

「生命理論、脳理論」の意思決定および創造性の理論への適用（序論）

Adaptation of the life theory and of the brain theory to the theory of decision making and of creativity (Introduction)

村瀬 直幸

MURASE, Naoyuki

1. 初めに

意思決定や創造性に関しては数多くの考察がある。しかし、生命科学や脳神経科学との関係で語られたものは数少ない。本稿は、最近の生命科学や脳神経科学の目覚ましい成果を意思決定および創造性の理論に適用しようとする一つの試みである。問題意識としては、意思決定や創造性の普遍的な法則が生命理論と脳神経理論から導き出されるのではないかということである。即ち、意思決定という心の問題について「筋肉、遺伝子、神経、脳」などの物質的な働きから理論を見つけようとするものである。

このような問題意識から出発したものの、道のりは厳しく、未だ既存の生命科学や脳神経科学の成果の消化の域を超えられていない。それでも、意思決定および創造性との関係がおぼろげながら見えてきた。ここでは記憶と環境変化の相互作用を分析の核として、意識と意思の関係、記憶と創造性の関係などについて、今後の研究の出発点となる仮説を提示する。なお、研究がまだ出発点にあるとの認識から本稿のタイトルに「序論」の文字を加えた。今後、更に研究を進める所存である。

2. 分析方法について

人間の行動や心の動きや自然がもたらす動きについては、まだ、解決できない問題が数多く存在する。その一つの原因は、これらの動きについては、各要素が複雑に関係しており、かつ、一方向だけの関係でなくフィードバックがあるということである。これらの問題が簡単には解けないということは、三体問題という名前でも知られており、行列を使えば数学的に証明できるものである。例えば、宇宙の星の間の関係は、二つ動きの間の関係は物理的に数式で表すことができるが、三つの星の動きについては厳密には数式で表すことができない。

個人の行動や心の動きについても、様々な要因があり、従来 of 分析の仕方では正確に捉えられないことが想像できる。現在の意思決定および創造性の理論の問題は、状況ごとの現象の個別的特徴と二者間の相関関係が主で、数多くの要因を考察した上で包括的な因果関係として述べられることが少ない。たとえ、因果関係が書かれることがあっても、それは個別の因果関係に限られる。あらゆる状況の現象を説明できる因果関係が普遍的に述べられていない。状況ごとの個別

的な因果関係ではなく、あらゆる状況に適用できる普遍的な原理を見つけることが必要になる。そこで、本稿では意思決定の理論について生命科学や脳神経科学の最近の成果からその可能性を探ろうとするものである。以下、生命科学と脳神経科学の知見を整理しながら、意思決定および創造性との関係を述べていきたい。

3. 生物と無生物の違い

生物とは何かということから話を始めたい。生物の特徴の一つは、生物には細胞があり、無生物には細胞がないということである。細胞があることによって、生物は環境の変化に対して反応という動きを示すことができる。無生物は環境の変化があっても反応を示さない。もうひとつの生物の特徴として、生と死ということが挙げられる。この生ということは自己複製作用があるということでもある。この自主的な環境の変化に対する反応と自己複製作用が生物の大きな特徴である。

4. 筋肉細胞の行動の特徴

筋肉細胞はエンジンなどと同じで、化学的エネルギーから熱エネルギーを経由しないで直接力学的エネルギーに変換する。このため、熱を発生することが少ないので効率が良い。この化学的エネルギーから力学的エネルギーへの直接変換は、筋肉細胞内の分子の間に同じ方向の動きがなければ起こらない。また、筋肉のミオシン繊維とアクチン繊維の間に不安定なポテンシャルがつくることが必要である。この不安定な状況から細胞が一斉に同じ動きを始めることが、筋肉細胞の特徴である。これを清水（1990）は動的協力性と名付けた。

動的協力性は生命の非線形振動の引き込み現象によりおこる。非線形振動の引き込み現象は筋肉細胞だけではなく、脳細胞の活動にも見られる。このことは脳波の測定でわかる。

非線形振動の引き込み現象とは次の通りである。多数の非線形振動子の集まりがあり、各振動子は振動数も位相もまちまちであるとする。その系の中でたまたま強く相互作用し合う振動子がかたまっているとすると、その間に引き込みが起こり、特定の振動数と位相を持ったやや大きい振動が出現する。それが周りの振動子の振動を更に引き込んでますます成長する。

この動的協力性は自然界の法則であるエントロピー増加の法則に反する動きである。エネルギーの注入が行われなければエントロピーの増加には逆らえないことから、生物にはエネルギーの絶え間ない注入が必要ということになる。

筋肉細胞に動的協力性が起きるためには次の条件が必要であることが確かめられている。

第一に、細胞が一種の興奮状態ともいえるべき励起状態にあることが必要であり、細胞がお互いに平穏に均衡がとれている平衡状態では動的協力性は起きにくい。ただし、平衡状態でも、揺らぎが起きている状態で、細胞が好ましい選択をする場合には動的協力性が起きる。この揺らぎというのは細胞の動きの特徴の一つで脳細胞の記憶でも重要な働きをする。

それでは平衡状態で、揺らぎが起きている中で、細胞が好ましい選択をする場合はどんな時であろうか。そのひとつの場合は、遺伝子の中に記憶されている選択能力である。単細胞は揺らぎの動きを通常しているのだが、環境が変わると遺伝子に備わっている選択基準で動きを変える。そして、環境の変化が収まると、また、揺らぎの動きを始める。

5. 遺伝子の役割

遺伝子は一種の記憶装置である。地球上に生命が誕生してから蓄積されてきた経験の中からその種にとって役立つと思われる機能や知識を記憶している。知識の中には、感情のようなものから、筋肉を動かすときの動かし方や考えるということまで色々なものが含まれる。その中で、固有のタンパク細胞を作る機能は重要である。遺伝子が増えることによって、様々なたんぱく質が生まれて生物が進化してきた。進化とともに遺伝子の数が増えてたんぱく質の種類も増えてきたのである。しかし、遺伝子の数が途方もなく増えて、たんぱく質の種類が増えすぎても困る。それは、生命の機能を高めるたんぱく質だけが増えればよいが、生命の機能を低下させるたんぱく質も増えてしまうのである。したがって、遺伝子の記憶容量には限界がもうけられたものと推測されている。そのため、自分で動く昆虫や動物は脳が記憶装置を持つことによって遺伝子の記憶容量の限界を補っている。

もうひとつ、遺伝子の記憶装置としての機能で、重要な点がある。それは一代の生命では書き換えが不可能だと言うことである。遺伝子に記憶された情報書きかえるためには、何千年、何万年もの世代に亘って徐々に書きかえられる。

6. 細胞活動の創造性

筋肉細胞の創造性とは、筆者の考えでは、環境の変化に対して、遺伝子に記憶されている適応方法を使って対応することだということだ。脳細胞では筋肉細胞と違って遺伝子に記憶された適応方法だけでなく、脳細胞に記憶された適応方法の中から一つを選択して、それを加えて対応することだと言える。

筋肉細胞に限ってそのメカニズムを外部から見ると次の通りである。環境の変化によって、細胞が励起状態になる。細胞と環境が平衡状態でなくなるため、外部からの強い力が加わると、平衡状態で見られる揺らぎとは別の動きが細胞の中に生まれる。その動きとは、外部の力が誘因となって細胞間に連鎖的で共振的な同一の動きが起きる。この共振的な動きは、多くの細胞からなる細胞全体でみると、揺らぎよりもはるかに大きなものとなる。この動きをするとき遺伝子に記憶されている動き方が作用する。これを、一般に使われている意味で創造性と呼べないかもしれないが、筋肉細胞の自主的な動きという意味で創造性と呼んで差支えなからう。

7. 植物と動物の違い

次に植物と動物の違いを見てみよう。細胞構造上は植物細胞には細胞壁があり、動物細胞には細胞壁がない。また、動物には運動器官があり、植物には運動器官がない。この分類では例えば単細胞では、ゾウリムシ、ミドリムシ（ただし、ミドリムシの間には葉緑素をもち光合成をおこなうものがあることから、動物と植物の両方の性格を持っていると言われている）、アメーバーが動物で、珪藻、ユレモが植物と分類される。

運動器官としてゾウリムシには繊毛が、ミドリムシには鞭毛がある。アメーバーには繊毛も鞭毛もないが細胞内の原形質流動によって移動するため偽足があると言われている。

植物細胞は光合成にみられるように自分で栄養素を作りだすが、動物は自分で栄養素を作りだ

すことはなく、「食べる」という行為によって外から栄養素を取り込む。

これらによって、一応植物と動物が分類されるが、植物と動物の一番の違いは、動物には神経細胞があり、植物細胞には神経細胞がないということであろう。神経細胞によって、動物は環境の変化に対する自主的な動きをすることができる。

8. 神経の働き

神経細胞は外部環境の変化に対応して筋肉細胞を動かす指令を出す。単純な動きを指示するだけでなく、筋肉の動かし方も指示を出す。つまり、動かし方のプログラムが神経遺伝子の中に存在する（池谷 2007）。

9. 神経細胞と脳細胞の関係

脳細胞は神経細胞が高度に発達したものである。ではどのように高度なのか。筆者の考えでは次のようになる。神経細胞は環境の変化に対して、遺伝子に組み込まれたプログラムで反応する。遺伝子で組み込まれた反応以上のことはしない。しかし、脳細胞は、遺伝子で組み込まれたプログラムの他に、脳に記憶された情報を選択し、組み合わせ、調整して、ある適当なプログラムを反応として選択する。これが、神経細胞と脳細胞の働きの最も違う点であると考えられる。すなわち、神経細胞には遺伝子情報以外の新たな情報を記憶する機能がないが、脳細胞には遺伝子情報以外の経験による情報が記憶され、それを環境の変化に対応して適宜組み合わせで適当な反応をその他の細胞に指示する。

10. 脳の働き

1) 脳は遺伝子の記憶容量を補う記憶装置である。遺伝子の記憶と脳の記憶の違いは、遺伝子の記憶がすべて子孫にまで伝えられるのに対して、脳の記憶は一代限りであることである。しかも、一代限りの記憶の中でも、すぐに忘れられる記憶もあるし、死ぬまで記憶されるものもあるということである。すぐ忘れる記憶を記憶する場所はワーキングメモリーと呼ばれている。このワーキングメモリーに蓄えられた記憶が長期の記憶になるためには、その記憶を強める何らかの作用が必要である。その作用とは、強い刺激や何回も同じ記憶を繰り返すことである。更に、長期記憶された記憶は新たな刺激が加えられるたびに何回の修正されていく。ただし、長期記憶に変形した記憶であっても、長い間使われないと忘れる。

2) 脳は神経回路が高度に発達したものである。神経回路は神経細胞と神経細胞がシナプスという接続部分で結ばれている。一個の神経細胞には多いもので 20 万個のシナプスを持つと言われている。脳は膨大な数の神経細胞の神経回路から成り立っている。シナプスには可塑性という機能が備わっている。シナプスの可塑性とは、「・・・その回路結線を可変にしておいて、適宜これに変更を加えること」（塚原仲晃 2010）や「使用（経験）に伴うシナプス部位の伝達効率の変化」（岡本仁ほか 2009）と定義される。これによって、記憶をしたり、記憶を消したり、記憶を修正したりができる。

3) 脳細胞への記憶はあいまいな形で記憶されるという特徴がある。あいまいという意味は、たとえば、物を見たときに、見たものをすべて正確に記憶するのではなく、その特徴だけを記憶する。特徴だけを記憶することによって、記憶されているのと似た物体が現れた時に、その他の記憶情報と結び付けて、同じ物体かどうかを認識する。このその他の情報と結びつける作業が「補正」と呼ばれている脳の機能である。脳はこのように、環境の変化が起こった時に、記憶されている曖昧で抽象的な情報を色々結び付けて、その作業の中から最適と思われる組み合わせを選択する。

この、記憶の曖昧さには二つの意味が込められていると筆者には思われる。一つは、記憶容量の関係であり、もうひとつは環境の変化に対応する最適な行動を引き出すための効率性である。

第一の点は、明らかである。すべてを正確に記憶していたら脳細胞がいくつあっても容量が足りなくなる。そこで、余分な情報を削って記憶しているのであろう。さらに、記憶は何回も同じことを経験しないと記憶されにくい。これも必要性が薄い記憶は容量の関係で消去されるのであろう。

第二の点は、詳細な個別情報をいくつも組み合わせて選択するのは非効率であるということである。できるだけ情報量の少ないもの同士の方が個別の情報を選択して組み合わせることが簡単で速いということである。その記憶の中で最適な情報の組みあわせを捜すのに、個々の情報はあいまいで抽象的な方が組み合わせしやすい。更に、対象物が多少変化しても同一物であると認識できる。

4) 人間と動物の違いは人間が言語能力を持ったということである。言語能力によって、脳に蓄えきれない記憶を言語で記録するということができるようになった。また、言語によって、一人の記憶が他人も同じ記憶を共有できる。即ち、個人の記憶容量とともに、コミュニケーションの容量が格段に拡大したのである。

言葉の役割は次の3つ。「①コミュニケーションの手段、②記憶の手段、③見たり、聞いたりしたものを、抽象化する。更に、抽象化した言葉どうしを結び付けて、更に抽象化した概念というものを作る。」(池谷 2007)

言葉はあいまいな記憶の仕方を助ける手段として、人間だけが持っている。他の哺乳類にもコミュニケーションの手段だとして、言葉に近い合図のようなものを持っているが、それらは言葉ではないため、紙やパソコンに情報を打ち込んでそれを他の者が見て理解すると言うことができない。

言葉の持つ抽象性によって、人間は効率よく複雑な論理の組み合わせを創り上げることができる。言葉を持たない他の動物は、複雑で論理的な思考方法ができないはずである。

1.1. 心

次に、心について考えよう。心は「感情、論理的な考え、意識・無意識を含んだ脳の活動」と定義したい。これらの要素を以下で見たい。

1) 意識、無意識

意識とは何だろうか。脳神経科学の視点から筆者なりに解釈すると次のようになる。無意識の

脳細胞が電気信号を発現した時に、それが知覚の脳細胞に信号が送られて、知覚の脳細胞が電気信号を発現する。そしてそれが意識として感じられる。従って、無条件反射や条件反射は、無意識の神経細胞や脳細胞は反応するが知覚の脳細胞が反応しない場合には無意識である。知覚としては、五感と呼ばれるもの（視覚、聴覚、触覚、味覚、臭覚）、感情と呼ばれるもの（楽しい、悲しい、恐れ、怒り、信頼、嫌悪、欲望、満足、愛情、失望、孤独など）、そしてそれらよりも抽象的な認識と呼ばれるものに分類できるだろう。

ここで意識の役割を考えてみると、無意識で行われる脳細胞の活動に対して、それを指示する役割があるものと考えられていた。しかし、最近の研究では筋肉細胞に脳細胞から伝達される順番は、無意識の脳細胞の中で準備活動をする細胞群があり、そこで準備活動をしてから別の無意識の脳細胞が指示を出して筋肉細胞に行動の指示を出す。この無意識の脳細胞が筋肉細胞に指示を出す直前に意識細胞に「筋肉細胞に動かす指示を出すのだ」という情報が伝わるということが分かっている。準備活動を始めるときには意識をつかさどる知覚細胞はまだ発現していない状態ということになる。無意識下でも脳は指示機能を果たしているのである。そうすると意識は何の役割をしているのだろうか。意識が発現した時にはもう無意識の脳細胞が筋肉細胞に指示を出す準備を完了してしまっている。こうした最近の実験結果を受けた後の意識の役割はまだ解明されていない。

2) 意思と知覚と意識

夢は無意識で行われている脳の活動が知覚細胞に伝わることによって場面や感情が自覚される。しかし、自分の意思がそこに働いていない。意識も働いていない。夢の場面を変えようとしても変えられない。そうすると知覚と意識や意思の違いが自然と出てくる。知覚も意識も脳細胞に蓄えられた記憶を様々に駆使して組み合わせることによって、対象物に対して、何らかの認知をする。意思はそれに対する対応の選択や判断を脳内にある記憶された経験や知識を色々組み合わせるシミュレーションを行い、最適と思われるものを選択する。これが意思であり、また、判断である。これに対して、知覚や意思は脳細胞に蓄えられている記憶を駆使してそのものが何かを認知することは行うが、それに対する対応のための選択や判断を行わない。ここで、筆者は前述のゆらぎと動的協力性という概念が関係していると考え、夢の中の知覚は揺らぎによって脳内の記憶がランダムに発現される動きであろう。これに対して、意識は環境の変化によって、揺らぎを超えた強い動的協力性が脳内で発現したものであろう。動的協力性は、脳内が不安定な状態になれば発現しない。不安定な状態を引き起こすのが身の回りに起きた環境の変化である。夢を見るときは REM 睡眠の時であり、この時脳細胞は活動しているが、動的協力性がないために意識は発現していない。すなわち、平衡状態にあるときには揺らぎの作用だけが脳細胞に働く。これに対して、筋肉細胞が活動しているときには、意識や意思に関係する脳細胞が活動している。動的協力性の働きによって、意識が発現すると同時に、認知された変化に対応するために脳内のモデル構築とそのシミュレーションが行われる。これが意思である。筆者が考えるには、夢は眼球以外の肉体が活動していない状態であるため、動的協力性が起きるための条件である環境の変化が知覚されない。このため脳内に不安定な状態が起きず、従って意識や意思が働かないと考えられる。

ここで、意識の役割をもう一度考えたい。それらの一つの役割は、脳内が不安定な状態の時に、外界の変化を正しく認知して、意思を働きやすくすることである。無意識でも知覚が起こるが、それは制御が限られた状態である。その知覚を修正することはない。意識が働くと、モデル作成のシミュレーション時に過去の経験との照合が行われ安くなり、過去の経験をフィードバックしてシミュレーションをし直す作業がつけ加わる。それが、より適切と思われる認知モデルづくりが行われる。そして、適切な認知が行われる。そして、その正しい認知に基づいて、更に脳で外形の変化への対応のためのシミュレーションが行われて意思というモデルができる。

以上のことは筆者の仮説である。

3) 感情と意思

感情は遺伝子に組み込まれたままの神経の動きである。それに対して、意思は何らかの選択行動の結果である。感情を抑える行動は、選択行動であり、遺伝子に組み込まれたままの神経の働きではなく脳内に記憶された経験と学習行動による脳細胞の働きである。これは意思である。

1 2. 記憶と意識と意思

以上の知見などを総合した結果得られる第一の仮説は、知覚と意識と意思は別々に定義できることである。第二の仮説は、意思あるいは意思決定とは、環境の変化あったときに先ずそれを過去の記憶や経験から環境の変化がそれらのどれに似ているのかを脳が既にあるモデルを修正しながら認知する。ここまでは意識した認知と呼べる。その次に、それに対する対応を、過去の記憶や経験から様々な要素を結びつけるシミュレーションを脳内で行って、そのシミュレーションの中から一つの結び付きを選択する。これが意思である。こうした意識と意思の2段階の行為が行われる。また、意思が起きるときには知覚を司さどる筋肉細胞が活動している時であり、これによって、身の回りの環境の変化を、脳内を不安定な状態にして知覚することによって意識という認知が行われる。脳細胞が動的協力性を発現する環境を整えたうえで動的協力性がおきるので、認知のモデル構築とそのシミュレーションが脳内でおきるというわけである。このようにして意識が発現した後、意思に結び付く認知された変化に対応するためにシミュレーションモデルづくりが脳内で行われる。第三の仮説は、意思が発現するためには環境の変化によって脳内に不安定な状態が起きることが必要である。これは夢の中では意思が働かないことから推測される。第四の仮説は意識が働く状態では適切な意思が働きやすいということである。無意識でも意思に近い指示機能は働くが、コントロールやフィードバックが効かない。それに対して意識があると指示機能にコントロールが効き、途中で、最初の指示を変更することができると考えられる。これが意思である。従って、コントロールやフィードバックが働いた意思が働くためには意識が必要である。例えば、手を振り上げるときに意識があると途中で振り上げるのを止めることができるが、無意識では途中で止めることができない。

1 3. 記憶と創造性

創造性という記憶された経験や知識と無関係なものと考えられる傾向があるが、そうではない。認知された環境の変化に対して、その対応のために、脳内で過去の記憶や経験を様々な形で結び

つけあうシミュレーションをしていくうちに、これまでになかった新しい結びつきのモデルができる場合がある。これを意識し、意思として表現するときに創造性が生まれると考えられる。

創造的なモデルを脳内で作り出すためには、様々な経験をすることによって、様々なモデルを脳内で作り出す経験をする必要がある。そして、その経験が記憶されている必要がある。従って、そこから導き出される結論は、多種類の経験を数多くし、それを記憶することによって、創造性が生まれる。

1 4. 言葉と読書による疑似体験

人間は言葉を持つことによって、記憶容量を効率的に高めることができるようになった。同時に、言葉を使うことによって、複雑な考えをできるようになった。筆者の考えでは、前者は環境の変化を抽象的に記憶することによって、記憶の抽象化がしやすくなり、また、記憶された言葉からそれと結びついた抽象的な記憶事象が必要な時に正確に取り出しやすくなるということだろう。後者は、言葉を操ることによって、言葉と結びついた抽象的な事象を経由せずに、言葉を要素として、その要素を様々な組み合わせることによって、思考のモデルをシミュレーションで作ったり壊したりしながら、環境の変化に対応した最適なモデルを作り上げることができるということだろう。また、言葉というものが、ある程度正確な抽象化であるがゆえに、そのモデルが正しいか正しくないかを判断することもしやすくなり、これが最適なモデルを選択するスピードを上げる一つの要因となっているのだろう。

また、読書は環境の変化を疑似体験する場であると考えられる。言葉によって本の中に描かれた環境の変化を認知することができる。そして、認知できると言うことは、実際にその場面を経験して認知したのと同じ働きが脳で起こる。従って、本を沢山読むと言うことは、脳内においては、沢山の環境の変化を実際に経験したのと殆ど同じことになる。前述したように沢山の経験を積み、環境の変化に対応した好ましい対応をとれる確率が高まるということである。また、創造性を創り上げる確率が高まるということである。

1 5. 最後に

生命理論と脳理論のエッセンスから意思決定および創造性について筆者なりに仮定を導いた。しかし、知覚と意識と意思との関係についての仮説や、意思決定が、環境の変化を知覚することによって脳細胞を一端不安定な状態にして、かつ、動的協力性を脳細胞に発現させて、環境の変化に対応するために脳内でモデルづくりとそのシミュレーションが行われている行為だという仮説には、今後検証が必要である。これらの仮説をより確かなものにし、かつ、この仮説の意思決定および創造性の理論への本格的な適用を改めて行いたい。

参考文献

- 1) 池谷裕二、進化しすぎた脳 (2007) 講談社
- 2) 池谷裕二、単純な脳、複雑な「私」 (2009) 朝日新聞社
- 3) 岡本仁他、脳神経生物学 (2009) 岩波書店
- 3) 金子邦彦、生命とは何か (2003) 東京大学出版会
- 4) 清水博、生命を捉えなおす (1990) 中央公論新社
- 5) 塚原仲晃、脳の可塑性と記憶 (2010) 岩波書店
- 6) Chris Frith、心をつくる (2009) 岩波書店
- 7) David Eagleman、意識は傍観者である (2012) 早川書房
- 8) Neil R. Carlson、カールソン神経科学テキスト (2010) 丸善