

## 顔認識の階層的処理における同期発火の機能的役割

## A functional role of spike synchronicity in hierarchical processing of face recognition

高澤和寛 (PY)<sup>1)</sup>, 榎森与志喜<sup>1) 2)</sup>

Kazuhiro Takazawa (PY), Yoshiki Kashimori

<sup>1)</sup> 電気通信大学 大学院 情報システム学研究所<sup>2)</sup> 電気通信大学 量子・物質工学科

ugk73623@nifty.com

**Abstract** — To investigate the neural mechanism underlying object recognition in inferotemporal (IT) cortex, we focus on the neural mechanism of face perception. To address this issue, we made a model the IT cortex. We show using the computational model that face perception is made by binding of the information of face parts under the feedback from downstream neurons detecting the global information of face.

**Keywords** — Face perception, Inferotemporal cortex, Neural model, Feedback signal

## 1 はじめに

我々は日常生活において、視覚情報による素早い認識を苦もなく行っているが、この認識はさまざまな視覚情報を処理するメカニズムによって達成される。視覚情報処理の初期段階のメカニズムは、現在までに多くの研究によって明らかになっている。しかしながら、高次部位である下側頭葉(IT)での情報処理がどのように行われているのか、まだ不明な部分が多い。

ITで物体情報がどのように表現されているかを調べるため、本研究では、認知対象として顔を取り上げる。これは顔が、複数のパーツ(目・鼻・口等)の組み合わせによって形成されていることから、部分情報と全体情報を明確に合わせ持っているので、物体の部分情報と全体情報の関係を調べるのに適しているからである。

ITによる顔表現に対して、いくつかの実験的知見が報告されている。菅生らは、物体認識におけるITニューロンのスパイク解析から、物体の全体的な情報と部分的な情報を異なる時間領域で表現していることを報告している[1]。また、HirabayashiとMiyashitaは顔の目鼻などの配置が正しいときITニューロンの発火に同期が生じることを示している[2]。

本研究では、複数の解像度に基づくITのニューラルネットワークモデルを提案し、顔の部分情報と全体情報がどのように表現されているか、また、各部位のニューロンの発火同期が、顔認識に対してどのように寄与しているかについて調べる。

## 2 ITのモデル

図1に示すように、ITは次の4つの層からなる。3つの解像度の違いに対応した、ITB, ITM, ITF layers

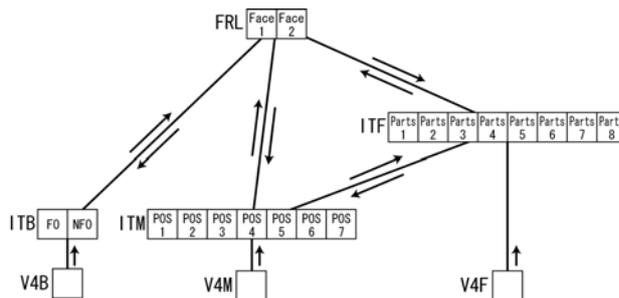


図. 1 IT モデル

(B:Broad ; M:Middle ; F:Fine)とFRL(Face Recognition Layer)である。それぞれの層に含まれるニューロンはHodgkin-Huxley modelを用いて作られている。また、それぞれの層は次のような特徴を持つ。

## 2.1 ITB Layer

物体の全体の情報を大まかにコードしている。顔の認識においては、顔かそうでないかを判断する。

## 2.2 ITM Layer

顔の目、鼻、口などのパーツの位置をコードしている。詳細に見ている部分が、全体から見てどのあたりに位置するのかを判断する。

## 2.3 ITF Layer

パーツの詳細な情報をコードしている。見ているパーツが、どのようなパーツなのかを判断する。顔の認識においては、目・鼻・口を見分け、さらにその中でどのような特徴を持ったパーツなのかをコードする。

## 2.4 FRL Layer

ITB, ITM, ITFのすべての層から入力を受け、それらの情報を統合し、顔としての全体情報を表現する。顔認識においては、個人の顔を特定する役割を担う。

## 2.5 結合

図1に示すように、ITB, ITM, ITF, FRLの間にはシナプス結合があり、それらは上記で述べたような機能を果たすように、Hebb 則に従って学習される。

### 3 結果

#### 3.1 学習段階における同期生の役割

FRLのニューロンはITB,ITM,ITFから入力を受け、それらの入力をcoincident integrationによって統合している。それゆえ、それぞれのニューロンが単独で発火しても、後シナプ스에情報を伝えることは出来ない。学習の初期段階では各部位のシナプスの重みは小さい値に設定されている。初期段階で、ITMとITFのニューロンはそれぞれV4からの入力を受け、ばらばらにはあるが、発火をしている。その過程で偶然発火のタイミングが一致すると、そこで学習が起こる。この偶然が度重なり、結合が強くなるにつれて、二つの層のニューロンはしだいに同期して発火をするようになる。同期して発火をするようになると、学習が進み、徐々にFRLのニューロンの発火を促進する。図2にはFRLとITFのニューロン対に対する相関関数を示している。FRLが発火を始めると、FRLとITFの間で結合が強くなっていくことがわかる。図3にはこれらの部位に対応する結合が増加していることを示す。

#### 3.2 顔認識におけるITBの役割

学習後、ITBの顔の全体的特長を粗くコードするニューロンは個々の顔を認識するFRLのニューロンと結合する。それによって、与えられた視覚刺激が顔か顔でないかの情報を速くFRLに送る。図4に示すように、Face1に対応する刺激を与えたとき、Face0とFace1をコードするFRLの発火が初期に起こる。しかしその後、ITMとITFの入力により、刺激に対するFace1のFRLのニューロンのみが発火をする。この時間的遅れを伴うITの応答は菅生らの実験結果[1]と一致するものである。

#### 3.3 認識段階でのITでの同期発火

図5には顔(FO)と顔の配置がばらばらの刺激(NFO)に対するITF内の目と鼻をコードするニューロン対の発火率の変化と相関を示す。両者に刺激に対して発火数はほとんど変わらないが、時間的相関に大きな差が生じていることがわかる。この結果は、HirabayashiとMiyashitaの実験結果[2]とよく一致している。この同期は主に、FRLからITFへのトップダウン信号によるものである。

#### 3.4 顔認識における同期発火の役割

顔刺激に対しては、ITFだけでなくITM, FRLの間に同期性が生じる。これにより顔の配置や部分特徴、さらには全体の特徴の間に強い同期生が見られ、顔認識に至る。一方、顔の配置がデタラメなNFOに対しては、このような同期生は見られず、顔というまとまった物体認識には至らない。

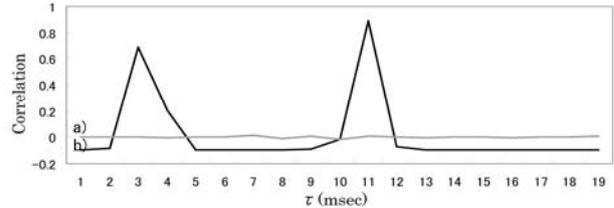


図. 2 相関関数の時間変化 a) 学習初期, b) 学習後

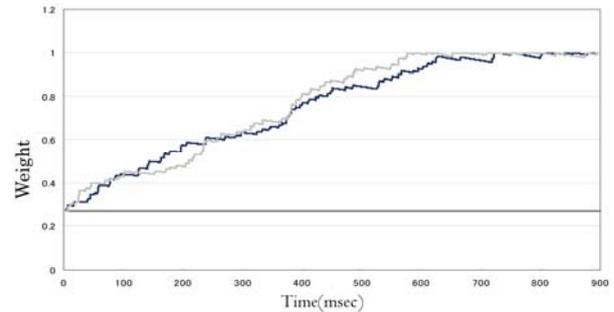


図. 3 重みの時間変化

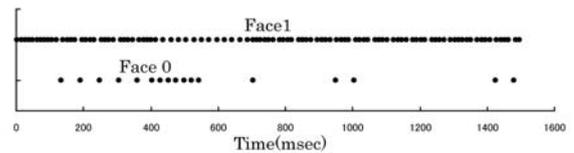


図. 4 FRL ニューロンのラスタプロット

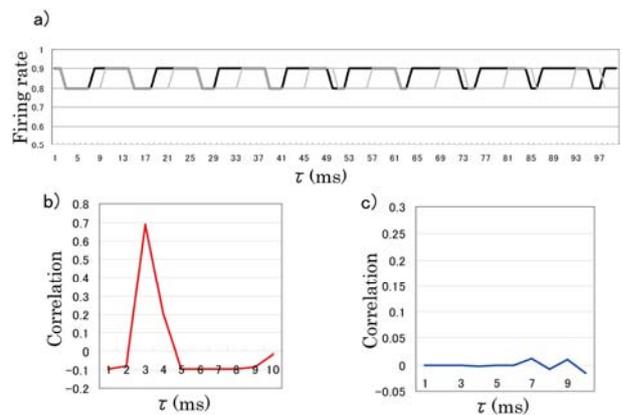


図. 5 a) 発火率, b) 顔刺激に対する相関関, c) 顔の配置がばらばらな刺激に対する相関関

#### 参考文献

- [1] Y. Sugase et al. (1999), "Global and fine information coded by single neurons in the temporal visual cortex", NATURE VOL 400, 869-873
- [2] T. Hirabayashi and Y. Miyashita (2005), "Dynamically Modulated Spike Correlation in Monkey Inferior Temporal Cortex Depending on the Feature Configuration within a Whole Object", The Journal of Neuroscience, 25, 10299-10307