H2 統合解析パッケージ | 可視化ツール

作業中の心理状態の評価

基礎フェーズ | 応用フェーズ | 実用化フェーズ

特許：特願2021-035752,作業時心理状態評価方法及び装置、並びに作業自体の楽しさの評価方法及び装置

浜松医科大学　　大星　有美、福司　康子、田村　和輝、山本　清二

ここに注目!!　～光を用いて簡便に感性を計測、作業中の楽しさを可視化～

前頭部の脳活動を近赤外分光法（NIRS）で計測し、作業時の心理状態(楽しさ等)を測定する。NIRSの簡便さを活かし、特殊な制限を加えることなく自然に近い状態で行う作業中の心理状態や作業自体の楽しさを客観的に評価可能。

[用途] 作業やリハビリ負荷の定量的評価、商品およびその販売戦略の客観的評価　など

《研究代表者》
山本　清二
浜松医科大学 理事(教育・産学連携担当)副学長
《研究室紹介》
浜松医科大学 光尖端医学教育研究センター
ﾌｫﾄﾆｸｽ医学研究部ｲﾉﾍﾞｰｼｮﾝ光医学研究室

わたしたちにとってのイノベーションとは、一般的によくいわれる「新しい技術発明」という狭い意味ではなく、「新しいアイデアから社会的意義のある新たな価値を創造し、社会的に大きな変化をもたらす幅広い変革」を意味しています。光・電子技術を応用した基礎研究と応用研究を行い、新しいアイデアから医学的意義のある価値を創り出していきたいと考えています。

脳の活動はfMRI、PET、脳波計、NIRSなどを用いて計測することができ、これらの装置を使って“感性”をリアルタイムに計測する技術が開発されています。それぞれの装置には利点と欠点があります。fMRIは高い空間分解能で脳機能を三次元的に計測することのできる脳機能研究の標準的なツールですが、装置が巨大で強い磁場が発生します。また、PETは神経活動に伴う血流の変化を高感度に検出可能ですが，装置が巨大であることに加えて放射性薬剤を注射する必要があります。つまり作業に制限が加わり、自然な状態での感性を計測することはできません。脳波はfMRIとPETに比べて簡単に測れる装置も登場していますが、電気的ノイズに弱いため測定を行える環境には制限があります。

NIRSは操作が簡便で非侵襲であり、被験者を拘束したり体位を制限したりする必要がなく、日常生活に近い状態で作業中の脳機能が測定できる利点があります。また電気的ノイズに強い特徴を持つため、最近では携帯型の装置も開発されています。浜松医科大学では光を用いた医療技術の研究開発を推進しており、NIRSを用いて非侵襲的に筋肉や脳の血流を測るという技術を発展させて、脳活動を計測して感性を可視化する研究を進めています。

図1：NIRS計測の様子

研究の前提となる知見

近赤外線は光の一種ですが、生体内での吸収率が少なく骨や皮膚をある程度通過するため生体内部の計測に用いることができます。近赤外分光法（NIRS : Near Infrared Spectroscopy）とは、波長700～900 nmの近赤外光を身体表面から体内に向けて照射し、透過し反射してきた光を検出・解析することで血流量や血液中のヘモグロビンを測定する技術です。酸素と結合したオキシヘモグロビンと、酸素を手放したデオキシヘモグロビンの吸光特性の違いを利用することで組織酸素飽和度の測定が可能で、既に医療や健康管理に活用されています。NIRSには代表的な計測方法が二つあります。（図2）連続光（Continuous Wave: CW）計測は、入射光に対して検出光の強度を計測する単純な方式なのでウエアラブルな装置も開発され市販されています。一定の近赤外光を照射し続ける方式であるため、皮下の浅いところを通って戻ってきた光を多く検出する特徴をもつことから、感性計測のために頭蓋骨の内にある脳の血流を測定するのに最適とは言えません。一方で時間分解（Time resolved spectroscopy: TRS）計測ではナノ秒以下の極めて短時間だけ近赤外光を照射する仕組みで、検出される光強度と時間的な広がりを取得できる特徴があり、CW法よりも深い位置かつ局所的な位置の血流情報を計測することができます。

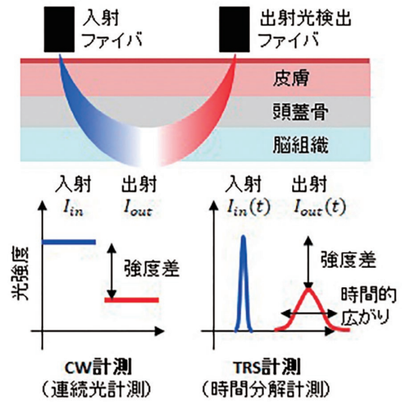

図2: NIRSの計測方式の比較

図3: TRS計測システム
浜松ホトニクス㈱（浜松市）

感性計測の実験デザインと結果

fMRIを使った事前実験で、感性との関係が知られている大脳の前頭極（頭部の前方、額の下にある脳）を計測しました。この脳部位の働きはまだ詳しく解明されていませんが、次のような実験で血流量変化の差を確認し、“感性計測のための窓”としての役割が示唆されました。事前にfMRIで確認した前頭極の活動部位は皮膚から2cm程度の深さにあり、この位置の活動を取得できるように4チャネルのTRS計測システム（浜松ホトニクス㈱、浜松市）を使用しました。（図3）TRS計測システムと額に装着したプローブを光ファイバーで繋ぎます。

《実験1：感情変化と前頭極》液晶ディスプレイを用いて被験者に対して画像を提示します。画像提示の順序を図4に示します。Introductionでは画像をみて感情を想起してもらうための説明、imaginationでは感情を想起するための画像を提示します。このとき、提示する画像はポジティブ（快）・ニュートラル（中立）・ネガティブ（不快）の3種類のどれかの感情を意図した画像とその感情が誰の視点であるかを示す画像を提示します（図4）。画像の例を挙げると，Introductionとして「寝るとき・・・」という説明に続いて、imaginationとして「暖かい布団の中でぬくぬくします!（ポジティブ)」、「収納から布団を出して布団を敷いた（ニュートラル）」、「激しい頭痛に襲われて眠れません・・・（ネガティブ）の3種類のうちのどれかの画像とともに視点を示す画像が提示され、自分のこと又は他人のこととして想像してもらいます。画像提示前から提示後にかけてTRS計測を実施し、感情変化を伴わない計算課題（コントロール）と比較しました。35人の被験者を対象に実験を行ったところ、感情の変化を伴う想像をしている時に、前頭極の血流が増加することがわかりました。

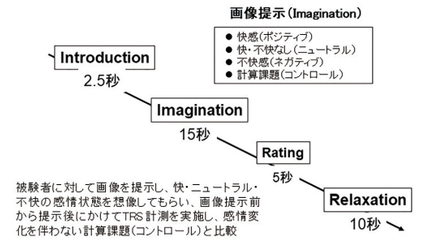

図4：NIRSによる前頭極活動計測

《実験2：創造的作業と前頭極》ヒトは単純作業に比して創作作業を行う時のほうが意欲的に取り組む傾向がありますが、創作活動時と単純作業時の脳血流変化の差異は明らかではありません。そこで、楽しみを喚起する創作作業（感情の変化を伴う作業）を行うことによって前頭極の脳活動が高まるという仮説を検証するために、ねじを用いた玩具「ねじブロック（橋本螺子㈱ 浜松市）」を使用して課題（イヌ）（図5）を作る創作作業と、ねじの留め外しを繰り返す単純作業における作業中の前頭極脳血流をTRSシステムにて計測し比較しました。

23 人の実験の結果、創作作業では血流が増加し、単純作業では横ばいか、やや減少ぎみになるという結果が得られました（図6）。実験後に実施した主観評価(Visual Analog Scale: VAS)と脳血流を比較すると、楽しさや覚醒度などのポジティブな指標と脳血流には関係があることがわかりました。（図7）

これらの実験から、NIRS特にTRS法を用いることで、作業時の心理状態（楽しさ、意欲など）の測定することで、作業自体の楽しさの客観評価が可能になることが示唆されました。

研究の今後

NIRSを用いて血流を測るアイデアはすでに様々な試みがなされていますが、感情に伴う脳活動を測定するのは新しい挑戦です。前頭極は比較的に測定しやすい額の直下に突き出た位置にあり、NIRSで測るのに最も適した部位だと言えます。

今後、前頭極の働きを解明する研究と、TRS法による脳血流測定の技術開発を並行して進展させていきたいと考えています。

本研究ではこれまでのところ、倫理面を考慮して強いネガティブ感情を抱く実験は行っていません。脳血流は感情が動く時に増加すると考えられるため、血流増加＝ポジティブ感情とは限りませんが、感情の種類は表情の解析などの技術を併用しNIRSで感情の動く大きさを測定することで、細やかな評価・可視化が可能だと考えています。

図5：ねじブロック
（橋本螺子（株），浜松市）

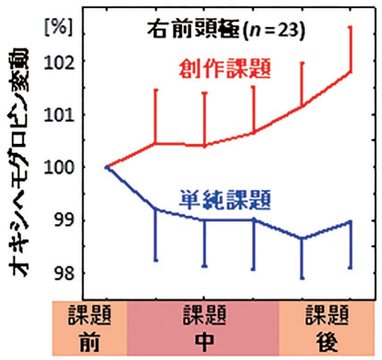

図6: 脳血流変化

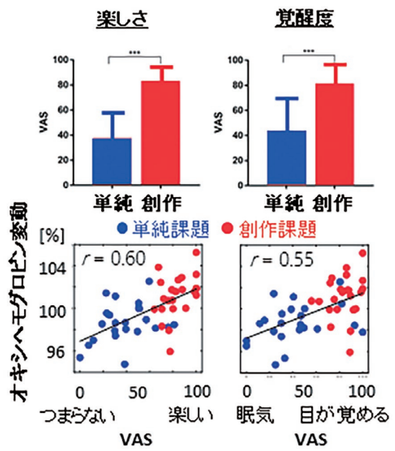

図7: 実験の感想と血流の関係

社会実装に向けて

「ねじブロック」の実験で示されたように作業中の楽しさや覚醒度を血流変化量で数値化することができます。ヘアバンド型やメガネ型のウエアラブル装置が開発されれば、より多様な環境での測定が可能となりますが、現状の装置でも大きな移動を必要としない作業であれば、被験者の動きや思考を妨げることなく測定することが可能です。

統合解析パッケージには脳活動を測定・可視化するツールがいくつかありますが、光を用いるNIRSだからこそ測定可能な環境も多いと考えています。

●リハビリテーションで

高齢者、特に認知症を抱える人の作業療法は意思疎通が難しく、意欲的に取り組むことができるリハビリプログラムを見つけるのが難しいことがあります。本人が好き嫌いを表明しない（できない）場合でも、脳血流を測ることでその人に適したプログラムを客観的に選択することができるようになります。気軽に繰り返し測ることができるため、その日の気分にあわせたプログラム選択にも役立つでしょう。

●小児科・精神科などの医療で

言葉で好き嫌いや感情を表現できない乳幼児の脳血流を測定することで、医療、成育などに役立てることができます。精神科領域でも診断や治療への応用が期待できます。

●製造業の現場で

楽しく意欲的に取り組める作業手順や作業環境、得意な作業、好きな作業の個人差を測定して、適材適所で客観的な人員配置に役立つでしょう。

また、ウエアラブル装置による常時測定が可能になれば、意欲や覚醒度の低下を察知して、事故の回避、適切な作業スケジュールづくりに役立つでしょう。技術訓練などにおいても、意欲を持続しやすいメニューの開発に活用できます。

●商品・サービスの開発に

新しい商品やサービスを消費者モニターに評価してもらう際、主観評価とともにNIRSで脳血流を測定することで、感情の変化の大きさを数値化・可視化することができます。総合評価だけではなく、商品やサービスのどの部分に興味を感じたのかも可視化することが可能です。

●娯楽やエンタメの評価に

測定装置を装着したまま映画を視聴したり、イベントに参加したり、テーマパークのアトラクションを体験したりすることで、どの場面で感情が大きく変化したのか経時的に評価することが可能となります。

リハビリテーションでの利用（イメージphoto）

小児科等での利用（イメージphoto）

製造業の現場での利用（イメージphoto）

商品・サービス開発における利用（イメージphoto）