

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：平成20年12月5日

評価委員：（敬称略、五十音順）

高橋浩之 東京大学大学院工学系研究科 教授

平山 司 （財）ファインセラミックスセンター ナノ構造研究所 所長代理

本間芳和 東京理科大学理学部 教授

確定年月日：平成21年1月13日

プロジェクト名	ナノ物質・材料の創製・計測のための量子ビーム基盤技術の開発
研究責任者の所属・役職・氏名	量子ビームセンター センター長 岸本 直樹
実施期間	平成18年度～平成22年度
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>ナノ物質・材料研究において材料創製・計測等にブレークスルーを得るために、材料創製と材料計測解析において、波動性/量子性、スピンの有無等、互いに相補的な機能を有している、高輝度放射光 (SPring-8、PF)、中性子ビーム (J-PARC、JRR-3M) およびイオンビーム (EPF) を総合的に利用することにより、ナノ物質・材料基盤技術を開発することを目的とする。</p> <p>具体的研究目標は、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ X線反射率法等を用いて、埋もれた界面（密度、層厚、表面・界面ラフネス等）につき、深さ方向 0.01 nm の精度で、可視化・微小領域分析やクイック計測等、新規な測定方法・装置を考案・実用化する。半導体からソフト材料、バイオシステムまでの広い物質系での基盤技術を世界に先駆け確立する。 ・ 次世代の放射光・中性子粉末回折パターンフィッティング・システムと結晶・電子構造の3次元可視化システムを開発し、中性子・放射光による構造解析の標準ソフトウェアとして公開する。また、中性子・X線を用いた小角散乱相補実験によるマルチスケール解析技術の高度化を行い、それらの解析技術を駆使することにより、5種類以上のエネルギー・環境材料、量子複雑系材料を開発する。 ・ イオンビームの持つユニークな特徴、すなわち、高空間制御性、高組成制御性、あるいはエネルギー作用などを生かし、次世代のナノ量子材料創製・制御技術に向けて、3次元ナノ精密制御の実現を目指し、精度 10nm 級のイオン・ナノパターンニング技術を開発するとともに、ナノ量子材料の創製を行う。 ・ 準安定ヘリウム原子線を用いた露光特性の実験的評価によりナノリソグラフィ（エッジ分解能 10nm レベル）の可能性を開拓するとともに、最表面電子スピン計測のためのスピン偏極技術（偏極率 20%）を開発する。 <p>研究計画概要：</p> <p>放射光を利用した超高感度材料計測機器とその解析技術、NIMS専用ビームラインと周辺装置技術、X線及び中性子回折用精密結晶構造解析ソフトウェア技術、イオン・レーザー複合照射装置等とそれを利用したナノ量子材料の創製技術、各種良質単結晶育成技術などの基盤技術を活用・発展させることにより、ナノテクノロジー・材料分野における量子ビーム技術の物質・材料研究基盤を構築する。具体的には、高輝度放射光の特徴を活用し、埋もれたナノ構造の新規解析技術を開発するとともに、結晶・非周期結晶の精密構造解析に取り組む。また、中性子と放射光を包含する先導的粉末構造解析ソフトウェアを開発することで計測解析技術の複合的・高度化を図る。次に、NIMS の材料創製基盤との組み合わせが物質・材料研究に新たな突破口を開くことを半導体・光・磁性・超伝導・燃料電池材料などにおいて実証する。さらに、大電流重イオン・レーザー複合技術等を開発し3次元ナノ構造の制御法を確立するとともに、その形成過程や構造を量子ビームで高度解析することで、ナノ量子材料の開発を先導する。</p>

<p>平成18年度～平成20年度中間評価時までの成果等</p>	<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> <ul style="list-style-type: none"> ・μ反射率計およびクイック反射率計を開発・実用化することにより、半導体・電子材料からソフトマテリアル、バイオシステムまでの広い物質系での科学的課題の解決と、それらを通じた新分野開拓につなげられる。前者は、基礎的なデータ取得を行い実用装置に発展させられる。後者は、特許を取得しており、技術移転により、時間変化するナノ物質・材料の埋もれた界面の計測に結びつく。 ・高度な結晶構造解析パッケージ・プログラム群（RIETAN-FP、PRIMA、VENUS等）の開発を基に、X線・中性子粉末回折実験を行うことで、格子・結晶構造と電子・原子核密度の解析精度を大幅に向上させることに成功した。中性子の散乱・回折を組み合わせたマルチスケール評価手法は、ナノ物質・材料の開発の行き詰まりを打破する鍵となる。また、高効率エネルギー変換材料や、情報通信材料等にも具体的な革新をもたらす。ソフトウェアは広く公開するため、波及効果は極めて大きく、また大学における科学教育にも寄与する。 ・次世代デバイスのためのイオン投影ナノパターンニング技術では、100 nm 径の規則配列のナノ粒子のパターンニングに成功し、ナノ機能付与パターンの直接作製に道を拓いたことは画期的である。金属及び酸化物ナノ粒子の構造制御を行い、非線形特性、発光特性等を明らかにしたことは素子化に結びつく。 ・次世代原子線リソグラフィは、自己組織化単分子膜と熱エネルギーレベルの準安定原子線を用いた革新的な試みである。ナノデバイスを実用化する上で大きな課題である大量生産に道を拓くことができ、有用な生産技術としてナノテクノロジー産業の発展に寄与する。 						
<p>【評価項目】</p>	<p>コメントおよび評価点</p>						
<p>①研究開発の目的・目標管理・マネジメント</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノマテリアルのキャラクタリゼーションに量子ビームを用いて詳細な情報を得るといった基本的な方向は重要であり、NIMSとして望ましい方向である。 ・1つの研究センターで、放射光、中性子、イオンビーム、ヘリウム原子線という多種のプロブ、加工用ビームを使えることが、NIMSの他機関に対する大きな優位性である。この利点がより活かせるように今後の研究を進めてほしい。 ・量子ビームの中でも、X線、中性子について外部大型施設を上手に活用して研究を進めるという基本路線は、成果が期待できる。一方でX線と中性子ではややアプローチが異なるので、両方のグループで得意なところをうまく融合すればよい。 ・異種のビーム技術を取りまとめて成果を挙げるのは大変なことである。昨今の世の傾向ではあるが、計測技術の研究者としてチャンピオンデータを出す仕事と、何か役立てる仕事の両方に成果を出すことが要求されるが、本プロジェクトはそれを上手に両立させている。 <table border="1" data-bbox="432 1644 1481 2058"> <tr> <td data-bbox="432 1644 592 1906"> <p>評価基準</p> </td> <td data-bbox="592 1644 1481 1906"> <p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：よく練られており、全く問題ない。</p> <p>7：優れている。</p> <p>5：概ね問題はない。</p> <p>3：修正が必要である。</p> <p>1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1906 592 1980"> <p>各委員の評価点</p> </td> <td data-bbox="592 1906 1481 1980"> <p>7、8、8（順不同）</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1980 592 2058"> <p>平均評価点</p> </td> <td data-bbox="592 1980 1481 2058"> <p>7.7（小数第二位以下四捨五入）</p> </td> </tr> </table>	<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：よく練られており、全く問題ない。</p> <p>7：優れている。</p> <p>5：概ね問題はない。</p> <p>3：修正が必要である。</p> <p>1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。</p>	<p>各委員の評価点</p>	<p>7、8、8（順不同）</p>	<p>平均評価点</p>	<p>7.7（小数第二位以下四捨五入）</p>
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：よく練られており、全く問題ない。</p> <p>7：優れている。</p> <p>5：概ね問題はない。</p> <p>3：修正が必要である。</p> <p>1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。</p>						
<p>各委員の評価点</p>	<p>7、8、8（順不同）</p>						
<p>平均評価点</p>	<p>7.7（小数第二位以下四捨五入）</p>						

<p>②研究開発の進捗状況及び進め方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・概ね順調に研究が進んでいると認められる。 ・全反射法など NIMS の得意な分野で X 線利用はよく研究が進んでいる。 ・中性子ビーム利用は J-PARC の立ち上げも近く、もうしばらくは時間がかかると思うが、数年後の大きな成果を見据えて、現在は基礎的な部分、例えばビームライン整備などにも目を向けるべきである。
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 の 10 点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：極めて順調であり、研究資源の再配分を増やすべきである。</p> <p>7：優れており、このまま継続すべきである。</p> <p>5：進み具合は妥当である。</p> <p>3：進み具合が遅れており、計画の見直しが必要である。</p> <p>1：大幅に遅れており、研究を中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>7、7、7（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>7.0</p>
<p>③論文、特許等の直接の成果、効果・効用、波及効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・概ね良い成果が出ている。特許が若干少ないのは、ややハードウェア的研究が少ないことによるのであろう。 ・巨大装置を用いる仕事であるので、研究者の都合のよい時に好きなだけ実験ができるわけではないが、論文の量も十分出ている。 ・各ビーム分野で面白い成果が得られている。専門性が高く学術的性格が強いため、異分野の研究者にも成果をうまく PR していくことが必要である。 ・中性子実験に関しては、ビームラインそのものへの関与をさらに上げると、この辺の成果がより一層出てくるであろう。
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 の 10 点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：質・量共に世界的水準である。</p> <p>7：優れた成果・効果が出ている（見込まれる）。</p> <p>5：平均的水準である。</p> <p>3：平均より少なく、対応策を練る必要がある。</p> <p>1：質・量共に大いに問題があり、プロジェクトは中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>8、7、7（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>7.3（小数第二位以下四捨五入）</p>
<p>④総合評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ビームと材料の相互作用を利用した研究や、材料を中心としたビーム利用技術の研究が進行しており、特徴ある成果が得られている。 ・研究全体が順調に進行していること、プロジェクトがスムーズに運営されていることを感じる。なお、欲を言えば、何か不連続で飛躍的なものがプロジェクト後半に出現することを期待する。 ・プローブ径（放射光、中性子）に限界があるので、微小部分分析ではナノ材料よりもバイオマテリアルなど、適した材料系に適用範囲を広げていくのがよい。 ・J-PARC の建設、運転開始は一つの分岐点と考えられる。パルス中性子の利用で、新たな知見からナノマテリアルに関するより詳細な情報につながると考えられるので、この点をもう少し重視して取り組むのがよい。

	評価基準	総合評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、 下記評価基準を参考に記入してください。： 9：すべての点において模範的に優れている。 7：総合的に優れている。 5：平均的なプロジェクトである。 3：期待されたほどではない。計画の見直しが必要である。 1：上記評価項目①～③の評価結果に大きな問題があり、研究を 中止すべきである。
	各委員の 評価点	7、8、7（順不同）
	平均評価 点	7.3（小数第二位以下四捨五入）
<p>その他 （気になる点、ヒアリングの第一印象など、なんでも）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現在の一般的傾向であるので、「役に立つことを示す」ことが必要不可欠になると思うが、ぜひチャンピオンデータを示すことも忘れずにチャレンジしてほしい（これは私自身に対するひとりごとでもあります）。 ・本プロジェクトだけではなく、非常にしっかりした評価用資料を作成していることに驚いた。これは逆にプロジェクトリーダーの負担にならないか。 ・使用するスライドは配布してもらいたい。 ・口頭説明の時間配分についてはもう少し配慮されたい。 		

なお平均評価点は、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を併記する。
評価委員の点数の平均点（小数点第二位以下四捨五入）をXとすると、S: $X=10$, S-: $9 \leq X < 10$, A+: $8 \leq X < 9$, A: $7 \leq X < 8$, A-: $6 \leq X < 7$, B+: $5 \leq X < 6$,（以下同じ考え方）・・・とする。

平均評価点まとめ

研究開発の目的・目標管理、マネージメント	研究開発の進捗状況及び進め方	論文、特許等の直接の成果、効果・効用、波及効果	総合評価
A	A	A	A