

Kinect とタブレットを用いたロボットアームによる 物体拾得システム

松本 大賢[†] 岡 哲資[‡]

日本大学大学院生産工学研究科数理情報工学専攻[†]

日本大学生産工学部数理情報工学科[‡]

1. はじめに

近年、障害を持った人の自立を支援することを目的としたロボットアームの開発が進められている。その実用例として、Exact Dynamics 社製の iArm が挙げられる[1]。車椅子利用者にとって、床上の物体を拾うことは困難であるが、iArm を利用することで、介護者の手を借りることなく拾うことが出来る。

iArm には、キーパッド、ジョイスティック、ワンボタンを用いた操作インタフェースが用意されている。しかし、これらのインタフェースは操作方法を覚えることが難しい。またユーザへの認知的、物理的な負担も大きい。

車椅子搭載型ロボットアーム用の物体拾得システムとして、Tsui らの開発したシステム[2]がある。ユーザはカメラ画像が表示されたタッチパネルを利用して物体の位置をシステムに知らせ、物体を手元に引き寄せることが出来る。しかし、このシステムは、ステレオカメラ 2 台と圧力センサを用いており、視覚処理による物体の自動認識と追跡を行うため、低コスト化が難しい。また、画像が登録されている物体しか認識出来ず、物体を掴むまでに時間を要する。

床上の物体を拾得するロボットとして、生活支援ロボット HSR (Human Support Robot) [3]がある。HSR は、タブレットによる命令に従い、物体を拾ってユーザに届けることができる。しかし、HSR の物体拾得の技術や性能は公開されていない。

我々は、Kinect とタブレットを用いたロボットアームによる物体拾得システムを考案した。これは、Tsui らのシステムと同様、カメラ画像をタッチし、手元に引き寄せるシステムである。ただし、センサには 1 台の Kinect のみを用い、物体画像の登録が不要である。物体認識と追跡を行わないため、低コスト化が容易である。

床上にある高さの低い物体を拾う対象とした。そのため、ハンドは常に下向きで上から把持する。また、把持時のハンドの高さは床の近くで固定した。iArm を用いてプロトタイプシステムを実現し、拾得できる物体と条件を調査した。

2. 物体拾得システム

2.1. 物体拾得の手順

本システムは、物体拾得を次の順に行う。

- ① ユーザがタッチパネル上の画像内の物体をタッチする。
- ② タッチした画像座標 (u,v) 、Kinect の RGB 画像、深度画像を用いて把持を行う位置のアーム座標系の座標値 (x,y,z) と姿勢 (θ) を決定する。
- ③ ②で決定した位置と姿勢を用いて、ロボットアームを動作させ、ユーザの手元に物体を移動する。

2.2. 把持時の位置と姿勢の決定

②の把持を行う位置と姿勢の決定は、次の手順で行う。まず、カメラ画像上で物体の輪郭を求める。次に、タッチした画像座標に近い輪郭内のピクセル群に対応する 3 次元点群を Kinect により計測し、高さ以外の位置を決定する。さらに、3 次元点群を床面に投影し、平面内での主軸方向を求め、物体の向きに合わせて姿勢を決定する。

2.3. ロボットアームの動作

③のロボットアームの動作は、まず、②で決定した位置の真上にハンドを移動させる。次に、②で決定した姿勢へハンドを回転させる。さらに、ハンドを床近くまで下げて、閉じる。最後に、ハンドをあらかじめ決められたユーザの位置まで移動させて、開く。

2.4. プロトタイプシステム

Kinect for Windows, Nexus7 (2012 年製), iArm, ノート PC を使用した。iArm のハンドの開閉範囲は約 80mm である。

System to pick up objects using a Kinect sensor, a tablet computer and a robot arm

[†]Hirosato Matsumoto, Mathematical Information Engineering, Graduate School of Industrial Technology, Nihon University

[‡]Tetsushi Oka, Mathematical Information Engineering, College of Industrial Technology, Nihon University

位置と姿勢の決定は、2つの方法を使って行った。方法1では、タッチした画像座標に対応する3次元座標を位置とし、姿勢は固定とした。方法2では、輪郭の重心の画像座標に対応する3次元座標を位置とした。画像上の輪郭の主軸方向を求め、主軸方向と垂直で輪郭の重心を通る直線と輪郭の交点の3次元座標の高さを除く方向より姿勢を決定した。

3. 実験方法

マジックペン(16×125×16(mm))、リモコン(45×215×24(mm))、タオル(165×195×10(mm))、衣類(230×185×35(mm))、手帳(77×145×5(mm))、箸(26×210×4(mm))、携帯電話(51×107×12(mm))、歯ブラシ(20×185×8(mm))の拾得を20回ずつ試行し、成否を記録した。物体は、Fig.1における垂直の向きで、ハンドの初期位置の真下に設置した。Fig.1のA-Rの位置に、垂直の向きでマジックペンを設置し、拾得の試行を20回ずつ行った。その際のログから、Kinectにより計測された座標値の標準偏差を算出した。

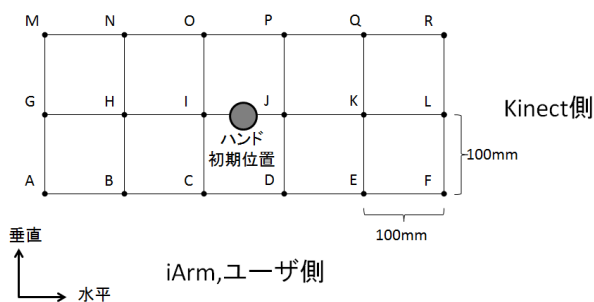


Fig.1 把持対象の位置と向き

4. 結果

方法1で手帳と携帯電話以外、方法2で手帳以外の物体で100%成功した。手帳は、方法1の成功率が高かった。

マジックペン、リモコン、箸、歯ブラシは、幅がせまいためハンドの位置が多少ずれても問題なく拾うことが出来た。手帳と携帯電話は、幅が広いいためハンドの位置のずれで拾うことが出来ないことが見られた。方法1では、手帳の背表紙に指を引っ掛けるように持ち上げて成功するケースが見られた。衣類とタオルは、一部を掴むようにして拾うことが出来た。

Fig.1のA-Rでマジックペンを100%つかめないうのは、EおよびFのみであった。これらの位置では、把持位置の大きなずれが観察された。また、A-Rの位置の試行時、Kinectの座標値の標準偏差は最大で5mm程度であった。

ユーザのタッチ操作から物体を手元に届くま

での時間は、20秒から50秒ほどであった。ほとんどがアームの動作時間である。

5. 考察

結果から、考案した物体拾得システムの方式とKinect、タブレット、iArmを組み合わせることで、車椅子利用者が画面タッチのみの操作で床上の様々なものを高確率かつ実用上十分短い時間で拾得できることがわかる。

ユーザのタッチで得られる画像上の座標のみによる方法(方法1)は、幅のない物体には有効であるが、把持位置が物体の中心からずれやすいため、携帯電話などの幅の広く剛性の高い物体では、方法1よりも輪郭の重心を求める方法(方法2)が有効である。手帳のように、把持位置をずらした方が成功しやすい物体については、ハンドを下す前にユーザが位置を変更できるようにすればよい。

多くの物体を100%拾うことができたため、ハンドの位置のばらつきは拾うことが出来る範囲内であることがわかる。Kinectの座標値の標準偏差が5mm以内であること、ほとんどの位置でマジックペンの把持に成功していることから、Fig.1のEとFの失敗は、座標変換の誤差によるものであると考えられる。KinectとiArmの精密なキャリブレーションを行えば、実験で用いた物体を含む様々な高さがない物体を500mm×200mmの範囲内で拾得可能なシステムが実現できると考えられる。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 26330234 の助成を受けて実施した。

参考文献

- [1] iArm, Exact Dynamics <http://www.exactdynamics.nl/>
- [2] Katherine M. Tsui, Dae-Jin Kim, Aman Behal, David Kontak, Holly A. Yanco: "I Want That": Human-In-the-Loop Control of a Wheelchair-Mounted Robotic Arm", Applied Bionics and Biomechanics, 8-1(2011), 127-147.
- [3] 山本貴史, 齋藤史倫, 橋本国松, 池田幸一: "生活支援ロボットHSRの開発", 第30回日本ロボット学会学術講演会, 日本ロボット学会(2012), 3C2-1.