

介助用モビルロボットシステムの開発に関する研究 -センサを用いた物体把持戦略-

Development of an Assistive Mobile Robot System

-The Grasping Strategy by Sensors Fusion-

○金子佳佑（芝工大）高橋良至（東洋大）山本紳一郎（芝工大）米田隆志（芝工大）

Keisuke KANEKO, Shibaura Institute of Technology
Yoshiki TAKAHASHI, Toyo University
Shinichiro YAMAMOTO, Shibaura Institute of Technology
Takshi KOMEDA, Shibaura Institute of Technology

Abstract: It is suggested that the burdens of care for elderly people in Japan are increasing due to the decreasing birthrate and aging society. Therefore, in our laboratory, the development of an "Assistive Mobile robot System (AMOS)" is pushed forward. AMOS is composed of the robot hand, the manipulator, the mobile vehicle, and cameras. AMOS carries an object and supports the autonomously daily life of the caregivers to reduce burdens of the caretaker. We developed the control system of the robot hand to grasp an object stably, according to differences in the hardness with tactile sensors. However, it is necessary to improve the grasping capability more than this system. In this paper, we suggest how to approach the object efficiently before grasping. Therefore, we decide to use the capacitance proximity sensor, and evaluated the effects of these sensors. Then, we will demonstrate the effects of control systems with these sensors.

Key Words: Welfare Robot, Assistive Robot, Robot Hand, Tactile Sensor, Proximity Sensor

1. 序論

在宅介護において様々なロボットが導入されている⁽¹⁾⁽²⁾。しかし、現在導入されているものは自律した動作機能を持たないものや、特定の動作しか行えないものが多い。本研究では、生活空間において在宅で寝たきりの要介護者が手の届かない所にある物体を、自律的に手元に運ぶための介助用モビルロボットシステムAMOS (Assistive Mobile robot System) の開発を行っている。

Fig. 1にAMOSの外観を示す。AMOSは対象物体との距離を計測する視覚カメラ、対象物体まで移動するための移動車、対象物体との位置を調節するマニピュレータ、そして対象物体を把持するロボットハンドで構成されており、要介護者が手元の操作卓で簡単な指示を出した後に、自律的に対象物体の把持と搬送を行うことを目標としており、把持の際にはマニピュレータとロボットハンドの適切な把持姿勢の推定⁽³⁾、さらに生活空間において対象物体の運搬のためには安定把持が不可欠であるが、触覚センサを用いることで対象物体の硬さに応じた把持を可能としている。本論文では、対象物体との間の静電容量を検知する静電容量形近接センサを用いた対象物体に接触する前におけるアプローチを行い、より安定した把持方法を考案したので報告する。

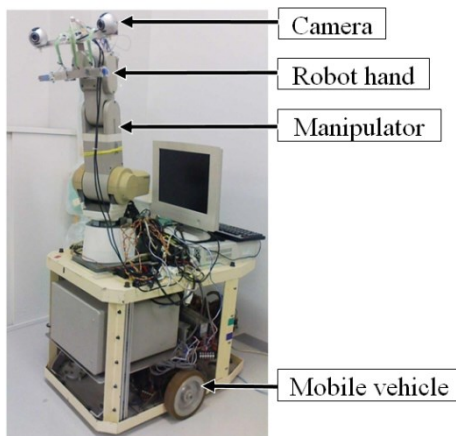


Fig.1 Assistive Mobile robot System

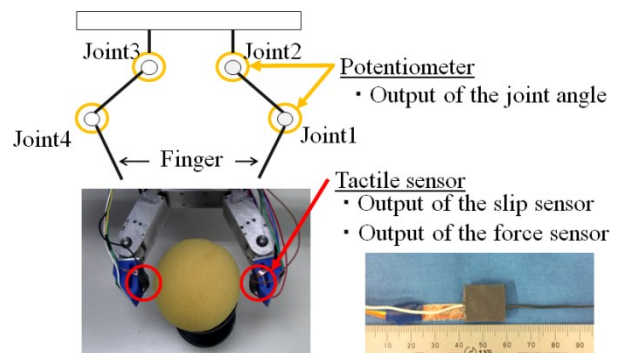


Fig. 2 Mechanism of a robot hand

2. ロボットハンドの構成

Fig. 2にロボットハンドの機構を示す。ロボットハンドは2本指で物体を把持し、各指は2自由度を有し、各関節が独立駆動する機構となっている。各関節にはポテンショメータ、ロボットハンドの先端には触覚センサが取り付けられている。以上の構成により関節角度、滑り、接触、非接触、接触力を検知し、把持力の制御を行うことで、硬さに応じた対象物体の安定把持を可能にした。

3. 把持前における対象物体検知の必要性

触覚センサを用いることで対象物体の硬さに応じた安定把持を行う制御システムを開発したことによって、対象物体を滑り落としてしまう、握りつぶしてしまうといった問題が解決された。しかし、これらは把持対象に接触してからロボットハンドと対象物体の間の滑り、接触、非接触、接触力の検知によるものである。実際の把持動作では、対象物体とロボットハンドとの距離を逐次計測することで安定した把持が実現される。このため2本の指を同时对象物体に接触させることで把持能力が向上すると考えた。また、対象物体へのアプローチの勢いのまま対象物体と接触したときに対象物体が繊細な物体でも破壊することもなくなると考えられる。このため対象物体に接触する前における対象物体までの近接検知による制御システムの考案を行う。

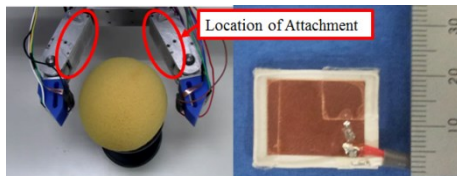


Fig. 3 Appearance of the capacitance sensor

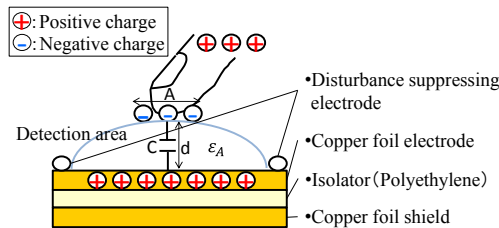


Fig. 4 Principle of the capacitance proximity sensor

3-1 静電容量形近接センサ

Fig.3 に静電容量形近接センサの外観および Fig.4 に静電容量形近接センサの原理を示す. 対象物体に接触する前における近接検知のために富士精工の静電容量形近接センサを用いる. このセンサは, 検知領域内で対象物体の電極が分離しセンサとの間に電界が生じることで近接を検知する. 出力は式(1)のように使用時の空間の比誘電率 ϵ_A , 真空の誘電率 $\epsilon_0[F/m]$ における対象物体がセンサと重なっている面積 $A [m^2]$ および距離 $d [m]$ の関係で表すことが可能である.

$$C = \epsilon_A \cdot \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (1)$$

3-2 様々な対象物体における出力評価実験

3-2-1 実験目的および方法

ロボットハンドに静電容量形近接センサを実装し, それぞれ異なる誘電率を有した対象物体の近接検知が可能であるか評価した. 使用したセンサのサイズは, $20[mm] \times 25[mm]$ であり, 対象物体として比誘電率 80 の水が入った $500[ml]$ のペットボトル, 比誘電率 10 のガラスそして, 比誘電率 2.7 のアクリル樹脂を用いた. ロボットハンドを開いた状態から $70[mm]$ 離れた対象物体に接触するまでの静電容量形近接センサの出力測定を行った.

3-2-2 実験結果および考察

Fig. 5 に静電容量形近接センサの出力および対象物体までの距離を示す. 静電容量形近接センサの出力は, 比誘電率に関わらず約 $15 [mm]$ から対象物体に接触するまでの間で, 出力が増加していることから, 対象物体の近接検知が可能であることが確認できた. また, 比誘電率が大きいほど出力の増加量が大きい, これは対象物体内の誘電分極のしやすさによるものだと考える.

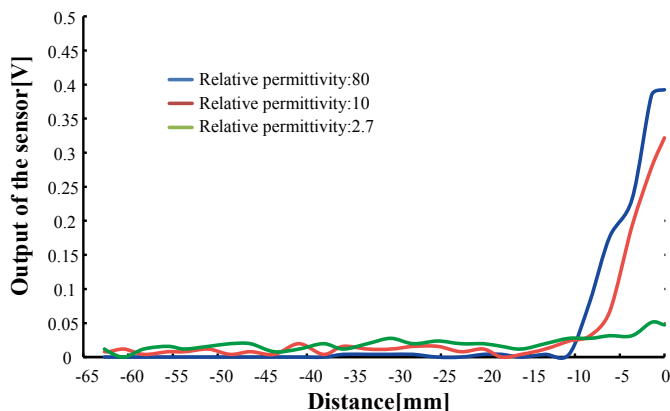


Fig. 5 Output of the capacitance proximity sensor

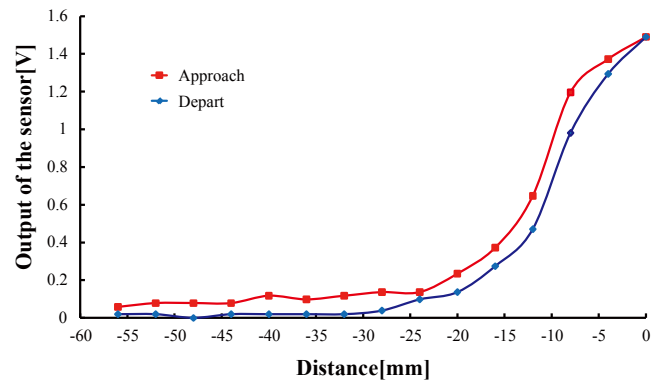


Fig. 6 Output of the capacitance proximity sensor

3-3 ロボットハンドの開閉における出力評価実験

3-3-1 実験目的および方法

ロボットハンドに静電容量形近接センサを実装し, ロボットハンドの開閉による出力を評価した. 使用したセンサのサイズは, $35[mm] \times 45[mm]$ であり, 対象物体として比誘電率 80 の水が入った $500[ml]$ のペットボトルを用いた. ロボットハンドを開いた状態から $70[mm]$ 離れた対象物体に接触させ, ロボットハンドを初期の状態に遠ざけるまでの静電容量形近接センサの出力測定を行った.

3-2-3 実験結果および考察

Fig.6 に静電容量形近接センサの出力を示す. 対象物体に接触するまでの間は出力が増加し, 接触してからロボットハンドが初期の状態に遠ざかるまでの間は出力が減少している. この一連の動作のヒステリシスは比較的小さく, 把持動作を繰り返しても対象物体の近接検知が可能である. またこのセンサは薄膜であり, 様々な対象物体の近接検知が可能であることから多岐にわたる種類のロボットハンドへの汎用性も期待できる.

4. 結論

対象物体に接触する前における対象物体の近接検知のために, 静電容量形近接センサを用いた. 静電容量形近接センサの出力を評価した結果, 異なる誘電率を有した対象物体の近接検知および把持動作を繰り返しても出力の測定が可能であることが確認できた.

今後は, 静電容量形近接センサの出力を用い, 対象物体に接触する前におけるロボットハンドを制御し, 触覚センサを用いた制御システムとともに把持能力の向上を図る.

5. 謝辞

静電容量形近接センサを提供して下さった富士精工株式会社に感謝致します.

参考文献

- (1) Changju Rhee, Youngbo Shim, Hyungjin Lee, and Shinsuk Park, "Door-Opening Control of a Service Robot Using the Multifingered Robot Hand", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 56, NO. 10, OCTOBER 2009
- (2) セコム株式会社 食事支援ロボット
<http://www.secom.co.jp/personal/medical/myspoon.html>, 2013,12
- (3) 加藤, 他: "階層的強化学習によるオフライン把持戦略の獲得", 第10回(社)計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2009 講演概要集, pp.313, 2009