

平成 29 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】TK17-020

【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、連絡先 TEL & Mail）】

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

【TIA 外連携機関】

帝京科学大学 医療科学部 理学療法学科

【報告書作成者】長谷川 良平

【報告書作成年月日】2018 年 3 月 30 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）】

昨年10月に開催された「BioJapan2017」（於：パシフィコ横浜）および本年2月に開催された「nano tech2018」（於：東京ビッグサイト）で、ポスター及びシステムの展示を行い、来場者の中で希望された方にシステムの体験コーナーを設けるとともに、複数企業との面談を行うなど連携推進を行った（現在も連携相談中）。ほか、国内外の学会にて発表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）】

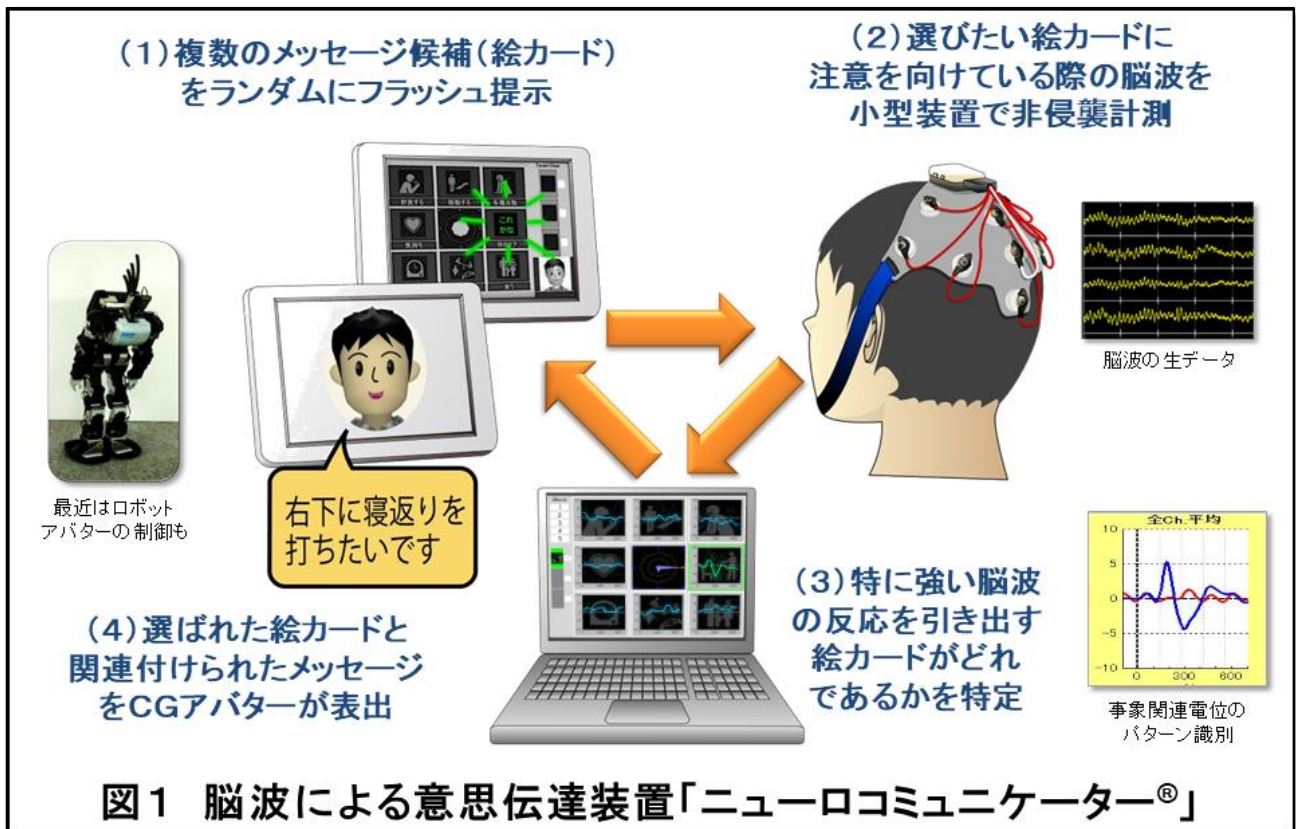
●サマリー

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

この目的を達成するための技術シーズとして、我々は産総研で開発した脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター[®]」（2010年3月プレス発表;長谷川、信学誌 2011）を活用することにした（図1）。本装置のユーザーは、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。このような脳波によるテレパシーを実現するのに貢献しているのが、簡便な装置（小型無線脳波計搭載のヘッドギア）とAI技術の一種であるパターン識別手法である（ともに独自開発した技術で、複数の特許を取得）。

現在、ニューロコミュニケーターを重度運動機能障がい者向け意思伝達支援用の福祉機器として実用化するために、想定ユーザーを対象とした実証実験を繰り返しながら技術移転先候補の民間企業と連携相談を行っている。その中で、ユーザー（最重度の障がい者）数との関連で市場規模が心配される福祉機器以外への応用も視野にいった多分野展開を目指すべきとの意見を聞く機会も多かった。そこで、そのような取り組みの一環として、ニューロコミュ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（詳細は後述）。



●社会的背景と課題

本研究でニューロコミュニケーターの新たな応用先として認知機能評価を思いついたきっかけは、以下のとおりである。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。なかには訪問先の家庭内で実験を行ったために医療・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、臨床研究時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）。

●研究目的

そこで本研究では、最終ゴールとして脳波、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して、初年度である本年度ではその試作開発を行うとともに、試作システムの性能を検証するための実証実験を行った。

なお、「性能」として注目すべき点には、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、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

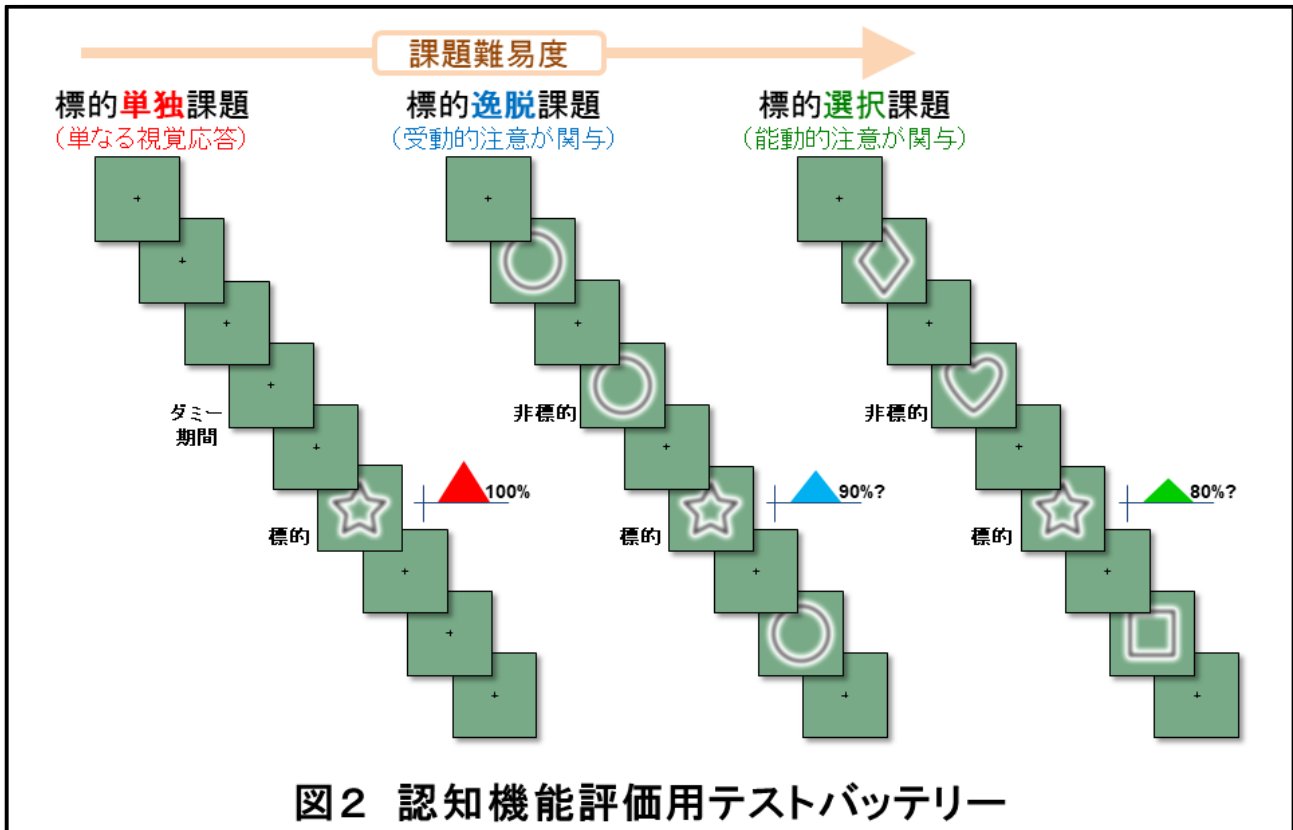


図2 認知機能評価用テストバッテリー

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、などがある。本年度は主として①と②に取り組んだ。

●研究内容と結果

本研究では、事象関連電位に着目して認知機能評価を行うことが可能なシステムの試作を行った。まず、認知機能を測定する課題として、難易度の異なる3課題を設定した(図2)。具体的には課題難易度順に「標的単独課題」、「標的逸脱課題」、「標的選択課題」の3課題である。「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、その出現回数を対象者が頭の中でカウントする課題である。この課題においては視覚刺激の感覚入力に対応する単純な脳の反応性が調べられる。「標的逸脱課題」は、標的(先ほどと同様「☆」)以外の絵柄(例えば「○」一種類)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り、この課題においては、外界の変化を検出する「ボトムアップ型注意」と関係のある脳の働きが調べられる。「標的選択課題」では、標的(「☆」)以外に多数の絵柄(「◇」、「♥」、「□」など7種類)がランダム順に提示される場合に、標的を見つける課題であり、この課題においては、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「トップダウン型注意」と関係のある高度な脳の働きが調べられる。予備実験によってすでに想定した難易度順に事象関連電位の強度が弱まることや(図3A)、その結果として解読精度も低下すること(図3B)が分かっている(解読手法の詳細は引用文献※1を参照)。

この試作したシステムを使用し、健常者対象の予備実験を行うことで、課題難易度との関連で脳波解読精度が体系的に変化するかどうかを確認した。所内の安全ガイドライン及び承認済みの実験計画書に基づき、説明及び同意取得を行った健常者10名を対象として上記の3課題を用いた実験を行い、脳波解読精度と課題難易度との関連を検討した。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(図3C)が明らかとなった。これらの結果は、本システムが脳波解読精度を指標として個々人の認知機能の程度(個人差)を評価することが可能なことを示唆している。

【今後の活動予定】

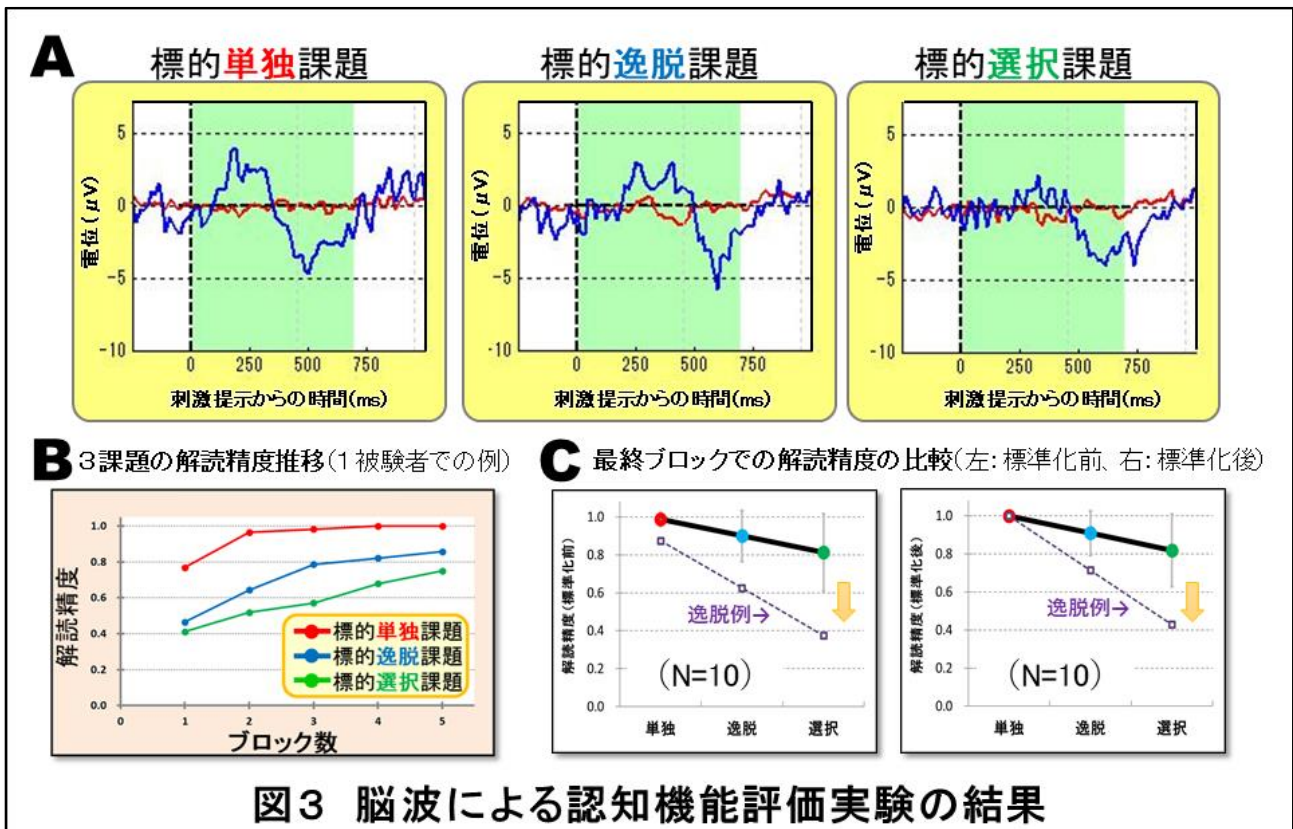


図3 脳波による認知機能評価実験の結果

試作システムの性能評価に関して上述した6項目のうち、本年度は①「チャンスレベル以上の解読精度があること」、と②「特に難易度の高い課題で解読精度に個人差があること」に取り組み、十分な成果を挙げることができた。また、③「反復訓練の効果の検証」に効率的な課題に関しても予備的試作に取り組んでいる(引用文献※2を参照; nano tech 2018でもデモ)。来年度も本「かけはし」プロジェクトの2年目として継続できること前提として、③に関して被験者実験によって実証データを得たり、④「市販の認知機能検査との対応」に新規に取り組んだりすることで、本システムの実用化を着実に推進したいと考えている。

特に④の市販の認知機能検査に関しては、今年度、TIA 外連携機関である帝京科学大学と協議した結果、数字や文字を順につなぐ課題である「トレイル・メイキング・テスト(TMT)」を第一候補として選定した。この課題は手の運動を伴うために、重度運動機能障がい者には適用が困難であるが、健常者や認知機能に低下のある患者に関しては多数の実験結果が報告されており、臨床/看護現場への導入も比較的進んでいる。

また、来年度では産総研のみならず、TIA 内連携機関である筑波大学附属病院内でも健常者を対象として同等の実験を行う予定である(本プロジェクト用に病棟内に専用実験室を確保)。その際、本システムの全国的な普及を視野に入れ、上述したニューロコミュニケーターの脳波計測システム(非売品)ではなく、市販の脳波計や電極(簡便性を考慮して金属製のドライ電極)を用いる予定である。すでに、この市販脳波計でも認知課題制御プログラムが動作するように改変を行ったうえでドライ電極を用いた予備実験も実施し、有望な結果を得ている。なお、筑波大での共同実験についての実験計画書については産総研では承認済みであり、筑波大においても申請準備中である。

このような成果に基づいて大型の公的外部資金応募も計画しており、上述した⑤「認知リハビリの指標」や⑥「認知症早期発見」等の臨床応用段階にもいずれは進みたいと考えている。

【参考資料】

※1 特願 2015-558756: 長谷川良平「認知機能評価装置、認知機能評価装置の作動方法、システム及びプログラム」

<https://plidb.inpit.go.jp/plidb/html/HTML.L/2014/000/L2014000696.html>

※2 中村・稗田・長谷川：「脳波による認知機能訓練システムの開発」SAT テクノロジーショーケース 2018（つくば市、2018/02/04）

http://www.science-academy.jp/showcase/17/pdf/P-108_showcase2018.pdf

以上