

S3D 化に伴う MR-PreViz システムの機能拡張と性能向上 (1) —ステレオ視拘束を積極利用したカメラ位置姿勢決定法—

森 尚平 豊原 由規 一刈 良介 柴田 史久 木村 朝子 田村 秀行

立命館大学 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

E-mail: mori@rm.is.ritsumeai.ac.jp

あらまし 複合現実感技術を用いてステレオスコーピック 3D (S3D) 映画制作を支援する S3D MR-PreViz の研究では, ランドマーク DB に基づくステレオカメラを用いたカメラ位置姿勢決定法の開発に着手している. 本稿では, 基線長と輻輳角を調整可能なステレオカメラのエピポーラ拘束を利用して DB の高精度化を図り, 結果として, カメラ位置姿勢推定精度の向上と利用場面の拡大を図る. 本手法では, ステレオカメラのエピポーラ拘束を利用した特徴点の3次元位置推定を行い, その推定値と暫定的なカメラ位置姿勢を利用して特徴点追跡を行うよう, 従来手法を拡張した. つまり, 特徴点群とステレオカメラとの3次元的位置関係を考慮することで, 従来手法と比較して, よりロバストな特徴点追跡を可能にした. また, 本手法の実用上の有効性に関して実験し, 考察した.

キーワード 複合現実感, カメラトラッキング, 3次元復元, 両眼立体視

S3D Extension and Performance Improvement of MR-PreViz System (1) --- Active Use of Epipolar Constraint for Camera Tracking Method ---

Shohei MORI, Yuki TOYOHARA, Ryosuke ICHIKARI,
Fumihisa SHIBATA, Asako KIMURA, and Hideyuki TAMURA

Ritsumeikan University, 1-1-1 Nojihigashi, Kusatsu, Shiga, 525-8577, Japan

E-mail: mori@rm.is.ritsumeai.ac.jp

Abstract S3D MR-PreViz, which supports stereoscopic 3D (S3D) filmmaking using mixed reality (MR) technologies, introduces a camera tracking method based on landmark DB (LMDB). This paper proposes a method of LMDB construction using a stereo rig, which is a stereo camera used in S3D filmmaking. The stereo rig is used for estimating 3D positions of feature points using epipolar constraint of the cameras in the rig. Therefore, the method could utilize the estimated 3D positions and temporarily estimated camera pose and position for estimating next position of each feature point in the current frame. This extension made it possible to robustly track feature points compared to the conventional method. Finally, some experimental results were shown in order to confirm and discuss convenience of use and performance improvement.

Keyword Mixed Reality, Camera Tracking, 3D Reconstruction, Stereoscropy

1. はじめに

我々は, 複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術を映画制作の PreViz (Pre-Visualizayion) に活用する MR-PreViz 技術の研究プロジェクトを推進してきた [1]. MR-PreViz システムは, 対象シーンやカメラワークに合理的な制約を与えられる場合には, 十分実用に耐える水準に達し, 既に劇場公開映画の制作にも貢献している. 数年前からの 3D 映画ブームの中で, 映画制作業界からは, MR-PreViz の Stereoscopic 3D (S3D) 対応を求める声が強くなってきた. その期待に応えるべく, 我々は 2 台のカメラを固定し, 両眼立

体視の基線長 (ベースライン) を変更できるステレオリグ (図 1) を導入したシステムの開発を行った [2].

この S3D MR-PreViz システムの開発では, 実用性のある機器構成であることを最重要視し, まずハードウェア面での拡張を行った. 本システムの利用により, 3D 映画の立体感をどう演出するか, 撮影現場で基線長や CG キャラクタの動きを変えながら, 3D 映像を MR-PreViz することが可能となった.

これに成功したので, 次なる展開としては, S3D 化に伴うソフトウェア面での充実に挑戦する. その第 1 弾として, MR-PreViz の最大の技術課題であるキャメ



図1 S3D映画撮影用ステレオリグ
(左：ビームスプリッタリグ，右：平行リグ)

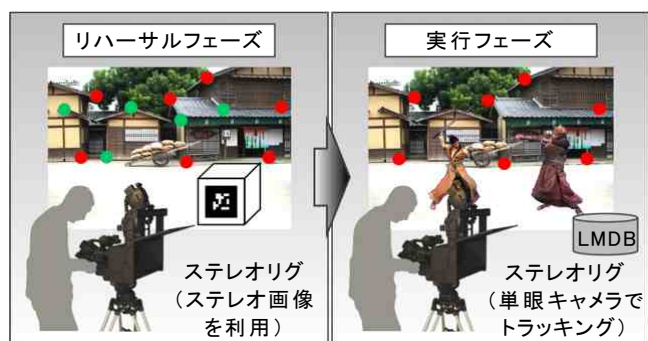


図2 提案手法での
リハーサルフェーズと実行フェーズ

ラ位置姿勢の決定法の改善に取り組む。単眼でのMR-PreVizに採用している方法[3]自体も、日々その適用範囲の拡大や高精度化を図っているが[4][5]、本稿で述べるのは、2台のカメラによるステレオ視であるという条件を積極的に用いる方法である。以下、2章では既存手法の問題点を、3章ではその解決策として提案手法を、4章では提案手法の実用性と考察について述べる。

2. S3D撮影の意義と従来手法の問題点

これまで我々が採用してきたのは、対象シーンの自然特徴点の集合(ランドマークデータベース; LMDB)を事前に取得し、これをMR-PreViz撮影の実行時に利用するRPM(Rehearsal Path Method)である(図2)。RPMを含め、単眼でのマーカレス・トラッキング法では、静止したシーンに対して単眼カメラを移動させることで、2点間のカメラのエピポーラ幾何と特徴点群の位置を推定する方法が主流である。つまり、時間軸方向でのステレオ視を実現することで、仮想的なマルチベースラインステレオ法を実現していると解釈できる。

この種の手法は、HMDのようにベースラインが固定のステレオカメラを利用する手法[6]と比べ、広範囲かつロバストなトラッキングを可能にする。これは、位置合わせが精度よく行われている限り、ベースラインを長く設定できたり、仮想カメラを任意の数だけ設定できたりという利点があるからである。しかしながら、カメラから対象とするシーンまでの距離がステレ

オ視するに十分である場合、当然のことながら、厳密にキャリブレーションされたステレオカメラを利用の方が有利である。S3D撮影が前提である我々は、この特長を積極的に利用する。

MR-PreVizとS3D MR-PreVizでは、RPMにおけるリハーサルフェーズの失敗、即ちLMDB構築のやり直しが発生する場合がある。LMDB構築では、想定される撮影のパスを一度シーケンスに収める必要がある。そのため、やり直しは撮影の事前準備の遅延へとつながり、作業の非効率化を招くため、解消すべき問題の一つである。従来のRPMでのLMDB構築失敗に関わる原因として以下の2つが挙げられる。

(1) 前処理でのエピポーラ幾何推定の失敗

LMDB構築は前処理、順次処理、後処理の3段階に分かれている。前処理では、平行移動した単眼カメラの2点間のエピポーラ幾何を、8点アルゴリズム[7]を用いて推定する。これは、順次処理でPnPを解く事でカメラ位置姿勢推定を逐次的に行ったり、新たに検出された特徴点を求めたカメラ位置姿勢からマッピングしたりするための基準となる特徴点群(基準点群)をマッピングするためである。即ち、基準点群の推定精度は後の処理に大きく影響を及ぼすため、カメラを上手く平行移動できなかった場合、最終的にLMDBの再構築を余儀なくされる可能性がある。

(2) 平行移動と平面の背景が前提の特徴点追跡

従来のRPMでは、フレーム間の特徴点群の移動量を角度別にヒストグラムに投票することで全体のフローを求めるドミナントフロー[8]と前フレームから現フレームへの平面射影変換による2つの予測方法で現フレームでの各特徴点の位置を推定している。実用上問題ない場合も多いが、原理的には、パン・チルト等の動きやシーンの立体構造が奥行きに富んでいる場合に特徴点追跡の失敗と誤追跡の原因となり得る。

3. 提案手法

2章で述べた、原因1と原因2に対する解決策として、本論文では、S3D映画撮影用のステレオリグを利用する手法について述べる。具体的には、基線長と輻輳角を任意に設定可能なステレオリグの特徴を活かして、各撮影シーンに対して有効なステレオ視を行う事で、特徴点群の3次元位置を推定する。また、暫定的に推定したカメラ位置姿勢と推定した特徴点の3次元位置を用いて現フレームでのその位置を予測することで、従来手法では追跡できなかった特徴点を追跡する。

3.1. カメラモデルとアルゴリズムの概要

本手法のLMDB構築では、ステレオリグを利用する。今回、利用するステレオリグには2種類が存在する(図1)。原理的には、いずれも映画撮影用カメラ

が左右に並んでいることには変わりないが、それぞれの基線長と輻輳角に以下のような制約がある。

[平行リグ] 基線長：100 – 400 mm，輻輳角：±3°

[ビームスプリッタリグ] 基線長：0 – 120 mm（実質 0 – 100 mm），輻輳角：±3°

尚，ビームスプリッタリグでは，基線長を広げすぎるとハーフミラーを固定する箱が画面に映ってしまうため，実質 100 mm までの基線長が設定可能である。

S3D MR-PreViz の LMDB 構築における基線長と輻輳角の変更は，両眼立体視のための視差調節のフェーズの前に行う事前準備に当たるため，撮影結果の両眼立体視に影響を及ぼさない。そのため，基線長と輻輳角に関して以下のような前提条件を置く。

[前提条件 1] シーンによって基線長を変更可能

[前提条件 2] 輻輳角は 0°に設定可能

この条件で設定するカメラモデルを図 3 に示す。事前のキャリブレーションにより，ステレオ画像を平行化すると，以下の式により特徴点の 3 次元位置を算出できる。

$$\begin{bmatrix} X & Y & Z \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \frac{B}{d}x_L & \frac{B}{d}y_L & \frac{B}{d}f \end{bmatrix}^T \quad (1)$$

ただし， $d (= x_L - x_R)$ は視差であり， B は基線長， f は焦点距離でキャリブレーションにより既知である。本手法ではこのカメラモデルにおいて左カメラからの画像（左画像）での LMDB 構築を，右カメラからの画像（右画像）の情報と事前にキャリブレーションと平行化されたカメラ間のエピポーラ拘束を利用して LMDB 構築を行うことで，2 章で述べた原因 1 と原因 2 の解決を図る。

具体的には，「方法 1：前処理におけるステレオリグのエピポーラ拘束とサブピクセル精度でのマッチングを利用した基準点群の 3 次元位置推定によるやり直し作業負担の軽減」「方法 2：順次処理における暫定的に推定されたカメラ位置姿勢と特徴点の 3 次元位置を利用した特徴点の再追跡」を行う。それぞれを 3.2 節，3.3 節にて詳述する。また，図 4 に提案手法のアルゴリズムのフロー図を示す。以降はこのフロー図の流れに則って各処理について詳述する。

3.2. 前処理

前処理では，ステレオリグのエピポーラ拘束を利用して基準点群の 3 次元位置を推定する。以下は各処理の詳細である。

(A-1) LMDB 構築のために撮影したステレオの連番画像を全て平行化する。

(A-2) 上記の連番画像に対して各フレーム間でのドミナントフローを算出する。

(A-3) 以降の順次処理にてステレオリグの位置姿勢を推定するための基準点群の 3 次元位置を推定する。こ

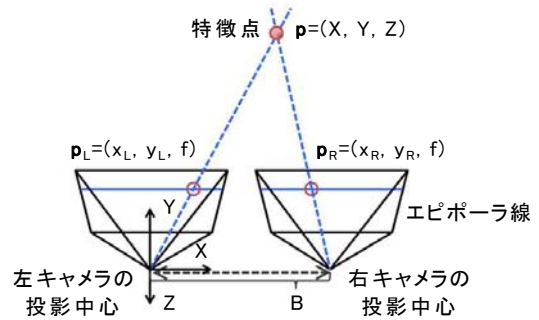


図 3 ステレオリグのカメラモデル

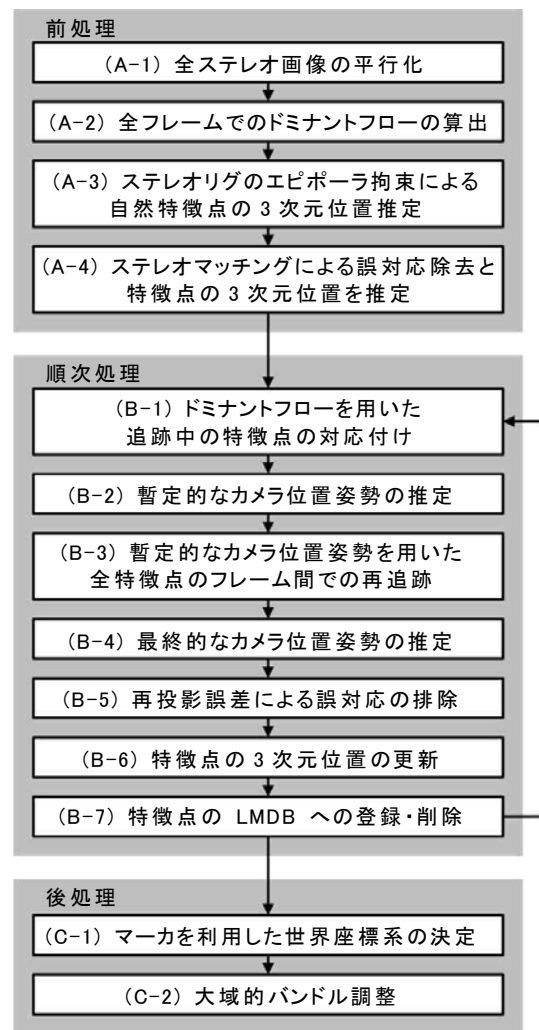


図 4 ステレオリグを利用した特徴点の 3 次元位置推定アルゴリズム

れは，前述の方法 1 に当たる。

まず，初期フレーム（時間： $t = 0$ ）の左画像にて Harris オペレータ [9] により特徴点の 2 次元位置 (x_H, y_H) を取得する。次に，それらの対応点 (x_C, y_C) を右画像にて探索する。探索は正規化相互相関 (Normalized Cross Correlation; NCC) を利用したテンプレートマッチングをエピポーラ線上で行う。その

時の入力画像とテンプレート画像は Laplacian オペレータによる 2 次微分画像である。この対応点の探索は、以下の式で表される。

$$\begin{bmatrix} x_c & y_c \end{bmatrix}^T = \begin{bmatrix} \max_w (R_{NCC}(x, y)) & y_H \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

ただし、 \max は NCC が最大となるときの x 座標を返し、 W は右画像における x 軸方向の探索範囲、 $R_{NCC}(x, y)$ は (x, y) における NCC の値とする。

最後に、得られた対応を用いて式(1)から初期フレームにおける特徴点の 3 次元位置を求める。この時、ピクセル精度で推定した自然特徴点の 3 次元位置では基準点群として精度が不十分であるため、サブピクセル精度での推定を行う。まず、左画像にて以下の式を満たす 2 次元位置 (x_{H_sub}, y_{H_sub}) を探索する。

$$\min(\nabla I(x, y) \cdot ((x_{H_sub}, y_{H_sub}) - (x, y))) \quad (3)$$

ただし、 x, y は探索窓内の任意の 2 次元座標であり $\nabla I(x, y)$ は任意の 2 次元座標での輝度勾配である。次に、右画像にてパラボラフィッティングによるサブピクセル推定を行う。パラボラフィッティング (図 5) とは、ピクセル精度で推定された 2 次元位置周りの相対度・相違度を用いて対象な 2 次曲線を決定し、その最大・最小値をとる位置を新たな推定位置 (x_{C_sub}, y_{C_sub}) とする手法であり、以下の式で表される。

$$\begin{bmatrix} x_{C_sub} \\ y_{C_sub} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{R_{NCC}(x_c-1, y_c) - R_{NCC}(x_c+1, y_c)}{2R_{NCC}(x_c, y_c) - 4R_{NCC}(x_c-1, y_c) + 2R_{NCC}(x_c+1, y_c)} \\ y_{H_sub} \end{bmatrix} \quad (4)$$

(A-4) 平行化された全入力画像にて Harris オペレータにより検出した特徴点の内、エピソード拘束を満たさないものを排除する。こうすることで誤追跡の原因となるジャンピングエッジ (図 6) をある程度排除可能である。また、こうして残った特徴点の 3 次元位置を (A-3) と同様に求める。この情報は (B-3) で利用する。

3.3. 順次処理

順次処理では、前処理で求めた基準点群の 3 次元位置を基に、新たに検出された特徴点群のマッピングをステレオリグの位置姿勢推定とマルチベースラインステレオ法により逐次的に行っていく。

(B-1) (A-2) にて求めたドミナントフローを利用して、前フレーム ($t = n - 1$) と現フレーム ($t = n$) の左画像での特徴点の対応付けを行う。対応付けを行うのは、前フレームにて追跡中の特徴点のみである。

(B-2) (B-1) で得られた 3D-2D の対応関係から、PnP 問題を解くことで、現フレームでの暫定的なステレオリグの位置姿勢 M_{t_tmp} を求める。この際、誤対応を Progressive Sample Consensus (PROSAC) 法 [10] を利用して排除する。

(B-3) ここでは、ドミナントフローによる予測では対

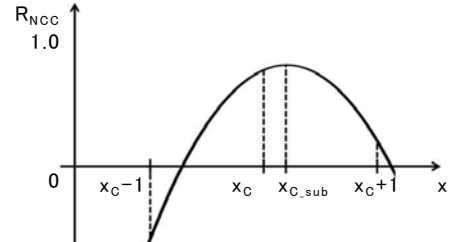


図 5 NCC を用いたパラボラフィッティング

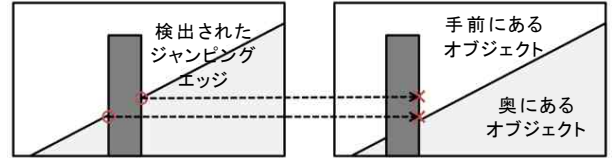


図 6 ジャンピングエッジの排除

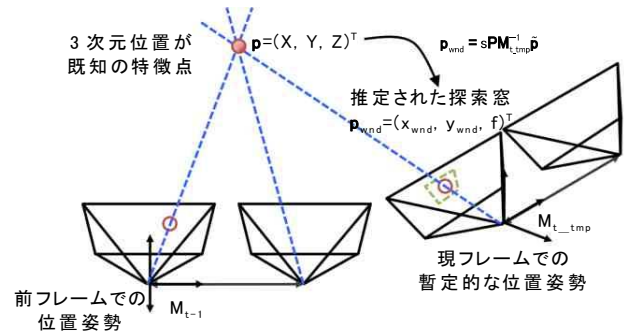


図 7 暫定的なカメラ位置姿勢と暫定的な特徴点の 3 次元位置を利用した探索窓決定法

応を得る事ができなかった点の再探索を行う。これは、前述の方法 2 に当たる。具体的には、左カメラの暫定的な位置姿勢における自然特徴点の 3 次元位置を再投影した位置に窓を設定する (図 7)。この操作は以下の式で表される。

$$\begin{bmatrix} x_{wnd} & y_{wnd} & f \end{bmatrix}^T = sPM_{t_tmp}^{-1} \begin{bmatrix} X & Y & Z & 1 \end{bmatrix}^T \quad (5)$$

ただし、 x_{wnd}, y_{wnd} は再投影された 2 次元位置、 P は左カメラにおける射影行列、 s はスケール値である。この時、追跡中の特徴点の 3 次元位置は (B-6) にてマルチベースラインステレオを用いて推定された暫定値が、そうでない点は (B-1) にてステレオマッチングを用いた暫定値が使われる。つまり、追跡する全特徴点においてこの操作が行われることになる。こうすることで、特徴点の 3 次元位置とステレオリグの位置関係を考慮した探索窓の設定が可能になり、ドミナントフローや平面射影変換では追跡できなかった特徴点を追跡可能である。

(B-4) (B-3) で得られた 3D-2D の対応関係から、(B-2) と同様に PnP 問題を解くことで、現フレームでの最終的なステレオリグの位置姿勢 M_t を求める。また、誤対応を PROSAC 法を利用して排除する。

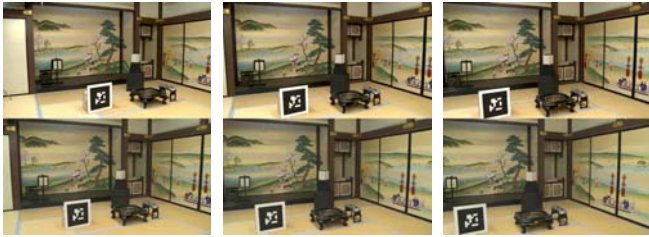


図 8 撮影した画像シーケンス（平行移動）
各画像の上が左画像，下が右画像

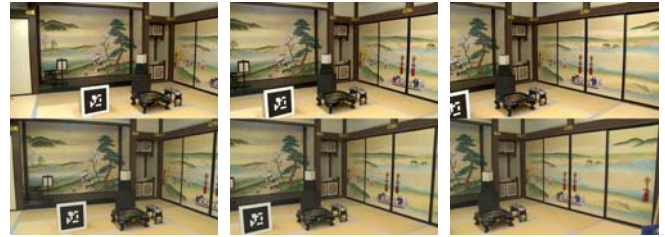


図 10 撮影した画像シーケンス（パン）
各画像の上が左画像，下が右画像



図 9 MR 合成結果（平行移動）



図 11 MR 合成結果（パン）

(B-5) (B-4) で求めた最終的なステレオリグの位置姿勢から求められる特徴点の再投影誤差が閾値以上の点はここで排除する。

(B-6) 十分なフレーム数追跡された特徴点に対して，追跡された全フレームにおける左画像と各位置姿勢を用いて，マルチベースラインステレオ法により特徴点の 3 次元位置を推定する。

(B-7) 特徴点の 3 次元位置と各フレームのステレオリグの位置を結ぶ直線の成す最大角度について，閾値以上の特徴点を LMDB に登録する。また，再投影誤差の標準偏差が閾値以上の自然特徴点は 3 次元位置の推定精度が低いとみなし，LMDB から削除する。

3.4. 後処理

(C-1) ARToolKitPlus[11]マーカを利用して世界座標系を決定する[3]。尚，世界座標系と相対座標系とのスケール比は，マーカのサイズから求められるが，画像素子の大きさと画像の解像度から計算できるため，マーカの情報から計算し直す必要はない。

(C-2) 最終的に求めた自然特徴点の 3 次元位置を大域的バンドル調整によって洗練する。この際の入力情報は，各フレームでの左画像とそれぞれのカメラの位置姿勢である。

4. 提案手法の実用性と考察

本章では，2 章で示した原因 1 と原因 2 に対する，3 章にて示した解決策の方法 1 と方法が実際に LMDB 構築にて貢献するものかどうかを，実験を交えて検証，考察する。

4.1. ステレオリグを利用した基準点群の推定

【基線長の設定方法】本手法ではステレオリグの基線長を各シーンに対して手動で調節する事で，基準点群の 3 次元位置の推定に十分な基線長を設定する。S3D 映像制作における適切な基線長の設定は，最も近い被写体までの距離を 30 分の 1 に設定する「1:30 ルール

[12]」というものをを用いる。しかし，LMDB 構築においては，奥行き方向の推定値の分解能を考慮すると，3.1 節で述べたリグ上の制約が許す限り長く設定するのが好ましい。そこで今回は，以下に続く実験において，平行リグで設定できる，実質最長の 400 mm と設定する。

【実験内容】ステレオリグを利用した前処理が機能するか，従来手法で可能なカメラの平行移動での LMDB 構築を本手法でも行い，従来手法と同様に LMDB の構築が可能か，また，その LMDB を用いてトラッキング可能かを実験する。100 枚の入力画像シーケンス（図 8）は，背景までの距離が約 3 m の撮影用セットに対して三脚に載せたステレオリグをセットに対してレール上で平行移動させて撮影した。左画像と右画像の解像度は 720 x 405 px である。こうして構築した LMDB を用いて，既存手法と同様に，所望の位置に CG オブジェクトが重畳されるかどうかを確認する。

【実験結果】従来手法と同様に LMDB の構築と MR 合成が可能であった。構築した LMDB での MR 合成の結果を図 9 に示す。

【考察】実験結果の通り MR 合成するのに十分な LMDB を構築可能であったが，設定できる基線長にも 3.1 節に示したように限界があるため，より遠景のシーンに対応するためには，特徴点のサブピクセル精度での 3 次元位置推定の性能向上と HD 画像（例えば，1920 x 1080 px や 1280 x 720 px）による LMDB 構築が必須であると考えられる。また，観測しているシーンでの基線長の設定が十分かどうかを，ステレオマッチングの結果を利用して，ユーザに逐次的に知らせることも，機能性向上に貢献するものと考えられる。

4.2. パンでの LMDB 構築

【実験内容】本手法では，前述の実験で示した通り，ステレオリグを用いることで，前処理における基準点の 3 次元位置を，カメラを平行移動させることなしに

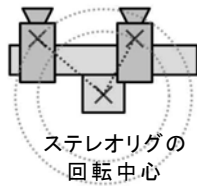


図 12 ステレオリグのパン時の両カメラの軌跡

推定可能である。また、特徴点の推定された 3 次元位置を考慮した前フレームと現フレームでのマッチングを行う。そのため、原理的に、パンのような平行移動以外のカメラパスでの LMDB 構築を可能にする。本実験では、ステレオリグのパンのみによって LMDB が構築可能か、またその LMDB を用いてトラッキングが可能かを確認する。100 枚の入力画像シーケンス

(図 10) は、先述の実験と同様のセットに対して三脚に載せたステレオリグをパンして撮影した。画像の解像度とステレオリグの設定は先の実験と同様である。

【実験結果】従来手法では困難であったパンでの LMDB 構築が可能であった。構築した LMDB での MR 合成の結果を図 11 に示す。

【考察】従来手法での、カメラ位置姿勢や特徴点の 3 次元位置を考慮しない特徴点追跡法では、パンの動きに対して十分な特徴点を追跡することが難しい。一方で、本手法ではそれを克服できた結果となった。

ステレオリグのパンによる各カメラの軌跡は図 12 に示したようなものになる。よって、基線長が十分な長さであり、前処理が問題なく終了すれば、SfM による特徴点の 3 次元位置を推定するのに必要な平行移動を含んでいると考えられる。ただし、想定したパス内においても視線方向によっては幾何学的不整合が発生する場合があります。推定精度は十分であるとは言いがたい。また、これらを客観的な指標で評価する事も今後の課題である。

ただし、映画撮影では、カメラの位置を固定したパン・チルトによる撮影も多いため、LMDB を利用した手法でこれらの撮影を支援可能になる事には意義があると言える。しかし、本手法ではカメラ位置姿勢推定の蓄積誤差により特徴点の推定精度が落ちてしまうという問題を有している点は、先の実験の考察で述べたような推定精度を向上させる解決策が必要である。

5. むすび

本論文では、S3D MR-PreViz での利用を想定した、S3D 映画撮影用ステレオリグを用いた、LMDB 構築手法について述べた。ステレオリグの基線長と輻輳角を手動で任意に変更可能であるため、基線長は対象シーンに合わせて変更し、輻輳角は 0°とする事で、ステレオ視に理想的な環境を作りだし、LMDB 構築の精度

向上を図った。この設定は、LMDB 構築における前処理の効率化、順次処理における効果的な特徴点の探索窓の設定に貢献した。

実利用性に関する実験においては、従来手法と同様にカメラの平行移動による LMDB 構築と MR 合成が可能であることを、更に、従来手法では困難であったパンによる LMDB 構築と MR 合成が可能である事を実証し、考察した。

今後は、構築した LMDB の性能評価、HD (1080p ないし 720p) 画像を利用する事でのステレオマッチングの精度向上と、それに際した高速化が挙げられる。また、各シーンに対して十分な基線長の設定をユーザに提示する方法についても検討する。

文 献

- [1] 田村秀行, 一刈良介: “映画制作を支援する複合現実型可視化技術”, 日本 VR 学会誌, Vol. 15, No. 2, pp. 32 - 36, 2010.
- [2] S. Mori, R. Ichikari, F. Shibata, A. Kimura, and H. Tamura: “Enabling on-set stereoscopic MR-based previsualization for 3D filmmaking,” Proc. SIGGRAPH Asia, 2011.
- [3] 樋下航, 一刈良介, 天目隆平, 柴田史久, 田村秀行: “ランドマークデータベースに基づくカメラトラッキング法の高速化と安定化”, 信学技報, Vol. 109, No. 373, pp. 255 - 260, 2010.
- [4] 北村一博, 井上敬介, 露無將斗, 一刈良介, 柴田史久, 田村秀行: “ランドマーク DB を利用するビジョンベース MR トラッキング法の性能向上に向けての諸方策”, 同上, Vol. 110, No. 381, PRMU2010-172, pp. 177 - 182, 2011.
- [5] 井上敬介, 北村一博, 一刈良介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行: “同 (2)”, 本研究会, 2012.
- [6] 神原誠之, 大隈隆史, 竹村治雄, 横矢直和: “ビデオシーンスルー型拡張現実感のための実時間ステレオ画像合成”, 信学論 D-II, Vol. J82-D-II, No. 10, pp. 1775 - 1783, Oct. 1999.
- [7] R. Hartley: “In defense of the eight-point algorithm,” *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 19, No. 6, pp. 580 - 593, 1997.
- [8] D. Wagner, T. Langlotz, and D. Schmalstieg: “Robust and unobtrusive marker tracking on mobile phones,” Proc. ISMAR, pp. 121 - 124, 2008.
- [9] C. Harris and M. Stephens: “A combined corner and edge detector,” Proc. Alvey Vision Conf., pp. 147 - 151, 1988.
- [10] O. Chum, and J. Matas: “Matching with PROSAC - progressive sample consensus,” Proc. CVPR on CVPR, Vol. 1, pp. 220 - 226, 2005.
- [11] D. Wagner and D. Schmalstieg: “ARToolKitPlus for pose tracking on mobile devices,” Proc. Computer Vision Winter Workshop, pp. 139 - 146, 2007.
- [12] B. Mendiburu: “3D movie making: Stereoscopic Digital cinema from script to screen,” Focal Press, 2009.