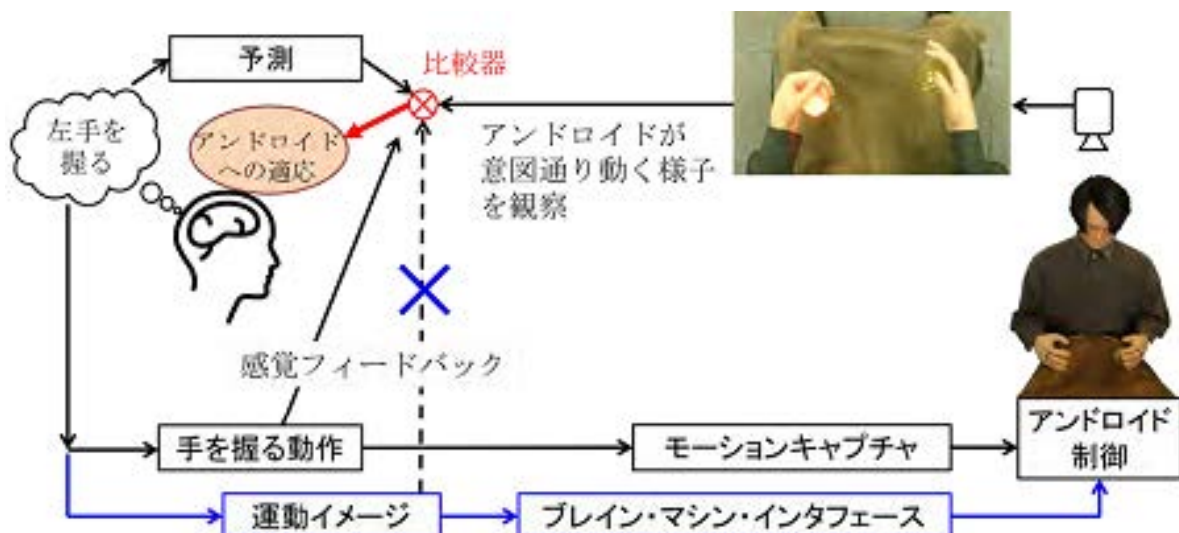


平成28年9月23日
内閣府
政策統括官（科学技術・イノベーション担当）

脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現 「脳による操作は体による操作よりもロボットへの適応力が高い」 研究成果について

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）「脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現（山川義徳プログラム・マネージャー）」における研究成果について、以下のとおりお知らせいたします。詳細は別添資料を御参照ください。

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）の山川義徳プログラム・マネージャーの研究開発プログラムの一環として、株式会社国際電気通信基礎技術研究所の石黒浩 ATR フェロー、西尾修一主幹研究員らのグループは、アンドロイド・ロボット（以下、アンドロイド）を脳によって操作すると、体によって操作した場合と比べ、アンドロイドに対しより強く適応できることを発見しました。思うだけで機器を操作できるブレイン・マシン・インタフェース（BMI）には多くの期待が寄せられていますが、現状の技術では性能が限定されており、体で操作する方法と比べて、健常者にとっての優位性が明らかではありませんでした。今回、本研究グループはアンドロイドを BMI を介して脳により操作した場合と、体により操作した場合の反応を比べる実験を行い、脳により操作した方が、アンドロイドに対しより強く適応できることを実証しました。本研究成果は、2016年9月22日午前10時（英国時間）発行の英国科学誌「Scientific Reports」に掲載されました。



（内閣府問合せ先）

政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付
革新的研究開発推進プログラム担当室 今泉、高橋、横井、宮迫
電話：03-6257-1339（直通）
FAX：03-3581-9288

(別添)



平成28年9月23日
株式会社国際電気通信基礎技術研究所(ATR)
Tel : 0774-95-1176(広報)
科学技術振興機構(JST)
Tel : 03-5214-8404(広報課)
内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)
Tel : 03-6257-1339

脳による操作は体による操作よりも ロボットへの適応力が高い

ポイント

- 現状のブレイン・マシン・インタフェース(以下、BMI)^{注1)}を介した脳による操作は、リモコンや体による操作と比べて遅延が大きく、性能も限定されていることから、健常者への応用は困難でした。
- 今回、アンドロイド・ロボット(以下、アンドロイド)^{注2)}を脳によって操作すると、体で操作した場合と比べ、アンドロイドへの適応力が高くなる(アンドロイドとの一体感が高まる)ことがわかりました。
- 本研究の知見はアンドロイドに限らず、多様な機器の遠隔操作で効果があると考えられます。またBMI性能の向上や、脳による操作のメリットを活かした新しい応用分野の開拓に寄与することが期待されます。

内閣府 総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)の山川 義徳 プログラム・マネージャーの研究開発プログラムの一環として、株式会社国際電気通信基礎技術研究所の石黒浩、西尾修一らのグループは、アンドロイドを脳によって操作すると、体によって操作した場合と比べ、アンドロイドに対しより強く適応できることを発見しました。

思うだけで機器を操作できるBMIには多くの期待が寄せられていますが、現状の技術では性能が限定されており、体で操作する方法と比べて、健常者にとっての優位性が明らかではありませんでした。今回、本研究グループはアンドロイドをBMIを介して脳により操作した場合と、体により操作した場合の反応を比べる実験を行い、脳により操作した方が、アンドロイドに対しより強く適応できることを実証しました。本研究成果は、2016年9月22日午前10時(英国時間)発行の英国科学誌「Scientific Reports」に掲載されました。

本成果は、以下のプログラムによって得られました。

- 内閣府革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

<http://www.jst.go.jp/impact/>

プログラム・マネージャー：山川 義徳

研究開発プログラム：脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現

研究開発課題：アンドロイドフィードバック

研究開発責任者：西尾 修一

研究期間：平成26年度～平成29年度

本研究開発課題では、アンドロイドから人が受けるフィードバック効果を検証するとともに、この効果による人の能力の拡大を目指しています。

■ ImPACTプログラム・マネージャーのコメント ■



ImPACTプログラム「脳情報の可視化と制御による活力溢れる生活の実現」では、脳情報の可視化と制御の技術開発を進め、健康な脳をいつまでも維持できる社会を実現することを目指しています。

西尾先生が牽引するプロジェクトは、脳情報とアンドロイドを組み合わせることで、人のもつ能力を拡大しようとするものです。今回の成果は、通常、人が行っている運動による制御と比べて、脳情報を用いる制御、BMIの優位性を示すものです。これは科学的な発見であることはもちろん、これにより人により強く働

きかける仕組みの糸口を見つけ、新たな脳情報サービスへの大きな一歩を踏み出せたと考えています。

<研究の背景と経緯>

ImPACT山川プログラム・マネージャーの研究開発プログラムでは、脳健康に関するサイエンスとビジネスのインタラクションにより、世界に先駆けた新産業創出を目指しており、その一環としてアンドロイドが人の脳に及ぼす効果の検証と、この効果を用いて人の脳を効率的に制御する方法を探索してきました。これまでの研究から、BMIを介してアンドロイドを操作する際、フィードバックの与え方を工夫することで、操作者の脳活動パターンをBMIの性能を引き上げる方向に変化させられること^{参考文献1)}がわかっています。本研究開発プログラムではさらに研究を進め、この効果が通常のロボットよりもアンドロイドを操作した場合に長く続くこと^{参考文献2)}など、アンドロイドをBMIで操作することで、人に強い作用を及ぼしうることがわかってきました。しかし現状の技術ではBMIは性能が限定され、操作遅延も大きいため、リモコンや体を動かして操作する代替手段と比べた場合、特に健常者にとってはBMIを使うメリットが明確ではありませんでした。

<研究の内容>

今回、本研究グループはアンドロイドを対象として、脳波によるBMIで操作した場合と、体により操作した場合とで比較する実験を行いました（実験参加者33名）。この際、体による操作にはモーションキャプチャ装置を用いて、操作者の体の動きにあわせてアンドロイドが動くようにしています。一定時間の操作を行った後、アンドロイドをどの程度自分の身体と感じたかを主観評価（アンケート）によって問うとともに、客観評価としてアンドロイドへ刺激を加えた時の皮膚コンダクタンス反応^{注3)}を測定しました。実験の結果、主観評価、客観評価のいずれでも、体により操作した場合と比べ、BMIを介して脳により操作した場合に、アンドロイドをより強く自分の体として感じられることがわかりました。

BMI、特に今回のように脳波を用いるBMIでは、操作者の意図を識別するための脳波データを蓄積するために、動きを想像してから実際にアンドロイドが動くまでに遅延が生じます。今回の実験では体による操作と比べて、BMIを介した脳による操作では0.5秒程度の遅延が生じています。このような遅延がある場合、一般に操作感は失われ、また操作対象との一体感も阻害されます。このような遅延があるにもかかわらず、低遅延のモーションキャプチャによる操作よりもアンドロイドとの一体感が強く感じられた理由は、今回の実験だけからでは明確ではありませんが、BMIを介した脳による操作時には、運動を意図するだけで実際には体が動いていないことが良い方向に働いたと考えられます。すなわち、体による操作では自分本来の体が動き、姿勢の変化などが感じられますが、その姿勢変化とロボットの動きとの間でギャップが生じるため、一体感が損なわれるのに対し、姿勢変化を必要としないBMIを介した脳による操作では遅延が大きくともギャップが生じず、意図通りにロボットが動く様子を見ることで強い一体感が生じたと考えられます。

<今後の展開>

アンドロイドとの一体感の向上とBMIによる操作性能との間には相関があることから参考文献1)、一体感を向上させることでBMIの操作性能をより向上させるなど、人の脳の制御性を高められる可能性があります。この脳の制御性の向上は、アンドロイドに限らず、多様な機器の遠隔操作で効果があると考えられます。将来、よりロボットの体を自由に操作できるインターフェースを実現できれば、映画のようにロボットを自分の分身として使う世界が実現される可能性もあります。

また高齢になり、老化の作用で体が思うように動かないといった心身にギャップのある状態においても、BMIで思い通りの動作ができることで脳の活性化・健康維持に寄与するといった応用も考えられます。今後、アンドロイドからのフィードバックの性質と、これを効果的に強化する手法の探索をさらに進めることで、脳の制御性を高める手法の開発と応用に向けた研究を進めていきます。

<参考図>

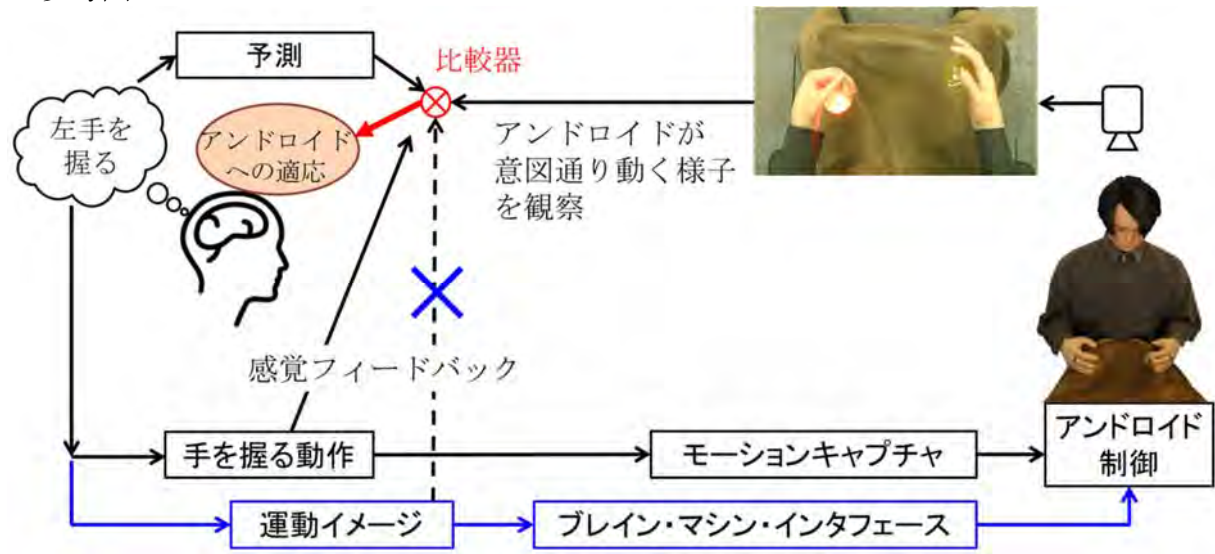


図1：実験の構成

<用語解説>

注1) ブレイン・マシン・インタフェース (BMI: Brain Machine Interface)

一般に脳の活動状態を読み取ったり、脳へ刺激を加えることで機械システムとの情報伝達や制御を仲介する装置を指します。ここでは、脳波を計測して操作者が意図する運動を推定し、アンドロイドに対して動作指令を送る装置を指します。

注2) アンドロイド・ロボット

人に酷似した外観を有するロボット。

注3) 皮膚コンダクタンス反応

皮膚の電気の流れやすさ（コンダクタンス＝直流では抵抗の逆数）が発汗などの皮膚の湿気により変化する反応で、身体への刺激やストレス、感情状態の変化などによって上昇すると言われています。これまでの関連研究から、自分の身体以外の物体を自らの一部と感じていると、対象物体への刺激が加えられた際に皮膚コンダクタンス反応が見られることがわかっています^{参考文献3)}。

<参考文献>

- 1) Alimardani, M., Nishio, S. & Ishiguro, H. Effect of biased feedback on motor imagery learning in BCI-teleoperation system. Front.Syst. Neurosci. 8 (2014).
- 2) Alimardani, M., Nishio, S. & Ishiguro, H. The Importance of Visual Feedback Design in BCIs; from Embodiment to Motor Imagery Learning. PLoS ONE (2016).

(別添)

3) Armel, K. C. & Ramachandran, V. S. Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. Proc. R. Soc. Lond., B: Biol. Sci. 270(1523), 1499–1506 (2003).

<論文情報>

Maryam Alimardani, Shuichi Nishio & Hiroshi Ishiguro:

Removal of proprioception by BCI raises a stronger body ownership illusion in control of a humanlike robot

(BMIによって体性感覚を除去することで、人に似たロボットを操作する際により強い身体所有感が生じる)

<研究グループ>

株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR)

マリヤム アリマルダニ※1、西尾 修一、石黒 浩※2

(※1 東京大学併任、※2 大阪大学併任)

<謝辞>

研究参画者の一部は、以下の研究資金からの支援も部分的に受けています。

- ・ 日本学術振興会・科学研究費補助金 25220004
- ・ 日本学術振興会・特別研究員奨励費 15F15046

(別添)

<お問合せ先>

<研究に関すること>

株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ＡＴＲ） 経営統括部 広報担当 藤村
〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2－2－2
Tel：0774-95-1176

< I m P A C T の事業に関すること>

内閣府 革新的研究開発推進プログラム担当室
〒100-8914 東京都千代田区永田町 1－6－1
Tel：03-6257-1339

< I m P A C T プログラム内容及びPMに関すること>

科学技術振興機構 革新的研究開発推進室
〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K' s 五番町
Tel：03-6380-9012 Fax：03-6380-8263

<報道担当>

株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ＡＴＲ） 経営統括部 広報担当 藤村
〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2－2－2
Tel：0774-95-1176

科学技術振興機構 広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町 5 番地 3
Tel：03-5214-8404 Fax：03-5214-8432