

2024. 12 ブログ：「今年のノーベル物理学賞から 50 年前の A I を懐古」、の詳細
(→ <http://www.1968start.com/M/blog/index3.html#2412b>)

今年のノーベル物理学賞から 50 年前の A I を懐古

中所武司

■このエッセイのきっかけ

今年のノーベル物理学賞がニューラルネットワークの分野から選ばれたことは、10 月の下記のブログで述べた。

「ニューラルネットワーク分野からノーベル物理学賞」

<https://www.1968start.com/M/blog/index3.html#2410c>

その後、受賞内容に関する甘利俊一東大名誉教授の功績が報じられている。

【一例】朝日 (2024. 12. 13) 『A I とノーベル賞：下 日本人の研究「先駆けでは？」』

<https://digital.asahi.com/articles/DA3S16104883.html>

私が卒論・修論でニューラルネットワークを研究テーマにした 1970 年前後は、第一次 A I ブームのときで、1970 年 12 月の電子通信学会のオートマトン研究会では、甘利俊一先生の発表の次に、私も発表している。

甘利：しきい素子回路網における自己組織と概念形成、オートマトン研究会 (1970-12)、A70-75

中所、齋藤：思考過程のシミュレーション、オートマトン研究会 (1970-12)、A70-76

そこで、甘利先生のこの論文をネット検索したところ、この論文を引用している南雲先生の以下の解説論文が見つかった。

● 南雲仁一，甘利俊一，中野馨：人工知能、計測と制御、1972 年 11 巻 1 号 p. 58-68

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicej11962/11/1/11_1_58/_article/-char/ja/

この解説は、1970 年ごろの人工知能の研究状況を述べたもので、その引用文献 76 件のうち、10 件が私の卒論 (1969)・修論 (1971) の参考文献と重複していた。そこで、懐古趣味的ではあるが、この重複した引用文献の中身を紹介してコメントする。

■内容の要約とコメント (→★)

1. ま え が き

- ・今日人工知能といえば、「知的情報処理機能」をさすのが普通になっている。
- ・Wiener は、1943 年の論文での機械に目的や目標を持たせる方法を一般化したサイバネティクスを提唱。

→★私の卒論 (1969) の参考文献 (20) にあり。

* (卒論) 20. N. Wiener : Cybernetics, 2nd ed., The MIT press, Mass., 1961.

(池原ほか訳、サイバネティクス、第二版、岩波書店、1962)。

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/soturon.htm>

- Shannon は、1953 年の「計算機とオートマトン」という題の論文の中で、感覚機能を持つ機械、自己増殖する機械、学習・連想能力を持つ機械を作れるかと問題提起。
- 1950 年代のなかばまでは、人工知能の研究は方法論的思索の域をでなかったが、理論的下地ができ、計算機が十分な能力を持つに至ったことから、人工知能が計算機プログラムの作成という形で具体的に研究されるようになった。

→★人工知能に関するダートマス会議が 1956 年に開催された。

拙著「ソフトウェア危機とプログラミングパラダイム」（啓学出版 1992）の 9 章「人工知能」で次のように記載している：

<https://www.1968start.com/M/keigaku/index.html>

『人工知能システムは、人間の頭脳の知的作用の一面をモデル化したものと考えられる。

人工知能の研究は、後に Lisp を設計する J. McCarthy、プロダクションシステムを開発する A. Newell、フレーム理論を提唱する M. Minsky らが 1956 年にダートマス大学に集まり、コンピュータを用いた知能の実現に関する研究を人工知能と名付けたころから活発になった』

- 1960 年代のなかばまでには、関連文献は単行本と論文と合わせて 900 に達した。
- 人工知能を直感的に表わす例に、Shannon が作った「シャノンのネズミ」がある。これは、迷路の中を走りまわり、道の様子を覚えて、一度迷路を通り抜けるとつぎから、正しい道を通るようになるという学習能力を持っているのである。
- 生理学者 Pavrov は、経験によって条件づけられた間接的刺激に反応する条件反射を発見し、犬を用いて、食べるときの唾液の分泌が、その食物のおいだけで起こることを示した。この犬のモデルが電気回路でいくつか作られたのは、人工知能の簡単な例といえよう。

→★私もその一人で、卒業研究「条件反射の生体工学的解析」（1969）で以下の発表をしている：

- 「条件反射における学習機能に注目した回路モデル」、電子通信学会全国大会、242 (1969)。

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/gakkai1969.html>

- 人工知能は、図形や音声の認識の感覚器から脳にかけての機能、自然言語処理や定理の証明、ゲームの遂行、連想などの脳の機能、手足の機能などが、研究されている。
- これらを概念的に高級化して行くと、人間と同等以上の能力を持つ機械に到達する。
- 人間の脳や受容器、効果器などの構造や機能を解明し、生理学の成果にもとづいて、人工知能を実現する構造について考えるのがもう一つの有力な手段である。
- しかし、人工知能の研究の面から最も興味を持たれる 人間の神経回路網の情報処理については、ほとんど何もわからない状態である。

→★卒業研究（1968）のときに、脳についてもっと知りたいと思い、指導教員の紹介で

医学部の Y 助手に話を聞きに行き、私のほうから勉強した内容をいろいろ説明したところ、「まだ脳についてはほとんど何もわかっていないのですよ」とたしなめられてしまった。

- 神経回路網は基本的動作の理論的研究が多く、情報処理との直接の関係はつかめていない。多くの研究は、計算機を用いて知的とみられる行動をするプログラムを開発する方向である。

しかし、実際の神経回路網と類似したモデルを用いて簡単な情報処理を行なった例もあり、将来この方面からすぐれた人工知能が実現される可能性は十分あるとみられる。

→★私もその一人で、修士課程の研究「思考過程の数学的表現と模擬実験」では、冒頭で述べたように甘利先生と同じ研究会で以下の発表をしている：

- ・ 中所、齋藤：「思考過程のシミュレーション」、
電子通信学会オートマトン研究会資料、A70-76 (Dec. 1970)

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/gakkai7012.html>

- ・ 第2節では、知的行動とは何か、それを機械でどのように実現するか、実例を述べる。
- ・ 第3節では、人間の情報処理機械である神経回路網のモデルについて述べる。
- ・ 第4節では、その他の興味深いロボット、自己増殖機械、教育機械について述べる。

2. 知的情報処理

2・1 ゲームにおける発見的思考

- ・ 発見的方法 (heuristics) は、すべての変化を調べて行けば原理的にはできるが、その量が多すぎて実際には解決不可能な問題を取り扱う場合が多い。
碁などのゲームを行なう場合、幾何学の定理を証明する場合などが好例。

2・2 チェッカ学習のプログラム

- ・ この発見的方法を具体的に利用した著名な例にチェッカ学習のプログラムがある。

2・3 その他のゲームに関する発見的プログラム

- ・ もっとも複雑と思われる碁については、1969年ウィスコンシン大学のプログラムがある。
習い始めたばかりの初心者程度のプログラムができるのが限度であるが、一応終わりまで実行できるプログラムができたことは、意義はあろう。

→★2015年～2017年には、ニューラルネットワークを応用した AlphaGo が、
世界トップレベルの棋士に勝利している。

→★私の使用しているパソコン用の囲碁ソフトでも、アマチュアの高段者の実力がある。
2段に設定して対戦しているが、なかなか勝てない。(^^;;

2・4 定理の証明

- ・ 発見的方法は定理の証明に応用され、Simon らは、1957年に記号論理証明プログラムを発表。

2・5 図形の類似性を認識するプログラム

- ・ 幾何学的図形の類似性の認識プログラムは、類推により計算機に4段階の過程で推論をする。
- ・ この複雑なプログラムの開発に用いたのは、McCarthyが開発したプログラム言語 LISP だった。

→★1980年代の第二次AIブームのときには、LISPで作成したAIアプリの高速実行のために、LISPマシンが開発された。この時代の通産省の第五世代コンピュータプロジェクトも Prolog ベースのAIプログラムを高速実行する推論マシンを目指した。

2・6 自然言語を理解するプログラム

- ・限られた範囲で普通に使われている英語を理解するプログラムを開発した。

3. 神経回路網モデルと情報処理

- ・人間の脳の神経回路網の情報処理様式が解明できれば、効率良い人工知能を実現できる。神経生理学の発展により、個々の神経の動作が近年明らかにされてきたが、100億個の神経細胞よりなる脳の全体的な動作原理はまだ全くのなぞにまつまれている。
- ・それでも、神経細胞に特徴的な動作を利用して、神経回路に固有の特性を求め、効率の良い情報処理装置を考案する研究が数多く行なわれている。まだ人工知能といえる程度にまとまった情報処理能力とはいいがたいが、将来の人工知能研究に大きな影響を与えるものといえよう。

→★この予想は半世紀後（1970年→2020年）には実現した。

- ・以下では、神経回路網モデルによる工学的研究のいくつかの系統について述べる。

→★この解説の引用文献の10件が、私の卒論(1969)・修論(1971)の参考文献と重複するので、その中身を紹介して懐古趣味的にコメントするのが、このエッセイの主目的で・・・。

* 卒論：<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/soturon.htm>

* 修論：<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/shuuron.htm>

3・1 神経細胞の動作

- ・神経細胞は、各時刻に「興奮している」か「興奮していない」かの2値論理的な動作をする。
- ・一つの細胞は多数の細胞と結合され、荷重和作用と閾作用とが特徴的である。一つの細胞は、多数の細胞からはいつてくる信号の荷重和をとる線形総和作用を有し、この和がある閾値を越えると興奮するという非線形の動作をする。

→★伊藤正男の引用：

* 本文：脚注『神経回路網の動作については、たとえば文献16)参照』

* 文献(16) 伊藤正男：現代の生物学, 6 (時実編), 岩波 (1966)

私の卒論の(1)、修論の(28)で引用：

* (卒論)(修論)時実ほか：脳と神経系、岩波講座 現代の生物学 6、1966。

この文献に関する手書きのメモが残っている (^_^;;

<文献調査メモ：「2章 神経細胞の構造と機能」「3章 神経系の統合作用」>

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/memo/chul.pdf>

なお、伊藤正男のニューロンの解説は、卒論の以下の引用文献で学んでいる。

* (卒論) 17. 浜ほか：神経の生物物理、生物物理学講座、吉岡書店、1966。

<文献調査メモ：伊藤正男「ニューロン回路」、抑制性ニューロンなど>

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/memo/chul17.pdf>

- ・入出力関係を持つ素子は、神経細胞のモデルとしては最も簡単なもので、McCulloch-Pitts の形式ニューロンもしくは閾素子と呼ばれる。閾素子により論理関数を実現する研究は閾値論理と呼ばれる。
- ・脳における学習や記憶は、神経細胞の可塑的な構造による細胞の自己組織化で説明される。

→★D. O. Hebb の行動学の引用：

- * 本文『神経細胞の可塑性は、荷重 w_i を変化すること、とくに興奮の刺激が通る道筋にそって w_i が増加することで実現されるという仮説をたてたのは Hebb である 23)』
- * 文献 (23) D. O. Hebb: The Organization of Behavior, New York, Wiley (1949)

私の卒論の下記の引用文献とは異なるが・・・

- * (卒論) 15. D. O. Hebb : A textbook of psychology, W. B. Saunders company, 1958.
(白井ほか訳、行動学入門、紀伊国屋)

→★E. R. Caianiello の引用：

- * 本文『これらの神経細胞の特徴をすなおに式で表現すると、神経回路に対する Caianiello の 神経方程式が得られる 25)』
- * 文献 (25) E. R. Caianiello: Outline of a theory of thought processes and thinking machines, J. Theor. Biol., 1, 204/235 (April, 1961)

私の修論の (29) でも引用：

- * (修論) 29. E. R. Caianiello : outline . . . 204-235, 1961.
30. E. R. Caianiello: Reverberation and control of neural networks, 1967.

3・2 学習識別と並列計算

- ・1個の神経素子の持つ情報処理能力を最大限に利用したのは、パーセプトロンであろう。与えられたパターンを二つのクラスのどちらかに分類する能力を示した。

→★N. J. Nilsson の学習機械の引用：

- * 本文『学習収束定理は、素子が与えられたパターンを誤って分類したときだけ、荷重 w と閾値 h とをパターンに比例して修正していくという自己組織化の方法を用いると、正しい w と h とが有限回の学習で得られることを示している 27), 28).』
- * 文献 (28) N. J. Nilsson: Learning Machines, McGraw-Hill (1965)

私の卒論の (25)、修論の (32) でも引用：

- (卒論) (修論) N. T. Nilsson : Learning machines, Mc-Grow, 1965

この文献に関する卒論のときの手書きのメモ (19 枚) が残っている (^_^;;

<文献調査メモ：学習機械いろいろ (識別関数、最小距離、線形分離、閾値、パラメータ学習、重み調整)、数式多数あり>

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/memo/chu25.pdf>

- ・線形分離可能でない二つのパターン集合を正しく識別するには、2層に並べた神経回路を用いればよいことがわかっており、2層に並べた閾素子回路で任意の論理関数を実現される。

→★M. Minsky & S. Papert のパーセプトロンの引用：

* 本文『Minsky と Papert は 37), これを現在の計算機の直列情報処理に対立する並列情報処理の原始的なモデルと考え、並列計算の理論を作ろうと試みた』

* 文献 (37) M. Minsky & S. Papert, Perceptrons - An Introduction to Computational Geometry, The MIT Press (1969)

私の修論でも引用：

* (修論) 34. M. Minsky & S. Papert: Perceptrons, the MIT press, 1969

3・3 連想記憶 ・概念形成などのモデル

→★中野馨のアソシアトロンの引用：

* 本文『神経回路網モデルを用いてより高度な情報処理を行なうものとして、Block の解析した 4 層パーセプトロン 39) や中野のアソシアトロン 40), 41) などがある』

* 文献 (40) 中野馨：アソシアトロンとその応用-連想記憶装置の研究, 信学会オートマトン研資, IT 69-27 (1969)

私の修論でも引用：

* (修論) 39. 中野馨：アソシアトロンとその応用、電子通信学会、インフォメーション理論研究会、IT69-27, 1969-9

- ・アソシアトロンは、単一の層上に並んだ神経素子を相互に結合したモデルで、この層上に外部からいくつかのパターンを与え、それらに応じて結合の荷重を変化させる。
- ・以上の仕組みは、自己組織閾素子回路の荷重和作用、閾作用および可塑性を利用して実現されるわけであるが、これを閾素子回路の一般論によって厳密に論じ、その能力を理論的に解明することはたいへんむずかしい。

→★甘利の引用 (1)：

* 本文『甘利は 44), 45) 閾素子回路で各パターンに対応する状態の状態安定度を定義し、これを用いて、閾素子回路に外部からパターンが与えられた場合に、それがどの安定状態に変換され、どのようなパターンとして回路に保持されるかを論じ、その基準を示した。』

* 文献 (44) 甘利俊一：しきい素子回路における自己組織と概念形成, 信学会オートマタ研資, A-70-75 (1970)

私の修論でも引用：

* (修論) 37. 甘利：しきい素子回路網における自己組織と概念形成、オートマトン研究会、A70-75, 1970-12

- ・自己組織作用を有する回路にこの理論を応用すると、アソシアトロンや 4 層パーセプトロンとの関係を明確にでき、それらの持つ情報処理能力をこの立場から明らかにできる。

3・4 その他の神経回路網モデル

a) 一様構造の神経回路

- ・短時間記憶が、脳の神経回路を駆けめぐり興奮の波によって保持されるという考えは、かなり古くから提出されている。

b) ランダム結合の神経回路

- ・多数の神経素子を相互に結線した集合体が全体として示す興奮状態の推移を調べるために、ランダムに結合した回路の活動度の変化法則を求める研究も、古くから行なわれている。

→★甘利の引用(2):

*本文『甘利は62)~64)活動度の方程式を決定するのに必要な統計的パラメ度の方程式を導いた。そして、この方程式をもとにランダム回路の特性がパラメータの値によってどう変わるかを具体的に明らかにした。』

*文献(62) 甘利俊一：ランダムしきい素子回路網の基本特性，信学会オートマトン研資，A69-55 (1969)，(昭 44-11)

*文献(63) 甘利俊一：ランダムしきい素子回路およびランダムしきい素子回路系の基本特性，信学論 (C)，53-C-9，644/651 (1970)

私の修論でも引用：

* (修論) 35. 甘利俊一：ランダムしきい素子回路及びランダムしきい素子回路系の基本特性，電子通信学会論文誌，53-c，9，644-651，昭和 45-9

* (修論) 36. 甘利：ランダムしきい素子回路網の基本特性，電子通信学会，オートマトン研究会，A69-55，1969-1

c) 層状構造の特徴抽出回路

- ・網膜はそれ自体かなり複雑な構造をもった神経回路網であるが、最近明らかにされた生理学的知見を発展させ、工学的モデルとして層状の相互抑制型の回路が研究されている。

4. その他の例

4・1 ロボット

- ・ロボットということばは、いろいろなニュアンスを持っているが、ここでは感覚器、知的情報処理機能、運動機能の3者が総合的に動作するものをロボットと呼ぶ。

4・2 自己増殖する機械

→★von Neumannの自己増殖機械の引用：

*本文『今日の計算機の理論的基礎をきづいた von Neumann は晩年オートマトンに関する一連の研究を行ない、機械が生物のように増殖できるかという問題に一つの解答を与えた。von Neumann は五つの自己増殖モデルを考えていたが、そのうちセルラー・モデルと呼ばれるものによって、その可能性を示した(71)』

*文献(71) J. von Neumann: Theory of Self-Reproducing Automata,

University of Illinois Press, Urbana and London (1966)

私の修論でも引用：

* (修論) 40. Von Neumann : The theory of self-reproducing automata,
ed. A.W.Burks, Univ of Illinois, Urbana Illinois, 1966

さらに、M1の時の授業で、下記の紹介をした：

大学院論文輪講資料：学習機械について (No.1) Cellular Automata の場合、1969.11.28.

<https://www.1968start.com/M/bio/olduniv/gakusei.html#6911cellular>

4・3 適応性を持つ教育機械

- Pask の教育機械は、普通の教育機械のように生徒に知識を教えこむ手段を持つだけでなく、先生である機械自体が、生徒の理解の程度を感知し、ヒントを与えたり、つぎに教えることがらのむずかしさを制御したりする。
- これは原理的には、生まれでた人間情報伝達あるいは言語の自然発生のモデルとも考えられ、興味深い。

5. あとがき

- 人工知能の研究は、多方面多岐にわたり、統一的な体系とか方法が確立されていない。
- ここでは、ソフトウェアによって人工知能らしい行動を示すプログラムを開発する研究と、神経回路網モデルを用いて新しい情報処理様式を求めようとする研究にしぼって解説した。
- 前者には、知的な行動とは何か、外見的に知的とみえるプログラムに意義があるか、という批判もあるだろうが、チェックプログラムは、通常のチェッカのさし手の実力をはるかに越え、名人クラスの域にせまっている事実は、一つの無視しえない実績であろう。
- 後者には、実際の人間の脳内での情報処理様式とはまったくかけはなれたものであるが、この方向からの追求は、知的行動の内的構造をつかむ手がかりを与えるばかりでなく、全く新しい方式の情報処理様式を開発する可能性を内包していることも確かであろう。
- 引用文献 (76 件)

以上