

平成 22 年 5 月 20 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

研究成果の概要（和文）：カオスの遍歴に関する4つのシナリオを提案した。1. {ミルナーアトラクターの存在、リドルドベイシンの出現、カオスの不変集合の存在}の三つ組。2. On-off 間欠性などの不変多様体上に入り口集合、出口集合が出現する。3. 法双曲型不変多様体の出現。4. 多重安定でフラクタルベイシンが存在。この他にまだ未確認ではあるが、ヘテロ次元サイクルの出現と関連してカオスの遍歴が現れる可能性を指摘した。

研究成果の概要（英文）：We have proposed four scenarios on the mechanisms of chaotic itinerancy: 1. the appearance of triplet {Milnor attractors, riddled basin, chaotic invariant set}; 2. the presence of the invariant set on which the entrance and the exit sets appears such as on-off intermittency; 3. the appearance of normally hyperbolic invariant manifolds; 4. the presence of fractal basin boundaries with multiple stable states. The other possibility under the appearance of hetero-dimensional cycle was also pointed out.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2007年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
総計	8,600,000	2,580,000	11,180,000

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. 研究開始当初の背景

研究代表者らがカオスの遍歴と名付けた現象がさまざまな領域の非線形系で現れることがわかり、数学的な研究の必要性が認識され始めていた。

2. 研究の目的

カオスの遍歴の出現機構を明らかにすることである。

3. 研究の方法

数値計算を主体としたモデル研究と関連す

る数学理論。

4. 研究成果

カオスの遍歴に対する4つのシナリオとひとつの可能性を明らかにした。1. {ミルナーアトラクターの存在、リドルドベイシンの出現、カオス的不変集合の存在}の三つ組。2. On-off 間欠性などの不変多様体上に入り口集合、出口集合が出現する。3. 法双曲型不変多様体の出現。4. 多重安定でフラクタルベイシンの存在。これらはそれぞれ世界的なレベルで遷移過程の機構として個別に議論されているが、本研究によって、それらの機構とカオスの遍歴の機構の関係が明らかになった。

5. 主な発表論文等

(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 18 件)

- ① I. Tsuda, Hypotheses on the functional roles of chaotic transitory dynamics, CHAOS 19, 015113-1 - 015113-10 (2009) 査読有
- ② Shigeru Kuroda, Yasuhiro Fukushima, Yutaka Yamaguti, Minoru Tsukada and Ichiro Tsuda, Iterated function systems in the hippocampal CA1, Cognitive Neurodynamics 3(3), 205-222, (2009) 査読有, DOI:10.1007/s11571-009-9086-0
- ③ Hunseok Kang and Ichiro Tsuda, On embedded bifurcation structure in some discretized vector fields, CHAOS 19, 033132-1 - 033132-12 (2009) 査読有 DOI: 10.1063/1.3212934
- ④ I. Tsuda and H. Fujii, Chaos Reality in the Brain, J. of Integrative Neuroscience 6, 309-326 (2007) 査読有
- ⑤ 津田一郎, 脳の数理—動的脳の側面から、数学、第 58 巻、第 2 号、133-150 (2006) 査読無

[学会発表] (計 45 件)

- ① 小室元政, 結合力学系の分岐と進行波アトラクタ、2009 年度冬の力学系研究集会、2010 年 1 月 8 日、東京工業大学 大岡山キャンパス
- ② I. Tsuda, Chaotic Dynamics, Episodic Memory, and Self-identity, The 2nd International Conference on Cognitive Neurodynamics (ICCN'09), Plenary talk, Hangzhou, China, Nov. 16, 2009.
- ③ I. Tsuda, Evolution through maps, What is Biological Evolution?, Invited talk, Coop-in-Kyoto, Kyoto, Oct. 16-17, 2009.
- ④ I. Tsuda, Chaotic dynamics, episodic

memory, and the dynamic model for the hippocampus, Invited Talk, 12th JAPAN - SLOVENIA SEMINAR ON NONLINEAR SCIENCE, Oct. 7-9, 2009.

- ⑤ I. Tsuda, Chaotic brain dynamics in the skew product transformations, Invited talk, Section of Biophysics, Institute for Atomic and Nuclear Physics, Hungarian Academy of Science, Sept. 21, 2009.
- ⑥ I. Tsuda, Dual relationship between chaos and fractal in the hippocampus: A mathematical model for the neural mechanism of episodic memory, Invited talk, Dynamics of complex systems 2009, Hokkaido University, Aug. 31-Sept. 2, 2009.
- ⑦ 小室元政, 結合力学系における準周期進行アトラクターの発生・消滅・分岐のメカニズム、研究集会「双曲型力学系から大自由度力学系へ」、2009 年 8 月 17 日-8 月 22 日、京都大学情報メディアセンター (南館) 地下講義室
- ⑧ I. Tsuda, Hypotheses on the functional roles of chaotic transitory dynamics, Invited talk, Dynamic Brain Forum'09 (DBF'09), Atami, Japan, March 2-4, 2009.
- ⑨ I. Tsuda, Hypotheses on the functional roles of chaotic transitory dynamics, International Conference for Nonlinear Sciences - SAPPORO WINTER SCHOOL, Conference Hall, Hokkaido University, February 10-14, 2009.
- ⑩ Ichiro Tsuda, Chaotic itinerancy in the hippocampal CA3 and contractive affine transformations in CA1 provide a dynamical interpretation of complex memory. Invited talk: Neurocomputing (NC) meeting. Centennial Hall, Hokkaido University. January 19-20, 2009.
- ⑪ 小室元政, 結合力学系の分岐解析 - CML の一様 1 周期点の分岐について -、2008 年度冬の力学系研究集会、2009 年 1 月 12 日、日本大学軽井沢研修所
- ⑫ 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」、2008 年 10 月 1 日、京大数理解析研究所
- ⑬ Ichiro Tsuda, Temporal metamorphosis as a dynamical mechanism of episodic memory, Invited talk, DDAP5, Nara Public Hall, Sept. 9-12, 2008.
- ⑭ Motomasa Komuro, Quasiperiodic traveling wave regions in coupled map

lattices, Dynamics Days Asia Pacific 5 (DDAP5) The 5th International Conference on Nonlinear Science (第5回非線形科学国際会議)、2008年9月10日、奈良県新公会堂

- ⑮ Ichiro Tsuda, Temporal metamorphosis, Special lecture, Summer meeting of Hokkaido Branch in The Japan Institute of Metals & The Iron and Steel Institute of Japan, Hokkaido University, July 24, 2008.
- ⑯ 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的遍歴 Traveling Wave Attractor and Chaotic Itinerary in Coupled Map Systems, 2008年日本数学会年会 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】、2008年3月25日、近畿大学
- ⑰ 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、日本大学軽井沢研修所
- ⑱ 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
- ⑲ I. Tsuda, Chaotic dynamical systems viewpoint of the brain. Invited: Kyushu University, Department of Engineering, Lecture series, Oct. 11-12, 2007.
- ⑳ 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.
- ㉑ 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、2007年6月13日、京都大学数理解研究所
- ㉒ 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、2007年6月6日、京大基礎物理研
- ㉓ 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.
- ㉔ I. Tsuda, Chaotic dynamics reality in brain dynamics. Tutorial talk in Dynamic Brain Forum 07 (DBF'07), Hakuba, Japan, March 5-9, 2007.
- ㉕ 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7日、東京大学数理科学研究科大講義室

- ㉖ 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], 11-12 Dec. 2006.
- ㉗ I. Tsuda, Nonlinear dynamics and creative logic of the brain, Invited talk: Organized session on Towards a new paradigm of understanding in International Conference on Biophysics (EABS & BSJ 2006), Okinawa, 12-16 Nov. 2006.

[図書] (計4件)

- ① 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、(アリグッド、サウアー、ヨーク著)、シュプリンガー東京、2007年
- ② 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、(アリグッド、サウアー、ヨーク著)、シュプリンガー東京、2006年
- ③ 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、(アリグッド、サウアー、ヨーク著)、シュプリンガー東京、2006年
- ④ 佐藤譲、津田一郎 (訳)、水滴系のカオス、1-102ページ、(ロブ・ショー著)、岩波書店、2006年

[その他]

ホームページ等

http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/~tsuda/index_j.htm

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

- ① 由利 美智子 (YURI MICHIKO)
北海道大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号：70174836
(H18・H19→H20・H21：連携研究者)
- ② 辻井 正人 (TSUJII MASATO)
九州大学・数理学研究院・教授
研究者番号：20251598
(H18・H19→H20・H21：連携研究者)

- ③行木 孝夫 (NAMIKI TAKAO)
北海道大学・大学院理学研究院・教授
研究者番号：40271712
(H18・H19→H20・H21：連携研究者)
- ④小室 元政 (KOMURO MOTOMASA)
帝京科学大学・医療科学部・教授
研究者番号：000186818