

平成 21年 5月 8日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18700302
 研究課題名（和文） IT野の物体認識メカニズム解明のための多重安定アトラクタを持つ神経回路モデル
 研究課題名（英文） Attractor Neural Network with Multiple Stability for Elucidation of Object Recognition Mechanism of IT Cortex
 研究代表者
 木本 智幸（KIMOTO TOMOYUKI）
 大分工業高等専門学校・電気電子工学科・准教授
 研究者番号：30259973

研究成果の概要：

これまでの報告されてきた IT 野の複数の生理学的知見を、Amit 型連想記憶モデルで統一的に説明できることを示した。さらに、Amit 型連想記憶モデルを詳細に調べることで、IT 野のニューロンの反応を予測し、新たな生理学実験パラダイムを提案した。予測した反応が実在すれば、Amit 型連想記憶モデルの実在可能性が高くなる。また、Amit 型連想記憶モデルが情報処理装置として有効であるかについても検証した。その結果、モデル自体を変更することなく、入力刺激の提示順における統計情報から対象物体を自動分類できることを示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	900,000	270,000	1,170,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	2,800,000	270,000	3,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・生体生命情報学

キーワード：連想記憶モデル、Amit モデル、アトラクタ、IT 野、顔認識ニューロン、引き込み領域、学習順番

1. 研究開始当初の背景

IT 野の生理学実験手法が進み、複数のニューロンの想起ダイナミクスを同時記録できるようになってきた。そして、複数ニューロンで構築された神経回路モデルの発火率パターンとの想起ダイナミクスとの比較が行えるようになってきた。

比較の結果、IT 野の顔認識ニューロン集団の想起ダイナミクスと、Amit 型の連想記憶モデルの想起ダイナミクスが、よく似ていることが分かってきた。そこで、より多くの生理

学的知見を説明できるのではないかと考え、モデルをよりリアリスティックに改良して、生理学実験と比較することとした。

2. 研究の目的

静的反応への注目だけでなく、想起ダイナミクスにも注目し、生理学的知見と連想記憶モデルの反応を比較すれば、連想記憶モデルが脳のメカニズムとして可能性があるのかを調べる重要な手段となる。そこで、想起ダ

イナミクスについて、多くの生理学実験と連想記憶モデルの反応を比較する。その際、連想記憶モデルをできるだけリアリスティックに改良し、詳細な比較を行う。併せて、改良したモデルで、多くの生理学実験を统一的に説明できるか調べる。また、そのモデルが、単に生理学的知見と一致するだけでなく、逆にモデルの反応から生理学的知見を予測し実験パラダイムを提案することも目的とする。

また、モデルが脳の顔認識メカニズムに似ているなら、モデル自体が物体認識の情報処理装置としても有効に働くはずである。そうした性質を持つか解析する。

3. 研究の方法

モデルを構築し、統計力学理論計算と計算機シミュレーションで、安定性解析と想起ダイナミクス解析を行う。基本となるモデルは、Amit 型の連想記憶モデルを用い、これに生理学的に有望視されているスパースコーディングや発火率制御を取り入れる。

また情報処理装置としての有効性を調べるために、学習順番の統計情報を自動処理して、視覚刺激が同一物体であるか、異なる物体であるかの区別ができるかを調べる。この実験も統計力学理論計算と計算機シミュレーションで行う。

4. 研究成果

IT 野には顔認識ニューロンがあることが知られている。近年になり、認識時の想起ダイナミクスにおいて、まず、視覚刺激がサル顔であるかヒト顔であるかの大分類が行われ、続いて、それが誰なのかという個体分類が行われることが報告された。これは非常に興味深い知見であるとともに、こうしたダイナミクスの知見が得られたことで、モデルの構築に大きな情報を与えることになった。そこで、この知見に注目しそのメカニズムをモデルで解明することを開始した。メカニズムを調べるために、従来であれば、それを説明するモデルを構築する方法が取られるが、生理学的知見に合うモデルを個別に構築する方法はアドホックであり、メカニズムの本質を捉えているとは言えない。しかし、本報告者が従来から研究してきた Amitd 型の連想記憶モデルを用いれば、顔認識ニューロンのダイナミクスを、特別な改良無しに説明することができることが分かった。このように、すでに存在しているモデルが、脳と同じ反応をすることは大変興味深い。そこで、Amit 型の連想記憶モデルに、スパースコーディングや発火率制御などの改良を取り入れてよりリアリスティックな脳型モデルに改良し、多くの生理学的知見の説明を進めた。その結

果、これまで矛盾すると考えられてきた、単純図形に反応するニューロンの複数の生理学的知見も統一的に説明することができた。

また、連想記憶モデルの性質を詳細に統計解析し、そこで得られた知見から、想起したアトラクタの区別ができる手法を開発した。脳は並列分散型であるため、多くのニューロンを同時観測しないと、想起状態の種類を調べることができない。しかし、想起ダイナミクスに注目することで、数少ないニューロン集団（極端な場合はひとつのニューロンだけ）の想起ダイナミクスを調べれば、想起状態を同定できることがわかった。その結果から、あらたな生理学実験の手法を提案した。

Amit 型の連想記憶モデルは IT 野の顔認識ニューロンと同じ反応をしたが、ダイナミクスが一致しただけであって、それ自体が情報処理装置として有効な性質を持っていないければ、脳がそのモデルの構造を採用している可能性を肯定することができない。そこで、情報処理装置として有効に働くか調べた。顔認識においては、同じヒトの顔でも多くの方向からの顔画像を観測することがあり、それらを個別に記憶するよりもまとめて記憶の方が効率的であると考えられる。一方、異なる人物同士の顔画像をまとめられては困る。しかし、同一人物の顔画像かどうかは、学習前には知ることができない。そこで、Amit 型連想記憶モデルを用いると、同一人物か他人かの区別を、視覚刺激の学習順番の統計情報を用いて行えるのではないかと考えた。なぜなら、同一人物の顔画像は、常に連続して観測されるが、他人の顔同士が連続して観測されるのは、一過性であって恒常的ではない。Amit 型連想記憶モデルに学習させる視覚刺激の学習順番を変化させて、複数タイプで調べた結果、常に連続している視覚刺激は一つのアトラクタとしてまとめられ、ランダムに与えると、個々が別のアトラクタとなることが分かった。こうして、学習順番の統計性にに基づき、視覚刺激を同一物体であれば一つにまとめるという処理をすることが分かり、情報処理装置として有効な働きを持つことが分かった。今後、Amit 型連想記憶モデルが、野外に放たれて自動学習するロボットの学習機構として利用される可能性もあると考えられる。

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 2 件)

① Multiple Stability of a Sparsely Encoded Attractor Neural Network Model for the Inferior Temporal Cortex, Tomoyuki Kimoto,

Tatsuya Uezu, Masato Okada, Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 77 No. 12, pp. 124002-1~pp. 124002-7 (2008. 12)

②Distinction of Coexistent Attractors in an Attractor Neural Network Model Using a Relaxation Process of Fluctuations in Firing Rates —Analysis with Statistical Mechanics—, Sawako Tanimoto, Masato Okada, Tomoyuki Kimoto, Tatsuya Uezu, Journal of the Physical Society of Japan, Voll. 75, No. 10, pp. 104004-1~104004-8 (2006. 10)

〔学会発表〕(計 5 件)

①側頭葉をモデル化したアトラクターネットワークの安定性の詳細解析 2—学習順番によるアトラクタの安定性変化—、木本智幸、上江洩達也、岡田真人、日本物理学会講演概要集、第 6 4 巻第 1 号第 2 分冊、28pTJ-12, p. 298 (2009. 3)

②側頭葉をモデル化したアトラクターネットワークの安定性の詳細解析、木本智幸、大泉匡史、上江洩達也、岡田真人、日本物理学会講演概要集、第 6 3 巻第 2 号第 2 分冊、21pVB-12, p. 220 (2008. 9)

③頭葉をモデル化したアトラクターネットワークの双安定性—パーシャルアニーリングの場合—、木本智幸、上江洩達也、三好誠司、岡田真人、日本物理学会講演概要集、第 6 3 巻第 1 号第 2 分冊、26pTE-6, p. 342 (2008. 3)

④コグニトロンの神経細胞モデルの改良
小矢英毅、薬師寺翔、木本智幸、第 1 3 回高専シンポジウム、p. 202 (2008. 1)

⑤入力に偏りがある場合の局所的分散表現を持つ自己組織化マップ、薬師寺翔、木本智幸、第 5 回電子情報系高専フォーラム講演論文集、pp. 107-110 (2006. 11)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木本 智幸 (KIMOTO TOMOYUKI)

大分工業高等専門学校・電気電子工学科・
准教授

研究者番号：30259973

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし