

TrakMark のための仮想化現実モデルからの ビジュアルトラッキング用データセット生成ツールの試作

牧田 孝嗣[†] 石川 智也[†] 蔵田 武志[†]

[†] 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター 〒 305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1
E-mail: †{k.makita,tomoya-ishikawa,t.kurata}@aist.go.jp

あらまし TrakMark WG では、拡張現実感、複合現実感のトラッキング手法の評価方法、およびテストベッドの策定に関する活動が行われている。そこで本稿では、TrakMark WG における活動の一環として、ビジュアルトラッキング手法の評価に用いるデータセットを生成するツールを試作した結果について報告する。本ツールは、仮想化現実モデルを用いて生成した画像群、および特徴点群から成るデータセットを生成するものであり、ビジュアルトラッキングによるカメラの位置姿勢推定の効率的な評価、およびシミュレーションを可能とする。
キーワード ビジュアルトラッキング、拡張現実感、カメラ位置姿勢推定、シミュレーション

A prototype tool in TrakMark to generate data sets for visual tracking methods using virtualized reality models

Koji MAKITA[†], Tomoya ISHIKAWA[†], and Takeshi KURATA[†]

[†] Center for Service Research, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Umezono 1-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568 Japan
E-mail: †{k.makita,tomoya-ishikawa,t.kurata}@aist.go.jp

Abstract In TrakMark WG, a benchmark test that permits objective and accurate evaluation of the tracking methods has created. In this paper, a prototype tool to generate data sets for evaluating visual tracking methods is shown. A aim of this tool is to generate data sets that include images of virtualized reality models and interest points. This data sets contribute to evaluation and simulation of various methods of extrinsic camera parameter estimation.

Key words Visual tracking, Augmented reality, Extrinsic camera parameter estimation, Simulation

1. はじめに

日本バーチャルリアリティ学会複合現実感研究委員会内に設けられたワーキンググループ：TrakMark WG では、拡張現実感、複合現実感のトラッキング手法の評価方法、およびテストベッドの策定に関する様々な活動が行われており、TrakMark とは、策定する評価方法のことを指す [1]。

これまでに、用途に応じて様々な実環境のモデリング手法が研究されている中で、我々はサービス工学の枠組みにおいて、比較的低コスト、かつ短い計測時間で導入が可能なモデリング手法 [2] を構築し、様々なサービス現場における仮想化現実環境モデルを作成してきた。一旦モデルを構築すると、モデルとカメラパスを組み合わせることで、様々な画像シーケンスが生成できる。

そこで我々は、TrakMarkWG の活動の一環として、並進

や見回しなどの、単純なカメラパスを手動で作成して 3 次元モデルに適用することで、カメラパラメータが既知の画像シーケンスを作成してきた。本シーケンスは、カメラの外部パラメータ推定手法の効率的な研究開発、およびベンチマークに寄与するものである。本シーケンスは、3 次元モデルから生成された画像、および各画像に対応するカメラの外部パラメータから成るものであるが、実際にビジュアルトラッキングによってカメラの外部パラメータを推定する場合、多くの手法では、特徴点やエッジなどの検出および対応付けが利用されている。したがって、特徴点やエッジの位置情報を我々のシーケンスに追加することで、より有用なシーケンスを生成することが出来る。

そこで本稿では、生成画像とカメラパラメータに、特徴点の位置情報を付与したデータセットを生成するツールを試作した結果について報告する。

2. データセット生成ツールの設計

2.1 機構の準備

想定するデータセットは、生成画像群、および各種正解値（カメラの内部パラメータ（カメラの個体、及び設定に依存する値）、外部パラメータ（モデル座標系における位置と向き）、生成画像上における特徴点の追跡結果）からなる。図1に示すように、カメラのパラメータ、生成画像、特徴点の追跡結果は、時刻に依存したデータであり、各データは時刻同期されている。これを踏まえ、データセットの生成ツールを構築するために、以下の機構を準備する。

- (1) 仮想化現実環境モデルを描画する機構
- (2) カメラパスを設定する機構
- (3) 特徴点群を生成する機構
- (4) 生成したデータセットを保存する機構

以下では、カメラパスを設定する機構、特徴点群を生成する機構、についてそれぞれ議論する。

2.2 カメラパスを設定する機構

手動で全てのフレームのカメラパラメータを設定してカメラパスを生成する作業は、非常に時間がかかる。そこで本ツールでは、モデル空間内に離散的にカメラパラメータを設定することで、設定したカメラパラメータ間のデータが自動的に補完される半自動のパス設定手法を実装する。

2.3 特徴点群を生成する機構

手動で特徴点を作成する場合、意図した場所に存在する点をデータに追加できるという利点があるが、大量のデータを作成するには時間がかかる。一方で、自動作成を行う機能を作ることで、大量の特徴点データを短時間で生成できる。そこで本ツールでは、手動による特徴点の追加・削除機能、および自動的に特徴点群を生成する機能を両方実装する。なお、自動的に特徴点群を生成する機能については、ベンチマークへの有用性を考慮して、以下の2種類の機能を用意する。

A: 連続的に検出できる特徴点群を生成する機能

B: 多くのフレームで検出できる特徴点群を生成する機能

以下では、各々の機能についてそれぞれ述べる。

A: 連続的に検出できる特徴点群を生成する機能

本機能では、ユーザが設定したカメラパスを基に、連続したフレームから検出が出来る特徴点を自動で選択し、先頭フレームから逐次的に特徴点群を生成する。ただし、本機能を用いる際には、検出したい特徴点の個数の上限 N_{max} 、及び下限 N_{min} をパラメータとしてユーザが事前設定するものとする。以下に、本機能で特徴点群を生成する際の処理手順を示す。

手順1: 特徴点の検出と追跡

本手順でははじめに、先頭フレームにおいて、2次元画像処理により N_{max} 個の特徴点を検出する。次に、検出した特徴点の、モデル座標系における3次元位置を計算して保存する。最後に、検出した特徴点が、次以降のフレームにおいて投影される位置の2次元座標を計算して保存する。

手順2: 同一特徴点の検出検証

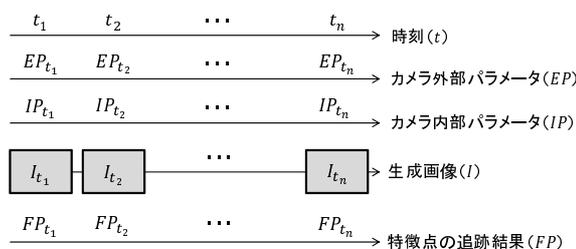


図1 データセットの概要

本手順では、3次元位置が既知の特徴点が、次以降のどのフレームにおいて検出できるかを調べる。はじめに、次以降のフレームにおいて、2次元画像処理により特徴点を検出する。次に、3次元位置が既知の特徴点が投影される位置（2次元座標）から一定距離以内に特徴点が発見されている場合には、同一の特徴点が検出されたものとみなす。この作業を各フレームにおいて行い、3次元位置が既知の特徴点に対して、次以降のフレームにおける検出の可否を調べる。

手順3: 特徴点の選択

本手順では、3次元位置が既知の特徴点群から、データセットとして保存する特徴点を選択する。はじめに、手順2の結果を用いて、3次元位置が既知の各特徴点が、次以降のフレームで検出される回数を計算する。次に、検出される回数を基に、各特徴点のソートを行う。最後に、ユーザが事前設定した特徴点の個数を参照し、検出される回数が多い順に N_{min} 個以上 N_{max} 個以下の特徴点をデータセットに保存する。ただし、フレームが進むに従って、画像に写る特徴点の個数が減少する可能性がある。そこで、本手順の終了後、 N_{min} 個の特徴点が確保できる場合には、1フレーム進めて手順2に戻る。一方、 N_{min} 個の特徴点が確保できない場合には、手順4に進む。

手順4: 特徴点の補充

本手順では、当該フレームにおいて手順1と同様の処理を行い、特徴点の個数が N_{max} 個になるまで3次元位置が既知の特徴点を追加する。

B: 多くのフレームで検出できる特徴点群を生成する機能

本機能では、設定したカメラパスを基に、全フレームを通じて検出可能な回数の多い特徴点を自動で選択して特徴点群を生成する。以下に、本機能で特徴点群を生成する際の処理手順を示す。

手順1: 特徴点検出と3次元座標の算出

本手順では、はじめに、全てのフレームにおいて独立に特徴点の検出を行う。さらに、検出した各特徴点の、モデル座標系における3次元位置を計算して保存する。

手順2: 特徴点の統合

手順1において検出された特徴点は、特徴点の検出方法や、モデルの面とカメラの向きの相対関係に依存して、同一の点であっても3次元座標に小さな誤差が生じる。そこで本手順では、手順1において検出された特徴点を、モデル座標空間においてクラスタリングすることで、特徴点の統合を行う。本処理により、本来は1つである点がフレーム間で多数

の特徴点にばらつく現象を抑制できる。また、少量のフレームでしか検出されないような、孤立した点を除去できる。

手順 3：特徴点の 2 次元座標の算出

本手順では、はじめに、手順 2 でクラスタリングされた結果を基に、各クラスタ平均に最も近い位置にある点を代表点として選び、特徴点群データとする。次に、全てのフレームにおいて、各特徴点が投影される位置の 2 次元座標を算出し、データセットを生成する。

3. プロトタイプツール

本節では、前節で述べた設計に基づいて試作したデータセット生成ツールについて述べる。本ツールでは、3 次元モデルを選択して読み込むことでモデルが表示され、モデルを見まわしながらカメラパスの設定、および特徴点群の生成ができる。以下に、各手順における作業内容について説明する。

3.1 利用するモデルの選択

ツールを起動すると、初期画面が現れる。この画面にモデルファイルドラッグ&ドロップし、Load ボタンを押すことで選択したモデルファイルが読み込まれる。

3.2 カメラパスの作成

続いて、モデルの見直しを行いながら、カメラパスの作成を行う。本ツールでは、1 つのインジケータは 1 つのカメラパラメータに対応しており、インジケータを複数設置することで、インジケータ間のカメラパラメータが線形補完されてカメラパスが生成される機能を実装している。インジケータの設置は、インジケータ編集モードと、プレビューモードを併用して行う。まずインジケータ編集モードでは、ユーザは、視点を自由に動かしながらインジケータを配置する。図 2 に、インジケータ編集モードのスクリーンショットを示す。また、以下に今回実装したインジケータの編集機能を示す。

- ・インジケータの yaw 角の調整：
マウスホイールの回転により、インジケータの yaw 角を調整できる。yaw 角は、インジケータ内の直線で示される。
- ・インジケータの pitch 角の調整：
Shift キーを押しながらマウスホイールの回転により、インジケータの pitch 角を調整できる。
- ・インジケータの設置：
マウスの左ダブルクリックにより、マウスカーソルの位置にインジケータを 1 つ設置できる。
- ・インジケータの削除：
マウスの右ダブルクリックにより、最後に設置したインジケータを削除できる。
- ・カメラの移動速度の調整：
Ctrl キーを押しながらマウスホイールを回転させることで、インジケータ間のカメラの移動速度を調整できる。
- ・インジケータの選択：
Ctrl キーを押しながら設置済みのインジケータを右クリックすることで、クリックしたインジケータを選択でき、インジケータの再編集ができる。

インジケータの編集モードでは、随時プレビューモードが利用可

インジケータ

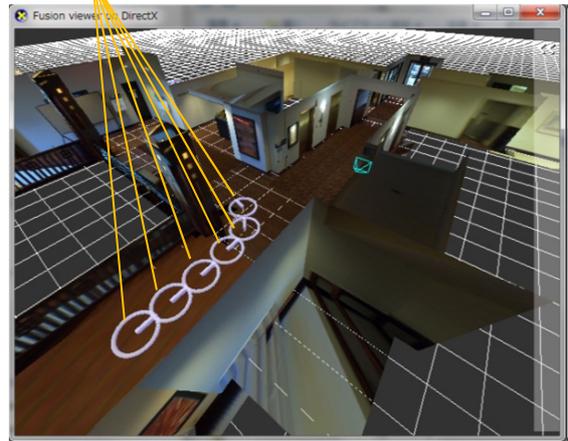


図 2 インジケータ編集モード

能である。図 3 に、プレビューモードのスクリーンショットを示す。プレビューモードでは、作成したカメラパス上から見える画像群を確認することができる。この機能を用いる事で、生成される画像を確認しながら、インジケータの編集が出来る。

3.3 特徴点群の生成

続いて、特徴点群の生成を行う。特徴点群の生成は、カメラパスを作成した状態でプレビューモードを用いて行う。本ツールでは、特徴点の検出には SURF 特徴を用い、手動生成モード、及び 2.2 節で述べた 2 種類の自動作成モードを実装している。以下、各々のモードを用いて特徴点群を生成する手順について述べる。

3.3.1 手動作成モード

手動作成モードでは、ツールのユーザがプレビューモードを見ながら特徴点群の作成を行う。図 4 に、手動作成モードの様子を示す。画像の選択は、Play ボタン（再生開始）、Stop ボタン（画像の再生の一時停止）、戻るボタン（1 フレーム前の画像に戻る）、進むボタン（1 フレーム後の画像に進む）、を用いて行う。また、PREVIEW ボタン、EXTRACT ボタン、を用いて特徴点群の作成を行う。PREVIEW ボタンを押すと、現在のフレームから特徴点の候補が自動抽出される。抽出された特徴点の候補は、画像上に丸印で表示される。次に、1 つの丸印を左ダブルクリックで選択することで、選択した丸印で示された特徴点がデータセットに保存される。選択した特徴点は、当該フレーム以降においても画像に投影した際の 2 次元座標が計算され、その 2 次元データもデータセットに保存される。また、データセットに追加済みの特徴点については、丸印を Ctrl キーを押しながら右ダブルクリックすることで、データセットから削除できる。PREVIEW ボタンによって検出されない特徴点を追加したい場合には、Ctrl キーを押しながら左ダブルクリックすることで、モデル面上の任意の位置に点を追加できる。以上の作業を繰り返すことで、特徴点群を作成する。

3.3.2 自動作成モード

自動作成モードでは、設定されたカメラパスに対して、ポ

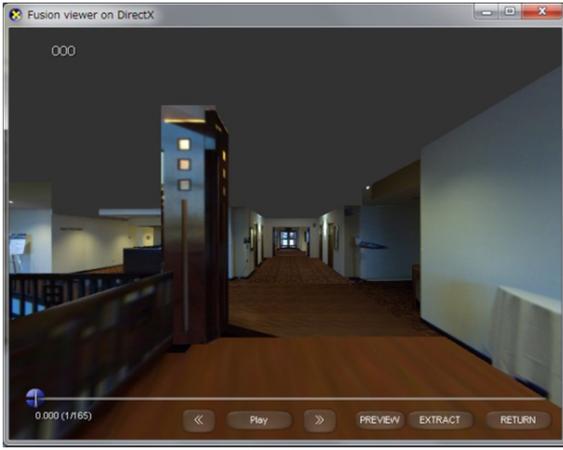


図 3 プレビューモード

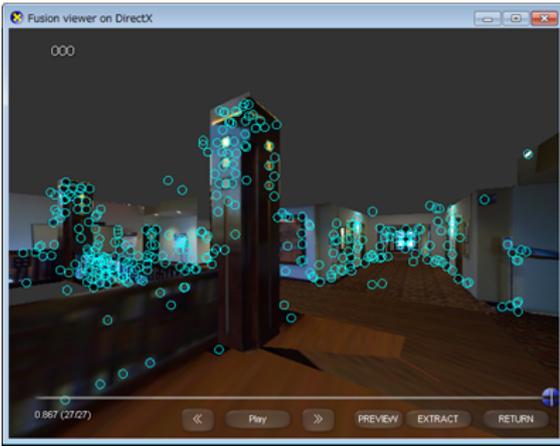


図 4 手動作成モード

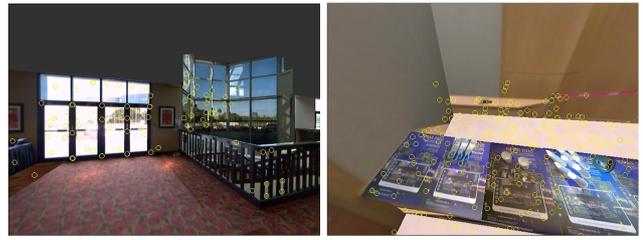
タンを押すのみで、特徴点群のデータが自動生成される。自動作成には、2.2 節で述べた 2 種の方法が実装されており、それぞれ対応するボタンを押すと、特徴点群のデータが自動生成される。なお、今回の実装では、機能 A については特徴点数の上限 N_{max} を 120、下限 N_{min} を 80 とした。また、機能 B については、クラスタリングには手法 [3] を用いた。

3.4 データセットの保存

最後に、設定したカメラパス、および特徴点群から、データセットを保存する。本ツールでは、生成画像群の保存機能、および生成画像群を 1 つのビデオとして保存する機能を実装した。また、画像、ビデオともに、データセットに含まれる特徴点の位置を丸印で重畳表示して保存する機能も実装している。

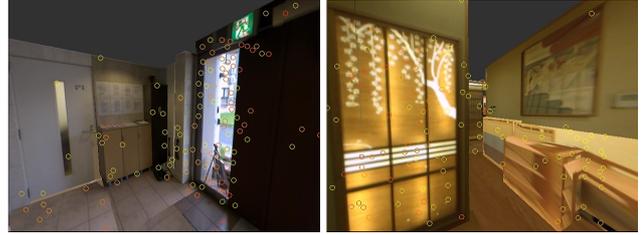
4. 現在のコンテンツの状況

本ツールを用いて作成したデータセットは、既に TrakMark の WEB サイト [4] にて公開されている。2011 年 9 月 13 日現在、図 5 に示した 4 種類のモデル（国際会議の会場、トラッキングコンペティションの会場、老人ホーム、日本食レストラン）を用いて作成したデータが公開されているので、本稿と合わせて参照されたい。また、今後は追加コンテンツとして、データセット生成の際に用いた 3 次元モデルのデータも合わせて公開していく予定である。



(a)国際会議会場

(b)トラッキングコンペティション会場



(c)老人ホーム

(d)日本食レストラン

図 5 公開データの例

5. まとめ

本稿では、我々がこれまでに作成してきた仮想化現実環境モデルに特徴点のデータセットを追加するツールに関して報告した。また、現在までに作成しているツール、およびツールを用いて生成したデータセットについて報告した。

最後に、本研究の今後の課題について以下に述べる。

- 特徴検出手法の改良

エッジ検出などの機能を追加することで、より多くの手法へのベンチマークに対応できる。また、現在は、作成された特徴点群に空間的の偏りがあるため、今後、2 次元画像上、および 3 次元空間的に、偏りを軽減する手法を導入する。

- 自然なカメラパスの設定

現状の機能では、歩行者が移動する際の動きに対して違和感のないウォークスルーパスを設定することが困難である。そこで今後は、設定したウォークスルーパスに対して、歩行者が装着したウェアラブル型のカメラを想定した揺れ（比較的大きな揺れ）、および歩行者が手に保持した小型カメラを想定した揺れ（比較的小さな揺れ）を再現する機能を追加する予定である。

謝辞

本研究は、JST 戦略的国際科学技術協力推進事業（研究交流型）「日本 フランス（ANR）研究交流」として実施されました。

文 献

- [1] 柴田史久, 池田聖, 蔵田武志: TrakMark WG 活動報告 - AR/MR 位置合わせ&トラッキング手法の評価方法策定, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol.15, No.2, pp. 107-111, 2010.
- [2] T. Ishikawa, K. Thangamani, M. Kouroggi, A. P. Gee, W. Mayol, K. Jung, and T. Kurata: In-Situ 3D Indoor Modeler with a Camera and Self-Contained Sensors, Proc. HCI2009, LNCS 5622, pp. 454-464, 2009.
- [3] M. Ester, H. P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu: A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial database with noise, Proc. 2nd Conf. on Knowledge Discovery in Databases and Data Mining (KDD-96), 1996.
- [4] TrakMark WEB サイト
<http://trakmark.net/>