

ロボットアバターを制御する脳波コミュニケーション技術の開発

Development of an EEG-Based communication system to control a robot avatar

2021Q01



研究代表者

(独)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 研究グループ長
ニューロテクノロジー研究グループ

長谷川 良 平

[研究の目的]

近年、脳と機械を直結するBMI（ブレイン・マシン インターフェース）、特に脳波による意思伝達技術が注目されている。研究代表者は、モデル動物を対象とした意思決定の脳内機構に関する基礎的研究（Hasegawa et al. Science 2000; Hasegawa et al. Neuron 2004 等）の成果に基づき、脳内意思を解読する手法など応用研究（Hasegawa et al. Neural Networks 2006, 2009 等）を進めてきた。そして、2010年3月、それらの研究成果をもとに、脳波解読によって選ばれたメッセージをCGキャラクターのアバターに表出させる意思伝達装置「ニューロコミュニケーション」試作機第1号の開発に成功した（図1）。この装置は、進行性神経難病や脳卒中の後遺症によって話したり、書いたりすることが困難な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装置として実用化開発が続けられている（長谷川 電通会誌 2012）。一方、これまでのニューロコミュニケーターの開発では、小型無線脳波計の開発や脳波解読技術の性能向上などが主要テーマであり、ユーザビリティに対する配慮が少なかった。そこで本研究では「人が快適に使える脳波コミュニケーション技術」の開発を目的として「ユーザーに身体的・精神的負担の少ないような脳波計測装置」と「楽しくかつ臨場感のあるコミュニケーション場面を演出するアバターロボット」という2つの要素技術の開発に取り組んだ。

[研究の内容、成果]

本研究では、以下の2つのサブテーマに関して研究開発を行った。

サブテーマ①：「カチューシャ型ヘッドギアの開発」……一般に、頭皮上脳波を安定して計測するためには複数の電極群を、目標とする頭部位置に密着させる必要がある（本研究では8個の電極を頭頂部に配置）。そのために、ニューロコミュニケーターではヘッドギアの左右に取り付けた固めのゴムひもをあごで固定する方式によって、電極と頭皮との密着度を高めてきた。しかし、そのような状況で長時間装置を使用し続けると、頭部やあごや首への圧迫感によって、快適性が損なわれるという問題があった。そこで、あごひもを使わなくてもヘッドギアを頭部

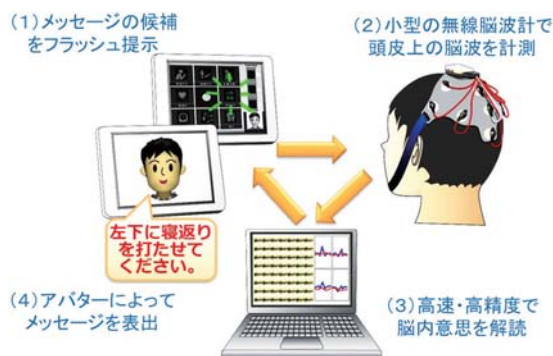


図1 脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」

に固定させるアイデアとして、頬で挟むカチューシャのような構造のヘッドギアの開発を行った。具体的には、3D-CAD 及び 3D-CG ソフトウェアによって頭部形状にフィットするカチューシャ型のヘッドギアをデザインし、3D プリンターを用いて当該ヘッドギア（ABS 樹脂製）を作成した。次に、作成したヘッドギアを実際に数人がかぶってみて、形状が適切でないために装着時の違和感が感じられる構造を検出し、CG データで修正を行った。また、ケーブル等が剥き出しにならないようなカバーも追加し、最終的な試作品を切削加工（外注）によって作成した（図2）。このヘッドギアを用いて脳波計測を試みたところ、これまでのシス

テム同様、高品質の脳波計測を行えることが確かめられた。また、予備調査にて数名の被験者に対してかぶり心地の感想を求めたところ、従来型のあごひも方式に比べてカチューシャ式の方が、より快適に脳波計測が得られるとの回答を得た。

サブテーマ②：「アバターロボット制御システムの開発」……研究開発用として定評のある市販の多関節ヒト型ロボット（近藤科学製 KHR-3HV、専用制御パソコンとともに購入）に対し、まずは USB カメラの搭載や外観の改造を行った。次にロボット内蔵の基盤を介した無線 LAN によるロボット操作とカメラ画像の取得

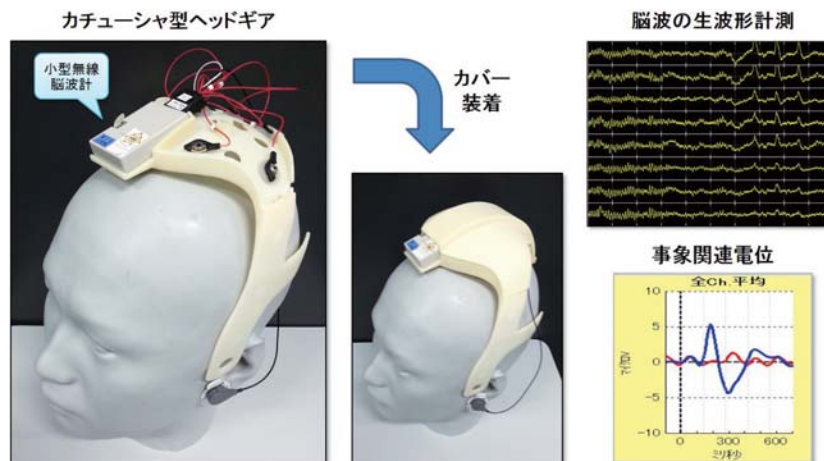


図2 新規に開発したカチューシャ型ヘッドギアによる脳波計測

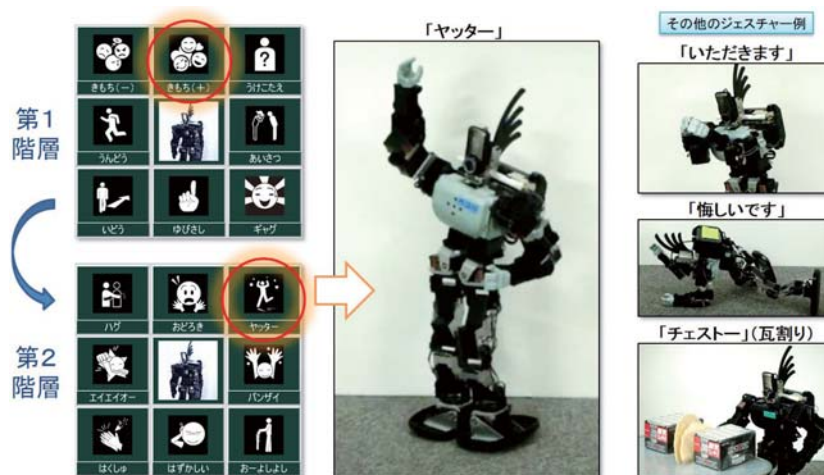


図3 ジェスチャーデータベースを用いたアバターロボット制御

が可能なインターフェースを開発した。さらにロボット動作（ジェスチャー）のレパートリーを64種類選別し、それらの動作を基盤上マイコンへ登録した。一方、実験制御プログラムにおいても選別された動作レパートリーのイラストを2階層のデータベース（ $8 \times 8 = 64$ ）として登録した（図3）。このデータベースをニューロコミュニケーターのメインのシステムに組み込むことによって、脳波によるアバターロボットの遠隔制御を可能とした（ただし現状ではロボットの仕様上の制約から一度に選択できるジェスチャー数が32種類に限定されている）。

〔今後の研究の方向、課題〕

本研究期間において、「快適な脳波計測が可能なカチューシャ型ヘッドギア」と「効率よく多数のジェスチャーを表出することができるアバターロボット制御システム」という2つの革新的技術の試作開発に成功することができた。本研究の成果は、重度運動機能障がい者の「生活の質」向上や、未だ謎の多い高次脳機能の解明、さらには新しいロボット活用法の開拓にもつながると考えられる。今後の研究開発の方向性としては、（試作開発に多くの時間を使ってしまった）カチューシャ型ヘッドギアの性能（脳波解読精度等）及びユーザービリティ（快適度に関するアンケート）に関して、多数の被験者を対象とした実証実験を実施することである。また、アバターロボットに関しては、現在、全64動作を同時登録できる別のロボット（KHR-3HVと異なり、手首の関節も動かせるデアゴスティーニ・ジャパン製ロボゼロ）に同様の技術を移植中であり、新型のアバターロボットを用いてジェスチャー生成の効率の良さを他の操作法と比較したり、メッセージ伝達の臨場感の程度をCGアバターと比較したりする実験を実施したいと考えている。

以上、本研究では「脳波解読」と「ロボット制御」という2分野における最先端技術の融合

に挑戦し、様々な成果と新しい課題を得ることができた。

〔成果の発表、論文等〕

●査読論文

- ・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, vol. 11 (4): p 509～518, 2012年
- ・中山優季, 松田千春, 小倉朗子, 原口道子, 望月葉子, 中村美子, 長谷川良平:「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」を用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, vol. 17 (3) p 187～204, 2013年

●査読付き学会発表

- ・中村美子, 長谷川良平:「脳波インターフェース技術を用いた認知機能評価システムの開発」SATテクノロジー・ショーケース 2014 (2014/01/24, つくば)
- ・中村美子, 長谷川良平:「ニューロコミュニケーター 2.0—カスタムメイドのヘッドギアを用いた実用的 BMI システム」第36回日本神経科学大会 (2013/06/20, 京都)
- ・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 (2013/01/22, つくば)→「ベスト産業実用化賞」受賞

●招待講演

- ・長谷川良平:「脳波コミュニケーション技術の開発における脳科学と心理学の融合」日本基礎心理学会第32回大会 (2013/12/08, 金沢)
- ・長谷川良平:「事象関連電位のパターン識別による脳内意思解読手法の開発と意思伝達支援への応用」統計数理研究所研究会 (2013/12/06, 立川)
- ・長谷川良平:「脳波でひろがる心の世界、脳波でつながる心と社会」日経エデュケーションチャレンジ 2013 in つくば (2013/08/20, つくば)
- ・長谷川良平:「新市場を切り拓く脳波イノベーション技術の基礎と応用」日本技術情報センター主催セミナー (2013/07/24, 東京)
- ・長谷川良平:「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」第54回日本神経学会学術大会 (2013/06/01, 東京)
- ・長谷川良平:「ニューロコミュニケーターにおけるブレイン・マシン・インターフェース技術の概要・開発動向と適用例及び今後の展開」日本技術情報センター主催セミナー「非侵襲型ブレイン・マシン・インターフェース技術の概要・開発動向と適用例」

- (2013/05/29, 東京)
- ・長谷川良平：「脳情報の解読と活用のためのモバイル BMI 装置の開発」第 12 回産総研・産技連 LS-BT 合同研究発表会シンポジウム：「Neuro-Aided Design：脳活動計測が支援するプロダクト & サービスデザイン」(2013/2/5, つくば)
 - ・長谷川良平：「脳波による意思伝達装置の開発とその臨床/産業応用」平成 24 年度産総研関西センター本格研究ワークショップ (2012/12/18, 大阪)
 - ・長谷川良平：「脳波 BMI 技術を用いた意思伝達装置の開発」平成 24 年度日本生体医工学会北陸支部大会 (2012/12/01, 福井)
 - ・長谷川良平：「教育講演：脳波 BMI 技術の臨床応用～意思伝達支援から認知機能評価まで～」第 42 回日本臨床神経生理学会学術大会 (2012/11/09, 東京)
 - ・長谷川良平：「脳波コミュニケーション時代の到来～意思伝達支援からマーケティングまで～」日経エレクトロニクスセミナー (2012/11/07, 東京)
- 総説
- ・長谷川良平：「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」臨床神経学, 53(11)：1402-1404, 2013
 - ・長谷川良平：「脳波 BMI によるアバター制御システムの開発」研究開発リーダー (技術情報協会) 10 (2)：10-13, 2013
 - ・中村美子, 長谷川良平：「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」の開発」東京都作業療法士会ニュース 2013 年 5 月号 (東京都作業療法士会)
 - ・長谷川良平：「ブレイン-マシン インターフェース技術による意思伝達支援技術の開発」ファルマシア (日本薬学会誌), 48(12)：1153-1157, 2012
 - ・長谷川良平：「生活支援に向けたブレイン-マシン インターフェース (BMI) 技術の開発」整形・災害外科, 55(11)：1441-1446, 2012
 - ・長谷川良平：「脳波 BMI 技術を用いた実用的意思伝達システム」電子情報通信学会誌, 95 (9)：834-839, 2012
- 著書
- ・共著書 (長谷川良平ほか)：『福祉技術ハンドブックー健康な暮らしを支えるためにー』(朝倉書店) 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編 (2013/10/20)
 - ・共著書 (長谷川良平ほか)：『UX 設計技術パイプ
- ル 画像認識や音声認識, BMI, ゲーミフィケーションまで』(日経 BP 社) 日経エレクトロニクス編 (2013/03/29)
- 知財出願
- ・意 願 2012-008367 (⇒登 録 1456882@H24/11/02) 「脳波測定用電極」
 - ・特許出願：特願 2014-010509 「認知機能評価装置, 方法, システム及びプログラム」
- 各種メディア報道
- 〈テレビ放送〉
- ・2014 年 5 月 25 日放送 TBS (夢の扉+) 「ニューロコミュニケーターの開発について」
 - ・2013 年 2 月 28 日放送 TBS (アカデミーナイト)
 - ・2012 年 4 月 19 日放送 BS ジャパン (「地球★アステク」の約 30 分間の特集)
- 〈新聞〉
- ・2013 年 12 月 13 日掲載 日経産業新聞 (先端技術「テクノトレンド」)
 - ・2013 年 1 月 2 日掲載 日本経済新聞 (デジタル版「近未来ワールド 2013」)
 - ・2013 年 1 月 1 日掲載 産経新聞 (別冊特集「脳ロボット医療福祉に革命」)
 - ・2013 年 1 月 1 日掲載 読売新聞 (茨城県版「未来ナビ」)
 - ・2012 年 4 月 16 日掲載 朝日新聞 (夕刊「商業化する脳」シリーズ)
- 〈雑誌〉
- ・2014 年 6 月 13 日発刊 ロボコンマガジン 2014 年 7 月号 (BMI で大きく変わるロボットの世界)
 - ・2013 年 10 月 25 日発刊 日経サイエンス 2013 年 12 月号 (Front Runner 挑む)
 - ・2012 年 11 月 24 日発刊 Big tomorrow (できたらすごい夢の技術)
 - ・2012 年 9 月 4 日発刊 朝日ジュニアシリーズ週刊マンガ世界の偉人『本田宗一郎』(これぞ日本の技術力)
 - ・2012 年 8 月 6 日発刊 R25 特別号 (Challeng11)
- イベント出典
- ・「イノベーションキャンパス in つくば 2014：未来貢献プロジェクト」(2014 年 8 月 11～13 日開催) の第 1 部 選択講義 F コース 2 限目「科学でテレパシーを実現!? ～脳波で気持ちを伝える装置の開発～」及び, 第 2 部 課題解決型サイエンスツアー (研究機関の訪問) を担当。
- <http://www.yomiuri.co.jp/project/mirai/education/>