

デジタル・ネットワーク・オートマトンという思考枠組みとその有効性について — 細胞レベルの記憶・論理から複雑性へ

得丸 公明 (衛星システムエンジニア)

Abstract: ヒト言語がデジタル通信ではないかという直観にもとづいて、デジタルやネットワークについてシャノンの一般通信モデルにもとづいて考察をつづけてきた。そのときに出会ったフォン・ノイマンとイエルネの論文を参考にして、コンピュータ・ネットワークの OSI 参照モデルを統合したデジタル・ネットワーク・オートマトン(DNA)という思考モデルに到達した。

これはコミュニケーションを、熱力学の支配する通信過程である物理層と、記号論の支配する心理・論理過程である論理層に二分する。それぞれの層で行なわれている符号化処理を分析し、記憶のネットワーク化(=学習)、記憶ネットワークにもとづく論理回路の形成、その回路に知覚や表現型の記号を代入する演算(=思考)といった知能活動を解明するためのツールにならないだろうか。

Latent Dynamics(潜在的ダイナミクス)は五官で感知しにくいシステムを理解する手法だとすれば、モデルをいくつも作って、モデルにもとづいた論理操作をああでもないこうでもないを繰り返して、現実を説明するのに適したモデルを構築し、その論理式と代入値と演算結果の総体を意味とする抽象概念を作成することが有効だと思う。

作業用に紹介したモデルや作成したモデル(回線モデル、トランシーバーモデル、3つのオートマトンモデル)とともに、言語・遺伝子・ビットの DNA モデルを紹介する。

最後に、20世紀日本が産んだ世界最高の芸術家である荒川修作が、人間にユニバーサルな意識を形成するための装置について語った言葉を紹介する。

Keywords: 記憶のネットワーク、知覚の論理操作、言語のデジタル性、意味のメカニズム、熱力学的エントロピー、信号対雑音比、人類とは何者か

1 音声通信をデジタル化したヒト

1.1. ヒトの存在そのものが罪か、思想のバグか

筆者は21世紀の人類が直面する地球環境問題の深刻さに心を痛めていたとき、「水俣病は人類文明の原罪である」という言葉に出会った。原罪とは何も悪いことをしなくても、存在そのものが罪であるという考えであり、更生の可能性がない敗北主義的な思想である。

ヒトは原罪をもつのか、それともヒトの本性は善だが世界観・自然観など行動を規定する思想に誤り(バグ)があったから地球環境問題を引き起こしたのか。これを確かめるために、13万年前から6万年前におでこの発達した現生人類が居住していたアフリカ大陸南端にある、最古の人類遺跡 クラシーズ河口洞窟を訪問した。

インド洋に面した砂岩層断崖の海拔20mのところの海食作用で穿たれた洞窟は、驚くほど居住環境がよく、また美しく、ここで現生人類が誕生したと直観した。

洞窟の中は安全で、静かで、夜になると真っ暗になるから、音声通信が発達しやすい。洞窟の中で言語が発生した可能性はある。ヒトと同じく、真社会性で、体毛が薄く、子ども期間が長い晩成性を示すハダカデバネズミも音声通信がきわめて発達している。もしかしたらチンパンジーより語彙数が多いかもしれないと思い、いくつ

語彙数をもつかと調べたところ17しかないことがわかった。ヒトの語彙は数万あるので、3-4桁も桁違いに少ない。なぜこの違いが生まれるのかと考えた結果、ヒトは離散符号である音節を順列組合せして符号語を組み立てていることに思い至った。これはデジタルではないか。

1.2. 情報理論を基礎から学ぶ

ヒト話し言葉がデジタルであることを議論したくて情報処理学会に二回論文を提出したが、二度とも修正も許されないまま査読で落ちた。二度目に「デジタルの概念が違う」というコメントがついたので、どう違うのだろうか調べてみると、どこにもデジタルの定義がないことがわかった。

まずシャノンの『通信の数学的理論』を読んだところ、デジタル・アナログという用語は使用されていないかわりに、書き言葉は離散的情報源、話し言葉は連続的信息源として記述されていることに驚いた。筆者の考えていることと反対である。

書き言葉はすぐに消えないから、ビットデータに変換しやすい。だが楷書体を光学読み取り装置で処理することは比較的容易だが、筆記体や行書・草書

の書体は機械ではなかなか判断できないばかりか、ヒトが見てもどの字か判断がつかない。

一方、話し言葉はすぐに消えてしまうものの、多少の訛りや舌足らずがあろうと、母語であるかぎりほぼ自動的に音節列に復元される。話し言葉には筆記体や崩し字に相当するものはない。離散的な音素・音節抜きのお話はありえない。話し言葉こそ離散的ではないか。

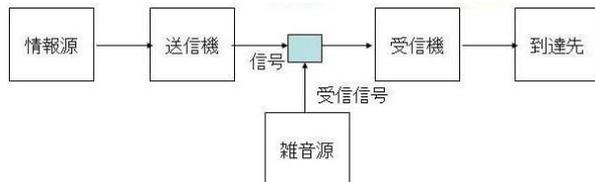


図1 一般的な通信システム

シャノンの主張には違和感を覚えたが、図1の「一般的な通信システム」の図は役に立つのではないかと思った。簡単な図式ではあるが、我々の想像力の範囲を超えた複雑かつ精巧なシステムである言語について考えを深めていくための道具になりそうだ。

そう考えて、言語に関するすべての現象をこの図にあてはめて考えた。そうすることによって、我々が思っている以上に複雑で精巧、そして奥の深い言語のメカニズムを「分析しつつ総合する」ことができる気がした。

1.3. シャノンと2人の日本の通信技術者

クロード・シャノンの名前は、アインシュタインやパブロフに比べると知名度が低いものの、コンピュータ科学の分野では神格化されている。しかし、シャノンがいったいどのような経緯で情報理論を思いついたのかは、何人もの科学ジャーナリストや通信技術者がインタビューを試みたものの、とうとうシャノンはそれを語らないまま亡くなった。まるで話をはぐらかすためになされたかのようにみえるシャノンのインタビュー発言は、分析する価値がある。

シャノン自身は驚くほど著作が少ない。『通信の数学的理論』ですら、2009年に筑摩学芸文庫で新訳が出るまで長らく絶版になっていた。リレースイッチ回路についての1938年の修士論文は、1993年にIEEEがシャノンの論文集を刊行するまで手にすることすら難しかった。(Claude Shannon Collected Papers IEEE Press 1993) この論文集は個人で買うにはやや高く、一方、蔵書する図書館も多くはないので、彼の修士論文“A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits”(pp471-495)を実際に読んだ人はあまりいないのではないだろうか。

筆者は論文集に収められているいくつかの論文とともにこの修士論文を読んだが、もっとも驚いたのは、ブール代数のANDを「+」で、ORを「×」で

表現し、リレースイッチのOFFを「1」、ONを「0」で表現しているところだった。

後に電信電話学会雑誌(1935年9月)に掲載されていた中嶋章の講演録を読み、ANDは直列に並べるから+、ORはたすきがけするから×、またONは抵抗値がゼロの状態だから0、OFFは抵抗値が無限大だから1という表記をとったことがわかった。

しかしなぜシャノンは日本人の中嶋と同じ考え方をしていたのだろうか。中嶋がシャノン修士論文よりも3年前に講演をしていたことはいったい何を意味するのだろうか。中嶋は1970年12月の電子通信学会誌に「スイッチング回路網理論の思い出」という題で4ページほど寄稿しているが、そこで1939-40年に米国出張したとき、MITのシャノンに会った思い出を書いている。「C.E. Shannon氏に紹介されSwitching Circuit Theoryについて話し合ったが、そのときの同氏の若々しい理知的な顔立ちはいまだに忘れられない。」これはシャノンを賞賛しているようにも取れるが、剽窃された確信を得たのに抗弁する手段がなくて悔しい思いをしたとも解釈できる。

有名な標本化定理に関しても、日本人の染谷勲がシャノンと同じ1949年に論文を書いたという理解が一般的である。ところが染谷は1946年3月号の電気通信学会雑誌上で「(査読付)論文」としてではなくおそらく査読のない「通信技術展望」として「波形伝送理論」を書いている。その3年後にシャノンは“Communication in the Presence of Noise”をIRE誌に掲載する(Proceedings of the IRE., Vol. 37, pp10-21, Jan. 1949)。

IEEEのホームページに掲載されているインタビューを読むと、シャノンが学会にその論文を提出したのは1940年となっているのに学会に記録がないという。(Claude E. Shannon, an oral history conducted in 1982 by Robert Price. IEEE History Center, New Brunswick, NJ, USA) 染谷の波形伝送理論が1946年に公刊されたとすれば、シャノンに3年先んじていたことになるが、これはいったいどういうことを意味するのだろうか。

後に1982年に染谷は電子通信学会誌(Vol.65, No.7, pp695-698)に「標本化定理のこと」と題して終戦後の研究環境について触れているが、そこで1946年に「波形伝送理論」を書いたことは触れていない。これは実に「不思議である。(2011年3月情報処理学会全国大会および信学技報 PRMU2010-241, pp. 25-30 参照)

1.4. シャノンの限界

シャノンが『通信の数学的理論』で示した図1は大変有効であったが、同書に「訂正システムの系統図」として紹介されている図8はシャノンの限界を示していないだろうか。

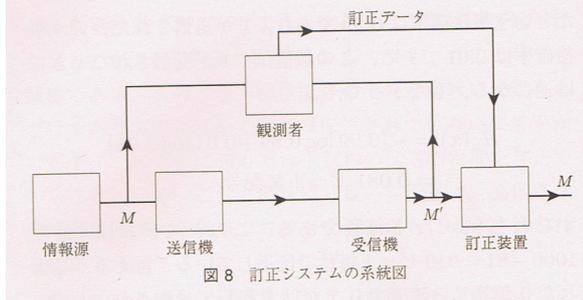


図2 図8 訂正システムの系統図

この図によれば、送信機と受信機の間、受信データと送信データを見比べる人がいて、その人が通信誤りを訂正装置に報告することになっている。こんなことが可能だろうか。できないから、前方誤り訂正(FEC)の誤り訂正符号化技術が生まれたのではないか。シャノンは論文集の中で一度として、ハミング符号など誤り訂正符号化技術について触れていないが、理解していなかったのではないか。

図1を思いついたのと同じ人間が、図8を思いついたということが筆者には納得できなかった。この謎を解くひとつの推理は、図1はフォン・ノイマンからもらったものであり、シャノンが蛇足を書き入れたのが図8であったというものである。シャノンのインタビューをいくつか読むと、フォン・ノイマンとの間に語られていない事実があるように思ったので、あえてこのように推理した。

2 一般的通信モデルを使った考察

2.1. 回線モデルの機能的分析ツール

2.1.1. モジュール間を情報はどう伝わる?

さて一般通信モデルは、「情報源」、「送信機」、「回線」、「受信機」、「あて先」というモジュールに分析する。会話において、話者と発声器官、大気、聞き手の聴覚器官と意識がそれに対応する。

モジュール間を伝わる言葉の情報は、それぞれどのような物理状態であるのかを考えてみた。

回線上がもっとも実感しやすい。言葉は、大気中を音波として伝わり、相手の耳に届く。音波はアナログだと思う方もおられるかもしれない。音波は確かにアナログである。だが、地デジ放送でも無線LANでも、情報を遠くまで運ぶ役目を担う搬送波はアナログな波形を示し、それがデジタルなビット情報によって変調されている。音声の場合も、声帯を震わせて有音化されたものが、発声器官(Supralaryngeal Vocal Tract, SVT)によって離散的な母語音素によって変調されるのだ。

発声器官の運動制御は神経パルスによって行なわれている。この発声器官運動制御の神経パルスを、発声器官を動かさずに使うと、声なき声である「内

言」が生まれる。送信側の情報は神経パルスである内言によって流通しているのではないだろうか。

では聴覚が音声聞き取った後は、どのようなデータ形式で扱われるのだろうか。ここが一番難しいところであった。

聴覚専門家によると、第一次聴覚野ではアナログに処理されている。「周波数局在地図が、刺激の表現において正確に何を意味するのかについては議論の余地があるかもしれないが、聴覚刺激情報の中核『処理』が周波数にもとづいて行なわれていることは疑いがない。(略)最近明らかになったことは、話し声信号においてもっとも重要な時間的成分はよりゆっくりとした振幅の包絡線であって、正確な波形構造ではないということである。(略)話し声の皮質上での表現は、音声的というよりもむしろ音響的であり、声の絶対音程とも無縁である。」(Phillips, D.P. Introduction to the Central Auditory Nervous System, in "Physiology of the Ear", 2000)

一方、ヒト以外の霊長類においても、後部上側頭部にある第一次聴覚野が仲間の音声として認識した音だけを前部上側頭部(ウェルニッケ野のあたり?)に送って処理することが報告されている。霊長類は仲間の音声に対応する記憶をもっていて、ヒトはそれがデジタル符号セットに対応するように進化したのだろうか。(S.K.Scott, C.C.Blank, S.Rosen, R.J.S.Wise, Identification of a pathway for intelligible speech in the left temporal lobe, Brain (2000) 123:2400-2406)

2.1.2. アナログ受信信号からデジタル信号を産生するメカニズムがある

我々の脳はアナログに受信した波形を参考にしながら、デジタル音韻列を復元しているのではないか。そのように考えるのは、外国語コミュニケーションで実際に発生した勘違いにもとづいている。(得丸音素誤り・構文誤り・意味誤り～外国語の発音及び聴取にまつわる諸現象の分析～信学技報 SP2010-120, pp.31-36)

筆者が音素誤りと呼ぶ例：日本人がフランスの食料品店で、店主から”C'est tout?”(セトウー?)と聞かれて、オウム返しに答えたつもりが”Sept oeufs”(セトウ)と聞き取られて、12個入りの卵のパッケージから卵を7つバラにして包んでもらった例。”c”の子音は日本語にないので、”s”として発音した結果、店主にとってはオウム返しに聞こえなかったのだ。文脈よりも音韻が優先することがわかる。

また筆者が構文誤りと呼ぶ例：アメリカ人がパリでタクシー運転手に”Eiffel Tour”(エッフェル・トゥール)と言ったところ、運転手は”Et fais le tour”(エ・フェル・トゥール、回って)と聞き取ってその場で巡回した。この事例は、音韻列の復元に際して、運動性言語野のプロカ野も共役していることを示唆する。与えられた音響信号を、意味的なところはまっ

たく考えずに、音韻的・文法(構文・シンタックス)的に正しい母語として復元する傾向があるようだ。

2.1.3. 言語の学際性

構文、発声、聞き取り、記憶などの事象についてOPACで学術雑誌のありかを探した結果、いろいろな学部の図書館で専門誌を読ませていただくことになったが、それぞれのモジュールに関連する資料が特定の学部図書館に集中していることに気づいた。

つまり構文は文学部(言語)、音声化は文学部と工学部、聴覚は医学部、記憶は文学部(心理学)と教育学部という具合だ。言語のメカニズムがこれまで説明されてこなかったのは、各モジュールが異なる学問領域に属していることもあるかもしれない。



図3 東大・本郷地区で利用した学部図書館

図4は、図1のモデルに長期記憶を追加している。記憶を含めないことには言語を説明することができないと思ひ至り、追加した。

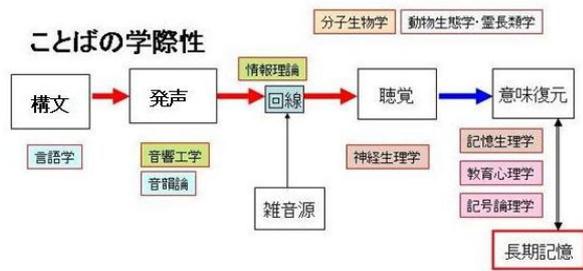


図4 学問領域を言語モデル上にマッピング

2.1.4. 情報伝達がミッシングリンク

いわゆるミッシングリンクとしてみえてきたのが、発声と聴覚を結びつける理論であった。ハスキンス研究所のライバマンが発声音素数が聴覚可能音素数より多いことを疑問として取り上げた。(Liberman, A.M, et al. Perception of the Speech Code, Psychological Review, 74:6, pp 431- 461 Nov. 1967) またチョムスキーが1962年の第9回国際言語学者会議で言語理論の目標とした「成熟した話し手は、適当な機会に自分

の言語の新しい文を作ることができ、また他の話し手たちは、その文が自分たちにとっても同じように新しいものであるにもかかわらず、その文を直ちに理解することができる」はこの問題を内包する。(N. チョムスキー, M. ハレ, 現代言語学の基礎, 橋本萬太郎・原田信一訳, 東京・大修館書店, 1972)

ライバマンの疑問は、動物たちは同じ符号を何度も繰り返すのに、なぜヒトははじめて耳にする文を一度聞くだけできちんと理解できるのかという問題と表裏一体である。チョムスキーがこの問題に答を出していないだけでなく、他にこの問題を解決した研究者はいない。

おそらくこの問題は、デジタル符号のもつ信号対雑音(S/N)比のよさ、オノマトペ語源による雑音耐性の向上、受信回路においてデジタル符号の痕跡記憶をもとにした信号産生メカニズム、特定の分野では同音異義語を使用しないなどの巧妙なメカニズムによって実現していると考えられる。

図5はいわゆる「シャノン限界」と呼ばれる曲線であるが、横軸は信号雑音(S/N)比、縦軸は雑音強度(N)であり、信号強度が一定のときに、通信は雑音強度に反比例して成り立つことを示す。この曲線よりも右で運用すれば誤りの確率が低い通信が可能になる。

誤り確率を一定以下に抑えることができるようになって、万一誤りが発生したときでも受信側で誤りを検出して正すことができれば、理論上通信誤りの確率はゼロになる。そのときはじめて自動的な送受信が行なえるようになる。もちろん誤り確率がゼロであっても、万が一、誤りを検出できずにそのまま処理してしまう可能性があるため、そうなったとしても大きな問題が発生しないように対策が必要である。

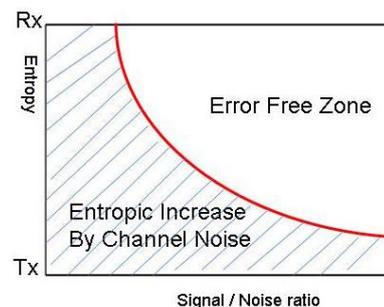


図5 エントロピー増大と信号雑音比

1信号の誤りも許されないデジタル通信は、デジタル信号の高いSN比と、誤り検出・訂正符号化技術によって支えられている。図5はそれを成り立たせているもっとも基本的な雑音と信号の関係を示す。

デジタルとアナログの違いはひとえにS/N比の違いであるとフォン・ノイマンは1948年のヒクソンシンポジウム講演で語った。雑音は熱の関数である。(雑音電力 = ボルツマン定数×絶対温度×帯域(Hz)) 情報理論あるいは通信理論においてもエントロピーは熱力学的に捉え

なければならないのではないかと、フォン・ノイマンが一貫して主張していたことだ。

2.1.5. 時枝誠記の言語過程説との親近性

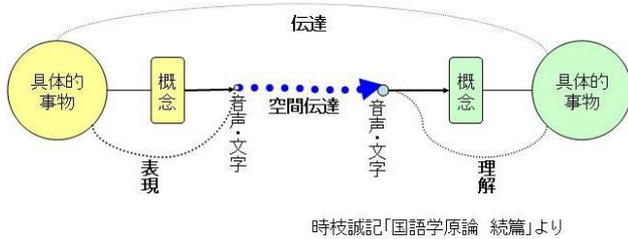


図6 言語過程説との親近性

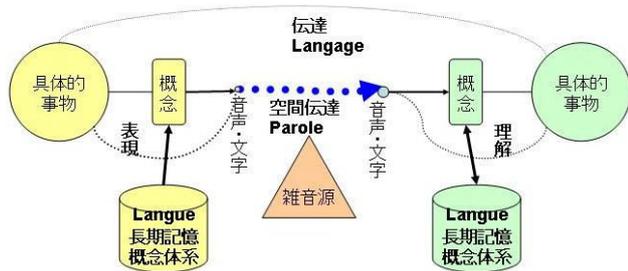


図7 言語過程説に長期記憶と雑音源を加える

回線モデルは、国語学者である時枝誠記の言語過程説のモデルと近い。空間を伝達するときの言語が Parole で、意味を含めた通信の総体を Langage(ランゲージュ)と呼ぶと考えれば、ソシュールの考えとも近い。

時枝の図に、長期記憶(これがソシュールのいう Langue ではないか)と雑音源を加えると一般通信モデル(に長期記憶を付加した図)と似てくる。

2.2. トランシーバーモデル

回線をはさんで送信機と受信機が対峙する回線モデルは、通信全体を概観するには適しているが、ヒトの脳内でいったいどのような現象が起きているのかを考えるには不向きである。

聴覚による聞き取りや視覚による文字認識、さらに触覚、味覚、嗅覚などの五官の刺激の知覚は、どのような処理の結果行動や発言につながるのだろうか。このような観点からつくられたモデルはないかと探して見たが、なかなか適切なものがみつからなかった。ソ連の心理学者ヴィゴツキーの「思考と言語」が描く子どもの言語能力の発達を参考に、ああかなこうかな、ああでもないこうでもないと思考錯誤でモデルを作ってみた。

1台で送信と受信を両方行なうのでトランシーバーモデルとなづけた。

ヒトの通信・思考のトランシーバー・モデル

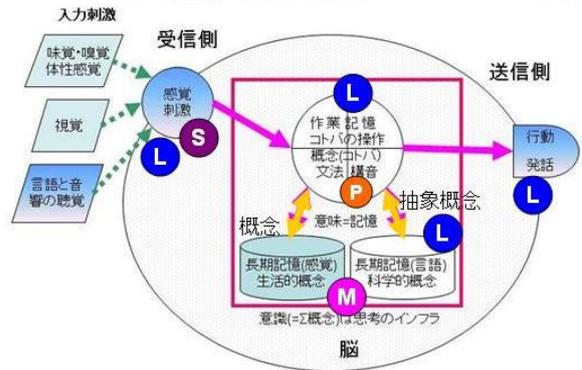


図8 トランシーバーモデル(2010年10月)
(L=言語, S=刺激, M=記憶, P=処理)

図8は、2010年10月の研究会で使ったモデルでかなりシンプルになっている。五官の知覚入力と、発声器官や身体の運動制御の間に、作業記憶と五官の長期記憶、言語の長期記憶、そしてそれらの知覚や記憶を処理する回路があると考えた。

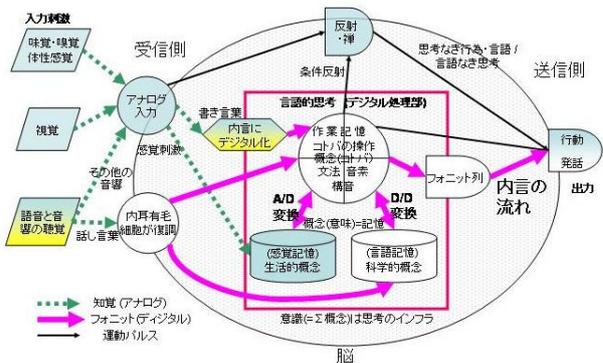


図9 トランシーバーモデル(2009年10月)

図9はその1年前に、脳内で言語がデジタル信号として処理されていると考えて作ったモデルである。聴覚がデジタル信号として聞き取っていると考えたことやフォニットというデジタル信号が脳内を流通すると考えたことなどいくつか重大な誤りがある。

2.3. 時実学派との出会いと神経系模型図

高木貞敬著「記憶のメカニズム」(岩波新書)は30年以上前の入門書であるが、脳の記憶のメカニズムについて細胞レベルで研究されていることがわかった。分子生物学が発展したことにより、脳の記憶のメカニズムも分子レベルで解明されているのかと思っていたが、まだそこまではいっていないようだ。もしかすると公表されていないだけかもしれないが。

本書が「不朽の名著」として紹介する「脳の話」、 「人間であること」の著者として時実利彦の名前を知ったのと、1948年にフォン・ノイマンが行なった講演の記録”Cerebral mechanisms in behavior : the

Hixon symposium”がある東大医学部図書館 3 階の時実文庫を訪れたのが偶然にも同じ日だった。

時実文庫にはペンフィールド、ヒデン、マグーン、Cybernetics 会議録など貴重な資料でお世話になった。また、時実教授が育てた心理生理学者で文学部心理学教室の今村護郎氏が集めた今村文庫や、大阪大学の塚原仲晃教授の著作など、時実教授とその弟子たちの研究業績からは多大な恩恵を受けた。

なかでも「人間であること」(岩波新書)の図 4 として紹介されている「神経系の模型図」は脳のメカニズムを考えるためのモデルとして有効であった。

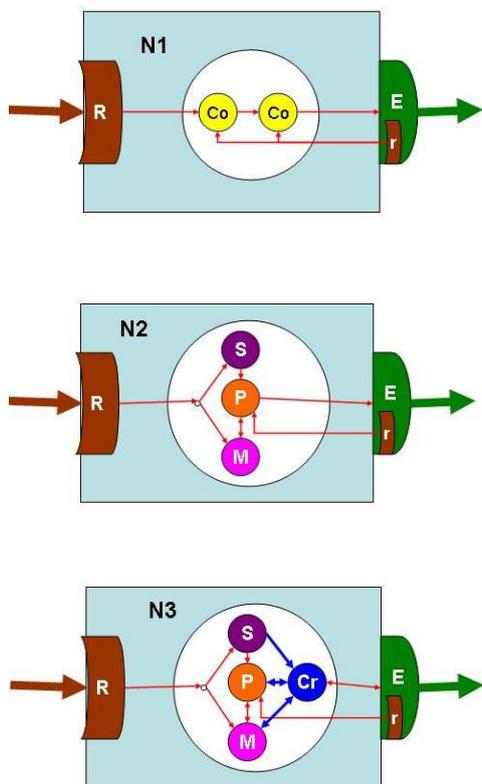


図 10 神経系の模型図 「人間であること」p17より

時実によれば、神経系とは、環境の状況や様子の変化を刺激として受け入れる受容器(感覚器, R)と、反応効果をおこす効果器(E, 筋肉や分泌腺)の間にある適切な反応効果をみちびく働きを荷うものである。

N1 型の神経系は、受容器(R)で受けとめた信号を、定められた仕組みで運動や分泌の指令に変換して効果器(E)へ伝える伝導器(Co)の役割をする。この反応効果は、刺激に拘束された紋切り型であって、骨格筋にみられる反射運動や、内臓器官にみられる調節作用や本能・情動を含む。そして効果器のなかにある感覚器(r)やそのほかの感覚器から、フィードバックされる情報によってホメオスタシスが保障されるように、伝導器の働き方が調整される。

N2 型は、受容器で受けとめた信号を感覚(S)し、記憶(M)し、記憶の内容に照らして感覚情報を処理し、その結果を運動や分泌の指令として送り出す情報処理・運動発現器(P)の役割をする。動作原理は電子計算機と同じで、反応効果は適応行動である。

N3 型は、受容器からの信号や、処理されて記憶されている印象を組み合わせ、全く新しい指令を作りあげ、これを効果器へ送り出す創造器(Cr)としての役割をしている。この創造器によって、私たちは人間としての創造行為を営んでいると時実はいう。

上記の時実の説明は生命体と神経系の関係を簡潔ではあるが十分に説明している。

あえて付言すれば、筆者は、時実が N1 で伝導器(Co)と名づけた機能を時実は紋切り型と呼ぶが、機械的に左から右につなぐ機能ではなく、本能の記憶にもとづいた論理回路になっていて、反応する・しないの判断が下されている。N2 や N3 で記憶(M)と呼ばれているのは後天的な記憶・知能による学習の記憶であり、N1 で伝導器として呼ばれているのは本能の記憶(M)として考えるべきであろう。

つまり N1 で Co-Co として描かれているモデルは、じつは N2 の M が本能の記憶にもとづいていると考えれば N2 に含むことができるということである。

また、時実が N3 に創造器(Cr)をおくが、これはデジタルな表現型の言語情報が、五官のアナログな遺伝子型の知覚や記憶、アナログな身体の運動制御に代替しうることを述べていると理解する。創造というよりは仮想(Virtual)化と考えたほうがよいだろう。

したがって N3 は N2 の回路に現実の刺激が流れるのではなく、言語という表現型が流れる場合だと考えられる。

そうすると単細胞生物から哺乳類やヒトにいたるまで、すべての生命体は N2 モデル、刺激と記憶の処理回路(論理装置)であるといえることになる。

3 ネットワーク

3.1. 免疫学者ニールス・イエルネ(1911-1994)

筆者が偶然にもイエルネの名前を知ったのは、検索エンジンに「human, language, digital」と入力して、Hans Noll というアメリカの分子生物学者が書いた

「Digital Origin of Human Language」(BioEssays 25-5:pp489-500, 2003)という論文に出会ったからだ。この著者は若いときコペンハーゲンでイエルネに指導を受けたことがきっかけとなって言語のデジタル起源について考えるようになったようである。

真核細胞の核から細胞質に遺伝情報を伝えるメッセンジャーRNAは、AGTC4つの核酸塩基によって構成されるが、それらは酵素として生化学反応をおこすのではなく、リボソームで待ち構えるトランスファーRNAのアンチコドンと結びつくことによって、

アミノ酸配列の情報を伝達する信号列として機能する。遺伝子がデジタルというのは、4つの信号の配列によってすべてを表現できることをいう。

これは言語が音節の配列によるデジタル情報であることと似ており、分子生物学者が言語のデジタル性についての論文を書いた背景である。論文の中では、イエルネのネットワーク理論やノーベル講演からの引用その他、イエルネが免疫システムに対してだんだんと理解を深めていった過程が紹介されている。ノルの論文はあまり引用されていないが、分子生物学の基礎知識や重要な参考文献を教えてくれた。

イエルネは1984年にノーベル医学生理学賞を受賞しているが、少なくとも日本での知名度は低い。もともと著作が少ないということもあるが、邦訳された著作は一冊もないようだ。

没後にデンマーク人が書いた伝記があり、3年前に邦訳が出版された。(トーマス・セデルキスト著『免疫学の巨人イエルネ』、医学書院)

朝日新聞の書評(2008年3月30日)によれば、「日本びいきの視点から言えば、イエルネの最大の功績は初代所長を務めたパーゼル免疫学研究所でまったく無名だった利根川進博士に自由に研究をさせノーベル賞に輝いた研究を開花させたこと」だという。免疫学者としての「最大の業績は免疫系のネットワーク理論の提唱とされる。しかし、免疫学の理論は医学・生物学でも極めて難解な領域であり、理解することは最初から放棄するのが無難だ」というが、彼がネットワーク理論で論じたことを一度読んでみて理解できるかできないか試してみようと思った。

理解するものにも、イエルネの「免疫システムのネットワーク理論へ」は、日本語になっていないし、それが掲載されているパスツール研究所の雑誌を講読している図書館も少ない。

今日、免疫学の世界でネットワーク理論は忘れ去られてしまったようだが、遺伝情報がデジタルであるということがRNAやタンパク質合成の研究者たちにいったいどこまで理解されているのだろうか。まだ十分に理解されていないのではないか。

言語の文法と、遺伝情報におけるエピジェネティクスと、コンピュータ・ネットワークにおけるプロトコル・スイッチが、遺伝子型の符号語(概念、ゲノム)を表現型の符号語規則(文法、非コーディングRNA)によって編集・修飾しているという点で似ているということを理解するだけで、研究の進め方が変わりうるのではないだろうか。

3.2. 神経と免疫のネットワーク理論

以下にその最終章を試訳して紹介する。イエルネが免疫システムと神経システムをネットワークと呼

んだことが、どれだけ先見性があったか理解できるだろう。ヒトの場合、100億ある脳の神経細胞はシナプス接続による有線ネットワークで、1兆個ある免疫細胞は移動アドホックネットワーク(MANET: Mobile Ad-hoc Network)を形成しているというのだ。

これは無線LANやWiFi/WiMaXなどが日常的に使われるようになった21世紀だから我々もある程度理解できる内容である。イエルネの主張が、免疫学者に理解されないというのももっともである。

VII 免疫システムと神経システム

主として自動的な抑制作用によって支配されているものの、外部の刺激に対して解放されている免疫システムは、神経システムと驚くほどに似ている。これら2つのシステムは、我々の身体のすべての器官のうち、非常に多くの種類の刺激に対して満足のいく反応をする能力という点で突出している。

どちらのシステムも二分法と二元論を示す。両方のシステムの細胞は、信号を受け取ることができるとともに送り出すことができる。どちらのシステムにおいても、信号は興奮性が抑制性かのどちらかである。この2つのシステムは、ともに他の多くの身体組織の中に侵入するが、それぞれはいわゆる「血液と脳のバリア」によって分けられているようにみえる。

神経システムはニューロンのネットワークであり、それは1細胞の軸索と樹状突起が他の神経細胞群とシナプス結合を築いてできている。人間の体内にはおよそ100億個の神経細胞があるが、リンパ球はおよそ1兆個存在している。リンパ球はつまり、神経細胞よりも100倍、数が多いのである。

リンパ球はネットワークを構成するために繊維による結びつきを必要としない。リンパ球は自由に動き回るので、直接的な接触か、あるいは彼らが放出する抗体分子によって相互に作用する。ネットワークは、これらの要素が認識するのと同様に認識される能力の内部に存在しているのである。神経システムにとって同様に、外部からの信号によるネットワークの変調は、外部世界への適応を表わしている。早い段階で受けた刻印は深い痕跡を残す。

どちらのシステムも経験に学び強化されることによって持続するとともに、絶え間ないネットワークの組み換えの中に保存される記憶を作り上げるが、それは子孫には伝達されない。免疫システムと神経システムの間にあるこれらの表現型における驚くべき相似性は、それらの表現と調節を支配する遺伝子セットが似ていることの結果であるかもしれない。

3.3. 二分法の論理

3.3.1. 二分法

イエルネがいう「二分法」は、離散的な値や状態ではなく、外部環境あるいは対象を生命体にとって意味があるかないかの(Aか非Aか)の排中律によって二分するということだ。このとき $A \cdot (1-A)=0$ (Aであって、同時にAでないものは存在しない)の関係が成り立つ。二分法によって、外部刺激や獲得記憶をAと非Aとして二分化できれば、今度はAをBと非B, 非AをCと非Cとして分化でき、価値の体系(類的な体系)を構築することができる。

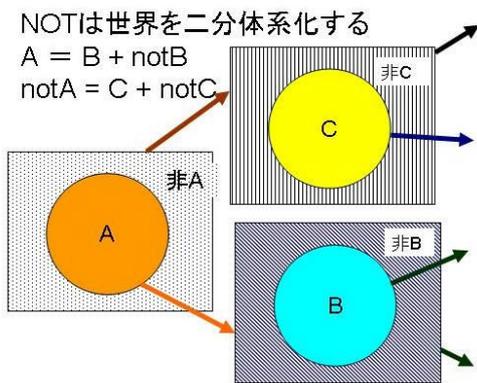


図 11 二分法にもとづく世界の体系化

パブロフが犬を使っておこなった「条件反射」実験において犬が示したのは、犬が信号(ベルやメトロノームの音)を、二分法によって認識された外部世界の意味(餌や毒性物質)と結びつけて記憶したということだ。(パブロフ I.P. 1927 大脳半球の働きについて条件反射学, 川村浩訳, 岩波文庫 1975)

3.3.2. 相互誘導実験

パブロフが解釈不能として説明できなかった相互誘導実験の実験結果から、きわめておもしろいことが読み取れた。

犬が2つの記号を、現実世界のAと非Aとそれぞれ結びつけて記憶できることは「分化」の実験で証明された。餌が出るか、出ないかで、犬はメトロノームの毎分96回と100回を聞き分けることもできた。

相互誘導実験は、そのようにして分化された2つの信号を使って行なった実験である。

正の相互誘導実験というのは、餌が出ない信号を与えてから実際に餌は出さず、その後で餌が出るという信号を与えると、涎の出る立ち上がりが通常より早く、また量も3割から5割多くなるというものだった。

これは餌が出ない信号によって、餌への期待が高まったからではないかと解釈できないか。

負の相互誘導実験というのは、餌が出るという信号を与えてから餌を与え、続いて餌が出ないという

信号を与えておきながら餌を出すということを繰り返す実験である。

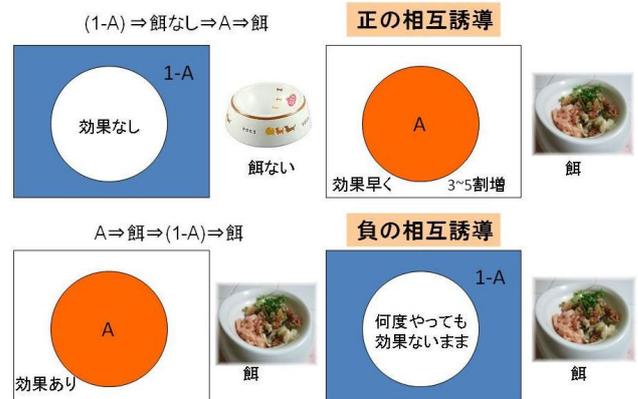


図 12 正と負の相互誘導実験を図化してみた

2つの信号を組み合わせないで実験を行なう場合は(つまり餌が出ないという信号を単独で与え、その後餌を出すということを繰り返す場合)、早ければ数回で餌が出ない信号の後に涎が出るようになることが確認されている。

しかし、2つの信号を組にした「負の相互誘導実験」の場合は、何十回も餌が出ない信号の後で餌を出しても、餌が出ない信号の後に涎が出ないのだ。

パブロフはこの現象がどうして起きるのかを説明できなかったが、筆者は、犬の脳内で2つの信号が体系化されて記憶されているのだと考える。

つまり餌が出る信号の後餌をもらい、その後で餌が出ない信号、餌と続いても、犬は現実が間違っているのであって、信号自体は餌が出ないという信号であると思いつけるのではないか。いわゆる概念体系に束縛されて現実が見えなくなる現象である。

3.3.3. 概念の体系化の論理学

ピアジェは『知能の心理学』のなかで「論理は思考の鏡である。その逆ではない」という。思考するために論理を持つてくるのではなく、論理があらかじめ存在していて論理にしたがった活動・作用・操作が行なわれた結果が思考だというのだ。同じことを高橋秀俊博士は「我々の“考える”ことはすべて記憶内容に対する論理操作である」という。

その結果、音響シンボルと五官の記憶が結びついて概念が生まれ、その性質が無意識のうちに論理に照らして吟味されて「群性体」と呼ばれる集合の中に分類・収納される体系化が行なわれ、そうして構築された群性体を論理操作することが思考である。

「どんな人も、各自の心の中に、分類, 系列化, 説明体系, 自分一個だけの空間, 時間, 価値尺度」, たとえば「コレハナンダ, ソレハ大キイカ, 小サイカ(オモイカ, カルイカ, 遠イカ, 近イカ), ドコダ, イツカ, ドンナ原因デカ, ナンノ目的デカ, ナンボ

ヤ 等々」といった基準をもって、「われわれは、子どものときから事物がでてくればそれを分類し、比較し(同じか、ちがうかの双方)、時間および空間の中に秩序だて、説明し、目的と手段とを評価し、計画し」ている。

そうしてつくられた群性体は、合成性、可逆性、結合性といった条件を保ちつつ、他の群性体と相互に調整しあって均衡し、個人の意識内でひとつの概念体系を構築する。そしていざ体系が構築されると、それ自体で自律的に均衡を維持するようになる。

「思惟がいったん操作の段階に達してワクが形成されてしまうと、分類のワク、系列化のワク、時間や空間のワクは、発達の段階では実にゆっくりと成立したにもかかわらず、成立した後は、新しい要素を実になめらかに自分の身内に吸収することができる。一つ二つの特殊な部分が新しく発見されるとか、補充されるとか、またはバラバラな源泉からまとめ上げられるとかいう事実は、ワクの体系の全体としての堅固な斉合性をおびやかすことにならず、かえってこれを調和してしまう」

パブロフの「負の相互誘導」実験は、犬が一旦獲得し構築した概念体系に反する現実を提示した場合、犬は概念体系に即した反応を取り続け、新たな現実を受け入れなかった例だと解釈できる。

二分法によって、我々は記憶を体系化し、それが意味を生み出すメカニズム、意識を構成することになる。

3.3.4. NOT の概念操作

具体的な例で考えてみよう「定食」という概念は、「おまかせ」や「単品」という概念と加法的に結合して「外食」概念における「注文法」を構成している。

外食=和食+洋食+中華+他
外食*注文法 = 定食+おまかせ+単品+他

「定食」とは、ご飯とおかずと汁によって構成されており、それに副菜である小鉢やミニサラダがつくかどうかは必要条件ではない。「汁」には、味噌汁、すまし汁、洋風スープ、中華スープ、その他がある。

定食=ご飯*おかず*汁*副菜(有+無)
汁=味噌汁+すまし汁+洋風+中華+他

味噌汁は、出汁をとって具を煮て味噌を入れる。出汁にも具にもいろいろなものがある。

味噌汁=出汁*具*味噌
具=野菜+魚貝+豆腐系+肉+他

出汁=煮干し+鰹節+昆布+魚貝+他 (図 1)

たとえば、どこかの国に旅行して怪しげな日本料理屋に入ったとしよう。出された定食の味噌汁をひと口飲んで、「おやッ」と思う。「何か足りない」と感じて、よくよく考えてみると出汁を取っていないことに気づく。そのとき「これは味噌汁じゃない」と心の声がする。

味噌汁≠味噌*具*(1-出汁)

という論理操作が行なわれるのだ。

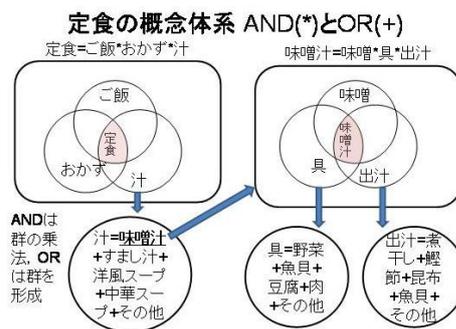


図 13 定食と味噌汁の概念体系

基本的にコンピュータの CPU は単純な加算器である。また、コンピュータは生命や身体を持たないので、何が不足しているかとか、何がちょうどよいかを考えることができないと思われる。単細胞生物でも行なう A/NOT-A の二分法をコンピュータはできるのか。

3.4. 二元論の論理

我々の脳の神経細胞はひとつひとつが論理素子になっていて、入力された感覚刺激をあらかじめもっている本能・知能の記憶に照らして評価・判断する。これはあらゆる生命体もっている原初的な本能である。

たとえばひとつの重要なはたらきはパターン認識であり、そこで用いられる演算は入力と記憶が真値においても偽値においても一致する場合にのみ反応がおきる否定排他的論理和(NXOR)だと思われる(図 14)。

他に神経細胞は「しかも(AND, A*B)」, 「同じ(EQUAL, A=B)」, 「違う(NOT, A≠B, 或いは B=1-A)」, 「乗法(AND, A*B)」, 「または、加法(OR, A+B)」, 「大きい(GT)」, 「小さい(LT)」などの演算機能をもっていて、およそどのような二元的な論理判断であろうと回路として形成できる。

図 10 の N2 と図 14 を比べてみると、ほぼ同じことを示していることがわかるが、図 14 のほうがより明快である。AND, OR, NOT を自在に組み合わせて

3.6. 二語文・三語文は文法なしの構文

チンパンジーに手話(ASL, American Sign Language)を教えた実験によると、二語文や三語文は容易に使用し、最大四語文まで操れるようである。五語や六語の記録もあるが、その場合使用されている言葉に重複がみられる。(Terrace, H.S. NIM, Knopf, N.Y. 1979) “NIM”の中で紹介されているものとしては、以下のような表現がある。

Please machine give apple
Please machine give slide
Please Tim give Coke
Give NIM Banana
You tickle me
Nim tickle Bill
Nim hug cat
Me more eat Banana

これは人間の子どもの二語文・三語文と変わらない。島泰三は孫が一歳七ヶ月のとき「言葉を覚える過程、言葉を発する過程がこれほどゆっくりしたものとは思わなかった」と記録している。(島, 孫の力一誰もしたことのない観察の記録, 中公新書, 2010)おそらくヒトにも二語文・三語文の時期が一定期間あると考えられる。

岡本夏木は「育児語の特徴は世界的にも共通しており、話しはじめの子どものことばの表示形態や構文が世界的に似ているのは、必ずしも言語の生得的性質にもとづくとは限らず、育児語のもつ普遍的性質によるとの解釈も可能になっている。いずれにしても、子ども自身が自分のことばを作っていくとき、その手がかりとなるにふさわしい特徴を育児語が自然と兼ね備えてきているというべきであろう。」(岡本 子どもとことば, 岩波新書, 1982年)

NIMの言語能力と子どもの育児語を比べると、おどろくほど似ている。これは $A+B=C$ という生命体のもつ二元論理にもとづいてことばを発しているからではないだろうか。

つまり文法を習得していなくても、生命のもつ二元論理が概念の組立てを可能にしている。文法は、生命の二元論理によって結合された意味単位を、拡張していくための法則ではないか。我々が論理的だと思うのは、神経細胞の論理作用なのではないか。

4 オートマトン

4.1. オートマトン研究の流れ

かつて電子情報通信学会にはオートマトン研究会が存在した。今日それはコンピューテーション研究会と名称を変えて引き継がれている。またパターン認識とメディア理解研究会にも発展的に分かれた。オートマトンの研究は、情報工学ないしは計算機科学

の基礎分野、理論的分野を研究対象分野として考えられてきたといえる。

オートマトン研究会の研究対象には、記号論理学、思考の機械化やスイッチ回路、パターン認識、言語(コミュニケーション)が含まれていたため機械学習研究会ともオーバーラップする。これは、感覚刺激・論理判断・通信によって環境に適応する「ひとりだけで動くもの」としてオートマトンを理解する以上当然である。(伊藤誠 記号論理とオートマトン, 電気通信学会雑誌 41:8, pp757-763 1958;高橋秀俊 オートマトンとは(オートマトン・特集) 46:11, pp1487-1494 1963;稲垣康善 オートマトン研究の現状と動向, 67:2 pp208-210 1984;山田尚勇 正規表現と有限オートマトン 76:12 pp1278-1288, 1993)

筆者がはじめてオートマトン(複数形はオートマタ)という言葉を知ったのは、フォン・ノイマンの「オートマタについての一般的・論理的理論」(von Neumann, J. The General and Logical Theory of Automata, Lecture at Hixon Symposium 1948)であったが、はじめのうちその言葉が何を意味するものなのか、なかなかイメージがつかめないうちにいた。

そもそもノイマンがオートマトンの研究にとりかかったのは、生命体の自己増殖と進化の謎を解明するためであった。自己増殖オートマトンとは、生命のデジタル・ネットワークであり、細胞内でデジタル情報がやりとりされ、遺伝子発現やタンパク質産生を行なっている。

ノイマンは「生物体は複雑さがなにも減少していない新しい生物体を生産する。さらに、長い進化の時期には、その複雑さが増加しさえする。」この「『複雑さ』を構成するものの厳密な概念を形づくる方向」で、「オートマトンについての系統的な理論の建設を目標とし」たと語っている。その解析の理論が情報理論である。

ちなみに、ノイマンのプリンストン高等研究所の最後の教え子であるベノア・マンデルブロが『複雑さ』の研究を進めて『フラクタル』に到達したというのは興味深い因縁である。(マンデルブロ 禁断の市場 フラクタルでみるリスクとリターン, 東洋経済新報社, 2008)

4.2. 記憶の分子構造と音素符号化メカニズム

4.2.1. 記憶の分子説を唱えたノイマン

研究対象にさらに記憶が加われば、単細胞生物から高等生物までの生物体を自己増殖オートマトンとして詳細に研究できるのではないか。機械学習においても、記憶の研究は同様に重要である。

1948年にカリフォルニア州パサデナで行われたヒクソンシンポジウムでノイマンの次に行なわれた講演がマカロックの「なぜ心は頭にあるのか(Why the Mind is in the Head)」であり、マカロック・ピッツモ

デルと呼ばれるニューロンのモデルを紹介している。ノイマンはマカロック講演の質疑応答中に、記憶のシナプス説を批判して、興味深い発言をしている。

「記憶がニューロン内部に現実に存在するなんらかの形態であるという考えを否定するのは、単なる否定論であり説得力がない。それが何の説明になるというのだ。議論をするなら以下のものでなくてはならない。記憶は、安定していて、消すことができず、不可逆的な変化の結果であるということの証拠はたくさん存在している。(つまり、「反響する」、動的で、消去可能な記憶ということの真逆である。)このことを否定する物理的な証拠は何もない。もしこれが正しければ、一度獲得されると真の意味で忘れることのできる記憶は存在しないということになる。ひとたび記憶の保存場所が埋まると、そこは永遠に占拠され、その分の記憶容量は消費され、そこに何かを新たに保存することは不可能になる。「忘れる」ようにみえる現象は真の忘却ではなく、その特定の記憶保存領域が迅速かつ容易にアクセス可能な状態から、アクセス可能性がより低い状態に移行することである。それはファイルシステムの破壊ではなく、むしろファイリング・キャビネットを地下倉庫に移動するようなものだ。このプロセスは多くの場合、可逆的である。状況によって、ファイリング・キャビネットは地下室から持ち出されて、再び迅速かつ容易にアクセスできる状態に戻る。」

「このような組織をしていると考えることは説得的である。(略)すると、記憶はニューロンの中のスイッチング装置の中には収まりきれないことになり、容量ももっとずっと大きいことになる。スイッチング機構の接触点により入出力上の深刻なボトルネック状態をもつ、非常に大きな記憶組織あるいは組織体を考えなければならない。」

ノイマンの指摘は、記憶のシナプス説に対する分子説の立場を先取りしている。遺伝情報が二重らせん状のDNAのデジタルな塩基配列であるように、「生後、環境から手に入れる情報を蓄える脳の記憶」も核酸の塩基配列であると考えるのは「ごく素朴な発想」である。「記憶の分子説とシナプス説との論争は、かつての光の粒子説と波動説に似た状況にある」というのは、塚原仲晃である。

(塚原仲晃 脳の可塑性と記憶 岩波書店 2010)

4.2.2. 言語記憶の符号化仮説

生物体が感覚刺激を生存本能に基づいて論理判断して行動を選択するとき、記憶にもとづいて論理回路を形成する。記憶にはDNAによって受け継ぐ先天的な本能の記憶と、経験にもとづいて獲得する後天的な知能の記憶がある。前者が核酸であるから、後者も核酸もしくはタンパク質(ポリペプチド)によってできている可能性がある。

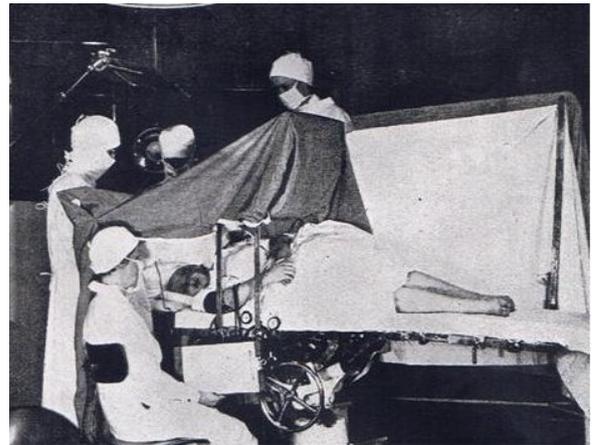


図16 ペンフィールドの実験風景

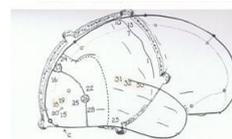
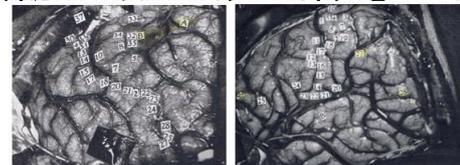
カナダのマギル大学のペンフィールドは、脳腫瘍患者の手術前に、患者の大脳皮質に電気刺激を与えて何を思いだすかを記録した。

その実験記録によれば、患者は1 記憶された出来事や経験、2 その出来事に関連した思考、3 それを引き起こす感情を思い出した。つまりデジタルな言語記憶は含まれていない。

彼は主な半球の側頭葉か前頭葉に言語野があること、左半球の後部側頭葉にも言語のための領域があることは観察しているが、それ以上は観察できていない。

「おそらく出来事を思い出すという意識作業は、話したり読むための意識作業とは別のものなのであろう。皮質を刺激したときに患者が人々の話し声を聴いたりその話を理解することはできたが、刺激によって患者が話したり、個別の単語を思い出すということにはなかった。」(Penfield, W., Jasper, H. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain, Boston Little 1954)

刺激して反応のあった部位をマーク



NL200より

反応を記録し、脳のスケッチを残す

感覚刺激だけでなく、体験を総合した記憶も甦った

図17 ペンフィールドの実験より

ウェルニッケ失語の症例なども参考にすると、言語記憶は脳内で音素から核酸情報に符号化されているのではないかと考えられる。核酸情報を音韻化す

るためには、符号化・復号化器にその情報を読ませる必要がある。この役割を果たしているのがウェルニッケ野ではないだろうか。

4.3. ネットワークの自動性・記号性とデジタル

記憶を論理回路として形成し、知覚する外部刺激に対して反射的対応をとるネットワークは、自動化メカニズムであり、オートマトンである。情報のネットワークが可能であるのは、情報がデジタル符号語によって記述されているからだ。デジタルだから自由自在・自動的に媒体を乗り移って、目的地へとたどりつける。

自己増殖オートマトンの研究は、ネットワーク概念を用い、多層なプロトコル解析、生命体の各所に配置されたパケット・スイッチ(ルーター)の機能とメカニズム、そして生きのびるための知恵を集積する記憶体系、記憶にもとづく論理回路の形成など、生命の生存本能を解明することになるだろう。

その回路形成は生理学であるが、情報処理という点では論理学である。

パブロフが犬の実験を「条件反射」と呼んだのは、条件づけを行なうことによって反射的な行動が生まれるという点では妥当であったといえる。パブロフが、論理回路の形成を生理学としてとらえたところは正しかったのだが、知覚の刺激も生理学的な処理であるのとらえたところは間違いではなかったか。

知覚刺激は神経細胞の論理回路上で、物質でもエネルギーでもない情報として、記号的な挙動を示す。この誤りのために、パブロフは相互誘導を理解できなかったのだと思われる。

4.4. ことばの3つのオートマトン

言語がいつどこで生まれたのかという起源の問題も、言語とは、意味とは、文法とは何かという基本的なメカニズムも、これまで解明されなかった。ヒトの言語と他の哺乳類の音声コミュニケーションはどこがどう違うのかということもわからなかった。

にもかかわらず、我々はもの心ついてから死ぬまで、一人でいても誰かといっても、声に出そうが出すまいが、手紙であろうと手話であろうと、日々言語を使って生きている。

就学前の子どもでも、字を読めない書けない「非識字者」でも、問題なく会話ができる。日常会話をするうえで、言語学の知識も、文法知識も、もちろん情報理論の知識も必要とされない。これは不思議なことではないか。

我々は、なぜ話せるのか知らないのに文章を作り、どうやって一度聞くだけで人の話を理解することができ、意味とは何かを知らないのにわかるとかわからないとか言っている。

これは「話す」、「聞く」、「わかる」という基本サブシステムが、それぞれ自動装置(オートマトン)であるからではないか。たとえるならば、生まれてからずっと三食すべてが上げ膳据え膳であったら、料理や後片付けのやり方を知らないまま育つようなものだ。

こう考えて、一般通信モデルを3つのサブシステムに区切り直して、そこでいったいどのような現象が起きているのかとあらためて考えてみると、言葉という表現型の情報の他に、家族や友達や知人の声の韻律によって仲間かそうでないかを判断し、あるいは感情や緊急度を判断し、外国人の話す日本語からその人の出身地を想像し、などなど。実に多層的な処理が行なわれていることがわかった。

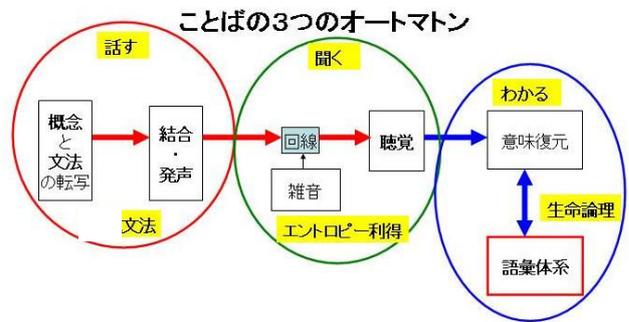


図 18 3つのサブシステムに区切って考えた

これまで一般通信モデルやトランシーバーモデルを使って考えてきたのは、主として水平的なひろがりをもつ言語システムであった。垂直的な重層性を解析するツールはないかと考えたとき、イエルネのネットワークという言葉が思い出され、コンピュータ・ネットワークについて少し勉強してみようと思った。

5 ネットワーク・レイヤ分析

5.1. コンピュータ・ネットワーク

コンピュータ・ネットワークは1970年ころから実用され始めた技術であるが、21世紀に入ると、地上波テレビ放送も携帯電話もデジタル化したことで社会の隅々までがネットワーク化された感がある。

家庭のパソコンは、設置された光モデムあるいは無線LANを経由して世界中とネットワークしているが、その技術の中味のすべてに通ずる人はほとんどいない。コンピュータ・ネットワークの技術的な概略を知ろうと思って、タネンバウム(Tanenbaum A.S., Wetherall D.J. (2010) Computer Networks (5th Ed.) Prentice Hall)を読んでみた。その第1章で紹介されているOSI参照モデルについて筆者は十分理解したとはいえないが、このモデルをツールとして、言語情報システムを掘り下げてみたい。

コンピュータ・ネットワークの現場の知識がまったくなく、参考書を理解したわけでもないのに、そのモデルを使うのはやや危なっかしい冒険である。筆者の理解不足や勘違いもあるかと思うが、お気づきになられたらどうかご指摘をお願いしたい。

5.2. OSI 参照モデルをもとに言語情報を考える

OSI 参照モデルは物理層，データリンク層，ネットワーク層，トランスポート層，セッション層，表現層，アプリケーション層の7つの層に分ける。

必ずしもこの7つに固執してそれらを尊重しなければならないというわけではないが、増やすにせよ減らすにせよ、一度 OSI 参照モデルの7層を参考にして、言語にどのような種類のプロトコルがあるかを考えてみる意義はあるだろう。

5.3. 物理層(H/W 要求)

ヒト言語通信システムが成り立つための物理的条件、つまりヒトが言葉を話し、聞き、理解するための器官を考える。ヒトと暮らす犬や猫が、言葉を相当数聞き分け、意味を理解するのは個別の単語音韻刺激が記憶と結びつく現象である。

ヒト以外の動物(NHA)は文法を持たず、二重分節を解さない他、離散的な音節を发声できないが、音韻を聞くだけという一方的な関係はなりたつと考えられる。

5.3.1. 発声器官：デジタル送信機

ヒトの発声器官は、一歳になる頃に喉頭が降下し、肺の呼気を口から出せるようになる。この発声器官を運動制御することによって母音のフォルマント周波数を发声できる。

子音は唇の形状や舌と歯・歯茎の位置関係によって生まれる。ヒトは母音よりも子音を先に獲得したと考えられる。なぜならば、言語学者が最古の言語とみなしている南部アフリカに住む人々の使うコイサン語だけがクリックを含めて子音を100ほどもっているからである。最近ミトコンドリア DNA の SNP 解析によって、南部アフリカの狩猟採集民が最古の人類であるという報告がなされたが、コイサン語は母音がまだ存在する前の時代を生き延びた言語ではないか。

喉頭降下は気道と食道を交差させるため、ものを食べたり飲んだりしながら息ができない。また食べた物が気道出口を塞いで窒息や、食べ滓が肺に混入して肺炎がおきるようになった。生命の危険を冒して喉頭が降下したのは、すでに子音だけの言語が存在していたからで、喉頭降下は、雑音のある環境でも通信できるよう肺気流という出力増幅器を獲得するためだった。

最古の現生人類遺跡である南アフリカのクラシーズ河口洞窟は、インド洋に面した砂岩層断崖の海拔20mのところに美しく広く静かで快適な洞窟である。洞窟の中は外部の雑音が遮断されるため、子音だけでも会話が成立する。しかし洞窟を一步外に出ると、自然界のさまざまな音が邪魔して相手に声が届かない。この洞窟では今から13万年前から6万年前に現生人類が住んでいたことが発掘調査によって確認されている。7万年前にこのあたり一帯で、ホイソンスプールト(Howiesons Poort)と呼ばれる細石器文化が突如花開き、洞窟居住者たちは6万年前に突如この地を離れた。このことから推測して、子音言語が7万年前に生まれ、母音が6万年前に獲得されたと考えられる。コイサン語にたくさんの子音が今も残ることから、子音だけの時代が一定の期間続いたと考えるのは妥当であろう。

5.3.2. 大きな脳：大容量記憶装置

ヒトの脳がチンパンジーのおよそ4倍あるのは、生後1年間歩けずにほぼ寝たまの状態でいる「二次的晩成性」のおかげだ。生後1年間、ヒトの脳は母胎内にいるときと同じ、体重増加率と脳重量増加率が1:1の割合で成長する。脳にとっては実質的妊娠期間を12カ月延ばして21カ月にした効果をもたらす。

霊長類は、一度に孕む子供の数が一匹であり、また妊娠期間も9カ月と長いので、赤ん坊は生まれてすぐ母親にしがみついでジャングルの中を移動できる早成性を示す。ヒトの晩成化は安全な巣を確保したためだろう。最古の人類遺跡は大海に面した絶壁中の洞窟だから、晩成化するには最適の環境である。

大きな脳のおかげで、ヒトは生後に容量制限なくいくらかでも知識を記憶できるようになった。何万もの単語を使いこなせるのもそのおかげである。

言語記憶が脳のどこでどう長期保存されているかはまだわかってないが、単語や音節単位での想起が可能なることから、単語や音節の情報が識別可能な状態で記録されていると考えられる。

5.3.3. 大脳皮質一次聴覚野：アナログ受信機

大脳皮質の一次聴覚野は、ヒトも他の動物も変わらない周波数局在性を示す。聴覚生理学者によれば、音声は音韻的(phonetic)に发声され、音響的(acoustic)に聞き取られる。これが送受信点間でエントロピー利得を生み、回線雑音によって情報のエントロピーが有る程度増大しても、誤りなく受信できるメカニズムに通じるが、詳細はデータリンク層として論ずる。

5.4. データリンク層(通信路符号化:音韻列伝達)

言語共同体に固有な音素は、仲間かどうかを判断する基準にもなりうるが、その離散性によって音韻列が誤りなく伝わるメカニズムを構成している。

5.4.1. 母語音素痕跡記憶：デジタル復調器

第一次聴覚野はヒトと動物で差がないが、ヒトの場合、生後数カ月で周囲で話されている母語の音素刺激に適応した痕跡記憶がウェルニッケ野付近に作られる。仲間内のメッセージに対応する記憶が形成されるのは霊長類に共通にみられる現象だが、ヒトはそれが離散・有限信号(デジタル信号)に対応する。

したがって生まれて直後の言語刺激はきわめて重要であり、閉経後のメスが孫の面倒をみるのも、また出産時の陣痛が重たいのも、ヒトがわが子の面倒をよくみるようにとの自然の配慮である。(マレーズ:白蟻談義:原名 白蟻の心;永野為武,谷田専治訳,東京:日新書院,1941.2)

音素痕跡記憶は幼少時のときだけつくられるのであろう。成人してから努力しても、第二言語の音素を獲得することはできない。この痕跡記憶はいうならばルーレット盤のようなもので、聴覚が聞き取った音節を、積極的に母語のどれかの音節に割り振って聞き取るメカニズムである。この母語音素痕跡記憶によって、外国人や子どもや酔客らの訛りや呂律の回らない声であっても、正しい音節列・単語列に還元される。

国際結婚家庭に生まれたバイリンガルの人たちの音素痕跡記憶は2セットあるのか、それともどちらかが主でどちらかが従となっているのだろうか。興味深い。

5.4.2. 発声運動制御：デジタル変調器

子どもが母語のすべての音節の発声器官運動制御を正確にできるようになるにはかなり時間がかかる。吾が子ども2,3歳の頃「ゴミ」を「モネ」,「ご飯」を「ゴカン」と言っていた。

母音や子音を正しく発声するためにはきわめて繊細な運動制御が必要とされるが、さらに喉頭降下によって嚥下の際に喉頭蓋によって気管を保護する必要が生まれた。母音をもつ言語が突然生まれたのではなく、母音をもたない言語が生まれてその後で母音が生まれたと考えられる。

5.5. ネットワーク層(敵味方識別)

ヒトは会話の相手を信用するか疑うかを判断するにあたって、音声に付随する訛りやアクセント,方言などの韻律的特徴(prosodic feature)を参考にする。

ネットワーク層は、言語情報の発信者に認証を与えるためのものである。耳は敏感な器官であり、日本語音声を聞けばそれを話している外国人の母語も想像できる。旧約聖書には、特定の言語グループに属している人たちが苦手とする発音をさせて、敵を識別したことが記録されている。

本来であれば、誰が話そうと、言葉は情報として吟味して冷静に受けとめることが望ましいが、我々はその中身よりも誰が話者であったかで判断しがちである。というのも、上位層で行なわれる論理処理は、すべての言語情報が正しいということを前提として行なわれるためである。このため現実には存在しないのに脳が現実だと判断する仮想現実がうまれる。

5.6. トランスポート層(対話の形態)

コンピュータ・ネットワークでは、コネクション型のTCP(Transmission Control Protocol)とコネクションレスのUDP(User Datagram Protocol)がある。

言語コミュニケーションにおいても、相手の反応や理解度を見ながら言葉を選んでメッセージを送る電話や対話や講義などの場合と、聞き手の反応を知るすべなく一方的に情報を送る手紙・放送・書籍がある。

5.7. セッション層(対話の手順)

情報はデジタル信号の一次元配列であり、開始符号と終止符号によって主文が挟まれる。

手紙は、時候の挨拶に始まって、結びの型がある。電話にも「もしもし」,「ではさようなら」という型がある。子どもに語るおとぎ話の場合は、「昔々あるところに」で始まって、「めでたしめでたし」で終わる。不意の中断や寝てしまった場合など、「どこまで覚えている?」「鬼ヶ島についたところ」「じゃあ、その続きを話そう」という形で途中から修復が可能である。

また対話でも電話でも会議でも、発言するにあたって、自分が発言することを相手が承認し、相手が耳を傾けていることを確認する必要がある。

5.8. 表現層(情報層:情報源符号化,意味のメカニズム)

音韻的な言語情報はあくまで表現型であり、そこに意味はない。かならず情報源符号化・復号化処理を行なって符号語と遺伝子型である意味(記憶)を交換する必要がある。セッション層より下位層では音韻的処理と韻律的処理が行われ、意味づけと意味還元はそれらとは別に行なわれる。

ヒトの言語の特徴は音節を単語に紡ぎ、単語をさらに文や文章へと紡いでいく二重分節の音韻構造にある。この音韻構造は意味論的に、個別の概念を文

通信メカニズムが文法(論理スイッチ)を可能にしたと考えるほうが妥当ではないだろうか。

コンピュータ・ネットワークにおけるプロトコル・スイッチがなぜ機能するのかということについてきちんとした考察が行なわれた例は知らないが、プロトコル・スイッチも文法と同様に、通信路符号化による誤り訂正によって1信号の誤りもない通信が可能になり、同時にそれぞれのビットやバイトが意味変化・付加の法則を表すという情報源符号化が行なわれるために実用できるものである。

5.8.3. 抽象的概念

ヒトは文法を手に入れたことによって、自分が体験したことのないことがら(科学的なマクロやミクロの現象や、時間的に過去や未来の現象)であっても、概念の演算によって想像することができるようになった。概念の論理演算の結果を総合したものが抽象概念であると考えられる。

ヴィゴツキーは抽象概念こそが真の概念であるといい、『思考と言語』の中で詳しく論じている。抽象概念の正しい構築・使用方法は家庭でも学校でも習わない。そのため抽象概念とは何か、その正しい使い方はほとんど知られていない。抽象概念を正しく獲得し使用するためには、具象概念を正しく獲得し、それらを正しく体系化しなければならない。名実一致を説いた孔子の「正名論」はじつに重要である。

5.8.4. 文化的概念：手続き記憶

心理学で手続き記憶と呼ばれる技能は、身体感覚・運動制御と五官の記憶が統合されたものであり、文化的概念と呼べる。文化的概念の獲得は、修行や稽古で体を作ることが前提となる。それによって、表現型が共通の意味を生む処理回路(身体)を作るのだ。

5.9. アプリケーション層(情報伝達・文化伝承)

言語の目的は、相手が本来自分で体験して学習しなければならないことを、言語情報によって代替して学習させるところにある。

7万年の文明の歴史を通じて人類が学んだ知恵を次の世代に伝えるのが、言語の目的(アプリケーション)であると考えられる。

5.9.1. 情報とは何か

情報化社会や情報セキュリティについての議論は多々あるが、そこでも「情報とは何か」ということはほとんど論じられていない。どこにも定義がないので、ここで思い切って情報を定義してみることにする。以下の定義は情報をきわめて限定的に定義している。

*1 情報の例

情報としては、遺伝情報システムにおける「メッセンジャーRNA」、言語情報システムにおける「音節」、コンピュータ・ネットワークにおける「ビット」がある。

*2 情報を表現する信号

情報は、物質でもエネルギーでもない。情報は、2以上の自然数によって構成される、一定数(有限個)で、相互に離散的物理特性をもち、ミニマムな物質またはエネルギーによって自由に産生し分けることができる論理値を示す記号(デジタル記号)によって表現される表現型である。遺伝子型ではない。

情報処理回路上の記号操作でリアルタイム・瞬間的な処理ができるように、処理待ちの記号がスタックしたり、処理後の記号が滞らないように、情報は反応性がよく、短寿命な記号によって記述される。(音節, mRNA, ビット)

長期保存用には、別の特性をもつ信号が新たに作られて使用される。音節を書き写す文字、真核細胞の核内で二重らせん状で保存され、必要に応じて転写してmRNAを生み出すDNA、磁気媒体や光媒体によってビット情報を保存する光磁気ディスク。

情報は一次元配列されて直鎖状に送信され、受信も自動で行なわれ、記号処理・演算も自動で反射的に行なわれる。

*3 1情報は複雑性(フラクタル)を生み出す

情報は二重符号化を繰り返して(フラクタル関数)、大きな意味へと結びつく音節が数個集まって概念語がつくられ、概念語を文法によって紡ぐことで文、文章、小説といったようにまるでフラクタル(自己相似)な図形のように意味の体系がつくりあげられる。

これはコンピュータ・ネットワークの世界で、ビットがバイト、セクション、パケット、フレームというようにだんだん意味が拡大していくことと似ている。

また、生命の情報システムにおいては、RNAが3つ集まってコドン(アミノ酸1塩基を指定)、ポリペプチド、二次構造であるモチーフ、三次構造であるドメイン、タンパク質、細胞、器官、生命体と意味が拡大していく。

この複雑性を生むのがプロトコル・スイッチやncRNAや文法という二重符号化のためのメカニズムである。

*4 誤り検出・訂正メカニズム

情報はできるだけ誤りが発生しないように送信される。

1) デジタル記号を使用するので信号対雑音比がよい

- 2) できるだけ誤りが生まれにくいように符号語を組み立てる。
- 3) 回線雑音によるエントロピー増加によって一部の信号が読取り不能になったり、別の信号の特性を示すことになっても、その誤りを検出し、訂正できるだけの冗長性。(ビットの 0/1 は冗長性をもたないので、誤り訂正符号を付加して送信される)
- 4) 受信側でデジタル記号の可能性の中から、送られてきた信号にもっとも近いものが選択されるメカニズムがある。(言語の場合は聴覚性言語野であるウェルニッケ野、生命の情報システムの場合はリボソームにいる転移 RNA、ビットの場合はビット発生装置) このため回線雑音によって増大したエントロピーは吸収される。
- 5) 万一、誤りが伝わったとしても大きな問題が生じないように符号語の構成や意味復元メカニズムを最適化する

*5 情報には意味がない。処理回路が重要

言葉には意味がないと言われるが、文法にも構文にも意味はない。したがって情報には意味がない。

情報は送信元で意味を情報へと変換する情報源符号化が行なわれて、受信側では情報をしかるべき処理を行なう論理回路で処理されて意味へと変換される。

情報の処理回路は、DNA によって遺伝する本能の回路の他に、経験に学ぶ知能の回路の両方がある。

*6 情報は表現型が遺伝子型を生み出す

情報は、実体のない表現型の一次元構造から、三次元の実体を生み出す。

言語情報は、体験なしで学習を生む。たとえば、本をきちんと読めば、著者が行なった実験を自分で行なったのと同じ成果を得ることができる。

5.9.2. 文化によるエピジェネティックな進化

人間社会における文化層といえるアプリケーション層は、人間の衣食住、社会運営や芸術活動、およそ人間的活動の層のすべてである。人間は数万年前から DNA の構造はまったく変わらないのに、言葉と文化によって、想像を絶するエピジェネティックな進化を遂げた。デジタルな言葉が文化という極めて繊細で高次な精神活動を可能にし、ヒトが世代を超えて文化的伝統を継承すべく努力したためである。

使用言語が違っていても、料理があり、舞踊や音楽があり、建築技術や社会制度があるので、文化活動は言語から独立したもののように見えるが、実際には物理層から表現層までの言語諸層を基盤とする。言語なしで成り立つ文化活動はない。それぞれの文化は気候風土や歴史的地理的条件によって決定づけられているものの、家族制度から社会制度、神話か

ら民話まですべて言語共同体の中で生成発展し精緻化したものだ。

6 デジタル=ネットワーク=オートマタ

6.1.3 つのデジタル情報システム

これまでデジタル、ネットワーク、オートマタといった視点から、(1) ビット情報によるコンピュータ・ネットワーク、(2) 核酸情報による生命システムと、(3) 音節情報による言語システムを相互に参照しながら論じてきた。

ここでこれら 3 つのデジタル情報システムを、それぞれ一枚の図として表現してみる。そうすることによって、これまでに見えなかったことが見えてくるかもしれない。

6.1.1. ビット情報システム

ビット情報システムは、CCD カメラや Vocoder によってアナログな物理的存在をデジタルなビット情報に変換する。電子メールや論文は、キーボードやタッチパッドを使って入力することにより、言語情報をビット化している。

ビット情報は、プロトコル・スイッチを用いて一次元状に配列されて送信される。通信中において誤りが発生しないように適切な信号電力で発信される。受信側は復調した信号の電圧が、一定の閾値の上か下かで 0 か 1 かを判断してデジタル信号を産生する。産生された信号が誤りかどうかを受信側が独自に判断し、誤りを検出して訂正できるように誤り訂正符号を付加して送る。これは送信前のデータ列に所定の計算を行なった結果である。

誤り訂正が終わったビット情報は、受信側の論理層でアナログな音声・画像・運動などに復元される。

Computer Networkにおけるbit情報伝送

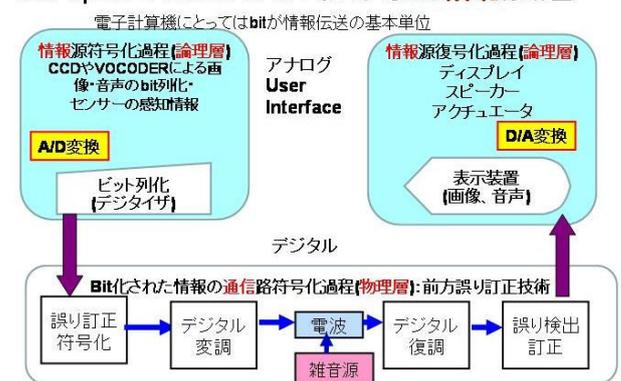


図 22 ビット情報システム

6.1.2. 核酸情報システム

生命の情報システムはまだ完全に解明されていないわけではない。

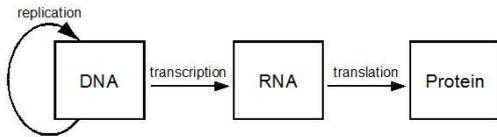


図 23 セントラル・ドグマ

F. クリックは、DNA から RNA に情報が転写され、それが翻訳されてタンパク質になる過程は一方的であるとして、それを「セントラル・ドグマ」と名づけた。しかし、細胞レベルで行なわれるタンパク質産生過程において、細胞質から核内に必要とされるタンパク質の要求を送るメカニズムがないとはいきれない。むしろそれが無いことには何を転写すればよいかわからない。おそらくまだ明らかになっていないだけなのだろう。

筆者は情報伝達のメカニズムについて詳しく語るだけの知識を持たないが、情報理論的な観点に立てば、誤り訂正という点でどのようなメカニズムが存在しているのかを指摘することは重要である。

- (1) 核酸の離散性、水素結合の本数が 2 か 3 かと、結合する塩基がプリン基かピリミジン基かによって 4 種類の核酸が離散的な生化学特性をもっている。
- (2) 64 種類のコドンで 20 種類のアミノ酸に割り当てるときに誤りがおきにくいよう縮重(degeneracy)が起きている。
- (3) アンチコドン構造をもつ転移(transfer)RNA がリボソームで mRNA を待ち構えていて、ペプチドに翻訳するから翻訳漏れがおきにくい。
- (4) 万一翻訳誤りが起きたとしても、似た性質をもつアミノ酸に翻訳されるようにコドンが割り振られていること、などである。

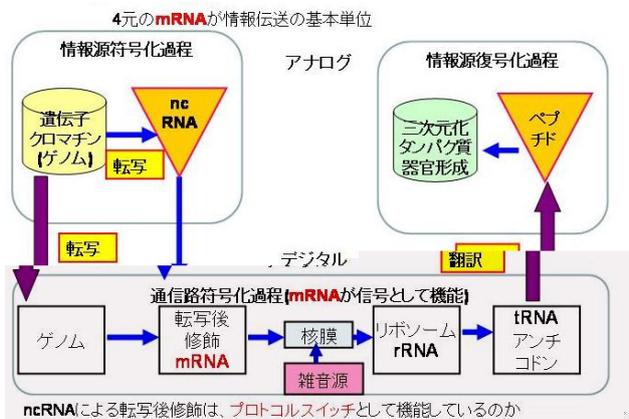


図 24 核酸情報システム

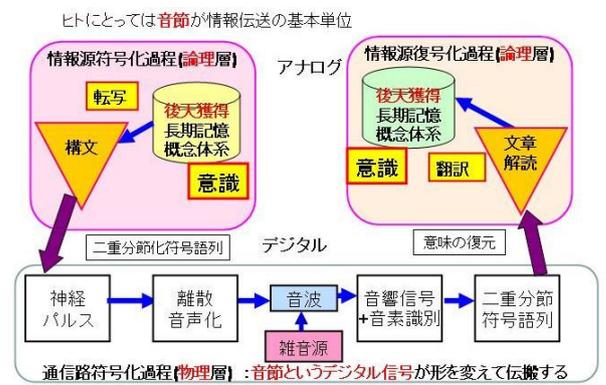
6.1.3. 音節情報システム

言語情報システムについては、すでに 5. で説明を行なったので、繰り返さない。

図 25 が重要であると思われるのは、それが図 1 や図 4 と極めて似たモデルであることだ。図 25 では、図 1 には含まれていない送信元・受信先の論理過程が簡単に書き込まれている。

核酸情報システムでは、DNA の記憶は受精時に決定され、すべての細胞において、一生を通じて同じ 30 億塩基対(ヒトの場合)が用いられる。

これに対して、ヒトの意識は生得ではない。生まれてからの環境からの刺激、個人の体験や経験、そして記憶の演算である思考を積み重ねることによって、意識は形成される。



文法は1音節の誤りし伝送が可能のために実現するプロトコルスイッチではないか

図 25 音節情報システム

5 の OSI 参照モデルの 7 層は、物理的な接触による音波伝搬・音素伝達・感情投入・認証・誤り訂正などを担う物理層ネットワークと、デジタル情報をリアルタイムに論理処理して行動や決断を生み出す論理層ネットワークに分けることができる。それぞれの層の果たす役割について考察した結果を図 26 に表す。

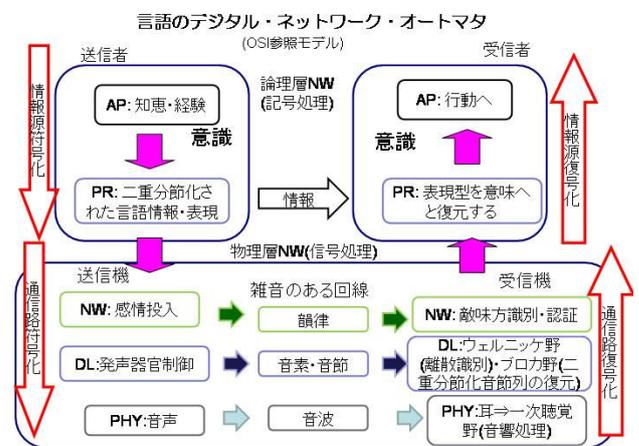


図 26 言語のデジタル・ネットワーク・オートマタ

すると、回線上でやりとりされる言語は、プロトコル・スタックを交換していると考えられる。

音声は言語情報も音韻情報も一緒に伝えるプロトコル・スタック

	スタック1	スタック2	スタック3	スタック4
AF		情報と意味の変換(情報源符号化・復号化)		
PF	ふるさと訛り	標準語	家族の会話	校訂済の文献
SS	対話式	一方的	一方的	一方的
TF	直接面談	伝言	手紙	書籍
NV2	気の置けない	ビジネスライク	本心・思いやり	弟子の著述
NV1	幼なじみ	取引先	家族	古代中国の思想家
D/L	母語素発音	聞き取り能力	母語読み書き能力	読解力
PHY	音声発音	聴覚能力	視力・音	言語機能

図 27 言語はプロトコル・スタックの交換

6.2. 現生人類のさらなる進化のために

6.2.1. 7万年前から今なお続く言語の進化

(1) **言語獲得以来の進化** 7万年前に南アフリカで言語が誕生して以来、音声通信のデジタル進化は今もなお続いている

言語が生まれたとき、複雑・精巧な言語に欠けているものは、母音、文法、文字、抽象概念であるが、これらも自然に発達したと考えられる。

(2) **文化の誕生**：今から 7-6 万年前にこの地で Still Bay, Howiesons Poort と呼ばれる細石器文化・ダチョウの卵の装飾・ビーズなどが作られた。言語の獲得により、文化が伝達可能になったからではないか。これは母音や文法が生まれる前でも可能であろう。

(3) **母音の獲得**：喉頭降下によって、肺気流が口から出るようになった。母音は力強いため、洞窟の外の野外でも遠くまで声が届くようになった。この喉の構造はネアンデルタール人にはない。

(4) **世界大の拡散**：6万年前に南アフリカの海岸沿いの洞窟は捨てられるが、コイサン語以外はクリックを持たないので、母音獲得の後北上したと考えられる。(言語が生まれて、母音が生まれるまでに、約1万年を要した?)

(5) **文法の獲得**：神経細胞の二元論だけで、二語文・三語文・四語文程度までは対応ができた。1つの信号誤りもなく相手に届くデジタル方式では、文法によってさらに入れ子構造にして意味を複雑化できる。これも意識せず、わりと自然に生まれた可能性がある。母音のおかげで子音と組みあわせてさらに容易に音韻変化ができるようになった。(Khoisan 語の文法を調べる必要あり。クリックは文法要素ある?)

(6) **抽象概念 1：関係性概念・類概念の獲得**

関係性概念(親子、首都など)、類概念(二分木構造)といった概念は、概念のカテゴリー化において必然的に生まれる。これらの概念は、RDB(関係データベース)の構築

においても使われる。我々の意識とはひとつのデータベースである。

(7) **洞窟壁画**は、言葉の意味するものを描いて、教科書として使われた可能性はないか。

(8) **文字の獲得**

文字が生まれたのは今から約 6000 年前のエジプト・メソポタミア。RNA 情報を安定保存するのが DNA の目的であるように、言語情報の安定保存のための符号が文字。文字が生まれたことと、巨大王朝や地域文明が生まれたことは因果関係あるだろう。

(9) **抽象概念 2：科学的概念**

経験的に感知できない抽象概念は、文字が生まれた後か。A+B=C という論理演算の結果を総合したものを意味として構築する。例：地球環境問題、デジタル

(10) **言語情報とビット情報のクロスオーバー**

コンピュータ・ネットワークのビット情報は、言語情報の物理層を担い、2つの情報システムが交差して「知」の世界を広げることが容易になった。

だがビットと言葉で別の情報システムであることがまだ十分理解されていない。そのため情報セキュリティーなどの考え方に混乱が生じているように見受けられる。

言葉はコンピュータ・ネットワークを物理層として利用することによって、格段に知能の発展の可能性を拡大した。が、そこで韻律情報が欠落するので、悪意があればいくらでもなりすまし・偽造でき、真実性の保証ないので、安易に信用できない

6.2.2. デジタル言語を使いこなす

デジタル言語は現生人類の 7 万年の知恵の蓄積を伝える情報である。それを正しく使う必要がある。

(1) デジタル言語は、音韻伝達は「物理層」、意味のメカニズムは「論理層」の事象として分離し、物理層において誤り訂正や認証が行なわれ、論理層においてはすべて正しい記号という前提で、記号操作が行なわれる。

物理層と論理層におけるそれぞれの符号化の相乗効果として、文法による二重分節化が可能となった。

(2) 物理層の信号処理で表現型である言葉には意味がない。命題にも意味はない。

物理層では情報(データ)の誤り検出・訂正や認証が行なわれ、仮に誤ったデータが論理層に送られても大きな問題が発生しないメカニズムが用意されている。

(3) 論理層の記号処理では、反応性がよくて、すぐに消える情報が記号処理されて反射的行動を生む。論理は言語にあるのではなく、意識形成によって作り出される神経細胞の二元論的な論理回路によって思考に付与される。

複雑な論理は、神経細胞の論理装置を文法的に結合したもの、あるいはフラクタル的な拡張と思われる。

(4) 論理層においては、データは正しいものとして、論理処理のみ行なわれる。文法がより複雑かつ繊細な意味づけを行なう。

言語は本来、非常に狭い身内の運命共同体の通信システムであり、嘘をつくことが予定されていない。言葉に嘘が混じると、正しい判断ができない。言葉を正しく用いること・嘘をつくなという孔子の正名論や釈尊の八正道は言語の本質を見極めていた。

(5) 論理層では、情報が正しいかどうかを問わないので、非現実の情報によって存在しないものが存在すると感じることがある。これが仮想現実感覚である。

現実存在しているものを、意識の支配(先入観・ステレオタイプ)のために知覚できないことがある。これも仮想現実感覚(負の仮想現実)と考えられる。

(6) デジタル言語は情報を伝えるシステム。情報を正しく読み取れば、他者の思考や体験を丸ごと受容できる。先人の獲得・構築した「知のゲノム」を自分のものにするのが読書の目的といえる。読書だけで人類の知の最前線に到達することができる。

重要なのは、先人の言葉から意味を引き出す意識(=デジタル符号処理回路)の構築手法。人類としての最先端(金儲けでなく)の思考・体験を特定し理解するためにどんな意識を構築するか(心構えや読書の技法)。知の蓄積があまりに膨大になり、最前線を見つけ、到達するためには並みたいいの努力では追いつかない。

良い文献と悪い文献を見分ける技術。校訂や校正など誤りを正す技も重要。基礎的な概念の構築を丁寧に行なうこと。どんなことも決して鵜呑みにしてはいけない、カンニングしない、わからないことを誤魔化さない。

「読書百遍」繰り返す、正しい問題意識をもつ、総合力・分析力・直観力、体を動かして禊ぐことも大切。

(7) 人類の最近7万年の進化は、身体的・DNA的なものではなく、獲得した知識を伝承することによって可能となった文化的進化・エピジェネティクスである。

(8) ヒトの言葉ネットワークシステムにおける最大の問題は、意識が後天的に獲得されることである。いかにしてまっすぐで感受性の高い意識を形成するかは研究はまだ十分行なわれていない。荒川修作の意味のメカニズム、天命反転、建築的身体はその点で先駆的である

意識がゆがんでいるために、嘘や誤りの言語情報が多く取り交わされているが、これが人類の精神の進化をとどめている。真実をありのままに見ることが大切。これがかんかなかできない。教育が間違っているのか？

ヒトとヒト以外の動物の違いは、通信方式がデジタルかアナログかだけであり、生命の尊厳という点では平等。

「ヒトだけが偉い」、ヒトが土地所有権など権利をもつなどの発想を改めるときがきている。

ヒトは物質を追求するのではなく、情報をうまく活用して、もっと知能を高めるべきである。

7 むすび：建築的身体による天命反転

荒川修作が普遍的な意識を構築するための現象発生装置として「天命反転」を語った言葉で締めくくる。デジタル言語を正しく使うために、正しい・普遍的な意識を形成することが必要である。

荒川：意識はどうやって発生したか。人間の意識はどのようにして発生するのか。君のキャラクターも僕のキャラクターも誰かが作ったものじゃなくて、たいてい生きていくうちにできてきたものだろう。

それを人工的にやろうというんだ。積み重ねや生き方によって変わってくる意識の発生を、人工的にできますよと言っているんだ。今までの人間の歴史は、そういうものは絶対にできない、人間は一度生まれ出て死んだらそれでおしまいだと言ってきた。

僕はちょっと待て、何が死ぬんだ。この肉体がなくなっちゃっても、この全部がなくなってもいいんだ。お前の意識があったらそれでいいだろ。ここで僕が今話していて、その話がわかればいいだろ、体なんかなくても。それをまず明確にしないかぎり、何を言ったってしようがないんだ。いずれもうちょっとしたら消えていくようなものに希望なんか持ったってしようがないだろ。

だから僕がやってるのは、人間が一番最初にやらなくてはいけないことだったんだ。それを全然やらなかったから貧しかったんだ。

得丸：その建築ができて、公園なり都市なり家の建築ができて

荒川：あなたが入ることによって、あなたの身体が世界の一部だと思って、それがいろいろな行動をして、現象を作りあげることによって君もひとつの現象なんだ。僕はひとつの現象として、たくさんの現象がある中のひとつなんだ。

君が動いたり生きていくことはいろいろな現象を作っているんだ。いくつくらいの現象があれば、そしてそれをまとめれば、私に似たものができるかということをやっているんだ。そのための装置を作っている。//

そこではひょっとしたら人間は死ななくなる方向に向かっているかもしれない。初めて人間が自然を征服するという事は、そういうことだ。自分たちでもうひとつの自然を作って、それを直すことができる、修理することができる、そんな自然が一番いいわけだ。

自然は普通修理できないだろ。今日の天気は変えられない。俺のはどっか悪いところがあったら修理できる。使いにくかったら変えればいい。

(得丸：荒川修作の「意味のメカニズム」を解説する(その2) ~ 荒川修作インタビュー「建築で人間の意識を生み出す」信学技報, IBISMI2011-2, pp.7-14, (2011-6))