

研究内容、成果、2006年度研究活動報告

1) 研究内容

ニューロンを外部電流刺激の強さに対する発火特性の見地から分類するとクラスIニューロンとクラスIIニューロンに大別される。おおざっぱに言うとかラスIIは下等生物のニューロン、クラスIは哺乳類のニューロンである。これらのニューロンに対して微分方程式によるモデルがいろいろ提唱されているが、クラスIIとクラスIのモデルの数理的な違いはスパイク生成の機構が前者はsubcritical Hopf分岐であるのに対し、後者はsaddle-node分岐である。

ニューロン同士の結合には神経伝達物質を介在して結合する化学シナプスとニューロン同士が直接接触している電気シナプス(ギャップジャンクション)がある。ギャップジャンクションは従来は下等動物などでは存在するが、哺乳類などでは存在しないと思われていたが、近年哺乳類の脳新皮質で膨大な数のギャップジャンクションの存在が報告されている。

しかし、クラスIニューロンのギャップジャンクションによる結合系の動力学、またギャップジャンクションの脳内の情報表現における役割に果たしているであろう機能的役割はあまり研究されていない。ここ数年、ギャップジャンクションがニューロンのスパイク発火のシンクロニー(同期)を促進する等の報告がなされているが、この結合系で起こるカオスやカオス的遍歴に注目した研究はほとんどなされていない。(カオス的遍歴は高次元の系において低次元のアトラクター痕跡の間を高次元のカオス的状態を経由して移行行く現象)

そこで、クラスIニューロンのモデルをギャップジャンクションで結合した系のシミュレーションを行って、そこで起こるカオスやカオス的遍歴について調べ、ギャップジャンクションの脳内の情報表現における役割を探っている。

2) 成果

クラスIニューロンのサブクラスであるクラスI*ニューロンの簡便モデルである μ モデルのギャップジャンクション一次元最近接結合ネットワークについてのシミュレーションを行ない、ニューロンの個数に依らず比較的広いパラメータ領域で、過渡的な同期状態、幾つかのメタクロナル状態、カオス的状態の間で繰り返し遷移が起こる現象を見出している。これらの現象のうち幾つかについてその構造とメカニズムを明らかにしている。

3) 2006年度研究活動報告

これまでの研究で、クラスI*ニューロンの簡便モデルである μ モデルのギャップジャンクション一次元最近接結合系についてのシミュレーションで、in-out intermittencyやカオス的遍歴のような、動的状態間の自発的遷移現象を見出してきた。2006年度の研究では、このような自発的遷移現象がクラスIニューロン一般で起こり得るのかどうかを調べた。その結果全てのクラスIニューロンで起こるわけではないことが分かってきた。そして動的状態間の自発的遷移が起こるための条件を見出しつつある。またこのような自発的遷移現象は、クラスI、IIという発火特性の分類に関わりなく、むしろこの条件を満たし、かつ(ニューロンモデルの方程式のヌルクラインに注目した分類で)Hindmarsh-Rose型と呼ばれるものに起こり得るという感触を得てきている。そしてこの予想をサポートするシミュレーション結果の事例を積み上げつつある。この成果の一部をこれまでのクラスI*ニューロンについての研究に加えて、Dynamic Brain Forumで発表した(口頭発表リストの6)。

発表論文リスト

1. "Nucleon-Nucleon Short-range Correlation and High Momentum Components in Nuclei", Satoru Tadokoro, Toshiyuki Katayama, Yoshinori Akaishi and Hajime Tanaka, Progress of Theoretical Physics, 78(1987) 732-735, October 1987, Progress Letters"
2. "Σ-Hypernuclear States in 208Pb", Khin Swe Myint, Satoru Tadokoro and Yoshinori Akaishi, Progress of Theoretical Physics 82(1989) 112-118, July 1989, "Σ-Hypernuclear States in 208Pb and the Nucleus-Σ Potential", Satoru Tadokoro, Ph. D Thesis, Hokkaido University, September 1990
3. "Nucleus-Σ Potential", Satoru Tadokoro and Yoshinori Akaishi, Physical Review C42(1990) 2591-2596, December 1990
4. "Production of heavy Σ-Hypernuclei by the (π-,K+) Reaction", Satoru Tadokoro and Yoshinori Akaishi, Physics Letters B282(1992) 19-23, June 1992
5. "Calculation of Proton Spin-dependent Structure Functions in Quark Models", Satoru Tadokoro, Hisashi Kitagawa and Toru Suzuki, Physical Review D47(1993) 3045-3048
6. "Calculation of Proton Spin Structure Functions in Quark Models", Satoru

- Tadokoro, Hisashi Kitagawa and Toru Suzuki, *Frontiers of High Energy Spin Physics* (Proceedings of High Energy Spin Physics, 9-14 November 1992, Nagoya, Japan, Universal Academy Press, 1993) edited by Hasegawa et al., 567-570
7. " Ξ -Hypernuclear States in Heavy Nuclei", Satoru Tadokoro, Hisashi Kobayashi and Yoshinori Akaishi, *Nucl. Phys. A585*(1995) 225c (Proceeding of International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics, Vancouver, B.C. 4-8 July, 1994)
 8. "Escaping of Quasi-free Ξ^- at (K⁻,K⁺) reaction point and ΞN interaction", Satoru Tadokoro and Yasuo Yamamoto, *Nucl. Phys. A585*(1995) 361c (Proceeding of International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics, Vancouver, B.C. 4-8 July, 1994)
 9. " Ξ --Hypernuclear States in Heavy Nuclei", Satoru Tadokoro, Hisashi Kobayashi and Yoshinori Akaishi, *Physical Review C*51(1995) 2656
 10. "Chaotic Itinerancy in Cortical Gap Junction Systems and Its Functional Significance", I. Tsuda, H. Fujii*, S. Tadokoro, T. Yasuoka, and Y. Yamaguti, *Journal of Integrative Neuroscience* 3(2004) 159-182
 11. "In-Out Intermittency in Gap Junction-Coupled Class I* Neurons", S. Tadokoro, Y. Yamaguti, I. Tsuda and H. Fujii, *Hokkaido University Preprint Series in Mathematics*, #762.
 12. "In-Out Intermittency in Gap Junction-Coupled Class I* Neurons", S. Tadokoro, Y. Yamaguti, I. Tsuda and H. Fujii, Submitted to CHAOS

口頭発表リスト

1. " Σ -Hypernuclear spectra from the 208Pb(π^- ,K⁺) Reaction", Satoru Tadokoro and Yoshinori Akaishi, *International Symposium on Hypernuclear and Strange Particle Physics*, December 9-12 1991, Shimoda(ポスター発表)
2. "Calculation of Proton Spin Structure Functions in Quark Models", Satoru Tadokoro, Hisashi Kitagawa and Toru Suzuki, 10-th International Symposium on High Energy Spin Physics, November 1992, Nagoya
3. " Ξ -Hypernuclear States in Heavy Nuclei", Satoru Tadokoro, H. Kobayashi and Y. Akaishi, *International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics*, 4-8 July, 1994, Vancouver, B.C.
4. "Escaping of Quasi-free Ξ^- at (K⁻,K⁺) reaction point and ΞN interaction", Satoru Tadokoro and Yasuo Yamamoto, *International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics*, 4-8 July, 1994, Vancouver, B.C. (ポスター発表)
5. "In-Out Intermittency and Chaotic Itinerancy in Gap Junction-Coupled Class I* Neurons", S. Tadokoro, Y. Yamaguti, I. Tsuda, H. Fujii, the 8th RIES-Hokudai International Symposium [bi], 11-12 December, 2006, Sapporo(ポスター発表)
6. "In-Out Intermittency and Chaotic Itinerancy in Gap Junction-Coupled Neurons of the Hindmarsh-Rose type", S. Tadokoro, Y. Yamaguti, I. Tsuda, H. Fujii, the 10th Tamagawa-RIKEN Dynamic Brain Forum DBF'07, March 7-9, 2007, Hakuba, Japan
7. 「 γ -スケーリング関数と核内の高運動量成分」、田所智、片山敏之、赤石義紀、日本物理学会1986年秋の分科会、1986年10月、神戸市(甲南大学)
8. 「スペクトル関数と核内の高運動量成分」、田所智、片山敏之、赤石義紀、田中一、日本物理学会第42回年会、1987年3月、名古屋市(名古屋工業大学)
9. 「核子間短距離相関と核内核子間の相対運動量分布」、田所智、森田彦、片山敏之、赤石義紀、田中一、日本物理学会1987年秋の分科会、1987年10月、宇都宮市(宇都宮大学)
10. 「Spectroscopic Amplitude for (3He,d) and (d,d) Reaction」、森田彦、田所智、赤石義紀、田中一、日本物理学会1987年秋の分科会、1987年10月、宇都宮市(宇都宮大学)
11. 「 Σ hypernuclear States in 208Pb」、Khin Swe Myint、田所智、赤石義紀、日本物理学会第44回年会、1989年3月、平塚市(東海大学湘南校舎)
12. 「 Σ ハイパー核のLS力」、田所智、赤石義紀、日本物理学会1989年秋の分科会、1989年10月、宮崎市(宮崎大学)
13. 「重い Σ ハイパー核」、田所智、Khin Swe Myint、赤石義紀、日本物理学会1990年秋の分科会、1990年10月 奈良市(奈良女子大学)
14. 「重い Σ ハイパー核の生成」、田所智、赤石義紀、日本物理学会1991年春の分科会、1991年3月 東京(東京理科大学)

15. 「 Σ ハイパー核生成と核子間短距離相関」、田所智、日本物理学会第46回年会、1991年9月、札幌市（北海道大学）
16. "Structure Functions of the Proton in Quark Models"、田所智、北川尚、鈴木徹、日本物理学会1992年秋の分科会、1992年10月、新潟市（新潟大学）
17. 「核子の表面形状と構造関数」、北川尚、田所智、鈴木徹、日本物理学会1992年秋の分科会1992年10月、新潟市（新潟大学）
18. "S=-2 Heavy Hypernuclei"、田所智、Khin Swe Myint、新村昌治、赤石義紀、日本物理学会1992年秋の分科会1992年10月、新潟市（新潟大学）
19. "Structure Functions of the Proton in Quark Models II"、田所智、北川尚、鈴木徹、日本物理学会第48回年会、1993年3月、仙台市（東北大学）
20. 「光円錐波動関数での構造関数」、北川尚、田所智、鈴木徹、日本物理学会第48回年会、1993年3月、仙台市（東北大学）
21. "Parton Distributions in the Nucleon"、田所智、北川尚、鈴木徹、日本物理学会1993年秋の分科会、1993年10月、高知市（高知大学）
22. "Distribution of Perturbative Gluon in Bag Models"、北川尚、西野吉則、田所智、鈴木徹、日本物理学会1993年秋の分科会、1993年10月、高知市（高知大学）
23. 「重い Ξ ハイパー核」、田所智、小林広幸、赤石義紀、日本物理学会第49回年会、1994年3月、福岡市（福岡工業大学）
24. " Λ -hypernuclear Spectra from (π^+, K^+) Reactions"、田所智、小林広幸、赤石義紀、日本物理学会1994年秋の分科会、1994年9月、山形市（山形大学）
25. 「 Ξ ハイパー核生成II」、田所智、小林広幸、赤石義紀、日本物理学会1994年秋の分科会、1994年9月、山形市（山形大学）
26. " Ξ - escaping at the (K^-, K^+) Reaction points and ΞN interaction"、田所智、山本安夫、日本物理学会1994年秋の分科会、1994年9月、山形市（山形大学）
27. 「ギャップジャンクションで結合された I^* 類ニューロン系におけるカオスの遍歴」、田所智、山口裕、津田一郎、藤井宏、日本物理学会第60回年次大会、2005年3月、野田市（東京理科大学野田キャンパス）
28. 「ギャップジャンクション結合された I^* 類ニューロンの回路網におけるカオスの遍歴の機構について」、山口裕、田所智、津田一郎、藤井宏、日本物理学会2005年秋季大会、2005年10月、京田辺市（同志社大）
29. "Nucleus- Σ Potential"、田所智、赤石義紀、基研モレキュール研究会『 Σ ハイパー核の理論的研究』、1990年8月、基礎物理学研究所
30. 「連続状態の Σ ハイパー核」、田所智、赤石義紀、向井重雄、核研研究会『Hypernuclear and Strange Particle Physics』、1990年12月、東京大学原子核研究所
31. "Production of Heavy Σ -Hypernuclei by the (π, K^+) Reaction"、田所智、赤石義紀、基研長期研究会『ハイパー核の構造、生成、崩壊』、1991年8月、基礎物理学研究所
32. 「陽子のスピン構造関数」、田所智、北川尚、鈴木徹、名古屋大学理学部研究会『ハドロン構造とスピン』、1992年2月、名古屋大学理学部
33. 「核子の構造関数のモデル計算」、田所智、北川尚、鈴木徹、RCNP研究会『原子核におけるクォーク、ハドロンのダイナミクス』、1992年6月、大阪大学RCNP
34. 「重いダブルハイパー核」、田所智、Khin Swe Myint、新村昌治、赤石義紀、原子核研究所研究会『ストレンジネスの物理』、1993年2月、東京大学原子核研究所
35. 「核子の構造関数のモデル計算」、田所智、北川尚、鈴木徹、RCNPワークショップ『核子及び原子核の構造関数』、1993年8月、大阪大学RCNP
36. "Q²-evolution of the Nucleon Structure Function"、田所智、北川尚、鈴木徹、基研研究会『原子核に於けるクォーク、ハドロンのダイナミクス』、1993年12月、京都大学基礎物理学研究所
37. 「バック模型に於けるグルオン分布関数」、北川尚、田所智、鈴木徹、基研研究会『原子核に於けるクォーク、ハドロンのダイナミクス』、1993年12月、京都大学基礎物理学研究所