

## 微小物体の把持を対象としたロボットハンドシステムの開発

日本大学大学院 ○原 真悟 日本大学 小林 義和, 白井 健二

### 要 旨

マイクロメートル単位の微小物体の把持を可能とするロボットハンドと、それを制御し、操作するためのマニピュレーションシステムを開発した。ハンド部には顕微鏡下作業用の超精密ピンセットを用いることにより、微小物体の把持を行えるようにした。また、カメラ画像や把持補助の機能を加えることによって、微小物体の操作を容易に行えるようにした。

### 1. 緒言

近年、精密機械の更なる小型化と遺伝子や細胞の操作というバイオ技術の発展が著しい。そのため極小環境下でのマイクロ・ナノメートル単位の微小物体を扱った作業が要求されるようになった。したがって、これらの微小物体を高精度で、容易に操作できるマイクロハンドリングシステムの確立が必要である。現在、そのような装置として、光ピンセットや二本指マイクロロボットハンド<sup>1)</sup>などが存在するが、高価で、システムが複雑なため、一般に普及はしていない。そこで本研究においては、構成が単純で、安価なロボットハンドと、それを簡単に操作できるシステムを開発することとした。

### 2. システム構成

図1にシステム構成を示す。本システムは、物体を把持するためのロボットハンドのついたアーム部、物体を移動させるためのX-Yステージ部及びそれらを操作するための制御PCから構成されている。また、微小物体の状態を確認するためのカメラが設置されている。アーム部は制御アンプを通してパラレルケーブルによって接続されている。このアーム部は4つのサーボモータから構成されており、ハンドの回転、開閉を行い、ハンドを用いてピンセットを操作することにより物体の把持を行う。X-Yステージはステージコントローラを通してRS-232Cケーブルにより制御PCに接続されている。このX-Yステージは10nm単位毎の操作が可能であり、この上に操作対象となる物体を配置し、位置決めを行う。制御PC上にはロボットハンドとX-Yステージとを操作するためのプログラムを格納している。

図2に実際のアーム部(左図)とX-Yステージ部(右図)の概観図を示す。

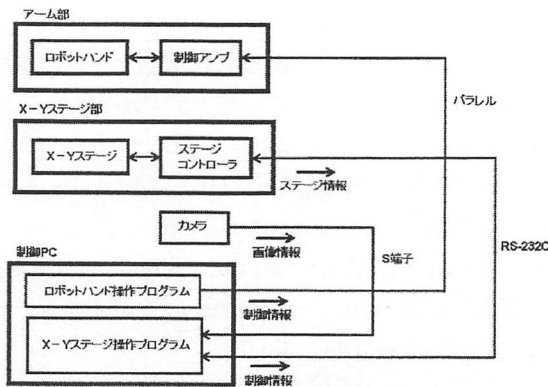
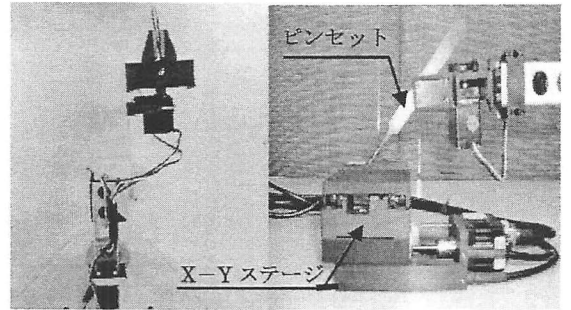


図1 システム構成



(左) アーム部 (右) ステージ部  
図2 ロボットハンドとX-Yステージ

### 3. ロボットハンドシステムの概要

#### 3.1 ロボットハンドの特徴

本システムの特徴は物体を把持するために、ロボットハンドにピンセットを取り付けていることにある。これにより、作業の種類や把持する対象物の大きさなどによってピンセットを付け替えて対応できる。また、ピンセットは安価で容易に入手可能であり、交換にも時間がかからない。

今回は、微小物体を把持することを目的としているため超精密ピンセットを用いた。その仕様は顕微鏡下作業用であり、全長110mm、先端サイズ幅0.05mm、厚さ0.01mmである。

#### 3.2 ロボットハンドの精度

本ロボットハンドの特性を調べるため、ピンセットを先端部より10mmと50mmの部分でハンドに固定し、それぞれの精度を調べた。図3はロボットハンドの精度を示しており、縦軸はピンセットの先端間隔、横軸はモータの駆動周波数である。

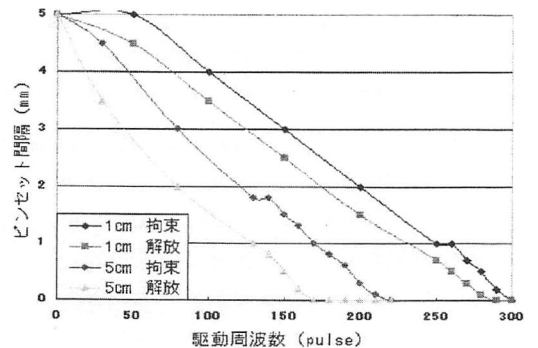


図3 ロボットハンドの精度

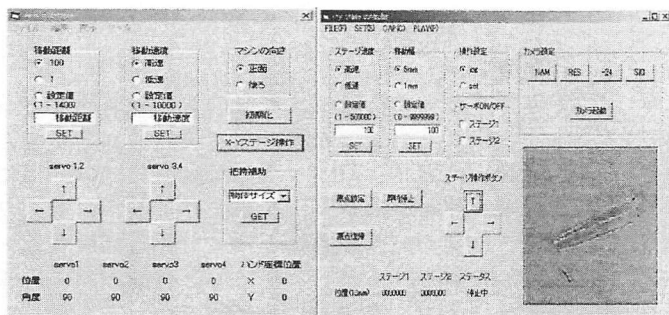
その結果、拘束方向と解放方向に動かした時では先端間隔に差が生じた。固定箇所を 10mm にし、150pulse かけて拘束方向に動かした場合、先端間隔が 3mm であるのに対し、300pulse をかけ、先端間隔 0mm としたのちに 150pulse へ戻し、解放方向へと動かした場合、先端間隔は 2.5mm になった。その際に拘束方向に動作させても先端間隔は解放方向のグラフに沿うようになった。しかしながら pulse を 0 にした場合はどちらの先端間隔も 50mm となり、これ以後に拘束方向に動かすと、ピンセットの先端間隔は拘束方向のグラフに沿ったものとなった。この現象は固定箇所 10mm の時より、50mm の場合に顕著に現れ、固定箇所が離れるほど、解放時に動作の反応が鈍くなることが確認できる。また、グラフの結果より 1 pulse あたり、固定箇所 10mm の場合は拘束方向では 25  $\mu\text{m}$  移動し、50mm の場合では 21  $\mu\text{m}$  移動することが確認できた。

### 3.3 操作プログラム

図 4 にロボットハンドと X-Y ステージとの操作プログラムを示す。ロボットハンドと X-Y ステージとのプログラムは処理が分離されている。ロボットハンド操作プログラム中の『X-Y ステージ操作』のボタンを押下することにより X-Y ステージ操作プログラムが起動する。

ロボットハンド操作プログラムにおいては、ハンドやアームの移動距離及び加速度を設定できる。また、X-Y ステージ操作プログラムにおいては、それらのほかにステージの原点位置を設定できる。両プログラムともインタフェース上に配置された矢印ボタンを押下することによって、ロボットやステージの操作を行うことができ、インタフェースの下部に、ロボットハンドや X-Y ステージの位置情報及び動作状況が表示される。

物体の操作を容易にする機能として、ロボットハンド操作プログラムには把持補助機能があり、100  $\mu\text{m}$  単位で物体の大きさを指定することによってハンドの開閉を自動で行う。一方、ステージ操作プログラムのインタフェース上にはカメラ画像が表示されており、ステージの操作を行いながら微小物体の状態を確認できる。被写体の撮影範囲は 2mm $\times$ 2mm となっており、静止画も撮影できる。



ハンド操作プログラム ステージ操作プログラム  
図 4 操作プログラムのインタフェース

### 4. 微小物体の把持実験

本システムを用いて実際に微小物体の把持実験を行った。把持の対象は硬物と軟物を用意した。図 5 に硬物

の例として樹脂によって作成された直径 500  $\mu\text{m}$  と 200  $\mu\text{m}$  のピラーを示す。

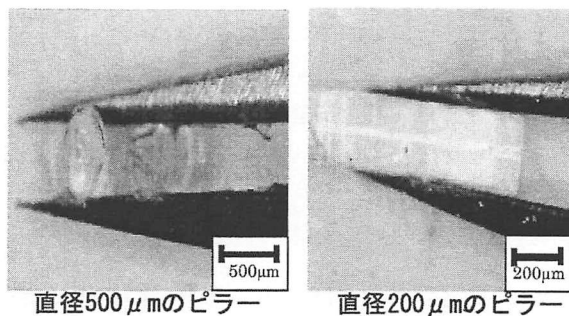


図 5 ピラーを把持した時の様子

次に、図 6 に軟物の例として約 500  $\mu\text{m}$  の生きたミジンコを示す。ここでは、ミジンコはガラスプレート上に載せ、固定した。これらの結果より、少なくとも最小で 200  $\mu\text{m}$  程度の硬物を把持できることを確認できた。また、軟物についてはミジンコを潰さずに把持できたことから、ハンドによる微妙な力を制御できることを確認できた。

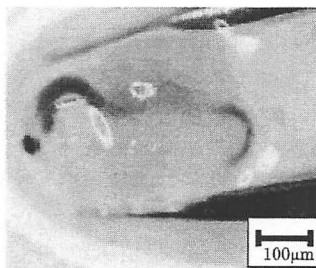


図 6 ミジンコを把持した時の様子

## 5. 結言

### 5.1 結論

微小物体の把持を対象としたロボットハンドシステムの開発を行い、以下の結論を得た。

- (1) 本システムを用いて、少なくとも最小で 200  $\mu\text{m}$  までの硬物を把持できることを確認できた。
- (2) 本システムを用いて、軟物の例として 500  $\mu\text{m}$  のミジンコを潰すことなく把持することができた。
- (3) カメラ画像や把持補助機能を付加することにより微小物体の把持を容易に行えるようになった。

### 5.2 今後の課題

- (1) カメラ画像で選択した微小物体をリアルタイムで認識し、ハンドの直下まで移動できる機能を追加する。
- (2) ユーザが作成した動作データを読み込み、それに基づいて動作できるようにする。

## 参考文献

- 1) Tamio Tanikawa, Tatsuo Arai, "Development of a Micro-Manipulation System Having a Two-Fingered Micro-Hand", IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION, VOL. 15, NO. 1, FEBRUARY 1999, PP152-162