

審査の結果の要旨

氏名 三井 美絵

学位請求論文は「神経インターフェイスのための神経電極に関する研究」と題し、7章からなる。第1章は緒言で、既存の神経インターフェイスの例とその特徴、神経インターフェイスの接続先である生体の神経系と神経細胞の説明、従来の神経電極の特徴とその問題点を明らかにしている。そして従来の神経電極の、神経線維への侵襲が大きい、計測中に神経線維と電極の計測点との位置ずれが生じる、計測した神経信号の分解能が低いという問題点を解決する新しい神経電極を目指す本論文の目的と立場と意義を明確に述べている。また本論文で開発した神経電極 A, B, C, D, E の概要を述べている。

第2章は「神経電極 A の開発」と題し、従来の神経束外電極に長期計測のための改良を加えた神経電極 A の開発について詳述している。神経電極 A は、神経線維と電極の計測点との位置ずれを軽減するために、電極部分をシリコンチューブ中に浮かせて固定し、埋込み後に神経束とシリコンチューブとの隙間をシリコン接着剤で埋め、シリコンチューブ全体を紐で固定している。ヤギの胸部迷走神経で3週間、心臓交感神経で1週間、S/N比が1.6の神経信号を計測することができ、神経電極 A の有効性を示唆している。

第3章は「神経電極 B の開発」と題し、従来の神経束内電極に長期計測のための改良を加えた神経電極 B の開発について詳述している。神経電極 B は、神経信号を長期間安定して計測するために電極の計測部分に白金黒と MPC 膜を付け、神経線維と電極の計測点との位置ずれを軽減するために埋込み後に電極全体をシリコンチューブとシリコン接着剤で固定している。ラットの大腿部坐骨神経で2週間、S/N比が2.25の神経信号を計測し、神経電極 B の有効性を示唆している。

第4章は「神経電極 C の開発」と題し、神経電極 B に比べて電極のチャンネル数が多く、計測部分の神経線維を痛めず神経束へ刺入でき、神経束への埋込みと固定が容易にでき、電極作成時の生産性の良い神経電極 C の開発について詳述している。ウサギの頸部迷走神経での評価実験を行ったところ、神経電極 C で計測した神経信号の S/N 比は神経電極 A に比べて 1.6 から 2.0 へと改善された。また神経電極 C は神経電極 B に比べ、神経信号の計測期間が2週間から3週間へと延び、神経束への埋込み時間が短縮され、電極作成時の生産性が上がり、神経電極 C の有効性を示唆している。

第5章は「神経電極 D の開発」と題し、微細加工技術を用いて神経電極 C を柔軟な Polyimide フィルムで作成した神経電極 D の開発について詳述している。神経電極 D では、神経線維への侵襲を軽減するだけでなく、電極の計測部分と神経線維との位置ずれをさらに

軽減するために、電極の計測部分付近に“かえし”構造を作成している。ウサギの頸部迷走神経での評価実験の結果、神経電極 D で計測した神経信号の S/N 比は神経電極 C と同程度の 1.9 であった。また神経束への刺入後に電極が抜けにくくなるという“かえし”構造の有効性を示唆している。

第 6 章は「神経電極 E の開発」と題し、従来の神経電極の、計測した神経信号の分解能が低いという問題点を解決するために、神経電極の全チャンネルに軸索 1 本のみが通れる大きさの“洞穴”構造を作成した軸索誘導機構を有する神経電極 E の開発について詳述している。本論文では、“洞穴”構造によって、神経電極上での神経信号の確実な多チャンネル単離、高い S/N 比での信号計測を目的とし、1 本の軸索のみを誘導する“洞穴”構造の最適な大きさを検証している。ニワトリ胚の後根神経節細胞を用いた *in vitro* での評価実験を行い、高さが 2 - 5 μ m の構造物内に 1 本の軸索が伸長するという知見を得ている。

第 7 章の「結論」において、以上の本論文の内容、神経電極 A, B, C, D, E の特徴と問題点をまとめ、それぞれの問題点に対する今後の展望を述べている。

以上、本論文は従来の神経電極の問題点を解決し、理想的な神経インターフェイスを実現するため、神経電極 A, B, C, D, E を作成し、それぞれについて評価実験を行い、その有効性を示唆している。理想的な神経インターフェイスを実現するためには、神経電極 A, B, C, D, E にはまだ解決すべき課題が山積しているが、本論文は、その第一段階ではあるものの、理想的な神経インターフェイスの実現に寄与しうると期待でき、医工学や生物学の分野に大きく貢献していると認められる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。