

身体障がい者によるブレイン・マシン・インターフェース利用の倫理的課題

研究代表者	折戸 洋子	愛媛大学	社会共創学部	教授
共同研究者	山本 智規	愛媛大学	社会共創学部	教授
共同研究者	崔 英靖	愛媛大学	社会共創学部	教授
共同研究者	村田 潔	明治大学	商学部	教授
共同研究者	福田 康典	明治大学	商学部	教授
共同研究者	礒部 太一	北海道医療大学	心理科学部	准教授
共同研究者	堀 正士	早稲田大学	教育・総合科学学術院	教授

「おおまかに定義すると、トランスヒューマニズムは一種の解放運動で、他でもない生物学から全面的に解放されることを唱えている。他方、それには別の見方、大きさは等しくて向きは正反対の解釈もある。それはこの解放に見えるものが、実は技術への最終的、全面的な隷従に他ならなくなるということだ (O' Connell, 2018, p. 15).」

1 はじめに

近年、ブレイン・マシン・インターフェース(BMI: Brain Machine Interface)技術の開発と利用が目覚ましい進展を遂げている。BMI とは、脳波の検出によって脳の活動情報を計測し、その計測信号から利用者の意図を識別することで、コンピュータ機器やロボットの操作を可能とする技術である。このような技術は、身体を自分の意思で動かすことができない身体障がいを持つ個人にとって、自らの意思を伝えたり、日常動作を支えるための重要な手段となるため、医療や福祉分野での積極的な活用が期待されている。具体的には、筋ジストロフィーや脳性麻痺などの患者が、自らの脳の信号によって意思伝達を行ったり、BMI に接続された電子機器を操作したりすることが可能となる。

しかしながら、あらゆる技術にはなんらかのリスクが伴う。身体障がい者による BMI 技術の利用においても、セキュリティ上のリスクや倫理的課題が全く生じないと考えることは非現実的であろう。そのため、適切な BMI 技術の実用化と普及に向けては、技術的な課題だけでなく、それが個人の身体や精神にどのような影響を与えるのか、どのような社会的リスクや倫理的懸念が生じうるのかが事前に識別され、その対応が必要である。具体的には、機器の誤作動が生じた際の責任の所在、個人の脳波データという究極のプライバシーとも捉えられる「メンタルプライバシー」の保護、さらには人間の能力拡張によって生じる格差やコンフリクトなどがあげられる。さらに、今後、技術的には既に可能となっている体内埋込型 BMI (インプラント型 BMI) の利用が進めば、人間のサイボーグ化がより進行することとなる。これに伴い、身体障がいをもつ個人が埋め込み型の BMI を装着することが多くなることも予想される。その際には、非障がい者よりも BMI 利用がその人生に与える影響が大きい障がい者を対象として、これらの社会的リスクや倫理的懸念にプロアクティブ(先制的)に取り組むことが、喫緊の課題である。とはいえ、現在の日本においては、これらの BMI 技術が発展途上あるいは多くの場合、研究・開発段階であることを背景に、これらの課題に対する社会的な議論や対策の検討が十分に尽くされているとは言い難く、見過ごされている側面が多々存在すると思われる。

以上の認識をふまえ、本研究は、BMI を身体障がい者が利用することに関する社会的・倫理的課題を実験や質問票調査によって把握し、BMI を用いる身体障がい者の ADL (Activity of Daily Living) や QOL (Quality of Life) の向上に資することを目的とした。

2 既存研究と本研究の位置づけ

現在、BMI 技術そのものに関する学術研究や技術開発は、主に海外を中心に盛んに行われ、今後も急速に発展していくことが予想される。BMI デバイスをより小型化、軽量化し、容易に装着するための技術革新も進んでいる(例えば、Apple の「Vision Pro」と連携する非侵襲型 BCI の臨床試験が行われている(Mullin,

2025))。しかし、BMI 技術に関する全体的な傾向をみれば、その機能そのものや用途、機器の操作性、あるいは患者を対象とした医療目的での有効性、マーケティングでの活用といった目的での議論が相対的に多いものと思われる。

倫理的側面に関する既存研究については、後述するように、欧米を中心にプライバシー保護やウソ発見機として用いられる脳波の証拠能力、思想信条の自由の確保に対する影響などが議論されており、埋め込み型 BMI の利用者に対するインタビュー調査も海外では実施されている (Gilbert et al., 2019)。折戸ら (2026a) に基づけば、その主要な要素は、以下のようにまとめられる。

Neuro surveillance, privacy, autonomy

BMI あるいは BCI 技術の発展に伴う最も深刻でかつ、広範な倫理的課題として、「監視(ニューロサーベイランス)」と内心(メンタル)のプライバシー保護、それに伴う人間のオートノミーに関する問題の所在が懸念されている。その実態について、例えば、事象関連電位 (P300) に注目した Martinovic ら (2012) の研究では、特定の文字や画像 (PIN コード、個人の顔など) を被験者にフラッシュ表示することで、機密情報に対する反応を検証できることが確認された。これは、理論上では、悪意ある攻撃者がユーザーの認識反応を読み取ることで、対象者を「尋問」できる危険性があることを示唆している。

このような BMI のリスクについて、Wahlstrom ら (2016) は、すべてのタイプの BCI が個人のプライバシーと尊厳を根本的に低下させるリスクを孕んでいると論じている。自発的・意図的な利用とされる「アクティブ BCI」であっても、日常生活のためにその使用を余儀なくされ、ユーザーが制御不能な状況に置かれる場合には、通常の社会的規範が機能せず、深刻なプライバシー侵害が発生する可能性が示されている。また、Xia ら (2022) が行った BCI 技術のプライバシー問題に関する文献レビューによれば、BCI 技術の発達に比してプライバシーへの配慮が大きく欠けている現状があることがまとめられている。同研究では、BCI で取得可能な個人情報を「個人アカウント」「個人的選好」「身体状態」「商業モデル」の 4 種に分類し、多岐にわたる情報漏洩のリスクを指摘している。

Accountability, responsibility

BMI やニューロテクノロジーの開発および利用の進展に伴い、特定の行為や現象に対する責任の所在に関する課題が指摘されている。Schermer (2009) によれば、BMI のような人工物が身体に統合される「サイボーグ化」によって人間と機械の境界が曖昧になり、一般的なカテゴリーや概念が変化する「Symbolic Order」への影響が生じると指摘する。さらに、神経科学の発展により人間の精神活動が脳の物理的・機械的な機能として理解されるようになれば、人間の「自由意志」や「道徳的責任」の概念そのものが危機に瀕すると言う。その具体例として、脳深部刺激療法 (DBS, Deep Brain Stimulation) を受けた患者がデバイスの影響でなんらかの異常行動を起こした場合、その責任が患者本人、機械、あるいは設定を調整した医師の誰に帰属するのかという問題を提起している。同様に、Warwick (2014) は、遠隔で脳へ信号を伝送する技術が個人の否定的な性格特性を克服する目的で使用された場合を想定し、その人物が犯罪に及んだ際に「誰がその行動に対する責任を負うのか」という問いを提示している。

このように、技術が介在する行為や現象において、責任の所在やその概念をどのように捉えるかが問われている。BMI 技術の利用は、道徳的・法的な責任の所在を空白化、あるいは曖昧化させる事態を招き、それに伴う新たなリスクを発生させることが示唆されているといえよう。

Self-identity and community development

脳埋め込み型技術 (Brain Implantable Technology) に関する初期の研究では、前述のプライバシーや自律性に関する倫理的課題に加え、人間の過去の記憶やデータを完全に保持した脳チップを持つクローンが製造される可能性とその課題が指摘されている (McGee and Maguire, 2007)。ここでは、個人の生涯の記憶や感覚体験をすべてデジタル記録し、それを遺伝子的に同一のクローンに移植することが技術的に可能になれば、擬似的な「不死」(Immortal) になることが想定されうるとする。しかしその一方で、そのクローンは元の人物のアイデンティティの延長なのか、それともそれは複製に過ぎないのかという、個人のアイデンティティに関わる根源的な課題が提起されていた。このような問いに対する明確な答えは現在でもなされていないであろう。

また、BMI に限らず、能力を補助するための器具を身体に埋め込むことによるアイデンティティの変化が様々な意味で生じることも指摘されてきた。例えば、Christie and Bloustien (2010) は、人工内耳を埋め込んだ聴覚障がい者のアイデンティティの変容や、患者がそのプロセスを発信した効果について分析している。

この分析によれば、聴覚障がい者同士には手話という共通言語があり、その言語的共通点を持つサブグループに対して独自の帰属意識を有することがあるものの、サイボーグ機器の利用により、そうした聴覚障がい者としてのアイデンティティやコミュニティ意識よりも、デジタル機器を装着した自己の側面が強調される可能性が示されている。

このようなアイデンティティやコミュニティへの帰属意識に関する影響は、様々な形で表出する可能性があり、それが社会的なあるいは倫理的リスクを孕むのかについての分析が今後必要であると思われる。

Social disparity, inequality

BMI 技術の商業利用や実用化が進展する一方で、社会的な格差の拡大や人間存在そのもののコモディティ化(商品化)が進行するリスクが指摘されている。例えば、Selinger and Engström(2008)は、脳をコンピュータと見なす計算理論(Computational Theory of Mind, CTM)を批判的に考察している。彼らは、サイボーグ化などの技術的進歩を社会関係の改善と同一視する傾向が強まるほど、情報技術の不平等な分配による社会的不平等の悪化や、その背景にある政治的・経済的権力構造に対する問題意識が希薄化する危険性を示唆している。

また、Warwick(2014)は、サイボーグ技術の普及が将来的に新たなデジタル格差を生み出すと警鐘を鳴らしている。仮に、身体へのインプラントを通じた能力拡張(Enhancement)が可能となれば、多くの者が自己の一部をコンピュータ化するアップグレードを望み、その結果、インプラントを施していない通常の人間が社会から追いやられる事態が生じるとし、そうした普通の人間が将来どのような役割を担うことになるのかという問いが提起されている。

このようにサイボーグや BMI の利用に関する様々な倫理的課題の所在が指摘されている。法的な対応においては国ごとによって状況が異なるものの、日本においても、BMI の課題が議論されつつある。例えば、小久保(2026)は法的な観点からの検討を加えており、ニューラル・デコーディングの発展が、個人にとって「絶対に暴かれてはならない意識、無意識とは何か」という実体的な問いを生じさせ、その無意識の可視化による個人の人格的自律(personal autonomy)への影響が生じ、それは憲法が想定する「自律した個人の存立基盤そのものをゆるがす事態」であると指摘している。

このように BMI 技術に関わる倫理的課題はプライバシーを中心に検討されつつある一方、障がい者の BMI 利用に伴うリスクについては、いまだ検討が乏しい状況にあると考えられる。これに対して本研究では、身体障がい者の BMI 利用の倫理的リスクに焦点を絞り、かつ下記に述べるような実験調査や定量調査を踏まえて実際の障がい者にとっての有用性やリスクについて検討するものである。

3 本研究の実験および調査の概要

これまで、筆者らは当事者である障がい者を対象として実際の BMI 機器を用いた実験や半構造化インタビュー調査を実施してきた(Orito et al., 2025a, 2024, 2022 ; 折戸ら, 2024, 2022 を参照)。この実験調査において、実験の被験者は BMI 機器を用いて、脳波のみでロボットアームを動かすことが求められ、後述するインタビュー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ている。

本研究では、従来とは異なり、より高度な操作性と安全性を有するロボットアーム (UFACTORY xArm 5 Lite, 図 1 参照)、および装着を簡易化できる EEG を新規に導入することによって、現実の BMI 利用により近い形に発展させ、身体障がい者を対象に実験を実施している。具体的には、次のように改良を加えた。

- ・従来使用していた EEG は装着やキャリブレーションに時間がかかっており、それらの時間短縮のために、新規に比較的簡易に使用できる計測装置(EMOTIV 社製 Insight)を利用した。従来の EEG(EMOTIV 社製 EPOC X)は 14 チャンネルの入力部が



図 1 実験用ロボット機器

左 : 本研究の実験器具
UFACTORY xArm 5 Lite

右 : これまでの研究での実験器具

あり、14 点の接触確認のため時間がかかっていたが、Insight は入力部が 5 チャンネルで、比較的短時間で装着・キャリブレーションが可能となった。

・ロボットが人間の近傍で動作し、かつ動作方向が二方向であり、被験者が意図しない方向に動作し、被験者に接触するリスクがより高まるため、前述の協働型ロボットアームを導入した。協働型ロボットはロボット本体に安全装置を内蔵しており、人間との不意の接触が生じた際に動作を停止させることができる。

・将来の BMI 機器への発展を考慮し、EEG データ取得およびロボット制御用に、拡張可能な新たな制御プログラムを構成した。ROS2 というロボット開発用フレームワークを採用した。ROS2 は複数のノード間を通信で結合させることができ、本研究では、Insight の EEG データを発信するノード、それを受信しロボット制御を行うノードを製作し制御を行った。ROS2 の採用によって、将来的に別の EEG 装置、ロボットの種類や数の変更に対応できるようになった。

・従来の実験調査が、一方向へのロボットアーム操作であったのに対し、今回の実験調査ではロボットアームを左右に操作することができるようプログラムを作成した。これにより、被験者がロボットを使った物体の動作を念じるだけで左右にコントロールする体験をしてもらい、脳波による操作性を強く実感できるようにした。

これらの実験環境の整備を行い、調査対象者(被験者)への調査の説明と了承の確認、実験環境のテストなどを慎重に行った後に、本実験調査を 2026 年に愛媛大学(愛媛県松山市)において実施した。対象者は筋ジストロフィー症の症状を持つ個人 2 名であり、その属性は以下の表 2 に示され、図 2 は実験の様子の一부를示している。

表 2 実験・調査対象者(被験者)の属性(折戸ら, 2026b)

ID	年代	性別	障がいの種類, 症状など
1	40	男性	筋ジストロフィー症, 難聴, 車いす利用
2	20	男性	筋ジストロフィー症, 車いす利用, 気管切開, 人工呼吸器を装着, 常時ヘルパーによる介助

4 半構造化インタビュー調査結果

本章では、折戸ら(2026b)の発表資料(予稿)に基づき、半構造化インタビュー調査回答結果の一部を示す。なお、インタビュー項目は、以下の通りであり、各調査対象者の発言は表 2 の ID に対応している。

BMI 利用のメリット, 利便性, 期待する利用状況, 適用分野
BMI 利用のリスク

- (a) プライバシーと個人情報の保護
- (b) 個人の自律と尊厳
- (c) アイデンティティ構築・ペルソナの変化
- (d) 身体機能の拡張に対する受容性
- (e) サイボーグ化された労働環境
- (f) 利用責任とインフォームド・コンセント
- (g) 障がい者の BMI 利用特有の課題, リスク



図 2 実験の様子

BMI 技術の有用性に対する期待

2名の調査参加者は、今回の実験以前にBMI技術の具体的な機能や詳細についてはあまり把握されていなかった。しかし、事前の説明を通じて同技術へ強い期待が示されており、実験後の半構造化インタビュー回答も踏まえると、BMIの有用性について、単に日常の基本動作や移動を支援するだけでなく、趣味や自己実現といった領域における高度な能力拡張や、将来予想される身体機能の低下に対する備えなど、QOL（生活の質）を大きく向上させる手段として捉え、前向きに受容する姿勢が確認された。

またID2は、筋ジストロフィーの症状が今後、変化した際の必要性について次のように語っている。

「(ヘルパーさんを)呼びたい時に、今は呼び鈴みたいなものを手に持って、夜寝ているのですが、たまに落として押せなくなって困る時がある。まだ、今は声を出しているのですが、本当に声が出なくなったら、もう気付いてもらうまで来ないこともあると思う。」(ID2)

加えて、他の障がい者や幻肢痛への応用にも言及されており、2名はそれぞれ次のように発言している。

「例えば、言語障がいや脳性まひの人は、人にもよりますが、伝えたいことなどがなかなか伝わらないことがあります。しゃべっている内容を聞き取りづらく、分からなかったりするので、言語化できる機能があれば会話の幅が広がると思います。」(ID1)

「痛みに悩まされて生活ができない人がいるというのを聞く。体をケガして痛いのではなく、何もないのに痛いみたいな。そういう痛みをコントロールできるようになったら、楽にすることができる人は多いのではないか。」(ID2)

さらに、両者ともインプラントブルBMI機器についても前向きな受容姿勢や期待を示し、特にID1は技術によって大きな変化が見込めるのであれば、手術を行わなければいけないとしても、期待の方が強いことを次のように述べている。

「それを着けて環境が変えられるのだったら、やはり世界観が変わると思います。」(ID1)

対人的配慮からの解放

上で述べたようなBMI技術やサイborg技術に対する期待や受容姿勢がみられる理由の一つとして、家族や介助者の負担を減らし、自分の意思や自分の都合に合わせて行動したいという切実な希望があるためと語られた。あるいはそのような障がい者がいると考えていた。例えば、それは次のような回答に示されている。

「自分は介助されるのに結構気を使う方なので、やはり自分でできる限りやりたいなと思っているので、性格的に1人の時間が長ければ長いほど、いいと思うというか。」(ID2)

「人をお願いすることが苦手な人もいます。ブレインチップの機械があつて解決できれば、対人関係が苦手な方でも安心するのではないかと思います。」(ID1)

情報過多による疲労

ID1は、補聴器の一時的な試用経験から、感覚過敏や頭の「疲労」といった身体的な苦痛が生じたことを述べている。補聴器を装着することにより、通常であれば意識に上らない環境音までも過剰に拾われてしまい、その全情報を知覚・処理しようと試みる結果、頭部の重だるさやめまい、極度の疲労感が引き起こされたとしている。

「自分の場合は補聴器をつけると脳が疲れます。(補聴器で)音が入り過ぎてしまうのが一番(辛い)ですね。例えば、物を落とした時の音が全部入ってきます。そこで脳が感知してしまうので、辛い思いはあります。訓練して慣れるしかないと言いますが、装着している本人は大変辛いものがあります。」(ID1)

脳波データの利用と情報プライバシー侵害リスク

BMIの利用には、脳波に関するデータの収集および利活用が必要であることについて、両者ともに一定の理解を示し、具体的にID1は次のように述べている。

「(BMI を)活用していく上にはやはり、そういうの(データ収集)があつていろいろと技術は進歩していくと思うので、そこでそれができなかつたら多分、進まないのではないかなと思います。それを実験して繰り返してアップデートしていくものだと思うのです。」(ID1)

しかしながら、それに伴うプライバシーの侵害のリスクやデータ悪用に対する懸念、インフォームド・コンセントの必要性も次のように示されている。

「身体障がいの人では、(技術に関する)説明を理解して相手が納得した状態であれば、それを利用する・利用しないっていうのは、個人の判断ということになると思うのです。(中略)説明の噛み砕きかたにもよりますが、障がいの有無に関係なく、インクルーシブな説明が求められるのではないかなと思います。」(ID1)

「口で言わなければ漏れないものが、脳波では全部出てしまうので、やはり、もっと(データの保護や管理を)厳しくしておいたほうがいいのではないかな。」(ID2)

「失敗」からの学び、社会経験

ID2 は、BMI や接続されたロボットが事前に危険を回避し、成功するルートのみを提示するといった、過度に保護された支援環境を、リスクが完全に排除された「施設にいるのと同じ」状態であると述べている。同氏は、失敗を経験し、そこから物事の善悪や自己の限界を学ぶプロセスにこそ、人間の成長や人間らしさが見出されると捉えている。そのため、失敗を未然に防ぐデジタル機器やロボットへの過剰な依存は、当事者から「失敗から学ぶ機会」を奪う可能性があり、そこで、共に失敗を経験し、柔軟なやり取りで学習を促せる人間(ヘルパー)の存在が不可欠であるとして次のように述べている。

「例えば、当事者が『これやりたいです』とロボットに言つて、ロボットが計算したら『これは危ないのでやめたほうがいいです』と言う。そういうことをされてしまうと、失敗をしないから、いいこと、成功ばかりして、物事の善し悪しに気付かないまま、人生が終わってしまうみたいなことにならないか。(そうなれば)自分は結局、施設とかと変わらないことになってしまうかなと。やはり、こうしたら失敗するのだなということを学んで次に生かせると思うので、それを(一緒に経験)するにはヘルパーさんが必要というかな。」(ID2)

加えて、特に施設にいる期間が長い障がい者の社会経験が乏しくなりがちであることに触れ、ID2 は道具である最先端機器の利用目的や応用可能性への認識と社会経験との関係性が重要であることを示唆している。

「やはり社会経験もほとんどないので。経験があれば『ここで使ったらいいのではないかな』と思いつくと思うんですけど、それが思いつかないと思うので。」(ID2)

サイボーグ機器がもたらす摩擦、格差

現在では高価である BMI 等の最先端機器が、将来社会実装される過程で生じうる軋轢や経済的な格差についても、両回答者から現実的な懸念が示された。例えば ID2 は、技術の介在により、障がい者が健常者を上回る能力を獲得することに対して、周囲の反感や人間関係の軋轢を招く危険性を指摘し、次のように語っている。

「(障がい者が健常者の能力を超えると)やりにくいと思います。自分としては、自分は少し人に気を遣うタイプなので、同じぐらいのラインに立てば、これから頑張ろうみたいな感じで高め合えるんじゃないかなと。施設とか家庭にいたことがある障がい者のほうが多分多いと思うので気を遣っちゃうほうが多いのではないかな。」(ID2)

一方、ID1 は、高額なサイボーグ機器を利用できるか否かが、個人の経済力に依存してしまう経済的格差について次のように述べている。

「保険適用外だと金額が高すぎて購入が難しく、夢みたいな話だと思うのです。今の制度だと差が出てしまっています。」(ID1)

「障がい診断されるハードルが高いです。(中略)障がいの程度に合った制度の見直しが必要になってくるのではないかと思います。」(ID1)

社会実装に向けた当事者参画

両者とも、BMIの開発や適用において、多様な当事者の考えや必要性を伝える当事者の参画が必要であるとし、特にID1は開発段階においてより症状の重い障がい者の考えを聞くことが重要であるとして、次のように示している。

「一番(障がいや症状の)重い人とか、そういう人からの意見などを吸い上げていくと、多分誰でも使いやすいものが出来上がるのじゃないかなと。そのほうがよりよい情報を得ることができるのではないかな。障がいの軽い人から聞くとなると軽い人の状態までしか聞くことができないです。」(ID1)

他方、ID2はこのようなサイボーグ技術の普及段階においては、自立生活を行っている障がい者から施設にいる障がい者へと波及していく可能性があるとして、次のように述べている。

「自立している障がい者の人から意見をまず集めて、そのアイデアを施設で講演のような形で、『こういうロボットがあって、こういう使い方ができるよ』みたいなことを伝える機会を増やせたら、考える機会もできるのではないかなと。」(ID2)

5 考察

本調査で得られた結果は、あくまで本実験調査対象者の意見や見解であり、筋ジストロフィー症患者や身体障がいのある個人すべての見解を代表するものではない。しかしながら、実際のBMIを用いた本実証実験と半構造化インタビュー調査の実施およびこれまでの実験調査を通じて、今後の障がい者支援に向けた技術開発や社会実装に関する、以下のような論点が浮き彫りとなった。

第一に、進行性疾患における「事前のリスクマネジメント」と「介入によるリスク」のジレンマである。将来的な症状の進行(発声や運動機能の喪失など)を見据えた備えとして、BMIがもたらす自律性の確保や生活の質の維持といった有用性は極めて大きい。その一方で、過剰な早期介入や、安全性を優先しすぎるあまり、社会活動を低下させすぎようなシステムであれば、当事者が現在の残存機能を活かす機会や、社会性の発達を狭めてしまう危険性も孕んでいる。これらの技術の導入にあたっては、両者のバランスを慎重に考慮したシステムデザインが求められる。

第二に、社会経験に伴う認識の形成と「生きた道具」としてのサイボーグ技術への評価の重要性である。本調査で指摘されたように、当事者の成長を促す健全な「失敗」の経験や、他者との関係構築といった社会経験が伴うことが、技術の利用やその解釈に大きな影響を与えうる。BMI機器が、機能拡張のツールとしてだけでなく、ライフステージに応じた自己認識の変化や、介助者との関係性を踏まえた「生きた道具」として、包括的に評価・検討される必要があり、技術はBMIを用いる障がい者にとって、豊かな社会経験やコミュニケーションを支える「手段」として機能しているかという視点から、その有用性が評価されるべきであろう。

第三に、開発者と当事者間に拡大する「情報の非対称性」の解消である。サイボーグ技術が急速に発展し、今後の普及が見込まれる一方で、日本では身体障がい者や社会全体でのBMIに対する認知度は依然として低く(e.g. 折戸ら, 2025a, 2025b, 磯部ら, 2025, Orito et al., 2025b), メンタルプライバシー保護の問題や人間尊厳の軽視といった重大なリスクが不可視化されやすいことが考えられる。真に当事者のニーズに寄り添うためには、開発初期段階から、障がい当事者が研究開発に参画するアップストリーミングエンゲージメントが必要であり、技術の利便性だけでなく、潜在的なリスクについてもオープンに議論する機会を設けることが求められる。

これらの論点も踏まえながら、今後、BMI技術の実用化に向けて、特に重度障がい者であれば、「誰と(With who)」(天畠, 2021)という視点や、障がい者特有の「身体化された認知(Embodied Cognition)」(Fincher-Kiefer, 2021)といった多面的な要素を考慮した継続的な検討が必要であろう。

(本報告書では紙幅の制約から、一部の調査結果のみを紹介している。アンケート調査やその他の調査結果に

については他の公表資料を参照されたい。))

【参考文献】

- Christie, E., and Bloustien, G. (2010). I-cyborg: Disability, Affect and Public Pedagogy, *Discourse Studies in the cultural politics of education*, 31(4), 483-498.
- Fincher-Kiefer, R. (2021). (望月ら訳)『知識は身体からできている 身体化された認知の心理学』, 新曜社.
- Gilbert, F., Cook, M., O'Brien, T., and Illes, J. (2019). Embodiment and Estrangement: Results from a First-in-Human 'Intelligent BCI' Trial, *Science and Engineering Ethics*, 25(1), 83-96. <https://doi.org/10.1007/s11948-017-0001-5>.
- Martinovic, I., Davies, D., Frank, M., Perito, D., Ros, T., and Song, D. (2012). On the Feasibility of Side-Channel Attacks with Brain-Computer Interfaces, In *21st USENIX Security Symposium* (USENIX Security 12), 143-158.
- McGee, E. M., and Maguire, G. Q. (2007). Becoming Borg to Become Immortal: Regulating Brain Implant Technologies, *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*, 16(3), 291-302.
- Mullin, E. (2025). (Translated by Nozomi Okuma, edited by Mamiko Nakano)「Apple Vision Pro と BCI を連携 — “考えるだけで意思を伝える” 臨床試験へ」『WIRED』, <https://wired.jp/article/this-startup-wants-to-put-its-brain-computer-interface-in-the-apple-vision-pro/> (2026/6/14 Last access).
- O'Connell, M. (2018). (松浦俊輔訳)『トランスヒューマニズム 人間強化の欲望から不死の夢まで』, 作品社.
- Orito, Y., Yamamoto, T., Sai, H., Murata, K., Fukuta, Y., Isobe, T., and Hori, M. (2022). The Social Implications of Brain Machine Interfaces for People with Disabilities: Experimental and Semi-Structured Interview Surveys, *Proceedings of the ETHICOMP 2022: Effectiveness of ICT ethics – How do we help solve ethical problems in the field of ICT?*, 487-501.
- Orito, Y., Yamamoto, T., Sai, H., Murata, K., Fukuta, Y., Isobe, T., and Hori, M. (2024). Is a Brain Machine Interface Useful for People with Disabilities? Cases of Spinal Muscular Atrophy, *Proceedings of the ETHICOMP 2024*, 9-19.
- Orito, Y., Yamamoto, T., Suzuki, S., Sai, H., Murata, K., Fukuta, Y., Isobe, T., and Hori, M. (2025a). Brain-Machine Interface Usage for People with Disabilities: Expected Benefits and Possible Risks, 『日本情報経営学会誌』, 44(3), 20-26.
- Orito, Y., Yamamoto, T., Suzuki, S., Sai, H., Murata, K., Fukuta, Y., Isobe, T., and Hori, M. (2025b). Social Risks of Brain-Machine Interface Usage: Questionnaire Survey of People with and without Disabilities, *Proceedings of the ETHICOMP 2025*, 397-411.
- Schermer, M. (2009). The Mind and the Machine. On the Conceptual and Moral Implications of Brain-machine Interaction, *Nanoethics*, 3(3), 217-230.
- Selinger, E., and Engström, T. (2008). A Moratorium on Cyborgs: Computation, Cognition, and Commerce, *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 7, 327-341.
- Wahlstrom, K., Fairweather, N. B., and Ashman, H. (2016). Privacy and Brain-computer Interfaces: Identifying Potential Privacy Disruptions, *ACM SIGCAS Computers and Society*, 46(1), 41-53.
- Warwick, K. (2014). The Cyborg Revolution, *NanoEthics*, 8, 263-273.
- Xia, K., Duch, W., Sun, Y., Xu, K., Fang, W., Luo, H., Zhang, Y., Sang, D., Xu, X., Wang, F.Y., and Wu, D. (2022). Privacy-preserving Brain-computer Interfaces: A Systematic Review, *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 10(5), 2312-2324.
- 礪部太一・折戸洋子・鈴木静・崔英靖・村田潔・福田康典・堀正士 (2025)「BMI と人工知能との融合は何をもたらすのか: BMI に関する障がい者および非障がい者へのアンケート調査」『日本情報経営学会 第 89 回大会予稿集』, 100-103.
- 折戸洋子・崔英靖・鈴木静・村田潔・福田康典 (2022)「ブレイン・マシン・インターフェース(BMI)の倫理:障がい者の BMI 利用における倫理的課題」『日本情報経営学会 第 83 回大会予稿集』, 115-118.
- 折戸洋子・鈴木静・崔英靖・村田潔・福田康典・礪部太一 (2024)「越境する身体: サイボーグ技術への受容と抵抗」『日本情報経営学会 第 87 回全国大会予稿集』, 61-64.
- 折戸洋子・鈴木静・崔英靖・村田潔・福田康典・礪部太一 (2025a)「越境する身体: BMI 利用に関する障がい者および非障がい者へのフォローアップアンケート調査」『日本情報経営学会 第 88 回全国大会予稿集』, 31-34.

折戸洋子・鈴木静・崔英靖・山本智規・村田潔・福田康典・磯部太一・堀正士 (2025b) 「BMI 機器による障害者支援—超えてはならない一線はあるのか」『経営情報学会 2025 年全国研究発表大会予稿集』, 9-12.

折戸洋子・鈴木静・崔英靖・磯部太一・村田潔・福田康典 (2026a) 「障がい者の BMI 利用における倫理的課題: 文献レビューに基づく考察」『日本情報経営学会 第 90 回全国大会予稿集』, in printing.

折戸洋子・鈴木静・崔英靖・磯部太一・村田潔・福田康典 (2026b) 「障がいがある人にとっての BMI 利用: 筋ジストロフィー症のケース」『日本情報経営学会 第 90 回全国大会予稿集』, in printing.

小久保智淳 (2026) 「ブレインテック時代の『メンタル・プライバシー』—可視化される『無意識』と人格的自律のゆくえ—」『Nextcom』, 65, 21-28.

天畠大輔 (2021) 『<弱さ>を<強み>に—突然複数の障がいをもった僕ができること』, 岩波書店.

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
Brain-Machine Interface Usage for People with Disabilities: Expected Benefits and Possible Risks	日本情報経営学会誌 Vol.44, No.3	2025 年 7 月
越境する身体: BMI 利用に関する障がい者および非障がい者へのフォローアップアンケート調査	日本情報経営学会 第 88 回全国大会	2025 年 7 月
Social Risks of Brain-Machine Interface Usage: Questionnaire Survey of People with and without Disabilities	ETHICOMP 2025	2025 年 9 月
BMI 機器による障害者支援—超えてはならない一線はあるのか	経営情報学会 2025 年全国研究発表大会	2025 年 12 月
BMI と人工知能との融合は何をもたらすのか: BMI に関する障がい者および非障がい者へのアンケート調査	日本情報経営学会 第 89 回全国大会	2025 年 12 月
障がいがある人にとっての BMI 利用: 筋ジストロフィー症のケース	日本情報経営学会 第 90 回全国大会	2026 年 6 月
障がい者の BMI 利用における倫理的課題: 文献レビューに基づく考察	日本情報経営学会 第 90 回全国大会	2026 年 6 月