

俯瞰合成映像におけるカメラ位置ずれ補正手法の検討 A Study on Image Compensation Methods for a Camera Displacement in a Top-View Stitched Image

岡原 浩平[†] 深澤 司[†] 古木 一朗[†]
Kohei Okahara Tsukasa Fukasawa Ichiro Furuki

1. はじめに

安心・安全に対する関心の高まりにつれて、公共エリアへの監視カメラ設置台数が増加している。しかしながら、複数の監視カメラの映像を一枚のモニターに分割表示する監視方法は変わっておらず、監視カメラ台数の増加に伴って監視の負荷は高くなることが予想される。前記の問題に対し、我々は複数の監視カメラの映像を視点変換・合成して一枚画の合成映像を生成する俯瞰映像合成システムを開発してきた[1]。これにより、広域エリアの状況を一瞥に把握可能であり、監視業務の効率化、負荷軽減を図ることができる。

屋外の環境へ俯瞰映像合成システムを適用する場合、天候やカメラへの物理的な接触等により、カメラの位置姿勢が変化する可能性がある。また、屋内外問わず、カメラの自重によって俯角が変化することも予想される。カメラの位置姿勢に変化が生じた場合、カメラの捕捉範囲も変化するため、俯瞰合成映像上で隣接するカメラの境界部に位置ずれが生じる。境界部の位置ずれを補正するには、カメラの外部パラメータの校正作業が必要となるが、本作業は時間を要することに加え、俯瞰映像合成システムの適用場所によっては再度外部パラメータの校正作業を実施することが難しい場合もある。

本稿では、カメラの位置姿勢が変化した際に、外部パラメータの校正作業を実施することなく、俯瞰合成映像のカメラ境界部の位置ずれを補正する手法について提案する。

2. 俯瞰映像合成システム

2.1 システム構成

俯瞰映像合成システムの構成を図1に示す。映像合成サーバには2台以上の監視カメラが接続され、複数の監視カメラの入力映像から俯瞰合成映像を生成する。生成された俯瞰合成映像は、モニター又はネットワーク上のモバイル端末に表示可能である。

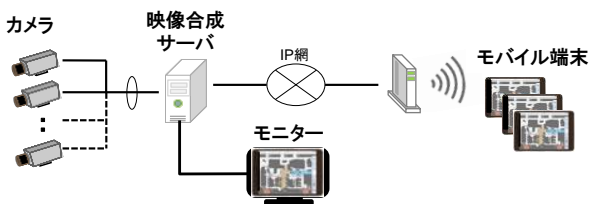


図1 俯瞰映像合成システム構成図



(a) 入力画像 (左: 設置時, 右: 位置ずれ発生後)



(b) カメラ設置時(4月)の俯瞰合成画像



(c) 位置ずれ発生後(1月)の俯瞰合成画像

図2 位置ずれ発生前後の俯瞰合成画像の例

2.2 俯瞰合成画像とカメラ境界部の位置ずれ

監視カメラ4台の俯瞰映像合成システムにおいて、カメラの位置姿勢変化が発生する前後の入力画像と俯瞰合成画像の例を図2に示す(映像は画像が連続したものであるため、以降は画像と表記する)。図2(b)の俯瞰合成画像は、画像内の路面にサイズが既知のマーカを複数枚設置し、カメラの外部パラメータの校正作業を実施して位置合わせしたものである。尚、各カメラの内部パラメータは事前に校正済みである。図2(c)に示すように、カメラの位置姿勢が変化した場合、俯瞰合成画像のカメラ境界部に位置ずれが発生しており、俯瞰合成画像の本来の利点である連続性が失われた画像となっている。

3. 位置ずれ補正手法

3.1 外部パラメータの相対移動量に基づく補正手法

位置ずれ補正に対するアプローチの一つとして、設置時のカメラに対する外部パラメータの相対移動量を算出

[†]三菱電機(株) 情報技術総合研究所

することが考えられる。外部パラメータの相対移動量の算出手法には5点アルゴリズム[2]を採用する。内部パラメータが校正済みのカメラで撮影した二画像間において対応点が5組以上あれば、5点アルゴリズムによって二画像の相対的移動量が算出できる。外部パラメータの相対移動量に基づく場合の補正手順を以下に示す。

- (1) 設置時の入力画像と現在の入力画像の二画像間で特徴点マッチングを実施する
- (2) 5点アルゴリズムを適用し、設置時の入力画像に対する現在の入力画像の相対的な移動量を算出する
- (3) 設置時の外部パラメータに(2)で算出した相対的な移動量を加えたものを現在の外部パラメータとする

3.2 画像レジストレーションに基づく補正手法

位置ずれ補正に対する異なるアプローチとして、画像レジストレーション処理を適用し、現在の入力画像の視点を設置時の視点に変換することが考えられる。画像レジストレーションに基づく場合の補正手順を以下に示す。

- (1) 設置時の入力画像と現在の入力画像の二画像間のホモグラフィを画像レジストレーション処理により算出する
- (2) 現在の入力画像に(1)のホモグラフィを適用し、設置時の入力画像と同じ視点に変換したものを俯瞰合成映像システムの入力として使用する

本稿の画像レジストレーション方法には、ECCアルゴリズム[3]を採用する。ECCアルゴリズムは、二画像間の変換行列(アフィン、ホモグラフィ等)を画像の相関値(Enhanced Correlation Coefficient)を最大化することにより算出する手法である。

4. 位置ずれ補正手法の評価

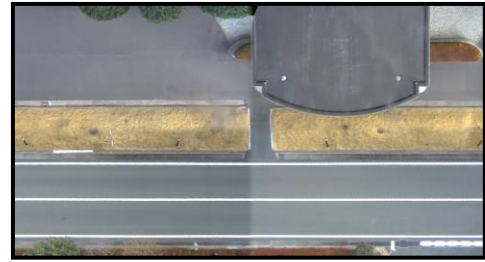
4.1 俯瞰合成画像の位置ずれ補正検証

3章で提案した位置ずれ補正手法の有効性を確認するため、図2(c)に示した位置ずれ発生後の入力画像に対して、3.1節および3.2節に記載した位置ずれ補正手法を適用した。位置ずれ補正結果を図3に示す。図3より、いずれの手法を用いた場合にも俯瞰合成画像の位置ずれを補正できていることが分かる。ただし、5点アルゴリズムを用いた手法では特徴点マッチングに失敗する場合があったため、画像の一部にマスク処理を適用した。

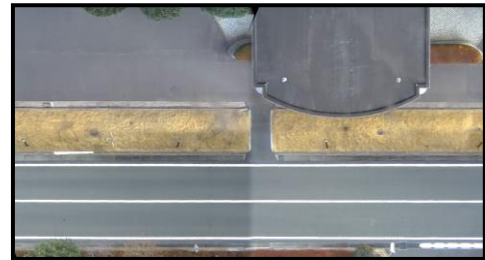
また、位置ずれの補正度を図2(b)の設置時の俯瞰合成画像に対する構造類似性によって評価した。構造類似性の評価指標には3.2節に記載したECCを使用する。ECCは0~1の値をとり、1に近づくほど二画像間の類似性が高くなる。ECCの測定結果を表1に示す。位置ずれ発生後にはECCの値が大きく下がっているのに対し、補正後の俯瞰合成画像は位置ずれ発生前の異なるシーンと同程度の構造類似性を保持できていることが分かる。

4.2 考察と今後の課題

図3の補正結果および表1に示した構造類似性からも補正方法による大きな違いは見られなかった。ただし、5点アルゴリズムを用いた場合には、入力画像へのマスク処



(a) 5点アルゴリズムによる補正結果



(b) ECCアルゴリズムによる補正結果

図3 位置ずれ補正後の俯瞰合成画像の例

表1 ECCによる構造類似性の評価

評価対象	ECC Value
位置ずれ発生前の異なるシーン	0.5755
位置ずれ発生後 [図2(c)]	0.3429
5点アルゴリズム [図3(a)]	0.5796
ECCアルゴリズム [図3(b)]	0.5884

理が必要だったのに対し、ECCアルゴリズムは前段処理を必要としなかった。これは、特徴点ベースの手法がシーンの変化に弱いことに起因するものと考えられる。実際、設置時の画像は4月、位置ずれ発生後の画像は1月に撮影されたものであった。今後は、季節や時間帯の違いによって発生するシーンの変化に対しても、安定して位置ずれ補正を行うための手法について検討する。

5. まとめ

本稿では、俯瞰映像合成システムにおいてカメラの位置姿勢が変化した際に発生する境界部のずれを、カメラの外部パラメータの校正作業を実施することなく補正する手法について提案した。また、提案手法を位置ずれ発生後のカメラ入力画像に適用し、俯瞰合成画像の位置ずれが補正可能なことを確認した。

参考文献

- [1]宮城, 古木, 西辻, 服部: イベント向け警備支援のための映像解析技術, 三菱電機技報, Vol. 90, No. 7, pp. 16 - 20, 2016.
- [2]D. Nistér: An Efficient Solution to the Five-Point Relative Pose Problem, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 26, No. 6, pp. 756-770, 2004.
- [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.