

湯川フェロー研究成果報告書

1. 氏名：酒井一博
2. 研究年度：2012年度
3. 研究課題名：弦理論と可積分模型
4. 研究実績の概要：

本年度は昨年度に引き続き6次元の場の理論であるE弦理論のBPS状態分配関数について研究を行った。弦理論の発展によって明らかになった事実のひとつに、ラグランジアンから出発する定式化では見えてこなかった多数の非自明な場の量子論の存在が挙げられる。その中でもE弦理論は、6次元で最小の超対称性を持つ理論として最も構成の単純な場の理論である。

6次元E弦理論の空間2次元分を T^2 にコンパクト化すると、低エネルギーでは4次元 $\mathcal{N}=2$ 超対称場の理論とみなすことができ、自然なBPS状態の分配関数がひとつ定義される。弦理論の双対性の議論から、このときのBPS分配関数は $\frac{1}{2}K3$ 曲面の標準束の全体空間のなすCalabi-Yau多様体内の正則曲線の数え上げ母関数になっていることが分かっている。このE弦理論のBPS分配関数は、通常の4次元 $\mathcal{N}=2$ ゲージ理論のそれと共通の性質を持ちながら、 E_8 型アフィンLie代数のWeyl群の対称性やモジュラー変換性などの新たな要素をも含んでおり、数理物理学的な観点から大変興味深い研究対象である。

通常の4次元 $\mathcal{N}=2$ ゲージ理論の場合とは異なり、E弦理論のBPS分配関数を閉じた形で導出する一般的な枠組みや処方箋は今のところ知られていない。対称性を利用してE弦理論のBPS分配関数を級数展開の形で求める試みがこれまで行われてきたが、我々はNekrasov分配関数によく似た、E弦理論のBPS分配関数を陽に与えるコンパクトな表式を見いだした。この表式は実験から得たもので厳密な導出はないものの、既存の方法で計算される級数展開を十分高次まで正しく再現し、また期待される対称性を確かに持つことが確かめられている。このような単純で美しい表式が得られる背景には何かしら理由があるはずであり、それを探ることで6次元理論のさらなる理解ならびに分配関数の厳密計算の手法の拡張等、様々な方向に研究を進展させることができると考えている。

5. 当該年度の発表論文リスト：次頁に記載
6. 次の所属機関：立命館大学理工学部
7. 「湯川フェロー」に関する感想・要望

本年度も湯川フェローに選んでいただきありがとうございました。また、奨学金のおかげで研究に専心することができました。二年間大変お世話になりました。ありがとうございました。

2012年度発表論文・招待講演リスト

A. 発表論文（査読有）

[1] K. Sakai.

“Seiberg–Witten prepotential for E-string theory and global symmetries.”
Journal of High Energy Physics 1209:077, pp. 0–19. (Sep 2012).
[<http://arxiv.org/abs/1207.5739>].

[2] K. Sakai.

“Seiberg–Witten prepotential for E-string theory and random partitions.”
Journal of High Energy Physics 1206:027, pp. 0–12. (Jun 2012).
[<http://arxiv.org/abs/1203.2921>].

B. Proceedings

[3] K. Sakai. “Counting BPS states in E-string theory.”

International Journal of Modern Physics: Conference Series Vol. 21, pp. 116–125.
(Mar 2013).

C. 招待講演

[4] 酒井一博. “E 弦理論と Nekrasov 型公式.”

第 7 回中村誠太郎賞受賞講演.

日本物理学会第 68 回年次大会, 広島大学. 2013 年 3 月 26 日.

[5] 酒井一博. “E 弦理論と Nekrasov 型公式.”

研究会 “場の数理とトポロジー.” 信州大学. 2013 年 2 月 7 日.

[6] K. Sakai. “Counting BPS states in E-string theory.”

Conference “Synthesis of integrabilities in the context of gauge/string duality.”
Steklov Mathematical Institute / State University - Higher School of Economics,
Russia. Sep 21, 2012.