

適応的特徴選択を用いた長時間放送映像からの高速な繰り返し区間検出

野田 和広[†] 高橋 友和[†] 井手 一郎^{†,††} 目加田慶人^{†††} 村瀬 洋[†]

[†] 名古屋大学大学院 情報科学研究科 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 1

^{††} 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

^{†††} 中京大学 生命システム工学部 〒470-0393 愛知県豊田市海津町床立 101

E-mail: †knoda@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

あらまし 本報告では、特定ジャンルの長時間放送映像から繰り返し区間を高速に検出する適応的特徴選択手法について述べる。長時間の放送映像には、CM やロゴ、重要なニュースなど、多くの繰り返し区間が存在する。これらを全て検出するためには、2 乗オーダで計算量が増加する繰り返し照合処理が必要となる。我々はこれまでに、低次元に圧縮した特徴空間内での繰り返し照合で候補を絞り込むことにより、計算量を抑制する手法を提案してきた。この手法により、長時間の一般放送映像からの繰り返し区間の検出を高速化できたが、固定された画面構成が多いジャンルの映像に適用した際に、低次元繰り返し照合による絞り込みの効果が小さかった。そこで本報告では、放送映像のジャンルに応じて適応的に画素を選択して特徴量を作ることにより、絞り込みの効果を向上させる手法を提案する。実験では 5 つのジャンルの映像に対して、提案した画素選択法を用いた低次元繰り返し照合を行った。その結果、エントロピーを用いた画素選択法により、固定された画面構成が多いジャンルの映像における絞り込み効果の向上を確認した。キーワード 映像検索、長時間放送映像、特徴次元圧縮、適応的特徴選択

Adaptive Feature Selection for Fast Retrieval of Repetitive Segments in a Long Broadcast Video Stream

Kazuhiro NODA[†], Tomokazu TAKAHASHI[†], Ichiro IDE^{†,††}, Yoshito MEKADA^{†††}, and Hiroshi MURASE[†]

[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University
1 Furou-cho, Chikusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 464-8601, Japan

^{††} National Institute of Informations 2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8430, Japan

^{†††} Life System Science and Technology, Chukyo University
101 Tokodachi, Kaizu-cho, Toyota-shi, Aichi, 470-0393, Japan

E-mail: †knoda@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp

Abstract In this paper, we propose an adaptive feature selection method to retrieve every single pair of repetitive segments in a long broadcast video stream whose genre is specified. We have previously proposed a fast retrieval method which narrows down the candidates of repetitive segments that need to be compared in detail, by an iterative comparing process in the compressed feature space. The computation time was actually cut down when this method was applied to a general broadcast video stream. However, when this method is applied to a video in which the composition of part of the picture is consistent, it did not always narrow down the candidates sufficiently. This report proposes a method to narrow down the candidates further by adaptively selecting pixels that represent the difference between segments according to the genre of the video stream. The result of an experiment showed that the method which selects the pixels by the entropy between frames narrows down the candidates best.

Key words video retrieval, long broadcast video stream, feature compression, adaptive feature selection



図 1 繰り返し区間の例

1. はじめに

記憶装置の大容量化により、我々は数 1,000 時間規模の映像データベースを容易に構築することが可能になりつつある。それに伴い、探したい映像を高速に探し出す技術だけでなく、長時間映像中からの重要な区間の抽出や、関連する映像間の対応付けの自動化等が強く求められている [1]。このようなニーズにおいて、映像中で繰り返し放送される区間 (図 1) は重要な意味を持つことが多い。本論文では、このような区間を繰り返し区間と呼ぶ。長時間の放送映像から繰り返し区間を検出することで、繰り返し放送される重要なニュースの追跡 [2] や、ロゴ検出による番組の構造化 [3] など、様々なニーズに応えることができる。

長時間映像中に含まれる繰り返し区間は未知の区間であるため、長時間映像の任意の区間において線形オダの自己照合を繰り返しさなければならない。したがって時間長の 2 乗オダで計算量が増加してしまう。従来研究として、特定の映像の高速探索技術 (図 2(a)) は多く研究されている [4] [5] [6]。しかしこれらの研究では、未知の繰り返し区間の高速検出 (図 2(b)) に関する検討はなされていない。

これまでに、低次元に圧縮した特徴空間内での繰り返し照合により、検出したい繰り返し区間の候補を絞り込み、その候補に対して圧縮前の原特徴で詳細に照合することで検出を高速化する手法を提案した [7]。この手法を 24 時間程度までの一般放送映像に適用した結果、映像が長時間になる程、低次元特徴空間内での絞り込みの効果が高くなることが確認できた [8]。しかし特定ジャンルの映像に対しては絞り込みの効果が小さく、期待した程の高速化が実現できなかった。これは特定ジャンルの映像には固定された画面構成が多かったためと推定する。

そこで本研究では、ジャンルに応じた適応的特徴選択により、特定ジャンルの長時間放送映像における、低次元繰り返し照合の絞り込み効果を向上させる手法を提案する。実験では、映像の各フレームからジャンルに応じて画素を選択し、特徴ベクトルを作成することにより、画面構成が固定されたジャンルの映像において、絞り込みの効果が向上することを示す。以下、2 節ではこれまでに提案してきた、特徴次元圧縮による繰り返し区間の高速検出手法を簡単に紹介し、3 節では本報告で提案する適応的特徴選択による高速化について説明する。

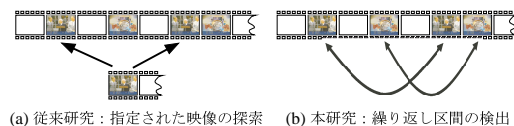


図 2 検出対象の比較

2. 特徴次元圧縮による繰り返し区間の高速検出

本研究ではこれまでに提案した、低次元特徴空間内での繰り返し照合による繰り返し区間の高速検出手法を用いている。この手法の狙いは下式のように、高次元映像特徴での繰り返し照合に要する 2 乗オダの計算を、線形オダの特徴次元圧縮と、低次元特徴での繰り返し照合に変換することで、全体の計算量を抑制することである。

$$cn^2 \rightarrow an + bn^2 \quad (c \gg b) \quad (1)$$

この手法では準備段階で訓練映像から次元圧縮のための基底を作成し、それを実際に検出する段階における、映像特徴の次元圧縮に用いて低次元繰り返し照合を行う。本節では既に提案したこの手法の手順を簡単に紹介する。

2.1 準備段階

準備段階では、大量に集めた訓練映像から、検出段階における次元圧縮に用いる基底、つまり固有ベクトルを作成する。後述するが、次元圧縮は空間方向 (フレーム内)、時間方向 (フレーム間) の 2 段階で行う。

まず訓練映像から適当にフレームを抽出し、特徴ベクトル (フレームベクトル) を生成する、ここではフレーム中の全画素の RGB 値をベクトルの要素とする。このフレームベクトルを m 次元のベクトル $f_0 = [f_{01} \ f_{02} \ \dots \ f_{0m}]^T$ とすると、これらから第 1 段階の主成分分析を行うことにより、固有値が大きい順に並んだ m 個の m 次元固有ベクトルの行列 $E_1 = [e_{11} \ e_{12} \ \dots \ e_{1m}]$ が生成される。これらが第 1 段階の固有ベクトルである。

次に訓練映像の各フレームのフレームベクトルを、上記の固有ベクトル中の上位 $n_1 (n_1 < m)$ 個との積により次元圧縮する。

$$f = [f_1 \ \dots \ f_{n_1}]^T = [e_{11} \ e_{12} \ \dots \ e_{1n_1}]^T f_0 \quad (2)$$

全てのフレームの f を求めたら、これらを時系列に並べる。あらかじめ定めた長さの時間窓を系列中の適当な位置に置き、その範囲内の f を一つのベクトル (区間ベクトル) v_0 に統合する。 v_0 の次元数は、時間窓を w フレームとすると、 $n_1 w$ である。時間窓を置く位置を変えて、訓練用の区間ベクトルを大量に集め、それらから第 2 段階の主成分分析を行うことにより、固有値が大きい順に並んだ $n_1 w$ 個の $n_1 w$ 次元固有ベクトルの行列 $E_2 = [e_{21} \ e_{22} \ \dots \ e_{2n_1 w}]$ が生成される。これらが第 2 段階の固有ベクトルである。

以上により生成した第 1 段階の固有ベクトル、第 2 段階の固有ベクトルを、2.2.1 節の次元圧縮で用いることで、映像の性質を可能な限り残しつつ空間方向、時間方向に圧縮したベクトルができる。

2.2 検出段階

2.2.1 特徴次元圧縮

検出対象となる長時間映像の各フレームから特徴ベクトル(フレームベクトル)を作成後,前述のように空間方向,時間方向の2段階で特徴ベクトルの次元圧縮を行う.各段階において,2.1節の準備処理で作成した固有ベクトル群 $E_1 = [e_{11} e_{12} \cdots e_{1m}]$ と $E_2 = [e_{21} e_{22} \cdots e_{2n_1w}]$ を用いる.なお両方とも,固有値が大きい順にベクトルが並んでいるものとする.

第1段階の圧縮は空間方向の圧縮として,各フレームベクトル内での次元圧縮を行う.圧縮前のフレームベクトルを f_0 ,その次元数を m とすると, E_1 中の上位 $n_1(n_1 < m)$ ベクトルを用いて下式のように圧縮したフレームベクトル f を作る.

$$f = [f_1 \cdots f_{n_1}]^T = [e_{11} e_{12} \cdots e_{1n_1}]^T f_0 \quad (3)$$

次に第1段階の圧縮を行ったフレームベクトル f を時系列に並べ,照合単位の区間 (w フレーム) 内にある複数のフレームベクトルを1つの特徴ベクトル(区間ベクトル)とする.つまり1区間ベクトルは, w フレーム分の情報を持つ.第2段階の圧縮は時間方向の圧縮として,複数フレーム間,つまりこの区間ベクトル単位で次元圧縮を行う.なお区間ベクトルは,時間窓を1フレームずつずらしながら作る.区間ベクトルを v_0 とすると,その次元数は n_1w である. E_2 中の上位 $n_2(n_2 < n_1w)$ ベクトルを用いて,下式のように圧縮した区間ベクトル v を作る.

$$v = [v_1 \cdots v_{n_2}]^T = [e_{21} e_{22} \cdots e_{2n_2}]^T v_0 \quad (4)$$

この処理は,映像の長さに対して線形オーダの計算量で実現できる.

2.2.2 低次元繰り返し照合

次元圧縮処理により生成された低次元の区間ベクトルを用いて,繰り返し照合を行う.この処理により入力長時間映像中の,繰り返し区間だと思われる候補を絞り込む.

まず任意の1区間ベクトルを暫定的な参照区間とし,その他の全区間ベクトルと照合する.この処理を参照区間を変えて繰り返すことにより,全ての繰り返し区間の候補を検出する.

照合の際には,ユークリッド距離を用いて2ベクトル間の距離を求める.参照区間ベクトルを $v_a = [v_{a1} v_{a2} \cdots v_{an}]$,参照区間ベクトルと照合するベクトルを $v_b = [v_{b1} v_{b2} \cdots v_{bn}]$ とすると,2ベクトル間のユークリッド距離 ($E(v_a, v_b)$) は,

$$E(v_a, v_b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ai} - v_{bi})^2} \quad (5)$$

で与えられる.この値がしきい値 t_1 以下の時,繰り返し区間の候補対としてこの対を保持する.

この処理は2乗オーダの計算量を要するが,次元圧縮により十分に計算量が抑制される.

2.2.3 詳細照合

低次元繰り返し照合により絞り込んだ繰り返し区間の候補に対して,2.2.1節の次元圧縮を行う前の高次元ベクトルに戻して照合を行う.この照合の際にもユークリッド距離を求め,し

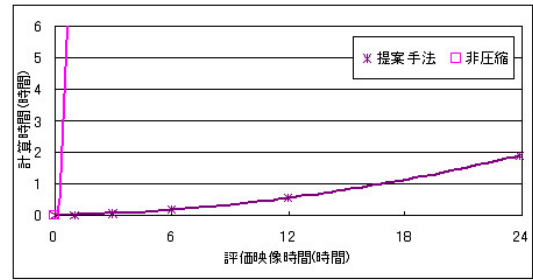


図3 低次元繰り返し照合による高速化

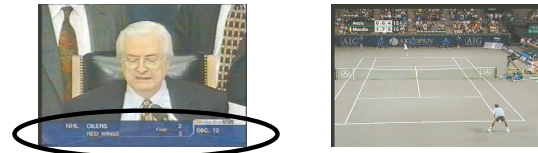


図4 固定された画面構成を持つ映像の例

きい値 t_2 以下となった対は,真の繰り返し区間の対として検出する.

この処理の計算量は,低次元繰り返し照合による絞り込みの効果が大きいほど小さくなる.

2.3 検出実験

以上の手順からなる手法を用いて,24時間までの一般放送映像から繰り返し区間を検出する実験を行った.非圧縮の特徴で単純な照合を行う手法と比較したところ,本節の手法による繰り返し区間の検出漏れはなく,図3のように,より長時間の映像に適用した際に,2乗オーダの高速化が実現できた.ただしこれは,低次元繰り返し照合による候補の絞り込みが正確に行われた場合の結果である.ある特定のジャンルのみ放映する映像から繰り返し区間を検出する際には,ジャンルによって低次元繰り返し照合による絞り込みの効果が小さく,詳細照合の計算量が増加する場合があった.これは,そのジャンルにおいて固定的な画面構成が多く放映され,その結果,圧縮後の区間ベクトル同士の相違が小さくなることによるものと推定される.

次節では,このような特定のジャンルからの繰り返し区間検出において,低次元繰り返し照合による候補対の検出を抑えるために,ジャンルに応じて情報の多い画像領域を選択して特徴ベクトルを作る高速照合手法について述べる.

3. 適応的画素選択による高速化

特定のジャンルの放送映像には,特定の画像構成があることが多いと推定される.たとえばニュースの場合,画面の下部や角など,特定の位置にロゴや帯が表示され,その部分の変化は少ない.野球におけるピッチャー越しのアンクルや,テニスにおける全コート表示でも同様の部分がある(図4).

変化の大きい部分の画素は,それだけ重要な情報を持つと考えられる.したがって,特定ジャンルの放送映像からの繰り返し区間検出においては,そのジャンル特有の重要な画素のみを照合に用いることで,より効率的な計算が期待できる.

そこで,2節の手法における準備段階で,特定ジャンルの訓

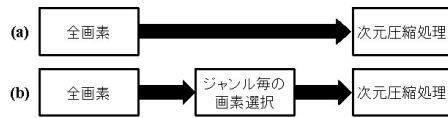


図 5 画素選択の追加

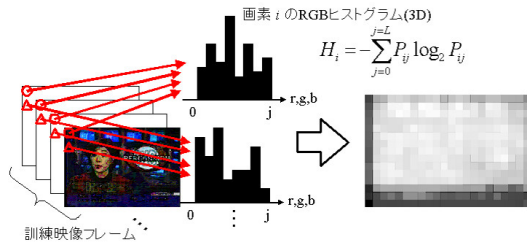


図 6 エントロピー順位による画素選択

練映像から重要な画素の位置を求めて保存しておく．そして同ジャンルの映像から繰り返し区間を検出する際には，フレーム抽出後に画素選択処理として，保存しておいた位置データに従って重要な画素を選択し，特徴ベクトルを作る．この特徴ベクトルを次元圧縮したベクトル (図 5(b)) は，2 節の手法における，全画素からの主成分分析による圧縮ベクトル (図 5(a)) と比べ，情報損失が少ないと推定される．なぜならそのジャンルにおいて，相違を評価するのに重要だと思われる画素のみを選択しているからである．したがって繰り返し照合処理において，真の繰り返し区間とそうでないものの違いが明確になり，より絞り込みの効果が高まることになる．

本節では，ジャンルに応じた重要な画素を求める，適応的な画素選択法を挙げ，繰り返し照合処理におけるそれらの絞り込みの効果を比較，検討する．

本研究では，3 つの画素選択法を提案し，実験によりその性能を比較した．

3.1 エントロピー順位による画素選択

エントロピーは，情報の曖昧さ，不確かさを表す指標として知られている．したがってある画素のエントロピーから，その画素の持つ情報量，時間方向の変化の度合いを表すことができる．情報量の多い画素のみを特徴量として用いることで，低次元繰り返し照合中に，真の繰り返し区間とそうでないものを明確に区別できると考えられる．

この選択法では，時間方向に同位置の画素から，各画素についてのエントロピーを計算し，その値の高い画素を重要な画素として選択する．

準備処理における，各画素のエントロピー計算の概要を図 6 に示す．まず検出したい映像と同ジャンルの訓練映像を用意し，フレーム抽出，低解像度化を行う．次に低解像度化されたフレームの各画素について，時間方向に同位置の画素の RGB 値を見ていき，ヒストグラム化する．図中のヒストグラムは簡単化のため 1 次元で表されているが，実際には RGB の各 3 次元で作成する．このヒストグラムの分布から，各画素のエントロピーを計算する．

画素 i のヒストグラム中のピン j から，RGB 値レベル j の

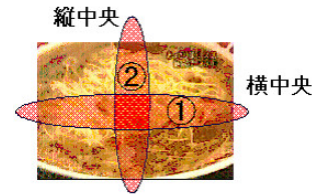


図 7 特定領域からの画素選択

生起確率 P_{ij} を求める．ピン j に含まれる画素数を N_{ij} ，全フレーム数を N とすると，

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N} \quad (6)$$

画素 i のエントロピーを H_i とすると，

$$H_i = - \sum_j P_{ij} \log_2 P_{ij} \quad (7)$$

図 6 では H_i の値が高い画素の位置が明るく示されている．この値から画素単位のエントロピー順位を作成して，同ジャンルの長時間放送映像からの繰り返し区間の検出に用いる．具体的には，各フレームについてエントロピー順位の高い画素から順に数個選択したものを，そのフレームの特徴ベクトル (フレームベクトル) とする．

3.2 分散順位による画素選択

エントロピー順位と同様に，画素単位で時間方向の分散を求めることで，変化の激しい画素を重要な画素として選択する．

準備処理において，3.1 節同様，各画素における時間方向の分散を求める．全フレーム数を N ，画素 i の RGB 値を p_{ir}, p_{ig}, p_{ib} として，画素 i の分散 V_i は，RGB 値で個別に計算した分散の平均とする．

$$V_i = \frac{1}{3N} \sum_k \sum_{j=1}^N (p_{ik} - \hat{p}_k)^2 \quad (8)$$

この値から分散順位を作成して，同ジャンルの長時間放送映像からの繰り返し区間の検出に用いる．利用の仕方は 3.1 節と同様で，データに基づき，各フレームについて分散順位の高い画素から順に数個選択したものをフレームベクトルとする．

3.3 特定領域からの画素選択

適応的な画素選択ではないが，事前に定めた特定の領域を選択した場合を比較した．どのような映像においても，撮影者の意図によりフレームの中央部分に情報が多く含まれていると仮定し，フレーム中の (1) 横中央，または (2) 縦中央の画素をフレームベクトルの要素とする．

4. 実験

3 節で挙げた画素選択法で各フレームから画素を選択し，それを用いて作った特徴ベクトルの低次元繰り返し照合により，どれだけ繰り返し区間の候補を絞り込むことができるかを比較した．

4.1 実験条件

比較した画素選択法は，(1) エントロピー順位による画素選

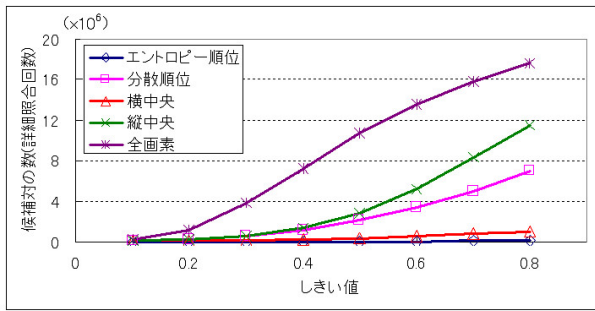


図 8 テニスの映像における絞り込みの効果．値が小さいほど絞り込まれた数が小さく，絞り込みの効果が大きい．

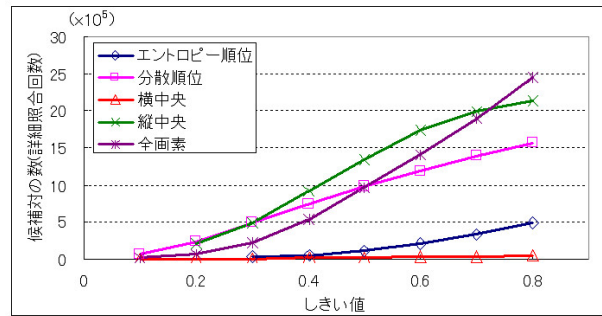


図 10 野球の映像における絞り込みの効果

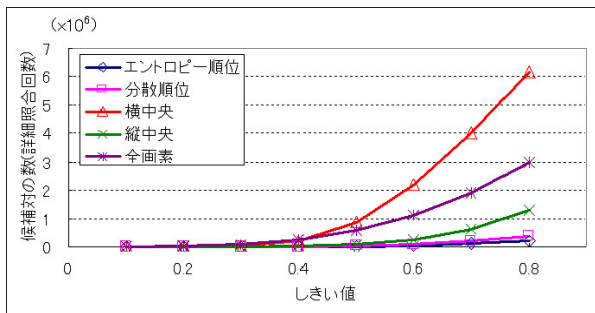


図 9 サッカーの映像における絞り込みの効果

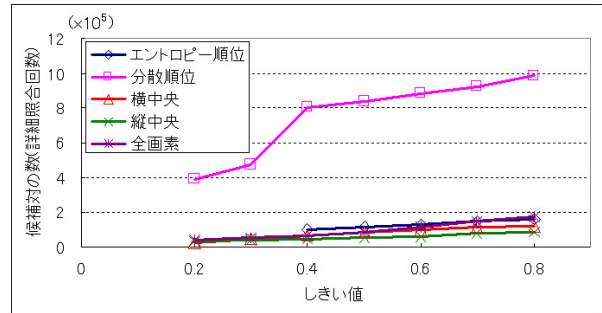


図 11 ニュース 1 の映像における絞り込みの効果

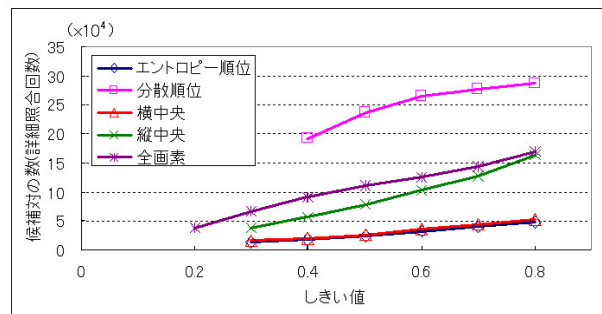


図 12 ニュース 2 の映像における絞り込みの効果

択，(2) 分散順位による画素選択，(3) 横中央，(4) 縦中央の特定領域からの画素選択，そして 2. 節の実験条件と同様の，(5) 全画素の選択，以上の 5 つである．実験に用いたのは，(a) テニス，(b) サッカー，(c) 野球，(d) ニュース 1(日本：NHK)，(e) ニュース 2(アメリカ：CNN) の 5 つのジャンルの映像である．また含まれる繰り返し区間について，非圧縮の特徴ベクトルで繰り返し照合を行う単純照合手法を，照合しきい値 0.8 で行った時に再現率 100%になるものとする．したがって，低次元繰り返し照合によって検出の漏れなく絞り込まれていれば，しきい値 0.8 で詳細照合を行えば必ず再現率 100%になるといえる．

4.2 結果と考察

4.2.1 画素選択法の比較

図 8-12 は各ジャンルの映像において，各画素選択法を用いて特徴ベクトルを作成し，再現率 100%の範囲でしきい値変化させて低次元繰り返し照合を行った際に検出された，繰り返し区間の候補対の数を示している．値が小さいほどより正確に候補が絞り込まれ，詳細照合を行う回数が少なくなり，その結果計算量が小さくなるのは明らかである．照合にはユークリッド距離を用いているので，しきい値が大きいほど絞り込みの効果が小さいといえる．

これらの結果より，ジャンルによって，絞り込みの効果に関する各画素選択法の優劣が異なるが，エントロピー順位による画素選択を用いた時の絞り込みの効果が，安定して大きいことがわかる．

またほとんどのジャンルにおいて，各画素選択法による絞り込み候補対の数は，しきい値が高いほど大きくなり，すなわち絞り込みの効果が小さくなっている．しかしエントロピー順位

による画素選択は，しきい値を高くしても一貫して候補対が低く，すなわち絞り込みの効果が大きい．未知の映像に対しては，検出漏れを防ぐためにより高いしきい値による繰り返し照合をまず行うことが想定される．したがって，しきい値を上げて一貫して候補対の数が少ない選択法が，より有効な手法であるといえる．この点からも，高いしきい値でも絞り込みの効果が大きいエントロピー順位による画素選択は，有効であると推定される．

4.2.2 映像ジャンル間の比較

図 13 は，しきい値 0.8 の低次元繰り返し照合により絞り込まれた候補対の数と，繰り返し照合の全照合回数の比率を，各ジャンルについて示している．各ジャンルについて，左からエントロピー順位による画素選択，分散順位による画素選択，横中央からの画素選択，縦中央からの画素選択，全画素選択を用いたときの比率のグラフである．この図においても，値が小さいほどより正確に候補が絞り込まれたことを示している．

たとえばニュース 2 の映像においては，エントロピー順位による画素選択と横中央の特定領域からの画素選択を用いた場合

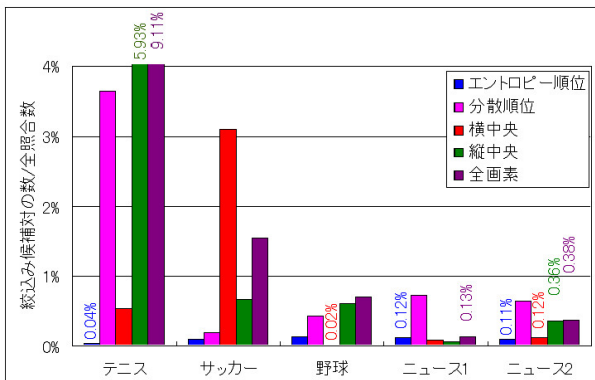


図 13 詳細照合と同じしきい値 0.8 での絞り込み効果の比率 (=絞り込み候補対の数/全照合数) . 値が小さいほど全照合数に対する候補対の数が少なく、絞り込みの効果が大きい .

に候補対が少なく、すなわち絞り込みの効果が大きかった . これは、ニュース 2 には常に同じと位置に色変化の少ない帯が存在し、上記の 2 つの画素選択法が効果的にこの部分を除去して画素選択したからだと思われる .

しかしサッカーの映像においては、横中央の領域からの画素選択による絞り込みの効果が、他の選択法と比べて小さかった . その一方で縦中央の特定領域からの画素選択の効果が比較的大きかった . 同じスポーツ映像でも、逆にテニスの映像に対しては、縦中央の領域からの画素選択の効果が小さかった . これは特定領域からの画素選択が、撮影者の意図により中央部分に情報が集まりやすいという仮定から作られたもので、その領域に相違を示す重要な情報が少ないジャンルでは、絞り込み候補対の数を下げるには不十分であることが理由と考えられる .

また分散順位による画素選択は、ジャンルによっては全画素を用いたときより絞り込みの効果が小さい場合もあった . 全画素からの主成分分析による次元圧縮も、画素単位の分散を求めている点では分散順位による画素選択と同様である . それにも関わらず絞り込みの効果に差が現れるのは、分散順位により選択した画素より下位の画素に、情報が多く含まれるか否かによるものと推定される .

テニスの映像のようなエントロピー順位による画素選択の効果が特に大きかったジャンルの映像を実際に見ると、固定された画像構成の放映が多く含まれていた . 逆にニュース 1 のような画像構成が固定的でなく、全画面での変化が多いジャンルの映像においては、エントロピー順位による画素選択の効果が小さい傾向が見られた . 以上のことから、特に画像構成が固定的なジャンルの映像に対しては、エントロピー順位による画素選択で特徴ベクトルを作成し、低次元繰り返し照合を行うことで、より高精度に繰り返し区間の候補を絞り込めることが期待される .

5. む す び

本研究では特定ジャンルの長時間放送映像から繰り返し区間を高速検出するために、ジャンルに応じた適応的な画素選択により、低次元繰り返し照合による繰り返し区間候補の絞り込み

の効果を向上させる手法を提案した . 画素選択手法としてエントロピー順位による画素選択、分散順位による画素選択、特定領域からの画素選択を挙げ、それらの有効性を、ジャンル別の評価映像を用いた実験により検証した . その結果、固定された画面構成が多く放映されるジャンルの映像に対して、エントロピー順位による画素選択を用いて特徴ベクトルを作成することで、低次元繰り返し照合による絞り込みの効果が特に向上する見通しを得た .

今後の課題としては、より多様なジャンルの評価映像による本手法の頑健性の検証、新たな特徴選択法の検討、従来の特定映像探索手法を併用した繰り返し照合の高速化などが挙げられる .

謝辞 日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏に感謝する . 実験に用いた評価映像は、TRECVID2005 [9]、NII 放送映像アーカイブ [10] のソースを使用している . 本研究の一部は、文科省 21 世紀 COE プログラム、および日本学術振興会科学研究費補助金による .

文 献

- [1] N. Dimitrova, H. Zhang, B. Shahraray, I. Sezan, T. Huang, and A. Zakhor, "Applications of Video-Content Analysis and Retrieval," IEEE MultiMedia, vol.9, no.3, pp.42-55, July-September 2002
- [2] P. Duygulu, J. Pan, and D. Forsyth, "Towards Auto-Documentary: Tracking the Evolution of News Stories," Proceedings of ACM Multimedia 2004, pp.820-827, October 2004
- [3] X. Yang, P. Xue, and Q. Tian, "A Repeated Video Clip Identification System," Proceedings of ACM Multimedia 2005, pp.227-229, November 2005
- [4] 木村昭悟, 柏野邦夫, 黒住隆行, 村瀬洋, "音や映像の高速探索のための動的分割に基づく特徴次元削減法," 信学技報, PRMU2002-167, December 2002
- [5] D. DeMenthon and D. Doermann, "Video Retrieval using Spatio-Temporal Descriptors," Proceedings of ACM Multimedia 2003, pp.508-517, November 2003
- [6] D. Zhang and S. Chang, "Detecting Image Near-Duplicate by Stochastic Attribute Relational Graph Matching with Learning," Proceedings of ACM Multimedia 2004, pp.877-884, October 2004
- [7] 野田和広, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, "特徴次元圧縮による長時間映像中における同一区間映像の高速検出手法," 第 3 回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.3, pp.85-87, September 2004
- [8] 野田和広, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, "圧縮特徴空間内での繰り返し照合を用いた長時間映像からの同一区間映像の高速検出," 2004 年度映像メディア処理シンポジウム資料, pp.105-106, November 2004
- [9] National Institute of Standards and Technology, "TREC Video Retrieval Evaluation," <http://www-nlpir.nist.gov/projects/trecvid/>
- [10] N. Katayama, H. Mo, I. Ide, S. Satoh, "Mining Large-scale Broadcast Video Archives Towards Inter-video Structuring," Proc. PCM 2004 5th Pacific Rim Conference, Proceedings Part II, K. Aizawa, Y. Nakamura, S. Satoh eds., Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, vol.3332, pp.489-496, December 2004