

平成17年度

電波資源拡大のための研究開発
に係る提案公募

提案要領

平成17年10月

総務省

目次

1.	概要	1
2.	応募資格	1
3.	研究開発課題等	2
4.	応募に必要な書類	3
5.	委託先候補の選定及び採択	4
6.	契約	5
7.	研究者の雇用等	5
8.	研究成果	5
9.	購入設備の扱い	6
10.	次年度以降の扱い	7
11.	応募の手続き	8
12.	その他	8
13.	問い合わせ及び提出先	8

別紙 対象経費(直接経費)の範囲

別紙Ⅰ-1	〈基本計画書〉コグニティブ無線通信技術の研究開発	13
別紙Ⅰ-2	〈基本計画書〉空間軸上周波数有効利用技術の研究開発	21
別紙Ⅰ-3	〈基本計画書〉超伝導フィルタ技術の研究開発	27
別紙Ⅱ	〈基本計画書〉衛星通信と他の通信の共用技術の研究開発	33
別紙Ⅲ-1	〈基本計画書〉クライストロン送信機デジタル波形成型技術及び 固体素子等を用いたレーダー技術の研究開発	37
別紙Ⅳ-1	〈基本計画書〉高マイクロ波帯基盤技術の高度化のための 研究開発	43
別紙Ⅳ-2	〈基本計画書〉高マイクロ波帯用アンテナ技術の高度化技術の 研究開発	49
別紙Ⅴ-1	〈基本計画書〉基幹用ミリ波帯無線伝送システムの実現のための 基盤技術の研究開発	53
別紙Ⅴ-2	〈基本計画書〉無線アクセス用ミリ波帯無線伝送システムの実現 のための基盤技術の研究開発	57
別紙Ⅴ-3	〈基本計画書〉ミリ波帯無線装置の高能率化技術の研究開発	63
別紙Ⅴ-4	〈基本計画書〉ミリ波帯無線装置の低コストの小型ワンチップ モジュール化技術の研究開発	69
別紙Ⅴ-5	〈基本計画書〉ミリ波ブロードバンド通信システム用アンテナ技術 の研究開発	75
別紙Ⅴ-6	〈基本計画書〉ミリ波帯高速移動体通信システム技術の研究開発	79
別紙Ⅵ-1	〈基本計画書〉高速・高精度測定技術の研究開発	87

総務省では、電波資源拡大のための研究開発(電波のより能率的な利用に資する技術としておおむね5年以内に開発すべき技術に関する研究開発)の各課題について、委託による研究開発(以下「委託研究」という。)を実施します。

本委託研究では、民間企業等の研究機関における知見や技術、ノウハウを活用して、電波資源拡大のための研究開発を推進し、周波数帯域の逼迫状況を緩和し、新たな周波数需要に的確に対応することを目指します。

1. 概要

本委託研究は、総務省が電波の有効利用に資する研究開発課題を指定した上で研究開発提案を公募・採択し、民間企業等の研究機関に委託することにより実施するものです。

- (1) 総務省が指定する研究開発課題に対して受託を希望する研究機関は、所定の提案書を総務省に提出することにより、応募することができます。
- (2) 提案書について、後述の「5. (2)選定基準」に基づき外部評価を行い、総務省が委託先候補となる研究機関を選定します。
- (3) 選定された研究機関は、総務省との間で委託契約を締結し、研究開発を実施します。

2. 応募資格

以下の a.から g.の要件を満たす、単独ないし複数の企業、大学、公益法人等の研究機関。

- a.当該研究開発課題に係る技術又は関連技術についての研究開発の実績を有し、かつ、研究開発目標の達成及び研究計画の遂行に必要な組織、人員等を有していること。
- b.事業の実施の効率性や機動性向上の観点から、原則、日本国内に研究拠点を有する研究機関であること。海外研究拠点での研究は、研究項目の中で国内研究拠点において実施し得ないテーマ、海外の特殊な設備等を使用せざるを得ないテーマ等に限定されていること。
- c.当該委託研究を円滑に執行するために必要な経営基盤を有し、かつ資金等について十分な管理能力を有していること。
- d.総務省が委託を行う上で必要とする処置を適切に遂行できる体制を有すること。
- e.周波数逼迫状況を緩和し、電波のより能率的な利用に資するため、研究成果の公開、及び標準化活動等に積極的な貢献が可能であること。

f.得られた研究成果の実用化を図る計画の策定及びその実現について十分な能力を有していること。

g.当該委託研究の全部又は一部を複数の企業等が共同して実施する場合(以下、このような形態で実施される研究開発を「共同研究」という。)、各研究機関の役割と責任が明確に示されていること。また、各研究機関の取りまとめを行う代表的な研究機関(以下「代表研究機関」という。)が定められていること。

3. 研究開発課題等

平成17年度は、以下の研究開発課題に対する提案を公募いたします。実施予定額の初年度上限については以下を想定していますが、外部評価の結果等を踏まえ確定します。また、以下の実施期間は目途として示しているものです。

研究開発課題	個別研究開発課題	実施予定額 (初年度上限)	実施期間 (目途)
I 移動通信システムにおける高度な電波の共同利用に向けた要素技術の研究開発	I-1 コグニティブ無線通信技術の研究開発	14.0 億円程度	3ヶ年
	I-2 空間軸上周波数有効利用技術の研究開発	8.1 億円程度	3ヶ年
	I-3 超伝導フィルタ技術の研究開発	3.5 億円程度	3ヶ年
II 衛星通信と他の通信の共用技術の研究開発	同左	1.7 億円程度	3ヶ年
III レーダーの狭帯域化技術の研究開発	III-1 クライストロン送信機デジタル波形成形技術及び固体素子等を用いたレーダー技術の研究開発	5.3 億円程度	クライストロン送信機デジタル波形成形技術：1年、固体素子等を用いたレーダー技術：3ヶ年
IV 高マイクロ波帯への周波数移行の促進に向けた基盤技術の高度化のための研究開発	IV-1 高マイクロ波帯基盤技術の高度化のための研究開発	6.7 億円程度	5ヶ年
	IV-2 高マイクロ波帯用アンテナ技術の高度化技術の研究開発	2.6 億円程度	5ヶ年

V 未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発	V-1 基幹用ミリ波帯無線伝送システムの実現のための基盤技術の研究開発	4.4 億円程度	4ヶ年
	V-2 無線アクセス用ミリ波帯無線伝送システムの実現のための基盤技術の研究開発	3.3 億円程度	5ヶ年
	V-3 ミリ波帯無線装置の高効率化技術の研究開発	2.7 億円程度	4ヶ年
	V-4 ミリ波帯無線装置の低コストの小型ワンチップモジュール化技術の研究開発	2.9 億円程度	4ヶ年
	V-5 ミリ波ブロードバンド通信システム用アンテナ技術の研究開発	3.0 億円程度	5ヶ年
	V-6 ミリ波帯高速移動体通信システム技術の研究開発	4.3 億円程度	5ヶ年
VI 次世代無線通信測定技術の研究開発	VI-1 高速・高精度測定技術の研究開発	5.9 億円程度	3ヶ年

各研究開発課題の具体的な内容、技術目標、実施期間(目途)等については、別紙 I-1～VI-1 の基本計画書を参照して下さい。

総務省が負担する経費の範囲は、当該研究開発の遂行及び研究成果の取りまとめに直接的に必要な経費(直接経費)とそれ以外の諸経費(一般管理費)及びこれらに係る消費税(消費税+地方消費税)額とします。直接経費の範囲については、別紙の「対象経費(直接経費)の範囲」とし、一般管理費は直接経費の10%以下とします。

なお、採択された提案に係る予算計画書等は、必要に応じて契約時までには研究機関(共同研究の場合は、代表研究機関)と総務省との間で調整の上、内容の修正等を行っていただくことがあります。

4. 応募に必要な書類

提案書などの応募に必要な書類等については、「提案書作成要領」に記載しております。提案書作成要領に示す様式以外での応募は認められませんのでご注意願います。

提案書受付時には「受付通知」を送付します。提案書送付後1週間を経過しても「受付通知」が届かない場合には、担当係(「13. 問い合わせ及び提出先」参照)まで電話にてご連絡願います。郵送の過程における事情等により提案書が未着とな

った場合の責任は一切負いかねますのでご了承下さい。

なお、提案書の返却は致しませんので、必ず写し等を手許に保管しておいて下さい。(ヒアリング等で必要となる場合があります。)

5. 委託先候補の選定及び採択

(1) 選定方法

委託先候補の選定については、外部評価を行い、その結果を受けて総務省が行います。

(2) 選定基準

選定に当たっては、次に挙げる項目を中心として、総合的に評価を行います。

- ① 研究開発手法の有効性・効率性(研究開発手法が目的を達成するために妥当かどうか。技術的に優れているかどうか。)
- ② 実施計画の妥当性(研究開発の実施計画が効率的に組まれているかどうか。)
- ③ 実施体制の妥当性(研究開発の実施体制が適切かどうか。)
- ④ 補助的な観点(実用化への波及、研究開発実績、標準化への取り組み等)
- ⑤ 総合評価(総合的に見てどうか。)

(3) 追加資料の提出等

委託先候補の選定は、提出された提案書に基づいて行いますが、必要に応じて追加資料の提出等をお願いすることがあります。

(4) ヒアリングの実施

委託先候補の選定に当たり、原則として、提出された提案書及び追加資料の内容について、ヒアリングを実施します。(ヒアリングは日本語で行います。)
ヒアリングの詳細については、提案書を受け付けた後、別途連絡します。

(5) 採択及び通知

総務省は、外部評価をもとに委託先候補となる研究機関を選定した後、当該研究機関(共同研究の場合は、代表研究機関)に提案内容の遂行に支障がないかどうかを確認した上で、最終的な採択を行います。採否の結果は、総務省から当該研究機関(共同研究の場合は、代表研究機関)あてに通知します。

なお、原則として個別研究課題毎に1件の提案を採択します。

(6) その他

採択された提案を実施するに当たり、研究機関と総務省との間で委託契約を締結することとなりますが、当初提案の研究費は、契約の金額を保証するものではありません。必要に応じて修正計画を提出していただく場合があります。この場合において、研究機関との間で必要な契約条件が合致しない場合には、契約の締結ができないことがあります。

6. 契約

(1) 契約期間

委託研究の契約は単年度契約となります。次年度以降については継続評価の結果に基づき、別途契約する(あるいはしない)こととなります。

(2) 契約の形態

共同研究を行う場合は、総務省はすべての研究機関と直接契約を結びます。再委託は原則不可とします。

(3) 契約書について

原則として、契約は総務省の委託契約書によるものとします。
国立大学法人等において受託研究契約書を使用する場合には、その内容について協議するとともに、必要に応じて、加筆・修正・削除し、あるいは別途取り決めを交わしていただくことがありますので、ご了承下さい。

7. 研究者の雇用等

研究者を新たに必要とする場合には、研究費の範囲内において研究機関で雇用することができます。

雇用に関する責任はすべて研究機関にあり、本委託において実施する研究開発そのものとは関わりがありませんので、ご留意願います。

8. 研究成果

(1) 研究成果報告書

毎契約年度終了日(通常、毎年3月31日となります。3月31日が土曜、日曜、祝日にあたる場合はその直前の平日が該当。)以前の契約書に定められた期日までに研究成果報告書を提出していただきます。契約は単年度契約となりますので、年度ごとに提出いただくこととなります。

(2) 研究成果の帰属

研究開発実施中に産業財産権等が発生した場合、「産業活力再生特別措置法」に基づき、一定の条件(以下参照)の下、100%受託者側に帰属させることが可能です。

条件(遵守項目)

- ・委託研究に係る成果(研究開発実施により新たに発見ないし生み出されたものすべてを言い、発明等に関するもの、産業財産権等に関するもの、ノウハウに関するもの、等すべてを含む。)が得られた場合には、遅滞なく、総務省にその旨を報告するものとする。
- ・総務省が公共の利益のために特に必要があるとしてその理由を明らかにして求める場合には、無償で当該産業財産権等を利用する権利を国に許諾するものとする。
- ・当該産業財産権等を相当期間活用していないと認められ、かつ、当該産業財産権等を相当期間活用していないことについて正当な理由が認められない場合において、総務省が当該産業財産権等の活用を促進するため特に必要があるとしてその理由を明らかにして求めるときは、当該産業財産権等を利用する権利を第三者に許諾するものとする。
- ・上記のほか、必要と認められる事項がある場合には、契約書等において別途定める。

9. 購入設備の扱い

研究開発に必要な設備の調達は原則としてリースとしていただきますが、やむを得ず購入する場合は、以下のとおりとします。

(1) 管理・維持

購入設備の所有権は支払額の確定後、国に帰属することとなります。購入設備の研究開発期間中における管理は、原則として契約先である研究機関が実施するものとします。

(2) 研究開発終了後の扱い

研究開発終了後の当該設備の取扱いについては、別途協議することとします。

10. 次年度以降の扱い

契約は年度単位で締結しますので、次年度以降は研究開発を継続して実施するための提案及び契約が必要となります。なお、予算等の削減により当初予定の実施期間より短くなることもあります。

毎年度の契約更新に当たり、研究開発の実施状況が適切であるかを確認するとともに、引き続き同一の研究開発機関に委託することが妥当かどうか判断するために継続評価を行います。継続評価の詳細は下記(1)～(3)のとおりです。

また、全ての研究開発を終了した後に、終了評価を実施します。終了評価では将来の研究開発の効率化や適切な予算配分への反映をはじめとする研究開発の方針策定の参考に資するため、研究開発が効率的に行われたかどうか等について評価を行います。

さらに、必要と認めた案件について、研究開発終了後一定期間を経過してから、追跡評価を行います。追跡評価では、研究開発成果の波及効果や活用状況等を把握し、研究開発が実際に電波の再配分等周波数の逼迫対策に有効であったかどうか評価、確認します。

終了評価、追跡評価の詳細については採択後に適宜お知らせします。

(1) 継続評価

継続提案書により、研究の進捗状況、研究資金の使用状況及び研究開発実施計画等について有効性、効率性の観点を含め総合的に評価し、その評価結果において適切と判断された場合に、総務省は次年度の契約をします。次年度の契約金額は、必ずしも提案金額とは一致しません。

なお、必要に応じて、ヒアリングを実施します。

(2) 継続提案書

継続提案書の内容は、実施年度の研究進捗状況の報告及び研究資金の使用状況並びに次年度以降の研究計画等が分かる内容の書類から構成されます。

(3) 継続提案書提出時期

継続提案書の提出時期は契約を締結した年度の1月頃を予定しています。

11. 応募の手続き

(1) 応募の方法

応募される研究機関は、平成17年11月18日(金)17時(必着)までに、総務省担当係あて(「13. 問い合わせ及び提出先」参照)に、提案書1部及びその写し1部(写しは製本していないもの)、その他提案に必要な書類等1式を郵送(宅配便、バイク便等も可能)して下さい。

持ち込みは原則として不可としますが、やむを得ない場合には、事前連絡の上、当日の正午(時間厳守)までに持ち込んで下さい。

※ 共同研究を行う場合、提案書等は代表研究機関が取りまとめの上、総務省に提出して下さい。

(2) 今後のスケジュール

今後のスケジュールは以下のとおり想定していますが、採択評価の状況等により前後することがあります。

1 1月下旬～1 2月中旬	外部評価を行い、委託先候補となる研究機関を選定
1 2月中旬 採択通知後	採択・不採択通知の送付 研究機関との調整が終わり次第、速やかに研究委託契約を締結

12. その他

本要領に定めるところによるほか、新たに要領として取り決めを行うべき事項が生じた場合には、総務省はこれを定め、必要に応じて総務省ホームページ(<http://www.soumu.go.jp/>)で公開します。

また、委託先に対して、基本計画書に示すほか、関係省庁との連携等、政府としての基本方針や取り組みにご協力をお願いすることがあります。

13. 問い合わせ及び提出先

研究開発課題、基本計画書等の内容に関する問い合わせは、研究開発課題ごとに各担当係までお願いします。その他、提案書の作成又は提出方法等に関する問い合わせについては、総合通信基盤局電波部電波政策課開発係までお願いします。

す。E-mail による問い合わせの場合は、下記アドレスにて一括して受け付けております。

【研究開発課題、基本計画書等に関する問い合わせ及び提出先】

	研究開発課題	担当係
I	移動通信システムにおける高度な電波の共同利用に向けた要素技術の研究開発 (基本計画書 I-1～I-3)	総合通信基盤局電波部移動通信課 推進係 TEL: 03-5253-5894 FAX: 03-5253-5946
II	衛星通信と他の通信の共用技術の研究開発 (基本計画書 II)	総合通信基盤局電波部基幹通信課 国際係 TEL: 03-5253-5887 FAX: 03-5253-5889
III	レーダーの狭帯域化技術の研究開発 (基本計画書 III-1)	総合通信基盤局電波部衛星移動通信課 振興係 TEL: 03-5253-5902 FAX: 03-5253-5903
IV	高マイクロ波帯への周波数移行の促進に向けた基盤技術の高度化のための研究開発 (基本計画書 IV-1～IV-2)	総合通信基盤局電波部電波政策課 開発係 TEL: 03-5253-5876 FAX: 03-5253-5940
V	未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (基本計画書 V-1～V-6)	総合通信基盤局電波部電波政策課 開発係 TEL: 03-5253-5876 FAX: 03-5253-5940
VI	次世代無線通信測定技術の研究開発 (基本計画書 VI-1)	総合通信基盤局電波部電波環境課 技術管理係 TEL: 03-5253-5908 FAX: 03-5253-5914

上記提出先の住所:
〒100-8926 東京都千代田区霞ヶ関2-1-2 中央合同庁舎第2号館10階

【提案書の作成又は提出方法等に関する問い合わせ先】

総合通信基盤局電波部電波政策課 開発係
TEL: 03-5253-5876
FAX: 03-5253-5940

【E-mailによる問い合わせ先】

E-mail: wireless-rd@ml.soumu.go.jp

対象経費(直接経費)の範囲

大項目	中項目	説明
I. 設備備品費	1.研究開発用機械装置リース費	委託業務の遂行に必要な機械装置、その他備品を必要とした場合におけるそのリースに要する経費。
	2.研究開発用機械装置購入費	委託業務の遂行に必要な機械装置、その他備品の製作又は購入を必要とした場合におけるその製造原価又は購入に要する経費。
	3.保守費	機械装置等の保守(機能の維持管理等)を必要とした場合における労務費、旅費交通費、滞在費、消耗品費及びその他の必要な経費(ただし、Iの2及びⅢの1～3に含まれるものを除く)、外注を必要とした場合はそれに要する経費。
	4.改造修理費	機械装置等の改造、修繕を必要とした場合における労務費、旅費交通費、滞在費、消耗品費及びその他必要な経費(ただし、Ⅲの1から3に含まれるものを除く)、外注を必要とした場合は、それに要する経費。
II. 労務費(注)	1.研究員費	委託業務に直接従事した研究者、設計者及び工員等の労務費(原則として①本給、②賞与、③諸手当(福利厚生に係るものを除く)とする。ただし、Iに含まれるものを除く)。
	2.補助員雇上費	委託業務に直接従事したアルバイト、パート等の経費(ただし、Iに含まれるものを除く)
Ⅲ. 消耗品、その他の経費	1.消耗品費	委託業務の実施に直接要した資材、部品、消耗品等の製作又は購入に要した経費。
	2.光熱水料	委託業務の実施に直接使用するプラント及び機械装置等の運転等に要した電気、ガス及び水道等の経費。通信回線の月々の使用料等は、この項に含めて下さい。
	3.旅費・交通費	研究員が委託業務を遂行するために特に必要とした旅費、滞在費及び交通費であって、研究員の所属機関の旅費規程等により算定された経費。
	4.計算機使用料	委託業務遂行に必要な電子計算機の使用、データ入力等に要した経費。
	5.委員会費	委託業務の遂行に必要な知識、情報、意見等の交換、検討のための委員会開催、運営に要した委員等謝金、委員等旅費、会議費、会議室借上費、消耗品費、資料作成費、その他の経費。
	6.調査費	委員会の委員が委託業務の遂行に必要な知識、情報、意見等の収集のための国内、海外調査に要した経費で運賃、日当、宿泊費、滞在費、その他の経費。
	7.報告書作成費	成果報告書の印刷・製本に要した経費。
	8.リース・レンタル料	I 以外のリース・レンタルに要した経費。
	9.その他特別費	以上の各経費のほか、特に必要と認められる経費。

(注)原則として、国公立大学等に所属する研究者に関する労務費は積算に含むことができません。

＜基本計画書＞

移動通信システムにおける高度な電波の共同利用に向けた要素技術の研究開発 (コグニティブ無線通信技術の研究開発)

1. 目的

移動通信システムにとって使い勝手のよい6GHz以下の帯域（VHF、UHF、低マイクロ波帯）については、携帯電話をはじめとして極めて稠密に利用されており（全無線局の99%以上）、深刻な電波の逼迫状況が生じている。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するためには、移動通信をはじめとする複数の電波利用システム間における電波の高度な共同利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。

そこで、周囲の電波利用環境を適切に把握し、最適な周波数帯、無線チャネル帯域幅、変調方式、アクセス方式等を柔軟に選択すること等により、その電波利用環境に適応する通信技術（コグニティブ無線通信技術）の基礎的な研究開発を行い、電波の有効利用に資する。

2. 政策的位置付け

「e-Japan 重点計画-2004」（平成16年6月、IT戦略本部）において、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 26③時間的・空間的に周波数の有効利用を可能とする技術の開発（総務省）

周囲の電波利用状況や利用するアプリケーションの要求条件を的確に判断し、周波数帯域幅、変調方式、多重化方式等を柔軟に選択して、最適な通信環境を確立することのできる無線通信システムについて2011年までに実用化を図る。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（平成16年5月、総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術

無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現

さらに、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

- ・ 衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

こうした各種の政府方針等に鑑み、本研究開発を推進することが必要である。

3. 目標

有限な資源である周波数を効率よく利用し、周波数帯の異なる複数の無線システムを有効に活用するため、各周波数帯の電波利用状況に応じ、基地局と端末が連携して無線リソースを適応的に制御するコグニティブ無線通信技術の基礎的な研究開発を行う。

4. 研究開発内容

(1) 概要

有限な資源である周波数を効率よく利用し、周波数帯の異なる複数の無線システムを有効に活用するため、各周波数帯の電波利用状況に応じ、基地局と端末が連携して無線リソースを適応的に制御するコグニティブ無線通信を実現する上で基盤的な役割を担う無線リソース制御技術、自律的基地局間ネットワーク構築技術および通信経路制御技術について研究開発を行う。なお、本課題においては、コグニティブ無線基地局及びコグニティブ無線端末として複数の代表的な無線システム機能を実装したプロトタイプを対象とし、将来的なコグニティブ無線通信技術の実用化を見据えた汎用性の高い技術の研究開発を行うこととする。

(2) 技術課題および到達目標

ア コグニティブ無線通信における無線リソース制御技術

（技術課題）

逼迫しつつある電波を有効に活用するためには、特にニーズが顕著な移動通信システムをはじめとする複数の無線システムの周波数やタイムスロット等の無線リソースの利用状況を把握し、通信要求があったコグニティブ無線端末に空いている無線リソースを、適宜、迅速かつ適応的に割り当てる必要がある。この場合、同一無線システム内の空き無線リソースを通信要求に応じて一台のコグニティブ無線端末に割り当てる場合と、複数無線システムの各空き無線リソースを統合し通信要求に応じて一台のコグニティブ無線端末に割り当てる場合が存在する。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- (a) 複数の代表的な無線システム機能を実装したコグニティブ無線基地局とコグニティブ無線端末が連携し、ユーザーの位置や輻輳状況、要求速度等のプレゼンス情報を利用して、同一無線システム内の空き無線リソースを通信要求に応じて一台のコグニティブ無線端末に割り当てるコグニティブ無線リソース制御技術、及び、複数

無線システムの各空き無線リソースを統合し通信要求に応じて一台のコグニティブ無線端末に割り当てるコグニティブ無線リソース制御技術

- (b) ユーザーの要求速度等を満たすため、同一または複数の無線システムの2以上の無線チャンネルを適応的に選択し、同時に利用する、或いは、時間的に切り替えて利用する、コグニティブ無線チャンネル創造技術

(到達目標)

複数の無線システムの電波利用状況に応じ、同一または複数の無線システムの無線リソースを適応的に割り当てることにより、コグニティブ無線通信技術を用いない場合に比べ、スループットを数倍程度に向上させる技術の実現を目標とする。なお、コグニティブ無線通信技術を用いない場合とは、1ユーザーもしくは1端末が、単一の無線システムに閉じた、1無線チャンネルのみを用いる場合を意味する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ UHF帯から6GHz帯の複数の代表的な無線システム機能を実装したコグニティブ無線端末の数が数十台程度である小規模なコグニティブ無線通信ネットワークを想定し、プレゼンス情報を収集・管理する技術を検討・考案して、定量的に評価する。
- ・ 静止、準静止時の環境を想定し、UHF帯から6GHz帯の同一または複数の無線システムの2無線チャンネルを同時に利用し、或いは、時間的に切り替えて利用し、単一の無線チャンネルを構成するコグニティブ無線チャンネル創造技術を検討・考案する。複数の無線チャンネルを利用して単一の無線チャンネルを創造する場合、利用する各無線チャンネルの帯域幅の比（広帯域のチャンネルの帯域幅÷狭帯域のチャンネルの帯域幅）が大きいほど技術的な難しさが増す傾向にあり、この場合においては2無線チャンネルの帯域幅の比は2未満とする。

(平成18年度)

- ・ UHF帯から6GHz帯の複数の代表的な無線システム機能を実装したコグニティブ無線端末の数が数千台程度である中規模なコグニティブ無線通信ネットワークを想定し、プレゼンス情報を収集・管理する技術を検討・考案して、定量的に評価する。また、それらのプレゼンス情報に基づいて、コグニティブ無線端末を収容する各コグニティブ無線基地局へ無線リソースを最適に割り当てる技術を検討・考案する。これらの技術の特性を検証するため、評価装置を設計する。
- ・ 静止、準静止、移動（最大時速60km）時の環境を想定し、UHF帯から6GHz帯の同一または複数の無線システムの2無線チャンネルを同時に利用し、或いは、時間的に切り替えて利用し、単一の無線チャンネルを構成するコグニティブ無線チャンネル創造技術を検討・考案する。2無線チャンネルの帯域幅の比は、小さな帯域幅であってもその周波数を有効に活用するため、2以上とする。更に、この技術の特

性を検証するため、評価装置を設計する。

(平成 19 年度)

- ・ UHF 帯から 6GHz 帯の複数の代表的な無線システム機能を実装したコグニティブ無線端末の数が数万台程度である大規模なコグニティブ無線通信ネットワークを想定し、プレゼンス情報を収集・管理する技術を検討・考案して、定量的に評価する。また、コグニティブ無線端末の移動に伴い、パケットロス を最低限に抑えながらコグニティブ無線基地局を切り替える手法（コグニティブ無線基地局間ハンドオーバー）を検討・考案する。コグニティブ無線通信技術を用いない場合に比べてスループットが数倍向上することを検証するため、評価装置を試作し、実証実験により評価する。
- ・ 静止、準静止、移動（最大時速 60km）時の環境を想定し、UHF 帯から 6GHz 帯の同一または複数の無線システムの 3 以上の無線チャネルを同時に利用し、或いは、時間的に切り替えて利用し、単一の無線チャネルを構成するコグニティブ無線チャネル創造技術を検討・考案する。3 以上の無線チャネルの帯域幅の比（最も広帯域のチャネルの帯域幅÷最も狭帯域のチャネルの帯域幅）は 2 以上とする。更に、コグニティブ無線チャネル創造技術の特性を検証するため、評価装置を試作し、実証実験により評価する。

イ コグニティブ無線通信における自律的基地局間ネットワーク構築技術

(技術課題)

広範囲にわたるエリアにおいて、エリア全体の整合を図りつつ、周波数を効率よく利用し、周波数帯の異なる複数の無線システムを活用して、電波の高度な共同利用を実現することが重要である。従来、無線システムは、異なる周波数帯毎に個別に構築されるため、エリア内で展開されている全ての無線システム間で整合をとり、エリア全体の周波数利用を効率化することは困難である。また、利用者が特定の無線システムに集中した場合、その無線システムの特定地域や特定基地局にトラヒックが輻輳して、通信品質の低下を招く恐れがある。このような課題を解決するためには、複数の無線システム機能を実装したコグニティブ無線基地局同士を連携させ、それらの基地局を無線で接続して、コグニティブ無線基地局間の無線ネットワークを構築することが有効である。これにより、電波利用環境やアプリケーションの要求等に応じて、基地局間の接続構成や利用周波数、帯域等を適応的に変更し、個々のコグニティブ無線基地局によって実現される周波数有効利用をネットワーク全体に有機的に拡大して、最適な通信環境を提供することが可能となる。しかし、従来、無線基地局を無線で接続し、ネットワークを構築することは、設定者に専門知識と複雑な設定・操作手順が要求され、容易ではなかった。そのため、コグニティブ無線基地局同士を連携させ、複雑な設定・操作を伴わずに、基地局間の無線ネットワークを動的・自律的に構築する技術が必要である。また、このようなコグニティブ無線基地局で構築された無線ネットワークは、広域インフラ網(コアネットワーク)との接続回線を持つコグニティブ無線基地局と連携させることで、広域網との通信手段を提供する必要がある。さらに、特定地域や特定基地局にトラヒックが集中す

る場合には、トラヒックを他基地局に迂回させる、或いは複数の基地局に負荷分散させる等により、トラヒック集中を回避する技術が必要である。これらの技術は、定常時におけるコグニティブ無線基地局間ネットワークの構築・運用のみならず、災害等により大規模な無線インフラ障害が発生した場合に、周波数の有効利用を図りつつ、迅速な障害復旧・通信手段確保を実現する上でも有効である。特に災害時は、災害発生地域における基地局間ネットワークの構築と通信手段の提供、コアネットワークとの接続手段確保、輻輳発生時の対処のすべての面において、緊急性が高く、定常時よりも高度な技術が要求されると考えられる。すなわち、コグニティブ無線基地局間の自律的ネットワーク構築に関して、災害時を想定した要素技術を確立することにより、定常時および災害時の双方において、コグニティブ無線基地局間ネットワークによる周波数の有効利用と高信頼な通信手段の提供が可能となる。そこで、具体的な要素技術を確立する上においては、災害等による無線インフラ障害が発生した場合を想定して、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 災害等による無線インフラ障害を迅速に復旧し、通信手段を確保するために、複数の可搬型のコグニティブ無線基地局同士を災害発生地域に展開して互いに連携させ、設定者に特別な専門知識や複雑な設定・操作を要求することなく、可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワークを動的・自律的に構築する技術
- ・ 自律的に構築された可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワークと、コアネットワークとの接続回線を持つ固定コグニティブ無線基地局を接続し、広域網との通信手段を提供する技術
- ・ 自律的に構築された可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワーク内で、特定地域や特定基地局にトラヒックが集中した場合に、トラヒックを他基地局に迂回させる、或いは複数の基地局に負荷分散させる等により、トラヒック集中を回避する技術

(到達目標)

災害等による大規模な無線インフラ障害を迅速に復旧するため、複雑な設定手順を伴わずに、数百台のコグニティブ無線基地局から構成されるコグニティブ無線基地局間ネットワークを高信頼、かつ、自律的に構築すると共に、広域網との通信手段を確保し、特定地域や特定基地局へのトラヒック集中を回避する技術の実現を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・ 無線インフラ障害が発生した地域に、数十台の可搬型コグニティブ無線基地局を展開し、それら全ての基地局の電源投入・機器立ち上げが完了した後に、可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワークを数分以内に自律的に構築する技術を検討・考案する。

(平成 18 年度)

- ・ 平成 17 年度に検討した、数十台の可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワークと、コアネットワークの相互接続技術を検討・考案する。
- ・ 平成 17 年度に検討した、数十台の可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワーク内で、特定地域または特定基地局へのトラヒック集中が発生した場合に、異常トラヒックの検出から数分以内に、トラヒックを他基地局に迂回させる、或いは複数の基地局に負荷分散させる等により、トラヒック集中を回避する技術を検討・考案する。
- ・ 考案技術を実証評価するため、評価装置を設計する。

(平成 19 年度)

- ・ 最大 3 の周波数帯の無線システム機能を実装するコグニティブ無線基地局を想定して、無線インフラ障害が発生した地域に、数百台の可搬型コグニティブ無線基地局を展開し、それら全ての基地局の電源投入・機器立ち上げが完了した後に、可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワークを 1 時間以内に自律的に構築する技術を検討・考案する。
- ・ 数百台の可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワークと、コアネットワークの相互接続技術を検討・考案する。
- ・ 数百台の可搬型コグニティブ無線基地局間のネットワーク内で、特定地域または特定基地局へのトラヒック集中が発生した場合に、異常トラヒックの検出から 1 時間以内に、トラヒックを他基地局に迂回させる、或いは複数の基地局に負荷分散させる等により、トラヒック集中を回避する技術を検討・考案する。
- ・ 考案技術を実証評価するため、評価装置を試作し、有効性を検証する。

ウ コグニティブ無線通信における通信経路制御技術

(技術課題)

周囲の電波利用状況や利用するアプリケーションの要求条件を的確に判断し、利用可能な無線リソースを柔軟に選択して、最適なエンド・エンド通信を確立する技術の開発が求められている。コグニティブ無線通信では、伝送特性の異なる複数の通信経路を適応的に組み合わせることにより通信の安定性・信頼性を向上させる。さらに、特性の異なる複数の通信経路をアプリケーションの要求条件に応じて利用することで、通常のネットワークに比べてきめ細かな通信品質を設定することができる。しかしながら、これらを実現するためには高度なネットワーク制御が必要である。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- (a) 異なるコグニティブ無線基地局を経由する複数の通信経路の同時利用や、複数のコグニティブ無線端末を経由する端末中継経由の通信経路の利用により、高速な通信を実現すると共に、自律的にエンド・エンドのトラヒック制御を行う通信経路確立技術
- (b) 基地局・端末間通信、及び、端末間通信を含む通信経路を複数利用して信頼性の高い安定な通信を実現すると共に、周囲の電波利用状況や利用するアプリケーション

ンの要求条件に応じて優先制御を行う通信品質制御技術

(到達目標)

端末連携パスを1以上含む使用周波数幅が同程度の複数の通信経路を適応的に切り替え、或いは、同時利用することにより、単一无線システムを利用する場合より数倍(たとえば2システムを用いた場合で2倍)のエンド・エンド通信速度を実現すると共に、非接続時間(アプリケーションが要求する品質条件を満足しない時間)を数分の一にすることによりリアルタイム性の高いアプリケーションの動作を円滑にするコグニティブ無線通信経路制御技術の実現を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ 2以上の通信経路を適応的に切り替え、或いは、同時利用することでエンド・エンド通信速度を向上させる高能率エンド・エンド通信経路構築技術を検討・考案する。また、端末間通信(2以上の端末)を含む無線通信経路を利用する端末連携通信経路構築技術を検討・考案する。
- ・ 特性の異なる複数の通信経路を組み合わせ、安定した通信を実現する信頼性向上技術を検討・考案する。また、ネットワーク側の集中制御とコグニティブ無線端末側の自律制御をハイブリッドに組み合わせるQoS制御技術を検討・考案する。

(平成18年度)

- ・ 2以上の通信経路を適応的に切り替え、或いは、同時利用することでエンド・エンド通信速度を向上させる高能率エンド・エンド通信経路構築技術、及び、端末間通信経路を利用する端末連携通信経路構築技術を統合した無線通信経路確立技術を検討・考案し、特性を定量的に評価する。その評価を通じて、端末連携通信経路を1以上含む複数の通信経路を適応的に切り替え、或いは、同時利用する構成により、単一无線システムを利用する場合に比べて数倍(たとえば2システムを用いた場合で2倍)の通信速度を実現することを確認する。また、評価装置を設計する。
- ・ 特性の異なる複数の通信経路を組み合わせ、安定した通信を実現する信頼性向上技術の特性を評価する装置を設計する。また、ネットワーク側の集中制御とコグニティブ無線端末側の自律制御をハイブリッドに組み合わせるQoS制御技術により緊急性・リアルタイム性の高いデータに高速・安定な通信経路を割り当てる優先制御技術を検討・考案すると共に、評価装置を設計する。

(平成19年度)

- ・ 2以上の通信経路を適応的に切り替え、或いは、同時利用することでエンド・エンド通信速度を向上させる高能率エンド・エンド通信経路構築技術、及び、端末間通信経路を利用する端末連携経路構築技術を統合した無線通信経路確立技術の特性を評価するため、端末連携通信経路1以上を含む構成を評価する装置を試

作し、単一无線システムに比べて使用周波数帯幅が同程度の複数の通信経路を用いた場合に、数倍(たとえば2システムを用いた場合で2倍)のエンド・エンド通信速度の実現を実証する。

- ・ 信頼性向上技術、及び、優先制御技術を評価する装置を試作する。非接続時間を単一の通信経路を継続して利用する場合に比べて数分の一とすることによりリアルタイム性の高いアプリケーションの動作を円滑にすることを評価実験により実証する。

5. 実施期間

平成17年度から19年度までの3年間

6. その他

提案に当たっては、コグニティブ無線通信における無線リソース制御技術、コグニティブ無線通信における自律的基地局間ネットワーク構築技術及びコグニティブ無線通信における通信経路制御技術それぞれの実用化について、将来見込みを記載し、提案すること。

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a] (実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

移動通信システムにおける高度な電波の共同利用に向けた要素技術の研究開発 (空間軸上周波数有効利用技術の研究開発)

1. 目的

移動通信システムにとって使い勝手のよい6GHz以下の帯域（VHF、UHF、低マイクロ波帯）については、携帯電話をはじめとして極めて稠密に利用されており（全無線局の99%以上）、深刻な電波の逼迫状況が生じている。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するためには、移動通信をはじめとする複数の電波利用システム間における電波の高度な共同利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。

そこで、指向性アンテナを用いて空間を適切に分割することにより同一周波数を同時に共用することを可能とするSDM（Space Division Multiplexing：空間分割多重）の小型移動端末への適用技術や送信側及び受信側にそれぞれ複数のアンテナを設置して空間通信路を分離／多重化することで伝送容量を増大させるMIMO（Multiple Input Multiple Output）技術を基地局と複数移動局との同時通信に適用することによりさらなるシステム容量の増大を図るマルチユーザMIMO技術の研究開発を行い、電波の有効利用に資する。

2. 政策的位置付け

「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（平成16年5月、総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。

- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現

また、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

- ・ 衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

- ・ 参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

こうした各種の政府方針等に鑑み、本研究開発を推進することが必要である。

3. 目標

移動通信における高能率な伝送に向け、指向性アンテナを用いて空間を適切に分割することにより同一周波数を同時に共用することを可能とする SDM の小型移動端末への適用技術や送信側及び受信側にそれぞれ複数のアンテナを設置して空間通信路を分離／多重化することで伝送容量を増大させる MIMO 技術を基地局と複数移動局との同時通信に適用することによりさらなるシステム容量の増大を図るマルチユーザ MIMO 技術の研究開発を行う。

4. 研究開発内容

(1) 概要

指向性が適応的に可変なアンテナを用い、空間を適切に分割することにより、既存の無線局が使用している電波を柔軟に避け、同一周波数を同時に共用することを可能とする技術について研究開発を行う。特に各種ユビキタス通信システムの端末に搭載可能な、すなわち小型・低消費電力・低価格の SDM の小型移動端末への適用技術の確立を目指す。

また、送信側及び受信側にそれぞれ複数のアンテナを設置して空間通信路を分離／多重化することで伝送容量を増大させる MIMO 技術を基地局と複数移動局との同時通信に適用することによりさらなるシステム容量の増大を図るマルチユーザ MIMO 技術について基礎的な研究開発を行い、今後の実用システムの開発に資する。

(2) 技術課題および到達目標

ア SDM の小型移動端末への適用技術 (技術課題)

携帯電話や無線 LAN に代表される電波利用の拡大が進展し、周波数の逼迫が深刻化する中、周波数の有効利用に向けて、SDM (空間分割多重) といった可変指向性アンテナの適応制御による空間信号処理技術が研究されており、PHS 基地局など一部に実用化されている。こうした可変指向性アンテナの適応制御による空間信号処理機能を、基地局のみでなく全ての無線局 (端末局) が有することにより、周波数利用効率はさらに増加することが期待されるが、同信号処理を実現する無線機は回路規模が大きく、小型低消費電力が要求される端末装置への適用は難しい。特に無線 LAN 端末や RFID に代表される小型の無線システムでは、回路の小型化・低消費電力化は重要な課題である。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- (a) 端末装置などにも搭載可能で、小型・高性能・かつ製造コストを低くすることが可能なアンテナ素子と構成法の研究開発
- (b) 演算量が少なく、回路規模の少ないハードウェアで実現可能な、アンテナ制御、

干渉除去方式および適応空間信号処理アルゴリズムの研究開発

(c) 複数システムの周波数帯共用、伝搬環境、指向性アンテナ、パワーアンプの非線形性と効率、コスト、等を考慮した実用的な無線システムの設計

(到達目標)

本研究では主として低マイクロ波帯を利用する幅広い応用分野での実用化へつながる研究成果を目指し、端末等の小型無線機にも搭載可能な空間信号処理方式、可変指向性アンテナ及び空間信号処理 IC チップ等のデバイスを含むハードウェアを開発する。適用システム例として 2.4 または 5GHz 帯無線 LAN を対象とし、基地局のみで空間信号処理を行った場合に対し、4 倍以上の周波数利用効率を目指す。アンテナおよび信号処理ハードウェアの占有面積は、現在市販の LAN カード程度の大きさに収まるものとし、消費電力も同 LAN カード程度を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・アンテナ制御、および適応空間信号処理アルゴリズムに関し、理論検討による基礎検討を行う。
- ・上記信号処理方式に適した物理レイヤプロトコルを提案し、現在実用化されている各種無線システムへ導入する際の、条件及び問題点に関する基礎検討を行う。
- ・ハードウェア構成を設計し、開発する空間信号処理チップのプロセス、回路規模、を見積もり、インターフェースおよび消費電力等の要求仕様を明らかにする。
- ・ハードウェアのうち、シミュレーションによる精度の高い検証が困難なデバイス等については、試作・実験により機能検証を行う。

(平成 18 年度)

- ・アンテナ素子および同構成法について、電磁界シミュレーションによる定量的な理論検討を行う。
- ・アンテナ制御、および適応空間信号処理アルゴリズムについて、シミュレーションによる定量的な理論検討を行う。従来のアルゴリズムに比較し、1/2 以下の演算量、1/2 以下の回路規模を目標とする。
- ・上記信号処理方式に適した物理レイヤプロトコルを設計し、無線 LAN システム等へ導入する際の、具体的なフレームおよびスロット構成を検討する。
- ・ハードウェアの回路設計を行う。シミュレーション等により、到達目標を満たす性能および消費電力を得る。
- ・ハードウェアのうち、シミュレーションによる精度の高い検証が困難なデバイス等については、一部周辺回路を含めた試作・実験により性能検証を行う。

(平成 19 年度)

- ・空間信号処理チップ、アンテナ、および周辺回路を試作する。室内実験によりシミュレーションで得られた性能を検証し、他システムからの干渉が存在する条件

下において、4倍以上の周波数利用効率が得られることを示す。以上の結果から、目標の回路面積と消費電力が実現できる見通しを明らかにする。

イ マルチユーザMIMO技術

(技術課題)

周波数の有効利用に有望な技術であるMIMOは、送信と受信のそれぞれ複数のアンテナによりマルチパス伝送路の複数のパスを有効活用する伝送技術であり、アンテナ数にほぼ比例して伝送容量を増大することが可能である。MIMOについては、これまで主に基地局と移動局が1対1の場合についての研究が行われてきたが、このMIMOを活用して、さらなる高速・大容量の移動通信システムを実現するためには、基地局が複数の移動局と同時にMIMO伝送を行うマルチユーザMIMO技術の研究開発が必要である。こうしたマルチユーザMIMOを実現するため、割り当てられた周波数帯域幅で、時間／空間リソースを最適配分して、各端末が要求する通信品質と容量(サービスクラス)を満足させながら各ユーザ分離を行うための無線システム構成法、制御アルゴリズムの確立を目指す。さらに、信号処理技術、アンテナ構成法、最適伝送方式、同期確立法などの各要素技術を考案、開発し、実験システム装置の試作により、本技術の有効性を確認する。(その際、今後規定されるMIMO無線LAN標準規格(IEEE 802.11n)との整合性も視野に入れながら進める。)

(到達目標)

6GHz帯以下の周波数帯において、マルチユーザMIMO技術の実現により、基地局と移動局が1対1の場合のMIMO技術に比べて、4倍のシステム容量を実現することを目標とする。具体的には、基地局に12個のアンテナを設置し、複数のアンテナを設置した4つの移動局との同一周波数、同時通信を実現することにより、20bit/s/Hz以上の周波数利用効率を達成する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ 基地局1、端末局4以上のマルチユーザMIMO技術に関して、シミュレーションにより、各ユーザのサービスクラス(数Mbps~100Mbps程度)を考慮したMIMO伝送方式とアンテナ指向性制御法を開発する。
- ・ アンテナ構成、同期確立法、伝送方式、端末制御手順等、技術実証を行うための個々の要素技術について検討を行い、マルチユーザMIMO伝送評価装置(V.1)の仕様を決定する。
- ・ 評価装置のRF部、アンテナ部等に関しては、先行的に部分試作を行う。

(平成18年度)

- ・ 平成17年度に決定した仕様に基づき、マルチユーザMIMO伝送評価装置(V.1)の試作を行い、屋内において伝送実験を行う。これにより、基地局1、端末2で

各々100Mbps以上の同時伝送(10bit/s/Hz(2マルチユーザ))を実現する。

- ・ 伝送実験の結果に基づき、MIMO 伝送方式とアンテナ指向性制御法の改善により V.1 装置の2倍の周波数利用効率を実現する技術を開発する。

(平成19年度)

- ・ 平成18年度の実験および検討結果に基づき、マルチユーザ MIMO 伝送評価装置の改良を行って、基地局1、端末4で伝送実験可能な2次試作(V.2)を行う。
- ・ 基地局1、端末局4で屋内において伝送実験を行い、4端末で同時に100Mbps以上の伝送(20bit/s/Hz(4マルチユーザ、V.1装置の2倍))を実現する。
- ・ 屋外実験を行うため基地局アンテナ試作及び装置改良を行い、基地局1、端末局2以上で、屋外(ホットスポット)環境において2端末以上で同時に100Mbps伝送(10bit/s/Hz(2マルチユーザ))を実現する。

5. 実施期間

平成17年度から19年度までの3年間

6. その他

提案に当たっては、SDMの小型移動端末への適用技術及びマルチユーザMIMO技術それぞれの実用化について、将来見込みを記載し、提案すること。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ともに、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。

また、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も提案書[5a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

移動通信システムにおける高度な電波の共同利用に向けた要素技術の研究開発 (超伝導フィルタ技術の研究開発)

1. 目的

移動通信システムにとって使い勝手のよい6GHz以下の帯域（VHF、UHF、低マイクロ波帯）については、携帯電話をはじめとして極めて稠密に利用されており（全無線局の99%以上）、深刻な電波の逼迫状況が生じている。こうした状況の中、逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するためには、移動通信をはじめとする複数の電波利用システム間における電波の高度な共同利用を実現する技術の研究開発が必要不可欠である。

そこで、隣接した周波数帯における複数システム間の干渉を回避し、より稠密に電波システムを導入することを目的として、高い周波数選択性を有するフィルタの基礎的な研究開発を行い、電波の有効利用に資する。

2. 政策的位置付け

「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（平成16年5月、総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p.6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
 - ・ p.26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
また、以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。
 - ・ 衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）
「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」
 - ・ 参議院・総務委員会（平成16年5月11日）
「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」
- こうした各種の政府方針等に鑑み、本研究開発を推進することが必要である。

3. 目標

電波をより有効に利用するため、複数のシステムを現状よりも稠密に導入する際に、互いの無線システム間で有害な混信を避ける必要があることから、高い周波数選択性を有する送信用超伝導フィルタ並びに送信用チューナブル超伝導フィルタについて基礎的な研究開発を行う。

4. 研究開発内容

(1) 概要

限られた周波数帯域を効率的に利用するため、広帯域で高い周波数選択性及び耐電力性を有する送信用超伝導フィルタ技術について基礎的な研究開発を行う。さらに、高い周波数選択性を保ったまま対象とする周波数を可変とし、その変動性を高める送信用チューナブル超伝導フィルタ技術について基礎的な研究開発を行う。なお、本課題においては、今後の実用化につながる汎用性の高い超伝導フィルタ技術についての研究開発を行うこととする。

(2) 技術課題および到達目標

ア 広帯域で高い周波数選択性を保持しつつ耐電力性を有する送信用超伝導フィルタサブシステム化技術

(技術課題)

電波をより有効に利用することを目指し、複数のシステムを現状よりも稠密に導入するためには、互いの無線システム間で有害な混信を避けるために設けられているシステム間の空きの周波数帯域（ガードバンド）を極力狭くする必要がある。そこで、他のフィルタに比べ高い周波数選択性を有する超伝導フィルタを用いることは非常に有効であると考えられている。しかし、フィルタの導体部に超伝導体を用いている超伝導フィルタは、超伝導体に流れる電流密度に制限があり、それを超えると導体の損失が急増するという性質がある。このため、許容電力が低い受信用超伝導フィルタについては、低損失で高い周波数選択性を示す高性能フィルタが開発されているが、送信用については実用化を見据えたさらなる研究開発が必要である。そこで、耐電力が高く、しかも歪みの小さい送信用超伝導フィルタの実現に向けて、フィルタの構成、構造、材料の観点から理論的、実験的に検討して、原理的確認と実証を図る必要がある。

また、超伝導フィルタモジュールは、低温における超伝導現象を利用するため、例えば Y-Ba-Cu-O 系などの酸化物高温超伝導体では、 -200°C 程度か、これ以下の温度に冷却した状態で動作させる必要がある。このため、実用を鑑み、実験室で通常用いられる液体窒素、液体ヘリウムを使用しない冷凍機を含んだ超伝導フィルタのサブシステムを実現する必要がある。送信用フィルタは受信用フィルタに比べて入力電力が 100 倍以上大きく、フィルタモジュールから冷却部分への熱流入の低減や、真空性の保持などに新たな技術を開発する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- (a) 3GHz から 6GHz の帯域で、高い周波数選択性を保持しつつ耐電力性を有する送信用超伝導フィルタ技術
- (b) 送信用超伝導フィルタサブシステム化技術

(到達目標)

近年の広帯域化の需要の増大傾向に対応し、3GHz から 6GHz の帯域で帯域幅 50～100MHz、帯域端から 5MHz 離調で 30dB 以上減衰の特性を有し、10W 以上の入力電力に対応できる送信用超伝導フィルタサブシステムの動作実証を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

3GHz から 6GHz の帯域で 50～100MHz の広帯域信号に適用可能で、入力電力 10W 以上の超伝導フィルタ・モジュールを実現するため、10W 以上の入力に耐えうるフィルタ用共振器構造と送信フィルタ構成、使用する超伝導体などの材料について、理論的、調査的な検討を進める。

(平成 18 年度)

耐電力型の超伝導共振器について、詳細設計の上、試作を行い、耐電力性、歪み特性などを評価すると共に、フィルタ化するために共振器間の電気的結合について検討を行い、技術的課題を抽出する。

また、超伝導フィルタのサブシステム化に向け、サブシステムの基本的構成、方式を検討し、マイクロ波帯で広帯域信号に適用できる耐電力型フィルタを実装した超伝導送信フィルタのサブシステム試作機を製作、フィルタ特性 (S パラメータ) の入力電力に対する安定性の評価を行う。

(平成 19 年度)

3GHz から 6GHz 以下の帯域で帯域幅 50～100MHz、帯域端から 5MHz 離調で 30dB 以上減衰の特性を有し、10W 以上の入力電力に対応できる超伝導送信フィルタサブシステムを試作するとともに有効性を検証する。

- イ 高い周波数選択性を保持しつつ周波数可変性を有する送信用超伝導フィルタモジュール技術

(技術課題)

周波数資源のさらなる有効利用を図るため、周波数配分の変更自由度を高めることが求められる。そのためには、インフラの換装無くして利用周波数域を容易に変えることのできる共通技術として、装置のフロントエンド部で周波数を決めているバンドパスフィルタの対象周波数を可変にする必要がある。6GHz 以下の帯域において高い周波数選択性を有するフィルタでは、フィルタの回路パラメータの精密な管理が必要なこともあり、高い周波数選択性を有した上に、所用フィルタ特性を維持

して中心周波数可変のチューナブルフィルタを実現するには、フィルタ構成とチューナブル機構において、精密な制御を可能とする構造等の検討が必要である。

超伝導フィルタは、低損失で急峻なフィルタ特性を示すことから、周波数資源の有効利用に適する方式である。しかしながら、送信用超伝導フィルタの周波数可変化に関する研究報告は、ほとんどない。所用フィルタ特性を維持して中心周波数可変のチューナブルフィルタを実現するには、フィルタ構成とチューナブル機構において、精密な制御を可能とする構造等の検討が必要である。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 3GHz から 6GHz の帯域において可能な限り高い周波数選択性を有したままで、中心周波数を可変化する超伝導送信フィルタモジュール技術

(到達目標)

送信フィルタにおいて、3GHz から 6GHz の帯域で周波数可変幅 500MHz 以上を目指した超伝導フィルタモジュールの原理的動作の可能性を明らかにすることを目標とする。なお、当面の動作条件として、入力電力 1W 以上、帯域端から 10MHz 離調で 30dB 以上減衰の特性を有することとする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

3GHz から 6GHz の帯域で、高い周波数選択性を有したまま中心周波数を可変できるフィルタ用共振器構造と送信フィルタ構成、使用する超伝導体などの材料について、理論的、調査的な検討を進める。

(平成 18 年度)

周波数可変が可能な耐電力型の超伝導共振器について、詳細設計の上、試作を行い、耐電力性、周波数可変性などを評価すると共に、フィルタ化するために共振器間の電気的結合について検討を行い、技術的課題を抽出する。

(平成 19 年度)

帯域端から 10MHz 離調で 30dB 以上減衰の特性を有し、1W の入力電力に対応でき、中心周波数を 500MHz 以上可変できる超伝導送信フィルタモジュールについて、原理的動作の可能性を明らかにする。

5. 実施期間

平成 17 年度から 19 年度までの 3 年間

6. その他

提案に当たっては、広帯域で高い周波数選択性を保持しつつ耐電力性を有する送信用超伝導フィルタサブシステム化技術及び高い周波数選択性を保持しつつ周波数可変性を有する送信用超伝導フィルタモジュール技術それぞれの実用化について、将来見込みを記載し、提案すること。

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

衛星通信と他の通信の共用技術の研究開発

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成15年7月30日）を受け、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、2013年頃に、低マイクロ波帯（3GHz～6GHz）において約1.06～1.38GHz幅の周波数が移動通信システムに必要な周波数になると推測されている。また、この周波数帯については、平成15年度の電波利用状況調査結果の総括において、第4世代移動通信等の移動通信に必要な周波数を割り当てることとし、この周波数帯を使用している固定通信はできるだけ光ファイバや他の周波数帯に移行することが適当であるとしている（ただし、全ての固定通信を移行することは困難）。さらに、移動通信は、この周波数帯を使用している固定衛星通信との共用に配慮する必要があるとしている。

このように、低マイクロ波帯では、衛星通信、移動通信及び固定通信の周波数共用を促進しないと、必要な周波数需要を満たすことが困難な状況にある。

一般的に、衛星通信は、衛星からの微弱な電波を高感度に受信しなければならないという側面を有しており、移動通信及び固定通信との混信・干渉の問題を回避するため、周波数の分離や、地理的な隔離を大きくとる必要があるという制約を受けている。

そこで、従来の受信地球局のアンテナに、特定の方向に不感領域を作ることのできる干渉除去用アダプティブアンテナ機能を付加することにより、衛星通信と他の通信（移動通信、固定通信）の周波数共用を可能とする技術を開発する。併せて、当該技術を活用して周波数共用を図るための技術的条件を明確化する研究を行う。

これにより、衛星／地上混在通信という利用環境において、周波数や地理的な位置関係に関する制約を大きく軽減することができるとともに、効率的な周波数利用と衛星／地上通信インフラの柔軟な構築への貢献が期待できる。

また、当該開発技術は、低マイクロ波帯のみならず高マイクロ波帯（6GHz～30GHz）でも応用可能であり、さらに、衛星／地上混在通信のみならず地上／地上混在通信への応用も可能である。そして、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成15年7月30日）を受け、総務省が公表した「周波数の再編方針」において平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。
 - ・ 衆議院・総務委員会（平成 16 年 4 月 13 日）
「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」
 - ・ 参議院・総務委員会（平成 16 年 5 月 11 日）
「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

従来の受信地球局のアンテナに、特定の方向に不感領域を作ることのできる干渉除去アダプティブアンテナ機能を付加することにより、衛星通信と第 4 世代移動通信等との周波数共用を可能とする技術を開発する。あわせて、当該技術を活用して周波数共用を図るための技術的条件を明確化する研究も行う。

4. 研究開発内容

① 概要

現在、低マイクロ波帯において周波数帯を分けて運用している衛星通信と第 4 世代移動通信等との周波数共用を図るため、特定方向に不感領域を作ることにより干渉波抑圧量を向上させるための処理アルゴリズムの開発、干渉波抑圧の際の波形歪補正処理、干渉波源の動的追尾等の技術により、衛星からの微弱電波を高感度に受信するためのアダプティブアンテナ機能の研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

(技術課題)

アダプティブアレイアンテナにより第 4 世代移動通信をはじめとする移動通信等からの干渉波を抑圧し、微弱な衛星からの信号を受信するためには従来の受信地球局のアダプティブアレイアンテナで実現されてきた干渉波抑圧量をさらに向上させる必要がある。かつ干渉波抑圧処理によって生ずる波形歪を防止して衛星到来波の受信品質を確保する必要がある。また、干渉を与える無線局に対して動的な追尾を必要とする。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 現状の干渉波抑圧量をさらに向上させるための処理アルゴリズムの開発及び演算処理の高精度化、高速化のためのデジタル信号処理技術

- ・ 干渉波を抑圧する際に生じる波形歪を補償し、衛星からの受信信号の品質を確保する等化処理の研究開発
- ・ 移動する干渉波源を検出して追尾するダイナミックな干渉波除去技術の開発

(到達目標)

受信地球局のアンテナと干渉波源となる移動体端末の離隔距離が20m程度において、ビット誤り率が 1×10^{-6} 以下となる衛星通信の回線品質を確保することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ 実際の受信地球局の調査を実施し、所要干渉波抑圧量の検討を実施する。
- ・ 干渉波抑圧アルゴリズム及び干渉波検出・追尾方式の検討を実施し、シミュレーションにより所要抑圧量の推定、ハードウェア化検討を実施する。

(平成18年度)

- ・ 前年度に検討したシステム設計結果に基づき、受信地球局に追加する補助受信装置及び信号処理装置のハードウェアの部分試作を実施する。
- ・ 前年度に検討した干渉波抑圧アルゴリズム及び干渉波検出・追尾アルゴリズム等のソフトウェアの部分試作を実施する。
- ・ 干渉波抑圧量の測定評価のための試験用測定装置及び空間での信号を模擬するための試験装置を試作し、ハードウェア及びソフトウェアの評価を実施する。

(平成19年度)

- ・ 実際の受信地球局に機材を据え付け、実空間での干渉波抑圧を確認するとともに衛星からの回線品質を評価するため、前年度試作したハードウェア及びソフトウェアの追加・改良を実施する。
- ・ 干渉波源となる模擬干渉波端末を試作し、実空間での干渉波抑圧量、回線品質の評価を実施する。

5. 実施期間

平成17年度から19年度までの3年間

6. その他

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ともに、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。

また、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

体制についても提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

レーダーの狭帯域化技術の研究開発

(クライストロン送信機デジタル波形成形技術及び固体素子等を用いたレーダー技術)

1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成 15 年 7 月 30 日）を受け、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成 20 年までに移動通信システムに約 330～340MHz 幅、無線 LAN に最大で約 480MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数帯域幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、3GHz 帯、5GHz 帯及び 9GHz 帯の周波数で使用されているレーダーについて、スプリアスの低減とともに狭帯域化を早急にはかる必要がある。そのために、クライストロンを用いたレーダー等については、狭帯域化技術の研究開発等、固体素子を用いたレーダー等については、狭帯域化とともに基本性能を維持したレーダー試作装置の研究開発等を行い、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成 15 年 7 月 30 日）を受け、総務省が公表した「周波数の再編方針」において平成 20 年までに移動通信システムに約 330～340MHz 幅、無線 LAN に最大で約 480MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数帯域を確保することが必要とされている。

また、「平成 17 年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。
- ・ 衆議院・総務委員会（平成 16 年 4 月 13 日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

現在、電波利用が増大する中で、適正な電波利用環境を確保することは急務の課題であり、隣接他業務との効率的な周波数利用を可能とする必要がある。本システムが実用化・普及し、国内及び国際調整が完了した場合等に、レーダーで使用されている帯域幅のうち、約400MHz帯幅を他業務に使用可能とするレーダーの狭帯域化技術（このうちクライストロン送信機デジタル波形成形技術及び固体素子等を用いたレーダー技術）の研究開発を行う。

4. 研究開発内容

① 概要

レーダーの使用帯域幅を減少させる技術の確立のため、クライストロン送信機デジタル波形成形技術及び固体素子等を用いたレーダー技術の研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) クライストロン送信機デジタル波形成形技術 (技術課題)

送信波形を成形することは送信エネルギーを効率的に用いることになり、送信周波数帯域を狭めるために必要な技術のひとつである。現在、一部のレーダーで用いられているクライストロン送信機は、送信波の周波数スペクトルを十分に制御できないため生成パルスの波形が不均一となり理想的な波形にはならないため、高出力の電波を比較的広い帯域で送信せざるを得ない。これは、電子管の構造上、クライストロン管の入出力特性が不均一かつ非線形のためである。したがって、その非線形特性を把握した上で、クライストロン管に入力する種信号を制御する技術を確立する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・クライストロン管に入力する種信号を自由に成形し、クライストロン送信機特有の非線形特性をカバーした最適な波形成形技術
- ・空間分解能を維持したまま狭帯域化を図るためのクライストロン特性の補正技術

(到達目標)

無線アクセス（無線LAN）や携帯電話に代表される移動通信とレーダーとの共有の緊急性を考え、現在最も運用されている電子管（クライストロン等）を用いたレーダーにおいて、現行の割当周波数帯域を1/2以下にするために、5MHz離調の離調減衰量を現状の40dB程度から60dB以上にまで高める。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・クライストロンに入力する中間周波種信号を任意に生成し、その際の送信スペクトルを計算機により自動的に制御・記録する狭帯域化試作装置を試作する。
- ・狭帯域化試作装置を用いて、クライストロンの非線形特性を分析し、レーダーとしての性能を維持したまま狭帯域化を実現する中間周波種信号を推定する。
- ・実運用に耐えうる信頼性を確保するため、推定した最適な中間周波種信号をFPGAとD/A変換器により14ビットの分解能、80MHzサンプリングで実現し、その帯域幅を評価する。
- ・パルス幅1.2μs以下において、5MHz離調で60dB以上の離調減衰量を実現する。
- ・3本以上のクライストロン管の特性を測定し、周波数帯域について評価を行うとともに、レーダーとしての基本性能を満足していることを確認する。

イ) 固体素子等を用いたレーダー技術

(技術課題)

電波の逼迫状況を解消し、国際的なイニシアチブを得るには、電子管よりも線形性の高い固体素子を用いて周波数制御を行うことが有効である。高周波、高出力の固体素子は国際的に我が国がリードしており、世界に先駆けて5GHz帯で60Wの固体素子が実用化されている。しかし、1つの素子の出力が60W程度ではレーダーとして用いるために多くのデバイス合成が必要であり、装置の大型化、低効率化、高コスト化が懸念され、実用化の一步手前に踏みとどまっているのが現状である。一方、固体素子そのものの高出力化のためには、素子の破壊や信号の歪みなどの発生を抑圧し、高い信頼性を保持した上で、素子の電力密度を高めることが必要である。

また、固体素子を用いたレーダーでは、ピーク電力が低いため、現状の分解能を得るためにパルス圧縮処理が必要不可欠であるが、これによりレンジ・サイドローブという見かけのエコーが発生することになり、レーダー性能を劣化させてしまう。

このため、狭帯域化とレンジ・サイドローブの低減を同時に実現するような送信信

号の周波数変調・振幅変調、受信信号処理の最適な組み合わせを実現する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 高周波、高出力の固体素子技術
- ・ 固体素子を用いたレーダーの狭帯域化技術
- ・ 反射電力のバラツキが大きいターゲットにおいても性能を維持するタイム・サイドローブ・レベル低減化技術

(到達目標)

これまでに実現されていない5GHz帯における固体素子を用いたスペクトラム狭帯域化レーダー装置で、クライストロン管を用いた最適な波形成形により実現する帯域からさらに半減することを目指し、2.5MHz離調の離調減衰量60dB以上、送信ピーク電力3.5kW以上、デューティ比20%以上を目標とする。

なお、固体素子の出力電力は、現状の5GHz帯で60W程度を約1.5倍の90Wにまで高出力化することを目標とする。

さらに、装置の小型化・軽量化に併せ、固体素子は標準的なパッケージサイズを維持したままとするほか、出力増幅モジュールの最終段は、現状の12素子程度のデバイス合成を8素子以下の合成で実現することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ 5GHz帯で、汎用性の高いパッケージサイズ24.5mm×17.4mm、ドレイン電圧10Vを維持した90W以上の高出力固体素子を試作する。
- ・ 無線LANとの共用が急務となっている気象レーダーを想定して、5350MHz付近で出力が最大となる固体素子を試作する。
- ・ 8素子以内の合成で出力電力500W以上の出力増幅モジュールを試作する。
- ・ 計算機シミュレーションにより、タイム・サイドローブ・レベルを-60dB以下にしつつ、S/Nロス最小化する送信信号とパルス圧縮処理の組み合わせを比較評価し最適解を抽出する。
- ・ 開発した出力増幅モジュールの性能と計算機シミュレーションの結果を踏まえて、スペクトラム狭帯域化レーダー装置のシステム設計を行う。

(平成18年度)

- ・ 送信ピーク電力は3.5kW以上、デューティ比は20%以上を目標とし、任意の周波数変調、振幅変調が可能な送信信号生成機能を備え、水平偏波、垂直偏波の両偏波の受信処理が可能で、複数の実フィールドでの試験・評価に耐えるため、受信信号を検波したI/Q信号をデジタル値としてそのまま保存する機能を備え、可搬性も考慮したスペクトラム狭帯域化レーダー装置を試作する。
- ・ 現行のレーダー処理装置を模擬するソフトウェアを試作し、評価する。

(平成19年度)

- ・試作したスペクトラム狭帯域化レーダーの特性を評価し、送受信信号を最適化することで、2.5MHz離調で60dB以上の離調減衰量、-60dB以下のタイム・サイドローブ・レベルを実現する。
- ・スペクトラム狭帯域化レーダー装置を用い、強雨時、降雪時等種々の使用条件での複数地点における観測データを取得し、レーダーの観測性能を評価する。
- ・実フィールドにおいて、スペクトラム狭帯域化レーダーと他の無線装置の干渉実験を行い、与干渉、被干渉が発生しないことを評価する。

5. 実施期間

クライストロン送信機デジタル波形成形技術：平成17年度の1年間

固体素子等を用いたレーダー技術：平成17年度から19年度までの3年間

6. その他

提案に当たっては、クライストロン送信機デジタル波形成型技術及び固体素子等を用いたレーダー技術それぞれの実用化について、将来見込みを記載し、提案すること。

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ともに、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。

また、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も提案書[5a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

高マイクロ波帯への周波数移行の促進に向けた基盤技術の
高度化のための研究開発
(高マイクロ波帯基盤技術の高度化のための研究開発)

1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成 15 年 7 月 30 日）を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成 20 年までに移動通信システムに約 330～340MHz 幅、無線 LAN に最大で約 480MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数帯域幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、周波数が逼迫している 6GHz 以下の周波数で使用されている既存システムの一部を、高マイクロ波帯（「6～30GHz」をいう。以下同じ。）へ周波数移行することが求められてきている。

そこで、高マイクロ波帯用無線デバイスの低廉化を主目標として、無線デバイスにおける消費電力の低電力化及びパワーアンプの高出力化、装置の小型化、周波数再編への対応の柔軟化等の課題を解決する上での基盤となる技術の研究開発を行う。それにより、高マイクロ波帯で容易に無線通信システムを運用することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することとなっている。

また、「平成 17 年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆議院、参議院の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。
 - ・ 衆議院・総務委員会（平成 16 年 4 月 13 日）
「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓

等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

固定マイクロ通信システムや無線アクセスシステム等周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存システムの高マイクロ波帯への周波数移行を促進するために、高マイクロ波帯用無線デバイスの低廉化を主目標として、無線デバイスにおける消費電力の低電力化及びパワーアンプの高出力化、装置の小型化、周波数再編への対応の柔軟化等の課題を解決する上での基盤となる技術を開発する。

4. 研究開発内容

① 概要

固定マイクロ通信システムや無線アクセスシステム等周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存システムを高マイクロ波帯に移行する際の、あるいは、それらのシステムの高マイクロ波帯への導入を促進する際の課題を解決する上での基盤となる以下の技術について、研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) 高マイクロ波帯無線通信システムの低消費電力化技術
(技術課題)

高マイクロ波帯の無線通信システムにおいて、低コストでかつ低マイクロ波帯（「3～6GHz」をいう。以下同じ。）と同様の高機能を実現しようとする、廉価な材料を用いて、高周波性能と低消費電力を実現するための技術の研究開発が必要となる。

そのため、送信信号処理部、受信信号処理部及び受信部の低雑音増幅器において高速高周波かつ低消費電力動作を実現できるSiGe HBT（シリコン・ゲルマニウム・ヘテロ接合トランジスタ）デバイス技術とMMIC（モノリシックマイクロ波集積回路）設計技術を開発する。

これらにより、高マイクロ波帯における無線通信装置を低コスト・低消費電力で実現することができ、3-5GHz帯の固定マイクロ通信システムや無線アクセスシステム等の高マイクロ波帯への移行を促進することが可能になる。

具体的には、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・トランジスタ動作速度（遮断周波数と最大発振周波数）の向上
- ・トランジスタの消費電力の低減
- ・受動素子の設計精度の向上
- ・MMIC設計の高効率化

(到達目標)

高マイクロ波帯において、シングルチップ無線通信システム用 Si RF-IC（シリコン無線 IC）を開発する。消費電力は現在主に使用されている化合物半導体デバイスを用いて複数チップで構成した場合に比べて 70%低く、また低マイクロ波帯で使用されている CMOS（相補型金属酸化膜半導体）と同程度の高機能性を実現することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- (1) 高マイクロ波帯での動作に適した高周波・低消費電力の Si 系トランジスタを設計する。
- (2) Si 系トランジスタの高周波及び低消費電力性能の向上に必要なプロセス技術を開発する。

(平成 18 年度)

- (1) 高マイクロ波帯の最高周波数である 30GHz までの高周波信号処理を可能にするプロセス・デバイス技術を確立し、Si 系トランジスタの基本動作を実証する。

(平成 19 年度)

- (1) Si 系トランジスタの最適化設計技術を開発し、それによる高マイクロ波帯での低消費電力動作（従来比 1/2）を実証する。このトランジスタの低消費電力動作を実現することで、高マイクロ波帯での Si RF-IC の高機能化を可能にする。
- (2) 高マイクロ波帯における Si RF-IC 回路設計技術を開発する。

(平成 20 年度)

- (1) Si 基板上の高精度受動素子（誤差 5%以内）の設計技術を開発する。これにより、回路設計における余裕度を削減でき、チップの低消費電力化設計を可能にする。
- (2) 無線通信システム用の各種要素回路（低雑音アンプ、発振器、分周器など）における高マイクロ波帯での低消費電力化設計（従来比 1/3）技術を開発する。これらの要素回路の低消費電力により、複数の機能を搭載した高機能の Si RF-IC の構築を可能にする。

(平成 21 年度)

- (1) 高機能化対応技術と高周波多信号混載技術により、高マイクロ波帯での消費電力が現在主に使用されている化合物半導体デバイスを用いて複数チップで構成した場合に比べて 70%低く、低マイクロ波帯で使用されている CMOS と同程度の高機能性を有するシングルチップ無線通信システム用 Si RF-IC を開発する。

イ) 高マイクロ波帯無線通信システムの高出力パワーアンプ技術
(技術課題)

現在、高マイクロ波帯においては、高出力を実現するために、GaAs（ガリウム砒素）等の電力用半導体、高周波用半導体が使用されている。しかしながら、これらの半導体の材料を用いるとコストが掛かるため、また、セラミックパッケージなどの高価な実装方法を用いるため、高マイクロ波帯における無線通信システムの普及の阻害要因になっている。このため、廉価な材料およびパッケージを用いて高出力を実現するため技術の開発が必要となっている。

そのため、送信部の電力増幅部に CMOS を適用し高マイクロ波帯において十分な出力を得るための回路・実装技術の研究開発を行う。

具体的には、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ CMOS によるパワーアンプの出力電力及び利得、効率の向上
- ・ CMOS によるパワーアンプの低コスト実装技術の開発
- ・ 回路集積化時に問題となる信号リークの低減

(到達目標)

現状の 2～5GHz 帯無線アクセスシステム用デバイスと同程度の送信出力レベルを、高マイクロ波帯でも実現することを目指す。そのため、高マイクロ波帯で 100mW 級の出力電力を有する CMOS パワーアンプモジュール装置を開発することを目指す。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- (1) 高マイクロ波 CMOS パワーアンプ構成要素の試作を行うとともに、目標に向けての課題抽出を行う。

(平成 18 年度)

- (1) CMOS パワーアンプの高周波化を行い、出力電力を、高マイクロ波帯において 40mW とする。

(平成 19 年度)

- (1) CMOS パワーアンプの高出力化を行い、出力電力を高マイクロ波帯において 100mW 級とする。

(平成 20 年度)

- (1) CMOS パワーアンプの高効率化を行い、ドレイン効率を、高マイクロ波帯における平均使用電力において、15%以上とする。

(平成 21 年度)

- (1) 高マイクロ波帯で 100mW 級の出力電力を有する CMOS パワーアンプモジュール装置の開発を行う。

ウ) 高マイクロ波帯可変フィルタリング技術

(技術課題)

今後、高マイクロ波帯に様々なサービスが導入されていくことが想定されている中で、国内的あるいは国際的な事情により周波数を変更することが要求されても柔軟に対応することが必要であり、送受信に必要なフィルタをシステムに応じて可変とする技術が必要である。また、良好な周波数特性を持つ無線通信システムの実現も求められる。

そこで、可変キャパシタ、可変位相器、スイッチ、FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) フィルタなどの適当な組み合わせによる RF-MEMS を適用することにより、高マイクロ波帯での可変フィルタリングを実現する技術の研究開発を実施する。

具体的には、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ Q値向上のための構造、材料の検討
- ・ MEMSスイッチの接点の構造、材料の検討
- ・ 効率のよいフィルタ構造の検討
- ・ モノリシック化の方法の検討

(到達目標)

MEMS スイッチ、可変キャパシタの構造確立、またこれらを要素デバイスとして組み合わせた分布定数型チューナブルフィルタの構造確立と特性改善等の成果を、最終的に小型パッケージに組み、高出力パワーアンプと組み合わせて、小型でかつ6～30GHz 帯で使用可能な可変フィルタの形成を行うことを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- (1) チューナブルな分布定数型フィルタの基本構造の確立。
- (2) 可変キャパシタの構造を確立する。特に高周波 (30GHz) での Q を改善する。
- (3) 30GHz まで動作する MEMS スイッチについても基本構造を確立する。

(平成 18 年度)

- (1) 下記 MEMS 素子を組み込んだ分布定数型チューナブルフィルタの設計試作と特性評価。
- (2) 可変キャパシタについて、 ΔC 拡大 ($C=0.1\sim 1\text{pF}$)、 $Q=30@30\text{GHz}$ 。
- (3) MEMS スイッチについて、特性改善 (6～30GHz において損失 0.5dB アイソレーション 20dB) 及び信頼性向上 (0.1W) を行う。

(平成 19 年度)

- (1) 分布定数型チューナブルフィルタの特性改善
可変範囲 20～30GHz、バンド幅 (比帯域幅) $\sim 5\%$ 、損失 5 db、
可変電圧 0～50V、耐電力 50mW
- (2) バリアブルキャパシタ、および MEMS スイッチの上記性能を満たすための改善。

(平成 20 年度)

(1) 分布定数型チューナブルフィルタの特性改善

可変範囲 6~30GHz、バンド幅（比帯域幅）~5%、損失 3db、

可変電圧 0~30V、耐電力 100mW

(2) バリアブルキャパシタ、および MEMS スイッチの上記性能を満たすため改善。

(平成 21 年度)

(1) 平成 20 年度の性能を満たした上で、平成 20 年度までの成果を小型パッケージに組み、あるいは高出力パワーアンプと組み合わせて 6~30GHz 帯で使用可能な可変フィルタの形成を行う。

5. 実施期間

平成 17 年度から 21 年度までの 5 年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

高マイクロ波帯への周波数移行の促進に向けた基盤技術の
高度化のための研究開発
(高マイクロ波帯用アンテナ技術の高度化技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成15年7月30日）を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数帯域幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存システムの一部を、高マイクロ波帯（「6～30GHz」をいう。以下同じ。）へ周波数移行することが求められてきている。

高マイクロ波帯を利用した移動体通信を対象としたアンテナの低廉化を主目標として、アンテナの省電力化・省スペース化といった、周波数再編への対応の柔軟化等の課題を解決する上での基盤となる技術の研究開発を行う。それにより、高マイクロ波帯で容易に移動体通信システムを運用することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することとなっている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆議院、参議院の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消す

るため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

固定マイクロ通信システムや無線アクセスシステム等周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存システムの高マイクロ波帯への周波数移行を促進するために、高マイクロ波帯を利用した移動体通信を対象としたアンテナの低廉化を主目標として、アンテナの省電力化・省スペース化といった、周波数再編への対応の柔軟化等の課題を解決する上での基盤となる技術の研究開発を行う。それにより、高マイクロ波帯で容易に移動体通信システムを運用することができる環境を整える。

4. 研究開発内容

① 概要

固定マイクロ通信システムや無線アクセスシステム等周波数が逼迫している6GHz以下の周波数で使用されている既存システムを高マイクロ波帯に移行する際の、あるいは、それらのシステムの高マイクロ波帯への導入を促進する際の課題を解決する上での基盤となる以下の技術について、研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) 高マイクロ波帯用アンテナの高度化技術

(技術課題)

高マイクロ波帯を移動体通信として利用するためにボトルネックとなっている課題としては、航空機、船舶、列車、車等への容易な積載性、高速移動中でも利用可能な省電力かつ省スペースなアンテナの開発がある。そのなかでも特に、高速移動通信に最適なアクティブフェーズドアレーアンテナ(APAA)の開発が最も重要な開発課題である。

そこで、省電力かつ省スペース APAA 開発のために以下のキー要素技術の研究開発を実施する。

- ・省スペースを実現するための送受信共用 APAA 用超広帯域アンテナ技術
- ・低損失化を図り、省電力、省スペースを実現するため、RF-MEMS (Radio Frequency - Micro Electro Mechanical System) 等の技術を応用したマイクロ波デバイスの開発

- ・省スペースを実現するための高密度 RF 実装技術

(到達目標)

体積比として現状の約50%を目標とした省スペース化、かつ現状は送・受信個別のアンテナで対応（比帯域：送受各5%）を送受共用の一体型超広帯域 APAA の開発を目指すにあたってのキー要素技術を確立する。

なお、上記の目標を達成するにあたっての各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 17 年度)

- (1) 省スペースを実現するための送受信共用 APAA 用超広帯域アンテナ技術
 - ・送受信共用アンテナのための比帯域 25%超広帯域アンテナの要素試作・評価
- (2) 低損失 RF-MEMS デバイスの開発
 - ・現状の FET 移相器(通過損失 6dB@14GHz, 5bit)の低損失化を目指して、まずは RF-MEMS 技術を応用した MEMS スイッチ簡易駆動技術の基本設計、試作評価(通過損失 1dB@14GHz, 1bit)
- (3) 高密度 RF 実装技術
 - ・送受信回路内蔵 (HPA、LNA、移相器、偏波制御回路、分波器) モジュールの回路構成検討及び回路間干渉抑圧シミュレーション

(平成 18 年度)

- (1) 省スペースを実現するための送受信共用 APAA 用超広帯域アンテナ技術
 - ・送受信共用アンテナのための比帯域 25%超広帯域アンテナの改良設計・試作・評価及び設計法の確立
- (2) 小形・低損失 RF-MEMS デバイスの開発
 - ・集積化 Ku 帯 MEMS 移相器の開発(5 ビット移相器)の試作設計・評価
- (3) 高密度 RF 実装技術
 - ・送受共用モジュールの実現(小形低損失送受分波器、LTCC パッケージの試作評価)

(平成 19 年度)

- (1) 省スペースを実現するための送受信共用 APAA 用超広帯域アンテナ技術
 - ・送受信共用アンテナのための比帯域 30%超広帯域アンテナの試作・評価
- (2) 低損失 RF-MEMS デバイスの開発
 - ・集積化 MEMS 移相器(通過損失 3dB@14GHz, 5bit)の改良設計・評価、信頼性評価
- (3) 高密度 RF 実装技術
 - ・送受共用モジュールの実現：送受信回路内蔵 (HPA、LNA、移相器、小形低損失送受分波器) モジュールの設計・試作評価

(平成 20 年度)

(1) 送受共用 16 素子 APAA 対応低損失給電回路, 制御回路の試作設計・評価
(平成 21 年度)

(1) 省スペース、省電力送受共用 16 素子 APAA の設計・製作・評価

5. 実施期間

平成 17 年度から 21 年度までの 5 年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (基幹用ミリ波帯無線伝送システムの実現のための基盤技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成15年7月30日）を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、現在、あまり利用されていない30GHzを超える周波数帯（以下、「未利用周波数帯」という。）の利用技術の研究開発が求められている。

特に諸外国においては、未利用周波数帯を有効利用するための技術の開発は軍事技術の開発の一環として国が先導的に開発を進め、開発した技術を民間に移転すること等により推進されているところである。我が国においても、未利用周波数帯の有効利用技術の開発を推進するためには産学官連携により中長期的な目標を定め、継続的に取り組んでいく必要がある。

そこで、70-100GHz帯の基幹用超高速ミリ波無線伝送システム実現のために必要なMMIC技術、超高速ベースバンド信号処理技術等の研究開発を行うことにより、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p.6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p.26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未

利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

30GHz以下の周波数帯を利用している基幹用高速無線伝送システムを未利用周波数帯へ移行する、あるいは、未利用周波数帯への新たな基幹用超高速無線伝送システムの導入を促進することによって迅速かつ円滑な電波の再配分の実施に資するため、70-100GHz帯超広帯域無線通信用MMIC技術、超高速ベースバンド信号処理技術等について研究開発を行い、基幹用超高速無線伝送システムを未利用周波数帯へ導入するための基盤技術を確立する。

4. 研究開発内容

① 概要

光ファイバの敷設が困難な山間僻地等における超高速無線回線、さらには、災害時の緊急対策用回線設備等としての利用が期待される、70-100GHz帯を利用して、1~3km程度の伝送が可能な超高速（10Gbps級）の基幹用ミリ波無線伝送システムを実現するために必要な基盤技術の研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) 70-100GHz帯超広帯域無線通信システムのための基盤技術

（技術課題）

70-100GHz帯超広帯域無線通信用MMICを実現するには電流利得遮断周波数（fT）の高い高周波特性に優れたトランジスタが必要になる。また、雑音特性および出力特性も重要なトランジスタ性能となる。低雑音受信機特性を得るためには雑音特性に優れるInP系の超高速HEMTを用いて超広帯域無線通信用MMICを開発する必要がある。さらに、無線通信方式として連続波（CW）を変復調するヘテロダイン方式では位相雑音の少ない局部発振器が必要になる。周波数とともに発振器の位相雑音もまた増加することが知られており、パルス波を用いた通信方式も含めて検討する必要がある。また、光ファイバ系とのインターフェース部を含め一体化した超高速かつ広帯域なベースバンド信号処理技術の開発が必要となる。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ fT で 500GHz 以上の性能を有する InP 系 HEMT を用いた 70-100GHz 帯超広帯域無線通信用 MMIC 技術
- ・ 70-100GHz 帯で平坦な信号強度を有する短パルス発生器 MMIC 技術
- ・ 伝送速度 10Gbps 以上で、並列動作などにより 40Gbps まで展開可能な無線通信システム技術
- ・ 超高速かつ広帯域動作可能な CW およびパルス変復調器技術
- ・ 変復調器と光ファイバ系とを組み合わせるためのインターフェース技術

(到達目標)

70-100GHz 帯超広帯域無線通信用 MMIC の開発を行い、CW およびパルス変復調器の信号処理速度の高速化技術開発と併せ、伝送距離 1～3km 程度でビット誤り率が 10^{-5} 以下、伝送速度 10Gbps 以上の通信機能を実現することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・ InP 系 HEMT の一段の低雑音化と超高周波化に向けデバイス構造を最適化する。
- ・ InP 系 HEMT の極短パルス応答を確認しデータを蓄積する。
- ・ 70-100GHz 帯超広帯域無線通信システムの設計検討を行うために、InP 系 HEMT の基礎パラメータの取得、および集積回路の構成に欠くことのできない抵抗、容量、インダクタンス等の部品に関し、各種のプロセスと共にこれらの受動部品のパラメータを取得し、シミュレーション環境を構築する。
- ・ 光ファイバ系との変換部を前提とした超高速無線通信システムにおいて、実現性のある幾つかの変調方式の検討を行う。
- ・ 超高速かつ広帯域動作可能な変復調方式について設計検討を行い、変復調器の具体的構成を明確化する。

(平成 18 年度)

- ・ InP HEMT や受動部品などのデバイスパラメータを用い、70-100GHz 帯で利得 20dB 以上が得られ雑音指数 3 dB 以下の低雑音増幅器を設計試作する。
- ・ 70-100GHz 帯で動作する送受切り替え用スイッチ MMIC ならびに送信用高出力増幅器 MMIC、局部発振器 MMIC、ミキサ MMIC を設計試作する。
- ・ 70-100GHz 帯で平坦な信号強度を有する短パルス発生器 MMIC ならびに超広帯域バンドパスフィルタを設計試作する。
- ・ InP HEMT や受動部品などのデバイスパラメータを用い、CW 変復調器およびパルス変復調器の動作シミュレーション、回路設計および 1 次試作を通じて、CW 変復調器とパルス変復調器の得失を明らかにする。

(平成 19 年度)

- ・ ミリ波送受信部とベースバンド信号処理部を組み合わせ、基本特性を確認する。
- ・ 信号処理速度 10Gbps 以上の変復調回路を試作し、ミリ波送受信部と組み合わせ基

本特性を確認する。

(平成 20 年度)

- ・光ファイバ伝送系とのインターフェース部および、ミリ波アンテナとのインターフェース部を含め一体化した超広帯域無線通信装置を構成し、性能を実証する。

5. 実施期間

平成 17 年度から 20 年度までの 4 年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a] (実施体制説明書) の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (無線アクセス用ミリ波帯無線伝送システムの実現のための基盤技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成15年7月30日）を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、現在、あまり利用されていない30GHzを超える周波数帯（以下、「未利用周波数帯」という。）の利用技術の研究開発が求められている。

特に諸外国においては、未利用周波数帯を有効利用するための技術の開発は軍事技術の開発の一環として国が先導的に開発を進め、開発した技術を民間に移転すること等により推進されているところである。我が国においても、未利用周波数帯の有効利用技術の開発を推進するためには産学官連携により中長期的な目標を定め、継続的に取り組んでいく必要がある。

そこで、無線アクセス用ミリ波帯無線伝送システムの実現のために必要な、ミリ波帯において高耐圧特性を有するGa_N系HEMT（HFET）構造技術、Ga_N系HEMTを用いた高出力ミリ波増幅器、高出力電圧制御発振器及び高ダイナミックレンジのミキサー、切り替えスイッチなどのMMIC化技術などの研究開発を行うことにより、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p.6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p.26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現

さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

30GHz以下の周波数帯を利用している無線アクセス用伝送システムを未利用周波数帯へ移行する、あるいは、未利用周波数帯への新たな高速無線伝送システムの導入を促進することによって迅速かつ円滑な電波の再配分の実施に資するため、GaN系HEMT技術、ミリ波無線装置の構成要素部品のMMIC化技術等について研究開発を行い、無線アクセス用伝送システムを未利用周波数帯へ導入するための基盤技術を確立する。

4. 研究開発内容

① 概要

耐環境特性（放射線、高温）に優れ、従来の半導体素材に比べ数十倍の高出力が期待されるGaN系HEMT技術を開発し、ミリ波無線装置の各種の構成要素部品のMMIC化技術開発を行う。また、大口径基板（シリコン基板、サファイア基板）を用い実用化に向けて低コスト化の優位性を指向する技術開発と、特に短ミリ波帯での高出力特性の確保を優先するためのSiC基板系を用いたGaN系HEMT技術の研究開発とを並行して進める。

② 技術課題および到達目標

ア) 低コスト基板技術を用いたGaN系HEMTの高周波化および高出力化技術
(技術課題)

高出力特性と同時に、優れた耐環境性が期待されるGaN系HEMT技術の研究開発を今後の実用化と、広範囲な普及を目指す立場から、シリコンなどの安価で大口径な基板を用いた技術開発を行う。デバイスの高周波化にあたっては、エピ構造や結晶成長方法の開発によるチャネル移動度の向上とデバイス・プロセスの開発による寄生抵抗の低減が必要である。また、デバイスの高出力化のためには、低損傷エッチング技術や表面処理技術の開発により高耐圧化、低ゲートリーク電流化が必要である。さらに、高出力動作時に発生する周波数分散を抑制するためのデバイス設計技術や表面パッシベーション技術も必要となる。同時に低コスト化のために、シリコ

ンなどの大口径基板上への均一な結晶成長技術が鍵となる。また、MMIC 化のためにはサファイア基板上でのコプレーナ線路やマイクロストリップ線路が必要になるが、このような高い周波数での接地を行うためにサファイア基板を貫通するビアホール形成技術の開発が必要である。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・大口径シリコン基板上への高チャネル移動度エピ構造を実現するための結晶成長技術と結晶評価技術
- ・低ソース抵抗を実現するための 100nm 以下の微細ゲートプロセス技術
- ・高耐圧、低リーク電流を実現するための低損傷エッチング技術、表面処理技術
- ・周波数分散を抑制するためのデバイス設計技術、表面パッシベーション技術
- ・サファイア基板上の GaN 系 MMIC を可能にするサファイア基板上へのビアホール形成技術と低損失の伝送線路形成技術

(到達目標)

60-80GHz の帯域で NF が 3dB 以下の低雑音増幅器、ミキサー、発振器を含めた GaN 系 MMIC の開発、出力 10W 級の電力増幅器を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・4 インチシリコン基板上の GaN 系 HEMT 構造で、チャネル移動度 $1500\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上、シート抵抗の面内均一性 $\pm 10\%$ 以内を再現性良く実現する。
- ・GaN 系 HEMT の高周波化、高出力化を実現するための低損傷エッチング技術、表面パッシベーション技術等のプロセス基礎技術を確立する。
- ・リセスゲート構造においてゲート長 200nm で f_{max} 120GHz 以上を実現する。
- ・サファイア基板上で HEMT とコプレーナ線路を集積化した 25-30GHz 帯での MMIC を実証する。
- ・GaN 系 HEMT の高周波化を進め、25-30GHz の低雑音増幅器を試作して NF 3dB 以下を実現する。また、25-30GHz の電力増幅器を試作して単体出力 3W 以上を実現する。

(平成 18 年度)

- ・6 インチに大口径化したシリコン基板およびサファイア基板上の GaN 系 HEMT をミリ波帯域での動作を実証する。
- ・GaN 系 HEMT で f_{max} 200GHz を実現する。
- ・ビアホール技術を開発し、サファイア基板上で HEMT とマイクロストリップ線路を集積化した 25-30GHz 帯での MMIC を実証する。
- ・シリコン基板上の GaN デバイスを MEMS 技術による異種基板の張り合わせにより動作実証を行う。

(平成 19 年度)

- ・ 25-40GHz で NF 3dB 以下の低雑音増幅器 MMIC を実現する。
- ・ 25-40GHz で 1 チップで出力 5W 以上の MMIC を実現する。

(平成 20 年度)

- ・ 送受信装置に必要となる、GaN 系 HEMT による 25-40GHz の低雑音増幅器、ミキサー、発振器等の MMIC チップセットを試作する。
- ・ 高放熱基板への張り合わせ技術により GaN 系 MMIC の高出力化を図り、25-40GHz の電力増幅器 MMIC の出力 10W を目標とする。

(平成 21 年度)

- ・ GaN 系 MMIC の高周波化を進め、60-80GHz 帯の低雑音増幅器、電力増幅器を開発する。
- ・ 受信系 GaN 系 MMIC および送信系 GaN 系 MMIC を実装した無線送受信機を構成し、基本性能を検証する。

イ) 高出力 GaN 系 HEMT の超高周波 (70-90GHz 帯) 化技術

(技術課題)

ミリ波帯で高出力特性を有する増幅器を実現するには、電流駆動能力および耐圧が高くかつ、利得の高い高周波特性に優れたトランジスタが必要になる。一般にトランジスタの出力電力は周波数とともに減少するため、出力特性に優れた新素材系トランジスタの開発が望まれていた。GaN 系材料は、従来の半導体材料に比べ、1 桁ちかく破壊耐圧の高いワイドバンドギャップ半導体であり、ミリ波帯で高出力増幅器を実現する素材として注目され世界的に研究開発が活発化している。現状では、GaN 系 HEMT のミリ波帯での出力値は 40 GHz でも 0.86W、60 GHz で 0.03W と、従来のトランジスタよりは高出力であるが、ミリ波無線通信用としては不十分であり、高周波化技術の開発が重要になっている。超高周波化のため、基板には熱特性に優れた SiC 基板を用い、高周波化と高耐圧特性を両立するための新規デバイス技術の研究を行う必要がある。また、高出力増幅器の歪・効率特性も考慮した整合回路技術と、量産化に向けた MMIC 化技術の開発が必須となる。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ ミリ波帯で動作しかつ高耐圧特性を有する、金属/絶縁膜/半導体 (MIS) ゲート電極構造の GaN 系 HEMT 技術、
- ・ 高出力 GaN 系 HEMT を用いたミリ波帯高出力増幅器 MMIC 技術
- ・ 高出力 GaN 系 HEMT を用いた電圧制御発振器およびミキサー、送受切り替えスイッチ MMIC 技術

(到達目標)

70-90GHz 帯で無線送信用信号源として用いることができるように、高出力 GaN 系 HEMT MMIC 増幅器の出力電力を 1W 以上に、電圧制御発振器の出力電力を 20mW 以上にすることを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ゲート長 $0.25\mu\text{m}$ 以下 GaN 系 HEMT を試作し、高周波化ならびに高出力化に向けた課題を抽出する。
- ・MIS 型ゲート電極構造を有する GaN 系 HEMT を試作し出力電力特性を評価する。

(平成18年度)

- ・ゲート長 $0.1\mu\text{m}$ の GaN 系 HEMT を試作し、 f_{max} 150GHz 以上を実証する。
- ・MIS 型ゲート電極構造の GaN 系 HEMT を改良試作する。
- ・高出力増幅器 MMIC を設計するために、GaN 系 HEMT のデバイスパラメータ（歪パラメータを含む）を取得する。
- ・デバイスシミュレータを用いて GaN 系 HEMT の動作解析を行い、高周波化と高出力化に向けた課題を抽出する。

(平成19年度)

- ・GaN 系 HEMT を改良し、 f_{max} 200GHz 以上を実証する。
- ・70GHz 帯で出力電力0.25W 程度の高出力増幅器 MMIC を試作する。
- ・GaN 系 HEMT を用いて電圧制御発振器およびミキサー、送受切り替えスイッチ用 MMIC を設計試作する。

(平成20年度)

- ・GaN 系 HEMT を改良し、 f_{max} 250GHz 以上を実証する。
- ・70GHz 帯で出力電力1W 程度の高出力増幅器 MMIC を試作する。
- ・70GHz 帯で出力電力20mW 程度の電圧制御発振器 MMIC を試作する。

(平成21年度)

- ・GaN 系 HEMT による MMIC 技術を70–90 GHz 帯に拡張する。
- ・ミリ波無線通信装置を構成し、性能の実証試験を行う。

5. 実施期間

平成17年度から21年度までの5年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (ミリ波帯無線装置の高能率化技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成15年7月30日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、現在、あまり利用されていない30GHzを超える周波数帯(以下、「未利用周波数帯」という。)の利用技術の研究開発が求められている。

特に諸外国においては、未利用周波数帯を有効利用するための技術の開発は軍事技術の開発の一環として国が先導的に開発を進め、開発した技術を民間に移転すること等により推進されているところである。我が国においても、未利用周波数帯の有効利用技術の開発を推進するためには産学官連携により中長期的な目標を定め、継続的に取り組んでいく必要がある。

そこで、ミリ波帯無線装置の高能率化を計るために回路構成の基本となるBB部、RF回路部、および高出力、低出力の場合、さらに低損失素材技術を含めた高能率化のための研究開発を行うことにより、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」(総合科学技術会議)において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p.6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p.26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未

利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

30GHz以下の周波数帯を利用している既存の電波利用システムや無線ネットワークを未利用周波数帯へ移行する、あるいは、未利用周波数帯を利用した新たな電波利用システムの導入を促進することによって迅速かつ円滑な電波の再配分の実施に資するため、ミリ波無線装置を構成する機能部品及びそれらを統合する無線装置の高効率化を実現するための基盤技術を確立する。

4. 研究開発内容

① 概要

ミリ波無線装置を構成する機能部品およびそれらを統合する無線装置の能率を向上させ、無線装置で発生する熱を最低限に抑制して無線装置の高性能化を計るとともに、簡易な放熱機構にて熱放散できるようにし、小型軽量かつ低消費電力の無線装置技術の開発、さらに、バッテリー駆動で利用できる無線端末の実現をめざす。これらの目標を達成し、ミリ波無線装置の高効率化を実現するために以下の3つの技術課題について研究を行う。まず第一は、ミリ波の実用化に必要なミリ波部品の性能に直接関係する、増幅器、スイッチ、発振器等のミリ波無線用MMICの高効率化の研究である。第2は、ミリ波トランジスタの性能を劣化させずに高性能を引き出す実用上の技術に関するものであり、ミリ波装置の高効率化への根本的な障害を解決するための技術課題である。ミリ波帯ではトランジスタの真空封じが広く実用されているが、構造が大きくなり、ミリ波の長い配線が損失を大きくし、装置性能に直接影響するため、トランジスタを保護する高信頼性耐湿化技術開発が重要課題となっている。第3は、前記ミリ波MMIC関連技術以外のもので、ミリ波低損失誘電体素材から構成されるフィルター、共振器、アンテナ等の受動部品技術に関連するものであり、ミリ波無線装置の構成に欠くことのできない重要な要素技術である。これらを含めたミリ波帯高性能部品の構成技術開発を行い、ミリ波無線装置の高効率化の研究を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) ミリ波帯MMICの高効率化技術
(技術課題)

ミリ波帯無線装置に用いられる増幅器、スイッチ、発振器等のMMICでは、周波数

が高いことにより MMIC 内部の損失が大きく、効率が低い。加えて、増幅器では低周波で多用される高調波の利用による高効率動作が実現困難であると共に、トランジスタの極小化に伴う合成数の増加により合成損が増加し効率が低下する問題がある。発振器では出力電力が低いことにより後の増幅器の段数が増えて無線装置の消費電流が増える問題がある。スイッチにおいては、PIN ダイオードにより損失低減する事例があるが、増幅器との一体化が困難で、実装時に大型化して損失が増大する問題がある。ミリ波帯無線装置の高効率化には、無線装置の構成要素部品であるこれら MMIC の効率改善が必要である事から、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・増幅器において、高調波を利用した動作級を実現し、高効率動作を可能とする技術
- ・合成回路、整合回路等の受動回路に於いて損失を低減できる技術
- ・電圧制御発振器（発振器）において、出力電力を増大できる技術
- ・増幅器と一体化形成可能なスイッチにおいて、損失を低減できる技術

(到達目標)

ミリ波帯無線装置を構成する MMIC 部品技術について、70~80GHz 帯で効率が 20% 以上の高効率増幅器 MMIC、出力電力が 0dBm 以上、位相雑音が -106dBc/Hz (1MHz offset) の高出力発振器 MMIC、通過損失が 2.5dB 以下でアイソレーションが 30dB 以上の低損失スイッチ MMIC の高効率化を実現することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・増幅器について高調波整合による高効率動作を実現するための設計検討及び原理試作を行う。
- ・発振器について高出力を得るための設計検討、原理試作を行う。
- ・増幅器と一体化形成可能なスイッチについて低損失化するための設計検討及び原理試作を行う。

(平成 18 年度)

- ・30GHz 帯にて、高調波整合による高効率動作級を用いた効率 30% 以上の増幅器 MMIC を試作する。
- ・30GHz 帯にて出力電力が 0dBm 以上で、位相雑音が -106dBc/Hz (1MHz offset) 以下の発振器 MMIC を試作する。
- ・30GHz 帯にて通過損失 1.2dB 以下でアイソレーションが 40dB 以上のスイッチ MMIC を試作する。

(平成 19 年度)

- ・増幅器を高周波化すると共に高効率動作を改良し、60GHz 帯にて効率が 35% 以上の増幅器 MMIC を試作する。
- ・発振器の高周波化を行い、70~80GHz 帯の発振器 MMIC について原理試作する

- ・60GHz 帯にて通過損失 2.0dB 以下でアイソレーションが 30dB 以上のスイッチ MMIC を試作する。

(平成 20 年度)

- ・増幅器を高周波化すると共に高効率動作を改良し、70~80GHz 帯にて効率が 20% 以上の増幅器 MMIC を試作する。
- ・発振器の出力を向上し、70~80GHz 帯にて出力電力が 0dBm 以上で、位相雑音が -106dBc/Hz (1MHz offset) 以下の発振器 MMIC を試作する。
- ・70~80GHz 帯にて通過損失が 2.5dB 以下でアイソレーションが 30dB 以上のスイッチ MMIC を試作する。

イ) ミリ波帯 HEMT の高信頼性耐湿化技術

(技術課題)

ミリ波帯に用いられるトランジスタでは、高周波にて利得を確保する必要性から帰還容量を低減する必要があり、保護膜の厚膜化が困難であり、耐湿性を有しない。実装時にパッケージでハーメチック構造を用いることによりミリ波帯無線装置の耐湿性を確保するのが一般的であるが装置が大型化し、接続線路長が長くなって損失が増大してミリ波帯無線装置の能率が劣化する問題がある。また、トランジスタの出力電力密度が低いとトランジスタを多数並列合成する必要が生じ、合成損失が増加し能率が低下する問題がある。加えて、トランジスタの利得不足による電力付加効率の低減も高能率化の障害となっている。そこで、以下の技術の研究開発を実施し、ミリ波帯無線装置の高能率化を実現する。

- ・ミリ波帯 HEMT にて、トランジスタの耐湿性が得られる技術
- ・ミリ波帯 HEMT にて、出力電力密度と利得を向上できる技術

(到達目標)

耐湿性を有し、高電力密度、高利得なミリ波帯 HEMT を実現することでミリ波無線モジュールの高能率化の基盤技術を達成することを目標とする。具体的には、85°C 85%RH の高温高湿保存試験において 1,000 時間以上の耐湿性を有し、30GHz、60GHz、及び 70~80GHz 帯でそれぞれ出力電力密度が、800、500、400mW/mm、さらに利得が、9、7、7dB 程度の性能を持つトランジスタの開発を目指す。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・ゲート及び絶縁膜材料について原理試作を行い、耐湿性向上のための材料と加工法について検討する。
- ・トランジスタの高利得化、高電力密度化に向けた原理試作を行う。

(平成 18 年度)

- ・85°C 85%RH の高温高湿保存試験において 1,000 時間以上の耐湿性を有するトラ

ンジスタを試作する。

- ・30GHz帯にて、出力電力密度800mW/mm以上で利得が9dB以上のトランジスタを試作する。

(平成19年度)

- ・トランジスタの耐湿性について改良試作する。
- ・60GHz帯にて、出力電力密度500mW/mm以上で利得が7dB以上のトランジスタを試作する。

(平成20年度)

- ・85°C 85%RHの高温高湿保存試験において10,000時間相当以上の耐湿性を有するトランジスタを試作する。
- ・70~80GHz帯にて、出力電力密度400mW/mm以上で利得が7dB以上のトランジスタを試作する。

ウ) 低損失誘電体素材技術、及びその他の回路構成手法を用いた無線装置の高効率化のための技術

(技術課題)

ミリ波帯無線装置技術として、低損失な誘電体素材技術に基づく回路構成技術と、ミリ波無線装置の高効率化と高性能化は、ミリ波の実用化技術開発において切り離すことができない。重要な課題である。高い温度安定度を持つミリ波帯での低誘電体損失特性と、周波数分散特性の小さな素材を開発し、高Q値な共振器及び、高C/N発振器の実現、さらに広帯域インピーダンス変換器、低損失高選択性フィルタの研究開発とあわせ、これらのデバイス的高速測定評価技術を確立する必要がある。また、新しい回路構成による高効率のミリ波帯発振装置の研究開発を行い高効率性の限界を検証することは今後のミリ波実用化技術として重要である。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・高い温度安定性を持つ低損失誘電体素材及び、それらの素材を用いた低損失ミリ波部品技術、さらに、デバイス的高速測定評価技術
- ・新しい回路構成による高効率ミリ波無線装置の開発と効率の評価技術

(到達目標)

高い温度安定性を持つ低損失誘電体素材の研究開発及び、それらの低損失素材技術に基づく低損失ミリ波部品技術の研究開発を行い、これらのミリ波デバイス的高速測定評価技術の研究開発を行う。さらに、新しい回路構成による高効率ミリ波発振装置を開発し、60-90GHz帯で40%以上の効率特性を達成・評価する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・ミリ波帯低損失高温安定度材料(無負荷Q5000、温度安定性0.5ppm)を開発す

- る。
- ・低損失広帯域インピーダンス変換器（帯域幅 2.5GHz で R.L. =15dB@60GHz）の実現。
 - ・高能率ミリ波発振装置の構成の検討を行い、準ミリ波帯（24-30GHz 帯）で 30%以上の効率を達成する。

（平成 18 年度）

- ・高Qミリ波共振器（500、1000、1500 が選択できる）の実現。
- ・ミリ波帯の効率測定法を開発し、30-40GHz 帯ミリ波発振装置で 30%以上の効率を達成・評価する。

（平成 19 年度）

- ・低損失高選択性（0.5dB 以下）フィルタの実現。
- ・60GHz 帯ミリ波発振装置で 35%以上の効率を達成・評価する。

（平成 20 年度）

- ・ミリ波デバイスの実用化に必要な高速測定評価技術を開発する。
- ・60-70GHz 帯ミリ波発振装置で 40%以上の効率を達成・評価する。

5. 実施期間

平成 17 年度から 20 年度までの 4 年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (ミリ波帯無線装置の低コストの小型ワンチップ モジュール化技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成 15 年 7 月 30 日）を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成 20 年までに移動通信システムに約 330～340MHz 幅、無線 LAN に最大で約 480MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、現在、あまり利用されていない 30GHz を超える周波数帯（以下、「未利用周波数帯」という。）の利用技術の研究開発が求められている。

特に諸外国においては、未利用周波数帯を有効利用するための技術の開発は軍事技術の開発の一環として国が先導的に開発を進め、開発した技術を民間に移転すること等により推進されているところである。我が国においても、未利用周波数帯の有効利用技術の開発を推進するためには産学官連携により中長期的な目標を定め、継続的に取り組んでいく必要がある。

そこで、ミリ波帯無線装置の低コストの小型ワンチップモジュール化技術の実現のために必要な高集積化構造実現のための MMIC 技術、実装化技術、アンテナ一体化技術、多機能化技術、アダプティブアンテナ機能内蔵化の研究開発を行うことにより、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、「平成 17 年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術

無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未
利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓
等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等
の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

30GHz以下の周波数帯を利用している無線伝送システムを未利用周波数帯へ移行する、
あるいは、未利用周波数帯を利用する小型なミリ波帯無線装置の導入を促進する技術の
研究開発を行うことによって迅速かつ円滑な電波の再配分の実施に資するため、ミリ波
無線装置の小型化、低コスト化等を実現するための基盤技術を確立する。

4. 研究開発内容

① 概要

ミリ波帯を利用する無線装置の高集積化構造実現のため、低コスト化、ワンチップ
化が可能となるシリコン系素材を用いたMMIC技術、低コスト実装技術、アンテナ一
体化技術、多機能化技術、アダプティブアンテナ機能内蔵化等について研究を行う。併
せて、ブロードバンドデジタル映像無線伝送用モジュールの実用化と、ダイバーシ
ティ技術による電波遮断時の映像遮断回避技術や、指向性アンテナの角度調整の容易
化等、誰にでも使い易い低コスト無線モジュールの研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) ミリ波無線モジュールの超低コスト化実現のための基盤的技術
(技術課題)

ミリ波帯を容易に利用するために必要とされる無線装置の小型ワンチップモジュ
ール化技術（ミリ波回路、信号処理回路及びミリ波アンテナ等をワンチップ上で構
成する技術）と、低廉化を実現可能とする量産化に適した高集積実装構造の設計技
術など、低コスト素材を応用した積層構造技術等の研究開発を行う必要がある。

そこで以下の技術の研究開発を実施する。

- ・システム検討および、モジュール構成要素のシミュレーション、設計技術
- ・低廉化ミリ波高集積MMIC部品技術
- ・アンテナ一体化および、アンテナ内蔵化技術

(到達目標)

高集積化実現のための MMIC 部品開発を、低廉化が期待されるシリコン系素材を用いて、30-40GHz 帯、50-60GHz 帯と拡張進展させ、最終年度までに 70-90GHz 帯までの低コスト多機能小型モジュール技術を実現する。量産段階において、従来型モジュールに比べ 1 桁程度の低コスト化が期待できる技術の達成を目指し、ミリ波普及のために必要な基盤技術を確立する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・システム構成の検討を行う。
- ・モジュール構成要素の評価とシミュレーションによる構造検討を行う。
- ・低廉化ミリ波高集積 MMIC 回路構成要素（化合物・シリコン系）の検討と基本シミュレーション技術開発を行う。

(平成 18 年度)

- ・高集積 MMIC 部品の設計・開発・評価を行う。
- ・アンテナ一体型モジュール化技術の検討と開発（30-40GHz 帯）。
- ・異種誘電体積層モジュール構造による低廉化の検討を行う。

(平成 19 年度)

- ・高集積 MMIC 部品の 50-60GHz 帯への拡張技術開発（設計～評価）。
- ・50-60GHz 帯アンテナ内蔵型モジュール化技術の検討と開発。
- ・アダプティブアンテナ要素技術の検討を行う。

(平成 20 年度)

- ・高集積 MMIC 部品の 70-90GHz 帯への拡張技術開発（設計～評価）。
- ・アダプティブアンテナ内蔵型モジュール化技術の検討を行う。
- ・70-90GHz 帯低廉小型モジュール化技術の開発。

イ) ブロードバンドデジタル映像無線伝送用モジュールの低コスト化技術

(技術課題)

60GHz 帯ミリ波無線装置の民生用途、とくに、ハイビジョン等の映像無線伝送を中心した情報家電機器への応用は、ミリ波の利用の道として期待される。屋外・屋内の情報家電機器に搭載されるためには、高速大容量でありながらも、誰にでも使用できる簡易な機器・端末である必要がある。さらに、無線伝送距離の拡大とミリ波帯アンテナの指向特性からくる角度調整の難しさがあり、複数アンテナを用いたダイバーシティ送受信や、人物による電波の遮断の影響を回避する方法としても課題がある。さらに低コスト簡易実装技術、低消費電力化など、ミリ波無線装置として量産化技術への可能性、製品化を想定した場合の技術課題を解決する必要がある。

そこで以下の技術の研究開発を実地する。

- ・ミリ波映像伝送用送受信機器における指向性アンテナ角度調整の容易化技術

- ・ダイバーシティ方式による人物の電波遮断時のハイビジョン映像の遮断影響回避技術
- ・ワンチップ化を指向した MMIC 技術とアンテナ一体化構成技術
- ・量産に対応したアンテナ一体化パッケージング実装技術
- ・低消費電力／高安定度小型発振器技術

(到達目標)

60GHz 帯ミリ波を用い、屋外向けには伝送距離 50m 以上で伝送速度が 1Gbps の 1 対多伝送リンク、屋内向けには伝送距離 10m 程度で伝送速度 2Gbps 程度の多チャンネルハイビジョン映像伝送に対応するデジタル情報家電機器の広帯域簡易無線接続技術と、ブロードバンド無線伝送を実現する小型ワンチップモジュール技術を開発する。

具体的には、システム構成として、人や物による電波遮断時のハイビジョン映像の遮断影響回避技術や、指向性アンテナの角度調整の容易化等、誰にでも使い易い無線モジュール開発をめざす必要がある。大幅な低コストが期待できる小型ワンチップモジュール技術は、屋外・屋内環境下で、多チャンネルハイビジョン放送・映像等のコンテンツを一度に無線伝送可能とするものであり、ミリ波の民生機器への普及の達成にとって重要な課題である。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・ブロードバンド低コスト無線モジュールの実現のための基本構成を検討するためのシミュレーションを行う。また、具体的構成に関する設計及び検討を進め、原理試作と実験評価を行い、有効性を明らかにする。
- ・基本要素回路の設計・試作と、局部発振器用 30GHz 帯高出力 MMIC、低雑音 MMIC の設計・試作を行い、ミリ波 MMIC の回路設計法を確立する。
- ・モジュールパッケージング技術の基本構成の設計検討を行う。

(平成 18 年度)

- ・アンテナ一体化回路基板の設計・試作を行い、各要素回路 MMIC を搭載したアンテナ一体化送受信機の基本動作試験評価を行う。
- ・アンテナ一体化送受信機の試作を行い、1Gbps 以上の伝送速度の確保が可能であることを検証する。
- ・アンテナ・MMIC の一体化構成、に加えモジュールパッケージングを含めたモジュール化の検討を行い、30GHz 帯低消費電力小型発振器 (DRO／マルチプライア MMIC・PLO) の試作開発する。

(平成 19 年度)

- ・60GHz 帯の高出力 MMIC (線形出力 10mW 以上)、高利得・低雑音 MMIC (雑音指数 5dB 以下) の設計・試作を行う。

- ・複数のアンテナ一体化小型 MMIC 送信モジュールを用いた空間電力合成による高出力化技術の開発を行い、伝送距離 50m 以上に対応した 1 対多伝送リンクの有効性を検証する。
- ・ダイバーシティ受信システム装置を開発し、人による電波遮断等が原因となる映像遮断の防止効果を検証する。

(平成 20 年度)

- ・複数の受信モジュールの配置と位相調整技術を組み合わせ、受信機の指向性の影響を低減し、無線リンク確保のための角度調整を容易化する技術を開発する。
- ・低コスト小型ワンチップモジュール技術に基づくミリ波無線装置を、デジタル情報家電機器に搭載し、ブロードバンドデジタル映像の無線伝送(伝送速度 2Gbps 以上)の有効性を検証する。

5. 実施期間

平成 17 年度から 20 年度までの 4 年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a](実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (ミリ波ブロードバンド通信システム用アンテナ技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成15年7月30日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、現在、あまり利用されていない30GHzを超える周波数帯(以下、「未利用周波数帯」という。)の利用技術の研究開発が求められている。

特に諸外国においては、未利用周波数帯を有効利用するための技術の開発は軍事技術の開発の一環として国が先導的に開発を進め、開発した技術を民間に移転すること等により推進されているところである。我が国においても、未利用周波数帯の有効利用技術の開発を推進するためには産学官連携により中長期的な目標を定め、継続的に取り組んでいく必要がある。

そこで、ミリ波ブロードバンド通信システム実現のために必要な広帯域多ビームアンテナおよび、それらの高速制御技術等を含めた高機能アンテナシステムの研究開発を行うことにより、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」(総合科学技術会議)において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p.6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p.26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現

さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

- ・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）
「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」
- ・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）
「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

30GHz 以下の周波数帯を利用している電波利用システムを未利用周波数帯へ移行し、加えて未利用周波数帯の特性を活かした新たな高速無線システムの導入を促進する技術の研究開発を行うことによって迅速かつ円滑な電波の再配分の実施に資するため、従来以上に効率的に周波数を利用できるミリ波ブロードバンド通信システム用アンテナを導入するための基盤技術を確立する。

4. 研究開発内容

① 概要

新たなミリ波ブロードバンド通信システム用多ビームアンテナ技術の開発と、複数ユーザーに対して効率的にミリ波スポットビームを配分できるアクセス技術の開発、最適なビーム制御を行うための位置検出技術を含めた多ビームアンテナの高速制御技術の研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) ミリ波ブロードバンド通信システム用アンテナ技術

(技術課題)

無線接続を必要とする複数のユーザーとの間で、個別のユーザーが位置するそれぞれの地点に対し、独立する最適なミリ波スポットビームを選別放射し、それぞれ独立した個別の最適無線リンクを構成し、高スループットと同時に、秘匿性を確保できる、高機能多ビームアンテナ通信制御システムの研究開発を行う。そのために、位置検知機能と連動する高速・高能率アクセス制御モジュール、ミリ波ビームを任意のゾーン宛へ切替分配する機能を持つ高性能多ビームアンテナ技術を開発する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・高スループット、秘匿性を確保するため、必要な箇所のみミリ波スポットビームを放射できる多ビームアンテナの開発
- ・複数ユーザーに対して効率的にミリ波スポットビームを配分できるアクセス技術の開発
- ・最適なビーム制御を行うための位置検知技術の開発

(到達目標)

1 ユーザーあたり 100Mbps 以上、トータル 1 Gbps 以上（ユーザー数 7～10 程度）の実行レートを有する 60GHz 帯ブロードバンド通信システムを実現する。一つの多ビームアンテナ系は、多数のアンテナを複数グループ化した構成で、100 以上のビームを備え、かつ、最適なビーム制御を行うための位置検知機能を有するものである。全体としての占有周波数帯域は 600MHz 程度とし、周波数の再利用を含めた構成とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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 17 年度)

- ・アンテナの構成、ビーム切り替え方式の検討を行う。
- ・アンテナを構成するミリ波高速・低損失要素回路の試作を行う。
- ・高速、高効率アクセス制御方式の検討（1 Gbps 以上、1 ユーザーあたり 100Mbps 以上）を行う。
- ・各種の位置検出方式についてシステム構成上の比較検討を行う。
- ・2 ビーム切り替え実験装置を試作開発する。

(平成 18 年度)

- ・アンテナモジュールの部分試作（素子アンテナ、給電、切替部）を行う。
- ・小型 RF モジュールの部分試作を行う。
- ・シミュレーションによる高速、高効率アクセス制御方式の検証、位置検知方式の検証を行う。
- ・2 ビーム切り替え実験装置を用い実験的検証を行う。

(平成 19 年度)

- ・アンテナモジュールの試作を行う。
- ・小型 RF モジュールの試作を行う。
- ・高速、高効率アクセス制御モジュールの試作

(平成 20 年度)

- ・多ビームアンテナ装置の試作（アンテナモジュール、RF モジュール一体化）。
- ・アンテナ制御モジュールの改良。

(平成 21 年度)

- ・多ビームアンテナ装置からなる無線システムを制作し、性能試験を行う。

5. 実施期間

平成 17 年度から 21 年度までの 5 年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

未利用周波数帯への無線システムの移行促進に向けた基盤技術の研究開発 (ミリ波帯高速移動体通信システム技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成15年10月10日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」(平成15年7月30日)を受け、今後の電波の再配分を迅速かつ円滑に推進するため、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成20年までに移動通信システムに約330～340MHz幅、無線LANに最大で約480MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成25年までに移動通信システムに最大で約1.38GHz幅、無線LAN等に最大で約740MHz幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、30GHz超の周波数帯(以下、「未利用周波数帯」という)の利用を促進し、30GHz以下の逼迫する周波数帯の再配分実施に係る既存無線局の移行先としての利用や、新たな電波利用システムへの周波数割当てを可能とすることが要求されている。

特に諸外国においては、未利用周波数帯を有効利用するための技術の開発は軍事技術の開発の一環として国が先導的に開発を進め、開発した技術を民間に移転すること等により推進されているところである。我が国においても、未利用周波数帯の有効利用技術の開発を推進するためには産学官連携により中長期的な目標を定め、継続的に取り組んでいく必要がある。

そこで、ミリ波帯高速移動体通信システム技術の研究開発を行い、電波の再配分を迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

上述の「周波数の再編方針」を踏まえ、必要な周波数を迅速かつ円滑に確保することが必要となっている。

また、「平成17年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」(総合科学技術会議)において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p.6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p.26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未

利用周波数帯の研究開発に取り組むべき旨の国会附帯決議がなされている。

・衆議院・総務委員会（平成16年4月13日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

航空機内におけるユビキタス環境の実現に向け、地上と航空機間の無線リンクを実現するため、航空機追尾用地上局アンテナ技術、航空機アクセス技術、搭載中継技術、搭載アンテナ技術、ハンドオーバー技術及び航空機間ネットワーク技術について研究開発を行う。

4. 研究開発内容

① 概要

航空機と地上ネットワーク等をミリ波帯を用いた広帯域無線回線で結ぶための無線システムの全体構成、地上基地局システムや航空機搭載局システムでのミリ波帯装置化技術、航空機内通信システム、ネットワーク制御方式との組み合わせ方式などを研究開発する。また、最終的に実際の航空機を用いた実証実験を行い、結果を評価する。

② 技術課題および到達目標

ア) 航空機追尾用地上局アンテナ技術

(技術課題)

ミリ波帯により航空機を地上ネットワークに接続するためには、広範囲に航空機を見渡せる高所に設置された基地局において、周辺を飛行する複数の航空機を同時に指向性ビームで捕捉し、かつこれを追尾する地上局用ミリ波アンテナ技術が必要である。ミリ波は従来固定地点間の無線接続には多く実用化されているが、移動体しかも長距離接続を対象とした基地局用アンテナについては、捕捉追尾や複数ビーム制御の困難さなどから開発が遅れているのが現状である。このため、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 航空機の方向を瞬時に検知しこれに正確にビームを向ける捕捉技術
- ・ 飛行する航空機の方向を正確に追尾するビームを形成する技術
- ・ 複数の航空機方向に同時にビームを指向させる技術

(到達目標)

基地局の周囲半径最大約100kmの覆域に入った航空機を数秒以内かつ±2度以内の

精度で捕捉するとともに時速900km前後で飛行する航空機を±2度以内の精度で追尾するアンテナの実現を目標とする。また、覆域内にある3機までの航空機の方向に同時にビームを形成するアンテナの実現をめざす。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

技術調査と概念設計、ならびに先行着手すべき一部コンポーネント（アンテナ素子等）の試作評価

(平成18～19年度)

詳細設計およびアンテナ装置の開発を実施し、時速100km前後で移動する移動体に対して±10度以内の精度での捕捉追尾ができることを確認

(平成20～21年度)

他の装置と組み合わせて実験室や電波暗室等での性能試験を実施、時速900km前後で飛行する航空機を±2度以内の精度での捕捉追尾を実現するとともに、航空機を使用した実証実験により技術の有効性を評価

イ) 航空機アクセス技術

(技術課題)

航空機内のユーザを地上ネットワークに接続するためには、音声やデータなどのIP信号を基地局において多重化・分配し、複数の航空機との間で広帯域接続するための航空機アクセス技術が必要である。従来は、これらの信号は個別にやりとりされているが、これらの信号を多重化してミリ波移動体回線に載せ、かつ数10km以上の距離を前提として複数の航空機に対してアクセス制御を行う技術については、これまでに例がない。このため、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 複数の標準方式に対応した音声やデータなどのIP信号の多重化ミリ波伝送技術
- ・ 長距離接続を想定した航空機へのアクセス制御技術

(到達目標)

音声やデータなどのIP信号を多重化・分配・プロトコル変換等を行ってミリ波で伝送するとともに、最大100km程度までの長距離と航空機が時速900km前後で移動することにより発生するドップラ周波数偏移に対応したアクセス制御システムの実現をめざす。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

技術調査と概念設計、ならびに先行着手すべき一部コンポーネントの試作評価

(平成18～19年度)

詳細設計およびアクセス装置の開発を実施し、地上試験にて時速100kmまでの移動体に対し、停止状態と同等の通信性能を有することを確認する。

(平成20～21年度)

他の装置と組み合わせて性能試験を実施し、時速900kmまでの速度で飛行する航空機を使用した実証実験により技術の有効性を評価

ウ) 搭載中継技術

(技術課題)

基地局からの信号を航空機内の複数の端末にむけた無線通信信号に変換して多重化および分配する航空機搭載中継技術については、これまで一部ISMバンドによる無線LANサービスのみが開始されたものの、航空法上それ以外の電波を発信する機器の使用は認められていない。これを使用できるようにするには、航空機内の電界分布や航空電子機器との干渉状況を正確に把握するとともに、有効な航空電子機器への干渉軽減技術の導入が必要である。このため、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 航空機内の電界分布解析
- ・ 航空電子機器との干渉解析
- ・ 航空電子機器への干渉軽減技術

(到達目標)

旅客機の客室内において、10ユーザ程度が携帯電話や無線LAN等の電波を同時送信した場合の室内電界分布について、シミュレーションおよび実測データ取得を実施するとともに、航空電子機器への干渉測定・解析を行う。さらに客室内の携帯端末に対して送信電力制御を行った場合の干渉評価ならびに干渉軽減のための許容送信電力基準値、アンテナ配置方法、電波シールド技術の確立を目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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18年度)

技術調査と概念設計ならびに大型旅客機客室内で最大10ユーザが同時送信した場合のモデリング・シミュレーション解析を実施

(平成19年度)

解析結果に基づき、客室内の10ユーザ程度が同時送信した場合における航空電子機器への干渉を軽減する技術開発を実施

(平成20～21年度)

他の装置と組み合わせて性能試験を実施するとともに、航空機を使用した実証実

験により技術の有効性を評価し、最大10ユーザが同時送信した場合でも航空電子機器への影響がないことを確認

エ) 搭載アンテナ技術

(技術課題)

航空機に搭載し、視野に入る複数の基地局から適切な局を選択してその方向を捕捉追尾するアンテナ技術について、これまでは衛星通信用として同様の機能をもったアンテナが一部実用化されているが、衛星回線は伝搬減衰が大きいためアンテナも大型のものが必要となっており、また単一ビームしか生成できない。ここでは、大幅に小型軽量化され、かつ2箇所の基地局間でのソフトハンドオーバーを実現するため、独立に制御された複数ビームを同時に生成できるミリ波帯航空機搭載追尾アンテナの実現が必要である。このため、以下の技術の研究開発を行う。

- ・ 小型軽量かつ消費電力の少ない捕捉追尾技術
- ・ 異なる方向にある複数の基地局方向を同時に指向し、かつ独立に制御するための複数ビームの同時生成技術

(到達目標)

飛行する航空機から見て最大約100km以内に入った基地局の方向を数秒以内でかつ±2度以内の精度で捕捉し、かつ±2度以内の精度でこれを追尾する搭載アンテナ技術の実現をめざす。また独立に制御された2つのビームを同時に生成し、それぞれが上記の速度と時間での捕捉追尾を有するシステムの実現をめざす。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

技術調査と概念設計、ならびに先行着手を要する一部コンポーネント（アンテナ素子等）の試作評価を実施

(平成18～19年度)

試作評価結果に基づいて詳細設計およびアンテナ装置の開発を実施し、地上試験にて時速100kmまでの移動体に対し、±10度以内の精度で捕捉追尾できることを確認

(平成20～21年度)

他の装置と組み合わせて性能試験を実施するとともに、航空機を使用した実証実験により技術の有効性を評価し、時速900km前後までの速度で飛行する航空機上で、最大約100km以内に入った地上基地局方向を数秒以内かつ±2度以内の精度で捕捉追尾できることを確認

オ) ハンドオーバー技術

(技術課題)

航空機は時速 900km 程度で1つの基地局の覆域から隣の基地局の覆域へ高速に移動する。このため、高速でスムーズなハンドオーバーがなされないと通話が途切れたりスループットの低下、あるいは回線断をもたらす。従来は新幹線程度の速度の移動体に対するハンドオーバー技術は実用化されているが、航空機でのハンドオーバーはこれまで実現例がなく、新規開発が必要である。このため、以下の技術の研究開発を行う。

- ・ ミリ波搭載アンテナおよび基地局アンテナの複数ビーム生成・追尾機能と組み合わせたソフトハンドオーバー技術

(到達目標)

時速 900km 前後で飛行する航空機と2つの基地局の間で通話やデータが途切れることなくスムーズにソフトハンドオーバーできるシステムの実現をめざす。

(平成18年度)

技術調査と概念設計、ならびに先行着手すべき一部ソフトウェアの試作評価を実施し、2つの基地局の間で時速900km 前後の航空機に対してソフトハンドオーバーできる性能が実現できることをシミュレーション等で確認

(平成19年度)

詳細設計およびハンドオーバー装置の開発を実施し、地上試験にて時速100km 前後の移動体に対してソフトハンドオーバーできることを確認

(平成20～21年度)

他の装置と組み合わせて性能試験を実施するとともに、航空機を使用した実証実験により技術の有効性を評価し、時速900km 前後で飛行する航空機に対してスムーズなソフトハンドオーバーができることを確認

カ) 航空機間ネットワーク技術

(技術課題)

基地局数を可能な限り削減しサービス範囲を海上等にも拡大するため、航空機間をアドホック接続し、ダイナミックなルーティング制御を可能とするネットワーク技術が必要である。従来は、VHF帯等による狭帯域回線しかなく、携帯電話やIPパケット信号などを含む広帯域データを伝送できる回線は実現できていなかった。このため、以下の技術の研究開発を行う。

- ・ 航空機間の捕捉追尾アンテナ技術
- ・ 航空機上で自律的に隣接する航空機間でのルーティングを行うアドホックルーティング技術

(到達目標)

互いに時速900km 程度前後で飛行し、最大約100km 程度の間隔をもつ航空機間での双方向捕捉追尾の確立と最大約100Mbps 程度の航空機間データ伝送の実現をめざす。また、航空機の配置の変化にともなうアドホックルーティングの基本機能の実

現をめざす。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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18年度)

技術調査と概念設計、ならびに4機の航空機間でアドホックルーティング制御を行う一部ソフトウェアの試作評価

(平成19年度)

試作評価結果に基づいて詳細設計およびネットワーク装置の開発を実施し、最大約100Mbps程度のデータ伝送を確認するとともに、約100mの間隔をもつ地上地点間でのアドホックルーティング機能を確認

(平成20～21年度)

他の装置と組み合わせて性能試験を実施するとともに、航空機を使用した実証実験により技術の有効性を評価し、最大約100kmの間隔で飛行する航空機間での双方向追尾とアドホックルーティングの基本機能を確認

5. 実施期間

平成17年度から21年度までの5年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a] (実施体制説明書)の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。

＜基本計画書＞

次世代無線通信測定技術の研究開発
(高速・高精度測定技術の研究開発)

1. 目的

総務省は平成 15 年 10 月 10 日、情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成 15 年 7 月 30 日）を受け、「周波数の再編方針」の公表を行なった。本方針では、平成 20 年までに移動通信システムに約 330～340MHz 幅、無線 LAN に最大で約 480MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。また、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数を確保することが必要とされている。

そのため、大幅な周波数帯域幅を新たに確保しなければならないが、その手段の一つとして、より稠密な電波の利用や、無線局の移行又は共用を可能とする測定技術が要求されている。

そこで、無線局が発射する電波の状況を精密に測定し、精緻な共用基準の確立や、そうした基準への適合性を確認するための測定技術の研究開発を行い、電波の再配分の迅速かつ円滑に実施することができる環境を整える。

2. 政策的位置付け

情報通信審議会の答申である「電波政策ビジョン」（平成 15 年 7 月 30 日）を受け、総務省が公表した「周波数の再編方針」において平成 20 年までに移動通信システムに約 330～340MHz 幅、無線 LAN に最大で約 480MHz 幅の周波数帯域を確保することが必要とされている。また、平成 25 年までに移動通信システムに最大で約 1.38GHz 幅、無線 LAN 等に最大で約 740MHz 幅の周波数帯域を確保することが必要とされている。

また、「平成 17 年度の科学技術に関する予算、人材等の資源配分の方針」（総合科学技術会議）において重点化すべき研究開発分野として、以下のとおり明記されているところである。

【抜粋】

- ・ p. 6 厳しい国際競争において我が国がイニシアチブを得られるよう、情報通信分野の研究開発を国際的優位性の比較評価に基づき強力に国家戦略として推進し、その成果を世界標準に積極的に反映。
- ・ p. 26 (i) ネットワークがすみずみまで行き渡った社会への技術
無線等による高信頼な超高速モバイルインターネットシステムを実現
さらに以下のとおり衆参の総務委員会において、電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の研究開発に取り組む旨の国会附帯決議がなされている。
- ・ 衆議院・総務委員会（平成 16 年 4 月 13 日）

「電波の逼迫状況を解消するため、電波の再配分のみでなく、未利用周波数帯の開拓等の技術開発を含め、電波の有効利用に引き続き取り組むこと。」

・参議院・総務委員会（平成16年5月11日）

「電波の逼迫状況を解消するため、未利用周波数帯の利用技術や共同利用システム等の研究開発を含め、電波の有効利用に一層取り組むこと。」

3. 目標

電波をより有効に利用するため、複数のシステムを現状よりも稠密に導入する際に、互いの無線システム間で有害な混信を避ける必要があることから、厳密な共用基準を策定かつ運用する目的で、高い精度を維持しつつ効率的に測定を行う技術（このうち高速・高精度測定技術）について研究開発を行う。

4. 研究開発内容

① 概要

高い精度を保ったまま、多数の測定項目を効率的に測定するため、測定器に係る技術として共通的に必要となる高速・高精度測定技術（超高速デジタルサイザによる同時計測技術、広帯域放射電力測定技術及び周波数高速掃引技術、並びに測定を実施する環境等による影響を分析することで測定結果の妥当性を客観的に判定する技術）について研究開発を行う。

② 技術課題および到達目標

ア) 超高速デジタルサイザによる同時計測技術

（技術課題）

著しく広い周波数帯域を使用する無線システムの導入や、周波数ホッピング方式等の特殊な変調方式の本格的な普及にあたっては、現状よりも広い周波数帯幅を同時に測定することが必要となる。現在、一般の無線システムならば一度の測定で十分な試験であっても、周波数ホッピング方式等については、少しずつ測定対象となる周波数範囲を変更して複数回にわたって繰り返し実施しなければならず、共用基準を策定かつ運用するためには、同時に測定できる周波数帯幅を拡大する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・同時に測定可能な周波数を大幅に拡大する（周波数に係る限界を克服する）ために、高い分解能のサンプルホールド回路（SH回路）及びアナログ／デジタル変換器（AD変換器）を協調動作させて一つのデジタルサイザ（超高速デジタルサイザ）として機能させる技術
- ・超高速デジタルサイザをFFT処理装置その他の測定器と組み合わせられるインターフェース技術

(到達目標)

一度に測定できる周波数範囲を拡大するため、測定対象の電波をデジタル信号に変換する速度を現状の約1.6倍程度に高速化することを目標とする。

1.4ビット以上の分解能であって、1.6Gsp/s以上のアナログ／デジタル変換（AD変換）を可能とするような超広帯域デジタイザを実現する。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・100MHzの信号について、1kHz離調時におけるSSB位相雑音が -145 dBc/Hz である高純度クロック発生装置を試作する。
- ・100MHzの信号について、100秒間における周波数安定度が 10^{-13} 以下である高純度正弦波発生装置を試作する。
- ・1兆分の数秒程度のジッタ（時間的なブレ）を実現する基礎試験用SH回路としての機能を有するマイクロ波モノシックIC（MMIC）を試作する（当該MMICは、評価のために試作したの試験装置により、その性能を実証するものとする。）

(平成18年度)

- ・16個のSH回路及びAD変換器を協調動作させることができるソフトウェアを試作する。
- ・1.4ビットの分解能、1.6Gsp/s程度のアナログ／デジタル変換後の信号処理を行うためのFFT処理装置を設計する。
- ・高純度クロック発生装置、高純度正弦波発生装置及びSH回路のMMICについて、超広帯域デジタイザに組み込むことが可能となるよう改良する。

(平成19年度)

- ・1.4ビットの分解能、1.6Gsp/s程度のAD変換を可能とする超広帯域デジタイザを試作する。
- ・周波数高速掃引装置及び別途総務省が指定する装置（FFT処理装置を含む。）と組み合わせて使用することが可能となるよう、超広帯域デジタイザを改良する。

イ) 広帯域放射電力測定技術

(技術課題)

国際電気通信連合（ITU）においてスプリアス発射の規定が見直される等、不要発射に対する規制が国際的にも厳格化する方向で推移する中であって、今後はより高い周波数帯域の利用が活発化することから、これまで以上に広い周波数範囲にわたって厳格に測定することが必要となる。また、放射される電波の直接的な測定に対する必要性が年々高まっているが、現実的には、広い周波数帯域にわたって、

全球面に放射される電力を測定するためには所要時間や精度の制約が厳しいため、これまで以上に測定時間を短縮して効率的にアンテナを走査等する新たな技術が必要である。アンテナが単一であれば、アンテナの調整（較正）を簡潔に実施することが可能と考えられるが、その反面、装置の駆動部が多いためにアンテナ以外の機構が電磁場に与える擾乱等の影響を排除する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・ 広い周波数範囲にわたって、空間に放射される電波を高精度かつ効率的に測定する技術
- ・ 広帯域放射電力測定装置（上記の技術によりアンテナを走査する装置）をその他の測定器と組み合わせられるインターフェース技術

（到達目標）

アンテナを球面走査させること等により、広い周波数範囲にわたって空間に放射される電波を、現状の他の手段と比較して遜色ない精度で測定時間を短縮して効率的に、その放射の方向ごとに測定することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度）

- ・ 12.5 GHz以上の測定周波数範囲について、現状の他の手段と比較して遜色ない精度で全球面にわたる放射パターンの測定を自動的に行うことが可能となる広帯域放射電力測定装置を試作する。

（平成18年度）

- ・ 18 GHz以上の測定周波数範囲について、現状の他の手段と比較して遜色ない精度で全球面にわたる放射パターンの測定を自動的に行うことができるよう、広帯域放射電力測定装置を改良する。

（平成19年度）

- ・ 26 GHz以上の測定周波数範囲について、現状の他の手段と比較して遜色ない精度で全球面にわたる放射パターンの測定を自動的に行うことができるよう、広帯域放射電力測定装置を改良する。
- ・ 別途総務省が指定する装置と組み合わせて使用することが可能となるよう、広帯域放射電力測定装置を調整する。

ウ) 周波数高速掃引技術

（技術課題）

国際電気通信連合（ITU）においてスプリアス発射の規定が見直される等、不要発射に対する規制が国際的にも厳格化する方向で推移する中であって、今後はより高い周波数帯域の利用が活発化することから、これまで以上に広い周波数範囲にわたって厳格に測定することが必要となる。また、放射された電波を測定する場合

には測定用アンテナを走査して、各方向ごとに広い周波数範囲にわたる測定を繰り返さなければならないことから、周波数掃引を高速に実施する必要がある。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・シンセサイザやミキサの精度を向上させることで、スプリアス発射強度の繰返し測定を行うために必要な高分解能の高速周波数掃引装置として機能させる技術
- ・周波数高速掃引装置をその他の測定器と組み合わせられるインターフェース技術

(到達目標)

測定対象の周波数を変化（周波数掃引）させる速度を、現状の約30倍以上に高速化することを目標とする。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・7.5GHzまでの発生周波数範囲、500 μ 秒以下の周波数切替時間、 ± 100 Hz以下の周波数精度、 -150 dBc/Hz以下のフロアノイズ及び -70 dB以下のスプリアス振幅の性能を有する高速掃引用シンセサイザを試作する。
- ・7.5GHzまでの周波数範囲、9dB以下の変換損失、 $+26$ dBm以上の3次インターセプトレベル（入力）及び30dB以上のアイソレーションの性能を有する低損失・低歪・広帯域ミキサを試作する。

(平成18年度)

- ・高速掃引用シンセサイザ及び低損失・低歪・広帯域ミキサと組み合わせて使用することができる、最大100MHzの信号処理を行うことができる高速FFT処理装置を試作する。
- ・100MHzの処理帯域幅の性能を有するフィルタを含む、周波数高速掃引装置として機能するために必要な周辺回路を試作する。

(平成19年度)

- ・10kHzの分解能帯域幅、1GHzから6GHzまでの周波数帯域を3秒以下で周波数掃引することが可能な周波数高速掃引装置を試作する。
- ・超広帯域デジタイザ及び別途総務省が指定する装置と組み合わせて使用することが可能となるよう、周波数高速掃引装置を調整する。

エ) 測定環境等による影響を評価する技術

(技術課題)

計測においては、近年、誤差に代わって“不確かさ”を客観的な指標として採用しようとする傾向が強まっている。特に、無線通信測定においては、測定対象であ

る電波が測定系から様々な影響を受けてしまうという原理上の困難性により、測定結果のばらつきが大きいため、不確かさの概念を導入してより正確に測定結果の合否判定を行うことが理想的であるとも考えられている。しかし、その反面、不確かさの概念を導入するためには、測定環境等による影響を正確に実測し、不確かさの算出方法を統計的に算出することが必要である。

そこで、以下の技術の研究開発を実施する。

- ・放射測定及び端子測定それぞれの場合において、広い周波数範囲にわたる測定環境等により無線通信測定が被る影響を実測する技術
- ・放射測定及び端子測定それぞれの場合において、広い周波数範囲にわたる測定環境等により無線通信測定が被る影響を評価し、不確かさの形式で示す技術

(到達目標)

測定を実施する環境等による影響を正確に分析し、測定結果の妥当性についての客観的な判定を可能とすることを目標とする。

放射測定及び端子測定それぞれの場合において、26GHzまでの周波数範囲のスプリアス発射強度、並びに5GHzまでの周波数範囲の周波数偏差、空中線電力及び占有周波数帯域幅の不確かさを算出する手法を確立し、不確かさの取扱いに関するガイドラインとしてまとめる。

なお、上記の目標を達成するに当たっての各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17年度)

- ・5GHzまでの周波数帯において比較試験を実施し、周波数偏差、空中線電力、占有周波数帯域幅について、端子測定における不確かさを算出する手法を確立する。

(平成18年度)

- ・5GHzまでの周波数帯において比較審査を実施し、周波数偏差、空中線電力、占有周波数帯域幅について、放射測定における不確かさを算出する手法を確立する。
- ・26GHzまでの周波数範囲におけるスプリアス発射強度について、端子測定における不確かさを算出する手法を確立する。

(平成19年度)

- ・26GHzまでの周波数範囲におけるスプリアス発射強度について、放射測定における不確かさを算出する手法を確立する。
- ・放射測定及び端子測定それぞれの場合において、26GHzまでの周波数範囲のスプリアス発射強度、並びに5GHzまでの周波数範囲の周波数偏差、空中線電力及び占有周波数帯域幅の不確かさを算出する手法を確立し、不確かさの取扱いに関するガイドラインとしてまとめる。

5. 実施期間

平成17年度から19年度までの3年間

6. その他

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ともに、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。

また、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も提案書[5 a]（実施体制説明書）の「3 研究開発体制図」や「6 共同研究契約等について」の中へできるだけ具体的に記載すること。

その他、応募者は、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実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施すること。