

デジタル言語の量子力学的側面と数学的側面 — 文法の神経細胞組み込み仮説 —

得丸公明 衛星システムエンジニア

東京都世田谷区深沢 2-6-15 tokumaru@pp.ij4u.or.jp

ヒトとヒト以外の動物の音声通信は、ヒトだけがデジタル信号を使って符号を組立てるところに違いがある。デジタル信号を使うと、符号語を無限につくりだせるので、多種多様な概念をつくれるほか、概念を接続・修飾するためのさまざまな文法規則が自然に生まれ、発話や聞き取りの神経細胞が文法に適応して無意識に使いこなせるようになった。

符号語の聞き取り、記憶と想起、比較・判断、運動制御などは、すべて生物の神経細胞がもつ電子伝達現象として説明できる。すると脳の言語メカニズム(言語獲得装置)や言語遺伝子(生成文法)は存在しないということにならないか。本稿では、脳内および回線上的で言語と意味の量子力学的側面と数学的側面に注目した考察を試みる。

キーワード：デジタル言語学、順列組合せ論、神経細胞、文法の自然発生、神経細胞への文法の組み込み、構造主義言語学、オートポイエシス、学ぶサル

Quantum Mechanics and Mathematics of Digital Language: A Hypothesis of Nerve Cell Built-In Grammars

Kimiaki Tokumaru (Satellite System Engineer)

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

Human vocal communication and that of non-human animals are different, where only human uses digital signals to compose code. Digital signals yield infinite words; wide variety of concepts and various types of grammatical rules, which are incorporated autopoietically into nerve cells for speech and listening for automatic grammatical modulation/demodulation.

On the other hand, linguistic operations, such as listening, memorization and reminiscence, comparison and decision, motor control, etc. seem to be explained as electron transfer in nerve cells. If so, there seem to exist no special Language Acquisition Device or no genes for Generative Grammars.

In this article, the author focuses on the quantum and mathematical aspects of language inside brain and over the channel.

Keywords: Digital linguistics, permutation/combinatorics, nerve cells, autogenesis of grammars, built-in grammars, structuralism linguistics, autopoiesis, learning apes

1. はじめに：デジタル信号の使用と「学ぶサル」

「言語とは伝達を成立させるために用いられる記号の体系である」といわれるが、「人間の言語がその他すべての伝達形式、特に動物の伝達形式に対して、どんな特有性をもっているか(あるいはもっていないか)」という「この点に関しては、言語は一連の思想を前提とするがゆえに動物には言語はないと考えていた 18 世紀の人たちの域をほとんど出していない」、「最良の場合でも、絶対的に特有な性格をあげて、動物の伝達と人間のことばの違いを示すことに成功してはいない。」「人間の言語は他のすべての人類ないし動物の伝達体系とははっきりと区別されるものであり、他のすべての記号体系とは根本的に異なる——その理由が科学的に述べられたことはいまだかつてない」のである(1)。マルチネが指摘した状況は 21 世紀になっても変わっていない。

ヒトとヒト以外の動物の違いは何か。創世記の記述によってヒトだけが魂をもち動物は機械と同じだと信じている一神教の西洋文明は、それを科学的に考える必要がなかった。肉体と魂の二元論を前提に、魂や理性をもつヒトは文法をもつが、ヒト以外の動物は文法をもたず、いわんや魂や理性はないと考えてきた。デカルトはこの三段論法を『方法序説』第 5 章に書いたが、それはデカルト独自の考えというより西洋キリスト教世界の常識であり、デカルトをくつがえした検討もあらわれていない。

ヒトとサルとの差は、「毛が三本」多いだけという日本の思想のほうが、ヒトとヒト以外の動物の差がほとんどないゲノム解析の結果と整合性をもつ。しかし、毛が三本だけでは、言語の有無を説明できない。古代中国の思想家孟子は「人間が鳥や獣と違っている点は極めて僅かである。普通の人はこの貴重な僅かなものを棄ててしまい、君子といわれる程の人はこれを大事に心に保存する」という。(離婁・下・第 19 章)

筆者は、孟子のいうヒトと禽獣の差とは、デジタル符号とそれによって分節される無限の単語をもつことだと考える。言語を正しく使って終生学習と自己研鑽をつづけ、「学ぶサル」として生きていけば、生まれたときのわずかな差は、科学的文化的に深まり発展していく。「朝に道を聞かば夕に死すとも可なり」と論語にいうように、死ぬまで勉強を続けるのが人間の使命ではないだろうか。

2. デジタル言語学：音声言語のデジタル性

構造主義言語学者 A. マルチネは、音節の離散性と単語を文法で二重分節化するところに言語の特徴をもとめた。言語学者が提示した答のなかで、これがもっとも言語の特徴をとらえた科学的な答だと筆者は考える。

筆者自身は、ヒトとヒト以外の動物で、伝達に用いる符号語の数が 3 桁も 4 桁も桁違いに異なるのは何故かに興味をもった。もしヒトが洞窟居住していたことや、真社会性であることが、言語発達を導いたのであれば、ヒトと同じく真社会性で、晩成化

していて体毛が薄く、東アフリカの熱帯サヴァンナの、真っ暗な地下トンネル網の中で生息するハダカデバネズミは、音声コミュニケーションが発達しているはずだ。きっとハダカデバネズミの符号語数はチンパンジーより多くて200くらいあるだろうと予測した。

ところが、調べてみるとハダカデバネズミの音声コミュニケーションはたしかにきわめて発達しているのだが、符号語の数は有声・無声合わせて17しかない(2)。筆者の期待は半分裏切られた。音声通信を多用すれば自然に語彙が増えるというわけではないようだ。暗い洞窟居住や真社会性が語彙数の多さと無関係であるなら、いったいなぜ数桁もの桁違いの語彙数の差が生まれるのかと考えたとき、教育玩具のひらがな積み木が思い浮かんできて、この違いは音節という離散・有限符号を使用するところにあるのではないかと思いついた。

こうして筆者は、マルチネの指摘する音節の離散性、離散的音節による単語の分節化、文法による単語の二重分節化という地平にたどりついたのだ。

「カキ(柿, 火気, 花器, 垣)」、「カギ(鍵)」、「ガキ(餓鬼)」、「カッキ(活気)」、「カキキ」、「カキヨ(科挙)」など、一音がわずかに違うだけでまったく別の単語になることは「デジタル」ではないかと思ったのだが、どこにもデジタルの定義がみつからなかったため、デジタル言語学と題して、デジタルな言語の起源とメカニズムについて考えてきた。

ヒトの発声器官や聴覚器官の特徴、送信と受信の間に存在する精度の要求値の差(発声の正確さに比べて、聴覚の求める離散性の精度は低くなっている)、文法は脳や遺伝子に由来するのではなくデジタル符号の情報源と通信路の相乗効果によって生まれたことなど、他の研究者があまり論じていないことについて、情報理論の一般通信モデルをもとにした分析を手がかりに、デジタルという概念について試行錯誤で検討してきた(3)。その過程で、解析ツールであるシャノン情報理論やパブロフ条件反射学における犬の知能評価についても疑問に思ったことを報告した。

3. 記号と情報のための物理学：量子力学

5月の本研究会で筆者は、『記号的形態』である言語は記号学の一部であり、物理世界には属さないというカッシーラーの言葉を紹介した(4)。その際とくに評価を加えず、どちらかといえば敬意を表しつつ紹介したつもりだが、その後このカッシーラーの言葉は量子力学を見落としているのではないかと思なおした。言語や記号といった情報も物理現象をとまなうが、ヒトの五官で観測可能なニュートン力学の世界には属さないのだ。記号伝送や意味変換や記憶や想起は物理法則にしたがった現象であるが、五官で観察することのできない電子伝達現象、量子力学の世界に属すのだ。

1948年に行なった講演の冒頭で、フォン・ノイマンは、「自然界のシステムは非常に複雑であって、それらのシステムが表している問題を、さらにいくつかの部分に細分化する必要がある」とし、「基本単位(細胞)の構造および機能」は、「有機化学と物理化学のもっとも難解な問題に密接に関連しており、やがては量子力学の助けを大いに受けることになる」と予言的に述べている(5)。神経細胞のはたらきが電子伝達によるということは昨今の研究が示していることであるが、量子力学現象として議論している例は知らない。

情報理論の教科書で量子力学について触れているものもみたことがない。だが、情報処理の物理現象は量子力学によって説明できると考えるのは妥当であろう。コンピュータ・ネットワークのビットの処理、遺伝子情報システムにおける核酸の転写や翻訳、言語情報システムにおける音韻象徴の記憶喚起など、情報は量子レベルの作用によって処理され伝達されているのではないだろうか。

4. 量子力学現象として条件反射を考える

今回は、言語処理現象を、量子力学と数学という視点からとらえてみる。

マルチネは「牧場で草を食べている一匹の馬と、我々がそれを転写するとしたら[uma]のように書かれる、空気の振動の間に」ある連合は、「パブロフが犬において、視覚的に肉の存在をとらえることと、聴覚的に鈴の音をとらえることの間」に想定した連合と、多分、違わないであろう」と述べた(6)。

しかし条件反射とはいったいどのような生理現象であるのかと考えてみると、はなはだ心もとない。パブロフは、ベルやメトロノームの音などの人工的な視覚刺激である「条件刺激」を見せ・聞かせて、そのすぐあとで餌や毒物などの無条件刺激を犬の口の中に投入することによって、条件刺激が「反射」(食餌反射・防御反射)として涎という「効果」を生むことを「条件反射」と呼んだ(7)。

これは信号活動であり、「個体の生活の中に形成されたもので生まれつきの反応ではない。」パブロフはこれを、純粹に生理学的な現象と考え、「新しい神経の結合を形成させ、一定の神経の接続を発生させた」と説明する。つまり条件反射の形成とは、大脳皮質の感覚中枢から延髄を経由して唾液腺への直接的な常時神経結合だとする。

しかしほんとうに回路形成だけで条件反射は起きるのだろうか。筆者は昨年、パブロフが行なった実験結果とその解釈を読んで、条件反射は、「記憶と刺激の神経接続」ではなく、「感覚を記憶と照合して論理操作あるいは論理判断」によっておきると考えた。論理操作は、シナプス間の伝達をとまなう量子力学的現象ではないか。

条件刺激と無条件刺激を順に経験することによってあらたな神経回路が生まれると考えるところまではパブロフに異論はない。問題は、パブロフは犬に思考や感情や

欲望や記憶があると考えていなかったことであり、完全に機械と同じだと考えていたことだ。いったん条件反射が形成されると、刺激を与えた以上必ず涎が出なければならぬと思いついていたのだ。そのため涎が出なかった実験結果にたいして、「消去」、「外抑制」などの言葉を与えて、苦しい説明を強いられた。苦しい説明すらできなかったのが、「相互誘導」であり、筆者はそれを犬の記憶体系において条件刺激が相互に関係づけられた例として解釈を試みた(8)。

常時接続と考えるから刺激を与えて涎が出ないときに説明が必要となるのだ。条件づけを行なって回路が形成されるまでは神経細胞の解析的な生理現象であり、その後を受け取る条件刺激(として記憶した視聴覚刺激)は犬の意識にはたらきかけ、シナプス接続を経由して情報伝達が起きるから涎が出ると考えれば、おなかがいっぱいするときや、気が散っているときに、涎が出ないことも説明可能となる。

5. 神経細胞の量子作用

パロフの犬の連合が神経細胞の量子現象であるなら、言葉の音韻刺激と個人の記憶の連合も神経細胞内の電子伝達による量子現象であると考えてよいだろう。

免疫学者イエルネは、神経細胞は「外部からの刺激に対してオープンで、膨大な種類の信号に対して十分な対応を行い」、その自己組織化能力は二分法と二元論を示すとともに、信号を受信しかつ送信して自律的・自己創出的なネットワークを形成すると、予言的に述べている(9)。

「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。(略)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。(略)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。」(9)

それらの働きは以下のようにまとめられる。

- 1) 感覚器官を通じての信号の受信
- 2) 刺激の長期記憶(記録・保持)
- 3) 受信した刺激に照らして長期記憶を想起(再生・再認)
- 4) 受信した刺激と想起記憶を比較評価
- 5) 刺激・想起記憶入力をもとに行動を決定
- 6) 行動のための運動制御刺激を送信

時実利彦がつくった神経系ネットワークモデルを回線の両端においた二人の会話モデルと作成したので、この図中に 1)から 6)をあてはめてみる(10)。

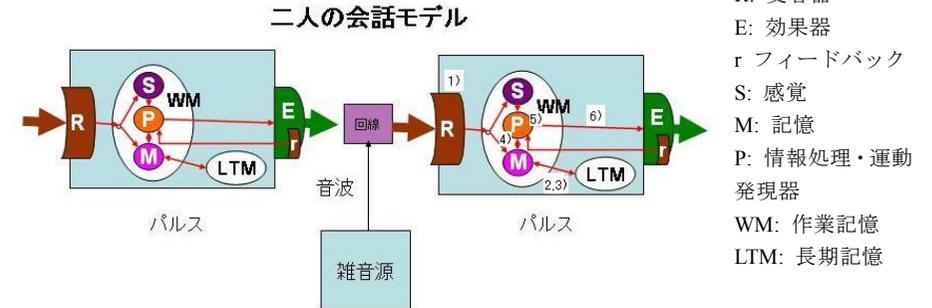


図 1 神経系の模型図にもとづく会話時の神経のはたらき
言葉の意味は記憶であり、LTM の共有なくして意味共有はない

6. 言語の数学と量子力学

以下では、回線上の数学と量子力学、さらに脳内でのそれぞれの神経作用を数学的・量子力学的に考えてみたい。

6.1 回線上の雑音と量子ゆらぎの統計的關係

ヒトの言語がヒト以外の動物と決定的にちがうのは、回線上でやりとりされるメッセージが、物理特性が相互に離散的で、有限個の論理記号である音節によって表現されているところにある。

記憶とむすびつく単語(概念語)が、単語の接続や修飾を指示する単語(規則・法則とむすびつく文法語)によって、時間軸上で一次元(直鎖)状の音韻列としてつむがれると、運動性言語野から発声器官運動制御のパルス信号が出され、発声器官から大気中に放出される。

大気中をつたわる音波が離散的であり、聴覚がそれを母語音素の痕跡記憶を活性化して能動的に聞き取るために、大気中にはさまざまな雑音があるにもかかわらず、音節はひとつの誤りもなく相手の耳に届く。このため発声は一回だけ行えばすむようになり、おかげで文法が生まれ、概念を文法で一次元状に二重分節化して送ることが可能となった。

音韻列は大気を振動させて伝搬し、聞き手の鼓膜を振動させて、中耳を経由し、可

聴周波数域に対応して片耳あたり1万5000個から2万4000個ある内耳有毛細胞が刺激されてパルスが生まれ、そのパルスがいくつかの神経核を経由して大脳皮質一次聴覚野におくられる(11)。一次聴覚野に隣接する聴覚性言語野(ウェルニック野)には母語音素に対応する痕跡記憶があり、それが能動的にはたらいいて聞こえてくる音がどの音節であるのかを判断し、運動性言語野で内言をあらたに産生する。

単語のつくり方は「組合せ理論」にもとづく「重複順列」である。二重分節化されたメッセージが回線上を伝搬するが、雑音は「熱力学」であるため、量子熱力学の法則にしたがって、「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。」(12)

母音と子音の音韻特性は、音節の伝える言語情報とは別の情報を含有する「韻律(プロソディー)」を伝える。音韻特性はそれぞれの言語共同体によって微妙に異なっており、仲間であることの証明、敵を知るためのツールとしても機能する。

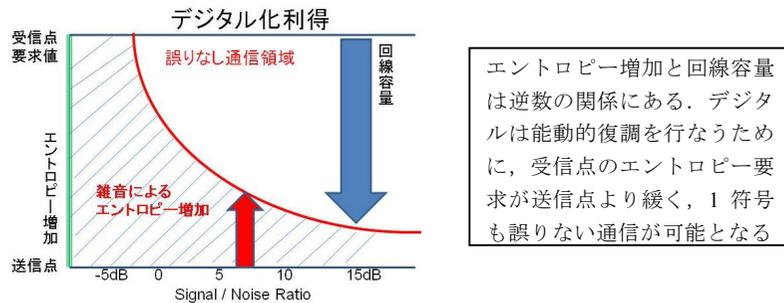


図2 回線雑音と信号強度は反比例の関係にある。雑音は量子ゆらぎを起こす。

6.2 音声入出力のための神経細胞への文法規則の組み込み

ヒトとヒト以外の動物の脳神経メカニズムにはほとんど違いはない。違いは、母語の離散的な音を間違いなく送信・受信できるための付加機能であり、(i) フォルマント周波数で共振する母音を発声するために、喉頭降下して呼吸を口から出せるようになった発声器官とその運動制御を行なう運動性言語野、(ii) 生後数ヶ月の間に聴覚言語野が獲得する母語音素痕跡記憶、そして(iii) チンパンジーより約4倍大きな脳である。

幼児と同じ二語文や三語文は、チンパンジーでも手話で使えることが確認されている(13)。ヒトが文法をらせる理由が明らかになれば、言語獲得装置(LAD)や文法遺伝子というもの存在しなくても言語は使えるということにならないだろうか。

問題は、文法とは何か明らかになっていないことにある。文法の定義がないのだ。以下では文法を定義し、ヒトが文法を使いこなしているのは、聴覚と発声器官運動制御の神経細胞に文法が組み込まれるからだという仮説を述べる。

6.2.1 文法とは意味接続・修飾のための短い符号語・音韻変化

文法とは、概念と概念、チャンク(二語・三語からなる意味の塊)とチャンクを接続し、修飾するための、短い音節の付加あるいは音韻変化である。概念語は個人の記憶とむすびつくが、文法語は共同体内で共有される規則の論理記憶とむすびつく。

接続詞、数詞、助詞、前置詞、助動詞、冠詞、代名詞、関係詞、疑問詞などが主な機能語であるが、動詞や形容詞の活用も文法の一部である。また、英語の動詞の三人称単数現在の「s」や日本語古語の「係り結び」のような、特殊な規則もある。

これまで文法の定義がなかったのは、種々雑多な文法に共通する特徴が認識されなかったからではないか。文法語の共通点は、(i) 音韻象徴が具体的な経験記憶とむすびつかないこと、(ii) 短いのはっきりと発音されるということである。

コイサン語では、内容語(概念)はクリックで始まるものが多いが、機能語(文法)は母音をとまなう音節で始まるものしかないという。はっきりとアクセントがあつて目立つ言葉や音韻変化によって、短いながらも存在を誇示するのが文法である(14)。

6.2.2 自己創出によって文法を論理回路に組み込んだ神経細胞

母語の文法は、どんなに複雑で難しいものでも、学校で習わなくても無意識で間違えずに使いこなすことができる。自分がどうい文法を使ったかを自覚してないことすらある。だからいざ文法だけ取り出して説明しようとしても、うまく他人に説明することはできず、母語文法の試験で間違えることがある。

どうしてこのようなことがおきるのだろうか。文法は、聴覚性言語野と運動性言語野の神経細胞に記憶として組み込まれるから、無意識に使えるのではないか。

子供ははじめ文法を使えず、一定の期間、二語文や三語文を使う。これは作業記憶(Working Memory)上に思い浮かんだ単語をそのまま並べるだけの文法と無縁の表現だ。

子どもは少しずつ文法に慣れていく。「習うより慣れろ」、「体で覚える」式に、そのときどきの状況や意思に合った文法規則を身につけていく。話し手の意思を反映する文法規則は、聴覚言語野や運動言語野の神経細胞に記憶されるから、無意識かつ自然に使えるようになるのではないか。

成人になって学んだ外国語であっても、日々それを使う環境にいれば、思ったことが自然に正しい文法で表現できるようになり、相手の話も文法を意識せずに正しく理解できるようになる。一定の時間をかけて話し聞き取る訓練をすれば、大人でも神経細胞に新たな文法を組み込めるのではないか。

回路の形成は解析学であり、意識のはたらきにもとづいて自在に発声器官の運動制御を行ったり、聞き取った音韻符号を意味へと変換するのは量子生理学といえよう。

6.3 長期記憶の入出力の符号化・復号化

脳内で記憶がどのような形式で保持されているのか、まだ解明されていないようだ。ヒトの脳容量はチンパンジーの4倍近くあり、記憶領域は十分拡張されている。これは生後一年間ほぼ寝たきりで過ごす「二次的晩成化」による(15)。

6.3.1 安定した追記型の記憶：DNA 二重螺旋構造か

1948年に行なわれたヒクソンシンポジウムで、マカロックの講演に対するコメントとして、フォン・ノイマンは以下のように語っている。

「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。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。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。

このような組織であると考えす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。」(16)

記憶は追記型(Write Once)で次々に書き込まれて、特定の保存領域で保持されている。安定した長期保存に適しているものとしては、DNAの二重螺旋構造が思いつく。視聴覚野近くの細胞核内で、視聴覚の長期記憶がDNA配列として記銘・保持されるのではないか。想起に際しては、RNAポリメラーゼがはたらいて、DNA二重螺旋に保持されている情報がmRNAとして転写され、なんらかの方法で一次聴覚野・視覚野の細胞に刺激を送る。

6.3.2 動画モードで再生可能：フーリエ変換・逆フーリエ変換

ペンフィールドは、脳腫瘍患者の開頭手術に際して、大脳皮質に直接電極をあて、そのとき患者が何を思い出すかを記録した。

「側頭葉には無数の神経細胞パターンがあり、記憶の記録となっている。電極は患者に過去の出来事の記憶など心理的経験をもたらす、患者は手術台でそれを説明できる。

こうして生み出される幻覚は、視覚か聴覚かその両方であるが、決して単音や静止画ではない。これらの心理的幻覚は、大脳皮質の聴覚野や視覚野を刺激したときに生

み出される視覚や聴覚の感覚経験とは著しく異なっており、秩序だっている。これは体験記憶であり、患者が聴いた歌の再生かもしれない。患者はそれを始まりからお終いまで『聴いている』のであって、一度に全部を聴くわけではない。患者にとっては正確な記憶というより夢のようなものにうつる。しかしこの夢には、なじみの場所が登場し、親しい人々が話しかつ行動する。このような幻覚、記憶、あるいは夢が、電極がそこに当てられている間中、ゆっくりと展開する。

刺激して反応のあった部位をマーク

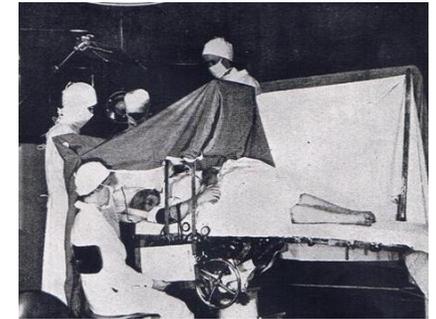
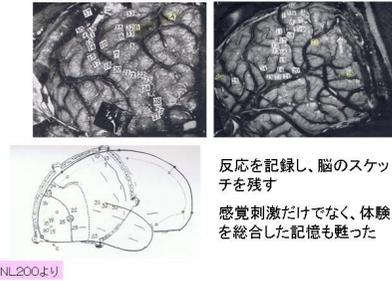


図3 ペンフィールドの行なった実験風景

これは驚くべき発見である。これによって心理現象は生理学となった。もし我々が記録を正しく読み取れるなら、心理研究においても重大な意味をもつだろう。(略)

明らかに電極の下部分には出来事の記憶を記録するメカニズムがある。しかしこのメカニズムは単純な出来事を記録する以上のことをしているようにみえる。活性化すると、元の経験に付随する感情も再生する。さらに、**神経節のメカニズムは、その出来事を思い出したときに感じる感情の記憶やその出来事の重大性に関する論理判断の内訳を、あらたにその記憶に付け足すのである。**

過去の出来事の記憶を思い出すときには、中枢神経システム内部の神経細胞メカニズムを作動させなければならない。回想において、記憶は片側の大脳半球で見える片眼失明的な像ではない。単一の感覚器官からの素材に限られているわけでもなく、むしろその逆である。(略)両半球に届く視覚刺激と聴覚・体性感覚がすべてひとつにまとまっている。それに加えて、原初の体験のときに個人が感じた感情や、その経験に関してその人が行った真か偽かの推論ももたらすことがある。

刺激によって生み出される記憶の場合も同じである。側頭葉には、**まちがいなくたくさんの神経節パターンがあるのだが、刺激が活性化するのはたったひとつのパターンだけであり、ひとつだけの回想が意識に提示される。**しかし記録は出来事の記録だけではない。その経験に関する個人の思考の内訳やそのときの感情も記録されている。

脳外科手術の最中に我々が遭遇し、おそらく2つの半球の対応する領域にも同じメカニズムがある神経メカニズムは、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、再生する機能をもつようである。(略)

この記憶パターンの再生は、両半球を通過するすべての神経刺激(つまりその出来事に関連するすべての神経刺激)の調整あるいは統合なしには、大脳皮質上で形成されえない。記録されているものは統合された全体なのである。」(17)

まるでビデオレコーダーで撮影したかのような記憶が患者の意識によみがえる。これはきっと画像や映像や音楽を記録するメカニズムがあるのだろう。記録は一次元構造をしていると考えられる。すると一次聴覚野で二次元に広がる周波数局在構造上の神経細胞の刺激を、フーリエ変換して一次元構造にして記録・保持し、想起するにあたっては一次元状の記録を逆フーリエ変換して周波数に戻す。視覚記憶についても、第一次視覚野の二次元構造を、フーリエ変換して一次元状の塩基配列にし、逆フーリエ変換で画像に戻しているのだろう。古い記憶が安定した状態で保持されるのは、音響や映像の記憶がDNAの二重螺旋構造を利用しているためではないか。

MRI画像の権威である中田力は、「記憶の天才」である元NHKアナウンサー杉山邦博氏が、「記憶のビデオ」動かしつつ、「ランダムに選択された過去の相撲の取り組み(たとえば、昭和50年春場所千秋楽結びの一番、など)を記憶だけで実況する」とき、「驚くほどはっきりとした賦活が一次視覚野とその近傍に現れる」ことを報告している。(18) これは記憶が一次視覚野の近く(あるいは内部)で符号化されて保持されていて、復号化されたあとは一次視覚野で再生されることを示唆する。

6.3.3 言語情報の長期記憶：音素記憶の参照テーブル

言語情報の記憶については、ペンフィールド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。

「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だしたり、個別の単語を思い出すということとはなかった。」(19)

これは、記録のある部位を刺激するだけでは言語記憶は復号化されないからではないか(20)。言語情報は第一次聴覚野で再生される形式とは別の符号を用いて記録・保持されているのだ。おそらくウェルニッケ野が符号化・復号化に関与している。つまり言語情報はウェルニッケ野の母語音素(音節)記憶を参照して長期記憶になり、想起されるにあたってそれを参照しないと音韻化されないのだ。ウェルニッケ失語の患者が、記憶している単語を正しく発音できないのもこのためであろう。

筆者は外国語の詩や文章を記憶し、記憶した語句を想起するときに、母語音素でし

か再生できないように感じている。これは外国語の言語情報も、母語音素を参照にして記録されているということはないか。

また、その言葉(名前)知っているという実感はあるのだが言葉にならないという状況は、記憶領域であるDNA二重螺旋構造はみつがっているが、転写できない状態かもしれない。

6.4 評価づけ：記憶のネットワークあるいはデータベース管理

パブロフの犬の実験は、経験した刺激と記憶を関係づける回路を構築する部分は解析的であり、できあがった回路上で行なわれる電子伝達は量子論的である。だがパブロフはこれを分析的にはとらえずに、全体をひとつの「条件反射」と呼んで、さまざまな実験を行なった。

そのなかで「分化抑制」と名づけられた実験(第7講)は、餌と結びついた条件刺激とよく似ているが微妙に物理特性の異なる刺激を与えて餌を与えない実験である。この場合、はじめのうち犬は似た刺激の区別がつかず、餌が出ると期待して涎を出す。だが、2種類の刺激を交互に与えて、一方は餌が出る、もう一方は餌が出ないようにすると、何回か繰り返すうちに、2つの刺激を見分け、聞き分けるようになることが報告されている。

たとえば、ある音と半音ずれた音の場合13回、同じ面積で同じ明るさの円と正方形の場合は11回で、片方は餌が出て、もう片方は餌が出ないということを犬は理解した。2つの刺激のわずかな差を犬が識別して、それぞれを別々の意味と結びつけたとき、犬はその刺激の記憶にその意味符号を付け足して記憶する。

この分化を前提として、今度は「相互誘導」と呼ばれる実験結果がある。相互誘導のなかで、「正の相互誘導」は、餌が出ないという刺激を与えて餌を与えず、その後すぐに餌が出るという刺激を与えると、餌が出るという刺激を単独で与えたときよりも涎が早くたくさん出るという現象であった。

「負の相互誘導」は、餌が出るという刺激を与えて餌を与え、餌が出ないという刺激を与えて餌を出す(記号の意味と異なる現象を与える)というものである。この場合は餌が出ないという刺激の後何度餌を出しても、涎は出なかった。

これらの相互誘導実験をパブロフは説明することができなかったが、筆者はこれは犬の長期記憶のなかで、2つの刺激がAと非Aとして相互に関連づけられて記憶されたためと考える。我々の意識も同じ仕組みでつくりあげられるのではないか。

記憶するときに「餌が出る」や「餌が出ない」といった付随情報(タグ)がつけられ、刺激を受け取るときにはそのタグをもとに判断が行なわれていると考えられる。それは「良い記憶」「悪い記憶」「ある」「ない」といった単純な識別子かもしれない。我々の感情の喜怒哀楽も同じようなメカニズムで生まれたと考えられる(21)。

負の相互誘導実験が示すのは、いったん「良い記憶」「ない」というタグが付与さ

れ、直前に「良い記憶」「ある」の正の刺激が正しく機能すると、たとえ負の刺激の後で何十回と餌が出て、刺激につけられた識別子をあらためるまでに至らない。いったん概念形成が行なわれて、それが多少とも体系化されると、体系に反する現実を見ても「きっと何かの間違いだ」とサラリと否定して、概念体系が現実に優先する。

神経細胞や免疫細胞は、「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」というが、このネットワークという言葉は、意味があるかないかというタグや概念相互の比較も含んでいるのだろう。記憶につけられたタグは、きわめて小さな分子で、それが意味をもつのは、タグと処理回路との間に生まれる量子作用のためと思われる。

6.5 行動決定と運動制御：迷わず行動する生命の量子論としての言語情報

生物の神経系において、感覚・記憶再生/再認・判断・行動制御などの情報処理が量子現象によって行なわれるのは、餌を手に入れ、敵から身を守るためにはできるだけ高速の処理が必要とされるからだ。

言葉も神経系で処理される情報であり、そもそもの目的は身を守る行動を生むためである。地震や津波は前触れもなく突然起きる。その時、生命や財産を守る行動指針をもっていて、それを思い出してそれに従って行動できれば、その言葉は情報である。東日本大震災のときに、言葉の力で命や財産を守った人たちのことが新聞にでていた。

(i) 「津波の時には沖に出ろ」港で大きな揺れを感じた瞬間、父の言葉を思い出した。漁師だった父は1933年の昭和三陸地震津波で船を沖に出して無事だったという。考えるよりも先に体が動いた。近くにあった自転車をこいで、200メートル先に停泊してあった「かつ丸」に飛び乗った。「自宅の妻も気になったけど、自分と船を助けるにはこれしかねえ、と。漁師には『船は命』だから」(毎日新聞2011年4月7日)

(ii) 釜石市教委は平成17年から防災教育に取り組んでいたが、翌年の千島列島沖地震の際には避難率は10%未満だった。このため子供たちに登下校時の避難計画を立てさせた。津波の脅威を学ぶための授業も増やし、年間5~10数時間をあてた。そして、「避難3原則」を徹底してたたき込んだ。(1)想定にとらわれない、(2)状況下において最善をつくす、(3)率先避難者になる。(略)(産経新聞2011年4月13日)

これらの事例では、亡父の言葉や防災教育のおかげで、「津波が来る」と思った瞬間、迷うことなく「父の言葉」にしたがって「考えるよりも先に体が動」き、釜石の子どもたちには「避難3原則」にしたがった行動が生まれた。もし父の言葉や防災教育がなかったら、同じ行動は生まれえなかったことは間違いない。

釜石市では、防災教育を始めた翌年の千島列島沖地震の際に避難率が低かったため、

授業時間を増やし、「避難3原則」を徹底した。言葉が反射的行動に結びつくためには、教育のほかに訓練も必要である。おかげで「津波が来る」と思った瞬間、「想定にとらわれるな・最善を尽くせ・率先しろ」という言葉に従った行動に切り替わった。子どもたちがそうなるためには、座学だけでは不十分だ。あらゆる事態を想定した訓練を行って、言葉が自動的に行動を生む回路を体にたたき込んだ結果、子どもたちは自力で安全なところに避難することができた。これらの例を読むと、言葉は予期不能な事態に対応するための知恵を伝えることがわかる。そして実際に、いざというときに、言葉がよみがえってきて、タイムリーに機能することが証明された。

歴史が実証した正しい行動規範が、言葉によって正しく次世代に伝えられ、何百年に一度の大災害が起きたとき、彼らの命や財産を守った。ここに情報としての言葉のあるべき姿が示されている。えりすぐった言語情報が子孫に伝えられれば、その言葉はいつの日か子孫の命を救うために想起され適切な行動を生むことになる。

7. おわりに：生命の論理にしたがって言葉を正しく使う必要

十分な検討とはいえない内容だが、情報の量子論という立場から、ヒトの言語システムを概観した。言語情報の伝搬する回線、言語情報の入出力デバイス、大容量長期記憶装置、記憶の評価タグ、緊急時生命保持情報のそれぞれにおいて、量子論的・数学的なメカニズムに焦点をあてようとした筆者の試みが、わずかなりとも意味あるものを生んだとしたら、幸いである。また、もし不十分なところがあれば、それについてさらなる検討をおこなってみたいので、どうかご指摘いただきたい。

情報処理装置が個人の経験した記憶に評価タグをつけること、入出力デバイスの神経細胞が文法に習熟することが確かめられれば、それぞれ言語習得・外国語習得のコツになるだろう。語彙を増やすには言葉に対応する具体的な経験を積むことであり、文法は「習うより慣れる」で、口や耳を動かして多く話し多く聞くことが重要である。

言語情報システムが、生命体が生存のための情報処理を行なう神経系システムに、言語という離散信号によってできあがった音韻象徴(シンボル)を代入することによってできあがったシステムであることは重要である。

ヒトの判断能力に特段すぐれた特徴はなく、ヒト以外の動物と同じであるばかりか、アメーバやゾウリムシなど単細胞生物のもつ判断力とまったく同じである。むしろ文明の中で判断力は鈍り狂っている。正しい判断をしたければ、禿ぎや清め、酒断ち、齋戒沐浴、自然の中での滝行や回峰行などが有効である。記号でしかない言語表現に惑わされるのではなく、言葉以前にある世界を全身で感じ取ることが必要だ。

人間の崇高さは、音節という離散信号によって、無限の造語力を獲得し、思考や演

算の結果にあらたな言葉を割りふって、思考回路に再投入できること、それを何度も繰り返すことで、五官で感じられない抽象的科学概念までも獲得できるところにある。

文法はヒトに固有の遺伝子や脳進化の結果ではなく、離散信号が無限の符号語をつくれて、個々の符号語や音韻に固有の意味を与えることと、それらを運動性言語野・聴覚性言語野の神経細胞が記憶回路に組み込んだことによって生まれたのだ。

ヒトは、ひとつひとつの経験や観察を大切に、言葉の意味を数学的・論理的に正しく構築してかなければならぬ。思考・演算の結果である言葉をさらに思考回路に代入していけば、より高次元の複雑で抽象的な科学概念を駆使できる。そのとき、その人は真の概念を使いこなす真の人間として生きていくことができる。

しかし、もし手続きを省いてごまかしたり、自分で考えることを放棄して概念を盲目的に信じると、概念体系を正しく構築できなくなり、言葉を正しく使えなくなる。結果的に自然に反する迷惑な存在になるが、それが現代文明の姿ではないか。

東日本大震災で証明されたことは、未経験の災害に対しても、正しい言葉を受け継げば、他者の知恵を自分の知恵として生かせるということである。しかし自分が受け取る言葉が正しいかどうかを判断するのは、実はきわめて困難である。

親が子に伝える真心の言葉や死地を生き延びてきた人間の正直な言葉は、強く輝いていて、疑う余地のない言葉であることが多い。人類が文字を獲得してから6000年だが、この間に文字情報として残された大切な言葉を探し出して吟味して、必要に応じて誤り訂正を施してから、自分の知恵として受け容れることができれば、人類はさらなる進化をとげるだろう。

一方、昨今はコンピュータ・ネットワークによってさまざまな言葉に接することができるようになり、人類の知的遺産がネットワーク化した。これは大変な進歩であるが、一方で何が本当で何が嘘かを見分けることが非常にむずかしい。また、デカルトの『方法序説』のように、明らかに間違った議論がいまだにその誤りを正されないまままで放置されているのは、危険なことである。

どうすれば正しい知的遺産に出会うことができ、どうすればその言葉を正しく理解して自分の知恵にできるのかを、人類はもっと考えなければならない。

分子生物学者のジャコブは、最晩年に上梓した本の結論に、「ものの名前を正しくせよ」という孔子の正名論を紹介している(22)。またフォン・ノイマンは、学問が現実との緊張を失ったときの「唯一の治療法は、若返るために再び起源に戻ることだ。多かれ少なかれ、直接的で経験的な発想を再注入するのだ。これが学問の新鮮さと活性を保つ必要条件であり、未来においても同じだと私は信じる」と述べている(23)。

デジタル言語の学際的な解析を通じて、人間とは何者か、言語とは何か、言葉の意味はどのようなメカニズムであるのかといったことが、ようやく解明されつつある。今こそ我々は、あるがままの世界を直視し、野生動物の生存本能だけがもつ善悪の判

断力を活性化して、言葉を正しく使い、「学ぶサル」として生きるべきではないか。

参考文献

- 1) 言語学事典：現代言語学：基本概念 51 章 / A.マルチネ編著；伊東英 ほか 1972.6 東京：大修館書店 pp179-180
- 2) W.J. Pepper, S.H. Braude, E.A. Lacey, P.W. Sherman. "Vocalization of the Naked Mole-Rat" in R.D. Alexander et al (1991) "The Biology of the Naked Mole-Rat", Princeton Univ.
- 3) 得丸写真測量とリモセン 48:1 pp41-44; 48:4 pp242-245 2009, 49:4 pp274-277, 2010, 情処学会全国 71:5H-7, 73:1B-3, 情処研究会 BIO19-48, SLP79-41, NL195-4, SLP81-11, MUS-87-7, CH-88-6, SLP-83-2, NL-200-1, NL201-SLP86-17, 信学技報 2009:TL-28, TL-40, SP-169, 2010:LOIS-8, TL-10, AI-1, MVE-39, IT-23, DE-14, TL-24, HCS-32, TL-35, TL-46, IBISML-60, IA-64, IA-77, SP-93, SP-120, COMP-47, PRMU-240, PRMU-241, 2011:ISEC-4, LOIS-8, AI-11, IBISML-2, MVE-30, IT-33, IT-34, OME-52 人工知能学会研究会 KBS-A904-10, KBS-B001-06, Sig-IC-0501, Latent Dynamics 02-08
- 4) E.A. Cassirer, Structuralism in Modern Linguistics, Word 1:1945, pp99-120
- 5) J. von Neumann, 「人工頭脳と自己増殖」, 『世界の名著 66 現代の科学 2』中央公論新社 1970 所収 The General and Logical Theory of Automata, Lecture at Hixon Symposium 1948
- 6) A. マルチネ 共時言語学 白水社 1977
- 7) I.P. パブロフ(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
- 8) 得丸 信学技報 2010:DE-14
- 9) N.K. Jerne, Toward a Network Theory of Immune System, Ann Immunol (Paris) 1974; 125C (1-2):373-89
- 10) 時夷利彦 人間であること, 岩波新書, 1970, p17
- 11) P. Glees, The Human Brain, 1988 Cambridge Univ. Press.
- 12) J. von Neumann, Natural and Artificial Automata, in Papers of John von Neumann on computing and computer theory, ed. by W. Aspray and A. Burks MIT Press, 1987
- 13) H.S. テラス(1979), ニム 手話で語るチンパンジー, 中野尚彦訳, 思索社 1986
- 14) E.O.J. Westphal, (1971), The click languages of Southern and Eastern Africa, in Sebeok, T.A., Current trends in Linguistics, Vol. 7: Linguistics in Sub-Saharan Africa, Berlin: Mouton
- 15) R.D. Martin, (1990) Primate origins and evolution: a phylogenetic reconstruction Princeton Univ. Pr
- 16) Cerebral mechanisms in behavior : the Hixon symposium / Edited by L. A. Jeffress c1951
- 17) W. Penfield, T. Rasmussen The cerebral cortex of man : a clinical study of localization of function, New York, Macmillan, 1952
- 18) 中田力 脳の方程式+ α , 紀伊国屋書店, 東京 2002 年
- 19) Penfield, W., Jasper, H. Epilepsy and the functional anatomy of the human brain, Boston Little 1954
- 20) 得丸 デジタルな言語記憶に関する仮説 情処研究会 NL-200, 2011.1
- 21) 得丸 自然言語の論理と感情 信学技報 TL2010-35, NLC2010-14
- 22) F. Jacob ハエ, マウス, ヒト 生物学者による未来への証言, みすず書房 2000
- 23) von Neumann, J. The Mathematician, in "the Works of the Mind", 1947 Univ. of Chicago Press