

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23300064

研究課題名(和文) 環境カメラ群映像の安心かつ効率的見える化の為の時空間解析と複合現実感的可視化

研究課題名(英文) Spatio-Temporal Analysis and its Mixed-Reality-Based Visualization of Video Images of Environmental Cameras towards Safe and Efficient Viewing

研究代表者

亀田 能成 (Kameda, Yoshinari)

筑波大学・システム情報系・准教授

研究者番号：70283637

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,400,000円

研究成果の概要(和文)：常時撮影を行い続ける環境カメラが安心して社会に受け入れられて社会基盤となるためには、利用者と映像センサ・映像データの関係を明確に定義した映像利用の枠組みが必須であると本研究計画では考える。そこで本研究では利用者に関係があると見なせるカメラ及び映像の範囲を時空間的に定義し、映像解析によって該当映像のみを効率的に求める方法とその可視化手法とを提案してきた。特に計画の後半では、RGB-Dカメラの利用による時空間映像のインタラクティブな見える化を複合現実感技術で実現することで、一般利用者に対する映像の直感的な確認手段を提供することに成功した。

研究成果の概要(英文)：It is mandatory to provide a new social frame in which the relationship between video sensors / files and their users is clearly defined so as to integrate environmental cameras into our good and sound community infrastructure.

In our research project, we define the camera and its viewing range spatiotemporally so that we can examine which cameras and which part of the videos are closely related with its potential users. Then, based on the described relationship and space-time analysis over the video, we succeeded in proposing a new method of identifying the cameras and segmenting viewing ranges that should be assigned to a user. We also investigate a new method of visualizing the subspace which are covered by the identified cameras. In the latter part of the project, we also succeeded in proposing a new interaction method between a user and the recorded RGB-D video that can clearly shows the advantage of utilizing environmental cameras in our society.

研究分野：拡張現実

キーワード：複合現実感技術 映像解析 時空間解析 多カメラ観測 RGB-Dカメラ 可視化 知能情報 一人称映像

### 1. 研究開始当初の背景

環境埋め込み型のカメラは、安心安全な社会の促進の観点からその数を増やしつつあるが、乱用に対する漠然とした不安感やプライバシー侵害の可能性をはらむため、まだ良く社会的に受け入れられているとは言いがたい。また、蓄積され続ける映像の本数と時間的長さがその効率的な利用を妨げている。実はこの問題は、どちらも利用者と映像センサ・映像データの関係を曖昧にしたまま無制限なアクセスを許してしまうことが原因であると言える。

### 2. 研究の目的

本研究では利用者に関係があると見なせるカメラ及び映像の範囲を時空間的に定義し、映像解析によって該当映像のみを効率的に求める方法と、その可視化手法とを提案する。複合現実感技術によるインタラクティブな見える化をすることで、映像の直感的な確認手段を提供する。

### 3. 研究の方法

研究は、カメラや撮影空間の定義等を含む映像解析を中心とする部分と、環境カメラ映像の利用者への可視化の部分に大きく分けられる。また、研究開発の健全性を担保するため、開発・検証環境自体の公開と、検証用データセットの社会還元についても研究計画を進めてきたので、研究の枠組みは大きく4つのカテゴリに分類することができる。それぞれでは個別のアプリケーションを想定しつつも、互いに基礎技術を連関させることで、研究計画の速やかな進捗を図った。

### 4. 研究成果

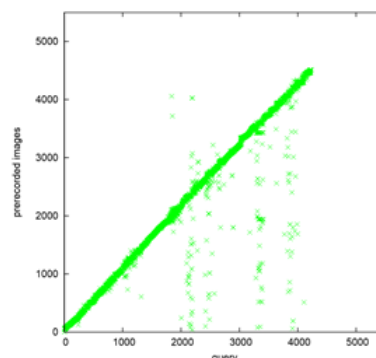
#### [1] ユーザとの関係を考慮した環境カメラの映像の時空間解析とその可視化

本研究では、当初は固定式の環境カメラのみを想定していたが、歩行者などと共に移動し、その間中ずっと撮影を行う方式の環境カメラでの時空間解析について研究上進捗が得られたため、計画の後半では特に本状況での研究を進めた。代表的な研究成果としては、こうした一人称映像を複数用いることで、利用者の位置特定を可能にする技術確立した。これは画像処理だけで成立し、GPSなどのセンサを利用する必要はない。

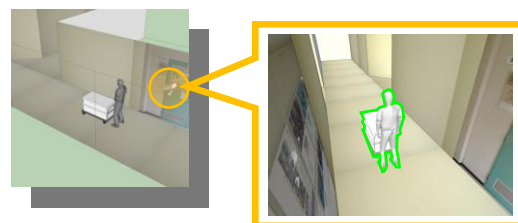
次の図のような、屋内外を問わない様々な状況においても我々が提案するシーン解析手法を適用することで、ある経路に沿った映像中での位置を正確に特定することができる。



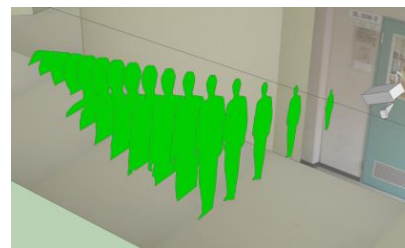
屋内外を含む数分の経路において実験を行った結果が次の図のグラフである。このグラフでは、1本線になるほど正確な位置推定が実現できていることを意味している。



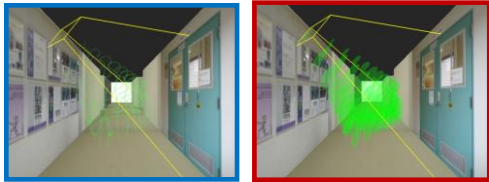
別の研究として、利用者を撮影した環境カメラを特定し、その撮影範囲を可視化することも、環境カメラの安心な利用に直結する。そのため、利用者が撮影空間にどのように現れ、存在していたかを抽象的に表現する方法についても研究を進めた。次の図にその成果の一例を示す。廊下に固定された環境カメラの映像において、通過する利用者が撮影空間中の部分空間を時空間的に占有している。



その様子の可視化手順について6種類提案しているが、その一例が下図である。このようなスライスの塗りつぶしは、外部視点からの観察では有効である。



しかしながら、撮影空間内で確認するとなると、同じ可視化手法では利用者を取り巻いている周辺状況の確認がしづらくなるという難点がある。そのため、周辺状況の視認性に配慮した可視化も用意されるべきであると我々は考えている。その一例が次の図である。



このような可視化は、利用者に対する映像取得範囲への理解を加速する。

また、こうした状況確認の際に必須となる、仮想カメラの自然な操作インタフェースの構築方法についても研究成果を得ている。

本研究で培った時空間映像解析技術は、近隣分野でも応用が可能であった。その成果の一例として、映像に対する時空間解析における僅かな変化を抽出する技術は、表情解析等に 응용して成果を挙げることができた。

## [2] 環境カメラ映像の利用者への複合現実感的可視化

研究計画実施期間中に、環境カメラハードウェア技術の急激な進展として、RGB-D カメラの普及があった。撮影範囲が屋内で奥行き数m以内に限定されるという制約条件があるものの、環境カメラとしては光学情報だけではなく奥行き情報まで映像として得られることから、時空間解析による環境カメラの応用を考える本研究計画に組み込んで研究を行った。

ここでは、環境映像を、事前にその対象シーンでの人物行動を撮影したものであると考える。

映像の利用者は、その過去の環境映像から、撮影対象であった人物のみを取り出し、現在自分が見ている撮影空間に重ね合わせて3次元的にその動作を見ることができると新しい見える化手法を本研究では提案した。

システムは下図のような構成になっている。左側がシステムの全容である。システム稼働時には、図の右側のように、被験者は RGB-D カメラを構えながら、見たいシーンにそれをかざし、手にしたディスプレイ上で複合現実感的に対象の行動を可視化する。



提案手法によって、次の図のように、自然な映像合成がリアルタイムに実現できる。左側の人物は過去に撮影した自分であり、現在、

眼前にいる右側の人物が過去の自分とインタラクションしていることを確認できる。映像合成中のシーン中の他の物体は全て眼前にあるものである。



このような研究成果により、環境カメラ映像の複合現実感的可視化を実現する新しい手法を実現することができた。

## [3] 開発・検証環境の健全性の保障

本研究計画のように、画像処理や RGB-D 画像の処理を含み、複合現実感的可視化まで含む提案手法は、追試験者にとって再現実験が容易ではない。このことは提案手法の正当な評価の妨げにもなりうる。本問題を解消するため、本研究計画では、Casper Cartridge Project を立ち上げ、映像処理や複合現実感技術のシステム再現を保障できる枠組みを提案している。

本研究計画で実現された手法の幾つかは、実際に Casper Cartridge Project に沿って実現されている。

### 【参考】

<http://www.kameda-lab.org/casper/index-j.html>

## [4] 検証等データセットの社会還元

本研究計画で掲げている複合現実感的可視化においては、利用者視点を肩代わりすることになる拡張現実用カメラの位置姿勢推定精度が評価実験の各項に影響を及ぼす。このことから、こうしたカメラレジストレーションの精度を公平に評価できる研究基盤も研究上必要となった。この活動は、国内外の同分野の研究者の賛同を集め、TrakMark Project としてデータセットの公開に至っている。性能評価に用いる映像は、CG(下記例)から実写まで様々である。



本研究計画の活動の一部は、TrakMark Project の推進に充当した。特に、性能評価のためのアルゴリズムとその実装において活動を行った。

【参考】<http://www.trakmark.net>

#### 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 5 件)

- ① Senya Polikovskiy, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, “Facial Micro-Expression Detection in Hi-Speed Video Based on Facial Action Coding System (FACS),” *The Transactions of the IEICE D*, vol.E96-D, no.1, pp.81-92, 2013. 査読有。  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/130003370757>
- ② 長島 正典, 林 将之, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, “録画された移動物体行動の複合現実型提示における一覽性の向上”, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, vol.17, no.4, pp.447-456, 2012. 査読有。  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009615061>
- ③ 佐藤 竜太, 亀田 能成, 大田 友一, “CHLAC 特徴量の錐制約部分空間表現による動作分類”, *電子情報通信学会論文誌 D*, vol.J95-D, no.3, pp.645-655, 2012. 査読有。  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009418773>
- ④ 渡邊 哲哉, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, “正確で直感的なカメラ操作を可能とする両手を用いた自由視点映像撮影インタフェース”, *電子情報通信学会論文誌 D*, vol.J95-D, no.3, pp.687-696, 2012. 査読有。  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009418777>
- ⑤ 林 将之, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, “広域屋外環境における複合現実型バーチャルジオラマインタフェースの評価”, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, vol.16, no.2, pp.215-225, 2011. 査読有。  
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110008712395>

[学会発表] (計 22 件)

- (1) 樽見 佑亮, 亀田 能成, 大田 友一, 歩行者ナビゲーションを目的とした経路映像の画像解析, *電子情報通信学会 技術研究報告 MVE*, vol. 114, no. 487,

pp.187-192, 2015. 2015年3月4日, 成蹊大学(東京都・武蔵野市)。

- (2) 河内 駿, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, タブレット端末を用いたシースルービジョン時の運動視差が奥行き知覚に与える影響, *電子情報通信学会 技術研究報告 MVE*, vol. 114, no. 487, pp.33-80, 2015. 2015年3月3日, 成蹊大学(東京都・武蔵野市)。
- (3) Hidehiko Shishido, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, Trajectory Estimation of a Fast and Anomalously Moving Badminton Shuttle, *Joint Conference of IWAIT and IFMIA*, 4 pages, 2015. 2015/1/11, Tainan(Taiwan).
- (4) 笹井 翔太, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, 他神原 誠之, 浮田 宗伯, 池田 徹志, Morales Yoichi, 萩田 紀博, 篠沢 一彦, 自動走行ストレス: 拡張現実提示によるストレス軽減の試み, *電子情報通信学会 技術研究報告 ITS*, vol.114, no. 369, pp.93-98, 2014. 2014年12月18日, 熊本大学(熊本県熊本市)。
- (5) 李 云, 亀田 能成, 大田 友一, AR Replayを通じた作業理解の評価, *電子情報通信学会 技術研究報告 MVE*, vol. 114, no. 239, pp.7-12, 2014. 2014年10月9日, 洞爺湖文化センター(北海道・洞爺湖町)。
- (6) 大川原 友樹, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一, ユーザの仮想カメラ操作を考慮した位置姿勢補正による自由視点映像の生成, *電子情報通信学会 技術研究報告 MVE*, vol.113, no.470, pp.261-266, 2014. 2014年3月6日, 別府国際コンベンションセンター(大分県・別府市)。  
本発表により, *電子情報通信学会マルチメディア基礎・仮想環境研究会(MVE)*より MVE 賞を受賞。
- (7) 李 云, 亀田 能成, 大田 友一, RGB-D カメラを用いた教示者の作業の AR 再表示, *電子情報通信学会 技術研究報告 MVE*, vol. 113, no. 470, pp. 223-227, 2014. 2014年3月6日, 別府国際コンベンションセンター(大分県・別府市)。
- (8) 樽見 佑亮, 亀田 能成, 大田 友一, 経路上での事前の移動撮影映像を用いたスナップショット撮影位置の推定, *電子情報通信学会 技術研究報告 MVE*, vol.113, no.470, pp.1-5, 2014. 2014年3月6日, 別府国際コンベンションセン

- タ (大分県・別府市) .
- (9) 牧田 孝嗣, 林 将之, 蔵田 武志, 亀田能成, 佐藤 智和, TrakMark: AR/MR トラッキングのベンチマーク, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.113, no.402, pp.245-250, 2014. 2014年1月23日, 大阪大学(大阪府・豊中市) .
- (10) Yun Li, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, AR Replay in a Small Workspace, Proceedings of 23th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2013), pp.97-101, 2013. 2014/12/11, 日本科学未来館(東京都・江東区) .
- (11) Masayuki Hayashi, Koji Makita, Takeshi Kurata, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, Projective Indices for AR/MR Benchmarking in Trakmark, IEEE ISMAR 2013 Joint Workshop on Tracking Methods & Applications and TrakMark, 3 pages, 2013. Adelaide (Australia).
- (12) 樽見 佑亮, 亀田能成, 大田 友一, 歩行経路記録映像における画像検索性能評価, SSII2013 第19回画像センシングシンポジウム, 5 pages, 2013. 2013年6月12日, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
- (13) 林 将之, 北原 格, 亀田能成, 大田 友一, 屋外カメラ設置におけるポーズ決定タスクによる複合現実型ジオラマインタフェースの評価, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.113, no.51, pp.45-50, 2013. 2013年5月17日, 大阪大学(大阪府・豊中市) .
- (14) 中野 一成, 亀田能成, 大田 友一, 物体が存在し得る錐体空間の多重スリットによる可視化, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.112, no.474, pp.203-208, 2013. 2013年3月11日, 福岡工業大学(福岡県・福岡市) .
- (15) 中野 一成, 亀田能成, 大田 友一, 人物が存在し得る部分空間の多重スリット表現による可視化, HCG シンポジウム 2012, pp.105-110, 2012. 2012年12月10日, くまもと森都心プラザ(熊本県熊本市) .
- (16) Yoshinari Kameda, Itaru Kitahara, and Yuichi Ohta, Uniform Software Environment for AR Performance Evaluation based on USB Boot Linux, International Workshop on Benchmark Test Schemes for AR/MR Geometric Registration and Tracking Method (TrakMark) (in conjunction with ICPR2012), 4 pages, 2012. 2012年11月11日, つくば国際会議場(茨城県・つくば市) .
- (17) Senya Polikovsky, Maria Alejandra Quiros-Ramirez, Takehisa Onisawa, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, A Non-Invasive Multi-Sensor Capturing System for Human Physiological and Behavioral Responses Analysis, First IAPR TC3 Workshop on Multimodal Pattern Recognition of Social Signals in Human-Computer-Interaction (MPRSS), vol.LNAI-7742, pp.63-70, 2012. 2012年11月11日, つくば国際会議場(茨城県つくば市) .
- (18) 林 将之, 北原 格, 亀田能成, 大田 友一, シーン中の3次元点群の投影誤差によるAR/MR向けカメラキャリブレーションの精度評価, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.112, no.221, pp.43-48, 2012.
- (19) Masayuki Hayashi, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta, A User Study on Viewpoint Manipulation Methods for Diorama-Based Interface Utilizing Mobile Device Pose in Outdoor Environment, Proceedings of 21st International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2011), pp.41-46, 2011. 2011年11月28日, 大阪大学(大阪府・豊中市).
- (20) Masayuki Hayashi, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda, and Yuichi Ohta. A Study of Camera Tracking Evaluation on Trakmark Data-Set, Proceedings of "The 2nd International Workshop on AR/MR Registration, Tracking and Benchmarking" Workshop in conjunction with ISMAR11, 5 pages, 2011. 2011年10月27日, Basel (Switzerland).
- (21) 林 将之, 北原 格, 亀田能成, 大田 友一, AR/MR デモンストレーションの再現性を保証するソフトウェア環境の構築-Casper Cartridge プロジェクト-, 電子情報通信学会 技術研究報告 MVE, vol.111, no.235, pp.103-108, 2011. 2011年10月13日, 稚内総合文化センター(北海道・稚内市) .

- (22) 大田 友一, 亀田 能成, 北原 格,  
害意検出のための高精度マルチモーダル  
DB構築, イノベーションジャパン大学見  
本市, I-06, 2011. 2011年9月21日～  
22日, 東京国際フォーラムにて展示(東  
京都・千代田区).

〔図書〕(計 1件)

亀田 能成, USBブータブルなAR/MRプログラ  
ム開発・検証環境(Casper Cartridge  
Project), 電子情報通信学会会誌, vol.96,  
no.7, pp.512-515, 2013.

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.image.esys.tsukuba.ac.jp>

<http://www.kameda-lab.org>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

亀田 能成 (KAMEDA, Yoshinari)  
筑波大学・システム情報系・准教授  
研究者番号: 70283637

### (2) 研究分担者

大田 友一 (OHTA, Yuichi)  
筑波大学・学内共同利用施設等・副学長  
研究者番号: 50115804

北原 格 (KITAHARA, Itaru)  
筑波大学・システム情報系・准教授  
研究者番号: 70323277

### (3) 連携研究者

なし