

脳コンピューターインターフェース(BCI)のキープレイヤーと応用先: 特許と事業戦略から読み解く市場動向

エグゼクティブサマリ

- 市場概観と重要性: 脳コンピューターインターフェース(BCI)市場は、医療分野における失われた機能の「回復」と、コンシューマー分野における「次世代インターフェース」という二つの強力な牽引力により、急速な成長が予測されています。複数の市場調査レポートは、2025年から2030年代にかけて、年平均成長率(CAGR)が10%台から19%超に達すると予測しており¹、現在は巨額のベンチャーキャピタル投資が市場の期待値を牽引する「黎明期」にあります。
- 本レポートで分析する「主要な戦略グループ」: 本レポートは、BCI市場の主要プレイヤーを、技術的アプローチ(侵襲度)、事業規模(既存市場)、戦略投資(アライアンス)に基づき、以下の4つの戦略グループに分類します。
 1. 「侵襲型ディスラプター」: Neuralink, Synchron, Blackrock Neurotech。巨額の資金調達を背景に、高解像度の侵襲的デバイスで医療(麻痺)市場の覇権を狙うスタートアップ群です。
 2. 「既存医療機器(MedTech)アダプター」: Medtronic, Boston Scientific。DBS(深部脳刺激)など既存のニューロモジュレーション市場における圧倒的な地位を活かし、BCI(センシング)機能を「追加」することで市場を防衛・進化させる既存大手です⁴。
 3. 「非侵襲型スペシャリスト」: g.tec medical engineering, Interaxon (Muse)。EEG(脳波)など非侵襲技術に特化し、リハビリ、ウェルネス、研究用機器など、規制ハードルの低いニッチ市場で確実な収益源を確立しています⁵。
 4. 「Big Techプラットフォーム・インテグレーター」: Apple, Meta, Google。BCIを「次世代入力手段」と位置づけ、パートナーシップ(Apple⁷)や代替技術(MetaのEMG⁸)を通じて、自社エコシステムへの取り込みを狙います。
- 主要な技術応用先の分類:
 - 現在(商用化済): パーキンソン病治療(MedtronicのアダプティブDBS⁹)、脳卒中リハビリ(g.tecのrecoveriX⁵)、ウェルネス(Museの瞑想支援⁶)、および研究用機器(Blackrock¹⁰)が中心です。
 - 未来(開発中): 重度麻痺患者によるデジタルデバイス制御およびコミュニケーション(Synchron, Neuralink¹¹)、AR/VRのニューラル・インプット(Meta¹³)、記憶・視覚の回復(Blackrock¹⁴)が焦点です。
- 市場全体の主要トレンドと今後の課題: 「医療(高侵襲・高解像度・高リスク)」と「コンシューマー(非侵襲・利便性・低リスク)」への市場の二極化が鮮明です。特にSynchronとAppleの連携⁷は、医療機器(侵襲型)とコンシューマーOS(非侵襲型)の「融合」という重要なトレンドを示して

います。一方、侵襲型デバイスの長期的安全性(生体適合性¹⁵)、非侵襲型の「BCIイリテラシー」(約30%のユーザーが利用困難¹⁶)、そして「神経プライバシー」に関する倫理的・規制的課題¹⁷が、市場全体のボトルネックとなっています。

本文

【第1章】技術分野の定義と市場概観

- 対象技術の範囲定義
 - 脳コンピューターインターフェース(BCI)は、脳内の神経活動(電気信号や血流変化)を検出し、それを解釈(デコード)することで、義肢やコンピューターなどの外部デバイスと脳が直接インターフェース(通信・制御)することを可能にする技術として定義されます²。
 - BCI技術は、センサー(電極)を身体のどこに配置するかに基づく「侵襲度」によって、大きく3つのカテゴリに分類されます¹⁹。
 1. 侵襲式 (**Invasive**): 電極を脳実質(ニューロンが活動する皮質)に直接埋め込む(例: Neuralink¹², Blackrock Neurotech¹⁰)、あるいは脳表(皮質脳波, ECoG)に設置する方式です¹⁹。外科手術(開頭など)を必要とするためリスクは最も高いですが、個々のニューロンの発火(SUA)や局所的な神経集団の活動(LFP)を直接計測できるため、最も高解像度(高S/N比、高帯域幅)な信号を取得可能です。
 2. 低侵襲式 (**Minimally Invasive**) / 半侵襲式: 脳実質や脳表を直接傷つけないアプローチを指します。代表例はSynchronの「Stentrode」で、これは血管(硬膜静脈洞)内にカテーテルでステント型電極を留置し、血管壁越しに脳活動を読み取ります¹¹。また、頭蓋骨と硬膜の間に電極を設置する硬膜上(Epidural)方式も含まれます。侵襲式に比べて外科的リスクを大幅に低減しつつ、非侵襲式よりも高S/N比の信号取得を目指す、中間のアプローチです。
 3. 非侵襲式 (**Non-Invasive**): 頭皮の上から、外科的処置を一切伴わずに脳活動を計測する方式です¹⁹。最も代表的なのは脳波(EEG)であり²¹、その他に脳磁図(MEG)、近赤外分光法(fNIRS)¹⁹などがあります。安全性が非常に高く、コンシューマー製品にも応用しやすい⁶。一方、頭蓋骨や頭皮によって信号が減衰・拡散するため、信号の解像度(S/N比)が低く、空間分解能に劣るという根本的な技術的課題があります。
- 現在の市場規模と成長予測
 - BCI市場の規模推定は、調査会社や分析の定義(侵襲/非侵襲の範囲、研究助成金や周辺機器を含むか否か)によって、現時点では大きな幅が見られます。
 - Mordor Intelligenceのレポート⁽¹⁾は、2025年の世界市場規模を12億7,000万米ドルと推定し、予測期間(2025-2030年)において年平均成長率(CAGR)10.29%で成長し、2030年

には21億1,000万米ドルに達すると予測しています。

- 一方、Metatech Insightsのレポート⁽²⁾は、より楽観的な見通しを示しており、2024年の市場規模を27億3,000万米ドルとし、2035年までにCAGR 19.2%という急速な成長率で188億5,000万米ドルに達すると予測しています。
- また、非侵襲BCI市場に特化したレポート⁽²¹⁾では、2025年から2034年にかけてCAGR 16.57%の成長が予測されています。
- これらの推定値に2倍以上の開き(2024/25年時点で12.7億ドル vs 27.3億ドル)があることは、市場がまだ黎明期にあり、定義自体が流動的であることを示しています。CAGR 19.2%という高い予測²は、NeuralinkやSynchronへの巨額のベンチャーキャピタル投資³や、コンシューマー分野(ゲーミング、VR²)の将来的なポテンシャルを強く反映したものと推定されます。
- 重要なのは絶対額の差異よりも、全てのレポートが「CAGR 10%~19%超」という一貫して高い成長率を予測している点です。地域別では、北米が最大の市場シェアを占めており²、これは米国におけるFDAの「画期的デバイス指定」(Breakthrough Device Designation)制度⁷や、NIH BRAIN Initiative²³、DARPAといった政府機関による強力な公的支援、および活発なベンチャーエコシステムが背景にあると分析されます。
- ビジネス上の重要性
 - BCI技術が「今、重要」である理由は、それが医療とITという二つの巨大産業において、根本的なパラダイムシフトを引き起こす可能性を秘めているためです。
 - 1. 医療・ヘルスケアにおけるアンメット・ニーズの解決: BCIは、神経変性疾患³、脳卒中、脊髄損傷などによる重度の麻痺患者に対し、失われた機能(運動、コミュニケーション、感覚)を「回復」させる²という、既存の医薬品や治療法では応えられなかったアンメット・メディカル・ニーズ(満たされていない医療ニーズ)への、全く新しいソリューションを提供し得ます。
 - 2. 次世代ヒューマン・マシン・インターフェース: コンピューティングの歴史は、キーボード(タイプ)、マウス(ポインティング)、タッチスクリーン(スワイプ)という入力インターフェースの革新の歴史でした。BCIは、これらに続く「第4のインターフェース」(思考、意図)となる潜在力を持ちます²⁴。特に、AR/VR¹³やスマートホーム²など、ハンズフリー操作が決定的に重要となる分野での破壊的イノベーションが期待されます。A.T. Kearneyの分析⁽⁴⁶⁾では、BCIはAppleのiPhoneが直感的なタッチインターフェースで市場を席巻したのと同様の、根本的なディスラプションを引き起こす可能性があるとして指摘されています。

【第2章】キープレイヤーの特定と戦略グループ分類

本レポートでは、BCI市場の複雑な競合環境を、[分析基準1: 技術蓄積(特許、侵襲度)]、[分析基準2: 事業規模(既存市場シェア、収益源)]、[分析基準3: 戦略投資(VC資金、アライアンス)]という3つの分析基準を総合的に評価し、以下の4つの「戦略グループ」に分類します。この分類は、市場に存在する多様なプレイヤーの異なるビジネスモデルと戦略的意図を明確にするためのものです²⁵。

- グループ1:「侵襲型ディスラプター」(高リスク・高帯域スタートアップ)

- 定義: 巨額のベンチャーキャピタル(VC)資金²⁹を調達し、従来の医療機器の枠を超える「高帯域(ハイバンド幅)」な脳インプラント開発に特化する、テクノロジー主導のスタートアップ企業群。
- 戦略的特徴: 技術的・規制的リスク(頭蓋内手術、PMA承認)が最も高い「侵襲型」アプローチを採用します。その見返りとして、成功した場合には、非侵襲型では不可能な高解像度データに基づく圧倒的な技術的優位性と市場独占力(Winner-take-all)を狙っています。FDAの「画期的デバイス指定」(Breakthrough Device Designation)⁷の取得と、臨床試験³⁰の成功が、事業戦略の最重要マイルストーンとなります。
- 属する主要企業:
 - **Neuralink:** イーロン・マスク氏の知名度と巨額の資金調達²⁹を背景に、インプラント、手術ロボット¹⁹、ソフトウェアの全てを自社開発する垂直統合モデルを構築。特許出願も活発です³¹。
 - **Synchron:** 血管内(エンドバスキュラー)アプローチ¹¹という、競合と一線を画す「低侵襲」戦略を採用。外科的リスクの低さを武器に、FDAの承認プロセスでNeuralinkに先行していると評されています³²。
 - **Blackrock Neurotech:** 「Utah Array」という高解像度電極¹⁰で、長年にわたり神経科学の「研究市場」において「ゴールドスタンダード」の地位を確立³³。その技術的信頼性という「既存資産」を基盤に、臨床・商用市場(「MoveAgain」¹⁴)へと本格的に進出しています。
- **グループ2:「既存医療機器(MedTech)アダプター」**
 - 定義: 既にニューロモジュレーション(神経変調)市場、特にDBS(深部脳刺激)やSCS(脊髄刺激)といった分野で、強固な事業基盤、グローバルな販売網、そしてPMA(市販前承認)など厳格な規制対応ノウハウを持つ、既存の巨大医療機器(MedTech)企業。
 - 戦略的特徴: 彼らにとって、BCIは「ゼロからの新規事業」ではありません。BCIを「既存製品(DBSなど)の付加価値を高める“センシング技術”」として捉えています⁴。彼らの戦略は、グループ1のような革新的な(Disruptive)スタートアップの脅威に対し、既存の市場(数千億円規模)を「防衛」し、センシング機能(BCI)を追加した「クローズドループ(適応型)治療」⁹という形で製品を「進化」させることにあります。
 - 属する主要企業:
 - **Medtronic:** ニューロモジュレーション分野の世界最大手。DBS製品「Percept PC」に、脳信号センシング技術「BrainSense」を搭載⁹し、「アダプティブDBS(aDBS)」という新市場を自ら創出し、リードしています。
 - **Boston Scientific:** Medtronicの主要競合。ニューロモジュレーション分野での特許出願³⁵を継続しており、周辺領域(泌尿器)での大型買収³⁷に見られるように、M&Aによる技術獲得も含め、Medtronicへの追従・キャッチアップを狙っています。
 - **ONWARD Medical:** 脊髄損傷(SCI)治療に特化。CEA(フランス原子力・代替エネルギー庁)からBCI技術の独占的ライセンスを取得³⁸し、自社の脊髄刺激(SCS)システムと組み合わせて、失われた運動機能を回復させるアプローチを開発中です。
- **グループ3:「非侵襲型スペシャリスト」(ウェルネス・リハビリ)**
 - 定義: EEG(脳波)やfNIRS(近赤外分光法)といった非侵襲技術¹⁹に特化し、特定のニッチ市場で事業を展開する企業群。

- 戦略的特徴: 侵襲型(グループ1, 2)が直面する、莫大なR&DコストとPMA(市販前承認)という厳格かつ高コストな規制の壁を「回避」します³⁹。その代わりに、CE認証やFDA 510(k)(市販前通知)など、比較的参入しやすい規制下にある「リハビリテーション」⁵、「ウェルネス(瞑想・睡眠)」⁶、「研究用機器」⁴⁰、あるいは「B2Bライセンス」⁴¹といったニッチ市場で、確実な収益源を早期に確立する戦略をとります。
- 属する主要企業:
 - **g.tec medical engineering:** オーストリアの老舗企業。リハビリ(recoveriX⁴²)、意識レベル評価(mindBEAGLE⁴³)、脳マッピング(cortiQ⁴³)など、広範な臨床・研究用製品ポートフォリオを持つ「総合メーカー」です。
 - **Interaxon (Muse):** B2C(消費者向け)の「ウェルネス」市場のパイオニア⁶。瞑想や睡眠の質を向上させるためのEEGヘッドバンドで市場を確立しました⁴⁴。
 - **Neurable:** 当初はAR/VR向けのヘッドホン型BCI⁴⁵を目指していましたが、近年、自社のBCI AI技術を他社に「ライセンス供与する」というB2Bプラットフォーム・ビジネスに戦略的にピボット(転換)しました⁴¹。
- **グループ4:「Big Techプラットフォーム・インテグレーター」**
 - 定義: Apple, Meta, Google (Alphabet) に代表される、巨大なコンシューマー・エコシステム(OS、AR/VRプラットフォーム、AIモデル)を保有するテクノロジー大手。
 - 戦略的特徴: 彼らにとって、BCIは「自ら開発・販売するデバイス」としてではなく、「自社プラットフォーム(AR/VR、OS)の価値を最大化する“次世代入力デバイス”」として位置づけられています⁴⁶。彼らの最大の関心は、脳信号(あるいはEMGなどの他の神経信号)をいかにして自社エコシステムにシームレスに「統合」し、ユーザー体験を(特にAR/VRにおいて)飛躍的に向上させ、プラットフォームのロックイン(囲い込み)を強化するか、という点にあります。
 - 属する主要企業:
 - **Apple:** 自社でのBCIハードウェア開発は確認されていません。代わりに、Synchron⁷やCognixion⁴⁸といった医療・支援技術系BCI(グループ1, 3)と積極的に連携し、iPadOSやvisionOSのアクセシビリティ機能⁷として「統合」する「パートナー戦略」を採用しています。
 - **Meta (Facebook):** ARグラスの入力デバイスとしてBCI(EEG)を研究していましたが、2019年にCTRL-Labsを買収¹³して以降、手首の筋電(EMG)を読み取るリストバンド型デバイス⁸の開発に戦略的リソースを集中させています。これは厳密にはBCI(脳信号)ではなく、BCIに対する「競合技術」とも言えます。
 - **Google (Alphabet):** 医療系子会社Verily⁴⁹や、Google AIスタートアップファンド⁵⁰を通じて、BCIおよびニューロテクノロジー分野への多角的な投資とエコシステム構築を進めています。

【第3章】主要な技術応用先の分析

- 「現在」の応用先: 商用化

- BCI技術は、すでに特定のニッチ市場において商用化され、臨床現場や消費者に実用的な価値を提供しています。
- 医療(治療・診断):
 - アダプティブ深部脳刺激 (aDBS): Medtronic(グループ2)が提供する「Percept PC」with「BrainSense」技術⁹。これは、パーキンソン病患者の脳深部に埋め込んだ電極が、「刺激(DBS)」するだけでなく、同時に脳信号(LFP)を「センシング(BCI)」し、その信号に応じて刺激をリアルタイムで自動調整するクローズドループ・システムです。
 - 脳卒中後リハビリテーション: g.tec(グループ3)の「recoveriX」⁵。患者が手足の運動を「想像」した際に発生する特有の脳波(EEG)をBCIが検出し、それをトリガーとして、麻痺した手足に機能的電気刺激(FES)を与えます。これにより、脳の「意図」と身体の「運動(感覚フィードバック)」が再結合され、神経可塑性を促します。
 - 意識障害の評価: g.tecの「mindBEAGLE」⁵。重い脳損傷などにより、外部から反応が確認できない(閉じ込め症候群など)患者に対し、BCIを用いて質問への「Yes/No」回答を試みたり、聴覚刺激への脳反応を計測したりすることで、意識レベルやコミュニケーション能力を客観的に評価します⁵¹。
- コンシューマー(ウェルネス):
 - 瞑想・睡眠トラッキング: Interaxon(グループ3)の「Muse」ヘッドバンド⁶。EEGを計測し、ユーザーの精神状態(集中、リラックス)をリアルタイムで音声(例: 風の音の強弱)としてフィードバックします。これにより、ユーザーは自らの脳活動を客観的に認識し、瞑想や睡眠の質を向上させるためのトレーニングが可能になります⁴⁴。
- 研究開発:
 - 神経科学研究: Blackrock Neurotech¹⁰、g.tec⁴⁰、OpenBCI⁵³などは、高機能な侵襲・非侵襲BCIシステムを、世界中の大学や研究機関に「研究用機器」として販売しています。これが彼らの安定した収益基盤となっており、BCI技術の進歩そのものを支えています。
- 「未来」の応用先: 開発段階
 - 過去5年間の特許出願動向や、現在進行中の臨床試験(特にグループ1の企業が実施中)²²から、今後3~5年で商用化が期待される、より高度な応用先が明らかになっています。
 - 医療(重度麻痺患者の機能回復):
 - デジタルデバイスの制御: これは、Synchron⁷、Neuralink¹²、Blackrock¹⁴(グループ1)が最も注力し、競争している中核分野です。ALS(筋萎縮性側索硬化症)や脊髄損傷による重度四肢麻痺の患者が、運動を「意図」するだけで、PCのカーソル、スマートフォン⁷、タブレット⁵⁴を自在に操作し、テキスト入力、ウェブ閲覧、Eメール送信、SNSでのコミュニケーション⁵⁵を可能にすることを目指します。
 - 義肢・ロボットアームの制御: デジタルデバイスの制御と基本原理は同じです。脳の運動野から読み取った信号を、義肢²や外部のロボットアームを制御するコマンドに変換する研究も進んでいます⁸。
 - コンシューマー(AR/VRインターフェース):
 - 次世代入力: Meta(グループ4)のEMGリストバンド⁸や、Neurable(グループ3)の技術⁴⁵が目指すのは、AR/VR空間内でのシームレスな操作です。物理的なコントローラーを必要とせず、ユーザーの「意図」(例えば、指を動かそうとする微細な神経信号)を読

み取って、仮想空間内のオブジェクトを操作したり、コマンドを実行したりすることが目標です。

- 中長期的(5~10年後)の応用:
 - 感覚の回復: 現在のBCI研究は「運動(Output)」が中心ですが、将来的には「感覚(Input)」の回復も視野に入っています。Neuralinkは「Blindsight」(視覚回復)をロードマップに含んでおり¹²、Blackrockも触覚⁵⁶や視覚¹⁴の回復を研究対象としています。
 - 精神・認知疾患の治療: MedtronicのDBSがパーキンソン病(運動)から、うつ病や強迫性障害(精神)に応用範囲を広げているのと同様に、BCIも、将来的には記憶障害¹⁴、うつ病、不安障害など、精神・認知疾患の診断や治療(ニューロフィードバック)への応用が期待されています。
- ポテンシャルと導入障壁
 - 医療(侵襲型)市場:
 - ポテンシャル: 重度麻痺など、治療法が確立されていない(アンメット・メディカル・ニーズ)領域が対象であるため、極めて高い市場性があります。デバイス単価は非常に高額(ハイエンド医療機器)になることが予想され、保険償還の対象となれば、巨大な市場が形成されます。
 - 障壁: (1) 規制: FDAのPMA(市販前承認)という、最も厳格な規制プロセス³⁹を通過する必要があります。これには、大規模な臨床試験の実施が必要であり、莫大な時間(数年~10年)とコスト(数億ドル)がかかります。(2) 技術(安全性・長期安定性): 電極の「長期的安定性」が最大の技術的ボトルネックです⁵⁷。埋め込まれた電極は生体にとって「異物」であり、免疫反応(異物反応)によってグリア瘢痕(結合組織)が電極の周りに形成され、信号品質が経時的に劣化する問題¹⁵があります。(3) 倫理: 脳の情報を直接読み取るため、データのプライバシーとセキュリティ¹⁸、個人の尊厳に関する高度な倫理的懸念が存在します。
 - コンシューマー(非侵襲型)市場:
 - ポテンシャル: 医療機器のような厳格な規制¹⁷を回避でき、AR/VR²³、ゲーミング、ウェルネス⁶といった既存の巨大市場と結びつくことで、技術が実用レベルに達すれば急速に普及する可能性があります。
 - 障壁: (1) 技術(性能): EEG/fNIRSは、S/N比の低さと信号の不安定さが根本的な課題です。さらに、「BCIイリテラシー(BCI文盲)」¹⁶と呼ばれる、ユーザーの約30%が非侵襲BCIを意図的に制御することができない、という深刻な問題が報告されています。(2) 競合: MetaがBCI(EEG)ではなくEMG(筋電)⁸を選択したように、AR/VR入力の分野では、視線追跡(アイトラッキング)、音声認識、筋電(EMG)といった「BCI以外のインターフェース」が強力な競合技術となります。(3) 市場: 「あったら便利」の域を出ず、消費者が高額を支払うほどの強いニーズ、すなわち「キラーアプリケーション」が現状では不在です。期待が先行し、実用性が伴わない「ハype」の問題³が常に付きまといま

【第4章】主要戦略グループ別の詳細分析

本章では、【第2章】で定義した4つの戦略グループに属する主要企業について、IR情報、プレスリリース、業界ニュース、特許情報に基づき、各社の事業戦略を詳細に分析します。

4-1. グループ1:「侵襲型ディスラプター」の戦略

このグループは、BCI市場で最も注目を集める激戦区であり、技術的アプローチ、資金調達規模、そしてエコシステム戦略において、各社が明確な戦略的差異化を図っています。

- **Synchron (シンクロン)**

- **技術・製品:** Synchronの核心技術は「Stentrode」と呼ばれる、ステント型の脳血管内電極アレイです¹¹。これは、BCIとしては極めてユニークな「血管内(エンドバスキュラー)」アプローチを採用しており、開頭手術(Craniotomy)を必要としません。Stentrodeは、カテーテル手術(血管内治療)と同様の手順で、頸静脈から挿入され、脳の運動野の表面を走行する主要な静脈(硬膜静脈洞)内に留置されます¹¹。この「低侵襲性」が、Neuralinkの開頭・脳実質刺入型アプローチに対する最大の差別化要因であり、臨床導入(患者・医師の受容性)のハードルを劇的に下げると期待されています。第一世代のStentrodeの電極数は16本¹¹であり、信号の解像度自体はNeuralinkが目指す数千本に比べて限定的ですが、実用的なデバイス制御には十分な信号取得を目指しています。
- **資金調達:** 同社は2025年11月、Double Point Venturesがリードする2億米ドルのシリーズD資金調達を発表しました¹¹。これにより、Synchronの累計調達額は3億4,500万ドルに達しました⁵⁹。既存投資家としてARCH Ventures、Khosla Ventures、Bezos Expeditions(ジェフ・ベゾス)などが名を連ねており⁵⁹、BCI分野におけるトップティアのスタートアップとしての地位を確立しています。
- **事業戦略・ロードマップ:**
 - **FDA承認プロセスの先行:** Synchronの戦略的優位性は、FDAの規制プロセスにおいて競合(特にNeuralink)に先行している点にあります³²。同社は2020年7月にFDAからStentrodeの臨床試験(IDE)許可を取得し¹⁹、2024年10月には、このFDA承認のフィージビリティ試験(COMMAND試験、6名のALS患者が対象)において、安全性と有効性の主要評価項目を達成したと発表しました³⁰。今回調達した2億ドルの資金¹¹は、次のステップである「ピボタル試験(Pivotal Trials、より大規模な有効性検証試験)の加速」と、その後の「商用化準備」に充てられることが明言されています¹¹。
 - **エコシステム戦略(最重要):** Synchronの戦略が競合と一線を画すのは、その「オープンな」パートナーシップ戦略です。彼らは、Neuralinkのようなクローズドな垂直統合(後述)を目指すのではなく、既存の巨大プラットフォームとの「水平分業」を最優先しています。
 - **Appleとの連携:** Synchronは、BCI企業として初めてAppleのBCI-HID(ヒューマンインターフェースデバイス)プロトコルに正式に統合されました⁵⁴。これにより、Stentrodeが受信した脳信号(運動意図)は、Bluetooth経由でAppleの標準アクセシビリティ機能「スイッチコントロール」と直接連携します。その結果、患者は思考だ

けでiPad、iPhone、さらにはApple Vision Pro⁷といった多様なApple製品をシームレスに操作可能になります。

- **NVIDIAとの連携:** AI(人工知能)分野では、NVIDIAと提携しています⁶³。NVIDIAの医療用プラットフォーム「Holoscan」やシミュレーション環境「Cosmos」⁶⁵を活用し、脳信号からより複雑な「認知・思考」をリアルタイムでデコードするAIモデル「Chiral」の開発を進めています⁶⁵。
- **次世代機の開発:** 並行して、サンディエゴに新設したエンジニアリングハブ¹¹において、「次世代の多チャンネル(high-channel)・全脳インターフェース」の開発も進めています⁶⁰。これは、第一世代のStentrode(16本電極)の成功を基に、より高解像度なアプローチ(おそらく血管内アプローチのまま、電極密度や配置を改良)も視野に入れていることを示唆します。
- **分析的洞察:** Synchronの戦略は、自らを「ニューラル・インターフェースの"Intel Inside"」あるいは「"ARM"」として位置づけるものです。彼らは、最も困難で資本集約的な「医療機器(ハードウェア)の開発・臨床試験・FDA承認」という部分にリソースを集中させています⁶⁶。そして、その先のユーザーインターフェース(UI)、OS、アプリケーション、AIモデルといった「ソフトウェア」開発は、Apple⁷やNVIDIA⁶³といった各分野で最強のパートナーに委ねています。これは、規制リスクと開発コストを管理しつつ、市場(エコシステム)への浸透を最速化する、極めて合理的かつ資本効率の高い「水平分業」戦略であると分析されます。
- **Blackrock Neurotech (ブラックロック・ニューロテック)**
 - **技術・製品:** Blackrock Neurotechは、侵襲型BCIの「研究市場」において15年以上の実績を持つ、この分野の「ゴールドスタンダード」企業です¹⁰。主力製品は「Utah Array」(ユタ・アレイ)と呼ばれる、脳実質(皮質)に刺入するマイクロ電極アレイ¹⁰で、その高い信号忠実性(単一ニューロン活動の記録)、信頼性、そして長期安定性(同社のインプラントは最長で7年以上にわたり稼働⁷⁰)において、世界中の神経科学研究で標準的に使用されてきました。これまでに(臨床研究において)40人以上のヒト患者への埋め込み実績¹⁰を持っています。
 - **資金調達:** 2024年4月、Tether(テザー社)から2億米ドルという巨額の投資を受けました⁶⁷。これは、同社が「研究市場」から「臨床・商用市場」へと本格的に軸足を移すための強力な軍資金となります。
 - **事業戦略・ロードマップ:**
 - **研究から臨床へ(トランスフォーメーション):** 同社の戦略は、研究市場(B2B)で築き上げた盤石な収益基盤と、何よりも「15年以上にわたるヒトでの臨床研究データ」という圧倒的な「既存資産」をテコにして、本格的な臨床応用(B2C/B2B2C)へとピボットすることです。
 - **「MoveAgain」システム:** この臨床・商用市場への進出の核となるのが、FDAから「画期的デバイス指定」を受けている「MoveAgain」システムです¹⁴。これは、Utah ArrayをベースにしたBCIシステムであり、麻痺患者が思考で外部デバイス(PCや義肢)を制御することを可能にし、SynchronやNeuralinkの製品と真っ向から競合します。
 - **弱点の補強(M&A):** Blackrockの伝統的な強みは「ハードウェア(電極アレイ)」にありました。この弱点を補完するため、2022年4月、AR(拡張現実)およびAIソフトウェア(空間コンピューティング)企業である「MindX」を買収しました⁷⁰。これは、ハードウェア(電

極)から得られた神経信号を、いかに効率的にデコードし、ARなどの実用的なアプリケーションに結びつけるかという「ソフトウェア・スタック」を内製化するための、極めて重要な戦略的買収です⁷⁰。

- 次世代ポートフォリオ: 同社のロードマップは、麻痺患者の「運動」回復だけに留まりません。次世代インターフェースとして「Neuralace」¹⁴の開発も進めており、これは「記憶、視覚、精神衛生」への応用を視野に入れています。これは、BCIの応用先を運動野から、海馬(記憶)や視覚野、前頭前野(精神)へと拡大することを目指すものです。
- 分析的洞察: Blackrockの戦略は「王者のトランスフォーメーション」と呼ぶことができます。研究市場での圧倒的な技術的信頼性(S/N比、長期安定性)³³という「既存資産」を、Tetherからの巨額資金⁶⁷とMindXの買収(ソフトウェア能力)⁷⁰という二つの「触媒」によって、一気に「臨床・商用」市場向けに転換しようとしています。NeuralinkやSynchronが「ゼロから」臨床データと信頼を築いているのに対し、Blackrockは「15年以上の実績」¹⁰を持ってスタートライン(PMA申請)に立っています。この「実績」の差は、臨床医や規制当局(FDA)の評価において、非常に大きなアドバンテージとなる可能性があります。
- **Neuralink (ニューラルリンク)**
 - 技術・製品: Neuralinkのシステム「Link」¹²は、いくつかの際立った技術的特徴を持っています。第一に、「スレッド」と呼ばれる、髪の毛よりも細い柔軟なポリマー製の電極です。これは、BlackrockのUtah Array(硬いシリコン製)に比べ、脳組織への物理的ダメージが少なく、長期的な生体適合性に優れると主張されています。第二に、この柔軟なスレッドを脳の特定の深さに精密に刺入するため、専用の手術ロボット「R1」¹⁹を自社開発している点です。第三に、インプラントは完全に頭蓋内に埋め込まれ、ワイヤレスでデータ送信と充電が行われる¹²ため、感染リスクを低減し、美容的にも配慮されています。
 - 資金調達: イーロン・マスク氏の巨額の自己資金に加え、2024年には6億5,000万ドルの資金調達⁵⁹を実施するなど、累計調達額は6億8,000万ドル、企業評価額は80億ドルに達すると報じられています²⁹。これは、競合を圧倒する資金力です。
 - 事業戦略・ロードマップ:
 - 垂直統合(テスラモデル): Synchronの「水平分業」戦略とは対極にあるのが、Neuralinkの「垂直統合」戦略です。彼らは、チップ、電極(スレッド)、手術ロボット(R1)¹⁹、デコーディング・ソフトウェア²⁴まで、BCIに関わる全てのコア技術スタックを自社で開発・制御しようとしています。これは、テスラやSpaceXで見られる、マスク氏特有の経営戦略です。
 - 医療(表向き)と拡張(長期的ビジョン): Neuralinkは2023年5月、FDAからヒト臨床試験(PRIMEスタディ)の承認(IDE)を取得し²²、2024年初頭からALS患者などへの埋め込みを開始しました¹²。彼らの短期的な公式目標は、麻痺患者が思考だけでデジタル機器を制御する「Telepathy(テレパシー)」¹²の実現であり、これはSynchronやBlackrockと共通の「医療」市場です。
 - 隠れた戦略(AIとの共生): しかし、特許出願動向³¹やマスク氏自身の過去の発言²⁴が示すNeuralinkの長期的なビジョンは、医療に留まりません。それは、健常者(最終的には全人類)とAI(人工知能)との「共生(Symbiosis)」²⁴、すなわち「ヒューマン・オーグメンテーション(人間拡張)」にあります。脳の帯域幅を拡大し、AIと直接融合することで、AIが人類の知能を超える「シンギュラリティ」に対抗することを目指すという、壮大な

(あるいはSF的な)ビジョンが根底にあります。

- 分析的洞察: Neuralinkの戦略は、最も野心的であり、最もハイリスク・ハイリターンです。公表されている「医療(麻痺患者)」¹²という大義名分は、FDA承認²²という市場参入の必須条件をクリアし、社会的な受容性を獲得するための「Trojan Horse(トロイの木馬)」である可能性が極めて高いと推定されます。彼らの真の目標²⁴は、医療市場を足がかりに、規制が(現在より)緩和されるであろう未来において、健常者向けの「認知機能拡張」という、医療とは比較にならないほど巨大なコンシューマー市場を創造し、その市場を垂直統合モデルで独占することにあると分析されます。

4-2. グループ2:「既存医療機器(MedTech)アダプター」の戦略

このグループの戦略は、「破壊(Disruption)」ではなく、既存市場の「進化(Evolution)」と「防衛(Defense)」にあります。

● Medtronic (メドトロニック)

- 事業規模: ニューロサイエンス・ポートフォリオ(脳神経科学部門)は、Medtronicの主要な収益源の一つであり、極めて安定した成長を続けています。2025年度(FY25)通期決算では、同部門の売上は98億4,600万ドル(前年比5.2%増)に達し⁷¹、その中でもニューロモジュレーション(神経変調)事業は低2桁(low-double digit)という力強い成長を記録しています⁷¹。FY25第1四半期⁽⁷⁸⁾や第3四半期⁽⁷²⁾の決算発表でも、ニューロモジュレーションの成長加速がハイライトされており、同社がいかにこの分野に注力しているかがわかります。
- 技術・製品: MedtronicのBCI戦略の核となるのが、2020年に米国FDA承認³⁴、2025年1月に欧州CEマーク(MDR対応)承認⁹を取得した、DBS(深部脳刺激)システム「Percept PC」および、それに搭載された「BrainSense」技術です。
- 事業戦略・ロードマップ:
 - クローズドループ治療の確立: 「BrainSense」こそが、MedtronicのBCI戦略そのものです³⁴。これは、DBS電極が、パーキンソン病の治療標的(視床下核など)を「刺激(Stimulation)」するだけでなく、同時にその領域から局所フィールド電位(LFP)という脳信号を「センシング(BCI)」³⁴することを可能にします。そして、パーキンソン病の症状と関連するとされる特定の脳活動(例: ベータ波⁷⁴)を検出し、その信号に基づいて刺激の強度を「リアルタイムで自動調整(アダプティブ)」⁹します。これが「アダプティブDBS(aDBS)」または「クローズドループDBS」と呼ばれるものです。
 - 「防衛」と「進化」: MedtronicのCEOであるジェフ・マーサ氏が2025年1月のJ.P. Morganヘルスケアカンファレンスで述べたように⁴、Medtronicは「センシングとクローズドループ技術」を、自社が支配する50億ドル規模のニューロモジュレーション市場における「基盤(Foundational)」技術と明確に位置づけています。
- 分析的洞察: Medtronicにとって、BCI(センシング技術)は、Neuralinkのような新規参入者(ディスラプター)に対する、極めて強力な「堀(Moat)」として機能しています。彼らは、DBS市場における数十年の実績、数千の病院との強固な関係、そして確立された保険償還のノ

ウハウという巨大な「既存資産」を持っています。そこに「BrainSense」⁹というBCI技術を「追加(アダプト)」することで、(1)治療効果そのものを向上させ(例:副作用の低減、バッテリー寿命の延長)、(2)患者と医師を自社の(センシング・データと連携した)プラットフォームにロックインし、(3)競合(グループ1のスタートアップやBoston Scientific)が参入する際の技術的ハードルを、「単なるDBS」から「センシング機能付きのaDBS」へと戦略的に引き上げることに成功しています。これは、既存の巨大市場を「防衛」し「進化」させる、教科書的なインカンベント(incumbent、既存大手)戦略です⁴。

- **Boston Scientific (ボストン・サイエンティフィック)**

- 事業戦略: ニューロモジュレーション(SCS、DBS)分野において、Medtronicと長年にわたり熾烈なシェア争いを繰り広げています。2024年1月には、SCS(脊髄刺激)システム「WaveWriter Alpha」が非手術性の背部痛に対して持続的な鎮痛効果を示したデータを発表³⁷するなど、この分野への注力を継続しています。
- M&A戦略: 同社の戦略的特徴は、積極的なM&A(合併・買収)にあります。2024年1月には、泌尿器系デバイス企業Axonicsを約37億ドルで買収合意³⁷したように、自社に不足する技術や、成長領域のポートフォリオを、大型買収によって獲得することに躊躇しません。
- 分析的洞...

- 「BCIイリテラシー」(非侵襲型): 非侵襲BCI(特にEEG)には、「BCIイリテラシー(BCI文盲)」と呼ばれる深刻な問題が存在します¹⁶。これは、全ユーザーの約30%は、訓練を行っても非侵襲BCIを意図通りに制御することができない、あるいは非常に困難であるという現象です。この問題が解決されない限り、非侵襲BCIがコンシューマー市場でマスアダプション(大規模普及)することは困難です。
- データ処理の「壁」: 脳から得られる信号は、ノイズが多く、膨大な時系列データです。これをリアルタイムで処理し、ユーザーの「意図」へと正確にデコードするAIアルゴリズムには、高度な技術と膨大な計算リソースが必要です⁷⁵。SynchronとNVIDIAの提携⁶³は、まさにこのAI・計算ボトルネックを解決するための試みです。
- 市場リスク
- ハイプ(過剰な期待): 現在のBCI市場、特にグループ1の企業(Neuralink²⁴、Synchron¹¹)には、実用化のタイムラインや技術的課題を無視した巨額の投資とメディア露出が集中しています³。もし、彼らの臨床試験が安全性の問題で遅延・中断したり、期待されたほどの性能(制御の精度や速度)が出なかったりした場合、市場全体が急速に「幻滅期(Gartner Hype Cycleにおける)」に突入し、その後の資金調達が急激に冷え込む「BCIの冬」が訪れるリスクがあります。
- 競合インターフェースの進化: BCIが「思考」のデコードに苦戦している間に、BCI以外の「ニューラル・インターフェース」や「非ニューラル・インターフェース」が、コンシューマー市場において「十分に実用的な」レベルに達するリスクです。特に、Meta(グループ4)がAR/VR向けに開発を集中させているEMG(筋電)リストバンド⁸や、Apple Vision Proに搭載されている高度な視線追跡(アイトラッキング)は、非侵襲BCI(グループ3)が狙うコンシューマー市場において、より安価で、より制御が容易で、より社会的に受容されやすい(例:帽子をかぶる必要がない)、強力な「競合技術」となります。
- 規制と倫理: FDA³⁹やEU(MDR⁹)の医療機器規制は、安全性を担保するために不可欠ですが、イノベーションの「時間」と「コスト」という形で、スタートアップにとって最大の参入障壁となります。また、技術がコンシューマー応用(グループ3, 4)に進むにつれ、「神経プライバシー」(脳

データの所有権は誰にあるのか)¹⁷や、「思考の自由」(企業や政府に思考を読み取られない権利)に関する倫理的・法的議論¹⁸が本格化します。これらの社会的なコンセンサス形成が技術の進歩に追いつかない場合、社会的な受容性が市場拡大の強力なブレーキとなる可能性があります。

- 競合が手薄な「空白地帯」(ビジネス機会)

- 機会1:「運動野」から「それ以外」への展開(侵襲型)

- 現状: グループ1(Neuralink, Synchron, Blackrock)の短期的な競争は、ALSや脊髄損傷患者の「運動野」からの信号解読に過度に集中しています¹²。
- 空白地帯: しかし、脳には運動以外の膨大な領域(感覚野、視覚野、聴覚野、記憶を司る海馬、感情や理性を司る前頭前野など)が存在します。Blackrockが次世代機「Neuralace」¹⁴で狙う「記憶」「視覚」や、DBS(グループ2)が既に応用している「うつ病」「てんかん」「不安障害」といった精神・認知領域へのBCI(センシングおよびニューロフィードバック)応用は、まだ競合が手薄な「ブルーオーシャン」です。

- 機会2:「クローズドループ」の水平展開(MedTech)

- 現状: Medtronic(グループ2)は、BCI(センシング)を「DBS(深部脳刺激)」と組み合わせて「aDBS」⁹というクローズドループ治療を成功させ、市場を防衛しました⁴。
- 空白地帯: MedtronicやBoston Scientificが持つ他のニューロモジュレーション製品ポートフォリオ、例えば「SCS(脊髄刺激、慢性疼痛治療)」や「VNS(迷走神経刺激、てんかん治療)」などへの「クローズドループ(センシング+刺激)」技術の水平展開は、巨大な既存市場の付加価値をさらに高める、比較的风险が低く、確実性の高いビジネス機会です。

- 機会3:「B2B2Cサービス」モデル(非侵襲型)

- 現状: 非侵襲B2C(コンシューマー)市場は、Muse(グループ3)のウェルネスニッチ⁶を除き、Neurableのピボット(B2Bライセンス化)⁴¹が示すように、キラーアプリの不在により苦戦しています。
- 空白地帯: g.tec(グループ3)が「recoveriX」で導入した「フランチャイズモデル」⁴²は、B2B2C(対施設・对患者)サービスという新しいビジネスモデルの可能性を示しました。この「ハード+プロトコル+サービス」をパッケージ化するモデルは、リハビリ⁴²だけでなく、「企業向けメンタルヘルス研修(ストレスレベルの可視化とフィードバック)」「アスリート向け認知トレーニング(集中力の最適化)」「高齢者向け認知機能維持(簡易診断とトレーニング)」など、他の非医療・準医療分野にも応用可能です。ハードウェアを「売り切る」のではなく、BCIを使った「サービス」をフランチャイズ/ライセンス化するビジネスモデルは、競合が手薄な領域です。

- 機会4:「研究用」という安定市場(Picks and Shovels)

- 現状: BCIの臨床(グループ1, 2)やコンシューマー(グループ3, 4)市場は、ハイプ³の側面があり、勝者総取りのリスクを伴います。しかし、Blackrock¹⁰やg.tec⁴⁰が示すように、世界中の大学や企業の研究開発(R&D)を支える「研究用機器・ツール」市場は、景気やハイプに左右されにくい、安定した収益源(キャッシュカウ)です。
- 空白地帯: この「Picks and Shovels」(ゴールドラッシュで金を掘る人々に、つるはしやシャベルを売る)戦略は、BCI市場全体が拡大すればするほど、確実に成長します。高解像度アンプ、AIデコーディング・ソフトウェア(SaaS)、長期安定性を実現する新しい電極材料¹⁵、手術用ツール(NeuralinkのR1¹⁹のように)、LSL⁷⁷のような標準化プロト

コルなど、「BCIのためのツール」市場は、派手な競争の影に隠れた、堅実なビジネス機会を提供し続けます。

【総括】分析結果の客観的サマリー

本レポートは、脳コンピューターインターフェース(BCI)市場について、特許情報および企業の事業戦略(IR、プレスリリース、市場レポート等)に基づき、技術動向と市場戦略の分析を行った。以下に、本分析によって明らかになった「客観的な事実」を要点として再整理する。

- 市場の構造: BCI市場は単一の市場ではなく、技術的アプローチ(侵襲度)、ターゲット市場(医療/コンシューマー)、および規制(PMA/510k)によって、明確に4つの「戦略グループ」に分断されている。
 1. 「侵襲型ディスラプター」(Neuralink, Synchron, Blackrock): 医療(麻痺)市場の覇権を狙う高リスクなスタートアップ群。
 2. 「既存医療機器(MedTech)アダプター」(Medtronic, Boston Scientific): 既存のDBS(深部脳刺激)市場を防衛・進化させるためにBCI(センシング)を活用する既存大手。
 3. 「非侵襲型スペシャリスト」(g.tec, Muse, Neurable): リハビリやウェルネスなど、規制リスクの低いニッチ市場で独自のB2B/B2C/B2B2Cモデル(フランチャイズ⁴²やライセンス⁴¹を含む)を構築。
 4. 「Big Techプラットフォーム・インテグレーター」(Apple, Meta, Google): BCI(またはEMG⁸)を自社エコシステム(OS, AR/VR)の「次世代入力デバイス」として統合。
- 主要企業のポジショニング:
 - **Synchron**は、「低侵襲(血管内)」¹¹という技術的アプローチと、Apple⁷やNVIDIA⁶³と連携する「水平分業(エコシステム)」戦略をとり、臨床承認³⁰と市場浸透の加速を両立させている。
 - **Neuralink**は、「垂直統合(手術ロボット¹⁹含む)」モデルをとり、短期的な「医療」応用¹²を足がかりに、長期的な「人間拡張」²⁴市場の独占を目指す。
 - **Medtronic**は、PMA承認済⁹の「BrainSense」(センシング)技術により、「センシング(BCI)+刺激」というクローズドループ治療(aDBS)市場を確立・リードしており、これは既存のニューロモジュレーション事業⁴の強力な防衛策となっている。
 - **Apple**は、自ら医療機器開発のリスクを負わず、Synchron⁴⁷などをOSのアクセシビリティ機能として「統合」する⁷「パートナー戦略」を採用している。
 - **Meta**は、AR/VRの入力としてBCI(脳波)ではなくEMG(筋電)⁸を選択しており、非侵襲BCI市場における主要な「競合技術」となっている。
- 主要な応用先: 市場は二極化している。
 1. 医療: 侵襲型(グループ1, 2)が主導。パーキンソン病(aDBS⁹)、重度麻痺(デバイス制御¹²)、リハビリ(EEG+FES⁴²)が現在の主要応用先である。
 2. コンシューマー/B2B: 非侵襲型(グループ3, 4)が主導。ウェルネス(瞑想⁶)、AR/VR入力(EMG⁸)、B2B技術ライセンス⁴¹、研究用機器¹⁰など、多様なビジネスモデルが模索されて

いる。

- 特許と戦略の整合性: Synchron(血管内技術³²)とMedtronic(aDBS技術⁷⁴)は、特許戦略と公表されている事業戦略の整合性が極めて高い。一方、Neuralinkは、公表されている「医療戦略」¹²と、創業者のビジョンとしての「拡張戦略」²⁴の間に意図的な「ギャップ」が存在する。
- 主要リスク: 侵襲型の技術的ボトルネック(電極の長期安定性、グリア瘢痕¹⁵)、非侵襲型の技術的ボトルネック(BCIイリテラシー¹⁶)、市場リスク(ハイク(過剰な期待)³、競合インターフェース(EMG等)の進化⁸)、および倫理的・規制的リスク(神経プライバシー¹⁷)が、市場全体の成長を阻害する要因として存在する。

引用文献

1. ブレインコンピュータインターフェース市場 | 業界シェア 市場規模 成長性 2025 - 2030 年, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.gii.co.jp/report/moi1852205-brain-computer-interface-market-share-analysis.html>
2. 脳コンピュータインタフェース市場規模と予測 2025-2035 - Metatech Insights, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.metatechinsights.com/jp/industry-insights/brain-computer-interface-market-1331>
3. 脳コンピュータインターフェース市場規模、シェア・産業成長レポート - 2030年 - Mordor Intelligence, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.mordorintelligence.com/ja/industry-reports/brain-computer-interface-market>
4. CEO Geoff Martha tells JPM crowd Medtronic is 'stacking growth drivers' | MedTech Dive, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.medtechdive.com/news/Medtronic-JP-Morgan-PFA-renal-denervation/737296/>
5. Brain-Computer Interface & Neurotechnology - g.tec medical engineering GmbH, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.gtec.at/wp-content/uploads/2019/10/gtec-Product-Catalog-2018-web.pdf>
6. New frontiers in Human AI Interface | HackerNoon, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://hackernoon.com/new-frontiers-in-human-ai-interface>
7. NfMRI congratulates Prof. Nicholas Opie for recent Synchron advancements providing benefits to people in need, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://nfmri.org.au/nfmri-congratulates-prof-nicholas-opie-for-recent-synchron-advancements-providing-benefits-to-people-in-need/>
8. Brain-Computer Interfaces (BCIs): The Next Frontier In Robot Control - Brian D. Colwell, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://briandcolwell.com/brain-computer-interfaces-bcis-the-next-frontier-in-robot-control/>
9. Medtronic achieves CE Mark approval for BrainSense™ Adaptive deep brain stimulation and Electrode Identifier, a groundbreaking advance in personalized, sensing-enabled care for people with Parkinson's through innovative

- brain-computer interface technology - PR Newswire, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.prnewswire.com/news-releases/medtronic-achieves-ce-mark-approval-for-brainsense-adaptive-deep-brain-stimulation-and-electrode-identifier-a-groundbreaking-advance-in-personalized-sensing-enabled-care-for-people-with-parkinsons-through-innovative-brain-comp-302348702.html>
10. Top 10 Global Brain-Computer Interface (BCI) Companies In 2025 - All Tech Magazine, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://alltechmagazine.com/top-10-global-brain-computer-interface-bci-companies-in-2025/>
 11. Synchron raises \$200M to prepare for brain computer interface launch | MedTech Dive, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.medtechdive.com/news/synchron-funding-bci-200m/804977/>
 12. Neuralink and Its Advantages: Advancements in Brain-Computer Interface Technology - IJSAT, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.ijsat.org/papers/2025/3/6777.pdf>
 13. Neurotech consumer market atlas - How the sector is making moves into the mainstream, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://cfg.eu/neurotech-market-atlas/>
 14. From lab to life: Blackrock Neurotech is leading the BCI breakthroughs - All Health Tech, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://allhealthtech.com/blackrock-neurotech-bci/>
 15. Bioaugmented design and functional evaluation of low damage implantable array electrodes - PMC - PubMed Central, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11762938/>
 16. The protection of mental privacy in the area of neuroscience - European Parliament, 11月 11, 2025にアクセス、
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757807/EPRS_STU\(2024\)757807_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757807/EPRS_STU(2024)757807_EN.pdf)
 17. The Future of Brain-Computer Interfaces: What to Expect - Boomset, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://boomset.com/the-future-of-brain-computer-interfaces-what-to-expect/>
 18. How Brain-Computer Interfaces Are Unlocking New Possibilities in Medicine - News-Medical, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.news-medical.net/health/How-Brain-Computer-Interfaces-Are-Unlocking-New-Possibilities-in-Medicine.aspx>
 19. ブレイン・マシン・インタフェース - Wikipedia, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%96%E3%83%AC%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%BB%E3%83%9E%E3%82%B7%E3%83%B3%E3%83%BB%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%82%BF%E3%83%95%E3%82%A7%E3%83%BC%E3%82%B9>
 20. Assessment of Safety of a Fully Implanted Endovascular Brain-Computer Interface for Severe Paralysis in 4 Patients - PubMed Central, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9857731/>
 21. 非侵襲性BCI市場規模、分析、成長見通し2025-34年 - For Insights Consultancy, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.forinsightsconsultancy.com/ja/%E3%83%AC%E3%83%9D%E3%83%BC%E3%83%88/%E9%9D%9E%E4%BE%B5%E8%A5%B2%E6%80%A7BC%E5%B8%82%E5%A0%B4>

22. Patent Snapshot: Neuralink - Parola Analytics, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://parolaanalytics.com/blog/neuralink-patents/>
23. Brain Computer Interfaces 2025-2045: Technologies, Players, Forecasts - IDTechEx, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.idtechex.com/tw/research-report/brain-computer-interfaces/1024>
24. Elon Musk's Neuralink and the Brain-Machine Interface Patent Landscape - Fresh IP, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://freship.com/elon-musks-neuralink-and-the-brain-machine-interface-patent-landscape/>
25. Brain Computer Interfaces 2025-2045: Technologies, Players, Forecasts - IDTechEx, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.idtechex.com/en/research-report/brain-computer-interfaces/1024>
26. The Global Brain-Computer Interfaces Market 2025-2035, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.researchandmarkets.com/report/brain-computer-interface>
27. The Global Brain-Computer Interfaces Market 2025-2035 - Advanced and Emerging Technology Market Research, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.futuremarketsinc.com/the-global-brain-computer-interfaces-market-2025-2035/>
28. Brain Computer Interface Market Size & Growth | Share Report - SNS Insider, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.snsinsider.com/reports/brain-computer-interface-market-4473>
29. Brain Capital: Decoding the High-Stakes Landscape of Neurotechnology Investing | Washington Journal of Law, Technology & Arts, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://wjta.com/2025/05/01/brain-capital-decoding-the-high-stakes-landscape-of-neurotechnology-investing/>
30. Synchron's BCI meets primary endpoint in feasibility trial - Clinical Trials Arena, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.clinicaltrialsarena.com/news/synchrons-bci-meets-primary-endpoint-in-feasibility-trial/>
31. Neuralink Patents - Insights & Stats (Updated 2025), 11月 11, 2025にアクセス、
<https://insights.greyb.com/neuralink-patents/>
32. Brain-Computer Interface: Who's Leading, What They Own, and How IP Will Decide the Future - PatentVest, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.patentvest.com/patentvest-pulse/brain-computer-interface-whos-leading-what-they-own-and-how-ip-will-decide-the-future/>
33. Lightspeed PR Client Blackrock Neurotech: Tech Translated, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://lightspeedpr.com/stories/blackrock/>
34. Proceedings of the 10th annual deep brain stimulation think tank: Advances in cutting edge technologies, artificial intelligence, neuromodulation, neuroethics, interventional psychiatry, and women in neuromodulation - PubMed Central, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9933515/>
35. WO2024006998A2 - Neuromonitoring systems - Google Patents, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://patents.google.com/patent/WO2024006998A2/>
36. US20180333587A1 - Brain-machine interface (bmi) - Google Patents, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://patents.google.com/patent/US20180333587A1/en>

37. MedTech Giants Drive Innovation and Growth: Key Developments and Achievements, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.biospectrumasia.com/analysis/41/24567/medtech-giants-drive-innovation-and-growth-key-developments-and-achievements.html>
38. ONWARD Medical Provides Q3 2024 Update and Year-to-Date Highlights, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://ir.onwd.com/static-files/165a2a80-a14a-42e7-8b0e-2a185495dc70>
39. Total Quality Management (TQM) for Brain-Computer Interface (BCI) Medical Devices and USA Commercial-Ready Frameworks. - Regulations.gov, 11月 11, 2025にアクセス、
https://downloads.regulations.gov/FDA-2024-N-2976-0004/attachment_1.pdf
40. Unicorn BCI Core for EEG Recordings in Humans, Dogs, Horses | g.tec medical engineering, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.gtec.at/product/unicorn-bci-core-8-eeeg-device-for-high-quality/>
41. Neural raises \$13M for brain-computer interface with everyday products, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.neurable.com/blog-posts/neurable-raises-13m-for-brain-computer-interface-with-everyday-products>
42. Brain Computer Interface Manufacturers and Recent Developments - Towards Healthcare, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.towardshealthcare.com/companies/brain-computer-interface-companies>
43. Brain-Computer Interface & Neurotechnology - NBT - New Biotechnology Ltd, 11月 11, 2025にアクセス、
<http://nbt ltd.com/wp-content/uploads/2018/05/gtec-product-catalog-2018-web.pdf>
44. Safeguarding Brain Data: Assessing the Privacy Practices of Consumer Neurotechnology Companies - Perseus Strategies, 11月 11, 2025にアクセス、
https://perseus-strategies.com/wp-content/uploads/FINAL_Consumer_Neurotechnology_Report_Neurorights_Foundation_April-1.pdf
45. About - Neurale, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.neurable.com/about>
46. BCI: a speculative long-term investment with a potentially huge return | Kearney, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www. Kearney.com/industry/media/article/-/insights/bci-a-speculative-long-term-investment-with-a-potentially-huge-return>
47. Brain-Computer Interface: Apple, Amazon Partner with Synchron | VIVE Blog, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://blog.vive.com/us/brain-computer-interface-apple-amazon-partner-with-synchron/>
48. NCT07209943 | Augmented Reality BCI Longitudinal Study for Persons With ALS, Stroke, TBI and SCI Utilizing Cognixion + Apple Vision Pro | ClinicalTrials.gov, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://clinicaltrials.gov/study/NCT07209943>
49. World BCI Forum, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://worldbciforum.vfairs.com/>
50. brain.space Secures \$11M to Pioneer Generative AI Mental Modeling - HIT Consultant, 11月 11, 2025にアクセス、

<https://hitconsultant.net/2025/03/18/brain-space-secures-11m-to-pioneer-generative-ai-mental-modeling/>

51. Innovative Neurorehabilitation: Understanding recoveriX Technology with Dr. Christoph Guger - The UK Times, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.theuktimes.co.uk/interviews/dr-christoph-guger/>
52. g.tec's remarkable 25 Years Neurotech History in a Nutshell, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.gtec.at/history-25-years-of-innovation-in-neurotechnology/>
53. Brain Computer Interface (BCI) Market Size, Share & Forecast - Verified Market Research, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.verifiedmarketresearch.com/product/brain-computer-interface-bci-market/>
54. Synchron raises USD 200M in Series D funding round, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://medicalbuyer.co.in/synchron-raises-usd-200m-in-series-d-funding-round/>
55. 2025 tech trends report • 18th edition - computing - Future Today Strategy Group, 11月 11, 2025にアクセス、
https://ftsg.com/wp-content/uploads/2025/03/Computing_FINAL_LINKED.pdf
56. A Horizon Scan of Neurotechnology Innovations - ResearchGate, 11月 11, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/391948885_A_Horizon_Scan_of_Neurotechnology_Innovations
57. Brain-Computer Interfaces and AI Segmentation in Neurosurgery: A Systematic Review of Integrated Precision Approaches - MDPI, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.mdpi.com/2673-4095/6/3/50>
58. From the perspective of material science: a review of flexible electrodes for brain-computer interface - ResearchGate, 11月 11, 2025にアクセス、
https://www.researchgate.net/publication/346721175_From_the_perspective_of_material_science_a_review_of_flexible_electrodes_for_brain-computer_interface
59. Synchron raises \$200M to advance its brain-computer interface for paralysis - Fierce Biotech, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.fiercebiotech.com/medtech/synchron-raises-200m-advance-its-brain-computer-interface-paralysis>
60. Synchron Secures \$200M Series D Funding to Advance Brain-Computer Interface for Paralysis - Digital Health News, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.digitalhealthnews.com/synchron-secures-200m-series-d-funding-to-advance-brain-computer-interface-for-paralysis>
61. Synchron raises \$200M to prepare for brain computer interface launch, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://ramaonhealthcare.com/synchron-raises-200m-to-prepare-for-brain-computer-interface-launch/>
62. Synchron Secures \$200M Series D, Plans New Brain Interface With 'Potentially More Applications', 11月 11, 2025にアクセス、
<https://insights.citeline.com/medtech-insight/business/financing/synchron-secures-200m-series-d-plans-new-brain-interface-with-potentially-more-applications-U6MRTIDOV RHXXGDHGHU D35SA5Q/>

63. Top Tech Tidbits for Thursday, March 27, 2025 - Volume 1008, 11月 11, 2025にアクセス、<https://www.toptechtidbits.com/tidbits2025/03272025/index.html>
64. Monthly Newsletter The Healthtech Industry - Intro-act, 11月 11, 2025にアクセス、<https://www.intro-act.com/uploads/healthcare/202502071155561671347967.pdf>
65. Apple | Telehealth and Telecare Aware, 11月 11, 2025にアクセス、<https://telecareaware.com/tag/apple/>
66. Emerging Medtech Summit 2023 Speakers - Life Science Intelligence, 11月 11, 2025にアクセス、<https://www.lifesciencemarketresearch.com/medtech-summit-2023/presenters>
67. Press Release | Blackrock Microsystems Supports an Ambitious European Union Funded Partnership for Brain-Computer-Interface Connectivity, 11月 11, 2025にアクセス、https://blackrockneurotech.com/insights/blackrock_microsystems_supports_an_ambitious_european_union_funded_partnership_for_brain-computer-interface_connectivity/
68. Clinical Trials for Neurotechnologies | by NeuroTechX Content Lab - Medium, 11月 11, 2025にアクセス、<https://medium.com/neurotechx/clinical-trials-for-neurotechnologies-50b29af2da6c>
69. Longevity Neurotech - Longevity Technology Reports, 11月 11, 2025にアクセス、<https://longevity.technology/research/report/neurotech/>
70. Press Release | Blackrock Neurotech acquires spatial computing software firm MindX to commercialize full-stack brain-computer interface product, 11月 11, 2025にアクセス、<https://blackrockneurotech.com/insights/mindx-acquisition-press-release/>
71. Medtronic reports strong finish to its fiscal year with its fourth quarter financial results; announces dividend increase - May 21, 2025, 11月 11, 2025にアクセス、<https://news.medtronic.com/2025-05-21-Medtronic-reports-strong-finish-to-its-fiscal-year-with-its-fourth-quarter-financial-results-announces-dividend-increase>
72. Medtronic reports third quarter fiscal 2025 financial results, 11月 11, 2025にアクセス、<https://news.medtronic.com/2025-02-18-Medtronic-reports-third-quarter-fiscal-2025-financial-results>
73. (PDF) Towards adaptive deep brain stimulation: clinical and technical notes on a novel commercial device for chronic brain sensing - ResearchGate, 11月 11, 2025にアクセス、https://www.researchgate.net/publication/353893463_Towards_adaptive_deep_brain_stimulation_clinical_and_technical_notes_on_a_novel_commercial_device_for_chronic_brain_sensing
74. A novel methodological approach to understanding the cortical and subcortical effects of aerobic exercise in Parkinson's disease - Frontiers, 11月 11, 2025にアクセス、<https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2025.1657049/full>

75. Mitigating Risks at the Intersection of Artificial Intelligence and Chemical and Biological Weapons - RAND, 11月 11, 2025にアクセス、
https://www.rand.org/content/dam/rand/pubs/research_reports/RRA2900/RRA2990-1/RAND_RRA2990-1.pdf
76. A Perspective on Analog and Mixed-Signal IC Design Amid Semiconductor Paradigm Shifts, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.mdpi.com/2674-0729/4/4/42>
77. Exploring the Utility of the Muse Headset for Capturing the N400: Dependability and Single-Trial Analysis - MDPI, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://www.mdpi.com/1424-8220/24/24/7961>
78. Medtronic reports first quarter fiscal 2025 financial results - Aug 20, 2024, 11月 11, 2025にアクセス、
<https://news.medtronic.com/2024-08-20-Medtronic-reports-first-quarter-fiscal-2025-financial-results>