

# モバイル端末画像を用いたクライアント・サーバ型の PTAM 処理

## Client-Server Processing of PTAM for Mobile Mixed Reality

林 将之 北原 格 亀田 能成 大田 友一  
Masayuki HAYASHI Itaru KITAHARA Yoshinari KAMEDA Yuichi OHTA

筑波大学 大学院システム情報工学研究科  
Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

### 1. はじめに

複合現実感(Mixed Reality; MR)において、現実空間と仮想空間を違和感なく融合するためには、幾何的整合性と時間的整合性の両立が重要である。カメラを備えたモバイル端末を用いた MR システムでこれらを確保するためには、カメラの位置・姿勢をリアルタイムに推定する必要がある。本稿では、このための画像ベースのリアルタイム推定手法として、Klein らの提案した Parallel Tracking And Mapping (PTAM) [1]を用いる。この手法では、3次元の自然特徴点マップからカメラの位置・姿勢を高速に推定することに成功している。ところが、モバイル端末では PTAM の実行に必要とされる 2 つ以上のプロセッサ・コアを持った CPU は未だ一般的ではない。

そこで、本稿ではモバイル端末に代わり、据え置き型のサーバコンピュータ上で PTAM 処理を実行するクライアント・サーバ型手法を提案する。このときに発生する姿勢推定の遅延とフレームレートの変動に対応するための方法について説明する。

### 2. 遅延とフレームレート変動への対応

据え置きのサーバ上で PTAM 処理を行うため、モバイル端末(クライアント)からカメラ画像をサーバに送信する。サーバ側では PTAM 処理により推定したカメラの位置・姿勢をクライアントに返す。本方式により、モバイル端末側の処理は画像送信と位置姿勢推定結果の受信だけとなるという利点が得られる。

一方、本方式では、クライアントが画像を送出してから位置・姿勢を受け取るまでに遅延が生じる。このための解決策として、我々は姿勢をリアルタイムに測定できる慣性センサの併用を考える。慣性センサは姿勢を高速に測定できるが、継続的に利用しているとドリフト誤差が生じる。このドリフト誤差を、PTAM によって得られる絶対位置姿勢によって随時補正することにより、低遅延でかつ姿勢の精度が悪化しない方法を実現する。

また、画像のフレームレートは通信帯域の制限等様々な要因により、一般には一定であることは期待できない。一方で、PTAM では運動モデル推定に際して一定のフレームレートを前提としているため、そのままではトラッキング性能が低下する。そこで、次節で述べるように、フレームレートの変動に対応した運動モデルを導入することで、トラッキング性能の向上を図る。

### 3. フレームレート変動を考慮したトラッキング

PTAM のトラッキングではまず、運動モデルを使ってカメラの位置・姿勢を予測する。この予測では一定フレーム

レートで暗黙に仮定している。その後、予測した位置・姿勢を使ってマップの 3次元点をフレーム中に投影し、近傍探索によるマッチングを行う。そのため、予測が大きく外れるとマッチングの性能が低下する。

フレーム  $i$  におけるカメラ位置・姿勢を 6次元ベクトル  $\mu_i$ 、そのフレーム間差分(変量)を  $\mu'_i = \mu_i - \mu_{i-1}$  とする。PTAM では、フレームレートを一定とし、変量の予測値  $\hat{\mu}'_i$  は以下のようにになっている。

$$\hat{\mu}'_i = (\hat{\mu}'_{i-1} + \mu'_{i-1})/2$$

これは、前フレーム( $i-1$ )におけるカメラ位置・姿勢の変量の予測値  $\hat{\mu}'_{i-1}$  と、実際の変量  $\mu'_{i-1}$  とを同じ重みで平均したものである。この変量予測値をもとに現在の位置・姿勢予測値  $\hat{\mu}_i$  を得ている。

$$\hat{\mu}_i = \mu_{i-1} + \hat{\mu}'_i$$

提案手法では、この変量の予測を前フレームからの経過時間  $\Delta t_i$  を考慮した以下の式に変更する。

$$\hat{\mu}'_i = \frac{\hat{\mu}'_{i-1} + \mu'_{i-1}}{2} \cdot \frac{\Delta t_i}{\Delta t_{i-1}}$$

### 4. 実験

Klein らの公開している PTAM の実装を基に、提案手法を実現し実験を行った。実験には 796 フレームからなるフレームレート 2~10[fps]の事前に撮影したある動画画像を用意した。PTAM 処理に確率的処理が含まれていることから、同一動画画像に対して提案手法と PTAM オリジナル手法をそれぞれ 254 回適用する実験を行った。

PTAM はトラッキング結果に対し、Good, Poor, Bad の評価を与えるため、ここではその評価が与えられたフレーム数の比率の平均を表 1 に示す。この結果、フレームレートの変動する動画画像におけるトラッキング性能は、Good Frames のみで評価すると 12.2 ポイント、Good+Poor Frames でも 10.12 ポイントの改善が確認できた。

表 1 評価の与えられたフレーム数 [単位: %]

	Good Frames	Poor Frames	Bad Frames + Missed Frames
提案手法	58.0	7.29	34.7
PTAM	45.8	9.37	44.8

### 参考文献

- [1] G.Klein and D.Murray, "Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces," Proc. Sixth IEEE and ACM Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR'07), 2007