

# 平成25年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 事後評価結果（所見）

## 研究領域名

分子自由度が拓く新物質科学

## 研究期間

平成20年度～平成24年度

## 領域代表者

鹿野田 一司（東京大学・大学院工学系研究科・教授）

## 研究領域の概要

分子性物質は、多様で制御可能な分子配列、設計・開発可能な分子軌道、さらにこれらと強く結合する分子の屈曲など、他の物質群には無い独特な自由度を持つ。本新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」では、これらの分子自由度が新しい物質科学のパラダイムをつくる可能性に注目し、この自由度が積極的に関与する物性を開拓することを目指す。これは、固体物質の格子点に内在する自由度を化学的物理的に設計、開発し、そこから新しい電子相の創出と制御を行う真のボトムアップ型物性研究であり、物質科学において新しい潮流となることが期待される。

## 領域代表者からの報告

### 1. 研究領域の目的及び意義

固体物質における伝導性、磁性、誘電性、光物性など多岐に渡る物性の発現は、ひとえに原子あるいは分子がどのように凝集するか、その凝集の様式に依存している。様々な物理現象の普遍性と多様性を追求する物性科学も、手にする構成要素の種類、あるいは、個性によってその展開が大きく変わってくる。原子が積み上げられることによって生じる無機物質に比べると、分子という単位で積み上げられる分子性物質には、質的に異なる自由度が存在する。例えば、ある格子点に位置する分子には、その向きの自由度である剛体自由度が存在する。その結果、同じ分子からなる物質であっても、各分子がその環境に応じて異なる向きや配列で凝集することによって、全く異なる物性が生じ得る。また、分子内で空間的に広がった分子軌道は、化学修飾や原子置換によって、そのエネルギーや形状を大きく変化させる。このことから、非常に似通った分子配列を持つ物質でも、分子の軌道自由度によってその物性を広範に制御することが可能である。さらに、分子には屈曲や伸縮などの内部変形の自由度も存在するが、それらは、上記の剛体自由度や軌道自由度と密接に関係してくる。このような“分子自由度”は、他の物質群には無い分子性物質に特有のものであり、分子性物質の多彩な物性の源泉となるものである。

### [目的]

以上の観点から、**分子自由度が新しい物質科学のパラダイムをつくる可能性に注目し、この自由度が積極的に関与する物性を開拓することを目指して、これまで発展を遂げてきたそれぞれの領域（伝導性、磁性、誘電性、光物性）の枠を超えた統合的な新しい学術領域「分子自由度が拓く新物質科学」を提案した。**

### [概要]

分子性伝導体においては、各種絶縁体から超伝導体まで多様な電子相の存在が明らかになっているが、分子の幾何学的自由度をパラメータとして統一的に理解されつつある。特に、同一物質において加圧による分子配列の制御を行うことにより、電荷秩序強誘電相、超伝導相、そしてゼロギャップ伝導相へと転移することが見出されており、当該分野を越えて注目を集めている。一方、多くの分子性伝導体の伝導バンドは、分子あたり一つの分子軌道から構成されているが、最近の研究から、複数の軌道を有する物質が高

い転移温度を持つ金属的反強磁性を示したり、スピン液体と非磁性一重項状態との競合を示すことが最近見出されている。また、 $\pi$ 軌道と  $d$  軌道が相互作用する電子系においては、磁場誘起超伝導をはじめ伝導性と磁性が絡み合う興味ある現象が見出されている。さらに、水素結合を有する分子性固体においては、水素の微小変位による分子軌道の大きな分極が観測され新しい誘電現象として注目されている。これらの結果は、分子の軌道自由度が新しい物性発現の鍵を握っていることを物語っている。物質の状態制御という観点では、光による電子励起をきっかけとして固体内の分子自由度の変化を誘起し、非平衡相転移へと導く光相制御の研究が活発に行われている。特に、電荷秩序と分子の形状の自由度が強く結合する系において、巨大な光応答や電場応答が見出されている。このように、分子性物質に特有で興味深い物性が続々と明らかにされつつあるが、その背後にあるものは、設計・制御可能な分子が持つ自由度である。

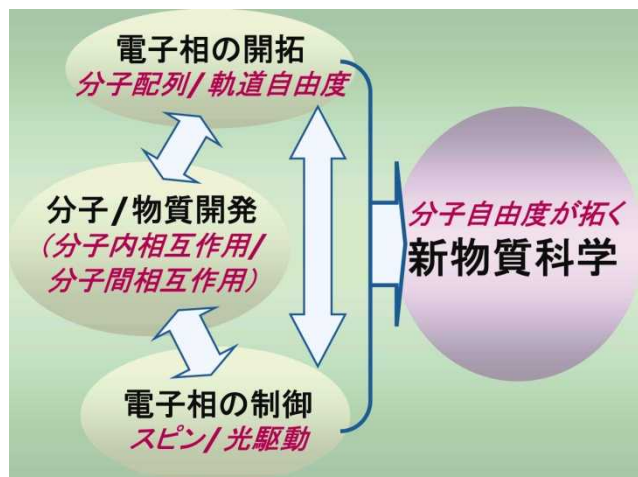
ここでは、

### (1)電子相の開拓

### (2)外部刺激による電子相の制御

### (3)分子及び分子配列の開発と制御

を3本柱として研究を推進する。これにより、分子自由度が決定的な役割を果たす新規な物性を開拓し、外場による分子自由度の応答感性を用いた物質相制御への道筋をつける。これは、固体物質の格子点に内在する自由度を化学的物理的に設計、開発し、そこから新しい電子相の創出と制御を行う真のボトムアップ型物性研究であり、物質科学において新しい潮流となることが期待される。



### (1)電子相の開拓

a) 分子配列自由度を利用した新規電子相の開拓；分子性物質における多様な分子配列と柔らかな格子が物性の多様性を生むことに注目し、化学的、物理的圧力を用いることで、分子配列の連続的な制御を行い、質的に異なるウィグナー結晶、誘電転移、超伝導転移、Dirac 粒子の物理学を繋ぐ。さらに、従来、それぞれの物性に依拠して独立して研究されてきた物質群の境界で、新しい電子相を探索する。

b) 分子軌道設計による新規電子相の開拓；原子軌道と異なり、分子軌道は設計・構築することができる。また、分子軌道は空間的広がりを持つため、環境に応じて敏感に変化する。そこで、分子内の化学置換による軌道の設計や、プロトンの変位等の環境に対する軌道の高い感性を利用して新規電子相を開拓し、伝導性から磁性、誘電性に渡る広汎な物性の発現を目指す。

### (2)外部刺激による電子相の制御

a) スピン自由度を利用した電子相制御；物質の巨視的磁性は、電子位置に作用する内場とその揺らぎで規定され、内場は一般に相互作用する電子スピンから作られる。そこで、 $\pi$ - $d$ 相互作用系に注目し、静的及び動的な外場で局在  $d$  電子スピンを制御することにより、 $\pi$ 電子に作用する  $\pi$ - $d$  交換内場を操り、磁場誘起超伝導の高速制御や、金属-絶縁体転移の制御などの可能性を追求する。スピンチャンネルを用いた多軌道系の新しい静的及び動的相制御に挑む。

b) 光による電子相制御；分子性導体の特徴的な電子相の出現とその安定化には、電子間相互作用と同時に、多様な分子自由度が本質的な役割を演じている。実際に、適当な外場を加えることによって相転移が生じるとき、その相転移点近傍において、電子系と分子自由度との相互作用が複雑に絡み合った集団応答がしばしば顕著に現れる。これらの特徴的な集団応答や相転移を能動的に誘起する最も有効な方法は、光励起による方法である。そこで、電子系と分子自由度との相互作用に基づく集団光応答の精密検出を行い、その機構を解明する。さらに、物質の最適化によって集団光応答から相転移を誘起させ、超高速かつ高効率の物性制御を実現する。

### (3) 分子及び物質の開発

- a) 分子内自由度の開発；新規な自由度を有する物質の開発は、本学術領域研究の根幹をなす。ここでは物質を構成する分子の内部構造自由度の開発を目指した分子設計から合成までを行う。特に、電子移動と分子の形状自由度が強く相互作用する分子、導電性と光機能性など分子内で相互作用し得る複数の機能中心が存在する分子や、新しい骨格を有する分子を開発する。
- b) 分子間相互作用の制御；分子そのものの開発と、分子の凝集形態の開発は、分子性物質開発の両翼である。ここでは、後者、すなわち多様な分子の自由度を利用して分子間相互作用の制御を行なう。特に、バンド幅制御や外場応答性を示す分子凝集形態の開発を行うが、同時に熱電効果等の機能に関する理論計算も行い、合成にフィードバックする。

## 2. 研究の進展状況及び成果の概要

### A01：分子配列自由度を利用した新規電子相の開拓

**【設定目的】** 本新学術領域研究は、物性科学を担う様々な物質群の中で分子性物質が持つ特徴である分子の自由度を利用することで物質科学の新しい展開を図るものであるが、研究項目A01では、分子配列が物性を支配する重要なパラメータであるとの認識のもと、分子配列自由度を化学圧力及び物理圧力を駆使して制御することにより、強相関物性科学、半導体物性科学、及び誘電物性科学に関わる問題に実験的及び理論的に挑むとともに、新しい電子相の開拓を目指した。

**【成果および達成度】** 加圧下の分子性導体 $\alpha$ -(ET)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>で発見された有効質量ゼロのDirac電子系の物理学をどう発展させるかがA01班の重要な課題の一つであった。A01計画班と公募班の半数を超える7グループがこのテーマに取り組んだ結果、Dirac電子系発現のためのバンドパラメータ条件の導出、Dirac電子系の新規な強相関効果（通常とは逆の状態密度の減少）の発見、巨大ネルンスト効果の観測、さらに強磁場下においては、ランダウゼロモード準位と強磁性量子ホール状態の検証、新しい電子相の提唱とその端緒となる核磁気共鳴信号分裂の観測、ヘリカル端電流発現の実験的な示唆など、実験、理論共に予想だにできなかった多くの知見が得られ、強相関Dirac電子系の物理学が当初の想定を遥かに越える広がりを持って進展した。

モット転移の実験研究は、従来、加圧によって電子相関の強さを制御することで行われてきたが、本研究の狙いは、格子の幾何学的フラストレーションというもう一つの自由度がこの転移に与える影響を明らかにすることにあった。フラストレーションの度合いが異なる物質について研究を行い、反強磁性絶縁体とスピン液体では低温の金属絶縁体転移に質的な違いがあることが予想通り検証された。さらに、公募班が中心となり、電子相関効果で起こるモット転移と乱れによる波動関数の干渉で起こる電子の局在化との協奏/競合を実証することにも成功し、モット物理学が分子配列の幾何学と乱れを新たな自由度に取り込んで大きく進展した。三角格子を有するモット絶縁体に発現するスピン液体については、その磁性、熱力学的性質が詳細に調べられる一方で、誘電異常や赤外吸収が観測され、モット転移近傍で起こるスピン液体の発現機構に電荷自由の関与を示唆する予想外の研究の展開が見られた。

誘電物性に関連しても、擬1次元系におけるアニオンの双極子モーメントと伝導電子の相互作用や、中性-イオン性転移に伴う新規な誘電相の磁性が明らかになり、ほぼ計画通りに研究が進んだ。また、A01班のキーワード“圧力”に関して、特に公募班を中心に挑戦的な実験（加圧環境下での電解結晶成長、加圧下での走査型トンネル顕微鏡による電子相の観察、微小結晶の加圧下比熱測定）が果敢に試みられ、困難な目標に向かって着実な進展があった。

### A02：分子軌道設計による新規電子相の開拓

**【設定目的】** 本研究では分子の軌道の環境の変化に対する高い感受性を利用して、以下のような伝導性、磁性、誘電性にわたる広い領域におよぶ、従来の電子相研究とは趣を異にする物質研究をめざし、物質開発、理論計算、電子密度精密解析の3つのグループが連携し分子軌道設計による新規電子相の開拓を目指した。

**【成果および達成度】** 単一成分系分子クロコン酸では、 $\pi$ 電子系と陽子移動が結合して強誘電性を室温で発揮でき、自発分極値として有機系で最高かつ無機材料BaTiO<sub>3</sub>に迫る性能を得た。また優れた性能や斬新な動作機構をもつ有機強誘電体が次々と開発された結果、「有機系では強誘電体が稀で実現困難」という従来の認識は180度転換できた。更に分子の振動運動の自由度が引き金となり出現した無機物を超える巨大な誘電

率( $\epsilon > 10^5$ )を持つ分子性リクサーの実現、モット絶縁体である金属錯体が「絶対零度まで凍らないスピンの液体」量子スピン液体であることの発見、従来の分子性伝導体では不可能と思われていた強い $\pi$ - $d$ 相互作用に基づく分子性Kondo系の発見がなされた。当初の計画を越えた成果が得られている。これらの物質開拓を第一原理計算による電子状態や物性予測の計算と放射光と遺伝子アルゴリズムによる大容量の観測データ処理による精密電子密度解析が支え本研究は順調に進展したと考えられる。本研究を通して、物性発見の最も基本となる分子間の相互作用が、分子内部の自由度によって整理され、第一原理計算に基づく電子状態の解明と精密解析による実験的なデータを直接比較することが出来るようになってきたことの意義は大きい。

#### A03：スピン自由度を利用した電子相制御

**[設定目的]** 分子の内部自由度の中で、Feなどの局在3d電子（または局在 $\pi$ 電子）のスピン自由度を持つ有機導体に注目し、局在磁気モーメントの向きを静的外場や電子スピン共鳴などの手法で変化させ、 $\pi$ - $d$ 相互作用を通して、 $\pi$ 電子相を積極的制御することを目的とした。

**[成果および達成度]** 典型的な $\pi$ - $d$ である $\lambda$ -(BETS)<sub>2</sub>Fe<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Cl<sub>4</sub>では、平面型のBETS分子は $ac$ 面内に積層し伝導層を形成し、アニオン分子FeCl<sub>4</sub>はBETS層の間に配置して絶縁層を形成する。Fe<sup>3+</sup>は高スピン( $S=5/2$ )状態にあり、 $\pi$ - $d$ 相互作用を通して、伝導 $\pi$ 電子相はFe3dスピンの作る大きな内部磁場を見る。3dスピンの電子スピン共鳴を起こすことで、この内部磁場はかく乱される。その結果、本物質で出現する磁場誘起超伝導相が抑制されることを発見した。また、鉄フタロシアニン伝導体TPP[Fe(Pc)(CN)<sub>2</sub>]<sub>2</sub>において、特異な非線形伝導と $\pi$ - $d$ 相互作用が引き起こす、4桁にもおよぶ巨大磁気抵抗効果を発見した。またこの $\pi$ - $d$ 相互作用の発現機構について理論的に調べ、その微視的機構を解明した。これらの研究成果は、本研究目的に合致したものであり、期間内に十分な成果を上げたと言える。

#### A04：光による電子相制御

**[設定目的]** テラヘルツから真空紫外域にわたる広い帯域の超短パルス光を積極的に利用し、分子性固体の電子相制御と電子・分子ダイナミクスの検出を行う。具体的には、高時間分解能ポンププローブ分光、時間分解テラヘルツ分光、レーザー光電子分光測定系を新規に構築し、分子性固体の光応答検出手法として最適化する。それを用いて、電子系と分子自由度との相互作用に基づく集団光応答を検出するとともに、その機構を解明する。更に、物質の最適化によって超高速かつ高効率の光誘起相転移とそれに伴う物性制御を実現する。光電子分光については、バンド構造、フェルミ面の直接観測を目指す。

**[成果および達成度]** 時間分解能15~20フェムト秒の高時間分解能ポンププローブ分光測定系を構築した。それを用いて、交互積層型分子結晶TTF-CAの光誘起中性-イオン性転移が、電子的過程による中性からイオン性への転換と、それに引き続いて起こる分子変形・分子変位及び電荷分布の再構成によって生じることを明らかにした。また、電荷秩序相にある $\alpha$ -(BEDT-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>の光誘起金属化が、電荷秩序状態にある電荷のコヒーレントな振動と、その電荷の振動と分子内振動との相互作用を通して進行することを見出した。新規光誘起相転移に関しては、時間分解テラヘルツ分光を用いて、(TMTSF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>の光励起によるスピン密度波(SDW)融解現象を見出した。そのダイナミクスは、テラヘルツ領域にあるSDWギャップの検出によって直接観測した。更に、当初計画にはなかった研究として高強度テラヘルツ電場パルスによる強誘電分極の高速・高効率制御に初めて成功した。光電子分光に関しては、真空紫外レーザー光源を用いた角度分解光電子分光の手法を確立し、擬二次元導体(BEDT-TTF)<sub>3</sub>Br(pBIB)のバンド構造やフェルミ面の直接観測を実現した。結果を解析し、バンド構造とフェルミ液体状態を特徴づける準粒子特性を明らかにした。これらの成果は、Phys. Rev. Lett. 誌(5報)、Nature Phys. 誌(1報)、Nature commun. 誌(1報)を含む主要国際誌にて多数公表した。以上のように、最先端のレーザー分光法を分子性固体に適用し、それらの手法でしか成し得ることができない超高速の電子応答と分子ダイナミクスの検出、新規光誘起相転移の実現、及び、電子構造の精密検出に成功した。これらを踏まえ、当初の計画を上回る成果が得られたと考えている。

#### A05(a)：新しい電子機能を目指した分子内自由度の開発

**[設定目的]**  $\pi$ 共役電子系を持つ分子を用いて、電子機能性を持つ新規な物質を開拓する事を目的とした。温

度、磁場、圧力、光照射等の外場変化に敏感に応答し、その電子物性に大きな変化を起こす機能性物質を主たる開拓対象とし、外場応答の解析・機構解明も目的とした。

**[成果および達成度]** 多重不安定性を持つ(EDO-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>の相転移の制御と解析を行った。EDO-TTFの一部をそのメチル誘導体で置換した混晶を作製し、多重不安定性要因の部分的抑制に成功した。また、この物質が示す光誘起相転移について、分光学的な実験と電子線回折により、電子状態と結晶構造の経時変化をサブピコ秒の時間分解能で決定した。また、EDO-TTFにふたつのメチル基を導入したDMEDO-TTFを用いて(DMEDO-TTF)<sub>2</sub>XF<sub>6</sub> (X = P, As, Sb)を得た。これらが陰イオンの変位と連動してドナー配列が際立った変化を起こす金属-金属転移を起こす事を見出した。(DIETSe)<sub>2</sub>FeX<sub>4</sub> (X = Cl, Br)を検討し、磁場印加後ゼロ磁場に戻しても磁気抵抗が消失しないスピントロポロジー現象を見出した。比較的大きなπ共役系を持つ分子として、一連のテトラチアペンタレン(TTP)誘導体を合成し、その陽イオンラジカル塩の構造と物性に対する置換基やπ共役系の化学修飾による効果を検討し、分子内で電荷不均化を起こす物質を得た。さらに、純粋有機物としては世界で第3番目となる超伝導体を得た。光応答部位を持つTTF誘導体を合成し、光伝導性を観測するのみならず、A03班と共同して光励起後の電子状態の変化を解析した。また、光応答部位の窒素原子を利用した遷移金属との配位錯体も開拓した。6つのベンゼン核を正三角形に縮合した共役系に3つのカルボニル基、さらにアルキル基などの置換基を導入した中性ラジカル種、TOT誘導体を開拓した。嵩の小さな置換基を持つ場合でも、室温・大気下で安定に中性ラジカルとして存在し得る化学種が得られた。これらの成果は、研究目的に合致したものであり、期間内に十分な成果を上げたと言える。

#### A05(b)：新しい電子機能を目指した分子間相互作用の制御

**[設定目標]** 電子物性創出の根幹をなす物質開発の中で、本課題は、多彩な分子間相互作用に注目し、ファンデルワールス力、水素結合、配位結合などの化学結合制御と、温度、圧力、電場、磁場、光等の外場制御により、従来では見られない電子機能性を有した物質開発および機能性開拓を目的としている。

**[成果および達成度]** 前者の化学結合制御では、強い水素結合と伝導電子がカップルした新しいモット絶縁体を開発し、50mKまで磁気秩序化しないギャップレスの量子スピン液体であること、またその類塩体は、対称性の良い水素結合を生かして、単ユニット純有機物としては大変珍しい金属状態を示すことを見出した。また、分子の化学修飾で分子間相互作用、ひいては強相関パラメータを制御し、ダイマーモット相と電荷秩序相が競合する系を見出した。たとえば、β-(*meso*-DMBEDT-TTF)<sub>2</sub>PF<sub>6</sub>は温度変化で、β-(BDA-TTF)<sub>2</sub>I<sub>3</sub>は圧力印加でダイマーモット相から電荷秩序相へ変化し、更なる圧力で超伝導相が出現すること、また従来のスピン揺らぎでなく、他にもβ-(DODHT)<sub>2</sub>MF<sub>6</sub>も含めて電荷揺らぎが関係した超伝導であることを見出した。系統的に開発された超伝導体について、第一原理計算により微視的有効モデルを構築し、機構解明を行った。後者の外場制御については、電場印加で、準安定状態を作り出し、また電荷秩序がスライディングして直流一交流発振する系を発見した。このように、化学結合制御および外場制御で、分子間相互作用の自由度を十分に生かした物質開発、および機能性開拓ができ、当初の目標を十分に超える成果を得ることができた。また公募班では、多彩な分子内外自由度を利用した新規機能分子性物質が開発され、着実に成果を上げた。

#### 審査部会における所見

A+ (研究領域の設定目的に照らして、期待以上の成果があった)

##### 1. 総合所見

本研究領域は、物性物理学と固体化学における既存領域の融合を、凝集体における分子自由度をキーワードとして更に確固としたものにするために展開強化したものである。強相関係物理やトポロジカル物性という新しい興味ある分野に対して時宜を得て貢献できたこと、また、新観測手法の導入がなされたことは大きな成果である。物性研究の特徴ではあるが、数多くの研究者が参画し、関連分野全体の活性化に対するドライビングフォースの役割を果たした。その結果は、研究領域の活性度の高さを証明しており、当初の設定目的に照らし、期待以上の成果があったと評価できる。加えて、理論と実験の連携、若手研究者への配慮、世界へのハブとなるための努力など、横のつながりを意識し、各研究課題にもよく目配りされた領域運営であったと思われる。

## 2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

### (a) 研究領域の設定目的の達成度

分子性物質、分子性結晶、有機固体という従来個別に進展してきた領域の間に、分子自由度という共通の視点を持ち込むことで、物質科学に関する新規な成果を生み出している。すなわち、分子配列自由度や分子軌道自由度に着目した制御と物質開発、スピン自由度や光による新奇な制御法の発見と開発などを通して様々な新しい内容や手法を取り込んだ結果、分子性結晶について物性物理学的視点と分子化学的視点の融合がなされ、大きな進歩につながっている。従来から物性物理学と固体化学の協力関係にはしっかりとした実績が存在し、我が国が強みを有する分野でもあったが、本領域研究を通してさらに質・量ともに進展したと言える。領域全体の達成度として期待以上の成果が得られている。

### (b) 研究成果

「既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの」としては、物性物理学と固体化学の領域融合がうまく機能し、スピン液体とその周辺相、ディラック電子系などの新しい研究対象が生み出された。「異なる学問分野の研究者が連携して行う共同研究等の推進により、当該研究領域の発展を目指すもの」としては、計画的、意識的に織り込まれた異分野連携が多彩に幅広く展開された。少数の統一された目標に向かって異分野連携を行うよりも、ある意味多彩なアイデアを織り交ぜて、その中から新しい進展を見出すという異分野連携交流がうまく働いた。このように、分野の枠を超えて新しい領域が形成され、共同研究による成果も含めて、質の高いオリジナルな成果が数多く報告されている。また、成果の公表も十分なされている。

### (c) 研究組織

当初から海外を含む関係他分野の交流に運営上の力点が置かれており、物理、化学の異なる分野の研究者が有機的に連携できるように、意識的に研究項目の構成や計画研究組織のメンバー構成を行っている。また、それぞれの計画研究組織に理論の専門家を配置するなど、実験と理論のつながりもおおのずから進展するような工夫が織り込まれている。その結果、70件以上の連携研究が行われ、数多くの成果につながったことを高く評価する。個々の研究者の独創性に基づく研究と、横のつながりを意識した領域運営のバランスが取れており、領域代表者のマネジメント力やリーダーシップの重要性を示す好例になると思われる。

### (d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

### (e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

本研究領域では、分子自由度という概念を切り口として、物理学、化学、材料開発に関わる研究対象についてポイントをうまく絞り、体系的で大きな成果を得た。物性物理学と固体化学の協力関係を基礎とした実績と歴史を持つ研究領域であるため、ややもすると従来の研究の延長として、内容の精密化や応用に向かうことが危惧される。しかしながら、本研究領域において、新しい研究対象がダイナミックに生まれ新たに進展するとともに、レーザーを用いた動的分光など、新しい実験手法を切り口とした展開が見受けられるなど、研究の起爆剤あるいは受け皿として本研究領域が機能した意義は大きい。我が国で長い伝統を有する物質合成・材料開発の分野が、測定・理論の確固としたバックアップによって活性化されている点も、本研究領域の当該分野への貢献として強調することができる。

### (f) 若手研究者育成への貢献度

若手研究者のためのイベントを開催するなど、若手研究者育成に努めた。その結果、多くのポスドク研究員がファカルティポストを獲得するなどプロモーションも順調である。