

双腕型アームを用いた自律型レスキューロボット

機械・航空システム制御研究室 1170090 武村 美穂子

1. 緒言

近年日本では、1995年の阪神淡路大震災や2011年の東日本大震災、2016年の熊本地震など地震が多く発生している。さらに、近い将来に必ず起こるとされる南海トラフ巨大地震は30年以内にM8以上の規模で発生する確率が60~70%、それによる死者数は30万人を超えると予測されている。ロボットに代表されるメカトロニクス技術は、現在の高度救助資機材をさらに高性能で使いやすくするために不可欠の技術であり、現場における救助能力の拡大、効率化、作業従事者が作業中に災害に巻き込まれる二次災害の防止に大いに貢献すると期待される⁽¹⁾。

以前、本研究室において製作されたレスキューロボットは、無線LANによる遠隔操縦で双腕型アームを操作するものであった⁽²⁾。しかし、遠隔操縦ではロボットのアームに微小な動きを行わせるために高度な技量を必要とするため、作業が難しいものとなる。近年では自動車における自動運転技術の研究・開発が急速に進められており、またレスキューロボットの自律化は作業人員の削減にも繋がると考えられるため、本研究では今後必要性が高まるとされるレスキューロボットにおける自律化を目指す。

2. システム概要

本研究室で製作された双腕型アームを図1に示す。マイコンにはPSoC 5LPを使用し、アームの動作は位置検出として使用されているポテンショメータの値をもとに決定した。対象物に対する手先の位置を検出可能にするために、左アームに直径30mmのポイントを取り付けた。視覚装置には図2に示すUSBカメラを2台搭載し、MATLAB R2014bのStereo Camera Calibratorアプリケーションを用いてキャリブレーションさせ、ステレオカメラとして使用した。Cascade Trainerアプリケーションを使用して機械学習を行い、対象物の検出とカメラから対象物までの距離及びカメラから手先のポイントまでの距離の検出を可能にした。

3. 距離検出実験

左アームの位置を初期位置とされる場所に、また、取り込むとされる対象物を実際に配置し、アームを作動させずにそれぞれの物体及び距離の検出のみを行った。図3に、検出された対象物とポイントにおけるカメラからの距離を表示した画像の一例を示す。MATLABで作成した視覚認識システムにおけるプログラムをループ実行させ、図3のように検出対象を検出した時のデータを15回分記録した。

検出回数と検出距離の関係を図4に示す。d1はカメラからポイントまでの検出距離、d2はカメラから対象物までの検出距離とし、Ad1及びAd2はそれぞれに対応する実測距離である。また、表1にd1とd2における実測距離と平均検出距離を示す。平均検出距離との誤差はd1で8mm、d2で39mmとなったが、図4のグラフからも分かるように、値のばらつきが大きく、実測距離との誤差を多く含む結果となった。

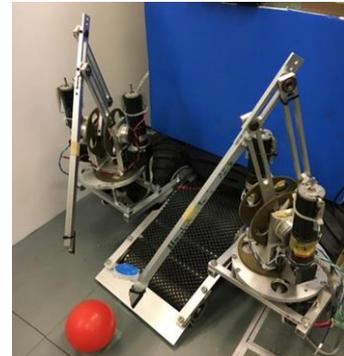


Fig. 1 Dual arm



Fig.2 Visual device

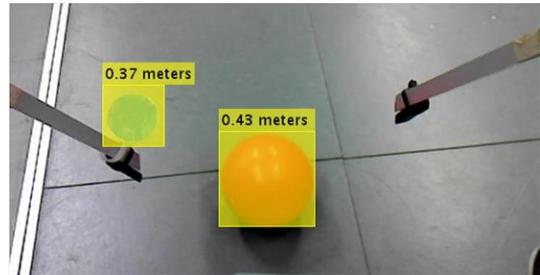


Fig.3 Image of detection distance

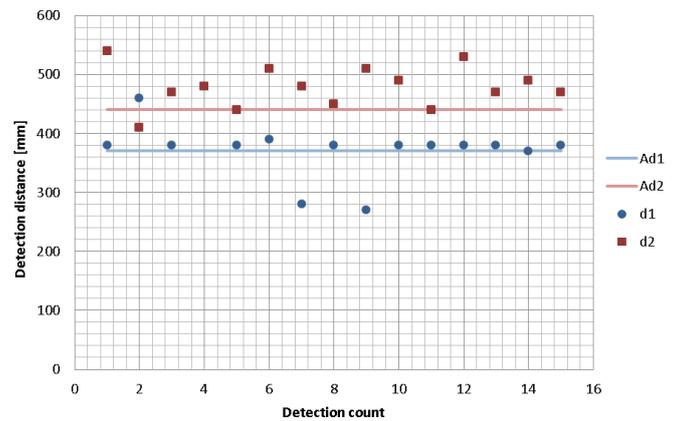


Fig.4 Detection distance at d1 and d2

Table 1 Measured value and average detected value

	Measured value	Average detected value
	[mm]	[mm]
d1	370	378
d2	440	479

4. 対象物へのアプローチ実験

距離検出実験に、アームの動作を加えて対象物へのアプローチ実験を行った。

対象物へのアプローチを行う手順を示す。視覚認識プログラムでカメラによって映し出された映像から $d1$, $d2$ を検出し、差を算出する。算出した差の値はリアルタイムで MATLAB から PSoC に送信されており、PSoC 側で値を受信した時点で手先が対象物へのアプローチ動作に入る。受信する値が 0 以下になるまでアームのモータを作動させて手先を対象物へアプローチさせ、0 以下の値を受信した時点でアームの動作を停止させてアプローチを終了するという手順である。アームが初期位置とされる場所に戻ったことを確認してから視覚認識システムの実行を行い、手先をアプローチさせた。アプローチが完了した時点で対象物をとらえることができるように、右アームにも左アーム同様に対象物へのアプローチを行わせた。

アプローチ実験における検出距離とその差を図 5 に示す。実験結果としては、手先が対象物に接近し終わっていないにも関わらずアームの動作が停止してしまうことや、手先が接地してしまってもアームが動作し続ける様子が伺えた。原因としては、ポイント及び対象物の距離を検出し切れていないことや、MATLAB と PSoC 間のデータ転送速度の相違に伴って発生したタイムラグによるアームの誤反応が考えられる。

5. 対象物の取り込み実験

アプローチ実験のプログラムの最後に取り込み動作を加え、実際に対象物を取り込む実験を行った。図 6 に対象物の検出から対象物取り込みまでにおける、一連のプログラムのフローチャートを示す。取り込み動作の直前まではアプローチ実験の手順であり、取り込み動作は対象物へのアプローチ終了後に実行される。今回の実験での取り込み動作は、アプローチを終了した時点で一定の取り込み動作を取るといった決め打ちのプログラムとした。

図 7 に対象物を取り込む様子、図 8 に取り込み実験におけるアプローチ中の検出距離とその差を示す。対象物の取り込みとしては成功したが、取り込み時のアームの弱さが見られた。両アームのモータのトルク制御を行っていないため、取り込み動作時におけるトルクが小さいことが原因であると考えられる。

6. 結言

今回は対象物とポイントの検出距離の差を用いて対象物に自律的にアプローチし、実際に対象物の取り込みに成功した。しかし、検出距離のばらつきによるアプローチの失敗や、アームの力不足による不完全な対象物の取り込みが見られたため、視覚認識システムやモータ制御の改善が課題とされる。

参考文献

- (1) 消防防災科学センター
http://www.isad.or.jp/cgi-bin/hp/index.cgi?ac1=IB17&ac2=81summer&ac3=3856&Page=hpd_view
- (2) 大股政裕, 作業・運搬能力を備えたレスキューロボットの研究, 高知工科大学修士課程論(2006)

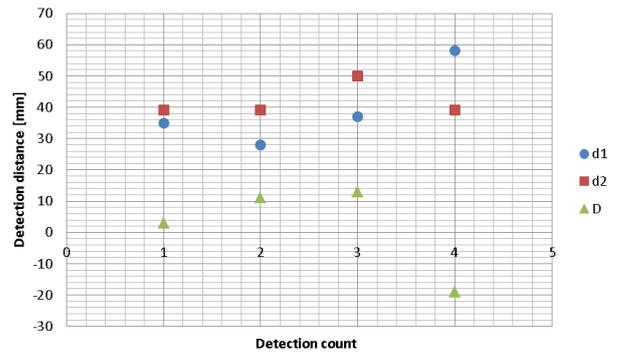


Fig.5 Detection distance at approach and its difference

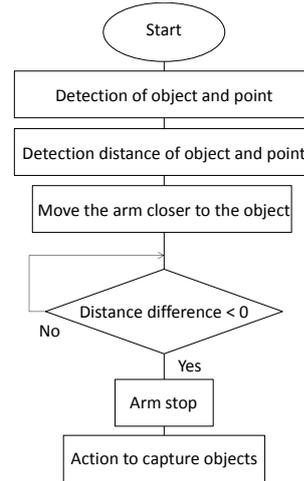


Fig.6 Program flowchart

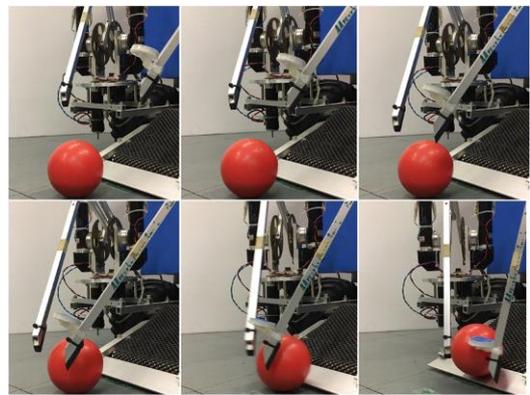


Fig.7 Capturing objects

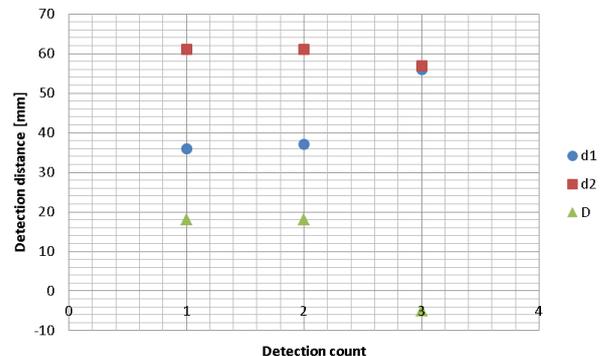


Fig.8 Detection distance of capture experiment and its difference