

ビデオ画像からの立体空間再構成に基づくシーン変化抽出

鍵山 泰尋[†] 関口 博之[†] 杉本 直三[†] 片井 修^{††} 英保 茂^{†††}

[†] 京都大学大学院情報学研究科画像情報システム分野

^{††} 京都大学大学院情報学研究科共生システム論分野

^{†††} 京都情報大学院大学

E-mail: [†]{kagiyama,seki,sugi}@image.kuass.kyoto-u.ac.jp, ^{††}katai@i.kyoto-u.ac.jp

あらまし 本稿では、ビデオ画像間でのシーン変化がみられる領域を抽出する手法を提案する。本手法では、ビデオ画像同士による比較をし、画像中の物体の立体形状を復元を行う。これにより、立体的なシーンを扱い、かつカメラの移動を考える場合にも、シーン変化の抽出が可能となる。本手法を評価するため、2種類の実画像例を用意しシーン変化抽出を行った。その結果、従来法では困難であった画像情報間の対応付けを容易に行うことができ、撮影位置が異なる立体的なシーンにおいて、シーン変化領域を抽出することが可能であることを示した。

キーワード シーン変化抽出, 因子分解法, 3次元再構成

Scene change extraction based on 3-D space reconstruction from video image

Yasuhiro KAGIYAMA[†], Hiroyuki SEKIGUCHI[†], Naozo SUGIMOTO[†], Osamu KATAI^{††}, and
Shigeru EIHO^{†††}

[†] Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{††} Graduate School of Informatics, Kyoto University

^{†††} Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

E-mail: [†]{kagiyama,seki,sugi}@image.kuass.kyoto-u.ac.jp, ^{††}katai@i.kyoto-u.ac.jp

Abstract In this report, we propose a scene change extraction method between video images. In our method, we compare according to the video image, and 3-D shape of the object in the image is reconstructed. Then, the scene change can be newly extracted when the sterically-hindered scene is treated and it thinks about the movement of the camera. To evaluate our method, we have checked our system using video images of two targets. From the result, images can be matched more easily than existing methods, and we confirmed our system can extract the scene change area in the sterically-hindered scene with different position.

Key words Scene change extraction, factorization, 3-D reconstruction

1. 背景と目的

ある画像データからその画像が撮影された状況を、人間が見たときと同様に計算機に認識させようとする環境認識・シーン理解という研究分野がある。これは、例えば「机上に封筒が置いてある。その隣には、コップ・本がある」などといった、元の3次元世界にある物体の形状やその位置関係などの認識を、計算機にも持たせようとするものである。

しかし、このような処理は、画像処理における従来の研究成果を駆使しても実現することは難しい。なぜなら、これを達成するには画像という形で得られる情報を処理するだけでなく、

対象世界についての知識を用いた推論が必要になるためである。今日のコンピュータは非常に強力なデータ処理能力を持つとはいえ、環境認識やシーン理解の実現は、用途にかなり制限を加えた範囲に留まっている。

画像は非常に多くの情報を含んでいるため、シーン理解のような複雑かつ高度な処理を画像全体に一律に行うことは処理速度の点から得策でない。ここでもし、画像からシーンの変化、例えば物体の出現・消失などがあらかじめ検出できれば、処理対象を変化領域に絞込むことで、実用的な処理速度が得られると期待できる。

関連する研究として、人工衛星やヘリコプターにより上空か

ら画像を撮影するリモートセンシング画像技術などを用いた環境管理[1]や、建物の入り口などに設置した固定カメラによる侵入者の自動検出[2]などが挙げられる。

しかしこれらは、取得した画像が遠景であり平面とみなせる場合や、カメラを固定し移動を考えない場合に用途を限定している。用途に制限を加えるのは、3次元物体を任意の視点から眺めたときに生じる照明の当たり方の違いや、物体同士の重なりなどによる処理の複雑化を回避するためである。

だがこれらの方法では逆に、立体的なシーンにおいてカメラの移動を考える場合、例えば、人がカメラを持って移動したり、ロボットにカメラを取り付けたりするときには処理を行うことができない。

よって本稿では、立体的なシーンを扱いつつカメラの移動を考える場合にも、シーン変化抽出を可能とする手法を提案する。ロボット技術はここ数年飛躍的な進歩を遂げており、本稿で述べる手法は、今後ますます重要になってくると考えられる。

2. 提案手法の概要

本稿では、撮影時間・位置が異なる1対の画像情報を比較し、両者の幾何学的な位置関係を半自動的に補正し、シーン中の変化を抽出する手法を提案する。シーンの変化としては、物体の出現、消失並びに形状の変化などが考えられる。例えば、以前に取得していた画像として図1左の画像が得られており、新たに同じシーンを取得したところ、図1中央の画像が得られたとする。この場合、新旧の画像間で現れた右下の箱の消失を、シーンの変化として図1右のように抽出する。



図1 シーン変化の一例(右下の箱の消失)

提案する手法は、次のような特徴を持つ。

- カメラが移動する場合も変化領域の抽出が可能
- シーン中の物体の立体形状再構成を利用
- 入力画像をビデオ画像へ変更

本手法は、従来のものから適用可能な範囲を変更し、扱う画像が遠景のものとは限らない一般の環境下で、かつカメラの移動を考える場合でもシーン変化を抽出することが可能な手法である。また、エッジに基づいた処理を行っているため、照明の影響を受けにくいという面を持つ。

カメラの移動を考える場合のシーン変化抽出を扱う関連研究として、GISの基図更新の際に用いられる渡辺らの手法が挙げられる。彼らの提案するものは、まず航空写真という2次元平面上の探索に、エビポーラ線という1次元直線上の探索に限定するエビポーラ拘束[3]を適用する。その後、求められたエビポーラ線の平行化を行う。そして、平行化されたエビポーラ線を探索していき、Region Growing法を用いて抽出された建造物の屋上領域において変化が見られる領域、つまりシーン

の変化領域を抽出する。しかし、これらは航空写真という遠景であり、用途がシーンの平面性を仮定することができる場合のみ変化抽出が行える方法である。

提案手法は、エビポーラ拘束を適用するプロセスに代わり、まず変化前後の各画像中のシーン中の物体の立体形状再構成を行い、後に立体形状同士の比較を行う。これにより、カメラの移動に対して強く影響を受けることは変わらないものの、この影響による誤差を比較的よく吸収できるという長所を持つ。

そして、より広い範囲の画像情報を取得し、カメラが比較的大きく移動した場合でも変化を抽出可能とするため、入力する画像情報を2枚の静止画の対から1組のビデオ画像へと変更したものを考える。なお、取得するビデオ画像中の物体は全て静止しているものとする。

ビデオ画像上で追跡した特徴点からシーン中の物体の立体形状を復元する手法としては、Tomasi・Kanadeらによって提案されている因子分解法[4]を用いる。

また、抽出処理において変化領域の特徴点の3次元位置情報が得られていることから、入力画像である新旧のビデオ画像上への投影に加えて、変化領域を3次元空間的に把握することが可能となっている。

提案手法の処理手順を説明する。まず、立体形状復元を行うためにシーン中の物体の角などの特徴点を抽出後、オプティカルフローを推定する手法の一つであるLK法[5]を用いてこれらを追跡し、各特徴点の軌跡データを作成する。そしてこれを基に因子分解法を用いて各ビデオ画像において抽出された特徴点の3次元位置情報を復元する。

その後、両者の復元結果同士の位置合わせを、回転パラメータの補正、並進パラメータの補正、そして更に回転パラメータの補正をすることで行う。また、特徴点の3次元位置情報と、入力である各ビデオ画像の初期フレーム中の特徴点の配置から、Delaunay三角形分割を行い、三角形を単位とした多面体表現を用いてシーン中の物体の立体形状の復元を行う。

以上を基に、新旧の画像中の特徴点の3次元位置情報と立体形状の復元結果から、シーンの変化領域を抽出する。そして、各ビデオ画像へ推定された変化領域を投影した結果と、変化領域を立体化した結果を、出力として獲得する。

3. 因子分解法による3次元形状復元

3.1 軌跡データの作成

ビデオ画像から3次元形状復元を行うには、画像間での点対応を決定する必要がある。これは、3次元形状を求める情報元となる視差情報などが、対応が得られた点の集合から計算されるためである。本手法では、特徴点抽出手法としてHarris作用素[6]を用いる。

3.2 LK法による軌跡データの作成

抽出された特徴点を基に、オプティカルフローを求める手法の一つであるLucas, Kanadeによる手法(LK法)[5]を用いてフレーム間の点対応を求め、特徴点毎の軌跡データを両ビデオ画像にて作成する。

この際初期フレームにて抽出され、カメラの移動によってフレームから外れてしまった特徴点は処理対象から除外した。また反対に、初期フレームにて抽出した特徴点以外は追跡を行わないものとした。

3.3 因子分解法の適用

ビデオ画像上にて得られた特徴点の軌跡データにより、因子分解法を用いて3次元復元を行う。なお、因子分解法の実装は、岡山大学の金谷らによって公開されているプログラムを参考にを行った[7]。

因子分解法を施すためには、ビデオ画像上の特徴点の軌跡データに加えて、カメラの焦点距離 f 、シーンの平均奥行き Z_0 、光軸点の位置 P_0 、そして仮定するアフィンカメラモデルなどを指定する必要がある。校正済みのカメラならば、 f にはその値を入れ、またこれを基に平均奥行きなどを算出していけばよいが、カメラが未校正の場合でも、これらを任意で指定しても構わない。よって、本論文では f や Z_0 には任意の値を入れて処理を行う。また、光軸点の位置は画像フレームの中心を指定する。因子分解法を用いるためには、上に加え、最後の仮定するアフィンカメラモデルを指定する必要がある。本手法では金谷らによって得られている、「疑似透視モデルは校正済みなら弱透視モデルよりもよい精度を与える。しかし、未校正の場合は仮定する焦点距離に大きく依存し、真の焦点距離と仮定した焦点距離の差が大きくなるにつれて精度が低下する」という知見[8]から、カメラモデルを、焦点距離に依存せず良い精度で立体形状復元を行うことが可能な弱透視投影を指定した上で処理を行うものとした。また、因子分解法の性質上、3次元位置の解が2通り得られ、それらの復元形状は互いの鏡像になっている。よって、ここでは比較する3次元形状を、各ビデオ画像で1つずつ正しいものを手動で選ぶこととする。

3.4 立体形状の復元

画像からシーン中の物体の立体形状を復元するとき、復元した形状をいかに表現するかが問題となる。本手法では、この問題に対して一般的なアプローチである、3次元位置が復元された特徴点を頂点とする三角網を定義して物体を多面体表示を行うものを用いる。この際、画像中の特徴点を頂点とする Delaunay 三角形分割を行えば、細長い三角形が極力少ないメッシュを自動的に作成することができる。本手法では初期フレームの視点から見た、2次元の Delaunay 三角形分割を行う。

4. 3次元形状同士の位置合わせ

例えば2次元画像上での位置合わせにおいては、画像間の点の対応からE行列[9]を計算し、このE行列の特異値分解を行うことで、カメラの移動パラメータ回転・並進パラメータ R, t が求められる。

しかし、E行列の分解は一意的ではなく、分解によって2種類の回転行列が算出される。E行列は任意のスケールを取るため、並進成分 t のスケールをE行列からは求めることはできないという問題がある[10]。

3次元形状同士の位置合わせは、因子分解法の結果として鏡像解が存在する、という点は2次元上での位置合わせと類似し

ている。しかし、2次元画像という平面を回転・移動させるよりも、直接、シーン中の物体の立体形状同士を回転・移動させて重ね合わせることができるという利点がある。これより、回転行列並びに並進ベクトルの推定を、2次元上での比較よりも容易に行うことができる。

本稿では、カメラの画像中心の位置やアスペクト比などの内部パラメータは不変として、一般に外部パラメータと呼ばれる、カメラの撮影位置・姿勢間の並進・回転を推定・補正するものとする。

手順としては、まず回転パラメータの補正を行い、次に並進パラメータの補正、そして最後に更にもう一度回転パラメータの補正を行っていく。回転の中心は、実際に移動させる変化後の画像から得られた特徴点の集合の重心の位置とする。

4.1 回転パラメータの補正

3個の自由度を持つ3次元空間の回転の表現法として、オイラー角によるものを考える。なお、3つの回転角を Φ_1, ϕ, Φ_2 とする。手動で回転角毎に探索範囲を与え、各方向に徐々にずらしていく中で、最も立体形状の姿勢が近いと判断される値を、3軸それぞれで決定する。

4.2 回転パラメータ決定のための投票空間の用意

最適だと思われる回転角の3つのパラメータを判断するために、判断の場として投票空間を用意する。投票空間は、各回転角の探索範囲を、 $Gl_{\Phi_1} < \Phi_1 < Lu_{\Phi_1}$ 、 $Gl_{\phi} < \phi < Lu_{\phi}$ 、 $Gl_{\Phi_2} < \Phi_2 < Lu_{\Phi_2}$ 、各回転角の分解能を r_{Φ_1} 、 r_{ϕ} 、 r_{Φ_2} とすると、次のような大きさの、3次元の配列となる。(以降、 $m \times l \times n$)

$$\left\lceil \frac{Lu_{\Phi_1} - Gl_{\Phi_1}}{r_{\Phi_1}} \right\rceil \times \left\lceil \frac{Lu_{\phi} - Gl_{\phi}}{r_{\phi}} \right\rceil \times \left\lceil \frac{Lu_{\Phi_2} - Gl_{\Phi_2}}{r_{\Phi_2}} \right\rceil$$

4.3 投票空間への投票

4.2節にて定めた投票空間と探索範囲、分解能に従い投票処理を行う。少しずつ軸を回転させながら、ビデオ画像間の全特徴点の組合せのユークリッド距離を求め、特徴点毎に最小の値を選択した結果と、各回転軸の探索範囲などを参考に手動で設定した閾値と比較し、閾値を下回る特徴点の個数を求め、その数を対応する投票空間の座標に格納する。

4.4 回転パラメータの決定

投票空間 $V(0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq l, 0 \leq k \leq n)$ を探索し、最大となる値 $\max_r$ を求め、これとの比率が設定した閾値 t_r により、投票空間内の値を以下のように2値化する。

$$V(0 \leq i \leq m, 0 \leq j \leq l, 0 \leq k \leq n) \leftarrow \begin{cases} 1 & (\frac{V_{ijk}}{\max_r} \geq t_r) \\ \text{else} & 0 \end{cases} \quad (1)$$

真の補正值に近づくほど、設定した閾値よりも I_1 中の点の集合 P のいずれかに近くなる点が増えてくる。よって、2値化によって1となる座標は、真の補正值の周辺に集中していると考えられる。1となる集合を $v = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 、 $v_{\alpha} = \{v_{\alpha x}, v_{\alpha y}, v_{\alpha z}\}$ とすると、次式2の J が最小になる x, y, z を求める最小化問題を解き、このときの i, j, k に対応す

る Φ'_1, ϕ', Φ'_2 を補正值として選択する。

$$J = \sum_{\alpha=0}^n \{(v_{\alpha x} - i)^2 + (v_{\alpha y} - j)^2 + (v_{\alpha z} - k)^2\} \rightarrow \min \quad (2)$$

4.5 並進パラメータの補正

回転パラメータの補正において、探索範囲や分解能が角度によるものであったものが並進移動量になる以外、基本的は回転パラメータの補正方法と同じ要領にて行う。

探索範囲が回転では有限だったのに対して、並進では無限になるが、カメラの移動量などを参考に手動にて設定を行う。

4.6 処理の細分化

3次元形状の位置合わせを、回転パラメータ → 並進パラメータ → 回転パラメータの補正という手順にて行う。この際、各処理段階において、一度に探索範囲を広く、かつ分解能を細かくとるよりも、最初に探索範囲と分解能ともに大きく設定し、処理回数を重ね、徐々に探索範囲を狭めてゆく戦略の方が有効である。これは、真の補正值が存在しないと思われる領域の探索を省略し、必要のない処理時間・最終的な精度ともに向上させることが可能であるためである。

5. 画像間の変化領域の抽出

3次元形状同士の位置合わせの後に、両者の差異をみることによって、ビデオ画像間のシーン変化領域を抽出することができる。変化領域とは、以下の2つの条件を満たすものであるとする。

- ・ 変化領域中の特徴点であると判断された特徴点の集合が構成する、Delaunay 三角形網から構成されるもの
- ・ 3次元形状同士の位置合わせが十分な精度で行われた場合、両者を重ね合わせた際に凹凸の差異が顕著であり、かつ一定の面積を持つ領域

本稿では、「変化領域中の特徴点である」という判断を、単純に両者を重ね合わせた際の特徴点同士の距離からみるものと、これを補足する意味で、シーンの多面体表現の重なりの方角の差異からみるものと、2通りの判断方法を組み合わせで行う。

また、得られた変化領域の出力方法として、入力画像へと変化領域を投影するものと、各ビデオ画像毎の変化領域の間を橋渡し三角形により補間することで、変化領域の立体構造化を行うものを考える。

5.1 単純な距離関係から見た変化領域の抽出

位置合わせされた特徴点同士を、変化前後でユークリッド距離を基に1対1化を行う。対応付け結果の中から、他の対応と比べて距離が離れているなど信頼性の低いものを省いた上で、全体の平均距離を算出する。両ビデオ画像 $I_1 \cdot I_2$ 中の全特徴点において、算出された平均距離を d_{avg1} とおく。そして、この d_{avg1} 以内に変化前なら変化後の点を、変化後なら変化前の点を包含していないならば、その点は周囲から突出しているとみなし、変化領域の候補とした。

つまり図2のように、対応付けられた特徴点間の平均距離

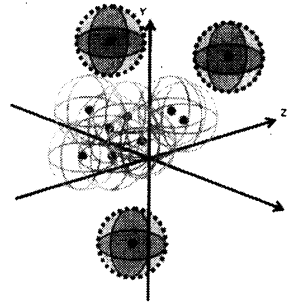


図2 単純な距離関係から見た変化領域の抽出

d_{avg1} を半径とした、各特徴点を中心とする球を配置し、変化前なら変化後の点が、変化後なら変化前の点を球内に包含しているかを判定する。この際、他の特徴点を球内に包含しない特徴点を変化領域の候補とする。図2では、点線で囲まれている点は、自分以外の特徴点を球内に包含しておらず、変化領域中の特徴点の候補として選択される。

5.2 奥行き方向から見た変化領域の抽出

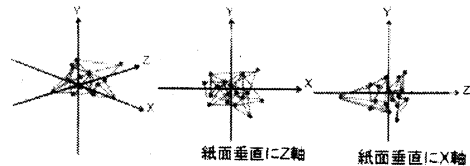


図3 奥行き方向から見た変化領域の抽出

変化領域の大部分は、5.1節の方法によって変化領域が見つけれられるが、例えば図3のように、特徴点が分布している場合には、前節の方法では粗い判定しかできないため、 P の内、突出した部分の先端しか抽出することができない上に、 Q に関しては平均距離 d_{avg1} 内に全て包含されてしまう可能性がある。これを補うために、 z 軸方向の距離のみに限定することで、 P の裾野の部分や、詳細は後に述べるが、変化領域の立体表示のために必要となる底面部分（図3の場合、 P の変化領域を z 軸方向に重ね合わせた際の Q の領域）が候補として新たに選択されるようになる。

まず、特徴点の集合 P 、 Q の両方で、 z 軸方向から見るように重ね合わせた。つまり、復元した奥行き成分を考慮せずに2次元で考えた場合、 P の各点は Q の構成する Delaunay 三角形のうちどれに含まれるかを、両者が構成する三角形を単位にラベリングを行うことで求める。これが求まれば、その点の xy 座標と点を含む三角形の作る平面の方程式により、簡単に各点の奥行き方向の距離を求めることができる。

全特徴点において奥行き方向の距離 d_z を計算し、これらの全体平均 d_{avg2} を求める。そして d_{avg2} を閾値とし、これを上回る d_z を持つ特徴点の組が変化領域の候補として選択される。

5.3 画像の周辺領域の候補の除去

2通りの方法にて変化領域の候補となる特徴点を選択した後、候補となっている特徴点の集合の重心の位置を求め、これを中心に手動で設定する閾値よりも離れている候補点を、候補から改めて除外する。これによって、位置合わせされた両シーン中の物体の立体形状のうちビデオ画像間で共通しない部分、つまり、比較することが不可能な部分を変化領域の候補から外すことができる。

5.4 変化領域の抽出結果の可視化

前節までで得られた変化領域の出力方法として、入力画像へと変化領域を投影したものと、各ビデオ画像毎の変化領域の間を橋渡しして補間することで、立体構造化を行うものを考える。

入力画像への投影

単純に、変化領域の候補として選択された特徴点を基に、その特徴点のみによって構成される Delaunay 三角形網による立体表示結果を、両ビデオ画像上へと投影した結果を出力として得る。

変化領域の立体化

各ビデオ画像中の変化領域がどちらもある一定の面積を持った一つの面であり、シーンの変化箇所が一箇所であると考えられる場合には、入力画像への投影に加えて、前後の変化領域の間を補間することで、変化領域の立体構造化を求めることにする。これによって、変化領域自体を3次元空間的に把握することが容易になる。そのために、3次元凸包同士をつなぎ合わせるときに用いられる、橋渡し三角形群による補間を行う。

6. 実験結果と考察

6.1 実験環境

入力画像データ

入力画像として撮影時間の異なるビデオ画像列を2組用意した。

1つ目は、白黒のチェッカーボード上に白黒の縞模様の入った円錐を置いたものと、これを取り払ったものとをカメラの撮影位置をずらした上で取得したもの（以降「例1」）である。期待される動作が得られるならば、取り払われた円錐の領域がシーンの変化として抽出される。

2つ目は、例1で用いた円錐を日常に存在する物体（ペットボトル）に変更し、そしてチェッカーボード上ではなく立体的な屋内のシーン中に置いた（以降「例2」）。これにより、例1と比べてより実環境に近い条件となっている。

以上2つを、取得画像の大きさとフレーム数、立体形状復元に利用した各ビデオ画像の特徴点数など、用意したデータ同士を比較したものを、上に記したものを加えて下表1に示す。

使用機材

画像の取得に用いたカメラは、市販のWebカメラ（30万画素、I・O DATA、USB-CCDCHAT）である。

処理はIntel® Pentium®4の1.6GHz、メモリは512MBでOSはWindowsXPにて行った。

6.2 実験結果

シーンの変化領域の抽出結果を示す。単純な距離関係・奥行

表1 実験データ

	例1	例2
画像の大きさ	320×240	320×240
フレーム数	300	60
特徴点数	83点, 70点	61点, 91点
変化がみられる物体	白黒の縞模様の入った円錐	ペットボトル
物体の置かれる場所	白黒のチェッカーボード	立体的な屋内のシーン中

き方向の距離からによる推定を組み合わせることによって、例1ならば図4中にて他よりも大きく表示されている点が、シーン変化のみられる領域中の特徴点として求められた。よって、求められた特徴点のみによって構成される Delaunay 三角形網が作る領域をシーン変化領域として I_1 , I_2 のそれぞれに投影した結果が図5（例1）・図6（例2）となった。

また、例1に関して、Delaunay 三角形網と橋渡し三角形によって変化領域を立体化したものは、図7のようになった。

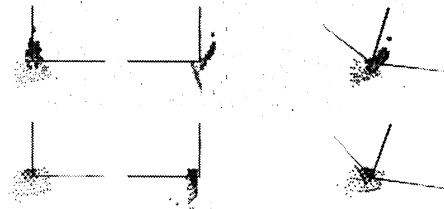


図4 例1：変化領域に含まれる特徴点（上段：変化前，下段：変化後）

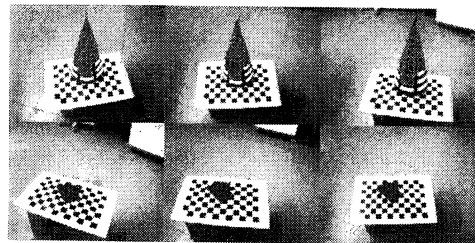


図5 例1：変化領域の入力画像への投影結果（左から順に、1フレーム目、150フレーム目、300フレーム目）

6.3 考察

例1においては、消失した円錐部分の領域の抽出が正確に行われており、通常の入力画像への投影に加えて、更に変化領域の立体化によって、3次元という実環境により近い形で理解しやすい結果を得ることができている。取得した画像の範囲上、角度によっては円錐としては欠けている部分はあるが、半円錐に近い形は復元されている。また例2においても、変化物体の正確な輪郭は抽出できなかったものの、それらの周辺の領域を抽出することができている。

例2において変化領域の輪郭が抽出されなかった理由として、

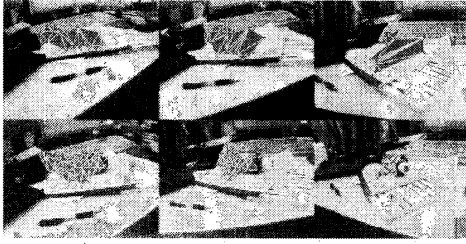


図 6 例 2：変化領域の入力画像への投影結果（左から順に，1 フレーム目，30 フレーム目，60 フレーム目）

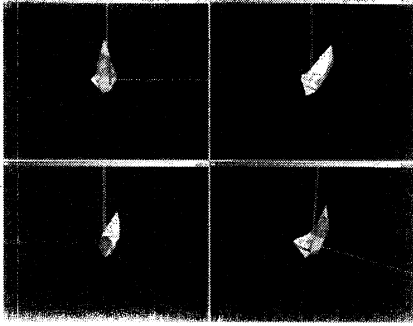


図 7 例 1：変化領域の立体化結果

特徴点の 3 次元位置情報と Delaunay 三角形網によってシーン中の物体立体形状を多面体によって表現する場合，三角形の辺と実際の画像上のエッジとが矛盾が生じたことが挙げられる。これを解決する手段として，中辻らの提案する [11] 画像中のシーン中の物体の立体形状に適合する三角網の自動生成を行う手法を，本論文の手法にも導入することが考えられる。彼らの手法は，この辺とエッジとの矛盾を検出するフィルタを用いて，初期の三角網を物理的な辺に適合するように自動的に変換するものである。これによって，シーン中のエッジと正確に対応付けられた Delaunay 三角形網を用いて立体形状の再構成が可能となる。

本手法では，位置合わせのパラメータの探索範囲を手動で設定する必要がある。これに対して，並進パラメータの探索範囲は両立体形状の重心位置間の距離などを参考に余分にとり，回転パラメータはオイラー角による角度の表現が一意に決まる範囲を全探索を行うという方法をとることで，手動による設定を避けることが今後の課題として考えられる。

また，2 次元上のシーン変化抽出手法との違いとして，本手法は立体形状の比較のみからシーン変化領域の抽出を行っているため，紙などの厚みのない物体は抽出することは不可能であるという点が挙げられる。よって，本手法の短所を補う形で，2 次元上でのシーン変化抽出処理との組み合わせを考えることが有効である。

7. 結 論

本稿では，撮影時点が異なるビデオ画像間の，物体の出現・消失などをはじめとした，シーン変化がみられる領域を抽出する手法を提案した。この際，従来法では変化抽出ができなかった，扱うシーンが立体的であり，なおかつカメラの移動がある場合にも，両者の位置関係を半自動的に補正した上で変化領域を抽出することを可能とした。

今後の課題としては，Delaunay 三角形の辺と実際の画像上のエッジとの矛盾の解消による抽出処理の高精度化，探索範囲の自動設定など 3 次元形状同士の位置合わせ処理の改善，紙などの薄い物体も抽出可能にするための 2 次元画像上の変化抽出処理との組み合わせが挙げられる。

文 献

- [1] 渡辺，宮島，井上，中村：“ステレオマッチングを応用した撮影の位置と時期が異なる航空写真からの建造物の変化抽出”，電子情報通信学会論文誌，J85-D-II，10，pp. 1531-1540 (2002)。
- [2] 中山，佐伯，鈴木，柴田，岩田：“時空間木戸多段レベル評価法による侵入者検出”，Technical report, FUJITSU GENERAL TECHNICAL JOURNAL (2001)。
- [3] O. Faugeras: “Three-dimensional computer vision: A geometric viewpoint”, MIT Press (1993)。
- [4] C. Tomasi and T. Kanade: “Shape and motion from image streams under orthography—A factorization method”, Int. J. Comput. Vision, 9, 2, pp. 137-154 (1992)。
- [5] B. Lucas and Kanade: “T. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision”, Proc. of 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), pp. 674-679 (1981)。
- [6] C. Harris and M. Stephens: “A combined corner and edge detector”, Proc. 4th Alvey Vision Conf, pp. 147-151 (1988)。
- [7] 金谷：“Programs”，www.suri.it.okayama-u.ac.jp/~kanatani/j/jprogram.html。
- [8] 金谷，浅原，菅谷，H. Ackermann：“末校正因子分解法：カメラモデルを指定しないユークリッド復元”，情報処理学会研究報告，CVIM-150，16，pp. 131-138 (2005)。
- [9] 松山，久野，井宮（編）：“コンピュータビジョン：技術評論と将来展望”，新技術コミュニケーションズ (1998)。
- [10] R.I. Hartley and A. Zisserman: “A Multiple View Geometry in Computer Vision”, Cambridge University Press (2000)。
- [11] 中辻，菅谷，金谷：“ビデオ画像中のシーンの 3 次元形状に適合する三角網の自動生成”，第 11 回画像センシングシンポジウム (SSII05) 講演論文集，pp. 17-20 (2005)。