

特徴空間の適応的分割による繰り返し映像区間検出の高速化

鈴木 秋吾[†]高橋 友和[†]井手 一郎^{†‡}村瀬 洋[†]名古屋大学大学院情報科学研究科[†] 国立情報学研究所[‡]

1. はじめに

記憶装置へ記録される映像量の爆発的な増加に伴い、利用者から要求される映像を高速に探索する技術が求められている。そのための要素技術として、映像中に繰り返し出現する映像区間をすべて高速に検出する研究が行われており [1], 映像の構造解析等に用いられている [2].

しかし、これまでは繰り返し映像区間を漏れなく検出するため、すべての映像区間対を総当りで照合してきた。これには映像区間数 N に対して、 ${}_N C_2$ 回もの膨大な照合回数が必要になる。

本発表では、特徴空間の適応的分割を用いて、繰り返し映像区間の検出を高速化する手法を提案する。提案手法では、空間分割を用いることで、照合の組み合わせ数を削減し、全体の検出を高速化する。加えて、分割境界付近の領域をマージン区間として重複して持たせることで、分割前の空間と同じ検出結果を保証する。

2. 繰り返し映像区間検出

2.1 繰り返し映像区間

繰り返し映像区間を以下のように定義する。

p, q をそれぞれ任意の映像区間をあらわす特徴ベクトルとする。このとき、 $\|p - q\| \leq \theta$ を満たすベクトル対 p, q を繰り返し映像区間とする。

本研究では上記の条件を満たす映像区間対を入力映像からすべて検出することを目的とする。最も単純な手法では、ベクトル対の距離を総当りで照合し、そのときの照合回数は ${}_N C_2$ 回となる。このように、入力映像長の 2 乗オーダーで計算量が増加してしまい、計算量的に実用化が難しい。そのため、高速な検出手法が求められる。

2.2 提案手法

そこで我々は、特徴空間を分割することにより照合回数を削減することを提案する。

Fast detection of near duplicate video sequences
by using Adaptive Division of Feature Space

Shugo Suzuki Tomokazu Takahashi

Ichiro Ide Hiroshi Murase

[†] Graduate School of Information Science,

Nagoya University, Japan

[‡] National Institute of Informatics, Japan

分割によって、分割された各空間内のベクトルのみが照合の対象となる。その結果、各空間のベクトル数を N_i としたとき、 T 分割後の照合回数は分割前の ${}_N C_2$ 回から $({}_N C_2 + \dots + {}_{N_i} C_2)$ 回となり、分割の仕方次第で大幅な高速化が可能になる。なぜなら、 ${}_N C_2 \geq \sum_{i=1}^T {}_{N_i} C_2$ が必ず成立するからである。以下で分割方法について述べる。

2.2.1 階層的空間分割

特徴空間内のベクトルの集合を $S = \{p_1, \dots, p_N\}$ とする。 D 次元の特徴空間のある軸 d を分割軸として分割するとき、任意のベクトル p_n の d 成分を $p_{n,d}$ とする。全ベクトルの d 成分に注目し、その中央値 m_d を求める。 m_d を分割境界に設定し、その値を基準として $p_{n,d} \geq m_d$ を満たすベクトル集合の存在する空間と、それ以外のベクトル集合の存在する空間に分割する。以上の処理を繰り返しながら 2 分割を進めることによって階層的に空間を分割する (図 1)。分割軸 d の選択に関しては 2.2.3 節で議論する。また、分割後の各空間における照合は完全に独立しているため、複数回の計算機による並列処理が可能である。

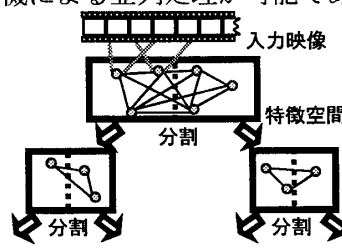


図 1. 階層的分割による照合回数の削減

2.2.2 マージン区間による精度保証

単純に上記のように分割するとき、繰り返し区間のベクトル対の間に分割境界が設置された場合、その対が検出されなくなってしまいます。そこで、空間分割の際に、繰り返し区間を漏れなく検出することを保証するための工夫をする。分割境界を中心として左右に距離 $\theta/2$ に含まれる領域をマージン区間として定義する。このとき、マージン区間内にあるベクトルは分割後の

両側の空間に重複して含まれる(図2). この重複したベクトルを共通ベクトルと呼ぶ. これによって, 距離が θ 以下のベクトル対は必ずどちらかの空間で検出されることが保証される.

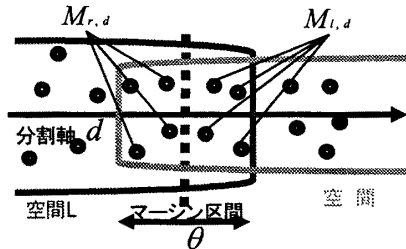


図2. マージン区間を導入した空間分割

2.2.3 適応的分割

共通ベクトルは分割後の2つの空間に重複して存在する. そのため分割するたび総ベクトル数が増加していくので, 分割後の総照合回数が分割前より増加する可能性がある. この問題を防ぐため, 以下の評価関数 $f_s(d)$ を定義する.

$$f_s(d) = N_t C_2 - \left(\frac{N_l + M_{l,d}}{2} C_2 + \frac{N_r + M_{r,d}}{2} C_2 \right) \quad (1)$$

ここで, N_t は分割前の空間 t のベクトル数である. また, $M_{l,d}$ と $M_{r,d}$ は空間 t を分割軸 d で分割したときの分割後の各空間での共通ベクトルの数である. $f_s(d)$ は分割前と分割後の照合回数の差を示しており, $f_s(d)$ が最大となる d が最も照合回数を削減できる軸である. また, $f_s(d) > 0$ を満たす d が見つからなくなれば分割を終了する. 以上の処理によって, ベクトルの分布に適応した効率的な分割を行うことができる(図3).

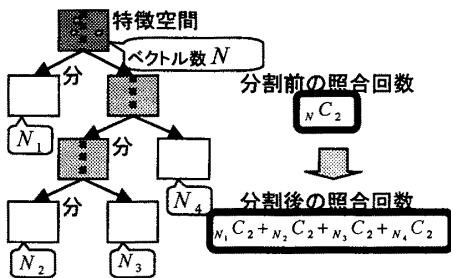


図3. 特徴空間の適応的分割

3. 実験

3.1 実験手順

提案手法の有効性を確認するため, 実際の放送映像(NHK「News7」)を入力として特徴空間の分割を行った. 得られた各空間に対して, 従来手法(分割前の空間)と照合回数を比較した.

各特徴ベクトルの映像区間長は5.0秒(150フレーム)であり, この特徴量を特徴次元圧縮[1]

を用いて20次元にまで次元を落として照合に用いた. 分割に用いる軸は, 次元圧縮で得た固有ベクトルを用いる.

3.2 実験結果

上記の実験の結果を, 図4に示す. 棒グラフの数値は, 特徴空間の分割前と分割後の照合回数を対数目盛りで表している. また折れ線は各映像長での提案手法の分割回数を表す.

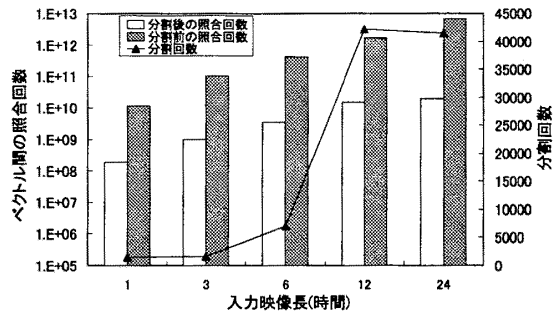


図4. 提案手法による照合回数の削減

図4より, 全ての入力映像に対して大幅な照合回数の削減が行われたことが読み取れる.

また, 映像長が1~12時間の範囲では, 映像長と共に分割回数が増加する傾向がある. しかし, 12から24時間にかけて逆に減少している. これは, 放送映像では特徴点の分布が偏るため, 分割が困難になるためであると考えられる.

4. むすび

本発表では, 繰り返し映像区間の検出を高速化するために, 特徴空間を適応的に分割することによる照合回数の削減法を提案した. その有効性を確認するため, 24時間分のニュース映像を対象として, 照合時間の測定を行った. その結果として従来手法に比べ, 大幅な照合回数の削減による検出時間の短縮が確認できた.

今後の課題としては, 提案手法の頑健性の検証, 照合の並列処理の検討などが挙げられる.

謝辞 日頃より熱心に御討論頂く村瀬研究室諸氏に感謝する. また, 本研究に御助力頂いた国立情報学研究所及び特定領域「情報爆発」の関係者諸氏へ謝意を述べる.

文献

- [1] 野田, 高橋, 井手, 目加田, 村瀬: “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”, 信学技報, PRMU2005-289, Mar. 2006.
- [2] 小川, 野田, 高橋, 井手, 村瀬: “画像情報を用いた同一ニュースイベントの言語横断検索”, 第3回デジタルコンテンツシンポジウム, 2-1, June 2007.