

「21世紀COEプログラム」(平成15年度採択)中間評価結果

機関名	東京工業大学	拠点番号	G09
申請分野	数学・物理学・地球科学		
拠点プログラム名称 (英訳名)	量子ナノ物理学 (Nanometer-Scale Quantum Physics)		
研究分野及びキーワード	〈研究分野: 物理学〉(ナノワイヤ)(ナノチューブ)(ナノプローブ)(量子伝導)(量子情報)		
専攻等名	理工学研究科 物性物理学専攻, 基礎物理学専攻		
事業推進担当者	(拠点リーダー名) 安藤 恒也 教授 他 19名		

◇拠点形成の目的、必要性・重要性等: 大学からの報告書(平成17年4月現在)を抜粋

<p><本拠点がカバーする学問分野について> 物理学では新しい物質や構造などから新概念につながる発見が生まれる。本推進担当者の研究で、金のナノワイヤが魔法数7のヘリカル多層シェル構造をもつことが明らかになり、同じく理論研究で、金属的カーボンナノチューブは散乱体が存在しても電気抵抗のない完全導体となると予言された。主な対象はこのようなナノ構造の物理学とそこで実現する量子情報処理に関する基礎的研究である。</p>
<p><本拠点の目的> 新しい原子スケールのナノ構造を形成し、その局所構造観察と評価、制御、物性計測、量子状態の理論的理解と予言により、その発見の起源を明らかにするとともに、ナノ構造における興味深い物理現象を探求し、物理概念を創成する。同時に新しい計測手段の開発も行い、ナノ構造を用いた量子情報処理に関する基礎研究を推進する。それにより体系化した量子ナノ物理学を創成する。</p>
<p><計画: 当初目的に対する進捗状況等> この研究を段階に発展させるために、当初の計画どおり以下の4グループを構成して活発な研究・教育を推進し、順調に進展している。 [1] ナノ構造形成・観測(ナノワイヤ・コンタクトの構造作製・観測と電気伝導やナノメカニクスの測定、スピンナノ構造の形成と観測など、ナノ構造物理学の中心となるグループ)。 [2] ナノ構造物性理論(ナノ構造物質の設計・電子状態予測、ナノ構造の輸送現象・光学現象の理論、量子スピンの示すナノ構造の理論、ボース凝縮とマクロな量子効果の研究)。 [3] ナノ構造物性評価(光学的手法、STM/STS、ナノNMRなどによるナノ構造の物性、量子ビットなど)。 [4] フロンティア応用(量子的な情報処理や計算の実験的・理論的研究、ナノ構造の宇宙観測への応用)。</p>
<p><本拠点の特色> STMによりナノワイヤを作製し、透過電子顕微鏡観測と電気伝導同時測定などができるのは本拠点のみである。本拠点では、第一原理電子状態計算、量子輸送現象、相互作用効果などの理論研究と協力できる。さらに、ナノワイヤ以外の構造作製、局所観察、制御、物性計測、新しい計測手段の開発や量子情報処理の基礎的実験と理論の研究も進んでいる。ナノテクノロジーと密接に関連しているが、ナノ構造をあくまでも物理学の対象としている。半導体量子細線や量子ドットなども含めるが、本拠点ではさらに2桁スケールの小さいナノ構造であるナノワイヤ、ナノチューブ、ナノ粒子、あるいはその階層・複合構造までを対象としている。</p>
<p><本拠点のCOEとしての重要性・発展性> 本研究拠点は、トポロジカルな新しいナノ構造の形成と、ナノ構造における電子あるいは素励起が示す新しい物理現象を探求・解明することによって新しい物理概念を創成することを目的とする。将来実現される量子情報処理は、必然的にナノ構造における電子とスピンを用いて行われるが、本拠点ではこのナノ構造を用いた量子情報処理のための基礎的な問題も追求する。これらの研究の推進は、ナノテクノロジーの発展にも新しいパラダイムをもたらすものとなる。</p>
<p><本プログラム終了後に期待される研究・教育の成果> (1)体系化した量子ナノ物理学の創成。(2)新しいトポロジーをもつナノ構造の創成。(3)新しいナノ構造における量子の示す物理現象の解明。(4)理論的および実験的研究両面からのナノ構造発現機構の解明と理解。(5)新しい物理学概念の発見。(6)量子情報処理や通信に関する基本原理の確立。(7)ナノ構造における量子の人工制御基本原理の確立。(8)国際的視野をもった量子ナノ物理学分野の若手研究者の育成。(9)量子ナノ物理学の教科書「東工大量子ナノ物理学シリーズ」の刊行。</p>
<p><本拠点における学術的・社会的意義等> ナノ構造の物理学では、原子スケールの局所構造観察と制御、物性計測が重要な役割を演じる。ナノ物理学の基本的な計測・制御手法は本質的な部分で共通点が多く、研究の発展にともない共通性がますます加速され、さらにはバルク固体の物性計測手段としての重要性も増す。この研究教育拠点における研究と教育の成果は他分野にも大きな波及効果がある。実際、この研究の成果はナノ技術の発展を加速し、量子ナノ物理学の発展はナノ構造のデバイス応用への重要な指針も与える。ナノ構造を用いた量子情報処理の基礎研究は将来の量子情報通信技術や量子コンピュータの方向性を決定するのにも有用である。さらに、ナノ構造計測法の発展は共有・共通する部分を増加させ、物理学・化学・工学・生物学などを統合した新しい学術体系を生む可能性が高い。</p>

◇21世紀COEプログラム委員会における評価

<p>(総括評価) 当初目的を達成するには、助言等を考慮し、一層の努力が必要と判断される。</p>
<p>(コメント) 「量子ナノ物理学」にテーマを絞り多角的な研究に取り組んでおり、新しいナノ構造の生成、ナノ構造の物性測定、理論などで世界をリードする先端的な成果を上げていることは高く評価される。今後のさらなる進展が期待される拠点であるが、そのためには、本拠点を形成している4つのグループ間の連携体制が必ずしも充分ではなく、有機的連携に対する意識の一層の高揚が望まれる。個々人の研究目的が異なっても、“ナノ”を意識することによって、「ナノ物理学」の新展開に努めていただきたい。 人材養成については、若手研究者支援、量子ナノ物理学特別コースの新設、公開シンポジウム開催などの努力を評価する。一方で、将来、「量子ナノ物理学」の分野で第一線級の活躍をする人材養成の観点からは、博士課程学生の専攻分野の分布を含み若手研究者養成を目指す教育的な配慮に努めていただきたい。また、広い視野を持つ若手研究者の養成には、他大学・研究機関との交流は重要なので、計画書にある「国内研究教育協力体制の構築」を具体化し推進していただきたい。 本プログラムで新設したmanaging professor がプログラムの目的達成のために、有用な役割を果たすことを期待する。</p>