

‘neuron-oid’系における創発的情報処理 (第3報) :

3S-1

‘neuron-oid’での入力間の同期検出*

稲吉 宏明, 田中 敏雄, 西田 健次, 新田 徹†

電子技術総合研究所†

■1 はじめに

知能や意識は、神経細胞集団の相互作用により創発する性質であると考えられる。筆者らは現在“neuron-oid”(=神経細胞もどき)と名付けた研究に取り組んでおり、この研究では部品としてneuron-oidを設計し、この部品集団(=neuron-oid系)での相互作用を通じて人工的な知能/意識の創発を目指している。

本稿では、第3報として1つのneuron-oidでの複数入力間の同期検出について報告する。なお、本稿で示される重要な概念は、(1)「後シナプス応答」と「前シナプス出力」の分離、(2)“trading synapse”仮説、(3)“receptors darwinism”仮説、の3つである。

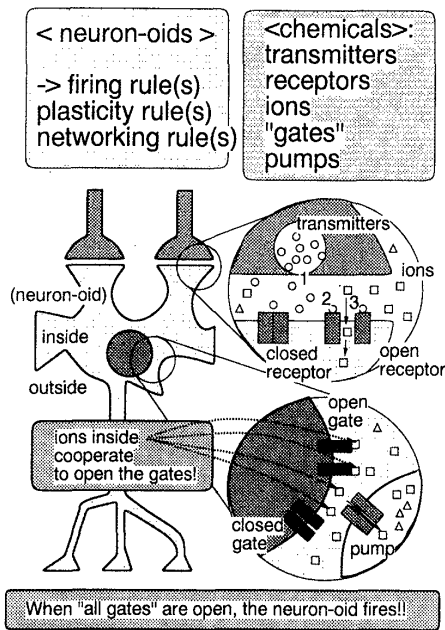


図1: neuron-oidの発火「決定」の概念的説明図

■2 同期の重要性、および同期検出可能なneuron-oidモデル

脳での情報統合に関連した重要な問題として「バインディング問題」と呼ばれる問題があり、「ニューロン集団の同期」がその解になり得る、という考えが示されている(例えば[1])。他方、従来のニューラルネットがどちらかといえば「静的な多数決原理」に基づいているのに対し、最近、文献[2]のような研究が注目され始め、これらは「動的な多数決原理=同期性」を重視するものといえよう。

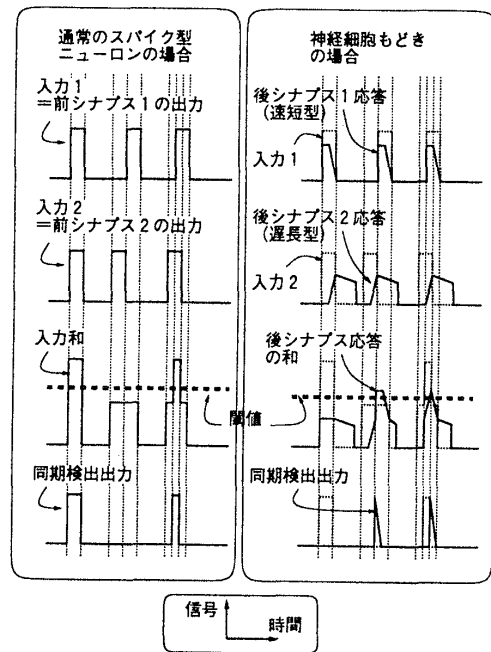


図2: 同期検出の概念図

筆者らのひとり(稲吉)は、本研究の第1報で「発火現象の創発」を目指したが、その後「発火そのもの」よりも「発火決定プロセス」の方が重要と判明し、第2報([3])で同プロセスを重視した修正版を示した。同修正版は「同期検出が可能」であり、その概要を以下に示す:

最初にモデルの概念的説明を図1に示す。まず、(1)「伝達物質=(neuro)transmitter」が放出され、(2)伝達物質が「レセプタチャネル」に作用することによりチャ

*Information processing emerges in the system of ‘neuron-oid’s (II): Coincidence detection by the single ‘neuron-oid’

†Hiroaki Inayoshi, Toshio Tanaka, Kenji Nishida, Tohru Nitta

‡Electrotechnical Laboratory, 1-1-4 Umezono, Tsukuba-city, Ibaraki, 305-8568 Japan

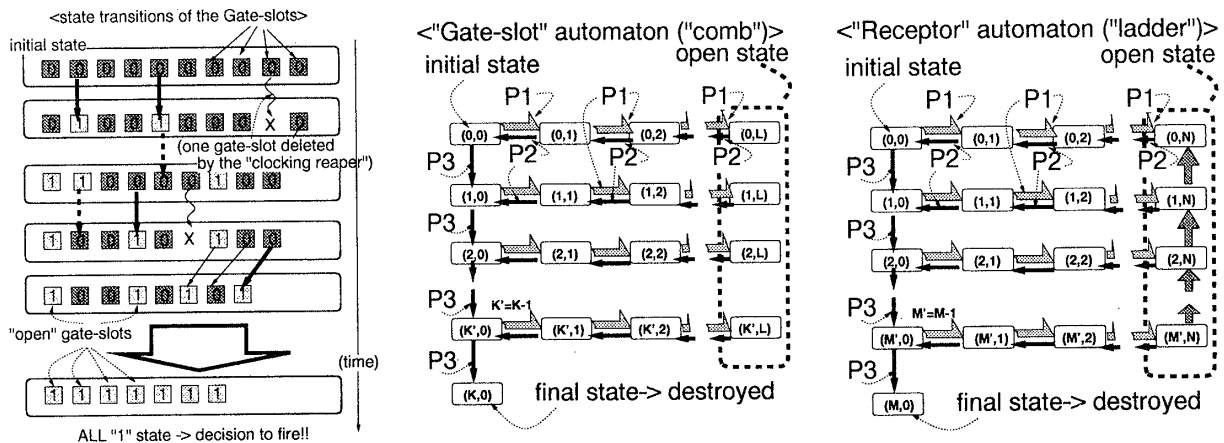


図 3: (左)「ゲートスロット集団の状態遷移」(中)「ゲートスロット1つの状態遷移」(右)「レセプタチャネル1つの状態遷移」

ネルが開き、(3) イオンが流入可能となる。(4) 流入したイオン集団が、協動的に“Gate-slots”に作用し (cf. 受精直前の精子集団 (=ions) vs. 卵子膜 (=gate-slots))、もし、 N_G 個の全 gates が「同時に」“open”状態となればその細胞は発火する (図 3左)。各 gate は、{ 閉、半閉 (複数状態あり)、開 } のいずれかの状態にあり、流入イオンの衝突等により状態遷移する (automaton .. 図 3左&中)。)。またイオン種によって gate に及ぼす作用は異なり、抑制効果をもたらすイオン種は gate が開状態となる確率を低下させる。(ここで N_G がしきい値的な効果をもたらすと期待できる。)

本モデルの重要な点のひとつは、「後シナプス応答」と「前シナプス出力」の分離がなされている点である。自然界には多様なタイプのレセプタチャネル (図 3右で、 N や P_1 等の遷移確率の異なるものに相当) が存在し、これらを本モデルに取り込むことにより、図 2右のような「多様な時間ダイナミクスの後シナプス応答」が生成可能となる。(この点で本モデルは、図 2のように、文献 [2] 等のスパイクングニューロンと「異質の同期検出」が可能となる。) なお、紙面スペースの関係および「小流量の蛇口集合を用いて穴の空いたバケツを溢れさせるには、同期が必要 (cf. 図 3左)」のアナロジでおそらくほぼ自明であろうため、同期検出に関しては以上とする。

■ 3 同期学習に関連する 2 仮説

同期のタイミングの調節/学習に関係する 2 つの仮説: (1) “trading synapse” 仮説; (2) “receptors darwinism” 仮説; を順に説明する。

3.1 “trading synapse” 仮説

シナプスにおいて送信側 & 受信側の 2 者間で、取引 (trade) 的プロセスが行なわれている、とする仮説。「神経伝達物質」が「送→受向きの商品」に相当し、「後シナプス側ニューロンの発火により、前シナプス側に送ら

れる (仮説的な) 逆行性因子」が「受→送向きの代金」に相当する、と捉えることにより下記のアナロジが成立する: (これらのアナロジは、“receptors darwinism” 仮説 = 次小節のような仮説/規則設定に役立つ。)

- (1) 送側の発火過剰 → (商品の) 供給不足発生。
- (2) (前発火、後未発火) = 代金不払い
→ 送側が撤退/衰弱
- (3) (前未発火、後発火) = (代金払っても) 商品不届き
→ 受側が撤退/衰弱
- (4) (前発火 & 後発火) = よい商品 (= 情報) の取り引きで、流通増大 → 送受ともに強化 (cf. Hebb rule)

3.2 “receptors darwinism” 仮説

前小節の「取り引き」において、受側 (後シナプス) では「レセプタ」が「取り引きエージェント」に相当し、多種のレセプタ間の生存競争/自然淘汰が行なわれる、とする仮説。これにより、始め多種タイプのレセプタの共存するシナプスが、図 2右のような異なる後シナプス応答に適応/分化可能。

■ 4 おわりに

本稿では、neuron-oid の重要要素の一つである同期検出に関して報告した。実験データに関しては紙数に余裕のある研究会報告等にて改めて報告する。

参考文献

- [1] Singer W. “Neuronal synchronization: A solution to the binding problem”, in Llinas R & Churchland P.S. “The mind-brain continuum”, MIT press, 1995.
- [2] Maass W. and Bishop C.M. (eds.), “Pulsed Neural Networks”, MIT press, 1998
- [3] 稲吉, 電子情報通信学会 1999 年総合大会講演論文集, 1999.