

# 検索エンジンで出会う人類共有知ゲノム

## Collective Human Intelligence Genome Introduced by Search Engines

得丸 久文 Kumon Tokumaru

独立研究者 Independent Researcher

tokumaru@pp.ij4u.or.jp

### 概要

2003年にヒトゲノム計画は30億塩基対のDNA配列を解明したが、DNAの一次元構造が複雑な生命や知能に自己組織化する仕組みはまだ解明されていない。一方、オートポイエティックな神経細胞のはたらきによって無意識に文法や概念を取り扱えるようになる。21世紀に人類はインターネット検索エンジンを手にして、さらに知能を高める技をゲノム化するだろう。

キーワード：デジタル言語学，情報，複雑性，オートポイエーシス，共生，学際性，概念

### 1. はじめに：知能とオートポイエーシス

ゲノムとは遺伝情報であり、30億塩基対のDNA配列からなる情報にしがたって、一個の受精卵が、細胞分裂とネットワーク化を続けて、ひとつの生命体である赤ん坊になる。ゲノムの指令は誕生時に終わらない。誕生後も乳歯が生え永久歯に生え変わり、初潮や声変わりなどの性徴が自然におきる。そして、学校に行かなくても文法処理ができ、複雑な概念を取り扱うようになる。自然を観察して学習し、失敗に学んでより深い知識を得る。知能の発達には、**不随意であるがゲノム化されている自己組織化(オートポイエーシス)**である。インターネット検索エンジンを手にしたヒトは、それを使いこなすことでホモサピエンスに近づくだらう。

### 2. 音素獲得によるデジタル化の始まり

ヒトの知能が、ヒト以外の動物よりも複雑であるのは、7万年前に「音素」を獲得し、音声記号を無限に生みだせるようになったためだ。世界を分析する分解能が向上し、それを言葉にして共同体内で共有できるようになったのだ。

南アフリカにおいて、大きな石斧を使う初期旧石器時代は300万年前に始まった。30万年前に、調理に火を使うようになると、石器が中型化し中期旧石器時代が始まった。今から13万年前に、狩猟採集民たちは、ゴンドワナ大陸の分裂面であるアフリカ大陸の南部海岸線に点在する巨大砂岩洞窟に住むようになった。[1] きわめて安全な洞窟のなかで、新生児が**晩成化**し、生後一年間寝たきり状態になってその間、脳が成長する

ようになった。子供の世話をするために祖父母が家族の一員となり、ヒトは共同体のために自己犠牲をいとわない**真社会性動物**になった。

ヒトに限らず、ハチやアリやシロアリなど真社会性動物には、**頑丈な巣**に住み、**子供の育児係**がいる。そして**同種で殺し合うというゼノフォビア**の特徴があり、共同体成員であることを確認できるように**特有の匂いや鳴き声**をもつ。[2] ヒトの母語音素やお国訛りは共同体や地域ごとに特徴的であり、世界に戦争が絶えないのは、**真社会性動物の起原**をもつからだろう。

今から7万4000年前に、インドネシアのトバ火山が噴火して、世界が数年にわたって寒冷化した。その後で南アフリカのブロンボス洞窟付近で、第一の新石器文化、スティルベイ文化が開いた。[3] 寒さのために洞窟の外に出かけられなくなり、洞窟のなかで子供をあやす時間が増え、子供にせがまれるがまま一緒にいるいろいろな声を出して遊んでいるうちに、クリック子音という音素が一式生まれたのではないだろうか。

子供は生まれるとすぐ、母語の音素記憶を脳に刷り込むようになった。こうして言語共同体の成員は、音素記憶を共有して生きるようになった。

音素を組み合わせると言葉を無限につくりだすことができる。大人と子供が一緒になって、動物や植物や天気や地形にそれぞれふさわしい名前を考えて与えた。それまでも周波数成分に特徴をもたせたアナログ記号を使ったコミュニケーションは行っていたが、わずかな特徴の違いを表現し分けられなかった。

音素を共有すると、音素の組合せによって独特の記号を無限に作り出せ、それを仲間と共有できるようになった。わずかな一音素の違いによって名前を変えてわずかな対象の違いに対応できるようになった。みんななで物にふさわしい名前をつける作業を楽しんだことだろう。こうして共同体の人々は、音素でできた言葉によって万物を名づけ、世界観を共有するに至った。

音素の共有、万物の命名と世界観の共有は、**人類の知能の発達**が**共同体を基盤**にしていることを示す。音素を獲得し、音素を組み合わせて無限のデジタル記号を生みだせるようになったことが、ヒトのデジタル進化

の出発点である。

### 3. 音素が拍をもつ音節に進化した

今から6万6000年前に始まった第二の新石器文化、ホイスンズブルト文化の中心遺跡は、クラシーズ河口洞窟である。オトガイ(頤)が発達した最古の化石が発掘されたこの洞窟で、喉頭降下が起きて、母音の共鳴が生まれる声道を獲得し、母音アクセントをもつ音節が生まれた。クリック子音を発声するために舌筋を多用したことが頤の発達を促したとされる。

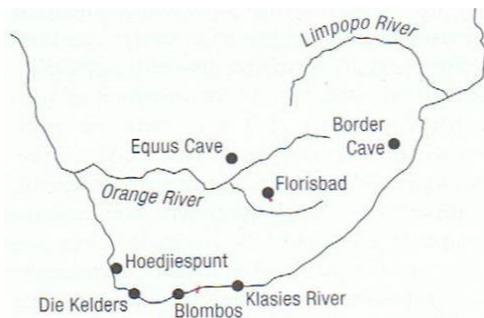


図1 居住跡のある南ア・中期旧石器遺跡群 [4]

アクセントのおかげで、音声は遠くまで届くようになった。(クリック子音だけのときは、口腔内で反射させていたので、声は遠くに届かなかった。) また音節は母音をひとつだけもつ音韻単位であるため、時間軸上で相互に離散的に識別できるモーラ(拍)性をもつようになった。動詞や形容詞の語尾を活用させ、あるいは名詞に助詞や助動詞をつけて、意味修飾し、長い文を紡げるようになった。文法の始まりである。

### 4. 文明が共有知を連続的に発展させる

人類の知能が急速に連続的な発展をはじめ、都市を生んで大規模化したのは、文字が生まれた後だ。

古代文明は、メソポタミア平原、ナイル河デルタ、インダス平原、黄河平原で生まれた。この四地域は、沖積平野がはてしなく数百 km も続くという共通点をもつ。メソポタミアとインダスは、 Gondwana大陸がユーラシア大陸に衝突した際、両大陸間に残っていた海域に川からの土砂が堆積して生まれた。ナイル河と黄河は、大陸衝突でできた大陸の割れ目が大河を形成して、河口に生まれた三角州である。

「肥沃な三日月地帯」と呼ばれる広大無辺なメソポタミア平原で農業が栄えて富が蓄積され、地域を支配

する王朝が生まれた。王朝は、土地と徴税の管理のための記録手段を必要とし、文字を発明させた。文字は、文字列を音節列にする規則である正書法とともに学校で教えられ、行政官吏たちがそれを学び、使用した。すると文字は**知識の伝達と共有**のために使われるようになった。文字以前の時代、ヒトの知識は、口誦で伝えるほか伝達手段はなく、またそれを記憶している人が亡くなると、墓や脳から取り出す手段はなかった。ところが**文字を使ってテキストにすると、その知識はその人が死んだ後も時空間を超えて人々に共有される**ようになり、**世代を超えて連続的に発展するようになった**。これが**文明**という現象である。文字が文明を生み出したのだ

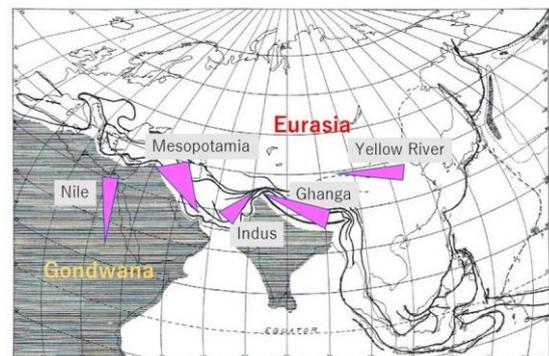


図2 文明は大陸衝突が生んだ大平原で生まれた

読み書き能力をもつと、文字列は消えない音節として機能し、脳内で内言を再生されるようになった。今、我々は過去の人々が観察し、実験し、仮説化し、実証してきたことを、本や論文を通じて学ぶことができる。現代においては、どんな分野のことであっても、誰か先人が考えついた知識を学ばないことには、新たな知識を生み出すことはない。**共有知に学び、共有知を発展させるために生きるのが文明人であり、ホモサピエンスである。**

### 5. 検索で先人の研究成果を探し出す

20世紀半ばにアメリカで発明された電子信号ビットは、コンピューターネットワークによって、大学や研究機関、デジタルテレビ放送網、携帯電話網から、家庭内の電化製品までありとあらゆるものを結びつける。

しかし**ビットが音声の進化形であることは、まだ十分に理解されていない**。音節列は正書法にもとづいて文字列に変換され、文字列はコード表にもとづいてビット列に変換されるので、**ビット列と音節列は互換的**

であるのだ。

	音節	文字	bit
論理性	音素とモーラ	消えない音節	対話する音節
誕生	6万6000年前、南アフリカ	5000年前、メソポタミア	60年前、米国
物理層	無限の語彙	時空を超えた共有(文明)	双方向通信(検索)
論理層	文法語	概念(群)	前方誤り訂正

表1 音節・文字・ビットの信号進化と特性

音節列はすぐに消え、文字列は長持ちするが、実際にそれをヒトが読まないところどこに何が書いてあるかわからない。ところがビット列は対話性をもつため検索エンジンを使ってキーワード検索でき、キーワードを含むかどうか、それがどういう文脈で使われているかなどが、すぐわかるようになった。現代人は過去の言語情報の集合体に対して、問いかけられるようになった。

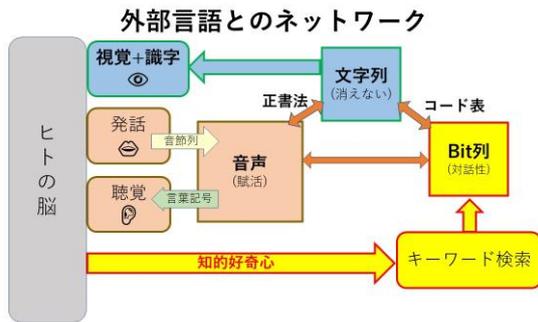


図3 外部言語ネットワーク概念図

## 6. 知能の自己組織化を促すゲノムの発現

おそらく30億塩基対のDNA配列のなかには、ヒトの知能を構築するゲノムも存在しているはずである。知能のゲノムはどこにどのような形であるのだろう。

たとえば子供は2~3歳になると、「これ何?」とたくさん質問するようになる。ものに名前があることを知り、名前を知って世界を広げようとする。家庭環境や民族・文化に関係なく、誰の指示を受けるわけでないのに、みんなに起きていることなので、遺伝情報に指示されているとしか考えられない。その事実がオートポイエーシスなのである。

文法処理に関しては、子供が3~4歳になると、自然と母語を音声で最初に入った片耳だけ使ってモノラルで聴き取るように切り替わる。

脊椎動物の脊髄反射は、「記号とその運動方向(記号+

運動ベクトル)」に反応する。脳幹の聴覚神経核には、両耳から入力される音源の強度・周波数・位相の違いをもとに音源を定位する能力がある。文法処理は母語を片耳聴覚することによって、音源定位能力を文法語の音韻ベクトルの解析に利用する。そして、その結果を「言葉+音韻ベクトル」の文節構造に統合して意味を復元する。子供は試行錯誤を行いながら、いつのまにか正しく文法を話し、聞き取れるようになる。[6]

母語を片耳聴覚にスイッチして音源の方向定位を止めるところがゲノム化されて無意識・無自覚に行われ、その後文法語の変化に応じることで個別の文法処理がなされる。つまり文法処理は、「記号+運動ベクトル」の論理構造を、「内容語+文法語ベクトル」の文節構造に適用すべく神経回路を組み替えて実現する。

この仮説の妥当性を証明する証拠として、ブラジルの熱帯雨林で生活するピダハン語に文節構造がないことがあげられる。いつ何時、ヘビやワニから襲撃されるかもしれない密林の生活は、文法のために音源方向定位能力を犠牲にすることを許さない。ピダハンには文法的修飾がなく、大人も母語を両耳で聴き取る。[5] 「蛇がいるから、眠らないで」がピダハン語の「おやすみなさい」である。[6]

## 7. 概念を自己組織化するゲノム発現

「概念」とは何か。筆者は、「概念とは、ある言葉が、その言葉と関係するすべての記憶と例外なく結びつく現象」と定義する。たとえばラーメン評論家が「これはラーメンの概念を超えている!!」というのは、「自分がこれまでに食べたことがある、あるいは見聞きした、すべてのラーメンを超えている」という意味である。

あるひとつの言葉が集合と結びつくことを、数学的には群とよぶ。つまり概念とは、群の論理で言葉を意味(記憶)と結びつける言葉の使い方である。[7] これも群論を学んでから、群の法則に合わせて言葉を使うわけではない。意味のズレや誤解が生まれないように細心の注意をはらって概念を使っていると、言葉と意味を結びつける関係が群の条件を満たすようになる、群を満たしていることに気づく(言葉と意味の間に群の関係を発見する)オートポイエーシスである。

文法のゲノムが、母語の片耳聴覚への切り替えと、母語刺激に対する脳内処理回路の再構成であるように、概念を正しく操れるようになるためのゲノムが存在するだろうか。筆者は、子供がなぞなぞやクイズに熱中

するのは、群の論理で言葉と記憶を結びつける準備であり、そのためのゲノム発現だと考える。

「かんはかんでも、紙のできてるカンは?」、「やかんは違うなあ」、「時間もちがう」、「金柑は?」、「凶鑑だ」という具合に、ある言葉をキーワードにして自分のもっている記憶の集合と結びつけ、集合を構成する元をひとつひとつ吟味することは、自分の脳をリレーショナルデータベースとして管理する(RDBM)訓練である。

またそれは、「缶は金属である」という群の属性に対する例外を探す作業であり、例外の有無を意識し、群として概念を使う準備となる。

## 8. 検索すると先人と出会える

インターネットと検索エンジンを手にした 21 世紀に、人類の知能はどう進化するだろうか。それは過去の科学者や哲学者たちとの共生進化ではないか。

リン・マーギュリスは、真核生物の細胞質のなかに葉緑体やミトコンドリアなど様々な細菌が共生する現実こそ、複雑性を説く鍵だとして、生命共生進化説を唱えた。[8]

真核生物は 20 億年前の大量絶滅期に突然変異をおこして核を獲得し、体内に低雑音環境を構築した。環境が回復した後、この低雑音環境が複雑性を生みだす余力を提供したと筆者は考える。[9] 核内に二重らせん構造をつくり原核生物の 1000 倍の量の DNA を格納し、DNA を RNA に転写した後につなぎ換えや転写後修飾を行って複雑なタンパク質の産生が始まった。

おそらくこれらの真核生物の進化の最終段階で、原核生物を体内に取り込んだのだろう。それらのゲノムの一部は核内にとりこんで自立できないようにして、残りは原核生物内に残して、原核生物が行うエネルギー代謝や光合成の成果を直接細胞質内で入手することになった。

核の獲得から細胞内共生に至る進化は、「突然変異による低雑音環境獲得→環境回復後に通信の余力を利用して共生進化」という法則として一般理論化され、脊椎動物や胎生哺乳類の跳躍進化にも適用される。

生物は多細胞化したあと、5 億 4 千万年前のカンブリア大爆発の大量絶滅期に、中枢神経と脳室という低雑音環境を構築し、感覚器官と運動器官の統合(共生)を実現した。こうして生まれた脊椎動物は、その後大いに繁栄することとなった。

6600 万年前にメキシコ湾に衝突したチチュルブ隕石

衝突後の大量絶滅期を、胎生哺乳類は子宮という低雑音環境を獲得して乗り切った。

胎生哺乳類は、大きな脳をもって生まれおち、母親の乳首からもらう高濃度でタンパク質の豊富な乳を飲み、スキンシップを高めて音声コミュニケーションによってお互いの意思疎通ができるようになった。そして群れをつくって共に生きるようになり、群れを導くリーダーが登場し、群れの掟も生まれた。

7 万 2000 年前にクリック子音が生まれ、ヒトが音素を獲得してデジタル進化を始めたのもトバ火山灰の冬期の厳しい生存環境だった。[3] その後密林を出て開墾地で生活するようになって文法が生まれ、文明社会の片隅の静かな僧院や学園のなかで言葉を群として用いる概念が生まれた。

今、インターネットと検索エンジンを手にした人類は、自分と同じ問題関心をもって生きた先人の文章を熟読精読することで過去の人々の著作に学び、彼らがやり残した仕事を引き継いで知的に共生できるようになった。初心者が読んで理解するハードルは高い。だが、あきらめずにくり返し挑戦し続けた小野道風の蛙の故事にならうべきである。



図4 柳に飛びつくカエル(花札より)

## 9. 人類学の最前衛にたつ学際的研究書

たとえば科学書や論文を読むにあたって、① いかにして良い本に巡り合うか、② いかにして自分よりも語彙数も多く、知識も豊富な著者の言葉を正しく受け入れるかが重要である。

21 世紀のデジタル化社会において、本は著者の言葉を再生する。著者が何年も何十年もかけて行った考察や研究成果を、言葉を選んで書き記したのものとして認識される。読者は、検索エンジンを駆使して著者の言葉に接近し、著者の記憶を仮想的に共有する。

これまで先生は紹介してくれないかぎり、自分が知らない著者の本や論文に出会うことは容易ではなかった。書店・古書店の店頭、ネット書店のウェブページ、図書館の書棚などで、偶然に運命的な出会いが生まれる必要があった。

ところが、21世紀の今日、もし自分が興味あることが何かがあったら、それに関連するキーワードをインターネット検索エンジンに投入することで、学際的で前衛的な研究成果に出会えることがある。これは驚くべきことで、もっと利用されてよい。筆者が20年近く続けているデジタル言語学の学際研究は、インターネット検索に導かれて始まり、発展したといえる。

筆者は、ヒトの進化に興味をもったものの、どこから手をつけてよいかわからなかったので、2005年5月29日に「はてな人力検索エンジン」で「ネオテニーと人類の未来を結びつけて論じているHPを紹介してください」と投げかけて、島泰三博士の「はだかの起原」とめぐり合った。[10]

島は、マダガスカルに長期滞在する機会を何度も得て、ついにアイアイの主食を突き止め、霊長類の主食が手と口の形を決定づけるとする「手と口連合仮説」を打ち出す。ヒトの拇指対向の指や固くて水平方向に動く歯からは、サバンナで死んだ動物の骨を拾って主食にして食べていたからであり、直立二足歩行も大きな骨をもって移動したためだと結論する。そしてヒトがハダカになったのは、直立二足歩行とは別の時代の別の現象であることに気づいた。そして7万5千年前にアフリカで、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。

本書は魅力満載の現代の古典である。特に以下の3点は、特筆に値する。

(i) 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博物学的に紹介されており、人類の起源を考えるうえでの幅広い基礎知識を与えてくれる。

(ii) 野生観察に重きをおく動物生態学者として、ダーウィンの性淘汰説、「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、ごまかしを読み解いて指摘する「誤り検出」を行なった。著名な著者の本であっても、鵜呑みにせず、著者の主張が妥当かどうかを評価しつつ読む手法は見事である。

(iii) 人類学において、まだ誰も300~200万年前の直立二足歩行の初期人類と、7万年前に登場したはだか

で言葉を使う現生人類の概念分割を行っていない。「人類の起原」という言葉を使いながら、300万年前の猿人のことが論じられているかと思うと、7万年前の言語獲得が論じられることもある。「はだかの起原」によって初期人類と現生人類(あるいは言語的人類)という異なる概念に分割できたことは特筆に値する。人類学研究へのきわめて大きな貢献である。

この本に巡り合った読者は、本をくり返し読み、著者の立論を少しずつ意識に取り込むと、人類学の前衛的研究ができるだけの基礎知識を身につけることができる。筆者はこの本にヒントをもらい、はだかの人類は洞窟に住んでいたに違いないと考え、2007年4月に、日本人として初めて、世界中の人類学者も考古学者もが忘れていた、最古の現生人類遺跡であるクラシーズ河口洞窟を訪れた。

時期	イベント	脳の対応
7万2千年前	クリック子音(音素)の獲得. 無限の語彙	B リンパ球の語彙数(1000万以上)
6万6千年前	母音アクセントによる時間的離散性をもつ音節(音素)の獲得. 文法の誕生	母語を片耳聴覚し、文法の音節を言葉のベクトルと統合
5千年前	文字(=消えない音節)を発明. 時空間を超えて言語情報を共有し発展させる文明誕生	言葉記憶を司る B リンパ球と、文字列のネットワーク記憶が識字
2500年前	言葉を群として用いる概念の誕生	言葉を群論理で意味と結合させる
20世紀半ば	ビット(=対話する音節)を発明. 現代人は人類共有知と検索によって結びつく.	知識の差を乗り越える(めげずに何度も読む, 参考文献も読む)
今	言語情報の前方誤り訂正をして学際統合	脳内免疫ネットワークの再構成

表2 人類共有知のデジタル進化

## 10. 難解な免疫学を諦めずくり返し読む

クラシーズ河口洞窟を訪れて1年半たった頃、ヒトの進化は音声コミュニケーションのデジタル化ではないかと考え始め、Googleに「human, digital, language」と入力して「ヒト言語のデジタル起源」という論文を知った。[11]

著者ノルは、スイス生まれの分子生物学者で、1950年頃コペンハーゲンで免疫学者イェルネ(1984年ノーベル医学生理学賞受賞)の研究室にいた。本論文は、イェルネのノーベル賞受賞理由となった1974年の「免疫システムのネットワーク理論」という講演と、1984年のノーベル賞受賞記念講演「免疫システムの生成文法」を引用して、言語は抗原抗体反応で処理できることを紹介するために書かれたようだ。[12][13]

本論考は、遺伝子情報がデジタルであるのと同様にヒトの言語がデジタルであることを、情報理論と分子生物学、言語学、人類学、免疫学、遺伝学など学際的な知識を駆使して論じている。

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、コドン(トリプレット)、リンパ球、遺伝子型、表現型、再結合、セントラルドグマ、エクソン、イントロン、モチーフ、パスウェイ、イムノグロブリン、軸索突起、シナプス接続など、生まれて初めて接する単語がたくさんあったが、それらの単語の記憶が脳内で生まれ、意味が生まれるまでに数カ月かかった。全文をタイプし直し、英語から日本語に翻訳した。

参考文献が充実していて、フォン・ノイマンやチョムスキー、ピアジェなど、それまで名前しか知らなかった研究者の名前をたよりに、彼らの本や論文を求めて大学図書館に通うことになる。

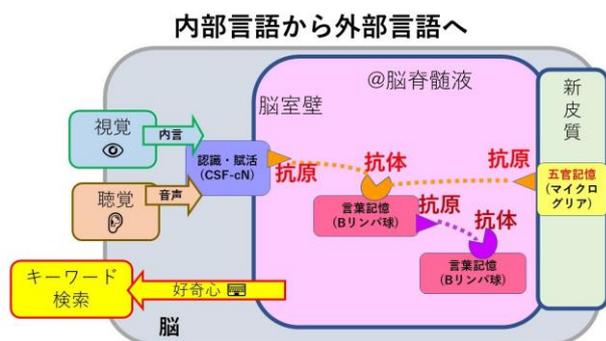


図5 内部言語ネットワーク概念図

検索エンジンは、卓越した科学者が遺した学際研究を紹介してくれる。初心者が知識のギャップを乗り越えるためにはコツがある。

- ① わからない言葉はすべて辞書や事典で調べ、脳内でその言葉の記憶が産生するのをまつ。
- ② 引用元の本や論文も読み、主張の根拠を確かめ、妥当性を確認する。
- ③ 概念はいつ誰がどのようにして発見したかを確認する。
- ④ わからないことはわからないままに放置して、

時間をあけてくり返し読み、理解が深まることを楽しむ。自分勝手な解釈をしない。

筆者もはじめのうち、免疫細胞と言語処理がなぜ関係するのかと懐疑的だった。しかし大脳皮質で言語処理をする細胞組織や分子構造についてどんなに調べても仮説ひとつ出てこないことがわかり、イェルネの2本の論文を3年ほどかけて少しずつくり返し読むうちに、もしかしたら脳室内でBリンパ球が言語処理をしているのかもしれないと考えるようになった。

脳室内にBリンパ球が存在することを確かめた後、目や耳からの言語刺激を脳脊髄液に伝える神経細胞はあるのだろうか、脳室内でネットワークする相手のことを考えた。そして「脳脊髄液、神経細胞」を検索エンジンに入力したところ、目や耳などの感覚器官からシナプスを伸ばして、脳室壁に抗原末端を構築する「脳脊髄液接触ニューロン」の存在を知った。[14] 2012年夏のことだ。その結果、脳内でネットワークして内部言語を司る細胞とネットワーク端末(抗原と抗体)が姿を現した。

## 11. おわりに：科学概念の学際的統合

本来科学は、学際的手法を用いて、不可視の現象を理論化するためのものだ。著者から参考文献を遡って段階的に過去をひもといていくと、必ずその概念を生みだした学者にたどりつき、概念の生まれた瞬間に遭遇する。科学的概念はある個人が実験や観察によって知覚した現象を命名したものであり、それは学際的に通用する事件である。このようにして概念の由来を確かめると、従来分野科学ごとにバラバラ勝手に使われてきた概念を、学際的に統合することができるようになり、人類は新たな知能発展の局面を迎えるだろう。

現代を生きる者は、過去の著者の気持ちを共有できるようになるまで(著者と共生するまで)くり返し本を読むことが求められる。著者の概念を正しく受容して伝えていることを確かめ、そのうえで著者がやり残した仕事を発展させることが求められている。

## 文献

- [1] 得丸 ゴンドワナランドの分裂と人類の誕生 -南アフリカにおける2つの巨大隕石衝突跡と2つの人類遺跡の相関, 写真測量とリモートセンシング 48(2009):41-44
- [2] ウィルソン, E.O. 人類はどこから来て、どこへ行くのか, 斉藤隆央訳, 化学同人, 2013年
- [3] Ambrose, S. (1998). Late Pleistocene human population bottlenecks, volcanic winter, and the differentiation of modern

- humans. *J Human Evol* 34: 623-651
- [4] Deacon, H.J. & Deacon, J. (1999) *Human beginnings in South Africa: uncovering the secrets of the Stone Age*, S. A., Altamira Press
  - [5] 得丸 母語のモノラル聴覚と文法処理— 例外としてのピダハン 情報処理学会自然言語処理研 IPSJ/ 2014-NL-219 (23) PP 1-19
  - [6] エヴァレット, D. ピダハン 「言語本能」を超える文化と世界観, みすず書房, 2012 年 (大人も両耳で聞いていることは 2014 年に慶応義塾大学日吉で行われた講演で筆者が直接エヴァレット博士に質問して確認した).
  - [7] 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, 情報処理学会研究会報告 IPSJ/ 2020-MPS-130 (2) PP1-6
  - [8] 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
  - [9] 得丸 低雑音環境が非線形進化を生み出す—生命の複雑進化とヒトの音素共有— 信学技報 NLP2022-印刷中
  - [10] 島泰三, はだかの起原 — 不適者は生き延びる, 講談社学術文庫, 2018 (木楽舎, 2004 年)
  - [11] Noll, H., *Digital Origin of Human Language – A Synthesis*, BioEssay
  - [12] Jerne, N.K. (1974) *Toward a Network Theory of Immune System*, *Ann Immunol (Paris)*. 125C(1-2) :373-89
  - [13] Jerne, N.K. (1984) *The Generative Grammar of the Immune System (The Nobel Lecture)*
  - [14] Vigh (1983) *The System of Cerebrospinal Fluid-Contacting Neurons (Archivum histologicum Japonicum 46:4)*