

氏名	西川 弘太郎		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	工学		
学位授与番号	博甲第 5733 号		
学位授与の日付	平成30年 3月23日		
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	ペローズアクチュエータを用いた柔軟指関節を有する空気式義手の高機能化に関する研究		
論文審査委員	教授 平田健太郎	教授 渡邊 桂吾	教授 五福 明夫
<b>学位論文内容の要旨</b>			
<p>わが国で普及している義手の9割は、把持機能のない、外観の復元のみを目的とした装飾用義手である。それに対して、高い装飾性と把持機能を有する筋電義手がある。筋電義手は、重量が500g以上と大きく構造が複雑でコストが高い(数百万円/台)等の問題もあり、普及率は2%程度に止まっている。そこで本研究では、電動アクチュエータよりも出力/重量比が高い空気圧アクチュエータに着目し、軽量・安価な空気圧駆動義手を提案することにより、義手使用者のライフインベションの一助となることを目的とする。また、空気圧駆動とすることによって、電動アクチュエータにはない、空気の圧縮性に起因するバックドライバビリティにより、対象物を柔軟に把持することが可能となる。そして、一般的な筋電義手は単一の把持動作のみしか対応していないことが多いため、本義手では複数の把持動作を実現する。次に、一般的な筋電義手は、感覚フィードバックがないオープンループの制御になっているため、柔軟な対象物の把持が困難なことから、本義手では感覚フィードバック機能を付加する。したがって、本研究ではこの2点に対応可能な、安価なシステムを提案することにより、義手の高機能化のニーズにこたえる。その一方で空気圧駆動の場合、電気エネルギーおよびコンプレッサ、バルブ等の外部機器が必須なことが義手全体の重量の増加と高コスト化を招いている。これらの状況を踏まえ本研究では、電気エネルギーおよび外部機器を必要としない、新しいタイプの軽量・安価で高機能な能動義手を提案する。</p> <p>第1章では、本研究の背景として、義手の普及状況や現在開発・研究されている義手およびロボットハンドについて述べる。</p> <p>第2章では、義手の指関節に柔軟で指の屈曲に適したペローズアクチュエータを直接組込んだ空気式筋電義手を提案し、その基本的制御性能を確認する。また、本義手を用いて日常生活に必要な対象物の把持実験を実施し、対象物の安定した把持が可能か検証する。</p> <p>第3章では、空気式筋電義手の高機能化を実施する。まず、把持モードの切替システムを提案し、複数の把持動作を実現する。次に、空気圧の圧覚提示機構による感覚フィードバック機能を提案し、デリケートな柔軟対象物の把持を実現する。</p> <p>第4章では、電気エネルギーおよびコンプレッサ、バルブ等の外部機器を必要とせず、使用者の前腕の回外/回内動作を利用して駆動する、全く新しい無動力型空気式義手を提案する。</p>			

## 論文審査結果の要旨

手の欠損は当事者の Quality of Life を大きく低下させる出来事であるが、重量・コスト等の問題から、ある程度の運動機能を提供するような能動義手の普及率は低い。本論文は、通常用いられるモータ等の電磁アクチュエータに代わって空気圧駆動方式を採用した軽量・安価な義手を提案し、能動義手の普及に貢献することを目的としている。

内容は大きく2つに分かれており、まず始めに、5指駆動タイプの義手の提案について述べている。本空気圧駆動式義手の最大の特徴は、人工筋やバルーンではなく、指部に直接組み込んだベローズアクチュエータを用いる点にある。アクチュエータ自身が指構造材の一部となっているため、省スペースで、把持対象物との干渉の少ない、高出力・高応答な動作を実現している。設計の運動学的考察と整合する所定の基本性能が得られていることを実験によって確認した後、角度・圧力制御系の適切な設計と、筋電によるトリガー制御、モード切替によって、重量物（中身の入ったペットボトル）、柔軟物（ゴムボール・紙コップ）、小型物体（消しゴム）の把持が可能であることを実験により確認している。また、感覚フィードバック機構の付加によって、パウチゼリーの把持やキーボードの打鍵といった、より高度なタスクも実現している。

一方、空気圧駆動機器の可搬性は、コンプレッサ・タンク等の圧力源によって大きく制限される。そこで、2つめの研究課題として、外部機器とともに制御回路のための電気エネルギーすら必要としない、全く新しい無動力型空気式義手を提案している。無動力型のアイデアは、3Dプリンタを活用して途上国向けに格安の義手を提供するプロジェクトにも見られるが、それらが用いているワイヤ駆動方式と比べ、空気圧駆動は設計の自由度が高い。そこで腕部の回外動作を駆動に用いることで、使用時の姿勢の制限の少ない構造を実現している。プロトタイプは簡単のため2指義手であるが、損失の少ないバルブレスダイレクトドライブであること、先と同様の無動力型感覚フィードバック機構を備えていることから、中身の入った小型ペットボトル、ゴムボール、紙コップ、消しゴム、パウチゼリーなど多様な物体の把持が可能であることを実験によって示している。

以上の結果は、アクチュエータ工学・ロボット工学の成果を、今後の福祉社会の実現に向けて積極的に活用していくうえで重要な足掛かりとなるものであり、博士（工学）の学位に値するものと認める。