

多感覚拡張現実感提示技術を用いた脳-機械インタフェースの開発と 機器操作・パーソナルモビリティ支援 (142103017)

Development of Brain-Machine Interface using multi-sensory Augmented reality

研究代表者

小谷 潔 東京大学

Kiyoshi Kotani The University of Tokyo

研究分担者

なし

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

概要

本研究では、多感覚(視覚・聴覚・触覚)に拡張現実感を付与させた情報提示 BMI システムを構築した。はじめに視覚・聴覚・触覚それぞれについて、拡張現実感提示システムを構築し、聴覚に非定常刺激を与えることで識別精度が向上することを示した。さらに実生活での使用を想定したモバイル型の多感覚拡張現実感 BMI システムを構築した。回転移動タスクに対してジョイスティック操作よりも優れていることを示し、また介護者が扱いやすいシステムとして、拡張現実感情報の追加、修正が簡便にできることを示した。これによって、本研究では利用者ならびに生活環境でのシステム構築者(介護者を想定)にとって、直観的なインタフェースかつ有用な生活支援 BMI システムを構築できたと考えられる。

1. まえがき

近年、脳波などの脳活動から被験者の意図を読み取る研究が BMI (Brain-Machine Interface) として積極的に進められている。しかしながら、現在の BMI 技術は利用者意図を読み取る信頼性が低い。本研究では、多感覚(視覚・聴覚・触覚)に拡張現実感を付与させた情報提示 BMI システムを構築することで、刺激に対する脳の反応を読み解き、BMI の信頼性を高める。はじめに複数感覚器を介した拡張現実感提示システムを構築し、最適な刺激の提示方法および利用者意図読み取り技術を開発する。次に、構築したシステムを無線化し、モバイル型の多感覚 AR-BMI システムを構築する。さらに、抽出された意図に基づきアクチュエータ・機器スイッチを操作する柔軟な機器操作システムを設計する。そして構築したシステムが、健常者による作業速度を超える高速かつ直感的な操作が可能なインタフェースであることを機器操作・パーソナルモビリティ支援によって示す。

2. 研究開発内容及び成果

はじめに実験室環境での多感覚 BMI (mAR-BMI) の開発について述べる。さらに、実生活環境での使用を想定したモバイル型多感覚 BMI の開発を述べ、構築したシステムの特性評価結果を述べる。

2.1. 多感覚 AR 刺激の提示・解析方法の最適化

多感覚 AR システムとして、まずは視聴覚融合拡張現実感システムを構成した。多感覚での脳内情報処理の側面から事象関連電位の神経科学的な特徴を評価するとともに、識別手法を最適化することで多感覚刺激による識別率が向上することを統計的に有意な差として示された。

仮想音源刺激システムをさらに実用的なものにするために、刺激提示方法を改良した。改良方法として「移動する仮想音源提示方法」を提案した。これは、AR 音刺激が 0.5 秒間鳴っている間に、音源位置が仮想的に下側に移動するように、音刺激を提示する手法である。本提案手法を用いて、「上下 2 箇所」に操作したい機器が並んでいる場

合の精度の向上の検討を行った。その結果、音源定位の精度が平均 16.1%向上することが示された ($p<0.05$)。

2.2. パーソナルモビリティ支援評価と機器操作支援における柔軟性評価

mAR-BMI システムを、使用者と使用者を支援する介護者等の両者にとって実用的で使用しやすいシステムにするために、パーソナルモビリティの向上と、機器操作支援の柔軟性向上を実施した。

2.2.1. パーソナルモビリティ支援

第一に、mAR-BMI システムの構築においてセンサ情報、生体信号計測が混在した条件下において、これらの信号間の物理的な混線を避け、利用者の行動範囲を広げたシステムを開発した(図 1)。開発したシステムは、前方に取り付けられたカメラでマーカを検出しヘッドマウントディスプレイを介して情報を利用者に提示する。また、複数カメラを用いることにより視野外のマーカ情報も取得することが可能となっており、立体音響装置で生成された仮想音源により視野外の機器の箇所に相当する仮想空間から

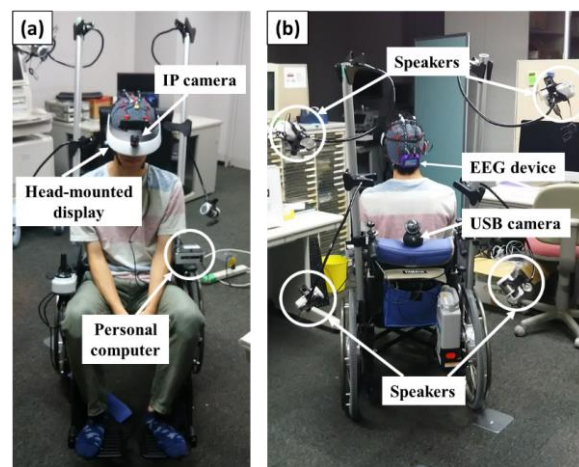


図 1 (a) 構築した mAR-BMI システム (前方)、(b) 構築した mAR-BMI システム (後方)

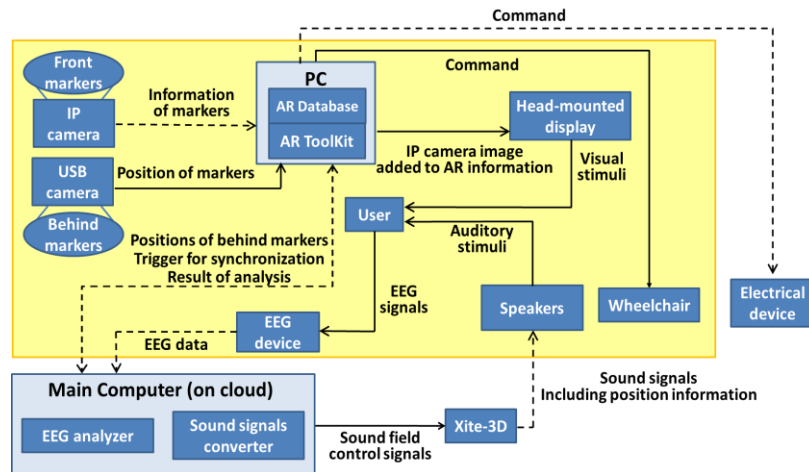


図2 モバイル型 mAR-BMI のシステムブロック図。黄枠で囲まれた部分は車椅子上に搭載されている機器であり、実線は有線接続、点線は無線接続を表している。車椅子に搭載されている機器と、外部の機器は全て無線で接続されているため、利用者の機器操作および介護者によるシステム変更が柔軟に行える。

聴覚刺激を提示することが可能となっている。利用者が視野外の機器を操作する際は、仮想的に生成された音源を選択することで、車椅子がマーカ位置を参照しながら選択した機器に正対し停止する。その後、前方カメラで再度操作を行いたい機器のマーカ情報を取得することにより、機器操作を行うことが可能となっている。

次に、構築したシステムによるパーソナルモビリティの向上として、「AR マーカを利用した移動方法」を提案した。利用者の正面から 160°横にあるマーカに対して、正面を向かせるという移動実験を実施した。AR マーカの読み取りおよび AR マーカの位置情報を利用した提案手法は、移動時間が平均 11.4 秒、に対して、ジョイスティックを利用した移動では、移動時間が平均 14.2 秒となり、提案手法による移動方法が統計的に有意に速いことが確認された ($p<0.05$)。

2.2.2. 機器操作支援の柔軟性向上

機器操作支援の柔軟性向上として、看護者や介護者が新たな使用機器や機能を簡単に追加できるシステムを目指した。このシステムの機器操作の起点は図 2 の左上にある「Front markers」である。これは使用者の前方にあるマーカを示しており、使用対象の機器に応じてマーカが用意されている。このマーカごとに「AR Database」が用意されており、そのデータベースに応じて選択肢が

「Head-mounted display」で表示される仕組みである(図 3(a))。

看護者・介護者が新たな機器や操作を加える際には、AR マーカを追加・変更するだけでシステムが変更できる仕組みとなっている。介護者はその際に AR データベースを更新し、「マーカと機器操作」と「マーカと AR 表示情報」とを紐づける操作を行う(図 3(b))。

これらの研究・開発によって、本研究で提案した mAR-BMI が、機器操作・パーソナルモビリティ支援にお

いて高速かつ直感的な操作が可能なインタフェースであることを示すことができた。

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

本研究開発では、最終的にシステムの無線化、モバイル化に成功したが、現状では各種の無線通信や機器間の情報のやり取りが複雑になっている。そのため、今後統一システムのもとで機器間の通信を一元管理し、パッケージ化することが重要である。また、今後の普及に向けて、性能は落ちるが簡単に購入できるシステムを模索することも重要である。

4. むすび

本研究開発においては多感覚拡張現実感 BMI システムという新しいシステムの開発に取り組んだ。開発したシステムから、多感覚刺激を用いることで BMI の読み取り精度が高くなることが示された。さらに、システムをモバイル化することで、BMI による簡便な移動支援を可能とした。さらに、構築したシステムは看護者・介護者が新たな機器や操作を加える際に簡便かつ柔軟なインタフェースを開発することができた。

【誌上発表リスト】

1. 査読付き論文リスト

- [1] 関本正志、下野勇希、赤尾旭彦、磯村拓哉、小川雄太郎、黄琦、小谷潔、神保泰彦、"多感覚AR-BCIの開発に向けた基礎的研究"、電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌) Vol.136 No.9 pp. 1291-1297
- [2] Y. Ogawa, I. Yamaguchi, K. Kotani, Y. Jimbo, "Estimating the parameters of neural mass models including time delay and nonlinearity using a particle filter", IEEJ Transactions on electrical and electronic engineering *in press*
- [3] Y. Ogawa, I. Yamaguchi, K. Kotani, Y. Jimbo, "Deriving theoretical phase locking values of a coupled cortico-thalamic neural mass model using center manifold reduction", Journal of Computational Neuroscience, Vol. 42 No. 3 pp. 231-243 (2017)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

http://neuron.t.u-tokyo.ac.jp/?page_id=9#bci

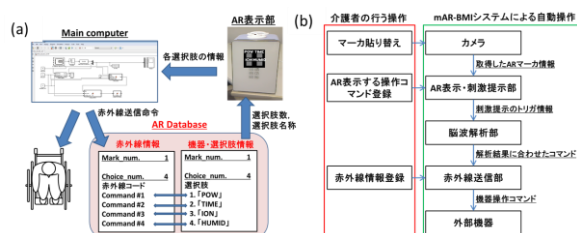


図3 (a) AR Database の役割。(b) 新たな機器を追加する際の介護者の操作。