

補助事業番号 2024M-384
補助事業名 2024年度 チップレスタグを活用したサイバー空間とリアル社会をつなぐ
秘密分散型割符情報マネージメント 補助事業
補助事業者名 電気通信大学 大学院 情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻
教授 和田光司

1 研究の概要

小型、軽量、低コストで秘匿性が高く、劣悪な環境での使用でも安定して情報収集できるチップレスRFIDタグと商用クラウドサーバやクライアントPC等それぞれへ電子情報を割符化して割り当てる将来像を目指し将来的なインターネットとチップレスRFIDタグとの情報基盤とのシームレスでセキュアな連携による情報資産管理の安全性向上等のプロトタイプ開発に必要なタグ開発を行う。

2 研究の目的と背景

現在、商用のチップ付きタグが世の中の身の回りに衣服のタグなどに使われている。また電車の自動改札機や店等でのクレジットカードやスマホでのタッチ決済が実動されている。さらには国ではマイナンバーカード(個人番号カード)の利用の積極的な利用を推進している。このような状況の中、クレジットカードサイズというのは、広い年齢層を想定すると人間が使用する上の情報群を取り入れることができれば実は非常に使いやすい大きさであると事業者は考えている。おそらくカードサイズより小さいものが実現できたとしても持ち運びにかなり使いづらいものになるであろう。一方で、それらを実用的に幅広く展開するには、どうしてもカードだけでは情報は入りきれない、そこでチップIC付きのカードが現状で利用しているのが実情である。一方で電子情報を割符化して一部を商用クラウド上に割り当て、残りをカードに割り当てることができ、使用時に一つの情報として合体でき瞬時に利用することができれば良いと考えた。そのときには、カードに割り振る情報量をあえて少なくすることで、現況のカードのようなチップICはなく情報量も少なくてもよいチップレスRFIDタグが利用できると考える。

一方で従来のチップレスRFIDタグは、アンテナをタグに取り付けたタイプのタグについてリーダとタグの距離間がある程度距離がある場合について国内外で検討されてきた。私はリーダとタグが非接触の状態でのチップレスRFIDタグについて開発研究を行ってきた。その理由の一つにタグ設計の見通しやすさとリーダ部の小型化、汎用化を目指したいという将来的に実用化をタグとリーダ両面から目指しているからである。また、設計について、古典フィルタ設計基本理論を用いたタグ設計を行っているが、現在、マイクロ波、ミリ波フィルタ、アンテナ等で誘電体の上に導体パターンを配置する本事業のような回路については、現在ニューラルネットワークを用いた設計が流行しており、タグの高速設計が期待される。よって将来的には、いろいろな状況下で実際には使うタグの設計を短時間かつ、リズナブルに、状況によっては場所をえらばず出張現場でもすぐタグを作製可能な自己作製チップレスRFIDタグの開発に事業を展開したいと考えている。

3 研究内容 (<http://www.k-wada.lab.uec.ac.jp/intro.html>)

本事業のような基板パターン回路については、ニューラルネットワークを用いた学習データによるタグパターンの高速設計が期待されるが、そのためには実用に耐える膨大な学習用データが必要であることがわかった。具体的には、リーダ部とタグカードの非接触性を考えた場合の物理的位置ずれ、リーダ部とタグカード間の距離等パラメータが多く、現在は図1に示すようにどのくらいで学習用データで波形導出がどのようになるかについて引き続き調査をしている、それが落ち着くとどの程度割符としてタグ側に割り振れるかの目安がでると考えているので早期に検討を行う。

高コストな高周波プリント基板でなく世の中でよく用いられている低コストで薄型のFR4(Flame Retardant Type 4)基板によるクレジットカードサイズに収納可能な一端短絡/他端開放タグの5本平行配置型のチップレスRFIDタグおよび5ch切り替えプローブを開発導入することでクレジットカードサイズの非接触超薄型タグ(裏面にベタグランド付き)の実現とその基本特性が得られた(2025年9月にEuMC2025オランダで発表予定)。さらに裏面にベタの接地導体のない、さらなる低コスト化が期待できる新しいマルチ共振器を用いたクレジットカードの約3分の1ほどのサイズの基本形タグ(衣服等の商品につけるタグ実現の大きさを想定)マルチ共振器タグについて開発導入しその基本特性について設計、シミュレーション測定を行い、またその測定手法自体も新しい位相差検出方式について検討しその実用性について評価し用いるマルチ共振器のQがある一定の値(低損失な高周波基板)であれば実用性に耐えうることもわかった。

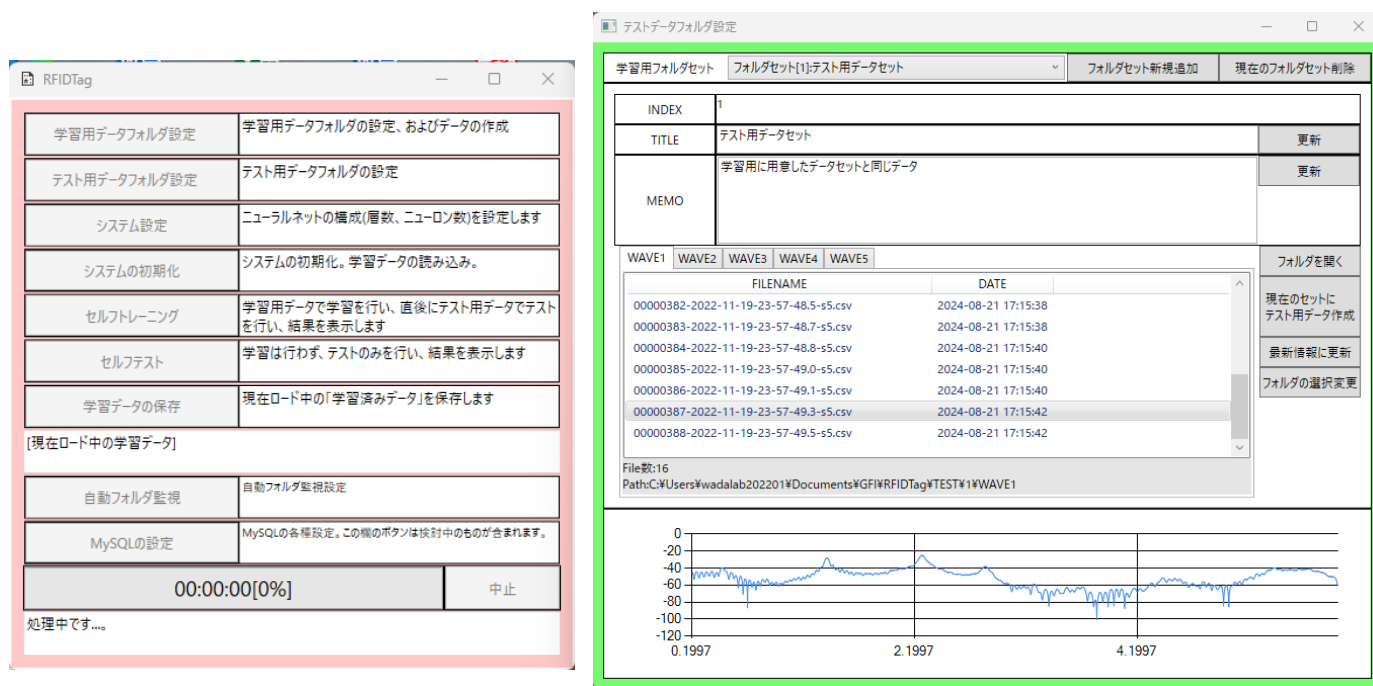


図1 タグソフトウェア開発ツール画面のスクリーンショット

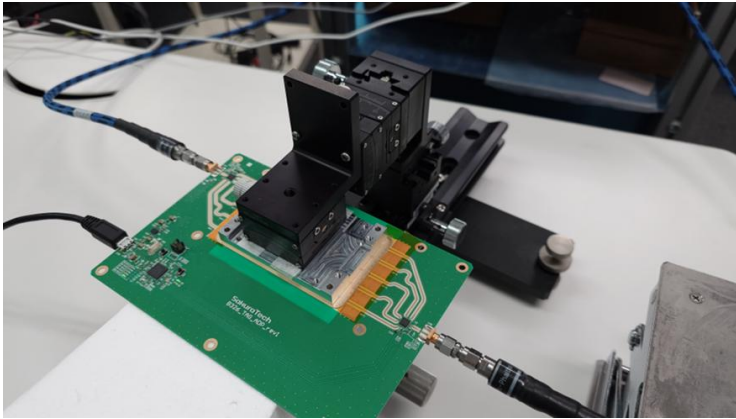


図2 5ch切り替えプローブでのタグ測定風景

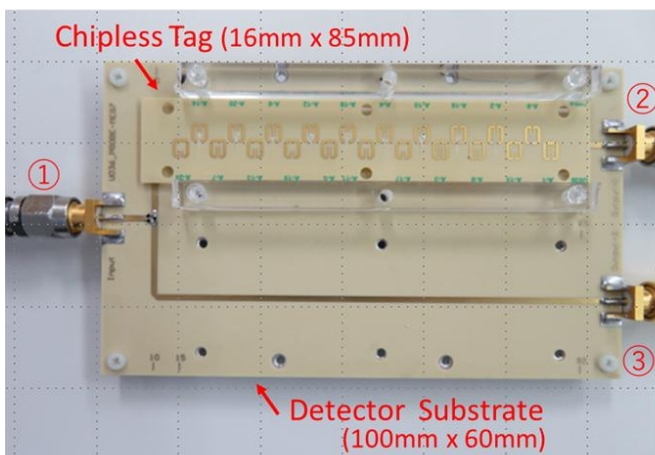


図3 マルチ共振器タグの測定風景

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

開発導入したタグに付与された情報における周波数特性の高次モード共振周波数を積極的に利用した情報群ととらえた画期的機能であり、また、今回ワイヤレス業界でもよく利用されているFR4基板（損失が大きいけど低コスト）を用いたということで低コストかつ市場拡大にもつながるとも考えている。従来より低コストで実現ができることが本事業で発見できたので、今後、たとえばスマートフォンの裏に貼るようなシールタイプ高機能超薄型タグなどへの発展が可能ではないかと期待している。応用分野の究極としてチップレスRFIDタグと割符の併用によるサイバー空間とリアル社会をつなぐ広範囲実用システムが将来的に構築できるその基本特性取得について本事業で成功した。

5 教育歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

ワイヤレス通信の中でマイクロ波・ミリ波帯で活用されている小型、高機能、高性能な共振器、フィルタ、分波回路、メタマテリアル回路、チップレスRFIDなどについて設計、シミュレーション、実験等を行ってきた。またモノづくりの点で材料定数測定回路、高周波測定環境についても研究の

対象とし、回路を実現するための材料評価、測定精度についても研究の対象としてきた。前回のJKA2018事業で得られた成果をさらに発展させた今回、ニューラルネットワークを用いたタグソフトウェアの導入により学習データ数がまだ少ないがある程度耐えうる学習データの構築、低コストFR4基板を用いた基板タグの基本特性の評価、マルチ共振器タグの基本特性などソフトウェア側、ハードウェア側両面から期待した評価ができたことは、実用化研究という観点でさらに今後に拍車がかかることを強く感じた。応用分野の究極としてチップレスRFIDタグと秘密分散型割符の併用活用によるサイバー空間とリアル社会をつなぐシステムが将来的に構築できるその基本技術の修得について本事業で成功している。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等 (<http://www.k-wada.lab.uec.ac.jp/intro.html>)

(1)国内発表論文

- ・電子情報通信学会エレクトロニクスシミュレーション研究会(2025年1月(石垣島))
- ・電子情報通信学会エレクトロニクスシミュレーション研究会(2026年1月(石垣島)投稿予定)
- ・電子情報通信学会和文論文誌Cのマイクロ波ミリ波特集号招待論文(2026年1月号に本事業のチップレスタグの一部公開予定)

(2)海外発表論文

- ・European Microwave Conference 2025(オランダ)2025年9月(2025年5月16日採録)
- ・International Microwave Conference 2026(ボストン)2026年9月(2025年12月投稿予定)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

特になし

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 電気通信大学 大学院 情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻
(デンキツウシンダイガク ダイガクイン ジョウホウリコウガクケンキュウカ)

住 所: 〒182-8585
東京都調布市調布ヶ丘1-5-1

担 当 者: 教授 和田 光司(ワダコウジ)

担 当 部 署: 情報・ネットワーク工学専攻(ジョウホウ・ネットワークコウガクセンコウ)

E - m a i l: wada.koji@uec.ac.jp

U R L: <http://www.k-wada.lab.uec.ac.jp/>