

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：2019年12月17日

評価委員氏名（敬称略，五十音順）

黒田 一幸	早稲田大学 応用化学科 教授
柴田 直哉	東京大学 工学系研究科 教授
原 正彦	東京工業大学 総合理工学研究科 教授

確定年月日：令和2年3月24日

プロジェクト名	システムナノアーキテクトゥクスによる機能開発
研究責任者の氏名・所属・役職	中山知信 MANA 副拠点長
実施予定期間	平成28年度～令和4年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトは、MANAが蓄積してきたナノサイエンス、ナノテクノロジー、そしてそれらを基本としたものづくりの基盤技術をさらに発展させて、ナノアーキテクトゥクスに基づいた革新的ナノデバイス・革新的ナノシステムの機能開発を目指す。具体的には、コンピュータ・情報通信分野と医療・福祉分野を主要なターゲット分野に据え、超低消費電力、超高速演算、最先端治療、早期診断を実現するための、新機能探索とデバイス化・システム化基盤技術、さらにナノアーキテクトゥクライフシステムの構築を推進する。この目的を達成するために、全く異なる分野の科学技術を「システムナノアーキテクトゥクス」というキーワードの元で分野横断的に融合する。本プロジェクトの直接の成果は、革新的なデバイスやシステムの提示、革新的病理診断・医療技術の具体化であるが、その研究コンセプト、システムナノアーキテクトゥクスは、より幅広い分野の研究開発へと波及していくものと期待している。</p>
研究内容	<p>従来型の電子デバイスが利用する電子輸送に囚われず、原子・分子・量子がキャリアの主役となるナノ材料、ナノ界面新機能の提案と実験的・理論的検証、そこで扱われる様々なナノ材料・界面をナノアーキテクトゥク次世代ナノデバイス構造に作りこむための技術開拓、ナノアーキテクトゥクシステムが創発する機能の実験的・理論的解析手法の確立、有機分子の機能やメカノバイオロジーを活用したナノアーキテクトゥク技術に基づくライフシステム、次世代医療技術の開拓を推進する。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>トポロジカル効果や非線形効果を活用した信号処理、イオンをキャリアとする新規素子、ナノプラズモニクス制御による新機能開拓、ナノ界面制御・原子膜制御技術、ナノアーキテクトゥクシステムに創発する機能の解析技術開発、メカノバイオロジカルな細胞機能制御原理の解明を通じて、無損失信号処理素子、高効率エネルギー変換素子、神経細胞機能の模倣素子やそのネットワーク素子、ナノ界面制御技術、細胞レベルでの接触医療（診断・治療）技術など、実用性を見据えた先進ナノ材料科学、システムナノアーキテクトゥクスを世界に先駆けて提案し実証する。これらを達成するために、多探針走査プローブ顕微鏡、大規模第一原理計算手法など、NIMS オリジナルの世界を先導する技術を活用しつつ、それらの応用範囲を拡大してより広範な研究開発活動に貢献する。</p>

<p>平成28年度～令和1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） イオンの移動を活用した原子スイッチは、ON・OFFスイッチ機能だけでなく、その中間状態に保つことができ、さらに過去の動作履歴がその特性に反映されるという特徴がある。このような特性はイオニクスの一つの特徴となり、中間状態と履歴効果を活用した意思決定デバイスを提唱し実証した。また、電子系のトポロジ効果から着想した光トポロジカル材料の理論予測を行いこの実証に成功し、無損失光伝送技術の道を拓いた。NIMSの誇る超高品質材料合成技術に新開発の層状物質積層技術を組み合わせる事で、グラフェン/六方晶窒化ホウ素超格子素子を作製し、世界最高水準の電気伝導特性を確認した。さらにこれを用いて量子バレー流の検出に成功した。ナノプラズモニクスの新しい応用として、光吸収による水の精製技術を開拓した。層状化合物の表面原子層1層だけを酸化するヘテロ構造形成技術を開拓しその光応答機能を確認した。また、新たな機能を持つ材料の創製に向けて、人工知能を用いた有機分子設計技術を開発し、予測通りの機能をもつ分子合成に成功した。さらに、抗炎症作用を有するポリマー微粒子を調整し、これによる神経細胞の炎症抑制効果を確認した。また、メカノバイオリジカルな細胞機能制御としては、究極的に柔らかい界面である液々界面を利用し、幹細胞培養・分化誘導が可能であることを世界に先駆けて発見した。</p> <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） イオニクスを活用したコンピュータ技術、材料によるAI技術、脳型情報処理システム、量子効果を利用したエネルギー変換デバイスや信号処理デバイス、など様々な新しい技術分野へと展開していくことが期待される。中でも光トポロジカル材料に関しては、既にJST GRESTプロジェクトのテーマとして採択され、さらに研究の深化が図られている。また、本プロジェクトの成果は、論文および各種媒体を通じて普及を図り、国内外の大学・研究機関との連携・共同研究を通じた頭脳循環、人材交流、NIMS連携大学院における人材育成にも貢献している。</p>
<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 当初目標を適宜修正しつつ、プロジェクトとしては順調に目標に向けて進んでいる。</p> <p>自己点検・評価 本プロジェクトは、幅広い分野の研究者を集約し、その融合から生まれる探索的色合いも強い。そのため、中には予想しなかった学術的知見、技術的進展が得られたものもある。例えば、意思決定デバイスの実証、光トポロジカル材料の創出などが、予想を大きく上回る成果に該当する。その他の成果も高い水準にあり、プロジェクト全体としては予定を上回った進捗を見せつつ順調に推移してきたと考えている。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<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</p>	<p>【A】 ・ナノアーキテクニクスは重要なコンセプトである。基礎科学からデバイス、そしてシステムを繋ぐ、重要なキーワードであるとともに、コンセプトの根幹でもある。 ・また重点領域によるバイオ系導入によるロードマップの変更は、当プロジェクトにとって発展的な変更であったかどうかは判断し難い。 ・全体を通じてプロジェクトの形にはみえづらく、個々の寄せ集め感がある。この点を改善していく必要がある。</p>

<p>か)</p>	<p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ナノスケールからの形状制御により、革新的ナノデバイスやナノシステムを実現することを目指している。基礎科学から出口応用までを意識した目的設定は評価できる。 ・ ロードマップの途中から研究目的が大幅に変更したことにより、初期の目的の一部が達成されないまま終了している。特定のプロジェクトがなぜ終了したのか、明確ではなく評価が難しい。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ H30年度より、バイオ・ライフに大きくシフトし、現在、過渡期にあると思うが、その整理と最適化の推進を期待したい。 ・ 研究所ないしは上位機関としての方針の転換に対して、現場は、それらの最適化に貴重な時間と労力を費やしている感が残る。 ・ 方向転換やロードマップの書き換えは、ダイナミックな研究体制として、必要なことであるが、マイルストーンの見直しや、研究の中止、目標修正には、事務局と現場との綿密な調整と連携が必要となり、それらが上手く連動し、早期に解決するよう期待したい。
<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>	<p>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 研究進捗は明瞭である。 ・ 個々のサブテーマの代表的な成功事例が示されており、それらは高く評価すべきである。 ・ 一方、重点領域の追加に伴い測定系の流れが通常研究にとどまってしまった点は残念である。 ・ NIMS としての特徴ある研究をより明示していく上で、協奏効果が一目で分かる形の成果を今後創出していくことが期待される。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 次世代量子機能デバイスとあるが、量子バレー流を利用したデバイスがどのようなデバイスになりうるのか、明確ではなかった。単に新現象の観察との位置づけでも良いのではないか。 ・ 本グループの組織体制が明確ではなかった。 ・ 参画研究者のフォーメーションや運営体制などの情報が欲しかった。 ・ 本グループの強みがナノ計測(S P M など)にあると聞いたが、計測研究が途中で終了したことが本グループにとって良いかどうか再考してはどうか。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 総じて、自己点検・評価は妥当であると思われる。また、バイオ・ライフにシフトしたことから、責任者やPI はかなり苦勞されていると見受けられる。 ・ プロジェクトに方向転換を与えたのであれば、状況が落ち着くまでは、研究資金や人材に対してより多くのサポートが必要と思われる。 ・ 減額の方角に向かっていることは残念であり、より現場の負担が重くなると思われる。

<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、セレディピティー、ほか）</p>	<p>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・50名前後の定年制職員数で、質量ともに非常に高いレベルで成果発信がなされている。 ・ハイインパクトジャーナルへも多数掲載されるなど、明確な成果がでている。 ・波及効果について、このプロジェクトの場合は、ある程度長い時間をかけないと適切な評価は難しいと思われる。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・世界的に高いレベルの論文が発表されており、高く評価できる。 ・費用対効果は十分である。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・論文数ならびに成果の普及についても、減額する運営費交付金の中で、努力している様子が見受けられ、高く評価できる。 ・今まで行ってきた、サブテーマおよび研究内容についての応用・実用化にむけて、中間評価以降、どのように展開されるか、特に企業との連携について、波及効果を期待したい。
<p>④見込まれる直接の成果（アウトプット）、効果・効用（アウトカム）や波及効果（インパクト） （質の高い成果は期待できるか、論文・特許数は十分出そうか、新技術や実用材料につながるか、多くの外部資金獲得・共同研究につながるか、他分野への波及効果は、ほか）</p>	<p>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・これまでの実績をふまえると今後も非常に高レベルの成果創出と情報発信が期待できる。 ・新技術に繋がる研究成果がある意味出易いプロジェクトでもあり、今後の融合的な研究成果創出を期待したい。 ・将来ビジョンについてはあまり明確ではないように受け取れ、もう一工夫必要ではないだろうか。 <p>【B】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究期間の途中で最終目標やロードマップが変更されたことにより、今後のアウトプットがどのように変化するか、よくわからない部分がある。 ・バイオ応用に特化することが、本グループの強みを更に増強するのかそうでないのか不透明に思われる。 ・NIMS内の若手研究者の育成に関しても配慮があると良い。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今までの成果は、世界トップクラスにある。 ・今後も質の高い成果が期待されますが、2018年から見直された目標修正後に、そのトップのレベルを保ちつつ、新しい方向性を示されることを期待したい。 ・ナノ材料システムというキーワードが、今までにない新しい医療技術へと展開され、2022年度には、持続可能な社会への貢献という形で、見えてくることを期待する。
<p>⑤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>	<p>【A】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高レベルの成果が着実に出ているので、基本的な方針をしっかりと再構築して頂きたい。 ・デバイス開発と医療技術開発にやや隔たりがあり、何らかの軌道修正が必要であるように見受けられる。 ・デバイスと医療をより強く連携させる仕掛けなどの必要があるように思われる。 <p>【B】</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの研究成果としては、世界的な研究成果が出ており評価できる。しかし、今後に関しては、本プロジェクトの途中で目的、計画、体制を大きく変更したことがアウトプットの質・量に影響する可能性がある。 <p>【C】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大きな方向転換期にあり、苦勞されている様子が伺える。 ・新しい方向性として、今までのナノ建築学を如何にして、メカノバイオロジーや次世代医療技術に展開して行くかに注目して行きたい。
委員の評価点 (10点満点)		8, 8, 9
総合評価点平均 (10点満点)		8.3点
評価点	評価	評価基準
10	S	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。
9		
8	A	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 平均的なプロジェクトである。 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。
7		
6		
5	B	期待されたほどではない。 計画を見直して継続すべきである。
4		
3		
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		