

カメラ位置姿勢変化に伴う俯瞰合成映像の位置ずれ補正手法の提案

皆川 純[†] 岡原 浩平[†] 山崎 賢人[†] 深澤 司[†]三菱電機株式会社 情報技術総合研究所[†]

1. はじめに

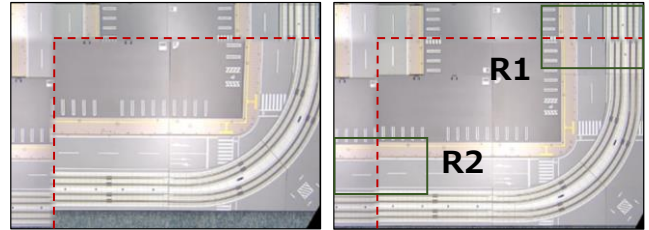
安心・安全に対する関心の高まりにつれて、監視カメラの設置台数は年々増加している。我々は、複数の監視カメラを用いた広域の監視業務を効率化するために、監視範囲全体を俯瞰視点で見ることができる俯瞰映像合成システムを開発してきた[1]。前記システムは、固定のマッピングテーブルによって、各カメラの映像から1枚画の俯瞰合成映像を生成する。しかし、地震やカメラへの物理接触などによりカメラの位置姿勢が変化すると、合成映像中の境界面に位置ずれが生じる。また、カメラの自重によりカメラの俯角が変化することで、同様の現象が発生する。一度発生した上記の位置ずれを補正するためには、再度校正作業を実施し、マッピングテーブルを算出する必要がある。しかし、監視範囲が交通量の多い道路などの場合、位置ずれが生じるたびに前記作業を実施するのは困難である。

本稿では、カメラの位置姿勢変化によって生じる俯瞰合成映像の位置ずれを、前記の作業を必要とせずに補正する手法について述べる。

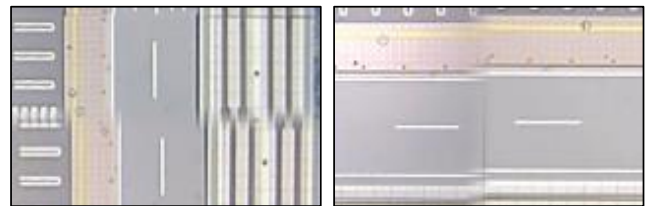
2. 従来手法

これまでに、カメラの位置姿勢変化前後の画像からカメラの相対移動量を求め、前記相対移動量を元に位置姿勢変化後のカメラの外部パラメータを推定することで、校正作業を必要としない合成映像の位置ずれ補正手法を提案した[2]。前記の手法では、設置時の外部パラメータが必要となるため、校正作業において射影変換行列ではなく、外部パラメータを算出している。図1に従来手法による補正前後の俯瞰合成画像を示す。なお、図1(a)の破線は映像同士の境界部を示している。

従来手法において相対移動量は、位置姿勢変化前後の2画像間の特徴点のマッチングを実施し、その後5点アルゴリズムを適用することによって算出している。しかし、特徴点にミスマッチがある場合、算出した相対移動量に誤差が生じ、図1(b)のように補正後の画像中に位置ずれが残る問題点がある。提案手法では、補正後画像の境界部に生じる位置ずれを最小化するために、カメラ映像を俯瞰変換した際の重畳領域の類似度が最大となるようにカメラの位置姿勢を調整することで、上記課題の解決を図る。



(a) 合成画像 (左: 補正前, 右: 補正後)



(b) 補正後画像の拡大画像 (左: R1, 右: R2)

図1 従来手法による位置ずれ補正結果

3. 提案手法

3.1 位置ずれ補正方式

図2に本手法の処理シーケンスを示す。本手法は、従来手法の処理(図2 S1~S3)に、隣接カメラとの重畳領域の類似度が最大となる位置姿勢パラメータを求める最適化処理(S4~S6)を追加した形である。なお、各カメラの内部パラメータは事前に校正済みである。

最適化処理における位置姿勢パラメータの初期値は、カメラ設置時の外部パラメータと従来手法(S1~S3)の処理によって求めたカメラの相対移動量を位置姿勢パラメータ(並進成分 (t_x, t_y, t_z) と、回転成分 $(roll, pitch, yaw)$ の6成分)に変換し、位置姿勢パラメータの初期値に足したものである。なお、カメラ設置時の外部パラメータは、校正作業によって取得する。

3.2 最適化処理

俯瞰合成映像における隣接カメラ映像との重畳領域を図3に示す。俯瞰合成処理では、カメラ映像を俯瞰変換する際に、カメラの光軸から離れた領域になるにつれ映像歪みが大きくなる。そこで、カメラ重畳領域の映像歪みの少ない部分のみにブレンド処理を適用する。したがって、本手法における最適化処理においても、映像歪みの少ないブレンド処理の適用領域(図3における、青と赤の矩形領域)の類似度を評価値とする。隣接するカメラが複数ある場合は、各ブレンド領域における類似度の合計値とする。補正処理では、補正対象カメラの位置姿勢パラメータを入力した際の俯瞰合成映像における補正対象カメラと隣接

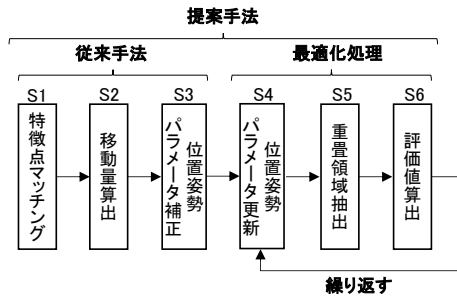


図2 位置ずれ補正方式の処理シーケンス

カメラのブレンド処理適用領域の映像を抽出後、対応する領域の類似度の合計を出力する。本手法では、上記の評価値を元に最適化処理を適用することにより、隣接カメラとの重畳領域の類似度が最大となる位置姿勢パラメータを求める。

4. 評価実験

4.1 俯瞰合成映像の位置ずれ補正

提案手法の有効性を評価するために、カメラの位置姿勢変化が起きた俯瞰映像合成システムに対して、提案手法と従来手法による位置ずれ補正を適用した。なお今回の実験では、1台のカメラの位置姿勢が変化したときに位置ずれ補正可能か確認することに焦点を当てた。したがって、実験では4台のカメラで構成される俯瞰映像合成システムに対し、1台のカメラの位置姿勢を変化させ、その後前記カメラに対して位置ずれ補正を適用した。図1(a)の補正前の合成画像は、上記の状況における俯瞰合成画像である。

本実験では、隣接カメラ映像との重畳領域の類似度の評価値として、ECC(Enhanced Correlation Coefficient)[3]による、補正カメラ映像と隣接カメラ映像との重畳領域の相関値を使用した。ECCは、0~1の値をとり、1に近づくほど2画像間の構造類似性が高くなる。また、最適化処理には、遺伝的アルゴリズム(GA)を使用し、個体群の大きさを100、最大世代数を30として実装した。

図3に提案手法と従来手法による位置ずれ補正結果を示す。図3より、提案手法は、従来手法の課題である隣接カメラ境界部に残る位置ずれを補正できていることが分かる。

また、提案手法と従来手法による位置ずれ補正の結果を、位置ずれ発生前後の俯瞰合成画像に対する構造類似性によって評価した。構造類似性の評価指標には、上記で記載したECCを使用する。表1にECCの測定結果を示す。表1より、提案手法による位置ずれ補正後の俯瞰合成映像が、従来手法による補正画像と比較して、位置ずれ発生前の合成映像に対する構造類似性が高いことから、本手法による位置ずれ補正精度が向上したといえる。なお、最適化処理をGAで実装しているため、補正結果にばらつきが発生することを考慮し、同一の入力画像に対する位置ずれ補正を10回実施したが、測定結果はすべて同値となった。

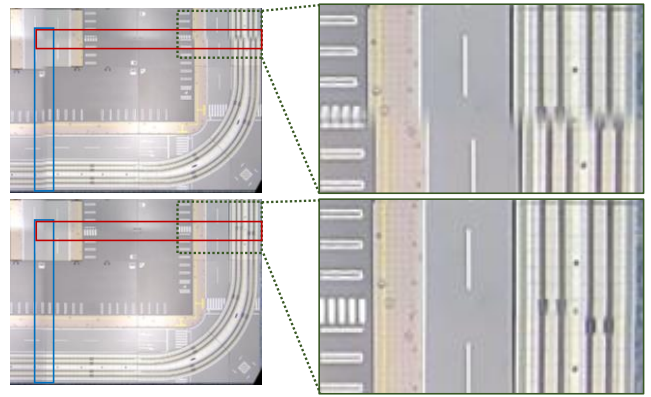


図3 補正結果 (上：従来手法，下：提案手法)

表1 ECCによる構造類似性の評価

| 評価対象 | ECC Value |
|-------------------|-----------|
| 位置ずれ発生後 | 0.833913 |
| 位置ずれ補正後 (従来手法) | 0.900839 |
| 位置ずれ補正後 (提案手法) | 0.953556 |

4.2 考察と今後の課題

本実験では、最適化処理において、局所解に陥らないように、GAの個体群を十分な大きさにした。しかし、個体群が大きくなるほど、最適化処理に要する時間が増えていくため、適切なタイミングで打ち切る必要がある。

また、重畳領域における位置姿勢変化が起きるカメラを1台に限定した。しかし、隣接するカメラも位置姿勢が変化した場合、変化したカメラすべてに提案手法を適用しても、俯瞰合成画像全体の一貫性は保てない可能性がある。今後は、複数のカメラの位置姿勢が変化した状況を考慮した位置ずれ補正手法について検討する。

5. まとめ

本稿では、従来手法による俯瞰合成画像の補正において、位置ずれが残る課題に対し、隣接カメラとの重畳領域の類似度が最大となる外部パラメータを求める手法を提案した。また、提案手法を位置ずれが発生した俯瞰合成映像に適用し、上記の残った位置ずれが補正可能なことを確認した。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 岡原, 深澤, 古木: 俯瞰合成映像におけるカメラ位置ずれ補正手法の検討, FIT2018 第17回情報科学技術フォーラム講演論文集, 第3分冊, pp. 113-114, 2018.
- [3] G. D. Evangelidis and E. Z. Psarakis: Parametric Image Alignment using Enhanced Correlation Coefficient Maximization, IEEE Transaction on Patterns Analysis & Machine Intelligence, Vol. 30, No. 10, pp. 1858-1865, 2008.