

# 要 旨

振動は医療の目的で広く応用されている。1950年代から、振動を用いた手術器具が発明され、医療に適用されてきた。例えば、組織切断や白内障超音波乳化、脂質の除去、超音波診断、骨折治療、癌治療、超音波血栓溶解などの機器がある。これらの機器は機械力学に基づいて動作し、複雑な環境と制約条件のもと、有効な振動が直接病巣までに伝えられる必要がある。本論は、先端に理想的な振動ができるカテーテル手術用エンドエフェクタを設計開発することを目的とし、新しい機能を持つエンドエフェクタを提案する。この新しく提案したエンドエフェクタは、縦方向の振動を梁またはシャフトを通してエンドエフェクタの先端の部位に伝え、エンドエフェクタの先端に振動力をハサミ形の振動、ならびに複合縦振動-曲げ振動に変換することが出来る。本論文では、提案した新しいエンドエフェクタの動作原理を解析し、その安定性や動作特性について評価し、血栓溶解および白内障用乳化手術器への応用を目指した検討を行う。

本論文は緒論・結言を含め5章から構成されている。

第1章は、先行研究と研究背景を紹介し、本論の研究目的と概要を説明する。

第2章は、シザー形のバタ足振動を行うエンドエフェクタの構造設計とその振動理論を詳細に述べる。初めに、逆位相振動数学モデルを立て、バタ足エンドエフェクタの構造設計について有限要素解析（FEM）モデルを用いてその最適構造を確立した。また、様々な使用環境を想定し、FEM解析モデルの境界条件を変化させて、バタ足のような逆位相振動の発生条件や安定性、振動特性を検証し、その妥当性を確認した。

第3章では、2章の設計理論に基づき、血栓溶解や粉碎などに使用すること

を目的とした、小型で低パワーのシザー形振動エンドエフェクタの設計・試作・動作検証について述べる。試作したエンドエフェクタの振動解析結果をレーザー振動スキャンナーの実測結果と比較し、解析モデルの妥当性を検証し、有効な振動モードが得られたことを確認した。さらに、血栓を攪拌しながら溶解させる性能評価試験を行い、血栓溶解用攪拌器としての有効性と有用性が確認された。

第4章では、白内障手術用の乳化ニードルへの応用を検討するため、ハイパワーシザー形振動エンドエフェクタの設計・試作・動作検証について述べる。白内障治療に使用されている超音波乳化ニードルのシャフトが多く振動し摩擦による発生する熱で、治療のために開けた眼球の穴を傷つけるとの指摘がある。本研究で設計したエンドエフェクタは、先端に伝えられた縦方向の振動力を、横方向の振動に変換するものであるため、摩擦による熱を軽減できる可能性がある。本章では、まずハイパワーバタシザー型振動エンドエフェクタを解析・設計・試作した。試作した超音波シザー型振動デバイスについてその振動特性を実験で確認した。さらに、眼科手術用乳化ニードルとして、ニードルシャフトとシリコーンスリーブ間の摩擦による発熱量を実験で調べた。本提案のデバイスの発熱量が小さいことから、眼科手術用乳化ニードルへの応用展開にその可能性が確認された。

第5章は、本論文のまとめと今後の課題と展開について述べる。