

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. D* 70, 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。