

脳波の過渡的応答によるスキーマ獲得状態抽出の可能性

The Possibility to Extract State of Schema Acquisition by Transient Response of Electroencephalogram

植野 雅之⁺¹, 和田 慎二郎⁺², 高見 友幸⁺¹
UENO Masayuki⁺¹, WADA Shinjiro⁺², TAKAMI Tomoyuki⁺¹

*¹大阪電気通信大学 総合情報学部

*¹Osaka Electro Communication University, Faculty of Informatics

*²プール学院大学 短期大学部

*²Poole Gakuin Collage

Email: ueno@osakac.ac.jp

あらまし：人間の身体動作は、円滑な身体動作をおこなうために「スキーマ」と呼ばれる一種の回路が作られ、それが機能している考えることができる。身体動作を伴うスキーマの実体がスキーマであるとすると、人間の行動とスキーマの活動の関係性を捉えることができれば、スキーマの修得状態をより精密に捉えることができる可能性がある。事象関連電位などの脳波の過渡的な応答を分析すれば、スキーマの活動を抽出できる可能性がある。

キーワード：事象関連電位、スキーマ、スキル学習

1. 序

人間の活動には身体動作が不可欠であるが、個別の手の動き、指の関節一つ一つの動きを思考せずに動かすことができるのは、円滑に指令を出す「回路」が脳に作られていると考えることができる。このような回路は「スキーマ」と呼ばれる。スキーマは階層的に構成されており、人間の活動における認知・行動の多くの部分を円滑に機能させる役割を担っていると考えることができる。

脳にどのような「スキーマ」が獲得されているか、など、精密な情報を得ることができれば、身体動作を伴うスキーマの習得においては非常に有益な情報となりうる。また、スキーマがどのような過程を経て、形成されるかについても多くの情報を得ることができる可能性がある。しかし、スキーマは脳内に形成される回路であると考えられるため、非侵襲な方法で観察することは非常に困難である。一方で、脳波がある外部状況の変化（事象）に対して過渡的な応答を調べる「事象関連電位」などを用いれば、スキーマの活動を捉えることができる可能性が高いと考えられる。

2. スキーマモデル

認知や身体運動のスキーマの実体が何であるかを考えると、脳の神経ネットワークが作る一定の機能を果たす回路であると考えられる。このような抽象的な機能単位である「スキーマ」が脳内に形成されているという仮説は哲学的な文脈でも古くから検討されてきたが、SchmidtやM.A.Arbibにより、特に脳神経回路網が作り出す具体的な機能単位としてのスキーマの研究が進められてきた。

これらの「スキーマ理論」では、ある一定の行動

やパターン認識などにおける習熟においては、脳内に「スキーマ」と呼ばれる回路のようなものが形成されると考える。行動の意図に応じて特定のスキーマが活性化された状態となり、活性化されたスキーマがトリガーされることで実際のアクションが実行される。さらに人間や動物の連続した複合的な行動においては、このようなスキーマが階層化されることで、適当なタイミングで適当な行動に対応したスキーマがトリガーされると考えられる。このように様々な人間や動物などの行動をスキーマとして捉えることで習熟した行動については、ほとんどそれを意識せずに正確に実行できるという「自動性」を説明できる。

3. 脳波計測について

脳は、数百億ともいわれる神経細胞が構成するネットワークが電気化学的インパルス（電位）のやりとりをおこなうことで情報処理をおこなうとされている。「脳波」はこのような神経細胞集団の活動の片鱗を頭皮上に設置した電極により検出するというものであり、数十 μ Vの微弱な信号が得られる。標準的な電極配置としては国際10-20法があり、21個の電極が用いられる。一般的によく知られる脳波の利用方法としては、その信号の周波数成分を分析するというもので、脳の活動状況や覚醒状況が分類できるとされる。

周波数成分以外の脳波の分析方法として、知られるものに「事象関連電位」(ERP: Event Related Potential)がある。事象関連電位は、知覚的な刺激に対して、過渡的に脳波がどのように振れるかという応答を分析するものである。一般的には刺激に対して脳波がどのように振れるかを多数回(100回以上)記録計測し、その加算平均を取ることで、

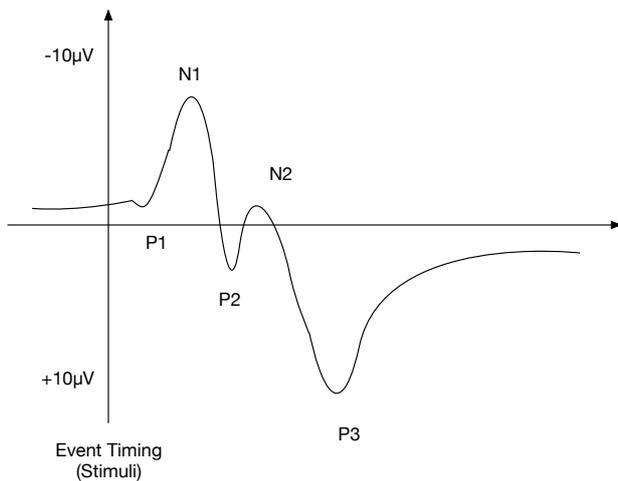


図 1 事象関連電位

ノイズとなる背景脳波を取り除き、事象と一定の時間関係を持った信号を抽出し、その事象関連電位を同定する「加算平均法」が用いられる。

このような ERP を用いることで、脳波のイベントに対する応答を精密に観察できる、電位や潜時として計測可能な量により、客観的に扱うことができる、一般の認知実験と異なり、認知過程を変えずに実験を実施して脳の応答から調べることができる、リアルタイムに計測することができる、意識に上らない閾下刺激に対しても計測が可能である、などの利点が知られている。既によく研究されている ERP としては、P300 などが知られる。P300 は、内因性の応答として知られ、刺激に対する比較、評価、判断、選択的注意などに関与しているとされる。

一方で ERP は基本的に人間に与えられる刺激などを起点として、その後脳波がどのように変動するかを調べるものであるが、我々が調べようとする脳波変動は、身体行動に先立つスキーマの発火などに対応する脳波変動であるので、起点を行動が実行された時点に置かなければならない。そういう意味では、従来、ERP として研究されてきたものとは異質なものになるので、行動に対する脳波変動という意味で ARP (Action-Related Potential) と呼ぶこととしたい。起点が異なるため、ARP には、ERP として分析されていた応答も含まれることになると考えられる。

4. スキーマと脳波過渡的応答における仮説

現時点で、我々が考えるスキーマと ERP/ARP による脳波の過渡的応答に関わる仮説として、以下の 5 点を考えている。

- (1) スキーマの有無の差はスキーマの有無に連動している。
- (2) スキーマが構築されていない状況では、個々の身体動作において、高次の判断をおこなう必要がある。
- (3) スキーマが構築されると、個々の動作におけ

る高次の判断は不要となる。

- (4) 人間の高次の判断は、脳波の過渡的応答 (ERP/ARP) から、推察することができる。
- (5) 脳波の過渡的応答 (ERP/ARP) から、スキーマが構築されていないかどうかを推察することができる。

5. 結論

本稿では、人間が持つ「スキル」について、脳波の過渡的応答である ERP/ARP を通じて、客観的にその有無を調べることができる可能性について論じ、その仮説について述べた。

「スキル」の有無だけであれば、もちろん、パフォーマンスによっても推定することができるが、脳波の過渡的応答である ERP/ARP を用いることでスキーマの構成要素であるスキーマたちの状態や、スキーマ形成の前段階に迫ることができる可能性がある。スキーマの獲得において、より精度を高めた制御や練習方法をとることができる可能性がある。

今後、これらを元に幾つかの予備実験を経て、実験計画を作っていくたい。対象とするスキルとしては、実験などのしやすさから、タッチタイピングなどのスキルが有望であると考えている。

また、本研究は一種の BMI (Brain Machine Interface) の研究として捉えることも可能である。スキル獲得の要素を考慮することができれば、BMI としても興味深い。

参考文献

- (1) Schmidt, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82(4), 225-260.
- (2) Arbib, M.A. *The Metaphorical Brain 2: Neural Networks and Beyond 2nd*, John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA ©1989 (ニューラルネットと脳理論, サイエンス社, 1992)
- (3) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門編, 人間計測ハンドブック「2.2 事象関連電位」, 朝倉書店, 2013
- (4) 植野, 和田, 高見, ゲーム・対話タスクの負荷による脳波成分の変動, *ゲーム学会合同研究会研究報告*, Vol.15, No.1, p.19-22, (2017)
- (5) Masayuki UENO, Shinjiro WADA, Tomoyuki TAKAMI, The EEG analysis for interactive tasks, *Proc. of 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, DOI: 10.1109/GCCE.2017.8229326
- (6) 植野, 和田, 高見, 対話タスクにおける脳波の分析, *教育システム情報学会第 42 回全国大会予稿集*, p.13-14, (2017)
- (7) 植野, 和田, 高見, 事象関連電位によるスキル獲得状態抽出のための実験計画, *ゲーム学会・ゲームと教育研究部会研究報告*, Vol.16, No.1, p.12-15, (2018)