

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24500239

研究課題名(和文) 試合状況に基づいたサッカー競技の自動撮影と多様で印象的な映像コンテンツの自動編集

研究課題名(英文) Soccer game auto-capturing based on game situation and impressive, various video content auto-summarization

研究代表者

大城 英裕(OHKI, Hidehiro)

大分大学・工学部・助教

研究者番号：80194091

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：近年、高度な映像処理技術、計算機処理技術の蓄積があるにもかかわらず、スポーツ競技を対象とした自動映像編集は未だに実現されていない。そこで、競技の試合状況を実時間で認識し、様々なシーンを可能な限り撮影して、多様で印象的な映像コンテンツの編集を自動的に行う方式の確立を目指した。撮影から映像コンテンツ編集までの一連の処理を自動化する試みを通じて、次の部分課題に取り組んだ。試合状況認識のために、(1) 従来の画像局所特徴量の性能把握、(2) 背景差分法の性能を向上させた。また、(3) 撮影ロボットの制御のためのカメラパラメタ生成、ならびに(4) 撮影用のカメラ制御のための学習方式の研究を行った。

研究成果の概要(英文)：In spite of we are acquiring a lot of benefit of the advanced technology in video and computer processing, Any automatic video content summarization system for sport game is not appeared. We aim to design an automatic method of game recognition, capturing various scenes by robot cameras and video content summarization. Through the processing series from the game recognition to the video summarization, we researched the following methods. In game recognition, (1) we measured the projectivity of local descriptor to contribute the recognition, and (2) we extended the traditional background subtraction to moving camera. In the automatic capturing, we also developed (3) a camera parameter generation method to control the robot cameras and (4) a machine learning method to learn the relationship between video scene composition, camera parameters and the four-part video story structure such as introduction, development, turn, and conclusion.

研究分野：情報工学

キーワード：局所特徴量 射影不変性 自動撮影 自動編集

### 1. 研究開始当初の背景

高度な映像処理技術、計算機処理技術の蓄積、ならびに性能向上があるにもかかわらず、スポーツ競技を対象とした自動映像編集は未だに実現されていない。それは、(1) 競技の状況認識の問題、(2) 映像表現の質の問題、(3) 映像内容の質の問題が挙げられる。

#### (1) 競技の状況認識の問題

映像の自動編集を行うためには、まず、競技の状況把握が必要である。そのためには、個々の選手のプレー情報、すなわち、5W1H(どの選手が(who)、何を(what)、いつ(when)、どこで(where)、どうして(why)、どのように(how)を収集することが必要で、競技場全体を取り囲むように配置されたカメラの映像を用いるのがコスト、安全面から妥当である。しかし、カメラ映像の場合、被写体の画像特徴はカメラと被写体の位置関係や方向、環境光が複雑に絡み合い様々に変化する。加えて、選手の手足の動き、他選手との重なりも加わって、対象の複雑な画像特徴変動が大きな問題となる。

#### (2) 映像表現の質の問題

近年、CGを積極的に用いた映像表現が頻繁に用いられている。実写と同等なCG表現のためには、膨大な三次元データが不可欠で、被写体にマーカを装着させモーションキャプチャーシステム等で獲得するのが主流である。しかし、実際の競技では安全性の観点から選手にマーカ装着は認められず、視体積交差法に代表される画像処理を用いた三次元に頼らざるを得ない。サッカーのように大規模空間で実施される競技においては、カメラと選手の距離が大きく離れ、画像中のサイズが小さくなる傾向がある。選手の三次元形状が得られない場合も少なくない。

一方、カメラの画角(視野角)が適切で、ポイントとなるシーンが撮影できれば、被写体の実写は、映像コンテンツとして最良なものになる。特にスポーツ競技の場合は、競技の現実性、正当性が重要視されるため、実写が主体であることの方が望ましい。

#### (3) 映像内容の質の問題

映像コンテンツを作成する際、重要なことの一つに、視聴者を飽きさせないことがある。スポーツ競技のように既にストーリー性を持つ題材においては、どのシーンを抽出し、どのような構成で提示するか、題材や構成の面白さを伝える映像表現でなければならない。しかし、(1)の競技の状況認識の問題から、現在の自動撮影システムでは、競技の進行や展開、競技自体の解釈を実時間で行い、カメラを制御して、映像を自動編集するまでには至っていない。

### 2. 研究の目的

競技の試合状況を実時間で認識し、様々なシーンを可能な限り撮影して、多様で印象的な映像コンテンツの編集を自動的に行う方式の確立を目指す。撮影から映像コンテンツ編集までの一連の処理を自動化する試みを通じて、以下の部分課題に関連する基礎研究を目的とする。

### 3. 研究の方法

研究の方法は、次のとおりである。試合状況認識を行うために(1)従来の画像局所特徴量の性能を把握し、(2)背景差分法の性能を向上させた。また、(3)撮影ロボットの制御のためのカメラパラメタ生成、ならびに(4)撮影用のカメラ制御のための方式の研究を行った。

#### (1) 画像局所特徴量の性能把握

この十年、SIFTに代表される局所画像特徴(以下、局所特徴)の研究開発が盛んである。これらの局所特徴は、keypointやinterest pointと呼ばれる特徴点を抽出し、その周囲の画像特徴量を局所記述子(local descriptor)としてベクトルや行列で表現するものである。照明変化、回転や拡大・縮小変化において頑強で、精度は、1画素以下(subpixel)という、より高い性能がしばしば示されている。

SIFTやSURF自体には、2次元の相似不変性しか考慮されていないが、RANSACのような効果的な推定アルゴリズムをDLTアルゴリズムと組み合わせて射影変換推定を行うと、2次元の射影変換の影響を受けない、つまり2次元射影不変性(以下、射影不変性)の性質を持つテンプレート照合が可能となる。これは、カメラの位置に関係なく局所特徴を検出できることの必要条件であり、局所特徴が備えるべき重要な性質である。

そこで、テンプレート照合を用いて局所特徴の射影不変性診断法を提案した。特徴点抽出と局所記述子照合に分け、1枚のテンプレート画像を射影変換して多数の参照画像を疑似的に生成させて(図1)、射影不変性の評価を行った。

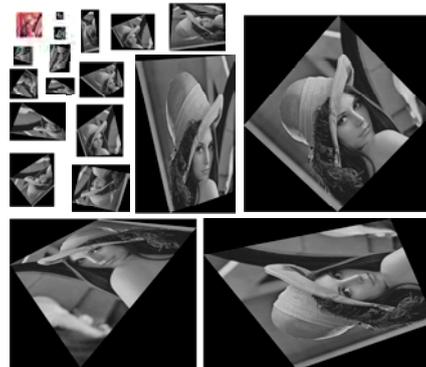


図1 参照画像の生成

#### (2) 背景差分法の性能を向上

背景差分法は、カメラで撮影された映像を用いた競技の自動編集において、重要な方式であり、古くから数多くの研究が行われてきた。背景差分法の目的は、画像から前景と背景を分離させることである。方式に求められる性質は、前景の移動や動き、明るさの変化、背景の変化があっても前景と背景を分離できることにある。

一方、様々な局所特徴量が提案されている。回転不変、拡大縮小不変な特徴を利用している

ため、Augment Reality (AR) 等の応用分野で劇的な性能向上をもたらしている。

自由カメラで撮影された映像を対象とした、局所特徴量を用いた背景差分法を提案した。自由カメラ映像から局所特徴量を蓄積し、類似した特徴量の出現頻度を計測して、度数の多いものを背景、残されたものは前景の候補として分離する。得られた前景特徴量の周りの領域を前景領域として出力した。図2に方式の概要を示す。

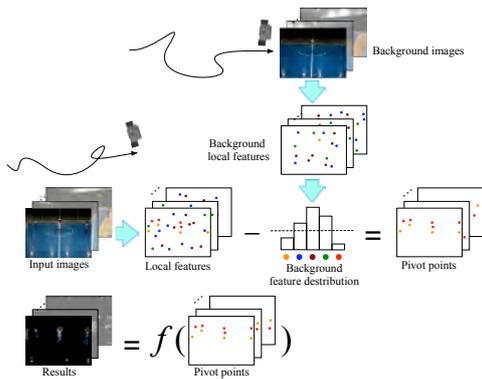


図2 局所特徴量を用いた背景差分法の概要

### (3) 撮影ロボットの制御のためのカメラパラメータ生成

まず、シミュレーション環境を構築して、実時間動作時の首振りズームカメラ群の連携から自動映像要約までの準備を行い、実機実験での確実性を高めた。

ボール、同一チームの選手位置と広がり、急変な動き、攻守の切替、ボールと選手の密集度、選手のないエリアへの選手の飛び出し等を全てスコア化して、競技フィールド面上で評価し、その中の数箇所を試合展開の注目点とする。この注目点とカメラ位置を考慮して、無料の遠隔制御ツールを用いて、首振りカメラの角度とショットサイズを制御する。

構図は、映画撮影技法などで用いられる縦横三分割構成を画面構図生成に使用する。これは、画面の縦横三分割を利用した構図設定のことである。中央の三分割ブロックの頂点上に注視点を置くことで、対角線上に空間が生まれ、安定した絵や、被写体を強調した絵が構成される。

カメラ制御パラメータは、カメラの軸回転角( $\alpha, \beta$ )と、カメラズーム率 $c_z$ となる。編集映像は、起承(転)結の構図に基づいて、カメラパラメータを推定して、起承(転)結の順番につなげる。

### (4) 撮影用のカメラ制御のための方式の研究

環境から得られる報酬(reward)という値を手がかりにする機械学習は、教師無し学習(unsupervised learning)と呼ばれている。この枠組みは、正しい動作を大量に明示することが困難な問題、例えば、自律型ロボットの制御学習に向いている。そこで、印象的な映像コンテンツを撮影するために、強化学習を用いて、構図と

カメラ制御パラメータの関係を学習させる。

強化学習は、収束のために多大な試行が必要となる。実環境における自律ロボットが素早く環境の変化に対応し目標を達成するために、仮想環境ならびに実環境において、通常の強化学習機構に半教師あり学習を付加することを提案した。また、状態の幾何学的な類似性を導入することで、学習の効率化も検討した。

## 4. 研究成果

### (1) 画像局所特徴量の性能把握

代表的な局所特徴量の SIFT, SURF, ORG について射影不変性の性能評価を行った。図3に SIFT, SURF, ORG を対象とした実験結果を示す。SURF, ORG とも部分的に SIFT を超える性能を示す場合もあるが、全体的には SIFT 局所特徴量がカメラ移動に頑強となる安定した射影不変性を示した。

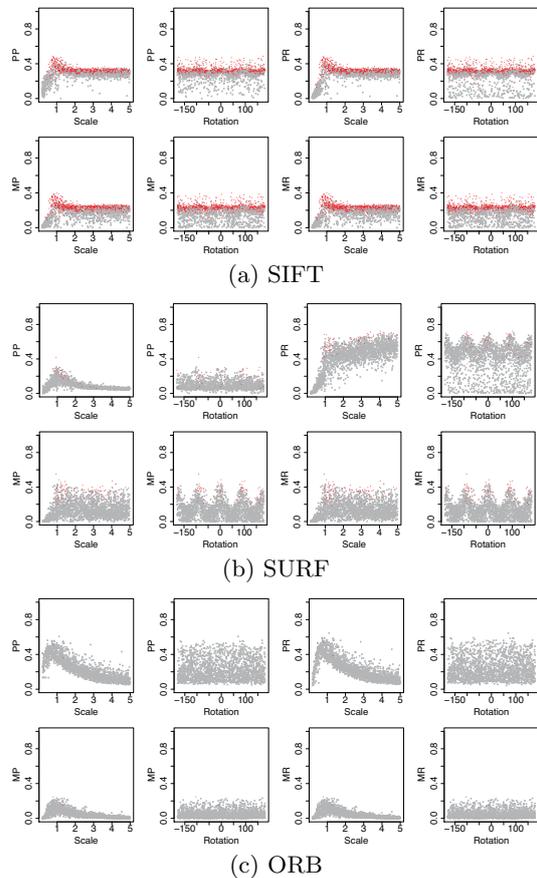


図3 局所特徴量の射影不変性の比較

### (2) 背景差分法の性能を向上

自由にカメラを操作して撮影した映像について、提案手法での背景差分を行った。その結果を図4に示す。厳密に前景を捕らえることは現段階では難しいが、従来方法では不可能であった、カメラのズームや移動が含まれる映像においても、前景を抽出することに成功している。

### (3) 撮影ロボットの制御のためのカメラパラメータ生成



図4 局所特徴量を用いた背景差分法の結果

カメラパラメタ生成の評価が目視で確認できるように、サッカー競技のシミュレーション環境を構築した。選手を自動で動作させたり、実際の競技から得られたデータを用いて試合の再生が可能である。与えられたカメラ視点から生成された競技画像の例を図5に示す。

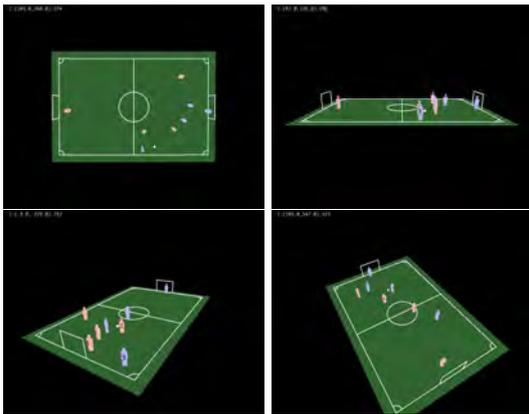


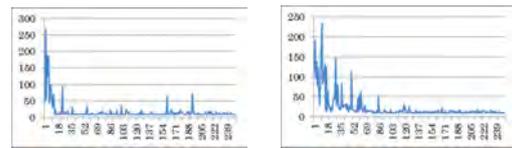
図5 サッカー競技のシミュレーション環境の構築

#### (4) 撮影用のカメラ制御のための方式

強化学習機構に半教師あり学習を付加した方式について、仮想環境でのシミュレーション実験では一定の成果が得られた。また、仮想環境で獲得した行動知識が実環境での自律学習と教師データによって、どのように適応するかの検証も行った。現在のところ、実環境では、再現性がなく、提案手法の有用性を示せるまでに至ってはいない。入力データやモータの誤差による影響が大きいと考えている。

また、強化学習の効率化を図るために状態の類似性を考慮する手法については、簡単なモデルケースを想定して、従来の強化学習と対称性を考慮した学習の比較実験を行った。図6に類似性を考慮した場合と、しない場合の比較結果を示す。提案した手法の有効性を確認することができた。本報告では、対称性の状態類似のみについて検証を行ったが今後、対称性を含めた射影変換を基本とした、類似状態に関して検討

を行う。



(a) 対称性あり

(b) 対称性なし

図6 状態空間の対称性を考慮した強化学習の収束の様子

#### 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] 大城 英裕, 谷口 倫一郎, 井上 誠喜, 行天 啓二, テンプレート照合を用いた局所特徴の射影不変性評価法, 電気学会論文誌C, 査読有, Vol. 136, 2016, 8 ページ (掲載予定)

[2] Hidehiro Ohki, Rin-ichiro Taniguti, Seiki Inoue, Keiji Gyohten, A Self-diagnosis under 2D Projectivity for Local Descriptor Base Template Matching, SPIE PROCEEDINGS OF Twelfth International Conference on Quality Control by Artificial Vision, 査読有, Vol. 9534, 2015, 8 pages

[学会発表] (計22件)

[1] 佐々木 裕貴, 大城 英裕, 行天 啓二, 谷口 倫一郎, 木村 宗裕, 井上 誠喜, 試合状況ベクトルに基づいたカメラ制御に関する検討, 第68回電気・情報関係学会九州支部連合大会論文集, 2015, 2 pages, 福岡大学 (福岡県福岡市)

[2] 大城 英裕, 勝部 憲廉, 木村 宗裕, 行天 啓二, 井上 誠喜, 谷口 倫一郎, 自由視点映像における背景差分法の考察, 平成27年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, Vol. TC16-5, 2015, 4 pages, 長崎大学 (長崎県長崎市)

[3] 笠置 みちこ, 大城 英裕, 行天 啓二, 学習済仮想環境行動の人の指示による実環境適応の考察, 人工知能学会研究会資料 (先進的学習科学と工学研究会研究会 (第75回)), Vol. SIG-ALST-B502, 2015, pp. 27-30, 慶應大学 (神奈川県横浜市)

[4] 濱口 祐希, 大城 英裕, 行天 啓二, 状態行動空間の類似性を考慮した強化学習の検討, 人工知能学会研究会資料 (先進的学習科学と工学研究会研究会 (第75回)), Vol. SIG-ALST-B502, 2015, pp.31-34, 慶應大学 (神奈川県横浜市)

[図書] (計1件)

[1] 大城 英裕 他, 一般社団法人電気学会 [編], 電気工学ハンドブック (第7版), 34 編情報処理ソフトウェア 3.5 物体認識, 2013, pp.1768-1769

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

大城 英裕 (OHKI, Hidehiro)

大分大学・工学部・助教

研究者番号: 80194091