

微小部品搬送，積載のための遠隔操作ロボットシステムの試作

日本大学大学院 ○佐藤 文和 日本大学 小林 義和 白井 健二

要旨

mm 寸法の部品の把持，運搬のためのロボット遠隔操作システムを試作した．その試作機により，部品の積載作業を行った．本システムは，目視により画像を認識しながら，簡易な操作のみで遠隔地の部品の把持，運搬を可能とする．本システムは，現状では積載作業のみを対象としている．

1. 緒言

電子機器の高性能化，小型化に伴い，これらを構成する部品の高集積化，高密度実装化が進んでいる．そのため，微小部品の操作技術の必要性が高まっている¹⁾．これまでも，微小部品を対象とした操作ロボットシステムは存在しているが，高速ネットワークの普及に対応した遠隔操作システムは少ない．遠隔操作により，人間の移動時間を短縮し，その時間を他の作業等に用いることができる．

本研究においては簡易な操作性の実現と共に移動コストの低減を目的とした微小部品の遠隔操作システムを試作・評価した．

2. 遠隔操作ロボットシステムの構成

図1に遠隔操作ロボットシステムの構成を示す．本システムは操作ロボット本体，ステージ部，CCDカメラ，制御用PC及び操作用PCにより構成されている．制御用PCと操作用PCは100Mbpsのネットワークに接続されている．操作ロボット本体は部品の把持，運搬を行う．ステージ部は部品の位置決め，CCDカメラはステージ上の部品の認識に用いている．処理の流れは，操作用PCが各装置の操作データを制御用PCに送り，制御用PCが認識用画像データを操作用PCに送る．操作ロボットへは制御用PCのモーションコントロールボードからの位置指令パルス列を入力する．ステージ部のステージコントローラへは制御指令コードを送り，CCDカメラからのビデオ信号を制御用PCの画像処理ボードにより取り込む．ステージ部のXYステージは最大動作幅20mm，分解能10nmである．

図2に操作ロボットの構成を示す．ロボットはハンド部，Zステージから構成されている．ハンド部にピンセットを取り付け，対象物を把持する．最大動作は9mm，分解能は0.09mmである．Zステージは部品の把持の際の高さを調整する．最大動作は20mm，分解能は0.86μmである．モータはすべてステッピングモータを使用している．

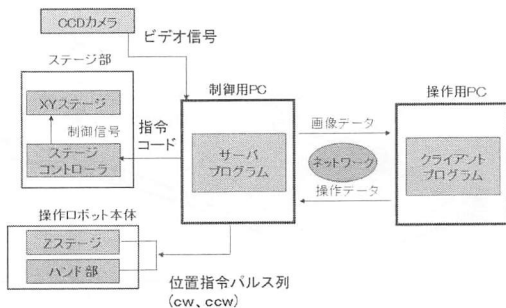


図1 遠隔操作ロボットシステムの構成

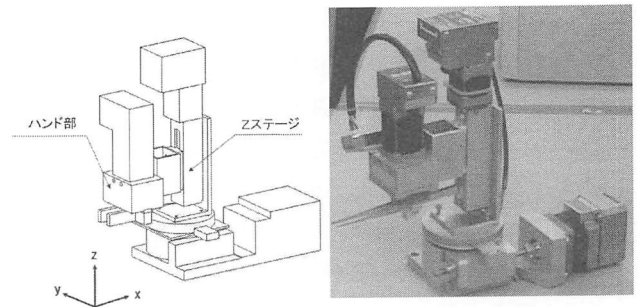


図2 操作ロボット構成

3. 遠隔操作システムの制御概要

本システムは制御用PC内のサーバプログラム，操作用PC内のクライアントプログラムによって動作する．これらは通信機能を有しており，遠隔操作を可能としている．クライアントプログラムは操作インターフェースを持つ．この操作インターフェースを図3に示す．この図の画像ファイル表示部において，カメラから取り込み送信されてきた画像データを表示する．画像の最大解像度は640×480ピクセルである．操作部において，操作ロボット，XYステージの操作をする．サーバ，クライアントプログラムの処理概要を図4に示す．サーバ，クライアントのそれぞれのプログラムは起動後，双方の接続を開始する．接続完了後，サーバ側は一定間隔ごとに認識用画像の生成，転送を繰り返し，クライアント側は受信後に表示する．また，クライアント側は接続の完了後，各装置を操作する．操作に応じてコマンドがサーバ側に送信され，サーバ側で受信後にコマンドを判別する．その際，ステージはX，Y軸ともに0.5mmきざみで動作する．操作ロボットはハンド部が0.5mmきざみ，Zステージが1mmきざみである．

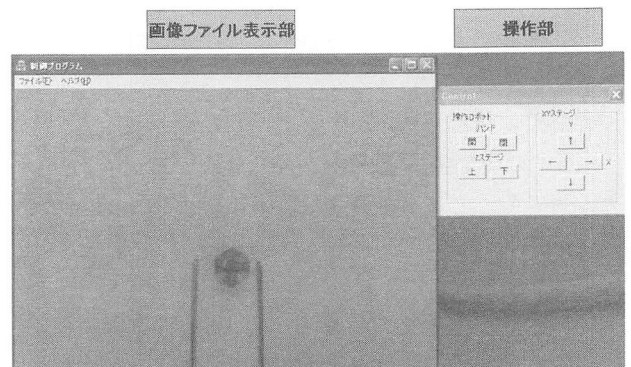


図3 操作インターフェース

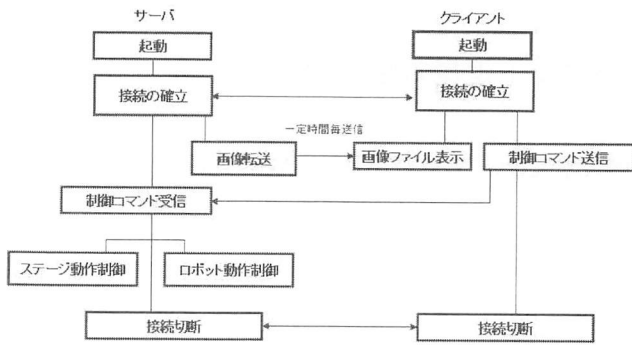


図4 サーバ・クライアントプログラムの処理概要

4. 遠隔操作実験

前述の操作プログラムにより、遠隔操作実験を行った。今回の例は積載作業である。図5(a),(b)にそれぞれ作業対象とする二つの部品を示す。(a)の材質はフェノール樹脂(ベークライト)であり、外径4mm、高さ5mmの円柱形状の剛体である。(b)の材質は炭素鋼(SS400)であり、幅5mm、高さ2mmの六角柱形状の剛体である。この実験手順を以下に示す。

- 1) ハンドに取り付けてあるピンセットの先端に合わせて対象部品を移動する。
- 2) Z ステージを下降させた後、ハンドを閉じ、対象部品を把持する。
- 3) Z ステージを上昇させた後、組み合わせる対象部品を直下に移動する。
- 4) Z ステージを下降させ対象部品を積載した後、ハンドを開き対象部品を開放する。

2つの対象部品に対する把持結果と積載結果を図6、図7にそれぞれ示す。これらの実験を行い、2つの部品を積み上げることができた。この結果から、点接触、面接触での把持、運搬がそれぞれ可能であることが分かった。

また、本システムの遅延時間の大部分が画像転送に起因することから、現在使用可能な画像解像度ごとに、それぞれ遠隔操作実験の遅延時間を計測した。その結果を表1に示す。解像度が640×480の場合では、5フレーム/秒、解像度が480×360の場合では8フレーム/秒、解像度が320×240の場合では、13フレーム/秒程度の画像更新を行っていることがわかった。解像度を低下させると視野が狭くなるが、今回の事例においては、作業に影響を与える程度ではなかった。そのため、今後は画像更新頻度の高い320×240の解像度を適用して実験を行っていく。

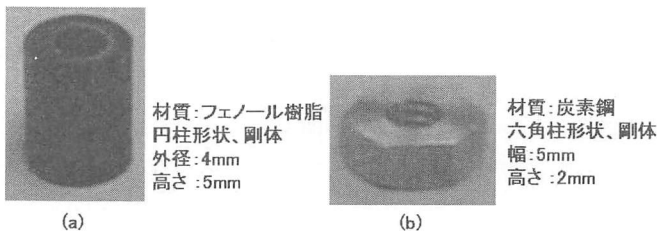


図5 対象部品

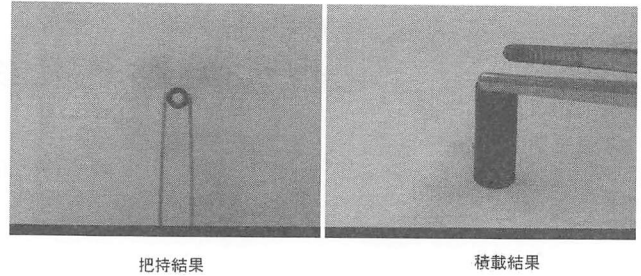


図6 部品(a)の実験結果

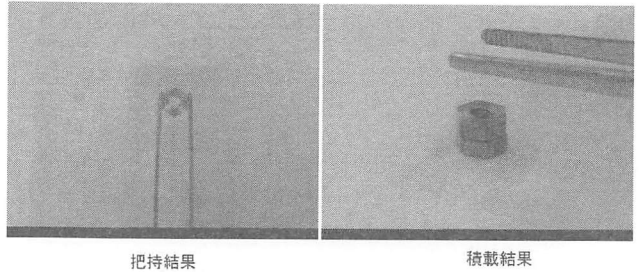


図7 部品(b)の実験結果

表1 解像度ごとの画像転送に起因する遅延時間

項目\解像度	640×480	480×360	320×240
画像生成	38ms	36ms	32ms
JPGに圧縮	78ms	38ms	18ms
転送	30ms	20ms	16ms
BMPに復元	35ms	20ms	9ms
画像表示	5ms	3ms	1ms
合計	186ms	117ms	76ms

6. 結言

6.1 結論

遠隔操作により、人間の移動時間の短縮を目的とした操作ロボットシステムを試作し、以下の結論を得た。

- (1) 操作ロボットシステムにより、遠隔地にある4~5mmの大きさの部品の把持、運搬を行い、2つの部品を積載できた。
- (2) 本システムの画像の解像度を設定値の最小値である320×240としても積載作業に影響はなく、認識用の画像では13フレーム/秒の更新間隔を実現することがわかった。

6.2 今後の課題

- (1) 表示部の位置を指定すると、指定位置まで移動するといった位置決め補助機能の実装を行う。
- (2) センサなどを利用し、利用者の動作を直接反映させることが可能な機能を開発し、より直感的な操作を可能とする。
- (3) 1mm~数百μm程度の大きさの部品を適用して実験を行い、把持精度などの検証を行なう。

参考文献

- 1) 佐藤知正, 古谷野宏一, 古畑洋太郎, 中尾政之: 集動マニピュレーションシステムの構築と微細作業実験による評価, 日本機械学会論文集, 62-598, C(1996), 228