

博士論文

時間を利用した視覚的表現における  
情報理解のためのインタラクション

高嶋 章雄

奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科 情報処理学専攻

2004 年 3 月

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に  
博士（工学）授与の要件として提出した博士論文である。

高嶋章雄

審査委員： 松本健一教授  
関浩之教授  
中小路久美代特任教授  
（東京大学先端科学技術研究センター）

博士論文

時間を利用した視覚的表現における  
情報理解のためのインタラクション

高嶋 章雄

奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科 情報処理学専攻

Doctoral Dissertation

**Time-based Visual Presentation:  
An Approach to Designing Interaction for  
Understanding Visual Temporal Information**

Akio Takashima

Department of Information Processing,  
Graduate School of Information Science,  
Nara Institute of Science and Technology

# 時間を利用した視覚的表現における 情報理解のためのインタラクション

## 内容梗概

本研究は、時間変化を伴う視覚的表現を介した能動的な情報の理解を目的として、表現に対するインタラクションを可能にする枠組み、およびそれに基づくシステムを構築するものである。

人間は外在化表現を介して情報を理解する際、表現に対してインタラクションを行う。特に情報理解のための着眼点が明瞭でない状況においては、表現を異なる視点から捉え直すためにインタラクションを行い、その結果を吟味し、再びインタラクションを行うというプロセスを繰り返す。本研究では、このようなプロセスを経て漸次的に情報の理解を進めることを、表現を介した能動的な情報の理解と呼ぶ。

近年の計算機の普及、および性能の向上により、ビデオデータなど、時間変化を伴う視覚的表現に接する機会は急速に増加している。しかしながら、時間変化を伴う視覚的表現の閲覧方法は、従来の VCR ( Video Cassette Recorder ) を踏襲したものに留まっており、情報理解のための十分な支援が行われているとはいえない。本研究では、時間変化を伴う視覚的表現を介した情報の理解のために行われる能動的な行為を、インタラクティブシステムにより支援することを目的としている。

能動的な行為を支援するためには、時間変化を伴う視覚的表現における、表現の特性と、情報理解の際に有効となるインタラクションとを明らかにする必要がある。このため、本研究ではまず、情報アニメーション環境を構築し、ケーススタディを実施した。結果から、時間変化を伴う視覚的表現が、情報の連続性を表現するのに有効であること、時間的变化を伴う視覚的表現から情報を理解する際には、時間的、および視覚的インタラクションが有用であることがわかった。

能動的な情報理解のための具体的なアプローチとして、本研究では、情報の概観と詳細の利用に着目する。情報の概観と詳細を表現することは、既存の情報可視化分野において広く研究されており、主として、可視化された表現の表示

面積を変更し，縮小表示により多くの情報を詰め込むことで概観を，拡大表示により個々の情報を詳しく提示することで詳細を表している．本研究では，これを時間に応用し，時間的な概観と詳細の表現を提案する．情報の連続性を重要視し，時間変化を伴う視覚的表現を，速い速度で経験させることを概観，遅い速度で経験させることを詳細とした．サッカーの試合を記録した動画像を例に挙げると，速い速度での閲覧により，選手のポジショニングや試合の流れなどを知ることができ，遅い速度での閲覧は，フェイントなどの細かな動作を理解することに役立つ．

このような，時間変化を伴う視覚的表現の特性や時間的な概観と詳細の表現手法を利用し，表現に対してインタラクションを行うことは，即ち，対象となるメディア固有の属性値を，ユーザが自由に変更して経験することである．本研究では，メディアの持つ属性において，あるデータが元来保持している値をメディアデータ値（MD 値），人間が実際に経験する属性値をユーザエクスペリエンス値（UE 値）と呼び，明確に区別することにより，ユーザが能動的に表現の見方を変化させることを支援するツール構築のための枠組みとする．インタラクションデザインにおいて，メディアと人間との関係を考慮する際には，これら二つの属性値の対応関係を把握しておくことが重要である．

本研究では，時間変化を伴う視覚的表現に対するインタラクションを提供するためのシステムの枠組みとして，TbVP ( Time-based Visual Presentation ) モデルを提案した．TbVP モデルでは，時間変化を伴う視覚的表現の持つ時間的属性と視覚的属性の MD 値を UE 値にマッピングさせることで，時間的，視覚的なインタラクションを可能にし，情報の理解支援を行う．TbVP モデルに基づき，動画像を能動的に閲覧するシステム，TbVP Browser を構築し，動画像分析タスクにおけるシステム利用実験を行った．結果から，表現とのインタラクションを通して情報の概観と詳細を捕捉しながら，能動的に情報理解を試みる様子が観察された．

本論文では，TbVP モデルの意義について述べ，計算機上での視覚的な表現における，時間と空間の利用に関して考察する．また，今後ますます利用頻度が高まらばであろう時間変化を伴う視覚的表現を介し，情報を理解し，蓄積，再利用する観点から，本研究を再解釈する．

キーワード

能動的閲覧，時間的な概観と詳細

# **Time-based Visual Presentation: An Approach to Designing Interaction for Understanding Visual Temporal Information**

## **Abstract**

The goal of this dissertation work is to develop a framework and a system that is designed based on the framework in supporting the understanding of visual, temporal representations by focusing on how a user should interact with such representations.

Interacting with representations plays a crucial role in understanding them. Especially in exploratory data analysis, a user plays many what-if games and discovers interesting aspects of the data by iterating a process of manipulating visualized data, and reflecting on the changing visualizations. This active process for gradually understanding visualized information is regarded as interaction with representations.

Improvements of computer performance have made it possible to represent and interact with various types of not only visual but also temporal information on computer systems, such as video or animation. However, existing interface styles provided to watch such visual temporal representations have not been changed much since the invention of the analog videocassette recorder. The current widely prevailed interface for a videocassette recorder, which is designed for passively watching movies and recorded events, does not support users in freely interacting with temporal representations for understanding meanings of the visualized data. A new interface style is necessary for an interactive system that supports users to understand visual temporal representations through interacting with them. This is the focus of this research.

To achieve the research goal, first, I have conducted two user studies to investigate what cognitive effects visual temporal representation has, and how people would interact with the representation when exploring data analysis. The results showed that visual temporal representations is effective in focusing on continuity of values

of data, and that interactive systems should have hands-on control over both time and visual.

To support understanding of representation, an effective technique has been developed in spatial visualization, which provides both overview and details of information by showing them on enlarged and reduced scale. I applied this technique to temporal representation by changing its playback rate. Long lengths of visual temporal representation with slightly changes can be played back at an accelerated rate (Over view), while moments dense with changes can be presented at much reduced rates (Detail).

Interacting with representations can make understandings of information richer than passive receiving. A naive presentation of data with their inherent property values may not match the user's conceptualization of the data, and thus hinder his/her understanding. I introduced Media Data (MD) and User Experience (UE) property values to distinguish between what the data originally has and what a user is interacting with it. In other words, interacting with representations by users is transforming MD values to UE values. It is important to take differences between them into account for designing interactions.

The TbVP (Time-based Visual Presentation) model is a conceptual framework that illustrates how a user can interact with, and modifies temporal and visual property values of video data through the process of transforming temporal and visual MD values to UE values. The TbVP Browser is an application built based on this framework, and allow users to watching video actively. The user studies on the TbVP Browser revealed that subjects tried to understand information actively through interacting with representations, using overview and details of visual and temporal information, and then, the underlying concepts of TbVP model have proven to be effective.

This dissertation argues the way to use space and time for representing visual temporal information, and the importance of the TbVP framework in managing multimedia data.

### **Keywords**

active watching, temporal overview and detail



# 目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景と目的	1
1.2	本研究の位置付け	2
1.3	本研究の要点	4
1.4	本論文の構成	5
第 2 章	情報理解のための表現とインタラクション	7
2.1	情報理解のための視覚的表現	8
2.2	時間を利用する視覚的表現	8
2.3	表現に対するインタラクション	10
2.4	時間変化を伴う視覚的表現に対するインタラクション	11
2.5	第 2 章のまとめ	11
第 3 章	ケーススタディ –表現とインタラクションに関して–	13
3.1	ケーススタディ 1：時間変化を伴う視覚的表現の特性	14
3.1.1	概要	14
3.1.2	結果・考察	15
3.2	ケーススタディ 2：時間変化を伴う視覚的表現に対する能動的な閲覧	17
3.2.1	概要	17
3.2.2	結果・考察	19
3.3	第 3 章のまとめ	23
第 4 章	情報の概観と詳細	24
4.1	空間を利用した概観と詳細	25
4.2	時間を利用した概観と詳細	29
4.3	第 4 章のまとめ	30
第 5 章	ケーススタディ –情報の時間的な概観と詳細に関して–	32
5.1	ケーススタディ 3：時間的な概観と詳細の利用	32

---

5.1.1	概要	33
5.1.2	結果・考察	40
5.2	第5章のまとめ	44
第6章	動画像のための TbVP モデル	45
6.1	情報理解のための表現に対する能動的行為	45
6.1.1	メディアデータ値とユーザエクスペリエンス値	47
6.1.2	文章における Active Reading	47
6.1.3	動画像における Active Watching	48
6.2	TbVP モデル	50
6.2.1	TbVP ビューとしての動画像	50
6.2.2	Time-based Transformation	50
6.2.3	Visual Transformation	54
6.2.4	複数の変換の組み合わせ	54
6.3	第6章のまとめ	55
第7章	TbVP Browser	56
7.1	システムの設計方針	56
7.1.1	Time-based Transformation と rate 変化のパターン	56
7.1.2	Visual Transformation と空間を利用したインタフェース	60
7.2	システム詳細	61
7.2.1	一般的な操作	62
7.2.2	時間的属性を変更する操作	63
7.2.3	視覚的属性を変更する操作	63
7.3	第7章のまとめ	64
第8章	ユーザ観察実験	65
8.1	ユーザ観察 I	66
8.1.1	概要	66
8.1.2	結果	67
8.1.3	考察	68
8.1.3.1	Time-based Transformation に関する項目	69
8.1.3.2	Visual Transformation に関する項目	71
8.1.3.3	題材とした動画像に関する項目	71
8.2	ユーザ観察 II	73
8.2.1	概要	73
8.2.2	結果	74

---

8.2.2.1	ユーザ観察 II-1 における閲覧方法 . . . . .	75
8.2.2.2	ユーザ観察 II-2 における閲覧方法 . . . . .	77
8.2.2.3	結果の比較 . . . . .	77
8.2.3	考察 . . . . .	78
8.2.3.1	情報の概観 . . . . .	80
8.2.3.2	情報の詳細 . . . . .	80
8.2.3.3	着目時点指定のためのインタラクション . . . . .	81
8.3	第 8 章のまとめ . . . . .	83
第 9 章	情報理解のための視覚的表現に関する考察 . . . . .	84
9.1	視覚的表現における空間と時間の利用 . . . . .	84
9.1.1	MD 値から UE 値へのマッピング . . . . .	84
9.1.2	Time-based Transformation と Visual Transformation の 組み合わせ . . . . .	86
9.1.3	空間的なアナロジーの時間への応用 . . . . .	87
9.2	能動的閲覧における自動化のアプローチ . . . . .	88
9.3	知識の創出, 蓄積, 再利用 . . . . .	90
9.4	今後の課題 . . . . .	91
9.5	第 9 章のまとめ . . . . .	91
第 10 章	結論 . . . . .	93
	謝辞 . . . . .	95
	参考文献 . . . . .	98
	研究業績 . . . . .	106

# 目次

1.1	本研究の位置づけ	3
3.1	データ群 I の例	15
3.2	データ群 II の例	15
3.3	システムを利用した可視化表現の例	18
3.4	プロジェクト毎のグラフアニメーション	19
3.5	グラフ上方からの透視投影	21
4.1	空間的な概観と詳細の表現例	25
4.2	空間を利用した時間情報の表現例	27
4.3	空間を利用したビデオデータの概観	28
4.4	タイムスライダの階層化による概観と詳細	28
5.1	手法 1 による概観と詳細の表現	33
5.2	手法 2 による概観と詳細の表現	34
5.3	システム概観 (手法 1)	35
5.4	システム利用時の流れ (手法 1)	35
5.5	システム利用時のスクリーンショット (手法 1)	36
5.6	システム概観 (手法 2)	38
5.7	システム利用時の閲覧速度変化 (手法 2)	38
6.1	TbVP モデル	51
6.2	rate 変化グラフ (MDT-speed)	51
6.3	rate 変化グラフ (MDT-UET)	52
6.4	構成ベクトル	52
6.5	rate 変化のパターン例	54
7.1	グラフによる rate 変化の設定	57
7.2	空間的な表示倍率指定方法	58
7.3	Visual Transformation の例	61

---

7.4	TbVP Browser のスクリーンショット . . . . .	62
8.1	ユーザ観察 I に用いた動画画像 . . . . .	66
8.2	ユーザ観察 I における TbVP Browser 利用結果 . . . . .	67
8.3	ユーザ観察 II-1 における TbVP Browser 利用結果 . . . . .	75
8.4	TbVP Browser 利用例 (被験者 C, タスク 1) . . . . .	76
8.5	タスク 1 における閲覧プロセス . . . . .	79
8.6	タスク 2 における閲覧プロセス . . . . .	79
8.7	空間を利用した概観の表現 . . . . .	82

# 表目次

5.1	手法適用順序 . . . . .	40
6.1	プリミティブパターン例 . . . . .	53
7.1	rate 変化のパターン例 . . . . .	59
8.1	ユーザ観察 II に用いた動画像とタスク詳細 . . . . .	74
8.2	タスク 1 の回答 . . . . .	78
8.3	タスク 2 の回答 . . . . .	78

# 1

## 序論

近年の計算機の普及，および性能の向上に伴い，ビデオ記録やアニメーションなど，時間変化を伴う視覚的表現に接する機会が飛躍的に増加している．

時間変化を伴い視覚的に表現される情報に対しては，動画像のデジタルライブラリ [OpenVideoProject][Infomedia] に代表されるように，情報を大量に蓄積し，検索，再利用を試みる研究が広く行われている．このような情報の活用は，個々の情報に対する十分な理解があって初めて有効となるものである．しかしながら，時間変化を伴う視覚的表現に関する研究においては，情報を理解するための支援が十分であるとは言い難い．

本研究は，情報を理解するための着眼点が明瞭でない状況における，時間変化を伴う視覚的表現を介した情報の能動的な理解を，インタラクティブシステムによって支援することを目的としている．

### 1.1 背景と目的

本研究では，時間変化を伴う視覚的表現を介した能動的な情報の理解を支援するため，表現に対するインタラクションを重要視する．

人間は，外在化表現から情報を理解する際に，表現に対して様々なインタラクションを行うことで，理解を進めようとする．読書を例に挙げると，重要な文章を蛍光ペンでハイライトしたり，アンダーラインを引くなどして読み進める

ような場合である。これは、本の読み手が、文章の内容を受動的に理解するのではなく、自らの考えや前後の文脈を踏まえた上で視覚的な表現を加えたり、重要な文章であるという情報も付加しながら、文章内容を理解するものである。Active Reading と呼ばれるこの手法は、メディア表現の持つ情報を変化させることなどで、情報の理解を促進し、読書中の熟考の助けとするものである [Adler 72]。また、情報可視化分野では一般に、視覚的な表現方法を工夫するだけではなく、表現に対するインタラクションを可能にし、ユーザが表現の見方を様々に変更できる環境を提供することが、情報の理解につながると言われている [Card 99]。

特に情報理解のための着眼点が明瞭でない状況においては、表現を異なる視点から捉え直すためにインタラクションを行い、その結果を吟味し、再びインタラクションを行うというプロセスを繰り返す。本研究では、このようなプロセスを経て漸次的に情報の理解を進めることを、表現を介した能動的な情報の理解と呼ぶ。

しかし、このような能動的な情報理解のための支援は、文章や静的な視覚的表現を対象として研究されてきており、今後ますます利用頻度が高まるであろうビデオデータなどの、時間変化を伴う視覚的表現に対しては、未だ十分な議論が行われていない。

そこで本研究では、時間変化を伴う視覚的表現を介した能動的な情報の理解のために、表現に対するインタラクションを可能にする枠組み、およびシステムの構築を目的とする。

## 1.2 本研究の位置付け

表現を介した情報の理解、およびその支援のアプローチは、図 1.1 に示すように受動的なものと能動的なものに大別される。

既存の研究においては、時間変化を伴う視覚的表現を介した情報の理解を支援するために、より簡潔な情報表現に変換してユーザに提示するもの、つまりユーザが受動的に理解し易くなるよう表現を工夫する研究が比較的多く行われてきた。

たとえばビデオデータなどでは、視覚的属性や聴覚的属性を分析することで、



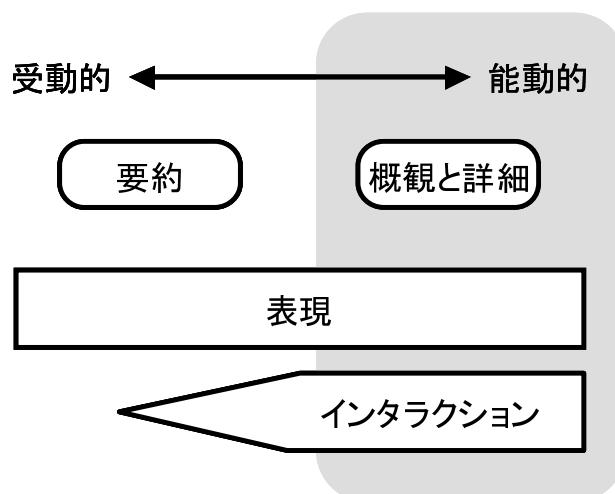


図 1.1: 本研究の位置づけ

重要とみなされる複数のシーンを抽出し、それらを結合した要約結果の提示により、情報の理解を促す研究が行われている [馬場口 99]。しかしこのようなアプローチでは重要度の意味付けをあらかじめ決定しておく必要があり、特定の側面では情報の理解を支援することができない。加えて、長時間のビデオデータを短時間で表現し直すことが主題となっており、そのための情報の欠落は否めない。

また、情報理解の対象となるビデオデータのドメインを、たとえば特定のスポーツなどに特化してビデオデータ内のオブジェクトの動きの自動解析を行い、結果を提示する研究もなされている [Pingali 01]。このアプローチは、情報の理解を促進するために、解析結果から得られる新たな情報を付与するものであるが、そのためにドメインを限定する必要がある、汎用的な利用は望めない。

Smeaton は、動画像を対象とした意味内容に基づく情報検索 (Content-based Retrieval) において、計算機のみを利用した自動検索システムでは十分な成果が得られないため、自動的なシステムが、情報の受け手によるインタラクションを利用したシステムに取って代わられるべきであることを主張している [Smeaton 01]。

本研究における計算機の役割は、ユーザに対して情報の理解に役立つ表現を作り出すものではなく、能動的に情報を理解するためにユーザが行う、表現に対

するインタラクションを可能にするものである。この点で、内容を自動的に意味付ける既存の手法とは異なる。

本研究の目的とする、時間変化を伴う視覚的表現を介した能動的な情報理解を支援するアプローチとしては、情報の概観と詳細を利用するものが挙げられる。情報の概観と詳細は、情報可視化分野において、静的な視覚的情報を対象として広く研究されており、一般的には、視覚的表現の表示面積の拡大や縮小により概観と詳細を表すものである。本研究では、この情報の概観と詳細を利用した情報の理解を、時間変化を伴う視覚的表現に応用する。

### 1.3 本研究の要点

本研究における主な取り組みは、以下の4点である。

1. 時間変化を伴う視覚的表現の特性と、情報理解のために有効となるインタラクションを探る
2. 情報の概観と詳細を、時間変化を伴う視覚的表現に応用する
3. ユーザが表現に対して行う能動的な行為を、表現の持つ属性値の変換であると捉える
4. 動画像を対象とした、情報理解のための行為を支援する枠組み・システムを構築する

本研究ではまず、対象となる時間変化を伴う視覚的表現が、どのような特徴を持つ情報を表現するのに向いているか、また、どのようなインタラクションが情報の理解において有効であるかを探るために、2種類のケーススタディを行った。結果から、時間変化を伴う視覚的表現が情報の連続性を表現する際に効果的であること、また、情報理解のためには、時間的属性と視覚的属性とを変更するインタラクションが行われるという知見を得た。

情報の連続性を重視したインタラクションとして、情報の時間的な概観と詳細を変更するものを取り入れた。Cardらは、情報可視化研究における表現の見方を変更するインタラクション (Interacting with View Transformation) として、Overview + Detail[Kumar 95]、Zooming[Perlin 93] など、表現の概観や詳細を表し、それをインタラクティブに変更する方法に着目している [Card 99]。また、全体と部分が相互に依存する解釈学的循環 [Snodgrass 90] を考慮する

と、このように表現の全体像や概観を把握することと、詳細を捉えることが可能となるインタラクションは、情報の理解につながると考えられる。本研究では、これを時間概念に応用し、時間変化を伴う視覚的表現の、速い速度での閲覧を概観、遅い速度での閲覧を詳細として、インタラクティブな変更を可能にした。

このような、情報を理解する上で有効となる、表現に対する見方の変更は、情報可視化分野だけでなく、読書やヒヤリングなど他の表現に対しても日常的に行われてきたものである。本研究では、能動的に情報を理解する際に行われるインタラクションが、表現が元来持つ属性値を、実際にユーザが経験する値へ変更するものであると捉え、このマッピングを整理するために、メディアデータ値 (MD 値) とユーザエクスペリエンス値 (UE 値) という考え方を導入した。

MD 値から UE 値へのマッピングを利用し、時間変化を伴う視覚的表現のうち、特に動画像に特化して、表現に対するインタラクションを可能にする枠組みとして、TbVP (Time-based Visual Presentation) モデルを構築した。TbVP モデルにおいては、動画像に対する時間的属性、および空間的属性の変更が可能である。これを基に、動画像を介した能動的な情報理解のためのインタラクションを可能にするシステムとして TbVP Browser を作成し、既存のムービープレイヤーとの比較を行った。TbVP Browser を利用するユーザ観察においては、動画像の時間的属性と空間的属性を変更しながら、能動的に情報の理解を行う様子が観察され、情報の時間的な概観と詳細の表現、および TbVP モデルの有用性を主張できる結果を得た。

## 1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである。

第 2 章では、本研究の支援対象である情報の理解に関して、視覚的表現が果たす役割と、表現に対するインタラクションの重要性について論じる。

第 3 章では、第 2 章で述べた、時間変化を伴う視覚的表現の特性と、表現に対する有用なインタラクションを探るべく実施したケーススタディについて述べる。結果から、時間変化を伴う視覚的表現が、情報の連続性を表現する際に効果的であること、また、情報の理解のために、時間的、視覚的インタラクシヨ

ンが有用であることが分かった。

第 4 章では、第 3 章の結果から得られた情報の連続性を重要視し、情報の理解を支援するための手法として、時間的な概観と詳細の利用について提案する。

第 5 章では、第 4 章で説明した情報の時間的な概観と詳細を利用可能とするプロトタイプシステムと、その利用形態を探るためのケーススタディについて論じる。結果から、情報の概観と詳細が情報の理解のために有効であることがわかった。

第 6 章では、メディアデータ値 (MD 値) とユーザエクスペリエンス値 (UE 値) という考え方を導入し、能動的に情報を理解する際の、表現とユーザとの関係について述べる。

また、時間変化を伴う視覚的表現を動画像に限定し、能動的な情報理解のためのインタラクションを可能とする枠組み、TbVP モデルについて述べ、モデルを利用することで可能となる時間的な概観と詳細の表現、およびインタラクションについて説明する。

第 7 章では、TbVP モデルに基づいて作成した、動画像を介する情報理解支援のためのインタラクティブシステム、TbVP Browser について説明し、第 8 章にて、TbVP Browser を利用した 2 種類のユーザ観察実験について述べる。

第 9 章で、視覚的表現における空間と時間の利用、能動的閲覧における自動化のアプローチ、知識の創出、蓄積、再利用といった観点から、本研究を再度検証する。また、今後の研究課題と展望についても論じる。第 10 章で、本研究を総括し、本論文をまとめる。

# 2

## 情報理解のための 表現とインタラクション

情報可視化研究においては、情報をより理解しやすくするための要件を探ることを目的として、

- ある情報を表現するために、情報に含まれるどのようなデータの、どういった側面を、どの立場から捉えるべきか、
- 計算機を利用することで可能となる、表現されたものに対する様々な視覚表現をどのようにしてインタラクティブに提供すべきか、

といった事項が論じられてきている [Card 99] .

換言すると、視覚的表現を介した能動的な情報の理解を支援するには

1. 視覚的表現の特性を探ること
2. 表現に対する有効なインタラクションを探ること

を熟慮する必要があるといえる .

本章では、この2点について既存の関連研究を交えて述べ、時間変化を伴う視覚的表現においても同様に、表現の方法、および表現に対するインタラクションが、情報の理解において重要であることについて述べる .

## 2.1 情報理解のための視覚的表現

アルタミラやラスコーの壁画に代表されるように、人間、あるいはその祖先は、文字が発達する遙か昔から、表現の手段として視覚情報を利用してきた。その目的は、呪術的儀式や狩猟方法の記録など諸説あるが、いずれにせよ、表現する側と受け取る側が存在し、それらの間で情報の伝達がなされていたと考えられる。現在に至っても、視覚的な表現は日常生活のあらゆるところに散在しており、人間の認知過程の根幹をなす原始的な外在化手法であるといえる。視覚を利用した情報処理過程においては、知覚と認識が強く関連していることが知られており、“understanding”と“seeing”が同意で用いられることから、視覚的表現と情報理解とが密接な関係にあることがわかる [Ware 00]。

伝達するということは、情報の内容、あるいはその指し示す事柄を受け手が理解することである。情報を理解するという観点から視覚表現を捉えた場合、目に見える情報を写實的に記録し伝達するものだけでなく、目に見えない情報を視覚的表現に置き換えて理解を促進する狙う表現も広く用いられてきた。グラフに代表される図的表現である [Zelazny 01]。このような情報の可視化は、直感的に、かつ効率よく情報の要旨を伝える手段として利用されている [Tufte 97]。

印刷技術の発展に伴い、静止画としての視覚的表現が普及したのと同様に、映画やテレビの発明を経て、動画、即ち時間経過に伴い変化する視覚表現が可能となった。さらに、近年の計算機の普及に伴い、多様な視覚的表現に触れる機会が増えている。Cardらは、計算機上での視覚的表現における情報の記述方法を、空間の三軸に時間軸を加えたものとすることを提唱しており、時間軸を熟慮する必要性を主張している [Card 97]。以下では時間を利用する計算機上での視覚的表現について概観する。

## 2.2 時間を利用する視覚的表現

本節では特に、時間を利用した視覚的表現について、既存の研究を用いて例と特徴を述べる。

まず代表的なものは、事象の記録や映画の製作などのビデオデータである。これらは、時間的变化を再現し、追体験することを可能にするものだといえる。時間を利用して、時間情報を表現することに関しては、実写の映像撮影 [ダニエル 80] やアニメーション映画 ( animated cartoon ) [White 88][Hart 97] , CG アニメーション [Lasseter 87] などを、制作する側の立場から、効果的な動きを表現するための知見が報告されている。

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。例えば、Robertson らは、階層構造を持つ情報を三次元オブジェクトとしてディスプレイ上に表示し、オクルージョンを伴い見えなくなっている箇所を見えるようにする際に、アニメーションを用いてオブジェクトを回転するような表示を行っている [Robertson 91]。Matsushita らは、統計データのグラフ可視化において、ユーザの興味の遷移に沿った効果的なグラフの書き換えを実現しているが、書き換え前の表現から書き換え後の表現への遷移を、アニメーションを利用して行っている [Matsushita 01]。このようなアニメーションの利用は、視覚的表現の状態遷移を、ユーザにわかりやすく提供するものである。

Spence は、本をパラパラとめくるような動作 ( RSVP: Rapid Serial Visual Presentation ) を計算機上で実現し、特に複数の静止画像を対象としてデータ群の概観を捉え、あるデータを特定する際に時間を有効に短縮することを示した [Spence 02]。RSVP 手法は元来、文章を読む際に、一定の場所に単語や文節を順に高速度で切り替えて表示するものであるが [Potter 84]、視覚的表現に応用する取り組みが増えつつある [Wittenburg 00]。

Bartram らは、画面上のオブジェクトの動きがユーザの注意を引き付ける効果があることに着目し、注意喚起などに利用できること、また、使用方法によってはユーザの気を散らせてしまうという逆効果もあることについて検証している [Bartram 01]。

Wright は証券市場において時々刻々と変動する様々な値を、リアルタイムで連動するグラフのアニメーションとして表現し、瞬時の状況判断や流れに沿った情報の理解の支援を試みている [Wright 95]。同様に Brown らは、計算機アルゴリズムの時間軸に沿った状態遷移を、アニメーションを利用して表現している [Brown 93]。このように、情報のある要素の変化を時間軸にマッピングし、時間的变化を伴う視覚的表現として表すものは、情報可視化の中でも特に Information Animation と呼ばれる。

以上のように、時間変化を伴う視覚的表現は、情報を理解する際、様々な用途で利用されているが、時間変化を伴う視覚的表現の特性を十分に理解せずに利用されることもしばしばある。例えば、瞬時に把握すべきデータをアニメーションで時間をかけて表現することや、不要な箇所に動きを伴う表現を用いることでユーザの注意を散漫にしてしまうことなどである。マルチメディア時代の到来を目前にし、時間変化を伴う視覚的表現の特性を十分に把握する必要がある。

## 2.3 表現に対するインタラクション

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 [Fischer 92][Terveen 95]。計算機を用いた情報理解においては、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 [Agrawal 93]、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 [Card 99] とされる。

半自動的な分析においては、大量のデータ集合の中からデータ間で関連性のある現象や規則を抽出することが主たる目的となっている。これら半自動的な分析においては、ユーザは得られた結果の判断を下すに留まり、結果を得るための積極的な働きかけは行わない。

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 [Saito 98]。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。

また、情報を創出する場合においても、自らが外在化した表現を眺め、内省し、新たな表現として外在化するプロセスを繰り返すことで知的創造活動が進むことが指摘されており [Schoen 83]、表現に対するインタラクションが、人間の思考に影響を与えることがわかる。

本論では、計算機を、単に表現の幅を広げるだけのものではなく、表現自体とのインタラクションを可能にする環境としてみなす。受け手が受動的に視覚表現を受け取るのではなく、能動的に表現を捉えることが、情報理解の促進につながると指摘されている [Card 99] が、動画像など時間変化を伴う表現に関しては、その表現の利用方法、およびインタラクション手法に関する研究は未だ



発展途上の段階である [Herman 00]。本研究では、時間という概念に対するインタラクション手法の確立を目指している。

## 2.4 時間変化を伴う視覚的表現に対するインタラクション

計算機上に表示される時間変化を伴う視覚的表現としては、ビデオデータなどの動画像が広く普及している。

既存の汎用的な動画像ブラウザでは、VCR の操作を踏襲したものが多く、計算機の性能、特に動画像に対する高いインタラクティブ性を十分に利用できているとは言い難い。汎用的な動画像ブラウザにおいて、従来の VCR と大きく異なる唯一の機能は、タイムスライダ [QuickTime Player] を利用するものである。これは、インタフェースとしてのスライダの長さ、対象とする動画像の時間的な長さをマッピングしたもので、動画像再生中は、インジケータがスライダの最初から最後まで移動する。インジケータを操作することにより、表示される動画像の時点を指定することが可能であり、計算機を用いたノンリニア動画像再生機能を有効に利用できるインタラクションだと言える。

しかしながら、タイムスライダも含めて、汎用的な動画像ブラウザで実装されているインタラクションは、表示する動画像の時点を指定することが主目的となっており、情報の理解を促進するための積極的な支援を行うものだとは言い難い。

また、時間変化を伴う視覚的表現に関しては、その時間的なインタラクションのみならず、たとえば、表示サイズを変更するなど、空間的なインタラクションについても考慮される必要があるが、これに関しても、情報理解を支援するための枠組みは、十分に議論されていない。

## 2.5 第 2 章のまとめ

本章では、情報理解における視覚的表現の役割と、時間変化を伴う視覚的表現に対するインタラクションについて、既存の研究を交えて述べた。

次章では、時間変化を伴う視覚的表現が、どのような特徴を持つ情報を表現するのに向いているか、また、どのようなインタラクションが情報の理解において有効であるかを探るために実施した 2 種類のケーススタディについて述べる。

# 3

## ケーススタディ

### —表現とインタラクションに関して—

本章では、第2章で述べた、時間変化を伴う視覚的表現の特性と、情報理解のために有効となるインタラクションに関して行った、2種類のケーススタディについて述べる。

ケーススタディ1では、アニメーションによる動的な表現と、表、棒グラフという静的な表現との比較を行い、時間変化を伴う視覚的表現が、対象となる情報のどのような特徴を表現するのに向いているかを探った。

ケーススタディ2は、数値データを動きを持つ棒グラフとして表現する Information Animation 環境を構築し、情報理解のため能動的に閲覧する際に行われるインタラクションについて観察したものである。

これらのケーススタディを通して、時間変化を伴う視覚的表現が、情報の連続性を表現する際に効果的であること、また、情報の理解のためには、時間的、視覚的インタラクションが有用であることがわかった。

## 3.1 ケーススタディ 1：時間変化を伴う視覚的表現の特性

視覚的な表現は、表現力が豊かである反面、表現の特性を十分に理解せずに利用することによって、情報が歪められて伝わったり、焦点があいまいになってしまうという問題がある [Norman 93]。本節では、アニメーションという時間変化を伴う視覚的表現が、対象となる情報のどのような特徴を表現するのに向くかを探ることを目的として実施した、予備実験について報告するとともに、その結果について分析する。なお、詳細については [高嶋 01a] に詳しいのでそちらを参照されたい。

### 3.1.1 概要

実験データの数値リストとして次の2種類を用意した。

- データ群 I：10 個の値を持つ項目 1 つ (A) から成るデータ (図 3.1)
- データ群 II：10 個の値を持つ項目 3 つ (A・B・C) から成るデータ (図 3.2)

値は 0 から 100 までの 5 きざみの数字をランダムに配列したものであり、データの意味的な内容が結果に影響するのを防ぐため、これらのデータの項目や値に特定の意味を持たせないこととした。これらの 2 種類の数値情報を、それぞれ表、棒グラフ、項目のひとつを時間軸として作成した棒グラフのアニメーション、という 3 つの表現形態でディスプレイ上に表示した。

棒グラフ表現としては、データ群 I に対して 2 次元の棒グラフを、データ群 II には 3 次元の棒グラフをそれぞれ使用した。アニメーションでは、それぞれの項目の持つ 10 個の値のそれぞれを、データ群 I では 1 本の棒グラフとして、データ群 II では、A・B・C それぞれに対して計 3 本の棒グラフとして表示し、時間経過と共に 10 個の値が順次動的に表示されるようにした。

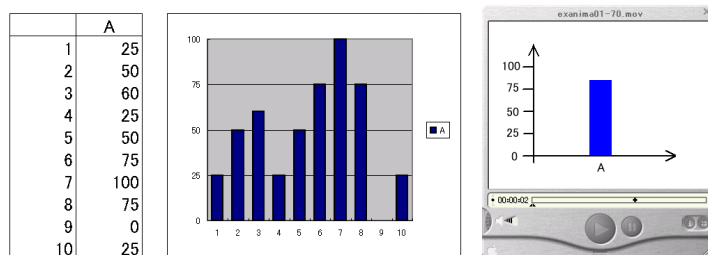


図 3.1: データ群 I の例

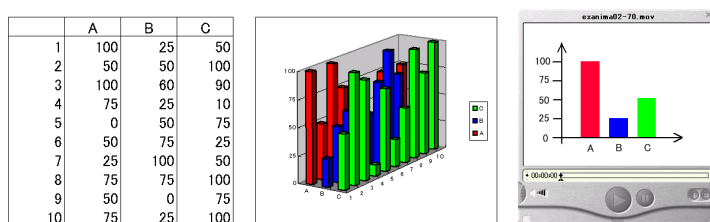


図 3.2: データ群 II の例

順序の影響を排除するため、可能なすべての 6 通りの順序で表現形態を提示することとし、さらに 3 種類の表現形態を同時に見せる場合も加えて、データ群 I, II それぞれに対して、計 7 通りの数値データを準備した。それぞれの数値には、同程度のばらつきを持たせるよう配慮した。データ群 I, II のそれぞれについて 7 通り、計 14 通りの提示を、被験者 3 名に対して行い、表現を見ることで理解できた事柄について発話を求めた。実験中においては、被験者の思考、様子を知るために、考えていることを発話 (Think-Aloud Protocol) [Ericsson 84] するよう教示した。

### 3.1.2 結果・考察

実験結果を考察するにあたり、特にアニメーションによる表現が、データのどのような側面をユーザに伝えるのに向いているかに着目した。

アニメーションは、主にグラフからは得られにくい変化の様子やその速度を感じとるのに利用されていた。データ群 I に関しては主にグラフを用いて情報の解釈を行い、アニメーションはあまり用いられなかった。データ群 II に関し

ては、アニメーション表現を中心に情報の理解を行おうとしている様子が観察された。

アニメーションの利用において、以下の3点が特徴的であった。

- 連続的な値としての解釈

利用したデータは、数値集合という離散的なものであったが、表とグラフの利用においては、データが離散値として解釈される場合と、連続的な値の変化として解釈される場合の両方のパターンが観察された。一方アニメーションを利用した際には、データは常に連続的な値として解釈された。アニメーション表現では、データの提示が時間経過に伴い強制的に行われることから、連続値として認識され易いと考えられる。

データの性質を探る際、表とグラフでは、連続値、離散値の両方で解釈可能という発話を得られたが、アニメーションでは、値が常に連続値として解釈された。アニメーション表現は、それが作成される際に、データのどの項目を変化軸とするかが決定される。このため、データの繋がり方を強制的に提示することができ、表現を見る側が、データを連続値として認識し易いと考えられる。

- データのチャンク化

アニメーションでは変化の様子を、グラフでは隣り合うデータの表す値を、塊あるいはパターンとして捉えようとした。視覚的な表現では特定の値を単体で理解しようとするよりも、その前後のコンテキストも含めて解釈しようとする傾向がある。

- 予測/予感

アニメーション表現では画面内には特定の時点でのデータしか表示されないにも拘らず、その後続く値を予想していた。例えばグラフが伸びて縮む動きを繰り返していたら、その後も伸縮を繰り返すのでは、と予測したり、伸縮の加速度からその後の変化を予測したりしていた。アニメーション表現から情報の概観を掴むためには、前述したようなグラフを想像することによるものだけでなく、変化の様子からも付近のコンテキストを捉えられることがわかる。

以上のようなアニメーション表現の特徴から、時間変化を伴う視覚的表現が、対象となる情報の連続性を強調するものであることが分かった [高嶋 01a]。

アニメーションを利用した表現の最大の特徴は、ひとつの軸に沿ってデータの変化を際立たせることにある。グラフなどの静的な表現からデータの変化を読

み取るよりも、変化している様子をより直観的に見せることができる。さらに、変化の軸や変化する順番を強制して表示することから、情報の見方を固定してユーザに情報を与えることができる。情報をアニメーションで表現することは、情報の全体像の把握や、正確な値の読み取りなど、困難となる点がある反面、データの連続値としての変化を直感的に表現し、理解を容易にさせる傾向がある。

### 3.2 ケーススタディ 2：時間変化を伴う視覚的表現に対する能動的な閲覧

情報理解のための着眼点が明瞭でない状況において、時間変化を伴う視覚的表現から情報を理解する際、どのようなインタラクションが行われるか、これを探るためにケーススタディを実施した。このためにまず、単純な棒グラフのアニメーションを表現する Information Animation 環境を構築した。本節では、ここで行われたインタラクションについて述べ、被験者に対するインタビューを交えて考察する。なお、構築した Information Animation 環境、および実験の詳細の説明は、[高嶋 01b] と [Nakakoji 01] に譲る。

#### 3.2.1 概要

##### システム概観

時間的変化を伴う情報表現の可能性を探るため、3次元棒グラフによる単純なアニメーション環境を構築した [高嶋 01b], [Nakakoji 01]。

構築した環境で作成可能となるアニメーションは、3次元棒グラフを動的に表現するもので、アニメーションの1コマがある時刻における情報を示している(図 3.3 左)。さらにその前後の時刻の値もオーディオ製品に見られるピークメータに似た表現で提示することができ、わずかではあるが時間的なコンテキストを保持できる。

また、投影法の変更に加え、表示されているウィンドウに対して設定された視点の位置や視野角、視線の方向などを捉えたメタなビュー(ビューポート)を別ウィンドウで開くことができ、対象の見方に対するコンテキストを保持する

ことも可能である (図 3.3 右)。

表現方法が、時間的変化を伴うこと、また視覚的な表現であることから、本研究でのアニメーション環境では、以下の2種類のインタラクションが可能となっている。

- 時間的属性に対するインタラクション  
3次元棒グラフの変動(アニメーション)に対する、再生や一時停止、再生スピードの調整、または変化軸にマッピングされるスライダーの移動により、表示されるグラフを変動させることなど
- 視覚的属性に対するインタラクション  
3次元棒グラフの表されている空間に対する、視点の移動やズーム、パン、投影法の変更など

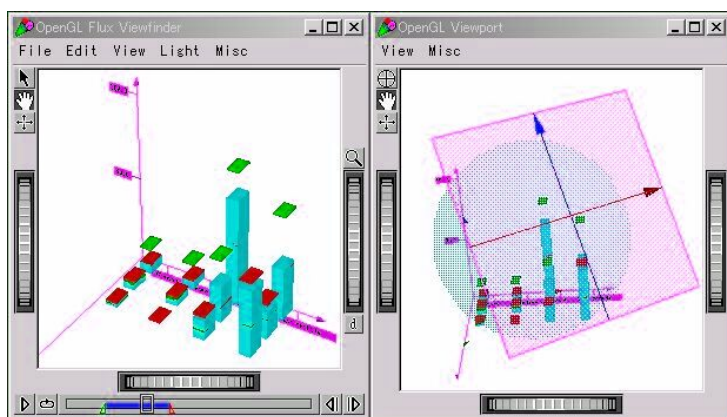


図 3.3: システムを利用した可視化表現の例

なお、本システムは、オープンソースソフトウェア3次元グラフィックライブラリ「じゅん (Jun)」(<http://osb.sra.co.jp/Jun/>)を利用して構築された。

#### 利用データ

時間軸を伴う事象の題材としてオブジェクト指向ソフトウェア開発を例に取り、そのクラスライブラリの進化を、システムを利用したアニメーションで表現した。ソフトウェア開発ではバージョンが不規則な時間間隔でリリースされ、かつそれぞれのバージョンが単体で多くの複雑な情報を有している。これらのバージョン間の関係を理解することで、開発の歴史、あるいは進化の動向を把握することが可能となるため実験の題材として適当である。



今回対象としたのは、Smalltalk 用クラスライブラリの 5 つの開発プロジェクト（内 1 つはベースとなるクラスライブラリ）で、いくつかのプロジェクトは並行して開発が進められた [Aoki 01]。

利用したデータはそれぞれのプロジェクトのクラスライブラリにおけるクラスの総数、インスタンスメソッドの総数、クラスメソッドの総数、およびバージョンナンバーとリリースされた日時である。

制作したアニメーションにおいては、1 コマが実時間での 1 日を表し、その時点でのバージョンにおけるクラス、インスタンスメソッド、クラスメソッドの総数が棒グラフで示され、同時に前バージョンおよび次バージョンでのそれぞれの総数も表示される。また、現在表示されているクラスライブラリのバージョンナンバーとリリースされた日付・時刻が、グラフ下部に表示される。さらに、制作した 5 つの開発プロジェクトのグラフアニメーションを、日付を基準に同期して再生可能とした（図 3.4）。

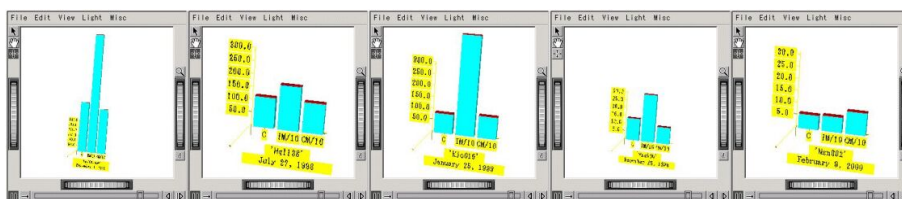


図 3.4: プロジェクト毎のグラフアニメーション

### 3.2.2 結果・考察

制作したグラフアニメーションを、実際にクラスライブラリ開発に携わったメンバーのひとりに見せ、その場でインタビューおよびディスカッションを行った。被験者には、クラスライブラリの進化を、アニメーションとして表現したのを見て気づいたことや感じたことを発話してもらい、その発話プロトコルと操作履歴を記録した。

観察全体を通して被験者は常に、何らかのインタラクションを行おうとしていた。被験者の発話やインタビュー、ディスカッションを通して得られたインタラクションを行う目的のうち [高嶋 01b][Nakakoji 01]、以下の 2 点が特徴的であった。

- データ変動の流れの理解
- 知覚的な理解のための没入感の獲得

以下に、これら2つの目的のために行われたインタラクションそれぞれについて、観察結果、インタビュー、およびディスカッションに基づいて考察を行う。以下に示す発話プロトコルでは、文頭に#がついているものがインタビュアーの発話、無印が被験者の発話である。

#### データ変動の流れの理解

被験者はアニメーションの再生を制御するスライダを多用し、自由に時間をコントロールしていた。特にある一定の時間幅（スライダ幅）で、スライダ上のインジケータを操作し、表示時点を前後（早送り・巻き戻し）させることで、値の差の変動を繰り返し見ようとする傾向があった。次に示すインタビューからも、時間軸をコントロールすることが重要であることがわかる。

#### Protocol 01:

# ゆっくりした再生だからいいのでしょうか？ 普通に再生されてるときよりはちょっとづつ動かされてるときのほうが...

そうそう。これが通常に再生されているときよりも、

# 自分でコントロールできるから。

自分でコントロールできると、これ（バージョン情報）とこれ（各要素の値）との関連を見つけやすいですね。

# だから、自分で時間のコントロールができるのがいいんですね。

うん、たぶん。このバージョンを見るときはそれが一番いいような気がするなあ。

# 絶対、でも、コントロールしたいんですね。

コントロールしたいよねえ。なんか、アニメーションの良さって、これ、流すよりも、自分でコントロールできるところに良さがあるのかもしれない。

ユーザ観察全体を通してこのような時間のコントロールに関する発話が頻繁に行われ、時間を自由に操作したいという要求が非常に強いことがわかった。時間的な変化をアニメーションで表すことの最大の利点は、データが持つ時間の流れの速さにとらわれず任意の速度で再生ができることであるが、データに大きな変動が見られる付近の時間を進めたり遅らせたりしつつ繰り返し見ることによって、より詳細まで情報を理解することが可能となることがわかった。時間をコントロールして見ることによって、全体の流れや、ある時刻の周辺でどんな動きをするかを詳しく見ることができ、ただ単に一定のスピードで閲覧するよりも、様々な速度で閲覧を行うことが、データ間の関連を見つけやすいと言える。

時間変化を伴う視覚的表現からの理解を促進させる働きかけのひとつとして、上述したような時間的なインタラクションが有用であることが分かった。

知覚的な理解のための没入感の獲得

観察実験では被験者は様々な方向からグラフを見るためにインタラクションを行った。透視投影による表現で棒グラフを上から見下ろすような見方をする

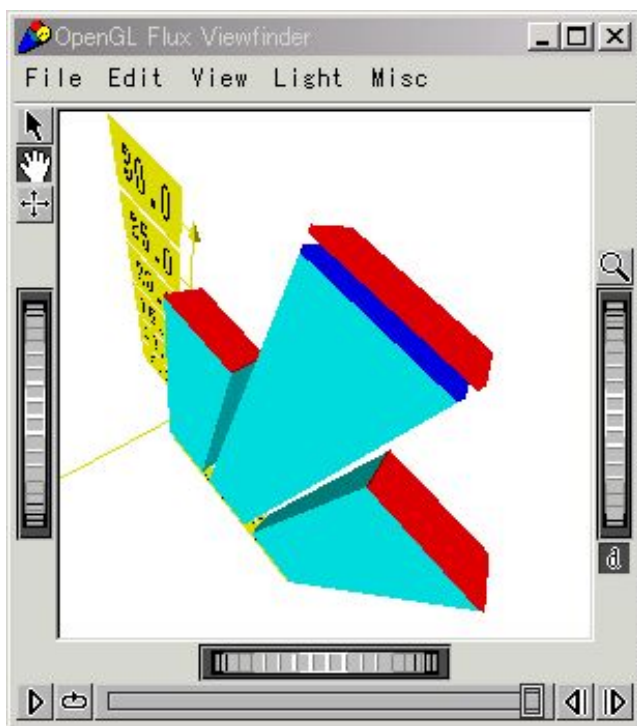


図 3.5: グラフ上方からの透視投影

と、数値の正確な値はわからなくなるものの、値の変動や、他の要素との関連をより強く感じられた。かぶりついたような視点になり、手前に来るものほど大きく見え、変化が顕著に現れた(図 3.5)。

#### Protocol 02:

Perspective をかけて上から見てるほうが認識しやすい可能性がありますね。どうしてもチャートやグラフになると、横から見てしまうっていうのを学校教育で習いすぎてますよね。で、伸びてくるのはパードビューで見てて、グイーンって自分に近づいてくるのが perspective であると、近いところが大きくなったとかちいさくなったとか...そういうほうが良さそう...

手前にあればあるほど大きくなるから...なんだろう、顕著に見える...

# VRML のグラフの中を歩く、没入感みたいなの似てますね。

そうだよな。

#いま 3D のビューのコントローラは完全に自分はここに止まってて、相手を動かさず感じですよ

アニメーション停止時、再生中に拘らず、空間内の視点を移動したり投影法を変更することにより、臨場感あふれる表現を体感することが可能であった。これにより、具体的な値はわかりづらくなるものの、他の要素との関係を感じ覚的に捉えるという点では重要な見方であるといえる。

透視投影による表示は、日常生活で物体を見るのに近い表現の方法であり、表現対象を知覚しやすい。自由に視点を変えて対象物を見ることが、VRなどでオブジェクトを配置した空間内を歩き回るのに似た効果をもたらすだけでなく、対象物自体が動くことによってユーザに積極的に働きかける表現を体感(体験)させることができる。

時間変化を伴う視覚的表現からの理解を促進させる働きかけのひとつとして、上述したような視覚的なインタラクションが有用であることが分かった。

## 3.3 第3章のまとめ

本章では、第2章で述べた、時間変化を伴う視覚的表現の特性と、情報理解のために有効となるインタラクションに関して行ったケーススタディについて述べた。

2種類のケーススタディの結果から、時間変化を伴う視覚的表現に対して、

- 情報の連続性を表現する際に効果的である
- 情報の理解のために、時間的、および視覚的インタラクションが有効である

ことが分かった。

次章では、時間変化を伴う視覚的表現に関する具体的なインタラクション方法として、情報の時間的な概観と詳細を利用することについて述べ、ここで得られた情報の連続性を重要視したインタラクションの実現方法を提案する。

# 4

## 情報の概観と詳細

能動的な情報理解のためのインタラクションとして、本研究では情報の概観と詳細の利用に着目する。

Cardらは、情報可視化研究における表現の見方を変更するインタラクション (Interacting with View Transformation) として、Overview + Detail[Kumar 95]、Zooming[Perlin 93] など、表現の概観や詳細を表し、それをインタラクティブに変更する方法に着目している [Card 99]。全体と部分が相互に依存する解釈学的循環 [Snodgrass 90] を考慮すると、このように表現の全体像や概観を把握することと、詳細を捉えることが可能となるインタラクションは、情報の理解につながると考えられる。

従来の情報可視化研究で行われてきた、情報の概観と詳細の表現、およびそれに対するインタラクションは、ディスプレイ空間の表示面積の変更を利用するものであった。本章ではまず、空間の広がりを利用した概観と詳細について述べ、特に、題材に時間軸が含まれるものに対してどのようなアプローチが採られてきたか、既存の研究を交えて説明する。ケーススタディ 1 の結果に基づき、情報の連続性を保持することを重視し、時間変化を伴う視覚的表現の概観と詳細を、速度変化、つまり時間を利用して表す本研究の提案について説明する。

## 4.1 空間を利用した概観と詳細

空間に対する最も基本的な概観と詳細の表現方法は、表現の単純な拡大と縮小である。Perlin らは、ディスプレイ上の視覚的表現の上に重ねる虫眼鏡を模したインタフェースを利用し、興味を持った箇所を再帰的に拡大することを可能にするシステムを構築しており、ユーザが望む粒度で情報を表示することを試みている [Perlin 93]。

また、情報の概観と詳細を同時に表示する手法として、OverView + Detail 手法や Focus + Context 手法が挙げられる。これらは、視覚的表現のディスプレイ表示面積を変更することで、一部分を詳細に見ながらその周りとの関係も概観できるような表現である (図 4.1)。Overview+Detail 手法は、詳察が可能な拡大された空間と、概観を表す縮小された空間とを分けられた空間に配置するものであり、Kumar らは、ツリー構造として表現された情報に対し Overview + Detail 手法を適用し [Kumar 95]、Suh らは、web ページのブラウジングを支援するためにこれを利用した [Suh 02]。Overview + Detail 手法では、表示空間が分けられているため、どの部分を詳細に見ているかを明示的に示すことで、概観と詳細の関連を保つ必要がある。

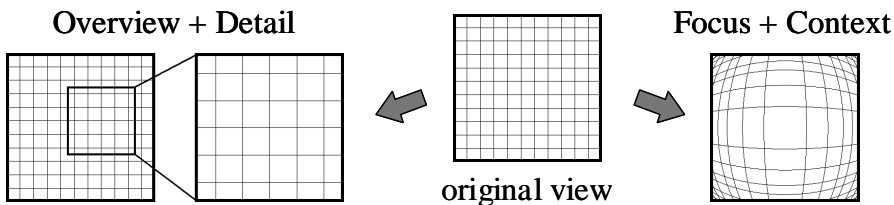


図 4.1: 空間的な概観と詳細の表現例

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り、図 4.1 左に示した Overview+Detail における概観と詳細の関係の明示を行う必要が無い。実現方法としては魚眼レンズメタファ [Furnas 81] を利用するものが広く知られている。Hyperbolic Browser [Lamping 96] は 2 次元平面に、H3 [Munzner 97] は 3 次元空間に魚眼レンズメタファをそれぞれ適用するもので、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。ひとつのウイ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、効率のよい検索が行えると報告されている [Pirolli 01][Lamping 96]。

このような情報の概観と詳細の表現を利用するシステムが対象とするデータは多様であるが、プログラムのソースコード [Furnas 81] や、MRI 検査に用いるスライシング画像 [Kuederle 00] など、連続性を持つデータを対象とするシステムが多く、こ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わかる。

連続性を持つデータとして、古くから表現対象となってきた時間という概念も、その概観を表すために情報の空間的展開がなされてきた。これは、対象となる時間の軸を、空間上にマッピングして表現するものである。代表的な表現として、x 軸に時間を、y 軸になんらかの値をマッピングする折れ線グラフなど、グラフを利用したものが挙げられ、様々な種類のグラフ表現が考えられてきた [出原 86][Harris 99]。

図 4.2 に具体例を示す。図 4.2 (a) は、企業の売上高の変動を折れ線グラフを利用して表したもので、物理的な時間の流れを、空間の右方向へ向けて線形にマッピングしている。(b) は、web ページを検索する際に、ページを開き、リンクを辿る様子を空間にマッピングしたものである [Takashima 00]。(a) と同様に空間の右方向へ時間軸をマッピングしているが、ひとつのセルがユーザの行った操作を表しており、物理的時間ではなく、イベントを単位とした表現になっている。また、著者は、物理的な時間だけでなく、心理的な時間を表現するために (c) のような可視化を試みた。(c) では、四角形のオブジェクトがメールなどの時刻情報をもつデータであるとし、心理的に昔の情報だと感じるものを中心部分に、最近の情報だと感じるものを外周に配置している。また、地図における等高線のメタファを用い、物理的時間を当時線として線分で表すことで、表示平面に垂直な奥行きを表す軸を仮定し、時間軸をマッピングしている。心理的時間の新しい情報は、細分化され詳しく記憶され、古い情報はいくつかの情報が抽象化されまとめて記憶されるという認知特性 [松田 96] を表現するための可視化表現である。

これら空間の一軸へのマッピング方法は、物理時間を線形的に表示したり、イベントや状態を単位として線形に表現したりするなど多種多様であるが、それらの連続する時間の流れの結果を一瞥可能な状態で表現していることが特徴であるといえる。時間という常に流れ続ける概念の履歴に一覧性を持たせる点



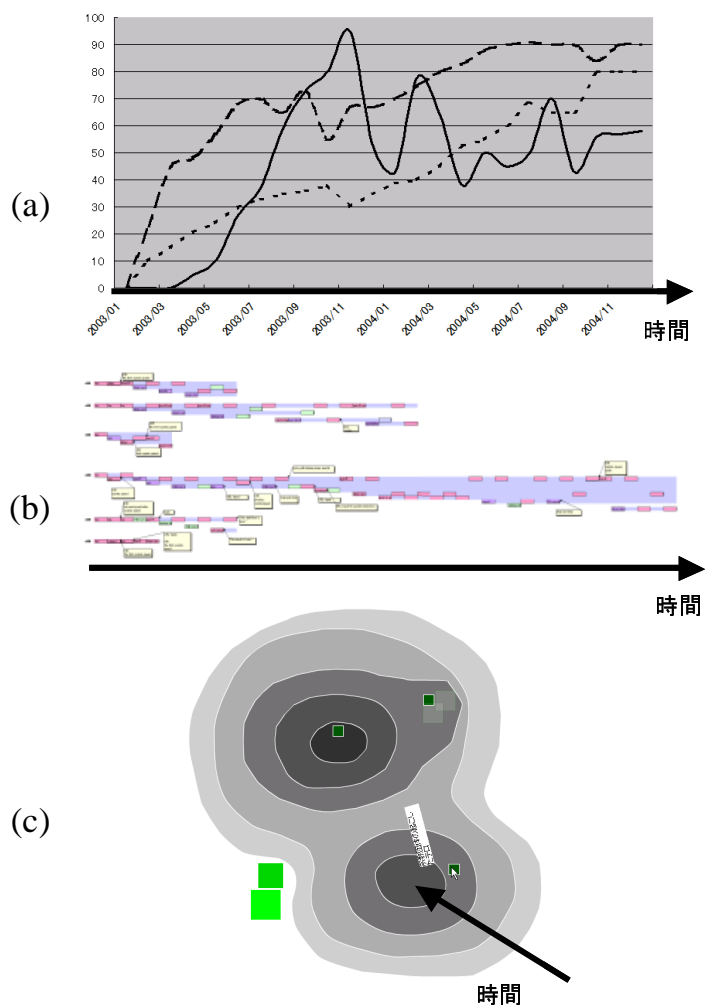


図 4.2: 空間を利用した時間情報の表現例

で、非常に有用な手法であるといえる。

また、空間的な広がりを利用するもの以外にも、空間的な視覚属性を利用する研究も行われている。Optical Stain は、表現の色の濃さを変化させることで、過去に流れた時間を凝縮した痕跡として表現するものであり、一瞥可能な状態で概観を表現している [白井 02]。

本研究で対象としている時間変化を伴う視覚的表現に対しては、特にビデオデータを対象として同様の取り組みがなされている。

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）を掴む 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捉えている [Yeo 97]。これは、情報の時間概念に対して概観と詳細を利用するものと考えられる。

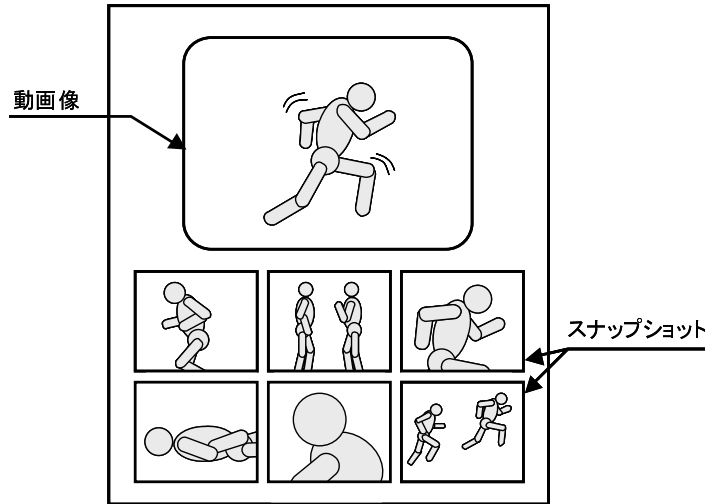


図 4.3: 空間を利用したビデオデータの概観

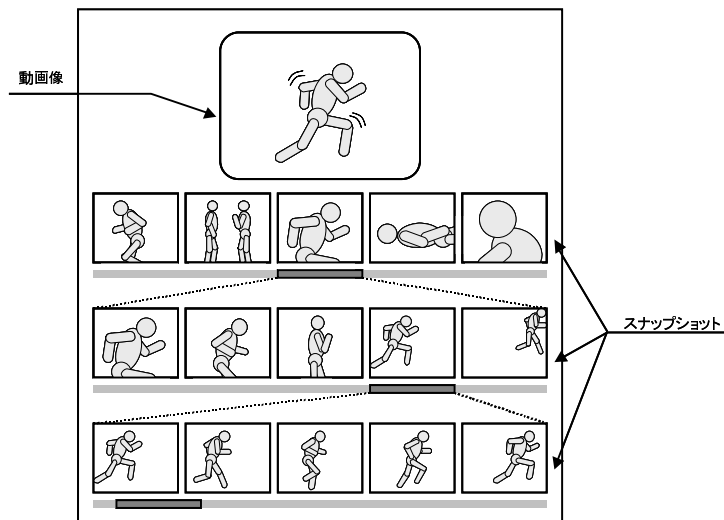


図 4.4: タイムスライダの階層化による概観と詳細

既存のビデオ閲覧システムにおいては、図 4.3 に示すように、キーフレームを表す複数の静止画像を同時に表示し、それらを利用して特定のシーンにアクセスを可能にするアプローチが広く用いられている。VideoManga はシーンの長さなどから重要度を決定し、その重要度に応じて表示面積の異なる画像を生成し、並べて表示する [Uchihashi 99]。SmartSkip は、ユーザが決定する時間間隔でビデオ映像のサムネイルを作成し、複数枚の静止画像を並べて表示する [Drucker 02]。これらの手法は、Yeo らの提案する macroscopic browsing、つまりビデオデータの概観を、空間の広がりを利用することで実現視するものと言える。上述した手法は、動画像を静止画像の集合であると捉え、複数の静止画像を空間に展開することで概観を表し、それらの静止画像から、実際のビデオデータへアクセスを可能にしている。Mills らも同様に、複数の静止画像を利用してビデオデータの概観を捉えることを提案しているが、概観だけでなく、詳細も、静止画像として提示するために、動画像の閲覧時点を示すタイムスライダを図 4.4 のような階層的なものとするインタフェースを構築している [Mills 92]。

いずれの研究も概観の表現に関して、空間のリソースを利用し情報の一覧性を高めている点が特徴である。

## 4.2 時間を利用した概観と詳細

空間を利用した概観と詳細の表現が広く研究されて来たのに対し、時間を利用して概観と詳細を表現するものは、あまり見られない。

web ページや、文章を読む際に用いられる Speed-dependent Automatic Zooming と呼ばれる手法 [Igarashi 00] は、ディスプレイ上に表示しきれない大量の文章に対し、ブラウザのスクロール速度に応じて表現を変化させるものである。速いスクロールの際には、見出し文や挿絵を確認できる程度に縮小（ズームアウト）して表示し、遅いスクロールの場合は、少量の文章を拡大（ズームイン）して表示することで、ユーザの理解しやすい粒度の情報を提示している。スクロール速度という時間概念を利用し、情報の概観と詳細の表現、およびそれに対するインタラクションを効果的に実現した例である。

前節で述べた、時間変化を伴う視覚的表現に対する概観と詳細の表現は、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。静止画像として空間に展開することで、元データの持つ流れ、連続性といったものが寸断され、その点に着目する情報の理解においては、時間的な変化を静止画像を基に再構成する必要がある。本研究では、時間という連続性を持つデータに対する、能動的な情報の理解を目的としており、

- 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、前述のアプローチでは情報の理解を支援するには不十分である。

本研究では、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。

たとえば、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掴みやすくなる。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繋がる。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質は大きく異なる [川崎 02]。

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、情報の時間的な変化について、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し、情報理解のためにこれら時間的な概観と詳細の表現を利用する。

### 4.3 第4章のまとめ

本章では、情報理解のための概観と詳細の利用について、空間を利用するものと、時間を利用するものに分けて説明した。

それぞれに相反する特徴があり、特に時間属性を持つデータを対象とした場合、空間を利用した概観と詳細においては、情報の一覧性が高い反面、連続性が失われ、時間を利用した概観と詳細においては、情報の連続性を保つことができるが、一覧性は得られないといった点で区別できる。

これらはどちらかが優位なものではなく、相互に補完的な関係にあると言える

が、本研究では、時間変化を伴う視覚的表現の連続性を重視し、時間を利用した概観と詳細の表現を、情報を理解するための一手法として採用する。

次章では、本章で述べた速度変化による時間的な概観と詳細が、実際の情報理解タスクにおいてどのように利用されるかを探るための、ケーススタディについて述べる。

# 5

## ケーススタディ

### —情報の時間的な概観と詳細に関して—

本章では、第4章で述べた、表示速度の変化による、情報の時間的な概観と詳細がどのように利用されるか、情報の理解に有効であるかどうかを探るために行ったケーススタディについて述べる。

ケーススタディの結果から、情報の時間的な概観と詳細が、情報を理解する際に有効に機能することが確認できた。

### 5.1 ケーススタディ 3：時間的な概観と詳細の利用

前章で述べた、表示速度の変更により時間的な概観と詳細を表現し、利用することが、能動的な情報の理解につながると仮定し、ユーザが表現とインタラクション可能なプロトタイプシステムを作成した。本節ではプロトタイプシステムの説明と、情報の概観と詳細を利用することが情報理解に有用であるかを探るために行ったケーススタディ 3 について述べ、考察する。

### 5.1.1 概要

本節では、動画像を例に、情報の時間的な概観と詳細を関連付けて表現するための2種類の手法について述べ、それぞれの手法を実現するためのシステムについて説明する。

#### システム概観

前章で述べた速度変化による概観と詳細とを、互いに関連付ける方法として、表示空間を利用するものと、表示時間を利用するものとの2種類を提案する。

手法1：異なる閲覧速度の動画像を複数同時に表示し、概観と詳細を同時点に表現する方法（図5.1）

手法2：閲覧速度を時間に対して局所的に変化させて動画像を表示し、概観と詳細を動画像が内包する時間内に表現する方法（図5.2）

図5.1, 5.2 に示すグラフにおいては、点線が1倍の閲覧速度を表し、1倍速より早い速度での閲覧を概観、遅い速度での閲覧を詳細としている。

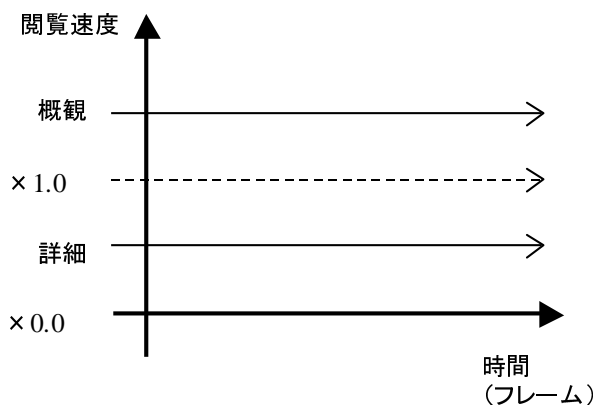


図 5.1: 手法 1 による概観と詳細の表現

手法1は、速い閲覧速度で表現される動画像と、遅い閲覧速度で表現される動画像、およびそれらの間を埋めるいくつかの閲覧速度で表現される動画像といった、動画像を複数の見方で同時に閲覧するもので、どの時点に着目しても

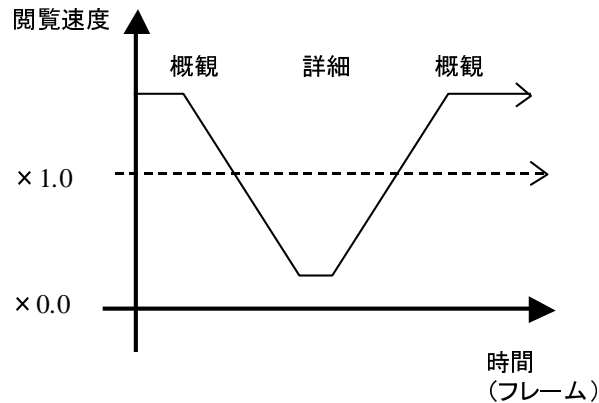


図 5.2: 手法 2 による概観と詳細の表現

概観と詳細が表現されていることとなる (図 5.1). 表示されているそれぞれの動画像の表示内容にずれが生じるが, 各閲覧速度は終始一定となるようにした.

手法 2 では, 着目したい時点を遅い閲覧速度で表現して詳細とし, その前後の時点を概観として速い閲覧速度で表現する (図 5.2). 観察をする際に閲覧速度が変化するものの, 表示されていく個々の動画像フレームのつながりは保たれる.

この 2 種類の表現手法に基づき, 情報の時間的な概観と詳細を利用したインタラクションを可能にするプロトタイプシステムを構築した (図 5.3, 図 5.6).

両システムは JAVA (JDK 1.3.0) で構築され, ボールが動く様子をプログラムして表示することで, 動画像の代わりとした. なお, 手法 1 においていくつもの閲覧速度で同時に閲覧する際には, 動画像を連続するフレームの集合として捉え, 個々のフレームを半透明にして重ね合わせて表示することとする. 以下に, 手法ごとにシステム利用時のふるまいについて述べる.

#### 手法 1 のためのシステム

手法 1 を実現するためのプロトタイプシステム (図 5.3) においては, 複数の動画像を同時に閲覧することができる. 重ね合わさった複数の動画像のうち, 任意のひとつに注目するために, Stressed Speed 設定スライダをユーザが利用し, 最も濃い色で表示することができる. それ以外の動画像は, ghost として



同時に表示され、表示速度が、Stressed Speed に近いほど、濃い色で表示され、遠いほど薄い色で表示される。Set FocalPoint ボタンを押す、あるいは時点表示スライダのインジケータを操作することで、全ての動画像が、Stressed Speed となっている動画像の示す時点で同期し、その直後に再びそれぞれの速度で表示される。

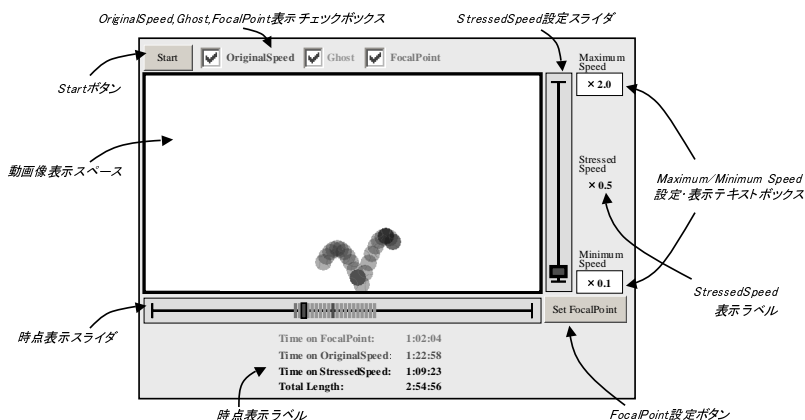


図 5.3: システム概観 (手法 1)

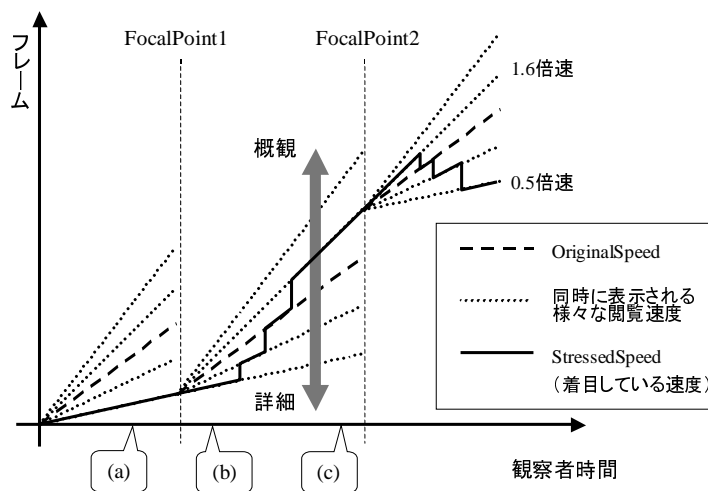


図 5.4: システム利用時の流れ (手法 1)

手法 1 を実現するシステム利用時の流れは以下のとおりである。

図 5.4 は、動画像がフレームの連続したつながりであると想定し、プロトタイプシステムを操作する観察者のおかれた時間と表示されるフレームとの関連を

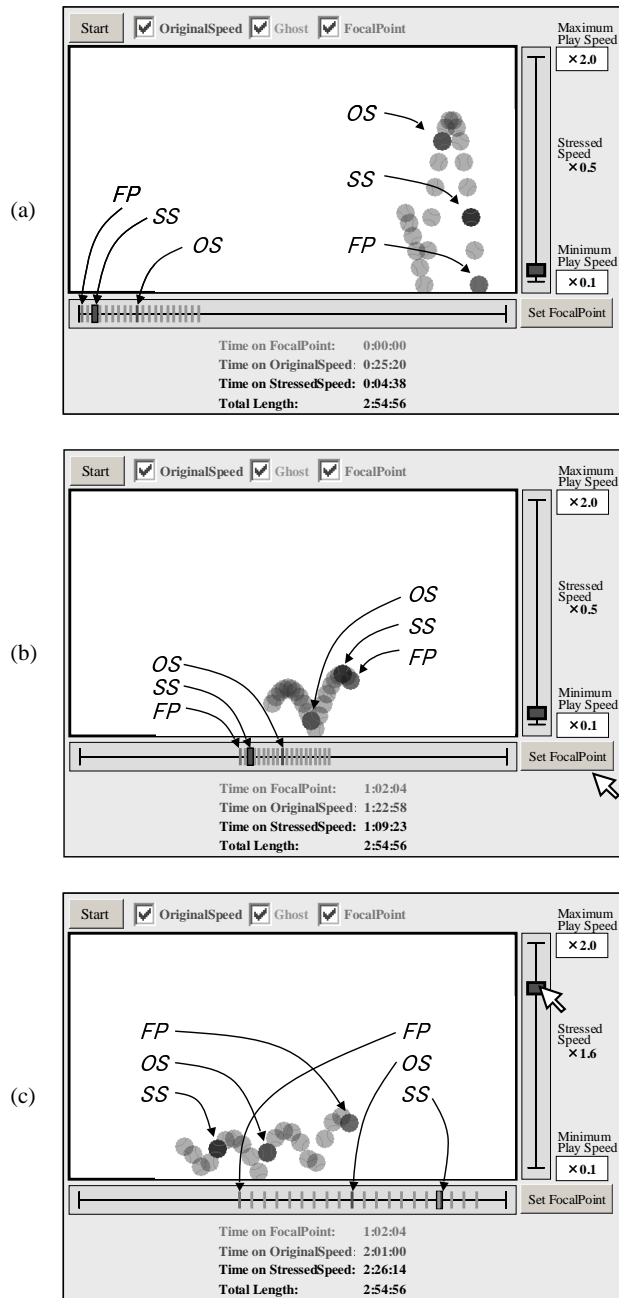


図 5.5: システム利用時のスクリーンショット (手法 1)

グラフで表したものである。点線が複数の閲覧速度で表現される動画像をそれぞれ表し、線の傾きが閲覧速度の速さを表している。観察者時間を示す軸との角度が大きいほど閲覧速度が速い。簡単のために、5つの閲覧速度のみを表示しているが、ここで最も角度の大きいものが概観を、小さいものが詳細を表している。中間の粗い点線で表示された線は1倍速再生を、5つの閲覧速度をなぞる実線は StressedSpeed（観察者の着目するスピード）が変化する様子を表している。図 5.5 は、図 5.4 の観察者時間軸上にある特定の時刻 (a)(b)(c) におけるスクリーンショットであり、斜体で書かれた文字は内容を理解しやすくするため新たに表記したもので、OS が OriginalSpeed、FP が FocalPoint、SS が StressedSpeed を意味する。それらから伸びる矢印は、観察者時間の特定の時刻においてそれぞれが表示しているフレームが示す時点と、フレーム内のボールの位置を指している。

観察者時間に沿ってシステム利用時の流れを述べると、まず (a) 付近では、動画像の最初の時点フォーカルポイントとしてさまざまな閲覧速度による表現が同時に始まり、動画像表示スペースには半透明の映像がいくつも重ねて表示され、閲覧速度の違いにより徐々にボールの位置がずれて見え始める。観察者が StressedSpeed 設定スライダで 0.5 倍の閲覧速度に着目すると緩やかな速度で移動するボール（実際にはフレーム全体）が、他のものより濃く表示され着目しやすくなる。着目しているボールが図 5.5 (b) の FP の指す時点および位置に到達したとき、その付近を詳しく見ようと FocalPoint 設定ボタンを押すことで、表示されていたボールがすべて消え、新たなフォーカルポイントの示す時点から動画像の閲覧が再び始まり、ボールがずれて表示され始める。(b) から (c) にかけては、観察者は StressedSpeed 設定スライダを操作して着目する閲覧速度を 0.5 倍から 1.6 倍に変更し、動きの速いボールを詳しく観察している。

このように、動画像の概観と詳細を同時に表示するだけでなく、動画像のフォーカルポイントを変更したり、観察者が着目したい閲覧速度を自由に変更したりすることで、事象の理解が深まると考えられる。

#### 手法 2 のためのシステム

手法 2 を実現するプロトタイプシステム（図 5.6）では、スライダつまみを動かすことで FocalPoint を設定し、閲覧する際、表示時点が FocalPoint に近づくほど閲覧速度が遅くなり、遠ざかるほど閲覧速度が速くなる。

手法 2 を実現するシステム利用時の流れは以下のとおりである。

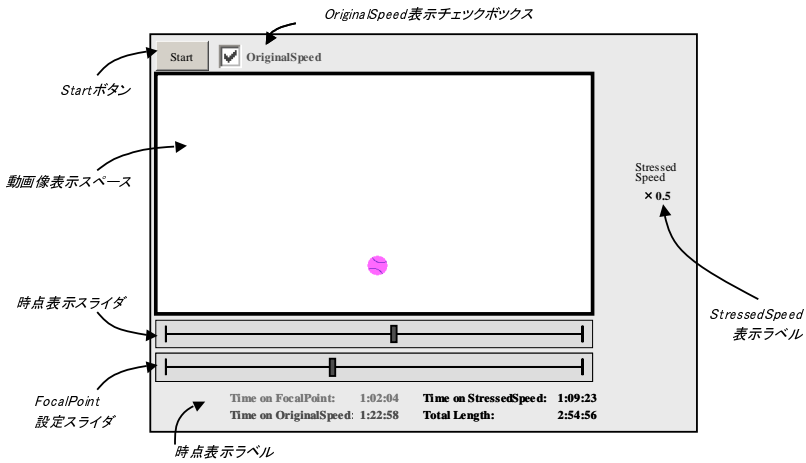


図 5.6: システム概観 (手法 2)

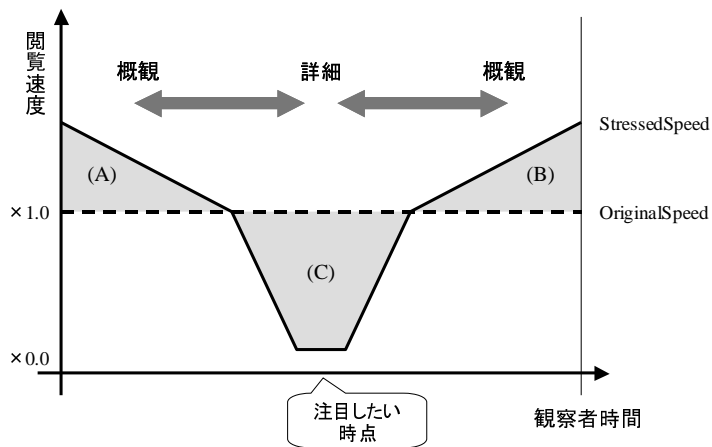


図 5.7: システム利用時の閲覧速度変化 (手法 2)

図 5.7 は観察者時間の経過に伴って閲覧速度が変化の様子を表している。FocalPoint 設定スライダにより設定された時点に近づくほど閲覧速度が遅くなり、遠ざかるほど閲覧速度が速くなる。FocalPoint からの時間的な距離が動画像の持つ時間長の 10 分の 1 以内の時区間にあるとき、その距離の近さに比例して遅くなるものとした。また、最低閲覧速度は 1 倍速再生の 10 分の 1 とした。

手法 2 では 1 倍速再生での表現との比較を容易にするために、閲覧速度を局所的に変化させても、動画像を閲覧し終えるのに要する観察者時間は 1 倍速再生

で表現する場合と等しくなるものとした。よって、FocalPoint を決定した時点で、詳細部分となる図 5.7 の (C) の面積 (1 倍速再生で表現した場合に比べて、閲覧しきれなかったフレーム数) を求め、(A) と (B) の面積の和がそれと同じフレーム数となるよう概観部分の閲覧速度の変化係数を求めた。このため、FocalPoint 設定スライダのつまみを動かしている間は動画像の閲覧は行われず、つまみが停止した時点で最初から閲覧し直すこととなる。

図 5.7 に示した、閲覧速度変化のとおり動画像を閲覧すると、最初は 1 倍速再生より速い閲覧速度で表現され徐々に遅くなっていく。FocalPoint 付近では非常に遅い閲覧速度で表現され、その後速度が速くなり、最後はオリジナルより速い閲覧速度となって、1 倍速再生による表現と同時刻に閲覧を終える。

#### 実験手法

本節では、前述した 2 種類のプロトタイプシステムを用いて行ったユーザ観察について述べる。ここではユーザがどのようにシステムを利用するか、またどのように対象の内容を理解するかを観察した。

本節で述べるユーザ観察においてユーザ (被験者) に課したタスクは、計算機上で動画像として表現された事象の内容を理解することである。具体的に何を理解すべきか、何を以って理解したとみなすかという設定はせず、被験者に自由に分析を行ってもらった。

課題タスクでは、ボールが回転しながら移動する事象を観察の対象とした。具体的には、図 5.3、図 5.6 に示した動画像表示スペースの右上部からボールが落下し、スペースの下端でバウンドを繰り返しつつ左方向に移動するものである。左端まで移動したボールは移動方向を右に変え、再びバウンドしながら移動し右端からスペース外に消える。バウンドを繰り返すにつれて跳ね返った後のボールの高さは減衰するものとした。

タスク実施中は Think Aloud Protocol を心がけてもらい、システム操作終了後アンケートとインタビューを行った。

被験者は大学院の教官および学生の 4 人である。被験者は全員それまでにプロトタイプシステムを利用したことがなく、タスクに先だって図 5.3、図 5.6 に示すシステムのスクリーンショットをプリントアウトした用紙を被験者に見せながら、システムの利用方法について 10 分程度の説明を行った。タスク実施中においても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。同じ動画

像を 5.1.1 節で述べた 2 種類の手法を用いて分析してもらい、2 名ごとに手法を適用する順序を変更して実施した（表 5.1）。また、分析時間は各手法につき最大 10 分間とした。

このユーザ観察において取得したデータは、

- ディスプレイの録画および被験者の発話の録音を含むビデオデータ
- タスク実行後のアンケート解答用紙，およびそれに関するインタビューの録音データ

の 2 種類である。

### 5.1.2 結果・考察

プロトタイプシステムを用いたユーザ観察において得られた被験者の特徴的な行動を、特に動画像の内容を理解するためのものと、全体的なシステムの利用に関するものに分けて述べる。

内容の理解

事象の内容の理解に関して、

- 方向転換時点付近におけるボールの回転の変化に関するもの
- 方向転換後においてボールがバウンドする高さの減衰に関するもの

という 2 点について、構築したプロトタイプシステムを用いて被験者がどのように閲覧速度を変化させたかについて詳述する。

表 5.1: 手法適用順序

	Stage1	Stage2
被験者 A	手法 1	手法 2
被験者 B	手法 2	手法 1
被験者 C	手法 1	手法 2
被験者 D	手法 2	手法 1

- 方向転換時点付近におけるボールの回転の変化に関するもの  
ユーザ観察に用いた事象は正確な物理法則に従うものではなく、方向転換の前後に拘らずボールの回転は一定方向であった。被験者全員がこれに興味を持ち、回転方向に変化が無いことを確認した。  
以下に各被験者がどのように確認を行ったかについて詳述する。  
被験者 A：手法 1 では、方向転換時点の直前に時点表示スライダのつまみを繰り返し移動した。まず ghost あり (0.1 倍 ~ 2.0 倍) の状態で閲覧し、その後非常に遅い閲覧速度 (0.1 倍) と 1 倍速再生のみの表示にして観察した。手法 2 では、方向転換時点が最も遅い閲覧速度で表示されるように FocalPoint 設定スライダのつまみの位置を調整し、繰り返し観察した。  
被験者 B：手法 2 において 1 倍速再生で回転に変化が無いことを知った後、方向転換前を FocalPoint としてゆっくり閲覧する場合と、方向転換後を FocalPoint としてゆっくり閲覧する場合とを見比べて、確認した。  
被験者 C：手法 1 において、ghost 表示を 1 倍速再生以下 (0.1 倍 ~ 1.0 倍) に設定し、方向転換後を重点的に観察した。  
被験者 D：手法 2 では、方向転換直後に様々な閲覧速度で閲覧できるよう FocalPoint スライダを繰り返し変化させ、特に閲覧速度が遅くなる状態を重点的に観察していた。手法 1 では、方向転換時点の少し前を FocalPoint として ghost (0.1 倍 ~ 2.0 倍) を表示し、StressedSpeed 設定スライダを繰り返し変更し、観察した。
- 方向転換後においてボールがバウンドする高さの減衰に関するもの  
課題タスクに用いた事象は正確な物理法則に従ったものではなかったため、方向転換後にボールのバウンド高さが減衰し続ける様子を確認しづらいものとなっていた。被験者のうち 2 名が、方向転換後高さが減衰しているかどうかに興味を持ち、観察を行った。1 名は減衰し続ける、と正しく分析を行ったが、もう 1 名は方向転換後減衰しなくなる、と誤った分析を行った。  
以下に 2 名の被験者がどのように確認を行ったかについて詳述する。  
被験者 B：Stage2 のタスク (手法 1) で興味を持ち、非常に遅い閲覧速度 (0.56 倍) と 1 倍速再生、さらに FocalPoint 時点のフレームを表示する状態で、FocalPoint 設定ボタン連打した。方向転換後の高さは減衰しないと結論付けた。  
被験者 D：Stage2 のタスク (手法 1) で興味を持ち、方向転換時点の少し前を FocalPoint として ghost (0.1 倍 ~ 2.0 倍) を表示し、StressedSpeed 設定スライダを繰り返し変更し、観察した。方向転換後の高さは減衰し

続けると結論付けた。

#### タスクに共通して観察された特徴

事象の個々の側面の理解に拘らず、共通して観察されたユーザのふるまいの特徴について説明する。

- 時点の選択による表示内容の指定  
手法1, 2共に、動画像表示スペースに表示される内容を自由に指定したいという要求が多く挙げられた。手法1では既存のムービープレイヤー同様、時点表示スライダバーを用いた、時点による表示内容の指定が可能であり、すべての被験者が頻繁にこの機能を利用した。手法2では、閲覧時間を一定に保つようシステムを設計していたため、表示内容を途中で変更することができず、動画像は必ず最初からしか閲覧することができなかったことから、アンケートやインタビューで表示内容を時点で自由に指定したいという意見が得られた。
- 閲覧速度の最大値・最小値の変更  
手法1では、閲覧速度の最大値と最小値を変更することが可能であるが、被験者のうち2名が値を変更した。どちらの被験者も速度を決定する際には数値として与える倍率よりも、実際に表現されたものの動く様子を見ながら値を決定した。被験者ごとに詳述する。  
被験者C：閲覧速度の最大値を1.0倍、最小値を0.1倍とし、全体的に遅い閲覧速度のghost表示をした。  
被験者B：閲覧速度の最大値を6倍～10倍の範囲で何度か変化させ、概観と感じられる閲覧速度を探した。ghost表示は行わなかった。

#### 考察

前節で述べた結果とアンケートおよびインタビューをもとに、それぞれの手法の特徴的な結果について述べ、考察する。

- 手法1に関する考察  
閲覧速度の最大速度と最小速度を変更した被験者は、表示内容の動き方に対する興味の推移を表現に反映することができたようである。ある部分をより詳しく見ることや、概観として捉えやすい閲覧速度などを探ることなど、動画像の分析を進める上で理解のしやすい閲覧を可能とする



ことが重要であるといえる。

なお、ghost が効果的に利用できる場合と、ghost 表示が分析の妨げになる場合があることがわかった。前節で、方向転換後のボールのバウンドする高さの減衰に関して、2 人の被験者が興味を持って観察を行ったことを述べた。減衰は無いという誤った結論に達した被験者は、FocalPoint 設定ボタンを連打することでボールが移動する軌跡を見ることができると答えたが、実際には正確な位置を把握できていなかった。一方、バウンドする高さが減衰し続ける様子を確認できた被験者は、いくつかの閲覧速度で表示されていたボールの位置を比較するために ghost 表示を利用した。また、方向転換時点付近でのボールの回転方向を確認する際にも、左端で方向転換する直前と直後のボールの状態を比較することができ、回転方向を記憶することなく観察することができたというアンケート結果も得られた。このように ghost の表示により、動画像の様々な時点での比較が可能になることが内容の理解に役立つことがわかった。一方で、ghost として表示されるボールの数が多くなった際、非常に煩雑な表示となり内容を理解しづらくなるという意見も多く得られた。必要とされる時点で、自由に表示の ON/OFF を切り換えられる機能が不可欠である。

- 手法 2 に関する考察

被験者全員が表示内容の時点による指定をスライダで行いたいという意見を、タスク実施中の発話やアンケート、インタビューで述べた。特に情報理解の着眼点が明瞭でない場合には、情報を様々に捉え直すため、表現の変更を繰り返すことが必然であり、また、手法 1 においても表示内容の時点による指定はすべての被験者が行っていたことから、動画像の表示時点を自由に操作することは時間的変化を持つ事象の分析に欠かすことのできない要素であると考えられる。

一方、詳しく見たい時点があらかじめわかっている場合には効果的に利用できるのでは、という意見も得られた。時間的な検索アルゴリズムやタイムスタンプデータとの組み合わせによる応用も考えられる。

FocalPoint を設定すると、短い時間で「全体」+「見たい所」が見られて良かったというアンケート結果も得られ、効率の良い分析を行えたと考えられる。

## 結論

ケーススタディ 3 の結果から、時間変化を伴う視覚的表現を介した情報の理

解においては、表示速度変化による情報の概観と詳細が有効であることが分かった。

本実験で利用した各手法については、以下の点が特徴的であった。

- 複数の視覚的表現の重ね合わせ（手法1）は、題材によっては有用であるが、表現が煩雑になるため、情報の理解を阻害する場合もある。
- ひとつの視覚的表現における速度変化（手法2）は、詳察したい時点が既知の場合に特に有効である。

また、インタラクションを繰り返して能動的に情報の理解を進めるには、表示時点のコントロールや、概観と詳細の倍率の設定など、理解しようとする内容に応じて変更できる必要があることが分かった。

## 5.2 第5章のまとめ

本章では、第4章で述べた情報の概観と詳細の利用に関して、その有用性を検証するためのケーススタディについて述べた。

ケーススタディの結果から、時間変化を伴う視覚的表現を介した情報の理解において、情報の時間的な概観と詳細を利用するインタラクションが有効であることが分かった。表示面積の拡大率を変更する空間的な概観と詳細を利用したインタラクションでは、たとえば地図のズームインやズームアウトなどを自由に行えることが情報の理解につながる。ここで述べた情報の時間的な概観と詳細においても、これと同様に閲覧速度で表される時間の流れの変更を自由に行うことで、情報を理解するための能動的な行為となっていたことが分かった。

次章では、表現に対する試行錯誤的なインタラクションを可能にする環境を構築するために考慮すべき点を述べ、本章、および第3章で得られた知見に基づき、時間変化を伴う視覚的表現からの情報理解を支援するためのモデルについて述べる。

# 6

## 動画像のための TbVP モデル

前章までに述べてきた能動的な情報理解のための表現に対するインタラクションは、情報可視化分野に限らず、読書やヒヤリングなど、様々な表現に対し日常的に行われているものである。本研究では、能動的に情報を理解する際に行われるインタラクションが、表現が元来持つ属性値を、実際にユーザが経験する値へ変更するものであると捉え、このマッピングを整理するために、メディアデータ値（MD 値）とユーザエクスペリエンス値（UE 値）という考え方を導入した。

本章では、文章と動画像を介した能動的な情報理解における、MD 値と UE 値について説明する。また、本研究で対象とする時間変化を伴う視覚的表現の、より一般的な表現形態として動画像に着目し、能動的に情報を理解するためのインタラクションを可能とする枠組みとして TbVP（Time-based Visual Presentation）モデルを提案する。

### 6.1 情報理解のための表現に対する能動的行為

既に述べたとおり、本研究における能動的な情報の理解とは、理解のための着眼点が明瞭でない状況において、表現を異なる視点から捉えるためにインタラクションを行い、得られた結果に基づき再びインタラクションを行うというプロセスを繰り返すことで、漸次的に進む理解を指す。日常生活においても、様々なメディアに対して能動的な情報の理解を試みる場面は少なくない。本節では、広く研究が行われてきた、文章に対する能動的な読み方を紹介し、そこ

で行われるインタラクションのための考慮すべき項目について述べる。

表現を介した情報の理解は、受動的な理解と能動的な理解とに大別される。受動的な情報の理解において情報の受け手は、対象となる表現を知覚し、得られた情報を理解する。これは、情報を与える側が表現した情報の表層的な部分を理解することといえる。この場合、情報を与える側は、正確な情報の伝達を目指して、受け手側の情報享受の方法や状況を考慮した上で、表現を工夫する。出版社や制作者が、雑誌やチラシのターゲット、構成、レイアウトなどの情報を多大なコストをかけて作り上げるのは、このためである。

一方で、情報の受け手は、自らの目的に合致させるように、メディア表現の見方、享受方法を変更しながら情報を漸次的に理解していくことがあり、これを能動的な情報の理解とする。例えば、本を読む際に、重要な文章を蛍光ペンでハイライトしたり、アンダーラインを引くなどして読み進める、といった場合である。情報の受け手である読み手自身が、文章の内容を受動的に理解するのではなく、自らの考えや前後の文脈を踏まえた上でメディア固有の視覚的な属性値を変化させ、その結果を見つつ、重要な文章であるという価値情報も付加しながら、文章内容を理解する。Active Reading と呼ばれるこの手法は、メディア表現の持つ情報を変化させることなどで、読書中の熟考の助けとするものである [Adler 72]。

さらに、本を読み進めるプロセスにおいては、重要なところを何度も読み返したり、興味を惹かれない部分は簡単に目を通すだけであったり、ページをぱらぱらとめくって全体の内容を概観したりする。これは、情報を理解するための行為として、表現を知覚する時間的なプロセスを能動的に変更するものである。

外在化されたメディアから情報を理解する際には、同一のリソースであったとしても、人それぞれ獲得できる情報の内容や質が異なる。それらの違いは、当然のことながら、知識や経験など個々人の有する特性に依存する。しかしそれだけではなく、上述したように、情報を理解しようとする際のメディアに対する能動的な行為によっても、その結果が大きく左右される。したがって、情報を理解するための活動は、情報の受け手自身のメディアに対する能動的な行為を含めた動的なものとして、捉えられなければならない。いわば、我々が日常的に行っているメディアとのインタラクションは、リソースとして与えられている情報を単に享受するものではなく、積極的に理解しようとするためのものである。

以下では、情報理解のための表現に対する能動的な行為を、メディアが元来保持している属性値を、ユーザが実際に経験する属性値へと変換するものであると捉えるという考え方について述べる。また、古くから情報理解のための能動的行為が研究されてきた、文章に関する先行研究について述べ、続いて、本研究で対象とする時間変化を伴う視覚的表現、特に動画像に対する情報の理解のための要件についてまとめる。

### 6.1.1 メディアデータ値とユーザエクスペリエンス値

情報理解のためにメディアとインタラクションを行うことは、作り手によって作成されたメディア表現を、受け手が任意の表現として、また、任意のプロセスを経て経験するものである。本研究ではメディアが元来保持している属性値とユーザが経験する際の属性値とを明確に区別し、それぞれ、MD 値（メディアデータ値）と UE 値（ユーザエクスペリエンス値）と呼ぶ。つまり、メディアに対してインタラクションを行うことは、MD 値から UE 値への変換を行うものである。例えば、メディア表現のアピラランスを異なるものにする視覚的属性的変更は、MDV（Media Data Visualization）から UEV（User Experience Visualization）への変換として、また、そのメディア表現をどのようなプロセスとして経験するかという時間的属性の変更は、MDT（Media Data Time）から UET（User Experience Time）への変換として捉える。

### 6.1.2 文章における Active Reading

Schilit らは、上述した Active Reading を電子媒体で提供される文章において実現するため、タブレット型のタッチパネルを利用した装置 Xlibris を開発している [Schilit 98]。加えて、小説や詩を最初から最後まで順に、特に注意を払うことなく読み進める Passive Reading と異なり、読み手自身によるアノテーションの付加やハイライト表示など、視覚的な表現をインタラクティブに変更できる Active Reading が、重要な文章の理解や文章全体の要約などに有用であるとしている。

一般に、文章の能動的な理解を支援する研究においては、アノテーションなどを利用して表現の内容に情報を加えること、あるいは表現自体を変更することが主たるアプローチとなっている。このアプローチは、メディアとのインタラ

クシオンにより MDV から UEV への変換を可能にし、ユーザの情報の理解を促すものである。

4.2 節で述べた Speed-dependent Automatic Zooming[Igarashi 00] では、計算機上の文章や web ページなどを対象としているが、単純にスクロールを行うのではなく、スクロール速度に応じて提示する情報の見せ方を効果的に変化させるものであり、ユーザによる能動的な読みを積極的に支援するものだといえる。また、文章の表現の方法や可能となるインタラクションの種類によって、文章の読み進めかた、経験の仕方が変化することも知られており [Hornbak 03]、単純に MDV から UEV への変換を可能にするだけでなく、文章を読み進めるプロセスと連動させた見せ方の変更が、この分野における今後の課題であろう。

### 6.1.3 動画像における Active Watching

動画像の場合においても、メディアの持つ属性を受動的に享受する Passive Watching ではなく、インタラクションを繰り返しながら動画像を閲覧する Active Watching が、情報の理解を行う際に有用である。

動画像は、時間的な変化を伴う視覚的情報表現であり、これが示す通り、時間的な属性と視覚的な属性を持つことから、Active Watching を行う際、この 2 種類の属性値の変更を行う。本節では、動画像の持つ時間的な属性と視覚的な属性とを整理し、Active Watching について述べる。

動画像の時間的な属性

計算機上で時間を扱う際には、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。

動画像に関して、既存のムービープレイヤーを用いて 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 と呼ぶ。例えば、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 秒の動画像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、動画像をスロー再生している時や、巻き戻している時にも、動画像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 と呼ぶ。

### 動画像の視覚的な属性

計算機上の動画像データは、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属性を有している。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。

- 対象となる視覚的表現の持つアピランス (MDV: Media Data Visualization)
- ユーザが経験するアピランス (UEV: User Experience Visualization)

具体的には、個々の動画像に対して既定されている大きさ（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（例えばフルスクリーン表示や部分拡大表示）という区別である。

### Active Watching

動画像を対象とした能動的な閲覧を行う Active Watching の側面を持つ既存の研究においては、動画像フレームに対するテキストアノテーションの付加 [Correia 99] や、空間配置による意味付け [山本 01] など、MDV から UEV への視覚的属性の変換が主として利用されているが、時間的属性の変更を情報理解のために積極的に利用する研究はまだ見られない。書籍やウェブページなどの文章と異なり、動画像は、メディア自身が時間的属性（再生時間）を有しているため、表現を経験するプロセスを様々に変更することが、情報理解に大いに影響を与えると考え、本研究ではこの点に着目している。

4.2 節で述べた、情報の時間的な概観と詳細を表現するための、閲覧速度の変化は、まさに、ユーザが表現を経験するプロセスの様々な変更を行うものである。Active Watching で行われる速度変化は、1 倍速で受動的に再生するのに要する時間 (MDT) を、受け手が経験した実時間 (UET) に変換したものと捉えられる。閲覧速度を様々に変更した動画像の提示により、ユーザはより多くの情報を得ることができ、様々な角度、視点から情報の理解を行うことが可能

となる。

本研究では、動画像の閲覧速度のインタラクティブな操作を、Active Watching における時間的属性の変更であるとし、動画像を介した情報の理解のための能動的な行為であるとしている。

次節では、情報理解のための時間的属性の変更および視覚的属性の変更をインタラクティブな操作として可能にする概念について述べる。

## 6.2 TbVP モデル

本節では、時間変化を伴う視覚的表現として動画像に着目し、動画像を介した能動的な情報理解のためのインタラクションを可能とする枠組みとして、TbVP (Time-based Visual Presentation) モデルを提案する。

### 6.2.1 TbVP ビューとしての動画像

本研究で提案する TbVP という概念は、上述の時間的变化を持つデータの 2 種類の属性に関してそれぞれ変換を施すことによって、閲覧者に対して動画像データを多様な方法で提示するためのものである (図 6.1)。以下では、時間的な属性および視覚的な属性に関する変換を、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。

### 6.2.2 Time-based Transformation

Time-based Transformation は、対象となる動画像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 へという 2 種類の時間のマッピングについての変換である。



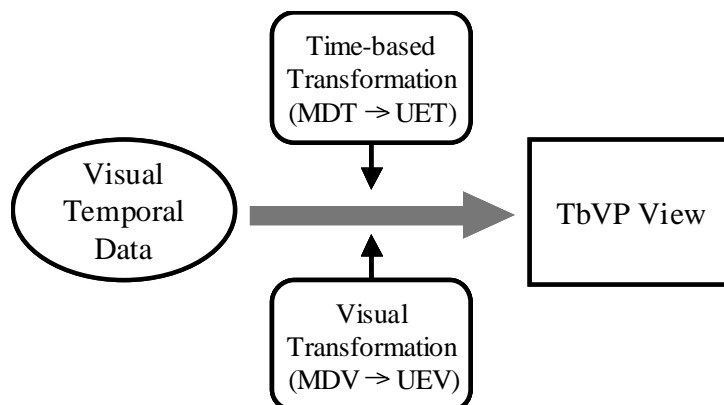


図 6.1: TbVP モデル

この変換を施すことによって、動画像を様々な速度で表現することが可能となり、ひとつの動画像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 6.2）。再生 rate とは動画像の閲覧速度と動画像の再生方向（順方向と逆方向）とから決定されるものである。

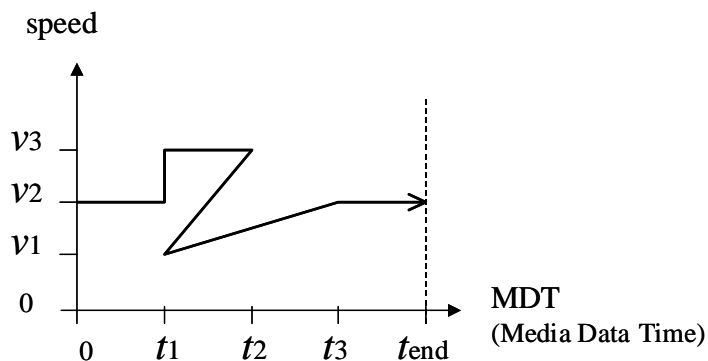


図 6.2: rate 変化グラフ (MDT-speed)

図 6.2 に示す rate 変化を Time-based Transformation として利用する場合、どのように TbVP ビューが表示されるかについて述べる。まず MDT の最初 0 から  $t_1$  までにあたるデータが  $v_2$  の速度で順方向に表示され、 $t_1$  を過ぎた瞬間から  $t_2$  まで速度  $v_3$  で表示される。次に表示速度を  $v_3$  から  $v_1$  まで徐々に下げながら  $t_1$  まで逆方向に表示される。その後  $t_3$  まで速度を上げながら順方向に表示され、 $t_3$  へ達すると  $v_2$  の速度で最後  $t_{end}$  まで表示される。図 6.3 は、図 6.2 に示す rate 変化を、MDT-UET 平面に表したものである。この図では、

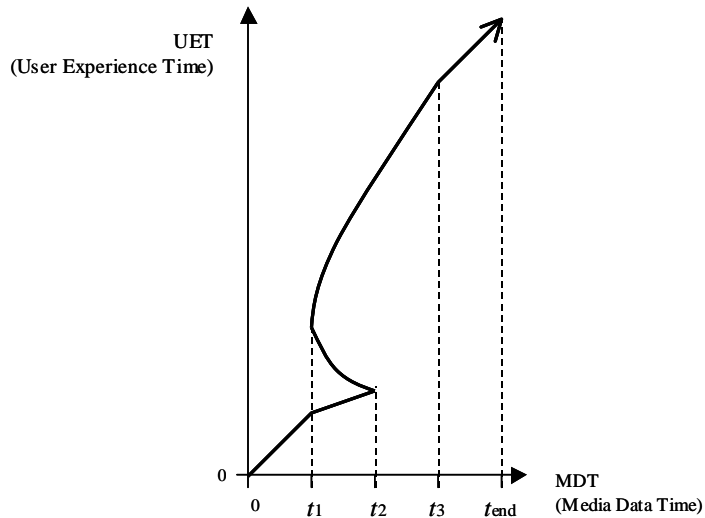


図 6.3: rate 変化グラフ (MDT-UET)

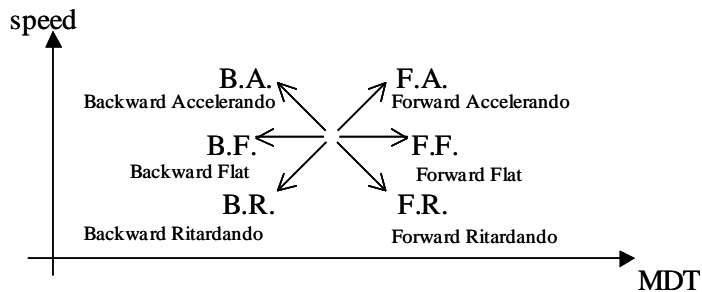


図 6.4: 構成ベクトル

TbVP ビューを閲覧するユーザが体験する時間（実時間）が縦軸に割り当てられており，縦軸方向に対して等速でグラフをなぞることで，ユーザが TbVP ビューをどのように閲覧するかがわかる．

図 6.2 に示す rate 変化は，複数のベクトルが連結した有向グラフである．このグラフを構成するための最小単位のベクトルを構成ベクトルと呼ぶ．構成ベクトルは，MDT の変化と速度変化から既定されるもので，図 6.4 に示す 6 種類が定義できる．MDT-speed 平面上においては，2 次関数等を利用して加速度の変化（加加速度）を記述可能ではあるが，実際に加速度の変化を視覚的に認識することは困難であると考え，等速度，等加速度のみを構成ベクトルを利用し

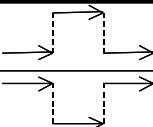
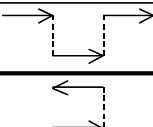
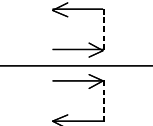
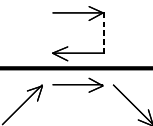
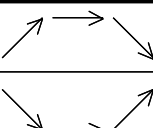
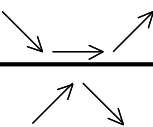
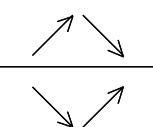
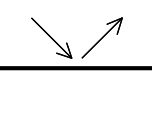
有向グラフ表記	説明
	一部分を速く(遅く)表示し、 瞬時に元の速さに戻る  $FF(v1[t1,t2]), FF(v2[t2,t3]), FF(v1[t3,t4])$
	
	より速い(遅い)速度で遡りながら表示する  $FF(v1[t1,t2]), BF(v2[t2,t1])$
	
	一部分を徐々に速く(遅く)表示し、 徐々に元の速度に戻る  $FR(v1[t1,t2]v2), FF(v2[t2,t3]), FA(v2[t3,t4]v1)$
	
	一時点を中心に徐々に速く(遅く)表示し、 徐々に元の速さに戻る  $FR(v1[t1,t2]v2), FA(v2[t2,t3]v1)$
	

表 6.1: プリミティブパターン例

て表現することとした。

このような複数の構成ベクトルをつなぎ合わせることで、rate 変化を構成することができるが、本研究ではさらに、ある程度ユーザにとって意味のある速度変化のパターンが存在すると考え、これをプリミティブパターンと呼ぶ。いくつかの例を表 6.1 に示す。表では、MDT-speed 平面における有向グラフ表記と、その説明、およびパターンを数式として表している。数式における大文字の記号は構成ベクトルの種類を表し、大括弧内の変数は MDT 上の開始時点と終了時点を示し、大括弧前の変数は開始速度、大括弧後の変数は終了速度を表している。FF (Forward Flat)、BF (Backward Flat) については、速度が変化しないため終了速度は表記していない。実際にユーザが利用する際には、どの変数をパラメータとして変更可能にするか、あるいは変更不可能にするかを十分考慮して実装する必要がある。

図 6.5 に示す rate 変化パターンは、構成ベクトルと、プリミティブパターンのうち、より速い速度で遡りながら表示するものと、ある部分を徐々に遅く表示した後、徐々に元の速度に戻るものとを組み合わせた rate 変化パターンである。ユーザは、時間変化を伴う視覚的表現を閲覧中に、気になった部分を再びゆっくり見直すというインタラクション、閲覧を行うことができる。

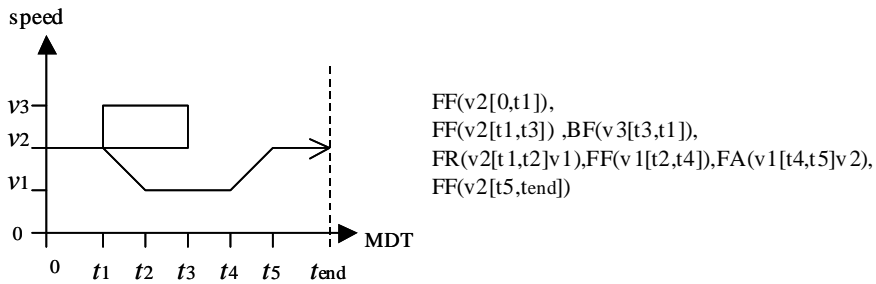


図 6.5: rate 変化のパターン例

### 6.2.3 Visual Transformation

Visual Transformation は、対象となる動画像を画面上に提示する際の、視覚的属性を変更するもので、TbVP ビューの見せ方を決定するものである。

具体例としては、小さなオブジェクトの動きが含まれる動画像を閲覧する際に、映像の表示サイズを大きくして確認し易くすることや、暗すぎたり明るすぎたりする映像を調節して、適度な明るさで閲覧を行うことなどが挙げられる。

静止画像に対して可能となる MDV から UEV への変更は、動画像に対しても適用可能である。表示されている映像の空間的な一部分に注目する手法 [Perlin 93] などを応用した、能動的な閲覧が情報の理解支援に繋がると言える。

### 6.2.4 複数の変換の組み合わせ

これまでに述べた 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一つの 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、能動的な情報の理解に有用であると考えている。

情報理解のための着眼点が明確でない状況においては、様々な視点から見

た複数の表現に対し、視覚的な比較を行えることが重要であるとされている [Terry 02] ことを考慮すると、本研究における TbVP ビューに対する空間的インタラクションでは、種々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。

## 6.3 第 6 章のまとめ

本章では、情報理解のための表現に対する能動的な行為が、メディアが元来保持している値「メディアデータ値」から、実際にユーザが経験する値「ユーザエクスペリエンス値」への変換であることについて述べ、文章と動画像における能動的な行為について述べた。

また、動画像特性に基づく時間的、および視覚的なインタラクションを行うための枠組みとして TbVP モデルを提案した。時間的属性のインタラクションは MDT から UET への変換、視覚的属性のインタラクションは MDV から UEV への変換であるとし、それぞれについて述べた。

次章では、本モデルに基づき構築した、動画像を介した能動的な情報理解のためのインタラクティブシステムについて述べる。

# 7

## TbVP Browser

前章では，動画像を対象とし，時間的属性，および視覚的属性を変更するインタラクションを可能にする概念，TbVP ( Time-based Visual Presentation ) モデルについて述べた．本章ではこの概念に基づき構築した，動画像を介した能動的な情報理解のためのインタラクティブシステム，TbVP Browser について説明する．

### 7.1 システムの設計方針

以下に TbVP Browser で実装する，Time-based Transformation と Visual Transformation に関するシステム設計方針について述べる．

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

6.2.2 節で述べた，Time-based Transformation を実現し，時間的属性を変更するインタラクションを可能にするため，動画像の各フレームでの再生速度を，グラフ表示で直接変更可能なプロトタイプツールを作成した ( 図 7.1 ) ．

このツールでは，Quick Time Player など既存のムービープレイヤーの持つ，再生，停止機能や，MDT における表示時点を指定するためのタイムスライダー

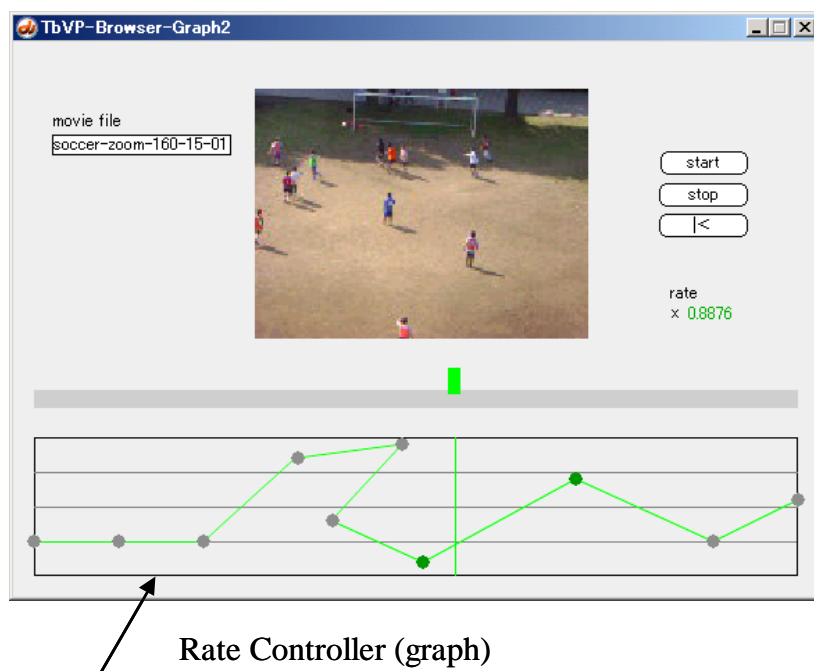


図 7.1: グラフによる rate 変化の設定

に加え, rate 変化を設定するための *Rate Controller (graph)* を備えている. このインタフェースに用いられる rate 変化グラフは, 図 6.2 に示す有向グラフと同様のものであり, グラフの頂点をドラッグすることで, 動画データ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.

図 6.3 に示す MDT-UET 平面ではなく, 図 6.2 に示す MDT-speed 平面を利用した理由としては, 速度の異なる動画を表示する際の, パラメータの設定方法の違いが挙げられる.

空間的な視覚表現における表示空間の拡大率指定方法と対比させると, MDT-speed 平面の利用は, 図 7.2 (a) に示すような変化率の指定であり, MDT-UET 平面の利用は, 図 7.2 (b) のような変化対象となる範囲を指定するものと考えられる. 能動的な情報の理解においては, 「現在の閲覧速度よりも速い速度, あるいは遅い速度で閲覧したい」という欲求に基づきインタラクションを繰り返すと考えられ, 速度変更が容易なインタフェースが有用である. 一方で, 映画制作などにおいては, 「3 分間のシーンを 1 分間で表現したい」といった, 時間長に関する要求が存在するため, MDT-UET 平面を利用するインタフェースが有用である. 本研究では, 動画画像を閲覧しながらインタラクションを繰り返

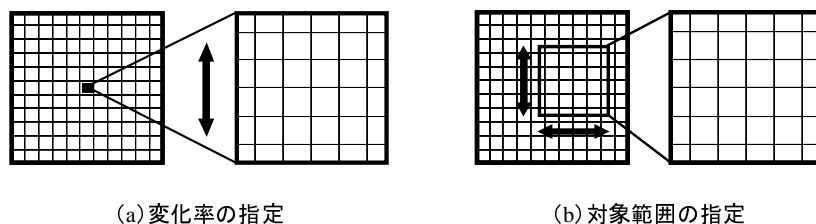


図 7.2: 空間的な表示倍率指定方法

すことによる，漸次的な情報の理解を想定しており，自由に rate 変化を行うことが可能な MDT-speed 平面を，グラフィックインターフェースとして採用した。

*Rate Controller (graph)* は，グラフを自由に形成することで，任意の rate 変化を実現することができる。しかしながら，実際に動画像を閲覧しながらグラフ形成を試みると，動画像の速度を変化させるインタラクションではなく，グラフそのものを変化させるという意味合いが強くなり，効果的に利用できるインターフェースとはいえない。

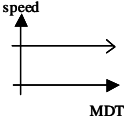
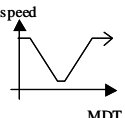
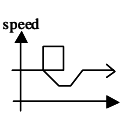
理想的には，6.2.2 節で述べたように，ユーザにとって意味のある rate 変化のプリミティブパターンを用意しておき，いくつかのパターンを組み合わせることで rate 変化グラフを形成し，それぞれに特化したインタラクションを可能にすることが必要である。このような枠組み，およびインターフェースを構築することは，Time-based Transformation に関する今後の課題である。

TbVP Browser の実装にあたっては，情報の概観と詳細を利用するためにユーザが rate 変化グラフを形成したと想定し，あらかじめ 3 種類の Time-based Transformation を用意して，それぞれに特化したインタラクションを提供することとした。

利用した Time-based Transformation は，表 7.1 に示す 3 種類であり，それぞれを Type1，Type2，Type3 と呼び，実装した。これらの変換は，第 5 章で述べた概観と詳細を表現するための速度変化を可能とするのに必要となるものであるが，Time-based Transformation をこれらの 3 種類に限定するものではない。

表 7.1 に，3 種類の rate 変化パターンを表す有向グラフとその特徴，およびインタラクションの際に必要なコントローラをまとめ，以下に詳述する。なお，ここではユーザが興味を持って詳細まで見ようとする時点，あるいはその付近の時区間を target と呼ぶ。



	閲覧方法のパターン	Rate変化	必要となるコントローラ	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		保持するrateを設定する	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		MDTのどの時点(部分)をtargetとするかを決定する	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		UETのどの時点(ユーザが経験したある瞬間)をtargetとするかを決定する	Type3

MDT: Media Data Time  
target: 着目する時点

表 7.1: rate 変化のパターン例

- 一定倍速を保持した閲覧 (Type1)

動画像全体を速い速度で見て流れを掴んだり、全体を遅い速度で見て細かな動きを観察するようなタスクを想定している。閲覧速度を常に一定に保つものであり、ユーザが速度を変更したいと思う任意の UET において、スライダなどで速度を指定する利用方法が妥当である。空間的な視覚情報に対して概観や詳細を見る際に行われるズームと同様の効果、インタラクションを提供する。

- 前後のつながりを保持した詳察 (Type2)

ユーザが興味を持った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ようなタスクを想定している。MDT の target から離れるにつれて速い速度で表示されるものである。MDT の target を特定するインタラクションが要求されるため、既存のムービープレイヤーに見られるタイムスライダのように、全長が動画像全体の長さを表すようなスライダを利用することが考えられる。ひとつの TbVP ビューに対し、閲覧速度の速い部分と遅い部分を持たせることによって、時間的な前後のつながりを失わずに特定の時点を詳しく観察することができ、スポーツの一連の試合の流れの中で起こる、際立ったプレーを観察することなどに効果的である。

- 注目する時点の再確認 (Type3)

Type2 と同様の効果を狙う rate 変化であるが、ユーザが TbVP ビューを

観察していて気になったところをその直後に再び詳しく見る，というように，UET を指定することで実現するものである．ユーザが target とした瞬間に表示されていた映像を見ることが目的であるが，その前後の流れを失わないように，target が設定された直後に高速で一定の時区間を巻き戻すようにしている．その後，再び target 付近に近づくとつれて rate を徐々に遅くし，target を過ぎると徐々に速くして元の rate に戻る．ここでの target は MDT そのものではなく UET においてユーザが興味を持った瞬間であり，ユーザが「いま」と思った瞬間に利用し易いボタンインタフェースのコントローラが必要となる．

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

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（図 7.3）．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．情報の理解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 のひとつとして採用している．

TbVP Browser には，Visual Transformation による見た目の変更を，より効果的に活用するために，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ている．山本らは，情報創出の初期段階において，創出する情報の断片を 2 次元空間に配置することが，内省のための有用な手段であるとしており [山本 01]，このような空間の利用は，情報の理解においても有効に作用するものと本研究では考えている．本研究では，情報理解のためのユーザの意図，情報に対する考えを表現する場として，2 次元空間を用いる．これは動画像に対するアノテーションを視覚的に行う手段と捉えることができる．また，複数の TbVP ビューを並べて配置して比較を容易にしたり，半透明の TbVP ビューを重ね合わせることで 5.1.2 節で述べた ghost 表示と同様の効果を得ることも想定して，2 次元空間上での自由な TbVP ビューの配置を可能にすることとした．



図 7.3: Visual Transformation の例

## 7.2 システム詳細

動画像を介した能動的な情報の理解を行うために、TbVP ビューに対するインタラクションを可能にする環境として TbVP Browser を構築した (図 7.4)。

TbVP Browser では、動画像データに対して、

1. 再生 rate の変更
2. 画面上での視覚情報の変更
3. 複数の TbVP ビューの組み合わせ

を行うことが可能である。

本システムは Macromedia 社の Director を用いて構築され、Shockwave としてウェブブラウザ上で動作する。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。

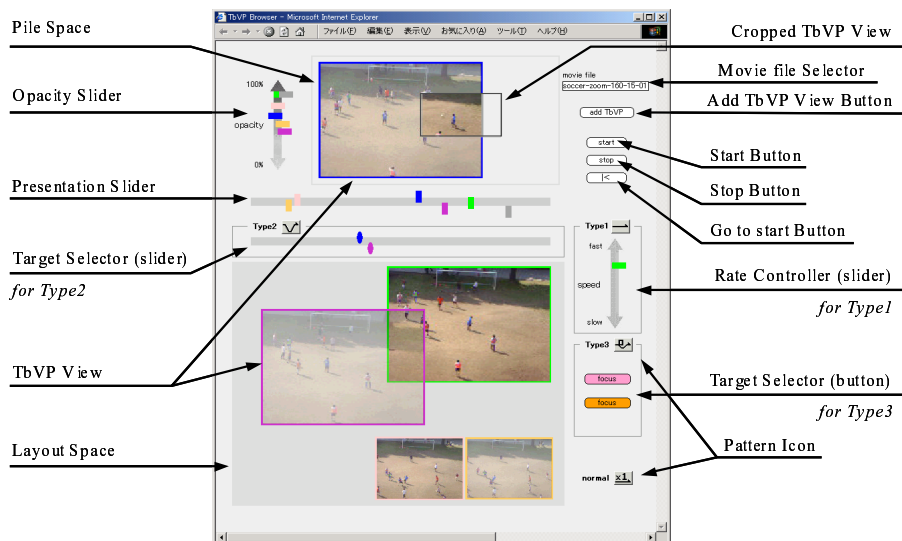


図 7.4: TbVP Browser のスクリーンショット

### 7.2.1 一般的な操作

TbVP Browser は、動画像処理部分に Quick Time Player で利用される技術を用いており、ほぼ同等の動画像再生が可能である。ユーザはまず最初に、リスト形式の *Movie File Selector* から、TbVP ビューとして表示する題材の動画像を選択する。

選択した動画像は、*Add TbVP Button* を押すことで、TbVP ビューとして *Pile Space* に表示される。表示された直後の TbVP ビューは停止状態にあり、動画像の MDT (Media Data Time) の最初の時点を表示した静止画像となっている。*Start Button* を押すことでビューの閲覧を開始し、*Stop Button* で停止する。MDT の最後まで閲覧すると、MDT の最初から繰り返し 2 周目の表示が始まる。TbVP ビューの頭出しは、*Go to start Button* で行うことができる。*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ー

と同様の機能を持ち、表示する MDT の時点を決定することができる。

現在の実装では、5 つまでのビューを表示することができる。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。

### 7.2.2 時間的属性を変更する操作

速度変化を行うために Time-based Transformation を設定するには、各タイプを示すラベル (Type1, Type2, Type3) の横に配置された *Pattern Icon* をドラッグし、ビューの上でドロップする。

速度変化として 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、時間的なインタラクションが可能となる。各速度変化パターンの詳細設定については検討中であるが、現システムでは、速度や変化率は規定されたものとなり、変更は不可能である。通常の再生速度 (1 倍速) に戻すには、normal のアイコンをドロップする。なお、各速度変化のパターンは最後に適用されたものが有効となり、パターンを組み合わせると速度変化を行うことはできない。

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。

### 7.2.3 視覚的属性を変更する操作

表示される映像を見やすくする、あるいは重要度などの意味付けを行うために、TbVP ビューの透明度やサイズを変更することができる。TbVP ビューの透明度を変更するには、*Opacity Slider* を利用する。ビューの表示サイズを変更するには、キーボードの Ctrl キーを押しながら TbVP ビューの隅をドラッグする。このとき表示される映像はサイズに応じて伸縮される。

TbVP 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、動画像切り抜き型の 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。また、上記の方法でサイズ変更を行うことが可能であるが、表示される映像は伸縮せず、切り抜く部分の大きさのみが変更される。

TbVP Browser 上には複数の TbVP ビューを表示することができるが、この際の視覚的属性の変更として、空間での位置関係を利用することができる。*Layout Space* では、空間にユーザが自由に意味を持たせ、個々のビューを意味づけて配置することができる。*Pile Space* においては中心点を基準として吸着し重ね合わせることができ、映像内容の空間的意味の比較方法として利用可能である。なお、個々の TbVP ビューの移動はドラッグ&ドロップで実現される。

### 7.3 第7章のまとめ

本章では、TbVP モデルに基づき構築した、動画像を介した能動的な情報理解を行うためのインタラクションを可能にする環境、TbVP Browser について述べた。動画像の持つ時間的属性の変更に関して、自由度の高い rate 変化を実現するプロトタイプを作成し、分析プロセスにおいて有用であると考えられる3種類の rate 変化パターンについて詳述した。視覚的属性の変更に関して、TbVP ビューのサイズや透明度だけでなく、空間配置を利用した情報理解支援の試みについて述べた。

次章では、構築した TbVP Browser を用いて行ったユーザ観察実験について述べる。

# 8

## ユーザ観察実験

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を観察を主目的として、複数の動画像素材の閲覧方法を観察した。

ユーザ観察 II では、動画像を介して情報を理解する際の TbVP の有用性を調べるために、データ分析タスクを与え、TbVP Browser と、既存のムービープレイヤーを利用した閲覧方法を観察した。

両観察実験における被験者は全員、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、TbVP Browser を利用する被験者に対しては、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。

それぞれの実験を通して、Time-based Transformation と、Visual Transformation、および空間を利用したインタフェースを活用する様子が観察された。動画像を介した情報理解において、情報の時間的な概観と詳細の表現とその利用、および TbVP モデルの有用性を十分に主張できる結果が得られた。



図 8.1: ユーザ観察 I に用いた動画像

以下に、各ユーザ観察の概要および結果を述べ、それらを基に考察を行う。

## 8.1 ユーザ観察 I

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を観察の主目的として、動画像素材 6 種類を自由に閲覧してもらった。

### 8.1.1 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貰った。

各被験者には、図 8.1 に示す 6 種類の動画像<sup>\*1</sup>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

<sup>\*1</sup> 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



験者自身が興味を抱く動画像を選択することが分析の動機付けに繋がると想定し、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。

### 8.1.2 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 8.2 に示す。

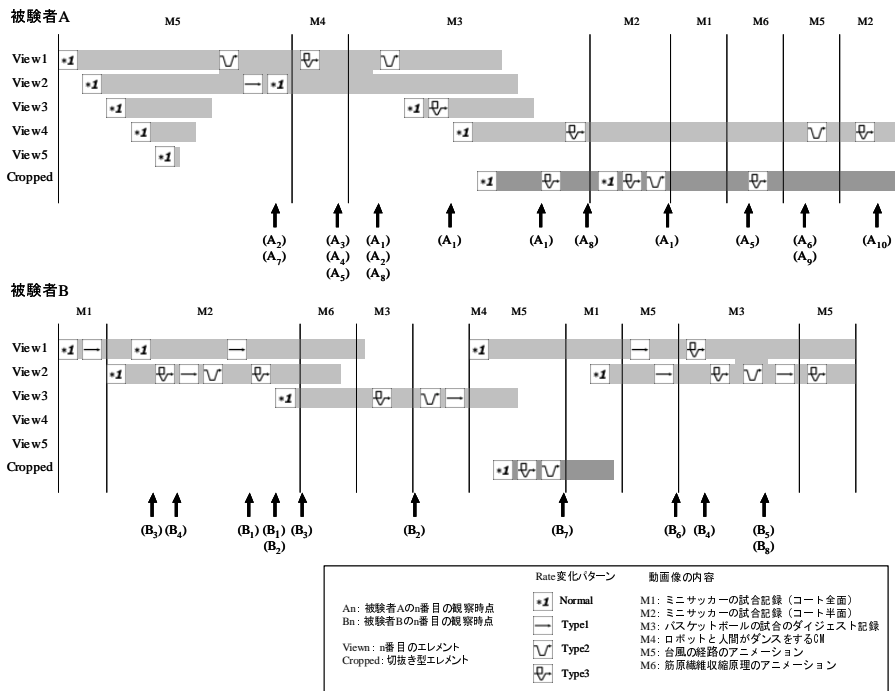


図 8.2: ユーザ観察 I における TbVP Browser 利用結果

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。一本の帯が一つの 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 View) 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は、動画像データ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、アイコンより右側の帯はそのアイコンの示す rate 変化を伴った 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、ユーザが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、帯の長さは、実際の観察に有した時間 (UET) には比例していない。図中に示す  $(A_n)$   $(B_n)$  の表記は、次節で述べる考察を導く原因となった、被験者 A, B の行動や発話が行われた時点を表している。

以下に、両被験者を観察した特徴的な結果を列挙する。

- 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 *Target Selector (button)* を押す様子が観察された。
- 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。例えば、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。
- 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。

### 8.1.3 考察

本節では TbVP Browser 利用時のユーザ観察において得られた被験者の特徴的な行動を、

- Time-based Transformation および時間的なインタラクションに関する項目
- Visual Transformation および空間的なインタラクションに関する項目
- 題材とした動画像に関する項目

に分けて述べ、考察する。文中の ( $A_n$ ) および ( $B_n$ ) は、図 8.2 中の表記と対応しており、考察するきっかけとなった行動や発話のあった時点を示すものである。なお、題材となる動画像の選択や、分析にかかる時間は被験者に一任したが、両被験者とも全ての動画像をほぼ同程度の時間をかけて閲覧した。

### 8.1.3.1 Time-based Transformation に関する項目

#### 1. 各 rate 変化パターンの利用

- Type1

被験者 A は Type1 を遅い速度で見続けることはなかった。被験者 B も同様に Type1 を遅い速度で利用することは少なかったが、早い速度での閲覧を比較的多く行い、繰り返し再生される TbVP ビューをじっくりと見る様子が観察された。

発話には現れなかったが対象の全体を通して見ることで概観をつかもうとしていたと推測できる。

Type1 は TbVP ビューの表示速度を一定に保ち続けるという特徴から、全体を見るのに利用されたと考えられる。その際遅い速度で最初から最後まで詳細を見続けるというニーズはなかったものの、速い速度で全体を閲覧するのには有用であったと言える。

- Type2

被験者 A は Type2 を利用する際、速度変化のパターンとしては利用できそうだと述べ、遅い速度で見ようとする時点をあらかじめ決定する必要があることに言及した ( $A_1$ )。その決定の仕方としては、1 倍速で表示される TbVP ビューを見ながら興味を持った瞬間に何らかのアクションを起こすと、その瞬間に表示されていた MDT の時点を最も遅く表示するよう、別の TbVP ビューに Type2 を適用することを提案した ( $B_1$ )。被験者 B もほぼ同様に、ある一定速度で動画像全体を通して見ながら注目したい時点をまず設定し、その後 rate 変化を伴う表現として見直すことを提案した。

これらの結果は、*TargetSelector(Slider)* による、着目点の指定が効果的に行われなかったことを示している。ある程度動画像の内容を知った上で、MDT を指定することを想定し、*Target Selector(Slider)* を設計したが、実際には、動画像の内容をスライダバーというインタフェースと関連付けることが困難であったといえる。

- Type3

被験者 A, B とともに全観察を通して Type3 を比較的多く利用してい

た．特に被験者 B は，特定の時点を何度も見るためにボタンを繰り返し押し下した ( $B_2$ )．

rate 変化のパターンは，Type2 と同様のものであるが，インタラクションが UET を指定するものになったことで，使用頻度，および操作性が向上した．動画像が能動的に閲覧される際，過ぎ去った MDT の時点を再び繰り返し詳察しようとする要求が多く，その要求に効果的に応ずることができたと考えられる．

## 2. Type の組み合わせなどによる rate 変化の詳細設定

本システムでは TbVP ビューの表示速度を変更するパターンを 3 種類利用できたが，表示されている動画像の内容にあわせて細かな速度調整を行いたいという意見が両被験者から得られた ( $A_3$ ) ( $B_4$ )．Type2 や Type3 においては，速度変化の生じる範囲，および変化の度合いをあらかじめ固定していたため被験者の閲覧方法を制限するものとなってしまった．具体的な詳細設定の要望としては，Type2 の概観部を 1 倍速にすることや，Type3 の target 以外の部分を 1 倍速より速くすることなどが挙げられた．Type1 に関して特に意見が出なかったが，rate 変化の最大速度（実験時は 6 倍速に固定）を変更するなどの要求があると考えられる．

ユーザにとって意味のある rate 変化のパターンとして用意した 3 つの Type に関して，その変化の仕方は言及されなかったが，変化の度合いについては考慮する必要があることがわかった．ユーザが見たい速度やそれを適用する時区間は，実際に表示されるオブジェクトの動きの速さなどに影響を受けると考えられるため，詳細設定を可能にすることで情報の理解のためのインタラクションをより効果的にする．6.2.2 節で述べたような，プリミティブパターンの組み合わせによる rate 変化グラフの形成や，その際に変更可能とするパラメータの設定などの実装が必要である．

被験者 A は複数の TbVP ビューを表示している際，表示速度に違いが現れるまでは，それぞれの TbVP ビューを同期させて表示しておきたいと述べた ( $A_4$ )．これは，TbVP ビュー間の表示時点のずれ方，速度のずれ方を容易に把握したいという要求であり，ユーザ自身が行う時間的なインタラクションの結果がより明確に認知されることが重要であると言える．また，被験者 B においては，時間的な同期に関する意見は得られなかったが，TbVP ビューを重ねて閲覧し続ける際，異なる時点での表示を理解しづらくなると発話した ( $B_5$ ) ことから，TbVP ビュー間の時間のずれを把握しておくことが困難であることが推測できる．

### 8.1.3.2 Visual Transformaiton に関する項目

#### 1. 同時に表示する TbVP ビューの数

今回利用したシステムにおいては TbVP ビューを 5 個まで同時に表示することが可能であったが、両被験者ともユーザ観察の大半を 2~3 個の TbVP ビューを表示した状態で行っていた。被験者 A からは、時間的な変化を持つ表現が多すぎるとき、重なって表示されている場合も並べて表示されている場合も、全ての動きを理解するのは困難であるという意見が得られた ( $A_5$ )。

システム設計の際には、TbVP ビューが多く表示されていてもユーザが特定の TbVP ビューに注視することが可能だとしていたが、注視していない TbVP ビューの動きに惹かれ注意力が散漫になっているとも考えられる。

#### 2. 表示サイズの拡大

ユーザ観察に利用したディスプレイの解像度は 1400x1050 ピクセルであり、TbVP ビューは 40x30 ピクセルから 320x240 ピクセルまでのサイズ変更が可能であった。被験者 B はほとんどの題材に対して最大の表示サイズでの閲覧を試みた。被験者 A は、M5 に映っている地形が、どの地方のものであるかを確認する際サイズを大きくした ( $A_6$ )。

それぞれの被験者が着目した映像の内容が、空間的に細かく表現されたものであったためにサイズを大きくし詳察したといえる。MDV から UEV への変更を意図的に行っていることがわかる。

### 8.1.3.3 題材とした動画像に関する項目

#### 1. 動画像の特徴

ユーザ観察に用いた題材となる動画像は、それぞれ図 8.1 に示す特徴を持つものであった。

- 内容

観察に用いた動画像のうち、M1,M2,M3 はスポーツを題材としたものであった。被験者 A はそれほどスポーツには興味がないと観察中に述べ、被験者 B は言及しなかったもののフットサルチームに所属しており、スポーツに興味があると言える。この違いが題材の選択や分析の方法に影響を与えるかと考えたが、実際の観察において

は両被験者とも、題材によって積極性が変化することは無かった。6種類の動画は、動作主となるオブジェクトの大きさ、および速さが異なるものであった。今回のユーザ観察においては、どのように TbVP Browser を利用するかを観ることが主目的であったため、分析にかける時間、方法を全て被験者の任意としたため、それらの特徴が及ぼす影響を明らかにすることはできていない。映像内の動作主の大きさや速さの違いが分析において何らかの影響を与えとも推測できるため、タスクを統制して対照実験を行う必要がある。

- MDT (Media Data Time)

被験者 A, B から、MDT のより長い動画を見てみたいという意見が得られた ( $A_7$ ) ( $B_6$ )。システム動作を安定させるため、今回題材とした6種類の動画は全て1分以内のMDTであった。このため高速で TbVP ビューを表示しようとした場合、短時間で再生が終了してしまうこととなり(終了すると自動的に頭出しされ再生が続くため、実際にはループ再生となる)、十分に TbVP ビューを観察できなかった、あるいは繰り返して閲覧するという別の観察方法になったとも考えられる。

- カメラワークの有無

被験者 A は M3 を閲覧する際、初期段階では2つの TbVP ビューを正確に重ね合わせて見ていたが、視覚的に動きを捉えることが困難であるとして、その後左右に並べて見直した ( $A_8$ )。TbVP ビューを重ね合わせて表示する際には、カメラの視点移動やズーム、ショットの切り替えなどが無く、背景が固定されているものでなければ、煩雑になって見づらくなると考えられる。

同様に、切り抜き型の TbVP ビューを用いた表示も、主に背景の固定された題材に対して利用されていた。また、被験者 A, B とも M5 に対して切り抜き型の TbVP ビューを用いた観察に時間をかけており ( $A_9$ ) ( $B_7$ )、題材自体の持つ空間的な意味合いが強いものに対して、切り抜き型の TbVP ビューが利用できると考えられる。

## 2. 異なる動画の表示

両被験者から、ある事象を様々なカメラで同時に撮影した動画などを同時に表示させて分析したいという意見が得られた ( $A_{10}$ ) ( $B_8$ )。たとえば複数の防犯カメラで記録された動画から、犯行が行われた時の様子を分析するなど、ある事象に関する複数のデータから事象を再構成しながら行う分析への応用が期待できる。

また、複数の題材から新たな動画を合成するなど、動画作成・編集

プロセスにも利用できるという意見も得られ、今回提案する枠組みが、分析以外の用途にも利用される可能性を示唆する結果となった。

## 8.2 ユーザ観察 II

ユーザ観察 II では、動画像を介して情報を理解する際の TbVP の有用性を調べるために、データ分析タスクを与え、TbVP Browser と、既存のムービープレイヤーを利用した閲覧方法を観察した。

表 8.1 に示す 2 種類の動画像を介して情報を理解するタスクを用意し、ユーザ観察 II-1 では TbVP Browser を、ユーザ観察 II-2 では既存のムービープレイヤー (Quick Time Player) を用いて、動画像を閲覧する様子を観察した。

### 8.2.1 概要

ユーザ観察 II-1 では、ポスドク 1 名 (以下、被験者 C) に、表 8.1 に示した 2 種類のタスク<sup>\*2</sup>において、設問に答えるよう指示し、動画像を自由に閲覧してもらった。

ユーザ観察 II-2 においては、TbVP Browser を利用したユーザ観察 II-1 との比較実験として、既存のムービープレイヤーを用いて、同様の観察を行った。プレイヤーには、QuickTime Player を用いた。これは、TbVP Browser の動画像再生エンジンとして QuickTime Player の技術を用いているためである。システムの違いを除いて、全く同じ条件で大学院生 1 名 (以下、被験者 D) に動画像を閲覧してもらった。なお被験者 D は、QuickTime Player を日常的に利用しており、基本的な操作は問題なく遂行できたため、特に操作説明は行わなかった。

ユーザ観察実験 II-1, II-2 とともに、利用した各タスクにおいて、制限時間を 20 分程度とした。

タスクで利用した 2 種類の動画像は、短時間のものと長時間のものを用意

---

<sup>\*2</sup> タスク 1 の映像は、実際のスクリーンショット、タスク 2 の映像は、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

し、メディア属性としての時間長がインタラクションに及ぼす影響も考慮した。また、両動画像ともに、カットして繋ぎ直す編集点が存在せず、より連続性の強い内容となっている。

タスク 1 で使用したバスケットボールの試合を記録した動画像は、白チームが優勢に試合を進め、1クォーターを 23 対 7 で青チームに勝利した試合である。タスク 2 で使用したユーザビリティテストの記録では、ある被験者が、服飾関係のオンラインショッピングサイトから、何らかの品物を購入するためにページを閲覧しているものである。(購入する物品の決定には至っていない。)

それぞれのタスクの設問としては、単に特定の事象を探し出すのではなく、動画像を見ながら問題解決ができるようなタスクを選択した(表 8.1)。タスク 1 とタスク 2 における設問の性質の違いは、前者において探索すべきシーンがある程度明確であるのに対し、後者では特徴的なシーンの同定を含めた問いであった点である。

	映像	内容	MDT 音声 カメラワーク	設問
タスク1		バスケットボールの試合記録(1qtr.)	19min.11sec. 有り 無し	(1) 勝利チームの特定 (2) 全体の試合の流れの説明 (3) 重要と思われたプレイの説明
タスク2		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画面記録	3min.0sec. 有り 無し	(1) より良いホームページデザインの提案

表 8.1: ユーザ観察 II に用いた動画像とタスク詳細

## 8.2.2 結果

本節では、ユーザ観察 II-1, II-2 において、どのような閲覧が行われたかについて詳述し、得られた設問の回答の比較、閲覧プロセスの比較を行う。



## 8.2.2.1 ユーザ観察 II-1 における閲覧方法

ユーザ観察 I 同様に，図 8.3 に，被験者が利用した動画像ごとの，rate 変化パターン適用履歴を示す．被験者 C は両タスクにおいて，以下のようなプロセスで閲覧を行った．

1. Type1 で早送りし動画像の全体像を掴む
2. 探したいシーンの戦略を立てる
3. Type1 で探したいシーン近くまで早送りする
4. 探したいシーンが得られるまで Type3 を多用する
5. そのビューを停止状態にして，Layout Space に配置する
6. 新たなビューを表示し，続きを閲覧する
7. 3 に戻って繰り返す

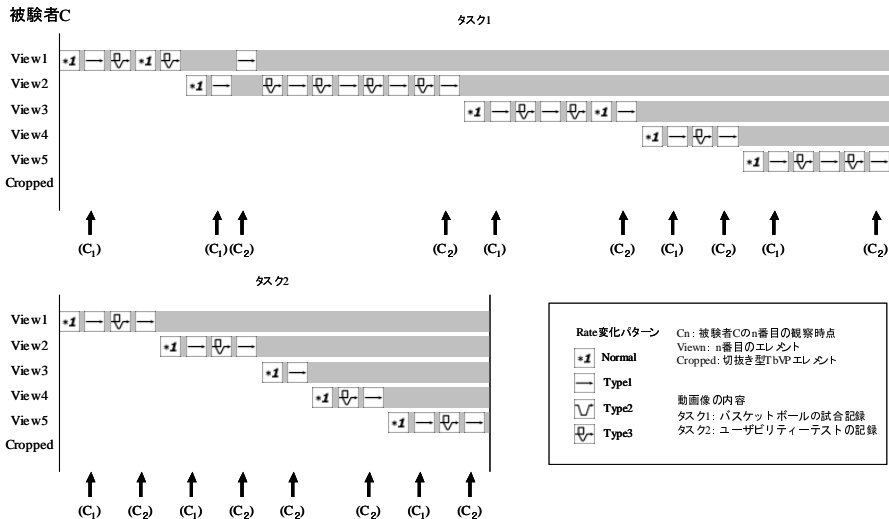


図 8.3: ユーザ観察 II-1 における TbVP Browser 利用結果

両タスクにおいて，TbVP ビューの表示サイズを大きくすることで視覚的に詳細まで見えるようにしてから，閲覧を始めた（図 8.4 (a)）。

タスク 1 ではまず，「ゲームのオーバービューをすばやく見る」ために，Type1 を最大速度（6 倍速）で適用して閲覧した．3 分半ほどで 1 周目の閲覧を終了

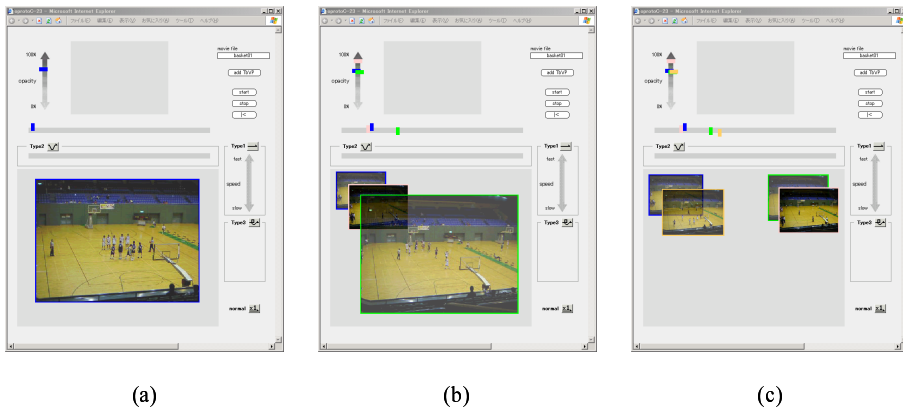


図 8.4: TbVP Browser 利用例 (被験者 C, タスク 1)

し、白チームが勝ったのではないかと言及した．その答えの確証を得るために、特徴的なシーンを探すことにした．探し出すシーンは、白チームの得点シーンと、青チームのシュートミスシーンであった．Type1 を利用した早い閲覧速度で目的のシーン付近を探し出し、Type3 用のボタンを連打することで、そのシーンの直前の時点まで巻き戻してシーンを再確認した．それらのシーンは、停止状態にし、表示サイズを小さくして *Layout Space* に配置した．被験者 C はこれを「視覚的なブックマークのように利用」した (図 8.4 (b))．いくつかのシーンがたまってくると、白チームの得点シーンを右側に、青チームのシュートミスシーンを左側に固めて配置した (図 8.4 (c))．

タスク 2 においても、前述したプロセスで閲覧を行い、約 30 秒で 1 周目の閲覧を終えた．直後に商品の大きな写真よりも、商品のサイズや色の種類など詳細が書かれた部分の読み取りに時間が費やされていることに言及した．タスク 2 で探し出したシーンは、画像などの大きなオブジェクトよりも商品のサイズやカラーなど詳細が書かれた部分の読み取りに時間が費やされているシーンと、スクロール操作に関するシーンとの 2 種類であった．

なお、両タスクともに、Type2 の速度変化、および切り抜き型 TbVP ビューは使用されなかった．透明度の変更も頻繁には行われなかった．

### 8.2.2.2 ユーザ観察 II-2 における閲覧方法

被験者 D は両タスクにおいて、部分的に以下のようなプロセスで閲覧を行った。

1. 特徴的なシーンを探しながら早送りする
2. シーン発見の瞬間に 1 倍速で再生
3. 必要に応じて巻き戻しやタイムスライダを利用して、再確認
4. 1 に戻って繰り返す

タスク 1 は、動画像の MDT が制限時間の 20 分とほぼ同じであったため、早送りで全体を概観するという方略を立てた。しかし、興味を持つシーン（シュートシーンやゴール下のプレイ）が表示され始めると、早送りをやめ、1 倍速で見る、ときには巻き戻しボタンやタイムスライダを操作し、シュートが入ったかどうかを詳しく確認しようとした。そのため 1 周目を終了するのに約 16 分を要した。1 周目の閲覧中には、「今、何対何だか分からない」という発話や、「点数が入ったかどうか良くわからない」という発話を得られた。

タスク 2 においては、動画像の MDT が 3 分と短かったため、通常の再生（1 倍速）で見るという方略を立てた。1 周目を見終わるのには、MDT 通り 3 分を要し、同じく通常の再生で 2 週目の閲覧を終えた。3 周目以降では上述したプロセスで、スクロール操作に関するシーンと、前のページに戻る操作が記録されたシーンとに着目した。

両タスクにおいて上述した再確認のプロセスを行ったが、はっきりと再確認ができなかった点、およびタイムスライダを利用した時点の指定が困難であった点について言及した。

### 8.2.2.3 結果の比較

それぞれの設問への回答を表 8.2、表 8.3 に示す。

設問への回答としては、両者とも着目点が類似しており明確な差異は認められなかった。しかしながら、その回答を見出すためのプロセスは明らかに異なるものであった。それぞれのタスクにおいて、各被験者が実際に動画像の MDT

表 8.2: タスク 1 の回答

被験者	設問	回答
被験者 C	(1)	勝利チームは白 .
	(2)	白チームのシュートが多く、優勢に攻めているよう .
	(3)	青チームのシュートミスの多さ、白チームの得点、3 ポイントシュート .
被験者 D	(1)	勝利チームは白 .
	(2)	奥のコートでプレイしていることが多く、白が優勢に攻めているよう . シュートの成功率は青が良いかもしれないが、攻めるほうのコートに人が入ることが少なかった .
	(3)	攻めているときのリバウンドが、白のほうが上手 .

表 8.3: タスク 2 の回答

被験者	設問	回答
被験者 C	(1)	ページをカットしてユーザが興味を持つところを見せる . スクロールバーなしのレイアウトにする .
被験者 D	(1)	ひとつのページに載せる情報量を統一する、あるいはスライダバーを使わなくて済むようにまとめる . 一度自分が行ったところをきちんと見られるよう、履歴を表示する . 商品をざっと見られる (一覧できる) ようなページにする .

を UET としてどのように経験したかを図 8.5, 図 8.6 に示す . 各図の右側に示す矢印は、各動画像の MDT 全体を概観するのに有した実時間を表している . 両タスクにおいて、TbVP Browser を利用したユーザ観察 II-1 のほうが、Quick Time Player を利用したユーザ観察 II-2 よりも、短時間で、全体像を把握するための閲覧が行われたことがわかる .

### 8.2.3 考察

ユーザ観察 II-1, II-2 を通して得られた結果から、ユーザは、表現に対するインタラクションを行うことで、情報の概観と詳細を把握して動画像の理解を試みることがわかった . TbVP Browser のインタラクションを利用した閲覧において、情報の概観や詳細を、知識として蓄えることが比較的容易であったといえる .

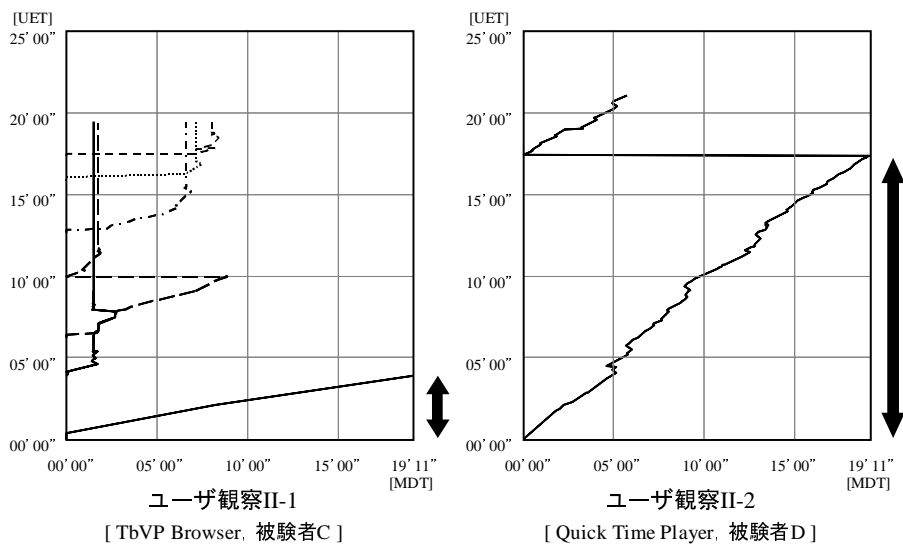


図 8.5: タスク 1 における閲覧プロセス

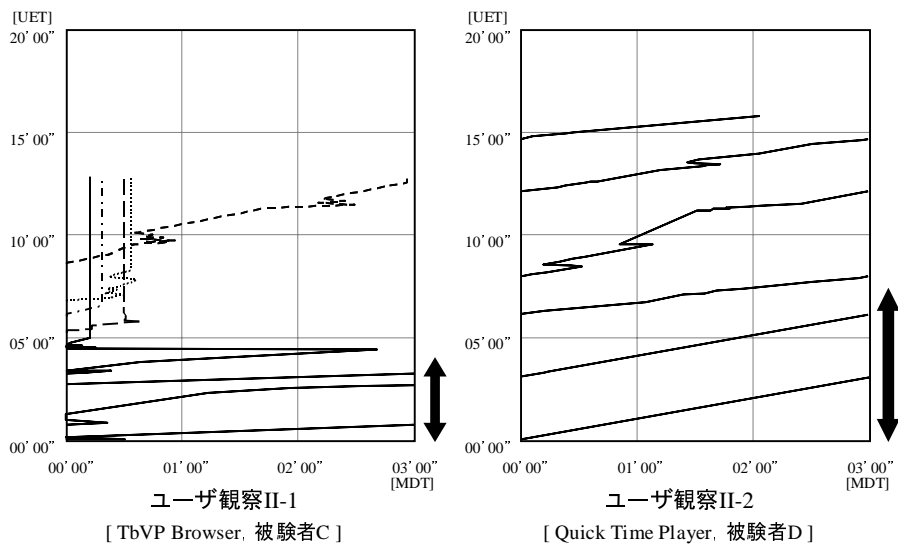


図 8.6: タスク 2 における閲覧プロセス

それぞれについて以下に考察するとともに、TbVP Browser の機能における問題点について述べる。

### 8.2.3.1 情報の概観

図 8.5, 8.6 から分かるように、両被験者ともに、まず各動画像の概観を把握するため、タスク 1 においては 1 回、タスク 2 においては 3 回から 4 回程度、MDT 全体を閲覧した。この際に要した時間は、ユーザ観察 II-1 が II-2 よりも明らかに短かった。この違いは設定可能な再生速度の差であると考えられる。ユーザ観察 II-1 において、観察の早い段階で探し出すシーンを決定できたことや、表示されている映像の流れを捉えた発話を得られたことから、TbVP Browser を用いた速い速度での閲覧が、動画像の概観に関する情報を理解するための手段と成り得たと考えられる。

また、ユーザ観察 II-1 では、TbVP ビューを視覚的なブックマークとして利用する様子が観察された。動画像の中の特徴的なシーンをいくつか集めることで、タイムスライダにはそれぞれのビューのインジケータが停止して表示された。これが、動画像の全体像を把握する助けとなっており、速い速度で閲覧する概観のみならず、空間的な一覧性の高い概観情報も有用であったことがわかった。ユーザ観察 II-2 において、特にタスク 1 で利用した、MDT の長い動画像に対して、今の状況を把握できない、もっと速い速度で早送りをしたい、という発話も得られたことから、全体像を掴むことが困難であったことがわかる。これらから、能動的に情報理解を行うためのひとつの側面として、動画像の概観を掴むためのインタラクションが重要であると言える。

### 8.2.3.2 情報の詳細

ユーザ観察 II-1, II-2 を通して、両被験者ともに特定のシーンを再確認する行動が見られた。被験者 C は主に Type3 を利用し、被験者 D は巻き戻しやタイムスライダを利用して、シーンの直前から閲覧し直した。被験者 C は問題なくシーンを特定できたが、被験者 D は、内容がきちんと確認できないと再三発言しており、同じシーンの確認を数回繰り返す行動が見られた。これは、注目したい時点の再生速度に起因するものと考えられる。ユーザ観察 II-2 では、通常再生 (1 倍速) で再確認する必要があったが、ユーザ観察 II-1 の Type3 では、最も遅い速度が 0.4 倍速であったため、興味を持った時点付近を、時間を

かけて詳細まで見ることができ、再確認の作業がスムーズに行えたと言える。また、着目したい時点の指定に関して、ユーザ観察 II-2 において、タイムスライダで指定することが非常に困難であったことに対し、ユーザ観察 II-1 における Type3 用の *Target Selector(Button)* を必要なだけ連打するというインタラクションが容易かつ効果的であった。遅い速度で詳細まで閲覧することと、特定の時点の詳細に指定できることが、情報の理解、および操作性の面で重要であることが分かった。さらに、両実験を通して、映像を表示する矩形のサイズを拡大して閲覧が行われた。デフォルトの矩形サイズが、両被験者にとっては小さく、詳細を確認するのが困難だったことが分かる。TbVP Browser では、複数の TbVP ビューを表示することができたため、被験者 C は、着目するビューのみを拡大し、それ以外はデフォルトよりもさらに小さなサイズで配置していた(図 8.4 (b))。視覚的な属性の変更により、詳細を見ようとする部分を意図的に表現し直したと考えられる。これらの結果から、時間的屬性および視覚的屬性の変更によって、情報を詳細まで獲得することが、情報の理解に有用であると言える。

### 8.2.3.3 着目時点指定のためのインタラクション

Type1 と Type3 は、UET による指定、つまりは表示されている映像を見ながら行うインタラクションであり、ユーザ観察 II-1 において、これらのインタラクションが頻繁に行われたことから、動画像を能動的に閲覧する際に、効果的に機能することがわかった。一方で、Type2 を利用した閲覧は観察されなかった。Type2 は MDT の指定であり、ユーザがそれまでに理解した情報や、記憶した映像を利用しながら行うインタラクションであった。動画像の映像内容と、*Target Selector(Slider)* に利用されるスライダバーとを、関連付けることは困難であったと言える。

UET 以外の指定方法としては、まず、ユーザが着目しようとする時点をあらかじめ設定しておくものが挙げられる。インタビューで被験者 C は、視覚的なブックマークとしていくつかの TbVP ビューを停止している状態で、それらの時点付近を遅く表示しながら全体を通して見るという Type2 の利用方法を述べた。これは、ユーザ観察 I で得られた意見とも類似するものである。この方法は、target としての指定をそれまでに行われた閲覧において、あらかじめ指定しておくアプローチである。閲覧時におけるインタラクションというよりも、過去のインタラクション結果に基づき閲覧方法を変えるといった方法である。

また、既存の *Target Selector(Slider)* を改良し、動画の映像内容を一定間隔でスナップしたものを並べたサムネイル画像をスライダバー付近に配置するアプローチが考えられる(図 8.7)。空間を利用した概観の表現を付与した状態となり、これを手がかりに、着目点を設定することが可能となる。

以上に述べたような方法などを用い、能動的な情報の理解のためのインタラクションがより効果的に行えるようシステムを改善する必要がある。



図 8.7: 空間を利用した概観の表現



## 8.3 第 8 章のまとめ

本章では，動画像を介した能動的な情報の理解を支援するシステム，TbVP Browser を利用したユーザ観察実験について述べた．インタラクションの可能性を探る目的で行ったユーザ観察 I と，具体的なタスクを設け，分析がどのように行われるかを観るユーザ観察 II を実施した．それぞれのユーザ観察結果を経て，Time-based Transformation と，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，能動的に動画像分析を進める様子が観察された．情報の時間的な概観と詳細の表現，および TbVP モデルの有用性を十分に主張できる結果が得られた．

次章では，これまでに述べた理論・枠組み，および観察結果を基に，情報理解のための視覚的表現に関して考察する．

# 9

## 情報理解のための 視覚的表現に関する考察

前章までに、時間変化を伴う視覚的表現を介した能動的な情報理解を目的として、表現に対するインタラクションを可能にする枠組み、およびそれに基づくシステムをの構築について述べてきた。

本章では、視覚的表現における空間と時間の利用、能動的閲覧における自動化のアプローチ、および知識の創出、蓄積、再利用といった観点から、本研究を再解釈し、能動的な情報理解の今後について展望する。

### 9.1 視覚的表現における空間と時間の利用

本節では、情報理解のための視覚的表現における空間と時間の利用について、本論を基にまとめる。

#### 9.1.1 MD 値から UE 値へのマッピング

本節では、時間変化を伴う視覚的表現と、時間変化を伴わない視覚的表現のそれぞれにおいて、情報が持つ属性を、空間を利用して表現する場合、および時間を利用して表現する場合の特徴について述べる。

### 時間変化を伴う視覚的表現

「それでは、時間とはなんであるか。だれもわたしに問わなければ、わたしは知っている。しかし、だれか問うものに説明しようとする、わたしは知らないのである。」

アウグスティヌス [聖ア 76] を引用するまでもなく、時間という概念は、非常に解釈の困難なものであり、哲学的な議論は終結をみない。本項では、時間を、線形的に進んでいく物理的なものであると捉え、時間変化を伴う視覚的表現を、空間を利用して表現するものと、時間を利用して表現するもの、つまりは MDT を、UEV および UET として表すことについて述べる。

時間変化を伴う視覚的表現の属性 MDT を UEV として表したものが、静的なグラフなどに見られる、空間を利用した表現である。このような空間に時間軸を展開することで、実際には過ぎ去ってしまう時間を表現の中にとどめ、それを瞬時に概観することができる。古くから利用されている、非常にパワフルな可視化ではあるが、時間の持つ連続性、時間的な流れを犠牲にすることで可能となるものである。

一方、本研究で採用した、MDT から UET への変換は、対象となるデータが本来持つ連続性を保ったまま、概観と詳細の利用などを可能にすることで、情報の理解を支援するものである。連続性を失わない反面、情報の全体像を一覧することが困難である。

このように、時間的な変化を持つ情報を表現する際、空間的表現と時間的表現とは、連続性と一覧性を相互に補完しあう関係にある。しかしこれまでの視覚的表現に関する研究においては、時間を表す際、空間的な展開を利用するものが大半を占めてきた。今後ますます発展を続けるであろうマルチメディア時代において、時間を利用して、情報に接することを、今まで以上に注力していく必要がある。

### 時間変化を伴わない視覚的表現

次に、時間属性を持たない視覚的表現を空間的な表現として表現するものと、時間的な表現するもの、つまりは MDV を UEV および UET として表すことについて述べる。

MDV から UEV への変換は、情報の空間の広がりを利用した概観と詳細の表現など、これまでの情報可視化研究で広く行われてきたものである。可視化の手法は多岐に渡り、表現、およびインタラクションに関する知見が多く報告され、現在もなお、幅広く研究が進められている。個々の手法の言及は行わないが、効果的なインタラクションを実現する基盤が徐々に確立しつつあると言える [Card 99]。

MDV を UET に変換する表現は、即ち視覚情報の一軸を、時間変化として再表現するものであり、ディスプレイに表示される視覚的属性を 1 次元減らすことにより、視覚的な煩雑さを取り除くことが可能である [高嶋 01a]。情報に含まれる項目が、連続的に表すこと、あるいは全体像を見えにくくすることによる弊害がないデータであれば、時間軸を用いて再表現することは、十分に利用価値のあるものだといえる。

### 9.1.2 Time-based Transformation と Visual Transformation の組み合わせ

本論で述べた TbVP モデルでは、Time-based Transformation と Visual Transformation における、時間的属性と視覚的属性の変換において可能となるインタラクションを提供する。時間変化を伴う視覚的表現の有する属性は、時間的属性と視覚的属性とに分類でき、それぞれのインタラクションを、独立した簡潔なものとして提供できることから、このモデルは妥当であると考えられる。

しかしながら、人間は時間の流れを知覚するのではなく、五感から感じ取られる情報を参照することで、時間の流れを理解する。また一方で視覚的な表現をもとに情報を理解する際にも、表現を知覚し、認識するための時間が必要となる。つまり、時間変化を伴う視覚的表現においては、その空間的な表現と時間的な表現は両者が互いに依存しあう関係と言える。換言すると、人間が表現を見る、あるいはインタラクションを行う際には、それぞれの属性の変化を区別して理解するわけではない。

このため、Time-based Transformation と Visual Transformation に加えて、両者を組み合わせた変換も、今後考慮していく必要がある。つまり、UEV にあわせて MDT から UET への変換が行われる、あるいは UET にあわせて MDV から UEV への変換が行われることとなる。例えば、閲覧速度が遅く変更された

際には、表示されるオブジェクトの動きも必然的に遅くなるため、細かい動きを見えやすくするよう表示サイズを拡大することや、あるいは、TbVP ビューが小さな表示サイズで *Layout Space* の端に配置された際には、ユーザがそのビューに注目することを中断したと捉え、停止することなどが、変換の組み合わせとして利用可能となる。能動的な情報の理解において行われる、ある程度汎用的なインタラクションの持つ意味を知識として蓄え、利用することができれば、効果的な情報の理解が期待できる。

### 9.1.3 空間的なアナロジーの時間への応用

5.1.2 節に述べたように、異なる速度で表現される映像の透明度を下げ、重ね合わせて表示する、ケーススタディ 3 の手法 1 による表現においては、映像の比較が可能であった反面、ghost として表示されるボールが多くなると、煩雑な表示となり理解の妨げになるという意見が多く得られた。

空間の広がりを利用した既存の概観と詳細の表現においては、図 4.1 に示すように、表現を閲覧する際はどの瞬間においても、概観と詳細を知ることが可能であった。手法 1 でも同様に、複数の映像を表示し、どの瞬間においても概観と詳細が確認できるよう設計した。しかしながら、時間的な概観や詳細は、UET のある瞬間において実現されているものではなく、UET のある時区間において表されるべきものである。つまり、空間の広がりに対応付けるべきは、時間の長さであり、この対応付けを十分考慮しなかったために、単に情報量を増やすだけのものとなってしまっていた。ケーススタディ 3 で用いた映像が、非常に単純で情報量の少ないものであったため、被験者の反応は悪いものではなかったが、複雑な内容の映像においては、十分に機能しない表現であると推測される。

インタラクションに関して、8.2.3.3 節において、TbVP Browser における着目点の指定方法について考察した。TbVP Browser を用いたユーザ観察において、MDT を指定する Type2 のインタラクションが困難であった理由として、動画像の映像内容と、*Target Selector(Slider)* に利用されるスライダバーとの関連付けが直感的でなかったことが挙げられる。

図 4.1 に示すような空間的な概観と詳細においては、次に着目したい部分が「どこ」であるかをマウスカーソルなどを時間をかけて動かし「ここ」というように指定する。時間変化を伴う視覚的表現における時間的な概観と詳細にお

いて、空間の広がりを時間の長さに対応付けると、次に着目したい部分が「いつ」であるかを探し出し、「その瞬間」を指定することとなる。しかし、「いつ」であるかを探し出す時間はユーザには与えられない。なぜならば、空間には無かった一過性が時間には存在し、表示されている映像は、常に「いま」しか表現できないからである。ユーザが「いま」を閲覧し続け、「いま」が着目したい時点になった「その瞬間」を指定することが、空間的な概観と詳細で利用されたインタラクションを、時間的な概観と詳細に応用する方法となる。Type1 と Type3 で利用した UET を指定するインタラクションは、「その瞬間」を指定するものであり、ユーザ観察においても利用が好まれたことから、効果的なインタラクションであったと言える。

一方 Type2 で利用した MDT を指定するインタラクションは、「いつ」であるかを探し出すためにスライダバーという空間的な表現を利用するものであった。しかし、つねに「いま」を表示し続ける映像内容とスライダバーとの関連付けが困難であったために、利用は敬遠された。8.2.3.3 節で述べた、空間的な概観と詳細の利用は、この時間の一過性を補うために空間の一覧性を利用するものと換言できる。

以上のことから、空間的な視覚情報に適用されるアナロジーやアプローチを時間変化を伴う視覚的表現に応用する際には、

- 空間的な広がりの、時間的な長さへの対応付け
- 時間の一過性

を考慮する必要がある。

## 9.2 能動的閲覧における自動化のアプローチ

時間変化を伴う視覚的表現を介した情報理解のため、能動的な行為の重要性を述べてきたが、これは、表現の閲覧時にユーザが操作できるパラメータが多いこと、あるいは操作の自由度が高いことが、情報の理解に繋がると主張するものではない。

実際に時間変化を伴う視覚的表現を閲覧する際には、計算機がある程度の処理を自動的に行うことで、より効果的な情報理解を支援できる場合がある。本研

究では、Time-based Transformation として rate 変化を設定する際に、図 7.1 に示す *Rate Controller (graph)* の利用を避けた。*Rate Controller (graph)* では自由度の高い rate 変化を指定可能であるが、動画像の閲覧中に行う際には、直感的な操作が期待できないためである。ある程度ユーザにとって意味のある rate 変化として 3 種類の変化パターンを実装したことや、これらの rate 変化パターンを作り出すためのプリミティブパターンの利用を想定したことは、半自動的な時間変化を伴う表示方法をユーザのニーズに即した形で提供し、ユーザの負担の軽減を試みるものである。

更なる自動化のアプローチとしては 2 種類の方向性が考えられる。ひとつは、既存の動画像分析で見られるような、映像の内容に基づく自動化である。例えば動画像内の人物の動きを抽出するもの [高嶋 99] や、カメラの動き、映像の明るさなどにに基づき、キーフレームを自動抽出し、動画像を分割して利用するもの [Shipman 03] などである。このような自動化のアプローチは、人物が映っている動画像、セグメンテーション化可能な動画像というように、題材となる時間変化を伴う視覚的表現を、ある程度限定する必要がある。TbVP モデルにおける主張は、人間が時間に接する際の基礎的な行為を情報理解のために利用するものであり、動画像の内容に関連する自動化は、研究の範疇ではない。動画像の映像内容に基づくアプローチとの組み合わせで利用する場合には、特定の自動化を行うのではなく、内容によって変更可能な枠組みが必要であろう。

一方で、時間変化を伴う視覚的表現に接する際のインタラクションの自動化のアプローチがある。例えば 8.2.3.3 節で述べたように、Type2 のような rate 変化パターンを用いる際、着目する時点を MDT を表すスライダバーで指定するのではなく、それまでの閲覧プロセスに基づき、着目時点を自動的に決定するような方法が考えられる。閲覧中に何らかのインタラクションが行われた際に表示されていた動画像の時点を記録しておき、後の閲覧において、記録された時点付近を遅い速度で、それ以外の部分を速い速度で表示するよう自動的に速度を変えることで、着目した部分を効率よく見直すことができるだろう。このような自動化は、動画像の映像内容に依らず利用可能であり汎用性が高く、人間が時間変化を伴う表現に接する際の基礎的な行為を支援するものといえる。

### 9.3 知識の創出，蓄積，再利用

本論では，外在化表現に対するインタラク션을繰り返すことにより，漸次的に情報の理解が進むことについて述べてきたが，このような情報の理解は，人間が持つ知識に深く関連するものである．情報の知覚と理解を通して知識を創出する活動は，情報の受け手自身の外在化表現に対する働きかけという行為を含めた動的なものとして，捉えられなければならない．いわば，我々が情報獲得のために日常的に行っているメディアとのインタラクシオンは，リソースとして与えられている情報を単に享受するものではなく，新たな知識を創出する行為である，という考えである．換言すれば外在化表現とのインタラクシオンを繰り返してきたことにより，個々人の持つ知識は形成されてきたのである．

Winograd らは，情報の理解が知的創造活動であり，計算機をそのための道具として用いることを主張している [Winograd 86]．計算機が広く普及した現在，依然として性能の限界はあるものの，それまで困難であったインタラクシオンが自在にできる時代になりつつある．人間の進化が，自らの創り出した道具の進化とともにあることを考えれば，我々は，未だ十分に現在の計算機を利用してきていないと考えられる．要素技術の研究だけでなく，インタフェースやインタラクシオンなど，人間と道具の直接的な関係の研究も，今後の人間の進化に多大なる影響を及ぼす可能性を秘めているといえる．

インタラクシオンを通して形成されてきた知識は，様々なメディアに蓄えられ，再利用の対象となってきた．特に本研究で着目した動画像データにおいては，計算機上で扱えるフォーマットの種類や，量そのものが増加する成長期の真っ只中にある．また，ハードディスクレコーダーの普及などを背景に，24 時間を越える動画像データの保存も個人レベルで容易に行える時代になってきている [Clarkson 02]．そして，蓄えられた長時間かつ大量のデータを再利用するために，映像の要約や，インデクシングなど検索を行う研究が広く進められている [馬場口 99]．

計算機により自動化を行うアプローチは意義のあるものであるが，一方で，人間が望むものを獲得する正確さに関しては発展途上の段階である．情報を理解するのはあくまで人間であるため，このような自動化に着目した研究と平行し



て、人間がメディアに接する、インタラクション方法を探る本研究は、十分意義のあるものだといえる。

## 9.4 今後の課題

TbVP Browser で 3 種類の rate 変化パターンを利用することが可能となっているが、本文中にも述べたように、これら 3 種類に限定するものではない。ユーザにとって意味のある rate 変化のパターンを洗い出すこともひとつの課題ではあるが、動画像の内容や、ユーザの違いにより、完全なパターンセットを作るのは困難である。今後は、図 6.4 に示す構成ベクトルや、表 6.1 に示すプリミティブパターンを組み合わせ、ユーザ個々人が、自由に rate 変化パターンを作成し、編集できるような環境が必要であると考えている。

本研究で述べた TbVP モデルは、動画像を閲覧するのに特化したモデルとなっている。しかしながら、モデルに用いられる Time-based Transformation と Visual Transformation という個別の変換は、他のメディアやタスクにおいても利用できる部分がある。たとえば、Visual Transformation を静止画像に対して用いたり、Time-based Transformation を英語教材のヒヤリングに用いたりということが考えられる。このように流用できる変換と、メディアに特化した変換とを整理することで、様々なメディアを介した情報の理解を支援し、より汎用的な枠組みを構築するという、十分意義のある研究課題になる。

また、9.1.2 節に示したように、視覚情報の空間的属性と時間的属性を効果的に利用したり、自動化のためのインタラクション知識を蓄えるためには、外在化表現を介した時間知覚に関する人間の認知能力と、時間変化を伴う視覚的表現の理解能力、またはそのプロセスとの関連を明らかにする必要がある。このような研究も重要かつチャレンジングな課題である。

## 9.5 第 9 章のまとめ

本章では、視覚的表現における空間と時間の利用、能動的閲覧における自動化のアプローチ、知識の創出、蓄積、再利用といった観点から、本研究を再解釈し、能動的な情報理解の今後について展望した。

次章で、本研究を総括し、本論文をまとめる。

# 10

## 結論

本論文では、時間変化を伴う視覚的表現を介した能動的な情報理解のためのインタラクションを可能にするための枠組みと、それに基づくシステムについて述べた。

本研究における主な取り組みは、以下の4点であった。

1. 時間変化を伴う視覚的表現の特性と、情報理解のために有効となるインタラクションを探る
2. 情報の概観と詳細を、時間変化を伴う視覚的表現に応用する
3. ユーザが表現に対して行う能動的な行為を、表現の持つ属性値の変換であると捉える
4. 動画像を対象とした、情報理解のための行為を支援する枠組み・システムを構築する

第1章では、序論として時間変化を伴う視覚的表現を介した情報理解の必要性について述べた。第2章では、本研究の支援対象である情報の理解に関して、視覚的表現が果たす役割と、表現に対するインタラクションの重要性について述べ、時間変化を伴う視覚的表現の特性と、表現に対する有用なインタラクションを探るべく実施したケーススタディについて3章で述べた。第4章では、とくに時間変化を伴う視覚的表現の連続性を重要視した情報理解のための取り組みとして、時間的な概観と詳細の利用を提案し、説明した。この有効性を確認するケーススタディについては5章で述べた。第6章では、表現と人間のかかわり合いを整理するために、MD値とUE値を導入してこれを説明し

た。また、動画像を介した情報の理解において、視覚的表現の時間的属性と空間的属性の MD 値を UE 値へと変更可能な枠組みとして TbVP モデルを提案した。さらにこれに基づき構築したシステム、TbVP Browser について第 7 章で説明した。第 8 章では、既存の動画像ブラウザと比較し、TbVP Browser を利用した情報の理解がどのように行われるかを探るユーザ観察実験について述べた。第 9 章では、視覚的表現における空間と時間の利用、能動的閲覧における自動化のアプローチ、知識の創出、蓄積、再利用といった観点から、本研究を再解釈し、能動的な情報理解の今後について展望した。

支援システムの構築にあたっては、情報の時間的な概観と詳細を利用することに注力した。従来の研究においても、情報の理解において、その全体像や概観と、詳細とを自由に行き来して経験することが有効であることが指摘されてきたが [Snodgrass 90][Card 99]、この考えを時間という概念に対して応用する議論は十分ではなかった。今後ますます利用頻度が高まるであろうマルチメディアデータにおいては、視覚的、あるいは聴覚的、またはそれ以外の感覚器を利用するデータにおいても、情報の動き、つまりは時間的な属性を、どのように扱い、いかに理解しやすく表現できるか、さらにその表現に対する有効なインタラクションを提供できるかが、情報の本質を見極める上で重要となってくるだろう。概観と詳細を考慮する本研究の取り組みは、時間という抽象的な概念を扱う際の一指針となると考えられる。

本論文では、情報を理解する上で、表現メディアが元来持つ属性値 (MD 値) と、ユーザがそれを実際に経験する値 (UE 値) が必ずしも一致しないことに触れ、明確に区別する必要性を述べた。従来のインタフェースデザインや、インタラクションデザインにおいては、ある状況で必要となる機能を特定し実装することが重要視されてきた。しかし、行為そのものだけでなく、そこで扱われる属性値の変化に着目することで、人間の操作を可能にすべきもの、あるいはすべきで無いもの、また、その方法などを考慮するきっかけとなる。MD 値から UE 値へのマッピングこそが、人間と表現との係わり合いを示すプリミティブな項目であり、より良い HCI デザインを行うために欠くことのできない存在だといえる。

本論を通して述べてきた、表現を介した情報の理解は、人間が行う行為の根幹を成すものだと言えるだろう。高度情報化社会のますますの発展を背景に、大量に蓄積した情報の検索や再利用を行う、いわば知識の共有化への関心が高まりつつある。このような枠組みがうまく機能するためにも、個々の情報を理解するために個々人が行う取り組みを支援していかなければならない。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、たくさんの方々から多大なるご指導、ご助言、ご協力を賜りました。本論を締めくくるにあたり、お世話になった方々に、心から感謝の意を表したいと思います。

主指導教官であり、本論の審査委員を務めていただいた松本健一教授に対し、厚く御礼申し上げます。修士、博士課程を通して、著者の研究を温かく見守っていただくとともに、研究に携わる人間としてのありがたさを、広い視野からご指導いただきました。多くの学生を抱える中、研究以外の様々な活動の場においても細やかなお心遣いをいただき、快適に学生生活を過ごすことができました。深く感謝しております。

副指導教官であり、本論の審査委員を務めていただいた関浩之教授には、修士、博士課程を通して、研究の本質にかかわる鋭いご指摘をいただきました。常に建設的で、数歩先を見据えたコメントやご質問は、研究を進める上でたいへん参考になるものでした。また、論文の提出や推敲に関しても、より良い博士論文を仕上げるため、多大なるご配慮をいただきました。深く感謝いたします。

前(株)SRA先端技術研究所および奈良先端科学技術大学院大学客員助教授、現東京大学先端科学技術研究センターの中小路久美代特任教授には、本論の審査委員を務めていただくとともに、大学院入学以来、5年間にわたってご指導いただきました。研究に対する鋭いご意見、ご指摘はもとより、研究者としてあるべき姿、研究に取り組む姿勢についても、多大なるご指導をいただきました。とかく悲観的な考えに陥りがちな著者を、我慢強く、丁寧にサポートしていただいただけでなく、国内外を問わず研究発表の機会を与えていただいたこと、快適な環境をつくるためにご尽力下さったことから、何不自由なく研究を進めることができました。心より感謝いたします。

東京大学先端科学技術研究センターの山本恭裕氏には、本研究を深くご理解い

ただくとともに、研究の根幹を成す多くのアイデアをご提供いただきました。幾度となく参加していただいたミーティングでは、大局的な視点からのご意見、ご指摘をいただき、ローカルゴールに走りがちな著者の、研究の軌道を修正していただきました。また、著者が苦手とする論文作成においては、氏の作成された ART#001 システムを活用させていただいたことで、考えを効果的に外在化することができました。深く感謝いたします。

エンピリカルソフトウェア工学ラボの大平雅雄氏には、研究生活を続けていく上で、常に支えとなっていたいただき、様々な不安や悩みを相談させていただきました。後輩の指導にあたる真摯な姿勢、研究に取り組む際の熱意など、多くのことを学ばせていただきました。また、研究活動を離れても多くの楽しい時間を共有させていただきました。深く感謝しております。

本学情報科学研究科、言語設計学講座の蔵川圭助手には、工学の基礎から具体的な研究の進め方に至るまで、幅広く、昼夜を問わずご教示いただきました。研究者としてのストイックな姿勢や熱意、指導者としての毅然とした態度から学ぶべきものは非常に多く、ご指導いただけたことを幸運に思うとともに、深く感謝いたします。

日本電信電話(株)NTT コミュニケーション科学基礎研究所の松下光範氏、白井良成氏には、特別研究生として受け入れていただいた企業実習時にたいへんお世話になりました。殊に時間概念に関する豊富な知識に基づく議論は非常に刺激的であり、本研究を遂行するにあたり多大な影響を与えてくださいました。このような実習の機会を与えてくださったこと、実習後も引き続き議論していただけたこと、深く感謝しております。

慶應義塾大学の高田眞吾専任講師、情報科学センターの飯田元助教授、ソフトウェア工学講座の島和之助手、門田暁人助手には、離れた観点からの鋭いご指摘、ご意見をいただきました。また、研究活動を離れても様々なご指摘をいただきました。心より感謝いたします。

東京大学の堀浩一教授には、東京大学先端科学技術研究センターの交流研究員として研究活動を行う際、多大なるご支援をいただきました。本研究に関しても、思慮深く哲学的なご助言やコメントをいただき、新たな視点から研究を捉え直すことができました。また、最前線でご活躍されている堀教授の研究姿勢を間近で拝見することにより、研究者としてあるべき姿を学ぶことができました。深く感謝いたします。

Colorado 大学の Gerhard Fischer 教授，Alexander Repenning 教授，Jonathan Ostwald 氏，小田朋宏氏，(株)足立太郎氏には，米国でのワークショップで一緒にしたときや，来日された際に，本研究に関して建設的なご助言をいただきました．お会いする機会は多くはありませんでしたが，本研究の理論構築に関して多大な影響を与えてくださいました．深く感謝いたします．

Washington 大学の Mark D. Gross 教授，Texas A&M 大学の Frank Shipman 助教授，Abilene Christian 大学の Brent N. Reeves 助教授，Colorado 大学の Yunwen Ye 氏，National Center for Atmospheric Research の Eric Scharff 氏，Georgia 工科大学の Michael Terry 氏には，来日中の限られた時間の中，濃密な議論と，多くの有益なアドバイスをいただきました．様々な視点からのご指摘は，本研究を遂行するにあたり欠くことのできないものとなりました．心より感謝いたします．

(株)S R A 先端技術研究所の青木淳氏には，本研究を遂行する上で必要不可欠である情報アニメーション環境の構築に際し，多大なるご助力をいただきました．また，日頃からのプログラミングに臨む哲学的な姿勢は，本研究に大いなる刺激を与えてくださいました．心より謝意を表します．

(株)S R A 先端技術研究所の岸田孝一氏，西中芳幸氏，(株)S R A の林香氏には，実務の立場から本研究に建設的なご意見，アドバイスをいただきました．また，米国や中国での会議においても，非常に楽しく有意義な時間を共有させていただきました．厚く御礼申し上げます．

科学技術振興事業団研究員の神谷年洋氏には，本研究のコンセプトを実装する際，基礎的な枠組みの構築にご助力いただきました．また，研究に關していただいたご指摘やアイデアは，非常に示唆に富むものであり，研究を進める上で大いに参考にさせていただきました．深く感謝いたします．

東京大学先端科学技術研究センター，知識創造研究室の山田和明特任助手には，本研究に関するご助言はもとより，研究方法や他の研究者との接し方など，研究遂行に必要な素養の習得に関して，多岐にわたりご指導いただきました．また，研究室が研究活動を行うに快適な環境であるよう常にご助力いただきました．同研究室の安岡美佳氏には，論文執筆時，特に英文の作成において多大なるご協力をいただきました．お二人とは，研究活動を離れた場においても，楽しい時間を共有させていただきました．深く感謝いたします．

旧認知科学講座の卒業生である，池田文人氏（現 北海道大学助教授），勝間友

久氏（現 日立ソフト（株））中川渉氏（現（株）日本総合研究所）には、様々な角度から本研究に関する議論をしていただくとともに、研究を続けていく上での苦しみや楽しみを共有させていただき、学生生活を有意義に過ごすことができました。心より感謝いたします。

計算機構学講座の吉田正和氏，同講座卒業生の駒形伸子氏（現 大阪成蹊大学），田中洋氏（現 シャープ（株）），平山貴浩氏（現 大日本印刷（株））には，本研究に関する議論のみならず，研究を遂行するにあたって必要となる事務処理などに関してご助力をいただきました。深く感謝いたします。

（株）IIIJ の森崎修司氏，レッドハット（株）の大和正武氏には，博士課程で研究を続けていくことに関し，多くのご意見やアドバイスをいただきました。また，研究生活に関すること以外にも，楽しいお話を聞かせていただきました。心から感謝いたします。

東京大学先端科学技術研究センター，知能工学研究室の田中克明助手，網谷重紀氏，金崎弘文氏とは，食事をご一緒する機会が多く，研究，あるいはそれ以外の話題においても，たくさんの議論を交わすことができました。同研究室の卒業生である庄司裕子氏，柴田博仁氏，加藤義清氏，同センター宇宙システム学分野の矢入健久講師，京都大学の森幹彦氏の皆様には，本研究に対するご助言をいただくのみならず，研究活動全般に関して多くの意見交換をさせていただきました。また，知能工学研究室のメンバ全ての方々に，様々な局面においてご協力いただいたおかげで，東京での研究活動を快適に，楽しく行うことができました。深く感謝いたします。

ここにお名前を挙げなかった方々にも，本研究を遂行する上で多大なるご協力を賜りました。研究発表等で議論していただいた方，デモを見ていただきフィードバックを下された方，被験者として快く実験に参加して下さった方など，多くの方々にご支援いただいたこと，深くお礼申し上げます。

最後に，本研究を経済的にも精神的にも支えてくれた，祖母・敏子，父・英志，母・京子，姉・友紀子に心より感謝します。ありがとう。



## 参考文献

- [Adler 72] Adler, M. J. and Doren, C. V.: *How to Read a Book*, Simon and Schuster, New York (1972).
- [Agrawal 93] Agrawal, R., Imielinski, T., and Swami, A. N.: Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases, in *SIGMOD'93*, pp. 207–216 (1993).
- [Aoki 01] Aoki, A., et al.: A Case Study of the Evolution of Jun: an Object-Oriented Open-Source 3D Multimedia Library, in *Proceedings of International Conference on Software Engineering (ICSE2001)*, pp. 524–533, IEEE Computer Society (2001).
- [Bartram 01] Bartram, L., Ware, C., and Calvert, T.: Moving icons: detection and distraction, in *Proceedings of Interact 2001 Conference*, pp. 157–166 (2001).
- [Brown 93] Brown, M. H. and Najork, M. A.: Algorithm animation using 3D interactive graphics, in *Proceedings of the 6th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 93–100, ACM Press (1993).
- [Card 97] Card, S. K. and Mackinlay, J. D.: The Symposium on Information Visualization '97, in *Proceedings of the ninth ACM international conference on Multimedia*, pp. 92–99 IEEE (1997).
- [Card 99] Card, S. K., Mackinlay, J. D., and Shneiderman, B.: *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*, Morgan-Kaufmann Publishers, San Mateo, CA (1999).
- [Clarkson 02] Clarkson, B. P.: *Life Patterns: structure from wearable sensors*, PhD thesis, MIT, Cambridge, MA (2002).
- [Correia 99] Correia, N. and Chambel, T.: Active video watching using annotation, in *Multimedia'99 Proceedings (Part 2)*, pp. 151–

- 154, ACM Press (1999).
- [Drucker 02] Drucker, S. M., Glatzer, A., Mar, S. D., and Wong, C.: SmartSkip: consumer level browsing and skipping of digital video content, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 219–226, ACM Press (2002).
- [Ericsson 84] Ericsson, K. A. and Simon, H. A.: *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, MIT Press (1984).
- [Fischer 92] 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).
- [Furnas 81] Furnas, G. W.: The FISHEYE View: A New Look at Structured Files, Technical Report #81-11221-9, Murray Hill, New Jersey (1981).
- [Harris 99] Harris, R. L.: *Information Graphics: A Comprehensive Illustrated Reference*, Oxford University Press, Inc. (1999).
- [Hart 97] Hart, C.: *How to draw animation*, Watson-Gupfill, NY (1997).
- [Herman 00] Herman, I., Melançon, G., and Marshall, M. S.: Graph Visualization and Navigation in Information Visualization: A Survey, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 6, No. 1, pp. 24–43 (2000).
- [Hornbak 03] Hornbak, K. and Frokjar, E.: Reading patterns and usability in visualizations of electronic documents, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol. 10, No. 2, pp. 119–149 (2003).
- [Igarashi 00] Igarashi, T. and Hinckley, K.: Speed-dependent automatic zooming for browsing large documents, in *Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 139–148, ACM Press (2000).
- [Infomedia] Infomedia, : <http://www.informedia.cs.cmu.edu/>.
- [Kuederle 00] Kuederle, O.: Visualizing sequential data: a new detail-in-context layout, in *CHI '00 extended abstracts on Human factors in computer systems*, pp. 335–336, ACM Press (2000).

- [Kumar 95] Kumar, H., Plaisant, C., and Shneiderman, B.: Browsing Hierarchical Data with Multi-Level Dynamic Queries and Pruning, Technical Report UMCP-CSD CS-TR-3474, College Park, Maryland 20742, U.S.A. (1995).
- [Lamping 96] Lamping, J. and Rao, R.: The Hyperbolic Browser. A Focus+Context Technique for Visualizing Large Hierachies, *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol. 7, No. 1, pp. 33–55 (1996).
- [Lasseter 87] Lasseter, J.: Principles of traditional animation applied to 3D computer animation, *SIGGRAPH'87*, Vol. 21, No. 4, pp. 35–44 (1987).
- [Matsushita 01] Matsushita, M. and Kato, T.: Interactive Visualisation Method for Exploratory Data Analysis, in *IV-2001 Proceedings*, pp. 671–676IEEE (2001).
- [Mills 92] Mills, M., Cohen, J., and Wong, Y. Y.: A magnifier tool for video data, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 93–98, ACM Press (1992).
- [Munzner 97] Munzner, T.: H3: Laying Out Large Directed Graphs in 3D Hyperbolic Space, in *IV-97 Proceedings*, pp. 2–10IEEE (1997).
- [Nakakoji 01] Nakakoji, K., Takashima, A., and Yamamoto, Y.: Cognitive Effects of Animated Visualization in Exploratory Visual Data Analysis, in *IV-2001 Proceedings*, pp. 77–84IEEE (2001).
- [Norman 93] Norman, D. A.: *Things that make us smart: defending human attributes in the age of the machine*, Addison Wesley, MA (1993).
- [OpenVideoProject] OpenVideoProject, : <http://www.open-video.org/>.
- [Perlin 93] Perlin, K. and Fox, D.: Pad: An Alternative Approach to the Computer Interface, *Computer Graphics*, Vol. 27, No. Annual Conference Series, pp. 57–72 (or 57–64??) (1993).
- [Pingali 01] Pingali, G., Opalach, A., and Carlbom, I.: Multimedia retrieval through spatio-temporal activity maps, in *Proceedings of the ninth ACM international conference on Multimedia*, pp. 129–136, ACM Press (2001).

- [Pirolli 01] Pirolli, P., Card, S. K., and Wege, M. M. V. D.: Visual Information Foraging in a Focus + Context Visualization Information Scent, in *CHI 2001 Proceedings*, pp. 506–513 ACM (2001).
- [Potter 84] Potter, M.: *Rapid Serial Visual Presentation (RSVP): A Method for Studying Language Processing*, Erlbaum, Hillsdale, N.J (1984).
- [QuickTime Player] QuickTime Player, : <http://www.apple.com/quicktime/>.
- [Robertson 91] Robertson, G., Mackinlay, J., and Card, S.: Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information, in *CHI'99 Proceedings*, pp. 189–194 ACM (1991).
- [Saito 98] Saito, M. and Ohmura, K.: A cognitive model for searching for III-defined targets on the Web: the relationship between search strategies and user satisfaction, in *Proceedings of the 21st annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, pp. 155–163, ACM Press (1998).
- [Schilit 98] Schilit, B. N., Golovchinsky, G., and Price, M. N.: Beyond paper: supporting active reading with free form digital ink annotations, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 249–256, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. (1998).
- [Schoen 83] Schoen, D. A.: *The Reflective Practitioner - How Professionals Think in Action*, Basic Books, NY (1983).
- [Shipman 03] Shipman, F., Girgensohn, A., and Wilcox, L.: Generation of interactive multi-level video summaries, in *Proceedings of the eleventh ACM international conference on Multimedia*, pp. 392–401, ACM Press (2003).
- [Smeaton 01] Smeaton, A. F.: Indexing, browsing, and searching of digital video and digital audio information, pp. 93–110 (2001).
- [Snodgrass 90] Snodgrass, A. and Coyne, R.: Is designing hermeneutical, Technical report, Dept of Architectural and Design Science, University of Sydney (1990).
- [Spence 02] Spence, R.: Rapid, Serial and Visual: a presentation technique with potential, *Information Visualization*, Vol. 1, No. 1, pp. 13–19 (2002).

- [Suh 02] Suh, B., Woodruff, A., Rosenholtz, R., and Glass, A.: Popout prism: adding perceptual principles to overview+detail document interfaces, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 251–258, ACM Press (2002).
- [Takashima 00] Takashima, A., Yamamoto, Y., and Nakakoji, K.: A Report on Empirical Studies of Web Search Processes, in *Proceedings of the International Symposium on Future Software Technology (ISFST-00)*, pp. 255–260, Software Engineers Associates (2000).
- [Terry 02] Terry, M. and Mynatt, E. D.: Side Views: Persistent, On-Demand Previews for Open-Ended Tasks, in *Proceedings of the 15th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 71–80, ACM Press (2002).
- [Terveen 95] Terveen, L. G.: An Overview of Human-Computer Collaboration, *Knowledge-Based Systems*, Vol. 8, No. 2-3 (1995).
- [Tufte 97] Tufte, E. R.: *Visual Explanations: Images and Quantities, Evidence and Narrative*, Connecticut Graphics Press, Cheshire (1997).
- [Uchihashi 99] Uchihashi, S., Foote, J., Girgensohn, A., and Boreczky, J.: Video Manga: Generating semantically meaningful video summaries, in *Multimedia'99 Proceedings (Part I)*, pp. 383–392, ACM Press (1999).
- [Ware 00] Ware, C.: *Information Visualization: Perception for Design*, Morgan Kaufmann Publishers (2000).
- [White 88] White, T.: *The Animator's Workbook*, Watson-Gupfill, NY (1988).
- [Winograd 86] Winograd, T. and Flores, F.: *Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design*, Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. (1986).
- [Wittenburg 00] Wittenburg, K., Chiyoda, C., Heinrichs, M., and Lanning, T.: Browsing Through Rapid-Fire Imaging: Requirements and Industry Initiatives, in *SPIE Electronic Imaging 2000 Proceedings*, pp. 48–56 (2000).
- [Wright 95] Wright, W.: Information Animation Applications in the Capital Markets, in *InfoVis'95 Proceedings*, pp. 19–25, 136–

- 137(color plates)IEEE (1995).
- [Yeo 97] Yeo, B.-L. and Yeung, M. M.: Retrieving and visualizing video, *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 12, pp. 43–52 (1997).
- [Zelazny 01] Zelazny, G.: *Say It with Charts: The Executive's Guide to Visual Communication*, McGraw-Hill, NY (2001).
- [ダニエル 80] ダニエル アリジョン, 岩本 憲児: 映画の文法 実作品にみる撮影と編集の技法, 紀伊国屋書店 (1980).
- [高嶋 99] 高嶋 章雄, 蓬原 宏史, 大橋 健, 乃万 司, 江島 俊朗: 実時間人物追跡システム Ptracker, 電子情報通信学会研究会パターン認識・メディア理解研究会報告, PRMU99-33, pp. 25–32, 電子情報通信学会 (1999).
- [高嶋 01a] 高嶋 章雄, 蔵川 圭, 山本 恭裕, 中小路 久美代: 時間的变化を伴うデータのための情報アニメーション, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会報告, HIP2000-57, pp. 15–22 (2001).
- [高嶋 01b] 高嶋 章雄, 蔵川 圭, 山本 恭裕, 中小路 久美代: 時間的变化を伴う複雑な事象の表現手法に関する研究, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, HI-92, pp. 31–38 (2001).
- [山本 01] 山本 恭裕, 青木 淳, 中小路 久美代: Time-ART: 実験ビデオ分析作業の初期段階を支援する空間配置を利用したインタラクティブシステム, *インタラクション 2001 論文集*, pp. 153–154, 情報処理学会 (2001).
- [出原 86] 出原 栄一, 吉田 武夫, 渥美 浩章: 図の体系 図的思考とその表現, 日科技連出版社 (1986).
- [松田 96] 松田 文子 (著), 甲村 和三 (著), 山崎 勝之 (著), 調枝 孝治 (著), 神宮 英夫 (著), 平 伸二 (著): 心理的時間 – その広くて深いなぞ, 北大路書房 (1996).
- [聖ア 76] 聖アウグスティヌス (著), 服部 英次郎 (翻訳): 告白 (下), 岩波書店 (1976).
- [川崎 02] 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 (2002).
- [馬場口 99] 馬場口 登: メディア理解による映像メディアの構造化, 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU99-42, pp. 39–46

- (1999).
- [白井 02] 白井 良成, 大和田 龍夫, 亀井 剛次, 桑原 和宏: 実環境指向のウェアネス情報とその提示手法, 情報処理学会論文誌, 「インタラクション技術の革新と実用化」特集号, Vol. 43, No. 12, pp. 3653–3663 (2002).

## 研究業績

### 学術論文誌

高嶋章雄, 山本恭裕, 中小路久美代, 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, 情報処理学会論文誌「インタラクション: 理論・技術・応用・評価」特集号, Vol.44, No.11, pp.2767-2777, November, 2003.

### 国際会議

K. Nakakoji, A. Takashima, Y. Yamamoto, Cognitive Effects of Animated Visualization in Exploratory Visual Data Analysis, Information Visualisation 2001, IEEE Computer Society, Los Alamos, CA., pp.77-84, July, 2001.

A. Aoki, K. Hayashi, K. Kishida, K. Nakakoji, Y. Nisinaka, B. Reeves, A. Takashima, Y. Yamamoto, A Case Study of the Evolution of Jun: an Object-Oriented Open-Source 3D Multimedia Library, Proceedings of International Conference on Software Engineering (ICSE2001), Toronto, CA., IEEE Computer Society, Los Alamos, CA., pp.524-533, May, 2001.

K. Nakakoji, M. Ohira, A. Takashima, Y. Yamamoto, A Computational Tool for Lifelong Learning Through Experiencing Breakdowns and Understanding the Situations, The International Workshop on New Technologies for Collaborative Learning, Hyogo, Japan, pp.99-107, November, 2000.

A. Takashima, Y. Yamamoto, K. Nakakoji, A Report on Empirical Studies of Web Search Processes, Proceedings of the International Symposium on Future Software Technology (ISFST-00), Guiyang, China, Software Engineers Associates, Tokyo, Japan, pp. 255-260, ISBN 4-916227-09-3, August, 2000.



## 国内会議

高嶋章雄, 山本恭裕, 中小路久美代, 連続的データのための概観と詳細の表現およびインタラクション, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003 論文集, pp.199-202, ヒューマンインタフェース学会, September, 2003.

高嶋章雄, 山本恭裕, 中小路久美代, 映像メディアに対する時間的および空間的インタラクション手法の提案, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, HI-102, pp.63-70, January, 2003.

高嶋章雄, 山本恭裕, 蔵川圭, 中小路久美代, 時間的变化を伴う事象の詳細と概観の表現手法に関する研究, 情報処理学会全国大会論文集 (4), pp.615-622, March, 2002.

神谷年洋, 中小路久美代, 高嶋章雄, インタラクション記述言語 CHIOPA デザイラブルなシステムの構築に向けて, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, HI-96-9, pp.63-70, November, 2001.

中小路久美代, 神谷年洋, 高嶋章雄, 山本恭裕, ヒューマンコンピュータインタラクションの表現形態とインタラクティブビューア, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2001 論文集, pp.155-158, ヒューマンインタフェース学会, October, 2001.

高嶋章雄, 蔵川圭, 山本恭裕, 中小路久美代, 時間的变化を伴うデータのための情報アニメーション, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会報告, HIP2000-57, pp.15-22, March, 2001.

高嶋章雄, 蔵川圭, 山本恭裕, 中小路久美代, 時間的变化を伴う複雑な事象の表現手法に関する研究, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, HI-92, pp.31-38, January 2001.

中川 涉, 高嶋 章雄, 山本 恭裕, 蔵川 圭, 中小路 久美代, 実演奏における演奏表情情報の抽出と適用, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会報告, 2000-HI-89-10, pp.65-72, July, 2000.

高嶋章雄, 山本恭裕, 蔵川圭, 中小路久美代, 知識ベース画像検索システム IAM-eMMa における学習の分析, 人工知能学会知的教育システム研究会報告, SIG-IES-9903-9, March, 2000.

高嶋章雄, 蓬原宏史, 大橋健, 乃万司, 江島俊朗, 実時間人物追跡システム Ptracker, 電子情報通信学会研究会パターン認識・メディア理解研究会報告, PRMU99-33, pp.25-32, June, 1999.

#### ポスター発表

高嶋章雄, 山本恭裕, 中小路久美代, 連続的データのための概観と詳細の表現およびインタラクション, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2003 論文集, pp.199-202, ヒューマンインタフェース学会, September, 2003.