

平成 17 年度発足特定領域計画書

# 100 テスラ領域の強磁場スピン科学

High Magnetic Field Spin Science in 100 Tesla

申請代表者  
東北大学・金属材料研究所・教授  
野尻浩之

## 1 応募領域の研究の必要性

本応募領域は応募要項の項目(a)「その領域全体の学術的水準が高く、研究の格段の発展が期待できる研究領域」に対応する。併せて、日本の物性科学全体の基盤強化の観点から項目(d)「学術研究における先導的又は基盤的意義を有する研究領域」にも該当する。

### 1.1 はじめに-100 テスラ領域のスピン科学をめざすもの

強磁場は、スピンと電子の軌道運動に直接結合する超精密制御の可能な外部場であり、磁性、超伝導、半導体はもとよりあらゆる物性研究において今日必要不可欠なものとなっている。近年、強磁場分野では、アメリカ、ヨーロッパとも大型施設の整備などの強化が進められ、(1)定常磁場 50 テスラ、非破壊パルス磁場 100 テスラの実現、(2)そのもとでの高分解能 NMR などに代表される超精密計測系の構築による物質科学の推進、が目指されている。本領域ではこのような流れに対抗して、100 テスラ時代における日本の強磁場研究の戦略として、先端計測を軸にした強磁場スピン科学に関する研究領域を推進する事をめざす。

強磁場研究の中核は、物質の機能と電子スピンの相関の探求である。これをスピン科学と呼ぶならば、今日その領域は旧来のスピン科学である磁性分野から、化学、生物を含む物質科学全般に広がっている。本特定領域では、(1)スピンによる物質の電子状態の制御、(2)強磁場により誘起される様々な相の起源の解明とその制御原理の確立、(3)電子状態のプロブとしてのスピンの利用、の三つを研究の柱として掲げ、その実現のために未踏の 100 テスラ領域の強磁場下における超精密なマイクロ物性計測を軸とする。具体的には、50 テスラ強磁場放射光 X 線分光による電子状態の解明、50 テスラ強磁場中性子散乱による強磁場下磁気相関決定、80 テスラ級固体 NMR による生体物質の機能研究、強磁場走査プローブ顕微鏡によるナノ空間スケールのスピン・電荷相関の解明、などの先端計測を実現し、これにより物質研究の飛躍的發展をめざす。

### 1.2 本特定領域の目標

スピン科学の第一の柱は、スピンにより物質の電子状態を制御する 事である。半導体分野では 21 世紀の半導体技術として、スピン偏極による電気(電子)の制御あるいは電子による磁気(スピン)の制御、すなわちスピントロニクスが目指されている。20 世紀の電子技術の基礎は電子構造の理解であり、これにより物質やデバイスの設計が可能になった。一方、スピントロニクスの基盤は電子構造のスピン依存性であり、その解明には、強磁場でスピン偏極を制御したとき電子構造がどのように変わるかを直接調べる必要がある。しかし、そのような実験手法はこれまで存在せず、本領域で目指す強磁場放射光 X 線分光の開発がそのブレークスルーとなる。スピン偏極の磁場制御は、温度や圧力あるいはドーピングなどによる制御と異なり、自由自在に強さと時間構造を操れ、いつでも元に戻せる点に特徴がある。また 100 テスラ領域では磁場のエネルギーは数 10 meV にも及び、物性を支配するフェルミ面近傍の状態を劇的に変える効果をもつ。強磁場下の電子構造の直接観測によりスピンと伝導電子の相関が解明されれば、半導体分野はもとより物質科学のあらゆる研究の飛躍に繋がる。

スピン偏極と磁場の物質への影響は、電子がひしめきあい互いに強く相互作用し合う強相関物質ではさらに顕著になる。この状態では、電子のもつ電荷とスピンの自由度の強い結合が梃子となり スピン偏極の効果を数十倍に増大させる。磁性体へのキャリアドーピングによって出現する高温超伝導体や磁場によるスピン偏極で結晶構造まで改変される巨大磁気抵抗効果はその例である。このような

物質では電子やスピンはもはやばらばらではなく、**集団として新しい相（状態）を形成**する。**スピン科学の第二の柱は、強磁場により誘起される様々な相の起源を解明し、その制御原理を確立する**ことにある。スピンの空間密度波、電子分布の整列する軌道秩序、磁気励起が固化したマクロな磁化の量子化など、強磁場はエキゾチックな相を誘起する。驚くべきことに、超伝導のような磁場で壊される性質さえ強磁場で安定化できる。遷移金属のd電子のスピンの伝導を担う電子が強く結合した有機導体において、強磁場を加えてスピン偏極を制御すると、数十テスラの強磁場中で超伝導が出現する事が最近日本で発見された。これは**スピンによる相制御が物質の多様性を引き出す極めて有用な方法**であることを示している。しかし、これらの相はこれまでもっぱら磁化や電気抵抗のようなマクロな量により研究され、**決め手となるマイクロな計測に限られる**ため、その本質に迫るのには様々な困難があった。この点で**突破口となるのが、中性子散乱、X線散乱、走査プローブ顕微鏡、顕微分光**など、ゼロ磁場における物質評価で必須となっている計測手法を超強磁場で実現する事である。このような**超強磁場下のマイクロ計測の実現により、それぞれの相を特徴づける変数を直接決定**し、さらにはその空間的広がりや変調までも明らかにすることが出来る。

スピンは物質の状態を探る有用なプローブでもある。**スピン科学の第三の柱は電子状態のプローブとしてのスピン利用**である。蛋白質の構造解析では、原子核のスピンをプローブとする強磁場 NMR が大きな役割を果たしてきた。物質の性質の根本は電子の働きである。従って、蛋白の機能解明のためには、生体物質における電子の役割を明らかにすることが必要である。生体の電子機能の研究、とりわけ化学活性の解明に NMR や ESR などのスピン共鳴は必須のプローブである。その際、化学活性を担い素早く変化する電子を捉えるために、**スピンプローブの超高周波化**が必要である。NMR は超伝導磁石では 20 テスラ、1GHz が限界であるが、水冷磁石と組み合わせたハイブリッド定常磁場で 40 テスラ NMR が、パルス磁場では**80 テスラの NMR が可能になる**。日本が世界をリードしている高周波 ESR を 50 テスラから 100 テスラ領域までのばし、生体物質の研究に応用すれば、**生体スピン科学が格段に進歩**し、蛋白の電子論構築につながる。

スピンに共役な場である強磁場の有用性の第一は、磁場が**非接触でソフトな外場**である点である。これは直接操作が困難なナノ物質や脆弱な生体物質では極めて重要である。その一方で 100 テスラ領域では磁場のエネルギーは数 10 meV にも及び、**物性を劇的に改変する効果**をもつ。ソフトでありながらこのような大きな効果をもつ外部場は他にない。磁場の第二の特長として、**強度や時間構造を超精密に制御できる**点も重要である。例えば、時間変化する磁場と組み合わせたフェムト秒時間分解分光などにより、スピンの拡散などのコヒーレントな実時間現象を捉える事が出来る。スピンの時間的コヒーレンスの理解は、半導体分野はもとよりナノ分子磁石などの分野でも共通の課題であり、量子計算などの情報科学分野への応用も期待されている

上記のように、次世代の強磁場スピン科学の推進には、(1)NMR や ESR のような強磁場における**スピン計測法の磁場範囲を 100 テスラ領域まで拡大すること**、(2)これまでゼロ磁場あるいは低磁場でしか行われていない**物質評価法を強磁場で実現すること**、この二つがその鍵となる。本特定領域はこのような認識から、強磁場下における超精密なマイクロ物性計測の実現をめざす。例えば 50 テスラ強磁場放射光 X 線分光、50 テスラ強磁場中性子散乱、80 テスラ級固体 NMR、強磁場走査プローブ顕微鏡など未踏の先端計測環境を達成し、それを通して物質研究の飛躍的發展につなげる。

### 1.3 本領域の意義

本領域は、強磁場におけるマイクロ計測を軸にした分野横断的なスピン科学の推進を目的としており、その意義はふたつの側面がある。ひとつは、物質の機能とスピンの相関を明らかにする事で新しい物質観を得られることである。もうひとつは、物質研究の基盤である計測科学の進展による波及効果の面である。

これまで様々な強磁場研究がなされてきたが、**精密な物性計測が可能なのは 50 テスラまでであり、主にマクロな測定にとどまっていた**。今回の特定領域では、非破壊パルス磁場の世界最高磁場記録をもつ日本の技術を生かして、**100 テスラ領域へと精密物性研究を拡張**する。100 テスラ領域の強磁場下においては、ゼーマンエネルギーが格子、結晶場、軌道のエネルギーと接近し、多自由度の結合と相関による新奇な物性の発現が期待される。例えば、スピン励起と格子振動の結合したスピフォノンモードなど新しい複合素励起や伝導性や磁性を支配する軌道状態の磁場制御など、電子の多自由度が密接に絡み合った応答の理解は、固体物理の新しい展開に繋がる。このような異なる自由度の混成は実際の物質で重要な役割を果たしている。例えば生体の蛋白質では異なるスピン・軌道状態が極めて近接しており、この特異な電子状態が効率の良い化学反応の基礎となっているとされている。その機構を解明するには、100 テスラ近い強磁場を用いて異なるスピン・軌道状態を切り替えた時の応答を NMR や ESR などのスピンプローブによって解明し、その全貌を明らかにする必要がある。**長時間磁場が発生可能な 100 テスラ級の非破壊パルス磁場実現を基礎として各種のスピンプローブによる精密計測を展開**することは、バンド構造のような eV 領域の高エネルギーの物性物理と、磁性や超伝導のような相で定義される meV 領域の低エネルギーの物性物理の間を埋める事になる。

日本の強磁場研究は世界第一線の高いポテンシャルを維持し、最近 10 年をとっても、巨大磁気抵抗効果、磁場誘起超伝導、軌道秩序、新しい量子低次元系物質の発見、磁化の量子化、スピンのボーズアインシュタイン凝縮など数々の日本発の独創的研究成果を生んできた。これらの研究には強磁場施設とそこで行われる様々な高度計測が貢献してきたが、計測手法の標準化による研究効率を優先した結果、将来の基盤となる先端計測技術がおろそかになっている面がある。物質の評価は、物質開発と応用デバイスを繋ぐ環であり、これなくしては知識の法則化・普遍化はあり得ない。本領域における超強磁場マイクロ計測手法の革新は、**世界一とされる日本の物質開発力を生かして物質科学で世界をリードしてゆく基盤となる**と期待される。

このように、本研究領域は、スピン科学および物質科学において重要な意義を有している。

### 1.4 研究の必要性、緊急性、波及効果

強磁場分野は 80 年代から 90 年代に日本が世界をリードする地位にあった。欧米ではこの成功に学んで、90 年代半ばからアメリカの国立強磁場研究所に代表されるグローバルな研究拠点形成を進め、戦略的目標として、**定常磁場 50 テスラ、非破壊パルス磁場 100 テスラの実現とそのもとでの超精密計測系の構築による物質科学の推進**が目指されている。非破壊 100 テスラの発生とこれを用いた物質研究は 1930 年代からの宿願であり、これをいち早く達成してサイエンスを展開した国が今後の強磁場下の物性科学において大きな優位性を保つてであろう事は疑いをいれない。従って、100 テスラ領域の強磁場スピン科学を立ち上げることが緊急に必要であり、その帰趨は日本の物質科学全体に大きな影響がある。

本特定領域を緊急に進める事は、日本における**計測科学や関連産業の空洞化をくい止める**ためにも重要である。今日、諸外国の強磁場施設で研究され、世界的成果として宣伝されている新物質やそ

れにかかわるサイエンスは、日本発のものが相当ある。そのような成果流失の背景には、研究基盤能力として重要な計測・評価に十分な投資がなされていないことが一因である。物性研究には物質創成、計測・評価、理論と施設環境の4つが必要不可欠である。しかし日本の計測科学分野は、近年の研究環境の変化などにより光が十分にあてられず、結果としてポテンシャルの高さにも関わらず、立ち後れが認識されている。

極端条件である強磁場中の計測は、**先端計測技術の揺籃と試練の場**となってきた事実がある。例えば、今日当たり前となっているデジタルオシロスコープの日本版はパルス磁場中の信号計測が契機となり開発された。経済環境が厳しくなる中、効率の悪い一品ものの科学計測装置から撤退する会社も多い。この点を補い、計測科学分野のポテンシャルを高めるためには、強磁場中のスピン計測のような先端計測科学へのてこ入れがぜひとも必要である。諸外国にこの分野の基礎を押さえられてしまえば、将来にわたって日本発の独創的成果をあげ、知的財産を蓄積することは不可能になる。この事は蛋白構造解析における高分解能 NMR などの例をあげるまでもない。先端計測科学は優れて基礎科学の側面をもつ。物質の新しい性質を測ることは、新しい計測原理と極限的な機器開発はもとより、計測できる性質や量の概念の開拓まで含む。従って、**基礎科学としての計測科学は、応用計測科学の基盤として新しい原理や概念の探求を担い、またその実現が新しい物質観を開く鍵**となる。

強磁場研究の物性科学における役割として重要な点は、それが手段を軸とするゆえに学際的、萌芽的研究を育む基盤となってきた点にある。また、日本独自の共同利用型研究がこれを支えてきた。このように強磁場研究は物性研究の基盤として、材料科学、半導体科学、情報科学、生命科学などへの波及効果は極めて大きく、その伸長を図ることは極めて大きな意義がある。

100 テスラ領域の強磁場スピン科学は、我が国が国際的にも高い水準を有するスピン科学と強磁場科学の研究を格段に進めるものであり、大きな発展が期待できる。その一方で、高い水準故に厳しいグローバルな競争にさらされている点で緊急にてこ入れを必要としている分野でもある。本領域で目指す強磁場計測技術を軸とするスピン科学の推進は、緊急かつ重要な課題であり日本の物性科学、材料科学の一層の進展に必要である。

## 2 応募領域の国内・外の研究状況

### 2.1 国内・外の研究状況

日本の強磁場研究は、東北大金研の定常磁場、東大物性研のメガガウス磁場、阪大の非破壊パルス磁場の3大学の強磁場施設と物質・材料機構の定常強磁場施設が個々に特色を発揮して、世界の強磁場研究をリードしてきた。欧米では90年代前半までの日本の研究動向を横目で見ながら、強磁場を用いた物性研究に関して将来構想が練られ、アメリカではNSFのレポート、ヨーロッパではEUの科学委員会のレポートが作成され、これにもとに大規模な強磁場研究施設の整備などのてこ入れがなされてきた。

アメリカではMITの強磁場施設をスクラップして45テスラハイブリッド磁石を有する国立強磁場研究所を建設し、日本も含めて世界中からユーザーを集めている。ヨーロッパではフランスのグルノーブルの40テスラ級ハイブリッド磁石、オランダのナイメーヘンの35テスラ級のハイブリッド磁石など強化が進んでいる。日本が得意なパルス磁場の分野でも、フランスのツールーズが75テスラパルス磁場の共同利用研究所として整備され、アメリカのロスアラモス、ドイツのドレスデンで高精度の物性測定が可能な非破壊100テスラを数年以内に達成することが目指されている。それに先駆けて

ドレスデンでは、これまで不可能と思われてきた 50 テスラパルス磁場下の固体 NMR の測定に成功した。これまで日本の独壇場であったパルス強磁場中の X 線や中性子の分野では、グルノーブルの ESRF の強磁場放射光計画やドイツのハーンマイトナー研究所原子炉の 25 テスラ計画などで日本を追いかける動きが急速に進行している。このような動きの特徴はふたつあり、一つは次世代強磁場拠点施設のグローバルスタンダードである定常 50 テスラ、非破壊パルス磁場 100 テスラの整備に各国とも力を注いでいること、二つ目は強磁場下における高精度物性計測の実現である。

日本の強磁場分野は集中した大型施設の整備の点で欧米に遅れをとってはいるものの、その研究能力は、日本の物性科学の高いポテンシャルを反映して世界の第一線にある。近ごろ国際純粋および応用物理学連合: IUPAP で世界の強磁場研究の現状がレポートとしてまとめられたが、その中でも日本の強磁場研究の評価は高く、本領域メンバーが関わる高周波 ESR、強磁場 X 線回折および中性子散乱、メガガウス領域での量子伝導、半導体超構造の光物性など、強磁場中の分光測定や 100 テスラ級の超強磁場中の研究は先進的な成果として認められている。本領域の目標と関連動向を以下にまとめる。

### 本特定領域の目標と世界と日本の現状(T:テスラ)

課題	国内の状況・実績	本領域の目標	国外の状況・実績
強磁場 X 線分光・散乱	世界初の 33 T 実験 (SPring8, 東北大, 岡山大)	50 T の X 線分光, 吸収, MCD 50T の X 線散乱	15 T まで フランスで計画あり
強磁場中性子散乱	世界初 25 T まで実験(東北大, 物質構造科学研)	50 T 中性子散乱 (3号炉, J-PARC)	17 T まで ドイツで 25 T 計画
固体 NMR	定常磁場 30 T (物材機構, 東北大)	80 T パルス磁場 40 T 定常磁場	フランス: 定常磁場 30 T アメリカ: 定常磁場 45 T ドイツ: パルス磁場 50 T
テラヘルツ ESR	固体 ESR では世界一, 50 T (東北大, 大阪大, 神戸大)	100 T 固体 ESR	アメリカ, ヨーロッパともサブテラヘルツが主流
強磁場走査プローブ顕微鏡	現状は 10 T 程度	20 T	現状は 10 T 程度
時間分解分光	現状は 10 T 程度	100 T	アメリカ: 定常磁場 33 T
非破壊パルス磁場	80 T の世界記録 (大阪大)	100 T	フランス: 75 T アメリカ: 100 T 計画(2005 年) ドイツ: 100 T 計画(2007 年)
定常磁場	東北大 31 T 物材機構 35 T	40 T 計画中	アメリカ 45 T フランス 40 T 準備中 オランダ 33 T

これで見ると、定常磁場施設と固体 NMR では遅れをとっているが、その他の点では日本は先進的な取り組みをしている。本特定領域では、このような世界的に第一線の研究を展開しているメンバーが連携をもって研究の進展を図ることになっており、世界をリードする独創的な研究の展開が期待される。今回の特定領域では強磁場関連研究者が一致協力して、大学の 3 施設と物質・材料研究機構の強磁場を併せた 4 大施設と連携しながら、100 テスラ時代における物性研究推進のネットワークを

確立し、世界に先駆けて先導的研究を推進する事を目指している。各施設毎のユーザーコミュニティしかない欧米と異なり、このような国内研究ネットワークの整備は日本がもっとも進んでおり、先進的である。

## 2.2 これまで行われてきた特定領域研究等との関連

日本は強磁場研究の先進国でありながらこれまで強磁場下の物性研究の特定領域研究が行われたことはない。平成15年度からは、磁気浮上や磁場配向などの材料科学への応用を目的とする「強磁場新機能の開発」が特定領域研究として行われているが、本研究領域とは直接の重なりはない。また低次元量子磁性体に関しては、平成16年度まで「磁場が誘起する磁性体の新量子現象」が行われ、大きな成果があげられている。今回の特定領域は、特定の物質分野ではなく、強磁場計測という手法を軸に据えて生体物質まで含むスピン科学を目指しており、これらの特定領域研究とは異なっている。強磁場は今日の物性研究に不可欠なものであるため、様々な基盤研究や特定領域研究等で強磁場を用いた研究は個々に展開され、日本の高い研究水準が支えられている。しかし、強磁場分野のシンボルとなる大きなプロジェクトは近年行われていない。今回の特定領域研究は、特定の学問課題や領域を枠として設定するのではなく、強磁場という研究手段をひとつの軸として横断的研究ネットワークの形成を目指すものである点に特色がある。

物性科学の分野では、異常量子物質、充填スクッテルダイト、分子スピン、半導体ナノスピントロニクスなどの特定領域研究が展開され成果が輩出しており、本研究領域のメンバーはこれらの研究に様々な形で寄与している実績がある。しかしながら、これらの重要な領域の進展のためにも、本領域で目指す強磁場中のマイクロな測定手段の革新が必要不可欠でありかつ大変有益である。また、今回の特定領域は、強磁場関連研究者と他分野の研究者の連携で従来の分野を越えた研究の展開を戦略としていることにも特徴がある。このような異分野の交流による強磁場スピン科学の推進に焦点をあてたプロジェクトは国内外でも例がない。このように本領域は、日本の物性科学、材料科学全体の発展に大きな寄与が期待される。

## 3 応募までの準備研究・調査の状況等

先にも述べたように、強磁場分野において諸外国で様々なこ入れがなされる中で、日本では世代交替時期が重なる事となったが、3年前に強磁場研究者の学術交流団体として強磁場フォーラムが結成され、日本の4大強磁場施設をはじめとする全国の強磁場研究者が連携して研究を推進する体制がととのった。今回の特定領域の掲げる目標は、強磁場フォーラムの会合や研究会等で、次世代の強磁場研究の方向性として議論されてきたことがその基礎となっている。

平成16年度には、基盤研究(c)企画調査として「100テスラ領域における強磁場スピン科学の構築」が採択され、様々な研究会における議論を通して日本における強磁場科学の将来戦略をまとめた白書「100テスラ領域における強磁場スピン科学」が現在編纂されているところである。この企画調査では、(1)100テスラ磁場発生、(2)X線散乱・放射光実験、中性子散乱実験、(3)強磁場NMR、ラマン散乱、テラヘルツESR、(4)ナノ量子磁性と量子制御、(5)強相関スピントロニクス、(6)超伝導の6つの分野において、強磁場研究の中核グループ形成を目的とした議論を行いグループ形成が進んでいる。これらの動きのなかで、独創的研究の展開のためには、基盤となる独創的計測技術が重要であり、日本はこの分野で空洞化の危機にある事が共通の認識となった。この議論を踏まえて、磁場発生技術、

小型化技術、テラヘルツ ESR や NMR など日本が世界をリードする計測技術を継承しそれを基礎に強磁場科学を発展させるためのプログラムとして、今回の申請に至っている。

強磁場スピン科学の研究には、強磁場発生装置や電源などの基盤研究設備の部分とそれらを用いて物性科学を推進するための計測系等の 2 つ部分が必要である。またそれらを用いて研究を展開してゆく研究者のネットワークも必要である。これらのうちで特定領域が寄与するのは、計測系および研究者のネットワークであり、基盤研究設備を動かすためのソフトウェアとも言える重要な部分である。

諸外国に施設面のアップグレードで遅れを取っているとはいえ、日本の強磁場施設は世界に類を見ない能力を有している。東京大学物性研究所の電磁濃縮法 600 テスラや一巻きコイルによる 100 テスラ以上の領域における物性研究、世界最高の非破壊パルス磁場で磁性体の研究をリードする阪大の極限センター、高分解能 NMR を初めとして世界有数の規模をほこる物質・材料研究機構の強磁場センター、無冷媒超伝導磁石を初めとした超伝導技術を核にコンパクト・高品質の強磁場で材料研究を展開する東北大金属材料研究所、これら 4 つの特色あるセンターと関連研究者の層の厚さは世界に例を見ないものであり、それらが密接に連携して研究を推進する事により、世界をリードする研究成果を上げることが十分に期待できる。今回の強磁場スピン科学に関する特定領域研究は、これらの連携のさきがけと期待されるものであり、その成功は日本の強磁場科学と物質科学の将来を左右する。

以上のように、強磁場スピン科学に関する特定領域を推進する準備は整っており、これが採択されるならばこの分野の研究において画期的な成果が期待される。

#### 4 特定領域を推進するに当たっての基本的考え方

本特定領域では、高度計測技術の推進を軸にし、実験研究者を主体として領域を構成している点で、これまでの物性科学分野の特定領域研究にない特徴を有している。このような試みはこれまでなかったが、日本の科学研究の基盤を伸長するうえで極めて有意義であり時宜をえたものと考えられる。もうひとつの特徴は、強磁場研究の応用分野を思い切って拡張し、異分野との交流によって強磁場スピンスイエンスの質的転換を達成する事を目指す点である。この考え方によって、50 テスラ級強磁場 X 線分光と強磁場中性子散乱、強磁場ナノ空間プローブ、80 テスラ級固体 NMR など、これまで半ば夢としてしか考えられなかった研究を現実のものとする道が切りひらかれる。構成メンバーとしても、新しい展開を行うために中堅や若手を核に配置し、これと豊富な経験と広い視野をもつ強磁場研究者を組み合わせることで、実行力のある研究チームの構成を目指している。これとは別に個々の物質系に関する研究や、実験と連携して進めるべき理論研究は公募研究として取り入れることを目指している。以上の事を踏まえて、総括班および各計画研究班の役割は以下のようになっている。

##### (1) 総括班: 100 テスラ領域の強磁場スピン科学の総括

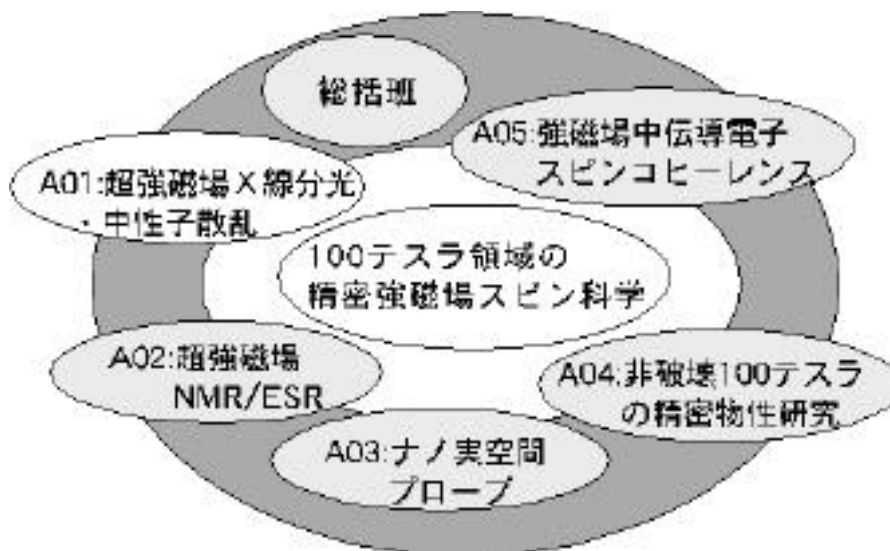
総括班は研究領域の要であり、コーディネート及び牽引役として、戦略の策定、各班間の連絡と調整、成果の取り纏めと外部への発信などの機能を担う。また我が国を代表する物性研究者 4 名を評価助言担当とし、領域の活動全般に関して指導を仰ぐ事により、中堅若手の能力を最大限に発揮するように領域を統括する。

##### (2) 計画研究 A01: 超強磁場 X 線分光・中性子散乱による局在遍歴電子相関係の研究

強磁場、X 線分光、中性子散乱の研究者の緊密な連携により、強磁場中の電子構造、結晶構造、磁気構造と磁気相関をミクロに研究し、局在電子と遍歴電子の相関を解明する。



- (3) 計画研究 A02: 超強磁場下における機能性材料および生体物質の NMR/ESR 法による研究  
日本が高い実績を有する NMR と ESR の研究者が連携して、超強磁場・超高分解能の NMR/ESR 測定系を構築し、超伝導体、生体物質、量子ナノ物質などのスピン物性を解明する。
- (4) 計画研究 A03: 実空間手法を用いた強磁場ナノ領域電子相の解明  
走査トンネル顕微鏡などの強磁場実空間プローブを開発し、電荷・スピン秩序や超伝導秩序変数の空間的変動などの直接観測により、ナノスケールの電子相の起源を解明する。
- (5) 計画研究 A04: 非破壊 100 テスラ領域の精密物性研究  
金道により開発された世界最高の非破壊パルスマグネットを 100 テスラ領域にまで伸長し、各種のマイクロプローブを用いて 100 テスラ領域の精密な物性研究を展開する。
- (6) 計画研究 A05: 強磁場中伝導電子スピンコヒーレンスの光学的研究  
光学的手法を用いて伝導電子のスピンの実空間での拡散や時間コヒーレンスを研究し、スピントロニクスデバイスや量子計算機への応用に繋がる伝導電子系のスピン物性の基礎を築く。



## 5 特定領域の内容

本研究は、世界未踏の 100 テスラ領域のスピン科学の構築をかけた、強磁場を軸に新しい独創的研究の展開を図ることを目指している。そのためには、これまで述べたような明確な戦略目標のもとに、異分野のスペシャリストが一体となって研究を進める必要があり、そのために計画研究を設けることが必要不可欠である。また、本領域の研究が核となり、関連研究を巻き込んで発展するように、計画研究と連携して成果を挙げられる焦点の絞られた研究を少数公募する事も必要である。以下に研究の柱と総括班ならびに各計画研究の内容および 17 年度の計画概要をまとめ、最後に公募研究のねらいと概要を記す。

本特定研究では各計画研究の連携により以下の研究をその柱として推進する。

### (1) 電子状態とスピン状態の相関の解明とスピンによる物質制御法の確立

遷移金属を含む磁性半導体において見出された強磁性の起源は、伝導電子と局在電子の相互作用

用(pd 相互作用)であり、その理解はスピントロニクス基礎である。有機伝導体で見出された磁場誘起超伝導は、スピンによる超伝導の相制御の可能性を示している。これらの理解のためには、強磁場でスピンの偏極を変えたときに電子状態がどのように変わるか直接見る必要がある。しかし、通常使われる光電子分光は磁場で電子軌道が曲がるので使えない。これに対して、放射光 X 線分光(吸収, MCD)を 50 テスラの超強磁場で実現すれば、電子状態のスピン依存性を詳細に知ることが出来る。磁性半導体や磁場誘起超伝導体の超強磁場 X 線分光により、伝導電子とスピンの相関を解明する。

## (2) 磁場誘起電子相転移や磁場誘起量子相転移などの機構解明

強磁場を印加すると電子の価数や遍歴 - 局在性の変化を伴う電子相転移、電荷やスピンのナノスケールの空間配列によるスピン密度波や電荷秩序、磁気励起が空間的配列をする磁化プラトーなど様々な新しい相が出現する。これらの磁場誘起相転移の研究には秩序変数を直接見る 50 テスラ中性子散乱・X 線散乱が決定的な役割を果たす。さらに量子ゆらぎ見る低エネルギーの 80 テスラ固体 NMR/ESR、秩序変数の不均一性を実空間でみる強磁場走査プローブ顕微鏡も必要である。これらの手法を立体的に活用することにより、高温超伝導体の上部臨界磁場以上での磁気相関、ウラン化合物の磁場誘起相転移の秩序変数の決定、軌道秩序や磁場誘起八重極子の解明、超伝導秩序変数の空間変調をとまなう FFL0 状態等の理解、磁化プラトーにおける磁気相関の決定など様々な磁場誘起相転移を解明する。さらにこれらの相転移の背後にある電子状態の変化を超強磁場 X 線分光により解明する。

## (3) 伝導電子や有機導体のスピンコヒーレンスの研究

スピン自由度は局在電子系だけでなく、半導体や有機導体などの伝導電子系の物性においても重要である。強磁場下においてスピン偏極を光などによって操作することで、伝導電子系のスピンの実空間での拡散やコヒーレンスが明らかに出来る。スピン偏極状態の実時間、実空間によるコヒーレンスを評価することで、その状態が量子状態として安定であるかがわかり、また、スピン散乱のメカニズムについて重要な知見が得られる。また量子ホール系のスピン科学も極めて興味深い課題であり、特異なスピントクスチャーやスピン励起が報告されているが、その決定的証拠は得られていない。強磁場顕微分光や時間分解分光など様々な空間・時間分解分光法を強磁場で展開することで、伝導電子系のスピン偏極の空間・時間分布を明らかにし、スピン自由度を利用した量子デバイスの実現に繋げる。

## (4) 100 テスラの超強磁場による物質の多自由度相関の制御

未踏の 100 テスラ領域の磁場による物質の劇的な変化やその機構となる多自由度の相関の理解は、物質研究に新しい展開をもたらす。異なるスピンや軌道状態が混成し電子の多自由度が密接に絡み合ったこのエネルギー領域での物質の理解は、蛋白質の電子状態などの理解にもつながる。80 テスラ固体 NMR やテラヘルツ ESR などのスピンプローブやマイクロプローブによる精密計測を用いて、100 テスラ領域における物質の振る舞いを解明する。

本領域の各班の構成とその研究内容を次項以下にまとめる。

## 総括班：100 テスラ領域の強磁場スピン科学の構築

氏名（所属・職名）	総括班における役割
(研究代表者) 野尻浩之(東北大学・金属材料研究所・教授)	領域代表（領域の統括）
(研究分担者) 木戸義勇(物質・材料研究機構・強磁場センター・センター長) 小林典男(東北大学・金属材料研究所・教授) 金道浩一(東京大学・物性研究所・教授) 鄭国慶(岡山大学・理学部・教授) 高増正(物質・材料研究機構・ナノマテリアル研究所・主幹研究員)	副代表、広報、知財管理 研究戦略、渉外 事務担当 会議、企画担当 領域内連絡担当、ホームページ管理
本河光博(東北大学・金属材料研究所・名誉教授) 福山秀敏(東北大学・金属材料研究所・教授) 小谷章雄(東京大学・物性研究所・名誉教授) 上田和夫(東京大学・物性研究所・所長)	評価・助言担当 評価・助言担当 評価・助言担当 評価・助言担当

## 計画研究 A01: 超強磁場 X 線分光・中性子散乱による局在遍歴電子相関係の研究

(研究代表者) 野尻浩之(東北大学・金属材料研究所・教授)	役割分担 研究統括および X 線・中性子線実験
(研究分担者) 稲見俊哉(日本原子力研究所・放射光科学研究センター・副主任研究員) 松田康弘(岡山大学・理学部・助教授) 加倉井和久(日本原子力研究所・先端基礎研究センター・主任研究員) 松田雅昌(日本原子力研究所・先端基礎研究センター・副主任研究員) 大山研司(東北大学・金属材料研究所・助教授) 廣田和馬(東京大学・物性研究所・助教授) 鳴海康雄(大阪大学・極限科学研究センター・助手)	超強磁場 X 線分光 ポータブルパルス磁場開発・X 線分光 超強磁場中性子散乱 フラストレート化合物の中性子散乱 集光デバイスによる超強磁場中性子散乱 高温超伝導体の超強磁場中性子散乱 超低温超強磁場 X 線回折
<b>研究の概</b> 1. 磁性半導体等において電子構造のスピン依存性を超強磁場 X 線分光により直接観測し、スピントロニクス基礎となる遍歴電子と局在電子の相互作用を解明する 2. 強相関物質や近藤半導体などの磁場誘起電子相転移における電子構造の変化を超強磁場 X 線分光により直接観測し、スピンを用いた物質の相制御の基礎原理を明らかにする 3. 磁場誘起量子相転移や磁化プラトーなどの磁場中のナノ空間秩序を 50 テスラ超強磁場中性子散乱で直接観測し、新しい量子相制御を開拓する 4. 超強磁場下で高温超伝導体の磁気相関を中性子で観測し、スピンと超伝導の関係を解明する	
<b>平成 17 年度の研究計画の概要</b> 研究期間の短い初年度は開発や装置の製作などの準備を中心に進め、実際の実験に進む 1. X 線分光用のパルス磁石を作成、検出系を構築し世界初の強磁場 X 線分光実験を行う。 2. 中性子用の小型パルス磁石及び電源を製作、集光系の設計と製作 3. 原研 3 号炉 KSD 分光器で 30 テスラ領域での中性子実験を開始する 4. A04 班の金道らと協力して J-PARC 用の中性子マグネットの開発を進める	

## 計画研究 A02: 超強磁場下における機能性材料および生体物質の NMR/ESR 法による研究

(研究代表者) 鄭国慶(岡山大学・理学部・教授)	役割分担 研究統括および高温超伝導体・生体物質の NMR
(研究分担者) 萩原政幸(大阪大学・極限科学研究センター・教授) 後藤貴行(上智大学・理工学部・助教授) 太田仁(神戸大学・分子フォトサイエンス研究センター・教授) 熊谷健一(北海道大学・理学研究科・教授)	強磁場発生・磁性薄膜及び生体物質における ESR 高温超伝導体及び量子スピン系における NMR 生体物質及びナノ磁性体における ESR ナノ磁性体及び高温超伝導体における NMR
研究の概要 1. 単層型高温超伝導体に 80 テスラ級のパルス磁場を印加することによって超伝導状態を抑制し、超伝導の背後にある基底状態や超伝導と競合する秩序状態を NMR 法により解明する。 2. ナノ磁性体や量子スピン系にパルス磁場を印加して、高磁場磁化プラトーでの電子状態及び磁化プラトーの発現機構をテラヘルツ ESR 及び強磁場 NMR 法により解明する。 3. テラヘルツ ESR 及び高分解能強磁場 NMR を用いて、金属タンパク質などの生体物質の電子状態と機能発現との相関を解明する。	
平成 17 年度の研究計画の概要 1. 80 テスラ級パルス磁場下 NMR 技術の開発を行う。 2. テラヘルツ ESR の高感度化に着手する 3. 量子磁性体や単層系高温超伝導体の NMR 測定を行う。 4. ナノ磁性体及び希薄磁性薄膜における NMR/ESR 測定を行う。	

## 計画研究 A03: 実空間手法を用いた強磁場ナノ領域電子相の解明

(研究代表者) 小林典男(東北大学・金属材料研究所・教授)	役割分担 研究統括および遷移金属酸化物の STM/STS
(研究分担者) 為ヶ井強(東京大学・工学系研究科・助教授) 花栗哲郎(理化学研究所・高木磁性研・前任研究員) 音賢一(千葉大学・理学部・助教授) 町田一成(岡山大学・大学院自然科学研究科・教授)	磁気光学法による微視的磁気構造・不均一性評価 強相関電子系の電子状態の原子スケール評価 半導体閉じ込めキャリアの物性と空間分布 理論解析と実験のデザイン
研究の概要 20 テスラ級の強磁場中で、遷移金属酸化物を中心とする強相関電子系物質及び低次元量子構造中の局所的な電子状態・磁気構造・発光を、走査トンネル顕微鏡、磁気光学法、微細加工技術を利用した実空間手法を用いて観測し、電荷・スピン秩序や超伝導秩序変数の空間的変動、種々の電子・磁気相転移など、これまで直接的な決め手に欠けていた強磁場に特徴的な現象を実験・理論の緊密な連携により解明する。	
平成 17 年度の研究計画の概要 1. 低温・強磁場における遷移金属酸化物表面の高安定な走査トンネル顕微鏡観測技術の開発を行う。 2. 横磁場走査トンネル顕微鏡の開発を行い、Ru 系酸化物における電子相転移の原子スケール評価に着手する 3. 磁気光学差像法によって Mn 酸化物における微視的な磁区構造を観察し、巨視的な巨大磁気抵抗効果との関係を探る。 4. 量子ホール効果により、2 次元電子系のポテンシャル揺らぎの実空間分布計測を行う。	

### 計画研究 A04: 非破壊 100 テスラ領域の精密物性研究

(研究代表者) 金道浩一(東京大学・物性研究所・教授)	役割分担 パルス超強磁場の発生と全体の統括
(研究分担者) 長田俊人(東京大学・物性研究所・助教授) 大道英二(東京大学・物性研究所・助手) 網塚浩(北海道大学・大学院理学研究科・助教授) 海老原孝雄(静岡大学・理学部・助手) 北澤英明(物質・材料研究機構・ナノマテリアル研究所・ 主席研究員) 杉山清寛(大阪大学・大学院理学研究科・助教授)	超強磁場下精密測定用微細加工 超強磁場下トルク測定 強相関物質探索、超強磁場下精密物性測定 試料育成と強磁場ドハース ナノ金属間化合物の創成と超強磁場物性 超強磁場磁化とドハース
<b>研究の概要</b> 1. 破壊型コイルに対して 1000 倍以上にもおよぶ長時間磁場を発生する非破壊 100 テスラパルス磁場を発生して、その強磁場下で精密測定を行う。 2. 微細加工を用いたマイクロプローブによる超強磁場下精密測定法の開発を行う。 3. 長時間パルス強磁場の利点を活かし、強相関伝導系物質を対象とした研究を行う。 4. カンチレバーを導入した微小磁化の精密測定。これにより、強相関ナノ結晶の磁化や f 電子系物質のドハースファンアルフェン振動の測定を行う。 5. 精密に温度制御した磁化測定により重い電子系における局在と伝導の混成を解明し、基底状態を明らかにする。	
<b>平成 17 年度の研究計画の概要</b> 1. 物性研に既設のパルス磁場発生装置を使って 100 テスラマグネットの開発を行う 2. 現時点での実用レベルの磁場(80 テスラ)を使った高精度測定技術の開発を行う。 3. 強相関新物質探索とナノ金属間化合物の創成を行う。 4. 阪大の既設のパルス磁場電源を使い、金道によって製作されたマグネットを持ち込み、強相関系物質の磁化測定、パルス強磁場下ドハース振の測定を行う(大貫グループと連携)。 5. 東大物性研で、カンチレバーと高精度磁気抵抗測定によるパルスドハースを展開する。	

### 計画研究 A05: 強磁場中伝導電子スピンコヒーレンスの光学的研究

(研究代表者) 高増正(物質材料研究機構・ナノマテリアル研究所・主幹研究員)	役割分担 研究統括および III-V 族半導体試料研究
(研究分担者) 今中康貴(物質材料研究機構・ナノマテリアル研究所・主任研究員) 宇治進也(物質材料研究機構・ナノマテリアル研究所・主席研究員) 木戸義勇(物質材料研究機構・強磁場研究センター・センター長) 嶽山正二郎(東京大学・物性研究所・教授) 小嶋映二(東京大学・物性研究所・助手) 滝田宏樹(筑波大学・物質工学系・教授) 黒田眞司(筑波大学・物質工学系・助教授) 横井裕之(熊本大学・工学部・助教授)	テラヘルツ分光装置開発 有機伝導体のスピン物性 強磁場発生装置の最適化 II-VI 族超構造研究 II-VI 族超構造研究 II-VI 族希薄磁性半導体試料作製と測定 II-VI 族希薄磁性半導体試料作製と測定 II-VI 族光学測定
<b>研究の概要</b> 半導体、有機導体を中心とした伝導電子系のスピンの空間・時間領域におけるコヒーレンス状	

態の解明のため、超強磁場高性能顕微分光装置およびテラヘルツパルス分光装置を開発し、伝導電子が特徴的なスピン状態を示す以下の系を研究する。

- 1．量子ホール効果状態中でのスピントクチャー状態の実空間スピン分布の解明
- 2．磁性半導体の量子強磁性状態のスピン構造とコヒーレンスの解明
- 3．II-VI 族半導体超格子強励起状態の強磁場下緩和機構の解明
- 4．有機伝導体 SDW 状態のスピン空間分布の解明

平成 17 年度の研究計画の概要

- 1．時間、空間領域における強磁場分光装置作製のため、開発機器の性能、特に磁場発生装置との関連において雑音や振動に対する対策を集約し強磁場用顕微分光装置作製を開始する。
- 2．半導体および有機伝導体のスピン状態に対し、従来の分光装置（時間平均、空間平均）による研究を行い、強磁場での特性を明らかにする。

以下に公募研究の概要とそのねらいを示す。

## 公募研究

公募研究は理論、実験併せて 16 件程度（各 2 年）

2 年目に 2 年間で 250 万円程度の研究を 4 件、500 万円程度の研究を 4 件

4 年目に 2 年間で 250 万円程度の研究を 4 件、500 万円程度の研究を 4 件

公募研究の位置づけとねらい

本研究は実験研究、なかでも計測を得意とする研究者が集まっているところに特徴がある。本領域の研究が核となり、関連研究を巻き込んで発展するように、計画研究と連携して成果を挙げられる焦点の絞られた研究を少数公募する事が必要である。具体的には、(1)計画研究と関連した新物質の開発研究、(2)強磁場やスピンサイエンスに関連した理論的研究、(3)生物や化学等の異分野との連携による挑戦的な研究課題、などを取り入れる。

## 6 研究期間及び研究経費

本研究領域では、**独創的なスピンサイエンスの展開は、世界最先端の計測科学から** を方針としてかけ、計測技術の基盤の構築を重要な軸にする。この点、海外の研究者に計測評価を頼ると言った事は行わず、また、どこにでもある既存の計測装置でのみ研究を行うこともない。このため、研究の立ち上げにやや時間がかかると予想されるので、小規模の特定領域研究の標準より長い 5 年間とする。その一方、資金は強磁場施設等の現有設備を最大限活用することを前提に、相当絞り込んでいる。またそれぞれの計画研究では、予算をばらまくのではなく、共通の目的に向かって各班の分担者が協力するような体制を取ることに留意し、世界最先端の計測科学基盤構築による独創的研究成果の達成がなされるように工夫されており、日本全体の研究資産として領域活動中および終了後もその機能を発する事が期待できる。

注 公募研究は1課題2年間であり、合計費用を各年度費用に割り振りしてある(単位:千円)

年度	17	18	19	20	21	合計
研究区分						
総括班	4,500	7,000	8,500	7,000	10,000	37,000
計画研究 A01	20,600	30,200	30,200	20,200	14,000	115,200
計画研究 A02	17,400	27,600	26,600	26,500	16,600	114,700
計画研究 A03	32,850	38,580	28,920	14,040	10,000	124,390
計画研究 A04	40,000	31,000	24,000	21,000	9,900	125,900
計画研究 A05	20,500	27,600	25,600	23,600	13,600	110,900
小計	135,850	161,980	143,820	112,340	74,100	628,090
公募研究 小計 (件数) 内訳 <sup>注</sup>	0	20,000 (8件程度)	10,000 (8件程度)	20,000 (8件程度)	10,000 (8件程度)	60,000
2年計 250万円		4件 6,000	4件 4,000	4件 6,000	4件 4,000	
2年計 500万円		4件 14,000	4件 6,000	4件 14,000	4件 6,000	
合計	135,850	181,980	153,820	132,340	84,100	688,090

## 7 計画研究における費目内訳

支出項目別の研究経費(公募研究を除く) (単位:千円)

年度	17	18	19	20	21	合計
研究区分						
設備備品費	75,210	83,000	54,790	22,900	0	235,900
消耗品費	35,500	35,400	44,400	46,900	40,500	202,700
旅費	11,000	17,500	19,350	18,600	18,600	85,050
謝金等	12,040	22,080	21,280	19,840	10,200	85,440
その他	2,100	4,000	4,000	4,100	4,800	19,000
合計	135,850	161,980	143,820	112,340	74,100	628,090

### 設備備品一覧

装置名	総金額 (単位:千円)	数量	設置機関	研究 項目
平成17年度				
X線分光用低温クオースタット	4,000	1	SPring8	A01
中性子集光装置	5,000	1	東北大(原研3号炉)	A01
中性子用小型パルス電源	4,000	1	東北大(原研3号炉)	A01
大口径9Tブースター超伝導マグネット	2,200	1	上智大学/大阪大	A02
高速デジタルオシロスコープ	3,400	1	上智大学/大阪大	A02
高精度タイミングジェネレータ	1,000	1	大阪大	A02

SPM 制御システム	9,660	1	東北大	A03
9 T スプリットマグネット	7,050	1	理化学研究所	A03
高速 CCD カメラ	2,500	1	東大	A03
ワークステーション	900	1	岡山大	A03
精密測定用高純度単結晶引き上げ装置	12,500	1	静岡大学	A04
精密試料加工機	6,500	1	東大	A04
赤外線イメージ炉	1,200	2	北大	A04
精密端子付け装置	3,800	1	東大	A04
大型磁石用顕微分光装置	11,500	1	物質・材料機構	A05
平成 18 年度				
中性子用大型パルス電源	23,000	1	東北大(J-PARC)	A01
Ge:Ga フォトコンダクティブ検出器	7,000	1	大阪大	A02
高速試料回転機構	6,000	1	東北大/岡山大	A02
高真空蒸着装置	6,000	1	東大	A03
極低温・強磁場顕微分光システム	14,800	1	千葉大	A03
高分解能データ記録装置	4,500	1	東大	A04
精密測定用温度コントローラー	1,500	1	北大	A04
高精度定電流発生装置	2,000	2	東大	A04
極低温用排気装置	2,000	1	大阪大	A04
分光用マグネットシステム	10,200	1	物質・材料機構	A05
波長可変レーザー	6,000	1	東大	A05
平成 19 年度				
X線回折用超低温クライオスタット	10,000	1	SPring8	A01
中性子用クライオスタット	5,000	1	原研(J-PARC)	A01
ピエゾ駆動用電源	1,500	5	神戸大	A02
マイクロマニピュレータ	3,500	1	神戸大	A02
温度可変クライオスタット・制御器	5,000	1	東北大/北大	A02
強磁場STM装置	6,930	1	東北大	A03
キャパシタンス・ブリッジ	3,460	1	理化学研究所	A03
ヘリウム冷凍機	2,500	1	東大	A03
ワークステーション	900	1	岡山大	A03
パルス磁場用クライオスタット	3,000	1	東大	A04
超高真空用分光システム	13,000		筑波大学	A05
平成 20 年度				
温度制御装置	2,000	2	東大(J-PARC)	A01
デジタルメモリ	2,400	1	神戸大	A02
周波数カウンター	2,500	1	大阪大	A02
角度回転試料ホルダー	1,500	1	北海道大	A02
ベクトルアナライザー	3,500	1	大阪大	A02
大型磁石用パルステラヘルツ分光システム	11,000	1	物質・材料機構	A05



消耗品費内訳（公募研究を除く）

（単位：千円）

年度 研究区分	17	18	19	20	21	合計
コイル材料	6,000	5,000	6,000	6,000	5,000	28,000
光学部品	3,000	4,000	6,000	6,000	4,500	23,500
低温寒剤	6,400	8,900	10,900	10,900	10,900	48,000
電子部品	4,700	3,700	6,800	7,300	5,200	24,700
試料ホルダー	7,600	5,800	6,800	8,200	7,000	35,400
試薬・材料	4,300	5,500	5,400	5,500	4,400	25,100
真空部品	3,500	2,500	2,500	3,000	3,500	15,000
合計	35,500	35,400	44,400	46,900	40,500	202,700

旅費内訳（公募研究を除く）

（単位：千円）

年度 研究区分	17	18	19	20	21	合計
国内旅費						
調査・研究旅費	2,050	1,500	2,000	2,000	1,500	9,050
研究打ち合わせ	4,300	5,100	5,150	5,100	4,900	24,550
成果発表	0	2,250	2,250	2,650	2,600	9,750
外国旅費						
調査・研究旅費	4,650	1,500	1,500	1,000	1,000	9,650
研究打ち合わせ	0	500	0	500	0	1,000
成果発表	0	6,650	6,450	7,350	6,600	27,050
外国人招聘	0	0	2,000	0	2,000	4,000
合計	11,000	17,500	19,350	18,600	18,600	85,050

謝金等内訳（公募研究を除く）

（単位：千円）

年度 研究区分	17	18	19	20	21	合計
国内旅費						
研究支援者雇用	5,240	14,480	14,480	12,740	4,000	50,940
実験補助	2,400	5,300	4,500	5,100	4,200	21,500
装置作成	2,800	300	300	0	0	3,400
資料作成、整理	1,100	1,500	1,500	1,500	1,500	7,100
その他	500	500	500	500	500	2,500
合計	12,040	22,080	21,280	19,840	10,200	85,440

その他内訳（公募研究を除く）

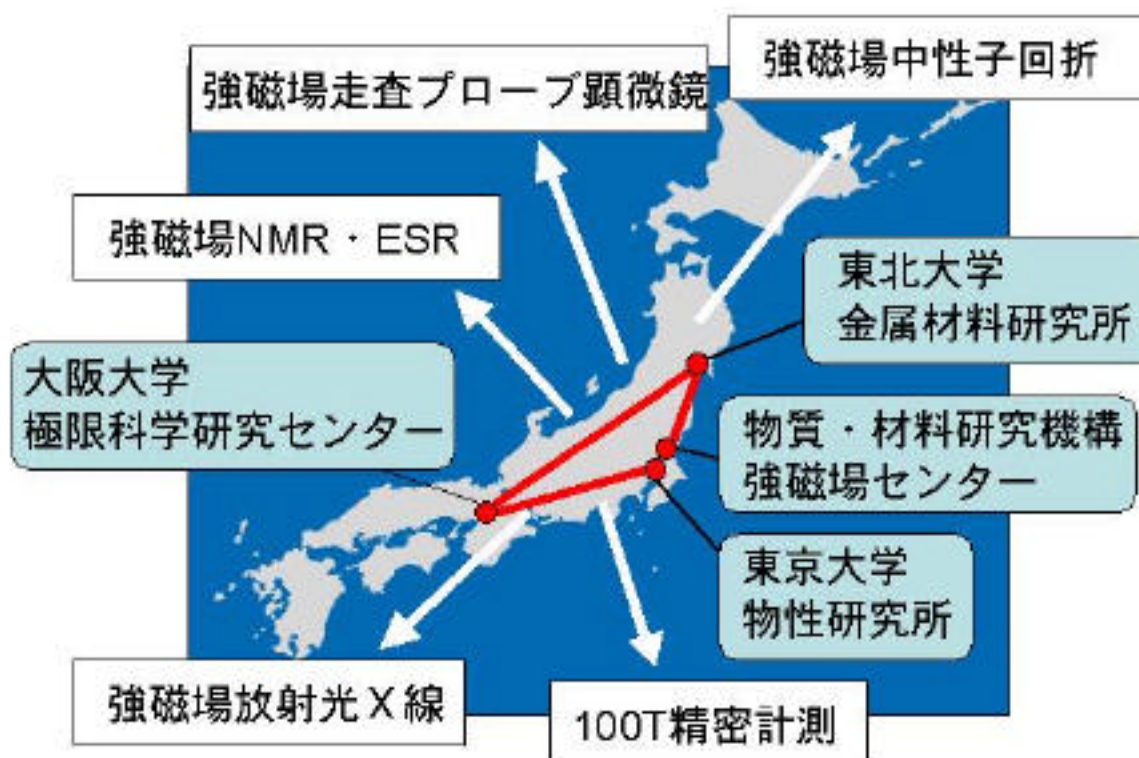
（単位：千円）

年度	17	18	19	20	21	合計
研究区分						
論文投稿料	550	2,250	2,350	2,350	2,300	9,800
通信費	250	250	250	250	300	1,300
会議費	300	300	300	300	500	1,700
印刷費	500	500	500	500	1,700	3,700
計算機使用料	200	300	300	300	0	1,100
機器レンタル	300	300	300	300	0	1,200
その他	0	100	0	100	0	200
合計	2,100	4,000	4,000	4,100	4,800	19,000

## 8 その他

### (1) 理解に役立つ図表

独創的なスピンサイエンスの展開は  
世界最先端の計測科学から



(2) 領域代表と計画研究代表者の最近の主要研究業績

野尻浩之 (領域代表 および A01 班代 表)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. THz-ESR System by using Single Shot and Repeating Pulsed Magnetic Fields <u>H. Nojiri</u>, M. Motokawa, K. Okuda, H. Kageyama, Y. Ueda and H. Tanaka, J. Phys. Soc. Jpn. 72 Suppl. B (2003) 109-116.</li> <li>2. ESR Study on the Excited State Energy Spectrum of SrCu<sub>2</sub>(BO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-A Central Role of Multiple-Triplet Bound State <u>H. Nojiri</u>, H. Kageyama, Y. Ueda and M. Motokawa J. Phys. Soc. Jpn., 72 (2003) 3243-3253.</li> <li>3. Quantum dynamics of molecular magnets in ultra-fast sweeping magnetic fields <u>H. Nojiri</u>, T. Taniguchi, Y. Ajiro, A. Muller, B. Barbara Physica B, 346-347 (2004) 216-220.</li> <li>4. Application of a portable pulsed magnet to synchrotron radiation experiments Y. H. Matsuda, Y. Ueda, <u>H. Nojiri</u>, T. Takahashi, T. Inami, K. Ohwada, Y. Murakami and T. Arima Physica B, 346-347 (2004) 519-523.</li> <li>5. Pulsed High Magnetic Fields for neutron and X-ray scattering experiments <u>H. Nojiri</u> Neutron News, in print</li> <li>6. Magnetic characterization of a novel three-leg ladder compound J. Schnack, <u>H. Nojiri</u>, P. Koepler, J. T. Cooper and L. Cronin Phys. Rev. B.(2004), in print</li> </ol>
鄭 国 慶 (A02 班代 表)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Coexistence of unconventional superconductivity and antiferromagnetic order in the heavy Fermion Compounds Ce(Rh<sub>1-x</sub>Ir<sub>x</sub>)In<sub>5</sub>, <u>G.-q. Zheng</u>, N. Yamaguchi, H. Kan, Y. Kitaoka, J.L. Sarrao and J.D Thompson: Phys. Rev. <b>B70</b>, 014511(1)- 014511(9) (2004).</li> <li>1. Fermi-liquid ground state in the n-type Pr<sub>0.91</sub>LaCe<sub>0.09</sub>CuO<sub>4</sub> copper-oxide superconductor, <u>G.-q. Zheng</u>, T. Sato, Y. Kitaoka, M. Fujita and K. Yamada:Phys. Rev. Lett. <b>90</b>, 197005(1)- 197005(4) (2003)</li> <li>3. Delocalized quasiparticles in the vortex state of an overdoped high-Tc superconductor probed by <sup>63</sup>Cu NMR <u>G.-q. Zheng</u>, H. Ozaki, Y. Kitaoka, P. Kuhns, A.P. Reyes, W.G. Moulton Phys. Rev. Lett., <b>88</b>, 077003(1)- 077003(4) (2002).</li> <li>4. Unique spin dynamics and unconventional superconductivity in the layered heavy fermion compound CeIrIn<sub>5</sub> <u>G.-q. Zheng</u>, K. Tanabe, T. Mito, S. Kawasaki, Y. Kitaoka, D. Aoki, Y. Haga, Y. Onuki Phys. Rev. Lett., <b>86</b>, 4664-4667 (2001).</li> <li>5. Superconducting fluctuations and the pseudogap in the slightly overdoped high-Tc superconductor TlSr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>6.8</sub>: High magnetic field NMR studies, <u>G.-q. Zheng</u>, H. Ozaki, W.G. Clark, Y. Kitaoka, P. Kuhns, A.P. Reyes, W.G. Moulton, T. Kondo, Y. Shimakawa, and Y. Kubo:Phys. Rev. Lett. <b>85</b>, 405-408 (2000)</li> </ol>
小林典男 (A03 班代 表)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Imaging Phase Separation near the Mott Boundary of the Correlated Organic Superconductors - (BEDT-TTF)<sub>2</sub>X T. Sasaki, N. Yoneyama, <u>N. Kobayashi</u>, Y. Ikemoto and H. Kimura, Phys. Rev. Lett. 92 (2004) 227001(1-4)</li> <li>2. Superconducting Properties under Magnetic Field in Na<sub>0.35</sub>CoO<sub>2</sub>·1.3H<sub>2</sub>O Single Crystal, T. Sasaki, P. Badica, N. Yoneyama, K. Yamada, K. Togano and <u>N. Kobayashi</u>, J. Phys. Soc. Jpn. 73 (2004) 1131-1134</li> <li>3. Vortex State in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> Crystals: Vortex Phase Diagram and Tunneling Spectroscopy in Magnetic Field <u>N. Kobayashi</u>, T. Nishizaki, T. Shibata and T. Sasaki, Physica B 346-347 (2004) 329-333.</li> <li>4. Scanning Tunneling Spectroscopy Studies on Vortices in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> Single Crystals, K. Shibata, M. Maki, T. Nishizaki and <u>N. Kobayashi</u>, Physica C 392-396 (2003) 323-327.</li> <li>5. LT-STM Observation of YBa<sub>2</sub>(Cu<sub>1-x</sub>Zn<sub>x</sub>)<sub>3</sub>O<sub>7</sub>- Single Crystals M. Maki, T. Nishizaki and <u>N. Kobayashi</u>, Physica C 388-389 (2003) 279-280.</li> <li>6. Zn-Induced One Dimensional Electronic Modulation in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub>- M. Maki, T. Nishizaki and <u>N. Kobayashi</u>, Phys. Rev. B 67 (2003) 014534.</li> </ol>

金道浩一 (A04 班 代表)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Magnetic phase diagram of DyAg in high magnetic field Yoshii S, <u>Kindo K</u>, Nakanishi H, Kakeshita T Physica B, 346 (2004) 160-164</li> <li>2. Magnetic-field effects on the pseudogap in CeRhAs S. Yoshii, <u>K. Kindo</u>, T. Sasakawa, T. Suemitsu, T. Takabatake Physica B, 329 (2003) 568-569</li> <li>3. Magnetic properties of a pressure-induced superconductor UGe<sub>2</sub> N. Tateiwa, K. Hanazono, T. C. Kobayashi, K. Amaya, T. Inoue, <u>K. Kindo</u>, Y. Koike, N. Metoki, Y. Haga, R. Settai, Y. Onuki J. Phys. Soc. Jpn., 70(2001), 2876-2879</li> <li>4. 100T magnet developed in Osaka <u>K. Kindo</u> Physica B, 294-295 (2001), 585-590</li> <li>5. High-field magnetization of URu<sub>2</sub>Si<sub>2</sub> under high pressure T. Inoue, <u>K. Kindo</u>, H. Okuni, <u>K. Sugiyama</u>, Y. Haga, E. Yamamoto, T. C. Kobayashi, Y. Uwatoko, Y. Onuki Physica B, 294-295 (2001), 271-275</li> </ol>
高増正 (A05 班 代表)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Photoluminescence study of low temperature epitaxial growth Yb-doped Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As, K.Sato, <u>T.Takamasu</u>, G.Kido, Journal of Applied Physics vol.95, 2924-6, 2004</li> <li>2. Effect of electron screening on the photoluminescence in GaAs/AlGaAs quantum wells <u>T.Takamasu</u>, K.Sato, G. Kido, Superlattices and Microstructures vol.32, 283-7, 2002</li> <li>3. Photoluminescence spectra measured in the quantum Hall system with different well width samples, <u>T. Takamasu</u>, S.Takagi, Y.Imanaka, et al. Physica E vol.12, 531-4,2002</li> <li>4. Photoluminescence of Yb<sup>3+</sup>doped CuInS<sub>2</sub> crystals in magnetic fields Tsuji, N.; Imanaka, Y.; <u>Takamasu, T.</u>; et al. Journal of Applied Physics vol.89,2706-10, 2004</li> <li>5. High field optical studies on intra-4f-shell photoluminescence in bulk growth Yb doped InP, <u>T.Takamasu</u>, H.Suzuki, Y. Imanaka, et al. Physica B vol.298, 446-8, 2001</li> </ol>

### (3) 領域代表と計画研究代表者の既設あるいは終了した特定領域研究への参加状況

氏名	研究費の名称	研究課題名	研究期間 (年度)	役割分担
野尻浩之	特定領域研究(A)	ESR-μSR 分光による量子臨界点近傍における多自由度励起の研究	平成 11-15	計画研究代表者
野尻浩之	特定領域研究(B)	強磁場 ESR と中性子回折による磁性体の磁場誘起新量子現象の探索	平成 13-16	計画研究分担者
小林典男	特定領域研究(A)	走査型トンネル顕微鏡による 1 2 3 系銅酸化物の超伝導と電子状態の研究	平成 14	公募研究代表者
金道浩一	特定領域研究(B)	磁場が誘起する磁性体の量子相転移の研究	平成 13-16	計画研究代表者
鄭国慶	特定領域研究(B)	充填スクッテルライト構造に創出する新しい量子多電子状態の展開	平成 15-17	計画研究分担者

### (4) その他審査の上で参考になる事項

最近まとめられた国際純粋および応用物理連合: IUPAP のレポート「Report of the IUPAP working group on Facilities for Condensed Matter Physics : High Magnetic Fields」において、日本の研究成果は先進的なものとして多く取り入れられている。申請書の末尾に抜粋を転載する。

## 9 代表と計画班代表の研究費受け入れ状況

氏名	府省等の名称	研究費の名称	研究課題名	当該研究における役割	研究費(千円)	研究期間(年度)	受け入れ・内約・応募の別
野尻浩之	文部科学省	基盤研究(B)	スピンド面体ナノ磁石における量子磁性体の研究	代表者	11,700	平成 16-17	受け入れ
					17,600		
金道浩一	文部科学省	特定領域研究	磁場が誘起する磁性体の量子相転移の研究	計画研究代表	18,100	平成 13-16	受け入れ
					11,5100		
鄭国慶	文部科学省	基盤研究(B)	NMR 法による強相関電子系における超伝導と磁性の共存に関する研究	代表者	10,100	平成 16-17	受け入れ
					16,500		

## 10 領域代表および事務担当者

**領域代表者**：野尻浩之・東北大学金属材料研究所・教授

〒980-8577 仙台市青葉区片平 2 - 1 - 1

Tel.022-215-2015. Fax. 022-215-2016, E-mail: nojiri@imr.tohoku.ac.jp

自宅 Tel, 携帯

**事務担当者**：金道浩一・東京大学物性研究所・教授

〒277-8581 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

Tel. 04-7136-3336(Fax 兼用), E-mail: kindo@issp.u-tokyo.ac.jp

自宅 Tel: 携帯