

画像自動変形を用いた複数の画像のステッチャー

Multiple image stitcher using automatic image deformation

後藤多朗¹⁾, 木島竜吾²⁾

Taro GOTO and Ryugo KIJIMA

1) 岐阜大学バーチャルシステムラボ

(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1, gototaro@vsl.gifu-u.ac.jp)

2) 岐阜大学工学部

(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1, kijima@info.gifu-u.ac.jp)

Abstract: A normal image stitcher or an image concatenater will consider the image distortion cause to the camera lens. The shooting position is considered that it does not move at all the images. However, there is a need to stitch images that are taken roughly. For stitching images that are not taken at the same position, the biggest difficulty is that the front scene and the back scene positions are different. Some object at the back scene appears and hidden at different photos. Thus, in this paper, an image registration technique is presented to solve this problem and the images can be stitched automatically.

Key Words: Image stitcher, registration

1. はじめに

仮想世界を構築するためにテクスチャを用いることが多く行われている。これは物質の表現において少ないポリゴンでよりそれらしく見せるために用いられる方法であるが、一方遠景としてそのままテクスチャを用いる場合もある。遠景としてテクスチャを用いる場合、そのテクスチャは円筒状に繋がっている必要がある。これがコンピュータグラフィックスであれば円筒状に背景を作成するのは容易であるが、実風景を用いる場合、複数の背景の写真をとり、それらをシームレスにつなぎ合わせていく必要がある。

また一方では何も機材のない場所で適当に取った写真をつなぎ合わせたいというニーズもある。最近のデジタルカメラには画像をつなぎ合わせるソフトなども添付されている場合が多く、だいぶ一般的になってきているが、レンズのディストーションに合わせて変形し、合成するという程度のものが多い。

ここでは、これらの複数の画像をつなぎ合わせる技術について報告する。

2. 画像合成

二枚の画像を合成する場合、いくつかの問題を解決しないといけない。写真をそのまま合成しようとする、歪みがあるために写っているものの位置と角度が一致しない。撮影した場所が平行移動している場合は前傾と遠景で、見えるものと見えないものが出てくることもある。一つ目は

このように画像の位置関係と歪みの補正問題である。もうひとつは色の問題である。写真をとる方向によってカラーバランスや露出が自動的に変わってしまうことがある。これらを補正しながらあわせる必要がある。カラーバランスについては、重ね合わせ領域が十分に広い場合は二画像間を徐々に変化させていく方法で効果が得られる。

写真の連結ということ考えると、ひとつはあらかじめレンズの歪みを補正する方法と、いくつかの特徴点の一致により画像の変形を計算する方法が考えられる。また特殊な魚眼レンズを用いてパノラマ写真をとる市販品もある。同時に複数の角度で取った写真を合成する方法、または魚眼レンズを使用する方法は、確実に合成が出来るという長所があるが、一方特殊な装置を必要とする。そのため手軽に使用するというわけには行かない。近年のデジタルカメラに付いている機能でもあり、同一の位置により角度を変えてとった写真についての合成での問題点としては、撮影されている物体が微妙にずれてしまうことがあること、それによって画像が一部ボケたような感じになってしまうことが有ることがあげられる。

一方、特徴一致により補正する方法は、正しい特徴の位置さえ抽出されていれば画像がぼけたようにはならない。この場合、どのように特徴点を一致させるか、その特徴転換をどのように画像を変形させるかなどの手法が確立されておらず、そこが研究対象になっている。研究分野によって、イメージメタモルフォシス、イメージレジストレーション、イメージワーピング、デフォーメーション、ステ

イッチングなどと多くの呼び方をされているが、いずれにせよ二画像間の対応する特徴を見つけ、それが一致するように画像を変形することを目的としている。

しかし画像のつなぎあわせで問題にするのは、二画像間をどのようにして連続的に変化させるかであって、単純な画像変形とは少し異なる。一方の画像をもう片方の画像に近いように変形させるだけであると、そこには画像の連続性は生まれない。例えば、二枚の画像をつなぎ合わせることを考えると、その重なり合う領域の画像をスムーズに変化させる必要がある。重なる領域で左側の画像を右側の画像に近くなるように変形させると、その画像と、左側の重ならない領域の画像が不連続になってしまう。これは合成領域の差が大きければ大きいほど顕著に表れる。つまり完全に一方の画像をもう一方にあわせるのではなく、もう一方に徐々に合っていくように変形させる技術が必要である。

3. 画像変形

画像を変形させる方法は、初期の方法ではBeierらによるメタモルフォシスの研究に代表される、与えられた二画像間を一定時間で変形させるための研究により始まっている[1][2][3]。あるラインまたは点の変形後にどの位置へ移動するのかを定義し、それぞれの影響を与える範囲で、画像が変形される。

この場合は変形後の形状を与えているため、自動認識されているわけではない。これを自動で行うためには、どのようにして対応点を見つけるのが課題となる。画像の相似点検索またはトラッキングは通常コリレーション（相関性）などにより計算される[4][5][6][7]。

今回試みたのはこれらの結果を踏まえ、

- 1) レンズの歪み補正を関数化してそのパラメータを変化させた上で画像の最適な位置を求め、
- 2) コリレーション演算の結果を用いてレジストレーションを行い、微妙な補正を行うという方法である。

レンズの歪みは、二次関数を用いた式で表されるものと仮定し、相関性が最大となる場所を見つける。次にグリッド上のメッシュを作成し、各交点を特徴点とし、相関性により画像を変形させる。相関性については、Gabor ウェブレットによるコンボリューション結果から方向ベクトルとその強さを求め、二画像間でその比較を行った上で最適だと思われる点を見つけている。以下にこの手法について順番に説明する。

4. レンズの歪み補正

立体的に合成するための補正を行うために、歪み補正を行う。レンズの補正を完全に行おうとすると、そのレンズの光学特性、画角などの詳細な情報が必要となり困難である。ここではこの歪みは二次関数的であると考え、補正を行う。 $I(x, y)$ を原画像とし、変形後の画像を $I'(x', y')$ 、

変形の大きさを表す d_x, d_y をパラメータとしている。

$$x' = x(1 - y^2 d_x) \quad (1)$$

$$y' = y(1 - x^2 d_y)$$

$$I'(x', y') = I(x, y) \quad (2)$$

歪みの補正前と後の画像の違いを図1に示す。この例では樽型に歪みを発生させている。また図2は画像を合成させた結果である。左右の画像の大まかなずれは補正されていることがわかる。

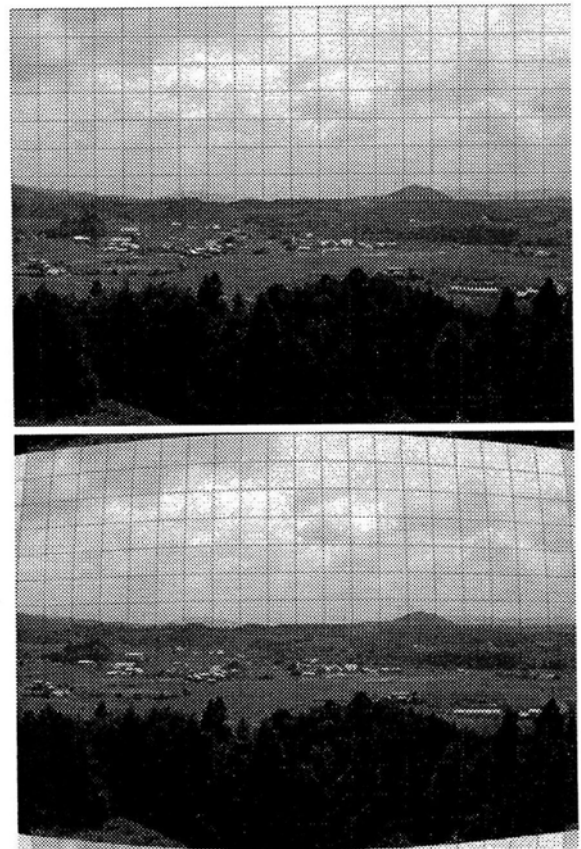


図1 歪み補正

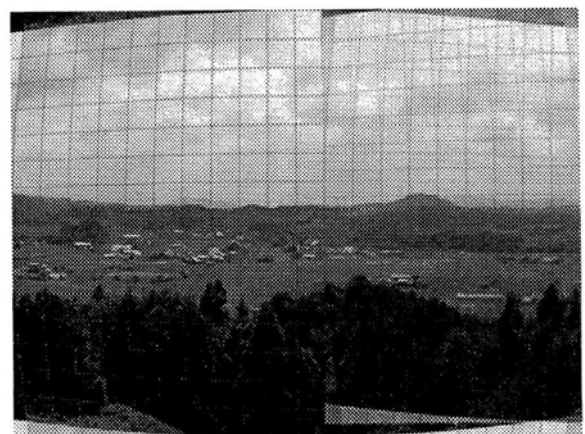


図2 補正後の合成状態

通常の用途での場合はこの程度のずれ補正で十分なかもしれないが、詳細を確認すると、場所によってはこのずれが大きく現れていることがある。特に画像の両ふちに行くほどずれは大きく現れる傾向が見られた。このようなずれは高々数ドットであるが、CGの遠景として使うことを考えると、拡大された場合に違和感を覚える。図3に建物の拡大部分を示すが、このようにレンズの歪み補正のみでは位置ずれが修正されきれない。一方赤い線が示すよう、角度は10度程度の補正がなされているため、建物の角度のずれはほぼ解消されている。



図3 部分拡大

5. レジストレーション

ノンリジッドレジストレーションといわれると、医療分野で、CTとMRIなどの異なったデータを一致させるときに使われたり、臓器の標準モデル(アトラス)を患者の臓器の形状に変形させるために使われたりする手法である。Chenらの論文[8]にわかりやすく解説されている。変形させるほうの画像と変形させる形の画像にグリッドを描き、前者のグリッドをどのように変形させると後者のグリッドの頂点情報に近くなるかを調べる方法と、逆に前者のグリッドはどのようなグリッドからの変形なら後者と一致するかを調べる方法がある。今回利用したのは以下のような手法である。

左画像(I_0 とする)にグリッドを描き、そのそれぞれの交点を右画像(J_0 とする)の対応する位置へと移動させる。同様に右画像 J_0 のグリッドを左画像 I_1 への対応位置へと移動させる。次に I_1 を J_1 へと移動する。このように繰り返していくと、左右の画像の誤差があるところで収束する。ここを一致しているとみなす。

ここで問題となるのがどのように誤差を判断するかというところであるが、色は露出の関係で異なってしまふことが多いためにエッジ情報を利用した。通常のエッジ情報だと近くの異なった特徴と一致してしまう恐れもあるため、(3)式のGaborウェーブレットに4方向(0, 45, 90, 135)の角度を与えて、それぞれ画像とのコンボルーションを計算する。これによってある一定角度でのエッジのみを抽出

することができる。一方メモリおよび時間を要するため、四方向のエッジのみを利用している。

$$G = \alpha \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{\beta}\right) \cos(\gamma(x \cos \theta + y \sin \theta)) \quad (3)$$

この計算結果からエッジの強さを計算し、これらをベクトルとして合成をかけると、その画像の各点でのエッジの方向と強さが求まる。この一致点を近傍点でトラッキングしている。最終的に左画像が収束した結果が図4に示されている。一方このグリッドには形状を保つための他の力を働かせ、トラッキングの結果各交点が交差するのを防いでいる。

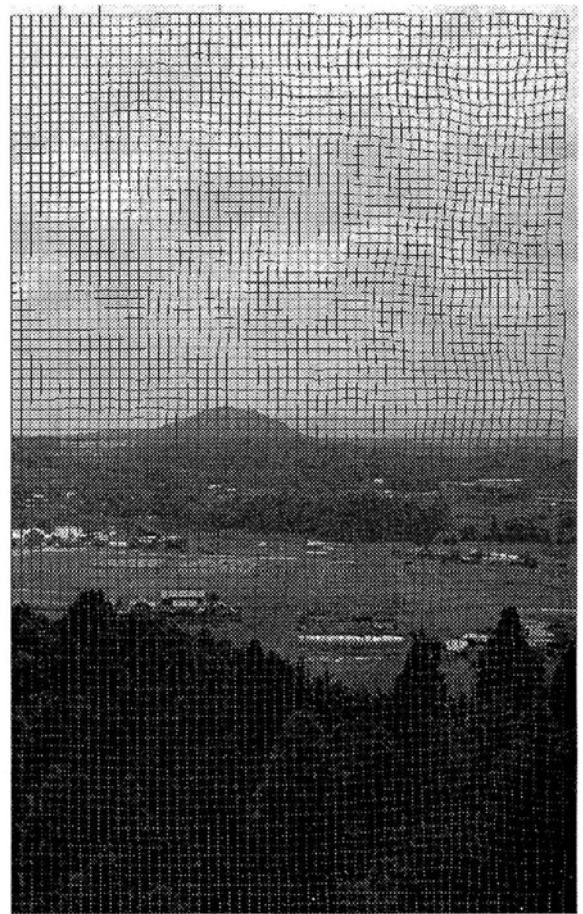


図4 グリッドの変形

変形が計算されたら、次はカラーの補正であるが、これは単純にグラデーションをかけている。現在の段階ではこれで十分に良好な結果が得られている。

この変形の最終結果、合成を行った画像の一部の拡大を図5に示す。これは図3とほぼ同じ部分の拡大であるが、ずれが確実に補正されているのがわかる。このようにノンリジッドレジストレーションを行った結果、拡大されても誤差が目立たない精度で画像の連結を行うことができた。

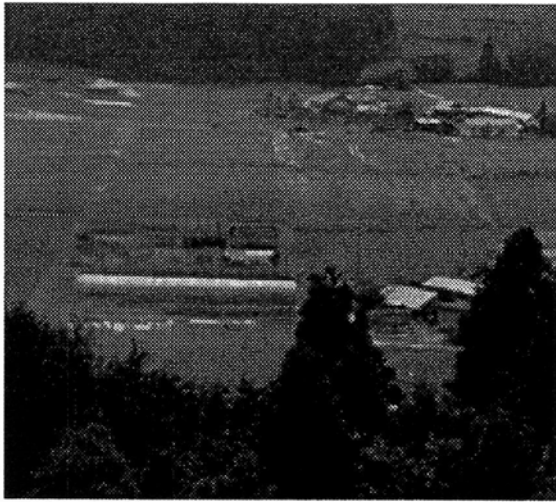


図5 部分拡大

6. まとめ

今回行った画像のステッチング方法は、従来のものと比べて自由度が高く、ラフな撮影を行った画像の合成も行うことが出来、機材にコストがかからない利点がある。また撮影物のずれなども補正されるために見た目でうまくごまかしながら合成が行えることが利点である。一方グリッドの解像度を上げて正確な演算を行うと、合成に時間がかかるのが欠点である。

合成後の完全な画像を図7に示す。このように合成を行った画像はCGの背景として使うなどの応用ができる。図6は岩村城のCGであるが、この遠景に連結された画像が使用されている。今回の画像連結アルゴリズムを使うことにより、機材などの余分なコストをかけずに、市販のデジタルカメラの画像連結より高品質な結果を得ることができた。



図6 岩村城（背景に連結画像）

参考文献

- [1] T.Beier, S.Neely : Feature-based image metamorphosis, *Computer Graphics*, 26(2), pp.25-42, 1992.
- [2] G.Wolberg : *Digital Image Warping*, IEEE Computer Society Press, 1990.
- [3] S.Lee, K.Y.Chwa, J.Hahn, S.Y.Shin : Image morphing using deformable surfaces, 7th Intl Conf. On Computer Animation, pp.31-39, 1994.
- [4] S.Coorg, N.Master, S.Teller : Acquisition of a Large Pose-Mosaic Dataset, *Proc. CVPR1998*, pp.872-878, 1998.
- [5] G.D.Hager, P.N.Belhumeur : Efficient region tracking with parametric models of geometry and illumination, *PAMI*, 20(10), pp.1025-1039, 1998.
- [6] C.Sun : A fast stereo matching method, In *Digital Image Computing: Techniques and Applications*, pp.95-100, 1997.
- [7] D.I.Bamara, H.F.Silverman : A class of algorithms for fast digital image registration, *IEEE transactions on Computers*, vol.C-21, pp.179-186, 1972.
- [8] M.Chen, T.Kanade, H.A.Rowley, D.Pomerleau : Anomaly detection through registration, *Proc. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.304-310, 1998.

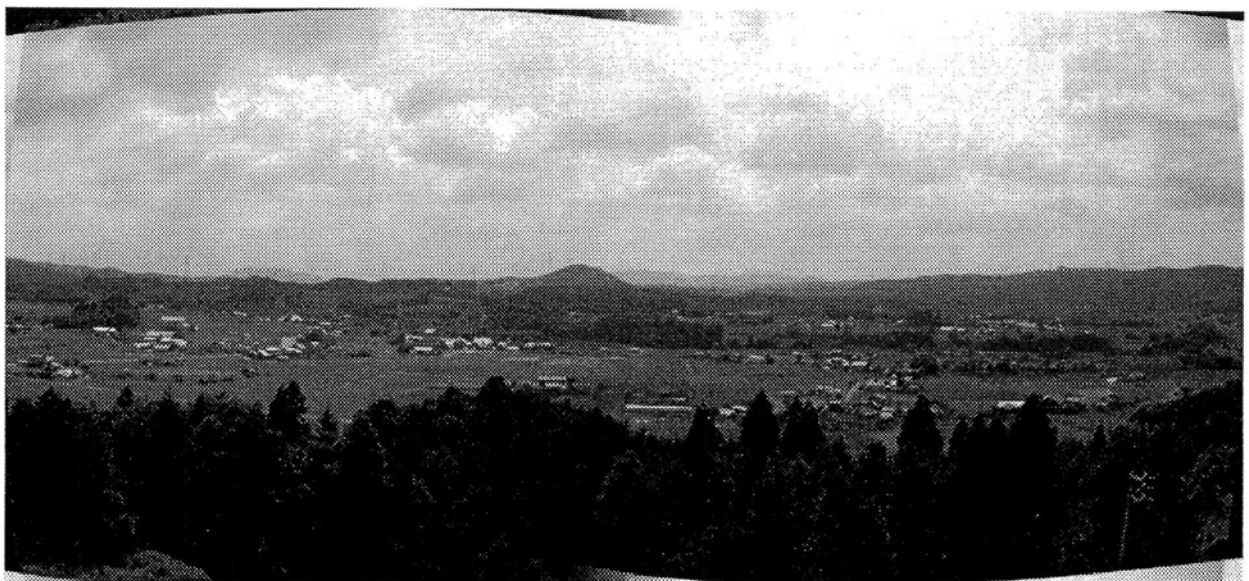


図6 合成の結果