The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Automated Precise 3D Assembly by Dexterous and High-speed Microhand Motion
Author(s)	Kim, Eunhye
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/61797
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name （Eunhye Kim）	
Title	Automated Precise 3D Assembly by Dexterous and High-speed Microhand Motion （マイクロハンドの巧みな高速動作を用いた３次元高精度自動アセンブリ）

Abstract of Thesis

This dissertation proposes a high-speed and precise micromanipulation for 3D assembly using dexterous and high-speed microhand motion. To assemble microobjects quickly and precisely, a fully automated pick-and-place operation is applied. In micromanipulation, the most difficult thing is adhesion forces. Due to the adhesion forces, releasing of micro-objects on the desire position is significantly harder than grasping and transporting of the objects. In addition, because of the high dynamic viscosity in liquid, drag forces generated by the high speed movement of manipulator make to difficult the precise manipulation at high speed. To solve two problems, special releasing techniques and a reliable manipulation system are indispensable.

For assembling microobjects as quickly and precisely as possible, a system that cannot firmly grasp objects in order to successfully transfer the grasped object at high speed but also release the transferred object precisely is required. First, the microhand having dexterous motion is utilized to grasp an object stably and an automated stage transports the object quickly. Second, a parallel mechanism controlled by three piezoelectric actuators generates 3D high speed motions of an end-effector. High speed motions are used for releasing of microobjects adhered to the end-effector.

Two releasing methods, a local stream and a dynamic effect, are proposed for releasing and accurate placing of microobjects. To detach objects adhered to the left end effector, the local stream generated by the high-speed motions of the right end-effector is utilized. In contrast, the high speed motion of the right end-effector is directly applied to release objects adhered to the right end effector. To generate sufficient external forces that can separate the objects from one of the end effector, at first, a theoretical model, Johnson Kendall Roberts (JKR) model, and experimental data are utilized, and therefore, the range of frequencies and amplitudes of end-effector's motion are determined. For precise positioning of objects, circular motions are proposed by comparing five motions, 1D motions in X-, Y-, Z-direction and counterclockwise and clockwise circular motions.

Automated manipulation of an object is achieved by using proposed releasing strategies and automatic system. The system using vision-based techniques for the recognition of two fingertips and a microbead as well as automated releasing methods can make high manipulation speed faster than 800 ms/sphere with 100% success rate (N = 100). To extend this manipulation technique, 3D assembly employing several objects is attained by compensating the error from the grasping and transporting of objects. Finally, we succeed in assembling five objects for 3D structure and nine objects for 2D structure in close distance. The manipulation speed is approximately 2.6 s/sphere by transporting five objects 0.3 mm/sphere and approximately 3.7 s/sphere by transferring nine objects 0.62 mm/sphere. This result is faster than the highest speed that has been reported in literature.

様式7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　Eunhye Kim　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教 授	新井　健生
	副 査　教 授	細田　耕
	副 査　教 授	原田　研介

論文審査の結果の要旨

本論文では，細胞操作支援を目的とし，マイクロハンドの巧みな高速動作を応用したマイクロマニピュレーション方法の提案と共に，構築したマイクロハンドシステム適用した３次元高精度自動アセンブリに関して論じている．

微小物体を高精度かつ高速にアセンブリするためには，完全に自動化されたロボットシステムによる把持・配置操作が重要である．このような操作の実現における大きな問題として，マイクロマニピュレーションの環境では，マクロな領域で支配的な重力の影響よりも表面に働く力の影響が強くなるという問題がある．対象物とエンドエフェクタの間に働く表面力（付着力）の強い影響により，エンドエフェクタに対象物が強く付着するため，エンドエフェクタから対象物を離す（リリースする）ことが容易ではなくなる．また，細胞操作は液体中で行う必要があるが，液体中の大きな粘性係数の影響から，マニピュレータの高速移動によって生じる流体抗力が非常に大きくなるため，高精度かつ高速動作を実現することが困難であるという問題もある．本論文では，以上の2つの問題を解決するために，マイクロハンドの巧みな高速動作を応用した特別なリリース手法と新しいマイクロハンドシステムを提案し，信頼性の高い高速マイクロマニピュレーションを実現している．

本論文では，微小物体のリリース手法として，対象物が付着したエンドエフェクタに直接振動を与えてリリースを行う動的リリース法と高速駆動するエンドエフェクタにより局所流速場を発生させ，付着した対象物を水流により離れた所から間接的にリリースする局所水流リリース法を考案し，理論および実機実験による評価の結果から，円形モーションが適切であることを見出している．また，微小物体を水中で高速かつ正確にアセンブリするためには安定して物体を把持し搬送する必要があり，その妨げとなる流体抗力やエンドエフェクタの振動の影響を抑えた自動ステージを組み合わせたシステムを提案している．さらに，以上の要素を統合した自動マニピュレーションシステムを構築し，複数の対象物を用いた3次元アセンブリに適用し，微小物体の高速3次元組み立てにも成功している．

以上の通り，本論文ではマイクロハンドの巧みな高速動作を応用した新たなマニピュレーション法およびシステムを提案しており，その評価を通じて学術的にも実用面でも意義のある成果が示されており，博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める．