

# 論文要旨

ナノスケール磁性体における電子スピンの伝導特性は、スピントロニクスの中核的な研究対象である。スピン電流やスピンホール効果など電子スピンの依存した輸送現象は、微小領域磁性と電子スピンの相関について新しい知見を与える。空間的に磁化方向が回転している磁壁内部や不均一な磁化分布を持つ微小領域における電子スピン輸送機構を解明することが急務である。本論文は量子伝導および巨大磁気抵抗効果に関する研究結果をまとめたものであり、二部から構成されている。

## 第 I 部:弾道領域の量子電気伝導

第 1 章は序論であり、弾道領域の特徴と極微細線における量子電気伝導について概説し、本研究の目的を示した。第 2 章では開発した極微細線作製装置と実験方法について詳説した。原子スケールの極微細線を数秒から数十秒間保持することに成功したが、その一定の量子化状態における電流 - 電圧特性、磁気抵抗効果の研究方法について述べる。第 3 章では強磁性金属極微細線における量子化伝導の観測および量子化伝導状態における電流 - 電圧特性の研究結果を述べる。電子スピンの依存した  $e^2/h$  量子化と外部磁場の関係について述べる。強磁性金属極微細線では、低バイアス電圧領域 ( $|V| < 100$  mV) に非線形伝導特性が存在しており、スピン偏極電流との関係について詳述する。第 4 章では強磁性金属極微細線における巨大な磁気抵抗効果 (MR) について述べる。極微細線形状の変化では説明できない巨大 MR と量子電気伝導の関係が存在し、量子電気伝導に起因する巨大磁気抵抗効果の可能性を指摘する。第 5 章では極微細線における電子輸送現象をシミュレーションし、ミクロスコピックな視点から電子輸送現象について調べた。強磁性金属極微細線ではスピン偏極した電子が伝導することを示し、スピン依存した量子化現象および非線形伝導特性が生じることを論述する。第 6 章は結論である。

## 第 II 部:拡散領域の量子電気伝導

第 1 章は序論であり、拡散領域の特徴と極低温における量子電気伝導について概説し、本研究の目的を示した。第 2 章では複合構造ナノリング (FeNi/Cu/FeNi) の作製方法、および極低温での電気抵抗測定法について述べる。第 3 章では複合構造ナノリングが磁化反転過程を制御した量子干渉計として有用であることを示す。又、この方法により磁壁移動について定量的に検出できることを示す。第 4 章では極低温における磁気抵抗効果の研究結果を示し、極低温における磁化反転過程も異方性磁気抵抗効果と巨大磁気抵抗効果によつ

て推定できることを述べる。第5章では複合構造ナノリングにおける量子干渉効果について詳述し、弱磁場領域において量子効果 ( $h/2e$  振動および  $h/e$  振動) が存在することを示す。強磁性層の影響により量子効果が抑制 (デコヒーレンス) されていることを論述する。第6章では強磁場領域における Aharonov-Bohm 振動について議論し、磁化分布の変化によって振動周期が変調を受けていることを示す。第7章は結論である。