

第16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。

2021年度素粒子メダル奨励賞選考委員会：

今村洋介（委員長）、北野龍一郎（副委員長）、中山優、西岡辰磨、松本重貴、米倉和也

授賞論文：“Identification of perturbative ambiguity canceled against bion”,
Phys. Lett. B 807 (2020) 135570

著者：Okuto Morikawa, Hiromasa Takaura

本論文は、renormalonの問題、つまり特定のクラスのダイアグラムが n -loop で $n!$ の大きさを持ち、摂動級数が収束しないという問題に関する論文である。このような摂動級数はボレル変換の積分で定義しようとしたとき不定性を出す。Argyres-UnsalやDunne-Unsal は、空間をツイストコンパクト化した時に現れるbionと呼ばれる古典解の不定性がちょうど上記の不定性とキャンセルするという予想をし、これに関連して肯定的、否定的両方の面から多くの研究がなされた。特に、ツイストコンパクト化したときrenormalonの $n!$ の振る舞いそのものがなくなるという研究もあり、そうだとするとbionの解釈が不明であった。

この論文では2次元 CP^N シグマ模型においてこの問題を調べている。bionの不定性はファインマンダイアグラムの個数が $n!$ で増えるという摂動論の通常的不定性とキャンセルすべきであり、renormalon（つまりループの各次数でオーダー1の個数のダイアグラムから来る $n!$ ）とは関係が無いことを議論した。重要な点は次の点である。bionは通常のinstanton-anti-instantonのペアに比べてパラメータ的に小さい作用の値を持っており、この作用の値はツイストに依存する。この論文では、ファインマンダイアグラムのIRの構造から、ツイストのパラメータに依存したenhancementが摂動級数で起こることを指摘しており、それゆえボレル平面上での特異点の位置とbionの作用のパラメータ依存性がちょうど合う。

論文中の全ての主張を厳密に示せるわけではないものの、上記の重要な問題に関して説得力のある説明がなされており、素粒子メダル奨励賞に相応しいと判断された。

授賞論文：“Out-of-time-ordered correlators and purity in rational conformal field theories”,
PTEP 2016 (2016) 11, 113B06

著者：Pawel Caputa, Tokiro Numasawa and Alvaro Veliz-Osorio

ブラックホールの量子情報の非局所化を表すスクランブリング現象との関係から、量子多体系における量子カオス性の研究が盛んに行われている。特にブラックホールにホログラフィック双対な2次元の共形場理論は量子カオス性を持つと期待されており、その性質は非時間順序相関関数の漸近的な振る舞いから読み取れる可能性が議論されている。

本論文では可積分性を持つことが知られる有理型共形場理論のスクランブリングを測る指標として、非時間順序相関関数と局所励起された量子エンタングルメントの二つの物理量が計算された。特に理論がホログラフィック双対を持つと期待される中心電荷が大きい極限では、理論の可積分性を反映して非時間順序相関関数はカオス的な振る舞いを示さないにも関わらず、量子エンタングルメントは重力理論と同じスクランブリング現象を示すことを初めて指摘した。

この結果は量子カオス性とスクランブリングが異なる概念であることを示唆しており、両者の間の関係を探るその後の研究に対して重要な貢献をしていることを評価し、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：“Gravitational waves from bubble dynamics: Beyond the Envelope”,
JCAP 1901 (2019) 060
著者：Ryusuke Jinno and Masahiro Takimoto

本論文は、初期宇宙において1次相転移が起こった場合、どのようなスペクトルの重力波が生成されるのかについて解析的に調べた論文である。1次相転移では、偽真空のなかで真の真空の泡が生成され、それらの膨張、衝突により最終的に宇宙が真の真空で満たされる。その衝突の際に生成される重力波スペクトルは数値シミュレーションにより計算されてきたが、本論文では、いくつかの近似のもとでこれを解析的に導出し、定性的な理解に貢献した。特に、泡同士の衝突により、泡の一部が消えてなくなる領域を無視するenvelope近似を用いずに、衝突後のエネルギーの減衰を考慮しながらコンパクトな表式を得ている点が高く評価された。得られた公式を用いた数値計算により、これまでのシミュレーションにおいて課されていた仮定の正当性の考察が可能となる等、この分野の研究において重要な貢献を伴う成果であり、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15件の応募があり、うち1件が他薦でした。選考委員会では提出された応募書類および応募論文を選考委員6名全員が読み、それぞれの論文に対する意見を集計したうえで第1回の選考委員会を開きました。力作が多く、一回の選考委員会では最終的な決定に至らなかったため、候補を半数程度に絞ったうえで、さらに詳細に検討することになりました。選考委員だけでは判断が難しかった論文については、外部の専門家に意見を伺いました。そのうち第二回の選考委員会において全員一致で上記3本の論文を授賞論文とすることに決定いたしました。授賞論文以外にも、重要な結果を含むものや今後その評価がより高まる可能性を感じるものなどもありました。今回惜しくも選に漏れた方々も含め、今後とも自薦他薦問わず積極的な応募を引き続きお願いいたします。