

教員名	出口 哲生 (DEGUCHI Tetsuo)
所 属	理学部物理学科
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

- ・ T. Deguchi, Topological entropic force associated with the topological swelling of random knots and links, in "Physical and Numerical Models in Knot Theory", edited by J.A. Calvo, K.C. Millett and E.J. Rawdon, (World Scientific, Singapore, 2005) pp. 343
- ・ K. Kudo and T. Deguchi, Level statistics of XXZ spin chains under zero magnetic field, J. Phys. Soc. Jpn. Vol. 74 No. 7 (2005) pp. 1992--2000.
- ・ M. K. Shimamura, K. Kamata, A. Yao and T. Deguchi, Scattering functions of knotted ring polymers, Phys. Rev. E Vol. 72, 041804 (2005) (6 pages)

◆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 XXZ 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。 $sl(2)$ ループ代数という無限次元の対称性が出現する。2005 年度には、ベータ状態がループ代数の最高ウェイトであることを証明した。

(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、いくつか興味深い性質を示す。自然界にはバクテリアなど原始的な生命の DNA が環状鎖である場合が多い。2005 年度には、一定のトポロジーを持つ環状高分子鎖の散乱関数を、結び目不変量を用いる数値シミュレーションにより精密に求めた。環状鎖のトポロジーは結び目で表され、熱揺らぎでは変化しないため、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。このことは一般には容易でないが、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

2005 年度の卒業研究では、最初の半年間は高分子物理学の基礎を英文の教科書「The Theory of Polymer Dynamics」(M. Doi and S.F. Edwards) を修士の大学院生とも一緒に輪講して読み進めた。年度の後半では、自力で高分子のシミュレーションを実行すべく、簡単な分子動力学などのプログラムを作成して実行する演習を行った。

(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。環状鎖の方が線状鎖よりも流体力学的半径が大きいと言う実験結果の報告のためである。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。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 の方法を勉強し、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 discuss 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 discuss the scattering function of a Gaussian random polygon with N nodes under a given topological constraint through simulation. We evaluate the form factor $P_K(q)$ of a Gaussian polygon of $N=200$ having a fixed knot K for some different knots such as the trivial, trefoil and figure-eight knots. Here the Gaussian polygons with the different knots K have distinct values of the mean square radius of gyration. We obtain the Kratky plots of the form factors for the different topological constraints, and discuss nontrivial large- q behavior as well as small- q behavior for the scattering functions.

◆Educational Pursuits

For undergraduate students, we discussed the physics of polymers based on the textbook: M. Doi and S.F. Edwards, the Theory of Polymer Dynamics, throughout the summer semester of 2005. Then, the undergraduate students compiled and run some small Fortran programs so that they can construct numerical simulation of polymer dynamics.

Graduate students in the master course, we discussed the physics of polymers based on the textbook: M. Doi and S.F. Edwards, the Theory of Polymer Dynamics, throughout the summer semester of 2005. Then, they constructed Fortran codes of molecular dynamics and performed numerical simulation on the diffusion process of ring polymers.

One of the graduate students in the PhD course studied the elasticity of polymer networks and investigated some possible generalization of the theory of polymer network due to Graessley and Pearson. Another graduate student in the PhD course studied quantum transport problem in non-equilibrium such as that of the Laudauer formula, and learned the Keldysh formalism of non-equilibrium Greens functions.

◆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。研究成果は以下の論文： K. Tsurusaki, S. Takeuchi and T. Deguchi, Crystallization of an entangled ring polymer: coexistence of crystal and amorphous regions, J. Macromolecular Science: Part B Physics B42, Nos.

◆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。この研究は、いわば有限系の多体効果の厳密な取り扱いが物理的にも重要であることを示唆しており、逆にいえば、そのような研究が今後の量子統計物理学の発展のためには重要なのである。

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模型である。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

DNAの複製過程を理論物理学の立場から明らかにすることは、生命を物理学の視点から理解する目的のためには必ず解決しなければならない問題の一つである。その重要な手がかりの一つとして、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詳細に解明する。実験との比較を通じて数多くの性質を確認しなければならない。そのためには、本学の学生の高い能力が必要不可欠となる。

◆受験生等へのメッセージ

理論物理学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。大学の4年間で学ぶ物理学の知識はじっくり取り組んで身につけるのが大事ですが、一方、研究というのは今までに見つかっていないことを見つけるのが目的なので、極論するとあまり基礎知識がなくても出来ることなのですもし必要な知識は例えば指導教員に聞けば分かるならば、そのことを認識しておけば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。外国の人と一緒に研究したい人や議論してみたい人には特にうってつけです。