

ニューロン活動の準静的近似による  
視覚連合野における文字記号認知の機構

Analysis of Symbol-Recognition at the Brain Field of Associative Vision  
by the Quasi-Static Approximation of Neural Activities

下 桶 敬 則  
Takanori SHIMOOKE

(財) 高度情報科学技術研究機構  
郵便 # 319-11 茨城県那珂郡東海村白方

**あ**らまし

脳細胞は時々刻々、一連で意味を成す信号パルス群を送出、あるいは受け入れている。これらの意味を構成するパルス群を、ある代表時刻の一発のパルス、ただし、その高さがパルス数に比例するものに置き換えて、信号内容と共に時間歴を追跡する解析的数理を提案している。

この数理の検証のため、網膜像の最初の処理を受け持つ第一次視覚野4C層、これに続く近傍の連合視覚野における、文字記号の学習と認識機構のシミュレーションを計算機上で実施した。

大脳皮質に関わる最近の脳生理学の知見に基づいて構造モデルと回路を設定している。文字混同現象や、その解消メカニズムなどヒトの場合に観測される現象にアナログな結果を得た。

**キ**ーワード ニューロン活動、準静的近似、視覚連合野、文字認識、4C層、脳動特性、巡回路

## S 1 数理的基盤と対象の構造モデル

### # 1. 1 数理的基盤

ニューロン活動の準静的近似とは？

ニューロンが刺激を受けると数10 msec間に約70 mVの一定高の電位パルスが十回程度発生すると報告されている。これをある一時刻（パルス発生中のある代表時刻）に一個のパルスが出力される。ただしそのパルスの高さはパルス数に比例するとする近似である。

### # 1. 2 対象とその構造モデル

本論で扱う対象は網膜像がほとんどそのまま、最初に転送されてくる第一次視覚野（V1）4C層である。

#### (イ) 4C層構造モデル

一般に大脳皮質細胞ひとつは約100から1000の周辺細胞にシナプスを介して影響を及ぼしているとされる。そこで、4C層に500程度のニューロンからなる島を想定、島内で樹上突起と軸索のネットがある一つの文字パターン<sub>n</sub>の学習により自己組織され、また認知に関わっていると仮説。換言すれば文字カテゴリの数だけの島が4C層内に生成され、入力および認識動作は並列に生ずるとする。

#### (ロ) 認識閾値の存在仮定

各細胞島に共通の出力閾値が作用する。正値を超えると正の単位高パルス、負値を下回ると負の単位高パルスを発生する。この中間帯では無発火とする。

#### (ハ) 巡回路仮説

V1領野から混同的認知信号が送出されると、脳内他領野より何らかの拒絶反応信号が戻ってくる。これを受けて機能するのがこの回路である。4C層の外縁部位に存在するとしている。

## S 2 巡回路モデルの概要

文字像を認識する第一次視覚野からの出力信号は、例えば言語発生機能を司る言語運動野へ伝達される（Aライン）。視覚からの原像はBラインにより第一次視覚野に通じている。（図3）

ある原像に対して当該細胞島のみ発火し、他は無発火であれば問題ない。しかし、この時他の細胞島からも、同時もしくは続いて誤認した認識信号が出た場合、これらの合算信号がAラインのP1点より分岐してP3点において原信号と重なり、最後に通常ラインで進んでくる原入力とともにP4点を通過して第一次視覚野へ再帰的に入力される。

### # 2. 1 巡回路での信号変換

(o) 出力バス上で認知信号と誤認信号の加算

(i) P1点で出力バス信号の反転

(ii) P2点で、原信号の2倍化

(iii) P3点で、加算

(iv) P4点で、加算

(v) 視覚野では通常どおり認知回路が作動。

この間、加算とはタイミングの合った二群のパルス群を唯一つの多値パルスで扱うことで、準静的近似そのものである。信号の2倍化も、ある時点で先行信号に足踏みが生ずれば、連続提示、連続送出の原像では容易におこりうる。

最も単純な代数処理、即ち(+,or-)1,or2以内のモデル化である。これらの範囲内でパラメータを変化させたシミュレーション実験もした。

本報告は、多数の実験の中で唯一つの場合に期待できる結果をもたらした内容について記述してある。詳しくは別途詳細論文を参照のこと。

## S 3 数理とモデルの検証

理論とモデルの検証に、視覚像として英小文字筆記体26字種を選び、パソコン（cpu200MHZ）上でシミュレーション実験した。

#### (イ) 学習と一意的認知

学習には、書体変形を考慮して1字種あたり1ないし4像を用い、合計5回ないし8回の繰り返し学習を経たのち、各字種カテゴリの一意的認知に達した。この時の閾値は

正側  $THRUPR = 1890$ ,

負側  $THRLow = -640$

この状態下での字種認知出力像は、入力提示像書体の変化に関わらず一定の3値パターンであることは、英字大文字活字体の例でも報告した重要な事実である。

#### (ロ) 混同認知発生の機構解明

次に、実験の目的に沿い、任意に閾値を下げ、混同的認知が生ずる環境を作為した。

$THRUPR = 1800$ ,

$THRLow = -580$

で、“g”が“y”に、“z”が“y”に混同した。

この混同は巡回路の発動で解消できることを次に示す。

## S 4 巡回路による誤認の解消例

英字小文字筆記体の例：

筆記体“g”と“y”後者の頭部分に帽子を載せれば前者と区別が付かなくなる。

実験中"g"の原像入力で自身の他に"y"とも誤認した。これについて巡回路を作動させた実験を続行したところ、一意認識に達した。なをこの実験では各演算処理毎に出力像をモニターして記録を採った。これをOHPで提示する。

S5 まとめ

眼球網膜と密接に連携作動する第一次視覚野4C層の構造と機能のモデルを提唱、このチェックのため、英字小文字筆記体26字種を対象に、計算機上でシミュレーション実験した。

閾値の高低と学習可能量の大小相関など、ヒトの文字学習行為によく似た結果の幾つかを計算機上で観察できた。

これら一連のシミュレーションを通して「ニューロン活動信号を準静的に近似した。この数理近似法はV1領野以外の脳機能解明に広く応用できる可能性があるであろう。

参考文献-----

- [1]川人光男：脳の計算理論、第2章、産業図書(1996)
- [2]川人光男、行場次郎ほか：認知科学第3巻「視覚と聴覚」、第2章、岩波書店(1999)
- [3]川人光男、乾 敏郎：科学 Vol.61,p214 岩波書店(1991)
- [4]橋田浩一：言語の理論的アプローチ、科学、Vol.68,p500 岩波書店(1998)
- [5]下桶敬則：自己組織脳細胞理論によるアルファベット大文字の学習と認識の機構、情報処理学会論文誌(to be published)
- [6]下桶敬則：自己結合脳細胞理論による視覚の学習と認知(1)英語大文字印刷体による計算機実験、I S P J 第59回全国大会講演論文集、p2-123(1999)
- [7]下桶敬則：ニューロン活動の準静的近似による第一次視覚野(4C層)における文字・記号認知機構の解明について、情報処理学会論文誌(to be published)

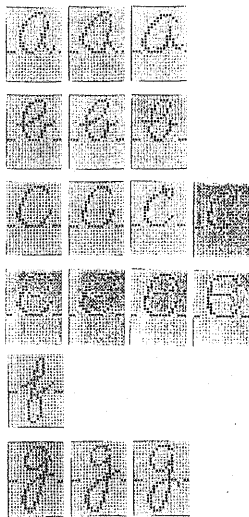


図1 学習用入力パターン例 (a, b, c, e, f, g)

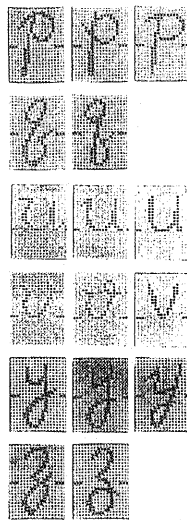


図2 学習用入力パターン例 (p, q, u, v, y, z)

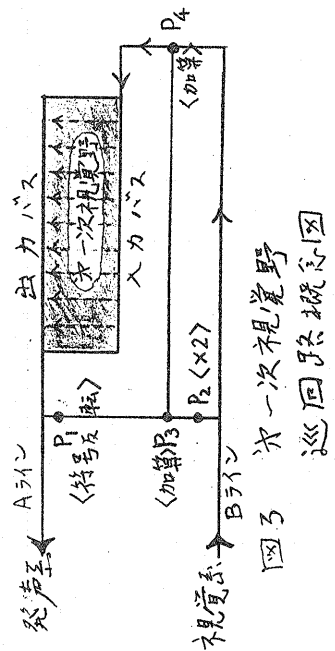


図3 第一次視覚野巡回路概念図