

平成 28 年度事前事業評価書

ページ

1. 次世代人工知能技術の研究開発 1
2. 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 9
3. 狭空間における周波数稠密利用のための周波数有効利用技術の研究開発 15
4. IoT 機器増大に対応した有無線最適制御型電波有効利用基盤技術の研究開発 21
5. 次期技術試験衛星の実現に向けた Ka 帯広帯域デジタルビームフォーミング機能
による周波数利用高効率化技術の研究開発 27

平成 28 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：情報通信国際戦略局 技術政策課、研究推進室
評価年月：平成 28 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

次世代人工知能技術の研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

現在の人工知能は、大量のデータを莫大な計算資源と電力を用いてコンピュータに学習させることで実現しているが、多くの適用分野においては大量のデータや莫大な計算資源等を用意すること自体が困難である。

そのため、人の脳のように、少数データ、無作為データからの認知、超低電力での演算処理等を可能とする脳型認知人工知能基盤技術、複数人工知能連携協調技術、人工知能ポリシー制御技術を確立することにより、Society5.0¹の実現に資する次世代人工知能技術の確立に寄与する。また、国際標準の獲得等を推進することにより、我が国の国際競争力の向上に寄与する。

なお、これにより、将来的に、多くの分野において人工知能の利活用が促進され、我が国が直面する少子高齢化による労働力不足等の社会的課題の解決、Society5.0の実現に寄与することが期待されている。

（2）事後評価の予定時期

平成 32 年度に事後事業評価を行う予定。

3 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

平成 29 年度～平成 31 年度（3 か年）

・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人、独立行政法人等

・概 要

「科学技術イノベーション総合戦略 2016」において、人工知能は、Society 5.0 の実現に向けて重要な基盤となるものであり、その関連の取組を強化することが必要であるとされている。Society 5.0 はサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより実現されるが、そのために人工知能は必要不可欠な技術であり、人工知能の利活用の推進が様々な分野で進むことで、生産性が向上し、あらゆる分野を含む産業や雇用、働き方の在り方、さらには社会の在り様まで変化していく。このため、多くの分野において大量のデータや莫大な計算資源等を用意すること自体が困難という課題を、脳科学などを活用して解決し、Society 5.0 の実現に資する、様々な分野において人工知能の利活用が促進できる基盤となる人工知能技術を確立する。

総務省では、円滑なコミュニケーションや効率的な情報処理の実現に向けた研究開発につながるものとして、人の脳の活動に関する研究を実施しており、人の脳は少数のデータからでも認

¹ Society5.0：サイバー空間とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させることにより、地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細かくに対応したモノやサービスを提供することで経済的發展と社会的課題の解決を両立し、人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会（この言葉には、こうした社会の実現に向けた取組を推進していく意味が込められている）。

知・学習が可能であり、しかも現在の人工知能と比べて桁違いの低消費エネルギーにより活動していることが明らかになっている。これまでも脳科学の知見がニューラルネットワーク²や深層学習³のメカニズムに受け継がれる等、人工知能の発展に影響を与えてきた経緯があり、次世代人工知能の実現にあっても、先駆的な脳科学の知見を適用した人工知能研究が重要と考えられている。そこで、脳科学×人工知能等の次世代人工知能技術として、以下の技術の確立に取り組む。

①脳型認知人工知能基盤技術

人の脳が認知・学習を行う情報処理メカニズムや脳神経回路の演算メカニズム等に関する脳科学の知見を人工知能に適用し、人の脳のように超低電力で作動し、少数データ、無作為データから自律的・リアルタイムに取捨選択し、特徴・意味を抽出し、分類・学習することが可能な人工知能技術

②複数人工知能連携協調技術

複数の人工知能にまたがって情報交換し、個別学習結果の共有や連携・協調しながら人工知能が自律的に役割分担し、人や社会を最適に支援するための革新的な連携基盤となる、人工知能同士が相互連携するためのプロトコル、インタフェース等の人工知能技術

③人工知能ポリシー制御技術

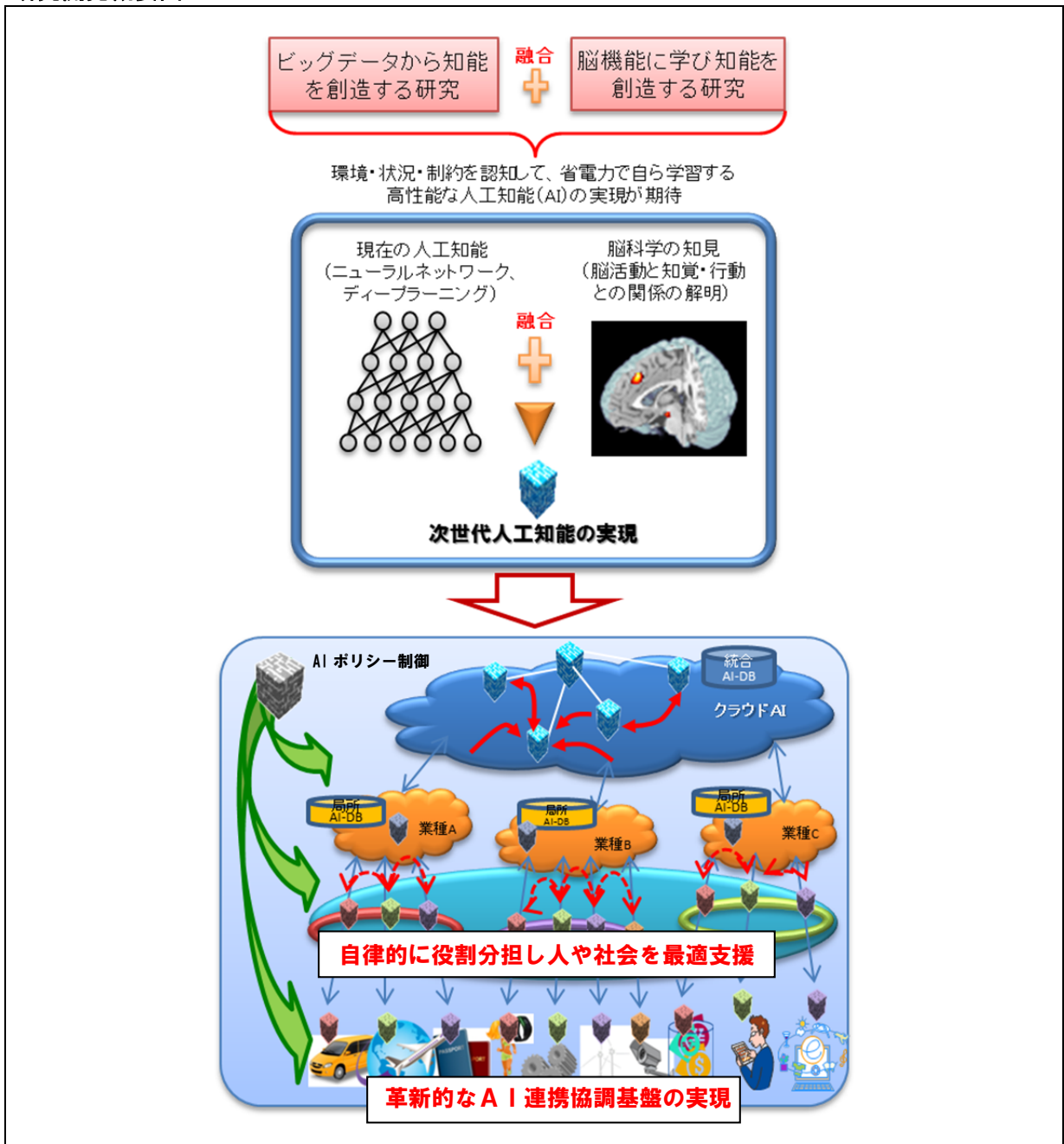
人工知能の動作（判断・制御）を監視・分析し、基準を超える（想定外を含む）動作を検出した場合に緊急停止又は望ましい方向に最適化制御する技術

さらに、研究開発期間中から、研究開発と実証実験の一体的な推進、また早期にビジネスの展開を図るため、関係機関等と連携し、本研究開発を核とした技術開発、実用化を見据えた広範な社会実証等を検討する。

² ニューラルネットワーク:コンピュータが様々かつ大量のデータからルールや知識を学習するためのアルゴリズムの一つ。人間の脳が学習していくメカニズムをモデル化して、人工的にコンピュータ上で再現することで学習しようとする仕組み。

³ 深層学習:ディープラーニングとも言う。多階層構造のニューラルネットワークを用いた学習手法の一つ。大量のデータから一層ずつ多階層にわたって情報抽出を行うことで、学習対象となる要素をコンピュータが自ら発見し学習するという特徴がある。この手法は膨大な計算を必要とする。

・研究開発概要図



・事業費(予定)

約 46.0 億円 (うち、平成 29 年度概算要求額 12.0 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

我が国は現在、少子高齢化による本格的な超高齢化社会の到来とそれに伴う労働力不足、地震や洪水等の自然災害等、深刻な社会的課題に直面している。また、近年、情報通信技術 (ICT) の急激な進化により、グローバルな環境において、情報、人、組織、物流、金融など、あらゆる「もの」が瞬時に結びつき、相互に影響を及ぼし合う新たな状況が生まれてきており、それにより経済・社会の構造が日々大きく変化する時代を迎えている。

このように、経済・社会が大きく変化する中で、我が国が将来にわたり競争力を維持・強化していくとともに、社会的課題を解決していくためには、先行きの見通しが立ちにくい中であっても、国内外の潮流を見定め、未来の産業創造や社会の変革に先見性を持って戦略的に取り組んでいくことが欠かせない。そのため、政府はサイバー空間とフィジカル空間 (現実空間) の融合により経済・社会的課題を解決し、人々が質の高い生活を送ることの出来る人間中心の社会 (Society5.0) を未

来社会の姿として共有するとともに、Society5.0を世界に先駆けて実現することとしている。

人工知能技術はサイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させるために必要不可欠な技術であり、我が国が直面する多くの社会的課題を解決する鍵を握る技術として大きな期待が寄せられている。人工知能利活用の一例として、IoTにより収集されたビッグデータを人工知能により解析し新たな価値を創出する、生産現場に人工知能を導入することで生産性を向上する、人が行っていた作業を人工知能が代替し労働力不足を解消するといったものが考えられており、様々な分野で人工知能の利活用を促進することがSociety5.0の実現にとって重要である。「科学技術イノベーション総合戦略 2016」においても、Society5.0の実現に向けた重要な基盤となる人工知能関連の取り組みを強化することが必要とされている。

現在の人工知能は、大量のデータをコンピュータに学習させることで実現しており、人工知能の効果的な活用のためには、良質なデータを大量に確保することが必要不可欠となっている。しかしながら画像認識などの特定の事例を除き、多くの分野においては大量のデータを揃えること自体が困難であり、様々な分野に人工知能を適用する上での大きな障害となっている。そのため、少数データ、無作為データから自律的・リアルタイムに特徴・意味を抽出し、分類・学習することが可能な次世代人工知能技術の実現が求められている。

また、現在の人工知能開発に用いられる深層学習には、莫大な計算資源と電力が必要という問題もあり、人工知能の利活用を促進するためにはこれらの問題を解決する次世代人工知能技術の実現が求められている。

さらに、人工知能が普及した未来社会にあっては、「人工知能同士」が瞬時に結びつき相互に影響を及ぼし合う状況が生まれることが容易に予想されるところ、我が国がSociety5.0を世界に先駆けて実現し、将来にわたり競争力を維持・強化していくためには、今のうちから人工知能同士を連携協調させる技術及び人工知能の動作を監視・制御する技術の開発に戦略的に取り組んでいくことが必要である。

先進諸外国においても、人工知能技術は社会的課題の解決や競争力の維持・強化の鍵となる技術として国家レベルでの研究開発が積極的に行われており、競争が激化している。この中で我が国が他国に先駆けてSociety5.0を実現し、国際標準の獲得等において主導権を得るためには、他国に先んじて次世代人工知能技術を確立する必要があるが、一民間企業が次世代人工知能技術のような研究リスクの高い最先端研究開発を行い、国家レベルで実施される先進諸国の研究開発に対抗することは不可能である。次世代人工知能の研究開発にあっては、国が中心となって我が国の総力を結集した総合的な取組を展開する必要があることから、本研究開発を早急に実施する必要がある。

なお、「科学技術イノベーション総合戦略 2016」において、脳科学や革新的なAI研究開発を推進させる旨が定められており、本研究開発はその方針に従い実施するものである。

さらに、人工知能に関しては、G7香川・高松情報通信大臣会合（平成28年4月29日～30日開催）を受け、我が国の高市総務大臣から、G7各国が中心となり、OECD等国際機関の協力を得て、AIネットワーク⁴化が社会・経済に与える影響の分析や、人工知能の研究開発の原則の策定等AIネットワーク化をめぐる社会的・経済的・倫理的課題に関し、産学民間等関係ステークホルダーの参画を得て国際的に議論を進めるべきことを提案し、各国から賛同が得られたところである。本研究開発は上記議論の動向も踏まえ実施する。

（3）関連する政策、上位計画・全体計画等

○関連する主要な政策

V. 情報通信（ICT政策） 政策9「情報通信技術の研究開発・標準化の推進」

○閣議決定等の上位計画・全体計画等

・科学技術イノベーション総合戦略 2016（平成28年5月24日閣議決定）

第1章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組

（2）新たな経済社会としての「Society5.0」（超スマート社会）を実現するプラットフォーム

2）データ利活用の促進

・IoTによる効率的なデータ収集・利活用による新たな価値創出を支えるAI、ビッグデータ解析、様々なデータの統合解析のための技術開発を推進する。【総務省、文部科学省、経済産業省】

⁴ AIネットワーク：AIを構成要素とする情報通信ネットワークのこと。

(3) 「Society5.0」(超スマート社会)における基盤技術の強化

1) サイバー空間関連の基盤技術の強化

- ・自ら特徴を捉え進化するAIを視野に、革新的な基礎研究から社会実装までの研究開発を推進する。また、脳科学やより革新的なAI研究開発を推進させるとともに、府省連携による研究開発成果を関係省庁にも提供し、政府全体として更なる新産業・イノベーション創出や国際競争力強化を牽引する。【内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省】

第2章 経済・社会的課題への対応

(1) 持続的な成長と地域社会の自律的な発展

I エネルギー、資源、食料の安定的確保

i) エネルギーバリューチェーンの最適化

1) エネルギープラットフォームの構築

- ・IoTによる効率的なデータ収集・利活用による新たな価値創出を支えるAI、ビッグデータ解析、様々なデータの統合解析のための技術開発を推進する。(再掲)

【総務省、文部科学省、経済産業省】

II 超高齢化・人口現象社会等に対応する持続可能な社会の実現

iii) 健康立国のための地域における人とくらしシステム

1) ICT等の活用による健康等情報の利活用の推進

- ・社会科学的な進展も踏まえたAI、数値処理等の次世代解析技術開発、及び評価測定基準及びセンサ機器等におけるデータフォーマット等の標準化に関する研究開発

【内閣官房、総務省、文部科学省、経済産業省】

- ・日本再興戦略2016(平成28年6月2日閣議決定)

第2 具体的施策

I 新たな有望成長市場の創出、ローカルアベノミクスの深化等

1. 第4次産業革命の実現

(2) 新たに講ずべき具体的施策

- i) ①産学官を糾合した人工知能技術に係る司令塔機能「人工知能技術戦略会議」の設置と人工知能技術の研究開発・社会実装の推進等

- ・経済財政運営と改革の基本方針2016(平成28年6月2日閣議決定)

第2章 成長と分配の好循環の実現

2. 成長戦略の加速等

(1) 生産性革命に向けた取組の加速

③研究開発投資の促進

- ・ニッポン一億総活躍プラン(平成28年6月2日閣議決定)

5. 「戦後最大の名目GDP600兆円」に向けた取組の方向

(1) 第4次産業革命

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本政策の企画・立案に当たっては、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」(平成28年8月)において、本政策の必要性、有効性及び技術の妥当性等について外部評価を行い、政策効果の把握を実施した。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、目標の達成状況や得られた成果等について、研究開発の目的・政策的位置付けおよび目標、研究開発マネジメント、研究開発目標の達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績及び研究開発成果の社会展開のための計画などの観点から、外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
必要性	上記、「3（2）研究開発の必要性及び背景」に記載のとおり。
効率性	<p>本研究開発の推進に当たっては、脳科学及び人工知能技術に関する専門的知識や開発遂行能力を有する民間企業、大学等のノウハウを積極的に活用することにより、効率的に研究開発、社会実証を推進することができるため、投資に対して最大の効果が見込める。また、研究開発期間中から、研究開発と実証実験の一体的な推進、また早期にビジネスの展開を図るため、関係機関等と連携し、本研究開発を核とした技術開発、実用化を見据えた広範な社会実証等を検討することとしている。</p> <p>さらに、実施内容、実施体制及び予算額等については外部評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により、脳型認知人工知能基盤技術、複数人工知能連携協調技術及び人工知能ポリシー制御技術を確立することにより、人の脳のように、少数データ、無作為データからの認知、超低電力での演算処理等を可能とする次世代人工知能が実現することから、Society5.0の実現に資する次世代人工知能技術の確立に寄与する。また、先進諸外国においても、人工知能技術は社会的課題の解決や競争力の維持・強化の鍵となる技術として国家レベルでの研究開発が積極的に行われ競争が激化しており、民間等による多様なサービスの提供基盤となりうる次世代人工知能技術を他国に先んじて確立し、研究成果に関する国際標準の獲得等を推進することにより、我が国の国際競争力の向上に寄与する。</p> <p>これにより、医療データのような学習データの準備が比較的困難な分野等での人工知能の利活用促進、人工知能同士の連携による生産性の最大化、新たな価値創出等が期待される。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発によって、人の脳のように、少数データ、無作為データからの認知、超低電力での演算処理等を可能とする次世代人工知能が実現することにより、様々なIoT機器での人工知能の利活用が促進され国民生活の利便性の向上が期待される等、その成果による利益は広く国民に享受されるものである。</p> <p>さらに将来的には、様々な分野への人工知能の適用を促進し、人間が行ってきた作業を代替する等により我が国が直面する労働力不足等の社会的課題の解決や Society5.0 の実現に寄与することが期待されるものであることから、その成果による利益は広く国民に享受されるものである。</p> <p>また、支出先の選定に当たっては、実施希望者の公募を広く行い、研究提案について外部専門家から構成される評価会において最も優れた提案を採択する方式により、競争性を担保する。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>経済・社会が大きく変化する中で、我が国が将来にわたり競争力を維持・強化していくとともに、社会的課題を解決していくため、我が国では Society5.0 を世界に先駆けて実現することとしており、Society5.0 の実現に向けて必要不可欠な重要基盤となる次世代人工知能技術を早急に確立する必要がある。</p> <p>先進諸外国においても、社会的課題の解決や競争力の維持・強化の鍵となる技術として国家レベルでの人工知能に関する研究開発が積極的に行われており、人工知能技術の分野で世界に遅れを取るということは、今後我が国の産業が世界に台頭していくための「足がかり」を失うことを意味する。</p> <p>我が国が世界に先駆けて Society5.0 を実現するためには、最先端の人工知能技術を早急に確立し、それを活用した新たなサービスを世界に先駆けて創り出し、国内での課題解決につなげるとともに、その実績を世界市場にどの国よりも早く展開することが必要であり、我が国の国民の豊かな生活と、将来にわたる我が国の産業の発展を実現する上で絶対的に必要な条件となるものである。</p> <p>よって、本研究開発には優先性が認められる。</p>

6 政策評価の結果

Society5.0を実現するためには、人工知能の利活用が必要不可欠である。しかし現在の人工知能は良質なデータを大量に必要とするうえ、莫大な計算資源と電力が必要であり、人工知能の利活用を促進するためには、これらの問題を解決する次世代人工知能を実現する本研究開発の実施が必要である。

本研究開発の実施により、脳型認知人工知能基盤技術、複数人工知能連携協調技術、人工知能ポリシー制御技術を確立することで、人の脳のように、少数データ、無作為データからの認知、超低電力での演算処理等を可能とする次世代人工知能が実現することから Society5.0 の実現に資する次世代人工知能技術の確立に寄与する。

さらに、先進諸外国においても、人工知能技術は社会的課題の解決や競争力の維持・強化の鍵となる技術として国家レベルでの研究開発が積極的に行われ競争が激化しており、民間等による多様なサービスの提供基盤となりうる次世代人工知能技術を他国に先んじて確立し、研究成果に関する国際標準の獲得等を推進することにより、我が国の国際競争力の向上に寄与する。

なお、これにより、将来的に、多くの分野において人工知能の利活用が促進され、我が国が直面する少子高齢化による労働力不足等の社会的課題の解決や Society5.0 の実現に寄与することも期待される。

よって、本研究開発には必要性、有効性及び技術の妥当性等があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成 29 年度予算において、「次世代人工知能技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（平成 28 年 8 月）において、本政策の必要性、有効性及び技術の妥当性等について外部評価を実施し、外部有識者から「人工知能技術は今後の産業発展等の中核技術であり、次世代人工知能の実現に資する技術開発を行うことは、極めて重要である」との評価を得た。このような有識者からのご意見を本評価書の作成に当たって評価に活用した。

9 評価に使用した資料等

- 科学技術イノベーション総合戦略 2016（平成 28 年 5 月 24 日閣議決定）
<http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2016.html>
- 日本再興戦略 2016（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/>
- 経済財政運営と改革の基本方針 2016（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）
<http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/cabinet-index.html>
- ニッポン一億総活躍プラン（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/ichiokusoukatsuyaku/>
- 情報通信技術の情報通信技術の研究開発の評価について
http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/091027_1.html

平成 28 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部基幹・衛星移動通信課
評価年月：平成 28 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

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

2 達成目標等

（1）達成目標

近年、衛星通信を活用した航空機向けブロードバンドサービスの需要が高まっており、特に今後はリージョナルジェットと呼ばれる 50 から 100 名程度の客席の小・中型旅客機の需要が増加することが予想されている。このため、衛星通信システムの高速化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。

本研究開発は、小・中型旅客機への搭載が可能な板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ¹技術の確立、変調方式の多値化の効果による周波数利用効率(30%以上)の改善により、小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及に寄与するとともに、周波数の有効利用の一層の向上を目標とする。

（2）事後評価の予定時期

平成 33 年度に事後事業評価を行う予定。

3 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

平成 29 年度～平成 32 年度（4 か年）

・想定している実施主体

民間企業、国立研究開発法人等

・概要

本研究開発は、小・中型旅客機等にも容易に搭載が可能な薄型で高性能な衛星通信アンテナ技術を確認し、変調方式の多値化により周波数の一層の向上を目指すものである。「具体的には、RF 用 ASIC²を使用した厚さ 3cm 以下(目標)の薄型化を実現しつつ、開口サイズを容易に変更できる板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ」を開発し、航空機などの実環境にて評価を行い、変調方式の多値化(従来の QPSK³を 8PSK 目標。16QAM の適用可能性についても検討する)の効果により「周波数利用効率が 30%以上改善されること(例. 50MHz あたりのチャンネル数を 14ch から 20ch へ増加)」を確認する。

従来の航空機搭載用の衛星通信アンテナとしては、①機械駆動式のアンテナと②従来型のアクティブ電子走査アレイアンテナがある。①は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操作する方式であるため、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

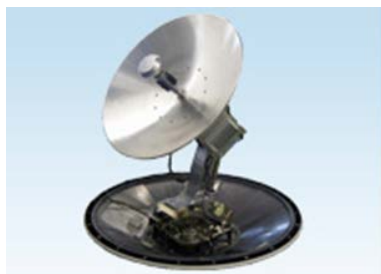
¹ アクティブ電子走査アレイアンテナ：複数のアンテナ素子を配列し、同素子の位相を制御し電波の指向方向を制御するアンテナ。アンテナ素子と移相器との間にアクティブ回路（電源で駆動する増幅回路）を有する。

² RF 用 ASIC: 高周波 (Radio frequency) 用の特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit)

³ QPSK、8PSK、16QAM: デジタル変調方式の一種

型化できない。また②は電子走査型のため①に比べて薄型化可能であるが、従来のアクティブ電子走査アレイアンテナは、アンテナ素子と高周波回路および高周波を伝送する導波管⁴で構成されているため、薄型化に限界がある上、開口サイズ変更も容易ではない。

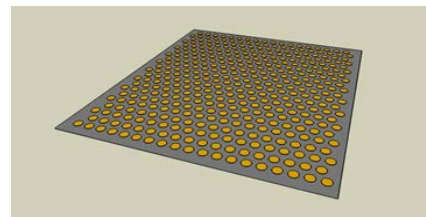
・航空機搭載衛星アンテナの種類



機械駆動式アンテナ



従来型アクティブ電子走査アレイアンテナ



研究開発するアクティブ電子走査アレイアンテナ

本研究開発では、次の研究開発課題を解決することで、小・中型旅客機への搭載が可能な、薄型でスケラブル⁵な、板状アクティブ電子走査アレイアンテナ技術を確認する。

①電力合成分配回路⁶の簡素化

電力合成分配回路の薄型化、スケラブル化を実現する。衛星波であるマイクロ波⁷をベースバンド信号⁸に変換する小型 RF 用 ASIC を開発し、アンテナ素子からのマイクロ波を減衰が少なく波長が長いベースバンド信号に変換する。また、ベースバンド信号の電力を配線基板上で簡素にかつ効率的に分配合成する回路方式を開発することで、電力合成分配回路の薄型化、スケラブル化を実現する。

②小型 RF 用 ASIC の設計・製造技術

上記①の電力合成分配回路を実現するためには、アンテナ素子ごとに 1 ch 分の、アンプ、移相器⁹、周波数発振器¹⁰、ミキサの機能を集約した RF 用 ASIC を配置する必要がある。近年微細化が進み、ミリ波・マイクロ波で応用が進みつつある SiGe¹¹を用いた半導体プロセスを採用することで、このような小型・高機能な ASIC を開発する。

③アンテナ素子と RF-ASIC の配線基板による一体化したアンテナ構成技術

アンテナ素子、RF-ASIC を電力合成分配回路を有する RF 用の多層配線基板上で一体化することで、薄型かつスケラブルな板状アクティブ電子走査アレイアンテナを実現する。実用上必要な低仰角カバレッジを実現するためのアンテナ素子の近接に関わらず、大規模電磁界解析により高利得なアンテナを実現する。

開発したアンテナを胴体に沿わせて配置させれば、搭載性を悪化させず、開口面積を大きくすることができる。これによりアンテナ利得、アンテナ指向性を向上させ、結果、通信帯域の狭帯域化を可能とする。

また、本研究開発により製作する RF-ASIC の実証モデルを用いてアクティブ電子走査アレイアンテナの受信感度、送信出力、変調精度、消費電力等を評価するとともに、変調方式の多値化(8PSK を目標とし 16QAM の適用可能性についても検討する)についての評価を行い、所要帯域が 30%以上削減(周波数利用効率が 30%以上改善)されることを確認する。

⁴ 導波管：主にマイクロ波の伝送で用いられる、円形または方形の断面を持つ金属製の管

⁵ スケラブル：拡張性が高いこと。ここではアンテナ開口面積を容易に変更可能なこと。

⁶ 電力合成分配回路：アクティブ電子走査アレイアンテナは電力と位相をそれぞれのアンテナ素子に合成又は分配して指向方向を制御しており、そのための回路

⁷ マイクロ波：波長約 30cm から 1mm 以下のサブミリ波までの領域の電磁波。ここでは Ku 帯 (12GHz/14GHz) 及び Ka 帯 (20GHz/30GHz)

⁸ ベースバンド信号：基底帯域の信号という意味で、無線分野では変調前の変調信号や復調直後の信号

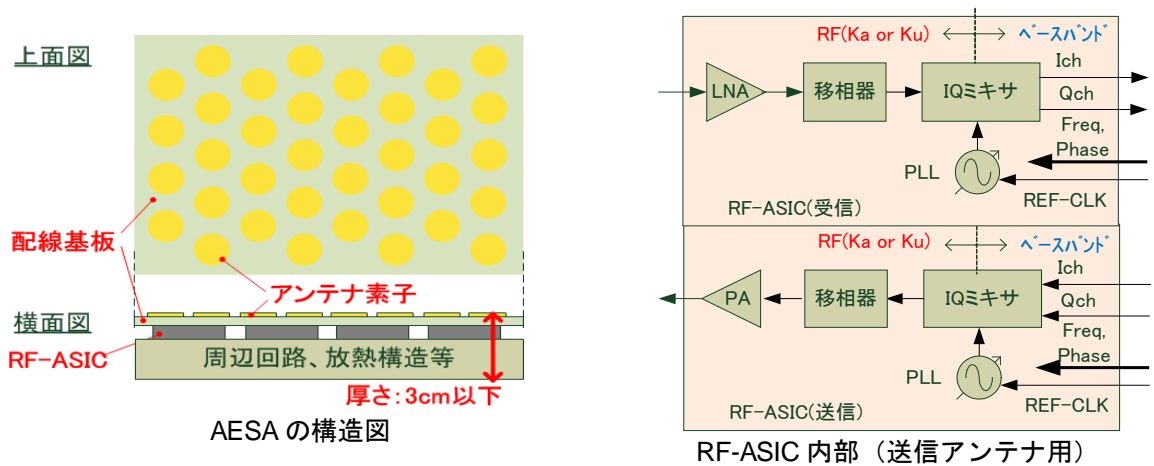
⁹ 位相器：位相を変化させる装置

¹⁰ 周波数発振器：基準となる周波数を発生させる装置

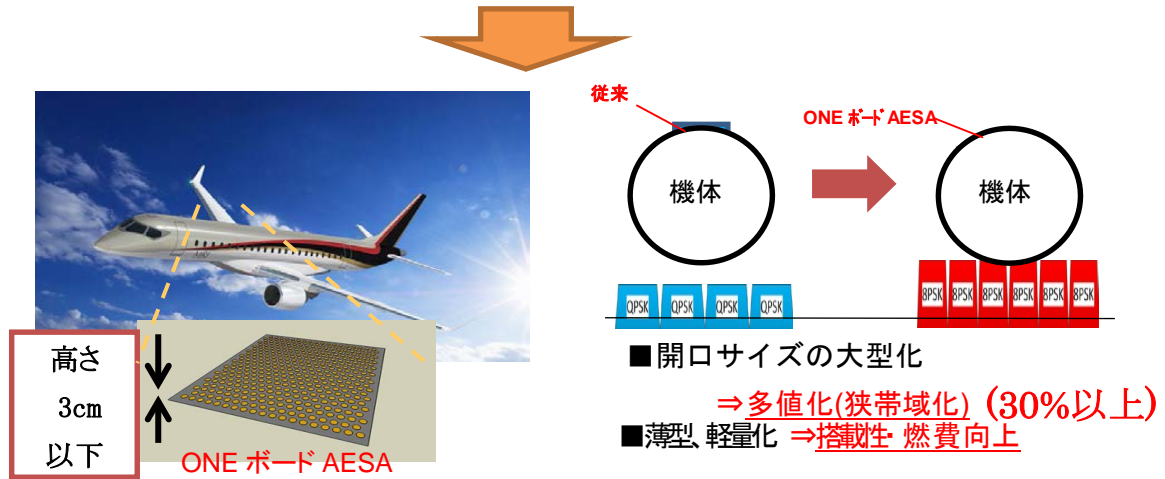
¹¹ SiGe：(シリコンゲルマニウム) とは、シリコンに対し少量のゲルマニウムが添加された半導体素材

・研究開発概要図

○板状アクティブ電子走査アレイアンテナのイメージ



○小型旅客機への実装イメージと効果



・事業費(予定)

約 12.8 億円 (うち、平成 29 年度概算要求額 3.2 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

現在、航空機向けブロードバンドサービスは Ku 帯 (12GHz/14GHz) が主体であるが、大半の Ku 帯の衛星は基本的には固定衛星通信向けであり、従来の衛星からの電波のビームは広域を照らしており通信速度は、航空機一機当たり上り (~500kbps)、下り (~5 Mbps) 程度が一般的である。最近では狭い範囲向けの電波を複数箇所に照射するマルチスポットビームを採用した HTS 衛星 (High throughput Satellite) ¹²により衛星の性能向上を図り、航空機搭載端末の小形化を図る動きもある。

また、一方では Ka 帯 (20GHz/30GHz) サービスも登場しつつある。インマルサットは船舶、航空機向けにインマルサット GX サービス ¹³を立ち上げつつあり、上りは 5 Mbps, 下りは 50Mbps を計画している。欧米では Ku 帯の周波数が枯渇しつつあることと Ku 帯より高速サービスが提供できる Ka 帯の衛星システムの導入が活発化している。

一方、旅客機向けブロードバンドサービスについては大型機で普及が進みつつあるが、今後リージョナルジェットと呼ばれる 50 から 100 名程度の客席の小・中型旅客機でも需要が増加すると予

¹² HTS 衛星 (High throughput Satellite) : 高速大容量通信衛星

¹³ インマルサット GX サービス (Inmarsat Global Xpress) : インマルサット社の Ka 帯のグローバルサービス

想される。更にスマートフォンやタブレット PC の普及により高速化と回線容量の需要が増加するため周波数の有効利用の一層の向上が必須の課題となっている。

しかしながら、現在では、衛星通信用周波数は世界的にひっ迫しており、かつ、新たな周波数の確保は容易ではないことから、他の衛星や地上の既存のシステムに干渉を与えずに性能を確保するためには、従来の衛星通信用アンテナでは鋭い指向性を確保するため開口サイズを大きくする必要はあるが搭載性の観点からは小サイズのアンテナが求められるため、他システムとの干渉抑制や回線の成立性の問題から狭帯域化が困難という課題があった。たとえば QPSK の変調方式を多値化して 8 PSK を採用すれば 30%以上の狭帯域化が図れるが、一方でアンテナ性能を 3 dB 改善する必要がある。現行の搭載アンテナで 3 dB の改善を図るにはアンテナ開口面積を 2 倍にする必要があるが、従来の一般的な機械駆動型では大型になり搭載困難となる。

そこで本研究開発では近年微細化の進展によりマイクロ波・ミリ波での応用が進む SiGe プロセスを使用して ASIC を開発することで、薄い板状アクティブ電子走査アレイアンテナを開発し、薄型・スケーラブルな移動体衛星通信用アンテナを実現する。これにより柔軟な搭載性を可能としつつ、アンテナを大開口化することで性能を向上し、結果として狭帯域化により周波数利用効率を 30%以上改善する。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

- 関連する主要な政策
 - V. 情報通信（ICT政策） 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」
- 閣議決定等の上位計画・全体計画等
 - ・世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 25 年 6 月）
 - IV. 利活用の裾野拡大を推進するための基盤の強化
 - 2. 世界最高水準の IT インフラ環境の確保
 - ・電波政策ビジョン懇談会報告書（平成 26 年 12 月）
 - 第 2 章 新しい電波利用の実現に向けた新たな目標設定と実現方策
 - 1. 新たな周波数割当ての目標
 - (3) 2020 年代に向けた対応
 - ・電波政策 2020 懇談会報告書（平成 28 年 7 月）
 - 第 2 章 2020 年の社会を支えるワイヤレスサービスの推進
 - 2. ワイヤレスビジネスの成長・海外展開に向けた検討
 - (3) 今後に向けた提言
 - ① 6 つの重点取組分野の実現目標と課題解決に向けた取組
 - (カ) 航空宇宙ビジネス

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本研究開発の企画・立案に当たっては、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 7 月 11 日）において、研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行った。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
必要性	上記、「3（2）研究開発の必要性及び背景」に記載のとおり。
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、衛星移動通信システムに関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究機関等のノウハウを積極的に活用することにより効率的に研究開発を推進することとしており、投資に対して最大の効果が見込める。</p> <p>予算要求段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施することとしている。</p>
有効性	<p>本研究開発の実施により、小・中型旅客機への搭載が可能な板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ技術の確立、変調方式の多値化の効果による周波数利用効率(30%以上)の改善がなされることとなる。これにより、小・中型旅客機において衛星通信を活用したブロードバンドサービスの需要に応えるために必要不可欠となる薄型でスケーラブルなアンテナが実現するとともに周波数の狭帯域化が実現されることから、今後普及が見込まれる小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及に寄与するとともに、今後需要の増大が見込まれるKu帯、Ka帯域の周波数逼迫を緩和し、周波数の有効利用の一層の向上が推進されることとなる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性がある。</p>
公平性	<p>「電波政策ビジョン懇談会報告書」においても、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されており、これらの周波数帯のひっ迫対策となることから、周波数の有効利用の一層の向上に寄与するものであり、広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益となる。また、小・中型旅客機において衛星通信を活用したブロードバンドサービスの需要に応えることができ、広く国民の利益になることが見込まれる。</p> <p>本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定する予定である。</p> <p>よって、本研究開発は、公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>スマートフォンやタブレットPCの普及により、今後、小・中型旅客機でも旅客機向けブロードバンドサービスの需要が増加すると予想されているが、本研究開発は、小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及のために必要不可欠なものであり、早期の実現が求められている。</p> <p>「電波政策2020懇談会報告書」においても、「ワイヤレスビジネスによる国内成長・海外展開政策の基本的な考え方として、将来新たな市場の創出を見込んでいる場合には、当面の研究開発に集中するなど、市場環境や我が国の当該分野における技術レベルに即した施策を講じることが必要である。」としておりその重点分野の一つとして「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」及び「中型ジェット機に搭載可能なアンテナの開発等を通じ、航空機へのメイドインジャパンの無線機器・システムの実装を図る」とされていることから本研究開発は、優先的に実施していく必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性が認められる。</p>

6 政策評価の結果

本研究開発の実施により、小・中型旅客機に搭載が可能な板状のアクティブ電子走査アレイアンテナ技術の確立するとともに、変調方式の多値化の効果による周波数利用効率(30%以上)の改善により、小・中型旅客機において衛星通信を活用したブロードバンドサービスの需要に応えるために必要不可欠となる薄型でスケーラブルなアンテナが実現するとともに、周波数の狭帯域化が実現されることから、今後普及が見込まれる小・中型旅客機へのブロードバンド衛星通信システムの普及に寄与するとともに、今後需要の増大が見込まれるKu帯、Ka帯域の周波数逼迫を緩和し、周波数の有効利用の一層の向上が図られる。

さらには、これらのアンテナの開発等を通じ航空機へのメイドインジャパンの無線機器・システム

の実装を図ることが期待されるものである。また、本アクティブ電子走査アレイアンテナの技術は、Ka 帯等の利用が想定される第5世代移動通信システムの需要にも応用可能な技術である。

以上より、本研究開発には、必要性、有効性があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成29年度予算において、「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」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成28年7月11日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「小・中型航空機への搭載のために衛星アンテナの性能改善技術の確立を目指す。今後益々需要が高まる分野であり、必要である」、「航空機内の通信需要の増加や5G用アクティブアンテナ技術の需要などを考えると、時宜にかなった開発課題である」等の御意見を頂いており、本研究開発を実施する必要性が高いこと、効率性及び有効性等が確認された。このような有識者からの御意見を本評価書の作成に当たって活用した。

9 評価に使用した資料等

- 電波資源拡大のための研究開発の実施
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>
- 世界最先端IT国家創造宣言（平成25年6月）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/decision.html>
- 「電波政策ビジョン懇談会」（平成26年12月）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html
- 電波政策2020懇談会報告書（平成28年7月）
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/denpa_2020/index.html

平成 28 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：情報通信国際戦略局 技術政策課・通信規格課
評価年月：平成 28 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

狭空間における周波数稠密利用のための周波数有効利用技術の研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

本研究開発では、狭空間における周波数の管理・最適制御技術、狭空間における通信環境学習・分析・予測技術の確立及び狭空間対応型無線システム高機能実証環境の構築・実証をすることにより、周波数・時間・空間を活用し多面的・統合的・適応的に複数の無線システムの周波数/無線通信方式を制御することで、狭空間における無線システムの周波数利用効率を現在の 3 倍とすることを目標とし、狭空間における周波数の有効利用の一層の向上に資する。

（2）事後評価の予定時期

平成 33 年度に事後事業評価を行う予定。

3 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

平成 29 年度～平成 32 年度（4 か年）

・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人等

・概要

現在、施設内の狭い空間（倉庫、工場、病院、オフィス・テナントビルなど）においては、IoT による無線の利活用が活発化しており、狭空間内において無数の無線デバイスが一斉に通信を行うと電波の相互干渉やチャンネル不足などにより、安定した通信を維持することが困難となる。さらに今後、施設内等で IoT 化が一層進むことが想定されており、狭い空間内において更なる周波数の稠密利用を図るため、周波数の有効利用の一層の向上を実現する技術の確立が求められている。

本研究開発では、①狭空間における周波数の管理・最適制御技術、②狭空間における通信環境学習・分析・予測技術の研究開発・実証及び③狭空間対応型無線システム高機能実証環境の構築・実証を行い、無線システムの帯域の容量だけでなく、物理空間が通信に与える影響とその時間変動を考慮し、周波数や通信時間、送受信のタイミングの管理・最適制御を行い、複数の無線システムを制御することで、狭空間における複数の無線システム間の干渉を回避し、狭空間における無線システムの周波数利用効率を現在の 3 倍とし、狭空間における周波数の有効利用の一層の向上に資する。

①狭空間における周波数の管理・最適制御技術

狭空間における電波伝搬に影響を及ぼす周辺環境は時々刻々と変化することから、リアルタイムで複数の周波数の利用状況、デバイス情報、電波伝搬等の情報を収集・管理し、無線環境に応じた周波数や無線通信方式を動的に制御し干渉を回避する技術を確立する。

②狭空間における通信環境学習・分析・予測技術

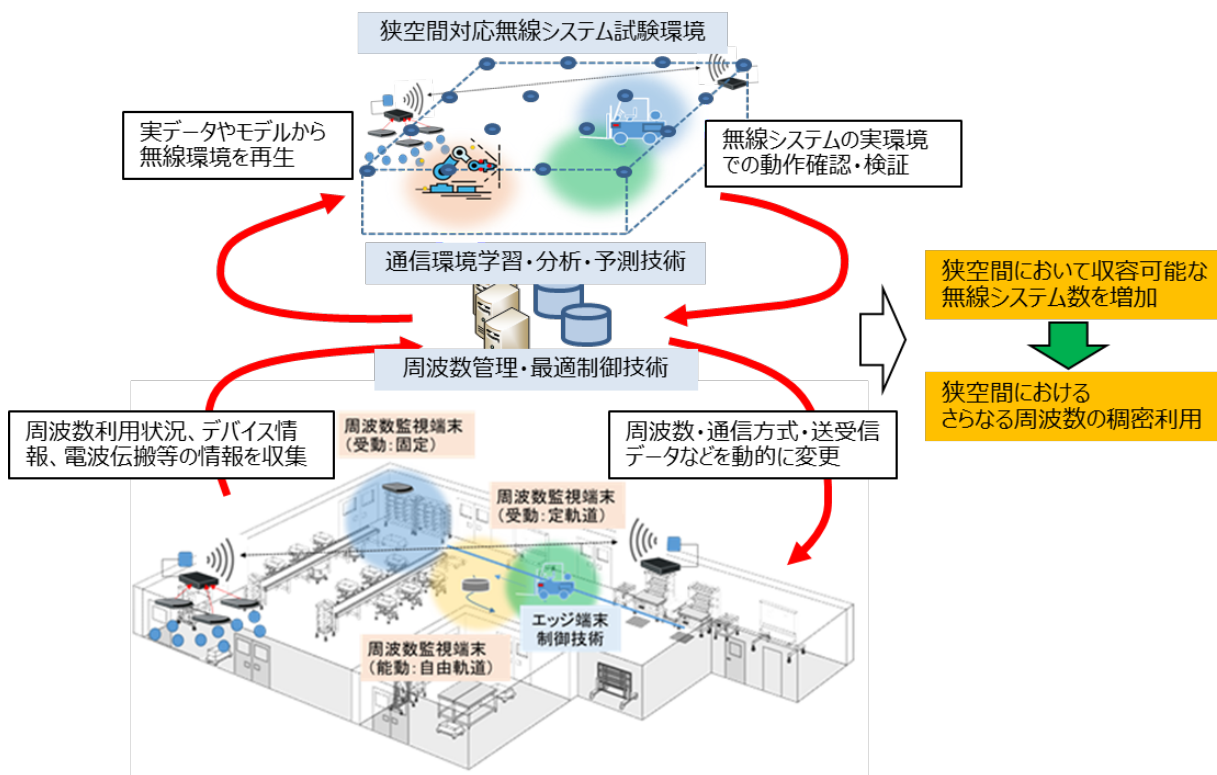
①のとおり狭空間における周辺環境は時々刻々と変化し、リアルタイムに収集できる周波数利用状況、電波伝搬状況等の情報には限りがあるため、データ収集が可能な限られた情報から無

線環境を学習・分析し、狭空間内の任意の場所・時刻における無線環境を予測する技術を確立する。

③狭空間対応型無線システム高機能実証環境の構築・実証

狭空間において無線システム同士が相互に及ぼす影響等を評価するための試験環境を構築し、上記①、②の技術の実証を行う。

・研究開発概要図



・事業費(予定)

約 38.6 億円 (うち、平成 29 年度概算要求額 9.7 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

本格的な IoT 社会の到来により、膨大な機器がネットワークに繋がることとなり、2003 年に 5 億台だったネットワークに接続される機器数は、2020 年には 500 億台まで増大すると予測されている。

特に、施設内の狭い空間 (倉庫、工場、病院、オフィス・テナントビルなど) においては、様々な機械、ロボット、端末などに無線デバイスを取り付けて IoT 化し、それらを効率的に管理・運用することが検討されている。例えば工場では、機械、端末などの管理・運用を有線通信により行っている場合が多いが、IoT 化の進展を受けてこれらの通信を無線化することが検討されている。また、施設内のロボット、機械、工具などに取り付けられた無線デバイスから波形データ、画像データなどの大容量データを送信することが検討されている。

こうした狭空間内において、膨大な数の IoT 機器から通信が行われると同時に、その通信容量の大容量化が進むと、IoT 機器で利用している電波の相互干渉やチャンネル不足などにより、安定した通信を維持することが困難となるため、IoT 機器の導入に向けた大きな課題となっている。そのため、本研究開発により狭空間における周波数の有効利用技術を早期に確立し、IoT 機器の導入に寄与していくことが必要である。これについては、「電波政策 2020 懇談会 報告書」(平成 28 年 7 月 15 日 電波政策 2020 懇談会) において、膨大な数の IoT 機器が電波を使い、ネットワークに接続されることが見込まれており、IoT 機器の爆発的な普及に伴い、周波数のひっ迫や他のシステムとの混信への対応が必要な旨記載されている。

本研究開発では、IoT 機器の周波数のさらなる有効利用を図る、狭空間における周波数の管理・最適制御技術、狭空間における通信環境学習・分析・予測技術の研究開発・実証等を実施するものであるが、これにより、周波数や通信時間、送受信のタイミングの管理・最適制御を行い、複数の無線システムを制御することで、狭空間における複数の無線システム間の干渉を回避するこ

とが可能となる。

これにより、狭空間における周波数の有効利用の一層の向上が可能となり、膨大な数の IoT 機器が狭空間において利用可能となる。

こうした新たな周波数需要に的確に対応するべく、電波の割当てや周波数の再編を行う国として本研究開発に取り組む必要がある。また、こうした先端技術の研究開発は多額の開発コストを要しリスクが伴うことから、民間企業のみでは取り組みが進まず、今後の IoT 化の急速な進展とそれに伴う周波数の逼迫対策の必要性に鑑み、国が主導して取り組む必要がある。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

○関連する主要な政策

V. 情報通信（ICT政策） 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」

○閣議決定等の上位計画・全体計画等

上位計画・全体計画等	年月	記載内容（抜粋）
第 5 期科学技術基本計画	平成 28 年 1 月 22 日閣議決定	<p>第 2 章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組</p> <p>(2) 世界に先駆けた「超スマート社会」の実現 (Society 5.0)</p> <p>② 実現に必要な取組</p> <p>国は、産学官・関係府省連携の下で、超スマート社会の実現に向けて IoT を有効活用した共通のプラットフォーム（以下「超スマート社会サービスプラットフォーム」という。）の構築に必要な取組を推進する。</p> <p>(3) 「超スマート社会」における競争力向上と基盤技術の強化</p> <p>② 基盤技術の戦略的強化</p> <p>i) 超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ハードウェアとソフトウェアのコンポーネント化や大規模システムの構築・運用等を実現する「IoTシステム構築技術」 ・大規模化するデータを大容量・高速で流通するための「ネットワーク技術」
電波政策 2020 懇談会 報告書	平成 28 年 7 月 15 日 電波政策 2020 懇談会	<p>電波利用料の見直しに関する基本方針</p> <p>(2) 電波利用共益事務の在り方</p> <p>② 次期における電波利用料の使途</p> <p>(ii) IoT の社会展開に向けた電波有効利用技術の研究開発・実証</p> <p>今後、IoT、ビッグデータ、人工知能等の技術の発展等により、多様な分野・業種において IoT 機器が爆発的に普及し、2020 年には IoT 機器は世界で 500 億台以上になるとの予測もされている。これにより膨大な数の IoT 機器が電波を使い、ネットワークに接続されることが見込まれており、IoT 機器の爆発的な普及に伴い、周波数のひっ迫や他のシステムとの混信への対応が必要となる。また、サイバー攻撃により十分にセキュリティを確保できない IoT 無線機器が不正使用され、大量の不要な電波を発生させるといったサイバー攻撃を原因とする周波数のひっ迫への対応が必要となる。</p> <p>IoT システムは、超多数同時接続、超低遅延といった特性が求められるとともに、膨大な IoT 機器等が電波を使いネットワークに接続され、それらがネットワークを介して制御される巨大なシステムとなっており、周波数のひっ迫や他のシステムとの混信への対応に当たっては、単体の無線システムについての検討のみならず、このような IoT システムの特性を踏まえたシステム全体を通じた有無線一体となった周波数有効利用技術の開発が必須である。</p> <p>このため、周波数のひっ迫や混信を回避し、IoT の超多数同時接続、超低遅延化に対応するため、ソフトウェアによる仮想ネットワークを構築し、仮想ネットワーク毎に最適な電波利用を実現する技術や、ネットワークのエッジ（末端）における周波数等の超低遅延制御技術、AI・ビッグデータ解析に基づく空間的・時間的に稠密な電波利用を実現する技術など、IoT 機器とネットワークの有無線一体となった IoT システム全体を最適に制御することにより周波数を有効利用する技術や、異なる電波利用システム間の混信を排除</p>

		<p>して周波数の共同利用を促進する技術の研究開発を実施することが必要である。</p> <p>さらに、IoT 無線機器に関し、セキュリティ上の脆弱性が原因で発生する大量かつ不要な電波輻射を抑制する技術や周波数のひっ迫を低減するための軽量暗号・認証技術等の研究開発も必要である。</p> <p>従って、次期においては、これらの研究開発を実施するとともに、研究開発を推進するにあたっては、オープンなテストベッド環境を構築し、産学官の連携により実証を行いつつ進めることが適当である。</p>
<p>「新たな情報通信技術戦略の在り方」第二次第 2 次中間答申</p>	<p>平成 28 年 7 月 7 日 情報通信審議会答申</p>	<p>第 4 章 分野別の推進方策 第 1 節 先端的な IoT 分野の推進方策</p> <p>(3) 公共・産業分野の先端 IoT の実現に向けた課題と推進方策</p> <p>① ネットワーク（同時多数接続、柔軟性）の高度化</p> <p>i) エリアネットワーク</p> <p>本格的な IoT 時代を支える基盤となるネットワーク環境については、今後、多種多様な IoT サービスの実現が期待される中で、ネットワークに求められる要求条件がサービス毎に異なるため、様々な通信方式が必要となってくる。</p> <p>特に、公共・産業の様々な分野におけるサービスにおいて多種多様な情報収集を行う場合、これまでは、エリアネットワークでの情報収集の手段として携帯電話事業者が提供するセルラー網が中心的な役割を果たしてきたが、収集する情報の多様性が求められ、センサー等のデバイスの同時多接続性が要求される中で、低レートでの通信速度ではあるが、電池の長寿命化や広範囲をカバーする通信技術の活用が求められる。</p> <p>エリアネットワークにおけるこうした通信技術は、Wi-Fi や Wi-SUN を代表として、免許不要の形態で利用されることも多く、ネットワーク全体の運用・管理を適切に行うための研究開発を推進する必要がある。</p> <p>※Wi-SUN: Wireless Smart Utility Network の略。スマートメータなどに活用されている省電力無線通信規格。</p> <p>【具体的な技術開発課題】</p> <p>⇒ エリアネットワーク内の超多接続環境における周波数有効利用や故障検出を可能とするネットワーク運用・管理技術の開発</p> <p>ii) コアネットワーク</p> <p>エリアネットワークが接続するコアネットワークについては、多様なサービス形態に対応するために柔軟なネットワーク構成が必要であり、加えて、エリアネットワークで収集された膨大な情報がコアネットワーク上を流通し、適時適切に分析・処理を行う必要がある。物理的なネットワークが対処できる能力を超えて、多様なサービスへの対応や膨大な情報の処理が必要となっている中で、ネットワーク仮想化技術を活用したネットワークソフト化やコアネットワークに送られる膨大な情報を分散処理するエッジコンピューティング技術が必要となっている。</p> <p>【具体的な技術開発課題】</p> <p>⇒ IoT の爆発的な増加に対応するために有無線一体で周波数を含めたネットワーク資源を最適制御可能な統合基盤技術の開発</p>

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本研究開発の企画・立案に当たっては、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 7 月 11 日）において、研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行った。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
必要性	上記、「3 (2) 研究開発の必要性及び背景」に記載のとおり。
効率性	<p>研究開発を進めるにあたっては、IoT に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究者等に研究開発の実施を委託することを予定しており、これら企業、研究者等のノウハウを積極的に活用することにより、より効率的に研究開発を推進することができる。</p> <p>また、IoT 機器ベンダーや機器の利用者を構成員に含むコンソーシアムや外部有識者や専門家を含む研究開発運営委員会など、研究開発成果の利用者や情報通信業界に限らない多様な専門家や利用者との連携・協力の下、共創的に取り組みを推進することを予定しており、投資に対して最大の効果が見込める。</p> <p>さらに、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p>
有効性	<p>狭空間における周波数の管理・最適制御技術、狭空間における通信環境学習・分析・予測技術の確立及び狭空間対応型無線システム高機能実証環境の構築・実証をすることにより、無線システムの帯域の容量だけでなく、物理空間が通信に与える影響とその時間変動を考慮し、周波数・時間・空間を活用し多面的・統合的・適応的に複数の無線システムの周波数/無線通信方式を制御することで、狭空間における複数の無線システム間の干渉を回避することができるようになることから、狭空間における無線システムの周波数利用効率を現在の3倍とするとともに、狭空間における周波数の有効利用の一層の向上に資することができる。これにより、膨大な数の電波を使った IoT 機器が狭空間において利用可能となる。</p> <p>なお、ITU 等の国際標準化機関・団体において本研究開発成果に関連する標準化が検討されており、本研究開発成果を基に我が国から先手をとって積極的に提案し、国際標準を獲得することにより、我が国の国際競争力の強化に資するものである。また、本研究開発は、IoT 機器ベンダーや機器の利用者を構成員に含むコンソーシアムや外部有識者や専門家を含む研究開発運営委員会など、研究開発成果の利用者や情報通信業界に限らない多様な専門家や利用者との連携・協力を得つつ、研究開発と実証実験を一体的に推進することとしており、研究成果の実用化等へ向けた高い確実性が見込まれる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発は、施設内空間における周波数の有効利用の一層の向上を可能とする技術を開発するものであり、研究開発成果は広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益とすることが見込まれる。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定する予定である。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>IoT の利活用の急速な拡大に伴い、膨大な数の無線デバイスが狭空間で使用されることによる無線システム間の混信等への対策は喫緊の課題となっている。さらに IoT 機器は 2020 年には全世界で 500 億台に達すると見込まれており早急に対策を講じる必要がある。そのため、平成 29 年度から本研究開発を開始し、早急に技術の確立を図ることが必要である。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があると認められる。</p>

6 政策評価の結果

今後、本格的な IoT 社会の到来により、膨大な機器がネットワークに繋がることとなるが、特に、施設内の狭い空間内において膨大な数の IoT 機器から通信が行われると同時に、その通信容量の大容量化が進むと、IoT 機器で利用している電波の相互干渉やチャンネル不足などにより、安定した通信

を維持することが困難となるため、IoT 機器の導入に向けた大きな課題となっている。このため、狭い空間内における周波数の有効利用の一層の向上が求められていることから、その技術を早期に確立する必要がある。

本研究開発の実施により、狭空間における周波数の管理・最適制御技術、狭空間における通信環境学習・分析・予測技術の確立及び狭空間対応型無線システム高機能実証環境の構築・実証をすることにより、周波数・時間・空間を活用し多面的・統合的・適応的に複数の無線システムの周波数/無線通信方式を制御することで、狭空間における複数の無線システム間の干渉を回避することができるようになることから、狭空間における無線システムの周波数利用効率を現在の3倍とするとともに、狭空間における周波数の有効利用の一層の向上に資することができる。これにより、膨大な数のIoT機器が電波を使い、膨大な数の電波を使ったIoT機器が狭空間において利用可能となる。

よって、本研究開発には必要性、有効性及び技術の妥当性等があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成29年度予算において、「狭空間における周波数稠密利用のための周波数有効利用技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成28年7月11日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「今後、狭施設内空間に配置されたIoT無線通信の周波数資源がひっ迫すると予想され、国の施策として本技術の研究開発を進めることは重要」、「今後のIoT化に向けた必須な研究開発項目」、「実施体制や予算も妥当」等の御意見を頂いており、本研究開発を実施する必要性が高いこと、効率性及び有効性等が確認された。このような有識者からの御意見を本評価書の作成に当たって活用した。

9 評価に使用した資料等

- 第5期科学技術基本計画（平成28年1月22日閣議決定）
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>
- 電波政策2020懇談会報告書（平成28年7月 総務省）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000430220.pdf
- 「新たな情報通信技術戦略の在り方」第二次第2次中間答申（平成28年7月 情報通信審議会）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin03_03000223.html
- 電波利用料による研究開発等の評価に関する会合
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>

平成 28 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：情報通信国際戦略局 技術政策課・研究推進室・通信規格課
総合通信基盤局 電気通信技術システム課・移動通信課
評価年月：平成 28 年 8 月

1 政策（研究開発名称）

IoT 機器増大に対応した有無線最適制御型電波有効利用基盤技術の研究開発

2 達成目標等

（1）達成目標

多種多様な規格かつ莫大な数（2020 年には 500 億台以上と推測）の IoT 機器からなる無線ネットワークにおいて、様々な事業者による柔軟な IoT サービス提供を可能とするため、センサーネットワークのアプリケーションの特徴に基づく空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術を確立する。

この技術により、センサーネットワークの周波数利用効率を実効的に従来比 3 倍以上、かつ、センサーネットワークを収容する移動通信システムの周波数利用効率を実効的に従来比 3 倍以上達成することで、IoT サービス要件に合わせた有線・無線区間の最適制御を行い、周波数の有効利用の一層の向上に資する。また、国際標準を獲得することで、我が国の国際競争力の向上に寄与する。

（2）事後評価の予定時期

平成 33 年度に事後事業評価を行う予定。

3 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

平成 29 年度～平成 32 年度（4 か年）

・想定している実施主体

民間企業、大学、国立研究開発法人等

・概要

本研究開発は、多種多様な規格かつ莫大な数の IoT 機器からなる無線ネットワークにおいて、様々な事業者による柔軟な IoT サービス提供を可能とするため、空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術を確立する。これにより、サービス要件に合わせた有線・無線区間の最適制御を行い、周波数の有効利用の一層の向上を図る。

空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術として、下記の 3 技術の開発を行い、さらに開発したテストベッド環境により各技術の実証を実施する。

①多数の IoT サービスを収容する有無線ネットワーク仮想化の自動制御技術

従来の管理者の手動によるシステム構成変更ではなく、IoT サービスの多様化に伴って煩雑となる品質・運用状況を把握し、有無線ネットワークシステムをデータ分析等の手段により状況に応じて仮想化し、自動制御するためのアルゴリズムの強化を図る技術

②多様な IoT サービスに適応する低遅延有無線プラットフォーム技術

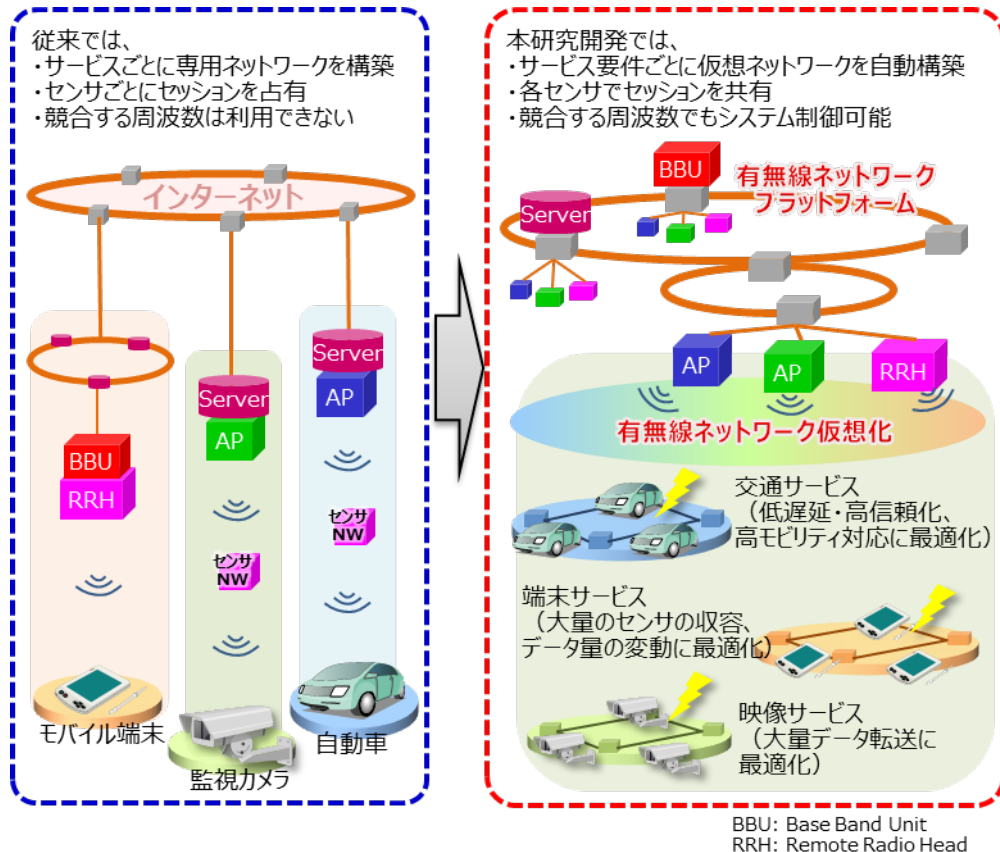
同一システム・周波数で多種多様な IoT サービスを提供するため、サービスごとに異なる遅延等の要件に対応した有無線ネットワークのアーキテクチャを最適化することで、効率的な有無線統合を行い、低遅延な通信を実現するための技術

③実環境評価を併用する有無線エミュレーション¹/シミュレーション技術

多種多様な IoT サービスに対応した迅速な開発サイクルを支援しつつ、無線周波数の有効利用につなげるため、実環境に設置した無線端末群によって得られた伝送特性を検証しながら蓄積・再生する技術

また、本研究開発で開発する有線・無線ネットワーク統合制御技術に関しては、ITU 等の国際標準化機関に有線・無線を考慮した標準化活動が広がりつつある。これらの動向を把握しつつ、我が国から先手をとって積極的に提案し、国際標準を獲得することで、我が国の国際競争力の向上に資する。

・ 研究開発概要図



・ 事業費(予定)

約 36.0 億円 (うち、平成 29 年度概算要求額 9.0 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

本格的な IoT 社会の到来により、多種多様な規格かつ膨大な機器がネットワークに繋がることとなり、2003 年に 5 億台だったネットワークに接続される機器数は、2020 年には 500 億台まで増大すると予測されており、様々な事業者による柔軟なサービス提供を可能とすることが必要となっている。また、モバイルネットワークについても、多種多様な IoT サービスの要求を実現するために Small Cell²が急増し、基地局とアンテナの接続は、これまでの光ファイバの Point-to-Point 接続³では非効率なネットワークとなる。また、膨大な数の Small Cell と既存の様々な無線通信が混在し、IoT 機器が使用する ISM 帯を中心に、ミリ波帯、4G、5G で使用される周波数がひっ迫する。

また、今後は IoT の進展によるサービスの多様化に伴い、低遅延・大容量・多数同時接続等のサービスの要求条件に応じてサブキャリア⁴やタイムスロット⁵等を柔軟に割り当てる無線技術が進

1 ある装置やソフトウェア、システムの挙動を別のソフトウェアなどによって模倣し、代替として動作させること。

2 携帯電話の基地局の種類の一つで、通常の基地局を補完するために用いられる小出力でカバー範囲の狭い基地局。

3 2 点間を接続してデータ通信を行うための通信プロトコル。

4 データ伝送を周波数軸方向に分割する単位。

展しつつあり、有線・無線ネットワークトポロジー⁶の複雑化が見込まれている。これまでの研究開発（ネットワーク仮想化技術の研究開発等）により、ネットワークの構築や制御を柔軟に行う仮想化技術の確立に取り組んできたところであり、本研究開発では、こうした技術を活用するとともに、サービスの要求条件に応じて変化する有線・無線ネットワークトポロジーを最適化するために必要な要素技術を確立することで、マルチドメイン・マルチサービス環境⁷における IoT トータルシステムとして効率的に周波数を利用できるようにし、周波数のひっ迫状況を解消することが求められている。

これらの課題を解決するため、センサーネットワークのアプリケーションの特徴に基づく空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術の確立が求められている。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

- 関連する主要な政策
 - V. 情報通信（ICT政策） 政策13「電波利用料財源による電波監視等の実施」
- 閣議決定等の上位計画・全体計画等

上位計画・全体計画等	年月	記載内容（抜粋）
世界最先端 IT 国家創造宣言	平成28年 5月20日 閣議決定	<p>II. 「国から地方へ、地方から全国へ」（IT 利活用の更なる推進のための3つの重点項目）</p> <p>II - 2. 【重点項目2】 安全・安心なデータ流通と利活用のための環境の整備</p> <p>II - 2 - (1) 利用者志向のデータ流通基盤の構築</p> <p>【主な取組内容】</p> <p>（基盤を支える技術開発等）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ データ流通基盤を支えるネットワーク等技術（第5世代移動通信システム（5G）、ソフトウェア制御、仮想化技術の活用等）の研究開発、国際標準化、総合実証及び社会実装を推進。また、低廉かつ高速のブロードバンド環境が利用できるよう事業者間の公正な競争条件の確保等、競争政策を促進する取組を推進。
世界最先端 IT 国家創造宣言 工程表	平成28年 5月20日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部	<p>2. 【重点項目2】 安全・安心なデータ流通と利活用のための環境の整備</p> <p>(1) 利用者志向のデータ流通基盤の構築</p> <p>（基盤を支える技術開発等）</p> <p>総合的な IoT 技術の研究開発等の推進【総務省】</p>
電波政策 2020 懇談会 報告書（案）	平成28年 6月3日 電波政策 2020 懇談会	<p>電波利用料の見直しに関する基本方針</p> <p>(2) 電波利用共益事務の在り方</p> <p>② 次期における電波利用料の使途</p> <p>(ii) IoT の社会展開に向けた電波有効利用技術の研究開発・実証</p> <p>今後、IoT、ビッグデータ、人工知能等の技術の発展等により、多様な分野・業種において IoT 機器が爆発的に普及し、2020年には IoT 機器は世界で500億台以上になるとの予測もされている。これにより膨大な数の IoT 機器が電波を使い、ネットワークに接続されることが見込まれており、IoT 機器の爆発的な普及に伴い、周波数のひっ迫や他のシステムとの混信への対応が必要となる。また、サイバー攻撃により十分にセキュリティを確保できない IoT 無線機器が不正使用され、大量の不要な電波を発生させるといったサイバー攻撃を原因とする周波数のひっ迫への対応が必要となる。</p> <p>IoT システムは、超多数同時接続、超低遅延といった特性が求められるとともに、膨大な IoT 機器等が電波を使いネットワークに接続され、それらが</p>

⁵ データ伝送を時間軸方向に分割する単位。

⁶ 有線・無線を統合したネットワークの接続形態。

⁷ 一つのデバイス等で複数のドメイン・複数のサービスを利用する環境。

		<p>ネットワークを介して制御される巨大なシステムとなっており、周波数のひっ迫や他のシステムとの混信への対応に当たっては、単体の無線システムについての検討のみならず、このような IoT システムの特性を踏まえたシステム全体を通じた有無線一体となった周波数有効利用技術の開発が必須である。</p> <p>このため、周波数のひっ迫や混信を回避し、IoT の超多数同時接続、超低遅延化に対応するため、ソフトウェアによる仮想ネットワークを構築し、仮想ネットワーク毎に最適な電波利用を実現する技術や、ネットワークのエッジ（末端）における周波数等の超低遅延制御技術、AI・ビッグデータ解析に基づく空間的・時間的に稠密な電波利用を実現する技術など、IoT 機器とネットワークの有無線一体となった IoT システム全体を最適に制御することにより周波数を有効利用する技術や、異なる電波利用システム間の混信を排除して周波数の共同利用を促進する技術の研究開発を実施することが必要である。</p> <p>さらに、IoT 無線機器に関し、セキュリティ上の脆弱性が原因で発生する大量かつ不要な電波放射を抑制する技術や周波数のひっ迫を低減するための軽量暗号・認証技術等の研究開発も必要である。</p> <p>従って、次期においては、これらの研究開発を実施するとともに、研究開発を推進するにあたっては、オープンなテストベッド環境を構築し、産学官の連携により実証を行いつつ進めることが適当である。</p>
周波数再編アクションプラン（平成 27 年 10 月改定版）	平成 27 年 10 月 14 日 総務省	<p>新しい電波利用の実現に向けた研究開発等</p> <p>(2-2) 人を介しない機器間通信（M2M）の拡大</p> <p>機器と機器の間の通信である M2M システムやワイヤレスセンサーネットワークの飛躍的拡大により、人、様々な家電や設備、家、車、電車、インフラをはじめとしたあらゆる「もの」がワイヤレスでつながりうる社会が実現すると想定される</p>

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本研究開発の企画・立案に当たっては、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 7 月 11 日）において、研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行った。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
必要性	上記、「3 (2) 研究開発の必要性及び背景」に記載のとおり。
効率性	<p>IoT 関連技術や仮想化技術等に関するこれまでの要素技術研究の成果等を最大限に活用して効果的に研究開発及び実証を行う予定であり、また、外部有識者や専門家を含む研究開発運営委員会を通じた、情報通信業界に限らない多様な業界との連携・協力の下、共創的に取り組みを推進することとしており、投資に対して最大の効果が見込める。</p> <p>また、IoT に関する専門的知識や研究開発遂行能力を有する企業、研究者等のノウハウを積極的に活用することにより、効率的に研究開発を推進することができるため、投資に対して最大の効果が見込める。</p>

	<p>さらに、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により、空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術を確立することで、センサーネットワークの周波数利用効率を実効的に従来比3倍以上、かつ、センサーネットワークを収容する移動通信システムの周波数利用効率を実効的に従来比3倍以上達成し、各IoTサービスの要求条件に応じた低遅延かつ多数のサービスを収容できるIoTシステムが実現されるとともに、効率的に周波数を利用できるようになることから、多種多様な規格かつ莫大な数のIoT機器からなる無線ネットワークにおいて様々な事業者による柔軟なIoTサービス提供を可能とすることに寄与するとともに、周波数の有効活用の一層の向上に資する。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発は、今後のIoT機器の増大等のグローバルな潮流に対応するため、機動的かつダイナミックにIoTシステムを制御する技術を確立することで、多種多様な規格かつ莫大な数のIoT機器からなる無線ネットワークにおいて様々な事業者による柔軟なIoTサービス提供を可能とすることに寄与することから、本研究開発の成果は、広く国民の利益になることが見込まれる。また、ISM帯の周波数逼迫状況を軽減し、周波数の有効利用の一層の向上に寄与するものであり、広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益となるが見込まれる。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定する予定である。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>本格的なIoT社会の到来により、500億台以上の多種多様な規格かつ膨大なIoT機器の普及が予測されているため、様々な事業者による柔軟なIoTサービス提供を可能とすることが喫緊の課題となっており、IoT機器とネットワークの有線・無線一体となったシステム全体を最適に制御する新たな周波数有効利用技術を早急に開発することが極めて重要である。また、ITU/3GPP/IEEE等の多数の標準化組織・団体においてIoTに関する国際標準化の検討が行われており、IoTに関する国際標準化活動が活発に行われているため、我が国が主導権を確保していくためには、本技術を早急に開発することが極めて重要である。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があると認められる。</p>

6 政策評価の結果

本研究開発の実施により、空間的・時間的に格段に緻密な電波利用を実現する有線・無線ネットワーク統合制御技術を確立し、センサーネットワークの周波数利用効率を実効的に従来比3倍以上、かつ、センサーネットワークを収容する移動通信システムの周波数利用効率を実効的に従来比3倍以上達成する。このことにより、各IoTサービスの要求条件に応じた低遅延かつ多数のサービスを収容できるIoTシステムが実現されるとともに、効率的に周波数を利用できるようになることから、多種多様な規格かつ莫大な数のIoT機器からなる無線ネットワークにおいて様々な事業者による柔軟なIoTサービス提供を可能とすることに寄与するとともに、周波数の有効活用の一層の向上に資する。

さらに、本研究開発で開発した有線・無線ネットワーク統合制御技術に関して、国際標準化機関で我が国から先手をとって積極的に提案し、国際標準を獲得することにより、我が国の国際競争力の向上に寄与する。

よって、本研究開発には必要性、有効性等があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成29年度予算において、「革新的ネットワーク駆動型電波有効利用基盤技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 7 月 11 日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「有線と無線の融合は必要なことであり、無線部分のみを考えている現在の国際標準を変えていく必要もある。」、「変調方式や周波数が変わるようなデバイスをどう制御するかも重要である。」等の御意見を頂いており、本研究開発を実施する必要性が高いこと、効率性及び有効性等が確認された。このような有識者からの御意見を本評価書の作成に当たって活用した。

9 評価に使用した資料等

- 世界最先端 I T 国家創造宣言 （平成 28 年 5 月 20 日閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/siryoul.pdf>
- 世界最先端 I T 国家創造宣言 工程表 （平成 28 年 5 月 20 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部決定）
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/koteihyo_kaitei.pdf
- 電波政策 2020 懇談会 報告書（案） （平成 28 年 6 月 総務省）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000423012.pdf
- 周波数再編アクションプラン（平成 27 年 10 月改定版） （平成 27 年 10 月 14 日 総務省）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000381100.pdf
- 電波利用料による研究開発等の評価に関する会合
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>

平成 28 年度事前事業評価書

政策所管部局課室名：情報通信国際戦略局 宇宙通信政策課
評価年月：平成 28 年 8 月

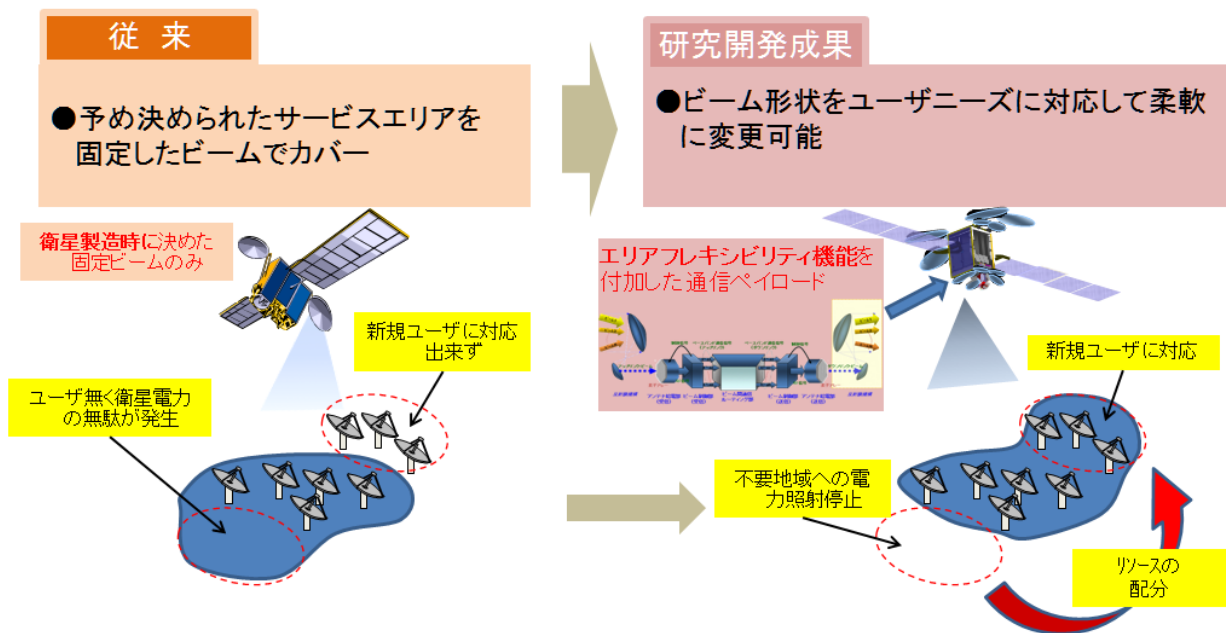
1 政策（研究開発名称）

次期技術試験衛星の実現に向けたKa帯広帯域デジタルビームフォーミング¹機能による周波数利用高効率化技術の研究開発

2 達成目標等

(1) 達成目標

本研究開発は、エリアフレキシビリティを具備したハイスループット衛星²の全体構成検討・評価技術、衛星搭載用デジタルビームフォーミング機能開発のための可変ビーム生成技術及び可変ビームアンテナ構築技術の確立により、ハイスループット衛星の衛星通信サービスにおけるエリアフレキシビリティ機能による周波数利用高効率化技術を確立するとともに、デジタルビームフォーミング技術を採用した通信ペイロード³の構成により周波数の利用効率を2.5倍程度に向上させることで、周波数の有効利用の一層の向上に資するとともに、衛星通信によるインターネット環境の需要に応えることに寄与することを目標とする。



(2) 事後評価の予定時期

平成 33 年度に予定されている技術試験衛星打上げ後、概ね 1 年間の運用を行い、平成 35 年度に事後事業評価を行う予定。

¹ デジタルハードウェアにより衛星照射ビームの位置変更（可動ビーム）とビーム形状変更（可変ビーム）を可能とする機能。

² 高速大容量通信衛星

³ 一般的に人工衛星構成機器は、軌道位置を維持して電力を供給する「衛星バス」と、通信・観測・測位等のミッションを実現する「ペイロード」とに分類される。衛星にて通信ミッションを掌る機器を特に「通信ペイロード」と呼ぶ。

3 研究開発の概要等

(1) 研究開発の概要

・実施期間

平成 29 年度～平成 31 年度（3 か年）

・想定している実施主体

民間企業等

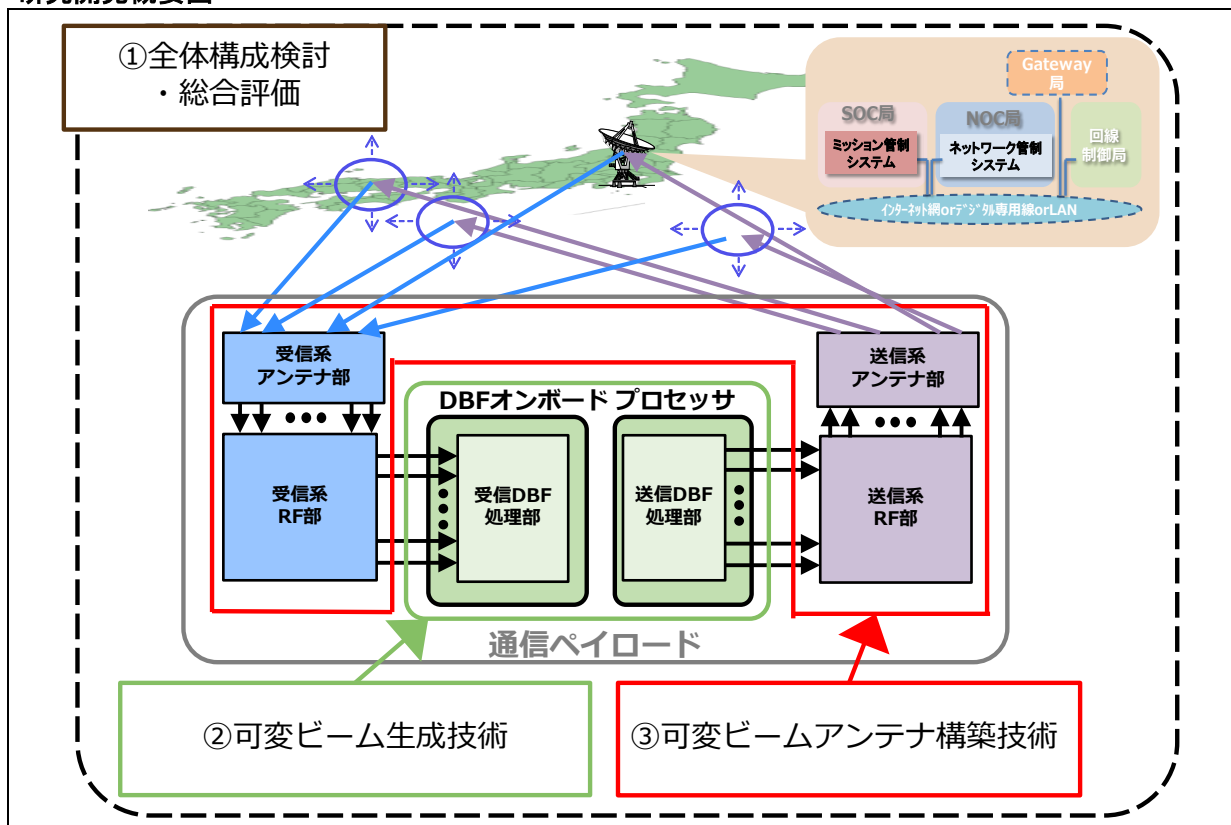
・概要

周波数利用効率を向上させるため、トラフィックの空間的変動に対してフレキシブルに照射領域の変更可能な複数のビームを形成する、フレキシブルペイロード技術の研究開発を行う。船舶や航空機などのように、時間の経過とともに地球上の位置が変化する移動体との通信にも、可変ビームアンテナは有効となる。

従来、このような可変ビームを実現するデジタルビームフォーミング（DBF）技術は L/S 帯のような低マイクロ波帯で研究開発が進み実用化されているが、本研究開発ではこれを Ka 帯の広帯域信号に適用する。また衛星搭載に当たっては電力・重量等の必要リソースを考慮する必要があり、HTS としての高データ伝送性能を確保しつつ衛星搭載が可能となるアンテナ方式の選定を行う。

なお、本研究開発成果は次期技術試験衛星に搭載し、軌道上での試験に供する事を前提とする。具体的な研究開発の内容を以下に示す。

・研究開発概要図



① エリアフレキシビリティを具備したハイスループット衛星の全体構成検討・総合評価技術

周波数利用効率を向上させるため、トラフィックの空間的変動に対してフレキシブルにビーム照射領域の変更可能なフレキシブルペイロード実現のための要求仕様を検討し、この要求を実現するための通信ペイロードの全体構成や、アンテナ給電系、DBF オンボードプロセッサ⁴に対する要求仕様への落とし込みを行う。周波数利用効率の効果の検討や、構成検討について

⁴ 衛星搭載のデータ処理装置

は、シミュレーションにより事前確認を行う。

また、エリアフレキシビリティを有する衛星通信システムを実現するためには、可変ビームを実現するコンポーネント単体の研究開発に加えて、衛星全体として所望のビーム形状・切換時間等の仕様通りに可変ビームを実現できるかといった、衛星搭載状態での機能・性能を評価する必要がある。このため、研究開発したコンポーネントを搭載した衛星として動作の総合的な検証を行う。同時に本研究開発の成果として、周波数利用効率向上の最終評価を行い、その妥当性の確認を行う。

さらに、衛星搭載中継器のフレキシビリティ化に伴い、これを運用する地上ネットワーク機器・端末としても、衛星通信のフレキシビリティ化を実現するシステムの構築が必要となる。ユーザビームの形状・位置・利用帯域が可変となるため、これを考慮して各ユーザビームへの帯域割当等の制御を適応的に最適化する必要がある。地上ネットワーク系システムとして、従来のネットワーク管制システム及びミッション管制システムに対して上記の機能を付与し、衛星通信のフレキシビリティ機能を実現するための構成・必要要件等の検討を実施する。

②衛星搭載用デジタルビームフォーミング機能開発のための可変ビーム生成技術

衛星搭載用 DBF 方式では、給電素子に供給する通信信号の位相／振幅(励振係数)を制御することでビーム可変を実現する。この励振係数を空間的なトラヒック変動に応じて適切に決定することが課題である。例えば、サービスエリアを複数のビームでカバーしている場合、サービスエリアに欠損を生じさせないためには、トラヒックに応じて1つのビームの形状を変化させるだけでなく、複数のビームの形状を適切に変化させるために最適な励振係数を生成する必要がある。さらに、ビーム形状を変化させた時に隣接するビームへ漏洩する電力を最小にするように励振係数を生成することも必要である。

このように、衛星搭載用 DBF 機能の実現においては、励振係数の生成処理の実現が課題となる。このため、DBF を構成する乗算回路に設定する位相／振幅(励振係数)を算出するアルゴリズムを開発する。さらに、開発したアルゴリズムを搭載するハードウェアを製作し評価検証を行う。

③衛星搭載用デジタルビームフォーミング機能開発のための可変ビームアンテナ構築技術

衛星搭載用可変ビームアンテナは、DBF 回路に加え、増幅器等を備える RF 回路部、アンテナ素子、そして反射鏡などの放射部が一体となり実現されるものである。所望のビーム配置や形状を可変しうるアンテナを得るには、上述したアンテナ素子の励振係数の制御に加えて、アンテナ全体構成の開発が必要となる。これを実現するためには、以下のような研究開発課題がある。

ア 可変アンテナ部の周波数利用高効率化技術

衛星搭載用可変ビームアンテナにおいて所望のビーム可変性を得るためには、アンテナ全体構成の実現検討が課題となる。具体的な構成としては、直接放射アレー⁵やアレー給電反射鏡⁶などが考えられ、それらの得失比較が必要となる。直接放射型のフェーズドアレーアンテナでは、比較的広角度のビーム偏向特性を有するが、素子数が非常に増えてしまう。他方の反射鏡型のフェーズドアレーアンテナ⁷では、少ない給電素子数でフェーズドアレーを実現できるが、ビーム偏向角が比較的小さくなる。よって、少ない給電素子数で如何にして広角ビーム偏向特性が得られるかが研究課題となる。

開発するアンテナ方式や給電素子数の選定に当たっては、次期技術試験衛星による実証ならびに将来システムへの拡張性を考慮して選定し、開発を実施する。

イ 高周波(RF)回路部の小型高密度化技術

さらに、所望のマルチビームを形成するためには、上述のアンテナ給電系の開発に加えて、多数の給電系を限られた衛星実装エリアに構築する必要がある。よって、RF フロントエン

⁵ 反射鏡を介さず、給電素子を配列して構成するアンテナ

⁶ 給電素子を配列して構成された一次給電系と反射鏡とにより構成されるアンテナ

⁷ 給電素子を配列して構成されたアンテナで、ビームの方位角制御を各給電素子の位相の制御により行うもの

ド⁸や多数の給電素子に必要な電力の信号を供給するための増幅回路等の、小型化高密度化技術の実現が必要である。

開発に当たっては、次期技術試験衛星による実証ならびに将来システムへの拡張性を考慮して実施する。

・事業費(予定)

約 28.5 億円 (うち、平成 29 年度概算要求額 9.5 億円)

(2) 研究開発の必要性及び背景

近年の社会経済活動のグローバル化に伴い、海上や上空といった、より広範な活動領域におけるブロードバンド環境へのニーズが増大しつつあり、衛星通信によるインターネット環境の需要に応える必要がある。特に、大規模災害時における衛星通信のニーズが高まりつつあり、被災状況等の高精細映像による情報伝送やフレキシブルで可動性の高い非常通信手段として、きめ細かい災害対応での利活用等が期待されている。一方、使用周波数帯の観点からは、近年、国際調整手続きの対象となる衛星が増加傾向にあり、調整が複雑化・長期化の傾向にある。特に近年の世界的な通信放送衛星等の増加によって、Ku 帯以上の周波数の需要が急速に増加しており、以下の状況となっている。

◎Ku 帯を使用する衛星は 279 (通告数)、今後の打上が予定されている衛星は 1197 (計画数) にもほり、合計で約 1500 もの衛星が今後想定される。

◎Ka 帯についても同様に、現時点で 179 (通告数)、1407 (計画数)、合計約 1600 と Ku 帯以上のひっ迫が予想。

※2015 年 8 月現在。計画数には、衛星の仕様変更や国際調整戦術 (1 機のために軌道の異なる複数の調整資料を出す場合) 等も含まれ、必ずしも衛星打上げ数全体を指し示すものではない。

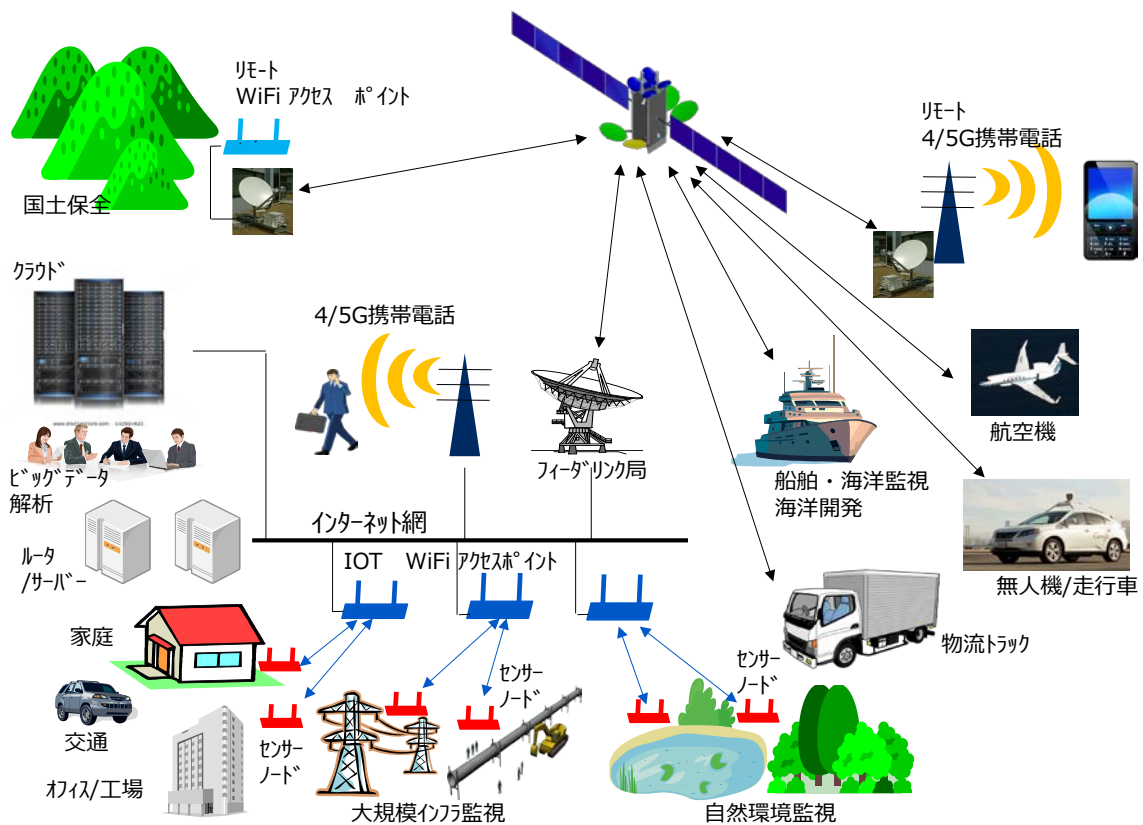
Ku 帯の主要な軌道については上述の通告衛星で概ね埋まっている状況である。今後、衛星の離隔距離の短縮やビーム方向の変更等により、衛星をより稠密に配置することは辛うじて可能であるものの、上述のような膨大な計画衛星の数を考えると限界に達しつつあり、より周波数の高い Ka 帯や光通信を含めた領域への技術開発が不可欠となりつつある。衛星通信における周波数のひっ迫を解消するために早急に本研究開発を実施することが必要である。

なお、現在欧米で実用化されているハイスループット衛星の技術は、トラフィック要求の空間的変動に十分に対応しておらず、ビーム内トラフィック量の変化に対し、ビーム当たりの割当帯域を必ずしも有効に利用できていないのが周波数利用効率の観点での課題である。固定ビームによるマルチビーム構成の方法では、船舶/航空機の航行や災害発生等を考慮したとき、ビーム配置を網羅的に配置する必要があるが、衛星リソースの制約から電力を割り当てられないビームも多く存在することになり非効率が生じ、その分、周波数利用率低下につながる。一方、同時に必要となるビーム数の数だけ、可変ビームの形で機能実装できれば、衛星リソースにおいても無駄を省くことが可能となり、これまでの固定ビームの構成に対し、可変ビームを採用することにより、周波数の有効利用の一層の向上に繋がる。

従来、このような可変ビームのビームフォーミング技術は、L/S 帯のような低マイクロ波帯で研究開発が進み、実用化されているが、本研究開発では、これを Ka 帯の広帯域信号に適用することで、高い周波数への移行を促進するとともに、周波数利用効率を向上させ、衛星通信における周波数のひっ迫状況を解消する。

なお、一般に衛星通信サービスによるアプリケーションは、DTH (Direct To Home : TV/ビデオ配信)、インターネット接続、企業向け通信インフラ、携帯バックホール、SNG (Satellite News Gathering : TV ニュース素材伝送)、その他 VSAT 等、多種多様である。また地上通信回線網の整備進展、新たな通信アプリケーションの出現、政治的・経済的変動に伴う人口の移動・変動等、衛星通信の事業環境は常に変動に晒されており、変化のスピードは年を追うごとに早くなっている。

⁸ アンテナの送受信端の回路部分



一方で、衛星本体は通信事業においてきわめて高価な資産であるため、従来から技術命題として長寿命化が図られてきた。静止軌道の商用通信衛星の一般的な寿命は現状で約15年であるが、今後、電気推進技術による衛星の軌道投入や、衛星の信頼性技術の向上により更なる長寿命化が予想される。

衛星通信事業におけるこうした状況下、サービスエリア等の通信諸元が固定される従来技術による事業形態では、衛星寿命である15年間継続して通信ユーザのニーズに応えることは、極めて困難となりつつある。世界的に見ても各衛星オペレータ共、この課題に苦慮しており、ビジネスモデルの成立が困難なために新規衛星開発が進まない例が散見される。

本研究開発の対象となるエリアフレキシビリティ機能による周波数利用高効率化技術は、こうした問題も解決する手段として近年要望が増加しており、一つのアンテナ給電系により、軌道上でビーム形状・照射位置を任意に変更可能な複数ビームを形成することを可能とするものである。

また、新たな宇宙基本計画（平成28年4月1日閣議決定）において、『今後の情報通信技術の動向やニーズを把握した上で我が国として開発すべきミッション技術や衛星バス技術等を明確化し、技術試験衛星の打ち上げから国際展開に至るロードマップ、国際競争力に関する目標設定や今後の技術開発の在り方について検討を行い、平成27年度中に結論を得る。これを踏まえた新たな技術試験衛星を平成33年度めどに打ち上げることを目指す』とされており、平成33年にも次期技術試験衛星を打ち上げる予定である。本研究開発の成果については、次期技術試験衛星のミッション機器として搭載予定であり、国家プロジェクトとして取り組む必要がある。開発規模から鑑みても、費用と時間の面で衛星開発事業者の負担範囲を越えることから、官民連携のもとで必要な技術を確認していくことが不可欠である。

(3) 関連する政策、上位計画・全体計画等

○関連する主要な政策

V. 情報通信（ICT政策） 政策13「電波利用料財源による電波監視等の実施」

○閣議決定等の上位計画・全体計画等

・宇宙基本計画（平成28年4月1日閣議決定）

4. 我が国の宇宙政策に関する具体的アプローチ

(2) 具体的取組

① 宇宙政策の目標達成に向けた宇宙プロジェクトの実施方針

iii) 衛星通信・衛星放送

『今後の情報通信技術の動向やニーズを把握した上で我が国として開発すべきミッション技術や衛星バス技術等を明確化し、技術試験衛星の打ち上げから国際展開に至るロードマップ、国際競争力に関する目標設定や今後の技術開発の在り方について検討を行い、平成 27 年度中に結論を得る。これを踏まえた新たな技術試験衛星を平成 33 年度めどに打ち上げることを目指す。』

- ・新たな情報通信技術戦略の在り方中間報告書案（平成 27 年 5 月情報通信審議会技術戦略委員会）

第 3 章 重点研究開発分野及び課題

3.2 重点研究開発課題

3.2.2 各分野における主要な重点研究開発課題

(2) 統合 ICT 基盤分野

③ 衛星通信技術

『海洋・航空域での広域ブロードバンド通信を実現するため、2021 年以降の次期技術試験衛星の打ち上げに向けて衛星搭載機器や衛星通信システム、高機能地球局システム等の基盤技術を確立し、ユーザ当たり 100Mbps 級の宇宙・海洋ブロードバンド通信衛星システムを実現する。』

- ・海洋基本計画（平成 25 年 4 月 26 日閣議決定）

第 1 部 海洋に関する施策についての基本的な方針

3 本計画における施策の方向性

(3) 科学的知見の充実

日本近海の下底資源の調査、開発には高速衛星通信技術が必要であるとされている。資源の多くを海外からの輸入に依存している我が国にとって、資源の安定的な確保は国の重要課題であり、より周波数利用効率の高い通信衛星を活用した洋上ブロードバンド環境の構築は、下底資源の高度な調査の実現に貢献するものと期待されている。

- ・電波政策 2020 懇談会報告書（平成 28 年 7 月 15 日電波政策 2020 懇談会）

第 2 章 2020 年の社会を支えるワイヤレスサービスの推進

2. ワイヤレスビジネスの成長・海外展開に向けた検討

(3) 今後に向けた提言

○K a 帯を利用した衛星通信技術の高度化に向けた開発

衛星通信に関する高速大容量化のニーズが高まる中で、従来の K u 帯のシングルビームで日本全土をカバーするだけでは今後も増大し続ける高度化ニーズに対応しきれない可能性がある。

そのため K a 帯のマルチビーム化によって通信の高速大容量化や端末の小型化を実現するほか、トラヒックに応じて周波数帯域やビームの方向性を柔軟に変更するような衛星通信システムを実現するためのミッション技術を開発し、技術試験衛星に搭載することが適当である

4 政策効果の把握の手法

(1) 事前事業評価時における把握手法

本研究開発の企画・立案に当たっては、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 28 年 7 月 11 日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行った。

(2) 事後事業評価時における把握手法

本研究開発終了後には、外部専門家・外部有識者から構成される「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」において、目標の達成状況や得られた成果等、実施体制の妥当性及び経済的効率性、実用化等の目途等について外部評価を実施し、政策効果の把握を行う。

5 政策評価の観点及び分析

観点	分析
必要性	上記、「3 (2) 研究開発の必要性及び背景」に記載のとおり。
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、無線技術、衛星通信技術に関する専門知識や研究開発技術を有する企業、研究者のノウハウを活用することにより、効率的に研究開発を行う予定であり、投資に関して最大の効果が見込める。</p> <p>また、通常の衛星搭載機器開発にあたっては試作を繰り返し5年以上かける事が一般的であるが、本研究開発では試作過程を可能な範囲で短縮し3年間での開発完了を可能としている。</p> <p>さらに、予算要求段階、公募実施の前段階、提案された研究開発提案を採択する段階、研究開発の実施段階及び研究開発の終了後における、実施内容、実施体制及び予算額等について、外部専門家・外部有識者から構成される評価会において評価を行い、効率的に実施することとしている。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があると認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により、エリアフレキシビリティを具備したハイスループット衛星の全体構成検討・評価技術、衛星搭載用デジタルビームフォーミング機能開発のための可変ビーム生成技術及び可変ビームアンテナ構築技術の確立により、ハイスループット衛星の衛星通信サービスにおけるエリアフレキシビリティ機能による周波数利用高効率化技術が確立される。このことにより、衛星寿命である15年間継続して通信ユーザのニーズに応えることが可能となるとともに、デジタルビームフォーミング技術を採用した通信ペイロードの構成により周波数の利用効率が2.5倍程度に向上することから、周波数の有効利用の一層の向上に資するとともに、衛星通信によるインターネット環境の需要に応えることに寄与することができる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があると認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発は、これまで利用が進んでいなかった周波数帯であるKa帯の周波数を活用することにより周波数の有効利用を一層向上させるものであり、広く無線局免許人や無線通信の利用者の受益となる。</p> <p>また、本研究開発は、防災観点で有効性の高い衛星通信が拡大することによりインターネット環境の需要に応えることに寄与するものであり、その成果による利益は、広く国民に享受されるものである。</p> <p>また、本研究開発の実施に当たっては、開示する基本計画に基づき広く提案公募を行い、提案者と利害関係を有しない複数の有識者により審査・選定する予定である。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があると認められる。</p>
優先性	<p>衛星通信によるインターネット環境の需要が高まりつつあり、特に、大規模災害時に、被災状況等の高精細映像による情報伝送やフレキシブルで可動性の高い非常通信手段として、きめ細かい災害対応での利活用等が期待されていることから、本研究開発を早急に実施する必要がある。</p> <p>また、今後のハイスループット衛星の増大に伴いKa帯の周波数需要の急激な増大が懸念されている中で、周波数の有効利用の一層の向上を図ることが急務であり、本研究開発を早急に実施する必要がある。</p> <p>さらには、我が国が自前で宇宙開発利用を行うための宇宙産業基盤は揺らぎつつあり、その回復・強化が我が国にとって喫緊の課題となっている中、宇宙基本計画(平成28年4月1日閣議決定)において、目標達成に向けた政策体系として「宇宙産業及び科学技術の基盤の維持・強化」がうたわれており、具体的取組として宇宙産業の中で最もシェアの高い衛星通信・衛星放送分野において「新たな技術試験衛星を平成33年度めどに打ち上げることを目指す。」とされている。そのような衛星通信分野で先進的かつ実用的技術を確認する本研究開発は、上記基本計画に直接的に合致するものであり、本研究開発は優先的に実施する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があると認められる。</p>

6 政策評価の結果

本研究開発による、エリアフレキシビリティを具備したハイスループット衛星の全体構成検討・評価技術、衛星搭載用デジタルビームフォーミング機能開発のための可変ビーム生成技術及び可変ビームアンテナ構築技術の確立により、ハイスループット衛星の衛星通信サービスにおけるエリアフレキシビリティ機能による周波数利用高効率化技術が確立されるとともに、デジタルビームフォーミング技術を採用した通信ペイロードの構成により周波数の利用効率が2.5倍程度に向上する。このことにより、周波数の有効利用の一層の向上に資するとともに、衛星寿命である15年間継続して通信ユーザのニーズに応えることが可能となることで衛星通信によるインターネット環境の需要に応えることに寄与することができる。

以上より、本研究開発には必要性、有効性等があると認められる。

7 政策評価の結果の政策への反映方針

評価結果を受けて、平成29年度予算において、「次期技術試験衛星の実現に向けたKa帯広帯域デジタルビームフォーミング機能による周波数利用高効率化技術の研究開発」として所要の予算要求を検討する。

8 学識経験を有する者の知見の活用

「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成28年7月11日）において、本研究開発の必要性、有効性、技術の妥当性、実施体制の妥当性、予算額の妥当性、研究開発の有益性等について外部評価を実施し、「衛星通信が本来有しているフレキシビリティ機能をさらに増大させ、かつKa帯の有効利用も図れる可能性のあるDBFの搭載化の研究開発を国が実施する意味は十分ある。また、実証機会が少ない衛星搭載機器開発において計画されている技術試験衛星での検証が可能となる現時点は絶好の開発時期と言える」、「次期技術試験衛星に搭載して宇宙実証できるDBFおよび可変ビームアンテナの開発を含む本研究開発は、総合的に見て有益である」、「本研究開発課題の実施により、衛星搭載DBF技術で我が国が世界をリードしていくことが望まれる」、「研究の進捗に応じた予算計画がなされており、妥当である。また、金額も十分な額が配分されており、極めて妥当なものである」等の御意見を頂いており、本研究開発を実施する必要性が高いこと、効率性及び有効性等が確認された。このような有識者からの御意見を本評価書の作成に当たって活用した。

9 評価に使用した資料等

- 宇宙基本計画（平成28年4月1日閣議決定）
<http://www8.cao.go.jp/space/plan/plan3/plan3.pdf>
- 新たな情報通信技術戦略の在り方中間報告書案（平成27年5月情報通信審議会技術戦略委員会）
http://www.soumu.go.jp/main_content/000361798.pdf
- 海洋基本計画（平成25年4月26日閣議決定）
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/kihonkeikaku/130426kihonkeikaku.pdf>
- 電波利用料による研究開発等の評価に関する会合
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>