

## 研究会報告

(YITP-W-02-13)

# 「量子カオス：理論と実験の現状」

(2003年2月12日受理)

日時：2002年9月9日(月)～11日(水)

場所：京都大学基礎物理学研究所

古典的にカオスを示す系では、位相空間の安定なトーラス構造が崩壊し、量子化すべき作用（断熱不変量）が消失する。このため、量子力学を古典的にカオスを示す系に適用するとさまざまな興味深い問題が発生する。これが「量子カオス」という研究分野の誕生の源泉である。

古典的にカオスを示す系の量子動力学は単に周期的あるいは準周期的なふるまいを示すだけでカオス的なふるまいを示さない。カオス系におけるこの「量子＝古典対応の不在」をめぐっては、散逸やデコヒーレンスの効果をも考慮して様々な角度からの研究がなされている。他方、ナノテクノロジー（超微細加工技術）で制作されるサブミクロンからナノスケールの構造の電子デバイスを用いて、量子カオスを実験的に捉える研究が活発になっている。スタジアムビリヤードやシナイビリヤードはカオスを示す力学系の典型例として数学や統計力学の立場からの歴史的研究が集積しているが、近年、半導体のヘテロ接合界面で本当にこのようなビリヤードの量子版（量子ドット、アンチドットなどとも呼ぶ）が作製され、メゾスコピック系における量子輸送に関する基礎理論の確立が求められている。さらに、分子科学の分野では、多次元配位空間をモデル化することにより、原子分子反応の動力学に関する息の長い研究が続けられている。そこでは高次元カオスの量子版やカオスのトンネリングの研究が特に重要である。ところで、従来の量子カオスの研究は、エネルギースペクトルの準位統計に見られるように、ランダム系の理論（ランダム行列の理論やアンダーソン局在）を借用してなされていた。しかし、最近では、「作用」がプランク定数に比べて大きい領域でのいわゆる半古典理論や回折効果を取り入れた改良理論によって、実験に対するより深い理解が進んでいる。

本研究会では、物性物理、分子科学、場の理論などの諸分野でこれまでばらばらに行なわれていた量子カオス関連分野の研究者が集まり、今後の研究の発展の契機を探ることをめざした。そして、量子カオスの個別的分野の従来の研究を、普遍性を追求する立場から幅広く組織して議論を深めた。

具体的なテーマとしては以下の内容を含む：(1) 量子カオスの基本概念と基礎理論 (2) メゾスコピック系における量子カオスと量子輸送 (3) 化学反応、トンネル現象における半古典理論 (4) 準位統計のゆらぎと統計性 (5) 場の理論および宇宙論における量子カオス (6) 数学的および数理工学的考察、など。

研究会では、32件（15件の招待講演と17件の一般講演）の口頭発表があり、終始、活発な議論が展開された。国内全域からの参加があり、参加者数は70人を越えた。とくに、学生参加者数が30人を越えたのは、この学際分野の将来を保証する明るいニュースである。

組織委員 中村勝弘(大阪市大)、高塚和夫(東大)、大場一郎(早大)

## 京大基研短期研究会 「量子カオス：理論と実験の現状」

日時 2002年9月9日(月)～11日(水)

場所 京都大学基礎物理学研究所

### (1) 量子カオスの基本概念と基礎理論

散逸カオス系における半古典論の構築

.....(早稲田大学理工学部) 太田 幸宏, 大場 一郎

開いた系の quantum state diffusion 法による量子化.....(早稲田大学理工学部) 大場 一郎

カオス写像素子模型 - 乱流相における集団周期運動の発見, そのユニバーサリティー

.....(明治大学理工学部物理) 島田 徳三

多自由度量子系の安定性.....(東京大学大学院総合文化研究科) 清水 明, 浮穴 学尚

(東京理科大学理工学部情報科学科) 宮寺 隆之

一般化された伏見関数と量子多体状態の複雑さ.....(京都大学基礎物理学研究所) 杉田 歩

Chaos 的動力学による量子論的絡み合いの生成

.....(東京都立大学大学院理学研究科物理学専攻) 田中 篤司

(分子科学研究所理論研究系) 藤崎 弘士

(東京理科大学理工学部情報科学科) 宮寺 隆之

### (2) メソスコピック系における量子カオスと量子輸送

Periodic Orbits Picture Of Weierstrass-Like Magnetoconductance Fluctuations In Quantum Dots

.....(大阪市立大学工学研究科) アグン=ブディオノ, 中村 勝弘

量子ドットにおけるフラクタル的量子伝導現象.....(千葉大学工学部) 落合 勇一

SQUID 系における決定論的拡散現象 - 超伝導接合系を利用した量子カオスの研究 -

.....(大阪市立大学工学研究科) 加藤 岳生, 谷本 健一, 中村 勝弘

メソスコピックディスクにおける電子の伝導と散乱.....(名古屋大学工学研究科) 澤木 宣彦

量子ドット内の少数電子系の準位統計と波動関数.....(関西学院大学理工学部) 澤田 信一

(大阪市立大学工学研究科) 寺井 章, 中村 勝弘

The classical phase space for quantum dots

.....(The Tarucha Mesoscopic Correlation Project, ERATO-JST) Michael Stopa

円ピリアード内の2個の剛体ディスクの量子力学

.....(大阪市立大学工学研究科) 中園 直史, 中村 勝弘

量子カオスと量子輸送 - 非線形量子力学の試みについて -

.....(大阪市立大学工学研究科) 中村 勝弘

周期外場下における量子局在現象の振動数依存性

.....(東京大学工学部) 町田 学, 齊藤 圭司, 宮下 精二

2次元周期的変調磁場中の量子輸送現象.....(上智大学理工学部) 吉田 順司

(3) 化学反応、トンネル現象における半古典理論

複素相空間カオスによるトンネリング機構……………(東京都立大学理学研究科) 大西 孝明  
強磁場中の亜酸化銅光吸収スペクトルと量子カオス…(物質材料研究機構) 瀬山 実穂, 高増 正  
多次元系分子の振動カオスのエネルギー量子化  
……………(東京大学大学院総合文化研究科) 高塚 和夫  
Dynamic Jahn-Teller 系のカオスと量子化…(千葉大学自然科学研究科) 山崎 久嗣, 夏目 雄平  
(大阪市立大学工学研究科) 寺井 章, 中村 勝弘

(4) 準位統計のゆらぎと統計性

Microscopic and Macroscopic Physics of Non-equilibrium Steady States Near and Far from  
Equilibrium……………(慶應義塾大学日吉物理学教室) 青木 健一郎  
(Yale 大学物理学科) Dimitri Kuesnezov  
量子カオス系のエネルギー準位統計 —エルゴードから拡散領域まで—  
……………(龍谷大学理工学部) 前 直弘, 飯田 晋司  
ベリー・ロブニックの仮定を出発点とする可積分量子系の準位間隔統計  
……………(東海大学電子情報学部) 牧野 浩典  
(早稲田大学理工学部) 田崎 秀一

(5) 場の理論及び宇宙論における量子カオス

宇宙論における量子カオス……………(国立天文台) 井上 太郎  
場の理論と量子カオスの接点……………(東京都立大学大学院理学研究科物理) 齋藤 暁  
バレー法 —Tunneling effect in imaginary time path-integral formulation—  
……………(東京大学物性研究所) 佐藤 昌利  
バレー法: 非摂動的な解析と N 重超対称性……………(大阪大学大学院理学研究科) 田中 敏晶

(6) 数学的及び数理科学的考察

内部固有値と外部共鳴から撞球台の形状を決定できるか?  
……………(東京都立大学大学院理学研究科) 岡田 雄一郎, 首藤 啓  
(ATR 環境適応通信研究所) 原山 卓久  
(早稲田大学理工学部) 田崎 秀一  
情報処理の量子力学的制約……………(東北大学大学院情報科学研究科) 小澤 正直  
複素力学系と量子カオス……………(東京都立大学大学院理学研究科) 首藤 啓  
可積分量子スピン系における異常な準位交差 —量子 XXZ スピン鎖に出現する  $sl_2$  ループ代数の  
対称性—……………(お茶の水女子大学理学部物理) 出口 哲生, 工藤 和恵  
カオスと統計力学……………(京都大学情報学研究科) 藤坂 博一