The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	座標変換媒質の高機能化とその構成に関する研究
Author(s)	髙野, 佑磨
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88115
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　髙野　佑磨　）	
論文題名	座標変換媒質の高機能化とその構成に関する研究

論文内容の要旨

本研究は，変換電磁気学に基づいて電磁波の伝搬制御を実現する座標変換媒質の高機能化のための手法と，人工媒質メタマテリアルを用いた座標変換媒質の構成法を提案し，その有効性を示すものである．座標変換媒質の実現に必要な実効媒質定数の全てのテンソルの成分を完全に制御することは技術的に困難であるため，これまでのほとんどの座標変換媒質の設計においては，近似的に一部のテンソル成分のみを実現するにとどまっており，これが不要な散乱波の生成に繋がっていた．また，これまでの座標変換媒質は，単一の座標変換を実現するのみで，複数の座標変換を実現する座標変換媒質の実現法は議論されていなかった．さらに，これまで実現された座標変換媒質は，境界における非自明な屈折や散乱を避けるため，変換前後で境界の座標が連続であることが前提とされていた．この連続性は，座標変換媒質の本質的な制限ではないにもかかわらず，実質的に電磁波制御の制限となっていた．

本研究では，座標変換自体を設計自由度とし，透磁率の空間分布を一定化ないしは真空の値とすることで，原理的に媒質定数の近似を不要とする座標変換媒質の構成法を提案した．等価回路シミュレーションによりその動作を検証し， 理論の妥当性を示した．さらに，金属異方性メタシートによって構成された座標変換媒質を作製し，マイクロ波帯においてその動作を実証した．次に，複数の座標変換を同一媒質で実現する多形態座標変換媒質の構成法を提案した．異方性媒質の等価回路モデルに基づき，複数の周波数において異なる座標変換を実現するための媒質の分散制御法を提案し，その妥当性を数値シミュレーションにより示した．さらに，変換前後で境界の座標が不連続となる空間不連続境界における屈折現象を議論し，この現象に幾何学的な解釈を与えた．媒質内部に空間不連続性を有する場合の例として平板レンズを，また媒質の外部境界に空間不連続性を有する場合の例としてデュアルイメージング媒質をそれぞれ取り上げ，その動作を検証することで空間不連続性を伴う境界による新たな電磁波制御の可能性を示した．

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　髙野佑磨　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主査	教授	眞田篤志
	副査	教授	永妻忠夫
	副査	教授	向山　敬
	副査	准教授	中田陽介
	副査	名誉教授	北野正雄　（京都大学）

論文審査の結果の要旨

本論文は，座標変換媒質による新たな電磁波制御法と，その媒質構成法に関する研究をまとめたものである．

まず，透過型クロークを実現する座標変換媒質に対して，透磁率を一定値とする双曲座標変換を提案し，従来の線形座標変換に対して散乱波抑制性能の点で優位であることを理論的および数値的に示している．また，反射型クロークを実現する座標変換媒質に対して，比透磁率を1かつ一定値とする等積座標変換媒質の構成法を提案し，その散乱抑制動作および広帯域性をマイクロ波帯において実証している．これらの成果は，座標変換媒質の磁性制御を原理的に不要とする，あるいは劇的に容易にすることに寄与し，座標変換媒質の新たな構成指針を与えるものである．

次に，複数の波長に対して異なる座標変換を与える2次元多形態座標変換媒質の構成理論を提案している．異方性媒質回路モデルに基づき，媒質テンソルの各成分の分散性を独立に与える回路トポロジを示している．また，提案モデルを用いて2形態錯覚媒質を設計し，その動作を数値的に確認することでモデルの妥当性を示している．更に，理論のN 形態への拡張にも成功している．これらの成果は，単一の座標変換を想定していたこれまでの座標変換媒質に新たな多形態性の概念を導入するものである．

最後に，座標変換前後で座標変換媒質の内部および外部境界に空間不連続性を伴う場合の屈折現象に関して論じている．まず，この現象に幾何学的解釈を与え，光線追跡法による結果と比較することで解釈の妥当性を示している．また，空間不連続性を媒質内部に持つ場合の例として平板レンズを設計し，その動作を数値的に検証している．さらに，空間不連続性を媒質外部に持つ場合の例としてデュアルイメージング媒質を設計し，その動作を数値的および実験的に検証している．これらの成果は，空間不連続性を利用した新たな伝搬制御法を示すものである．

以上の成果と知見は独創的で，変換電磁気学において新たな学理を築くものである．よって本論文を博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める．