



研究領域名 J-Physics:多極子伝導系の物理

神戸大学・大学院理学研究科・教授 はりま ひさと  
 播磨 尚朝

研究課題番号：15H05882 研究者番号：50211496

【本領域の目的】

電気伝導などの物質の伝導現象は主に電子が担っている。孤立した電子は電荷とスピンという性質を持っており、電荷とスピンを運ぶことができる。しかしながら、電荷とスピンを持った電子が物質の伝導現象を担うという考えでは解らない多彩な伝導現象がたくさん知られている。

原子に束縛された電子が持つ軌道角運動量はスピン軌道相互作用によりスピンと結合して、全角運動量  $\mathbf{J}$  という性質を持つ。この  $\mathbf{J}$  は固体中では周囲からの影響を受けて、多極子と呼ばれる性質を持つ。多極子はスピン軌道相互作用や固体内の環境によって多様な状態を取ることができる、固体での電子のミクロな自由度である。この様な多極子を考えることで、多彩な伝導現象を理解しようというのが、本領域の目的である。

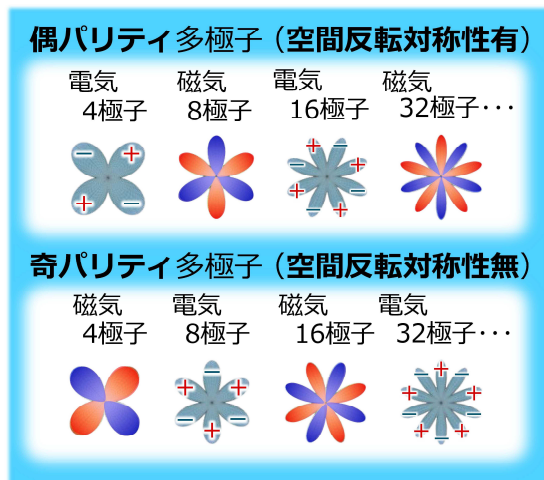
多極子が関わる伝導現象は、多極子が秩序化する系から、電子が比較的自由に振る舞う系まで様々である。それぞれの系の専門の研究者が協力して包括した研究を行うことで、多極子伝導系の学理を創出し、さらに新たな応用へとつながる物質機能を開拓する。並行して、物質科学の中核を担う人材強化と若手育成を行う。

【本領域の内容】

4つの研究項目を設け、それぞれについて計画研究と公募研究で研究を推進する。

A01:局在多極子と伝導電子の相関効果

- 局在性の強い多極子と遍歴性の強い伝導電子の相互作用によって産まれる新しい伝導現象の探索と解明を行う。



図：多極子の例。空間反転対称性が無い時のみ奇パリティ多極子が現われる。

B01:遍歴多極子による新奇量子伝導相

- 遍歴的な性質を持つ多極子由来の超伝導などの新しい伝導現象や秩序状態の原因を解明し、さらに新しい伝導現象の開拓を行う。

C01:拡張多極子による動的応答

- 複数の原子からなる拡張多極子を見だし、精密な物性測定により物質の新しい動的応答を開拓する。

D01:強相関多極子物質の開発

- 多極子自由度が伝導現象に重要な役割を果たす物質、特に高温超伝導体を含む新機能物質の開発を行う。

新物性や新機能には、空間反転対称性のない場合にのみ現われる奇パリティ多極子が重要な役割を果たすと予想される。原子位置に反転中心の無いジグザグ構造やカイラル構造の物質開発を精力的に進め、奇パリティ多極子の役割と新物性の関係を明らかにする。

【期待される成果と意義】

強磁性超伝導体などの非従来型伝導現象が多極子の概念を基に解明され、多極子に基づいた物質開発が可能になる。それらの物質は、マルチフェロイクスやスピントロニクス分野で巨大応答物質として利用され、拡張多極子の概念は機能性分子や生体高分子の分野にも転用が可能である。

多極子に着目し、若手研究者と共に固体物理学にパラダイムシフトを起こすことで、科学技術イノベーションに大きく貢献する。

【キーワード】

**スピン軌道相互作用**：中心力場中の電子のスピンと軌道角運動量との相互作用。アインシュタインが提唱した相対性理論を考慮したディラック方程式から相対論的補正項として導かれる。

**全角運動量**：スピン角運動量  $\mathbf{S}$  と軌道角運動量  $\mathbf{L}$  がスピン軌道相互作用によって結合した角運動量。通常  $\mathbf{J}$  で表される。

**多極子**：電子の電気的あるいは磁気的な空間分布を点対称性などで分類した状態。座標の  $n$  次多項式で表される多極子を  $n$  次の多極子と呼び、 $2^n$  極子という。

【研究期間と研究経費】

平成 27 年度－31 年度  
 1,173,100 千円

【ホームページ等】

<http://www.jphysics.jp>



**Title of Project : J-Physics: Physics of conductive multipole systems**

Hisatomo Harima  
(Kobe University, Graduate School of Science, Professor)

Research Project Number : 15H05882    Researcher Number : 50211496

**【Purpose of the Research Project】**

Electrons are responsible for conduction phenomenon of material. An isolate electron has charge and spin of degrees of freedom. However, a variety of conduction phenomenon could not be understood, when we consider electrons just with charge and spin.

Orbital angular momentum of an electron in an atom couples its spin by the spin-orbit interaction, so a total angular momentum **J** becomes its characteristic. In solids, by the influence from the surroundings, the property of **J** changes into a multipole, which is microscopic freedom reflecting the atomic characteristic and the environment of the solid. The purpose of our project is to understand the various conduction phenomena by considering such a characteristic multipole.

With comprehensive cooperation, many researchers study together to establish the physics of conductive multipoles, and cultivate functional material leading to new applications. Besides, young researchers are trained to become key players in material science.

**【Content of the Research Project】**

Four groups both of planned researches and publicly invited researches promote the project.

A01: Correlation effect between localized multipoles and conduction electrons

-To study novel conduction phenomena produced by strong interactions between localized multipoles and itinerant conduction electrons.

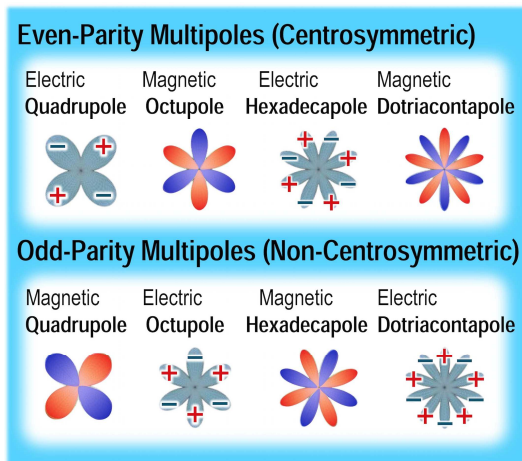


Figure: Multipoles. Odd-parity multipoles are allowed only in non-centrosymmetric case.

B01: Novel quantum phase with itinerant multipoles

-To study novel conduction phenomena, such as superconductivity, and ordered states relating with itinerant multipoles.

C01: Dynamical response from extended multipoles

-To search new dynamic response from multipoles, which are extended to several atoms, by using precise measurements.

D01: Development of strongly correlated multipole materials

-To develop new functional substances including high-temperature superconductors, where multipoles play a crucial role.

Odd parity multipoles allowed only in non-centrosymmetric case is expected to play a crucial role in a variety of systems. Therefore materials with a zigzag structure and a chiral structure are focused in research.

**【Expected Research Achievements and Scientific Significance】**

Unconventional conduction phenomena, such as ferromagnetic superconductors are clarified. Newly synthesized functional materials will be utilized as a huge responsive substance in multiferroics or spintronics fields. The concept of extended multipoles will be diverted to the field of functional molecules or biopolymers.

Focusing on multipoles together with young researchers, it brings a paradigm shift in solid state physics to contribute significantly to the science and technology innovation.

**【Key Words】**

**spin-orbit interaction:** interaction between the electron spin and orbital angular momentum in the central field, as a relativistic correction term derived from the Dirac eq.

**total angular momentum:** sum of spin angular momentum **S** and orbital angular momentum **L**, coupled by the spin-orbit interaction. It is usually expressed in **J**.

**multipole:** characteristic of the electrical or magnetic spatial distribution of electrons classified in point symmetry.

**【Term of Project】** FY2015-2019

**【Budget Allocation】** 1,173,100 Thousand Yen

**【Homepage Address and Other Contact Information】**

<http://www.jphysics.jp>