

画像認識によるマイクロマンピュレータ用位置決めシステムの開発

日本大学工学部 ○高橋 善重、小林 和義、白井 健二

要 旨

画像認識によってマイクロメートルサイズの物体の自動位置決めと把持をするため、その装置とプログラムを開発した。本報告では、このシステムの位置決め精度と把持方法についての検証結果を述べる。

1. 緒言

近年の工業製品は小型化が進み、それを構成する部品は微小なものが多くなっている。また、バイオテクノロジーの分野においては微小な生物や細胞などの μm , nm の物体を扱っている。これらの分野における微小物体のハンドリング、組立てはマイクロマンピュレータを人間が操作することにより行われている。しかしながら、これらの作業には熟練技能が必要であり、その技能を修得するには多大の費用を要する。

これらの問題の解決策としてマイクロマンピュレータ作業の自動化がある。そこで本研究においては画像認識を用いた物体の位置決めシステムとロボット動作プログラムの開発を行った。

2. システム構成

2.1 システム構成

図1に微小物体操作システムの構成を示す。本システムは、把持ロボットと XY ステージ、CCD カメラおよび制御用 PC により構成されている。ロボットは物体の把持、運搬を行う。これは制御用 PC に搭載されるモーションコントローラボードからのパルス信号により動作する。XY ステージは自由度2の高精度フィードバック機能があり、物体をこの上に配置し、任意の位置に移動できる。これは制御用 PC からステージコントローラに制御指令コードを送信することにより動作する。最大動作幅は 20mm、分解能は 10nm である。CCD カメラは、物体の位置確認のために使用される。カメラの高さを調整する Z 軸ステージを動作させることにより焦点合わせができる。そして、制御用 PC にはキャプチャーボードが取り付けられており、これを介して CCD カメラからの出力をモニタに表示させる。キャプチャーボードの最大解像度は 640×480 である。

2.2 把持ロボットの構成

図2に把持ロボットを示す。このロボットはハンド部、Z 軸ステージおよび回転ステージから構成される自由度2の SCARA 型である。ハンド部にはピンセットが取り付けられており、開閉動作でピンセットを操作し、物体を把持できる。最大動作幅が 9mm、繰り返し精度は $\pm 0.01\text{mm}$ である。ハンド部が取り付けられる Z 軸ステージを動作させることによりピンセットの高さを物体にあわせることができる。この Z 軸ステージはストロークが 20mm、最小分解能は $0.86\mu\text{m}$ である。回転ステージは把持した物体を運搬できる。回転範囲は $\pm 180^\circ$ 、最小分解能は 0.004° である。構成部品のサーボモータはステッピングモータを使用している。

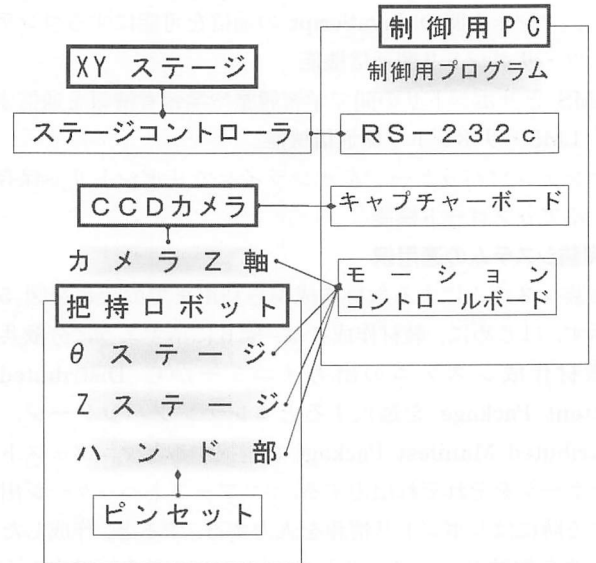


図1 微小物体操作システムの構成

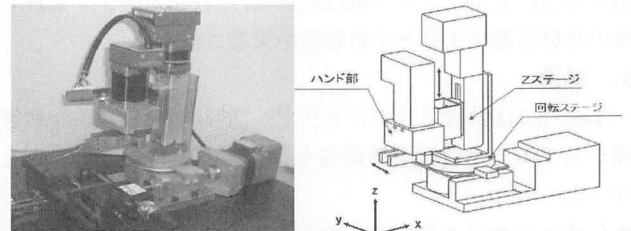


図2 把持ロボット

3. 制御プログラム

3.1 画像認識手法

本システムにおいてXYステージ上の物体の位置を確認するための画像認識手法としてパターンマッチングを用いた。^[1]この手法により画像上における物体の位置を求め、移動したい位置との相対的な距離を画素単位で求められる。XYステージの動作には μm 単位での指示が必要である。そこで、画素単位の距離に1画素当たりの幅を乗算することにより μm 単位の動作量を算出する。位置決めの手順によりこの量を動作させる。これにより自動位置決めを可能とした。

3.2 ロボットの動作プログラム

ロボットの動作プログラムによってあらかじめ作成しておいた手順を読み込ませ、各工程を順次実行させる。動作手順はロボットの部品、部品の動作量[pulse]、動作速度[pulse/sec]を指示し、作成される。動作手順の記述例を図3に示す。

A: 3	} 回転ステージの 動作
P: 5222	
S: 1000	
A: 2	} Z軸ステージの 降下
P: 218314	
S: 30000	
A: 1	} ハンド部の閉動 作
P: 316	
S: 100	

図3. 動作手順の記述例

最初に回転ステージを動作させる。次にZ軸ステージを降下させ、最後にハンド部を閉じる。各工程に示すAの値によって動作させるロボットの部品を指定し、Pの値によって部品の動作量、Sの値によって部品の動作速度を指示する。今回、ロボットをこの様に指定した手順どおりに動作させる機能を開発した。

このプログラムの開発によりロボット操作を自動化できた。また、動作手順を読み込ませることによって繰り返し実行が可能となった。

4. システムの検証実験

4.1 位置決め実験

取得した画像から画素単位で距離を求めるため、目標位置との誤差が最大で1画素あたりの幅だけ生じる。そこでパターンマッチングを用いた位置決め実験を行い、その精度を検証した。物体の配置位置と移動目標基準位置との距離を変更しながら位置決め動作を行い、移動量に対する誤差を計測した。配置した物体と移動目標基準位置との距離を $100\mu\text{m}$ 単位で5mまで、逐次50回計測した。その結果を図4に示す。この結果から誤差は移動量に関係がないことがわかった。今回の最大誤差は $113\mu\text{m}$ であった。この値は予測される画素単位での位置決め最大誤差 $145\mu\text{m}$ の範囲内にある。

4.2 ロボットによる把持実験

ロボットを用いて把持実験を行い、動作の有効性を検証した。物体は円柱状であり直径4mm、高さ5mmである。まず、物体をXYステージ上に配置し、把持する位置に移動する。次にロボットの自動動作によりその物体の把持と持ち上げを行った。その結果を図5に示す。図5の(a)はXYステージ上に物体を配置し、(b)は画像認識による位置決めを完了し、(c)はロボットにより物体の把持と持ち上げをそれぞれ示している。

5. 結言

5.1 結論

画像認識による位置決めと動作実験により、以下の結論を得た。

- (1) 位置決め精度は画素単位で距離を求めるための誤差が $145\mu\text{m}$ 以下であることを確認した。

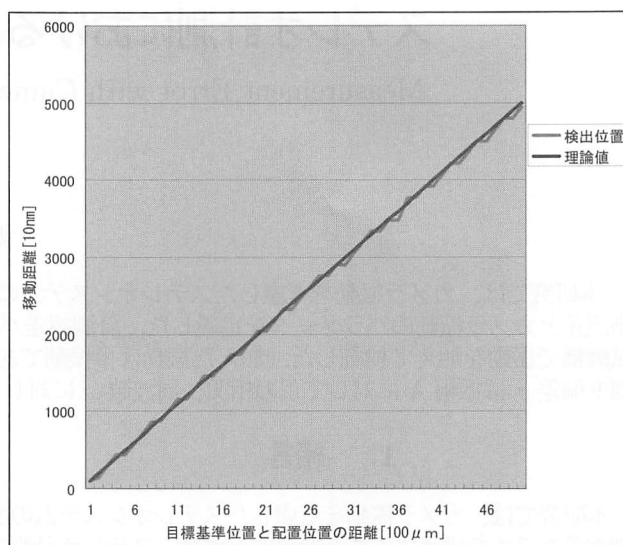


図4 移動位置と目標基準位置の誤差

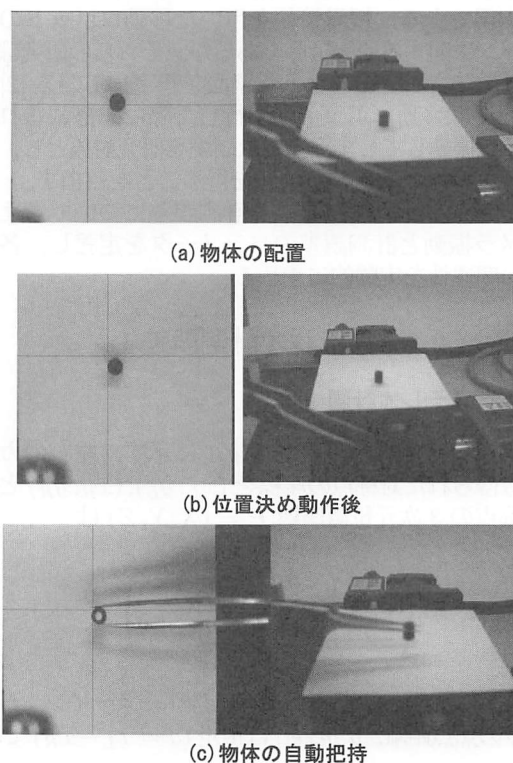


図5 自動動作による把持実験

- (2) ロボットが物体を持ち上げる動作を観察することにより動作プログラムの有効性を確認した。

5.2 今後の課題

- (1) 画像認識によるロボットの動作手順の自動生成
- (2) 画像認識による物体の形状把握機能の作成

参考文献

- [1] 田村 秀行、「コンピュータ画像処理」、オーム社、(2002)、p 252~255、