

超解像処理を用いたマーカ認識の一手法

福岡 篤志 西尾 孝治 小堀 研一

大阪工業大学

1. はじめに

近年、カメラなどで撮影した現実環境の映像に仮想情報を付加して提示する Augmented Reality (以下, AR) 技術が注目されている. AR を実現する手法として, 矩形マーカをカメラで撮影する方法が挙げられる. しかし, 撮影時のマーカの解像度や角度などによって認識率が低下し, 誤認識を起こすなどの問題がある. そこで本手法では, 連続するフレームのマーカに対して超解像処理を用いることにより, 認識率の向上を行なう. また本手法では, 矩形マーカの特徴を利用することで様々な解像度, 撮影角度でも超解像処理を可能とし, 少ないフレーム数による処理を行なうことにより, 高認識かつリアルタイム処理を実現する.

2. 超解像処理

超解像処理とは, 複数枚のフレームを用いて高解像度化する手法である. このため, 現在のフレームに対する過去のフレームの平行移動量などをサブピクセルレベルで求める. サブピクセルレベルのズレを用いて, 対応する画素に重ね合わせることで高解像度化を行う. そして, ノイズ除去のために高画質化を行い, 超解像画像を得る.

3. 提案手法

図 1 に示すような矩形マーカを用いる AR では, 撮影する際の角度や距離などによって誤認識が生じる問題がある. このため, 提案手法の超解像処理により認識精度の向上を目指す.

必要フレーム数を 4 とし, 超解像処理の対象とする現在のフレームを t_0 , それ以前の過去の 3 フレームを t_i と定義し, マーカの 4 頂点をマーカ頂点と定義する. また, 提案手法の比較対象を ARToolKit^[1]とする.



図 1 マーカ

3.1 概要

図 2 に提案手法の概要を示し, 以下に処理の手順について説明する.

- ① マーカ頂点を用いて, 入力画像内のマーカを切り抜く. この画像をマーカ画像と定義する.
- ② 判別分析法を用いて, マーカ画像の 3 クラス化を行う.
- ③ マーカ画像 t_0 の各画素と対応する t_i の画素を射影変換により求め, 高解像度化後の各濃度値を算出する.

提案手法では, 処理③の超解像処理による高解像度化を超解像補間と定義する.

“Recognition of Marker Using Super Sampling”
Atsushi Fukuoka, Kouji Nishio and Ken-ichi Kobori
Osaka Institute of Technology

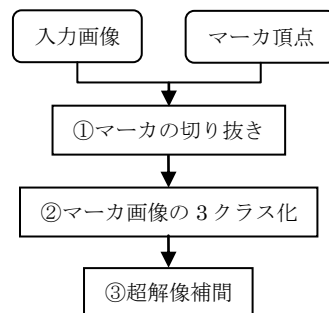


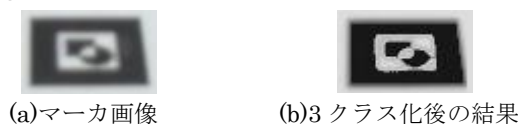
図 2 提案手法の処理手順

3.2 マーカの切り抜き

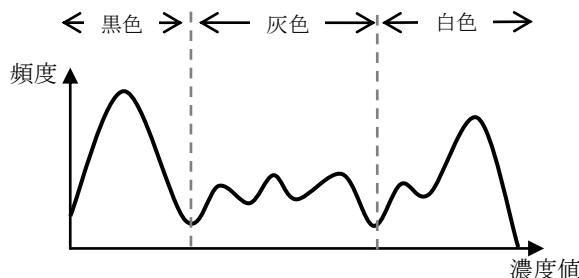
提案手法の対象はマーカのみであるため, 入力画像中のマーカを切り出して処理を行う. マーカ頂点で得られるバウンディングボックスを上下左右 5pixel ずつ拡張し, この範囲をマーカ画像として 4 フレーム分切り抜く.

3.3 マーカ画像の 3 クラス化

ARToolKit のテンプレートは, 16×16pixel のグレースケール画像である. このテンプレート画像は正面から撮影して取得するため, 明暗がはっきりしていることから濃度値は黒色と白色の 2 種類のクラスに大別できる. しかし, 実際に得られるマーカ画像は様々な角度や距離から撮影されるため, 図 3(a)に示すように黒色と白色の境界部に灰色の濃度値が発生してしまう. このような画像から 16×16pixel のパターン部分の画像を生成すると灰色の影響により, パターンの特徴が失われ, 認識精度に影響が出る.



(a)マーカ画像 (b)3クラス化後の結果



(c)ヒストグラム

図 3 マーカの 3 クラス化

そこで判別分析法により, 同図(c)のようなヒストグラムの濃度値を黒色・灰色・白色の 3 クラス^[2]に分ける 2 つの閾値を求める. それぞれのクラスを黒色クラス, 灰色クラス, 白色クラスと定義する.

そして, 黒色クラスの濃度値をヒストグラム中の最小値に, 白色クラスの濃度値を最大値に近付ける補正処理

を行うことで同図(b)のような画像が得られる。灰色クラスは以降の処理で4フレームの3クラス化後の結果を用いることで、黒色または白色クラスに近付けることが可能となる。提案手法ではこの処理を高画質化とする。

3.4 超解像補間

超解像補間では、マーカ画像 t_0 と t_i のマーカ頂点の対応関係から射影変換により、 t_0 の各画素 P_0 に対応する t_i の各画素 P_i を求める。各 P_i の射影変換結果を P'_i とし、 P'_i の周囲4画素のユークリッド距離が最小となる画素 P_0 を対応画素とする。

提案手法では、マーカ画像 t_0 の解像度を縦横4倍にする。まず、各画素を縦横4倍になるように分割し、マーカ画像 t_0 の注目画素 P_0 の分割結果を P'_0 とする。次に P'_i は、図4(a)のように射影変換によりサブピクセルレベルでズレている。 P'_0 の 4×4 pixelの各画素に対する P'_i の影響度はズレた量によって異なるため、濃度値の補正を行う必要がある。

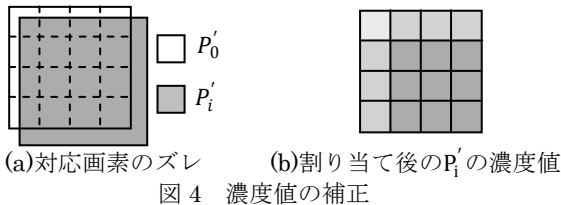


図4 濃度値の補正

次に P'_i を P'_0 の 4×4 pixelの各画素に割り当てるため分割する。 P'_i は x, y 方向にそれぞれ $d_x (0 < d_x < 1)$, $d_y (0 < d_y < 1)$ だけズレており、割り当て後の濃度値は、同図(b)のようにズレに応じて変更する。このため、式(1)に示す重み $\alpha_{i,n} (n = 0, \dots, 15)$ を用いて、分割後の P'_i の各濃度値を補正する。 P'_i はこの重みによって、黒色クラスは白色クラスに、白色クラスは黒色クラスに近づくように補正する。

$$\alpha_{i,n} = \begin{cases} 1 + (1 - d_x)(1 - d_y) & \text{if(class = black)} \\ 1 - (1 - d_x)(1 - d_y) & \text{if(class = white)} \end{cases} \quad (1)$$

重み $\alpha_{i,n}$ を用いて 4×4 pixelに対応する各 P'_i の濃度値 Pv'_i を補正した結果 $V_{i,n}$ を式(2)により求める。

$$V_{i,n} = \alpha_{i,n} Pv'_i \quad (2)$$

最後に P'_0 の濃度値 Pv'_0 と対応する3フレームの濃度値 $V_{i,n}$ 、重み $\alpha_{i,n}$ を用いた式(3)により、高解像度化後の濃度値 V_s を算出し、超解像処理結果を得る。

$$V_s = \frac{Pv'_0 + V_{1,n} + V_{2,n} + V_{3,n}}{1.0 + \alpha_{1,n} + \alpha_{2,n} + \alpha_{3,n}} \quad (3)$$

4. 実験・考察

4.1 実験

提案手法の有効性を検証するため、ARToolKitと提案手法の認識精度の比較実験を行った。図5(a)に示すマーカAを撮影し、同図(a)~(d)のテンプレートとそれぞれの手法で得られるマーカのパターン部分によるパターンマッチングによって得られる一致度(0.0~1.0)を比較する。

マーカとカメラの角度を 30° 、距離を30cmとなるようにカメラを移動させ、連続する4フレームを撮影した。実験環境を表1、Webカメラの仕様を表2に示す。なお、実験結果は同じ環境で10回撮影して得られた一致度の平均値である。また、マーカ画像中のマーカのバウンディングボックスの解像度は 37×16 pixel、パターン部分のバウンディングボックスの解像度は 19×8 pixelである。



(a)マーカ A (b)マーカ B (c)マーカ C (d)マーカ D

図5 実験マーカ

表1 実験環境

OS	Windows XP Professional Service Pack 3
CPU	Core2 Quad 2.66GHz
RAM	2.0GB

表2 Webカメラの仕様

製品名	PLAYSTATION Eye
解像度	640×480pixel
フレームレート	60fps

表3に一致度の結果を、図6にマーカ画像、超解像処理結果、 16×16 pixelのパターン部分を示す。

表3 一致度の結果

	マーカ A	マーカ B	マーカ C	マーカ D
ARToolKit	0.78	0.76	0.82	0.68
提案手法	0.90	0.80	0.79	0.73



(a)マーカ画像 (b)超解像処理結果 (c)パターン部分

図6 マーカ画像と処理結果

4.2 考察

表3より、ARToolKitではマーカCの一致度が最も高く、マーカAが選ばれていないため誤認識が起きている。一方、提案手法ではマーカAの一致度が最も高いことから正しく認識できている。また、パターンマッチングに影響するマーカ画像のパターン部分の解像度が 19×8 pixelと非常に小さいが、図6(c)に示すパターン部分はマーカAを再現できていることから、提案手法が有効であることが分かる。提案手法における超解像処理の処理時間が、18msであることからリアルタイム処理が可能であると言える。

5. おわりに

本研究では、マーカ認識精度向上のために4フレームのマーカ画像を用いて超解像処理を行う手法を提案した。マーカ画像に対し3クラス化を行い、超解像補間によって灰色の画素を黒色または白色に近付けることで超解像画像を生成した。実験からマーカ画像の解像度が小さくても本手法を適用することにより、誤認識を起こすことが少なく、リアルタイム処理が可能であることを確認した。

<参考文献>

[1] Human Interface Technology Lab, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
 [2] 青木靖, 佐野弘, “統計的手法に基づく画像解析による路面積雪判定”, 日本雪工学会誌 J.of Snow Eng. of Japan, Vol.23, No.1, pp.3-12, (2007)