

平成21年 5月 7日現在

研究種目：若手研究（A）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18680010
 研究課題名（和文） 被写体のプライバシーを考慮したモバイルカメラによる高自由度映像監視技術に関する研究
 研究課題名（英文） A Video Surveillance Method by Using Environmental and Mobile Cameras with Considering Privacy Issue
 研究代表者
 北原 格 （KITAHARA ITARU）
 筑波大学・大学院システム情報工学研究科・准教授
 研究者番号：70323277

研究成果の概要：

本研究の目的は、モバイルカメラと環境設置型カメラを連動させた自由度の高い映像監視システムと、プライバシーを考慮しつつ適切な撮影・記録・提示を行う映像メディアの基盤技術を開発することである。具体的には、モバイルカメラと環境設置型監視カメラの特長を融合した撮影システムの開発、プライバシーを保護しながら映像情報の記録を行うシステムの構築、プライバシーレベルに応じて開示する映像情報を制御する提示方式の構築に関する研究に取り組み、次世代映像監視技術の一方式を実現した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合 計
2006年度	11,100,000	3,330,000	14,430,000
2007年度	6,800,000	2,040,000	8,840,000
2008年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
総 計	22,800,000	6,840,000	29,640,000

研究分野：計算映像メディア

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：モバイルカメラ、プライバシー保護、映像監視、環境設置カメラ、複合現実感

1. 研究開始当初の背景

治安の悪化を背景に、映像を用いた監視・安全管理システムの導入が進み、実際に犯罪を解決するなど実績があがりつつある。しかし、現在用いられている環境設置型の監視カメラでは、視点位置が固定されているため、死角や解像度不足の問題が必ず存在する。ハンディビデオカメラやカメラ機能付き携帯電話の普及により、誰もが何時でも何処でも映像や画像を撮影することが可能になりつつある。“圧倒的な視点数の多さと、その設置位置の自由度の高さ”というモバイルカメラの特長を監視・安全管理システムに導入することにより、自由度の高いシステムの実現が可能になると考えられる。一方、撮影の自由度が増すにつれ、被写体の肖像権の侵害や自由な振舞いの規制といったプライバシーに関する問

題を考慮することなく、イベントの撮影・記録を行うシステムを構築した場合、そのシステムはユーザにとって不都合なものになるであろう。プライバシーを保護する手段として、映像上のプライバシーを侵害する可能性がある領域に（多くの場合手動で）画像処理を施す手法が一般的に用いられる。人間のように空間中を動き回る被写体をモバイルカメラによって撮影した場合、画像処理を施すべき領域もまた動的に変化する。膨大な映像を取り扱う映像監視システムにおいて、これらの領域を全て手動で検出するのは現実的ではない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、モバイルカメラと環境設置型カメラを連動させた自由度の高い映像監視システムと、プライバシーを考慮しつつ適切

な撮影・記録・提示を行う映像メディアの基盤技術を開発することである。具体的には、項目(1)でモバイルカメラと環境設置型監視カメラの特長を融合した撮影システムを、項目(2)でプライバシーを保護しながら映像情報の記録を行うシステムを構築する。項目(3)では、プライバシーレベルに応じて開示する映像情報を制御する提示方式を実現する。

(1) モバイルカメラと環境設置型監視カメラの特長を融合した撮影システム：環境に設置された多視点カメラとモバイルカメラを連動させることにより、互いの長所を融合した撮影システムを構築する。環境設置型カメラと共通に写り込んだ領域の見え方情報を用いたモバイルカメラのキャリブレーションや、モバイルカメラによって収集された映像情報を用いた環境設置型カメラの視野角拡大・死角の除去・解像度向上を行う。

(2) プライバシを保護する映像記録システム：モバイルカメラで撮影した映像中で、プライバシーに関わる情報を有する領域を自動的に検出し、画像処理を施す。項目(1)で構築した撮影システムを用いて、撮影空間の3次元構造と被写体の認識処理を行う。プライバシーを保護すべきと判断された物体が存在する3次元空間を撮影画像上に投影するアプローチにより、環境の変動に対して安定にプライバシー保護領域を検出する手法を実現する。

(3) プライバシレベルに応じた提示映像制御システム：被写体と映像視聴者の社会的関係などから、どのレベルのプライバシー情報を提示すべきかを判断し、映像提示を行う。項目(2)で獲得した被写体と映像視聴者の識別情報を用いて、両者間の社会的関係（家族・友人・労使・監視業務など）を推定し、開示すべき、もしくは開示しても差し支えないプライバシーレベルを維持した映像の撮影・生成・提示を行うシステムを開発する。

3. 研究の方法

研究目的を達成するために、目的にあげた項目(1)-(3)について並行して研究を進める。

(1) モバイルカメラと環境設置型監視カメラの特長を融合した撮影システム：初年度は、次年度以降に重点をおく研究項目の基盤となる、撮影環境の構築に関する研究開発を重点的に推進する。環境設置型カメラとモバイルカメラの特徴を融合するためには、同一の意味記述が可能な世界を共有する必要がある。両方のカメラを世界座標系でカメラキャリブレーションすることにより、撮影された映像の幾何的情報の共有が可能になる。動的に撮影世界が変化する空間におけるモバイルカメ

ラのキャリブレーションは、非常に挑戦的な課題であるが、モバイルカメラ自身で撮影した映像の時系列変化情報、その映像と環境に設置された多視点カメラによって撮影された映像の間で発生する相互射影や、共通に写り込んだ領域の見え方情報を効果的に統合することにより、実現を目指す。次に、環境設置型カメラで撮影した映像情報を用いて、対象世界のラフな状況認識を行い、その結果に基づき、モバイルカメラを持ったユーザに、追加撮影してもらいたい空間を指示する方式の研究開発を進める。撮影空間の“どの領域の見え方情報がどの程度の解像度で獲得されているか”を管理する“見え方情報マネージャ”の実現法を探る。モバイルカメラによって収集された映像情報と環境設置型カメラ映像の統合を繰り返し行うことにより、“死角が無く、広い視野で、解像度の高い”対象空間をより詳細に理解することが可能な、映像情報撮影システムを追及する。

(2) プライバシを保護する映像記録システム：(1)で構築したシステムで撮影した映像を用いて、撮影空間の3次元構造と被写体の認識処理の研究を推進し、プライバシーを保護する映像記録システムを実現する。まず、環境設置型カメラ群によって撮影された多視点映像を用いて、撮影空間の3次元構造を復元するシステムを構築する。これまで行ってきた自由視点映像生成で撮影されていた多視点映像とは異なり、本研究で対象とする撮影空間に設置した多視点カメラからの映像では、同一空間を重複して撮影することが困難な状況が発生し得る。このような撮影条件下で視点数が少ない場合でも一応の検出処理を行い、視点数の増加に伴い検出精度が向上するような、3次元構造の復元手法を追及する。次に、各3次元物体の識別情報を獲得するために、環境設置型・モバイルカメラ、双方で撮影された見え方情報を相補的に用いた識別処理に関する研究を行い、撮影空間の状況を的確に理解する方法を探る。環境設置型カメラとモバイルカメラという、撮影パラメータ値が大きく異なる映像を効果的に組み合わせ、互いの長短所を補い合う画像認識技術の研究を進める。プライバシーを保護すべきと判断された物体が存在する3次元空間を、(1)で獲得したカメラパラメータを用いて撮影映像上に射影することにより、映像に写り込んだプライバシーを保護すべき領域を設定し、適切な画像処理を施した後、記録する。観察距離や撮影カメラのパラメータ設定に応じて適切な情報量に見え方情報を低減させる方式の研究とあわせ、照明条件の変化や他の物体による隠蔽といった環境の変動に対して、高速かつ安定にプライバシー保護領域を検出するシステムを追及する。

(3) プライバシレベルに応じた提示映像制御システム：被写体と映像視聴者の社会的関係などから、プライバシー情報の開示レベルを判断し、映像提示を行うシステムの研究を推進する。(2)で獲得した被写体の識別情報と映像視聴者の識別情報から、両者間の社会的関係(家族・友人・労使・監視業務など)を推定し、映像データに付加記録してあるタグ情報を用いて、開示すべき、もしくは開示しても差し支えないプライバシレベルを維持した映像の撮影・生成・提示を行うシステムの方向性を探る。一方で、表面化していないような社会的関係の分類は、ソシオグラムの解析など社会学的な切り口から実現法を探る。また、実空間において、(1)から(3)までの一連の処理を実時間で処理することにより、映像監視システムとしての問題点の洗い出しと改善を進める。研究期間後半では、開発した基盤技術を具体的なアプリケーションシステム上に実装し、有効性を検証することが重要と考えられる。

4. 研究成果

2006年度は、研究課題の全体の基盤となる、撮影環境の構築に関する研究開発を重点的に行った。

環境設置カメラとモバイルカメラの特徴を融合するためには、同一の意味記述が可能な世界を共有する必要がある。両方のカメラを世界座標系でカメラキャリブレーションすることにより、図1に示す、撮影された映像の幾何的情報の共有を可能とする手法を開発した。物体の写りこみサイズの変動に頑健な対応点抽出手法である SIFT(Scale Invariant Feature)を適用することにより、空間解像度の大きく異なる環境設置カメラとモバイルカメラで撮影された画像が与えられた場合においても、共通に写り込んだ領域の見え方情報を効果的に統合する手法を開発した。

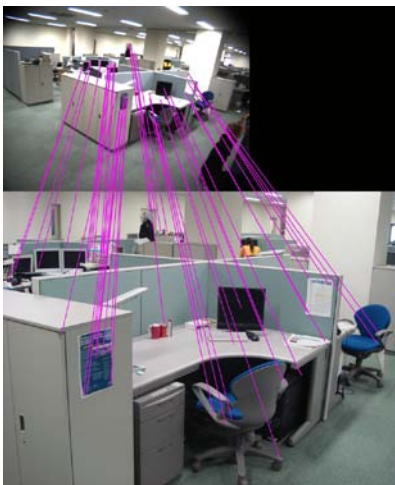


図 1：環境カメラ画像情報を用いたモバイルカメラのキャリブレーション方式

広範囲に環境設置カメラを配置し、それらを高速ネットワークで結んだ環境設置カメラ群を構築するために、撮影領域やフレームレートの制御可能な高解像度ギガビットネットワークカメラを導入した。多視点カメラで撮影した映像を監視者にわかり易い形態で提示する技術に関する研究を行い、国際学会において発表を行った。

モバイルカメラを持ったユーザに、追加撮影してもらいたい空間を指示する方式の研究開発を行った。撮影空間の“どの領域の見え方情報がどの程度の解像度で獲得されているか”を管理・提示する“見え方情報マネージャ”の実現に取り組んだ。図2に示すように、モバイルカメラで撮影した映像上に、環境設置カメラの撮影領域をCG描画することにより、空間中のユーザに、環境設置カメラの撮影範囲・死角を直感的に提示する方式を開発した。

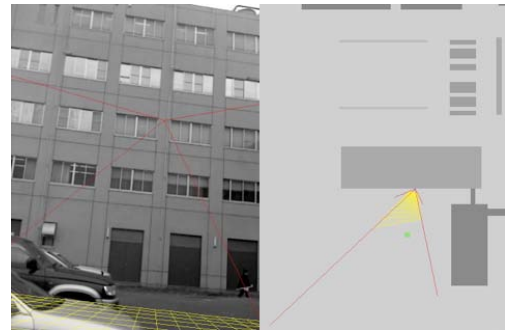


図 2：見え方情報マネージャ

2007年度は、前年度構築した撮影システムを用いて、撮影空間の3次元構造と被写体の認識処理の研究を推進した。

自由視点映像生成を目的として撮影された多視点映像と異なり、本研究で入力として与えられる多視点映像は、監視が主目的のため、同一空間を重複して撮影している状況は稀である。このような撮影条件下においても一応の検出処理を行い、視点数の増加に伴い検出精度が向上する3次元情報推定手法を開発した。この手法を用いて撮影空間に入った人物の身長を測定することにより、空間の異常検知を行う(図3に概要を示す)。



図 3：環境カメラとモバイルカメラを補完的に利用した映像監視方式

環境設置型カメラで撮影された映像中に異常が検知された場合、近くににいるモバイルカメラを所持したユーザに、より詳細（高解像度）な画像を撮影するように依頼が送信される。その際、図4に示すように、環境設置型カメラで撮影した画像と一緒に送信することにより、ユーザは空間中の何処を撮影すれば良いのかを瞬時に理解することができる。ユーザによって撮影された高解像度画像はシステムに送信され、より詳細な識別処理が実行される。前年度の取り組みにより獲得されるカメラパラメータを用いることにより、識別処理の精度向上を実現する。

被写体の識別情報を獲得するために、環境設置型・モバイルカメラ、双方で撮影された見え方情報を相補的に用いた識別処理を目的とした研究を行い、撮影空間の状況を的確に理解する方法の開発を進めた。環境設置型カメラとモバイルカメラという、撮影パラメータ値が大きく異なる映像を効果的に組み合わせ、互いの長短所を補い合う画像認識方式を提案した。

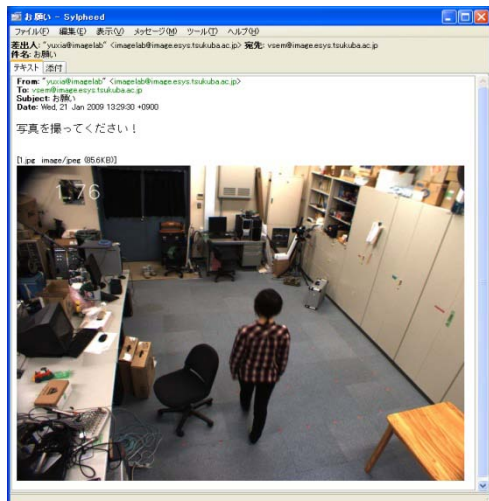


図4：モバイルカメラユーザへの撮影依頼画面のスナップショット

2008年度は、被写体と映像視聴者の社会的関係（家族・友人・知人・労使・監視業務など）などから、プライバシー情報の開示レベルを判断し、映像提示を行うシステムの研究を行った。

被写体の識別処理については、幼稚園のような小さな子供が生活する空間を撮影対象とし、その見守りを目的として設置された環境カメラ映像を用いて、撮影空間への不審者の侵入を検知し、近くに存在する撮影協力者が、携帯するモバイルカメラを用いて人物識別に足る解像度の画像を撮影し、人物識別の推定精度を向上させる方式を提案し、実際に携帯電話程度の大きさの試作品を用いた実証実験を行った。また逆に、図5に示すように、モバイルカメラで撮影した画像から人物顔の画

像特徴量を安定に抽出し、それらを用いて、同一人物が環境カメラ中に写り込んだ映像を探索する人探しシステムの研究開発も実施した。環境カメラとモバイルカメラの機能を相補的に利用する方式として、映像監視の新しいスタイルを提案することができた。

プライバシーレベルを維持した映像の生成・提示を行うシステムの開発としては、これまで取り組んできた、環境カメラ映像の画像特徴量を用いたモバイルカメラのキャリブレーション手法を応用した複合現実感提示システムを開発した。撮影画像中においてプライバシー情報を有する可能性がある領域については、複合現実感技術を用いて見え方情報を変化させることにより、プライバシーレベルを制御する。実際に、不特定多数が出入りする屋外空間において撮影実験を行い、提案手法の実用性・頑健性の高さを確認した。

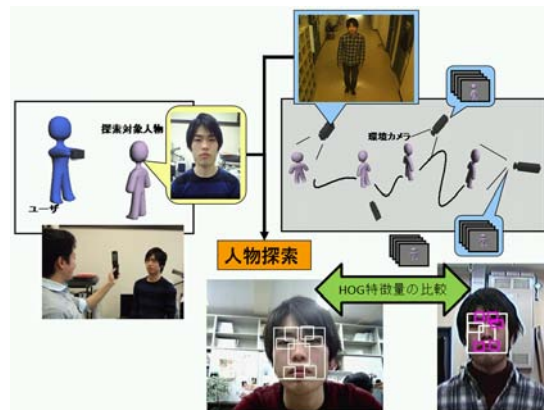


図5：環境カメラとモバイルカメラを相補的に利用した人探しシステムの概要

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 10 件）

- [1] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure, Toward Cinematizing Our Daily Lives, Springer International Journal on Multimedia Tools and Applications, 査読あり, (Online-first publication) (2009)
- [2] 坂本竜基, 金韓成, 伊藤慎宣, 鳥山朋二, 北原格, 小暮潔, 全方位カメラによる会議撮影システムが意思決定の非同期的伝達に及ぼす影響の評価, 情報処理学会論文誌, 査読あり, Vol.50, No.1, pp. 289-301, (2009)
- [3] 南谷真哉, 北原格, 亀田能成, 大田友一, “変型ビルボードを用いた人物像の提示による複合現実感卓上作業の遠隔共有”, 日本バーチャリアリティ学会論文誌, Vol.13, No.3, pp. 363-373, (2008)

- [4] 中原守勇, 北原格, 大田友一, 複合現実感における視覚と触覚の融合効果を利用した物体形状提示に関する実験的検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読あり, Vol.13, No.1, pp.25-36, (2008)
- [5] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, and Kiyoshi Kogure, Background Subtraction using Generalized Gaussian Family Model, IET Electronics Letters, 査読あり, Vol. 44, Issue 3, pp.189-190, (2008)
- [6] Ryuuki SAKAMOTO, Itaru KITAHARA, Megumu TSUCHIKAWA, Kaoru TANAKA, Tomoji TORIYAMA, and Kiyoshi KOGURE, Applicability of Camera Works to Free Viewpoint Videos with Annotation and Planning, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 査読あり, Vol.E90-D, No.10, pp.1637-1648, (2007)
- [7] 竹村雅幸, 北原格, 大田友一, MR Face 映像における光学的不整合に関する視覚特性の評価, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読あり, Vol.12, No.2, pp.181-190, (2007)
- [8] 北原格, 橋本浩一郎, 亀田能成, 大田友一, サッカーの自由視点映像提示における気の利いた視点選択手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読あり, Vol.12, No.2, pp.171-179, (2007)
- [9] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, and Kiyoshi Kogure, Robust foreground extraction technique using background subtraction with multiple thresholds, SPIE Optical Engineering, 査読あり, Vol. 46, pp. 097004-1 - 97004-12, (2007)
- [10] Yuichi Ohta, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Hiroyuki Ishikawa and Takayoshi Koyama, Live 3D Video in Soccer Stadium, International Journal of Computer Vision (IJCV), 査読あり, vol.75, no.1, pp.173-187, (2007)
- Recognition (ICPR2008), 2008 年 12 月 11 日, アメリカ・タンパ
- [3] 濱田修平, 北原格, 亀田能成, 大田友一, 環境カメラを用いた複合現実感のためのモバイルカメラの位置・姿勢推定、電子情報通信学会 PRMU 研究会、2008 年 11 月 27 日、大阪府・大阪大学
- [4] Itaru Kitahara, Interactive Video Surveillance by Using Environmental and Mobile Cameras, International Forum on Multimedia and Image Processing (IFMIP2008), 2008 年 9 月 29 日 アメリカ・ハワイ島
- [5] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Neal Orman, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure, Compensated Visual Hull for Defective Segmentation and Occlusion, 17th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2007), 2007 年 11 月 29, Denmark・Esbjerg
- [6] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure, Reliability-Based 3D Reconstruction in Real Environment, ACM Multimedia2007, 2007 年 9 月 24 日, Germany・Augsburg
- [7] Hitoshi Furuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta Viewpoint-Dependent Quality Control on Microfacet Billboarding Model for Sport Video, International Conference on Multimedia & Expo (ICME2007), 2007 年 7 月 11 日, 中国・北京

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北原 格 (KITAHARA ITARU)

筑波大学・大学院システム情報工学研究科・准教授

研究者番号：70323277

[学会発表] (計 7 件)

- [1] Hansung Kim, Ryuuki Sakamoto, Itaru Kitahara, Tomoji Toriyama, Kiyoshi Kogure, Compensated Visual Hull with GPU-Based Optimization, Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM2008), 2008 年 12 月 11 日, 台湾・Tainan
- [2] Nozomu Kasuya, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, Yuichi Ohta, Robust Trajectory Estimation of Soccer Players by Using Two Cameras, The 19th International Conference on Pattern