

力制御と視覚による位置制御を利用したサブミリメートル電子部品のハンドリング

Handling of submillimeter-sized Electronic Parts Using Force Control and Vision-based Position Control

○ 榎田 諭¹, 正前田 雄介¹, 角野 洋輔¹ (1 横浜国立大学)
三浦 沙弥香², 國岡 功², 吉田 邦夫² (2 AJI 株式会社)

Satoshi MAKITA¹, Yusuke MAEDA¹, Yosuke KADONO¹ (1 Yokohama National University)
Sayaka MIURA², Isao KUNIOKA², Kunio YOSHIDA² (2 AJI Co., Ltd.)

Abstract

This paper presents handling of small electronic parts whose size is submillimeter or smaller. For assembly of small parts which compose electronic devices or micro robots, we need two key technologies: accurate position control and force control while handling them. In this paper, we utilize a four degree-of-freedom assembly robot with a camera for position control. This vision-based assembly system gives us positioning accuracy of micrometer order. Pressing load in pick-and-place of small objects is controlled by PID control with mechanical springs and a displacement sensor. We execute some experiments to handle small electronic parts using above-mentioned force control and vision-based position control.

研究背景

電子機器の小型化
= 部品の小型化

⇒ 微小部品の組立技術

- 精密な位置決め(マイクロオーダー)
- 部品への機械的ダメージの低減(荷重制御)

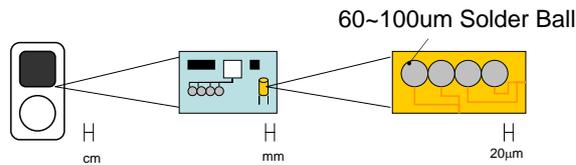


Fig. 1: Downsizing of Electronic Parts

従来研究

4自由度組立ロボットの開発 [Yoshida 2003]

- XYθステージ(水平方向位置決め)
- Z軸アーム+エア吸着コレット(物体のハンドリング)
- ステージ観察カメラ



Fig. 2: Vacuum Collet

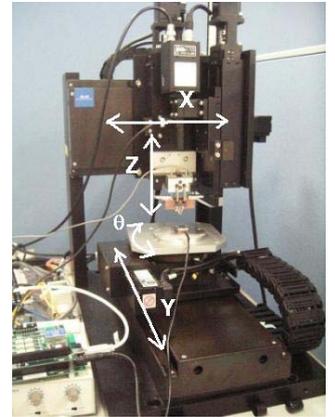


Fig. 3: Four D.O.F. Assembly Robot (AJI Co., Ltd.)

- ⇒
- 画像を利用した位置フィードバック制御
 - エアダンパを利用したZ軸アームの荷重制御(押付量によらず一定値に制御)

問題点

- 押付荷重を動的に変化できないこと
- 0.2 [N]以下の荷重に制御できないこと

研究目的

4自由度組立ロボットにおける押付荷重の能動的な制御



力制御と視覚による位置制御を組み合わせた微小物体のマニピュレーション

視覚による位置制御手法

画像処理ソフト・HexSight (Adept Technology, inc.) を使用

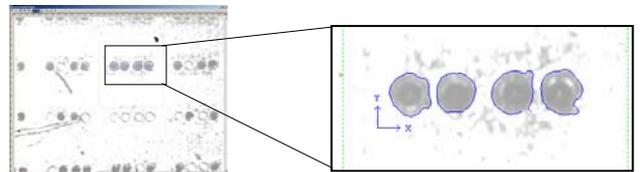


Fig. 4: Model Detection using HexSight

検出対象モデル(エッジ群)の登録

目標位置・姿勢の設定

⇒ 現在画像の取得
モデルの位置・姿勢の算出

⇒ 誤差補正移動の指令送信

フィードバック制御

ばねを利用した力制御手法

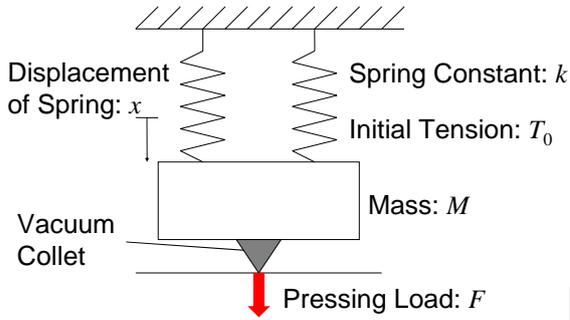


Fig. 5: Mechanism of Force Control Using Mechanical Springs

$$F = Mg - n(kx + T_0)$$

(Number of Spring: n)
 (Gravitational acceleration: g)

変位センサでばねの長さを計測し、
 フィードバック制御

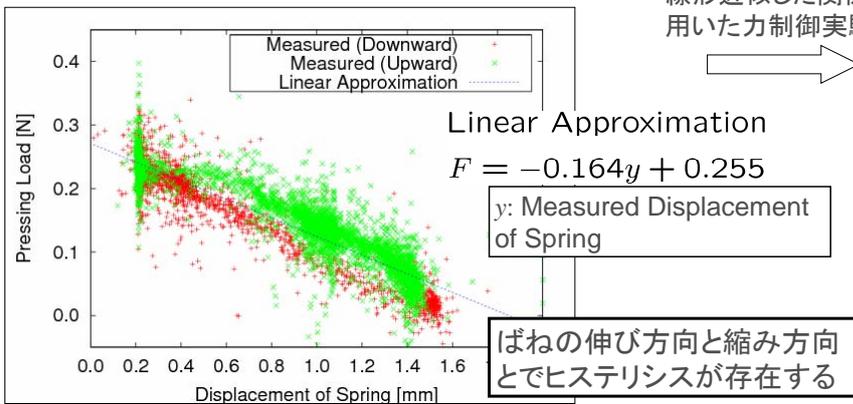
ばねの復元力を制御
 = 押付荷重の制御



Fig. 6: Spring Force Control Unit (Designed for Active Force Control)

力制御実験

ばねの変位量と押付荷重の関係を求める



線形近似した関係を用いた力制御実験

Fig. 7: Displacement of Spring vs. Pressing Load

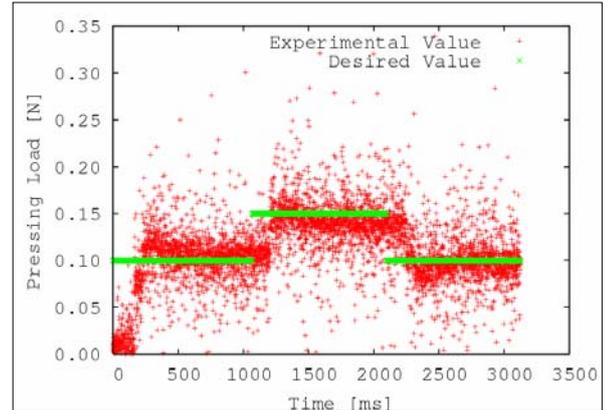
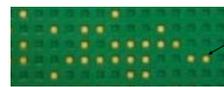


Fig. 8: Pressing Load (for Changing Desired Load)

おおむね追従する制御ができている
 (0.05 [N] 程度の誤差を含む)

微小電子部品のマニピュレーション



Part
 Color: Yellow
 Size: 0.55mm square, 0.3mm thick

Fig. 9: Chip-shaped Electronic Parts

レーザモジュール用チップ状部品の搬送実験

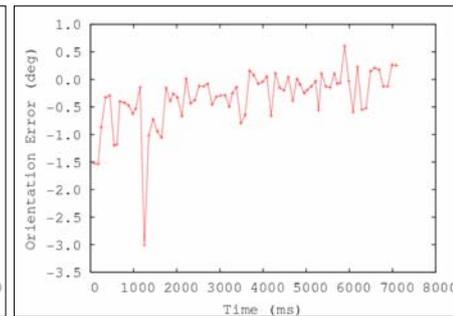
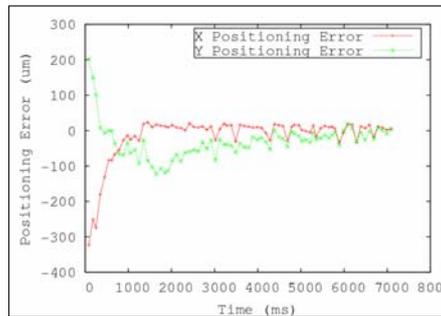
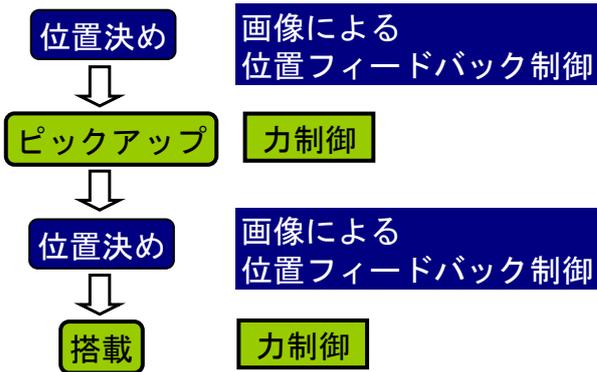


Fig. 10, 11: Positioning Error and Orientation Error in Vision-based Position Control

Table 1: Success Rate of Chip Mounting for Various Pressing Load (25 Trials for Each)

		Pressing Load in Mounting [N]		
		0.05	0.10	0.15
Pressing Load in Pickup [N]	0.05	80%	88%	100%
	0.10	72%	92%	88%
	0.15	64%	84%	92%

各工程における適切な荷重制御
 → 一連の搬送作業の成功率が向上

搭載失敗の原因として考えられるもの:
 ばね機構のがたつき、部品に働く表面力などの影響、等

結論

- ✓ばねを利用した能動的力制御の実現
- ✓視覚による位置制御の構築
- ✓微小物体のマニピュレーションの実行
 (提案する力制御手法の有効性を確認)

今後の展望

- より精度の高い力制御機構の構築
- 作業に適した機構・制御系の設計