

# 言語表現の概念を形成する脳神経回路のしくみ —重複して間欠的に機能する細胞群による知的な活動—

唐澤 信司<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 仙台市青葉少年少女発明クラブ 〒980-0803 仙台市青葉区国分町 1-6-18

E-mail: shinji-karasawa@cup.ocn.ne.jp

**あらまし** 大脳では条件を満たす時だけインパルスを巡回させる方法によって、階層的な活動が重疊的に神経回路内に並存する。繰り返し同時に発生する属性を担う活動領域が介在ニューロンによって結び付けられて、その領域内の細胞群と網状に接続した複数の細胞群によって確実な動作がなされている。大小の活動領域が重疊して稼働することによって連想する機能が実現し、その神経細胞の組織の領域の表象として言語が組み込まれて、実世界が具備する属性も神経回路に組み込まれる。このようにして細胞群の組織に形成される言語機能のモデルを提案する。

**キーワード** 神経細胞, 神経伝達物質, 海馬, 大脳新皮質, 聴覚野, 言語野, 短期記憶, 普遍文法

## The System of Nerve Cells that forms Concept of Language Expression —Layered overlapped impulsive activities of cells for intelligent activities—

Shinji KARASAWA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Sendai-shi Aoba Boys and Girls Invention Club 1-16-18 Kokubuntyou, Aoba-ku, Sendai-shi, 980-0803 Japan

E-mail: shinji-karasawa@cup.ocn.ne.jp

**Abstract** The layered overlapped activities exist in a brain simultaneously through rounding of impulses between areas of nerve cells. A production rule is carried out by the cell that is possessing with same attribute is organized by an interneuron. A reliable action is carried out by reticular connections among the cells in a region. The concept of a word is formed as a representative of an activated area of the neurons. The universal grammar is concerned with the real phenomena. The mechanisms of language and thought are explained as such activities in a brain.

**Keyword** Neuron, Hippocampus, Neocortex, Auditory area, Speech area, Short term memory, Universal grammar

### 1. はじめに

最近になって、脳に関する研究[1]あるいは細胞の分子生物学が非常に多くなされ、脳の理解が進化した。他方、ニューラルネットなどの計算モデルも計算手法として研究されある成果を上げたが、その研究から脳のしくみに関して得られた知見は殆どなかった。

人間は進化の過程から見れば極僅かな期間で大脳を言語で行うしくみに切り替えたが、それは既存の知能の神経回路網を言葉で表象したに違いない。神経回路を伝えるインパルスは伝える媒体が意味を担っている。唐澤等はインパルスを転送して認識する脳神経回路網のしくみを提案した[2]。しかし、そのモデルは神経細胞および神経細胞群の解明が不十分であった。

脳において神経細胞群が領域を形成し、網状に接続することによってインパルスの活動が領域間を確実に巡回することができて、大小の活動領域によりオーバーラップした概念を連絡する活動が可能になる。

本文では、細胞群の組織の機能に論議を絞って言葉の概念が脳神経系に形成される仕組みを説明する。

### 2. 確実な動作を行う網状接続の神経細胞群

#### 2.1. 同時に複数の神経細胞を活性化する組織

[同時に活性化する神経細胞群の機能]同時に発生する属性の神経細胞群を介在ニューロンによって同時に活性化できる。そこで領域と領域とを網状の接続点群で接続することにより確実な動作ができる。その領域間でインパルスを反響的に巡回させることにより活性化が持続する。また、オーバーラップした階層的な活動を行う領域が重疊して存在すれば、セグメンテーションを切り替えて、全体の把握やあるいは部分の理解ができる。そのような組織は映像を理解する構造として言語を使用する構造が組み込まれる以前に存在した。

[介在ニューロンの機能]介在ニューロンの接続点には入力と出力があつて、接続した神経細胞群の活性化を入力とし、入力全体の積分値が閾値を超えると、出力端子からインパルスを出力して、特定の属性を担う領域の細胞群の活性化を一斉に変化させる。

[海馬の機能]多量の顆粒細胞がある海馬はシフトレジスターとして機能できる。この領域を通過して巡回

する活動は別の領域が同時に活性化していないと消失する仕組みにより抑制できる。海馬の縦方向にインパルスの集団を移送し、ある範囲の海馬に横断するように並列してつながる新皮質の領域群の活性化を各種の条件でチェックしながら、活動領域を移動できる。

**【視床の機能】** 視床では側抑制性の相互作用により經由する複数の活性領域群の状況に対して最優先する活動 (winner take all) を決めている。出力が状態を変化するので次の反応の入力が変化する。

## 2.2. 拮抗する反応で自動的に状態を調整する細胞

細胞が活動を長く続けるためには、生化学反応を循環するだけでなく、活動の結果により不必要になった活動を停止し、活動の始末をする反応が必要である。そこで、各細胞は拮抗する連鎖反応のサイクルを具備して、状況に応じた反応を行っている。細胞は次に稼働させる反応を細胞自身で選択するので、細胞自身が精密な感度を調整する機能が必要である。

視細胞は感度を中間位置に次のように自身で調整している。

- 1) 視細胞内の cGMP受容体連動イオンチャンネルは cGMP ( cyclic Guanosine Mono-Phosphate ) によって開き、チャンネルが開くことによって細胞外部から  $\text{Na}^+$  が流入して、視細胞を脱分極させる [1]pp.570。
- 2) 視細胞の細胞膜には別に正帰還的な増幅反応である 電位依存性チャンネルがあって、脱分極が閾値を越えるとチャンネルが開いて  $\text{Na}^+$  が流入して活動電位を発生する [3]pp.111。脱分極で膜電位が上昇して正のインパルスを発生する。

この視細胞の反応は cGMP で次のように調節している。

- a) [Na-K ポンプによる負帰還的な感度調整]  
明るい場合は視細胞内にあるロドプシンが光反応を起こして一連の連鎖反応を経て cGMP を分解するので cGMP 受容体連動チャンネルは閉じられる。その時に、常時稼働している Na-K ポンプの活動で、視細胞の膜電位は下げられて過分極する。  
(他方、網膜の外網状層に於いては視細胞が放出するグルタミンによって稼働する APB 受容体を持つ ON 双極細胞が cGMP を生産して cGMP が増える。その結果、ON 中心領域では視細胞の出力を相殺し、光に対して OFF 領域と反対に脱分極する変化をして反応が拮抗する [4]。)
- b) [流入  $\text{Ca}^{2+}$  の cGMP 生産阻害効果による順応]  
暗い状態では流入する  $\text{Na}^+$  に混じって  $\text{Ca}^{2+}$  が流入すると、 $\text{Ca}^{2+}$  が cGMP の生産を阻害する。cGMP の生産が絞られると受容体連動イオンチャンネルが絞られ過剰な感度の変化が抑えられ中間に保たれる。

## 2.3. 神経細胞の組織による情報処理

生命体は活動を継続して存在し得た結果として合目的な触媒の集合体である。神経細胞は活性電位を発生すると数ミリ秒経過して元の待機状態に復帰する。その期間 (不応期) があるのでインパルスは一方方向に進行する。インパルスはデジタル的な状態変化を残して消えるが、他の活動を引き起こすことや、他の活動を抑制することができる。

神経細胞は、もし、〇〇であれば、〇〇とするという論理の条件付きの反応により求心神経系に中継することや、遠心神経系に反射することができる。その際に条件を満たすと動作するので認識を行う。データのパターン的一致度で認識の動作を行う際にはデータの規格化としてセグメンテーションと位置合わせも必要である。時間直列の平行のデータは入力シフトレジスターで並列のデータに変換してデータバスに載せて、並列に接続した解読器群によって実行できる。

## 2.4. セグメンテーションを行う介在ニューロン

脳神経回路網には介在ニューロンが存在する。介在ニューロンは接続した回路群の活性電位の出力群を入力して、積分値が閾値を越えると接続された回路群にインパルスを正帰還的に一斉に加える。視覚において神経細胞の動作が詳しく研究されている [4]。

その介在ニューロンの機能には次の 2 通りがある。**【介在細胞により正帰還的にインパルスを加える場合】**

接続された領域の細胞群がインパルスを加えられて膜電位が上昇し、その限られた領域だけ活性化されて、セグメンテーションが一時的に行われる。この正帰還作用は、刺激の多い場所がより増強されるので選択作用が伴う。

**【介在細胞により負帰還的にインパルスを加える場合】**

介在ニューロンが接続する領域の活性度を積分して発火頻度を負帰還的に変えるようにインパルスを加える場合には、バイアス成分の変動を抑える効果がある。この負帰還作用によって、バイアスを中間位置に保つことができる。

## 2.5. 大小の区分けの層を重畳して行う並列処理

図 1. に示すように、小さい領域をカバーする介在細胞群による網状層を具備して、その小さな区域毎に感度調整をしてその中のデータを判断する。また、同じ出力群に対して大領域をカバーする介在細胞群による網状層を具備して、大きな区域毎に感度調整をしてその区域で独自にデータを判断する。このように重畳した回路網において、小さいセグメントの階層の出力を包含する大きなセグメントの出力に結びつけ、相互に連絡する階層的な解読器群を形成し、下位の解読器群

の認識に文脈効果を付加することができる。

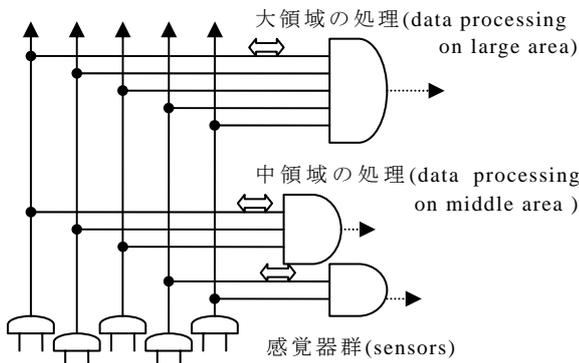


図 1. 大小の区分けの層を重畳して行う並列処理  
Fig.1. Overlapped activation in a system of layered decoders

### 3. 聴覚と発声器官の活動を担う神経細胞

#### 3.1. イオンチャネルの開閉による音声の採取

聴覚器官では音波が鼓膜をゆすり、それが蝸牛で液体の振動に変換され、その液体の振動は基底膜に機械振動を局所的に起こし、膜に載っている有毛細胞を興奮させる。音の周波数の違いは基底膜の感受性の周波数特性が場所より異なることにより検出される。

個々の有毛細胞には不動毛の束があって、不動毛はパイプオルガンのパイプのように長さの順に並んでいて、先端が隣のものと先端糸で繋がれている。そして一番長いものが上にある蓋膜につながっている。そこで、基底膜がたわむと先端糸に張力が発生しその部分の細胞膜が引き伸ばされて張力感受性イオンチャネルが開く [3]pp.273。それが中央階のカリウムの濃度が高い内リンパ液に接しているので、チャネルが開くと内向きにカリウムが流入し、有毛細胞が脱分極する。それが神経伝達物質の放出頻度を高くする [3] pp.270。

#### 3.2. 神経回路の建て増し方式の原則

神経回路網は基本的な機能が稼働中に形成されるので、新しい判断の機能の回路は建て増し構造である。新しく付け足された新皮質の判断が優先されるが、緊急時には基本的な反応が優先される。図 2 に神経系の一つの反応経路を示す。



図 2. 神経系の一つの反応経路  
Fig.2. A route of nerve system

#### 3.3. 新皮質の神経回路による発話の制御

発声を制御するには次のように発声器官の筋肉群

の収縮のパターンを制御すればよい。

- 1) 動作は姿勢を変える記述で実現できる。
- 2) 姿勢は関節群の角度のパターンで指定できる。
- 3) 関節の角度はサーボモータで変えられる。

出力するステップごとに力を入れ方を指定する方式であれば、「もし、〇〇という入力インパルス群のパターンであれば、〇〇というパターンインパルス群をする」という神経回路群だけで制御できる。このパターン変換を多量に並列に具備しておいて、前提条件を満たすたびに出力を出すという動作を頻繁に行って発声の制御ができる。その場その場の行動は実世界において決められる。

行動の言語による表象は文章である。言語に関する時間系列のインパルス列の記憶は海馬を媒介にして巡回することにより神経回路網に記憶される。

#### 3.4. 小脳の神経回路網による発話動作の制御

発話は時系列の発火のパターンとなるが、その一つの系列を特定の筋肉細胞が受ける。その脳から受ける収縮活動の指令が繰り返される時に、時系列で基本動作を記憶すればステップごとにモニターを確認する必要はない。その一連の動作タイミングを指定するには時間系列の指令を書き込む接点群と時間進行を制御する回路が必要になる。

小脳は付け足された器官である。顆粒細胞が稼働の命令を受けてインパルスが顆粒層で転送されれば、平行線維群ではインパルスが平行線維を移動してタイマーとなる。出力であるプルキンエ細胞には平行線維が選択的に接続されていて、プルキンエ細胞がタイミングを記憶する。プルキンエ細胞はCl<sup>-</sup>チャネルを開くGABAであり、活動を抑制的に制御する。OR論理の接続をド・モルガンの定理で翻訳するとプルキンエ細胞の入力は抑制性シナプスである。即ち、入力刺激が来ない時に脱分極して抑圧性の出力をして抑制の制御をする。入力に刺激があれば、抑圧しない。

この動作は以下の小脳の仕組みにより確認できる。

- 1) プルキンエ細胞に多量の平行線維が接続している。
- 2) 平行線維は顆粒細胞の出力である。
- 3) 顆粒細胞群は脊髄と脳幹の核から始まる苔状線維から興奮性入力を受けている。
- 4) プルキンエ細胞には登場線維が興奮性シナプスを作っている。
- 5) 登場線維には下オリブ核を通過する筋肉へのデータが伝えられている。

### 4. 生体の諸活動を調整する脳の機能

#### 4.1. 大脳新皮質の連合調節機能

視覚はパターンマッチングによるフィルターで行

動を選択するが、実世界で起こる現象を理解するには背景となる状況も条件に呼び起す必要がある。その際に大脳連合野では介在ニューロンによってカバーされた大きな領域の活性化と関係する別の小さな領域の活性化を相互に刺激して上下する階層で解説する。

単一の神経細胞では活動電位を発生した直後にアフターエフェクトがあつて直ちに発火できないが、細胞群の領域であれば活動を受けて直ちに送り返すことができる。大脳の新皮質ではカラムという構造を形成し、その神経回路網では入力と出力は視床と連合野である。大脳の新皮質において、条件を満たす活動が視床に出力され、視床と新皮質との活動の巡回によって、認識された感覚データの活動が維持される。

視床においても、視床が関係する神経回路網で相互作用する活動の状態をチェックして制御する。

## 4.2. 中脳の調節機能

神経細胞は条件付きの反応により求心神経系に中継することや、遠心神経系に反射することができる。感覚器官から大脳の新皮質に情報を伝える伝達路から見れば中脳に側枝を出している。中脳に入力した感覚刺激が粗い認識によって中心部にある網様体賦活系を興奮させると、その興奮は大脳皮質に投射し、その視覚野や聴覚野の特定領域の活動の水準を高める活動ができる。他方、中脳では感覚刺激により運動系を制御することもできる。

意識されない中脳においても視覚で頭や眼球を制御する。その動きで網膜に映る像が変化し、網膜地図が大脳の視覚野 V1 の地図に投射される。その V1 に映る像を連合野で分析する。そこで、視覚は脳のかなり広い領域の活動を併存させて認識している。

視軸の制御などの眼球制御は大脳を経由せずに行う条件反射は中脳の背方の上丘(colliculus superior)を終止領域とする経路で行う。

哺乳類では、上丘の脳内に占める割合が小さくなり、それは視覚反射の中核になっている。ところが、魚類から鳥類までの脳では、視覚情報は主に中脳に集まっていて、上丘は背方に向かって突出して大きく視蓋になっている[5]pp.7。視覚によって無意識的に行動することが脳の基礎の構造にある。

## 4.3. 視床の調節機能

中脳と大脳の間位置する間脳に視床がある。視床の外側膝状体は視覚野に中継し、内側膝状体が聴覚野に中継する。ところが、視床本体も大脳の新皮と同様に属性によって領域が分かれている。これは、視床が大脳新皮質と連携して認識する活動をしていて、そ

れ以外に脊髄、脳幹、小脳、大脳基底核と情報を送受していて、新皮質の活動を制御する役割を担っている。

視床下部は呼吸などの生命をつかさどる脳幹にも接続されていて、睡眠、体温、摂食、飲水などの周期やホルモンなどの分泌なども自律的に調整している。

## 4.4. 基底核と辺縁系の機能

大脳には新皮質だけではなく大脳基底核と大脳辺縁系がある。大脳の基底核の神経回路の活動で全身のバランスとりながら随意動作を制御する。大脳の辺縁系は脳幹の周囲をリング状に囲んでいる皮質領域である。辺縁系は新皮質が発達する前には身体の活動を把握して指示していたが、人間の脳ではそれを覆うように新皮質が広がった。

動物は基底核と辺縁系という古い大脳で、自分にとって有利か不利か、安全か危険かを判断して必要な動作を指令していると考えられている。

海馬(hippocampus)は辺縁系の原始皮質(archicortex)の中央部が陥没して形成された。海馬の後部は左右の海馬が接続している。

## 4.5. シリアル/ パラレル変換

新皮質に回路を形成する長期記憶にシリアル/パラレル変換機能は欠かせない。このデータの処理には処理の区切りが必要である。パターン状のデータを処理するにはマトリックス状のドットパターンをオルゴールのピンのように扱う。単語を一枚のシートは納めると、多数の単語を扱うにはシート状のレジスタと多数のシート状の記憶シートが必要になる。発話はシートを指定して、そのシートのデータをスキャンパルスでデータベースに呼び出す。他方、解説する際には同時に照合して、一致したパターンを選びだす。

マトリックス状のレジスタとマトリックス状のデータシートが形成されておれば、入力とレジスタをスキャンする作業によってデータを順次に照合することができる。そのレジスタの役割を海馬の多量の顆粒細胞が担っていると考えられる。

発話を行う随意筋の活動は大脳新皮質で間歇的に行なわれる。その領域は側頭連合野であり、その領域には聴覚野とウェルニッケ野や視覚が含まれている。筋肉よる動作は神経回路の伝達より時間がかかり、発声する動作は呼吸も関係している。そこで、発話の時間的制御には、ほぼ定まった区切りがある。

## 4.6. 海馬による調整機能

図3に示すように、海馬は新皮質と接続して活動の中継しつつ、並列的に活動する視床や脳幹系および扁桃核や自律神経系とも連結しており、それが数珠の様

に連なっている。

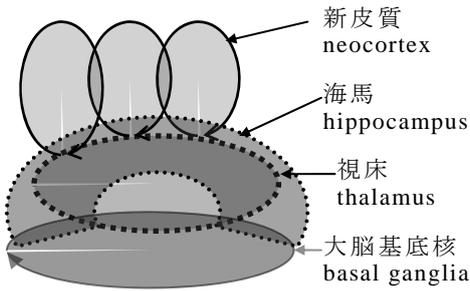


図 3. 海馬を循環回路の一部とする脳の活動のモデル  
Fig.3. Flow of the activities in the brain that hippocampus is a part of a loop of activity

海馬では活動群を螺旋状に転送させている証拠の写真もある[6]。このよう構造から海馬はレジスタとして、オーバーラップして階層的に活動する新皮質の活動の時間系列を制御していると考えられる。構成要素が神経細胞であるから、全体的に活性化したり、部分的に活性化するインパルスが発生させたり、他の活動により活動を抑圧される回路としても動作する。

#### 4.7. 細胞膜に受容体を群生する長期記憶のしくみ

高頻度(5~400Hz)で、ある程度の時間(~30秒)持続するテタヌス刺激(tetanus)を与えると、興奮性シナプス電位が長期増強(LTP: long-term potentiation)がなされる。この長期記憶に関係する現象には神経伝達物質であるNMDA (N-methyl-D-aspartic acid) 受容体チャンネルがCa<sup>2+</sup>を次の過程が関係している。

- 1) AMPA(α-amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazole propionic acid)受容体が活性化して、Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>を通し、Ca<sup>2+</sup>は阻止。
- 2) AMPA受容体が活性化の持続で、NMDA受容体のMg<sup>2+</sup>による阻害が解除され、Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>だけでなくCa<sup>2+</sup>を流入する。
- 3) Ca<sup>2+</sup>依存性セカンドメッセンジャー系を活性化し、AMPA受容体の形成によるグルタミン酸感受性の増大や、シナプス前の末端に作用するメッセンジャーが作られ、複数の機構が関係して長期にわたり伝達物質の放出が促進される [3]pp.187。

脳神経系で細胞膜にシナプスを形成する長期記憶の臨界期を過ぎる時期になると NMDA 受容体の数は急速に減少する。

### 5. 情報処理のための言語使用

#### 5.1. 表象された言語活動の単位に含まれる意味

ヒトは言語生活を始める以前には、視覚で映像を見てどのように対処するかを判断した。主に視覚で情報を集めて、その時の需要に状況に応じて対応を判断し

ていた。初期の言語は視覚による行動のサブルーチンを指定するファイル名のような役割であった。

言語機能は現生人類が発達させた機能であり、視覚野による神経回路網を共有していて、共同生活をするという基盤があって、生活の中で獲得された。繰り返し同時に発生する活動領域が介在ニューロンによって属性を担う神経細胞が結び付けられ、それらが連携した活動を行う。

図 4. に言語が視覚に基づいて行動する神経細胞の組織において活動的にされた領域の表象として組み込まれる様子を示す。その際に、実世界が具備する属性が概念として組み込まれる。言葉が具備されている神経回路群の領域を表象すると、元の神経回路に意味が刻み込まれている。

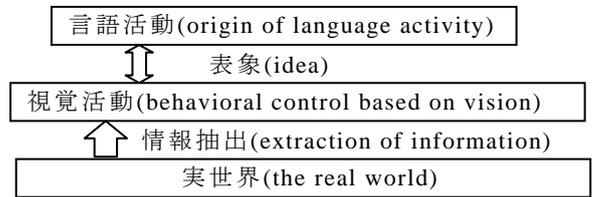


図 4. 視覚による行動制御に組み入れられた言語活動  
Fig.4. Language activity was incorporated in behavioral control based on vision.

現実の事物にはいろいろな属性があり、それを言語表現するので、異なる言語表現の間に対応関係が成り立つ。また、言葉の意味を言語で説明できる。

動作を表すには主体を表す主部があり、動作を表す述部がある。働きかける動作には目的語がある。その動作には、過去、現在、未来などの属性がある。

#### 5.2. 発声動作の単位で区切られた事物の表現

図 5. に同時に別々に発生するデータのパターンは相互に作用させることができることを示す。

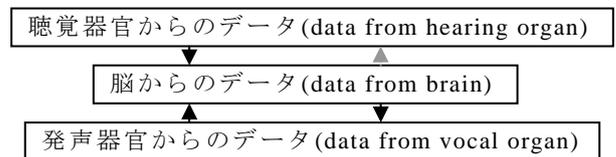


図 5. 言語使用に関わるデータ源の連携  
Fig.5. The linkages of data sources for language use

発声器官の時間制御は筋肉の動きや呼吸に関係しており、リズムがある。音声言語は発話動作に依存していて、音声認識処理も合わせなければならない。

言語を理解するウェルニケ領域と言語の発語中枢のブローカ領域は神経線維の束で接続されている。そ

ここで、参照データと同様になるように発声器官の筋肉を指令する。

### 5.3. 言語が独立した意味を持つプロセス

大脳新皮質には感覚の情報を受け取る感覚野と運動の指令を送る運動野の他に連合野があって、連合野は人間の脳新皮質全体の3分の2を占める。独立した領域間で相互作用を行う連合野は外界とは連絡せず、他の新皮質の領域と相互に刺激できる。

人間の脳には身体の活動とは直接結びつかない神経領域が新皮質にあって、その活動の表象として言語が組み込まれた。その人間が共同生活を営む際に、言語によって情報を交換して行動が調整される。言葉が独立した意味を持つのは共同社会を構成する人間に対してだけ意味を持つ。その中で発話活動が意味を持つことはコミュニティに影響を残すことである。

### 5.4. 視覚の認識と言語活動

言語では複数雑な事物を表現する際に表現要素を共用して使用効率を高くすることが階層構造を構築することになる。認識要素を組み合わせて認識を行う階層構造の仕組みは、視覚においても含まれている。

言語野のある左大脳半球では分析的、論理的でシリアルな活動をし、他方、反対側の右半球は視覚的で総合的直観的な活動をしているといわれている。脳の組織は必要な細胞によって構成されている。

左右の脳が相互に補い合っている様子を図 6.に示す。

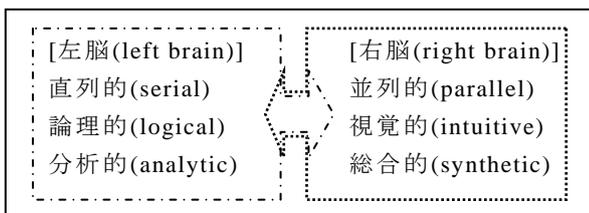


図 6 左脳と右脳の相補的な関係  
Fig.6. Complementary relationships between right brain and left brain

## 6. おわりに

本研究では、なぜ、神経細胞は網状に多量の接続点を持つか、なぜ中間に介在細胞が存在するのかという疑問が、同時に稼働する神経細胞群を一括して活性化することや一括して抑制する方式にして、多量の神経細胞により回路網をオーバーラップして組織することが、不応期のあるインパルスが発生する神経細胞を要素とする組織では確実な動作が保障されることから、多量の細胞で脳の機能を実現する仕組みを論議し、その神経回路網において言語の概念の形成される過程を

検討した。

脳神経回路網では、個々の神経細胞は詳細な感度調節がなされおり、神経系全体では多くの種類の活動が平行して存在し、状況に応じて各細胞が具備している伝達物質を放出して特定の機能が発現している。

個々の神経細胞はインパルスの反応を条件付きで転送するが、同時に発生する神経細胞群が領域を形成し、同類の神経細胞群に網状接続の神経細胞を複数並列接続して処理を確実にしている。

循環する短期記憶活動を神経細胞の集団を活動単位にして可能にしており、神経細胞が構築する大小の活動領域がオーバーラップして活動して連合調節している。その活動領域の表象として言語活動がある。

まだ、大脳基底核や辺縁系の時間に関係したしくみは十分に解明されているとは言えないが、海馬ではマトリックス状のインパルスのデータパターンをスキャンするように扱っていると説明した。視床の特定の領域と大脳の新皮質の特定の領域と巡回する活動は種々の活動と照合や調整が行われ、その視床で活性化された核群の中で優先する活動が選択される。

言語は神経細胞の活動的にされた領域の表象として形成され、文法は真の現象に関係した成分と構成を持つ。言語は脳神経系の活動の表象として、情報を経済的に神経回路網に組み込む道具の役割を果たしている。合目的に活動を制御する脳神経系の仕組みから、それを言語機能の習得においても考慮する必要がある。

本報告は説明するモデルの提案であるが、今後、それが人間の知的な活動の解明のみならず言語を理解する機構等の開発に貢献することができれば幸いである。

## 文 献

- [1] J. G. Nicholls, A. R. Martin, B. G. Wallace, "From neuron to brain", 3<sup>rd</sup> ed., Sinauer Associates, Inc., 1992. B. Alberts, D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts, J. D. Watson, "Molecular biology of the cell", 3<sup>rd</sup> ed., pp.545, New York, Garland Science, 1994.
- [2] 唐澤信司, 桜庭弘 "音声の変化を検知し重複した解読を組み合わせて判断して言語活動を展開する組織の構築", 信学技報, TL2006-10, pp.19-24, July.14, 2006.
- [3] F. Delcomyn, "Foundations of neurobiology", W.H. Freeman and Company, 1998.(小倉明彦, 富永圭子, "ニューロンの生物学", トッパン, 引用の頁は邦訳書).
- [4] H. Kolb, E. Fernandez, R. Nelson, "Webvision", 1997. <http://hc.les.dmu.ac.uk/mirrors/webvision/>
- [5] 岩堀修明, "神経解剖学", p.7, 金芳堂, 1998.
- [6] 林勝彦, NHK サイエンススペシャル 驚異の小宇宙人体Ⅱ 脳と心, 3, pp.18, 1993.