

## 事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年8月8日

評価委員：（敬称略、順不同）

円福敬二 九州大学超伝導システム科学研究センター 教授 （主査）  
 田中秀数 東京工業大学極低温物性研究センター 教授  
 末宗幾夫 北海道大学電子科学研究所附属ナノテクノロジー研究センター 教授  
 野村晋太郎 筑波大学大学院数理物質科学研究科 助教授

記入年月日：平成18年11月6日

課題名	ナノ磁気計測を可能とする走査型SQUID磁気顕微鏡の開発研究
研究責任者名及び所属・役職	糸崎秀夫 超伝導材料研究センター SQUIDグループ ディレクター（現在：超伝導材料センター SQUIDグループリーダー、大阪大学大学院基礎工学研究科教授）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成16年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：57百万円、外部資金：0百万円 参加人数：（平成17年度）7人（専任：3人、併任：2人、ポスドク：1人、外来研究員：1人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的及び具体的な研究目標：</p> <p>磁性材料は電子材料として多様な利用が進んでいる。近年スピン制御により電子素子などの研究（スピントロニクス）が注目されるようになり、その実現にナノ構造を制御した磁性材料の研究が進められている。この研究においては、磁気特性の微細構造の観察が必須であり、種々の観察手法の研究が進められている。特に磁気自体を高分解能に観察する手段の開発が求められている。SQUIDは地磁気の約1億分の1の微小な磁気検出が可能な唯一の磁気センサであり、これを用いた走査型磁気顕微鏡の開発をSQUIDグループでは、平成14年度より進めている。平成14年度には、SQUID磁気顕微鏡を試作し、0.1mmの空間分解能を得ることに成功した。さらに、平成15年度においては、パーマロイプローブの改良により、ミクロンレベルの空間分解能を得ることに成功した。プローブの改良によりナノレベル検出の可能性を見出したことから、さらに空間分解能を大幅に高めたナノレベル計測用の走査型磁気顕微鏡の試作開発を進める。</p> <p>研究計画概要：</p> <p>平成14年度に試作した走査型SQUID磁気顕微鏡は、基本的にミクロンオーダーの計測を限界とする設計で試作したものであり、ナノスケールの計測はもともとできない設計である。したがって、平成16年度においては、ナノスケールを観察可能な基本設計を有する走査型SQUID磁気顕微鏡を新たに試作する。さらに平成17年度においては、試作装置の改良を進めるとともに、スピントロニクスなどへの応用磁気材料の観察などを進め、実用性能を確認する。</p> <p>具体的には以下の要素技術を研究項目とし、これらを統合した装置開発を行う。</p> <p>1. SQUID磁気感度の向上、2. 走査機構の改善、3. 磁気プローブのシャープ化、4. 磁気プローブと試料距離制御の精密化、5. 振動対策、6. 磁気遮蔽、7. 磁気イメージング処理、8. 磁気シミュレーション</p>
【全研究期間の成果等（研究全体）】	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <p>室温・大気試料の磁場分布の高空間分解能測定を目的とした、走査型SQUIDプローブ磁気顕微鏡の開発研究を遂行した。空間分解能化のための課題を的確に抽出し、それぞれの課題を解決するための要素技術を以下のように考案・検討し、その評価を効率的に進めた。</p> <p>1. 走査型SQUID磁気顕微鏡の試作評価、2. 貫通SQUIDヘッドの開発、3. ファインプローブの製作と微小磁場分布計測、4. プローブ特性のシミュレーション</p>

	<p>解析、5. 試料振動法による高S/N化、6. 磁気イメージング処理による磁気像の高解像化</p> <p>以上の研究成果より、磁気材料などの観察ツールとして、ナノスケールの磁気を直接観測できる見通しを得た。これは新技術の創成であり、ナノテクにより創出される磁気材料を用いたスピントロニクスなど、最先端科学技術のツールとして、活用が期待される。また微小領域における磁気や磁束の観察など、科学技術発展への貢献が期待される。</p> <p>また、高温超伝導材料のセンサの実用的応用が確立することにより、超伝導エレクトロニクスの有用性が実証される。高温超伝導体の発見からすでに10年以上を経過しており、その実用化が強く望まれている。エレクトロニクス分野においては、SQUIDのほか、高速演算回路用素子やマイクロ波コンポーネントの研究が進められてきているが、いずれも実用化に至っていない。その中で、SQUIDは最も実用化に近い位置にあり、磁気顕微鏡の実用化は、超伝導エレクトロニクス研究全体に対しても大いにインパクトのある成果となる。</p> <p>論文：0件*、プロシーディングス：0件*、解説・総説：0件*、招待講演数：0件*（*：研究の寄与率を考慮した平成16-17年の値）  特許出願準備中：1件、出願：0件、登録：0件、実施許諾：0件</p>
【評価項目】	コメ ン ト お よ び 評 価 点
<b>マネジメント 実施体制</b> (サブテーマ間連係、外部との共同研究の有効性)	<b>コメント：</b> 要素技術の開発及びシステム化に必要な合理的な開発体制がとられている。グループ内の密接な連携の基に高感度のSQUID磁気顕微鏡を開発したことは、大変評価できる。
*評価点（10点満点）：9 <b>評価基準</b>	9点：研究の効率向上に明確に寄与している 7点：よく考えられている 5点：平均的な体制 3点：もう少し考慮の余地があった 1点：プロジェクト遂行の支障となった
<b>アウトプット</b> (論文、特許等の直接の成果。費用対効果を考慮)	<b>コメント：</b> 本プログラムの研究タイプは装置開発研究である。そのため、寄与率を考慮した成果は少ないが、関連研究での成果を含めると、2年間としては十分な国際学会、国内学会での研究発表、論文発表がなされている。また「SQUID顕微鏡」の特許出願準備もなされており、総体として十分な成果が挙げっていると判断する。
*評価点（10点満点）：8 <b>評価基準</b>	9点：質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている 7点：平均的水準より優れる 5点：平均的水準 3点：少ない 1点：問題がある
<b>目標の達成度 その他アウトカム、波及効果</b>	<b>コメント：</b> ユニークなSQUID顕微鏡の感度が着実に向上し、空間分解能も100nm以下にまで達した。当初の目標を十分に達成し、高性能システムが実現されている。また、システムの応用分野の開拓にも意欲的であり、今後の展開に期待できる。SQUID顕微鏡は、評価手段として独自性が高く汎用性にも優れていることから、幅広い分野への波及効果が見込まれる。
*評価点（10点満点）：8 <b>評価基準</b>	9点：一つの分野を形成した 7点：目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 5点：目標はなんとか達成された 3点：目標の部分的な達成 1点：目標達成にはほど遠い

<p>総合評価</p> <p>研究全体に対する総合的な所見を記入。 また上記設定評価項目に含まれないその他の評価ポイントがあれば追加してコメント。</p>	<p>コメント：</p> <p>本研究では、SQUIDを用いたナノ領域計測システムを、ユニークな手法により世界に先駆けて開発した優れたプロジェクトであった。また、研究成果を基に、外部資金によるSQUID-STMの新規開発にも成功している。超伝導を始め、磁性体、その他の物質の微視的研究等において、本システムでしか出来ないような幅広い応用分野が開けることを期待したい。今後は、分解能がさらに向上し、オンゲストローム程度になることを期待する。</p>
<p>* 総合評価点（10点満点）：8</p> <p>評価基準</p> <p>9点：すべての点において模範的に優れている 7点：総合的に優れている 5点：平均的 3点：期待されたほどではなかった 1点：税金の無駄遣いである</p>	

なお評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

- 9、10 S
- 8 A+
- 6、7 A
- 5 A-
- 3、4 B
- 0～2 C

評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
S	A+	A+	A+