

# 複数センサーを用いた物体間の接触関係取得手法

Detection Method of Contact Relations between Objects Using Multiple Sensors

大貫 泰弘\*<sup>1</sup> 真部 雄介\*<sup>2</sup> 菅原 研次\*<sup>2</sup>  
Yasuhiro Onuki Yusuke Manabe Kenji Sugawara

\*<sup>1</sup>千葉工業大学大学院 情報科学研究科

Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

\*<sup>2</sup>千葉工業大学 情報科学部 情報ネットワーク学科

Department of Information and Network Science, Faculty of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

Recently ubiquitous computing and services have been widely studied in association with the development of information society. Especially, location information based on GPS has been widely used in many applications and services. Although there are some cases that need relative location information as well as absolute location information such as GPS, it has not been developed yet to get relative location information in the real space. Thus, in this study we propose the detection method to get a contact relation between objects by using multiple sensors such as light sensor, ultrasonic sensor and EOPD sensor.

## 1. はじめに

近年、情報化社会の発展とともにユビキタスなサービス、例えば GPS などの位置情報を利用したサービスが増加してきている。GPS は絶対的な位置情報（座標）を取得することができるものであるが、ユビキタスなサービスにおいては必ずしも絶対的な位置情報が必要ではなく相対的な位置情報が必要な場合もある。例えば、探し物の検知といったサービスの場合、絶対的な位置座標で探し物の位置を表すよりも「机の上」「テレビの横」といったように相対的な位置として表すほうがサービスを利用する人間にとっては使い勝手が良いことがある。文献 [2] の中では相対的な位置情報を利用することを想定した具体的なサービスがいくつか挙げられている。以下にその例を示す。

- 飛行機の道具の位置を教えるサービス  
このサービスに必要な情報は「他のどの道具と同じケースに入っているか」という情報であり、道具の絶対座標そのものではない。また、化学薬品の話についても同様であり近づけると危険な物体 2 つの距離が近づいたらアラートを発するというようなサービスを提供したいと述べている。
- 財布などの忘れ物検索サービス  
これは第 1 章の背景でも例として挙げている物であるが、「財布はどこにあるか」という答えに  $x, y, z$  といった絶対的な位置情報で示しても人間には直感的に理解しにくい。一方で「居間の中にある」や「タンスの一番上の引き出しにある」といったようなほかの物体を基準とした相対的な位置の表現のほうが分かりやすいと述べている。
- 位置情報サービス  
ユーザーが部屋に入った時に電灯を付ける、棚に近づいたら内容物の情報を提示するようなユーザーや物の位置

に基づいてサービスを提供するようなシステムも多く考えられている。これらのサービスにおいても「部屋に入った」や「棚に近づいた」といった、ほかの物体との相対的な関係の変化をとらえることで、サービスを実現していると述べている。

しかしながら、物体の相対関係を取得する方法はあまり提案されていない。

そこで本研究では、光センサー、超音波センサー、EOPD（光距離）センサーを用いて物体の接触関係を取得する手法を提案する。現状では大きく物体に取り付けるのが少々困難であるこれらのセンサーも今後の技術の進歩により小型化していくことが予想され、その有効性を検討することは重要であると考えられる。

## 2. 関連研究

柳沢らは、物体の相対位置のなかでも ON 関係（接触関係）が重要であるとし、モーターと加速度センサーを用いて物体の接触関係を取得するという研究を行った [1]。図 1 に、実際にセンサーとモーターが取り付けられている例を示す。

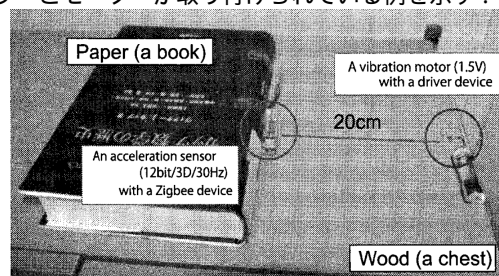


図 1: 本に取り付けられた加速度センサーと机に取り付けられたモーター

ON 関係が重要であるとしている理由として接触関係が「一意性」と「構造性」という二つの特徴を持っているということ挙げている。一意性はどの観測者が見ても状態が変わることがないということである。left や right などは観測者の位置に

連絡先: 大貫泰弘, 千葉工業大学大学院 情報科学研究科 菅原・真鍋研究室, 275-0016, 千葉県習志野市津田沼 2-17-1, E-mail: s0832034ED@it-chiba.ac.jp

よって状態が変わることがある．構造的には地上の物体はすべて何らかの物体に接触しているため，ON 関係をリンクとして見なして再帰的に巡ることで，すべての物体を順に巡ることができることである．これはある物体間の関係を必ず ON 関係で記述できることを意味している．具体的な ON 関係取得手法については以下のとおりである．

- (1) ON 関係を取得したい複数の物体に加速度センサー，モーター，無線モジュールを装着する．
- (2) ON 関係を取得する際はいずれかのモーターを振動させる．
- (3) その振動をその物体に接しているほかの物体に取り付けた加速度センサーで検知する．
- (4) 振動を検知すれば ON 関係にある，検知しなければ ON 関係ではないと判断する，

この流れの中で振動の誤検出を回避するためにモーターを振動させる前に，そのモーターを振動させる物体の ID を無線モジュールを使ってブロードキャストする．それにより振動を検知したセンサーは，ブロードキャストされた ID のついた物体と，センサーが取り付けられた物体とが接していることがわかるという仕組みである．

### 3. 提案手法

#### 3.1 提案手法の概要

図 2 に本研究で提案する手法の概要を示す．

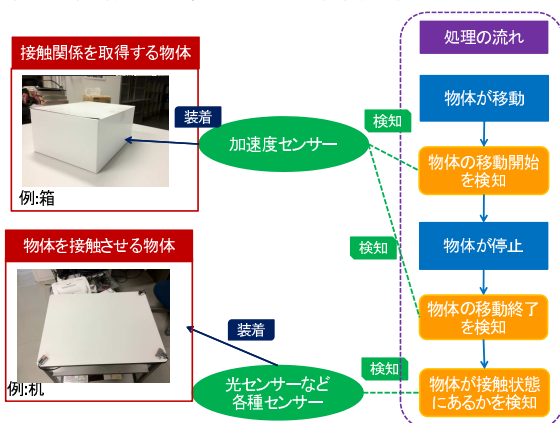


図 2: 提案手法

本研究では，まず，接触関係を取得する物体に加速度センサーを取り付ける．次に物体を置く机に光センサー，超音波センサー，EOPD センサーを取り付ける．

次に処理の流れについて説明する．まず，物体が移動を開始したことを加速度センサーで検知する．続いて，物体が停止したことを同様に加速度センサーで検知する．物体が移動し，停止したことを検知したら机に取り付けた光センサー，超音波センサー，EOPD センサーといった各種センサーを用いて加速度センサーを付けた物体が接触しているかを検知する．

#### 3.2 利用するセンサー

次に，使用する機器，及び接触判定検知方法について説明する．

表 1: NXT 本体仕様

発売	2006 年 10 月
CPU	32bit マイコン (ARM7)
動作クロック	48MHz
RAM	64KB
フラッシュメモリ	256KB
転送方法	USB 又は Bluetooth
ポート	入力:4 出力:3
駆動	電池またはバッテリーパック

#### 3.2.1 レゴマインドストーム NXT

本研究はレゴマインドストーム NXT 本体及び，NXT 対応のセンサーを用いて行う．

レゴマインドストーム NXT 本体は，接続されたセンサーの値を読み取ったり，接続されたモータの制御を行ったりすることができる．また，NXT 本体に内蔵された液晶画面によりセンサーから読み取った値を画面に表示することも可能である．レゴマインドストーム NXT 対応のセンサーは様々あるが，本研究では光センサー，超音波センサー，タッチセンサー，EOPD センサー，加速度センサーを使用する．

#### 3.2.2 光センサー

光センサーには，2 種類の機能がある．1 つ目は光センサー自身が光を出し，その光がどの程度反射しているかを計る機能であり．2 つ目は光センサー自身は光を出さず，周囲の光の強さを計る機能である．

光センサーでの具体的な接触関係取得法は，物体近づいてきたときに出来る影を判定に用いる方法である．物体が近づいて接触すれば必ず影ができるはずである．光センサーの明るさを検知する機能を用いて一定の暗さよりも暗くなった場合に物体が接触していると判定する．

#### 3.2.3 超音波センサー

超音波センサーは，超音波が壁から反射してくるまでの時間をもとにして距離を測ることのできるセンサーである．実際に超音波センサーを利用して見たところ限界測定可能距離は約 250cm であることが分かった．

超音波センサーでの具体的な接触関係取得法は，超音波によって測ることができる距離を用いる方法である．超音波センサーで測定された距離が一定よりも小さくなったときに物体が接触していると判定する．

#### 3.2.4 EOPD センサー

EOPD センサーは光センサーと同様に，EOPD センサーが光を出し，その光がどの程度反射してくるかを計ることができるセンサーである．光センサーと違う点は，光センサーが周囲の明るさに影響を受けてしまうことに対し，EOPD センサーは周囲の明るさにあまり影響を受けずに測定できることである．

EOPD センサーでの具体的な接触関係取得法は，超音波センサーと同様にセンサーの返す距離を用いる方法である．EOPD センサーで測定された距離が一定よりも小さくなったときに物体が接触していると判定する．

#### 3.2.5 加速度センサー

加速度センサーは  $x$  軸， $y$  軸， $z$  軸のそれぞれの加速度を測ることができるセンサーである．

加速度センサーは物体の移動検知に使用する． $x$  軸， $y$  軸， $z$  軸それぞれの方向における加速度  $a_x, a_y, a_z$  の値をもとに 3 軸の合成加速度  $a$  を求める．合成加速度  $a$  の求め方は以下

のとおりである。

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

平面に置いた NXT 本体に加速度センサーを固定し、その状態の加速度センサーの値から上記の式により求めた合成加速度の値を基準とし、 $\pm 5$  程度の範囲の値のときは静止していると判断し、その範囲を超えた場合に移動をしていると判断する。

## 4. 実験 1

### 4.1 実験方法

いくつかの物体を用意し、センサーの特性を調べた。今回用意した物体は、フェルト（赤、青、黄、緑、黒、白）、アクリル板（赤、青、黄、黒、白）、アルミニウム、ステンレススチールトレイ、発砲スチロール、木のまな板、コルクボード、ダンボール、プラスチックケース（白、透明）、EVA（白、黒）である。

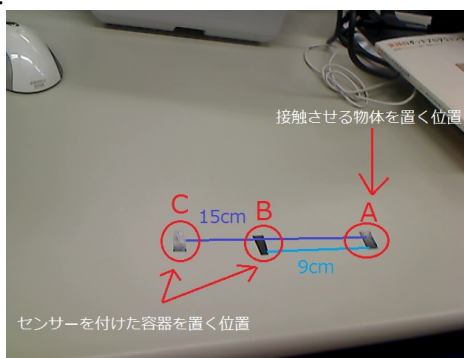


図 3: 超音波, EOPD センサー実験場所

#### ● 超音波センサー, EOPD センサーの実験方法

机の上に前述した接触させる物体を置く位置に印をつける (A)。その位置から 9cm 離れた位置 (B)、15cm 離れた位置 (C) にそれぞれ印をつける。センサー類をセットした容器をほかの場所から 9cm の位置と 15cm の位置にそれぞれ移動させて置くという一連の動作を 20 回繰り返す。9cm の部分に置いた際はきちんと接触の判定が、15cm の部分に置いたときは接触していないという判定 (非接触判定) が 20 回中何回出されるかを検証する。同時に、移動させるときの移動検知がきちんとされているかも検証する。

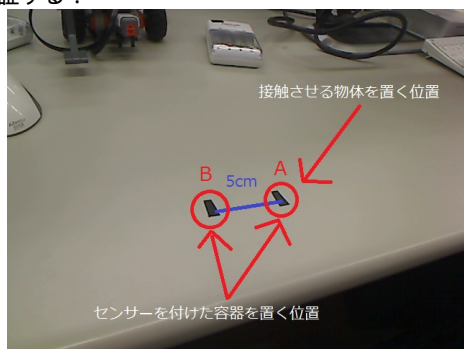


図 4: 光センサー実験場所

#### ● 光センサーの実験方法

超音波センサー, EOPD センサーの実験と同様に物体を置く位置に印をつける (A)。その位置から 5cm 離れた位置 (B) に印をつける。センサー類をセットした容器を物体のすぐ横と、5cm の位置にそれぞれ移動させて置くという一連の動作を 20 回繰り返す。物体のすぐ横に置いた際はきちんと接触の判定が、5cm の位置に置いたときは非接触判定が 20 回中何回出されるかを検証する。同時に、物体の移動検知がきちんとされるかも検証する。

### 4.2 実験結果・評価

加速度センサーによる移動検知は概ね出来ていたが、机の上でのキーボード操作などのちょっとした揺れによっても移動判定が出てしまったり、逆にゆっくり水平に動かすと移動判定がなされない場合があった。

超音波センサーについては、今回用意した物体のどれに対してもある程度正確に接触関係を検知することができていた。ある程度誤検知もあったが、これは接触させる物体が少し斜めになってしまい、結果として距離が少しずれてしまったからではないかと思われる。

EOPD センサーについては、暖色系の色ではセンサーの値が高くなり、寒色系の色では値が小さくなるということが分かった。今回の実験では、センサーの接触判定の閾値を決める際に使用した物体の色が白だったため、今回の実験では寒色系の色の接触判定が全く出来なくなってしまったと思われる。また、表面が光をよく反射する物体の場合は値がとて高くなるということも分かった。そのためステンレススチールトレイやアルミニウムなど光を反射する物体に対しては非接触関係を出すことができなかったと思われる。

光センサーについては、EOPD センサーと同様に色によってセンサーの値が変わってしまうということが分かった。光センサーの接触判定の閾値を決める際の物体の色も白だったため、正しく検知できない物体が出てきたと思われる。

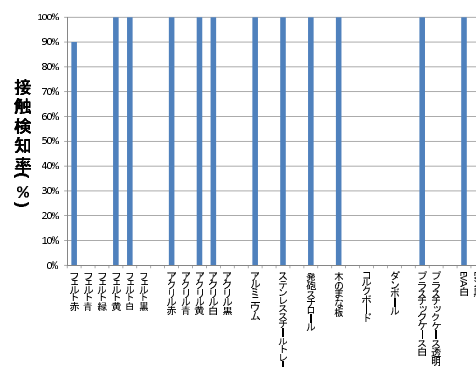


図 5: EOPD センサー接触検知結果

## 5. 実験 2

### 5.1 実験方法

物体の接触関係を取得する際に、どの程度まで位置を把握できるかの検証を行った。実験では単色の白い箱を用いた。実験の際、部屋が暗いと光センサーの誤検知を招く可能性があるため部屋の明かりを付けた状態で行った。

物体を置く机の上をおおよそで 6 分割し、それぞれ A, B, C, D, E, F とエリア分けする。C エリアの角に光センサー、D エリアの角に EOPD センサー、F エリアの角に超音波センサーをそれぞれ取り付ける。

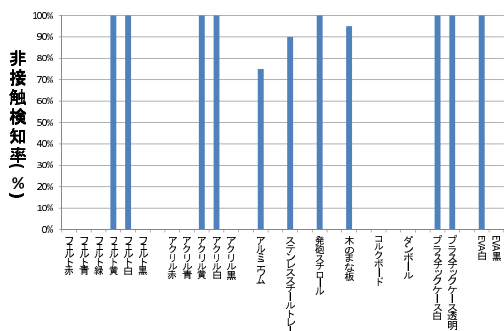


図 6: 光センサー非接触検知結果

A F のエリアにそれぞれ箱を置いた時と机の上に何も無い状態の時のセンサーの値を 5 回記録した。

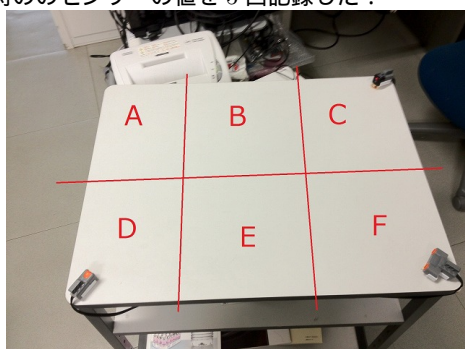


図 7: 実験場所

### 5.2 実験結果

A ~ F と物体を置かなかった時のそれぞれのセンサーの値を示す。超音波センサーの値は A ~ E までは距離に応じた値が出ていたが、センサーの一番近くのエリアである F に置いたときは値が正しく返されなかった。これは今回物体を置いた際の置き方がセンサーの正面に物体の角が当たるようになっていたからだと思われる。EOPD センサーの値は、センサーが置いてある D のエリアでの値が飛びぬけていた。また、ほんのわずかではあるが A, B のエリアでも値を返していた。光センサーの値は、センサーのある C エリアに物体がある場合に反応していた。

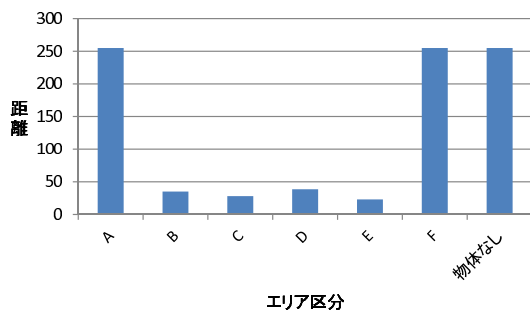


図 8: 超音波センサー

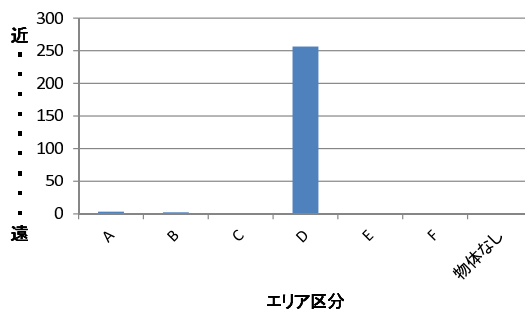


図 9: EOPD センサー

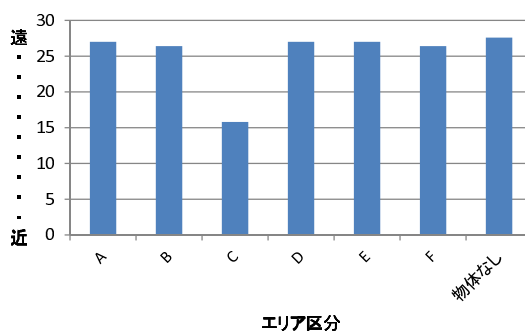


図 10: 光センサー

## 6. 終わりに

本研究では、光センサー、超音波センサー、タッチセンサー、EOPD センサーといったセンサーを使用し物体の相対位置のうち接触関係を取得する手法を提案した。それぞれのセンサーの特性を測る実験、および接触関係を取得する際にどの程度まで位置を把握できるのかの実験を行った。その結果、物体によってはセンサーがうまく反応しないものがあるということ、これらのセンサーの値を用いることによって机の上のどのエリアに物体があるのかを置く物体の材質や置き方などにもよるが、ある程度把握することができることが分かった。

## 参考文献

- [1] 柳沢豊, 前川卓也, 岸野泰恵, 亀井剛次, 櫻井保志, 岡留剛, “振動波と加速度センサを用いた物体間の接触関係の取得手法”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 138, pp. 81-86, 2008.
- [2] 柳沢豊, 前川卓也, 岸野泰恵, 亀井剛次, 櫻井保志, 岡留剛, “小型無線デバイスとセンサデータを用いた物体間の相対的な位置関係の推定”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2007, No. 118, pp. 45-50, 2007.
- [3] 藤吉弘亘, 藤井隆司, 鈴木裕利, 石井成郎, “実践ロボットプログラミング LEGO Mindstorms NXT で目指せロボコン!”, 近代科学社, 2009.