

推薦論文

# 移動速度に応じた疑似3Dスクロールによる ビデオナビゲーション

中込 訓之<sup>1,a)</sup> 郷 健太郎<sup>2</sup>

受付日 2011年6月2日, 採録日 2011年11月7日

**概要:** 本論文では, ビデオプレイヤーの早送り・巻き戻し操作などにあるユーザビリティの問題点を改善するための手法を提案する. 提案手法はコンピュータの表示画面上の基本操作を複合させ, スクロール速度に応じて自動的にズームを行う手法を応用している. この手法は, スクロール時に見た目の移動速度が変化しないという特徴がある. 本手法をビデオプレイヤーのインタフェースとして実装するには, ズームアウトによって最大速度が制限される点と, 見た目の移動速度が変化しないという特徴からスピード感がない点があり, 改善する必要がある. そこで, 改善方法として3D表現を加え, 自動的にカメラ位置を移動する情報空間ナビゲーション手法をデザインし実装している. 提案したナビゲーション手法を評価実験の結果に基づいて改良し, また, ビデオプレイヤーに組み込んで従来手法との比較実験を行い, その有用性を確認した.

**キーワード:** ビデオナビゲーション, ユーザインタフェース, GUI, 3D, ビデオプレイヤー

## Speed-dependent Automatic Rotating Efficient Video Navigation

KUNIYUKI NAKAGOMI<sup>1,a)</sup> KENTARO GO<sup>2</sup>

Received: June 2, 2011, Accepted: November 7, 2011

**Abstract:** In this paper, we propose a technique to deal with usability issues on fast-forward and fast-rewind on GUI-based video player. Our proposed method composes basic operations for on-screen widgets and applies the speed-dependent automatic zooming approach for the issues. In order to implement the method for video player interfaces, however, we have to solve two problems: the ceiling effect of maximum speed and the loss of user's sense of speed when zooming-out. To solve the problems we design and implement an information space navigation method with three-dimensional representation and automatic camera positioning. We evaluated several versions of the method and revised them based on the evaluation result. In addition, we implemented the method into a video player and confirmed its usefulness by comparative evaluation to a previous method.

**Keywords:** video navigation, user interface, GUI, 3D, videoplayer

### 1. はじめに

近年, コンピュータの普及とインターネットの高速化により動画を見る機会が増えている. しかし, 動画再生を行うプレイヤーは従来から大きく変化していない. 一般的なナビ

本論文の内容は2010年7月のマルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2010) シンポジウムにて報告され, グループウェアとネットワークサービス研究会主査により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である.

<sup>1</sup> 山梨大学大学院医学工学総合教育部コンピュータ・メディア工学専攻

Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan

<sup>2</sup> 山梨大学大学院医学工学総合研究部コンピュータ・メディア工学専攻

Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan

<sup>a)</sup> nakagomi@golab.org

ビデオプレイヤーは、再生、停止、早送り・巻き戻しなどのボタン操作や、シークバー（ビデオ操作に用いられるスクロールバー）を操作することで動画の再生位置の制御を行っている。これらのインターフェースは動画を最初から最後まで通常速度で再生する場合には特に問題ないが、動画中の特定のシーンを探そうな場合にいくつか問題がある。早送り・巻き戻しなどのボタン操作では、再生速度を速くしていくと表示が切り替わるスピードが速くなり表示の判別が困難になる。一方、シークバーによる操作では、マウスカーソルをスライダまで移動しなければならず、長い動画になるとスライダを少し動かしただけでもシーンが大きく変化してしまう。また、動画のチャプタを選択して再生位置をジャンプさせる方法もあるが、目的としているシーンから再生できるとは限らないため、早送り・巻き戻しを行って目的のシーンを探さなければならない。

これらと同じような問題がコンピュータ上の操作でのスクロールやズームにみられる。スクロール操作では一般的にスクロールバーや自動スクロールなどが用いられるが、スクロールバーでは操作を行う際に画面の端にマウスカーソルを移動しなければならず、情報量が多くなるとスライダ部分が小さくなり操作しにくくなる。自動スクロールでは、ゆっくりとスクロールしているときには問題ないが、移動速度が速くなると表示がぼやけて判別しにくくなり、情報空間上での位置が把握できなくなるといった問題がある。一方、ズーム操作にはプルダウンメニューやセマンティックズームなどが用いられる。プルダウンメニューによる操作は、拡大縮小した際に画面の表示内容が急激に変化してしまい、画面に表示されている情報が情報空間上のどの位置にあるのか分からなくなるといった問題がある。セマンティックズームは、拡大縮小を行った際に単純に大きさを変えるのではなく、意味合いを考えて特定の部分を変化させるというものである。段階的にズームレベルが変化していくため、プルダウンメニューにある問題は解決されているが、やはりズーム操作により徐々に位置関係が変わっていくためユーザが混乱してしまう。

これらの問題の解決を試みた手法として、スクロール速度に応じて自動的にズームを行うという複合手法が近年提案されている [1]。この手法は、移動速度の上昇に連動

してズームアウトすることで、情報空間の移動速度が速くなっても画面上での見た目の移動速度が変化しないという特徴がある。これにより、移動速度が速くなりすぎて目が追いつかないといった問題が解決されている。また、スクロール操作とズーム操作が連動することによって、拡大縮小による位置が分からなくなるといった問題も解決されている。これらの特徴から、ビデオプレイヤーのインターフェースの問題改善に応用できると考えられる。しかし、実装するにはいくつかの問題を改善する必要もある。

そこで本研究では、ビデオプレイヤーのインターフェースの問題改善を目指し、従来の手法に、3D 表現を加え、自動的にカメラ位置を制御する情報空間ナビゲーション手法を提案した。提案した手法の比較・検討を行い、最も評価の高い手法をビデオプレイヤーとして実装し、従来手法との比較実験により有用性の確認を行った。

## 2. 関連研究

スクロール操作とズーム操作が連動する手法として、Igarashi らが移動速度に応じて自動的にズームを行う手法を提案している [1]。この手法では、高速でスクロールしているときは縮小表示に、低速でスクロールしているときは拡大表示になる。この表現は、「速く移動しているときには目的地が遠くにあるということだから大局的な視点が必要になる」という直感的な理解に基づいている。関係を数式で表すと、以下のとおりである。

$$\text{scale} = \text{constant}/\text{speed} \quad (1)$$

ここで、scale はズームレベル、constant は 0 でない正の定数、speed はスクロール速度である。移動速度が一定以下のときは scale = 1 となる。これにより、情報の移動速度が速くなるのに連動してズームアウトをすることで画面上の見た目の移動速度が一定になる。つまり、移動速度が上がったときに表示される速度が速くなりすぎて制御不能になることを防ぐことができる。図 1 に自動ズームの画像閲覧時の例を示す。

膨大な情報を効率的に提示する手法として、注目している領域を拡大表示しながら、その周辺情報との間を滑らかな歪みで表現する Focus + Context 技法がある [2]。詳細と大局を同時に表示することができるが、歪みによって情



図 1 自動ズームによる画像閲覧時の例

Fig. 1 Visualization example of the automatic zooming method.

報空間の位置関係の把握に若干の混乱を招くという問題がある。その解決を試みた手法として、3D 表現を用いたズーム手法がある [3]。この手法は、水平方向に長い 2D の情報空間を 3D 空間で 3 枚のプレートに割り当てることで表示を行う。注目している部分のプレートが正面を向き、周辺情報は特定の角度で連結された左右のプレートに表示されるというものである。注目領域と周辺情報が線形に連結されるため歪みが生じない。また、垂直方向にも対応した手法として、3D の遠近法を利用して情報空間を天辺が平らなピラミッド状で表現する手法がある [4]。注目領域はレンズであるピラミッドの天辺の平らな部分であり、壁面部分に周辺情報が表示される。レンズを上下左右に移動することでその位置に応じて壁面とレンズの連結部分の角度が変化するようにになっている。本研究で提案する手法では、3D 表現の部分でこれらの手法を参考にしている。

カメラのメタファを用いたナビゲーション手法では、ドキュメントナビゲーションの手法として Guiard らが、Perspective Viewing を提案している [5]。この手法では、一般的なナビゲーション手法によく使われているパンやズームではなくチルトによる操作を導入している。チルト操作により、遠くの領域にある情報を表示させることが可能である。しかし、カメラ操作の種類が増えることで必要な操作方法が多くなり、操作が煩雑になることが問題として指摘されている。また、藤田らが複数のカメラ操作を連動させる地図ナビゲーション手法として、カメラ操作のパンとズームが連動する Pan sync Zoom と、ズームとチルトが連動する Pan sync Zoom and Tilt を提案している [6]。これらの 2 手法では、ユーザはドラッグ操作をするだけで、出発地と現在地の 2 地点がつねに画面内に収まるようにカメラが自動的に最適な位置に制御される。これにより、出発地から現在地までの道順や相対的な位置関係をつねに得ながら探索することができる。また、ドラッグ操作のみで済むためユーザへの負担も軽減されている。

ビデオナビゲーションの手法では、Li らが動画視聴における必要な機能・操作性について、早送りやシークバーによる操作以外に再生速度変更（倍速再生、スキミング）、再生位置変更（サムネイルベース、テキストベース、時間間隔、マーカ）など、複数の要素を組み合わせたプレイヤを使用して評価を行っている [7]。その結果、シークバーによる操作よりも再生位置変更による操作をユーザが好んで使用したこと、また、動画の種類によって必要な機能の有無が変わってくることを示している。早送り操作に関する手法として Kai-Yin らが車でのドライブ時の運転のメタファを用いた Smart player [8] を提案している。景色の綺麗どころ、気になるところがあるときに速度を減速した際の景色の見え方を動画の早送りに応用している。具体的には、動画のキーポイントを自動的に、または、ユーザの操作から学習によって抽出し、自動的に重要な部分とそうでない

部分とで再生速度を変化させる。インタフェースとして車のアナログ式スピードメータと同じようなデザインをした速度計に再生速度が表示される。サムネイルベースの手法では、動画の特定のフレームを抽出し、そのフレーム中の特定の部分を抜き出しコラージュのように並べる手法 [9]、ストーリー性を持たせ前後の流れを分かりやすくするためにコミックのように並べて表示する手法がある [10]。また、抽出したフレームを 1 枚のストーリー性のある絵（タペストリ）のように表現・要約し、要約の度合いをズーム操作のように変更できる手法がある [11]。これらに対して、本研究で提案しているビデオプレイヤは、動画の再生画面表示と要約表示とを従来の早送り・巻き戻し操作に関連付けて非常に簡単な操作でスムーズに切り替えられる点が特徴である。また、操作方法が単純、なおかつ、再生画面内以外に別途専用のインタフェースの表示が必要ないため、従来の操作方法の置き換えや様々な場面に応用可能だと考えられる。

### 3. 提案手法

動画は静止画をある特定の間隔で切り替えて表示しているだけであって、とらえ方によっては前後関係のある画像群だといえる。画像群としてみれば通常の情報空間ナビゲーション手法の応用を考えることができる。また、動画には再生方向という概念があり、画像群が水平に並んでいる情報空間がイメージできる。自動ズームは、このような前後関係や方向性のある情報空間を効率的にナビゲーションできる手法である。しかし、ズームアウトした際に細かい表示内容が判別しにくくなるという特徴がある。情報検索において、検索目標が見えなくなってしまう速度では移動することができない。そのため、動画の早送り・巻き戻し時の再生速度を確保するためには改良が必要である。また、見た目の移動速度が変化しないという特徴は早送り・巻き戻し操作時の速度が直観的に分かりにくいと考えられる。そこで、自動ズームをもとにこれらの問題改善を行うための手法をデザインした。

#### 3.1 基本アイデア

提案手法の基本アイデアは、情報空間の移動速度に応じてズームを行うのではなく、3D 処理によるカメラ位置の移動を行い、表示画面の中央を軸として情報空間を回転して表示を行うというものである。関係を式で表すと、以下のとおりである。

$$\text{angle} = 90 * \text{constant} / \text{speed} \quad (2)$$

ここで、angle は表示物の角度、constant は 0 でない正の定数、speed はスクロール速度である。移動速度が速くなるにつれて自動的に角度が大きくなる（速度が一定以下のときは、angle = 0）。回転は、表示領域の中心点を O とし

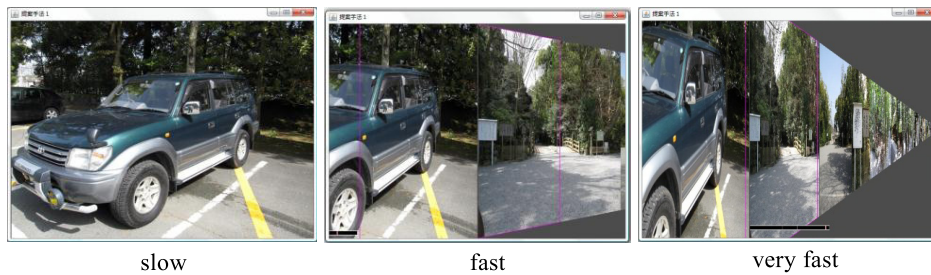


図 2 横方向スクロールの表示例 (画像ビューア)

Fig. 2 Visualization example of horizontal direction scrolling (image viewer).

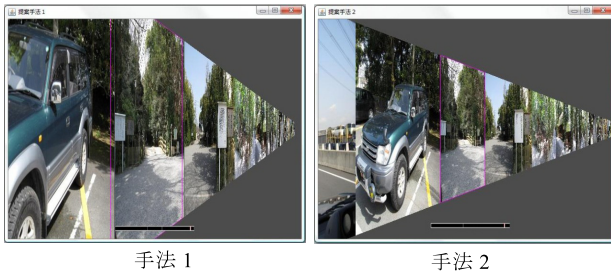


図 3 手法 1 と手法 2 の見え方の違い

Fig. 3 Difference in visualization between technique 1 and 2.

て XY 座標で分割すると縦方向スクロール時には X 軸を軸として回転し、横方向スクロール時には Y 軸を軸として回転を行う。

### 3.2 提案手法の詳細

基本アイデアを元に 2 つの手法を提案する。

**手法 1:** 基本アイデアのとおり移動速度に応じてカメラの移動を行い表示物の角度を変化させる。

**手法 2:** 手法 1 の変化にカメラのズーム操作を加えて移動速度が速くなるに連動してズームアウトを行い、表示物を広く表示させる。

ここで、手法 1 と手法 2 とともに速度に応じた角度の変化の仕方は同じである。ズームアウトを行うことで表示物の移動速度が同じでも、手法 2 での表示は、手法 1 に比べて若干ゆっくと流れているように見える。一方で手法 2 では、手法 1 に比べて画面内に多くの情報をズームアウト時に表示することができるが、詳細な部分が若干判別しにくくなる。

これらの手法を実装する場合、ユーザビリティの観点からいくつかの問題点がある。まず、スクロール速度の制御にマウスの入力値 (ドラッグ操作による移動幅) を使用しているために生じる問題がある。たとえば、式 (2) においてスクロール速度と角度との関係が反比例しているため、スクロール操作時の初期の段階で急激な角度の変化が起こり、後半ではあまり変化が起こらない。また別の問題として、マウスの入力値が急激に変化した場合に、突然回転が元に戻ったり、逆向きに回転したりといったことが生じる。これらの変数の急激な変化は、表示対象を短時間で大きく

変化させ、ユーザに混乱を招く要因となる。解決方法については Igarashi らの方法を参考にして、各変数の値が一定の割合で変化するようにし、急激な変化が起こらないように変化の速度に上限を設ける。

横スクロールの実装例として、画像ビューアとして実装した例 (図 2) を示す。また、手法 1 と手法 2 の見え方の違いを図 3 に示す。

## 4. 形成的評価と総括的評価

まず、提案手法の特徴や問題点などを明らかにし、手法の改善を図ることを目的として形成的な評価実験を行った。次に、その実験結果から手法の改善を行い、改善した手法の性能評価として総括的な評価実験を行った。

### 4.1 形成的評価

事前に提案手法 1 と提案手法 2 について簡単なユーザテストを行い、評価の高かった手法 2 と、スクロールバー、自動ズーム、の合計 3 手法について被験者内計画によって比較・検証を行った。実験は、各手法のタスク完了時間を測定し、タスク完了後に 7 段階のリッカート尺度の質問紙による主観的評価を行った。タスクは、ターゲット検索 (画像) である。被験者は大学生または大学院生で男性 7 名、女性 5 名の合計 12 名で年齢は 22~25 歳である。

各手法のタスク完了時間の平均値と、最も好ましい手法についての主観的評価の結果を図 4 に示す。タスク完了時間の平均時間の差を有意水準 5% で検定した結果、各手法に有意差はみられなかった。最も好ましい手法について被験者に尋ねてみたところ全体的に好みはばらついたが、提案手法が一番多いという結果であった。自由記述のアンケート結果をまとめると、「移動方向を見渡せるのが良い」、「詳細と大局が同時に表示されるのが良い」、「スピード感がある」という良い意見の反面、「歪みによって表示が見えにくくなる」、「角度の変化で疲れる」、「角度がきつい」といった意見が得られた。

以上の結果から、提案手法には詳細と大局を同時に表示可能だが、表示角度が大きい場合に、表示の歪みが強くなり判別しにくくなるという問題があることが分かった。一方で、特定の情報間を往復するような場合に、自動ズーミ



図 5 手法 3 の表示例 (画像ビューア)

Fig. 5 Visualization example of technique 3 (image viewer).



図 6 手法 4 の表示例 (画像ビューア)

Fig. 6 Visualization example of technique 4 (image viewer).

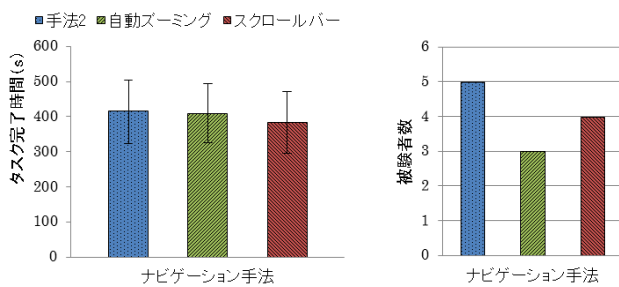


図 4 ナビゲーション手法の比較 (左: タスク完了時間の平均値, 右: 主観的評価値)

Fig. 4 Comparison among navigation method (Left: mean task completion time, Right: mean subjective value).

ングと同様に移動方法が連続的なため情報の前後関係の把握がしやすいという特徴があることも分かった。以上の点を肯定的な意見と総合して考えると、提案手法は視覚的に位置情報を認識する作業において有効性が発揮できるといえる。また、自動ズームの改良点であるスピード感がないという点については、提案手法ではスピード感があるという意見が得られたが、スクロールバーではこのようなスピード感に関する意見は得られなかった。スクロールバーは、見た目の移動速度が変化するが滑らかな変化ではない点や、表示物が平面空間を移動している点などからスピード感を得られにくかったと思われる。提案手法は、チルトによる表現がスピード感を得られる点に有効であったと思われる。

改善点としては、歪みによって表示が判別しにくくなるという問題に対して、角度の変化の仕方などを調節して改善する必要があることが分かった。また、角度の変化に

よって疲れるという問題に対しては、角度の変化を軽減したり、角度のない部分を与えたりする必要があることが分かった。

#### 4.2 手法の改善案

改善案として、形成的評価の結果から分かった問題に対応するために5種類の改善手法を提案した。

##### (1) ビューポート無変化法 (手法 3)

通常時にビューポート内に収まる領域が、スクロール時につねにカメラ (画面) に対して正面を向くように自動的に調整する (図 5)。

##### (2) ビューポート変化緩和法 (手法 4)

手法 3 の角度の変化をなくした部分の変化を全体の角度の変化の 1/2 で変化する (図 6)。

##### (3) チルト後ズーム段階連動法 (手法 5)

移動速度の最大値の 1/2 まで角度を変化させ、1/2 以上の速度でズームアウトが連動する (図 7)。

##### (4) ズーム後チルト段階連動法 (手法 6)

移動速度の最大値の 1/2 までズームアウトが連動し、1/2 以上の速度で角度が変化する (図 8)。

##### (5) 画角連動法 (手法 7)

画角を移動速度に応じて狭くなるように変化させる。その際、オブジェクトをビューポート内に収めるようにカメラの位置を調節する (図 9)。

#### 4.3 総括的評価

##### 4.3.1 改善案の手法の評価

改善案として提案した手法の特徴を比較するために実験



図 7 手法 5 の表示例 (画像ビューア)

Fig. 7 Visualization example of technique 5 (image viewer).



図 8 手法 6 の表示例 (画像ビューア)

Fig. 8 Visualization example of technique 6 (image viewer).

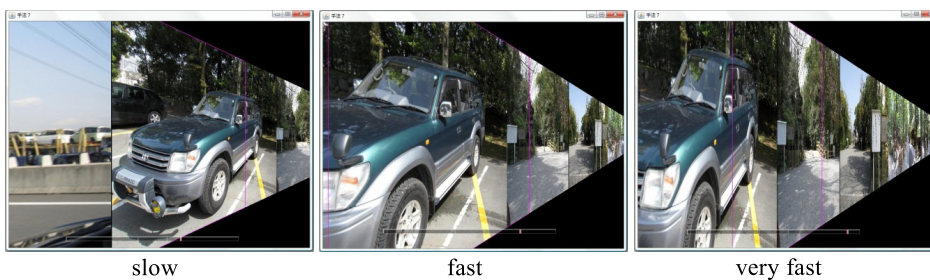


図 9 手法 7 の表示例 (画像ビューア)

Fig. 9 Visualization example of technique 7 (image viewer).

を行った。なお、手法数が多いため実験は 2 回に分けている。実験タスクとしてターゲット (画像) 検索を行い、完了時間を計測した。

まず準備として、手法 2 と改善案の 5 手法の中から 3 手法を選抜する実験を行った。その結果、手法 3 や手法 4、手法 7 のような、表示物の角度の変化と同時に歪みをとまなう表現では、検索作業が困難であることが示された。そこで、歪み表現がなく高評価を得た手法 2 と手法 5、手法 6 から適切な手法を選抜するために評価を行ったところ、総合的な検索性能は手法 5 が最も高かった。一方で、手法 5 と手法 6 の結果を比較した場合、後者の性能が前者を上回る事例もあり、これは回転とズームの変化の順番に起因していた (手法 5 では回転後にズームアウト、手法 6 ではズームアウト後に回転)。そこで、回転とズームアウトを同時に行うことで検索性能を向上させることができると考え、チルトズーム同時連動法 (手法 8) を提案した。

手法 8 は、手法 5 や手法 6 のチルトとズームの変化を同時に行う手法である。手法 2 と似た動作ではあるが手法

2 に比べ角度の変化量が小さく、その分、表示対象全体がズームアウトする (図 10)。

新たに提案した手法 8 と手法 5 との比較実験を行ったところ、タスク完了時間については両手法に有意差はみられなかった。しかし、最も好ましい手法を被験者に尋ねてみたところ手法 8 が多く選ばれる結果であった。また、アンケート結果や主観評価などをまとめると全体的に手法 8 が高い評価を得られていた。よって、手法 8 が最も性能が高いと判断し従来手法との比較実験を行った。

#### 4.3.2 従来手法との比較

各手法のタスク完了時間を測定し、タスク完了後に 7 段階のリッカート尺度の質問紙による主観的評価を行った。タスクは、ターゲット検索 (画像) である。検索条件として、画像中の特定の部分を切り出し提示している。切り出すサイズは画像の 1/3、1/9 のサイズである。検索条件のサイズが小さいと、細かく検索する必要があるためズームアウトが連動すると移動速度を上げ難いと考えられる。独立変数は、各手法 (手法 8、自動ズームイン、スクロール



図 10 手法 8 の表示例 (画像ビューア)

Fig. 10 Visualization example of technique 8 (image viewer).

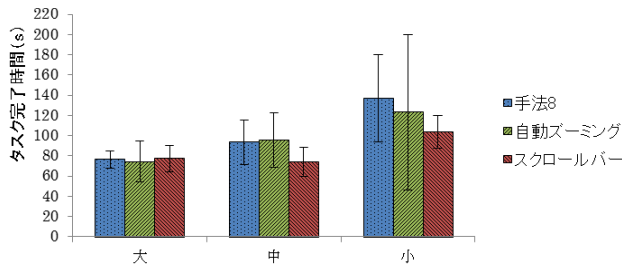


図 11 タスク遂行時間の平均値

Fig. 11 Mean task completion time.

バー)とターゲット提示サイズ(大, 中, 小)である。被験者は男性 5 名, 女性 1 名の合計 6 名で 21~23 歳の大学生・大学院生である。

タスク完了時間の平均値の結果を図 11 に示す。タスク完了時間の平均時間を有意水準 5% で分散分析した結果, ターゲット提示サイズ ( $F(3,2) = 9.93, p < .01$ ) で主効果がみられ, 各手法では有意差はみられなかった。また, 各手法とターゲット提示サイズに交互作用はみられなかった。ターゲット提示サイズの主効果について多重比較を行った結果, ターゲット提示サイズの小が大と中より優位にタスク完了時間が長いことが分かった ( $p < .05$ )。評価した手法の中で最も好ましい手法を被験者に尋ねてみたところ手法 8 が多く選ばれる結果となった。7 段階のリッカート尺度による主観評価の評価結果では, 操作に必要な総力と全般的な快適性においてほかの 2 手法よりも手法 8 が良いと評価された。最も好ましい手法として手法 8 を選んだ被験者の回答は, 「負担が少ない」, 「目と腕が疲れない」, 「直感的に使えた」, 「大局と詳細の使い分けがしやすい」であった。

自由記述の回答項目をまとめると, 手法 8 は「移動速度がもっと速くてよい」, 「広く見渡せるのが良い」, 「使っていて気分良かった」, 「疲れない」という意見があった。自動ズームングでは, 「画像が歪まないのが良い」, 「拡大と縮小の変化が大きい」, 「一定のスピードだが次々と新しい情報が流れるので疲れる」, 「ターゲット提示サイズが小的时候に手間取った」といった意見があった。スクロールバーは, 「慣れているので使いやすい」, 「細かく操作するのが難しい」, 「ズームやチルトが連動しないため目が疲れ

る」, 「マウスポインタをスクロールバーに移動するのが面倒」といった意見があった。

以上の結果から, 各手法間に性能の違いはみられなかったが, 手法 8 が主観評価で高い評価を得た。

実験後に被験者に詳しい聞き取り調査を行った。その回答から, チルトによる表現では流れている表示の一部分を注視して閲覧するのに対して, ズームアウトによる表現では左右に万遍なく視線を移動させる傾向があるため, 手法 8 は自動ズームングに比べて疲れにくいことが分かった。視線をあまり動かさない認識の仕方は, 人間が現実世界を認識するときのものとのとらえ方として注視点と周辺視野が滑らかに結合して情報の処理を行う仕組み [12] に近いため, 自然に前後関係の情報を認識することができ疲れにくさにつながっていると思われる。また, 手法 8 はズームアウトが連動するが, チルトによって手前が速く見え, 奥がゆっくりと移動して見えるという特徴から傾かず平面上をスクロールするよりも体感として移動速度を感じやすいことも分かった。

手法 8 は移動速度のパフォーマンスについて改善とまで至らなかったものの, 体感速度の問題については改善することができた。さらに, チルトが場合によって疲れにくい表現であることも分かり, 手法 8 は自動ズームングに比べ, ビデオプレイヤーのインタフェースとして疲れ難さや, 体感速度がある点で有効である。

## 5. ビデオプレイヤー

### 5.1 ビデオプレイヤーのプロトタイプ

以下では, 手法 8 を実装したビデオプレイヤーのプロトタイプについて説明する。動画には再生方向という概念があるが, 提案手法はスクロール方向を水平方向とすることで, 自然に再生方向の概念に対応させることができる。また, 大局的な視点によって情報の流れや空間を直感的に理解できることが期待できる。ビデオプレイヤーの表示領域となる情報空間の表現として, 動画中から画像フレームを切り出して並べる。再生速度は, スクロール速度と同期するように設計した。また, 各フレームはスクロール速度に合わせて切り出しを行うことで実現する。以下に切り出す間隔とスクロール速度との関係を式で示す。



図 12 再生画面の半透明化 (点線枠内)

Fig. 12 Semi-transparent playing window (inside the dotted frame).

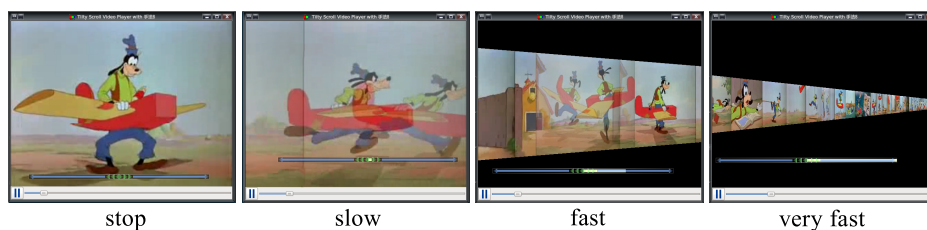


図 13 プロトタイプの実操作時の様子と速度による違い

Fig. 13 Visualization effects of the prototype video player.

$$CI = FW/CS \quad (3)$$

ここで、 $CI$  (Clipping interval) はフレームを切り出す間隔、 $FW$  (Frame width) はフレームの横幅、 $CS$  (Constant speed) は通常再生時のスクロール速度である。こうすることで、スクロール速度の変化と動画の再生速度の変化の割合を同じにすることができ、自然な動作となる。しかし、単純に動画の先頭から  $CI$  の間隔で切り出しを行うと再生時間の長さによっては余りが生じてしまう。そこで、まず、動画の総再生時間を  $CI$  で割って余りを四捨五入により切り上げ、または、切り下げをして総フレーム数を求める。次に、求めた総フレーム数で動画の総再生時間を割った間隔でフレームの切り出しを行う。最大で半フレームほどの誤差が生じるがフレーム数が極端に少なくなければ実際の操作にはほとんど影響はない。

インタフェースの実装として、通常スクロール時の速度の変化を段階的にし、1~3倍速で変化するようにした。このスクロール速度の段階には、音声も連動して変化するように実装した。また、スクロール時に再生画面を半透明にして、フレームの流れを見えるようにしている。映像が半透明になる表現は、急激に変化するとユーザが混乱する恐れがあるため、フェード効果をいれてなめらかに変化するように工夫した。さらに、高速なスクロール時には手法8の表現が連動し、合わせて音声をカットする。また、再生画面は、通常スクロール時にビューポートに収められる領域に半透明に表示し、再生速度に合わせた映像が表示され

る。このフレーム群に重ねて表示する再生画面の位置が動画全体の再生位置と同期するようになっている (図 12)。再生画面は、再生速度が速くなるにつれて表示の判別が難しくなるため小さく表示されるようになり、かわりにフレーム群が広く表示されるようになる。図 13 にプロトタイプの実操作時の様子と速度による違いを示す。

## 5.2 評価実験

ビデオプレイヤーの有効性を確認するための評価実験として、従来から一般的に使われているシークバーとの比較を行った。

### 5.2.1 実験計画

各手法のタスク完了時間を測定し、タスク完了後に7段階のリッカート尺度の質問紙による主観的評価を行う。独立変数は各手法 (手法8, シークバー) である。従属変数はタスク完了時間と質問紙による主観的評価値である。

各手法を提示する順序は、被験者間でカウンターバランスをとる。スクロール方向は、一般的なビデオプレイヤーと同じ横方向スクロールとする。

### 5.2.2 タスク

動画中の特定の区間を6秒間再生し、その区間を検索するタスクを用いて実験を行う。検索条件は、別に用意したパソコンで再生する。初期状態は、動画の先頭からスタートする。8分程度の動画に検索条件の位置5パターン (2分, 3分, 4分, 5分, 6分) のうち1つを割り当てる。検索



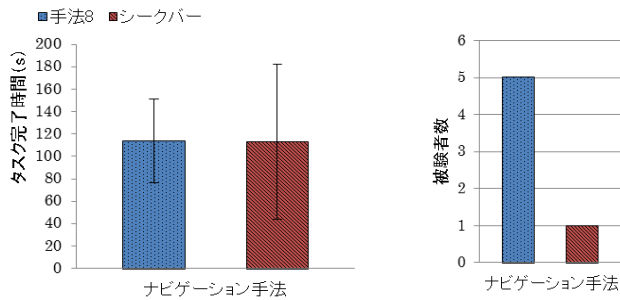


図 14 ナビゲーション手法の比較 (左: タスク完了時間の平均値, 右: 主観的評価値)

Fig. 14 Comparison among navigation method (Left: mean task completion time, Right: mean subjective value).

に用いる動画は、著作権切れの 8 分程度の動画をインターネット上から 10 本入手したものを、ランダムに提示する。動画の画面サイズは 640 × 480 pixel である。なお、あまり短いと特徴がつかみにくく、長いと逆に範囲が広がってしまうので 6 秒間の提示とした。

### 5.2.3 実験環境

実装には、C 言語を使用し、開発環境として Eclipse3.5 を利用した。実験に使用したコンピュータは自作 PC (CPU: Core2 Duo Processor E8400, RAM: 1 GB, OS: Fedora 14 64 bit) でマウスは logitech 社製のマウス (M-BT85) を使用し、液晶ディスプレイは 19 インチ (株式会社ナナオ製 S1911) を 1280 × 1024 pixel の解像度、リフレッシュレートを 60 Hz で使用する。

### 5.2.4 実験手順

最初に、実験の流れについての説明を行い、できる限り正確に速くターゲットを検索するように教示を与える。初めにインタフェースに慣れてもらうために簡単な例題を使った練習をしてから本番を行う。本番が終わったら 5 分間の休憩と、自由記述形式による質問紙調査を行う。実験時間は 30 分～40 分程度である。

### 5.2.5 被験者

被験者は男性 6 名で 22～24 歳の大学生・大学院生である。全員が一般的な視力をしており、右利きである。また、コンピュータをほぼ毎日使用しており、基本的な操作に慣れている。

## 5.3 結果と考察

タスク完了時間の平均値と、最も好ましい手法についての主観的評価の結果を図 14 に示す。タスク完了時間を有意水準 5% で検定した結果、各手法に有意差はみられなかった。最も好ましい手法を被験者に尋ねてみたところ手法 8 が多く選ばれるという結果であった。主観評価の結果の平均を見ると、手法 8 がシークバーに比べて全体的に高い評価であった。図 15 に 7 段階のリッカート尺度による主観評価の結果を示す。

最も好ましい手法として手法 8 を選んだ被験者の回答

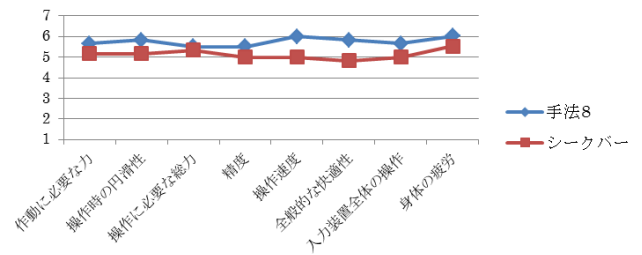


図 15 7 段階のリッカート尺度による主観評価の結果

Fig. 15 Mean subjective value in 7 point Likert scale.

は、「先の映像が見えるため、展開を読める」、「つねに再生画面が表示されているため、フレームとして抽出されていない場合でも発見できる」、「前後関係が分かるため、目標を見つけやすい」、「再生しながら早送りで先が見えるのが良い」であった。また、シークバーは、「操作に慣れている」という回答であった。自由記述のアンケート結果をまとめると、「手法 8 は先の情報が見えるのが良い」、「前後関係が分かる」、「操作が楽だった」、「早送り時に再生画面が半透明になり見えにくくなる」という意見があった。シークバーは、「先が分からないためゆっくり動かさないとわからない」、「通り過ぎる」、「操作に疲れる」といった意見があった。

結果として、手法 8 はタスク完了時間に有意差がなく主観評価でシークバーよりも評価が高い結果であった。したがって、解決すべき課題は残されているものの、ビデオプレイヤーへの実装は有用であるといえる。

タスク完了時間に有意差がみられなかった点について考えられる要因に、提案手法の移動速度の制限が影響していると思われる。たとえば、シークバーでは自由自在に再生位置を移動できるのに比べ、提案手法では先の映像が見えていたとしても移動速度に制限があるため時間がかかってしまうことがあげられる。

再生画面が半透明になり見えにくいという課題に関しては、透過度の変化を移動速度に合わせるといった解決策が考えられる。すなわち、移動速度がゆっくりのときはあまり変化させず、移動速度が速くなると変化を強めるようにする。たとえば、移動速度が遅いときは再生画面を注視させ、再生速度が上がり表示が判別し難くなる速度では、再生画面より切り出したフレームがよく見えるようにするといったことが可能になると思われる。移動速度の問題は、手法の移動速度が上がった際の表示変化の表現の工夫を行うことで改善していく。

## 6. おわりに

一般的なビデオプレイヤーの早送り・巻き戻し操作のインタフェースを改善することを目的として自動ズームングをビデオプレイヤーのインタフェースに応用することを考えた。しかし、自動ズームングにはズームアウトによって移

動速度に制限があるという点や、スピード感がないという点がありビデオプレイヤーに実装するには改善する必要があった。そこで、2Dの情報空間を3D空間としてとらえてカメラ位置の移動を行い、表示角度を調節することによって、自動ズームの問題点を改善することを目的とした手法を提案した。

提案手法の特徴と改善ポイントを明らかにするために形式的評価実験を行い、結果から分かった問題点を改善するための手法を6手法考え、比較・検証を行った。形式的評価実験から選抜した手法8と従来手法とを比較した結果、各手法の性能に差はみられなかったが、主観評価では手法8が最も多く選ばれる結果となった。そこで、主観評価の結果を考慮し、手法8をビデオプレイヤーとして実装した。

ビデオプレイヤーの有用性の検証として従来手法との比較・検証を行った結果、従来手法との間に性能の差はなく、主観評価で本手法が高い評価を得ることができ、ビデオプレイヤーのインタフェースとして有用なことが分かった。

今後の課題として、ビデオプレイヤーとして実装した際の手法の特徴などを分析し、改良を加えて、性能やユーザビリティのさらなる向上を図っていきたい。

#### 参考文献

- [1] Igarashi, T. and Hinckley, K.: Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents, *ACM UIST'00*, pp.139-148 (2000).
- [2] Furnas, G.W.: Generalized Fisheye Views, *Proc. CHI'86*, pp.16-23 (1986).
- [3] Mackinlay, J.D., Robertson, G.G. and Card, S.K.: The Perspective Wall: Detail and Context Smoothly Integrated, *Proc. CHI'91, Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems: Reaching through technology*, pp.173-179 (1991).
- [4] Robertson, G.G. and Mackinlay, J.D.: The document lens, *Proc. 6th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp.101-108 (1993).
- [5] Guiard, Y., Chapuis, O., Du, Y. and Beaudouin-Lafon, M.: Allowing camera tilts for document navigation in the standard GUI: A discussion and experiment, *Proc. Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, pp.241-244 (2006).
- [6] 藤田和之, 高嶋和毅, 築谷喬之, 朝日元生, 北村喜文, 岸野文郎: 複数のカメラ操作を連動させる地図ナビゲーション手法の提案, 情報処理学会インタラクション2009, pp.97-104 (2009).
- [7] Li, F.C., Gupta, A., Sanocki, E., He, L. and Rui, Y.: Browsing digital video, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Vol.2*, pp.169-176 (2000).
- [8] Kai-Yin, C., Sheng-Jie, L., Bing-Yu, C. and Hao-Hua, C.: SmartPlayer: User-centric video fast-forwarding, *Proc. 27th International Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.789-798 (2009).
- [9] Chiu, P., Girgensohn, A. and Qiong, L.: Stained-glass visualization for highly condensed video summaries, *Multimedia and Expo2004, Vol.3*, pp.2059-2062 (2004).
- [10] Uchihashi, S., Foote, J., Girgensohn, A. and Boreczky, J.: Video Manga: Generating semantically meaning-

ful video summaries, *ACM Multimedia '99*, pp.383-392 (1999).

- [11] Barnes, C., Goldman, D.B., Shechtman, E. and Finkelstein, A.: Video Tapestries with Continuous Temporal Zoom, *SIGGRAPH 2010*, pp.1-9 (2010).
- [12] Resnikoff, H.L.: *The Illusion of Reality*, Springer Verlag, New York (1989).

#### 推薦文

本論文では、膨大な情報にアクセスする際に、2Dの情報空間を3D空間としてとらえた自動ズームの改良手法を提案している。提案手法では移動速度に応じて表示物の角度変化とズームアウトを行うことにより、表示物を広く表示できるように工夫している。特定のターゲット画像を検索する評価実験を行った結果、提案手法は表示領域内で特定の位置を往復するように、前後の情報を確認する必要がある場合に有効であること、また体感速度で感覚的に情報の移動量を認識できる可能性があることを確認している。シンプルなアイデアながら提案手法の効果が期待でき、適用先の検討によりさらなる知見も期待できる、優れた論文である。

(グループウェアとネットワークサービス研究会主査  
小林 稔)



中込 訓之 (正会員)

山梨大学大学院医学工学総合教育部コンピュータ・メディア工学専攻。2011年山梨大学医学工学総合教育部コンピュータ・メディア工学専攻修了。



郷 健太郎 (正会員)

山梨大学大学院医学工学総合研究部。1996年東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。博士(情報科学)。同年東北大学電気通信研究所助手。その後、バージニア工科大学 Center for Human-Computer Interaction 研究員、山梨大学工学部助手、助教授、准教授を経て、山梨大学大学院医学工学総合研究部教授。上流工程でのシステム設計法、ユーザインタフェース、遠隔医療システムの研究に従事。ACM, IEEE, 電子情報通信学会, ヒューマンインタフェース学会, 日本人間工学会各会員。NPO 人間中心設計推進機構理事。