

<http://hdl.handle.net/10787/00034179>

情報とは何だろうか --- モノとコトバを統一的な視点から見る試み ---

石黒真木夫@統計数理研究所名誉教授

2021.1.10

1. 情報ということば

こんにちわれわれの生活のいたるところに情報ということばがしみこんでいます。
まず、情報ということばがどういう文脈でつかわれているか見てみましょう。

1.1 湯川秀樹氏のことば

中公新書「人間にとって科学とはなにか」という、湯川秀樹と梅棹忠夫との対談をまとめた本に以下のやりとりがある。

梅棹 物理学が物質とエネルギー以外のものまで、その対象の中に取り込んでゆくとすれば、たとえば、どういふものが考えられますか。

湯川 物質とかエネルギーとかいう概念に入っていないものとして、重要なものいろいろある。中でも、従来の物理学の領域に比較的近接しているもの、一番つながりがありそうなものは「情報」です。

#湯川秀樹氏は「情報」を物理学の次のターゲットの有力候補と考えていたようである。

1.2 甘利俊一氏の文章

「脳研究の最前線」理化学研究所脳科学総合研究センター編 講談社ブルーバック
ス 2007.10.20

第12章 脳は理論でわかるか — 学習、記憶、認識の仕組み 甘利俊一
第1節 脳はどうしてできたのか

宇宙のはじまりと生命

脳は、自然が生み出した驚異の器官であり、とてつもなく複雑である。どうしてこんなものができたのだろう？ その仕組みはどうすればわかるのだろう。これは二〇世紀の科学では解決できず、二一世紀の科学への挑戦とされる最大の課題である。脳ができるまでの歴史を振り返ってみよう。

一四〇億年ほど前に、ビッグバンが起こった。そこに巨大なエネルギーが出現し、これが物質に転化した。このとき時間と空間が出現した。われわれの住む宇宙である。宇宙は三〇万年から四〇万年すると温度が冷え、その後数億年かけて星が生まれた。この間、ここは物理と化学の法則が支配する物質とエネルギーの世界だった。

四五億年ほど前に地球が生まれた。それから一〇億年ほど経った三六億年前に生命が生まれたという。生命とは何だろう。これは物質には違いない。しかし生命は、世代を超えて自分を再生産する仕組みを持っている。このような妙な仕組みを獲得した物質が生命である。自己を再生産するには、自分の**情報**をしっかり持って、これを次に伝える必要がある。これがDNAという巨大遺伝子に書きこまれた遺伝子である。

物質がこのような仕組みを一度獲得するや否や、遺伝子があたかも自己の増殖を目指して自然界をしぶとく生き抜いていく、このように見える仕掛けが現われた。これを利己的な遺伝子といい、遺伝子は自分の増殖を目指して、物質を道具のように使って増えていく。これが進化の原理であるとまで言われる。これはこれまで宇宙を支配していた物質の法則とちがって、**情報**が主役となり、**情報**が世界を乗っ取ったように見える。物質の世界である自然界の主役に**情報**が躍り出たのである。

(#情報ということばの赤色による強調表現は石黒による。以下同様。)

甘利俊一氏の文章(つづき)

脳を支配する情報と心

こうしてさらに三〇億年ほどの時が流れた。細胞一つを再生産のよりどころとしていた単細胞の生命体は、いつのまにか沢山の細胞を寄せ集めた多細胞生物を生み出す。こうして動物が出現する。動物も遺伝子に操られている。しかし、動物は自分の子孫を残すために、環境の中を行き抜き、そのために周りの情報を集め、これを利用して行動しなければならぬ。ここで、情報を専門に担う細胞、つまり神経細胞(ニューロン)が生み出された。それをネットワークにつないで、脳が出現した。

脳は外界の情報を分析し、記憶し、行動を決定する。ここでは、DNAなどおかまいたしに高次の情報が主役を演じている。脳は、こうした情報が働く場を提供する物質的な仕組みである。だから、脳の仕組みを知るのに、その物質の法則を調べるだけでは物足りない。物質を手段として用いる脳の情報の仕組みを理解しなければならぬ。これが脳の科学である。

さらに時間が流れ、一〇〇万年程前に人類の祖先らしきものが出現する。そして一〇万年ほど前に現代人と同じ脳をもつ現生人類が現われた。われわれ人間である。ここにもう一つの奇跡が現われた。心である。心は脳が作り出した機能である。しかし、心は脳を支配し、いまわれわれは心の命ずるままに生きている。とはいってももちろん、心は脳の働きである。脳の科学は心を生み出す脳の仕組み、その情報の原理と物質の原理を明らかにする使命をおびている。

脳を明らかにするには、その構成要素である分子の仕組み、細胞の仕組み、さらに回路の仕組みを調べなければならぬ。それに加えて、その上に働く情報の仕組みが重要である。たとえば、思考、判断、学習をどのように行うのか、これを知りたい。これを知るには理論が主導し、実験と照らしあわせながら進んでゆくことになる。これが理論脳科学である。

私は、理論でも特に数理的な思考に魅せられている。人が理解できる自然の仕組みは、究極では数理的な表現になると考えるのである。ここでは、理論、特に数学的な理論から脳の仕組みがどのようにわかるのか、その物語をいくつかの例に絞ってお見せしよう。

この章では、学習と認知にかかわる理論モデル「パーセプトロン」と、連想記憶にかかわる理論モデルを取り上げ、その仕組み、歴史的なききつ、そして現実の脳の研究に与えたインパクトを述べてみよう。

2. 「情報」と「配置」

「情報」と「配置」の間に密接な関係がある。英語でいうなら close relation between information and placement である。

たとえば、言語が情報を伝えるのに使われるが、人の口からでる言語は単語の一次元配置である。そして単語は音素の一次元配置である。

通信は文字配列を伝えることに他ならない。

また、言語を用いて伝えようとする内容の多くは事物の時空間配置である。日露戦争では二百三高地で観測されて伝えられた着弾点情報が勝敗を分けた。

情報を考えるにあたって「観測」のことを忘れるわけにいかないが、観測における能動的行為は適当に設計した観測装置を適当に配置することで終わっている。

こう考えると、配置という言葉が使えれば情報という言葉を使わずに済むのではなかろうかという考えが浮かぶ。

たとえば、甘利俊一氏の文章を「情報」という言葉を使わずに書き直せるのではないか。

2.1 「情報」抜きの甘利俊一氏の文章

宇宙のはじまりと生命

脳は、自然が生み出した驚異の器官であり、とてつもなく複雑である。どうしてこんなものができたのだろうか？ その仕組みはどうすればわかるのだろうか。これは二〇世紀の科学では解決できず、二一世紀の科学への挑戦とされる最大の課題である。脳ができるまでの歴史を振り返ってみよう。

一四〇億年ほど前に、ビッグバンが起こった。そこに巨大なエネルギーが出現し、これが物質に転化した。このとき時間と空間が出現した。われわれの住む宇宙である。宇宙は三〇万年から四〇万年すると温度が冷え、その後数億年かけて星が生まれた。この間、ここは物理と化学の法則が支配する物質とエネルギーの世界だった。

四五億年ほど前に地球が生まれた。それから一〇億年ほど経った三六億年前に生命が生まれたという。生命とは何だろう。これは物質には違いない。しかし生命は、世代を超えて自分を再生産する仕組みを持っている。このような妙な仕組みを獲得した物質が生命である。自己を再生産するには、自分の**身体を構成する物質の配置**をしっかりと持って、これを次に伝える必要がある。これがDNAという巨大遺伝子に書きこまれた遺伝子である。

物質がこのような仕組みを一度獲得するや否や、遺伝子があたかも自己の増殖を目指して自然界をしぶとく生き抜いていく、このように見える仕掛けが現われた。これを利己的な遺伝子といい、遺伝子は自分の増殖を目指して、物質を道具のように使って増えていく。これが進化の原理であるとも言われる。これはこれまで宇宙を支配していた物質自体を律する法則とちがって、**物質の配置**が主役となり、**物質の配置**が世界を乗っ取ったように見える。物質の世界である自然界の主役に**配置**が躍り出たのである。

「情報」抜きの甘利俊一氏の文章(つづき)

脳を支配する物質配置と心

こうしてさらに三〇億年ほどの時が流れた。細胞一つを再生産のよりどころとしていた単細胞の生命体は、いつのまにか沢山の細胞を寄せ集めた多細胞生物を生み出す。こうして動物が出現する。動物も遺伝子に操られている。しかし、動物は自分の子孫を残すために、環境の中を行き抜き、そのために周りの**物質配置**に応じて、これを利用して行動しなければならない。ここで、**物質配置への対応**を専門に担う細胞、つまり神経細胞(ニューロン)が生み出された。それをネットワークにつないで、脳が出現した。

脳は**周囲の物質の配置**を分析し、記憶し、行動を決定する。ここでは、DNAなどおかまいなしに**周囲の物質の配置**が主役を演じている。脳は、こうした**周囲の物質配置**に反応する場を提供する物質的な仕組みである。だから、**脳**の仕組みを知るのに、その物質自体の法則を調べるだけでは物足りない。物質を手段として用いる**脳**の**物質配置へ反応**の仕組みを理解しなければならない。これが脳の科学である。

さらに時間が流れ、一〇〇万年程前に人類の祖先らしきものが出現する。そして一〇万年ほど前に現代人と同じ脳をもつ現生人類が現われた。われわれ人間である。ここにもう一つの奇跡が現われた。心である。心は脳が作り出した機能である。しかし、心は脳を支配し、いまやわれわれは心の命ずるままに生きている。とはいってももちろん、心は脳の働きである。脳の科学は心を生み出す**脳**の仕組み、その物質の配置の原理と物質そのものの原理を明らかにする使命をおびている。

脳を明らかにするには、その構成要素である分子の仕組み、細胞の仕組み、さらに回路の仕組みを調べなければならない。それに加えて、その上に働く物質の配置の仕組みが重要である。たとえば、思考、判断、学習をどのように行うのか、これを知りたい。これを知るには理論が主導し、実験と照らしあわせながら進んでゆくことになる。これが理論脳科学である。

(後略)

2.2 「情報」抜きの「広辞苑 第7版書誌情報」

NETに「広辞苑 第7版書誌情報」が置かれている場所がある。そこにアクセスすると

<p>購入方法のご案内 2018年1月12日 全国一斉発売</p> <p>普通版</p> <p>本体価格 9,000円</p> <p>菊判・クロス装・上製函入・ 3216頁・別冊付録424頁 背102mm×平175mm×高232mm 約3300g ISBN 978-4-00-080131-7</p>
--

とある。「情報」という言葉はこのサイトに案内するためにだけ使われている。もし「情報」という言葉の使用が禁止されたら、「広辞苑 第7版の価格・サイズ、入手法」などと書き直すことになるだろうけど、特に困ることはないのではないかな。

2.3 2次元色彩配置と1次元文字配置



「木の枝にルリビタキがとまっている。」

#1次元配置を多次元配置に対応させるために、「文法」がある。と思う。

3. 生命における「配置」問題

甘利氏が「生命は、世代を超えて自分を再生産する仕組みを持っている。このような妙な仕組みを獲得した物質が生命である」と書いているが、後半を正確に書くなら「このような妙な仕組みを獲得した物質配置が生命である」だろう。

物質をうまく配置すると、その配置が「新陳代謝」による物質の入れ替わりにかかわらず一定保たれるようになる。生殖というしかけで同じ配置が再生産されるようになる。

新陳代謝によって物質配置が保たれるためには自己の周囲に適切な物質配置があることが重要である。

自分と同じ配置をもつ子孫を作るということが DNA 螺旋という物質配置を経由するという仕掛けで実現されている。

この過程にDNA螺旋のコピーが多数回繰り返されるが、ミスコピーがあり得る。ほとんどのミスコピーは不完全な成体をもたらすが、まれに親より機能的にすぐれた成体を発生させる。

3.1 植物における「配置」問題

植物型物質配置は、日当たりとか、水分の存在が自己の生存に適した物質配置環境に根を下ろす必要がある。

胞子を作ってばらまくとか、生殖という過程で種子を作ってばらまくという方法で、次第に種に適した環境に「移動」する事が可能である。また、DNA のミスコピーで現在の環境により適した子孫が残るとい形で「進化」する。

植物にあっては何をもって「個体」とするか難しい面があるらしいが、重力方向や表面への日当たりに応じて成長方向を変えるような形で、個体ごとに問題を解決するように進化した種も多い。

3.2 動物における「配置」問題

動物型物質配置には、近くに存在する物質を捕食し、自分を捕食しようとする動物型物質配置から逃げる機能が必要である。

動物にあつては、周囲の物質配置が把握できるかどうかが生死を分ける。この把握に関わるのが神経系という物質配置なのに違いない。

たとえば、視覚は、周囲の物質配置を網膜上の神経活動配置として個体内に取り込み、動物はこの配置に応じた行動をとる。

動物の行動は身体の一部に配置された筋肉を適切なタイミングで収縮させることで実現される。これは時空間上の配置問題である。

このように、感覚器における刺激配置を体内に取り込んで筋肉運動に結びつける機能をもった「モノ」を「動物」と呼ぶのだと考えることができる。「情報をとりこんでそれを処理する」という言い方をより分かりやすい。

このような動物が「進化」の結果として発生したと考えられるが、動物の進化の在り方が進化していることに留意する必要がある。雌雄による生殖過程を経て遺伝子配置を作るという形に進化した進化は、単なるミスコピーの蓄積の結果としての進化とは違うに違いない。

3.3 「技」の記憶

高等動物は、遺伝的機能によって生存するだけでなく、各個体が成長過程で「技」を磨くことで生存能力を高めることができる。

「技」は「ひとまとまりの筋肉運動の系列」に他ならない。「技」の一部に「目の付け所」というのがあがるが、これも良く考えると視線の方向を筋肉運動で動かす行為であることに注意しておく。

磨いた技は記憶され、再生可能でなければならない。高等動物の脳は筋肉運動の「系列」つまり筋肉運動の「時間軸上の配置」を記憶する機能を持っている必要がある。たとえば、「網膜上の」画像の配置に応じて「逃げる」とか「とびかかる」技を再生できなければならない。

犬や猫はこのような技をなんらかの脳内配置として保持しているはずである。技は感覚刺激を通じて感知される外界物質の配置と直結するかたちで保持されているはずである。

脳内配置としては神経活動の配置と物質配置があり得る。

技の記憶が物質的であるなら、DNA螺旋に類した分子の形で記憶されるか、神経網の回路構造として記憶されるか、いずれかだろう。

3.4 「さえずり」と言う「技」

ある種の鳥はさえずりを学習する能力を持っているそうである。

さえずりも筋肉運動であり、行動の技を記憶するのと同じような形で記憶されると思われる。

さえずりは他の筋肉運動と違って、「仲間」に聞こえるという効果を持つ。それが種の保存に有利に働くのでさえずるように進化してきたにちがいない。だとすると、群れとかがいという「社会的配置」がさえずりの学習を促したにちがいない。

さえずりという「技」の記憶と耳から聞こえるさえずりという「音の並び」の記憶、2つの記憶、さらに耳から聞こえたさえずりに応じて起動される「技」の記憶が揃ってはじめてさえずりが種の保存に役立つようになる。

いずれも、時間軸に沿っての1次元配列の記憶である。まるで鳥の脳内に録音・再生装置が組み込まれているようだ。この録音・再生装置が鳥の脳の何のどういう配列として実現されているのか、それが気になる。

3.5 言語という技の身体的基盤

人類は話すという技を持っている。話すというのは、記憶にある音素系列を適当な順に並べるという行為である。語彙の記憶なしに話すことは不可能である。言語を駆使する人間の脳にも録音・再生装置が組み込まれているに違いない。

言語において最も重要な品詞は名詞だろう。事物に名詞を結び付けて記憶する人間の脳の能力と、TPOに結び付ける形で「技」を記憶する動物の能力が同じ身体的基盤のうえに成り立っていると考えるのは自然だと考えられる。

語彙が必要に応じて即座に唇や舌や肺の連携運動によって口から出るということは、単語の記憶が運動選手の技と同じような記憶のされかたをしていることを意味しているように思われる。

つかうべき語を思いつく過程はスポーツ選手が身体でおぼえた技を繰り出すようなとっさの行動であり、無意識の行動であると考えられる。余裕があるときは思いついた語が適切かどうか考えて、別の語を思いつくまで待つということがあるけれど、口を滑らせる場合が多々ある。

発話と自動車の急ブレーキが似ているとも思う。「発話とかけて急ブレーキと解く」、「そのころはどちらも普段意識してないけどとっさに出てくる。その自信がないとやっていけない」

語を思いつく過程でなにが起きているかを説明するのは、自転車に乗れるようになってからどうバランスをとっているかを説明するのと同程度以上に難しい。このとき脳内でおきていることの物理科学的説明はまだなされていないようである。

3.6 論理という技

語彙を並べるのもつねに「とっさ」の行動であり、なぜそんな並べ方を思いついたのか説明するのが難しい場合がある。

考えた結果を文章にするのではなく、どこからか文章が出てくるのが考えるということであるように思われる。出て来た文章を見て、こんな文がでてきた理由を後智慧で想像することはするが、それが当たっているか確かめようかない。

どこからか出てきた言葉は普通、論理的ではない。すくなくとも私の場合はあちこちに矛盾があることが多い。しかし、文の論理構造を調べるのはさして難しくない。

論理的におかしい点を修正すると、つまらない文になってしまうことも多いが、論理的に正しく、面白い文が残ることがある。そんな文ができるとだれかに読んでもらいたくなる。

論理的に文を組み立てていくと、それまで考えもしなかった文ができることがある。論理的に組み立てられた文が指し示すことを行動に移すと、数十年前に覚えたことに基づいた行動になることがある。そんな場合、その行動と最近の経験の間の因果関係は見えない。その行動が因果の連鎖の結果で必然的なものであっても傍からは「自由きまま」な行動に見えるだろう。行動している本人にも自由な行動に見えると思われる。

4. 主観的体験を生み出す配置

人間の脳という物質配置が主観的体験を生み出すことは疑いようがない。なぜなら、特に珍しい人間ではない私が現に、パソコンのキーを叩いている今、主観的体験をしている。

主観的体験が脳活動に伴うものであることが明らかであるにもかかわらず、脳活動に関する物理化学的研究でいかに論理を組み立てても主観的体験は説明できない。できない理由は簡単である。物理化学の分野に「主観的体験」という言葉が存在しない。物理化学分野で正しいとされている命題をどう組み合わせても「見える」とか「聞こえる」などの主観的体験という言葉を含む命題が出て来るはずがないからである。

主観的体験と物理化学過程を結び付ける科学を構築しようとしたら、現在の物理学を拡張するのが早道と思われる。4次元空間での現象の説明に役立ってきた物理学を捨てて全く新しい科学を作るのは得策と思われない。

脳における言語活動にこの拡張部分が関与してないという保証はない。

どう拡張するか。それが問題だ。

脳という特殊な配置が主観的体験を生み出すと考えると、これまでの物理学が「配置によらない」物質の性質の研究として進められてきたことに気付く。物理学に配置効果を取り込むという拡張はどうだろう。多体物理学と云えばいいかもしれない。

5. ライフゲーム

ライフゲームというのがある。2次元空間における配置が「多体物理学」的のルールのもとで面白い変化を示すことが知られている。

ライフゲームに、なんらかの配置が出来たときに、3次元目に現象が広がっていくような拡張を施すと、物理化学の世界に突然「主観的体験」が出現する現象の簡単なモデルになるかもしれない。

この「3次元目」は、それを生じさせた配置固有のものであって、他の配置が持つ「3次元目」とは無縁であることが「主観的体験」が主観的であることの本質であると考えることができる。

逆に、我々が「住んでいる」4次元空間というのは、人間各自が住んでいる高次元空間の共有部分であると考えるのが妥当かもしれない。

この共有空間の研究にはげんで来たのがこれまでの物理化学。共有空間からはみ出した部分も含めて研究するのが心身問題研究ということなのではないか。

共有でない部分の研究が無理ということはないはずだ。「主観的体験」と「共有空間」の関係の在り方はだれにとっても同じと仮定して研究を進めればよい。

6. 最後に

6.1 朝永振一郎氏のことば

(前略)原子のなかでどんなことが起こるかということを非常に的確に言うことができても、われわれの身のまわりにはまだよくわからないことが山のようにあります。

(中略)

われわれのまわりにいろいろな生物がどういふふうにいるか、あるいは生物と生物のあいだの関係がどういふふうになっているかというようなこと、それからわれわれの体のなかのこと、これは分子生物学で遺伝のことはわかったけれども、まだもっと身近なことでもわからないことがいっぱいあるわけです。

朝永振一郎「物理学とは何だろうか」(岩波新書, 1979) 下巻 p.215

朝永振一郎氏は、生物が現状の物理学にとって手強いしかし面白い問題を提供すると考えていたようだ。生物として最も面白いのは人間ではないか。我々の主観的体験以上に「身近」なことは無いのではないか。人間を人間たらしめている最大のものが言語だと思う。

6.2 チョムスキー氏のことば

以下では、各々が有限の長さを持ち、また、要素の有限の集まりから構成される文の（有限あるいは無限の）集合として言語を考えていく、全ての自然言語は、書かれたものであろうが話されたものであろうが、この意味における言語である。なぜなら、個々の自然言語には、有限の数の音素（あるいは、アルファベットの文字）があり、文の数は無限ではあるが、各々の文はこれらの音素（あるいは、文字）の有限列として表示されるからである。同様に、数学の形式化されたシステムが持つ「文」の集合もまた言語と見なすことができる。言語Lの言語分析の根本的な目標は、言語Lの文である文法的列を、Lの文ではない非文法的列から区別し、文法的列の構造を研究することである。

チョムスキー「統辞構造論」（岩波文庫） p.12

チョムスキー氏は言語を記号配置の問題としてとりあげるという画期的な視点を持ち込んだ。しかし、物理的世界の配置と記号配置の関係について考えようとはしなかったようだ。

英語における疑問文の作り方が面白い。「It is a pen.」という平叙文を疑問文化するにあたって、語順を変えて「Is it a pen?」とする、つまり英語では、チョムスキー流に言えば、語の配置を変える、という「変換」によって「疑問文」であることを示す。日本語では「これはペンである」という文に「か」という音を付加する。「これはペンであるか」という文の最後の「か」が疑問文のマークとなっている。

6.3 塚谷裕一氏のことば

「ヒトも植物も同じなんだ」と思ってもらいたい。ヒトも植物も、偶然的積み重ねの結果、結果オーライでここまで進化してきた生き物である。

「植物のころ」(岩波新書) p.208

「ヒトも植物も同じ」という立場は、自然科学の徒として当然のものだと思う。「情報」の問題を「配置」の問題として扱う視点は、この「建前」を実現可能な形で扱えるようにするかなり有効な方法になるのではないだろうか。

6.4 アリストテレスのことば

Hegel's Lectures on the History of Philosophy: Author: Georg Wilhelm Hegel
Translator: E. S. Haldane Frances H. Simson

に以下のアリストテレスの言葉が収録されている。

“The soul is substance, as being the form of the physical organic body which is possessed potentially of life; but its substance is energy (έντελέχεια), the energy of a body such as has been described”

“Sense-perception is the receiving of sensible forms without matter, as wax receives only the impress of the golden signet ring, not the gold itself, but merely its form.”

“Thinking,” he says (De Anima, III. 4) “is not passive (.παθη..), but receptive of the form,

Aristotle characterizes the nature of the soul more closely (De Anima, II. 1) by referring to the three moments of existence: “First there is matter (ύλη), which is in itself no individual thing; secondly, the form and the universal (μορφη και εἶδος), which give a thing individuality; thirdly, the result produced by both, in which matter is potentiality and form is energy (έντελέχεια);

我々はアリストテレスの手の上で遊んでいるような気がする。