

探索的データ分析のための時間的な概観と詳細の表現 およびインタラクションに関する研究

高嶋 章 雄^{†,††,†††} 山本 恭 裕^{††,†††} 中小路 久美代^{††,†††}

本研究は、探索的なデータ分析の支援を目的とし、連続性を持つデータを、時間軸を持った可視化表現 TbVP (Time-based Visual Presentation) として計算機上に表現する支援環境の構築を目指すものである。本稿では、分析対象となる動画データ時間を時間特性および視覚特性の点から多様化し TbVP ビューとしてユーザに提供するシステム TbVP Browser について述べる。TbVP Browser では、動画データに対して、(1) 再生速度の変更、(2) 画面上での視覚情報の変更、および (3) 複数の TbVP ビューの組合せ、を行うことが可能である。TbVP の概念および TbVP Browser について説明し、システム利用時のユーザ観察実験について述べる。

Representations and Interactions of Temporal Overview and Detail for Exploratory Data Analysis

AKIO TAKASHIMA,^{†,††,†††} YASUHIRO YAMAMOTO^{††,†††}
and KUMIYO NAKAKOJI^{††,†††}

Our system Time-based Visual Presentation (TbVP) Browser, allows users to (1) create multiple, independent views of that data, (2) modify the time-base of any view, (3) change the visual characteristics (size, opacity, visible region) of any view. These features help users transform the raw data into a format better matching the user's needs for specific tasks. We describe the system's general model, a specific prototype, and discuss results from preliminary evaluations.

1. はじめに

人間の性質と計算機システムの性質とは大きく異なるものであり、それぞれの長所を活かして補完的に作業を行うことができるよう機械を設計することが重要である^{1),2)}。計算機を用いたデータ分析においては、一般に、計算機に処理を多く委ねるものは数学的データマイニングなどの半自動的な分析³⁾、人間に処理を多く委ねるものは情報可視化などを利用する探索的な分析⁴⁾とされる。

探索的な分析においては、重要となる事柄や注目すべき事象が必ずしも明確ではない。そのため、データの表現を多様化するだけでなく、様々なインタラクションを可能にし、ユーザが自由に試行錯誤できる環境が

望まれる。探索的データ分析の対象となるデータおよびその表現方法は多種多様であるが、本研究では時間的な変化をともなうデータとその視覚的な表現に着目している。

時間を効果的に利用して情報を表現する手法は、情報可視化研究において報告されている。たとえば、アニメーションを利用することでユーザの操作状況⁵⁾や状態遷移を表現するもの⁶⁾は、ユーザが行う可視化表現の見方の変更を、分かりやすく提供するものである。本をめくるような動作を計算機上で実現する研究^{7),8)}は、データ群の概観をとらえ、あるデータを特定する際に時間を有効に活用するものだといえる。証券市場の変動や計算機アルゴリズムなどのときどき刻々と変化する情報をアニメーションを利用して表現するもの^{9),10)}は、情報の持つ連続性を時間軸にマッピングすることで、瞬時の状況判断や流れに沿った情報の理解を支援するものである。

しかし、時間を用いて連続的な属性を表現する研究においては、表現を受動的に見ることや、従来の VCR (Video Cassette Recorder) を踏襲するインタ

† 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

†† 科学技術振興事業団さきかけ研究 21
PRESTO, JST

††† 東京大学先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology,
The University of Tokyo

ラクションが採用されることが多く、データを探索するに足る十分な環境を提供しているとはいえない。

我々は、能動的な閲覧を可能にすること¹¹⁾、特に表現に対して時間的および空間的インタラクションを提供すること¹²⁾が、動画像などの時間的変化をともなう情報の内容理解につながると考えている。さらに、全体と部分が相互に依存する関係にある解釈学的循環¹³⁾を考慮すると、連続する情報が有する、時間の大局的な流れ「概観」と局所的な流れ「詳細」とを把握することが、内容の理解において重要である。

このような背景をもとに、本研究では

- 表現に対する、時間的および空間的インタラクション
- 情報の時間的な概観と詳細の表現

を効果的にユーザに与えるというアプローチに基づき、探索的データ分析支援のためのシステムを構築した。なお、時間的変化をともなう連続的な情報としては、動画像を対象とした。

本章では、探索的データ分析において重要となる情報の概観と詳細の表現手法について述べる。3章で、動画像を時間的変化を持つ可視化表現とする TbVP (Time-based Visual Presentation) の概念について説明し、それに基づき構築したシステム TbVP Browser について4章で詳述する。5章で TbVP Browser を用いたユーザ観察実験について述べ、6章でまとめる。

2. 情報の概観と詳細

本章では、情報の空間的な概観と詳細の表現を行う既存の手法を説明し、時間的な変化をともなう表現への応用について述べる。

2.1 空間的な概観と詳細の表現

空間を利用して情報の概観と詳細を表現する既存の可視化研究として Focus+Context 手法があげられる⁴⁾。Focus+Context 手法は、元来、大量のデータを限られたディスプレイ空間の中で表示する際に、情報の概観と詳細を同時に表現しようとするものである。実現方法としては魚眼レンズメタファ¹⁴⁾を利用するものが広く知られており^{15),16)}、「詳細」として空間の一部を拡大し、「概観」としてそれ以外の部分を縮小し、歪みを用いて表示する。1つのウィンドウ内に概観と詳細を表現しており、ツリー構造やネットワーク構造など階層的なつながりのある情報に対して、効率の良い検索が行えると報告されている^{15)~17)}。

Focus+Context 手法を利用するシステムには、様々なデータを扱うものがある。たとえば、プログラムのソースコード¹⁴⁾や、MRI 検査に用いるスライシング

画像¹⁸⁾など、連続性を持つデータを対象とするシステムが多く、そのようなデータに対して概観と詳細を表現することが有用であることが分かる。

2.2 時間的な概観と詳細の表現

空間的な表現に比較すると、時間における概観と詳細の表現方法を主題として扱う研究はまだあまり見られない。

Yeo らは、ビデオの閲覧プロセスを、数秒間のショットやフレーム (syntactic unit) を見る microscopic browsing と、シーンやストーリー全体 (semantic unit) をつかむ macroscopic browsing という2つの粒度として区別し、ユーザが異なる粒度でビデオの内容を見たりナビゲートしたりすることを可能にするものだととらえている¹⁹⁾。これは、一種の時間的な概観と詳細を利用するものと考えられる。既存のビデオ閲覧システムにおいては、複数のキーフレームやキーショットを表示し、それらを利用して特定のシーンにアクセスしたり、ショットの構造や意味を基にそれらの表示方法を変化させたりすることが可能であり、この枠組みに沿うものととらえることができる^{20)~23)}。

しかし、これらのシステムは、シーンやショットの検索や、それを利用したビデオ要約への応用を狙うものである。本研究では、時間という連続性を持つデータに対して、探索的に分析を行うことを目的としており、

- 連続的なデータとして前後のつながりが重要である
- シーンやショットの構造やその意味は既知ではないといった点で、これらの既存のアプローチとは異なる。

我々は、連続性を失わずに詳細や概観を表現することと、それらに対する探索的な分析を可能とするインタラクションとに重点を置き、動画像の閲覧速度に着目している。サッカーの試合のビデオを分析するというタスクであれば、速い閲覧速度で動画像を見ることによって、選手のポジショニングの変化やフォーメーションの変化などについての流れをつかみやすくなる。一方、ボールにかけられた回転や選手のシュートフォームなどを詳しく見るには、遅い速度での閲覧が理解の促進につながる。このように、動画像を閲覧する際に、その閲覧速度を変化させることで、ユーザが得る情報の種類や質は大きく異なる²⁴⁾。

本研究では、動画像の閲覧速度の違いがユーザの認知過程に及ぼす影響を考慮し、情報の時間的変化について、「概観」を表す手法として速い速度での閲覧を、「詳細」を表す手法として遅い速度での閲覧を採用する。概観と詳細を関連付けて表現することで、空間的表現手法を応用した、時間的変化をともなう連続的な

情報のための Focus+Context 手法を目指す。これは、たとえば、

- 異なる速度の複数の映像を同時に表示する
- 1つの動画の閲覧速度を、時間に関して局所的に変化させて表示する

などの方法で実現することが可能となる。

3. TbVP (Time-based Visual Presentation)

データ分析の対象となる動画は、時間的な変化をともなう連続的なデータの典型例であるが、当然のことながら画面上に視覚的に表現される情報である。本章では、動画データの時間特性と視覚特性の両者について考察し、それらを統合的に扱うための TbVP という概念を提案する。

3.1 時間的な変化をともなう情報の特性

3.1.1 動画の時間的な特性

計算機上で時間を扱う際には、まず以下の2種類の時間、

- 対象となる時間表現の持つ時間 (MDT: Media Data Time)
- ユーザが経験する時間 (UET: User Experience Time)

の相違が考慮されなければならない。

既存のムービープレイヤーを用いて動画を1倍速で再生した際、最初から最後まで見終わるのに必要となる時間がある。これを本研究では、対象となる時間表現の持つ時間とし、MDT (Media Data Time) と呼ぶ。たとえば、90分のサッカーの試合全体を録画したホームビデオや台風が1週間かけて大陸を縦断する様子を10秒の動画にしたものであれば、それぞれ90分、10秒がMDTとなる。一方で、動画をスロー再生しているときや、巻き戻しているときにも、動画を見ているユーザの置かれている環境において時間 (実時間) は経過しており、ユーザはその時間の流れを経験している。このような時間を本研究では UET (User Experience Time) と呼ぶ。

3.1.2 動画の視覚的な特性

計算機上の動画データは、前述のMDTに加え、大きさや色情報といった画面上で再生される際の視覚的特性を有している。時間におけるMDTとUETとの相違と同様に、視覚的にも、対象となる時間表現が持つものとユーザが経験するものという相違がある。具体的には、個々の動画自体が固有に持っている大きさ (縦横のピクセル数) や色情報 (透明度など) と、ユーザが閲覧時に指定する大きさ (たとえばフルスク

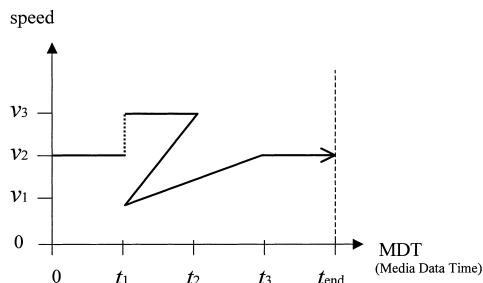


図1 rate 変化グラフ

Fig. 1 A rate change graph.

リーン表示や部分拡大表示) や色情報、という区別である。

3.2 TbVP ビューとしての動画

本研究で提案する TbVP (Time-based Visual Presentation) という概念は、上述の時間的な変化を持つデータの2つの特性に関してそれぞれ変換を施すことによって、動画閲覧者に対して動画データを多様な方法で提示するためのものである。以下では、時間的な特性および視覚的な特性に関する変換を、それぞれ、

(1) Time-based Transformation

(2) Visual Transformation

と呼び、個々の変換の結果を TbVP ビューと呼ぶ。

3.2.1 Time-based Transformation

Time-based Transformation は、対象となる動画の持つ時間をどのようにユーザに経験させるかを変更するものである。つまり、先に述べたMDTからUETへのマッピングを示す変換である。

この変換を施すことによって、動画を様々な速度で表現することが可能となり、1つの動画から様々な情報をユーザが得ることができる。この変換は、再生rateの変化として表現できる (図1)。再生rateとは動画の閲覧速度と動画の再生方向 (順方向と逆方向) とから決定されるものである。

図1に示したrate変化をTime-based Transformationとして施されたTbVPビューは、まずMDTの最初0から t_1 までにあたるデータを v_2 の速度で順方向に表示し、 t_1 を過ぎた瞬間から t_2 まで速度 v_3 で表示する。次に表示速度を v_3 から v_1 まで徐々に遅くしながら t_1 まで逆方向に表示する。その後 t_3 まで速度を上げながら順方向に表示し、 t_3 へ達すると v_2 の速度で最後 t_{end} まで表示する。グラフが示す速度でMDTの最初から最後まで矢印をなぞることで、UETすなわち実際にユーザがどのような時間の流れでビューを見ることになるかが分かる。

3.2.2 Visual Transformation

Visual Transformation は、実際にユーザに対して画面上に提示する際の、対象となる動画像の視覚的特性を変更するもので、TbVP ビューの見せ方を決定する。

具体的には、動画像の大きさや透明度、動画像内の部分的な切り抜きについての変換である。なお、切り抜きとはビューとして表示される映像の空間的な一部分を切り抜いて表現するものである。データ分析タスクにおいては動画像中の空間的な意味での一部分に着目することはしばしば見られることであるので、Visual Transformation の 1 つとして採用している。

3.2.3 複数の変換の組合せ

ここまで述べてきた Time-based Transformation としての種々の変更および Visual Transformation としての種々の変更は、互いに排他的なものではない。本研究では、複数の変換を施して 1 つの TbVP ビューにすることによって、動画像の閲覧方法と視覚的な表現がより多様なものとなり、動画像を対象とした探索的なデータ分析に有用であると考えている。

試行錯誤を繰り返すタスクにおいて、視覚的な比較を行えることが重要であるとされている²⁵⁾ ことを考慮すると、本研究におけるビューに対する空間的インタラクションでは、複数の変換をいかに組み合わせやすいものとして、また、いかに理解しやすいものとして実現するかが重要となる。

4. TbVP Browser

時間的な概観と詳細の表現のための TbVP に基づき、動画像を探索的に分析するためのインタラクションを提供するシステム TbVP Browser を構築した。TbVP Browser では、動画像データに対して、(1) 再生速度の変更、(2) 画面上での視覚情報の変更、および (3) 複数の TbVP ビューの組合せ、を行うことが可能である。

本システムは Macromedia 社の Director 上で構築され、Shockwave としてウェブブラウザ上で動作する(図 3)。以下にシステムの設計方針について述べ、機能詳細を操作方法とともに述べる。

4.1 システムの設計方針

4.1.1 システム要件の同定

システム設計において要件を洗い出すために、プロトタイプツール(図 2)を構築し、インフォーマルなユーザ実験を行った。このツールでは、通常の MDT 指定のためのスライダに加え、rate 変化を設定するための *RateController(graph)* を備えている。これを

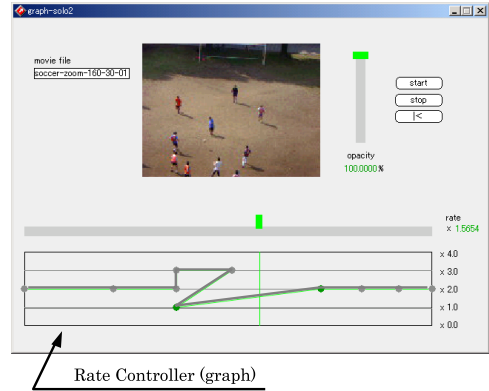


図 2 グラフによる rate 変化の指定

Fig. 2 A graph interface.

利用しベクトルグラフの頂点をドラッグすることで、動画像データの連続性を保持したまま rate 変化グラフを自由に形成することができるものとなっている。

ユーザからのフィードバックは、Time-based Transformation の指定とグラフの操作とを両立させるのが困難である、というものであった。観察された利用方法としては、全体を一定の速度に保ちながら閲覧、動画像中の興味をいだいたある時点の再生速度を変更、ある時点に注目して繰り返して再生、という 3 つが主なものであった。

4.1.2 Time-based Transformation と rate 変化のパターン

構築した TbVP Browser では、プロトタイプツール使用のフィードバックをふまえ、提供する Time-based Transformation の種類を、

- 一定倍速を保持した閲覧
- 前後のつながりを保持した詳察
- 注目する時点の再確認

という 3 つに絞り、それぞれを表 1 の Type1, Type2, Type3 という 3 つの rate 変化に対応させる形で実装した。

4.1.3 Visual Transformation と空間を利用したインタフェース

前項で述べたプロトタイプツールでは、Visual Transformation として、動画像の透明度を変更可能にしていた。これに対するユーザからのフィードバックとして、動画像を複数閲覧できる状況であれば利用したい、というものがあつた。これを受け、TbVP ブラウザには、Visual Transformation を探索的なデータ分析に活かすことを目的として、複数の TbVP ビューを配置することのできる空間的なインタフェースを実装した。空間を利用したこのインタフェースでは、透

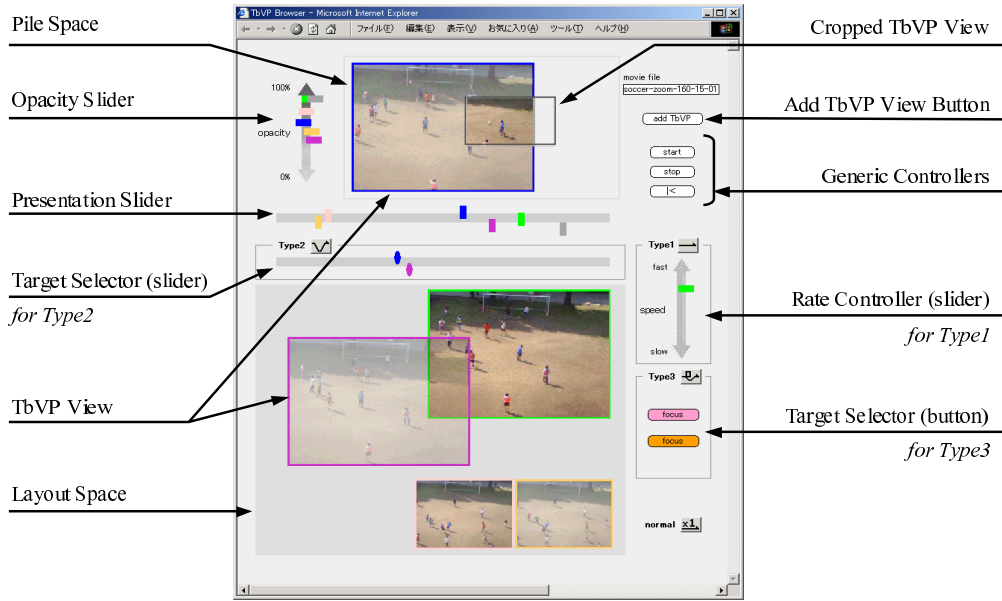


図 3 TbVP Browser のスクリーンショット
Fig. 3 A screenshot of TbVP Browser.

表 1 rate 変化のパターン例
Table 1 Examples of rate change patterns.

	閲覧方法のパターン	Rate変化	変換の名称
一定倍速を保持した閲覧	全体を速い速度で見て、流れを掴む。 全体を遅い速度で見て、細かな動きを観察する	<p>speed</p> <p>MDT</p>	Type1
前後の繋がりを保持した閲覧	興味のある部分をゆっくりと観察し、それ以外の部分は流し見をする	<p>speed</p> <p>MDT</p>	Type2
注目する時点の再確認	観察中に気になった瞬間をもう一度確認する	<p>speed</p> <p>MDT</p>	Type3

MDT: Media Data Time

明度に加え、TbVP ビューの大きさおよび位置の変更、一部分のみの表示（切り抜き）を可能にした。

4.2 システムの機能と操作方法

4.2.1 動画像の指定と一般的な操作

Add TbVP View Button を押すことによって、動画像データが TbVP ビューとして Pile Space に表示される。表示されたビューは、既存のムービープレイヤーと同様に、再生や停止、頭出しができる。複数のビューが表示されている際には、これらはすべてのビューに対して機能し、頭出しを行うことでビューの同期をと

ることができる。

Presentation Slider は、既存のムービープレイヤーにおけるタイムスライダと同様の機能を持ち、表示する MDT の時点を決めることができる。

現在の実装では、5 つまでのビューを追加することが可能である。それぞれのビューは互いに識別可能なテーマカラーを持ち、ビューの縁取りの色や、各種スライダ上のインジケータの色、ボタンの色に用いられる。これによってユーザは、表示されているビューとそれに対するコントローラとを関連付けることができ、

複数のビューが表示されている場合においてもそれらを識別することが可能となる。

4.2.2 Time-based Transformation に関わる機能と操作

rate 変化の各タイプを示すラベル (Type1, Type2, Type3) の横に配置されたアイコンをドラッグしビュー上でドロップすることによって、それぞれの rate 変化のパターンがそのビューでの Time-based Transformation となる。

rate 変化として Type1 (一定倍速を保持した閲覧), Type2 (前後のつながりを保持した詳察), Type3 (注目する時点の再確認) を適用することによって、それぞれに対応して, *Rate Controller (slider)*, *Target Selector (slider)*, *Target Selector (button)* が表示され、時間に関するインタラクションが可能となる。なお, *normal* のアイコンをドロップすることによって、ビューの rate を 1 倍速に戻すことができる。

動画像に音声が含まれる場合、音声に対しても以上の操作は同様に作用する。速度を 0 に設定した場合は無音となる。

4.2.3 Visual Transformation に関わる機能と操作

Add TbVP View Button によってビューを追加すると, *Opacity Slider* にインジケータが表示される。これを利用して当該ビューの透明度を変更することができる。また、キーボードの *Ctrl* キーを押しながらビューの隅をドラッグすることで、ビューの表示サイズを変更することができる。

ビュー上でダブルクリックすることにより現れるリストメニューから *crop* を選択することで、切り抜き型の TbVP ビュー (*Cropped TbVP View*) が新たに表示される。これは動画像の空間的な一部分をビューとして表示するもので, *Pile Space* との位置関係によって表示される動画像の部分が決まる。切り抜き型のビューのサイズが変更された場合は、表示される動画像は伸縮せず、切り抜く部分の大きさのみが変更される。なお、現システムの実装上、作成可能な切り抜き型のビューの数は 1 つとなっている。

4.2.4 空間的インタフェースの利用と操作

TbVP Browser に表示される個々の TbVP ビューは, *Layout Space* において任意の位置に配置可能で, *Pile Space* ではビューの中心点を基準として吸着し重ね合わせることができる。*Pile Space* での重ね合わせ順序に関しては, *Pile Space* 上でそれを変更することができないため, *Layout Space* にいったんビューを退避させ、任意の順番で重ね直す必要がある。また、

Pile Space 上に重ねられたビューに対しては、最後に重ねられたもののみ、位置やサイズの変更が可能となる。

一方で透明度や表示時点の変更は, *Opacity Slider* や, *Presentation Slider* を利用することで、表示されているすべてのビューに対して独立して行うことができる。これにより, MDT において時点の異なる複数のビューを、組み合わせて表現することが可能となる。

なお、動画像中に含まれる音声については、それぞれの rate 変化に従う speed でいっせいに聴こえることとなっている。

5. ユーザ観察

本章では, TbVP Browser を利用して行った 2 種類のユーザ観察実験について述べる。ユーザ観察 I では、動画像を閲覧する際にユーザがどのように TbVP Browser の各機能を利用するかの観察を主目的として、2 名の被験者に対して 10~50 秒程度の比較的短い動画像素材 6 種類を自由に閲覧してもらった。ユーザ観察 II では、探索的にデータ分析する際の TbVP の有用性を調べるために、1 名の被験者に 2 種類のデータ分析タスクを与え観察した。

被験者は全員、実験前には TbVP Browser の利用経験はなかった。両実験を実施するにあたって、ユーザ観察に先立ち、著者が TbVP Browser を実際に操作しながらシステムの利用方法を 5 分間ほど説明した。実験中は、システム操作に関する質問は随時受け付けることとした。また、タスク実施中は気づいたことや感じたことを発話してもらうこととし、適宜発話内容を確認するためのインタビューを行った。ディスプレイおよび被験者の様子、インタビュー内容をビデオ録画により記録した。

以下に、各ユーザ観察の概要および結果を説明し、それらをもとに考察を行う。

5.1 ユーザ観察 I

5.1.1 概要

ユーザ観察 I では、ポスドクと大学院生の各 1 名 (以下、被験者 A, B) の被験者に、本システムが動画像を探索的に分析する際の利用を想定しているとだけ告げ、動画像を自由に閲覧してもらった。

各被験者には、図 4 に示す 6 種類の動画像を素材として扱えるようにした TbVP Browser を 20~30 分を目安に自由にシステムを利用してもらった。被験者

図中の M3~M6 は、著作権の問題から、実際のフレームをイラスト化したものとなっている。



図 4 ユーザ観察 I に用いた動画像
Fig. 4 Snapshots of movies in user observation I.

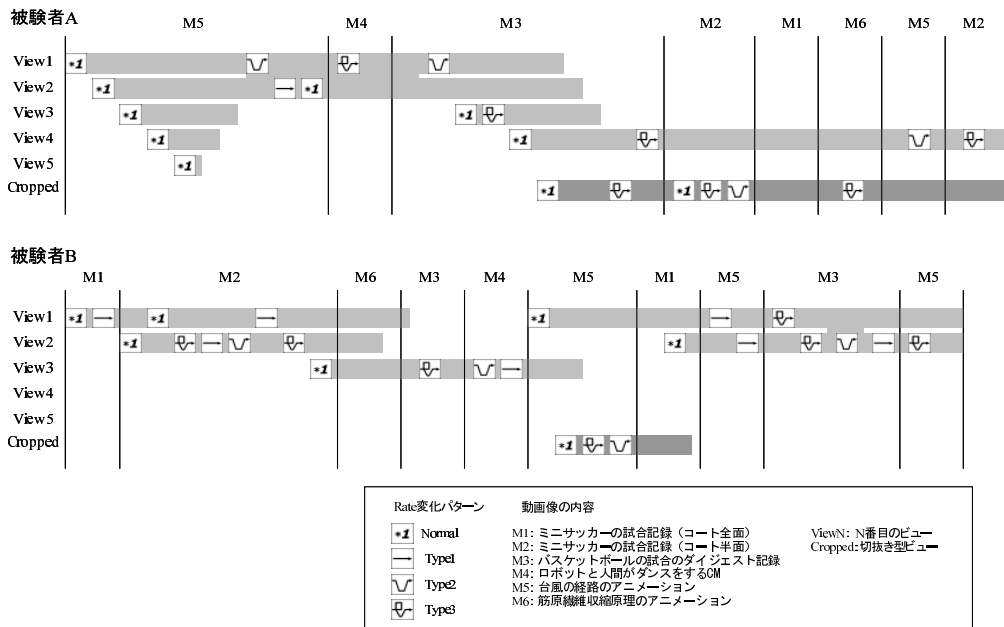


図 5 ユーザ観察 I における TbVP Browser 利用結果
Fig. 5 Encoded analysis processes in user observation I.

自身が興味をいなく動画像を選択することが分析の動機付けにつながると想定し、6種類の中から閲覧する動画像の種類や数、時間配分などは、すべて被験者の任意とした。

5.1.2 観察結果

TbVP Browser 利用時のユーザ観察において、各被験者がどの動画像を TbVP ビューとして表示し、どのような順序で rate 変化パターンを適用したかを図 5

に示す。

図では左から右に向かって観察時の時間順序が表現されている。1本の帯が1つのTbVPビューを表している。現状のTbVP Browserでは、最大5個のTbVPビューと1個の切り抜き型ビュー(Cropped TbVPビュー)の表示が可能であり、図中には計6本のビューを表す帯が示されている。帯の上に記された縦線が、動画像が選択あるいは変更された時点を表し

ており、ラベルはその時点で選択されていた動画像を示している。帯上のアイコンは、各 rate 変化パターンを利用し始めた時点を表し、それより右側の帯はその rate 変化をともなった TbVP ビューとなっていることを表す。2本の帯が結合している部分は、2つのビューを正確に重ね合わせて表現したことを示す。なお、図中の帯は、時間順序のみを示すものであり、実際の時間長には比例していない。

以下に、両被験者を観察した結果を列挙する。

- 全体を通して、両被験者ともに、Type1 の rate 変化パターンを適用したビューで早送りにすることで、何度も繰り返し素材を閲覧していた。
- Type2 の *Target Selector* を、*Presentation Slider* 上の現フレーム位置に合わせる操作が容易には行えていなかった。
- 動画像の概観を把握した後は、Type3 の rate 変化を適用したビューを多用していた。特に Type3 の利用法として、何度も続けて *TargetSelector(button)* を押す様子が観察された。
- 両被験者とも M5 (台風の経路アニメーション) の素材、すなわち、地理情報という動画像中の固定的な空間情報を有するアニメーションに対し、切り抜き型ビューで閲覧していた。
- 両被験者とも、意図的にビューのフォーカスを示したい場合に、サイズの変更および透明度の変更を行っていた。たとえば、現在注目していないビューは小さなサイズにしたり透明度を上げて薄く表示したりといった操作である。

5.2 ユーザ観察 II

5.2.1 概要

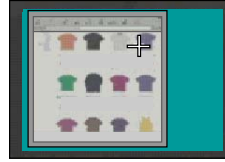
ユーザ観察 II では、大学院生 1 名 (以下、被験者 C) に、下記の 2 つのタスクを実施してもらった。

- (1) M7 (バスケットボールの試合) を閲覧し、どちらのチームが勝ったか、全体の試合の流れ、および重要と思われたプレイを指摘すること
- (2) M8 (E-コマースのウェブサイト上のユーザの視線追跡を記録したビデオ) を閲覧し、より良いホームページデザインのサジェスションを行うこと

両タスクとも、被験者には約 20 分の時間を与えた。図 6 に、各タスクで利用した素材を示す。これら 2 つのタスクの差は、前者において探すべきシーンが



M7
内容:バスケットボールの試合記録(コート全面)
MDT: 19min11sec
カメラワーク:無し
音声:有り



M8
内容:視線追跡装置を用いたオンラインショッピングのユーザビリティテスト
MDT: 3min0sec
カメラワーク:無し
音声:無し

図 6 ユーザ観察 II に用いた動画像
Fig. 6 Snapshots of movies in user observation II.

明示されているのに対し、後者では探すべきシーンの同定を含めたデータ分析であった点である。

5.2.2 観察結果

ユーザ観察 I で行ったのと同様に、図 7 に、被験者が利用した動画像ごとに、適用された rate 変化パターンを示す。

両タスクとも、被験者は図 8 に示すプロセスでタスクを遂行していた。Type1 で概観を把握し、その後、Type3 で詳察しながら、探すべきシーンのビューを縮小して保持し、これを繰り返すというものである。

シーン探索の戦略として、M7 では、勝ったチームの得点シーンと、負けたチームのシュートミスシーンを探していた。その後、ゴール前にプレイヤーが集まっている映像直前の時点あたりまで早送りし、Type3 を繰り返し適用しながら、実際にシュートが成功したかどうかを詳細に観察していた。

得点あるいはシュートミスのシーンであることが確認できると、そのビューに対して Type1 を適用して、速度ゼロとすることで停止状態とし、勝ったチーム、負けたチームのシーンごとに、それぞれ *Layout Space* 内で左右に分けて配置していった (図 9)。このとき、停止して溜めたビューは、サイズを小さくしていた。現状の TbVP Browser では、ビューを最大 5 個までしか作成できなかったため、5 シーン目を確認したあたりで被験者は静止ビューの作成作業を停止し、あとはシーンの確認のみを行っていた。

ウェブサイトをブラウズするユーザの視線追跡データ (M8) を利用したタスクにおいては、Type1 を適用した TbVP ビューで何度かデータを閲覧した後に、「ユーザの視線はどれもウェブページのテキストに偏りがちで、イラストは見えないようだ」「どうもユーザのブラウジングには特徴がある」といった仮説を生成し、その典型例となるようなシーンを探していた。その後

ただし M8 は、著作権の関係から、動画像の 1 ショットをイラスト化したものである。

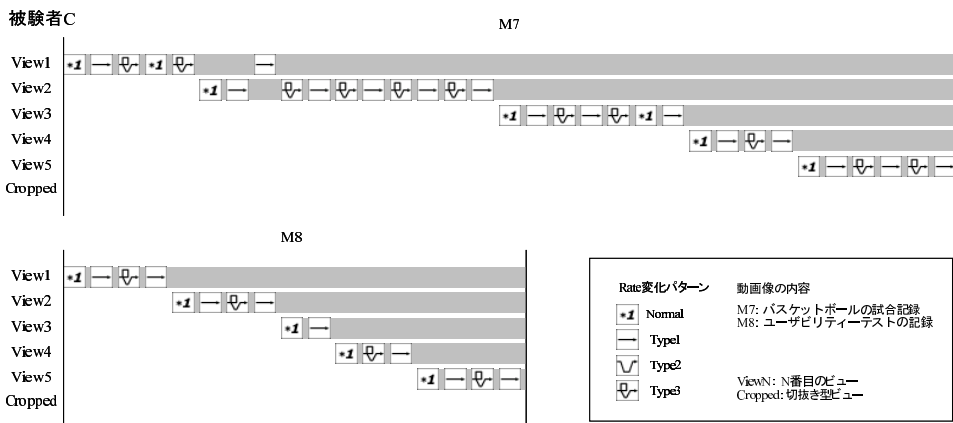


図 7 ユーザ観察 II における TbVP Browser 利用結果
Fig. 7 Encoded analysis processes in user observation II.

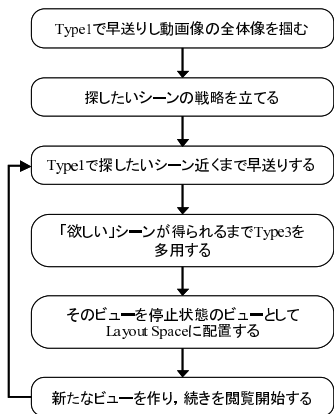


図 8 ユーザ観察 II における動画データ探索プロセス
Fig. 8 Data analysis process in user observation II.



図 9 被験者 C のタスク実行時の TbVP Browser
Fig. 9 A screen image made by subject C.

は、M7 を利用した分析と似た行動が見られた。仮説に基づいて 2 種類の戦略が立てられたため、*Layout Space* 内では、空間を利用して、塊として配置する様子が観察された。

5.3 考察

本節では、TbVP の考え方、および、時間的な変化をともなう情報の探索的なデータ分析における現状での TbVP Browser の有効性、また、TbVP Browser に対する改善策について、2 つのユーザ観察実験の結果をふまえて、考察する。

実験全般を通して、被験者は、動画データの内容を Type1 を利用して速い閲覧速度で概観しながら把握し、詳細を調べたい箇所になると、Type3 の *Target Selector (button)* を用いて巻き戻しと遅い速度での再生を繰り返していた。このことから、閲覧速度の変化によって動画データの概観と詳細を見るという TbVP の考え方は、有効に作用すると考えられる。

Time-based Transformation の手法として、概観を調べるために Type1 が有効に利用されていた。詳細を調べるためのフォーカス指定としては、Type3 が多用され Type2 の利用はあまり見られなかった。このことから、データに対するフォーカスは、MDT の時点を直接的に指定するよりも、UET として「どのように経験・閲覧したいか」という閲覧時のコンテキストで指定する方が容易であるように見受けられる。しかし一方で、被験者 C がユーザ観察 II の結果として、収集した停止ビューの *Presentation Slider* 部分に対して Type2 の適用を望んだように、詳細を調べたい箇所を同定できた後は、Type2 のインタラクションも有益になると思われる。探索的なデータ分析のフェーズとその際に有効となる Transformation 手法

との対応関係を明らかにするために、さらに検証が必要である。

サイズの変更や透明度の変更といった Visual Transformation に関しては、*Layout Space* における空間配置とともに、被験者は、独自の意味付けを行いつつ視覚的アノテーションの手段として利用していた。一方、*Pile Space* での重ね合わせと切り抜きに関しては、今回のユーザ観察では多くは利用されていなかった。ユーザ観察 I では、台風の進路といった地形データに対しての有効性が示唆されていたことから、今後、空間的に意味のある時間変化をとともうデータを用いて、さらにユーザ観察を行う必要があると考えている。

6. まとめ・課題

本稿では、時間的な連続性を持つデータの探索的な分析プロセスの支援を目的とし、データの概観と詳細の表現、およびその表現との時間的、空間的インタラクションを可能にするための概念として TbVP (Time-based Visual Presentation) を提案した。また、動画画像分析を例として構築したシステム TbVP Browser およびユーザ観察実験について述べた。ユーザ観察では、Time-based Transformation, Visual Transformation, および空間を利用したインタフェースを有効に活用しながら探索的データ分析を進める様子が観察された。

今後の課題の 1 つは、同一事象を記録した複数の動画画像データの閲覧と分析の支援である。これは、すべての被験者の実験後インタビューにおいて、ニーズあるいは期待として表明された。異なる方向からの複数の防犯カメラに記録された動画画像や、ユーザ実験において被験者とディスプレイとを同時に撮影したビデオ、などを対象とした分析タスクへの応用である。現状の TbVP Browser で対象としているのは単一の動画データであるが、同一事象についての複数データの同時分析への応用も考えたい。

TbVP Browser の機能向上に関する課題としては、Time-based Transformation と Visual Transformation とについて、個別の TbVP ビューに対するより細かなパラメータ設定および複数の TbVP ビュー間の連携制御があげられる。これらに対処しつつ、今後とも TbVP のコンセプトの精緻化と TbVP Browser の改善とに取り組み、動画画像データ・映像メディアのためのインタラクション手法の多様化・高度化に貢献したいと考えている。

謝辞 本研究を進めるにあたり、熱心に議論していただいた Eric Scharff 氏、Michael Terry 氏、本論執

筆に際し、ご助言をいただいた大平雅雄氏、安岡美佳氏に感謝する。また、実験に協力していただいたすべての方に心より感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) Fischer, G. and Reeves, B.: Beyond Intelligent Interfaces: Exploring, Analyzing, and Creating Success Models of Cooperative Problem Solving, *Applied Intelligence*, Vol.1, pp.311–332 (1992).
- 2) Terveen, L.G.: An Overview of Human-Computer Collaboration, *Knowledge-Based Systems*, Vol.8, No.2–3, pp.67–81 (1995).
- 3) Agrawal, R., Imielinski, T. and Swami, A.N.: Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases, *SIGMOD'93*, pp.207–216 (1993).
- 4) Card, S.K., Mackinlay, J.D. and Shneiderman, B.: *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*, Morgan-Kaufmann Publishers, San Mateo, CA (1999).
- 5) Robertson, G., Mackinlay, J. and Card, S.: Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information, *Proc. CHI'99*, pp.189–194, ACM (1991).
- 6) Matsushita, M. and Kato, T.: Interactive Visualisation Method for Exploratory Data Analysis, *Proc. IV-2001*, pp.671–676, IEEE (2001).
- 7) Spence, R.: Rapid, Serial and Visual: a presentation technique with potential, *Information Visualization*, Vol.1, No.1, pp.13–19 (2002).
- 8) Wittenburg, K., Chiyoda, C., Heinrichs, M. and Lanning, T.: Browsing Through Rapid-Fire Imaging: Requirements and Industry Initiatives, *Proc. SPIE Electronic Imaging 2000*, pp.48–56 (2000).
- 9) Wright, W.: Information Animation Applications in the Capital Markets, *Proc. InfoVis'95*, pp.19–25, 136–137 (color plates), IEEE (1995).
- 10) Brown, M.H. and Najork, M.A.: Algorithm animation using 3D interactive graphics, *Proc. UIST'93*, pp.93–100, ACM (1993).
- 11) Correia, N. and Chambel, T.: Active video watching using annotation, *Proc. Multimedia'99 (Part 2)*, pp.151–154, ACM (1999).
- 12) Nakakoji, K., Takashima, A. and Yamamoto, Y.: Cognitive Effects of Animated Visualization in Exploratory Visual Data Analysis, *Proc. IV-2001*, pp.77–84, IEEE (2001).
- 13) Snodgrass, A. and Coyne, R.: Is designing hermeneutical, Technical report, Dept. of Architectural and Design Science, University of Sydney (1990).

- 14) Furnas, G.W.: The FISHEYE View: A New Look at Structured Files, Technical Report #81-11221-9, Murray Hill, New Jersey (1981).
- 15) John, L. and Ramana, R.: The Hyperbolic Browser, A Focus+Context Technique for Visualizing Large Hierarchies, *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol.7, No.1, pp.33-55 (1996).
- 16) Munzner, T.: H3: Laying Out Large Directed Graphs in 3D Hyperbolic Space, *Proc. IV-97*, pp.2-10, IEEE (1997).
- 17) Pirolli, P., Card, S.K. and Wege, M.M.V.D.: Visual Information Foraging in a Focus + Context Visualization Information Scent, *Proc. CHI'01*, pp.506-513, ACM (2001).
- 18) Kuederle, O.: Visualizing sequential data: a new detail-in-context layout, *CHI '00 extended abstracts on Human factors in computer systems*, pp.335-336, ACM (2000).
- 19) Yeo, B.-L. and Yeung, M.M.: Retrieving and visualizing video, *Comm. ACM*, Vol.40, No.12, pp.43-52 (1997).
- 20) Li, F.C., Gupta, A., Sanocki, E., wei He, L. and Rui, Y.: Browsing digital video, *Proc. CHI'00*, pp.169-176, ACM (2000).
- 21) Uchihashi, S., Foote, J., Girgensohn, A. and Boreczky, J.: Video Manga: Generating semantically meaningful video summaries, *Proc. Multimedia'99 (Part1)*, pp.383-392, ACM (1999).
- 22) Tse, T., Marchionini, G., Ding, W., Slaughter, L. and Komlodi, A.: Dynamic Key Frame Presentation Techniques for Augmenting Video Browsing, *Proc. AVI'98*, pp.185-194, ACM (1998).
- 23) Drucker, S.M., Glatzer, A., Mar, S.D. and Wong, C.: SmartSkip: consumer level browsing and skipping of digital video content, *Proc. CHI'02*, pp.219-226, ACM (2002).
- 24) 川崎智博, 井手口健: 動画映像から受ける印象の因子分析と映像再生速度の各因子に与える影響, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J85-A, No.9, pp.1022-1025.
- 25) Terry, M. and Mynatt, E.D.: Side Views: Persistent, On-Demand Previews for Open-Ended Tasks, *Proc. UIST'02*, pp.71-80, ACM (2002).

(平成 15 年 4 月 14 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)



高嶋 章雄

1999 年九州工業大学情報工学部知能情報工学科卒業。2001 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科修士課程修了。現在同大学同研究科博士課程在学中。2002 年より東京大学先端科学技術研究センター交流研究員。HCI, 情報可視化等の研究に従事。



山本 恭裕

東京大学先端科学技術研究センター特任研究員。1996 年京都大学工学部情報工学科卒業。2001 年奈良先端科学技術大学院大学博士課程修了。博士(工学)。2001 年 4 月から 2002 年 3 月まで, 日本学術振興会特別研究員(PD)。2002 年 4 月から 2003 年 9 月まで, 科学技術振興事業団戦略的創造研究推進事業さきがけタイプ「協調と制御」領域グループメンバー。2003 年 10 月より, 現職。研究分野は, HCI, インタラクションデザイン, インタフェースデザイン, デザインの初期段階の支援。ACM, IEEE Computer Society 各会員。



中小路久美代(正会員)

1986 年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業後(株)SRA 勤務。米国コロラド大学より M.S.(1990 年)および Ph.D.(1993 年)in Computer Science(Certified in Cognitive Science)取得。1995 年から 2001 年まで奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科客員助教授。2002 年より東京大学先端科学技術研究センター特任教授。専門分野は HCI, 特に知的創造作業のためのナレッジインタラクションデザインに関する研究。情報処理学会論文誌委員会アプリケーショングループ主査, ヒューマンインタフェース学会理事, 人工知能学会評議員, ACM CHI Tutorial CoChair, Workshop CoChair, ISFST Program CoChair, ICSE Doctoral Symposium CoChair, Program Committee 等歴任。ACM, IEEE, Cognitive Science Society, 日本デザイン学会, 電子情報通信学会, ソフトウェア科学会, 日本認知科学会等会員。