



Title	High-Speed Automated Micromanipulation System with Multi-scalability
Author(s)	Avci, Ebubekir
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/26265
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Synopsis of Thesis

Title: High-Speed Automated Micromanipulation System with Multi-scalability
(マルチスケール機能を有する高速自動マイクロマニピュレーションシステム)

Name of Applicant EBUBEKIR AVCI

Numerous types of microhands have recently been designed to perform micromanipulation tasks that are crucial for micromachine assembly, microsurgery operations and biological cell analysis. Because most current microsystems are task-specific, the realization of a general-purpose microhand that is compatible with a wide range of applications is necessary. In addition, to utilize the microhand in complex bioapplications, e.g., 3D cell assembly, stable control at high speed should be achieved. There are two problems to be solved in order to realize a general-purpose micromanipulation system. First, creating a large workspace with high resolution in which to grasp multisized microobjects is still a challenging feature for available microhands. Second, precise motion throughout a large workspace for the transportation of microobjects in the limited space of a microscope is another arduous task. In this study, we propose multi-scalability concept, i.e., a large workspace with precise positioning for the grasping and transportation of multisized microobjects. This system has been designed with an optimized parallel mechanism through inverse kinematics in which the manipulability of different-sized microobjects is improved from 1-45 μm to 1-132 μm . The proposed rough-to-fine motion strategy that allows us to achieve a large range with high resolution positioning ability for performing the transportation task is moreover minimized from 17 μm error to 0.18 μm . On the other hand, we present a high-speed pick-and-place method for cell-assembly applications. Besides the range of motion and accuracy, the rapidness of a manipulation system is an important parameter, which has been so far underrated in the literature. To achieve high-speed micromanipulation, obtaining 3D positions of both the target microobject and the end effector rapidly is necessary. Controlling the vibration of the end effector, which is greater at high speed, is another arduous task. We propose a new fast detection algorithm for both the target microobject and the end effector for achieving high-speed control of the system. Moreover, to realize stable grasping for very fast movements, the vibration of the system is compensated. High-speed control of the microhand system is demonstrated with preliminary experiments consisting of pick-and-place actions of 40 to 60 μm microspheres; we aimed at performing a manipulation task in 1 second. The comparison with similar studies shows the merit of the proposed automated high-speed micromanipulation system.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (EBUBEKIR AVCI)		
論文審査担当者	(職)	氏名
	主査 教授	新井健生
	副査 教授	飯國洋二
	副査 教授	宮崎文夫

論文審査の結果の要旨

本研究では様々なサイズの微小物体の把持や運搬など、広いワークスペースと高精度な位置決めを両立させたマルチスケール機能を有するマイクロハンドシステムを提案している。近年マイクロマシンの組み立てやマイクロサージェリー、生体細胞解析などの微細作業を目的とした様々なマイクロハンドが考案されている。現行の微細作業システムは特定のタスクに特化しているものがほとんどであり、あらゆるタスクに対応可能な汎用性を持った微細作業システムが必要とされている。また、細胞の3次元構造構築などの複雑なバイオマニピュレーションには高速かつ安定した操作が要求される。汎用的な微細作業システムを実現するには二つの問題が存在する。第1は、様々な大きさの微小物体を操作するための高い位置決め精度と広いワークスペースを両立させる点である。第2は、広いワークスペースで微小物体を運搬するという精密な動作を顕微鏡下という限られた空間で行うのは困難であるという点である。本システムはパラレルメカニズム機構に適応され、これにより操作可能な微小物体の大きさは1-45μmから1-132μmへと改善された。本システムで提案する粗動と微動を組み合わせた手法は、搬送における大きな移動と精密な位置決めを両立させており、位置決め誤差を17 μmから 0.18 μmへと大きく改善している。また、細胞構築のための高速把持・搬送動作も実現している。稼働範囲や位置決め精度と比べ、微細作業の速さはこれまであまり議論されてこなかったが、現在は細胞操作などにおいてこの高速自動化は重要な課題となっている。高速微細作業を実現するには対象となる微小物体とエンドエフェクタの3次元位置を高速に取得することが必要となる。また、動作が高速になるにつれエンドエフェクタの振動が大きくなるため、この振動の制御も重要な技術課題である。本研究では高速操作を実現するため、把持対象の微小物体とエンドエフェクタを高速に検出するアルゴリズムを提案している。さらに、高速動作中の安定した把持を実現するためにマイクロハンドシステムの振動を補償している。40-60 μmの微小物体を対象とした把持・本葬動作を1秒以内に行うことで、マイクロハンドシステムの高速制御を実証している。関連研究との比較から、提案する高速自動マイクロマニピュレーションシステムの有用性が示されている。

以上の通り、微小対象物を操作するマイクロマニピュレーションについて、新たな方法論やシステムの構築を行い、様々なサイズの微小対象物の操作と高速自動ハンドリングを実現しており、ロボット工学において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。