

## 学位論文内容の要旨

報告番号	先端科学技術甲第159号	氏名	樋口 凱
論文題目	把持アプローチの計画にもとづく義手の最適な関節構成の分析		

従来の義手の設計・評価は、ロボットハンドの把持形態数にもとづく設計・評価論を転用したものであるが、手先具機能のみの設計方法であるため、手継手などの関節機能については適切な評価ができず、義手使用者の残存関節による代償動作を軽減するための義手設計は容易ではないと指摘されてきた。そこで、本論文は、対象物への上肢アプローチの分析に着目して、手先具機能と姿勢制御の関係から抽出した特徴にもとづき、手先具機能と手継手機能を同時かつ同じ重みで評価可能な指標を新たに作成し、前腕義手の最適な関節構成を求めることを目的としている。論文は、全5章からなっている。

第1章は、上肢切断者と使用している義手とその設計にあたっての把持分類などを背景として本研究に対しての位置付けと研究目的を論じている。

第2章は、義手が必要とする手先の機能について日常生活動作の記録から抽出し、義手機能構築のための対象動作を選択している。健常者3名の胸部に高画角ビデオカメラを装着し、日常生活で出現する手の動作の出現回数と出現時間を抽出した。その結果、回数・時間共に把持が多かったことから、最も重要な手先具機能を把持としている。また、日常生活動作の観察記録より抽出した把持1回あたりの継続時間の頻度をもとに、把持に至るまでと保持中のどちらを分析すべきであるか考察した結果、1回あたりの継続時間が短い把持の頻度が多いことから、義手の関節構成の構築は把持に至るまでの動作の分析にもとづくべきとしている。また、義手が把持に至るまでの時間について、日常生活記録にて出現回数の多かった缶、ペン、ノートを対象に、健常手と既製の手先具を用いた模擬筋電義手にて計測、比較している。その結果、健常手は全ての対象物において2秒以下で把持したのに対し、模擬筋電義手は缶とペンに3秒程度、ノートには4秒以上を費やすことが確認されている。最も把持に時間のかかったノートの把持について計30回まで把持を繰り返し、習熟による把持遂行までの時間の短縮を検証した結果、対数近似による習熟予想において3秒程度まで短縮されることが明らかとなった。これ以上の時間短縮を行うためには、残存関節による代償動作を軽減することが必要であるとし、義手においては関節構成の設計によって代償動作の軽減が可能になるとしている。

第3章は、第2章にて選択した対象動作について分析し、過大な代償動作をせずに義手に求められる動作を実現するための機能選択方法として、前腕義手において把持アプローチを構築する部品である手継手と手先具の機能について同時かつ同じ重みで評価可能な指

標として、体幹および前腕と手の相対姿勢関係を示す把持方向による分類を新たに定義し、手継手機能と手先具機能の組み合わせについて考察している。健常者の日常生活中における座位中の机上把持における把持アプローチを記録し、肘関節以遠の関節構成ごとに再現可能な把持方向を導出し、日常生活中の机上把持における各把持方向の出現回数割合から、各把持方向がどのくらいの机上把持に対応できるのかを示す値である机上把持方向寄与率を算出している。その結果、撓尺屈機能を付与したフック型手先具と同等の条件にすることで、机上作業において出現する把持方向の 95.9%に対応することを確認している。既製の回内外機能のみの手継手を使用する場合は、フック型手先具と同じ把持方向を有する手先具を使用することで、机上作業における把持方向の 80.1%に対応することを確認している。また、既製のハンド型手先具とフック型手先具の評価では、第 1 指の姿勢変更機能を有するハンド型よりも指の姿勢変更機能がないフック型手先具の方が机上把持方向寄与率が高いことを確認している。

第 4 章は、第 3 章にて提案した既製の回内外機能のみの手継手と手先具機能の組み合わせを提案条件として、模擬筋電義手を用いた対象物把持実験にて、把持方向が把持作業に与える影響を調査し、既存の部品を使用した義手条件および健常手条件と比較し、把持方向が把持作業に与えた影響を調査することを目的としている。実験は、日常生活記録にて出現回数の多かった缶、ペン、ノートを対象物として、座位時における机上の対象物の把持作業中の実験対象者と対象物の動きを三次元動作解析装置を用いて計測し、把持遂行までの時間を記録している。その結果、提案条件と既存の部品を使用した義手条件において把持方向の差異があると考えていた把持作業であるペンの把持において、提案条件にした手先具の方が短時間で把持できることが確認されている。また、把持遂行中の柱頭部の高さ推移および実験映像の確認にて、提案条件によるペンの把持作業では、既存の部品を使用した義手条件によるペンの把持作業時に認められた過大な代償動作がみられなかったことから、対象物の位置と姿勢に即した把持方向を有する義手は義手使用者の残存肢による過大な代償動作を軽減することができるとしている。以上により、把持方向が把持作業に及ぼす影響が確認され、机上把持方向寄与率による義手の設計・評価の効果が確認されている。

第 5 章は、本論文の結論を論じている。本論文で義手の関節構成の考察に使用した指標である机上把持方向寄与率は、限られた対象者の記録から算出された指標であるものの、義手に最適な関節構成を付与するための指標として有用であることが実験にて確認されたことから、机上把持方向寄与率による関節構成の評価によって、義手使用者の残存関節による代償動作を軽減するための義手機能選択方法の可能性が示されたと結論付けている。また、机上把持方向寄与率による義手の評価は、従来の義手の評価方法のような義手使用者による作業の定性的評価ではないため、実験対象者個人の巧緻性に因らない評価方法として用いることができるとしている。