

## ウェアラブルカメラを用いた高速でロバストな対象物体の3次元復元

Fast and Robust 3D Recovery of Rigid Objects  
using a Wearable Camera

蔵田 武志† 興梠 正克‡ 藤木 淳† 坂上 勝彦†

Takeshi Kurata† Masakatsu Kourogit‡ Jun Fujikit† Katsuhiko Sakauet†

†電子技術総合研究所

‡早稲田大学 理工学部

†Electrotechnical Laboratory ‡School of science and Engineering  
Waseda University

**Abstract:** In this paper, an iterative robust factorization method we proposed is applied to a wearable vision system, with a head mounted camera and HMD, which we have been developing. In this wearable vision system, a fast and robust method for the segmentation and tracking of moving regions using the pixel-wise affine flow estimation is utilized as the pre-procedure of the feature point detection. Preliminary experimental results using the system are presented.

## 1 はじめに

近年のコンピュータや通信機器などの小型化, 高性能化にともない, ウェアラブルコンピュータについての研究が盛んに行われている. 特に, 装着または携帯可能な小型カメラ (ウェアラブルカメラ) を利用したシステムでは, 拡張現実感 (AR) や人間とコンピュータとの視覚記憶の共有などの様々な応用を期待できる [4][5]. エピポーラ幾何や因子分解法などに代表される時系列画像からの3次元情報獲得手法は, 対象物体の密な3次元形状の獲得 [2], AR や MR, 3次元情報を利用した認識などのための基礎技術として利用することが可能である. 我々は, この3次元情報獲得機能を単眼のウェアラブルビジョンシステムに導入するために, LMedS 推定を用いた逐次型ロバスト因子分解法 [3], および, 前処理となる動き領域の分離・追跡処理 [1], 特徴点抽出・追跡処理を, ウェアラブルカメラを入力系とし PC クラスタを処理系とするシステムに実装した. 本稿では, この試作システムの現状と, 予備実験の結果について報告する.

## 2 3次元復元手法の概要

本試作システムでは, まず, 画像全体のおおまかな動き情報を得るために, 文献 [1] による動き領域の分離・追跡処理を行う. この手法は, 大域的なアフィン動きに従わない領域への投票を時系列方向に蓄積することにより, 安定した動き領域の分離・追跡を実現している.

この分離された動き領域に注目して特徴点抽出および追跡処理を施すことで, 時系列画像からの3次元

復元に必要な, 対象が単一剛体であるという仮定を成り立ちやすくさせる.

特徴点の追跡結果を用いた3次元復元手法としては, LMedS 推定を用いた逐次型ロバスト因子分解法 [3] を用いる. この手法は, 主成分分析により過去の復元情報を圧縮して各フレームでの計算量を削減し, ロバスト統計に基づく手法の1つである LMedS 推定を用いて特徴点の追跡結果に外れ値が含まれていてもカメラと対象物体の相対運動および対象物体の3次元形状を復元できるという特徴を持つ.

## 3 想定するシステム構成と現在の試作システム



図 1: ウェアラブルビジョンシステムのヘッドセット部

我々は, 装着・携帯が可能なカメラ, HMD, PC からなるユーザーと行動を共にする端末, 計算コストの高い画像処理を受け持つ PC クラスタ, およびそれらを繋ぐ無線 LAN を構成要素としたウェアラブルビジョンシステムを想定し, その開発をはじめている.

図 1左は今回の試作システムで用いられたヘッドセットを付けたユーザーの様子を示している. このヘッドセットは, カラー CCD カメラ CCD-MC100 (ソニー), 単眼 NTSC カラー HMD DataGlass (島津製作所) からなり, 重量は約 450g である. このような単眼のシステムはより小型化しやすく\*, また PC クラスタへの映像の伝送量も少なくすむという利点を持つ.

\*最近では, 図 1右に示すような, フレーム中央に小型カメラが

連絡先: 蔵田武志 電子技術総合研究所

〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-4

Phone:0298-54-5789 FAX:0298-54-3313

E-mail:kurata@etl.go.jp http://www.etl.go.jp/~kurata/



図 2: システムの動作例

その映像の伝送には、2000年に標準化が予定されている 20Mbps の IEEE802.11a 規格の無線 LAN を用いることを想定し、入力画像は圧縮された状態で伝送する。現在は、320×240 のカラー画像を JPEG 方式により 15% に圧縮し有線 LAN により伝送している。この場合、約 8.7Mbps の帯域があれば 30 frame/sec. での伝送が可能である。

PC クラスタは、現在、DualCPU の PC3 台 (OS : Linux-2.2.4 SMP 対応, CPU : Dual PentiumII-450MHz) で構成されている。プロセス間通信は、同一 PC 内では共有メモリを、PC 間では PVM 通信ライブラリを用いている。各 PC は 100Base-TX で接続されており、[画像キャプチャ、圧縮、分配]、[グローバル動き推定、動き領域の分離・追跡]、[特徴点抽出と追跡、対象物体の 3 次元運動の復元] のように処理を分担している。なお、特徴点抽出と追跡には、画像処理ボード IP5010 (日立製作所) を用いている。

### 3.1 予備実験

以上の試作システムを用いて、実環境での予備実験を行った。図 2 は、図 1 左のヘッドセットのカメラから得られた入力映像に動き領域の分離・追跡、特徴点抽出・追跡処理を施している様子を示している。この例では、ヘッドセットを装着したユーザーは手に持った PHS を見回しており、本試作システムはその PHS とその周辺に処理を集中できていることがわかる。ただし、この特徴点追跡結果から、システムが完全に自律的に 3 次元情報を獲得することはできなかった。これは、本試作システムで用いた 3 次元復元手法が初期値に依存するためである。ユーザーが開始フレームを指示した場合は、同一剛体上に属するとみなせる特徴点を選択し 3 次元運動を復元することができた。

表 1 に本試作システムの処理時間とスループットを示す。平均 9-10frame/sec. での処理が可能であったが、マルチプロセスによるパイプライン処理がまだ最適化されておらず、遅延が約 1 秒から 2 秒もあり改善する必要がある。また、IP5000 は DMA をサポート

埋め込まれた眼鏡型カメラ (SightLine 社製 EyeView) や The Micro Optical 社製の眼鏡装着型 HMD などの小型デバイスも入手可能となってきた。) )

していないため、PC からの画像転送がボトルネックのひとつになっている。

表 1: 1 フレームあたりの計算時間 (単位 msec.)

プロセス	処理時間
動き領域の分離・追跡 (1 物体)	70
特徴点追跡 (80 点)	66
逐次型ロバスト因子分解法 (30 inliers)	10
スループット	100-110

## 4 むすび

カメラと HMD、PC クラスタからなるウェアラブルビジョンシステムを試作し、時系列画像からの 3 次元情報獲得について、実環境、実時間における予備実験を行った。ユーザーが明示的に開始フレームを指定した場合は 3 次元情報を獲得できたが、全自動では精度のよい結果は得られなかった。今後は、剛体、非剛体の判定を含めた手法の改良が必要である。

謝辞 本研究はリアルワールドコンピューティング (RWC) プログラムの一環として行われた。

## 参考文献

- [1] 興侶正克, 蔵田武志, 村岡洋一: 動画像からの動き物体の分離と追跡の実時間処理, 第 13 回人工知能学会全国大会 (1999).
- [2] Kurata, T., Fujiki, J. and Sakaue, K.: Affine Epipolar Geometry via Factorization Method, *Proc. ICPR98*, Vol. 1, pp. 862-866 (1998).
- [3] 蔵田武志, 藤木淳, 坂上勝彦: ロバスト推定を用いた一般アフィン射影モデルの因子分解法, 信学技法 PRMU98-194, pp. 17-24 (1999).
- [4] Mann, S.: Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging, *Computer*, Vol. 30, No. 2, pp. 25-32 (1997).
- [5] Starner, T., Mann, S., Rhodes, B., Levine, J., Healey, J., Kirsch, D., Picard, W. R. and Pentland, A.: Augmented Reality Through Wearable Computing, Technical Report 397, M.I.T Media Lab. Perceptual Computing Section (1997).