

第 17 回素粒子メダル奨励賞の授賞論文として、以下の 3 編を選出したことを報告いたします。

2022 年度素粒子メダル奨励賞選考委員会:

北野龍一郎(委員長)、中山和則(副委員長)、西岡辰磨、西村淳、波場直之、米倉和也

授賞論文: Deriving on-shell open string field amplitudes without using Feynman rules

Prog. Theor. Exp. Phys. 2022 013B06

著者: 増田 暢、松永 博昭

本論文は、弦の場の理論の古典解に関するものである。弦の場の理論を用いると、弦理論に含まれる無限個の場に関する作用や運動方程式を、弦の場によって非常に簡単に書き表すことができる。特に Witten のボゾン開弦の場の理論については、古典運動方程式に関する研究が進んでおり、古典運動方程式を解く一般的な方法が明らかにされつつある。これらの古典解は、弦理論に関する非摂動的な情報を含んでおり、重要な意味をもつと考えられるが、その物理的意味はゲージ対称性のため決して自明ではない。本論文では、Witten のボゾン開弦の場の理論において、「古典解から計算できるゲージ不変な量」を新たに導き、それらが on-shell tree amplitudes と一致することを示した。これは、既に知られていたエルウッドの不変量の導出を一般化したものとも見なせるが、このような一般化は誰も考えたことがなく、独創的な研究である。また、on-shell tree amplitudes をファイマン・ルールに基づいて計算する通常のやりかたの場合、古典解の周りの作用を求め、ゲージを固定し、ファイマン・グラフを計算した上で、すべてのチャンネルについて足し上げなければならない。この論文では、これを一行に書ける表式で表している。しかも、この表式は、一般の古典解に対して容易に計算できる形をしており、古典解の性質を議論する際に極めて有用である。以上のことから、本論文は今後、弦の場の理論を発展させていくための基礎を与える重要な研究成果と考えられ、素粒子メダル奨励賞にふさわしいと判断された。

授賞論文: Jackiw-Teitelboim quantum gravity with defects and the Aharonov-Bohm effect

JHEP 05 (2021) 026

著者: Eric Mefford、鈴木 健太

Jackiw-Teitelboim (JT) 重力と呼ばれる二次元重力理論は、多数のフェルミオンがランダムに相互作用した量子力学系である Sachdev-Ye-Kitaev 模型と低エネルギー極限で双対だと考えられており、AdS/CFT 対応の検証において中心的な役割を果たしている。また最近では、ブラックホール情報喪失問題の解決に向けた発展の一つであるアイランド予想の検証にも大きく貢献している。

本論文は JT 重力に現れるディラトン場にポテンシャル項を加えた修正 JT 重力理論を考え、その古典解である欠損角を持つ二次元円板の上での修正 JT 重力の量子論的な性質を調べた。このような欠損角を持つ古典解の寄与はより一般的な重力の古典解を構成する際の基本的な構成要素となる。本論文では欠損角を持つ二次元円板上の重力理論が、背景磁場中の荷電粒子の量子力学として記述できることを初めて指摘した。特に後者の記述を用いることで、分配関数やエンタングルメントエントロピーなどの物理量を厳密に計算した点は高く評価できる。この結果は一般的な二次元曲面上の量子重力理論の性質の解明に重要な貢献をしており、素粒子メダル奨励賞にふさわしいと判断された。

授賞論文：On Longevity of I-ball/Oscillon

JHEP 03 (2017) 122

著者：向田享平、瀧本真裕、山田将樹

インフラトンやアクシオンをはじめ、初期宇宙におけるスカラー場のダイナミクスの理解は宇宙の進化を記述する上で重要である。以前より、実スカラー場のポテンシャルがある種の性質を満たすとき *oscillon* (I-ball) と呼ばれるソリトンのようなオブジェクトが形成され宇宙論的に重大な影響を及ぼす可能性があることはシミュレーション等によって指摘されていたが、*oscillon* の性質、特にその安定性に関してはあまり理解されていなかった。

本論文では、*oscillon* の寿命に関して独自の手法による解析を行った。著者達は振動スカラー場について非相対論的有效理論を構成し、ある種の $U(1)$ 対称性が近似的に現れることを指摘し、その理論の下でスカラー場の振動の時間スケールと *oscillon* の寿命の時間スケールの間大きなヒエラルキーを定性的・定量的に理解することに成功した。近年この分野の研究は世界中で活発に進んでおり、本論文はその中でも *oscillon* の本質的な性質を指摘しており、重要な位置を占めている研究である。以上より、本論文は素粒子メダル奨励賞にふさわしいと判断された。

総評：

今回は 13 件 (すべて自薦) の応募がありました。選考委員会では、各応募論文の査読を複数の委員が担当し、その報告を踏まえた議論をオンラインで行いました。委員の専門分野を超えた論文に関しては後日外部の専門家の意見を伺いました。その意見を参考にしつつ、候補に上がった論文を委員全員で再度査読し、全員一致で今回の授賞論文 3 件を選出いたしました。素粒子理論の様々な領域からレベルの高い論文が応募されており、授賞論文以外にも優れた論文がありました。来年度以降も、若手研究者の自信作の応募が継続することを期待しております。