HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	複数センサを併用した特定物体の位置認識と移動ロボットによる物体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(40)：81-89
発行日	2013-02-12

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

複数センサを併用した特定物体の位置認識と移動ロボットによる物体ハンドリングへの応用

塩　濱　教　幸*・深　谷　健　一*

Position Recognition for Specific Object Using Multiple 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実用機能として「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．パン機能付き測域センサとカラー単眼カメラを併用することで，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．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ている．2006年頃からこの分野のロボットは生活支援ロボットと呼ばれ，試作ロボットによる実証実験が試みられている[1)~5)]．生活支援ロボットHSR（Human Support Robot）[4),5)]では情報端末を用いて操作指示を行える自立支援機能や本人・家族・介護者などが遠隔でロボットを操作し，作業を簡単に実施できる遠隔支援機能の開発を行っている（**図１**）．

生活支援ロボットの機能の中に「指定された特定の物体を取ってくる機能」がある．指定された物体を探索認識し，その位置座標データを取得後，移動機能で物体に近寄りマニピュレータで把持後，指定した位置まで物体を運ぶものである．特定物体の位置認識には視覚カメラを用いる画像情報処理による手法が主に研究されている[6)~10)]．ロボットビジョン応用の典型的な

* 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

図1 生活支援ロボットHSR（文献4より）

問題であるが，環境変化に耐えるロバスト性の向上が十分とは言えない．そこで，指定物体にマーク，RFタグ，QRコードを添付し，物体認識を容易にする方法[11),12)]も試みられている．これらの研究はより具体的な食器の片付け機能への発展も想定されており，今後の生活支援ロボット開発では特定物体の認識とハンドリングがキー技術となりうる．

我々は指定された特定の物体を取ってくる機能として，対象物の存在するおおよその位置が既知である場合に，カラー単眼カメラを搭載した移動ロボットが対象物の近辺に移動し，カメラ視野内の画像からSIFT特徴量を用いて特定物体の位置座標を計測することでハンドリングするシステムを可視化してきた[10)]．対象物のおおよその位置が未知である場合にも，同様の機能を実現するために，パン機能付きの遠距離計測可能な測域センサによる3次元距離データの解析と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，この問題に対する解をえる．

2．物体位置認識

物体をハンドリングするには，その物体がどこにあり，ロボットからの相対的な位置関係がどのようになっているか知る必要がある．その関係を知るために，距離センサを用いてロボットの周りの環境を計測する．2次元計測では，周囲の環境をある程度まで認識できるが，検出したものが対象物であるか障害物であるかを認識することはできない．そこで，パンユニットを用いて測域センサを動かし，3次元計測することで，対象物検出を行った．

物体の位置認識は2つの段階に分けて実行する．1段階目は形状認識である．事前に対象物の形状を教えておき，三次元計測した結果，その形状データに一致するものがあるかを計算する．2段階目は特定物体認識である．形状認識した結果，一致するものが検出されても，似た形状のものが複数ある場合，検出した物体が指示物体と一致するとは限らない．画像処理することで特定物体の認識を行い，指示した物体であるかを確認する．

2.1　形状認識

形状認識するために，測域センサとパンユニットを用いてロボットの周囲の環境を３次元的に計測する．その後，ロボットに教示しておいた形状の物体が，その計測データの中にあるか探索する．探索アルゴリズムを**図 2**，アルゴリズムの説明図を**図 3**，実際に計測したデータ点を３次元的にプロットしたものを**図 4** に示す．**図 2** のアルゴリズムは，対象物をペットボトルとした場合である．

図 4 の中央より少し右側に，黒い塊が４つあり，これらが画像中のペットボトルの数に一致する．

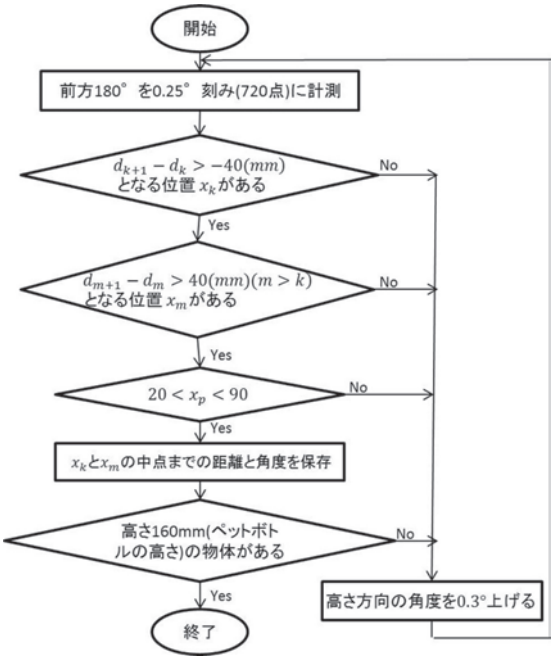

図 2　探索アルゴリズムのフローチャート

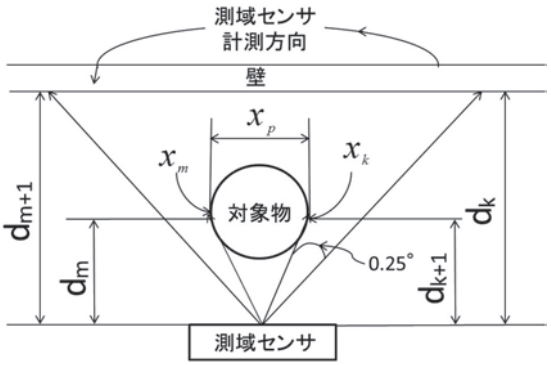

図 3　探索アルゴリズム説明図

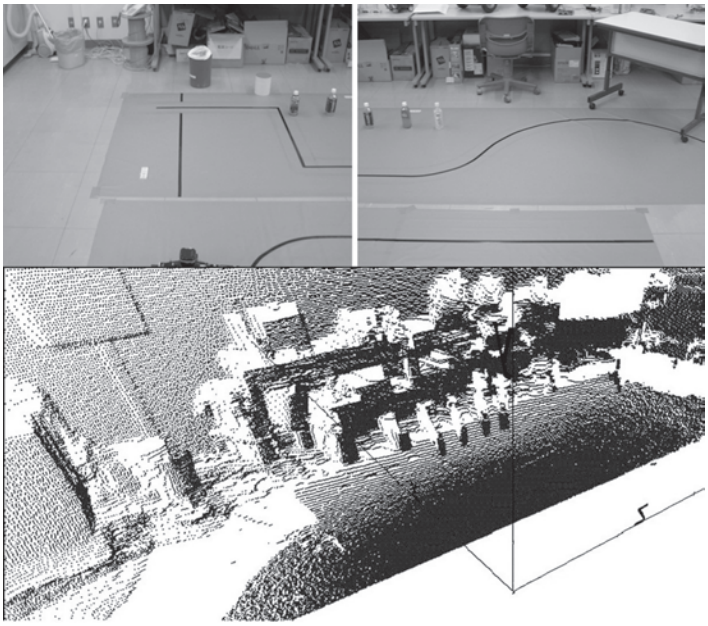

図 4　3 次元計測結果

2. 2　特定物体認識

2. 2. 1　画像特徴量の比較

物体認識するために，画像を撮影し，その画像から特徴点を抽出する．3 つの特徴量（SIFT特徴量，SURF特徴量，ORB特徴量）の精度と計算時間を比較する．3 つの特徴量の内，どの特徴量を用いるのが良いのかを調べるため，実際に幾つかの画像を使いマッチングをして，精度と計算時間の比較を行う．以下に，それぞれのアルゴリズムについて簡単に説明するが，SIFT特徴量のアルゴリズムについては文献[10]で既に説明しているため省略する．

SURF（Speeded Up Robust Features）特徴量とは，SIFTのアルゴリズムと流れはほぼ同じであるが，計算量を減らすことで，SIFTよりも高速に特徴点検出，特徴量記述を行うものである．具体的にSIFTのアルゴリズムと異なる点は，スケールとキーポイントを検出する際に，DoG処理をせずに，Hessian−Laplace検出器を近似したBoxフィルタ（**図 5**）と，矩形領域の輝度値の和を高速に算出できるIntegral Imageを用いる．また，オリエンテーションを算出する際に，勾配方向と勾配強度を求めるのにHaar wavelet（**図 6**）を使い各特徴点の方向を決定する．

ORB（Oriented FAST and Rotated BRIEF）特徴量[13]とは，特徴点検出にoFAST（Features from Accelerated Segment Test），特徴量記述にrBRIEF（Binary Robust Independent Elementary Features）を用いたものである．FAST，BRIEF共に高パフォーマンスで低コストであるので魅力的だが，BRIEFは回転不変性を記述できない．そこで，高速で正確なオリエンテーション算出

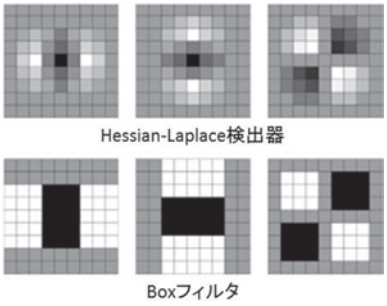

図 5　スケール・キーポイント検出フィルタ

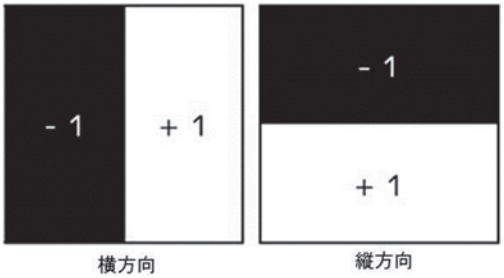

図 6　Haar wavelet

アルゴリズムを導入したFAST，つまりoFASTと，回転不変性を導入したBRIEF，つまりrBRIEFを用いて特徴量を求める．

2. 2. 2　特徴量の精度・計算時間比較

精度比較に用いた画像（**図 7**），３つの特徴量の認識率と計算時間の比較，マッチング結果（**図 8**，**図 9**，**図10**）を示す．ここで，認識率とは，一致した点の全数と，マッチング結果を見て，本当に一致している点の数との比（%）である．画像１～画像３は，カメラと対象物までの距離が異なり，画像４と画像５は明度が異なる．**図 8** では認識率が低いが，SIFT特徴量については，類似度がより高い対応点だけを抽出することによって，認識率を向上させられることがわかる（**図11**）．

この結果から，ORB特徴量は計算時間がSIFT特徴量の約１/10倍と短いが，精度はかなり低くなっている．ORB特徴量の認識率が低い理由は，一致した全数自体が少ないため，異なる点が少しでも一致していると認識率が一気に下がってしまうためである．SURF特徴量も，計算時間はSIFT特徴量の１/２倍と短いことが分かるが，精度はあまり高くない．類似度の高い

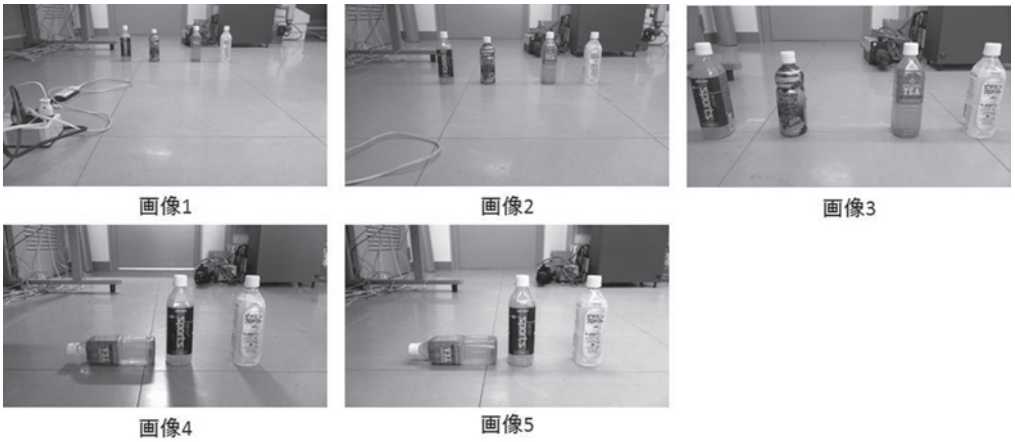

図 7　精度比較に用いた画像

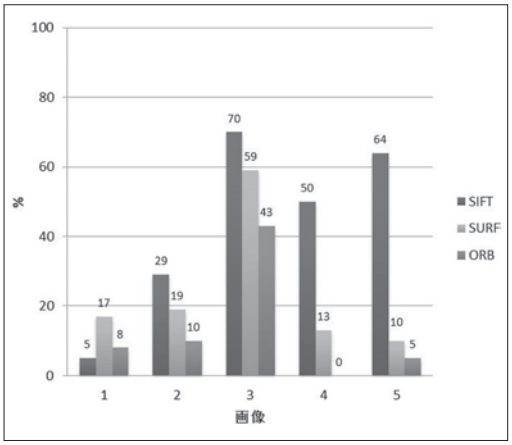

図 8　各特徴量の認識率

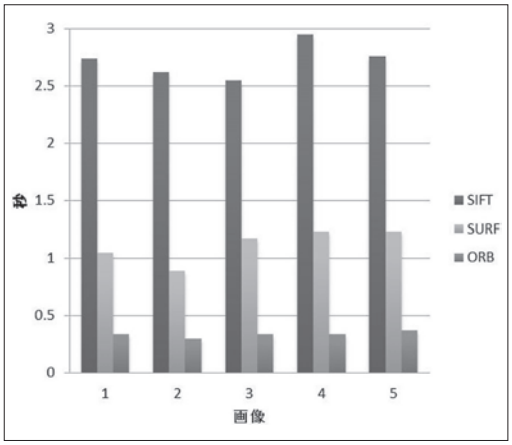

図 9　計算時間

図10　画像３とのマッチング結果

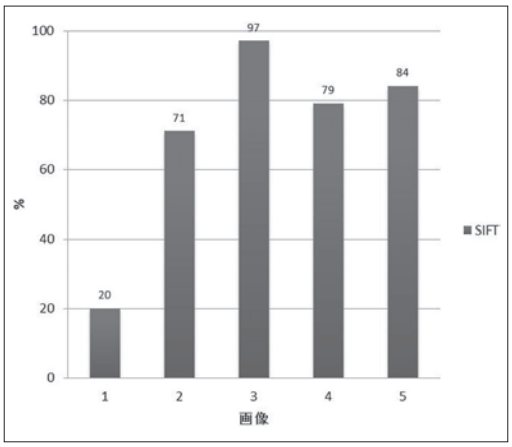

図11　類似度の高い対応点のみ抽出した場合

対応点のみを抽出しても精度は上がらなかった．本研究ではSIFT特徴量を用いて特定物体認識を行う．

3．移動ロボットによる物体ハンドリングへの応用

物体位置認識の処理をすることで移動ロボットに対象物をハンドリングさせる．使用した機

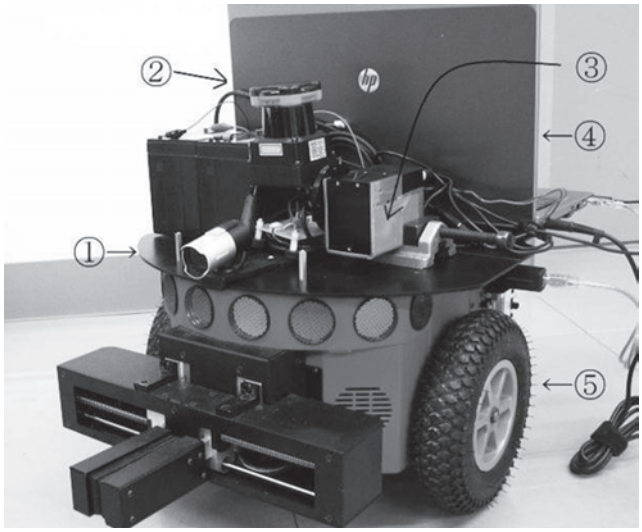

図12　ロボット全景

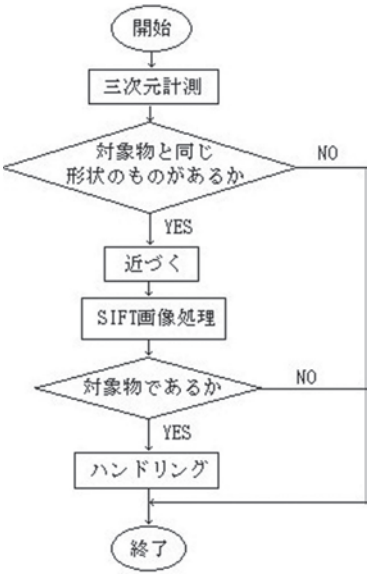

図13　動作フローチャート

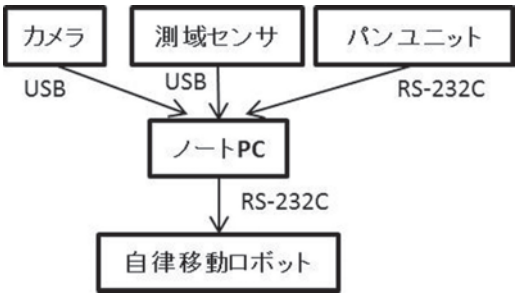

図14　実験システム構成

器は**図12**に示すように，①カラー単眼カメラ（Microsoft Life Cam Studio：解像度1920×1080），②測域センサ（UTM－30LX：計測距離30m，分解能0.25°），③パンユニット（SPU－01b），④ノートPC（Windows7 32bit Corei5 2.6GHz），⑤自律移動ロボット（Pioneer 3 －DX）である．ハンドリング動作のフローチャートと実験システムの構成をそれぞれ**図13**，**図14**に示す．

実験は**図 4** に示す室内で行った．３次元計測し，特定物体認識することで，室内に置いてある特定のペットボトルをハンドリングさせた．本実験では，ペットボトル４本をかためて置いているが，ばらばらに置いてもハンドリングすることが可能である．その時間経過を**図15**に示す．対象としているペットボトルと似たような形状のペットボトルを４本置いた環境であり，３次元計測した形状認識の段階で４個の物体を認識した．さらに特定物体認識の段階で，指定したペットボトルのみ検出することができハンドリングに成功した．

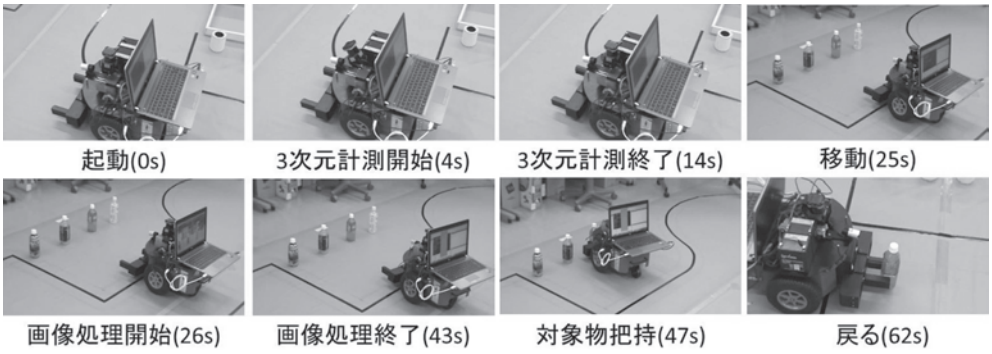

図15　ハンドリング時間経過

4．おわりに

特定物体認識を行う際の特徴量抽出方法について，３つの特徴量を比較した．その結果，SIFT特徴量は，計測時間という観点では処理に時間がかかるが，精度という観点からは一番良いということが分かった．本研究では，処理が少し遅くても精度のよいSIFT特徴量を用いることにした．室内でパン機能付き測域センサを用いて３次元計測を行うことで形状認識ができ，カメラ画像を使って特定物体認識することで特定のペットボトルをハンドリングできた．

現在の形状認識のアルゴリズムは，対象物の形状情報を人が計測し，ロボットに与えることで候補をある程度まで絞ることができる．今後は，３次元計測したデータ，つまり，距離情報をもった点群のみを使い３次元物体認識（形状認識）を行えるようにする．人が計測するという手間が省け，また，より詳細な情報を与えることができるので，さらに候補を絞り込むことができると考えられる．そのためには，事前に対象物を３次元計測し，点群を用意しておく必要がある．特定物体認識をする際に，対象物の画像も必要となる．最近普及してきている奥行きカメラKinectを用いると，容易に距離情報とカラー画像を得ることができる．狭い視野は搭載する移動ロボットの回転運動で拡げる方法も考えられ，今後その適用を検討する．

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）小川秀樹：人と共存する生活支援ロボットの開発，日本機械学会誌，Vol．109，No．1051，pp．454-455，2006．

2）廣井富，山本祐三，稲田遥一　他：日常生活支援ロボットGoyaneの開発，ロボティクス・メカトロニクス

講演会2010，2A2-A21，2010.
3）貞本淳史：NEDO生活支援ロボット実用化プロジェクトの概要，日本ロボット学会誌，Vol.29，No.9，pp.760-764，2011.
4）山本貴史，齋藤史倫，橋本国松　他：生活支援ロボットHSRの開発，日本ロボット学会第30回記念学術講演会，3C2-1，2012.
5）齋藤史倫，橋本国松，池田幸一　他：生活支援ロボットHSRの試作と実証評価，日本ロボット学会第30回記念学術講演会，3C2-2，2012.
6）島田伸敬，三浦純，白井良明　他：サービスロボットのためのインタラクティブビジョン，情報処理学会論文誌，Vol.47，No.SIG15，pp.1-9，2006.
7）永田和之，脇田優仁，小野栄一：人が指示した物を取ってくれる日常生活支援ロボット，日本機械学会福祉工学シンポジウム2007，MG313，pp.235-238，2007.
8）阿部広紀，嵯峨智，岡谷貴之　他：移動ロボットのための物体認識と自己位置推定における視覚情報処理，ロボティクス・メカトロニクス講演会2009，1A1-D01，2009.
9）佐藤知正，門脇啓太，森武俊　他：食器片付けロボットのための画像処理システム，第27回日本ロボット学会学術講演会，2R1-06，2009.
10）塩濱教幸，深谷健一：SIFTを用いた特定物体認識の高速化と移動ロボットによる物体ハンドリングへの応用，北海学園大学大学院工学研究科紀要，第12号，pp.25-30，2012.
11）青柳誠司，黒田友美，新井泰彦　他：不可視マークとRFタグを併用した食器の位置計測システム―計測制度の検証―，ロボティクス・メカトロニクス講演会2007，1A1-N01，2007.
12）西野友博，小島光晴，垣内洋平　他：QRコードを物品の目印として利用する日常支援ロボットの構想と視野中のQRコードの発見，ロボティクス・メカトロニクス講演会2010，2A2-A19，2010.
13）Ethean Rublee, Vincent Rabaud, Kurt Konolige, Gary Bradski : ORB : an efficient alternative to SIFT or SURF, ICCV2011, pp.2564-2571, 2011.