

創造性と脳活動について

今井 真理

はじめに

創造性は社会において重要な役割を果たしているが、創造性という言葉聞いて日常生活でそれらが必要とされていると考える人は少ないのかも知れない。おそらく多くの人々は偉大な業績を残す人、もしくは生まれつき才能のある人や大発明をする世界的な天才にのみ該当する言葉であると思うかも知れない。

芸術などクリエイティブなことに携わる人々のみの特権であろうと考えることもあるが、実は私たちが日常において生活する中で一般的に必要とされているものなのである。創造性 (creativity) は広辞苑などの辞書によれば「過去に存在しない新しいものを生み出すこと」と記述されている。

人々が常に意識しているかどうかは別として、創造性は私たちの日常生活すべてにおいて重要な役割を果たしている。しかし、創造性の研究は困難なものとして長い間、難解なものとして扱

われ、その言葉は一部の人のみに有効な特性と思われていた。したがって、創造性は長い間、非科学的であると同時に複雑なものであると捉えられていたため、客観的な方法では計測困難なものとの認識が高かった。また、創造性に関する研究は本国よりも欧米において積極的に行われているため、学術雑誌も少ない。

したがって、creativity に関する掲載論文は稀少であり、本邦における創造性の研究についての確固たる研究成果は未だ見えてこない現状がそこには存在する。

近年では創造性の定義は多岐にわたっており、集約されずにいる現状は否めないが、国内外における脳機能イメージングの発達により、計測が可能となり、研究活動が活発に行われるようになってきた。

本拙稿では創造性と脳活動について実験報告も含め、さまざまな研究の概観に触れることにする。

一、創造性に関する研究について

創造性に関する研究の多くは欧米においてさかんに研究がなされており、本邦は欧米諸国の影響を意識しながら、そのプロセスを受け発展している。わが国における創造性研究の初期のものとして波多野（一九三八）の創作心理学などが著名である

が、その後今日まで欧米の最先端の研究と比較できるほどの発表がなされているとはいいたい。しかし、欧米における創造のプロセスやその他の現象論的なモデルの多くは神経生理学的な理論をもとに精緻な実験が日夜繰り返された結果、新しい研究結果が発表されて続けている。(1)

創造性に関する最初の報告としてアメリカでは心理学者の Guilford (2) によつて一九五〇年以降に Guilford's SOI divergent production test (1967) や拡散的思考を見るスケールとしての Torrance's Test of Creative Thinking (TTCT) などを提案するとともに創造性に関するテストが開発された。昨今では日々さまざまな心理テストが開発されている中、今も TTCT は標準的な心理テストとしてこの分野では認識されており、現在もお使用される理由はさまざまであろうが、その理由の一つに創造性指数を算出し、創造プロセスの過程に含まれるオリジナリティや柔軟性など多岐にわたる要素をスコア化できる点にあると言える。一般的な刺激を与えることにより得られる創造的なプロセスが他とは異なることと認識されているからかも知れない。また、多くの心理テストは単一の正解を求めるものであるのに対して TTCT は複数の異なった答えを導き出すことが可能であり、創造性を探る研究では設問も抽象的である場合も多く、個々の被験者間でその設問に対する認識が異なる場合も少なくない。したがって、回答は被験者によりかなりのばらつきが出

てくることも視野に入れ実施しなければならぬため、被験者に対して適切な反応を促すことが大切である。TTCT はそれに耐えうるテスト内容のため、今もその威力を発揮するテストとして指示される所以であろう。

下記は創造的思考に関する神経化学的手法で試行された実験についてその代表的なものの概要をまとめたものである。非侵襲脳機能測定方法といってもその手法はさまざまであるが、EEG を使用した実験報告が多くなされている。

また Guilford は創造性や創造的な才能は精神的な柔軟性や思考の新しいさの程度や流暢性といった思考のなめらかさなどから評価するものと提示し、Guilford の提案によって、開発されたスケールは、現在では批判的な意見もあるものの、それをさかいに、さまざまな評価スケールが開発されたことは周知の事実である。

Chavez (3) は創造性的プロセス、ないしは次元を説明する理論モデルを提案し、関連性の統合—精緻化—コミュニケーションの流れを現象論モデルと呼んでいる。このモデルは詩人に対する現象論的観察と科学者、作家、作曲家、彫刻家との現象論に関する詳細なインタビューを基に作成された。

また、Boden は (4) 創造性は二種類に分類されるとし、「歴史的創造性」と「心理的創造性」の違いについて言及している。「歴史的創造性」はその人にとつて新しいものであると同時に

Table 1 A. Fink et al/Methods 42 (2007) の創造的思考の研究に使用された神経科学的手法の概要を引用、筆者により一部改変

	文献	手法	タスク	説明	評価方法
1	・ A. Fink. et al. (2006) ・ B. Staudt, A. C. Neubauer, High Abil. Stud. 17 (2006)	EEG	創造的な考えを生み出すタスク	洞察的タスク、ユートピア的状况、代替使用法、語尾を用いた作業	アイディアの豊かさ、オリジナリティ
2	・ N. Jausovec, K. (2000) ・ N. Jausovec, K. et al (2000)	EEG	クローズド対オープンなタスク	オープン：ある種の制限（時間的制限など）を考慮して一日の活動を計画する	効率性（時間、各解決法の正確性など）
3	・ C. Martindale. et al (1984) ・ C. Martindale. et al (1978)	EEG	創造的な物語を作るタスク	ファンタジースピーチ：「男が女と出会い、デートに誘う。どのような人がどのように出会ったかなど、創造してストーリーを作ること」	創造性の質を外部から評価する
4	・ P. A. Howard-Jones. et al (2005)	fMRI	創造的な物語を作る	与えられた3語を用いて創造的な話を作る	外部の評価：創造性の質
5	・ V. Goel. et al (2005)	fMRI	マッチング	マッチングを組み替え、マッチする語を切り離し、別のパターンを作る	レスポンス時間と正確性

人類にとっても新しいものと述べ、「心理的創造性」は人の心の中で生まれるものであり、第三者がすでにそのことについて思いついたかどうかなどは全く関係ないとしている。そしてすべての「歴史的創造性」は「心理的創造性」に含まれており、「心理的創造性」は「歴史的創造性」の説明の中に含まれるとしている。

文献で報告されている創造的思考における作業の多くは紙と鉛筆を使用したタスクとなっており、与えられた刺激に対して被験者は書く、もしくは考えて描くことを要求される。しかし、神経生理学的実験においては書く、あるいは描くことにおける時間領域が不自然な結果を招く可能性があるため、解析できる信頼性が高い時間領域の数が減少する。このような制限は研究を施行する上で大きな障害となる。それらの多くが口頭でのタスクであり、刺激に関しても被験者に対して口頭で与えられているからである。

Dietrich (5) は、創造性をパフォーマンスもしくは能力に対する質と考えるとともに創造性には作業記憶などのワーキングメモリー (Working Memory)、集中力の持続性や柔軟な考え方など、脳の前頭葉などが支配する認知能力が重要であり、既に自身が持っている考え方を超える新しい考え方を生み出す能力が必要であるとの考え方を示した。

ワーキングメモリーという言葉が用いられるようになったの

は一九六〇年ごろとされているが、文献は明らかにされておらず、それ以前は短期記憶 (operant memory) と表現されていた。一般的には前頭皮質、前帯状皮質、頭頂皮質、並びに大脳基底核の一部がワーキングメモリーに関与すると考えられている。

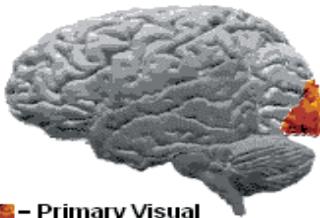
Miller (6) によれば記憶する要素は「チャンク」という情報のかたまりで捉えられ、最初その数は七個とされていたが、のちの研究により「チャンク」の種類別に文字は約六個、数字は約七個、単語は約五個と報告された。また、Hulme (7) は単語の内容は実際に声として表出した際に経過する時間と記憶の容量にも関係するとし、言葉の内容や意味を既に認識しているかどうかにも深く関係するとした。しかしながら、定量化は困難であるとの認識もあり、結論を導くことは困難であると指摘している。

近年、Cowan (8) は、ワーキングメモリーを長期記憶の一部とする考え方を提唱している。長期記憶は三つの状態をとることが可能とされており、ワーキングメモリーはその中の二つの状態から構成されているという考え方である。

第一の状態は時間的な限界は存在するが長期記憶には容量的限界は存在せず、同時に多数の情報が活性化することがあり、そのエピソードについて反復しない限りは時間とともに活性化の程度が低くなっていくとし、第二の状態は注意の焦点の容量には限界があり、一度に同時に注意を向けることが可能な状態

は、活性化した長期記憶のうち最大でも四つのチャンクであるとしている。すなわちCowanの説によれば、人は一度に四つの数字に注目することができるということになる。

しかし、物を見るという視覚の観点を例として考えると物を見る際に眼球にうつされたものが脳内にある一〇〇億存在するニューロン、その中でも大脳新皮質で処理され、その視覚情報が最初に到達されるのが後頭葉の一次視覚野 (V1) (図1) と言われており、一次視覚野は、パターン認識に長けた領域とされ、物を見る際は一次視覚野を経由して背側経路と腹側経路へと運ばれる。(9)



■ - Primary Visual Cortex (V1)

図1：一次視覚野 Primary Visual Cortex (V1)

Lennie (2003) (10) は脳内におけるニューロンがおおよそ1%であるため、それらが発火される際に脳内に制約がかかってしまうという報告している。昨今までの研究において脳内において何かの制約がかかってしまうことという点における報告は他の研究において一致して報告されているものの、この説に対して批判的な意見もあり、更なる詳細な検証が必要であろう。Olsson (11) はワーキングメモ

リーの重要性に関して、実証研究を通してワーキングメモリーをトレーニングすることで認知機能が改善されるという画期的な報告で世間の注目を集めたが、最近、Olsonらの研究に対して新たな知見として Jaeggi¹²⁾らにより、流動性知性の改善効果とワーキングメモリーのトレーニングの日数との関係を独自の視点から報告しているものの批判的な意見もあるようである。

創造性に関する研究は他の脳科学の研究分野とは異なった多くの問題点をかかえながら現在も進められており、創造的思考のタスクをどのような方法でスムーズに時間領域を妨げずにいかに自然に施行することができるかが大きなポイントとなる。

二、創造的な思考時の脳活動とEEG

Renzulli¹³⁾は創造性の研究を方法論の観点から実験的方法 (Experimental)、事例研究方法 (Biographical)、計量歴史学的方法 (Historiometric)、計量生物学的方法 (Biometric)、計量心理学的的方法 (Psychometric) と五つに分類しており、近年さかんに行われるようになってきた非侵襲脳機能計測方法による実験は計量心理学的方法に分類される。

被験者が創造的アイデアについて考える際の脳活動を測定した際の先行研究については第一章の Table 1 に記したが、そ

れらの創造的思考に関する研究の概要でもわかるように、神経科学的手法についてまとめた先行研究のほとんどが EEG (Electroencephalogram) により脳活動を測定したものである。

EEG は fMRI などの他の非侵襲脳機能計測方法と比べた場合、脳活動が比較的高い時間解析でき、また、刺激に対して詳細な解析をすることが可能であると言われている。

被験者を通して実験を施行する際、実験時は EEG に限ったことではなく、脳活動を測定する際の実験の基本はまずは、十字マークを静観することからはじめ、それを十五秒間行い、刺激を与えるといったところから始まる。(図 2)

タスクを始めるまえに被験者はレスポンスに慣れるように簡単なタスクで事前に練習してから始めることがある。Table 1 で示した Eick¹⁴⁾による実験では被験者が日常生活内において一般的に使用されるありふれた日用品の新しい使用方法について考えるか、もしくは、独自の方法でドイツ語の接尾辞を完成させるよう自分自身のアイデアでいかに考えられるかを指示される。アルファ活動はドイツ語の接頭辞を用いて語を完成させるような課題よりも「自由連想」の課題、非現実的な状況に対しての問いに対して答えさせたり、日用品の新しい使用方法について考えさせたりする課題の方が高くなったと報告している。

また、創造的な思考のトレーニングを行った結果でもそれら

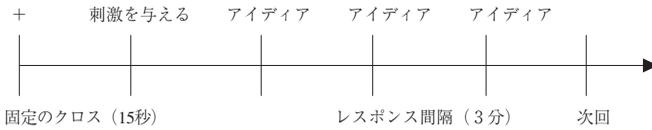


図2：創造的思考を求める課題及び実験手順の時間の流れ 文献14より引用一部改変

は増加していることも判明している⁽¹⁵⁾。

Martindale⁽¹⁶⁾ら(1976)の研究では人が何か創造上のストーリーを考えているときにはインスピレーションが必要な脳の状態が作り出されると仮定し、創造性の欠如した被験者と創造性がとても豊かな被験者を比較した場合、後者の場合皮質覚醒は低いものの、緻密さを求められる作業に関してはそうではなかったと報告されている。

また、Martindale(1999)⁽¹⁷⁾はEEGを用いた研究の中で連想ヒエラルキーは人の皮質覚醒が低い状態にあるときに起こりやすいとし、皮質覚醒の指数としてEEGを用いた研究の中で非常に豊かな被験者は創造性を測定するのに有効であるという。新しいオリジナルなアイデアは皮質覚醒が低く、アルファ活動が高いときに浮かびやすいと示唆している。創造性とアルファ波数域におけるEEG活動と感受性についての関係は他のさまざまな研究でも報告されている。⁽¹⁸⁻²⁰⁾

創造的思考と関連する脳との相関関係の可能性に関して、長い間マーティンデル

の低覚醒理論が支持され、人は覚醒がもつとも低いときに何かオリジナルなアイデアを思いつくと示唆されてきた。しかし、近年の新しい神経科学の研究から、ただ単に皮質の不活性、もしくは皮質のアイドリング状態であるときにのみアルファ活動の増加が見られるわけではないとの報告もされている。^(21,22)

三、創造的思考時の脳活動

創造的思考時の脳活動について例えばFinkら⁽²³⁾のEEGを用いた研究では被験者は男性、女性二五人合計(五〇人)にてEEG実験が行われた。のちの解析データより三名のデータは除外され、女性二名男性二五名で試行された。年齢は一八歳から三二歳の健康な被験者ですべて右利きである。

特性創造性に基づきスクリーニングされ、EEGセッションの前に言語、数字、空間認識などの知的能力をスコアで表示するドイツで定評ある知能測定テストを使用した。

記録セッションのはじめに最初は目を閉じ、次に目を開け、リラクセスした状態で二分間のEEGシークエンスを記録し、その後詳細を指示した上で被験者は実験に参加する環境を与えられた。EEGセッション記録は合計で一時間であった。

課題に関しては四種類の課題をそれぞれ八種類のテストアイテムで構成し、被験者は日用品の新しい使用方法について考え

るように要求される。これとは別に物の特性の課題では日用品の典型的な特性を考えるように求められ、できるだけ変わった名前をフルネームで考えるよう求められた。オリジナリティの高い被験者と低い被験者では左右半球の活動が異なり、前者は中央頭部から頭頂後頭部にかけて左右半球の違いがはっきりと見られたが後者ではその違いは観察されなかった。

すべての研究データを解析した結果、創造性の発生は脳の前頭領域でのアルファ同期及び頭頂部皮質領域でのアルファ同期の拡散が広範囲にわたるパターンと関連していることが分かった。

また、Finkら⁽²⁴⁾はEEGの実験のみではなく、同時にfMRIの実験も行い比較検討した。fMRIの実験では二名の男子学生一〇名、年齢は二〇〜二三歳の健康で右利きの被験者を選んだ。fMRIの実験でも先に行われたEEGと同じ課題代替使用法課題、モノの特性課題、名前の発明課題、ワードエンド課題を選び実験に使用した。また、被験者に出す指示やタイミングもEEGのときと揃えた。

fMRIの実験結果から課題中は左半球の前頭領域で活性化が見られ、頭頂側頭部出の課題に特有の影響が見られたと報告されている。

したがって、前頭領域は創造的過程において重要な役割を果たしていることが示唆されている。

Zeigler⁽²⁵⁾は「神経美学」という新しい分野で美的経験、その中でも神経との関係について研究し「神経美学」という分野を確立した。「神経美学」における研究は美的評価を中心に、被験者が視覚刺激を通して「美しい」か「美しくない」かといった個人的な感情であろう美的判断を通してその認識のもとに研究結果が導き出される。「美しい」か「美しくない」かは個人の嗜好により大きく左右されるが、目の前の視覚刺激が「美しい」と判断された場合とそうではない場合において脳の賦活部分には内側眼窩前頭皮質において異なるという研究報告がされている。

ゼキの研究の中でも並行論に関する概念的構成は確立されているが、神経美学の分野において、視覚に関して脳がどのように賦活するか、そしてどこに作用するか実験を通して解明することは困難なため、研究結果に対する知見も現在のところ、非常に多岐にわたっている。

また、VartanianとGoel⁽²⁶⁾はゼキと同様の手法を用いて三種類の絵を用いた実験を行った。三種類の絵はそれぞれオリジナルの絵、加工を施し変更を加えた絵、フィルター処理をかけた絵を使用した。視覚刺激を元に具象画と抽象画の美的嗜好について判断させるfMRIを用いた研究である。被験者は与えられたそれぞれの絵を見て自分自身の絵の嗜好について伝える実験を試行した。その結果、具象画は抽象画よりも好感度が高い

といった結果とともに脳の賦活において提示された絵に対して関心が低いほど脳の尾状核の活性も低下するという報告がなされた。

「神経美学」領域における研究は視覚刺激を用いたものが多く、著名な芸術家の芸術作品を被験者に見せ、その視覚的処理に対するメカニズム解明に特化されていると言っても過言ではなからう。しかし、平面にせよ立体作品にせよ芸術作品を被験者の目の前に提示した際の印象は個々の被験者により大きく異なり、それがモナリザやミケランジェロなど誰もが一度は目にしたことがある著名な芸術家の作品である場合と、そうではない場合とでは被験者に与える刺激も異なってくるのかも知れない。また、芸術作品の場合には嗜好が影響することは想像するにたやすい。したがって感情に関わる脳のメカニズム、作品に対する嗜好に関わる認識メカニ

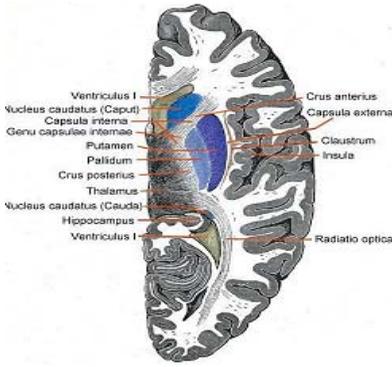


図3：尾状核 (Caudate nucleus)

http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Caudate_nucleus.png より転載

ズムなど視覚刺激にかかわる二次的な感覚は直接的な賦活に関わる情報ではないとあえて削除してしまうべきなのか、それとも脳の賦活に関わる大切な要素として認識しつつ、これらの領域間での具体的な相互作用を調べる必要があるのかも知れない。もしくは、新しい知見や仮説をたてて研究を邁進すべきなのかの認識は研究者により異なるであろう。

「神経美学」の分野はまだ新しい分野であり、さまざまな研究報告がされているものの、他の非侵襲脳機能測定方法を用いた研究分野と比較すると、まだまだ、脳領域を明らかにするには科学的データが不足していると考ええる。

おわりに

創造性に関する脳領域に関しての関心も深まり、特に海外では多くの研究者が科学的解明を行うべく、実験がさかんに行われ、多くの研究結果が報告されている。創造性を扱う研究や芸術が関係する美的内容がかかわる脳の神経プロセスを見る場合、知覚、認識、個人の嗜好に基づく感情なども含め、多くの部位が動くことになる。そのような場合、本来の脳の賦活とは別にこれらの領域間には双方に複雑なプロセスが内在し、具体的な相互作用を調べる必要があるのではないかと考える。

しかし、昨今までの先行研究から感じingことは、脳領域を特

定するためには、さらにまだいくつかの重要な問題も残されており、領域を特定するには科学的データの解釈も含め、更なる詳細を検討する必要がある。

筆者の研究でも常に感じていることであるが、芸術などの分野では実際に創造性思考を引き出す、もしくは創造的なものを制作している状態を神経科学的な実験を行う環境において、どのように作り出すことができるかも大きな困難となつて立ちはだかる。fMRIの場合は体を横たわらせガントリと呼ばれる筒の中にて実験が行われる。また、比較的自然な形で実験が可能であると言われている fNIRS の場合であっても、電極がたくさんついた重いキャップをかぶらざるを得ない。したがって、個人差はあるものの、人によってはその状態は何らかのストレスがかかるわけであり、いわゆる一般的なノーマルな状態で実験に挑んでもらうことは到底難しいと考える。この先、芸術などに関する脳イメージングの研究が活発に行われるようになり、多くの有益な研究結果が報告されようとも、実験環境が改善されない限りは真の意味での研究結果とは言えなからう。したがって、脳イメージングの研究においては、このような大きく重要な課題が立ちはだかっていることを脳科学に携わる研究者は決して忘れてはならないと強く感じる。

註

- (1) 穂山貞登(一九八三)『創造性研究の文献案内』創造性研究創刊号、日本創造性学会
- (2) J. P. Guilford, *Psychol*, 1950, pp. 444-454.
- (3) Chavez-Eakle, R. A., From incubation to insight: working memory and the role of the cerebellum. *Psychiatry, Creat. Res. J* 2004, pp. 31-34
- (4) Borden, M. E., Dimensions of Creativity. *Massachusetts Institute of Technology*, 1994
- (5) A. Dietrich. *Psychol. Rev.* 69, 2004, pp. 1011-1026.
- (6) Miller, G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 1956, pp. 81-97.
- (7) Hulme, C., Roodenrys, S., Brown, G., & Mercer, R. The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86, 1995, pp. 527-536.
- (8) Cowan, N. Working memory capacity. New York, NY: *Psychology Press*, 2005.
- (9) Bailey, & Von Bonin, G. The isocortex of man. Urbana: *University of Illinois Press*, 1951.
- (10) Lennie, P. The cost of cortical computation. *Current Biology*, 13, 2003, pp. 493-497.

- (11) Perrille J Olesen, Helena Westberg & Torkel Klingberg. Increase prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience* 7, 2004, pp. 75-79.
- (12) Susanne M. Jaeggi, Martin Buschkuhl, John Jonides, and Walter J. Perrig. Improving fluid intelligence with training on working memory *PNAS*, vol. 105, no. 19, 2008, pp. 6829-6833.
- (13) Sternberg, R.J. Handbook of Creativity, Cambridge University Press,
- (14) A. Fink. et al. (2006). Creativity meets neuroscience: Experimental tasks for the neuroscientific study of creative thinking. *Methods* 42, 1999, pp. 68-76.
- (15) A. Fink. et al. *Methods*. 72, 2006
- (16) Martindale C, Hines D. Creativity and cortical activation during creative, intellectual, and EEG feedback tasks. *Biol Psychol* 3, 1975, pp. 71-80.
- (17) Martindale C. Biological based of creativity. In Sternberg R, Handbook of Creativity. Cambridge University Press. 1999, pp. 137-152.
- (18) Jung-Beeman M. Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends Cogn Sci* 9, 2005, pp. 512-518.
- (19) Jung-Bee man M, Bowden EM, Haberman J, Frymiare JL, Arambellu S, Greenblatt R, Reber PJ, Kounios J. Neural activity when people solve verbal problem with insight. *PLoS Biol* 2, 2004, pp. 500-510.
- (20) Razumnikova OM. Functional organization of different brain areas during convergent and divergent thinking: an EEG investigation. *Cogn Brain Res* 10, 2000, pp. 11-18
- (21) Klimesch W, Sauseng P, Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. *Brain Res Rev* 53, 2007, pp. 63-88.
- (22) A. Fink. et al. The Creative Brain: Investigation of Brain Activity during Creative Problem Solving By Means of EEG and MRI. *Human Brain Mapping* 30, 2009, pp. 734-748.
- (23) A. Fink. et al., 2009
- (24) A. Fink. et al., 2009
- (25) Zeki, S., Artistic creativity and the brain., *Science* 293, 2001, pp51-52
- (26) Vartanian O, Goel V : Neuroanatomical correlates of aesthetic preference for paintings. *Neuroreport* 15, 2004, pp. 893-897