動的に更新される背景バッファを用いた自由視点映像に対する補完方式

Interpolation Technology for Free Viewpoint Images Using Dynamically-Updated Background Buffer

正会員 松村 篤志[†], 正会員 内藤 整[†], 正会員 川田 亮一[†],
正会員 小池 淳[†], 正会員 松本 修一[†]

Atsushi Matsumura[†], Sei Naito[†], Ryoichi Kawada[†], Atsushi Koike[†] and Shuichi Matsumoto[†]

Abstract Reference images from one viewpoint and their depth maps are regarded as good materials for free viewpoint images. However, these materials often suffer from degraded output image quality because there is no information on background regions occluded by foreground regions. To overcome the problem, this paper proposes an interpolation method for output images using several dynamically-updated background buffers. Since these buffers are created and updated in each frame from the reference images and the depth maps, no additional information is required. Therefore, conventional materials can be used without any modifications. The effectiveness of the proposed method is evaluated by several simulation experiments.

キーワード: 自由視点映像, 奥行きマップ, 画像補完, 動的更新, 背景バッファ, 画像分割

1. はじめに

インタラクティブな映像アプリケーションの一つとして, 自由視点映像が注目されている。自由視点映像とは, 視点をユーザが任意に選択できる映像を指す。ユーザの視点は無数に存在するため, これらすべてに対応した映像素材を用意することは現実的ではない。そこで3次元情報を記述した映像素材を用いて自由視点からの映像を推定し, 描画する手法が一般的である。代表的な手法と運用上想定される制限を以下に記述する。

- 手法1) 対象物体に機器を取り付けた上で3次元上での座標を取得し2次元座標に投影する手法¹⁾。ただし3次元上での位置の取得に際して特殊な機材が必要となる。
- 手法2) 全方位から撮影された画像を合成する手法²⁾³⁾。ただし全方位にカメラを設置するため撮影条件が限定されてしまう。
- 手法3) 複数台のカメラを平行にならべ中間位置の画素を推定する手法⁴⁾⁵⁾。ただし複数枚の画像を用いるため描画に必要な情報量がカメラの台数に比例して増大する。

一方, 一視点からの画像(以下参照画像と表記)とその奥

行き情報(以下奥行きマップと表記)を用いて自由視点映像を描画する手法がある⁶⁾。同手法には以下に述べる長所がある。

- 長所1) 最低2台のカメラから奥行きを推定することが可能なため, 簡易な撮影機材を用いることができる。
- 長所2) 屋外などのカメラを固定できない環境にも適応可能である。
- 長所3) 奥行きマップを参照画像の付随情報とすることで, MPEG-4など奥行き情報が記述可能な標準の符号化方式で扱える。

これらの長所から同手法は, 個人ユースにおける蓄積画像の撮影やネットワークを介した伝送に適すると考えられる。しかしながら, 同手法には隠蔽された背景領域に関する情報が存在せず, 視点を移動させた際に描画不能となる領域が発生するという問題がある。

以上の背景より, 本論文では描画不能領域の低減を目的とし, 動的に更新される背景バッファを用いて, 自由視点映像の補完を行う手法を提案する。さらに提案手法の有効性を評価するため, シミュレーション実験を行い, その結果について考察する。

本論文の構成を以下に示す。2章では従来手法の流れ, およびその問題点の考察を行う。3章では同問題を解決する手法を提案する。4章では, 提案手法の有効性について検証を行う。

2004年6月11日受付, 2005年2月22日再受付, 2005年3月31日採録

[†]株式会社 KDDI 研究所

(〒356-8502 埼玉県上福岡市大原 2-1-15, TEL. 049-278-7428)

[†]KDDI R&D Laboratories Inc.

(2-1-15, Ohara, Kamifukuoka-Shi, Saitama 356-8502, Japan)

2. 従来手法の概要とその考察

参照画像と奥行きマップに基づく自由視点映像の描画に関し、1画面分の処理手順を図1のGeneration枠内に示す。ただし以下の説明において、フレーム毎の自由視点映像を自由視点画像と表記する。まず参照画像の各画素について、奥行きマップをもとに自由視点画像上で対応する画素(以下対応点と記述)を探索する。その後参照画像の各画素を自由視点画像の対応点に描画することにより、画像の生成を行う。しかしながら同手法は、隠蔽された背景領域に関する情報が存在せず、同領域の描画がなされないため局所的な画質劣化を伴う。この問題を解決するため、図1のInterpolation枠内に示すように、背景スプライトと呼ばれる1枚の静止画像を用いた補完手法が提案されている⁷⁾。しかしながら、スプライトを用いた補完には、以下の制約がある。

- 制約1) スプライトは前景に物体が存在してはならないため、そのような映像を取得できる特殊な撮影環境が必要となる。
- 制約2) スプライトはあらかじめ描画前に得られなくてはならないため、描画に必要なデータ量が増大してしまう。同問題の解決手法として、前景領域のみを抽出した上で、背景スプライトと合成する手法が提案されているが⁸⁾、背景領域の動きに追従することが困難なため、出力される映像に不自然さが生じてしまう。

3. 提案手法

そこで筆者らは、参照画像と奥行きマップのみを用いて背景バッファを動的に生成・更新し、これを補完に利用する新たな方式を提案する。各フレームの処理手順を図2に示す。まず参照画像と奥行きマップを用いて自由視点画像を仮生成する。次に奥行きマップに基づき参照画像から背景

図1 従来手法の流れ
The flow of conventional methods.

領域を抽出し、これを背景バッファに入力する。背景バッファは、奥行きごとに分割された複数枚のバッファ(以下多層バッファと表記)、および背景領域すべてを蓄積する1枚のバッファ(以下単層バッファと表記)の2種類を用意する。2種類のバッファを用意する理由については、4.2節にて詳細に述べる。その後、先頭フレームでは入力画像をそのまま背景バッファに投影し、その他のフレームでは、入力された画像と既に保持されている画像との合成を射影変換を用いて行うことで、背景バッファの内容をフレーム単位で更新する。

最後に多層バッファ、および単層バッファを用いて、仮の自由視点画像に対する補完を順次行い、生成された画像を出力する。以下に図中のブロックごとの処理を説明する。

3.1 自由視点画像の仮生成

自由視点画像を得るためには、視点を定める必要がある。そこで視点の回転、および平行移動をそれぞれ 3×3 の行列 R' 、3次元ベクトル t' として定義する。参照画像 I における座標を (u, v) と表した場合、自由視点画像 A における対応点 (u'', v'') との関係は、式(1)によって表される⁹⁾。

$$(D_{I(u,v)}(u, v, 1)^T - t') \times R'(u'', v'', 1)^T = 0 \quad (1)$$

ここで $D_{I(u,v)}$ は I における座標 (u, v) の奥行き(単位は奥行きマップの定義に従う)を表す。式(1)を $(u'', v'', 1)^T$ について解くことにより、 A, I 間の画素レベルの対応をとることができる。

その後式(2)により描画を行い、 A を仮生成する。ここで $A(u'', v'')$ 、 $I(u, v)$ は、それぞれ画像 A 内の座標 (u'', v'') 、 I 内の座標 (u, v) における画素値を表し、後述における画素値の表記もこれに従うこととする。

$$A(u'', v'') = I(u, v) \quad (2)$$

図2 各フレームにおける提案手法の流れ
The flow of our proposed method in each frame.

3.2 背景領域の抽出

背景バッファの生成・更新に対する前処理として、分割指標 $L_f(m)$ ($m = 1, 2, \dots, M_f$) (M_f は分割指標の個数) を定義し、これを用いて背景領域の抽出を行う¹⁰⁾。

まず式 (3) を用いて I の奥行き分布の統計をとる。

$$V(n) = \nu(I)_{(n+1) \times S}^{n \times S} \quad (3)$$

ここで $\nu(I)_{(n+1) \times S}^{n \times S}$ は I における奥行きが $n \times S$ 以上 $(n+1) \times S$ 未満である画素の個数を、 S は統計をとる際のステップ幅を表し、 n は整数とする。次に $V(n)$ の平滑化を行うためにガウスフィルタを施し、その結果を $V'(n)$ とする。その後 $V'(n)$ が極小値をとる際の n を $n(i)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) (N は極小値の個数) と定義した上で、これを S 倍した値 $n(i) \times S$ を分割指標の候補とする。ただし、極小値とは以下の条件を満たす $V'(n)$ であるとする。

$$V'(n-1) > V'(n) \text{ and } V'(n) < V'(n+1) \quad (4)$$

上記によって求められた $n(i) \times S$ の中から、 $L_f(m)$ の選出を行う。したがって、 $N \geq M_f$ となる。先頭フレームでは、 $M_f = N$ 、 $L_f(m) = n(m) \times S$ とする。その他のフレームでは、以下の手順によって $L_f(m)$ および M_f を求める。ただし $L_{f-1}(j)$ 、 M_{f-1} はそれぞれ前フレームにおける分割指標、およびその個数を表す。

手順1) $i = 1$ 、 $m = 1$ を初期値として設定する。

手順2) $L_{f-1}(j)$ ($j = 1, 2, \dots, M_{f-1}$) の中から $\min |L_{f-1}(j) - n(i) \times S|$ を与える j を選出し、これを J とおく。

手順3) $n(k)$ ($k = 1, 2, \dots, N$) の中から $\min |n(k) \times S - L_{f-1}(J)|$ を与える k を選出し、これを K とおく。

手順4) $i = K$ の場合は $L_f(m) = n(i) \times S$ とした上で、 m を1増加させる。

手順5) $i = N$ の場合は $M_f = m - 1$ とした上で処理を終了し、それ以外の場合には i を1増加させた上で手順2に戻る。

上記手順の適用例を図3に示す。 $i = 1$ では、手順2によって $J = 1$ 、手順3によって $K = 1$ と算出され、 $i = K = 1$ となるため、 $n(1) \times S$ は分割指標として用いられる。同様に $i = 2$ では、 $J = 3$ 、 $K = 2$ であることから、 $i = K = 2$ となるため、 $n(2) \times S$ は分割指標となる。一方 $i = 3$ の場合、 $J = 4$ 、 $K = 2$ と算出され、 $i \neq K$ となるため、 $n(3) \times S$ は分割指標として用いられないこととなる。したがって、図3では $M_{f-1} = 4$ 、 $N = 3$ 、 $M_f = 2$ となる。

最後に式 (5) により、背景領域 I_m を抽出する。

$$I_m(x, y) = \begin{cases} I(x, y) & \text{if } L_f(m) \leq D_{I(x, y)} < L_f(m+1) \\ \text{null} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

ただし $L_f(M_f + 1) = \infty$ とし、null は画素が存在しないことを表す。

また単層バッファのための背景領域 I_{all} は、 $L_f(1)$ を用いて式 (6) により得る。

$$I_{all}(x, y) = \begin{cases} I(x, y) & \text{if } L_f(1) \leq D_{I(x, y)} \\ \text{null} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

3.3 背景バッファの動的生成および更新

背景バッファの生成・更新は、フレーム毎に3.2節にて抽出された背景領域を用いて行われる。先頭フレームでは $I_{m'}(m' = 1, 2, \dots, M_f, all)$ をそのまま背景バッファ $U_{m'}$ に投影する。

その他のフレームでは、射影変換を用いて $I_{m'}$ と $U_{m'}$ との合成を行う。まず前処理として、3.2節において $L_{f-1}(j)$ に対応する現フレームの分割指標が存在しない場合は、 U_{j-1} と U_j を統合した後、各バッファを奥行きの浅い順に $U_1, U_2, \dots, U_{M_f}$ と再定義する。例えば、図3では、 $L_{f-1}(2)$ および $L_{f-1}(4)$ に対応する分割指標がないことから、それぞれ U_1 と U_2 、および U_3 と U_4 を統合した上で新たに生成されたバッファを U_1 、 U_2 と再定義する。同処理によって、各フレームの分割指標数と多層バッファの枚数を一致させることができる。同様の目的を達成する他の手段として、多層バッファを分割することによってバッファ数を増加させる方式が考えられる。しかし、多層バッファの奥行き分布に極小値が存在しないことがあり、そのような状況下では、バッファの分割に用いられる分割指標の決定が困難となる。そこで、提案手法では統合処理のみを用いることとし、分割による方式については今後の検討課題とする。

次に $I_{m'}$ と $U_{m'}$ から8点以上の対応点を探索し、これらを用いて式 (7) を満たす射影変換行列 $B_{m'}$ を算出する¹¹⁾。

$$(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}}, 1)^T \times B_{m'}(u_{I_{m'}}, v_{I_{m'}}, 1)^T = 0 \quad (7)$$

ただし $I_{m'}$ 内の座標 $(u_{I_{m'}}, v_{I_{m'}})$ と $U_{m'}$ 内の座標 $(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}})$ は対応点であるとする。その後算出された $B_{m'}$ を用いて、 $U_{m'}$ 内のすべての画素における $I_{m'}$ 内の対応点を求め、式 (8) に代入することにより、 $U_{m'}$ の更新を行う。

$$U_{m'}(u_{I_{m'}}, v_{I_{m'}}) \leftarrow \begin{cases} U_{m'}(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}}) & \text{if } I_{m'}(u_{I_{m'}}, v_{I_{m'}}) = \text{null} \\ I_{m'}(u_{I_{m'}}, v_{I_{m'}}) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

ただし左矢印は、右辺を左辺に代入する記号を表す。式 (8) は図4に示すように、各 $I_{m'}$ の値をそのまま代入し、射影変換がなされた $U_{m'}$ を合成することによってバッファの更新がなされることを表す。

図3 極小値の数と分割指標の整合性の判定
Evaluation of matching between the number of minimal of depth and the symbol of division.

3.4 出力画像の生成

出力画像は、仮の自由視点画像を背景バッファによって補完することで生成される。補完は対応点が存在しない画素に対して行われる。自由視点画像 A に対する補完処理を以下に示す。補完処理は、 $m' = 1, 2, \dots, M_f, all$ の順に行う。まず A と $U_{m'}$ の対応点を 8 点以上求め、式 (9) により射影変換行列 $B'_{m'}$ を算出する。

$$(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}}, 1)^T \times B'_{m'}(u'', v'', 1)^T = 0 \quad (9)$$

ただし A 内の座標 (u'', v'') と、 $U_{m'}$ 内の座標 $(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}})$ は対応点であるとする。次に式 (9) によって (u'', v'') のすべての画素につき対応点 $(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}})$ を算出する。最後に式 (10) によって A に対する補完を行い、これを出力画像とする。

$$A(u'', v'') \leftarrow \begin{cases} U_{m'}(u'_{U_{m'}}, v'_{U_{m'}}) & \text{if } A(u'', v'') = \text{null} \\ A(u'', v'') & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

4. シミュレーション実験

提案手法の有効性を検証するために、シミュレーション実験を行った。実験では、映像情報メディア学会の HDTV ステレオ標準動画の左目画像の Y 信号より、960 画素 $\times$ 480 ラインの領域を画面中央より切り出し、これを参照画像とした。また同素材は、平行法により撮影された映像であるため、視差ベクトルと奥行きは比例関係にある¹²⁾。そこで右目画像を用いて推定した視差ベクトル¹³⁾の水平方向成分を奥行きマップとして用いた。左目画像、および右目画像はともに非圧縮の画像を用いた。射影変換行列 $B_{m'}$ は、付録 A に示す方式を用いて導出した。また、ステップ幅 S を 1 として実験を行った。これによって、実験に用いた五つの素材における多層バッファの枚数が 2 枚ないし 3 枚となった。

図 4 射影変換による背景バッファの更新
Updating background buffers by projection matrices.

4.1 提案手法の性能評価

提案手法によって算出された PSNR の結果を表 1 に示す。入力素材は、Tulip Garden, Football, Red Leaves, A Meal および An Aquarium の五つを使用した。PSNR としては、補完がなされた画素に限定して算出した値を評価し、さらに参考として、画像全体に対して算出した PSNR 値、および最近傍画素を用いて補完を行う手法 (表では参照手法と記述) による結果を併せて示す。まず補完がなされた画素に対する PSNR の結果に関して、An Aquarium をのぞく全素材においては、提案手法の適用により、最近傍画素を用いた手法と比べ、1.0dB ないし 2.6dB の上昇が確認された。このことより、最近傍画素から補完する場合と比較し、良好な画像が得られていることがわかる。一例として、Tulip Garden の第 30 フレームにおいて提案手法によって補完を行った場合の自由視点画像、および参考として補完を行わなかった場合の自由視点画像を図 5 に示す。視点は水平方向へ移動させることとした。ただし、補完が行われなかった画素については白色で示しており、 r は左目画像の撮影位置から右目画像の撮影位置までの移動ベクトルを表す。これらの結果により、提案手法を用いることによって、隠蔽された画素に対して高精度な補完が行われ、隠蔽領域に起因し、描画不能となる領域が減少していることがわかる。なお、提案手法においても補完がなされない領域が存在する理由は、補完対象領域が 30 フレームの間に参照画像に出現しなかったためである。

しかしながら、An Aquarium では、提案手法の適用により、0.7dB だけ PSNR が低下する結果となった。原因を以下に考察する。図 6 に示すように、同素材では、前景と背景の境界をまたいで物体 (魚) が存在したため、背景バッファに同物体の一部が蓄積された。補完を行う際に、それらの画素が用いられたため、誤対応が広領域で生じ、結果として、提案手法が最近傍画素による補完に比べ低い値を示すこととなった。したがって、前景と背景に同一の物体が存在するか否かを判断し、該当する画素を背景領域から取り除く処理を加えることによって、さらなる精度の向上が見込まれる。

4.2 背景バッファに対する考察

多層バッファ、および単層バッファの 2 種類を用いて補完を行っている理由を考察する。単層バッファのみを用いる手法 (以下単層手法と表記)、および多層バッファのみを用いる手法 (以下多層手法と表記) について性能評価を行う。結

表 1 各フレームにおける客観評価結果の平均値
Average values of evaluated results in each frame.

素材名	手法	補完画素の PSNR(dB)	画像全体の PSNR(dB)
Tulip Garden	参照手法	18.4	25.7
	提案手法	21.0	25.8
Football	参照手法	12.7	27.4
	提案手法	14.0	28.2
Red Leaves	参照手法	15.5	19.6
	提案手法	16.5	19.6
A Meal	参照手法	17.5	24.1
	提案手法	18.8	24.2
An Aquarium	参照手法	16.7	20.6
	提案手法	16.0	20.5

(a-1) $t' = -2r$ 補完あり
 $t' = -2r$, With Interpolation

(a-2) $t' = -2r$ 補完なし
 $t' = -2r$, Without Interpolation

(b-1) $t' = -r$ 補完あり
 $t' = -r$, With Interpolation

(b-2) $t' = -r$ 補完なし
 $t' = -r$, Without Interpolation

(c-1) $t' = 0$ 補完あり
 $t' = 0$, With Interpolation

(c-2) $t' = 0$ 補完なし
 $t' = 0$, Without Interpolation

(d-1) $t' = r$ 補完あり
 $t' = r$, With Interpolation

(d-2) $t' = r$ 補完なし
 $t' = r$, Without Interpolation

(e-1) $t' = 2r$ 補完あり
 $t' = 2r$, With Interpolation

(e-2) $t' = 2r$ 補完なし
 $t' = 2r$, Without Interpolation

図 5 Tulip Garden の第 30 フレームにおける自由視点画像
Free viewpoint images in the 30th frame of Tulip Garden.

図 6 An Aquarium における誤対応の例
An example of mismatch of An Aquarium.

果として、各手法によって生成された右目画像と原画像との 30 フレーム平均の PSNR を表 2 に示す。入力素材、および PSNR の算出手順は 4.1 節と同様とした。まず補完がなされた画素の割合に着目すると、単層手法が多層手法に比べ同等ないし最大 12.0%ほど多くなっている。原因としては、多層手法に特化して射影変換後のバッファ間の重なり起因し、補完できなかった画素が存在しているためだと考えられる。次に補完がなされた画素に対する PSNR に着目すると、多層手法が単層手法に比べ、0.1dB ないし 0.7dB ほど高い数値を示していることがわかる。この結果より、多層手法の方がより高精度な補完を行うことができると考えられる。以上で確認された傾向を以下に要約する。

傾向 1) 単層手法では、多層手法に比べより広範囲な領域の補完がなされる。
傾向 2) 多層手法では、単層手法に比べ奥行きを考慮に入れたより高精度な補完を行うことができる。

同傾向より、両手法の長所を取り入れることが可能となるバッファ選択方式を表 3 に示す。これを実現するため、提案手法では多層バッファ、単層バッファの順で段階的な補完処理を導入することとした。

出力画像の一例として、A Meal を素材とし各手法によって補完を行った結果を図 7 に示す。ただし画像を出力する際に補完がなされなかった画素を白色にて示している。同図より、多層手法において描画不能な中央部、および右下部の画素が、単層手法および提案手法では補完されていることがわかる。また、単層手法において誤対応の影響で黒色にて補完されている中央上部の画素が、多層手法および提案手法ではなめらかに補完されている。なお同図において描画不能画素が物体の境界に沿っていないのは、使用した奥行き検出アルゴリズムの性質に起因している¹⁴⁾。以上

の結果より、提案手法により多層手法、および単層手法の選択が最適に実現されていることがわかる。

次に、使用されるバッファの種類とフレーム推移の関係をバッファの形状から考察する。一例として、Red Leaves の第 1, 15, 30 フレームにおける各バッファの形状を図 8 に示す。同素材において、先頭フレームから第 30 フレームまでの多層バッファの枚数はすべて 3 枚であった。結果より、特に奥行きが深いバッファに関して、フレーム進行に伴う蓄積画素数の増加が見られる。これは、前景物体およびカメラの移動に伴い隠蔽されていた領域が参照画像に現れたことによる。他素材においても、同様の傾向が見られた。提案手法では、多層バッファが優先的に補完に用いられるため、フレームの進行に伴い単層バッファによる補完割合が減少し、多層バッファによる補完割合が増加すると考えられる。単層バッファおよび多層バッファにおける補完画素

表 2 単層手法と多層手法による客観評価結果の平均値
Average values of evaluated results of single-layered method and multi-layered method.

素材名	手法	補完画素の割合 (%)	補完画素の PSNR(dB)
Tulip Garden	単層手法	85.6	20.6
	多層手法	77.9	20.7
Football	単層手法	18.0	13.7
	多層手法	18.1	13.8
Red Leaves	単層手法	92.4	16.1
	多層手法	76.4	16.5
A Meal	単層手法	33.8	18.1
	多層手法	32.8	18.8
An Aquarium	単層手法	83.4	16.0
	多層手法	78.8	16.1

表 3 補完に用いるバッファの選択
Selection of buffers used for interpolation.

	多層による補完可	多層による補完不可
単層による補完可	多層バッファ	単層バッファ
単層による補完不可	多層バッファ	バッファによる補完なし

(a) 単層手法
Single Layered Method

(b) 多層手法
Multi Layered Method

(c) 提案手法
Proposed Method

図 7 第 30 フレームにおける A Meal 中央部の拡大画像
Enlarged images of A Meal in the 30th frame.

の割合に対する推移を図9に示す。図より、An aquarium以外のバッファについては、上記考察に従った結果となっていることがわかる。なお、An aquariumにおいて上記の傾向が見られなかったのは、カメラの移動がなく、補完がなされた画素数そのものに大きな変動がなかったためである。

5. む す び

本論文では、参照画像と奥行きマップのみを用いて、自由視点映像を補完するための新たな手法を提案した。これによって、従来手法の課題であった、隠蔽によって参照画像と自由視点画像の間の対応点が存在しないため、描画がなされない画素を、大幅に減少させることができた。またシミュレーション実験では、提案手法の導入による効果を定量的に評価した。その結果、従来では実現できなかった画素に対しての補完が効果的に行われていることを確認した。

しかしながら、本方式は背景を平面として扱っているため、起伏のある背景領域への適用が困難となるという問題を含んでいる。同問題に対しては、背景バッファに奥行き値を保持させ、それを補完に適用させるなど、さらなる高精度化に向けた処理を行う必要がある。具体的な方式検討については今後の課題とする。

最後に、日頃御指導いただく株式会社KDDI研究所代表取締役所長 浅見徹氏に感謝の意を表する。

【文 献】

- 1) Takeo Kanade, Peter Rander, and P. J. Narayanan, "Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes," IEEE Multimedia, Immersive Telepresence, 4, 1, pp. 34-47, (Jan. 1997)
- 2) 足立 淳, 佐藤 淳, "エビポーラ幾何と射影不変量による未校正3次元視覚サーボ", 信学論, J85-DII, 9, pp.1392-1400 (Sep. 2002)
- 3) 畑 幸一, 柴藤 稔, 中原 國宏, "多視点画像の高効率符号化", 信学論, J82-DII, 11, pp.1921-1929 (Nov. 1999)
- 4) 星野 准一, 増田 功, "観測・推定画像間の誤差最小化によるパノラマ動画像の生成", 信学論, J81-DII, 11, pp.2565-2573 (Nov. 1998)
- 5) 原崎 俊介, 斎藤 英雄, "拡張現実感のための未校正カメラ画像への仮想物体の重ね合せ", 信学論, J85-DII, 1, pp.46-55, (Jan. 2002)
- 6) C. Fehn, K. Schuur, P. Kauff and A. Smolic, "Meta-Data Requirements for EE4 in MPEG 3DAV", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG02/M9559, Pattaya, Thailand (Mar. 2003)
- 7) 秦泉寺 久美, 渡辺 裕, 小林 直樹, "スプライト生成のためのグローバルモーション算出法と符号化への適用", 信学論, J83-D-II, 2, pp.535-544 (Feb. 2002)
- 8) 秦泉寺 久美, 渡辺 裕, 岡田 重樹, 小林 直樹 "MPEG-4 スプライト符号化を用いた超低レート動画像圧縮", 信学論, J84-D-II, 5, pp.758-768 (Mar. 2001)
- 9) 佐藤 淳, コンピュータビジョン, コロナ社, 1999
- 10) R. Szeliski and P. Golland, "Stereo Matching with Transparency and Matting", in Sixth International Conference on Computer Vision, Bombay, India, pp. 517-524 (1998)
- 11) Richard Szeliski, "Video Mosaics for Virtual Environments", IEEE Computer Graphics and Applications, 16, 2, pp.22-30 (Mar. 1996)
- 12) 奥富 正敏, "ステレオ視", コンピュータビジョン-技術評論と将来展望 (松山, 久野, 井宮編), 新技術コミュニケーションズ, pp.123-137, 1998
- 13) 川田 亮一, 山下 鉄司, 内藤 整, 小池 淳, 和田 正裕, "多視点伝送のための高精度反復勾配法による実時間ステレオマッチング方式", 2002年映情学冬季大会, 7-5, (Nov. 2002)
- 14) 川田 亮一, 浜田 高宏, 松本 修一, "動き補正テレビ方式変換の改善", 映情学誌, 51, 9, pp.1577-1586 (Sep. 1997)
- 15) 蚊野 浩, 金出 武雄, "任意のカメラ配置におけるステレオ視とステレオカメラ校正", 信学論, J79-D-II, 11, pp.1810-1818 (Nov. 1996)
- 16) Kenichi Kanatani and Sachio Takeda, "3-D motion analysis of a planar surface by renormalization", IEICE Transaction E78-D, 8, pp.1074-1079 (Aug. 1995)

＜付 録＞

A. 射影変換行列の導出

提案手法にて用いられる射影変換行列は、 3×3 の行列式であり、各要素を等倍することが可能なことから、8組の対応点の座標を用いることにより行列内の各要素値を算出することができる。しかしながら、より正確な値を得るためには、誤対応や誤差の影響を抑える必要がある。したがって、誤対応の影響を抑えるためには、最小2乗誤差推定法¹⁵⁾やくりこみ法¹⁶⁾などを用いて、より多くの対応点から値を算出することが望ましく、加えて誤差の影響を抑えるためには、広域から対応点を選び出すことが望ましい。そこで本論文における実験では、各バッファにおいて対応点が存在する画素の座標をラスタ走査によって探索し、同座標に対して順に $t_0, t_1 \dots t_{T-1}$ というラベルをつけた上で、これらの画素のうち $t_{\lfloor \frac{k}{K} T \rfloor}$ ($k = 0, 1, \dots, K-1$)を代表点とした。また、対応点は勾配法¹⁴⁾によって算出された各画素の移動ベクトルに座標値を加えることによって求めた。その後各代表点に対する対応点を算出し、くりこみ法によって射影変換行列を算出した。ここで K, T, k はそれぞれ代表点の個数、対応点の存在する画素数、および代表点につけられるラベルであり、 $\lfloor \frac{k}{K} T \rfloor$ は $\frac{k}{K} T$ 内の小数点を切り捨てることにより得られる整数値を表す。 K は予備実験から400と定めた。

まつむら あつし
松村 篤志 2001年3月北海道大学工学部卒業。2003年3月同大学大学院修士課程修了。同年4月、KDDI(株)入社。以来同研究所にて、主に画像符号化、多視点画像に関する研究に従事。正会員。

ないとう せい
内藤 整 1994年3月早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。1996年、同大学大学院修士課程修了。同年4月、国際電信電話(株)に入社。現在、(株)KDDI研究所にて、主にHDTV、SDTVの動画像符号化および伝送方式の研究・開発に従事。正会員。

かわだ りょういち
川田 亮一 1991年、東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年、KDD(現KDDI)入社。研究所に勤務。テレビ中継に関する研究開発。特に動き補正TV方式変換、次世代映像符号化、高効率無断映像伝送、映像画質監視、次世代多視点映像伝送などの研究に従事。1997-1998年、米コロンビア大学客員研究員。博士(工学)。正会員。

こいけ あつし
小池 淳 1983年、新潟大学工学部情報工学科卒業。1985年、東北大学大学院修士課程修了。同年、国際電信電話(株)に入社。以来、テレビ会議・電話システム、動画像の高効率符号化方式の研究・開発に従事。現在、(株)KDDI研究所映像通信グループリーダー。博士(情報学)。正会員。

まつもと しゅういち
松本 修一 1979年、北海道大学大学院修士課程修了。同年、国際電信電話(株)に入社。以来、研究所にてHDTV、SDTVの高効率符号化の研究・開発に従事。現在、(株)KDDI研究所取締役。工学博士。正会員。

(a-1) 第1フレーム 単層バッファ
1st frame, Single Background Buffer

(a-2) 第15フレーム 単層バッファ
15th frame, Single Background Buffer

(a-3) 第30フレーム 単層バッファ
30th frame, Single Background Buffer

(b-1) 第1フレーム 多層バッファ1
1st frame, Multi Background Buffer 1

(b-2) 第15フレーム 多層バッファ1
15th frame, Multi Background Buffer 1

(b-3) 第30フレーム 多層バッファ1
30th frame, Multi Background Buffer 1

(c-1) 第1フレーム 多層バッファ2
1st frame, Multi Background Buffer 2

(c-2) 第15フレーム 多層バッファ2
15th frame, Multi Background Buffer 2

(c-3) 第30フレーム 多層バッファ2
30th frame, Multi Background Buffer 2

(d-1) 第1フレーム 多層バッファ3
1st frame, Multi Background Buffer 3

(d-2) 第15フレーム 多層バッファ3
15th frame, Multi Background Buffer 3

(d-3) 第30フレーム 多層バッファ3
30th frame, Multi Background Buffer 3

図8 Red Leaves における背景バッファ
Images stored in background buffers in Red Leaves.

(a) Tulip Garden

(b) Football

(c) Red Leaves

(d) A Meal

(e) An Aquarium

図9 単層バッファおよび多層バッファによる補完画素の割合
Ratio of interpolated pixels by single background buffers and multi background buffers.