

ロボットと力覚センサ

- ロボット力覚センサの研究開発事例 -

ビー・エル・オートテック株式会社
技術部 技術グループ長 津村 稔

1. はじめに

1961年米国でロボットが発売されてから、まだ50年余りの歴史しかないが、世界で95万台以上の産業用ロボットが稼働している。この内37%のロボットが日本で稼働しており、自動車及び自動車関連の製造ラインで人間の労働に代わって活躍している。また、技術革新にとともに、サービスロボットが期待され、医療や福祉の分野、生活分野、公共分野で様々なロボットが開発されている。

当社は1987年に創立し、ロボットの手首周りの製品を開発販売してきた。今回は創立当初から開発してきた力覚センサの研究とその適応事例について、紹介する。

2. ロボットと力覚センサ

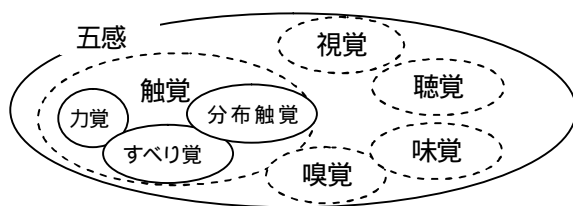
海外からの技術導入により、国内では産業用ロボットが1970年頃から数社のメーカーより販売され始め、1986年には世界のロボットの約60%を日本製ロボットが占めるようになった。この時代のロボットは、あらかじめ定められたとおりに動作を繰り返す、まったく自立的機能がないものであった。一方、ロボット用センサとしては、視覚センサが製品化され始めていたが、力覚センサ自体を開発することが研究テーマとなっていた時代であった。

人間のような柔軟な作業実現を可能にする、ロボットが期待されたが、制御アルゴリズムや制御処理速度の問題があり実現が困難であり、基礎研究が盛んであった。通商産業省大プロジェクトの極限作業ロボットが進む中で、4~6足歩行ロボットに、力覚センサが足首に搭載され不整地を把握するために徐々に採用し始められてきた。

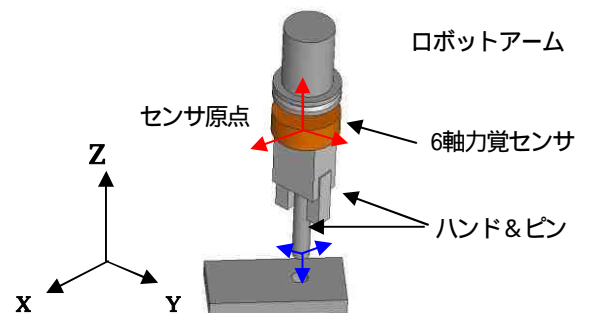
1995年には、当時力覚センサでは最も小さい18mmのものが発売され、多指ハンドに搭載される力覚センサの礎を築いた。その後、力覚センサの大きさやセンサ出力に様々な仕様のものが開発された。

3. 力覚センサとは

人がもつ感覚機能を大きく分類すると、視覚、触覚、聴覚、嗅覚、味覚という5つの感覚機能に分類される。力覚はこのうちの触覚に相当する。



力覚センサは、検出部分に作用する、並進3軸方向の力成分と、回転3軸回りのモーメント成分の6成分を同時に検出することができ、6軸力覚センサと呼ばれることもある。3次元座標に分けられたセンサデータは、単に力の大きさだけでなく、特別な演算式により拘束表面の接触点を求めることができる為、多指ハンドの把持制御に貢献している。



4. 力測定の原理

センサで使用される物理量は、電流、電圧、電荷量、インダクタンス、ひずみ、抵抗、電磁誘導、磁気、空気圧、光など多種多様である。力を測るためには、ある構造部材のひずみ、変化量、または、ある素子の特性変化を電気信号に変換する必要がある。

(1) 構造部材のひずみを測る場合

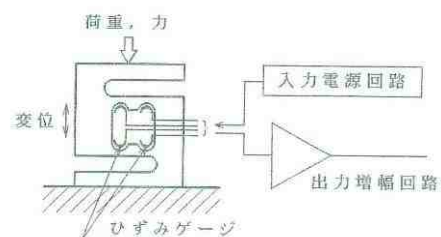
構造部材の表面にひずみゲージを貼り付け、構造部材が荷重を受けて変化した時(つまり、ひずみを生じた時)のひずみゲージの電気的抵抗変化量を測る。

(2) 変化量を測定する場合

構造部材の変形側に赤外線発光ダイオード(LED)とスリットを取付け、もう一方の固定側に半導体位置検出素子(Position-Sensitive-Detectors)を設け、構造体の変位量にともなうLED光の変化量を測る。

(3) ある素子の特性変化を測る場合

圧電効果(水晶に圧力を加えると電荷が変化する)を利用し、作用力に比例した電荷を電圧に変換する。



5. 研究事例

5.1. 機械部品のアセンブリ

減速機ギアの位相を合わせるため、産業用ロボットに力覚センサを装着し、組立作業を実現した例である。力覚センサのセンシングとロボットの力フィードバック制御により、人間の感覚に近い力加減による、はめ合い精度の厳しい組立作業が自動化されている。



力覚センサ

写真提供：(株)不二越殿

5.2. 手首から足首へ

2 足歩行用ロボットの足首に装着し、床面からの反力とZMP(Zero Moment Point)制御を行うために6成分の力・トルクを計測する事例である。これらの力情報を用いることにより、不整地歩行や安定歩行が可能となる。

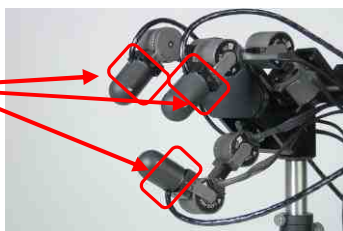


力覚センサ

写真提供：岐阜県情報技術研究所

5.3. 手首用から指先へ

多指ハンドの指先に作用する6成分力覚情報を力覚センサにて計測することで、把持力だけでなく、接触位置情報も演算でき、物体形状に馴染ませて物体把持したり、物体の操りを行ったり、バネ・ダンパー・マス特性に応じた動作を実現している。



力覚センサ

写真提供：(株)安川電機殿

5.4. 人間共存ロボットへ

人間共存ロボットのTWENDY-ONE(*)は13個の力覚センサを搭載し、複雑な対象物形状に起因するモデル誤差や位置誤差を吸収しつつ、安定した把持・操り動作を実現している。

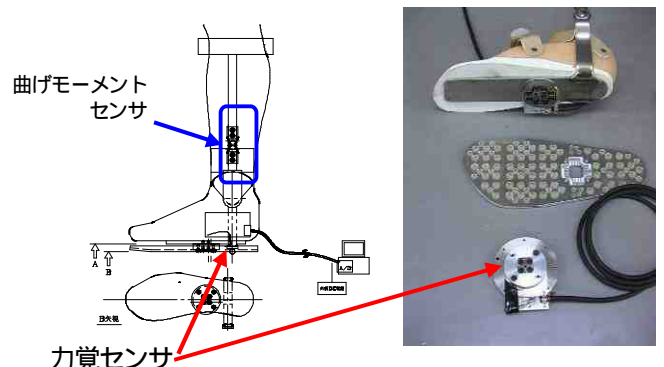


写真提供：早稲田大学、菅野研究室殿

5.5. FA から RT(ロボットテクノロジー)へ

福祉機器の下肢装具は、患者ごとに測定と製作が行われており、また歩行時の下肢調整は、患者の装着感の聞き取りや、装具士の経験に長年頼っていた。大規模な施設では床反力計を用いて、歩行時に作用する床反力を測定する事で下肢調整を行うこともあるが、歩行距離に制約があり、すべての歩行時の計測ができなかった。

これらの問題解決を図るために、NEDO 人間支援型ロボット実用化基盤技術開発プロジェクトに参画し、下肢装具の足底力覚センサと足曲げモーメントセンサを開発してきた。



6. まとめ

20年前に当社が設立されてから、6軸力覚センサの開発と普及に努めてきた。この間、コンピュータの発達も目覚しく、またロボットや力覚センサへの要求も時代を経て、ロボット手首から指先、また足首へと移り、熟練者の技量の数値化、自動化などさらに用途が広がってきている。当社は、これらニーズに適合する製品を開発し、市場に提供している。

ロボットが人間と同様な作業を行い、機械が人間をアシストする観点から考えれば、力のセンシングはとても重要な役割となってきており、今後もさまざまな用途で使用されることが期待されている。

キーワード【ロボット、力覚センサ】

(*)TWENDY-ONE は早稲田大学菅野研究室殿が開発している人間共存ロボットです。