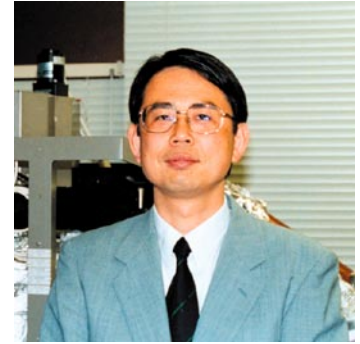


Spin-dependent Phenomena
in the Substances with Artificial
Microstructure and Advanced Materials

人工微小構造制御による
スピン依存物性と新機能性材料

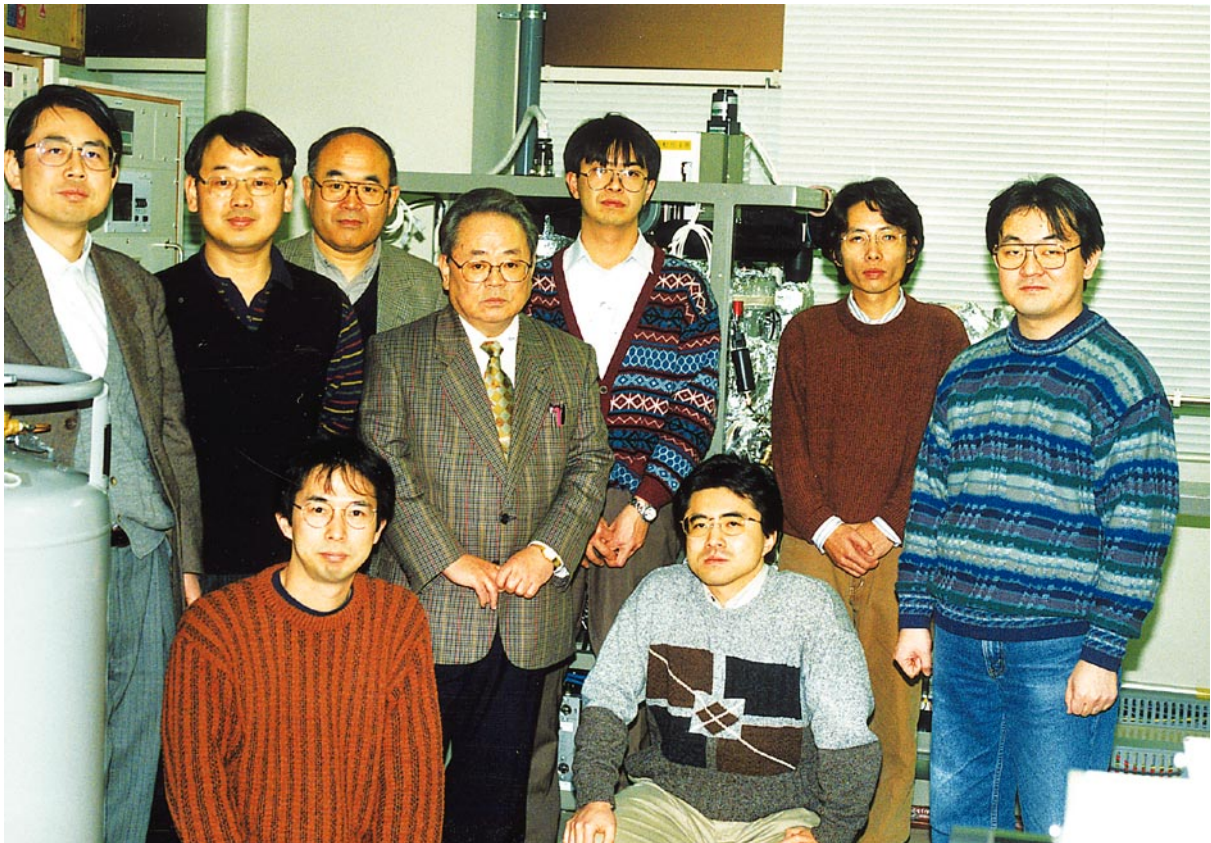


プロジェクトリーダー 藤 森 啓 安 (平成8～11年度)

東北大学 金属材料研究所 教授

高 梨 弘 毅 (平成12年度)

東北大学 金属材料研究所 助教授



1. 研究の目的

現在の材料開発には、原子レベルでの構造制御と極微小領域の物理現象の理解が必要不可欠となっています。そのような研究の好例として、金属人工格子やグラニュー構造薄膜の巨大磁気抵抗効果（磁気により電流が大きく変化する効果）があげられます。金属人工格子やグラニュー構造薄膜は、数ナノメートル（原子数個分若しくは十数個分の大きさ）のスケールで異種金属層を交互成長させたり金属微粒子を母相中に分散させたりして作製される人工構造物質です。これまでに、巨大磁気抵抗効果の発現には、磁性の起源である「スピン」が人工的な微小構造においてどのように振舞うかが重要であるということが分かってきました。そして、最近の巨大磁気抵抗効果に関する研究は、スピン注入、グラニュー系トンネル巨大磁気抵抗、微小磁性体の伝導現象等の新しい研究内容が加わることで、より広い内容をもつ「微小領域でのスピンの関与した新しい物性・機能性」の問題へと発展しつつあります。我々の研究グループも、特にトンネル巨大磁気抵抗については独自の寄与を果してきました。

このような発展は、磁性体トランジスター、高性能磁気センシング素子、超高周波マイクロトランスなどのスピンエレクトロニクス素子の開発に繋がると考えられています。磁性体トランジスターは、従来の半導体素子よりも小型・高速となる可能性を秘めています。また、磁気センシング素子の高性能化は、超大容量記憶装置、高耐候性センサー、医療機器などへの応用が期待されます。

本プロジェクトでは、種々のスピンエレクトロニクス素子の開発を見据えて、微小構造の人工制御によりスピン依存物性と新機能性材料の探査研究を行っています。

2. 研究の内容

本プロジェクトでは、種々の微小構造体を人工的に設計・作製し、スピンの関与した特異な量子現象の物性研究と磁気機能性新材料の開発を目的として、以下の3テーマに取り組んでいます。

[1] グラニュラー構造人工物質によるスピン依存伝導と機能性新材料

絶縁体中に微小な磁性金属粒子が分散したグラニュラー構造薄膜では、粒子間における電子の量子論的トンネル効果によって電気伝導が生じます。我々のグループでは、Co と Al_2O_3 からなるグラニュラー構造薄膜においてトンネル巨大磁気抵抗効果を見出しました。グラニュラー構造での注目すべきことは、粒子サイズが小さいことによって生じる帯電効果であり、帯電効果が巨大磁気抵抗効果に及ぼす影響を調べています。理論的な研究も進めており、グラニュラー構造におけるトンネル巨大磁気抵抗効果が帯電効果によって増大することを見出しました。実用的観点では、小さな磁界によって大きな磁気抵抗効果が生じるように、すなわち、感度を上げる目的でグラニュラー構造薄膜と高透磁率薄膜の微細複合化の研究を行っています。我々がGIG構造と呼ぶ複合構造では、感度を約100倍向上させることに成功しました。

一方、磁性金属成分が多いグラニュラー構造薄膜は、優れた超高周波高透磁率特性を示します。その更なる性能向上を計り微細加工を施すことにより、超高周波マイクロトランスや超高密度磁気記録書き込みヘッド材料の開発も行っています。

[2] 単原子積層人工格子物質のスピン依存輸送現象と機能性新材料

金属人工格子における人工的積層構造の極限は、異種金属原子を単原子層ずつ交互に積層することです。最近、我々のグループは、Fe と Au の組合せで単原子層ずつの積層に成功し、自然には存在しない L_{10} 型構造の Fe-Au 合金を作ることに成功しました。本プロジェクトでは、この単原子層積層の研究を Fe-Au 以外の物質系にも拡張し、新物質の合成を行っています。特に、Pt, Mn, Sb の3種類の金属を精度良く単原子層で積層した場合には、ハーフメタルと呼ばれる化合物になると考えられています。ハーフメタルは、伝導に及ぼすスピンの効果が極めて大きいことが知られており、スピンエレクトロニクス素子のキー物質として期待されています。

[3] 微小接合人工ハイブリッド構造体におけるスピン効果と機能性新材料

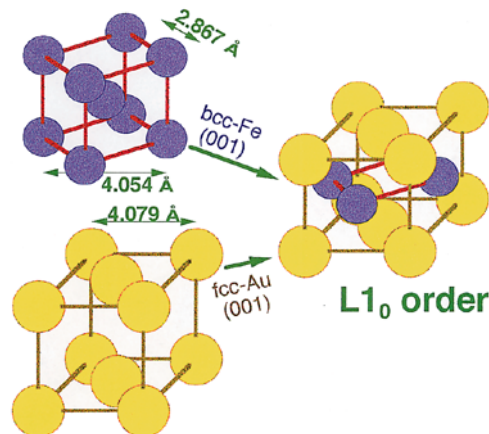
磁性体を微細加工して微小な細線やドットを作製した場合、どのような磁性や伝導現象が発現するかよく分かっていません。集束イオンビーム装置や電子線リソグラフィー装置を用いて、微小磁性体を作製し、磁性と伝導を調べることを行っています。特に、[1] の研究をさらに発展させる意味で、微小磁性ドット配列を作製して、巨大磁気抵抗効果と帯電効果の関係を掘り下げて調べます。ドット配列の研究は、単一電子トンネル素子の可能性を開くものとして期待されています。

3. 研究の体制

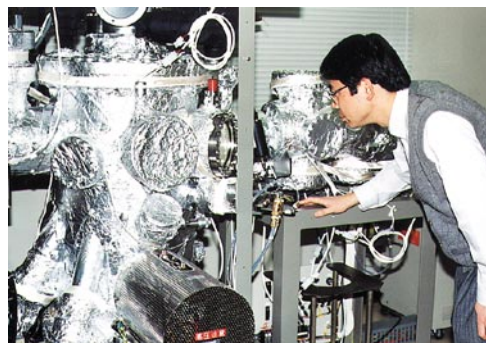
期 間：1996年10月～2001年3月

構 成：プロジェクトリーダー1名、コアメンバー3名、研究協力者9名で構成されています。その他、下記実施場所に所属する大学院学生が多数この研究に参加しています。

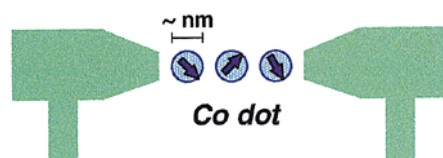
実施場所：東北大学金属材料研究所を主拠点、(財)電気磁気材料研究所を副拠点とした2拠点で研究を行っています。これらはともに仙台市内に位置しており、緊密な連絡を取りながらプロジェクトを進めています。金属材料研究所では、主に磁性材料科学研究部門、金属物性学研究部門および新素材設計開発施設において研究を進めています。



単原子積層による L_{10} 型構造 FeAu 合金作製の模式図



単原子積層人工格子の作製装置



新規な巨大磁気抵抗効果が期待される微小磁性ドット配列の模式図



微細加工に用いる集束イオンビーム装置