

[若手ITC技術者育成型11]

景観画像データベースを用いた ユビキタス端末の自己位置同定に 関する手法

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科
助教 佐藤 智和

携帯端末上でのヒューマンナビゲーション

GPSによって得られるユーザの位置
と目的地への方角を端末上に提示



GPS+2D地図による現状のナビの問題点

- ・ 2次元の地図による提示が直感的でない(わかりにくい)
- ・ GPSが利用できない地下や高層ビル街では利用できない
- ・ 真に位置に依存したサービスの提供には精度が足りない



拡張現実(実写+CG)による ヒューマンナビ(コンセプトビデオ)



利点: 目的地を直感的に把握可能(誰でも使える)

拡張現実による観光への応用



拡張現実における幾何位置あわせ



現実世界(実写)



仮想世界(CG)

実世界・仮想
世界の幾何
位置合わせ



拡張現実画像

高精度なカメラの位置・姿勢
情報が必要

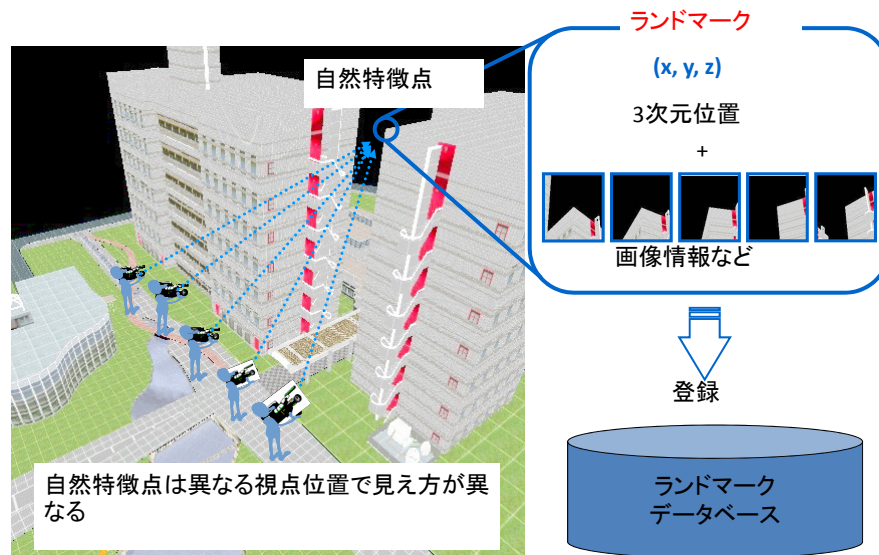
研究目的

GPS等により得られる誤差10m程度を含む端末の位置情報を初期値として、拡張現実によるナビゲーション等を実現可能な高精度な位置・姿勢推定を実現すること。

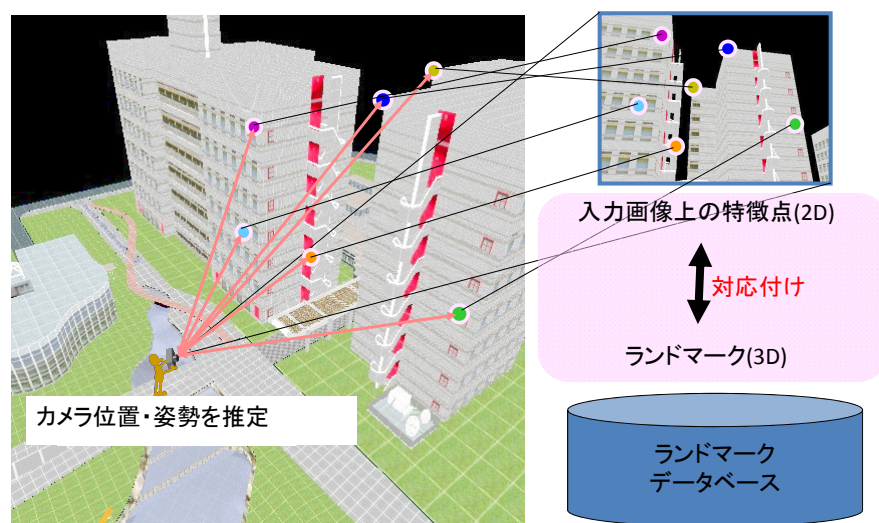
研究のアプローチ

- ・ 事前に全方位カメラで撮影された景観画像データベースを構築
- ・ 携帯電話のカメラ画像とデータベース中のランドマークを照合することでカメラ位置を推定

ランドマークデータベースとは



ランドマークデータベースを用いた カメラ位置・姿勢推定



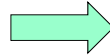
提案手法の流れ

ランドマークデータベースの構築(オフライン処理)



全方位動画の撮影

自然特徴点を検出
三次元位置を推定

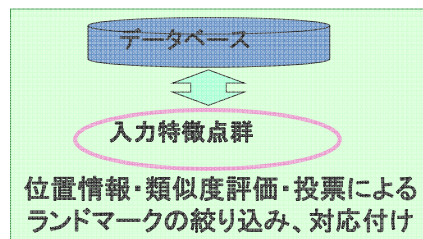


ランドマーク
データベース

ランドマークデータベースを用いたカメラ位置・姿勢推定 (オンライン処理)



- 入力画像
- GPS情報



カメラの
位置・姿勢

9

自然特徴点の三次元位置と 全方位カメラの位置を推定



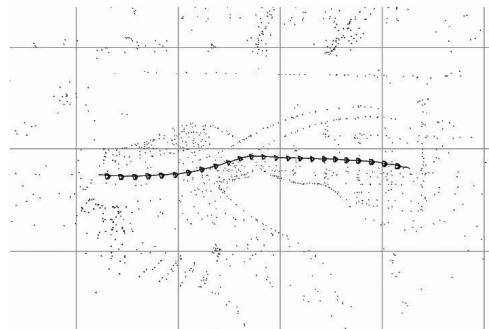
入力

- 全方位動画画像
- 基準マーカの三次元位置,
画像上の座標



出力

- 環境内の自然特徴点の
三次元位置, 画像上の座標
- 全方位動画画像のカメラパス



*佐藤ら: “複数動画からの全方位型マルチカメラシステムの位置・姿勢パラメータの推定”,
電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol. J88-D-II, No. 2, pp. 347-357, 2005.

提案手法の流れ



SCOPE事業における開発のポイント

- 効率的かつ高精度なランドマークの構築手法の開発
 - GPSとカメラの利用による広域環境の自動三次元復元手法の開発
- 高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発
 - 画像スケールの変化に対するランドマーク対応付けのロバスト性の向上
 - 信頼度の付与による誤推定発生率の低減
 - 特異なランドマークを用いた処理速度の高速化
- 一般の携帯電話で利用可能な試作システムの作成

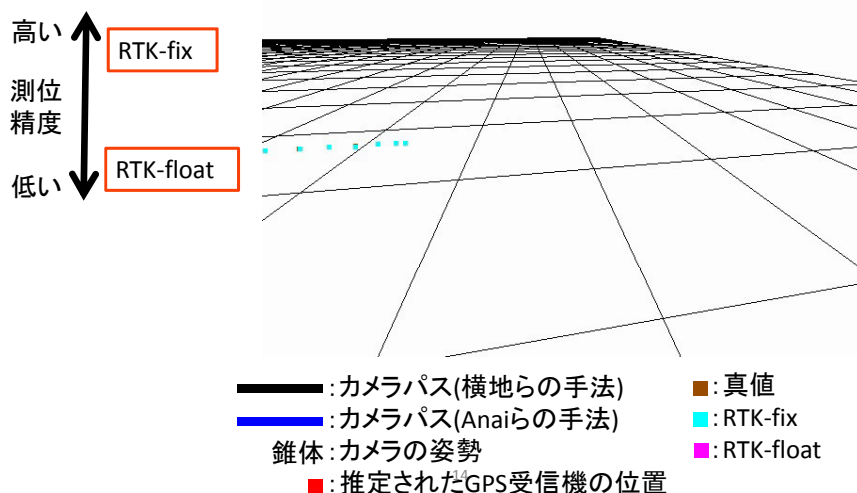
効率的かつ高精度なランドマークの構築手法の開発

- GPSとカメラの利用による広域環境の自動三次元復元手法の開発 -



ランドマークの構築を低コストで行うためには、GPSと動画像を融合的に用いた三次元復元手法の開発が必要となる。

GPSの測位誤差を平均値0の正規分布と仮定した場合の問題点

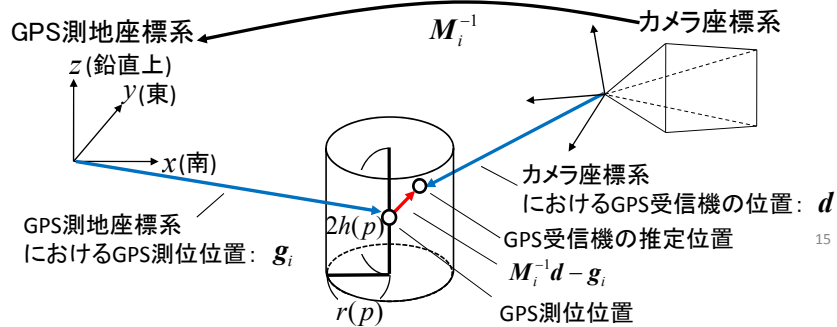


GPS測位位置に関する制約項の提案

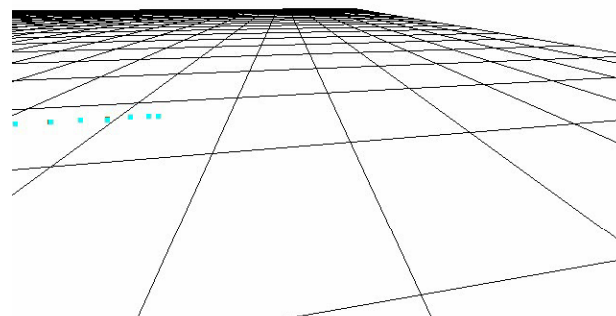
$$\Psi_i = \left(\frac{1}{r(p)} \sqrt{x_i^2 + y_i^2} \right)^{2n} + \left(\frac{1}{h(p)} z_i \right)^{2n} \quad \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{pmatrix} = M_i^{-1} d - g_i$$

n : 大きな自然数
 p : GPSの測位精度

Ψ_i $\begin{cases} \text{非常に大きい値: 円柱外} \\ 0 \text{に近い値: 円柱内} \end{cases}$ GPS受信機の推定位置を円柱内に制約



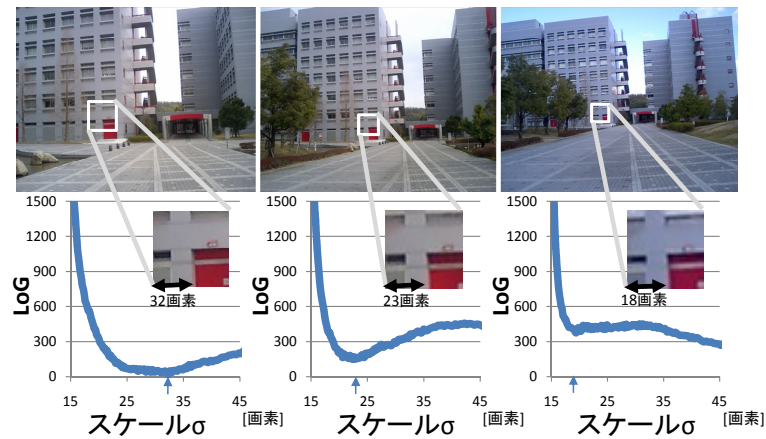
提案手法による推定の様子



- : カメラパス(提案手法)
- : カメラパス(Anaiらの手法)
- 錐体: カメラの姿勢
- : 推定されたGPS受信機の位置
- : 真値
- : RTK-fix
- : RTK-float

高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発
 - 画像スケールの変化に対するロバスト性の向上(1/2) -

Laplacian-of-Gaussian (LOG) は画像の局所構造に依存する



高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発
 - 画像スケールの変化に対するロバスト性の向上(2/2) -

対応済みの特徴点

データベースに保存されている
ランドマーク画像情報



入力画像中の特徴点



スケールから算出された
ランドマーク撮影候補点

データベース構築時カメラ位置

カメラ位置候補を決定

ランドマークから入力画像
撮影地点までの距離

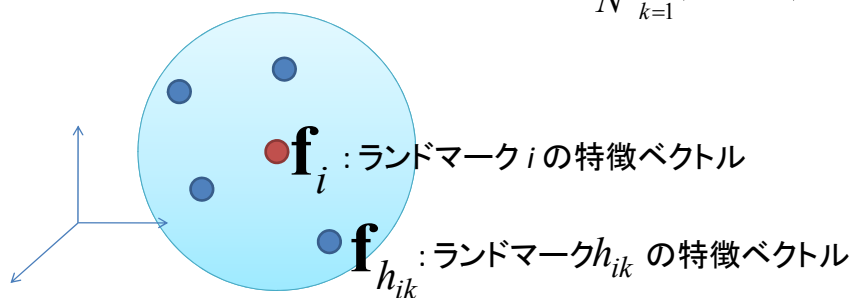
$$a = \frac{\beta}{\alpha} b$$

高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発
- 信頼度の付与による誤推定発生率の低減 -



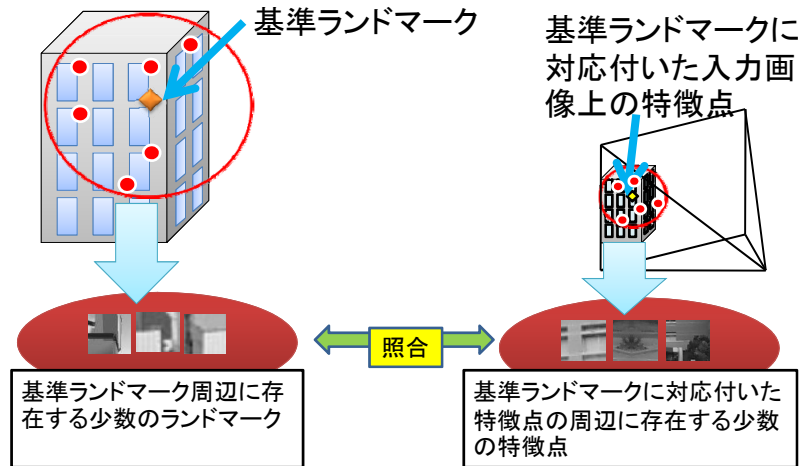
高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発
- 信頼度の付与による誤推定発生率の低減 -

ランドマーク i の特異度 $E_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |\mathbf{f}_i - \mathbf{f}_{h_{ik}}|$

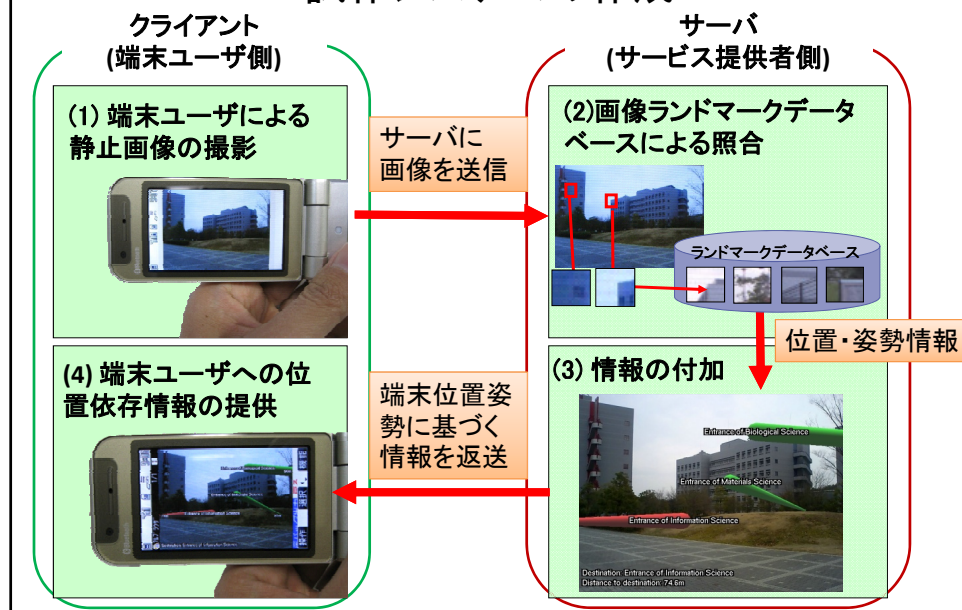


$\mathbf{h}_i = \{h_{i1}, \dots, h_{iN}\}$: ベクトル $\mathbf{f}_i$ に近い上位 N 個の特徴ベクトルのインデックス

高速かつ高精度なカメラ位置・姿勢推定手法の開発 - 特異なランドマークを用いた処理速度の高速化 -



一般の携帯電話で利用可能な 試作システムの作成



最終的なシステムの評価結果

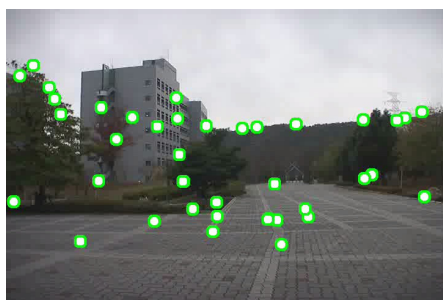
位置推定精度 70cm
(本研究開始時 1,200mm)

姿勢推定精度 0.7度
(本研究開始時 0.89度)

端末位置特定率 72%
(本研究開始時 60%)

処理時間 15秒
(本研究開始時 45秒)

動画像への応用(モバイル拡張現実)



検出されたランドマーク



拡張現実ナビゲーション

拡張現実によるカーナビゲーション



Computational cost: 59ms for 1 frame (17 fps)
(CPU: Core 2 Extreme 2.93GHz, Memory: 2GB)

まとめ

以下の研究課題を実施することにより、広域環境におけるカメラの位置・姿勢を可能とし、市販の携帯電話で実際に利用可能であることを実証した。

- GPSとカメラの利用による広域環境の自動三次元復元手法の開発
- 画像スケールの変化に対するランドマーク対応付けのロバスト性の向上
- 信頼度の付与による誤推定発生率の低減
- 特異なランドマークを用いた処理速度の高速化

実用化に向けた課題

- 大規模データベースの管理手法の開発、大規模環境での検証
- 景観の変化に対応したデータベースの更新手法の開発
- 推定失敗時におけるユーザ位置絞り込み手法の検討