

ブレインテック最新動向2024

2024年2月8日

株式会社日本総合研究所
先端技術ラボ

<お問い合わせ>

西下慧 Mail: nishishita.satoshi@jri.co.jp

本資料は、作成日時点で弊社が一般に信頼出来ると思われる資料に基づいて作成されたものですが、情報の正確性・完全性を保証するものではありません。また、情報の内容は、経済情勢等の変化により変更されることがあります。本資料の情報に基づき起因してご閲覧者様及び第三者に損害が発生したとしても執筆者、執筆にあたっての取材先及び弊社は一切責任を負わないものとします。尚、本資料の著作権は株式会社日本総合研究所に帰属します。

はじめに

本レポートは、ブレインテックの最新動向と活用について考察し、展望を記載した。

ブレインテックは、脳(Brain)とテクノロジー(Technology)を組み合わせた造語。脳科学や工学の知見・技術を融合して開発されたシステムや製品・サービスを指す。

(ブレインテックの概要について、本レポートでもp.3に記載しているが、詳細は「[ブレインテックの最新動向2022](#)(2022年4月15日発行)」参照。)

ブレインテックの動向・展望として、米Neuralinkによる人を対象とした臨床試験の被験者募集開始や米Synchronによる人を対象とした臨床試験の結果報告など、医療向けの実用化は、着実に進んでいることが伺える。今後、5年程度で医療向けの実用化が進むと考える。

一方で、非医療向けの実用化については、ヘルスケア・エンターテインメント以外は、有効な活用事例が確立されていない。ビジネスにおけるブレインテックの普及には、長期を要するだろう。AI技術の進展に伴い、脳活動データの解析技術が進んでいる。解析技術の発展は、ブレインテックの活用領域の拡大、実用化の早期化の可能性がある。

また、米Appleが、脳波を活用したアプリケーションを提供した場合、キラーコンテンツとなり、ブレインテックが、世の中に浸透する可能性がある。ブレインテックは、医療関係者以外も注目すべき技術の一つであると考ええる。

本レポートが、ブレインテックの動向把握、各企業における技術検証・ビジネス活用検討の一助となることを期待する。

(参考) 前回発行レポート「[ブレインテックの最新動向2022](#)(2022年4月15日発行)」からの主な変更点・追加情報
 (下表含め、変更点・追加情報が掲載されたページは、右上にタグを掲載)

	概要	関連ページ
変更点・追加情報	欧州「Human Brain Project」が、終了('23年)	p.4
	米Appleが、脳波計測可能なデバイスに関する特許を出願('23年)	p.5
	米Neuralinkが、人を対象とした臨床試験を開始。一人目の被験者の脳へデバイスを埋め込むことに成功し、最初の製品名を「Telepathy(テレパシー)」と命名('24年)	p.13
	米Synchronが、人を対象とした臨床試験の結果(侵襲型デバイスの長期使用に対する安全性)を報告('23年)	p.13
	ブレインテックに関するルール整備・標準化の取り組みが、開始	p.13

 目次

章	概要	ページ
第1章 概説	<ul style="list-style-type: none">• ブレインテックの概要• 主要国の動向• 資金調達の動向・特許事例	p.3-5
第2章 技術概説・動向	<ul style="list-style-type: none">• 脳計測の方法• 脳計測・解析の動向	p.6-7
第3章 活用事例	<ul style="list-style-type: none">• ブレイン・マシン・インターフェース• ニューロモジュレーション• ニューロフィードバック• デコーディング	p.8-11
第4章 展望	<ul style="list-style-type: none">• 課題、留意点• 展望	p.12-13

ブレインテックの概要

- ブレインテックは、脳(Brain)とテクノロジー(Technology)を組み合わせた造語。脳科学や工学の知見・技術を融合して開発されたシステムや製品・サービスを指す。
- 脳活動を専用機器で計測し(インプット)、得られた結果をアプリケーションやサービスに応用する(アプトプット)。

インプット(脳活動計測)

- 脳活動を専用装置(下図)で計測する。

(参考) 脳活動の例

- 運動意図(移動、停止、操作など)
- 感覚(視覚、聴覚、嗅覚、触覚、味覚)
- 認知/記憶 他



図:fMRI*1



図:脳波計

*1 functional Magnetic Resonance Imagingの略。脳の機能活動がどの部位で起きたかを画像化する装置。





アウトプット(応用例)

ブレインテックの領域	概要
ブレイン・マシン・インターフェース (BMI:Brain Machine Interface)	脳活動に合わせた行動支援、機器制御
ニューロモジュレーション	電気や磁気刺激によって神経の働きを調整
ニューロフィードバック	脳活動をモニタリングしながら自己制御
デコーディング	本人しか知らない主観的な意識や知覚を解読

主要国の動向

- 米国は、政府機関の後押しもあり、ブレインテックに関する投資額が50億ドル以上で世界で最も大きい。
- 欧州は、2013年から始まった「Human Brain Project」が2023年9月に終了。
- 中国は、2016年から始まった「China Brain Project」が2021年から本格始動。
- 日本は、2024年春から文部科学省主導のプロジェクト「脳神経科学統合プログラム(仮称)」を開始予定。

主要国のブレインテックに関する動向

地域	動向
 米国	<ul style="list-style-type: none"> • 2013年に大規模脳研究計画「Brain Initiative」を創設 • 政府機関(NIH、DARPA、NSF、FDA、IARPA*)主導で民間企業や大学、財団と連携し、研究を推進 • 2023年の投資額は、6億8000万ドル。投資総額は、50億ドル以上。2027年までに66億ドル投入予定
 欧州	<ul style="list-style-type: none"> • 2013年から始まった「Human Brain Project(HBP)」が、2023年9月に終了 • 10年間の投資総額は、6億700万ユーロ。約500人の科学者が、HBPに参加 • HBPは、てんかんやパーキンソン病の治療法を改善するため、脳のデジタルツインを開発し、臨床試験を実施
 中国	<ul style="list-style-type: none"> • 2016年から開始した「China Brain Project」は、2021年からの5カ年計画に50億元の予算を計上 • China Brain Projectは、認知機能の基礎研究、脳の病気診断や予防・治療のための動物実験を実施
 日本	<ul style="list-style-type: none"> • 内閣府ムーンショット型研究開発目標にてプロジェクト(目標1・目標9)を実施 2023年7月にブレインテックに関する科学的な根拠をまとめた「ブレインテック・エビデンスブック」を公開 • 防衛省は、2023年6月「防衛技術指針2023」を発表。注目技術の一つにBMIを選定 • 2024年から文部科学省主導で「脳神経科学統合プログラム(仮称)」が始動予定

*1 NIH:National Institutes of Healthの略。アメリカ国立衛生研究所。DARPA:Defense Advanced Research Projects Agencyの略。国防高等研究計画局。
 NSF:National Science Foundationの略。アメリカ国立科学財団。FDA:Food and Drug Administrationの略。アメリカ食品衣料品局。
 IRAPA:Intelligence Advanced Research Projects Agencyの略。インテリジェンス高等研究計画局。

資金調達の動向・特許事例

追加情報

- 米国は、大型の資金調達あり。日本も小規模ながら、ブレインテックに対する投資が行われている。
- Appleが、脳波計測可能なデバイスに関する特許を出願。今後、脳波を活用したアプリケーションが登場し、キラーコンテンツとなる可能性。

資金調達の動向

- 米国企業の資金調達規模が大きい。米Neuralinkは、臨床試験に向けた資金調達と考えられる。
- 日・中でも資金調達が行われているが、米と比べて規模は小さい。

主な企業の資金調達の動向

企業名	国	調達時期・金額
Neuralink	米	'23年8月に2億8000万ドル '23年11月に4300万ドル
Synchron	米	'22年末に7500万ドル
Precision Neuroscience	米	'23年1月に4300万ドル
NeuroXess	中	'22年2月に9700万元
JiMED	日	'23年2月に1.5億円
LIFESCAPES	日	'22年6月に約7.2億円
VIE	日	'22年1月に約1.8億円

民間企業の特許事例

Appleが、脳波計測可能なイヤホンに関する特許を取得(2023年)

- Appleが、同社イヤホン「AirPods」に関連する特許を出願。
- イヤーパッドに電極が、配置されており生体信号(脳波や筋電)の計測が可能(右図)。
- 同社が、脳波を活用したアプリケーションを今後提供する可能性。

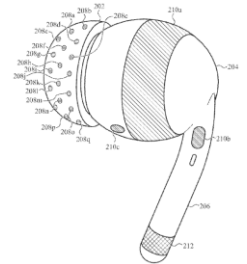


図: センサーのイメージ

出所 US 2023/0225659 A1 (Biosignal sensing device using dynamic selection of electrodes)

ソニーが、ユーザの内部状態を制御する技術の特許を取得(2023年)

- リストバンド型のデバイスやヘッドマウント型のデバイスから脳波を含む生体情報を取得。
- 計算装置(右図のゲーム機)でユーザの内部状態(集中やリラックスなど)を推定。
- ヘッドマウントディスプレイやモニターに内部状態を可視化。ユーザが、所望する内部状態へ誘導する。



図: 生体センサーと出力・計算装置

出所 特願2023-000729 (出力制御装置、出力制御方法およびプログラム)

脳の計測方法

- 脳活動の計測方法は、侵襲型と非侵襲型に分類される。詳細は日本総研発行レポート「ブレインテック最新動向2022」(2022年4月15日発行)を参照。
- 一般に信号の精度と安全性は、トレードオフの関係。安全かつ高精度な計測方法・装置は、確立されていない。

		計測方法	計測装置の例	特徴(青字:メリット/赤字:デメリット)	主な用途
高 ↓ 信号の精度 ↓ 低 低 ↑ 安全性 ↑ 高	侵襲型			手術で脳に電極を埋め込んで計測 ● 信号精度が高い ● 低ノイズ・低遅延 ● 要外科手術、脳損傷リスク	● 医療
		低侵襲型		電極を埋め込まないが、脳内から計測 ● 信号精度が高い*1 ● 低ノイズ・低遅延*1 ● 要外科手術、脳損傷リスク*1 *1一般に侵襲型よりもメリット・デメリットが小さい	● 医療
	非侵襲型			体外から間接的に計測 ● 安全性が高い ● 信号精度が低い ● 利用場所に制約あり	● 医療 ● ビジネス(研究段階が主)
		簡易型		ヘッドバンドやイヤホンといった形状 ● 安全性が高い ● 利用場所に制約が少ない ● 信号精度が低い	● ヘルスケア*2 ● エンターテイメント*2

*2 実用例あり

画像出所(上から) Neuralink(<https://neuralink.com/#n1>)
 Synchron The Stentrode(<https://synchron.com/platform>)
 大阪大学大学院生命機能研究科 FBSツアー(<https://www.fbs.osaka-u.ac.jp/ja/general/tours/detail/4>)
 Cybernex XHOLOS(<https://www.cybernex.co.jp/>)

脳計測・解析の動向

- (ハードウェア)侵襲型のデバイスは、人を対象とした臨床試験段階。非侵襲型は、実用化段階だが、より高品質なデバイスの開発が進められている。例えば、簡易形態(イヤホンやシール状)かつ、より高精度な信号が取得できるよう技術開発が進められている。他の生体信号(発汗や心拍など)も同時に計測可能なデバイスが、増加している。
- (ソフトウェア)AI技術の進展に伴い、他の情報(例:顔画像)から脳波を推定するアルゴリズムや、脳活動データ精度の底上げするアルゴリズムの開発が進められている。生成AIを活用して脳活動データを解析する研究も行われている(p.11)。

ハードウェア

カリフォルニア大学サンディエゴ校 | 脳波・発汗を計測するセンサー

- 当該センサーは、脳波や発汗のデータを計測し、スマートフォンやPCに送信し、健康状態の監視が可能。
- 同大学の研究者は、当該センサーで計測した脳波と市販のEEGヘッドセットで計測した脳波を比較。その結果、当該センサーで計測した脳波も市販のヘッドセット型脳波計と同等の効果があることを確認('23年)。



図:イヤホンに貼り付けられた非侵襲型センサー

出所 These Screen-printed, Flexible Sensors Allow Earbuds to Record Brain Activity and Exercise Levels
 (<https://www.youtube.com/watch?v=gEQBQ5wrhlk&t=4s>)

ソフトウェア

アラヤ | 顔画像から脳波を推定するアルゴリズム

- 「Face2Brain」は、顔画像から脳波を推定するアルゴリズム('22年)。
- 車載カメラやカメラ付PCに搭載することで脳波を推定。ユーザの眠気や注意力の変化の検知が、可能。
- 脳波計の装着が困難な環境でもカメラを用いて、脳の状態を捉える。(例:運転手の眠気検知)

南カリフォルニア大学 | 電気信号の欠損に対応したアルゴリズム

- BMIで用いる機械学習アルゴリズムは、高精度だけでなくリアルタイムかつ効率的に解析できる手法が求められる。
- 南カリフォルニア大学は、従来の機械学習手法と比べて、高精度を維持しつつ、リアルタイムに解析する機械学習手法「DFINE*1」を開発('23年)。
- DFINEは、ニューロン間の相互作用や神経伝達を考慮した推定により、ノイズや欠損値に対して従来手法よりも正確に補正可能。

*1 **D**ynamical **F**lexible **I**nference for **N**onlinear **E**mbeddingsの略。

出所 アラヤ、顔画像から脳を推定する技術「Face2Brain」を開発
 (<https://www.araya.org/publications/news20220406/>)

Hamidreza Abbaspourazad, Eray Erturk, Bijan Pesaran & Maryam M. Shanechi, Dynamical flexible inference of nonlinear latent factors and structures in neural population activity, nature Biomedical Engineering(2023).

事例 | ブレイン・マシン・インターフェース(BMI:Brain Machine Interface)

- カリフォルニア大学の研究者らが、脳信号から音声・顔の表情を生成し、コミュニケーションを支援するBMIを開発。発話が困難な人に対して、よりリアルに近いコミュニケーション支援をする技術として期待される。
- アジアパラ競技大会2023(杭州)開会式において、BMI対応スマートバンドを装着した聖火ランナーが、念じてスマートバンドを操作し、聖火台に点火。スマートバンドは、中国の医療機器メーカー浙江強脳科技が開発。

応用研究

カリフォルニア大学 | コミュニケーション支援('23年)

- 脳卒中により身体が麻痺している患者の脳にシート状のデバイスを埋め込む。
- デバイスから患者の脳信号を取得。計算機で脳信号を解析し、テキストへ変換(下図①)。
- テキストを出力する際、モニターに文字を表示するだけでなく、発症前の患者の声をを用いて音声を合成して出力。また、表情も脳信号から推定し、アバターを使って表現(下図②)。



図:利用イメージ

出所 How a Brain Implant and AI Gave a Woman with Paralysis Her Voice Back
<https://www.youtube.com/watch?v=iTZ2N-HJbwA&t=69s>

応用研究

浙江強脳科技 | スポーツ催事での運動支援('23年)

- スマートバンドは、非侵襲型BMI。脳波計から脳信号を読み取って腕(機械)へ命令を送信して腕を動かす。
- スマートバンドは、5本指の独立した運動と指の間の柔軟な操作が可能。
- 聖火ランナーは、事前に聖火台に点火する操作を機械に学習させる訓練を実施。

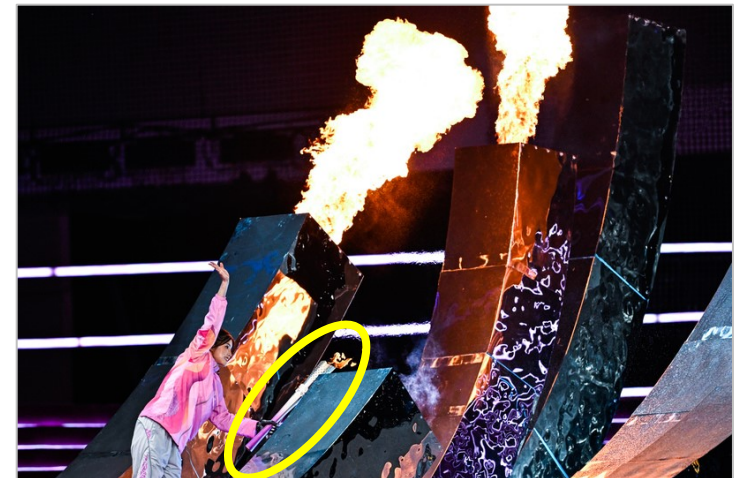


図:聖火ランナーが、スマートバンド(左手)で点火する様子

出所 新華社「杭州アジアパラ、開会式を陰で支えたBMI技術」

事例 | ニューロモジュレーション

- 英Neurovalensは、電気刺激を行い、不眠症の改善を行う非侵襲型デバイス「MODIUS SLEEP」を開発。米国・アイルランドでの臨床試験を経て、2023年10月にFDA*1による医療機器認可を取得。
- 米Helius Medical Technologies(以下、Helius)は、自宅で利用可能な携帯型神経調節刺激デバイス「PoNS」を開発。2023年11月、外傷性脳損傷患者の職場復帰において、PoNSを使ったリハビリ療法の有効性を発表。

Neurovalens | 不眠症改善('23年)

実用化

- ユーザは、就寝前に「MODIUS SLEEP」を装着。30分間、脳の間脳(主に視床下部)に電気刺激を行う(左図)。
- 視床下部は、本能(睡眠・摂食など)や情動(怒り・不安など)を調節している(右図)。視床下部に電気刺激を行うことで不眠症の改善が期待される。
- Neurovalensは、FDAによる医療機器認可を取得(2023年10月)。



図: MODIUS SLEEPの利用イメージ

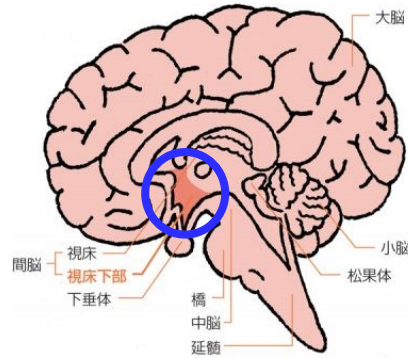


図: 視床下部

*1 FDA: Food and Drug Administrationの略。アメリカ食品医薬品局。

画像出所

左図: Neurovalens receives FDA clearance for medical device to treat insomnia (<https://neurovalens.com/blogs/news/neurovalens-receives-fda-clearance-for-medical-device-to-treat-insomnia>)

右図: OurAge (https://ourage.jp/column/doctor_blog/172298/area02/)

Helius | 歩行機能改善('23年)

実用化

- ユーザは、歩行のリハビリを行う際、首にデバイスをかけて、電気刺激をする機器を口に咥える。舌から電気刺激を送り、脳の機能を改善させる(左図)。
- 舌から脳の運動機能を司る神経に電気刺激が流れ込み、脳の可塑性*2を誘発させ、歩行機能の改善を図る。
- Helius社は、2021年にPoNSを販売開始。2023年に外傷性脳損傷患者の職場復帰において、PoNSを使ったリハビリ療法の有効性を発表(2023年)。

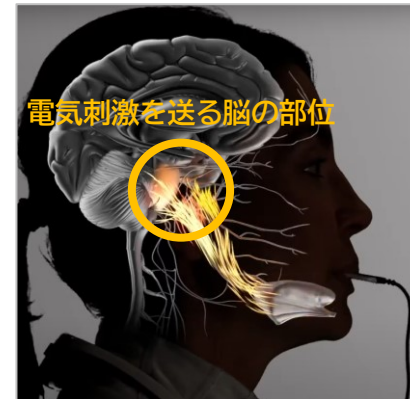


図: 利用イメージ



図: PoNS

*2 脳の神経細胞群が新たなネットワークを築き、生まれ変わること。繰り返し練習することで一過性ではなく、持続的な神経ネットワークが構築される。

出所 Portable Neuromodulation Stimulator (<https://www.youtube.com/watch?v=9WhlnXcucmE&t=227s>)

事例 | ニューロフィードバック

- 東京大学は、脳波計測装置とVR HMD(ヘッドマウントディスプレイ)を用いて、集中力が高くなると祭壇に埋まった聖剣を抜くことができるVR体験システムを開発。
- 筑波大学は、機械学習アルゴリズムを用いて、人のうつ度(うつ気分の強さ)を推定可能な脳波活動を発見。当該技術は、脳波を1分間測定することで、うつ度が推定可能。うつ病の早期発見・治療に役立つ可能性。

応用研究

東京大学 | VRを用いて集中度をフィードバック('23年)

- 当該システムは、視線と脳波を計測し、ユーザの集中度を計算。
- 従来は、集中度を確認するために、モニターに表示された数値を確認する必要があり、集中力が一時的に途切れてしまう課題あり。
- 当該システムは、マルチモーダル(視覚・聴覚・触覚)に集中度をフィードバックし、より自然に集中力を高める訓練が可能に。



図:利用イメージ



図:VR画面イメージ(集中時の見え方)

応用研究

筑波大学 | 脳波から「うつ度」を推定('23年)

- 筑波大学は、独自の機械学習アルゴリズムを用いて健常者の脳波を解析したところ、「位相リセット*1」の発生頻度が「うつ傾向」と相関があることが判明。
- 脳波の測定は、簡易型の装置を利用しているため、自宅でも利用可能。

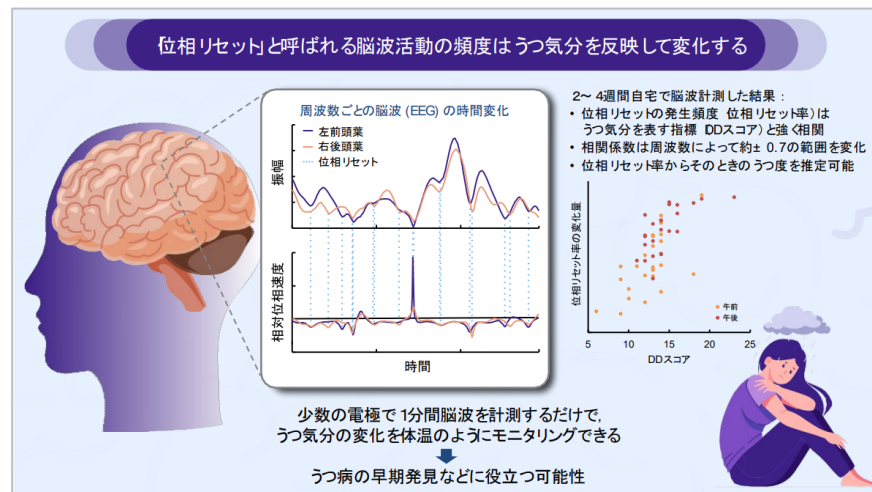


図:研究イメージ

出所 園山遼馬, 旭博佑, 小谷七海, 正田千宙. 聖剣を継ぐ者 - 集中の証明 -. 第28回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2023), IVRC2023 SEED STAGE] 聖剣を継ぐ者 集中の証明 (<https://www.youtube.com/watch?v=iUkLfrCzRpg&t=7s>)

*1 異なる脳領域における脳波の位相(波が1周期の中のどのタイミングにいるかを示す量)が、急速に変化してさう現象。

出所 筑波大学プレスリリース (<https://www.tsukuba.ac.jp/journal/pdf/p20230904180000.pdf>)

事例 | デコーディング

- アース製薬は、脳波と視線計測を用いて、商品パッケージデザインを評価する手法を開発。脳波や視線から得られる生理指標を組み合わせ、商品のパッケージデザインを評価。
- テンセントの研究者らは、脳波から画像を生成するAI「Dream Diffusion」を開発。脳内で浮かべたイメージを画像として出力する技術として進展した場合、身体に不自由を抱える人のコミュニケーション支援にも寄与する可能性。

実用化

アース製薬 | 商品パッケージの改良('23年)

- アース製薬は、商品パッケージを評価するため、被験者に脳波計を装着し、商品パッケージデザインを見せ(右図)、その際の被験者の脳波や視線を計測し、解析。
- 商品パッケージの評価項目は、以下。
 - ① 視認(顧客の目にとまり、認識してもらう)
 - ② 好感(顧客の興味をひき、ポジティブに感じてもらう)
 - ③ 伝達(商品の特長やコンセプトを顧客に伝える)
- 同社製品の高保湿入浴液「ウルモア」のパッケージデザインの開発に当該手法を活用(左図)。



図: 変更前後のパッケージ



図: 調査イメージ

応用研究

テンセント | 脳波から画像を生成するAIを開発('23年)

- 学習に用いられた画像データセットは、40種類のみであるため、汎用的に被験者が見ている画像を再構成できるわけではないが、正しく生成された画像は、視認可能(下図の成功例)。
- 脳活動データ⇒画像・テキスト生成は、非侵襲型においてfMRIを使うことが主流だが、脳波を用いると、より低コスト(機器利用料・計測負担を軽減)で生成が可能。
- 一方で、脳波は、信号にノイズが入りやすく、画像生成に失敗した例もある(下図の失敗例)。



図: 生成した画像の成功例と失敗例

出所 アース製薬ニュースリリース

(<https://corp.earth.jp/jp/news/2023/pdf/20230907-01.pdf>)

出所 Yunpeng Bai, Xintao Wang, Yan-Pei Cao, Yixiao Ge, Chun Yuan, Ying Shan: DreamDiffusion: Generating High-Quality Images from Brain EEG Signals, arXiv.2306.16934(2023).

課題、留意点

- ブレインテックは、ヘルスケアやエンターテインメントで既に実用化が進んでいる技術だが、データ収集やセキュリティ、責任の所在、個人差、倫理面など課題・留意点が存在。

課題・留意点		概要
技術	データ収集・不足	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日常生活やビジネスシーンで十分な精度で脳活動データを取得する方法・装置は、確立されていない。 ・ 計測装置の小型化が進むものの、装着する際、有識者による補助が必要。 (有識者の装着補助なしでは、ノイズが入りやすくなり、脳活動データを計測できない懸念) ・ 脳活動データを計測する際のコスト(労力や費用)が大きく、大量データを集めるのが難しい。 ブレインテックは、AI技術が使われることが多く、アウトプットの性能を高めるうえで、データ不足が課題。
	セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脳活動計測装置と計算機器間のデータ盗聴や装置のハッキングや、故障によりユーザが意図しない操作・行動を起こすリスク。
	個人差 (再現性の低さ)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脳活動は、個人差があり、再現性の低さが指摘されている。 例えば、BMIで機械を操作するには、訓練が必要だが、訓練しても機械を思い通りに動かすことができない人も存在。また、ある人には効果のある治療や訓練も、他の人には効果がないといったことも起こり得る。
法律・倫理・ガバナンス	責任の所在	<ul style="list-style-type: none"> ・ 脳活動が発端となって行われた操作に対する犯罪行為や事故に対する責任の所在が不明瞭。
	倫理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人の脳にデバイスを埋め込むことや、人格操作を危惧する指摘がされている。 ・ 動物実験において、実験後、動物が死亡したという報道があり、実施した企業が批判されている。
	安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 侵襲型は、手術を要することから、脳内出血や感染症のリスクがある。 ・ 製品・技術を提供する企業が、倒産やサービスを終了した場合、機器交換や製品不具合への対応の懸念。


展望

追加情報・考察

展望	概要	兆し
人を対象とした臨床試験の規模拡大	<ul style="list-style-type: none"> BMIを使った運動・会話補助やニューロモジュレーションを使った治療は、5年程度で実用化が進む。例えば、身体に不自由を抱える人の運動補助や脳神経疾患の治療が考えられ、DE&Iへの貢献が期待される。 	<ul style="list-style-type: none"> 米Synchron社は、臨床試験において、デバイスを埋め込んだ患者の長期安全性を報告('23年)*1。 米Neuralink社は、臨床試験開始。一人目の被験者の脳へデバイスを埋め込むことに成功('24年)*2。
ビジネス活用は長期を要する	<ul style="list-style-type: none"> 日常生活やビジネスシーンで高精度な脳活動データを安全に取得する方法・装置が、確立されていない。医療・ヘルスケア・エンターテインメント以外の用途は長期を要する。 パリ五輪や関西・大阪万博など催事でのブレインテックを活用した展示やイベントにより、注目度が向上する。 	<ul style="list-style-type: none"> ビジネス用途のキラーコンテンツがない一方で、米Apple社のブレインテック領域への参入に注目(p.4)。 脳計測技術の研究開発(精度や利便性向上など)は、今後進む(p.7)。 アジアパラ競技大会2023(杭州)開会式において、BMIを活用した聖火台への点火が話題に(p.8)。
脳活動データの解析技術が発展	<ul style="list-style-type: none"> AI技術の進展に伴い、脳活動データの解析技術が発展。例えば、低次元のデータから高次元のデータを推定する、ノイズや欠損をより高精度に補正するなど。 解析技術の発展により、活用領域の拡大や実用化が早まる可能性。 	<ul style="list-style-type: none"> アラヤは、顔画像から脳波を推定するアルゴリズムを開発(p.7)。 南カリフォルニア大学は、ニューロン間の相互作用や神経伝達を考慮した推定により、ノイズや欠損値を従来よりも正確に補正するアルゴリズムを開発(p.7)。
ルール整備・標準化が進む	<ul style="list-style-type: none"> ブレインテックの実用化に向けたルール整備・標準化は、国際的な取り組みが開始されて間もなく、長期を要する。 	<ul style="list-style-type: none"> ユネスコ会議でルール整備に関する議論*3。 BMIの技術標準化(ISO/IEC JTC1/SC43*4)。 チリは、憲法を改正し、ブレインテックに関する法律を整備。 ブレインテックガイドブックとエビデンスブック公開(国内)。

*1 Peter Mitchell, Sarah C. M. Lee, Peter E. Yoo, Assessment of safety of fully implanted endovascular brain-computer interface for severe paralysis in 4 patients, JAMA Neurol, 80(3) p270-278(2023).

*2 Elon Musk Posted on X (<https://x.com/elonmusk/status/1752098683024220632?s=20>)

*3 Mind-reading machines are coming – how can we keep them in check?(<https://www.nature.com/articles/d41586-023-02405-y>)

*4 ISO/IEC JTC1/SC43(<https://www.iso.org/committee/9082407.html>)