

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 9 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K06090

研究課題名(和文) 高度ワイヤレス環境構築のための電波特異伝搬素子および放射系への応用に関する研究

研究課題名(英文) Development and application of novel RF reflection/transmission elements and aperture antennas for advanced wireless systems

研究代表者

出口 博之 (DEGUCHI, HIROYUKI)

同志社大学・理工学部・教授

研究者番号：80329953

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：電波特異伝搬素子として、反射鏡アンテナとアレーアンテナの特徴を併せ持つ反射波を制御するリフレクタレー素子について検討を加え、特性向上に寄与する設計技術を開発した。さらに、これを応用してカーペットクロッキングやイリュージョンクロッキングを設計し、不要波の抑圧を行った。そして、広帯域化のための最適化について検討を加え、良好な特性が得られている。一方、透過波を制御するトランスミッタレーについては、低損失で広帯域な素子の検討を行い、複数共振素子を応用して特性改善を図った。小型な放射系への応用に関しては、多モードの励振によって高能率化やビームチルト等の放射特性の制御が行えることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、次世代の開口面アンテナの提案を目指して、リフレクタレーやトランスミッタレーを研究し、偏波共用やマルチビーム化に必要となる技術を開発している。さらに、電波特異伝搬素子の機能を利用して電磁カーペットクロッキングへの応用を行い、さらに、散乱派を意図的に発生させるイリュージョン・クロッキングの技術も明らかにしている。これらの設計では、効率的な電磁界解析を非線型最適化に組み込み、新たな素子形状を求め、性能向上を達成している。ここで開発した技術は、電波応用システムのキーデバイスの開発に大きく貢献するものと期待できる。

研究成果の概要(英文)：As novel RF reflection/transmission elements, high performance reflectarrays which have characteristics of both reflector antennas and array antennas have been developed. As a result, effective design procedure to improve radiation characteristics is proposed. Furthermore, to suppress scattering waves for carpet cloaking and illusion cloaking, the developed design procedure is applied to elements to construct these cloaking devices. Then, use of electromagnetic optimization for broadband application provides good radiation characteristics. On the other hand, transmitarrays with low insertion loss and wide bandwidth is designed by using multiple resonant elements. And also, as an application to a small radiation system, horn antennas with high efficiency and beam tilt are developed by use of multiple modes.

研究分野：アンテナ工学

キーワード：開口面アンテナ リフレクタレー クロッキング 放射パターン 最適化 電磁界解析

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

通信インフラシステムの高度化に加えて、自律型自動運転自動車、近距離センサネットワーク、ワイヤレスリンクに見られるようなレーダ/センサと無線通信・制御を高度に連携させたワイヤレス環境実現に大きな期待がよせられている。そのため、従来にはない新たな RF (radio frequency) 装置を開発するため、電波伝搬の特異な現象を巧みに利用した素子について研究することが重要となる。このような高度ワイヤレス環境構築のための新たな RF 装置の実用化にあたっては、複雑な構造でしかも周辺環境も考慮した特性評価を詳細に行い、新たな放射素子やアンテナ装置の開発のための形状最適化法を開発していく必要がある。

2. 研究の目的

高度ワイヤレス環境構築のための放射系を開発するため、電波特異伝搬現象を巧みに利用した導波・放射素子について検討を加え、形状最適化によって新たな機能をもつマイクロ波・ミリ波素子ならびに装置を提案しようという研究課題である。そのため、既存の電磁界シミュレータでは得られない斬新な方法で最適化を行い、高性能素子・アンテナの開発に不可欠な効率的な設計技術の提案を行う。そして、電磁界の決定値問題に対する高速数値計算によって伝搬現象を詳細に解明し、任意形状素子からの形状簡約化等も踏まえて新たな素子構造を見出していく。さらに、得られた素子の特性を活かした開口面アンテナの構成法、ならびに電波クロッキング素子の検討を行い、これまでにない独創的な放射系を提案するとともに設計・試作によって実用化を目指した研究を行っていく。

3. 研究の方法

- (1) 電波特異伝搬素子の基本構造となる単位セル形状の検討を行うため、高精度で効率的な電磁界数値解析を基にした形状最適化を行う。
- (2) 上の検討結果を基に反射型素子の応用としてリフレクトアレー、透過型素子の応用としてホーンやレンズなどの開口面放射系を取り上げ、最適化設計を行う。
- (3) 電波特異伝搬素子を基にして、クロッキング素子の構成法について検討を加え、スペクトル領域モーメント法解析による特性評価ならびに形状最適化を行い、実用化を目指した研究を行う。

4. 研究成果

電磁界解析ならびに形状最適化によって導波・放射素子の特性向上を図り、得られた素子を用いて反射型および透過型の開口面放射系の設計を行った。そして、周波数特性の広帯域化ならびに新たな偏波変換に関する検討を行い、次のような研究成果が得られた。

(1) 直線偏波の反射波の位相を制御するリフレクトアレー素子について、より広い周波数範囲で動作させるために、ビームシフトが生じない反射位相の周波数特性の傾きを予め決定し、2次元配置する位置毎に、この傾きを実現するリフレクトアレー素子を設計した。また、直交する2つの直線偏波を共用するリフレクトアレー素子について、交差偏波成分を十分低減させる方法として、単位セル内で鏡像配置した任意ストリップ形状を最適化する方法を考え、交差偏波方向に寄与する電流成分をキャンセルさせることを検討した。そして、主偏波成分の反射位相および交差偏波成分の振幅の周波数特性を数値的、実験的に評価した。このような検討結果を基にして2次元配列したリフレクトアレーを設計、評価した結果、広い周波数範囲にわたって、主ビームのシフトは非常に小さく、交差偏波成分が十分低減されていることを確認した。また、複数の電波応用システムに対応する直線偏波リフレクトアレーを得るため、まず2つの周波数帯域で異なる任意の反射位相量を実現するリフレクトアレー素子の最適化設計法を検討した。単位セルの大きさは、最も高い周波数でグレーティングローブが発生しない寸法に選び、単位セル内の導体ストリップ形状が2帯域で所定の反射位相量が得られるように最適化している。両帯域の中心周波数で必要とされるリフレクトアレー面における反射位相分布を実現するように得られた単位セルを2次元配列すればリフレクトアレーの設計は完了する。そして、設計、試作したリフレクトアレーの周波数特性の数値的・実験的検討によって妥当性を検証した。提案する方法を応用すれば、周波数帯域毎に独立に焦点位置を変えた反射型の開口面アンテナの設計が可能となり、高度ワイヤレス環境構築のために非常に有用なものとなる。

(2) 偏波変換機能を併せ持つリフレクトアレー素子の広帯域化について検討を行い、共振素子を直交する2軸に対して鏡像配列して構成した単位セルを取り上げ、二重共振特性を巧みに用いて両偏波の反射位相特性の制御を試みた。まず、直交偏波間の主偏波成分の位相差を広帯域にほぼ90度に保ち、交差偏波成分をほとんど発生させないリフレクトアレー素子、つまり、直線偏波を円偏波に変換するリフレクトアレー素子を開発した。その結果、直線偏波の一次放射器を用いて、その位相パターンを考慮して単位セルを2次元配列して広帯域な円偏波変換リフレクトアレーを設計している。また、直交偏波間における主偏波成分の位相差をほぼ180度に保ち、交差偏波成分をほとんど発生させないリフレクトアレー素子も開発した。その結果、非共振ならびに単一共振特性も取り入れたよりリフレクトアレー素子の構成法を見出し、直交偏波間の位相差を任意の値で実現できるリフレクトアレー素子が得られることを明らかにしている。

(3) 2次元配列したリフレクト素子によって反射波の位相分布を電氣的に制御できることを応用して、疑似的な不可視化を行う電磁カーペットクロックについて検討した。まず、リフレクト素子として、 Ω 型共振素子を用いることによって比較的広帯域な周波数範囲にわたって良好な特性が得られることを明らかにした。そして、このような Ω 型共振素子を直交して配列することによって、直交2偏波で動作するカーペットクロックを設計した。提案する構造は、誘電体の多層構造に比べて、非常に薄型化できることが大きな特徴である。さらに、3次元構造についても検討を行い、カーペットクロックの試作、実験によって提案する方法の有効性を検証した。さらに、偏波に依らず良好に動作させるため、クロスダイポールからなるマイクロストリップ素子をスパイラルに変形した共振素子について詳細な検討を行い、このような素子を配列して構成したリフレクトアレー・カーペットクロックを提案した。実際のカーペットクロックによって生じる近傍電界分布と、理想的なカーペットクロックによる電界分布とのずれ(振幅、位相)から求めた二乗平均平方根誤差によってクロッキング性能を評価し、周波数特性の改善を確認した。さらに、3次元構造の物体に対するクロッキングについても、各々、設計、試作し、遠方界特性つまり散乱波のスペクトラムの実験的評価によって、提案する方法の有効性を検証し、薄型カーペットクロックの性能向上のための重要な技術が得られた。

(4) 疑似的に物体散乱波を発生させるイリュージョンクロック(図1参照)の設計法についても検討を行った。平面リフレクトアレーアンテナの成形ビームの設計と同様に、所定のスペクトラムを実現する開口面位相分布を予め求めておき、イリュージョンクロックに用いるリフレクト素子を設計していく。ここでは、先に検討したカーペットクロックのように物体散乱波がない特性と、このイリュージョンクロッキングを組み合わせるものを新たに考えた。その結果、一つの偏波に対しては図2に示すように疑似的に平面導体板として動作し、もう一方の偏波に対しては図3に示すようにイリュージョンクロックとして動作する偏波依存クロッキングを開発し、その妥当性を数値的・実験的に検証した。

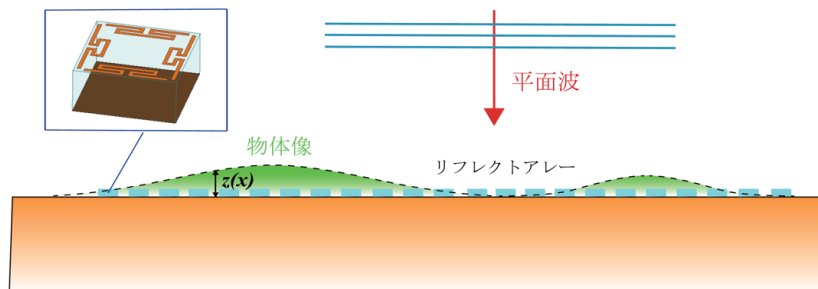


図1 提案するイリュージョンクロック

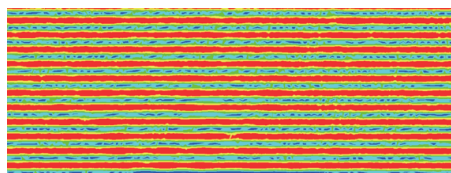


図2 平板を模擬する偏波の反射波

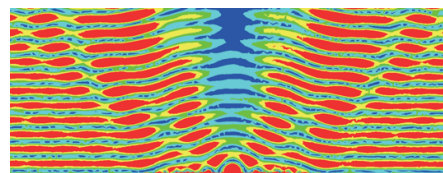


図3 物体散乱波を模擬する偏波の反射波

(5) 直交する両偏波における透過波の移相制御を行う広帯域なトランスミット素子の新たな構成法ならびにこれらの素子の配列法を検討した。単位セルの大きさはトランスミットアレーによるグレーティングローブを発生させない大きさにする必要があるため、このような限られた寸法の単位セル内に配置する素子として、通過帯域の高域側および低域側の両者とも拡大するための2種類の新たな素子形状を提案した。そして、得られた素子を基にしてトランスミットアレーを構成する方法について検討し、開口面分布および放射特性の電磁界解析ならびに実験によって提案する方法の有効性を検証した。

(6) ホーンアンテナの内部に形状最適化した誘電体を装荷して、高次モードの制御が行える種々の方法を検討した。誘電体形状としては、棒状の場合、交差偏波成分の低減に有効となり、一方、レンズ状にして同心円状に彫り込みを入れると、高次モードの励振・制御が行え、開口能率が向上することを見出した。さらに、導体の管壁の代わりに誘電体を用いると、ホーン外部に広がるモードを発生させることができ、この電磁界分布を制御する方法について検討した。これらの検討結果を基にしてホーンアンテナを設計し、利得および交差偏波レベルを評価することによって提案方法の妥当性を検証した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 D. Higashi, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 63
2. 論文標題 Omega-shaped geometrys of reflectarray resonant elements with low cross-polarization for wideband and dual-polarization use	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Progress In Electromagnetics Research M (PIERM)	6. 最初と最後の頁 217, 225
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2528/PIERM17101802	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 H. Deguchi, D. Higashi, H. Yamada, S. Matsumoto, M. Tsuji	4. 巻 E101-B
2. 論文標題 Arbitrarily-shaped reflectarray resonant elements for dual-polarization use and polarization conversion	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Communications	6. 最初と最後の頁 277, 284
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transcom.20171SI0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 S. Wai, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 7
2. 論文標題 Optimization design method of arbitrarily shaped elements for wideband reflectarrays	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express (ComEX)	6. 最初と最後の頁 174, 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APS.2014.6904733	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 D. Higashi, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 GA-produced reflectarray elements having arbitrary phase-difference between two orthogonal linear-polarizations	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on IEEE Antennas and Propagation	6. 最初と最後の頁 1641, 1642
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APUSNCURSINRSM.2018.8608703	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 藤本優生, 若島慎一郎, 出口博之, 辻 幹男	4. 巻 J101
2. 論文標題 型共振素子を用いたカーペットクロッキング及び偏波依存イリュージョンクロッキング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会 論文誌C	6. 最初と最後の頁 489, 497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Higashi, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 GA-Optimized reflectarray elements for broadband orthogonal-polarization conversion	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on IEEE Antennas and Propagation (APSURS1)	6. 最初と最後の頁 99-100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APUSNCURSINRSM.2017.8072092	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 東 大智, 出口博之, 辻 幹男	4. 巻 J100-B,10
2. 論文標題 複数共振素子を用いた広帯域直線 - 円偏波変換リフレクタレー	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 880-887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2017JBP3008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Fujimoto, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Broadband carpet cloak consisting of reflectarray with the -shaped elements	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISANP.2017.8228754	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Fujimoto, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 6, 12
2. 論文標題 Carpet cloaking consisting of reflectarray with omega-shaped elements	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express (ComEX)	6. 最初と最後の頁 651-654
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/comex.2017XBL0132	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Higashi, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 5
2. 論文標題 Reflectarray resonant elements for linear to circular polarization conversion	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 IEICE Communications Express	6. 最初と最後の頁 192, 202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/commex.2016XBL0035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Higashi, S. Sasaki, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Polarizer reflectarray using resonant behavior of orthogonal elements for wideband use	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on IEEE Antennas and Propagation (APSURSI)	6. 最初と最後の頁 1207, 1208
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APS.2016.7696311	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A. Wada, Y. Fujimoto, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Investigation on carpet cloaking and illusion using metasurface	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)	6. 最初と最後の頁 186, 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Matsumoto, H. Yamada, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Reflectarray with arbitrarily shaped elements for linear-to-circular polarization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)	6. 最初と最後の頁 650, 651
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 D. Higashi, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Reflectarray elements with arbitrary phase-difference between vertical and horizontal polarizations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Conference on Computational Electromagnetics (ICCEM)	6. 最初と最後の頁 269, 270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Sasaki, D. Higashi, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Low cross-polarization reflectarray elements with four axial symmetry for dual-polarization and wideband use	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of International Symposium on IEEE Antennas and Propagation	6. 最初と最後の頁 2171, 2172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/APS.2015.7305474	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 S. Matsumoto, H. Deguchi, M. Tsuji	4. 巻 1
2. 論文標題 Shapes of resonant element and their arrangement for better performance of reflectarrays	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA)	6. 最初と最後の頁 2171, 2172
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICEAA.2015.7297236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 大原 英, 坂川幸太郎, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 対角配置共振素子をセルとする超広帯域トランスミッタレーについて
3. 学会等名 電子情報通信学会 マイクロ波研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y. Fujimoto, S. Wakashima, H. Deguchi, M. Tsuji
2. 発表標題 Reflectarray cloaking using omega-shaped resonant elements
3. 学会等名 Proceedings of Progress In Electromagnetics Research Symposium (PIERS) 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村山輝樹, 佐々木秀輔, 東 大智(D3), 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 二重 型共振素子を用いた直交偏波変換リフレクタレーアンテナ
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村山輝樹, 東 大智, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 直交偏波変換リフレクト素子の広帯域化について
3. 学会等名 電気学会 電磁界理論研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村山輝樹, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 ステップ状ストリップ素子を用いた超広帯域直交偏波変換反射板
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 東 大智, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 任意形状直交偏波変換リフレクタレー素子の設計
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤本優生, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 型共振素子で構成されるリフレクタレーを用いたカーペットクロッキングの広帯域化について
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 村山輝樹, 佐々木秀輔, 東 大智, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 二重 型共振素子を鏡像配列した円偏波変換リフレクタレーアンテナ
3. 学会等名 電子情報通信学会 ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤本優生, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 偏波依存イリュージョンクロークのための 型共振素子
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田裕貴, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 ビームシフトの生じないリフレクタレーアンテナ
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田裕貴, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 ビームシフトの生じないリフレクタレーの設計
3. 学会等名 電気学会 電磁界理論研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東 大智, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 直交二偏波間において任意反射位相差を有するリフレクタレー素子
3. 学会等名 電気学会 電磁界理論研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤本優生, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 型共振素子を用いた偏波依存イリュージョンクロッキングに関する一検討
3. 学会等名 電気学会 電磁界理論研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山田裕貴, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 GAを用いたリフレクタレーの広帯域化に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤本優生, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 リフレクタレーを用いたカーペットクロックの広帯域化およびイリュージョンに関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 藤本優生, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 リフレクタレーを用いたカーペットクロッキングの実験的検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大原 英, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 共振素子を対角配置した超広帯域トランスミッタレーについて
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 和井秀樹, 山田裕貴, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 広帯域リフレクタレーのための任意形状素子のGA最適化設計法に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 東 大智, 佐々木秀輔, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 広帯域円偏波特性を有するリフレクタレー素子について
3. 学会等名 電気学会 電磁界理論研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 大場 拓, 東 大智, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 偏波共用リフレクタレーを用いた広帯域平面モノポールアンテナの低姿勢化
3. 学会等名 電気関係学会関西支部連合大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 松本将吾, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 素子間相互結合を考慮した任意形状素子で構成されるリフレクタレー
3. 学会等名 電気学会 電磁界理論研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 和田存智, 藤本優生, 出口博之, 辻 幹男
2. 発表標題 誘電体およびメタサーフェスを用いたクローキングに関する基礎的検討
3. 学会等名 輻射科学研究会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考