

複数領域の高精細画像生成のための領域判定手法

大崎 佑紀[†] 高木 真一^{‡*} 小館 亮之^{*} 富永 英義^{†*}

[†] 早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

{yuki98,takagi,tominaga}@tom.comm.waseda.ac.jp

[‡] 早稲田大学 大学院 国際情報通信研究科

* 早稲田大学 国際情報通信研究センター

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 1-3-10 早稲田大学 29-7 号館

akikod@giti.waseda.ac.jp

あらまし 本稿では、市販のデジタル・ビデオカメラを画像入力部に用いて、平面静止画の複数箇所をズームイン・ズームアウト撮影をすることで取得するビデオシーケンス中の画像フレームを画像モザイク化技術により合成・統合することで、高精細画像の生成を行う。その際、画像フレームが撮影した領域を、その中心画素の統合画像上での座標値によって判別し、各興味領域を撮影した最も高解像度な画像フレームを抽出する手法を提案する。均一解像度の統合画像を取得するかわりに、複数箇所を高精細化することで視覚的には画面全体に高精細な画像を生成する本手法の有効性を示す。

キーワード 画像モザイク化技術, 高精細静止画像, 興味領域, ズームビデオシーケンス

A Region Recognition Method to Generate a Large Image with Multiple High Resolution Areas

Yuki OSAKI[†] Shin'ichi TAKAGI^{‡*} Akihisa KODATE^{*} Hideyoshi TOMINAGA^{†*}

[†] Department of Electronics, Information, and Communication Engineering,
School of Science and Engineering, WASEDA University
3-4-1 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8555 JAPAN

{yuki98,takagi,tominaga}@tom.comm.waseda.ac.jp

[‡] GITS, Waseda University

* GITI, Waseda University

29-7 Building 1-3-10 Nishiwaseda,
Shinjuku-ku, Tokyo, 169-0051 JAPAN

akikod@giti.waseda.ac.jp

Abstract This paper presents a method to generate a high resolution digital image. To generate such an image, we propose to apply image mosaicing method to a video sequence that has captured a 2 dimensional static scene by zooming in and out to multiple regions of interest. If one could extract the image frames that have captured the regions of interest with the highest resolution from such a sequence, a very high quality image could be obtained in an efficient way, and such an extraction method is what this paper especially describes. We will show the effectiveness of our proposal method by presenting the mosaic image at the end.

Keywords Image Mosaicing, High Resolution Digital Image, Region of Interest, Zoom Video Sequence

1. はじめに

高精細なデジタル画像を取得するための要素技術として画像モザイク化技術が存在する。画像モザイク化技術とは、異なる視点位置で静的なシーンを撮影した部分画像を、複数の部分画像間に存在する共通の画像情報を利用して合成・統合する手法であり、この画像モザイク化技術を平面静止画の高精細画像入力システムに適用した研究開発が数多く存在する⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。

しかし画像モザイク化技術を適用した場合、カメラパラメータ、または画像変換パラメータを算出せねばならず、その微小の推定誤差は画像フレーム間に位置ずれを生じさせ、その伝搬によって統合画像上には大きな歪みが現れてしまう。この誤差累積問題は画像モザイク化技術が抱える本質的な課題である。特にカメラのスキャン操作のように、カメラの動きがループバックするような場合にはその歪みは顕著に現れる⁽⁴⁾。

そこで本研究では、興味領域へのズームイン・ズームアウト操作によって取得された画像フレームを、画像モザイク化技術により統合する方式を提案する。複数箇所、特に撮影者の興味領域に対してズーム撮影を行い、それらの領域を高精細化することで高精細デジタル画像を取得するシステムについて検討を行い、均一解像度画像を入力とし、画面全体を均一解像度で高精細化する従来方式に対する有効性を示す。本稿では特に、複数箇所の高精細化に最適な画像フレームを抽出する処理について論じる。

本稿では、2.において提案システムの要素技術である画像モザイク化技術をその技術課題とともに示し、3.で、それら技術課題について取り組んできた先行研究についてまとめ、4.にて提案方式を述べる。また、5.で提案手法を適用した実験・評価結果を示し、6.でまとめを行う。

2. 画像モザイク技術とその技術課題

2.1 画像モザイク技術

画像モザイク化技術とは、異なる視点位置で静的なシーンを撮影した部分画像を、複数の部分画像間に存在する共通の画像情報を利用して合成・統合する手法である。統合は、画像フレーム間の平面射影変換推定により実現され、その変換式は式(1)のように2つの画像フレーム $I(x_i, y_i)$ と $I'(x'_i, y'_i)$ 間の2次元画像面上の座標変換として表される。ここで式(1)における \mathbf{P} は平面射影変換行列である。

ビデオシーケンスにこの画像モザイク化技術を適用する場合、平面射影変換は隣接する画像フレーム間の重複領域における特徴マッチングから直接推定することが可能である。すべての画像フレームのモザイク画像への統合は、隣接画像フレーム間で得られる平面射影変換行列を用いて、式(2)のように求めることができる。ただし、式(2)において、 $\mathbf{P}_{k-1,k}$ は画像フレーム $k-1$ と k の間の平面射影変換行列を示し、 (X_0, Y_0) は先頭画像フレームの座標系、 (X_k, Y_k) は画像フレーム k の画像座標を示している。

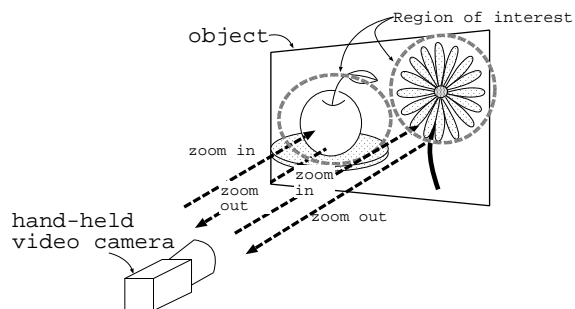


図 1: ズーム箇所増加による画面全体の高精細化

$$\begin{bmatrix} wx'_i \\ wy'_i \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_0 & m_1 & m_2 \\ m_3 & m_4 & m_5 \\ m_6 & m_7 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} wX_0 \\ wY_0 \\ w \end{bmatrix} = \mathbf{P}_{0,1} \cdot \mathbf{P}_{1,2} \cdot \dots \cdot \mathbf{P}_{k-1,k} \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ 1 \end{bmatrix} = \prod_{i=0}^{k-1} \mathbf{P}_{i,i+1} \begin{bmatrix} X_k \\ Y_k \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.2 画像モザイク技術の技術課題

しかし、この画像モザイク化技術は次に挙げる技術課題を抱えている。

処理時間 大量の画像フレームに対して処理を行なうため処理に時間を要する。

誤差累積問題 画像フレーム間の位置合わせにおける微量な誤差が貼り合わせを進めるにつれて累積していく。先頭画像フレームに統合する画像フレーム数が多いほど、式(2)における \mathbf{P} の積数が多くなり、誤差を累積する可能性も高くなる。

3. 先行研究

上記の技術課題をターゲットにした先行研究に、ズームイン・ズームアウトビデオ画像シーケンスを入力としたものがある文献⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。文献⁽⁵⁾は、その冗長なビデオシーケンスを有効に用いることで誤差累積の抑制を実現し、文献⁽⁶⁾は、階層的画像モザイク化手法により最適化処理に要する処理時間を短縮し、さらに文献⁽⁷⁾は、画像モザイク化に最適な画像フレームを抽出することで、誤差累積の抑制とともに高速化を実現している。

しかし、これら先行研究は部分的に高精細な静止画像を生成する領域適応高精細静止画像入力方式であり、被写体全体を高精細化する手法ではない。図1のようにズームインする領域を増やせば画面全体を高精細化することも可能であるが、上記先行研究をもってそれを実行するには、幾つか問題点が残されている。まず、取得画像フレーム数が増加するので、全ての画像フレームを番号順に画像モザイク化する文献⁽⁵⁾⁽⁶⁾の手法をもって処理した場合、誤差累積を引き起こす可能性を高める。しかし、その誤差累積の抑制を実現している文献⁽⁷⁾では高精細化できる領域が1箇所限定されている。

4. 提案手法

本研究では、上記3つの先行研究を組み込み、高精細画像入力システムの構築を行う。

本稿では特に、複数の興味領域に対してズームインをして撮影された大量の画像フレーム群から、各興味領域を捉えた最高解像度画像フレームと、それらを画像モザイク化するにあたって最適な画像フレームを抽出する処理について論じる。

4.1 画像モザイク化に最適な画像フレーム抽出処理の流れ

大量の画像フレームをモザイク化処理する際、位置ずれを起こしにくいとされる鮮鋭な画像フレームを抽出することで、高精度な位置合わせが実現できることが文献⁽⁷⁾によって報告されている。この手法によれば処理時間の大幅な短縮も同時に実現できるため、提案システムでも導入する。まずその処理の流れを以下に示す。

- 手順1. 撮影取得された画像を、統合画像上に占める面積によってレイヤリングする(図2)。
- 手順2. 最高解像度レイヤに属するフレームの、統合画像上での中心間距離を求め、閾値以上であれば異なるグループと見なす(図3)。
- 手順3. 各グループ内で最も精鋭な画像フレームを抽出する(図4)。
- 手順4. 下位レイヤにおいて、上位レイヤで抽出された画像フレームをある決められた割合以上の共通領域をもつ画像フレームを選びだしグループ化する(図5)。ここで、どのグループにも属さない画像フレームがあるならば、それが新しい領域を作成するものなのか判定する。
- 手順5. 上記グループ中から最も精鋭な画像フレームを抽出する。
- 手順6. 4から5までを最下位レイヤまで繰り返す。

4.2 画像フレームの階層化処理(手順1)

被写体を撮影し取得したビデオシーケンス中の画像フレームは様々な解像度をもつ。一段階目の処理としては、まず解像度に注目する。

画像モザイク化において、画像フレームの解像度はカバー面積量 S_{cover} に依存する。カバー面積率 S_{cover} とは、統合画像の面積 $S_{anchor}[pix^2]$ に対する画像フレームが覆う面積 $S[pix^2]$ の割合を意味する(式(3))。つまり、カバー面積率 S_{cover} が大きな値を取るほど解像度は低くなり、逆に小さな値を取るほど解像度は高くなることを意味する。このカバー面積量 S_{cover} は、平面射影変換パラメータを用いて $S[pix^2]$ を計算し、その後、式(3)を用いて算出することができる。但し、 $0.0 \leq S_{cover} \leq 1.0$ である。

$$S_{cover} = \frac{S}{S_{anchor}} \quad (3)$$

図2に示すように、画像フレームに対し、カバー面積率に応じた階層化処理を行なう。なお、カバー面積率 S_{cover} が式(4)を満たすものを同一な階層 $lyr(t)$ ($t = 0, 1, \dots, lyr_{max}$) と判定する。

$$\Delta S^{t+1} \leq S_{cover} < \Delta S^t \quad (4)$$

但し、 $0.0 < \Delta S < 1.0$ (5)

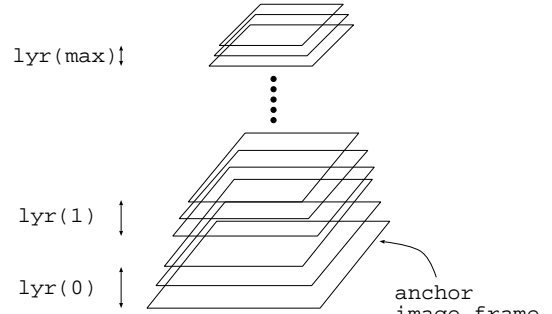


図2: 画像フレームの階層化処理

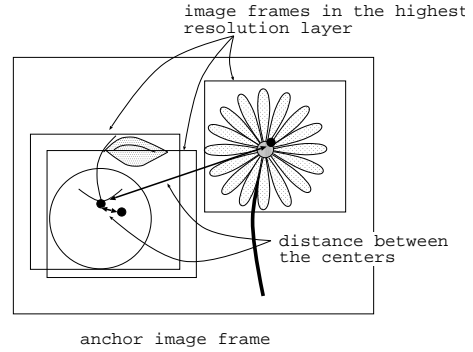


図3: 中心間距離によるグループ化

式(5)において ΔS とは、階層幅を調節する変数であり、文献⁽⁷⁾において実験的に求められた値0.75を採用する。また t は階層番号を表し、その最大値は撮影時のズーム量、すなわち、カバー面積率 S_{cover} に依存する。

4.3 最高解像度レイヤにおけるグループ化処理(手順2)

提案手法においては、最高解像度レイヤにおいて抽出された画像フレームを基に下位レイヤにおけるグループ化処理が行われる。よって、異なる興味領域を捉えた画像フレームが最高解像度レイヤに存在する場合、それぞれの興味領域について、その最高解像度画像フレームを抽出したい。最高解像度レイヤに属する画像フレームが複数ある興味領域のうちどの興味領域を捉えたものなのか判別するために、各画像フレームの中心の統合画像上での座標を求める。統合画像上での座標は平面射影変換行列を用いて計算することが可能である。同じ興味領域を捉えたものであれば、その中心画素の統合画像上での座標は近く、異なる領域を捉えた画像フレームの中心画素の座標は遠いと考えられるので、画像フレーム間の中心間距離に閾値を設け、それ以下であれば同じ領域を捉えた画像フレームとしてグループ化する(図3)。なお、中心間距離に設ける閾値については、後述する(4.5.2)。

4.4 各グループ内より最鮮鋭画像の抽出処理(手順3)

最高解像度レイヤにおいて各グループ内より、最も鮮鋭な画像フレームをそれぞれ1枚ずつ抽出する(図4)。

提案方式では、画像モザイク化において高精度な位置合わせを期待できる画像内の画素間の相関が小さい画像フレームを抽出したい。そこで文献⁽⁷⁾で式(6)で定義する評価式 **Correlation** を採用する。各グループにおいて、その **Correlation** が最小になる画像フレームを抽出する。ここで、 ρ_{x_r}, ρ_{y_r} の添字 x, y は、画像内の x, y 方向に関する自己相関係数であることを示す。

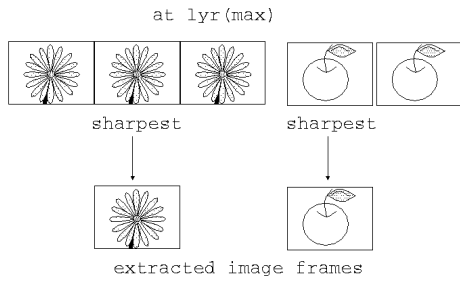


図 4: 最高解像度レイヤにおける画像フレームの抽出

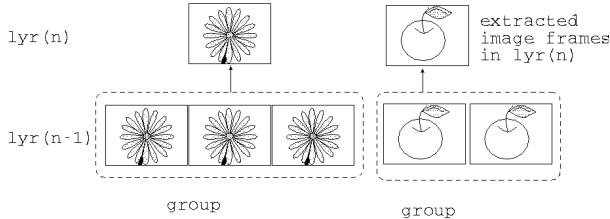


図 5: 下位レイヤにおける画像フレームのグループ化処理

$$\text{Correlation} = \sum_{\tau=-Th}^{Th} \left(\frac{\rho_{x\tau} + \rho_{y\tau}}{2} \right) / 2Th \quad (6)$$

ρ_{τ} とは自己相関関数であり、ある範囲内 ($\pm Th$) の総和は、相関が小さいほど、小さくなる。つまり、**Correlation** の値が小さいものほど、鮮鋭な画像フレームであり、高精度な位置合わせが期待できる、画像モザイク化に最適な画像フレームであると言える。

4.5 下位レイヤにおけるグループ化処理 (手順 4)

画像フレームを抽出する際、抽出される画像フレーム同士がある程度の重複領域を常に保持されながら画像モザイク化せねばならない。そこで、文献⁽⁷⁾と同様に、上位レイヤで抽出された画像フレームをある決められた割合 $S_{threshold}$ 以上の共通領域をもつ画像フレームを選びだし、グループ化する (図 5)。各グループ中から **Correlation** が最小となるものを抽出し、それらをそのレイヤにおける抽出画像フレームとする。この一連の処理を最下位レイヤまで繰り返すことで、能率よく、しかし位置ずれの生じない高精度な画像フレーム合成を実現する。なお、 $S_{threshold}$ としては複数のシーケンスに対して実験的に求めた値 0.8 を採用する。

4.5.1 新領域の判定処理

ここで、上位レイヤで抽出されたどの画像フレームとも決められた割合以上共通領域をもたない画像フレームが存在することが予想される。そのような画像フレームには単に画像モザイク化に適さないものもあるが、中には上位レイヤでは存在しなかった興味領域を捉えた画像フレームが含まれている場合もある (図 6)。そのような場合、その画像フレームを抽出し、そこからその画像フレームと同じ領域を捉えた画像フレーム群によって新しいグループを形成する必要がある。つまり、上位レイヤで抽出されたどの画像フレームとも決められた割合以上共通領域をもたない画像フレームが新しい興味領域を捉

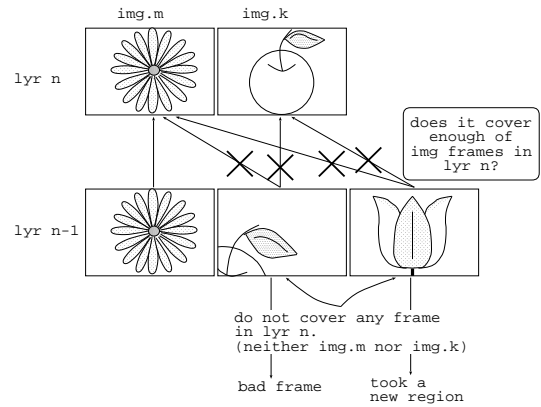


図 6: モザイク化不適合画像と新領域を捉えた最高解像度画像フレーム

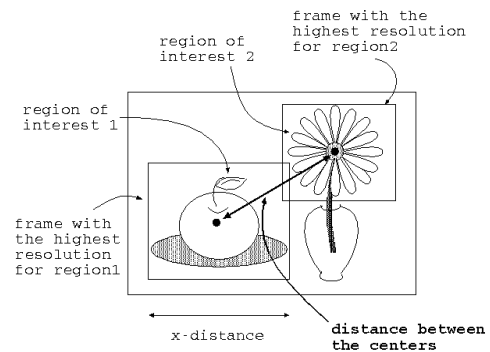


図 7: 興味領域を捉えた最高解像度フレーム

えた最高解像度画像フレームであるか判定する必要がある。ここでは、そのようなケースが生じる理由を考察した上で、その判定処理について詳しく述べる。

異なる興味領域に対して撮影を行なった場合、そのズーム量は領域毎に異なることが予想される。そのような場合、上記手順 1 でレイヤリング処理を行なう際に各興味領域を捉えた最高解像度フレームが属するレイヤは異なることになる。例えば、興味領域 1 (図 7 中の *region of interest 1*) の最高解像度フレーム $1max$ はレイヤ i に属し、興味領域 2 (図 7 中の *region of interest 2*) の最高解像度フレーム $2max$ はレイヤ j ($i < j$) に属するとする場合、 $1max$ は上位レイヤのどの画像フレームをも決められた閾値以上共通領域をもたないため、どのグループにも属さないことになる。そこでそのような画像フレームを、手振れなどの影響を受けた画像モザイク化に適さない画像フレームとは区別するために、すでに抽出されている他領域の最高解像度画像フレーム (図 7 中 $2max$) の中心との距離を求め、ある値以上であれば、新しい興味領域を捉えた最高解像度画像フレームであると判定する。

4.5.2 中心間距離の閾値

次に、その判定基準となる閾値の設定について述べる。閾値の設定値が高すぎると、異なる興味領域を捉えた最高解像度フレーム同士が同じグループに属すると誤判定をする恐れがある。逆に設定値が低すぎると、必要以上の画像フレームが抽出され、能率が低くなる。閾値の設定理由は先に述べた通り、各興味領域に対して最もズームインした画像同士を区別するためであるので、

興味領域に対してズームインした画像について考察する。各興味領域に対するズーム量は撮影者の任意であるが、図7に示すように、興味領域に対して撮影を行なう場合、最もズームインした状態でもその画像フレームはそのもの単独で意味のある構図になっていると考えられる。言い替えると、ひとつの興味領域を捉えたズームイン画像に他の興味領域が全て含まれることは考えにくい。そこで、興味領域が隣合う場合を考慮し、領域の判定の閾値として、各興味領域を捉えた最高解像度画像フレームが平面射影変換後、統合画像上でもつ横の長さの半分の値を設定する。

レイヤ t に属する画像フレームは式(4)を満たすので、その横の長さ $x_{dist}(t)$ は式(7)と表すことができる。ただし、 X_{size} とは入力画像フレームの横の長さであり、 $RATE$ はあらかじめ指定する統合画像の倍率である。閾値としては式(7)の半分の値である式(8)を採用する。また、比較する2画像 I_0 と I_1 の中心がそれぞれ (x_0, y_0) と (x_1, y_1) の場合、その中心間距離 $Cdist(I_0, I_1)$ は式(9)によって求めることとする。なお、実際に複数のシーケンスに対し閾値を変えて実験を行っており、閾値としての式(8)の正当性も確認できている。

$$x_{dist}(t) = (X_{size} \times RATE) \times \Delta S^{\frac{t+1}{2}} \quad (7)$$

$$Threshold(t) = \frac{x_{dist}(t)}{2} \quad (8)$$

$$Cdist(I_0, I_1) = \sqrt{(x_0 - x_1)^2 + (y_0 - y_1)^2} \quad (9)$$

5. 実験・評価

室内の壁に貼ったポスター(カレンダー)に対して、手持ちのデジタル・ビデオカメラによって、撮影を行った。表1に実験環境を示す。

5.1 画像フレーム抽出結果

統合画像の面積上に占める面積と統合画像の面積比によってレイヤリング、領域(region)毎にグループ化、さらに各グループから最も精鋭な画像フレームを抽出した結果を表2に示す。これより210枚の画像フレーム(先頭フレームno.0は除く)に対し、10レイヤ、4regionが形成され、実際に画像モザイク化に用いられた画像フレームは35枚となった。レイヤ番号が大きくなるほど、高解像度な画像フレームを含む。

ここで、region2は、layer10, layer9, layer8における画像フレームがないが、layer7で新しくその領域を作成することができていることが確かめられる。同様にregion3もlayer6にて新しくその領域を作成することができている。これより、複数の興味領域に対するズーム量が一定でなくても各領域の最高解像度フレームを抽出することができていることが確認できた。

中心間距離の閾値を求める際に必要な式(7)の変数 ΔS としては、文献(7)と同様に0.75とした。各レイヤに設定された閾値を同じく表2に示した。

表 1: 実験環境

デジタルビデオカメラ (DVC)	SONY Digital Handycam DCR-VX2000
計算機	Sun ultra ENTERPRISE3000 CPU248[MHz]
画像フォーマット	ppm形式, 256階調
画像フレームサイズ	360×240[pix]
デジタル化対象ポスターサイズ	363 × 300[mm]
画像フレーム数	210[frame](no.000-209)
カメラ操作	特に制限なし(手持ち操作) ズームイン・ズームアウトを4回

表 2: 画像フレーム抽出結果

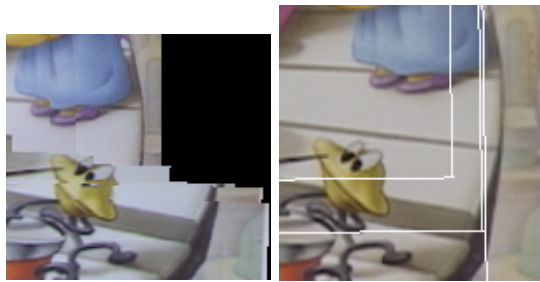
階層	抽出画像 (region0)	抽出画像 (region1)	抽出画像 (region2)	抽出画像 (region3)	中心間距離 閾値 [pix]
9	no.31	-	-	-	171
8	no.35	no.142	-	-	197
7	no.38	no.144	no.89	-	228
6	no.18	no.134	no.86	no.189	263
5	no.15	no.133	no.97	no.187	304
4	no.45	no.130	no.78	no.197	351
3	no.48	no.152	no.101	no.199	405
2	no.50	no.104	no.75	no.175	468
1	no.74	no.106	no.119	no.174	540
0	no.116	-	no.170	no.205	624

5.2 統合画像

本提案手法によって上記ビデオシーケンスを統合・合成した。また、比較対象として以下の2つの従来手法での統合・合成も行った。

- **従来手法(1):** ズームイン状態のデジタルビデオカメラにて被写体をスキャンして撮影した映像を、画像フレーム番号順に統合・合成する手法。最適化処理を含める。
- **従来手法(2):** 文献(5)(6)でとられている手法であり、被写体に対してズームインズームアウトをして撮影した映像を、画像フレーム番号順に統合・合成する手法。誤差累積のリセット処理、最適化処理を含める。

従来手法(1)で統合・合成した統合画像(995×841[pix])の一部と、提案手法によって統合・合成した統合画像(1440×960[pix])の同領域を図8に示す。また、従来手法(2)によって統合・合成した統合画像(1440×960[pix])の一部と、提案手法によって統合・合成した統合画像(1440×960[pix])の同領域を図9に示す。従来手法(1)によって統合・合成された画像(図8左)は各所で位置ずれが生じている。それに対し、提案手法によって統合・合成された統合画像(図8右)は、その位置ずれがない。これより、ズーム状態のカメラにて被写体をスキャンして撮影して取得される画像シーケンスを、順次合成して均一解像度の静止画像を生成する手法よりも、興味領域に対するズーム撮影によって取得される画像シーケンスを合成する提案手法の有効性が示せた。同様に、従来手



従来手法 (1) 提案手法

図 8: 統合画像の一部分 (従来手法 (1) との比較)



従来手法 (2) 提案手法

図 9: 統合画像の一部分 (従来手法 (2) との比較)

法 (2) によって統合・合成された統合画像 (図 9 左) は、位置ずれが生じているが、提案手法によって統合・合成された統合画像 (図 9 右) は、その位置ずれを感じさせない。これは、大量の画像フレーム群より、位置ずれを起こしにくいとされる鮮鋭な画像フレームを抽出し合成する文献⁽⁷⁾を導入したことによって実現されたと考えられる。

5.3 処理時間の評価

また、提案手法と上記 2 つの従来手法によって統合・合成した場合の処理時間 [sec] の比較を行なった。比較結果を表 3 に示す。従来手法 (2) と比較した場合、処理系全体では 31.13 %、平面射影変換の最適化処理は 2.74 % まで抑えることができています。従来手法 (1) との比較は、撮影方法が異なるため取得した画像フレームが異なること、その画像フレーム数 (203 枚) も異なることなど単純に比較することはできないが、従来手法 (1) よりも短い時間で品質の良い静止画像を生成することができるが分かる。

以上の結果より、本提案手法はズームイン状態のデジタルビデオカメラにてスキャンした映像を統合・合成する場合よりも、高精度な位置合わせを実現することが可能であることが示された。その統合画像は画面全体に均一な解像度ではないにしろ、撮影者の興味領域を全て高精細化しているのので、精細さの面でも高品質であることが言える。また、文献⁽⁷⁾の誤差累積抑制方式を導入したことで、処理時間の短縮も実現できた。

6. まとめ

本稿では、複数の興味領域に対してズームイン・ズームアウト撮影して取得されたビデオシーケンスより、高精細化が要求される領域を最も高解像度に撮影した画像フレームの抽出法について述べた。

表 3: 処理時間の比較

	処理系全体	初期推定	最適化処理	その他の処理
従来手法 (1)	43407	33558	7150	2699
従来手法 (2)	133242	36266	94713	2263
提案手法	41475	35182	2591	3702

単位 [sec]

また、提案方式、2 種類の従来方式によって統合画像を取得し、複数箇所を高精細化することで、高精細デジタル画像を取得する提案方式が、スキャン撮影により取得する均一解像度の画像フレームを合成することで画面全体に均一な解像度をもつ画像を取得する従来方式に対して有効であることを示した。

7. 今後の検討課題

提案方式は被写体を平面に限定したものであり、3 次元構造をもつ被写体、また書物など類似画像特徴が多数存在する被写体に適用させた場合、問題が生じる。よって、このような被写体に対しても高精細静止画像の生成が可能な方式を検討する必要がある。

謝辞

本研究は、竹内俊一氏 (元通信・放送機構早稲田リサーチセンター研究員)、四分一大助氏 (平 13 年早大院卒) らの研究成果を引き継いで実施したものである。ここに謝意を表する。

参考文献

- (1) 千葉直樹, 蚊野浩, 美濃導彦, 安田昌司: “画像特徴に基づくイメージモザイク”, 信学論 (D-II), **J82-D-II**, 10, pp. 1581-1589 (1999).
- (2) 古賀文博, 相澤清晴: “格子利用による画像の高精度統合手法”, 信学技法, **IE99-149**, pp. 1-8 (2000).
- (3) 織田 和夫: “空撮画像の自動接合の研究～簡易画像モザイクシステム「接合名人」”, 画像ラボ, **1 月号**, GA07-20A, pp. 19-22 (1999).
- (4) S.Mann and R.W.Picard: “Video Orbits of the Perspective Group: A New Perspective on Image Mosaicing”, M.I.T Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report, No.338 (1995).
- (5) 竹内俊一, 四分一大助, 寺島信義, 富永英義: “ズームイン・ズームアウトを繰り返すビデオ画像シーケンスを用いた平面静止画の領域対応高精細デジタル化”, 信学論 D-II, Vol.J83-D-II, No.12, pp.2675-2685(2000).
- (6) 竹内俊一, 四分一大助, 富永英義: “ズームインビデオ画像シーケンスを用いた階層的画像モザイク化手法による高能率な部分高精細画像生成”, 画電学誌, **Vol.29**, No.4, pp. 302-311 (2000).
- (7) 四分一大助, 竹内俊一, 富永英義: “部分的高精細画像生成における高能率ビデオモザイク方式に関する検討”, 2001 年電子情報通信学会総合大会, D-11-167, pp.167.