

Title	ARCHITECTURE OF HYBRID TWO-FINGERED MICRO HAND : ANALYSIS, OPTIMIZATION, AND DESIGN
Author(s)	Ahmed, Ahmed Mohamed Ramadan
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2185">https://hdl.handle.net/11094/2185</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【127】

氏名	アハマド アハマド モハマド ラマダン Ahmed Ahmed Mohamed Ramadan
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23018 号
学位授与年月日	平成21年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	ARCHITECTURE OF HYBRID TWO-FINGERED MICRO HAND : ANALYSIS, OPTIMIZATION, AND DESIGN (ハイブリッド型2本指マイクロハンドのアーキテクチャー運動解析、最適化、設計)
論文審査委員	(主査) 教授 新井 健生 (副査) 教授 大塚 敏之 教授 宮崎 文夫

## 論文内容の要旨

The thesis presents the development of a chopstick-like two-fingered micro-manipulator hand based on hybrid mechanism. The micro-manipulator hand consists of two 3-Prismatic-Revolute-Spherical (PRS) parallel modules connected serially in a mirror image style. Each module has a long glass pipette as an end effector. The development process consists of three phases. In first phase, analysis and mathematical modeling, a novel solution of the Inverse Kinematics Problem (IKP) of a 3-RPS parallel module is derived and applied with proper modification to the case of 3-PRS of proposed mechanism. The derived solution is used to solve both of the Forward Kinematics Problem (FKP) and the IKP given the end effector position. Also the feasible workspace is derived for the proposed parallel mechanism. The solution is extended to the two-fingered hybrid mechanism of the micro hand. In optimization and design phase, the optimization of the chosen design parameters of a theoretical 3-PRS parallel module is carried out using two approaches: discrete search method and Genetic and Evolutionary Algorithms (GEAs). Based on the optimal design parameters, a CAD model of 3-PRS finger module is built and a complementary optimization step using ANSYS Workbench program is carried out to determine suitable characteristics of the pin flexure hinge. The workspace extremities are about 5% less than that of the theoretical values. Finally, the total CAD model of the two-fingered hand is built and assembled. In realization and implementation phase, the description of the hardware system of the two-fingered micro hand prototype is presented. The program description, calibration method, practical jacobian matrices, practical workspace, and error analysis of

the prototype are discussed. The practical prototype of the micro hand has workspace extremities that are about 10 to 13% less than that of the theoretical values and that are about 6% less than that of the designed CAD model. Also the prototype is checked for the maximum error and it is found to be about 1um for upper finger and about 1.2um for lower finger. As a target application, the use of our developed micro hand in the tissue micro-injection experiment is described.

## 論文審査の結果の要旨

パラレルメカニズムとシリアルメカニズムのハイブリッド化に着目した2本指マイクロハンドの開発に関する研究を扱っている。ハンドの基本構造として、直動一回転一球面の3対偶構成による3RPS型パラレルメカニズムモジュールとし、これを2段ミラーイメージに組み合わせた構成を特徴とする機構を提案している。

はじめに、機構の数理モデルを考察し、3RPS型パラレルメカニズムの逆運動学を定式化し、その解析解を求めることに成功している。ただし、このメカニズムにエンドエフェクタを搭載したモデルについては、その逆運動学が高次の非線形方程式となり解析解を得ることは困難であることが明らかにされ、ヤコビ行列を用いて非線形方程式の近似解を得る現実的な手法を提案している。また、このヤコビ行列を用いて順運動学の近似解が得られることもあわせて示している。これらの結果を用いて、ハイブリッド機構の運動学解析に適用され、ハンドの設計と運動解析に活用されている。

次に、具体的なハンドを設計するためにワークスペースを最適化指標とし、discrete search法と遺伝進化アルゴリズム法により最適設計を行っている。最適過程においては、単に運動学のみでなく、対偶要素であるフレキシブルヒンジの変形を考慮し、有限要素法を適用して最適化の精度を上げている。これらで得られた機構パラメータを用い、3次元CADにより実システムを設計し、プロトタイプを実現している。顕微鏡下で駆動評価実験を行い、キャリブレーションを適用することにより、最終的に1.2μmの絶対位置決め精度が実現できることを示している。

以上の研究により、マイクロハンドを構成するパラレルメカニズムの運動学解析を行うとともに、プロトタイプハンドを設計試作し、優れた位置決め精度が実現できることを実証し、マイクロロボティクスにおける学術的かつ技術的貢献をもたらしており、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。