

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：33919

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760208

研究課題名(和文)多自由度微小力センサを用いた細胞剛性計測

研究課題名(英文)Stiffness Measurement for a cell using multi DOF micro force sensor

研究代表者

大原 賢一(Ohara, Kenichi)

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号：50517886

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、細胞の剛性を多面的に計測することを目的として、多自由度での剛性計測システムの開発を行った。本システムでは、2本指マイクロハンドを用い、それぞれのハンドに微小力センサを設置した形の計測系を構築により、多面的な計測、および細胞の把持位置を同定による剛性計測の完全自動化が可能となった。この成果を通じて、2分に1個程度の高速度な細胞の剛性計測が可能となった。また、マイクロハンドのエンドエフェクタ自身に力センサを搭載した新規エンドエフェクタの製作プロセスを構築・検証し、エンドエフェクタへのセンサが搭載可能であること、本プロセスにより多自由度センサの組み込みが可能であることを確認した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed multi DOF stiffness measurement system for a cell using two-fingered microhand. In this system, micro force sensors are attached to each finger on two-fingered microhand. By using this system, multi DOF measurement for a cell could be realized. Moreover, this scheme also realized automated stable cell manipulation. Sensor information from each sensor can be used to obtain grasping position for a target cell. Through these research results, high speed cell manipulation and stiffness measurement compared with previous research have been realized. Additionally, new end-effector of two-fingered microhand, which has micro force sensor on it, was considered. And, we confirm the manufacturing procedure for the end effector. Based on this evaluation, the possibility of end effectors with multi DOF micro force sensor is also confirmed.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学，機械システム

キーワード：微小力センサ マイクロマニピュレーション 自動化

### 1. 研究開始当初の背景

近年、細胞の状態同定を目的として、細胞の剛性計測に関する研究が広く行われている。こうした研究では、AFM で利用されるカンチレバーを用いるものや、流路内での計測手法が多くみられる。こうした研究に対して、これまでお箸のように細胞操作が可能な 2 本指マイクロハンドにおいて、細胞の操作と剛性計測を同時に実現するシステムの構築を行ってきた。しかしながら、これまでの研究同様に点や面など、1 次元の情報にとどまっておき、把持方法により、得られる情報にばらつきが出るという問題があった。

### 2. 研究の目的

本研究では、2 本指マイクロハンドによる高精度・高効率での細胞の剛性計測の達成を目的とする。この目的に対して、本研究では、従来研究で行ってきた 1 自由度での剛性計測から、複数の微小力センサを用いた多自由度計測の実現、およびこのセンサ情報を用いた安定把持方法の確立、さらには自動計測の実現を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、2 本指マイクロハンドによる高精度・高効率での細胞剛性計測の達成を目指し、以下の 3 つの方法論について検証を行う。

#### (1) 多自由度での力計測

本項目では、(I) 従来の 1 自由度力センサを複数組み合わせる形の多自由度力計測と、(II) 新規にセンサを一体化したエンドエフェクタの開発方法について検討する。

(I) では、1 自由度の微小力センサの配置を工夫することで、多自由度計測を可能とする手法である。2 本指マイクロハンドのそれぞれのハンドに 1 自由度の微小力センサを配置することで、多自由度での計測を目指す。

(II) では、新たな微小力センサの開発を目指し、構造の検討、製作プロセスの検討を行う。

#### (2) 多自由度力情報を用いた安定把持方法の確立

本項目では、1-(I) の手法に基づく、安定した対象物把持手法の開発を目指す。微小力センサから得られる情報を元に、対象物の把持状態を認識し、安定して把持が可能な状態を探索する。

#### (3) 自動把持の実現

(2) において開発する手法に基づき、ビジョンセンサとも統合して、把持・計測作業の自動化システムの構築を行う。このシステムにより、従来よりも効率の良い細胞剛性計測を実現する。

### 4. 研究成果

本研究では、以下の様なシステムを用いて評価実験を行った。

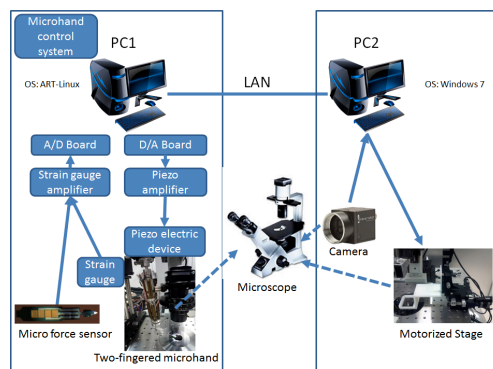


図 1 システム構成

図 1 のシステムでは、計 2 台の PC から構成されるシステム構成となっており、PC1 には 2 本指マイクロハンドおよび微小力センサの計測・制御系、PC2 にはカメラおよび対象物移動用の XYZ ステージの計測・制御系とした。なお、2 本指マイクロハンド、カメラ、XYZ ステージは顕微鏡に設置されている。本研究で用いた 1 軸の微小力センサは図 2 に示すようなものであり、このセンサを図 3 に示すように 2 本指に設置し、それぞれのセンサを直交させることで、2 自由度での計測を可能とした。この計測系を用いた把持部判定戦略を図 4 に示す。把持部判定戦略に基づき、実際に微小力センサで計測した結果を図 5 に示す。この図に示すように、把持する場所に応じて、2 つのセンサから特徴的な値が得られており、この情報が自動把持に利用可能であることを確認した。

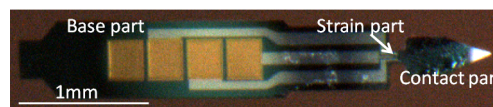


図 2 微小力センサの構成

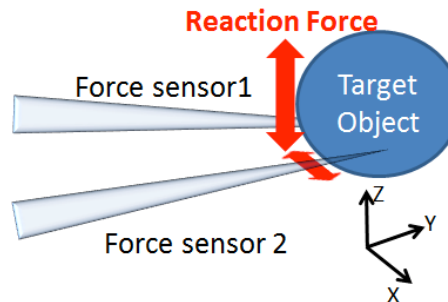


図 3 微小力センサの計測方向

自動剛性計測では、力情報と画像情報を組み合わせた処理を実装しており、テンプレートマッチングによる対象物位置の検出により画像平面内の移動を行い、細胞を球体とするモデルに基づいた、奥行き方向の位置同定を通じて、把持位置の同定を行っている。また、同定された3次元での把持位置情報に基づき、対象の剛性計測を行うことができています。

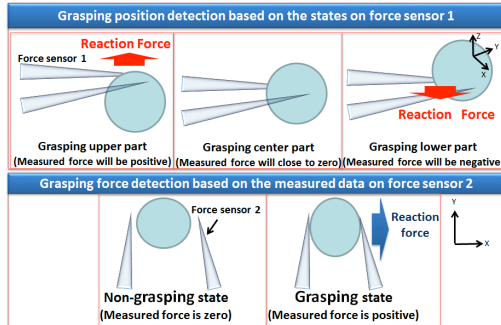


図4 計測データからの把持位置同定

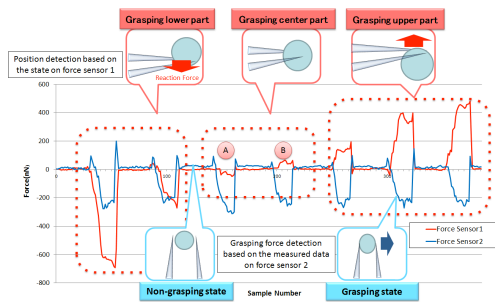


図5 微小力センサでの計測結果

本研究によって構築した自動化システムを用い、図6に示すように、アルギン酸ゲルを対象として剛性計測を行ったところ、10個のサンプルに対して、図7,8に示すように正常に剛性計測を行えていることが確認できた。また、計測速度も従来に比べて、2分で1個以上の細胞の剛性計測が可能となり、高速化されていることが確認でき、計測の効率化を実現できた。

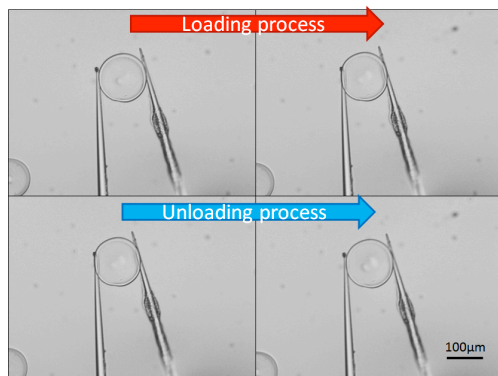


図6 アルギン酸ゲルビーズの計測の様子

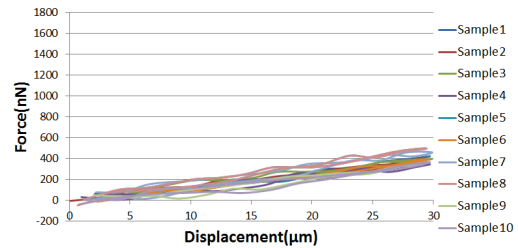


図7 剛性計測結果

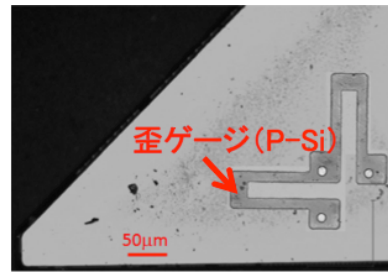


図8 多自由度微小力センサの試作

上記の結果と合わせて、新規力センサの開発として、図8に示すような微小力センサをエンドエフェクタに組み込んだものの検討、実現を目指し、製作プロセスの検証を行った結果、プロセス自体は複雑になるものの、製作プロセスを確立した。この検討を通じて、多自由度化も可能であることが確認された。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 4 件)

1. Hiroyuki Yabugaki, Kenichi Ohara, Masaru Kojima, Yasushi Mae, Tamio Tanikawa, Tatsuo Arai: "Automated Stable Grasping with Two-Fingered Microhand using Micro Force Sensor", 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2013), pp. 2756-2761, May. 6-10, 2013.
2. 藪垣博之, 大原賢一, 前泰志, 谷川民生, 新井健生: "微小力センサ搭載型マイクロハンドによる細胞自動把持システムの開発", ロボティクス・メカトロニクス講演会 '12 講演論文集, 2A2-R02, 2012.
3. 藪垣博之, 大原賢一, 小嶋勝, 境慎司, 洞出光洋, 前泰志, 谷川民生, 新井健生: "微小力センサ搭載型マイクロハンドによる細胞剛性計測の自動化", ロボテ

イクス・メカトロニクス講演会 2013  
講演論文集, 1P1-C11, 2013.

4. 藪垣博之, 大原賢一, 小嶋勝, 洞出光洋,  
神山和人, 境慎司, 木原隆典前泰志, 谷  
川民生, 新井健生: “微小力センサ搭載  
型マイクロハンドによる自動細胞剛性  
計測”, 第 14 回システムインテグレー  
ション部門講演会, 2F2-3, 2013.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

[http://mechatronics.meijo-u.ac.jp/labs/  
rrr001/](http://mechatronics.meijo-u.ac.jp/labs/rrr001/)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大原 賢一 (OHARA, Kenichi)

名城大学・理工学部・准教授

研究者番号: 50517886