

移動物体を追従撮影した映像の鮮明化

佐藤 伸哉^{1,a)} 陳 謙¹ 呉 海元¹

概要: 本研究グループでは、高速に自由運動している注目物体を鮮明に、かつ常に画像の中心に撮影できる能動カメラシステムを提案している。しかし、この技術では、追跡対象の運動に合わせてカメラの回転を制御するために、対象がきれいに撮影できる一方、背景部分にモーションブラーが発生して、不鮮明な撮影結果となってしまう。この問題を解決するために、本論文では、移動物体を追従撮影した映像を前景と背景と共に鮮明化する方法を提案する。具体的に、K-means tracker の追跡結果に基づいて能動カメラを制御し、注目対象を追従撮影する。ぶれている背景部を全方位背景モデルから生成したものと差し替えることにより前景・背景ともに鮮明な映像を生成する。

キーワード: 追跡映像, K-means Tracker, 全方位背景モデル, モーションブラー, 鮮明化

Generating Clear Background for Video Images of Moving Object Taken By Active Camera

SATO SHINYA^{1,a)} CHEN QIAN¹ WU HAIYUAN¹

Abstract: We have proposed a high performance active camera system for obtaining high quality images of a moving object at video rate. This camera system controls the viewing direction of the camera in order to make the object being tracked still and appearing at the image center. Since the camera is controlled to follow the motion of the object, motion blur will occur in the background part. To solve this problem, in this paper, we propose a method that can generate images where both the foreground and the background are clear. Concretely, we control the angular position and speed of the pan-tilt unit according to the results of the K-means tracker. Then we replace the blurred background with a clear background generated from an omnidirectional background model.

Keywords: Tracking Movie, K-means Tracker, Omnidirectional Background-Model, Motion Blur, Sharpening

1. はじめに

本論文では、「究極の高臨場感映像」の獲得に向けて、能動カメラを用いて注目対象を自動追尾しながらプロのカメラマンのような高品質の映像を獲得し、仮想的な全方位スクリーンに投影することにより、少ない設備で広視野前景・背景とも高精細な映像を生成する方法を提案する。テレビとディスプレイの高解像度化を進んでいる時代に合わせるために、より高い物体認識の識別率を保証するために、ビデオカメラで撮影した映像内のシーン（前景・背景を両

方含む）の色やエッジなどの情報を正確に取得する必要がある。しかし、撮影対象が実空間内を高速にかつ自由に運動している場合、カメラを固定して撮影を行うと、画像内の撮影対象にぶれが発生してしまう可能性がある。また、撮影対象がカメラの画角外に移動してしまう恐れもあるため、色やエッジなどの情報は正確に取得できない場合がある。一方、本研究グループが提案している能動カメラシステムで撮影を行う、注目物体を鮮明に、かつ常に画像の中心に撮影できるが、追跡対象の運動に合わせてカメラの回転を制御するために、背景部分にモーションブラーが発生して、不鮮明な撮影結果となってしまう。この問題を解決するために、本論文では、移動物体を追従撮影した映像を

¹ 和歌山大学
^{a)} tuinoyakata@gmail.com

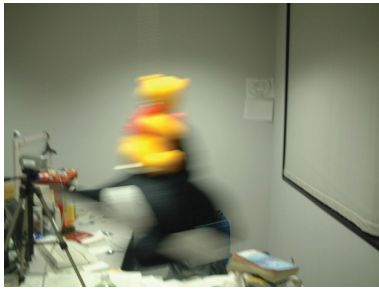


図 1 背景差分法による追跡
Fig. 1 Tracking by background difference



図 2 追跡対象の特徴情報を利用した追跡
Fig. 2 To photograph a moving subject

前景と背景と共に鮮明化する方法を提案する．具体的には，K-means tracker というアルゴリズムを用いて画像系列上で注目対象を追跡し，画像上での対象の位置から，対象の角速度を算出することにより，能動カメラの方位を制御しながら注目対象の追従撮影を実現する．また，ぶれている背景部を全方位背景モデルから生成したものと差し替えることにより前景・背景ともにぶれの無い映像を生成する．

2. 関連研究

本章では，物体を追跡した映像に関する既存研究を 2.1 で，モーションブラーの改善（以下，デブラーリングとする）に関する既存研究を 2.2 でそれぞれ述べる．

2.1 追跡映像に関する研究

物体を追跡した映像は，大きく種類分けをすると 2 パターンの方法より実現されている．

1 パターン目は，撮影画角の背景を推定し，撮影映像との背景差分を行うことにより，追跡対象部分を抽出する．そして，抽出した追跡対象部分の位置変化を利用し，カメラを制御することで追跡を行う方法がある [1], [2], [3]．境田ら [1] は，背景差分を行うための画像を，動画像の時間方向ヒストグラムを利用して推定して作成している．東海ら [2] は，動的に更新できる appearance plane から，背景を作成することで追跡を行なっている．常谷ら [3] は，FV-PTZ カメラをステレオカメラとして利用し，appearance plane を生成することで追跡を実現している．しかし，これらの手法では，背景差分を行う必要があるため，撮影タイミングで一瞬カメラを止める必要があり，追跡対象にモーションブラーが発生してしまう問題がある．(Fig.1)

2 パターン目は，追跡対象の特徴情報を利用して重心を求め，その位置変化を利用して追跡を行う方法がある [4], [5], [6]．この方法では，追跡対象に追従してカメラが動いて撮影することが可能であるので，自由に運動している追跡対象を鮮明に撮影することができる．Comaniciu ら [4] は，色分布を利用することで物体の追跡を実現している．Hua ら [5], [6] は，K-means クラスタリングによって追跡対象とその他をクラスタリングし，その結果から追

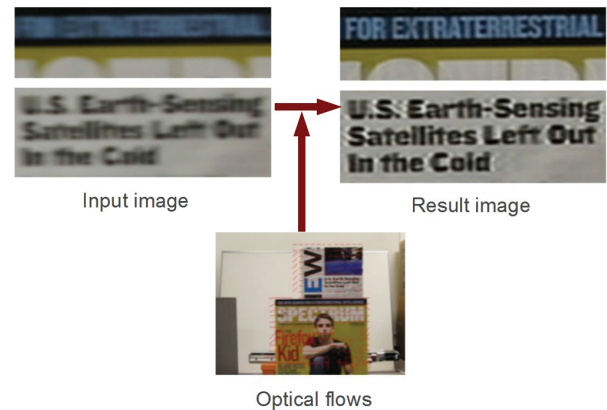


図 3 オプティカルフローによるブレの改善
Fig. 3 Deblurring with optical flow

跡を行う手法となっている．しかし，追跡対象が高速に運動した場合，背景部にモーションブラーが発生してしまう問題がある．(Fig.2)

また，上記の既存研究では，追跡をロバストにすることを重点的に考案されているため，追跡対象の撮影結果の画質は度外視されている．そのため，撮影結果を画像解析などに応用する場合，正確な解析結果が導き出せないという問題点がある．

2.2 モーションブラーの改善に関する研究

モーションブラーの改善方法は様々あるが，ここでは代表的な二つの手法を述べる．

一つ目に，オプティカルフローを推定し，そこからモーションブラーを改善する方法がある [7], [8], [9]．これは，撮影対象のオプティカルフローを推定し，その求めたフローからブレ方向を計算することで，デブラーリングを実現している．(Fig.3) しかし，この手法では，シーン中に複数の独立して運動する物体が存在すると，正確にデブラーリングできない恐れがある．また，導出されるフローは画像上の見かけのフローになるので，動的に背景が変化する本研究との相性は良くないと考えられる．

二つ目に，環境データを準備しておき，そこからブレが発生したシーンの画像と差し替えることによってモーションブラーを改善する方法がある [10], [11]．これは，事前に

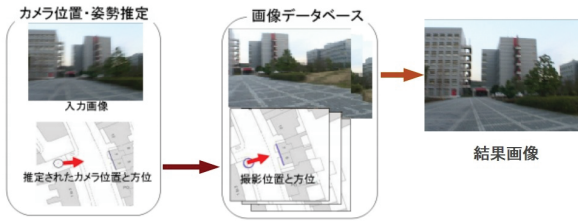


図 4 環境データによるブレの改善
Fig. 4 Deblurring with landmark-database

撮影環境の風景画像と、それを撮影した位置・方位を環境データとして環境データベースに保持しておき、ブレが発生した画像を撮影した位置・方位とテンプレートマッチングさせることで、環境データベースからブレの起こっていない画像を見つけ出し、それを新しい画像として扱うことで鮮明化が望める。(Fig.4) しかし、この手法では、事前に用意した環境データベースのデータ数に依存した生成結果しか望めず、位置・方位が限定された画像のデブラーリングしかできない。これは、自由に運動する追跡対象を撮影する本研究とはミスマッチであると言える。

3. 提案手法

本章では、2 で述べた問題を解決し、追跡対象と背景部が共に鮮明な映像を生成する方法について述べる。まず、追跡映像の鮮明な映像を撮影する方法を 3.1 に、次に、背景のモーションブラーを改善できる新しい背景の生成方法を 3.2 にそれぞれ述べる。

3.1 追跡映像の撮影方法

提案手法では、実空間内で高速にかつ自由に運動している追跡対象を鮮明に撮影するために、カメラの回転を撮影タイミングで止める必要がある背景差分法による追跡ではなく、注目対象の運動に合わせたカメラの角速度を制御し、流し撮りの方法を採用する。この方法で追跡映像を撮影すると、追跡対象にモーションブラーが発生しにくいので、追跡対象の色やエッジなどの情報をなるべく損なうことなく得ることが可能になる。追跡対象の運動特徴情報を利用して追跡の中でも、カメラの方位制御を行える程に曖昧なく追跡対象の位置を求められる方法は、Mean Shift 法 [4] や K-means Tracker [5], [6] のようなアルゴリズムが良いと考えられる。しかし、Mean Shift 法は追跡対象の形状、大きさ、色分布の変化に対応できるアルゴリズムとされているが、実際に大きさ変化まで考慮した追跡を実装すると、追跡が不安定なものになってしまう。また、スペキュラ反射の強い単色物体を追跡対象とすると、色ヒストグラムの分布が非常に狭いので、僅かな照明変化で追跡が失敗になる恐れがある。

そこで今回は、K-means Tracker を採用する。K-means Tracker では、3 次元色空間 (例えば: (Y, U, V)) と 2 次

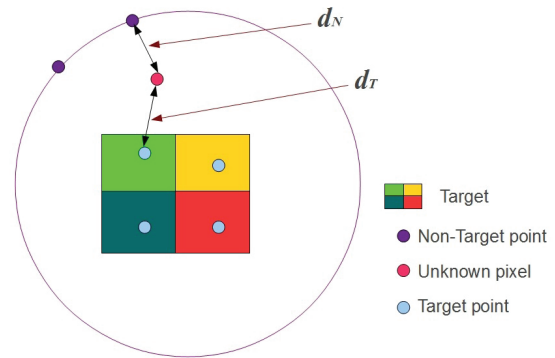


図 5 K-means Tracker の構成要素
Fig. 5 Component of K-means Tracker

元画像内の画素位置 (x, y) の 5 次元の特徴空間で各画素の特徴ベクトルを表現し、それに伴い探索領域内全画素に対して、K-means clustering というアルゴリズムで前景と背景における 2 クラスタの分類を行う。よって、追跡対象の画像内の位置を考慮した上で、色空間での色変化を追従できる方法なので、照明変化による色の変化に対してロバストであると言える。更に、フレーム毎に前景としてクラスタリングされた画素の集合を可変楕円モデルで形状を記述しているので、映像内での追跡対象の形状や大きさの変化にも対応した追跡が可能となっている。

3.1.1 K-means Tracker

K-means Tracker は、追跡対象の正事例の情報だけでなく、背景部の負事例の情報も利用して K-means クラスタリングによって追跡を行う方法である。これを色空間と画像上の位置の 5 次元の空間に関して行うことで、3.1 で述べた様に安定した追跡が可能となる。

まず始めに、初期化として追跡対象の色の数だけターゲットクラスタ中心点を画像上で指定する。次に、背景部の一点 $\mathbf{b}$ を指定する。この点から、ターゲットクラスタ中心の重心を $\mathbf{c}$ 、 $\|\mathbf{b} - \mathbf{c}\|$ を半径とする円を求め、これを初期フレームにおける可変楕円として追跡を開始する。なお、この可変楕円上の点が非ターゲットクラスタ中心となり、楕円内部がサーチエリアとなる。(Fig.5)

初期化が終われば次からはクラスタリングになる。画像中の各画素の特徴ベクトルを、色空間ベクトル $\mathbf{k} = [\mathbf{Y} \ \mathbf{U} \ \mathbf{V}]^T$ と、2 次元座標ベクトル $\mathbf{p} = [\mathbf{x} \ \mathbf{y}]^T$ から表される 5 次元ベクトル $\mathbf{f} = [\mathbf{k} \ \mathbf{p}]^T$ とする。また、特徴ベクトル間の距離は、

$$\|\mathbf{f}_1 - \mathbf{f}_2\|^2 = \|\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2\|^2 + \alpha \|\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2\|^2 \quad (1)$$

と計算する。 α は色と位置を補間する重み係数である。

次に、ターゲットクラスタ、非ターゲットクラスタの数を n, m とすると、 i 番目のターゲットクラスタ中心における特徴ベクトルは次式で表される。

$$\mathbf{f}_T(i) = [\mathbf{k}_T(i) \ \mathbf{p}_T(i)]^T \quad (i = 1 \sim n) \quad (2)$$

同様に、可変楕円上の j 番目の非ターゲットクラスタ中心における特徴ベクトルは以下のように表す。

$$\mathbf{f}_N(j) = [\mathbf{k}_N(j) \ \mathbf{p}_N(j)]^T \quad (j = 1 \sim m) \quad (3)$$

これらを利用して、サーチエリア内の画素をクラスタリングしていく。例に、サーチエリア内のある画素 $\mathbf{u}$ における特徴ベクトル $\mathbf{f}_u = [\mathbf{k}_u \ \mathbf{p}_u]^T$ について考える。式 (2), (3) から、5 次元空間上でのターゲット、非ターゲットとのそれぞれの距離を求めると、

$$d_T(\mathbf{f}_u) = \min_{i=1 \sim n} \{\|\mathbf{f}_T(i) - \mathbf{f}_u\|^2\} \quad (4)$$

$$d_N(\mathbf{f}_u) = \min_{j=1 \sim m} \{\|\mathbf{f}_N(j) - \mathbf{f}_u\|^2\} \quad (5)$$

となる。 $d_T(\mathbf{f}_u)$ は、画素 $\mathbf{u}$ における特徴ベクトル $\mathbf{f}_u$ から最も近いターゲットクラスタ中心までの距離、 $d_N(\mathbf{f}_u)$ は、画素 $\mathbf{u}$ における特徴ベクトル $\mathbf{f}_u$ から最も近い非ターゲットクラスタ中心までの距離を表しており、もし $d_T(\mathbf{f}_u) < d_N(\mathbf{f}_u)$ であれば、その画素はターゲットクラスタとなり、それ以外であれば非ターゲットクラスタとなる。

ターゲット（前景）クラスタに正規分布で当てはめを行うことで、可変楕円のパラメータ（長軸、短軸、傾き、中心座標）を求めることができる。提案手法では、求めた t フレームの可変楕円の中心 $\mathbf{c}(t)$ を追跡対象の重心と推定し、毎フレーム更新することで追跡を実現している。

3.1.2 能動カメラの制御

能動カメラの方位制御では、K-means Tracker で求めた追跡対象の重心の変化量から追跡対象の角速度を推定し、それを能動カメラの回転速度と一致させる制御を行う。今回、追跡対象ができるだけ画像の中心、かつ、ぶれののないものを撮影するために、能動カメラの制御を PID 制御の PI 成分で実現する。

以下に、能動カメラを制御する PI 成分を求める方法について述べる。

まず始めに、追跡対象の角速度に合わせる P 成分についてである。あるフレーム t における、追跡対象の角速度を $\mathbf{v}_{obj}(t)$ とすると、

$$\mathbf{v}_{obj}(t) = \mathbf{v}_{Robj}(t) + \mathbf{v}_{cam}(t) \quad (6)$$

と表すことができる。ここで $\mathbf{v}_{Robj}(t)$ は追跡対象の画像上での見かけの角速度、 $\mathbf{v}_{cam}(t)$ はカメラの回転の角速度を表している。

$\mathbf{v}_{Robj}(t)$ は、カメラの投影中心から見た追跡対象の方位 $\mathbf{s}(t)$ のフレーム間の差分から求める。

$$\mathbf{s}(t) = \arctan\left(\frac{\mathbf{c}(t) - \mathbf{c}_{img}}{f}\right) \quad (7)$$

$$\mathbf{v}_{Robj}(t) = \frac{\mathbf{s}(t) - \mathbf{s}(t-1)}{\delta\tau(t)} \quad (8)$$

ここで、 $\mathbf{c}(t)$ は推定した追跡対象の重心座標、 $\mathbf{c}_{img}$ は画像中心の座標、 f はピクセル単位の焦点距離、 $\delta\tau(t)$ はサンプリング時間間隔である。

$\mathbf{v}_{cam}(t)$ は、あらかじめ求めておいたカメラの運動特性 $g_{vu}(t)$ から、フレーム間の平均角速度として求める。

$$\mathbf{v}_{cam}(t) = \frac{1}{\delta\tau(t)} \int_{\tau(t-1)}^{\tau(t)} g_{vu}(t) d\tau(t) \quad (9)$$

次に、追跡対象の重心位置 $\mathbf{c}(t)$ が画像中心 $\mathbf{c}_{img}$ からのずれを補正する I 成分についてである。このずれは式 (7) より追跡対象の方位 $\mathbf{s}(t)$ を求められるが、カメラ制御に渡す値は角速度であるため、式 (10) のように角速度形式に変換して成分 $\mathbf{v}_{dx}(t)$ として考える。

$$\mathbf{v}_{dx}(t) = \frac{\mathbf{s}(t)}{\delta\tau(t)} \quad (10)$$

最後にカメラの制御値の導出についてである。カメラの制御値を $\mathbf{v}_u(t)$ とすると、式 (6)~(10) より、

$$\mathbf{v}_u(t) = K_p \mathbf{v}_{obj}(t) + K_i \mathbf{v}_{dx}(t) \quad (11)$$

と、表すことができる。ここで K_p, K_i はそれぞれの P 成分と I 成分のゲインである。

この求めたカメラの制御値 $\mathbf{v}_u(t)$ を利用して能動カメラを制御することによって、追跡対象が画像中心に収まりながらぶれののない追跡映像を撮影できる。

3.2 全方位背景モデルによる背景部の差し替え

3.1 で述べた方法で運動中の物体を追跡しながら撮影すれば、追跡対象をブレ無く鮮明に撮影できる。しかし、追跡対象の運動に合わせてカメラの回転を制御するために、追跡対象がきれいに撮影できる一方、背景部分にモーションブラーが発生して、不鮮明な撮影結果となってしまう。この問題を解決するために、提案手法では、立方体で表現される全方位背景モデルを事前に用意し、それを利用して、制御された能動カメラの方位情報に基づいて、モーションブラーのない背景を生成する。そして、ぶれている背景部を生成したものと差し替えることにより前景・背景ともに鮮明な映像を生成する。

3.2.1 全方位背景モデルの構築

全方位背景モデルとは、視点が固定のパン・チルトカメラから観察できる全空間の風景を、カメラを囲む正六面体（立方体）を用いて表現する。ある特定の方位から得られた背景画像を、カメラの姿勢と内部パラメータに応じて全方位背景モデルの 6 枚の正方形画像に逆投影して記録を行う。カメラの視点の位置に座標原点を設置し、カメラの初期状態の光軸方向に Y 軸、カメラ画像の垂直方向に Z 軸、水平方向に X 軸を設定する。次に、全方位背景モデルとなる立方体の中心を座標原点に設置し、各面は各座標軸と平行になるように設置する (Fig.6)。そして、立方体の表面上

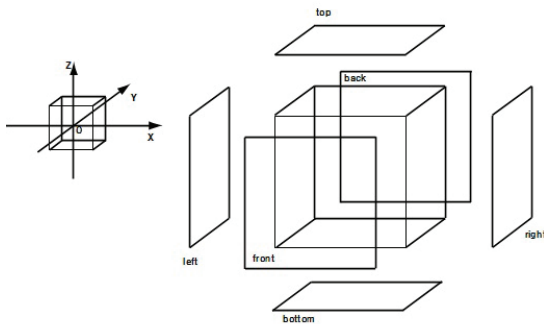


図 6 全方位背景モデルの構造

Fig. 6 Structure of Omnidirectional Background-Model

の各点に、視点からその点を通る視線の先の背景の色を記録する (Fig.7).

撮影画像を仮想の立方体の表面への投影を正確に行うために、OpenCV を利用して、能動カメラの内部パラメータの較正を行い、得られた結果を用いて、撮影画像の歪み等を補正する上、理想のピンホールカメラモデルの画像に変換する。能動的カメラの視線方向をコンピュータから制御し、全空間を隈なく観測を行うことで得られた 300 枚以上の画像をカメラのパン・チルトの値を用いて逆投影することで、全方位仮想背景モデルを構築する。

Fig.8 から Fig.13 まで、今回の実験環境下で生成した全方位背景モデルの結果例を示す。

3.2.2 全方位背景モデルによる新背景の生成

能動カメラで物体を追従撮影する時、制御された能動カメラの方位パラメータに基づいて、コンピュータグラフィックスを利用して、全方位背景モデルの立方体を仮想的なカメラで撮影することで、能動カメラの現在の視線方向で「見える」はずの背景画像を生成する。この新背景はモーションブラーのない背景になる。K-means Tracker で追跡された前景部分と生成された新背景を用いて CG で合成した映像は前景・背景ともに鮮明な映像になる。

4. 評価実験と考察

提案システムにおける、背景部のデブラーリングの有効性と前景・背景ともに鮮明な画像を合成できる可能性を評価するために、定性的な比較実験を行なった。

背景部のデブラーリングの有効性についての実験例は Fig.14 に示す。Fig.14 の左側は能動カメラを回転運動させながら撮影した映像を示し、右側は提案手法により、能動カメラの方位パラメータに基づいて、全方位背景モデルから生成した新しい背景をそれぞれ示す。同図の結果から見て分かるように、能動カメラが回転運動を行っている間に撮影された画像はモーションブラーが発生してしまい、不鮮明なものとなっている。一方、提案手法により生成した新しい背景では、モーションブラーが発生しておらず、

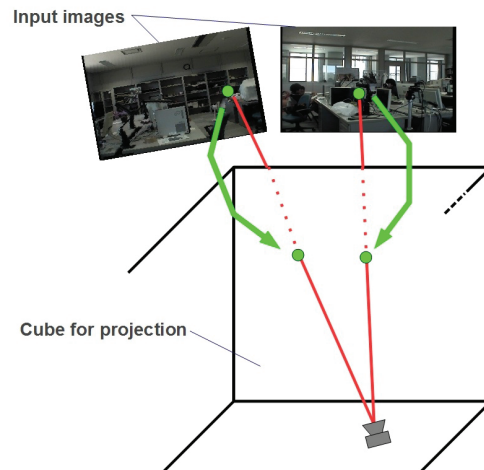


図 7 撮影画像の射影

Fig. 7 Project input image into cube

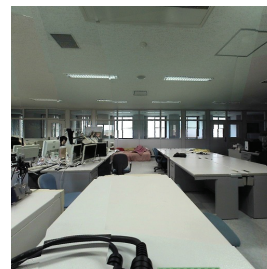


図 8 前面のテクスチャ画像

Fig. 8 Front texture



図 9 背面のテクスチャ画像

Fig. 9 Back texture



図 10 右面のテクスチャ画像

Fig. 10 Right texture

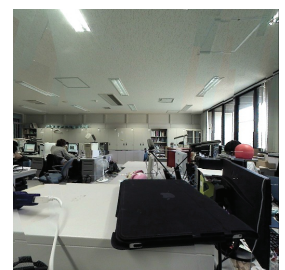


図 11 左面のテクスチャ画像

Fig. 11 Left texture

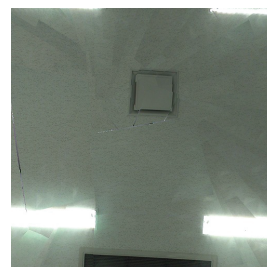


図 12 上面のテクスチャ画像

Fig. 12 Top texture

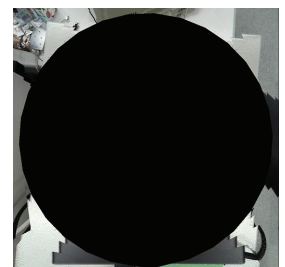


図 13 底面のテクスチャ画像

Fig. 13 Bottom texture

鮮明な背景生成が行えていることが示している。ただし、今後、多数の画像から全方位背景モデルを作成する時、より厳密な位置合わせを行う必要があると思われる。

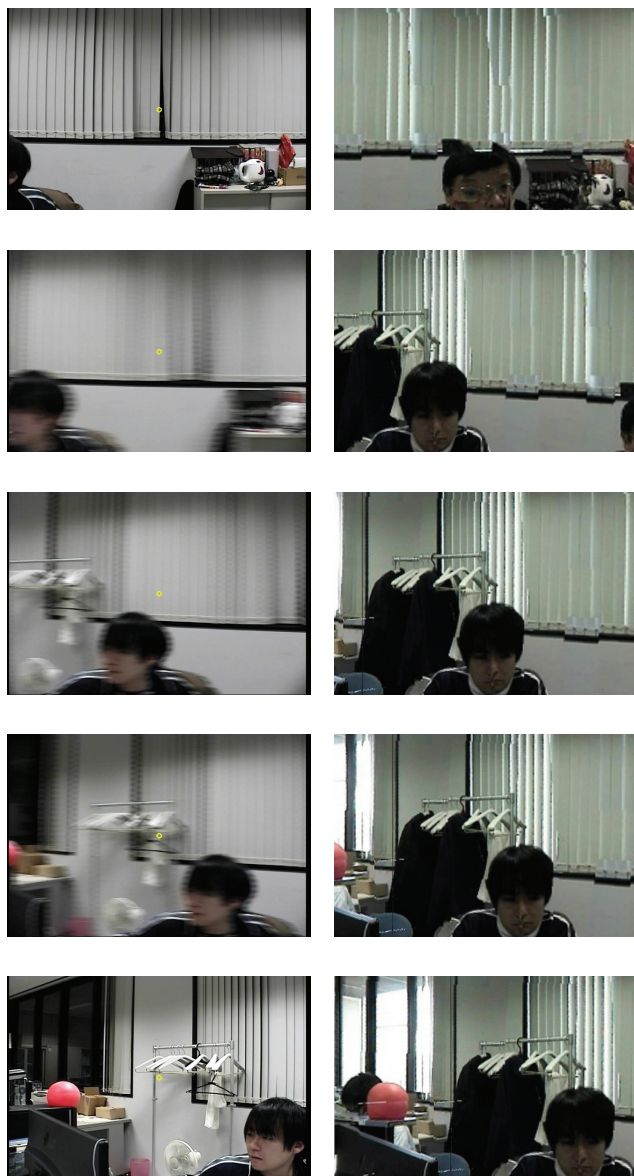


図 14 比較画像 (左列:撮影映像 右列:新背景)

Fig. 14 Comparing image (left side:capture image right side:proposed method)

能動カメラで撮影された追跡映像から前景・背景ともに鮮明な画像の合成についての実験例は Fig.15 に示す. 合成の画像の前景部分は K-means Tracker で追跡された可変楕円内の元画素になり, 背景部分は Fig.14 のような生成した新しい背景を, 元背景部と差し替えたものになる. 今後, より正確な前景領域を獲得するために, 可変楕円内の領域成長法やグラフカット法の導入が必要であると思われる.

5. まとめ

本論文では, 能動カメラシステムを用いて注目対象の追従撮影を行い, 注目物体を鮮明に, かつ常に画像中心に収まる方法を述べた. また, ぼれている背景部を全方位背景モデルから生成した新背景と差し替えることにより, 前景・背景ともに鮮明な映像を合成する方法を提案した. 追跡対象を鮮明に撮影するために, K-means Tracker による

追跡結果を利用して能動カメラの角速度制御を行なった. また, その際に背景部に発生してしまうモーションブラーを, あらかじめ用意した全方位背景モデルにより生成した新しい背景と差し替えることで, デブラーリングし, 前景・背景ともに鮮明な映像を生成することに実現した.

ただし, 現段階では全方位背景モデルを実時間内で作成していないため, 風景の時間的変移に対応できず, 鮮明化させた映像に不自然さが残っている. この問題の改善が今後の課題となる.

謝辞 本研究の一部は, 文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (c)(一般) 24500205 の補助を受けている.

参考文献

- [1] 境田 慎一, 苗村 昌秀, 金次 保明, : 背景差分法と時空間 watershed による領域成長法を併用した動画像オブジェクトの抽出, 佐藤電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン処理, Vol. 84, No. 12, pp. 2541-2555 (2001)
- [2] 東海 彰吾, 弓場 竜, ウ 小軍, 松山 隆司, : 能動カメラによる中心視ビデオ映像と周辺視パノラマ画像の自然な合成法, 情報処理学会研究報告. CVIM, Vol. 99, No. 29, pp. 141-148 (1999)
- [3] 常谷 茂之, 和田 俊和, 松山 隆司, : 視点固定型パン・チルトステレオカメラを用いた対象追跡, 情報処理学会研究報告. CVIM, Vol. 2001, No. 36, pp. 103-110 (2001)
- [4] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer, : *Kernel-Based Object Tracking*, PAMI, Vol.25, No.5, pp.564-577 (2003)
- [5] C. Hua, H. Oike, H. Wu, T. Wada, Q. Chen, : *K-means Tracker: A multiple colors object tracking algorithm*, 情報処理学会研究報告, Vol. 2005, No. 112, pp. 1-8 (2005)
- [6] C. Hua, H. Wu, T. Wada, Q. Chen, : *K-means Tracker: A General Algorithm for Tracking People*, Journal of Multimedia, North America, 1, jul. (2006)
- [7] Ben-Ezra, M., Nayar, S : *Motion deblurring using hybrid imaging*, Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR), Vol. 1, pp. 657-664 (2003)
- [8] Tai, Y.W., Du, H., Brown, M.S., Lin, S : *Image/video deblurring using a hybrid camera*, Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR) (2008)
- [9] 山口 拓真, 福田 悠人, 久野 義徳, : 手ぶれビデオ映像の超解像処理技術-モーションブラーが含まれる画像群からの高解像度画像生成, 画像ラボ, Vol. 22, No. 10, pp. 15-21 (2011)
- [10] 松田幸大, 池田聖, 佐藤智和, 横矢直和, : ランドマークデータベースと姿勢センサを用いた高速な回転にロバストなカメラの位置・姿勢推定信学技報 (2007)
- [11] G.S.W. Klein, T.W. Drummond, : *Tightly integrated sensor fusion for robust visual tracking* Image and Vision Computing, Vol. 22, pp. 769-776 (2004)



図 15 背景差し替えを行なった結果（左列：撮影映像 中列：新しい背景 右列：合成結果）

Fig. 15 Result of proposed mothod(left side:capture image center:background image
right side:proposed method)