

# ALS患者のための音の空間情報を利用したブレインマシンインタフェース(BMI)の研究開発(121803027)

## Spatial Auditory Brain-Machine Interface for ALS Patients

### 研究代表者

牧野 昭二 筑波大学

Makino Shoji University of Tsukuba

### 研究分担者

ルトコフスキ トマシュ<sup>†</sup> 森 浩一<sup>††</sup>

Rutkowski Tomasz<sup>†</sup> Mori Koichi<sup>††</sup>

<sup>†</sup>筑波大学 <sup>††</sup>国立障害者リハビリテーションセンター研究所

<sup>†</sup>University of Tsukuba <sup>††</sup>Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities

研究期間 平成 24 年度～平成 26 年度

## 概要

本研究開発では、空間的な音響刺激への反応として計測された脳波信号の成分分解法の開発と脳活動の抽出および活動部位同定技術を開発した。そして、これらの情報を活用しマルチクラスで制御可能な聴覚BMIシステムを構築した。さらに、本システムを画面上のカーソルの移動、バーチャルキーボードの制御等に用い、重度身体障害者(ALS患者)のコミュニケーション手段として、在宅環境で実際に試用しその効果を評価することを目指した。

## 1. まえがき

運動やコミュニケーション機能が著しく損なわれて日常生活がほぼ全介助の重度身体障害者は全国で10万人以上おり、最重症では自発表出や自立活動が困難なことで生活の質(Quality of Life, QoL)が下がることが懸念されている。ブレインマシンインタフェース(Brain-Machine Interface, BMI)は、脳からの信号を用いて筋肉の活動を介さずに機械やコンピュータを制御する新しいパラダイムであり、障害者用の車椅子の移動、コンピュータ画面上のカーソルやバーチャルキーボードなどの制御を通じたコミュニケーション手段、脊髄などに損傷を負い不自由になった手足のリハビリテーションへの応用などが検討されている。これらの応用によって、筋萎縮性側索硬化症(Amyotrophic Lateral Sclerosis, ALS)患者などの最重症の身体障害者のQoL向上が期待されている。本研究開発では、特に聴覚刺激と脳波を用いた刺激駆動型BMIを検討した。

## 2. 研究開発内容及び成果

### 2.1 空間聴覚BMIの構築

聴覚刺激に基づくBMIには、視覚刺激や運動想起に基づくBMIと比較して、感覚的、精神的負担が比較的少なく、他の感覚入力作業と併用できるという利点がある。さらに、聴覚刺激に三次元空間音響を用いることで、様々な方向からの、あるいは空間移動を伴う音響刺激の提示を可能にする(図1)。本研究開発では、音源定位に関連する脳波、事象関連電位(Event Related Potential, ERP)から意図ないし注意による変調を受ける特徴量を成分分解によって抽出する手法を開発し、この特徴量によって3つ以上のカテゴリの分類を実現した。

本研究開発の空間聴覚BMIは、数種類の聴覚刺激をアプリケーションの操作コマンドの選択肢としてユーザに提示し、その反応として測定される脳波(ERP)から、ユーザが期待した通りの刺激が提示されたときのみ観測されるP300と呼ばれる陽性成分の有無を機械学習によって識別し、それをインタフェースのon/offスイッチとして用いる。P300はいわゆる「AHA反応」と呼ばれる陽

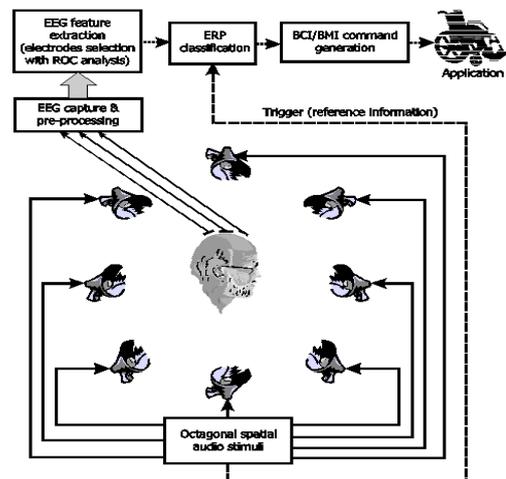


図1 空間聴覚BMI。例では8つのスピーカを用いて空間的に音を提示する。自分の意図に対応した方向から音がすると、P300反応が起こり、信号処理によってこれを抽出する。抽出された信号は、車いすなどを制御するために利用できる。

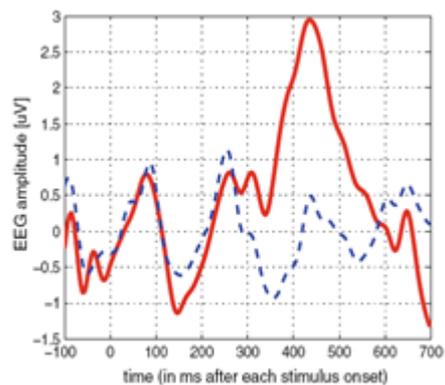


図2 聴覚刺激に対する脳反応の波形。実線：ターゲット、破線：ノンターゲット

性反応で注意反応の指標であり、被験者が予期した通りの刺激が起こったときに観測される(図2)。P300は振幅が大きく安定して観測されるため、BMIの制御に有用とされている。

## 2. 2空間聴覚BMIを用いた文字入力システムの構築と評価

聴覚BMI、とりわけ空間情報(方向)を付与した音を用いた空間聴覚BMIの開発に向けて、空間情報のある音に対する脳反応の特徴を調査し、聴覚BMIに最適な空間音響刺激の設計について検討した(図3)。これらの応用として、空間聴覚BMIを用いた文字入力システムの検討を行った。さらに、スピーカを用いた仮想音源の代わりに、ヘッドフォンと頭部インパルス応答を用いた空間聴覚BMIの評価実験を実施した(図4,5)。

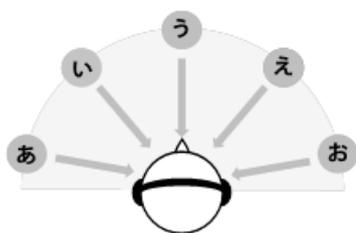


図3 頭部インパルス応答を用いて各母音を方位角40度ずらして配置したときの聞こえの模式図。

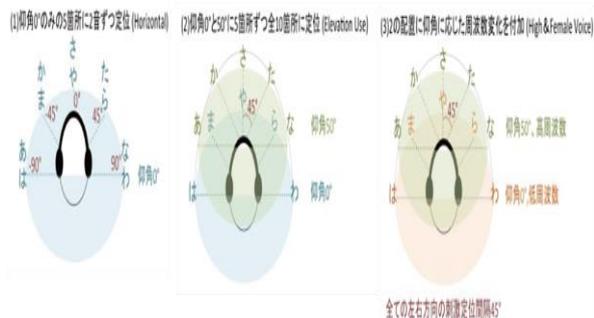


図4 音定位と音呈示のパターン。(1) 水平面のみの5方向に全10音を配置、(2) 仰角0°と50°に5音ずつ配置、(3) (2)の配置で仰角50°を女声、0°を男声で呈示。

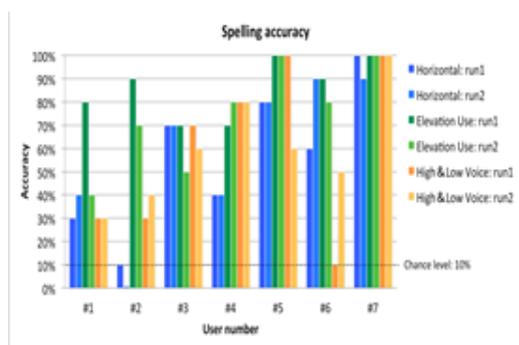


図5 3条件(2回測定)の被験者別識別正答率。

本研究開発の最終目的である空間聴覚BMIの実用化には、ユーザによる試験が必要である。国立障害者リハビリテーションセンター研究所との共同研究として、P300が生じにくいなどの病態があるALS患者に特化した脳波特徴抽出やコマンド生成の実現を目指した。

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本研究開発における検討の中で培われた成果は、空間聴覚BMIだけでなく障害者や高齢者のために開発されているあらゆるタイプのBMIシステムの技術レベルを向上させる。今後、画面上のカーソルの移動、バーチャルキーボードの制御等に用い、重度身体障害者(ALS患者)にコミュニケーション手段を提供し、ライフ・イノベーションの推進に貢献する。

## 4. むすび

本研究開発は、既存のBMIの技術に音響信号処理の技術を組み合わせることにより、従来に比べてユーザーフレンドリーなBMIシステムを実現するものである。

本事業への総務省の支援に感謝する。

### 【誌上发表リスト】

- [1]Zhenyu Cai, Shoji Makino, and Tomasz Rutkowski, "Brain evoked potential latencies optimization for spatial auditory brain-computer interface", Cognitive Computation, doi: 10.1007/s12559-013-9228-x, pp. 1-10 (2013年8月)
- [2]Moonjeong Chang, Koichi Mori, Shoji Makino, and Tomasz Rutkowski, "Spatial auditory two-step input Japanese syllabary brain-computer interface speller", Innovations in Information and Communication Science and Technology, pp. 25-31 (2014年9月)
- [3]Chisaki Nakaizumi1, Shoji Makino, and Tomasz Rutkowski, "Head-related impulse response cues for spatial auditory brain-computer interface", International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2015年8月)

### 【受賞リスト】

- [1]Nozomu Nishikawa, Poster Award of the International Workshop on Brain Inspired Computing, "Analysis of brain responses to spatial real and virtual sounds - a BCI/BMI approach", 2012. 6
- [2]Moonjeong Chang, Best Paper Award at the Innovations in Information and Communication Science and Technology Workshop, "Spatial auditory two-step input Japanese syllabary brain-computer interface speller", 2014. 9
- [3]Takumi Kodama, Best Poster Award at the AEARU Workshop on Computer Science and Web Technology, "Spatial tactile brain-computer interface by applying vibration to user's shoulders and waist", 2015. 2

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://www.tara.tsukuba.ac.jp/~maki/photo/mmlab%20BMI.pdf>