

Investigation of Hand Exoskeleton Design Characteristics on Precision Grip Performance

イルハム, プリアディタマ

<https://hdl.handle.net/2324/7157352>

出版情報 : Kyushu University, 2023, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏名	Ilham Priadythama			
論文名	Investigation of Hand Exoskeleton Design Characteristics on Precision Grip Performance (精密グリップ性能に及ぼす手外骨格設計特性の研究)			
論文調査委員	主査	九州大学	教授	村木 里志
	副査	九州大学	助教	Loh Ping Yeap
	副査	佐賀大学	教授	福田 修

論文審査の結果の要旨

手指はモノを操作する上で重要な役割を果たす。そのため手指の動作が困難になると日常生活にて様々な問題が生じる。これらを解決することを目指して、外骨格および動力を用いて指の関節をアシストする試みが進められている。それらの装置の多くは手指関節の屈曲力を高めることに主眼が置かれているが、手指の役割を考えると、動きの正確性や容易性との両立も考慮しなければいけない。このような背景から本研究は、手指の動きをアシストする Hand Exoskeleton (以下、HE) を用いる際の人間とマシンのインタラクションに着目し、手指の動作性をより高めるためのメカニカルデザインの要件について、HE の骨格系の自由度 (以下、DOF)、質量、カウンターバランス力の面から検討した (第一章)。なお、これらの検討が可能となる三指 (母指、示指、中指) の HE を設計した。以下の実験では被験者ごとに手指のサイズに合わせて製作した。

第一実験では骨格系の DOF および手指上に取り付ける装置の質量が手指の動作性に及ぼす影響を検討した。示指および中指の DOF に関しては 2 もしくは 3 の条件 (母指の DOF は 2)、質量に関しては 70 g と 140 g の条件を設けた。そして、ペグを穴から穴へ移す課題を二本の指のピンチと三本の指のピンチにて行わせ、課題の達成時間、三次元動作解析による手指関節の可動域および主観的操作性を測定した。HE の装着は手指の動作性を低下させるとともに、関節の可動域を低下させた。特に DOF が小さくなると動作性がより大きく低下した。一方で質量が増えると一部の関節において可動域が改善する傾向が認められた。(第二章)

第二実験では指を屈曲する際のカウンターバランス力が手指の動作性に及ぼす影響を検討した。カウンターバランス力は二本の指のピンチの場合は第一指と第二指に、三本の指の場合は第一指から第三指までにそれぞれ与えられ、各指 30 もしくは 100 g の条件を設けた。実験内容は第一実験に準じたが、各指の関節の角速度および角加速度の測定を加えた。カウンターバランス力は、特に低い力 (30 g) において、特定の指 (中指) の動作性に有効的に働いた。これは HE の各関節に生じる運動抵抗を軽減したためであると示唆された。(第三章)。

以上の研究から、HE の DOF と質量は日常使用を目的とした HE を設計する際に考慮すべき重要な要素であることを示した。また、カウンターバランスは HE の動作抵抗を軽減する手段になるが、ピンチ動作においては各指関節で作用が異なるため、個々の指に応じたカウンターバランス力の調整が必要であることを示唆した。(第四章)

本研究の知見は人間の手指の動作とそれをアシストする装置のインタラクションを理解する上で学術的価値が高い。また、これらの成果は近未来、普及すると期待される動力型 HE に対して、人間の手指の動作性を維持するためのメカニカルデザインの要件を提示している。それは日常生活で利用可能な HE だけでなく、リハビリテーション向けの HE などの開発にも役立つことが期待でき、社

会的にも価値が高い。よって本調査委員会は、厳正なる審査の結果、本論文は博士（工学）の学位に値すると判定した。