

AR アノテーション配置のための片手親指操作の解析

田代 爽† 内山 英昭† Diego Thomas† 谷口 倫一郎†

†九州大学

福岡市西区元岡 744

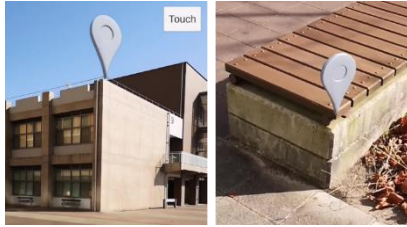


図 1: アノテーション配置の例

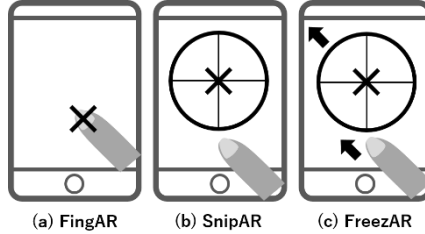


図 2: 画素選択手法



図 3: 実験環境

1. はじめに

マーカーレス AR システムにおいて、図 1 のように実空間にアノテーションを配置するのは重要な作業の 1 つである。特に、幾何的に違和感なく配置するためには、空間の 3 次元再構成を行い、アノテーションを配置する点（目標点）の 3 次元座標を決定する 3 次元点計測が必要である。

任意の 3 次元点を計測するためのインタラクティブな三角測量として、SlidAR が提案されている [1]。初めに、ある視点における目標点の画素を選択する。次に、他の視点から、エピポーラ線上で目標点を選択し、三角測量を行うことで、3 次元座標を算出する。しかし、ユーザ入力の不正確性による精度低下が問題であった。

本稿では、片手親指操作を用いた 3 次元点計測手法を提案し、3 つの画素選択手法の計測精度とユーザビリティを解析した。SlidAR に比べ、高精度化・高ユーザビリティ化を実現した。

2. インタラクティブ三角測量

実空間のある 3 次元点 $\mathbf{X}_w = (X_w, Y_w, Z_w)^T$ は以下の透視投影モデルに従って、カメラ C_i の画像上の点 $\mathbf{x}_i = (x_i, y_i)^T$ に投影される。

$$\mathbf{s} \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{i11} & p_{i12} & p_{i13} & p_{i14} \\ p_{i21} & p_{i22} & p_{i23} & p_{i24} \\ p_{i31} & p_{i32} & p_{i33} & p_{i34} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

p_{ijk} はカメラ C_i における透視投影行列 \mathbf{P}_i の jk 番目の要素である。式(1)からパラメータ \mathbf{s} を消去すると、以下の式を導出できる。

$$\begin{pmatrix} p_{i31}x_i - p_{i11} & p_{i32}x_i - p_{i12} & p_{i33}x_i - p_{i13} \\ p_{i31}y_i - p_{i21} & p_{i32}y_i - p_{i22} & p_{i33}y_i - p_{i23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_w \\ Y_w \\ Z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_{i14} - p_{i34}x_i \\ p_{i24} - p_{i34}y_i \end{pmatrix} \quad (2)$$

式(2)を 2 視点から構築し、連立方程式を解くことで、3 次元座標を算出できる。提案手法では、ユーザが各視点から画素選択を行うことで、ある視点 C_i における点 \mathbf{x}_i と透視投影行列 \mathbf{P}_i の組を N 個取得する。2 視点以上から観測した場合、ロバスト推定として最小二乗解を算出できる。

3. 画素選択手法

スマートフォンのスクリーン上でカメラ画像の画素を選択させるために、3 つの簡易な片手親指操作による画素選択手法を実装した。

3.1. FingAR

画像が表示されたスクリーン上で目標点に対応する画素をタッチすると、その画素が選択される。

3.2. SnipAR

照準器のような十字マーカーが固定位置に表示される。デバイスを動かし、十字の交点に目標点を合わせ任意の点をタッチすると、十字の中心の画素が選択される。

3.3. FreezAR

動画中の画素選択を正確に行うのは困難である。そこで、静止画面での操作が提案されている [2]。静止画面で SnipAR と同様の十字マーカーを親指でスライドさせて動かし、交点を目標に合わせると、中心の画素が選択される。

4. 実験

提案手法の性能やユーザビリティを検証する

Analysis of one-handed thumb operation for AR annotation placement

So Tashiro† Hideaki Uchiyama† Diego Thomas† Rin-ichiro Taniguchi†

†Kyushu University
Motooka 744, Nishi-ku, Fukuoka

	SlidAR	FingAR	SnipAR	FreezAR
1. 操作は簡易で使い易かった	3.8	5.5	5.6	5.3
2. 操作は直感的であった	3.5	5.5	6.1	5.6
3. 精神疲労を感じなかった	3.3	4.4	4.4	5.6
4. 表示される情報は適切であった	4	5.5	5.8	6.1
5. 情報は素早く表示された	6.1	6.4	6.5	5.8
6. 表示がちらついたりしなかった	4.8	6.6	6.4	5.8

表 1: アンケート内容及び結果

ために、従来手法である SlidAR との比較実験を行った。被験者は、男性 7 名、女性 1 名、平均年齢 22 歳、平均身長 168cm である。

4.1. タスク

被験者は図 3 のように、実空間に設置された、様々な高さの 5 つの目標物の頂点にアノテーションを配置する。また、目標物までの距離に応じた 3 つの移動範囲 (R-1) 0.0-0.5m, (R-2) 0.5-1.0m, (R-3) 2.0m- を定めた。各範囲でタスクを実行する。

4.2. 評価項目

定量的評価項目は 3 次元計測誤差と視点数である。また、タスク終了後に表 1 のアンケートによる主観評価を行った。これは HARUS [3] に基づいて作成したものである。回答は 7 点評価で行った (1=当てはまらない, 7=当てはまる)。すなわち、質問 1-4 は点数の低い方が、5-11 は点数の高い方が良い評価となる。

4.3. 結果と考察

図 4 の通り、SlidAR に比べ、提案手法の計測誤差は小さい。SlidAR は目標点までの距離が長くなるに従って誤差が大きくなる一方、FingAR と FreezAR は誤差が変化しなかった。また、範囲 (R-3) の遠い距離において、SlidAR と FingAR は外れ値が多いため、ユーザビリティが低下すると考えられる。SnipAR は分散が大きく、安定性が低い。一方、FreezAR はすべての実験において、精度の分散に変化が少なかった。

図 5 の通り、FreezAR は最も視点数が少ない。視点数が少ない場合においても、誤差は小さい。これは画素選択が高精度になされたためであると考えられる。しかし、操作が複雑であり、所要時間は最も長い。すなわち、精度と操作時間の間にトレードオフが存在する。距離にかかわらず高精度な計測に重点を置く場合は FreezAR、近い目標点に対する手軽な計測に重点を置く場合は FingAR が適していると言える。

アンケートに関して、結果は表 1 の通りである。総じて SlidAR に比べて良い評価を獲得した。特に、直感性では SnipAR、精神疲労の少なさでは FreezAR が良い評価であった。

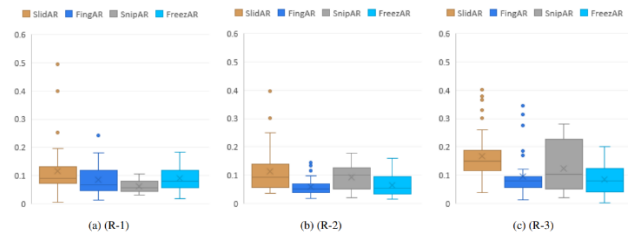


図 4: 3次元点計測の誤差

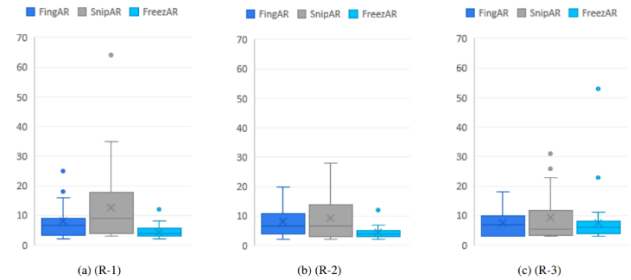


図 5: 提案手法において利用した視点数

5. おわりに

本稿では片手親指操作に基づくインタラクティブ三角測量による高精度 3 次元点計測手法を提案した。三角測量のための画素選択手法、FingAR, SnipAR, FreezAR を実装した。実験を通じ、性能やユーザビリティにおける提案手法の有用性が明らかとなった。本手法により、あらゆる環境下で高精度な 3 次元点計測が可能となる。

今後の展望として、タスクに制限時間を設ける等の異なる設定により、身体的動作の不必要性をはじめとした、更なる有用性を示したい。

参考文献

- [1] J. Polvi, "SlidAR: A 3D positioning method for SLAM-based handheld augmented reality," *Computers & Graphics*, vol. 55, pp. 33-43, 2016.
- [2] H. Bai, "Freeze view touch and finger gesture based interaction methods for handheld augmented reality interfaces," *Proceedings of the 27th Conference on Image and Vision Computing New Zealand*, pp. 126-131, 2012.
- [3] M. E. C. Santos, "A usability scale for handheld augmented reality," *Proceedings of the 20th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 167-176, 2014.