

現実の情報を断続的に取り込む知能の形成

- 新生児は初期の知能をどのようにして獲得するか -

唐澤 信司 (宮城高専 名誉教授)

E-mail: shinji-karasawa@biglobe.jp

URL: <http://www7b.biglobe.ne.jp/~shinji-k/index.htm>

【脳メカニズムの概要】

感覚器官の神経細胞の反応のどのようなものでしょうか。

感覚器官の神経細胞は閾値論理で反応します。その出力は非常に幅が短いインパルスで一方に伝達されます。感覚細胞の出力はその細胞が発火の条件を満たしたことを知らせるものです。インパルスは発生したタイミングを知らせるだけでその意味は感覚細胞に依存します。そのようなインパルスが種々の感覚器から脳神経系に送り込まれます。

脳における神経細胞の機能はどのようなものでしょうか。

神経細胞は、多数の成分を1つにします。その神経細胞が表象として機能します。その表象は知能を構成します。神経回路網システムで発生するインパルスのパターンは時間の経過に伴い断続的に変化します。神経細胞はほぼ同時に発したインパルスを一にする形式で記憶します。繰り返されるパターンは同じ神経細胞が接続されます。活動のパターンを神経細胞がまとめて、それを要素に記憶しています。一連のパターンもまとめられれば記憶されます。

知能は神経系でどのように形成されるのでしょうか。

知能は活動です。活動は、もしOOならば、OOと記述されます。その動作は一つの神経細胞でも実現できます。そこでは、前半の条件は感覚細胞から信号を受け、後半は出力命令や出力のモニタから情報を書き込みます。多くの活動を一にまとめる神経細胞により構成される神経回路網で、まとめられて知能となります。回路網全体が知能を構成した場合においては、中間に介在する細胞の役割は単純なものです。

知能は開ループのシステムで形成される。

生き物は環境と相互作用して生きています。生き物の置かれている状況は、反応の結果によって変更されます。同じ反応だけを繰り返すことはできません。周囲環境と開ループシステムのしくみでやり取りします。そこで実装された回路は、次の反応が使用されます。脳は断続的に複数のセンサーによって反応の結果を獲得します。そして更新の動作を直ちに行うので、閉じた帰還回路は不要です。

脳における表象の世界の構築

人間の脳は間歇的に現実の世界から分離することができます。人間は現実の世界から抽出した情報で動作や行動を決定します。そして、言語のような表象を用いた思考活動を行います。そこで、環境を創造することができます。人間が自らに動機付けをして偏った活動もします。しかし、それらの活動も経験を通じて実装された記憶に基礎があります。

なぜ神経回路網は階層の構造になるのでしょうか。

神経回路網では活動する領域が局在していて、神経細胞は関連した神経細胞の軸索と接続します。そこで、複数のイベントを処理している関連した神経細胞が繋がって領域を形成します。そのような神経回路網において、神経回路の活動のパターンを接続する神経細胞によって活動を区別すると階層構造になります。幾つもの要素を組み合わせると、組み合わせの数は非常に多くできます。こうして要素を共有する階層構造が形成されて、その結果、使用効率と信頼性が向上します。

【神経システムの操作のタイミングを調整する方法】

インパルスの反応のタイミングはそれが通過する通路の伝達時間によります。神経回路の伝搬速度は、神経線維の性質によって異なります。神経線維の膜抵抗は、イオンチャネルの密度に依存して違います。

習慣的な活動を行う時間直列のデータを出力する小脳の神経回路

小脳の顆粒細胞は遅延要素の役割を果たしています。このアイデアは図1に示すような小脳の神経回路で示されます。プルキンエ細胞は興奮性のインパルスが来ない時にだけ抑圧性のインパルスが発生して興奮性のインパルスの発生を抑制することにより、時間系列の信号を出力します。

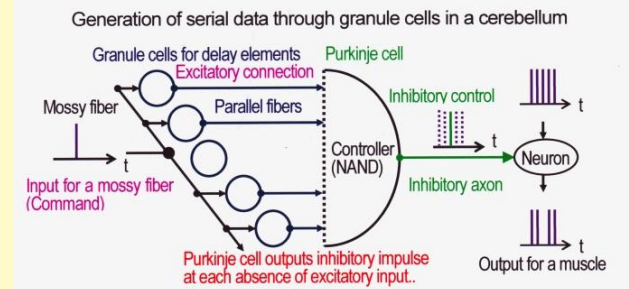


図1 時間の経過に沿って変化するインパルスを出す小脳のモデル

海馬のLTP(長期増強)とはどのような現象でしょうか。

海馬のLTPは、海馬の入力にテタヌ刺激(5秒間隔で10~100 Hzの刺激を1秒繰り返す)を加えると何日あるいは何週間もの神経細胞の興奮性のシナプス電位の振幅の強い増加がみられるものです。LTPは多くの成分を一にする形で事物を記憶する仕組みの証拠です。著者が提案するLTPのモデルを図2に示します。

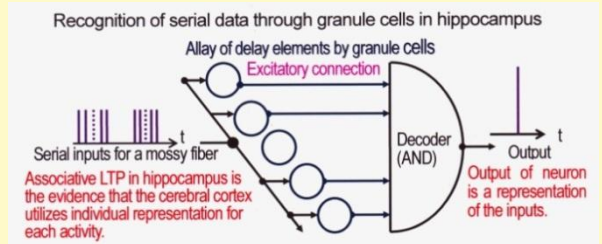


図2 海馬において時間変化の活動を認識する長期増強のモデル。

脳は活動の表象の階層構造をどのように操作するのでしょうか。

階層構造の活性化領域を稼働するには、各表象要素をそれぞれ必要とする期間だけ励起します。ルーチンの一連の活動を再生するには上位の階層の活性化を長い期間にわたって指定し続けます。その際に上位の階層の要素には高頻度の刺激を加えます。

脳はどのようにして活動状態を保持するのでしょうか。

時間に沿って一連の決まった作業を行う時に、一々外界の様子をチェックする必要がありません。開始と停止の信号で高頻度刺激を発生するには遅延要素で閉じたループを作り、パルスを循環させることにより実現します。図3に、高頻度刺激を発生するループ回路を示します。

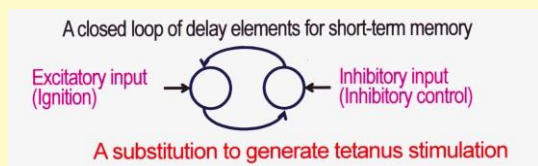


図3 遅延要素のループによる高頻度刺激を発生する回路

【活性状態を転送する方式の知能電子装置の実験的検討】

活性状態の有無を電荷で表現してそれを転送するCCDデバイスが脳型電子装置を実現する最有力の候補です。この電子装置は同期方式の駆動回路が必要で、それは複雑になりますが不可欠です。

デジタルICで制作した活性状態を転送する開ループの制御回路

非同期的インパルス入力で駆動してタイミング制御を検討しました。図4に制作した電子回路の例を示します。ここでは、デジタルICの単安定マルチバイブレータを遅延要素に選んでいます。このモデルの活性状態は入力によって指定された状態に移移します。

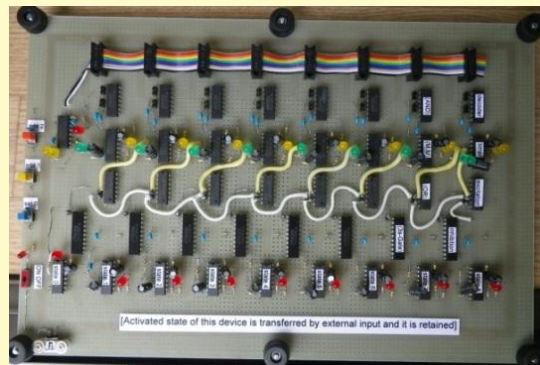


図4 単安定マルチバイブレータを用いた活性状態を遷移する電子回路