

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月5日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011年度～2012年度

課題番号：23700204

研究課題名（和文）時空間的制約による誤り検出・訂正を備えた時系列3次元形状・多視点領域の同時推定

研究課題名（英文）Simultaneous 3D Shape and Multi-view Silhouette Estimation with Error Detection and Correction by Spatiotemporal Constraints

研究代表者

延原 章平（NOBUHARA SHOHEI）

京都大学・大学院情報学研究科 講師

研究者番号：00423020

研究成果の概要（和文）：時間的・空間的な無矛盾性を活用した3次元形状・運動復元アルゴリズムとして、具体的に複雑な背景を持った実環境下における3次元計測に取り組み、従来では困難であった形状復元を実現することができた。また本研究は将来の全周立体映像メディアの実現をその目的としていたが、上記の実環境下における3次元計測から発展させて、そのような実環境下における自由視点映像生成アルゴリズムについても開発した。

研究成果の概要（英文）：This research proposed a new algorithm utilizing spatiotemporal multiple-view consistency among the 3D shape and its silhouettes of a single object. The key contribution is the computational model to make the estimation robust against uncontrolled real world. In addition, this research proposed a new novel-view synthesis algorithm which well suits for such real-world environment.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2011年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2012年度	1,100,000	330,000	1,430,000
交付決定額	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：コンピュータビジョン

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：多視点画像，対象領域抽出，3次元形状，3次元ビデオ

1. 研究開始当初の背景

映像メディアは人の五感の中でも特に多くの情報を伝える手段として知られており、20世紀後半のモノクロからカラー、21世紀初頭のカラーから3Dテレビという、より臨場感の高い映像体験の実現は、社会生活の質を向上させてきた。そして今後は古くからSFなどで描かれてきた「全周囲から見ることのできる立体映像」という、さらに臨場感の高い映像メディアの実現が期待されている。

しかし現在の3Dテレビを足がかりとして「全周立体映像」を実現することには容易ではない。これは「全周立体映像」を実現するにはシーンの全方向の光線情報を記録する

必要があるのに対して、現在の3Dテレビは単に左右2視点用の平面映像を人の左右網膜に提示し、人の視覚野が立体感を感じているからに過ぎず、光線情報という観点では従来の平面映像と同様に1視点分しか保持していないためである。しかし全ての方向の光線情報を無数に配置したカメラで獲得することも現実的ではない。そこで限られた数の多視点映像から3次元形状と表面色を推定することでシーンの光線情報を得るアプローチが妥当であるといえる。しかしシーンの2次元投影像から元の3次元形状を推定することは本質的に不良設定問題である。そのため従来は対象形状に関する事前知識・仮定

など多くの制約条件のもとでしか問題を解くことができず、結果として特定の状況下でしか機能し得ない手法が多く、実用には至っていないという段階に留まっている。

2. 研究の目的

本研究は多視点映像を入力として撮影対象の時系列3次元形状情報を獲得する手法を確立することを目的とする。従来は①多視点映像中で撮影対象が占める領域を推定する、②3次元形状を推定する、という処理を各時刻毎に独立に繰り返しており、推定結果の無矛盾性が視点間・時刻間で保証されていなかった。これに対して本研究では①対象形状と多視点対象領域には3次元形状とその透視投影像という依存関係が存在すること、また②連続する時刻間では対象形状と多視点対象領域それぞれに強い類似性が存在することを利用して、空間的・時間的制約に基づく誤り検出・訂正を備えた時系列対象3次元形状・多視点対象領域の同時推定アルゴリズムを構築する。

3. 研究の方法

【第1段階 時間的・空間的無矛盾性を利用した疎な時系列3次元対象形状推定】

本研究の状況設定として、互いに位置・姿勢が既知なカメラ群で対象物体を撮影した多視点対象映像群と、対象が存在しない状態で撮影した背景画像群が得られているとする。従来の手法ではこれらを入力として各時刻・各視点毎に対象領域を推定し、これを用いて3次元形状を各時刻独立に推定していた。そのため対象領域間には時刻間・視点間で矛盾が生じることを原理的に防ぐことができず、3次元形状にも時刻間の連続性が保証されなかった。これに対してまず第1段階では、処理主体を3次元空間を構成する微小平面とし、これの対象表面上での位置と時刻間の運動を推定することで、空間的・時間的に矛盾の無い時系列3次元対象形状を推定する。ただしテクスチャの曖昧性に起因して位置・運動推定に不確実性が存在する対象領域に関しては、推定を第2段階まで保留する。つまりこの段階では疎であっても推定の信頼度の高い時系列3次元形状を部分的に得ることを目的とする。以上を実現するため、次のアルゴリズムを検討する。

Step 1. 各時刻の多視点対象映像から、一意に識別可能なテクスチャ（エッジ成分）を持つ2次元小領域群を抽出する。またこれらの領域群はいずれも対応する多視点背景画像との間で十分な輝度差分がある、つまり対象領域の一部である可能性が高いもののみを選ぶ。

Step 2. 2次元小領域の視点間に

おける対応関係を推定する。対応関係はテクスチャの一致度で測ることとし、まずエッジポラ幾何に基づいて対応候補を得た後に、テクスチャ一致度が高い候補がただ1つ存在するときのみ2次元小領域間の空間的対応関係を採用する（空間的一意性制約）。この対応関係から三角測量によって対象表面上に存在する可能性の高い3次元微小平面が得られる。得られた各微小平面を p_i とし、この集合を P とする。

Step 3. 2次元小領域の時刻間における対応関係を推定する。 P に含まれる p_i を各視点に投影した点が前後の時刻の画像中でどのように移動するかをテクスチャの一致度を用いて推定する。ここで3次元空間中で p_i が q_i に移動したと仮定すると、画像中での投影点の位置は全てその撮影視点から見た q_i の位置となっていないてはならない。つまり p_i の投影点の移動先は互いに無矛盾でなくてはならない。この制約を満たさないものを P から除去することで、最終的に空間的・時間的に無矛盾な3次元微小平面の集合 P を得る。

ここで検討すべき主なポイントは Step 2 におけるテクスチャ一致度の計算である。テクスチャの一致度を計算するためには、対応する3次元微小平面の大きさと法線方向、また各視点がそれを観測可能かどうかを知らなくてはならないが、これらは対象3次元形状が未知であるため事前には知り得ない。したがってテクスチャの一致度と併せてこれらも同時に推定する必要がある。しかしこれは非線形最適化を含む複雑な問題になるため、計算が困難である場合には、大きさと法線方向に何らかの仮説（カメラとの位置関係から決定する、など）を導入するなどの近似方式も検討する。

【第2段階 時間的・空間的無矛盾性を利用した時系列3次元形状・多視点対象領域の同時推定】

第1段階で求めた疎な時系列3次元微小平面集合を入力として、時系列3次元形状と多視点対象領域を同時に推定する。本研究では入力となった疎な時系列3次元微小平面集合に隣接する部分から徐々に領域成長させるアプローチを採る。ここで検討すべき課題は

- 誤り検出・訂正：第1段階に含まれるであろう誤った3次元微小平面をどの段階で検出・訂正するか。
- 全体最適化：単純に領域成長を行うと初期状態から局所解へと至ること

になり、疎な3次元微小平面同士が互いに滑らかに接続されるように領域成長が行われるとは限らない。

である。前者については本研究の着眼点である「3次元形状の透視投影像と多視点対象領域は互いに無矛盾である」ことから、「3次元形状の透視投影像の輪郭と多視点撮影画像のエッジ成分が一致する」と考え、この一致度を用いて誤り検出・訂正を行う方式を検討する。また後者の全体最適化については陽に最適な対象形状を推定する定式化を第一に検討するが、これが困難な場合は部分領域同士を陰関数を用いて統合する方式についても検討する。

4. 研究成果

本研究では、時間的・空間的な無矛盾性を活用した3次元形状・運動復元アルゴリズムとして、具体的に複雑な背景を持った実環境下における3次元計測に取り組み、従来では困難であった形状復元を実現することができた(図1)。提案アルゴリズムでは、従来では各視点独立に対象領域か否かを判断していたために背景と区別が付かないような部分(図1中央、円で囲まれた部分)であったも、他の視点からの情報によって適切に領域推定を行うことができています(図1右)。

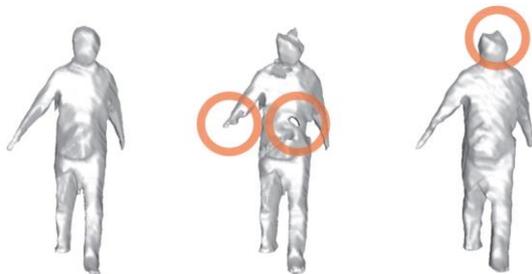


図1：複雑背景下における形状復元結果。左：正解データ，中央：従来法，右：提案手法。

また本研究は将来の全周立体映像メディアの実現をその目的としていたが、上記の実環境下における3次元計測から発展させて、そのような実環境下における自由視点映像生成アルゴリズムについても開発した。これは「映像生成視点」という概念を形状復元のレベルで導入し、「ターゲットとなる映像生成視点に特化して復元を最適化する」というアイデアによってより高品質な映像生成を実現したものである(図2~4)。すなわち従来の「視点非依存」な3次元復元では、どの視点から映像を生成しても矛盾が少なくなるように大域最適化問題としての定式化を行っていたが、本アルゴリズムでは映像生



図2：入力画像



図3：生成映像例。左上：元画像，右上：従来手法 (Harmonized Texture Mapping)，左下：従来手法 (視点依存頂点色)，右下：提案手法



図4：従来法との比較。左：従来手法 (Harmonized Texture Mapping)，右：提案手法。提案手法の方がより鮮鋭な映像となっている。

成視点のみに範囲を限定した局所最適化問題として定式化する点に新規性がある。またこの弊害として考えられる「時間的連続性の欠如」，すなわち逐次的に局所最適化を繰り返すことによる復元結果間の連続性の欠落，という問題に対しても、運動情報を考慮することによって解決するアルゴリズムを考案した。

以上により、本課題を通じて時間的・空間的な無矛盾性に基づいた3次元形状・運動復元アルゴリズムの開発と、それを発展させた視点依存形状最適化による高精細自由視点映像生成アルゴリズムの開発を達成した。

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0件)

[学会発表] (計1件)

高井勇志, 延原章平, 田辺太一, 松山隆司,
ウ小軍: 視点依存形状最適化による高精細
自由視点画像生成, 第15回画像の認識・理
解シンポジウム (MIRU2012), 2012. 8.

[図書] (計0件)

[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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

延原 章平 (NOBUHARA SHOHEI)

京都大学・大学院情報学研究科・講師

研究者番号: 00423020

(2) 研究分担者

該当無し

(3) 連携研究者

該当無し