

採 択 番 号 22801
 研究開発課題名 次世代 BMI システムの応用実現のための基盤技術の研究開発
 副 題 多点高密度神経電極と UWB 大容量高信頼無線を用いた次世代 BMI の研究開発

(1) 研究開発の目的

多点高密度神経電極の実用化ならびに、神経刺激による双方向 BMI の実現に向けた基盤技術の研究開発するとともに、UWB 大容量高信頼無線技術の研究開発とその標準化を行う。これにより、皮質脳波 BMI の性能、利便性、安全性、信頼性を大きく向上させる。また、皮質脳波と頭皮脳波の同時計測データのオープン化により、非侵襲 BMI の性能向上に貢献する。

課題228
採択番号22801 **次世代BMIシステムの応用実現のための基盤技術の研究開発**
 多点高密度神経電極とUWB大容量高信頼無線を用いた次世代BMIの研究開発

研究概要：世界をリードする日本の脳外科未来医療と先端無線ICTの融合により、次世代BMIシステムで革新的イノベーションを拓く。多点高密度神経電極の実用化・神経刺激による双方向BMIの実現に向けた基盤技術の研究開発するとともに、UWB大容量高信頼無線技術の研究開発とその標準化を行うことにより、皮質脳波BMIの性能、利便性、安全性、信頼性を大きく向上させる。また、皮質脳波と頭皮脳波の同時計測データのオープン化により、非侵襲BMIの性能向上に貢献する。

【研究開発期間】 令和4年度から令和7年度まで
【受託者】 国立大学法人大阪大学（代表研究者）、一般社団法人YRP国際連携研究所

(2) 研究開発期間

令和 4 年度から令和 7 年度（4 年間）

(3) 受託者

国立大学法人大阪大学<代表研究者>
 一般社団法人YRP国際連携研究所

(4) 研究開発予算（契約額）

令和 4 年度から令和 5 年度までの総額 80 百万円（令和 4 年度 40 百万円）
 ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目 1 多点高密度神経電極実用化に向けた基盤技術
 1-1. 多点高密度神経電極技術（大阪大学）

- 1-2. 多点皮質脳波信号解読技術（大阪大学）
- 1-3. 双方向BMIの実現のための神経刺激の応用技術（大阪大学）
- 1-4. 皮質脳波と頭皮脳波の同時計測データのオープン化（大阪大学）
- 研究開発項目2 UWB 大容量高信頼無線技術の研究開発とその標準化
 - 2-1. UWB 大容量高信頼無線技術（YRP国際連携研究所）
 - 2-2. BMI用のUWB無線通信技術の国際標準化（YRP国際連携研究所）

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	1	1
	標準化提案・採択	20	20
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：多点高密度神経電極実用化に向けた基盤技術

1-1. 多点高密度神経電極技術

長期安定計測が可能なシリコンポリマーベースの多点高密度皮質脳波電極の開発と動物での実証を目標とする。R4年度においては、長期信頼性評価のための高密度多点電極の開発に関連して、電極性能の長期評価を可能にするための高い耐久性を備えた128チャンネルの検証用電極の設計をNICTと連携して開始した。また、電極の作成工程において必要な資材類、具体的にはエポキシ樹脂や電極作成用治具のための各種素材の調達を行った。

開発した電極の留置手術を精密に行うためには脳外科用ナビゲーションシステムを用いた手術が必要となる。モデル動物に対する手術準備のためMRI撮影を行い、手術用ナビゲーションシステムのためのマーカーレジストレーション準備を行った。

1-2. 多点皮質脳波信号解読技術

開発された多点皮質脳波信号を用いて取得された信号の高精度な解読手法構築を目標とする。R4年度では、段階1の到達運動課題に関する課題設計を行った。関連する先行研究の調査を行い、タスクパラメータ（試行における試行間待ち時間など種々のパラメータ、ターゲットの個数やその距離等）の策定を行った。多点皮質脳波信号の優位性を評価するためには先行研究との比較が必要となることから、タスクパラメータに関して適切な比較が行えるようなパラメータ範囲を考慮した。また、実際の行動課題に必要なマニピュランダム設計開発に必要な資材の調達を行った。モデル動物による意図しない操作に対して十分な耐久性を有するような構造を有するよう金属製プレートを配置するなどの構造に配慮した。

1-3. 双方向BMIの実現のための神経刺激の応用技術

1) 多チャンネルカフ型神経刺激電極の開発

動物実験で腕神経叢に容易に装着して確実に固定できる、神経叢の一部を選択的に刺激して末梢の支配筋を選択的に制御できる多チャンネルカフ型電極を設計・試作した。

2) 神経叢への電極植込み手技の開発

腕神経叢遠位部に電極を留置するための手術手技に関して、上肢痙縮の手術アプローチを参考に、腋下アプローチを考案した。サル動物実験にて、腋下アプローチを用いて1)で初期試作した刺激電極を腕神経叢遠位部に留置し、支配筋を選択的に刺激できることを確認した。

1-4. 皮質脳波と頭皮脳波の同時計測データのオープン化

本課題では「人工物の留置を最小限に抑え術後の頭皮を自然な状態に保つ」ECoGインプラント法を確立することを目標とする。R4年度においては、頭皮脳波および皮質脳波の計測

に向けてモデル動物の導入を行うとともに馴致を開始した。また、ECoG インプラント手術計画の策定（下記の項目2）に必要な構造脳 MRI 画像の撮影パラメータの検討を行った。加えて、頭皮脳波およびECoGの同時計測に向け、長期的な健全性を保つための手術に必要な資材を調達した。

研究開発項目2：UWB 大容量高信頼無線技術の研究開発とその標準化

2-1. UWB 大容量高信頼無線技術

- 1) 次世代BMI用高信頼UWB無線通信システムの基本設計、性能評価に必要な、頭蓋植込み送信機と体外受信機の装着位置に応じた(i)UWB電波伝搬モデル、(ii)通信信頼性を損なう要因となる周波数共用する同一、異種(UWB、狭帯域)無線システムの共存干渉モデルを、FDTD法などによるシミュレーション、実測により導出し、体系化した。
- 2) 基本システムに採用するUWB信号の同期捕捉、変復調、符号化復号などの物理層方式を、(1)で求めた伝搬モデルを用いて、Link Budgetに基づき、概略設計し、システム性能をシミュレーションし、各方式及び組み合わせ全体の有効性、解決すべき課題を抽出した。また、(1)の共存干渉モデルを用いて、共存システム間のパケット衝突(コンテンツン)を回避、低減するContention Free/Access HybridプロトコルのBeacon検出、ID認識のCCA、共通制御チャンネルとデータ伝送チャンネル設定などのMAC層方式の基本検討を行った。

2-2. BMI用のUWB無線通信技術の国際標準化

- 1) 新国際標準規格IEEE802.15.6maの代表応用として、本プロジェクトの次世代BMIシステムを位置づけ、3月12-17日米国アトランタで開催されたDependable BAN国際標準規格IEEE802.15TaskGroup{TG}6ma会合にて2-1の伝搬・干渉の基本モデルを標準規格の実用的な標準伝搬モデルとして報告し、物理層通信路符号化、MAC層C2C、パケットQoSレベルに応じた優先制御考案方式を標準規格方式として提案した。
- 2) 次年度以降の新標準規格IEEE802.15.6maの推進計画(5月統一規格0次案策定、7月統一1次規格策定、9月WG Letter Ballot、11月Comment Resolution、1月RevCom、Sponsor Ballot、3月Recirculation、5月2ndSB、7月RevCom承認)の基本的道筋を明確にした。

(8) 今後の研究開発計画

3か月以上の長期安定計測が可能な多点高密度神経電極の開発と動物での実証を目指し、電極やケーシングを開発し、動物への植込み手術を行い、データ取得を開始する。また、多元刺激デバイスの開発および組織学的評価の準備も開始する。

多点皮質脳波信号解読技術の開発に関しては、NICTとの連携の下で大規模電極の設計を行うとともに、評価段階1(到達運動課題)に関して動物の訓練を開始する。さらに段階2、3の運動課題の課題パラメータ設計を開始する。

神経叢を電気刺激できる植込みFES装置の動物実験原理検証機を開発する。馬尾神経叢にアプローチして電極を留置する手術を考案する。手術顕微鏡下に神経の分枝を剥離分離し、電気刺激にて、感覚神経と運動神経を見分ける手法を開発する。最終的に、開発した植込みFES原理検証機と神経叢刺激電極を統合してシステムを試作し、考案した手術アプローチを用いて動物実験にて有効性を評価する。

麻酔下のサルに、人工物の留置を最小限に抑え、術後の頭皮を自然な状態に保つECoG留置手術を行う。CoG-EEG同時計測用のサルの行動訓練のため、R4年度に準備したECoG電極インプラント用のサルに対して、チェアトレーニング、運動課題等を訓練し、次年度以降の、非全身麻酔下のECoG-EEG同時計測実験に備える。

得られた伝搬モデルと共存モデルに基づき、次世代BMIの高信頼化に応える物理層・MAC層技術考案、UWB無線システムの最悪性能を保証する基本システム設計・性能評価を行う。

この物理層・MAC層技術成果を高信頼無線BANの新標準規格の技術条件を満たす方式に採用されるように、他組織からの標準規格案を比較評価し、統合標準規格案の策定を行う。