

■受領No.1419

ブレイン・マシン・インターフェース (BMI) の 倫理的課題 : 人間はどこまでサイボーグになれるのか?

代表研究者

折戸 洋子

愛媛大学社会共創学部 准教授

Ethical considerations on BMI (Brain Machine Interface)

Principal Researcher

Yohko Orito,

Faculty of Collaborative Regional Innovation, Ehime University Associate Professor

本研究は、ブレイン・マシン・インターフェース (Brain Machine Interface) という、脳波の検出によって脳の活動情報を計測し、その計測信号を用いて何らかのアウトプットをもたらすことを可能とするデバイスの利用に関する倫理的・社会的課題について検討することを目的としている。この目的を達成するために、非侵襲型 BMI 装置を用いたロボットアーム操作実験および半構造化インタビュー調査を実施し、その結果に基づいて、BMI を利用した人間のサイボーグ化がどの程度まで社会的に許容されるのか、そうしたサイボーグ化のリスクや課題とは何かについて考察を試みている。

This study aims to examine the ethical and social issues related to the use of the Brain Machine Interface (BMI), a device that measures brain signal information and uses the signals to produce some output. For this purpose, robotic arm operation experiments using a non-invasive BMI device and semi-structured interview surveys of the subjects of the experiments were conducted. Through examining the outcomes of the experiments and surveys, the following two research questions were investigated.

- (a) How far is the cyborgisation of human beings using BMI socially acceptable?
- (b) What social risks and challenges should be recognised with respect to such human cyborgisation?

1. 研究内容

1.1 研究目的・研究課題

近年、サイボーグ技術の中でも、ブレイン・マシン・インターフェース (Brain Machine Interface 以下 BMI) という、脳波の検出によって脳の活動情報を計測し、その計測信号を用いて何らかのアウトプットをもたらすことを可能とする装置の開発と利用が、医療・リハビリ、マーケティングやゲーミングなどの目的で利用されつつある。特に、身体を自分の意思で動かすことができない障がいをもつ個人にとって、BMI は自分の意思を伝える

ための手段として利用することが可能であるため、こうした機器の医療や福祉分野での活用が期待されている。例えば、BMI を利用すれば、身体を動かすことが困難となった筋ジストロフィーや ALS (筋萎縮性側索硬化症)、脳性麻痺の患者が自分の脳の信号によって自分の意志を伝えることや、BMI に接続された電子機器を操作することが可能となる。実際、そのような実証実験が日本でもすでに行われており、今後もそのような取組みの推進が期待されている。

その一方で、BMI の利用やそれを組み込んだシ

システムの社会での適用は、現時点では研究・開発段階にあり、一般の個人が日常的に利用するには至っておらず、それゆえにBMIの開発と利用がどのように個人の身体と精神に影響を及ぼすのか、どのような社会的リスクや倫理的課題をもたらすのかについての認識が形成されているわけでも、あるいはそのための議論が尽くされているわけでもない。これらの点について、例えば、以下のような倫理的側面での疑問が生じうる。

- ・BMIの誤作動によって発生した事故に対して誰がどのように責任をとるべきか
- ・脳波データはセンシティブな個人情報として位置付けられるのか、またプライバシー保護の対象となるのか
- ・脳波のパターンから感情を読み取ることでBMIがあたかも「うそ発見器」のように利用される可能性を技術的あるいは法的に排除すべきか

また、技術的には既に可能となっている、体内埋込型BMIの利用がなされる場合、次のような問題への検討が求められる。

- ・頭蓋内や脳内へのBMIの埋め込みに関する機会均等をどのように保障できるのか
- ・個人の「サイボーグ化する権利」はどのような条件において認められるのか
- ・体内埋込型BMI機器の利用者と非利用者との間の経済的・社会的格差が生じるのであれば、それはどの程度まで許容されるのか
- ・埋込型BMIの利用による人間の自己認識とアイデンティティはどのように変容する可能性があるのか

さらに、日本社会では、人間の身体に人為的な加工を施すことへの違和感が高いといえるかもしれないが、国内あるいは国内組織での適用に関する社

会・文化的な側面からの考察も必要となると考えられる。特に、これらの問題については、少なくとも現時点では非障がい者よりもBMIの有効な利用が期待され、その人生に与える影響はるかに大きいと考えられる障がい者を対象とする利用状況を念頭に置いて、よりプロアクティブに取り組むことが喫緊の学術的課題である。

以上の問題意識に基づき、本研究では、研究代表者と分担者のこれまでの研究成果を活かしながら、上記に述べた「BMIの利用にはどのような社会的・倫理的価値および課題が発生するのか」、さらにその延長線上にある「人間のサイボーグ化は社会的にいかに許容されるのか」「人間はどこまでサイボーグになれるのか」について、主にロボット工学、情報倫理学、経営情報学等を含む学際的な観点から検討することを目的としている。

1.2 研究方法

本研究では、実際に非侵襲型の簡易なBMI機器を用いた実験・調査を行うことによって、現在認識されていないBMIの利用に伴う社会的・倫理的課題や、日本の組織や社会における適合性や受容性について考察している。実験の実施にあたっては愛媛大学での研究倫理審査を経て承認を受けた後、被験者からインフォームド・コンセントも受けている。具体的には、非侵襲型の簡易なBMI機器を実際に被験者の頭部に装着してもらい、その脳波のみによってロボットアームを操作してもらうという、一種のサイコキネシスを実現する環境を構築し、実験を行った(図1および図2)。

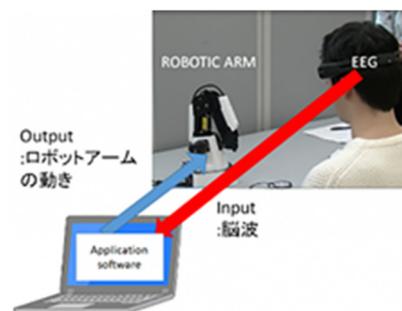


図1. 実験の全体図



図2. 実験の様子

その際、実験前、実験中、実験後に被験者に以下の項目に関する半構造化インタビュー調査への回答を依頼し、また実験中の発話内容を記録し、プロトコル分析を行った。

- ・BMI についての認知、利用感覚(不安、期待)
- ・BMI とロボットアームの操作性
- ・BMI の利用によって取得される脳波データに対するプライバシー意識、個人情報保護に対する感覚
- ・BMI の操作に関する責任
- ・サイボーグ機器の利用を体感することによって変化する自己存在、アイデンティティ、ペルソナ
- ・サイボーグ機器を利用する個人によって構成される組織、社会的責任
- ・サイボーグ機器を利用する権利、適用範囲など

1.3 実験・調査対象者

本研究では、2020年から2021年にかけて障がい者2名、非障がい者7名(学生5名、障がい者支援事業に従事する社会人1名、社会保障法分野の研究者1名)に対して上記の実験・調査を行い、その成果を国内外の学会において公表している(2.発表①～⑦)。

これらの実験の結果、被験者がBMIの利用環境を簡易に体感することが可能となり、それによって生じる認知や意識変化から、単なる質問票による調

査に比べ、通常は認識されにくいBMIや体内埋込型BMIの利用についての適用可能性やリスクがより容易に認識、言語化されたものと思われる。特に、障がい者や障がい者支援を行う立場の被験者からは、このBMI機器を用いることによって手足の動きに障がいをもつ個人が自分の意思を伝え、彼ら/彼女らのADL(Activity of Daily Life)の向上やコミュニケーションが促されていく可能性、具体的な適用領域や目的が指摘されており、強い期待が寄せられた。一方で、障がいを持つ個人がこのようなBMI機器を利用できる環境が現時点では少ないことから、こうした実験を通じて、理解されていないリスクや課題の有無などが探索されるべきであることも複数の被験者から述べられている。特にサイボーグ技術の利用と開発が障がい者のアイデンティティや障がい者をケアする立場にある個人の意識、両者間の関係性を変容させる可能性があることや、サイボーグ技術が個人の尊厳や自律的判断に与える影響、機器へのアクセスに関する機会均等などに関する懸念、障がい者独自の身体感覚やその多様性に対する考慮の必要性があることも把握された。これらの研究結果をふまえて、人間のサイボーグ化における多様な倫理的課題の所在を捉えるとともに、人間のサイボーグ化が社会的に受容されていく上でのプラクティカルな条件や課題の抽出を試みた。

なお、本研究は、山本智規先生(愛媛大学)、崔英靖先生(愛媛大学)、磯部太一先生(北海道医療大学)、堀正士先生(早稲田大学)との共同研究として行われたものである。

2. 発表(研究成果の発表)

- ①. Yohko Orito, Tomonori Yamamoto, Hidenobu Sai, Kiyoshi Murata, Yasunori Fukuta, Taichi Isobe, Masashi Hori “The Ethical Aspects of a ‘Psychokinesis Machine’: An Experimental Survey on the Use of a Brain-Machine Interface”. In Mario Arias Oliva, Jorge Pelegrín Borondo, Kiyoshi Murata and Ana María Lara

- Palma (eds.), *Societal Challenges in the Smart Society*, pp. 81-92. ETHICOMP 2020 (Universidad de La Rioja, 2020)
- ②. 折戸洋子, 村田潔, 鈴木静「福祉分野におけるBMIの可能性と倫理的課題 — 障がい者の利用を目指したサイコキネシス実験等に基づく考察 —」日本社会福祉学会 第68回秋季大会 (E-poster) (online, 2020)
- ③. Yohko Orito, Tomonori Yamamoto, Hidenobu Sai, Kiyoshi Murata, Yasunori Fukuta, Taichi Isobe, Masashi Hori “How a Brain-Machine Interface Can Be Helpful for People with Disabilities? Views from Social Welfare Professionals”. In Mario Arias Oliva, Jorge Pelegrín Borondo, Kiyoshi Murata and Ana María Lara Palma (eds.), *Moving Technology Ethics at the Forefront of Society, Organisations and Governments*, pp.103-115. ETHICOMP 2021 (Universidad de La Rioja, 2021)
- ④. 折戸洋子, 山本智規, 崔英靖, 村田潔, 福田康典, 磯部太一, 堀正士「社会福祉分野におけるBMI活用の倫理的課題：専門家に対する実験および半構造化インタビュー調査」一般社団法人 経営情報学会 2021年度年次大会 (online, 2021)
- ⑤. 折戸洋子, 崔英靖, 鈴木静, 村田潔, 福田康典「ブレイン・マシン・インターフェースの倫理」日本情報経営学会第83回全国大会 (専修大学, 2022)
- ⑥. Yohko Orito, Tomonori Yamamoto, Hidenobu Sai, Kiyoshi Murata, Yasunori Fukuta, Taichi Isobe, Masashi Hori “The social implications of brain-machine interfaces for people with disabilities: Experimental and semi-structured interview surveys”. In *Proceedings of the ETHICOMP 2022 Effectiveness of ICT ethics – How do we help solve ethical problems in the field of ICT?* (University of Turku, 2022)
- ⑦. Kiyoshi Murata, Yohko Orito, Andrew A. Adams, Mario Arias-Oliva and Yasunori Fukuta "The ethics of body modification: Transhumanism in Japan," in Thomas T. Lennerfors and Kiyoshi Murata (eds.), *Computed Lifeworlds: Meditations about ethics and sustainability in technological cultures*, Routledge (forthcoming).

研究状況については、以下のウェブサイトにおいても紹介された。

株式会社アフレル アフレル学び研究所【早稲田大学、愛媛大学、岐阜工業高等専門学校】教育機関が小型ロボットアームを使うメリットとは？4つの活用事例を紹介」

<https://learninglab.afrel.co.jp/1913>