

恩賜  
日本学士院賞  
受賞者

江口

徹



専攻学科目 素粒子物理学

生年 昭和二十三年二月  
略歴 昭和四五年三月  
同 五〇年三月  
同 五〇年三月

東京大学理学部物理学科卒業

東京大学大学院理学系研究科博士課程修了

理学博士

米国シカゴ大学助教授

東京大学理学部助教授

仏国エコールノルマル（パリ）客員教授（昭和六十二年六月まで）

東京大学理学部教授

東京大学大学院理学系研究科教授

京都大学基礎物理学研究所所長・教授（現在に至る）

平成 三年二月  
同 五年 四月  
同 一九年 四月

## 理学博士江口 徹氏の「数理論物理学的な手法による素粒子論の研究」に対する授賞審査要旨

江口 徹氏は理論物理学者の新しいタイプの草分けともいうべき人である。江口氏は過去四〇年余りにわたって、主として素粒子物理学の中の重力理論、ゲージ場理論および超弦理論といわれている分野において、その数学的問題を深く追求し、いくつかの大きな成果をあげた。これらの新しい分野は物理学と数学との間に新しい関係を生み出し、両方の発展に大きな寄与をしてきた。また江口氏は多くの研究者を養成し、彼らは現在、世界的な規模で活躍している。以下に同氏の重要な貢献を記す。

### ALE空間

江口氏の主要な仕事の一つは、A. Hanson と共同で求めたユークリッド領域でのアインシュタイン方程式の厳密解、江口—Hanson 空間の発見である [1, 2, 3]。江口—Hanson 空間は当初 Yang-Mills ゲージ理論のインスタントン (トポロジカルな量子数を持つ

ゲージ場の配位) との類似から重力インスタントンと呼ばれていたが、Hawking と Gibbons によって拡張されて ALE 空間 (Asymptotically Locally Euclidean Space) とも呼ばれるようになった。複素二次元空間を適当な離散群  $\Gamma$  で割って得られる空間  $C^2/\Gamma$  を考えると原点に特異点が現れるが、この特異点を解消してできる空間が ALE 空間で、無限遠で (局所的に) 平坦な空間となるため Asymptotically Locally Euclidean Space と呼ばれる。ALE 空間はその中に二次元の球面を含むことが特徴で、この球面は空間のもつパラメーターを動かす時にその大きさが零になるため消滅サイクルとよばれる。

超弦理論は一〇次元の空間に存在するが、通常の四次元時空以外の余分な六次元空間は素粒子の内部空間と考えられ Calabi-Yau 多様体と呼ばれている。Calabi-Yau 多様体には様々なものがあるが、その四次元部分が ALE 空間になっている場合は特に重要である。これは、最近の弦理論の発展により、ALE 空間中の弦理論では D ブレーン (超弦理論に存在する膜のような媒質) が消滅サイクルに巻きつくことによって質量を持たないベクトル粒子が生成され、これらが Yang-Mills ゲージ場として振る舞うことが発見されたためである。このため江口—Hanson 空間中の弦理論では  $SU(2)$  ゲージ理論が、一般の ALE 空間では  $SU(n)$  ゲージ理論が生成される。弦理論

はゲージ理論と重力理論の統一を目指す有力な試みであるが、ALE空間は弦理論においてゲージ対称性を生成する機構を与えるため、弦理論の力学を研究する上で最も重要な役割を果たす。文献「3」は微分幾何学やゲージ理論のインスタントン、ALE空間などについてまとめた総説であるが、八〇年代、九〇年代には多くの研究者に使われて *Physics Reports* 誌のベストセラーとなった。

### Large N reduction

ゲージ理論の力学に関する江口氏の重要な仕事に川合光氏と共同で提唱したいわゆる江口—川合模型がある「4」。QCDのようなゲージ理論ではゲージ対称性が大きい極限（例えば群  $SU(N)$  で  $N$  が無限大の極限）で理論に単純化が起きることは以前に示唆されていた。江口氏らはこの極限で実際に著しい単純化が起こり、四次元の場の理論全体が簡単な行列模型で置き換えられることを示した。この結果は Large N reduction の方法とも呼ばれる。初めに提唱された模型は強結合から弱結合領域に移る間に相転移を持つことが分かり、この欠点を除くためクエンチやツイストなどを加えて改良された模型が作られた。ツイストを加えた江口—川合模型は、最近詳しく研究されている非可換空間上の場の理論の最初の例となっている。場の量子論全体がある極限で行列模型に帰着させられる現象は

その後超対称ゲージ理論などで繰り返し再発見され、今日でも場の理論を取り扱う最も強力な手法の一つとなっている。江口氏はこの仕事で一九八四年度の仁科記念賞を受賞している。

### ピラソロ予想

江口氏にはこの他、大栗博司氏と共同の共形場の理論に基礎付けに関する仕事「5」、梁成吉氏と共同の位相的場の理論に関する仕事などがある「6, 7, 8」。また、堀健太郎・Xiong 両氏と共同で提出した量子コホモロジーに関するピラソロ予想「9」は弦理論に關係する現代数学に大きなインパクトを与えた。量子コホモロジーは古典的な幾何学が弦理論のインスタントン効果で量子論的補正を受ける様子を記述するもので、ピラソロ予想はインスタントン効果を足し上げた弦理論の振幅が無限個の微分作用素で消される事、これらの作用素がピラソロ代数（共形場の理論で知られた無限個の生成子からなる代数）の交換関係を満たす事を主張する。ピラソロ予想はその重要な部分が数学者（Givental, Okounkov-Pandharipande）により厳密に証明された。

### 関連する文献

1. Asymptotically Flat Self-Dual Solutions to Euclidean Gravity, T. Eguchi, A.J.

1. Hanson, Phys. Lett. **B74**: 249, 1978.
2. Self-Dual Solutions to Euclidean Gravity, T. Eguchi, A.J. Hanson, Ann. of Phys. **120**: 82, 1979.
3. Gravitation, Gauge Theories and Differential Geometry, T. Eguchi, P. B. Gilkey, A.J. Hanson, Phys. Rept. **66**: 213, 1980.
4. Reduction of Dynamical Degrees of Freedom in the Large  $N$  Gauge Theory, T. Eguchi, H. Kawai, Phys. Rev. Lett. **48**: 1063, 1982.
5. Conformal and Current Algebras on a General Riemann Surface, T. Eguchi, H. Ooguri, Nucl. Phys. **B282**: 308, 1987.
6. Deformation of Conformal Field Theories and Soliton Equations, T. Eguchi, S. K. Yang, Phys. Lett. **224B**: 373, 1989.
7.  $N=2$  Superconformal Models as Topological Field Theories, T. Eguchi, S.-K. Yang, Mod. Phys. Lett. **A5**: 1693, 1990.
8. Prepotentials of  $N=2$  Supersymmetric Gauge Theories and Soliton Equations, T. Eguchi, S.-K. Yang, Mod. Phys. Lett. **A11**: 131, 1996.
9. Quantum Cohomology and Virasoro Algebra, T. Eguchi, K. Hori and C.-S. Xiong, Phys. Lett. **B402**: 71, 1997.