

2010年度 仁科記念賞 受賞者 説明

受賞者： 金子 邦彦 氏 Kunihiko Kaneko (1956年生)

(東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻 教授

兼 同研究科・複雑系生命システム研究センター長)

受賞者業績： 大自由度カオスの理論

Theory of High-Dimensional Chaos

業績要旨：

少数自由度カオス系が研究の潮流であった80年代初頭に、金子邦彦氏はいち早く大自由度カオス系の研究に着手し、「結合写像格子」(CML)というモデルクラスを新たに導入し、空間分岐、時空間欠性などの新現象を発見した。これらの現象はその後、液晶、対流などの実験で確認され、CMLは時空カオスの標準モデルとして確立した。その後も、平均場モデルである「大域結合写像」(GCM)を新たに導入し、豊かな新現象を次々に発見した。



学歴：

- 1979年 東京大学理学部物理学科卒業
- 1981年 東京大学大学院理学系研究科 物理学専攻修士課程修了
- 1984年 東京大学大学院理学系研究科 物理学専攻博士課程修了

職歴：

- 1984年 日本学術振興会・研究員
- 1984年 Los Alamos National Laboratory, postdoctoral fellow
- 1985年 東京大学教養学部物理教室・助手
- 1990年 東京大学教養学部基礎科学科 助教授
- 1994年 東京大学教養学部基礎科学科 教授
- 1995年 東京大学 大学院 総合文化研究科 広域科学専攻 教授
- 2005年～2007年および2009年 複雑系生命システム研究センター長

授賞理由：

カオスの概念は古く中国の荘子「渾沌」にまで遡ることができる。このような思想的概念を議論する段階から、20世紀初頭のポアンカレの研究により、数学的研究対象としての「カオス」の概念へと発展していった。その後、計算機の発展と共に、具体的な系での数値実験により、さまざまなカオスが日本（力武常次や上田皖亮ら）やアメリカ（ローレンツやメイら）などで次々と発見された。それらに共通するカオスの特徴は、それらの時間発展に対する初期値依存性が極端に（指数関数的に）敏感なことである。すなわち、途中のわずかな計算誤差がやがて途方もなく大きな違いを産むことになり、一見現代の精密科学の研究対象になりくにくいように思われたが、研究が進むにつれて、それら複雑さの中に、フラクタルな規則性すなわち、相似則やスケールリング則などの普遍的な振る舞いが見出されカオス現象は多くの人々の注目を集めるようになった。しかも、それがきわめてまれな現象ではなく、ほとんどの系で見出される非常に普遍的な現象であることがわかってきた。しかし、これらの研究はすべて、少数自由度の系で行われてきた。

このような状況の下で、金子氏は、80年代初頭、世界に先駆けて大自由度カオスを生む機構と空間拡散の手續きとを分離した「結合写像格子」(Coupled Map Lattice (CML)) というモデルクラスを新たに導入し、その相図解析から、空間分岐、時空間欠性、準定常的超過渡状態といった新現象を世界で初めて発見した。特に時空間欠性は、相転移の臨界現象との関係でも注目され、準定常的過渡状態は、乱流現象の理解に新しい視点を提起した。これらの現象はその後、液晶の電気対流、熱対流、粘性流体など様々な実験系で確認され、CML は時空カオスの標準モデルとして、パターン形成から生態系研究まで広く応用されている。

その後、金子氏はさらに、統計力学における平均場モデルと同様の発想から、個々

のカオス要素が平均場と相互作用するモデルクラス「大域結合写像」(Globally Coupled Map (GCM)) を新たに導入した。その相図解析から、カオスと相互作用の強さに応じて、系が完全同期相、数個の引き込みクラスターに落ちる秩序相、部分引き込み相、非同期相への転移を起こすこと、そして階層的なクラスター化、秩序状態が生成崩壊を繰り返すカオスの遍歴現象、各要素のカオスと異なる、マクロな集団運動の出現といった。従来の統計物理学に収まらない、要素(ミクロ)と集団(マクロ)とが豊かな振る舞いを繰り成す動的現象を世界で初めて発見した。これらの現象はその後、ジョセフソン結合系の数値計算、レーザー系、電気化学反応系等の実験で確認され、大自由度カオス系の基本的概念となり、GCM は大自由度カオス系の標準モデルとして確立されるに到るとともに近年盛んなネットワーク上のダイナミクスの研究の先駆となった。

以上のように、金子邦彦氏は時空カオス・大自由度カオスの理論研究を牽引し、現象論的普遍性クラスの構成論的研究という複雑系研究の方向性を切り拓き、さらにミクロとマクロの相補性、ゆらぎと応答の関係性を軸に生物システムの研究へと展開する、独自性と新発見に満ちた研究を一貫して行っており、この新分野の今後の発展が大いに期待される。

文献：

- 1) K. Kaneko, "Period-doubling of Kink-antikink Patterns, Quasi-periodicity in Antiferro-like Structures and Spatial Intermittency in Coupled Map Lattices", Prog. Theor. Phys. 72 (1984) 480-486
- 2) K. Kaneko, "Spatiotemporal Intermittency in Coupled Map Lattices", Prog. Theor. Phys. 74 (1985) 1033-1044
- 3) K. Kaneko, "Lyapunov Analysis and Information Flow in Coupled Map Lattices", Physica 23D (1986) 436-447

- 4) J.P. Crutchfield and K. Kaneko, "Are Attractors Relevant to Turbulence?",
Phys. Rev. Lett. 60 (1988) 2715-2718
- 5) K. Kaneko, "Pattern Dynamics in Spatiotemporal Chaos", Physica 34D
(1989) 1-41
- 6) K. Kaneko, "Clustering, Coding, Switching, Hierarchical Ordering, and
Control in Network of Chaotic Elements", Physica 41D (1990) 137-172

受賞者： 前野 悦輝 氏 Yoshiteru Maeno (1957年生)

(京都大学大学院理学研究科物理学・宇宙物理学専攻 教授)

受賞者業績： スピン三重項超伝導体ルテニウム酸化物の発見

Discovery of Spin-Triplet Superconductor - Ruthenium Oxide

業績要旨：

前野氏は、1994年、銅酸化物超伝導体と同じ二次元構造を持つ層状ルテニウム酸化物 Sr_2RuO_4 が超伝導を示すことを発見し、この物質の研究を進める中で、この物質がスピン三重項超伝導の可能性があると指摘した。氏は、この超伝導のスピン対の微視的構造を明らかにするために、独自の手法で育成した純良な単結晶を用いて共同研究者とともに多くの実験を行い、この系がスピン三重項超伝導であることを直接的に示す多くの結果を得て、超伝導の研究の舞台に新しい局面を開いた。



学歴：

- 1979年 京都大学理学部（物理学）卒業
- 1979年 米国カリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）物理学科 大学院入学
- 1980年 同上 修士課程（物理学専攻）修了
- 1984年 同上 博士課程（物理学専攻）修了、物理学博士号（Ph. D.）取得

職歴：

- 1984年 米国ロスアラモス国立研究所 補助研究員
- 1984年 広島大学理学部 物理学科 助手
- 1989年 広島大学理学部 物理学科 助教授
- 1996年 京都大学大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 助教授
- 2001年 京都大学国際融合創造センター 教授
- 2006年 京都大学大学院理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 教授

授賞理由：

超伝導 (Superconductivity) は、1911 年カマリンハ・オネスによって水銀で発見されたが、それ以後、現在に至るまで 2000 以上に及ぶ新しい超伝導体が発見されている。中でも 1987 年に発見された銅酸化物超伝導体は、その後大きく発展し、その臨界温度は ~ 160 K にまで上昇するに至っている。超伝導は、電気抵抗 = 0 や磁場を排除するマイスナー効果等大変興味深い性質を示すが、その原因は電子のペア (電子対) の形成であることが解明されている。ほとんどの超伝導体においては、このペアの組み方はスピン一重項 (シングレット) であると理解されてきた。一方、スピン三重項 (トリプレット) 超伝導の可能性が理論的に論じられてきたものの、それに関する実験的研究は限られていた。

前野氏は、1994 年、銅酸化物と同じ二次元構造を持つ層状ルテニウム酸化物 Sr_2RuO_4 (その結晶構造を図 1 に示す) が超伝導を示すことを発見した [文献 1]。前野氏は、この物質の研究を進める中で、従来の超伝導にはみられない強い不純物依存性という特徴的な性質を明らかにし、この物質がスピン三重項超伝導の可能性のあることを指摘した。

一方、前野氏は独自の手法で、純良な単結晶の育成に成功し、それを用いて低温比熱の測定から超伝導ギャップの構造を明らかにし、さらに、超伝導転移温度の同位体効果、上部臨界磁場の抑制効果等を明らかにした。

前野氏は、この超伝導のスピン対の微視的構造を明らかにするために、共同研究者とともに多くの実験を行い、この系がスピン三重項超伝導であることを直接的に示す多くの結果を得た。例えば、時間反転対称性の破れをミュオンスピン緩和法ならびに磁気光学カー効果で、さらに対の奇パリティ性ならびに時間反転対称性の破れを超伝導接合素子等を用いて示した。これらはいずれもこの系がスピン三重項超伝導である

という大変興味深い性質を示すことを支持している。さらに前野氏はこれらの研究を
発展させ、混晶系 $(\text{Sr,Ca})_2\text{RuO}_4$ の電子相図を研究して、 Sr_2RuO_4 がモット絶縁体に
近い強相関物質であることを実証し、モット絶縁体がバンド幅制御による金属化によ
って超伝導を発現するという新しいルートを実現した。

以上、前野氏は、 Sr_2RuO_4 において三重項超伝導という新しいタイプの超伝導を
発見して、その現象と物質の両面から解明に尽力し、著しい成果を積み重ねること
によって、超伝導の研究の舞台に新しい局面を開いた。

文献：

- 1) Y. Maeno, H. Hashimoto, K. Yoshida, S. Nishizaki, T. Fujita, J. G. Bednorz
and F. Lichtenberg, “Superconductivity in a Layered Perovskite without
Copper” Nature 372, (1994) 532-534.

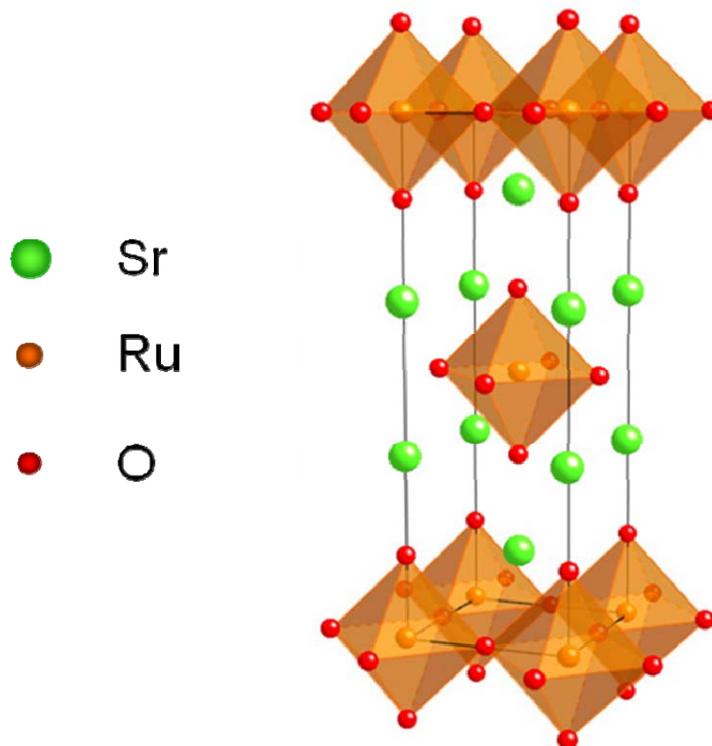


図1 Sr_2RuO_4 の結晶構造