

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：38001

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330238

研究課題名(和文)屋外環境においてロバストなマーカレス重畳表示を用いた観光案内システムの開発

研究課題名(英文)The Development of a Guidance System using a Robust Markerless Augmented Reality for Out-of-door Exhibitions

研究代表者

根路銘 もえ子 (NEROME, Moeko)

沖縄国際大学・経済学部・准教授

研究者番号：60369197

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、史跡等の屋外展示施設においてスマートフォン等の携帯端末及び拡張現実技術を利用して展示物の情報提示を行うシステムの開発を目指し、対象物体の色及び輝度勾配方向の出現頻度を用いた高速な特定物体検出手法(情報提示に必要な位置合わせ)の提案・開発を行った。提案手法は、日照変化、経年変化等屋外において顕著に発生し物体検出の精度低下の要因となる環境変化に対してロバストかつ高速に物体検出を行うことが可能である。また、現在さまざまな研究が進められている深層学習を用いた手法と比較して事前学習に必要な時間を大幅に短縮でき、スマートフォン等計算能力の劣る環境においても実用的な速度で実行可能である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed and developed a fast specific object detection method using frequency distributions of color and intensity gradient on a target object's image. Our goal of the study is to develop a digital guidance system for out-of-door exhibitions using augmented reality technique that can run on mobile devices such as smart phones. The proposed method is able to detect specific objects fast and is robust to environmental changes that can be a factor causing a decrease in the precision of the detection such as illumination changes and secular changes. These changes can be occurred out-of-door exhibitions. In addition, our method realizes to perform the detection in practical speed on low power devices such as smart phones because the method requires shorter learning and detection time than "deep learning".

研究分野：進化型計算、マルチエージェントシステム、観光情報システム

キーワード：拡張現実 観光情報案内システム

1. 研究開始当初の背景

屋外において、GPSや電子コンパスを用いて利用者の現在地周辺に関する情報をカメラ映像に重畳表示するスマートフォン向けアプリケーションが多数開発されており、一般にも普及している。しかし、位置情報については、準天頂衛星の利用により数センチメートル程度の精度が得られるとされているものの、電子コンパスは原理的に周辺環境の影響を受けやすく精度の向上は困難と考えられる。そのため、センサ類のみを用いた重畳表示(センサベースと一般に呼ばれている)は、十分な位置合わせが行うことが難しく周辺施設等のだまかな方角を提示できる程度で、近くの対象物への重畳表示には適さない。

一方、カメラ入力画像に対して画像認識処理を行う事で位置合わせを行う方式(ビジョンベース)では、コントラストが高くエッジ(撮影画像上の局所的な輝度が大きい箇所)の多い平面の印刷物を検出対象とし、マーカの映像上にコンピュータグラフィクス(CG)等を重畳表示する手法が主流となっている。同手法は、照明変化に強く誤認識が少ないといった利点があるものの、検出に適した図柄を展示物の近くに設置する必要があるため、自然公園や史跡といった景観が重視される場所では利用できないことがある。また、展示物そのものを検出対象とする方法(マーカレスAR)も多数提案されているが、日照や天候など照明変化の影響を受けやすく、誤認識や認識速度の問題がある。

2. 研究の目的

城跡等屋外の展示施設において、GPS(位置情報システム)及び電子コンパス付きのスマートフォンを用いてカメラ入力画像に対する画像認識とセンサ情報を組み合わせることで、画像認識を補助する印刷物(いわゆるマーカ)を現地に設置することなく展示物の説明等を撮影画像上に重畳表示するシステムの提案及び開発を行う。

3. 研究の方法

本研究では、以下の3つの手法を組み合わせることで高精度な3次元位置姿勢推定及び重畳表示のための位置合わせを実現する手法の開発を目指した。

- i. GPSや電子コンパス等から得られる位置情報
- ii. 対象物体の3次元形状に基づく特定物体検出
- iii. 対象物体の色情報に基づく特定物体検出

4. 研究成果

(1) 画像の色特徴または勾配方向に局所的な空間分布を利用した高速かつロバストな物体検出手法を開発した。提案手法は、学習時に、検出対象物体を撮影した画像上の色出現確率の空間分布を算出しておき、検出時に

最も存在確率が高い箇所を算出することで高速かつロバストに特定物体検出を行う手法である。学習時に対象物体を様々な環境、角度から撮影し学習することで「見え」の変化に対するロバスト性を確保できる。

日照条件(光源方向及び光源色)に対する不変性を確認するため、曇り及び晴天時に動画を撮影し、それぞれ学習データ、検出用データとし実験を行った。検出対象物体は、茶系の色合いで立体的な形状を持つ陶器の像及び木製の門とした(図1)。検出用動画は、撮影位置による「見え」の変化の影響を確認するため、「像」は対象物を注視しながら回り込むように撮影し、「門」は横に移動しながら近づいていくように撮影した。門の学習データは、門の梁の一部を正面から20度程度回り込むように撮影し(図2左及び中央)、見かけの大きさの変化に対応するため、2, 1/2, 1/4倍にスケールした動画を用いた。また、検出用データは晴天時の夕方に撮影したため陰影が変化している(図2右)。

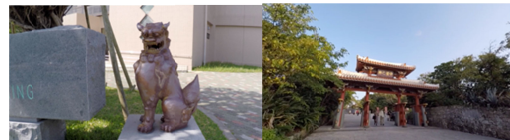


図1: 撮影した動画のスナップショット



図2: 門の学習データ(左, 中央), 検出用画像(右)

木製の門を学習した際のフレーム毎の存在可能性Iの最大値を図3に示す。Iの大きさは学習画像の枚数により変化するため絶対量に意味はない。木製の門の動画については、数ピクセルのずれはあるものの全てのフレームにおいて学習した梁の箇所のIが最大となっており対象物体の位置を正しく検出できてくることを示している。また、陶器の像の動画から算出した可能性は木製の門に対して大きく下回る結果となった。したがって、当該シーンにおいては、図3内の水平破線に示すように閾値による対象物体の存在有無の判別が可能である。

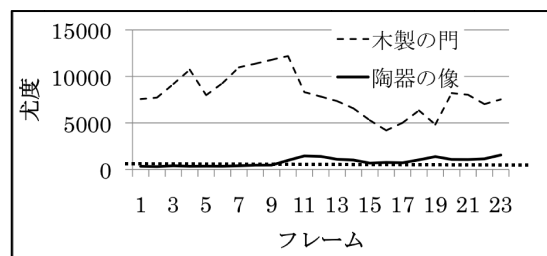


図3: 木製像を学習した際のフレーム毎の存在可能性Iの最大値

陶器の像を学習した際のフレーム毎の存在可能性 I の最大値を図4に示す。学習データは、像を中心に90度回り込むように撮影している一方、検出データは180度回り込んでいる。図4の16フレームが90度付近であるため、存在可能性が大きく減少している。すなわち学習していない「見え」に対する I が減少していることがわかる。一方、全てのフレームにおいて対象物付近の I が最大であった(図4)。

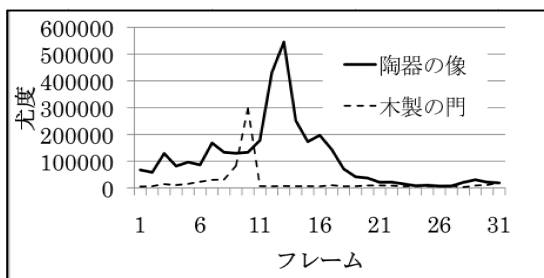


図4：陶器の像を学習した場合のフレーム毎の存在可能性 I の最大値

(2) 画像として観測される物体の表面色は、照明色の変化により変動する。特に屋外においては夕方に太陽光及び環境光の色温度が大きく変化するため、撮影画像のホワイトバランスが調整できずに検出精度が低下する問題がある。そこで、「照明色の影響がない」輝度勾配方向」を(1)で述べた提案手法の色分布に代えて利用することで照明色の変化にロバストな手法を開発した。提案手法による検出結果の例を図5に示す。

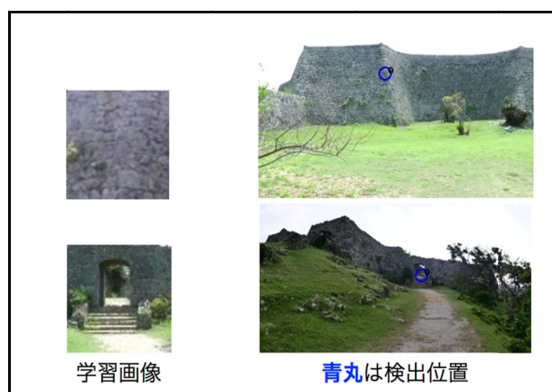


図5：輝度勾配方向の出現頻度分布を用いた物体検出手法の検出結果(左図：学習画像，右図：検出画像)

(3) 背景で述べたように、GPS及び電子コンパスの測位に基づく位置合わせ手法は、利用者に近い位置にある対象物に対して十分な精度が得られない。一方、撮影画像中の特定の点群(特徴点)を事前に観測・構築した3次元点群モデル(シーンモデル)とマッチングし、PnP問題として解くことで3次元位置姿勢が推定する手法がよく知られている。点群間のマッチングには、局所特徴量(SIFT, BRIEFなどがよく知られる)が用いられる

が、撮影・照明環境、機材等のバラつきに起因する特徴の変動によりマッチングの精度が低下し、結果的に十分な精度での位置姿勢推定が実現できない問題があった。特に、本研究で対象としている自然物が多く含まれる屋外環境において顕著に発生する。

そこで本研究では、GPS等の測位と前説で述べた特定物体検出アルゴリズムを組み合わせることでマッチング候補を絞り込み、マッチング精度を向上する手法を提案した(図6)。

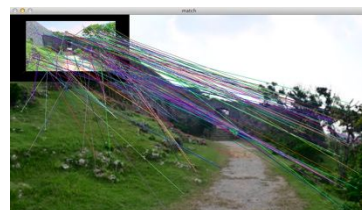


図6：マッチング候補の絞り込み例(上：絞り込みなし，下：絞り込みあり)

(4) 情報の重畳表示の際には、「ビューマネージメント」とよばれる、現実環境に注釈等の仮想環境との合成結果の視認性を維持・管理を行う必要がある。屋外展示では、展示者が展示物の大きさや文化的な由来等の理由により配置を自由に決定できない場合がある。展示物と見学者の位置関係によっては、図7のようにスタンド等で固定された説明文パネルがどの展示物を指し示しているのか直感的に理解できないことがある。

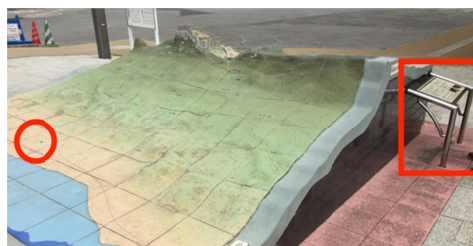


図7：直感的に対応関係が理解できない説明パネルの例

屋外展示ガイドを想定したARアプリケーションでは、ガイドの有効性を高めるために、展示物の名称のようなサイズの小さい注釈の他に、展示物の説明等サイズの大きい注釈を提示させることが想定される。そこで、本研究では屋外展示を想定したARアプリケーションのビューマネージメント手法を提案した。

提案手法では展示物の名称が記述された小さな注釈(ラベル)及び説明文が記述され

ている サイズの大きな注釈（テキスト）について視認性を確保した上で同時に画面上に提示する．提示するテキストを関心があると推定される展示物のみ限定し，不要な情報を画面から取り除くことで注釈と展示物との結びつきがより分かりやすくなる．また、テキストと他の注釈とのオーバーラップを避けるためにテキストは画面の端に提示する．関心対象の推定は，今後の課題とし，現時点では一定時間画面中央付近に留まっている物体に関心があると仮定している．提案手法の実行例を図 8 に示す．

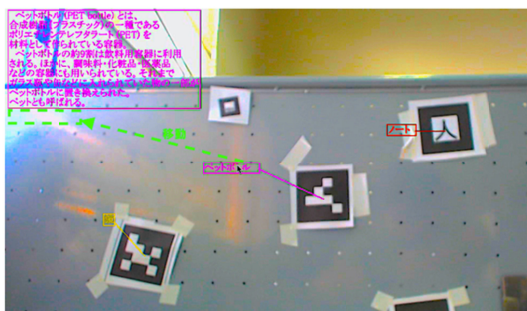


図 8：ラベルとテキストを混在して提示する例．上图のように画面中央付近に対象物を数秒間捉えると，ラベルが画面端に移動しテキストが提示される．

5．主な発表論文等

〔学会発表〕(計 4 件)

吉田侃又、赤嶺有平、根路銘もえ子、特徴の空間分布を利用した特定物体検出手法の提案、情報処理学会第 79 回全国大会、2017 年 3 月 16 日～18 日、名古屋大学東山キャンパス（愛知県名古屋市）。

吉田侃又、赤嶺有平、根路銘もえ子、自己位置姿勢推定のための色情報による特定物体検出手法の基礎研究、第 21 回バーチャルリアリティ学会大会、2016 年 9 月 14 日～16 日、つくば国際会議場（茨城県つくば市）。

稲福也美、赤嶺有平、根路銘もえ子、屋外環境における色情報を用いた立体物の検出手法に関する研究、第 20 回バーチャルリアリティ学会大会、2015 年 9 月 9 日～9 月 11 日、芝浦工業大学豊洲キャンパス（東京都港区）。

潮平寛弥、赤嶺有平、根路銘もえ子、色情報を用いた屋外における日照変化に対してロバストなカメラ位置姿勢推定手法の提案、第 13 回情報科学技術フォーラム（FIT2014）、2014 年 9 月 3 日～9 月 5 日、筑波大学筑波キャンパス（茨城県つくば市）。

6．研究組織

(1)研究代表者

根路銘 もえ子（NEROME, Moeko）

沖縄国際大学・経済学部・准教授

研究者番号：60369197

(2)研究分担者

赤嶺 有平（AKAMINE, Yuhei）

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：00433095