

平成 21 年 4 月 27 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2009

課題番号：18340021

研究課題名(和文) カオスの遍歴のシナリオに関する研究

研究課題名(英文) The study on the scenarios for chaotic itinerancy

研究代表者

津田 一郎 (TSUDA ICHIRO)

北海道大学・電子科学研究所・教授

研究者番号：10207384

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学・数学一般(含確率論・統計数学)

キーワード：カオス力学系、非線形科学、複雑系科学、科学技術数学

1. 研究計画の概要

カオスの遍歴が出現する機構に関して可能なシナリオを研究する。典型的なカオスの遍歴現象を生成する具体的なモデルとして、結合写像、結合微分方程式などを扱う。カオスの遍歴の生成機構を数学的に分類する。可能なら、カオスの遍歴の雛形モデルを構築する。

2. 研究の進捗状況

現在までに、カオスの遍歴の可能な機構として少なくとも4つのシナリオを提案している。(1)ミルナーアトラクターの出現によるもの(2)on-off 間欠性などの不変多様体上には出口集合、入り口集合ができるもの(3)法双曲不変多様体によるもの(4)多重安定でフラクタルベイシンをもつもの。それぞれについての概略を以下に示す。

(1)ミルナーアトラクターは従来の幾何的アトラクターのように軌道の補足領域の時間発展に対する共通集合としての幾何的性質だけでなく、軌道の測度をも考慮したアトラクターの概念で、1985年にJohn Milnorが提案したものである。金子邦彦によってこの概念がカオスの遍歴を説明するとして提案された。本研究では、金子の提案を受けて、GCM、CMLや微分方程式の拡散結合系などに現れる遍歴現象とミルナーアトラクターの関係を調べた。ミルナーアトラクターはその近傍で一次の項が存在しない中立安定を示す。その意味で、多重安定系におけるミルナーアトラクターはアトラクターベイスンの境界上に位置することになる。上の系では、少なくともそれに近い状況の出現は確かめられたが、それとは異なる状況も存在するように思われる。

(2)GCMでのカオスの遍歴は{ミルナーアトラクター、リドルドベイシン、カオスの不変集合}の三つ組の存在によって説明できる。この場合はまた on-off 間欠性と区別不可能である。

(3)これは化学反応のモデルなどにしばしばあらわれる数学的状況である。法双曲型不

変多様体はサドルの高次元への拡張である。(4)これはGrebogiたちが研究した強制振り子系にしばしばみられる状況である。ベイスン境界事態がフラクタルになることによって、外部からの任意に弱い外乱によって軌道は多重安定のどのアトラクターのベイシンにも入り得て、カオス的な彷徨を行う。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。(理由)特別計画以上に進んでいるわけではなく、当初予定した地点に到達している。

4. 今後の研究の推進方策

今までと同様に、分担者の小室とともに、カオスの遍歴を生み出す具体的な力学系の研究を通じて、その発生機構をさらに詳細に調べ、数値シミュレーションを駆使しながら、数学的に分類していく。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 9件)

I. Tsuda, Hypotheses on the functional roles of chaotic transitory dynamics, CHAOS 19, 015113-1 - 015113-10 (2009) (査読有)

X. Pan, K. Sawa, I. Tsuda, M. Tsukada and M. Sakagami, Reward prediction based on stimulus categorization in primate lateral prefrontal cortex. Nature Neuroscience 11, 703-712 (2008). published online 25 May 2008; doi:10.1038/nn.2128. (査読有)

K. Matsumoto, H. Diebner, I. Tsuda and Y. Hosoi, Application of chaos theory to engine systems, In Proc. of Small Engine Technology Conference, Society of Automotive Engineers, 2008-32-0010(SAE) / 20084710(JSAE), 2008. (査読有)

I. Tsuda, Y. Yamaguti, S. Kuroda,

Y.Fukushima and M.Tsukada, A Mathematical Model for the Hippocampus: Towards the Understanding of Episodic Memory and Imagination. Prog. Theor. Phys. Suppl. 173 (2008) 99-108. (査読有)

津田一郎, エピソード記憶: 海馬のカオスモデル、応用数理, Vol.18, No.3, SEP. (2008)2-19. (査読無)

津田一郎, エピソード記憶の数学的構造、BRAIN and NERVE, 第60巻、第7号(2008) 771-782. (査読無)

I. Tsuda and H. Fujii, Chaos Reality in the Brain, J. of Integrative Neuroscience, 6 (2007) 309-326. (査読有)

Y. Fukushima, M. Tsukada, I. Tsuda, Y. Yamaguti and S. Kuroda, Spatial clustering property and its self-similarity in membrane potentials of hippocampal CA1 pyramidal neurons for a spatio-temporal input sequence. Cogn. Neurodyn. (2007) 1: 305-316. (査読有)

津田一郎, "脳の数理 - 動的脳の側面から", 数学、第58巻、第2号、(2006) 133-150. (査読有)

[学会発表](計 17件)

Ichiro Tsuda, Temporal metamorphosis as a dynamical mechanism of episodic memory, Invited talk, DDAP5, Nara Public Hall, Sept. 9-12, 2008.

I. Tsuda, Chaotic dynamics reality in brain dynamics. Tutorial talk in Dynamic Brain Forum 07(DBF'07), Hakuba, Japan, March 5-9, 2007.

I. Tsuda, Chaotic dynamics reality in brain dynamics. Invited talk in International Conference in honor of Y. Pesin and Y. Takahashi on their 60th birthdays, "Dynamics of Complex Systems" - mathematical modelling, method and Prediction --, Hokkaido University, Sapporo, March 19-20, 2007.

I. Tsuda, Chaotic itinerancy reality in brain dynamics, Plenary talk, 6th International Congress on Industrial and Applied Mathematics, University of Zurich, 16-20 July 2007.

津田一郎, 「脳のダイナミックスの解明を目指して: カオスの遍歴とフラクタル」, 計測自動制御学会、特別講演、ライフオート札幌、2007年9月6日。

H. Fujii, K. Aihara, and I. Tsuda, Corticopetal Acetylcholine: A role in attentional state transitions and the genesis of quasi-attractors during perception, The 1st International Conference on Cognitive Neurodynamics, Nov. 17-21, 2007, Shanghai.

I. Tsuda, Y. Yamaguti and S. Kuroda, Episodic memory: A mathematical model for the hippocampus, Invited talk: International Symposium on Synchronization Phenomena and Analysis, organized by K. Aihara (ERATO Aihara Project), 3-6 Oct. 2006.

S. Tadokoro, Y. Yamaguti, I. Tsuda and H. Fujii, Chaotic itinerancy in gap junction-coupled class I* neurons, Poster presentation in The 8th RIES-Hokudai International Symposium on [bi], Hokkaido Univ. Conference Hall, 11-12 Dec. 2006.

小室元政, "結合力学系の分岐解析 - CML

の一例 1 周期点の分岐について -", 2008 年度冬の力学系研究集会, 2008 年 1 月 9 日 ~ 12 日, 日本大学軽井沢研修所

小室元政, "Quasiperiodic traveling waves in coupled map lattices", 2008 年度 RIMS 研究集会「双曲性を越えた位相力学系の新展開 New Development in the study of Dynamical Systems beyond Uniform-Hyperbolicity」京大数理解析研究所、9/29-10/3, 2008

Motomasa Komuro, "Quasiperiodic traveling wave regions in coupled map lattices", Dynamics Days Asia Pacific 5 (DDAP5) The 5th International Conference on Nonlinear Science, Nara-Japan Sep 9(Tue)-Sep 12(Fri), 2008, Nara Prefectural New Public Hall

小室元政, "結合写像系における進行波アトラクタとカオスの遍歴 Traveling Wave Attractor and Chaotic Itinerary in Coupled Map Systems", 2008 年日本数学会年会, 3 月 23 日 ~ 26 日, 応用数学分科会スペシャルセッション【結合振動子系の数理】、近畿大学

小室元政, "結合力学系における進行波の発生機構 - CML における安定周期点のサドル・ノード分岐法則 -", 2007 年度冬の力学系研究集会, 2008 年 1 月 5 日 ~ 8 日, 日本大学軽井沢研修所

小室元政, "CML における進行波アトラクタの発生機構 (1) - サドル・ノード分岐経路の場合 -", 京都結合系セミナー, 2007 年 10 月 31 日, 京都大学理学部数学教室

小室元政, "結合力学系の分岐と進行波の発生機構", 力学系研究集会 (京大数理解析研), 2007 年 6 月 11 日 ~ 15 日, 京都大学数理解析研究所

小室元政, "結合写像系の新しい分岐解析手法と進行波の発生機構", 非線形振動子系の物理学 (京大基礎物理研), 2007 年 6 月 5 日 ~ 7 日, 京大基礎物理研

小室元政, "結合力学系の分岐シート解析 - CML における進行波アトラクタの発生機構 -", 2006 年度冬の力学系研究集会, 2007 年 1 月 6 日 ~ 9 日, 東京大学数理学部研究科 大講義室

[図書](計 4 件)

津田一郎 (監訳) 星野高志、松本和宏、黒田拓、阿部巨仁 (訳) カオス - 力学系入門 第 3 巻、1-209 ページ (アキゲット、サア、ヨク著) (シュブリカ - 東京、2007 年)

津田一郎 (監訳) 星野高志、松本和宏、黒田拓、阿部巨仁 (訳) カオス - 力学系入門 第 2 巻、1-227 ページ (アキゲット、サア、ヨク著) (シュブリカ - 東京、2006 年)

津田一郎 (監訳) 星野高志、松本和宏、黒田拓、阿部巨仁 (訳) カオス - 力学系入門 第 1 巻、1-227 ページ (アキゲット、サア、ヨク著) (シュブリカ - 東京、2006 年)

佐藤謙、津田一郎 (訳) 水滴系のカオス、1-102 ページ (叩・ショ著) (岩波書店、2006 年)

[その他]

<http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/tsuda/>