

脳室内免疫細胞ネットワークによる認知モデリング

Immune Cell Networks inside the Ventricle for Cognitive Modeling

得丸 久文

Kumon Tokumaru

独立研究者

Independent Researcher

tokumaru@pp.ij4u.or.jp

概要

言語処理や複雑概念の認知モデリングについては、脳内における細胞・分子レベルの説明がない。本稿は脳脊髄液中を浮遊するBリンパ球、脳脊髄液接触ニューロン、マイクログリアによる脳室内免疫細胞ネットワークによる認知モデリングを提案する。これは哺乳類の条件反射の認知モデルであり、免疫細胞の内部論理が1対1の反射から1対全の群や全対全のネットワークに進化することで概念や複雑概念もモデル化できる。

キーワード：デジタル言語学、血液脳関門、Bリンパ球、免疫ネットワーク、概念、人類共有知

1. 精神機能の脳室内局在説

ヘレニズム時代から18世紀終わりころまで、精神機能は脳室にあると信じられていた。はじめはヘレニズム時代にアレキサンドリアで医学校を設立したとされるヘロフィロス(BC335-269)で、彼は奴隷や死刑囚を対象に生体解剖を行ったといわれている。残念ながら彼の書いたものは残っていない。

ヘロフィロスより450年後に生まれたガレノス(129-216?)は、古代図書館で有名なペルガモン出身の貴族で解剖医であり、ローマ皇帝にも仕えた。ガレノスは192年のローマの大火で蔵書や自著を焼失した経験に学び、意識的に著作が後世に残るよう配慮した。おかげで、彼の著作は西洋医学の古典として現代に伝わっている。

ガレノスは、「脳は理性・自発運動・感覚の源で、脳を起源とする神経系を通じて全身と連絡し、神経は動脈・鼻・口から直接四つの脳室に蓄えられた独自のブネウマの供給を受けている。(ガレノスは灰白質ではなく、空洞の脳室が脳の機能の源だと考えた。)脳の極微細な動物精気は神経を通じて全身に分配され、感覚と運動を可能にする。」[1](P168)

「ガレノスは肉体的な疾患と精神的な疾患を明確に区別していない。・・・医師という立場上は、霊魂は身体の部分として扱うことが可能だとガレノスは考えていた。意識の座である理性的霊魂は脳脊髄液の中に収まり(おそらく脳脊髄液そのものである)、ブネウマは脳室の中に含まれていた。」[1](P267)

ガレノスは脳や脊髄を解剖して観察した結果を踏まえていて、それは現代医学が論ずるところと一致する。

「おそらく、この空洞部(脳室)にあるブネウマは、空洞部で終わる静脈管からもわずかに生成されるのだが、大部分の最も重要なブネウマを供給するのは、脳の基底に位置する漁網状の網状組織における動脈管であり、これら動脈管は心臓から上方へと運ばれてくる。」

[2] 現代医学用語でこの網状組織は脈絡叢である。おそらくヘロフィロスもガレノスも、血液が太い脈絡叢動脈で脳に送り込まれ、脈絡叢でろ過されて透明な脳脊髄液が脳室を満たすところを目にしていたであろう。ガレノスは、彼が霊魂と呼ぶ、脳脊髄液の中で意識を司るものの正体を観察できていなかった。おそらくそれはBリンパ球である。

2. 大脳皮質処理説の怪しさ

今日、ヒトの大脳皮質は大きいのでそこに知恵や知識が詰まっていると考えるのが常識だ。

大脳皮質の表面を区画に分けた脳地図のうちでいちばん有名なのは、ブロードマンという解剖学者が1909年に作成したものだが、ブロードマンは、脳地図を描き終えるとすぐに死んで、脳地図は、英国のGRAY'S ATLAS OF ANATOMY (グレイの解剖地図)によって世界に広まった。ヘンリー・グレイ(1827-1861)は1858年に解剖図の本を出版して3年後に天然痘で亡くなり、著作権は出版社が買い取った。死んでこの世にいない著者の脳地図を、死んでこの世にいない解剖医の名を冠する書籍が世界に広めたわけだが、この行為は誰の責任で行われたのか。[3] 大いに疑問である。

そして大脳皮質で言語処理する分子レベルの仮説は存在しない。逆に、大脳皮質に言語記憶がないと思わせる実験や観察がある。

3. 大脳皮質に電極で刺激を与えた実験

脳外科医のペンフィールドは、カナダのマギル大学

で1934年から30年にわたって、脳腫瘍性てんかん患者の腫瘍切除手術を行った。その際、局部麻酔状態にある患者の大脳皮質の各所に微弱な電圧(0.5~5V)で短いパルス刺激(1ms)を1分間に数十回発する電極を当てて、患者の反応や証言を記録している。「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。」

「だが、患者は1) 記憶された出来事・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すが、「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はなかった。」と報告している。[4]

4. 大脳皮質を切除しても条件反射は復活

パブロフは条件反射実験で、イヌの大脳皮質を切除した。これは「大脳半球のない犬をとってみると、このような刺激に対して決して唾液は出てこない」ことを実証する実験だった。ところが結果は予想外で「手術が大脳半球のどの点であろうと、手術後普通無差別に条件反射はみな消失する。消失期間はさまざまで一日から数週間、時には数カ月に及んだ。」つまり大脳皮質を失った犬の条件反射は回復した。条件反射は、学習によって反射を構築する実験である。それが大脳皮質で処理されないなら、言語も同じだろう。[5][6]

するとやはりヘロフィロスやガレノスが唱えた精神機能の脳室内局在説が正しいのではないかと思えてくる。

5. 脊椎動物がもつ脳室と脳脊髄液

脊椎動物は、5億6000万年前の大量絶滅期の後のカンブリア大爆発で、単細胞生物から多細胞生物になり、体の中枢に脳と脳室を構築し、脳脊髄液、神経細胞、B/Tリンパ球を獲得した。

「脳を含む中枢神経系は中空性の神経管から形成される。神経管の中腔は閉塞されることなく、発生が進むにつれて、形が変化する。神経管の先端部に膨張部が形成され、これが脳となり、中腔の部分が脳室になる。脳室は脊椎動物の脳に特徴的な構造である。原索動物であるホヤの幼生やナメクジウオでも

脳室といえるような中腔が存在する。脊椎動物の脳では、大脳半球(終脳と間脳)の左右一対の側脳室、間脳の間に形成される第三脳室と、小脳腹側に形成される第四脳室がある。側脳室は左右の室間孔によって第三脳室とつながり、第三脳室は中脳水道により第四脳室とつながっている。第四脳室の尾側は狭くなって、延髄の中心管に続いている。」[7]

この脳室のなかを、脳脊髄液が、脳の内側から外側に向けて一方通行で流れている。脳脊髄液は、四つの脳室にそれぞれある脈絡叢で作られる弱アルカリ性の透明な水溶液である。脳室の容積はおよそ150~160mlであり、脈絡叢で生み出す脳脊髄液の量は一日あたり500~600mlであるので、ヒトの脳内では一日に3~4回、脳脊髄液が入れ替わる。

脳脊髄液は「脳室を満たし、中枢神経系を循環し、最終的には第四脳室の菱脳正中口と菱脳外側口よりクモ膜下腔に達し、静脈系統で吸収される。このように脳脊髄液も体全体を循環する血液やリンパ液と同様に中枢神経系を循環し、脳や脊髄といった複雑かつ生体において最も重要である組織の一つでもある中枢神経系を取り囲み、外部環境を恒常的に維持している。このために脳脊髄液は血液脳関門と呼ばれる障壁機能によって、一定範囲に維持されている。つまり、第三の循環系である。」[7]

血液やリンパ液の循環系は、代謝や生体防衛のための重要な任務に服している。脳の中を流れる第三の循環系は、脳内記憶と感覚入力 of 相互作用を司る精神活動に服しているのではないだろうか。

太い脈絡叢動脈から酸素を豊富に含んだ血液が脳に送り込まれてる過されて生まれる、脳脊髄液は毎日3~4回入れ替わって、常に新鮮である。しかし意識や記憶が入れ替わらないよう血液脳関門と呼ばれる障壁において、大きな分子が脳室を出入りするのを制限している。血液脳関門は血液中からの物質の移行を厳密に制限していると同時に、クモ膜顆粒などから脳脊髄液が静脈系統に吸収される際も、排出の制御をしていると考えられているが、詳細はまだ解明されていない。

こうして脳室内は、細胞や分子の出入りが厳しく管理され、酸素が豊富で清潔なクリーンルームを構成している。お酒や薬を飲むと眠くなるのは、クリーン度が低下するためだ。運動をするとよいアイデアがわくのは、脳脊髄液が循環して細胞を活性化し、細胞間で新たなネットワーク(ひらめき)が生まれる

ためだ。

6. リンパ球はモバイル・ニューロン

イェルネは1984年のノーベル講演「免疫システムの生成文法」の中で、Bリンパ球が言語処理を司るのに必要な能力をすべて持ち合わせていて、語彙数も1000万語以上対応できると述べている。[8]

1984年当時まだ脳脊髄液中にリンパ球が存在しているとは思われていなかったため、彼は「リンパ球は体内で脳以外のほとんど細胞の間を、血液とリンパ液内で移動し、脾臓・リンパ節・盲腸・胸腺・骨髄内に集中する。だが奇妙なことにリンパ球は脳からは排除されているようだ。」と語った。しかし今日、脳脊髄液中にリンパ球が存在することは明らかになっている。

血液脳関門があるために、これまでこの領域には、大きな細胞は存在しないと思われていた。ところが今日、血液中より2桁ほど少ないがリンパ球が存在していることが知られている。リンパ球が学習した言葉の記憶を司るとすると、学習の多寡によってリンパ球の数に個人差があると考えられる。

多くの研究者は、免疫細胞だから脳室内で免疫パトロールをしているととらえているが、筆者は血液脳関門で保護された脳室という低雑音環境で、神経免疫相互作用を生み、条件反射や言語処理に携っていると考える。

イェルネは「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。」「どちらのシステムも二分法と二元論を示す。」という。[9]二分法は、Aであるかないかを二分し、いわゆるパターン認識を司る。新たな言葉や記号に対応する受容体が生まれると、思考が可能となる。二元論は、接続、比較、統合など二つのものを結びつける論理である。知能はこの二つの論理を組み合わせることで構築される。

「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。」[9]つまり神経細胞と免疫細胞はまったく同じ能力をもつ。

違いは細胞の数とネットワークの手法である。「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。

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。」[9]

おそらくリンパ球は、脳室内の脳脊髄液中で、自由にモバイルネットワークして、ダイナミックな神経・免疫相互作用を生みだすべく神経細胞が進化して生まれた。後に脳室を出て、病原体の駆除を司る免疫活動に携わるようになったのではないか。つまり免疫は副業で、モバイル・ニューロンとして神経免疫相互作用に携わるのが本来業務である。

脳室内免疫細胞ネットワーク
(免疫細胞は5億年前にモバイル化したニューロン)

細胞	役割	能動/受動	NW端末	場所	移動性
ヘルパーT細胞	監督・指示	能動		CSF内	移動
B細胞	記号・概念	受動/能動	抗体/抗原	CSF内	移動
脳脊髄液接触ニューロン(CSF-cN)	刺激受容・伝達	賦活	抗原	脳室壁	固定
マイクログリア	五官記憶	受動	抗原	大脳皮質	固定

ヘルパーT細胞のおかげで特異的結合する抗原と抗体が同時に別の細胞上で産生する

表1 脳室内免疫細胞ネットワーク

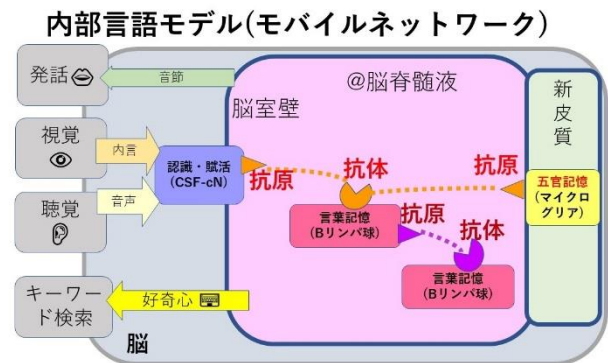


図1 内部言語モデル

7. 言語記憶を司るBリンパ球がもつ能力

Bリンパ球は以下の特徴をもつ。[8]

- 1) 特異的結合する抗体をもつ

抗原と抗体は鍵と鍵穴の関係で結合する。

2) 相互認識し記憶を形成する

抗体は相互に認識し、認識されることで、記憶を形成してネットワークを構成する。

3) 抗体が他の抗体とネットワークする

抗体の一部は抗原として機能し、他の抗体とネットワークする。このおかげで言葉と言葉のネットワークが可能となる。

4) 自己完結性

B リンパ球を適当な組織培養液中に入れて抗原を加えると、リンパ球は自力で特異性をもった抗体分子をつくりだす。

5) Digital(D)/Analog(A), A/D 変換機能

B リンパ球は遺伝子のなかに MHC(Major Histocompatibility Complex)領域をもち、複雑な抗体をつくりだすための DNA 配列をモジュール化してもつ。このモジュールを組合わせて、抗体の抗原結合領域(Fab)のアナログ形状を生みだす。つまり DNA 配列をタンパク質三次元構造に変換する能力をもつ。

また抗体は見知らぬ抗原と接触してアナログな形状をデジタルなペプチド配列に置き換える A/D 変換機能ももつ。三次元構造を一次元化できる。

6) 初見の抗原と特異的結合する抗体を生みだす

B リンパ球はこれまで一度も出会ったことのない分子に対しても特異的に結合する抗体を産生できる。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。はじめは形状が近いもので対応し(免疫一次応答)、それから体細胞超変異状態を生みだして試行錯誤をくり返し、より精密に結合する抗体を生みだす。(免疫二次応答)

8. 大脳皮質上で五官記憶を保持する細胞

リンパ球には T リンパ球(T 細胞)と B リンパ球(B 細胞)の 2 種類あるが、B 細胞だけが抗体分子を表現し、分泌する。B 細胞は抗体言語を表現したいという一途な願いをもっていて、それを促進あるいは抑制するのが T 細胞の役割である。

B 細胞の抗体が、脳室内でネットワークする相手は 2 種類あり、ともに抗原を提示する。

ひとつは大脳皮質表面にある灰白色のマイクログリア細胞で、これは免疫細胞マクロファージである。マクロファージは病原菌を貪食して、膜表面に抗原

を提示する能力をもつ。マイクログリアは、海馬で五官の記憶を核内の DNA 配列として記録し、膜表面に記号の視覚形状や音韻波形を抗原として提示する。

パブロフは、条件反射を構築するには、まず条件刺激(記号)を与え、その後に無条件刺激(餌や毒)を与えなければならないという。これは五官記憶を記録する際に、抗原も提示するためではないか。[5]

この膜上の抗原は、言葉の記号を司る B 細胞の抗体と特異的に(鍵と鍵穴の関係で)結合する。別々の細胞が特異的に結合する抗原と抗体を同時に産生するためには、T 細胞が連絡・調整役をつとめ、簡単な連絡によって抗原と抗体を生みだせるよう、それぞれの細胞の MHC 領域に多様なペプチド配列をモジュール化して DNA 領域にもっているのだろう。

おそらくこのモジュールは、母語の音素と対応していて、言葉の音韻波形を容易に三次元化できるようになっている。だから外国語の音素であっても母語音素として三次元化。たとえば、バルカン(Balkan)半島とバルカン(Vulcan)砲で音素が違うという認識を我々はもたない。イェルムスレウ(Hjelmstev)のように日本語音素に対応しにくい名前は覚えにくい。

筆者の経験では、日本語の平坦なアクセントで「パキスタン」といったとき、「竹下」さんが自分の名前を呼ばれたと反応したことがある。抗原は言葉の音韻刺激の波形を模しているのではないか。また、「若崎(ワカサキ)」さんと「友保(トモヤス)」さんの名前が覚えにくく苦労したが、これはカワとワカ、トモとモトが同じペプチドモジュールを使用していて、「川崎(カワサキ)」、「元安(モトヤス)」にカワ、モトのモジュールを使用していたために、特別製モジュールが必要とされた可能性がある。

マイクログリアは自分の細胞膜表面上の抗原を認識できない。特異的に結合する B 細胞の抗体に認識されることで、「ああこの名前だった」とわかる。街中で旧友にばったり出会ったとき、顔にはなじみがあり、いつの時代の友人か、どんな思い出があるかは思い出せるのに、名前だけどうしても出てこないのはこのためだ。そして正しい名前を耳にすると、「そうだった」と思う。

9. 記号入力で記憶を賦活する細胞

もうひとつは、目や耳への入力をいち早く脳室に伝える役目をもつ脳脊髄液接触ニューロン

(CSF-cN)である。[10] CSF-cN は神経細胞だが、視床下部や脳幹網様体など脳室壁に、抗原を提示する。目や耳に記号刺激が入ると、脳室壁の抗原が賦活され、脳脊髄液を介してBリンパ球の抗体を賦活する。

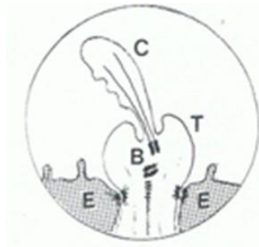


図2 CSF-cNの抗原末端と繊毛[10]

C: 繊毛, T: 末端, B: 基底, E: 上衣細胞

CSF-cNの抗原は先端に運動タンパクでできた繊毛をもつ。この繊毛が記号の運動ベクトルを表示すると思われる。ヒトが母語を片耳で聴き取るのは、文法語の音韻ベクトルをこの繊毛に伝えるからだと思われる。[11]

10. 仮説を裏づける失語症の症例

脳室内のBリンパ球が言語を司るとする仮説を裏づける症例がある。水頭症患者の脳脊髄液をドレーン管によって抜くと、患者に失語症や認知症の症状が現れるのだ。

水頭症とは脳室に脳脊髄液が過剰に溜まってしまったために脳が圧迫され、さまざまな症状を引き起こしてしまう疾患である。原因が明らかでないものを「特発性正常圧水頭症」と呼ぶ。水頭症を薬で治すことはまだできないため、脳脊髄液を抜く管を身体に埋め込む手術によって脳の機能を回復させる。この管をシャントという。

作業療法士をしている筆者の友人から、シャント術を施した患者のなかに、術後に失語症(失読症を含む)が進行した事例があると報告を受けた。ところが水頭症を特集している医学書院の「脳神経外科」(Vol.50 No.2, 2022年)は、シャント術を紹介するものの、それが失語症を生み出すことには触れていない。念のため数人の医学関係者に問い合わせたところ「シャント術後の失語症やもの忘れなどの症状は、一定程度みられる」ことを教えてもらった。

シャント術後に失語症が起きる原因はわかっていない。筆者は、脳脊髄液中で言語の記憶を司るBリンパ球が流れ出て失われるためだと考える。

11. 免疫細胞による認知モデリング

6~9で紹介した3種類の細胞によって、ヒトの複

雑な認知メカニズムが細胞分子レベルで認知モデル化できる。以下では、条件反射、文字と識字、五官記憶からなる群(生活概念)、思考記憶の群(科学概念)、電子化とネットワーク論理、真筆を確認する通信路誤り訂正、著者と一体化する情報源誤り訂正、人類と言語のデジタル性について考える。

12. CM1: 条件反射の脳内処理メカニズム

哺乳類であるヒトが生得的にもつのは、パブロフの実験した条件反射である。これは脊椎動物が本能としてもつ記号記憶を、後天的に学習するものだ。

音や形の記号(Sign (S)), パブロフは条件刺激と呼ぶ)と、餌や毒性物質である意味(Meaning (M)), パブロフは無条件刺激と呼ぶ)を与えると、① Sの形状や波形を模した抗原が脳室壁に提示するCSF-cN, ② その抗原と特異的に結合する抗体を細胞膜表面上にもつB細胞, ③ Mの五官記憶を核内に記録し、細胞膜上にSの抗原を示すマイクログリア細胞の3種類の細胞が成熟する。これが条件反射の構築である。

条件反射が構築されると、Sが提示されるだけで、犬は涎(パブロフは効果と呼ぶ)を出すようになる。SがMの記憶を想起させるためだ。

さてパブロフは、条件反射は、大脳皮質感覚野から運動野にシナプス接続が形成されて生まれると考えていた。ところが第7講の「分化抑制」や第11講の「相互誘導」のように、シナプス接続ではどうしても説明できない現象に遭遇していた。

分化抑制は、まずある刺激(たとえばメトロノーム90回/分)で餌を出して条件反射を構築する。その後、よく似た刺激(たとえばメトロノーム100回/分)で餌を出さない。すると餌の出ない刺激に対して、はじめは半分くらい涎が出るのだが、その後餌が出る刺激に対するのと同量の涎が出る時期があって、最終的に涎が出なくなる。パブロフはこの現象を説明できず、読者が謎に気づかぬようサラリと書き記した。涎の量が「50%→100%→0」といったん増えてからゼロになることは不思議であると。

免疫ネットワーク仮説は、この不思議を説明できる。まず「類似の刺激S'」に対してちょっと疑問をもちつつ「50%」の涎が出る。ところがその刺激は餌を伴わない(M')ことがわかり、「S→M」を改造して「S'→M'」の反射回路を産生することになる。まずS'に最適化した抗原(CSF-cN)と抗体(B細胞)を生

みだす。このとき一時的に $S' \rightarrow M$ の回路が存在するため S' に対して涎が 100% 出る。次いで M' の記憶を記録して、 S' の抗原を提示するマイクログリアを産生すると、 S' の入力に対して涎は「0」になる。

相互誘導は、分化抑制でつくられた S と S' を交互に組み合わせて行う実験である。

正の相互誘導は、 $S' \rightarrow M' \rightarrow S \rightarrow M$ の順で行う。すると S に対していつもより早くたくさん涎が出た。シナプス接続だと、2 つの記号が相互にネットワークするメカニズムを説明できない。

免疫ネットワーク仮説なら、 S' と S に対応する 2 種の B リンパ球が刺激しあうか、あるいは S' によって S の抗体をもつ B リンパ球も刺激を受けるためと説明できる。

負の相互誘導実験は、 $S(M) \rightarrow S'(M)$ という順で S' の記号の意味を M' から M に書き換えようとするものだったが、このサイクルを何度繰り返しても S' の後に涎が出ず、なかには気が狂った犬も出た。記号単独のときは、餌の出ない刺激に対して途中から餌を出すようにすると涎が出るようになるのだが、二つの記号を続けて使うと書き換えがおきないのだ。

免疫ネットワーク仮説だと、 $S(M)$ が与えられるたびに、 $S'(M)$ の記号を司る B リンパ球が賦活されて本来の意味を確認するためだと説明できる。

記号(言葉の音韻刺激)と意味(五官記憶)を結合する条件反射は、脊椎動物が生得的にもつ If A then B の**反射の論理**を用いる。これがヒトの言語処理の基本である。ある言葉の刺激は、その言葉ともしっかりと密接につながる記憶をひとつ思い起こさせる。

13. CM2 : 文字と識字

識字の研究はあまり先行研究がなく、文字列を脳内で音韻刺激に変換するメカニズムはまだモデル化されていない。そのため水頭症シャント術後に、失読症も進行したという報告はきわめて貴重である。言葉(Word: W)を司る B リンパ球は、五官記憶(M)とネットワークするだけでなく、文字列の視覚記憶(Text: T)ともネットワークして記憶を保持するのではないか。すると言葉を司る B リンパ球なくして、識字もないということになる。たまたま文字列を音韻化できたとしても、意味は生まれない。

子供に本を読みなさいといっても、あらかじめ脳内に十分な語彙がなければ、いくら振り仮名があっ

ても、本に書いてある内容が脳内で意味を生まない。小さいころの読み聞かせが重要だということになる。

大人の場合も同じである。まず様々な言葉の記憶を脳内に構築しておかなければ、本を読んでも読みこなせない。本を読んで知らない言葉に出会ったら、その都度、調べて、意味を確認しなければならない。**語彙なくして識字なし。語彙が学習の基本**である。

かつて日本では「論語」の素読が行われていたが、意味がわからなくても、声に出して読むことで意味の受け皿としての語彙が生まれていた。素読は教養を高めるうえで有意義だったのではないか。

文字は今から 5 千年前にメソポタミア地方で発明され、その後ナイル河デルタ、インダス河平原、黄河デルタでも文字が生まれ、古代文明が栄えた。四大文明の生まれた土地は、ゴンドワナ大陸とユーラシア大陸が衝突した際に海だったところを土砂が堆積して生まれた大平原と、衝突の衝撃で生まれた大陸の亀裂が大河となって土砂を運んで生み出した巨大なデルタ地帯(三角州)である。[12]

大平原の生産力をもとに王朝が生まれ、ヒトの認知能力を超えた大平原を支配し徴税するための記録装置として文字を発明させた。文字を使いこなすために、読み書きを教える学校が生まれ、書店や図書館がつくられ、**記録された言語情報が時空間を超えて共有されるようになり、技術や知識が地域や世代を超えて連続的に発展して、文明が生まれた。**

識字者の目に入った文字列は、自動的に無音の内言に翻訳される。文字は消えない音節として識字者に語りかける。文字が生まれるまでは同じ場所にいる相手としか対話できなかったが、文字のおかげで時代や地域を超えた対話が可能となった。昔の人の知恵を学ぶことは喜びであり、学んで発展させた内容を次の世代に伝えることがさらなる喜びである。

本を読みこなすためには、そこに登場する語彙をひとつひとつ自分のものにすることが重要で、それは CSF-cN と B 細胞の成熟である。過去の科学者や哲学者が用いた概念を、時間をかけて、くり返し読み、脳内で CSF-cN と B 細胞の受容体を作るのだ。

14. CM3 : 五官記憶の群(生活概念)

反射の論理にもとづいて言葉(S)と意味(M)が結びつくとき、言葉の意味は実体験によって生まれ、「ところ変われば品変わる」。たとえば同じ「ラーメン」

という言葉を知ると、道産子は塩味を、江戸っ子は醤油味を、博多っ子は豚骨味をというように自分がいつも食べてものを思い出す。

ところが、ラーメン評論家が「これはラーメンの概念を打ち破る」というとき、それは塩も味噌も醤油も豚骨も超えた新しいラーメンを意味する。[13]

条件反射は、条件刺激(S)を、If S then M, If M then S の反射の論理で五官記憶(M)と1対1に結びつける。これに対して、**概念は、その言葉と結びつくすべての要素と例外なく結びつける。**これは免疫細胞の二元論理が「反射(1対1)」から「群(1対全)」に進化することだ。概念を正しく使うためには、数学的な群をマスターする必要がある。

ピアジェは群である概念が正しい意味をもつために満足しなければならない法則として、合成性、可逆性、連合性、同一性、同義性をあげた。

- (I) 合成性 $x + x' = y; y + y' = z; \text{etc.}$
- (II) 可逆性 $y - x = x' \text{ or } y - x' = x.$
- (III) 連合性 $(x + x') + y' = x + (x' + y') = (z).$
- (IV) 一般的同一操作性 $x - x = 0; y - y = 0; \text{etc.}$
- (V) 同義性、特殊同一性 $x + x = x; y + y = y; \text{etc.}$

表2 群がもつべき法則性

大切なことは、群は演算に閉じていることだ。言葉は概念化することによって、演算可能となり、演算結果も群となり、複雑さの次元が高まった概念を生み出す。

五官の記憶を総合した生活概念を論理演算すると、直接的には五官の記憶と結びつかない、抽象性の高い概念が生まれる。「ヤゴ AND トンボ」=「アオムシ AND アゲハチョウ」=「幼虫」。ここで AND は、二つのものを結びつけている関係性を抽出するので関係性の概念と呼ぶ。概念間の最大公約数といえる。

「蕎麦 OR 饅頭 OR 素麺 OR スパゲッティ OR ラーメン」=「麺類」となる。ここで OR は、共通する類似性を問題にしているので類の概念と呼ぶ。概念間の最小公倍数ともいえる。概念操作なしに関係性や類の概念は生まれえず、正しく理解できない。

15. CM4 : 思考記憶の群(科学概念)

条件反射は、記号が五官記憶と結合して生まれる。しかし言葉のなかには、五官記憶と結合しないもの、してはいけないものがある。

たとえば、2014年春に「STAP細胞」(スタッフサイボウ)が大きな話題となった。テレビが騒いだおかげで、科学用語と無縁に生きている人まで、この言葉の記憶を脳内に構築できたことは希望である。どんなむずかしい言葉でも、何日間かにわたって刺激を与え続けられれば、脳はその言葉のために新たなBリンパ球を用意(産生)してくれることは朗報である。

一方で、この言葉の正しい意味を雑誌 Nature から求めようとした人に出会わなかったことには驚いた。筆者が膨張したあるシンポジウムでも、STAP細胞があるのかないのかという議論ばかりで、そもそも STAP とはどんな現象か、発見者はどんな実験を行って、どんな結果を得て、なぜそれを STAP 細胞と呼んだのかを Nature の記事に即して議論していた人はいなかった。ちょっと残念ではあったが、我々が乗り越えるべき目標が認識できた。

生活(具象)概念と科学(抽象)概念は、意味の性質が違うことがきちんと理解されなければならない。

科学概念は、これまで誰も発見していなかった分子や現象を発見した科学者が、新たに名前を与えて生まれる。それが妥当かどうか、学際的な知識を統合して議論することが必要だ。科学論文に多くの要求や約束ごとが課されているのは、その論文を丁寧に読めば、著者が行った実験や観察を仮想現実的に追体験できるようにするためだ。

大きな図書館に行けば Nature は書架にある。それを複写して、話題になっている STAP 細胞について自分の頭で理解しようと試みた人だけが、言葉の真の意味を理解できる。多く人は、STAP 細胞という言葉を知ると、テレビ画面に登場した「白い割烹着の理系女子」のことを思い出す。おそらくそれで B 細胞が安心し、それ以上求めなくなるのだ。[14]

生物学的には、条件反射も、生活概念も、科学概念も、B 細胞が言葉と記憶のネットワークを司る。そのために言葉を正しい意味と結びつけるためには、論理が反射か群か、記憶が五官記憶か思考記憶かを厳密に分けておかないと、混乱が生じる。

科学概念は、僧院や修道院で生まれた。世俗から隔絶した低雑音環境だから、言葉が純粹かつダイナミックな意味をもちうるのだ。科学概念を正確に理解し、使用するためには、言葉をできるだけ丁寧に扱う、著者の文章は時間をおいて何度も読み直す、読者はできるだけ静かな環境に身をおき言葉に対する感受性を鋭敏にするなどの配慮が必要である。

ワイドショーや週刊誌が科学概念を使うときは、よほどの注意が払われなければならない。

3種の論理と2種の記憶が意味を構築

言葉と記憶を結びつける論理	(a) 五官記憶	(b) 思考操作の記憶
(i) 1対1 反射	特定の五官記憶の想起	科学的記号: 恣意的命名 (科学的な現象)
(ii) 1対全 群	生活概念: 五官記憶の総合化	分野科学概念: 科学的現象の総合化
(iii) 全対全 複雑なネットワーク	類と関係性の概念 (生活概念の概念操作による)	学際科学概念 複数の分野を横断する

表3 言葉の意味の複雑化行列

16. CM5 : 電子化とネットワーク論理

「言語の起源以後にも、情報の伝達法には2つの主要な変化があった。第一のものは文字を書くという発明だった。文字なしには…大規模な文明は不可能であった…最後の移行は…情報の貯蔵と伝達のために電子的な手段を使うことである。その影響は、遺伝コードの起原あるいは言語の起原がもたらしたのと同じくらいに深いものがあるだろう」.[15]

文字はUnicodeなどの符号表によってビット列に変換されるため、ビット列と音声は互換的である。ビットが音節に電子的対話性を与えて、言語情報はキーワード検索できるようになった。

インターネットのおかげで、資料探しに要する時間が大幅に短くなった。多くの書籍や論文が、ネットから直ちにダウンロードできる。書籍の名前と著者を文字化して検索エンジンに投入すると、ダウンロード可能なPDFファイルに出会うこともある。図書館に向いて、資料を確認して複写サービスを申し込んでいた時代に比べると、驚くべき効率の良さであり、交通費もコピー代も書籍代もなしで、科学研究に打ち込める時代が到来した。

ところがこれまでのところ、電子化が学問をダイナミックに進化させたという報告はない。むしろ逆に学問の縮小をもたらした。「オンラインに移行する雑誌の数が増えるにつれ、引用される論文の数は以前より少なくなった」というのだ。[16]

これは「きわめて膨大であるが信頼性の保証のない言語情報」のなかから、信頼できる情報を見つけだして、自分が著者になりかわったつもりで、言葉の意味の誤りを正してネットワーク論理で統合する手法がまだ構築されていないからだ。

筆者がネットワーク論理と呼ぶのは、キーワード

検索によって提示される学際的な文書や資料のなかで、信頼性が確かめられたものを片っ端から吟味して、時系列や相互の関係性を確かめ、誤りがあれば訂正し、矛盾がないことを確かめて、ある個人の意識の上でどのようにして概念化が行われたか、それがどのようにして次の人に教えられ伝達されたかを、愚直に丁寧に確かめることである。膨大な文書や資料を相互に関係づけ、誤りを正し、嘘を見破ることで、全体のなかで矛盾をなくしていく論理である。

今ここにひとつの科学的概念が存在しているとする。それは自然に生まれたものではなく、誰かがある状況下で経験・観察したことを考察して生まれたはずである。概念化された瞬間はどうだったか。それはどのようにして次の人に伝えられたか。今ある概念を使っている人がいるとき、その人はそれを自分で概念化したのか、誰かが概念化したものを受け売りしているのか、きちんと概念化の瞬間にまで遡って知識再生的に受容し発展させているのか。知識や概念が、人の意識を媒介して系統発生(phylogeny)した過程を吟味することで、正しさを確認するのだ。

もはや専門領域に閉じこもっているわけにはいかない。個々の科学概念を誰がどのように用いているのかを系統発生的に分析し、意味や使い方を学際的に統合する時代がきたのだ。

教科書や常識が伝える概念は、定義や系統発生が確認されないまま、伝言ゲームになっていて汚染されているものも多い。それらは概念誕生の瞬間に遡って、知識再生的に受け入れるとよい。ちょっと検索をするだけで、実に多様かつたくさんの資料や研究成果に出会え、その多くは自宅で閲覧できる。わからないことは、国内外の出版社や大学図書館に問い合わせることもできる。科学は歴史学的手法によって大きく進化するだろう。

デジタル通信は、誤りを著者による誤りと著者によらない誤りの2種類に分ける。著者によらない誤りとは、印刷ミス、水火による劣化や損傷、偽書や改ざんなどである。これらの通信路誤りを訂正し排除すると、著者本人の声にたどりつく。今度は、著者の言葉に即して、思考過程をていねいに追体験すると、著者による情報源誤りに気づき、訂正できる。

通信路誤りは著者によらない誤りなので(1-A)と表せ、著者の情報源誤りAと排中律を構成する。2つの誤り訂正を行うと、 $\{(1-A)+A\}=1$ となり全ての誤りを訂正できることになる。人類はついに過去の

言語情報の誤りを正して、誤りを含まない言語情報を手にすることができるようになったのだ。

17. CM6: 真筆を確認する通信路誤り訂正

共生進化説を唱えたマーギュリスは「人はつねに、でたらめと信頼のおけるものを識別する努力をしなければならぬ。」と述べた。[17] でたらめなものを脳内に受け入れると、思考の基準が歪むため、正しい知識を識別できなくなる。

信頼のおける情報は、それを書いた(=語った)人物の实在性と誠実さ、真筆性によって保証される。言語情報の読者は、著者と会って言葉を聞くつもりで、著者の人となりや生き方が正直で信頼できることを確認し、著者本人の真の言葉が著作に反映されていることを確認してから読む。それが確認されない言語情報は受け入れてはいけない。

著者には正しく自分の著作を後世に渡す努力が求められる。ガレノスは、大火で蔵書を失ってから亡くなるまでの 20 数年の期間、有能な奴隷を書記として使って自著を編集し、できるだけ多くの写本が蔵書家や版元や各地の図書館の手に渡るよう配慮したことだろう。火事や劣化に対抗する手段は、できるだけ良い内容の本を、できるだけ信頼できる版元、安全に蔵書する図書館、学会の論文データベースに渡すことである。

道元(1200-1253)は、自分が死んだ後、弟子が裏切り、偽書や改ざんがつけられることを生前に察知したため、誤り訂正符号を考えだし、後世の読者が真筆を見分けられる工夫をした。道元は「雪の上に霜を置く」と冗長性を暗示する詩を残した。[18]

「正法眼蔵」75 巻本は「正法眼蔵+巻名+序数、示衆日、(清書日)」の形で奥書を付した。「道元和尚廣録」十巻は各巻の末尾に、上堂語と漢詩の数を数えた識語をもつ。

ゴーストライター作品や剽窃を見破る方法は、著者の一生を概観して、その著作の前に習作があるか、後に訂正や発展があるかを確認する。またインタビューでどう語っているかで判断できる。

18. CM7: 著者と一体化する情報源誤り訂正

人類共有知ゲノムに値する本には著者の知的営為が凝集している。独創的な研究は、なんらかの成果が生まれるまでに軽く十年や二十年はかかる。それ

だけの時間と実験・観察・考察の労力をかけてわかったことが一冊の本にまとめられる。

そこには紆余曲折があり、著者がわかったこともあれば、わからなかったこともある。著者がすべてを正直に書くとはかぎらない。それがどのような意味をもつのか著者もわからないまま、予言的なことを書く場合もある。

読者は、良い本にめぐりあったら、何年もかけて、くり返し読まないで、その本の真価を理解できない。著者が何をして、どう考えたか。なぜ意味不明なことを議論したのか。著者の立場にたつて、隅から隅まで、素直な気持ちで本を読む。するとだんだんと別の個所に書かれていることが結びつき、著者と記憶を共有する。そして、著者がやりのこした仕事を受け継ぐことが、現代を生きるものの特権である。

生命体が一個の受精卵から次々に細胞分裂して新しい生命に成長していく。「個体発生は系統発生をくり返す」やり方は、複雑なものを再生するうえで誤りが少なく、誤り訂正も局所的に安定的に行える。科学概念においても、同じように、一から徐々に複雑化する知識再生的な学習がよいのではないか。

最近倫理規定によって自由に動物実験が行えなくなっているのが、百年前のパブロフの実験結果を徹底的に読み解く価値はある。科学者の著作から、著者の最終到達点と未解決の問題を読み解き、課題を受け継ぐという研究手法は、予算も人員もほとんどいらぬ。必要なものは、静かに本を読む環境と、好きな時に発表できる学会や研究会だけだ。

一方、あいまいな科学概念について、検索エンジンやオンラインデータベースから得られる資料を、他の著者のものも含めてネットワーク論理で読み解くと、なぜ著者がその時そう言ったのかといった心理を共有できる。熱力学と情報理論でなぜ「エントロピー」概念の意味が真逆であるのか、昼間は電離状態にあり夜間は電離状態でなくなる「D 電離層」はどのような経緯で科学的な概念として登場したのかといった複雑な問題の真相がみえてくる。

19. CM8: 言葉を正すことを優先する

筆者はネットワーク論理にもとづいた検討を続けた結果、「エントロピー」と「D 電離層」に関する誤り訂正を行って電子情報通信学会の関係する研究会で報告しようとしたが、1つの研究会からは「ス

コープ外」なので発表を許可しないと言われ、もう1つは発表をさせてもらったものの「データを取って揃えて証明する」ように言われた。この経験はいくつか重要なことを認識させてくれた。[19][20]

第1に、科学の分野であっても、概念の重要性が理解されておらず、概念を正しく理解する手法が確立していないということである。

科学において、概念は思考の基準であり、それに歪みや誤りが含まれていたら、それに基づくあらゆる思考が歪み誤るのである。概念は群の論理が適用されるため、たった一つの例外が提示されたとしても、それを重く受け止める必要がある。

科学者は、自分が使っている概念に疑義があるという指摘を受ければ、それを切実に受け止めて、自ら吟味して確かめることが望ましい。おそらく科学者に対して、正しい概念の学び方や使い方がきちんと伝えられていないため、教科書の教えることを鵜呑みにしている人もいると思われる。

第2に、基本概念が誤りであるかもしれないという指摘を無視し、放置するのは、言語が脊髄反射回路を使って処理されるからでもある。

脊髄反射回路は、不随意で、受動的で、反射的で、頑迷で、自己中心的で、相手と自分の意見が異なるときは必ず自分が正しいと考える。自己充足的で、自分は必要なことはすべて知っていると思い、積極的に勉強しようとしめない。これら反射の弊害を理解して乗り越えるためには、超低雑音環境でじっくりとていねいに考える必要がある。

第3に、ヒトの音素獲得の背景に、共同体外を敵とし、内部には盲目的に献身する真社会性の性質がある。狭い専門領域の利益だけ考えて、人類共有知の発展に貢献しなければならないという意識が薄い。概念の誤りを指摘されても、研究会内部には何も問題がない、調和を乱すなど排除する意識がはたらく。この感情を捨てて、言語的知能の発展のために、力を合わせる必要がある。

第4に、人類の知能が発展しているのは、今から7万年前におきた音声コミュニケーションのデジタル化の成果であり、文字とビットのおかげで複雑化して、概念操作や誤り訂正も可能となったことがまだ理解されていない。言語の複雑さ、人類とは何かということが理解されていないのだ。

言語を獲得したことで発展した人類はひとつの種であり、脊髄反射や真社会性の制約を乗り越えて、

人類共有知の発展のために尽くさなければならない。過去に発展し蓄積された言語情報を継承し、それが含む誤りを正して次の世代に渡すことが、知的生命体である人類の義務である。過去の誤りを正すことは、今を生きる者にしかできない。このことを深く肝に銘じて精進する必要がある。

20. おわりに：仮説は検証されるためにある

筆者が本稿で示した細胞分子レベルの仮説は、正しいか誤っているか検証されるためにある。検証されると、人類共有知は発展するだろう。

文献

- [1] マターン著、澤井直訳(2017), “ガレノス 西洋医学を支配したローマ帝国の医師”, 白水社
- [2] ガレノス著, “ヒポクラテスとプラトンの学説1” 京都大学学術出版会
- [3] 得丸(2021) “知能の脳室内免疫細胞ネットワーク仮説～ニールス・イエルネのデジタル言語学”, 信学技報 MBE2021-5
- [4] 得丸(2011), “デジタルな言語記憶に関する仮説”, 情報処理学会研究会報告 Vol.2011-NL-200 No.1
- [5] I.P. パプロフ(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
- [6] 得丸(2021) “モバイル・ニューロン(1) パプロフはなぜ犬の大脳皮質をくり返し切除したのか”, 信学技報 NC2020-1
- [7] 保 智己他 (2006) 脳室の感覚器官: 室傍器官- 室傍器官と下垂体との関係一, 比較生理生化学会誌 23:143-152
- [8] Jerne, N.K. (1984) The Generative Grammar of the Immune System (The Nobel Lecture)
- [9] Jerne, N.K. (1974) Toward a Network Theory of Immune System, Ann Immunol (Paris). 125C(1-2) :373-89
- [10] B. Vigh (1983) The System of Cerebrospinal Fluid-Contacting Neurons, 日本組織学記録 46:4
- [11] 得丸 (2014) 母語のモノラル聴覚と文法処理-例外としてのピダハン, 情報研究報告 2014NL-219No.23
- [12] 得丸 言語的人類の知能の三段階デジタル進化 日本認知科学会 第37回全国大会 P-37
- [13] 得丸 概念に求められる群性 概念の意味の前方誤り訂正のために 2020-MPS-130(2)
- [14] 得丸 科学論文を読むためのセンシング技術～ 真理を伝える言葉を感じ取る 信学技報 SeMI2020-15
- [15] メイナード・スミス, サトマーリ, (2001) 生命進化 8つの謎, 朝日新聞社
- [16] カー (2010) "ネット・バカ" 青土社 p298
- [17] マーギュリス, L.(2000) 共生生命体の30億年, 中村桂子訳, 草思社
- [18] 得丸(2018) “道元(1200-1253)が正法眼蔵と道元和尚廣録に施した誤り訂正符号～原著者の真正なテキストが21世紀に蘇る” 信学技報 COMP2018-9
- [19] 得丸(2014) “クロード・シャノンの人物像を探る” 信学技報 IT2014-4
- [20] 得丸(2022) “D 層の誕生=誤り訂正の必要性” 信学技報 AP2022-29