社団法人　電子情報通信学会
THE INSTITUTE OF ELECTRONICS,
INFORMATION AND COMMUNICATION ENGINEERS

信学技報
TECHNICAL REPORT OF IEICE.

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: †uchiyama@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: †uchiyama@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

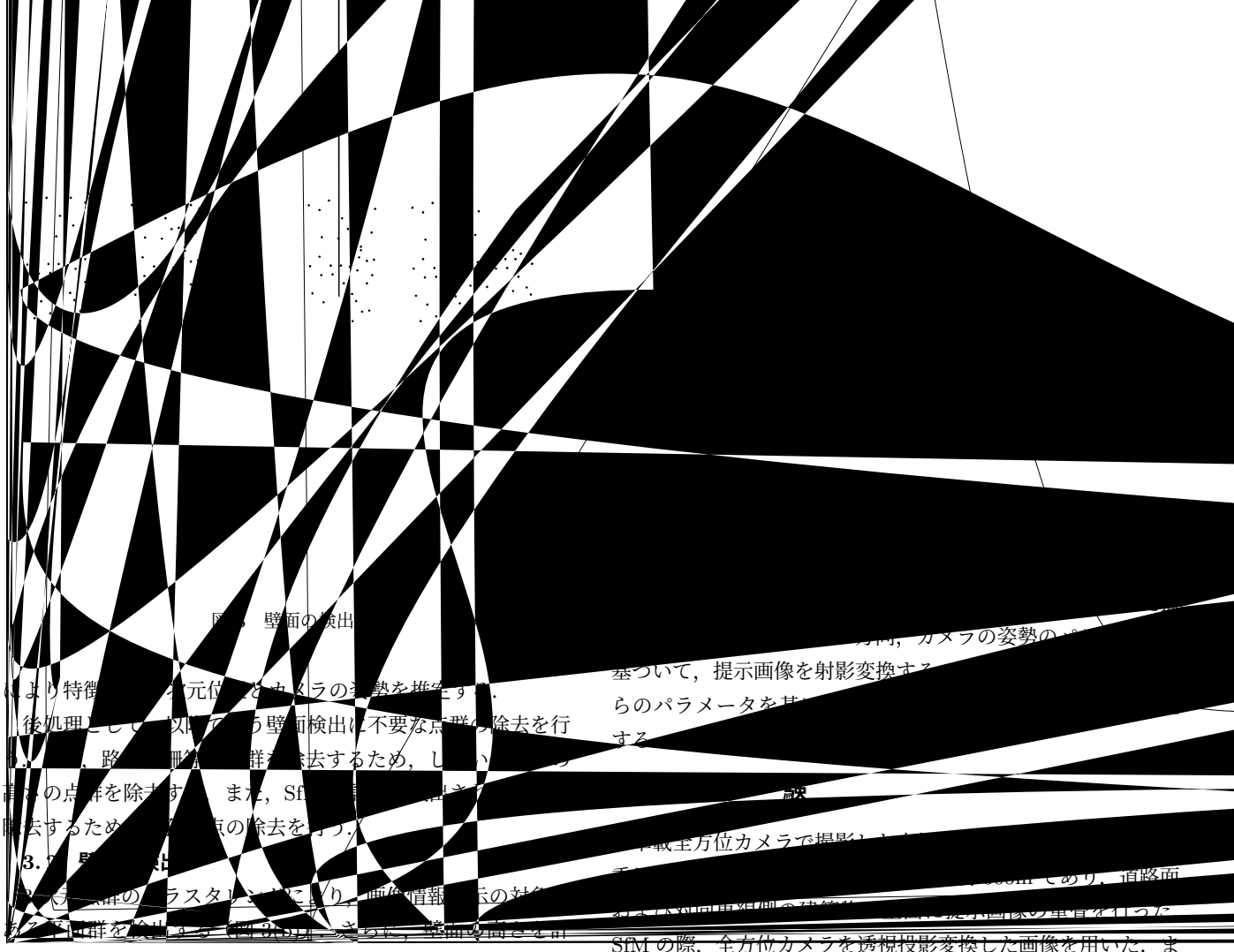

図 3　壁面の検出

により特徴[illegible]次元位[illegible]とカメラの姿勢を推定する．

後処理として，以降で[illegible]う壁面検出に不要な点群の除去を行う．[illegible]，路[illegible]群を除去するため，し[illegible]の高さの点群を除去す[illegible]また，Sf[illegible]除去するため[illegible]点の除去を行う．

3.2　[illegible]

[illegible]点群のクラスタリングにより，画像情報[illegible]示の対象[illegible]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[illegible]，カメラの姿勢の[illegible]基づいて，提示画像を射影変換する[illegible]らのパラメータを基[illegible]する[illegible]

[illegible]

[illegible]載全方位カメラで撮影した[illegible]であり，道路面[illegible]対向車線側の建築[illegible]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はなく，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だけの場合，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.

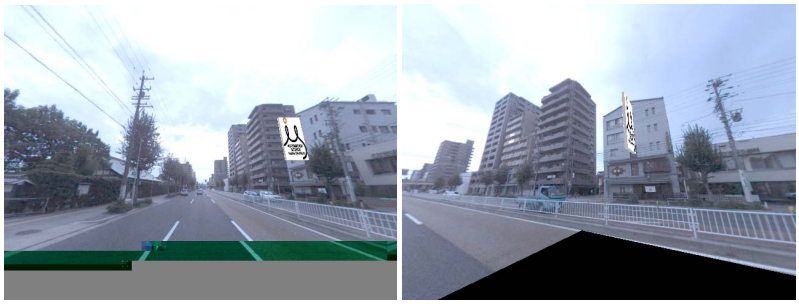

図 5　立体図形を壁面に垂直に重畳した例.

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

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，“ディ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 Tyrrhenian 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.