

AR マーカを用いた距離推定に関する予備的検討 A preliminary study of distance estimation using markers in Augmented Reality

緒方 公一[†]
Kohichi Ogata

大城 美有紀[†]
Miyuki Oshiro

1. はじめに

拡張現実(AR)の技術を用いた作業支援や生活支援など、実生活への導入が進みつつある。マーカの距離推定精度を把握しておくことは、応用開発を行なう上で有益な基礎情報となる。本稿は、AR マーカを用いた距離推定に関する予備実験について取り扱ったものである。種々のマーカパターンを用意し、マーカを遠ざけた場合の距離推定精度、および、距離を一定として、マーカを縮小した場合の距離推定精度について検討した。

2. 実験

2.1 実験環境

表1に使用機材を示す。ARToolKit[1]を使用し、高精度な3次元計測向けの2ステップキャリブレーション[2]を実施した後実験を行なった。

2.2 カメラ-マーカ距離変更実験

カメラとマーカとの距離を種々変えた場合のマーカまでの距離推定精度については、どのくらいの距離まで認識が可能か、距離推定がどの程度か、マーカのデザインの違いで検出に影響が出るのかなどが検討事項となる。先に予備実験[3]を行なっているが、再現性の確認という意味で再度同様の実験を行なった。

2.2.1 実験方法

実験では、図1(a)に示す4種類のマーカを使用している。各マーカは一辺の長さが75mmの正方形となっている。

図1(b)に示すように、室内において、マーカの印刷された用紙(マーカボード)とカメラとの距離を変えながら認識実験を行なった。印刷面の照度の変化が認識に影響を与えることを避けるため、マーカではなくカメラの位置を変えることで、カメラ-マーカ間の距離を設定した。マーカボードの中心部には赤色のシールを貼っており、距離を変更した際にも撮影画像の中心位置に映るように配慮した。なお、マーカを1秒間(30fps)撮影し、30枚すべての画像において、マーカに対応した3Dモデルが表示された場合を「認識」と定義し、その際に得られる距離情報をマーカまでの推定距離とした。

2.2.2 実験結果

図2にカメラ-マーカ間距離を種々変えた場合の距離推定結果の相対誤差を示す。この結果は30fps(2値化のしきい値100)としたときの2回分の実験結果の平均値を示している。2回目の実験は別日に実施し、実験環境も新たに構築し直している。

パターンが複雑なQRコードを用いたマーカや画像中の構成要素が小さいAのマーカよりも、B、Cのマーカにおいて認識可能距離が長くなること、設定距離が2.5m程度

[†] 熊本大学, Kumamoto University

表1 使用機材

PC	HP ProBook 650 G1 (i5-4210M 2.6GHz, 8GB memory, Windows7 Professional)
開発ツール	Visual Studio Express 2013 for Desktop
ライブラリ	ARToolKit, GLUT
カメラ	Microsoft LifeCam Studio Q2F-00020 解像度 640×360, 画角 75度

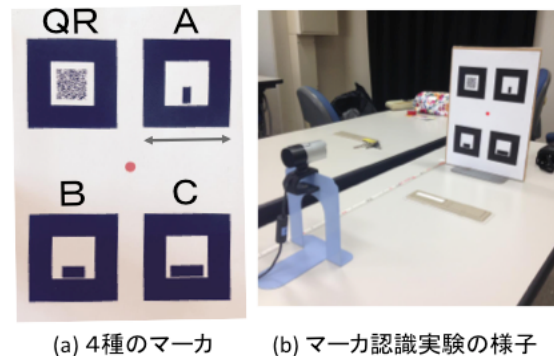


図1 カメラ、マーカと実験環境

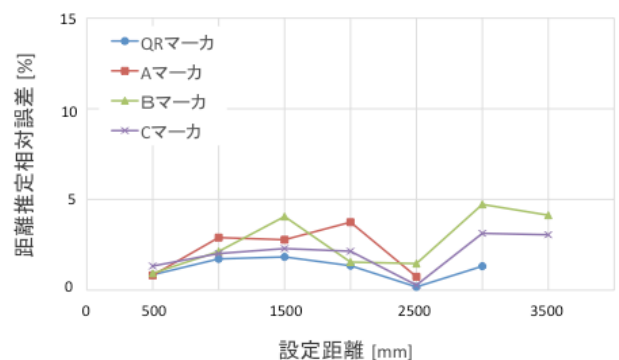


図2 カメラ-マーカ距離推定の相対誤差(2値化のしきい値100)

までは、いずれのマーカでも5%以内の距離推定誤差となることが確認できる。

2.3 マーカ縮小実験

2.2の実験ではカメラとマーカとの距離を種々変えた場合の距離推定精度を検討したが、どの程度の小さいマーカまで検出でき、どの程度の距離推定精度が得られるかの検討も重要である。どのくらい小さい対象物体にマーカを貼

ることができるのか、デザインによって検出のしやすさに違いがあるのかの確認や、できるだけ小さいマークを採用することで貼付による美観の低下の軽減に役立つと考えられる。ここでは、距離を一定として、次第にマークを小さくした際の検出と距離推定精度を調べる実験を行なった。

2.3.1 実験方法

図3(a)に使用した4種類のマークを示す。マークは図3(b)示すように、ノートパソコン(FUJITSU LIFEBOOK AH45/K, 解像度 1280 x 1024)のディスプレイに表示して使用した。サイズの異なるマークの画面も用意し、切り替えて実験を行なった。マークのサイズが変わった場合にも、各マークの中心は表示画面上で一致するように配置しており、それらの設定が容易と考えられることからディスプレイを使用している。大きさの種類として、一辺の長さが80, 60, 40, 30, 20, 15, および10 mmの7段階の正方形マークを用意した。30 mmのマークについては、20 mmのマークが認識されない場合に使用した。実験では、ディスプレイ画面への映り込みが検出に影響を与えたため、反射防止フィルム(ELEOM EF-FL156WBL)を装着した。

2.3.2 実験結果

図4にカメラ-マーク間距離を0.5 mとしたときに、マークのサイズを変えたときの各マークの検出結果と、相対的距離推定精度を示す。10 mmのマーク以外の検出が可能となっており、最小15 mmのマークまで検出が可能であることが分かる。また、この場合は、距離推定の相対誤差が5%以内で推移していることが確認できる。

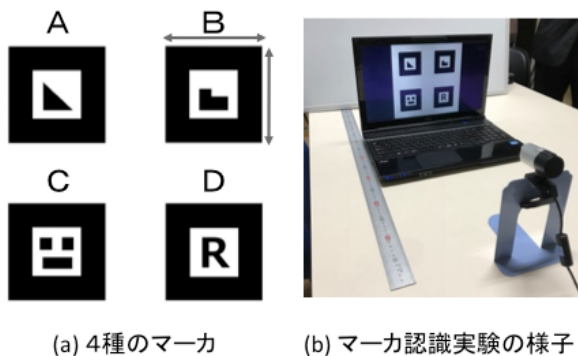


図3 マーク縮小実験と実験状況

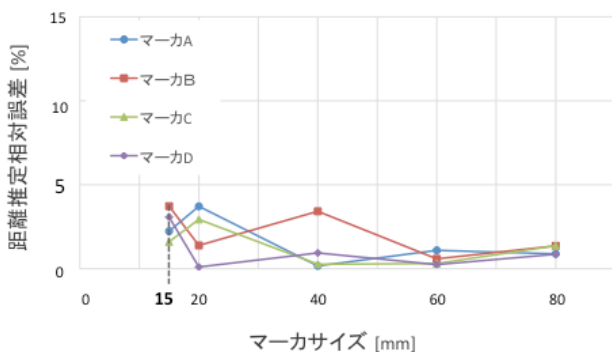


図4 マーク縮小実験におけるカメラ-マーク距離推定の相対誤差(カメラ-マーク間距離0.5 m, 2値化のしきい値80)

3. 考察

カメラとマークの距離を変更した実験では、マークの違いによる認識可能距離の違いや、設定距離が2.5 m程度までは距離推定の相対誤差が5%以内となる点は、先の予備実験と同様の傾向であり、距離推定の再現性が高いことが確認された。

マークを認識できる距離範囲の拡大のために多層のマーク[4]が提案されているが、マークサイズが大きくなる問題がある。マークの貼付された対象物が、ユーザに対して一定の距離に近づいた場合に認識され処理の対象となる方式は、接近警告等の目的には有効であり、マークのサイズの使い分けで反応距離の変更も可能と考えられる。

マークサイズを小さくする実験では、カメラ-マーク間距離を0.5 m, 1.0 m および 1.5 m の3段階に設定したが、認識できるマークの最小サイズは、それぞれ、15 mm, 30 mm および 40 mm となった。この場合、マークの種類やマークパターン処理時のしきい値の設定に依存して、相対的な距離推定精度が異なる傾向が見られた。ただし、0.5 m, 1.0 m カメラ-マーク間距離では、一段階大きめのマーク20 mm, 40 mm をそれぞれ用いることにより、距離推定精度のばらつきも減り、相対誤差が5%以内に収まる傾向が見られた。また、マークDについては、一部検出されない場合があり、パターン中の曲線が縮小による認識低下につながっている可能性がある。

4. おわりに

本稿では、AR マークをカメラから遠ざけた場合に、どのくらいの距離まで距離推定が可能か、また、どの程度小さいマークまで距離推定が可能かの予備的検討を行った。一辺の長さが75 mmの正方形マークを使用した場合、認識可能距離及び相対的な距離推定誤差はマークのデザインによっても異なるが、2.5 mの距離までは相対誤差5%以内、マーク次第では3.5 mまで相対誤差5%以内で推定できることが分かった。この傾向は、先の実験と一致し、再現性の高いものであることが確認できた。

距離を一定として、マークサイズを小さくした際には、カメラ-マーク間の距離が0.5 mの場合、15 mmのマークまで検出可能であり、相対的な距離推定誤差は5%以内に収まることが分かった。これらの結果を踏まえ、マークを介したマッピングを活用した応用開発を進める予定である。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金17K06464の援助によることを記し謝意を表する。

参考文献

- [1] 橋本 直, 3D キャラクターが現実世界に誕生! ARTToolKit 拡張現実感プログラミング入門, ASCII, 東京(2012).
- [2] ARTToolKit Camera Calibration http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/use_recalibration.htm, 参照 6月29日(2017).
- [3] 津々浦 善士, 緒方 公一, “拡張現実におけるカメラ-マーク距離と検出精度に関する基礎的検討”, 平成28年度電気・情報関係学会九州支部連合大会論文集, 08-1P-09, p.190 (2016).
- [4] I. Rabbi and S. Ullah, “Extending the tracking distance of fiducial markers for large indoor Augmented Reality applications,” *Advances in Electrical and Computer Engineering*, Volume 15, Issue 2, pp.59-64, 2015.