

Title	人間の行動を模倣する機械
Sub Title	Some tools for explaining brain function
Author	久野, 麗(Kuno, Urara)
Publisher	慶應義塾大学大学院社会学研究科
Publication year	1964
Jtitle	慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要 : 社会学心理学教育学 (Studies in sociology, psychology and education). No.3 (1964.) ,p.81- 84
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	紹介
Genre	Departmental Bulletin Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN0006957X-00000003-0081

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

人間の行動を模倣する機械

Some Tools for Explaining Brain Function

久野麗

Ulara Kuno

緒言

人間の行動を機械に模倣させて、その機械の機構から、人間の内部に存在する機構を知ろうとする試み、或は人間の神経組織をまねて作った一つの回路網を動かして人間と同じ様な反応へ導くことにより、それと同様な組織が人間の内部にも存在すると推測して人間の機構を探ろうとする試みが、近年、各方面から幾つか行なわれる様になってきた。そこで、その様な試みのうち、特に我々、心理学を学んでいるものにとって興味深いと思われるものを紹介してみたいと思う。

広く、人間の行なう簡単な動作を真似た機械という範疇で眺めてみるならば、古くからある種々の玩具、例えばあやつり人形の類に幾らでも例をあげる事ができるのであるが、これらは一つの動作を外から見たところ一見人間の動きに似通わせてあるのみで、その内部に存在する機構と同じ様な構造が人間の内部にも存在すると考える人はいないであろう。同様に、人間の思考の一部である計算を代行する電動計算機が歯車を一定数だけ廻らせることによって正確に作業を行なうからと云って、人間の頭の中でも歯車、或はそれに代るものの一定数の廻転により計算を行なうと考える人もいないであろう。この様な人間の行動の模倣は、いわば外見のみのものであり、人間とそれらの機械と内部構造の類似性は全く問題にされていない。

次に、近年、急激に進歩した「電子頭脳」、或は「人工頭脳」とまで呼ばれている電子計算機と人間の頭脳との比較を行ってみよう。この機械が「頭脳」と呼ばれるのは、機械内にその機械の行う仕事の手順を記憶でき、

しかもその記憶内容を機械が行った仕事の結果によって変えることができるような記憶装置を内蔵しているためである。即ち電動計算機においては人間が数字を打ち込み、スイッチを入れて、それに対応する回数だけの歯車の廻転を電気にやらせ、その結果、出て来た答を人間が紙に写しとる、即ち図1に示した中央の要素の働きのみを機械が行なうのに比べ、電子計算機の場合には機械が図2に示した様な操作を行なうのである。これに対応する電子計算機の各部分は、図3のごとくなる。図2と対

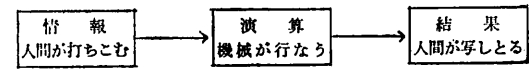


図 1

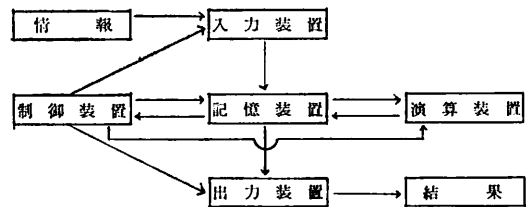


図 2

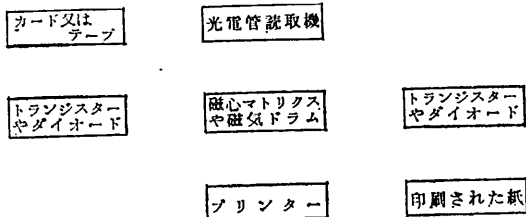


図 3

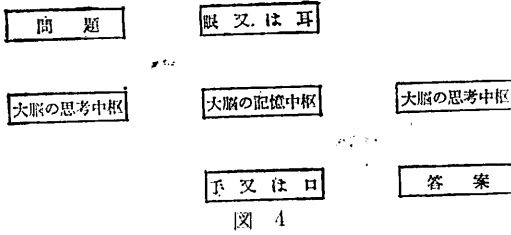


図 4

応する形で人間の内部構造を表せば図4のごとくなる。上述の電子計算機の各要素に関しても、細かに論ずれば種々の方式があり、ここでそれを論じようとは思わないが、電子計算機は、人間が問題を受取ってそれを読み、いろいろ考えて答を出すという態度を或る程度模倣している様に思われる。図3と同じ形をもち、特に記憶容量の大きい機械を用いれば、適当なプログラムを組む事により、計算以外にもいろいろな仕事をさせることができる。たとえば簡単な外国語の翻訳を行なう事も可能になる。しかし、各部分の細部にわたって人間と機械とを少しでも比較しようとするならば、いたる所に明らかな相異の存在することが直ちに判明する。一例をあげるならば、一度記憶した内容を思出そうとする際に、電子計算機においては端から順に一つずつの要素をとりだして調べ、その要素が現在思い出そうとして探しているものであるか否かを確かめるのであるが、人間においては少なくとも更に直観的な、異なった方法によって思い出されている様に考えられるのである。

この様な機械が出現したのは本来、人間の行動を模倣するという目的のためではなく、いかにして速かに正確な計算を行なう機械を作るかという事を目的としたのであるから、これ以上の細かい比較検討を行なう事は無意味であろう。

人間の行動を「人間の内部に存在する過程と類似した過程を通して模倣する事」を目的とした幾つかの更に興味ある機械（実在する機械、或は模式図）があげられるが、これらは上に述べた種類の機械とは、その模倣の方法において少し異なっていると思われるので、以下、特にそのうち興味ある二つの考え方に関して、一つずつ節を改めて述べてゆく事にしたい。

これらがいずれも非常に興味ある問題を多数含む面白い機械であるにもかかわらず、そこに含まれる数式の複雑さのためか、一般に心理学を学ぶ人々が研究を進める事を敬遠しがちであるのは残念であるから、ここでは数式を用いる事を一切排除し、これらの機械、あるいは模式図の概念的な説明、即ち含まれる内容のエッセンス

のみを具体的に紹介してみたいと思う。

オートマトンの理論

オートマトンの理論 (Automata Studies) というものが、この数年来、盛んに展開されてきたので、これについて簡単な説明を行なってみたいと思う。オートマトンは、次の節において述べるパーセプトロン (Perceptron) と並列に置けるものではなく、これは人間の頭脳、或は電子計算機をも統一して説明しようとする包括的な一つの理論である。それ故、次節に述べるパーセプトロンもオートマトンの一種と云い得るのである。

オートマトンとは一口に云えば、不連続な暗箱 (black box) であると云える。即ち、時間は $1, 2, 3, \dots, t, \dots$ と不連続にきざまれており、black box は各瞬間において有限個の内部状態、 q_1, q_2, \dots, q_m のうちのいずれかをとる。そして、各瞬間において、現在の内部状態 q_i だけできる出力 $f(q_i)$ を放出する。また各瞬間において有限個の記号 u_1, u_2, \dots, u_n のうちのいずれかが入力として投入される。次の瞬間 ($t+1$) における black box の内部状態は、現在の入力 u_i と内部状態 q_i との函数 $g(u_i, q_i)$ である。したがってオートマトンは二つの函数、 $f(q_i)$ と $g(u_i, q_i)$ によって完全に決定するのである。

オートマトンの例をあげよう。まず神経細胞の機能を抽象化して、次に述べる抽象細胞を考える。即ち、各細胞は図5の様に表わされ、入口のあるものを内部細胞 (中枢細胞)、入口の無いものを入力細胞 (受容器) と名づける。これらの細胞の組合せにより抽象神経網を構成することが可能である。各入力細胞は外界の状態により、或る一定の時刻に興奮する (状態 1) か、しない (状態 0) か定まる。各内部細胞の入口には、幾つかの入力細胞あるいは内部細胞からの軸索突起が達しているので、次の瞬間において或る内部細胞が興奮する (1) か否 (0) かは、それらの和 (黒丸は +1 とし、白丸は -1 として加える) が、その細胞に個有な閾値 (整数) を越えるか否かによって決定される。このような抽象神経網は、ある時刻における入力と内部状態がきまれば次の瞬間における内部状態が一意的にきまってしまう。また、内部状態を

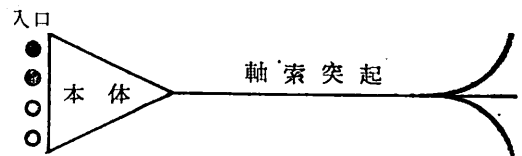


図 5

出力に変換する適当な装置をつけることにより、内部状態だけできまる任意の出力を放出できる。従ってこの抽象神経網は一つのオートマトンといえる。

抽象細胞としては、通常、図6にあげるものがよく用いられる。なお図中、三角の中に書かれた整数は閾値を表す。これらの細胞を組合せる事により、いろいろな神経網を作ることができるのであるが、次に一例として簡単な回路を図7にあげる。この回路においては上の細胞に刺激が加えられると y という枝によって、時間の2単位毎に興奮状態が循環するのであるが、そのとき下の細胞に刺激が与えられればその記憶は失なわれてしまう。すなわち記憶はこの場合、興奮が一つの回路を循環する事により保持されると考えられる。

デジタル電子計算機は図6に示したような小数の回路を組合せたものだから、やはり一つのオートマトンである。また、条件反射の回路とか、あるいは個々の要素は信頼性が低くても、それらの多数を適当な組合せ方で行なうと信頼性の高い動作をさせることができるというような問題もいろいろ論じられている。

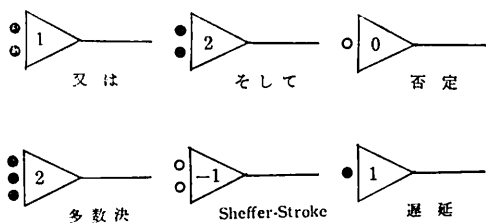


図 6

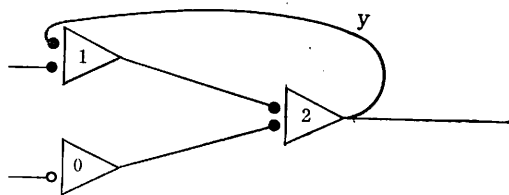


図 7

パーセプトロン

パーセプトロン (Perceptron) は脳の機能を脳の構造から説明しようという目的のために作られたものであるが、いろいろなレベルのものが考えられている。いずれの場合でも刺激の受容器(S)、連合野(A)、応答器(R)という三つの部分から成っていることは同じである。外

部から視覚的な刺激を与えてパーセプトロンに認知させ、その結果が応答器に出て来るのであるが、この認知が正しいか、誤っているかを問題にする。

人間の持つ非常に多数の神経の結合が、総べての人に全く同じであると仮定するのは無理であろう。むしろ生まれた時には総べての神経結合がランダムであり、神経が一定の活動をした後に、次第に神経組織は変化し、類似した刺激から一定の反応へ導く結合が作られてゆくと考える方が自然であろう。パーセプトロンがこの説を支持するランダムな結合をもつ機械であるという点においても、一定のきちんと定まった結合をもつ他の機械とは全く異なった構造をもっている。

パーセプトロンは米国のコーネル大学において実際に作られているのであるが、次にこのパーセプトロンの内部の説明を具体的に、しかし数式を用いることなく行なってみよう。

以上に述べた各要素のうちSとAとはランダムな結合をしている。すなわちS要素からA要素へ到る結合において、一つのS要素から(+1), (0), (-1)のうちのいずれかの値を持つ幾つかの結合路がランダムに出ており、各々、相異なるA要素に到る。また一つのA要素には幾つかのS要素からの結合路が集まっている。そして種々な結合路を通して到着した信号はそのA要素において加え合わされる。ただし(-1)という値の結合路を通して来た信号は(-1)として加えられる。(0)の値をもつ結合路というのはAへ到達しないものと考えてよい。A要素は総べてに共通な閾値 θ をもち、同時に入ってきた興奮の和が θ の値を越えた場合にそのA要素は興奮し(+1)、他の場合には興奮しない(0)ものとする。

A要素とR要素の間には次の様な結合がある。すなわち、各A要素は各々、それに個有な v_{μ} (SとAの間の結合の様に $\pm 1, 0$ ではなく、任意の実数値をとる)という値をもつ結合路を通して信号をR要素に送る。ここでは簡単のためにR要素はただ一つとする。R要素における信号の総和が、その閾値 θ より大きければR要素は(+1)という値をとり、 $-\theta$ よりも小さければ(-1)、そのいずれでもない場合に(0)という値をとる。

このほかAが二層に分れているパーセプトロンも存在するが、これだけの簡単な構造をもつパーセプトロンにどれだけの事ができるであろうか。

(i) 先ず、二つの刺激の弁別学習の問題、すなわちA, B二つの刺激が一つづつ提示され、それがAである(+1とする)か、Bである(-1とする)か、そのいずれであるかが分らない(0)かの三件法によって判断を行な

う場合について考察してみる事にする。もちろんパーセプトロンが始めから正しい答をするとは限らない。そこでもしも誤った答をした場合には、その時に興奮していたA要素から発する結合の v_{μ} を一定の値 η だけ変え(補強)、興奮していなかった結合はそのままにしておくならば、ランダムな順序でA、B二つの刺激を順次に提示してゆくと、有限回の試行の後にはこのパーセプトロンは必ず正しい反応をする様になる。

(ii) (i) の実験とはほぼ同じではあるが、提示刺激を二つに固定せず、二つの群のもの、例えば種々の大きさで書かれたAおよびBを刺激として用いてもやはり同様に学習を行なう事が可能である。

(iii) 前もって一定の訓練を受けたパーセプトロンは、以前に一度も見たことのない適当な刺激をも一度で正しく認知し、適当なクラスへ組み入れる事が可能である。

(iv) 正反応を行なえば正のフィードバックを、誤反応を行なえば負のフィードバックを行なう様にあらかじめ設計されたパーセプトロンは、実験者がいちいち補強することなく、自分でその正誤を確かめてみることにより、以上に述べた実験を試行錯誤学習によって行なう事も可能である。

(v) 空間的な布置のかわりに時間的な布置を弁別できる様なパーセプトロンも考えられ、同様な実験が試みられた。

(vi) 光と音を組合せて「左のものの名前を云え」、「この刺激の色を云え」などと選択的な反応を行なう事もできる。

(vii) A要素の一部を除去することにより、一定の弁別学習を行なう能力を失なうのではなく、全体の学習能率を一般的に悪くする。

それではこのパーセプトロンの限界はどこに有るのであろうか。パーセプトロンは図形の認知、連合学習、撰択的注意、試行錯誤学習、沢山の同時に定まる条件の取扱い等が可能である。しかし相対的判断や関係の抽出という様な高次の抽象を充分に行なう事は不可能である。又、A要素どうし、或はR要素どうしの相互結合を含むパーセプトロンはもっと複雑な性質をもつ。例えば閉回

路における反響が可能になるから、一度、刺激を与えると共に興奮はその後、相当に長時間、続くことも有りうる。

従来の神経模型とは全く異なった結合をもつパーセプトロンは、ただ数層の要素をもつ簡単な構造であるにもかかわらず、この様に人間の多くの行動を模倣することができ、その内部構造に何ら特定の無理な仮定が含まれていないという点に関し、非常に優れた興味あるものであると云わなければならないであろう。

結 び

以上、どちらかと云えば心理学的事実が問題の中心であり、心理学以外の分野において発達した理論、二つの紹介を行なった。現在までこれらの理論に関するわが国の心理学者の大きな寄与があまり見られないのは残念である。しかし統計学が現代の心理学を学ぶ者の間に滲透し、ついには心理学に独特な手法さえ生み出されつつあるごとく、これら他分野で発達した理論も必ず心理学の中に吸収され、大きな進歩が見られることであろう。

文 献

1. Block, H.D. The Perceptron, A Model for Brain Functioning, I. *Rev. Modern Physics*, 1962, 34, 123—135.
2. Block, H.D., Knight, Jr., B.W. and Rosenblatt, F. Analysis of a Four-Layer Series-Coupled Perceptron, II. *Rev. Modern Physics*, 1962, 34, 135—142.
3. 南雲仁一 パーセプトロン, MMS 調査研究委員会資料, 1963.
4. Rosenblatt, F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychol. Rev.*, 1958, 65, 386—408.
5. Rosenblatt, F. Principles of Neurodynamics, Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms. *Spartan Book*. 1961.
6. 赤根也 オートマトンの理論 計測, 1959, 9, 7—12.
7. Shannon, C.E. and McCarthy, J. *Automata Studies*. 1956.
8. 高橋秀俊 パーセプトロンとは何か, 科学読売 1959, 11, 77—81.