

平成28年度 新学術領域研究（研究領域提案型）事後評価結果（所見）

領域番号	2307	領域略称名	超低速ミュオン
研究領域名	超低速ミュオン顕微鏡が拓く物質・生命・素粒子科学のフロンティア		
研究期間	平成23年度～平成27年度		
領域代表者名 (所属等)	鳥養 映子 (山梨大学・大学院総合研究部・教授)		
領域代表者 からの報告	<p><u>(1) 研究領域の目的及び意義</u></p> <p>本研究の目的は、超低速ミュオン顕微鏡の開発により物質内部の新しいイメージング法を確立し、多様な物理・化学・生命現象の発現機構を、スピン時空相関という概念を導入して理解する新しい学術領域を開拓することにある。</p> <p>スピン偏極した正ミュオンは、物質に止まり崩壊する際の陽電子放出の異方性とその時間変化により、電子状態・スピン状態を微視的、かつ、高感度に検出する。超低速ミュオンは、熱エネルギーミュオニウム（正ミュオンと電子からなる水素状原子）のレーザー共鳴イオン化によって得られるエネルギーの揃ったビームである。深さ方向にナノメータオーダーの局所性と走査性を持つ超低速ミュオンビームにより、界面のスピン伝導や触媒反応、表面-バルク境界のヘテロ電子相関などの機構を微視的に解明する、新たな超低速ミュオン科学領域を拓く。</p> <p>さらにこれを再加速先鋭化することにより高密度ミュオンマイクロビームを創り、極微量試料の観測や、物質深部をマイクロメータオーダーのビームサイズで三次元マッピングする機能の完成を目指す。ミュオンマイクロビームは、生命科学においても生体の空間イメージングなどの新たな可能性を拓く。加えて、さらなるビームの低温化・尖鋭化により、「標準理論」を越える素粒子/基礎物理のフロンティアを推進する。この2つの新しい量子ビームを用いた顕微法により、大強度陽子加速器施設(J-PARC)に物質・生命・素粒子基礎物理研究の世界的研究拠点を構築する。</p>		
	<p><u>(2) 研究成果の概要</u></p> <p>研究期間の前半で共通基盤装置の超低速ミュオン顕微鏡を開発し、後半でこれを用いた新たな学術領域の開拓を目指した。後半の3年間は、加速器施設の事故等による再三の長期運転停止のため、超低速ミュオン利用実験の開始には至らなかったが、平成28年2月21日（ビーム再開の翌日）に、超低速ミュオン発生に成功した。最高のエネルギー分解能（30eV）が実証され、深さ方向にnmの分解能での連続走査性能が現実のものとなった。実用強度達成に向けたビーム最適化とレーザー増強が進められており、超低速ミュオン発生数（現在毎秒35個）の世界記録を更新中である。単結晶にかわるレーザー媒質として、実用サイズのNd:YAGセラミックスの開発に成功し、長期間安定したライマンαレーザー光を連続発振している。さらに世界に前例のない低エネルギーミュオン加速のために、インダクション加速装置を設計開発し、ミュオン波動性の直接観測とミュオン干渉顕微鏡への道を拓いた。さらなる超冷化のために、レーザーによる高精度微細穴加工を施したシリカエアロゲルを用いて、高い収量を持つ常温ミュオニウム標的の開発に成功した。</p> <p>海外ミュオン実験施設・相補的な研究手段による予備実験を進め、磁性、超伝導、半導体、電池材料に加えて、触媒化学や生命科学などこれまで未開拓の分野においても、超低速ミュオンによる実験に向けた基礎データを蓄積し、理論と実験の密接な協力による測定原理の理解も進んだ。これらの実績を踏まえて、さまざまな分野において、この夢の量子ビームへの国際的な期待が高まっている。</p>		

科学研究費補助金審査部会 における所見	保留（次年度事後評価実施）
	<p>本研究領域発足当初からの目標は、「超低速ミュオン顕微鏡」によるイメージング法を確立し、多様な物理・化学・生命現象の発現機構を、スピン時空相関という概念を導入して理解する新しい学術領域を開拓することであった。しかしながら、研究推進の主要施設である J-PARC の U ラインは、天災である東日本大震災に加えてハドロン事故等の複数のトラブルの影響を受け、ビーム供給が予定日数の 1/6 以下となった。この予想外の事態のため、本研究領域が当初掲げた目標である超低速ミュオン顕微鏡は実現できていない。ただし、これらの困難にもかかわらず、海外の研究施設を利用するなどの対策により、低速ミュオンを用いた物性研究を発展させるなど、優れた成果を得た。さらに、研究期間の終了直前に、超低速ミュオン発生に成功し、超低速ミュオン顕微鏡の実現に向けた第一歩を踏み出すことができた。目標である超低速ミュオン顕微鏡によるイメージング法の確立に向けて、さらに努力を継続することが望まれる。</p> <p>研究費の繰越しも行っていることや以上の状況を鑑み、本年度は本研究領域の評価を保留し、翌年度に事後評価を実施することが妥当であると判断する。</p>