

画像コンテンツ内容に基づく ID 抽出とその応用について

竹内 一樹[†] 小舘 亮之^{††} 富永 英義^{††}

[†] 早稲田大学 理工学部

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 55 号館-N0602

^{††} 早稲田大学 国際情報通信研究センター

〒169-0051 東京都西早稲田 1-3-10 29-7 号館

kazuki@tom.comm.waseda.ac.jp

インターネットの普及、画像符号化技術の定着により、ネットワークに接続された大容量コンテンツアーカイブが構築され、これを介したユーザ間のコンテンツ流通基盤が整いつつある。一方、各利用者からは、所望するコンテンツへの高速かつ正確なアクセス性の確保が一層求められている。特に CG や MPEG-4 の映像に対しては、オブジェクト単位でコンテンツが取り扱える枠組が必要とされる。本稿では、ビデオドキュメントアーキテクチャの概念に基づいて、流通するコンテンツの複製・引用の問題について整理し、アーカイブの効率的な利用と著作権保護のためには、コンテンツ内容に基づく ID の利用が不可欠であるとの考えから、画像の内容分析に基づく特徴を ID として用いることを提案し、その応用について述べる。

キーワード

コンテンツアーカイブ, コンテンツ ID, ビデオドキュメントアーキテクチャ, 画紋, 著作権保護, 画像検索

Image ID Extraction by Content Analysis and its Applications

Kazuki TAKEUCHI[†]

Akihisa KODATE^{††}

Hideyoshi TOMINAGA^{††}

[†] Dept. of Science and Engineering, Waseda University

3-4-1 Ohkubo, Bldg.55-N0602, Shinjuku-ku, 169-8555, Tokyo JAPAN

^{††} Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University

1-3-10 Nishi-Waseda, Bldg.29-7, Shinjuku-ku, 169-0051, Tokyo JAPAN

kazuki@tom.comm.waseda.ac.jp

Internet and image coding standards have made a large content archive, connected via networks and infrastructure of content distribution has been developed. Along the above situation, high-speed content accessibility has become a very important issue among users. Besides object-based content handling frameworks are also necessary to deal with CG and MPEG-4 contents. In this paper, citation and copying issues of distributed contents are discussed based on the concept of Video Document Architecture. For more efficient use of content archive and copyright protection, the use of ID obtained by content analysis is proposed and some examples of applications are also described.

Keywords

Content Archive, Content ID, Video Document Architecture,
Video Print, Copyright Protection, Image Retrieval

1. はじめに

画像圧縮符号化国際標準方式 JPEG, MPEG の一般化, デジタルビデオカメラに代表される画像入力装置, PC 上の画像処理・編集ソフトウェア, 更にはこれらのコンテンツの流通経路となるインターネットに加えてデジタル放送サービスの開始によって, ネットワークに接続可能な者なら誰でも, 大容量・高品質の画像コンテンツを視聴するばかりか, 編集, 再流通が可能な環境が整備されつつある。実際, ネットワークから接続可能なコンテンツプロバイダ群は, 巨視的に1つのコンテンツアーカイブとみなすことができる。アーカイブの利用者は, (i) コンテンツを製作しアーカイブに蓄積するコンテンツ製作者, (ii) アーカイブからコンテンツを取得し, 視聴するコンテンツ視聴者, (iii) アーカイブ内のコンテンツを加工・編集し, 再びアーカイブに蓄積するコンテンツ編集・加工者 の3つのタイプに分類できる。

また, アーカイブが巨大化するにつれて, 各コンテンツ利用者からは, 所望するコンテンツへの高速かつ正確なアクセス性の確保が求められる。特に, 画像処理技術が発達し, CG の世界や MPEG-4 に見られるように, コンテンツをオブジェクト単位で取り扱う機構が構築されつつある現在においては, コンテンツ単位での検索では不十分であり, コンテンツを構成するシーン単位に留まらず, オブジェクト単位での検索も求められると考えられる。そして, コンテンツがシーンやオブジェクト単位で流通するようにになると, 当然のようにオブジェクト単位での著作権保護の枠組みが必要となる。コンテンツの引用・複製の段階は, ビデオドキュメント・アーキテクチャ (Video Document Architecture: VDA)⁽¹⁾ (図1) の概念に従って, 映像データを, (i) 時間方向のシーン構造 (Time-domain Structure), (ii) 各シーン中の被写体間の構造 (Scenery Structure), (iii) 領域単位での映像符号化データ (Content Portion) に構造化して捉えると以下のように整理できる (図2参照)。

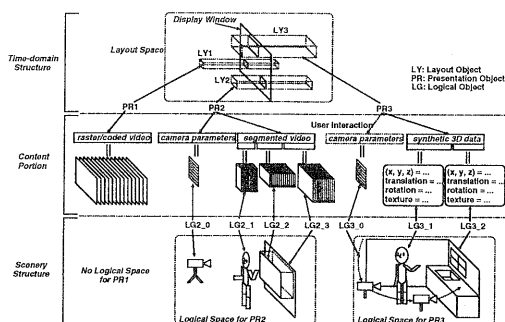


図 1: VDA の概念図 (宮森による)⁽¹⁾

● 複製段階 1：全体の完全引用

全ての構造情報において, 原コンテンツの完全な複製であり, 編集者には知的所有権が存在しない。

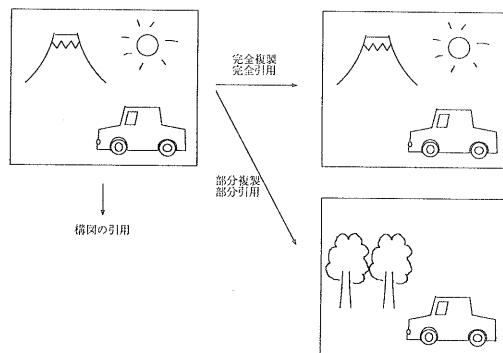


図 2: 複製のレベル

● 複製段階 2：構成要素の完全引用

シーン ((i) の部分, (ii), (iii)), フレーム ((i) の1フレーム分, (ii), (iii)), オブジェクト ((iii) のみ) 等の原コンテンツを構成する部分的な構成要素の複製であり, 編集者はオブジェクトについての知的所有権はないが, オブジェクトの配置等の (ii) に関する情報については知的所有権を有する場合もある。

● 複製段階 3：全体の構図の引用, 意匠の引用 (盗用?)

シーンの被写体間の構図, 色使い (ii), 映像の撮影技法, 効果等の点において, 原コンテンツをモチーフとして作成された場合, 現在は, 視聴者の主観・裁判によって知的所有権の判断がなされている。

特に複製段階3の検知, あるいは検知支援を行うためには, 感性情報検索システム⁽²⁾ のようなツールが必要となると予想される。このように, いずれの複製段階においても対応できる著作権保護の仕組みを構築するためには, インデキシング等のアーカイビング技術⁽³⁾ として, コンテンツ内容に基づくID抽出技術の利用が不可欠であると考えられる。既に, 文書や音楽等のデジタルコンテンツはネットワークを介して流通し, 著作権侵害の問題を引き起こしているが, 文書についても引用関係については明確化を行うためにその手がかりとなるシステムを構築することが望まれている。

上記のような観点から, 本稿においては, 特に画像コンテンツの内容に基づくID抽出・記述法とその応用についての検討結果について述べることにする。

2. 画紋とは

通信・放送機構及び早稲田大学の高橋らは, 指紋のように人間のIDとして用いられる身体的特徴を, マルチメディアコンテンツに対しても定義するべく, 動画像に対する「画紋」という概念を提案している⁽⁵⁾。

「画紋」は従来の特徴情報を抽出する手法とは異なり, 画紋作成のための処理が, アルゴリズムに依存しない手法で抽出が実現されることを目的として

いる。つまり、従来的特徴情報抽出手法では、例えば、カット点抽出や、オブジェクト認識・追跡のように、アルゴリズムや画質に精度が依存してしまう。画紋は動画画像に根本的に備わる普遍的な情報を見つけ出すことで、動画画像識別情報を作成することを目指している。動画画像ではフレームの時間的な変化に注目することで、その特徴情報が抽出できると考えられる。例えば、動画画像を構成するフレームの平均色情報や、フレーム内のある位置（ピクセル）の時間的な変化量を3次元色空間に描かせ、描かれた軌跡（紋）を動画画像特徴として表現する。このような軌跡を画紋と定義する。各フレームから抽出され、フレームの内容に依存する物理的な情報を「画紋値」と定義する。「画紋」となりえるための特徴情報の要求条件を次に示す。

- 固有性：動画画像を識別可能
- 容易性、一意性：動画画像の蓄積形態（圧縮、非圧縮）に非依存、かつ同じ動画画像からは同じ情報を、簡単な処理で安定して抽出可能
- 非可逆性：画紋から元の動画画像は復元不可能（画紋からはコンテンツの内容はわからない）
- 情報量小：処理速度向上・記憶容量節約

そして将来的に、動画画像の著作権情報として使用される可能性があると考えている。

2.1 動画画像の画紋の作成法

画紋値として、カラーヒストグラムや、オブジェクトの形状・座標、位置関係等を利用することが可能である。しかし、それらの情報を用いて画紋を作成すると、情報量が大きくなってしまい、そして、特徴情報抽出のために複雑な処理が必要となり、また、特徴情報の精度が抽出アルゴリズムに依存し、元の動画画像品質に精度が左右され、画紋としての動画画像の識別情報としての普遍性が希薄になる。そこで、画紋値の抽出（作成）精度が、抽出アルゴリズムに非依存、かつ動画画像品質に特徴情報に変化することなく、しかも各フレームの内容に依存する少ない情報量の特徴情報を用いて画紋を作成することとする。その考えでは、各フレームの平均色情報を用いるのが有効な手段と考えられる。また、各フレームをまとめて行き、平均値化を行い、情報量を減らすのが有効な手段と考えられる。

例えば、フレームの全平均値（各フレームを1点に縮小した色情報）を用いて画紋を作成すると図3のようになる。画紋を構成する軌跡の個数は、各フレームから抽出する画紋値の数になる。例えば、図3のようにフレームの全平均を画紋値として用いる場合には、1個の軌跡となる。画紋値として、各フレームを分割しそれぞれの領域の平均色情報を画紋値とする場合には、各フレームの分割数の数で画紋の軌跡が構成される。また、任意の位置の情報を用いて画紋を作成する場合には、用いた任意の位置の個数で画紋の軌跡が構成される。上記を複合して用いる場合も考えられる。全平均値はフレーム分割の最も簡単な場合と捉えることができる。フレームの分割が行われたときにも、全平均値を求めることが可能なので、この観点からすると、フレーム分割数

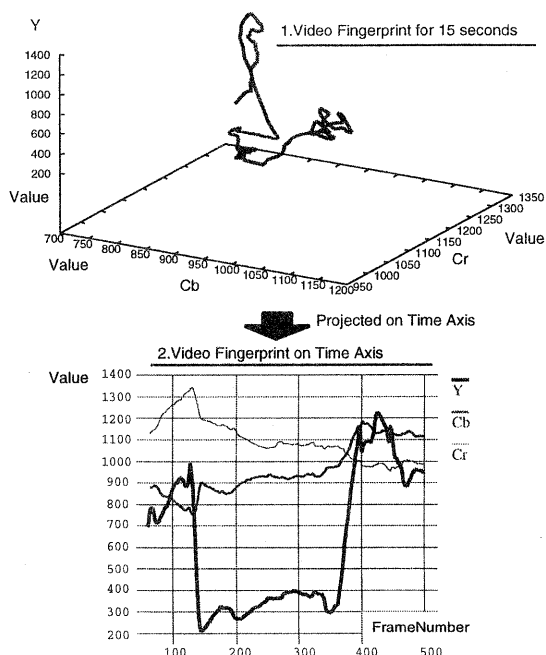


図 3: 15 秒間の動画画像から生成された画紋の例 (高橋による)⁽⁴⁾

により画紋が階層化されている。全平均値を用いた画紋が最上位階層と捉えることができる。

また、画紋を用いたアプリケーションとして既に以下の提案がなされている。

2.2 アプリケーション 1

画紋を用いた高能率動画画像検索法⁽⁵⁾

ネットワーク上に大量の動画画像コンテンツを蓄積する動画画像アーカイブ装置が登場し、配信サービスを行うと考えている。そのときに、ユーザが真に望む動画画像コンテンツへのアクセス性が問題となる。本論文では、動画画像アーカイブから望む動画画像を見つけるための手掛かり情報として画紋という概念を提案し、実験でその有用性を検証する。画紋は、人間の指紋と同様に、少ない情報量で動画画像を識別可能な情報を指す。本論文では、像が多重映りするゴーストや色ずれが発生する現行のテレビ放送を MPEG-2 に変換し、MPEG-2 ストリームの各 Intra（フレーム内符号）フレームの DC 成分を用い、フレームの平均色情報を求め、3次元の色空間に配置し、その軌跡（紋）を画紋としている。画紋を時間軸に投影し波形情報に変換し、画紋波形を拡大・縮小して比較することで動画画像検索を実現している。同じ動画画像が特徴的に繰り返して出現する CM の計数実験、CM の送出確認実験を行い、検出洩れ 0、過剰検出 0 の検索精度を得ている。

2.3 アプリケーション 2

画紋の DCT 特徴を用いた動画アーカイブのための高効率な階層的動画検索法⁽⁴⁾

動画アーカイブ中の大量の動画コンテンツから、ユーザが望む動画を高速、かつ高精度に検索するための階層的な動画検索手法を提案する。提案手法では、始めに、動画各フレームの平均色の時系列情報に対し、1次元の DCT (離散コサイン変換) 演算・量子化を施し、各色成分の DCT 係数の低周波部分を、単位時間の動画特徴として抽出 (図 4) し、検索に用いることで、高速な動画の絞り込みを実現する。ゴーストや色ずれが発生する現行のテレビ放送 24 時間の中から、15 秒の CM34 種類の候補を絞り込むことが 3 分弱で行える。そして次に、絞り込まれた動画に対して、既提案の動画検索手法の動画検索を行うことにより、検索精度は既提案の動画検索手法と変わることなく、約 13 倍の高速化、実際の放送時間と比べて約 20,000 倍の速度で検索が行えることを示している。

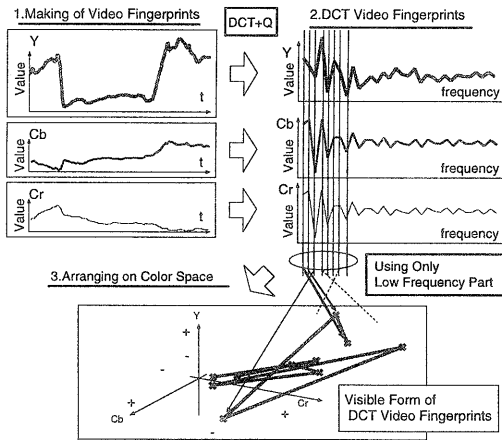


図 4: DCT 画紋の作成過程 (高橋による)⁽⁴⁾

2.4 アプリケーション 3

画紋を用いた動画アーカイブのための動画スクランブル手法⁽⁶⁾

動画特徴を表す画紋を暗号鍵として動画を见づらくするスクランブル手法を提案している。提案手法は、動画コンテンツを MPEG-1, -2 に圧縮符号化するときに、画紋値 (各フレームの平均値) を用いて Intra (フレーム内圧縮) フレームの各 slice 層先頭ブロックの DC 予測値を操作することで実現する。提案手法で作成される MPEG ストリームは、MPEG シンタックスを満たすが、暗号鍵である画紋を用いてデスクランブルを行わないと正常な画質で再生できず、劣化した動画が再生される。MPEG-2 の標準化で用いられたテストシーケンスに対し、提案手法を適用したところ、DC 予測値の操作法を表すための付加情報が必要となるが、DC 予測値の VLC (Variable Length Coding: 可変長

符号) 長の削減ビット数が、付加情報の増加ビット数を上回るため、デスクランブルして再生したときの画質向上が図れる。

2.5 アプリケーション 4

画紋を用いた編集検知⁽⁷⁾

画紋を用いた再編集検出方法の概略図を図 5 に示す。

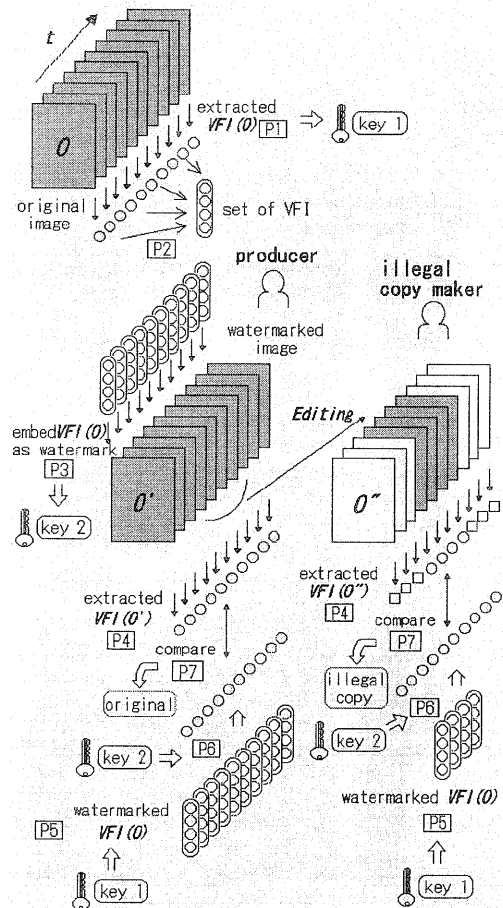


図 5: 画紋の埋め込みと一致確認のプロセス

画紋の埋め込み方法は、

- i. X 枚のフレームからなる原画像シーケンス O に対して、フレーム t における R, G, B 成分それぞれの平均値 $R_{ave}(t), G_{ave}(t), B_{ave}(t)$ を計算し、これをフレーム t における画像の固有情報

$$U_O(t) = \{R_{ave}(t), G_{ave}(t), B_{ave}(t)\}$$

と定義する。このように 1 フレームから抽出される固有情報を、シーケンス全体の画紋を構成す

る最小単位として画紋ユニットと本論文では呼ぶことにする。全フレームに対して画紋ユニットの抽出処理を行い、 O の X ユニットからなる画紋系列 $VFI(O) = \{U_O(0), U_O(1), \dots, U_O(X-1)\}$ を得る。〔P1〕

- ii. 各フレームに埋め込み可能な情報量 E を考慮して、埋め込める最大のユニット数を1セットとして各フレームに埋め込む。但し、各フレームに埋め込む1セットの画紋ユニットの組合せは、i で求めた画紋ユニットを擬似的にランダムに選択することにより求められる。〔P2〕
- iii. 製作者は ii で作成した各セットの画紋情報を各フレームに埋め込み、流通画像 O' を作成する〔P3〕。この時、どのフレームにどのセットの画紋情報を埋め込んだのか〔key1〕、また各セットがどのユニットの組合せによって作られているのか〔key2〕が、埋め込んだ画紋情報の抽出のための鍵情報となる。

一致確認方法は、

- i. 流通画像 O' から、〔画紋の埋め込み処理〕の i と同様に、各フレームの R,G,B 成分のフレーム平均値を計算し、画紋系列 $VFI(O')$ を得る〔P4〕。
- ii. 流通画像 O' から署名情報の抽出処理を行う。まず、〔key2〕を用いて各フレームに埋め込まれた画紋セットを求める〔P5〕。続いて、〔key1〕を用いて画紋のセットから画紋系列 $VFI(O)$ を得る〔P6〕。
- iii. $VFI(O')$ と $VFI(O)$ との一致確認を行い、一致だと判定された場合はオリジナルと判定する〔P7〕。仮に不正な編集操作が行われ、流通画像 O' の一部のフレームが利用されて、画像 O'' が作られた場合は、 $VFI(O'')$ と $VFI(O)$ との一致確認処理を行うこととなる。この場合、 O から不正に使用された各フレームに O の複数ユニットの画紋系列が埋め込まれており、これを〔key1〕、〔key2〕を用いて抽出することで $VFI(O)$ を求め、 $VFI(O'')$ との一致確認を行う。図5のように、不一致と判定された場合は、 O'' は不正な編集が加わった可能性があるものとして検出できる。

シーケンス buss(10 フレーム)を用いて、動画像編集を行なった際、検知できるかどうか実験を行なった。編集の種類は以下の2つである。

編集 1 シーケンスをカットする。(動画像 10 フレームの後半 5 フレームをカットする)

編集 2 シーケンスをカットし、新たに別のシーケンスを付け加える。(動画像 10 フレームの後半 5 フレームをカットし、新たにシーケンス flow を 5 フレーム付加する)

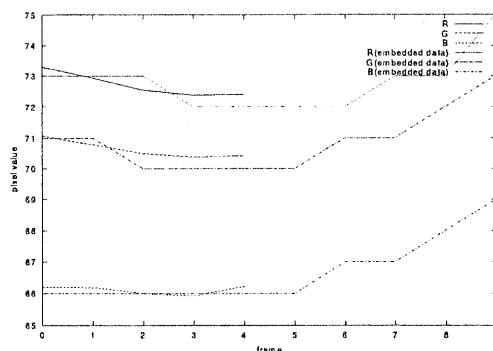


図 6: 編集 1(フレームカット編集)

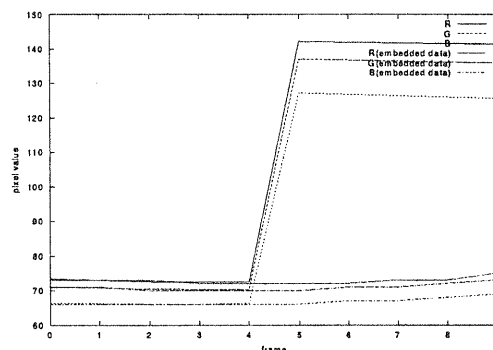


図 7: 編集 2(フレームカット+シーケンス付加)

編集 1 の操作に対して、図 6 のグラフが、編集 2 の操作に対しては、図 7 のグラフが得られる。

図 6 を見ると、流通している画像自体から 5 フレーム分の画紋しか得られないのに対して、電子透かしから抽出できる情報は 10 フレーム分である。よって、原画像は 10 フレーム分あり、編集があったことが検知できる。また、図 7 を見ると、流通している画像から得られた画紋と、電子透かしから得られた画紋とでは、後半 5 フレームの値が大きく異なってくるのが分かる。よって、後半 5 フレームが置き換わっていることが検知できる。

この場合、フレーム間の編集を対象としており、従来の画紋で編集の検知を行うことができた。しかし、オブジェクト毎の重要性が増し、オブジェクト単位の合成、編集が容易となってきた。また MPEG-4 の普及により、オブジェクト単位での取扱がますます手軽になると考えられる。

したがって、コンテンツ ID としての画紋について検討すべき課題としては、フレーム間の編集だけでなく、フレーム内における改ざんについても検知可能である画紋を見つけるというものがあった。

3. 画紋の拡張

従来の画紋はオブジェクト単位での改ざん検知が困難であったため、フレームをブロック単位に分割することで、画紋の精度を上げていくことを考えた(図8)。

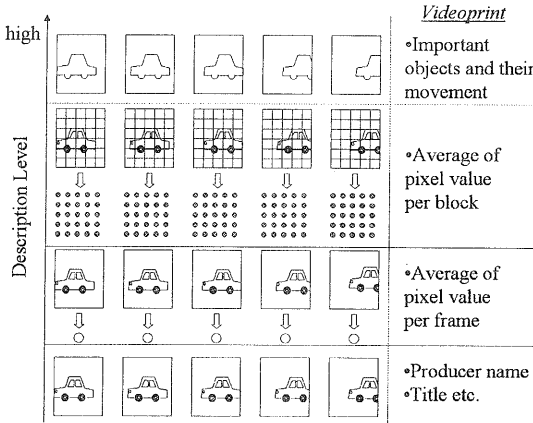


図 8: 画紋の精度

また、ブロックに分割することで、将来オブジェクト単位での検索も行なえるような拡張性を考えて、ブロックに分割する方法を考えた。

図9のように、階層的にブロックを分割していく。

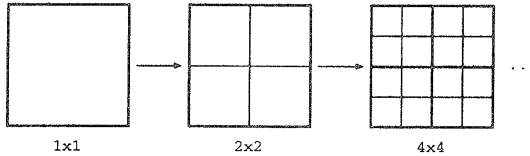


図 9: 階層的ブロック分割

分割したブロック内の平均値を計算する。画像サイズ $X \times Y$ 、点 (m, n) における画素値を $P(m, n)$ とする。また S_0 を全平均値とし、 S_1, S_2 と番号が増えると、縦横2つに分割され、画像サイズ $\frac{X}{2} \times \frac{Y}{2}$ の4つのブロック、画像サイズ $\frac{X}{4} \times \frac{Y}{4}$ の16個のブロックに分割されることを意味する。

$$S_0 = \left[\frac{\sum_{m=0}^{\frac{X}{2}-1} \sum_{n=0}^{\frac{Y}{2}-1} P(m, n)}{X \times Y} \right] \quad (1)$$

また、 b 番目の階層的ブロックの平均値 S_b の第 (i, j) 成分 $S_{b(i, j)}$ は、

$$S_{b(i, j)} = \frac{\sum_{m=\frac{i-1}{2^b}}^{\frac{X}{2^b}-1} \sum_{n=\frac{j-1}{2^b}}^{\frac{Y}{2^b}-1} P(m, n)}{\frac{X}{2^b} \times \frac{Y}{2^b}} \quad (2)$$

式(2)を繰り返していき、平均値 $P_{b(i, j)}$ に対して4分割した後のブロックの平均値

$$P_{b+1((i-1) \times 2 + 1, (j-1) \times 2 + 1)},$$

$$P_{b+1((i-1) \times 2 + 1, (j-1) \times 2 + 2)},$$

$$P_{b+1((i-1) \times 2 + 2, (j-1) \times 2 + 1)},$$

$P_{b+1((i-1) \times 2 + 2, (j-1) \times 2 + 2)}$ を線でつなぐと、横軸を解像度、縦軸を平均値とするグラフが描け、静止画固有のグラフとなる。

これを静止画画紋と定義する(図10)。

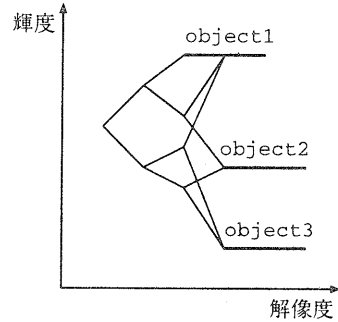


図 10: 静止画画紋例(概念図)

ある一定の色合いを持ったオブジェクトがあった場合、平均値がある値に収束すると考えられる。

$$|P_{b(i, j)} - P_{b+1((i-1) \times 2 + 1, (j-1) \times 2 + 1)}| < \alpha \quad (3)$$

$$|P_{b(i, j)} - P_{b+1((i-1) \times 2 + 1, (j-1) \times 2 + 2)}| < \alpha \quad (4)$$

$$|P_{b(i, j)} - P_{b+1((i-1) \times 2 + 2, (j-1) \times 2 + 1)}| < \alpha \quad (5)$$

$$|P_{b(i, j)} - P_{b+1((i-1) \times 2 + 2, (j-1) \times 2 + 2)}| < \alpha \quad (6)$$

α は閾値で、上式(3)~(6)の4つの式を満たせば、オブジェクトと判定する。一旦収束してオブジェクトと判定されても、より詳細まで計算していくと、再び平均値が枝分かれするようなグラフが描ける場合があり、オブジェクト単位でも同様にオブジェクト紋というもの定義できる(図11)。

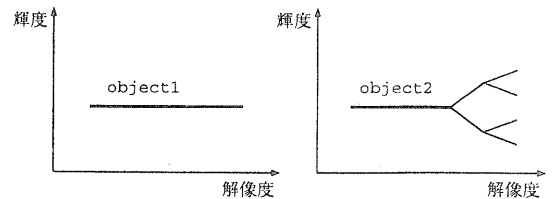


図 11: オブジェクト紋の例(概念図)

このオブジェクト紋から、大きさ、色情報に加え、オブジェクト紋のグラフを比較することで、オブジェクトの判定、検索に役立つことが予想される。

4. 実験

入力として図 12を用いた場合、それぞれのブロック内の平均値を計算し、ある平均値で収束したブロックを集めると、図 13のようになる。



図 12: 入力画像 (popl)

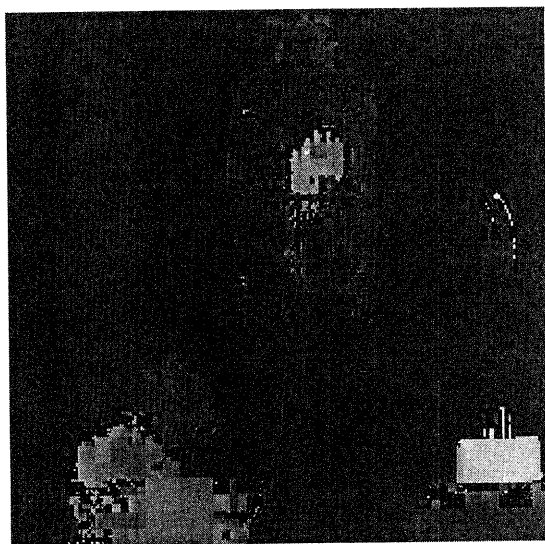


図 13: 階層的ブロック分割の結果 (popl)

例えば図 12の左下にあるカゴの部分のように、縦縞があるような場合であっても、本手法を用いれば同じオブジェクトと判定できることが分かる。

さらに、図 13からオブジェクトは表 1のように重心、大きさ、平均値の3つの項目が自動で判断され、大きい順に出力される。

また、図 14を入力画像とした場合の背景は似た模様が続きおり、図 15のように同じオブジェクトと判定できている。

表 1: オブジェクトの認識 (popl)

重心 (x,y)	大きさ [pixel]	平均 値 (R,G,B)	備考
(250,234)	184883	(45, 45,145)	背景
(154,483)	6129	(153,132,108)	カゴ
(448,489)	5416	(101, 92,114)	右下の台
(161,377)	3894	(33,104,112)	毛糸 (青緑)
(103,431)	3799	(173,142, 23)	毛糸 (黄)
(215,429)	2781	(142, 29, 30)	毛糸 (赤)
(469,432)	2793	(233,223,239)	右下の白い部分
(295,149)	1418	(184,151, 30)	鳥

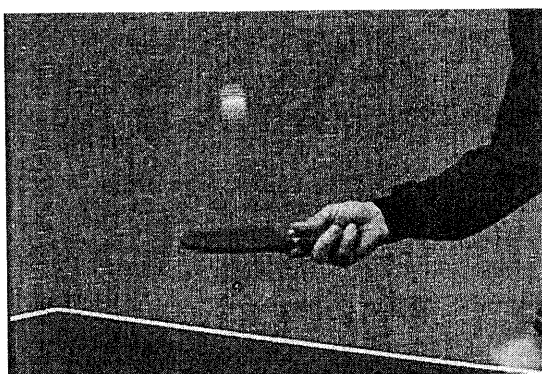


図 14: 入力画像 (tabl)

一旦平均値が収束した部分でも、さらに細かくブロック分割して計算されたオブジェクト紋を用いることで、オブジェクト単位での検索に適用できると予想する。オブジェクト紋の結果を図 16に示す。

5. まとめ

本稿では、ビデオドキュメントアーキテクチャの概念に基づいて、流通するコンテンツの複製・引用の問題について整理した。また、アーカイブの効率的な利用と著作権保護のためには、コンテンツ内容に基づく ID の利用が不可欠であるとの考えから、画像の内容分析に基づく特徴を ID として用いることを提案し、その応用について述べた。

大量の静止画アーカイブにおいて本方式を適用し、画像の自動分類を行うことで、ユーザがコンテンツへの高速なアクセスが可能となることを目標とする。さらに、オブジェクト単位の画紋を用いることで、オブジェクト単位の検索にも適用可能であることを示していく。

技術的な課題としては、

- オブジェクト判定の精度と評価法。
- オブジェクトの収束判定閾値設定法。

についての検討。

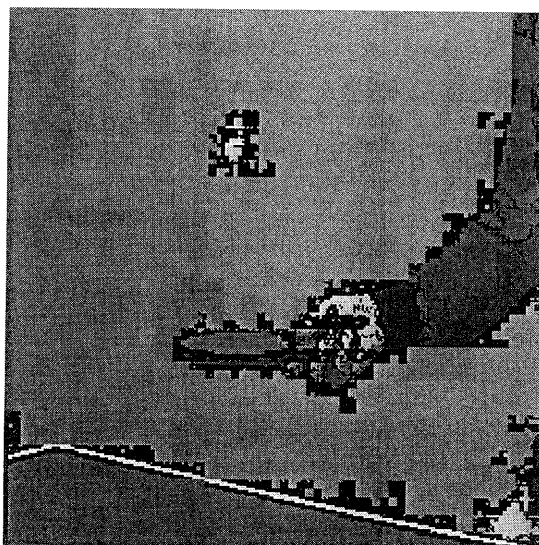


図 15: 階層的ブロック分割の結果 (tabl)

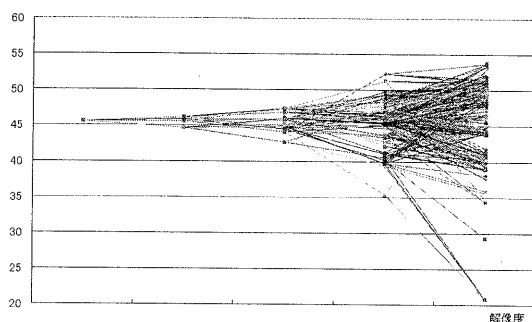


図 16: オブジェクト紋の例 (tabl の背景)

参考文献

- (5) 高橋克直, 寺島信義, 富永英義: “画紋情報による動画像検索方式の検討”, 信学技報, IE 98-83(1998)
- (6) 高橋克直, 杉浦麻貴, 横井摩優, 寺島信義, 富永英義: “画紋を用いたビデオアーカイブ装置に関する検討”, 信学総大, D-12-74(2000)
- (7) 小舘亮之, 竹内一樹, 浦野義頼, 富永英義: “デジタル署名と電子透かしを応用した動画像特徴の埋め込みによる編集検知システムの提案”, 画像電子学会誌, Vol.28, No.5, pp.585-595(1999)
- (8) 竹内一樹, 小舘亮之, 浦野義頼, 富永英義: “画紋の概念を拡張・応用した再編集検知のための電子透かし法”, 2000 年暗号と情報セキュリティシンポジウム, SCIS2000-D47(2000)
- (1) 宮森恒: “構造特徴に基づく映像情報の生成および編集方式の研究”, 早稲田大学理工学研究科学位論文 (1997)
- (2) 電子技術総合研究所ヒューマンメディアプロジェクト URL(<http://www.etl.go.jp/etl/taiwa/>)
- (3) 山中喜義, 中村高雄, 小川宏, 高嶋洋一, 曾根原登: “著作権保護技術の動向 -コンテンツリサイクルマート創出の基盤技術-”, 情報処理, Vol.41, No.4, pp.382-387(2000)
- (4) 高橋克直, 杉浦麻貴, 富永英義: “特徴的な動画像から抽出される画紋の DCT 特徴を用いた動画像アーカイブのための高効率な階層的動画像検索法”, 画像電子学会誌, Vol.29, No.5, pp.578-584(2000)