

マルチメディアデータベースの効率的な類似検索方法の研究

京都アート・データベースのための高度情報検索方法の研究

川越恭二

Abstract: デジタル化された絵画, 写真, 映画などの京都文化情報を効率よく検索できる機構が必要である. 特に, 今後ますますデジタル化され大量のマルチメディアデータベースが構築された環境では, 効率的な検索システムへのニーズは高くなると考える. そこで, 本研究プロジェクトでは, これまで進めてきた時系列データの類似検索手法をさらにマルチメディアデータへ適用する新たな手法を開発するとともに, 大量のマルチメディアデータを効率よく検索する手法およびその応用に関する研究を行う. 本報告では, マルチメディアデータの類似検索における考え方を述べるとともに, 提案方法を用いた映像データ, 音楽データ, 行動データ, さらに Web サイトを対象とする類似検索手法およびその評価結果について記述する. 評価の結果, 類似検索の品質を低下させることなく類似検索処理時間の大幅な短縮を行うことが明らかとなった.

1 はじめに

映像, 音楽, 行動, Web サイトなどのマルチメディアデータベースへの検索処理は, データの持つ特性から非常に時間のかかる処理であり, また, 検索処理精度も低下するという問題が存在する. 特に, 類似したデータを取り出す類似検索処理は完璧な結果を得るには一つ一つ類似性を調べる必要がある. 検索品質の低下を抑えしかも処理時間的な効率を改善する新たな方法が強く求められている. さらに, マルチメディアデータには先のように様々なメディアが存在し各々独立に検索方法を開発することはリソースの増加と招くほか, 検索結果の有効性が不明確となってしまふ.

そこで, 本研究では, マルチメディアデータの類似検索処理を統一的に扱うことが可能な方法を提案する. 提案する方法は, 類似検索だけでなく, 今後は情報分析に不可欠なデータマイニングの基本方法としても適用可能であると考え. 以降に, まず, マルチメディア類似検索方法の基本的考え方を述べたのち, 映像, 音楽, 行動, マルチメディア Web サイトへの類似検

索処理方法と評価結果について記述する.

2 マルチメディアデータ類似検索

マルチメディアデータの類似検索を行う際, マルチメディアデータ間の距離あるいは類似度の定義と個々のマルチメディアデータ検索処理の効率化を図ることが重要である. しかし, 類似性判定は人間の主観的判断に通常は依存するため, 以降では, マルチメディアデータの情報を k 次元ユークリッド空間で記述し, 類似性をユークリッド距離によって定義する.

しかし, このユークリッド距離を用いて個々のデータ間の距離を調べ最も距離の近いデータを求める操作は非常に処理時間のかかる方法である. そこで, オリジナルな空間とは異なるより低次元の特徴空間に変換し, その特徴空間での類似性を求めて効率化を図る方法が提案されている. 例えば, 画像では, カラーヒストグラムに変換し, ヒストグラムの類似性を用いて画像の類似性を判定する方法である. しかし, オリジナルな空間と特徴空間とが距離の順序関係を正し

く保持していることはまれである。Faloutsosは、類似検索の精度を維持するために必要な不等式を提案した[1]。これを no false dismissals の保証と呼ぶ。 $D_{feature}(F(O_1), F(O_2)) \leq D(O_1, O_2)$ ここで、 D および $D_{feature}$ は各々オリジナル空間、特徴空間での距離関数である。また、 F は特徴空間への変換関数、 O_1, O_2 は比較するマルチメディアデータでありどんな2つのペアでも上記の不等式が成立しないとイケない。この不等式が成り立てば、特徴空間で類似していない対象物は、オリジナル空間でも類似していないということを保証でき、特徴空間での検索処理結果の妥当性を保証する。しかし、特徴空間で類似していても、オリジナル空間で類似しているということは保証されない。図1参照。

特徴空間への変換関数の例としては、カラーヒストグラム、離散フーリエ変換、Harr 基底での Wavelet 変換がある。

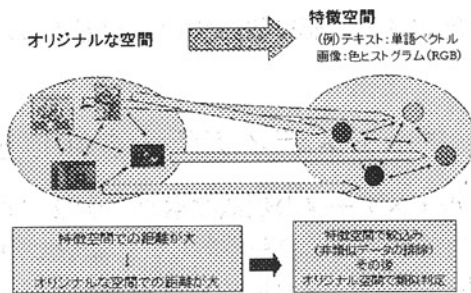


図 1: マルチメディア類似検索の考え方

DFT(離散フーリエ変換) の変換式を下記に示す。

$$X_f = 1/\sqrt{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i \exp(-j2\pi f_i/n)$$

$$f = 0, 1, \dots, n-1$$

マルチメディアデータはデータ量およびデータ件数とも大量であるため、上記のようなカラーヒストグラム、DFT 等の単一の特徴空間では十分ではない。そこで、本研究では、多段階に特徴空間に変換しフィルタリングを行う多段階フィルタリングを提案し実現を行った(図2)。

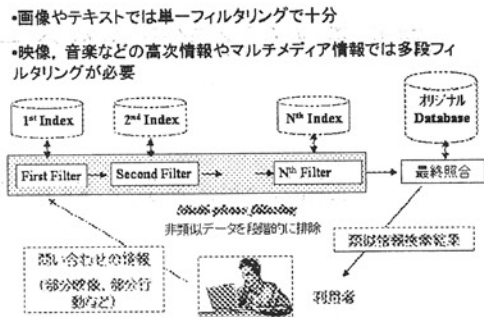


図 2: 多段階フィルタリング

以降に、映像データ、音楽データ、行動データ、Web サイトデータを対象として本方法の実現と評価結果について説明を行う。

3 映像データの類似検索

映像データを対象とし、映像自体を問合せとして与え、その映像を部分的に含むような類似した映像を検索する方法を開発した。

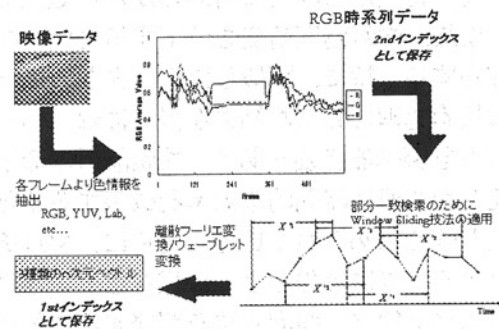


図 3: 映像データの類似検索

映像データは他の種類のデータと比較してデータ容量が大きいため、インデックスのデータ量を抑えることと、大量の映像データの中から、利用者の望む映像を効率よく探し出すために、全く関係のない映像データを効率よく排除する必要がでてくる。

この問題を解決するために、まず映像データの各フレームからRGBのヒストグラムを求め、各々時系列データに変換する。さらに、これらRGBの3種類の時系列データをDFTの変換を行う。類似検索処理は、まずDFTを用いて第一フィルタリングを行い、類似していない映像を排除する。さらに、RGBの3種類の時系列データでフィルタリングを行い、最後にオリジナルな映像間での比較を行い類似している映像順に出力する。(図3参照)

評価結果を図4に示す。図に示すように段階的に類似検索フィルタリングを行うことで、効率的かつ高品質な結果を得ることができる。

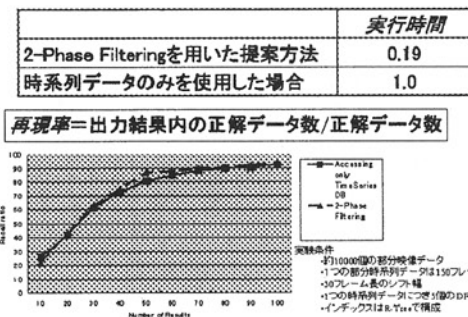


図4: 映像データの類似検索方法の評価結果

4 音楽データの類似検索

音楽データの類似検索には、楽曲の印象を用いた類似検索方法があるが、MIDIデータを用いたメロディによる類似検索方法を対象とする。類似検索を行うために、下記の2種類のインデックスを用いる。まず、楽曲の音の高低、強弱のデータを抽出し時系列データのインデックスと、この時系列データのDFTへの変換によって求めたインデックスである(図5)。したがって、類似検索処理は、まずまずDFTを用いて第一フィルタリングを行い、類似していない映像を排除する。さらに、2種類の時系列データでフィルタリングを行い、最後にオリジナル

な楽曲間での比較を行い類似している楽曲順に出力する。

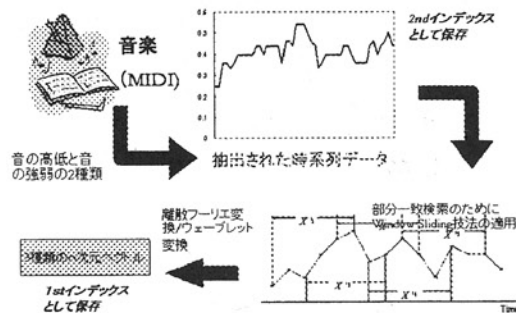


図5: 音楽データの類似検索手法

評価結果を図6に示す。図に示すように段階的に類似検索フィルタリングを行うことで、効率的かつ高品質な結果を得ることができる。

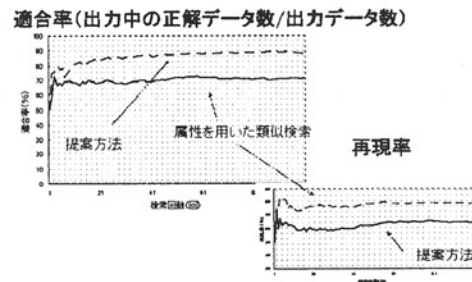


図6: 音楽データの類似検索手法の評価結果

5 行動データの類似検索

人間や対象物の動きのデータベースから、特定の動きを入力しその動きと類似した動きを検索する行動の類似検索処理を開発した。

動きの応用としては、スポーツでの選手とボールの動き、および建物内での人間の行動の2種類を取り上げた。具体的には前者はテニス、後者はコンビニでの顧客の動線である。行

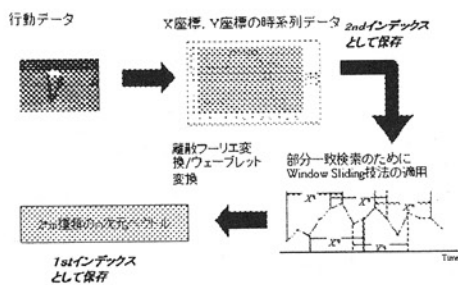


図 7: 行動データの類似検索手法

動データベースを構築するには動きを記述する必要がある。これらの応用共通に平面上での時刻ごとの対象の存在する位置の座標値をデータとする。したがって、対象ごとに X_i, Y_i の 2 種類の時系列データが格納される。

類似検索を行うために、複数の時系列データの DFT 変換したインデックスを用いる。音楽や映像と異なる点は、状況を示す属性を合わせて検索条件とすることが多いという点である。例えば、テニスではゲームカウント、後者では顧客の性別や年齢層などの特徴を用いて検索を行う。したがって、類似検索処理は、DFT を用いてフィルタリングを行ったのち、上記の属性による条件検索を行う (図 7)。

テニスへ応用したときの評価結果を図 8 に示す。図に示すように本方法によって品質が低下することなく効率的な検索を行うことが明らかとなった。なお、コンビニでの行動データベースへの適用も同様の有効性を示した。

6 マルチメディア Web サイトの類似検索

一般に、テキストや画像、音楽、映像等のメディア情報の特徴量空間は、多次元であると考えられる。このため、これらの複合体である Web サイトではインデックスの次元数が膨大なものとなり、比較計算量が増加し、検索処理やフィル

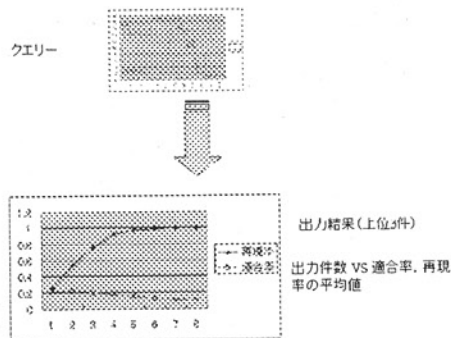


図 8: 行動データの類似検索方法の評価結果

タリングに時間がかかるという問題が発生する。

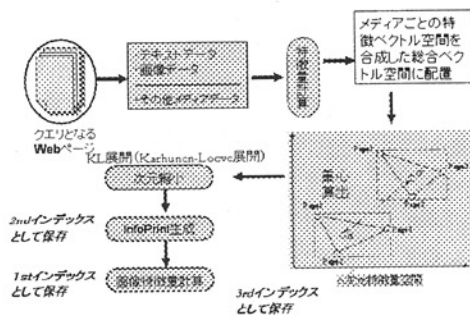


図 9: Web サイトの類似検索方法

そこで、Web ページ集合のインデックスである多次元特徴ベクトルを、1 枚の情報紋と呼ぶ 2 次元画像データ (以下、InfoPrint と記す) に変換し、その画像データ InfoPrint の特徴をインデックスとして用いる方法を提案した。

InfoPrint に変換する理由は、量的に均質な情報に圧縮でき、多次元の情報を圧縮させることが可能で、画像の類似検索手法の適用が可能となり、最後に人間にもジグザグであるという点である。また、情報紋としてマンデルブローフラクタルを用いる。マンデルブローフラクタルが持つ特徴より、多次元の情報からの変換が可能であるということや、後の類似画像の検索

であるフィルター処理を考慮した際、マンデルブローフラクタルが特徴的な図形であり、画像の比較に適していると考えるからである。この情報紋 InfoPrint の特徴をインデックスとして格納し、Web ページ集合検索処理におけるフィルタリングとして利用する。

情報紋を用いた Web サイトの類似検索処理を図 9 に示す。

情報紋の類似性と情報紋を作成するための変数との関係および情報紋と用いたときの検索結果例を図 10 に示す。

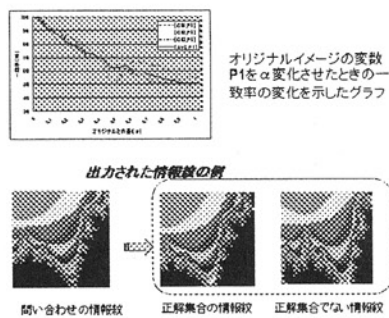


図 10: 情報紋

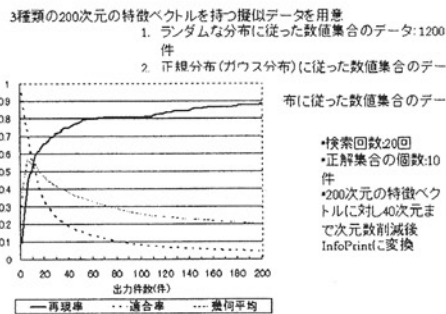


図 11: 類似検索手法の評価結果

評価結果を図 11 に示す。図に示すように情報紋を用いることで、効率的かつ高品質な結果を得ることができる。

7 おわりに

本研究では、マルチメディアデータを対象とする効率のよい多段フィルタリングを用いた類似検索方法とその評価結果について記述した。

今後は、更なるメディアへの適用を行うとともに、品質向上、処理効率の改善を行う予定である。さらに、類似検索処理方法を発展させ、分析に不可欠なデータマイニング方法の効率化、高品質化を目指した方法を開発する予定である。特に、新たなメディアとして、歴史や行動における出来事(イベント)を対象とした類似検索処理方法およびデータマイニング方法を開発する予定である。

参考文献

- [1] Christos Faloutsos: Searching Multimedia Databases By Content, Kluwer Academic Publishers (1996)
- [2] H. Hase and K. Kawagoe: New Efficient Video Similarity Searching Method with 2-Phase Filtering, Proc. of 2003 IEEE PACRIM' 03, pp.245-248 (Aug. 2003)
- [3] K. Kawagoe and T. Ueda: A Similarity Search Method of Time Series Data With Combination of Fourier and Wavelet Transforms Proc. of IEEE 9th TIME-2002, pp.86-92, July, 2002
- [4] 並河, 川越: 情報紋 Infoprint を用いたマルチメディア情報の類似検索手法 情報処理学会データベース研究会報告, Vol.2003, Jan., 2004
- [5] 福村, 川越: 特徴空間とメロディ空間を用いた楽曲の類似検索方法, 情報処理学会データベース研究会報告, Vol.2003, No.5, 129-3, pp.17-24, Jan., 2003