

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：2011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6次元の場の理論であるE弦理論のBPS状態分配関数およびその背後にある位相的弦理論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基本的なもののひとつである。6次元は重力場を含まない超対称場の理論が存在できる最大の次元であり、6次元超対称理論の部分的なコンパクト化によって、より低い次元の様々な超対称場の理論を統一的に理解することができる。E弦理論を T^2 にコンパクト化すると、低エネルギー有効理論は4次元 $\mathcal{N} = 2$ U(1) ゲージ理論で表され、Seiberg–Witten理論による記述が可能となる。このとき低エネルギー有効作用を与えるSeiberg–Wittenプレポテンシャルは、巻き付いたE弦のBPS状態の分配関数にもなっており、理論を特徴づける最も基本的な関数である。本研究ではこのプレポテンシャルを陽に与える表式を初めて発見し、論文[2]で発表した。得られた表式はNekrasov分配関数に類似した分割和の形をとっており、その拡張や解釈等今後さらなる発展研究が見込まれる。このプレポテンシャルはまた、局所 $\frac{1}{2}K3$ として知られる非コンパクト3次元Calabi–Yau多様体上の種数0の位相的弦振幅を表している。現在、位相的弦理論振幅の系統的な構成方法が十分に分かっているのはトーリックCalabi–Yau多様体と呼ばれるクラスについてのみであり、局所 $\frac{1}{2}K3$ はトーリックでないCalabi–Yau多様体の例として最も基本的なもののひとつである。論文[3]ではこの局所 $\frac{1}{2}K3$ 上の位相的弦振幅を正則アノマリー方程式の直接積分を用いて求める処方箋を構成し、実際に種数3以下の振幅を具体的に求めた。なお日本数学会2012年度年会の特別講演[5]において、これらの成果を含めた関連分野の最近の進展を紹介した。

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：京都大学基礎物理学研究所に引き続き在籍
7. 「湯川フェロー」に関する感想・要望

湯川フェローに選ばれたことは大変ありがたいことであり、その名に恥じぬよう常に質の高い研究を心がけることで、充実した一年間を過ごすことができました。また扶養家族をかかえてのポストドク生活は経済的に余裕がない中、奨学金は大変助かりました。心より感謝しております。

2011年度発表論文・講演リスト

A. 発表論文（査読有）

- [1] Y. Hatsuda, K. Ito, K. Sakai and Y. Satoh.
“ g -functions and gluon scattering amplitudes at strong coupling.”
Journal of High Energy Physics 1104:100, pp. 0–45. (Apr 2011).
[<http://arxiv.org/abs/1102.2477>].

B. 発表論文（雑誌投稿中）

- [2] K. Sakai. “Seiberg–Witten prepotential for E-string theory and random partitions.”
arXiv.org e-Print: arXiv:1203.2921 [hep-th], pp. 0–14. (Mar 2012).
- [3] K. Sakai. “Topological string amplitudes for the local $\frac{1}{2}K3$ surface.”
arXiv.org e-Print: arXiv:1111.3967 [hep-th], pp. 0–35. (Nov 2011).

C. 解説

- [4] 酒井一博. “位相的弦理論と保型性 — Seiberg–Witten 曲線, 有理楕円曲面, Jacobi 形式 —.”
日本数学会 2012 年度年会・無限可積分系分科会特別講演概要. pp. 1–13.

D. 招待講演

- [5] “位相的弦理論と保型性 — Seiberg–Witten 曲線, 有理楕円曲面, Jacobi 形式 —.”
日本数学会 2012 年度年会・無限可積分系分科会特別講演.
東京理科大学. 2012 年 3 月 26 日–29 日.
- [6] “Conformal perturbation theory for gluon scattering amplitudes.”
Institut d’Eté de Physique et Mathématique “Double Affine Hecke Algebras,
the Langlands Program, Conformal Field Theory, Super Yang-Mills Theory.”
Institut d’Etudes Scientifiques de Cargèse, France. Jul 4–16, 2011.

E. 集中講義

- [7] “量子可積分系の基礎.”
東京工業大学・茨城大学素粒子論研究室合同研究会 2011,
草津セミナーハウス. 2011 年 10 月 8 日–10 日.