

**平成 30 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」
調査研究報告書(公開版)**

【研究題目】脳波解読による認知機能評価システムの開発

【整理番号】TK18-054

【代表機関】

産業技術総合研究所 人間情報研究部門

【調査研究代表者(氏名)】

長谷川 良平 (連絡先 TEL:029-861-5176 Mail:r-hasegawa@aist.go.jp)

【TIA 内連携機関:連携機関代表者】

筑波大学医学医療系 鶴嶋 英夫

【報告書作成者】長谷川 良平

【報告書作成年月日】2019 年 3 月 29 日

【連携推進(具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等)】

第3回 TIA-TLSK ライフイノベーションをはじめ、第20回日本感性工学会大会や第14回日本感性工学会春季大会、SAT テクノロジー・ショーケース 2019をはじめ、学会やワークショップで発表やシステムのデモンストレーションを行い、本研究に関する成果の公表を行った。

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

●サマリー

本調査研究の目的は、脳活動に基づいて個々人の認知機能を客観的・定量的に評価するシステムの開発可能性を検討することである。

●技術的背景と動機

本システムはユーザー(重度運動機能障がい者)の瞬間的な注意の高まりを示す脳波成分「事象関連電位」をスイッチとして脳内で伝えたいメッセージと関係した絵カード(ピクトグラム)を選ぶことができるものである。本来、ALSのような神経難病など運動機能障害を引き起こす直接の要因となる疾患が運動機能障害に選択的であって、認知機能等に影響を及ぼしていないとするならば、主としてメッセージ選択という認知機能によって遂行するニューロコミュニケーター実験で有効な実験結果(つまり、高い解読精度)をもたらすはずである。しかし、実際にはそうでなかった事例に少なからず遭遇した。中には訪問先の家庭内で実験を行ったことで医療・介護機器や家電製品がベッドサイドに近いために混入した電氣的なノイズの影響もあったが、そのような状況でない場合にも、通常観察されるような強さの事象関連電位が検出されず、その結果として解読精度もかなり低くなってしまいうようなこともあった。このことから、ニューロコミュニケーターを意思伝達装置として利用する際には認知機能に低下がないことが不可欠であることが分かった一方、本装置の解読精度に着目すれば、(言語や運動反応で回答する)一般の知能検査の実施が困難な運動機能障がい者の認知機能を定量的に評価することが可能ではないかとのアイデアに結び付いた(特願 2014-010509)。実際、最近の研究で、臨床研究のリハーサル時の様子、具体的には実験ルールの説明のために設定した標的刺激の提示回数を正確にカウントできたかどうかによって解読精度の高さが異なることがわかってきた(最近では、中村・長谷川、リハ工学カンファ 2017)。そこでニューロコミュニ

ニケーターのコア技術を用いた医療分野への応用例として、本研究では認知機能評価に特化した専用のアプリケーションの試作開発を行ったうえで、そのアプリを用いた実証実験を実施した。

●研究目的

本研究の目的は、ニューロコミュニケーターの基盤技術の高度化の一環として、多数の視覚刺激を経時的に提示する「紙芝居方式」の刺激提示手法を用いた脳情報活用技術により、脳波、特に事象関連電位の強度を「神経生理学的バイオマーカー」として利用した認知機能評価システムの実用化を目指すことである。

具体的には、①本システムで用いる認知課題を(身体による反応を用いることなく)事象関連電位の解読によって簡便に実施することができるか、②本システムによる「成績」(脳波解読の精度)に個人差があるか、③本システムあるいは別の認知課題の反復訓練によって「成績」の上昇がみられるか、④その「成績」の個人差と一般的な(市販の)認知機能検査の成績との間に相関があるか、⑤認知機能障害と診断を受けている患者に対する介入(投薬や認知機能リハビリ等)の効果の指標として役立つか、⑥軽度認知障害(MCI)状態の把握など認知症の早期診断に役立つか、などである。

初年度であった昨年度は、先述の①②について検討した。それにはまず、主に難易度の異なる3課題を開発した。具体的には「標的単独課題」、「標的逸脱課題」、「標的選択課題」の3つの課題である(図1)。標的単独課題は、標的となる特定の絵柄(例えば「☆」)が単独で画面に提示され、対象者はその出現回数を頭の中でカウントするだけの簡単な課題である。標的逸脱課題は、標的(例えば先ほどと同様「☆」)以外の絵柄＝非標的(例えば「○」1種類)が高頻度で画面に提示されているときに、低頻度で提示される標的を見つける課題である。標的選択課題では、標的(「☆」)以外に多数の絵柄(「◇」、「♡」、「□」など7種類)が非標的となり、ランダム順に提示されている間に標的を見つける「ゲーム」を行う課題である。続いて、開発した認知課題をシステムに組み込み、健常者10名を対象として、①本システムでも用いる認知課題を(身体による反応を用いることなく)事象関連電位の解読によって簡便に実施することができるか、②本システムによる「成績」(脳波解読の精度)に個人差があるかを検討した。その結果、被験者平均として全課題の解読精度はチャンスレベル(8種類の絵カードの解読のために偶然で正解する確率は $1/8=12.5\%$)以上であることや、全体傾向として難易度が上がるにつれて徐々に解読精度が下がる傾向がありつつも、その傾向には個人差がみられ、中には極端に低下するケースもあることが明らかとなった。

2年目となる本年度は、昨年度開発した難易度別3課題を用いて、先述の3課題多数の選択肢の中から、標的を提示する「標的選択課題」実行時に生じるERPを、非標的刺激の提示条件を変えた他の2課題(「標的逸脱課題」および「標的選択課題」)で生じるERPと比較することで、標的選択に関わるERPの特性を明らかにするとともに、標的選択に関わるERPをバイオマーカーとした認知機能評価システムの開発可能性を検討した。

●研究内容と結果

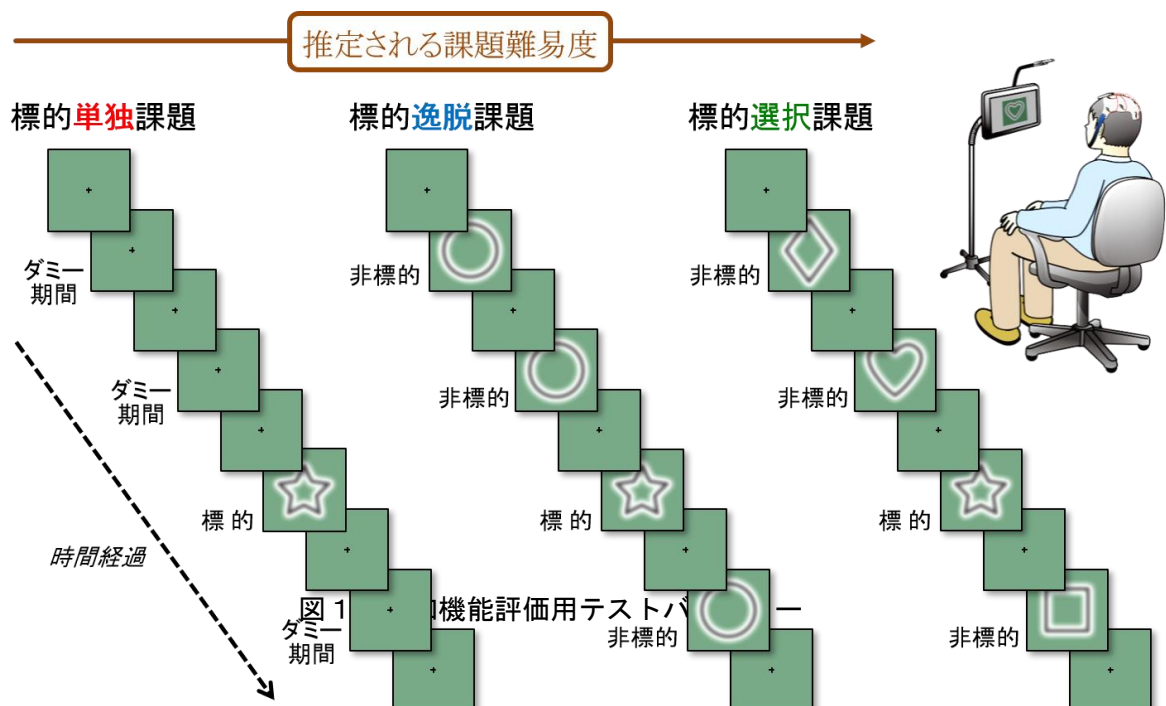
各研究協力者には個別に実験説明と文書による同意取得(ヘルシンキ宣言に基づく倫理的原則および人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に沿って作成され、所属組織の人間工学実験委員会において承認済み)を行った。対象者は健常者40名である。

その結果、標的が提示される条件が異なる3課題すべてにおいて標的の提示後に、二峰性の波形(便宜上、すべてERPと呼ぶ)が観察された(図2、左上、右上、左下)。また、その時間経過に関しては課題ごとに特徴が異なっていた。すなわち標的逸脱課題と標的選択課題においては非標的に対しても幾分の反

応が観察された。そこで、これらの特性を比較するために、各課題における標的に対する反応から非標的に対する反応の差分を求めたうえで、3課題における差別的反応の時間経過の比較も行った(図2、右下)。その結果、標的に対する最初のピークが観察された時間帯(刺激提示150~200ミリ秒)において、標的単独課題、標的逸脱課題、標的選択課題の順に反応が弱まっていることがわかった。また、全3課題で観察された標的に関する2番目のピークが観察された時間帯(刺激提示300~500ミリ秒)は標的単独課題では、刺激提示313ミリ秒後をピークにしていたのに対し、標的逸脱課題では422ミリ秒後に、標的選択課題では438ミリ秒後に、差別的反応のピークが観察された。

これら課題による差異は標的単独課題では、(当初)視覚刺激の感覚入力に対応する単純な脳活動が生じると考えられたが、実際には二峰性の反応が得られた。その解釈として最初のピークを感覚応答として考えることができるが、2番目のピークは先行研究では報告されていないために、本研究の手続き、つまり標的単独課題でも標的の提示回数を脳内でカウントすることに対応した脳内処理(例えば、標的の存在を意識的に確認したこと)が影響したのかもしれない。一方、標的逸脱課題は基本的にはオドボール課題と同様であり、その際生じるERPの一部(二峰性の反応のいずれか、あるいは両方)は、主として外界の変化に伴って受動的に誘発される「ボトムアップ型」の注意を反映していると考えられる。ただし、標的単独課題同様、この課題時にも標的の存在を意識的に確認することで生じたプロセスがERPに付加されている可能性が高い。最後に、標的選択課題においては、対象者の脳内の文脈によって能動的に特定の事象に注意を向ける「トップダウン型」の注意と関連すると思われる。これら「ボトムアップ」及び「トップダウン」それぞれに関わる注意の脳内過程の違いを反映してか、ERPの2番目のピークは標的逸脱課題に比較して標的選択課題の方が、若干遅くなっていたり、刺激提示500ミリ秒後以降の陰性の成分が前者の方が大きかったりするという違いが観察されている。

以上の結果より、課題によるERPを指標とし、脳内過程の違いを検討することができた。



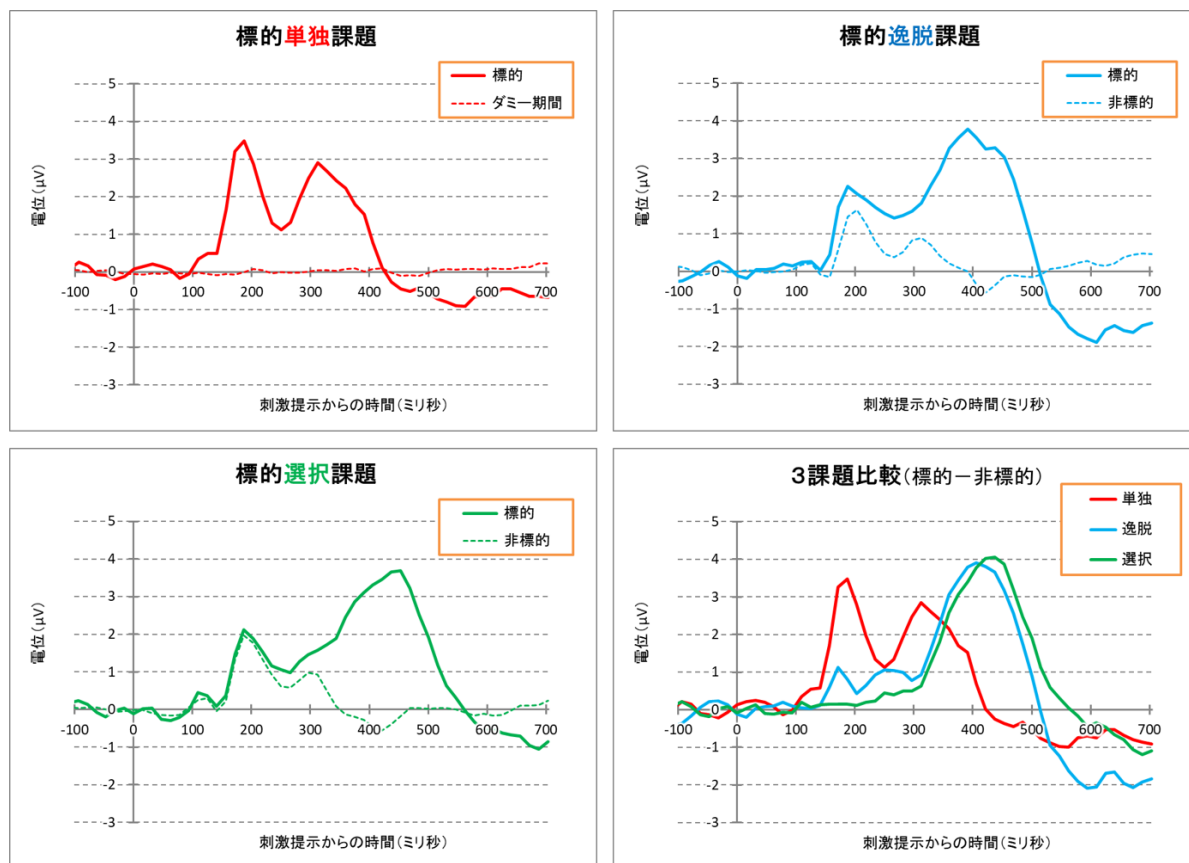


図2 3種類の認知課題で観察された事象関連電位

【成果】

発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2018年5月16日	日本感性工学会論文誌	購買意思による事象関連電位の修飾－仮想ショッピング課題を用いて－	長谷川良平
2018年06月07日	セミナー「高級感・上質感の定量化技術」～触感、色彩と質感・素材感の計測ノウハウ～	脳情報に着目した感性評価技術の開発とその応用事例	長谷川良平
2018年07月26日	第41回日本神経科学大会	Neural Prediction of the Target "to BUY" or "NOT to BUY" by the ERP-based cognitive BMI.	長谷川良平
2018年07月31日	リハビリテーション関連職種に対するニューロコミュニケーターの開発～リアル脳と人工知能の融合によるハイブリッドBMI技術の開発～	脳波計測による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の開発～リアル脳と人工知能の融合によるハイブリッドBMI技術の開発～	長谷川良平
2018年08月29日	第33回リハ工学カンファレンスinあつぎ	脳波による購買行動支援システム開発可能性の検討	長谷川良平

2018年09月04日	第20回日本感性工学学会大会	購買意思による事象関連電位の修飾-購買行動シミュレーション課題を用いて	澤畑 博人 長谷川良平
2018年09月05日	第20回日本感性工学学会大会	購買意欲を反映した脳波活動-トポグラフィ解析	澤畑 博人 長谷川良平、
2018年09月05日	第20回日本感性工学学会大会	脳波による認知機能評価システムの開発-課題難易度の設定とその反応時間への影響-	竹原 繭子 長谷川良平
2018年09月08日	第52回日本作業療法学会	脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の開発 -人工知能技術を利用したコミュニケーションの円滑化-	中村美子 長谷川良平
2018年09月11日	2018年電子情報通信学会 ソサイティ大会	リアル脳と人工知能とロボットを融合させた新しいコミュニケーションスタイルの提案 ~ 重度運動機能障がい者向けの脳波テレパシー装置を出発点として ~	長谷川 良平
2018年09月12日	2018年電子情報通信学会 ソサイティ大会	購買意欲を反映した脳波活動: スペクトル解析	澤畑 博人 長谷川 良平
2018年09月12日	2018年電子情報通信学会 ソサイティ大会	親近性の高い図形の認識における回転効果の検討-継続的見本合わせ課題における反応潜時に着目して-	竹原 繭子 長谷川 良平
2018年10月01日	第4回産総研・人間情報研究部門シンポジウム(SHI2018)	脳波による購買行動支援システムの開発	長谷川 良平
2018年10月01日	第4回産総研・人間情報研究部門シンポジウム(SHI2018)	脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の開発 -人工知能技術を利用したコミュニケーション支援-	中村 美子 長谷川 良平
2018年10月01日	第4回産総研・人間情報研究部門シンポジウム(SHI2018)	脳波による認知機能評価システムの開発 ~地理 /空間情報を素材として~	
2018年10月09日	技術者・研究者向けセミナー	脳科学の基礎とその製品開発への応用	長谷川 良平
2018年10月18日~ 2018年10月20日	諏訪圏工業メッセ 2018	高速脳波技術を用いた脳情報活用産業の創出 (イベント出展)	長谷川 良平
2018年11月03日	Neuroscience 2018	Neural representation of the target selection "to buy" in the human EEG	澤畑 博人 長谷川 良平

2018年11月12日	研究・技術・事業開発のためのセミナー	脳波計測による人の脳内意思推定技術の開発と産業応用への展開	長谷川 良平
2018年11月28日	第3回TIA-TLSKライブイノベーション	脳波解読による認知機能評価システムの開発	長谷川 良平
2018年12月01日	Global Conference on Biomedical Engineering (GCBME)	Introduction of the “Blinkcommunicator,” Communication Aid by Blinks	稗田 一郎 長谷川 良平
2019年01月25日	CiNet Friday Lunch Seminar	Development of an EEG-based BMI system “Neurocommunicator” and Its clinical and industrial applications.	長谷川 良平
2019年1月28日～29日	革新的ロボット要素技術マッチングイベント	高速脳波技術を用いた脳情報活用産業の創出	長谷川 良平
2019年01月29日	SAT テクノロジー・ショーケース 2019	脳波による認知機能評価システムの開発 ～ 地理/空間情報を素材とした認知課題の選定 ～	竹原 繭子, 長谷川 良平
2019年03月07日	2019年第14回日本感性工学会春季大会	標的選択課題遂行中の事象関連電位の特性－ 認知機能評価のバイオマーカーとして可能性の検討 －	中村美子, 長谷川 良平
2019年03月07日	2019年第14回日本感性工学会春季大会	標的選択課題遂行中の事象関連電位の特性－ 認知機能評価のバイオマーカーとして可能性の検討 －	中村美子, 長谷川 良平
2019年03月08日	2019年第14回日本感性工学会春季大会	脳波による空間認知機能評価システムの開発に向けた認知課題の導入	竹原 繭子 長谷川 良平
2019年03月12日	トリケップスセミナー	脳波計測による人の意志推定とその産業応用	長谷川 良平
2019年03月17日	International Symposium on Affective Science and Engineering 2019	Neural Prediction of the Target “to BUY” or “NOT to BUY” by the ERP- based cognitive BMI.	長谷川 良平
2019年07月25日 (予定)	Development of an EEG-based cognitive assessment system.	NEURO2019 (第42回日本神経科学大会)	長谷川 良平

【今後の活動予定】

今後は、臨床応用を目指し、さらに脳内過程をより明確化するために、頭部電極位置の違いによるトポグラフィ解析やパターン識別手法を用いた解読精度を比較することで、認知機能評価システムの開発のコ

アとなる神経生理学的バイオマーカーの開発をすすめたい。加えて本システムあるいは別の認知課題の反復訓練によって「成績」の上昇がみられるか、その「成績」の個人差と一般的な(市販の)認知機能検査の成績との間に相関があるか、さらに、認知機能障害と診断を受けている患者に対する介入(投薬や認知機能リハビリテーション等)の効果の指標として役立つか、軽度認知障害(MCI)状態の把握など認知症の早期診断に役立つかについて検討をすすめていきたいと考えている。

以上