

大脳皮質錐体細胞による解釈過程と記憶構造

新技術開発事業団 津 田 一 郎

東大・薬 清 水 博

大脳皮質は一般に、特異な神経細胞による特異なネットワーク構造により、情報処理を行っている。

この情報処理のあり方を理解したわけだが、記述の方法として計算理論のレベル、アルゴリズムのレベル、ハードウェアのレベルという3段階が知られている。この計算理論のレベルとして我々は、外界の認識における脳の働きとして確率的過程を考えた。ハードウェアレベルとしては、ここ2,30年にわたって行なわれた解剖学的知見を参照し、図1のような構造にまとめた。問題は、図1のような構造をとる神経細胞群の発火状態及び、可塑シナプスの空間分布が、入力信号をどのような形で符号化しているか、そしてその符号たちが、計算理論のレベルで考えて解釈学的過程の操作に如何にかかわっているかをあきらかにすることである。

このような神経ネットワークが、総体としては解釈学的過程を遂行するとして、ネットワークの構造をくわしく調べてみたところ以下のような知見が得られた。

1. 浅層の錐体細胞群の発火分布は、入力信号に対する脳の内部イメージである。
2. 深層の錐体細胞群の発火分布は、内部イメージへの反応状態である。
3. すなわち、脳は外界に直接反応するのではなく、内部イメージを形成し、それに反応するという形で情報を処理している。

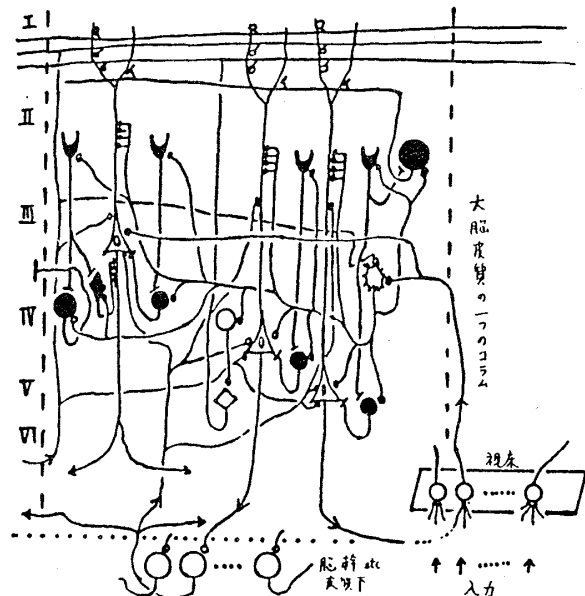


図1 大脳皮質の一個のコラム内構造及び、その皮質下との相互作用を示す。大脳皮質は、このようなコラムが多く集合したものである。コラムコラム間の相互作用はⅢ層の錐体細胞の軸索側枝がⅠ層にまで上向き平行線維となり、錐体細胞の樹状突起の頂点部とシナプス結合することによって実現される。従ってこの部分には、コラム数をNとすると $N \times N$ のメモリーマトリックスが存在することになる。

研究会報告

4. 以上のことは、深層の錐体細胞群が浅層の錐体細胞群の発火を解釈していることを暗示する。
5. 以上の解釈学的過程をさらに深層の別の錐体細胞が解釈している過程が、存在しているようである。
6. この第2の解釈学的過程によって自己記述が可能になる。
7. 第1の解釈学的過程をスムーズに逐行するために、コラムコラム間の相互作用をつかさどる線維の軸索側枝からの星状細胞へのシナプスが、可塑性をもたねばならないということが予想される。
8. 第2の解釈学的過程をスムーズに逐行するために、脳幹部等皮質下からの非特殊性求心線維の信号に依存して、星状細胞から深層の錐体細胞へのシナプスが可塑性をもたねばならないということが予想される。
9. 上のことは、非特殊性求心線維が、学習に関与することを意味しており、実際、他の部位や、下等動物では、モノアミン系ニューロンが学習に関与することが分ってきており、上のことをサポートする生理学はデータが存在する。
10. 従って標語として“Nonspecific is specific”である。
11. 平行線維と錐体細胞とのシナプス結合も可塑的であるということが予想される。
12. 平行線維に2種類あり、一つは浅層の錐体細胞の軸索側枝であり、他の一つは、マルチノッチ細胞の軸索側枝である。
13. 平行線維と錐体細胞とのシナプス結合部で記憶される事柄は、上記2種類の部位で異なっている。一つは内部イメージが記憶され、他の一つは、それへの反応状態（つまり解釈された結末）が記憶される。
14. 解釈学的過程は、可変な記憶状態（シナプス結合定数の空間時間分布）に依存して行なわれる。
15. 先行的理解は、フィードバックループによって浅層の錐体細胞にもどされ、内部イメージを記憶状態に応じて変化させる。これにより反応性も、記憶状態もさらに変化していく。
16. 実際図1をもとにしてモデルをつくりシミュレーションを行なってみると、現在のところ、上記1～15はうまくいっているようである。（step by step に脳をつくっているの、現在のところ全てを完全に確かめたわけではない。）