

| | |
|------|---|
| タイトル | 回転型深度センサを用いた指差し認識・特定物体認識と移動ロボット・ハンドリングへの応用 |
| 著者 | 塩濱，教幸；深谷，健一；SHIOHAMA, Noriyuki； FUKAYA, Ken - ichi |
| 引用 | 北海学園大学工学部研究報告(41)：43-50 |
| 発行日 | 2014-01-17 |

回転型深度センサを用いた指差し認識・ 特定物体認識と移動ロボット・ハンドリングへの応用

塩 濱 教 幸*・深 谷 健 一*

Pointing Recognition and the Specific Object Recognition using Rotating Depth Sensors and Application to the Object Handling by Mobile Robot

Noriyuki SHIOHAMA* and Ken-ichi FUKAYA*

要 旨

生活支援ロボットの实用機能として「指定された特定の物体を取ってくる機能」が必要とされている。パン機能付き深度センサを2台用いることで、ロボット周囲環境を3次元的に認識し、指定した対象物を検出して、その位置データを取得する。また、人の認識を行ない指差し方向の検出を行なう。このデータをもとに移動ロボットが特定物体をハンドリングするシステムを構築し実験した結果を示す。

1. はじめに

少子高齢化社会が急速に進展しており、介護・福祉、家事、安全・安心などの生活分野へのロボット技術の適用が期待され、生活支援ロボットの開発が進んでいる。人とロボットとが共生するには、ロボットの安全性や自律性、人とロボットの相互コミュニケーションなどが必要となる。自律性を実現するために、ロボットが全ての環境に適応して行動できるようにするのではなく、ロボットの負担を軽減するために、周囲環境に負担を負わせる「インテリジェントルーム¹⁾」, 「空間知能化^{2)~3)}」という考え方がある。例えば、ロボットにカップを持ってきてほしい場合に、そのカップ自体にRFタグなどをつけておき、その情報を基にロボットがカップを持ってくるという方法である²⁾。これにより、かなりの確率で物体がどこにあるかがはっきりと分かり、ロボットが行動しやすくなる。しかし、これらの方法にはRFタグやマーカーを

* 北海学園大学大学院工学研究科電子情報工学専攻

* Graduate School of Engineering (Electronics and Information Eng.), Hokkai-Gakuen University

埋め込む工程が必要となり、コストが高くなってしまいうデメリットがある。そこで、周囲環境に負担を負わせる代わりに、人とロボットがコミュニケーションをとることで、ロボットの負担を軽減させる方法に注目した。例えば、コミュニケーションの方法として、会話や人の表情の読み取り、身振り手振りの認識などが挙げられる。本研究では、身振り手振りの一環として指差し認識を行ないロボットに指示できるようにする。

生活支援ロボットの必要機能として「指定された特定の物体を取ってくる機能」がある。我々は指定された特定の物体を取ってくる機能として、対象物のおおよその位置が未知である場合でも、パン機能付きの測域センサや深度センサによる3次元距離データの取得と解析、そして、カラー単眼カメラによる物体画像の特徴認識を併用することで、この問題に対処してきた⁴⁾。しかし、部屋が広い場合などに、ロボットが部屋全体を探索しては時間がかかり効率が悪くなる。また、対象物体が小さいもの（約5cm四方）であると、深度センサを用いた場合、ロボットと物体との距離が約1.5m以内でないと検出が難しくなることが分かった。本研究では、人が物体の存在する位置を指差し指示し、その指差しを認識することで、物体の探索範囲を狭くし、探索を効率的に行えるようにすることが目的である。

2. 指差し認識

部屋の中から特定の物体をロボットにハンドリングさせるが、探索する部屋が広い場合、全ての場所を探索させると時間がかかりすぎてしまう。そこで、人が物体のある場所を指差しすることで、おおよその位置をロボットに指示し、指差しした位置の近辺を探索させることで、ロボットの作業の効率化を計る。

従来の指差し認識では、人間の肌色抽出により手領域の切り出しを行ない、その後、ハフ変換や幾何学的制約を用いて指差し方向を見つけていた⁵⁾。しかし、この方法では背景の影響を大きく受けてしまい、その他のモノまで検出してしまう場合があるので、誤検出を軽減するため、画像処理や距離情報を用いる必要があった。この問題に対処するため、深度センサを用いて、人間の骨格追跡（スケルトントラッキング）することで手の検出を行なった。スケルトントラッキングとは、事前に用意されている大量の人間のサンプル画像をコンピュータに機械学習させることで、人間の関節などの位置がどこであるかを推定するものである。スケルトントラッキングするために、今回はソフトウェアとしてOpenNIとNiTEを用いた。

手の検出後は、手の3次元座標を求めて肘までを検出して、手から肘までの3次元座標20点分を抽出し、最小二乗法により指差しの方向を検出する。指差し認識のアルゴリズムとスケルトントラッキングの様子、指差し方向の検出の画像をそれぞれ図1と図2に示す。

図3のように、床にマーカーを貼り、その点を指差しした場合に誤差がどれだけあるかで、指差しの精度を計測する。今回の精度実験では、被験者は点O上の椅子に座り、深度センサを

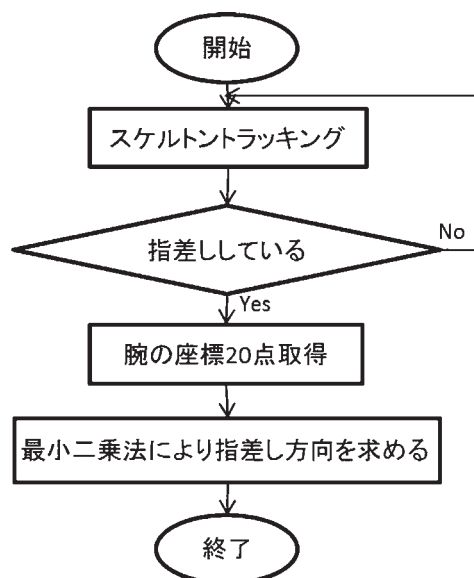


図1 指差しフローチャート

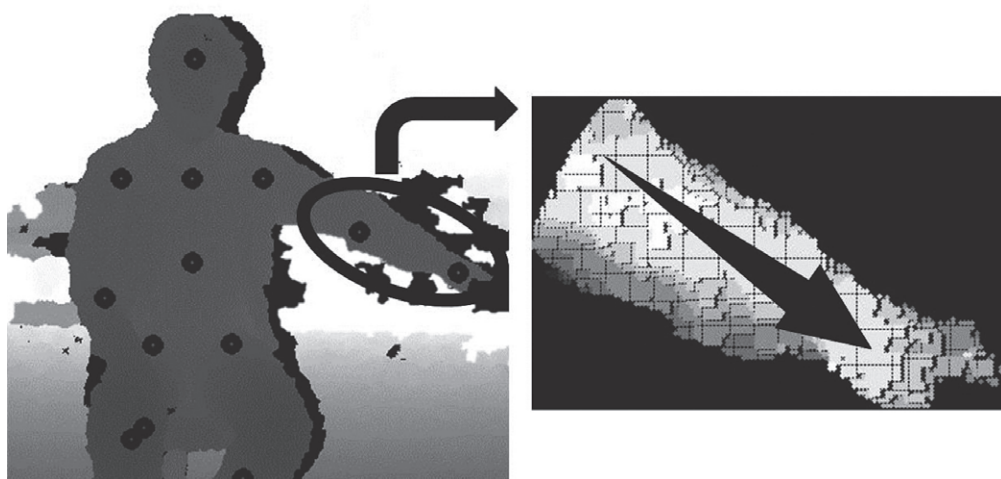


図2 スケルトントラッキング (左) と指差し方向の検出 (右)

y軸上の距離 2 mの点に置き、被験者の右側 0度~90度の12点 (図3のひし形の12点) を指差した。熟練者は3回実験し、初心者は10人がそれぞれ1回ずつ実験した。指差しの誤差と標準偏差を求めた結果を図4と図5に示す。

熟練者はすべての範囲で、誤差はほぼ20cm以内に収まっており、また、標準偏差も小さくなっているため、ほぼ正確に指差しが出来ていることが分かる。しかし、初心者については、指差しする距離が遠くなるにつれ、誤差が大きくなってゆき、人によっては2 m以上の誤差が出ることもある。90°の3点を指差しすると、その他の点に比べ誤差と標準偏差が共に大きく

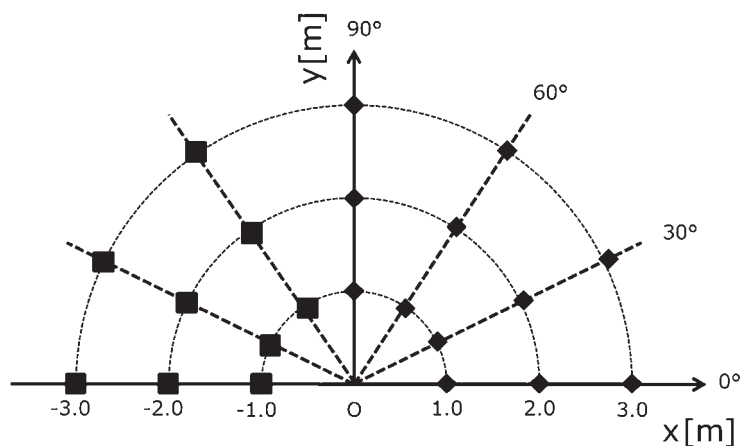


図3 精度計測環境

| 平均誤差 標準偏差 [cm] | 距離1m | | 距離2m | | 距離3m | |
|-----------------------|-----------|------------|-------------|-----------|-------------|-------------|
| | X座標 | Y座標 | X座標 | Y座標 | X座標 | Y座標 |
| 0度 | 4.8 4.4 | 1.6 2.2 | 15.3 14.5 | 7.4 8.6 | 18.4 8.6 | 9.9 14.2 |
| 30度 | 3.3 4.3 | 4.0 2.8 | 4.5 5.0 | 4.8 3.4 | 10.7 12.2 | 10.1 14.0 |
| 60度 | 1.0 1.4 | 5.5 6.3 | 2.0 2.7 | 7.8 9.1 | 9.0 4.1 | 7.5 4.3 |
| 90度 | 2.7 2.4 | 15.4 0.5 | 3.5 3.4 | 17 11.4 | 14.3 3.5 | 20.8 7.6 |

図4 指差し誤差と標準偏差（熟練者）

| 平均誤差 標準偏差 [cm] | 距離1m | | 距離2m | | 距離3m | |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| | X座標 | Y座標 | X座標 | Y座標 | X座標 | Y座標 |
| 0度 | 7.7 9.9 | 14.2 5.9 | 19.9 21.5 | 31.7 18.4 | 20.3 24.2 | 40.1 26.2 |
| 30度 | 8.0 8.2 | 20.0 10.7 | 12.8 15.4 | 45.0 17.7 | 28.8 25.7 | 56.7 30.9 |
| 60度 | 8.2 6.0 | 15.7 6.9 | 18.6 14.2 | 36.1 16.2 | 31.7 16.1 | 50.0 39.1 |
| 90度 | 18.4 31.0 | 29.1 37.4 | 25.9 16.9 | 46.9 52.4 | 62.3 45.6 | 115.0 102.9 |

図5 指差し誤差と標準偏差（初心者10人の平均誤差）

なることから、個人差があると考えられる。また、x座標よりもy座標のずれの方が大きいということから、人は指差しする際に、奥行き方向の方が正確に指差しできず、正確に点を指差ししているわけではない。しかし、特定物体の存在する範囲を指示する目的には使える。また、練習すると熟練者のように正確に指差しできると考えられる。誤差が大きくなる原因は、指差しする際に、腕と目の位置が関連しており、指差しした後に顔を動かすと指差しした位置がずれることが分かる。これに対処するために、指差しするときに、顔を腕の真上にもってくると

誤差が改善される。この手間を省くためには、指差し認識する際に、同時に目の位置を認識し、ずれの分だけ補正する必要がある。距離が3 m以上の場所を指差ししたときの精度をまだ正確には計測していないが、現在のところは、約50cm程の誤差が出てくることが実験から分かった。人の指差しできる範囲の限界などを調べる必要がある。

3. 移動ロボットへの応用

3.1 システム構成

ロボット全景とシステム構成をそれぞれ図6と図7に示す。図6に示すように、使用した機器は、①カラー単眼カメラ（Microsoft Life Cam Studio）、②深度センサ（Xtion PRO LIVE）、③パンユニット（SPU-01b）、④ノートPC（Windows 7 32bit Core i5 2.6GHz）、⑤自律移動ロボット

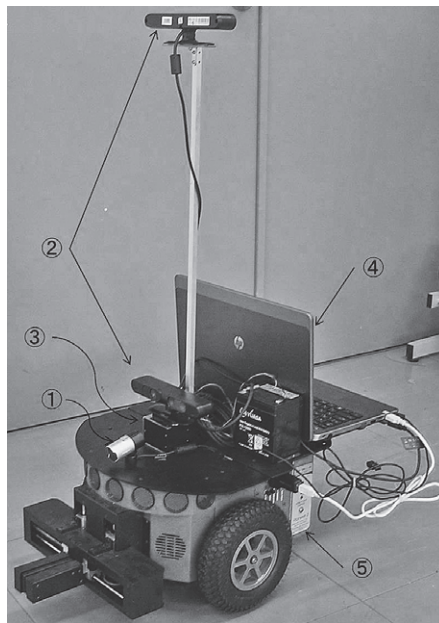


図6 ロボット全景

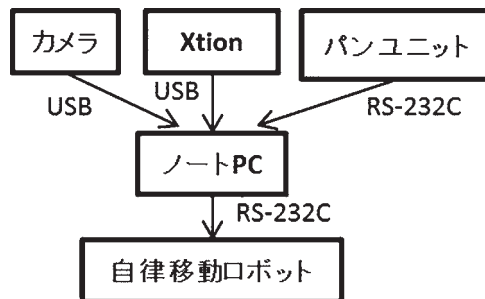


図7 システム構成

ポットである。②の上部に取り付けているXtion PRO LIVEは指差し認識用で、下部に取り付けているものは特定物体認識用である。Xtion PRO LIVEにはカラーカメラもついているが、今回は、最大解像度が大きく、SIFT画像処理をする際に特徴点を多く抽出できる①のカラー単眼カメラを用いた。

3.2 特定物体ハンドリング

最初に指差し認識をし、その後、指差し位置近辺を3次元計測することで対象物を検出し、ハンドリングを行なった。ハンドリング動作のフローチャートを図8に示す。

指差しの様子とハンドリングの時間経過をそれぞれ図9と図10に示す。実験の結果、指差しした方向にロボットが進み、3次元計測と画像処理により対象物のハンドリングが出来た。この実験ではペットボトルを1つしか置いていないが、これまでの研究で、複数のペットボトルが置いてある場合でも対象物のみを検出し、ハンドリングできている⁶⁾。また、指差ししなけれ

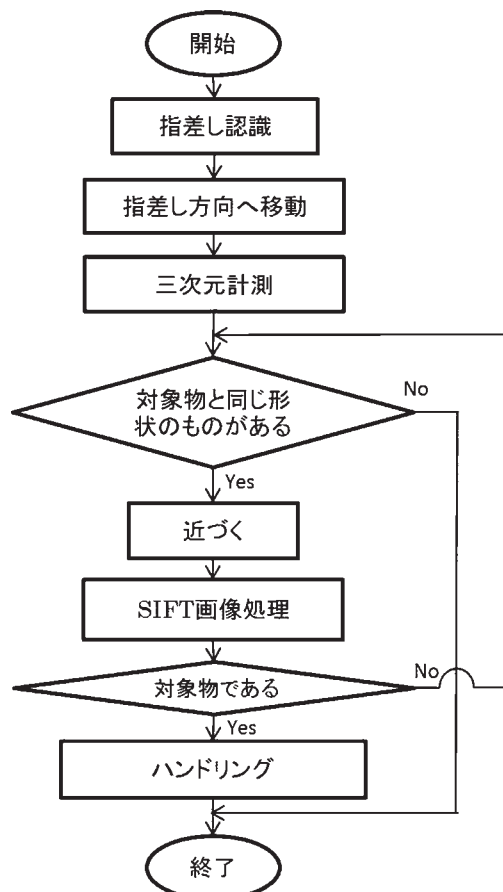


図8 動作フローチャート



図9 指差し認識

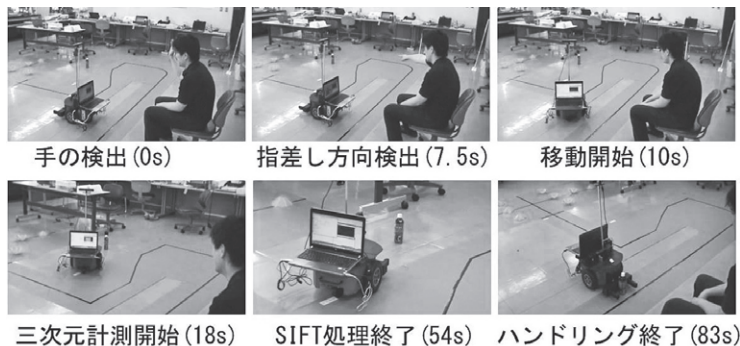


図10 ハンドリング時間経過

ば、ペットボトルが1.5m以内に存在しない場合は、ロボットが部屋の中を何回か移動し3次元計測して対象物を探さなければならない。指差し認識をすることで、3m以内の場所であると指差し誤差は20cmほどで収まるので、対象物の近くまでロボットを近づけることができ、探索時間を軽減できる。

4. まとめ

ロボットと人とのコミュニケーションとして指差し認識を行ない、手の検出をする際にスケルトントラッキングを用いた。そして、熟練者と初心者との指差し精度の比較を行なった結果、初心者が指差しすると、正確にその位置を指差ししているわけではないため誤差が大きくなることが分かった。

指差し認識と特定物体認識を行ない、ロボットによる物体ハンドリングを行なった。指差しすることにより、ロボットの探索範囲が狭まり、探索時間の短縮が出来る。今後は、物体が棚

に入っているなど、より現実に近い環境下でのハンドリングの検証が必要である。また、現在はXtion PRO LIVEとは別に解像度の高いカラー単眼カメラを用意して物体認識をしているが、Xtion PRO LIVEのカラーカメラを使用することで、システム構成を簡単に、そしてコストを抑えることが出来るかを試みていく。

謝辞

本研究は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業（平成20年～平成24年）の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) 永易武, 高橋真人, 寺林賢司, 梅田和昇: インテリジェントルームにおける指差し方向認識率の向上, 映像情報メディア学会技術報告34, pp.67-68, 2010.
- 2) 竹澤佳晃, 前泰志, 見浪護: ロボットと人間の対話を利用した環境知能化, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集2007, 2P1-N02(1)-2P1-N02(4), 2007.
- 3) 中内靖: 環境知能化による行動認識とロボットによる支援, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会, Vol.105, No.220, pp.23-28, 2005.
- 4) 塩濱教幸, 深谷健一: 距離画像を用いた物体形状認識と移動ロボットによるハンドリングへの応用, 工学研究 (北海学園大学大学院工学研究科紀要), 第13号, pp.33-39, 2013.
- 5) 大久保康基, 岡田慧, 稲邑哲也, 稲葉雅幸: 日常生活におけるロボットへの対象指示のための指差し認識に関する研究, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集2005, 2A1-S-049, 2005.
- 6) 塩濱教幸, 深谷健一, 回転型深度センサを用いた特定物体認識と移動ロボット・ハンドリングへの応用, 2013年度精密工学会秋季大会, K63, 2013.