

MPEG ビデオデータの動きベクトルを用いた移動物体追跡手法

岩崎 敏紀[†] 横山 貴紀[†] 渡辺 俊典[†] 古賀 久志[†] 阿部 龍士[†]

[†] 電気通信大学大学院情報システム学研究所
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

E-mail: †{griffin,yokotaka,watanabe,koga,abe}@sd.is.ucc.ac.jp

概要 MPEG によって圧縮された動画データから移動物体を追跡する手法を提案する。MPEG によって圧縮された動画データには、動き補償予測のために動きベクトルがすでに記録されている。この動きベクトルの始点終点に基づいた領域と、フレーム間を通しての動きベクトルの連続性を用いて、フレーム内を始点終点領域、始点領域、終点領域及び、補間領域に区別する。各領域の属性と動きベクトルを基に移動物体の検出、追跡を行う

キーワード 動き検出, 動きベクトル, MPEG, 物体追跡

Moving Object Detection Using Motion Vectors in MPEG Video Data

Toshiki IWASAKI[†], Takanori YOKOYAMA[†], Toshinori WATANABE[†], Hisashi KOGA[†],
and Tatsuo ABE[†]

[†] Graduate School of Information Systems, University of Electro-Communications
1-5-1, Cyofugaoka, Cyofushi City, Tokyo. 182-8585, Japan
E-mail: †{griffin,yokotaka,watanabe,koga,abe}@sd.is.ucc.ac.jp

Abstract In this paper, we propose a method to detect moving objects using motion vectors in MPEG video data. MPEG video data generated by motion compensated prediction contains motion vectors that describe motions of objects. Therefore, it is possible to track and detect moving objects, in the compressed domain, using these vectors. Regions in each frame can also be reconstructed using these vectors. Exploiting the reconstructed regions, we can detect moving objects.

Key words Motion detection, Motion Vector, MPEG, Object tracking

1. はじめに

近年、動画データ扱う機会がますます増加してきている。動画データの容量は大きいため、大容量のデータを蓄積するための記憶装置が必要となる。例えば、680×480画素のRGB、24bitの動画で一秒間に必要な容量は26.37MBとなる。そのため、動画データを取得するにはIEEE1394やUSB2.0等の高速な転送速度を持つインタフェースを用いて、

DVカメラやCCDカメラ等からコンピュータに取り込む必要がある。

このような、大容量の動画データを直接扱うことは現実的ではなく、圧縮し、データサイズを小さくすることが一般的である。MPEGフォーマットは汎用的な動画データの圧縮手法であり、動画のデータサイズを小さくできる。必要な記憶装置の容量を減らし、既存のネットワークを用いて動画データを配送、受信することも可能となる。このこ

とから、MPEG フォーマットで圧縮された動画像データを扱うことによって様々な画像処理を実現することは価値があると考えられる。

MPEG ビデオデータを用いた研究として、動きベクトルを用いた映像の検索やカット点の検出手法が提案されている。動きベクトルとは、動画像データの圧縮効率を良くするために用いられている動き補償技術を実現するために使われており、マクロブロック (Macroblock MB) と呼ばれる単位でフレーム間でブロックマッチングを行い各ブロックの動きを求めるものである。動きベクトルが指しているフレームの位置や本数を用いて MPEG ビデオデータのカット点を求める手法がある [1]~[3]。また、各フレームの代表的な動きベクトルを取り出して、一定のフレーム間の動きベクトルの軌跡を求め、それを使用してビデオ検索を行う手法を提案もある [4]。一方、動きベクトルがフレーム間で動きのあった領域を示していることを利用した移動物体を追跡する手法 [6] や、カメラの動きを求める手法 [5] も提案されている。

このように、MPEG ビデオデータの移動物体検出に動きベクトルを用いることにより、ビデオデータ内の移動物体の動きを新たに求める必要が無く、動きベクトルの本数も少ないのでリアルタイム処理が可能であると考えられる。本稿では、個々の動きベクトルに着目し、各フレームを動きベクトルに基づいた各々の属性の領域として区別することと、動きの方向まで考慮することによって、MPEG フォーマットで圧縮されたビデオカメラで撮影された動画像データ内の移動物体の検出及び、追跡を行う。動きベクトルに基づいた領域の属性を区別する手法は、筆者らが前回提案した手法を用いた [7]。

以後 2. では、MPEG の概要と動きベクトルについて説明し、3. では、MPEG の動きベクトルに基づいた移動領域の特定手法及び、求められた移動領域に基づいて移動物体を検出と追跡する手法を説明し、4. で実験結果を示す。最後に 5. でまとめを述べる。

2. MPEG

MPEG とは Moving Picture Experts Group の頭文字であり、本来マルチメディア符号化を行っている組織の略称であり、この組織が作成した標準規

格の呼び名としても使われている。MPEG 規格とは、蓄積メディア、放送、通信などのためのマルチメディア符号化の規格であり、主にビデオ信号の符号化方法に関する規定、オーディオ信号の符号化方法に関する規定、及び両者の統合方法などのシステムに関する規定の 3 つから成り立つ。この他に、MPEG-7 や MPEG-21 などコンテンツ管理に関する企画もある。

MPEG 符号化方式としては、MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 が存在する。MPEG-2、MPEG-4 のフォーマットは多数あるためフォーマットが違っても互換性を持たせるためにプロファイルとレベルという概念がある。表 1 に MPEG2 で一番多く使われているメインプロファイルと MPEG4 のシンプルプロファイル、アドバンストシンプルプロファイルの特徴を示す。

2.1 MPEG ビデオデータ構造

図 1 に示すように、MPEG のデータ構造は MB、スライス、ピクチャ、GOP(Group of Picture)、シーケンスで構成されている。符号化処理の基本データ単位は、動画像信号を時間方向にサンプリングすることで得られるフレームであり、各フレームは動き補償予測モードにより、3 種類のタイプに分けられる。

- I ピクチャ (Intra picture)

フレーム内の情報だけで圧縮するフレームを I ピクチャと呼ぶ。このフレームでは、すべての MB がイントラ (フレーム内) 符号化される。

- P ピクチャ (Predictive Picture)

フレーム間の順方向予測によって得られるフレームである。I ピクチャと同じ MB ごとのイントラ符号化と、フレーム間予測符号化が選択できるフレームタイプである。よって、復号時には別のフレームが必要になる。

- B ピクチャ (Bi-directionally Predictive-Picture)

双方向予測符号化によって得られるフレームのことである。B ピクチャは、過去の I ピクチャまたは P ピクチャを予測時の参照フレームとして使うだけでなく、未来の I、P ピクチャをも予測用の参照フレームとして使うことができる。

2.2 動きベクトル

MPEG ビデオデータに用いられている動き補償予測処理は、動画像圧縮効率に最も大きな影響を与

表 1 MPEG データプロファイルの比較

	MPEG-2 メインプロファイル	MPEG-4 シンプルプロファイル	MPEG-4 アドバンスド シンプルプロファイル
映像フォーマット	SDTV~HDTV	SQCF~CIF	QCIF~SDTV
フレームレート	固定	可変	可変
ビットレート	2~20Mbps	32~384kbps	128kbps~8Mbps
ピクチャタイプ	I/P/B	I/P	I/P/B
動き補償予測ブロックタイプ	16 × 16 (インタレースのみ 16 × 8)	16 × 16 8 × 8	16 × 16 8 × 8
動きベクトル精度	半画素精度	半画素精度	1/4 画素精度
グローバル動き予測	非サポート	非サポート	サポート
画面外参照動き予測	非サポート	非サポート	サポート

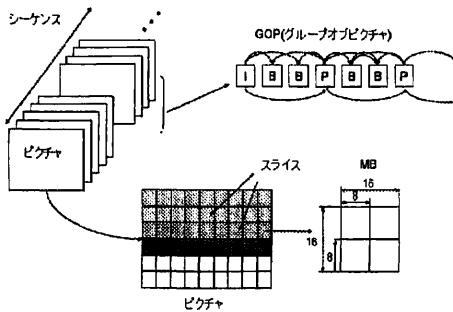


図 1 MPEG ビデオデータ構造

える要素であり、これを実現するために動きベクトルが用いられている。

復号の対象となる領域 $((sx_{i,j}, sy_{i,j})$ を中心とした MB, 参照ピクチャ上の予測画像領域 $((ex_{i,j}, ey_{i,j})$ を中心とした MB) と動きベクトル $MV_{i,j}$ の関係を図 2 に示す。ここで、 i はフレーム番号、 j は i フレーム上のベクトルの番号である。図 2 から分かるように、参照ピクチャ上の予測画像領域は、復号対象の MB の位置から動きベクトル $MV_{i,j}$ だけ平行移動した位置の画素から得られる。このように、動きベクトルは MB 単位で発生する。MPEG2 の MB の大きさは 16×16 、MPEG4 の MB は 16×16 もしくは 8×8 である。

3. 移動領域の特定と追跡

MPEG ビデオデータの動きベクトルに基づいて移動領域を特定する。 $MV_{i,j}$ は f_i 上の j 番目の動きベクトルの始点と終点となる MB の位置情報を持つ

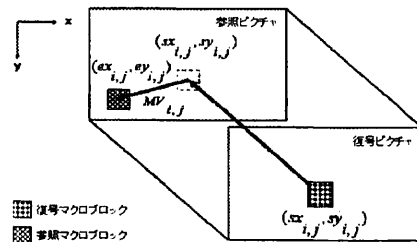


図 2 動きベクトル

ている。

図 3 で示されているように $MV_{i,j}$ を基に、4 種類の属性の領域を求める。それぞれの領域には、 $MV_{i,j}$ と同一の方向を持たせる。動きベクトルの属性を領域に持たせることで、以下で述べる始点終点領域及び、補間領域などを区別することができる。それぞれの領域を、以下のように定義する。

- 始点領域: R^s

$MV_{i,j}$ の始点を中心とした MB の領域を始点領域と呼ぶ。この領域は、移動物体の動きの一部もしくは、移動物体が動き出す領域である。

- 終点領域: R^e

$MV_{i,j}$ の終点を中心とした MB の領域を終点領域と呼ぶ。この領域は、移動物体の動きの一部もしくは、移動物体が停止する領域である。

- 始点終点領域 R^{es}

始点領域と終点領域が重なった領域を始点終点領域と呼ぶ。この領域は、移動物体の動きの一部である。ただし、両方の方向が違う場合には異なる移動物体の移動領域である可能性が高いため、重なっても始

点終点領域とは考えない。

- 補間領域: R^m

終点領域が数フレーム後に始点領域となる領域を補間領域と呼ぶ。この領域も移動物体の動きの一部と考えられるが、詳細は3.1で述べる。

始点終点領域と補間領域は、移動物体が停止し、さらに動き出す領域であるので、移動物体としての信頼性が高い領域であると考えられる。

3.1 補間処理

移動物体が止まった状態では、動きベクトルが抽出されない。しかし、移動物体が止まった状態でも、一定のフレーム間で物体が存在する場所を特定しておくことは有用である。なぜならば、移動物体が一時的に立ち止まっているフレームでも、物体がフレーム内に存在することを移動物体が止まった前後でも同じ物体として認識させることが可能となるためである。よって、終点領域が数フレーム後に始点領域となった領域を移動物体の動きの一部であると考え、補間領域 R^m とする。

図3の $MV_{i-2,j}$ を基に作られた終点領域は、始点領域と重なっていない。しかし、 $MV_{i+2,j}$ から作られた始点領域と重なる領域がある。よって、重なった領域を f_{i-1} 、 f_i で補間領域とする。

ここで、図3の f_{i-2} から f_{i-1} には、動きベクトルが発生していない。これは、 f_{i-1} が I ピクチャだからである。よって、直前の f_{i-2} フレームは終点領域しかもたないことになる。 I ピクチャは始点領域だけを持っているので、ここでは補間処理が行われることになる。一方、 f_{i-2} は、 f_{i-1} の R_{i-1}^s を求めることができない。そのため、 f_{i-1} の始点領域を f_{i-2} の始点領域と考える。

3.2 移動物体の検出と追跡処理

上記によって、各フレームの領域の属性及び、移動物体として信頼性が高いと考えられる始点終点領域と補間領域を求めることができた。この二つの領域を中心として移動物体を検出する。また、移動物体として考えられる領域の始点領域からの動きベクトルの終点領域が移動物体の移動先であると考えられるので、動きベクトルに基づいて移動物体を追跡することが可能である。

以下に移動物体の検出と追跡処理の手順を述べる。

(1) 移動物体としての信頼度の高い領域を特定する。そのために、 f_{i-1} フレーム内の始点終点

領域と補間領域を最小外接長方形 (MBR) で囲み、これを移動物体 $B_{n,i-1}$ として登録する。 n は B の番号とし、 n が同じであれば同一の移動物体とする。各々の $B_{n,i-1}$ 内の動きベクトルから最も多い方向を求め、その方向を $B_{n,i-1}$ の代表的な方向とする。 $B_{n,i-1}$ から一定の距離以内に $B_{n,i-1}$ と同一方向の R^s, R^s, R^{ss}, R^m のいずれかの領域があれば、その領域を含めるように $B_{n,i-1}$ を膨張させる。

(2) $B_{n,i-1}$ 内の領域を始点とする動きベクトルはその終点を次のフレームに終点領域として持つことになる。よって、図4のように $B_{n,i-1}$ の移動先で始点終点領域と重なった領域を $B_{n,i}$ とする。そして、 $B_{n,i}$ の周辺に $B_{n,i}$ の方向と同一の方向である R^{ss} もしくは R^m があればそれらを含むように $B_{n,i}$ を膨張させる。

(3) ここで、新しい移動領域が発生していないかを確認する。そのため、 $B_{n,i}$ と重なっていない f_i フレーム上の始点終点領域もしくは補間領域があれば $B_{n+1,i}$ に登録し MBR のサイズを調整する。

(4) (1) と同様に B から一定以上離れている R^s, R^s と R^m を除去し、それぞれの B を膨張させる。

(2)~(4) を毎フレームごとに繰り返す。ただし、図3の $i-1$ フレームのように I ピクチャの場合、 $B_{n,i-2}$ と同じ位置を $B_{n,i-1}$ にする。なぜなら、 f_{i-2} 始点終点領域と f_{i-1} の補間領域は、同一の領域だからである。しかし、ここでは同一フレーム上の始点終点領域ではない。このことから、移動物体が動いている場合では、始点、終点の重なる部分が小さくなる可能性があるが、MBR を広げる処理を行っているので問題はないと考えられる。

以上の処理によって、移動物体の検出とそれぞれの移動物体の追跡が可能となる。

4. 実 験

実験により提案手法の有効性を確認する。まず、動きベクトルが発生しない I ピクチャとその直前の P ピクチャにおいて、他のフレームと同様、移動領域が検出されているかを確認する。その後、移動物体が止まったフレームの前後のフレームで、移動物体が止まったときも補間処理が行われることにより、移動領域が検出されているかを確認する。最後に、DV カメラで撮影した動画像を用いて人物が検

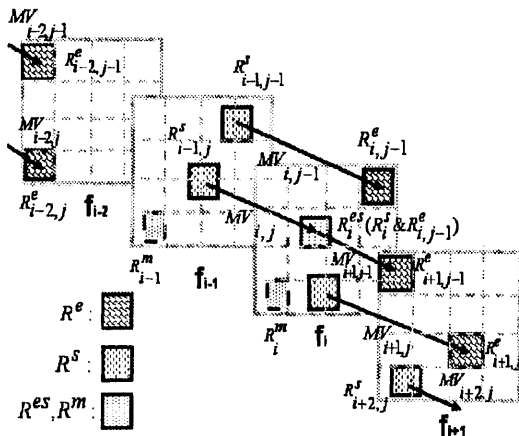


図3 各領域の属性

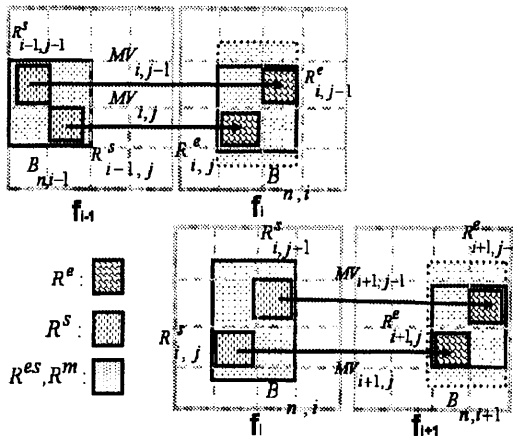


図4 移動領域の特定

出できているかを確認する。

4.1 実験環境

実験では、リアルタイム処理ではなくDVカメラを用いて動画を撮影し、AVIファイルとしてパソコンに取り込んだ画像をApple社のQuickTime[8]のソフトウェアを用いて動画データデータをMPEG4のシンプルプロファイルで圧縮した。この圧縮したMPEGビデオデータから動きベクトルの抽出と再生を行うために、MPlayer[9]を使用した。実験に用いた画像サイズは、720×480画素である。

4.2 実験結果

図5は、背景がブルースクリーンで1人の人物が歩いている動画である。(b)は、Iピクチャなの

で、動きベクトルが表示されていない。(c),(d)は終点領域を表示しているが、(d)からわかるようにIピクチャには終点領域はない。一方、(e),(f)は始点領域を表示しているが、(e)からわかるようにIピクチャの直前のPピクチャは、始点領域がない。そのため、両方のフレームを重ねることによって、(g),(h)からわかるように始点終点領域と補間領域が作成されている。このことにより、他のフレームと同様にフレーム内の属性を扱うことができる。

図6は、手が上から下に動いている動画である。(a)は手の動きが止まる直前、(c)は止まっていた手が再び動き出すフレームである。(b)では、手が止まっているので動きベクトルが発生していない。そのため、(e)からわかるように手の領域が抽出されていない。しかし、(h)からわかるように補間処理を行うことによって手の領域を抽出することができる。

図7は、屋外で人物が2人の人物が交差する動画である。(d)～(f)は、動きベクトルを表示したものである。2人の人物の動き以外にも背景画像の一部で変動があるため、2人の人物の場所以外にも動きベクトルが抽出されていることがわかる。しかし、動きベクトルの始点終点と補間領域を中心に移動領域を特定することによって、移動物体以外によって発生した動きベクトルの領域は除去されていることが(g)～(h)から分かる。また、始点終点と補間領域を中心にMBRで移動物体としての信頼度が高いところを検出している。このときに、(h)からわかるように2人が接近しても別々の移動物体として区別できていることが分かる。(e)では、2人の動きベクトルが混合しているにもかかわらずこのような結果になったのは、前のフレームにおける各移動物体が対応している領域を基にして移動物体を検出したことと、動きベクトルの方向性を考慮した結果である。(j)～(l)は、移動物体として検出された領域を原画像に重ね合わせた図である。人物を検出することに成功していることが分かる。

5. まとめ

本稿では、MPEGビデオデータの動きベクトルを用いた移動物体の検出と追跡手法を提案し、実験を通してその有効性を確認した。動きベクトルとフレーム間でのベクトルの連続性から移動物体を検出

することができ、さらに物体が交差した場合でも各移動物体を区別して検出できることがわかった。今後の予定としては、遠隔に設置した MPEG 対応のネットワークカメラを用いたリアルタイム監視システムを想定した実験を考えている。

謝 辞

本研究は、科学研究費基礎研究 (c) 課題番号 17500061 の支援を受けて行った。

文 献

- [1] 青木真吾, 森田啓義, 荒俣吉壮, 西新幹彦, "マクロブロックタイプを用いた MPEG2 圧縮動画のカット点検出," 情報処理学会 CVIM 論文誌, Vol.46, No.SIC15 (CVIM 12), 2005.
- [2] Zhang, H.J., Low, C.Y., and Smoliar, S.W., "Video Parsing and Browsing using Compressed Data," *Multimed Tools Applic*, 1, pp.89-111, 1995.
- [3] Kuo, T., Lin, Y., Chen, A., Chen, S., and Ni, C., "Efficient Shot Change Detection on Compressed Video Data," *Proc. Int. Workshop on Multimedia Database Management Systems*, 1996.
- [4] Chih-Wen Su, Hong-Yuan Mark Liao, Kuo-Chin Fan, Chia-Wen Lin and Hsiao-Rong Tyan, "A motion-flow-based fast video retrieval system," in *Proc. 7th ACM SIGMM International Workshop on Multimedia Information Retrieval*, Nov. 2005, Singapore.
- [5] W.Roy and H.Thomas, "Fast Camera Motion Analysis in MPEG domain," *ICIP*, vol.3, pp.691-694, Oct. 1999.
- [6] 清宇, "MPEG ストリーミング配信に基づく Web カメラ監視システムの構築," 電気通信大学大学院, 修士論文, 2006.
- [7] 岩崎敏紀, 横山貴紀, 古賀久志, 渡辺俊典, "オブティカルフローを用いた複雑背景下における人物領域の抽出," *パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU)*, pp.73-77, 2004.
- [8] QuickTime, <http://www.apple.com/jp/quicktime/home/win.html>
- [9] Mplayer, <http://www.mplayerhq.hu/>

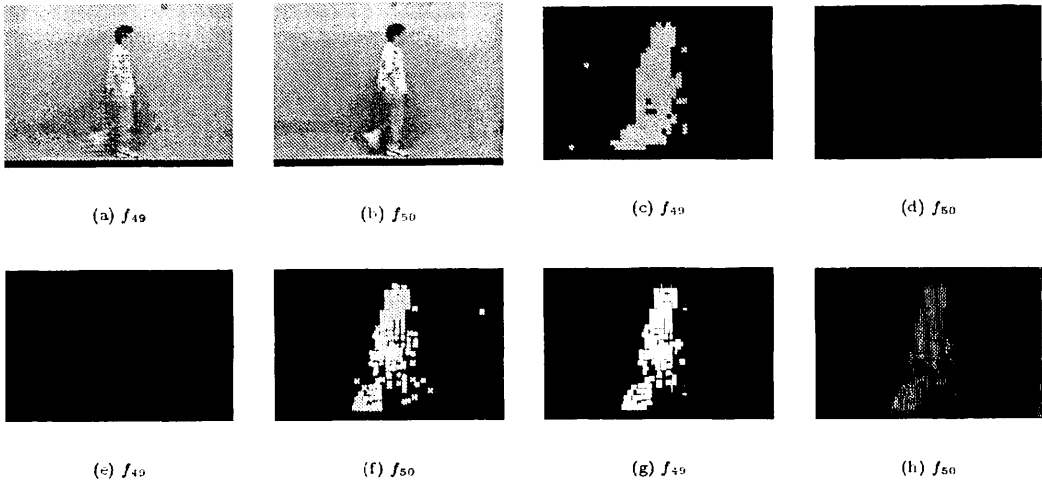


図5 I,P ピクチャ

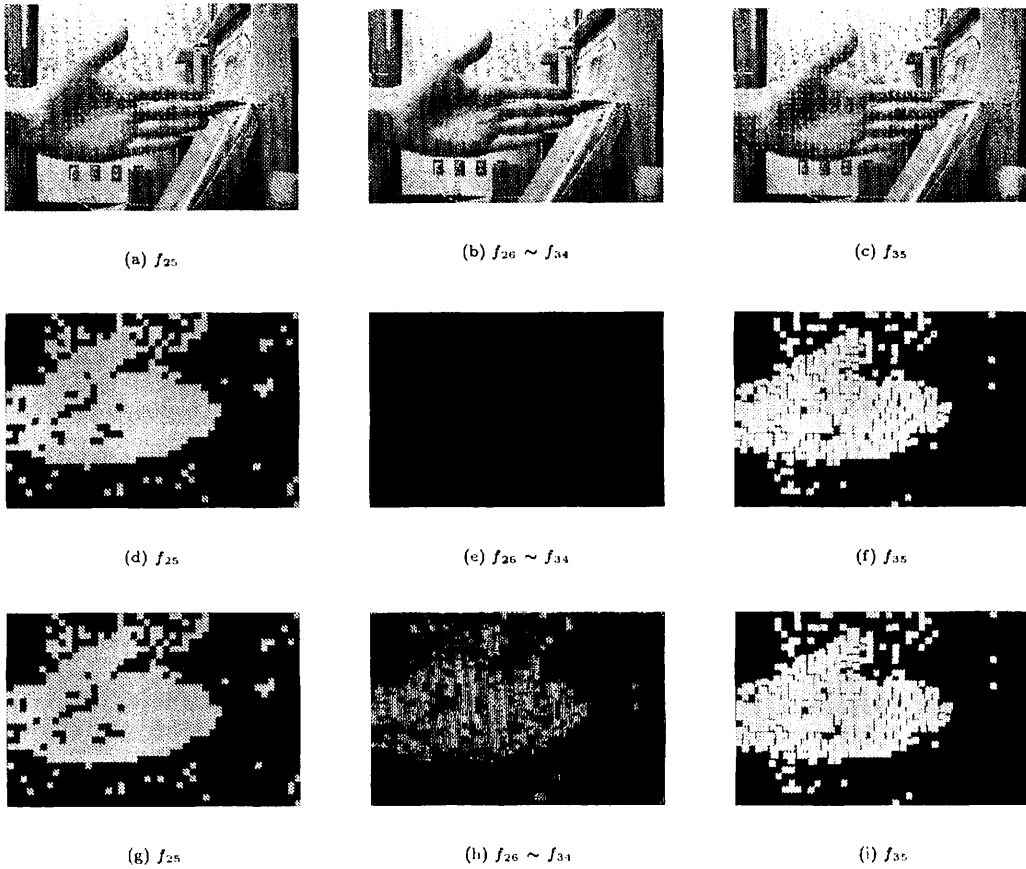


図6 補間領域



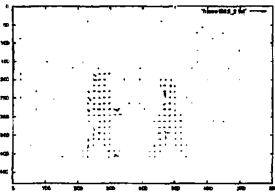
(a) f_{62}



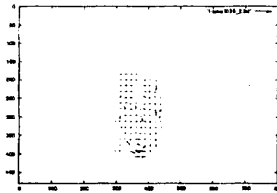
(b) f_{75}



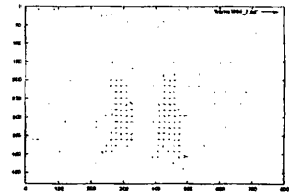
(c) f_{96}



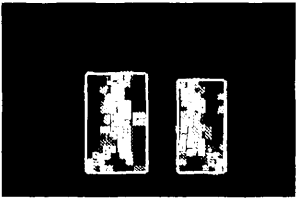
(d) f_{62}



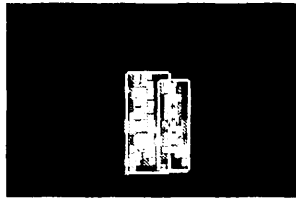
(e) f_{75}



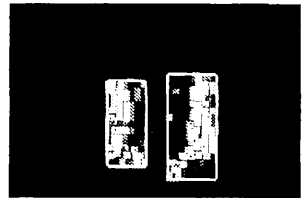
(f) f_{96}



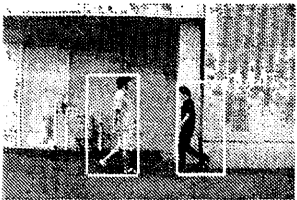
(g) f_{62}



(h) f_{75}



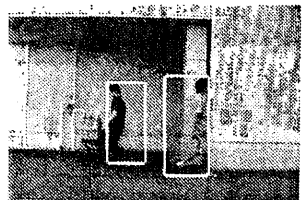
(i) f_{96}



(j) f_{62}



(k) f_{75}



(l) f_{96}

图 7 人物检出画像