

# 活動単位を転送して3次元空間に活動を組織する脳神経回路網モデル

唐澤 信司

宮城工業高等専門学校 電気工学科 〒981-1239 宮城県名取市愛島塩手字野田山 48

E-mail: karasawa@miyagi-ct.ac.jp

あらまし 本報告の脳神経回路モデルでは神経細胞がインパルスを出力する時に複数の入力された活動を一つの活動単位にまとめる。その活動はループ回路で保持できる。活動単位を転送してできる遅延転送素子列のタイミング出力と外部データとを合わせて解釈する回路によって時間系列の活動を記憶する。言語は、階層別の空間の格子点で活動単位を表現し、区切りの間隙で上位の階層に転送し、全ての活動要素を用いて理解する。複数の活動が並行する視覚では、時分割で3次元空間に稼働中の神経細胞群を表わし、それを仲介にして対応した活動を行なう。

キーワード 神経細胞、活動単位、エージェント、電荷転送回路、論理回路、脳のメカニズム

## The Model of Nerve Network in which a Transmission of Activity forms a Structure of Activities in a 3-Dimensional Space

Shinji KARASAWA

Department of Electrical Engineering, Miyagi National College of Technology

48 Nodayama, Shiote, Medeshima, Natori-shi, Miyagi, 981-1239 Japan

E-mail: karasawa@miyagi-ct.ac.jp

**Abstract** In the model of a brain, a pattern of plural activities is transferred into one activity by means of a neuron. The operation of a neuron is an agent. A loop circuit is able to keep an activity. A line of transfer elements is used in order to link intermittent activities where each step of the line assigns the timing of operation. Linguistic activities are carried out by using all the activities in the model of a brain where a nerve cell is represented by a grid point. An output is sent to a point in the upper layer at the end of segmentation. Plural agents for a vision are controlled via additional agent by using address data on activated agent or by using a pattern of flags on an activated neuron.

**Keyword** Neuron, Activity unit, Agent, Charge transfer circuit, Logic circuit, Brain mechanism

### 1. はじめに

インパルスを転送して知能を自動的に形成する脳神経系のしくみを持つ電子回路モデルを報告する。

1990年代より、脳のメカニズムの解明する研究が盛んになり、人工知能を情報処理により実現する研究が進展した。他方、ボトムアップのアプローチで知能を解明し、構築するという研究も進められた[1]。

Antonio Damasio(1994)は医学の見地から“Descartes' Error”という著書で脳は合理的な思考を行なうことを基礎にするのではなく、脳は身体と常に相互作用している身体と分離できない存在であるとした[2]。

Daniel Dennett(1992)は哲学の見地から、認識の過程において行なわれる認識要素の集積に注目し、空間的に集積した[Cartesian Theater Model]に対して、時間的な経過によって活動がさまざまな処理がなされ、それらによって認識や判断がなされるという理論[Multiple Drafts Model]を提唱した[3]。

3次元の実世界を知るには神経回路網に外界から採取した状況によって行動するが、高度な判断を行なう

ために一旦は活動をまとめて、そこに集められた複数の活動を素材に新たな活動を起こす。その際に神経回路網では静止することがない活動をループ回路に巡回させて保持し、不必要になった時に活動を消去する。他方、活動をレジスタに並べてチェック項目を確認するには、走査するような時分活操作が必要になる。

Rodolfo Llinas (1993)は脳が活動する仕組みに関連して、視床の髄板内核 Inter-Laminar Nuclei(ILN)から40Hzの信号が常に走査をしていて、神経回路網の活性化した領域からのメッセージを受けるとした[4]。

神経回路ではインパルスのような変化を活動電位で転送しているが、それをCCDなどの電荷転送回路で実現できる。これまでCCDによって論理回路を作ることが研究されたが[5]、その利用目的がデジタルコンピュータを作るもので、ダイナミックMOS ICのデジタル回路より優れることはなかった。

脳神経系の機能は全て活動による。現在進行中の視覚を「網膜に映る映像に関係する神経細胞の活動状況」とすれば論議できる。そこで、「認識は活動である」と

定義する。活動は活動単位とすれば転送することができて、それを電荷の存在で表現して、時間分割で電荷を転送する回路によって活動の展開を再演できる。また、活動は時間軸において変化を起こすが、それを転送回路によって空間に並べて、それを回路の接続点に変換できる。また、逆に静止した接点の列を走査によって時間軸上の活動に変換できる。こうして、著者は、活動単位を扱うことにより神経回路網と類似な知能システムを構築するモデルを提案した [6], [7]。

複数の回路により外部から入力するインパルスのパターンを解釈して出力を指示し、その軌跡を回路として記憶することができる。一括して処理できない操作は時間分割の操作や間歇的な走査により制御する。その場合に稼働している所を示すレジスタで示し、それぞれの活動を解釈回路で始動する。

こうして、活動のパターンを次々と解釈して活動を展開する。このシステムは解釈器を構成要素としており、解釈器が自動的にできるので、原理的に活動により建て増しする脳神経系の電子回路モデルとすることができる。

## 2. 活動を自動的に組織する回路のしくみ

入力のパターンの点群が書き込みの時と一致した場合にだけ出力する回路を自動的に形成する電子回路は外部回路の特性により次のように実現できる。

すなわち、多くの信号源を一点に接続して、信号源は H レベルの時にインピーダンスを通して出力し、L レベルの時には出力端子が接地とする。この場合に接続されている信号源 L レベルのものと一点に接続された出力は L レベルとなり、接続されている信号源が全て H レベルでなければ H レベルを出力できない。

他方、出力のパターンは一点にパターンとなる端子群を接続して、それらに接続される負荷のインピーダンスを大きなものとする。

ダイナミック MOD IC では接続点をフローティングゲート (Floating Gate; FG) MOSFET で作る。ただし、FG MOSFET にホットエレクトロンを注入して遮断するので、反転した信号を用いて直列に挿入された不必要な接続点の FG MOSFET を遮断する。そうすると、元のデータのパターンで活動単位の存在する配線にだけ直列に挿入された FG MOSFET は選択ゲートの信号で導通するようなる [8], [9]。

図 1 に書き込み可能な AND - OR 回路を示す。なお、出力をそれぞれ別の配線で伝える方式では配線が多くなるので、出力にはデータバスを用いる。この出力方式では時分割で符号をデータバスに送り、入力部に専用の解釈器を付けたエージェントで動作させる。

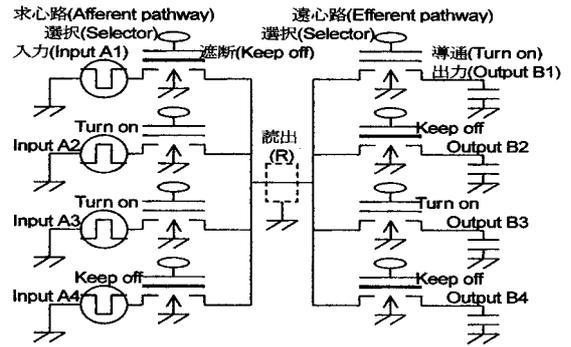


図 1 書き込み型ルックアップテーブルの MOS 回路  
Fig.1 A programmable MOS circuit for a look-up table

書き込みは入力のデータが既存の解釈器群では解釈されなかった場合に書き込む。図 2 に図 1 の LUT の「読み出し」から「書き込み」操作に自動的に切り換える LUT の制御回路を示す。

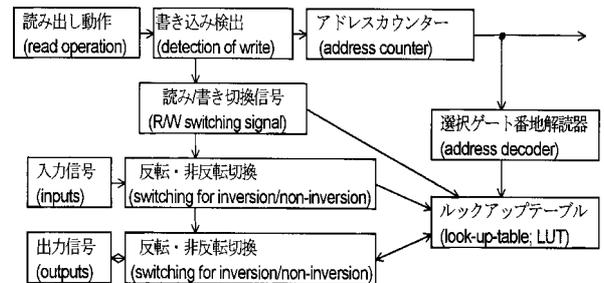


図 2 LUT の読み出し / 書き込み自動切替回路  
Fig.2 Switch from read-operation to write-operation

時間系列の活動を組織する際にはタイミングを制御条件に入れる。遅延要素を直列にした遅延転送回路に接続しても順次動作は記憶できる。

神経核の中である 1 つの活動単位を転送した際に転送した回路群の出力群をタイミング信号とセンサー群から入力するデータ群とを同時に入力してできる解釈器網により時系列の動作が記憶できる。出力状態を指定する回路には転送のステップ毎に接続する。

## 3. 活動単位群の時間的に連結による行動制御

神経回路網は間欠的にインパルスのパターンを別のインパルスのパターンに活動を変換する回路要素によって構築されている。この様な要素で構成される神経系はどのような活動でも同時に発生する活動が関連付けられる。また、多数の活動を一つの活動にまとめる要素だけによって活動している組織は建て増し方式の統制されたものとなる。言い換えれば全ての神経細胞は入力する活動単位群を一つの活動単位に変換する。

図 3 に時間進行で活動を連ねるシステムを示す。

ここで、Agent (t1), Agent (t2), ... に図 2 の回路を用いる。

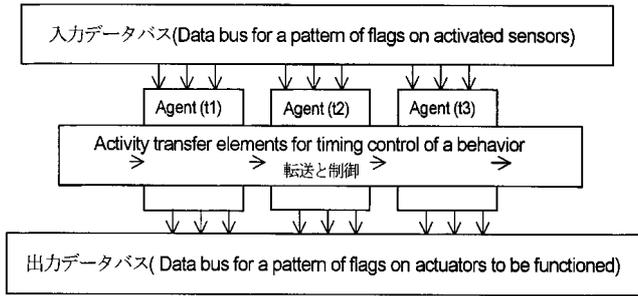


図 3 エージェントを連ねた活動の制御組織  
Fig.3 A sequence control system for a series of agents

この回路はインパルスが伝播するラインを中心に組織されていて、インパルスの伝播に従って発生されるインパルスによってエージェント群が動作する。

#### 4. 言語活動を担う神経回路網の活動

図 4 にデータの 패턴の変換回路 (LUT:ルックアップテーブル) を平面に並べた言語処理の活動組織を示す。多量の LUT を平面に並べるには入力の配線群を行として異なる行にも同じデータをのせ、出力の配線群を列として異なる列にも同じデータをのせると、全ての LUT に一度にデータを照会して出力を得る。

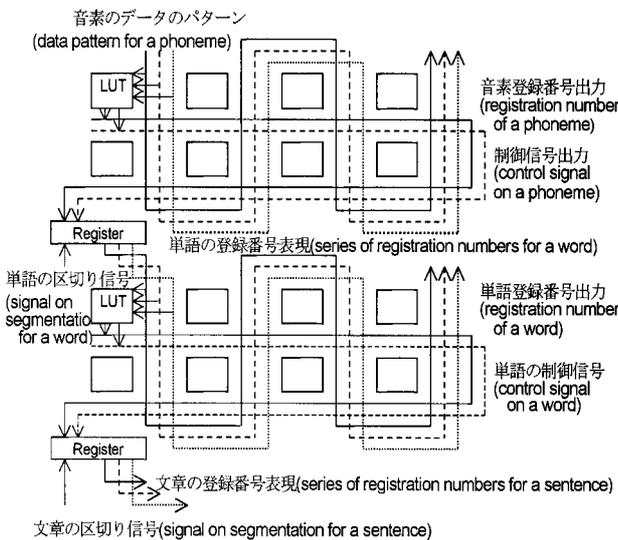


図 4 ルックアップテーブルを並べた言語処理  
Fig.4 Look-up tables for language processing

図 5 に階層的な言語に関する回路網を示す。ここで、言語活動の階層間でのデータのやり取りは単語の区切り、および文章の区切りで行っている。

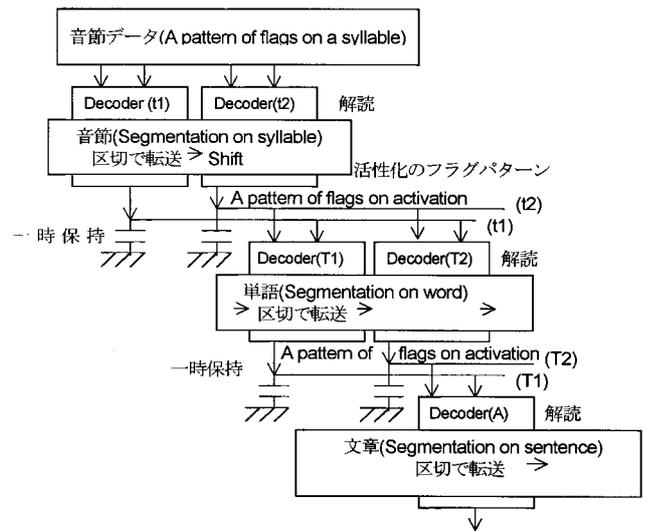


図 5 階層構造でオーバーラップした言語の活動  
Fig.5 The linguistic activity that is overlapped with layer structure

記憶は関係する事柄の活動を甦らせる機能によるので、リンクした関係を回路として残すことが必要になる。リンクした関係を結ぶには関係した事柄が同時に発生することで結びつけられる。

日常的な動作は繰り返されるので、それをつかさどる回路は消失しない。長期に及ぶ記憶は言葉を含んで記憶し、それを繰り返して想起することによって保持される。言葉を使ってコミュニティを作ることが知能を著しく発展させた。個々の参加者は時分割で部分的にしか参加しないが、社会全体としてよどみがなく活動できるのは参加者が共通理解できる脳神経回路網を持ち合わせているからである。

ここで報告した言語処理装置の応用として、自動翻訳携帯電話器がある。携帯電話器のディスプレイに日本語を書き込み、英語に翻訳をする。書き込んだ英語を日本語に翻訳し確認をする。こうした機能により、英語での電話の補助をする。この方式でユーザーが必要とする言葉を予め組みこむことができる。

#### 5. 視覚に関する脳神経回路網の活動

目を閉じると音や手足の動きで 3 次元空間を感じる。このことは、映像がなくても空間配置を認識している証拠である。両眼が同じポイントを視点の領域(視点:黄斑部)に入れれば三角測量の原理で空間配置を認識できる [10]。眼球の姿勢制御に関係した中脳上丘の神経回路が空間配置を認識し、大脳の視覚野で形体分析することが知られている。

そこで、次のような視覚モデルを提案する。カメラ

を2台設置して2つカメラの映像で輪郭や色彩の特徴抽出で区分をして、時分割で両カメラの画面の中心を同じ区分の中心に合わせるように操作し、その部分物体までの距離を求め、その部分物体が何であるか分析して、それにどのように対処するかを指示する。この視覚モデルでは必要な事柄だけを必要な場所についてだけチェックする。臨機応変に必要なに応じた操作をする視覚装置は状況が刻一刻と変化する自動車の運転などの視覚装置に適している。

多くの細胞で構成されている人間の視覚では、別の位置に少しずれるとそれを動かしたものと認識する。また、暗闇の中で2つの電球を適当な時間間隔で交互に点灯すると、2つの電球の間で往復運動を見る。このような現象は学習による視覚の性質を示す証拠である。実世界の映像をインパルス的な活動で認識していても其れを認識するにはインパルスを観測する神経回路がなければ認識出来ない。

神経回路が担う意味は同時的な活動がリンクされる姿である。神経回路網の中で神経細胞がインパルスを出している活動が担う意味はその活動が発生する実世界の状況と、その活動の結果もたらされる実世界での内外の効果である。細胞分裂で空間的に分布するデジタル的な神経細胞の回路網が連続的な直線を認識するのは、このインパルスのパターンは直線であるという実世界における経験によって構築される。

## 6. 結言

脳神経回路網は活動を通して実世界の特徴を採取し知能回路を建て増し続ける存在である。生きている限り実世界を理解することが続けられる。そこで、データは実世界にあって、それが脳神経系に抽出され集積された実世界の属性のなかで思考が展開する。

言語活動は建て増された活動でオーバーラップする階層構造を持つ。

言語に関わる単語や文章などの活動単位群を階層別の空間に表わし、活動状態の要素で形成される活動がリンクした回路網組織で言語活動或いは言語処理回路を表現する。言語の多重構造的な活動を担う回路システムは「活動単位群を集積すること」と、「集積した活動単位群を特定すること」によって構築できる。

視覚では情報となるデータが外界にあるとして、時分割で眼球の制御データとリンクした視点の映像とを情報圧縮して、統括するレジスタに送り、それらを配置して視野を形成し、その視野の活動において察知される事物に対応した行動を起こす。視覚だけで言語機能がなくても実世界に対処する知能がある。

本報告では自動的に対応した活動を表現するLUT(ルックアップテーブル)をダイナミック MOS IC

で形成する方法を示した。

このLUTを構成単位とした言語理解や、視覚機能のモデルは、活動単位を電荷で表現することによりダイナミック MOS IC および PLD や FPGA と類似な半導体不揮発性メモリの技術によって実現できる。

これまでに著者は周辺回路を構成するダイナミック MOS 回路のコンピュータシミュレーションを行なった [11]。しかし、本文で報告した電子回路モデルは原理的なレベルである。

具体的な装置を考え、その実用化研究を行なうのが今後の課題である。本格的な半導体デバイスの製作にはマーケットなどの調査も必要になる。

## 文 献

- [1] R.Pfeifer, and C.Scheier, Understanding intelligence, MIT, 1999. 石田章夫,小林宏,細田耕監訳,“知の創成-身体性認知科学への招待-”共立出版,2001.
- [2] Antonio Damasio, “Decartes’ Error” New York, Putnam, 1994. 田中三彦訳,“生存する脳-心と脳と身体の神秘-”講談社,2000.
- [3] Daniel Dennett “Time and the Obsever” behavioral and Brain Science, 15, 183-247, 1992. 矢沢潔訳,“意識の多文書理論”最新科学論シリーズ,最新脳科学, pp.52-70, 学習研究社, 1997.
- [4] R. Llinas and U. Ribary, Coherent 40-Hz oscillation characterized dream state in humans, Proceeding of the national academy of science of the United States, 90(1993) 2078-81
- [5] T. A. Zimmerman, R. A. Allen, and R. W. Jacobs, Digital charge-Coupled Logic (DCCL), IEEE, vol.SC-12, no.5, pp.473-485, October 1977.
- [6] 唐澤信司, “人間の視覚及び聴覚神経系に類似したインパルス転送回路網モデル,”信学技報, HIP2003-77, pp.1-6, December, 2003.
- [7] S. Karasawa, Activity Transfer Models for Associative Activities in a Brain, Proc. of the Language Sense on Computer 2004, pp.18-25, 8<sup>th</sup> Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence, Auckland, New Zealand, August, 2004.
- [8] 唐澤信司, “活動単位を電荷で送って脳神経回路の機能を実現する回路網の構築法,”信学技報, NC2004-2, pp.7-12, May, 2004.
- [9] S. Karasawa, Dynamic MOS Circuits for Neuro-morphic Hardware Implementation Based on the Paradigm of Activity, Proc. of International Conference on Computing, Communications and Control Technologies, Austin, Texas, pp.194-199, August, 2004.
- [10] S.Karasawa, The Strategy of Impulse Driven Working Memory for Visual Perception, Proc. of International Conference on Imaging Science, System, and technology, CISST’02, Las Vegas, Nevada, pp.729-735, June, 2002.
- [11] 唐澤信司, “インパルスを転送して知的活動を行なうダイナミック MOS 回路, 宮城高専研究紀要, 第 40 号, pp.1-7, February, 2004.