

Web ブラウザを用いたネットワーク型映像編集 システムの提案と実装

早稲田大学大学院国際情報通信研究科	高 木 真 一
早稲田大学国際情報通信研究センター 正会員	小 舘 亮 之
早稲田大学大学院理工学研究科	池 上 大 介
〃	浜 崇 之
早稲田大学大学院国際情報通信研究科	石 川 孝 明
〃	石 川 裕 也
NTT コミュニケーションズ株式会社	近 藤 雅 恵
早稲田大学大学院国際情報通信研究科	松 岡 正 悟
早稲田大学国際情報通信研究センター 正会員	富 永 英 義

〈あらまし〉 本稿では、いつでもどこでもブロードバンドインターネットアクセスが利用できる環境下を想定し映像編集サーバを設置し、クライアント PC から一般 Web ブラウザのみを利用していつでもどこでも映像編集が行えるネットワーク型映像編集システムの提案を行う。ブロードバンドネットワークの普及によって映像流通構造が大きく変化したことによる、映像コンテンツ制作(編集)に対する要求を整理し、実際にネットワーク型映像編集システムの実装を行った。作業時間を計測する評価実験によって、従来の労働集約的作業であった VTR による素材映像の内容把握に要する作業時間を、本提案システムを利用することで大きく削減できることが確認でき、本システムの有効性を示すことができた。

キーワード：映像編集支援、カメラワーク情報、手ぶれ検出、MPEG-7、ブロードバンドネットワーク

〈Summary〉 In this paper, we propose video editing system which is based on Server-Client system over broadband network. This system is composed of video editing server and client PC. One of the most important things is that the client PC needs only general Web browser. This system can reduce the cost for generation and editing the video contents. After we discuss the change of circulation of video contents over the telecommunication network, we design and implement our proposed system. Through the experiment on editing time, the effectiveness of proposed system can be confirmed.

Key words: Video editing support, Camera motion information, Detect shake scene, MPEG-7, Broadband network

"A Proposal and Implementation of Video Editing System using Web Browser over Broadband Network" by Shin'ichi TAKAGI (Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, WASEDA University), Akihisa KODATE (Member) (Global Information and Telecommunication Institute, WASEDA University), Daisuke IKEGAMI, Takayuki HAMA (Graduate School of Science and Engineering, WASEDA University), Takaaki ISHIKAWA, Yuuya ISHIKAWA (Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, WASEDA University) Masae KONDOU (NTT Communications), Shougo MATSUOKA (Graduate School of Global Information and Telecommunication Studies, WASEDA University) and Hideyoshi TOMINAGA (Member) (Global Information and Telecommunication Institute, WASEDA University).

1. はじめに

テレビ電話・会議、カメラ付携帯電話、IPカメラなどの普及とともに、場所や時間に拘束されことなく映像を利用して誰とでも・何とでもコミュニケーションを行う要求は増大する傾向にあり、無線LANや第3・4世代携帯電話などの無線通信網の広帯域化やIPv6・Mobile IPに関する研究開発が盛んに行われており、それらを実装した装置の普及も一部開始されている。また、デジタルビデオカメラによって一般個人でも比較的高品質な映像の撮影を簡単に行うことが可能となり、ブロードバンドインターネットアクセス料金の低価格化による普及と高効率動画画像圧縮技術や映像配信技術の進展等により、インターネット上で映像配信することが比較的簡単に行える環境が整いつつある。

しかし、撮影した素材映像を編集して映像コンテンツを制作し、配信することまでを実行している一般個人はほとんど存在しないといえ、その数は民生用デジタルビデオカメラやブロードバンドインターネットアクセス回線の普及数と比較して著しく少ない。これには様々な要因が複合的に絡んでいるといえるが、映像編集作業が労力と時間と技量を必要とする作業であることがその原因の一つと考えられる。そのため、一般個人でも場所を選ばずに簡易な方法で映像編集することのできるツールが望まれている。また、ブロードバンドインターネットによる映像流通構造の大きな変化によって既存テレビ放送局や番組制作会社においても、インターネット配信用映像コンテンツ制作の作業需要が高まっているが、その制作(編集)コストが大きな負担となっている。

このように通信網や端末装置などのインフラ整備が進行しているが、そのインフラで扱うコンテンツの生成・利用技術に関しては、映像編集支援システムなど数多くの研究がなされているものの、ネットワーク環境の変化を考慮に入れ、制作コストの削減に主眼をおき、成果を実装し普及している例は少ないといえる。例えば長井氏¹⁾らは、編集作業中はEDLファイルの転送を主体とし、高速ネットワークを利用し遠隔地間でコラボレーションするシステムの提案を行っているが、事前にすべてのサーバに素材映像を入力する必要がある。またコラボレーションできるものの編集作業自体の作業フローは既存システムのままであり、制作(編集)作業コストの削減という観点に関しては議論されていない。

そこで本稿では、映像編集サーバを用いて、端末側には一般的なPCにインストールされているWebブラウザのみを利用する、ネットワーク型映像編集システムを提案する。本提案システムでは、ダイジェスト映像制作

のための編集を念頭におき、カメラ操作情報を利用した素材映像の解析とその内容情報の提示を行うことで編集者が素材映像の内容把握を容易に行えるようにし、編集者はマウスによるクリック操作のみでダイジェスト映像を作成できることが特徴である。本システムを利用することで、映像コンテンツ編集のための作業時間を削減させることが可能となると同時に、特別な知識を必要としない人でも作業を行うことができる。また、ネットワーク型であるため、ブロードバンドインターネットアクセス環境とWebブラウザがあれば、場所や端末に拘束されことなくどこでも映像編集作業を行うことができる。本稿では、映像の流通構造の変化によって低コストで効率的な映像コンテンツ制作ツールの必要性を論じ、ユビキタス環境における映像コンテンツ制作ツールの基本仕様を提案するとともに、システム実装を行い基本性能の確認実験を実施し、その有効性を確認する。

以下2章では、映像コンテンツの流通構造の変化による映像コンテンツ制作への影響を示し、3章では本提案システムの基本設計方針を述べる。4章では、本提案システムの概要を解説し、5章では本システムに実装したカメラワーク情報による映像内容解析手法について、6章ではWebブラウザのみを用いた編集操作画面について述べる。7章では、本システムの有効性を検証するための評価実験を実施した。8章でまとめと今後の課題を述べる。

2. 映像コンテンツの流通構造の変化

ブロードバンドインターネットの普及以前は、ネットワーク上を流通する映像コンテンツは、テレビ放送によるものがその多くを占めていた。テレビ放送用の映像コンテンツ(番組)は、テレビ放送局自身や番組制作会社などで制作され、放送電波網によって配信されるのが基本的な流通構造である。映像コンテンツの制作は、一般的に高度規格の専用機材を利用し、その内容クオリティを高く保つため多くの労力と時間をかけて制作されている。そのため制作コストが平均的に非常に高い構造となっている。また電波資源を利用していることから配信網が限定されるので、必然的に制作・配信する映像コンテンツの数や種類も限定され、視聴ユーザ数の多く見込める内容であることが多い。全国規模の放送である場合、実際にその視聴ユーザ数が数十万から数百万にも達する場合もある。このように配信網が限定された状態で配信されることにより、制作すべき映像コンテンツの数や種類もある程度限定され、また一つの映像コンテンツへのアクセス数が非常に多いことが前提であることから、その制作コストが高くて大きな問題とはならなかった。

しかし、誰でも自由に情報発信をすることのできるインターネットが映像配信網として利用できるほどブロードバンド化することによって、映像コンテンツのユーザへの配信網が放送電波に限定されなくなった。つまり、ユーザへの配信網が大幅に増加し、周波数などの資源による物理的制限がなくなることで、制作・配信する映像コンテンツの数や種類も大幅に増加し、ユーザの細かい要求に応えるため、内容もより専門的で個別化した映像コンテンツが増加することになる。また、民生用デジタルビデオカメラや汎用 PC 上で動作するノンリニア編集ソフト、ブロードバンドインターネット回線が容易に利用可能となることによって、これまで関与することのなかった一般個人でも映像コンテンツの制作・配信に参加可能な環境が整いつつある²⁾。これらの映像コンテンツは、専門的または個人的な内容などであると予想されることから、既存テレビ放送による映像コンテンツに対し、比較的限定されたユーザにしかアクセスされることはないと考えられる。

このように、テレビ放送用映像コンテンツのように、一部の専門知識や技量を持った者が高いコストや時間をかけて制作したのに対して、限られた配信網によって配信され非常に多数のユーザによって視聴(アクセス)される従来の流通構造から、一般個人を含めた誰もが映像コンテンツ制作・配信をできるようになることで、その映像コンテンツの内容が専門化・個別化し、また比較的限定されたユーザによってしかアクセスされない構造へと大きく変化しつつあるといえる。

しかし、先に述べたようにブロードバンドネットワークで流通する映像コンテンツの制作に、従来の制作作業フローを適用していたのでは、時間や労力を多くかけてもアクセスするユーザ数もそれほど多く見込めないことから、コストを考慮すると制作を実行することが困難となる。また、一般個人がその制作作業フローを実行することも困難である。実際に BS 放送や CS 放送、CATV などによって、映像配信網の増加が図られたが、基本的に従来の映像制作作業フローを適用しているため、そのコストが大きな負担となっている。一般個人に関しても、デジタルビデオカメラの普及によって手軽に映像を撮影できるようになったが、映像編集作業には時間と労力と知識が必要であるため、その映像を編集して映像コンテンツとして完成させる作業を実行している人はデジタルカメラの普及台数と比較すると少ない。

このようなことからブロードバンドネットワーク環境下においては低コストで作業労力の少なく済む効率的な映像コンテンツ制作のためのツールの重要性が高まっているといえる。そのようなツールによって特に一般個人

も映像コンテンツの制作を簡易操作で行えるようになれば、一般個人間でも映像を利用したコミュニケーションが容易に実現できると考えられる。

3. 映像編集ツールの基本設計方針

上記の背景より、本稿では映像編集システムの基本設計方針を次のように設定した。

- ① 映像制作(編集)における人間の労働集約的作業をできるだけシステムによって支援すること【編集支援機能】
- ② 時間や場所に拘束されることなく映像編集(制作)作業が実施できること【ユビキタス環境下の編集機能】
- ③ 遠隔に存在する複数人が協調的に映像編集(制作)作業に参加・実施できること【協調的作業可能機能】
- ④ 編集情報等のメタデータが MPEG-7 形式で出力できること【メタデータ出力機能】

以下それぞれの上記項目に関して解説する。

① 編集支援機能

従来の主にテレビ放送向け映像コンテンツ制作の作業フローでは、その内容の充実を図るための創造性を発揮する作業以外に、それとは直接関係のない労働集約的な作業が存在しており、コストの高い要因の一つと考えられる。その労働集約的作業の一つの例として、編集を開始する前に行う内容把握作業が存在する。撮影映像素材は基本的にテープ媒体に記録されており、撮影者と編集者が異なる場合など編集者がテープの内容の知識がない場合は、編集を行う前に VTR を利用して再生、早送り、巻戻しなどの操作を繰り返しながら内容把握のための作業を行う必要があるが、テープ素材であるため各シーンへのランダムアクセスが非効率でありその作業に多くの時間を要する。特にこの作業を一般個人の映像編集作業に適用すると、一般個人が撮影した映像は、撮影技量が低く不安定なカメラ操作である映像を多く含むことから、内容を把握するための作業は更に負担が大きい。

このような労働集約的な作業をシステムによって支援することで、制作者が創造性を発揮する作業に集中できるようになる。あるいはできるだけ自動的に短時間で映像コンテンツが制作できるようになるなどのメリットがある。

② ユビキタス環境下の編集機能

あらゆる処理能力を持った端末がネットワークで互いに接続されるようになってきており、有線方式と無線方式を問わずどこでもいつでもインターネットアクセスできる環境が普及している。そこで、撮影した素材映像を事業所や自宅などに設置する映像編集サーバに入れておき、インターネットを利用してサーバに一般的な Web

ブラウザによってアクセスし、遠隔から編集操作を実行できるようにする方式を提案する。このようにネットワーク型とすることで、端末側に特別なソフトウェアを実装する必要がなくなり、汎用 PC には Web ブラウザが実装されていることからインターネットアクセス環境のある PC さえあれば、端末を限定することなくいつでもどこでも編集作業が行えることからその有用性は大きい。その作業を時間や場所に拘束されることがなくなることで、従来の映像制作ワークフローの改善が図ることが可能となる。

映像の撮影は野外で行われることも多く、場所に拘束されずに動きながら撮影する要求は今後も変わらない。また、ビデオカメラ機能にネットワークインタフェースを備えた端末(IP Camera など)も普及し始めている。現在は、テープ媒体を用いて一度撮影した映像を記録することがほとんどであるが、無線方式によるインターネットアクセス速度が向上するとともに撮影した映像をそのままネットワークを経由して遠隔の映像サーバに転送すれば、手元のテープ残量やメモリ容量などによって制限を受けることなく撮影が可能となり、また素材映像をサーバへ入力する手間と時間が不要になるなど、発展性の高いシステムといえる。

③ 協調的作業可能機能

②と同様に映像蓄積兼編集サーバを利用したネットワーク型とすることで、遠隔地に存在する複数人による協調的編集作業も実現することができる。従来の映像コンテンツ制作は、映像制作側のネットワーク(人的なネットワークを含む)と完成映像コンテンツの配信側ネットワークが完全に別々に存在していたが、ユビキタス環境下においてはあらゆる端末が一つのインターネットに接続されることから、映像制作も完成映像コンテンツの配信も同一のネットワーク上で行うことができることを意味する。遠隔地にいる人間がネットワークを利用して協調的に編集作業できることで、既存の映像制作作業フローが大きく変化すると予想される。

④ メタデータ出力機能

デジタル形式で記録されたコンテンツは、再利用が容易であるため、編集後のコンテンツを再編集することが少なくない。素材映像や編集後のコンテンツの各種情報(コンテンツ ID、タイムコード情報、編集履歴等)をメタデータとして記録しておくことにより、再編集・再利用の際のコンテンツ間のモジュレータとして機能することができる。ここでは、マルチメディアコンテンツの特徴記述に適したメタデータ記述方式の国際標準である MPEG-7(ISO/IEC 15938)形式で、時間情報、カメラワーク情報などのメタデータを出力する機能を実現す

る。記述したメタデータを解析することでその映像の新たな別の特徴量を抽出・利用することも将来的に可能になると考えられる。例えば、記述したカメラワークを時系列に変化する連続情報と捉えることで、文字列で統一的に表現できないような、映像全体としての特徴を定義し、アーカイブ内の映像を分類・アクセスするといったことが挙げられる⁹⁾。そのため、コンテンツ制作時にメタデータを記録・出力しておく有効性は高い。

4. システム概要

4.1 システムの提供する機能

本システムでは、映像編集に関する機能として次の機能を提供することができる。

1. 映像の内容情報(セグメント単位の時間情報、カメラワーク、カメラワーク安定性、セグメント単位のプレビューなど、詳細は後述)が容易に把握可能。これにより、VTRにおける再生・早送り・巻き戻し操作による映像の内容把握作業労力の負担を大幅に軽減できる。
2. セグメントのフレーム精度のつぎ合わせによる時間長短縮映像(ダイジェスト映像)の生成。現時点では、エフェクトを挿入することなどはできない。
3. 編集作業によって生成された映像のダウンロード。
4. すべての機能が Web ブラウザ(Microsoft Internet Explorer 6.0)上に表示され、マウスのクリック操作のみでその作業を完了可能。
5. 世界中のインターネット上から本システムを利用可能。
6. 編集情報等のメタデータ(MPEG-7 インスタンス)の出力。

4.2 システム構成

本システムのネットワークシステム構成概要図を図1に示す。本システムは大きく映像編集サーバシステムとクライアント PC、インターネットの三つから構成される。映像編集サーバシステムは、提供する機能ごとにサ

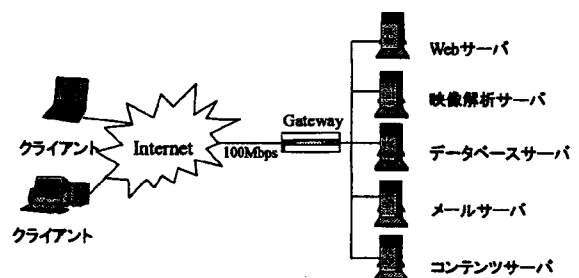


図1 システム構成概要図(ネットワーク構成)

Fig.1 System's overview (network system)

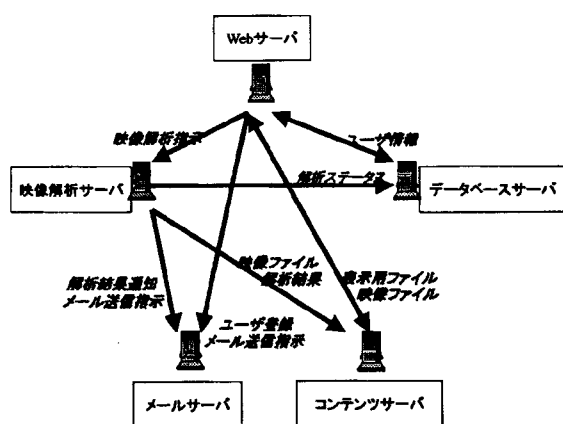


図2 各サーバ間連携概要図
Fig.2 Server cooperation flow

サーバが分かれており、Webサーバ、映像解析サーバ、データベースサーバ、メールサーバ、コンテンツサーバから構成されている。図2に各サーバ間の連携概要図を示す。各サーバは表1に示すとおり汎用PCを利用している。各サーバの提供する機能を以下に示す。

・Webサーバ

本システムは、映像編集者が実行するすべての操作はWebブラウザを利用して行う。本サーバは、本システムの中核となる機能であるため、他のすべてのサーバと関連がある。図2に示すように、映像解析サーバに対して映像解析指示を出し、ユーザー登録などにユーザーにメール送信する指示を出す。ユーザーの新規登録やシステムへログイン時の認証を行うためにデータベースサーバと情報の送受信を行う。またユーザーに対して表示する画像や入力データ(映像等)の保存や読み出しに関してコンテンツサーバと連携している。本サーバでは、映像内容情報などからのHTML情報作成・配信などの機能を提供する。ダイナミックに編集操作画面を生成するためにJSP(Java Server Pages)を利用している。

・映像解析サーバ

本サーバは、システムに入力された映像(MPEG1 Systems Stream)を解析する。カット点検出機能は、(株)KDDI研究所製のMPEG SDK(MP Factory)を使用しているが、その他の機能(カメラワーク検出など)はすべて独自に開発し実装した。詳細は後述する。

・データベースサーバ

映像解析サーバによって解析された映像ファイルのメタデータ(各ショットやセグメントの情報等)を格納するDBサーバである。RDBMS(Relational Database Management System)としてPostgreSQLを利用して実装している。

表1 各サーバのスペック
Table 1 Server specification

サーバ名	ハードウェア	ソフトウェア
Webサーバ	CPU: Intel Pentium III 1.13 GHz Memory: 1.5 GB	OS: RedHat 7.3 J Apache, JSP
映像解析サーバ	CPU: Intel Pentium Xeon 2.2 GHz Dual Memory: 1.5 GB	OS: RedHat 7.3 J 独自開発
データベースサーバ	CPU: Intel Pentium III 1.13 GHz Memory: 512 MB	OS: RedHat 7.3 J PostgreSQL
メールサーバ	CPU: Intel Pentium III 1.13 GHz Memory: 512 MB	OS: RedHat 7.3 J qmail
コンテンツサーバ	CPU: Intel Pentium 4 2.26 GHz Memory: 512 MB	OS: RedHat 7.3 J

・メールサーバ

本システムから映像編集者に対して情報を通知する補助手段として機能し、映像解析サーバからの指示により電子メールの送信を提供する。ユーザー登録時などの際のメール送信も本メールサーバで担う。

・コンテンツサーバ

本システムに入力された映像ファイル及び編集して完成された映像ファイルなどを格納する。

クライアントPCは、映像編集者の操作端末として利用し、汎用PCに一般的なWebブラウザ(現時点では、Microsoft Internet Explorer 6.0)のみを必要とし、本システムを動作させるために特別に必要な設定事項、追加のソフトウェアやハードウェアは全く必要としない。インターネット回線は、編集中の映像のプレビューなどのためにクライアントPC側ではADSL以上の数Mbpsのスループットがでるアクセス回線を要求する。映像編集サーバシステム側では、現在ベストエフォート型の最大100Mbpsの回線(アクセス回線における回線分岐なし)を利用している。

また、利用者は本システムに対してユーザー登録を行い、登録情報はデータベースを用いて管理を行い、XSS(クロス・サイト・スクリプティング)を起こさないようにしている。パスワードを発行することで、映像コンテンツはユーザー単位でのアクセス管理を行っている。そのため、各ユーザーは自分の登録アカウント以外の映像コンテンツにはアクセスできないようになっている。また、ユーザーがログインしていないときは、HTTP上からアクセス不可能にしている。

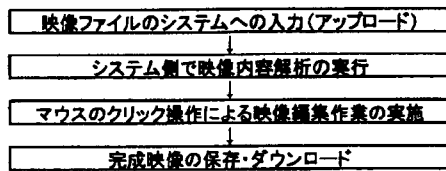


図3 動作シーケンス

Fig. 3 Block diagram of the system

4.3 システム動作シーケンス

以下に本システムを利用する際の映像編集者からみた動作シーケンスを示す。またその概要図を図3に示す。

手順1.

映像編集者は、クライアント PC の Web ブラウザを利用して本システムにアクセスする。まず、クライアント PC 側に所持している未編集の映像ファイルをアップロードする。ただし、本システムでは、現時点では MPEG 1 Systems Stream に対応していることから、事前に映像編集者が素材映像を MPEG 1 にエンコードしておく必要がある。

手順2.

映像ファイルのアップロード完了とともに、サーバシステム側では、映像解析サーバにおいて編集に必要な情報を抽出するため映像の内容解析を実行し、解析された内容情報をデータベースサーバに格納する。(内容解析については後述する)映像ファイルのアップロードと映像の内容解析には時間を要するため、映像編集者には内容解析完了を電子メールで通知する。

手順3.

映像編集者は、電子メールにて映像内容解析処理の通知を受けた後、再び本システムに Web ブラウザを利用してアクセスする。Web サーバは、データベースサーバに格納された内容情報と映像編集者の入力するパラメータを利用して、編集操作画面の HTML 情報をダイナミックに生成し、クライアント PC 上の Web ブラウザに送信・表示する。(編集操作画面の表示情報は後述する)映像編集者は、表示された情報を参考にしながら、ダイジェスト映像に必要なセグメントをマウス操作によって選択する。選択したセグメントをつぎ合せてプレビューすることも可能である。また選択をやり直すことも可能である。

手順4.

ダイジェスト映像が完成したら、その映像を保存する。クライアント PC に映像をダウンロードすることも可能であり、ダイジェスト映像の保存とともに出力される MPEG-7 インスタンスをダウンロードすることも可能である。以下に、出力される MPEG-7 インスタンス

の例を1ショット中の1カメラワークセグメント(CameraworkSegment)部分を中心に示す。この例では、ID “shot-2” のショットに関する記述部分を中心に抜粋している。カメラワークは、手ぶれなどの記述は MPEG-7 に規定されていないので、独自の NameSpace 「tominagalab」を定義し、記述している。カメラワーク安定度評価値についても同様である。

```
<Mpeg7 xmlns:mpeg7="urn:....."
  xmlns:tominagalab="http://www. ...."
  xmlns:xsi="http://www.w3c.org/....."
  xsi:schemaLocation="urn:....">
  <Description xsi:type
    ="ContentEntityType">
    <MultiMediaContext xsi:type
      ="AudioVisualType">
      <AudioVisual id="mk0306240">
        <MediaInformation>
          中略
        <TemporalDecomposition criteria="shot">
          <AudioVisualSegment id="shot-2">
            <MediaTime>
              <MediaRelIncrTimePoint>
                565
              </MediaRelIncrTimePoint>
              <MediaIncrDuration>
                1227
              </MediaIncrDuration>
            </MediaTime>
            <MediaSourceDecomposition criteria
              ="audioVisual">
              <VideoSegment>
                <TemporalDecomposition criteria
                  ="spatialKey">
                  <StillRegion id="sr 2">
                    <MediaRelIncrTimePoint>
                      2
                    </MediaRelIncrTimePoint>
                  </StillRegion>
                </TemporalDecomposition>
              </VideoSegment>
            </MediaSourceDecomposition>
          <TemporalDecomposition
            criteria="cameraWorkSegment">
            <AudioVisualSegment
              id="cameraWorkSegment-0">
              <MediaTime>
```

```

<MediaRelIncrTimePoint>
565
</MediaRelIncrTimePoint>
<MediaIncrDuration>
1227
</MediaIncrDuration>
</MediaTime>
<MediaSourceDecomposition
criteria="audioVisual">
<VideoSegment>
<TemporalDecomposition criteria
="spatialKey">
<StillRegion id="sr0">
<MediaRelIncrTimePoint>
0
</MediaRelIncrTimePoint>
</StillRegion>
</TemporalDecomposition>
</VideoSegment>
</MediaSourceDecomposition>
<tominagalab:CameraWork>
SHAKE
</tominagalab:CameraWork>
<tominagalab:CameraWorkStability>
NORMAL
</tominagalab:CameraWorkStability>
</AudioVisualSegment>
</TemporalDecomposition>
</AudioVisualSegment>
<AudioVisualSegment id="shot-5">
中略
</TemporalDecomposition>
</AudioVisualSegment>
</TemporalDecomposition>
</AudioVisual>
</MultiMediaContext>
</Description>
</Mpeg 7>

```

5. 映像解析サーバにおける映像内容解析手法

5.1 映像中のカメラワーク情報

一般個人が映像を撮影した場合、撮影方法に対する知識・経験がないため、カメラ操作が安定しないことが多く、激しい手ぶれを含むショットが一般的に多い。また、ビデオカメラの電源の切り忘れによって地面ばかり映っている場合など、明らかに意味のなさないショット

なども存在する。また、旅行時の映像や子供を撮影することが多いが、そのような場合は映画やドラマなど撮影のように脚本がある場合と異なり、あらかじめ撮影手順や対象が事前に決定されているわけではなく、カメラの前での出来事を、興味の向くままに次々と撮影していくことが多いため、一つのショットの中に複数のカメラワークが混在することが多く、また同一ショット内で特に関連性のない映像が複数含まれていることがある。そのため映像中のカメラワークには、ダイジェスト映像制作のための編集に有意となる情報が含まれていると考え、本システムでは、映像中のカメラワーク情報を映像解析することによって抽出し、その情報を主なパラメータとして映像のセグメント化とカメラワークの安定性評価を行っている。その基本的な処理の流れは、以下のとおりである。

まず、映像シーケンスをショット単位に分割をする((株)KDDI 研究所製 MP Factory を使用)。次に、ショット内の映像からカメラワーク情報を抽出し、そのカメラワーク情報をもとに、一つのショットをカメラワークごとのセグメントに分割し、セグメントごとにカメラワークの安定性評価値を算出する。

5.2 カメラワーク抽出手法

5.2.1 抽出するカメラワーク

カメラワークには主に FIX, PAN, TILT, ZOOM, DOLLY, TRACK, BOOM, ROLL が存在する。しかし、PAN と TRACK, TILT と BOOM, ZOOM と DOLLY はそれぞれ似たような映像になることから、システムの簡略化を図るため本システムにおいては区別しないものとした。但し、PAN と TILT に関しては、用語としては PAN に統一した。また、曖昧なカメラワークとして MOTION を定義しました。上記以外に一般個人の映像において多発する手ぶれ(SHAKE)を抽出する。従って、本システムで抽出するカメラワークは、FIX, PAN, ZOOM, MOTION, SHAKE とした。これらのうち、MOTION と SHAKE については、ショット内のセグメントを決定する際に抽出されるものである(詳細は後述する)。

5.2.2 カメラワーク抽出手法

本システムでは、MPEG 1 Systems Stream を対象映像フォーマットとしていることから、MPEG ストリーム中の動きベクトル情報を利用³⁾することも考えられるが、今後の MPEG 以外のフォーマットへの対応を考慮し、符号化パラメータを利用せず、フレーム間のオプティカルフローの計算をベースとしている。但し、MPEG フォーマットに特化し、高速化を重点的に図るのであれば、文献 3) で我々が実装したように MPEG の

動きベクトル情報を利用することは有用である。本システムにおけるカメラパラメータ抽出手法は、主にフレーム間処理と対象フレームにおけるカメラワーク判定の二つの処理により構成される。

フレーム間処理

本システムではテンプレートマッチングによるオプティカルフロー算出計算を行っているが、一般的に処理コストが大きい。そのため処理コスト増大を防ぐためオプティカルフロー算出対象フレームを絞る処理を以下の手順で行っている。

手順1.

映像の N 番目のフレームに対して $N+INT_1$ 番目のフレームを参照し、動きベクトル発生率を算出する。発生率がしきい値 TH_fix 以下であれば、その間のフレームのカメラワークはFIXと判定し、 $N+INT_1+1$ 番目のフレームに対して手順1.を実施する。

手順2.

TH_fix 以下であれば N 番目のフレームに対して、 $N+INT_2$ 番目のフレームを参照し、手順1.と同様に動きベクトル発生率を算出する。発生率が閾値 Th_fix 以下であればカメラワークをFIXと判定し処理を終了し、 $N+INT_2+1$ 番目のフレームに対して手順1.から行う。しきい値以上であれば、ZOOM_1であるかを判定する。ZOOM_1であれば、処理を終了し、FIXの場合と同様に $N+INT_2+1$ 番目のフレームに対して手順1.から行う。FIX、ZOOM_1のいずれにも判定されなかった場合は、手順3へ進む。なお $INT_1 > INT_2$ である。

手順3.

N 番目のフレームに対して、隣接するフレームごとに動きベクトルを算出し、PAN_1, PAN_2, ZOOM_1, ZOOM_2, other の各カメラパラメータを判定する。

対象フレームにおける動きベクトル発生率算出

x, y 方向とも16画素おきの画素の格子点を、ベクトル算出格子点と定義し、ベクトル算出格子点を中心とした大きさ 8×8 画素のテンプレート領域を、参照フレームの探索領域において、その画素値の差分の絶対値を計算し、その領域内で最も差分値の小さくなる時のテンプレートの中心座標位置に対するベクトル算出格子点の座標位置からのベクトルをその格子点の動きベクトルとする。探索領域は、ベクトル算出格子点を中心とした 36×36 の領域とした。次に上記で求めた各ベクトル算出格子点の動きベクトルの大きさにより、発生率の計算を行う。まず、各ベクトル算出格子点を中心として、 1×1 画素の領域をベクトル発生判定領域と定義する。そのフレームにおける動きベクトル発生率 P_vector は、

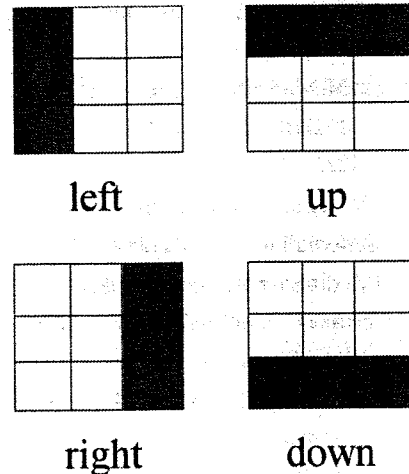


図4 方向領域

Fig. 4 Direction area

ベクトル発生判定領域の外側を指しているベクトル算出格子点の総数を $Grid_out$ とし、全ベクトル算出格子点数を $Grid_total$ とすると次の式(1)で表すことができる。

$$P_vector = \frac{Grid_out}{Grid_total} \times 100 \quad (1)$$

カメラワーク判定手法

ここでは、算出された動きベクトル情報を用いてカメラワークを判定する手法について述べる。大まかな手順は次のとおりである。まずフレームを9個に領域分割し、図4の各灰色領域のように左側領域(left)、上側領域(up)、右側領域(right)、下側領域(down)の各方向領域に含まれるベクトル算出格子点の動きベクトルを解析し、各領域を代表する方向ベクトルを決定する。決定された4領域の方向ベクトルの組み合わせでPAN_1, PAN_2, ZOOM_1, ZOOM_2, other を決定する。以下にその詳細を示す。

・方向ベクトルの決定

まず、各動きベクトルを上下左右の4方向の最も近い方向に変換する。そして、図4におけるleft, up, right, downの各方向領域に含まれる4方向に変換された各々の動きベクトルで、最も多く含まれる方向の動きベクトルをその領域の方向ベクトルとする。最も多く含まれる方向ベクトルが複数方向存在する時は、変換前の動きベクトル大きさの総和を計算し、総和の最も大きいベクトルを方向ベクトルとする。

・方向ベクトルからのカメラワーク判定

方向ベクトルの組み合わせは、各方向領域で上下左右の4方向存在し、上下左右の方向領域があるので、256とおりの組み合わせが存在する。ここでは、四つの方向

表 2 方向ベクトルからのカメラワーク判定
Table 2 Camerawork judgement from vector information

カメラワーク	説 明
PAN_1	(a)のように、四つの方向ベクトルの方向が揃っているもの(4方向で4とおり). (b), (d)のようにある方向領域の方向ベクトルに対して両隣のベクトルが異なり, そのうち一方のベクトルが共通で, もう一方のベクトルが90°回転しているもの(8とおり). (c), (e)のようにある方向領域の方向ベクトルに対して向かい側の方向ベクトルが同一で, 両隣の方向ベクトルが90°回転しており, 同一であるもの(8とおり).
PAN_2	(f)のように(a)と比較し四つの方向ベクトルのうち一つが90°回転しているもの(32とおり).
ZOOM_1	(g)のようなはっきりとしたZOOM(2とおり). (h)のように, ある方向領域の方向ベクトルが片隣と同一で, 残りの二つが180°回転したもの(8とおり). (i)と全体を90°回転させたもの(2とおり). (j)と(k)をそれぞれ全体を90°ずつ回転させたもの(8とおり).
ZOOM_2	(l), (m)のように, (g)と比較して一つの方向ベクトルが90°回転しているもの(16とおり).
ZP	(n), (o)のように(g)と比較して一つの方向ベクトルが180°回転しているもの(8とおり).
other	上記以外すべて

ベクトルの組合せからカメラワークを判定する。基本的には、方向ベクトルから推測して比較的是っきりしたカメラワークを種類ごとにPAN_1, ZOOM_1とする。PAN_1, ZOOM_1に類似しているが、はっきりしていないカメラワークをそれぞれPAN_2, ZOOM_2とする。PANとZOOMが混在しているようなものを、ZPとし、それ以外のはっきりしないものをotherとする。詳細は表2のとおりである。表2における(a)~(o)は図5中の表記に対応している。この分類によってPAN_1, PAN_2, ZOOM_1, ZOOM_2として判定されたものは、方向ベクトルの組合せから判断してPANに関しては上下左右の方向が、ZOOMに関してはInかOutの方向が決定される。

5.3 セグメント決定およびカメラワーク安定性評価手法

ここでは、上記によって決定されたカメラワーク情報を利用して、各ショットをさらにセグメントに分割する手法およびそのセグメントにおけるカメラワーク安定性

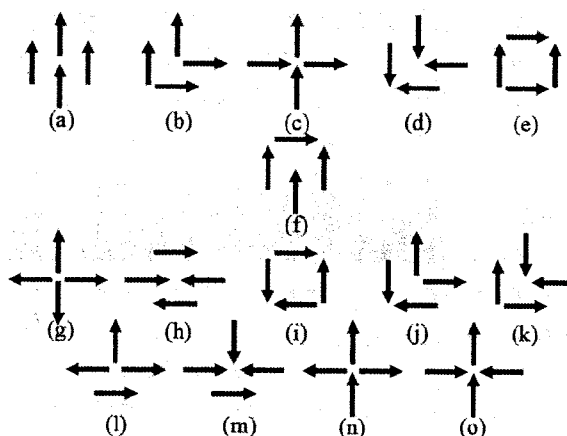


図 5 方向ベクトルによるカメラワーク判定
Fig. 5 Camerawork judgment by direction vector information

評価値の決定アルゴリズムについて述べる。本アルゴリズムの概要は、各ショットにおいて先にはっきりしているカメラワーク部分を利用して仮セグメントを決定し、仮セグメントに当てはまらない曖昧なカメラワーク部分の処理を行い、最終的なセグメントの構成を決定する。カメラワーク安定性評価値は、各カメラワークに対して、GOOD, NORMAL, BADの3種類のいずれかに決定される。以下にその手順の詳細を示す。

手順1.

フレーム間処理において決定されたINT_1またはINT_2フレーム分のFIXとZOOM_1に関して、同一ショット内で同じカメラワークが隣接していれば結合していき、FIX(GOOD)またはZOOM(GOOD)の仮セグメントを構成し、仮評価値を決定する。表記の括弧内は評価値を示す。手順1が終了した段階では、仮セグメントを構成していないのは隣接するフレームごとカメラパラメータを判定したフレームであり、非セグメントフレームは仮セグメントに挟まれた状態になっている。

手順2.

非セグメントフレームに注目し、5フレーム単位でユニットを構成し、ユニットごとのカメラワークと仮評価値を決定する。具体的には、5フレームのうちPAN_1, ZOOM_1のいずれかが三つ以上占めれば、そのユニットはPANまたはZOOMと判定される。また、PAN, PAN_2, ZPのみから構成されていればPANと判定し、ZOOM_1, ZOOM_2, ZPのみから構成されていればZOOMと判定する。それ以外は、otherと判定する。また、評価値に関しては、5フレームのカメラワークの方向がすべて同一であればGOODと仮評価し、それ以外はNORMALと仮評価する。

手順3.

手順2において、GOODと仮評価されたユニットが同一カメラワークで Th_good 個以上連続する場合は、仮セグメントを構成し、PAN(GOOD)、ZOOM(GOOD)と仮評価値を決定する。

手順4.

各ユニットを手順1で仮決定されているセグメントに統合するか、独立したセグメントとするかを決定する。手順3が完了した段階で、仮セグメント間のセグメント化されていないユニットが Th_merge 個以上連続する場合には、統合処理は行わずに独立した仮セグメントを構成する。独立した仮セグメント内において、 Th_bad 以上連続して other が存在する場合は、その仮セグメントは SHAKE(BAD)と決定し、それ以外を MOTION(NORMAL)と決定する。仮セグメント間に Th_merge 以下しかユニットが存在しない場合は、手順5へ進み前後のいずれかのセグメントへの統合処理が行われる。

手順5.

対象ユニットの前後の仮セグメントを比較し、前後とも同一カメラワークであれば、前後仮セグメントと対象ユニットを統合して新しい仮セグメントを構成する。前後が異なる場合は、ZOOM、PAN、FIXの順の優先順位でユニットを統合する。統合対象となった仮セグメントの仮評価値がGOODの場合は、新しい評価値をNORMALとする。仮評価値がGOOD以外の場合には、統合処理をしても評価値は変化しない。また、統合処理をしてもセグメントのカメラワークは変化しない。

手順6.

セグメント化されていないユニットがなくなるまで、統合処理を行う。すべてセグメント化されたら、仮カメラワークと仮評価値を最終的なカメラワークとカメラワーク安定度評価値とする。

このようにして、映像編集者が見る映像編集操作画面には、カメラワークとしては、FIX、PAN、ZOOM、MOTION、SHAKEの5種類が、カメラワーク安定性評価値は、GOOD、NORMAL、BADの3種類が表示されることになる。

また上記のアルゴリズムからわかるように、 Th_good 、 Th_merge 、 Th_bad の値を変化させることで、各セグメントの分割点やカメラワーク安定度評価値が変化するようにになっている。概して各数値を大きくするほど、大まかな判定となり各セグメントの時間長も長い傾向となり、数値を小さくするほど細かな判定となり各セグメントの時間長も短くなる傾向にある。システムによる映像解析は、必ずしも100%の精度で正確なカメラワーク抽出が行えるわけではなく、カメラワーク安定度評

価値が人間の認識と完全に一致するわけではないことから、解析のパラメータを映像編集者がダイナミックに切り替えることで、好みの解析結果を編集作業中に選択できるようにした。従って、本5.3節における処理は、実際には映像編集作業時の編集操作画面のHTML情報生成時に行われ、映像編集操作画面の内容表示情報へダイナミックに反映される。

6. Webブラウザによる編集操作画面構成

本システムでは、クライアントPCからインターネット経由でWebブラウザのみを利用して編集作業を実行できることが特徴である。図6に映像編集操作画面の例を示す。図6に示すように画面最上部には、入力した映像をショット分割した結果を表示している。ショットごとに枠を設け、時系列に左から右に向けて枠を表示している。枠の横幅は、ショットの時間長に比例して横長に表示される。枠内にはそのショットのキーフレームを表示している。従って、時間長の長いショットは横幅の長い枠で表示され、時間長の短いショットは横幅の短い枠で表示されているので、映像編集者は直感的に時間長を把握することができる。入力する映像の時間長が長いとショット情報も非常に横長になってしまうことから、時間あたりの枠の横幅を変更することもできる。

ショットのキーフレームにマウスを^{カーソル}するとショットの下部に、そのショットのカメラワーク情報によって分割された各セグメントの情報が表示される。図6の例では、先頭から3番目のショットのセグメント情報を表示しており、各セグメントのキーフレーム、カメラワーク情報、カメラワーク安定度評価値、セグメントの時間長(Duration Time)が表示されている。これらの情報により、手ぶれが激しいセグメントを容易に把握することができる。将来的には、カメラワークや安定度評価値ごとに色を区別して表現し、直感的に識別できるようにする。また各セグメントのキーフレームをクリックすることで、そのセグメントの映像のプレビューを行うことができる。

前章でも述べたが、カメラワーク抽出やカメラワーク安定度評価値は、必ずしも正確な情報が抽出できるとは限らない。従って、映像解析のパラメータを映像編集作業中にある程度自由に設定できるような解析手法となっている。そのため、映像解析結果情報を利用して生成される編集画面情報は、映像編集者が映像編集に入力する(切り替える)パラメータを反映させる必要がある。しかし、すべてのパターンに対応した映像編集操作画面のHTML情報を事前に用意しておくのは非効率である。そこで本システムでは、編集作業中でも解析パラメータ

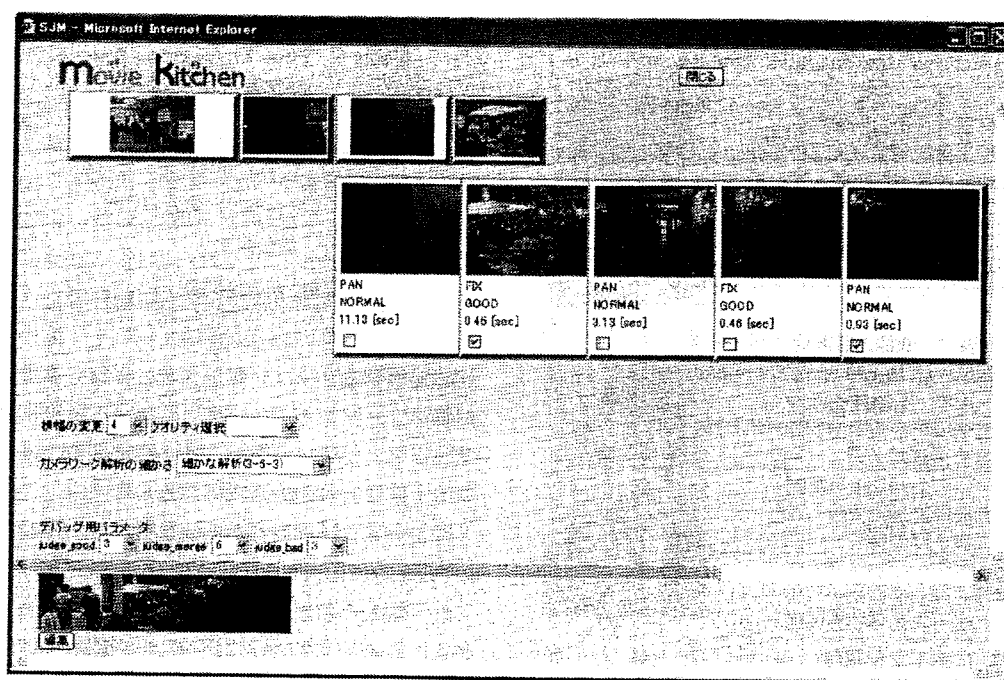


図 6 Web ブラウザによる映像編集操作画面
Fig. 6 Editing view using Web browser

が変更できるように、JSP(Java Server Pages)を利用してダイナミックに映像編集操作画面を生成し、クライアントに表示している。そうすることで、映像編集作業中にもカメラワークによるセグメント分割の細かさが変更することができるになっている。パラメータを変更させると画面を再描写することになるが、その待ち時間は数秒(1 から 3 秒)程度であり、負担にならないレベルとなっていることを確認している。

実際にダイジェスト映像制作を行うときは、表示されている映像の内容情報を参考にしながら、ダイジェスト映像に必要なセグメントをクリック操作で選択する。選択されたセグメントのキーフレームは、図 6 のように画面最下部に表示される。選択が完了したら画面最下部の「編集」ボタンをクリックすることで、選択されたセグメントを結合した映像をプレビューすることができる。プレビューした映像で内容に問題がなければ、保存およびクライアント PC へのダウンロードが可能である。また編集作業が途中の段階でも、画面最下部の「編集」ボタンをクリックすることで、現在選択されているセグメントを結合した映像をプレビューすることができ、セグメントの選択し直しなども随時行うことができる。また制作途中でプレビューした映像も保存することができることから、複数人が同じアカウントで同時に本システムにアクセスし、制作途中の映像を共有しグループウェアのように利用することも可能である。但し、本システムでは、ユーザがログインする際にセッション ID を含ん

だ URL を生成しアクセスすることで各映像とその編集情報等の管理を行い、複数人が同一アカウントで同時にログインしてもそれぞれの情報の一貫性は保持されるようになっている。

7. 評価実験

本提案システムによる映像編集作業に必要な時間を計測し、また市販のノンリニア編集システム(Avid Xpress DV Ver. 3.5)を使った場合の必要時間を計測し、両者を比較することで本提案システムの有効性の検証するための評価実験を行った。本実験では、映像編集作業自体の時間を計測することは、本提案システムと市販のシステムで編集機能に大きな差があるため、また編集作業自体は極めて主観的な内容であるので、編集作業自体の時間を測定するのではなく、素材映像の把握とシステムへの映像ファイルの入力時間を測定し、映像編集者の創造性を発揮する作業と直接関係のない部分の作業時間を測定・比較を行った。

まず、本システムにおける映像入力(アップロード)と映像内容解析に必要な時間を計測した。本システムにおける映像内容解析は、映像の内容によりオブティカルフロー算出対象フレーム数が変動するため、カメラワークの最も少ない監視カメラのような画面内オブジェクトの移動や光条件に変化の全くない映像、テレビ放送のドラマ映像、そして最もカメラワークの変化の激しく、また手ぶれカメラワークを多く含んだ一般個人映像の合計 3

表3 本提案システムの処理時間

Table 3 Process time for video content analysis

映像の種類	データサイズ (MB)	アップロード (分)	映像解析時間 (分)	合計 (分)
監視カメラ映像	112	1.8	2.5	4.3
テレビドラマ映像	112	1.8	6.8	8.6
一般個人撮影映像	112	1.8	12.8	14.6

表4 映像内容解析パラメータ

Table 4 Parameters for video content analysis

パラメータ	値
INT_1	15
INT_2	5
TH_fix	20%
I(INT_1 使用時)	12
I(INT_2 使用時)	8
Th_good(デフォルト値:可変)	3
Th_merge(デフォルト値:可変)	6
Th_bad(デフォルト値:可変)	3

種類の映像を用いた。各映像の時間長は10分である。各映像に対するアップロードと映像解析時間を表3に示す。本実験で使用した映像内容解析手法のパラメータを表4に示す。映像符号化レートは1.5 Mbps(MPEG 1)である。またクライアント PC 側インターネットアクセス回線速度は、ベストエフォート型最大100 Mbpsである。表3より、映像の種類により映像内容解析に要する時間に大きく差が生じていることがわかる。監視カメラ映像では、全フレームにおいて動きベクトルが発生しないので、オブティカルフロー算出対象フレーム数が最も少なくなり処理時間が短く、一般個人撮影映像では、カメラ操作が安定しない場合が多く、またFIXと判定される部分が少ないため、オブティカルフロー算出対象フレーム数が多く、処理時間が多くかかっている。

一方、市販システムを利用した映像編集の実験として、2002年10月～12月までに開催された演劇のフェスティバルである東京国際芸術祭(主催:NPOアートネットワークジャパン)³⁾を活用した。東京国際芸術祭は20作品の演劇を期間中に順次公演するものである。本実験では、被験者として映像編集を特に行ったことのない人を選択し、各演劇作品(公演時間は各2～3時間程度)を約1時間ずつ市販デジタルビデオカメラ(mini DV フォーマット)で撮影し、2～3分のダイジェスト映像を市販システムによって制作して頂いた。本実験にお

表5 市販システムによる作業時間

Table 5 Time for working using existing system

作業項目	時間
VTRによる内容把握 およびシステムへの映像入力作業	186分
編集時間	330分
完成映像時間長	2.6分

ける編集作業ワークフローは次の手順である。

- ① テープをVTRで再生・早送り・巻き戻ししながら、録画された映像の内容を把握(何がどの時間位置に記録されているか)。
- ② ダイジェストに必要な部分をノンリニア編集装置へ入力。
- ③ 編集作業を実施。

また、20作品のうち、ノンリニア編集装置の操作に慣れている状態である最後の5作品を利用して、5作品の平均作業時間を計測した。結果を表5に示す。

この二つの実験の結果を比較する際に、素材映像が表3では10分であり、表5では1時間であるので、表3の合計時間を6倍して比較する。また表5における実験が撮影に関する知識のない人であることから、表3の一般個人撮影映像による比較を行う。すると、本提案システムによる映像解析時間は87.6分であり、市販システムによる内容把握とシステムへの映像入力作業時間の合計は186分となり、本提案システムによる作業時間が大幅に短縮されていることが確認できる。また、同一の時間をかけても、より編集自体の作業へ利用できる時間が増加させることも可能となる。

また本提案システムでは、解析処理速度はCPU速度に比例していることから、コンピュータ性能の向上により今後の高速化が期待できる。本提案システムでは、映像内容解析にMPEG符号化パラメータを利用していないが、文献3)において実装しているように、MPEGストリームの動きベクトル情報を利用することでさらに高速化も可能である。また、Webブラウザを利用していることから、インターネットアクセスできる場所からならいつでもどこでも簡単に編集作業を実行可能である利点も大きい。

本システムでは、制作されたダイジェスト映像に関する編集情報(オリジナル映像上の時間情報、カメラワーク情報など)のMPEG7インスタンスの出力も可能である。MPEG7インスタンスの代わりにEDLファイルを出し、既存の編集システムと連携させることにより、業務用映像編集作業フローにおける粗編集用のシステム

としても応用が可能である。

8. ま と め

本稿では、いつでもどこでもブロードバンドインターネットアクセスが利用できる環境下を想定し、映像編集サーバを設置し、クライアント PC より一般的 Web ブラウザのみを利用していつでもどこでも映像編集が行えるネットワーク型映像編集システムの提案を行った。ブロードバンドネットワークの普及によって映像流通構造が大きく変化したことによる映像コンテンツ制作(編集)に対する要求仕様を整理し、実際にネットワーク型映像編集システムの実装を行った。作業時間を計測する評価実験によって、従来の労働集約的作業であった VTR による素材映像の内容把握に要する作業時間を本提案システムを利用することで大きく削減できることが確認され、本システムの有効性を示した。今後は、今回十分に実装していない複数人による協調的編集作業への対応や編集機能の充実、カメラワーク以外の情報による編集支援機能などを検討していく予定である。

謝 辞 本研究は、経済産業省平成 13 年度(補正予算)地域新生コンソーシアム研究開発事業「ブロードバンドネットワークの為にオーサリングツールの研究開発」における委託研究(平成 14 年度)と、平成 14 年度放送文化基金による助成(平成 15 年度)により実施された。関係者の皆様に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 長井真太郎, 宮城隼夫: “高速ネットワークを用いた遠隔地間コラボレーション編集”, 情報処理学会論文誌 Vol. 44, No. 3, pp. 692-699 (Mar., 2003).
- 2) 安田 浩: “コンテンツ流通に向けた取り組みと課題”, 2001 年映像情報メディア学会年次大会, S 2-1, pp. 405-410 (2001).
- 3) 金田瑞規, 土橋健太郎, 高木真一, 小館亮之, 富永英義: “映像編集支援システムのためのインデキシングパラメータ抽出手法の検討”, 情報学研報 AVM, 2001-AVM-35, pp. 13-18 (Dec., 2001).
- 4) Changming Sun: “Fast Optical Flow Using Cross Correlation and Shortest-Path Techniques”, Digital Image Computing: Techniques and Applications, pp. 143-148 (2001).
- 5) <http://www.anj.or.jp>
- 6) 高木真一, 服部しのぶ, 横山和正, 小館亮之, 富永英義: “カメラワーク情報を用いた映像メタデータの解析手法に関する検討”, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, データベースと Web 情報システムに関するシンポジウム論文集(DBWeb 2002), pp. 359-366 (Dec. 2002).

(2003 年 5 月 1 日受付)

高 木 真 一



平 9, 早大・理工・通信卒。平 11, 同修士課程了。現在, 早大大学院国際情報通信研究科博士後期課程在籍中。主に画像処理に関する研究に従事。電子情報通信学会学生会員。

小 館 亮 之 (正会員)



平 4, 早大・理工・通信卒。平 6, 同修士課程了。平 6, 日本学術振興会特別研究員。同年, ドイツ・ハノーバー大学客員研究員。通信・放送機構早稲田リサーチセンター研究員, 早大国際情報通信研究センター助手・客員講師を経て現在, 同客員助教授(専任)。工博。主に画像処理の研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会各会員。

池 上 大 介



平 14, 早大・理工・通信卒。現在, 同修士課程在学中。主にネットワークのレート制御に関する研究に従事。電子情報通信学会学生会員。

浜 崇 之



平 14, 早大・理工・通信卒。現在, 同修士課程在学中。主にコンテンツ配信ネットワークに関する研究に従事。電子情報通信学会学生会員。

石 川 孝 明



平 15, 早大・理工・通信卒。現在, 同大学院国際情報通信研究科修士課程在学中。主に画像符号化に関する研究に従事。電子情報通信学会学生会員。

石川 裕也



平 15, 早大・理工・通信卒。現在、同大大学院国際情報通信研究科修士課程在学中。主にモバイルネットワークに関する研究に従事。電子情報通信学会学生会員。

松岡 正悟



平 15, 早大・理工・通信卒。現在、同大大学院国際情報通信研究科修士課程在学中。主に声音処理に関する研究に従事。電子情報通信学会、日本音響学会各学生会員。

近藤 雅恵



平 15, 早大・理工・通信卒。現在、NTT コミュニケーションズ株式会社・ソリューション事業部所属。在学中。主に画像処理に関する研究に従事。

富永 英義 (正会員)



昭 37, 早大・理工・通信卒。昭 39, 同修士課程了。同年、日本電信電話公社入社。昭 46, 早大・理工・通信助教授。昭 51, 同教授。平 10, 同大国際情報通信研究センター所長。平 14, 同大大学院国際情報通信研究科委員長。工博。主に通信方式、画像符号化、画像処理等の研究に従事。電子情報通信学会、映像情報メディア学会、情報処理学会、IEEE 各会員。本学会会長。