

<展 望>

ニューロフィードバックの研究動向 —うつ病と ADHD のニューロフィードバック—

光山 裕生* 野村 忍**

要 約

現在、脳の活動を用いたバイオフィードバックであるニューロフィードバック(NF)が注目されており、NFに関する論文の投稿数は年々増加している。しかし、プラセボ効果等が統制されていない研究も多く、治療効果が広く認められているとは言えない。本論考では、NF研究が盛んに行われているうつ病とADHDを中心にNFの先行研究を概観し、NFの治療法としての可能性と課題を示すことと、NFのトレンドである機械学習とその有用性を述べることを目的とする。概観した結果、実験デザインに不備のある研究が多く、うつ病やADHDではRCTを用いた研究が見られるものの、治療効果を信頼できるとは言えない。今後バイアスを除外した実験デザインを用いて治療効果を検討することが必要である。また、研究者間で実験デザインを共有し、治療効果を検討していくべきである。この問題について、現在認知神経科学のトレンドであるサポートベクターマシンがこの一助となる可能性がある。

キーワード：ニューロフィードバック、バイオフィードバック、うつ、ADHD、サポートベクターマシン

はじめに

現在、脳の活動を用いたバイオフィードバックであるニューロフィードバック(Neurofeedback: NF)が注目されているため、NFに関する研究について概観し、研究動向を展望する。

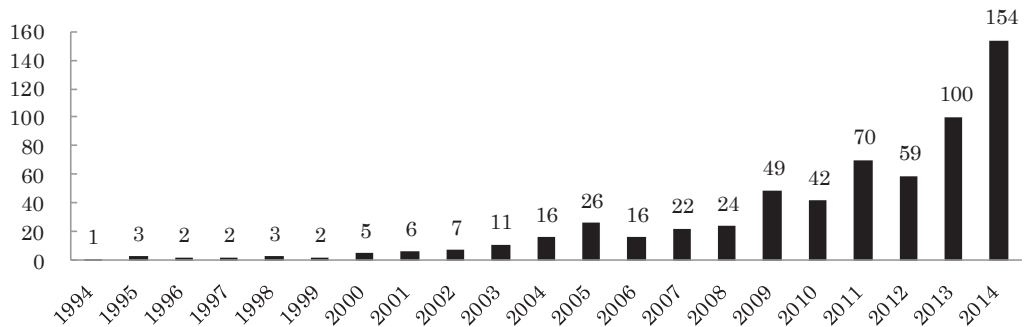
バイオフィードバックの背景には、Miller & DiCara (1967) が、ラットを用いて心拍数を変動させる学習が可能であることを示し、本来意識下にある自律神経系の意図的な変化が可能であると明らかにしたことが関わっており、こういった学習理論の研究や、その他様々な学問分野が収束し、バイオフィードバックが生まれた(Olson & Schwartz, 1987)。バイオフィー

ドバックについて研究される中、NFは脳波計(Electroencephalograph: EEG)を用いて α 波を増減させた研究(Kamiya, 1969)によって広く知られるようになった。当時、NFはEEGで行われることがほとんどであったが、測定装置や解析方法の改良が進み、現在では機能的核磁気共鳴画像法(functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)や近赤外線分光法(Near-Infrared Spectroscopy: NIRS)を用いた脳機能計測装置でもNFを行うことが可能である(例えば、Linden, Habes, Johnston, Linden, Tatineni, Subramanian, Sorger, Healy, & Goebel, 2012; Mihara, Miyai, Hattori, Hatakenaka, Yagura, Kawano, Okibayashi, Danjo, Ishikawa, Inoue, & Kubota, 2012)。

特にこの10年間、NFの研究論文の投稿数は増加傾向にある(Figure)。以前はNFシステム

* 早稲田大学大学院人間科学研究科

** 早稲田大学人間科学学術院



Note. Thomson ReutersのWeb of Scienceにて検索

トピックは「neurofeedback」

ドキュメントタイプは「ARTICLE」「REVIEW」「BOOK CHAPTER」

Figure ニューロフィードバックに関する論文投稿数の推移

そのものの開発に関する論文が多く投稿されていたが、最近ではその治療効果についても報告され始めている。しかしながら、それらは症例報告が多く、ランダム化比較試験 (Randomized Controlled Trial : RCT) はほとんど行われていない。本論考では、NF の RCT が行われているうつ病と ADHD を中心に NF の知見を概観し、NF の治療法としての可能性と課題を述べることと、現在の NF 及び認知神経科学研究のトレンドとその有用性について述べることを目的とする。

うつ病に対するニューロフィードバック研究

認知神経科学において、うつ病は関心を集め、その脳機能障害について様々な検討が行われてきた (例えば, Sheline, Barch, Donnelly, Ollinger, Snyder, Mintun, 2001 ; Siegle, Thompson, Carter, Steinhauer, Thase, 2007)。

メタ解析も行われており、安静時の脳の活動をうつ病患者と健常者と比較すると、うつ病患者のほうが健常者よりも前帯状回、中前頭回、島皮質、上側頭回などの活動が低いということなどが報告されている (Fitzgerald, Laird, Maller, & Daskalakis, 2008)。しかしながら、

Linden (2014) はうつ病患者のバイオマーカーとして使えるような脳部位はまだ見つかっていないと述べている。その上で、疾患や障害に最も深く関わる神経回路でなくても、活動を促進、あるいは抑制することで治療効果を得ることができることも述べている。

うつに対する NF の効果検討するために、Rosenfeld, Baehr, Baehr, Gotlib, & Ranganath (1996) は EEG による NF を用いて、うつ症状のある患者の前頭の α 波の左右バランスを変化させることで感情を変化させようとした。うつ症状を持つ 5 人の患者に対して NF を治療セットに入れた折衷的心理療法を週に 1 回行った結果、ポジティブ感情の変化と α 波のスコアに強い相関が認められた。ただし、患者によってセッション数は異なっていた (5~19 回)。この研究で用いられた NF 技法はアルファ・アシメトリー (Alpha asymmetry protocol) と呼ばれ、その後、同一の研究グループがこの技法を用いた症例を発表し、気分障害に効果があることを示している (Baehr, Rosenfeld, & Baehr, 1997, 2001)。しかしながら、これらの研究は統制群を用いていない上、心理療法が併用されており、単純に NF の効果を検討しているとは言い難い。

そこで Choi, Chi, Chung, Kim, Ahn, & Kim (2011) は、統制群を設け、アルファ・アシメトリーの効果を検討した。具体的には、12 人の訓練群と 11 人のプラセボ群を対象に 5 週間の介入実験を実施した。実験参加者は全員 DSM-IV のうつ病の診断基準を満たしていた。訓練群には 5 週間の NF を実施し、プラセボ群には NF を実施しない代わりに、疑似心理療法を 5 週間行った。疑似心理療法には、心理学的なアセスメント、その結果の説明、気分障害の経過や治療に関する情報の提供が含まれており、プラセボ群の人はこの心理療法が正しい治療法であると教示されていた。5 週間の訓練の後、訓練群には 1 月の間、週に 2 回 NF 装置の補助なしで NF 中に似た心理状態を維持するように教示した。プラセボ群は、うつ病に対する従来の治療法を行う他の治療者へ預けられた。治療効果を検討するためのデータは 5 週間の訓練の前 (pre)、後 (post)、post より 1 か月後 (follow-up) の 3 回測定された。また、pre では両群の尺度得点に大きな差は認められなかった。両群の pre と post 間の変化を比較すると、訓練群は 17 項目版ハミルトンうつ病評価尺度 (HDRS-17) の得点が 11.33 点から 4.08 点へと大きく減少していることに對し、プラセボ群は 12.36 点から 11.08 点へと減少しているものの訓練群ほどの減少は認められなかった。また、post と follow-up 間で訓練群の尺度得点に有意な差が認められなかった。これらの結果は、EEG を用いた NF がうつ症状に対して治療効果を持ち、かつ 1 か月はその効果が持続することを示唆している。

うつ病に対する NF 研究には、EEG 以外の装置を用いたものも存在している。Linden et al. (2012) は fMRI を用いて、うつ病患者の情動に関するネットワークの自己調節を促そうとした。対象者は訓練群 8 名、統制群 8 名であり、罹患期間や服薬の違いなどはあるものの、全員

うつ病患者であった。Johnston, Boehm, Healy, Goebel, & Linden (2010) が健常者を対象とした研究で明らかにした、ポジティブ感情に関わる脳部位 (前頭前皮質腹外側部など) の活動を促進できるように訓練群へ NF を行った。その際、NF の対象部位がどのような機能を持っているかについては教示するが、どのようにして活動を促進するべきかについては教示しなかった。表示されている画面の背景が黄色であれば特に何もせず、背景が緑色であれば NF の対象部位をできるだけ活動させようとするように教示した。統制群にも基本的に訓練群と同じことを行ったが、訓練は fMRI の外で行い、脳活動を測定しなかった。画面の背景が黄色であれば特に何もせず、緑色であればポジティブな想像をしたり、楽しいことを思い出したりするように教示した。どちらの群でも 4 ~ 6 週間の間に 4 回の実験を行った。実験前 (pre) と 4 回目の実験後 (post) に HDRS-17 への回答を求めた結果、訓練群では pre から post にかけて得点が 14.38 点から 10.25 点へと有意な減少が認められた一方で、統制群では 13.88 点から 14.88 点へと増加し、有意な変化は認められなかった。この結果は、fMRI を用いた NF がうつ症状に効果を持っている可能性を示している。しかし、この研究では性別の偏りや服用している薬が統制されておらず、純粹に NF の治療効果を示したとは言えない。また、フォローアップのデータがないため、治療効果が持続するかどうか不明である。今後、これらの問題を解決した上での追試験が望まれる。

先行研究では、実験デザインの問題が少しあるものの、うつ病に対する NF は EEG と fMRI のどちらを使ったとしても治療効果を持つ可能性が示されている。

ADHD に対するニューロフィードバック研究

注意欠陥 / 多動性障害 (Attention Deficit / Hyperactivity Disorder : ADHD) に対する NF は古くより研究されており, 1976 年には Lubar & Shouse (1976) がてんかんを併発していない多動の子どもに対して EEG を用いた NF を導入している。長く研究されているため, 研究数は多いが, うつ病と同じく実験デザインの問題からその信頼性が疑われている。例えば, Moriyama, Polanczyk, Caye, Banascheeski, Brandeis, & Rohde (2012) は, 先行研究で示された治療効果にはプラセボ効果が影響している可能性について述べ, そういった研究の多くが RCT を採用していない点や, NF に対する実験参加者の過度な期待を除去していない点を指摘している。その一方で, RCT を用いて ADHD に対する NF の効果を示す研究も存在する。

Gevensleben, Holl, Albrecht, Schlamp, Kratz, Stunder, Rothenberger, Moll, & Heinrich (2010) は 8~12 歳の ADHD の子どもを NF 群と注意訓練群 (統制群) に分け, RCT を行った。群分けをランダムに行い, かつ群の属性に有意な差がないようにした。NF 群には Gevensleben et al. (2010) が作成したプロトコルを用いて NF を行い, 統制群には Skillies と呼ばれる学習ソフトを用いて注意訓練を行った。両群の実験デザインはできる限り似るように注意され, 実験対象となった子どもの親にも, 自分の子どもがどちらの群であるか教えず, NF に対する期待の効果を統制した。訓練開始前 (pre) と訓練終了後 (post) だけでなく, 訓練終了から 6 か月後 (follow-up) の効果も検討した。解析の結果, NF 群において ADHD の傾向を測定する尺度得点の pre と post 間と pre と follow-up 間での変化には中程度の効果量が認められた。群 (NF・統制) と時期 (post・follow-up) を要因とした分散分析では交互作用と時期の主効果が認められず, 群の主効果だけ認められ, NF 群のほうが統制群よりも尺度得点は低かった。つまり NF は ADHD 傾向を下げる効果があり, かつ注意訓練よりもその効果が維持することが示された。

ADHD に対する EEG を用いた NF の RCT 研究についてはメタ解析が行われている。Micoulaud-Franchi, Geoffroy, Fond, Lopez, Bioulac, & Philip (2014) は, 過去の ADHD に対する EEG を用いた NF の RCT 研究から実験参加者が重複しないように 5 つの研究をピックアップし, その治療効果のメタ解析を行った。その結果, ADHD である子どもの親による症状評価は, すべての症状が統制群に比べて訓練群のほうが有意に改善しており, 教師による評価は, 注意欠陥のみが有意に改善していた。このメタ解析研究から, ADHD に対する EEG を用いた NF には治療効果があると考えられる。

発達障害に対する NF 研究として, ADHD の他に自閉症スペクトラム障害 (Autistic Spectrum Disorder : ASD) に対しても NF の効果検討が行われている。しかしながら, RCT はほとんど行われておらず, 先行研究の多くがプラセボ効果などの影響を受けていると考えられる。ASD に対する NF の研究の中で数少ない RCT を行った研究として Kouijzer, Van Schie, Gerrits, Buitelaar, & De Moor (2013) が挙げられる。Kouijzer et al. (2013) は, 38 名の ASD の子どもをランダムに EEG による NF 群 (EEG 群), 皮膚電位 (Skin Conductance : SC) バイオフィードバック群 (SC 群), 待機群の 3 群へ振り分けた。EEG 群と SC 群は, どちらの群であってもモニターの前で脳波と皮膚電位を同時に測定したため, EEG と SC のどちらを使ってフィードバックしているかという以外の条件は同じであった。実験開始前の 1 週間 (pre) で査定を行い, 実験終了から 1 週間後 (post) と 6 か月後 (follow-up) に効果測定が行われた。

フィードバックによってそれぞれを調節できた者(-reg)とできなかった者に分け、EEG-reg群とSC-reg群を比較した結果、ASDの症状改善に差は認められなかった。しかしながら、認知的柔軟性はEEG-reg群において有意な改善が認められ、これはSCバイオフィードバックにはないNFの効果であると考えられる。

ASDに対するNF研究は、先述した通り少なく、ADHDに比べて研究が遅れている。Kouijzer et al. (2013) が述べているNFの効果についても、追試験を行うことで再現可能であるかを確かめる必要がある。

その他の疾患に対する ニューロフィードバック研究

ここまで臨床心理学に関わりのある疾患に対するNFについて述べたが、その他の疾患にもNFが治療効果を持つ可能性が示唆されている。例えば、Kayiran, Dursun, Dursun, Ermutlu, & Karamursel (2010) は繊維筋痛症に対してEEGによるNFを行い、繊維筋痛症の痛み等に治療効果があることを示している。また、NFは癌の痛みに対して治療効果を持つと述べる研究者(Prinsloo, Gabel, Lyle, & Cohen, 2014) もいる。瞬間的な痛みは別として、慢性的な痛みに対してNFを行った場合、その痛みと関わる神経回路の活動を調節できるようになれば、痛みが軽減すると考えられる。

NFは、脳の活動の自己調節を学習させることで健康や遂行機能を向上させることを目的とした治療方法である。痛みだけでなく、何かの症状や障害の原因が脳機能障害にあるのであれば、その機能障害が認められる脳部位に対してNFを行うことで、症状や障害の改善が期待される。

ニューロフィードバックの今後の課題

NFが治療方法の一つとして広く認められるためには、今後もその治療効果のエビデンスを積み重ねる必要があるが、NFの治療効果を検討するためには課題が多く残っている。

第一に挙げられる問題点としては、実験デザインの不備である。NFが使用され始めてから長い時間が経過しているものの、RCTは未だ少ない。一見NFの有効性を示している研究であっても、様々な要因が統制されていない研究が多い。今後NFの治療効果を検討するにあたって、信頼できる結果を示すために、プラセボ効果などの余分な変数を統制した実験デザインを用いる必要があると考えられる。

第二に挙げる問題点として、NFに多くのバリエーションが存在し、方法が統一されていないために、治療効果のエビデンスの蓄積が難しいという点が挙げられる。様々な研究者が、各々の異なった興味関心からNF研究に手を付け、各々の目的のためにその手法を発展させたことで、現在多量のNFが存在している。NF研究の計画を立てる際、まず何を対象とするかという次元での選択が存在する。研究者はどういった疾患や障害、症状に対してNFを行うのかを選択する必要がある。次に脳の何を変容させたいかという次元での選択が存在する。最後に、どの装置を使ってNFを行うかという次元での選択がある。この次元での選択肢は、技術の進歩によって少しずつ増えている。以上のように、NFには複数の次元での選択があり、無限に細分化させることが可能である。この細分化は、治療効果を高めるという観点からすればまったく悪いことではないが、種類が増えるということは、それだけ同じ手法を用いたNF研究のエビデンスの蓄積が難しいということでもある。NFの治療効果を検討するという目的から見ると、信頼できる結果を示すことが難しく

なるため、細分化は非常に危険である。ただ研究を重ねるだけでなく、統一した実験デザインを研究者間で共有する等、この問題点の対処についても考える必要がある。

科学の進歩と機械学習

現在 NF は関心を集めており、日本国内でも国立精神神経医療研究センターが ADHD 児の注意欠陥に対する NF の効果を示し (Takahashi, Yasumura, Nakagawa, & Inagaki, 2014), 実用化に向けた一歩を踏み出したと発表したことは記憶に新しい。このように NF の効果検討に進歩が認められる一方で、NF に用いる機材や分析方法といった技術面においても進歩が認められている。

従来の認知神経科学研究では、脳機能局在論に従って、特定の部位の機能について検討されてきた (Fitzgerald, et al., 2008)。しかし、最近では、脳は単一の部位だけで働いているわけではないという考えが広まり、ある部位の活動量だけでなく、脳部位同士の繋がりや、脳全体の活動パターンについても検討されている。例えば、LaConte, Strother, Cherkassky, Anderson, & Hu (2005) は、パターンの識別方法の一つであるサポートベクターマシン (Support Vector Machine : SVM) を fMRI のデータに対してすでに適用している。また、NF に SVM を組み込み、脳の活動パターンの変容を試みた研究 (Sato, Basilio, Paiva, Garrido, Bramati, Bado, Tovar-Moll, Zahn, & Moll, 2013) も存在する。

SVM とは教師あり学習を用いた統計分類の手法で、機械学習の一つである。線形分離可能なものにしか適用できないパターン認識法であるパーセプトロンを、カーネル法を用いることで線形分離不可能なものに適用し識別する手法であり、未学習であるデータに対しても高い識別能力を持つことを特徴とする。

NF に SVM を適用することによって、特定の部位の機能を改善させるのではなく、脳全体の活動パターンを改善させることができる可能性がある。また、SVM を NF に適用するメリットは、単純に脳活動のパターンを対象として NF を行えるようになることだけではない。まず、どの脳部位に関心領域とするかについて悩む必要がなくなる可能性がある。予め健常者と患者の脳活動のデータを取得し、そのデータとラベル (健常者か患者か) を用いて SVM を訓練することで、SVM は脳の活動パターンの特徴を学習し、活動パターンから患者と健常者を識別できるようになる。つまり関心領域がどこか (どういった脳活動が患者と健常者の違いなのか) を SVM に判断させることができる。治療効果が期待できる NF を行うためには、SVM の訓練に用いた脳活動データに患者と健常者の違いが現れていなければならないため、研究者がある程度関心領域を絞る必要があるが、今後コンピュータの処理能力が向上すれば常に脳全体を対象とした NF を行ってもラグの少ないリアルタイムのフィードバックが可能となると考えられる。次に、SVM を NF に適用することで、汎用性の高い NF システムを開発することができる可能性がある。SVM は訓練するためのデータとラベルさえあれば、どのような疾患や障害に対しても、脳の活動パターンの特徴を学習するため、一度 NF システムを開発してしまえば、あとは訓練データの入れ替えだけで様々な疾患や障害に対応できるようになると考えられる。それが広く受け入れられれば、世界を通して共通のシステムで研究を行うことができるため、NF の効果検討も行いやすくなる。

一方で、SVM を NF に適用することにはデメリットも存在する。SVM が学習した識別方法が複雑すぎる場合、その識別式が疾患や脳機能のどのような特徴を反映したものであるのかについて仮説を立てるのが非常に難しくなる。

しかしながら、このようなデメリットはあるものの、人間では見つけづらい脳の活動パターンの特徴が疾患に関わっているのであれば、それを治療対象とできるメリットは大きく、また、認知神経科学全体において脳の活動パターンや部位間の相関がトレンドであることから、NFにSVMなどの機械学習を適用した研究が増えていくと考えられる。

最後に

本論考では、うつ病とADHDに対する新たな治療の可能性として、NF研究について概観した。現在NFが治療効果を持つ可能性が示唆されている疾患の数は少ないものの、うつという精神状態、注意欠陥という行動障害、痛みという身体症状等、その形態は多岐に亘る。これらの共通点は脳の機能障害と関わっていることであり、まだNFによる治療効果が確認されていない疾患でもそれが脳機能障害と関わるものであるなら、NFがその治療に役立つ可能性があると考えられる。

引用文献

- Baehr, E., Rosenfeld, J. P., & Baehr, R. (1997). The Clinical Use of An Alpha Asymmetry Protocol in the Neurofeedback Treatment of Depression: Two Case Studies. *Journal of Neurotherapy*, **2**, 10–23.
- Baehr, E., Rosenfeld, J. P., & Baehr, R. (2001). Clinical Use of an Alpha Asymmetry Neurofeedback Protocol in the Treatment of Mood Disorders: Follow-Up Study One to Five Years Post Therapy. *Journal of Neurotherapy*, **4**, 11–18.
- Choi, S. W., Chi, S. E., Chung, S. Y., Kim, J. W., Ahn, C. Y., & Kim, H. T. (2011). Is alpha wave neurofeedback effective with randomized clinical trials in depression? A pilot study. *Neuropsychobiology*, **63**, 43–51.
- Fitzgerald, P. B., Laird, A. R., Maller, J., & Daskalakis, Z. J. (2008). A Meta-Analytic Study of Changes in Brain Activation in Depression. *Human Brain Mapping*, **29**, 683–695.
- Gevensleben, H., Holl, B., Albrecht, B., Schlamp, D., Kratz, O., Stunder, P., Rothenberger, A., Moll, G. H., & Heinrich, H. (2010). Neurofeedback training in children with ADHD: 6-month follow-up of a randomised controlled trial. *European Child & Adolescent Psychiatry*, **19**, 715–724.
- Johnston, S. J., Boehm, S. G., Healy, D., Goebel, R., & Linden, D. E. J. (2010). Neurofeedback: A promising tool for the self-regulation of emotion networks. *NeuroImage*, **49**, 1066–1072.
- Kamiya, J. (1969). Operant control of the EEG alpha rhythm and some of its reported effects on consciousness. In C. Tart (Ed.), *Altered states of consciousness*. New York: Wiley.
- Kayiran, S., Dursun, E., Dursun, N., Ermutlu, N., & Karamursel, S. (2010). Neurofeedback Intervention in Fibromyalgia Syndrome; a Randomized, Controlled, Rater Blind Clinical Trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, **35**, 293–302.
- Kouijzer, M. E. J., Van Schie, H. T., Gerrits, B. J. L., Buitelaar, J. K., & De Moor, J. M. H. (2013). Is EEG-biofeedback an Effective Treatment in Autism Spectrum Disorders? A Randomized Controlled Trial. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, **38**, 17–28.
- LaConte, S., Strother, S., Cherkassky, V., Anderson, J., & Hu, X. (2005). Support

- vector machines for temporal classification of block design fMRI data. *NeuroImage*, **26**, 317–329.
- Linden, D. E. J. (2014). Neurofeedback and networks of depression. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, **16**, 103–112.
- Linden, D. E. J., Habes, I., Johnston, S. J., Linden, S., Tatineni, R., Subramanian, L., Sorger, B., Healy, D., & Goebel, R. (2012). Real-Time Self-Regulation of Emotion Networks in Patients with Depression. *PLoS ONE*, **7**, e38115.
- Lubar, J. F., & Shouse, M. N. (1976). EEG and behavioral changes in a hyperkinetic child concurrent with training of the sensorimotor rhythm (SMR). *Biofeedback and Self-regulation*, **1**, 293–306.
- Micoulaud-Franchi, J. A., Geoffroy, P. A., Fond, G., Lopez, R., Bioulac, S., & Philip, P. (2014). EEG neurofeedback treatments in children with ADHD: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *frontiers in Human Neuroscience*, **8**, 906.
- Mihara, M., Miyai, I., Hattori, N., Hatakenaka, M., Yagura, H., Kawano, T., Okibayashi, M., Danjo, N., Ishikawa, A., Inoue, Y., & Kubota, K. (2012). Neurofeedback Using Real-Time Near-Infrared Spectroscopy Enhances Motor Imagery Related Cortical Activation. *PLoS ONE*, **7**, e32234.
- Miller, N. E., & DiCara, L. (1967). Instrumental learning of heart rate changes in curarized rats: shaping, and specificity to discriminative stimulus. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, **63**, 12–19.
- Moriyama, T. S., Polanczyk, G., Caye, A., Banascheeski, T., Brandeis, D., & Rohde, L. A. (2012). Evidence-Based Information on the Clinical Use of Neurofeedback for ADHD. *Neurotherapeutics*, **9**, 588–598.
- Olson, R. P., & Schwartz, M. S. (1987). An Historical Perspective on the Biofeedback Field. In M. S. Schwartz (Eds.), *Biofeedback: A Practitioner's Guide*. New York: The Guilford Press, pp.3–16.
- Prinsloo, S., Gabel, S., Lyle, R., & Cohen, L. (2014). Neuromodulation of Cancer Pain. *Integrative Cancer Therapies*, **13**, 30–37.
- Rosenfeld, J. P., Baehr, E., Baehr, R., Gotlib, I. H., & Ranganath, C. (1996). Preliminary evidence that daily changes in frontal alpha asymmetry correlate with changes in affect in therapy sessions. *International Journal of Psychophysiology*, **23**, 137–141.
- Sato, J. R., Babilio, R., Paiva, F. F., Garrido, G. J., Bramati, I. E., Bado, P., Tovar-Moll, F., Zahn, R., & Moll, J. (2013). Real-Time fMRI Pattern Decoding and Neurofeedback Using FRIEND: An FSL-Integrated BCI Toolbox. *PLoS ONE*, **8**, e81658.
- Sheline, Y. I., Barch, D. M., Donnelly, J. M., Ollinger, J. M., Snyder, A. Z., & Mintun, M. A. (2001). Increased Amygdala Response to Masked Emotional Faces in Depressed Subjects Resolves with Antidepressant Treatment: An fMRI Study. *Biological Psychiatry*, **50**, 651–658.
- Siegle, G. J., Thompson, W., Carter, C. S., Steinhauer, S. R., & Thase, M. E. (2007). Increased Amygdala and Decreased Dorsolateral Prefrontal BOLD Responses in Unipolar Depression: Related and Independent Features. *Biological Psychiatry*, **61**, 198–209.
- Takahashi, J., Yasumura, A., Nakagawa, E., & Inagaki, M. (2014). Changes in negative and positive EEG shifts during slow cortical

potential training in children with attention-deficit/ hyperactivity disorder: a preliminary investigation. *NeuroReport*, **25**, 618-624.

The Trend of Neurofeedback Research : Neurofeedback for Depression and ADHD

Yuki MITSUYAMA* , and Shinobu NOMURA**

*Graduate School of Human Sciences, Waseda University

**Faculty of Human Sciences, Waseda University

Abstract

Neurofeedback (NF), which is a type of biofeedback, is currently attracting a great deal of attention. NF research continues to increase year upon year. However, although many researchers have demonstrated the efficacy of NF, these results are questionable, because the experimental design was incomplete. Some randomized controlled trials (RCTs) have been conducted to examine depression and attention-deficit hyperactivity disorder. However, they did not provide sufficient evidence to demonstrate the effects of NF. Further investigation into NF with RCTs is required to provide evidence of the therapeutic effects of NF, and NF researchers should use a shared experimental design. The use of support vector machines, a trend in cognitive neuroscience, may be useful in the unification of experimental design.

Key words: neurofeedback, biofeedback, depression, ADHD, support vector machine