

令和4年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：国際戦略局 通信規格課

評価年月：令和4年8月

1 政策（研究開発名称）

高ノイズ環境における周波数共用のための適応メディアアクセス制御に関する研究開発

2 研究開発の概要等

（1）研究開発の概要

・実施期間

令和元年度～令和3年度（3か年）

・実施主体

国立研究開発法人、民間企業、大学

・総事業費

1,105 百万円

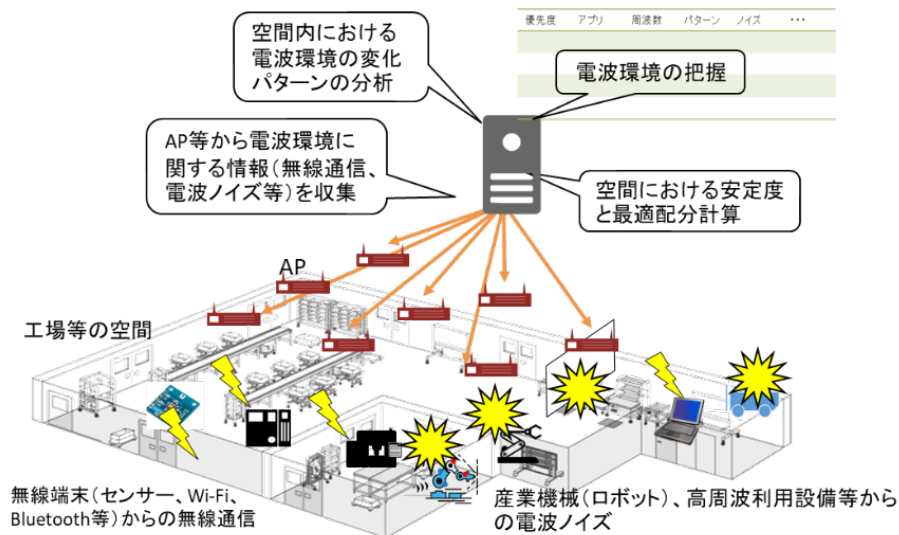
令和元年度	令和2年度	令和3年度	総 額
350 百万円	393 百万円	362 百万円	1,105 百万円

※ 予算要求時点では総額が10億円を超えることが想定されていなかったため、事前事業評価は未実施。

・概 要

製造現場や医療現場等では、利便性の向上、生産の効率化、安全性 確保等の視点から、様々な無線システムの導入が進んでいる。一方で、産業機械、ロボット等のモータ・インバータや高周波利用設備等から発射される電波がノイズとなり、通信の遮断・輻輳が発生している。そこで、異種の無線システムや産業機械等が共存し、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下においても、信頼性ある無線通信を可能にするため、状況に応じて送信タイミングを制御する技術、既存チャンネルを複数に分割・冗長化して送信する技術等を確立し、周波数共用の促進と周波数利用効率を向上させる。

具体的には、異種の無線システムが共存し、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下で、信頼性ある無線通信を可能にする無線通信技術として、状況に応じて送信タイミングを制御すると共に既存チャンネルを複数に分割・冗長化して送信する技術、無線環境を可視化・シミュレーションする技術及び稼働物体との高信頼無線通信を行う技術等を確立し、これら複数の技術を組み合わせることで、課題全体として、従来方法に比べて2倍以上の周波数利用効率向上を目指す。



技術の種類	技術の概要
適応的複合メディアアクセス制御技術	産業機械等から発される電波ノイズの影響を回避するための適応的複合メディアアクセス技術と、冗長性を持たせること及び複数の端末が連携することで通信信頼性を高める通信制御技術を開発する。
多用途周波数共用最適化技術	実測データを用いて、様々な用途で使用されている無線システムからの電波や複数の周波数にまたがる電波ノイズ等のパターンを抽出し、各用途の電波が相互に与える影響や、電波ノイズが各用途の電波に与える影響等の可視化を実現する。また、通信の安定性を確保するため、多用途の周波数の相互影響や電波ノイズが与える影響等を考慮して、複数周波数利用時の無線リソースの使い方を最適化する技術を確立する。
稼働物体との高信頼無線通信技術	遠方の他のシステムから発せられる電波や高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下における金属加工機や製造ロボットなどの予防保全と遠隔制御のための信頼性のある無線通信を実現する。

	令和元年度	令和2年度	令和3年度
適応的複合メディアアクセス制御技術	通信環境と用途に合わせて制御を行う技術の一次試作	通信環境と用途に合わせて制御を行う技術の二次試作	全体統合および総合評価実験の実施、改良
多用途周波数共用最適化技術	多用途周波数相互影響可視化技術の一次試作 複数周波数利用時の無線リソース（時間、周波数、空間）の最適化を数値的に行う技術の一次試作	多用途周波数相互影響可視化技術の二次試作 複数周波数利用時の無線リソース（時間、周波数、空間）の最適化を数値的に行う技術の二次試作	
稼働物体との高信頼無線通信技術	適応的複合メディアアクセス制御を応用した狭空間における高速稼働物体との高信頼無線通信技術確立のための一次試作	適応的複合メディアアクセス制御を応用した狭空間における高速稼働物体との高信頼無線通信技術確立のための二次試作	

(2) 達成目標

本研究開発では、適応的複合メディアアクセス制御技術、多用途周波数共用最適化技術及び稼働物体との高信頼無線通信技術を確立し、これら複数の技術を組み合わせることで、課題全体として、従来方法に比べて2倍以上の周波数利用効率向上を目指し、周波数の有効利用の一層の向上に資する。

○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」

○政府の基本方針（閣議決定等）、上位計画・全体計画等

名称（年月日）	記載内容（抜粋）
未来投資戦略 2018-「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革（平成 30 年 6 月 15 日）	「Ⅱ．[1]1.（3）iii）⑤「Society 5.0」を支える通信環境の整備」において「スマートワイヤレス工場等の生産現場における無線通信の円滑な導入を進めるため、工場内の無線通信を最適制御する技術の研究開発を実施」
経済財政運営と改革の基本方針 2018（平成 30 年 6 月 15 日）	「第 2 章 5.（2）①」において「我が国の国際競争力を強化する観点から、「知的財産推進計画」や「人工知能技術戦略実行計画」の策定・実行を進めるとともに、サイバーセキュリティ対策、先端技術の国際標準化などに官民挙げて取り組む」
知的財産推進計画 2018（平成 30 年 6 月 12 日）	「Ⅰ．1. 45. 第 4 次産業革命時代を見据えた IoT サービス等に関する国際標準化戦略の推進」において「ワイヤレス工場の普及・展開に向けて、工場等の狭空間における無線通信を最適化する技術等の研究開発や国際標準化を推進するとともに、ドイツをはじめとする海外の研究機関等との国際連携、情報発信と仲間作り、人材育成等の取組を一体的に推進する」

(3) 目標の達成状況

本研究開発では2倍以上の周波数利用効率向上を目指してきており、課題アの「複数無線局連携による空間再利用技術」として、無線局連携を応用したノイズ情報の収集と、それを用いたメディアアクセスのパラメータ制御により1.4倍の周波数利用効率の改善を確認した。課題アの「ノイズの発生パターンを考慮したノイズの回避技術」として、送信待機時間を考慮した無線割り当て方式により、実際の製造現場のノイズ占有率 30%以上で通信スループット1.2倍の改善を確認した。課題アの「無線局連携送受信技術」として、マルチチャネル通信とマルチポイント通信を効率的に組み入れた無線局連携送受信技術の適用により、1.3倍の周波数利用効率の改善を確認した。課題イの「多用途周波数共用最適化技術」では、課題アでの周波数利用効率向上に資する通信制御に利用可能な周波数軸と時間軸上の電波環境情報を解析・出力を可能とした。課題ウの「稼働物体との高信頼無線通信」では、送信側で搬送波を作り出すことなく、Wi-Fi の電波をアンテナのインピーダンスをスイッチで高速に切り替えるだけでデータを送信する Wi-Fi バックスキュッタという技術を利用し、最適ビームを瞬時に選定して、稼働するロボットアームに取り付けられたセンサノードとアクセスポイント間の簡易ビームフォーミングによる高信頼性通信を達成した。以上により、目標としていた周波数利用効率に対し、2.1倍以上の向上を達成した。

技術の種類	目標の達成状況
適応的複合メディアアクセス	製造現場では、産業機器・高周波利用設備から発せられる高レベル・広帯域な電波ノイズ、無線給電からの放射ノイズ、マルチパスリッチな環境などに起因して信

号強度が不安定となり、信号対雑音比（SN 比）の悪化による無線通信の途絶といった課題がある。このような課題に対し、ノイズの発生時刻に対して送信待機時間を考慮した無線割り当て方式や、データリンク層より上の階層での IP パケット消失訂正符号化/復号を適用する方式が考えられるため、これら 2 方式を組み合わせることで送信タイミングを制御することにより、無線通信を安定化する研究開発を実施した（図 1）。

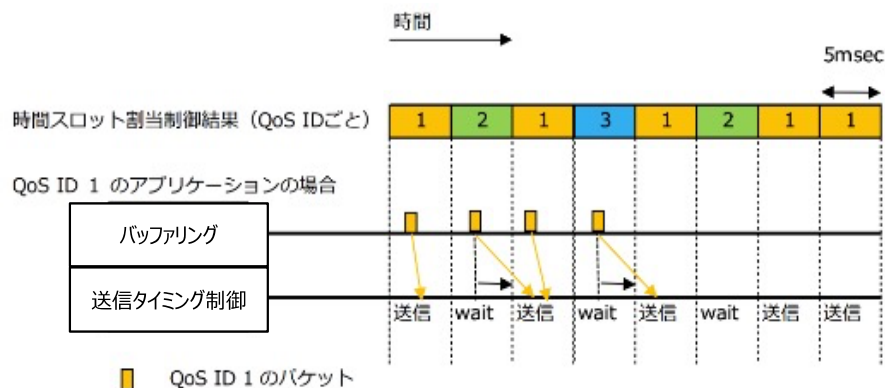


図 1 送信待機時間を考慮した無線割り当て方式

送信待機時刻及び IP パケット消失訂正符号化/復号を考慮したアクセス制御の機能を実現するため、令和元年度に実証実験一次試作系の開発を行った。開発した実証実験一次試作系を用いて特性を評価した結果、送信待機時刻を考慮したアクセス制御は効果があり、ノイズと複数のタイプのデータ通信が共存できることを確認した。令和 2 年度の実証実験二次試作系の開発においては、観測したノイズから送信待機時刻を自動生成する機能を実現し、ノイズを避けたデータ通信を動的に制御できることを確認した。令和 3 年度の研究開発は、ノイズの発生時刻を正確に予測できる場合における性能評価と、ノイズの発生時刻を正確に予測できない場合に IP パケット消失訂正符号化/復号の適用制御を行う統合ソフトウェアを開発した。図 2 に統合実証実験系を用いて、送信タイミングを制御した場合（提案方式）のスループット特性の性能評価結果を示す。横軸はノイズの時間占有率、縦軸を通信スループットとした。

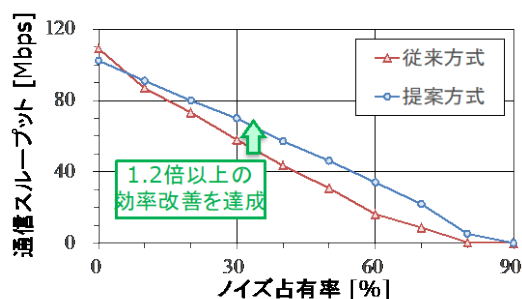


図 2 送信タイミング制御によるスループット特性評価

ノイズ時間占有率が 10%以下では、従来の無線 LAN の方が提案方式よりも高い平均スループットが得られる。ノイズ時間占有率が 10%以上 90%以下のときには、提

	案方式の方が従来の無線 LAN よりも高い平均スループットが得られる。ノイズ時間占有率が 90%以上になると、提案方式でも全時間帯が送信待機時刻になるためデータを流すことができない。実際の製造現場におけるノイズ時間占有率を想定し、30%以上のとき従来の無線 LAN に対して提案方式のスループットが 1.20 倍以上になっており、ノイズ占有率 60%以上において周波数利用の効率が 1.37 倍以上となっていることがわかった。以上により、ノイズ環境下において、ノイズの発生時刻が予測できる場合においては送信待機時間を考慮した無線割り当て方式は効果的であり、ノイズの発生時刻が予測できない場合には IP 消失訂正符号の適用は効果があり、周波数利用効率が従来の無線 LAN に対して改善し、ノイズと複数のタイプのデータ通信が共存できることを確認した。
多用途周波数共有最適化技術	本課題では、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下での信頼性の高い無線通信の実現に向け、無線通信を使用する製造現場での、電磁ノイズのモニタリングシステムの構築、取得したデータの可視化、分析技術の研究開発を実施した。 電波環境情報を取得するため、製造現場の無線機器の多くが使用する 920MHz、2.4GHz、5GHz 帯をカバーし、これらにまたがる広帯域の電磁ノイズ等を時間的な相関がわかるように時間同期して計測可能なセンサを試作した。生産現場への実用展開を考慮したより簡易で柔軟なシステムで必要な情報を抽出可能とするため、複数のソフトウェア無線機を電波受信部として構成した。工作機械の放射する電磁ノイズを計測する実証実験を実施した（図 3）。 （左）電波環境モニタリングシステム、（右）工作機械から放射される電磁ノイズの計測 図 3 電波環境センシング技術 センサにより得られた電波環境データを、機械学習等を用いて解析し、製造現場の運用・管理者が電波の状況を把握可能にするための可視化を行った。広帯域かつ長時間で膨大な量の計測データから、未知のものも含めた電磁ノイズの分離抽出を行うための、モニタリングシステムの運用処理フローを構築した。電磁ノイズの抽出のための一連の分析アルゴリズムとして、教師データ作成のためのクラスタリング、多様な製造現場の電波環境での計測運用を考慮した複数のセンサを配置した場合の学習データ生成手法、分類手法、新規性検出と学習フィードバックの検証、時系列パターン抽出、定常ノイズキャンセルによるデータ転送量の削減と分類精度の向上手法を確立した（図 4）。

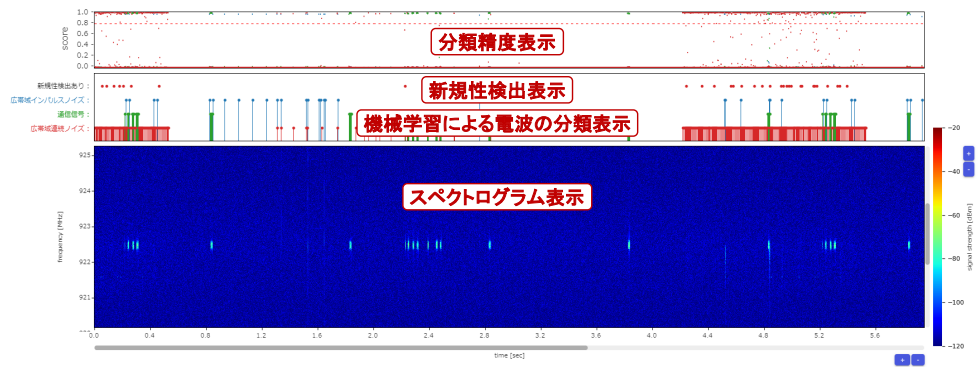


図4 電波環境可視化技術

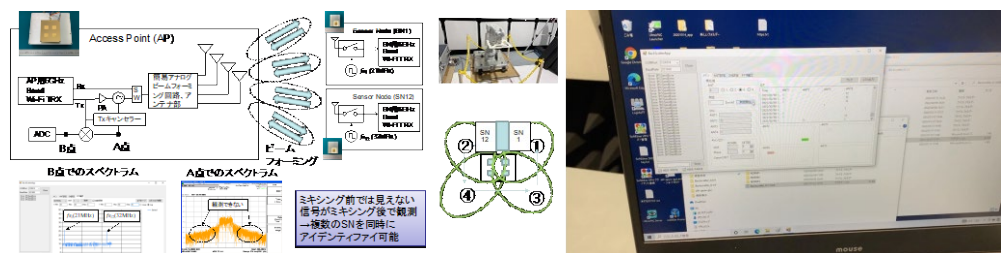
令和元年度は、アクセスポイント (AP) およびセンサノード (SN) の簡易ビームフォーミング送受信機のアンテナ部試作を行い、アンテナ素子数と構成を決定し、回路設計を行った。ビームトラッキングに必要となる、高速移動、回転するセンサノードとの相対位置情報取得方法を検討し、その原理実験に必要な測定系を構築した。

令和2年度は、令和元年度のアンテナ部試作結果を元に、最終年度に向けて、簡易ビームフォーミング送受信機の部分試作を行った。さらに、前年度構築した測定系を用いて、高速移動、回転するセンサノードとのビーム形成、制御の測定器を使った原理実験を行った。

令和3年度は、令和2年度の部分試作結果をもとに、Wi-Fi バックスキヤッタを用いた簡易ビームフォーミング送受信機の全体試作を行った (図5(a))。さらに、高速移動、回転するセンサノードとのビーム形成、制御に関して、ロボットアームを用いた実環境に近い状況での実証実験を行い、2個のSNと最適ビームの組み合わせを瞬時に判別した。(図5(b))。

以上の結果、Wi-Fi バックスキヤッタを用いる事により、移動するロボットアームに取り付けられたSNとAP間の簡易ビームフォーミングを実施すると共に、高速移動するSNとの通信制御手法を開発した。

稼働物体との高信頼無線通信技術



(a) 提案高効率電波送受信システム

(b) 検証実験状況

図5 効率電波送受信システム

また、適応的複合メディアアクセス制御技術の効果が期待できるアプリケーションとして、振動センサを用いた予防保全と移動体の安定制御の検証を行った。

稼働中の工場における実際の振動データに基づき、データの間引きに必要な処理能力とデータ量の関係性を分析した。この実験では、フライス加工機で金属を繰り返し切削し、その際の振動データをセンシングした。センシングされた典型的な振

動波形（切削初期）をローパスフィルタ、ピーク検出の手順で処理し、ピーク検出処理後に Peak-Peak マップを生成した（図 6）。切削回数ごとにマップ比較を行ったところ、切削歯の状態に違いがあり、閾値導入で OK/NG の判断が可能であることがわかった。（図 6 において切削初期は 2 回目の切削、切削後期は 26 回目の切削）

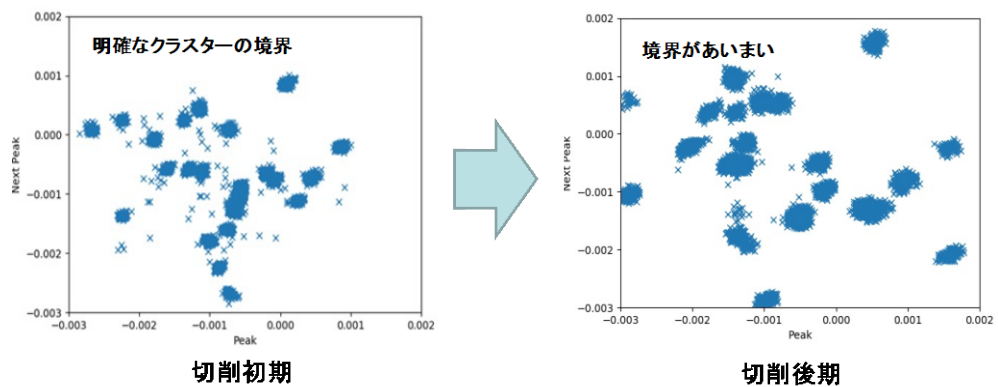


図 6 Peak-Peak マップ

さらに統合実験システム（図 7）を構築し、送信データ量の間引き検証、および冗長性を持たせたデータ送信による移動体の通信安定化検証を行った。

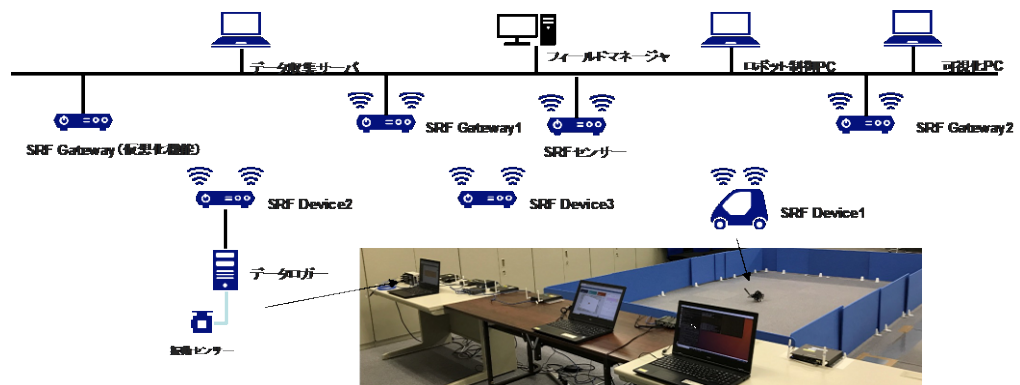


図 7 統合実験システム

冗長化機能を有効化すれば、事前にリンクの品質がわからない状態でも、常に到達が早い方のパケットを採用することで遅延を抑える効果があった。統合実験システムを用いて評価した結果、図 8 のように冗長化制御機能により片方向遅延が抑えられていることがわかった。

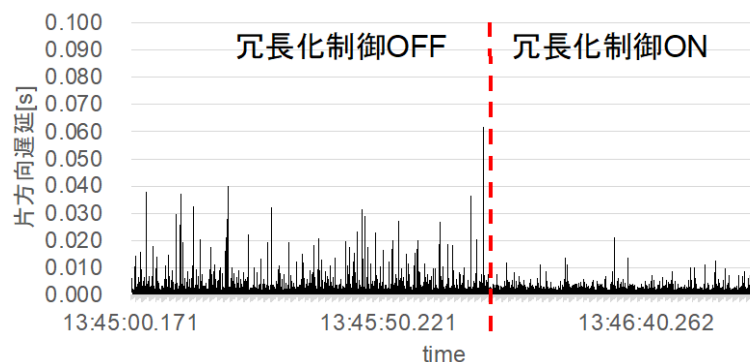


図 8 通信の冗長化による遅延改善

3 政策効果の把握の手法

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。この観点に基づき、「電波利用料による研究開発等の評価に関する会合」（令和4年7月1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、国際標準提案件数等も調査し、必要性・有効性等を分析した。

4 政策評価の観点・分析等

○研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績からの分析

研究開発による特許・論文・研究発表・国際標準の実績から、合計 24 件の論文発表及び合計 40 件の口頭発表に加え、合計 12 件の特許出願を行った。さらに、合計 7 件の国際標準提案を行った結果、IEEE802.1 のプロジェクトの 1 つである P802.1Qdq として活動を開始し、令和 3 年にドラフト 0.0、令和 4 年にドラフト 0.1 を発行するなど、国際標準獲得に向けて非常に多くの成果を挙げており、本研究開発の必要性、有効性等が認められた。

主な指標	令和元年度	令和2年度	令和3年度	合計
査読付き誌上発表論文数	0 件 (0 件)	2 件 (2 件)	5 件 (1 件)	7 件 (3 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1 件 (1 件)	6 件 (6 件)	10 件 (7 件)	17 件 (14 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	10 件 (2 件)	17 件 (1 件)	13 件 (0 件)	40 件 (3 件)
特許出願数	2 件 (0 件)	6 件 (0 件)	4 件 (0 件)	12 件 (0 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	1 件 (1 件)	1 件 (1 件)	5 件 (5 件)	7 件 (7 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 (0 件)	1 件 (0 件)	3 件 (0 件)
報道発表数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	1 件 (0 件)	1 件 (0 件)
報道掲載数	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)	0 件 (0 件)

注：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。

○各観点からの分析

観点	分析
必要性	本格的な IoT 時代を迎え、製造、小売り、農業、健康等の様々な分野で無線通信を使った IoT の導入が進んでいる。特に、工場等では様々な工具、装置、機械などに無線機器が取り付けられ、作業データ等の収集・分析が行われ、生産性の向上に向けた取組が進んでいる。また、工場等で利用される無線機器は、無線 LAN 等で利用されている 2.4GHz 帯の周波数を中心とした同一周波数帯域を共用している状況である。 他方、工場等の製造現場では、無線機器以外にも産業機械及び高周波利用設備が稼動しており、これらから発せられる高レベル・広帯域な電波ノイズが原因となっており、無線機器の通信が途絶し輻輳するといった問題が発生しているのが現状となっているため、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下においても信頼性のある無線通信を可能とする技術等を確立することで、既存の周波数を用いた高信頼性の無線通信の実現が必要不可欠であった。 よって、本研究開発には必要性があったと認められる。
効率性	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、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。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、さらに専門家を含む研究開発運営委員会や、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。 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。 よって、本研究開発には効率性があったと認められる。
有効性	本研究開発では2倍以上の周波数利用効率向上を目指してきており、課題アの「複数無線局連携による空間再利用技術」として、無線局連携を応用したノイズ情報の収集と、それを用いたメディアアクセスのパラメータ制御により1.4倍の周波数利用効率の改善を確認した。課題アの「ノイズの発生パターンを考慮したノイズの回避技術」として、送信待機時間を考慮した無線割り当て方式により、実際の製造現場のノイズ占有率30%以上で通信スループット1.2倍の改善を確認した。課題アの「無線局連携送受信技術」として、マルチチャネル通信とマルチポイント通信を効率的に組み入れた無線局連携送受信技術の適用により、1.3倍の周波数利用効率の改善を確認した。課題イの「多用途周波数共有最適化技術」では、課題アでの周波数利用効率向上に資する通信制御に利用可能な周波数軸と時間軸上の電波環境情報を解析・出力を可能とした。課題ウの「稼働物体との高信頼無線通信」では、Wi-Fi バックスキヤッタ稼働するロボットアームに取り付けられたセンサノードとアクセスポイント間の簡易ビームフォーミングによる高信頼性通信を達成した。以上により、目標としていた周波数利用効率に対し、2.1倍以上の向上を達成するとともに、周波数の有効利用の一層の向上に資することができた。 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得られた。 さらに、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、国際標準化活動を積極的に行った。 よって、本研究開発には有効性があったと認められる。
公平性	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なる。 また、本研究開発の実施に当たっては、開示する電波資源拡大のための研究開発平成31年度基本計画書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。なお、基本計画とは、研究開発課題の提案の公募に先立ち、研究開発内容・技術課題・到達目標など研究開発を実施する上での基本的な計画を記載したものである。 よって、本研究開発には公平性があったと認められる。
優先性	工場等の生産現場では、様々な工具・装置・機械等に無線機器が取り付けられ、無線の利活用が進んでいる一方、無線機器以外にも産業機械及び高周波利用設備が稼働しており、これらから発せされる高レベル・広帯域な電波ノイズが原因となって、無線機器の通信が途絶し、輻輳するといった課題が発生している。 今後、無線機器を使った状況把握・制御・給電等の需要が増加し、急速な無線利用が進むことが見込まれており、同時に産業用ロボットの利用拡大が見込まれていることから、上記課題に早急に対応する必要があるため、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下においても信頼性のある無線通信を可能とする技術の研究開発を早急に実施する必要がある。 よって、本研究開発には、優先性があったと認められる。

5 政策評価の結果（総合評価）

高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下においても信頼性のある無線通信を可能とする技術等を確立することで、既存の周波数を用いた高信頼性の無線通信を実現した。

適応的複合メディアアクセス制御技術、多用途周波数共有最適化技術及び稼動物体との高信頼無線通信技術を確立することにより、目標としていた周波数利用効率に対し、2.1倍以上の向上を達成するとともに、周波数の有効利用の一層の向上に資することができた。

よって、本研究開発には有効性、効率性等があると認められた。

＜今後の課題及び取組の方向性＞

本研究開発で確立した技術は、異種の無線システムが共存し、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下において、無線の不安定性を克服し高信頼な無線システムを提供することを可能とする技術である。この特徴を生かし、次世代型製造現場（スマート工場）対応FA（ファクトリー・オートメーション）システム市場での実用化を目指す。

今後、第5世代移動通信システムにおいて、IoT時代に対応するため高密度・高信頼化が進められているが、本研究開発で推進している狭空間で免許不要帯を利用する無線システムで高密度・高信頼化を推し進めることは、すみ分けや補完関係を維持・発展させるものである。限られた周波数資源の条件の下で、IoT機器の増加や、発生する情報の増大に対して、ユーザの要件を満たすネットワークと、それを利用したサービスを柔軟に提供することが可能となる。

本研究開発では、工場、倉庫、病院、駅、空港など施設（狭空間）を想定し、動的な無線環境でも安定な通信を確立する技術である。したがって、スタジアムやホールなどイベントに伴って無線トラフィックが増加する場合でも、施設管理、安全管理を確実に運用したり、災害時にテンポラリーに集められた複数の複数無線システムを安定に運用するようなケースでも有効であると考ええる。

また、複数の無線システムでポリシー制御による連携を行うためのインターフェースとプロトコルを規格化させ、少ない実装コストや検証コストでこの規格を取り入れるようにできる。その結果、無線システムを販売するベンダーにとって、無線通信の不安化リスクを下げ、ユーザの期待を満足させることができ、市場機会の増加をもたらす効果がある。

6 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」（令和4年7月1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。

- ・異種の無線システムや産業機械等が共存し、高レベル・広帯域なノイズが発生する環境下で、信頼性のある無線通信を可能にする無線通信技術を確立できており、有益であったと判断する。
- ・IEEE802.11での標準化提案、IEEE802.1との標準化連携提案に取り組んで、寄書を入力しプロジェクトに参加している。また、査読付き口頭発表40件を含む査読付き発表論文数47件、申請特許数12件であり、知的財産に積極的に取り組んでいると判断する。

7 評価に使用した資料等

○未来投資戦略2018-「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革-（平成30年6月15日 閣議決定）

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_zentai.pdf

○経済財政運営と改革の基本方針2018（平成30年6月15日 閣議決定）

https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2018/2018_basicpolicies_ja.pdf

○知的財産推進計画 2018（平成 30 年 6 月 12 日）

<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/titeki2/kettei/chizaikeikaku2018.pdf>

○電波資源拡大のための研究開発 平成 31 年度基本計画書

https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/fees/purpose/pdf/190128_keikakusho.pdf

○電波利用料による研究開発等の評価に関する会合

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/index.htm>