

Abstract

Optical sensors for robots were reviewed. Robot inner sensors can be gratified with conventional optical sensor technology. But outer robot sensors must be developed in the future. Most important sensors in the outer sensors for advanced robot are vision sensor which has three dimensional recognition and three dimensional position measuring functions. Three dimensional recognition problem is future issue. Whether conventional optical force sensor is applicable to force control for advanced robot or not, is not clear, since the force control strategy is under development now.

1. 緒言

ロボットは、人間の作業の一部を人間の指示する通りに実行する機械を夢見て書かれた戯曲が語源になっている通り、形、姿は人間と異なっているけれども、その機能は、人間の動作を機械に代行させるために考えられてきたものと言っても過言でない。人間が5感（視、聴、触、臭、味）を通して外界から情報を得ていることを考えると、ロボットもこれ等に相当するセンサが必要になることは容易に想像がつく。しかしながら、人間が何気なく簡単にやってのける作業（位置と力のハイブリッド制御だけで成り立っていると思われる）すらロボットに代行させることに四苦八苦している現状では、視覚と触覚（力覚を含めた）だけを議論すれば十分で他の感覚を議論するのは時期尚早であろう。そこで、ここでは視覚と力覚（触覚は元来、ものに触れたときの感覚であり、非接触計測を特徴とする光センサにはそぐわないので、力覚に置き換える）に焦点を絞り、光センサを概観する。

2. 従来 of 光センサ

ロボットでは、ロボット自身の制御（例えば、関節角や関節角速度の制御）に用いるセンサを内界センサ、ロボットと環境の関係を知り、ロボットが環境との間に一定の関係を保ちながら所望の作業をするに必要なセンサを外界センサと呼んでいる。内界センサは十分とは言えないまでも、従来技術でかなり充足されて来ているが、外界センサについては全くと言って良い程問題が解決されていない。

(a) 内界センサ

内界センサで代表的な光センサにロータリ・エンコーダ、傾斜角センサ、方位角センサがある。ロータリ・エンコーダは関節変位を測るもので、スリット円盤をはさんで発光素子と受光素子を配置した簡単なものから、図1に示すような複雑な構造をしたもの⁽¹⁾までである。図1のエンコーダはグレーティングディスクで得られる1次回折光を干渉させることによりグレーティング周波数の4倍の周波数の正弦波を取り出し、信号処理を施すことによって、180万pprの分解能が得られるとしている。ただしこのような高分解能エンコーダが必要なのは、ダイレクト・ドライブ・ロボ

ットの場合であり、減速機構を持った一般の産業用ロボットでは従来のレゾルバで十分であることが多い。

傾斜角センサ⁽²⁾は移動ロボットの姿勢角の制御に使われるもので、原理を図2に示す。測定範囲は20度程度と狭いが、0.001度の分解能がえられるとしている。方位角センサは自律移動ロボットの自己位置の推定に不可欠なもので、検出原理にサニヤック効果を利用した光ジャイロスコープとしてリング・レーザ・ジャイロが開発されている。

(a) 外界センサ

人間の得る環境情報の大部分は視覚によっている。しかし、現在大成功をおさめていると言われる日本の産業用ロボットでは、大部分が視覚情報無しで作業が出来るようにロボットの作業環境が制御されている。ロボットが量産工場から外に出て活躍するためには、人間の視覚システムに代わる装置が不可欠で、そのためにコンピュータ・ビジョンの研究が続けられているのは周知の通りであるが思わしい結果は得られていない。

ロボットの視覚としては、1) 作業対象及びその注目点が視野の何処にあるかを認識する機能、2) その作業対象、あるいは注目点の位置を計測する機能が必要である。しかし、認識が絡んでくると問題が非常に難しくなってしまう、現在、ロボットで使われている視覚の機能は、2) の位置計測に限られている。

2次元の位置計測は、2分割や4分割センサを用いる簡単なものからテレビ画像を処理して位置をわりだす複雑なものまである。3次元の位置計測は三角測量の原理を利用している。その仕組みは昔のカメラに組み込まれていた距離計と基本的には同じである。2台のテレビカメラを使って、人間の両眼視のように基線距離を隔てて写した2枚の画像上で同一物点の像位置を見いだして距離を計算する極めて簡単な原理(パッシブステレオ法)であるが、同一物点の検出が難しく大きな課題となっている。この問題を解決するために対象物にレーザ・ビームを照射する方法(アクティブステレオ法)もあるが、人間の関与が前提にありますますロボットの自律性が失われることになる。三角測量法のもう一つの問題点は測定精度である。2つのカメラの基線距離を大きくすれば精度は向上するがこれにも限度がある。およそ5%の誤差は覚悟しなければならない。基線長による限界を緩和して距離センサを小型化するための方法、RORS⁽³⁾(図3参照)も提案されているが、測定レンジが狭い(5-20mm)ので用途が限定される。

ロボットで大切なもう一つの外界センサは力覚センサである。力覚センサはロボットが環境に対し何らかの仕事をするとき、ロボットに働く反作用力を計測するもので、一般には歪ゲージが用いられるがゼロ点のドリフトがあり使いやすいものではない。これに対してロボットの機構の一部の外力による弾性変形を光学的に検出する方法⁽⁴⁾⁽⁵⁾が試みられている。図4は浅田等⁽⁴⁾によって報告されているトルクセンサの概念図である。

3. ロボットセンサの課題

現在、ロボットの進歩が停滞している原因は幾つもあるが、センサに適切な物が無いことも大きな理由の一つになっている。今までに数多くの提案がなされているが、どれも非常に限定された条件下でしか使えず、ロボットの守備範囲を限定してしまう結果となっている。使用条件を限定する事は、ロボットの環境を制御しなければならない事を意味し、センサを装備はしたが、何が改善されたかが何時も問題になり、新しい提案も実用に供されないで終わる事が多い。

半定形作業を自律的に行うような、これからの進んだロボットでは、視覚システムによる位置と力センサによる力の制御のハイブリッド系が不可欠であり、認識機能の優れた視覚システムの開発が待たれる。力制御では、視覚システムにつきものの位置計測の不確かさを吸収するための手探り作業⁽⁶⁾⁽⁷⁾や、はめ合い作業に代表される微妙な作業を可能にするセンサが必要になる。現在提

案されている光学式のカセンサが使えるか否かは、まだ手探り作業やはめ合い作業に必要なロボットの制御アルゴリズムが確立していないので判断出来ない。

4. 引用文献

- (1) キヤノン(株)、レーザーロータリーエンコーダカタログ、PUB. D-CJ-003B0690AB5
- (2) H. Kato, et al., Photoelectric Inclination Sensor, Rev. Sci. Instrum., Vol. 57, No. 6, 1207 (1986)
- (3) 出澤正徳、光学的距離センサ小型化のための一方法、日本ロボット学会誌 3巻2号、3 (1985)
- (4) 浅田春比古 他、光学式トルクセンサを内蔵したダイレクト・ドライブロボットの動的コンプライアンス制御、日本ロボット学会誌、7巻2号、3 (1989)
- (5) 広瀬茂男 他、光学式6軸センサの開発とその比線形校正、日本ロボット学会誌、8巻5号、19 (1990)
- (6) 浅野都司、知能ロボット、電機大学出版局、(1990)
- (7) 浅野都司、将来のロボットビジネス、システム制御情報学会、インテリジェントFA研究分科会、第32回研究例会資料 No. 90-6 (1990)

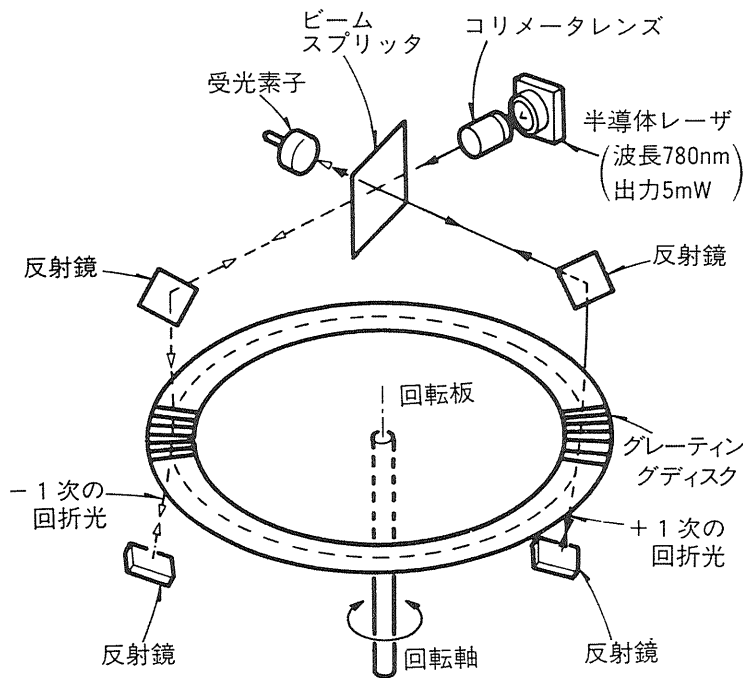
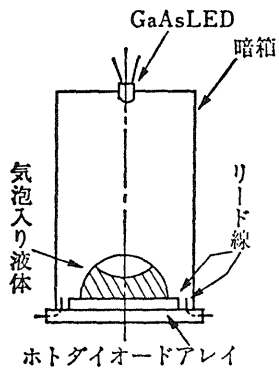
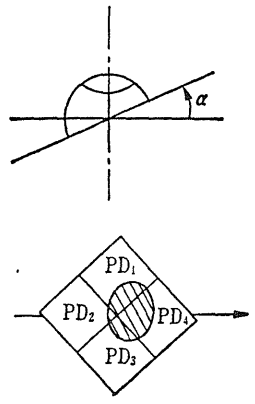


Fig. 1 Laser Rotary Encoder



(a) 構造



(b) 原理

Fig. 2 Photoelectric Inclination Sensor

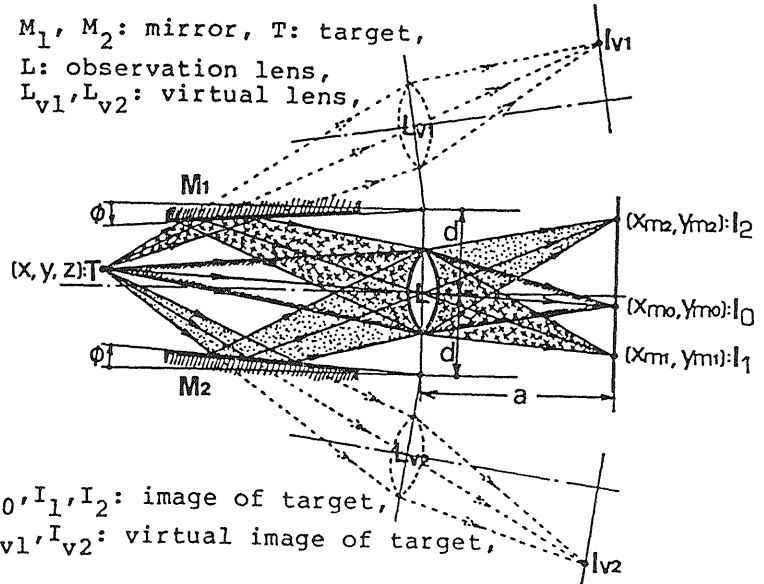
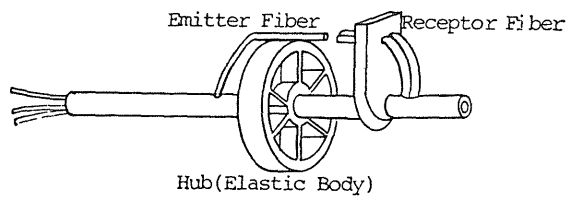
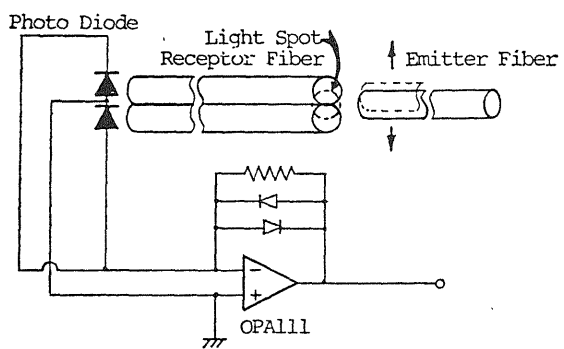


Fig. 3 Optical Range Sensor (RORS)



(a) Mechanical part of optical torque sensor



(b) Electric part of optical torque sensor

Fig. 4 Optical Torque Sensor