

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 酒造 正樹

本論文は「マイクロテレメータによる昆虫の生体信号の計測」と題し、5章からなっている。テレメトリの手法は、主に動物の行動解析において有効であるが、他にも心電図の遠隔計測のような医学や福祉分野においても利用は広まっている。本論文は、体重が1g弱の昆虫（カイコガ）を対象として、行動の自由を阻害しないような低侵襲の小型軽量の計測デバイス（マイクロテレメータ）を試作することを目的としている。マイクロテレメトリシステムを試作する上で、問題となる点を明らかにし、そのシステムの設計と試作、評価について総合的に論じている。また試作したマイクロテレメータを用いて実際にカイコガの飛翔筋の筋電位を計測することで、システム全体の有効性を示している。

第1章は「序論」であり、研究の目的と意義、背景、論文の構成について述べている。

第2章「LEDを用いた光テレメトリシステム」では、本研究で試作したテレメータの信号処理回路について、光を用いたトランスミッションの方法について提案している。具体的には、筋電位のテレメトリにおいて、解析の際に必要なパラメータは発火タイミングであるので、それをLEDの点灯により計測する手法を提案し、従来の無線方式におけるテレメータと比較して電気回路の構成が1組のアンプとLEDにより構成されるので非常にシンプルであるとしている。本章で提案した回路を固定状態にあるカイコガに取り付け、はばたいているときの飛翔筋の筋電位を計測した。駆動源は9Vの電池とした。有線により計測した筋電位と、ハイスピードビデオカメラを用いて計測したLEDの点灯フレームを比較して同じ結果が得られていることを確認している。

第3章「電磁誘導を用いたリモートパワリングシステム」では、本研究で試作したテレメータを駆動する方法として、外部から非接触でエネルギーを供給するリモートパワリングシステムについて提案している。リモートパワリングの方式として電磁誘導を用いたエネルギー供給を採用している。昆虫に搭載可能なサイズを実現する上での条件の検討と、その回路設計および試作をおこなった。電磁誘導の原理を用いる上でコイルの形状とサイズは電力変換効率に関係する。空芯コイル、平面コイル、磁性体のコアの入ったコイルの3種類のコイルについて検討し、十分な電力を得ることができ昆虫に搭載可能なものはフェライトコアにコイルを巻いたものとしている。また、2次元を移動するカイコガからの生体信号を計測することを想定して、計測可能な場所とコイルの姿勢を調べている。変圧器のように静止したものに対するにおけるパワリングと異なり、昆虫が自由に位置や姿勢を変化することによる電力の変化について調べておくことは重要である。

第4章「生体信号計測」では、第2章と第3章において述べた光テレメータとリモートパワリングという要素技術を統合して、実際に自由行動下のカイコガの飛翔筋の筋電位を計測している。まず、電池駆動による計測と同じ結果が得られることをハイスピードビデオカメラを用いた計測結果から示している。記録した映像から翅の運動と筋電位の発火タイミングが同時にわかることが利点であるとしている。また、匂い源に対する定位行動メカニズムの解明に関する実験のように、ゆっくりとした動きで記録時間が長期にわたる場合の計測方法として、光センサを用いたLEDの点灯タイミングの検出システムを提案している。この方式では、光センサの出力をオシロスコープでリアルタイムに見ることができ、メモリ制限により数秒間の記録しかおこなえなかったハイスピードビデオカメラの欠点を補うことができている。さらに、カイコガの自由行動下での筋電位計測実験に対する考察を述べている。

第5章「結論」では、本研究で得られた結論と今後の展望についてまとめている。

以上のように、本論文はカイコガの自由行動下での筋電位計測実験により、試作したマイクロテレメトリシステムの有効性を実証したものである。論文中に示された特性評価実験から、カイコガ以外の動物においても適用可能であり、また筋電位以外の生体信号も同じシステムを用いて計測することができる汎用性に富むものである。本システムを用いることにより神経行動学の発展に貢献できることが予想される。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。