

2009年度 仁科記念賞 受賞者一覧

仁科記念財団 2009年11月9日

2009年度の仁科記念賞は次の方々に贈られます。

受賞者： 大栗 博司 氏 Hirosi Ooguri
(カリフォルニア工科大学 フレッド・カブリ教授、
東京大学数物連携宇宙研究機構 主任研究員)

受賞者業績： トポロジカルな弦理論の研究
Study of Topological String Theory

受賞者： 田村 裕和 氏 Hirokazu Tamura
(東北大学大学院理学研究科 教授)

受賞者業績： ハイパー核ガンマ線スペクトロスコピーの研究
Study of Hypernuclear Gamma-Ray Spectroscopy

2009年度 仁科記念賞 受賞者 説明

受賞者： 大栗 博司 氏 Hiroshi Ooguri
(カリフォルニア工科大学 フレッド・カブリ教授、
東京大学 数物連携宇宙研究機構 主任研究員)

受賞者業績： トポロジカルな弦理論の研究
Study of Topological String Theory

業績要旨：

弦理論は 10 次元で定義されている。トポロジカルな弦理論は、超弦理論と比べてはるかに簡単であるが、わたしたちが生活する 4 次元の空間以外の、6 次元の内部空間で定義されその幾何学的な構造を記述する。大栗氏らはこのトポロジカルな弦理論の基礎を築き上げ、4 次元の有効理論の解析に応用した。さらに、トポロジカルな弦理論とブラックホールのエントロピーの関係式を推測した。これらの結果はアインシュタインの一般相対論と量子力学を統合する長年の夢を実現する第一歩になると期待されている。



学歴

昭和59年(1984年) 京都大学 理学部卒業

昭和61年(1986年) 京都大学大学院 理学研究科 修士課程修了

平成元年(1989年) 理学博士取得(東京大学)

職歴

昭和61年(1986年) 東京大学 理学部物理学科 助手

平成元年(1989年) シカゴ大学 物理学科 助教授

平成2年(1990年) 京都大学 数理解析研究所 助教授

平成6年(1994年) カリフォルニア大学バークレイ校 物理学科 教授

平成8年(1996年) ローレンス・バークレイ国立研究所 上級研究員(兼任)

平成12年(2000年) カリフォルニア工科大学 教授

平成19年(2007年) カリフォルニア工科大学 フレッド・カブリ教授

平成19年(2007年) 東京大学 数物連携宇宙研究機構 主任研究員(兼任)

授賞理由

20世紀には古典物理学が量子力学へと発展し、物理学によって原子や原子核の構造、さらに素粒子の構造、またビッグバン宇宙の仕組みなどが理解されるようになった。ここで取り残されたのが重力についての理解である。アインシュタインの一般相対論はまだ古典重力の領域にあり、いずれ量子的な重力理論に発展させることが必要である。通常用いられる場の理論(素粒子を扱う量子力学)は、その手法で量子重力の計算をすると無限大が生じるため使うことが出来ない。一方、超弦理論は素粒子を点として扱うのではなく弦の振動として扱う。このため超弦理論の方法は量子重力に有効であると期待される。

現在のところ、弦理論は湯川博士が予言した強い力、電気・磁気力、弱い力、さらに重力を含み、これらの力を統合し、重力を量子化する唯一の有力な候補と考えられている。

量子重力の計算が無限にならない条件として超弦理論は10次元時空に存在すると仮定される。即ち、私たちが住む1次元の時間+3次元の空間からなる4次元時空の他に、低エネルギーでは微小で観測されないコンパクトな6次元の **Calabi-Yau** 空間が存在すると考える。この6次元の空間は特別な幾何学的構造をもち、その中に素粒子の世代数、質量、世代間混合などを与える重要な情報がエンコードされている。このようなコンパクト化された6次元の **Calabi-Yau** 空間を含む超弦理論の量子効果の計算は、現在の数学的技術では非常に困難であると考えられてきた。

トポロジカルな弦理論は、超弦理論を一定の手続きで単純化したものであるが、**Calabi-Yau** 空間の幾何学的情報をすべて取り込むように作られている。大栗氏らは(1)でトポロジカルな弦理論の基礎を確立し、その計算技術を開発し、さらに超弦理論とトポロジカルな弦理論との関係を発見した。具体的には、この計算手法を用いて4次元の有効理論のスーパーポテンシャルをトポロジカルな弦理論から導いた。この結果は超弦理論が実際、加速器の実験結果を予言する理論であるか確認するのに非常に重要な結果である。

(1)で示された超弦理論とトポロジカルな弦理論との関係を用いて、超弦理論の諸問題にトポロジカルな弦理論の技術が応用できるようになった。大栗氏らは(2)でこのトポロジカルな弦理論の分配関数とブラックホールの分配関数との関係を推測した。この推測は摂動論で確認されつつある。この結果は量子化されたブラックホールのエントロピーも近い将来ト

ポロジカルな弦理論から導ける可能性を示している。

大栗氏の仕事は「超弦理論は一般相対論と量子力学を統合し、加速器で観測できる物理学である素粒子論を含む究極な理論である」ことを示す、物理学者の夢を実現する第一歩となった。

- (1) M. Bershadsky, S. Cecotti, H. Ooguri, and C. Vafa “Kodaira-Spencer Theory of Gravity and Exact Results in Quantum String Theory” Commun. Math. Phys. 165, 311 (1994).
- (2) H. Ooguri, A. Strominger, and C. Vafa “Black Hole Attractors and the Topological String”, Phys. Rev. D70, 106007 (2004).

これらの論文は共著であるが、トポロジカルな弦理論の分配関数が漸化式を満たすことを発見して、この共同研究の端緒を開いたのは大栗氏である。また漸化式を解く方法は大栗氏が開発した。これによりトポロジカルな弦理論の分配関数を具体的に計算することが可能になった。

受賞者： 田村 裕和 氏 Hirokazu Tamura
(東北大学大学院理学研究科教授)

受賞者業績： ハイパー核ガンマ線スペクトロスコピーの研究
Hypernuclear Gamma-Ray Spectroscopy

業績要旨：

近年、陽子・中性子からなる通常の原子核に量子数ストレンジネスをもつ異粒子ハイペロンが加わったハイパー核の研究が行われているが、その複雑な準位構造を決定する方法が無かった。田村裕和氏は、ハイパー核が放出するガンマ線の精密な測定手法を開発し、従来1MeV程度であったエネルギー準位の分解精度を約3桁向上させることに成功した。ハイペロンと陽子、中性子とのスピン依存相互作用や、ハイペロンの存在により核の構造が示す応答の研究などで、ハイパー核の研究分野を一躍大きく進展させた。



略歴

- 1983年3月 東京大学理学部卒業
- 1985年3月 東京大学大学院理学系研究科修士課程終了
- 1988年3月 東京大学大学院理学系研究科博士課程終了
理学博士（東京大学）取得
- 1988年4月 日本学術振興会特別研究員(PD)
- 1988年7月 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻助手
- 1996年12月 東北大学大学院理学研究科物理学専攻助教授
- 2004年10月 同教授

受賞歴

- 1990年 井上研究奨励賞
- 2004年 井上学術賞

授賞理由

ガンマ線を用いたハイパー核スペクトロスコピーの実験は、この研究以前にもいくつか試みられたが、強い放射線と膨大なバックグラウンドのため、成功には至らなかった。田村裕和氏は、ガンマ線を検出するGe検出器の信号処理回路に工夫を凝らして強い放射線の下でも測定を可能にし、またBGOカウンターと呼ばれる検出器をGe検出器の外側に配置して中性パイ中間子等に起因する多々のバックグラウンドの除去に成功した。さらに、図1に示したように、多数のGe検出器を配し、いつものガンマ線の中で、どのガンマ線とどのガンマ線が連なって放出されるのかを同定することにも成功した。

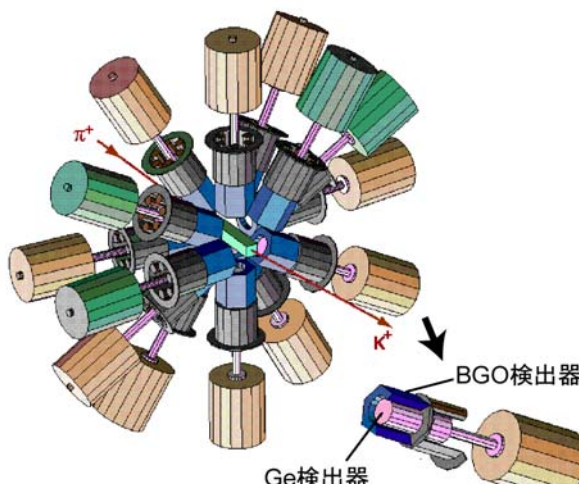


図1: 田村裕和氏らが用いたGe検出器群

ハイパー核スペクトロスコピーの歴史は古いですが、これまでは、主として磁気分析器によって実験がなされていた。この場合、分解能は数MeVが限度で、最も良いものでも1.5 MeVであった。一方、Ge検出器を用いると2 keVの分解能が得られ、磁気分析器の約千分の一の分解能を達成できる。そのため、原理的にはガンマ線測定は魅力ある方法であるが、実際的には収量が小さくバックグラウンドが強大であるため無理とされていた。この迷信を打ち破ったのが田村裕和氏らのグループである。ネックとなっていた強い放射線とバックグラウンドの問題を、田村氏は、共同研究者の谷田聖氏らと共に初めて解決した。田村氏らは、開発したGeガンマ線検出器群をKEK-PSやブルックヘブン国立研のAGS加速器に持ち込み、1998年から系統的な実験を行い、ハイパー核の励起状態からのガンマ線を同定することに成功した。

そのうち、もっとも大きな成果と認められているのは、ハイペロンと核子(陽子・中性子)の間の相互作用の研究である。特に、スピンに依存した力の強さを決定した功績は高く評価できる。一般に、ハイペロン(Λ 粒子)が原子核中に入り込むと、ハイペロンは核子から核力を受ける。ハイペロンや核子のもつスピンや軌道角運動量によらない力(中心力)の大きさは以前から分かっていたが、スピンや軌道角運動量に依存する4種類のカ(スピン・スピン相互作用(Δ)、ハイペロンスピン・軌道相互作用(S_Λ)、核子スピン・軌道相互作用(S_N)、テンソル相互作用(T))はほとんど分かっていた。これらの4つの力のすべての強さが、本実験によって決められた。特にハイペロンスピン・軌道相互作用の強さは、核子同士のスピン・軌道相互作用に比べて遥かに小さいことが判明した。図2に、どのようなハイパー核の実験によってそれぞれの力の強さ(Δ , S_Λ , S_N , T)が決定されたか、およびそ

の決定された強さの値を図示する。なお、これらの力の強さから核力のメカニズムを探る理論的検討が進められている。

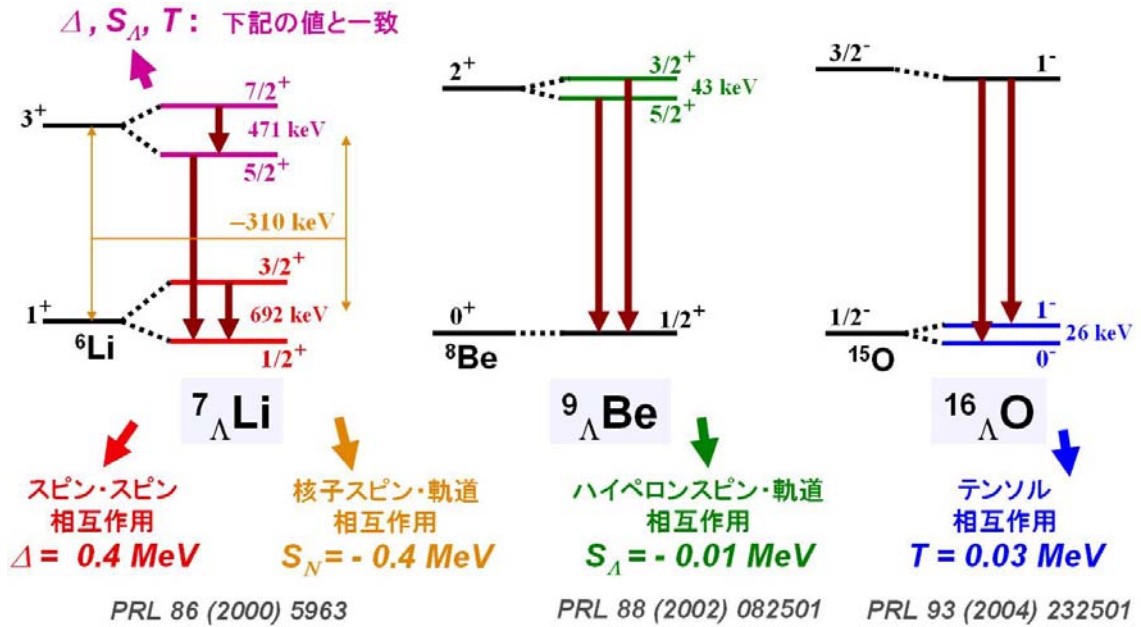


図 2: 観測されたハイパー核ガンマ線転移(矢印)と決定された相互作用の強さ

Ge 検出器のような高分解能検出器を用いると、ドップラーシフト減衰法と呼ばれる方法で、ピコ秒といった短い励起状態の寿命が測定可能となる。田村氏は、この方法を用いて ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ ハイパー核の $5/2+$ 励起状態の寿命を測定し、この状態から $1/2+$ 基底状態へのガンマ線放出遷移確率を求めた。これを Λ 粒子を取り除いた ${}^6\text{Li}$ の対応する遷移(図 2 参照)の場合と比較して、 Λ 粒子という不純物を注入することにより、遷移確率が半分以下(寿命が 2 倍以上)になるという、以前からの理論的予想を裏付ける結果を得た。「不純物」ハイペロン粒子による原子核の応答として、興味深い現象の実験的検証といえる。

このように、田村裕和氏は、ハイパー核研究に対して、Ge 検出器を導入することにより、特筆すべき進歩をもたらした。今後、J-PARC 等でこの方面の研究がさらに開花することになり、大いなる発展が期待される。

主要発表論文

1. Observation of a Spin-Flip M1 transition in ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$
H. Tamura et al
Phys. Rev. Lett. 84 (2000) 5963-5966
2. Measurement of the B(E2) of ${}^7_{\Lambda}\text{Li}$ and shrinkage of the hypernuclear size
K. Tanida et al
Phys. Rev. Lett. 86 (2001) 1982-1985
3. Hypernuclear fine structure in ${}^9_{\Lambda}\text{Be}$
H. AkiKawa et al
Phys. Rev. Lett. 88 (2002) 082501-1~4
4. Hypernuclear fine structure in ${}^{16}_{\Lambda}\text{O}$ and the ΛN tensor interaction
M. Ukai et al
Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 232501-1~4
5. γ -ray spectroscopy of ${}^{16}_{\Lambda}\text{O}$ and ${}^{16}_{\Lambda}\text{N}$ hypernuclei via the ${}^{16}\text{O}(\text{K}, \pi\text{-}\gamma)$ reaction
M. Ukai et al
Phys. Rev. C 77 (2008) 054315-1~20