

感圧フィルムを用いたヒューマノイドロボット用 接触力センサの開発

Development of Humanoid Robot's Touch-Force Sensor with Pressure Measuring Film

高 征明, 見附宣昭, 那須康雄, 山野光裕,
金子慎一郎, 水戸部和久

Jeongmyung KO, Hiroaki MITUKE, Yasuo NASU,
Mitsuhiro YAMANO, Shin-ichiro KANEKO,
Kazuhisa MITOBE

山形大学工学部
Yamagata University

キーワード : ヒューマノイドロボット (Humanoid Robot), 接触力センサ (Touch-Force Sensor),
感圧フィルム (Pressure Measuring Film)

連絡先 : 〒992-0038 米沢市城南 4-3-16 山形大学工学部機械システム工学科
那須研究室 高 征明

Tel . : (0238) 26-3237 , Fax : (0238) 26-3237 , E-mail : tr343@dipfr.dip.yz.yamagata-u.ac.jp

1 .はじめに

一般に,現在のロボットというものは主に産業用である。ロボットは同じ作業を繰り返し行うという点で,とても有能な働きをする。しかし将来,ロボットの活躍の場は産業の分野だけでなく災害救助,家庭,福祉など広く人間の社会,我々の身近に進出する事になると考えられる。

人間の身近で,人間の働きを補助し,人間と同じように動く事を要求される汎用性の高いロボット。この条件を満たすロボットとして,ヒューマノイドロボットを考える。

ロボットが実際に災害現場で活動する際には,様々な動作が要求される事となる。その際には,移動手段は2足歩行のみに頼る事は難しく,時にはしゃがみ,時には這って移動する必要があるかもしれない。ロボットの操作には,ロボットとユーザ間で数多くの情報が必要で,各部関節角度への指令や角度情報に始まりジャイロセンサ,足底の圧力,カメラからの画像情報などを用いる。しかし,ロボットが転倒しないように床や壁に手をつく場合の重心や姿勢を求めると

めの情報源としては,足底以外にも手先にかかる力なども知る必要がある。また障害物の排除には,手先に過度の負荷が掛からない条件下で行う必要がある。そのためには,手先の力を測定するための接触力センサが求められる。

本研究では,ロボットの手先と床,物体との接触を行わせ,圧力を得るための接触力センサの開発を行うことを目的とする。

2 .接触力センサユニットの要素

ロボットによる作業の多くは,人間の作業の代わりであるため,汎用性の高い器用なロボットハンドとして多指,多関節ハンドが従来より研究されてきている。ロボットハンドは用途によって様々であるが,大別して

(1)目的とする作業に特化する場合

(2)作業によらず,汎用性を高める場合
で分けられる。

本研究における手先の作業では,()床に手をつく,()物に触れる,といった動作に焦点を

当てる。そこで、ロボットハンドは(1)の場合で考え、上述の2動作を満足する条件で、機構・構造の単純化を目指す。さらにロボットの動作、姿勢維持の妨げにならないように、軽量化に重点を置き、かつ6軸力覚センサのような高価な物は用いずに、ローコストを目指す。

3. 接触力センサユニットの設計・製作

接触力センサユニットに求められる機能は、床についた手先への圧力の測定、手先が触れる面の方向および圧力の測定となる。ロボットの手先の部分は前後左右と真下の5面を持つ角柱とする。すると、手先が接する面は、図1のように5面となる。使用する感圧センサフィルム(図2)はニッタ株式会社製のFlexi Force A101-100で、幅14 [mm]、長さ205 [mm]、感圧部厚さ130 [μm]、センシングエリア9.5 [mm]のフィルムで、接触面に貼り付けて使う。そこで、図3のような構造の手先を考え、製作した。

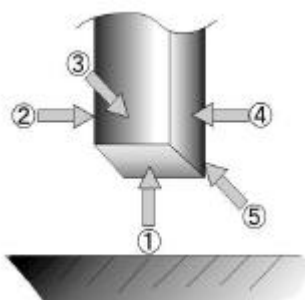


図1. 手先接触面



図2. 感圧センサフィルム

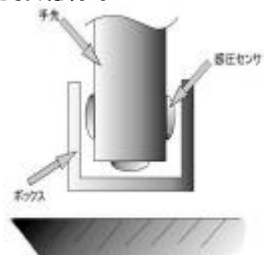


図3. 手先アタッチメント配置

5面を有する手先に対し、同じく5面を有するボックス状のユニットを被せる。手先の5面にはそれぞれの面に感圧センサを貼りつけ、手先と物体との接触が発生した際には、接触している面の感圧センサが挟み込まれ、圧力の大きさ、および作用方向が分かる(図4)。これに従い製作した試作アタッチメント1の概観を図5に示す。厚さ3 [mm]のアルミチャンネルを用いて幅75 [mm]、奥行き75 [mm]、高さ75 [mm]のボックス

状に構成されており、重量は250 [g]である。比較的軽量ではあるが、強度面重視の設計であるため、まだ軽量化の余地が残されている。

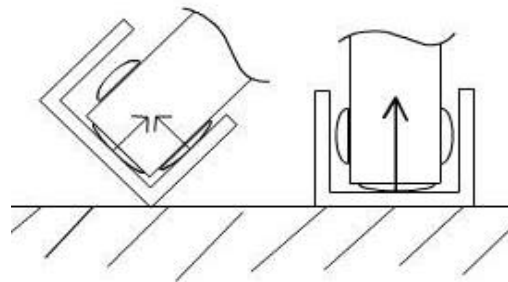


図4. 手先接触例



図5. 試作アタッチメント1の概観

そこで、ボックス状の試作アタッチメントの要素のうち、手先とボックスの接触ポイントに焦点を絞り構造を検討した。改良した試作アタッチメント2を図6に示す。この構造では、手先と試作アタッチメントが接触し、感圧センサによる計測がなされるポイントのみに接触面が存在し、その他の部分は空洞になるため、試作アタッチメント1よりも無駄な部分が少なくなる。また、構造上厚さ5 [mm]のボックスに包まれているのと同じと考えられるので、強度面も優れる。この試作アタッチメント2は、幅70 [mm]、奥行き70 [mm]、高さ70 [mm]の正方形のボックスと同様のスペース、接触面を確保し、重量は120 [g]となり、試作アタッチメント1に比べ、さらに130 [g]の軽量化に成功した。

しかし、このアタッチメントでは大幅な軽量化、サイズの縮小が成されなかった。手先が大き過ぎると、バランス維持に影響が出るばかりでなく、ロボットのボディや移動経路上の壁、障害物と接触する可能性も高くなる。手先が小さくなれば、重量が軽くなり、歩行軌道を計画する際にも手先が邪魔にならない。またボックス状構造

の難点として、瓦礫や穴に手を挟んでしまった場合、測定が困難な点が挙げられる。



図 6 . 試作アタッチメント2 の概観

そこで、サイズの縮小化、軽量化を図り、構造の大幅な変更を行うことにした。感圧センサの数を5個から4個に減らし、手先自体の縮小化を図る。その上で、手先接触面5面の計測が可能な構造を満足し、出来得る限りの軽量化を図る。

以上の条件から、試作アタッチメント3の構造を図7のように考えた。



図 7 . 試作アタッチメント3 の構造

手先に対して前後左右に指先状のアタッチメントを取り付け、手先と対象物との接触は、指先部分で行われる。床との接触時のモデル図を図8に示す。床面など真下方向に手をつく場合は、均等に4個の指先が床と接触するため、正面の圧力を得る事が可能である。また、どちらかに傾きが生じた場合は、傾いた側の1個から3個の指先から圧力を計測することが可能である。真横からの圧力は、指先1個が圧力を受ける。このように、感圧センサ4個で圧力を計測する手先アタッチメントを製作した。製作した試作アタッチメント3の寸法を図9、概観を図10に示す。

試作アタッチメント3は、幅55 [mm]、奥行き55 [mm]、高さ43 [mm]と他の試作アタッチメントよりも大幅にサイズ縮小がなされ(図11)、重量に至っては52 [g]となり、先に述べた試作アタッチ

メント1と比べ、およそ1/5に軽量化することが出来た。概観上もロボットの前腕に対して不自然でないバランスとなり、手先の重量による重心への影響も押さえることが出来る。

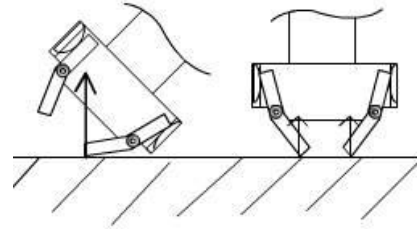


図 8 . 試作アタッチメント接触例

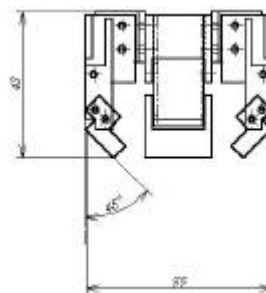


図 9 . 試作アタッチメント3 の寸法



図 10 . 試作アタッチメント3 の概観



図 11 . 試作した各手先アタッチメントの比較

4 .感圧センサ用回路

使用する感圧センサは ,荷重の変化を電圧の変化として現す . 感圧センサ用回路はセンサに加わるノイズを低減させるため , 図 12 のようなカットオフ周波数500 [Hz]のローパスフィルタ回路を用いた .

感圧センサ用回路からの電圧がロボット用インターフェイスボードの A/Dチャンネルに入力され , 電圧の変化をデジタル値として得ることが出来る .

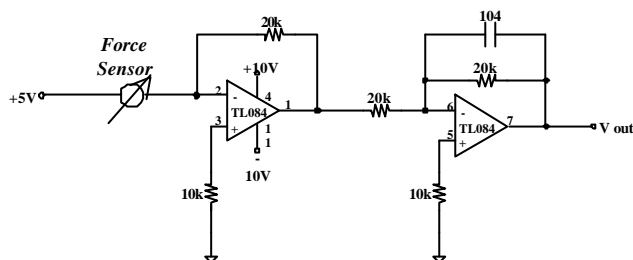


図 12 .感圧センサ用ローパスフィルタ回路

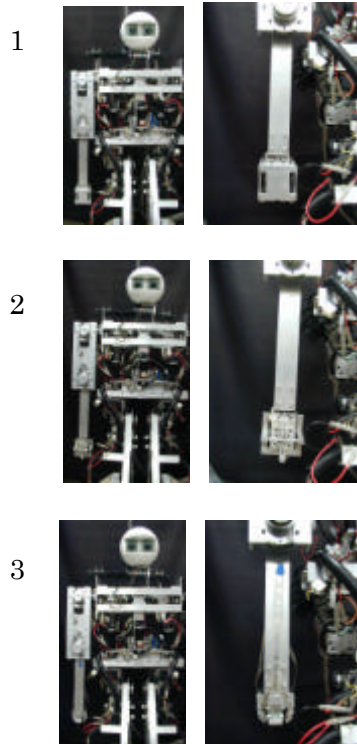


図 14 .手先アタッチメント設置概観図

5 . ヒューマノイドロボットBonten-Maru

現在我が研究室で開発中のロボット Bonten-Maru は , 頭部にカメラを搭載した , 2 足 2 腕のヒューマノイドロボットである . 全長 1250 [mm] , 全幅 540 [mm] , 全重量 31.5 [kg] となっており , 片足 6 自由度 , 片腕 3 自由度 , 首 2 自由度となっている . 頭部には CCD カメラを搭載し . 腰にヨー軸 1 自由度を持つロボットの概観と自由度配置を図 13 に示す . 手先アタッチメント取り付け時の概観が図 14 のようになった .

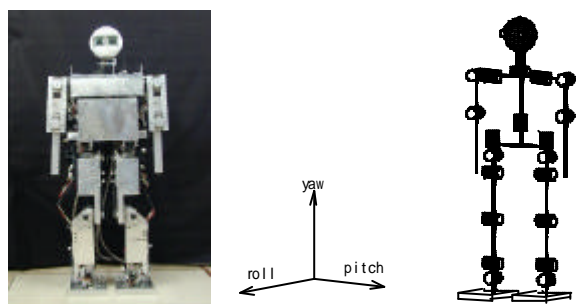


図 13 .概観および自由度配置

6 . 荷重の計測実験

6-1 キャリブレーション

感圧センサは同じ種類のもでも多少の特性の違いがあるため , 加えた荷重と得られたデジタル値の関係からもっとも最適な比例関数を得るために最小二乗法を用いて , 比例関数を求め , キャリブレーションを行う . 無負荷状態から 20 [kgf]まで 2 [kgf]ずつ荷重を変化させ , 感圧センサの変化を調べ , キャリブレーションを行った際の実験結果を図 15 示す . キャリブレーションを行った上で , 無負荷状態から 20 [kgf]まで荷重を変化させた後 , 荷重を除去し , 各時間での感圧センサの反応を確認した . (図 16 , 17) .

実験結果より , 負荷荷重に対して測定荷重がほぼ一致している事が分かる .

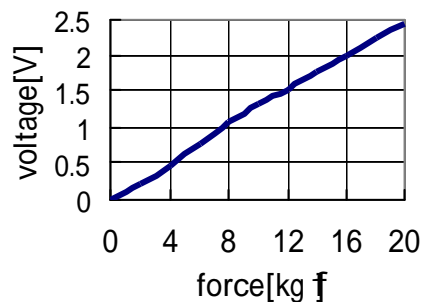


図 15 .負荷荷重と測定電圧の関係

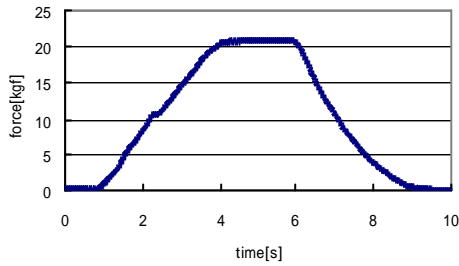


図 16 .測定実験 1

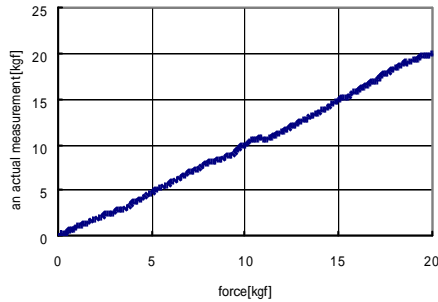


図 17 .キャリブレーション結果

6-2 実測実験

センサ 4 個配置の試作アタッチメント3 を用いて、手先圧力の測定実験を行った。感圧センサフィルムの配置を図 18 に示す。手先を床に押し付け、負荷荷重と測定荷重の比較により、本研究で製作した接触力センサアタッチメントを評価・検討する。

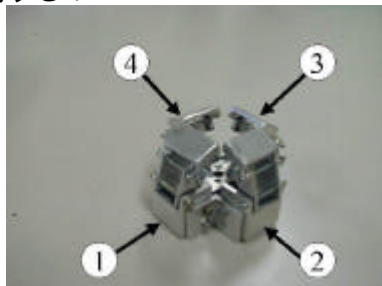


図 18 . センサ配置

実験は、床に接地させた試作アタッチメント3 に垂直な荷重を与え、4 個の指先から得られる圧力から床反力を求める。荷重を無負荷状態から 20 [kgf]まで変化させ、一定時間保持後、荷重を取り除く。4 個の指先に加えられる荷重から各時間での垂直荷重を求めた。実験結果を図 19 ,20 に示す。図 19 より、測定荷重が負荷荷重に近い値が得られていることがわかる。4 個のセンサの値は垂直の場合、理論上全て均一になるはずであるが、各センサの値に差が生じている。

これより、荷重は垂直に加わっているように見えるが、わずかに偏っている事がわかる。次に、同じく垂直に接地させた試作アタッチメント3 に、時間毎に 5 [kgf] ,10 [kgf] ,15 [kgf] ,20 [kgf] の荷重を与え、各負荷荷重ごとの測定荷重の評価を行った。実験結果を図 21 ,22 に示す。実験結果より、負荷荷重と測定荷重が近い値を示していることがわかる。

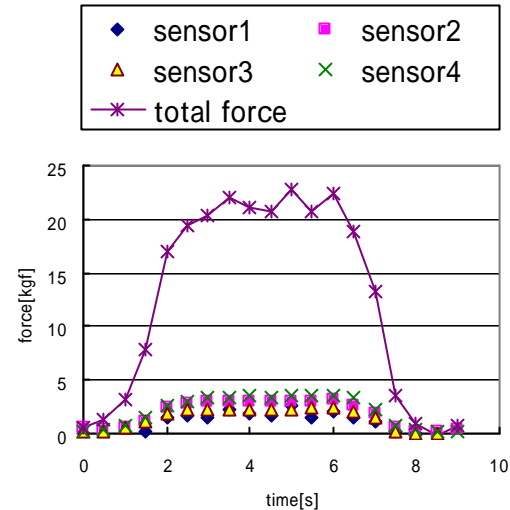


図 19 .測定実験 2

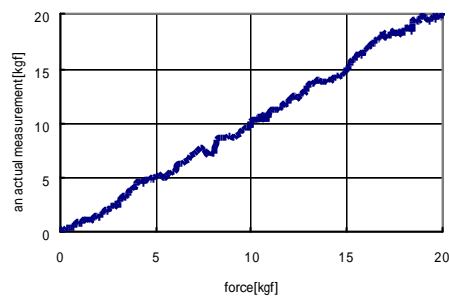


図 20 .測定実験 2 の評価

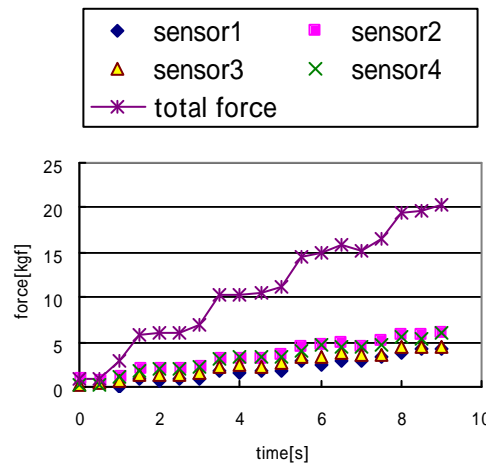


図 21 .測定実験 3

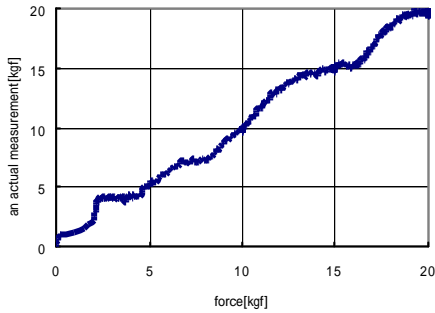


図 22 .測定実験 3 の評価

図 23 ,2 4は手先アタッチメントを床に対して斜めに押し付けて測定実験を行った結果である。グラフより,2 個のセンサが圧力を検出している事がわかる。隣あったセンサ2とセンサ3にあたる指 2 個が床に接触する方向に手先が傾いていることがわかる。また,圧力のデータが均一であることから,手先が床に対して正確に接地していることがわかる。

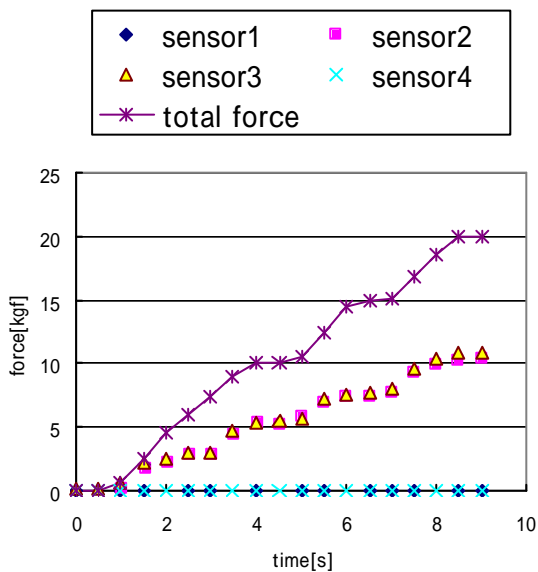


図 23 .測定実験 4

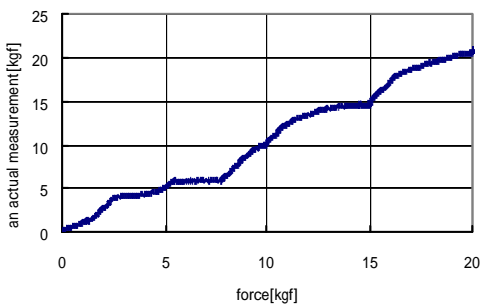


図 24 .測定実験 4 の評価

7 . おわりに

本研究では,ヒューマノイドロボットにおいて床,壁,物体との接触力を得るための接触力センサユニットの構造について検討した。また,検討した構造の接触力センサユニットを製作し,圧力測定実験を行った。

本研究で製作し実験を行った接触力センサユニットは,構造上,測定データの処理がやや複雑になる点や,メンテナンスが繁雑という問題があるが,6 軸力覚センサなどに比べ,安価という点で優れている。

参考文献

- [1]三村 宣治:手指作業の技能,ロボット学会誌,Vol.20, No.2, pp136-137,2002
- [2]神田 崇行,石黒 博,石田 亨:人間-ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価,ロボット学会誌,Vol.19, No.3, pp362-371,2001
- [3]中田 亨,高 大成,森 武俊,佐藤 和正:人とロボットのインタラクションにおける生成印象と情報の相関分析,ロボット学会誌,Vol.19, No.5, pp667-675,2001