

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

得丸公明 (衛星システムエンジニア)

158-0081 東京都世田谷区深沢 2-6-15 e-mail: tokumaru(a)pp.ij4u.or.jp

筆者は読書を通じて言語の起源とメカニズムの解明を続けてきた。言語が情報であるなら、自らの意識上に正しく言語を処理できる論理回路を構築すれば、正しい情報を正しく処理できるようになる。すると先人の実験・観察・考察結果を継承でき、論理的な考察が可能になるはずである。以下では筆者にとって重要であった文献とどのようにして出会い、どのように評価して、どのように受容・発展させたかを報告する。

キーワード：量子力学、言語獲得、脳脊髄液、抗原抗体反応、ネットワーク、オートマトン、文法、学際的研究、複雑系

Interdisciplinary Linguistic Information Processing through Reading: How to Get Concept, Information and High-Order Concept from Linguistic Information

Kimiaki TOKUMARU (Satellite System Engineer)

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

The author has been making efforts to clarify the origin and the mechanism of language through reading. If language is information, and if one can construct accurate logical circuits for linguistic processing in one's consciousness, one becomes able to process correct information correctly. Then one can inherit precedent results of experiment, observation and consideration, and further advance. The author reports on books/papers which stimulated him profoundly and describes how he encountered, evaluated, received and developed them.

Keywords: Quantum Mechanics, Linguistic Acquisition, Cerebrospinal Fluid, Antigen-Antibody Responses, Networks, Automata, Grammars, Interdisciplinary Study, Complex System

1. はじめに：ことばの情報理論のための思考整理

筆者は主として読書を通じて、言語の起源とメカニズムについて考察を続けてきた。言語が情報であるならば、受信側で通信路の誤り訂正を行って、正確な情報源復号化処理を行えば、情報源で得られた経験や考察を100%復元できるはずである。もし情報源の誤り訂正ができれば、情報源で考えたことよりも多くの情報を復元できる。そのためには、意識上に高性能の論理回路を構築する必要がある。

1.1 情報の定義：概念記号(=言葉)を一直線上につなげたもの

情報という言葉は定義されずに使われている。そのため「言語は情報である」と言っても、人それぞれバラバラの反応を生むだけで不毛である。以下の議論のために「情報とは、前後の意味関係や意味修飾を表す接続法則(つまり文法)によって、記号(ことば、あるいは概念)を一本の線上に並べたもの」と定義する。一直線上に記号を並べるとは、文法規則にしたがって言葉が並んでいる状態である。おばあさんが小さな子どもに聞かせる昔話も、本も新聞記事もテレビやラジオのニュースも情報である。

この定義では、接続や修飾法則が入っていない言語表現は情報と呼ばない。たとえば、幼児が使う「パパ、会社」、「うんち、大きい」という二語文は情報と呼ばない。大人でも「僕はうなぎ」、「コンニャクは太らない」という二語文を使うが、ここに文法はないので情報に含めない。

ヒト以外の動物も二語文や三語文ならば理解できるし、手話を教えたチンパンジーは三語文、四語文を巧みにつかって人間と会話した。家庭のペットの猫や犬も、「ごはん、ちょっと待って」とか、「パパ、起こしてきて」、「タマちゃん、病気だっ」といった身近なことについての二語文を理解すると思われる。2、3の記号を並べただけの表現と、文法的に紡いだ(分節した)表現の間に、動物とヒトの決定的な違いがある。

1.2 情報は文法を使って複雑なことを伝える

上の情報の定義は文法以前のチャンクと文法以後の言語に分ける。記号を文法でつむぐと言語情報、2つ3つ並べるだけだとチャンク。情報とは文法を使って複雑なことを伝えるものである。ヒトとヒト以外の動物は、情報を交換するか、記号を交換するかの違いである。チャンクは、複雑な内容を伝えられない。

鳥に文法(鳥文法)があるかどうかを考えるためには、文法の定義が必要だ。文法とは、「主として一音節の音韻変化・音韻付加によって、前後の記号を接続する関係性を示し、あるいは記号の意味を修飾する論理符号」と定義する。文法の教科書に出てくることは、この定義でほぼカバーできる。

日本語の音節は、1母音か、1子音+1母音で構成されているので、他言語では1音節になる単語も複数音節になることがあるので「主として」を加えた。

倒置には音節の変化や付加がないので、ここでは文法に含めない。2012年3月19日に東大・駒場で開催された東京進化言語学フォーラム(Tokyo Evolutionary Linguistic Forum)で鳥の「文法(grammar)」と「音節(syllable)」に言及したマックスプランク研究所のBecker博士に、「鳥の文法と音節は、ヒトの文法と音節と同じ定義か」と伺ったところ、「違う。ここで文法はパターンを組み替えることを指す」と回答された。ならば鳥の鳴き声には文法はないということになる。

鳥学者の音節の定義は、「鳴き声に周波数成分が複数ある」というものだ。これはヒトの音節の「弁別性」(別のものとして判別する)を伴わないので、鳥は音節をもたないというのが正しいと思われる。

1.3 音節と文法の誕生：人類の最初の言語コイサン語

文法の定義で「論理符号」というのは、音節が論理的であるからだ。Hjelmslev(イェルムスレウ)は「音節とはアクセントをひとつ、ひとつだけ含む一連の音韻表現である」と定義した。これは音節の物理的特徴をとらえた定義である。

しかしこの定義も言葉を丁寧に分析すると、アクセントとは母音であり、母音は子音とともに音素であり、音素はその定義に弁別性格をもつ。弁別性は処理される音素と処理する回路の相互関係を前提とする。このため音節は論理的存在である。母音のアクセントのおかげで言語情報処理回路上で無意識の弁別が可能になり、文法が生まれ、音節となった。Westphalによれば「いくつかのコイサン語において、ほとんどの内容語(概念語)はクリックで始まるが、機能語(文法語)にはクリックで始まるものがほとんどない」(1)。文法語は音節とともに生まれたと考えてよいだろう。

コイサン語の「クリックは軟口蓋気流の吸着音を含む子音でしられていて、地域的・言語的分布はコイサンとアフリカの他のわずかな数の言語にかざられている。(2)」そして、「クリックと非クリックを分析すると、これらの間にはひとつの一貫性をもつ音韻システムが存在していない。(2)」コイサン語に2つの音韻システムが共存するのは、はじめクリックだけの時期があり、その後喉頭降下によって母音が発声できるようになるという時間軸上の前後関係だろう。これでコイサン語だけがクリックをもつことの説明がつく。コイサン語はクリックによる概念語を継承するが、それ以外の言語は南アフリカを離れたため概念の継承もなく、音節だけで十分だったのだ。

1.4 論理信号と論理回路の織りなすオートマトン

論理学という言葉は一般の人になじみがない。日本には日本論理学会もなく、学問としても存在していないに等しい。音節が論理性をもつ、文法が論理符号であるということはいったいどんな現象を生みだすのだろうか。

デジタルコンピュータの論理回路はAND, OR, NOTの3つの論理によって処理回路が構築されている。ANDの回路とは、AとBがともに1のときだけ1が生まれる

論理であり、ORの回路はAまたはBが1のときに1を生みだす回路である。NOTは1を0に、0を1に変換する。複雑なコンピュータの中央演算装置(CPU)も、これらの論理を組み合わせてできている。この回路に論理的0と論理的1からなるbit列が入力されると、信号は回路で反応し、論理値に即した処理が計算結果を生みだす。

RNAは4元デジタル方式であり、プリン塩基にはピリミジン塩基が結合する原理と、水素結合が、アデニンがウラシルは2本、グアニンがシトシンは3本で結合することによって論理的処理が可能となる。細胞核内でDNAからmRNAへの転写が行われ、細胞質リボソームでのmRNAからtRNAのアンチコドン構造を利用したアミノ酸への翻訳が行われてポリペプチドが形成され、タンパク質の三次元構造が生まれる。

つまり論理性とは、反応性の高いbitやRNAという論理信号からなる信号列が、論理回路を通過すると、微小な力学法則(電圧や水素結合力)の反応によって無意識・自動的に所定の結果が生まれるメカニズムである。

1.5 記号の論理回路をベースにした意味のメカニズム

言語情報が論理的であるというのは、微小力学法則による無意識の論理操作が、論理信号と脳内論理回路で起きる、意味のメカニズムがあるということだ。

概念記号の処理はヒト以外の動物の記号処理(反射・条件反射)と同じメカニズムであろう。動物の場合は、個別の記号が行動を生み、それが相手にとって記号となって相手の行動を生み、それを記号と受け止めると次の行動が生まれるという具合に、雄雌の間あるいは敵との間で、記号と行動の連鎖反応がおきる。これに対して、ヒトの記号連鎖は必ずしも行動に結びつかず、むしろ1個体内で概念記号と別の概念記号の連鎖が生まれる。連鎖にあたって、文法規則にしたがって記号と記号が結びつく。

論理回路は微小な力学法則で反応するため、低雑音環境でなければならない。DNAが転写され、スプライシングやサイレンシングなどの転写後修飾・編集を受けてmRNAがつくられるのは細胞の核膜内である。言語情報処理が行われる低雑音環境とは、血液脳関門(Blood Brain Barrier: BBB)によって血液をろ過した脳脊髄液が分泌される脳室ではないか。そこで作用する微小力学法則とは抗原抗体反応ではないか(3)(4)(5)。たとえば耳で聞き取った音響刺激は、第四脳室に伝えられ、そこで脳脊髄液中のBリンパ球の言語パターン記憶を呼びます。脳室の壁と他のBリンパ球と相互に刺激しあい認識しあって、Bリンパ球の免疫記憶のネットワークが生まれ、意味となる。

これは言葉の条件反射だ。言葉の記憶が他の言葉の音響記憶を呼び覚ますとき、いちいち言葉の意味を確かめない。したがって、言葉の意味を正しく理解するためには、言葉の意味を正しく理解し、言葉と言葉の相互関係を体系づけて構築しておかなければならない。さもないと、情報が本来もっている意味を正しく理解できない。

2. ことばの情報理論のための概念体系の拡大

以下は、筆者が言葉の情報処理装置をどのように構築したか、科学的概念の体系化をどのように行ったかの報告である。丁寧な読書は、処理回路を構築するのに役立つ。筆者がどうやって文献に出会い、それをどう自分の意識に受容して発展させたかは、実験や観察の報告に代わりうると考える。

2.1 ことばの通信路・情報源での符号化過程

2002年の「国連・持続可能な開発のための世界サミット(WSSD)」の直後に、筆者は書店で西原克成博士の『内臓が生みだす心』(日本放送出版協会, 2002年)に出会い、地球上でおきた生命進化の枠組みの中で現生人類を理解する発想を得た。その延長で霊長類学者である島泰三博士の『はだかの起原』(木楽舎, 2004年)を知り、人類は7万5千年前に言語獲得と裸化という「重複する突然変異」が起きて生まれたとする説を知った経緯を、2010年10月の本研究会で報告した(6)。その時は「ことばはなぜ一度話すだけで相手に伝わるのか」という通信路符号化の問題を論じた。

チョムスキーの難題「ヒトは状況に応じて新しい文を作ることができ、それをたった一度発話するだけで、聞き手がただちにそれを理解できるのはなぜか」を解決するために残る問題は、「ことばはなぜ無意識に思い浮かび、自動的に文になるのか」と、「ことばはなぜ聞くとすぐに意味が自動的に復元されるのか」という情報源符号化・復号化の問題である(7)。筆者は、本や論文を読むことで、この問題を解いていった。

2.2 島泰三著『はだかの起原 不適者は生きのびる』(木楽舎, 2004年)

① 出会いと手法: 2005年5月、西原先生のお言葉をヒントにして、ネオテニーと人類の未来を論じているHPを「はてな人力検索」で求めて本書の紹介を受けて購入。

② 著者と主張: 1946年山口県生。東大理学部人類学教室卒。東大共闘として安田講堂に立てこもり、実刑2年。以後市井の研究者として生きる。国際協力事業団マダガスカル国派遣専門家のときにアイアイの生態を突き止める。食物が手と口の形を決定づけるとする「手と口連合仮説」は、骨を主食にしたからヒトは直立二足歩行になったとし、二足歩行と言語獲得は無縁と結論する。

島は暴風雨の日に房総半島の山中でニホンザルを追跡していて、ヒトに毛皮がないのは進化でないことに気づいた。はだかの起原についての諸学説を調べると、すべていい加減で間違っていると論破する。7万5千年前のアフリカで言語獲得とはだか化の「重複する突然変異」がおきたという結論に到達する。

③ 評価: (i) 全体像を示す。21世紀に人類学の通説となったアフリカ単一起源説や、ヒト以外の裸の哺乳類の生態が紹介されており、人類の起源を人類学・動物生態学的に考えるうえでの基礎知識を与えてくれる。

(ii) 先行研究の誤り検出・訂正。野生観察に重きをおく動物生態学者だから、ダーウインの性淘汰説、「はだかの猿」を書いたデズモンド・モリス、「人間海中起原説(アクア説)」を説くエレイン・モーガンらの立論のあいまいさ、手抜き、ごまかしをあざやかに指摘する「誤り検出」を行なった。情報源誤り検出・誤り訂正は、言語情報による考察・解析を試みるにあたってもっとも重要となる。

④ 受容と発展: 筆者は裸化は洞窟居住とセットだと考え、南アフリカの最古の人類遺跡であるクラシーズ河口洞窟訪問を2007年4-5月に実行。また同年7月・9月にハダカデバネズミの音声コミュニケーションについて本を読み、上野動物園を二度訪問して生態を見学した(8)。

2.3 Shannon, C.E. 『通信の数学的理論』(原著1948, 筑摩学芸文庫2009)

① 出会いと手法: 2.2④の考察によって、ヒトとハダカデバネズミは、体毛が薄い、真社会性、晩成化、音声通信が発達という共通点をもつことがわかった。だが、ヒトの符号語数は数万から数十万あるのに、ハダカデバネズミは17しかない。ヒトは音節の順列によって符号語を無限に作り出す。これはデジタル方式ではないかと思って調べてみると、デジタルの定義がどこにもないことがわかった。2008年夏、情報理論の古典を読むことにし、ウェブ上のPDFファイルをダウンロードした。

② 著者と主張: 1916-2001。ミシガン大学卒業後、修士課程でMITに進み、戦時下のアメリカでもっとも政治権力に近かった学者V. Bushに師事し、微分解析機の保守を担当。天才数学者として徴兵も免除される。情報理論の父と言われているが、著作は驚くほど少なく、体系的でない。晩年はアルツハイマーで苦しんだ。いくつかのインタビューがIEEEのまとめたClaude Shannon Collected Papersや、IEEEのオーラルヒストリーにあるが、読めば読むほど歯切れが悪く、話をはぐらかすようで後味が悪い(9)。本論文はなかなか頭に入らなかったのも、全文をタイプしたが変わらなかった。

③ 評価: (i) 目的がない。情報の意味と問わないとか、英語表記の5割がなくてもよいとか、議論は不明朗で、あやしい。情報理論の目的や意義を論じていない。

(ii) 書き言葉が離散的、話し言葉が連続的というのは、筆者の見解と逆。だが書き言葉は活字だけでなく筆記体もある。それは離散的とは呼べないことは明らかである。また話し言葉の波形は連続的な包絡線を描くが、スペクトルをみると離散的な母音と子音を確認できるの。シャノンが間違っていると結論づけた。

(iii) シャノンの論文を参考文献に挙げる心理学、分子生物学などの論文も多いが、どこをどう利用したかは明らかにされていない。あまり役に立っていないように見える。

④ 受容と発展: (i) 本論文の一般通信モデル(図1)は、通信のように目に見えないメカニズムについて思考し解析するための手がかりとなる。一般通信モデルを参照した考察は有効だった。ヒルベルトやフォン・ノイマンがいう公理的手法・公理的思考とは、図のような参照モデルに準拠した考察を行なうことではないだろうか。

(ii) 一方、この図の中心に位置する雑音源は、熱の関数であり、情報理論のエントロピーは熱力学と無縁であるとするシャノンの主張と矛盾する。雑音の意味を理解せずにこの図は描けない。フォン・ノイマンにでももらったのだろうか。何度も読み返した結果、だんだんシャノンの怪しさを実感し、疑問を提示できるようになった(9)。

2.4 Noll, H. 「ヒト言語のデジタル起源」(BioEssays, 2003.5) (10)

① 出会いと入手法：2008年11月に2か所で言語のデジタル起源について講演する機会をいただき準備をしていたときに、検索エンジン Google で「human, digital, language」と入力して見つけた論文。大学生の長男に大学図書館でコピーしてもらった。

② 著者と主張：著者ノルは、スイス生まれのアメリカの分子生物学者。1950年頃コペンハーゲンでイエルネの研究室にいた。遺伝子情報がデジタルであるのと同様に、ヒトの言語はデジタルであること、人類は進化の最終段階でデジタル言語を獲得したことを、二次的晩成化による脳の拡大、情報理論と分子生物学を駆使して説明を試みた。言語学、人類学、免疫学、遺伝学など学際的に紹介する。

デジタルの定義を「デジタルとは、有限個の数字・文字・音声の中から要素や記号を選んで線形的順序(直鎖状配列)にしたがって情報を符号化する手法」とする。この定義は、二重分節化や自動処理について触れていないが、有用な定義である。

③ 評価：概念の精緻化は不十分で誤解も散見されるが、DNA/RNAの遺伝情報と同じメカニズムで言語が処理されているということを世界で初めて指摘した論文であろう。イエルネは言語機能が脳脊髄液中の免疫細胞による抗原抗体反応であることを示唆している。イエルネへの思慕が、著者に本論文を書かせたのではないか。

シャノンに高い評価を与えているが、シャノンを読んでいるようには見えなかった。

④ 受容と発展：筆者にとって生まれて初めて読む分子生物学の学術雑誌記事であった。コドンからアミノ酸への翻訳、Bリンパ球の親和性成熟といった分子生物学的な基礎知識にはじめて触れた。また二次的晩成化という身体的特徴にも目を向けさせてくれた。参考文献が充実していて、それまで名前すら知らなかった研究者の存在と業績を知り、彼らの本や論文を求めて大学の図書館に通うことになる。

2.5 Von Neumann, J. 『人工頭脳と自己増殖』(11)

① 出会いと入手方法：ノルは「生命システムにおいて、デジタルとアナログの反応系を交互に行き来するフィードバック回路が重要であるとフォン・ノイマンが予言した」と書いていた(10)。いまさらフォン・ノイマンを読む価値があるのかと思ったが、英語版がウェブ上にPDFファイルとしてあり無料でダウンロードでき、和訳も『世界の名著 現代科学II』(中央公論社)にあったので読んでみた。

② 著者と内容：フォン・ノイマン(1904-1957)は、ハンガリー生まれの数学者。1930年代にアメリカに移住。戦時中は原爆開発に関わり、戦後もコンピュータや戦略ミサイ

ルの開発に関わった。原爆実験のときに被爆して癌になり、50代前半で亡くなる。

軍事技術開発の分野で活躍していた彼は、戦時中にN.ウィーナーからマカロックとピッツの「神経活動に内在する思考の論理計算」を薦められて読み、生物現象を情報システムとして扱う可能性をみた。戦争が要求した学際協力の影響により、戦後さまざまな学際会議が開催され、生命科学を物理学や数学と結びつけたが、なかでも1946年にガモフが組織した第9回理論物理学ワシントン会議「生物の物理学」は、自己再生の生物オートマタの分野へのフォン・ノイマンの関与を決定づけた。

この後、フォン・ノイマンはとくに遺伝子と酵素の関係に興味を示し、ウイルスやファージといったできるだけ構造が簡単な生物を使って研究するように提言している。1948年9月にカリフォルニア工科大学で開催されたヒクソンシンポジウム「行動における脳メカニズム」に参加し、基調講演として本講演を行なった。

「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。オートマトン研究は、生物体の自己増殖と進化を可能にする情報メカニズムの解明を目指す情報理論である。

③ 評価：(i) 高度に抽象化されていて概念が素通りする感覚：はじめのうち和訳されたものを読んでもさっぱり書いてある内容を理解できなかった。言葉が並んでいることはわかるのだが、それらが自分の意識上で意味を生まない。概念が素通りしていくような感じだった。言葉はすんなり読めるし、聞こえるのだが、概念が高次情報を意味とするためか、自分の言語処理回路では処理できず、素通りしていったようだ。概念は五官で感じられない論理的なものばかりで、整理された高度に論理的な記憶が要求される。

「公理的手法」、「オートマトン」、「量子力学」。これまで考えたこともない概念ばかりであった。とっつきが悪い文章であり、どのページも難解であった。

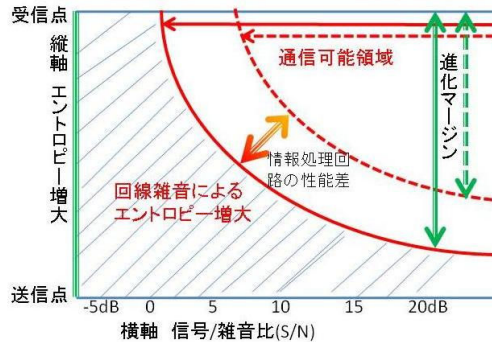
(ii) 明晰でごまかしや誤りのない文章：一方で、立論や概念にブレやごまかしがないために、時間をおいて何度も読むうちにだんだんと書いてあることが理解できるようになった。

「デジタル原理による計算は十進法である必要はない。1より大きな整数ならばなんでも数の表示法のベースとして用いることができる」なら、RNAや音節がデジタルでもよいことになる。

デジタル原理とアナログ原理に「欠くことのできない指導原理は、通信理論全体のなかでも古典的な原理の一つである『信号雑音比(SN比)』であり、これなしには状況を理解することはできない。」呪文のような言葉を熟読玩味し、現象にあてはめる努力を行った。

④ 受容と発展：(i) 1信号の誤りなく伝わる通信路符号化過程の解明。

フォン・ノイマンの残した講演録を何度も読むと、彼がデジタルとアナログの違いとして説明する S/N 比と熱雑音による回線上の搬送波の歪(これがエントロピー増大の実体ではないか)は、グラフにして表示できることに気づいた。



横軸に S/N 比をとり、縦軸に雑音(N)あるいは雑音の対数值(Log N)としてのエントロピー増大をとる。すると、S/N 比と雑音(エントロピー)は反比例する関係にあることがわかる。反比例の曲線は、システムの雑音温度が低ければ原点に近づく通信効率が高まる。高ければ原点から遠ざかり通信効率は劣化する。

アナログシステムとデジタルシステムでは、復調方式が違うために、アナログシステムではエントロピー増大の影響によってベースバンド信号のエントロピーが増大する。(アナログシステムは搬送波の正弦波成分を除去する検波方式だから)一方デジタル方式は、受信側でベースバンド信号を検波してその位相成分や振幅成分や周波数成分をもとにデジタル値を判定する仕組みになっている。このため一定以内のエントロピー増大は正しい値として復調され、限度を超えた場合でも符号誤りまたは復調不能となる。信号が正しく到達する可能性が大きいほか、信号間の親和性によって符号誤りや欠落も歪むということがない。論理値をやりとりするデジタル方式は、1 信号の誤りない通信路符号化ができることを確認できた(12)。

(ii) 情報源符号化・復号化への量子力学の必要性

ニュートンは木から落ちるリンゴを見、ケプラーは天体を観測して、経験的な知覚をもとに物理法則を発見した。しかし 20 世紀以降の科学である言語や脳科学や遺伝子発現などは、五官で経験的に確かめることができない微小な世界で起きている現象を研究対象としているところに、認識論的問題がある。そこで科学哲学のロイ・バスカーの科学哲学論を参考にしたところ、「量子力学には言及しない」と明言していた(13)。この言葉には驚いたが、おかげでフォン・ノイマンの言葉「やがては量子力学の助けを大いに受ける」を思い出した。量子力学にこそ問題解決のカギがある(14)。

(iii) 高次概念・高次情報の存在

概念には次数がある。フォン・ノイマンは、情報を意味とする概念(情報概念)を考え、さらに情報概念を意味とする二次・三次情報概念、より複雑な高次情報概念といったものを考え、デジタル論理は無限の複雑さを表現できると指摘している。

2.6 Pavlov, I.P. 『大脳半球の働きについて 条件反射学』(15)

① 出会いと入手方法：パターン認識がテーマであった思考と言語研究会の予稿を準備していた 2010 年 1 月、東大・赤門前の古本屋で本書を見つけた。当時パターン認識と条件反射が同じ現象であるという認識はなく、ちょっと迷ったが購入(16)。

② 著者と主張：パブロフ(1849-1936)は、ロシア正教会の司祭の家系に生まれ、高校まで神学校に通っていた。パブロフは犬に感情や理性はないと信じており、本実験を行なったのは、犬に心理や感情があるとする弟子と対立したため、自説を証明することが目的であった(15)。

③ 評価：100 人の研究者を使って 30 年にわたって行われた実験結果が、文庫本上下 2 冊に書かれているため、非常に濃縮度が高い。最初読んだときは、パブロフの使う概念を正確に理解できず、書かれていることも正確に理解できなかった。だがわかるところだけつまみ食いしても十分におもしろく、発表でも言及した。

しかし発表で取り上げた以上、徹底的に理解しないと申し訳ないと思い、ひとつひとつの概念が指し示す内容を明らかにして、条件刺激(視覚や聴覚刺激)と無条件刺激(餌や毒)が、犬にどのようにして与えられ、どのような効果(涎)が生まれたかという現象を確かめていくと、パブロフのアラが見えてきた。たとえば、パブロフは「抑制」という言葉を涎が出ない状態すべてに適用している。しかし抑制神経刺激が出たというより、単に犬はおなかが一杯になっただけと思しき状況もあった。他にも説明するといつて説明しなかったり、現象を説明しないまま放置した例も見つけた。

パブロフの先入観や考察に誤りや誤魔化しはあるが、実験結果にウソはないと考えると、まったく別の解釈が可能になった。

④ 受容と発展：(i) 分化抑制：餌が出る条件刺激 I を教えておき、それとよく似ているけれども微妙に違う条件刺激を餌が出ない刺激 II として与えると、II を与え始めたとき涎は I のときの 50%程度で。しかしその後 I と同じだけ 100%出る状態が一定期間あって、最終的に 0%になって落ち着く。パブロフはこのような現象が起きたことは報告しているが、その理由についてはひと言も触れていない(17)。

刺激 I に反応する免疫細胞(B リンパ球)が、同じ受容体をもつ細胞として分裂し、その後受容体を微調整する体細胞超変異(Somatic Hypermutation)ではないか。

(ii) 相互誘導：餌が出る条件刺激 I とよく似ているけれども餌が出ない条件刺激 II を組み合わせると記号が相互に認識しあう現象が見られた(18)。

正の相互誘導実験は、II の刺激を与えて餌が出ない状態をつくり、I の刺激を与えると、涎の立ち上がりがいっつもより早く量も 3 割から 5 割多い。負の相互誘導実験は、

I の刺激を与えて餌を出し、II の刺激を与えてやはり餌を出すと、II の刺激の後では何度餌を出しても涎は出なかった。パブロフはこの現象を説明できなかった。

(iii) 聴覚と条件反射は別の回路：パブロフは、犬の大脳皮質切除手術を行なったが、聴覚が回復しても音の条件反射は回復しなかった。「手術のあと、犬は名前を呼んでも答えなくなる」[14, 下 p137]。記号は、感覚刺激とは別の器官で処理されるようだ(19)。

2.7 Jerne, N.K. 『免疫システムのネットワーク理論』(20)

① 出会いと入手方法：ノルの論文を何回か読んでも、免疫細胞が言語のメカニズムと関係があるという主張を想像できなかった。しかしネットワークという言葉に惹かれて、イエルネの原文を読みたく考えた。資料は東大では柏図書館にしかなく、先輩に依頼してコピーを送ってもらった。

② 著者と主張：イエルネ(1911-1994)の国籍はデンマークだが、コスモポリタンであった(21)。1984年にノーベル医学賞を受賞。イエルネが利根川進博士をパーゼル研究所に雇い入れたことが1987年の利根川博士のノーベル講演冒頭で紹介されている。

ネットワーク理論は、1974年にパスツール研究所で行われたシンポジウムの講評として発表された。一般に生物学者はネットワークという言葉の定義をあいまいにしたまま使用するが、イエルネは違う。免疫細胞の反応能力、論理作用(二元論と二分法)、興奮性か抑制性の信号を送・受信できる、血液脳関門による活動領域の分離、免疫細胞による無線・移動・アドホックネットワークの形成、1兆個の細胞数(神経細胞の100倍)などを指摘する。

「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。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。(20)」

③ 評価：フォン・ノイマン同様、イエルネの言葉は明晰であるのに、読んでも頭に入っていない。高次概念を使っているためであろう。

インターネットがやっと生まれたばかりの時代に、ネットワークについて深くて正確な知識をもっていたことに驚く。

④ 受容と発展：(i) デジタル・ネットワーク・オートマトンの発想：デジタルとは自律的にネットワークするメカニズムであるという発想を得た。2010年11月のIBISML研究会で考察を行って発表した際、OSI参照モデルに準拠して言語のデジタル・メカニズムを多層的にとらえてみた(22)。

(ii) 2010年12月までは主として言語系の研究会での発表ばかりだったが、12月以降インターネット・アーキテクチャ研究会、コンピューテーション研究会、パターン認識

とメディア理解研究会といったネットワークやオートマトンに関する研究会に参加しはじめた(23)(24)(25)。OSI参照モデルに言語をあてはめて考えると、徐々にネットワークの物理層と論理層の現象と役割の違いが見えてきた。意味のメカニズムは論理層内部にある。

2.8 Jerne, N.K. 『免疫システムの生成文法』(26)

① 出会いと入手方法：ノルの論文の最後近くで長い引用がされていた。イエルネが1984年に行なったノーベル講演。ウェブ上でダウンロードができるほか、ノーベル財団のHPでは、本人が講演する映像もダウンロードできる。概念になじみがなく、理解しづらかったので、タイプしなおすとともに、全訳をつくった。

② 著者と主張：

(i) 免疫細胞の形状を示しながら、抗体がどのように抗原を認識し、抗体相互で認識し認識されるのかのネットワーク現象を説明する。

(ii) 免疫システムと言語の間にある相似性を示す。抗原と抗体が選択的・特異的に結びつくカギと鍵穴のような構造をもつ、抗体の抗原結合領域(Fab)のアナログ形状と相補性決定領域(CDR1~CDR3)のペプチドのデジタル配列を結合するA/D変換機能をもつ、B細胞の数によって決定される抗体の種類が数百万から数億ある、親和性成熟の過程を経ることによって、新たな抗原に出会うと何日かかけてそれに対応する新たな抗体をつくることのできる、抗体自身が抗原の役割をはたして、別の抗体(抗抗体 anti-antibody)をつくりだすなど。

(iii) チョムスキーの生成文法論を引きあいに出して、「生物学的にどのような言語でも学ぶ能力が遺伝すると仮説することは、それは我々の染色体DNAの中に符号化されていなければならないということの意味する。もしこの仮説がいつか立証されたならば、そのときから言語学は生物学の一分野ということになり、人間性もいつかおそらく科学の一部となるであろう。」と結ぶ。

③ 評価：従来の脳科学は神経細胞・大脳皮質・電子現象で説明を試みていたが、言語のメカニズムを説明する仮説ひとつ生まれていない。イエルネが、免疫細胞・脳室と脳脊髄液・抗原抗体反応によって言語現象を説明できると予言的に示したことはもっと注目されてよいのではないかと。とくに数万から数十万ある語彙記憶が記憶と特異的に結合するのは、免疫細胞の抗体レパートリーと抗原抗体反応で説明する他ない。

④ 受容と発展：(i) チョムスキー理論の怪しさ：本講演を理解するために、チョムスキー理論を勉強した(7)。チョムスキーは「統辞部門は、統辞的機能をもつ最小の要素(ボリンジャー(Bolinger 1948)に従って、この要素を語形成素(formatives)と呼ぼう)の連鎖を生成し、個々の語形成素および語形成素の体系の範疇、機能および構造上の相互関係を指定する」と、さりげなく新たに語形成素の概念を導入した(27)。チョムスキーが引用しているボリンジャーの論文は東大文学部2号館図書館で複写して読んだが、

十分な検討が行なわれて、共有されている概念には見えなかった(28)。そもそも構造主義言語学者ブルームフィールドは「言語研究は常に音声形式から出発しなければならぬ」と明言し、形態素を純粋な音韻形態とする。一方のボリンジャーによれば形態素は意味性も帯びる。チョムスキーはさらにそれが統辞機能ももつという。

また、チョムスキーは、1986年3月にニカラグアの首都マナグアで講義を行い、デカルトの難題の解明を「人間の知的能力の範囲外」であり、「神の介在なしにはあり得ない」と述べ、動物たちには理性や精神が無いとするデカルトの言説を支持した(29)。(ii) 記号操作の微小物理学：ボリンジャーの論文が掲載されていたのは、ニューヨーク言語サークルの会誌 *Word* であった。たまたま第1号を開いたところ、カッシーラーの生前最後の講演「現代言語学における構造主義」が掲載されていた。この中でカッシーラーは「言語は『記号的形態』である。記号は物理世界には属さない。それら是对話(discourse)というまるで異なる宇宙に属している。自然の物性と記号は同じ基準で扱えない。言語学は記号学の一部であり、物理学の一部ではない。(30)」と語った。

彼は記号学は物理層ではなく、論理層の現象だと言いたかったのだろう。きわめて重要な指摘である。しかしその一方で、論理層の記号操作にも極めて微小な物理力が作用することを忘れてはならない。言語の場合は、水素結合、静電力、ファンデルワールス力による抗原抗体反応が作用している。

(iii) 脳室という低雑音環境：記号や言語が脳脊髄液中の抗原抗体反応であるなら、脳波や脳内の血流のような画像化は難しい。もっとも気づかれにくい部位である。

大脳皮質切除手術を施した犬の聴覚が回復しても、条件反射は回復しなかった(2.6④(iii))というパブロフの報告は、記号記憶が大脳皮質にないことを示唆している。また、ペンフィールドも大脳皮質には言語記憶がないと報告している(31)。

脳室の重要性は、そこが水で満ちていることもある。量子生化学者であるセント・ジェルジ(Albert Szent-Gyorgyi, 1893-1986, 1937年ノーベル医学生理学賞受賞)は、水の重要性を語る。

「水は構成成分と単独で独立な系をつくり、水なしではほとんどあり得ないような電子の励起を可能にする。(略)生物学的機構は、実際には水の構造の形成と破壊からなっている。水は単なる生きた機械の媒質なのではなく、その部分でもある。また水の構造と電子の励起との相互作用は“生きている状態”の本質そのものと深く結びついている。水は単に生命の母であるだけでなく、生命のマトリックスでもある。

三重項は光合成においても、またエネルギーを消費する生物学作用においても、エネルギー伝達の主要な手段であるように思われる。(32)」

脳室内の脳脊髄液中は血液脳関門によって低雑音環境になっており、水の量子生化学現象とBリンパ球・抗体グロブリンの抗原抗体反応によって、ヒトの意識が生まれる場となっているのではないだろうか(33)。

3. おわりに：学際研究に適したことばの情報処理装置を

3.1 嘘と真を見分けられない言語情報の難しさ

2で取り上げた本や記事と取り組んで、情報には、(i) フォン・ノイマン、セント・ジェルジ、イエルネの論文のように、卓越した研究者が広い視野で全体像とその時点の学問の到達点を描いたレビュー論文である高次情報、(ii) ノルやパブロフや島のように、誠実な研究者が書き残した一部間違いもあるが多くは正しい、情報源の誤り訂正が必要な情報、(iii) シャノンのように根拠を示さず、間違っているだけでなく読者の思考枠組みを歪めかねない情報、と少なくとも3種類あると感じた(34)。

ところが、文字化された言語情報は、一見しただけでは何が正しくてどこがどう間違っているのかを見抜くのがじつに難しい。なぜなら、どの著者も読者よりその専門分野での知識や経験を多くもっており、読者の理解しきれない言葉を使っているからだ。知らない概念や高次情報概念は、読んでもわからないし、聞いてもわからないため、手も足も出ない。このため正しい概念獲得と概念体系構築が重要となる。

3.2 自分が知らない概念をどうやって正しく獲得し体系化するか

孔子は政治を任されたなら、はじめに言葉と意味の一致をはかると正名論の思想を語った。これは五官で感じられない、複雑系を解明する科学においても当てはまる。新しい概念を正しく獲得し、自らの意識上で体系化するためには、注意が必要だ。

3.2.1 言葉を長期記憶化するには数日かかる

はじめて出会った学術用語(たとえば「Bリンパ球の親和性成熟」や「通信路符号化」)をすぐに長期記憶化することはできない。脳脊髄液中でその言葉に対応する免疫細胞が成熟して免疫記憶化するのに数日かかる。このことをわきまえて、馴染みのない概念であっても我慢して、一定期間中に何度か新しい概念に接して長期記憶をつくる。

3.2.2 できるだけ具体的な現象として意味をとらえる

言葉を別の言葉で説明するのではなく、言葉以前の現象として理解するように努力する。経験や現象があるから言葉があると考え、あくまでも体感や現象理解がないと、言語化しないをつける。

3.2.3 相似を手がかりにする

ヒトの分節言語は、遺伝子発現メカニズムやコンピュータ・ネットワークのデジタル通信と近い。それぞれが「通信路符号化」、「情報源符号化」、「論理符号」などの現象をとともなう系である。相似したシステムを比較することでシステムについての新たな理解が生まれることもある。

3.2.4 時間をおいてくり返し読む・たくさん読む

同じ論文や本を、丁寧に何度か読んでいながら、それまでわからなかったことが急にわかるようになることがある。そのためには、他の分野の本や論文もたくさん読んでおくことが望ましい。あるとき突然結びつくこともある。

3.2.5 概念相互の関係を明らかにし、違和感を大切にす

意味のわからない単語に出会ったら、自分は新しい概念を知る機会を得たと考える。概念相互の関係を、ああかな、こうかな、ああでもない、こうでもないと考える。すると免疫細胞のネットワーク機能によって、無意識のうちに概念は体系化される。

3.2.6 言葉をこねくり回した定義を拒絶する

言葉だけをこねくり回した苦しませの説明を拒絶する。たとえば、情報理論においてエントロピーは熱力学的とは違った意味だと説明されたら、なぜ別の現象、別の意味内容を表現するために、その言葉を使うことにしたのかを問わなければならない。

以上、検討は十分ではないが、概念を正しく獲得するために、気をつけるべきことを思いつかぎりであげてみた。複雑系は、学際的なアプローチを必要とするため、言葉以前の現象にねざした、量子力学をも含めた概念の統一が重要となるだろう。

参考文献

- 1) Westphal, E.O.J. (1971) The Click Languages of southern and Eastern Africa, in Seboek, T.A. Current trends in Linguistics, Vol. 7: Linguistics in Sub-Saharan Africa, Berlin, Mouton
- 2) Nakagawa, H. (1996) An Outline of [Gui Phonology, African Study Monographs, Suppl.22:101-124
- 3) 得丸 生命進化と言語の意味の複雑化を生むデジタル公理系 — 言葉と意味の抗原抗体反応ならびに抽象概念の意味について 情処学会研究報告 2011-BIO-27-20
- 4) 得丸 概念の論理・生理構造 (言語と学習) ~ イエルネのノーベル講演より: 言葉と意味の結合は抗原抗体反応か!? 信学技報 TL2011-39
- 5) 得丸 言語とは、神経細胞と免疫細胞によるデジタル符号語処理である — 生成文法と言語獲得装置の正体は何か 人工知能学会情報編纂研究会 JSAI-IC0701 (2011.12)
- 6) 得丸 ヒト話し言葉デジタル通信システム研究の学際的性質概観と、発話と聞き取りを結びつけるエントロピー利得(情報理論)について 情処学会研究報告 2010-CH-88-5
- 7) 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 2011-NL-201-SLP-8
- 8) Pepper J.W., Sherman P.W. et al Vocalizations of the Naked Mole-Rat, The Biology of the Naked Mole-Rat, Princeton Univ. Press, 1991 Chapter 9

- 9) 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 IT2011-34
- 10) Noll, H. The Digital Origin of Human Language, BioEssays, 2003, 25:489-500
- 11) von Neumann, J. The General and Logical Theory of Automata, Lecture at Hixon Symposium 1948
- 12) 得丸 ジタル発声とアナログ聴覚が生むエントロピー利得とオートマトン—デジタル言語学(2) 情処学会 SLP-83-2 (2010.10)
- 13) 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 人工知能学会情報編纂研究会 JSAI-IC 0501
- 14) 得丸 言語機能の神経細胞量子スイッチ仮説 ~ ヒト言語の特徴はデジタル信号を組合せた無限の語彙数である ~ 信学技報 OME2011-52
- 15) パプロフ 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
- 16) 得丸 ヒト話し言葉デジタル通信システムにおいて情報源符号化をになう概念の形成・使用におけるパターン認識のはたす役割 信学技報 TL2009-40 (2010-2)
- 17) 得丸 情報論的学習と生命学習~概念の量子メカニズム(デジタル言語学) 信学技報 IBISML2010-109
- 18) 得丸 パプロフの条件反射実験の言語学的解析 信学技報 LOIS2010-8(2010-5)
- 19) 得丸 言語とネットワーク (デジタル言語学その3)~ 文法はプロトコルの手続き記憶である 信学技報 IA2011-65
- 20) Jerne, N.K. (1974) Towards a network theory of the immune system, Ann. Immunol. (Inst. Pasteur) 125C, 373-389
- 21) Soderqvist, T. 免疫学の巨人イエルネ, 長野敬・太田英彦訳 医学書院 (2008/02)
- 22) 得丸 進化を生みだすデジタル情報~デジタル復調・情報源符号化・通信路符号化によって構成されるオートマトンのデジタル・ネットワーク・メカニズム 信学技報 IBISML2010-60
- 23) 得丸 ヒト・デジタル言語の OSI 参照モデルによる解析~デジタル言語学~IA2010-64
- 24) 得丸 ヒト・デジタル言語の OSI 参照モデルによる解析(その2)~生命論理と生命記憶 IA2010-77
- 25) 得丸 デジタル原理と「聞く」オートマトン~ヒトの進化を生みだすメカニズム COMP2010-47
- 26) Jerne, N.K. The Generative Grammars of the Immune System, Nobel Lecture 1984
- 27) チョムスキー, N. ハレ, M. 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, N. Chomsky, Current issues in linguistic theory 1964, The Hague, Mouton
- 28) Bolinger, D.L. On Defining the Morpheme, Word 4:1948, pp18-23
- 29) チョムスキー, N. 言語と知識, マナグア講義録(言語学編), 田窪行則・郡司隆男訳, 東京・産業図書, 1989, p152, N. Chomsky, Language and Problems of Knowledge, MIT Press 1988, pp151-2
- 30) E.A. Cassirer, Structuralism in Modern Linguistics, Word 1:1945, pp99-120
- 31) 得丸 デジタルな言語記憶に関する仮説, 情処学会研究報告 2011-NL-200-1
- 32) セント・ジェルジ 生体とエネルギー 1958 みすず書房, p18
- 33) 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 FIT2012
- 34) 得丸 知的遺産はどう生かすべきか~いくつかのノーベル講演の理解を試みた経験から 信学技報 SITE2012-1