

自然とひらめきが生まれる学習法

得丸公明 (衛星システムエンジニア)

世田谷区深沢 2-6-15 (Tel/Fax) 03-3702-0404

筆者は2年前の本研究会で「読書による学際的言語情報処理:自分の知らない概念・情報・高次概念はどのようにして言語情報から獲得すればよいのか」について発表し、インターネットのおかげで、ウェブ検索や人力検索を通じて、自分の知らない知識へのアクセスが可能になったことを報告した(1)。今回は、それらの知識を自分のものにすることによって、ひらめきが生まれるプロセス、学習法について検討する。筆者が2007年から継続して行っているヒトの言語のデジタル起源についての研究は、きわめて多岐にわたる学際的先行研究を自らの知識として取り込み、取り込んだ知識の相互作用の結果として生まれたひらめきの積み重ねによって発展したからである。

キーワード: デジタル言語学, 学際研究, ひらめき, 知識の取り込み, 本能, 条件反射, 記号, 免疫ネットワーク

Learning and Thinking Method to Automatically Generate Inspirations.

KIMIYUKI TOKUMARU (Satellite System Engineer)

Fukasawa 2-6-15, Setagaya-ku, Tokyo 158-0081 Japan

Two years ago, the author made a presentation, "Interdisciplinary Linguistic Information Processing through Reading: How to Get Concept, Information and High-Order Concept from Linguistic Information" in this Special Interest Group(1). He reported that, thanks to Web search engine and human search services on the Internet, we have got the accessibility to intelligence of which one is not aware at all. This time, he is going to analyze the process or studying methods where inspirations are generated through personalization of such intelligence. In fact, the author has been devoting himself to the study on the Digital Origin of Human Language since 2007, which integrates wide variety of interdisciplinary studies into his own intelligence and develops as accumulated inspirations generated through interactions of acquired intelligence.

Keyword: Digital Linguistics, Interdisciplinary Study, Inspirations, Intelligence Intake, Instinct, Conditioned Reflex, Sign, Immune Network

1. はじめに: ひらめきとは何か

1.1 ひらめきとは、思わぬつながりが生まれること

20年ほど前に情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会で「作図すると何故ひらめくのか?」の研究が行われている。その結論部分にある考察はとてわかりやすい。

「ひらめき(an idea)」について、よく考えてみると、「もともと全然頭になかった知識が、パッと浮かんだという訳ではなく、『そのつながりに気付かなかった』という場合である」。「すなわち、『ひらめき』とは、頭の中にある知識が何らかの引金によって、取り出し易い状況になり出てきた状態ではないか」(2)。

ひらめきとは、何かを無(ゼロ)から思いつくことではなくて、記憶している知識相互が結びついて新しい考えが生まれること、つながりが生まれること、つながりやすい状態になることだ。そうであるなら、ひらめきを得るためには、図書館に行って本や論文を読んだり、実験室にこもってさらなる実験をして追加的な知識を獲得するよりも、気分転換に別の分野の本を読んだり、別の視点から眺めてみたり、運動や散歩によって体を動かすことによって、自分が既にもっている知識をグルグルとかき回して、あれやこれやと考えるほうがよいことになる。友達に会ったり旅にでて生活のリズムや環境を変えてみること、ぐっすりと眠ることも、有効であろう。

「作図すると何故ひらめくのか?」という問いに対しては、

全体を見渡すことにつながるから、作図することによって同じものや違うものが見えてくるから、図中に本来あるべきものが存在していないことに気付くから、などが考えられる。また、ペンを持ったり席を立ったり体を動かし血液や脳脊髄液の循環がよくなるから、すでに持っているそれまで結び付けてみたことのない知識をひとつの図上で相互に関連づけるからということも答えとなる。

今回、筆者は、知識を得た後のひらめきだけではなく、ひらめきが生まれやすい知識の獲得法についても考察する。

1.2 繰り返し読書することで新たな知識を取り込む

筆者は2008年からヒト音声言語のデジタル性について考察を続けてきた。研究手法は思い付きやウェブ検索や偶然の出会いで知りえた言語情報を、ひたすら繰り返し読み解き、理解を深めることだった。その過程で主として情報処理学会、電子情報通信学会、人工知能学会の研究会に80回以上参加して、つたない報告をさせていただいた。

言語のデジタル性を解明するにあたって、言語学や音韻論にかぎらず、認知科学、心理学、動物行動学、神経生理学、分子生物学、情報理論、免疫学など、それまでなじみのなかった分野の書物や論文を読むことが求められた。

自分にとって新しい分野の専門用語は、一度や二度読んだくらいではまったく記憶が残らない。何か間違っているのではないかと思うほど、さっぱり頭に入ってこなくて、はじめのうちは絶望的気分は何度も陥った。しかし、数週

間あるいは数か月時間において、同じものを再読すると、少しずつではあっても、意味がわかる箇所が生まれる。そのことに希望を感じて、何度も何度も繰り返し読んだ。

おかげで、時間をかけて複数回読むことが、新しい分野の知識を得るのに有効であるとわかった。

1.3 どんな本と出会ったのか

2012年に当研究会で行った発表「読書による学際的言語情報処理」では、デジタル言語学を研究するにあたって重要であった7つの文献について、それぞれ① 出会いと入手法、② 著者と主張、③ 評価、④ 受容と発展という4つの視点から検討を行った(1)。

7つの文献とは、① はてな人力検索で紹介してもらった島泰三著「はだかの起原 不適者は生きのびる」、② デジタル通信理論の古典とされるシャノンの「通信の数学的理論」、③ 「ヒト・言語・デジタル」をキーワードにしてウェブ検索でみつけたノルの論文「ヒト言語のデジタル起源」、④ ノルが参考文献としていた1948年にジョン・フォン・ノイマンがバサデナで行った講演「人工頭脳と自己増殖」(『世界の名著 66 現代の科学 2』所収)、⑤ やはりノルが参考文献としていたイェルネの1974年の「免疫システムのネットワーク理論」と、⑥ 1984年のノーベル講演「免疫システムの生成文法」、⑦ 思考と言語研究会のテーマが「パターン認識」であったときに古書店の店頭で出会ったパブロフの「大脳半球の働きについて 条件反射学」(原著1927, 邦訳1975)である(1)。

上記の7つの文献のほかにも、筆者がひらめきを得るうえで重要な文献は多々ある。なかでも⑧ 言語や知能の脳内心理・論理構造について考察したピアジェの「知能の心理学」、⑨ 内言についてピアジェ理論を批判的に超越したヴィゴツキーの「思考と言語」⑩ 鈴木孝夫先生の私的言語サロン「タカの会」で紹介された鈴木先生の1955年の講演「鳥類の音声活動」、⑪ そのなかで引用されていたティンバーゲンの鳥や魚の記号活動についての観察研究、「本能の研究」、⑫ 東大医学部図書館の時実文庫の本の持ち主だった時実利彦博士が一般向けに書いた「人間であること」(1970年)。これらの文献はすべて、筆者に重要な知識を与え、筆者が思考するうえでの論理的な基盤となった。

2. 図を使うとひらめきが生まれる

2.1 分析ツールとしての一般通信モデル

筆者は、電子情報通信学会の情報理論研究会でこれまで数回にわたってシャノン理論について批判的な検討を行ってきた。(3)(4)(5)(6)(7) また、情報処理学会全国大会や情報科学技術フォーラムでも、シャノン理論について論じ続けてきた。(8)(9)

シャノンは、アメリカの科学雑誌 OMNI が行ったインタ

ビューで、ひらめきについて触れている。(本稿付録参照)

ON/OFF のリレー回路を使って YES/NO の論理表現を行うことをどうやって思いついたのか、それはひらめきではなかったかと何回か聞かれたが、シャノンはひらめきではないと繰り返し答え、おしまいには「ひらめきとは何であるのか知りません」と言っている(10)。シャノンという人物への疑問がつのる(7)。

筆者は、デジタル通信について考えるにあたって、シャノンの「通信の数学的理論」は必読文献であると判断し、英文で読み、理解しがたかったのでタイプしなおし、東大医学部図書館にあった旧日本語訳で読み、さらに植松友彦先生によるちくま学芸文庫の新訳で読んだ。なかなか頭に入ってこない文章と感じた。メリハリがなく、著者の熱い思いを感じさせない文章だと思った。

筆者はシャノンを読む前から、音声言語がデジタルで、書き言葉はアナログに処理されると考えていたので、シャノンの書いていることには初めから違和感があった。英文の書き言葉は50%から80%が冗長であるという説明もまったく納得できなかった。シャノンは1ビットでアルファベット26文字(プラス空白で27)を表現できるというが、1ビットは0か1かを表現できるだけであり、どう考えても $\log_2 27 = 4.74$ は「27種類の文字を表現し分けるためには5ビット必要である」という意味にしか受け取れなかった。

おかげで筆者はシャノン理論の誤った概念を受け入れることも、無理やり理解しようとして時間を無駄にすることもなかった。

一方で「一般通信モデル」は実によくできており、分析ツールとして使えそうだとひらめいた。我々の意識の認識限界を超える複雑な現象(「複雑」とは、「学際的で、五官で感じられない現象」というのが、筆者の定義である)を、いくつかの下位構造に分析してみるだけでも、それまで見えてこなかった相互関係、現象、要求事項などが見えてくるような気がした。

2.2 一般通信モデルの作者はフォン・ノイマン?

シャノンは、一般通信モデル中に「回線雑音」を書き込んでいながら、それが熱の関数であり、回線上の信号のエントロピーを熱力学的に増加させることに気付かなかった。通信理論では、雑音は熱(絶対温度)に比例し、 $P_n = kTB$ (熱雑音力は、ボルツマン定数 k と絶対温度 T (ケルビン)と帯域 B (Hz)の積である)であることが広く知られている(9)。

筆者は、この一般通信モデルはフォン・ノイマンが思いついたのではないかと思っている。彼はこの図を使わなかったが、1948年のヒクソン・シンポジウムでの基調講演でも、1949年のイリノイ大学での5回の連続講義でも、情報理論が熱力学と密接な関係にあることを予言している。

「オートマトンの形式的研究は、論理学、通信理論、生理学の中間領域に属する。」「もし情報理論というものが見つ

けられたときには、それはすでに存在している2つの理論と似たものだろう。それは形式論理学と熱力学である。情報理論という新しい理論が形式論理学のようなものであることは驚くに値しない。しかし、それが熱力学と共通のものをたくさんもつことは驚くべきことである」。(11)

「情報はエントロピーと似ている強い兆候をもち、徐々に劣化するエントロピーの過程が、情報の処理における劣化過程と対応している。オートマトンが作動する環境を、熱力学的な環境の定義のように統計的に表現しないことには、オートマトンの機能あるいは効率を規定できない。オートマトンの作動環境の統計的変数は、もちろん、通常の熱力学の温度パラメータほど単純なものではないが、性質的には似たようなものだろう。」(11)

物理学者トライバスによれば、シャノンは1961年に彼の個人的会話の中で、フォン・ノイマンがシャノンに「エントロピー」という用語を使うことを助言したと語った。多くの人はエントロピーが何かを知らないため、議論でその単語を使えば必ず勝てるからだだったとシャノンは語った。

ところが、1982年のインタビューでシャノンはトライバスとの会話を覚えていないと語った。「どこでそのアイデアを手に入れたかわからない。誰かが教えてくれたと思うが、いずれにせよ、フォン・ノイマンと自分の間で起きなかったことだけは確かだ」もしトライバスが正直であったなら、シャノンの2つの発言は矛盾する(6)。

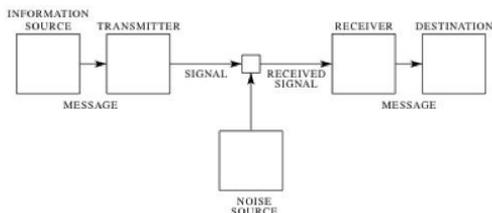


Fig. 1 - Schematic diagram of a general communication system.

図1 一般通信モデル

2.3 一般通信モデルを使った思考

話し手から聞き手に伝えられる言語現象はひとつの現象である。しかしながら、研究者ごとに使っている概念・用語と、概念が表現する対象の切り取り方が異なっているために、相互比較がむずかしく、議論は噛み合わず、生産的な議論が生まれてこない。

異なる研究者の用いる用語を、一般通信モデル上に図示すれば、どこが同じでどこが違うかも一目瞭然となる。

図2は、2011年2月に行われた電子情報通信学会思考と言語研究会で使った図だが、時枝誠記の「続・国語学言論」にあった図に、時枝が図に組み入れていなかった「長期記憶・概念体系」と「雑音源」を書き足したものである(12)。

時枝が「伝達」、「空間伝達」と書いた場所にあるべきものとして、ソシュールの「ランゲージュ(言語活動)」、「パ

ロール(言)」という概念みえてきた。またソシュールが「ラング」と名付けたのは、「長期記憶・概念体系」ではないかと思えてきた。ちなみに、時枝は国語学言論(上)では、langueを言語、langageを言語活動、paroleを言と訳している。

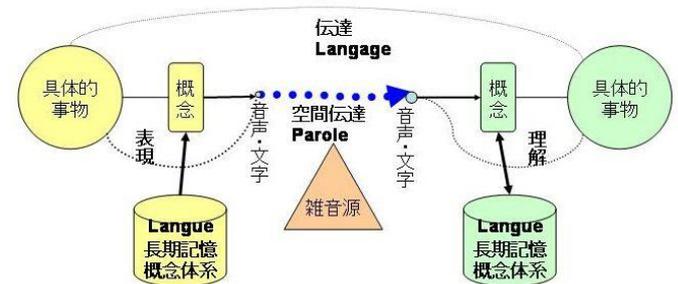


図2 言語過程説モデル + 長期記憶 + 雑音源(12)

2.4 チョムスキーによるソシュール理論への破壊工作?

図2の考察はあらたなひらめきへと筆者を導いた。

2013年7月、スイスのジュネーブ大学で開かれた第19回国際言語学会議で、アメリカの言語学者チョムスキーが講演を行った。演題は英語では「What is language, and why does it matter?」、仏語では「Qu'est-ce que le langage, et en quoi est-ce important?」と二言語で表示されていた。それに対して、筆者はごく素直に、仏語のランゲージュは「言い回し」という意味に近いので、英語にするならラングエッジではないと感じた。ラングエッジは、仏語のラングにあたる(13)(14)。

学会会場で何人かに、どうしてラングエッジがラングではなくランゲージュとして訳されているのかと質問したが、誰も答えてくれなかった(15)。

帰国後に、1975年に行われたピアジェとチョムスキーの論争「ことばの理論、学習の理論」を読むと、ここでも英語のラングエッジが仏語のランゲージュと対訳されていた。チョムスキーは40年も前から、ラングエッジをランゲージュと対訳させていて、誰も文句を言わなかったようだ(15)。

その後、ふと、ではチョムスキーはラングをどう訳しているのかとひらめいた。調べると、ラングもラングエッジとして訳していることがわかった。これは重大である。

フランス語では異なる二つの概念を、英語で一つ概念として訳出するというのは、めちゃくちゃであり、ソシュール理論を英語で理解することを不可能にするための破壊工作ではないか。しかしどうして言語学者はそれを40年間も容認してきたのだろうか。

2.5 学際性の認識

2010年7月に行われた電子情報通信学会情報理論研究会では、フォン・ノイマンのオートマトン理論を言語メカニズムに適用させる発表を行った。(16)

研究会は二日間あり、初日の懇親会で植松友彦先生に「シ

「シャノンはアナログしか論じていませんね」とお話ししたところ、「そうなんです」と肯定的な答えが返ってきた。また他の参加者から「この研究会は、どんなことでも発表できます」と言われて、気を良くして、翌朝「シャノンの概念はアナログだけ」というスライドを付け加えて発表したところ、全員から白い眼でみられてしまった。

シャノンの概念はアナログだけ



- ・アナログとデジタルの違いを論じていない。(デジタルがまったくわかっていなかった?)
- ・冗長性: 文章に冗長性は、記憶があるから。(デジタルは1文字の誤りも許されない)
- ・エントロピー: 情報をビットにするだけで静的。回線雑音による増大を論じてない。
- ・符号化: モールス符号と同じアナログな発想。人の感覚と記憶に依存。デジタルは自動処理。

図3 IT研究会で会場に波紋をよんだスライド

シャノンについての追加スライドを作成した後、予稿で引用している論文や本をどの学部の図書館で入手したかを東大本郷のキャンパスマップ上にプロットしてみた。すると本研究が文化系から理科系まで学際的に図書館を訪れ、学際的な文献を利用してきたことが一目瞭然となった。



図4 参考文献一覧の数字と図書館位置の重ね合わせ(15) つづいて、それぞれの学部図書館を異なる色で表現して、一般通信モデル上にプロットしてみたところ、言語メカニズムそのものが学際的広がりをもっていることがわかった。言語のメカニズムを理解するためには、学際的統合が求められるのだ。

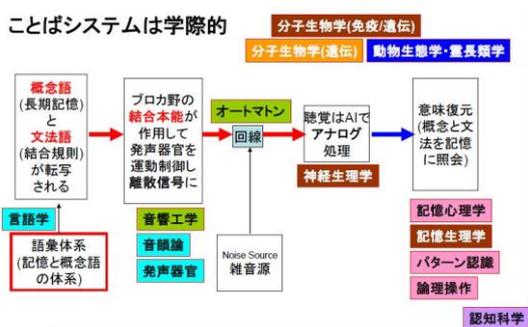


図5 情報理論研究会で使用した一般通信モデル

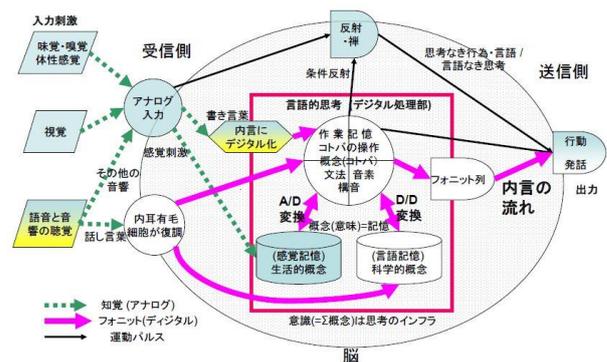
2.6 トランシーバーモデルの構築

何を考えるにおいても、つねに一般通信モデルに置き換えて考えていた。メッセージは、送信機から回線を經由して受信機へと伝達されるが、じつはひとりひとりの人間は送信機であると同時に受信機であることが気になりはじめた。そのため外界からの信号が耳や目から入力され、脳内で受信されて処理されて、口や手から送信されるトランシーバー型のモデルをつくってみようと思った。

2009年10月の思考と言語研究会で発表したスライドには、アナログ入力装置とデジタル入力装置が描かれている(17)。また言語的処理とは別に脊髄運動反射の系統が描かれている。当時とくに脊髄反射について何か知識をもっていたわけではないのだが、意識的な反応とは別の経路の反応があることを表現したかった。また、言語活動も音楽を聴くのととは別の入力・反応経路があるように感じていた。

約5年間デジタル言語学の研究を続けた結果、言語処理は脊髄反射という結論に導かれた。最初のモデルは、精緻さを欠いていたものの、本質に迫っていたようである。

ヒトの通信・思考のトランシーバー・モデル



概念はAnalog/Digital 変換装置

図6 2009年10月に作ったモデルは脊髄反射系を含む(17)

ヒトの通信・思考のトランシーバー・モデル

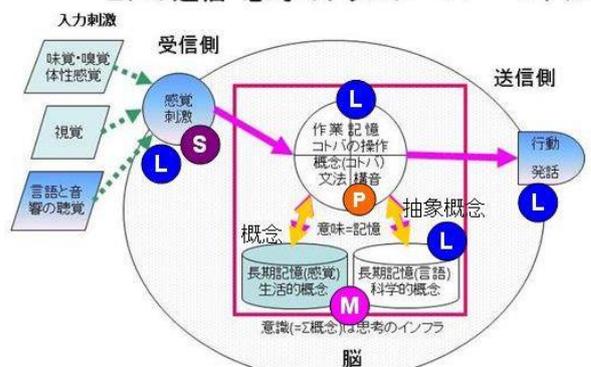


図7 言語はすべてに置き換わる

図7は、その後脊髄反射系を省いて考えていた時に使った図である。図中Lは言語、Sは信号、Mは記憶、Pは処理を表し、言語が信号にも記憶にも行動にも代替しうる仮想現実的性格をもつことを示している。

2.7 時実利彦の脳内モデル

フォン・ノイマンの講演記録をOPACで検索すると、それが東大・医学部図書館の時実文庫に蔵書されていると知った。文学部心理学科に今村文庫があり、こちらもペンフィールドなどの著作を閲覧したが、今村護郎教授が時実利彦教授のもとで心理生理学を学んでいたという関係にあったことも後に知った。通常図書館の〇〇文庫というのは、若くして亡くなられた研究者の蔵書が大学に寄贈されて生まれる。時実教授も今村教授も今日でも有用な貴重な蔵書を数多く残されており、研究の道なかばで早逝されたことが惜まれる。

時実文庫を初めて訪れた後、たまたま赤門前の大山堂という古書店で高木貞敬著「記憶のメカニズム」(岩波新書)が目に入り買い求めた。あとがきに、「本書を読まれた人々は、この“続き”として、故時実利彦氏の書かれた『脳の話』および『人間であること』(ともに岩波新書)をぜひお読みいただきたい」とあった。このとき、時実文庫は時実利彦氏の蔵書であることを知った。不思議な縁を感じた。

すぐに『脳の話』と『人間であること』を読んだところ、後者で神経系についての3つのモデルが紹介されていた。自分としてはトランシーバーモデルとして作ってみたいものの、他の研究者による同様なモデルは見たことがなかった。しばらくこの説明に浸って、ものを考えていた。

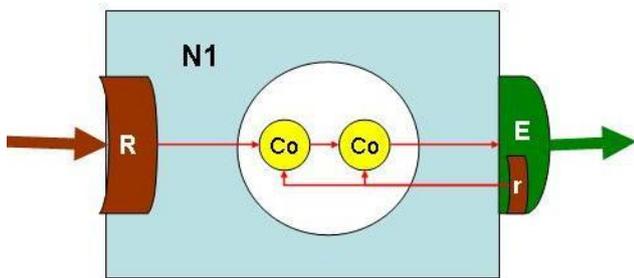


図8 反射運動や本能・情動のための神経系(18)

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)の間にあつて適切な反応効果のみちびく働きを荷うものである(18)。

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つて、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。(図8)

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。(図9)

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て、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という。(図10)

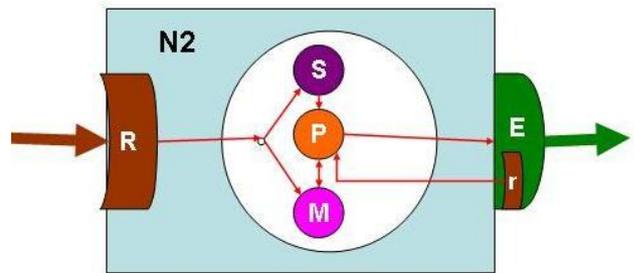


図9 適応行動モデル(18)

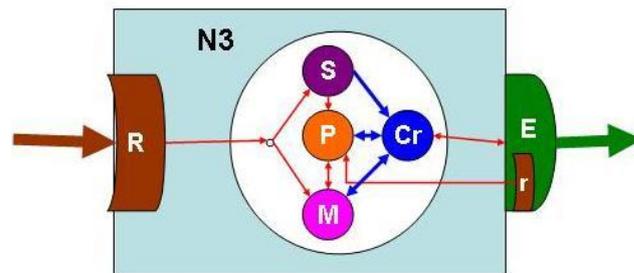


図10 言語を使った創造行為(18)

トランシーバーモデルを単純な機能モデルにしたのが時実モデルである。反射(N1)、適応(N2)、言語的創造(N3)という分類は新鮮であり、このモデルを使って様々な現象を考えるようになった。

2.8 時実モデルへの疑問

N1の「刺激に拘束された紋切り型」は、パブロフの条件反射実験の前提である。しかし、パブロフの著作を読んでいると、紋切り型で説明できない現象がいくつかあり、結局パブロフはそれらを解明しないまま亡くなっていることがわかった。弟子のなかにも、未解明の現象に取り組んだ形跡はない。その典型的な現象は、分化抑制であり、相互誘導である。

何年かこのモデルにもとづいて、さまざまな現象を理解するように努めてきたが、だんだんと、脳内の脊髄反射や言語現象は、もっと複雑な現象であり、N1-N3で示すような線形の固定的な結合ではないと思いついた。このモデルのように考えていたパブロフも間違っていて、時実もまた間違っているように思い始めた。しかし、ではどういうモデルなら間違っていないのかというところまでは、すぐに

は発想が結びつかないのだった。

2.9 脳室内脳脊髄液中の B リンパ球のもつ 2 つの論理

反射や言語現象は脳室内の脳脊髄液中の抗原抗体反応で、B リンパ球が記号反射を司っているということは、(i) イェルネのネットワーク理論とノーベル講演、(ii) 記号と記号がネットワークすることを示唆したパブロフの相互誘導実験、(iii) 大脳皮質に言語の記憶がないことを観察したペンフィールドの実験、(iv) 時実利彦の脳幹網様体が意識を司るという説などから自然と導かれ、何回か発表を続けることによって理論化した。

脈絡叢によって大きな分子の流入を阻止する血液脳関門 (Blood Brain Barrier) を超えた脳脊髄液中に、リンパ球は存在しないと思われていたのだが、今日ではそこにリンパ球が存在し、活発な免疫応答を行っていることがわかっている。その免疫応答は、脳室内の免疫パトロールであるという説もあるが、脳幹網様体に構築される記号の抗原が賦活されて、脳脊髄液中の免疫細胞との間にネットワークが生まれているのではないか。

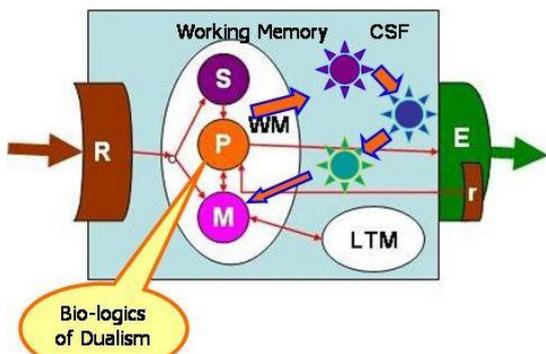


図 11 脳の論理は二分法と二元論

時実モデルに欠けていた参照記憶となる長期記憶 (Long Term Memory: LTM) と、脳脊髄液中に浮遊している B リンパ球を書き入れたのが図 11 である。それを実際の脳室の入出力環境に近づけるために図 12 を描いてみた。

脊髄反射の神経・免疫相互作用仮説

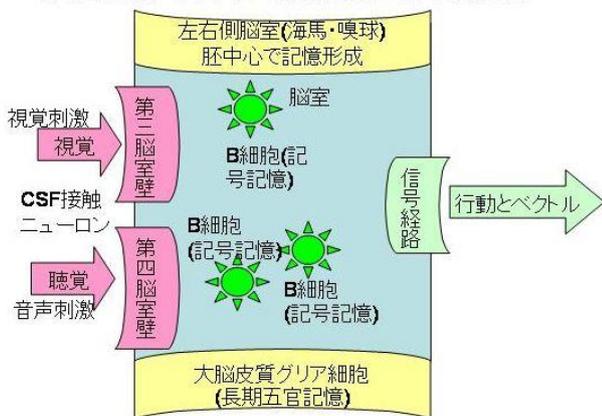


図 12 脳脊髄液中の B リンパ球と脳室壁のネットワーク

2.10 デジタル・ネットワーク・オートマタへの進化

一般通信モデルは物理層だけを対象としたモデルであり、アナログ通信とデジタル通信の両方に適用される。

ではデジタル通信とアナログ通信の違いは何かというと、物理層による通信路符号化過程を経たデジタル信号が、低雑音環境で、微小エネルギーにもとづいて複雑な意味修飾作用を自動的に行うところにある。

言語も通信路と情報源の2過程

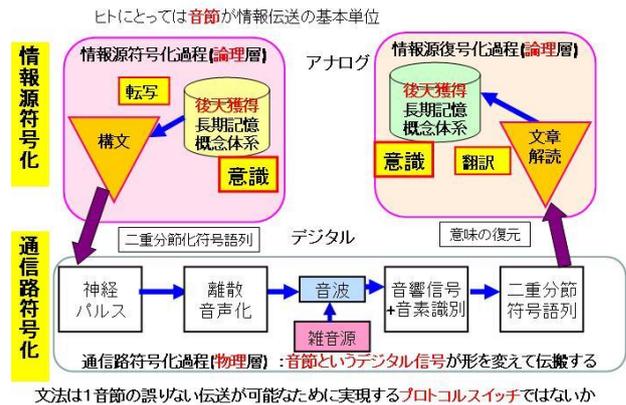


図 13 デジタル通信は論理層で情報源符号化を行う

図 13 の論理層情報源符号化過程を、さらに細かなレイヤに分類してみると、コンピュータ・ネットワークで使われる OSI 参照モデルとよく似てきた。OSI 参照モデルは、一般通信モデルが発展して、物理層上に複雑な論理層を構築したものだと考えられる(19)。

そこで今度は、OSI 参照モデルのレイヤ構成をそのまま言語現象に適用してみた。(図 14)言語は複雑で多岐にわたるメカニズムであるが、その根本が論理的にできていることがわかる。言語を動かす論理、微小物理現象は何であるのかということへの興味が高まった。

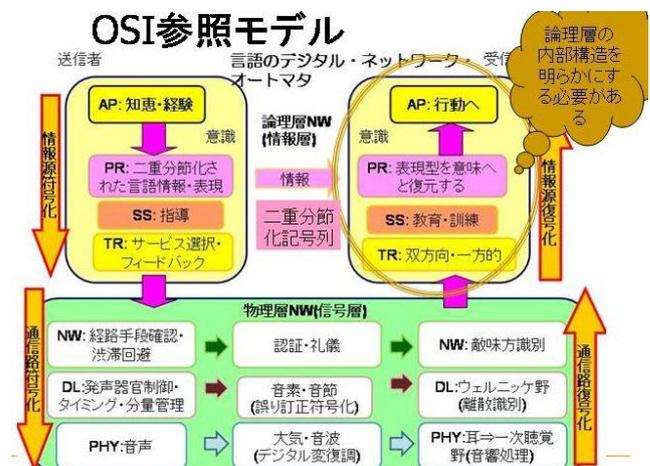


図 14 OSI 参照モデルの 7 層に言語を当てはめてみる (19)

3. 言葉のひらめきで論理層の現象に迫る

3.1 「やがては量子力学の助けを大いに受ける」

2011年7月に行われた人工知能学会情報編纂研究会の予稿の締切が週明けとなり時間に余裕ができた(20).

そこで科学哲学にヒントを求め、バスキアの著作を参考にした。バスキアは、経験則の壁を乗り越える、「科学を僭称する実証主義に取って代わる新たな見方を提案」といいつつ、次章で「本書では量子力学には言及しないつもりである。哲学では往々にして科学(とりわけ物理学)の最新の研究動向に基づいて議論を組み立てようとする傾向が見られる」がそれは「間違ったやり方」という。このバスキアの決め付けぶりに、筆者は逆に、量子力学こそが重要なカギではないかとひらめいた。そしてフォン・ノイマンがヒクソン講演冒頭で「個々の基本単位の構造および機能」は、「やがては量子力学の助けを大いに受けることになるだろう」と述べていたことを思い出した。

それまで量子力学について深く考えようとは思っていなかった。フォン・ノイマンの言葉も何回か読んでいたがその都度読み流していき、きちんと受け止めていなかった。量子力学はとっつきにくそうであり、学説も複数存在しているし、そもそも何を読めばよいかかわからない。入門書には「シュレディンガーの猫は生きてると同時に死んでいる」といった論理矛盾に翻弄されているものが多く、時間ももったいなくて本を読む気がしなかった。

2011年5月のIPSI/SLP研究会ではカッシーラーが1945年にニューヨークで行なった講演を紹介した。「言語学は自然科学か。(略)物理学者や化学者は、物理的対象の属性を記録し、それらの変化を研究し、その変化を引き起こす法則を発見する。(略)我々は音を大気の振動とみなし、音声の生理学を様々な音声を生み出す器官の運動として表現できる。しかし、これらをすべて行なっても、ヒト言語を物理世界から分け隔てる境界線を越えるに至らない。言語は『記号的形態』である。記号は物理世界には属さない。(略)言語学は記号学の一部で、物理学の一部ではない。」

カッシーラーですら量子力学に思い及ばなかったのだ。記号学も物理現象をとまなう。ただそれは五官で感知することができない量子物理現象であるということではないか。

このときの予稿では「量子力学的に説明すれば、シナプス接続は回路形成だけであり、反射が起きるためには別途電子伝達が起きる必要がある」と書いた。これは筆者の誤りである。なぜならば、記号反射は電子伝達ではなく、抗原抗体反応であるからだ。ただ、推論は誤っていたとしても、目にみえない量子力学現象による説明へと一歩踏み込んだところでこの発表の意義はあったと考える(21)。

3.2 表を作って埋めてみる：ネットワーク要求解析

目にみえない量子力学現象を把握し理解するためには、

自分の脳内に論理的な枠組みをつくる必要がある。おおまかな構造や処理・データの流がわかっているならば、2で紹介した図の形式のほうがより取りつきやすい。

しかし、もしどのように図化すればよいかかわからないときには、表形式がふさわしい。すべての表中の空欄を埋めることができなくても、とりあえずその空欄について考えてみるのが重要である。時間をかけることで、空欄が埋まることもある。

図15は、記憶が脳室内の免疫細胞ネットワークであるという前提にもとづいて、聴覚から入力される音声刺激を受容する脳幹網様体に抗原提示細胞があり、脳内で賦活され脳脊髄液中を浮遊するBリンパ球が抗体をもち、五官の記憶と思考の記憶をもっている大脳皮質グリア細胞が抗原提示をすれば、Bリンパ球が脳脊髄液中を移動することによって、音声刺激と言語の記憶、言語の記憶と五官の記憶、言語の記憶と言語の記憶が、それぞれ二分法の論理によって結びつくことが確認できる。また、Bリンパ球は、自ら抗原となって別のリンパ球や免疫グロブリンの抗体部分と結びつくことで、言葉と言語のネットワークも生み出す。

記憶のネットワーク要求解析					
		脳幹網様体や視床で記号刺激が抗原(凸)賦活する			
長期記憶	賦活	抗原・抗体	場所	細胞	移動性
1. 言語の記憶	有り	抗体(凹) / 抗原(凸)	脳室内脳脊髄液中	Bリンパ球	移動性
2. 記号の記憶					
3. 五官の記憶	無し	抗原(凸)	側頭葉	グリア細胞	固定
4. 参照記憶	?	?	前頭前皮質	?	固定
(短期記憶)			前頭前皮質	?	

表1 脳室内免疫ネットワーク要求解析(22)

3.3 デジタルシステムの比較：論理の量子力学

遺伝子発現も言語も、そしてコンピュータ・ネットワークもすべて低雑音環境で複雑な論理操作を行うデジタルシステムである。それぞれのシステムの類似点や相違点を一覧表にして、漠然と考えを広げるだけで新たな発見がある。空欄を前にして、縦の列をみつめ、横の行をみつめ、あれかな、これかなと考えることによって、それまで気付かなかったものが見えてくる。

表2から、RNAのトリプレット(コドン)によるメッセンジャーRNA(mRNA)とトランスファーRNA(tRNA)のネットワークや、免疫の抗原と抗体のネットワークは、ともに生物であり、認識すると同時に認識されることで二分法の原理にもとづいてパターン認識を行えるということがわかる。一方、電子計算機は、電圧ビット相互の斥力によって計算をしているが、計算結果を自ら認識することはできず、レジスタにいくつ電圧ビットが残っているのかを数えないといけない。だから電子計算機によるパターン認識はむずかしいのではないか。

論理の量子力学			
デジタルシステム	インターネット	真核生物遺伝子発現	言語
デジタル信号	電圧ビット	RNA	音節
量子力	電圧の斥力	化学結合	アクセント波形
多値性	二元(電圧の有無)	四元(A=U, G=C)	無限(波形多重化)
低雑音環境	OPULレジスタ	核膜内	脳室脳脊髄液中
修飾・接続語	通信プロトコル	非コーディングRNA	文法
修飾・接続機構	プロトコル・スイッチ	転写後修飾	Fc受容体信号伝達
内容語	データ	ゲノム	概念
パターン認識	N/A	細胞質内で翻訳	抗原抗体反応
パターン提示	N/A	コドン	CSF-CN抗原提示
パターン受容	N/A	tRNAアンチコドン	Bリンノ抗体
通信単位	パケット	mRNA	文
誤り防止(冗長性)	誤り訂正符号付加	コドンの縮重(64⇒20)	音象表性
長期保存状態	光・磁気媒体	DNA二重螺旋	文字

表 2 論理を生み出す量子力学(23)

3.4 言葉の記憶

ピアジェの言葉、「論理が思考の鏡であって、その逆ではない」、パブロフが引用していたスペンサーの言葉、「本能とよばれる反応も反射である」などは、最初に読んだときは、とくに意味を感じなかったが、あるとき突然その言葉が重要な意味をもつようになる。

ピアジェの言葉は、思考の前にまず論理回路が作られるということである。その論理は、イェルネによれば、二分法(dichotomy)と二元論(dualism)である。二分法とはパターン認識のことであり、抗原抗体反応によって生まれる。二元論は異なる2つの信号を柔軟に二元統合するもので、B細胞からT細胞へのFcリガンド信号伝達系の仕事であろう。

スペンサーの言葉は、パブロフの条件反射とティンバーゲンの生得解発機構について理解が深まってきたところで、2つの現象の脳内生理メカニズムが同じであることに気付かせてくれた。

先哲の予言的な言葉は、言葉が結びつけるべき現象を、我々が理解し、観察し、思考を重ねると、効力を発する。

4. おわりに：ヒト知的ゲノムの構築を

21世紀の世界で、予想よりも急速に文明が崩壊あるいは墜落していつている。だからといって悲観する必要はない。インターネットのおかげで、有史以来人類が構築してきた知的ゲノム言語情報に瞬時にアクセスできるからである。

人類は、6万6000年前に音節と文法を獲得し、6千年前に文字を生み出して知識の外部化を可能にした。21世紀初頭のインターネットは、キーワードを入力すると言語情報がどこに保存されているかを調べてくれ、瞬時にして手元

に届けてくれる。

現代において求められるのは、(i) よく吟味された正しい言語情報によるヒトの知的ゲノムの整備であり、(ii) 受信者が正しい情報を見極めて、必要な誤り訂正を行う「前方誤り訂正(Forward Error Correction)」であり、(iii) 言語情報を読み解くことで我々の知能へと取り込む手法である。これらが確立されたなら、人類はさらに進化を遂げるだろう。

参考文献

- 1) 得丸読書による学際的言語情報処理：自分の知らない概念・情報・高次概念はどのようにして言語情報から獲得すればよいのか 情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会 2012-CH-94(1)
- 2) 伊藤, 大西, 杉江 作図すると何故ひらめくのか? 情報処理学会 ヒューマンインターフェイス 49-4 (1993.7.8)
- 3) 得丸 符号化理論の言語学への適用 信学技報 IT2010-23
- 4) 得丸 フォン・ノイマンの考えていた情報理論～熱力学と論理学とデジタル情報による進化のメカニズム～信学技報 IT2011-33
- 5) 得丸 情報理論における熱力学と論理学～物理層通信符号化と論理層情報源符号化における理論の適用～IT2012-51
- 6) 得丸 シヤノン情報理論へのいくつかの疑問～情報理論を学際的解析ツールとして使った経験から～ 信学技報 IT-2011-34
- 7) 得丸 クロード・シャノンの人物像を探る～若き日のシャノンとつきあった人々の文献から～信学技報 IT-2014-??
- 8) 得丸 クロード・シャノンはデジタルを論じていなかった、情報処理学会 73 回全国大会 1B-3
- 9) 得丸 情報理論における雑音因子：生命体と意識のオートマトンが生まれる環境 FIT-2012 A-039
- 10) Riversidge A., Profile of Claude Shannon, Claude Shannon Collected Papers, IEEE 1993 xix-xxxiii (本予稿の付録参照)
- 11) von Neumann, J. 自己増殖オートマトンの理論 1975 岩波書店
- 12) 得丸 ある言語の表現型から別の言語の表現型へ～翻訳は意味を問わなくてよい～信学技報 TL2010-46
- 13) 得丸 言語の生物学的構造 - チョムスキーの生得説とピアジェの獲得説は、ピアジェ説が正しいのではないか 人工知能学会 sig-skl-20131024-5.pdf
- 14) 得丸「ピアジェとチョムスキーの論争：言語と学習」からの発展一言語と知能のメカニズム 信学技報 TL2013-47
- 15) パルマリーニ, ことばの理論学習の理論, 思索社, 1986
- 16) 得丸 符号化理論の言語学への適用～話し言葉は自己増殖オートマトンであり、デジタル原理によって駆動されている(デジタル言語学)ージョン・フォン・ノイマンに捧ぐ IT2010-23
- 17) 得丸 ヒトの話し言葉はデジタル通信であり、情報源・通信路・伝送路の符号化・復号化が行なわれている～聴覚には言語をデジタル復調するデジタル入力回路がある。語彙と意識と記憶は同じものである～TL2009-28
- 18) 得丸 パブロフの条件反射実験の言語学的解析～脳内言語処理メカニズムについての試論～信学技報 LOIS2010-8
- 19) 得丸 ことばのデジタル・ネットワーク・オートマタ 信学技報 IBISML2012-64
- 20) 得丸 フォン・ノイマンが考えていた熱力学と形式論理学にもとづく情報の理論についてー神経細胞「量子スイッチ」仮説 SigIC/ws110701papers/sigic0501
- 21) 得丸 チョムスキーに「生成文法」という幻想をいだかせた神経細胞のデジタル・ネットワーク・オートマタにもとづく「二重符号化文法」情処学会研究報告. SLP 2011-SLP-86(16)
- 22) 得丸 免疫細胞の「二分法」と「二元論」の論理がヒトのデジタル音声記号言語と脳内の思考を駆動する信学技報 NLC2013-46
- 23) 得丸 論理の量子力学(デジタル言語学) 信学技報 IA2012-81

付録：OMNI が行ったシャノンへのインタビューの一部(10)

(略)

OMNI 微分解析機はどんなものだったのですか。

シャノン 主部は回転盤と統合装置で、リレーのついた複雑な制御装置もありました。私はその両方を理解しなくてはなりません。リレー部分に興味をもちました。私はミシガン大学の授業で、記号論理学を学んでいましたので、ブール演算がリレー回路とスイッチング回路に役立つことを理解しました。私は図書館へ行き、記号論理学とブール演算に関する本をすべて手に入れ、その二つの相互作用を手掛け、それについて修士論文を書きました。これが私の偉大な経歴の始まりでした。(笑)

OMNI あなたはリレー回路とブール演算の間に関係性をみつけたのですね。それはちょっとしたひらめきでしたね。

(It was quite an inspiration?)

シャノン ええ、まあ。些細なことですが、いざやってみれば、それらを結び付けたことが大事なのではありません。より重要で難しかったのは、詳細について決めることでした。スイッチング回路のトポロジーをどのように交互に配置するか、接点をどうブール演算の表現で結び付けるかなどです。その仕事はとても楽しかった。創造的な面からいって、その仕事は私の人生のなかで一番楽しかった。非常にうまくいきました。完成したとき、それを MIT の副学長で工学部長であったヴァニヴァー・ブッシュを含むそこにいた数人に見せました。彼は非常に感動して、それを出版するよう推薦状を書いてくれました。そして私を電気工学科ではなく数学科に入れました。それで私の博士論文は数学なのです。

OMNI イエスとノーがスイッチのオンとオフで表現できることがそんなに些細なことですか。

シャノン 問題は「開いている」か「閉じている」かが、あなたの言うような「イエス」か「ノー」かということではないということなのです。本当の問題は、二つが直列になっているとき、論理的に「アンド」と表現し、だからあなたは「これとこれ(this “and” this)」といい、二つが並列なときは「オア」で表現することです。「ノット」という言葉は、リレーの前方の接点というよりは背面の接点でつながります。リレーを操作していると、閉じる接点があり、一方で開く接点があります。「ノット」という言葉はリレーのそういった側面と関係しています。これらすべてはより複雑にブール演算あるいは記号論理学とリレー回路を結び付けます。

リレー回路で働いていた人びとは、もちろんこれらを行うことを知っていました。でも彼らはそれを数学的に表現する装置、ブール演算で効率的に行うことができませんでした。私の仕事は、たとえば回路を最小化する、接点の数を最小にすることに注がれました。彼らはある程度は

それをやっていたのですが、それを深めて数学にするとところまではいっておらず、ブール演算でできるというところまではいってませんでした。

OMNI でも彼らもすでに何かしら考えをもっていたのではありませんか。「アンド」や「オア」や「ノット」という言葉を物理的な表現に変えるための。

シャノン みんなは、もし2つの接点が直列であれば、接続を通すためには二つとも閉じていなくてはならないという単純な事実を知っていました。あるいは、もし並列であれば、どちらかが閉じれば接続となると。彼らはそれを感覚として知っていましたが、彼らはそれを+(plus)と x(times)を使って方程式として書いていませんでした。+は並列接続みたいであり、xは直列接続みたいです。

OMNI それでもリレー回路とブール演算を結び付けるのはひらめいたというわけではないのですか。

シャノン うーん、私はひらめきとは何であるのか知りません。あなたには内心のひらめき(flashes of insights)をお持ちでしょう。私はある日ある洞察をもっていて、それから図書館で時間を過ごし、方程式を書いていたりと、もっとたくさんの洞察を得ることができます。(以下略)

訳注： シャノンは「+は並列接続みたいであり、xは直列接続みたいです。」と語っているが、彼は修士論文“A symbolic analysis of relay and switching circuits”のなかで+を直列(AND)に、xを並列(OR)に用いている。中嶋章は+を直列に、xを並列に使っている。このことはシャノンが中嶋章論文を剽窃したことの状況証拠ではないかと考える。

1.1 でひらめきは、図書館に行くことではなく、むしろ図書館を出ることで得られると考えた。シャノンは、自分がひらめきとは何かを知らないと言ったところは信用してよいといえるかもしれない。

だが「図書館へ行き、記号論理学とブール演算に関する本をすべて手に入れ、その二つの相互作用を手掛け、それについて修士論文を書きました。」というのは信じがたい。