

教員名	出口 哲生 (DEGUCHI Tetsuo)
所属	理学部物理学科物性物理学講座
学位	理学 (博士) (1992 東京大学) 「色付き絡み目の多変数不変量および関連する統計力学の可解模型」
職名	教授
URL / E-mail	deguchi@phys.ocha.ac.jp

◆研究キーワード

数理物理学 / 高分子物理学 / 結び目

◆主要業績

総数 (9) 件

- ・ A. Nishino and T. Deguchi, The $L(\mathfrak{sl}_2)$ symmetry of the Bazhanov-Stroganov model associated with the superintegrable chiral Potts model, Phys. Lett. A, Vol. 356 (2006) pp. 366-370.
- ・ T. Deguchi, The Six-Vertex Model at Roots of Unity and some Highest Weight Representations of the \mathfrak{sl}_2 Loop Algebra, Ann. Henri Poincaré Vol. 7 (2006), pp. 1531--1540.
- ・ T. Deguchi and A. Yao, Scattering Functions and Correlation functions of Random Knots, OCAMI Studies vol. 1 (2007) pp. 165 - 178.

◆研究内容

(1) 数理物理学における研究成果

量子統計力学および量子多体問題における厳密に解ける模型の研究。可積分量子スピン鎖として代表的な $X X Z$ 鎖の異方性変数が1のべき根の場合に、エネルギー固有値スペクトルに著しい縮退が出現することが、本報告者を含む共同研究の中で明らかにされた。 \mathfrak{sl}_2 (2) ループ代数という無限次元の対称性が出現する。2006年度には、ループ代数の有限次元最高ウェイト表現が既約表現となるための必要十分条件を証明した。

(2) 高分子物理学における研究成果

環状高分子鎖は線形の高分子鎖と異なり、そのトポロジーが結び目で表され、熱揺らぎでは変化しないという興味深い振る舞いを示す。2006年度には、シータ溶媒中において、一定のトポロジーを持つ環状高分子鎖の2点相関関数を厳密に表す公式を提案し、結び目不変量を用いた数値シミュレーションによりその妥当性を確認した。現実の環状高分子鎖の性質を調べるにはそのトポロジーを一定に制御するシミュレーションを実行する必要がある、これは一般に容易でないが、我々は Vassiliev 不変量を用いて実行した。

◆教育内容

(1) 学部の卒業研究

2006年度の卒業研究では、2名の学生が別々の研究課題に取り組んだ。一人は、2次元イジング模型の厳密解をオンサーガー・カウフマンのオリジナルな方法に従って理解することを試みた。もう一人は流体力学に関心を示したため、流体力学の教科書を自分で読んで解説するセミナーを行い、最終的には野球のボールにはたらくマグナス力を議論した。

(2) 大学院の教育・研究の内容

修士の大学院生は、環状高分子鎖の溶液中での拡散の様子を明らかにするため、分子動力学シミュレーションを実行した。最近、環状鎖と線状鎖の拡散定数が実験的に詳細に測定され、これが理論とどの程度一致するのかを検証することが目的である。

博士課程の研究を紹介する。大学院生の一人は、ゴム弾性の理論にトポロジー的絡み合いの効果を取り入れる研究を行った。そして、絡み合い確率をシミュレーションで計算する研究に取り組んだ。数理物理分野の大学院生は量子非平衡統計力学における Keldysh の方法を学び、強束縛格子模型においてその形式論を展開する演習問題に取り組んだ。トンネル電流を具体的に非平衡グリーン関数を計算して求めた。

◆Research Pursuits

(1) In mathematical physics: We studied irreducible highest weight representations of the $sl(2)$ loop algebra and reducible indecomposable ones in association with the $sl(2)$ loop algebra symmetry of the six-vertex model at roots of unity. We have shown a general criteria for a highest weight representation to be irreducible. We also give an example of a reducible indecomposable highest weight representation and discuss its dimensionality.

(2) In polymer physics: We have introduced a phenomenological formula for describing the distribution function of distance between two nodes of a random polygon with fixed topology. The model of random polygons corresponds to a ring polymer in a theta solvent. Then, we have confirmed the validity of the formula through simulation using knot invariants. Furthermore, the formula gives exact analytic expressions to both the two-point correlation function and the scattering function.

◆共同研究例

神奈川県産業技術総合研究所と高分子の結晶化における絡み合いの効果に関するシミュレーションの共同研究を実施した。

◆共同研究可能テーマ

- ・ $sl(2)$ ループ代数の既約表現判定条件の拡張
- ・ 環状高分子溶液のシータ溶媒中でのトポロジー的膨張

◆将来の研究計画・研究の展望

(1) 数理物理分野

XXZ 鎖におけるループ代数の対称性の理論をさらに展開し、ダイナミカル対称性として確立することを目標とする。有限系の多体効果の厳密な取り扱いが重要であり、今後さらに注目されるであろう。

XXZ スピン鎖は相互作用のある量子可積分系の代表的存在で、朝永・ラッティンジャー流体 (TL流体) を実現する数少ない可解モデルである。現在のTL流体理論は XXZ 鎖のベータ仮説に基づいており、 XXZ 鎖の固有状態を厳密に取り扱うことは学問的に重要性である。将来の応用の可能性も大きい。

(2) 高分子物理学

最近の実験研究の発展により、環状高分子の統計力学的性質や動力的な振る舞いが詳細に調べられるようになった。実験結果との比較を目的として、一定のトポロジーをもつ環状高分子鎖のダイナミクスや統計力学を研究する。シミュレーションによって多くの物理的性質を解明し、実験研究者と密接な協力関係を利用して実験結果と比較する。本学学生の参加を期待する。

◆受験生等へのメッセージ

理論物理の研究を行うことは、決して難しいことではありません。実は研究は勉強と異なるのです。もちろん、これまでに人類が蓄積した様々な物理学上の知識を相当量学ぶことは、これまた決して容易なことではありません。大学で物理学の基礎知識をじっくり学んで深く理解することはもちろん重要ですが、一方、研究というのは今までに知られていない事柄を見つけることが目的なので、極論すると多くの基礎知識がなくても出来ることなのです。もしも必要な知識を例えば指導教員に聞いて理解できるならば、研究の初期段階ではそれで済んでしまうこともあるのです。新発見をした後で、何を自分が見つけてしまったのかを確認するのも、人生の楽しい経験の一つになるのではないのでしょうか。

出口研究室では、数理物理と高分子物理の2分野で、世界最先端のテーマを数多く研究しています。特に、外国の人と一緒に議論や研究をしてみたい人にはうってつけです。