

画像接合型広視野映像に対する隠消現実達成法の検討

山崎賢人^{1,2} 岡原浩平² 木村朝子¹ 柴田史久¹

概要: カメラ画像における死角は大きく分けて2つある。ひとつは画角による死角であり、もうひとつは遮蔽物による死角である。前者については、特殊な光学系を採用する方法や複数視点からのカメラ画像を接合した広視野画像を生成する方法などで解消でき、後者は隠消現実感技術によるアプローチによって解消できる。しかしながら、単純に2つの技術を組み合わせるだけでは、前述の2種類の死角を同時に解消できるとは限らない。そこで本研究では、画像接合技術と隠消現実感技術との適切な組み合わせ手法を開発することを目的とする。本稿では、複数視点からのカメラ画像を接合した広視野画像上の遮蔽物を別視点のカメラ画像で隠蔽する手法を検討し、技術的課題を抽出した結果について述べる。

キーワード: 画像接合, 隠消現実感, ブレンディング

An Approach to Diminished Reality Experience for Wide-Angle View by Stitching Multiple Images

KENTO YAMAZAKI^{†1†2} KOHEI OKAHARA^{†2}
ASAKO KIMURA^{†1} FUMIHISA SHIBATA^{†1}

Abstract: In this research, we are aiming at developing an appropriate combination of two technology, image stitching and diminished reality. Camera image has two kinds of blind spots, one is dependent on the field of view, and the other is caused by occluding objects. One of the approaches to eliminate blind spots is to combine images stitching technology and diminished reality technology. However, by simply combining the two technologies, it is not always possible to eliminate the above two types of blind spots at the same time. As the first step, we investigate a method of concealing the occluding objects on the wide-angle image, which is created by image stitching, with the camera image from another viewpoint, and describe the extracted technical issues.

Keywords: Image Stitching, Diminished Reality, Image Blending

1. はじめに

カメラ映像における死角は視野角に起因するものと遮蔽物に起因するものの2つが存在する。

視野角に起因する死角を減らすために、より広視野なカメラ映像を生成できる製品が登場している。例えば、魚眼レンズや全天周カメラなどはハードウェア面からの解決策のひとつである。ソフトウェア面からの解決策としては、日産自動車のアラウンドビューモニターや三菱電機のFairview®などのように、複数視点のカメラ映像を縫い合わせるように接合する Image Stitching が様々な場面で運用されている[1-2]。

一方、遮蔽物に起因する死角を減らすには、現実世界に物理的に存在する物体を消滅させることはできないため、カメラ映像中から何らかの方法で視覚的に遮蔽物を隠蔽・消去しなければならない。そこで同様の課題を解決する手法のひとつである隠消現実感(Diminished Reality: DR)技術に注目した。BOSCH ではドライバーの死角をなくすために、隠消現実感技術を用いて前方の車両を消去するなど、

様々な展開がはじまっている[3]。

隠消現実感を実現するための一般的な流れは文献[4]に詳しい。具体的には、除去対象物の背後の光景である「隠背景(空間)」を何らかの手段で観測することによって「隠背景投影画像」を生成し、体験者視点に合わせてこれを除去対象物が占める領域に投影・合成することによって除去対象物を視覚的に消去する。

つまり視野角に起因する場合であっても、遮蔽物に起因する場合であっても、死角を減らすためには、複数視点のカメラ映像を違和感なく接合することに変わりはない。

本研究では、両課題を解決するため、複数視点のカメラ映像を基に生成した広視野な映像から遮蔽物を除去するため、各々の技術要素を組み合わせる手法を検討する。

本稿では、まず両技術を組み合わせる上での技術的課題を抽出するため、接合型広視野画像の中でも特にカメラがパンしたような画像であるパノラマ画像に対して隠消現実を達成するための試みについて述べる。また技術的課題に対して考察した結果についても述べる。

2. 広視野画像の生成方法

Image Stitching の手法は多く提案されているが、多くのものは仮想面を定義し、そこに各カメラ画像を投影するこ

¹ 立命館大学大学院 情報理工学研究所
Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University
² 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

とで画像を接合している。これらの手法の中で、代表的なものに Brown らの手法がある[4]。

まず Brown らの手法を基に、パノラマ画像の生成手順を追うことにした。Brown らの手法を試行するために用意したパノラマ画像を構成するカメラ画像群を図 1 に示す。

まず各カメラ画像の特徴点を検出する。任意の画像間で特徴点を対応付けし、被写体が遠方にあることを前提にホモグラフィ行列を計算する。これらのホモグラフィ行列から任意の座標系における各カメラの回転成分を計算する。

次に仮想面を定義する。仮想面は平面や円筒、球など様々な形状のものがあるが、ここでは仮想面を球とした場合について述べる。

仮想面に各カメラ画像に投影後、正距円筒図法により 2 次元平面に展開する。本稿では、この展開した画像を Warp 画像と呼ぶ。この Warp 画像をシームレスに接合するためには画像が重複する領域をブレンディングする必要がある。

このとき重複する領域の画素を一様する混ぜるわけではなく、重複する領域内で境界線を決め、その境界線を基に画像をブレンディングする。Warp 画像間の重複する領域を処理するために、Warp 画像の有効画素からマスク画像を生成する (図 2(a))。この Warp 画像とマスク画像を基に重複領域および境界線を決定することでブレンディング可能となる。図 2(b)に示すのは画素の勾配による Graph Cut アルゴリズムを用いて境界線を決めた後のマスク画像である[5]。このマスク画像を基にマルチバンドブレンディングした結果を図 3(a)に示す[6]。図 3(b)にはマスク画像を基に境界線を図示したものを示す。

本研究では Brown らの手法で生成したパノラマ画像に対して、隠消現実を達成する手法を検討することとした。



図 1 パノラマ画像を構成するカメラ画像群
 Figure 1 Camera images made up a panoramic image



(a) Warp 画像



(b) 境界線を考慮したマスク画像

図 2 マスク画像
 Figure 2 Mask images

3. 遮蔽物に起因する死角領域の除去

3.1 課題の整理

隠背景投影画像は、隠背景 (空間) の 3 次元形状からモデル化した平面 (群) を用いて生成する場合が多い。生成した隠背景投影画像は体験者視点にあわせて投影・合成するが、体験者視点の画像が一般的なカメラ画像の場合はピンホールカメラモデルにのっとなるように、隠背景投影画像の生成方法は体験者視点の画像を生成するモデルに大きく依存する。

一方で、Brown らの手法において生成したパノラマ画像は仮想面に投影された画像であるため、概念的にはプロジェクションベースの DR に近い。つまり仮想面において Image Stitching したパノラマ画像に DR 技術を組み合わせるための幾何学的整合性は体験者視点への投影ではなく、仮想面への投影に対して検討する必要がある。

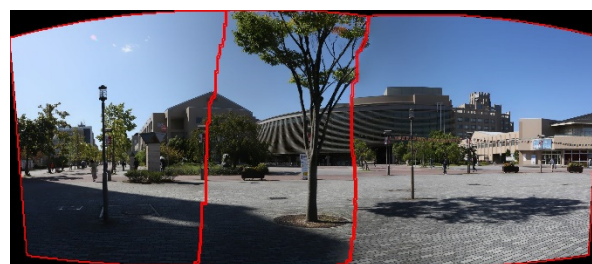
文献[4]ではプロジェクションベースの DR においてプロジェクタを用いた手法について、いくつか言及されているが、これらは光学シースルー方式を前提としている。しかし本研究はプロジェクションベースでありながら、ビデオシースルー方式を前提に光学的整合性について検討する必要がある。

3.2 隠背景のモデル化

隠背景観測用カメラ画像から隠背景投影画像を生成するためには、各カメラ画像中の除去対象領域を基に抽出する領域を推定する。3.1 節で述べたとおり、仮想面に投影された除去対象を隠蔽するための画像を生成するためには、カメラ画像において除去対象領域を仮想面に投影し、隠背景観測用カメラ画像に再投影された領域を抽出することで実現する (図 4)。この処理はパノラマ画像を構成する各カ



(a) 生成したパノラマ画像



(b) 境界線を追加

図 3 Brown らの手法によるパノラマ画像
 Figure 3 Panoramic image

メラ画像に対して行い、再投影された除去対象領域の和集合を隠背景投影画像とする。

しかし、パノラマ画像を生成するために、各カメラ画像のすべての画素を使用するわけではない。これは除去対象領域にも同じことがいえる。カメラから除去対象までの距離が近い場合、各カメラにおける視差が大きくなり、重複領域に発生するゴーストがより顕著に表れる。違和感を低減するために様々な手法で境界線を区切っている。

つまり、ブレンディングはあるものの、図3に示したように、各カメラ画像は境界線の大幅な越境はしない。これらのことから、まずは境界線の越境は考慮せず、図2(b)に示すようなマスク領域と仮想面に投影した除去対象領域の積集合を任意のカメラの隠背景投影画像の領域とし、各カメラのこの領域の和集合を隠背景投影画像とした。

3.3 ブレンディング

3.2 節で述べた手法により生成した隠背景投影画像をパノラマ画像に重畳すると不自然な跡が残るため、ブレンディング処理が必要となる。そこで隠背景投影画像にポアソンブレンディングを用いてパノラマ画像に重畳する[6]。

ポアソンブレンディングは重畳画像の画素の勾配を可能な限り保つため、ポアソン方程式によって画素値を計算する手法である。

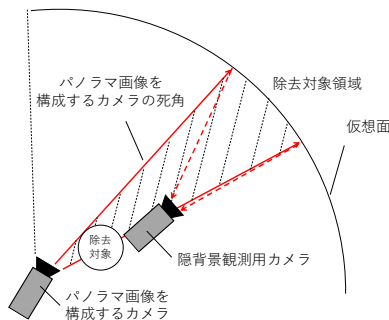


図4 再投影による隠背景投影画像の抽出
 Figure 4 Extraction of background image by reprojection

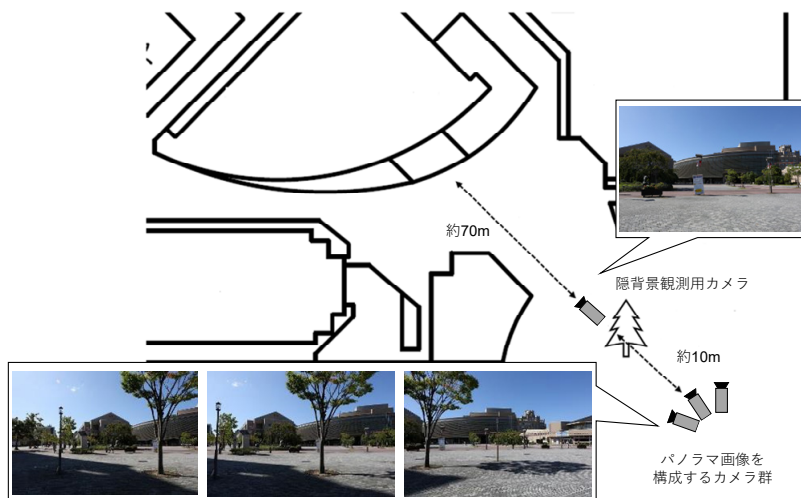


図5 カメラ画像配置
 Figure 5 Camera locations

ポアソンブレンディングでは、境界の画素値はディリクレ境界条件を利用しており、除去対象領域内の画素が利用されると不都合である。そこで境界に余裕を持たせるため、隠背景投影画像の領域を一回り大きくしたものを重畳画像にする。

4. 試作と考察

4.1 撮影環境

3章で述べた手法を用いてパノラマ画像から物体を視覚的に除去する。パノラマ画像は2章の例で使用したものをを用いた。この画像における除去対象は画像中央の木とする。

カメラ画像の撮影位置は図5に示すとおりであり、パノラマ画像を構成するカメラ群から除去対象である木までは約10mである。一方、隠背景観測用カメラは除去対象である木の近くに配置し、風景として映っている建築物までの距離は約70mの位置に配置した。

4.2 処理手順

まずパノラマ画像を構成するカメラで撮影した画像(図6(a)から除去物体をマスク処理する(図6(b))。カメラ画像同様にマスク画像からWarp画像を生成した(図7(a))。このマスク画像と境界線を考慮したマスク画像(図7(b))との積集合によるマスク画像を生成する(図7(c))。各カメラから生成したマスク画像を隠背景観測用カメラで撮影した画像に再投影した画像が図7(d)であり、この画像を基に生成した隠背景投影画像をパノラマ画像に重畳した(図8)。

図8に示すとおり、隠背景投影画像を重畳しただけでは不自然な跡が残るため、ポアソンブレンディングした結果を図9に示す。

4.3 考察

試作した画像を基に考察した結果、課題を2つの事柄に分別して述べる。

【ブレンディング】

隠背景投影画像を重畳した場合、不自然な跡が残るため、

本試作ではポアソンプレンディングにより画像の違和感を軽減した。しかし図 10 に示すとおり、重畳領域において除去対象である木の葉の色が確認できる。これは隠背景投影画像が除去対象をすべて覆っていないことが原因であると考えられる。図 9 に示すとおり、除去対象の上部が隠背景投影画像で覆われていないため、除去対象である木の葉の画素値が利用されたことに起因する。通常、隠背景観測用カメラの画像は除去対象を完全に隠蔽できるように撮影する必要がある。しかし、本試作のようにパノラマ画像において隠背景投影画像が生成可能かどうかを撮影時に予想難しいことがわかった。

本試作でポアソンプレンディングを選択したのは、パノラマ画像を生成後に隠背景投影画像を重畳するため、背景画像と違和感なくブレンド可能な手法だからである。しかし、3.2 節で述べたとおり、隠背景投影画像を生成するためには、パノラマ画像ではなく、パノラマ画像を構成するための各カメラ画像を注視する必要がある。DR も Image Stitching 同様、画像の接合技術と考えると、除去対象を含んだパノラマ画像を事前に作成してから、隠背景投影画像を重畳する必要はない。つまり、パノラマ画像を構成するカメラ画像群と隠背景観測用カメラの画像を分けずに接合するほうが、違和感が少なく処理時間の短い手法になると思われる。

ただし Image Stitching とは異なり、隠背景投影画像を使用する領域と他画像とが重複する領域に除去対象が存在するため、除去対象領域では隠背景投影画像が使用されるように境界線を決める必要がある。そのためには、ブレンド領域を考慮して境界線を決める必要がある。

本試作では、隠背景投影画像により除去対象が隠蔽されることを想定した。しかし、DR 技術には完全消去だけではなく、透過させる半隠消表示も存在する[9]。その場合、除去対象の画素の影響を考慮してブレンドする必要がある。

隠背景投影画像が周辺画素と違和感なくブレండి

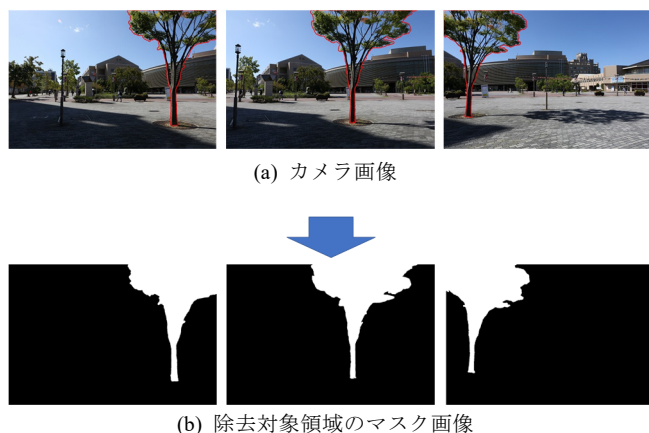


図 6 除去対象領域の生成
 Figure 6 Creation the background image

グする手法と、さらに表現力の向上のため、隠背景投影画像の透過するブレンドする手法が課題となる。

【投影面】

本試作においてパノラマ画像を生成するため、カメラ画像を球に投影した。これは被写体が無限遠であることが前提のため、隠背景観測用カメラの近い位置にある看板や地面に対しては、パノラマ画像を構成するカメラ画像群と隠背景観測用カメラ画像との視差が無視できないものとなっており、ずれが生じた(図 11)。これらは仮想面を複数にするなど、仮想面の定義を変更するか、もしくは視差を無視できる距離の被写体しか撮影されないなど、適応可能な環境を整理する必要があることがわかった[10]。

5. おわりに

本稿では、パノラマ画像上の遮蔽物に対して、別視点の画像を重畳することで遮蔽物を視覚的に除去した画像を生成する手法について述べた。DR 技術をパノラマ上で達成するためには、様々な課題と条件があることが明らかにな

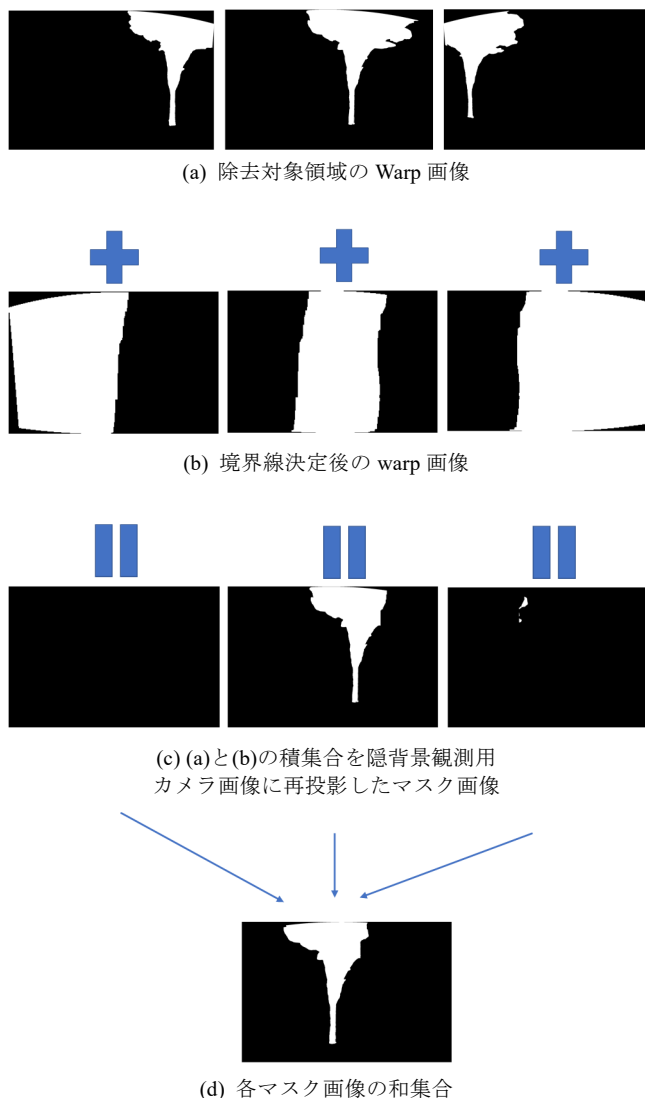
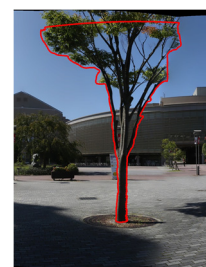
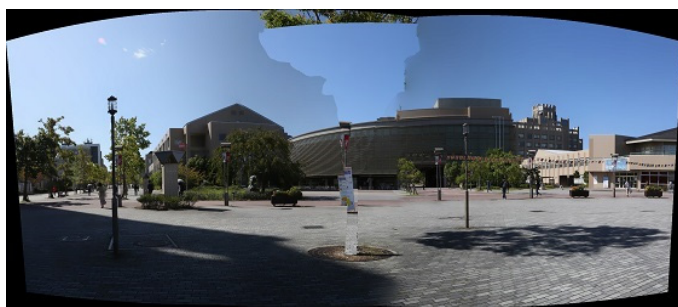
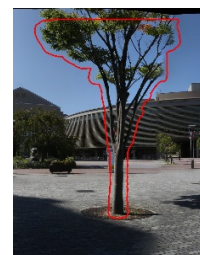
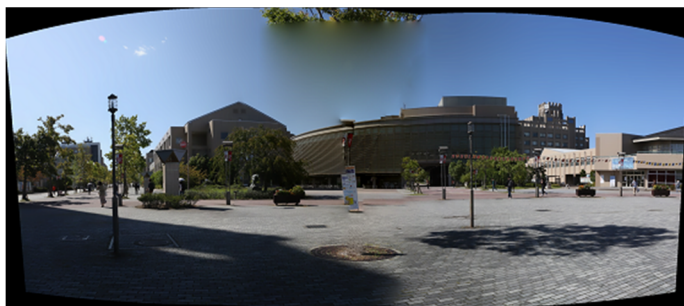


図 7 隠背景投影画像の生成
 Figure 7 Creation the background image



隠背景投影画像の領域

図 8 隠背景投影画像を重畳したパノラマ画像
Figure 8 Superimpose background image on panoramic image



隠背景投影画像の領域

図 9 ポアソンブレンディングの結果
Figure 9 Result of Poisson blending

った。

今後は、明らかになった課題をひとつずつ解決していくことで、さらなる効率的な組み合わせ手法を検討していく。

謝辞 本研究の一部を担当した大学生・常田賢明氏に感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 酒井和彦：世界初アラウンドビューモニター，自動車技術，Vol. 62, No. 3, pp. 100 - 101, 2008.
- [2] K. Okahara, T. Fukasawa, I. Furuki, and H. Abe: Efficient implementation of top-view surveillance system using multiple cameras, Proc. 5th IEEE Int'l Workshop on Image Electronics and Visual Computing, 2017.
- [3] F. Rameau, H. Ha, K. Joo, J. Choi, K. Park, and I. S. Kweon: A Real-Time Augmented Reality System to see-Through Car, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, Vol. 22, No. 11, pp. 2395 - 2404, 2016.
- [4] 森尚平，一刈良介，柴田史久，木村朝子，田村秀行：隠消現実感の技術的枠組と諸問題～現実世界に実在する物体を視覚的に隠蔽・消去・透視する技術について～，日本 VR 学会論文誌，Vol. 16, No. 2, pp. 239 - 250, 2011.
- [5] M. Brown and D. G. Lowe: Automatic panoramic image stitching using invariant features, *International journal of computer vision*, Vol. 74, No. 1, pp.59 - 73, 2007.
- [6] V. Kwatra, A. Schödl, I. Essa, G. Turk, and A. Bobick: Graphcut textures: image and video synthesis using graph cuts. In ACM Transactions on Graphics, Vol. 22, pp. 277 - 286, 2003.
- [7] P. J. Burt and E. H. Adelson: A multiresolution spline with application to image mosaics, In ACM Transactions on Graphics, Vol. 2, No. 4, pp. 217 - 236, 1983.
- [8] P. Perez, M. Gangnet, and A. Blake: Poisson image editing, In ACM Transactions on Graphics, Vol. 22, No. 3, pp. 313 - 318, 2003.



図 10 ブレンディングの課題
Figure 10 Image blending issue



図 11 投影面の課題
Figure 11 Projection plane issue

- [9] 吉岡奨吾，森尚平，柴田史久，木村朝子，田村秀行：隠消現実感における半隠消表示法の改良，第 19 回日本 VR 学会大会論文集，33B-1, pp. 533 - 536, 2014.
- [10] J. Gao, S. J. Kim, and M. S. Brown: Constructing image panoramas using dual-homography warping, Proc. Conf. on Computer Vision and Patter Recognition, pp. 49 - 56, 2011.