

ブレインテック最新動向2022

2022年4月15日

株式会社日本総合研究所
先端技術ラボ

<本件に関するお問い合わせ>

西下 慧 (nishishita.satoshi@jri.co.jp)、間瀬 英之 (mase.hideyuki@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。

目次

	概要	頁
第1章 概説・市場動向	<ul style="list-style-type: none">・ブレインテックの全体像・ブレインテックの進展・主要国の動向・国内の取組動向	P.2~P.7
第2章 技術解説・動向	<ul style="list-style-type: none">・脳の計測方法・脳計測の指標・脳計測機器の動向・脳計測と解析の概要	P.8~P.13
第3章 活用動向	<ul style="list-style-type: none">・活用事例一覧・デコーディング（主観的な意識や知覚等、脳活動の解読）・ニューロフィードバック（脳活動の自己制御）・BMI（Brain Machine Interface）（脳と計算機・ロボット等を直接結ぶ）	P.14~p.18
第4章 展望・考察	<ul style="list-style-type: none">・期待される領域・ユースケース・課題・考慮事項・ブレインテック活用に向けて	P.19~P.21

■ブレインテックの全体像

- ブレインテックとは、脳 (Brain) × テクノロジー (Technology) を組み合わせた造語。
 - ・ インプット：認知状態や感覚体験等の脳活動を専用の装置 (fMRIやEEG) ^(注1) で計測。
 - ・ アウトプット：それらの結果をデコーディングやニューロフィードバック等へ応用。

インプット (脳活動の計測) 2章 P.8~

アウトプット (活用例・関連事例) 3章 P.14~

[脳活動の計測]

運動意図、認知状態・スキル、感覚体験などの脳活動をfMRIやEEG等の装置で計測。



fMRI



EEG

脳活動例

運動意図		移動、把握、到達、停止、操作 等
認知状態・スキル		脳健康状態、認知能力、好きな気持ち・心地よい感覚 等
感覚体験		視覚、聴覚、嗅覚、味覚、感覚、等

デコーディング

＜活用例＞
マーケティング

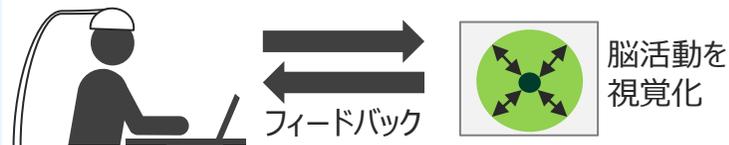
本人しか知らない主観的な意識や知覚を解読。



ニューロフィードバック

＜活用例＞
ヘルスケア

脳活動をモニタリングしながら、自己制御する。

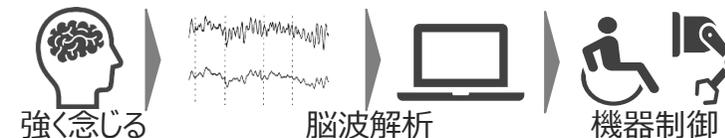


BMI

(Brain Machine Interface)

＜活用例＞
医療・リハビリテーション

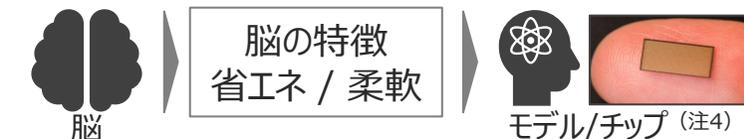
脳活動に合わせた行動支援・機器制御 ^(注2)。



ニューロモρφフィックコンピューティング ^(注3)

＜活用例＞
チップ、AIモデル高度化

脳の仕組みを参考にコンピュータ開発に活かす。



(注1) fMRI : functional Magnetic Resonance Imagingの略。磁気共鳴機能画像法。脳の血流変化を観測。 EEG : Electroencephalographの略。脳波計。脳の電気信号を頭皮上の電極から観測。

(注2) 機械から脳へ電気刺激等を行うBMIもある。(注3) 神経模倣工学。脳の仕組み(知覚、運動制御など)を実装したシステムを指す。

(注4) 画像出所 : <https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/newsroom/news/intel-unveils-neuromorphic-loihi-2-lava-software.html> © 2022 The Japan Research Institute, Limited

■ブレインテックの進展

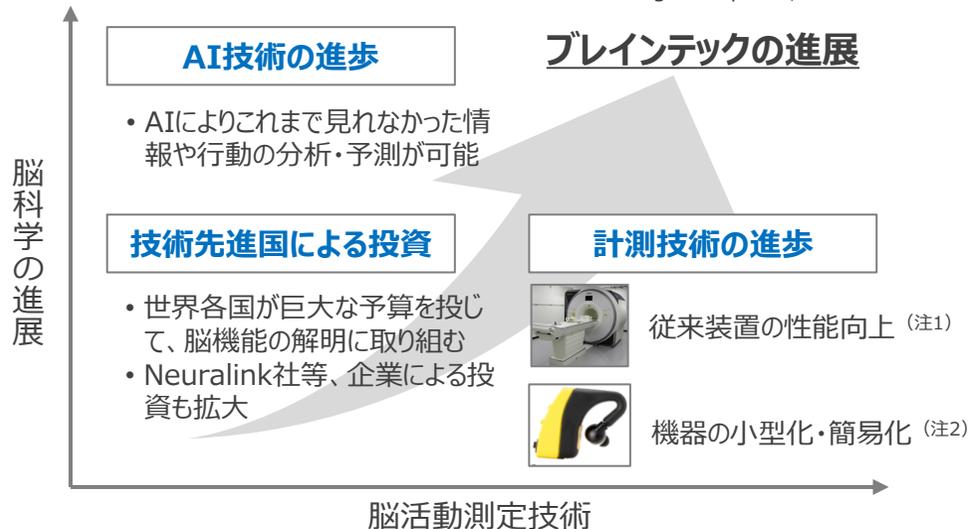
- ブレインテックは、Neuralink社が脳内で考えただけで機械操作が可能なBMIの開発を目指すと発表したことをきっかけに注目が集まった。
- またAI技術や脳計測機器の性能向上や小型化、技術先進国による研究により進展。
- ブレインテックに関する研究も増加している。

ブレインテックへの注目と進展

- Neuralink社は、脳内で考えただけで機械操作可能なBMIの開発を目指すと発表。
- 2020年には脳内に埋め込むデバイス「Link Vo.9」を発表 (右写真)



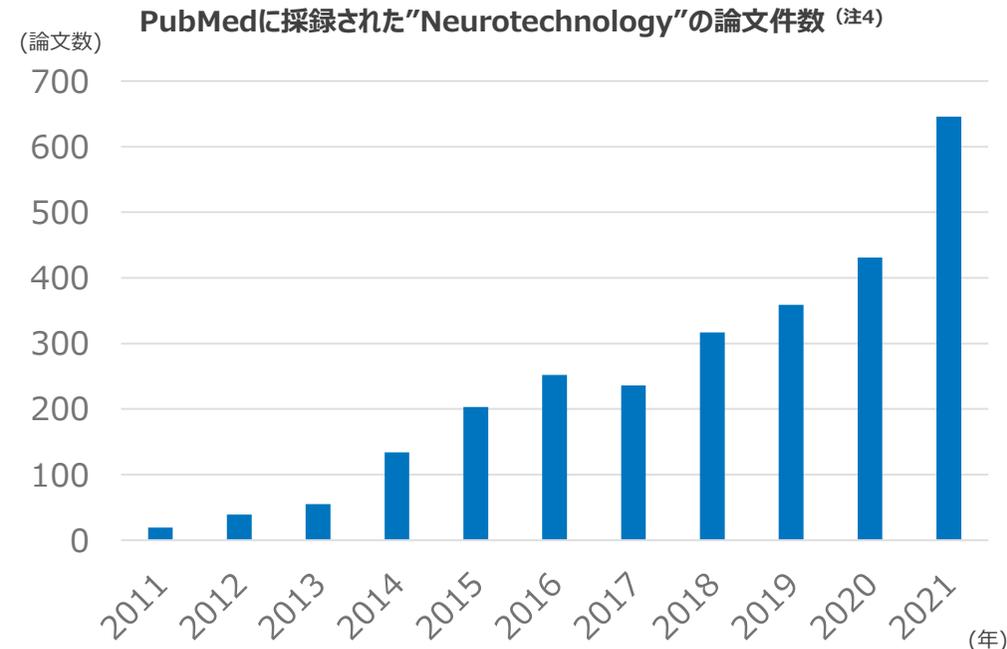
(画像出所) Neuralink Progress Update, Summer 2020


 (注1) 画像出所: 理研CBS HP (<https://cbs.riken.jp/jp/faculty/rrd.fmri/>)

 (注2) 画像出所: 凸版印刷 (<https://www.toppan.co.jp/news/2021/02/newsrelease210202.html>)

ブレインテックに関する研究の増加

- PubMed (注3) に公開されている科学論文の数からも、ブレインテックに関連した研究が増加している。



(注3) 生命科学に関する書誌情報データベースMedlineの無料検索システム。

(注4) 海外ではブレインテックではなく、ニューロテクノロジーと呼ばれることが多いため、Neurotechnologyで検索し、タイトル、本文、キーワードに含まれる論文数をカウントした。

(出所) PubMedでの検索結果を基に日本総合研究所が作成

■ 主要国の動向

- 欧米など技術先進国で大型の国家プロジェクトや脳データ取得プロジェクトが推進中。

国	代表的な取り組み	概要
	Brain Initiative (詳細P.5)	<ul style="list-style-type: none"> • 2013年に大規模脳研究計画「Brain Initiative」創設を発表。 • 10年間で予算\$45億で産学官連携のもと、脳の動的な全体像を明らかにする新技術を開発中。人間の心の内部の働きについての理解を深め、脳の障害を治療、予防の改善を目指す。
	Human Brain Project (詳細P.6)	<ul style="list-style-type: none"> • 大学等、研究機関での研究成果を企業に移転し、製品を市場に投入する他、脳データのデータベース化を進める。 • 予算は2013年から10年間で1,310億円と言われている。
	ムーンショット型研究開発目標 (注1) (国内動向の詳細P.7)	<ul style="list-style-type: none"> • 内閣府のムーンショット型研究開発事業の一つ。 • 誰もが自由に身体能力や認知能力を拡張し、生活に活用できる技術開発と社会への普及を目指し、BMIガイドラインの作成やデバイス、脳情報の解読技術の開発を進めている。
	China Brain Project	<ul style="list-style-type: none"> • 科学技術部と国家自然科学基金が主導する2016年~2030年の15年間の長期プロジェクト。 • 神経や精神障害の早期診断や治療による高齢者の医療費削減や、脳ベースのアーキテクチャとアルゴリズムを介して高度な人工知能の開発を行う。
	Korea Brain Initiative	<ul style="list-style-type: none"> • 2016年にMSIT (注2) が設立。 • 脳疾患の治療や予防、また高齢化する社会に対処するための革新的なアプローチと戦略の開発を目的とした10年間の研究計画を策定。
	Israel Brain Technologies	<ul style="list-style-type: none"> • シモン・ペレス大統領時代に設立した非営利団体「IBT : Israel Brain Technologies」が脳科学に特化した国際カンファレンス「Brain Tech」を開催。 • ブレインテックを活用した事業を推進するための創業支援、資金支援に関する活動を展開し、イスラエルではブレインテック関連のスタートアップが100社を超える。

(注1) 日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発を推進する国の大型研究プログラム。

(注2) Ministry of Science, ICT : 科学技術情報通信部の略。韓国の政府機関。Korean Brain Initiative設立当初は未来創造科学部という名称。

(参考) 米国 | BRAIN Initiative

- 米国では政府が主導している大型イニシアティブとして、オバマ政権時代に発表された「先端・革新的神経学技術を通じた脳研究イニシアティブ (the Brain Research through Advancing Innovative Neurotechnologies Initiative)」、通称「BRAIN Initiative」がある。

概要

脳の動的な全体像を明らかにする新技術の開発を加速することを目的とし、NIH、DARPA、NSF、FDA、IARPA^(注1)の5機関が主導して、民間企業や大学、財団等との連携を図り研究活動を推進。

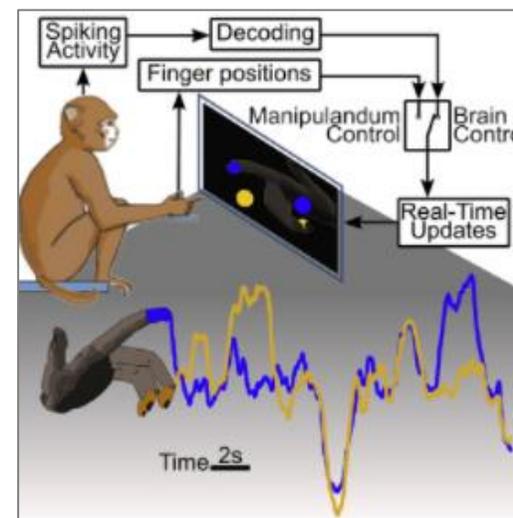
参加企業・大学

Google
 GE
 Ripple
 ボストン大学
 カーネギー・メロン大学
 アリゾナ大学
 ユタ大学
 ピッツバーグ大学 他



研究事例

- 猿の指による操作を促進するBMIを開発。
- 従来のBMIでは自然な指の動きまでは再現できなかったが、皮質内神経信号を利用し、個々の指の動きまで制御するリアルタイムBMIを開発。
- 麻痺した手の自然な動きを回復するために役立つとされる。



(出所) Real-time linear prediction of simultaneous and independent movements of two finger groups using an intracortical brain-machine interface, 2021.08, Neuron.

(注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。アメリカ食品医薬品局

IRAPA : Intelligence Advanced Research Projects Agencyの略。インテリジェンス高等研究計画局

(参考) EU | Human Brain Project

- EUの執行機関である欧州委員会は2013年に米国の「BRAIN Initiative」に相当する脳科学に関する巨大プロジェクトとして、「Human Brain Project」を採択。
- 医療への応用や人工知能の技術進歩、倫理問題について取り組んでいる。

概要

- 人間の脳を解明し、コンピュータ上に脳を作り出すことを目的に2013年に設立。
- 欧州の140以上の大学・病院・研究センター、500人以上の科学者とエンジニアが取り組む。
- 2013年から2023年までの10年間の大規模プロジェクト。
- 研究者向けの教育プログラムやワークショップを提供。

参加企業・大学

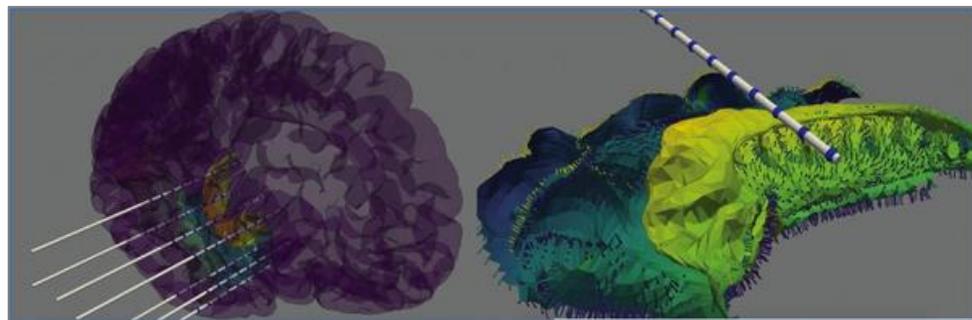
ロンドン大学 (イギリス)
 アールト大学 (フィンランド)
 デンマーク工科大学 (デンマーク)
 フランス国立情報学自動制御研究所 (フランス)
 ヨハン・ヴォルフガング・ゲーテ大学フランクフルト・アム・マイン (ドイツ)
 ヘブライ大学 (イスラエル)
 マドリード自治大学 (スペイン)
 バーゼル大学 (スイス) 他

(出所) <https://www.humanbrainproject.eu/en/>

研究事例

- てんかん^(注1)の発作が発生する患者の脳の領域を特定するためのモデルを開発。
- 一般的な治療として、てんかんが発生する脳の箇所を外科手術で除去する方法があるが、平均成功率は60%に留まる。
- 個々の患者の脳の活動をモデル化し、てんかんの発作活動をシミュレートし、外科医がより正確に手術するのに役立つと言われている。
- 現在、臨床試験中で2023年までに運用可能と予想される。

脳外科手術に役立つ高解像度てんかん脳モデル



(注1) 神経障害の1つであり、世界中で5,000万人以上の患者がいる。

(出所) <https://www.humanbrainproject.eu/en/follow-hbp/news/2021/11/26/hbp-scientists-outline-science-how-brain-research-makes-new-demands-supercomputing/>

■ 国内の取組動向

- 国内の主な取り組みとして、「**応用脳科学コンソーシアム**」と「**ブレインテックコンソーシアム**」の2つが設立され、**様々な企業や研究機関が共同で、ブレインテックに関する取り組み**を行っている。
- また、総務省主導**ガイドラインの整備**のムーンショット型研究開発事業では、「**身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放**」をテーマに等が進められている。

団体・事業名	応用脳科学コンソーシアム	ブレインテックコンソーシアム	ムーンショット型研究開発事業 (注1) <small>目標1: 身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放</small>
概要・目的	<p>【産業応用の本格化】 脳科学、心理学、人工知能等、応用脳科学の最新の研究知見を基盤に、産学連携を促進し、日本における脳科学の産業応用を本格化させる。</p>	<p>【産業化とエコシステム創造】 ブレインテックに関する情報を共有・発信し、研究者、事業者、投資期間などを繋ぐ交流機会を設ける。</p>	<p>【BMIを活用したIoB (注2) の実現】 誰もが自由に身体能力や認知能力を拡張し、生活に活用できる技術開発と社会への普及を目指す。</p>
設立年	2010年→2020年に社団法人化	2021年	2020年
主な企業・団体	NTTデータ、NTTデータ経営研究所、三井住友ファイナンスグループ、他計28社	ハコスコ、東北大学、東京大学、AR三兄弟	アラヤ、慶應義塾大学、早稲田大学、東京大学、大阪大学、他計9社
主な取り組み	<ul style="list-style-type: none"> ・脳科学アカデミーの開催 ・レポート公開 ・産学での共同研究 	<ul style="list-style-type: none"> ・オンラインイベント開催 ・レポートやブレインテックQ&A公開 ・ブレインテックに関する倫理勉強会 	<ul style="list-style-type: none"> ・BMIガイドラインの作成 ・デバイスや脳情報の解読技術の開発

(注1) 日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発を推進する国の大型研究プログラム

(注2) Internet of Brainの略。BMIを活用し、サイバー空間とリアル空間が融合したサイバーフィジカル空間で他者やAIと直接コミュニケーションができる世界

■ 脳の計測方法

- ブレインテックを活用するためには、インプットとなる脳活動の計測において、**日常環境に近い状態で精度の良い脳情報を取ることができるかが重要**。
- 脳の計測方法は手術を行い、直接電極を埋め込んで脳活動を取得する「**侵襲型**」と、手術を行わずに人の身体の外部から取得する「**非侵襲型**」に分類される。

	侵襲型	非侵襲型
例	 <p>製品名 : Link</p> <ul style="list-style-type: none"> • 手術で脳内に埋込 • 直径23mm • 厚さ8mm • 1日中利用可 <p>画像出典 : Neuralink HP (https://neuralink.com/)</p>	 <p>機器名 : fMRI</p> <ul style="list-style-type: none"> • 専用の施設で測定 • 身体の固定が必要 • 身体へのリスクは低い • 最も主流な計測方法 <p>画像出典 : 理研CBS HP (https://cbs.riken.jp/jp/faculty/rrd.fmri/)</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 脳に電極を埋め込んで脳活動を計測 • 脳損傷のリスク • 外科手術が必要 • 得られる脳活動データの精度が高い 	<ul style="list-style-type: none"> • 頭皮から間接的に脳活動を計測 • 安全性が高い • 得られる脳活動データの精度が低い 侵襲型対比 : 1/100以下 (注1) • 計測環境が限定的
価格	<ul style="list-style-type: none"> • 非公開 (開発中) 	<ul style="list-style-type: none"> • 機器本体 : 数億円程度 • 利用料 : 十数万円程度/1h (注2)
主な利用領域	<ul style="list-style-type: none"> • 医療 	<ul style="list-style-type: none"> • 医療 • ビジネス (ヘルスケア等、一部実用化)

(注1) 時間分解能 (どれだけ細かい時間単位で測定できるか) は1/100、空間分解能 (どれだけ細かい範囲で測定できるか) は1/5の精度

(注2) 施設によって利用料が異なる。一人の脳計測におよそ1.5~2.0時間程度かかる。

(参考) 脳計測の分類

- 侵襲型は高精度の情報を取得できるが、身体的影響が大きい。一方で非侵襲型は精度は落ちるものの身体的影響が小さい。
- 侵襲性を抑えた低侵襲型の計測方法や、拘束感なく日常生活で計測が可能な簡易型の計測装置が開発されている。(詳細P.11~12)

計測方法	特徴	メリット	デメリット	主な利用領域
侵襲型 	・脳に電極を埋め込んで計測	・精度が高い ・低ノイズ ・信号の低遅延	・脳損傷リスク ・要外科手術 ・倫理的問題	・医療
	低侵襲型 	・脳に電極を埋め込まず、表面から計測	・精度が高い ・低ノイズ ・信号の低遅延 ※侵襲型より劣る	・要外科手術 ・倫理的問題
非侵襲型 	・頭皮から間接的に計測	・安全性が高い	・精度がやや低い ・計測環境が限定的	・医療 ・ビジネス ※実証段階
	簡易型 	・ヘッドマウント型等のデバイスで間接的に計測	・日常生活で利用可	・精度が低い

(画像出所) Neuralink HP (<https://neuralink.com/>)
 大阪大学 HP (<http://www.cne-osaka.org/about-us/our-research/>)
 理研CBS HP (<https://cbs.riken.jp/jp/faculty/rrd.fmri/>)
 NeU HP (<https://neu-brains.co.jp/solution/nirs/>)

脳計測の指標 | 時間分解能と空間分解能

脳情報を測る指標として、時間分解能と空間分解能の2つがある。

- 時間分解能：どれだけ細かい“時間”で脳活動の変化を捉えられるか。
- 空間分解能：どれだけ細かい“範囲”で脳活動の変化を捉えられるか。

脳情報の計測方法

計測方法	概要
侵襲型	体内に電極を埋め込み、 脳の電気信号 を取り込む
非侵襲型	fMRI 磁気共鳴機能画像法 (functional Magnetic Resonance Imaging) 脳の血流変化 をMRIにて観測
	NIRS 近赤外線分光法 (Near-Infrared spectroscopy) 脳の血流変化 を光源と受光センサーを用いて観測
	MEG 脳磁計 (Magnetoencephalography) 磁気センサーの一種である超電導量子干渉計を用いて、 脳の電気信号 を磁気として捉える手法
	EEG 脳波計 (Electroencephalograph) 脳の電気信号 を頭皮上においた電極から観測

脳情報の計測指標

侵襲型が時間分解能・空間分解能共に高いが、安全性の観点で非侵襲型の計測手法が使われるケースが多い。



(画像出所) 侵襲型⇒Neuralink HP (<https://neuralink.com/>)
 fMRI⇒理研CBS HP (<https://cbs.riken.jp/jp/faculty/rrd/fmri/>)
 NIRS⇒アーカイブティップス HP (<https://archivetips.com/artinis/nirs-knowhow/>)
 EEG⇒広島大学 脳・こころ・感性科学研究センター HP (<https://bmk.hiroshima-u.ac.jp/facility/eeg/>)
 MEG⇒リコー HP (https://jp.ricoh.com/release/2018/0709_1/)

■ 脳計測機器の動向 | 侵襲型

- 生体への負担を抑えるため、低侵襲型のデバイスの開発が進められている。
- 特に、Synchron社が開発した侵襲型デバイスは米FDAが臨床試験を許可し、現在、人体での試験が行われている。2025年以降、医療現場を中心に利用される見込み

Neuralink社



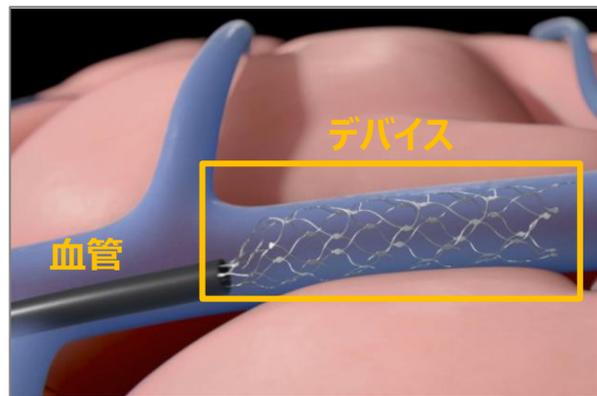
- 猿の脳内にチップを埋め込み、1024個の電極が脳の電圧を増幅して、デジタル化。
- Bluetooth経由で、デコードアプリを実行しているコンピュータに送信し、ピンポンゲームをプレイ。
- 2022年内に人間の臨床試験を目指す。実験で利用された動物の過半数が実験後、死亡していることが判明し、問題視されている。

JiMED社



- 脳表面に多数の電極が作り込まれたシートを置き、脳活動を計測。
- 埋込型と比べて、脳を傷つけずに約5年間、安定して脳活動の計測が可能。電極シートを用いて、ALS患者の意思伝達を可能にすることを目指す。
- JiMED社は、大阪大学発のベンチャーで、国内の侵襲型デバイスの開発企業では最も進んでいる企業の一つ。

Synchron社



- 脳内の血管にステント型のデバイスを埋め込む(2h程度の手術)。脳内の血管から脳活動を読み取り、頭で考えるだけで、PC操作が可能。
- 同デバイスを使って、ALS(注1)患者がツイートを投稿。(2021年12月)
- Neuralink社よりも先に、米FDAが臨床試験を許可。2025年以降、医療現場で広く利用できる見込み。

(出所) Watch Elon Musk's Neuralink monkey play video games with his brain

(出所) 大阪大学 HP (<http://www.cne-osaka.org/about-us/our-research/>)

(出所) Synchron Inc, 14 Jun 2018 (<https://www.youtube.com/watch?v=-IS8Vii6hH4&t=9s>)

(注1) Amyotrophic Lateral Sclerosis (筋萎縮性側索硬化症) の略で筋肉が思うように動かなくなる。

■ 脳計測機器の動向 | 非侵襲型

- 従来のfMRI等の非侵襲型の計測方法に比べて、**利用者の日常生活の中で脳活動の測定が可能な簡易型のデバイスの開発が進められている**。従来の非侵襲型に比べて安価だが、精度^(注1)は劣る。
- デバイスの形態としては脳に近い部分で計測できるイヤホンやヘッドバンド型のデバイスが多い。

製品名	VIE ZONE	FocusCalm	B-TONE	HOT-2000
開発企業名	VIE STYLE	BrainCo	凸版印刷	NeU
形状	イヤホン	ヘッドバンド	イヤホン	ヘッドバンド
計測方法	非侵襲型	非侵襲型	非侵襲型	非侵襲型
価格	約3万円	約2.3万円	約8万円	約20万円
大きさ（縦×横×高）	メーカー非公表	19.2×15×2cm	5.64×7.2×1.5cm	メーカー非公表
重さ	メーカー非公表	105g	28g	129g
市場性	プロトタイプ	商用化済	商用化済	商用化済
備考	独自技術で耳電極から取得した情報を基に脳のリッチな情報を推定	国内ベンダーの開発したアプリケーションを使うと脳波の生データをCSVで出力することが可能	片耳に装着し、取得した情報を専用のアプリで可視化	Android OSの端末にBluetooth通信で脳データをCSV出力
イメージ	 (出所) VIE STYLE HP (https://www.viestyle.co.jp/hardware)	 (出所) ハコスコ HP (https://hacosco.com/2021/07/focuscalm/)	 (出所) 凸版印刷 プレスリリース (https://www.toppan.co.jp/news/2021/02/newsrelease210202.html)	 (出所) NeU HP (https://neu-brains.co.jp/solution/nirs/)
取組事例	東京大学と共同で生産性支援システムの研究を実施	専用のヘルスケアアプリケーションを提供	集中力を高める等のマインドフルネスサービスを提供予定	同デバイスを使った脳トレのヘルスケアサービスを提供

(注1) 機器ごとにも精度は異なるが、FocusCalm：250Hz、一般的な研究で用いられる脳波計：1KHzのため、研究用途で用いられる脳波計の方がより細かい間隔で脳活動のデータ取得が可能。

脳計測と解析の概要

- 多くのデバイスでSDK (Software Development Kit) や専用アプリが配布されており、取得した脳データを解析することで、簡易な技術検証を行うことが可能。

① デバイスの装着／ペアリング



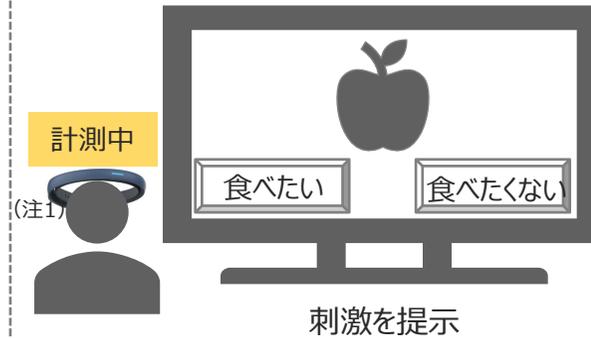
【被験者の同意取得】

- 脳データの取得にあたり、被験者本人への事前説明や同意の取得が必要。
- 個人情報保護法では個人識別符号 (注2) も個人情報にあたるため、所属組織の法務部門や倫理委員会にもデータの取り扱いについて相談が必要。

【脳計測時の留意事項】

- 計測前はカフェインやアルコールの接種は控える。
- 計測中も筋電によるノイズを防ぐため、身体はあまり動かさないよう、被験者へ案内が必要。

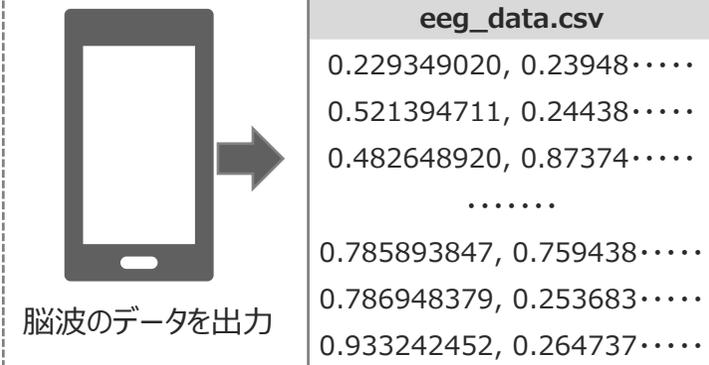
② 脳活動計測



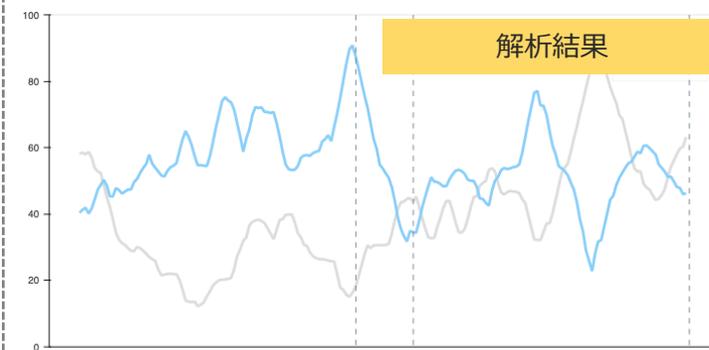
取りたい脳反応に合わせて、刺激データを作成。PsychoPy等、心理実験環境構築用のアプリケーションが有効 (GUIでも作成可能)。



③ 脳波データ取得／解析



PythonやMATLABを使って、脳データを解析。



(注1) 画像出所：ハコスコSHOP (<https://store.shopping.yahoo.co.jp/hacoscoshop/8545102-2.html>)

(注2) 身体の一部の特徴を電子計算機のために変換した符号。例：DNA、顔、虹彩など

活用事例一覧

アウトプット(活用例)	企業名	方式	概要
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	ロレアル (詳細P.15)	非侵襲型	香水の香りを嗅いだ時の脳波を計測し、顧客の好みに合った香水を提供するサービスを発表。
	エヌ・ティ・ティ・データ		動画コンテンツ視聴時に計測した脳データを基に人の感情を予測する「Neuro AI」を開発。
	NeU		バーチャルリアリティ (VR) 空間内で人の脳反応を計測が可能なデバイスを開発。
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する	BrainCo (詳細P.16)	非侵襲型	脳計測装置「FocusCalm」を開発。スポーツ選手が集中力やリラックス度を高めるために活用。
	Philip		睡眠中の脳波を計測し、快適な睡眠を促す音波を流すヘッドセットを発売 (約4~5万円程度)
	VIE STYLE		東京大学と共同で脳波を解析して生産性を支援するAIを開発する研究を実施。
BMI (Brain Machine Interface) 脳活動に合わせた行動支援・機器制御	Synchron (詳細P.17)	侵襲型	脳内の血管にデバイスを埋め込み、ALS (注1) 患者がBMIを活用して、ツイートを投稿。
	Neuralink		侵襲型のデバイスやデバイスを埋め込む手術ロボットを開発中。2022年内に人間の臨床実験を目指す。
	Nia Therapeutics		脳内に電極を埋め込み、脳損傷や疾患による記憶喪失を治療するための脳刺激療法を開発。
ニューロモルフィックコンピューティング 脳の仕組みを参考にコンピュータ開発に活かす	IBM	-	2021年8月にIBM Teulmプロセッサを発表。基幹業務に関わるデータ分析での活用が期待される。
	Intel		2021年9月に脳による情報処理方法を模倣したチップ「Loihi 2」を発表。
	日本電信電話		東京大学と共同で光技術とFPGA (注2) を組み合わせたSNN (注3) を開発。

(注1) Amyotrophic Lateral Sclerosis (筋委縮性側索硬化症) の略で筋肉が思うように動かなくなる。

(注2) 特殊な光発振器や回路を自在に書き換えられる半導体。

(注3) Spiking Neural Networkの略。ニューラルネットワークより緻密に神経細胞をモデリングしたもの。

■ デコーディング | 脳波を解析し、消費者の好みにあった香水を提供

- ロレアルは、ブレインテック企業のEmotive社と共同で**消費者が香水の香りを嗅いだ時の脳波を測定し、消費者の好みの香水を提供するサービス**を発表。
- 同サービスは、2022年後半から複数の国の店舗で利用できるようになる。

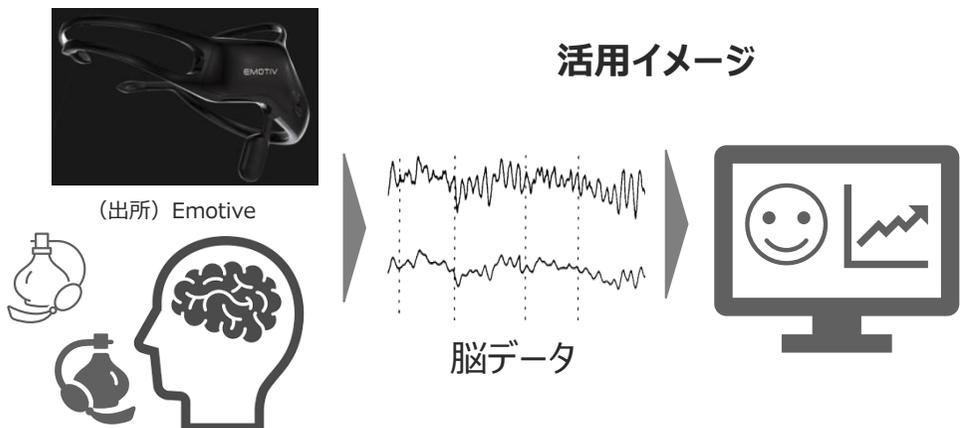
概要

- 消費者は店内でヘッドセットを装着して様々な香りを体験する。ヘッドセットは消費者の好み、ストレスなどを感知して、消費者の感情に合った香を見つける。
- ロレアルグループの高級ブランド「イヴサンローラン」で採用される予定で2022年後半から2023年まで複数の国の店舗で利用が可能になる。

店舗で脳計測装置を装着し、香水を選ぶ新たな店舗体験



(出所) GAMINGDEPUTY JAPAN「YSL Beautyはお客様が完璧な香りを見つけるのに役立つ店内デバイスを紹介します」(<https://i0.wp.com/www.glossy.co/wp-content/uploads/2022/04/HERO-2-LOreal-Emotiv.jpg?fit=1137,556&zoom=2&quality=100&strip=all&ssl=1>)



香水を嗅いだ時の
脳波を測定

脳波から顧客の反応
(好み等)を可視化

(出所) <https://www.globalcosmeticsnews.com/loreal-partners-with-emotiv-to-launch-fragrance-personalisation-device/>

■ ニューロフィードバック | オリンピック選手が脳トレ

- アメリカのボブスレーのスケルトンチームの選手は、BrainCo社が提供するヘッドバンド型の脳計測装置「FocusCalm」を用いて、**ニューロフィードバックによる集中度やリラックス度を高めるトレーニング**を実施。
- 2022年北京・冬季オリンピックに向けたトレーニングで活用された。

概要

- USA Bobsled/Skelton (USABS) は、2021年、より良い集中力と落ち着いた心のために脳を訓練するため、BrainCo社とパートナーシップを締結。
- ヘッドバンド型の脳計測装置を装着し、専用のアプリケーションを使って所属選手のメンタルトレーニングを実施。
- 脳を落ち着かせて、リラックスした精神状態にする練習や、集中力を高める脳トレを行う。

トレーニング前に専用アプリでリラックス度や集中度を高める



【専用アプリケーションの例】

- 利用者のリラックス度に応じて車の速度が変わる。
- リラックス度が上がると左右の車より加速し、レースに勝利することができる。



BMI (Brain Machine Interface) | ALS患者がBMIを使ってツイート

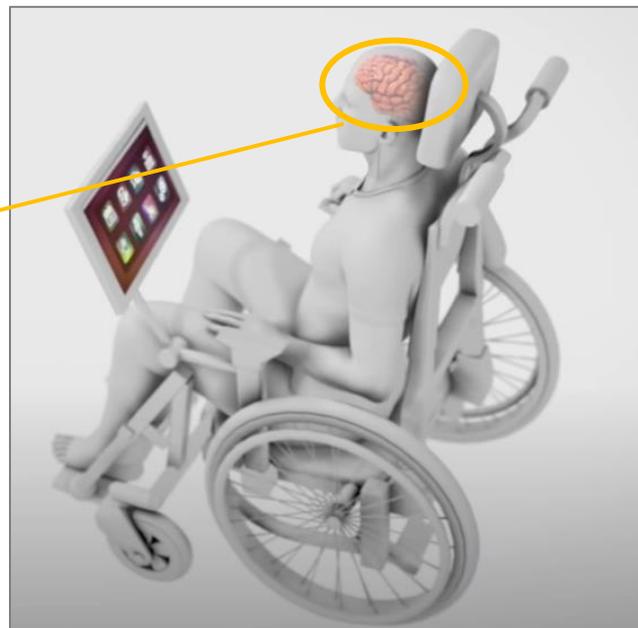
- 2021年12月、ALS (注1) 患者の脳内血管に、Synchron社のステント型デバイスを埋め込み、**ツイートを投稿**。
- Synhcron社はステント型のデバイス「Stentrode (ステントロード)」を開発し、脳内の血管にデバイスを約2時間の手術で埋め込み・利用ができる。**FDAが臨床試験を認可**し、現在、人体での試験が行われている。

(注1) Amyotrophic Lateral Sclerosis (筋萎縮性側索硬化症) の略で筋肉が思うように動かなくなる。

概要

- ALS患者の男性は体内に埋め込んだデバイスから脳データを読み取らせ、Twitterにツイートを投稿。
- 脳内で考えたことをマシン経由で行うにはトレーニングが必要だが、同僚とのチャットやECサイトでの買い物を行っている。

[ツイートまでの流れ]



(出所) Synchron Stentrode: Brain Computer Interface for Paralysis (<https://www.youtube.com/watch?v=NZiIL0ii1Sg>)

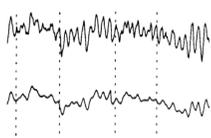


① 首の血管から脳内の血管へステント型のデバイスを埋め込む



強く念じる

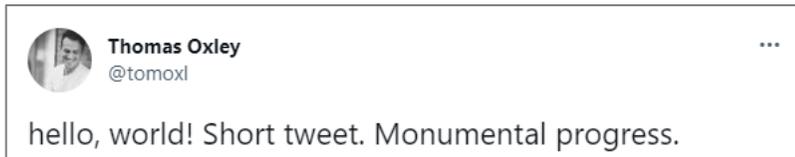
「Hello World !」



脳データ



マシン
脳波を解析



ツイート

(出所) Synchron Inc, 14 Jun 2018 (<https://www.youtube.com/watch?v=-IS8Vii6hH4&t=9s>)

(参考) 関連事例 | ニューロモルフィックコンピューティング

- 情報処理における脳の仕組み（消費電力の少なさや柔軟性等）からヒントを得て、コンピュータチップ等の開発に活かす（=ニューロモルフィックコンピューティング）研究開発が行われている。
- 脳を完全に再現したコンピュータの開発には長期的な視点を持って取り組む必要あり。

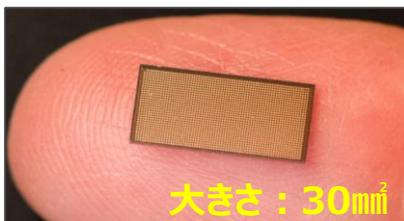
脳科学の知見をコンピュータへ応用

脳科学

脳を模倣した柔軟な情報処理の理論、数理、アルゴリズムを導出

コンピュータチップへ応用

処理性能向上、省エネ



(画像出所) <https://www.intel.co.jp/content/www/jp/ja/newsroom/news/intel-unveils-neuromorphic-loihi-2-lava-software.html>

事例 : IBM Teulm

- 2021年8月にIBMはTeulmプロセッサを発表。
- 次世代のIBMメインフレームのCPUチップになり、大規模なトランザクションの実行中にリアルタイムかつ大規模なAI推論を可能とする。
- IBMの最新メインフレーム「z16」に搭載され、2022年5月31日から出荷予定。
- 銀行や商取引など基幹業務に関わるトランザクションやデータ分析に活用が期待される。



(画像出所) <https://www.ibm.com/blogs/systems/jp-ja/ibm-telum-processor-the-next-gen-microprocessor-for-ibm-z-and-ibm-linuxone/>

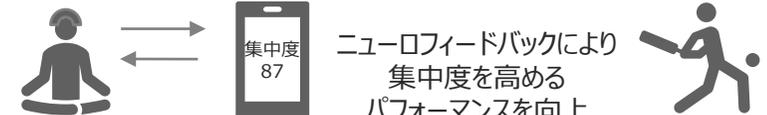
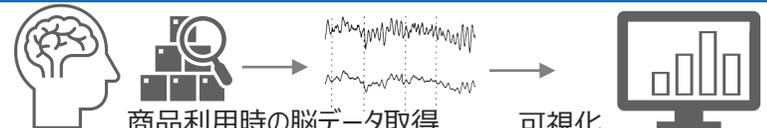
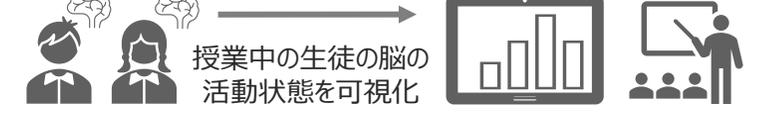
ロードマップ

2020年	米インテル、半導体技術でネズミの脳波の演算システム開発
2021年	NTTと東京大学、光技術とFPGA（注1）を組み合わせてSNN（注2）を開発
25年頃	エッジコンピューティングなどへの応用が始まる SNNを応用した神経回路網のシミュレーションも活発化
30年代	半導体方式の回路規模が「人間並み」に迫る 脳の各部位の情報処理の仕組みを応用したアルゴリズムが発達
40年代	意識や創造性などの脳機能の解明が進む
50年-	周囲の状況に応じて最適な情報処理を選択する「空気の読めるAI」脳型コンピュータが誕生

(注1) 特殊な光発振器や回路を自在に書き換えられる半導体
 (注2) Spiking Neural Networkの略。ニューラルネットワークより緻密に神経細胞をモデリングしたもの
 (出所) 日本経済新聞2021/6/14 NTT・東大、脳を模倣「空気読めるAI」目指すを基に作成

期待される領域・ユースケース

- **医療・ヘルスケア領域での活用が最も期待**されており、他の領域に先駆けて、普及すると予想される。
- 国内では、**ビジネスと結び付きやすいマーケティングでの活用を模索する企業が多く**、その他、人材育成等の領域での活用も期待されている。

領域	概要／ユースケース例	活用イメージ
医療 ニューロフィードバック BMI	脳疾患の治療や身体障害者の運動機能補助等で活用。	 脳データの取得/電気刺激 脳疾患の患者 医師 機器操作
ヘルスケア ニューロフィードバック	プロスポーツ選手では既に活用されている領域。ニューロフィードバックを行い。リラックスや集中力を高める。	 ニューロフィードバックにより集中度を高めるパフォーマンスを向上
マーケティング デコーディング	商品に対する脳反応を可視化し、商品企画や商品の販売戦略に活用。	 商品利用時の脳データ取得 可視化
インターフェースの向上 BMI	自社サービスのインターフェースとしてBMIを活用。高齢者や身体障害者向けのサービス提供。	 脳内で感じる 脳活動を解析 サービス操作
教育 ニューロフィードバック	学習者が課題にどの程度集中して学習しているか、どれほど理解して課題に取り組んでいるかを可視化し、学習を改善。	 授業中の生徒の脳の活動状態を可視化
VR空間での活用 デコーディング BMI	仮想空間上で利用者の脳反応を可視化し、それに応じたVR映像の演出やアバター操作等が期待される。(アバター操作は内閣府ムーンショット型研究開発事業の構想で言及されている。)	 バーチャル内見での顧客反応の可視化 BMIを使ってアバター操作

■ 課題・考慮事項

- ブレインテックを活用する上で、**脳データの収集やデータの処理、再現性、倫理面など、様々な課題が存在。**
- 対策として、**デバイスの品質向上やガイドラインの整備等が重要。**

課題	内容	展望
データ収集 	<ul style="list-style-type: none"> ● ビジネスシーンや日常生活で高精度な脳活動の取得が困難。 ● 計測時間や計測コストがかかり、解析に必要な大量のデータ取得が困難。 ● 侵襲型の脳計測方法では安全性が懸念される。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 日常生活で装着可能なデバイスの開発が進んでいる。 (現状、精度や用途が限定的)
再現性 	<ul style="list-style-type: none"> ● 脳活動には個人差も大きく、研究結果の再現性の低さや誇張広告の見極めが困難。 	<ul style="list-style-type: none"> ● リテラシーを身に着けるため、研修サービスやセミナーが増加。 ● 専門機関や他社との協業による取り組みが増加。
セキュリティ・ プライバシー 倫理 	<ul style="list-style-type: none"> ● 脳データの暗号化やプライバシーの観点でどう保護するかが課題。 ● 脳信号が発端となつて行われた操作に対する責任の所在をどう整理するかが課題。 ● 人間にとって最もセンシティブな脳を取り扱うため、倫理的な配慮やルール整備が課題。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 標準化団体等によるガイドラインの整備が進められている。FDAは2021年に公開、国内では内閣府が2021年から作成を開始。 ● 脳データの計測は被験者の同意取得や倫理委員会等で承認を得た上で実施。 ● OECD^(注1)ではニューロテクノロジーの応用によって発生し得る人権問題についての議論が行われている。

(注1) Organization for Economic Co-operation and Development : 経済協力開発機構の略で、ヨーロッパ諸国を中心に日・米を含め38カ国が加盟する国際機関。

■ブレインテック活用に向けて

- ブレインテック活用を検討する企業・組織は下表のようなアクションをとることを推奨する。
- 侵襲型デバイスは医療向けでは臨床試験段階に到達。活用に向けては、**安全性などに関するガイドラインの整備や標準化**が重要となる。ブレインテックの普及には、日常利用できるような非侵襲型の**簡易な脳計測デバイスの精度向上やメンテナンス性**が重要。

	活用に向けたアクション	概要
共通	ユースケース探索／人材育成 	<ul style="list-style-type: none"> ● ブレインテック活用には、医療系の専門知識、生体情報の解析スキル、適用するビジネスドメインの業務知識などの様々な知見が必要。 ● 様々な領域への活用には数年以上かかる見込みだが、将来のブレインテックの普及に備え、国内のコンソーシアムが提供しているセミナーなどを通して、ブレインテックに関する動向調査、基礎知識・スキルの習得を進める。（国内の取組についてはP.7参照）
侵襲型	デバイスの安全性に関するガイドライン整備や標準化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 侵襲型は医療用途では欧米を中心に、既に臨床試験段階に入っている。ただし、身体への負担が大きい、日常的に利用できないといった様々な課題があり、医療向け以外では活用ニーズが小さい。医療以外での活用は非侵襲型を検討する。 ● 本格的な活用に向けたデバイスの安全性などに関するガイドラインの整備や標準化が重要。
非侵襲型	脳計測デバイスの精度向上／専門家と連携した取り組み 	<ul style="list-style-type: none"> ● 日常生活で利用が可能な簡易な脳計測デバイスの精度向上やメンテナンス性（充電頻度など）が重要。ブレインテックの活用を検討するにあたり、これらの簡易型デバイスを用いて技術検証を行い、デバイスの精度や使用感を把握、適用可能な領域を見極めることを推奨する。その際、自社に知見がない場合は、スタートアップ企業や大学と共同で実施をする。 ● 脳データはセキュリティー・プライバシー倫理の側面から慎重な取り扱いが必要なため、法律の専門家等と連携した研究・取り組みが必要。（例えば、倫理委員会の承認を得た上で実施する等）。