

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2005～2008

課題番号：17100002

研究課題名（和文） 装着型全方位ステレオ監視システムの提案

研究課題名（英文） Wearable Omnidirectional Stereo Surveillance System

研究代表者

八木 康史（YAGI YASUSHI）

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：60231643

研究成果の概要：本研究では、各種防犯グッズのように、各人が身に着けるタイプのパーソナル監視技術を提案する。本技術は、全方位監視カメラにより、装着者の周囲 360 度をシームレスに観察し、予め登録された不審者（ストーカー等）を素早く発見、身に迫る危険を装着者に知らせることができる。研究期間内に、軽量な全方位カメラを設計、試作すると共に、接近物体を発見する技術や人の歩き方から個人を認証する技術等の構築を行った。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005 年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2006 年度	21,700,000	6,510,000	2,821,000
2007 年度	19,700,000	5,910,000	25,610,000
2008 年度	20,300,000	6,090,000	26,390,000
総計	69,700,000	20,910,000	90,610,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理

キーワード：コンピュータビジョン，センシングデバイス・システム，パターン認識，画像情報処理

## 1. 研究開始当初の背景

附属池田小学校でおきた異常者による殺傷事件，神戸の幼児殺人事件，レイプなどの性犯罪，そしてニューヨーク世界貿易センタービルに代表されるテロ事件など，世の中には危険が溢れている。これらの危険を防止する手段の一つが，環境埋め込み型の監視システムである。環境埋め込み型は，人が沢山集まる場所で犯罪の解決に効果を発揮するが，危険は必ずしも人が沢山集まる場所だけではない。例えば，神戸の幼児殺人事件やレイプ事件などは，人気のない場所が犯罪現場となる。このような犯罪現場に対応するためには，従来型の環境埋め込み型だけでなく，各

種防犯グッズのように各人が携帯し，近寄る危険を自ら発見できる監視システムを考えたい必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究では，各人が装着することで，常にその人物の周囲状況を実時間監視することのできる装着型全方位ステレオ監視システムを提案する。本研究期間内には，装着型全方位ステレオセンサ（全方位複眼センサ）の設計・試作に加え，提案センサによる三次元距離計測ならびに特定人物の認証技術の確立を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では、3つの要素技術を以下に示す5つのテーマに分けて実施している。

- T1) 全方位複眼センサのデザイン・試作
- T2) カメラキャリブレーション
- T3) 実時間自己位置姿勢推定法の研究
- T4) 全方位三次元距離計測手法
- T5) 特定人物認証手法

### 4. 研究成果

#### T1) 全方位複眼センサのデザイン・試作

装着可能な小型センサとして、図1右上段に示す半径20mmの双曲面鏡と、半径4.4mmの凸放物面鏡4個からなる全方位複眼センサを設計・試作した。小周辺鏡部分の大きさは20mm角である。このセンサは、樹脂成形により光学系を作成したことで、図1右上段のように手のひらサイズで、ミラー部が約11g、カメラを含めた複眼センサ全体で約26gと軽量化が行えた。小型PCとの組み合わせで、図1左のように、容易に装着することができる。さらに小型軽量化したセンサとして、図1右下段、水平視野180度の容積12立方センチWVGAモデル、ならびに、容積6立方センチSXGAモデルを試作した。



図1 複眼全方位センサ

#### T2) カメラキャリブレーション

液晶パネルのような平面ディスプレイを用いて、密なパターン光をカメラに投影し、空間コード化法によりカメラ座標とディスプレイ座標を対応づけることで、受光光学系の歪み推定を行う手法を構築した。これにより図2左に示す強い歪みを、図2右に示すように補正可能となり、歪みの強い広角レンズを光学系に用いることが可能となった。



図2 歪み

図3に示す点光源と凹放物面鏡を組み合わせ平行光を出力する装置を開発し、ミラーの設置位置パラメータ推定手法およびカメラの内部パラメータ推定手法を構築し、共に

画像面への逆投影誤差で、サブピクセル以下を実現できた。

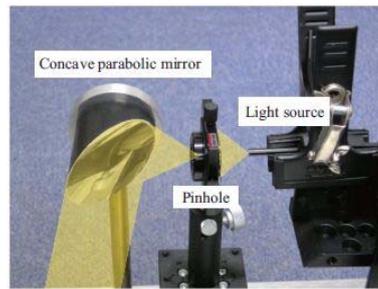


図3 平行光によるカメラ校正

#### T3) 実時間自己位置姿勢推定法の研究

複眼全方位センサを人間に装着すると、人間の動きに応じて映像に揺れが生じる。この揺れを補正するために、センサの自己位置姿勢の推定を行った。複眼全方位センサでは、各鏡の視差を利用して、遠方特徴点と近接特徴点を識別できるという利点がある。本研究では、この利点を生かして、実時間で動作するアルゴリズムの開発した。特徴点分類の効果により、激しい動きの場合でも位置姿勢推定が可能となった。図4横軸はカメラの回転速度を表し、速度が速い場合でも他手法（オプティカルフローベースの手法、7点法）と

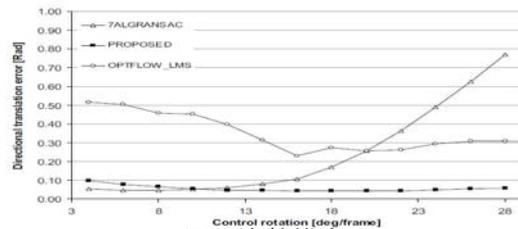


図4 姿勢推定

比べて安定に推定できている。さらに、カメラの揺動検出手法において、RANSACベースの手法を用いているが、band widthの決め方を状況により適応的に求める手法など、ロバストは推定が行える手法を構築し、実験によりその有効性を確認した。

#### T4) 全方位三次元距離計測手法

##### 1. 無限遠仮説による近接物体発見

無限遠仮説による近接物体発見手法の構築狭基線長に適した新たな3次元計測手法として、無限遠仮説に基づく実時間3次元計測手法を構築した。本手法では、画素毎で濃度差と濃度勾配を基準に視差評価を行う。シミュレーション実験による基本性能の評価に加え、人の歩行シーンに対して、有効性評価実験を行い、安定に近接検出が可能であることを確認した。

##### 2. 階層化画像法による実時間3次元距離計測手法の実現

1600×1200画素の実画像に対し、30.4msとビデオレートでの近接物体検出ができた。

さらに、無限遠仮説による近接物体発見手法は、画像の解像度に比例し、発見可能距離が遠くなる。そこで、入力画像を予め階層画像に変換し、どの解像度で鏡面領域に差が発生したかを調べることで、物体までの奥行きを計測する手法を構築した。5階層の場合で、1600×1200画素の実画像に対する処理時間は、131msであった。図5に示した画像は、

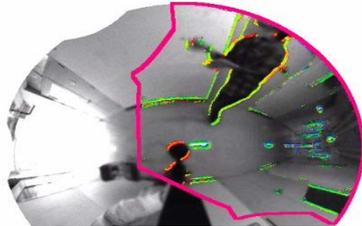


図5 階層画像による3次元距離計

紫色の枠内部分に対して、階層化画像法による距離計測法の例である。青→緑→黄→赤と順に近くなることを示しており、右方向は廊下の奥は遠方（青）、右上を通過中の人物は近接（黄・赤）と検出されていることがわかる。

#### T5) 特定人物認証手法

##### 1. カラーとテキストチャ情報を用いた実時間人物追跡手法の開発

複数のカラー特徴とエッジ勾配方向に基づく形状特徴を統合した MeanShift による追跡手法を開発した。前景と背景の識別度の高い特徴の適応的な選択、及び初期追跡モデルとの類似度に基づく追跡モデルの更新により、時間的に見えが変化する対象を安定して追跡する。実験は、人物追跡の公開データベース画像列(図6)に対して行い、提案手法の有効性を確認した。

##### 2. 歩容からの個人認証手法

様々な方向の歩容動画画像に対して、周波数特性の解析と方向変換の学習によって個人を認証する手法を実現した。歩容特徴は、歩容シルエット画像列に対する画素毎のフーリエ解析によって得られる振幅スペクトルを用いる(図7)。また、認識対象者の登録時と入力時の方向の違いについては、少数被験者の全方向の歩容特徴からあらかじめ方向変換モデルを学習することで対応する。実験では、20被験者の24方向からなる約750系列の低解像度画像(20×30画素)に対して評価を行い、2方向の特徴を辞書登録した場合で、約95%の照合率(10%誤報時)を達成した。また、全方位カメラの場合、長時間視野に映し出されることから、複数方向からの歩容認証が有効であることを実験的に確認した(図8)。モーション解析では、被験者5名に長時間複数日の装着を行い、歩行動作から本人認証と動作分類ができることを確認した。

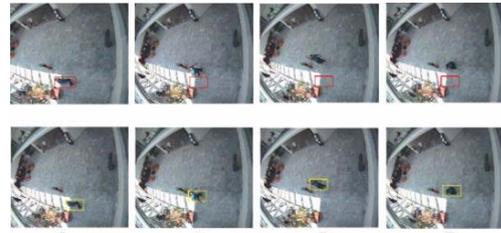


図6 追跡結果(上:従来手法,下:提案手法)

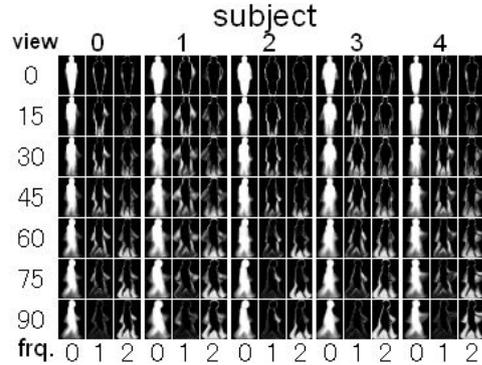


図7 複数方向に対する歩容特徴

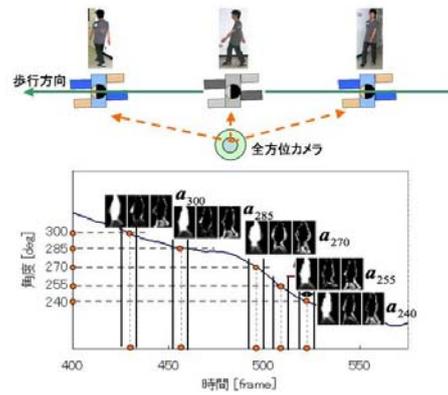


図8 全方位カメラによる歩容認証

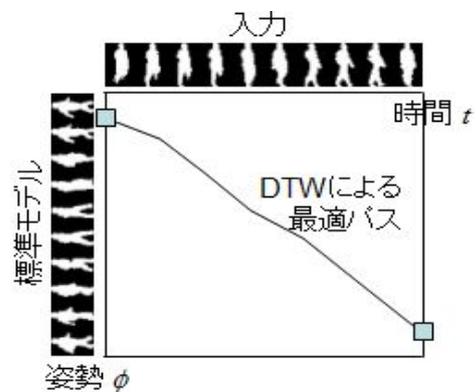


図9 DTWによる照合

### 3. 追跡及び認識結果の相互利用による人物領域認識

個人認証の前段処理である人物領域の切り出しを、歩容認識との協調によって行う手法

を実現した。初期候補領域をもとに追跡を行い、カラー・テクスチャ・空間位置情報に基づく前景尤度画像列を取得し、非線形時間伸縮(DTW, 図9)によって標準歩容モデルと照合する。その結果をグラフカット領域分割のための人物領域形状の事前知識として与えることで、高精度の人物領域分割を達成した。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計12件)

- ①. Ngo Trung Thanh, Hajime Nagahara, Ryusuke Sagawa, Yasuhiro Mukaigawa, Masahiko Yachida, Yasushi Yagi, "Highly Robust Estimator Using a Casedependent Residual Distribution Model", IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, vol.1, pp.260-276, 査読有, 2009.
- ②. 万波秀年, 榎原 靖, 八木康史, "歩容における性別・年齢の分類と特徴解析", 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J92-D, no. 8, pp.1373-1382, 査読有, 2009.
- ③. 青木伸也, 佐川立昌, 八木康史, "平行光ペアの観測による反射屈折光学撮像系における鏡の位置姿勢推定", 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J92-D, no. 5, pp.661-670, 査読有, 2009.
- ④. Y. Makiyara, R. Sagawa, Y. Mukaigawa, T. Echigo, and Y. Yagi, "Gait Identification Considering Body Tilt by Walking Direction Changes", Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis, vol.8, no.1, pp.15-26, 査読有, 2009.
- ⑤. 榎原 靖, "私の研究開発ツール 歩容データベース", 映像情報メディア学会誌, vol.63, no.1, pp.55-58, 査読有, 2009.
- ⑥. 杉浦一成, 榎原 靖, 八木康史, "全方位カメラを用いた複数方向の観測による歩容認証", 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, vol.49, no.2(CVIM22), pp.76-85, 査読有, 2008.
- ⑦. 佐川立昌, 八木康史, "2つの平行光の観測による内部カメラパラメータの高精度なキャリブレーション", 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, 査読有, vol.49, no. SIG6(CVIM20), pp.89-100, 2008.
- ⑧. Junqiu Wang, Yasushi Yagi,

"Integrating Color and Shape-texture Features for Adaptive Real-time Tracking", IEEE Trans. on Image Processing, vol.17, no.2, pp.235-240, 査読有, 2008.

- ⑨. 青木伸也, 佐川立昌, 向川康博, 越後富夫, 八木康史, "平行光を用いた反射屈折撮像系におけるミラーの位置姿勢校正", 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, 査読有, vol.49, no. SIG9(CVIM18), pp.115-123, 査読有, 2007.
- ⑩. 榎原 靖, 佐川立昌, 向川康博, 越後富夫, 八木康史, "周波数領域における方向変換モデルを用いた歩容認証", 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, 査読有, Vol. 48, No. SIG 1(CVIM 17), pp.78-87, 査読有, 2007.
- ⑪. 小嶋裕一郎, 栗田尚樹, 佐川立昌, 越後富夫, 八木康史, "複眼全方位センサの提案", 情報処理学会論文誌 コンピュータビジョンとイメージメディア, 査読有, vol.47, no. SIG10(CVIM15), pp.152-161, 査読有, 2006.

[学会発表] (計51件)

- ①. Junqiu Wang, Yasushi Yagi, "Patch-based adaptive tracking using spatial and appearance information", In Proc. of IEEE Int'l. Conf. on Image Processing 2008, pp.1564-1567, October 12-15, San Diego, USA, 2008.
- ②. Sagawa, Ryusuke, Yagi, Yasushi, "Accurate Calibration of Intrinsic Camera Parameters by Observing Parallel Light Pairs", In Proc. 2008 IEEE International Conf. on Robotics and Automation, pp.1390-1397, May 19-23, California, USA, 2008.
- ③. Ngo, Thanh Trung, Nagahara, Hajime, Sagawa, Ryusuke, Mukaigawa, Yasuhiro, Yachida, Masahiko, Yagi, Yasushi, "Robust and Real-Time Egomotion Estimation Using a Compound Omnidirectional Sensor", In Proc. 2008 IEEE International Conf. on Robotics and Automation, pp.492-497, May 19-23, California, USA, 2008.
- ④. Junqiu Wang, Yasushi Makiyara, Yasushi Yagi, "Human Tracking and Segmentation Supported by Silhouette-based Gait Recognition", In Proc. 2008 IEEE International Conf. on Robotics and Automation, pp.1698-1703, May 19-23, California, USA, 2008.

- ⑤. Ryusuke Sagawa, Nobuya Aoki, Yasushi Yagi, "Mirror Localization for Catadioptric Imaging System by Observing Parallel Light Pairs", Proc. 8th Asian Conf. on Computer Vision, pp.116--126, November 18-22, Tokyo, Japan, 2007.
- ⑥. Kazushige Sugiura, Yasushi Makihara, Yasushi Yagi, "Gait Identification based on Multi-view Observations using Omnidirectional Camera", Proc. 8th Asian Conf. on Computer Vision, pp.452--461, November 18-22, Tokyo, Japan, 2007.
- ⑦. Junqiu Wang, Yasushi Yagi, "Discriminative Mean Shift Tracking with Auxiliary Particles", Proc. 8th Asian Conf. on Computer Vision, pp.576-585, November 18-22, Tokyo, Japan, 2007.
- ⑧. Ryusuke Sagawa, Nobuya Aoki, Yasuhiro Mukaigawa, Tomio Echigo, Yasushi Yagi, "Mirror Localization for a Catadioptric Imaging System by Projecting Parallel Lights", Proc. IEEE International Conf. on Robotics and Automation, pp.3957-3962, April 10-14, Roma, Italy, 2007.
- ⑨. Trung Ngo Thanh, Hajime Nagahara, Ryusuke Sagawa, Yasuhiro Mukaigawa, Masahiko Yachida, Yasushi Yagi, "Robust and Real-time Rotation Estimation of Compound Omnidirectional Sensor", Proc. IEEE International Conf. on Robotics and Automation, pp.4226-4231, April 10-14, Roma, Italy, 2007.
- ⑩. J. Wang, Y. Yagi, "Integrating Shape and Color Features for Adaptive Real-time Object Tracking", Proc. IEEE International Conf. on Robotics and Biomimetics, pp.17-20, December 17-20 Kunming, China, 2006.
- ⑪. Y. Makihara, R. Sagawa, Y. Mukaigawa, T. Echigo, and Y. Yagi, "Adaptation to Walking Direction Changes for Gait Identification", Proc. of the 18th IAPR Int. Conf. on Pattern Recognition, Vol. 2, pp. 96-99, August 20-24, Hong Kong, 2006.
- ⑫. Y. Makihara, R. Sagawa, Y. Mukaigawa, T. Echigo, and Y. Yagi, "Gait Recognition Using a View Transformation Model in the Frequency Domain", Proc. of the 9th European Conf. on Computer Vision, Vol. 3, pp. 151-163, May 7-13, Graz, Austria,

2006.

- ⑬. Ryusuke Sagawa, Yasushi Makihara, Tomio Echigo, Yasushi Yagi, "Matching Gait Image Sequences in the Frequency Domain for Tracking People at a Distance", Proc. 7th Asian Conf. on Computer Vision, vol. 2, pp. 141--150, January 13-16, Hyderabad, India, 2006.

[その他]

ホームページ等

<http://www.am.sanken.osaka-u.ac.jp/>

[受賞] (計3件)

- ①. カラーとテキスト情報を用いた実時間人物追跡手法の開発 (2006 IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics, Finalist for T.J.Tarn Best Paper in Robotics)
- ②. 周波数領域における方向変換モデルを用いた歩容認証 (情報処理学会 平成18年度山下記念研究賞)
- ③. 装着型全方位監視に向けて -小型センサの試作と動物体検出法の提案-(平成19年度情報処理学会 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 卒業論文セッション優秀賞)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

八木 康史 (YAGI YASUSHI)

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：60231643

(2) 研究分担者

向川 康博 (MUKAIGAWA YASUHIRO)

大阪大学・産業科学研究所・准教授

研究者番号：60294435

佐川 立昌 (SAGAWA RYUSUKE)

大阪大学・産業科学研究所・助教

研究者番号：30362627

槇原 靖 (MAKIHARA YASUSHI)

大阪大学・産業科学研究所・助教

研究者番号：90403005

(3) 連携研究者

該当なし