

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4日

評価委員：（敬称略、五十音順）

熊谷 寛 大阪市立大学大学院工学研究科 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

松宮 徹 新日本製鐵株式会社技術開発本部 フェロー

確定年月日：平成21年1月5日

プロジェクト名	ナノ機能組織化技術開発の研究
研究責任者の所属・役職・氏名	国際ナノアーキテクトゥクス研究拠点 主任研究者 中山知信
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： ナノスケールでの加工・分析・計測技術ならびに超伝導物質など各種物質の制御技術をさらに高度化しかつ融合し、それらを駆使することによって、特異な性質を持つ個々のナノ構造をナノスケールで機能的に組織化したシステムとしてのナノ機能組織化構造を構築する技術、およびその機能を評価する技術を確立する。そして、新しいコンピュータアーキテクチャーの基盤技術の実現など、情報処理デバイスの分野に革新をもたらす。具体的には、ナノ構造の特異な物性や機能を活用するための材料・デバイス（原子スイッチ集積回路、分子メモリーデバイス、テラヘルツ発振デバイスなど）の実現と、その様なナノ機能を集積するために必要なトップダウンおよびボトムアップ技術に加えてそれらの融合技術を開発し、たとえば脳型コンピュータなどの新しいコンピュータアーキテクチャーの基盤技術を実現する。</p> <p>研究計画概要： 本研究プロジェクトは、6つのサブテーマを設定し、それらを独立した研究グループが担当しながらも密接な連携の下に、ナノ機能組織化に必要な物質・材料技術を高度化してナノ機能組織化技術を開発する。もちろん、グループ間連携のみならず NIMS 内でのオープンな連携が重要であり、国内外を問わず外部の産官学研究機関や研究グループとの協力・共同・連携も積極的に取り入れていく。最初の3年間で基本的な要素技術開発を行い、残り2年間において本格的なナノ機能組織化を実践して研究目標を達成する。</p>
平成18年度～平成20年度中間評価時までの成果等	<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）： <u>原子スイッチの研究</u>は、Si デバイスとの混載が容易な金属酸化物系材料での動作確認によって、早期の市場投入（概ね5年以内）の目処をたてた。さらに10 nm 直径のナノワイヤー型原子スイッチ開発をきっかけとして、原子スイッチが半導体トランジスタの微細化限界以降の次世代デバイスとして、国際半導体ロードマップに正式に記載された。 <u>単分子メモリ技術</u>は、将来の分子デバイスの一つの方向性として注目され、多くの会議や大学から招待講演の依頼を受けている。 <u>走査型マルチプローブ顕微鏡技術</u>は、実用化を目指した企業との共同研究に発展しており、ナノテクノロジーを活用する産業全般に波及効果をもたらす技術となるであろう。 <u>単分子検出ナノプローブの開発</u>（特許申請済み）は、ナノバイオ研究の新しい展開を生み出すであろう。 ナノスケール機能である<u>固有ジョセフソン接合</u>を3次元バルク結晶から切り出して、集積する技術は、既にデバイスレベルに到達しようとしており、今後のテラヘルツ発振素子として期待される。</p>

	ダイヤモンドの超伝導は、半導体に発現する新しい超伝導現象である。この新しい超伝導の研究は、絶縁体も新超伝導探索の対象であり、半導体と超伝導を結ぶ新しいデバイスの開発にも波及すると期待される。	
【評価項目】	コメントおよび評価点	
①研究開発の目的・目標管理・マネジメント	<ul style="list-style-type: none"> ・世界は、新しいコンピューティング・プラットフォームの構築に向けて、神経科学、ナノテクノロジー、スーパーコンピューティングといった分野の研究融合に積極的に取り組んでいる。従来のコンピューティングの枠組みに取って代わる可能性のある、脳型コンピューティングなど新しいコンピュータアーキテクチャーの実現を標榜する本プロジェクトの研究の方向は、まさに世界の潮流に沿うものである。挑戦的な意欲に溢れていて、ナノテクノロジーの研究現場から新しいプラットフォームの提案が発信される期待感がある。 ・具体的な目標設定に掲げられた、原子スイッチ集積回路、分子メモリーデバイス、テラヘルツ発振デバイスなどナノ構造の特性や機能を活用するための材料・デバイスの実現に関しては、高度な水準で達成されてきている。後半の新しい「コンピュータアーキテクチャーの実現」にかかわる課題においても、脳の動作原理をナノスケールで学び取るための細胞計測やイオン伝導体、有機分子、無機ナノ構造からなる複合ネットワーク構造やナノワイヤー構造等、構造技術開発にも進展が期待でき、目標に着実に近づいていくことが期待できる。 ・プロジェクト当初の目標に縛られている感がある。中間評価を経て、現実的な目標にフォーカスしていくことの方が、最終的には目標を早く達成できるのではないか。 ・ナノ計測、ナノ技術を使った新規物質デバイス技術の開発など、高度技術の進展が期待できる。ただ「コンピュータアーキテクチャーの実現」まで研究を進めるのは現実的には難しいので、そのための基盤技術研究として目標を見直した方がよい。 ・脳型コンピュータを一つの遠景の目標として、それに必要な多岐に亘る要素ナノ技術の開発を実施するスタンスで進められているので良い。 ・当初の計画を超えて進展していることから、マネジメントは正しく行われていたと判断できる。 ・内外の計算科学グループとの連携など、多くのチャンネルで連携が図られているのも良い。 	
	評価基準	<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>
	各委員の評価点	9、8、8（順不同）
	平均評価点	8.3（小数第二位以下四捨五入）

<p>②研究開発の進捗状況及び進め方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・マルチプローブによる計測の高速化、単分子メモリへのアクセスの高速化など、計測評価技術が進展している。 ・室温で読み書きできる単分子メモリ、国際半導体ロードマップに記載されるきっかけになった原子スイッチナノワイヤー、量子化された磁束の制御デバイス、ヒ素を含まない新しい鉄系超伝導体の開発等、当初想定されていなかった特筆すべき第一級の成果が得られている。一方、各サブテーマにおいてもほぼ計画通り研究が進捗している。このまま継続して研究を進め目標を達成してほしい。 ・単分子メモリ、原子スイッチ、学習機能の付加、磁束量子のユニークな制御など、ナノデバイスの新しい可能性が広がっている。今後これらの機能をさらに高度化するとともに、これらの機能化、デバイス化に向けた研究が期待される。 ・多くの魅力ある要素ナノ技術が開発されてきており、進捗は順調である。世の中レベルでの比較を絶えず行って、例えば脳型コンピュータ開発に遅れを取ってはまずいと判断される場合には、人的・予算的に重点投入を増して研究を加速する必要も考えておくべきである。 ・世界に先駆けて新しいコンピュータアーキテクチャーを実現しようという挑戦的な目標を掲げて、特筆すべき成果も含めて様々な成果を挙げている本課題に対して、研究資金が十分に配分されているか。外部資金だけでなく NIMS 内部での研究資源の再配分を増やすなど、柔軟な対応が望まれる。
<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>9、9、9（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>9.0</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"> ・平成18年度から平成20年度途中までの、掲載論文や招待講演などの研究成果発表の質も高く量も十分であり、優れている。 ・単分子メモリ、原子スイッチナノワイヤー、磁束制御デバイス、新しい鉄系超伝導体の開発等、波及効果が大きく期待できる特筆すべき第一級の成果が得られるなど、費用対効果が極めて高い。 ・すぐれた成果を挙げた論文については被引用件数も多く、招待講演も多いので、波及効果は大きいと判断される。 ・特許出願数やプレス発表は必ずしも多いとは言えない。特許を増やしていくことが望まれる。基本特許が多いのであろうか。
<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>9、9、8（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>8.7（小数第二位以下四捨五入）</p>

④総合評価	<ul style="list-style-type: none"> ・世界に先駆けて新しいコンピュータアーキテクチャーを実現しようという挑戦的な目標を掲げて、単分子メモリ、原子スイッチナノワイヤー、磁束制御デバイス、新しい鉄系超伝導体の開発等、波及効果が大きく期待できる第一級の特筆すべき成果も含めて、着実に成果をあげている。このまま計画を継続し、研究資源の再配分を増加してもらい、研究を一層加速し、後半では、個別の成果を融合し、イオン伝導体、有機分子、無機ナノ構造からなる複合ネットワーク構造やナノワイヤー構造等、構造技術開発も実現してほしい。 ・優れた研究成果が得られているので、そのまま研究を進めればよい。ただ、「コンピュータアーキテクチャーを実現」する目標は修正が必要である。 ・合目的ターゲットを絞り込む前に、広く要素ナノ技術を開発するステージで研究が展開されており、優れた多くの成果が出ているので問題はないが、徐々に合目的ターゲットも立てて、その達成に不足する技術の開発にも着手してゆくのがよい。 		
	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	9、9、9（順不同）	
	平均評価点	9.0	
その他 （気になる点、ヒアリングの第一印象など、なんでも） 特になし。			

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≤X<10, A+: 8≤X<9, A: 7≤X<8, A-: 6≤X<7, B+: 5≤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+	S-	A+	S-