ③ サブアレイアンテナシステムの高速多値変調(8PSK 以上)対応による周波数狭帯域化検証
 - ④ 電波暗室等によるサブアレイアンテナ特性評価サブアレイシステムの検証(アンテナ、RF部、ベースバンド部の組合せ検証)
2. 受信用電子走査サブアレイアンテナ(64素子以上×N以上)を用いたサブシステム部分試作の検証
 - ① 高速多値変調(8PSK 以上)対応の特定用途向け集積回路(ASIC)の改善試作評価
 - ② サブアレイアンテナ部分試作(64素子以上×N以上)の設計・評価
 - ③ 汎用集積回路(IC)を用いたベースバンド部の開発・評価
 - ④ 各部分試作結果を用いたサブアレイシステムの模擬検証
(アンテナ、RF部、ベースバンド部の部分試作)

- ウ. 航空機-衛星間のアクセス方式の検討
① シミュレーションによるシステム試験の実施

5. 実施期間
平成 29 年度から 32 年度までの 4 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 37 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への取組

本研究開発の成果を研究機関中および終了後速やかに関連する学会、研究会において発表や公知を行うことで、得られた成果に関する情報発信し周知を行うものとする。その活動計画・実施方策については、提案書に記載すること。

(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。

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。