

2019年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究成果報告書

1. 研究類型 A) 計算資源利用型
2. 研究課題名 大規模電磁界解析と最適化法によるアンテナ・伝搬の実用応用に関する研究
3. 研究期間 2019年5月10日 ～ 2020年3月31日

4. 研究代表者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
丸山 珠美	函館工業高等専門学校生産システム工学科	教授	

5. 研究分担者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
大宮 学	北海道大学・情報基盤センター	教授	
伊藤 桂一	秋田工業高等専門学校・創造システム工学科	教授	
村本 充	苫小牧工業高等専門学校・創造工学科	教授	
奈須野 裕	苫小牧工業高等専門学校・創造工学科	教授	
大島 功三	旭川工業高等専門学校・電気情報工学科	教授	
岩本 柗平	旭川工業高等専門学校・生産システム工学専攻	専攻科2年	
工藤 宏斗	旭川工業高等専門学校・生産システム工学専攻	専攻科2年	
影近 巧	旭川工業高等専門学校・生産システム工学専攻	専攻科1年	
柴田 啓佑	旭川工業高等専門学校・生産システム工学専攻	専攻科1年	
西川 拓次	旭川工業高等専門学校・生産システム工学専攻	専攻科1年	
古家 駿	旭川工業高等専門学校・生産システム工学専攻	専攻科1年	
大森 宇栄	秋田工業高等専門学校・専攻科生産システム工学専攻	専攻科2年	
佐藤 海斗	秋田工業高等専門学校・専攻科生産システム工学専攻	専攻科2年	
三浦 悠介	秋田工業高等専門学校・専攻科生産システム工学専攻	専攻科2年	
佐藤 裕汰	秋田工業高等専門学校・専攻科生産システム工学専攻	専攻科1年	
滝田 和真	秋田工業高等専門学校・専攻科生産システム工学専攻	専攻科1年	

大野 寿紗	函館工業高等専門学校生産システム工学専攻	専攻科 1 年	
小板 侑司	函館工業高等専門学校生産システム工学専攻	専攻科 1 年	

6. 共同研究の成果

下欄には、当該研究期間内に実施した共同研究の成果について、その具体的内容、意義、重要性等を、共同研究申請書に記載した「研究目的」と「研究計画・方法」に照らし、800字～1,000字で、できるだけ分かりやすく記載願います。文章の他に、研究成果を端的に表す図表を貼り付けても構いません。なお、研究成果の論文・学会発表等を行った実績（発表等の予定を含む。）があれば、あわせて記載して下さい。

本研究では(1)最先端の無線技術と(2)地域課題の解決に向けて(3)スパコンを駆使した大規模電磁界解析技術、伝搬シミュレーション、最適設計技術を確立することを目的とし以下の検討を実施した。

メタサーフェスを用いた5G・IoTの電波環境改善

近年、雪崩や地震、火山噴火などの発生時にドローンなどの Mobile IoT を用いた無人探索の実用が進んでいる。しかし、これらは瓦礫などの障害物により、最もデータが必要となる場所において通信状況が悪くなりデータ通信や端末のコントロールができないなどの不具合が発生する。本研究ではこれに対処するために、メタサーフェスにダイオードを装荷し、端末のアンテナ構成を変えことなく、電波の最大放射方向を変化させ、伝搬環境を改善する手法を提案し、その試作測定結果を解析と比較し報告した[1]。また、メタサーフェスが放射指向性だけでなく、電波を用いたワイヤレス電力の効率向上に対しても有効であることを有限要素法を用いた電磁界解析により明らかにした[2],[3]。

ワイヤレス電力伝送(WPT)電力不足の解消

IoTの普及により全ての“モノ”がスマートフォンのような通信を行うと想定した場合莫大な電力が必要となり電力の不足が懸念される。本研究では空中に存在するWiFiなどの電波をワイヤレス電力伝送技術を用いてエネルギーに変えセンサーなどのダイオードを動作させる検討を行った。その結果、従来の電波を用いたワイヤレス電力伝送は、送信アンテナと受信アンテナの利得を高くすることでワイヤレス電力伝送効率を高くし伝送距離を長くしていたのに対して、本研究では八木宇田アンテナの導波素子の働きを応用し、素子をたくさん並べアレイ配置することにより電力を伝搬させられること、これにより、一つよりも複数の素子に電力を同時に送った方が、より遠くまで伝送距離を延ばせることを明らかにした[4],[5]。また、これら各素子の受信する電力を集約して大きくすることによりより大きな電力を得てモーター回転などに用いられることを明らかにした[6],[7],[8]。

マイクロ波加熱・融雪

スロット導波管を用いたマイクロ波融雪において、一定のエリアを少ない装置で融雪する場合、導波管をメアンダ状に配置することが考えられるがこの場合、電波の進行方向が逆向きになり効果が半減してしまう可能性がある。そこで、本研究では右手系導波管と左手系導波管を交互に配置することにより電界ベクトルの向きをそろえる方法を提案し、その効果を有限要素法を用いた電磁界解析により明らかにした[9]。マイクロ波加熱における三層構造触媒の誘電率に関する考察[10]、およびPfGAを用いた最適化[11]を実施した。

ミリ波レーダー

ミリ波帯導波管スロットアレイアンテナを対象にした誘電体カバーの設計を行い、従来のカバーに半球を加え、アンテナ開口を保護してアンテナゲインを向上させることを明らかにした[12]。また、同カバーの半球部分の形状を最適化するためにトポロジー最適化を行った[13]。導波管スロットアンテナを平面アレイ化するための給電系についても検討し、8方向導波管電力分割器の性能向上について進化論的アルゴリズムを用いた検討をおこなった[14],[15]。

下水道における電波伝搬特性

下水道の鉄筋、下水道管の径や長さ、下水道管内の水分量の変化等下水道管内部構造の伝搬損失特性に関する影響を明らかにした[16],[17],[18]。

最適計算手法の高度化

PfGA, PSO, GA, ESAM等の最適化手法を用いた到来方向推定[19],..., [26]、およびアンテナの最適化[27],[28],[29]を実施した。

- [1] Tamami Maruyama, Kosei Ozeki, Noriharu Suematsu, Hiroyasu Sato, Mizuki Motoyoshi and Manabu Omiya : “Analysis and Measurement of Diode Mounting Meta-surface for Reflection Beam Control,” ICEAA IEEE AWPC, No.720, pp.349-352, 2019.
- [2] Tamami Maruyama, Q. Chen, and N. Suematsu : “Applied Reflectarray based on Metasurface for Wireless Power Transmission Efficiencies,” IEEE ICCECOM 2019, s_34_3,.
- [3]丸山珠美: “ワイヤレス電力伝送効率のためのメタサーフェス応用に関する研究,” 信学技報, vol. 119, no. 333, WPT2019-44, pp. 1-4, 2019年12月.
- [4] Tamami Maruyama : “Energy Harvesting Rectenna Applying the theory of Yagi-Uda Antenna,” the International Symposium on Antennas and Propagation, ISAP 2019 . vol.1, No. 607, 2019.
- [5]丸山珠美 : “八木宇田アンテナを応用したエネルギーハーベスト用レクテナの解析,” 信学技報, vol. 119, no. 74, WPT2019-19, pp. 47-50, 2019年6月.
- [6] Tamami Maruyama and Yuji Koita : “Design and analysis of EV running using WPT on microwave guide with slot for snow melting,” AWPT2019, 2019 Asian Wireless Power Transfer Workshop, FP-13, 2019.
- [7]丸山珠美 小坂 侑司: “ワイヤレス電力伝送効率のためのレクテナアレーに関する研究,” 信学技報, vol. 119, no. 379, WPT2019-173, pp. 125-127, 2020年1月.
- [8] 丸山 珠美 小坂 侑司: “八木宇田アンテナ応用によるワイヤレス電力伝送効率,” 電子情報通信学会総合大会 2020, B-1-56.
- [9] 小坂侑司・大野寿紗・丸山珠美: “マイクロ融雪のための右手系左手系導波管配列に関する電磁界解析を用いた研究,” 信学技報, vol. 119, no. 465, WPT2019-67, pp. 49-51, 2020年3月.
- [10] 影近 巧,大島 功三,村本 充,大宮 学: “マイクロ波加熱における三層構造触媒の誘電率に関する考察,” 第25回高専シンポジウム in Kurume, PC-16, 2020年1月25日.
- [11] 影近 巧,大島 功三,大宮 学,村本 充: “PfGAを用いたマイクロ波加熱における三層触媒形状の最適化に関する考察,” 令和元年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, 2-10, 2020年2月27日-3月4日.
- [12] Keiichi Itoh, Kazuma Takita, Masaya Kumata, Hideaki Matsuda, Masaki Tanaka, and Hajime Igarashi, "Development of Novel Dielectric Cover for Millimeter-wave Band Waveguide Slot Array Antenna", 22nd International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (Compumag2019), Paris, PD-M4-13(2019-7).
- [13] 滝田和真, 田中将樹, 伊藤桂一, “ミリ波導波管スロットアレーアンテナ用誘電体カバーのトポロジー最適化”, 2020年電子情報通信学会総合大会, C-15-16, p.211 (2020-3)
- [14]Keiichi Itoh, Kohei Shida, and Hajime Igarashi, "Study on performance improvement of waveguide power divider using evolutionary method",38th JSST Annual International Conference on Simulation Technology (JSST2019), pp.264-266(2019-11).
- [15]佐藤裕汰, 田中将樹, 伊藤桂一, 佐々木友之, “THz 液晶デバイスのトポロジー最適化に関する基礎的検討”, 2020年電子情報通信学会総合大会, C-15-17, p.212 (2020-3)
- [16] 西川 拓次,大島 功三,村本 充,大宮 学: “下水道管内部の伝搬損失特性に関する研究,” 令和元年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, 1-07, 2020年2月27日-3月4日.
- [17] 西川 拓次,大島 功三,村本 充,大宮 学: “下水道管の構造変化による電波伝搬特性への影響に関する研究,” 第25回高専シンポジウム in Kurume, PC-15, 2020年1月25日
- [18] 西川 拓次,大島 功三,村本 充,"下水道管の寸法変化による電波伝搬特性への影響に関する研究", 令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 68, 2019年11月
- [19] 柴田 啓佑,大島 功三,村本 充: “ESAMを用いた到来方向推定の一検討,” 令和元年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, 1-10, 2020年2月27日-3月4日.
- [20] 古家 駿,大島 功三,村本 充: “粒子群最適化手法を用いた到来方向推定に関する一検討,” 令和元年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム 1-08 2020年2月27日-3月4日.
- [21] 林 優太,工藤 宏斗,大島 功三,村本 充: “近傍波源の2次元到来方向推定における演算量削減についての一検討,” 令和元年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, 1-06, 2020年2月27日-3月4日.
- [22] 古家 駿,大島 功三,村本 充: “到来方向推定における PSO のパラメータ最適化に関する検討,” 第25回高専シンポジウム in Kurume, PC-18, 2020年1月25日.
- [23] 工藤宏斗,大島 功三,村本 充: “染色体数可変 GA を用いた近傍波の2次元到来方向推定における演算量削減に関する一検討,” 第25回高専シンポジウム in Kurume, PC-11, 2020年1月25日

- [24] 工藤 宏斗,大島 功三,村本 充,"染色体数可変 GA を用いた近傍波の 2 次元到来方向推定に関する一検討",令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 71, 2019 年 11 月
- [25] 古家 駿,大島 功三,村本 充,"PSO を用いた到来方向推定の精度改善に関する研究",令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 70, 2019 年 11 月
- [26] 柴田 啓佑,大島 功三,村本 充,"近接波到来方向推定における推定値補正法の比較検討",令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 69, 2019 年 11 月
- [27] 岩本 柁平,有働 明未,大島 功三,村本 充:"染色体数可変 GA を用いた組み合わせアンテナの自動設計に関する一検討," 令和元年度 IEICE 北海道支部学生会インターネットシンポジウム, 1-05, 2020 年 2 月 27 日-3 月 4 日.
- [28] 岩本 柁平,大島 功三,村本 充:"染色体数可変 GA による線状アンテナの 解析手法の一検討," 第 25 回 高専シンポジウム in Kurume, PC-13, 2020 年 1 月 25 日
- [29] 岩本 柁平,大島 功三,村本 充,"染色体数可変 GA による線状アンテナの自動設計時の素子数の一検討",令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 72, 2019 年 11 月