

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 5 日現在

機関番号：14401
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22700574
 研究課題名（和文）
 全身麻痺者の生活支援をめざした皮質脳波を制御入力とする上肢補助付電動車イスの開発
 研究課題名（英文）Development of an ECoG Controlled Electric Wheelchair for Assisting paralyzed people.
 研究代表者
 松下 光次郎（MATSUSHITA KOJIRO）
 大阪大学・工学研究科・招聘研究員
 研究者番号：30531793

研究成果の概要（和文）：

本研究課題では、脳表面電極から計測される皮質脳波に基づいて制御される運動補助装置を目指した。その成果として、ヒト皮質脳波から「前進」「後進」「左旋回」「右旋回」の移動意図を識別する情報処理器を構築、電動車イスに組み込んだ自律的障害物回避システムと組み合わせ、皮質脳波を制御入力とする電動車イス移動を実現した。また、脳波の事象関連電位 P300 を利用して視野内に存在する任意の物体を指示できる装置を開発し、ロボットアーム型上肢補助装置と組み合わせた上肢補助システムも実現した。

研究成果の概要（英文）：

This research aims at developing an ECoG-based Brain Machine Interface (BMI) assist device. As results, we have developed the electric wheelchair that is controlled with human ECoG (Electro-Corti-Graphic) signals: the control algorithm consists of human intention classification (i.e., 4 motions – going forward, going backward, turning left, turning right) and razor-range-finder based autonomous obstacle avoidance. We have also developed the 300 speller system that point out objects in 3D space, and developed a robotic hand and arm. With those combinations, we have constructed an upper-limb assist device.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学 リハビリテーション化学・福祉工学

キーワード：ブレイン・マシン・インターフェース、福祉ロボティクス

1. 研究開始当初の背景

近年の技術発展に伴い、脳波による機器制御を目指す Brain Machine Interface (BMI) の研究開発が盛んである。これまでの BMI 研究は、安全性・利便性を理由として、頭皮脳波など非侵襲型を主軸とした研究開発が

行われてきた。しかしながら頭皮脳波(EEG)は、皮膚・頭蓋骨から伝わる微弱な電気信号の計測であるため、ノイズが多く含まれ、ヒトの意図を推定することが非常に困難であった。それに対し、近年、医療技術で使用される皮質脳波計測が注目されている。皮質脳

波計測は、難治性疼痛・難知性てんかんを有する患者の治療・検査を行う場合のみ認められる医療技術であり、頭蓋内の脳表面に電極を留置し脳波（電気信号）を計測する方法である。低侵襲計測であるため脳を傷つけず、ノイズも少ないため、安全かつ高い識別精度でのヒトの意図推定が可能であることが示されている。

そのような理由から、皮質脳波 BMI は、脊髄損傷・萎縮性側索硬化症（ALS）を起因とする完全麻痺患者にとって、高い即応性・制御性で外部機器制御を可能とする有効なインターフェースになると期待されている。

2. 研究の目的

本研究は、ブレイン・マシン・インターフェースによる完全麻痺者の運動補助をめざし、ヒト皮質脳波に基づく運動補助制御系の構築、上肢アシストおよび電動車イスの運動補助システムの製作、安全を確保するための訓練環境とするバーチャルリアリティ（VR）訓練システムの構築、の課題を行う。

3. 研究の方法

皮質脳波 BMI の有効性を示し、全身麻痺患者の生活支援を実現するため、上肢機能を代替する上肢補助装置と移動機能を代替する電動車イスを組み合わせた BMI 機能代替機の研究開発を行う。そのため、下記 3 項目の研究課題を平行して進めるものとする。

- (1) バーチャルリアリティ訓練システムの構築
- (2) 上肢補助付電動車イスの開発
- (3) 運動識別と機器制御のためのヒト皮質脳波解析

4. 研究成果

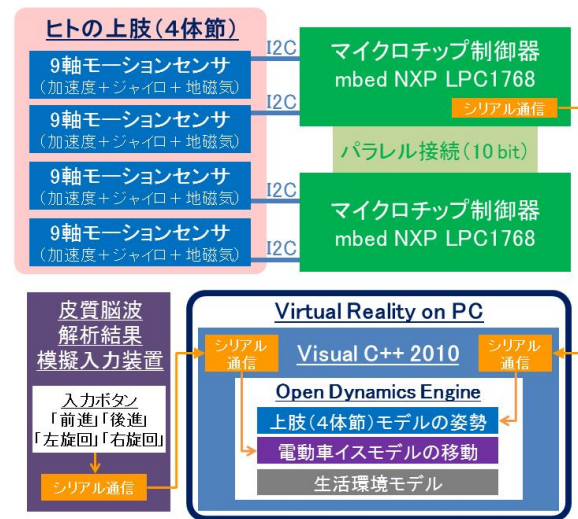
- (1) バーチャルリアリティ（VR）システムの構築

三次元動力学エンジン「Open Dynamics Engine」を用いて、三次元シミュレーション上に生活空間・運動補助装置モデルを構築。加速度センサ・ジャイロセンサ・地磁気センサにより構成される姿勢検出装置を開発。その装置を VR 操作者の上肢（4 体節）に装着して得られる姿勢データを制御入力とするバーチャルリアリティ・システムを実現（図 1）。また、製作した上肢補助付電動車イスに基づくモデルを構築し、皮質脳波制御入力インターフェース部を構築、検証プラットフォームとして利用した。

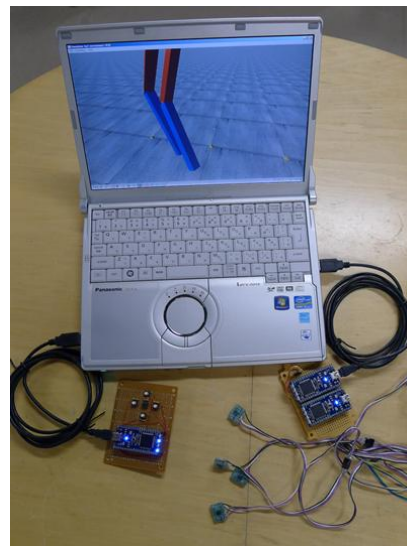
- (2) 上肢補助付電動車イスの開発

図 2 に示すように、電動車イスのインターフェース（制御器・ソフトウェア）を製作。更には、安全性向上のため、広域距離センサに基づく自律的な障害物回避システムを構

築した。また上肢アシスト装置として、6 軸ロボットアームを製作、電動車イス側面に取り付け、上肢のアシスト機能を実現可能とした。



(a) 概念図



(b) 実機

図 1 バーチャルリアリティ・システム

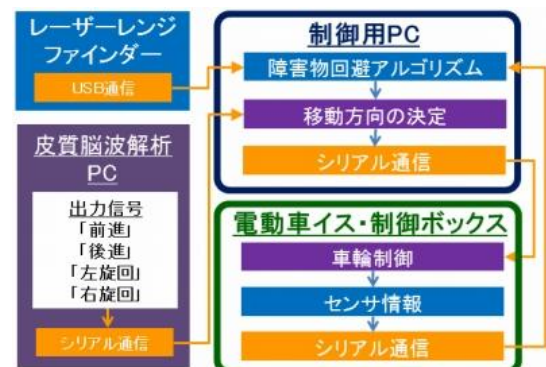


図 2 電動車イス・システム

(3) ヒト皮質脳波に基づく運動補助制御システム

電動車イスは平面移動であり、「前進」「後進」「左旋回」「右旋回」の4種類の動作識別にて操作可能であることから、先行研究にて構築されたヒト皮質脳波-運動動作のパターン認識(サポートベクタマシン)システムをベースに、図3に示す実験装置を構築した。ヒト皮質脳波実験、これまでの実験にて記録されたビデオ&皮質脳波データによる検証実験を行った。

実験の初期段階においては、図4に示すように一指し指のみを上下左右に動作を対象として皮質脳波解析を行ったが、推定成功率が30%を下回り、VR電動車イスの操作は実現が困難であった。この点に関して、一次運動野の皮質脳波を計測している電極サイズ(直径3mm)および配置(間隔10mm)では、1指の動作の変化を把握できる信号を獲得できないと考察した。そのため、ヒト皮質脳波での動作識別が確保されている「パー」「グー」「チョキ」「ピンチ」の4種動作を入力することで、VR電動車イスの操作実験を行った。

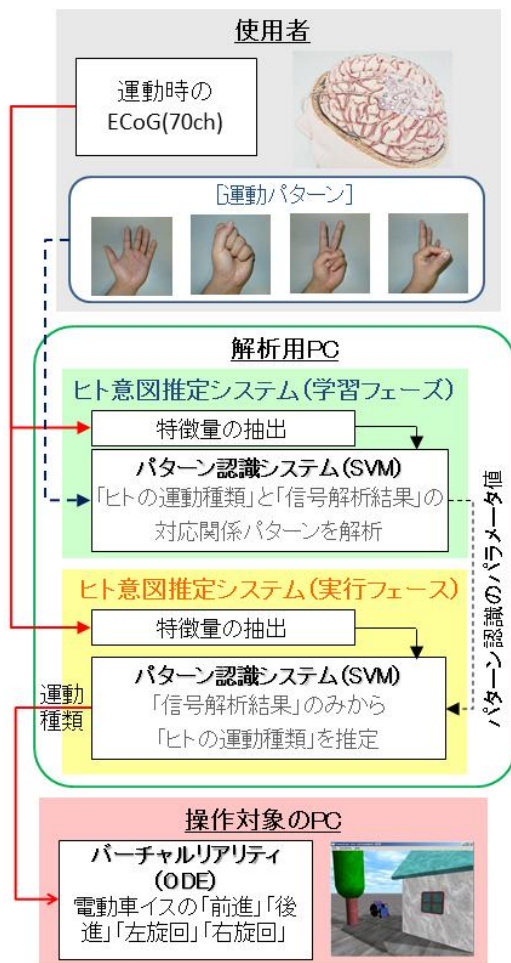


図3 構築した実験装置

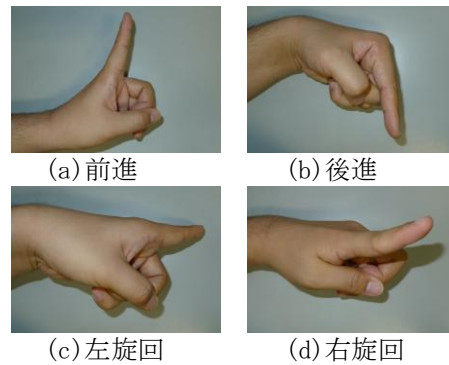


図4 解析対象とする指動作

また、上肢補助の制御入力として、注目する特定の刺激に対する脳波反応である P300 を利用した制御システムの構築も行った。近年の研究開発において、特に P300 スペラーと呼ばれる BMI 装置が利用されており、ディスプレイ上に選択肢(アルファベットや動作単位)のアイコンが並べられ、順番に発光する(視覚刺激)アイコンを注視することで、選択を行うシステムとなる。本研究開発では、従来のディスプレイ上のみの P300 スペラーを拡張し、操作者の上肢の動作部位に発光マーカーを配置することで、発光マーカーを注視することで特定の動作を実現する脳波制御システムを開発した(図5)。

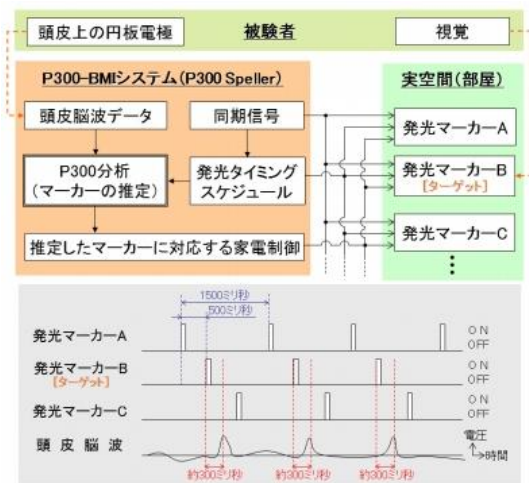


図5 P300 スペラー・システム概念図

まず、提案する P300 スペラー・システムの性能を確認するため、健常者を対象とした検証実験を行った。実験内容は、従来のディスプレイによる方法と、提案する三次元空間に配置された3種類の発光マーカーの方法(図6)の、各30試行の選択成功率の比較を行った。表1に結果を示す。従来法よりも成功率が数パーセント低減しているが、ほぼ同じ成功率を実現していることを確認した。

表 1 30 試行中の成功率

	被験者 1	被験者 2	被験者 3
[従来法] ディスプレイ	28	30	24
[提案法] 空間マーカー	25	29	19



図 6 P300 スペラー・システムの検証実験の様子

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

[1] Kojiro Matsushita, "Quick, Cheap, and Creative Development for Robotics Education: Understanding and Experiencing Prosthetics Technology", *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol.23, No.5, pp. 850-858, 2011, 査読有.

[2] Hiroshi Yamaura, Kojiro Matsushita, Ryu Kato, and Hiroshi Yokoi, "Development of Hand Rehabilitation System Using Wire-Driven Link Mechanism for Paralysis Patients", *Biologically Inspired Robotics* (15), pp.278-293, 2011.

[学会発表] (計 3 件)

[1] Kojiro Matsushita, "ECOG-based Brain Machine Interface", *KROS/RSJ Young Researchers Workshop on Robotics*, 2011 年 11 月 23 日, 韓国・仁川.

[2] 松下光次郎, Maryam Alimardani, 山本知幸, "P300-BMI による実空間オブジェクトのポインティング装置", *インタラクション 2011*, 2011 年 3 月 10 日, 東京都・江東区.

[3] 松下光次郎, "Open Dynamics Engine に基づく 3 次元動力学ロボットシミュレーション構築のノウハウ", 第 11 回 計測自動制

御学会 システムインテグレーション部門講演会 (SI2010), 2010 年 12 月 23 日, 宮城県・仙台市.

[その他]

<http://www.koj-m.sakura.ne.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下 光次郎 (MATSUSHITA KOJIRO)

大阪大学・工学研究科・招聘研究員

研究者番号: 30531793