

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：平成25年12月5日

評価委員：（敬称略、五十音順）

石原 一 大阪府立大学大学院工学研究科 教授

齋藤良行 早稲田大学大学院基幹理工学研究科 教授

平山 司 （一財）ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所 副所長・主幹研究員

確定年月日：平成26年2月14日

プロジェクト名	先端材料計測技術の開発と応用
研究責任者の氏名・所属・役職	藤田大介 先端的共通技術部門長
実施予定期間	平成23年度～平成27年度
研究目的と意義	<p>社会ニーズに応える先進材料の有用な新規機能を担うのは、表界面や表層もしくは内部における構造、組成、組織、（電子・スピン・化学）状態などである。機能発現の根源メカニズムを原子レベルやマルチスケールで解明することが材料研究者から強く求められており、そのようなニーズに応えるためには、表面・表層敏感性とバルク敏感性、単結晶性と非晶質性、ナノスケールとマクロスケールなどの相補性を有する材料評価手法を組み合わせ、世界最高水準の先端材料計測コンビネーションを構築することが重要である。</p> <p>本研究開発プロジェクトでは、国際競争力を担う環境・エネルギー材料や情報通信材料などの戦略的先進材料の研究開発にとってキーとなる、「表面・表層からバルク内部に至る包括的な先端材料計測基盤技術」を開発する。開発手法を直ちに先進材料解析に応用することにより、研究開発を強力に推進すると同時に手法の有用性を実証する。</p> <p>包括的な先端材料計測基盤技術の確立により、多様な材料ニーズへの即応が可能になる。その結果、機能発現や材料創製のメカニズムを世界に先駆けて解明することが可能となり、先進的な材料の研究開発におけるジャンプアップが期待できる。また、最先端の計測装置や手法の開発のみならず、実用的な研究開発にとって不可欠な定量化やデータベース化の研究を推進することにより、国際標準の獲得による産業界への波及効果が期待できる。これらにより、先進材料分野のみならず精密計測技術分野の国際競争力の強化に寄与することができる。</p>
研究内容	<p>本プロジェクトは、先端表面敏感計測、先端表層領域計測、先端電子顕微鏡、強磁場 NMR、強力中性子線、放射光計測に関する開発と先進材料応用の6サブテーマにより構成される。ナノスケール計測、極限的計測ならびに量子ビーム計測とその材料応用技術に関わる研究者とエンジニアが参加する。開発する材料計測手法は、表面/表層/バルク敏感性、ナノスケール/非晶質性などの計測機能を有し、これらを相補的に連携することにより、先進材料の機能発現メカニズムを解明するために必須の、表面から固体内部の構造と状態、物性と機能を解析することが可能になる。材料研究ニーズの抽出に基づくその場計測や個別材料に対応する先端材料計測要素技術を開発し、要素技術の統合とシステム化ならびに標準化を先導し、先進実用材料ニーズへの多面的展開を推進する。</p>
ミッションステートメント （具体的な達成目標）	<p>最表面・表層から固体内部までの深さ敏感解析、多様な相界面におけるナノ計測、原子からマクロまでのマルチスケール解析、非晶質から単結晶までの構造解析、フェムト秒タイムスケール計測、電子～スピン状態解析、環境制御場動的ナノ解析などの相補的なトップレベルの材料計測基盤技術を実現する。社会ニーズの大きな先進材料の研究開発に積極的に応用するとともに、国際標準化や知的基盤整備において指導的役割を果たすことにより、先端材料計測における国際的な中核拠点の構築を目指す。環境場超高感度プローブ顕微鏡、最表面敏感スピン顕微鏡、表層広域三次元ナノ分析、超高速紫外顕微鏡、単原子分</p>

	<p>析電子顕微鏡、1030MHz-NMR、環境場中性子マルチスケール時分割計測、放射光リアルタイム蛍光 X 線イメージング等を開発し、先進材料の解析に応用する。</p>
<p>平成23年度～平成25年度中間評価時までの主な研究成果（アウトプット）及び研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）</p>	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・分子軸とスピンの向きを指定できる酸素分子ビームを世界で初めて開発、シリコン表面酸化反応に適用、分子の向きが酸化反応に寄与することを発見 ・ハーフメタル表面第一層のスピンの偏極度計測に成功、TMR 比が表面処理により大幅改善できることを発見し、高スピン偏極特性の指針を提供 ・表面電子分光における電子輸送シミュレーションに不可欠な電子阻止能を41元素固体について10eV～30keVの範囲で計算、データベースを構築 ・試料表面処理に依存しない角度分解 REELS スペクトル-因子分析法を開発、電子分光スペクトル定量解析に不可欠なエネルギー損失関数の導出に成功 ・球面収差補正装置とモノクロメーターを備えた単原子分析可能な電子顕微鏡手法を開発、空間分解能は50pm、エネルギー分解能は70meVを実現 ・走査透過電子顕微鏡と電子エネルギー損失分光法を用いて化学結合状態の原子オーダーの解析に成功 ・低温ローレンツ顕微鏡法を用いて磁気スキルミオンの観察と電流駆動に成功（世界初）、空間反転対称性のある$\text{La}_{0.5}\text{Ba}_{0.5}\text{MnO}_3$結晶でも初めて観察に成功 ・固体 NMR の感度向上を目的として核超偏極技術の開発を行い、世界で初めて光ポンピング超偏極を用いた異種核間の交差分極測定に成功 ・X線中性子粉末回折用結晶・電子構造三次元可視化システムを開発 ・SAXS/SANS 複合利用（ACV）法によるナノサイズクラスター定量化法を確立 ・微小ビームを使用せずにイメージングを行う方法を考案、時々刻々成長する化学パターンのリアルタイム蛍光 X 線イメージングに成功 <p>2) 研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・先端材料計測基盤として世界最高性能を実現する計測装置（ハードウェア）、試料調製法、材料に適した最適計測環境創製技術、世界デファクト標準の解析ソフトウェアや物性データベースなどの知的基盤、標準試料や標準プロトコルなどの国際標準（ISO）、特許等の知的財産の創出、トップレベルの情報発信 ・文部科学省微細構造解析プラットフォームを先導し、国内外に開かれた先端計測基盤コンビネーションを開発することにより、多様な材料ニーズへ対応した最先端計測支援の即応体制が整備され、イノベーションの創出、産学独の連携推進、先端計測分野の若手人材の育成に貢献 ・国際標準（ISO）獲得によるポジティブな波及効果として、計測技術分野の国際競争力強化に寄与、国際的な研究機関との協力連携を促進
<p>中間評価時の進捗状況及び自己点検・評価</p>	<p>中間評価時の進捗状況： 予定を若干上回っている。</p> <p>自己点検・評価： プロジェクト全体としては、文部科学省微細構造解析プラットフォームを主導することにより、本プロジェクトによって開発された先端計測装置の多くが共用化され、コアコンピタンス計測技術に基づく産学独の連携が順調に進展している。研究面においても、表面敏感スピン計測によるハーフメタル表面スピン偏極度の面依存性の発見、低温ローレンツ顕微鏡によるスキルミオン通電その場観察の成功など、世界初の顕著な成果が得られている。また、技術目標に関しては、単原子分析電子顕微鏡における世界初の原子分解能での化学結合状態マッピングの成功など、世界トップの技術開発が進展し、全体として当初予定を上回る進捗状況である。</p>

【評価項目】	コメント
<p>①研究計画、実施体制、マネジメント、連携 (研究開発の方向性・目的・目標の見直し、計画・ロードマップの問題点、実施体制・マネジメントの改善、連携のあり方、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトはNIMSの先端技術を発揮するのに最適な目標を設定している。すなわちNIMSの主要な目的である、構造、組織、電子、スピン、化学状態をマルチスケールで解明することのニーズが高いが、本プロジェクトはそのニーズに合致したテーマ設定を行っている。 ・表面から内部にわたる構造と物性を多くの手法でバランスよく研究していることは見事である。各技術分野の高度化とともにそれらのシナジー効果を狙うような共通テーマを掲げたプロジェクトを実施している。 ・先端材料の計測技術として相補的に情報が取得できれば極めて有効と考えられる手法の開発が適切に選ばれており、またNIMSの当該グループの強みをうまく活かす計画となっている。 ・計画・ロードマップもよく考えられており、実施体制にも特段問題は見当たらない。 ・サブテーマの設定も妥当であり、研究は大きなグループであるにもかかわらず責任者のテーマの自己評価も妥当であると言える。 ・マネジメントとしてはプロジェクト運営会議を設置するなど戦略的研究推進への意欲が伺える。 ・計測技術は方法、スケールなど多岐にわたっているが、いずれも世界最高水準の計測技術を実現している。 ・NIMS内外との研究連携も積極的に行われており、波及効果も大きい。 ・期間後半で社会ニーズや学術ニーズを戦略的に捉え、チームの総合力を発揮するフェーズに入るが、相補的な情報の取得やプロジェクト運営会議などの仕掛けが生きてくることが期待できる。期間後半では相補的という言葉がより浮き立つ形でアピール可能な成果を追求するマネジメントが期待される。
<p>②研究開発の進捗状況及び進め方 (進捗状況の把握、研究責任者の自己点検・評価の妥当性、進め方の見直し(継続・変更・中止等)、研究資源(資金・人材)の再配分、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災による被災が計画に大きく影響したサブテーマもありながら、全体としては極めて良好な進捗と言える。当初目標に照らした達成度、計画以上に進んだ項目、被災による遅れなど、適切に評価できており、今後必要な計画変更も適切と言える。 ・研究開発は当初の計画通り進捗し、目標通りの成果が得られている。本プロジェクトのカバーする範囲は多岐にわたっているが、それぞれ世界最高水準の先端計測技術が具体的に実現している。 ・研究責任者の自己評価も妥当であると判断できる。進捗状況の把握も妥当であり、研究責任者の計画通りテーマの進捗を図るのが望ましい。 ・研究資源の配分も理想的である。 ・個々の技術が優れているだけでなく、全体的に健全な発展をしていると感じる。この調子で後半2年半も継続実施してほしい。 ・チーム全体で多様かつ大規模な技術的・学術的資産を有するが、これを次代にどのように繋げて行くかと言う観点からの人材投入、或いは若手を引きつける各種プログラムの設定などの工夫があることが望ましい。

<p>③論文・特許等の直接の成果（アウトプット）、効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト） （研究成果の質は世界レベルか、どのような効果・効用あるいは波及効果が出たか/期待されるか、研究タイプを考慮した費用対効果はどうか、セレンディピティー、ほか）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 多くの新しい技術の開発成果が出ており、それらはPhysical Review Letters やNatureシリーズ等、ハイインパクトファクターのジャーナルに掲載されている。活発な研究活動が展開され、優れた成果が出ていることが形としても証明されている。 各サブテーマより世界的に見て競争力のあるアウトプットが出ており、学術的インパクトの高い成果が得られている点は高く評価できる。材料科学・材料技術への波及効果も著しく、期待に応えた成果となっている。 被災の被害が大きく計画の見直しを余儀なくされたサブテーマにおいても着実な復旧作業を進めており、またその中から予定外の成果も得られている。 研究成果の質は世界トップレベルと判断できる。多くの論文がインパクトファクターの高い論文誌に掲載されており、当分野におけるNIMSの研究水準の高さを示している。 多数の知的所有権を取得しており、研究の効果が高い。 本プロジェクトはNIMS内外の研究プロジェクトに密接に関係しており、間接的な成果も得られていると考えることができる。 実用分野、特に先端技術分野への波及効果も大きく、新材料・デバイス分野への大きな波及効果が期待できる。 一見、研究予算や研究の人的負担が大きい様な印象を与えられるが、得られた成果を見れば、十分費用対効果は大きいものと判断できる。 期間後半では、各種測定手法を相補的に活用したからこそ出てくるターゲットを積極的に狙い、組織的研究プロジェクトの特徴と強みがアピールできる成果を期待したい。 	
<p>④総合評価 （研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～③に含まれない、その他の評価ポイント、問題点等があれば追加してコメント）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 総合評価として、世界最高水準の先端材料計測技術を実現しており、当分野におけるNIMSの技術的な優位性を実現していると言え、非常に高く評価できる。今後ともNIMS内外、国内外の研究機関と協調して当分野の発展に寄与することを望みたい。 総合的に見て、当初よりチームが持つ強みを十分に発揮した良好な進捗が得られている。 非常に活性度の高い組織であり、成果も出ている。平均年齢が少し高いことが話題になったが、そのわりに活力は維持されている。 期間前半の成果については主にサブテーマごとに報告がなされ、それぞれの特徴がアピールされたが、期間後半にはより総合力とリーダーのマネジメント力を活かした、単にグループの寄り集まりでは達成できない成果が、目に見える形でアピールされることが期待される。 	
<p>各委員の総合評価点 （10点満点）</p>	<p>9、9、9</p>	
<p>総合評価点平均 （10点満点）</p>	<p>9.0</p>	
<p>評価点</p>	<p>評価</p>	<p>評価基準</p>
<p>10</p>	<p>S</p>	<p>全ての点において模範的に優れている。 計画を変更することなく継続すべきである。</p>
<p>9</p>		
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れている。 一部計画を見直し継続すればS評価になる可能性がある</p>
<p>7</p>		
<p>6</p>		<p>平均的なプロジェクトである。</p>
<p>5</p>		<p>継続は認めるが、継続する時に、一部計画を見直した方が良い点がある。</p>
<p>4</p>	<p>B</p>	<p>期待されたほどではない。</p>

3		計画を見直して継続すべきである。
2	C	プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更が必要である。 大きな問題があり、継続を中止すべきである。
1		