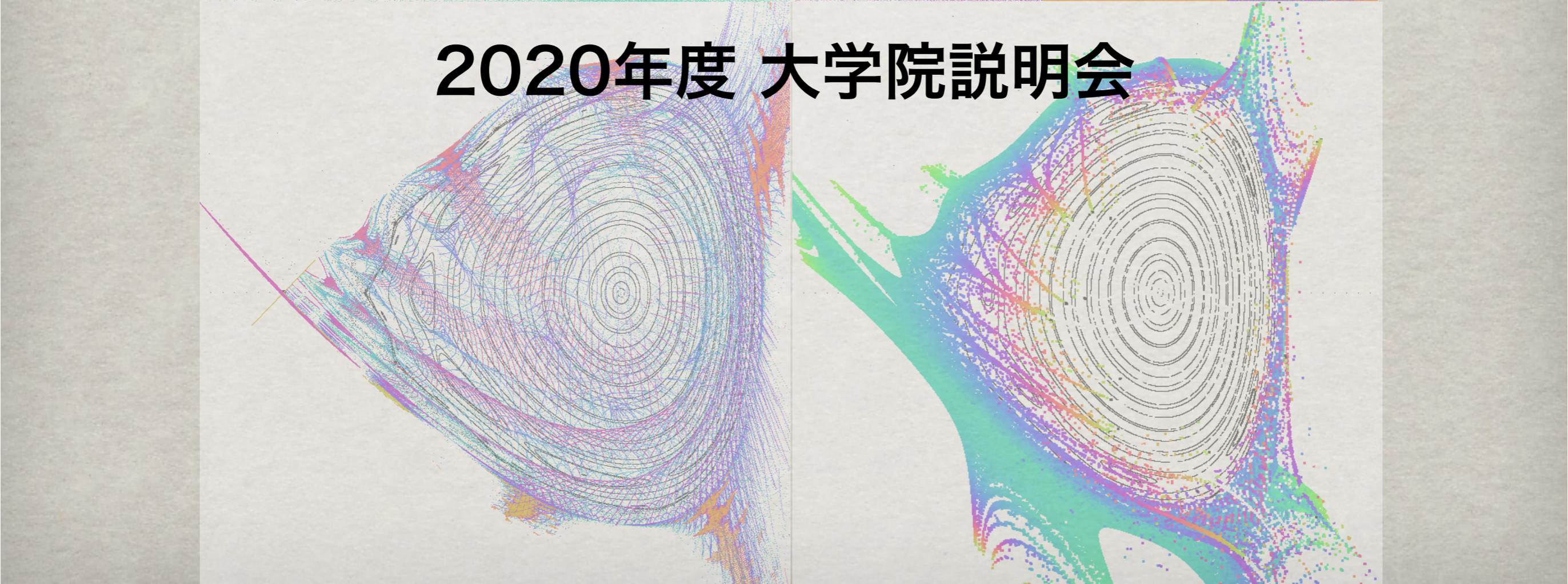


非線形物理研究室

2020年度 大学院説明会



研究内容

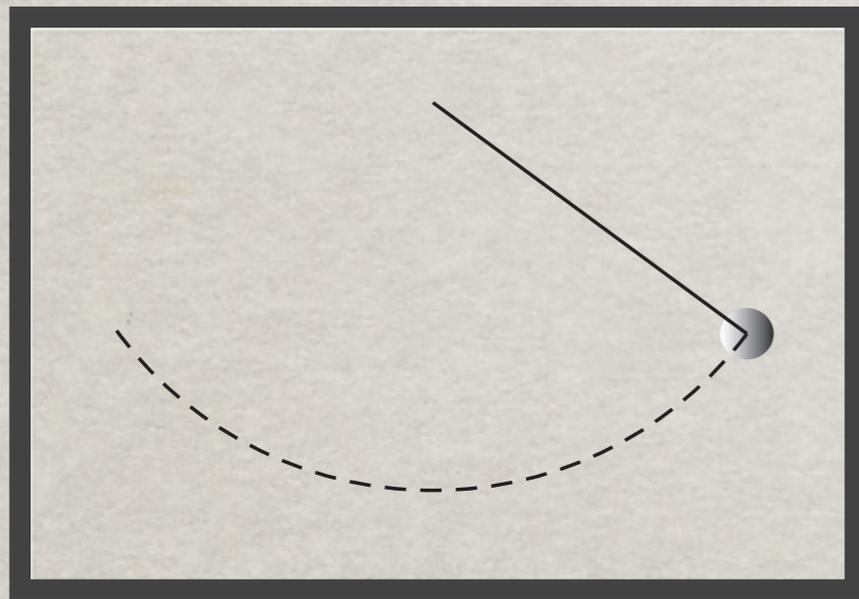
量子力学で記述されるミクロな物理過程から広くは生命現象まで、われわれを取り巻く自然には非線形な現象があふれています。当研究室では、非線形な系の動力学、なかでも、解析的な解の存在しない「非可積分系」の普遍的・数理的な構造を明らかにしつつ、自然現象の複雑さ・多彩さの起源を力学系理論の立場から理解すること試みています。とくに、力学系におけるカオスの問題を、古典および量子論双方について詳しく調べています。専門の近い物理の研究者たちとだけでなく、周辺分野（数学者、化学者など）の研究者たちとの共同研究、情報交換を積極的に行っています。

1. 古典カオスの諸問題

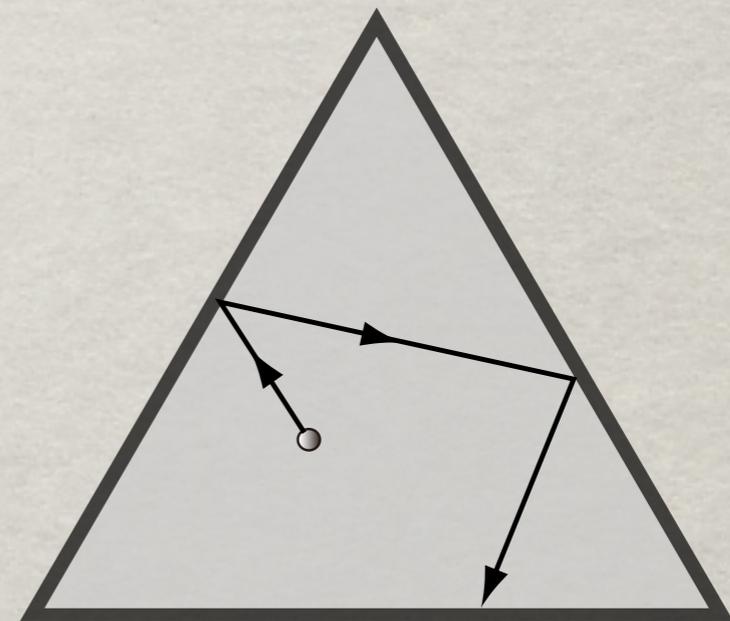
現実の物理現象に現れる力学系は、可積分な系でも理想的なカオスが現れる系でもありません。我々が目にする最も一般的な系には、規則的な軌道とカオス軌道とが複雑に混在し、たとえ自由度の低い、一見単純に見える系であってもその動的振る舞いは極めて複雑になります。その一方、多くの自由度の関与する、物理・化学、さらには生物現象の特徴は、その動力学のうちに階層的なタイムスケールや集団的運動が存在することです。大自由度系と言えども、動力学中に構造が発現し、その状態が一定期間維持されることは、経験的にもよく知られ、また、それに記述する多くの現象論があります。我々は、ミクロな立場（ハミルトン系）から、規則運動とカオス運動が混在する少数自由度、および大自由度系の古典非可積分系の問題を探っています。

Simple systems do not necessarily exhibit simple behaviors

Pendulum



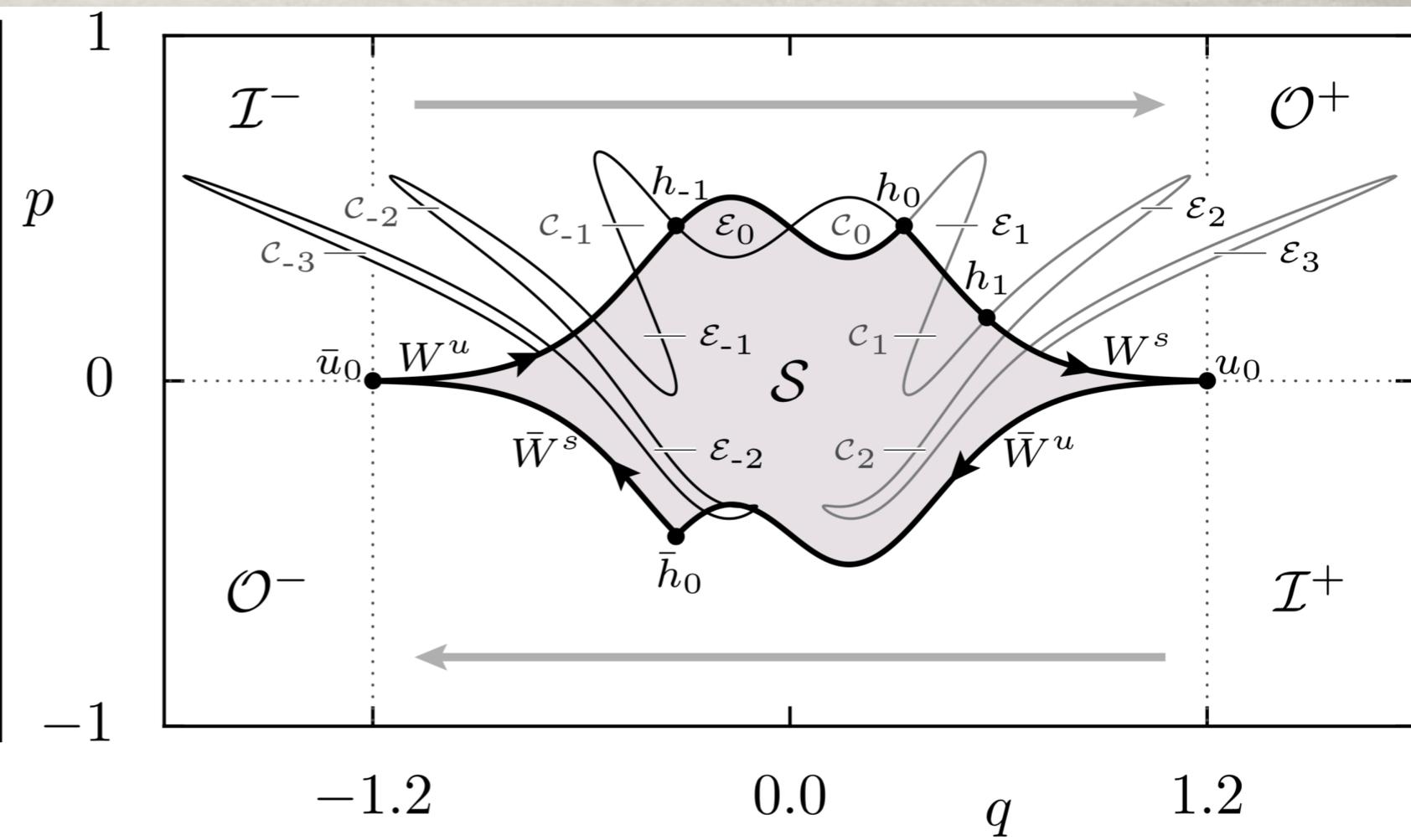
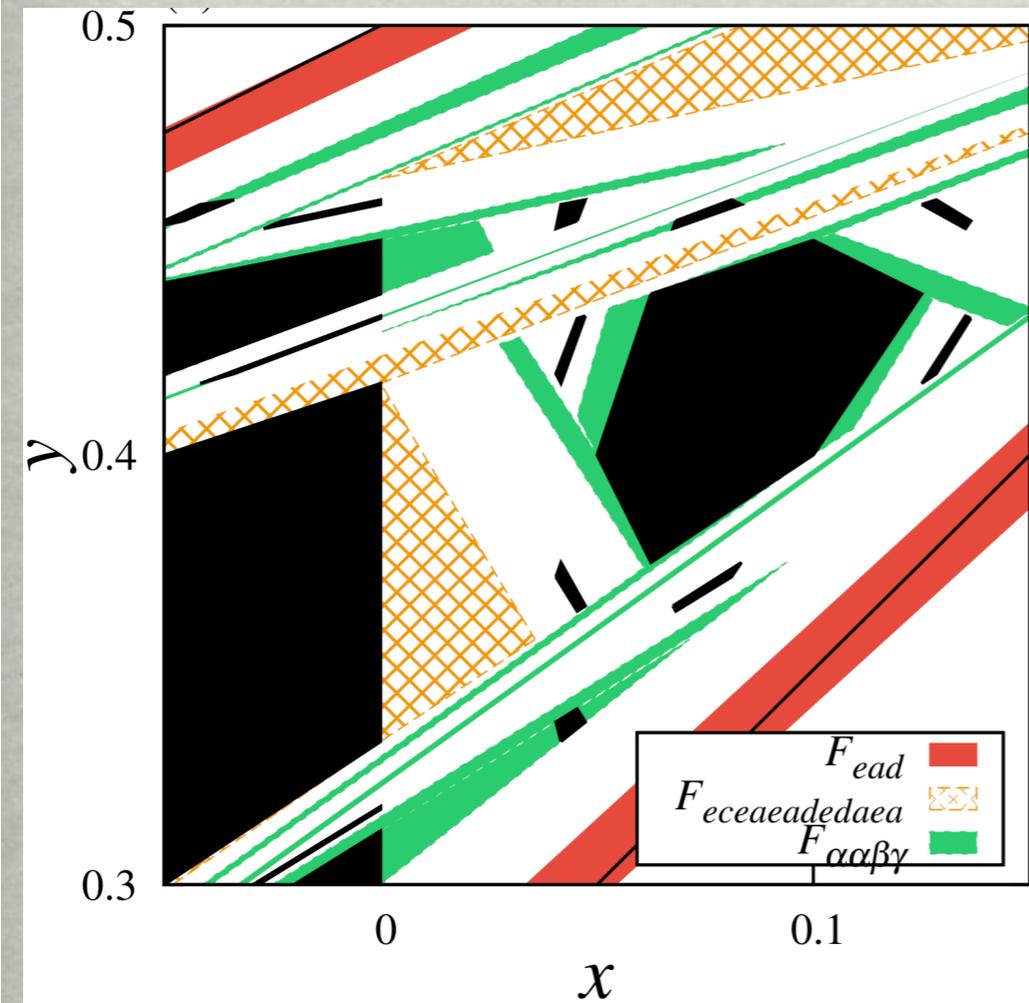
Billiards



lattices



Classical phase space in nonintegrable systems



A. Akaishi, K. Aoki and A. Shudo:
Hierarchical structure in sharply-divided phase space for the piecewise linear map
 Phys. Rev. E. **95** (2017) 052207-1 (8 pages)

N. Mertig and A. Shudo:
A new class of open quantum maps from complex scaling of kicked scattering systems
 Phys. Rev. E **97** (2018) 042216-1 (23 pages)

2. 量子論とカオスの問題

量子力学は可積分系を前提に作られた理論体系です。そのため、可積分系とはとても相性が良く、波動現象であるにもかかわらず多くのことを粒子的な描像で理解することが可能になります。一方、古典力学でカオスを発生する系の量子力学にはその土台にはっきりしないところがあります。そのため、そこで何が起き、それらをどう理解すれば良いのか、判然としない部分が多々あります。カオスがあると量子力学はどうなるのでしょうか？ 量子カオスの問題は、物理現象の複雑さの起源である系の非線形性とミクロな法則を支配する量子力学との間にまたがる基本問題の一つと考えられます。我々は、近年進展を遂げつつある、複素力学系理論、漸近展開理論などの助けを借りつつ、非可積分系に現れる純量子現象（たとえば、トンネル効果、局在現象、量子絡み合いなど）に注目し、その基礎理論確立を試みています。

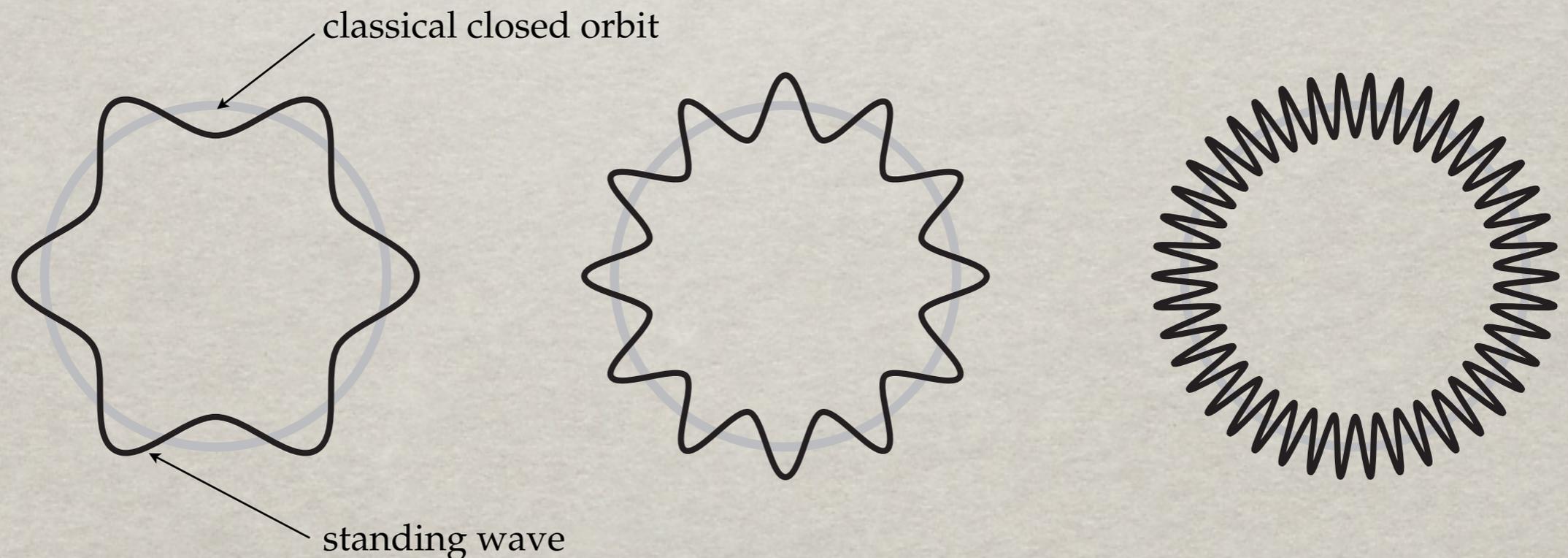
Classical mechanics is a singular limit of quantum mechanics.

The expansion

$$[\textit{Quantum Mechanics}] = [\textit{Classical Mechanics}] + O(\hbar)$$

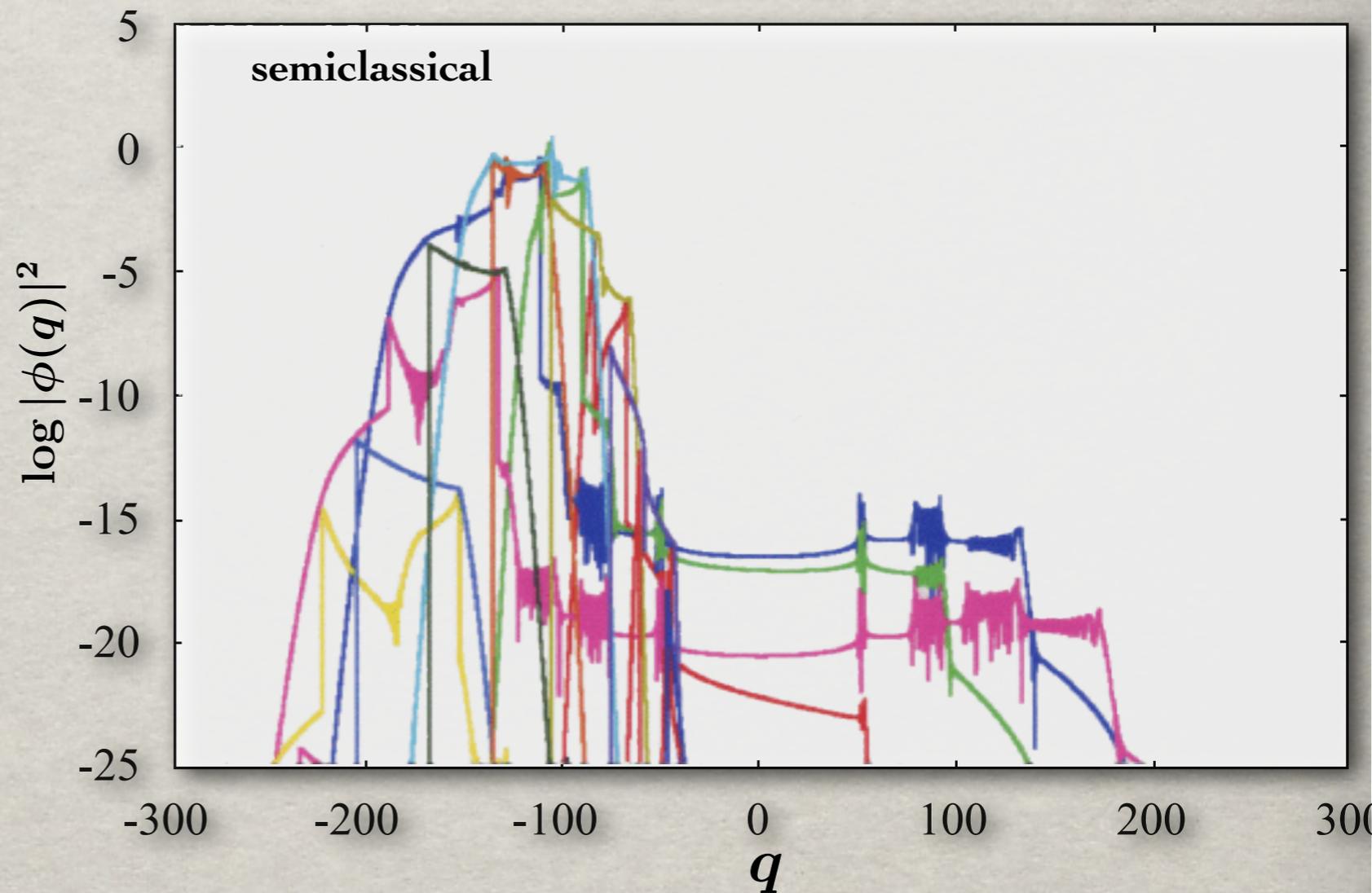
is not analytic around $\hbar = 0$

$\hbar \rightarrow 0$ (semiclassical limit) is not $\hbar = 0$ (classical limit)



Quantum tunneling in nonintegrable systems

$n = 8$ $n = 9$ $n = 10$



A. Shudo and K.S. Ikeda:
Complex semiclassical approach to chaotic tunneling
in *Dynamical Tunneling* edited by Srihari Keshavamurthy and Peter Schlagheck
(CRC Press, 2011) Chapter 7, pp.139-176.

3. 新奇的な量子ホロノミーの問題

熱力学における断熱サイクルは物理系に何ら変化をもたらしさない、つまりないサイクルです。同様に、力学の問題として孤立した量子系に断熱サイクルを施しても、一見何も変化しないように思われます。しかし、量子カオスの研究でよく調べられている周期外力系のように、これまで断熱過程が徹底的に検討されていなかった状況では、断熱サイクルが孤立量子系に非自明な変化をもたらしることが明らかになってきました。私達は、この「新奇的な量子ホロノミー」と呼ばれる現象の数理的構造を調べたり、新しい具体例を探索しています。また、非線形偏微分方程式系のソリトンの制御や量子情報処理への応用も検討しています。

現在の研究室メンバー

<http://www.comp.tmu.ac.jp/nonlinear/ja/member.html>

非線形物理セミナー（不定期）

<http://www.comp.tmu.ac.jp/nonlinear/ja/seminar.html>

発表論文等

<http://www.comp.tmu.ac.jp/nonlinear/ja/publications.html>