

博士論文

情報創出の初期段階における思考活動のための
理論的枠組みとインタラクティブシステム

山本 恭裕

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

**Amplifying Representational Talkback:
Interactive Systems Using Spatial Positioning to
Support Early Stages of Information Design**

Yasuhiro Yamamoto

Graduate School of Information Science
Nara Institute of Science and Technology

情報創出の初期段階における思考活動のための 理論的枠組みとインタラクティブシステム

内容梗概

本研究は、ドキュメントの構築や情報理解の外在化といった情報創出、特に、システムとユーザの思考過程とのインタラクションの重要性が顕在化する比較的初期の試行錯誤のプロセスを、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。

人間の知的な思考作業に関わる情報利用の多くがコンピュータシステム上でおこなわれるようになりつつある。情報利用の中でも、情報の収集、検索、加工、共有化、再利用についてはこれまで多くの研究がなされ一定の効果を上げたといえる。しかしながら、それら利用される情報を個々の人間がコンピュータを用いて創り出す作業、すなわち情報創出に関しては、その支援が十分になされているとは言い難い。

情報創出、特に初期段階における思考やアイデアの外在化の支援に関して、情報科学分野以外の領域、たとえば建築設計分野では、設計をおこなう際のスケッチの効用およびプロセスについていくつかの研究がなされている。それらによると、外在化のために創り手が紙などのメディアとどのようなインタラクションをおこなうかが重要な役割を果たすとされている。そのようなインタラクションを支援する上で重要となるのは、創り手にコミットメントを過度に強要することがないこと、創り手の認知的プロセスを阻害しないような外在化表現を提供すること、である。

本研究では、最終的に生成すべき情報プロダクトを直接的に構成するための外在化表現ではなく、特に初期段階において創り手が内省するために有用な外在化表現を創り出すプロセスをインタラクティブシステムにより支援することを目指す。本論文ではそのための枠組みとして、“Representational Talkback” という概念とその増幅 (ART; Amplifying Representational Talkback) を提案する。Representational Talkback とは、情報創出活動中に創り出された情報やアーティファクトとして表出したものから創り手である人間へと語りかけられるフィードバックである。

本研究では、情報創出の初期段階における内省のために有用な表現について考えるために、最終的な情報プロダクトのための表現の場に加え、

情報プロダクトを構成する個々の情報ユニットのための表現の場を提供する。個々の情報ユニットのための表現の場は、情報プロダクトの表現の場と比較して、より制約が少なく、創り手に過度のコミットメントを要求しないものである。このことによって、創り手自身が自らにとってのRepresentational Talkbackが増幅されるよう表現を外在化することができると思う。そのための表現の場においては、オブジェクトを空間に配置するためのメカニズムを利用した。

この枠組みに基づき、テキストドキュメントの作成、メモ画像へのアノテーションをまとめる作業、ビデオ分析、という三つの問題領域に適用したシステムを設計、構築した。これらのシステムの設計においては、1) 情報創出プロセスにおけるプロダクトの個々の部分を構成する要素(マルチメディアデータやテキストオブジェクト)を編集するための場、2) 個々の構成要素を配置しながら操作するための場、3) 構成要素を結合した形で創りつつあるプロダクトを見るための場、という三つの情報空間を統合的に提供することを指針とした。

情報創出支援システムの設計と構築とを通して、情報創出をおこなう創り手自身が作成した外在化表現の重要性、その創り手自身が外在化表現に見出す意味の有用性、その外在化表現が情報創出における理解にもたらす効果、について探ることができた。

本論文では、情報創出支援環境 ART の意義について述べ、HCI における記号論的アプローチの知見を利用しながら ART の再解釈を試みる。そして、ART を一例とした HRI (Human-Representation Interaction) についての研究の必要性を展望する。

キーワード

情報創出の初期段階、空間配置を利用したインタラクティブシステム、デザイン支援、Representational Talkbackの増幅、思考を阻害しないツール

Amplifying Representational Talkback: Interactive Systems Using Spatial Positioning to Support Early Stages of Information Design

Abstract

The goal of this research is to support designers with interactive systems by exploring the relationship among representations, their meanings, and their effects. This dissertation focuses on the design of interactive systems that support early stages of information design tasks.

Designers produce various types of representations for different purposes during both early phases and later phases of a design process. There is a spectrum of types of representations serving for different purposes. At one end of the spectrum, representations serve for solutions, while representations at the other end serve for problems.

Externalization plays a critical role especially in the early stages of information design. For instance, architects use sketches to explore possible design solutions as well as to frame design problems while going through a cycle of reflection-in-action. Sketching is a type of externalization that helps designers in early stages by (1) not requiring to make any “unnecessary commitment;” and by (2) not obstructing designer’s thinking processes.

Even with this recognition of the importance of externalization, little research has been done on how to computationally support designers to externalize their ideas and thoughts for early phases of their design task, where representations focusing more on problems than on solutions are externalized. Most existing computer-based design support tools provide representations that serve only for solutions, and not for problems.

The dissertation work focuses on interactive systems that serve as an externalization medium for designers in the same way as paper and pencils for sketching does. The approach is to make computer systems “invisible;” designers must be able to feel that they are interacting with “representations” not with “computers” in using such systems.

Based on D. Schoen's reflection-in-action, the author has developed a concept called ART, Amplifying Representational Talkback, as a guiding discipline to design such systems. Systems for early stages of information design need to provide representations that amplify representational talkback. By ART, the author means to provide users with representations that a user can (1) externalize and (2) "listen to" with minimum cognitive overhead.

The ART systems are such applications that serve as design media for early stages of information design, using spatial positioning as an alternative to sketching for information domains where sketching does not work; for instance, technical writing, programming and exploratory data analysis. Spatial positioning of objects allows a designer to represent various aspects of a design task; by resizing an object, aligning objects, or putting an object in a certain position in terms of the whole space.

This dissertation illustrates the ART approach with research in semiotic approaches to Human-Computer Interaction. By having the ART approach as an object-to-think-with, the author argues that HCI design needs to address issues such as what representations are necessary for what purposes in what tasks, that is, Human-Representation Interaction.

Keywords

Early Stages of Information Design, Interactive Systems Using Spatial Positioning, Design Support, Amplifying Representational Talkback, Thinking Processes

目次

1 序論	1
1.1 本研究の目的と動機	1
1.2 本研究の背景と位置付け	2
1.3 本研究のアプローチ	3
1.4 本研究の概観	4
1.5 本論文の構成	5
2 情報の創出	6
2.1 知的思考作業としての情報創出	7
2.2 情報創出の初期段階における情報表現	9
2.2.1 建築設計におけるスケッチ	9
2.2.2 アクティブリーディング	11
2.3 情報表現の利用目的	12
2.4 情報創出のプロセス	14
2.5 本章のまとめ	16
3 Representational Talkback とその増幅	17
3.1 Representational Talkback	17
3.2 Representational Talkback の増幅	18
3.2.1 外在化表現と Talkback	19
3.2.2 メタコメントに着目した Talkback	21
3.2.3 全体と部分の相互依存を考慮した Talkback	23
3.3 本章のまとめ	25
4 外在化表現の利用と効果に着目したインタラクションの設計	26
4.1 システムにおける視覚的な外在化表現	26
4.1.1 外在化表現の全体と部分の相互依存	27
4.1.2 外在化表現の線条性と現示性	28
4.2 空間配置を用いた外在化表現	29
4.2.1 情報ユニットの空間配置による多様な表現	30
4.2.2 空間配置における二種類の配置	30
4.2.3 空間配置される情報ユニットの表現	31
4.3 支援システムにおけるインタラクションの設計	33
4.3.1 システムの主要な構成要素	33
4.3.2 システム構成要素間の連携	34
4.4 外在化表現についての関連研究	35
4.4.1 手書きによるインタラクション	35
4.4.2 二次元空間の利用	36
4.5 本章のまとめ	37

5 ART-01: 書いてまとめるプロセスの支援	38
5.1 対象とする問題領域	39
5.1.1 書くプロセスのモデルに関する研究	39
5.1.2 書いてまとめるプロセスのモデル	40
5.2 支援ツールのデザインと構成	41
5.2.1 支援ツール開発の背景と動機	41
5.2.2 提案するシステムの概要	42
5.2.3 システムの構成要素	43
5.2.3.1 ElementSpace	43
5.2.3.2 ElementEditor	43
5.2.3.3 DocumentViewer	44
5.2.3.4 LayerManager	44
5.2.4 システムの提供するインタラクション	44
5.3 本ツールと関連する研究	45
5.4 実験 1	47
5.4.1 実験 1 の概要	48
5.4.2 実験 1 の結果とその分析	52
5.4.2.1 被験者間の相違	52
5.4.2.2 メタコメントの表現に対するマッピング	53
5.4.2.3 表現のメタコメントへのマッピング	56
5.4.3 実験結果の考察	57
5.4.4 実験 1 のまとめ	57
5.5 実験 2	58
5.5.1 実験 2 の概要	58
5.5.2 取得データおよび実験結果	59
5.5.3 実験 2 の分析	60
5.5.3.1 状況としての配置のパターン	60
5.5.3.2 書いてまとめるプロセスにおける配置行為	63
5.5.3.3 視線追跡による分析	66
5.5.4 実験 2 のまとめ	68
5.6 本章のまとめ	69
6 ART-02: メモへのアノテーション附加の支援	70
6.1 対象とする問題領域	70
6.2 支援ツールのデザインと構成	72
6.2.1 支援ツール開発の背景と動機	72
6.2.2 提案するシステムの概要	72
6.2.3 システムの構成要素	73
6.2.3.1 ElementSpace	74
6.2.3.2 ElementEditor	74
6.2.3.3 DocumentViewer	75
6.2.4 システムの提供するインタラクション	75
6.3 本ツールと関連する研究	76
6.4 本章のまとめ	77
7 ART-03: 実験ビデオ分析タスクの支援	79
7.1 対象とする問題領域	80

7.1.1 CAESE 環境	82
7.1.2 ビデオ分析タスクの特徴	82
7.2 支援ツールのデザインと構成	84
7.2.1 支援ツール開発の背景と動機	85
7.2.2 提案するシステムの概要	86
7.2.3 システムの構成要素	89
7.2.3.1 ElementSpace	89
7.2.3.2 ElementEditor	90
7.2.3.3 SequenceViewer	90
7.2.3.4 DocumentViewer	91
7.2.4 システムの提供するインタラクション	91
7.3 本ツールと関連する研究	93
7.3.1 ビデオ分析ツール	93
7.3.2 ビデオアノテーションツール	94
7.4 本章のまとめ	95
8 情報創出支援環境に関する考察	96
8.1 ART 環境における問題領域に依存した相違	97
8.1.1 システムにおいて利用されるデータの種類	97
8.1.2 エレメントの作成とその意味	98
8.1.3 空間配置に関する相違	99
8.2 ART 環境において共有される設計思想	100
8.2.1 外在化表現とのインタラクション	100
8.2.2 思考状態の想起	101
8.2.3 思考を阻害しないツール	101
8.2.4 自動化の制限	102
8.3 記号論的観点から捉えた ART	104
8.3.1 自らが生成した表現とのコミュニケーション	105
8.3.2 思考の指標としての表現	106
8.3.3 表現せざるをえない者としての人間にとっての表現	108
8.3.4 システムとユーザの間の役割分担	109
8.4 今後の課題と展望	110
8.4.1 今後の研究課題	110
8.4.2 将来の展望	111
8.5 本章のまとめ	112
9 結論	113
謝辞	115
参考文献	119
研究業績	128

図目次

図 2.1: 情報空間における情報との関わりと情報利用	7
図 2.2: デザイン解のための表現とデザイン問題のための表現	13
図 3.1: スクロールバーにおけるハンドルの表現の違い	22
図 5-1: ART-01 システムのスクリーンイメージ	42
図 5.2: 実験 1 の被験者 A のタスク開始時点での ElementSpace	49
図 5.3: 実験 1 の被験者 A のタスク終了状態での ElementSpace	49
図 5.4: 実験 1 の被験者 B1 のタスク開始状態での ElementSpace	50
図 5.5: 実験 1 の被験者 B1 のタスク終了状態での ElementSpace	50
図 5.6: 実験 1 の被験者 B2 のタスク開始状態での ElementSpace	51
図 5.7: 実験 1 の被験者 B2 のタスク終了状態での ElementSpace	51
図 5.8: 実験 2 での ElementSpace での配置状況の変遷	61
図 5-9: 図 5-8 (8) の拡大	62
図 5-10: 図 5-8 (13) の拡大	62
図 5-11: 実験 2 で観察された視線移動パターンの五つのフェーズ	64
図 5-12: ElementSpace 内でのエレメントの配置位置の変更	66
図 5-13: 実験 2 における被験者の視線移動の軌跡	67
図 6-1: ART-02 システムのスクリーンイメージ	73
図 7-1: 実験データ分析タスク	83
図 7-2: ART-03 システムのスクリーンイメージ	87
図 7-3: ART-03 システムの構成要素	87
図 7-4: ART-03 における ElementEditor の役割	88
図 7-5: ART-03 における ElementSpace の役割	88
図 7-6: ART-03 が提供するインタラクション 1	92
図 7-7: ART-03 が提供するインタラクション 2	92

1

序論

アプリケーションソフトウェアを用いて扱うことのできる情報がその種類、量ともに飛躍的に増加するにつれ、多くの人々が知的な思考活動をコンピュータツールを用いておこなうようになってきている。ドキュメントの構築やグラフィックスの作成、マルチメディアコンテンツのオーサリング、Web (WWW; World Wide Web) を利用した情報収集、といった数多くの活動をそのような知的活動の例として挙げるができる。半世紀以上前に V. Bush が構想した memex [Bush 1945] を個人がようやく手にしつつあるといえる状況である。

コンピュータシステム上でおこなわれる、人間の知的な思考作業に関わる情報利用の中でも、情報の収集、検索、加工、共有化、再利用といったことについては多くの研究がなされ一定の効果を上げつつあると言える。しかしながら、それら利用される情報を個々の人間がコンピュータを用いて創り出す作業、すなわち情報創出に関しては、その支援が十分になされているとは言い難い。

本研究は、ドキュメントの構築や情報理解の外在化といった情報創出、特に、システムとユーザの思考過程とのインタラクションの重要性が顕在化する比較的初期の試行錯誤のプロセスを、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

本研究の目的と動機

コンピュータシステムを用いておこなわれる知的創造作業の多くは、「情報のデザイン」をおこなう活動であると見なすことができる。そこでシステムが効果的な認知的ツール [Norman 1983] として機能するためには、人間とシステムとの間の「インタラクション」が適切な形態で存在しなければならない。

人間とシステムとの間のインタラクションに関しては、視覚的なインタラクションのみを取り上げても、文字ベースのインタフェースから GUI (Graphical User Interface) を利用したグラフィカルなインタフェースへ、とより分かりやすい、より直感的であるとされるインタフェースが増加している [Card, Mackinlay, Shneiderman 1999]. しかし、GUI に関する研究においては、最終成果物としての情報プロダクトを重視し、試行錯誤についてはあまり意識されていない。

初期段階の支援としては建築設計分野におけるスケッチの効用およびプロセスに関しては、いくつかの研究がなされている [Arnheim 1969] [Lawson 1994] [Lawson 1997]. しかし、コンピュータシステム上でのこのようなインタラクションの構築や評価をおこなうにあたっての支援の枠組みは系統だった形では確立していない。ユーザ、おこなわれるタスク、ユーザの思考過程を阻害しないインタラクションと情報表現形態、といった事柄に関する知識が広く共有され得るものとなっていないのが現状である [Landauer 1995].

本研究は、ドキュメント構築やプログラム作成といった、創り手が自身の思考を言語化することが必要となる知的創造活動の、特にシステムとユーザの思考過程とのインタラクションの重要性が顕在化する比較的初期の試行錯誤のプロセスを、コンピュータシステムとソフトウェアツールによって支援することを目的とする。

1.2

本研究の背景と位置付け

本研究は、人間が情報デザインをおこなう際の思考過程およびそれを支援するシステムを設計し構築することを目指すものであるが、人間の試行錯誤的な行動や思考といったものが特に重要となる情報デザインの初期段階に着目する点を特色としている。

これまでのコンピュータシステムにおいては、情報デザイン支援として、WYSIWYG (What You See Is What You Get) に代表されるように最終的な「情報プロダクト」を構成するものを念頭におきながらシステム構築がおこなわれることが多い。情報を創出しデザインする活動におけるインタラクションについての統合的枠組みが確立していないこともあり、人間にとって「不適切」なインタラクションを提供するシステムも

数多く見られる。その意味で、情報デザインの「デザイン解」としての最終プロダクトではなく「デザイン問題」を人間がより深く理解するための情報表現に着目することは有用である。

情報の視覚的表現に関する研究では、Information Visualization あるいは Scientific Visualization と呼ばれる研究がある [Card, Mackinlay, Schneiderman 1999]。これらは、複雑な科学技術計算の結果を理解しやすくするためや三次元オブジェクトの設計の途中計算結果を表示するためといった「見るため」のものを提供する。本研究は、人間が情報デザインをおこなう際の思考の手助けとなるような「創りつつ見る」「見つつ創る」ための表現として提供しようとしている点が特徴である。

1.3

本研究のアプローチ

情報創出支援のためのインタラクティブシステムの設計および構築に向け、まず「書いてまとめる」プロセス支援のためのシステムとして二次元空間へのテキストオブジェクトの配置というメカニズムを提供するツールを構築し、ユーザ実験を重ねた [Yamamoto, Takada, Nakakoji 1999] [Nakakoji et al. 2000] [Yamamoto, Nakakoji, Takada 2000]。

そして情報創出支援における適切なインタラクションを提供するために、二次元空間配置という表現形態が有効であるという知見を得た。そこでこのアプローチを継承、拡張をおこなった。そして、ビデオ、画像、音声、テキストといった複数のメディアを取り扱って人間が情報デザインする際、特に思考の重要度の高い初期的な段階において、これらのメディアとのインタラクションをいかに思考過程に則した形でおこなうことができるか、また、どのようなシステムが情報デザインの支援として適切であるのか、という点を重視しつつ研究を進めた。

本論文で述べる情報創出支援環境 ART は、作成あるいは収集した「情報の素材」をもとに、考えをまとめるプロセス、それも比較的初期の段階を支援するツールの集合である。素材をもとに考えを構築するためには、各素材という部分に対する理解と並行して、全体が表現する内容、最終的なまとまった考えが目指すべき方向を理解する必要がある。このように、全体と部分とが相互に依存するものであるということを念頭におきつつ、ユーザがアーティファクトとのインタラクションをおこない

ながら考えをまとめていくことができる機構を提供する。ART は、テキストやビデオクリップといったマルチメディアデータに対するアノテーションのための表現形態をユーザに提供することにより、素材をもとに考えをまとめることを支援する Cognitive Tools としてデザインされている。

1.4 本研究の概観

人間の知的創造活動をコンピュータシステムを用いて支援するために、デザイン理論および認知科学からの知見に基づいた理論的枠組みの確立、そして実際の支援システム的设计、構築を目指した研究をおこなった。人間とシステムとの間に適切なインタラクションを提供することの重要性に着目し、D. A. Schoen [Schoen 1983] の「状況からの語りかけ」(backtalk of the situation) という概念に基づき「Representational Talkback (創りつつあるアーティファクトから知的創造活動をおこなう人間への知覚的なフィードバック)」という概念を提案する。そして、その増幅 (ART; Amplifying Representational Talkback) を通して人間の知的創造活動、情報デザイン活動を支援しようとするアプローチを理論的な枠組みとする。

ART アプローチに基づき、知的創造活動の典型的タスクである「書いてまとめる」プロセスを支援するツール ART-01 を構築した。ART-01 は、テキスト編集機能および作成中ドキュメント表示機能に加え、テキストオブジェクトを二次元空間に配置することのできる機構によって、二次元空間内でのテキストオブジェクトとのインタラクションを提供し、作成中ドキュメントからユーザへの知覚的フィードバックの増幅をおこないながら「書いてまとめる」プロセスを支援するシステムである。

システムの評価および改良を目的とし、ART-01 を用いたユーザ観察実験を重ねた。ユーザが ART-01 を使用する様子と使用中の発話とを記録したビデオ録画データ、および視線追跡装置を用いたユーザの視線移動データを利用して実験結果の分析をおこなった。これまでのユーザ実験分析結果から、ART-01 システムの提供する二次元空間において「状況としての配置」および「行為としての配置」という二種類の配置が、ユーザの書いてまとめるプロセスの支援として効果的であるとの知見

を得た。これら二種類の配置はそれぞれ、Schoen の Reflection-on-Action と Reflection-in-Action とに対応するものである。

ART-01 システムでの経験を踏まえ、書いてまとめるプロセス以外の情報創出活動として、メモ画像にアノテーションを施しながらまとめてゆくタスクおよび実験ビデオデータを分析し理解するタスクに応用し、それぞれ ART-02 と ART-03 とを構築した。

1.5

本論文の構成

本論文は以下のように構成されている。

第二章では、本研究の支援対象となっている情報の創出という活動について述べるとともに、情報創出の初期段階における適切な情報表現形態、情報創出活動において外在化された表現が果たす役割や効果について述べる。また、広い意味での「デザイン」という活動についての理論を本研究が依拠するものとして示す。

第三章では、本研究の理論的枠組みを確立するために“Representational Talkback”という概念の提案をおこない、その増幅(ART; Amplifying Representational Talkback)による情報創出活動の支援のアプローチを示す。第四章では、Representational Talkback を増幅するための外在化の手段の一つとして利用する「空間配置」に関して述べる。

第五章、第六章、第七章では、本研究で構築した、空間配置を利用した情報創出支援ツール ART-01, ART-02, ART-03 を、書いてまとめるプロセス、メモへのアノテーション付加、実験ビデオ分析という問題領域へ適用した例として詳述する。

第八章では、本研究で構築した上述の三つのインタラクティブシステムの意義をまとめ、それらを記号論における知見をもとにしながら再解釈を試みる。また、今後の研究課題および将来への展望についても論じる。第九章で、本研究を総括し、本論文をまとめる。

2

情報の創出

コンピュータの普及，ネットワークの発展に伴い，人間の生活の数多くの場面にコンピュータが介在し関与するという状況になりつつある。このような情報に接する機会の爆発的な増加は，第一にパーソナルコンピュータの低価格化や計算機能力の向上という計算機環境，第二にインターネットに代表されるコンピュータを接続したネットワーク環境，という二つに大きな恩恵をこうむっているといえる。このような状況は社会的にも政治的，経済的にも大きな影響をもたらしつつある。

個人が使用するコンピュータに限ってみても，研究者やある職業についている一部の人間が使用者であった時代から，一般的な消費者が使用者の大半を占めるようになりつつある。そして，パーソナルコンピュータの使用者の裾野が広がるとともに，コンピュータの使用目的も同様に広がりを見せつつある。仕事をおこなうのみならず趣味や日々のコミュニケーションのために使用するという具合である。

使用目的の広がりを使用する人間の側から眺めてみると，生活の各場面において，かつてはコンピュータなど関係のなかったような活動がコンピュータを利用しておこなわれたり，コンピュータを利用することによって初めて可能となる活動が生活に入り込んだりし始めている。手紙や電話によっておこなわれていたコミュニケーションの多くの部分が email にとってかわられるだけでなく，手紙や電話では不可能であったようなコミュニケーションの形態が，電子メールによって出現している。

本章では，このような個々の人間が多く局面でおこなう活動の内，本研究の支援対象である情報創出という活動について述べる。

2.1

知的思考作業としての情報創出

個人が手にしたコンピューティング環境やインターネットといった情報空間において、あるいは情報空間を利用することによって現出する状況において、個人個人は、それぞれに知的思考作業をおこなっている。本節では、本研究の支援対象である情報創出という知的思考作業を、人々がコンピューティング環境を利用しておこなう他の知的思考作業との関係を見ながらその位置付けを明らかにする。

情報空間の中での情報との関わりを、個々のユーザ、ネットワーク、そしてネットワークに接続した他のユーザという三つの要素から分類すると、自ら情報を創り出す作業、蓄積された膨大な情報へのアクセス、情報空間を介した他のユーザとのコミュニケーションという三つに分類することが可能である(図 2.1)。これら三つの分類項目は互いに排他的なものというわけではなく、ある活動において必要となる事柄が他の活動においても必要とされる場合がある。

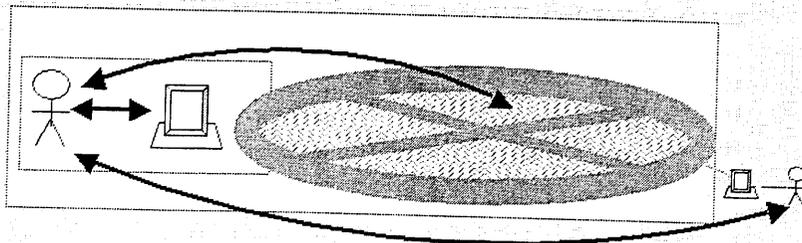


図 2.1: 情報空間における情報との関わりと情報利用

第一の、自ら情報を創り出す作業に関わるものは、ドキュメント構築やオーサリングといった他者が共有可能あるいは了解可能な何らかのプロジェクトとなる情報を創り出すことである。これは何もない状態から創り出される場合もあるが、様々な情報にアクセスしそれらを参照しながらあるいは再利用しながらおこなわれることもある [Anzai et al. 2000]。他者に意見やコメントを求めてそれらを参考にすることもあろう。

第二の、蓄積された膨大な情報へのアクセスに関わるものは、情報の収集や解釈である。最も典型的な情報空間はウェブである。世界中から膨大な情報が蓄積され、それを世界中からアクセスすることが可能である。ここで考慮されるのは、収集可能な情報が過度に大量である場合にいかに必要なもののみとするかという検索や探索に関わる事柄や、コンテキストを喪失しないような再利用に関わる事柄、検索結果の重要性をいかにして解釈し表現するかといった事柄である。

第三の、情報空間を介した他のユーザとのコミュニケーションに関わるものは、ネットワークが広帯域化することによって多岐にわたるものとなりつつある。電子メールやチャットといったテキストベースの情報によるコミュニケーション、インターネット電話やストリーミングといった音声や動画などによるマルチメディアデータに基づいたコミュニケーションが好例となるだろう。また、複数人による共同作業や協調作業の支援のためのグループウェアや、ネットワーク上で出現するコミュニティなどがある。

これら三つの活動のうち最も基本的かつ必須のものは情報の創出である。膨大に蓄積されアクセスされる情報や共有され協調作業に利用される情報は、ある時点において誰かが何らかの方法で創出したものである。自動的に収集されたり自動的に生成された情報であっても、通常その元となる情報は人手によるものである。

しかしながら、蓄積された膨大な情報へのアクセスを支援するための研究や情報空間を介した他のユーザとのコミュニケーションを支援するための研究と比較すると、情報創出を支援するための研究は必ずしも十分であるとはいえない [Shneiderman 2000].

情報創出に関わるシステム、テキスト編集、ワードプロセッサ、オーサリングといったものを支援するためのツールやシステムは、商用ソフトウェアにおいても研究上のプロトタイプシステムにおいても数多く見られる。

しかしながら、これらの情報創出を支援するためのシステムは、情報創出というプロセスの後半、すなわち創り出すべき情報が創り手の頭の中である程度まで明確になっている段階を支援するものである。WYSIWYG (What You See Is What You Get) を目指したインタフェースを有するシステムではこれが顕著である。つまり、創り手である人間の頭の中で創ろうとするもののイメージやゴールを、そのまま明確なものとしてコンピュータシステム上に実現し、出力として取り出すことを目

的としている。そのようなツールでは、アウトプットとなる情報を常に見ながらあるいは読みながら情報を創出することを前提にしている。

これに対し、情報創出の初期、すなわち創り出すべき情報が創り手の頭の中であまり明確でなく、試行錯誤しながら情報を創り出すことが要請されるような段階に関しては、その支援が十分ではない。

試行錯誤しながら情報を創出してゆく段階において、支援するためにどのようなシステムが必要となるのか、あるいは創り手である人間の思考をどのように支援すべきであるのか、といった事柄について体系だった枠組みが存在していないことがその理由であると考えられる。

2.2

情報創出の初期段階における情報表現

コンピュータシステムを利用した情報創出の初期段階を支援しようとするものには体系だった枠組みについてはあまり研究がおこなわれていない。しかし従来からこの段階の重要性が認識されている分野も存在する。たとえば、建築設計における手描きのスケッチや研究者が日頃おこなう手描きのメモといったものについては、コンピュータシステムによる支援を含め認知科学的にも多くの研究がこれまでおこなわれてきている [Suwa 1999] [Suwa, Gero, Purcell 2000]。

以下では、情報創出の初期段階に関して、そこでおこなわれる創り手の思考や創出プロセスにおいて外在化される表現について、具体的に二つのドメインを例にとり論じる。

2.2.1

建築設計におけるスケッチ

大規模な建築物や建築物の内部構造といった建築設計に関わる分野において、建築家やデザイナーと呼ばれる人々が紙とペンという最も古くから利用される手段を用いることは広く知られている [Arnheim 1969]。最終的に依頼主やクライアントへと手渡される設計図を作成する際にはCAD システムなどを利用しておこなわれるが、デザインのアイデアを生み出しそれを膨らませたり新たな着想を得たりといった情報創出

の初期段階においては、紙とペンというツールが必須のものとなっている。

建築設計の初期段階において、建築設計者が紙とペンをを用いて手描きでデザインをおこなっていく際には、紙とペンについての様々な利点が重要視されている。B. Lawson [Lawson 1994] によれば、ある建築設計者は常に紙とペンを持ち歩き思いついたアイデアを表現することができるようにしている。また、幾人かのデザイナーは使用する紙のサイズを A4 あるいは A3 といったものに限って使用し、一枚の紙に描かれるものの全体を視線の移動を伴わずに視界に収めることができるようしている。

建築設計の初期段階における情報創出環境とも呼べる紙とペンという道具については、建築設計者は持ち歩くことのできる大きさや一目で確認できるような紙のサイズといった比較的ハードウェア的な特徴のみならず、紙という媒体の上でどのようにアイデアを表現してゆくかということに関しても、その重要な性質が指摘されている。

手描きでアイデアを外在化し具体的に表現してゆく際には、その「不正確さ」が思いがけない予期せぬ発見を誘発するなどの重要な役割を果たすこと [Suwa 1999] [Suwa, Gero, Purcell 2000] が知られ、CAD システムなどを用いて描かれたものが有する「正確さ」が時には危険性をもたらすことも指摘されている [Lawson 1994].

このような性質を有する紙とペンによる手描きのスケッチがデザインの初期段階で有用なものとして作用するためには、

- デザインしている際には、その時点で問われていない事柄に対して解答を見せたり示唆したりしてはならない
- 提供される正確さは、その時点でのデザイナーの思考における確信の度合いに対応するレベルでのみとなっているべきである

という二点を挙げている [Lawson 1994].

スケッチが建築設計の初期的な段階において最適な表現形態を提供するものとなっているのは、デザイナー自身がすべての表現を創り出すことが可能であり、また表現を創り出す際に不必要なコミットメントを要請するものではないからである。

2.2.2

アクティブリーディング

コンピュータの小型化やオンラインドキュメントの増加によって、コンピュータディスプレイの上でドキュメントを読むことのできる環境は整いつつある。しかしながら実際には、当初予想された紙の使用量の減少はもたらされず、かえって増加している面もある。オンライン化されたドキュメントを紙に印刷する目的の一つに、ドキュメントを読みながらコメントやメモを自由自在に書き込むことであろうことは明らかである。

このような状況を打破するためのものとしてアクティブリーディングという活動を支援するための研究がおこなわれている [Schilit, Golovchinsky, Price 1998] [Price, Schilit, Golovchinsky 1998] [Schilit et al. 1999].

アクティブリーディングという活動は、小説や詩を読んで楽しんだり電子メールやウェブページを閲覧したりといった受動的な読みの活動ではなく、ドキュメントを読んだ上で何らかの理解を深めるためのものである [Schilit et al. 1999]. 具体的には、教科書を用いた勉学であるとか、企画書や提案書のレビュー、ある問題や分野についての調査や研究、専門分野に関する知識を絶えず最新のものとして維持しつづける活動、といったものである。

このアクティブリーディングは、読んだ上での何らかの出力としてプロダクトとなる情報が必ずしも生成されるものではないが、その際に、アノテーションを付加したりしながら読むということを考えれば一つの情報創出の初期段階であるといえる。

アクティブリーディングという活動を支援するための要件として挙げられるのは、ドキュメントを読むためのディスプレイの物理的な大きさや解像度といった物理的要件、ドキュメントを読む際の読み手の姿勢の自由度が必要であるといった人間工学的要件、表示されるページの向きやレイアウトといったソフトウェアに関する要件のみではない。アクティブリーディングという活動をおこなう読み手が「書く」ことができるということが重要である [Schilit et al. 1999].

アクティブリーディングをおこなう読み手は読みながら書く。読む対象は当然のことながら書かれた情報であるが、この情報を読む際に書くと

いう作業をおこなうことが、読む対象の理解をより深めるための手助けとなる。ここで重要であるのは、読み手自らがアンダーラインを引いたり強調するようしたりアノテーションを付加したりといった書く作業は、紙とペンとを用いておこなうのと同様に自由な形式でおこなうことが可能でなければならないということである [Schilit et al. 1999].

読み手によって手描きで付加される情報は、キーボードを用いてタイプしてテキスト情報を加えるのとは異なり、読むべき対象であるドキュメントと視覚的に差異の大きな情報表現形態となる。読むべき対象と自らが加えた情報との区別が視覚的に容易であることによってアクティブリーディングが支援される。

このように、構造化されず自由な形式で読み手が書く情報は、コンピュータシステム側では明確な意味をもたらさない表現ではあるが、この情報によってむしろ読み手自身にとっての意味が豊かなものとなり、視覚的にも記憶しやすいものとなる。

2.3

情報表現の利用目的

情報創出の初期段階の具体例として上に挙げた、建築設計におけるスケッチおよびアクティブリーディングにおいて創り出される情報表現の特徴は、その表現が情報創出の結果となる「デザイン解」のとしての表現だけでなく、情報創出をおこなう上で創り手自身が利用するための表現となっている面が大きいということである。

情報創出をおこなう創り手自身が利用するための表現とは、換言すれば「デザイン解についての理解を深めるための表現」である。必ずしも情報創出の結果すなわち「デザイン解のための表現」ではないということである (図 2.2).

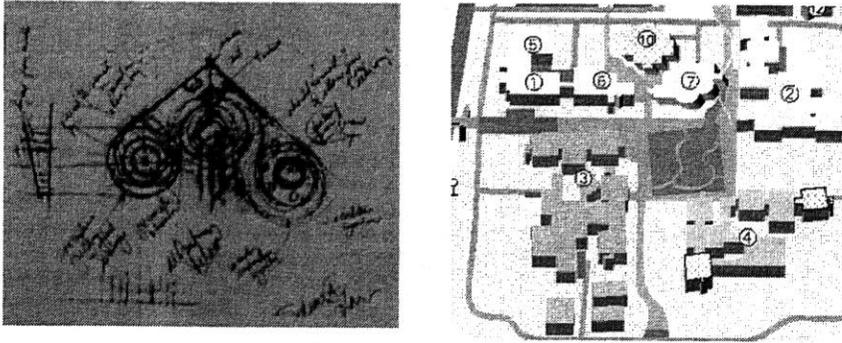


図 2.2: デザイン解のための表現とデザイン問題のための表現

建築設計におけるスケッチは、非常にラフに描かれる線もあれば近接して何本もの線が描かれる線もある。また、かなりの程度はっきりと濃くしっかりとしたタッチで描かれる線もある。後者の場合は、デザインの終了時にまで利用され続け、情報創出の結果としてのデザイン案に採用されるものとなるものもある。

しかしながら、ラフに描かれたものも正確に描かれたものも、それらはすべてその時点での建築設計者がそれらの線を描く上で抱いていた正確度や確信度といった確定の度合いを表現したのものとして見ることができる。そして、その確定の度合いを建築設計者は即座に見て取ることができ、そうして見て取った talkback をその後のデザインプロセスにおいて適宜利用している。

アクティブリーディングにおいても、読む作業をおこないつつ読み手が書いてゆくアンダーラインや強調表示、付加してゆくアノテーションといった情報についても同様のことが言える。読み手自身がキーボードを利用したタイピングによるテキスト情報ではなく、自由な形式で書いてゆくことによって、読み手は個々の書かれた情報について、書かれた時点での読み手の考えや位置付けといったものを適宜利用することができる。

2.4 情報創出のプロセス

情報創出は、モノを創る作業の一つであるといえるが、このような作業は、H. A. Simon の呼ぶ design である。この design という作業は、ものごとがどのようなになっているか (“how things are”) ではなく、いかにあるべきか (“how things ought to be”) について考える知的思考活動である [Simon 1996].

このようなデザイン作業は一般に ill-defined (不良設定) な問題解決作業であり、「問題の規定」と「解の構築」とが同時並行的に相互に依存しながら進められる。「問題の規定」は、デザインの意図やゴール、制約、などの要求定義に対応するものであり、抽象的な概念として表わされることもあるが、漠然と外在化できない思考として留まる場合も少なくない [Polanyi 1966]. つまり、問題を十分に規定した後に解の構築がおこなわれるわけではなく、解の構築をおこなっている際にも問題についての理解は部分的なものに留まっている。

問題についての部分的な理解 (partial understanding) に基づいて、徐々に解の構築を始め [Simon 1996], 外在化された表現を内省することによってそれまで暗黙にしか理解されていなかった問題 [Alexander 1997] が次第に明らかになる。これを受けてさらに解の構築が進む、というのが、ill-defined な問題解決のプロセスである。このプロセスは、問題の分析を「構築すべき部品を特定すること」、解の構築を「部品を適切に組み合わせること」とみなすと、「全体」が「部分」の集合から成り立つ一方で「部分」の果たす役割は「全体」によって規定されるという解釈学的循環を形成するものとして捉えることもできる [Snodgrass, Coyne 1997].

認知的側面からみたこのようなものを創るプロセスのモデルは、D. A. Schoen の “Reflection-in-Action” [Schoen 1983] や、H. Rittel と M. M. Webber の “design as argumentative processes” [Rittel, Webber 1984] といった言葉で説明される。いずれも、創り手が部分的な理解や漠然としたアイデアを外在化し、それを内省することによって知的創造活動が進むとしている。

本研究では特に、D. A. Schoen [Schoen 1983] による建築設計者の分析に基づく認知過程のプロセスに着目した。Schoen は、外在化および内省 (reflection) についての活動を Reflection-in-Action および Reflection-on-Action という二種類に区別している [Schoen 1983]。前者の Reflection-in-Action は絵を描くなどの表現として外在化している最中に起こる内省的プロセスを指す。創り手が円を書き加えたり一つの線を太くしたりしながら表現を変えてマテリアルに語りかけると同時に、その生じつつあるあるいは変わりつつある形が、創り手に「語りかけ (talk-back)」る。後者の Reflection-on-Action は、創り手が外在化の結果として現れた表現を見ているときに起こる内省的プロセスである。創り手は自ら創り出した表現を眺め、次の行動についての意思決定などについて深く考える。

この二種類の内省のプロセスの相違を時間の長さの問題として捉えることはできる (ミリ秒単位の単位では創り手は常に Reflection-on-Action をおこなっているといえる) が、Schoen のデザイン理論の骨子は、デザインの初期段階においては Reflection-in-Action が非常に重要であることを主張したこと [Schoen 1983] にある。スケッチという、最も古くからかつ広く建築設計者たちに利用されてきた表現形態においては、Reflection-in-Action および Reflection-on-Action の双方を実行することができる。円を描いていったり線を太くしたりなど紙の上でペンを動かしながら内省 (Reflection-in-Action) することもあり、また描き終えた円を見てたった今描いた部分について内省 (Reflection-on-Action) することもある。

このように、知的創造活動の特に初期段階では、外在化のために創り手がメディアとどのようなインタラクションをおこなうことができるかが重要な役割を果たす。そのため、ものを創る作業の初期過程を支援するためのツールは、創り手がシステムとではなくシステム上の表現との直接的なインタラクションであると感じられるように、繊細かつ微妙な表現形態を提供する必要がある。

ものを創る作業の初期においては、創り手がまずコミット (何をどうするのかの明確な意思表示) した後に表現を生成するわけではない。むしろ創り手は、まず表現を生成し、生成しながらあるいは生成した結果を見ながらその表現に関してどの程度コミットするかを決定できるのである。知的創造活動の初期段階においては、創り手が表出した表現に興味を見出すのであって、創り手が意味を生成しその意味に合うような表現を表出するのではない。

2.5

本章のまとめ

本章では、本研究が支援しようとする情報創出という活動について、蓄積された情報へのアクセス、情報空間を介した他者とのコミュニケーション、という情報利用に関する他の活動とともに示した。その上で、情報創出のための情報表現について考えるために、情報創出の初期段階の例として、建築設計におけるスケッチとアクティブリーディングという二つを挙げた。情報創出のプロセスの特徴については、デザイン理論の知見を通して示した。

本章で述べた情報創出という知的思考活動をより豊かなものとするよう支援するためには、創り手がどのような視覚的な情報表現形態を有するrepresentationとインタラクションをおこなうかについて考慮しなければならない。次章ではこのためのアプローチを提案する。

3

Representational Talkback とその増幅

前章では、支援の必要性が増大しつつある情報創出という活動について述べた。以下では、これを支援するための枠組みとして Representational Talkback というデザイン理論に基づいた概念を提案する。その上で、創り手の思考活動に則した形で representation とのインタラクションを提供することを「Representational Talkback の増幅」(Amplifying Representational Talkback) と呼び、これによって情報創出を支援するという枠組みについて述べる。

3.1

Representational Talkback

コンピュータシステムが扱う情報やメディアの多様化、さらにネットワークに関する技術の発達や計算能力の向上にともない、情報創出においてその出力となる情報プロダクトの表現力はより豊かなものとなり、また情報創出の素材となるデジタル情報についてもマルチメディアを利用することが一般的な消費者のレベルにおいても現実的なものとなっている。

このような表現力豊かな情報表現形態を手にした状況の中で、人間の思考を思考過程に則した形でより「自然に」支援し、知的作業の生産性を向上させにはどうすればよいのであろうか。

人間の思考過程を阻害することなく、その創造的活動や発想といった人間固有の現象をコンピュータシステムが支援するためには、思考に対して、人間の頭の中での内在的な表現のみならずコンピュータシステム上を実現される外在的な表現がいかなる効果を及ぼすのかを明らかにすることが必要である。そこで本研究では、思考プロセスに対する外在化表現の効果に着目する。

本章では、情報創出の初期段階における思考プロセスをシステムにより支援するための枠組として、“Representational Talkback”（表現からの語りかけ）という概念を提案する。Representational Talkback とは、Schoen [Schoen 1983] によるデザイン理論に基づいた考えで、

情報創出活動中に創り出された情報やアーティファクトとして表出したものから創り手である人間へと語りかけられるフィードバック

を指す。

前章で情報創出の初期段階の具体例として挙げた、建築設計におけるスケッチにおいては、情報の創り手すなわち建築設計者が紙とペンを用いて着想したアイデアを膨らませたり新たなアイデアを生成したりするために、自らのために Representational Talkback を利用している好例であるといえる。

以下では、まずこの Representational Talkback を「増幅」することによる情報創出という活動、広い意味でのデザインというモノを作り出すプロセスの支援について述べる。

3.2

Representational Talkback の増幅

Schoen によるデザインプロセスのモデルにおいては、デザイナーは、1) スケッチなどによる意図の外在化、2) その表現からのフィードバックに基づいた内省、3) その内省の結果新たな行動（次にどのような「表出」を行うか）の喚起、というサイクルを繰り返している (the seeing-drawing-seeing cycle) [Schoen 1983]。Representational Talkback とは、1) で表出した表現からの、2) におけるフィードバック、特に知覚的な表現を指す概念である。書いてまとめるプロセスを支援し、構築途中にある文章、ドキュメントにおける部分と全体の相互依存関係をいかにしてユーザ（創り手）に分かりやすくするか、その手法として本研究では、「Representational Talkback の増幅」(Amplifying Representational Talkback) というアプローチを提案する。

この「Representational Talkback の増幅」を、

- ユーザが表現したいと思う事柄をより「自然に」表現することができ;そして、
- ユーザにとって有用な情報が、表現したものからより「分かりやすく」フィードバックされる、

という二つの要件を満たすことにより支援しようとするものである。本研究では、これらの要件を満たすためには、前章での情報表現の利用目的の違いを踏まえ、

1. 情報創出活動中に創りだされる表現が最終的なデザイン解としての情報プロダクトのために役立つ表現としてだけではなく、創り手の頭に浮かぶ、作り出しつつあるアーティファクトに関してのメタコメントをも表現することができるようになってきていること、
2. 創り出しつつあるアーティファクトを創り手自身が情報の受け手として眺めたときに、そのアーティファクトにおける全体と部分の相互に依存しあう関係について知ることができるようになってきていること、

が必要であると考えらる。

3.2.1

外在化表現と Talkback

Representational Talkback の概念は、「対話」をメタファにして得たものであり (Conversation with Materials) [Schoen 1983], デザイナは表出されたものと対話を行う、と考える。対話において、自らの意図を相手とより的確に共有するためには、相手の発話そのものだけでなく、自らの発話に対する相手の反応を適切に受け取ることが必要である。相手の反応には、言語的情報の他、音声・映像情報、対話の「場」の雰囲気など様々な要素が含まれる。相手の発話・反応を適切に受けることによって、声を大きくしたり少しゆっくりと話したりといった、対話の質を向上させる行動が可能になる。

本研究における Representational Talkback は、相手の発話・反応に相当するものである。Representational Talkback の増幅とは、この相手の発話や反応が自分にとってより分かりやすくなることである。そこで、表現との対話に着目した Representational Talkback を増幅するためには、書き手

の様々な思考レベルに即した、より表出しやすい、より分かりやすい表現 (representations) がどのようなものであるかを明らかにすることが重要である。

本研究では特に、Representational Talkback の増幅を考慮する際に認知的解釈に依らない、知覚的 (perceptive) に処理される外在化表現 (external representation) に着目する。Zhang [Zhang 1997] によると、思考に關与する representation (表現) には、一般に、

- 外的なもの (External Representation) と
- 内的なもの (Internal Representation)

とが存在する。言語など記号的な情報は、認知的プロセスを経て人間の頭の中で、semantic network [Minsky 1985] などの内的表現に置き換えられ処理される。これに対して、図形や色などの視覚的な情報は、内的表現に置き換えられることなく、外的表現として直接知覚的に人間に理解される [Reisberg 1987] [Bruner 1996] [Indurkha 1998]。たとえば、四角形の二本の対角線が交わるという事実は、実際に目で見ることによって明らかである。

従来の計算機によるデザイン支援システムにおいては、構築されたアーティファクトに対するフィードバックは、主としてその質的内容に対するルールを適用した結果や、シミュレーションの結果など、記号的情報、すなわち内的表現に置き換えられる必要のあるものとして与えられていた。たとえば段落の内容をシステムがパーキングしキーワードを認識することによって意味の近い段落を自動的に認識する、といった支援が考えられるが、これも内的表現に關与するものである。

これに対して本論で提案する Representational Talkback は、このような内的表現への変換を必要とせず、外的表現を利用してユーザの認知システムではなく知覚システムを通して、ユーザへのフィードバックを行おうとするものである。物理的なモノが、それに対して「できること」を示す不変的な情報を affordance という [Norman 1993]。Representational Talkback とは、物理的ではないが、ある意味では視覚的な representation の affordance であるということができる。

3.2.2

メタコメントに着目した Talkback

本節では、書いてまとめるプロセスにおける「メタコメント」の representation からの talkback について述べる。情報創出活動のプロダクトとして生成されるドキュメントの内容そのものではなくその構造や組織化に関する「メタコメント」は、主観的なものと客観的なものの二種類に分類することができる [Kintsch 1998].

主観的メタコメントは、ドキュメントのある部分の目標(たとえば、「ここは認知科学の歴史についての説明しよう」)や書かれていないセクション(たとえば、「コンピュータ上のモデルについてのセクションをここに追加しよう」), あるいはある部分の完成度や確定度(たとえば、「これはまだ草稿段階だからいずれ短くまとめよう」といったものが例として挙げられる。客観的なものとしては、文字数や行数、複数人で協調して執筆している際の著者名、変更の履歴などといった、書き手にとって有用となり得る情報である。

主観的メタコメントに関する Representational Talkback の例として、再び建築設計者によるスケッチを挙げると、スケッチでは、ラフな粗いスケッチをすることによって、精密に記述した他の部分よりは決定度が低い、という主観的なメタコメントを表現していると見ることができる。

客観的メタコメントに関する Representational Talkback の好例はウィンドウシステムの違いやアプリケーションソフトウェアの違いによるスクロールバーの表現法である。スクロールバーは、その位置により表示されている位置が全体に対してどのような位置であるのかを示す。このスクロールバーの表現には絶対的な大きさで表現されるものと相対的な大きさで表現されるものがある(図 3.1).

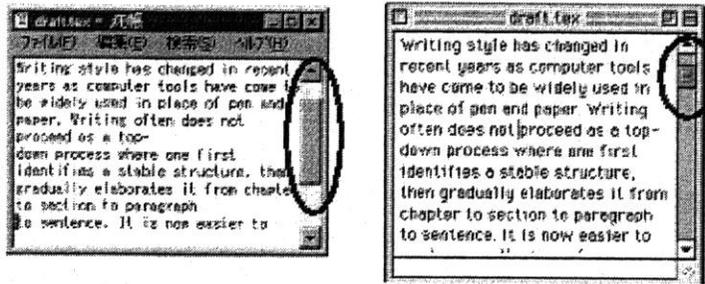


図 3.1: スクロールバーにおけるハンドルの表現の違い

前者の絶対的な長さで表現されるスクロールバーを採用しているシステムやツールでは、その位置により表示されている位置と表示すべき情報の全体との関係を示す。一定の大きさにスクロールバーを保ち、それをクリックあるいはドラッグする動作が一定の正確性でおこなわれることを保証する。スクロールバーの大きさを見ただけではその時点で全体のうちのどの程度が実際に表示されどの程度が表示されないままになっているのかを知ることはできない。それに対し、後者の相対的な長さで表現されるスクロールバーを採用しているシステムやツールでは、スクロールバーの位置によって表示されている位置が全体に対してどのような位置であるのかを示すと同時に、スクロールバーのハンドルの長さによって、表示されている部分が占める全体に対する割合を示す。つまりハンドルが短ければ、表示されている部分は全体のごく一部であり、全体は表示されている部分よりもずっと大きいということが一目で分かる (図 2.3)。

このように、Representational Talkback をシステムの支援により増幅させるためには、情報創出の作業中に現れる主観的および客観的メタコメントを、ディスプレイ上で表現可能なメディアへと、より「自然に」マッピングすることが必要である。技術的に適用可能なメディアは、テキスト、グラフィックス、動画や音声、オブジェクトの大きさ、文字のフォントの種類、オブジェクトの色や透明度、情報ユニットの空間的な配置位置や移動、など多種多様なものが存在する。意味と表現の自然なマッピング (natural mapping) は、たとえば数え上げ型の数値情報を表す際には、ランダムな色情報にマッピングするのではなく色の濃さと対比させて表すことによって可能である [Tufte 1990] [Norman 1993]。

しかし、メタコメントと表現の間は常に一意に決まるわけではない。たとえば、ドキュメントの修正すべきテキストの色を赤色で、修正し終

わったテキストを青色で表現する場合もあれば、文字の大きさによって同様の事柄を示したつもりになる場合もある。ユーザは情報ユニットをディスプレイ上の空間において「配置しない」場所を作ることによって、「後でここに何かを創って置こう」とするかもしれないし、テキストの字下げをすることによってドキュメントの階層構造を示そうとするかもしれない。また、情報創出の作業において試行錯誤を繰り返すうちに初めに自分で決めたマッピングとは異なる対応関係を創り出していくこともあるであろう。

つまり、*natural mapping* といってもそこに最適解が存在するわけではない。そこで、*Representational Talkback* を増幅させるためには、ある一つのマッピングをユーザに課したりするのではなく、マッピング自体を個人やコンテキストによって選択できる、あるいは作り出すことができるようにする必要がある。本研究のアプローチでは、*Representational Talkback* を増幅するためには、メタコメントをどの *representation* のメディアとマッピングさせるかはユーザに任せられるべきであるというスタンスをとっている。

3.2.3

全体と部分の相互依存を考慮した Talkback

情報創出の初期段階の具体例として前章で挙げた、建築設計におけるスケッチおよびアクティブリーディングにおいては、デザイン中あるいは読んでいる間に創り出される情報が二次元的であるが、それらの創り出されたを見て取ったり読んだりする際の利用には差異が存在する。

建築設計におけるスケッチは最終的に創出される情報が設計図やブループリントといった二次元情報あるいは二次元的に表現された三次元情報である。一方のアクティブリーディングにおいては、ドキュメントを読みながら読み手自身が書き込むアンダーラインやアノテーションといった情報は、読み手自身の中に築かれる内容理解であったり、読んだドキュメントを簡潔にまとめたものや読んだドキュメントの関わる分野についてのサーベイであったりする。

このような、プロダクトとしての創出される情報の持つ特徴およびそれらの情報が、創り手自身を含む情報の受け手によって理解される様は、広い意味での記号や情報表現についてその意味や効果について研究をおこなう記号論においては「線条性」と「現示性」という用語で説明される [Ikegami 1984]。

線条性とは、記号が一行に並ぶことである。話し言葉は時間的にリニアに音声を発することによりその性質を持つ。また、書き言葉は視覚的には二次元平面上に表現されるものの、読んでゆく際には一度に複数の箇所を読むことが不可能であるように、基本的にリニアな構造を有する。ネットワーク構造を持ち互いにリンクを張り合ったウェブページなどのハイパードキュメントにおいても同様である。これに対し、写真や絵画、グラフィックスといったものが有する、それを一つの全体として提示する性質が現示性である。

線条性と現示性とは、一行に並んで提示されるものと一つの全体が提示されるものとに排他的に対応するわけではない。線条性を有するものである文章において、順に読んでいった後に全体を振り返ってみて文章全体の意味について考えるということがあり、また現示性を有する絵画においても、絵の中に描かれた人物を見た後にその他の絵の構成要素を順に見て一つの絵画全体を徐々に鑑賞や評価がなされるといったことがある。

これらの線条性と現示性という性質が関係するのは、書き上げられた文章、完成した絵画といった、一つの情報プロダクトとでも呼ぶべき完成した情報である。しかしながら、情報創出という活動においても、創り出されつつある情報を創り手自身が見つつ、一つのまとまった情報を創り出してゆくということを考えれば、創り出されつつある情報の表現形態は線条性と現示性という双方の性質を有するものであるといえる。

このような創り出されつつある情報の表現形態を、情報創出活動の支援となるように提供するためには、線条性のもととなる情報プロダクトを構成する「部分」と情報プロダクトの「全体」という双方を考慮しなければならない。

この「全体」と「部分」とは、解釈学においては「解釈学的循環」という用語で説明される。聖書などのテキスト理解に端を発した解釈学においては、テキスト全体を理解するためには、テキストを構成する各部分についての理解が必要とされる一方で、個々のテキストを理解するためには、そのコンテキストとなる他の部分の理解とテキスト全体との理解が欠かせない、として説明される [Snodgrass, Coyne 1997]。つまり全体と部分とが相互に依存しあう関係にあるということである。

Representational Talkback を増幅するためには、創られつつある情報の表現形態を、情報の全体と部分の相互依存、情報の線条性と現示性を考慮した上で創り手に提供することが重要である。

3.3

本章のまとめ

本章では、情報創出を支援するための枠組みを確立することを目的として、Representational Talkback という新たな概念を提案した。そして本研究のアプローチであるRepresentational Talkbackの増幅という考え方について述べた。次章では、これを支援システムとして実現するために空間配置を利用するインタラクションについて述べる。

次章で述べるソフトウェアインタラクションは、本章で提案したRepresentational Talkback の増幅 (Amplifying Representational Talkback) を考慮したインタラクティブシステムの設計に関するものである。システムの設計にあたって、情報プロダクトの構成要素となる部分を部分間の関係が分かるように表現するための場として、また、試行錯誤的な思考の外在化をし表現するための場として、二次元空間を利用することについて述べる。また、情報の線条性と現示性という性質を考慮し、情報プロダクトの構成要素が配置される空間と連携する形で作用する、創り出しつつある情報プロダクトの全体を見るあるいは読むという行動をするための場についても述べる。

4

外在化表現の利用と効果に着目したインタラクションの設計

情報創出の特に初期段階を支援するための枠組みを確立するために、前章では、Representational Talkback という概念を提案し、Representational Talkback の増幅 (ART; Amplifying Representational Talkback) というアプローチについて述べた。

本研究では、このアプローチに基づき、情報創出の初期段階を支援するためのシステムを、支援の具体的な対象とする三つの問題領域それぞれに関して構築した。これらの支援環境がその支援の対象とする問題領域は、

1. 書いてまとめるプロセスと呼ぶテキスト編集作業、
2. 手描きのメモを画像として扱いそれらにアノテーションを施しながら複数のメモを一つのドキュメントとしてまとめる作業、および、
3. ユーザ観察実験などで取得される実験ビデオデータの分析作業、

である。

本章では、これら三つの支援システムを情報創出の初期段階を支援するための環境として設計する上での共通する指針と設計思想とについて述べる。支援対象とする問題領域それぞれに対応した個々の支援システムに関する詳細については次章以降で述べる。

4.1

システムにおける視覚的な外在化表現

情報創出の初期段階を支援するための枠組みとして Representational Talkback の増幅 (Amplifying Representational Talkback) アプローチを前章で提案したが、以下では、その枠組みに基づいた支援システムの設計指

針について述べる。支援システムの設計をおこなうにあたって考慮した、創出される情報の全体と部分の相互依存について述べる。続いて、情報表現形態の線条性と現示性とを考慮するための指針について述べる。

4.1.1

外在化表現の全体と部分の相互依存

情報を理解する際に、その全体と部分とが相互に依存しあった関係にある(解釈学的循環)を考えれば、情報を創出する際においても創り出しつつあるものの全体と部分とが相互に依存しあっていることは明らかである。

一つのまとまったドキュメントを構築するなど情報を創り出す際には、ある部分を徐々に構築していきながらも他の部分を参照し構築の方針が変更されたり、ある程度まで構築が進んだ段階で全体を読み返しながらかつて個々の部分を変更したり修正したり、また部分間の順序を変更したりすることがある。完全にトップダウンに書きつづけたり、また逆に完全にボトムアップに書きつづけたりしながら完成に至るわけではない[Sharpley 1994] [Sharpley 1996]。

通常テキストエディタやページ概念を持ち込んだワードプロセッシングやページレイアウトのためのソフトウェアにおいては、構造化のための情報、たとえば章や節、あるいはページのグループといったものに関する機能を取り入れることにより、ドキュメントの全体を把握する。確かに、章や節、あるいはページといった概念は、創り上げられたドキュメントにおいては情報の受け手にとって情報を理解するための重要な手がかりとなる。

しかしながら、章や節、ページといったものは表現が連続的ではなく離散的なものであるため、情報創出の初期段階においては、創り手に過度のコミットメントを要請することになる。たとえば、ワードプロセッシングのためのソフトウェアやアウトラインプロセッサにおいては、アウトラインと呼ばれるモードが用意され、木構造などの階層構造を表現し、階層の各段階を一つの部分として表現すること、そして個々の部分を階層構造上において移動させることなどが可能となっており、個々の部分の順序のみではなく、階層構造上でのグループ化をおこなうことができる。しかし、創りつつある部分が木構造での上のレベルか下のレベルかなどを明示的に決定しなければならない。このレベルかもう一つ下の

レベルにしよう、という曖昧模糊とした状態を表現することは許されないのである。

本研究では、創りつつあるドキュメントの全体と部分とをこの階層構造によって表現するという設計指針はとらない。上にも述べたように、創り手に過度のコミットメントを要請することを避けるためである。そこで本研究での支援システムでは、創り手自身がドキュメントなどを構成する一つ一つの部分を生成することを許し、ドキュメントの全体は、各部分を一例に結合するための順序の決定のみを創り手に要請し、自動的に結合した形で表現するものとした。

4.1.2

外在化表現の線条性と現示性

支援システムの設計においては、創り出す情報の表現形態としてその全体と個々の部分とを切り離して表現するが、Representational Talbackを増幅するようにうまく情報の線条性と現示性とを中和した形で表現することができるよう、情報の全体の表現には二つの場を利用することとした。

情報の全体を表現するための一つの場は、前節で述べた、各部分を一例に結合し表現するためのものである。たとえば、本研究の支援対象とする問題領域の一つである「書いてまとめるプロセス」と呼ぶテキスト編集作業であれば、通常のテキストエディタのように上から順にテキストが並んだ状態となる。通常のテキストエディタと異なるのは、ここでは創り手に情報の各部分の変更や修正あるいは生成を許さず閲覧のみとすることである。情報の個々の部分の編集作業については、別の編集のための領域でおこなうことにした。

このことにより、創り手が情報を創出している各時点において、どの範囲を一つの部分として捉えつつ自分が作業をおこなっているのかということ、および、それらの各部分が構成する一つの情報プロダクト（たとえばテキストによって書かれたドキュメント）がどのような状態にあるのかということを知ることができる。

もう一つの情報の全体表現をおこなうための場は、創り手が自由に二次元的に情報の個々の部分を配置することのできる空間である。この空間は、次章以降で述べる支援システム ART-01 と ART-02 においては、上下方向という最も自然な軸での位置関係のみを、システム側から捉えた

場合の明確な意味を持つものとして利用するものである。上の二つと異なり、支援システム ART-03 では、上下の方向もシステムにとっては明確な意味を持つものとしては扱わない。

情報の個々の部分を配置することのできる二次元空間において、ユーザとシステムの間で双方が了解可能な意味のマッピングを上下方向の軸での位置関係のみに限定することにより、情報の創り手すなわちシステムのユーザは、上下方向の位置以外の表現を自らのためのみに使用することが可能となる。これは、デザイン解のための表現ではなくデザイン問題のための表現を創り手がおこなうことができるようにするということを狙いとしている。このことについては次節で詳述する。

情報プロダクトの全体に対し二つの情報表現形態を採用することにより、創り出されつつある情報の線条性と現示性の双方を利用した形で同時に創り手に提示することが可能である。個々の部分をリニアに結合して表現する場を利用することによって、創り出しつつある情報の線条性という性質に着目し全体を詳細に閲覧することが可能となる。もう一方の、個々の部分が集合したものを自由に配置することのできる場において表現することによって、創り出しつつある情報の現示性に着目し全体の概観を眺めることが可能となる。

Representational Talkbackを増幅することができる表現形態を提供するためには上記の二つの表現の場が相互に密に連携することが必要であることについては後述する。

4.2

空間配置を用いた外在化表現

情報プロダクトを構成する部分となるオブジェクトを二次元空間に自由に配置可能とするようシステムを設計することの狙いは、情報創出の初期段階において創り手自身が内省する上での有用な表現形態を提供することである。二次元空間配置では、オブジェクトを直接的に操作し移動するなどして様々な視覚的性質を比較的容易に表現することが可能である。そして、その空間を単に眺めるだけで数多くの視覚的性質をその空間から読み取ったり、思考対象を二次元空間の一部の範囲に絞ったりすることも可能である。

4.2.1

情報ユニットの空間配置による多様な表現

創り出してゆく一つの情報プロダクトを構成する個々の部分を二次元空間に配置することによって、二次元空間内において多様な表現を情報の創り手すなわちシステムのユーザは、比較的少ない認知的負荷の状況下で自らの思考を外在化することができる。

二次元空間に配置されるオブジェクト群は、個々のオブジェクトとしての表現、複数のオブジェクト間の関係、個々のオブジェクトと二次元空間全体との関係、という様々なレベルで外在化表現となることが可能である。以下では配置されるオブジェクトを、創り出す情報プロダクトを構成する部品という意味で、情報ユニットと呼ぶ。

個々の情報ユニットの一つ一つに関しては、その大きさや形を変化させることにより、そのオブジェクトを生成した時点での、あるいはそのオブジェクトに変更や修正を加えた時点での創り手の思考の状態を反映させることができる。

複数の情報ユニット間の関係として表現可能なものは、二つの情報ユニットを重ね合わせるように配置したり、隣接あるいは近接した状態で配置したり、互いに遠く離して配置したり、といったことである。

二次元空間全体と情報ユニットの関係として表現可能なものは、空間の右下の隅に配置したり、上方に配置したりといったものである。

このように二次元空間に配置する行動に関しては、それに要する認知的負荷が比較的少ない上に、複数の情報ユニット群の配置された状況を空間的に理解することもまた容易である。これについて次節で述べる。

4.2.2

空間配置における二種類の配置

二次元空間の利用については、前章で述べた Schoen による二種類の内省、すなわち Reflection-on-Action (行為の結果についての内省) と Reflection-in-Action (行為中の内省) とに対応して以下の二つの基本的性質を挙げることができる：

- 状況としての配置 (静的な性質)
- 行為としての配置 (動的な性質)

前者の「状況としての配置」とは、創り手のとった行動の結果を指す。たとえば、二次元空間内に配置されたオブジェクトの大きさや、二つのオブジェクトの空間的關係である。創り手が配置のこの性質を利用する際には、行為の結果について Reflection-on-Action のタイプの内省をするといえる。

それに対し、後者の「行為としての配置」は、「状況としての配置」の状況に至る際に創り手がとる行動のことである。たとえば、オブジェクトをある大きさにするために創り手はそのオブジェクトの拡大(あるいは縮小)をしなければならないが、創り手が拡大(縮小)しながら、創り手はどのくらいの大きさ(小ささ)にすべきなのかについて考える。すなわち創り手はある行動をとりながら Reflection-in-Action のタイプの内省をしているといえる。

オブジェクト間の関係に関して、階層構造としての表現ではなく二次元空間への配置という手段を利用するのは、このような内省に役立つ表現手段を提供するという方針によるものである。

完成した情報プロダクトでは、書籍などの例を見るまでもなく階層構造として表現されている方がオブジェクト間の関係を理解しやすいものであると言える。しかしながら情報創出の初期段階という試行錯誤的な内省が頻繁に必要となる状況下では、前節で述べたように、階層構造という明確なコミットメントを創り手に要請する表現形態よりもむしろ、自由に配置可能な二次元空間にオブジェクト群が置かれているほうが望ましいと考えられる。

本研究では、二次元空間配置が、内省のための表現メディアとして、建築設計分野におけるスケッチと同様に効果的に創り手の認知的活動を支援すると考え、二次元配置を情報創出の初期段階のための支援システムの設計指針として採用した。

4.2.3

空間配置される情報ユニットの表現

空間配置される情報ユニットは、創り出す情報プロダクトを構成する部分であるが、これを配置するためには、情報ユニット自体の視覚的表現

について考慮する必要がある。コンピュータディスプレイの面積の制限や人間の視野の限界を考えると、複数の情報ユニットはその視覚的表現としては何らかの形で省略された表現とならざるを得ない。GUIベースのOSやアプリケーションソフトウェアにおいてファイルがアイコン表示されるのと同様である。

以下に本研究での支援システムの設計指針とした、情報ユニットの視覚的表現が満たすべき二つの要件について述べる。

個々の情報ユニットの視覚的表現は、その情報ユニットの内容を直接的に表現するものとなっている必要がある。この表現を実現するために、ワードプロセッシングのためのソフトウェアでのアウトラインモードやアウトラインプロセッサでの階層構造表現においては、階層構造の中に情報ユニットが表現されるわけであるが、それらは個々の情報ユニットのタイトルなどをラベル付けすることをユーザに要請するものが多い。

Representational Talkbackの増幅という本研究のアプローチでは、ユーザが表現したいことをより自然に表現することを支援するための要件の一つとしている、ラベル付けやタイトルの決定といったことをユーザに要請することは、この方針に反するものであると考える。つまり、個々の情報ユニットの視覚的表現は、当該の情報ユニットが生成あるいは修正された際に、システムによって自動的に決定されるべきであるという立場である。そのために、情報ユニットの視覚的表現は、それぞれに新たにラベルなどを追加するのではなく、当該の情報ユニットの一部分をその情報ユニットの視覚的表現として自動的に採用することが必要である。

本研究で構築した支援システムにおいては、情報ユニットがテキスト情報である場合はそのテキストの先頭を、情報ユニットがグラフィックス情報である場合は画像を縮小表示したサムネイル画像、情報ユニットがムービー情報である場合は、そのムービーを構成するフレーム群の一枚を取り出しグラフィックス情報と同様に縮小表示したサムネイル画像とするとともに、グラフィックス情報ではなくムービー情報であることが明らかなるように表示する。

情報ユニットの視覚的表現に関するもう一つの要件は、二次元空間内での情報ユニット同士の区別が容易なものとなっているということである。ラベル付けなどをおこなう場合、複数の情報ユニットが二次元空間に配置されてゆくにつれ、既に配置された情報ユニットに付けられたラ

ベルが何であるのかを考えたり、似たようなラベルにならないようにラベル付けも作業に負荷がかかったりという状況が生じうる。

そこで本研究での支援システムで利用する二次元空間においては、個々の情報ユニットを二次元空間内でその大きさや位置を個々に連続的に変化させることができるようにする。本研究の支援対象であるテキスト編集においても実験ビデオデータ分析においても、情報ユニットの視覚的表現が似通ったものとなりうることを考えれば、大きさという個々の情報ユニットの視覚的なプロパティとして採用することは重要である。

4.3

支援システムにおけるインタラクションの設計

本節では、前節までに述べた、情報プロダクトの表示、情報ユニットの編集および配置に関する設計指針を踏まえておこなった、情報創出支援環境の設計について述べる。以下では、システムを構成する主要な要素とそれら構成要素間の連携とについて述べる。

4.3.1

システムの主要な構成要素

次章以降で詳述する情報創出支援環境のための主要な構成要素は、

- ElementEditor: テキストやグラフィックス、ムービーといった情報ユニットを生成、編集、修正などをおこなうための場
- DocumentViewer: 情報ユニットをリニアに結合することによって構成される情報プロダクトを閲覧するための場
- ElementSpace: 個々の情報ユニットを適切な視覚的な表現形態を考慮したものとして自由に配置をおこなうための場

の三つである。

第一の構成要素 ElementEditor は、取り扱う情報ユニットのドメインに固有のエディタとなる。文章を書くドメインでは、テキストエディタと

なり、ビデオクリップを扱うドメインでは簡易なビデオ編集ツールが対応する。

第二の構成要素 DocumentViewer は、まとまりつつある考えの結果、全体を表示する部分である。たとえば研究であれば論文として文章にまとめることが必要であると同様、考えをまとめた結果はリニアな文章、すなわちテキストとして表現する必要があると考える。そこで ART アプローチに基づいた情報創出支援環境では、テキストとして生成した文章やビデオデータへのアノテーションといった情報を、何らかの方法で連結させた文章を全体として見せることとする。文章構築支援では、二次元に配置されたオブジェクトを上から下に順に連結して表示する。

第三の構成要素 ElementSpace は、情報ユニットを表示するドメインに依存しない空間である。オブジェクトの合成やサイズ変更などの機能が提供される。必要に応じてレイヤ機能も提供する。ただし、各々の情報ユニットをどのような視覚的表現形態のものとして表示するかは情報ユニットのドメインに依存する。

これらの詳細については次章以降に、支援対象の問題領域それぞれについて詳述する。

4.3.2

システム構成要素間の連携

構築するシステムにおいては、上記の ElementEditor, ElementSpace, DocumentViewer, という主要な三つの部分を同時に表示するものとする。

この狙いは、ElementEditor と ElementSpace というペア、ElementEditor と DocumentViewer というペア、という双方の部分と全体の関係を表示することにより、その関係を重層的なものとして創り手であるシステムのユーザに提示することである。また、ElementSpace と DocumentViewer という情報プロダクトの全体に関わるものを二つ表示することにより、創り出しつつある情報の全体像およびその時点での状況を提示し、創り手自らが生成した表現からのフィードバックをより大きなものとする。

三つの部分の連携は、同時に表示されるのみならず、各構成要素での変更や更新が他の構成要素へと即座に反映されることとする。

ElementSpace でのエレメントの選択は、当該エレメントを ElementEditor においてエレメントの編集を可能にし、ElementEditor における情報ユニットの情報の更新、ElementSpace でのエレメント群の配置状況の変化は、DocumenViewer での表示を即座に変化させる。

4.4

外在化表現についての関連研究

本研究で構築したシステムにおいて重視する、外在化表現に関する既存の研究に関して、ここでは、外在化表現とのインタラクションに着目した研究、および空間配置されたオブジェクトとのインタラクションによる思考支援の研究とについて言及する。

4.4.1

手書きによるインタラクション

PDA などの普及に伴い手書き入力インタフェースの需要は高まりつつあるが、手書きは思考の「自然な」外在化のためのインタラクション手段としても古くから研究されている。

手書きのスケッチを支援するツールの一つである CocktailNapkin システム [Do, Gross 1997] は、デザイナーの思考状態を表現するための手段として手書きのスケッチを用いる。手書きスケッチのインタフェースを用いて、ユーザは様々な状況や思考の外在化を言語化や形式化を伴わずにおこなうことができる。システムでは、ペンの太さや線の太さを筆圧などによって表現できるなどの工夫をして、書き手の思考を阻害しないインタラクションの提供を目指している。

五十嵐は一連の研究で手書きによる入力インタラクションの支援をおこなっている。彼の研究の主題は手書き入力による表出および手書きデータの処理であり、手書きによる三次元モデリングインタフェース [Igarashi, Matsuoka, Tanaka 1999] や、ホワイトボード上に手書きした情報のマネージメントツール [Igarashi et al.2000] などを構築している。

これらのツールは、創るべきプロダクトとなるものが図あるいは図的表現という二次元、三次元の表現であるが、たとえば文章構築やプログラ

ミングといったプロダクトが線形表現であるものに対する「スケッチ」はどのようにすればよいであろうか。本研究は、これら手書きインタフェースの研究と方向性を共有し、スケッチの存在しない問題領域において、二次元空間配置をスケッチと同様に思考の自然な外在化およびインタラクションのための有益な手段として提供するものである。

4.4.2

二次元空間の利用

表現メディアとして空間を利用する研究は数多くなされているが、そのアプローチには大きく二つに分けられる。システムが自動的に二次元空間配置をおこない表示するものと、人間がオブジェクトの配置をおこなうものである。

システムが配置をおこなうシステムの研究として、Shipman ら [Shipman, Marshall, Moran 1995] は、アイコンと他の視覚的記号の間の関係を表す際に、グラフィカルに配置されたオブジェクトの視覚的特徴および空間的特徴が利用されると述べている。Fentem ら [Fentem, Dumas, McDonnell 1998] は、空間的な配置が協働する人々のグループにおいて共有の言語として作用すると主張している。ユーザが空間に配置する際の意図を類推しようとする研究としては、統計的手法によったもの [Sugimoto, Hori, Ohsuga 1998] や遺伝的アルゴリズムを利用したもの [Igarashi, Matsuoka, Masui 1995] がある。

二次元空間における軸の持つ意味をあらかじめシステム側で割り当てることによって、ユーザ自身が配置をおこない意図を表現するための手段として二次元空間を提供する研究もある。たとえば SearchSpace システム [Tsutsumi, Shinohara 1998] では、ドキュメント検索のクエリーの表現手段として二次元空間を使用している。二次元空間の縦軸および横軸はそれぞれ、配置されるキーワードの優先度および綴りの曖昧さとして解釈されるので、ユーザは、個々のキーワードの優先度および曖昧さを二次元空間上での配置として表現しながら、複数のキーワードをクエリーとしたドキュメント検索をおこなうことができる。

これらの人間による二次元空間配置を利用したシステムはいずれも「状況としての配置」作成、表示を目的としている。つまり、配置された結果を見て人間がどう理解、判断し思考するか、そしてそれをシステムが

いかに解釈することができるかという側面に着目しており、本研究の主題とは目的を異にする。

4.5

本章のまとめ

本章では、情報創出の初期段階における「内省」のために有用な表現形態として、情報ユニットの空間配置を利用することについて述べた。

情報ユニットの空間配置を一つの外在化表現として捉える点に関して、情報ユニットを空間配置することによって可能となる表現の多様性について述べ、配置の意味として上述の Schoen による二種類の内省に対応した「状況としての配置」（静的な性質）および「行為としての配置」（動的な性質）を挙げた。空間配置される個々の情報ユニットの視覚的な表現が満たすべき要件についても論じた。これらの空間配置によって、2章で述べたようなスケッチにおける支援の要件、すなわちコミットメントを過度に強要しない、創り手の認知的プロセスを阻害しない形での外在化表現を提供することを考えた。

情報創出の初期段階を支援するためのシステムの設計においては、1) 情報創出プロセスにおけるプロダクトの個々の部分を構成する要素（マルチメディアデータやテキストオブジェクト）を編集するための場、2) 個々の構成要素を配置しながら操作するための場、3) 構成要素を結合した形で創りつつあるプロダクトを見るための場、という三つの情報空間を統合的に提供することを指針とした。そして、テキストドキュメントの作成、メモ画像へのアノテーションをまとめる作業、ビデオ分析、という三つの問題領域に適用したシステムを設計、構築した。

次章以降では、本章で述べた理論的枠組みにもとづいて構築した情報創出の初期段階を支援するための支援システム、ART-01、ART-02、ART-03、について、個々のシステムが支援の対象としている問題領域それぞれについて詳述する。5章では、書いてまとめるプロセスと呼ぶテキスト編集作業、6章では、手描きのメモを画像として取り込みそれらをまとめてゆく作業、7章では、ユーザ観察実験などの実験ビデオデータを分析する作業を、情報創出の初期段階の具体的な三つの問題領域として、その支援について考える。

5

ART-01: 書いてまとめるプロセスの支援

本研究の目的は、情報創出の初期段階における思考過程をコンピュータシステムによって支援することである。本研究ではユーザの思考を阻害しないインタラクションの重要性に着目し、デザイン理論に即した人間の思考過程のモデルを基として、インタラクションの表現形態および手段としてオブジェクトの二次元空間配置を利用する。

本章では、二次元空間配置を用いた、情報創出の典型的タスクである「書いてまとめる」という作業を支援するシステム ART-01 について説明する。そして、そのユーザ観察、視線追跡データの分析を通して、二次元空間配置とのインタラクションにおけるユーザの思考の過程を考察する。ユーザ観察実験の分析においては、二次元空間配置という表現形態が、「状況としての配置」と「行為としての配置」の双方の点からいかにユーザの思考を支援するのに有効なインタラクションを提供するものであったかについて述べる。それに基づき、情報創出における「書いてまとめるプロセス」以外の他のドメインへの応用の可能性およびその際に留意すべき事項についても論じる。

書いてまとめるプロセスを支援する ART-01 [Yamamoto, Takada, Nakakoji 1998] [Takada, Yamamoto, Nakakoji 2000] では、書き手が作成しつつある一つの文章を、複数のエレメントからなるものとして扱う。「エレメント」は、書き手が「一つのかたまり」とであると認識するところのもので、テキスト中の文やパラグラフや章といったものになりうる。つまり書き手は ART-01 を利用して、新たなエレメントの作成や追加、あるいは既存のエレメントの分割、修正、結合といった作業を通して、ドキュメントを作成していく。初期的な段階を終えて書くべき事柄や方針について決定することができれば、その後のフェーズでは、ドキュメントのフォーマットや通常のワードプロセッシングのためのソフトウェアを使用することによりドキュメントを完成することができる。

このエレメントという単位に基づいて、ART-01 は書き手の作るテキスト情報を二つの視点から提供する。一つは DocumentViewer という各エレメントを結合したテキスト情報で、これはスクロールバーの付加され

た通常のテキストエディタを見ているのとほぼ同じものである。もう一方は、ElementSpace という各エレメントを配置、移動、結合することのできる二次元空間である。書き手であるユーザは、文章の各部分に対するメタコメントを、各エレメントの配置の仕方やエレメントのサイズといった視覚情報として表現することが可能である。

以下では、まず支援の対象とする問題領域について述べ、次に構築した支援ツール ART-01 のデザインと構成について詳述する。そして、ART-01 を用いておこなった二つのユーザ利用観察実験について述べ、評価および考察をおこなう。

5.1

対象とする問題領域

コンピュータシステムを介した情報創出やコミュニケーションにおいては、テキストをベースとしたものに加え次第に動画やグラフィックスといったマルチメディア情報を統合的に取り扱うことが可能になりつつある。しかしながら、テキストベースの情報は依然として必須である。Web (WWW; World Wide Web) の普及によりプロフェッショナルやエキスパートと呼ばれる人々に限らずより多くの人々が情報の作成、構築、公開、発信といったことをおこなう機会が増加することを考慮すれば、文章を書くという作業はより重要になりつつあるといえる。

5.1.1

書くプロセスのモデルに関する研究

文章を書く作業をおこなう際には、携帯情報端末などの爆発的な普及や GUI ベースのアプリケーションソフトウェアの増加により、情報の断片をメモとして作成し、後にそれをまとめて文章としたり、またそれらの情報から得られる一貫したストーリーを理解したりといった作業形態が増加しつつある。

このようなコンピュータツールを用いた「書く」プロセスには、紙と鉛筆のみを用いて文章を書くプロセスとは異なる側面がある [Williams 1992]。たとえば、書くプロセスは、まず構造を規定し、章、セクション、パラグラフ、文、というように徐々に細分化するというトップダウン

ンな進め方だけではなく、断片的なメモ書きをいくつも作成してからそれらを一つの一貫したストーリーへと仕上げていくというコラージュスタイルを進めていく場合がある。また、適当に段落を書き始めてそれをカットアンドペーストしながら徐々に文章全体を仕上げてゆくような「試行錯誤型」の文章の書き方もある。このような、プロセスが構造化されていないような文章を書く作業を、本研究では「書いてまとめる」作業とよび、そのプロセスに注目する。

「書く」というプロセスに関しては主に心理学の分野で研究が数多くおこなわれ、様々なモデルが提案されている。「書く」プロセスを、情報を作り出す生成作業 (production operations) と、情報の順序変更、構造の説明、語彙の置換、視点の変更といった変形作業 (transformation operations) の二種類の作業からなると見るもの [Kintsch, Dijk 1978] や、計画 (planning), 変換 (translating), 再考 (reviewing) という三つの活動として捉えているもの [Hayes, Flower 1980] がある。Hunter らは、プロセスをより詳細にとらえ、アイデアまたは書く内容を思いつき (生成), 生成された内容をアウトラインなど何らかの形でまとめ (組織立て), 組織立てられた事柄を実際に文にし (作文), 文を見て、必要に応じて修正する (修正), という基本的プロセスから成ると提案している [Hunter, Begoray 1990]。また、書く際の心的作用に注目して、知識の獲得, 異なる視点の可能性の追求, 構造の見分け, そして使用する内容を選んで並べる, という四つのプロセスが中心的な役割を担っているとのモデルを提案しているものもある [Neuwirth et al. 1987]。

5.1.2

書いてまとめるプロセスのモデル

本研究で着目した「書く」プロセスのモデルとしては、前節で挙げたいずれのモデルにも共通している特徴を、以下の二点にまとめる。

- 実際にもものを書くという物理的な作業と、何を書くかを考える「考察」の作業とは切り離すことができず、むしろそれらが絡み合いながら繰り返しおこなわれる。
- 「何を書くか」を考える作業 (上流工程) の最中に現れる「メタコメント」とよばれる「書くという作業に関する情報」が非常に重要な役割を果たし、特に初期段階においては「実際に書く」という作業よりも重要である。

このような書いてまとめるプロセスは、書き手が構造の規定と内容の生成とを交互に同時並行的におこなうデザインプロセスとして捉えることができる。たとえば、文章を書き始めて見るまでは、どのような単語を用いるかということをもっと正確に決定することはできない。一つの文を書いて見ることによって次に書くべきことを決定することができる、という外在化と内省の繰り返しのプロセスである。

5.2

支援ツールのデザインと構成

これまで述べたように、より効率的に、基本的な思考活動・認知活動である文章やドキュメントの作成を支援するためのコンピュータシステムを考察する際には、人間の文章作成中における思考の過程を考慮する必要がある。

ART-01 は、二次元空間を利用して書いてまとめる作業を支援するツールである [Yamamoto, Takada, Nakakoji 1999]。このツールを用いて、ユーザは一つのドキュメントという情報プロダクトを構成する部分的なテキストを断片的な情報ユニット(「エレメント」)として二次元空間上に配置することができる。個々のエレメントは、フレーズ、文、パラグラフ、複数のパラグラフなど、ユーザ(書き手)が書いている最中に「一つ」であると考えられるものである。

以下では、支援対象が本ツールと関連する既存の支援ツールについて考察を加え、提案する支援システムのデザインと構成とについて述べる。

5.2.1

支援ツール開発の背景と動機

文章を作成、構築するという作業は、何を書きたいかの「理解」、その「表出」、その結果もしくは影響の「解釈」、という作業の繰り返しである。「解釈」の過程においては、書いたものの「全体」と「部分」の両方を考慮する必要があり、「全体と部分の相互依存」を理解するために両者間の視点の移動をいかにスムーズに支援するかが重要となる。

これらの観点から既存の支援ツールを考察してみる。既存のワードプロセッサでは、その多くの支援が「表出」に向けられ、「理解」および「解釈」の支援があまりおこなわれていない。たとえば、解釈を支援するためにアウトラインモードが提供されていても、モードを変更することによって、それまでの「表出」の視点やコンテキストが失われ、「表出」から「解釈」へのスムーズな移行がおこなえない。一方、アイデアの創出や創造的活動という面からの支援ツールにアイデアプロセッサがある。これはドキュメントの構築中にその全体を見ることができないので、コンテキストが失われがちとなる。表出されたアイデアをまとめていこうとする作業を支援するためには、作業コンテキストの積極的な保持が不可欠である、という点で理想的なツールであるとはいえない。

5.2.2

提案するシステムの概要

Representational Talkback の増幅 (ART; Amplifying Representational Talkback) というアプローチに基づいた現在のバージョンの ART-01 システムは、主要な構成要素である ElementSpace, ElementEditor, DocumentViewer, および補助的な構成要素である LayerManager, という計四つの構成要素から成り立っている (図 5-1)。

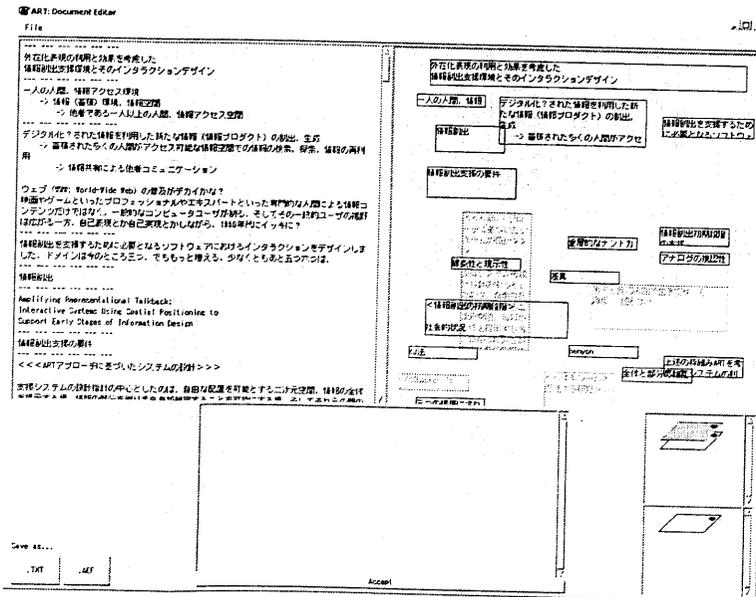


図 5-1: ART-01 システムのスクリーンイメージ

続いて、この ART-01 システムの構成要素となっている各部分の機能について説明する。

5.2.3

システムの構成要素

5.2.3.1

ElementSpace

ElementSpace (図 5-1 右上) は、一つのドキュメントを構成する複数のエレメントをグラフィカルに表示するための二次元空間である。個々のエレメントは矩形のアイコンとして表現される。このアイコンは個々のエレメントの内容のすべてではなく先頭の一部 (デフォルトでは 20%) を表示し、アイコンの大きさはそのエレメントの内容の長さを反映したものとなる (配置後の変更は可能)。ユーザは、作成、配置されたアイコンを ElementSpace 上でポイントシドラッグすることで自由に場所を移動させることができる。また、ElementSpace 上で複数のエレメントを選択状態にしてから一つのエレメントとして結合することも可能である。

5.2.3.2

ElementEditor

ElementEditor (図 5-1 中下) では、新たなエレメントの作成および既存のエレメントの編集をおこなうことができる。ElementSpace 上でエレメントが一つも選択されていない状態で ElementEditor でテキストを入力すると、そのテキストを内容として持つ新たなエレメントが作成され、ElementSpace 上に配置することが可能となる。ElementSpace 上でエレメントを一つ選択することにより、そのエレメントの内容を ElementEditor で修正、変更することができる。ElementEditor は、カット、コピー、ペーストといった通常のテキスト編集機能および「スピンオフ」(一つのエレメントを二つに分割) の機能を提供する。

5.2.3.3

DocumentViewer

DocumentViewer (図 5-1 左上) は、構築中のドキュメント全体を常時表示する部分である。DocumentViewer に表示されるテキストは、ElementSpace 上に配置されたエレメントの内容をエレメントの配置位置が上にあるものから順に結合させたものである。したがってユーザは、ElementSpace 上でエレメントの上下方向での位置を変更して入れ換えることによって、ドキュメントとして結合されるテキストの順序を変更することができる。ElementSpace 上でのエレメントの配置位置の変更および ElementEditor でのエレメントの内容の変更は、それぞれ他の部分に反映される。また、ElementSpace 上でエレメントが選択された際には、DocumentViewer は対応部分までスクロールしそのテキストにアンダーラインを加えた状態で表示する。

5.2.3.4

LayerManager

LayerManager (図 5-1 右下の二つのウィンドウ部分) は、半透明のレイヤ機構によって三次元空間的な表現を提供する、ElementSpace のコントロールをおこなうためのものである。ユーザは、エレメントを異なるレイヤに配置することによってエレメントのグループ化をおこなうことができる。図ではユーザが作成したレイヤが、上の部分に二つ、下の部分に一つ、と計三つ表示されている。LayerManager の上側の部分に表示されたレイヤに載っているエレメントのみを ElementSpace, DocumentViewer, ElementEditor で扱うことができる。上にあるレイヤほど ElementSpace 上でエレメントが濃い色で表示され、二番目以降のレイヤに載っているエレメントはより薄い色で表示される。ユーザは LayerManager 内でレイヤを選択して上下の位置関係を変更することができ、またどのレイヤを表示するかをドラッグアンドドロップによって変更することができる。

5.2.4

システムの提供するインタラクション

ART-01 システムは、一つのドキュメントの全体と個々の部分とを同時並行的に見ながら操作することができるメカニズムを提供している。

ElementSpace は、部分が集合して形成する構造という点からドキュメントの「全体の概観」を提供する。ElementEditor は個々の「部分の詳細」を提供し、DocumentViewer は、隣接するエレメントの詳細をコンテキストとしながら「全体の詳細」を提供する。これら三つの構成要素が各々提供する視点は統合され、個々の構成要素における変更は他の構成要素に動的に反映される。

ART-01 システムにおいて特徴となるのは、ElementSpace の利用方法である。複数のエレメントが ElementSpace 内に配置されている状況において、DocumentViewer において同一の表現となるのは、ElementSpace 内のエレメント間の上下方向の軸での位置関係が同一のものとなっているときである。つまり、上下方向での順序が変わらなければ、あるエレメントが上のエレメントのすぐ下に配置されている場合もまた遠く離れて下に置かれている場合も DocumentViewer に表示されるものに関しては差異は存在しない。

また ElementSpace においては左右方向の軸での位置関係が DocumentViewer での表示に何も影響を与えない。創り出しつつあるテキスト情報を、システム側から捉えた際のテキスト上の変化を生じることなく、視覚的には異なる情報表現形態を書き手自身が作り出すことができる。

ART-01 の初期バージョンを用いたユーザ観察実験 [Yamamoto, Takada, Nakakoji 1999] において、被験者は、表現としての二次元空間配置の様々な視覚的性質を利用して、実験の詳細については 5.4 節と 5.5 節で後述する。

5.3

本ツールと関連する研究

アイディアの創出、それらをまとめていく文章化のプロセスという、いわば上流工程と下流工程を両面から捉え発想を支援するものとして、KJ 法 [Kawakita 1967] に基づいたツールがある。

KJ 法では、アイディアを創出する「発散的思考」 [Orihara 1993] と個々のアイディアにおける互いの関連を徐々に見つけ出してまとめていく

「収束的思考」[Sugiyama 1993]とを明確に分離することによってその両者の支援がおこなわれる。具体的には、個々のアイデアを記したカードを二次元に配置し個々の塊を「島」としてみなすことにより、島同士の関係や個々の島に分類された項目同士の関係を図式や文章によって明示化する発想支援方法論である。

野外科学 [Kawakita 1967]における対象物に関するデータをまとめるための方法論として提案された KJ 法は、対象物そのものが存在せず、書いて表出することによって何が書き足りないのかを思いつき、そのプロセスによって次第に対象物そのものを構築してゆくような「書いてまとめる」プロセスとは目的を異にするものである。

つまり、KJ 法を実践する際には、「行為としての配置」は配置状況を変化させるための手段として捉えられ、空間配置された結果に意味を見出しながらその意味の共有化することが目的となっている。本研究ではむしろ、他者との共有は必ずしも目的としない、創り手のみに理解可能な配置をおこなう手段を提供し、創り手が試行錯誤しやすいようにするのが目的である。

KJ 法のアプローチに基づきソフトウェアツールとして実現したシステムにおいては、いずれも二次元空間にチャンク化したテキストを配置することができるが、そこでのゴールはそれらの断片的なテキスト間の関係の明確化である。このような KJ 法に基づいたツールは数多く研究、構築されてきている [Kunifuji 1993]。たとえばその一つに KJ エディタ [Kawai et al. 1993] がある。これは、空間内にテキストオブジェクトを配置し徐々に文章を作成していく点では、本ツールと似通っている。しかしながら KJ エディタでは、空間内に仕切り線を描いたりしながらテキストオブジェクトのグループ化などをおこなっていく。本研究では、仕切り船などのきわめてデジタルな差異をもたらす視覚的情報表現形態を空間内にはもちこまないという立場である点が異なる。本ツールでは、仕切り線を引くべきところか否かといった過度のコミットメントを書き手に要請しない。

つまり、本研究において主張するインタラクションのための表現形態としての二次元空間配置は、創るものの最終的なプロダクトを見せるためのものとしてのものではなく、情報プロダクトを創り出すにあたって必要となる問題の理解をおこなう手段としてのものである。建築家にとってのスケッチが決して最終プロダクトを生成するためのメディアではなくあくまで思考のプロセスの外在化のための手段である [Lawson

1994] のと同様に、本研究では、二次元配置を思考のための手段とみなし、配置した空間上の状況そのものを創るべきプロダクトとしては扱っていない。

KJ 法に基づくもの以外にもテキストオブジェクトを空間配置するシステムがいくつか存在する。テキストオブジェクトを空間配置することによって思考支援をおこなおうとするシステムとして CAT1 [Sumi, Hori, Ohsuga 1994] がある。CAT1 では、テキストオブジェクトから多次元構造を抽出し、それをシステムが低次元空間内に配置をおこない、ユーザが空間内に思考の軸を発見することが期待されている。ART-01 では、オブジェクトの空間配置をユーザ自身がおこなうことによって、ユーザ自らがテキスト以外の視覚な情報表現形態を創り出すことを念頭に置いている点が異なる。

続く 5.4 節と 5.5 節では、提案するシステム ART-01 を用いて実施した、二つのユーザ利用観察実験である実験 1 と実験 2 について述べる。実験 1 では、書いてまとめるプロセスの最中に書き手に生じる様々メタコメントが二次元空間 ElementSpace での多様な視覚的表現にマッピングされることが分かった。実験 2 では、ElementSpace でのエレメントの配置位置の変更が ElementEditor や DocumentViewer といった他のシステム構成要素に移動しながらおこなわれ、Reflection-in-Action を支援することが分かった。

5.4

実験 1

ART-01 を用いたユーザ利用観察実験 1 は三人の被験者にタスクを実行してもらい、それを観察することでおこなわれた。被験者に与えたタスクは、「実験室の器具の使用法」について書かれた構造化の十分になされていない約 90 個の文から構成されたドキュメントを改良することであった。実験の目的は、ART-01 の提供する ElementSpace という二次元空間にどのようにエレメントが配置され、そこでどのようなメタコメントが表現されるのかを観察することである。

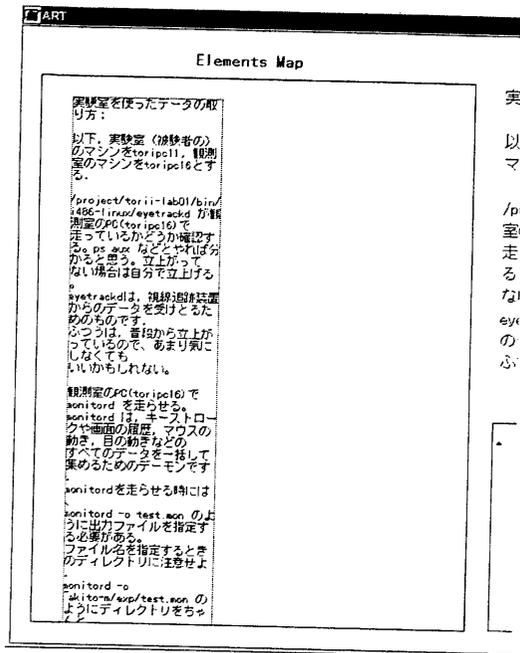
5.4.1

実験 1 の概要

被験者は、本学情報科学研究科に所属する教官および学生、A, B1, B2 から成る三名である。彼らは本実験に先立ち ART-01 の使用経験が数時間あり ART-01 の機能について十分な知識を備えているとみなせるレベルであった。タスク実行の対象となるドキュメントは、実験時に初めて手渡された。

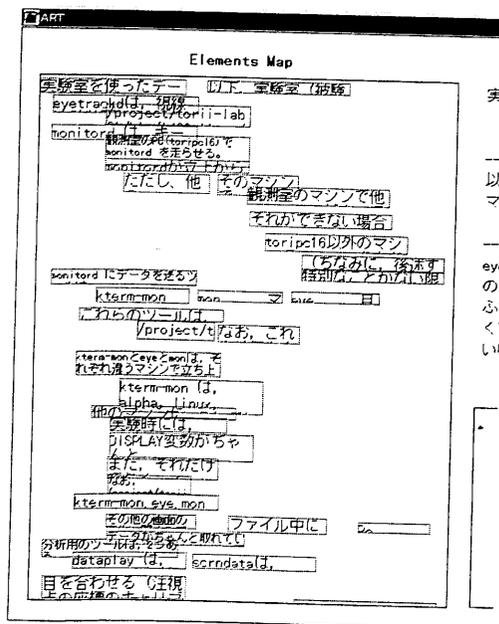
実験では、被験者が用いるメタコメントと表現の関係に注目したが、特に異なる被験者がある表現をどう解釈するか（マッピングの共有性）をも調査するため、全く同じ文章に対して異なる ElementSpace 情報を与えることによりその比較を考察することとした。

被験者 A は、まずドキュメントを一つのエレメントとして ART-01 に読み込んだ状態を初期状態として、ドキュメントの構造の改良をおこなった。A は与えられた一つのエレメントをいくつかのエレメントに分割し、その順序の変更、ドキュメントの流れの改良をおこなったが、テキスト編集はいかなる変更も許可しなかった。B1 および B2 は、A が ART-01 を用いておこなった改良の後を受けてタスクを実行した。B1 および B2 にはテキスト編集などあらゆる変更を認めた。B1 は、A の終了状態と全く同じ状態から開始したのに対し、B2 では、A の終了状態から複数のエレメントを一つのエレメントとして結合した状態から開始した。各被験者の実験における ElementSpace の状態の変化を図 5.2 から図 5.7 に示す。



実
以
マ
/p
室
走
る
な
い
eye
の
心

図 5.2: 実験 1 の被験者 A のタスク開始時点での ElementSpace



実
以
マ
—
eye
の
心
く
い

図 5.3: 実験 1 の被験者 A のタスク終了状態での ElementSpace

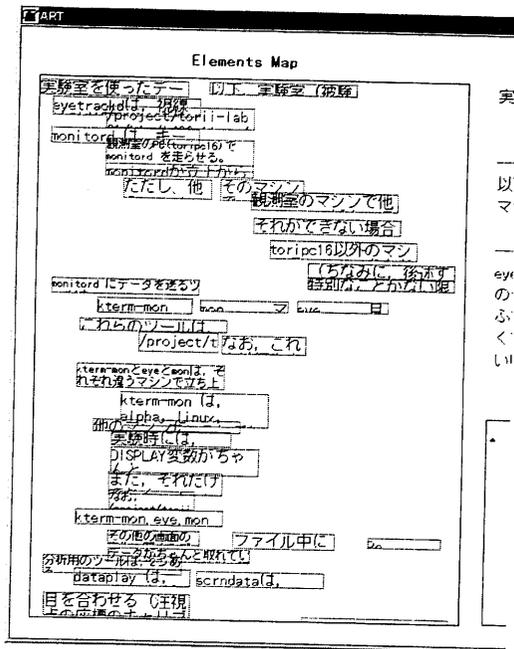


図 5.4: 実験 1 の被験者 B1 のタスク開始状態での ElementSpace

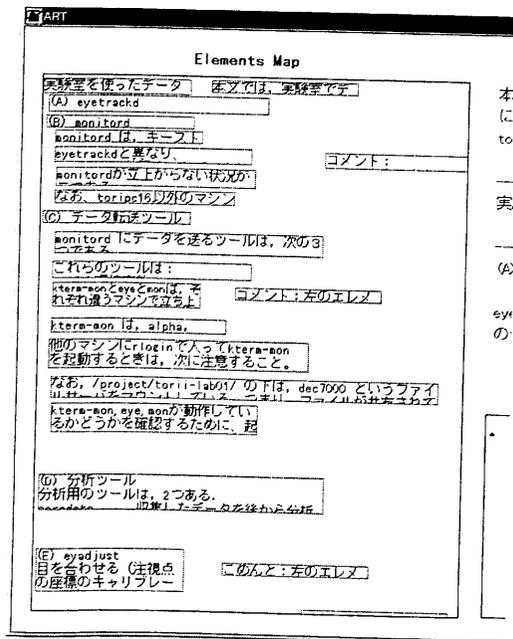


図 5.5: 実験 1 の被験者 B1 のタスク終了状態での ElementSpace

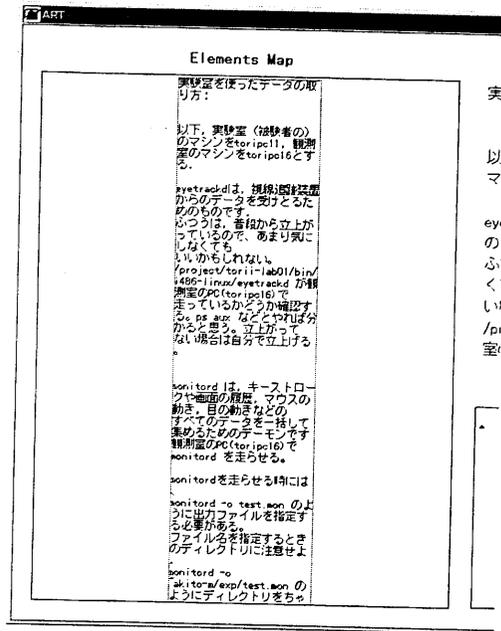


図 5.6: 実験 1 の被験者 B2 のタスク開始状態での ElementSpace

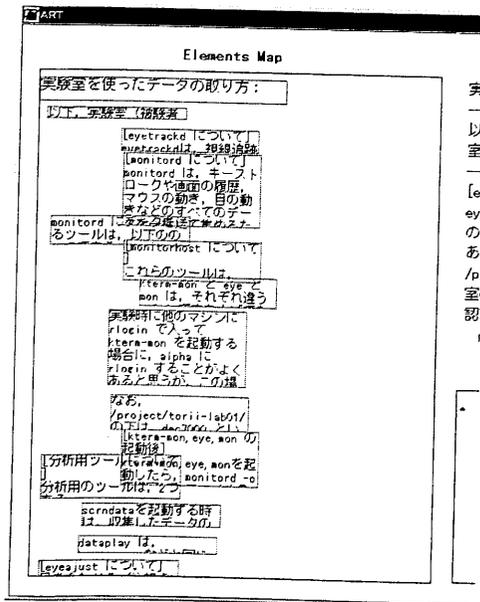


図 5.7: 実験 1 の被験者 B2 のタスク終了状態での ElementSpace

三人の被験者にはタスク実行の時間として 60 分を目安とするよう教示し、必要に応じて 90 分を限度に延長を認めることを伝えておいた。A, B1, B2 が実際のタスク実行に要した時間は、それぞれ 60 分, 70 分, 65 分であった。なお被験者に対し、タスク実行中は自分の思考を声にして出すように指示した。観察実験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 8mm ビデオ録画
- タスク実行後の被験者へのインタビュー

の二種類である。

5.4.2

実験 1 の結果とその分析

本節では、各被験者による ElementSpace の利用の仕方の違い、メタコメントをどのような表現にマッピングしたか、ある表現にはどのようなメタコメントが付加されていたか、という三つの視点から結果を報告する。

5.4.2.1

被験者間の相違

本節では実験中に観察された事柄のうち、各被験者の間の相違点について述べる。各被験者の開始時での被験者 A および B2 は共に一つのエレメントから開始したのに対し、B1 は A が配置した ElementSpace を用いている。また、B1 と B2 は文書の順序は同じであるが、文書が複数のエレメントに分割されているかどうかの違いがある。

まず第一の特徴は、エレメントの配置をおこなうための二次元空間 ElementSpace の利用法についてである。ElementSpace 上に一つのエレメントが存在する状態でタスクを開始した A と B2 は、タスク開始直後からエレメントの分割を頻繁におこない ElementSpace を利用したドキュメントの構造化をおこなう様子が見られた。対照的に、被験者 A によって ElementSpace におけるエレメントの構造化がなされた状態でタスクを開始した被験者 B1 は、ドキュメントの改良を進めてゆく過程でエレメントの結合をおこなう様子が観察された。

また、ElementSpace という二次元空間におけるエレメントの位置情報はすべての被験者が同じ方法で使用したわけではなかった。その使用方法はタスクの実行中に変化が見られた。被験者 A と B1 とにおいては、初めの 10 分ないし 15 分という時間が、一つのエレメントとして与えられたドキュメントを複数のエレメントへと分割してゆくことに主に費やされた。彼らはドキュメントにおいてひとかたまりの意味を有するチャンクとして認識された部分を新たなエレメントとして分割し、ほぼランダムにそれらの配置をおこなった。

タスクが進むにつれ、A は、タイトル、章、セクションといったある粒度レベルのエレメントをレベルごとに左揃えで配置し始めた。被験者 B2 は逆に、エレメントを整列させる様子は見られなかったが、上下方向の位置関係を維持し、ドキュメントにおける順序変更を生じないようエレメントの配置をおこなった。

5.4.2.2

メタコメントの表現に対するマッピング

本節では、被験者の振舞いおよび発話のプロトコルとにおいて観察された「メタコメント」をまとめ、被験者がおこなったそれらのメタコメントの ElementSpace における表現へのマッピングについて述べる。

チャンクとしての情報のエレメント化

被験者は全員、指示を与えていないにもかかわらずドキュメントの分割をおこなった。たとえば、B2 は、ドキュメントを最下部からブラウズし、その中からキーワードを見つけ、その出現頻度からドキュメントの最も後ろの部分を、

“ここは他のところと違う”

と言いながら分割した。そして、分割によって作られた新たなエレメントを ElementSpace の下部方向から順に配置しこれを繰り返した。

エレメントの内容に対する注釈付加

B1 は、自分の手にしたドキュメントの内容に関して疑問を抱いた部分がいくつか存在し、それらに注釈を付加した。その際、「コメントエレメント」として新たなエレメントを作成した。B1 は、この「コメント

エレメント」をそれが関連するエレメントの右側に、上下位置を少し下にずらした位置で配置していた。

不確定度の表現

被験者たちは、

“これは後回し”

“飛ばして後へ”

ということを表現するために様々な方法を用いていた。Aは、不確定度の高いエレメントを ElementSpace の右下隅の領域に配置したり、また、ある程度完成したエレメント群の矩形の左側を揃えることによって、不確定のエレメント群との区別をおこなっていた。B1は、完成したエレメント群の矩形の大きさを変更し、同程度の大きさへと揃える様子が観察された。また、後で編集するつもりのエレメントは、

“こうやっとならば後で分かるかな”

という発話とともに矩形を横に大きく拡大した。

粒度レベルの表現

被験者は三人とも、各々のタスク終了状態においては、ElementSpace でのエレメントの配置はエレメントの内容の粒度に応じて左揃えにしていた。たとえば、章にあたる粒度の高いエレメント群は最も左の位置で揃え、節にあたるエレメント群はそれらよりも少し右側にインデントした位置に配置した。タスク終了時に向かうにつれ、被験者たちは上下方向での関係について空白領域が整理された形になるよう注意を払うようになっていった。

エレメント間の関係の表現

被験者たちは皆、互いに関係があると感じたエレメント群を空間的に近接する位置に配置した。互いに関係があると感じたものの、どのように関連するのが正確には分からなかったエレメント群を、重複部分ができるように配置する様子も観察された。二つのエレメントが論理的に関連することが明らかになった際には、重複するようには決して配置せず、互いに接触するように配置をおこなっていた。

論理的つながりの表現

A は,

“「そうじゃない場合」ってのを表したいなあ”

という、二つのエレメントが互いに代替案であることを視覚的に表現したがつている発話があり、それらのエレメントを矩形の上側を揃え左右に並べて配置した。また、同様の配置方法を

“この三つは並列ですね”

というエレメント内容の並列関係を表現するためにも用いていた。このように被験者 A は、エレメント群の同じ配置方法を異なる論理的意味関係にマッピングしていた。

作業コンテキストの理解

被験者はタスク実行において、作業のコンテキストを見失う様子が観察された。発話として、

“今何やってたっけ”

“今どこ”

“ああ、さっきやってた所がどっか行っちゃった”

といったものがあった。これらは、その瞬間において被験者が作業状況のコンテキストを喪失していることを明らかに示すものであった。

エレメント間の関係に関する注釈の表現

被験者たちは皆、ElementSpace 内に生じてくるドキュメント構造を振り返って確認する様子がしばしば観察された。たとえば、A は ElementSpace の一つのエレメントを配置する際に、エレメント間の関係についての

“これは monitord の話で、で、これは eyetrackd で...”

“これとこれは代替案で、... よし。”

などの発話とともに、既に構造を考慮して配置されたエレメント群をマウスで辿る様子が何度も見られた。被験者たちは、構造、エレメント間の関係、構造についての確定の度合い、などについてのコメントを付加していた。被験者 B2 には、

“コメントを脚注みたいな形で付けてくれると...”

という機能を望む発話があった。

5.4.2.3

表現のメタコメントへのマッピング

前節ではメタコメントから表現へのマッピングについて述べたが、本節ではその逆について述べる。同じ表現に対して異なるメタコメントが付与されていることが観察された。

エレメントの表示サイズ

エレメントを作成する際、デフォルトではそのエレメントにある行数に基づき大きさが決まる。しかし、被験者は表示サイズを変えることにより、メタコメントを表していた。メタコメントとしては、エレメントの完成度や回りのエレメントの大きさとの一致があった。

エレメントの左右の配置位置

エレメントの左右方向の配置は様々であったが、大きく以下の2種類にわかれた。

- 相対的な配置：
コメント、並列配置、粒度レベルなどによる階層配置などは、回りのエレメントの位置に基づき配置していた。
- 絶対的な配置：
不確定度の高いエレメントは `ElementSpace` の右下隅に配置されたが、これは `ElementSpace` 全体に対しての絶対的な位置にエレメントが置かれたと考えられる。

5.4.3

実験結果の考察

観察実験より、被験者は「書いてまとめる」プロセスにおいて、あるエレメントの内容を編集する際に ElementSpace でのエレメントの構造を利用しているということがわかった。これの示唆するものは、「内容」の情報と「構造」の情報の双方に依存して「書いてまとめる」プロセスが進行しているということである。

ElementSpace において、被験者は様々な種類のメタコメントを表現していた。下に、メタコメントとそれを表すために被験者が用いたエレメント配置の特徴をまとめる。図に見られるように、完成度・確定度を表すメタコメントの種類とその視覚的表現形式との間のマッピングは、被験者間で一貫していないだけでなく、一人の被験者のタスク実行中にも異なるマッピングをおこなっていた。その一方で、部分間の関連度を表すメタコメントは、ほぼ共通したマッピングの仕方が見られた。

また、被験者らは、タスク実行の進捗状況を理解するために、注目しているエレメントの大きさや、ElementSpace での整理された状態あるいは散乱した状態というエレメントの配置状況、ElementSpace 上に存在するエレメントの個数、など様々な視覚的情報を利用して、作業がどれくらい進んでいるかの情報を得ていた。

5.4.4

実験1のまとめ

ある被験者は、内容の修正を必要とすると考えたエレメントを ElementSpace の右下隅の領域に配置した。これは、エレメントと空間全体との関係の表現である。別の被験者は『(タスク中の)後で修正するのを忘れないように』と言いながら、いくつかのエレメントを他のエレメントよりもサイズを大きくするように変更した。これは、一つのエレメントと他のエレメントとの関係を視覚的に表現したものである。

また、『完成した』と考えたいくつかのエレメント群を同じ大きさに変更し、配置位置を丁寧に揃える行動や、『関係があるのは分かるがどのような関係かが分からない』と言いながら、二つのエレメントを互いに重なり合うように配置する行動も観察された。これらは、エレメント同士の大きさ、配置位置という視覚的性質に関する表現である。

これまでの実験に参加した被験者からは、ARTのElementSpace上での垂直方向の関係(上から順にエレメントの内容が常に結合される)について不満は聞かれなかった。被験者は、二つのエレメントの垂直方向の距離を様々に変え、二つのエレメントをほぼ水平になるようにしたり大きく上下に離したりしながら、異なる種類の関係を表現していた。エレメントの結合順序の変更のためだけでなく、結合順序に影響を与えない範囲で上下方向の空間を利用している様子が観察された。

このユーザ観察実験[Yamamoto, Takada, Nakakoji 1999]では、書いてまとめるプロセスにおいて被験者が二次元空間を利用する様子およびタスク中に表現される配置の種類に着目して分析をおこなった。その後、新たにART-01を利用したユーザからも概ね肯定的なフィードバックが得られたが、二次元空間配置がインタラクションの手段として内省に役立つという本研究の主張の裏付けとなるには至っていない。

そこで、次節で述べる実験2を実施し、ユーザがART-01の二次元空間とどのようにインタラクションをおこなうのか、そしてReflection-on-ActionおよびReflection-in-Actionをどのようにおこなうのかに着目して分析をおこなった。

5.5 実験 2

実験2では、ART-01を日常的に使用している本学に在籍する研究者一人を被験者とした。書いてまとめるプロセスにおいては、被験者が書いてまとめるプロセスに没頭できるように可能な限り本物性(authenticity)[Hutchins 1994]を持ったタスクが望ましいと考え、被験者自身が作成しようとしているドキュメントをタスクとすることにした。

5.5.1 実験2の概要

被験者がタスクとして用意したものは、被験者がそれまでに研究者仲間とやりとりをおこなった三つのemailメッセージに基づいて研究計画の提案書を作成するというものである。持ち寄ったemailは日本語のもの

も英語のものも含まれていたが、作成する提案書は日本語で記述する必要があった。

タスク実行中の被験者の思考、様子を知るために、実験中は考えていることを発話 (Think-Aloud Protocol) [Ericsson, Simon 1984] するように教示した。ドキュメント構築のような作業は極めて集中力が要求されるタスクであるため、被験者が無意識的に沈黙した場合に敢えて発話を促すことはしなかった。

発話プロトコルの補完として被験者の視線の動きを記録するために、被験者には視線追跡用のデバイスを取り付けた眼鏡を装着してもらい、二台の固定カメラによる三次元計測方式の視線計測装置 (NAC社製非接触アイマークレコーダ ESR-NC) を使用した。なお、被験者がタスクを実行するディスプレイには視線移動に関するデータは表示されない。

被験者が終了したと考えた時点で実験タスクの終了とした。実験後にインフォーマルなインタビューをおこなった。

5.5.2

取得データおよび実験結果

タスクの実行時間は約 52 分であった。取得した実験データは、被験者の発話を記録したビデオ、被験者のディスプレイ映像に被験者の視線位置を示す十字カーソルの加わった実験者用モニターを記録したビデオの二つである。

被験者は、ElementSpace に三つの email メッセージをそれぞれ一つのエレメントとして作成した状態からタスクを開始した。約 52 分間のタスク実行中、被験者は ElementSpace 上に 16 個のエレメントを作成し、そのうち三つを別のレイヤ上に、二つを更に別のレイヤ上に作成した。

タスク実行中の ElementSpace の変化の様子を図に示す。タスク終了時には、11 個のエレメントがアクティブなレイヤ上に配置され、構築されたドキュメントは 265 行、約 3000 文字から成っていた。

5.5.3

実験 2 の分析

本節では、二次元空間配置を利用しながら被験者の内省がどのように生じたかに着目しておこなった分析について述べる。分析にあたっては、4.2.2 節で述べた「状況としての配置」および「行為としての配置」がどのような役割を果たすかに着目し、1) 状況としての配置のパターン、2) 書いてまとめるプロセスにおける配置行為、3) 被験者の視線移動、という三つの項目から分析をおこなった。

5.5.3.1

状況としての配置のパターン

図に示したように、被験者の ElementSpace の利用には、エレメントの配置についていくつかパターンが見られた。被験者は ElementSpace を大きく左右二つの領域に分けて使用していた。左側の領域を『これは重要なところで最終的なドキュメントに使おう』と考えるエレメントの配置場所とする一方、右側の領域を『後で考える必要があるか関係があるかだけど、直接使えるわけではない』と考えるエレメントの配置場所としていた。たとえば図 5.8 の (9) では、左側の領域に並んだ小さなエレメント群は最終的なドキュメントの構成要素となったが、右側の領域に並んだ大きなエレメント群は『これについてはもっと考える必要がある』として扱っていた。

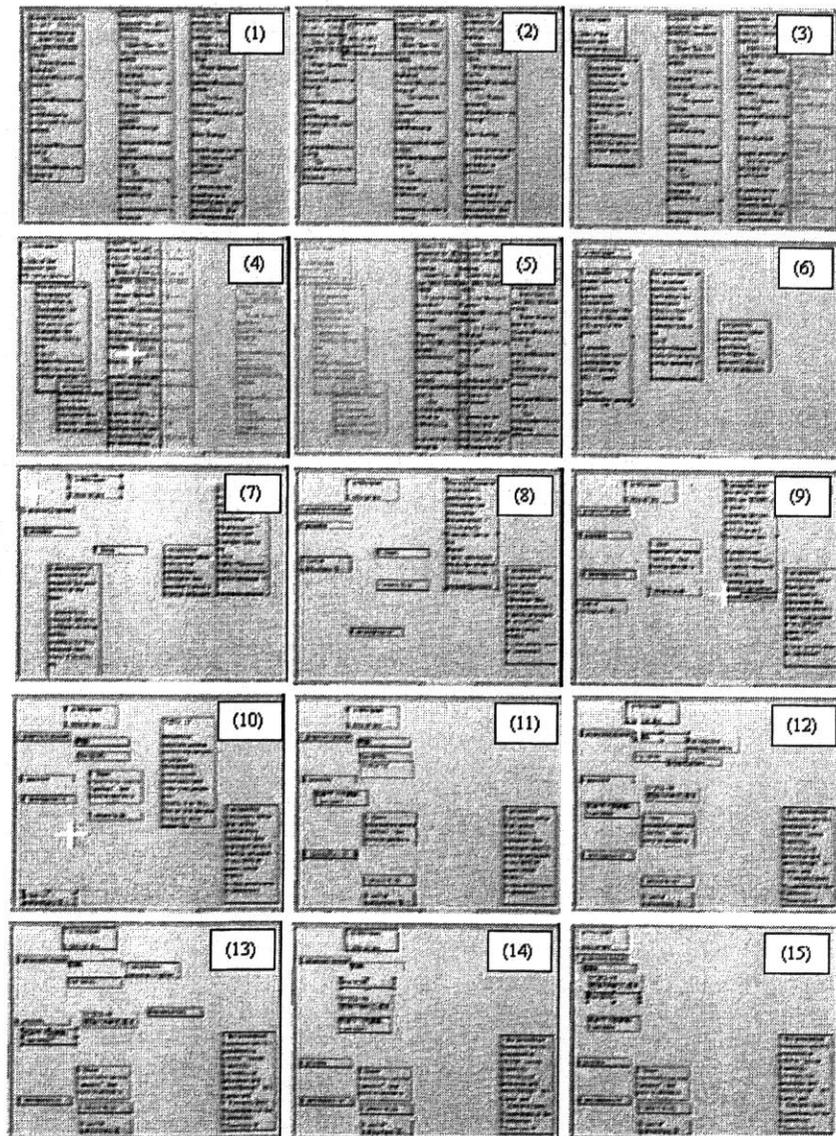


図 5.8: 実験 2 での ElementSpace での配置状況の変遷

そして、被験者は、ElementSpace の左側の領域では垂直方向の位置関係を注意深く決定していたが、右側の領域にあるエレメント群については垂直方向の位置関係を無視して配置していた。これは、左側ではエレメントの結合順序を考慮して配置していたが、右側ではエレメントの結合順序以外の次元での思考(「使う」「使えない」)を視覚的に配置位置と

して被験者自身が表現し、エレメントの結合順序を考慮せずに配置していたことを示す。なお、タスクの終了間際には、被験者は ElementSpace の右側の領域にある大きなエレメントの配置位置を調整し、このエレメントの内容が DocumentViewer 内で適切な順序となつて結合されるようにした。

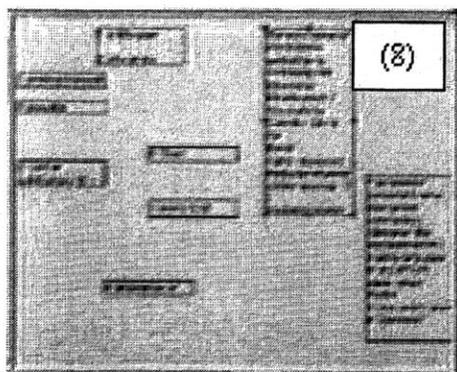


図 5-9: 図 5-8 (8) の拡大

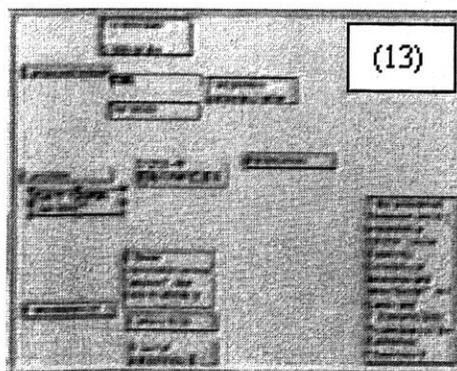


図 5-10: 図 5-8 (13) の拡大

また、左と右とで明確な領域の境界はなく、あくまで被験者の主観的な区切りであった。たとえば図 5.8 の (8) (図 5.9) の右から二つ目の大きなエレメントおよび図 5.8 の (13) (図 5.10) の小さなエレメント群は、ElementSpace の二次元空間内での座標としてはほぼ同一である。タスク終了後のインタビューで被験者にこれらの配置の状況について訊ねた

ところ、図 (8) の大きなエレメントは右から数えて二番目の「かたまり」として配置し、図 (13) の小さなエレメント群は左から数えて三番目の「かたまり」として配置した、と被験者が考えていたことが分かった。

つまり、ElementSpace には明確な境界線は存在しないが、被験者は DocumentViewer に表示される文章の内容と一見矛盾するような、微妙な空間的情報を混乱なく利用していた。タスク実行中に被験者にとっての意味づけが生じ、そして自ら意味づけを途中で変更しても適切に意味を汲み取りながらタスクを進めていったといえる。

5.5.3.2

書いてまとめるプロセスにおける配置行為

ユーザ観察実験中の視線追跡装置からの視線移動データの分析にあたり、被験者が「見て」いたウィンドウを用いてデータのコーディングをおこなった。以下では、ElementSpace を ES, ElementEditor を EE, DocumentViewer を DV, とそれぞれ表記する。

被験者のタスク実行中の発話データとともに視線移動データを用いて、52 分間のタスク実行中に五つのフェーズを見出すことができた (図 5-11)。

- ES-DV-EE-ES サイクル
- ES-EE-ES サイクル
- ES-DV-ES サイクル
- ES-EE-ES サイクル
- ES-DV-ES サイクル

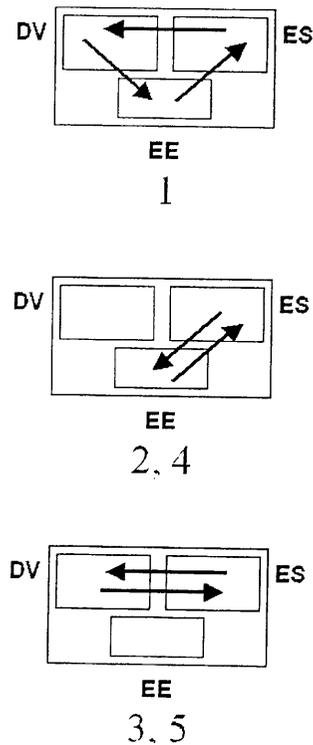


図 5-11: 実験 2 で観察された視線移動パターンの五つのフェーズ

第一のフェーズ (ES-DV-EE-ES サイクル) で被験者は、あるドキュメントの部分の重要な個所を特定し、その個所を新たなエレメントとして作成するプロセスを繰り返した。このフェーズでは、被験者が ES においてエレメントを一つ選択することによって、DV にはそのエレメントの内容に下線を施した形で対応個所を中心にドキュメント全体が表示され、同時に EE にそのエレメントの内容が表示された。その後被験者は DV で下線を施された個所を読み、編集方針すなわちどの部分を新たなエレメントとして作成するか、を決定した。そして被験者は EE 内で「スピンオフ」(切り取って新たに作成する)コマンドを実行し、ES に戻り元のエレメントを選択した。

第二および第四のフェーズ (ES-EE-ES サイクル) では、被験者は EE を用いて実際にテキストの追加や修正をおこなった。被験者は ES でエレメントを一つ選択し、そのエレメントの内容を EE で編集する、という

のが典型的なパターンである。このフェーズでは、被験者はエレメントの内容の一部分を「スピンオフ」することがあり、ES に新たに作成されたエレメントを配置した後に EE に復帰した。

第三および第五のフェーズ (ES-DV-ES サイクル) では、被験者は主にそれまでに書かれたものの現状を理解、把握しようとしていた。被験者は ES でエレメントを一つ選択し DV で下線を施された対応箇所を読んだ後、ES に復帰し隣接する他のエレメントを一つ選択した。

上記の全フェーズにおいてエレメントの配置位置の変更が見られたが、

- エレメントの結合順序が変更される
- エレメントの結合順序は変更されない

という二種類のエレメント移動が共におこなわれていた。これまでに説明したように、DV に表示されるドキュメントの内容は、ES におけるエレメントの上下方向の座標の順である。したがって上下方向座標の相対的位置が変更されない限り、エレメントを移動しても DV に表示されるドキュメントの内容は変更されない。これが前者の場合のエレメントの配置位置の変更である。それに対し、ES におけるエレメントの上下方向座標の相対的位置が入れ替わった場合は、DV に表示されるドキュメントでのテキストの順序が変更される。これが後者のエレメントの配置位置の変更である。

前者のエレメントの結合順序変更を伴うエレメント移動が最も顕著に見られたのは、結合順序変更そのものを目的としたエレメントの移動の際に加え、第一、第二および第四のフェーズにおける新たなエレメントの作成時であった。また、後に作成される他のエレメントの配置場所を確保するために空間を創り出したり、「完成した」ものとしてエレメントを大きく移動したりする際にも見られた。

新たなエレメントの作成に伴う配置場所の決定作業では、Reflection-in-Action をおこなう様子が観察された。被験者はマウスボタンを押したまま (マウスボタンを離さないと配置場所が決定しない)、ES 内の左側の領域で、隣接するエレメントとの比較をおこないながら (視線移動データより)、ゆっくりとエレメントを移動させることがしばしばあった。また、被験者が一つのエレメントを他のエレメントの少し上あるいは下に動かす様子もしばしば観察された。発話データによれば、このプロセ

スにおいて被験者は、隣接するエレメントの内容を参照しながら既に配置されているものを理解しようとしていた。

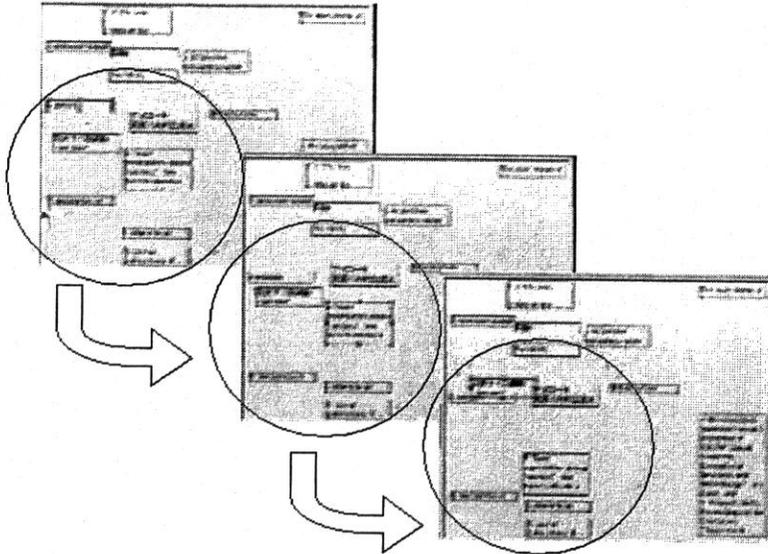


図 5-12: ElementSpace 内でのエレメントの配置位置の変更

後者のエレメントの結合順序の変更を伴わない変更は、第三および第五フェーズの、それまでに書かれたドキュメントの現状を理解、把握しようとする際に顕著であった。図 5-12 に示すように、あるエレメントがその他のエレメントとの関連を「正しく」反映した状態になるように配置位置の変更を、結合順序を変更しない形でおこなう様子が観察された。被験者は図の左下の領域に置かれた複数のエレメントを継続的に移動していた。

5.5.3.3

視線追跡による分析

前節においても視線移動データを用いた分析について述べたが、本節では、時間の単位を小さくしておこなった視線移動データの分析について述べる。図 5-13 に示すデータは、いずれも 10 秒間の視線の移動を示したもので、それぞれタスク開始から 19 分 37 秒後、24 分 20 秒後、36 分

05 秒後からのものである。スクリーンショットの右にあるグラフは、視線が ART のウィンドウのどの部分 (ElementSpace, ElementEditor, DocumentViewer) にどれだけの時間あったかを示すものである。いずれの視線移動データからも、10 秒間という短い時間の間に、ウィンドウの異なる部分に何度も視線が移動していることが分かる。たとえば図 5-13 の場合、平均一秒以下でウィンドウの異なる場所へと視線を移動している。

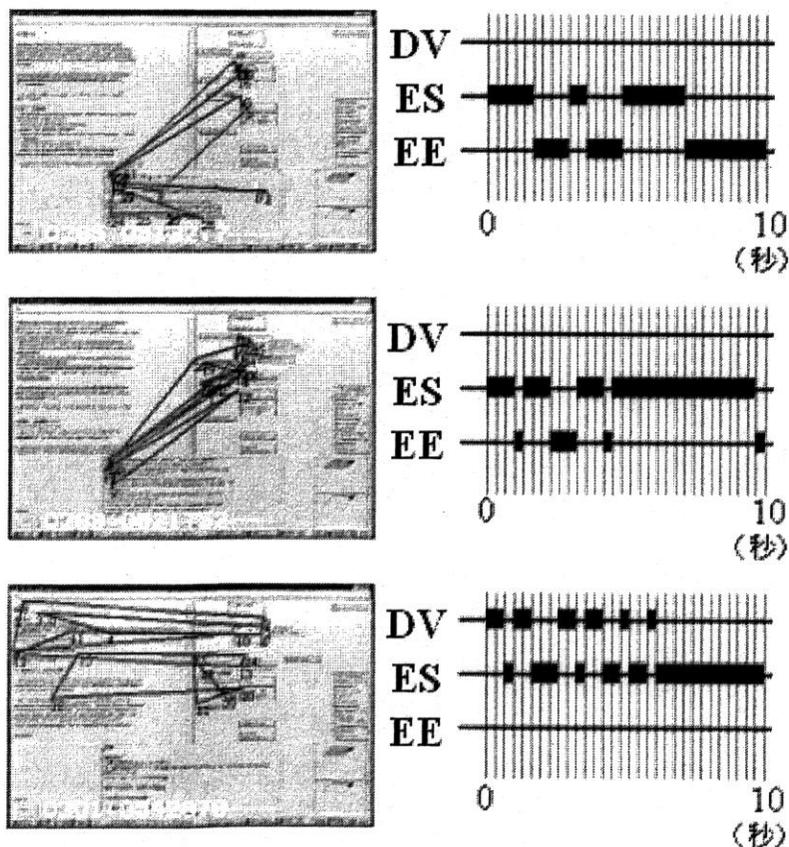


図 5-13: 実験 2 における被験者の視線移動の軌跡

図 5-13 上部に示す視線移動データは、被験者が EE 内でテキスト編集をおこなっている際のものである。図から分かるように、被験者は主として EE を見ているものの ES にも視線を移動させている。さらに被験者は、

ES 全体ではなく他の二つのエレメントだけを見ながらテキスト編集をおこなっている。これは、今編集(しようと)しているエレメントを見失うことなく、そのコンテキストとなるものを確認しているように思われる。それまでに作成し配置したエレメントをコンテキストとして利用して、被験者はエレメントを編集しつつ内省をおこなっているといえる。

図 5-13 中部では、被験者は編集すべきエレメントを見つけようとしていた。被験者は、ES ではエレメントの内容の一部分しか見ることができないので、ES と EE とを交互に見ながら探していた。被験者は ES を見てエレメントを一つ選択し、その内容を EE で検証し、ES に復帰し別のエレメントを選択した。被験者は比較的小さな領域に配置されたある一群のエレメントを繰り返し参照していた。

図 5-13 下部は、被験者がドキュメントの現状を理解しようとした際の典型的な視線移動を示している。被験者は ES と DV とを交互に見て、ES 内のエレメントをドキュメント内の「しおり」のように使用しながら、選択したエレメントの DV に表示される箇所を読んでいた。発話データによれば、被験者はその小さな領域内のエレメント群の間の空間的關係を利用して、ドキュメントの現状を確認しつつ個々のエレメントの役割を理解しようとしていた。

5.5.4

実験 2 のまとめ

ART を利用したユーザ観察実験の分析を踏まえ本節では、「書いてまとめる」作業における二次元空間の使われ方、意味、インタラクションについてまとめる。

ART-01 の提供する二次元空間 ElementSpace の使われ方としては、エレメントの結合順序という「客観的」なマッピングと被験者自身の「主観的」な区切りによる微妙な空間情報の利用とが共存する配置パターン、および「主観的」な区切りの変化が観察された。そして被験者はその両者を混乱することなく共存させつつ Reflection-on-Action をおこなうことができていることが分かった。

また、配置行為および視線移動の観察から、エレメントの結合順序を変更するときだけでなく、順序の変更を伴わない場合のエレメント移動に

においても、被験者が配置行為を通してコンテキストを保持しつつ Reflection-in-Action をおこなうことが分かった。

5.6

本章のまとめ

本章では、基本的な情報創出プロセスの一つである「書いてまとめる」作業を支援することを目的に、本研究の情報創出支援のためのアプローチである Representational Talkback の増幅 (Amplifying Representational Talkback) に基づいて構築したツール ART-01 をについて述べた。

支援システム ART-01 を用いておこなったユーザ利用観察実験から、書き手がドキュメントを構築する際に、ドキュメントの内容そのものに直接の関係を持たないがドキュメントの状態や構造に関連する情報 (メタコメント) が存在することが明らかになった。

ユーザ観察実験の分析を通して、そのようなメタコメントの付加の表現の仕方、書き手がそこに埋め込み書き手がそこから読みとる「意味」は書き手によって異なるだけでなく、同一の書き手においても適宜、表現と意味とのマッピングを探りながらドキュメントを構築してゆくことが分かった。そして、状況としての二次元空間配置 (空間配置されたオブジェクト群) が創り手の Reflection-on-Action を支援し、行為としての二次元空間配置が創り手の Reflection-in-Action を支援することを示した。

次章では、情報創出の対象領域として、日常的に作成される手描きのメモを画像として取り込みそれらにアノテーションを付加することによってメモ群をまとめる、という作業を取り上げ、支援システム ART-02 について述べる。

6

ART-02: メモへのアノテーション付加の支援

アイデアを着想したときに書き留めたり、また複数人で会議やミーティング、打ち合わせに参加しメモをとったりという作業において、アイデアや計画などを紙とペンとを用いて作成する作業は日常的に広くおこなわれている。

このような作業は、携帯情報端末 (PDA; Personal Digital Assistant) と呼ばれる小型のコンピュータデバイスやストロークデータを記録することのできるペン型の特殊なデバイスといったものが一般消費者向けに市販され急速に普及しつつある現在においても、頻繁に見られるものである。

また、紙とペンとを用いて作成したメモをスキャナを用いてコンピュータシステム上に取り込み、作成されたメモを見ながら、会議の様子をまとめる報告書を作成したり自分のアイデアを整理したりする作業もまたよくおこなわれる。デジタルカメラやスキャナが普及するにつれて、手描きのメモの有効活用の幅が次第に広がりつつあるといえる。

ART-02 では、これらの「メモからドキュメントへ」というプロセスを支援するため、エレメントとして画像を貼り付ける機能を ART-01 に追加した。以下では、ART-02 が支援の対象とする、メモ群を基にそれらを一つのドキュメントとしてまとめる作業について述べ、続いて ART-02 のデザインとツールの構成要素について説明する。

6.1

対象とする問題領域

メモを取るという活動は、人間の知的活動において最も頻繁におこなわれる思考の外在化活動の一つであるといえる。メモあるいはノートとして表現されるものは自ら一人で何かについて考える際にもおこなわれ

るとともに、会議やミーティングといった複数人による何らかの協調作業や共同作業においてもおこなわれる。

単独の場においても複数人の場においてもおこなわれるメモ書きは、その状況の多様性にかかわらず共通する性質を有する。後に必要となるであろうものを記録したり記憶の手助けとして使用したりする点である。

このような、紙とペンを用いた手描きメモ作成の最も大きな利点は記録が非常に手軽である点である。この手軽さに寄与するのは、ある一定の面積の紙において、何かを書き加える際に書く場所、書き方といったことに何の制限もないことである。この制約のなさに起因して、思いついたことを即座に記録することができ、その際の認知的負荷は非常に小さなものであるといえる。

しかしながら、そのようにして制約の少ない状況下で記録されたメモがある程度蓄積した段階になると紙とペンによる利点は相殺され始める。たとえば、ある一つの会議で記録されたメモが数枚あったときに、それをもとに報告書や意見書といったある程度形式化された何らかのドキュメントを作成する際には、メモの管理や記録された内容の再利用といった点で問題を生じ始める。最終的には、そのメモ書きを参照しつつ、テキストエディタなどを利用してきちんとした文章化がおこなわれることになる。

一方、多くのコンピュータツールは、携帯可能な小型の携帯情報端末が急速に普及しつつあるとはいえ、紙とペンを凌駕するまでには至っていない。その理由は、2.2.2 節で述べた、アクティブリーディングのための情報端末の設計において読み手のとることのできる姿勢などの人間工学的な要素を考慮しなければならない [Schilit et al. 1999] ことと同一の問題を内包していることが指摘できる。また、紙の上で描く際にはほとんど気にすることのない「絵」と「文字」の区別を、何かを書く「前」に要求されることも理由の一つとなるであろう。建築設計者の多くが CAD システムなどのコンピュータツールをデザインの初期段階においては使用したがない [Lawson 1994] のと同様の理由である。

次節では、このような紙とペンを用いた記録や記憶のための外在化表現と最終的な報告書などの何らかのドキュメントとをつなぐプロセスを支援するためのシステムについて述べる。

6.2

支援ツールのデザインと構成

ART-02 システムは、前章の ART-01 の構築および実験に基づいたもので、画像を二次元空間に配置する機能を追加したシステム [Yamamoto, Reeves, Nakakoji 1999] である。

6.2.1

支援ツール開発の背景と動機

支援ツール ART-02 の目的は、メモ書きおよびそれを含む知的活動を支援することである。システムの狙いは、物理的に作成されたメモ群を素材としての情報ユニットとして利用し、メモ作成時のコンテキストを把握しつつ何からのドキュメントという情報プロダクトを構築してゆくプロセスを支援することである。

システムの典型的な使用は、メモ群を二次元空間 ElementSpace に配置することから始まる。配置されるメモ群は、書き手がまとめようと考えているものであり、携帯情報端末を用いて画像として描かれたメモや紙とペンとで描かれた後にスキャナなどで画像化したものを想定している。

メモを画像としてシステムに取り込むのに続いて、書き手はメモ画像にアノテーションを施すことができる。このアノテーションは、メモに走り書きされた文字列をきちんとした文章にしたもの、当該メモに描かれた内容を説明するテキスト、あるいはメモを作成した時点での思考やアイデアを想起しテキストとして表現したもの、などである。

6.2.2

提案するシステムの概要

ART-02 システムは、様々な知的活動のおこなわれる様々な状況で日常のおこなわれるメモ書きという活動を、メモ書きそのもののプロセスではなく、関連するメモ群が収集された後のプロセスを支援することを目的として構築されている (図 6-1)。

したものに関しては、メモ画像という情報ユニットとそれに対するアノテーションという情報ユニットという両者を合わせたものを一つのエレメントとして扱うものとした。

続いて、本ツールの個々の構成要素について述べる。

6.2.3.1

ElementSpace

これは、ART-01 システムでの ElementsMap 同様に、エレメントを自由に配置することのできる二次元空間である。本システムでは、テキスト断片に加え、メモ画像をサムネイル画像としたものも一つのエレメントとして配置することのできる空間である。

ElementSpace 内でエレメントを選択することにより、ART-01 の ElementSpace と同様に、選択されたエレメントのテキスト情報の変更、修正といった編集作業をおこなうことができる。エレメントのテキスト情報は、ART-01 と同様のテキストのみからなるエレメントのテキスト情報、および、個々のメモ画像に施されたアノテーションの二つの場合がある。

6.2.3.2

ElementEditor

ART-01 システムでの ElementEditor は、テキスト情報である個々のエレメントの内容を編集するためのテキストエディタであった。ART-02 システムでの ElementEditor は、ART-01 の、コピーやペーストといったテキスト編集機能を備えたテキストエディタに加え、上記の ElementSpace に配置するメモ画像を表示する画像ビューアの部分も備えている。

ElementEditor のテキストエディタ部分では、ART-01 と同様のテキストによるエレメントの作成や ElementSpace で選択されたエレメントの内容の修正、および、ElementSpace に配置されたメモ画像に対してのテキストによるアノテーションの新たな付加および修正をおこなうことができる。

ElementEditor の画像ビューア部分では、ElementSpace において選択されたサムネイル画像化されたエレメントの元のメモ画像を表示する。これにより、システムに取り込んだメモ画像を閲覧することができる。

ElementSpace において、テキストのみから構成されたエレメントが選択された場合は、この画像ビューア部分には何も表示されない状態となる。

6.2.3.3

DocumentViewer

DocumentViewer においては、ElementSpace 内に配置されたエレメントの持つテキスト情報を ElementSpace の上下方向の軸に沿って一列に結合した形で表示するという点は、ART-01 の DocumentViewer と同様である。また、ElementSpace において選択されたエレメントに対応するテキスト情報が表示されるまで自動的にスクロールする点も同じである。さらに、ElementSpace におけるエレメントの上下方向の位置関係の変更が即座に DocumentViewer での表示のための結合順序に反映される点についても、ART-01 の場合と同様である。

ART-01 での DocumentViewer と異なるのは、両システムにおけるエレメントの取り扱いの差異に基づくものである。ART-02 では、個々のメモとそのメモ画像に対するアノテーションとを合わせて一つのエレメントとして取り扱うので、DocumentViewer には、テキストのみのエレメントの場合は、そのエレメントの内容が表示され、メモ画像とアノテーションとがセットになったエレメントの場合は、そのアノテーションが表示される。

6.2.4

システムの提供するインタラクション

ART-02 システムの利用は、まず初めにユーザがまとめようとしているメモを画像としてシステムに取り込むことから開始される。メモ画像へのシステムへの取り込みは、ART-02 のメニューからファイルを指定することにより一つずつおこなわれる。画像ファイルを一つ指定するごとに、マウスのフォーカスは ElementSpace へと移り、二次元空間へと配置可能な状態になる。

複数のメモ画像が ElementSpace において、メモ画像を一つ選択すると元の画像が ElementEditor の画像ビューア部に表示され、その下のテキストエディタ部でアノテーションを施すことができる。このアノテー

ションは、ElementSpace 上での選択エレメントに対応する部分が DocumentViewer において表示される。

6.3

本ツールと関連する研究

本ツールにおいて支援の対象としている、メモの有効利用という目的を共有し、支援のアプローチとして空間配置を利用したシステムとして En Passant 2 [Aihara, Hori 1998] がある。

En Passant 2 は、日常作成されるメモをスキャナを用いて数週間から数ヶ月といった長いスパンで蓄積してゆくということを前提に構築されている。En Passant 2 では、システムの利用者が個々のメモに付加したインデックスとそれとは別に利用者が宣言したインデックスとを用いて、システムがメモの類似性を計算し空間配置して提示する。

En Passant 2 では、過去のメモをシステム使用時の思考に合わせた形で利用者に提示するが、本研究の ART-02 は、まとめようとする素材となるメモは利用者自身が決定しシステムに取り込む、という点が大きな相違点である。空間配置の利用という点では共通しているものの、個々のメモの配置の状況がシステムによって生成されたものであるのか、利用者自身がメモをまとめる上で配置の状況を刻々と変化させていくのかという違いである。

本研究では、システムが何からの視点からオブジェクトを空間配置し利用者に新たな視点を気付かせたりアイデアを着想したりといったことを支援するのではなく、空間配置を利用者がおこなうこと自体が情報創出の支援において重要であるという立場をとっている。

また、デザインラショナルに関する一連の研究 [Moran, Carroll 1996] においては、リンクや図的表現などを用いて、内省に有用な表現が追求されている。デザインラショナルとして典型となるのは、デザイン案の選択においてどれを選択するのかに関して、また、個々の選択肢や代案についての賛成あるいは反対の意思表示に関して、言語化し記述するものである。

そのようなデザインラショナル支援ツールにおけるメカニズムによって、デザイナーは、デザインの進化の履歴やデザインタスクの進捗の過程といったものを理解するための認知的表現を提供される。しかしながら、それらの支援は時間的に長期にわたるものを対象とし、多くのデザインラショナル支援システムでは、デザインセッションの終了後にそのラショナル、デザインの根拠といったものを外在化し記録することになるが、このようなツールにおいては、システムにおいてア priori に定義された属性や関連付けに従いながら作業が進められ、その表現は言語化されたテキストによるものに限定されている。

本ツールは、テキストによって表現することによって、履歴や進捗過程といったものの理解を支援しようとする点では、デザインラショナル支援ツールと似通っている。異なる点は、本ツールが、前もって作成されているメモを情報創出の素材として扱い、まとめや報告といった新たなものを生み出す作業を過度の明示化を要請することなく支援しようとするのに対して、デザインラショナル支援ツールが、終了したデザインセッションに関して、明示的な関連や属性を利用しながら構造化しているところである。

これらのシステムはいずれも二次元空間にチャンク化したテキストを配置しているが、ゴールはそれらの断片的なテキスト間の関係の明確化である。それに対して、前章でも述べたように、本研究では二次元配置を思考のための手段とみなし、配置した空間上の状況そのものを創るべきプロダクトとしては扱っていない。

6.4

本章のまとめ

本章では、メモ書きという知的活動に偏在するといっても過言ではない活動を ART アプローチの適用問題領域の一つとして取り上げた。

前章での ART-01 では、二次元空間へと配置されるエレメントの単位性は書き手に依存しているものであった。すなわち書き手が一つであると思うところのものがエレメントとなり、一つのエレメントを二つに分割したり、また逆に複数のエレメントを結合して一つのエレメントとしたり、ということが可能であった。

本章で取り上げた ART-02 システムでは、物理的世界において作成されたメモの特性を生かし、メモ画像から作成されたエレメントについては、エレメントの単位性は所与のものとして取り扱った。メモ画像から作成されたエレメントに関しては、そのため一つのエレメントの分割および複数のエレメントの結合という操作は備えていない。

次章では、実験ビデオデータ分析の初期段階を支援するためのマルチメディアデータを取り扱うシステム ART-03 について述べる。ART-03 でのエレメントの扱いは ART-01 と ART-02 の二つの捉え方の中間である。つまり、断片化するビデオデータの時間的長さという点では ART-01 と同様にユーザが思うところをエレメントとすることができ、そのビデオデータ断片の実験データ中での時間的位置という点では、ART-02 のように所与のものとして変更不可能となっている。

7

ART-03: 実験ビデオ分析タスクの支援

ソフトウェアユーザビリティのテスト，実証的ソフトウェア工学 (Empirical Software Engineering)，あるいはユーザ評価，といった局面において，実験者は様々な種類のデータの収集をおこなう．そのようなデータを理解するには，発見と確認のサイクルを繰り返しながら認知的負荷の要求される定性的分析が必要である．実験者がデータの重要な部分を発見，収集，蓄積，共有する作業を支援するためのコンピュータツールが必要である．このような作業を支援するため本研究では，ART-03 という，空間配置をそのインタラクションの枠組みとして利用したツールの設計および構築をおこなった．

本章では，実証的なビデオ分析タスクの初期プロセスの性質について議論し，そのようなタスクを支援する際の要件を特定する．ART-03 システムのインタラクションモデルとしては空間配置を利用する．このインタラクションモデルは，これまでの書いてまとめるプロセスを支援するテキスト編集ツール ART-01 システム，およびメモへのアノテーション付加支援ツール ART-02 システムの構築の経験に基づいている．なお，以下では簡単のため，実験のデザイン，実施，結果の分析をおこなう人間を実験者と呼ぶ．

ユーザ観察実験や，ユーザレポートなど，ビデオを用いて情報収集することが少なくない．広く普及しつつあるビデオ編集ツールは，その多くが一本のビデオを作品として生成することを主目的としており，いくつものビデオクリップから重要と思われる事柄を認識し，それをまとめるようなツールの必要性は依然として存在する．また既存のビデオ分析ツールでは，機能の多くが自動キーフレーム認識といったビデオ画像の分析に割かれ，肝心のユーザが理解したことを徐々に構築するといったプロセスの支援はあまりおこなわれていない．

ART-03 では，ユーザ観察実験などで得られたビデオデータを，自由に分割し二次元に配置することによりそのビデオクリップに対するアノテーションをおこない，またテキストアノテーションも付加することによって，ユーザ実験などの結果の整理や観察のプロセスを支援する．

以下では、実験ビデオデータ分析というタスクの性質について述べ、そのようなタスクの実行を支援するための要件を挙げる。続いて、空間配置を用いた ART-03 システムおよびそのインタラクションモデルについて述べる。このインタラクションモデルは、書いてまとめるプロセスを二次元空間を用いて支援するツール ART-01 を用いたユーザ観察実験の結果 [Yamamoto, Takada, Nakakoji 1998] [Yamamoto, Nakakoji, Takada 2000] に基づいている。関連研究について述べた後、本章をまとめる。

7.1

対象とする問題領域

ソフトウェアユーザビリティテスト、実証的ソフトウェア工学、あるいはユーザ評価、といった局面において、実験者は実験タスクの前、最中、後に被験者と実験タスクの実行に関して様々なデータを収集する。

タスク前に収集されるデータの例としては、実験前のアンケートや被験者のプロファイリングやインタビューといったものを挙げるができる。被験者がタスクを実行している間には、被験者がソフトウェアを使用しているコンピュータディスプレイのビデオ録画、タスク実行中の被験者の話す内容の録音や振る舞いの録画、マウスやキーボードからの入力データの記録や脳波のような生体情報を記録したりする。タスクが終了した後に収集されるデータとしては、実験後の被験者に対しておこなうインタビューが録音あるいは録画されたり、実験後のアンケートをおこなったりする。

そのような様々な種類のデータの中で、最も重要な情報ソースとなるのは実験中に収集されるデータ類である。実験前あるいは実験後に収集されるデータとは異なり、実験中に収集されるデータは、生じた一つの事象についての同期的なタイムスタンプを有する記録であり、複数の機器をデータソースとして同時並行的に取得される。このような複数のデータソースからデータを取得することによって、実験中の被験者の振る舞い、思考、メンタルな状況といった事柄を多角的視野から分析することが可能となる。

タスク実行中に収集されるこのようなタイムスタンプを有するデータは、通常データソース毎に独立に収集されるが、これらは本質的には相

互に依存した関係にあると言ってもよい。そのようなデータを分析する際には、統計的分析手法を適用して分析をおこなうことも可能であるが、データによっては、実験者が発見と評価のサイクルを繰り返しながら認知集約的な定性的分析をおこなうことが必要とされる場合が多くある [Mackay, Beaudouin-Lafon 1998].

このようなデータの多くは、タスク実行中の様子をビデオ録画によって記録、収集したものである。計算速度の向上や記録メディアの大容量化、データ圧縮技術の進展といったことによって、一般のパーソナルコンピュータレベルのシステムの上で分析をビデオデータの分析をおこなうことが可能になりつつある。

しかしながら、ビデオデータを取り扱う既存のツールの多くは、一つの映像作品やビデオクリップを生成するためのビデオオーサリングツールであったり、ユーザがビデオの内容を理解するためやビデオクリップを素早く閲覧するためのビデオサマリーツールであったりする。それらのツールは実験者のビデオ分析タスクの支援に適合したのではなく、ユーザすなわち実験者がビデオ録画された実験セッションにおいて興味深い事象や生じている事柄についての理解を深めることを目指したものではない。

実証的な研究におけるビデオ分析とは、実験中に何が起こっていたのかを理解することである。特に分析の初期段階においては、実験者は、タスク実行中のどの部分が重要であるのか、実証的な仮説を構築するためにどこを観察すればよいのか、あるいはその仮説を立証するためには何を観察すればよいのか、といったことを理解し発見しなければならない。そのためには、実験をおこなう研究者や実務者がデータの重要な部分を発見、収集、蓄積、共有することのできるコンピュータツールが欠かせない。

本研究のアプローチは、インタラクションの枠組みとして二次元空間配置を採用したコンピュータツールを用いて、そのようなビデオ分析プロセスを支援するというものである。このための支援ツール ART-03 では、ユーザが、動画ファイルの任意の部分を切り出して二次元空間に自由に配置することを可能とした。この配置行為によって視覚的なアノテーションとして表現することを通して、ユーザは、ある動画セグメントを他の動画セグメントと関連していることを表現したり、仮説を支持する動画セグメントを特定したり、より詳細な分析を要する動画セグメントを特定したり、といったことが可能となる。さらに、ART-03 では、ある特定のタイムスタンプを共有する動画セグメントを他の動画ファイ

ルから抽出し同時再生することができ、個々の動画セグメントに対しユーザはテキストによるアノテーションを付加することができる。

7.1.1

CAESE 環境

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科ソフトウェア計画構成学講座においてコンピュータ支援実証的ソフトウェア工学 CAESE (Computer-Aided Empirical Software Engineering) [Torii et al. 1999] のための環境に関して研究がおこなわれている。CAESE とは、データの収集や分析といった実証的研究プロセスの多岐にわたる側面の支援を目的とした実証的ソフトウェア工学のための統合環境である。その基本的アーキテクチャは、データ転送、データ記録、データ再生、データ表示、データ分析に関する各コンポーネントから構成される。

CAESE が現時点で扱うことのできるデータの種類には、マウスおよびキーボードからの入力データ、被験者の視線データ、三次元空間での位置移動、およびビデオテープなどがある。本章で述べるシステムは CAESE のデータ分析コンポーネントの一部となっている。システムのアプローチは、実験データ分析の対象となる動画や他のマルチメディアデータがすべてタイムスタンプを付加されていることを前提としている。

以下では、CAESE 環境を前提とし、ビデオ分析タスクの特徴について述べ、そのような特徴を有するタスクを支援するための要件を特定する。

7.1.2

ビデオ分析タスクの特徴

ユーザビリティのテストや実証的ソフトウェア工学において、ビデオ録画はコンピュータスクリーンのみならず被験者の振る舞いを記録するのに効果的なメディアである。そのようなビデオは以下に挙げるような機器あるいは状況を記録するために使用される：

- 被験者がタスクを実行しているコンピュータの画面
- 被験者のタスク実行中のプロトコル、表情、振る舞い

- 被験者の視線位置が表示される実験者用コンピュータの画面

これらのビデオデータは通常、コマンド系列、キーストロークデータ、捕捉された三次元空間での被験者の位置移動、脳波や皮膚抵抗値といった生体情報など他の種類のデータと並列に記録される(図 7-1).

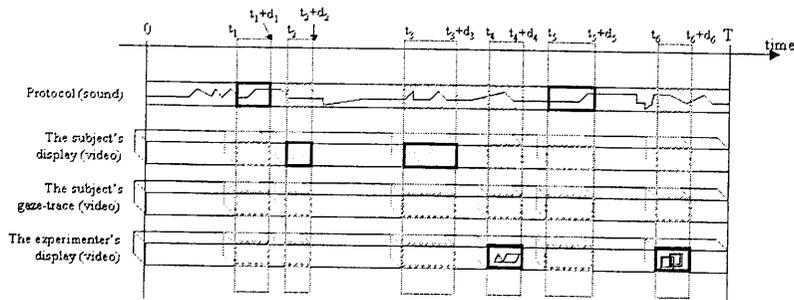


図 7-1: 実験データ分析タスク

ビデオ録画されたそのような実験データは、日常生活の一場面(たとえば観光や家族旅行)をビデオ撮影したものや教育用インストラクションビデオなどの他のビデオとは異なり、以下に挙げるようないくつかの特徴的な性質を有している;

1. 実験ビデオデータはすべてタイムスタンプを刻印されており、他のビデオデータあるいはキーストロークのような他のデータと並列に記録されている;
2. 実験ビデオデータは一旦記録された後に編集や追加がおこなわれることはない。記録された実験セッションはその状態のまま理解されるべき実験結果である。実験終了後にビデオ内容の変更や追加がおこなわれる対象ではない;
3. 実験ビデオデータはビデオを閲覧する人間のために何らかの意図をもって何らかのも目的のために作成されたものではない。実験ビデオデータは、閲覧する人間すなわち実験者が実験中に生じた事象について発見し理解する手助けとなるべきものであり、どの部分が重要でどの部分に興味深い出来事がビデオデータに記録されているのかについては誰も知っているわけではない。このことは、教育用の

ビデオが何らかの目的のために作成されているのと比較すると対照的である；そして、

4. 実験ビデオデータを記録する目的は、最終的には何らかの知見や発見を生成することである。そのような知見は明確な形で表現されるべきものであり、他の研究者あるいは実務者との間で共有されうるものである。このことは、ミュージックビデオなどの映像作品を鑑賞した人間が知見などを報告する必要がないことと比較すると対照的である。

以上のようなビデオ分析タスクを支援するツールでは、それゆえ、ユーザが、マルチメディア素材としてのビデオデータを利用しながら非常に知的な活動に従事することができなければならない。また同時に、ツールは、実験分析中のユーザすなわち実験者が何を発見し何を理解したのかといったことを表現し記録することの支援をおこなわなければならない。

7.2 支援ツールのデザインと構成

本章で提案する ART-03 システムのインタラクションモデルは、5章で述べた ART-01 システム [Yamamoto, Takada, Nakakoji 1998] [Yamamoto, Nakakoji, Takada 2000] および6章で述べた ART-02 システムのアプローチに基づいている。

ART-01 システムでは、情報ユニットの単位として書き手が一つのものとして考えるテキスト断片を一つのエレメントとして二次元空間に配置することのできる機構を備えている。何をもちエレメントとするかは書き手が一つであると考えるものに依存するものであるので、フレーズであったり文やパラグラフ、それ以上に長いテキストであったりする。ART-02 システムでは、それに加えて、手描きのメモを画像として情報ユニットの単位とし、またメモ画像に対してアノテーションを付加することができるようにした。本章で述べる ART-03 システムでは、情報ユニットとしてユーザが断片として切り出すビデオデータを採用するとともに、断片化されたビデオデータ間の時間的な位置関係は変更不可能なものとして保持することとした。

7.2.1

支援ツール開発の背景と動機

実験分析タスクの間、実験者は what-if games とでも呼ぶべき試行錯誤を繰り返しおこなう。実験ビデオデータのある部分を見ながら実験者が新たに仮説を設けることもあるであろうし、同一のタイムスタンプを有する他の種類のデータや同一のビデオデータの他の部分を見ながら仮説を検証することもあるであろう。このプロセスはかなりランダムに繰り返し起こるものである。仮説の生成、そして検証、というペアが一つずつ連続におこなわれるわけではない。むしろ、これらの複雑な認知プロセスは並列して生じると言えるだろう。

図 7-1 に示したように、このプロセスにおいて、実験者は複数の情報ソースから興味深い部分を特定してゆく。たとえば、被験者のプロトコルを記録した音声データや被験者のコンピュータ画面上や被験者の視線の動きを記録したビデオ、あるいは、実験者用コンピュータの画面に表示されたものを記録した別のビデオ、といった具合である。これらのデータはそれぞれタイムスタンプを付与されており同期可能である。

シナリオを用いて以下に説明する。実験開始時点（時刻 0）から実験終了時点（時刻 T）までをタスク実行時間とする。実験者が被験者のプロトコルに興味を抱き、その音声データの対応部分が時刻 t_1 から始まり時間 d_1 の間継続するものであったとする。そして、実験者がその時間幅の間（時刻 t_1 から時刻 t_1+d_1 ）にどのようなことが起こっていたのかを検証する必要が生じ、他のデータソース（たとえば、被験者のディスプレイを記録した動画データ）の時間的に対応した部分を分析する。図 7-1 に示すのは、このようにして実験データ分析のタスクにおいて実験者が実験データ計六つの部分を興味深いものとして抽出した状態である。

実験ビデオデータ分析のタスクを支援する際の要件を以下にまとめる。

1. ある一つのマルチメディアデータのソースの任意の部分に注目（たとえば、時刻 t_1 と時刻 t_1+d_1 の間になされた被験者の発話を記録した音声データ）
2. 注目したデータソースの一部と他のマルチメディアソース（たとえば発話プロトコルの音声データに対応する部分の被験者の視線追跡ビデオデータ）との比較

3. 注目したデータソースの一部分と同一のタイムスタンプを共有した他のデータの部分（たとえば、時刻 t_1 と時刻 t_1+d_1 の間の実験者用コンピュータのディスプレイの動画データ）の抽出
4. 実験データとして取得された全体の事象を理解するための複数のデータソースの複数の部分の概観
5. 必要とされる部分へのアノテーション
6. 実験データから見出された事項を他の実験者と共有するための機構

続いて、上記の要件に基づいて設計した ART-03 システムについて述べる。

7.2.2

提案するシステムの概要

上記の ART-01 システムでのインタラクションモデルを、ART-03 システム (図 7-2) においても採用し、実験データ分析をおこなう実験者を支援するためのものとした。ART-03 システムは、主要なコンポーネントとして ElementSpace, ElementEditor, DocumentViewer, そして ElementSpace を補助するコンポーネントとして SequenceViewer という四つの部分から構成されている (図 7-3)。

ART-03 システム [Yamamoto, Aoki, Nakakoji 2000] [Yamamoto, Nakakoji, Aoki 2000] のユーザは、ElementEditor を用いて元の動画データの任意の部分を抽出することにより、実験で取得された動画データの任意の部分にアノテーションを施すこと、そしてそれらの任意の部分を ElementSpace という二次元空間へと配置することができる。ART-03 システムの DocumentViewer は、断片として切り出されたマルチメディアデータを対応するアノテーションとともに一つのドキュメントとして結合した上で表示する。

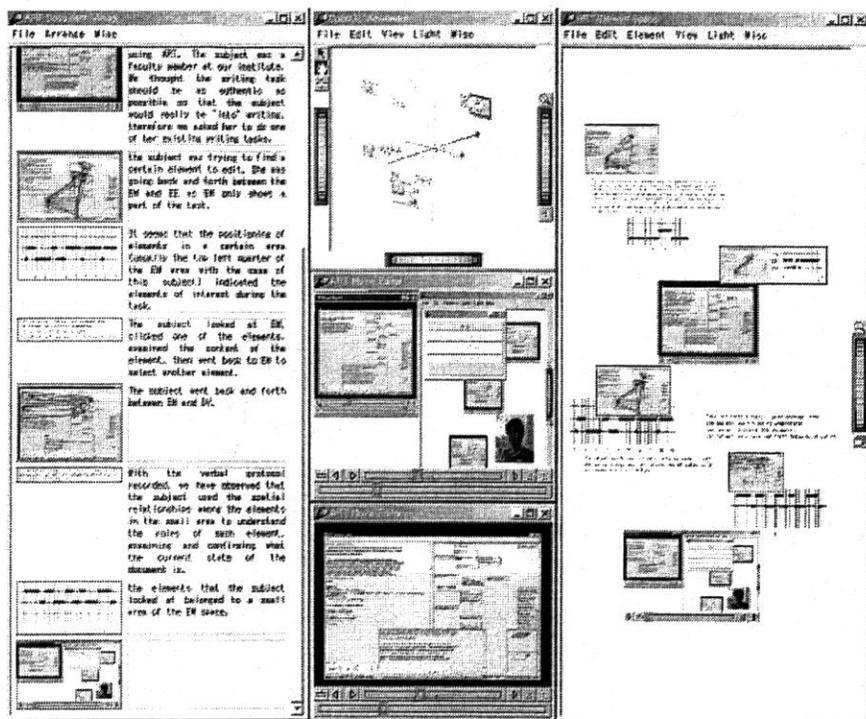


図 7-2: ART-03 システムのスクリーンイメージ

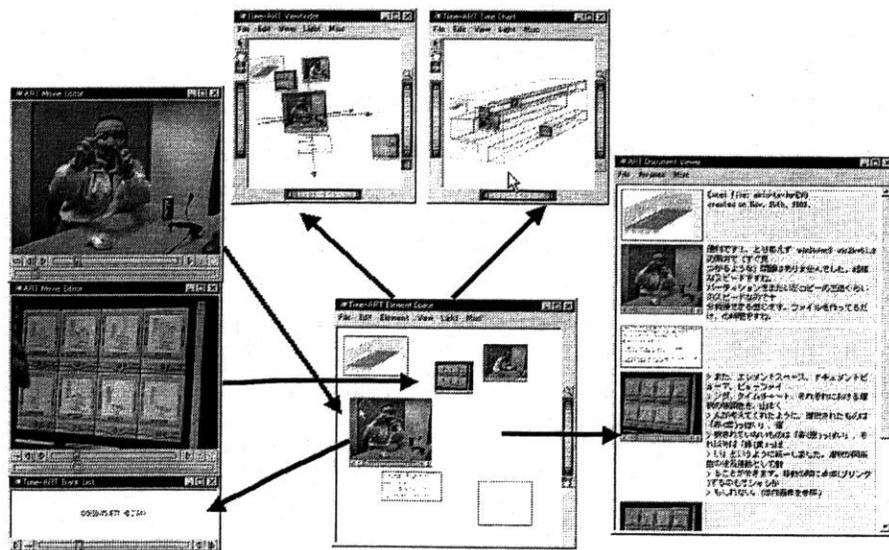


図 7-3: ART-03 システムの構成要素

図 7-4 に示すのは、ART-03 システムにおける ElementEditor の役割である。ElementEditor を用いて、ユーザはタイムスタンプされたすべての実験データを同期させて再生することができる。ユーザが興味深い部分を実験データに見出したときには、その開始点と終了点を指定することによりセグメントとして切り出すことができる。この切り出されたセグメントは ElementSpace に配置することができる。

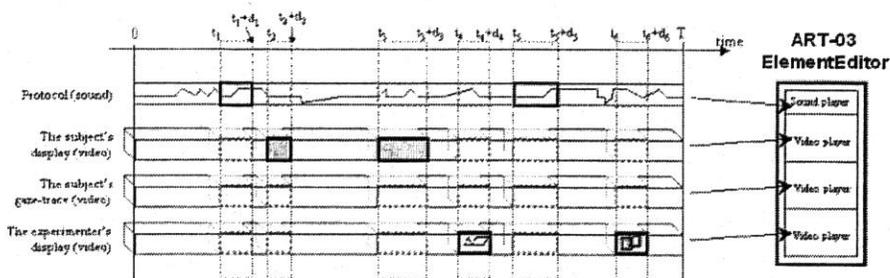


図 7-4: ART-03 における ElementEditor の役割

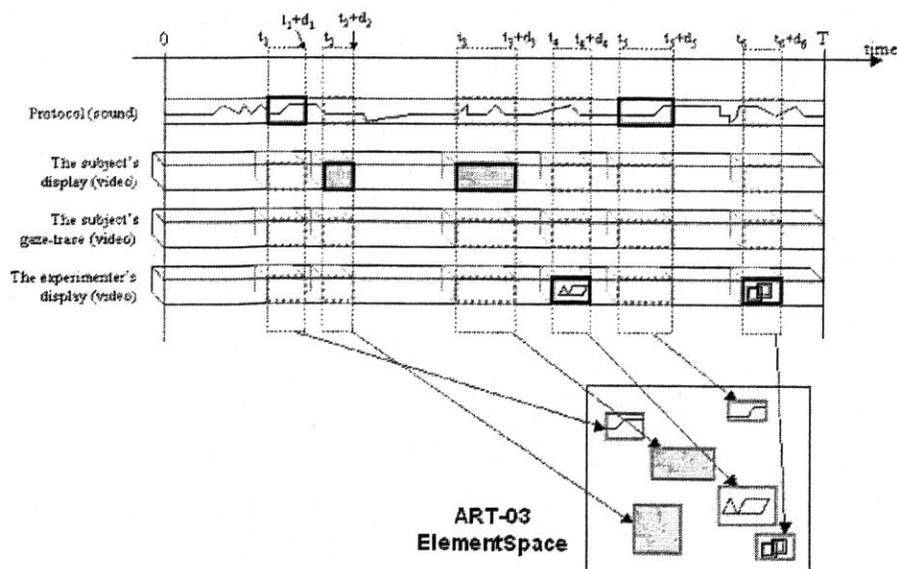


図 7-5: ART-03 における ElementSpace の役割

図 7-5 には、ElementSpace において切り出されたマルチメディアデータのセグメントすなわちエレメントが配置された様子を示されている。ElementSpace にはレイヤ機構が備わっており、配置されるエレメントをグループ化し分類することが可能である。ユーザが ElementSpace 内で一つのエレメントを選択することにより、対応する部分が ElementEditor で再生可能となる。

複数のデータソースに加え、ユーザは ElementEditor を用いて、個々のセグメントに対しテキストによるアノテーションを施すことができる。それぞれのアノテーションを付加されたエレメントは統合され ART-03 の DocumentViewer に一つのドキュメントとして表示される。

続いて ART-03 を構成する個々のコンポーネントの有する機能について述べる。

7.2.3

システムの構成要素

ここでは ART-03 の構成要素である、ElementSpace, ElementEditor, SequenceViewer, DocumentViewer を順に説明する。

7.2.3.1

ElementSpace

ElementSpace は、ユーザが切り出した動画や音声といったデータのセグメントをエレメントとして配置することのできる二次元空間である。それぞれの切り出されたセグメントはエレメントと呼ばれ、ElementSpace に配置される際にはサムネイル画像として表示される。個々のエレメントは同一のタイムスタンプを有する他のデータソースからのデータをも含んだものを表現している。

ユーザは、ElementSpace 上の任意の位置にエレメントを配置することができ、個々のエレメントの大きさも自由に変更可能である。5.5 節で示したように、ART-01 システムを用いたユーザ観察実験において、二次元空間へのテキスト断片の自由な配置を許すことによって書いてまとめるプロセスが支援されることが観察された。これと同様に、ART-03 システムのユーザは、二次元空間配置を通して、切り出したデータセグ

メントの役割, 他の配置されたエレメントとの関連, 同一のタイムスタンプを有する複数データ間の関連, といったことを理解し, 実験で取得されたデータの全体像を理解することが期待される.

7.2.3.2

ElementEditor

ElementSpace 内でどのエレメントも選択されていない状態のとき, ElementEditor には, 動画, 音声, その他の取得データに関して各実験データの全体が表示される. ユーザは開始点と終了点を指定することにより, データ全体のうちの興味を抱いた範囲をデータセグメントとして切り出すことができる. 切り出されたデータセグメントは上述のようにエレメントとなる.

ElementSpace 内で一つのエレメントが選択されている状態のとき, ElementEditor に表示されるのは, 当該エレメントの開始点および終了点をタイムスタンプの幅として有する, 動画, 音声, その他の取得データといった実験データの一部の内容である. ユーザは開始点と終了点を変更し新たな時間幅を有するエレメントとすることができる. テキスト編集部において当該エレメントに対しアノテーションを施すことができ, そのエレメントについての理解や発見内容, そこから生成される仮説などを表現することができる.

7.2.3.3

SequenceViewer

SequenceViewer は, ElementSpace に表示される, 切り出されたデータセグメントがエレメントとなったものの有する時間軸の情報を三次元空間の奥行き Z 軸として表現する. 上述したように ElementSpace の二次元空間でユーザは自由にエレメントの配置をおこなうことができる. SequenceViewer は ElementSpace 内でのエレメントの位置変更およびサイズ変更を動的に反映するが, 三次元空間の奥行き方向すなわち Z 軸は個々のエレメントすなわち切り出されたデータセグメントに固有のものとしてタイムスタンプの開始点および終了点を維持したまま表示する.

7.2.3.4

DocumentViewer

DocumentViewer は、切り出されたエレメントをそのテキストアノテーションとともにハイパーリンクを利用したドキュメントとして表形式で表示する。DocumentViewer においては、エレメントはサムネイル画像として表示され、その横には対応するアノテーションのテキストが表示される。DocumentViewer に表示される情報によって、実験データ分析においてこれまでに発見した事柄や理解した内容について知ることができる。この情報は、SequenceViewer に表示された時間軸上の順序でエレメントが結合された状態のエレメントおよび対応するアノテーションテキストから構成される。DocumentViewer の内容は、表形式を用いた HTML フォーマットへと自動変換できる。これによって、ART-03 システムのユーザは、実験データ分析の現状での結果や知見といったものを他の実験者や研究者と共有することができる。

7.2.4

システムの提供するインタラクション

図 7-6 と図 7-7 に示すのは、実験データ分析タスクにおいて ART-03 システムが提供するインタラクションである。まずユーザは、ビデオデータ、音声データ、その他実験中に取得されたデータの全体を閲覧する。マルチメディアデータの一つから興味深い部分をユーザが見つけた際に、ユーザは ElementEditor を用いてその部分を切り出して ElementSpace に配置することとなる (図 7-6)。エレメントとして切り出された部分に対しユーザはテキストによるアノテーションを施すことができる。切り出されたデータセグメントおよびそれに対応するアノテーションは、自動的に結合されリニアな形式で DocumentViewer に表示される。

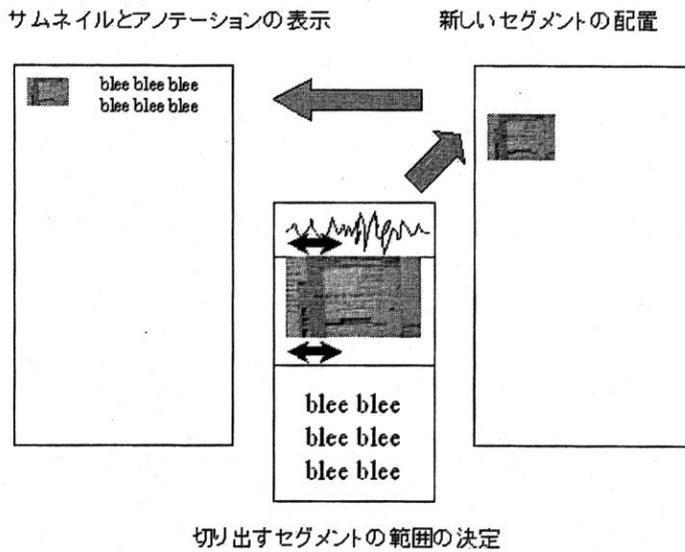


図 7-6: ART-03 が提供するインタラクション 1

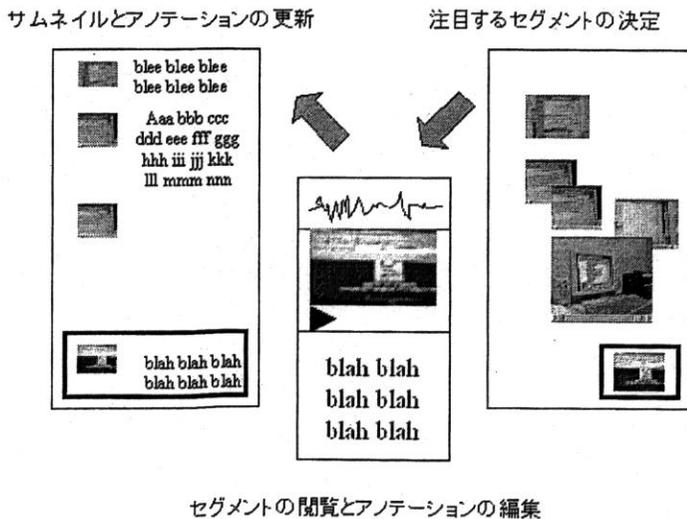


図 7-7: ART-03 が提供するインタラクション 2

分析タスクの進捗にともない、ElementSpace には多くのマルチメディアセグメントがエレメントとして配置されることとなる (図 7-7)。個々のエレメントを詳細に分析するには、ElementSpace で当該エレメントを選択すればよい。選択されたエレメントの内容とともに他のデータソースの同一タイムスタンプを有する部分が ElementEditor に表示されるので、同時にその内容を検証したり、その部分をさらに小さなセグメントへと縮小したりすることができる。ElementSpace におけるエレメントの選択によって、DocumentViewer におけるそのエレメントに対応する部分が自動的に強調表示されることとなる。

7.3

本ツールと関連する研究

動画データを取り扱う既存のコンピュータツールは、ビデオ分析ツール、ビデオサマリツール、そしてビデオアノテーションツール、と大きく三つの種類に分類することができる。

7.3.1

ビデオ分析ツール

ビデオ分析ツールの多くは、ビデオのある部分を素早く見つけ出したりビデオ全体を短時間で理解したりすることの支援を目的としている [Cheyer, Julia 1998]。多くのビデオ分析ツールが支援対象とするのは、ビデオ録画されたミーティング、講義、セミナーなどのセッションの閲覧 [Li et al. 2000] である。

VIS (Visual Information Seeking) は、ユーザが動的にクエリーフィルタを操作することによりデータのフィルタリングをおこなうための情報探索の枠組みである [Hibino, Rundensteiner 1996]。

Uchihashi ら [Uchihashi et al. 1999] は、ビデオサマリーを画像として自動生成するための手法を提案している。彼らのシステムでは、画像と音声とをシステムが自動分析し、これを動画の中の意味のある出来事を発見し強調して表示する。

DIVA システム [Mackay, Beaudouin-Lafon 1998] は、複数のマルチメディアストリームを探索的にデータ分析するためのツールである。DIVA は、研究者がアノテーションを付加したり、時間情報を内包したマルチメディアデータ間のパターンや関係を視覚化することを意図したものである。

CEVA [Cockburn, Dale 1997] は、同期的グループウェアツールで、ビデオ分析をマルチスレッド的に協働しておこなうための動的な WYSIWYG インタフェースを備えたシステムである。

Boreczky ら [Boreczky et al. 2000] は、ビデオサマリを生成しそのサマリをコミックブックのメタファを用いたインタラクティブなナビゲーションを提供するためのアプローチを提案している。

7.3.2 ビデオアノテーションツール

ビデオアノテーションツールはその多くが、訓練や学習といったものの支援を目的としている。典型的なビデオアノテーションツールでは、インストラクションビデオの全体を見ながらユーザが一部のビデオクリップに対してアノテーションを施す、というものである。

たとえば、Synopsis [Dekel, Bergman 2000] システムは、初心者がビデオ素材を学習メディアとして有益かつ有用なものとして扱えるようにすることに重きをおいている。動画を再生、制御するための機能を有するとともに、見ているビデオについてのサマリをハイパーリンクを利用したインタラクティブかつ個人的なものとして生成することができる。

MRAS [Barger et al. 1999] は、非同期的な学習環境で、ストリーミングビデオをオンデマンドで提供する。システムはウェブベースで稼動し、マルチメディアのウェブコンテンツにアノテーションを施すことができる。学習者は学習者との間で、またインストラクタとの間でアノテーションを共有することができる。

これらのツールが取り扱う動画データは、何らかの目的や意図を内包したものである。たとえば、宇宙についての教育や学習といった目的を有したビデオであれば、ある特定のテーマやトピック、目的が、ビデオ閲覧者に届けられる。

しかしながら実験ビデオデータを分析する際には、そのビデオには明確な意図や目的といったことは掲げられてはいない。そのビデオの中で何が生じ、何が重要であるのかといったことを見出すのは全面的にビデオ閲覧者すなわち実験者の責務である。実験ビデオ分析タスクにおいては試行錯誤的な理解が非常に重要となる。

7.4

本章のまとめ

本章では、ソフトウェアユーザビリティのテストや実証的ソフトウェア工学におけるユーザ実験などにおいて取得されるビデオデータを分析するタスクの支援について述べた。

実験中に取得されるマルチメディアデータを分析するタスクの性質について述べ、そのようなタスクを支援するためのツールの要件を特定した。そして実験データ分析を支援するシステム ART-03 について述べた。ART-03 システムはインタラクションモデルとして二次元空間配置を採用し、実験者が仮説を生成し知見を理解する際に *what-if games* とでも呼ぶべき試行錯誤をおこなうプロセスの支援を目指すものである。

8

情報創出支援環境に関する考察

前章までに、情報創出の初期段階を支援することを目的とした、外在化表現の利用と効果に関する枠組み、およびその枠組みに基づいて構築したインタラクティブシステムについて述べた。本章では、構築したインタラクティブシステム ART-01, ART-02, ART-03 を含む情報創出支援環境について考察をおこなう。なお、ここでは、ART-01, ART-02, ART-03 という前章までに詳述したシステム群を、ART 環境と総称する。

以下では、まず ART 環境におけるシステムのそれぞれが提供する機能やインタラクションに関する相違について述べる。続いて、ART 環境において共有されている設計思想を以下の四つの側面：

1. 外在化表現とのインタラクション
2. 思考状態の想起
3. 思考を阻害しないツール
4. 自動化の制限

から考察する。そして、その四つの側面から捉えた ART 環境について、記号論的観点に基づいた再解釈を試み、情報創出支援環境としての ART 環境の重要性と意義について論じる。

なお、現時点までに ART-01 は広く公開されて Web ページからのダウンロードが可能となっており、実際のユーザに利用されているという実績を持つ。また、ART-02, ART-03 については限定的に配布し、利用したユーザからのフィードバックをこれまでに得ている。

8.1

ART 環境における問題領域に依存した相違

ART 環境は、情報創出の初期段階を支援することを目的とし、Representational Talkback の増幅 (ART; Amplifying Representational Talkback) という枠組みに基づき構築されたシステム群である。設計指針としては、全体の詳細、全体の概要、部分の詳細、という三つの領域をシステムの主要な構成要素として有するものとしている。

ここでは、ART 環境の三つのシステム、ART-01、ART-02、ART-03 における相違点を挙げる。これらは主としてそれぞれのシステムが支援対象としている問題領域の性質に依存するものである。

8.1.1

システムにおいて利用されるデータの種類

ART-01 システムは、書いてまとめるプロセスと呼ばれるテキスト編集を支援の対象としている。ART-01 システムを利用して、ユーザはテキストをタイプし、それらを情報ユニットとして二次元空間に配置しながら、プロダクトとしてテキストのみからなる情報を創出する。ART-01 において扱われるデータはテキスト情報のみである。

ART-02 システムは、日常的に作成されるメモ群のうち、メモ作成者がまとめようとするタスクを支援する。システムの利用は、まとめようとするメモ群を画像として取り込み、二次元空間に配置することから始まる。そして、配置された個々のメモ画像にテキスト情報としてアノテーションを施したり、また ART-01 と同様のテキストのみからなるエレメントを作成したりしながら、関連メモをまとめていく。

ART-02 システムを利用して創り出される情報プロダクトは、メモ画像へのテキストによるアノテーションとテキストエレメントの内容とを合わせたものである。ART-02 において利用されるデータは、画像とテキストの二種類である。

ART-03 システムの利用により、実験ビデオデータ分析において実験者が、実験において並列に取得されたビデオデータから定性的な分析をおこなうことを支援の対象としている。システムでは、並列に取得された

ビデオデータから同一のタイムスタンプを有する部分を同時に再生したり、また切り出した部分にテキストによるアノテーションを施したりしながら、実験のレポートや仮説の生成といったことをおこなうことができる。

ART-03 システムによる創出される情報は、HTML を利用したウェブブラウザで閲覧可能なファイルやユーザがシステム利用中に切り出した動画ファイルなどである。システムにおいて利用可能なデータは、テキスト、画像、動画、音声となっている。

8.1.2

エレメントの作成とその意味

ART 環境における、前節で述べたシステムにおける利用データの種類に関する相違は支援対象の違いに起因しているが、利用データの違いに伴い、それぞれのシステムにおけるエレメントの意味、エレメントの作成の仕方においても違いが生じている。

ART-01 システムにおいて作成されるエレメントは、これまでも述べてきたように、ユーザによってタイプされたテキスト情報のみからなるものである。エレメントがテキストのみからなることを受け、二次元空間 *ElementSpace* における個々のエレメントの視覚的情報表現形態としては、エレメントの内容の先頭部分に存在する文字列を採用している。*ElementSpace* においてエレメントの形状や大きさが変更されたときには、エレメントを表現する矩形の面積に応じて、表示される文字列の長さは変更される。

ART-02 システムにおいて作成されるエレメントには二種類のものが存在する。一つは画像として取り込まれたメモのサムネイル画像であり、もう一方は ART-01 システムにおけるエレメントと同様のテキストによるエレメントである。前者のサムネイル画像を有するエレメントには、アノテーションとしてテキストを付加することができ、メモ画像とアノテーションとを合わせたものが一つのエレメントとして扱われる。そして *ElementEditor* には、画像閲覧用としての部分が、テキストエディタ部に加えて実装されている。

ART-03 システムでは、エレメントの作成が、実験ビデオデータの一部の切り出しによっておこなわれる。そして、同一のタイムスタンプを

有する時間的範囲が概念的にはエレメントとして切り出されたことになる。ElementSpaceにおけるエレメントの視覚的表現は、エレメントとしての切り出しにあたって使用されたビデオデータを構成するフレームの一つである。同一のタイムスタンプ範囲の他のビデオデータに関しては、ElementSpace上からは確認することができない。ElementEditorを利用して、その時間的範囲のデータを再生することによって他のデータと同期して見ることができる。

8.1.3

空間配置に関する相違

ART 環境における空間配置およびユーザがおこなう空間とのインタラクションに関しても、ART-01, ART-02, ART-03 のすべてにおいて、エレメントの移動や形状の変更は ElementSpace においておこなわれるが、空間配置の状況を見る際に相違点がある。

ART-01 では、ElementSpace におけるレイヤ構造を作成、変更するために LayerManager が補助的なシステム構成要素として実装されている。

ART-02 では、ElementSpace に配置されるエレメントが、メモ画像にアノテーションを加えたもの、およびテキストのみからエレメント、という二種類である。したがって、ElementSpace において選択されたエレメントがそのいずれであるかによって、ElementEditor の画像ビューア部に画像が表示される場合と何も表示されない場合とに分かれる。

ART-03 の ElementSpace では、切り出したビデオデータ内の一つのフレームのサムネイル画像が配置されるが、ユーザはそれらの配置位置を自由に決定、変更することができる。実験ビデオデータにおいては、記録された状況の前後関係を変更することは許されないことを考慮し、ElementSpace に加えて、時間軸上の前後関係を表示するための三次元空間表示をおこなう SequenceViewer が補助的に備わっている。

8.2

ART 環境において共有される設計思想

ART-01 システムをダウンロードし定期的に使用するユーザの協力，これまでにおこなった ART-01 を利用したユーザ観察実験の結果，また ART-01，ART-02，ART-03 を利用したユーザからのフィードバックに基づき，ART 環境の独自性，他のテキスト編集ツールを含む情報創出支援環境との比較をおこなう。

以下では，情報創出の初期段階を支援することを目的とながら二次元空間配置を用いたインタラクティブシステムの設計を通して重要な側面として，四つの重要な側面：

1. 外在化表現とのインタラクション
2. 思考の指標としての表現
3. 思考を阻害しないツール
4. 自動化の制限

について述べる。

8.2.1

外在化表現とのインタラクション

本研究では，二次元空間配置を用いたインタフェースを，情報創出をおこなう創り手にとって，単純ではあるが非常に強力な表現手段として捉えている。二次元空間配置を用いたインタフェースにおいて重要となる点については，建築設計者がスケッチをおこなうインタフェースと並置することによって，より深く理解することができる。

手描きスケッチと同様に，ART 環境においてはユーザは中間的な状況を，たとえば空間上に配置したエレメントの大きさやエレメント間の微妙な近さなどを利用した表現を用いて，過度の正確性やコミットメントを強要されることなく表現することができる。ART 環境では，ユーザはユーザ自身が生成した外在化表現とのインタラクションを通して，自分自身とのコミュニケーションをおこなうことができる。

デザインタスクのような情報創出活動、特に初期段階において、デザイナーはタスクについての明確なゴールやメンタルモデルを有することなく、手描きでスケッチをおこない、モノを配置し、ラフなアイデアを外在化する。そして、手描きスケッチやモノの配置といったものとして表現された状況を、デザイナー自身が解釈し、その外在化表現から浮かび上がってくる意味を発見したり明確に気付いたりすることができる。

8.2.2

思考状態の想起

ART 環境の空間配置においては、空間内での上下関係の順序を個々のエレメントを一つのリニアなドキュメントとして結合する際の順序として決定する。この決定と ART-03 における時間軸上の前後関係を除き、二次元空間において特定の意味付けは付与されていない。

ART-01 システムを利用したユーザ観察実験 [Yammaoto, Takada, Nakakoji 1998] [Nakakoji et al. 2000] を通し、ユーザがエレメントを二次元空間の配置において様々な意味を自ら付与することだけでなく、二次元空間内へのエレメントの配置そのものをリマインダとして利用する様子が観察された。

後者のリマインダとしての利用の場合において、ある一つの配置や表現がそれに対応する特定の意味付けを持っているわけではなかった。むしろ、その配置によってあらわされる表現は、ある特定の状況やその表現を生成した時点でのユーザの思考プロセスや思考状態を想起させるものとして機能していた。二次元空間配置が思考の指標として作用していたと言える。

8.2.3

思考を阻害しないツール

建築設計分野に限らず、デザイナーは外在化表現を生成する能力やスキルに長けているといえる。そして彼らが思考を進めデザインをおこなう上で、外在化された表現は必須である。

建築設計者の観察を通して、Lawson [Lawson 1994] は、手描きのスケッチという活動が、デザイナーがデザインをおこなう際に遍在的に見られる行動であること、そして、

- 自らのアイデアを試すため,
- 思いついたことを忘れないようにするため,
- 今現在生じていることを見るために描いてゆくため,

といった様々な目的で、デザインプロセスにおいて継続的に外在化表現を生成してゆくこと、を指摘している。

紙とペンとを用いて、無限ともいえる抽象度や正確度で手描きのスケッチをすることができ、また表現されるべき事柄を明確にすることを強要されることなくほんの数秒という時間で手描きのスケッチをすることができる。このような目的に合致した形で表現メディアとして成立するためには、直接性 [Shneiderman 1983] がその重要な位置を占める。

本研究では、二次元空間へのオブジェクトの配置という活動が、デザイナーが思考するために何かを外在化するというに役立つ表現、手で触れるような実感をもって接することのできる表現、として成立すると考えている。そして、二次元空間配置を通して、アイデアを試したり思いついたことを記憶しておくといったことが可能となると考えている。

ART-01 システムを利用したユーザ観察実験において、配置や再配置を教示していないにもかかわらず、被験者が非常に自然にオブジェクトの配置をおこない、タスク中に再配置を何度もおこなう様子が観察された。人間は、曖昧なもやもやとした状態で思考をおこなうために何かを表現する必要がある。このことから、表現せざるをえない者としての人間、という点を指摘することができる。

8.2.4

自動化の制限

何らかの表現をおこなうためのものとして空間を利用した研究は数多くなされている。それらの研究での多くのシステムにおいて、コンピュータの果たす役割は、オブジェクトの配置を自動的におこなうもの [Sugimoto, Hori, Ohsuga 1998]、ユーザによって生成された配置状況を自動的に類推するもの [Shipman, Marshall, Moran 1995]、アプリオリに配置の持つ意味を決定しているもの [Tsutsumi, Shinohara 1998]、などである。

ART 環境では、上記のいずれとも異なるアプローチを採用している。本研究でのアプローチは、ユーザが空間を利用しながら生成した表現をどのように使用するかということに焦点を当てている。そのように表現された配置は、あるタスクの中間的な、途中段階として考えられる、ユーザがタスクを実行する上で有用な表現として作用するものとして考えている。そしてシステムは、空間内のエレメントを結合する際にエレメントの上下関係を解釈すること以外では、自動的に何かを解釈することはない。

このような ART 環境での空間に対する意味付けは、時に、自動的な機能が欠如したものとして批判を受けることがある。あまりに単純な機能しか備えておらず、ユーザによっては、配置位置の変更をそれに対応したテキスト内容の自動変更として反映させる機能を望む場合もある。

本研究の立場は、表現を解釈する際に、人間にとっての自然なマッピングを目指すものである。すなわちシステム設計者とシステム利用者との間において、あるいはシステム利用者間において、互いに了解可能な固定的な対応関係が見出されない限りは、自動的なプロセスをシステムに持ち込まない、というものである。

空間の上方向から下方向へと向かって空間内のエレメントのテキストを結合することは、テキストを読解する際にも上から下へとおこなわれることを考えれば、人間にとって非常に自然な事柄である。互いに了解可能な固定的な対応関係が存在すると言うことができる。多くの言語圏において、物事の流れは上から下へ、そして左から右へ、として解釈される。

これらの自然なマッピングは人間の身体と精神に固有ともいえる性質であり、様々なメタファを生み出す源泉となっている [Johnson 1987] [Lakoff 1987] [Lakoff, Johnson 1980]。対照的に、表現が持つ他の性質、たとえば自動的な位置決定、テキスト変換、配置、大きさといったものは、その解釈が固定的な地位を獲得しているとはいえ、したがって本研究では外在化表現の有するこれらの性質については自動的な処理をあえて施していない。技術的に可能であるからということを経由し、自然ではないマッピングを固定的にシステムに導入することは、創り手の思考を阻害する不適切な、むしろ負の効果をもたらすものであると考えている。

8.3

記号論的観点から捉えた ART

本研究の目的の一つは、1) 情報創出をおこなう人間自身が作成した外在化表現、2) その人間自身が外在化表現に見出す意味、3) その外在化表現が情報創出タスクの理解にもたらす効果、という事柄の関連を探ることである。この目的は、記号論を表現とその解釈および使用に関する研究として捉える、ユーザインタフェース設計における記号論的アプローチの枠組み [de Souza, Prates, Barbosa 2000] と共有されるものが多い。

デザイン活動をコンピュータシステムを用いて支援しようとする研究においては、rationalistic (理性主義的, 合理主義的) な伝統は徐々に再考が求められつつある [Winograd, Flores 1986]。D. A. Schoen [Schoen 1983] が指摘したように、デザインプロセスは素材や題材との対話を通じた Reflection-in-Action のサイクルとして捉えることができるが、Reflection-in-Action のプロセスにおいてどのようなことが生じているのかということに関する理論的根拠は多くは見られない。

情報科学分野における記号論的なアプローチは、情報システムにおける知識管理に関するもの [Ambrose, Ramaprasad, Rai 1998] やユーザインタフェースにおけるメタファの役割に関するもの [Marcus 1994], インターネットにおける商業利用における電子商取引の分析 [Neumueller 2000], インタフェース設計コミュニケーションの観点からの評価 [Prates, Barbosa, de Souza 2000] などが試みられているが、HCI 分野でのツールの設計においてはこれまでに多くが研究されたとは言い難い状況である。

本節では、HCI (Human-Computer Interaction) やユーザインタフェースに関する研究分野における記号論的アプローチに基づいた様々な研究との対比をおこなうことを通して、前節で挙げた四つの側面を踏まえ、ART 環境において重視している点をより明らかなものとし、システムの本質的な部分について記号論的な再解釈をおこなう。

以下では、前節で挙げた四つの側面、

- 外在化表現とのインタラクション

- 思考の想起
- 思考を阻害しないツール
- 自動化の制限

のそれぞれに対応するものとして、

1. 自らが生成した表現とのコミュニケーション
2. 思考の指標としての表現
3. 表現せざるを得ない者としての人間にとっての表現
4. システムとユーザの間の役割分担

について述べる。

8.3.1

自らが生成した表現とのコミュニケーション

HCI (Human-Computer Interaction) やユーザインタフェース設計といった分野における多くの研究者や実務者において、コンピュータシステムはコミュニケーションメディアとして捉えられている。しかしながら、そこで重要視されているコミュニケーションは多くの場合において、システム設計者とユーザとの間のコミュニケーションであったり、ユーザとシステムとの間のコミュニケーションであったりする。本研究においてもインタラクティブシステムをコミュニケーションメディアとして捉えてはいるが、その見方は、ユーザ自身が生成した外在化表現とユーザ自身との間のコミュニケーションとしてである。

われわれ人間は、実際に意味するところを知らずに何かを表現する、という状況にしばしばある。Action と Reflection とのサイクルを特徴とするデザインタスクの初期段階においては、このような状況が頻繁に生じるところとなる。このようなプロセスを支援するためには、デザイナーの認知プロセスを阻害することのないよう、インタラクションそのものを注意深くデザインする必要がある。そこで重要となるのは、デザイナー自身があらわしたいと思っていることを外在化することのできる、すなわち “Amplifying Representational Talkback” を考慮した表現メディアを提供することである。そのためには、デザイナーに必要最小限のコミットメ

ントしか要求しないような不可視ともいえるコンピューティングメディア [Norman 1998] を提供することが必要である。

自ら生成した外在化表現とのインタラクションをおこなうことは、自分自身とのコミュニケーションと言い換えることができる。記号論的観点から捉えることによって、コミュニケーションメディアとしてのコンピュータシステムを設計する上での問題点を明らかにすることができる。

Benyon [Benyon 2001] は、情報アーティファクトは設計者ではなくユーザによって決定されるべきものであると主張する。de Souza et al. [de Souza, Barbosa, Prates 2001] は記号論工学の枠組みに基づき、HCI の対処すべき問題として、すぐれたインタラクションの機構としてのコミュニケーション上の選択を設計者がいかに可能にしてゆくか、そしてその選択をユーザが阻害されないようにしながらユーザのものとして提供することができるか、ということを挙げている。

本研究のアプローチは、コンピュータシステム上の暗黙的な知識 [Alexander 1997] を設計者が取り扱う上での一つのステップである。すなわち、外在化表現から意味を見出し抽出することはユーザ自身によって可能なことであり、システムはそのための有用なメディアとして存在する、ということである。

8.3.2

思考の指標としての表現

前節では、ART 環境において思考状態の想起をおこなう事ができる点を上げたが、ART システムに対して比較的頻繁に聞かれる批判の一つは、システムの機能がワードプロセッサのアウトラインモードなどとして既に実現されているものではないのか、というものである。しかしながら本研究では、既存のアウトラインプロセッサなどのツールにおいては、上記の側面が支援されているとは言い難い。という立場をとる。

このような批判に対する反論は以下の通りである。階層構造の深さや広さを、数字などの形式的表現を用いた離散的なものとして表現することは、創出しつつある情報のテキストなどの断片を構造化する際に、明確なコミットメントをユーザに不適切に強要することになる。そのようなアウトラインモードを提供するインタフェースの中には、数字ではなく

格子状のグリッドのような視覚的表現を利用してテキストなどの断片を移動することによって構造化をおこなうことが可能となるようなものもある。しかしながら、そのようなインタフェースにおいても、アプリオリに意味が指定されているという点で表現が固定的であり、それゆえ、思考の指標としてユーザが利用することが困難となる。

C. S. Peirce による記号の分類、すなわち、Symbol, Icon, Index という三つの特徴は、思考の指標としての二次元空間配置を考える上で極めて示唆的である。Symbol はコードによって対応が規定されているということ以外は、記号の対応関係に特別の理由はないものである。Icon は類似性にもとづくものである。そして、Index は近接性にもとづくもので、この近接性は、空間的なもの、時間的なもの、原因と結果、全体と部分、など色々な場合が含まれる。これら三つは、記号が排他的にいずれかに分類されるというよりも、むしろ三つの性質が共存しているとみることができる [Ikegami 1984]。

ART環境の提供する二次元空間配置はIndex的なインタフェースとして作用するものとしての側面が強いと捉えることができる。現在主流となっている、キーボード入力を用いたコマンドベースのインタフェースおよび WIMP を利用した GUI ベースのインタフェース、という二つに関して、Brown [Brown 1994] は前者を Symbol 的性格の強いものとして、後者を Icon 的性格の強いものとし、そして Index 的なインタフェースを将来の HCI を向け研究をおこなってゆく必要があるものとしている。本研究での二次元空間配置を利用したインタフェースはそのような Index 的性格の強いものの一つであると考えられる。

情報創出という活動においては、たとえば「あるテキストなどの断片が階層構造におけるどのレベルにあるべきものであるのかは分からないが、しかし、このレベルではないことは確かであることは分かる」という状況に陥ることがある。そのような場合には、この断片はこのレベルではないということを、当てはまらない他のレベルを明示的に列挙したり格子状のグリッドを数え上げたりといったことをすることなく、表現することができることが望ましい。外在化表現としての二次元空間配置を利用することによって、ユーザはそのような外在化をおこなうことができる。ユーザは、あるレベルではないということを表現したいエレメントを「ほんの少し右に」配置することができる。このように外在化された表現を利用することによって、Index 的なインタフェースを通して、ある断片があるレベルではないということをユーザに想起することができるのである。

8.3.3

表現せざるをえない者としての人間にとっての表現

前節において、思考を阻害しないツールの側面を挙げ、表現せざるをえない者としての人間という見方について述べた。既存のデザイン支援ツールは、この、表現せざるをえない者としての人間という側面を十分考慮しているとは言い難い。

コンピュータシステム上に実現された既存のデザイン支援ツールは、コミュニケーションをおこなうのに通訳者を介している状況に酷似している。絵や図を描こうとするとき、ディスプレイ上の非常に狭いスケッチ空間とのインタラクションを開始するのに先立って、使用するブラシツールを選択したりその色や太さといった様々な事柄について選択をしなければならない。換言すれば、直接的に行動することが許されず、何かを表現するためにある一定の作業が要求される、という状況である。したがって、パレットの選択やメニューの選択といった認知的負荷を課せられながら間接的に行動することを余儀なくされる。

表現せざるをえない者としての人間、という側面は、これまでのユーザインタフェース設計において重要視されていない。記号論的な文脈において、Andersen [Andersen 2001] は、人間を特徴付ける二つの側面、1) 解釈せざるをえない者としての人間、2) 話さざるをえない者としての人間、を HCI 設計者のためのガイドラインとして挙げている。

人間は、自らの眼前に何らかの表現が存在すればそれを解釈しようとし、その意味について思考しようとする。また、どのようにそれを解釈したのかということについて言語を用いて他者に説明しようとする。システムがユーザと何らかの事柄についてのコミュニケーションをおこなおうとするものであるとき、これらの人間の特徴は特に重要である。

一方、デザインタスクの初期段階において人間自身がすべきことが何なのかを知らず自らとのコミュニケーションが重要であるような場合、人間は「状況からの語りかけ」[Schoen 1983] に耳を傾けるために、まず何らかの表現を外在化する必要がある。一旦何かが表現されたならば、人間はそれを解釈し他者に伝達するのであろう。

以上に挙げた人間の三つの特徴、解釈せざるをえない者、話さざるをえない者、そして本論で主張する、表現せざるをえない者、は、HCI を適

切に設計してゆく上で中心的な重要性を有するものとして十分考慮されてよい。

8.3.4

システムとユーザの間の役割分担

本研究の立場は、人間とコンピュータとの間の役割分担の重要性についての考慮は、これまで十分にはおこなわれてきてはいないというものである。現実には、自動化が可能であることを唯一の根拠としてタスクのある側面を自動化していると見受けられるシステムも多く存在する。

Nake [Nake, Grabowski 2001] は、この点を明確に議論し、HCI は、二つの独立したプロセス、すなわち、人間側の成熟した記号プロセスとコンピュータ側の制限された信号プロセス、の双方が互いに関連する領域であると主張する。そして、「文化的な、人間間の側面は、開かれた解釈プロセスであるところの記号プロセスに影響し、技術的な、アルゴリズム的な側面は、固定的決定のプロセスである信号プロセスに影響する」としている。

歴史を振り返ってみても、コンピュータシステムやソフトウェアツールシステムは、より多くの機能を実現し追加することによってその進化が支えられてきた面が否めない。そして現在では、多機能こそが高品質という考えは真理ではない、という考えにまで至っている [Winograd et al. 1996]。

このような状況で考慮しなければならないのは、システムを有用なかつ使いやすいものとするためには、適切な表現において必須の機能を残しつつ、不適切な機能をいかにして排除してゆくか、ということである。HCI (Human-Computer Interaction) のみならず、HRI (Human-Representation Interaction) とでも呼ぶべきインタラクションについて考える必要がある。記号論的な枠組みはその一助となるであろう。

8.4

今後の課題と展望

情報創出支援環境 ART の考察を踏まえ、本節では、今後の研究課題を理論的な枠組みと支援ツールの実装という両面から述べ、将来的に予想される情報科学、情報技術の発展における本研究の意義と展望について論じる。

8.4.1

今後の研究課題

現在までにおこなった情報創出環境 ART は、書いてまとめるプロセス、メモを素材としながらまとめるプロセス、実験ビデオデータ分析タスク、という三つの問題領域を主な支援対象としたものであった。これまでに実装された機能や環境は、他の情報創出活動の支援に対しても有効であると考え、現在 ART の機能面での拡張およびインタラクションの設計の向上をおこなっている。

実験ビデオデータ分析タスクを支援するための ART-03 システムでは、三次元グラフィックスとマルチメディア情報とを取り扱う環境をそのベースとしている。これを ART-02 の画像メモの拡張として音声メモに適用することは十分可能である。

音声メモは、常時携帯可能な小型の IC レコーダや携帯情報端末の音声録音機能などによって、徐々にではあるが普及しつつあり、また、記録したデータを個人用のコンピュータにおいて利用することも可能となっている。しかしながら、記録した音声データを音として再生し利用することは可能であるが、それらのデータを真に有効に活用することのできる状況には至っていない。

そこで ART-03 の ElementSpace に音声メモをユーザが断片化しながら配置しアノテーションを施すことによって、ART-02 におけるメモ画像を素材としたまとめる作業と同様の音声メモを素材としながらまとめる作業を支援することができると考えている。

音声データを ART-03 において ElementSpace に配置されるエレメントとするためには、音声データのファイル名などをエレメントの視覚的情報

表現形態とするのでは不十分である。ElementSpace 上で他のエレメントと容易に区別することのできるよう識別子として作用するような表現が必要とされる。システムに音声メモとして取り込む前に、波形データとしての変換をムービー化し、それを動画データのフレームとして切り出し、エレメントの識別子としての表現系とする、というのが一つの方法となるであろう。

また、情報創出環境 ART からの出力、すなわち創り出される情報をより多様化する方向への拡張も十分可能であると考えられる。

ART-03 では、ビデオデータを扱いつつ、HTML 形式のファイルを出力とするようになっているが、これを断片化したビデオデータを結合した状態で出力することにすれば、ビデオ編集作業の初期段階における試行錯誤を支援するものとして位置付けることができる。ビデオ編集作業の試行錯誤を ART アプローチに基づいて支援する上では、ビデオ素材の断片化と結合といったもの以外にも、様々なエフェクトをはじめとして必要とされる機能が多々あるが、これについては今後の研究課題となる。

8.4.2

将来の展望

本研究は、情報創出をおこなう際の外在化表現の利用と効果に関し、その視覚的な側面に着目した情報表現形態がいかにあるべきであるのかについて考えたものである。空間配置を利用したインタラクティブシステムによる支援をおこなったが、今後、情報を創出する際に視覚的な外在化表現がおこなわれる場はますます増加するとともに、その種類や特性といったものが非常に多岐にわたるものとなってゆくことが予想される。

たとえば、デスクトップ上の CRT や液晶ディスプレイといった現在普及しているもののみならず、プラズマ等を利用した大画面のものであるとか、携帯可能な情報端末に見られるような小型のディスプレイといったものである。

ディスプレイの物理的な大きさに広がりが生まれるとともに、それらのディスプレイの解像度が向上し、より精細な視覚表現が可能になってゆくとつれ、ドット数ではなく物理的にどのような大きさでどのようなも

のが表現されるのかといったことが大きな問題として生じてくると思われる。

このような今後予想される状況に対処する上でも、本研究でおこなった視覚的な外在化表現を利用しその効果について考慮したインタラクティブシステムは有意義であると考えられる。

8.5

本章のまとめ

本章では、前章までに述べた ART 環境を一例としながら、コンピュータ上のインタラクティブシステムとのコミュニケーションを外在化表現とコミュニケーションとして捉えた議論をおこなった。

HCI デザインがこれまで重視してきた事柄は、インタラクティブシステムにおいて必要となる機能を特定し実装すること、そしてユーザインタフェースを介してそれらの機能といかにしてコミュニケーションをおこなうかということであった。de Souza ら [de Souza, Prates, Barbosa 2000] が指摘するように、このアプローチを導く力となってきた人間中心的観点によって、コミュニケーションの重要な側面、すなわち、コンピュータディスプレイに表示される数々の表現をユーザの個々人がどのように解釈しどのように利用するのか、という点が疎かにされてきている。

本研究で主張するのは、どのようなタスクでどのような目的のためにどのような表現が必要となるのかということを考えることに立ち戻ること、すなわち表現中心的観点に立つデザインアプローチである。記号論は、“Human-Representation Interaction” という枠組みを構築する上で重要な役割を果たすものである。

9

結論

本論文では、情報創出の初期段階の支援のための外在化表現の利用と効果について着目した理論的な枠組み、空間配置を利用したインタラクティブシステムの設計、構築、意義について述べた。本章では、本論文を総括し、情報創出支援としての本研究の全体をまとめる。

第一章では序論として日常生活へのコンピュータなどのデジタル機器の普及にともなって生じる情報創出支援研究の必要性について述べた。第二章では、本研究の支援対象となっている情報の創出という活動について述べるとともに、情報創出活動において外在化された表現が果たす役割や効果について述べた。第三章では、広い意味でのデザインについての既存の理論の概要を示すとともに、“Representational Talkback”という概念の提案をおこない、その増幅による情報創出活動の支援のアプローチを示した。第四章では、Representational Talkbackを増幅する手段の一つとして利用する空間配置に関して述べた。第五章、第六章、第七章では、空間配置を利用した情報創出支援ツールを、書いてまとめるプロセス、メモへのアノテーション付加、実験ビデオ分析という問題領域へ適用した例として詳述した。第八章では、本研究で構築したインタラクティブシステムの意義を記号論における知見をもとにしながら再解釈し考察をおこなった。

支援システムの設計においては、情報デザインにおけるプロダクトの個々の部分を構成する要素（マルチメディアデータやテキストオブジェクト）を編集するための場、個々の構成要素を配置しながら操作するための場、構成要素を結合した形で創りつつあるプロダクトを見るための場、という三つの情報空間を統合的に提供することを指針とした。その枠組みの中で、ユーザがシステムとどのようにインタラクションをおこないつつ情報創出活動を進めていくことができれば、ユーザの思考過程を阻害せずにシステムが支援することができるのかについて考察をおこなった。

インタラクティブなシステムの提供する二次元空間配置の構築および評価に関しては、人間が最も、そしてほとんどの、情報入力と情報処理とをおこなうといわれる視覚に着目した。また、システム側が提供する

視覚的表現, 知覚的表現についてだけでなく, ユーザ観察実験において視線追跡装置を用いた視線移動データから得られる視覚的表現について分析をおこない, 情報創出をおこなう環境としての支援ツールの記号論的な再解釈を試みた.

今後の情報科学および情報技術の発展は, 人間が自らの思考をコンピュータシステム上に外在化させ何らかの形態で情報をデザインするという活動を支援するものとならなければならない. そのためには, 本研究で示したような, 思考過程と情報の表現とがどのように関わり合うのか, といった HRI (Human-Representation Interaction) についてより明らかなものとする必要がある.

本論文で述べた結果を踏まえ, システムが能動的に支援すべき認知的作業領域, するべきではない作業領域の理解を深めることによって, 知的作業を支援, 生産性を増幅するための枠組みを確立することが可能であると考える.

謝辞

本研究を遂行するにあたり御指導いただいた方々、快適な研究環境を整えていただいた方々、叱咤激励をいただいた方々、様々な局面で御世話になった方々に、感謝の意をあらわしたいと思います。

大学院入学より三年にわたって主指導教官を務めていただいた鳥居宏次副学長に対し、厚く御礼を申し上げます。本研究の初期段階から研究内容についての御理解をいただきました。また、工学に携わる人間としてのあるべき姿、研究をおこなっていく人間としての考え方、といった非常に広い視野からの御指導をいただきました。深く感謝しております。

主指導教官であり本論文の審査委員を務めていただいた井上克郎教授には、最後の二年間、本研究の遂行にあたって広い視野からのコメントをいただくとともに、研究を快適に遂行することのできる環境を提供していただきました。常に穏やかに、そしてにこやかに接していただき、研究生生活においても研究以外の場においても多くのアドバイスをいただきました。心より感謝いたします。

副指導教官であり本論文の審査委員を務めていただいた関浩之教授には、博士前期課程での講義において研究内容についてお話しさせていただいて以来、鋭い御指導、御指摘をいただきました。直接の御指導をいただいたときのみならず、他の研究発表に対する関先生の常にポジティブなコメントや質問を、大いに参考にさせていただきました。心より感謝いたします。

副指導教官であり本論文の審査委員を務めていただいた西谷紘一教授には、博士前期課程における研究のときから、厳しくかつ温かく、研究全体について広い視野からの御指導、御助言をいただきました。三年前の修士論文発表後の「ビジネスですから」というセリフ、研究に対するプロフェッショナルな姿勢、プロフェッショナルな工学者としての考え方をも学ばせていただきました。心より感謝いたします。

認知科学客員講座に配属されて以来五年にわたって御指導いただき本論文の審査委員を務めていただいた中小路久美代客員助教授には、大学院入学以来、常に鋭い御意見、数々の御助言をいただきました。本研究の端緒となったナイーブなアイデアに対して真摯な態度で接していただくとともに、本研究の目指すところを深く御理解いただきました。

また、本研究を高く評価していただき、幅広い分野の方々とお会いする場を提供していただきました。深く感謝いたします。

慶應義塾大学の高田眞吾専任講師には、認知科学客員講座に助手として赴任されていた間のみならず、慶應義塾大学に赴任されてからも、本研究に関する問題について常に真剣に議論していただきました。いただいた多くの御指摘は非常に示唆に富むものであり、研究の進め方におきましても大きな指針から細かな点まで御指導いただきました。深く感謝いたします。

ソフトウェア計画構成学講座の松本健一助教授には、大学院入学以来五年間にわたって、本研究の進捗を常に温かく細やかに見守っていただきました。本研究の要となる点を深く御理解いただき、本研究のモチベーションを維持することができました。深く感謝いたします。

情報科学センターの飯田元助教授、ソフトウェア計画構成学講座の島和之助手、門田暁人助手には、本研究について一步離れたところから冷静な鋭い御指摘、御意見をいただきました。研究生活のみならず、研究を離れた場面においても御助言をいただきました。深く感謝いたします。

認知科学客員講座の蔵川圭助手には本学に赴任されて以来一年半の間、本研究の本質的な部分や動機に関わる部分について深く議論していただきました。また、研究環境のセットアップや研究生活に付随する様々な事柄においても御世話になりました。深く感謝いたします。

米国 Washington 大学の Mark D. Gross 助教授には、本研究の全体にわたって、細かな点から大局的な指針に至るまで数々の御助言をいただきました。本研究に興味を持っていただき、お会いするたびに進捗状況を訊ねていただいたことで、研究のモチベーションを維持することができ、新たな事柄について追求することができました。深く感謝します。

(株) SRA 先端技術研究所の岸田孝一さん、松村好高さん、(株) SRA の林香さん、(株) PFU の熊谷章さん、(株) ニルソフトウェアの伊藤昌夫さんの皆様には、実務の立場から本研究に建設的な御意見をいただき、研究を遂行するにあたってのチャレンジングな課題とモチベーションとを与えていただきました。中国で開催される会議 ISFST 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。心より感謝しております。

(株) SRA 先端技術研究所の青木淳さんには、ソフトウェア実務に関する様々な経験に基づいた広く深い知識から、今後のコンピューティング環境のあるべき姿、ソフトウェアに関わる人間としての進むべき道筋、ベースとなる哲学的思索に至るまで、非常に広い範囲にわたる分野横断的な深遠な世界を見せていただきました。心より感謝いたします。

米国 Colorado 大学の Gerhard Fischer 教授, Ernesto Arias 助教授, Jonathan Ostwald 博士, Yunwen Ye さん, Eric Scharf さん, Taro Adachi さんの皆様には、お会いする機会は多くはありませんでしたが、本研究に関して非常に建設的な御意見をいただきました。深く感謝いたします。

米国 TwinBear Research 社の Brent N. Reeves 博士には、米国でのワークショップで御一緒したときにも、本学研究室にいらっしゃったときにも、本研究に対するアドバイス、米国の様々な研究分野の状況、英語でのコミュニケーション、と幅広い事柄に関して教えていただきました。深く感謝します。

英国 Loughborough 大学の Ernest A. Edmonds 教授と Linda Candy 博士には、本研究に興味を持っていただき、理論的枠組みに関して様々な文献を御紹介いただきました。お会いすることができたのは数回だけでしたが、その度に研究を進める上で力を与えられたと思っております。深く感謝します。

九州工業大学の乾健太郎助教授には、本研究の依拠する理論的な枠組みと支援ツールの設計思想との関係について長時間にわたり熱く議論をさせていただきました。また、研究者としての活発な姿を拝見させていただくたびに勇気付けられました。深く感謝します。

(株) ソフトデバイスの高橋賢一さん、浦和恭子さんには、本研究に置いて設計、構築したシステムに関して様々な御意見やフィードバックをいただきました。マルチメディアデータの取り扱いやデザイン全般におきまして貴重なアドバイスをいただきました。深く感謝します。

(株) NTT データの池田文人さんには、社会人学生として認知科学客員講座に来られて以来、同期として博士後期課程をともにさせていただきました。米国でのワークショップで御一緒させていただいたときには、タバコの煙の中、貴重な睡眠時間を削ってまで様々なことについて熱くかつ楽しく議論させていただきました。深く感謝いたします。

三菱電機（株）の杉山仁彦さん、富士通（株）の鈴木孝弘さんには、認知科学客員講座の第一期学生として博士前期課程をご一緒させていただき、研究の初期段階での議論を交わさせていただきました。あの頃の思いつきやアイデアを発展させる形で一貫したテーマで五年間の研究を進めることができました。深く感謝します。

ソフトウェア計画構成学講座の森崎修司さんには、大学院入学以来五年間にわたって、タバコ仲間として、また同い年の同期の学生として、様々な不満や悩みを共有させていただくとともに、熱く楽しい議論を何度も重ねることができました。夜遅くまで、時には夜が明けるまで、お互いの研究と関係することについても関係しないことについても、非常に長く濃い議論を楽しくさせていただきました。また、研究生活の多くの局面で助けていただきました。深く感謝します。

ソフトウェア計画構成学講座の大和正武さん、認知科学客員講座の大平雅雄さん、高嶋章雄さん、中川渉さんの皆様には、本研究に関して様々な議論をしていただき、また研究を遂行するにあたって必要となる事務処理などを手助けいただきました。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。深く感謝します。

その他にも数多くの人々に手助けいただきました。研究会や国際会議でお会いし本研究について議論させていただいた方々、デモを見ていただいたりシステムに関するフィードバックを下された方々、実験に快く参加していただいた方々、古くからの友人など、皆様それぞれの立場からのご意見を賜りました。お名前をあげることはいたしません、深く感謝しております。

大学院入学以来の研究生活を総括すると、非常に主観的な自らの直感を少しでも客観的なものとして表現しようと悪戦苦闘した五年間だったと思います。感覚的な思いつきやナイーブなアイデアに深く耳を傾けて頂き、少しでも数多くの他者に通じる形へと変換してゆく道程を導いてくださった、中小路久美代さん、高田真吾さん、Mark D. Grossさん、青木淳さんには、繰り返しになってしまいますが、ここでもう一度、心よりの感謝の意をあらわしたいと思います。

最後に、五年間にわたる大学院での研究生活を経済的にも精神的にも支えてくれた、二人の祖母、父・博明、母・三千代、弟・真裕に感謝します。日頃からの応援がなければ本研究を遂行することは到底できませんでした。どうもありがとう。

参考文献

[Aihara, Hori 1998]

Aihara, K., Hori, K., Enhancing Creativity through Reorganizing Mental Space Concealed in a Research Notes Stack, Knowledge-based Systems, Vol.11 No.7-8, pp.469-478, 1998.

[Ambrose, Ramaprasad, Rai 1998]

Ambrose, P. J., Ramaprasad, A., Rai, A., Information Systems, Knowledge Work and the IS Professional: Implications for Human Resources Management, in Proceedings of the 1998 Conference on Computer Personnel Research, Boston, USA, pp.78-81, 1998.

[Andersen 2001]

Andersen, P. B., What Semiotics can and cannot Do for HCI, Knowledge-Based Systems, Elsevier Science, 2001 (to appear).

[Anzai et al. 2000]

安西 祐一郎, 浜田 洋, 小澤 英昭, 中谷 多哉子, 岡田 謙一, 黒須 正明, 岩波講座 マルチメディア情報学 9 情報の創出とデザイン, 岩波書店, 2000.

[Alexander 1997]

Alexander, C., Notes on the Synthesis of Form (Fourteenth Printing), Harvard University Press, Massachusetts, 1997.

[Arnheim 1969]

Arnheim, R., Visual Thinking, University of California Press, CA, 1969.

[Barger et al. 1999]

Barger, D., Gupta, A., Grudin, J. and Sanocki, E., Annotations for Streaming Video on the Web: System Design and Usage Studies, Computer Networks, The Netherlands, Vol.31, No.11-16, Elsevier Science, pp.1139-1153, 1999.

[Benyon 2001]

Benyon, D., The New HCI? Navigation of Information Space, Knowledge-Based Systems, Elsevier Science, 2001 (to appear).

[Boreczky et al. 2000]

Boreczky, J., Girgensohn, A., Golovchinsky, G., and Uchihashi, S., An Interactive Comic Book Presentation for Exploring Video, in Proceedings of CHI2000, ACM Press, 2000, pp.185-192.

[Brown 1994]

Brown, P., The Ethics and Aesthetics of the Image Interface, in ACM SIGGRAPH Computer Graphics, Vol.29 No.1, 1994.

[Bruner 1996]

Bruner, J., The Culture of Education, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1996.

[Bush 1945]

Bush, V., As We May Think, The Atlantic Monthly, Vol.176, No.1, July 1945, pp.101-108 (<http://www.theatlantic.com/unbound/flashbks/computer/bushf.htm>).

[Card, Mackinlay, Shneiderman 1999]

Card, S., Mackinlay, J., Shneiderman, B., Readings in Information Visualization: Using Vision to Think, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, USA, 1999.

[Cheyer, Julia 1998]

Cheyre, A. and Julia, L., MVIEW: Multimodal Tools for the Video Analyst, in Proceedings of IUI 98, pp.55-62, 1998.

[Cockburn, Dale 1997]

Cockburn, A. and Dale, T., CEVA: A Tool for Collaborative Video Analysis, in Proceedings of the International Conference on Supporting Group Work (ACM Group'97), ACM Press, pp.47-55, 1997.

[Dekel, Bergman 2000]

Dekel, A. and Bergman, O., Synopsis: A Personal Summary Tool for Video, in Extended Abstracts of CHI2000, ACM Press, pp.4-5, 2000.

[de Souza Prates Barbosa 2000]

de Souza, C. S., Prates, R. O., Barbosa, S. D. J., Report on CHI2000 Workshop on Semiotic Approaches to User Interface Design, SIGCHI Bulletin, Vol.32 No.4, ACM/SIGCHI, 2000.

[de Souza, Barbosa, Prates 2001]

de Souza, C. S., Barbosa, S. D. J., Prates, R. O., A Semiotic Engineering Approach to User Interface Design, Knowledge-Based Systems, Elsevier Science, 2001 (to appear).

[Do, Gross 1997]

Do, E. Y.-L., Gross, M. D., Inferring Design Intentions from Sketches: An Investigation of Freehand Drawing Conventions in Design, in Proceedings of the 2nd Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA'97), Taipei, Taiwan, pp.217-227, 1997.

[Ericsson, Simon 1984]

Ericsson, K. A. and Simon, H. A., Protocol Analysis: Verbal Reports as Data, MIT Press, 1984.

[Fentem, Dumas, McDonnell 1998]

Fentem, A., Dumas, C., McDonnell, J., Evolving Spatial Representations to Support Innovation and the Communication of Strategic Knowledge, Knowledge-Based Systems, Vol.11 No.7-8, pp.417-428, 1998.

[Hayes, Flower 1980] Hayes, J. R. Flower, L. S., Writing Research and the Writer, American Psychologist, Vol.41 No.10, pp.1106-1113, 1980.

[Hibino, Rundensteiner 1996]

Hibino, S., Rundensteiner, E.A., MMVIS: A Multimedia Visual Information Seeking Environment for Video Analysis," in Proceedings of the CHI '96 Conference Companion on Human factors in Computing Systems: Common Ground, ACM Press, pp.15-16, 1996.

[Hutchins 1994]

Hutchins, E., Cognition in the Wild, MIT Press, 1994.

[Hunter, Begoray 1990]

Hunter, W. J., Begoray, J., A Framework for the Activities Involved in the Writing Process, The Writing Notebook, Vol.8 No.1, 1990.

[Igarashi, Matsuoka, Masui 1995]

Igarashi, T., Matsuoka, S., Masui, T., Adaptive Recognition of Implicit Structures in Human-Organized Layouts, Proceedings of the 11th IEEE Symposium on Visual Languages, pp.258-266, 1995.

[Igarashi, Matsuoka, Tanaka 1999]

Igarashi, T., Matsuoka, S., Tanaka, H., Teddy: A Sketching Interface for 3D Freeform Design, in Proceedings of ACM SIGGRAPH'99, pp.409-416, 1999.

[Igarashi et al. 2000]

Igarashi, T., Edwards, W. K., LaMarca, A., Mynatt, E. D.: An Architecture for Pen-based Interaction on Electronic Whiteboards, Proceedings of AVI 2000, ACM Press, Palermo, Italy, May 24-26, 2000.(to appear)

[Ikegami 1984]

池上 嘉彦, 記号論への招待, 岩波新書(黄版)258, 岩波書店, 1984.

[Indurkha 1998]

Indurkha, B., On Creation of Features and Change of Representation, Cognitive Studies, Vol.5, No.2, pp.43-56, 1998.

[Johnson 1987]

Johnson, M., The Body in the Mind, The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason, University of Chicago Press, 1987.

[Kawai et al. 1993]

河合 和久, 塩見 彰睦, 竹田 尚彦, 大岩 元, 協調作業支援環境を持ったカード操作ツール KJ エディタの評価実験, 人工知能学会誌, Vol.8 No.5, pp.583-592, 1993.

[Kawakita 1967]

川喜田 二郎, 発想法, 中央公論社, 1967.

[Kintsch 1998]

Kintsch, W., Comprehension: A Paradigm for Cognition, New York, Cambridge University Press, 1998.

[Kintsch, Dijk 1978]

Kintsch, W., van Dijk, T. A., Towards a Model of Text Comprehension and Production, Psychological Review, Vol.85 No.5, pp.363-394, 1978.

[Kunifuji 1993]

國藤 進, 発想支援システムの研究開発動向とその課題, 人工知能学会論文誌, Vol.8 No.5, pp.552-559, 1993.

[Lakoff 1987]

Lakoff, G., Woman, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind, The University of Chicago Press, Chicago, 1987.

[Lakoff, Johnson 1980]

Lakoff, G., Johnson, M., Metaphors We Live By, The University of Chicago Press, 1980.

[Landauer 1995]

Landauer, T. K., The Trouble with Computers: Usefulness, Usability, and Productivity, MIT Press, 1995.

[Lawson 1994]

Lawson, B., Design in Mind, Architectural Press, MA, 1994.

[Lawson 1997]

Lawson, B., Designing with Drawings, in How Designers Think: The

Design Process Demystified, Chapter 14, Architectural Press, MA, pp.241-259, 1997.

[Li et al. 2000]

Li, F. C., Gupta, A., Sanocki, E., He, L.-W., and Rui, Y., Browsing Digital Video, Proceedings of CHI2000, ACM Press, pp.169-176, 2000.

[Mackay, Beaudouin-Lafon 1998]

Mackay, W. E., Beaudouin-Lafon, M., DIVA: Exploratory Data Analysis with Multimedia Streams, Proceedings of CHI'98, ACM Press, pp.416-423, 1998.

[Marcus 1994]

Marcus, A., Managing Metaphors for Advanced User Interfaces, in Proceedings of the Workshop on Advanced Visual Interfaces (AVI), Bari, Italy, pp.12-18, 1994.

[Minsky 1985]

Minsky, M., The Society of Mind, Simon and Schuster, Inc., New York, NY, 1985.

[Moran, Carroll 1996]

Moran, T. P., Carroll, J. M. (Eds.), Design Rationale: Concepts, Techniques, and Use, Lawrence Erlbaum Associates, Inc, Hillsdale, NJ, 1996.

[Nakakoji et al. 2000]

Nakakoji, N., Yamamoto, Y., Reeves, B. N., and Takada, S., Two-Dimensional Positioning as a Means for Reflection in Design, Proceedings of Design of Interactive Systems (DIS 2000), ACM, New York, NY, pp.437-452, 2000.

[Nake Grabowski 2001]

Nake, F., Grabowski, S., Interaction is pseudo-communication, Knowledge-Based Systems, Elsevier Science, 2001 (to appear).

[Neumueller 2000]

Neumueller, M., A Semiotic Analysis of iMarketing Tools, in Proceedings of the 11th ACM on Hypertext and Hypermedia, San Antonio, TX, pp.238-239, 2000.

[Neuwirth et al. 1987]

Neuwirth, C., Kaufer, D., Chimera, R., Gillespie, T., The Notes Program: A Hypertext Application for Writing from Source Texts, Hypertext '87 Papers, Chapel Hill, NC, pp.121-142, 1987.

[Norman 1993]

Norman, D. A., Things That Make Us Smart, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.

[Norman 1998]

Norman, D. A., The Invisible Computer, The MIT Press, Cambridge, MA, 1998.

[Orihara 1993]

折原 良平, 発散的思考支援ツールの研究開発動向, 人工知能学会誌, Vol.8 No.5, pp.560-567, 1993.

[Polanyi 1966]

Polanyi, M., The Tacit Dimension, Doubleday, 1966.

[Prates, Barbosa, de Souza 2000]

Prates, R. O., Barbosa, S. D. J., de Souza, C. S., A Case Study for Evaluating Interface Design through Communicability, in Conference Proceedings on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques (DIS 2000), Brooklyn, NY, pp.308-316, 2000.

[Price, Schilit, Golovchinsky 1998]

Price, M. N., Schilit, B. N., Golovchinsky, G., XLibris: The Active Reading Machine, CHI 98 Summary (April 18-23, 1998, Los Angeles, CA), ACM Press, pp. 22-23, 1998.

[Reisberg 1987]

Reisberg, D., External Representations and the Advantages of Externalizing One's Thoughts, in Proceedings of the 8th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Cognitive Science Society, 1987.

[Rittel, Webber 1984]

Rittel, H., Webber, M. M., Planning Problems are Wicked Problems, in Cross, N. (Ed.), Developments in Design Methodology, John Wiley and Sons, New York, pp.135-144, 1984.

[Schilit, Golovchinsky, Price 1998]

Schilit, B.N., Golovchinsky, G. and Price, M.N, Beyond Paper: Supporting Active Reading with Free Form Digital Ink Annotations. In Proceedings of CHI98 (Los Angeles, CA, April 19-26), ACM Press, pp. 249-256, 1998.

[Schilit et al. 1999]

Schilit, B. N., Price, M. N., Tanaka, K., Marshall, C. C., As We May Read: The Reading Appliance Revolution, Computer, Vol.32 No.1, pp.65-73, 1999.

[Schoen 1983]

Schoen, D. A., *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Basic Books, NY, 1983.

[Sharples 1994]

Sharples, M., *Cognitive Support and the Rhythm of Design*, In *Artificial Intelligence and Creativity*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp.385-402, 1994.

[Sharples 1996]

Sharples, M., *An Account of Writing as Creative Design*, In *The Science of Writing*, Lawrence Erlbaum, pp.127-148, 1996.

[Shipman, Marshall, Moran 1995]

Shipman, F. M., Marshall, C. C., Moran, T. P., *Finding and Using Implicit Structure in Human-Organized Spatial Layouts of Information*, *Human Factors in Computing Systems (CHI '95)* Denver, CO., pp.346-353, 1995.

[Shneiderman 1983]

Shneiderman, B., *Direct Manipulation: a Step Beyond Programming Languages*, *IEEE Computer*, Vol.16 No.8, pp.57-69, 1983.

[Shneiderman 2000]

Shneiderman, B., *Creating Creativity: User Interfaces for Supporting Innovation*, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol.7 No.1, pp.114-138, 2000.

[Simon 1996]

Simon, H. A., *The Sciences of the Artificial (Third ed.)*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1996.

[Snodgrass, Coyne 1997]

Snodgrass, A. B., Coyne, R. D., *Is Designing Hermeneutical?*, *Architectural Theory Review*, *Journal of the Department of Architecture*, The University of Sydney, Vol.1 No. 1, pp.65-97, 1997.

[Sugimoto, Hori, Ohsuga 1998]

Sugimoto, M., Hori, K., Ohsuga, S., *A System for Visualizing Viewpoints and its Application to Intelligent Activity Support*, *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.28C No.1, pp.124-136, 1998.

[Sugiyama 1993]

杉山 公造, 収束的思考支援ツールの研究開発動向 - KJ法を参考とした支援を中心として -, *人工知能学会誌*, Vol.8 No.5, pp.568-574, 1993.

[Sumi, Hori, Ohsuga 1994]

角 康之, 堀 浩一, 大須賀 節雄, テキストオブジェクトを空間配置することによる思考支援システム, 人工知能学会誌, Vol.9 No.1, pp.139-147, 1994.

[Suwa 1999]

諏訪 正樹, ビジュアルな表現と認知プロセス, 可視化情報学会誌, Vol.19 No.72, pp.13-18, 1999.

[Suwa, Gero, Purcell 2000]

Suwa, M., Gero, J., Purcell, T., Unexpected Discoveries and S-Invention of Design Requirements: Important Vehicles for a Design Process, Design Studies, Vol.21 No.4, 2000.

[Takada, Yamamoto, Nakakoji 2000]

Takada, S., Yamamoto, Y., Nakakoji, K., Two-Dimensional Positioning as Visual Thinking, in Proceedings of Diagrams2000, Edinburgh, UK, pp.437-452, 2000.

[Torii et al. 1999]

Torii, K., Matsumoto, K., Nakakoji, K., Takada, Y., Takada, S., Shima, S., Ginger2: An Environment for CAESE (Computer-Aided Empirical Software Engineering), IEEE Transactions on Software Engineering, Vol.25 No.4, pp.474-492, 1999.

[Tsutsumi, Shinohara 1998]

堤 富士雄, 篠原 靖志, キーワードを2次元平面に配置する文書検索システム, コンピュータソフトウェア, Vol.15 No.4, pp.2-15, 1998.

[Tufte 1990]

Tufte, E. R., Envisioning Information, Graphics Press, Connecticut, 1990.

[Uchihashi et al. 1999]

Uchihashi, S., Foote, J., Girgensohn, A., and Boreczky, J.: "Video Manga: Generating Semantically Meaningful Video Summaries," in Proceedings of ACM Multimedia 99, ACM Press, pp.383-392, 1999.

[Williams 1992]

Williams, N., New Technology. New Writing. New Problems?, in Computers and Writing: State of the Art, Holt, P., Williams, N. (Eds.), Intellect Books, pp.1-19, 1992.

[Winograd, Flores 1986]

Winograd, T., Flores, F., Understanding Computers and Cognition: A New Foundation for Design, Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ, 1986.

[Winograd et al. 1996]

Terry Winograd, John Bennett, Laura De Young, Bradley Hartfield (Eds.),
Bringing Design to Software, ACM Press, NY, 1996.

[Yamamoto, Aoki, Nakakoji 2000]

山本 恭裕, 青木 淳, 中小路 久美代, 素材をもとに考えをまとめる
ツール: ART, インタラクション 2000 論文集, Vol.2000 No.4, 情報処
理学会, 東京, pp.159-160, 2000.

[Yamamoto, Takada, Nakakoji 1998]

Yamamoto, Y., Takada, S., Nakakoji, K., Representational Talkback: An
Approach to Support Writing as Design, in Proceedings of 3rd Asia Pacific
Computer Human Interaction Conference (APCHI 98), IEEE Computer
Society, pp.125-131, 1998.

[Yamamoto, Takada, Nakakoji 1999]

山本 恭裕, 高田 眞吾, 中小路 久美代, Representational Talkback の
増幅による「書いてまとめる」プロセスの支援に向けて, 人工知能
学会誌, Vol.14 No.1, pp.82-92, 1999.

[Yamamoto, Nakakoji, Aoki 2000]

Yamamoto, Y., Nakakoji, K., Aoki, A., An Interaction Model for
Experimental Data Analysis Using Spatial Positioning, in Proceedings of
the International Symposium on Future Software Technology (ISFST-00),
Guiyang, China, Software Engineers Associates, pp.111-116, 2000.

[Yamamoto, Nakakoji, Takada 2000]

Yamamoto, Y., Nakakoji, K., Takada, S.: Hands-on Representations in a
Two-Dimensional Space for Early Stages of Design, Knowledge-Based
Systems Journal, Elsevier Science, Vol.13 No.6, pp.375-384, 2000.

[Yamamoto, Reeves, Nakakoji 1999]

Yamamoto, Y., Reeves, B. N., Nakakoji, K., ART: A Cognitive Tool for
Writing, International Symposium on Future Software Technology
(ISFST-99), Nanjing, China, pp.113-118, 1999.

[Zhang 1997]

Zhang, J., The Nature of External Representations in Problem Solving,
Cognitive Science, Vol.21 No.2, pp.179-217, 1997.

研究業績

学術論文誌

- Yasuhiro Yamamoto, Kumiyo Nakakoji, Shingo Takada, Hands-on Representations in a Two-Dimensional Space for Early Stages of Design, Knowledge-Based Systems, Elsevier Science, Vol.13 No.6, pp.375-384, 2000.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Masao Ohira, Computational Support for Collective Creativity, Knowledge-Based Systems, Elsevier Science, Vol.13 No.7-8, pp.451-458, 2000.
- 山本 恭裕, 高田 眞吾, 中小路 久美代, “Representational Talkback”の増幅による「書いてまとめる」プロセスの支援へ向けて, 人工知能学会誌, Vol.14 No.1, pp.82-92, 1999.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Takahiro Suzuki, Shingo Takada, Mark D. Gross: From Critiquing to Representational Talkback: Computer Support for Revealing Features in Design, Knowledge-Based Systems, Vol.11 No.7-8, pp.457-468, 1998.

国際会議

- Yasuhiro Yamamoto, Kumiyo Nakakoji, Atsushi Aoki, An Interaction Model for Experimental Data Analysis Using Spatial Positioning, International Symposium on Future Software Technology 2000 (ISFST2000), Guiyang, China, pp.255-260, 2000.
- Shingo Takada, Yasuhiro Yamamoto, Kumiyo Nakakoji, Two-Dimensional Positioning as Visual Thinking, International Conference on the Theory and Application of Diagrams (Diagrams 2000), Edinburgh, UK, pp.437-452, 2000.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Brent N. Reeves, Shingo Takada, Two-Dimensional Positioning as a Means for Reflection in Design, Designing Interactive Systems (DIS 2000), New York, USA, pp.145-154, 2000.

- Yasuhiro Yamamoto, Brent N. Reeves, Kumiyo Nakakoji, ART: A Cognitive Tool for Writing, International Symposium on Future Software Technology (ISFST-99), Nanjing, China, pp.113-118, 1999.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Shingo Takada, Two-Dimensional Positioning as a Means to Represent Strategic Knowledge in Design, Strategic Knowledge and Concept Formation 99, Iwate, Japan, pp.109-121, 1999.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Masao Ohira, A Framework that Supports Collective Creativity in Design using Visual Images, Creativity and Cognition '99, Loughborough, UK, pp.166-173, 1999.
- Yasuhiro Yamamoto, Shingo Takada, Kumiyo Nakakoji, Finding What You Really Want: A Human-Computer Cooperative Approach, International Symposium on Future Software Technology (ISFST-98), Hanzhou, China, October 1998, pp.95-100.
- Yasuhiro Yamamoto, Shingo Takada, Mark D. Gross, Kumiyo Nakakoji, Representational Talkback: An Approach to Support Writing as Design, Proceedings of the APCHI '98 Conference, Kanagawa, Japan, pp.125-131, 1998.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, Kimihiko Sugiyama, Shingo Takada, Finding the "Right" Image: Visualizing Relationships among Persons, Images and Impressions, Designing Effective and Usable Multimedia Systems, Stuttgart, Germany, pp.91-102, 1998.

国内会議

- 山本 恭裕, 高田 眞吾, 中小路 久美代, デザイン理論に基づいた「書いてまとめる」プロセスの支援に関する研究, 日本認知科学会第15回大会, 名古屋, pp.30-31, 1998.
- 山本 恭裕, 高田 眞吾, 中小路 久美代, 「全体」「部分」間の相互作用に着目したドキュメント構築支援, 情報処理学会研究報告 HI76-2 (ヒューマンインタフェース研究会), 札幌, pp.7-12, 1998.
- 山本 恭裕, 高田 眞吾, 中小路 久美代, Representational Talkback を考慮したドキュメント構築支援ツール: DoDA, 第19回システム

工学部会研究会 発想支援システムシンポジウム, 石川, pp.79-86, 1997.

- 山本 恭裕, 高田 眞吾, 中小路 久美代, 理解しやすいハイパーメディア情報に関する考察, 情報処理学会研究報告 (グループウェア研究会), 愛媛, pp.241-246, 1997.

ポスター発表

- 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, 情報処理学会, 東京, pp.153-154, 2001.
- Kumiyo Nakakoji, Yasuhiro Yamamoto, What does the Representation Talk-back to You?, ACM CHI2000 Workshop on Semiotic Approaches to User Interface Design, The Hague, The Netherlands, 2000.
- 山本 恭裕, 青木 淳, 中小路 久美代, 素材をもとに考えをまとめるツール: ART, インタラクション 2000 論文集, Vol.2000 No.4, 情報処理学会, 東京, pp.159-160, 2000.