フェールセーフな光学式力センサの開発

Fail-safe optical force sensor

○小原 武宏, 手嶋 教之

立命館大学院 理工学研究科 創造理工学専攻 機械システムコース

○Takehiro Ohara, Dept of Science & Engineering, Graduate School of Ritsumeikan University

Noriyuki Tejima, Dept. Robotics, Ritsumeikan University

1. 研究背景

福祉用ロボットアーム接触時における安全を確保する手法の一つとして、力センサをフェールセーフにするというものがある。力センサではひずみゲージを用いたタイプの物が一般的だが、このタイプでは断線検出が困難なためフェールセーフが実現出来ないと思われる。よって本研究室では、先年考案した歪ゲージではなく光センサを用いた力センサ [1] を基にして開発を行う事にした。

2. 試作したセンサ

参考にした装置は Fig. 1 の様に弾性体で支えた光センサを発光素子と対面させたものである。光センサは外力に比例して上下し受光量が変化するので、その出力変化より外力を計測するというものである。この装置の特徴は過大な外力がかかると光センサの出力がゼロになるよう構築されているという点であり、これにより発光素子や光センサの故障もしくは断線が起こって光センサの出力がゼロになろうとも、力信号として見ると過大な力が加わったのと同じなためフェールセーフである。

Fig. 1 structural drawing

これを基にした試作力センサでは、光センサとして PSD (position sensitive detector) を使用した。PSD を用いた理由は素子の出力が出力端子と入射光との距離に反比例するので、外力が加わっていない時に入射光位置が中心に来るよう据える事でその移動方向と距離が容易に検出でき、かつ過大に移動しすぎれば出力をゼロとするフェールセーフなセンサとして使用できるからである。

そして実験用に試作したセンサの構造を Fig. 2 に示す。今回は Fig. 1 のセンサを三組用いて 3 軸を計測するセンサを作成した。内部では弾性体と自動調心軸受によってアームが支持しており、そこに PSD と発光素子が貼り付けてある。

3. 実験

アームの手先に荷重を加え、出力の変化を測定した。また故意に配線を断線させた際に安全方向へと故障するかどうかを検証した。その実験結果を Fig. 3 に示す。それによるとこの装置では外力が 55 [N] を超えるとセンサの出力がほぼゼロになる事がわかる。また、故意に回路を断線させた場合においてもセンサの出力がゼロとなる事を確認できた。

Fig. 2 experimental manufacture

Fig. 3 z-axis load-output diagram

4. まとめ

実験の結果、試作したセンサは過大な力が加わった場合と断線が起こった場合共に出力がゼロとなったためフェールセーフを実現していると思われる。ただその出力は非線形でありセンサとして十分な精度を持っているとはいえない。よって今後はセンサ出力が線形になるよう構築しなおした上で、アーム等に組み込んでの実験を行う予定である。

その際の制御系としては Fig. 4 に示したようなインピダンス制御を予定している。この制御系は通常のセンサシステムが送られてきた力信号を PC で処理しそのままモータを制御しているのに対し、センサからの信号が 0 ではない (故障も過大な力も発生していない) 事をコンパレータで検出して初めて PC の指令がモータに届くようにしたものである。

Fig. 4 sensor system diagrammatic illustration

5. 参考文献

[1] N. Tejima and D. Stefanov : Fail-safe components for rehabilitation robots - a reflex mechanism and fail-safe force sensor ; proc. ICORR2005, p456-460