

ワイヤーフレームと全方位画像による 簡易モデルを用いた屋内環境での自己位置推定

豊橋技術科学大学 情報・知能工学専攻
画像情報メディア研究室
M223337 田川幸汰
指導教員 菅谷保之

背景・先行研究

- デジタルツイン市場の拡大
→現実空間とデジタル空間を繋げるため、リアルタイムの自己位置推定技術は不可欠
- 主な自己位置推定手法(屋内)
 - SLAM: LiDARやカメラ画像を使用し、高精度な自己位置推定とマップ作成が可能だが、専用の機材や高性能なハードウェアが必要
 - 無線測位: 屋内でも自己位置推定が可能だが、専用タグやビーコンの設置が必要
- 運用の難しさ→デジタルツイン導入の障壁

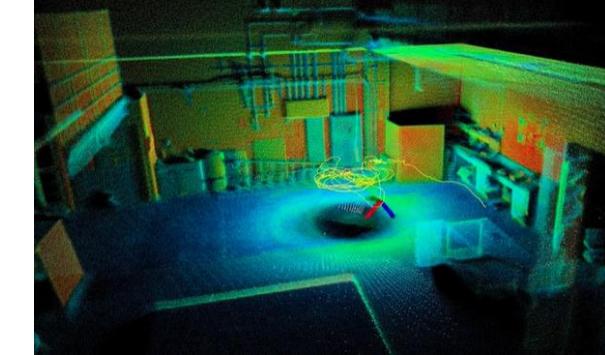


Fig1. LiDAR SLAM[1]

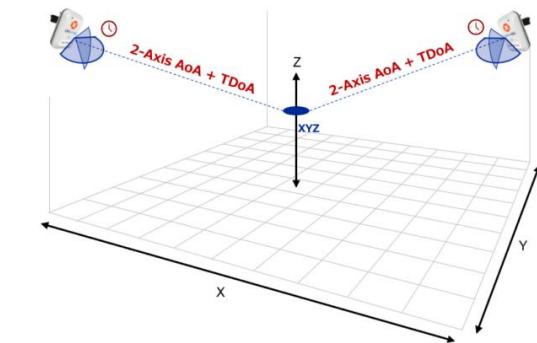


Fig1. UWB 無線測位[2]

[1]赤井 直紀「3次元LiDARによる自己位置推定とマップ生成のようす」

[2]Ubisense UWB リアルタイム位置測位技術の仕組み

簡易的なモデルを利用した屋内環境における自己位置推定

提案手法

- ①ワイヤーフレームに全方位画像から取得したテクスチャを貼り付けて簡易モデルを作成
- ②カメラ画像と簡易モデル上のテクスチャとの特徴点マッチングの結果を用いて自己位置を推定
↓
- ③自己位置推定の精度と実行時間が十分が実用的であるか、
道案内アプリケーションの実装を通じて確認

カメラのパラメータ推定

- 全方位画像から前後2方向の透視投影画像を生成し、カメラ特性(内部パラメータ)を取得
- 透視投影画像上の2次元座標を、現実世界の3次元座標(世界座標)と対応付けし、全方位カメラの位置と姿勢(外部パラメータ)を推定
- 推定位置と実測位置のずれが10cm未満であることを確認



Fig1.全方位画像



Fig2.透視投影画像

テクスチャ取得



全方位画像からメッシュの重心方向を向くテクスチャを取得

アルゴリズム

1. 3次元モデルのメッシュ頂点を、カメラの外部パラメータを用いて世界座標系から
カメラ座標系に変換
2. カメラ中心からメッシュの重心までの距離、角度を計算
3. 距離と角度が閾値以内のメッシュに対して以下の処理を実行
4. カメラの視線(Z軸)がメッシュ重心方向を向くような回転行列を計算
5. 4.の回転行列とカメラの内部パラメータ行列を用いて画像面に投影
6. (側面)歪みをなくすため、元のメッシュ形状にホモグラフィー変換



Fig3.ひずみを除去したテクスチャ

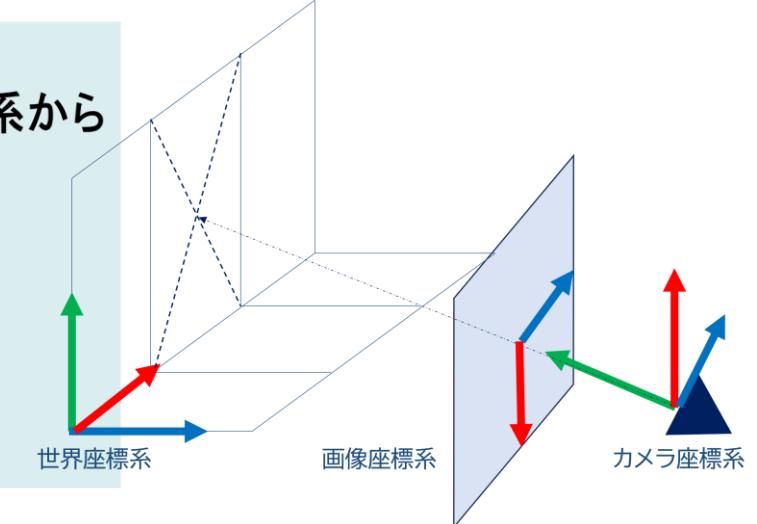


Fig4.テクスチャを割り当てた3次元モデル(一部)

入力画像とテクスチャの**特徴点検出とマッチング**を行う

- 一般的な手法と学習ベースの手法を比較

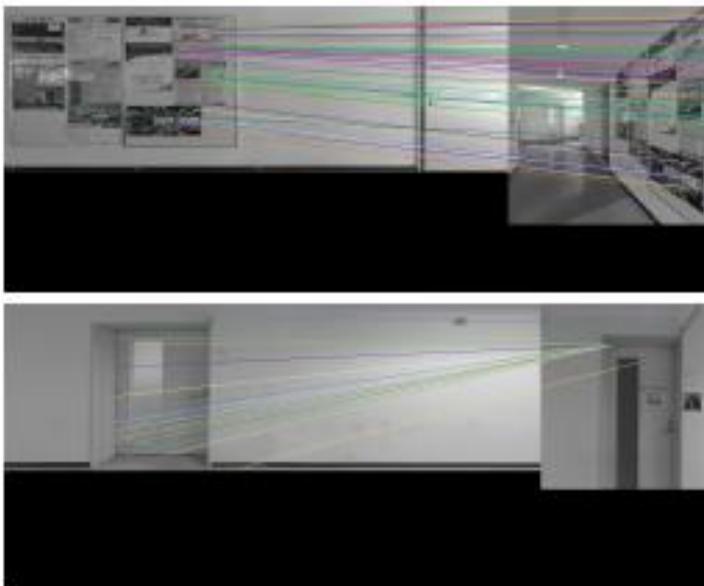


Fig5.SIFT,近傍探索使用結果

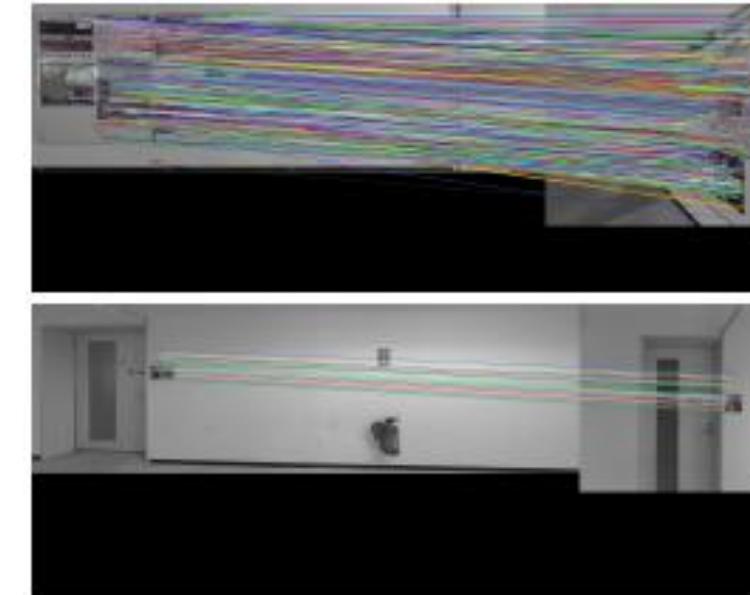


Fig6. SuperPoint, SuperGlue使用結果

- 学習ベースの手法は**特徴が乏しい画像**でもマッチングが安定

特徴点マッチングの結果を用いて自己位置推定を行う

アルゴリズム

1. 初回または一定期間自己位置推定に失敗した場合は全テクスチャ画像とマッチングを実施、2回目以降は前回推定位置の近傍テクスチャを使用
2. 入力画像とテクスチャ画像から特徴点を検出し、マッチングを実施
3. 誤マッチをLowe's Ratio test、RANSACにより除去
4. テクスチャUV座標とメッシュ頂点の世界座標から2D・3Dの基底ベクトルを生成 UV空間での係数を求め、同じ係数を3D基底に適用することで、テクスチャ上の2D座標を3D座標へ変換
5. 2D-3D点特徴を用いて、直行射影誤差の大域最適化により自己位置を推定
6. 幾何学的制約を用いて、天地反対解を除去
7. 前回推定位置との差が一定以下であれば、推定位置を更新



Fig7.右:学習ベース、左:一般手法
自己位置推定に成功したフレーム

- 自己位置を推定できたフレームは学習ベース手法が5倍程度多くなった。
- 計算時間は1フレーム当たり約0.3秒で、少し遅延がある。

動画上での道案内アイコンのAR表示



Fig7.動画上の道案内アイコンのAR表示結果

- 多くのフレームで自己位置を推定し、目的地までの矢印を描画できている。矢印の位置が大きくずれる箇所は誤マッチによるもので、極力減らしていく必要がある。

自己位置推定結果の活用①

自己位置推定結果の活用:iPadを用いたAR道案内システム

- 特徴点マッチング処理の遅延により、推定位置が実際の端末位置とずれてしまう。
- マッチング失敗で自己位置が更新されない場合がある。
↓
- センサ情報を併用することで、より安定した自己位置推定を実現

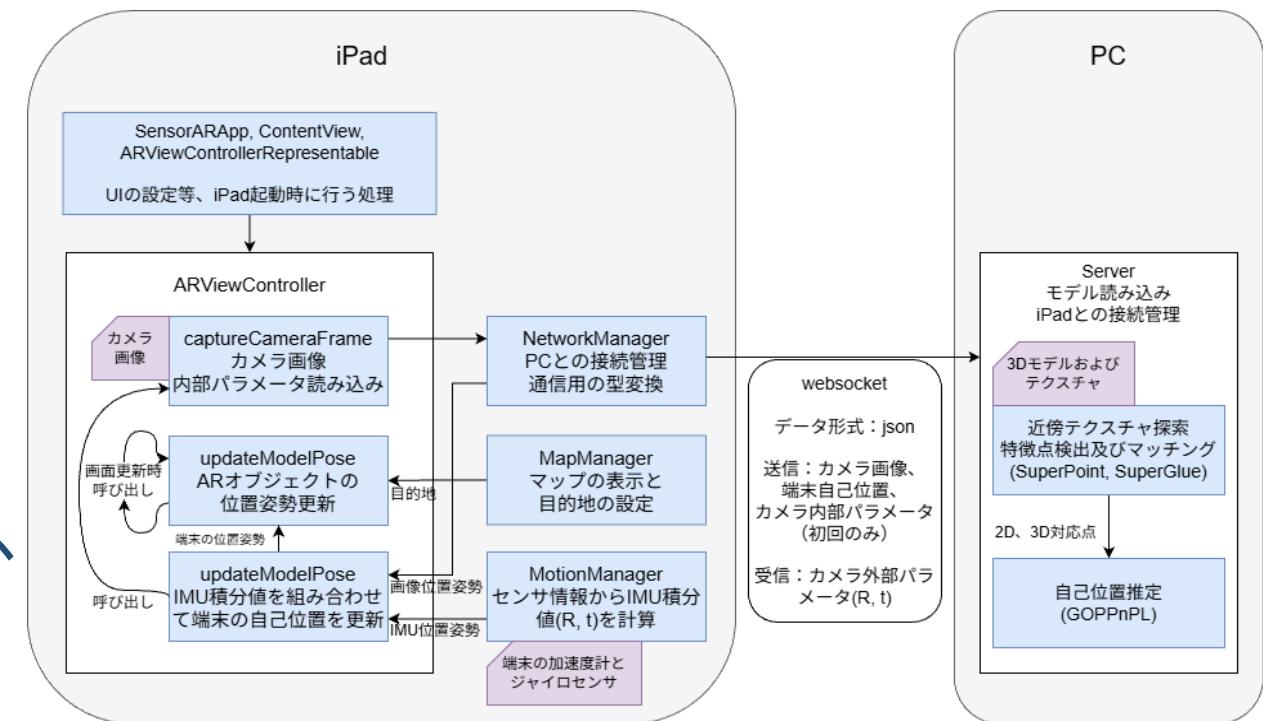


Fig8.iPadを用いたAR道案内システムの概要
(実装中)

進捗

提案手法を用いた道案内ARアプリケーションの実装を通じて、自己位置推定結果が実用的な精度で取得できることを確認した

今後の展望

- AR道案内システムの完成
→自己位置推定結果をセンサ情報で補正
- 簡易モデル生成の見直し
→画像撮影と対応付けが大変で、簡易とはいいがたい



Fig9.実装中の道案内アプリケーション