

—— 日産科学賞業績の概要 ——

研究題目： 強相関電子系における量子位相効果の研究

Theoretical study on quantal phase in strongly correlated electronic systems

永長 直人（東京大学大学院工学系研究科 教授）

（1958年2月21日生 45才）

1982年 東京大学工学系大学院修士課程修了

1988年 マサチューセッツ工科大学博士研究員

1983年 東京大学物性研究所助手

1991年 東京大学工学部助教授

1986年 東京大学工学部助手

1998年 東京大学工学系研究科教授

業績の概要

物質中の電子の振る舞いは、その電氣的、光学的、磁氣的性質を決める上で本質的である。固体中には膨大な数の電子が存在しており、負の電荷間に働くクーロン斥力が働いているので、電子系は総体として運動することになる。このような体系を“多体系”と呼び、その理論的記述は困難を極めている。現在の科学技術を支える半導体においては、電子が早い速度で運動するために他の電子からのクーロン斥力を“受け流して”しまうために近似的に一つ一つの電子は独立に運動するという描像が成立する。このバンド理論といわれる電子論が大きな成果を挙げ、今日の半導体産業の隆盛をもたらした。しかし同時に素子の極小化に伴いその限界が予想されており、新しい素材として遷移金属酸化物を始めとする“強相関物質”に関心が集まっている。これらの物質では、電子の運動が遅くなり止まってしまう寸前の状態なので、クーロン斥力が強く効き、電子一つ一つでは決して発現しない集団としての現象（共同現象）が現れる。磁性、超伝導、強誘電、などがその例であり、しかもそれが弱い外場に対して高速かつ巨大な応答を示すことが知られている。高温超伝導体や巨大磁気抵抗を示すマンガン酸化物などはその例である。永長博士は、この強相関電子系において電子の自転運動（スピン）と電子の形（軌道）の自由度を量子力学的な“場”として扱うことで、その量子力学的位相の自由度が輸送現象を始めとする物質の性質をどのように決めているかを記述する理論体系を構築した。その仕事は、高温超伝導体のゲージ場理論、マンガン酸化物における軌道量子液体の理論、フラストレートした磁性体におけるスピнкаイラリティーの理論、半導体におけるスピンの生成の理論など多岐にわたる。

近年、固体電子系においてその量子位相の重要性が益々認識されるようになり、実験・理論の多くの研究者が参画することになったが、この分野を先導したのは永長博士である。その研究の独創性は国際的にも極めて高く評価されており、将来の強相関電子系を用いた科学技術の基礎学理となるであろう。

参考論文

1. **N.Nagaosa** and **P.A.Lee**:
"Normal State Properties of the Uniform Resonating-Valence-Bond State",
Phys.Rev.Lett. **64**, 2450-2453 (1990).
2. **P.A.Lee** and **N.Nagaosa**:
"Gauge Theory of the Normal State of High Tc Superconductors",
Phys. Rev. **B46**, 5261-5639 (1992).
3. **N.Nagaosa** and **P.A.Lee**:
"Ginzburg-Landau Theory of the Spin-Charge Separated System",
Phys. Rev. **B45**, 966-970 (1992).
4. **R. Maezono**, **S. Ishihara**, and **N. Nagaosa**:
"Phase Diagram in Manganese Oxides",
Phys. Rev. **B58**, 11583-11596 (1998).
5. **S. Ishihara**, **M. Yamanaka** and **N. Nagaosa**:
"Orbital Liquid in $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ "
Phys. Rev. **B56**, 686-692 (1997).
6. **Y. Tokura** and **N. Nagaosa**:
"Orbital Physics in Transition-Metal Oxides"
Science **288**, 462-467 (2000).
7. **Y.Taguchi**, **Y.Ohhara**, **H.Yoshizawa**, **N.Nagaosa**, and **Y.Tokura**:
"Spin chirality, Berry phase, and anomalous Hall effect in a frustrated ferromagnet"
Science **291**, 2573-2576 (2001).
8. **Z. Fang**, **N. Nagaosa**, **K. S. Takahashi**, **A. Asamitsu**, **R. Mathieu**, **T. Ogasawara**, **H. Yamada**, **M. Kawasaki**, **Y. Tokura**, **K. Terakura**
"Anomalous Hall Effect and Magnetic Monopoles in Momentum-Space"
Science **302**, 92-95(2003)
9. **Shuichi Murakami**, **Naoto Nagaosa**, **Shou-Cheng Zhang**
"Dissipationless Quantum Spin Current at Room Temperature"
Science **301**, 1348-1351(2003).