

過疎地豪雪エリアにおける災害防止に向けたワイヤレス電力伝送で動作する マイクロ波自動融雪ロボットの研究開発

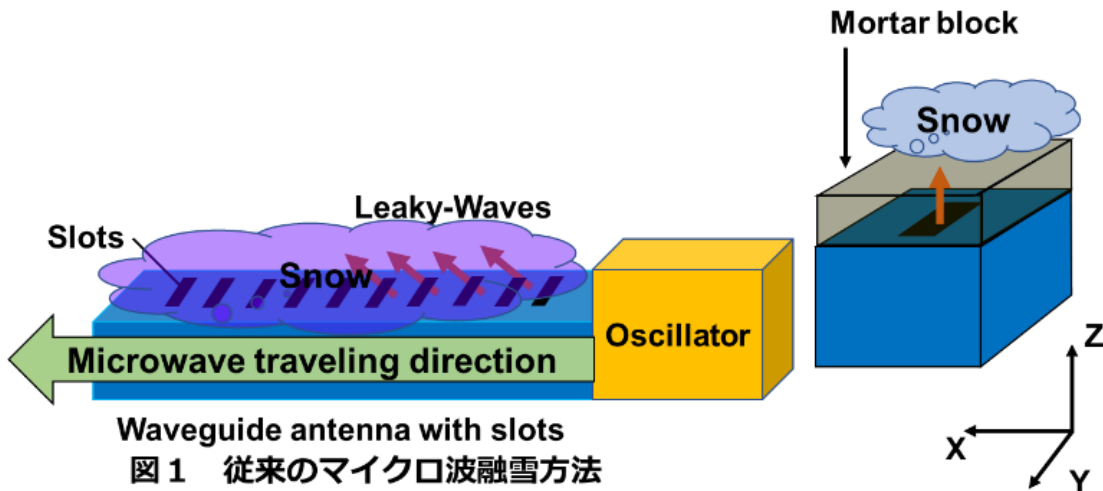
令和4年5月9日
函館工業高等専門学校
丸山珠美

背景と目的

近年大雪による災害が増えており、少子高齢化が進む地域では、高齢者の除雪中の悲惨な事故が多発し、除雪作業の自動化が望まれている。また、雪を捨てるための場所の確保が必要となり、運搬も重労働となる。本研究では、これらの問題を解消するため、(1) マイクロ波を用いた融雪、(2) マイクロ波を用いたワイヤレス電力伝送による除雪ロボットの駆動、(3) マイクロ波を用いたデータ通信による除雪ロボットの制御を、同じスロット付き漏れ波導波管アンテナを用いて実現することを目的とし検討を行った。

従来の技術と問題点

従来のマイクロ波融雪は図1に示すように導波管アンテナの上面にスロット（放射口）を設け、スロットからの漏れ波でモルタルブロックが加熱され、ブロックの上に積もった雪が解けるしくみとなっており、電波はモルタルブロックで吸収され熱に変換されエリア内均等に漏れ波が伝わるように設計されていた。一方、導波管スロットアンテナ[1]は、スロットのところにダイポールアンテナがあるのとほぼ等価と考えられるため、複数アンテナから構成されるアレーアンテナのような利得の高いビームを作ることができる。しかし、従来のマイクロ波融雪装置の場合、利得の高いビームを作ることにより、融雪エリアが狭くなるため有効でないと考えられていた。



提案技術

本研究では、上述の問題を解決するため、図2に示すように、スロットアレーによって得られる利得の高いビームを、左右に操作することによって、エリア内の均等な融雪を実現する手法を提案する。これは導波管としての特徴が逆である左手系と右手系を組み合わせたアレー制御[2],[3]によって左右に操作することによって、エリア内の均等な融雪が期待できる。

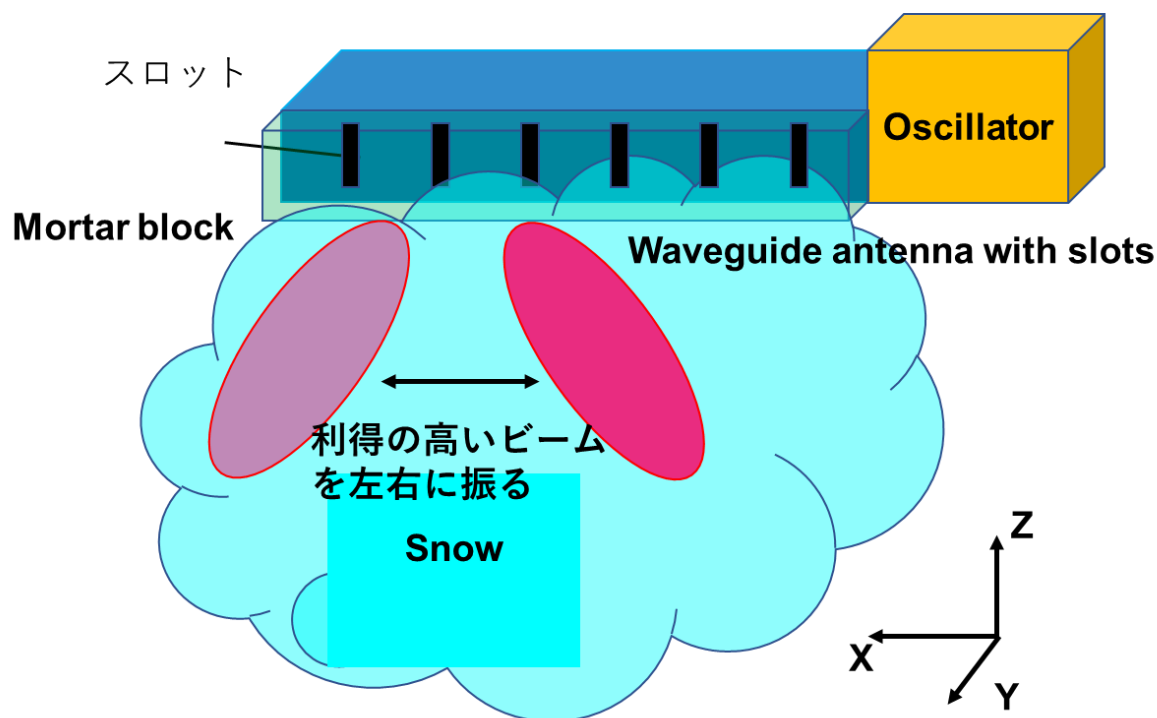


図2 提案手法 ビーム制御

研究成果

左手系導波管を送電部とし、受電部を、レクテナアレーとした場合のワイヤレス電力伝送効率を、アレーを、エンドファイア方向に配列した場合と、ブロードサイド方向に配列した場合についてそれぞれ求め、エンドファイア方向に配列した場合の効率が高くなること、また、レクテナでアレーを構成することにより、各素子から得られる電力を合わせてさらに大きくできることを明らかにした。本結果を査読付き国際会議 IEEE AP-S 2022 に投稿し、採録が決定した[4].

次に、融雪用右手系導波管上をワイヤレス電力伝送により走行する融雪トロッコ用のレクテナとして進行方向にアレー配置したレクテナを提案しそのワイヤレス電力伝送効率を解析によって示した。レクテナをアレー化することにより、一つの受電部に対して複数の電力を供給できると同時に、各素子がアンテナ特性に対しても有効に働くことを明らかにした。本結果を査読付き国際会議 IEEE APWC 2022 に投稿した[5].

本研究では、一つのマイクロ波を融雪、データ通信、ワイヤレス電力伝送を行うことを目的としていた。このため、予備実験として以下の検討を実施した。

- (1) マイクロ波を用いて融雪する様子を確認する
- (2) マイクロ波を用いた融雪状況を Web カメラを使って遠隔配信する

実験の様子を図3に示す。

2022年3月24日(木) 14時14分



2022年3月24日(木) 21時24分



図3 マイクロ波融雪実験

なお、本研究成果を反映させた、融雪除雪ロボットについては現在特許作成中である。このため詳細については省略する。

共同研究者との研究分担

氏名	所属	職名	役割
丸山珠美	函館工業高等専門学校	教授	CRLH 導波管スロットアンテナの設計と試作、ワイヤレス電力伝送
中津川征士	函館工業高等専門学校	教授	融雪用、ワイヤレス電力伝送用導波管および受信機の高周波回路設計と試作
中村尚彦	函館工業高等専門学校	准教授	除雪ロボットの設計と試作、制御
大倉 義孝	株式会社エスイーシー	取締役本部長代理	実用化指導、データ通信指導

(参考文献)

- [1] N. Goto and M. Yamamoto, "Circularly polarization radial line slot antenna," IEICE Tech. Rep., AP8-57, Aug. 1980.
- [2] Yuji Koita, Kazusa Ohno, Tamami Maruyama and Masashi Nakatsugawa, "Novel Design of Right- and Left-handed Waveguide Arrays for Snow Melting with Microwave Radiation," 2020 Asian Wireless Power Transfer week, 2020AWPT, Session C-3, pp.1-4, Dec. 16-18, 2020, Taipei, Taiwan
- [3] Tsunayuki Yamamoto, Kazuma Matsumoto, Hiroshi Kubo, "Advanced antenna technology with CRLH metamaterial for radiative wireless power transfer," in Proceedings of XXXIV General Assembly and Scientific Symposium (GASS) of the International Union of Radio Science, DK1-04, p.1, 2020.
- [4] Tamami Maruyama, Masashi Nakatsugawa, Takahiko Nakamura, Yasuhiro Tamayama, Tsunayuki Yamamoto, Manabu Omiya, Keiichi Ito, Kouzoh Ohshima, Mitsuru Muramoto and Yutaka Nasuno: "Wireless Power Transmission Efficiency of Rectenna Array Connected in Parallel," IEEE AP-S 2022.
- [5] Tamami Maruyama, Masashi Nakatsugawa, Takahiko Nakamura, Yasuhiro Tamayama, Manabu Omiya: "The Rectenna Array for Minecart Fed by Leaky Wave Waveguide for Microwave Snow melting," IEEE APWC 2022.
- [6] Masashi Nakatsugawa, Yusho Kanaya, Tamami Maruyama, Manabu Omiya, Yasuhiro Tamayama: "WPT Performance Analysis on Antenna Height Dependency between Circuit-Shape Leaky Waveguide and 1/2 Wavelength Dipole Antenna," IEEE APWC 2022.