

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24年 5月 1 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700089

研究課題名（和文） 著作権保護のための差分量子化によるビデオの違法コピーの高速検出に関する研究

研究課題名（英文） Research on Fast Video Copy Detection for Copyright Protection Using Adjacent Pixel Intensity Difference Quantization

研究代表者

李 菲菲（LEE FEIFEI）

東北大学・未来科学技術共同研究センター・助教

研究者番号：70451549

研究成果の概要（和文）：

インターネットにおいて、映像などのデジタルコンテンツの不正利用を抑制するために、近年、大量のビデオデータベースの中からビデオの違法コピーを高速かつ正確に探し出す技術が強く求められている。従来の手法では、正規化された画像の輝度情報を特徴として利用しているため、画面上照明変化と動きに対応しきれない。本研究では、差分量子化によるヒストグラム特徴を用いて、時系列アクティブ探索法と組み合わせて、ビデオの違法コピーを高速かつ高精度に検出する手法を提案し、従来手法により頑健かつ高速な検出が実現できた。

研究成果の概要（英文）：

In order to prevent unauthorized use of digital contents such as video on the Internet, fast and accurate techniques which can detect illegal video copies from large video databases are strongly required in recent years. In conventional algorithm, normalized intensity features of the frame image are used, so the results may be sensitive to small change of luminance and motion in the frame. In this research, we present a fast and robust search algorithm for copy detection using a new feature based on the Adjacent Pixel Intensity Difference Quantization (APIDQ) algorithm. Because such a feature is compatible with active search algorithm, fast search speed can also be achieved by combining APIDQ and active search. Experimental results show the proposed algorithm can detect the similar copy video clip more accurately and robust than conventional fast video search algorithm.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ビデオの違法コピー、差分量子化、高速検出、データベース、ヒストグラム特徴

## 1. 研究開始当初の背景

近年、光ファイバ接続サービスが続々と始まるなど、ブロードバンド化が進み、広帯域ネットワーク基盤が整備されている。これによるネットワーク接続速度の向上および大容量ストレージ装置の価格下落に伴い、インターネット上で公開されるデジタルコンテンツの数が急速に膨らんでいる。伝統的なテレビなどの視聴手段からオンライン動画視聴に変化しつつがある。例えば、Web 調査会社 ComScore が 2009 年 9 月 28 日時点の報告によると、YouTube を含む Google の動画サイトだけで、8 月に米国で視聴回数 100 億回を達成した。今後インターネットにおけるビジュアルコミュニケーションで最も重要になるのがデジタルコンテンツの権利保護関連技術の整備である。現状の違法コピーからの保護を目的とした録画・再生機器に組み込まれているコピー禁止技術だけでは、コンテンツの違法利用を完全に禁止することは難しい。また、複雑で制限の大きいコンテンツ利用のプロセスは、ユーザーから敬遠される問題もある。映像などのデジタルコンテンツの不正利用を抑止するために、近年、大量のビデオデータベースの中からビデオの違法コピーを高速かつ正確に探し出す技術が強く求められている。

近年の事例では、動画投稿サイトの YouTube は 2007 年 6 月、権利者の許諾を得ない映像の掲載に対し日本の著作権関連団体が強く抗議していることについては、グーグルとともに権利を自動認識できる技術を開発しているとして、理解を求めている。また、高速ビデオ探索技術は放送におけるコマーシャル (CM) の検出や統計情報の作成など、幅広い応用が考えられる。よって、映像信号の高速探索手法は今後動画処理の基本技術としてますます重要になると考えられる。

ビデオの違法コピー検出とは参照ビデオ信号 (著作権がある映像信号) を用いて、動画投稿サイトなどにあるデータベースの被測定入力ビデオ信号と照合することにより、入力ビデオ信号の中に、参照ビデオ信号が含まれているかどうか、どこにあるかをチェックすることである。時系列ビデオ信号の一致探索自体は、画像のずらし照合などの従来技術で解決できる問題である。しかし、長時間の入力信号や、多数の参照信号を対象とする場合には、計算量が膨大となるため実用的な処理時間で漏れなく検出あるいは探索することは難しい。高速化のために、照合の仕方や時間方向のずらし方を粗くすることも考えられるが、その場合は探索もれの発生など探索精度の低下が避けられないという問題があった。NTT の研究グループはアクティブ探索法を利用して、ビデオの高速探索法を提案している。しかし、正規化された画像の輝度

情報を特徴として利用しているので、画面上照明変化と動きに対応しきれないと考えられる。

我々はここまで「差分量子化を用いた画像認識」という新しい画像処理手法を提案してきた。これは、差分量子化により、画像情報から差分ベクトルの頻度分布という低次元の特徴量を抽出して用いる画像認識手法である。この原理に基づいた簡便かつ高い認識率を有する顔認識手法について研究を行ってきた。実環境下での認識実験において、顔領域分割処理と複数フィルタの組み合わせにより、25 日までの時間経過に対して 100% の認識率を実現した。一枚の顔画像に対する全認識処理時間は、一般的なパーソナルコンピュータを用いた場合で 31 ms であり、ビデオレートの認識速度を実現した。

また、これらの研究成果を「差分量子化によるビデオの自動インデキシングに関する研究」(科研費若手 B - 研究課題番号: 20700074) に応用し、ビデオシーン切り替え検出し、人物が含まれるフレームに対して、高速かつ高精度で顔追跡をし、自動ビデオインデキシング技術を実現している。

これらの研究成果は、上述ビデオの違法コピーの高速検出技術実現に向けてその基礎となる重要な成果である。

## 2. 研究の目的

本研究では、①これまでの処理手法とまったく異なる、我々が提案した新しい概念の差分量子化技術、②我々が提案した顔画像を 31 ms のビデオレートで認識できる高速認識手法、③我々が提案した差分量子化による自動ビデオインデキシング技術に基づき、差分量子化によるヒストグラム特徴を用いて、時系列アクティブ探索法と組み合わせ、著作権保護を目的としたビデオの違法コピーを高精度かつ高速に検出する技術を実現する。

本研究では、差分量子化により、参照ビデオ信号 (著作権がある映像信号-短い信号) と動画投稿サイトなどにあるデータベースの被測定入力ビデオ信号 (長時間信号) からそれぞれ特徴ベクトル (差分量子化 (DQ) によりヒストグラム特徴) を抽出し、参照信号と入力信号の両方に対して同じ長さの時間窓をかけて、窓内の特徴ベクトルをベクトル量子化 (VQ) して、各量子化符号の出現回数を数えて、ヒストグラムを作る。そして、ヒストグラム同士の類似度が、あらかじめ設定した閾値を超えるかどうかで、参照信号のあり/なしを判断する。類似度の値と閾値から、探索を時間方向にスキップできる時間幅を求めることができるので、その分だけ入力信号に対する窓をずらして探索を進める。参照信号がある場合、ビデオの違法コピーを検出したことと判断できる。

### 3. 研究の方法

#### (1) ビデオの違法コピーの高速検出アルゴリズムの確立

図1はビデオの違法コピー検出システムの概要図である。まず、差分量子化(DQ)により、参照ビデオ信号(著作権がある映像信号-短い信号)と動画投稿サイトなどにあるデータベースの被測定入力ビデオ信号(長時間信号)からそれぞれ特徴ベクトル(差分量子化(DQ)によりヒストグラム特徴)を抽出する。つぎに、参照信号と入力信号の両方に対して同じ長さの時間窓をかけて、窓内の特徴ベクトルを量子化して、各量子化符号の出現回数を数えてヒストグラムを作る。

そして、ヒストグラム同士の類似度が、あらかじめ設定した閾値を超えるかどうかで、参照信号のあり/なしを判断する。類似度の値と閾値から、探索を時間方向にスキップできる時間幅を求めることができるので、その分だけ入力信号に対する窓をずらして高速探索を進める。

時系列アクティブ探索法はヒストグラムに基づいた信号探索法である。この探索法は、照合時点周辺の類似性に基づいて、探索の必要がない区間の照合を省略することにより、高速な検索を実現している。従来高速手法で使われている画像の特徴は輝度情報だけなので、それを画面上照明変化と動きなどに頑健なDQヒストグラムで入れ替えることにより、手法の向上を図る。

#### (2) ビデオのフォーマットへ対応の検討

ビデオのフォーマットがいろいろあるが、現在もっとも標準的な動画圧縮フォーマットはMPEGである。圧縮アルゴリズムの基本原理は、MPEG-1、MPEG-2、MPEG4がH.263などと基本的には同様で、DCT変換やフレーム間予測、量子化、エントロピー符号化を採用している。

MPEGデータフォーマットのDC画像に差分量子化を適用することで、完全なMPEGデコードを実行することなく圧縮データから直接特徴ベクトルの生成が可能である。

また、ITU-TのH.264規格はISOとITU-Tのジョイント規格で、MPEG-4 PISO/IECでは、ISO/IEC 14496-10「MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding(通称:MPEG-4 AVC)」としても規定されており、どちらも技術的には同一のものであり、DC画像の抽出もできるので、ほとんどのビデオフォーマットを対応できると考えられる。

### 4. 研究成果

本研究の研究成果は以下になる。

ビデオの違法コピーの高速検出アルゴリズムを開発した。差分量子化(DQ)により、参照ビデオ信号(著作権がある映像信号-短い

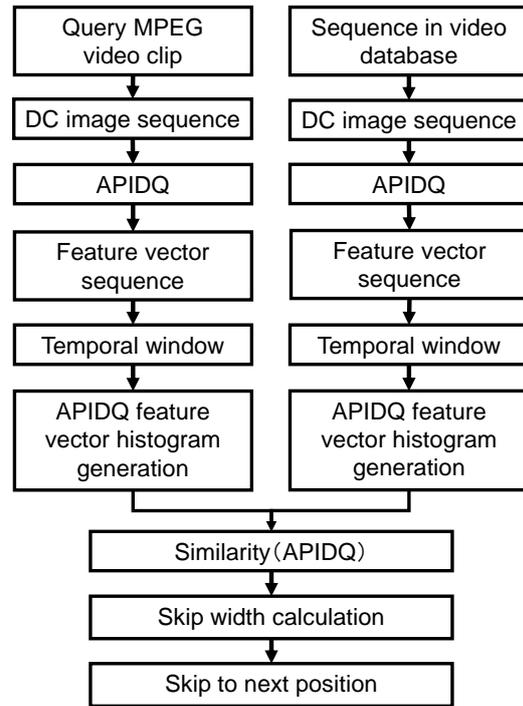


図1. ビデオの違法コピー検出システム

信号)と動画投稿サイトなどにあるデータベースの被測定入力ビデオ信号(長時間信号)からそれぞれ特徴ベクトルを抽出する。つぎに、参照信号と入力信号の両方に対して同じ長さの時間窓をかけ、特徴ベクトルを量子化し、各量子化符号の出現回数を数えてヒストグラムを作る。そして、ヒストグラム同士の類似度が、あらかじめ設定した閾値を超えるかどうかで、参照信号のあり/なしを判断する。類似度の値と閾値から、探索を時間方向にスキップし高速探索を進める。画面上照明変化と動きなどに頑健なDQヒストグラムを画像の特徴とし、時系列アクティブ探索法と組み合わせて頑健かつ高速な検索の実現ができた。

また、差分量子化による特徴と領域の輝度順序情報を組み合わせた手法を提案した。フレームの画面領域を分割し、各々の領域平均値を計算し、その値の順序を生成することによってフレーム内領域の輝度変化順序情報を表す特徴量が抽出できる。組合せ手法はオリジナルのDQ手法により安定的な検出を実現した。汎用のPCを用いて、6時間分のMPEGビデオデータから15秒の参照信号200本を探索する結果、従来的高速探索手法によりロバスト性の高い1.5%のERRを実現した。

また、フレームレートなどビデオの編集による影響を対応できる手法を検討した。フレームレートの変化によって、1秒間のフレーム数が異なってくる。その対応方法として、まず、ヒストグラム上での正規化によるヒストグラム同士の時間窓内の特徴ベクトル数の同じにすることで、フレームレートの変化

の影響を低減させる。また、間引きによるフレームレート合わせ手法を検討し、フレームレートが 29.97fps から 15fps に変わっても安定的な検出を実現した。

さらに、前年度には差分量子化による特徴と領域の輝度順序情報を組み合わせた手法を提案し、良い結果を得たが、まだ誤受け入れなどがある。違う画面なのに同じシーンに認識してしまうケースを見れば、15秒フレームの中に、似ている部分が多い。ヒストグラム特徴を用いた手法は時間窓内のフレーム全体の特徴を見ているので、似ている部分と似ていない部分が混同していて、一緒に計算しているため、検出しにくい。そこで、時系列の分割を加えた組み合わせ手法を提案した。いくつかの部分分割することによって、似ている部分と似ていない部分を分けられる可能性が出てくると考えられる。時系列の分割による手法はより安定的な検出を実現した。汎用の PC を用いて、6 時間分の MPEG ビデオデータから 30 秒の参照信号 200 本を探索する結果、従来の高速探索手法によりロバスト性の高い 1% の ERR を実現した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

- (1) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, and Tadahiro Ohmi, "An Improved Face Recognition Algorithm Using Adjacent Pixel Intensity Difference Quantization", *International Journal of Advancements in Computing Technology (IJACT)*, Vol. 3, No.10, pp. 155-162, 2011. (査読有)
- (2) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, Tadahiro Ohmi, "A Fast Search Algorithm for MPEG Video Using Multiple Histogram Descriptors", *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, Vol. 5, No.9, pp. 164-171, 2011. (査読有)

[学会発表] (計 8 件)

- (1) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, and Tadahiro Ohmi, "A Robust Face Recognition Algorithm Using Markov Stationary Features and Adjacent Pixel Intensity Difference Quantization Histogram", *The 7th International Conference on Signal Image Technology & Internet Based Systems (SITIS 2011)*, pp. 334-339, Dijon, France, 29, November, 2011. (査読有)

- (2) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, and Tadahiro Ohmi, "An Improved Fast Video Clip Search for Copy Detection Using Histogram-based Features", *2011 International Conference on Computer Vision, Image and Signal Processing (ICCVISP 2011)*, pp. 219-223, Paris, France, 14, November, 2011. (査読有)
- (3) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, Tadahiro Ohmi, "Face Recognition Algorithm Based on Adjacent Pixel Intensity Difference Quantization in Rectangular Coordinate Plane," *Proceeding of 2011 International Conference on Signal Acquisition and Processing (ICSAP 2011)*, Vol.2, pp. 127-130, Singapore, 28, February, 2011. (査読有)
- (4) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, Tadahiro Ohmi, "Fast Search Method for Large Video Database Using Histogram Features and Temporal Division," *Proceeding of the International Conference on Signal Processing (ICSP 2010)*, pp. 443-446, Amsterdam, Netherlands, 29, September, 2010. (査読有)
- (5) Feifei Lee, Koji Kotani, Qiu Chen, and Tadahiro Ohmi, "Fast Search for MPEG Video Clips from Large Video Database Using Combined Histogram Features", *Proceeding of the 2010 International Conference of Signal and Image Engineering (ICSIE 2010)*, pp. 637-640, London, U.K., 2, July, 2010. (査読有)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

李 菲菲 (LEE FEIFEI)

東北大学・未来科学技術共同研究センター・助教

研究者番号：70451549

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：