

# 平成 27 年度事後事業評価書

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 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発

## 2 研究開発の概要等

### （1）研究開発の概要

- ・実施期間 平成 24 年度～平成 26 年度（3 か年）
- ・実施主体 民間企業
- ・事業費 5,975 百万円

平成 24 年度	平成 25 年度 (平成 24 年度補正分)	平成 25 年度	平成 26 年度 (平成 25 年度補正分)	総 額
2,975 百万円	1,798 百万円	754 百万円	447 百万円	5,975 百万円

### ・概要

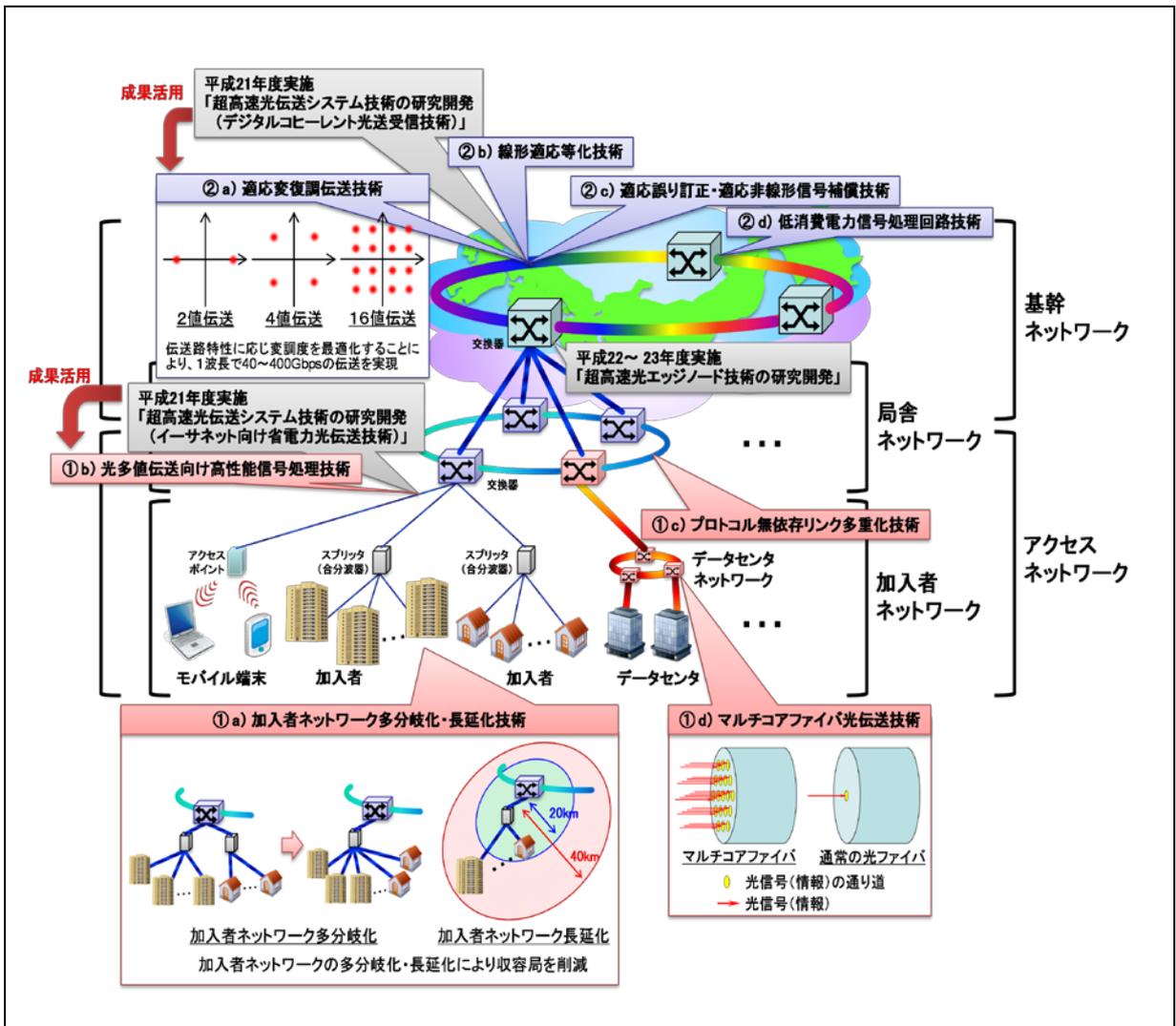
FTTH をはじめとするブロードバンドの通信量が急速に増大しており、通信容量が急速にひっ迫することが予想され、通信ネットワーク全体の高速大容量化が喫緊の課題となっている。しかしながら、これまでの通信ネットワークを単純に高速大容量化した場合、その消費電力の増加は著しいものとなるため、大量の情報を高速かつ低消費電力で伝送する技術が求められている。

また、災害時等におけるネットワークの途絶といった通信環境の激変に対しても、必要な通信を維持できるネットワークの構築が必要である。

このため、アクセスネットワークから基幹ネットワークに至る光ネットワークの高速大容量化及び耐災害性強化を早期に実現する必要がある。

具体的には、十分な伝送距離を維持したまま、伝送波長の多重化等、光ネットワークの高度化を更に進めることにより、ネットワークの高速大容量化が実現され、通信量の増加への対処が可能となると同時に、電気信号による処理の削減、回路構成の最適化による通信機器の小型化により、電力消費量を削減する。また、光ネットワークの通信容量を必要な通信量にあわせて柔軟に制御することにより、通信機器の電力消費を更に削減する。

また、大規模災害が発生した場合、基幹回線の断絶や局舎、データセンタ等の被災により大規模な通信の途絶が起これ、その迅速な復旧が課題となっている。基幹ネットワークにおいては、災害時における全国規模の迂回経路への瞬時回線切替えを可能とするほか、アクセスネットワークにおいて、加入者ネットワークの多分岐・長距離化技術や、データセンタへの新型ファイバ（マルチコアファイバ）の導入により、被災時の迅速な復旧を可能とし、光ネットワーク全体の耐災害性を向上する。



技術の種類		技術の概要
I. アクセスネットワーク（加入者・局舎ネットワーク）高速大容量化・低消費電力化技術	(a) 加入者ネットワーク多分岐化・長延化技術	<p>加入者ネットワークにおける収容局に収容する加入者数の 16 倍程度の拡大、また、伝送距離の 2 倍程度の拡張により高速大容量化及び低消費電力化を実現する技術。</p> <p>これにより、伝送路上における収容局数を削減することが可能となるため大規模災害時においてもネットワークの迅速な復旧が可能となり、耐災害性向上が期待される。</p>
	(b) 光多値伝送向け高性能信号処理技術	<p>信号を多値変調することにより 1 波長で 100Gbps 伝送を可能とすると同時に、加入者・局舎ネットワークの比較的短距離伝送に適した遅延検波による復調により、アクセスネットワークの消費電力の 2 割を占める光送受信器について、平成 23 年度までの施策（「超高速光伝送システム技術の研究開発」、「超高速光エッジノード技術の研究開発」。以下同じ。）の成果を利用した場合と比較して機器あたり 1/2 程度（平成 24 年の 2/5）の低消費電力化、1/2 程度の小型化を実現する技術。</p> <p>※多値変調：光の振幅や位相の複数の状態を使って、一度に送る情報を大きくする技術。          ※復調：変調信号をもとの信号にもどすこと。</p>
	(c) プロトコル無依存リンク多重化技術	<p>複数の加入者ネットワークを収容し、様々なリンク層プロトコル (Ethernet、FibreChannel、OTN 他) が混在する局舎ネットワークにおいて、加入者ネットワークにおける最大 100Gbps 級の伝送を 1 本の大容量リンクに束ねることにより、400Gbps の高速大容量伝送を実現する技術。</p> <p>※Ethernet：コンピューターネットワークの規格の 1 つで、世界中のオフィスや家庭で一般的に使用されている LAN (Local Area Network) で最も使用されている技術規格。</p>

	(d) マルチコアファイバ光接続技術	<p>毎秒数テラビットの膨大な情報が常時流れるデータセンタ間、及びデータセンタ内におけるサーバ間を1本の光ファイバ内に複数の物理的な通信経路を有するマルチコアファイバで接続し、伝送する膨大な情報をマルチコアファイバの各通信経路に割り振る多重・分散化により、高速大容量化を実現する技術。</p> <p>なお、マルチコアファイバは1本で複数のファイバと同等の伝送容量を有することから、高速大容量ネットワークの敷設が容易となり、大規模災害時においてもネットワークの迅速な復旧等の耐災害性の向上が期待される。</p>
II. 基幹ネットワーク高速大容量化・低消費電力化技術	(a) 適応変復調伝送技術	<p>基幹ネットワークの長距離伝送に適したデジタルコヒーレント方式※において、伝送距離・伝送路の特性に応じて、変調時の多値度（2値、4値、16値）を適応的に変化させることで、伝送効率を平成23年度までの施策の成果を利用した場合と比較して2倍以上に高め、かつ、最大で現在の4倍となる1波長あたり400Gbpsの伝送速度を実現する技術。</p> <p>※デジタルコヒーレント方式：光の位相を使用して送受信する光伝送方式。受信の際は、デジタル的な信号処理により位相の推定や信号劣化の補償等が行われ、元のデータに再生される。</p>
	(b) 線形適応等化技術	<p>伝送路上にある多数の通信機器を電気信号に変換することなく光信号のまままで通過させるため、機器の通過後に線形的に劣化する光信号の周波数特性を等化（復元）し、信号の伝送品質を維持する技術。</p>
	(c) 適応誤り訂正・適応非線形信号補償技術	<p>変調多値度及び光伝送路の品質劣化の状態に応じて、受信信号を適応的に誤り訂正及び信号補償し、平成23年度までの施策の成果を利用した場合と比較して1.5倍程度の伝送距離を実現する技術。</p> <p>なお、上記a)からc)の適応伝送技術により、大規模災害時の基幹ネットワークの迂回経路の設定等、耐災害性の高いネットワークを実現する。</p>
	(d) 低消費電力信号処理回路技術	<p>変調度の適応的可変機能を実装したデジタルコヒーレント送受信部と光ノード・光伝送路を統合した伝送シミュレーションモデルの構築による統合検証により、送受信信号処理回路全体の構成の最適化を行い、基幹ネットワークの消費電力を平成23年度までの施策の成果を利用した場合と比較して1/2以下（「単位伝送速度×単位伝送距離」を単位として消費電力を比較した場合。）に削減する技術。</p>

## (2) 達成目標

ネットワークにおける通信量の急速な増大に対処するため、①毎秒400ギガビット級の高速大容量伝送を低消費電力で実現する技術（※1）、②通信量等の通信環境に応じて変調速度・復調処理を適応的に制御する技術（※2）を合わせて開発する。これにより、今後の通信量の急激な増大が見込まれる海外諸国においても日本の光ネットワーク技術が受容される下地を用意し、研究開発成果の国際標準化を推進することで、我が国の光ネットワーク技術の国際的な優位性を確保するように努め、我が国の光ネットワーク技術の国際競争力を強化する。

※1 ICTの利活用増進に伴う通信量及び通信機器の消費電力の急速な増大に対処し、国民生活及び経済活動の根幹となる情報通信インフラ機能を将来にわたって維持を可能とする。

※2 通信機器の消費電力の削減及び災害時におけるネットワークの途絶といった通信環境の激変下での必要な通信の維持を可能とする。

## ○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」

## (3) 目標の達成状況

本研究開発において、情報通信インフラの高速大容量化及び低消費電力化（毎秒400ギガビット級の高速大容量伝送を低消費電力で実現する技術、通信量等の通信環境に応じて変調速度・復調処理を適応的に制御する技術）を実現するため、以下の技術を確立することにより、所期の目標を達成した。

### I (a) 加入者ネットワーク多分岐化・長延化技術

波長多重技術（※1）を用いた新しい大容量光アクセスネットワーク技術（WDM/TDM-PON（※2））を実現するため、波長切替制御プロトコル（※3）等を新たに開発した。既設ファイバを用いた統合システム実証実験において、当初目標（従来の2倍）である40kmの最大伝送距

離) 圏内における、当初目標の 512 ユーザ (従来の 16 倍の分岐) を超える 1024 ユーザ (従来の 32 倍の分岐) の収容を模擬した 40Gbps (従来の 40 倍の総伝送容量) のアクセスネットワーク構成を世界で初めて実証した。本技術・構成を用いることにより、アクセスネットワーク全体として約 35% の消費電力が削減可能となった。

※ 1 複数の異なる波長の光を 1 本の光ファイバに多重して伝送する技術。

※ 2 波長多重 (WDM) 方式と 1 本の回線を時間で区切って複数の通信に割り当てる時分割多重 (TDM) 方式を組み合わせることにより通信帯域を拡大し、光信号を複数の加入者に分配する技術。

※ 3 波長多重方式において、通信量等に応じて使用する波長を切り替える制御方式。

#### I (b) 光多値伝送向け高性能信号処理技術

信号を多値変調することにより 1 波長あたり 100Gbps での伝送を実現するため、半導体光変調器、高速低消費電力 AD/DA コンバータ、等を新たに開発し、これらを 4 波長分用いた短距離向け小型・省電力 400Gbps 光多値伝送技術 (100Gbps×4 波長) を確立した。FPGA (※) を用いたデジタル信号処理回路により、400Gbps (100Gbps (25Gbaud×4) ×4 波長) の 16QAM (および 16APSK) 多値信号の生成、および世界で初めて半導体変調器を用いた 64QAM 多値信号の 40km の光ファイバ伝送後の信号受信に成功した。400Gbps 光送受信器の消費電力は、(専用の集積回路化により) 約 66W (16.5W (100Gbps 時) の 4 倍) に達する見込みであり、当初目標である従来機器の 1/2 (70W) 以下を達成する。また、従来部品に比べて実装面積を 43% に小型化しており、当初目標である 1/2 程度の小型化を達成した。

※ 製造後に購入者や設計者が構成を設定できる汎用の集積回路のこと。

#### I (c) プロトコル無依存リンク多重化技術

物理リンク多重化技術 (※ 1) および物理リンク管理技術 (※ 2) の確立により、2 種以上のプロトコル・伝送レートをもつリンク (8 本以上) を、低遅延 (1 $\mu$  秒以下) での多重化処理等を実現した。各技術を実装した装置を試作し、他課題連携の実証試験において、長距離伝送時の多重分離処理も実証し、400Gbps の高速大容量伝送を実現した。

※ 1 複数の物理リンクを束ねる技術。

※ 2 複数の物理リンクを多重・分離する際に、リンクを混同しないよう管理する技術。

#### I (d) マルチコアファイバ光接続技術

大容量性と冗長性をもつマルチコアファイバの通信経路を制御する光経路切替装置 (伝送する膨大な情報をマルチコアファイバの各通信経路に割り振り、多重・分散化する装置) を開発し、高速大容量化を実現することを確認した。6 つの各ノードに光経路切替装置を配置し、ノード間をマルチコアファイバで接続したリングネットワークを構築した。断線時の 50 ミリ秒以下のネットワーク回復を実証した。マルチコアファイバ間、もしくはマルチコアファイバと汎用ファイバを接続するコネクタ等を開発し、それぞれ 0.5dB 以下の光結合 (接続) 損失であることを確認した。

#### II (a) 適応変復調伝送技術

パイロット信号を用いた伝送路特性推定技術および、伝送路特性に応じた適応変復調伝送技術 (2 値、4 値、8 値、16 値の多重伝送方式の中から任意に選択可) を開発した。最大で 2 倍の伝送効率 (4bit/s/Hz) かつ、最大で現在の 4 倍となる当初目標である 1 波長あたり 400Gbps の伝送速度を実現した。

#### II (b) 線形適応等化技術

信号の伝送品質を維持するため、周波数特性などの線形な伝送特性変化による品質劣化を周波数軸上で補償 (スペクトル整形) する技術等を開発し、同一の変調多値度とビットレートにおいて、従来技術と比較して、当初目標である 1.5 倍の伝送距離 1,500km をはるかに上回る 3,000km 超の光伝送を実証した。

#### II (c) 適応誤り訂正・適応非線形信号補償技術

伝送波形歪みに対応する適応非線形補償技術および適応変復調に対応したサンプリング位

相同期・適応等化・搬送波周波数誤差補正・搬送波位相再生を行う電子回路技術等を開発した。同一の変調多値度とビットレートにおいて、従来技術と比較して、当初目標である 1.5 倍の伝送距離 1,500km をはるかに上回る 3,000km 超の光伝送を実証した。

## II (d) 低消費電力信号処理回路技術

課題 II (a) (b) (c) の技術を統合し、集積回路化を行った。基幹ネットワーク消費電力（伝送距離×総消費電力で比較）を当初目標である従来の 1/2 以下にする低消費電力信号処理回路を実現した。

以上の取り組みにより、ネットワークの高速大容量化に関しては、毎秒 400 ギガビット級の伝送技術が基幹ネットワーク（課題 II）およびアクセスネットワーク（課題 I (b)）において確立された。ネットワークの低消費電力化に関しては、基幹ネットワークにおいて、当初目標である平成 24 年時の消費電力の 1/3 以下を達成した（平成 23 年度までの施策で 2/3 減を達成。本施策の課題 II でさらに 1/2 減を達成）。また、アクセスネットワークにおいて、課題 I (a) の技術により 3 割以上の消費電力の削減が見込まれ、さらに光送受信器に関しては、課題 I (b) の技術により、当初目標である 1/2 (70W) 以下を達成した。上述の基幹ネットワークとアクセスネットワークを合わせた消費電力の削減効果により、ネットワーク全体としては、平成 24 年時の消費電力の 70%以下という目標が達成された。また、通信量等の通信環境に応じて変調速度・復調処理を適応的に制御する技術や災害時のネットワーク復旧に資する技術が、課題 I、II を通して確立された。

本研究開発で確立された技術は、今後のネットワークにおける通信量の急速な増大への対処、光ネットワーク技術によるネットワーク全体の消費電力の削減に資する他、通信環境に応じた変調速度・復調処理等の適応的な制御を実現することによる災害時における全国規模の迂回経路への瞬時回線切り替え、マルチコアファイバの導入による災害時の迅速な復旧を可能とするなど、光ネットワーク全体の耐災害性の向上に資するものである。さらに本開発成果により世界に先駆けて、伝送距離や消費電力において優位性のある 400Gbps 級の光ネットワーク機器を実現することが可能となり、国際標準化や国際市場への展開を先行して進めることにより、我が国の光ネットワーク技術の国際競争力の強化に資することからも、所期の目標を達成したといえる。

### 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、論文数や特許出願件数などの間接的な指標を用い、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（平成 27 年 6 月 5 日）において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

#### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	1 件 ( 1 件)	2 件 ( 2 件)	10 件 ( 9 件)	13 件 ( 12 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	3 件 ( 3 件)	27 件 ( 27 件)	22 件 ( 22 件)	52 件 ( 52 件)
その他の誌上発表数	1 件 ( 0 件)	3 件 ( 0 件)	5 件 ( 0 件)	9 件 ( 0 件)
口頭発表数	17 件 ( 1 件)	45 件 ( 0 件)	35 件 ( 1 件)	97 件 ( 2 件)
特許出願数	29 件 ( 2 件)	54 件 ( 20 件)	26 件 ( 13 件)	109 件 ( 35 件)
特許取得数	5 件 ( 0 件)	4 件 ( 0 件)	7 件 ( 0 件)	16 件 ( 0 件)
国際標準提案数	9 件 ( 9 件)	39 件 ( 39 件)	19 件 ( 19 件)	67 件 ( 67 件)
国際標準獲得数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
受賞数	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 1 件)	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 1 件)
報道発表数	2 件 ( 1 件)	1 件 ( 0 件)	9 件 ( 3 件)	12 件 ( 4 件)
報道掲載数	4 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)	68 件 ( 5 件)	73 件 ( 5 件)

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読(peer-review(論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等(Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集(電子媒体含む)に掲載された論文等(ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等(電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等(査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注5：PCT(特許協力条約)国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。(何カ国への出願でも1件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>情報通信インフラは国民の社会活動及び経済活動の根幹であることから、光ネットワークの高速化・低消費電力化技術を確立した本研究開発は、今後も増大が見込まれるネットワークの通信量と消費電力量に対処し、情報通信インフラの維持を可能とするものであり、国民のニーズに応えるものであったと認められる。</p> <p>さらに、本研究開発が対象とする分野は、欧米各国において国家プロジェクトとして大規模な投資による戦略的な研究開発が進められており、し烈な国際標準化、開発競争が展開されているところである。そのため、官民共同で研究開発に取り組むことにより、欧米各国に先駆けて技術を確立し、国際競争の主導権を確保することが必要であった。また、国際競争力の強化に資するため、上位の行政の目標に照らして妥当性を有するものである。</p> <p>以上より、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>本研究開発は、世界最先端の情報通信インフラ技術の確立を目的としており、研究遂行には広汎な分野にわたる高度な技術開発力が要求される。そのため本研究開発は、複数の電気通信事業者及び通信機器製造業者等が保有する優れた先端技術及び研究者のノウハウ等を持ち寄って統合するオープンイノベーションの連携体制により実施されており、各社がそれぞれ得意な分野を担当し、効率的に研究開発が進められた。本研究体制の効率性は、研究開発終了時に行われた外部有識者による評価でも高い評価を得ている。</p> <p>また、実施期間中も受託各社の研究代表者・実務者の定期的会合において各社の進捗状況や課題が調整・共有され、さらに外部の有識者と受託者から構成されるアドバイザー委員会や、外部有識者による継続評価において、研究進捗や進め方等について助言を受けるなど、効率的な実施のため情報交換が積極的に行われた。</p> <p>委託経費の執行に当たっては、事前に予算計画書を確認するとともに、年度途中及び年度末に経費の執行に関する経理書類を提出させ、総務省担当職員が詳細な経理検査を行い、予算の効率的な執行に努めた。加えて、専門的知見を有した監査法人に経理検査の補助を依頼し、経費執行の適正性・効率性を確保している。以上より、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により確立した光ネットワーク技術は、2014年時の従来技術(40Gbps級光伝送)に対して、10倍の通信速度にあたる400Gbps級の超高速光伝送を3割減の低消費電力で実現するものである。本技術は、今後のネットワークにおける通信量の急速な増大に対処できると共に、通信量に比例して増加するネットワーク全体の消費電力の削減にも有効である。また、マルチコアファイバを用いた冗長性の高い新しいネットワーク構成およびシステム技術は、災害時のファイバ断線による通信障害を早期に復旧可能で有り、光ネットワーク全体の耐災害性の向上に有効である。さらに本開発成果を用いて、国際標準化や国際市場への展開が先行して進められており、我が国の光ネットワーク技術の国際競争力の強化に対しても有効性が認められる。</p> <p>また、本研究開発の成果を活用した信号処理LSIの試作が既に終了し、製品化に向けた動きが見られる等、研究開発成果の社会還元が進みつつある。</p> <p>以上より、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>

公平性	<p>本研究開発の成果は、社会活動及び経済活動の根幹である情報通信インフラの高速大容量化及び低消費電力化に資することから、産業の活性化・国際競争力の強化、情報通信サービスの向上に寄与する等、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>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、競争性を担保した。</p> <p>また、研究成果について多数の発表があるほか、本研究開発で取得した特許については、原則として公開することとしており、技術の普及に貢献した。</p> <p>以上より、本研究開発の成果は社会全体に還元され、公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>本研究開発は、今後も増大が見込まれるネットワークの通信量と消費電力量に対処し、将来にわたって情報通信インフラの機能を維持することを目的としており、優先度は非常に高い。</p> <p>「世界最先端 IT 国家創造宣言」（平成 25 年 6 月閣議決定、平成 26 年 6 月・平成 27 年 6 月改訂）においても、「ビッグデータ時代のトラヒック増に対応するための IT インフラ環境を確保する」、「世界最高水準の IT 社会を実現し、維持・発展させるために、情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進する」とされているところである。このため、情報通信インフラの高速大容量化及び低消費電力化に寄与する光ネットワーク技術を確立する本研究開発は、優先的に実施していく必要がある。</p> <p>また、本研究開発が対象とする分野は、欧米各国において国家プロジェクトとして大規模な投資による戦略的な研究開発が進められており、し烈な国際標準化、開発競争が展開されているところである。そのため、官民共同で研究開発に取り組むことにより、欧米各国に先駆けて技術を確立し、国際競争の主導権を確保することが必要であった。</p> <p>以上より、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

#### 4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発においては、毎秒 400 ギガビット級の高速大容量伝送を低消費電力で実現する技術、通信量等の通信環境に応じて変調速度・復調処理を適応的に制御する技術、および各要素技術を確立した。ネットワークにおける通信量の急速な増大への対処、光ネットワーク技術によるネットワーク全体の消費電力の削減、光ネットワーク全体の耐災害性の向上に資する他、海外と比べても優位性を持つ技術を確立したことから我が国の光ネットワーク技術の国際競争力の強化に資するとともに、特許出願や国際標準提案なども着実に実施されるなど、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

##### <今後の課題及び取組の方向性>

本研究開発を実施したことにより、400Gbps 級の超高速・低消費電力光ネットワークを実現するために必要な要素技術が確立された。政策目標を達成するためには、確立された技術の実ネットワークへの普及を進め、本研究開発による成果がすべてのネットワーク機器に導入された場合、ネットワーク全体の消費電力は、平成 24 年当時と比較して、70%程度<sup>1</sup>に削減されることを目指す。

また、通信量の増大は長期的に続くものと予想されるため、光ネットワーク技術をさらに高度化するための研究開発「巨大データ流通を支える次世代光ネットワーク技術の研究開発」を平成 27 年度から 3 か年計画で実施しており、既存技術（100Gbps 級光伝送技術）の 10 倍にあたる 1 Tbps 級光伝送を実現するため、より高度な光伝送方式を用いた高速大容量光伝送技術並びに最新の電子回路技術

<sup>1</sup> ネットワークの消費電力量については、「グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース」の推計（平成 22 年 総務省）によれば、現状のネットワーク機器を使用し続けた場合の平成 24 年における消費電力量は、基幹ネットワークで 85 億 kWh、アクセスネットワークで 172 億 kWh、計 257 億 kWh（原発 4.8 基分）と見込まれている。

平成 23 年度までの施策（「超高速光伝送システム技術の研究開発」、「超高速光エッジノード技術の研究開発」。以下同じ。）の成果が基幹ネットワークのすべてのネットワーク機器に導入された場合、基幹ネットワークの消費電力は、2/3 程度に削減可能（「単位伝送速度×単位伝送距離」を単位として消費電力を比較した場合。以下同じ。）。本研究開発では、基幹ネットワークの消費電力を上記①からさらに 1/2 程度（あわせて、平成 24 年の消費電力の 1/3 程度）とすることを目指し、実現した。

また、アクセスネットワークの消費電力については、平成 23 年度までの施策の受託者による試算では、光送受信機による消費電力が全体の 2 割程度を占めているとされている。平成 23 年度までの施策の成果が導入された場合、これらの光送受信機の消費電力は 3/4 程度に削減可能。本研究開発では、アクセスネットワーク内にある光送受信機の消費電力をさらに 1/2 程度（あわせて平成 24 年の消費電力の約 4 割）とすることを目指し、実現した。

よって、基幹ネットワークの消費電力量は、85 億 kWh×(1/3)=28 億 kWh となる。また、アクセスネットワーク内の光送受信機による消費電力の削減量は、172 億 kWh×0.2×(1-0.4)=21 億 kWh となるので、アクセスネットワークの消費電力量は、172 億 kWh-21 億 kWh=151 億 kWh となる。これより、ネットワーク全体の消費電力量の合計は 28 億 kWh+151 億 kWh=179 億 kWh となり、これは、「グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース」による推計値である 257 億 kWh の約 70%（=179 億 kWh÷257 億 kWh）に当たる。

を駆使し低消費電力化を進めたデジタル信号処理回路技術を確立する。これにより 100Gbps 級光伝送技術に対し送受信機（実装サイズ）当たりの伝送容量を 10 倍にし、消費電力（同一通信処理速度で比較）を 1/4 にする高速大容量・低消費電力光伝送技術を確立する。最終的には、1Tbps の研究開発成果を含め、今後の技術開発成果をネットワーク機器全体に導入することにより、32 年度には 24 年度の 45% 程度のネットワーク消費電力の実現を目指す。

## 5 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 27 年 6 月 5 日）において、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・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発成果の目標達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績並びに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、以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- 基本計画書における目標を大きく上回る有効かつ効率的な研究開発であった。フィールド実験では当初目標を大いに上回る伝送距離の達成に成功するなど、目標を大きく上回る成果を得ている。成果発表、標準化活動、報道発表等を通じて、この分野における日本のプレゼンス向上に大きく貢献した。
- オープンイノベーションによる研究開発体制を構築し、各社の最先端技術を集積することによって国際競争力のある研究開発を効率的に推進してきた。
- 国際標準化活動に関しては、国産技術の標準採択と活動進展に大きく貢献し、研究開発内容の国際標準化を強力に推進していることは極めて高く評価できる。

## 6 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 2015（平成 27 年 6 月 19 日 閣議決定）  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 27 年 6 月 30 日 閣議決定）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/index.html>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言 工程表（平成 27 年 6 月 30 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部改定）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/decision.html>
- 日本再興戦略 -JAPAN is BACK-（平成 25 年 6 月 14 日 閣議決定）  
[http://www.kantei.go.jp/jp/headline/seicho\\_senryaku2013.html](http://www.kantei.go.jp/jp/headline/seicho_senryaku2013.html)
- スマートジャパン ICT 戦略（平成 26 年 6 月 20 日 総務省報道発表）  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02tsushin01\\_03000264.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin01_03000264.html)
- 「グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース 国際競争力強化検討部会 最終報告書」（平成 22 年 12 月 総務省決定）  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000094718.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000094718.pdf)
- 「グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース 地球的課題検討部会 最終報告書」（平成 22 年 12 月 総務省決定）  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000094721.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000094721.pdf)
- 総務省 平成 24 年度開始の研究開発プロジェクト一覧  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran24.html](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran24.html)

# 平成 27 年度事後事業評価書

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 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

小型航空機搭載用高分解能合成開口レーダーの研究開発

## 2 研究開発の概要等

### (1) 研究開発の概要

- ・実施期間 平成 24 年度～平成 26 年度（3 か年）
- ・実施主体 民間企業
- ・事業費 2,494 百万円

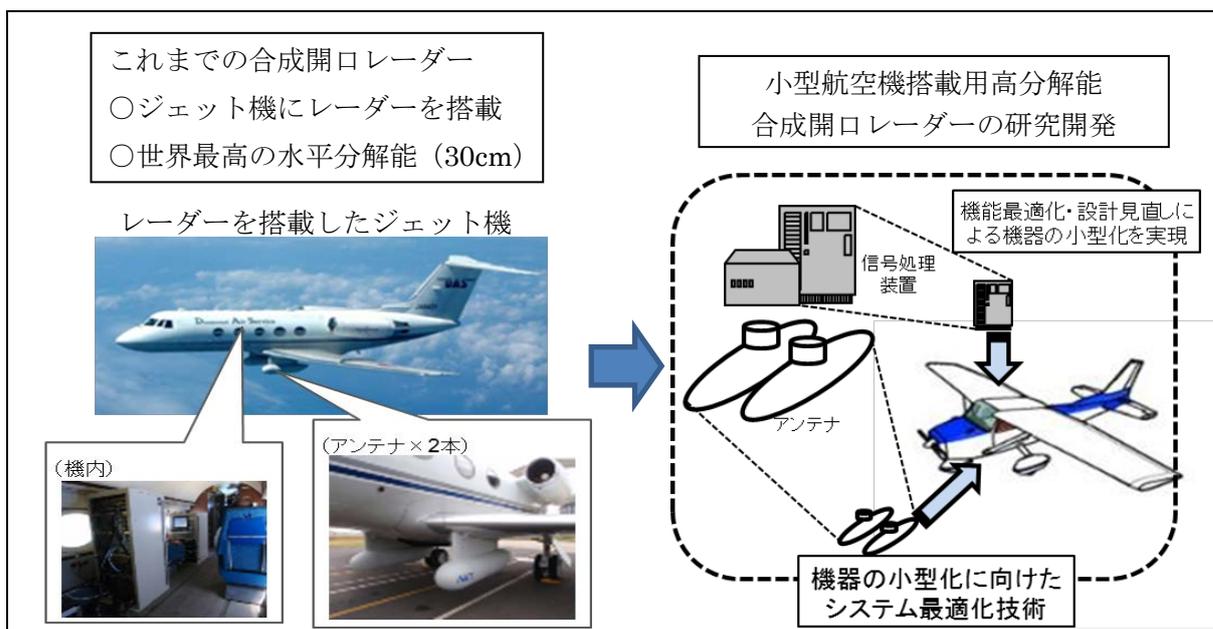
平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
922 百万円	875 百万円	697 百万円	2,494 百万円

#### ・概要

情報通信研究機構（NICT）が開発した航空機搭載合成開口レーダー※（Pi-SAR2）は、高精度な観測を実現するためには安定した航空軌道が必要であり、アンテナや処理装置などの機材も比較的大きいため、ビジネスジェットクラスの航空機への搭載を前提としている。我が国は、地震大国、津波大国であり、発災直後の迅速な被災状況の把握が極めて重要であることを考えれば、Pi-SAR2 が、多くの航空機でより柔軟に利用可能となるよう、一刻も早く小型化等の研究開発に取り組むことが不可欠である。

今後、様々な災害に対して、より臨機応変に高頻度で対応していくため、世界最高分解能を持つ Pi-SAR2 と同等の性能を有しつつ、セスナ等の小型航空機にも搭載可能な小型航空機搭載合成開口レーダーの実現に不可欠な技術を確認する。

※ 合成開口レーダー（SAR：Synthetic Aperture Radar）：航空機や人工衛星に搭載し、移動させ、信号処理技術を用いて、仮想的に大きな直径のレーダーとして機能させることで対象物を高い分解能で観測可能にしたレーダー。



技術の種類	技術の概要
機器小型化に向けたシステム最適化技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・Pi-SAR2 のリサイズに向けた設計見直し等を行う。</li> <li>・アンテナ方式の設計見直し（現行 Pi-SAR2 は導波管スロットアレイアンテナを採用）を含めて、より搭載性の高い機材設計を行う。</li> <li>・Pi-SAR2 システムの必要な機能性能を災害目的に最適化することにより、小型軽量化や省電力化を図る。</li> </ul>
航空軌道動揺補正技術	航空軌道が不安定である（飛行中の航空機姿勢の振れ幅の大きい）小型航空機から観測した場合でも、高精度の測定を可能とするため、動揺による SAR 画像の劣化を補正できるようにする技術開発を行う。
観測運用マンマシンインタフェース技術	専門的な技術や知識を有しない者であっても、的確な観測をできるようにするため、操作性の向上や自動観測機能の充実を図り、さらには測定データの自動一次処理までを行えるようなマンマシンインタフェース※の開発を行う。

※マンマシンインタフェース：人間とコンピューターなどの機械との情報のやり取りを媒介する入出力装置及びソフトウェア。

### ・スケジュール

技術の種類	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
機器小型化に向けたシステム最適化技術	小型アンテナ、システム部の設計・試作		フライト実証・評価
航空軌道動揺補正技術	動揺補正アルゴリズム検討、ソフトウェア試作		フライト実証・評価
観測運用マンマシンインタフェース技術	リアルタイム処理アルゴリズム検討、ソフトウェア試作		フライト実証・評価

## (2) 達成目標

航空機搭載合成開口レーダーの機器小型化に向けたシステム最適化技術、航空軌道動揺補正技術及び観測運用マンマシンインタフェース技術を開発することにより、現在と同等の性能を有しつつ、セサナ等の小型航空機にも搭載可能な小型・可搬型航空機搭載用合成開口レーダーを実現し、より迅速かつ臨機応変な災害対応等の実施に資する。

### ○ 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」
- ・ 第四期科学技術基本計画（平成 23 年 8 月 19 日閣議決定）
- ・ 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）
- ・ 科学技術イノベーション総合戦略 2014（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）
- ・ 地理空間情報活用推進基本計画（平成 24 年 3 月 27 日閣議決定）

## (3) 目標の達成状況

本研究開発において、以下の技術を確立することにより、所期の目標を達成した。また、これらの技術の確立により、小型航空機にも搭載可能な小型・可搬型航空機搭載用合成開口レーダーを実現し、また、このことにより、これまで小型航空機に搭載できなかったことで不可能だった、災害発生直後に短時間で広域の被害状況を把握することが可能となったことにより、より迅速かつ臨機応変な災害対応等の実施に資することができるようになり、所期の目標を達成した。

### ①機器小型化に向けたシステム最適化技術

現在の Pi-SAR2 を使用したフライト試験により、小型化の課題抽出及び最適パラメータ抽

出を行った。その結果を基に、Pi-SAR2 のリサイズに向けた設計見直しを行う等、より搭載性の高い機材設計を行い、Pi-SAR2 と同程度の性能を維持したまま、機器の小型化・軽量化・省電力化を可能とする技術を確立した。また、Pi-SAR2 と同程度の性能の達成と、Pi-SAR2 の 20%程度への小型化・軽量化、Pi-SAR2 の 50%以下への省電力化を達成。

### ②航空軌道動揺補正技術

機械的な空間安定で±4° /sec を超える機体動揺を抑制し、リアルタイム処理可能な高精度の画像補正処理技術と組み合わせて、航空軌道が不安定である（飛行中の航空機姿勢の振れ幅の大きい）小型航空機から観測した場合でも、鮮明な SAR 画像が得られることを確認。

### ③観測運用マンマシンインタフェース技術

専門的な技術や知識を有しない者であっても、的確な観測ができるように、GUI※により地図上で観測地点の指定を行い、1 観測点あたりの設定を短時間（3 分以下）で適切な観測パラメータ等を自動設定すると共に、SAR 観測・機器操作を自動実行することが可能な技術を確立。

※GUI：Graphical User Interface コンピュータやソフトウェアが利用者に情報を提示したり操作を受け付けたりする方法（UI：ユーザインタフェース）の類型の一つで、情報の提示に画像や図形を多用し、基礎的な操作の大半を画面上の位置の指示により行うことができるような手法のこと。

## 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、論文数や特許出願件数などの間接的な指標を用い、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（平成 27 年 6 月 25 日）において、目標の達成状況に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 ( 0 件)			
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 2 件)	2 件 ( 2 件)	4 件 ( 4 件)
その他の誌上発表数	0 件 ( 0 件)			
口頭発表数	2 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)	6 件 ( 0 件)
特許出願数	1 件 ( 0 件)	2 件 ( 1 件)	2 件 ( 1 件)	5 件 ( 2 件)
特許取得数	0 件 ( 0 件)			
国際標準提案数	0 件 ( 0 件)			
国際標準獲得数	0 件 ( 0 件)			
受賞数	0 件 ( 0 件)			
報道発表数	0 件 ( 0 件)			
報道掲載数	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)	5 件 ( 0 件)	7 件 ( 0 件)

注 1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。（括弧）内は、その内海外分のみを再掲。

注 2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読（peer-review（論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの）のある出版物に掲載された論文等（Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む）を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注5：PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。（何カ国への出願でも1件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>本研究開発は、Pi-SAR2 の実用化に不可欠なものであり、本研究開発の成果により国や地方自治体等が保有する小型航空機に搭載可能な合成開口レーダーが実現し、災害発生時等においてこれらの機関等が発災直後に短時間で広域の被害状況を把握することが可能となり、より迅速かつ臨機応変な災害対応等の実施に資することで国民の安全・安心の確保に大きく寄与することが期待される。また、この成果による利益は広く国民に享受されるものであることから、国民のニーズに応えるものである。</p> <p>以上より、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、外部の有識者、本技術のユーザとなり得る官公庁や民間会社を含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識やユーザ省庁等からの意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施している。</p> <p>また、本研究開発については、広く公募を行い、外部専門家・外部有識者から構成される「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」及びその下に設置する評価検討会において外部評価を実施することで、効率性を確保している。</p> <p>委託経費の執行に当たっては、事前に予算計画書を確認するとともに、年度途中及び年度末に経費の執行に関する経理書類を提出させ、総務省担当職員が詳細な経理検査を行い、予算の効率的な執行に努めた。加えて、専門的知見を有した監査法人に経理検査の補助を依頼し、経費の執行の適正性・効率性を確保している。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発の成果により、国や地方自治体等が保有する小型航空機に搭載可能な合成開口レーダーが実現し、災害発生時等において、これらの機関等が発災直後に短時間で広域の被害状況を把握することが可能となり、より迅速かつ臨機応変な災害対応等の実施に資することができるようになった。また、このことにより、国民の安全・安心の確保に大きく寄与することが期待される。</p> <p>外部専門家・外部有識者から構成される評価会及び評価検討会における研究開発成果の目標達成状況に関して、当初の目標を十分に達成したと評価されており、本研究開発には有効性があったと認められる。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発は、災害発生時の被災状況把握のための革新的技術の研究開発を実施するものであり、より迅速かつ臨機応変な災害対応等を実施することを目的としている。その成果による利益は、広く国民の安全・安心な生活の確保として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、競争性を担保した。</p> <p>また、研究成果について多数の発表があるほか、本研究開発で取得した特許については、原則として公開することとしており、技術の普及に貢献した。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>地震大国、津波大国である日本において、災害等の発災直後に迅速かつ臨機応変に被災状況等を把握することは、災害対応等において非常に重要であることを考えれば、小型航空機に搭載可能な合成開口レーダーにより短時間で広域の被害状況を把握することができる本研究開発は、国民の安全・安心の確保に向けて、早期に実施・完了すべきものである。</p> <p>また、本施策は、世界最先端 IT 国家創造宣言（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）や科学技術イノベーション総合戦略（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）の登録施策として、重点的に国が実施すべき事業として明示されている。よって本事業は、政策目的の達成手段として必要かつ適切な事業であり、政策体系の中で優先度の高い事業である。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

## 4 政策評価の結果（総合評価）

自然災害の発生が増加傾向にあり、本研究開発の有効性、必要性は高まっているといえる。

適切なマネジメントの下で効率的な開発を確実に実行しており、機器小型化に向けたシステム最適化技術（航空機搭載合成開口レーダーの小型化に向けたシステム最適化技術）、航空軌道動揺補正技術、観測運用マンマシンインタフェース技術を確立したことにより、現行の Pi-SAR2 に匹敵する性能を維持したまま、小型航空機にも搭載可能なシステムの小型化、省電力化の目標を達成し、小型・可搬型航空機搭載用合成開口レーダーを実現した。特に、リアルタイム処理、動揺補正について、機内でリアルタイムでの地図の重ね合わせ表示の実現やブレのない鮮明な画像取得が得られるなど優れた成果が出ている。これらのことにより、より迅速かつ臨機応変な災害対応等の実施に資するなど、目標を達成できており、本研究開発の有効性、効率性等が認められる。

また、東京国際消防防災展や国連防災世界会議等の展示会に出展するほか、学会発表、報道発表を通じて研究成果の有効性を示すと共に、東北地方における合同災害対策訓練「みちのく A L E R T 2 0 1 4」等への貢献もなされた。

<今後の課題及び取組の方向性>

今後の活動方針として、社会展開を図るために、国内外の展示会への出展や各種フォーラムへ参加するなど、引き続き、防災関係機関等に対してシステムの有効性を広く示し需要を喚起するとともに、低コスト化に向けての検討を進める必要がある。

## 5 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 27 年 6 月 25 日）において、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・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発成果の目標達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績並びに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、以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・本研究の重要性が高まる中で、効率的に研究を進め基本計画以上の成果を達成した。今後のビジネス展開を期待する。
- ・自然災害の発生が増加傾向にあり、本研究の有効性、必要性は高まっている。
- ・基本計画書の内容を超えるヘリ搭載実証までのスケジュールを立案し、適切なマネジメントの下で効率的な開発を確実に実行した。
- ・現行の Pi-SAR2 に匹敵する性能を維持したまま、システムの小型化、省電力化の目標を達成した。動揺補正、機上リアルタイム処理について優れた成果が出ている。
- ・学会発表、報道発表を通じて研究成果の有効性を示すと共に、防災対策訓練等への貢献もなされた。特許出願及び論文発表等を実施できることを期待する。
- ・今後の活動方針は明確であるが、社会展開を図るために、システムの有効性を広く示し需要を喚起するとともに、低コスト化にむけての検討を進める必要がある。国のミッションとビジネスモデルを踏まえて計画立案に望んで欲しい。

## 6 評価に使用した資料等

- 世界最先端 IT 国家創造宣言工程表（平成 26 年 6 月 24 日改定）  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20140624/siryou3.pdf>
- 科学技術イノベーション総合戦略（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）詳細工程表  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2014/kotei-4-chiiki\\_fukkou.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2014/kotei-4-chiiki_fukkou.pdf)
- 総務省 平成 24 年度開始の研究開発プロジェクト一覧  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran24.html](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran24.html)

# 平成 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：情報通信国際戦略局 通信規格課

評価年月：平成 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

先進的 ICT 国際標準化推進事業

## 2 研究開発の概要等

### (1) 研究開発の概要

- ・実施期間 平成 24 年度～平成 26 年度（3 か年）
- ・実施主体 民間企業、大学
- ・事業費 1,030 百万円

平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
363 百万円	368 百万円	299 百万円	1,030 百万円

#### 概要

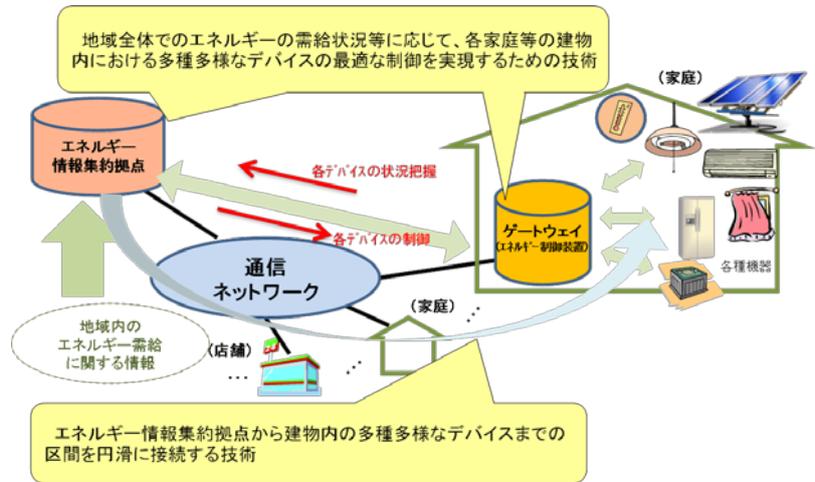
情報通信分野の技術革新は、グローバルな規模で進展しており、技術の多様化によって、一国あるいは一社で全ての技術をカバーし、製品・サービスを提供することが困難となりつつある一方で、技術の共有・分業による製品・サービスの高度化がスピード感をもって進められており、国際標準化の果たす役割がますます高まっている。

このような中、情報通信審議会「情報通信分野における標準化政策の在り方」中間答申（H23.7.25 情報通信審議会）等において、当面推進すべき標準化重点分野とされた「スマートグリッド」、「デジタルサイネージ」、「次世代ブラウザ」等の先進的な各技術分野において、コアとなる通信規格を開発するとともに、その規格を組み込んだシステムやサービス全体について実フィールドにおける実証実験を実施し、単に原理を提案するだけでなく、システムやサービスと一体的に実証実験を行い、その実用性を十分に検証した上での戦略的な国際標準化の推進に資する。

- ※ スマートグリッド：発電設備から末端の機器までを通信網で接続、電力流と情報流を統合的に管理することにより自動的な電力需給調整を可能とし、電力の需給バランスを最適化する仕組み。
- ※ デジタルサイネージ：屋外・店頭・公共空間・交通機関など、あらゆる場所で、ネットワークに接続したディスプレイなどの電子的な表示機器を使って情報を発信するシステム。
- ※ 次世代ブラウザ：コンピュータ上の情報を閲覧するためのソフトウェアであるブラウザに対し、動画やオーディオ等のマルチメディアコンテンツの表示を可能とするなど、様々な機能を拡張する次世代のブラウザ。Web 技術に関する国際標準化団体である W3C(World Wide Web Consortium)で標準化が進められている。

分野	技術の種類	技術の概要
スマートグリッド	スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術	各家庭等の建物内に設置された様々なデバイス（家電、照明器具、エネルギー機器、各種センサ等）の情報から建物内の状況を把握し、それらを収集したエネルギー情報集約拠点において、地域全体でのエネルギーの需給状況等に応じて、各デバイスの最適な制御を実現するための通信プラットフォーム技術及び当該制御のために必要となる情報を円滑に伝達するための技術。 スマートグリッドにおいては、多種多様な家電等のデバイスをネットワークに円滑に接続し、宅内から地域全体まで細やかなエネルギーマネジメントを行うことが求められるところ、オフィスビルや公共施設等の比較的大規模な建物については、こうした制御技術の実用化が進みつつあるが、住宅や店舗等の小規模な建物については、制御技術が確立されていない。しかし、効率的・効果的なスマートグリッドを実現するためには、地域コミュニティの大多数を占める住宅や店舗等の小規模施設におけるきめ細やかなエネルギーマネジメントが必要不可欠である。このため、世界に先駆けて本技術を開発することで、住宅や店舗等の小規模な建物についてもきめ細やかなエネ

ルギーマネジメントを可能とし、大規模な建物から小規模な建物まで、地域全体をスマートグリッド化する、スマートコミュニティの実現に繋がるとともに、開発した技術について、具体的なサービスも含めた実証を行うことで、実効性のある国際標準化や速やかな普及を図り、スマートグリッド分野における我が国の国際競争力の強化に繋げる。



図：スマートコミュニティにおけるエネルギー管理通信技術の概要図

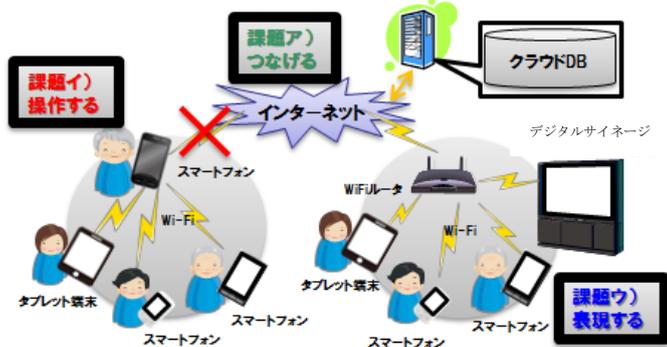
デジタルサイネージ  
次世代ブラウザ

次世代ブラウザ技術を利用した災害時における情報伝達のための端末間情報連携技術

端末の OS や表示形式に依存しない技術仕様である次世代ブラウザ技術を利用し、災害時・緊急時等にスマートフォンやデジタルサイネージ等の様々な端末同士が連携した上で、公共交通機関運行情報や災害情報等の必要な情報を簡便な操作により送受信し、効率的に情報共有を行うことを可能とする情報通信基盤技術（半自律型情報発信基盤）。

スマートフォン及びデジタルサイネージ等は、情報共有するためのデバイスとして近年期待が高まっているところ、現状では、災害時・緊急時に人々が持つ様々な情報を様々な端末間で適切に共有できず、必要とする情報を入手できる人と入手できない人との間に情報格差が生じてしまう問題が存在する。しかし、このような状況下においても、災害時での情報不足を補い、誰もが行動判断に必要な情報を安心して取得できる情報格差のない社会基盤の実現を目指すことが必要不可欠である。

本技術は、東日本大震災等の災害時・緊急時における情報伝達の必要性の認識という我が国固有の経験を活かし、避難所などその場にいる人々との間で簡単に情報共有を可能とすることで、デジタルサイネージ及びスマートフォン等を利用した情報流通サービスに対して新たな付加価値を加えるものである。本技術を世界に先駆けて開発するとともに、「次世代ブラウザ」技術に関する最大の標準化団体である W3C で国際標準化を行うことで、国内ベンダが提供する様々な端末との相互接続が担保され、デジタルサイネージ及びスマートフォン等を利用した情報流通サービス市場を拡大させつつ、当該市場における我が国関連企業の優位性を確保し、「デジタルサイネージ」及び「次世代ブラウザ」分野における我が国の国際競争力の強化に資する。



図：半自律型情報発信基盤の概念図

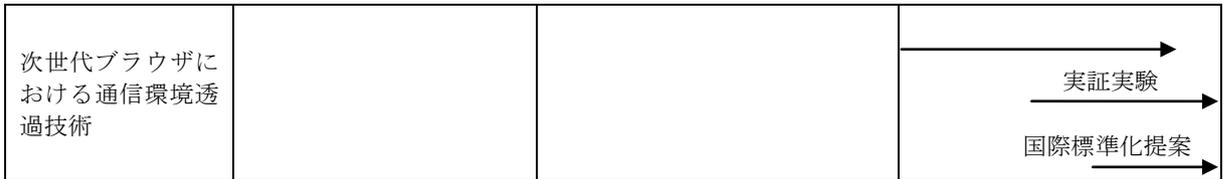
<p>デジタルサイネージ 次世代ブラウザ</p>	<p>次世代ブラウザにおける通信環境透過技術</p>	<p>災害時・緊急時等にインターネット回線がひっ迫して通信が困難になる状況でも、次世代ブラウザを用いることで、デジタルサイネージを含め各種端末間で直接情報のやりとりを行うことを可能とするネットワーク通信技術。</p> <p>デジタルサイネージは、情報を提供するインフラとして近年期待が高まっているところ、現状では、災害時・緊急時や大規模イベント等のトラフィックが集中した状況におけるインターネット回線のひっ迫等により、インターネット上のサーバ経由の通信では情報提供が困難な場合が存在する。しかし、情報の提供というデジタルサイネージ本来の機能を考えた場合、このようなインターネット回線がひっ迫した状況への対応が必要不可欠である。このため、世界に先駆けて本技術を開発することにより、東日本大震災等の災害時・緊急時等における情報伝達の必要性の認識という我が国固有の経験を活かしつつ、デジタルサイネージサービスに対して、ネットワークへのアクセスが遮断された状態でも情報のやりとりを可能とするという新たな付加価値を加えるとともに、「次世代ブラウザ」技術に関する最大の標準化団体である W3C で国際標準化を行うことで、海外ベンダを含む各種端末との相互接続が担保され、デジタルサイネージ関連市場を拡大させつつ、当該市場における我が国関連企業の優位性を確保し、「デジタルサイネージ」及び「次世代ブラウザ」分野における我が国の国際競争力の強化に資する。</p> <p>図：次世代ブラウザにおける通信環境透過技術の全体構造</p>
------------------------------	----------------------------	--

※各技術課題の設定に当たっては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の経験を踏まえ、平時のみならず、災害・緊急時においても重要となる技術を研究開発することとした。

・スケジュール

技術の種類	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術	技術方式の検討		
	国際標準化活動	実証実験	標準化
次世代ブラウザ技術を利用した災害時における情報伝達のための端末間情報連携技術	技術方式の検討		
		実証実験	国際標準化提案

技術方式の検討



## (2) 達成目標

我が国が技術力の面で他国と比べて優位性を有する先進的な ICT 分野である「スマートグリッド」、「デジタルサイネージ」、「次世代ブラウザ」の各分野においてコアとなる通信規格であるスマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術、次世代ブラウザ技術を利用した情報伝達のための端末間情報連携技術及び次世代ブラウザにおける通信環境透過技術を確立し、その国際標準化に当たっては、システムやサービスまでを対象とした実証実験において各技術の実用性が十分に検証されていることを示すことで、単に原理を提案するだけでなく説得性の高い提案を行うことにより、国際標準の獲得を推進し、我が国の国際競争力を強化する。

## (3) 目標の達成状況

本研究開発において、システムやサービスと一体的に実証実験を行うことにより、以下のとおり、各技術を確立したとともに、国際標準の獲得を推進し我が国の国際競争力を強化できており、所期の目標を達成した。

### 課題ア) スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術

東日本大震災以降、地域全体として適切なエネルギーマネジメントを行う「スマートコミュニティ」の実現が期待されている中、その実現のために必要となる各家庭等の建物内に設置された様々なデバイス（家電、照明器具、エネルギー機器、各種センサ等）の情報から建物内の状況を把握し、それらを収集したエネルギー情報集約拠点において、地域全体でのエネルギーの需給状況等に応じて、各デバイスの最適な制御を実現するための通信プラットフォーム技術及び当該制御のために必要となる情報を円滑に伝達するための技術を開発した。

当該技術のサービスまで含めた検証を行うため、28 種 820 個以上のデバイスを接続し、エネルギーマネジメントサービスを実現する実証環境を構築し、想定通り動作することを示した。これらの実証結果やシミュレーション等により、1000 戸規模からなるスマートコミュニティにおいて、電力消費量の 2 割削減が可能となることを確認した。また、研究開発成果のうち、システムの全体構造に関する部分は、我が国の提案として国際電気通信連合電気通信標準化部門（ITU-T）において「Y.2070」として国際標準化された。スマートグリッドは、ITU において、必要となる情報通信技術の標準化を検討する新たな体制（JCA-SG&HN: Joint Coordination Activity on Smart Grid and Home Network）が立ち上がるなど、その国際標準化活動が世界的に活発化しているところであり、この中で我が国の開発したスマートグリッドに係る基礎技術を国際標準化したことで、今後のスマートグリッドに関する議論を優位に進めることができるため、国際競争力の強化に繋がることが期待される。

更に、近年その重要性が増してきている、あらゆるモノをネットワークに繋ぐことで新たな価値を創出するモノのインターネット（Internet of Things:IoT）について、その標準化や普及・推進を図る oneM2M や Web 技術を用いた共通制御のための仕組みを検討している W3C(World Wide Web Consortium) WoT IG(Web of Things Interest Group)等においても、今回標準化を実施したシステムの全体構造を基にした議論が実施されており、IoT における国際競争力の強化にも繋がることが期待される。

※ oneM2M：家電、社会インフラ、自動車等 M2M のサービスレイヤの標準化を推進する組織。

### 課題イ) 次世代ブラウザ技術を利用した災害時における情報伝達のための端末間情報連携技術

東日本大震災の経験から多種多様な端末間における効果的な災害情報等の伝達手段の確立の必要性が明らかとなったため、OS や表示形式が異なる 10 種類以上のスマートフォン・タブレット端末・PC・デジタルサイネージ計 100 台程度を連携させて情報流通を実現する技術を確立し、公共交通機関運行情報や災害情報等の必要な情報を簡便な操作により送受信し、効率的に情報共有を行うことを可能とした。

技術の有効性の確認に当たっては、端末の OS や表示形式に依存しない技術仕様である次世代ブ

ブラウザ技術を利用し、一般ユーザを対象としたシステム及びアプリケーション、ユーザーインタフェースを開発し、新宿駅、熊本市商店街、熊本空港という実環境に擬似災害環境を構築して100名以上の被験者で実証実験を行い、半自律型情報発信基盤の技術の核となる「災害時端末間連携技術」「災害情報送受信ユーザインタフェース技術」「災害時コンテンツ最適表示技術」の3件の課題のほぼすべてを達成した。

本研究開発成果に関して、現時点でITUに2件、W3Cに3件、計5件提案中であり、ITUの1件に関しては平成28年1月会合で勧告化予定である。また、取得特許の活用状況に関して、NTT事業会社へ実施許諾を3件実施し、平成27年度中に製品へ反映する予定である。今後、引き続きW3Cにおける標準化議論をリードする形で進め、本技術を国際標準とすることで、国内ベンダが提供する様々な端末との相互接続が担保され、デジタルサイネージ及びスマートフォン等を利用した情報流通サービス市場を拡大させつつ、当該市場における我が国関連企業の優位性を確保し、「デジタルサイネージ」及び「次世代ブラウザ」分野における我が国の国際競争力の強化に貢献することが期待される。

#### 課題ウ) 次世代ブラウザにおける通信環境透過技術

インターネットを経由しない通信を可能とする「次世代ブラウザ技術による通信環境透過型端末連携技術」及びプライバシーを配慮しユーザー承認された端末間でのみ情報交換を可能とする「次世代ブラウザ技術による自律的な端末発見・承認技術」を確立し、災害時・緊急時等にインターネット回線がひっ迫して通信が困難になる状況でも、次世代ブラウザを用いることで、デジタルサイネージを含め各種端末間で直接情報のやりとりを行うことを可能とした。

技術の有効性の確認に当たっては、システム・サービスまでを対象とした検証を行うため、ラボ環境での実証実験に加え、商業施設に設置された無線LANを利用しながら、実際に公共情報共有サービスが行えるフィールド環境を構築し、一般ユーザを対象とした実証実験を行うことで、本技術の機能検証及び性能検証を実施した。また、研究開発成果については、W3Cの技術総会において、実装例を示しながら標準化提案を行い、必要性の了解と今後の継続検討について同意を得た。今後、引き続きW3Cにおける標準化議論をリードする形で進め、本技術を国際標準とすることで、海外ベンダを含む各種端末との相互接続が担保され、デジタルサイネージ関連市場を拡大させつつ、当該市場における我が国関連企業の優位性を確保し、「デジタルサイネージ」及び「次世代ブラウザ」分野における我が国の国際競争力の強化に貢献することが期待される。

### 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、論文数や特許出願件数などの間接的な指標を用い、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、学識経験を有する者等の専門家を参集して開催した「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合（第63回）」（平成26年6月26日）及び「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合（第69回）」（平成27年6月25日）において、各課題の事業終了時における目標の達成状況に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や国際標準提案数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

#### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0件（0件）	0件（0件）	2件（0件）	2件（0件）
査読付き口頭発表論文数 （印刷物を含む）	1件（0件）	0件（0件）	2件（1件）	3件（1件）
その他の誌上発表数	0件（0件）	2件（0件）	4件（0件）	6件（0件）
口頭発表数	21件（3件）	34件（2件）	26件（7件）	81件（12件）
特許出願数	9件（0件）	10件（2件）	4件（0件）	23件（2件）
特許取得数	0件（0件）	5件（0件）	4件（0件）	9件（0件）
国際標準提案数	5件（5件）	30件（30件）	24件（24件）	59件（59件）

国際標準獲得数	0件(0件)	1件(1件)	1件(1件)	2件(2件)
受賞数	2件(0件)	3件(0件)	2件(0件)	7件(0件)
報道発表数	0件(0件)	3件(0件)	3件(1件)	6件(1件)
報道掲載数	0件(0件)	31件(0件)	35件(0件)	66件(0件)

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上发表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読(peer-review(論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等(Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集(電子媒体含む)に掲載された論文等(ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等(電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等(査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注5：PCT(特許協力条約)国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。(何カ国への出願でも1件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

観点	分析
必要性	<p>情報通信分野は、放送のデジタル化や通信ネットワークのブロードバンド化・IP化など、基盤となる技術の革新がグローバルな規模で進展しており、技術の多様化によって、一国あるいは一社で全ての技術をカバーし、製品・サービスを提供することが困難となりつつある。そして、不断に変化する消費者・利用者ニーズに対応するため、グローバルな規模での技術の共有と分業による製品・サービスの高度化がスピード感をもって進められており、国際標準化の果たす役割がますます高まっている。このような中、従来にも増して戦略的な取組が必要とされるとともに、標準化を目指す通信規格について、単に原理を提案するだけでなく、システムやサービスと一体的に実証実験を行うことにより、その実用性を十分に検証した上で説得性の高い国際標準提案を行っていくことが極めて重要となっている。</p> <p>また、東日本大震災の発災以来、エネルギー利用の効率化や、災害に強いネットワーク・情報伝達技術の構築が求められているところ、本研究開発で対象とした各技術は、住宅や店舗等の小規模な建物についてもきめ細やかなエネルギーマネジメントを可能とし、大規模な建物から小規模な建物まで、地域全体をスマートグリッド化するスマートコミュニティの実現や、災害時緊急時等の簡便かつ効率的な情報共有、インターネット回線がひっ迫して通信が困難になる状況での情報共有を可能とするなど、社会基盤として極めて重要な技術であり、その実現の技術的及び社会的な意義は大きい。</p> <p>以上より、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、外部の有識者、本技術のユーザとなり得る民間企業・地方自治体等を含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方及び国際標準化提案方針等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識やユーザとなり得る関係者からの意見等を活用し、効率的な研究開発及び国際標準化提案が実施されることで、各分野の国際競争力の強化に資した。</p> <p>また、本研究開発については、広く公募を行い、外部専門家・外部有識者から構成される「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」及びその下に設置する評価検討会において外部評価を実施することで、効率性を確保している。</p> <p>委託経費の執行に当たっては、事前に予算計画書を確認するとともに、年度途中及び年度末に経費の執行に関する経理書類を提出させ、総務省担当職員が詳細な経理検査を行い、予算の効率的な執行に努めた。加えて、専門的知見を有した監査法人に経理検査の補助を依頼し、経費執行の適正性・効率性を確保している。</p> <p>以上より、本研究開発は効率的に実施されたと認められる。</p>

有効性	<p>各研究開発課題について、それぞれの課題解決に必要となる技術の確立及び実フィールドにおける実証による有効性の確認を実施するとともに、国際標準化や事業化に向けた活動についても、事業期間内に59件の国際標準化提案を行い、2件の国際標準を獲得し、一部の技術については事業化の検討に着手するなど十分な成果実績が得られており、標準化による技術の速やかな普及及びそれによる市場の拡大を実現しつつ、当該市場における我が国関連企業の優位性が確保されることが期待されることから、我が国の国際競争力が強化されたと認められる。</p> <p>また、研究開発成果について、事業終了時に外部専門家・外部有識者から構成される評価会及び評価検討会を開催し、「国際標準を獲得するという第一目標が確実に達成されている」、「研究期間内に計画以上の成果を挙げている」等の外部評価を受けている。</p> <p>以上より、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発で扱ったエネルギーマネジメント通信技術やデジタルサイネージをハブとした情報伝達技術は、震災発生時等において適切なエネルギー管理、災害情報・安否確認等の情報伝達を行うことで社会全体の安心・安全に資するだけでなく、平常時においても効率的なエネルギー使用や、大規模イベント等のトラフィック集中時の情報伝達等、広く一般的にその利用が見込まれるところである。</p> <p>更に、本研究開発は「スマートグリッド」「デジタルサイネージ」「次世代ブラウザ」の各分野における我が国の国際競争力の強化に資するものであるが、その成果は積極的に国際標準化を行うとともに、一部については今後オープンソース・ソフトウェア化を行うこととしており、本研究開発の実施主体だけでなく、多様な主体がこれらを利用して様々なサービスを生み出すことが可能であることから、その成果は本事業の実施者に留まらず広く国民の利益になると考えられる。</p> <p>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、競争性を担保した。</p> <p>以上より、本研究開発成果は限られたユースケース・事業者に限るものではなく、社会全体に還元されるものであり、公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>情報通信分野は全ての経済活動の基盤であり、少子高齢化が進む我が国において、安定的な経済成長を確保するためには、我が国が優位性を有する情報通信技術について、戦略的に国際標準化を推進し、その国際競争力を強化することは優先的に取り組むべき事柄である。</p> <p>また、東日本大震災の発災以来、エネルギー利用の効率化を達成することや、今後想定される大規模災害に備え、災害時でも影響を受けにくい情報伝達手段を確保することは、喫緊に達成すべき重要な課題となっている。</p> <p>本研究開発は「スマートグリッド」、「デジタルサイネージ」、「次世代ブラウザ」等において、上記の喫緊に取り組むべき課題の解決に資する通信規格を開発するとともに、各技術の国際標準化を推進することで、技術の速やかな普及と市場の拡大を実現し、当該市場における我が国関連企業の優位性を確保して我が国の国際競争力の強化に資するものであり、優先性があったと認められる。</p> <p>さらに、本研究開発は、「第4期科学技術基本計画」（平成23年8月閣議決定）や「知的財産推進計画2011」（平成23年6月知的財産戦略本部決定）等の政府方針や、「情報通信分野における標準化政策の在り方」（平成27年3月情報通信審議会中間答申）等の総務省方針に合致するとともに、平成25年度及び平成26年度科学技術予算における最重点化の対象となるアクションプラン対象施策として、総合科学技術会議において特定されている。</p> <p>以上より、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

#### 4 政策評価の結果（総合評価）

国際標準化の果たす役割がますます高まっている中、標準化を目指す通信規格について、単に原理を提案するだけでなく、システムやサービスと一体的に実証実験を行うことにより、その実用性を十分に検証した上で説得性の高い国際標準提案を行っていくことが極めて重要となっている。本研究開発はこのような戦略的な国際標準化を行うことで、我が国が優位性を有する情報通信技術についてその国際競争力を強化するものであり、必要性、優先性等が認められる。また、本研究開発で対象としたエネルギー利用の効率化や、災害に強いネットワーク・情報伝達技術の構築は、東日本大震災の発災以降、我が国として喫緊に達成すべき重要な課題となっており、国際標準化を目指す通信規格として、必要性、優先性が高いものと認められる。

各研究開発課題については、それぞれの課題解決に必要となる技術を確立するとともに、システムやサービスまでを対象とした実証実験においてその有効性が確認された。併せて、実証実験によって各技術の実用性が十分に検証されていることを示すことで、単に原理を提案するだけでない説得性の高い国際標準化提案を行うことにより、当初の期待を上回る国際標準化実績が得られているなど、研究開発成果を踏まえた戦略的な国際標準化を推進することで我が国の国際競争力の強化に貢献しており、事業の有効性、効率性等が認められた。

また、今後は、研究開発成果の国際標準化、オープンソース・ソフトウェア化により、本研究開発の成果が社会全体へ還元されていくことが期待される。

<今後の課題及び取組の方向性>

本研究開発で得られた技術及びノウハウを製品化・事業化へ反映させるための検討を進めていくとともに、研究開発で確立した技術の国際標準化、オープンソース・ソフトウェア化や、民間フォーラム等の場における研究成果の紹介等を通じて、本研究開発成果の社会展開を促進する。

## 5 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（第 63 回）」（平成 26 年 6 月 26 日）及び「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合（第 69 回）」（平成 27 年 6 月 25 日）において、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・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発成果の目標達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績並びに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、以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

課題ア) スマートコミュニティにおけるエネルギーマネジメント通信技術

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合（第 69 回）」（平成 27 年 6 月 25 日）

- 国際標準の獲得を確実に実施しており、その他シミュレータのオープンソース化、大規模な実験検証等も評価できる。今後の社会展開に向けた取組に期待。

課題イ) 次世代ブラウザ技術を利用した災害時における情報伝達のための端末間情報連携技術

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合（第 63 回）」（平成 26 年 6 月 26 日）

- 国際標準化も含め、2 年間で良い成果が得られている。今後は、オープンコミュニティ標準も活用し、より広く技術が活用されることを期待する。

課題ウ) 次世代ブラウザにおける通信環境透過技術

「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合（第 69 回）」（平成 27 年 6 月 25 日）

- 1 年間という短い期間ながら、効果的な研究開発を行って、実証実験、国際標準化提案、オープンソースソフトウェアのベース構築等着実に成果を出した点が評価できる。

## 6 評価に使用した資料等

- 「第 4 期科学技術基本計画」（平成 23 年 8 月 19 日閣議決定）  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/4honbun.pdf>
- 「知的財産推進計画 2011」（平成 23 年 6 月 3 日知的財産戦略本部決定）  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/kettei/chizaikeikaku2011.pdf>
- 「平成 25 年度科学技術重要施策アクションプランの対象施策について」（平成 24 年 9 月 13 日総合科学技術会議決定）  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h25ap/h25\\_tokutei.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h25ap/h25_tokutei.pdf)
- 「平成 26 年度科学技術重要施策アクションプラン対象施策の特定について」（平成 25 年 9 月 13 日総合科学技術会議決定）  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/output/ikengushin.html>

- 「情報通信分野における標準化政策の在り方」（平成 24 年 7 月 25 日情報通信審議会答申）  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/output/ikengushin.html>
- 「ICT 重点技術の研究開発プロジェクト（平成 24 年度開始の研究開発プロジェクト一覧）」（総務省）  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran24.html](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran24.html)
- 「ICT 重点技術の研究開発プロジェクト（平成 26 年度開始の研究開発プロジェクト一覧）」（総務省）  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran26.html](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/ichiran26.html)

# 平成 27 年度事後事業評価書

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 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発

## 2 研究開発の概要等

### (1) 研究開発の概要

- ・実施期間 平成 23 年度～平成 26 年度（4 か年）
- ・実施主体 民間企業、大学
- ・事業費 2,607 百万円

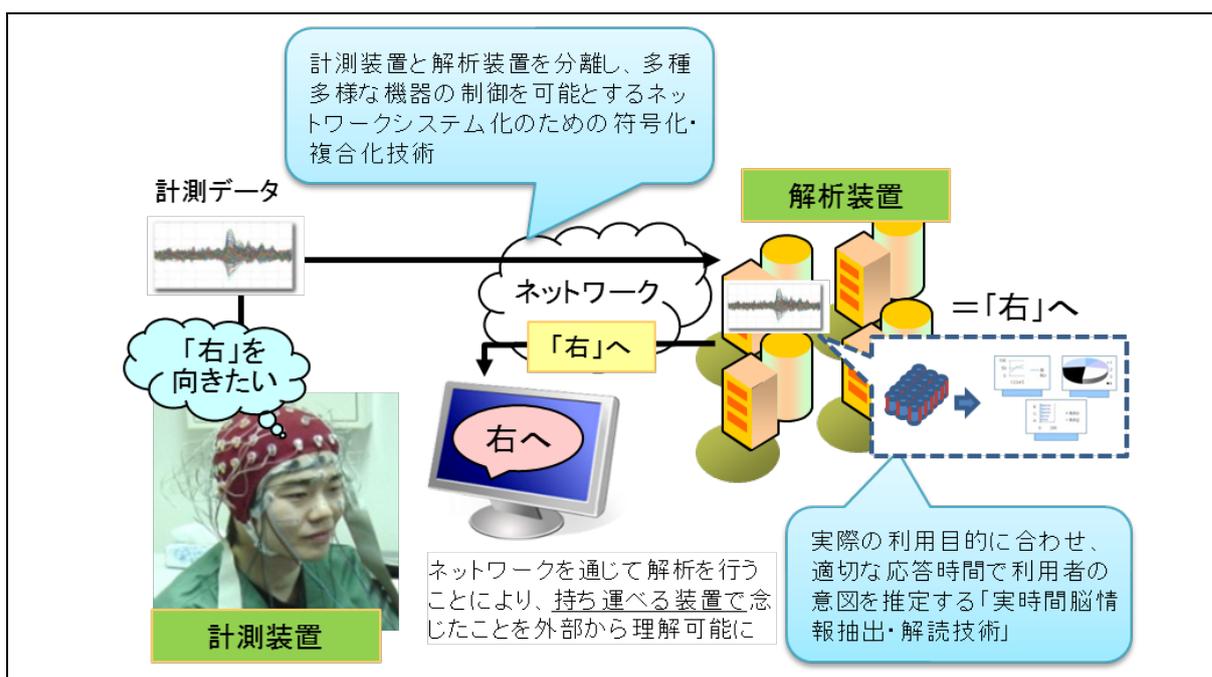
平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
840 百万円	689 百万円	588 百万円	490 百万円	2,607 百万円

### ・概要

本研究開発は、脳卒中の後遺症など対話が困難な障がい者の意志を相手に伝えたり、意志により対象物を操作する際の手助けを提供する等のブレイン・マシン・インターフェイス（BMI※）サービス実用化のための基盤技術の研究開発である。このような手助けは、障がい者等と周囲とのコミュニケーションの充実を図り、障がい者等が暮らしやすい環境作りや社会復帰に貢献するだけでなく、介護者の負担を軽減する技術として、実用化の社会的効果が極めて大きい。

現在限られた場所でのみ使用可能な BMI について、日常的に装着できる小型・軽量の計測装置を開発し、それを用いて計測したデータをネットワークを通じて解析を行う。それにより、日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とするために必要な技術の研究開発等、脳科学の知見を ICT に応用し、高齢者・障がい者の社会参加の拡大等のイノベーションを創成する脳情報通信基盤技術の研究開発を行う。

※BMI（Brain Machine Interface）：脳波を解析して機械との間で電気信号の形で入出力するための機器。



技術の種類	技術の概要
高精度脳情報センシング技術 (脳情報伝送技術)	利用者が装着した携帯型脳情報測定装置により、日常生活においても脳情報を継続的かつ高精度に測定するためのセンサー技術の開発を行う。
実時間脳情報抽出・解読技術	実環境に適用可能な取得した脳情報から不要な雑音を抑圧する技術、及びそれにより抽出された脳情報と利用シーンにおける動作・意図を現す信号との相関を取り、利用者が考える動作・意図を速やかに推定する技術の開発を行う。また、そのために必要な脳活動の状態と動作・意図を関係づける「脳活動辞書」を構築する技術の開発を行う。
脳情報符号化・複合化技術(脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術)	脳情報のネットワーク内伝送やPC・機械の制御に必要な符号化・復号化技術の開発を行う。
脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術	<p>脳や生体の情報処理の仕組みを情報通信ネットワークの制御に適用し、変動している通信状況に対して、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術。また、既存ネットワークへの段階的適用が可能なネットワークアーキテクチャ ※の確立。具体的には、以下の技術の研究開発及び実証実験を行う。</p> <p>a 自己組織型超高速・省エネルギー制御技術 変動している通信状況を環境情報として取得し、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術。</p> <p>b 環境変動に適応した自己修復型ネットワークインフラ制御技術 ネットワークの故障や環境の変化に対応し、即応的にネットワークを安定させる技術。</p> <p>c 大規模ネットワークへの段階的適用のためのネットワークアーキテクチャ技術 生体制御原理の追求による基盤理論の構築既存制御技術によるネットワークに当該技術を適用したネットワークを段階的に導入するために必要な運用監視・制御技術</p> <p>※アーキテクチャ：ハードウェア、OS、ネットワーク、アプリケーションソフトなどの基本設計や設計思想。</p>

## ・スケジュール

技術の種類	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
高精度脳情報センシング技術 (脳情報伝送技術)	準乾式脳波電極の開発、携帯型装置の試作	乾式脳波電極の開発、携帯型装置の実証		統合実証実験
実時間脳情報抽出・解読技術	実環境実験設備の構築、基本仕様の策定	実環境ノイズ対応、データベースの拡充		統合実証実験
脳情報符号化・複合化技術(脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術)	移動支援機器の設計	自律移動機能、混雑環境での衝突予防の実証		統合実証実験

脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術	脳や生体の仕組みを組み込んだネットワーク制御アーキテクチャの試作、検証			
-----------------------------------	-------------------------------------	---	--	--

## (2) 達成目標

脳科学の知見を ICT に応用することにより、高精度脳情報センシング技術、実時間脳情報抽出・解読技術、脳情報符号化・復号化技術、脳の動作原理の活用による、省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術を確立し、現在限られた場所でのみ使用可能な BMI (Brain Machine Interface) 技術をネットワークを介すことで、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術を確立することで、2025 年を目標に約 251 万人の高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加を実現する。

### ○ 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」
- ・ 総合科学技術会議
  - 「平成 23 年度科学・技術重要施策アクション・プラン（平成 22 年 7 月）」
  - 「平成 24 年度科学技術重要施策アクションプラン（平成 23 年 7 月）」
  - 「平成 25 年度科学技術重要施策アクションプラン（平成 24 年 7 月）」

## (3) 目標の達成状況

本研究開発において、以下の技術を確立することにより、所期の目標を達成した。また、これらの技術の確立により、要介護者等の意思や感情を周囲に伝えるといった日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術を確立するとともに、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確立するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献した。

### ① 高精度脳情報センシング技術（脳情報伝送技術）

利用者が装着した携帯型脳情報測定装置により、日常生活においても脳情報を継続的かつ高精度に測定するためのセンサー技術の開発を行い、移動支援機器・家電操作においては 1 秒未満、感情・情動コミュニケーション支援においては 2～3 秒以下の遅延でサービス要求に応じた出力を可能とするネットワーク技術を確立した。（平成 26 年度）

### ② 実時間脳情報抽出・解読技術

実環境に適用可能な取得した脳情報から不要な雑音を抑圧する技術、及びそれにより抽出された脳情報と利用シーンにおける動作・意図を現す信号との相関を取り、利用者が考える動作・意図を速やかに推定する技術の開発を行った。実環境実験設備において、車椅子生活を想定した実験参加者が、1 秒未満の解読遅延時間で、移動支援機器や家電機器を BMI で操作可能であり、このときの平均正解率が 77.7%となることを確認した。そのために必要な脳活動の状態と動作・意図を関係づける「脳活動辞書」を構築する技術の開発を行った。（平成 26 年度）

### ③ 脳情報符号化・複合化技術（脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術）

脳情報のネットワーク内伝送や PC・機械の制御に必要な符号化・復号化技術の開発を行った。3 種類の移動支援機器（車輪移動型車椅子、全方向移動型車椅子、自律移動型ベッド）で、見通しの良い環境での衝突回避機能を実現。移動支援機器の移動速度、壁からの距離、移動支援機器の搭乗者の見え方を考慮した安心な自律移動を実現した。提案した安全・安心な自律移動を参加者 30 名の実験により検証し、73%の人が恐怖を感じないことを確認した。（平成 26 年度）

### ④ 脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術

脳や生体の情報処理の仕組みを情報通信ネットワークの制御に適用し、変動している通信状況に対して、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術、また、既存ネットワークへの段階的適用が可能なネットワークアーキテクチャの確

立を行った。

省エネかつ外乱に強い経路制御技術を実現するための要素技術（ネットワーク仮想化技術、階層型ゆらぎ制御アルゴリズム）を確立し、シミュレーション、数値解析等により、1万台規模のネットワークにおいて約2,500分の1への計算量削減効果の目処を得た。（平成24年度）

### 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、論文数や特許出願件数などの間接的な指標を用い、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」（平成27年6月25日及び平成25年7月3日）において、目標の達成状況に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

#### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	合計
査読付き誌上発表論文数	2件（2件）	8件（8件）	6件（5件）	14件（13件）	30件（28件）
査読付き口頭発表論文数 （印刷物を含む）	0件（0件）	3件（1件）	4件（3件）	9件（7件）	16件（11件）
その他の誌上発表数	0件（0件）	0件（0件）	2件（1件）	2件（0件）	4件（1件）
口頭発表数	14件（2件）	52件（12件）	65件（14件）	60件（18件）	191件（46件）
特許出願数	2件（2件）	5件（3件）	4件（1件）	5件（1件）	16件（7件）
特許取得数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
国際標準提案数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
国際標準獲得数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
受賞数	0件（0件）	1件（1件）	1件（0件）	2件（0件）	4件（1件）
報道発表数	0件（0件）	1件（0件）	0件（0件）	4件（0件）	5件（0件）
報道掲載数	0件（0件）	22件（0件）	4件（0件）	17件（0件）	43件（0件）

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。（括弧）内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読（peer-review（論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの）のある出版物に掲載された論文等（Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む）を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注5：PCT国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。（何カ国への出願でも1件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>本施策は、対話が困難な高齢者や障がい者等の意志を相手に伝えたり、意志により対象物を操作する際の手助けを提供する等の応用が期待される基礎的な研究開発である。この開発した技術により、増加の一途をたどる高齢者や障がい者等が自立した生活を過ごせるようになり、自由な社会活動への参画を容易にすることができれば、これらの方々のQOL※の大幅な向上に寄与する。同時に、介護者の負担を軽減する技術として、介護離職者を減少させるなど実用化による社会的な効果も極めて大きい。</p> <p>以上より、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>本研究開発の実施に当たっては、外部の有識者による研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識や意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施している。</p> <p>また、本研究開発については、広く公募を行い、外部専門家・外部有識者から構成される「情報通信技術の研究開発の評価に関する会合」及びその下に設置する評価検討会において外部評価を実施することで、効率性を確保している。</p> <p>委託経費の執行に当たっては、事前に予算計画書を確認するとともに、年度途中及び年度末に経費の執行に関する経理書類を提出させ、総務省担当職員が詳細な経理検査を行い、予算の効率的な執行に努めた。加えて、専門的知見を有した監査法人に経理検査の補助を依頼し、経費執行の適正性・効率性を確保している。</p> <p>この開発した技術により、増加の一途をたどる高齢者や障がい者等が自立した生活を過ごせるようになり、自由な社会活動への参画を容易にすることができれば、これらの方々のQOLの大幅な向上に寄与し、同時に、介護者の負担を軽減する技術として、介護離職者を減少させるなど実用化による社会的な効果も極めて大きい。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>これまでは、BMIは医療用・実験用など特別な環境でのみ利用可能であったが、日常的に装着できる小型・軽量の観測装置を開発したことにより、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術が確立した。また、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確認するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献した。</p> <p>外部専門家・外部有識者から構成される評価会及び評価検討会における研究開発成果の目標達成状況に関して、当初の目標を十分に達成したと評価されている。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>これまでは、BMIは医療用・実験用など特別な環境でのみ利用可能であったが、日常的に装着できる小型・軽量の観測装置を開発したことにより、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術が確立した。また、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確認するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献した。</p> <p>高齢者や障がい者等が増加し介助者が不足するという社会的課題に対し、この研究開発の成果は広く国民の利益になると考えられる。</p> <p>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、競争性を担保した。</p> <p>また、研究成果について多数の発表があるほか、実環境実験設備での公開デモンストレーションを実施するなど技術の普及に貢献した。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>高齢者や障がい者等が増加し介助者が不足するという喫緊の社会的課題に対し、本研究開発は介助者なしでの動作・コミュニケーションの実現に資するものであり、課題解決に向けて早期に実施すべきものである。</p> <p>本施策は、総合科学技術会議 科学・技術重要施策アクション・プランの登録施策として、重点的に国が実施すべき事業とされており、政策目的の達成手段として必要かつ適切な事業であり、政策体系の中で優先度の高い事業である。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

※QOL (quality of life) : 物理的な豊かさやサービスの量だけでなく精神面を含めた生活全体の豊かさに関する概念。

#### 4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発において、高精度脳情報センシング技術、実時間脳情報抽出・解読技術、脳情報符号化・復号化技術抽出・解読技術、及び脳の動作原理の活用による省エネで外乱に強いネットワーク制御基盤技術を確認することにより、所期の目標を達成した。また、これらの技術の確認により、これまでは、BMIは医療用・実験用など特別な環境でのみ利用可能であったが、日常的に装着できる小型・軽量の観測装置を開発したことにより、要介護者等の意思や感情を周囲に伝えるといった日常的な動

作やコミュニケーションの支援を可能とする基盤技術が開発され、また、車椅子の自動衝突回避の技術を開発し介助者の負担をなくすための基本技術を確立するなど、高齢者・障がい者（チャレンジド）の社会参加の実現に貢献するなど、目標を達成できており、本研究開発の有効性、効率性等が認められる。

国以外が取り組みにくいテーマである高齢者・障害者自立社会の実現に向けて、研究開発の必要性は著しく高まっている。また、報道発表、学会報告等も多く、この分野の研究を広めたプロジェクトとして評価できる。

＜今後の課題及び取組の方向性＞

従来のブレインマシンインターフェース（BMI）の利用できる環境を自宅や診療所等、日常的な生活環境に拡張し、日常的に装着できる小型・軽量の計測装置により計測したデータを短時間にネットワークを通じて分析装置へ伝送してデータを解読することで、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする BMI（ネットワーク型 BMI）を実現した。

今後は、2025 年を目標に約 251 万人の高齢者・障がい者（チャレンジド）の自立支援、社会参加を目指して、意思の伝達やコミュニケーションを現状より容易に行えるようにしたり、意思により車椅子など移動支援機器を操作する際の手助けを行うため、脳情報取得のさらなる簡便化のための研究開発および解読情報の確実性の向上を目指した研究開発を行うことで、BMI 技術をさらに底上げし、加速化を図る。

## 5 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 27 年 6 月 25 日及び平成 25 年 7 月 3 日）において、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・政策的位置付け及び目標、研究開発マネジメント、研究開発成果の目標達成状況、研究開発成果の社会展開のための活動実績並びに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、以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・アイデアや個々の技術開発については期待以上の貢献があり、新しい可能性を示したことも高く評価できるが、新しいビジョンを説得力ある形で提示するまでは至っていない。
- ・国以外が取り組みにくいテーマである高齢者・障害者自立社会の実現に向けて、研究開発の必要性は著しく高まっている。また実社会に直接役立たせようと考えられている。
- ・運営委員会等による助言をうけ、適切なマネジメントが行われた。
- ・データベースを活用した新しい技術等、目標以上の成果があったが、実用化にはまだ努力が必要。脳情報抽出・解読の遅延時間についてはよりわかりやすく具体的な説明が必要。
- ・報道発表、学会報告等も多く、この分野の研究を広めたプロジェクトとして評価できる。また製品化が行われるなど活動実績があった。さらに一般向けのアウトリーチ活動などにも力を入れていただきたい。
- ・基礎技術開発の貢献はあるが明確なビジョンを示すまで達していない等、実際に使われるまでには課題が多いが、今後の発展に期待が持てる。

## 6 評価に使用した資料等

- 平成 25 年度科学技術重要施策アクションプラン（平成 24 年 7 月）  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h25ap/h25ap\\_honbun.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/budget/h25ap/h25ap_honbun.pdf)
- 総務省 平成 23 年度開始の研究開発プロジェクト一覧  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ictseisaku/ictR-D/itiran23.html](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictR-D/itiran23.html)

# 平成 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局移動通信課新世代移動通信システム推進室

評価年月：平成 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

複数周波数帯の動的利用による周波数有効利用技術の研究開発

## 2 研究開発の概要等

### (1) 研究開発の概要

- ・実施期間 平成 24 年度～平成 26 年度（3 か年）
- ・実施主体 民間企業
- ・事業費 2,529 百万円

平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
996 百万円	890 百万円	643 百万円	2,529 百万円

#### ・概要

今後、携帯電話をはじめとする移動通信システムの通信量が爆発的に増大することが予想されており、それに対応するためには、可搬型基地局を活用することにより個別ユーザーの通信容量を確保しつつ、ネットワークの通信容量を増大する必要がある。しかしながら、現状の可搬型基地局の技術では既存基地局との干渉や可搬型基地局同士の干渉等の課題により、個別ユーザーの通信容量とネットワーク容量を十分に確保することが困難である。

そのため、ワイヤレスブロードバンドアクセスの進展に伴う移動通信の通信量の増大と基地局間による通信スループット減少に対応するため、以下の周波数高度利用技術の確立を図るための研究開発を行う。

#### 【可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術】

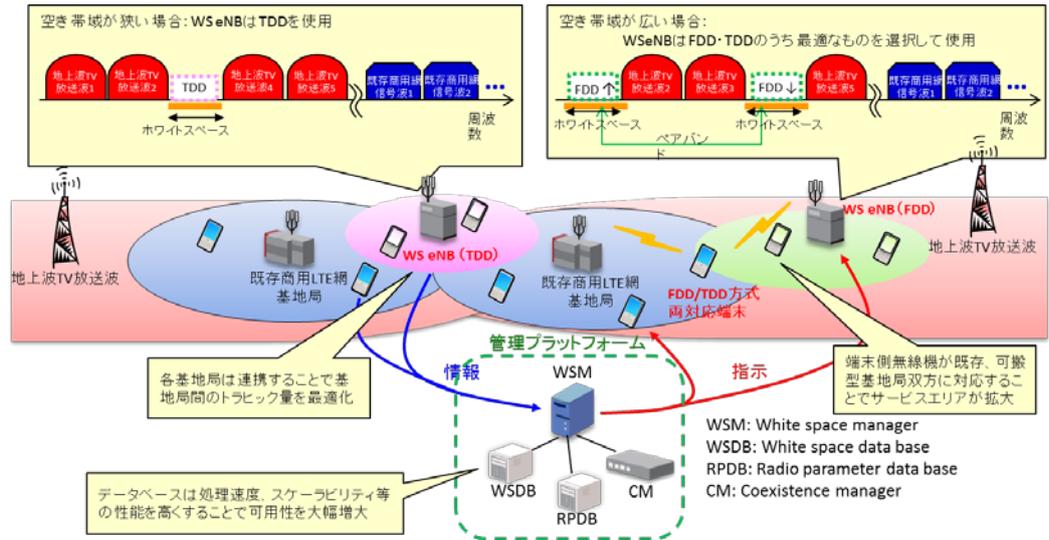
- ・複数周波数/複信方式に対応可能な可搬型基地局を活用して、複数の携帯電話系システムの周波数帯における周波数、送信電力等の無線パラメーター、空き周波数、干渉量を検知し、通信距離や要求条件に応じて動的に切り替える技術。
- ・現状の可搬型基地局で課題となる既存基地局との干渉や可搬型基地局同士の干渉を克服するとともに、さらにネットワークの通信容量を拡大するために、複数の周波数及び復信方式を使い分け、基地局間干渉を低減する技術

#### 【広帯域離散 OFDM 技術】

- ・移動通信方式の主流である OFDM 技術を対象とし、既存システムに影響を与えずに、周波数軸上に飛び地状に存在する複数の空き周波数帯域をまとめて活用する技術

技術の種類	技術の概要
可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術	携帯電話システムにおける通信量の爆発的な増加に対応するため、FDD(Frequency Division Duplex, 周波数分割復信)方式と TDD(Time Division Duplex, 時間分割復信)方式の両方式に対応した可搬型基地局と端末を状況に応じて高度に活用することにより、基地局間の周波数干渉による通信スループット(時間当たりの情報伝送量)減少を軽減し、携帯電話ネットワーク全体の通信容量を増大させ、周波数の有効利用を図るための研究開発。

図1：研究開発概要



170MHz～1GHz の周波数帯において周波数軸上に飛び地状に存在する複数の空き周波数帯域を有効に活用するため、これら空き周波数帯域を精度良く検出し、複数の空き周波数帯域に対してOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 直行周波数分割) サブキャリア (搬送波) を任意に構成・配置、OFDM サブキャリアの受信時に他の既存システムからの影響を低減するとともに、隣接する他の既存システムへの影響を与えずに使用可能帯域を拡大する等の基盤技術の研究開発。

図2：研究開発概要

広帯域離散 OFDM 技術



・スケジュール

技術の種類	平成24年度	平成25年度	平成26年度
可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>方式検討</li> <li>装置開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>方式評価</li> <li>機能評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算機シミュレーション評価</li> <li>実機性能評価</li> </ul>
広帯域離散 OFDM 技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>方式検討</li> <li>装置開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>方式評価</li> <li>機能評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算機シミュレーション評価</li> <li>実機性能評価</li> </ul>

## (2) 達成目標

今後、移動通信システムのトラフィックが爆発的に増大することが予想されており、可搬型基地局の有効利用が課題となっている。

このため、ワイヤレスブロードバンドアクセスの進展に伴う移動通信のトラフィック量の増大と基地局間の周波数干渉による通信スループット減少に対応し、ネットワーク全体の周波数の利用効率の一層の向上を図るため、可搬型基地局を高度に活用したネットワークの通信容量の増大と基地局間干渉の低減をもたらす、可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術及び広帯域離散 OFDM 技術を確立する。

### ○ 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」

## (3) 目標の達成状況

3年間の研究開発を通じて、各要素技術について以下のとおり目標を高いレベルで達成した。

本研究開発により、可搬型基地局を有効利用するための制御技術を開発することで、基地局間の周波数干渉による通信スループットの減少に対応する技術を確立し、さらに、時間や場所によって変化する、飛び地状の空き周波数帯の活用を実現可能にすることで、移動通信のトラフィック量の増大に対応する技術を確立した。

また、これらの技術の確立によって、利用可能となる周波数帯域は場所、時間、状況によって異なるが、一例として、実証実験によりある条件下では導入前と比べて、同一帯域においても2倍の通信量を収容可能であることが確認でき、周波数の利用効率の一層の向上に寄与したことから、目標を十分に達成した。

技術の種類	目標の達成状況
可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術	各可搬型基地局間で協調したパラメータ制御を行う方式を開発し、各基地局の複信方式の変更や、通信の上り方向と下り方向それぞれへの通信時間の配分比率を動的に制御可能とし、基地局間の周波数干渉による通信スループットの発生を抑制を可能とした。この制御技術により、全基地局と全端末のパラメータを最適に制御することにより、同帯域幅で約2倍のトラフィック収容を達成可能とし、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少に対応することによって、携帯電話ネットワーク全体の通信容量を増大させ、周波数の利用効率の一層の向上に寄与した。
広帯域離散 OFDM 技術	他の既存システムからの影響を低減させることにより、広い周波数帯域にわたり、飛び地状に存在する空き周波数の中から次世代の移動通信システムで必要であると推定される 20 MHz 以上の帯域を利用可能とし、移動通信のトラフィック量の増大に対応する技術を確立した。

## 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、各要素技術における目標の達成状況、論文数や特許出願件数などの指標が用いられ、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成27年6月26日）において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1 件 ( 1 件)	1 件 ( 1 件)	7 件 ( 6 件)	9 件 ( 8 件)

その他の誌上発表数	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)	0件(0件)
口頭発表数	15件(0件)	25件(0件)	26件(1件)	66件(1件)
特許出願数	3件(0件)	9件(0件)	13件(0件)	25件(0件)
特許取得数	0件(0件)	0件(0件)	1件(0件)	1件(0件)
国際標準提案数	1件(1件)	3件(3件)	5件(5件)	9件(9件)
国際標準獲得数	0件(0件)	0件(0件)	1件(1件)	1件(1件)
受賞数	0件(0件)	0件(0件)	1件(0件)	1件(0件)
報道発表数	0件(0件)	1件(0件)	2件(0件)	3件(0件)
報道掲載数	0件(0件)	2件(0件)	4件(0件)	6件(0件)

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読(peer-review(論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等(Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集(電子媒体含む)に掲載された論文等(ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等(電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等(査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上する。

注5：PCT(特許協力条約)国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。(何カ国への出願でも1件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>今後、携帯電話をはじめとする移动通信システムの通信量が爆発的に増大することが予想されており、それに対応するためには、可搬型基地局を活用することにより個別ユーザーの通信容量を確保しつつ、ネットワークの通信容量を増大する必要がある。</p> <p>しかしながら、現状の可搬型基地局の技術では既存基地局との干渉や可搬型基地局同士の干渉等の課題により、個別ユーザーの通信容量とネットワーク容量を十分に確保することが困難であるため、可搬型基地局や端末が空き周波数、干渉量を検知し、通信距離や優先度に応じてFDD、TDDを瞬時に判断して使い分ける技術、既存のマイクロセルネットワークとフェムトセルネットワークがリソースを使い分け、双方のネットワークが共存する技術の研究開発が必要である。また、既に割り当てられている周波数の中で、空間的・時間的に利用されていない帯域の利用が検討されているが、利用可能な空き周波数帯域は広い周波数帯にわたって離散的に存在していることから、これらを束ね、移动通信に利用可能な広帯域無線帯域として有効利用する技術の確立が必要となる。このため、可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術及び広帯域離散OFDM技術の開発を早急を実施する必要がある。</p> <p>よって、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>現在、利用されずに細切れに残されている空き周波数帯を利用可能とすることにより、その帯域の免許等を有する本来の通信システムやその利用者に干渉を与えることなく、基地局間の周波数干渉による通信スループットの減少への対応及び増大するトラフィックを収容可能とする技術が確立できることとなり、ネットワーク全体の周波数利用効率の一層の向上に大きく寄与することから、投資に対する効果は大きく、目標を達成するための他の効率的で質の高い代替手段はなかった。</p> <p>本研究開発の実施により、都市部においても30MHz以上の空き周波数帯を共用可能とし、また、ある条件下では同一の帯域幅において2倍の通信路量を収容可能となるなど、空き周波数帯の獲得とその効率</p>

	<p>的利用が可能となった。加えて、広帯域離散OFDM技術の基盤技術が確立され、周波数軸上に飛び地に存在する複数の空き周波数帯域を有効に活用できるようになった。</p> <p>本研究の開発に当たっては、有識者として通信分野における学識経験者、本技術の活用先となり得る通信事業者やベンダを含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識やユーザ省庁等からの意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施している。</p> <p>また、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、効率的に実施した。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>本研究開発により確立された周波数軸上に飛び地状に存在する空き周波数帯の活用技術や、状況に応じた通信方式の使い分けなどによる利用効率向上技術により、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少と移動通信のトラフィック量の増大に対応し、ネットワーク全体の周波数の利用効率の一層の向上を可能にし、今後、携帯電話をはじめとする移動通信システムの通信量の増大に対応するための技術を開発した。</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、電波がちゅう密に使用されている周波数帯において、既存無線システムに影響を及ぼすことなく、周波数の共同利用の促進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受益となる。</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・選定した。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>ワイヤレスブロードバンドは社会経済のインフラとなっており、電波利用は今後更に国民生活の中に広がっていくと想定され、電波の重要性が高まるとともに、電波のひっ迫状況の深刻化が懸念される。より周波数利用効率の高いシステムへの置き換えや新システム用の新たな周波数帯の割り当てなどを行う方策が有効であるが、そのためには既存システムの運用停止や別周波数帯への移行が必要であり実現には長い時間を要するのに対し、本技術は既存の無線システムの運用に影響を与えずに、空き周波数帯の活用を可能とすることから、効果の即効性が見込まれる。このため、周波数軸上に飛び地状に存在する複数の空き周波数帯域を有効に利用することは、ひっ迫状況の解消のために必要性が高い。</p> <p>よって、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

#### 4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発により、可搬型基地局の活用と基地局間干渉の低減のための技術と広帯域離散OFDM技術を確立し、基地局間の周波数干渉による通信スループット減少に対応し、同帯域幅で約2倍のトラフィック収容を達成することや飛び地に存在する空き周波数の中から次世代の移動通信システムで必要であると推定される20 MHz以上の帯域を利用可能とするなど達成目標に掲げた周波数の利用効率の一層の向上が実現できており、また、多くの論文の発表、特許の出願、国際標準への反映なども着実に実施されるなど十分に目標を達成しており、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

##### <今後の課題及び取組の方向性>

電波政策ビジョン懇談会（平成26年12月）において、「周波数がひっ迫する中で、新たなシステムの導入に当たり専用周波数帯としての割当てが難しい場合については、干渉の問題等を解決した上で、時間・空間的要素も加味して、周波数共用を推進していくことが有用である」と述べられており、実用化に向けて取り組んでいくことが必要である。3年間の研究開発期間を通じて周波数共用に必要な個別の要素技術の到達目標を達成したことから、今後は実用化等による成果展開を目指し、実用化の主体となる通信事業者、メーカーと密に連絡調整を行いつつ、実用化に向けた技術課題の検討、国際標準化の推進等に努めていく。本技術の実用化により、必要に応じ周波数・送信電力・無線アクセス方式等の無線パラメータを動的に再構築や周波数軸上に離散的に存在する複数の空き周波数帯域のより一層の利活用を進め、ひいては我が国の周波数の利用効率をより一層向上する。

## 5 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 27 年 6 月 26 日）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、外部有識者から以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- 過負荷となる携帯電話システムのトラヒックをオフロードすることが可能になり、周波数の有効利用に貢献するものと考えられる。
- 既存の OFDM 技術を工夫すれば時間や場所によって利用可能な空き周波数帯を有効利用できることを明らかにされており、また、開発した技術を実際の機器で電波を発射して評価し、標準化に反映する努力もされていることから、有益であったと考える。
- 170MHz～1GHz はまとまった無線周波数が無く、小さな周波数帯域を集めてブロードバンド通信することが必要であり、本研究はこの目的のため有益であった。

## 6 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>
- 電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成 26 年 12 月）  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_02000151.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html)
- 新たな情報通信技術戦略（平成 22 年 5 月 IT 戦略本部決定）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/100511honbun.pdf>
- 新成長戦略（平成 22 年 6 月 閣議決定）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>
- 新たな電波の活用ビジョンに関する検討チーム 報告書（平成 22 年 8 月 総務省）  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_01000001.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_01000001.html)
- 次期電波利用料の見直しに関する基本方針（平成 22 年 8 月 総務省）  
[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban11\\_01000002.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban11_01000002.html)

# 平成 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名： 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 新世代移動通信システム室

評価年月：平成 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

マルチバンド・マルチモード<sup>※1</sup>対応センサー無線通信基盤技術の研究開発

※1：マルチバンドは複数の周波数帯、マルチモードは複数の通信方式

## 2 研究開発の概要等

### (1) 研究開発の概要

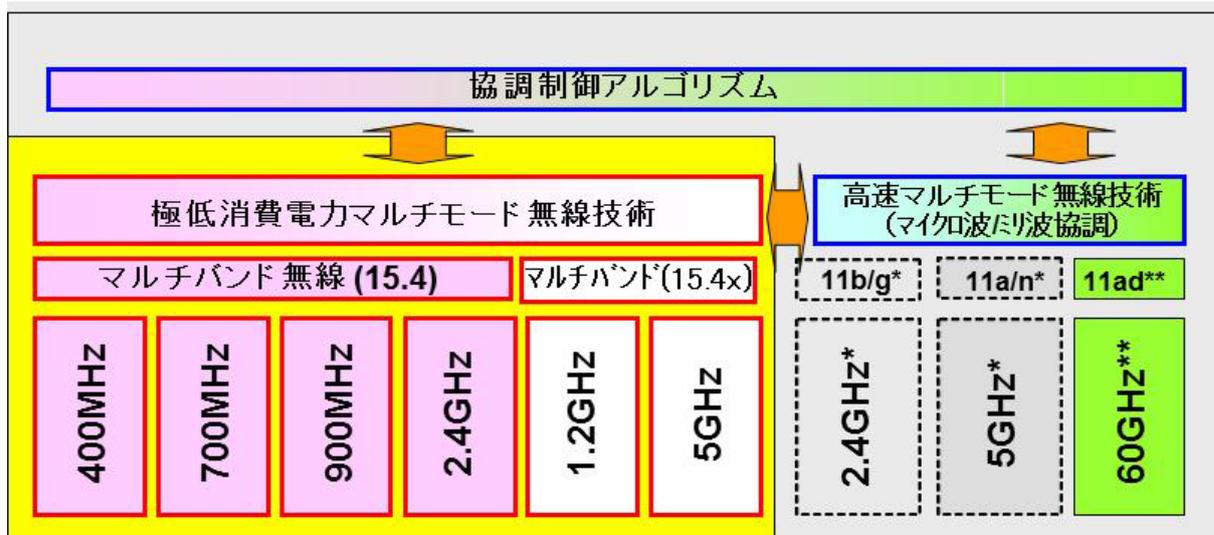
- ・実施期間 平成 24 年度～平成 26 年度（3 年）
- ・実施主体 民間企業、大学
- ・事業費 1,890 百万円

平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
750 百万円	663 百万円	477 百万円	1,890 百万円

### ・概要

現在、わが国では周波数がひっ迫している状況であり、迅速、柔軟かつ円滑な周波数移行が必要となっているが、現状では特定周波数・特定通信方式に特化した無線デバイス及びそれを用いた無線システムが幅広く利用されていることから、周波数移行にかかる時間、コストが非常に大きく、これを一層短縮・縮減していく必要がある。この課題を解決するため、以下の技術を確立する。

### ・研究開発概要図



技術の種類	技術の概要
マルチバンド・マルチモード無線技術	半導体プロセスの微細化による低消費電流化と広帯域化を可能とするための周波数限定的な整合回路などのパッシブ回路からアクティブ回路 <sup>※2</sup> を用いた周波数可変的なアナログ回路を開発。

	※2：パッシブ回路はインダクタ・容量・抵抗で構成される回路、アクティブ回路は能動素子であるトランジスタで構成される回路
超低消費電力技術	マルチバンド・マルチモード無線を低消費電力で実現するため、デジタル処理とアナログ処理の最適化を図ることができる小電力センサー無線システムに特化した適応信号処理技術を開発。
無線システム協調化技術	5GHz帯を超える高マイクロ波帯と60GHz帯のミリ波帯との間では、伝搬特性が大きく異なる中で、マイクロ波帯の通信でミリ波帯の伝送品質を事前予測するマイクロ波・ミリ波協調によるチャネル推定技術及び5GHz帯以下の小電力のセンサー無線システムを用いて、5GHz帯及び60GHz帯までを含む統合的なネットワーク管理、トラフィック管理及び電源マネジメント技術を開発。

・スケジュール

技術の種類	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
マルチバンド・マルチモード無線技術	400MHz帯/900MHz帯/1.2GHz帯/2.4GHz帯/5GHz帯の回路共用化技術の開発		
超低消費電力技術	RF部の受信フロントエンド回路の低消費電力化技術、インテリジェント電源制御技術、ADコンバータ回路の内部タイミング生成技術の開発		
		ダウンロード型マルチモードの通信実験による有効性検証	
無線システム協調化技術	マイクロ波・ミリ波帯の共通MACアーキテクチャの開発	周波数協調制御評価装置の開発	

(2) 達成目標

5GHz帯以下の小電力センサー無線システムにおいて、マルチバンド・マルチモード無線技術、超低消費電力技術及び無線システム協調化技術を開発することにより、周波数の利用効率の一層の向上に資するとともに、

①わが国の周波数ひっ迫の状況下において、周波数再編への早急な対応と周波数の有効利用を可能にし、かつ、個々の低消費電力化を行うことにより膨大なセンサーノード<sup>※3</sup>全体の省電力化と省資源化に寄与する。

※3：センサーとデータ処理機能・無線機能を実装した装置

② 課題先進国として、今後のICT応用の我が国発の各課題解決ソリューションを我が国の周波数利用の特質を生かしつつ各国の周波数規制等にも対応可能にすることで、スムーズに海外展開し、国際競争力の強化を図る。

③ 将来のスマートコミュニティや宅内家電連携など、我が国のちみつな国民性が創造する新たな無線利用のシステムを各国の周波数利用事情に影響を受けることなく対応可能にすることで新

たな電波利用システムを海外展開できるビジネスの創出を図る。

- ④ 災害時に、上位レイヤ技術との組み合わせによる被災地現況把握のためのセンサーネットワーク構築等への貢献を目指す。

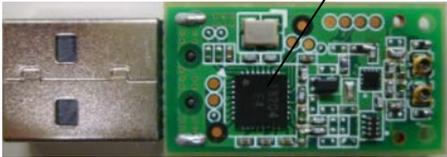
○関連する主要な政策

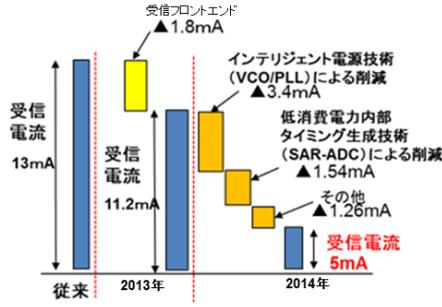
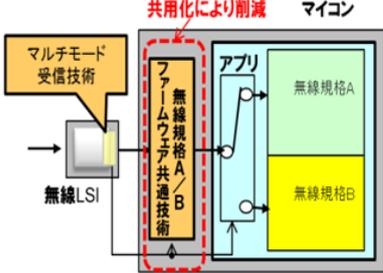
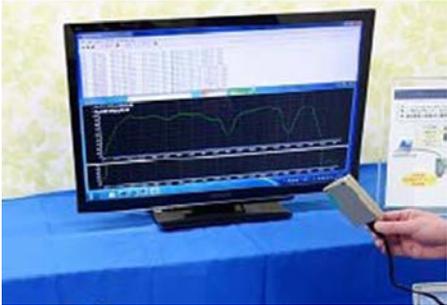
- ・ V. 情報通信（ICT政策） 政策 13「電波利用料財源による電波監視等の実施」
- ・ グローバル時代における ICT 政策に関するタスクフォース 電気通信市場の環境変化への対応部会「ワイヤレスブロードバンド実現のための周波数検討ワーキングまとめ」（平成 22 年 11 月 30 日）
  - 1（3）増大する周波数需要への対応
    - ① 周波数再編の実施による周波数割当の拡大
      - これまで以上に、迅速かつ円滑な周波数再編を実施することによって周波数確保を図る必要性が高まってくる

（3）目標の達成状況

3 年間の研究開発を通じて、各技術について以下のとおり目標を達成したことにより、周囲の周波数の利用状況等から最適な周波数・伝送方式を選択することが効率的に行えるようになり、今後ますますひっ迫が予想されるセンサー無線用の周波数の利用効率の向上に寄与した。

また、本研究開発では、超低消費電力技術の開発において、消費電流の削減を達成したことにより膨大なセンサーノードの省電力化に寄与するとともに、電源の確保が困難な災害時等においてもセンサーネットワークの構築等へ貢献する技術を確認した。マルチバンド・マルチモード無線技術の開発において無線機等の小型化を達成したことにより、省資源化に寄与する技術を確認した。さらに無線システム協調化技術の開発において、実用的な速度での周波数の切替えを実現したことにより、各国の周波数規制や周波数利用事情にも柔軟に対応でき、新たな電波利用システムを海外展開できるビジネスの創出につながる技術を確認し、我が国の国際競争力の強化が図られた。

技術の種類	目標の達成状況
マルチバンド・ マルチモード無線技術	<p>○周波数可変的なアナログ回路を開発。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 400MHz / 900MHz / 1.2GHz 帯の RF 回路<sup>※4</sup>の共用化、2.4GHz / 5GHz 帯の回路共用化することで小型のマルチバンド無線機の開発に成功した。  <small>※4：無線周波数を扱う高周波回路部の回路（Radio Frequency 回路の略）</small></li> <li>・ 上記のマルチバンド技術、マルチモード技術を搭載した LSI<sup>※5</sup>を試作し目標としていた 400mm<sup>2</sup>以下のモジュールを実現した。  <small>※5：大規模集積回路（Large-Scale Integration の略）</small></li> <li>・ センサー無線用の新たな Wi-Fi を想定し、隣接チャネル妨害特性-37dB を実現した。</li> </ul> <p style="text-align: center;">マルチバンド・マルチモード LSI</p>  <p style="text-align: right;">基板サイズ： 26mm × 15mm = 390mm<sup>2</sup></p> <p style="text-align: center;">図：マルチバンド・マルチモード無線モジュール</p>
超低消費電力技術	<p>○デジタル処理とアナログ処理の最適化を図ることができる小電力センサー無線システムに特化した適応信号処理技術を開発。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ RF 部の受信回路の低消費電力化、インテリジェント電源制御技術、AD コンバータ回路の内部タイミング生成技術<sup>※6</sup>などにより従来 13mA の消費電流を 5mA まで削減</li> </ul>

	<p>することに成功した。</p> <p>※6：インテリジェント電源制御技術は、動作周波数や動作温度に応じて必要最小限の電源電圧に可変制御する技術、ADコンバータ回路の内部タイミング生成技術は、ADコンバータ(アナログデジタル変換)回路を低速クロックで高速クロック同等の性能を実現させる低消費電力化技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>適応信号処理技術によりシングルモードの無線機と比較して1.5倍のメモリサイズでダウンロード型マルチモード無線機を実現した。</li> </ul>   <p>図：受信電流の低減効果</p> <p>図：適応信号処理技術を応用したマルチモード無線機無線機</p>
無線システム 協調化技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 GHz 帯及び 60GHz 帯までを含む統合的なネットワーク管理、トラフィック管理及び電源マネジメント技術を開発。</li> <li>MAC<sup>※7</sup>層でミリ波とマイクロ波を切り替える手法を開発した。 <ul style="list-style-type: none"> <li>※7：ネットワークの物理層と論理リンク制御層の間のインターフェースとして動作する層(Media Access Control の略)</li> </ul> </li> <li>LSI および LSI を実装した無線モジュールを開発し、上記手法をハードウェアで実現することで、目標としていた 10msec 以下の切り替え時間を実証した。</li> </ul>  <p>図：高速セッション切換え実証装置</p>

### 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、各要素技術における目標の達成状況、論文数や特許出願件数などの指標が用いられ、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上術の観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」(平成 27 年 6 月 26 日)において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

#### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 ( 0 件)	1 件 ( 1 件)	2 件 ( 2 件)	3 件 ( 3 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 ( 0 件)	3 件 ( 3 件)	7 件 ( 7 件)	10 件 ( 10 件)
その他の誌上发表数	0 件 ( 0 件)			

口 頭 発 表 数	29 件 ( 0 件)	43 件 ( 3 件)	26 件 ( 3 件)	98 件 ( 6 件)
特 許 出 願 数	27 件 ( 0 件)	57 件 ( 23 件)	51 件 ( 37 件)	135 件 ( 60 件)
特 許 取 得 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 提 案 数	2 件 ( 2 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 2 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
受 賞 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
報 道 発 表 数	0 件 ( 0 件)	4 件 ( 2 件)	2 件 ( 1 件)	6 件 ( 3 件)
報 道 掲 載 数	0 件 ( 0 件)	4 件 ( 2 件)	2 件 ( 1 件)	6 件 ( 3 件)

注 1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2：「査読付き誌上发表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注 3：「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む)に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。) を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など) は、「口頭発表数」に分類する。

注 4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む) を計上する。

注 5：PCT (特許協力条約) 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注 6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>周波数がひっ迫する中、電力メーターやガスメーターなどのセンサー機器において無線通信機能を搭載し、素早く情報を入手するセンサー無線の需要が高まっており、周波数再編への早急な対応と周波数の有効利用が求められていた。センサー無線は、電気やガスなどのほか、道路や橋梁、家電のモニタリング、気象観測など多様な分野での活用が見込まれており、膨大な機器数となることから省資源化が求められていた。また、災害地での各種観測等、センサー無線への電源供給が困難な設置環境でのセンサーネットワーク構築も想定して省電力化を図る必要があった。さらに、新たな電波利用システムを海外展開することで新たなビジネスを創出し、我が国の国際競争力の強化を図ることが求められていた。</p> <p>よって、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>多様な周波数帯、通信方式に対応できるマルチバンド・マルチモード無線技術を開発することにより、周波数再編への早急な対応と周波数の有効利用を可能とするものであり、目標を達成するための他の効率的で質の高い代替手段はなかった。</p> <p>本研究開発の実施に当たっては、外部の有識者、本技術のユーザーとなり得る民間会社を含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識や意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施した。</p> <p>また、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、効率的に実施した。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>

有効性	<p>本研究開発の実施により、マルチバンド・マルチモード無線技術、超低消費電力技術、無線システム協調化技術が確立され、周波数移行にかかる時間、コストを一層短縮・縮減することが可能となり、センサー無線用の周波数の利用効率の向上に寄与した。また、多数の設置が見込まれるセンサー無線機器について、省電力化、省資源化を実現するとともに、省電力化により電源の確保が困難な災害時においてもセンサーネットワークの構築等への貢献に活用できる技術を確立した。さらに、実用的な速度での周波数の切替えが可能となったことで、各国の周波数規制、周波数利用事情にも柔軟に対応でき、新たな電波利用システムを海外展開するビジネスを創出し、我が国の国際競争力の強化が図られた。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p> <p>※8：米国の電気電子学会(Institute of Electrical and Electronics Engineersの略)</p>
公平性	<p>本研究開発は、周波数有効利用により周波数ひっ迫状況を緩和するものであり、広く無線局免許人や無線通信の利用者の受益となる。</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・選定した。</p> <p>よって、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>当該研究開発分野は世界的に開発競争されており、他国に先駆けて当該技術を開発することが、日本の国際競争力の強化に資する。また、センサー無線に使用しているマイクロ波帯は特に周波数がひっ迫しており、同周波数帯における周波数の有効利用の観点からも、本研究開発には優先性があったと認められる。</p>

#### 4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発では、海外での普及や災害時での活用も見据えながら研究開発を進め、マルチバンド・マルチモードに対応したセンサー無線通信を実現する技術を確立し、達成目標に掲げた周波数の利用効率の一層の向上を実現した。また、センサー無線機器の普及を見据え、省電力化、省資源化を実現するとともに災害時におけるセンサーネットワークの構築に貢献する技術を確立した。さらに、各国の周波数規制、周波数利用事情にも柔軟に対応可能とすることで、新たな電波利用システムを海外展開するビジネスを創出し、我が国の国際競争力の強化が図られた。

また、特許出願や国際標準化提案なども着実に実施されるなど、当初の目標を達成していることから、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

##### <今後の課題及び取組の方向性>

電波政策ビジョン懇談会最終報告書において、「物や機械・装置が全てネットワークにつながる、IoT (Internet of Things)、IoE (Internet of Everything) やウェアラブル、M2M (モノとモノ) の普及等の潮流を踏まえたワイヤレス・インフラ整備による電波利用は、スマートハウス、スマートグリッド、スマートシティなどの領域でも拡大し、それによりトラヒックの増加が予想される。」と述べられており、効率的かつ安定的に最適なキャリア周波数に分散させることができる本研究開発技術を用いて、今後のマルチバンド・マルチモードセンサーネットワークの実用化に向けて取組等を実施することにより、本研究成果の展開を図る。

#### 5 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 27 年 6 月 26 日)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、外部有識者から以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・ 総合的に有益な研究開発であった。
- ・ 本研究開発成果を活用することで、400MHz、900MHz 帯等の複数周波数での通信が 1 チップで可能となる。また、隣接チャンネルとの干渉抑制を実現することで、OFDM<sup>※9</sup>技術を用いた IEEE. 802. 11ah 等の新たなグローバル無線規格へも対応可能となり、周波数利用効率の向上が見込まれる。さらに、今後活用が見込まれる 60GHz ミリ波帯との協調システムによって、ユーザーがストレスを感じることなく超高速・超低遅延な新たなネットワーク環境を提供しつつ、マイク

ロ波帯の周波数逼迫の解消に貢献できる。査読付き誌上発表論文数3件、査読付き口頭発表論文数10件、口頭発表数98件、申請特許数135件、報道発表数6件となっている。総合的に見て有益であったと考えられる。

※9：直交周波数分割多重方式(orthogonal frequency-division multiplexing の略)

- ・ 本研究開発では周波数利用効率のよいセンサー無線通信環境を実現するため、複数の周波数、変調方式に対応するマルチバンド・マルチモード通信技術、伝送品質を確保した上で安定的に最適なキャリア周波数に切り替える技術及び対域外からの妨害波を適切に抑圧するRF・ベースバンド信号処理最適化技術を確立した。本技術は「5G」のセンサー無線通信技術への貢献も今後期待されていることから有益なものと判断する。
- ・ 達成された成果から、大いに有益であったと判断される。
- ・ 基礎技術から応用技術、さらに一部実用化まで系統的に研究が行われ有効であった。

## 6 評価に使用した資料等

○新成長戦略（平成22年6月閣議決定）

<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>

○ワイヤレスブロードバンド実現のための周波数検討ワーキングまとめ（平成22年11月30日総務省）

[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000092954.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000092954.pdf)

○電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成26年12月26日総務省）

[http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000334592.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000334592.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 27 年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：総合通信基盤局電波部電波環境課

評価年月：平成 27 年 8 月

## 1 政策（研究開発名称）

次世代無線通信測定技術の研究開発（拡充）  
100GHz 超帯域無線信号の高精度測定技術の研究開発

## 2 研究開発の概要等

### （1）研究開発の概要

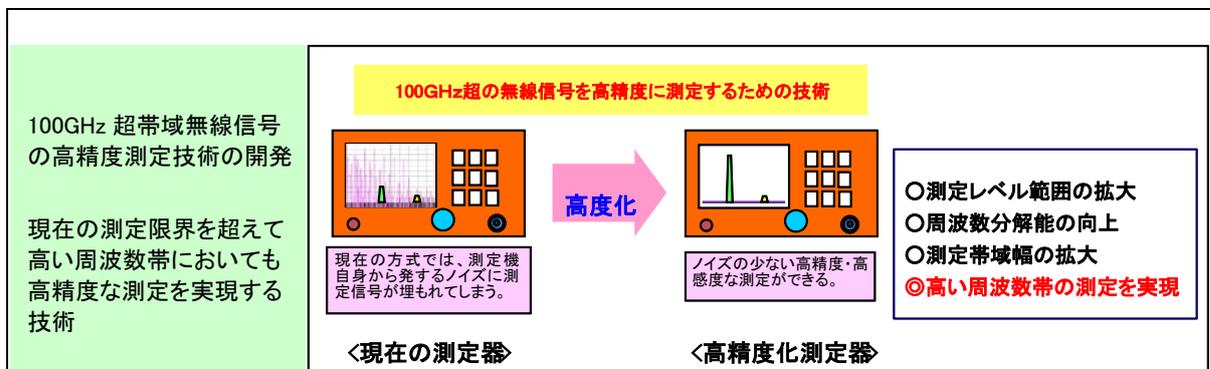
- ・実施期間 平成 23 年度～平成 26 年度（4 か年）
- ・実施主体 民間企業
- ・事業費 1,481 百万円

平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	総 額
350 百万円	360 百万円	410 百万円	361 百万円	1,481 百万円

#### ・概要

100GHz 超の周波数帯域の微小なスプリアス信号\*を含めた無線信号を高精度かつ高効率に測定するために必要な次の技術を実現するための研究開発を行う。

※送信機から発射される無線信号のうち、高調波、低調波、寄生振動などによって発生する目的外の無線信号（帯域外発射は除く）



技術の種類	技術の概要
100GHz 超無線信号の周波数変換技術	イメージ応答（映像周波数信号による妨害）を抑制しつつ、100GHz 超の帯域において低変換損失と、数十 GHz 幅以上の広帯域信号の中間周波数（汎用測定器で測定可能な 40GHz 以下の周波数帯）への変換を実現する高周波・広帯域ミキサ（混合器）及び前置フィルタ等によって構成される周波数変換器技術を確立する。また、周波数変換器の評価系を構築し、周波数変換器の特性を評価する。
100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術	100GHz 超の帯域の被測定信号を汎用測定器で測定可能な中間周波数に変換する上で必要となる高安定な局部発振信号を発生させるため、位相雑音が抑制された 100GHz 超のミリ波が出力可能な局部発振信号発生器とそのベースとなる高安定基準信号発生器を実現する。
スペクトラム解析技術	汎用測定器及び被測定無線機器等との接続技術、並びに①、②で得られた研究開発技術を統合化し、100GHz 超帯の無線信号の周波数解析実現のための検証を行う。

技術の種類	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
100GHz 超無線信号の周波数変換技術		フィルタ技術の開発・評価		
			周波数変換技術の開発・評価	
			広帯域高周波ミキサの開発・評価	
100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術			変調信号発生技術の開発・評価	
		低位相雑音発生器の開発・評価		
		基準周波数源（水銀イオンクロック）の開発・評価		
スペクトラム解析技術			スペクトラム測定系の構築・評価	
			キャリブレーションシステムの開発・評価	
				総合評価

## (2) 達成目標

本研究開発は、電波利用ニーズの高まり等によるミリ波帯等の高い周波数への移行の促進と、当該周波数において電波の有効利用のために複数無線システムを稠密に配置することを目的として、100GHz 超の帯域（100GHz から 140GHz の周波数帯）の微小なスプリアス信号を含めた無線信号を高精度かつ高効率に測定するために必要な技術（100GHz 超無線信号の周波数変換技術 100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術及びスペクトラム解析技術）を実現する。

## (3) 目標の達成状況

4年間の研究開発を通じて、各要素技術について以下のとおり個別の到達目標を高いレベルで達成した。また、各要素技術を統合したスペクトラム測定系を構築、実証を行い、110GHz～140GHz のスペクトラム評価に有効であることを確認した。また、これらの技術の確立により、100GHz を超える高い周波数帯域の無線信号を高精度に測定可能な測定技術を実現し、ミリ波帯等の高い周波数への移行の促進と当該周波数における複数無線システムの稠密配置の実現に寄与することで、所期の目標を達成した。

技術の種類	目標の達成状況
100GHz 超無線信号の周波数変換技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>○低変換損失かつ低雑音で、100GHz 超の帯域の無線信号を測定が容易な周波数に変換可能とする 100GHz 超無線信号の周波数変換技術を開発した。主な開発内容は、以下のとおり。</li> <li>・導波管内に間隔を変化できる 2 つの部分透過鏡を配置して共振器を構成する世界初的方式により、110GHz～140GHz でチューニング可能なミリ波フィルタを開発した。</li> <li>・光電気変換式信号発生装置により生成した 100GHz を超える無線信号をローカル信号として用いる試作装置の評価を実施し、周波数変換部の変換損失 40dB 以下を達成した。</li> <li>・低損失な導波管変換技術と直接 IC チップ裏面を基板表面に接続する技術を開発し、安定で低損失な高周波部品実装技術を確立した。合わせて、増幅回路の一形式であるゲート接地回路を適用することにより、低雑音の増幅技術を確立した。</li> <li>・これらの技術を用いて、110GHz～140GHz の所望周波数の信号をフィルタで選択して、既存の測定器で周波数解析が可能な 30GHz 程度以下の信号に変換する低損失、低雑音な周波数変換技術を実現した。</li> </ul>
100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>○周波数変換技術の実現に不可欠な低雑音の基準信号の生成を可能とする 100GHz 超の局部発振信号発生技術及び高安定基準信号発生技術を開発した。主な開発内容は、以下のとおり。</li> <li>・広帯域の光変調器と受光器を用いた光電気変換式の周波数通倍器の試作、評価を通じて、100GHz を超えるローカル信号として出力レベル+13dBm（20mW）以上を達成した。また、この方式により低調波びずみを抑えた信号生成が可能であることを明らかにした。</li> <li>・10GHz 程度で急峻な共振特性を持つ共振器を用いて、位相雑音を抑圧した低位相雑音発振器を開発し、周波数変換に十分な電力の 100GHz を超える低雑音なローカル信号の発生技術を実現した。</li> <li>・光電気変換式の周波数通倍器のローカル信号源以外の利用方法として、変調信号を入力することによって 100GHz 超の変調信号発生装置としても使用できることを実証した。</li> <li>・光電気変換式の周波数通倍器への光入力電力に基づいて、出力されるミリ波信号電力を推定する方法を提案し、測定困難な 100GHz を超えるミリ波信号電力に対する基準電力信号源としての利用可能性を示した。</li> </ul>

スペクトラム解析技術	<p>○100GHz 超帯の無線信号の周波数解析を可能とするスペクトラム解析技術を確立した。主な開発内容は、以下のとおり。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・110GHz～140GHz に対応したスペクトラム測定系を構築し、実証評価を行った。</li> <li>・70GHz～90GHz に対応したスペクトラム測定系の構築、評価を実施し、要素技術の周波数拡張性を確認した。</li> <li>・120GHz 帯 TV 映像伝送装置、90GHz 帯通信実験系の開発を行っている機関と協同して、これらの出力信号をスペクトラム測定系で実測し、実信号に対しても簡便な操作で短時間に測定可能であることを確認した。</li> </ul>
------------	---

### 3 政策効果の把握の手法及び政策評価の観点・分析等

研究開発の評価については、各要素技術における目標の達成状況、論文数や特許出願件数などの指標が用いられ、これらを基に専門家の意見を交えながら、必要性・効率性・有効性等を総合的に評価するという手法が多く用いられている。

上述の観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（平成 27 年 6 月 26 日）において、目標の達成状況等に関して外部評価を実施し、政策効果の把握に活用した。

また、外部発表や特許出願件数等も調査し、必要性・有効性を分析した。

#### ○研究開発による特許・論文・研究発表実績

主な指標	平成 23 年度	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	合計
査読付き誌上发表論文数	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 2 件)	1 件 ( 0 件)	2 件 ( 2 件)	5 件 ( 4 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 ( 0 件)	4 件 ( 4 件)	5 件 ( 5 件)	6 件 ( 6 件)	15 件 ( 15 件)
その他の誌上发表数	0 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)	3 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)	5 件 ( 0 件)
口頭発表数	6 件 ( 0 件)	11 件 ( 0 件)	9 件 ( 0 件)	13 件 ( 1 件)	39 件 ( 1 件)
特許出願数	3 件 ( 0 件)	15 件 ( 3 件)	17 件 ( 11 件)	16 件 ( 4 件)	51 件 ( 18 件)
特許取得数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	3 件 ( 0 件)	3 件 ( 1 件)	6 件 ( 1 件)
国際標準提案数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
国際標準獲得数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
受賞数	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 1 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 1 件)
報道発表数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 1 件)	2 件 ( 1 件)
報道掲載数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)

注 1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2：「査読付き誌上发表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載された論文等 (Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む) を計上する。

注 3：「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集 (電子媒体含む) に掲載された論文等 (ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。) を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等 (電子情報通信学会技術研究報告など) は、「口頭発表数」に分類する。

注 4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等 (査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む) を計上する。

注 5：PCT (特許協力条約) 国際出願については出願を行った時点で、海外分 1 件として記入。(何カ国への出願でも 1 件として計上)。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注 6：同一の論文等は複数項目に計上しない。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しない。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行っ

たのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。

観点	分析
必要性	<p>無線システムの高い周波数帯への移行に伴い、家庭内のワイヤレスブロードバンド化を実現する WPAN (Wireless Personal Area Network)、ミリ波帯無線システムの利用、更に 100GHz 超の無線システムに対するニーズが高まっている一方で、60, 70GHz 帯の無線システムの 2 次高調波や 100GHz 超の周波数帯における無線信号については、高感度かつ高精度な測定技術が確立されていない。</p> <p>今後もミリ波帯等の未利用周波数帯の電波利用は飛躍的にそのニーズを増すものと予測されるが、その利用をさらに促進するとともに、これら周波数帯における電波の効率利用を実現するためには、厳密な技術基準の策定やその適合性確認のための試験方法の導入が必要であり、100GHz 超帯域の無線信号に関して高精度かつ高効率な測定技術を確立することが不可欠である。</p> <p>よって、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
効率性	<p>これまで利用が進んでいない高い周波数帯の無線信号の高精度測定に必要不可欠な要素技術が確立できることとなり、未利用周波数帯への移行促進に大きく寄与するとともに、投資に対する効果も大きく、目標を達成するための効率的かつ効果的な手段となっている。</p> <p>本研究開発の実施に当たり、外部の有識者、本技術のユーザーとなり得る官公庁や民間会社を含んだ研究開発運営委員会を設置し、研究開発全体の方針や進め方、成果の取りまとめ方等について指導を受けるなど、外部専門家の専門知識やユーザー省庁等からの意見等を活用し、より効率的な研究開発を実施した。</p> <p>また、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、効率的に実施した。</p> <p>よって、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
有効性	<p>100GHz 超の未利用周波数帯の無線信号を高精度かつ高効率に測定可能とする技術が確立され、この帯域における厳密な技術基準の策定やその適合性確認のための試験方法への適用などが実現可能となった。これにより、車載用レーダーや大容量伝送が必要な無線通信システム等のミリ波帯等の高い周波数帯への移行促進や普及のために必要不可欠となる同一周波数帯における複数無線システムの稠密な配置の実現が期待できる。</p> <p>また、外部専門家・外部有識者から構成される評価会における研究開発成果の目標達成状況に関して、当初の目標を十分に達成したと評価されている。</p> <p>よって、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>本研究開発の成果は、100GHz 超の未利用周波数帯への活用に大きく寄与するものであることから、広く無線局免許人や無線通信の利用者の利益となる。</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・選定した。</p> <p>よって、本研究開発には、公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>周波数のひっ迫の解消やスーパーハイビジョン (4K/8K) 等の大容量無線通信システム等の実現のため、100GHz 超の周波数帯における無線システムの導入のニーズが高まっている。周波数のひっ迫は深刻化しており、また、新たな技術の導入のためにも 100GHz 超の周波数帯での無線信号の高精度測定の実現が不可欠であり、喫緊の課題となっている。</p> <p>本研究開発は、その課題を克服するものであり、本研究開発には、優先性があったと認められる。</p>

#### 4 政策評価の結果（総合評価）

本研究開発により、100GHz 超の周波数帯における無線信号の高精度かつ高効率に測定を可能とする技術が確立されるとともに、電波利用ニーズの高まり等によるミリ波帯等の高い周波数帯への移行の促進と、当該周波数帯において電波の有効利用のために複数の無線システムを現状よりも稠密に配置するために必要な技術が実現されており、目標を達成できた。また、特許出願や標準化に向けた活動なども着実に実施されるなど、目標を達成できている。これらのことから、本研究開発の有効性、効率性等が認められた。

##### <今後の課題及び取組の方向性>

研究成果の実用化を加速するため、放送事業者や国内認証機関、通信メーカー等と共に汎用測定器としての製品化に向けた課題を検討する。さらに、スーパーハイビジョン (4K/8K) 等のアプリケーションの実用化と連携して、本技術の実用化の取組を推進するとともに、利用者への周知広報

や国際標準化活動の強化等に努める。本技術の実用化により、100GHz 超の周波数帯のより一層の利活用を進め、我が国の周波数の利用効率のより一層の向上を目指す。

## 5 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 27 年 6 月 26 日）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、外部有識者から以下の御意見等を頂いたため、本研究開発の評価に活用した。

- ・ いずれの目標も達成しており、優れた成果を挙げている。
- ・ 100GHz を超える 110～140GHz の周波数帯域における高感度・高精度なスペアナ技術を実現するという目標（変換利得、帯域幅、周波数安定度など）を達成していると考えられる。
- ・ 110GHz～140GHz 測定を実証し、全ての目標を達成した。
- ・ 当初目標としていた課題は数値的に明確であり、終了時に全ての課題を達成している。

## 6 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>

○電波政策ビジョン懇談会 最終報告書（平成 26 年 12 月）

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban09\\_02000151.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000151.html)

○新成長戦略（閣議決定 平成22 年 6 月）

<http://www.kantei.go.jp/jp/sinseichousenryaku/sinseichou01.pdf>

○情報通信審議会答申 我が国の国際競争力を強化するための ICT 研究開発・標準化戦略

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/2008/080627\\_6.html#bs1](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/2008/080627_6.html#bs1)

○電波新産業創出戦略～電波政策懇談会報告書～（平成21 年 7 月）

[http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02kiban09\\_090713\\_1.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban09_090713_1.html)