

第 14 回（2019 年度）素粒子メダル奨励賞 選考結果報告書

第 14 回素粒子メダル奨励賞の授賞論文として、以下の 3 件の論文を選出したことをご報告いたします。

2019 年度素粒子メダル奨励賞選考委員会： 伊部昌宏、國友浩（委員長）、近藤慶一、鈴木博（副委員長）、橋本幸士、丸信人

授賞論文：

1. 佐藤亮介、瀧本真裕、“Absolute Lower Bound on the Bounce Action,” PRL 120 (2018) no.9, 091802.
2. 平井隼人、杉下宗太郎、“Conservation Laws from Asymptotic Symmetry and Subleading Charges in QED,” JHEP 07 (2018) 122.
3. 田中章詞、富谷昭夫、“Detection of Phase Transition via Convolutional Neural Networks,” J. Phys. Soc. Jpn. 86, 063001 (2017).

総評：

今回の素粒子メダル奨励賞には、自薦、他薦合わせて 14 件の応募がありました。6 名の選考委員がこれらの論文について個別に検討してレポートを作成し、その結果をもとに（skype 参加を含む）対面の選考委員会の議論を経て、最終的に委員の全員一致で授賞論文 3 件を決定しました。特に、最終候補にあがった論文はいずれも力作で、非常に難しい審査になりました。授賞件数が限られているために、残念ながら今回は僅差で受賞を逃した論文もクォリティが高く、次年度以降の再応募が強く期待されるものでした。一方で、複数の委員から「彼ならこの論文よりもっと評価の高い論文があるのに。」という声が聞かれる応募もありました。若手に対する賞が増えたために応募が重複しないように配慮しているためかもしれませんが、どの論文で応募するかよく吟味した上、自信作で応募されることを期待します。

選考理由

授賞論文 1. “Absolute Lower Bound on the Bounce Action,” PRL 120 (2018) no.9, 091802.

著者: 佐藤亮介 (Ryosuke Sato)、瀧本真裕 (Masahiro Takimoto)

準安定真空の崩壊率の計算に必要なバウンス作用の下限值をかなり一般的に与える手法を提案する論文である。一般に、スカラー場の運動方程式を解いてバウンス解を厳密に求めるのは困難である。本論文では、運動方程式を解かずにバウンス作用の下限值を、ラグランジュの未定乗数法を用いた非常にシンプルな議論で得ている点で独創性が高い。下限値の表式は、ポテンシャルの具体形を仮定しない一般的な形で導出されており、汎用性がかなり高いと言える。いくつかの先行研究の具体例に対して、本論文で得られた結果の妥当性をチェックしているのも評価できる。特に、ヒッグス粒子発見以降、超対称標準模型においても準安定真空の可能性が議論されており、その安定性評価の重要性はますます注目されている。本論文においても先行研究との無矛盾性を確認しており、さらに信頼性を増している。以上のことから、この研究の意義・インパクトは非常に大きく、授賞に値する論文であると判断された。

授賞論文 2 : “Conservation Laws from Asymptotic Symmetry and Subleading Charges in QED,” JHEP 07 (2018) 122.

著者: 平井 隼人(Hayato Hirai)、杉下 宗太郎(Sotaro Sugishita)

近年、Strominger 達の仕事に端を発し、4次元平坦時空上の量子電磁力学(QED)や重力理論の漸近対称性が、メモリー効果やソフト定理との関係を通して研究されている。漸近対称性はゲージパラメーターが無遠方で消えないゲージ変換(Large gauge 変換)である。メモリー効果は一般的に運動方程式を解くことで導出でき、この効果が漸近対称性の変換則と関連があることは先行研究において議論されていた。本論文において、著者達は、メモリー効果が漸近対称性に付随する保存則として理解でき、それから直接導出されることをあらわに

示した。また、漸近対称性の保存則の補正項を見ることで、subleading メモリー効果の導出も行った。さらに、QEDにおける漸近対称性が、ゲージ冗長性などではなく物理的な対称性であることを、BRST形式に基づいて、物理的なヒルベルト空間にBRST電荷が非自明に作用することから単純明快に証明した。また、荷電粒子が質量をもつ場合にもsubleadingソフト光子定理が漸近対称性のWard-高橋恒等式とみなせることも示した。これら本論文で得られた結果は、先行研究で得られた事実の再導出や拡張ではあるが、理論のダイナミクスの詳細に依らず、対称性のみに基づく議論だけで得られることを徹底的に明らかにしたことは、極めて重要であり、様々な理論に一般化可能である美しい結果と考えられる。以上の理由から十分に授賞に値する論文であると判断された。

授賞論文 3 : “Detection of Phase Transition via Convolutional Neural Networks,” J. Phys. Soc. Jpn. 86, 063001 (2017).

著者: 田中章詞 (Akinori Tanaka)、富谷昭夫 (Akio Tomiya)

本論文は、相転移の存在を機械学習が捉えられるか、という重要な問題に答えたものである。この研究では、古典イジング模型において、様々な温度でのスピン配位を生成しておき、(配位、温度)のペアをデータとする。畳み込みニューラルネットワークを用意し、入力データを配位、出力データを温度として、配位から温度を予測する機械学習を行う。得られたニューラルネットワークにおいて、最終層とその一つ手前の層をつなぐネットワークの重みをヒートマップとしてプロットすると、相転移温度付近で大きく変化していることが見て取れる。これが、機械学習が相転移を捉えられたという証拠となった。機械学習が、知られた概念を再現活用するだけでなく、相転移点という物理的概念を抽出することができることを示した本論文は、大変独創的であり、その後の物理と機械学習をつなぐ研究の基礎の一つをなした。これらのことから、本論文は授賞にふさわしい論文であると考えられる。