

論文審査の結果の要旨

氏名 杉本 聡志

ナノスケールの微小強磁性体には磁気渦と呼ばれる特徴的な磁気構造が出現することが知られている。本論文では、この磁気渦が旋回運動する調和振動子として見なせることや磁気渦格子（マグノニック結晶）としての発展の可能性に着目し、単一渦の励起旋回運動及び複数の磁気渦の集団励起旋回運動について行った実験研究について纏めたものである。7章からなり、第1章においては論文の趣旨と導入、第2章においては磁気渦や静磁結合した磁気渦鎖の連成旋回運動を理解するために必要となる基礎理論、第3章では強磁性微細構造を有する素子作製手法と測定手法、第4章では共鳴状態にある磁気渦の旋回運動の電氣的及び光学的検出手法と実験結果と数値解析、第5章では静磁的に結合した磁気渦対の励起モードに関する実験と議論、第6章では静磁結合した一次元鎖についての実験と議論、第7章では全体の総括と今後の展望が述べられている。

博士論文において、精密な実験と測定結果の詳細な解析から杉本聡志氏は、単一磁気渦あるいは一次元磁気渦鎖の旋回運動の電氣的励起及び検出手法あるいはそのダイナミクス定量的解析法の観点から、今後のマグノニクス分野の発展に資する4つの重要な成果を得ている。

- (1) 磁気渦の運動を電氣的に検出する方法として、磁気渦の運動に伴って生じる異方性磁気抵抗の変化を利用するホモダイン検波がある。しかし、この手法は完全に点対称な円軌道の場合は適用することができないことから、故意に外部磁場を用いて対称性を破ることにより検波する手法を確立した。これと並行して、完全な円軌道をもつ運動の場合に適用できる倍波検波の手法も確立し、両測定手法の比較から磁気渦の旋回運動の検出に前者のホモダイン検波の手法が有効であることを示した。
- (2) 上述のホモダイン検波の手法を用いて決定した磁気渦の旋回運動を、ポテンシャル中に補足された一種の準粒子の運動とみなす Thiele の運動方程式を用いて、詳細に記述できることを示した。これにより磁気渦が、その磁気構造を強固に保ったまま主に断熱スピントルクにより駆動され共鳴周波数で旋回運動すること、通電する電流によって生じる磁場が駆動力とならないこと、を明らかにした。さらに周波数分解実験と並行して相補的に磁気光学 Kerr 効果を用いた時間分解実験を行い、磁気渦の旋回運動の減衰過程に関する議論も詳細に行った。
- (3) マグノニック結晶としての磁気渦格子の実験に関しては、その一次元格子の単位胞として磁気渦対に着目して連成運動の共鳴状態に関する研究を遂行した。その結果、磁気渦の旋回運動に伴って生じる双極子磁場により隣接磁気渦の旋回運動が励起されることを電氣的なホモダイン検波の手法を用いて明らかにした。特に、孤立した単一磁気渦の共鳴振動モードが隣接させた磁気渦との双極子相互作用により4つの

エネルギー準位に分裂すること、この分裂がそれぞれ磁気渦の持つ自由度である渦芯の磁化の極性（ポラリティ： p ）とこの磁気渦構造の磁化の巻き方（カイラリティ： c ）の組み合わせで生じることを片側励起、全体励起、あるいは位相制御した全体励起などの異なる磁気渦共鳴励起手法を用いて実験と理論の両面から解明した。さらに、その結合の様子が2原子分子の結合状態と類似していることや結合の強さがファンデルワールス結合と同様の振る舞いをするなどとも実験から明らかにした。

- (4) 上述の磁気渦対を三つの磁気渦列に拡張して、全体が連成振動する定在波モードが励起されることを実験と理論の両面から明らかにした。また、両端の磁気渦を励起した場合には、励起電流の位相差に依存し特定の準位を選択的に励起できることを示し、同実験結果が、磁気渦1次元鎖のバンド構造に対応することを解明した。

なお、本研究は論文提出者の杉本聡志氏が主体となって測定及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上本博士論文は、静磁氣的に相互作用した磁気渦鎖をスピントルクにより共鳴励起し、それらのダイナミクスに関して定量的な議論を行うことを可能にした。このことは、今後の磁気渦を用いたマグノンニック結晶に関する研究の発展の端緒を開き、物質科学の発展に十分寄与するとみなせる。よって、杉本聡志氏の学位論文の論文審査の結果、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上1794字