

最先端研究開発支援プログラム（FIRST）中間評価に係るヒアリング
（強相関量子科学）

1. 日時 平成24年9月11日（火）13:00～13:50

2. 場所 中央合同庁舎4号館12階 共用1211会議室

3. 出席者

相澤 益男 総合科学技術会議議員

奥村 直樹 総合科学技術会議議員

青木 玲子 総合科学技術会議議員

西尾章治郎 大阪大学情報科学研究科教授（外部有識者）

今井 浩 東京大学情報理工学研究科教授（外部有識者）

國枝 秀世 名古屋大学大学院理学研究科教授（外部有識者）

黒部 篤 株式会社東芝セミコンダクター&ストレージ社半導体研究開発センター長
（外部有識者）

中野 節 内閣府官房審議官（科学技術政策担当）

川本 憲一 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付参事官（最先端研究
開発支援プログラム担当）

4. 説明者

十倉 好紀 東京大学工学系研究科教授 理化学研究所基幹研究所領域長・グループデ
ィレクター（中心研究者）

永長 直人 理化学研究所基幹研究所チームリーダー 東京大学工学系研究科教授

川崎 雅司 理化学研究所基幹研究所チームリーダー 東京大学工学系研究科教授

平林 泉 理化学研究所基幹研究所副グループディレクター・支援チームリーダー（研
究支援統括者）

5. 議事

【事務局】

お時間になりましたので、始めさせていただきます。

本日、川本参事官が少し遅れていますので、事務局の石本から最初にご説明いたします。

これより研究課題「強相関量子科学」の中間評価に係るヒアリングを行います。

本日の出席者は、お手元の座席表のとおりでございます。

また、本日の配付資料はお手元の一覧のとおりでございます。

なお、このヒアリングは非公開で行いますが、後日、今後の研究発表や知的財産等に支障が生じないことを確認した上で、議事の概要を公開いたします。

時間配分ですが、研究課題側から説明15分、質疑応答35分、また時間厳守でお願いいたします。

なお、説明に当たっては課題全体の研究の進捗度合いと目標達成見通しについて、また国際的な優位性とサブテーマの役割、相互関係を含めて簡潔で明瞭なご説明をお願いしたいと思います。ご説明では、終了5分前に予鈴、終了後に本鈴を鳴らします。また、時間が来ましたら途中であっても説明を終了してください。質疑応答では終了3分前に予鈴を鳴らせていただきます。

それでは、ご説明をお願いいたします。

【説明者】

強相関量子科学の中心研究者の十倉です。どうぞよろしくをお願いいたします。

お手元の資料とこの映写スクリーンは全く同じものですが、映写スクリーンで説明させていただきます。

強相関量子科学、我々の目標は高効率のエネルギー変換やエネルギー消費をほとんど伴わない電子状態の制御を通じて未踏かつ非常に革新的な電子機能物性を創製することを目的としています。そこにおけるキーワードは強相関電子と言うものでして、固体中での多数の電子が非常に強い絡み合いを示しております状態で、通常の半導体とは対極にあるような電子状態を使おうという新しい学理に基づいています。

本課題の3つのサブテーマは①モットロニクス基礎、これは金属相と絶縁相の高速相互変換を可能にするような状態の利用でして、次に②創発物性、これは電気・磁気・熱・光等の入出力の交差応答の巨大化を図ろうというもの。最後が③新しい電子技術原理です。ここではエネ

ルギーの非散逸性を考えておりました、電力消費を極限まで抑えることを目的としています。これら世界最先端の理論、物質合成評価、それから量子ビーム計測を戦略的・組織的に重畳し、研究を推進してまいりました。

これは我々の工程表ですが、3つの課題に対してそれぞれの到達目標にむかって、これは後でご説明しますが、非常に順調に推移しております。基本的には我々のアウトカムとしては、強相関量子を使うという学理の構築、それからそれを非常に有用な材料とすること、さらにそれをデバイス応用にまで持っていくと、そういうことを考えておりました、最終的には我々の持続可能社会を達成するために、私たちはイノベーション“4”と呼んでいますが、室温の超伝導や、非常に高い効率の熱電変換機能、それからエネルギー散逸をほとんど伴わないような新しいエレクトロニクスの新創成をめざした基礎研究を実施しています。

全体を通じての概念、キーワードは創発性、エマージェンスとすることにして、まさに強相関電子のように、個々の電子の集まり・要素の集まりでは予測不可能な、非常に巨大な創発的な応答をつくり出すと、そういうことをコンセプトにしています。

これは研究推進体制です。これまでに3年近くやってきたわけですが、3つのサブテーマ、先ほど言いましたモットロニクス基礎、創発物性、それから新電子技術原理をここに出席しています川崎、永長、十倉の3名をリーダーにしてやっています。

強調したいことは、きょうこれから述べますほとんどの進行中の成果、あるいは得られた成果というのは、この3つのグループの文字どおりの共同研究で、ある特定のテーマがあったら、そのチームから人を出し合って、理論解析、物質合成、それから量子ビーム計測と、すべての分野で人を出し合って、1つのテーマに総がかりでやると。そのためには、現在でも毎週、今週は明日ですが、朝から晩までこのチーム全員が集まって議論することを繰り返しております。

大事なことは、この3つのサブテーマは、おのおの未来技術アカデミア、コラボラトリー【連携講座】、強相関量子理論フォーラムの事業を持っています。これは人材育成に関係しているもので、後で説明させていただきます。

時間が限られていますけれども、これからごく手短かに現在までに挙げました成果を発表させていただきます。

まずモットロニクス基礎に関して：これはいわゆる絶縁体と金属を非常に早い時間スケールで、急激に物質全体の特性を切りかえる、そういう一種の錬金術のようなことですが、例えばこの中で一つ最近の例を挙げますと、 VO_2 という古くから知られた強相関絶縁体、室

温以下で絶縁体なのですけれども、これにわずか1ボルトの電圧をかけることによって、室温以下全域、最低温度まですべての絶縁体を金属に転換させる、それは同時に色が変わるわけで、調光ウインドーになるわけなのですけれども、そういうことができました。これは電流ではなくてFETですので、電圧動作でして、非常に低消費電力の電力スイッチを実現したものとして、「Nature」に掲載されまして、News and Viewsでもハイライトされました。特許も出願しております。

また太陽電池関連の話も、ちょっと今日は時間ありませんので省略しますが、理論的な有益な示唆が得られております。

それから次のテーマ、創発物性。これは、例えば電気と磁気に交差相関をかけるということで、今いろんな成果が出ているわけなのですが、その一つ代表的なものとしては、「マルチフェロイクス」と言いまして、強誘電体である分極と磁石が共存する物質があるのですけれども、そこで電圧をかけて、電流ではありません、電界をかけて、それで分極を反転すると強磁性の磁化が同時に反転する、これはメモリの素子として動作できる。

このような完全なコントロールができたのは世界で初めてのことです。ただ残念ながら、これはまだ極低温でしか起こっていない現象ですけれども、基本的な原理として使えるということは確証しましたので、将来的に低消費電力のメモリデバイスへの応用として考えていきたいと思っています。

それから、3番目のテーマのエネルギー非散逸電子技術原理ですけれども、これはちょっと難しい話なのですけれども、従来のバンド理論とか強相関の理論に加えて、いわゆる相対論的な電子の運動を考えます。そうしますと、運動量空間でバンドが分裂して、スピンのアップかダウンに完全に分かれることが起こります。分裂したときには、それが非散逸性の、エネルギーを食わないような電子流のもとになりまして、系の周りをぐるぐると1周回ると量子ベリー位相を持つことになるわけです。

よく引かれる例は、グラフィンと言う物質で、量子ベリー位相が見つかったというので、2年前にノーベル賞が出たのをご存じかと思いますが、スピン系で初めてこういうことを実現できた。現在「Science」に投稿中です。

それから、いわゆるトポロジカル絶縁体ですが、例えば量子ホール効果というのは、強い磁場下でこういう散逸のない電流がサンプルの端にあらわれるという、エッジカレントというのがあることが知られているのですけれども、我々は磁場なしにゼロ磁場で、しかも極低温ではなくてこのようなことが起こり得るということを示しました。まだ完全な証明までに至って

ないのですが、ほとんどそれに近い状態が出たということ、最近「Nature」の姉妹誌に出しております。これは非常に有望な新しい技術であると考えております。

それから、これらを総合したものとして、新しいスキルミオンと言う新型の粒子を提案しています。これは磁性体のドメインとは違いまして、スピンのナノメートルスケールでぐるぐると巻いている、いわゆる「スキルミオン」と言う、原子核理論で最初に提案された概念ですが、このナノメートルのものが、例えばこういうふうに規則正しく並んだり、これがぐるぐる回転したり、あるいは非常に低い電流で駆動されます。

ドメインウォールを電流で駆動するというのは、これは今、スピントロニクスで最も大きな課題なのですが、それよりも大体10万分の1以下の電流でこれが制御できるということがわかってきて、現在これは我々の研究を契機として、世界的なフィーバーが起こっております。これは一種の低消費の磁気メモリへ使えるのではないかと考えております。

以上のように、このモットロニクス基礎、創発物性、新電子技術原理の3つのサブテーマで、エネルギーの超高効率変換であるとか、エネルギー消費を伴わないような量子状態の制御等と、いろいろなマイルストーンを、当初予定したものです。あるものは予期以上に非常に順調に進展していると思います。

お手元の自己評価の資料からは、2カ月たちましたので大幅に変わっているのですが、これまでのFIRSTの成果としては、例えば「Nature」及びその姉妹誌に12編、「Science」に5本、それから「Physical Review Letters」は40数本。それから、現在までにその年度ごとに全部の物理学の分野でトップ1%の論文の統計が出るのですが、我々のFIRSTのグループでこの2年半に11本の論文がトップ1%になっています。全出版論文の平均インパクトファクターは7です。5を超えたらほとんど有名雑誌ですから、成果は非常に順調に出ていると思います。国際会議の招待講演に加えて、特許出願もできるだけ頑張っ、て、有用な特許は漏らさないようにしているつもりです。

2010年度に加速・強化の研究開発費をいただきましたけれども、Aグループ、Bグループ、Cグループ、おのおのに対して、その時々にはぜひとも必要な装置群を購入いたしまして、これは非常に加速・強化の効果を得たと考えております。

それからまた成果発信ということですが、我々は大体20数名の内外のトップサイエンティストを招聘して、またFIRSTの研究者は全員参加して、なおかつ国内外から講演者を公募しまして、国際ワークショップを開催し、成果発信と同時に中の議論を深めることをやってきました。現在までに理論フォーラム事業が中心になって、4つの国際ワークショップをや

ってきましたが、そのうちのひとつごく初期の場合ですけれども、「Nature Materials」誌に“Reaching for the stars”と題され紹介されました。starですから遠い目標ですけれども、夢の目標に向かって世界の物性科学をリードしているグループとその国際集会であるということで記事を書いていただいております。

最後に重要な柱ですが、人材育成について。我々は3つの人材育成プログラムを同時に提案してまいりました。おのおのがサブテーマグループの担当事業になっていまして、1つは若手の学術研究者、次世代の学術研究のリーダーの育成ということです。これはともに支援機関である理研と東京大学合同で社会連携講座、一種の「ジョイントラボラトリー」を東京大学の中に作りまして、定員が大体6名ですけれども、そこで教育の現場で研究リーダーを育成する試みをやってきました。現在までに延べ10名の特任教員を雇用したのですけれども、そのうち東京大学へ准教授として2名、講師として1名をはじめ、韓国の大学へ教授で1名など合計5名転出しまして、現在も活躍しているところです。また新たに5名を採用して、大変順調に人材育成が進んでいると思っています。

一方、ここで書いている「未来技術アカデミア」と言うのは、我々の新しいサイエンスの切り口をぜひ企業の方々にも現場に来ていただいて、それを体験していただいて、将来に次世代の研究開発をやるリーダーの育成のお手伝いをしたいということでありまして。我々にとっても新産業分野のニーズをとりたいということで、これも現在までに6名の研究員を受け入れています。もっと強化するよというお言葉をいただきまして、この秋からはさらに2名以上の研究員が入る予定です。

最後に「強相関理論フォーラム」、これは主に理論の分野を中心にして、海外からトップサイエンティストを呼んで、滞在型のワークショップや議論ミーティングを行って、研究を発信すると同時に議論を深めるという、一種の頭脳循環のハブとしての役割を持たせております。

このリストは科学・技術対話の取り組みですけれども、理化学研究所自身が一般公開とか、そういうのにも熱心なところにして、我々もそのスキーム、あるいはFIRST固有のスキームに乗って一般の人々との対話、講演を今まで幾つか行ってきました。

このページは前回のフォローアップの結果への対応です。3つのサブテーマについてトップレベルの成果が上がっているということで、お褒めの言葉をいただいたのですけれども、一方、課題としては本研究課題の成果を産業へ応用する道筋がより明確化されることによって、研究水準を向上させていくことが必要だということ、企業の研究開発戦略を担う人材層との対話の機会をもっと設けようということです。

これに対応しまして、理化学研究所のF I R S Tグループは、知財関係の人材を新たに2人確保しました。そして、それによって現在残っている研究と特許の動向調査を含めて、知財の獲得ということに注力しております。

一方、未来技術アカデミア事業を軸として企業との連携を深めておりまして、既に現在、例えば先ほど言ったような新しい磁気メモリのスキルミオン駆動検出デバイス、それからトランジスタの印刷技術、などをやっているわけですが、新たにR e R A Mの原理を蓄電池に展開したいとか、新原理に基づく熱電材料をやるということで、企業の研究所長と役員クラスと何回か会合を持ちまして、もう既に人材派遣が決まっております。

また、理研では連携推進部がパテントマップ・特許出願をサポートしてくれまして、さらに社会創成事業開発室という新しい組織ができて、例えば我々が企業の役員クラスと話のときに、包括的な理研—企業間の共同研究のコンサルティングをしてくれるということになっています。

これが最後のページで、我々の社会還元に向けた今後の方策なのですが、実は申請書に書いたときよりも1年前倒しで、幸いなことに理化学研究所がF I R S Tの研究グループの成果を一つの大きな柱として、新しい物性科学の研究センター「創発物性科学研究センター」をつくるということを内定して、今、内々に準備を進めているところであります。

ここではF I R S Tの成果を一層発展させ、また企業との共同研究のレベルも非常に組織的に支援するという体制が整いつつあります。これは同時に我々の分野だけではなくて、超分子機能科学という、いわゆる有機エレクトロニクスに関係した部分、それから量子情報エレクトロニクス、これは実はF I R S Tの山本グループですが、それらのグループの参画も得て、総合科学としての物性科学の研究センターとして我々の成果を伸ばしていきたいと、そのように考えております。

以上です。

【事務局】

どうもありがとうございました。

それでは、これより質疑応答に移りたいと思います。これより先は相澤先生のほうで進行をよろしくお願いします。

【有識者議員】

どうもありがとうございました。それぞれのグループを中心として、当初の目的に向かっていくということはよく理解しました。

そこでお伺いしたいことなのですが、3つのグループに分かれて進めるという体制、これが特徴的であったと思いますが、すべての研究成果が共同研究によって生まれてきているということの説明がございましたけれども、この3グループがあるがゆえに具体的にどういう効果があってこの研究の成果が生まれてきたかということ、少し具体的な例を言っていただければと。

それからもう一つ、そこに加えて他の諸国においてはこれに類するような総合的な体制で研究を推進している、コピーとするような、そういうところがあるのかどうか。そこについても教えていただければと。

【説明者】

まず、最初のご質問に対してですが、この中のどれをとっても、その例示とすることができます。例えば強相関を使った非常に高効率な太陽電池を目指すというプロジェクト、実は実験的には高効率という意味ではまだうまくいっておりません。ただし、強相関電子系を p n 接合という半導体に使われたアイデアで本当に接合できるのかということに興味があったのですが、それを実際に実験的にはそのようなことができるということを確認しました。

一方同時に、そのときには半導体の場合と違う非常に困難なシチュエーションが起こります。例えば理論計算では、p 型と n 型の強相関系をつなぎ光を入れたとき、確かに電圧が発生し、電子と正孔をたたき出されます。普通の半導体ですとギャップのところまで緩和してきて、1 個のフォトン・光の吸収で 1 個の電子正孔ペアしかできないのですが、実はこれが 300% を超えるような、もちろんエネルギー保存則を満たしながらつくるのですが、そういうことができる。だからこれに勇気付けられて、また実験側にフィードバックをかけるとか、そういうことをやっております。

そのほかにも例はいっぱいあります。スキルミオンというスピンのぐるぐる巻いたナノスケールのボルテックスが結晶中であって、薄膜では非常に安定化されるのですけれども、これに関してほとんどの論文は理論のシミュレーションと実際の観測結果との共同研究の形で、理論実験、あるいは物質合成と計測技術をジョイントした形での研究を実施しております。

それから、もう一つの話ですけれども、我々が他国の組織を参考にしたということはありません。むしろ逆に、例えば韓国の IBS、Institute for Basic Science というところ

ろで強相関の関係のセンターが2個ぐらい建つのですけれども、そのセンター長の方がここ（我々）はどんなふうに運営しているのかということで、それだけのために特別に我々を訪ねてこられたことがありました。

それから、近いところでは一つのマックス・プランクのラボラトリー、例えばシュトゥットガルト、だとかこういう方面での研究にかなり特化して、総合的に理論・実験のコラボレーションでやっていると同っております。また、我々のグループともこの分野で共同研究として一緒に進めているという段階で、共にレベル的には世界のトップを走っていると自負しております。

【有識者議員】

FIRSTがこういう思い切った研究組織をつくれるということで、新しい枠づくりをしたわけですが、そういうことを十分に生かされているように理解させていただきました。

もう一つお伺いしたいことは、それぞれの分野で目に見える段階の成果があらわれてきたということですが、これは十倉先生がイノベーション“4”という表現で非常に野心的な目標を掲げられてきた。そこでいよいよイノベーション“4”という目標と、このプロジェクトの事業年度における達成目標、これを具体的に照合していただかないと、そのイノベーション“4”というのがただ単にうたい文句で終わってしまうんじゃないかというふうに思います。

例えばさっきの太陽電池のところも、まさしく具体的な数値がイメージできる段階になったんじゃないかと思うんですが、そのあたりはいかがでしょうか。

【説明者】

ここにイノベーション“4”と呼んでいることのいろんな、4の数字の関係した性能指数の中でも、ご存じのようにもう既に太陽電池はもちろん3つ重ねたタンデム型という特殊な場合で40%超えていますし、電池のエネルギーも最近、アメリカのエネルギー省長官のステイブ・チュウ先生が、ある会社で400 Wh/kgを超えたという発表をされていて、だから、皆さんが総がかりになったら、10年前には夢の数字だったものが現実になるのだというふうに思っています。

それで、実際にここで超伝導温度が400Kというと、そんなの自分で首締めるようなものじゃないかとよく言われるのですけれども、そういう高いことを目標にしないと、我々がエネルギー機能とか何かを言うときの研究者のモチベーションというのがどうしても出ませんから、それをぜひやりたいと。

それで、じゃその目標に、例えば熱電でいえばZTが非常に大きいとかいうことに対して、現在の目標がどこまで来ているかという、数値的には全くそれに達するレベルではありません、正直言うと。ただし、僕らはイノベーション“4”をやるからにはイノベーション“1.5”とかイノベーション“1.8”をやるやり方じゃだめだと思っていて、全く違う切り口で、それは多くの場合は失敗しますけれども、全く新しいやり方で、我々はこの場合は強相関量子というアイデアを使って、どれぐらいできるかというアプローチをゼロからやっていくと、そういう立場をやっています。

そういう意味で、例えば太陽電池の効率はこれまでのところ、全く話にならないほど低いのですけれども、理論的には強相関量子系を使えば、1つのフォトンで300%の電子と正孔を作るような、非常に大きな、量子効率を実現できる。それに対応して、例えば接合をつくと実際にはちゃんとPN接合類似のことができるとかいうことがわかりました。我々がそれを発表すると世界中の研究者がそれをフォローアップしてくれますので、そういう方面の新しい花火、線香花火じゃなくて打ち上げ花火にしたいのですけれども、そういうことを幾つかFIRSTのプロジェクトの中でできているものと思っております。お答えになっているかどうかわかりませんが。

【有識者議員】

それでは、どうぞ。

【有識者議員】

一つは質問で、一つはコメントなんですけど、私はこの研究は新しい物性物理を切り開かれているなというところに一番関心を感じております。おもしろいというか、今まで発見されたような現象が既にこれまでも幾つもあるし、ただし、実用という面で見ると、動作温度は極低温でしか起こらないとか、いろんな障害があるわけで、大事なことは新しい原理を抽出されたことに私は価値があると見ている。

したがって大事なことは、その新しい原理に動かされる研究者をどれだけつくれるかということなんで、このチームだけで私は実用ができるとは必ずしも思っていませんから、その新しい原理に飛びつく、特に民間の人をどれだけ動員できるかというのは、実は先生の大きな役割の一つだろう。「アジテーター」みたいなものですけどね。そういう役割は要ると思うんです。それで多くの研究者が実験をすればいい結果が出てくる可能性が出てきます。ですから、そう

いう意識でおられるのかどうかという、これは質問というかそれが大事だということが一つ。

それからもう一つは、非常に実験と理論と両方うまく、使いこなしていると言うと失礼なんです、使って研究を進めておられるんです。そのときに実験側が、今の、例えば新しい超伝導材料の T_c は予測できていないと思うんですけれども。要するに実験屋と理論屋が同一の歩調を合わせるんじゃなくて、どっちかが先に行くとか、アンバランスをむしろつくって、それで他方を刺激するというやり方があると思うんですよね。

そういう意味で、あまりにもきょうのご説明は理論と実験とが調子合わせてうまくできていますという話になり過ぎていて、ややそういう意味の刺激が私には感じられない。

さっき民間の人が何か6名ぐらい派遣でいるという。これは私の感覚では全然足りない。何かそういう動きで工夫とかされているのか、それがあれば教えていただきたい。

【説明者】

例えば、民間の研究者を当初は、これも延べ人数で数えれば、年ごとに数えるとある程度何年もいますので、長くなるのですけれども、予想したほどにはなかなか参画してもらえない。ただ、それ自体を今、我々自身も非常に努力してしまして、正直申しますと、我々の研究はもともと半導体、きょうは黒部さんがいらっしゃるのですけれども、電機会社の人が中心だったので、なかなかそういうところからは人を出してもらえなくなっている。

今現在も大手の材料会社とか化学会社2社の研究所長クラスの人とは二、三回会合を持って、これはまだできるかどうかわからないのですが、検討中なのは、これは理研の組織も使って検討中なのですけれども、企業で一つ寄付グループをつくる。別に、会社の人リーダーになるのではなくて、我々の側のリーダーがいるのですけれども、企業が、理研の中にグループをつくって、どっぷりと特定のテーマについて先進研究を進めていくスタイルをつくらうではないかということで、現在かなり真剣に検討を進めております。

ただ、今度新しくセンター化するという事になっていきますので、そのときには我々だけじゃなくて、例えば量子エレクトロニクスとか超分子科学の分野の人たちも、主に外部ですけれども、理研の中に参画してきますので、しいて言えば外村プロジェクトも一緒になって、F I R S Tの3つを糾合したようなスプリングボードになるので、そこでもっと組織的に民間企業の非常に先端的な、プリコンペティティブな状況での基礎研究をやりたいということを、ぜひもっと積極的に働きかけていきたいと思えます。

僕自身は、もともとがちがちの基礎的なことしかやっていなかったのですけれども、そうい

う民間の力が入ってきたときに、それがどれだけ有用かということは、幾つかの産総研でのプロジェクト等でも、身にしみてわかっているつもりですので、これはぜひ進めていきたいと思えます。努力はこれからもすると。

それから、うまい話ばかりとおっしゃっていましたが、そのとおりで、こういうところだからうまい話しないと仕方がないのですけれども。実は理論と実験の間にもなかなかの緊張関係がありまして、例えばスキルミオンというのは、こういう結果が出るのじゃないかと思って、やってみるのが我々実験家なんですけれども、やってみると横にいる理論家がいいところだけば一っとかすめ取って、いっちゃうわけですね。そうしたら僕らもそれに負けじとやるというので、実際にはグループ内でのいい競争意識が働きまして、実験理論の論文、共同でやることもあるし、理論だけが先行して違うことをやっているときもあるし、実験はまた違うことをやっているといったようなことが日常茶飯事でございます。

すみません、うまい話ばかりしましたけれども、実際には割と厳しい話もございます。

【外部有識者】

非常に卓越した業績を上げておられ、感銘を受けて聞いておりました。先ほどの話と関連するかもしれないですけれども、特許の件数というものがここに書いてありますが、私が想像するよりは数としては少ないと考えます。そこで、研究の性格上、特許戦略というものをどう考えておられるのかを一応お伺いしたいと思います。

次の質問として、十倉先生の場合、ERATOを特別に2期続けて推進されましたけれども、FIRSTという制度について、ERATOとは違って、どういうところがよかったのかとかということを研究支援機構制度のことも含めてお伺いしたいと思います。

それから、若手研究者育成というときに、先生のこのプログラムに大学院後期課程の学生がどのぐらい関わっているのか、ということを知りたく思います。

【説明者】

まず、最初のご質問の特許戦略なのですけれども、今までいろいろなプロジェクトをやってきたときに特許を非常に奨励されたところがあって、出す論文は片っ端から特許にしたということがあったのですけれども、やっぱりこの基礎研究レベルでは我々がやっても、それが基本特許になればいいのですけれども、それがなかなか花開かないときには多くの場合が無駄になるということで、ある程度今、私たちのところでは本当に物になりそうだとまでは言えません

が、なる可能性があるものに限って特許を出願している状況です。

ただ、少しタイムラグがありまして、2010年度2件、2011年度5件とありますが、実際いろいろな成果もことしの夏ぐらいになって、爆発的とは言いませんが、かなりの勢いでふえているので、これからは先ほどのスキルミオンとか、いろんな基礎的な新しい概念に関しては特許を戦略的にやっていきたいというのと、それに対してやっぱりその辺の指揮をとれる人材が不足していましたので、今回新しく2人を採用したこともあって、その辺は注力していきたいと思っています。

それから、2番目のFIRSTがほかのプロジェクトとしてどういう特徴があるかという、例えばERATOと比較して。

まず、規模が大分違います。今までのERATOというのは3つぐらいの小チームを置いていたのですが、FIRSTではその規模が大体、1けたとは言いませんけれども、そのほとんどの一つ一つがERATOでのグループよりも大きな規模でやっていますので。

それからもう一つ大事なことは、そこに平林がおられますけれども、理研の中でFIRSTに専門のサポートチーム。前は技術参事1人がやるというスタイルだったのですが、専門のサポートチームがいて、そのサポートチームリーダー自体も開発研究者ということで、支援機関からも全面的な、例えば知財戦略なんかについては相談に乗っていただけというか、パテントマップの作成とか支援を受けられるというので、それは規模感としては大分違って有効だったと、支援の効果は十分に出たと考えております。

それから、若手の研究なのですが、基本的に理化学研究所が主としてなっておりますので、本質的には学生はいないのですが、実は理化学研究所にはJRAとかいって、博士課程の学生を受け入れる制度があって、その学生たちが実効的にはこのプロジェクトに参画しています。

それから、理研のチームリーダーというのは大学の併任が多いのですが、逆に言うと大学の研究室とつながっているので、FIRSTで用意した非常に最先端の装置群を、もちろんFIRSTの仕事に関係してはありますが、学生が使いに来て一緒に仕事をすると、そういう点は理化学研究所というのは大変ジェネラス、大らかなところで、そういうのは非常にうまく働いています。

それからもう一つは、ここにちょっと書きましたコラボラトリーについて。これまで若手の教員を、リーダーを育てるのに、方法としては本当に大きなグループのリーダーとするか、ポストドクではないのだけれども、若手の研究者の立場に置くキャリアディングシップに対しては2

つの選択しかなかったのが、大学というのは人材がどうして育つかというと、先生に言うのは釈迦に説法ですけれども、やっぱり現場で学生と一緒にやるという、その若手の訓練というのがものすごく有効なのです。

そういう意味で、FIRSTをスタートときに東京大学と理化学研究所で、最初の試みだったと思うのですけれども、連携講座ということをやっけていただいて、教育の現場でこういう若手リーダーが最先端の装置群を、我々の装置を自由に使いながら教育もできるというのをやる。大学院でもそういう先生というのは人気がありまして、非常に順調に育ってまして、実質4年なので大変心配したのですが、もうたちどころにほとんどが東大助教授とかその辺に全部売れたと言ったら変ですが、どんどん採用されています。今、外国人も採用しているのですけれども。そういう意味では、このやり方は大学と研究独法の人材育成の新しいモデルかなという気がいたしております。

【外部有識者】

ちょっとサイエンスのことでお聞きしたいんですが、ご紹介のあったものが幾つかあるんですが、その中ではモット転移のことであるとか磁場のことについては、結構ほかの方々もいろいろまだやっておられるんです。その中でスキルミオンというのは比較的新しい概念で動いていると思うんです。今、戦略的にこれをどういうふうに考えているか、ここを見るときコントロールするとかということを書かれているんですが、どういう戦略でこれを今から攻めていかれるのかをお聞きしたい。

もう一つは、先ほどの人材育成と少し絡むんですが、使われた費用の中で、8億円ぐらいが5年間の人件費になっているんですが、そういう中でどういうタイプの人を雇い、そういう人たちのこれからどういうキャリアパスを考えてこれを動かしておられるのか。かなりの人数ですから、これ5年でぼんと終わったら、じゃこれでおしまいというわけにもいかないし、多分、若手の育成というのはこれからの分野にとっても大事なことだと思うんです。我々も困っているところで、いかに定員のポストに入れていくかということが連続してシームレスにできないところがある。その辺のお考えを教えてください。

【説明者】

最初お話いただきましたスキルミオンの件なのですが、これは昔の磁性研究をよくご存じの方には言わすと、昔そういえば磁気バブルってあったよねと。磁気バブルメモリというものが

あって、実際にパソコンにつながっていた。あれに比べたら確かに大きさはずっと小さいのですけれども、では磁気バブルとどこが違うのかといった批判を受けるのですが、あるときには同じもので、あるときには全然違うものとお答えします。

我々がスキルミオンと言っているのは、一種の磁気バブルなのですが、このスピンのぐるぐる回って、ちょうど球を一回覆うような形になっているのです。そうすると外村さんがAB効果というのを見つけましたけれども、それと全く同じ効果で、その上の電子がぐるぐる回っていると、電子自体が位相の自由度を確保する。つまり位相というのは磁場をかけたときに電子の波動関数に位相が入ってくるので、そういうことから、電子がこの上で自動的にぐるぐる回転しだしたりとか、非常に奇妙なことが起こるのです。だからそのような現象をむしろあらわに使おうと思っています。

だから逆に言うと、今まで磁気バブルと言われていたものも、もう少し微細化できて、中の構造をきちっと調べて、こんなふうになっていけば、実は非常に低い電流で駆動できたのだということです。だから20年前の昔に一度頂点を迎えて、完全に進歩がとまっていたと思うのですけれども、そういう新しい磁気バブルの技術がこういう新しい物理概念で復活するのではないかと考えています。ナノスケールの現象として。

我々が今考えているのは、粒子を情報の単体として取り出すときに、どれぐらいの電流の密度で駆動できるかということ、それも我々が実験結果を出した後、理論家がまたすごいことを言い出したのですが、ほとんどゼロスレッショールドで、ものすごく低い電流でする動くことが理論的にも確かめられまして、従来の10万分の1とか100万分の1の電流密度で駆動できるというのは、あって当然だという話になってきています。

だから、逆に言うと動くのは何とかわかったけれども、本当にスキルミオンを、例えば磁気回路の上で昔のバブルメモリテクノロジーがやったように、きれいに動かしていけるかとか、そういうことの検証はぜひ必要で、それは今、実際に会社から来ている人と、いろんな昔のテクノロジーの勉強をしながら、スキルミオンで動かす「スキルミオニクス」という言葉をつくっているのですが、そういうことを目指して頑張っていこうと思っています。

それから、あと人材育成、ポストクラスの研究者ということなのですが、ご理解いただくとおもうのですが、僕らはやっぱり日本で人を採るとするのは、本人のキャリアパスに対して大変な責任を負うわけで、今まで何十人も面倒見ましたけれども、ほとんどの人は不幸にしていない自信があります。だけど大変でして、そういう意味ではFIRSTに並行して立ち上がるような新しい物性科学研究センターというのがあって、これはもともと我々のプロジェクト

において予定していた手法なのですけれども、FIRSTで伸びた良質の若手の研究者をこういうセンターに吸収していったら、雇用というか、キャリアパスをつくっていくことは、このプロジェクトに関しては可能だと思っています。ただ、一般論としてはおっしゃるとおり大変難しい問題でしょう。

【外部有識者】

個人的には非常に面白い研究をされていると思いますし、先ほど奥村議員の言われたように、新現象をまさに見出すことに非常に価値があると、私もそう思います。また、デバイスのセンスでお話を聞いていても、ああこれはこういう問題を解決するかもしれないなと思うような部分も散見されて興味深いですが、一方で、ちょっとまだ遠いなという感じはどうしてもしてしまいます。

例えば今のスキルミオンの話は、よく理解している訳ではないですが、先ほどのお話を聞いてみると、新しいメモリへの展開可能性を連想します。今のメモリを微細化していったら、配線抵抗がむちゃくちゃでかくなるから、配線がないメモリが欲しいなとか思うわけです。そうすると、スピンだとか電気分極だとか、何かそういうものがつながって、シフトレジスタ的なセンスでメモリができますみたいなことがないか、またそのときに、今のスキルミオンみたいなものが何らかの解になり得る可能性があるのか、などと思い巡らすと楽しくなります。

ところが、今の成果を見たときに、そこの応用との間ってまだ遠いなと。例えば、少しの電流で駆動できるということは、逆にあまり安定性がないということなので、データの干渉やデイスターブの問題が起りやすいということが思い当たります。こういった、相反する問題は、必ずありますが、そういうのを解決するのはもちろん工学です。

そういう訳で、十倉先生がやっているところと、それをもう一段噛み砕いた工学の先生と一緒にやっていただくと、何か違ったアイデアが出てくるんじゃないかなと思います。例えば、さっき量子効果200%でしたっけ、まずはうそだと思わなくてはなりません。というのは、実際には入れた入力に対して出力何%って測ったら、それが100%を超えることはまずあり得ないわけ

【説明者】

これはフォトンのキャリア数を言っているのです。もちろんエネルギーはキャリア数とギャップの積のことで。

【外部有識者】

もちろん定義の問題であるのは分かります。むしろ、この現象を最大限に引き出すようなデバイスの構造を考えられるセンス、つまり工学的なセンスを働かせる必要があると思います。そういうようなところがワンクッションないと、多分、企業側としては、もうちょっととってしまう。何というか、サイエンスの核があって、それを引き出すための周りのところがきつとあって、その後で、それが使えるとか使えないとかいうのを、多分我々は見ているんだと思います。だから、そこはちょっと勿体無いという気がします。

ダイレクトに企業と連携ということもあるかもしれませんが、例えば工学部にも新しいデバイスだとか、いろいろ考えられている人が沢山いらっしゃるので、そういうところともうちょっとコンタクトすると、新しいアイデアだとか、特許をそれこそ沢山取れるのかなという風に感じたので、言わせていただきました。

【説明者】

今おっしゃっていることは僕も最近痛切に、そのとおりだと思います。

もう一つ、デバイス応用とか何とかという前に、エンジニアリングのセンス、こういうのをまだ役に立たなくてもいいからエンジニアリング的にどう考えたらいいのかという、やっぱりそういう研究リーダーというのは我々の中に必要かなと痛切に思っています。

それは実際には、FIRSTの規模ですと、プラスアルファすることはなかなか難しいんですけど、当初予定に挙げました新しいセンターができるときに、そういう人材をぜひ入れたいと思っています。大変重要と思っています。

【有識者議員】

そのほかいかがですか。青木先生。

【有識者議員】

大変勉強というか、エキサイティングな結果を学術的に出されていることは、何となく素人でもわかります。、特許についての質問ですけれども、これの表を見ると海外特許が1件しかないですね。出願が1件だけで、登録がゼロですけれども、これはどうしてなのでしょう。というのは、経済学者が特許のイノベーションの研究するときって、日米EUの三極に出してい

る特許を問題にするんですね。ですから、日本だけしか特許を出さなかったというのはどういう理由なのかなと。

【説明者】

このリストはF I R S Tが始まってからの研究成果に関する特許だけをカウントしています。出願してから1年以内に海外にP C T出願というのができるのですが、すでにP C T出願したのが1個ある。特許の成立に関しては、P C T出願との関連も考慮に入れて審査請求することが多く、1年半前に始まったプロジェクトなので、審査が終わって特許が成立しているのというものは今のところまだゼロですが、必要なものは審査請求中です。ですから、もう少し時間がたたないと、成立した特許だとか海外特許というのはずらずらと並ぶようなことにはなりません。

【有識者議員】

じゃ、この4件、日本でも出願されていて、海外出願が1件しかないんだけど、これはP C T出願するかどうかというのも判断してからするということですか。

【説明者】

もちろんそうです。

【有識者議員】

それはお金がかかるからですか。

【説明者】

お金もそうですが、1年間は執行猶予があるわけで、その1年以内に本当に出願するかどうかという判断をするわけですね。

【有識者議員】

ただ、日本で出願しちゃうと情報は18か月後に公開)になっちゃいますね。

【説明者】

いや、優先権主張日は日本の特許出願日になります。

【有識者議員】

1年以内にすればですけども。PCT出願で優先権は決まります。けれど、情報は広まってしまうですね。迂回発明とかは進めやすくなるのではないのでしょうか。

【説明者】

優先権は日本の特許の出願日になります。大丈夫です。

【有識者議員】

それはわかってますけど。

【有識者議員】

これは希望なんですけれども、このプロジェクトも時間が短くなってきて、やはりこれだけの規模のプロジェクトって過去ないわけで、そのときに予算規模があったからこそできたということが成果なんで、先ほどERATOの話が出ましたけれども、ERATOなり、例えば科研費の小規模の、数多く束ねたような成果というのは、私は個人的にはあまり評価しないです。この規模であるがゆえに初めてできたということなんですよね、期待は。

そのときに、先ほど3つのサブテーマで粛々とされていらっしゃるし、またその先も何か組織ができるようなイメージになっていますので、この事業期間に3つのテーマを並行して進めるというよりも、どれか1つテーマでの完成度を上げて、成果としてお出しになることは、私は最終評価では大事なんじゃないかなと。皆粛々とやりましたというのではちょっとどうかなと、私は個人的にはそう思っています。どこかのテーマがおくれても、どこかのテーマは非常に完成度が高く、あるいは一部はどこか実用化の欄に入っていると、完成度を十分考えてこれから残余期間を進めていただきたい。これは私の希望でございます。

【有識者議員】

ただいまのことに関しては、先ほど私、3つのグループに分かれて、そこから生まれてくる効果というものをお伺いいたしました。ただ、同時に十倉プロジェクトはある意味ではあまいとした目標を立てておられる。これは大きな目標とも言えます。こういうプログラム評価す

るときに、その目標達成がどうなのかということ判断しなければいけない。そうすると、今の目標の設定の仕方だけだと非常に判断しにくいということがありますので、ここまで来た研究状況を最終年度に向けて明確なる目標設定をもう一段していただいて、それに向かってどういう体制で進めていくのかと。

その中に今、奥村議員が指摘したようなことが入ってくるのではないかと。ただそれぞれがいい成果が出てきたと。これをパラレルに進むというだけではないだろうということですので、十分お考えいただければと思います。ちょうど時間です。

【事務局】

それでは、これでヒアリングを終了したいと思います。どうもありがとうございました。