

審査の結果の要旨

谷口徳恭

ブレイン・マシン・インタフェース (BMI) の研究では、脳から神経細胞の活動情報を取得する必要がある。動物種や計測目的に応じた電極が必要となるが、その電極を自作するにあたり、目的に応じた配置変更が困難であったり、正確な電極の配置が困難であったり、つけ加えて製作に多くの時間と煩雑な作業があることが課題としてあげられる。そこで、本研究では実験目的に応じた配置変更が容易で、正確な電極の配置を可能とし、さらに短時間で製作可能で安価な神経電極の開発を試みたものであり、下記の結果を得ている。

1. 運動に関連する信号の取得に適した電極の開発のために、①大脳皮質の広範囲を対象とするもの (広範囲型アレイ)、②前肢・後肢・体幹を対象とするもの (3 列型アレイ) ③前肢・後肢を対象とするものの (分離型アレイ) 3 種類の電極アレイの設計を行った。
2. 電極を任意の間隔で簡単な操作で正確に配置するために TEM グリッドの格子穴を利用した、本論文では、離れた 2 枚の TEM グリッドに電極を通すのではなく、2 枚の重ねた TEM グリッドに電極を通し、その 2 枚を引き離す手法を利用した。その結果、3 種類の電極アレイのそれぞれの制作精度は、広範囲型： $95.2 \pm 58.5 \mu\text{m}$ 、3 列型： $34.6 \pm 24.36 \mu\text{m}$ 、分離型： $38.3 \pm 25.6 \mu\text{m}$ であった (それぞれ $n=7$ 、平均±標準偏差を示す)。また、電極の先端位置の垂直方向の標準偏差の平均値は、広範囲型： $103.8 \mu\text{m}$ 、3 列型： $21.5 \mu\text{m}$ 、分離型： $112.7 \mu\text{m}$ であった。これにより、正確な電極配置が行えることが確認された。
3. 作製に要した時間はアレイ化に要した時間は、広範囲型アレイが 13 分±2 分、3 列型アレイが 15 分±2 分、分離型アレイが 14 分±3 分であった (それぞれ平均±標準偏差を示す)。また、ワイヤをコネクタにハンダ付けし、電極アレイの整形を行うのに要した時間は広範囲型アレイが 18 分±4 分、3 列型アレイが 20 分±5 分、分離型アレイが 20 分±2 分であった。これにより、短時間で製作が可能であることが確認された。各アレイの設計については約 1 日であった。これにより、実験目的に応じた配置変更が容易であることが確認された。
4. 本アレイを組み上げるために必要な材料費は電極ワイヤから自作を行う場合には、1000 円以内であった。これにより、安価で製作が可能であることが確認された。
5. タングステンワイヤ電極を電極アレイに組み上げた後に、各々の電極についてのイ

インピーダンスの計測を行ったところ、 $102 \pm 51 \text{ k}\Omega$ （平均±標準偏差, $n=834$ ）、位相遅れ -69.3 ± 11 度（平均±標準偏差, $n=834$ ）であった。作製された電極アレイを用いて健常ラットから神経信号の計測を行い、死亡時と比較したところ、明確な神経波形が観察された。これにより、計測電極としての基本的性能が明らかになった。

以上、本研究では実験目的に応じた配置変更が容易で、正確な電極の配置を可能とし、さらに短時間で製作可能で安価な神経電極の開発を行い、それらの電極からの信号の取得が可能であったことについて確認された。神経電極の開発は BMI 研究のボトルネックと考えられる課題であり、大きな貢献を果たすと考えられ、学位の授与に値するものと考えられる。