

創造性はいかに生まれるか

The origin of creativity

村瀬 直幸

Murase Naoyuki

創造性はどこから来るのか。脳内メカニズムが明らかにしてきたことは、知識とひらめきと好奇心の持続である。これらの関係を明らかにし、それを生み出す要因を探ろうとするのが本稿の目的である。そこから、脳内ではモデル化と予測がこれらの要因を基にして起きているという仮説が導き出される。

キーワード：知識、ひらめき、好奇心の持続、モデル化

1. はしがき

創造性は「記憶された知識」と「ひらめき」から生まれる。記憶された知識は「経験」と「疑似経験」から得られる。疑似経験は読書が代表的なものである。記憶を促すものとして、復習と知的欲求がある。ひらめきは蓄えられた記憶を新しい結びつきで連合することである。かつ、その新しい連合は、今までモヤモヤとしていたものを、因果関係を含んだモデルで明確化できた現象だと言える。ひらめきを促すためには常に同一課題を考えていることが必要であり（即ち、復習）、そうするためにはその課題についての「知的欲求やモチベーションあるいは執着」が必要である。また、知識を連合するひらめきをもたらすために「脳内でのネットワークの揺らぎ」が必要である。また、環境の刺激がきっかけとなることもある。

以上が、本稿の基本的な枠組みである。本稿は創造性の生まれ方を最近の脳科学の知見を基にして独自の考え方に基づいた体系で整理し仮説を提示する。これによって創造性を育む教育の在り方の一助とすることを目的とする。

2. 記憶のメカニズムと役割

記憶に数時間しか持たない短期記憶、数時間以上持続する長期記憶、何日も何年も持続する遠隔記憶の3種類がある。短期記憶と長期記憶は主に海馬で、遠隔記憶は脳皮質で記憶されている。また、脳皮質の一部である前頭連合野にはワーキングメモリーという機能があり、ここで記憶の一時的な整理が行なわれている。いわば脳内の黒板のようなものである。このなかで創造性に関係する記憶はどれであるかははっきりとしていない。どれも違う役割で創造性に関係して

いると思われる。その様々な役割の中で、長期記憶と遠隔記憶の中で表れる「記憶の再固定化」が創造性に大きく関係していると筆者は考える。記憶の再固定化はワーキングメモリーを通して行なわれていると筆者は推測する。

記憶の再固定化は2000年にNader、Scafe、Le DouxがNatureに発表した論文で初めて出てきた概念である。長期記憶として固定された記憶は思い出した時に不安定になり、その後再固定化というプロセスを通して、記憶として再度定着するというものである。

再固定化の役割は記憶の強化とアップデートと言われている。再固定化の過程で、取り出されて不安定な状態になった記憶は、その時に取り入れられた環境の要素を取り込みアップデートして、再び長期記憶として定着する。環境の要素の中には、すでに取り込んである違った記憶も含まれると考えられる。ただし、新しい環境以外に既に取り込んでいる他の記憶も取り込むということは実証されていない筆者の仮説である。しかし、このことが行われぬ限り「新しい記憶の連合」は生じないはずである。

創造性はこの再固定化の過程で行われると考えられる。ただし、再固定化を生じさせるためには記憶を取り出すきっかけが必要である。それは周りの環境の刺激や脳の内部での揺らぎであろうと考えられる。環境の刺激については、その記憶に何らかの形で関係する環境の変化が生じ、それが知覚された時と理解される。

3. ゆらぎの役割

揺らぎは脳細胞特有の現象ではない。その他の細胞でも揺らぎは常に起きていると考えられている。清水(1978)によれば、ミドリムシは揺らぎの一種であるブラウン運動をしていて、たまたま環境の変化による刺激があると一方向に動きだす。環境の変化が薄れるとまたそこでブラウン運動をする。これを繰り返している。

脳細胞の揺らぎ(正確には脳細胞のシナプスで起こる電気発火の揺らぎ)を実感できる例として夢を挙げることができる。睡眠中は臭覚以外の視覚と聴覚は完全に遮断されている。臭覚は不完全な状態で遮断されている。従って、環境の刺激は臭覚の一部を除いて存在しない状態である。従って、夢を起こす原動力は揺らぎしかないと考えられる。また、睡眠中に記憶の取捨選択と整理が行われているという説が近年有力になってきた。ただし、夢がどのようなメカニズムで起きるかは実証されていない。夢がこの整理の役割と関係するのかも明確に実証されているわけではない。

筆者が考える夢の発生のメカニズムは次の通りである。脳細胞はシナプスの電気発火で活動する。電気発火は通常はランダムな自然発火をあちこちで起こしている。すなわち電気発火の揺らぎである。記憶されたいろいろな事象がランダムにネットワークとして結びつきそれが夢となっていると考えられる。従って、覚醒時には現れない突拍子もない場面が夢として現れるのである。しかし、突拍子もない場面もあるが、短い時間ではひとつのストーリーとして夢が現れる。これはどうしてだろうか。記憶が関連のあるもの同士が強いネットワークで結びついているからと考えられる。この強く結びついたネットワーク同士が揺らぎによって同時に発現する確率が高いためにある程度のまとまったストーリー性が現れるのであろう。

4. 学習と創造

記憶がなければ創造性は生まれない。無から有は生じない。記憶を行う刺激として偶発的におきる環境の刺激のほかに、意識的にいわゆる知識としての刺激として学習がある。その他に経験や体験があるが、経験や体験は偶発的に起きる場合もあるし、学習として意識的に行う場合がある。疑似体験は読書が典型的だが、読書は偶発性がなく、意識的に行う学習のひとつであると考えられる。

創造性はひとつのテーマに関連する様々な記憶が再固定化の際に、因果関係をもって連合する現象だといえよう。あるいは因果関係を持ったストーリーが現れる現象だと言っても良い。因果関係を持った現象が現れやすくするためには条件が必要である。ひとつは、そのテーマに関連する記憶の情報が多ければ多いほどよい。二つ目は再固定化の際に新しい連合が起こるために揺らぎが必要となる。

記憶の情報を多くするために学習があるし、再固定化の機会を行うために関連する学習や復習がそれを促進する。また、常にそのテーマについて考えていることで、再固定化による連合をしやすくする。このことは、常に考えることによって、テーマについての知識の記憶ネットワークが強化され、関係のない知識は再固定化の際にネットワークへの連合要因として登場されないことになる。しかし、この記憶ネットワークはある程度ファジーな形態でないとひらめきは生まれないことになる（この部分は筆者の仮説）。

5. ひらめきのメカニズム

常に考えているとしばらくそのテーマから離れた状態にある時に突然ひらめくことがある。これは、常に考えている状態は関連する記憶を連合しやすくする状態においている状態であり、しばらくそのテーマから離れた状態は関連する記憶を揺らぎの状態におくということだと考えられる。この揺らぎによって、突然、脳細胞で新しいシナプスの電気発火ネットワークが形成され、新しいストーリーが現れると考えられる。

ところで、ひらめきは海馬が重要な働きをしているのではないだろうか。もちろん、記憶の再固定化によって因果関係をもったストーリーが出現するときに、記憶は海馬だけでなく遠隔記憶を行う大脳皮質が必要だ。関係する記憶の量としてはむしろ遠隔記憶のほうが多いと考えられる。しかし遠隔記憶を再固定化によって連合するときに海馬が重要な働きをしていると仮定すると、老人にひらめきが少ないという説明がつく。1998年アルトマンは脳でニューロンが分裂して神経新生が起きていることを発見した。神経新生は海馬でも起きていることがわかっている。井ノ口らの研究で海馬での神経新生の役割は、海馬に蓄えられている短期記憶を積極的に消して大脳皮質に移しているということが解明された（井ノ口 2013）。海馬の容量は大脳皮質に比べてきわめて小さく、この消去移動が行われないと、海馬での新たな記憶の容量がなくなってしまう。そこで、短期記憶だけでなくひらめきを司る機能が海馬で行われていると仮定すると、神経新生が少なくなると、その結果海馬の容量が小さくなった老人はひらめきが少なくなるという仮説が生まれる。

以上は海馬領域の神経新生によってひらめきが生じる仮説である。ここで、ひらめきが生じる理由を考えることが可能である。ひらめきは因果関係を持ったストーリーが出現する現象である。

また、ひらめきは脳皮質と海馬で記憶されているテーマに関連する記憶を同時に発現させる現象と考えることができる。どの記憶とどの記憶が同時に発現するかは「神のみぞ知る」であるが、これが脳細胞の揺らぎが大きな動力源となっていることは想像するに難くない。

最後に、ひらめきは単に新しいネットワークが形成されるだけではない。そのネットワークは因果関係が明確化されたモデルでなければならない。因果関係が明確化されたモデルだけが創造性という名前に値する。

6. 覚醒と意識された知覚と創造性

Martindale と Hasenpus は創造的な被験者は、非創造的な被験者より、より高い α 波を示した (Martindale&Hasenpus 1978)。これは創造性が高い被験者はより低い覚醒状態にあることを示す。覚醒状態を引き起こすものはノルアドレナリンで、ノルアドレナリンが脳皮質のニューロンの自発活動レベルを低下させ、環境の刺激によって誘発される神経活動を活発化させ、脳内 SN 比を増加させる (Waterhouse, & Woodward, 1980)。SN 比とは目的とする信号量 (signal) とノイズ量 (noise) との比であり、脳が特定のものに信号を集中させているかの程度を示す。

ノルアドレナリンが引き起こした皮質の共振的電気活動が意識され知覚をもたらす。意識された知覚は狭い特定の範囲の物事に神経を集中させる。このことは、認識の柔軟性を抑制することになり、創造性の発現時に必要な広い範囲のネットワークの連合ができなくなる。

7. 感情と創造性

創造性を生み出す要因として、感情がある。「何の指針もなく、ただ単にランダムに (脳が : 筆者注) 自発的な活動をして、そこからは何の価値あるものも生み出されることはない。・・・どうやら感情が、そのような方向付けの役割を担っているらしいと現代の脳科学者たちは考えている。・・・感情のそのような働きをとらえた仮説が、アメリカの神経科学者、アントニオ・ダマシオの「ソマティック・マーカー」仮説である。とりわけ、あるものに価値があるか、自分がある行動をとることが良いことか悪いことか、というようなことを「判断」することは、もっとも大切な感情の働きのひとつである。・・・このような創造的な判断のプロセスを、人間の脳の感情のシステムが支えていることが徐々に明らかになってきている。」 (茂木健一郎 2013)。創造性の中に感情および判断の要素を入れると、創造性は次のような公式となるだろう。創造性 = 記憶された知識のネットワークの集合 (あくまでもファジーなネットワーク) + 揺らぎ + 感情による判断 + 好奇心。最後の好奇心は感情の別の働きである。これがないと、考えることが持続しない。

8. モチベーションと執着性 : 目的指向

マズローの欲求階層説によれば、自己実現欲求は名声を欲する自尊欲求より上の最上位に位置づけられている。創造的な人間は目的の執着性と好奇心と持ち続けているという共通性が見られる。われわれの経験から、この目的の執着性と好奇心の持続性は、自己実現欲求と自尊欲求の両方に関係していると推測できる。しかし、マズロー説の序列は、目的の執着性と好奇心の持続性との関連性においては未だ明確にはなっていない。

初期の成功体験が執着心を持たせるという説がある。しかし、この説は現在では疑問視されて

いる。これに代わって現在主流となっている説が、不確実性に対する報酬や快感が執着性や好奇心を持つというものである。

好奇心は本能である。本能ということは遺伝子の組み込まれている機能である。生物の歴史を遡ったときに、不確実性のリスクの中で食料を探すときに必要な機能であるといわれている。ケンブリッジ大学の **Walfram Shultz** らのサルを使った実験 (**Waterhouse, & Woodward 1998**) とそれにつながる一連の研究で、次のことが解明されている。ドーパミンは快感や報酬が得られたときに放出される脳内物質である。報酬や快感を得たときにドーパミンは放出され、そうでないときは放出されない。また、報酬を得るための事前に行う行動に対しても放出されない。しかし、事前に行う行動を何度も行い、その結果、報酬を得る確率が不確実な時に、事前に行う行動のときにドーパミンが放出され続けることがわかった。これの意味することは、つらい練習で成功したり、失敗したりする経験を何度もすると、つらい経験をしているときにドーパミンが練習の間中、継続して放出されるということである。つまり、報酬に不確実性があると、つらい練習自体が快感をもたらすということである。

9. 「目的意識の強さ」と「不確実性という報酬」と「その種類」

次に、目的意識の脳内メカニズムを見ておこう。目的意識も創造性を育むことについて関係が深い。

原始的・本能的欲求が、それらを満足させるための知識と融合して目的思考的活動を起こす。この融合を司るのが前頭葉である (**Nauta 1971**)。前頭葉は意味的思考を発現させる機能をもっており、これが目的思考を生み出す。

目的意識と、この目的意識を持続させる執着性や好奇心が創造性のための努力を持続させると考えられる。そして執着性や好奇心は不確実性に対する報酬予感や快感がそれをもたらすというのが一つの結論である。

ここで、目的意識の強さの程度はどこから来るのだろうか。強さの程度に関する原因はまだ分かっていない。ここでは一つの仮説を述べる。**Walfram Shultz** らの実験では、最初にサルにシロップの味を経験させている。シロップを飲むと本能的に快感経路が活性化する。即ち、単なる不確実性の期待ではなく、報酬に対する不確実性がこの実験では行なわれている。ということは、同じ不確実性である場合に報酬に対する快感の強さによって目的意識の強さの程度が異なるということが推論できる。

報酬の種類にはシロップの味のように本能的・原始的なものから、マズローが言う自己実現などの抽象的なものまで様々なものがある。このどれもが目的意識に伴う報酬となる。しかし、それらの中でいちばん大きな報酬は「発見あるいは新しいものを作り出すこと」ではないのか。この「新しいものを作り出す」ことには「現在の自分を変えて新しい自分をつくること」も含まれる。名誉や金銭のような目的は「発見あるいは新しいものを作り出すこと」に比べたら小さいと思われる。「発見あるいは新しいものを作り出すこと」という要素がどれだけ多く目的の中に含まれているかによって、目的意識の強さが変わってくると思われる。ただし、この報酬の種類による優劣があるという仮説は、今後実証実験が必要である。

10. まとめ

創造性を生むためには、先ず、好奇心とそれに基づいた執着心が必要である。好奇心をもたらす重要な物質がドーパミンであることが分かっている。このドーパミンを増やすのは 100%の成功体験ではなし。成功体験と不成功体験が交じり合った不確実性がドーパミンを増やす。

好奇心と執着心を前提として、次に必要になるのが、知識の集積と揺らぎである。揺らぎによって蓄えられた知識が因果関係を保った状態で新しいネットワークを生み出す。これが創造性である。また、これは筆者の仮説であるが、弱い環境からの刺激によって、揺らぎが微妙に変化し、これがひらめきをもたらすと考えられる。今までとは別の環境下に身を移すことで弱い刺激が得られ、これがひらめきを生じさせるというものである。この場合、刺激が強すぎではいけない。刺激が強すぎるとノルアドレナリンが増加し、SN 比が高くなりすぎてしまう可能性が大きいからである。SN 比が高い状態ではひらめきは生じない。

記憶の再固定化が行なわれるときに創造性が生じるが、この時、記憶された知識が因果関係を持った状態でネットワーク化される必要がある。これが「考える」ということである。即ち、考える状態というのは、知識を論理的なネットワークとするために試行錯誤する状態であると筆者は考える。

揺らぎはノルアドレナリンが発現した覚醒状態では生じない。ノルアドレナリンが発現しない状態に脳細胞を置くことが揺らぎの発現のためには必要である。

また、目的意識は好奇心を持続させるために関係しているが、目的意識があるから好奇心が持続するのか、好奇心が持続するから目的意識が強まるのか、その因果関係ははっきりしていない。

以上の創造性のメカニズムに基づいて、いかにして創造性を育むかを考えてみよう。

ある分野で創造性を生み出すためには、まず、その分野での知識の集積が必要である。しかも前記の通り、①因果関係を持ったネットワークが弾力的に脳内で形成されやすいように、知識を関連付けて集積しておくことが必要である。また、②因果関係をもったネットワークを作る練習をしておくことも必要であると筆者は考えている。

それではそうした知識の集積を行なうためには何をしたらよいのだろうか。ここでは実験から出てきたことではないが、誰もが経験したことのある事実からそれを引き出してみよう。一つの仮説である。いちばん良い方法は該当する分野で経験をつむことである。経験をつむことによって知識が集積される。しかもそれを考えながら経験を積むと上記①の因果関係を持ったネットワークが弾力的に脳内で形成されやすいように知識が集積される。また、そうすることで、上記②の因果関係を持ったネットワークを形成する練習もすることになる。

しかし、経験をするためにはそういう場が提供されなければならないことから、どうしても経験する機会は限られたものになる。そこで、それに代わるものが、本や論文などということになる。

本や論文を読むことは擬似経験をすると同じである。本や論文を読むことで、上記①が可能となる。また、本や論文を読むときに、じっくりと考えながら読むことで上記①と②が達成できる。

つまり、創造性を生むための知識の集積方法は、考えるという行為をしながら経験を積むことと、本や論文を考えながらじっくりと読むことが最善であると考えられる。

次に、創造性を生み出すために重要な脳内細胞を揺らぎ状態にするためにはどうしたらよいのだろうか。これは記述の通りすでに明らかになっている。すなわち、脳内でノルアドレナリンの発現を低位に保った状態にすることである。いかえれば、脳を覚醒状態にさせないことである。リラックスした状態でひらめきが生まれる。

また、新しい環境下で弱い刺激を生じさせることで揺らぎを微妙に変化させる方法が考えられる。散歩などによってこの状態が得られやすい。これによって SN 比を高めることなく揺らぎにほんの少しの刺激を与えられ、それによって新しいシナプス連合を作りやすい状態にすることができる。

更に、有酸素運動が認知症の治療に効果があるという事例が増加しているが、本稿から引き出されることは、有酸素運動による脳内の血流の増加によって脳内に弱い刺激が与えられ、これがシナプスの電氣的揺らぎに微妙な変化を及ぼすことが原因となっているという仮説である。

最後に、好奇心を持ち続け、辛い練習や学習過程を続けさせるためには、その過程でもドーパミンを放出させることが必要である。これは、記述の通り、成功と不成功の体験に不確実性を持たせることによって実現できる。成功報酬を不確実にするにより練習、学習での努力に快感を持たせることができる。初期に成功体験をするとその後の学習を積極的に行なうようになるという「初期成功体験説」を支持する学者は現在、少数派となっている。したがって、小さな成功と小さな失敗を交互に体験することによって辛い練習や学習を忍耐強く継続することができるようになるはずである。

以上、最近の脳科学の成果を取り入れながら、創造性というものを考えてきた。まだ、仮説の段階にとどまっているが、今後実証研究を行なうことでこれを補強していきたい。

参考文献

- 1) 池上高志、動きが生命をつくる (2007) 青土社
- 2) 池谷裕二、進化しすぎた脳 (2007) 講談社
- 3) 池谷裕二、単純な脳、複雑な「私」 (2009) 朝日出版社
- 4) 池谷祐二、糸井重里、海馬 (2002) 朝日出版社
- 5) 井ノ口馨、記憶をコントロールする (2013) 岩波書店
- 6) 岡本仁他、脳神経生物学 (2009) 岩波書店
- 7) 金子邦彦、生命とは何か (2003) 東京大学出版会
- 8) 郡司ペギオー幸夫、群れは意識をもつ (2013) PHP 研究所
- 9) 清水博、生命を捉えなおす (1990) 中央公論新社
- 10) 塚原仲晃、脳の可塑性と記憶 (2010) 岩波書店
- 11) 藤井直敬、つながる脳 (2009) NTT 出版
- 12) 茂木健一郎、創造する脳 (2013) PHP エディターズ・グループ
- 13) 茂木健一郎、ひらめき脳 (2006) 新潮社
- 14) Chris Frith、心をつくる (2009) 岩波書店

- 15) David Eagleman、意識は傍観者である (2012) 早川書房
- 16) David J.Linden、快感回路 (2012) 河出書房新社
- 17) K.M.Heilman、脳は創造する (2013) 新風書房
- 18) Neil R. Carlson、カールソン神経科学テキスト (2010) 丸善
- 19) Len Fisher、群れはなぜ同じ方向を目指すのか (2012) 白揚社
- 20) Martindale,C., & Hasenfus,N.(1978). The differences as a function of creativity, stage of creative process and effort to be original. *Biological Psychiatry*, 6, 157-167
- 21) Nauta,W.J (1971).The problem of the frontal lobe: A reinterpretation. *Journal of Psychiatric Research*, 8(3), 167-187
- 22) V.S.Ramachandran、脳のなかの天使
- 23) Waterhouse, B. D., & Woodward, D. J. (1980). Interaction of norepinephrine with cerebrecortical activity evoked by stimulation of somatosensory afferent pathways in the rat. *Experimental Neurology*, 67, 11-34
- 24) Win Wenger、Richard Poe、アインシュタインファクター (2009) きこ書房