

3. 国際共同研究

【採択時公表】

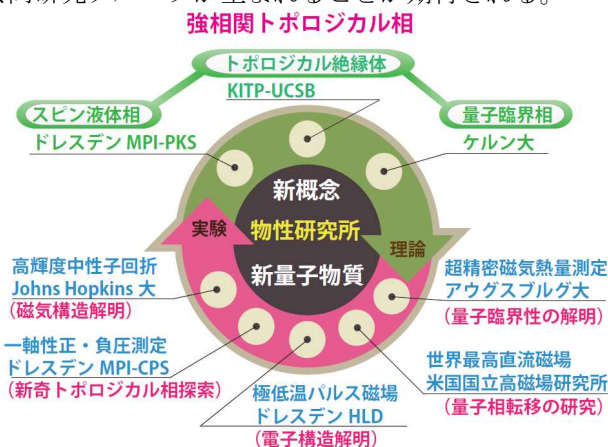
3- (1) 全体概要

【研究目的及び到達目標】

固体の中の量子相は、伝統的には磁気秩序や超伝導秩序など、何らかの「秩序」の存在によって特徴付けられてきた。しかし、近年**そのような通常の秩序概念では記述できない「トポロジカル相」と総称される量子相**が発見され、世界的に急ピッチに研究が進められている。代表例として、2005年に理論的に予言された、内部（バルク）が絶縁体であるのに表面が金属的な電気伝導を示す**トポロジカル絶縁体**と呼ばれる全く新しいタイプの固体がある。これは電子相関を無視した理論に基づき提案された概念であるが、その後多くのモデル物質が主として米国で発見され、その米国を中心として実験と理論の連携による研究が爆発的に進展している。一方、もうひとつのトポロジカル相の代表として、**電子相関の強い磁性体におけるスピン液体**が知られているが、この分野は実験・理論の両面で日本が世界をリードしてきた。更に、最近の理論研究の進展により、これまで独立に発展してきたこれらの二つの研究から、強相関電子系におけるトポロジカル量子相という統一的な解釈に向けた潮流がうまれてきている。まさに今こそがこの研究を強力に推進する絶好のタイミングであり、それゆえに、強相関物質開発において世界をリードしている日本のグループと、弱相関系におけるトポロジカル現象の研究を推進してきた欧米のグループの間でネットワークを作り、国際的な共同研究を進めていくことが最も効率的である。本事業ではこの国際共同研究によって、**強相関電子系における新しいトポロジカル相やトポロジカル現象の理論的予言と、その実験的検証を通じて新しい分野を創出することが到達目標となる**。特に、このような新しい概念を証明する物質を開発することが鍵となるが、**我々の物性研究所のグループは概念の発信のみならず、その物質開発においても世界に先駆けて成功しており、実質的にこのネットワークを先導していくことができる**。加えて、物性研究所は物性科学の全国共同利用・共同研究拠点として、国内の共同研究ネットワークの構築に努力してきた。本事業は、この活動を国際的に展開し、世界的な共同研究拠点として発展する重要な礎石となる。更に、本国際共同研究の成果は公開シンポジウムなどを通じて速やかに日本全国の物性研究者に還元され、それを契機として国内にもこの新しい問題に挑戦する共同研究グループが生まれることが期待される。

【研究計画・方法】

トポロジカル相の可能性が特に注目されるトポロジカル絶縁体、スピン液体相、量子臨界相における新しいトポロジカル量子現象の開拓のために、理論的概念の提案と各概念に対応する新量子物質における実験的検証を行う。そのため、**各研究者ごとに構築されている国際研究ネットワークを右図のように組織化し、本事業での推進基盤とする**。それにより、まず理論において3つの拠点がそれぞれのトポロジカル相の研究を深め、その理論的ガイドラインのもと、物性研究所における物質開発と欧米の実験研究拠点が互いに協力をしながら、新しいトポロジカル量子現象を示す量子物質の典型例を開拓する。



具体的には物性研究所の理論グループが、カリフォルニア大学サンタバーバラ校 (UCSB) のグループと強相関電子系におけるトポロジカル絶縁体について、ドレスデン・Max Planck 固体化学物理学研究所 (MPI-PKS) のグループとスピン液体相について、さらに、ケルン大学のグループと量子臨界相について協力して推進する。また、それぞれのテーマについて物性研究所が世界に先駆けて開発した量子物質を用いて、物性研究所をはじめとした国内の実験グループとの共同研究体制に加えて、それでは対応できない先端的な実験手法を有する海外のグループと強力な連携体制を構築することによって、新しいトポロジカル現象を開拓する。具体的には、アウグスブルグ大学における超精密磁気熱量測定による量子臨界性の解明、米国国立高磁場研究所の世界最高直流磁場を用いた量子相転移の研究、Max Planck 複雑系物理学研究所 (MPI-CPS) における一軸性正・負圧測定による新奇トポロジカル相の探索、ドレスデン高磁場研究所 (HLD) での極低温パルス磁場による電子構造解明、Johns Hopkins 大学との高輝度中性子回折による磁気構造の解明等を強力に推し進めることで、**新しいトポロジカル量子相を発現する量子物質の典型例を確立する**。加えて、本事業に参加する**各理論・実験の拠点を結ぶ活動を行うことにより、ネットワークによる相乗効果**を上げる。具体的には、全体の理論・実験の研究の統括と今後の方針を議論・決定するために、**各年度に一度、主担当研究者が統括する形で、各拠点の担当および連携研究者が一堂に会する研究会を催す**。初年度平成 26 年度は UCSB にて、平成 27 年度はドレスデンにて、最終の平成 28 年度は、全体の総括のワークショップを日本において開催する。更に、最終年度には若手理論家を集中的に数ヶ月招へいするメルティングポット期間を作り、日本の若手理論家だけでなく実験家、更には本制度では対象外である学生等をレクチャーを通して触れさせることで、この新しい分野を担う人材開拓と今後の国際共同研究の芽を育む。

(平成 26 年度公募)