

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月31日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700122

研究課題名（和文） トラッキングに使用する際の精度が保証された自然特徴点データベース構築手法の開発

研究課題名（英文） Development of a landmark database construction method with guaranteed tracking accuracy

研究代表者

石井 裕剛（ISHII HIROTAKE）

京都大学大学院エネルギー科学研究科・助教

研究者番号：00324674

研究成果の概要（和文）：

プラント保守・解体作業支援等、高信頼性が要求される状況で使用可能な自然特徴点使用の拡張現実感用トラッキングを実現するために、作業環境をスキャンして3次元点群モデルを高精度に構築する手法、3次元点群モデルを元に実カメラに近い映像を合成する手法、シミュレーションによりトラッキングの精度を高速に予測する手法を実現した。また、実現した手法でトラッキング精度を予測し実際の精度と比較する評価実験を行った。

研究成果の概要（英文）：

To realize a natural feature based Augmented Reality tracking method which is useful for reliability-critical work such as plant maintenance and decommissioning work support, methods for building accurate three dimensional point clouds by scanning work environment, creating realistic computer graphics with the point clouds, and predicting available area and accuracy of tracking were developed. Experimental evaluation was also conducted to compare the prediction result and real tracking accuracy.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、メディア情報学・データベース

キーワード：拡張現実感、トラッキング、精度予測、自然特徴

1. 研究開始当初の背景

近年、iPhone の様な携帯端末を用いて拡張現実感(Augmented Reality; AR)環境を実現する研究が盛んに行われている。AR 環境を実現するためには、ユーザの位置と方向をリ

アルタイムに計測するトラッキング技術が必須であるが、現在の携帯端末に搭載されている GPS(Global Positioning System)や電子コンパスを用いただけでは、多数並べられた機器の中から特定の機器の位置を指し示

す等の高精度なトラッキングが必要なアプリケーションは実現できない。

一方、携帯端末に搭載されているカメラを用いて、画像処理と幾何計算により、高精度なトラッキングを実現する手法も提案されているが、マーカを用いた手法では、ユーザが広い範囲を動き回る AR 環境を実現することが困難である為、近年は、自然特徴点を用いたトラッキング手法の研究が盛んに行われている。しかし、最近注目されている SLAM(Simultaneous Localization and Mapping)や PTAM(Parallel Tracking and Mapping)の様な、トラッキングの実行と同時に、カメラに新たに写った自然特徴点の 3 次元位置を推定することにより、トラッキングが可能な領域を拡張する手法は、過去のカメラの動き方によって、後のトラッキングの精度が変化するため、SLAM や PTAM の特性を理解していない不特定多数のユーザが使用するアプリケーションに採用することは難しい。

また、事前に精度が予測できないトラッキング手法は、間違った位置に情報を提示することにより、ユーザの誤った行動を誘発する可能性がある為、原子力発電プラントの保守・解体作業の様な確実な行動が要求される場面で採用することが難しいという問題があった。

2. 研究の目的

カメラと自然特徴点を利用しながらも、事前にその精度が予測でき、ユーザの過去の動きの影響が少ないトラッキング手法の実用化を最終目標とし、本研究では、トラッキングに使用する際の精度が保証された自然特徴点データベースの構築手法を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、トラッキングを実行する予定の環境の形状情報を色付き 3 次元モデルとして取得し、そのモデルを用いてシミュレーションによりトラッキングを仮想的に実行し、トラッキングが実行可能な領域とその精度を評価する。この方針で目的を達成する場合、如何に実際のカメラが取得するのと同様の画像をシミュレーションで描画するか、如何に膨大な数の評価点を効率的に処理するかが問題となる。そこで、本研究では、以下の順に研究開発を行う。

(1) 3 次元環境モデル構築システムの開発

レーザレンジファインダ、カメラ、電動雲台等を用いて、色付き 3 次元環境モデルを構築するシステムを開発する。これまで、全周レンジファインダと全周カメラを用いて色付き 3 次元環境モデルを構築するシステムは

研究・商用化されているが、これらの機器はサイズが大きくかつ非常に高価であるため、ここでは、一方向レンジファインダと一方向カメラを電動雲台で回転させることにより、比較的安価に全周の色付き 3 次元環境モデルを作成することを可能にする。また、複数箇所取得した 3 次元環境モデルを重複計測箇所を介して 1 つに結合させることも実現する。

(2) 色付き 3 次元環境モデルを用いた自然特徴点認識シミュレーション画像の生成

実際のカメラを用いてトラッキングを実施する際に認識される自然特徴点を予測するための画像を、(1)で取得した色付き 3 次元環境モデルを用いて生成する手法を開発する。ここでは実際のカメラを用いた場合と同じ自然特徴点が同等の安定性で認識される画像を生成することを目指すために、(1)で取得した 3 次元環境モデルを補間する手法を実現する。

(3) トラッキングが可能な空間領域とその領域内での精度の予測手法の開発

計算機シミュレーションにより、トラッキングが実施可能な空間領域とその領域内での精度を予測する手法を実現する。

具体的には、(a) 処理対象の空間内に等間隔で評価ポイントを設定する。(b) 各評価ポイントでのカメラの映像を(2)の手法を用いて生成し、自然特徴点を認識する。(c) (2)で抽出された自然特徴点を用いてトラッキングを行い、その精度を評価する。(d) 隣り合う評価ポイント間で共通で選択されている自然特徴点やトラッキング精度を調べ、評価ポイント間でトラッキング精度が大きく変化すると予測される場合は、その間に新たな評価ポイントを追加して(a)から(c)を繰り返す。

(4) 実現手法の評価

実現した手法を用いて予測されるトラッキングの精度と実際にトラッキングを行った結果の精度を比較することにより、実現手法を評価する。

4. 研究成果

(1)の 3 次元環境モデル構築システムに関しては、電動雲台、レーザレンジファインダ、カメラを用いて環境の 3 次元点群モデルと色情報を取得する手法を開発した。その際、プラント保守・解体作業の現場の様なシビアな環境でも高精度かつ詳細なモデルを取得可能にするために、計測機器をキャリブレーションする手法を新たに開発した。本キャリブレーション手法は、キャリブレーションボード等の特殊な器具を用いないで実行できる手法であり、キャリブレーションせずに計測

を実行して取得して得たデータのみを用いて自己キャリブレーションする手法である。これにより、機器の移動によりカメラやレーザレンジファインダ等の相対位置関係が頻繁に変化してしまうような厳しい環境でも、短時間で計測システムが使用可能になった。

(2)の自然特徴点認識シミュレーション画像の生成に関しては(1)のシステムを用いて得た3次元モデルの補間を行うアルゴリズムを開発した。本手法は、色付きの粗な点群モデルとカメラで得た多数の画像情報を用いて点群の間の領域を効率的に補間する手法であり、これにより、精度を予測したいトラッキング領域が、環境モデルが存在している領域に近いかつ計測位置から離れている様な場合でも、トラッキングの精度を予測できるようになった。本手法の効果を示す一例を図1から図3に示す。

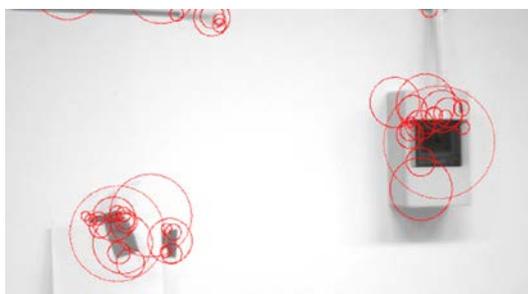


図1 実カメラ画像から認識

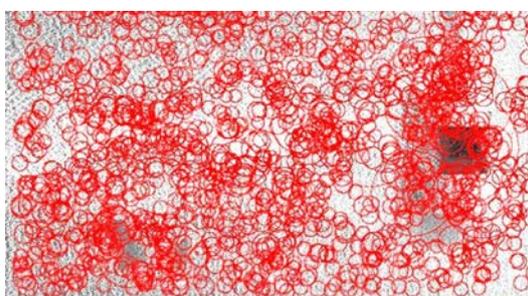


図2 補完なしの画像から認識

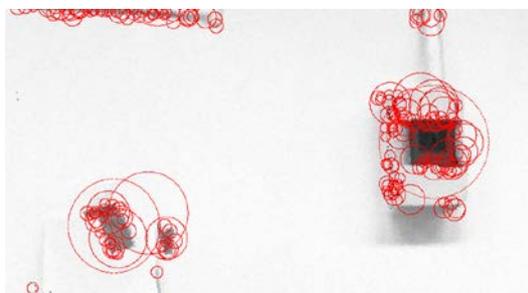


図3 補完ありの画像から認識

図1は実カメラから得られた画像に対してSURF特徴点認識を適用して得られた特徴

点の分布、図2は(1)のシステムを用いて得られた3次元環境モデルをそのまま用いてCG画像を生成し、その結果に対してSURF特徴点認識を適用して得られた特徴点の分布、図3は(1)のシステムを用いて得られた3次元環境モデルに補間アルゴリズムを適用し、その結果得られる3次元環境モデルを用いてCG画像を生成し、その結果に対してSURF特徴点認識を適用して得られた特徴点の分布である。補間後の画像の方が実カメラの画像に近い結果が得られていることが分かる。

(3)のトラッキングの精度予測の計算を高速化する手法としては、トラッキング精度の評価ポイントを粗なグリッドから密なグリッドへと効率的に精緻化していくことにより、計算に必要な時間を削減する手法を実現した。これにより、予測の精度は少し低下することになったが、約1.4倍の高速化を実現できた。

また、本研究で開発した精度予測手法の性能を評価するために、色付き点群を用いて予測したトラッキングの精度と実際のカメラを用いたトラッキングの精度を比較した。両者の相関は評価対象とした環境の条件によって異なるが、概ね0.5程度の値となった。レーザレンジファインダを用いて点群を取得する際、オクルージョンの影響で計測できていない箇所が仮想カメラの視野に入ると、その箇所が実際と異なるために相関を下げる原因となっていた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

- ① Weida Yan, Shuhei Aoyama, Hirotake Ishii, Hiroshi Shimoda et al., Development and Evaluation of a Temporary Placement and Conveyance Operation Simulation System Using Augmented Reality, Nuclear Engineering and Technology, 査読有, Vol. 44, No. 5, pp. 507-522, 2012. DOI: 10.5516/NET.09.2011.029

〔学会発表〕(計5件)

- ① 河村 尚寛, 顧 穎成, 石井 裕剛, 下田 宏, 拡張現実感用トラッキングのための自然特徴点自動計測手法, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2012, 2012年9月7日, 九州.
- ② Hirotake Ishii, Shuhei Aoyama, Yoshihito Ono, Weida Yan, Hiroshi Shimoda, Masanori Izumi, Spatial Clearance Verification using 3D Laser Range Scanner and Augmented Reality, 14th International Conference on Human-Computer Interaction, 2011年7

月 14 日, Orlando, Florida, USA.

- ③ 石井 裕剛, プラント保守・解体作業への AR/MR の応用, 動的画像処理実利用化ワークショップ, 2011 年 3 月 3 日, 四国大学交流プラザ.
- ④ Yoshihito Ono, Hirotake Ishii, Hiroshi Shimoda, Prediction Accuracy of Natural Feature-based Tracking Method, Augmented Reality Workshop, 2010 年 10 月 12 日, The Oslo School of Architecture and Design, Oslo, Norway.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 裕剛 (ISHII HIROTAKE)

京都大学大学院・エネルギー科学研究科・助教

研究者番号 : 00324674