

市街地構造物への拡張現実型画像情報提示手法

内山 寛之[†] 出口 大輔^{††} 井手 一郎[†] 村瀬 洋[†] 川西 隆仁^{†††}
柏野 邦夫^{†††}

[†] 名古屋大学大学院 情報科学研究科 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{††} 名古屋大学 情報連携統括本部 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町

^{†††} 日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所
〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮 3-1

E-mail: [†]uchiyaama@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ^{††}{ddeguchi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,
^{†††}{kawanishi.takahito,kashino.kunio}@lab.ntt.co.jp

あらまし 近年、拡張現実（AR）を利用した広告等の画像情報提示が着目されている。本研究では、市街地の建築物の壁面や道路面に画像情報を提示し、広告スペース等として利用する手法を提案する。提案手法では、市街地画像に広告画像を重畳する際、周囲環境の3次元復元を行い、適切な提示位置を3次元構造から自動決定する。これにより、周囲環境の形状と提示画像の整合性を保ち、自然な見た目となるように重畳する。実際に市街地で撮影した映像を用いた実験により、良好に画像情報提示が可能であることを確認した。また、より自然な見た目の画像となるように、提示画像の手前に前景物が存在する場合において、前景物による遮蔽を再現する手法についても検討する。

キーワード 拡張現実，市街地画像，3次元復元

Method for Displaying Images on Urban Structures by Augmented Reality

Hiroyuki UCHIYAMA[†], Daisuke DEGUCHI^{††}, Ichiro IDE[†], Hiroshi MURASE[†], Takahito
KAWANISHI^{†††}, and Kunio KASHINO^{†††}

[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi 464-8601 Japan

^{††} Information and Communications Headquarters, Nagoya University,
Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi 464-8601 Japan

^{†††} NTT Communication Science Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation
3-1, Morinosato-Wakamiya, Atsugi-shi, Kanagawa 243-0198 Japan

E-mail: [†]uchiyaama@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ^{††}{ddeguchi,ide,murase}@is.nagoya-u.ac.jp,
^{†††}{kawanishi.takahito,kashino.kunio}@lab.ntt.co.jp

Abstract Recently, displaying images such as an advertisement by augmented reality is focused. In this report, we propose a method for displaying advertisement images on urban structures such as a building wall or a road surface. First, the proposed method reconstructs the 3D structure of the environment. Then, an appropriate display space is automatically determined from the 3D structure. In this way, the proposed method generates an image that looks natural. In an experiment using street-view images, we confirmed the effect of the proposed method. This report also proposes a method for emulating the occlusion by a foreground object for generating an image that looks more natural.

Key words augmented reality, street-view image, 3D reconstruction

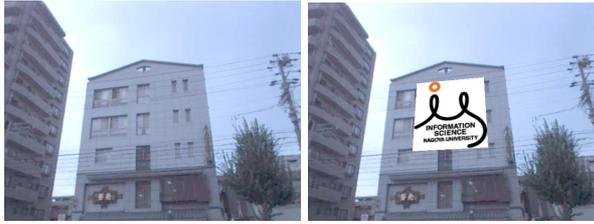


図 1 拡張現実型画像情報提示 .

1. まえがき

市街地における広告提示として、ビルボード広告や垂れ幕、ポスター広告等が利用されている。例えば、建築物の壁面や電柱には、多数の広告が掲示されている。近年これらに加え、拡張現実 (AR) やデジタルサイネージ等の情報技術を用いることによって、市街地の広告提示の利便性や広告効果を高める研究やサービスが行われている [1, 2] .

本研究では、市街地のカメラ映像を撮影し、市街地構造物の平面に仮想的に広告画像のような画像情報を重畳表示する手法を提案する (図 1) . 市街地には、建築物の壁面や道路面のように、平面が数多く存在する。これらの平面は人目につきやすく、画像情報の提示に適していると考えられる。本研究の具体的な応用として、Google ストリートビュー [3] のようなインターネット上の市街地画像閲覧サービスにおいて、広告画像を建築物の壁面に提示する利用方法や、道案内のために建築物の壁面にその建築物に関連する情報を提示するという利用法が想定される。

ユーザに対し違和感なく広告を提示するためには、生成される画像が自然な見た目となるように提示画像を重畳する必要がある。具体的には、市街地構造物が存在する位置に、実際に看板が設置されているように見える必要がある。これを実現するため、周囲環境の 3 次元復元を行い、復元した市街地構造物上に重畳を行う。そうすることによって、周囲環境の形状と提示画像の整合性を保ち、自然な見た目となるように重畳表示することを目指す。また、重畳の際、画像情報提示に適する提示位置を、3 次元構造から自動選択する。さらに、提示画像の手前に前景物が存在する場合において、前景物による遮蔽を再現する手法についても検討する。

2. 関連研究

拡張現実 (AR) を利用し、市街地画像中に文字や画像情報を提示する研究やサービスが行われている。例えば、Snivelyらは複数の視点で撮影された投稿写真を対応付け、様々な視点から撮影対象物を閲覧可能な手法を提案している [4] . また、Google ストリートビュー等、インターネット上で市街地画像が閲覧できるサービスが提供されている。これらの手法やサービスでは、空間中に文字情報が重畳可能である。その他、車載カメラ映像に道案内情報を重畳表示するカーナビゲーションシステムが発表されている [5, 6] .

AR を利用した広告提示のサービスの提供や研究も行われて

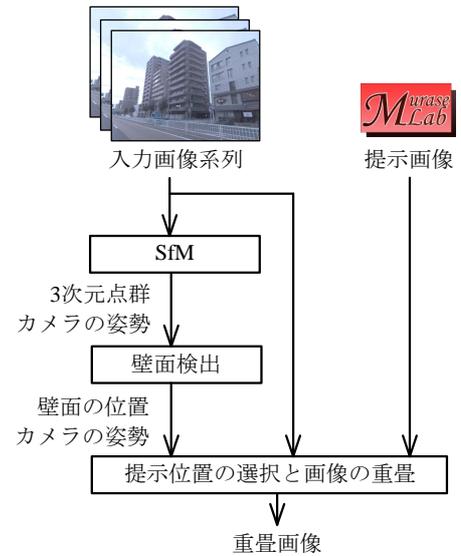


図 2 提案手法の流れ .

いる。例えば、スポーツ映像中の背景物体上に広告を重畳表示する手法が提案されている [7, 8] . セカイカメラ [1] は、文字・画像情報を空間中に重畳表示するサービスを提供しており、カメラ画像への物件情報の重畳が行われている。しかし、セカイカメラは GPS で位置推定を行っているため、正確に対象物体に情報を重畳させることが難しい。

提示したい情報を正しく市街地画像に重畳するためには、現実環境と提示位置の位置関係を知る必要がある [9] . そのための手法として、GPS などによる位置情報から提示位置を計算する手法 [1, 6] や、提示位置を示すマーカを利用する手法 [7, 8, 10] , マーカを使用せず画像から適切な重畳対象物体を検出し、それに重畳する手法 [11] がある。GPS などを利用する場合には、位置推定精度が低いため、正しい位置に正確に重畳を行うことが難しいという問題がある。また、重畳の際に周囲の建築物等の 3 次元構造との整合性を考慮しておらず、自然な見た目となるように提示画像と市街地画像を合成することが難しい。マーカを利用する手法では、市街地のような広範囲での広告提示を目的とした場合、提示位置を手で設置することは現実的ではない。そこで本研究では、マーカを設置する代わりに、周囲環境の 3 次元復元を行い、重畳の際、適切な提示位置を 3 次元構造から自動選択することでこれらの問題を解決する。

3. 市街地構造物への重畳表示手法

本研究で提案する市街地構造物の平面への重畳表示手法は、(1) Structure from Motion (SfM) による 3 次元点群の取得、(2) 3 次元点群からの壁面の検出、(3) 提示位置選択、(4) 提示画像の重畳の 4 つのステップに分けられる。提案手法の流れを図 2 に示す。以降、提案手法の詳細を説明する。

3.1 SfM による 3 次元点群の取得

まず、画像中の特徴点を Harris オペレータにより検出する。次に、画像系列の連続するフレームに対して、KLT トラッカにより特徴点を追跡する。最後に、追跡した特徴点から、SfM

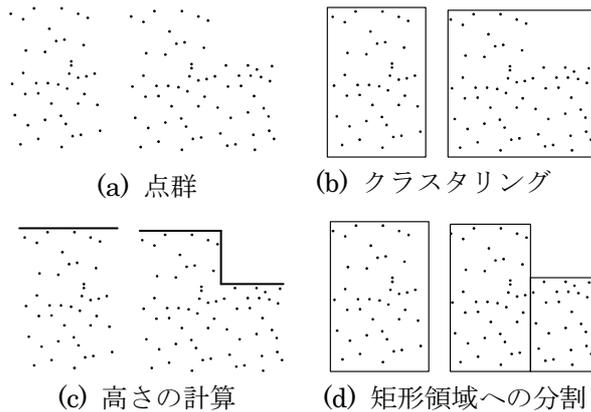


図 3 壁面の検出.

により特徴点の 3 次元位置とカメラの姿勢を推定する.

後処理として、以降で行う壁面検出に不要な点群の除去を行う。まず、路上の柵等の点群を除去するため、しきい値以下の高さの点群を除去する。また、SfM で誤って検出された点群を除去するために、孤立点の除去を行う。

3.2 壁面の検出

3 次元点群のクラスタリングにより、画像情報提示の対象である平面群を検出する (図 3(b))。さらに、壁面の高さを計算し (図 3(c))、これを基に平面を矩形領域へ分割する (図 3(d))。矩形領域への分割は、壁面が矩形でない場合に、壁面ではない領域に提示画像が重畳されることを防ぐためである。

a) 点群のクラスタリング

まず、異なる平面同士を分離するために、3 次元点群のクラスタリングを行う (図 3(b))。クラスタリングは最短距離法 [11] を基にした手法により行う。次に、各クラスタに含まれる特徴点群に対し、Hough 変換を用いて、平面パラメータを求める。

b) 壁面の高さの計算による矩形領域への分割

検出された平面を矩形領域に分割するために、壁面の高さ情報を用いる。まず点群を平面に投影し、投影された点群から壁面の高さを求める (図 3(c))。次に、矩形領域間の境界を求めるために、壁面の高さがしきい値以上変化する位置を探索する。最後に、分割された点群を囲む矩形を求める (図 3(d))。

3.3 提示位置の選択

推定した平面中で、提示画像の表示に適する領域を選択する。選択の基準として、画像情報提示の対象とする構造物であることや、面積が十分大きいこと、ユーザが視認するために適切な高さであること等を用いる。

3.4 提示画像の重畳

選択した提示位置に提示画像を重畳表示する。提示画像として、次の 2 つの種類がある。

- 平面図形
- 立体図形

平面図形を重畳する場合、提示対象の壁面に平行となるように、2 次元の提示画像を壁面上に設置する。また、立体図形を重畳する場合、3 次元 CG で生成した提示画像を提示対象の壁



図 7 路面上に重畳した例.

面上に設置する。立体図形には、袖看板のようなものがある。

平面図形の重畳を行う際、SfM および壁面の検出で求めた提示画像の形状や提示位置・方向、カメラの姿勢のパラメータに基づいて、提示画像を射影変換する。立体図形も同様に、これらのパラメータを基に生成した CG 画像を市街地画像に重畳する。

4. 実験

車載全方位カメラで撮影した市街地画像系列に、提示画像を重畳表示する実験を行った。経路長は約 300m であり、道路面および対向車線側の建築物の壁面に提示画像の重畳を行った。SfM の際、全方位カメラを透視投影変換した画像を用いた。また、SfM は、3 次元復元の誤差を画像系列全体で最小化するバンドル調整 [13] も行った。

図 4 に広告画像を壁面に平行となるように重畳した例を示す。図 5 は立体的な袖看板を壁面に垂直となるように重畳した例である。図 4, 5 より、市街地構造物に良好に提示画像を重畳できたことがわかる。また、図 6 に市街地画像から復元した 3 次元点群と壁面の検出結果の例を示す。

本手法は建築物の壁面だけでなく、路面にも提示画像を重畳可能である。図 7 に広告画像を路面上に重畳した例を示す。

処理時間は、1 フレームあたり 1 秒程度であった。処理時間の大部分は SfM であり、事前に SfM を行うことができるインターネット上の市街地画像閲覧サービスのような用途には十分利用可能である。しかしながら、リアルタイム処理を必要とする用途では、SfM の高速化について検討の余地がある。

5. 前景物による遮蔽の再現

単純に提示画像を建築物に重畳させた場合、図 8(b) のように前景物上に画像が重畳され、不自然な画像となる。この例では、背景の建物に重畳されるべきであるにもかかわらず、前景の歩道橋にも重畳されている。このため、より自然に画像を提示するためには、図 8(c) のように、前景物による遮蔽を再現する必要がある。本節では、このような遮蔽を再現する手法について、検討する。

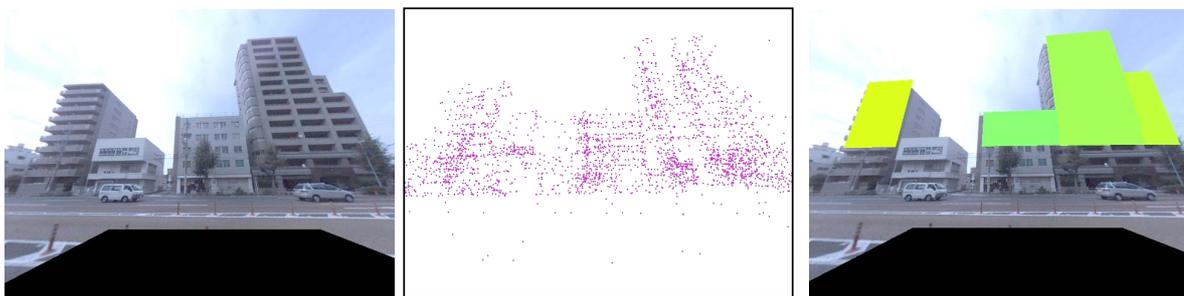
本手法では、遮蔽を再現するために、前景物の 3 次元復元を行う。そして、画像提示位置より手前に前景物がない領域のみ提示画像を描画するようにする。本手法では、前景物の 3 次元



図 4 平面図形を壁面に重畳した例 .



図 5 立体図形を壁面に垂直に重畳した例 .



(a) 市街地画像

(b) 3次元点群

(c) 壁面の検出結果

図 6 3次元点群の取得と壁面検出 .

復元手法として、多視点画像を用いた3次元画像復元手法である Patch-based Multi-view Stereo (PMVS)[14] を使用する。PMVS は、3次元面上の密な点群が取得可能である。そして、これらの点群に対し、Ball-pivoting Algorithm[15] を適用して3角形メッシュを生成する。PMVS と Ball-pivoting Algorithm

の適用例を図 9 に示す。

先の実験の経路と同様の経路で実験を行った。歩道橋による遮蔽の再現の例を図 10 に示す。ポールおよび木による遮蔽の再現の例を図 11 に示す。歩道橋のような大きい物体においては、良好に遮蔽の再現が可能であった。しかしながら、ポール



図 8 遮蔽の再現 .

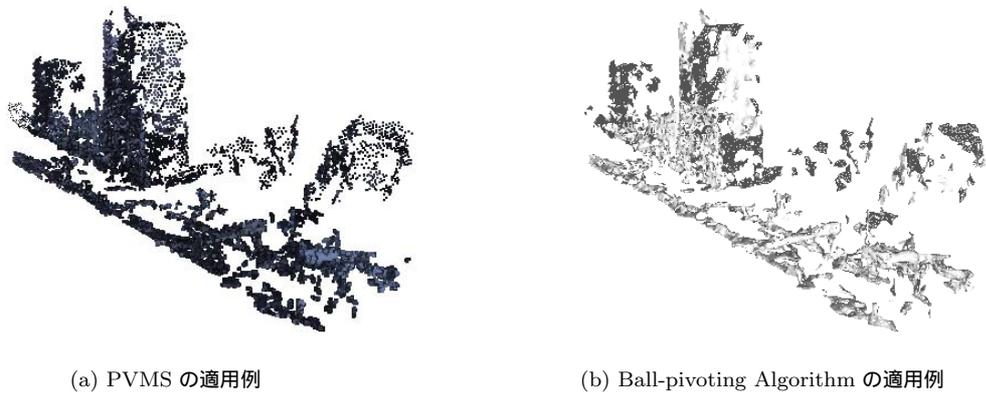


図 9 遮蔽の再現のための 3 次元復元例 .



図 10 歩道橋による遮蔽の再現 .



図 11 ポールと木による遮蔽の再現 .

のような細い物体や、木のような複雑な形状の物体では、前景の輪郭を正確に捉えることが難しく、検討の余地がある .

6. ま と め

市街地構造物の平面への拡張現実型画像情報提示を提案した . 提案手法では、市街地画像に提示画像を重畳する際、周囲環境の 3 次元復元を行い、適切な提示位置を 3 次元構造から自動で選択した . これにより、周囲環境の形状と提示画像の整合性を

保ちつつ、自然な見た目となるように重畳を行うことを目指した . 具体的には、壁面を構成する点群の 3 次元復元と壁面の検出により、壁面への正確な提示画像の重畳を実現した . 実際に市街地で撮影した映像を用いた実験により、提案手法によって、市街地構造物に対して良好に画像情報が重畳表示できることを確認した . また、前景物による遮蔽の再現手法の検討を行った .

今後の課題として、ポールのような細い物体や、木のような複雑な形状の物体による遮蔽の再現の改善が挙げられる . また、

画像情報の提示対象として，曲面等の平面以外の市街地構造物も対象にしたい．

謝 辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に深く感謝する．

文 献

- [1] セカイカメラ，<http://sekaicamera.com/>.
- [2] 石戸 奈々子，“デジタルサイネージの可能性，” 信学誌，Vol. 2，No. 93，pp. 172–175，Feb. 2010．
- [3] Google Maps，<http://maps.google.co.jp/>.
- [4] N. Snavely, S. Seitz and R. Szeliski, “Photo Tourism: Exploring Photo Collections in 3D,” ACM Trans. on Graphics, Vol. 25, Issue 3, pp. 835–846, July 2006.
- [5] パイオニア報道資料，<http://pioneer.jp/press/2011/0509-1.html>，May 2011.
- [6] 寺田 智裕，神原 誠之，横矢 直和，“拡張現実感を用いた車載型アノテーションシステムの構築，” 信学技報，MVE2001-136，Feb. 2002．
- [7] F. Aldershoff and T. Gevers, “Visual Tracking and Localization of Billboards in Streamed Soccer Matches,” Proc. SPIE Electronic Imaging 2004, pp. 408–416, Jan. 2004.
- [8] G. Medioni, et al., “Real-Time Billboard Substitution in a Video Stream,” Proc. 10th Tyrhenian Int. Workshop on Digital Communications, pp. 71–84, Oct. 1998.
- [9] 隅田 知代，増永 良文，“拡張現実感を用いた建物名重畳システムにおけるセンサ誤差の扱い，” 信学技報，DE2005-124，July 2005．
- [10] BMW，http://www.bmw.co.uk/bmwuk/augmented_reality/homepage/.
- [11] T. Lee and T. Hollerer, “Handy AR: Markerless Inspection of Augmented Reality Objects Using Fingertip Tracking,” Proc. 11th IEEE Int. Symp. on Wearable Computers, pp. 1–8, Oct. 2007.
- [12] 田村 秀行，“コンピュータ画像処理，” オーム社，2002．
- [13] 岡谷 貴之，“バンドルアジャストメント，” 情処学研報，2009-CVIM-167，Jun. 2009．
- [14] Y. Furukawa and J. Ponce, “Accurate, Dense, and Robust Multiview Stereopsis,” IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 32, No. 8, pp. 1362–1376, Aug. 2010.
- [15] F. Bernardini, J. Mittleman, H. Rushmeier, C. Silva and G. Taubin, “The Ball-pivoting Algorithm for Surface Reconstruction,” IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol. 5, No. 4, pp. 349–359, Oct. 1999.