

＜シンポジウム (4)-17-4＞ ALS におけるコミュニケーション障害とその対策：
完全閉じ込め状態への挑戦

ALS 患者におけるコミュニケーション戦略：BMI の現状と展望

長谷川良平¹⁾

要旨：産業技術総合研究所では重度運動機能障がい者のコミュニケーションを支援するために、認知型 BMI 技術をもちいた意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の開発を進めている。

本システムは、脳波のリアルタイム解析によってメッセージの候補（ピクトグラム）を同定することが可能である。このシステムを実現するために、3つのコア技術、1) ポータブルかつワイヤレスの脳波計測機、2) 高速・高精度の脳波解読アルゴリズム、3) 階層的なメッセージ生成システムをもちいている。健常者実験では1回の選択あたり、95%以上の精度で予測をおこなうことができた（情報量として毎分32ビット相当）。現在、在宅患者対象のモニター実験を介してさらなる技術改良をおこなっている。

（臨床神経 2013;53:1402-1404）

Key words：脳波、意思伝達支援、ブレイン-マシン インターフェース

はじめに

筋萎縮性側索硬化症（Amyotrophic Lateral Sclerosis; ALS）を代表とする神経難病などに起因する運動機能障害によって不自由になった「生活の質」（Quality of Life; QOL）を向上させるために残存運動機能などを着目した「代替・拡大コミュニケーション」（Augmentative and Alternative Communication; AAC）に関する技術開発が世界的にも盛んになってきている。簡単なものであれば、指差しが可能な患者用に各種のメッセージが描かれた絵カードや透明文字盤などがある。また、電子機器をもちいるものであれば、表情筋など身体の一部の動作を筋電センサや歪みセンサで検出し、ワンボタンスイッチにすることができる。そのばあい、単にナースコール的に利用することもできるし、パソコン上で動く専用ソフトウェアを操作して一文字ずつ入力するシステムも普及しつつある。

このような AAC の普及は、多くの意思伝達機能に障害を持つ人々の助けになっているものの、全身の運動機能が極度に低下した「完全閉じ込め状態（Totally Locked-in State; TLS）」の患者に対してはなすすべがないのが現状である。そこでわれわれの研究チームでは、脳と機械を直結するブレイン-マシン インターフェース（Brain-Machine Interface: BMI）技術^{1)~4)}をもちいた意思伝達装置の研究開発に取り組んできた。その最初の成果として2010年3月に試作第1号機の開発に成功したのが、脳波 BMI による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」である（Fig. 1）⁵⁾。本論文では、その技術内容を紹介するとともに今後の課題に関して論じることとする。

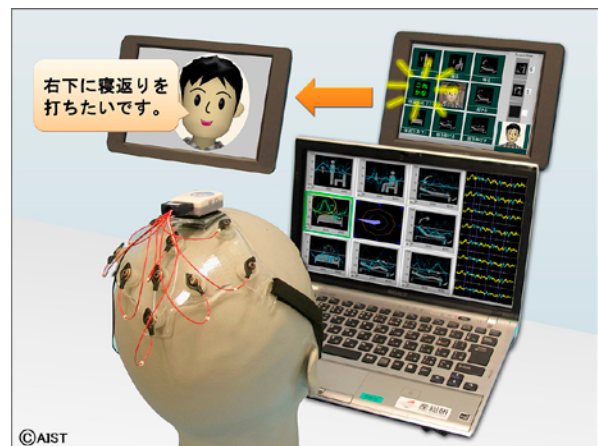


Fig. 1 脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」。

脳波による意思伝達装置の開発

ニューロコミュニケーターは、外観から確認される装置としてはヘッドギアとノートパソコン、サブモニターの3つの部分から構成されており、それらは以下のような仕組みで働いている（Fig. 2）⁶⁾。まず、ユーザーが被るヘッドギアは軽量樹脂製であり、その前方には小型無線脳波計が搭載されている。脳波計からは複数のケーブルが伸びており、その先には金属製の電極が取り付けられている。頭部8カ所の電極はフジツボのような構造をしており、真ん中の小さな穴から導電性のジェルを流し入れて、髪の毛の間に染み込むことによって頭皮と電極がつながっている。これらの電極によって

¹⁾ 産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門〔〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 中央第2〕
（受付日：2013年6月1日）

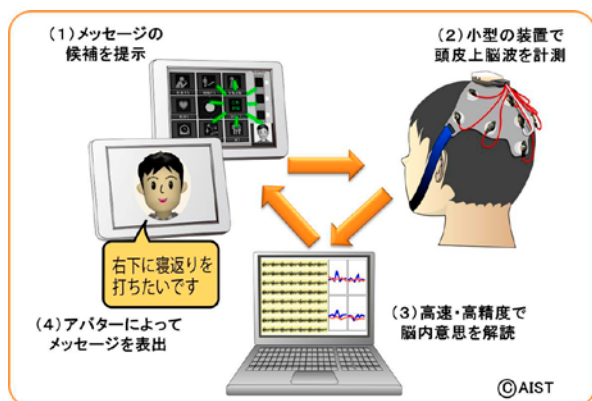


Fig. 2 「ニューロコミュニケーター」の動作原理.

計測した脳波データはリアルタイムでノートパソコンに無線送信されている。ヘッドギアをかぶったユーザーの眼前には、パソコンに接続された小さなサブモニターが置かれている。その画面には伝えたいメッセージを表すような 8 種類のピクトグラム（単純な絵カードのようなアイコン）がメニューのように並んでいる。メニュー画面が提示されたのち、しばらくすると各ピクトグラムが順次、疑似ランダムな順でフラッシュする（「これかな」という文字が一瞬表示）。この間、注目しているピクトグラムがフラッシュしたときに、わずかではあるが脳波に一定の変化が生じる。この脳波の変化は、専門用語で「P300」と呼ばれていて、「おやっ」と思うような注意の高まりがあったときに観察される⁷⁾。

脳波計から無線データを受け取ったノートパソコンでは、この P300 をリアルタイムで検出するプログラムが動いている。各ピクトグラムに対するフラッシュが数回くりかえされた段階で、もっとも強い P300 を誘発したピクトグラムがユーザーの選びたいものであると推測する。P300 の検出には線形判別分析をベースとするパターン識別技術がもちいられており、選ばれたメッセージは、パソコン画面上に現れたアバター（ユーザーの代わりとなる CG のキャラクター）が人工音声付きアニメーションによって周囲に伝えてくれる。なお、本システムではメッセージを作るために 8 種類のピクトグラムから 1 つを選ぶ作業を 3 回くりかえしてメッセージを具体化していく方式により、8 の 3 乗、つまり 512 種類という多様なメッセージを表現することができる。

体系的に実験をおこなった 10 名以上の健常者においては、1 回の選択あたり（8 種類の選択肢に関して 5 回ずつのフラッシュをおこなう条件＝約 6 秒間）95% 以上の精度で解読可能であった⁸⁾⁹⁾（情報量としては毎分約 32 ビットに相当）。

実用化に向けた課題

上述した技術のほとんどは、2010 年 3 月のプレス発表までに基本的な開発を終わっており、現在は実際の患者を対象としたモニター実験を実施中である¹⁰⁾。主に在宅療養中の

患者宅を訪問し、1 回あたり約 3～4 時間の滞在時間のなか、試作機の性能評価や患者側からのユーザビリティ評価に関する実証実験をおこなっている。頭部の締め付け感の強い布製ヘッドキャップの代わりに樹脂製ヘッドギアを導入することになったのも、このようなモニター実験での患者の意見がきっかけとなっている。他にもモニター実験の進行とともに様々な改良がなされているが、実際にはまだまだ苦戦を強いられている。統制された環境の実験室において健常者を対象として実験するのであれば、かぎりなく 100% に近い精度で解読が可能であるにもかかわらず、患者の生活する家庭内ではベッドサイドに医療機器や各種家電製品が存在し、激しい電気的ノイズを発生するのである。また、患者の容態も多種多様であり、運動機能だけでなく認知機能もしくは意識レベルの低下もふくまれるケースなどもある。そのため、現在は電気的ノイズに強いシステムの開発やルールのわかりやすいメッセージ生成方法の開発に重点を置いて実用化開発を加速している。

実用化に向けたさらなる改良のためには引き続きモニター実験を継続する必要があるが、今後は全国の医療機関や訪問介護ネットワークと連携関係を築き、同時並行的に多数の臨床データを取得していきたいと考えている（連携先を募集中）。また、試作機レベルとはいえ、現バージョンのシステムを製品化することで、意思伝達で困っておられる多くの患者とその家族に少しでも貢献できるように技術移転の作業も進めている。

※本論文に関連し、開示すべき COI 状態にある企業、組織、団体はいずれもありません。

文 献

- 1) 長谷川良平. ブレイン・マシン・インタフェースの現状と将来. 電子情報通信学会誌 2008;91:1066-1075.
- 2) 川人光男. 脳の情報を読み解く BMI が開く未来. 朝日選書; 2010.
- 3) 長谷川良平ら共著. ブレインコミュニケーション～脳と社会の通信手段～. 電子情報通信学会, 編. 2011.
- 4) 長谷川良平ら共著. ロボットテクノロジー. 一般社団法人日本ロボット学会, 編. オーム社; 2011.
- 5) プレス発表: 独立行政法人産業技術総合研究所ニュースリリース http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2010/pr20100329/pr20100329.html
- 6) 長谷川良平. 脳波 BMI 技術をもちいた実用的意思伝達システム. 電子情報通信学会誌 2012;95:834-839.
- 7) 入戸野宏. 心理学のための事象関連電位ガイドブック. 北大路書房; 2005.
- 8) 南 哲人, 井上康之, 長谷川良平. ニューロコミュニケーターにおける性能向上の試み～感性を考慮したブレイン・マシン インターフェースの開発～. 日本感性工学会論文誌 2012;11:509-518.
- 9) 長谷川良平, 工藤泰彦. 脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の実用化開発. SAT テクノロジー・ショーケース 2013, P-50 (2013/01/22, つくば)

- 10) 中山優季, 松田千春, 小倉朗子ら. 重度運動障がい者における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」をもちいた意思伝達の有用性と看護支援に関する研究. 日本難病看護学会誌 2013;17:187-204.

Abstract

Development of a cognitive BMI “neurocommunicator” as a communication aid of patients with severe motor deficits

Ryohei P. Hasegawa, Ph.D.¹⁾

¹⁾Human Technology Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technolo (AIST)

A cognitive brain-machine interface (BMI), “neurocommunicator” has been developed by the author’s research group in AIST in order to support communication of patients with severer motor deficits. The system can identify candidate messages (pictograms) in real time from electroencephalography (EEG) data, combining three core technologies; 1) a portable/wireless EEG recorder; 2) a high-speed and high-accuracy decoding algorithm; and 3) a hierarchical message generation system. The accuracy of the model at single predictions of the target was generally over 95%, corresponding to about 32 bits per minute for normal subjects. Monitor experiments have been also started for patients at their home, in which further technical improvements are required.

(Clin Neurol 2013;53:1402-1404)

Key words: EEG, communication aid, BMI
