

メカトロニクスにおけるセンサフュージョン利用技術の研究

石川 友彦* 富長 博*

1. はじめに

何らかの情報を我々人間が外界から得ようとした場合、我々は視覚、触覚、聴覚、嗅覚、味覚など五感と呼ばれる感覚器を駆使して必要な情報を取得している。しかし、感覚器から得られる情報は、我々の期待する形として単純に得られるわけではなく、実は様々な処理がなされた後に、初めて我々の要求している必要条件を満たす情報として現れてくれるのである。

五感と呼ばれる感覚器(センサ)はお互いに独立し、機能的に大きく相違しているにも関わらず、我々が意図する情報を我々に与えてくれる。これは、それぞれの情報をお互いに補間したり統合したり、あるいは知識と照合することにより、外界の変化や事物の状態を、正確に認識・判断することができるためであると言われている。このような複数のセンサからのデータを統合的に処理することにより、単一のセンサからは得られないような新たな認識機能を実現しようとするものがセンサフュージョンである。

従来のセンシング技術は、主に単一の情報を得て、その機能を実現しようとするための技術として位置づけられており、その結果は独立した演算機能に伝えられ、処理が行われるというのが一般的である。このため、単一のセンサからの信号に対しては十分な処理手法を与えてくれる従来のセンシング技術も、多種類のセンサからの情報を複合的に処理する技術としては不十分な点が多い。

我々は、単一機能としてのセンサを見直し、複合的なセンシングを行うための基礎技術を確立するために、センサ情報の複合的処理を行うことを試みた。

具体的には、ロボット等が組み立て作業を行う場合に、重要な作業要素となる接触位置の検出にセンサ情報を融合し活用する方法を提案する。センサ情報としては6軸力センサによる力覚情報とCCDカメラを用いた視覚情報を用いて、それらセンサ情報の融合化を試みた。

2. センサ情報処理

センシングを行うセンサ要素として、6軸力センサとCCDカメラを用いた視覚センサを用いた。まず各々のセンサとその信号処理方法について述べる。

2.1 力覚センサの基本構造

6軸力センサはロボットなどの手首に装着され、作業対象物に力がどの方向から加わっているのかを知ることによく用いられている。例えば組み立て作業等においては、必要以上の負荷が加わっていないかどうかを監視したり、ひねりやかみ合わせなどを起こしていないかを知る重要なセンサとして用いられている。

6軸力センサの外観と内部構造を図1に示す。このセンサ(変換器)は、変換器ボディとツール側フランジを十字状ビームを介して連結し、ビームの各面に8組のひずみゲージを貼り付けた構造のものである。このひずみゲージはビーム部分の弾性ひずみを検出し電気信号に変換している。

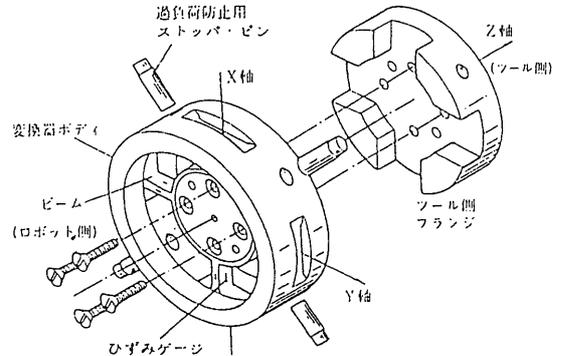


図1 6軸力センサの外観と内部構造

機構的には、過負荷防止のメカニカルストップを内蔵しており、変換器に定格以上の過負荷が加わったときに作用して、ひずみゲージを保護する機能を持っている。この機能を持たない場合は、作業中誤って過負荷が加わったときにセンサ自体を損傷することとなり、再び作業を続けることができなくなるため、作業を遂行する観点から重要な要素の一つである。

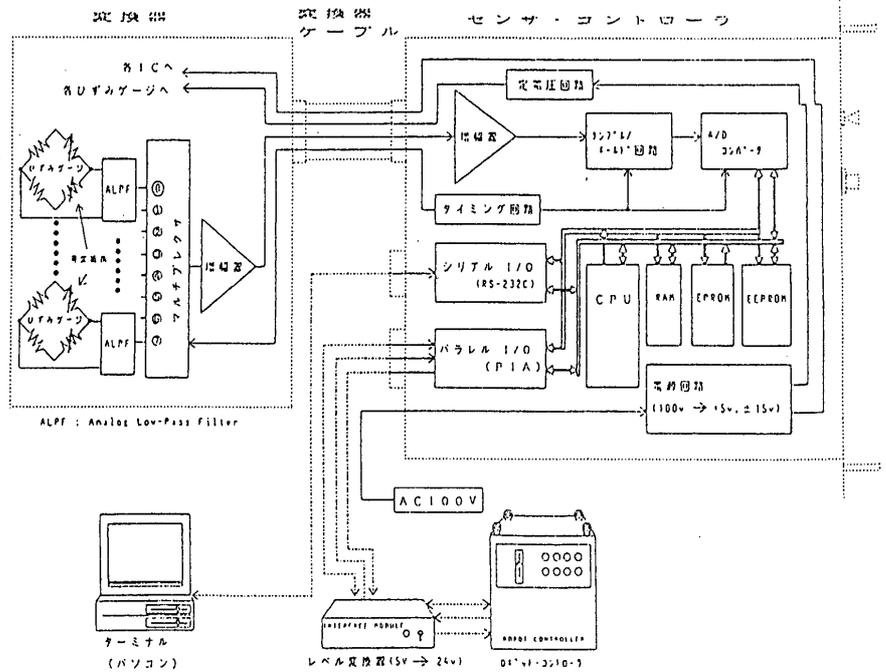


図2 信号処理ブロック図

2.2 力覚センサにおける信号処理

ひずみゲージにより検出された信号は、変換器に内蔵さ

れたローパスフィルタ(ALPF)を通り,マルチプレクサされ,増幅器により増幅された後,コントローラ部へ送られる。コントローラにおいては,送られてきた8組の個々のひずみゲージのデータにキャリブレーションにより得られているバイアスペクトルとキャリブレーション行列を加えた演算を行い,カ/トルクデータを算出する。ひずみゲージからの信号処理のブロックを図2に示す。また,ひずみゲージから得られたデータをグラフに表した例を図3に示す。このようにして得られたデータに対して,前述のようにバイアスペクトルとキャリブレーション行列による演算を施し,カ/トルクデータを得ることができる。

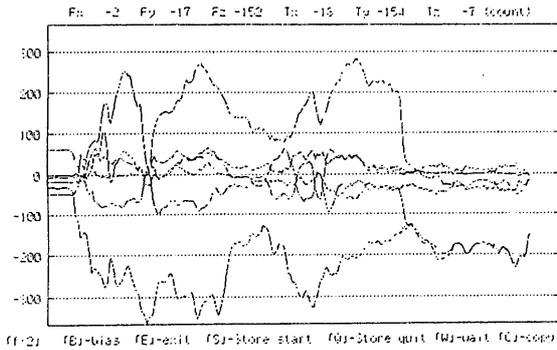


図3 カセンサから得られたデータ

2.3 視覚センサにおける信号処理

CCDカメラを用いた視覚情報は,人間の目に相当するものとして広く注目を集めており,その応用範囲も多岐に渡っている。図4にCCDカメラの外観を示す。

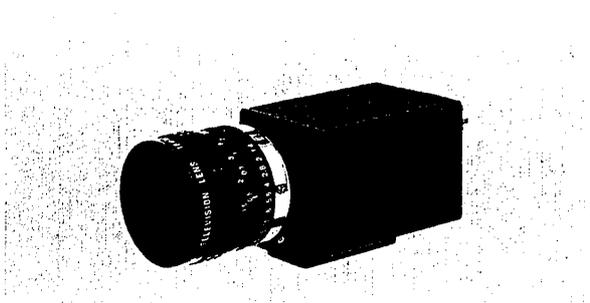


図4 CCDカメラの外観

このCCDカメラから得られる信号は他のセンサ信号と異なり2次元の広がりを持つ点に特徴がある。2次元の広がりを持ち,多くの情報を含んでいるため,様々な形態のシステムを組むことができる。計測システムの構成例を図5に示す。

これらシステムは,基本的な処理方法が異なるのではなく,どのような目的でシステムを構成するのかという観点により区別して用いられている。処理時間が要求されたり,計測の自由度が要求されたり等,実用的な側面による。つまり, CCDカメラというのは,それ自体は純粋なセンサ素子として存在しているが,得られる信号を様々な方法で処理することにより,様々な情報を得ることができる複合センサであることを表している。

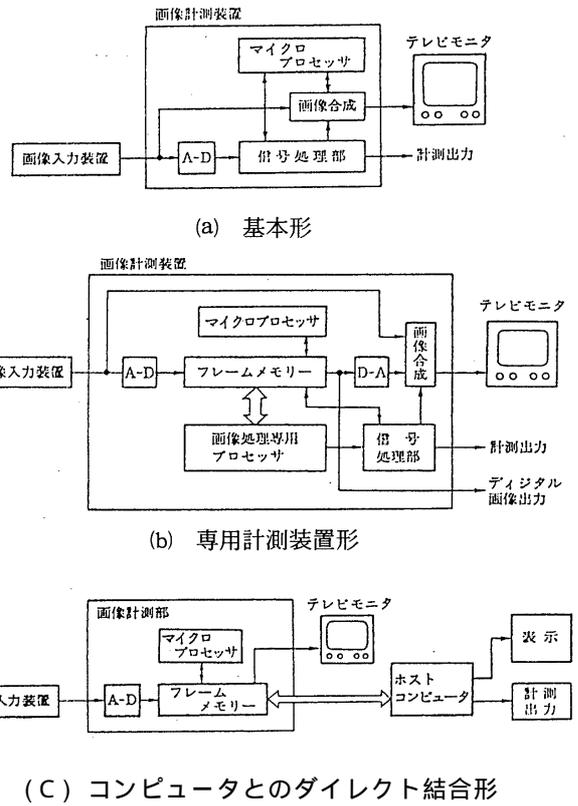


図5 計測システムの構成例
 また,情報処理という観点から考えると,視覚センサから得られる情報が,人間の眼から得られる情報と非常に類似し-こいる(本質的には異なるが...)ため,得られた情報を加工する(認識する)ことにより,単一のセンサでは得られないような,また複雑な処理を施して初めて得られるようなかなり高度な情報を得ることができる。
 参考までに,人間の眼の構造を図6に示す。ここでわかるように,眼の部分がCCDカメラに相当し,視神経により伝達された情報を処理し,必要な情報を抽出する脳の部分が画

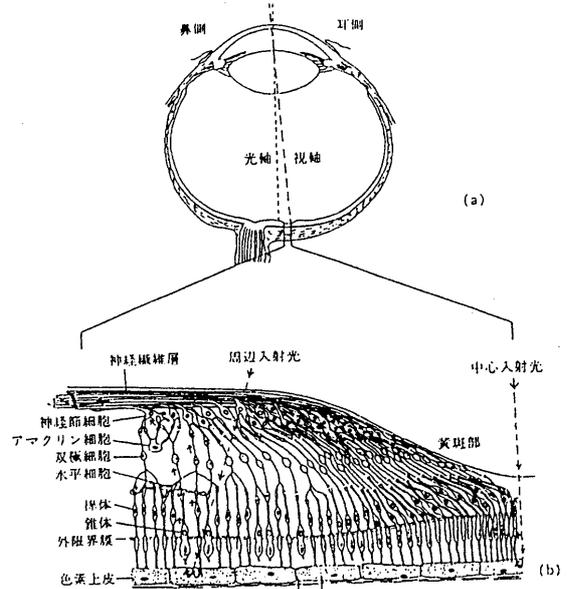


図6 眼の構造

像計測装置における画像処理部分に相当する。つまり、画像処理(画像認識)部分にどのようなアーキテクチャ(処理形態)を埋め込むかが重要なポイントとなる。それゆえに、画像計測と画像認識とを分けて用いるケースも多く見受けられる。

3. センサ情報の融合

ロボット等に組み立て作業を行わせようとしたときに、作業物体間の接触位置を知ることは作業上重要な要素である。接触位置を知る方法としては、力覚センサのみを用いる方法や視覚センサから得られた情報を処理して推定する方法などいくつか示されているが、作業自体を考えた場合、効率的であるとは言いがたい。

そこで、その双方の情報を活用し、お互いに助け合いながら情報を補い合うことにより効率的に接触位置を知る方法として、力覚情報と視覚情報を融合して接触位置を推定する方法を考案・検討した。

3.1 接触位置の推定原理

視覚センサから接触点を含む平面が推定できる場合には、力覚センサから接触点を通るカベクトルを得ることにより、その接触点を推定することができる。その原理を図7に示す。これは、接触点を含む平面と接触点を通るカベクトル線が交差する点が接触点であることを意味している。

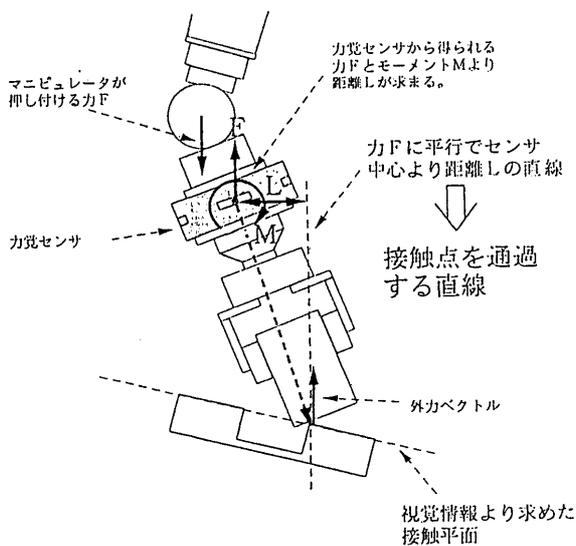


図7 接触点の推定原理

このように、一つのセンサでは得ることができない、または効率的に推定することができない接触点の位置を、2つのセンサ情報(力覚情報と視覚情報)を融合することにより、容易に推定することが可能となる。

4. おわりに

今回は、力覚センサ、視覚センサともに各々単独要素としての信号処理とその情報処理方法を再検討し、基本的な信号処理・情報処理の方法について整理した。

更に、それらセンサから得られる情報を融合し、組立作業等における接触位置の推定を行う方法を考案し・解析した。

現在、力覚センサ、視覚センサ各々の基本的な信号処理とセンサ情報融合システムの立ち上げを進めている所である。これからは、今回提案した方法に基づき各々のセンサ情報を融合し、接触点の推定実験を進めるとともに、作業を進める上でのセンシング戦略の一つの要素としての位置づけを検討したいと思う。

また、力覚・視覚のみではなく、様々なセンサ要素をも含めた総合的なセンシングについて検討を進めていきたいと思う。

参考文献

- 1)ピー・エル・オートテック(株):フォース/トルクセンサ技術資料(1992)
- 2)北垣,小笠原,末広:能動的力覚センシングによる物体の辺合わせ動作,第8回日本ロボット学会学術講演予稿集, 395/398(1990)
- 3)水田,小笠原,高瀬:接触情報を用いた把握位置姿勢の推定,計測自動制御学会論文集, vol.28, no.7,783/789 (1992)
- 4)新美:センシング工学, コロナ社(1992)
- 5)土屋,深田共著:画像処理, コロナ社(1990)
- 6)特集 センサ情報の統融合, 日本ロボット学会誌, vol.18, no.6, (1990)
- 7)R.C.Luo and M.G.Kay : Multi-sensor datafusion system for intelligent robots, IEEE Trans. on Syst. (1989)
- 8)P.Allen : Integrating vision and touch for object recognition tasks, Int. Journal of Robotics Research (1988)