

補助事業番号 2024M-441

補助事業名 2024年度複数のソフトウェア無線を用いた電波干渉検知システム開発補助事業

補助事業者名 大阪工業大学 工学部 電子情報システム工学科  
環境電磁工学研究室 川上 雅士

## 1 研究の概要

Wi-FiやBluetoothに代表される2.4 GHz帯の通信は、様々なデバイスにも使用されている周波数帯域であることから電波干渉が生じやすい。複数のソフトウェア無線を用いた複数の電波発生源検知について検討した。

## 2 研究の目的と背景

Society5.0社会において、無線通信が我々の生活を担う技術である。日常生活において欠かせないものとなっているWi-FiやBluetoothは2.4 GHz帯の通信であり、様々なデバイスにも使用されている周波数帯域であることから電波干渉が生じやすい課題がある。また、悪意のあるものが、無線回線の盗用や故意に干渉を発生させることが問題である。

本事業により、より安全・安全なセキュリティを有する通信環境構築のために以下の目的を設定した。

- 振幅情報のみで位相検知可能な2.4 GHz帯域用の6ポート回路の設計と製作・評価を実施し有効性の検証。
- 複数のソフトウェア無線を用いた位相検知システムの構築と、評価の実施およびアルゴリズムの実装。
- 2.4 GHz帯実環境(Wi-Fi、Bluetooth)での評価を実施し、有用性を検証。

## 3 研究内容

(<https://www.oit.ac.jp/labs/eng/elc/kawakami/04ResearchGrant/041JKA24report/041JKA24reportindex.html>)

2.4 GHzの転送帯域幅は、日常的な生活環境において広く使われているため、競合デバイスや悪意のあるデバイスによる干渉が発生しやすい。環境内で本帯域幅を使用しているすべてのデバイスを認識するためには、通信機器だけに限らず、すべての電子機器及び電気機器の仕様を把握する必要があり、家電製品や建造物の資材、さらには自然界における要因など把握すべき環境要因が多岐にわたるため原因が特定しづらい。また、無線関連の汎用的な測定器は一般的に高価であり、コスト面がネックとなり、社会実装の実現性が低い。本研究では、安価なソフトウェア無線(SDR)を使用し、複素電波検知装置を開発し、高分解能の電波位置検出を目指した。電波は複素ポインティングベクトルで表され、従来は周波数、振幅、方向が重要視されたが、位相は難しいためこれまで無視されてきた。しかし、現代社会では多くの電波源が存在し、位相検知が重要となってきた。振幅情報のみで位相を検知できる6ポート回路(図1)とSDRを組み合わせた電波検知システムを開発した。

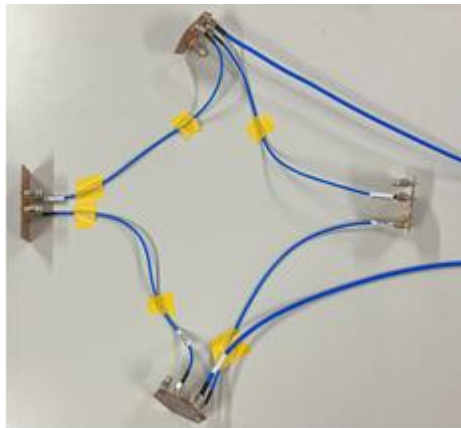


図1. 試作した6ポート回路(6PHM)

そこで、本事業では以下の項目に取り組むことでシステム実現を目指した。

- ・ 6ポート回路の設計、製作、加工、評価
- ・ SDRの環境構築、無線通信ブロックおよび信号処理ブロックの構築と評価
- ・ 電波干渉テストと評価

試作した6ポート回路に $180^\circ$ の位相差となる二入力を印加した時の位相の測定結果を図2に示す。横軸は周波数で2400~2500 MHz, 縦軸は二入力間の位相差を高精度な測定器の測定結果との差を示す。試作した6ポート回路(6PHM)を青実線, 構成を変えた6ポート回路(6PN)を赤実線に示す。橙破線が目標とした位相検出精度 $10^\circ$ 以内である。青実線の試作した6ポート回路の位相差は目標とした橙破線の位相検出精度 $10^\circ$ よりも小さく, 目標を達成できたことを示している。

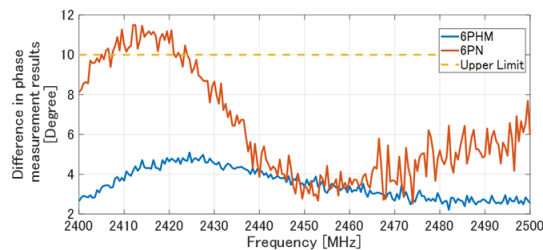


図2. 試作した6ポート回路に $180^\circ$ の位相差となる二入力を印加した時の位相の測定結果

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本事業では目に見えない電波を位相検知によって見える化をすることで, 問題発生の原因を特定することを目的とする。具体的には, 電波干渉などの問題を位相情報により特定することで, 原因となるデバイスを識別する。これにより, 競合する信号干渉への対策, 原因となる自然環境要素への対策を講じることができるため, 通信品質のよりよい環境構築に貢献することができる。また, 悪意のある行為(ただ乗り, 家電操作, 不正アクセス, 自動接続など)の原因特定により, より安心・安全なセキュリティを有する通信環境構築に貢献することができる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、無線通信をはじめ、環境電磁工学、マイクロ波工学に関する研究にアカデミアだけでなく産業界でも携わってきた。不要電波の複素量測定手法として、振幅測定のみで位相検知が可能な6ポート回路の研究を行った。他方、近年はソフトウェア無線の研究を行ってきた。本研究は、無線通信の通信品質低下の原因となる電波干渉の検知を、複数のソフトウェア無線と6ポート回路による電波検知システムを構築することで、位相まで含めた電波干渉検知を提案するものであり、本技術を発展することで電波干渉による無線通信品質の低下の改善、安心安全な通信環境の提供につながる成果として位置づけられる。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### 学会発表

1. 上條滉斗,秋田敏宏,川上雅士,“ソフトウェア無線を用いた電波干渉検出システムのための基礎検討,”2024年度電気系学会東北支部連合大会,2024.8.
2. 川上雅士,末松大輝,泰井慧,増井彩弓,晋川留佳,向井大翔,秋田敏宏,“SDRを用いた電波検知の一検討,”電子情報通信学会技術研究報告,EMCJ2024-57, pp.112-115, 2024.10.
3. 川上雅士,末松大輝,泰井慧,増井彩弓,晋川留佳,向井大翔,秋田敏宏,“2.4GHz帯電波干渉検知システムの複素量評価に関する一検討,”エレクトロニクス実装学会システム設計研究会2024年度第1回公開研究会, 2024.12.
4. 増井彩弓,末松大輝,泰井慧,上條滉斗,秋田敏宏,川上雅士,“2.4GHz帯電波干渉検知システムの複素量評価に関する検討,”IEEE EMCS 仙台Chapter学生研究発表会,2025.2.
5. 上條滉斗,秋田敏宏,川上雅士,“SDRとRaspberry Piを使用した2.4GHz帯電波干渉検知システムの基礎検討,”IEEE EMCS 仙台Chapter学生研究発表会,2025.2.
6. 増井彩弓,末松大輝,泰井慧,上條滉斗,秋田敏宏,川上雅士,“2.4GHz帯電波干渉検知システムの複素量評価に関する検討その1,”エレクトロニクス実装学会第39回春季講演大会,11C3-3,2025.3.
7. 川上雅士,上條滉斗,増井彩弓,末松大輝,泰井慧,秋田敏宏,“2.4GHz帯電波干渉検知システムの複素量評価に関する検討その2,”エレクトロニクス実装学会第39回春季講演大会,11C3-4,2025.3.
8. 川上雅士,上條滉斗,増井彩弓,末松大輝,泰井慧,晋川留佳,向井大翔,秋田敏宏,“複素量による電波干渉検知の基礎検討,”2025年電子情報通信学会総合大会,B-4-26, 2025.3.

## 7 補助事業に係る成果物

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 大阪工業大学工学部(オオサカコウギョウダイガクコウガクブ)

住 所: 〒535-8585(半角)

大阪府大阪市旭区大宮5丁目16-1

担 当 者: 講師川上雅士(カワカミマサシ)

担 当 部 署: 電子情報システム工学科(デンシジョウホウシステムコウガクカ)

E - m a i l: masashi.kawakami@oit.ac.jp

U R L: <https://www.oit.ac.jp/labs/eng/elc/kawakami/>