

卓上作業支援における小型物体の位置特定と個体識別に関する 検討とその応用

小笠原 寿馬[†], 岩崎 正裕[‡], 藤波 香織[‡]

[†]東京農工大学 工学部 情報工学科 [‡]東京農工大学大学院 工学府 情報工学専攻

1 はじめに

近年, 拡張現実 (Augmented Reality : 以下, AR) は研究分野だけでなく, 一般向けのサービスやアプリケーションにも用いられている [1]. このような AR の発展に合わせ, その概念を用いた様々な卓上作業支援に関する研究が増加している. 卓上作業支援では卓上物体に対し, 位置特定の実現により直接的な情報提示や物体の位置情報を用いた支援が可能となる. また, 個体識別の実現により各個体に異なる支援が可能となる. そのため, 作業支援の実現において卓上物体の位置特定・個体識別は重要な課題である.

日常的な卓上作業では小型物体の使用が想定される. しかし物体に対する位置や個体の特定を行う様々な既存手法は, ユーザ作業を妨害する可能性があり卓上作業支援の目的を達成できない. そこで, 本稿では卓上作業支援における小型物体の位置特定と個体識別を行う手法を提案する. 加えて, 提案手法を用いた応用例を示す.

2 手法概要

2.1 要件定義

提案手法は卓上作業支援を対象としている. そのため, 1cm 単位の位置特定精度が求められる (a). 加えて, マーカなどの物体を付加する場合, それが大型である場合は認識対象物体の形状を変化させ, 作業を妨害することがある. よって, 認識対象物体への大型物体の付加は適さない (b). また, 卓上には同様な外観をもつ物体の存在が想定されるが, これらを異なる物体と識別する必要がある (c). さらに, 環境の影響を最小限に抑える必要がある (d). これらを踏まえ, 以下のように要件を定めた.

- (a) 1cm 単位の精度での位置特定
- (b) 小さな物体に対応
- (c) 同様な外観の物体を識別
- (d) 環境の変化に対する頑強性

2.2 既存手法の比較

2.1 節の要件に基づき, 既存の位置特定・個体識別手法を調査した (表 1). 無線タグを用いた三点測位は誤差が 150mm~200mm 程度想定され, (a) を満たさない. また, (b) を満たすために物体の非付加か付加物体の小型化が求められる. そのため, モーションセンサや超音波タグ, LED を用いる手法は付加物体が大型のため適さない. さらに, 直接的な画像認識は (c) を満たさない. そして, (d) を考慮すると, 金属や水が多い環境に弱い RFID も不適である. 以上の結果を踏まえ, 2次元マーカを用いた手法のみが全ての要件を満たすため, 提案手法では2次元マーカを用いる.

表 1: 位置特定と個体識別を行う手法

手法	精度 (mm)	大きさ	個体識別	影響を受ける環境
2次元マーカ	10	小	○	光, 汚れ
RFID	10	小	○	ノイズ, 金属, 水
モーションセンサ	50	大	○	ノイズ, 熱, 薬品
画像認識	10	なし	×	光
三点測位 [超音波]	80	大	○	遮蔽物, 熱, 薬品
三点測位 [UWB]	150	小	○	熱, 薬品
三点測位 [SAW]	200	小	○	遮蔽物, 熱, 薬品
LED	10	大	○	遮蔽物, 熱, 薬品

2.3 提案手法の概要

2.2 節において得られた結論より, 本稿では2次元マーカを小型化する手法を提案する. マーカを用いた認識で正確に情報を取得するためには, カメラ画像内にマーカが十分な大きさで鮮明に映り込む必要がある. そのため, 物体に付加するマーカが小型の場合, カメラは物体に近い位置から映像を取得する必要がある. そこで, 物体に付加された小型マーカ (図 1: マーカ A) は手首に装着したカメラ (図 1: カメラ A) を用いて認識し, 手と物体の位置関係を取得する. 次に, 手首に付加されたマーカ (図 1: マーカ B) を作業卓上方に設置されたカメラ (図 1: カメラ B) を用いて認識し, 手首の卓上位置を取得する. 最後に, これらの情報を統合し物体の卓上位置座標を推定する. 以降, マーカ認識手法と物体の位置座標推定手法について説明する.

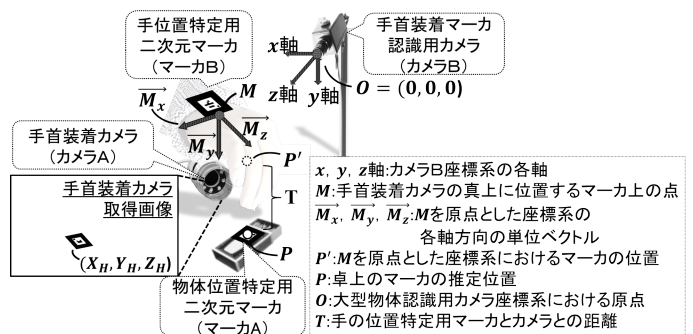


図 1: マーカとカメラの関係

2.3.1 マーカの認識

2次元マーカの認識には NyARToolkit^[2] を用いて, カメラ画像中の正方形マーカの大きさや形状からカメラとマーカの位置姿勢関係を把握する. また, カメラ A は至近距離からマーカを撮影するため, 最短撮影距離が短いカメラを使用する必要がある. 加えて, ユーザへの負担を軽減するため小型軽量である必要がある.

2.3.2 情報の統合

カメラ A とマーカ B の関係は図 1 のとおりである. マーカ B は手首上かつ卓上平面に対し平行に装着する. また, カメラ A はマーカ B の真下に装着する. 物体の位置推定には, まず式 (1) を用いて, カメラ A の真上の点の座標にカ

Identification of Tiny Objects and Their Positions on a Table
Kazuma OGASAHARA[†], Masahiro IWASAKI[‡], Kaori FUJINAMI[‡]
^{†‡}Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

メラ A 座標系におけるマーカ A の座標を加算する。そして式 (2) を用いて、マーカ B の下向き方向にマーカとカメラ間の距離だけ平行移動し、カメラ B 座標系におけるマーカ A の位置を推定する。

$$\vec{OP} = \vec{OM} + X_H \vec{M}_x + Y_H \vec{M}_y + Z_H \vec{M}_z \quad (1)$$

$$\vec{OP} = \vec{OP} + T \vec{M}_y \quad (2)$$

3 評価実験

3.1 実験概要

提案する小型物体の位置特定手法に関して、位置特定精度を検証した。2次元マーカを物体に貼付せず固定位置に配置した。これにより、推定アルゴリズムの貼付する対象物体の違いによる影響を無視した精度評価を行った。被験者は5人の大学生(うち、男性2人)である。被験者は手首に装着したカメラを用いて、卓上に10cm間隔で格子状に配置した19個のマーカを各3回読み取る。また、マーカBの大きさの違いによる精度の差を調査するために、大きさの異なる3種類のマーカで同様の試行を行った。実験に使用したカメラを表2に示す。

表 2: 使用したカメラ

	カメラ A	カメラ B
名前	B003+	C920
提供企業	Supereyes 社	Logicool 社
解像度	640 × 480	1280 × 720
最短撮影距離	10mm	70mm
寸法 (幅/奥行き/高さ)	11mm/11mm/131mm	94mm/71mm/43.3mm
重量	18g	162g
設置位置	被験者手首	作業卓中央部 1050mm 上方

3.2 結果と考察

実験を観察した結果、マーカ A が傾くとマーカ A の向きを求める精度が悪くなるのが分かった。そこで、被験者に腕の角度を指示した上で再度同様の実験を実施した。その結果、一辺 8mm の大きさのマーカ B を使用した際の精度に、腕の指示の有無によって精度に差が見られた。この様子を図 2 に示す。なお、図 2 は精度を相対累積度数を用いて表現している。横軸は誤差の値を表しており、縦軸はある誤差値以内で測定できた割合を百分率で表している。机平面 (x, y 軸) における 2次元座標系では全体的に誤差が減り、平均値も 11.9mm から 8.9mm に減少した。カメラまでの距離 (z 軸) も合わせた 3次元座標系では平均値の変化に有意差が見られなかった。しかし、指示しなかった時と比べて誤差が 40mm 以下に収まりやすくなった。このような変化から、マーカ A は卓上カメラから読み取りやすい設置を行う必要性が示唆された。したがって、複数の 2次元マーカを手首の円周上に付加し、極端に傾いていないマーカが必ず 1つは存在するような方法を検証する必要がある。

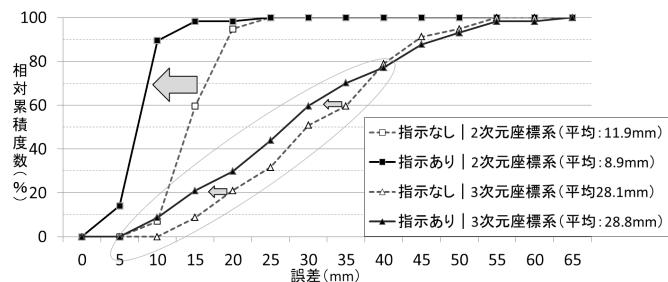


図 2: 腕の方向指示の有無による精度の差

次に、マーカ B の大きさによる精度の違いを調べた。表 3 において、5mm と 10mm の間には有意差は見られなかった。しかし、8mm のマーカ B を使用時は他 2つより精度が優れていた。そこで、8mm のマーカ B を使用した試行時の誤差の相対累積度数分布を図 3 に示す。平均誤差は、2

次元座標系で 10.6mm、3次元座標系は 27.6mm であった。また、測定結果の 95% は 2次元座標系で 20mm、3次元座標系で 52.0mm の誤差内に収まった。以上より、3次元座標系の精度が 2次元座標と比較して 2 倍程度悪いことが分かった。原因の 1つに、使用している NyARToolKit が参照している ARToolKit におけるマーカの z 軸方向位置検出精度が悪いこと [3] が考えられる。つまり座標推定精度向上には、カメラ B を複数台設置するなどライブラリ自体の z 方向の位置検出精度を向上させる工夫が必要である。

表 3: マーカサイズによる違い

マーカサイズ (mm)	5	8	10
サンプル数	285	285	285
最大値 (mm)	95.0	62.1	67.5
平均値 (mm)	32.4	27.6	33.4
最小値 (mm)	5.7	3.7	5.0

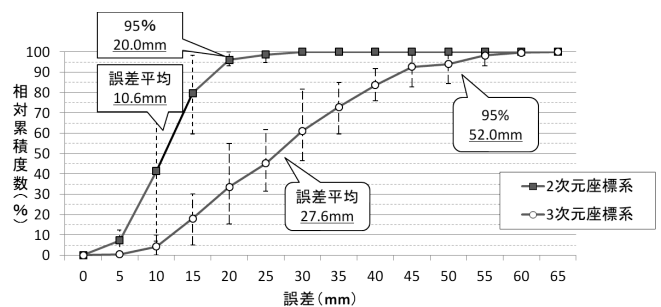


図 3: 8mm のマーカ B 使用時の位置特定精度

4 応用例

提案手法を用いることで、把持物体の卓上における位置や個体情報が得られる。これらの情報の組み合わせにより、卓上に存在する物体の位置関係を把握することができる。これを用いて、化学実験に見られるような小型物体を用いる卓上作業を認識するシステム [4] を実現可能である。例えばマッチを把持し燃焼物に近づけば点火したと推定でき、容器に液体を近づけ、傾けたことを検知できれば容器に液体を注いだことも推定できる。このように、小型物体を含んだ物体に基づく作業認識に応用可能である。

5 おわりに

本稿では卓上作業における小型物体の位置特定と個体識別を可能とする手法を提案し、精度の検証を行った。今後は実験より得られた結果を受けて、z 軸方向の精度やデバイスの設計などを見直して精度の向上を目指す。また、物体の形状や大きさの差も含めた実環境を想定した実験を行い、精度やユーザビリティ評価を行なっていく。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 基盤研究 (C):24500142 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] サイバーナビ AVIC-VH99HUD, 2012. URL: <http://pioneer.jp/carrozzeria/cybernavi/avic_vh99hud_avic_zh99hud/> (2012/12/29 参照) .
- [2] NyARToolkit project, 2012. URL: <<http://nyatla.jp/nyartoolkit/wp/>> (2012/12/29 参照) .
- [3] 橋本, 山本. ARToolKit と力覚提示装置を用いた力触覚提示の検討. 力触覚の提示と計算研究委員会 第 3 回研究会, 2009.
- [4] A. Sokan, et al. A tangible experiment support system with presentation ambiguity for safe and independent chemistry experiments. *Jnl. of AIHC*, Vol. 3, No. 2, pp. 125-139, 2012.