

映像内コンテンツの視認性を改善する 配信映像加工手法

梶 克彦^{†1} 河 口 信 夫^{†1}

近年、プレゼンテーション映像の配信需要が高まり、学会発表の様子を撮影し配信する例が多くみられるようになった。しかし、プレゼンテーション映像を視聴する際、スクリーンに投影されたスライドや紙に印刷したポスタなど、映像内に映っているコンテンツの視認性が低く説明内容を十分に理解できないという問題がある。そこで、本研究では配信映像の中に映っているコンテンツの視認性を改善する配信映像加工手法を提案する。本手法では、映像内コンテンツのオリジナルデータが Web 上から獲得可能であることを前提とし、配信映像内のコンテンツ領域に、あらかじめローカル保存したオリジナルデータを重ね合わせて再生する。提案手法の適用例としてポスタ発表生中継システムを実装した。本システムの評価実験を実施し、ポスタ内容の視認性を向上し、視聴時のストレスや内容理解に必要な労力を低く抑えられることを確認した。

A Streaming Video Augmentation Method for Improving Visibility of the Content

KATSUHIKO KAJI^{†1} and NOBUO KAWAGUCHI^{†1}

Recently, demand of presentation video is increasing so that various conferences provide the streaming service of presentation video. In many cases, presentation slides and posters in the streaming video are not so visible because of various reasons such as low resolution and distortion. Users cannot understand the presentation clearly in such situation. In this paper, we propose a streaming video augmentation method to improve the visibility of the content in the streaming video. In the method, the client downloads the original data of the content in the streaming video previously. Then, in the watching phase, the image generated from original data is superimposed at the location of the content area in the streaming video. We implemented poster presentation live streaming system. We also conducted experiment of the system. In result, we found out that the system improve the visibility of poster in the streaming video, and reduce the frustration of watching the video.

1. はじめに

ビデオカメラの低価格化、Web 上での映像共有サービスの多様化に伴い、様々な映像がインターネット上で共有されるようになってきた。中でもプレゼンテーション映像の配信需要は高く、YouTube²⁰⁾ や TED ホームページ¹⁶⁾ 等には多くのプレゼンテーション映像がアップロードされ、ユーザはオンデマンドに好みのプレゼンテーションを視聴できる。また、近年ネットワークインフラが整備され、ライブ映像配信も盛んにおこなわれるようになってきた。国内でも、WISS やインタラクシオン等、多くの学会発表の登壇講演やポスタ発表が Ustream¹⁷⁾ やニコニコ生放送²²⁾ などの動画配信サービスを用いて生中継されるようになってきている。

これらのインターネット上で共有・配信される映像の中には注目すべきコンテンツ（以下注目コンテンツと呼ぶ）が含まれていることが多い。たとえば学会の登壇発表を例に挙げると、発表者は PowerPoint 等のスライドをスクリーンに投影し、そのスライドに基づいて説明を行う。この様子を撮影して配信する場合、スライドが注目コンテンツとみなす。発表者は聴衆がスライドの内容を読み取れていることを前提に説明を進めるため、学会発表映像の視聴において、注目コンテンツであるスライドの視認性は発表の内容理解に影響を及ぼす。Clark らは、コミュニケーションにおける Grounding のコストに大きな影響を及ぼすメディアの制約の一つとしてメディアの視認性を挙げている¹⁾。

しかし、配信映像を視聴する場合、様々な理由により注目コンテンツの視認性が低くなり、映像の内容を十分に理解することが困難になることがある（図 1）。以下に主な理由を挙げる。

- 映像の解像度が低く文字や図表を読み取れない
- 注目コンテンツの正面から撮影できない場合に歪みが生じる
- 注目コンテンツ全体が配信映像内に含まれていない

従来の映像配信システムにおいて、これらの問題を防止することは困難であるといえる。まず、配信側では十分に解像度の高いカメラを用い、注目コンテンツの正面にカメラを設置し、また注目コンテンツ全体がおさまるように調整しなければならない²⁸⁾。しかし、この

^{†1} 名古屋大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya University



図 1 注目コンテンツの視認性が低い配信映像の例
Fig. 1 An Example of Low Visibility of the Content in the Video

ような理想的な撮影環境を整えることは会場の制約などにより必ずしも容易ではない。ライブ配信については、全ての端末が高解像度映像をリアルタイムに受信して視聴することは困難である。現時点では視聴端末すべてが高速ネットワークに接続されているとはいえない。そのため、たとえ理想的な環境でコンテンツを鮮明に撮影したとしても、受信側で十分なネットワーク帯域を確保できない場合には、その端末に対して低解像度の映像を配信することになる。

近年ではコンテンツ共有のための様々な Web サービスが充実してきている。たとえば、画像は Flickr²⁾、ビデオは YouTube やニコニコ動画、スライドは SlideShare¹³⁾ といったように、様々な種類のコンテンツを容易に公開できるようになった。そこで、たとえば、あるプレゼンテーション映像に含まれるスライドが SlideShare に存在すれば、そこからスライドのオリジナルデータを獲得することが可能である。

本研究では配信映像内に含まれる注目コンテンツの視認性を改善する映像加工手法を提案する。本手法では、注目コンテンツのオリジナルデータがインターネットを通して獲得可能であることを前提とし、配信映像を視聴する端末であらかじめ注目コンテンツのオリジナルデータをダウンロードしておく。さらに配信映像内の注目コンテンツの領域に、ローカル保存されたオリジナルデータを重畳して再生する。

本論文の構成は以下のとおりである。2 章では本研究と関連する研究やシステムについて述べ、問題点を挙げる。3 章では提案手法について述べる。4 章では本手法の実装例の 1 つ

として構築したポスタ発表生中継システムについて述べ、5 章では提案手法の貢献について考察する。6 章でまとめと今後の課題を挙げる。

2. 関連システム

ローカルの様子を撮影して遠隔に映像配信する際、ユーザやオブジェクト間の位置関係を保存することが遠隔地の状態把握に重要な役割を果たす^{3),4),6),7),9),14),19)}。ユーザとオブジェクトの位置関係が崩れると、人物のオブジェクトへの指差し、オブジェクトに対する体や視線の向きを直観的に認識できなくなってしまう。プレゼンテーションビデオと発表スライドを同期させて配信するサイトやツール^{21),23),27)}、また Ustream¹⁷⁾ やニコニコ生放送²²⁾ による学会発表の生中継では、以下のような配信形態が一般的である。まず発表者と発表スライドが投影されたスクリーンを別々のカメラで撮影する。そして、スライドを全面表示し、人物の映像を隅にスーパーインポーズした映像を生成して配信する。質疑の時など人物に注目すべき時には、配信者が発表者の映像を全面表示し、スライドは隅にスーパーインポーズするよう切り替える。または、発表者の映像とプレゼンテーションスライドの映像を横に並べて表示する。このような配信方法の場合、発表者とスライドの位置関係が保存されないため、発表者の目線やジェスチャがスライドのどこに向けられているかを直観的に認識することができない。

PC 画面に注目コンテンツであるスライドやビデオコンテンツなどを表示し、スクリーンやディスプレイ等に投影している場合、プロジェクタに接続されている PC のデスクトップ画面をキャプチャした映像を配信することも考えられる。このような機能を用いれば、ディスプレイやスクリーンに投影されるコンテンツのデジタル映像を、ビデオカメラによる撮影を介さず直接配信できる^{8),24)-26)}。ただし、デスクトップの解像度が高い場合、デスクトップ画面のキャプチャスピードが遅くなり十分なフレームレートを確保できないという問題が存在する。もし注目コンテンツがビデオコンテンツである場合、その配信映像内のビデオコンテンツはオリジナルデータよりも低フレームレートで表示される可能性がある。

Omnisio¹²⁾ は、プレゼンテーション映像とスライドを同期させて再生することが可能な Web サービスである*1。YouTube や Google Video⁵⁾ 等にアップロードされたプレゼンテーション映像を視聴する際、PDF または SlideShare にアップロードされたスライドを指定することで、下部にスライドのサムネイルが列挙される。ユーザはそのサムネイルをクリック

*1 2008 年にサービス停止

することで、クリックしたスライドが表示されている部分を説明している箇所までシークされる。スライドのオリジナルデータを用いる主な理由はシークバーの代わりにするためであり、そのスライドはサムネイル程度のサイズでしか表示されない。よって、映像中に映っているスライドの視認性が低い場合の代替とはならない。

3. 提案手法

提案手法は、プレゼンテーション映像のように映像内に注目コンテンツが存在するものを対象とする。あらかじめ注目コンテンツのオリジナルデータをダウンロードしておき、配信映像とオリジナルデータを画像処理で合成して端末に表示することによって視認性を改善する。図2はディスプレイに映ったスライドを用いて発表を行う様子を配信する例であり、ここではスライドを注目コンテンツとみなす。図2の中央に示すように、従来のビデオ配信システムで視聴できる映像内の注目コンテンツは、解像度が低く、歪み、必ずしもすべてが画角に収まっているとは限らない。そこで、配信映像内のスライドが表示されている部分にスライドのオリジナルデータを重畳する。この時、コンテンツ前にある人物の腕などのオブジェクトはオリジナルデータの重畳によって隠れることがないように合成する。また、スライドが正面から撮影されているかのように歪み補正を施し、スライド全体が含まれるように映像を加工する。以上の処理により、図2の右に示すように、コンテンツとユーザの位置関係を保存しつつ、コンテンツの視認性を高められる。以下の節では提案手法を実現するための処理について述べる。

3.1 配信側の処理

配信側では、主に受信側で画像処理を実行可能にするためのメタデータを生成し、映像とメタデータを適宜配信する。

[コンテンツ同定]

コンテンツ同定では、映像内に映っているコンテンツのオリジナルデータが存在する場所の情報を獲得する。配信者が手作業でコンテンツのオリジナルデータの URL を指定する、オリジナルデータの ID を埋め込んだ QR コードをコンテンツ内に表示しておき、それを認識する、といった方法が考えられる。配信側でもコンテンツのオリジナルデータを使用した処理が必要な場合があるため、配信前にダウンロードしておく。

[コンテンツ位置検出]

オリジナルデータを配信映像に重畳するためには、コンテンツが映像内のどの部分に存在しているかという、コンテンツ位置を検出する必要がある(図3右)。注目コンテンツが

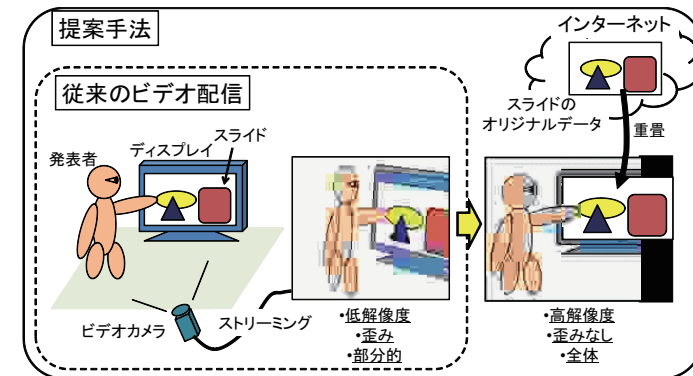


図2 提案手法の概要

Fig. 2 An Abstract of Proposal Method

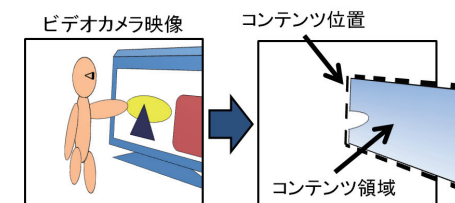


図3 ビデオカメラ画像からのコンテンツ位置と領域の検出

Fig. 3 Extraction of Content Location and Area From Video Image

スライドやポスタのように4角形の場合であれば、各頂点の座標をコンテンツ位置とみなすことができる。これを検出するためには、たとえばコンテンツの4頂点にマーカを置き、それを画像処理で認識したり、オリジナルコンテンツと撮影した画像間で特徴点マッチング¹¹⁾を行うなどの方法が考えられる。この際、映像内にコンテンツ全体が画角におさまっていない場合は、画面外の頂点の位置をオリジナルコンテンツのアスペクト比の情報を用いたり部分的な特徴点マッチングを行って推測する必要がある。

[コンテンツ領域検出]

コンテンツ位置の前面に人物や物がコンテンツの前に存在している場合、それを除外した部分の領域を検出する。映像内にコンテンツ全体がおさまっていない場合は、コンテンツ位

置情報を用いてコンテンツ全体の領域を検出する(図3右)。この情報は、受信側でオリジナルデータを重ね合わせる際にコンテンツの前面に存在しているオブジェクトが隠れないようにするために必要になる。

コンテンツ領域の主な検出手法として、光学的な手法と画像処理による手法の2通りが存在する。光学的な手法では、偏光フィルムを用いるのが一般的である。コンテンツを表示するディスプレイやスクリーンの表面とビデオカメラのレンズに偏光フィルムを挟むことで、コンテンツ前に存在する人物や物のみを撮影することが可能である¹⁵⁾。画像処理による手法では、コンテンツの前面にオブジェクトが存在していない状態の映像をあらかじめ撮影しておき、それと現在の画像の差分を計算することによりオブジェクトの存在している領域を検出する背景差分法が一般的である。照明などによる画質の揺らぎにロバストな背景差分を実現するために、背景映像をあらかじめNフレーム撮影し、その平均や中央値、分散を用いるなどの方法が提案されている¹⁰⁾。

コンテンツ領域を受信側に伝える手段は2通り存在する。1つ目はコンテンツ領域をSVG¹⁸⁾のようなベクター情報として表現し、それをメタデータとして配信する方法である。2つ目は配信映像のコンテンツ領域の部分を黒く塗りつぶす処理を施してから配信し、受信側で配信映像の黒塗り部分を検出し、そこをコンテンツ領域とみなす方法である。後者の場合、受信側でのコンテンツ領域を取得する処理が必要となるため負担がかかる。しかし、コンテンツ領域が映像全体に占める割合が高い場合には、映像の一部を黒く塗りつぶす後者の方法を用いることで配信時のデータ量を大きく削減することが可能となる。

[コンテンツ状態検出]

スライドやビデオコンテンツのように時間経過やユーザ操作に伴って状態が変化するコンテンツの場合、現在どのスライドが表示されているか、ビデオコンテンツのどの位置が再生されているかといった、注目コンテンツのその時点での状態を検出する必要がある。コンテンツ状態検出を実現するには、主に2通りの方法が考えられる。1つ目は発表者が操作しているPPTやメディアプレイヤー等の操作履歴を取得し、そこからコンテンツ状態を推定する方法、2つ目はテンプレートマッチング等を用い、配信映像の画像処理によって検出する方法である。

[コンテンツの歪み補正]

コンテンツを正面から撮影していないと、映像中ではそのコンテンツは歪んで表示されてしまい、コンテンツの視認性低下の原因の一つとなってしまうため、その歪みを補正することが望ましい。スライドやポスタのように矩形のコンテンツの歪み補正を実現するために

は、コンテンツ位置の4頂点を、オリジナルデータのアスペクト比の長方形の頂点に対応するように映像全体または一部をアフィン変換する。歪み補正を行う場合、コンテンツ位置と領域の情報についても同様の歪み補正を施す必要がある。

[データ配信]

以上の処理により、コンテンツのURL、位置、領域、状態に関する情報が獲得される。これらの情報を接続開始時や映像配信中にメタデータとして配信する。配信中に、表示されるコンテンツやコンテンツの位置、状態が動的に変化するような配信環境の場合は、随時変更を検出し、その情報をメタデータとして配信する。この際、すべての時点の映像フレームに、その時点に対応するコンテンツのURL、位置、状態のメタデータを対応付けて配信する必要がある。もしコンテンツ位置や状態に変化があった瞬間のみメタデータを配信するようにすると、受信側が接続開始したタイミングや映像をシークした位置によってはその時点の映像とコンテンツ情報に不整合がおきる可能性がある。

3.2 受信側の処理

[視聴前処理]

合成処理を行う準備のために、配信側に接続した際に配信されるコンテンツのURL情報をもとに、オリジナルデータをダウンロードする。

[コンテンツと映像の合成]

オリジナルデータをダウンロードした後は、サーバから送られてくる映像とコンテンツ情報のメタデータをもとに画像処理を行って端末に表示する。図4に配信映像とオリジナルデータの合成処理の手順を示す。まず注目コンテンツのオリジナルデータとコンテンツ領域情報から生成したマスクを用いて、オブジェクトが前面に映っている部分のみを切り抜いたオリジナルデータの画像を生成する(図4-1)。次に、コンテンツ領域を反転させたマスクを作成し、配信映像から注目コンテンツの領域のみを切り抜いた画像を生成する(図4-2)。次にコンテンツ位置情報を用い、注目コンテンツ全体が含まれるように配信映像のサイズ変更を行う(図4-3)。最後にそれらの画像をコンテンツ位置に重ね合わせることで、表示映像が生成される(図4-4)。この際、オリジナルデータの画像サイズ、配信映像の画像サイズ、視聴側で表示するサイズを考慮して、適宜画像サイズの変更を行う必要がある。

3.3 様々な配信環境への適用

提案手法を拡張することで、以下に述べるような様々な状況に適用することができる。

- 提案手法をライブストリーミング配信に適用する場合は、キャプチャ映像に対してリアルタイムに映像中のコンテンツ領域抽出処理を行う。

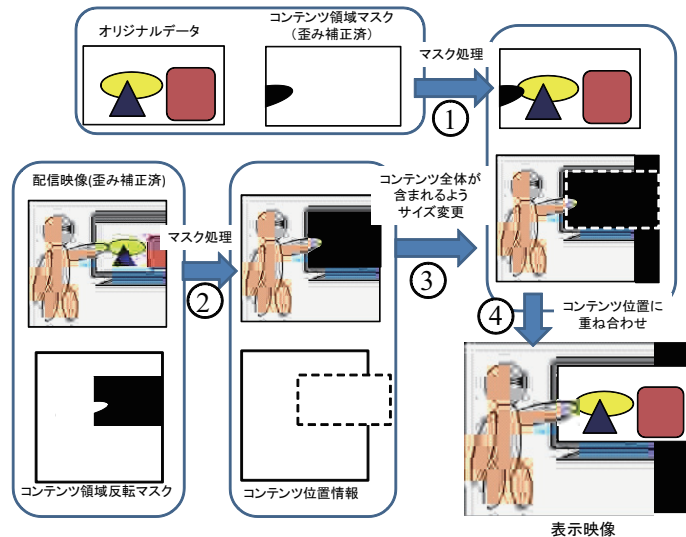


図 4 配信映像とオリジナルデータの合成
Fig. 4 Combination Process of Video Image and Original Data

- コンテンツが視聴しやすいように歪み補正を行うと、人物の映像が不自然に歪んでしまう場合がある。人物に注目するか、コンテンツに注目するかを視聴者に選択させたい場合には、歪み補正処理を受信側で行う。
- 事前にオリジナルデータがインターネット上に公開されていない場合でも、映像配信者がオリジナルデータのファイルを保持していれば提案手法を適用可能である。この場合、コンテンツの URL を送る代わりに、コンテンツのオリジナルデータを直接配信する。
- 配信映像内に複数の注目コンテンツが存在する場合には、それぞれのコンテンツにつき URL や領域などを検出して情報をグループ化し、メタデータとして配信する。

4. ポスタ発表生中継システム

提案手法の実装例としてポスタ発表生中継システムを構築した。本システムは、開発言語に VC++、GUI やネットワーク部のライブラリに Qt、画像処理ライブラリに OpenCV を用いて実装した。図 5 の左にポスタ発表の様子を撮影した例を示す。本システムでは、配信用の映像は配信中は固定してあり、1 枚のポスタの全体領域が画角内におさまっているこ

とを前提としている。3 章で述べた提案手法は以下のように実装した。まず、コンテンツ同定のためのコンテンツの URL は配信者が直接入力することにした。コンテンツ位置を容易に検出できるように、ポスタの 4 角に赤色のマーカを張り付け、画像処理で得られた 4 か所の赤色領域の中心座標をポスタの 4 頂点の座標とみなした。コンテンツ領域検出は画像処理の背景差分法によって実現した。配信前、ポスタ前面に何も存在しない状態で背景映像を 50 フレーム撮影しておき、その平均と分散を用いて背景差分を求めた。偏光フィルムを用いる光学的な方法を採用しなかった理由は、ポスタ表面に偏光フィルムを張りつくとポスタ発表会場の聴衆にとってポスタが見つらなくなってしまうためである。本システムで前提とする設定では、配信映像内にポスタが占める割合が広い。そこで、データ量削減を見込んでコンテンツ領域を黒く塗りつぶした映像を配信し、受信側では黒色の部分をコンテンツ領域とみなすこととした(3.2 節)(図 5 中央)。歪み補正は、映像中のポスタ左上の座標とポスタの左辺の長さを用い、ポスタ領域がオリジナルデータとのアスペクト比の等しい長方形になるようにアフィン変換を施すことで実現した(図 5 中央)。本システムが前提とする設定では動的にコンテンツ情報が変化することがないため、接続時にメタデータを配信し、それ以降は映像のみ Motion JPEG として配信するようにした。なお、映像の圧縮率、フレームレートは配信側の GUI から動的に変更可能とした。受信側で合成した映像の例を図 5 右に示す。ポスタ領域の部分が鮮明なオリジナルデータに置き換わっているのがわかる。

ポスタ発表の円滑な理解を促進する工夫として、提案手法の実装に加え、任意箇所ズーム機能、指差し自動追跡機能を実装した。ポスタは 1 枚の紙に研究内容が記入されるため、スライドと異なり文字や図が細くなる傾向がある。そのため、たとえ提案手法を用いてポスタ領域を鮮明にしたとしても、視聴する端末のディスプレイサイズが十分に大きくなければ内容を読み取ることが困難になる可能性がある。そこで、ズームレベルの変化と注目箇所の移動を可能にし、映像の任意の箇所に注目できるようにした。

指差し自動追跡機能は、ポスタ発表では発表者がポスタ内を指差しすることが多いことから、ポスタ内の指差しを自動追跡して議論の中心となっているあたりをスムーズに注目できるようにするためのものである。本システムでは、指差し検出を簡易的な肌色領域検出で代用した。ポスタ領域内で、一定の面積以上の肌色領域が存在している場合、それを指領域とみなしている(図 6 左)。また、ポスタ領域の一定の範囲内に一定の時間指領域がとどまっている場合、注目箇所を指領域の中央座標に自動的に移動させる。以上の実装により、指を小刻みに動かしているときなど、わずかに移動するのみであれば注目領域が移動しなくなる。指差しを終えて、指がポスタ領域外に移動した後でも、注目領域は移動しないため、

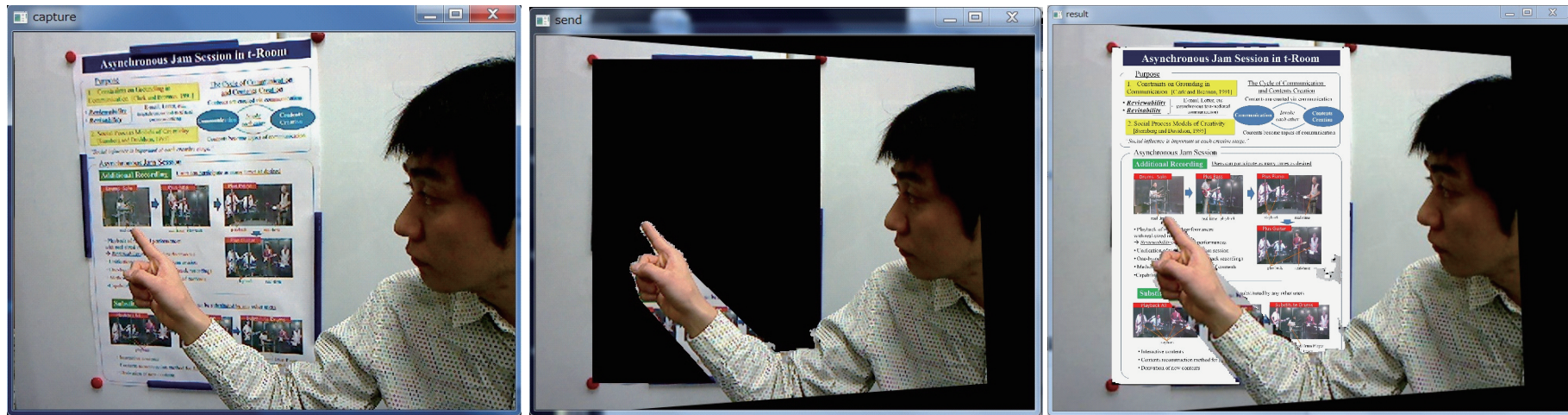


図5 キャプチャ映像(左)と配信映像(中央),合成映像(右)
 Fig. 5 An Example of Capture Image (left), Delivery Image (center), and Combined Image (right)

指差しをしていた箇所を続けて注目することができる。注目領域は連続的に移動するように設計した。瞬間的に注目箇所が切り替わると、どの方向に注目フレームが移動したかが分からなくなることがあるが、徐々に注目領域を移動させることでこの問題を防止する。

ポスタ発表の視聴インターフェースは、ナビゲーションウィンドウ(図6左)とメインウィンドウ(図6右)の2つからなる。メインウィンドウは、ナビゲーションウィンドウ内の注目領域の部分の映像がズームして表示される。ナビゲーションウィンドウでは、注目領域が青枠、自動検出された指領域が緑枠で表示されている。ナビゲーションウィンドウ上部のバーにより、注目領域のズームレベルを変化させたり、自動指差し追跡機能のオンオフを切り替える。また、ナビゲーションウィンドウ内のサムネイル映像をクリックすると注目領域がクリックした箇所に移動する。

4.1 評価実験

本システムの配信性能を評価するため、通信データ量と画像処理にかかる時間を調査した。実験設定は以下のとおりである。オリジナルデータはPowerPointを用いてA1縦で作成し、ポスタの印刷サイズ同様にA1縦(サイズ:2170x3072)でPNG形式として保存した。映像撮影に使用したカメラはLogicoolのQCam Ultra Visionを用い、撮影時の解像度は640x480とした。Webカメラはポスタから1.5m程度離れた正面に設置し、ポスタ全

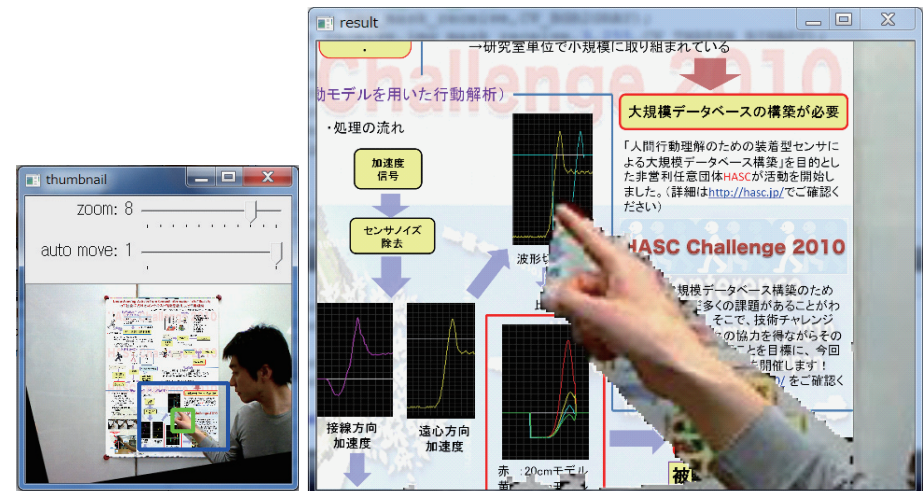


図6 視聴インターフェース。ナビゲーションウィンドウ(左),メインウィンドウ(右)
 Fig. 6 A Client Interface. Navigation Window (left), Main Window (right)

体と発表者の上半身が画角に収まるように調整した。この時の画像中にポスタ領域の占める割合は34%程度である。また、配信時のJPEG圧縮率は80%、フレームレートは20fpsとした。

1台のノートPC(OS: Windows7 64bit, CPU: Core i7 2.8GHz, メモリ: 8GB)で配信側、受信側の処理を同時に行い、30フレーム分について評価を行ったところ。映像をキャプチャした後、配信までにかかった処理時間は約41ms、配信映像の受信後表示までにかかった処理時間は約22msであった。これらの合計である約63msが提案手法の処理に必要な時間である。一般的なライブ配信ではこの程度の画像処理による遅延は問題にならないであろう。データ量変化について調査したところ、歪み補正後の画像をJPEG圧縮したデータは約51KBであった。またポスタ領域を黒抜きした画像をJPEG圧縮した場合は約27KBとなり、データ量を半分程度に削減できることがわかった。

ポスタ発表生中継システムによってポスタ発表の内容理解が円滑に行われるかを確認するため、10人の被験者に対して実験を実施した。会場では説明者1人が15分程度のポスタ発表を行い、被験者は通常配信グループと提案システムグループに分かれ、ポスタ発表を視聴してもらった。通常配信グループでは、会場で撮影された映像をそのまま配信し、視聴の際にはズームと注目領域移動機能のみの使用が可能である。提案システムグループでは、提案システムのすべての機能の使用が可能である。配信映像を視聴するPCのデスクトップ解像度は1280x800、映像表示サイズは960x720とした。

以上を、異なるポスタを用い、通常配信グループと提案システムグループを入れ替えて2回試行した。通常配信と提案システムの順序はカウンターバランスをとった。各試行の終了後、被験者には以下のアンケート項目に5段階評価で回答してもらった。

[質問1] 発表内容の理解の容易さ

[質問2] ポスタに書かれた内容の読み取りやすさ

[質問3] 視聴際のストレスの度合い

[質問4] 内容理解に要した労力

[質問5] 指差しの自動追従機能の有用性(提案システムのみ)

アンケート結果を図7に示す。質問1,2に関しては、提案システムの方が通常配信よりも良いという結果となった。特にポスタ内容の読み取りやすさに関してはt検定の結果グループ間で有意差が認められた($p < 0.01$)。発表内容の理解の容易さに関しては有意差は認められなかったが、これは今回発表に使用したポスタ自体の内容が比較的簡単なものであったため明確な差が表れなかったと考えられる。質問3,4の比較から、発表視聴に受けるス

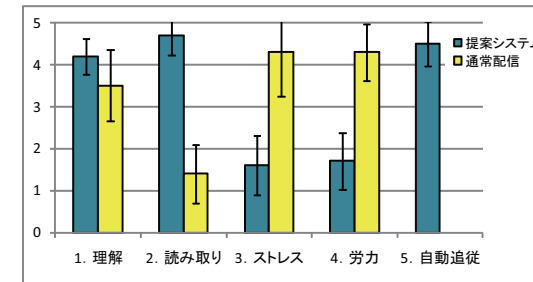


図7 アンケート結果

Fig.7 The Result of Questionnaire

トレスと内容理解に必要な労力は、どちらも提案システムの方が通常配信よりも低いことがわかる。また質問3,4のどちらの質問に関しても、t検定の結果グループ間に有意差が認められた($p < 0.05$)。また質問5より、指差しの自動追従機能の有用性については高い評価を得た (avg:4.50, sd: 0.53)。以上より、提案システムは従来の配信システムよりもポスタ内容の視認性を向上し、視聴時のストレスや内容理解に必要な労力を低く抑えられることが確認できた。

5. 考 察

本章では提案手法の社会に対する貢献や応用可能性について考察する。

まず提案手法は、現在から将来にかけてのプレゼンテーション映像配信における問題点を劇的に改善する手法といえる。会場の撮影環境を厳密に調整しなければ、映像中のコンテンツ部分は歪みや光の反射等で視認性が低くなるが、この問題はネットワークインフラの整備が進みビデオカメラが高性能になったとしてもおこりうる問題である。提案手法を適用すれば、ビデオカメラ設置の際の厳密な調整作業が必要なくなるため、映像配信の慣れていない人が手軽に映像配信できるようになる。よって、需要の高いプレゼンテーション映像がますます盛んに共有されることになるだろう。

提案手法は実装が容易であることから、現在実運用しているシステムへの適用も期待できる。特に対象とするコンテンツがポスタやスライドのように単純なものである場合は、4章で示した通り提案手法は単純でリアルタイム処理可能な画像処理によって可能である。Ustream やニコニコ動画などの既存システムの融和性も高く、既存システムの配信側と受信側の間に提案手法を組み込むことは可能である。

提案手法の応用範囲は、スライド、ポスタ、ビデオコンテンツ以外にも多数考えられる。たとえば立体オブジェクトの3Dモデルをオリジナルデータとして、配信映像内に現れるそのオブジェクトを視聴側で3Dモデルに置き換えるといったことも可能であろう。また、紙にペンで文字を書いている場面を映像配信する場合、適宜その紙をスキャンしてオリジナルデータとして共有し、配信側でスキャンしたデータを重畳表示することも可能である。

6. おわりに

本稿では、配信映像中に含まれるコンテンツの視認性低下問題を提起し、映像内コンテンツの視認性を改善する配信映像加工手法を提案した。本手法では、配信映像を視聴する端末においてあらかじめ映像内コンテンツのオリジナルデータをダウンロードしておき、配信映像内のコンテンツ領域に、ローカル保存されたオリジナルデータを重ね合わせて再生することで、鮮明なコンテンツ映像を視聴可能にする。提案手法に基づいてポスタ発表生中継システムを構築し、評価実験の結果、提案システムは従来の配信システムよりもポスタ内容の視認性を向上し、視聴時のストレスや発表内容理解に必要な労力を低く抑えられることが確認できた。

今後の課題として以下の2点を挙げる：1.ポスタ発表生中継システムを実際の学会発表の場において実証実験を行う。2.提案手法をスライドやビデオコンテンツなどポスタ以外のコンテンツに適用したシステムを構築する。

参考文献

- 1) Clark, H. H. and Brennan, S. E.: Perspectives on socially shared cognition, chapter Grounding in communication, *APA Books*, pp.127-149 (1991).
- 2) Flickr: <http://www.flickr.com/>.
- 3) Fussell, S. R., Setlock, L., Yang, J., et al.: Gestures Over Video Streams to Support Remote Collaboration on Physical Tasks, *Journal of Human-Computer Interaction*, Vol.19, pp.273-309 (2004).
- 4) Gaver, W., Sellen, A., Heath, C., et al.: One is not Enough: Multiple Views in a Media Spaces, *INTERCHI'93*, pp.335-341 (1993).
- 5) Google Videos: <http://video.google.co.jp/>.
- 6) Heath, C. and Luff, P.: Disembodied conduct: Communication through video in a multi-media office environment, *Proceedings of CHI* (1991).
- 7) Hirata, K., Harada, Y., Takada, T., et al.: Video Communication System Supporting Spatial Cues of Mobile Users, *Proceedings of CollabTech 2008*, pp.122-127

- (2008).
- 8) Ishii, H., Kobayashi, M., and Arita, K.: Iterative Design of Seamless Collaboration Media, *Communications of the ACM*, Vol.37, Issue 8 (1994).
- 9) Kuzuoka, H., Kurihara, T., and Luff, P.: Introduction to the AgoraDesk Project, *Conference Supplement of CSCW*, pp.197-198 (2006).
- 10) Lo, B.P.L., and Velastin, S.A.: Automatic congestion Detection System For Underground Platforms, *Proc. of 2001 International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing*, pp.158-161 (2000).
- 11) Neumann, U. and You, S.: Natural Feature Tracking for Augmented Reality, *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol.1, No.1, pp.53-64 (1999).
- 12) Omnisio: <http://www.omnisio.com/>.
- 13) SlideShare: <http://www.slideshare.net/>.
- 14) Stefik, M., Bobrow, D., Foster, S., et al.: WYSIWIS Revised: Early Experiences with Multiuser Interfaces, *Proceedings of CSCW*, pp.147-167 (1987).
- 15) Tang, J. C. and Minneman, S. L.: VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing, *Proceedings of CHI*, pp.313-320 (1990).
- 16) TED: Ideas worth spreading: <http://www.ted.com/>.
- 17) Ustream: <http://www.ustream.tv/>.
- 18) W3C: Scalable Vector Graphics (SVG), <http://www.w3.org/Graphics/SVG/>.
- 19) Yamashita, N., Hirata, K., Takada, et al.: Effects of Room-sized Sharing on Remote Collaboration on Physical Tasks, *情報処理学会論文誌*, Vol.48, No.12, pp.788-799 (2007).
- 20) YouTube: <http://www.youtube.com>.
- 21) キバンインターナショナル: LectureMAKER, <http://lecturemaker.jp/>.
- 22) ニコニコ生放送: <http://live.nicovideo.jp/>.
- 23) ログスウェア: STORM Maker, <http://suite.logosware.com/storm-maker/products/>.
- 24) 梶克彦, 平田圭二: t-Roomにおけるデスクトップ画面共有機能の実装とその応用, *日本ソフトウェア科学会第25回大会論文集*, 2B-2 (2008).
- 25) 根岸佑也, 河口信夫: 多様な接続手法に対応したデスクトップ画面共有システム, *電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)*, Vol.125, No.12, pp.1882-1890 (2005).
- 26) 市村哲, 間下直晃, 伊藤雅仁, 宇田隆哉, 田胡和哉, 松下温: PC操作画面をリアルタイムに配信するWebシステムのための伝送量圧縮方式, *情報処理学会論文誌*, Vol.46, No.1, pp.70-79 (2005).
- 27) 大川恵子, 伊集院百合, 村井純: School of Internet - インターネット上のインターネット学科の構築, *情報処理学会論文誌*, Vol.40, No.10, pp.3801-3810 (1999).
- 28) 飯塚裕一, 河口信夫: Side-by-Side Meeting: 非対称な環境を用いた遠隔作業支援, *マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2007) シンポジウム*, pp.1029-1033 (2007).