

様 式 Z - 7

平成 2 7 年度科学研究費助成事業 実績報告書 (研究実績報告書)

1. 機関番号

1	4	6	0	3
---	---	---	---	---

 2. 研究機関名 奈良先端科学技術大学院大学
3. 研究種目名 基盤研究(B) (一般) 4. 研究期間 平成 2 6 年度 ~ 平成 2 8 年度
5. 課題番号

2	6	2	8	7	0	6	5
---	---	---	---	---	---	---	---
6. 研究課題名 磁気カイラルメタ物質を用いた光に対する人工的ゲージ場の創成

7. 研究代表者

研究者番号	研究代表者名	所属部局名	職名
9 0 3 6 0 5 9 4	トミタ サトシ	物質創成科学研究科	助教
	富田 知志		

8. 研究分担者

研究者番号	研究分担者名	所属研究機関名・部局名	職名
9 0 2 9 3 9 8 5	ウエダ テツヤ	京都工芸繊維大学・電気電子工学系	准教授
	上田 哲也		
4 0 4 6 2 6 9 2	サワダ ケイ	国立研究開発法人理化学研究所・放射光科学総合研究センター	研究員
	澤田 桂		

9. 研究実績の概要

研究分担者である京都工芸繊維大学・上田と協力し、自由空間でのマイクロ波の放射パターン測定システムを構築した。そしてカイラルメタ原子で構成されるカイラルメタ物質のマイクロ波の放射パターンを測定した。その結果、密度の勾配をつけたカイラルメタ物質を通過する際に、円偏光に依存してマイクロ波の軌道が異なるという、光の「シュテルンゲルラッハ効果」を確認することに成功した。この実験結果の理論検討を、研究分担者である理研SPring8・澤田と共に行った。また磁気共鳴を用いることで磁気カイラル効果が増強できることを実験的に見出した。そして数値計算を用いてその物理的メカニズムを明らかにした。更に応力誘起自己巻き上げ法を用いて作製した強磁性金属薄膜のマイクロサイズのカイラル構造を平行伝送線路上に配置し、単一カイラル構造の強磁性共鳴を測定した。マイクロ波からミリ波にかけての非相反的な電磁波伝搬の観測にも成功した。今後はこれらの成果を統合・発展させ、磁気カイラルメタ分子を用いて磁気カイラルメタ物質を構築し、マイクロ波に対する実効的なローレンツ力の観測を行い、光に対する人工的ゲージ場の実現を目指す。更に従来の固体物理学を越える「メタ固体物理学」への扉を開く。

10. キーワード

- (1) メタマテリアル (2) カイラリティ (3) 光学活性 (4) 磁気光学効果
 (5) 磁気共鳴 (6) 磁気カイラル効果 (7) 人工的ゲージ場 (8) メタ固体物理学

(注) ・印刷に当たっては、A 4 判 (縦長) ・両面印刷すること。

(1 / 8)

11. 現在までの進捗状況

(区分)(1) 当初の計画以上に進展している。

(理由)

自由空間でのマイクロ波の放射パターン測定システムが構築できた。そしてカイラルメタ原子で構成されるカイラルメタ物質のマイクロ波の放射パターンが測定できた。その結果、「シュテルンゲルラッハ効果」を確認することに成功した。以上は、計画通りである。次に磁気共鳴を用いることで磁気カイラル効果が増強できることを実験的に見出すことができた。そして数値計算を用いてその物理的メカニズムを明らかにできた。磁気カイラル効果の増強は本研究の最終目標達成のために必要不可欠であったが、計画段階では不透明であった。しかしながら、数値計算による増強メカニズム解明など、計画以上に進展があり、最終目標達成への道が拓けた。更に応力誘起自己巻き上げ法を用いて作製した強磁性金属薄膜のマイクロサイズのカイラル構造を平行伝送線路上に配置し、単一カイラル構造の強磁性共鳴を測定することに成功した。マイクロ波からミリ波にかけての非相反的な電磁波伝搬も観測に成功した。これは磁気カイラル効果の高周波化への重要な一歩となる。以上の研究で分担者との協力も大幅に進み、異分野間の相互理解が更に深まった。

12. 今後の研究の推進方策 等

(今後の推進方策)

これまでの成果を統合し、今後は更なる展開を目指す。磁気カイラルメタ分子を用いて磁気カイラルメタ物質を構築し、自由空間でのマイクロ波放射パターンを測定することで、マイクロ波に対する実効的なローレンツ力の観測を目指す。そして光にとつての磁場など、人工的ゲージ場の創成と言う本研究の最終目標の達成を目指す。更に固体物理に興味を持たれながらもアプローチが難しい問題に、メタ物質を用いて切り込む。その際、量子ホール効果やトポジカル絶縁体などの固体での諸問題を共同研究者と共に検討し、ターゲットを絞る。例えばカイラルメタ原子を用いてカイラルメタ物質を作製し、そのマイクロ波近接場応答などを測定することが興味深いと期待される。この様な研究は、従来の固体物理学を越える「メタ固体物理学」への扉を開くと期待される。

(次年度使用額が生じた理由と使用計画)

(理由)

マイクロ波領域での磁気カイラル効果の実験、計算、理論検討に注力するために、高周波領域での磁気カイラル効果を目指した実験の一部、及びメタ固体物理学への展開を目指した実験を次年度に回したため。

(使用計画)

高周波領域での磁気カイラル効果の観測を目指した実験、及びメタ固体物理学への展開を目指した実験を行う。

(課題番号： 26287065)

(注) ・印刷に当たっては、A4判(縦長)・両面印刷すること。

(2 / 8)

13. 研究発表(平成27年度の研究成果)

(雑誌論文) 計(2)件/うち査読付論文 計(2)件/うち国際共著論文 計(0)件/うちオープンアクセス 計(0)件

著者名		論文標題				
Toshiyuki Kodama, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoito, Hisao Yanagi		Fabrication and ferromagnetic resonance of cobalt chiral meta-molecule arrays				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Applied Physics A	有	122	2016	41	-	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
10.1007/s00339-015-9564-7						
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						

著者名		論文標題				
Takahiro Matsui, Satoshi Tomita, Motoki Asai, Yuzuru Tadokoro, Keisuke Takano, Makoto Nakajima, Masanori Hangyo, Hisao Yanagi		Terahertz wave emission from plasmonic chiral metasurfaces				
雑誌名	査読の有無	巻	発行年	最初と最後の頁	国際共著	
Applied Physics A	有	122	2016	157	-	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)						
10.1007/s00339-016-9657-y						
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						

(学会発表) 計(13)件/うち招待講演 計(2)件/うち国際学会 計(7)件

発表者名		発表標題	
Takahiro Matsui, Satoshi Tomita, Motoki Asai, Yuzuru Tadokoro, Keisuke Takano, Makoto Nakajima, Masanori Hangyo, Hisao Yanagi		Terahertz wave emission from plasmonic chiral metasurfaces	
学会等名	発表年月日	発表場所	
6th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics(国際学会)	2015年08月05日	New York (USA)	

発表者名	発表標題	
Toshiyuki Kodama, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoito, Hisao Yanagi	Fabrication and ferromagnetic resonance of cobalt chiral meta-molecule arrays	
学会等名	発表年月日	発表場所
6th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (国際学会)	2015年08月06日	New York (USA)

発表者名	発表標題	
Satoshi Tomita	Magnetochiral Metamaterials at Microwave Frequencies	
学会等名	発表年月日	発表場所
2015 Vietnam Japan Microwave (招待講演) (国際学会)	2015年08月11日	Ho Chi Minh City (Vietnam)

発表者名	発表標題	
Satoshi Tomita, Kei Sawada, Andrey Porokhnyuk, Tetsuya Ueda	Magneto-chiral Effects at Microwave Frequencies by a Single Metamolecule	
学会等名	発表年月日	発表場所
9th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (国際学会)	2015年09月07日	Oxford (UK)

発表者名	発表標題	
Toshiyuki Kodama, Satoshi Tomita, Nobuyoshi Hosoito, Hisao Yanagi	Ferromagnetic Resonance of a Single Chiral Meta-molecule of Permalloy	
学会等名	発表年月日	発表場所
9th International Congress on Advanced Electromagnetic Materials in Microwaves and Optics (国際学会)	2015年09月09日	Oxford (UK)

発表者名	発表標題	
久本伸之、上田哲也、富田知志、澤田桂	2次元カイラルメタマテリアル構造における電磁波伝搬	
学会等名	発表年月日	発表場所
2016年電子情報通信学会総合大会	2016年03月15日	九州大学(福岡県福岡市)

発表者名	発表標題	
本地泰彦、児玉俊之、富田知志、細糸信好、柳久雄	磁性-非磁性準周期多層膜の磁気特性	
学会等名	発表年月日	発表場所
第63回 応用物理学会 春季学術講演会	2016年03月19日	東京工業大学(東京都目黒区)

発表者名	発表標題	
國原一真、本地泰彦、中山和之、富田知志、細糸信好、柳久雄	有機金属分解法を用いた準周期マグネティック結晶の作製	
学会等名	発表年月日	発表場所
第63回 応用物理学会 春季学術講演会	2016年03月19日	東京工業大学(東京都目黒区)

発表者名	発表標題	
準周期マグネティッククリスタルにおけるトポロジカルスピン波の研究	中山和之、富田知志、國原一真、柳久雄、真砂卓史	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会 第71回年次大会	2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

発表者名	発表標題	
黒澤裕之、富田知志、澤田桂、上田哲也	高磁場下でのメタ分子による磁気カイラル効果	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会 第71回年次大会	2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

発表者名	発表標題	
児玉俊之、草薙勇作、岡本聡、菊池伸明、北上修、富田知志、細糸信好、柳久雄	平行伝送線路を用いた単一磁気カイラルメタ分子の強磁性共鳴	
学会等名	発表年月日	発表場所
日本物理学会 第71回年次大会	2016年03月22日	東北学院大学(宮城県仙台市)

発表者名	発表標題	
Kei Sawada	Geometrical interpretation of edge states in transmission lines	
学会等名	発表年月日	発表場所
Thailand-Japan Microwave 2015(国際学会)	2015年08月06日	Bangkok (Thailand)

発表者名	発表標題	
Kei Sawada	Berry's phase and edge states in transmission line theory	
学会等名	発表年月日	発表場所
2015 Vietnam Japan Microwave(招待講演)(国際学会)	2015年08月11日	Ho Chi Minh City (Vietnam)

(図書) 計(1)件

著 者 名		出 版 社		
澤田桂 他		講談社		
書 名		発行年	総ページ数	
メタマテリアルハンドブック基礎編(翻訳)		2 0 1 5	1056	

14. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

(出願) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	出願年月日	国内・外国の別

(取得) 計(0)件

産業財産権の名称	発明者	権利者	産業財産権の種類、番号	取得年月日	国内・外国の別
				出願年月日	

15. 科研費を使用して開催した国際研究集会

(国際研究集会) 計(0)件

国際研究集会名	開催年月日	開催場所

16. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

(1) 国際共同研究: -

17. 備考

富田知志オンライン

http://mswebs.naist.jp/LABs/optics/tomita/jpn/index_j.htm