

Title	図によるコンテキストの継時的表現及び共有手法に関する研究
Author(s)	坂本, 竜基
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/794
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 博士

博 士 論 文

**図によるコンテキストの継時的表現
及び共有手法に関する研究**

指導教官 國藤 進 教授

北陸先端科学技術大学院大学
知識科学研究科知識社会システム学専攻

坂本 竜基

2003 年 3 月

要 旨

ユビキタス・パーベイシブ環境に関する研究と共に、そこでセンシングされた情報を活用した断片的なコンテキストの提示をおこなうコンテキストアウェアに関する研究がなされてきた。しかし、既存の研究においては、継時的なコンテキストの提示やその共有化に関する議論があまりなされていない。これに対して、本研究では、人間の行動を継時的なコンテキストとして捉えた図的表現及び共有化の達成を主眼としている。まず、コンテキストの継時的表現物は、自身のコンテキストの把握を促し、意思決定や記憶保存に対して有用であると予想できる。また、その表現物の共有化によって支援される他者のコンテキストと自分のそれとの関係把握は、行動や事象のパースペクティブな把握に繋がると予想できる。

本論文では、ある程度纏まった時間的範囲内の継時的なコンテキストを図示し、それを共有化する表現手法を二種類提案する。一つは、ハイパーリンクを辿る Web ブラウジングという行為について、現在閲覧している HTML 文章とそこに至るまでに辿った道筋及びその周辺に存在する HTML 文章群をコンテキストとして、グラフ描画の範疇で表現する手法である。この手法は、従来の一でおこなってきた Web ブラウジングを複数人で協調的におこなえるようにするシステムへ応用することができる。もう一つは、実世界の日常生活におけるコンテキストを漫画という表現形態を用いて示す手法である。これは、個人化された展示ガイドシステムのログデータを入力として、展示会場における体験を漫画によって表現するシステムへの応用が考えられる。本論文は、この両者の表現手法及び応用システムへの適用方法の説明と、それらに対する評価実験から両表現手法の実用性等を検討した結果について纏めたものである。

目次

1	序論	1
1.1	研究の目的と意義	1
1.2	本論文におけるコンテキストの定義	3
1.3	背景	4
1.4	論文の構成	6
2	グラフ描画による Web ブラウジングにおけるコンテキストの表現及び共有手法	8
2.1	はじめに	8
2.2	Web における情報視覚化研究	9
2.3	図示の方針	11
2.4	ブラウジングコンテキストの図示	12
2.5	ブラウジングコンテキストの共有	13
2.6	自ノード位置の決定方法	15
2.7	非重複ノード位置の決定方法	18
2.8	パネル間の距離決定	19
3	協調的 Web ブラウジングシステム	20
3.1	はじめに	20
3.2	協調的 Web ブラウジングの有用性	22
3.3	関連研究	22
3.4	システム構成	23
3.5	機能	24
3.5.1	他ユーザとの対話支援機能	24
3.5.2	リンクの向きを表現する機能	25

3.5.3	スクリーンショット表示機能と文章閲覧機能	26
3.5.4	マウスドラッグによる回転操作	27
4	協調的 Web ブラウジングシステムの評価	28
4.1	はじめに	28
4.2	実験Ⅰ：ブラウジングコンテキスト表現物の提供に対する効果	29
4.2.1	実験概要	29
4.2.2	結果	30
4.3	実験Ⅱ：2人での目標文章到達までの効率	34
4.3.1	実験概要	34
4.3.2	結果	35
4.4	実験Ⅲ：実際の Web 空間での試用	36
4.4.1	実験概要	36
4.4.2	結果	37
5	漫画による日常的なコンテキストの表現及び共有手法	41
5.1	はじめに	41
5.2	先行研究	44
5.2.1	ストーリー生成	45
5.2.2	インタフェースとしての漫画表現の利用	45
5.3	漫画生成のための知識表現と生成方法	46
5.4	共有化手法	50
5.4.1	既存のインフラを利用した送信	52
5.4.2	コミックリンク	52
6	コミックダイアリーシステム	55
6.1	はじめに	55
6.2	C-MAP システムにおけるコミックダイアリーの位置付け	56
6.3	コミックダイアリーの生成	59
6.3.1	コミックダイアリー生成の流れ	60
6.3.2	メールによる伝達支援	69
6.3.3	コミックリンク機能	69

7	コミックダイアリーシステムの運用事例と評価	73
7.1	はじめに	73
7.2	各版の運用状況と機能変遷	74
7.2.1	JS AI2001 版	74
7.2.2	SIGGRAPH2001 版	74
7.2.3	インタラクション 2002 版	75
7.3	運用データと考察	76
7.3.1	表現と内容に関する評価	77
7.3.2	各機能に対する評価	79
8	結論	82
8.1	本論文のまとめ	82
8.2	今後の課題	84
8.2.1	グラフ描画によるブラウジングコンテキストの表現手法における課題	84
8.2.2	漫画生成による日常的コンテキストの表現手法における課題	85
	謝辞	86
	本研究に関する発表論文	95

目 次

2.1	ブラウジングコンテキストの推移	14
2.2	ブラウジングコンテキストの共有	16
2.3	ノードの領域角	17
3.1	システム構成図	23
3.2	スクリーンショット	25
3.3	会話のログ表示	25
3.4	リンクの入出の表現	26
3.5	他ノードの情報表示	27
4.1	実験Iで使用した Web 空間	30
4.2	実験Iで使用した文章の例	31
4.3	閲覧文章数の推移	32
4.4	見落とした文章数の平均値 (± SD)	32
4.5	総閲覧時間の平均値 (± SD)	33
4.6	1 文章あたりの閲覧時間の平均値 (± SD)	33
4.7	平均重複閲覧回数の平均値 (± SD)	34
4.8	目標文章	35
4.9	表現物の有無によるブラウジング性能の比較	37
4.10	操作回数の平均値 (± SD)	38
4.11	別ウインドウ表示による協調的 Web ブラウジングシステム	39
5.1	人手で描かれた漫画日記	43
5.2	ストーリー生成のための知識表現	49
5.3	ストーリーの例	51
5.4	共通コマの概念図	53

5.5	商用漫画におけるコミックリンク的な手法の例（岡崎京子：カトーンズ， 角川書店，1992）	54
6.1	PalmGuideによる個人情報の蓄積	56
6.2	ハイパーテキストによる日記	58
6.3	システム構成図	60
6.4	生成された漫画の例（発表参加者の場合）	63
6.5	生成された漫画の例（積極的な聴講参加者の場合）	64
6.6	生成された漫画の例（消極的な聴講参加者の場合）	65
6.7	漫画の各コマを構成する複数レイヤ	67
6.8	漫画素材データ（メインキャラクターレイヤの例）	68
6.9	メール機能	70
6.10	コミックリンクによる他ユーザのコミックダイアリーの閲覧行為	70
6.11	同一事象に対するさまざまな視点の例	71
7.1	周辺情報	78
7.2	人気情報	79
7.3	アクセス推移	80

第 1 章

序論

1.1 研究の目的と意義

本研究の目的は，人間の行動におけるコンテキスト (context) の図による表現及びその共有化を実現するための基礎技術を確立することにある．コンテキストとは，状況や文脈などと訳されるが，一般的に HCI (Human-Computer Interaction) や CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) の分野では文章的な意味合いではなく，対象ユーザの状況や行動背景という意味合いで使われることが多い．よって，両分野に立脚する本論文においても，この意味合いに限定した語として使用する．

本研究では，コンテキストの図による表現物（以下，表現物とする）に対する利用方法を二種類想定している．まず，その第一として挙げるのは，自分のコンテキストを意思決定や記憶増強の一助とする方法である．例えば，日常生活での意思決定に地図を利用することがあるが，自分は地図上の何処から来て，現在何処に位置しているのかといったコンテキストの把握なしには満足な活用をおこなうことができない．また，記憶を外部保存するための手段である手帳や日記は，自分が何をしたかといった行動履歴や，周囲には何があったかといった周辺情報を時系列順に記述していく形式をとることが多い．これらは，電子計算機を使わず自分のコンテキストを自分のために利用している例である．

本研究では，従来は回顧や外在化等をおこなうことによって得ていたコンテキストを電子計算機によって自動的に図示することを試みる．図は，文章や式に比べて現象的なレベルの表現において感覚に直接訴えかける形態をしているため，臨場感をもった情報提供が可能であるとされており [出原 86]，本研究のような利用法を想定したコンテキストの表現手段として適していると予想できる．本研究の特徴の一つは，このコンテキストの表現を

おこなう際、意思決定や回顧がしやすいよう、瞬間的ではない時間的な纏まりのある継時的に連続したコンテキストを表現対象とする点にある。既存の研究では、その時々における瞬間的な周辺情報としてのコンテキストやアウェアネス (awareness) の提示が多くなされてきたが、そのような瞬間的な周辺情報同士をも背景として扱い、提示するには至っていない。

コンテキストの表現を電子計算機上でおこなう利点は、描画の自動化ばかりではない。時間や空間を超えた入力データの保存と収集が可能なため、共有も容易になる。表現物の第二の利用法として想定しているのは、他人のコンテキストの把握や、逆に他人への自分のコンテキストの伝達といったメディアとしての活用である。まず、他人のコンテキストは、アウェアネスと同じく、その人との円滑なコミュニケーションを支える基盤となるであろう。また、自分のコンテキストと他人のそれとの関係を理解することは、自分のコンテキストの把握だけでは得られない、多視点的なコンテキストの把握に繋がると予想できる。

本研究におけるもう一つの特徴は、上記の活用方法が予想される共有化を前提にしてコンテキストの表現をおこなう点にある。時間的粒度は小さいにせよ、第一の利用法を想定したコンテキストの表現は、既存の情報視覚化研究やアウェアネスの研究においても、ある程度おこなわれてきた。例えば、ファイルシステムを表現対象とする Cone Trees [Robertson 91] は、カレントディレクトリーとその周辺階層の図示をおこなうという観点から、ファイルナビゲーションにおける瞬間的なコンテキストの表現ツールであるともいえる。一方、第二の利用法に対する研究は視覚化研究と結びつけて研究されること自体が少なく、深い議論はなされていないのが現状である。

本論文では、図を用いたコンテキストの表現及び共有手法を二種類提案する。一つは、ハイパーリンクを辿る Web ブラウジングという行為について、現在閲覧している HTML 文章とそこに至るまでに辿った道筋、及び、その周辺に存在する HTML 文章をコンテキストとして、グラフ描画を応用した図示をおこなう手法である。この手法については、複数人での協調的な Web ブラウジングを支援するシステムに応用し、その実用性及び有用性を示す。他方は、実世界における日常生活のコンテキストを漫画を用いて図示する手法である。これは、個人化された展示ガイドシステムのログデータを入力として、展示会場における経験を表現した漫画を自動生成するシステムを例に、実用性及び有用性を検討する。

1.2 本論文におけるコンテキストの定義

コンテキストについて考える前に、まず、コンテキストに関わる事象 (affair) を特定する記述や表現について考察する。事象の記述や扱いは、法的推論の分野において研究されてきたが、論文によって、その事象が瞬時に起こるのか時間的経過の後に起こるのかといった時間的特性や、事象の達成状態が維持されるのかどうかといった状態特性等の点で立場が異なる [東条 95]。本研究では、推論に必要な厳密な解釈や記述は必ずしも必要ではないので、瞬間を含める時間的領域内に起こり、達成後の状態は考慮しない、最も一般的なカテゴリーとしての事象を対象とする。また、本研究は、人間の活動に対する電子計算機による支援を目指すので、事象は人間、もしくは人間の行動と必ず関係しているものとする。以後、このような事象の中心となる人間やその行動のことを主体と呼ぶこととする。したがって、本研究における事象とは、主体と時間領域の特定によって指し示されるものであるといえる。¹

本研究におけるコンテキストとは、ある事象におけるユーザの状況や背景という意味合いをもつ語である。このうち、状況とは「時とともに変化する物事の、その時、その時のありさま、ようす。(大辞林第二版)」であるから、コンテキストという語は、物事そのものの状態やその境遇という意味を含むことになる。この物事とは本研究では主体のことを指すので、境遇として関わる他の物事の主体に対する空間的距離や具体的な関わり方が問題となってくる。また、背景とは「物事の背後にひそんでいる事情 (大辞林第二版)」であるので、状況とは違い対象事象に対する時間的な隔たりが介在する概念である。ここでの事情とは、すなわち事象であると解釈することができるため、「ある事象における主体に対して時間的距離をもち、関連がある事象」と言い換えることができる。

以上をまとめると、コンテキストとは「ある事象における主体の状態や、その事象の時間的一定範囲内、もしくは主体の空間的一定範囲内で関連した物事や事象と、その関わり方のこと。」と定義することができる。よって、コンテキストの図示には、主体の状態か、主体に対する関連物 (関連事象)、関連、相対的な時空的位置を主体と共に示す必要があるといえる。なお、コンテキストは、それが関わる事象や主体と一対で語られなくては意

¹ やや紛らわしいが、この事象とは状況意味論 [Jon 92] における状況 (situation) の一種であると考えられる。状況意味論における状況とは、静的な状況を示す事態 (state of affair) とそれよりも動的な出来事系列 (course of events) の両方を表す概念として定義されており、個体 (individual)、関係 (relation)、時空位置 (location) を基本的構成要素として考える。上記した事象は、これらの基本的構成要素を拘束して定義することができ、特に個体群中に主体を含む状況である。

味がないので、本論文においてコンテキストと述べた場合、事象、主体を暗黙的に含むものとする。

1.3 背景

電子メールなど、主に文字のみを用いる CMC (Computer-Mediated Communication) 環境における非言語的情報の欠落が引き起こす弊害は、利用者が増えるにつれ日常生活上でも顕在化してきた。例えば、対面下で話せばすぐ理解させることができる内容でも、電子計算機を媒介して伝達をおこなおうとすると困難に感じる例は少なくない。この問題に対して、アウェアネスと呼ばれる、対面環境において非能動的に得られている非言語的情報を CMC 環境においても流通させる試みが、CSCW の分野でなされてきた [國藤 99]。例えば、ClearBoard [Ishii 92] は、カメラの位置によって変化してしまうテレビ電話環境における会話相手の視線を、対面下における視線の角度に一致させることにより、ゲイズアウェアネスという非言語的情報を流通させている。

アウェアネスの研究において、嗅覚 [重野 01] や触覚 [Brave 97] などといった実世界の情報を流通させるアプローチもあるが、マウスポインタの位置情報 [中川 98] やネットワークコミュニティ内の情報流通情報 [高橋 99] などの電子計算機利用時特有の非言語的情報を流通させるアプローチをとる研究も多くなされており、このような非実世界志向の研究は情報視覚化研究を母体とする場合が多い。情報視覚化研究 (information visualization) とは、グラフ描画による情報の図示を目的にした研究分野であり [杉山 93, Card 99, 平川 96]、科学技術に関連する一般的な視覚化、可視化 (scientific visualization) とは別の分野として扱われている。図による情報表現は、地図や標識、看板広告、説明書などに代表されるように [Wurman 00]、上手く表現すれば文章では説明し難い物事を簡潔に、解りやすく提示することが可能である [Tuft 90][Tuft 97][出原 86]。本研究では、このような図の利点を活かし、コンテキストを簡潔に表現することを試みる。

一方で、HCI の分野では、ユビキタス・パーベイシヴコンピューティング (Ubiquitous and Pervasive Computing) 環境 [Weiser 93][Chen 00] におけるアウェアネスとして、ユーザ自身の状況や、その状況に応じた情報を知らせるコンテキストアウェア (context-aware) の研究がおこなわれてきた [Schilit 94]。CSCW におけるアウェアネスが人と人のコミュニケーションを支える情報であるのに対して、コンテキストアウェアは、人とオブジェクトとの関係からユーザに個人化したコンテキストに関する情報を提供し、ユーザ自身の意思

決定を支えることにある。文献 [Schilit 94] は、コンテキストウェアにおけるコンテキストのうち「何処に居るのか」「誰と居るのか」「近くに何があるのか」という情報は特に重要であると述べている。

コンテキストウェアは、その時々での周辺情報の提示をおこなうものであるが、その情報とそこに至るまでの過去情報との関係までは提示していない場合が多い。よって、既存の研究は、本研究が目指す、ある程度の時間的粒度をもつ継時的に連続したコンテキストの表現まではおこなえていないといえる。また、単独ユーザに対する個人化された情報の提示を主眼としているため、他人の情報を自分のために役立てたり、複数人で相互参照したりするといった、コンテキストの共有化に関する支援もなされていない場合が多い。その中で、forget-me-not [Lamming 94] は、ユビキタス環境より得られる個人的な状況情報をアイコンによって時系列順に表示していくシステムであり、共有化の支援こそおこなわれていないが、継時的にコンテキストを扱っているという意味において本研究と類似している。しかし、記録物の表現方法は低解像度なアイコンの列挙にとどまっているため、対象とアイコンとの対応付けには慣れが必要であろう。また、対応付けに慣れていたとしても、記憶があいまいな過去の情報を示す抽象化されたアイコンを一目見てそれと理解するのは難しいはずである。

ユビキタス環境を活用して自分のコンテキストを他者に伝達する、いわば共有を目的とした関連研究としては Digital Family Portrait [Mynatt 01] がある。これは、遠隔地に居る家族の日常生活における状態を互いにセンシングし、その様子を肖像写真として表現するシステムであり、メディアとして単なる動画などを使用するのではなく、表現に工夫を凝らしているという点において興味深い研究である。また、AgentSalon [Sumi 01] は、ユーザの経験や興味を記憶しているエージェントキャラクターが、衆人環視下でそのユーザの経験を他ユーザのエージェントキャラクターと共に語り合うというシステムであり、自らの体験情報を積極的に複数のユーザと共有するという観点において本研究と類似している。しかし、どちらも瞬間的、もしくは断片的なコンテキストの共有化は支援しているものの、本研究のような時間的な纏まりのある継時的なコンテキストの表現及び共有化をおこなうまでには至っていない。

ある人物が、他者へ自分の時間的な纏まりのある継時的なコンテキストを伝えることは、体験談を伝えることに他ならない。このような他者への体験談の伝達は、物語論の応用研究や教育分野の応用研究にしばしば見ることのできるストーリーテリング (storytelling) というキーワードと関連する。物語論は、文学作品の解析に端を発する人文科学の分野であり、言

語形式に着目したアプローチや構造に着目したアプローチなどがあるが、この応用研究として、実在する作品において使用された文学的手法をもった新たな物語の生成をおこなう物語自動生成の研究がなされてきた[小方 96]。しかし、鑑賞に堪えうる自然文の生成にはプロットや表現の十分な洗練が必要不可欠となるため、現段階では実用化されるまでには至っていない。これに対して、教育分野では文章だけでなく絵や写真を添えることにより被伝達者の理解を支える表現側のアプローチもなされてきた[Balabanovic 00, Steiner 92, Sgouros 97]。しかし、物語論における話の自動生成との連携まではなされていないのが現状である。

1.4 論文の構成

本論文は本章を含め全8章により構成される。まず、第2章ではWebブラウジングにおけるコンテキストの表現及びその共有手法について述べる。Webに関する情報の図示は、HTML文章間の関係をエッジとノードを基本要素としてグラフ描画することによってなされる場合が多い。また、既存の研究は、Web空間の構造の図示とWebブラウジングの履歴の図示に関する研究に大別されるが、コンテキストの表現となる両者の統合的な図示をおこなう研究はなされていない。第2章では、既存の情報視覚化研究についてのサーベイをおこなった後、同心円配置アルゴリズムを応用した、Webブラウジングにおけるコンテキストを図示する描画手法について提案する。また、それを重ねて表示することによって表現物の共有化を実現する描画手法についても述べる。

第3章では、第2章において提案したWebにおけるコンテキストの表現及び共有化手法の応用例として、複数人による協調的なWebブラウジングを支援する協調的Webブラウジングシステムについて説明する。円滑な協調行為の際には、成員同士の横断的な状況把握がなされている方が望ましいが、一般的なWebブラウジングは誰が何時何処を閲覧しているのかといった情報が不明なため協調的におこなうことは難しい。このシステムは、Webプロキシサーバのログデータを利用してユーザの行動をモニタリングし、それをを用いて個々のユーザのコンテキストを表現する。ユーザは、この表現物を参照しつつ、互いに言語的コミュニケーションをとることによって協調的にWebブラウジングをおこなう。

第4章では、第3章において説明をおこなったシステムの評価実験の結果から、第2章において述べたコンテキストの表現及び共有手法に対する評価を考察する。ここでは、まず、単独のユーザに対するコンテキスト表現手法の有用性に関する検証をおこなう。次に、被験者のペアに対して協調的なWebの探索をおこなうタスクを課す実験から、コンテキス

ト共有手法の妥当性に関する検証をおこなう。最後に、特に制約を課さない試用実験の結果から、協調的な Web ブラウジング行動の事例やシステムの問題点等について議論する。

以上までの章は、Web ブラウジングに関するコンテキストを扱っていたが、第5章以下の章では、日常生活上でのコンテキストを対象とする。Web ブラウジングと日常生活におけるコンテキストの大きな違いは、関わる可能性がある物事の量及び多様さにある。日常生活においては、様々な物事が様々な形で主体に関わる可能性があるため、第2章のような要素や関係を示す表現の形状が一定なグラフを用いてコンテキストを表現することは難しい。第5章では、このような複雑なコンテキストを簡潔に表現するため、漫画という表現形態をもちいた図示を試みる。また、漫画生成に電子計算機を用いる特性を活かした共有化手法を二種類提案する。漫画の作成には、画の描画能力とストーリー構成能力が必要であるが、本研究では、特にストーリー構築能力を電子計算機で代替する知識表現と処理方法を提案し、描画能力に関しては人手を借りて回避する立場をとることにする。

第6章では、第5章で提案した漫画生成及び共有化手法の応用例として、博物館や美術館等の展示会場における経験や思い出を漫画を用いて表現するコミックダイアリーシステムについて説明する。また、生成された漫画の共有化を実現する機能についても説明する。なお、第5章において提案した表現手法を実際に利用するにはストーリーの源泉となる入力が必要であるが、コミックダイアリーシステムでは、コンテキストアウェアな展示ガイドシステムのログデータをストーリー作成のための入力とする。

第7章では、第6章において説明したシステムの運用例を紹介し、それぞれの運用データから第5章において述べた表現及び共有手法の有用性を考察する。この際、母体となる展示ガイドシステムの別サービスである文章を用いたコンテキスト表現サービスとの比較をおこない、漫画という表現形態のもつ優位性を確認する。また、第5章において提案した共有手法に関するデータも示し、利用の傾向について考察する。最後に、第8章において全体の総括をおこない、今後の課題について検討する。

第 2 章

グラフ描画による Web ブラウジングにおけるコンテキストの表現及び共有手法

2.1 はじめに

本章では，Web ブラウジングを HTML 文章の閲覧行為という事象の連続として捉えた Web ブラウジングにおけるコンテキストの表現手法について提案する．また，その表現物を共有化するための描画手法についても提案する．

具体的な説明に入る前に，いくつかの用語を定義する．まず，0 個以上の図や音声へのハイパーリンク関係をもった HTML 文章のことを単に文章と呼ぶことにする．つまり，文章とは，一般的な Web ブラウザでの閲覧時に一画面内に表示されるものすべてを指すものである．また，文章間に張られたハイパーリンクのことをリンクと呼び，複数の文章を連続的に閲覧する Web ブラウジングのことを単にブラウジングと呼ぶことにする．ブラウジングとは，ブラウザの URL 記入欄に URL を記述したり，ブックマークから URL を選択すること等によって直接的に Web サーバにリクエストをおこない，文章を閲覧する行動も含むが，主に文章中のリンクを辿り次々に違う文章を読み進めていくような行動を想定している．

ここで，主体や事象をブラウジングにおける，ある一つの文章の閲覧行為とすると，コンテキストはその文章の周辺にある文章群及び過去に閲覧した文章群と考えることができる．以下，このコンテキストのことをブラウジングコンテキストと呼ぶことにする．

2.2 Web における情報視覚化研究

情報の図示は、領域系、連結系、配列系、座標系という四つに分類することができるが [出原 86], Web に関する既存研究はノードとエッジを使用するグラフ描画をもちいた連結系にあたるものが多い。これらのうちのほとんどの場合においてノードとは文章のことを指すが、エッジが指示するものによって、研究のアプローチを大きく以下の二つに分けることができる。

- 構造の図示
- 履歴の図示

前者は、文章群におけるリンク構造を図示し、ブラウザのみでは獲得できない情報同士の関係を提示するアプローチである [Hendley 95, 大和田 00, Mukherjea 97]。よって、このアプローチにおけるエッジは、文章間のリンク関係を表現していることが多い。連結系は、ノードの配置方法とエッジの描き方によって決定されるが、一般的にエッジの交差が少ない方が可読性が高く、見た目も美しいとされる [杉山 93]。このうち、2次元ユークリッド空間上においてエッジの交差が全くないグラフのことを平面グラフといい、このグラフがもつ性質は平面性 (planarity) と呼ばれている。ファイルシステムに代表される木構造は平面グラフとして描画可能であるが、一般有向グラフに分類される Web のネットワーク構造は、そのままでは平面グラフとして描画される保証がない。よって、エッジを間引くなどといった元データの操作や、可能な限り交差数を少なく配置にするとといった簡素化のための工夫が要求される。

Web に関する情報視覚化研究の多くは、エッジを間引いてネットワーク構造を木構造に変換し、古くからある木構造の描画手法を適用する場合が多い。例えば、文献 [大和田 00] で提案されているシステムは、ネットワーク構造を木構造に変換した後、代表的な木構造の描画アルゴリズム [Lamping 95] を用いて図示をおこなっている。一方で、skitter [The CAIDA Web Site] を始めとする、平面性の維持にとらわれずにネットワーク構造をそのまま図示するツールもいくつか公開されているが、どちらかと言えば大規模データの情報視覚化を目標にしているため、本研究のような局所的な詳細情報が重要となる図示には適用し難い。

後者は、非線形な個人のブラウジング履歴を図示し、今までの文章閲覧履歴を把握しやすくすることを目標にしている。このアプローチのツールには、クライアントのブラウザにアドオンするものや [Ayers 95, Cockburn 99], 改造した Web プロキシデーモンをクライ

アント毎に配置するもの [Domel 94, Frcon 98] などがある。履歴は、リスト構造の集合として扱うことができるため、構造の図示の場合よりも簡素なデータ構造を成しているといえる。しかし、閲覧した文章群中に重複する文章が含まれる場合、それを同一ものとして扱おうとすると平面性が保証されなくなり、簡潔な表現は難しくなる。これを回避するには、情報を間引く、平面性を諦めるといった構造の図示の場合と同じような方法か、同一文章でも別のものとして表現するといった方法が考えられる。例えば、ブラウジングの履歴を仮想的三次元空間中に図示する WEBPATH [Frcon 98] では、重複する文章がでてきても、別のノードとして表現することによってこの問題を回避している。また、履歴に加え、閲覧してきた文章同士のリンク関係もエッジとして描画するとすると、簡素な表現はさらに難しくなる。

一方で、情報視覚化研究は、電子計算機の処理能力増大を背景に2次元から3次元に推移している傾向にある¹。2次元で表現される情報視覚化に対して3次元のそれがもつ優位性は、ユーザに対して一度に認識させることのできる情報量が一軸分多い点にある。例えば、オブジェクト指向言語のプログラミングを3次元視覚化技術によって支援するシステム [小池 92] では、クラス階層を x-y 平面に、メソッドを z 軸に配置している。従来は、クラス階層とメソッドを別々の図で獲得し、各々のメンタルモデルを受け手の頭の中で再統合しなければならなかったが、この3次元視覚化技術では各々の表示は最初から統合的におこなわれているため、メンタルモデルの統合という負荷を免れる事ができる。また、例えば、CAD や 3D モデリングツールにおいてモデルを確認する際、三面図による表示よりも3次元モデルとなって表示されている方がメンタルモデル形成も容易である。

しかし、既存の Web 関連の情報視覚化ツールは3次元の3軸目を用いていない場合が多い。これは、特に3軸目に意味付けする必要がない Web の図示では2軸目までの利用で十分表示可能であると考えられている点に起因している。しかし、3次元での表示は、2次元での表示よりも多くの要素を表示可能であるが、それと同時にユーザの認知負荷を増大させてしまうという欠点をもっている。連結系、特に木構造を3次元で図示するツールも、Cone Trees [Robertson 91] を始めとしていくつか提案されているが [Koike 93, Munzner 95]、これらの手法は、2次元での木構造の配置ルールを3次元方向にも適用して描画領域を仮想的に広く利用しているだけであり、2次元に対して増えた一軸分に意味付けをして活用しているわけではない。例外として、納豆ビュー [Shiozawa 97] は、文章間の関係进行操作する

¹ ここでは、VR 等の没入型の空間形成技術のことではなく、オブジェクトの位置を3次元で扱い、実際の描画は透視投影法などを用いて2次元上におこなうような技術のことを指す。

ことなくネットワーク構造をそのまま図示し、尚且つ3軸目に対する意味付けもおこなえているが、有用な状態に至るまでには対話的な操作が必要になる。

2.3 図示の方針

2.1 節において、ブラウジングコンテキストとは、現在閲覧している文章と周辺文章及び過去に閲覧していた文章の関係であると述べた。つまり、ブラウジングコンテキストの表現とは、2.2 節の分類における構造の図示と履歴の図示の双方を統合的に表現することに同義である。2.2 節でも指摘したとおり、連結系を用いる場合、Web の複雑なネットワーク構造を忠実かつ簡潔に図示することは難しい。とはいえ、リンク関係を間引いて提示することは、ユーザに対して周辺状況としてのコンテキストを誤って理解させてしまう危険に繋がる。また、すでに述べたように、履歴の図示も文章の同一性と履歴の非線形性を維持することは困難である。構造に関する忠実な描画が複雑化する要因は、ノードとエッジの極端な多さに他ならない。しかし、Web の構造はランダムネットワーク (random networks) ではなく、スケールフリーネットワーク (scale-free network) の特徴をもつといわれており [Albert 00]、ハブ周辺以外に限って言えばそれほど複雑な構造になっていない。

Mosaic における履歴情報の視覚化をおこなう MosaicG[Ayers 95] に代表される履歴の図示に関する研究の目的は、ブラウジングの軌跡をユーザに対して提示することにある。この目的を達成する最も直感的な方法は、元々なんらかの方法で作成された Web の地図上に自分の通った軌跡を残すことである。しかし、地図に相当するであろう構造の図示は、上記の通りその忠実な構造を反映していないことが多く、また忠実に反映してたととしても複雑すぎるので、軌跡を描く対象にはし難い。また、すでに述べた通り、地図上に軌跡を描くのではなく、行動そのものを図示しようとしても、忠実に再現しようとするれば結局はネットワーク構造を扱わねばならないため、簡素化は難しい。

コンテキストの表現を目標とする本研究において、全体や広範囲に及ぶ構造の図示は必ずしも重要なことではない。なぜならば、ユーザにとっては主体に近いコンテキストほど重要であり、遠いコンテキストはそれに比べて有用ではないと予想できるからである。よって、コンテキストの範囲を適切に限定化すれば、有用さを損なうことなくある程度簡素な表示が可能になるはずである。以上のことから、本研究では、まず地図となる構造の表現を主体の一定範囲内に限定化して図示することで簡素かつ忠実におこない、次にその上に履歴となる軌跡を描くというアプローチをとることにする。

本章では、まず、使用するユーザのブラウジングコンテキストを同心円配置 [Wills 97] を用いて 2 次元ユークリッド空間内に図示する手法について述べる。同心円配置は、根を中心とし、その周囲空間を最大限に活用可能な一般木の平面的配置手法であるが、本手法では平面性を維持せずに一般有向グラフの描画手法として利用する。次に、同じように平面上に表現された他ユーザのブラウジングコンテキストを 3 軸目方向に多層的に配置する共有化のための描画手法について述べる。

2.4 ブラウジングコンテキストの図示

文章をノード、履歴とリンク関係を同等に扱い、それぞれをエッジとする一般有向グラフを考える。ここでいう履歴とは、ユーザが今まで辿った文章間の有向関係を、リンク関係とは、履歴として辿った文章周辺の任意階層のリンク構造のことを指す。応用する同心円配置は木構造の配置手法であるので、利用のためには一時的に一般有向グラフを木構造に変換する必要がある。変換は、最後に見た文章を根として幅優先探索の通りがかり順に階層及び親子関係を決めていくことによっておこなう。この際、文章の並びが自然になるよう、同一階層内でのグルーピングとソートをおこなう。次に、履歴として辿ったノードは大きな球、それ以外のノードは小さな球として同心円配置アルゴリズムによって描画していき、元の一般有向グラフの関係でエッジを直線で描画する。この際、履歴とリンクを区別できるよう両者を異なる色の線で描画し、履歴のエッジには矢印を付与する。

以上の作業を文章を読み進める度におこなうと、円の中心部分には必ずユーザが最後に閲覧した文章を表現する大きなノードがあり、周辺にはそのノードからの階層数に応じた距離を保った他のノードが配置されることになる。ユーザがある文章から次の文章を閲覧すると、次の文章を示すノードが中心に表示され、直前まで中心にあったノードは、その場所から 1 階層分の外周を示す半径上に移動して中心のノードと矢印を伴った線で結ばれる。履歴とリンクを示す線はそれぞれ異なった色で表示される上、履歴の線は矢印を伴うので、ユーザがそれらを混同して認知する可能性は低いはずである。また、閲覧した文章とそれ以外の文章を示すノードも、異なった大きさで描画されるため、それらの区別も容易なはずである。

もし、すでに配置されているノードと同じ URL 上の文章を閲覧した場合でも、それに対応する新しいノードは増やさない。例えば、小さなノードで示される文章を閲覧した場合は、そのノードは大きなノードに変化して円の中央に配置されるし、以前閲覧し、もう

中心に位置していないノードを再度閲覧した場合も、そのノードは再度中心に配置させるだけである。また、任意の深度以上のノードは破棄し、最後に閲覧した文章から関係が深い文章だけを描画するようにする。

以上の手法を実装したシステムを用いて、JAIST の Web サイト² において、index 文章から三段階までのリンクを辿った場合のブラウジングコンテキストの推移を図 2.1 に示す。図の正方形で囲まれたグラフが一つの状態であり、上から下へ見ていく。つまり、ブラウジングは N_a , N_b , N_c の順におこなわれたことになる。なお、この図では、閲覧した文章から一段階までのリンク構造のみを表示している。

図では、一番上の状態において正方形の中心に位置していたノード N_a が、 N_a' , N_a'' になるにつれ次第に中心から遠ざかっていく様子をみてとることができる。また、一番上の状態において N_a から放射上に配置されていた小さいノード群中の N_d が、二番目の状態では、 N_a (N_a') と同じ円周上に配置されていることもわかる。これは、一番上の図における N_a からのリンクと、二番目の状態の N_b (N_b') からのリンクに共通するものがあるため、幅優先探索による木構造への変換の過程で、以前は親子関係にあったものが兄弟に変化することにより引き起こされる。この関係は、三番目の図になっても継続している。つまり、このブラウジングコンテキストの表現方法は、最後に閲覧した文章を基準として、どの文章が何ホップ目に存在して、どのように関係しているのかを継続的に表現する手法であるといえる。

2.5 ブラウジングコンテキストの共有

共有化された他ユーザのブラウジングコンテキストを描画する手法について説明する。本手法は、自分のブラウジングコンテキストの表現物を基準とした相手のブラウジングコンテキストとの差や関係を明らかにすることを目指している。

まず、各々のブラウジングコンテキストを 2 次元ユークリッド空間内の任意領域内に描画する。以後、この領域のことをパネルと呼ぶ。2.4 節で述べた表現手法は、主体となるユーザ自身のブラウジングコンテキストを図示するものであるが、これも一枚のパネル上で描画される。以後、このパネルのことを自パネルと呼び、自パネル上のノードのことを自ノードと呼ぶ。ここで、他のユーザのブラウジングコンテキストを図示する必要性が生じたならば、そのユーザのブラウジングコンテキストを表現するためのパネルを用意する。

² <http://www.jaist.ac.jp/>

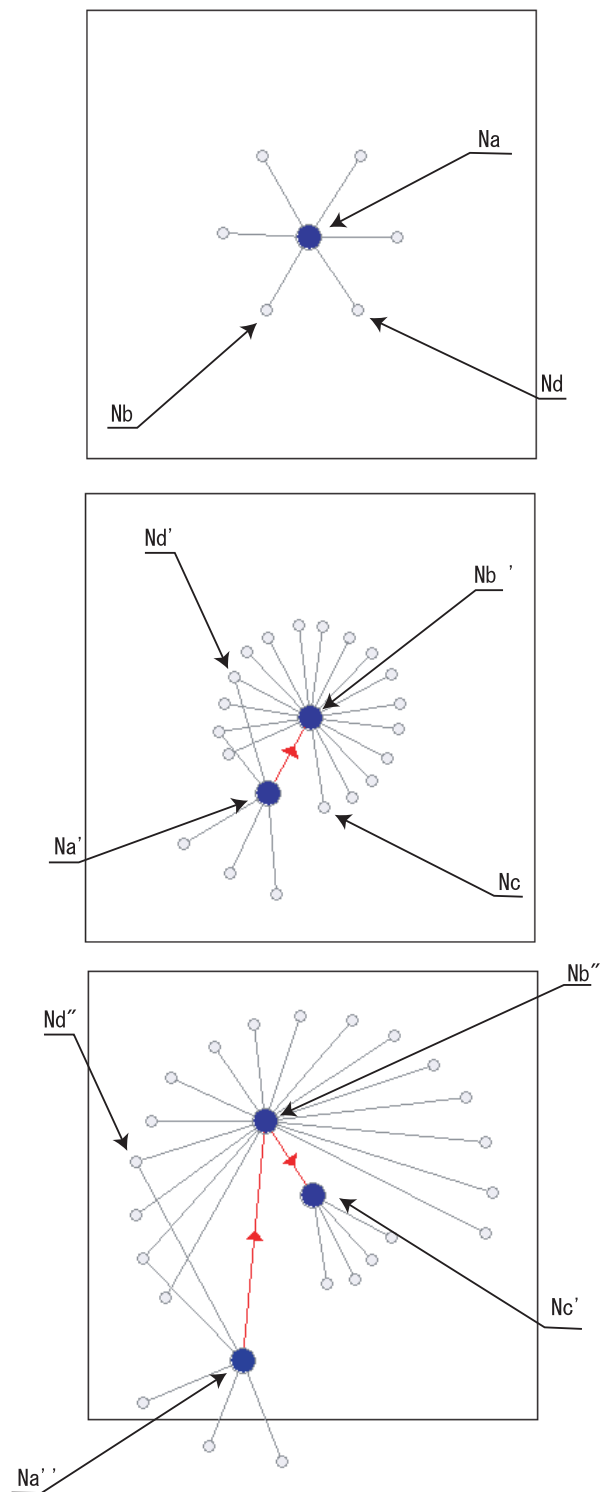


図 2.1: ブラウジングコンテキストの推移

以後、この他ユーザのパネルのことを他パネルと呼び、他パネル上のノードを他ノードと呼ぶ。なお、他パネルは、常に自パネルと平行な関係を保つものとする。

他パネルも、自パネル時と同じく、その他ユーザが文章を閲覧する度に履歴を示す大きい球と、その文章から任意階層内のリンク関係にある文章を示す小さな球が、他ノードとして追加される。ただし、すでに同一のノードがある場合はこの限りではなく、新たなノードの追加はおこなわない。

追加された他ノードが自ノードと同じ URL を指している場合は、その他ノードを対応する自ノードと同じ xy 座標上に配置した上で透明化処理をおこない、各々をパネルの法線方向に平行な直線で結ぶ。このような自ノードと同じ文章を指し示している他ノードのことを重複ノードと呼ぶことにする。ただし、相手が最後に閲覧した文章を示すノードは特別な色で着色し、たとえ重複ノードであっても透明化はおこなわないことにする。また、もし追加された他ノードが重複ノードではないならば、後述する発見的手法によって準最適位置に配置する。最後に、配置された他ノード群をノード間のリンク関係を示す直線と、履歴関係を示す矢印付きの直線により結びつける。

配置した他ノード全体を囲むように他パネルの大きさを動的に変化させる。これは、パネルの面積から、そのパネルをもつユーザのアクティビティを認知させることを目的としている。自パネルについては、他パネルに対する面積の基準となるので大きさは変化させず、固定とする。

最後に、自分から見た他ユーザのブラウジングの類似度によって、自パネルに対する他パネルの距離を変化させる。類似度とは自ノードの総数に対する他ユーザの仮想パネル上にある重複ノードの数の割合で算出される。これにより、図 2.2 のような 3 人以上での使用の際に、どのユーザが自分のブラウジングコンテキストと近いのかといったユーザ間の距離感が明示化される。

2.6 自ノード位置の決定方法

同心円配置されたグラフである図 2.3 を例にとり、自ノード位置の決定方法を説明する。図において同心円配置されている自ノードは、それぞれ領域角を保有している。領域角とは、他の兄弟ノードの描画を否定する領域を示すための角度のことであり、親ノードの領域角と兄弟ノードが子孫にもつ葉の個数の割合によって決まる。ただし、自身や兄弟ノードが葉である場合は、その子孫の葉の個数を 1 として考える。また、原点 O に配置する主

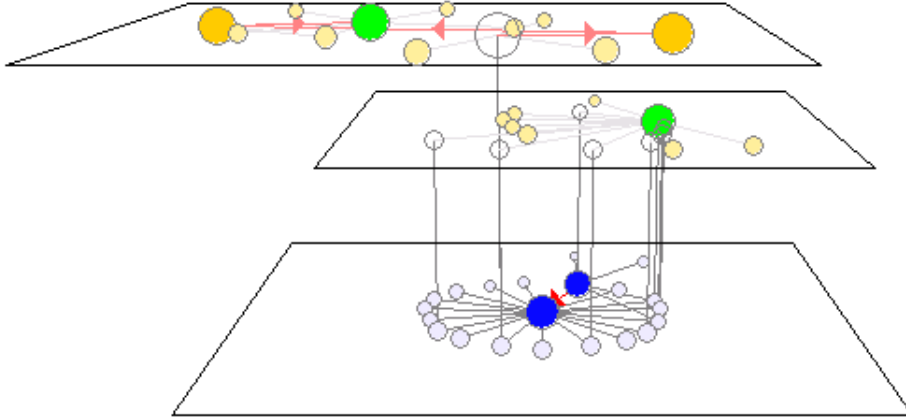


図 2.2: ブラウジングコンテキストの共有

体となるノードは親兄弟をもたないので、周囲 360° すべてを領域角とする。

まず、ノード A の兄弟ノードは 2 個存在しており、子孫にもつ葉は 10 個存在している。兄弟ノードがもつ葉の個数は全部で 10 個であるため、ノード A は親ノードの領域角の半分、つまり 180° の領域角を保有することになる。同じように、ノード B は子孫の葉の数が 2、兄弟がもつ葉の総数が 8、親ノードであるノード A の領域角が 180° であるので、 36° の領域角を保有することになる。最後に、葉であるノード C は、子孫にもつ葉の数及び兄弟ノードが子孫にもつ葉の総数が共に 0 であるため、親ノードの領域角を兄弟ノード数 2 で等分した 18° を領域角として保有することになる。

以上の説明を式で示す。まず、現時位置を示す原点ノード N_o は無条件に原点に配置するものとする。ここで、 N_o を含まない任意のノード N_{di} を考える。この時、 d を原点ノードからの階層数とし、 i を兄弟ノード中の一意な番号とする。ただし、 d, i は共に自然数であるとする。また、 N_{di} は兄弟ノードを全部で n 個もっているとする。ここで、 N_{di} の親ノードがもつ領域角を θ_{d-1i} とし、 N_{di} と互いに兄弟関係にある N_{dj} が子孫にもつ葉の総数を L_{dj} 、 N_{di} が子孫にもつ葉の総数を L_{di} とすると、 N_{di} の領域角 θ_{di} は、

$$\theta_{di} = \sum_{j=1}^n \frac{\theta_{d-1i} L_{di}}{L_{dj}} \quad (2.1)$$

として与えられる。ただし、 N_{dj} が葉である場合は $L_{dj} = 1$ とする。同じように、 N_{di} が葉

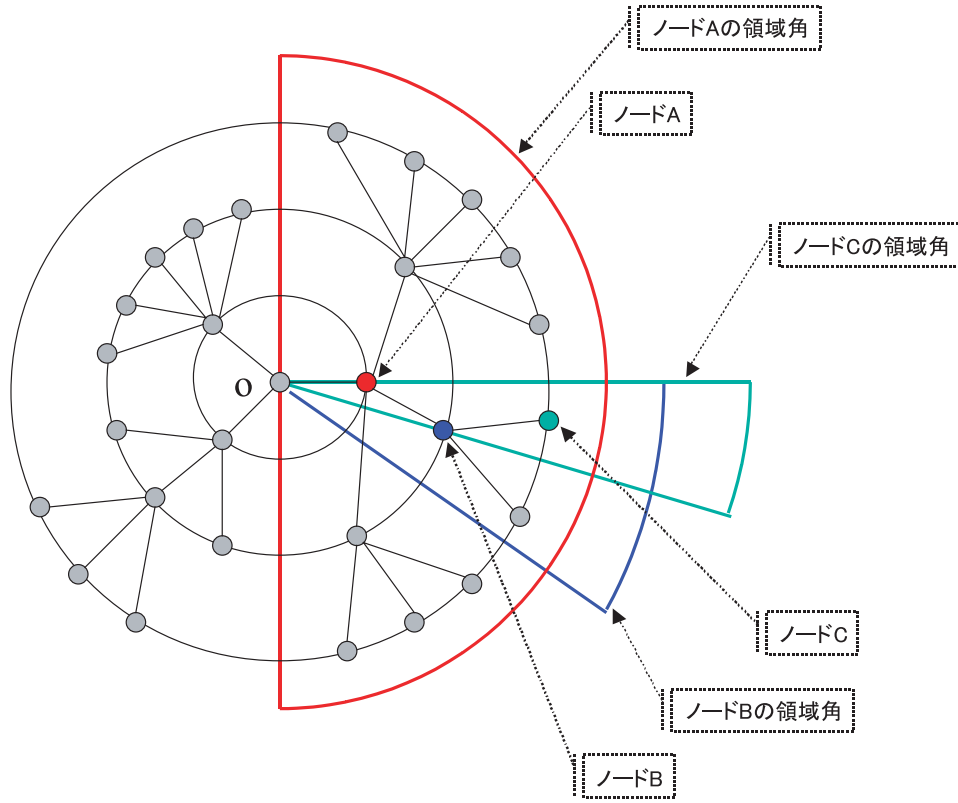


図 2.3: ノードの領域角

の場合も $L_{di} = 1$ とする. ここで, 0 から $i - 1$ までの θ_{di} の総和を

$$\theta_{tdi} = \begin{cases} \frac{\sum_{j=1}^{i-1} \theta_{d-1i} L_{dj}}{\sum_{j=1}^n L_{dj}} & (i > 1) \\ 0 & (i = 1) \end{cases} \quad (2.2)$$

として与える. また, N_{di} の N_o からの距離 r は, a を正の実数として,

$$r = ad \quad (2.3)$$

と定義される. よって, N_o を極とする極座標系を考えると θ_{di} と θ_{tdi} の和は偏角, r は絶対値となるので, N_{di} の XY 座標 $N_{di}(x, y)$ は,

$$\begin{cases} x = r \cos(\frac{1}{2}\theta_{di} + \theta_{tdi}) \\ y = r \sin(\frac{1}{2}\theta_{di} + \theta_{tdi}) \end{cases} \quad (2.4)$$

として与えられる.

2.7 非重複ノード位置の決定方法

本節では、他ノードにおける非重複ノードの位置決定方法について述べる。非重複ノードは、自ノードと同じ方法で位置決定が可能であるが、これを採用すると他ノードによって自ノードの位置まで影響をうける可能性があるので好ましいとは言えない。確かに、非重複ノードのエッジを辿った先に重複ノードがある場合、そこを基点とした原点 O からの仮想的な深度を求めることは可能である。しかし、この仮想的な関係を是とすると、自ノードの総兄弟ノード数 n が変化するため、相手のコンテキストによっては自ノードの位置が変化してしまうことになる。また、重複ノードがまったくない場合は、どのノードにおいても原点 O に対する深度が定まらない。よって、他ノード位置の決定には、式 (2.1) の利用はできない。ここで、発見的手法によるノード位置決定方法を応用した、非重複ノードを適当な座標上に配置する手法を以下に示す。

まず、非重複ノードである配置対象ノードが、原点から見てそのノードの親ノードから半径定数分だけ外に位置する理想位置を基準に考える。この理想位置からある一定の範囲を理想範囲とする。つまり、理想位置 P_i の XY 座標 $P_i(x, y)$ は、親ノードの位置を $P_p(x_p, y_p)$ としたとき

$$\begin{cases} x = a \frac{x_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} + x_p \\ y = a \frac{y_p}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2}} + y_p \end{cases} \quad (2.5)$$

となる。理想範囲は、 P_i を中心とした、そのパネル上にある兄弟ノードの数に比例した半径内である。非重複ノードは、絶えず理想範囲内にあるかどうかの判定をおこなわれる。もし対象ノードが範囲外に位置しているのならば、

1. 理想位置を目指して移動させる。
2. バネモデルを用いて準最適位置を模索する。

という二段階の処理をおこなう。ただし、状態によっては上記処理をした後に再び理想範囲外の不自然な位置に移動することがある。この場合、もう一度 1 の処理をおこない、理想範囲内に収まるよう処理を継続させる。しかし、ノードやエッジが多い場合、準最適解

が見つからず同じ場所を振動してしまう可能性も高い．よって，繰り返しの処理は数回程度を限度としておく．

バネモデル [杉山 93] による準最適解の模索は，一つ一つのノードに対して，接続されているエッジの長さが最適になるように，また，他のすべてのノードから一定距離を保つように位置を少しずつ変更していくことによっておこなわれる．

2.8 パネル間の距離決定

自パネルと他パネルの距離は，ユーザ同士のブラウジングコンテキストの類似度により決まる．この類似度 $s(n_m, n_o, n_h)$ とは， n_m を自ノード数， n_o を重複ノード数， n_h を対象となる他パネルのノード数としたとき，

$$s(n_m, n_o, n_h) = \frac{2n_o}{n_m + n_h}$$

として定義される．実際の自パネルと他パネル p 間の距離 $d(p)$ は， b を任意の正の整数としたとき

$$d(p) = \begin{cases} \frac{b}{s(n_m, n_o, n_h)} & (s(n_m, n_o, n_h) \neq 0) \\ b & (s(n_m, n_o, n_h) = 0) \end{cases} \quad (2.6)$$

として定義される．

第 3 章

協調的 Web ブラウジングシステム

3.1 はじめに

本章では、第 2 章で提案したブラウジングコンテキスト表現手法の応用例として、ユーザに協調的なブラウジングをおこなえうる環境を提供する協調的 Web ブラウジングシステムを紹介する。このシステムは、第 4 章において第 2 章の手法を評価する際に利用する。

通常の Web ブラウザは、ユーザにリンクを辿って文章を読み進めさせるという作業形態を提示しているにも関わらず、彼らに対して必要な情報が何処にあるのか、次にどのリンクを辿れば良いのか、等といった意思決定のための材料を与える仕組みを持っていない。これは、リンク元となる文章を閲覧している時点では、そたかだか 1 ノード先の文章に関する弱い情報、つまり HTML で書くところの

$$< a \ href = \text{“リンク先の URL”} > \text{説明文} < /a >$$

における「説明文」しか行き先を決定する手がかりがないため¹，その背後に潜む 2 ノード以上先の文章群に関する情報については窺い知ることは不可能という，Web の仕様に起因している。このような周囲の状況が不明なハイパーリンクで構成された空間の中では，人はしばしば迷子になる。この現象は，ハイパースペースでの迷子問題（Lost-in-hyperspace）[Edwards 89] と呼ばれ，Web 空間を含むハイパーリンクで構成された空間の抱える大きな問題として古くから認知されている。また，Tauscher らの Web ユーザビリティ調査 [Tauscher 97] は，ユーザが訪れる文章の約 58% は一度訪れたことのある文章であり，ブ

¹ “リンク先の URL” もある程度の手がかりとなるが，一般的に説明文より内容と深く関わっていることは少ないので，ここでは省く。

ラウザでおこなう行動の約30%は「戻る」ボタンの押下に費やされていると、Webにおける再来問題を報告している。これらは、迷子になることで同じ文章を何度も閲覧してしまう、また、再来するから方向感覚を失うといった双方に影響を与えあっている問題である。以下、これらの問題を迷子問題と総称することにする。

迷子問題に対する根本的な解決策としては、ブラウジングという探索行動自体の回避を狙う検索エンジンというサービスが有名である。このサービスの利用は、必要な情報が含まれる文章を検索して、そこへのポインタ列挙から目的地を選択することによっておこなわれ、目的情報に短時間で直接辿りつくことのできる有効な手段として広く活用されている。しかし、単純なキーワード入力、必ずしもそれが適切な語彙としてシステムに伝わらず[Furnas 87]、必要な内容を含む検索結果が得られない可能性があるという検索エンジン側の問題と、すべてのユーザが探索要求を明確化しているわけではない[Taylor 68]といったユーザ側の問題により、期待される性能を発揮できない場合がある。

本章では、検索エンジンとは別のアプローチとして、行き先を人と相談しあう仕組みを提供することによって協調的に必要な情報を見つける環境を提供するシステムの説明をおこなう。以下、このような話し合うことによって、助け合いながら読み進めていくブラウジングの一形態を、他の成員と力を合わせるという観点より、協調的 Web ブラウジングと呼ぶことにする。

協調的 Web ブラウジングを達成する単純な手段としては、IM (Instant Message) やメール等で人に尋ねる方法が考えられるが、これらは自分のコンテキストを上手く伝えたり、相談する相手のそれを把握する仕組みに欠けているため、協調的 Web ブラウジングを円滑におこなうことは困難であろう。本章で説明するシステムは、前章で提案した複数人のユーザに対するブラウジングコンテキストの表現物の提供及び共有と、文字による対話チャンネルによって、協調的 Web ブラウジングを支えるアプローチをとる。

本章では、まず、3.2 節において、協調的 Web ブラウジングの利点について言及し、システムの意義を明らかにする。続いて、3.3 節において関連研究の紹介と本システムとの関連について述べる。その後、3.4 節においてシステム構成を、3.5 節においてブラウジングコンテキスト表示以外の具体的な機能について述べ、システムの説明とする。

3.2 協調的 Web ブラウジングの有用性

一般的におこなわれている一人でのブラウジングに対する協調的 Web ブラウジングの最大の利点は、他人とのインタラクションによって有益な文章を発見する機会が増えるところにある。前述のユーザビリティ調査は、一般的な利用者は膨大な Web 空間中のごく一部しか閲覧できていないことを示している。これに対して協調的 Web ブラウジングでは、自分以外の人物が閲覧した文章を参照しながらブラウジングが可能であるし、対話機能によって言語的に教示してもらうことも可能である。よって、自分ひとりでは辿り着けない、もしくは発見できない文章を発見可能になると予想している。また、ある巨大な Web サイト内から必要な情報を網羅的に収集したい場合に、複数人で手分けをしてブラウジングするという用途にも利用可能であろう。

ブラウジングコンテキスト参照の利点は、自分や他人のブラウジングコンテキスト把握という協調行為につながる利点以外にも、それ単体で迷子問題を回避させるための手がかりとなると予想している。さらに、ブラウジングとは直接関係ないが、複数人で文章の内容を会話することは、それをソースとしたグループ発想や連想、意思決定等といった創造的思考 [高橋 93] に対しても有効であろう。

3.3 関連研究

ユーザが最後に閲覧した文章の URL 情報を流通させ、Web ブラウジングにおける隠れたコミュニケーションの機会を顕在化させる付加的機能をもった商用 IM ツールが公開されている。例えば、ICQ Surf[ICQSurf] や Odigo[Odigo] などがこれにあたる。これらの機能は、同じページを閲覧している興味が近いと予想されるユーザに出会うことや、そのページの内容を話題として持ち込むことの支援などを目的としている。しかし、コンテキストを表示するまでには至っていないので、IM やメールを利用して協調的 Web ブラウジングをおこなう場合と同じく、スムーズな協調的 Web ブラウジングは困難なはずである。

ユーザモデリングと文章の推薦をおこなう、いわば間接的に協調 Web ブラウジングに関連している研究は多数存在しているのに比べ、本システムのように直接的に協調的 Web ブラウジングを支援する関連研究は少ない。その中でも COBROW[Sidler 97] と Let's Browse[Lieberman 99] は、協調的 Web ブラウジングの直接的な支援を目的としているが、本システムのようにブラウジングのコンテキストを視覚化、提示していないため、その支援は存在感を伝えるに

とどまっている。ただし、どちらも同期型という点で本システムに近い存在といえる。

Web ではないが、Ariadne[Twidale 96] は電子図書館において蔵書を協調的にブラウジングするために、ブラウジング履歴をメニュー、検索、閲覧の3階層に分けて表示しており、過去のユーザがどのような軌跡を辿ったかという履歴に関するコンテキストをわかりやすく表現している例として興味深い。しかし、このシステムは非同期的に使用される仕様になっているため、本システムのように同期的にコンテキストを共有し、話し合いながら探索するといった形態での利用はできない

3.4 システム構成

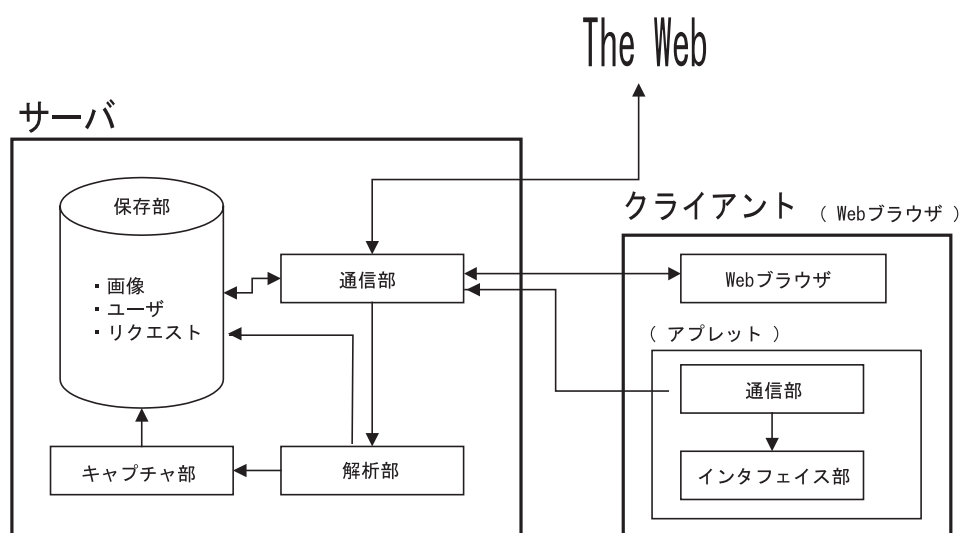


図 3.1: システム構成図

システム構成図を図 3.1 に示し、各モジュールの概要について説明する。システムは、大きくサーバ側とクライアント側に分かれており、サーバ側は、通信部と保存部、解析部、キャプチャ部の各モジュールで構成されている。まず、通信部は、クライアント側との通信と Web サーバとの通信をおこなう役割を担っており、ユーザのブラウザから送られてくる HTTP リクエストを対象 Web サーバにトンネリングするプロキシサーバとしての機能や、この HTTP リクエストや、ユーザから送られてくるチャットなどのデータをブロードキャストする機能をもつ。この通信部がおこなった通信結果に対して、例えば HTML タグの解析等をおこない他のモジュールが扱いやすいデータ形式に直すのが解析部の役割である。保存部は、解析結果やユーザの挙動をデータベースに保存する役割を担っており、ユー

ザの挙動を保存するユーザデータベースや HTTP リクエストを保存するリクエストデータベース、画面キャプチャの画像を保存する画像データベースの各データベースモジュールを保持している。キャプチャ部は、ユーザからリクエストのあった文章の画面のスクリーンショットを画像としてレンダリングし、保存部に渡す役目を担っている。

クライアント側は、大きく分けてインタフェース部と通信部の二つのモジュールにより構成されている。通信部は、サーバ側の通信部とデータのやり取りをおこない、インタフェース部はサーバ側から送信されてきた文章に関するデータを前章で説明した視覚化手法を用いて画像として組み立てるレンダリングの役割を担う。また、インタフェース部は、回転操作等といったユーザの付加的機能に対する要求に対応する役割も担っている。これらサーバ側、クライアント側のモジュールは Java 2 Platform, Enterprise Edition 1.3(J2EE 1.3) SDK を用いて実装し、クライアント側はブラウザの Java Applet として動作する。

3.5 機能

協調的 Web ブラウジングシステムの目標は、複数人で助け合いながらブラウジングをおこなうための環境を提供することである。本システムは、このためのアプローチとして、第2章で説明した手法を用いてブラウジングコンテキストを視覚化と共有化を支援することと、言語的コミュニケーションの手段を提供する方法をとる。図3.2は、二人で協調的 Web ブラウジングをおこなった場合の Web ブラウザを含めたスクリーンショットである。ブラウジングコンテキストの表現物と共に言語的コミュニケーションのための入力ウィンドウと会話ログを見てとることができる。また、Web ブラウザに表示されている文章がスクリーンショットとして表示されていることもわかる。

このうち、ブラウジングコンテキストの表現に関しては前章で述べた。本節では、コミュニケーション機能と、ユーザの要求に応じ、ブラウジングコンテキストに付随する情報を提供する機能について述べる。

3.5.1 他ユーザとの対話支援機能

言語的コミュニケーションのチャネルとして、文字によるコミュニケーション機能を実装した。入力ウィンドウに入力した文字列は、ユーザ名に続いてブラウジングコンテキストの表現物と同じ画面上にログとして重なって表示される（図3.3参照）。よって、ユーザ

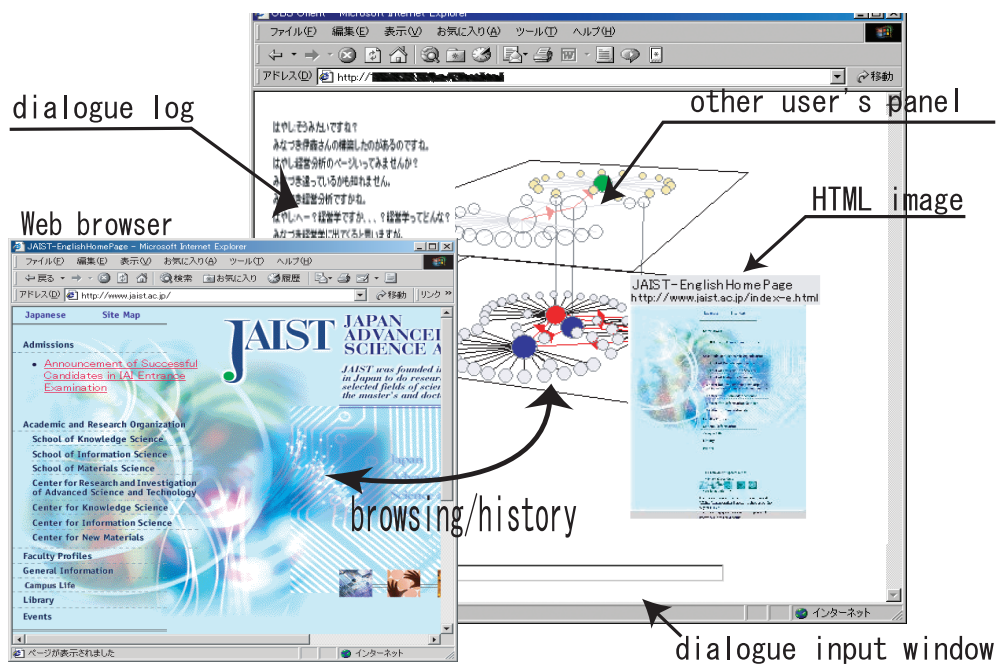


図 3.2: スクリーンショット

は、ブラウジングコンテキストの閲覧と他ユーザとの会話を視線の大幅な移動を伴うことなくおこなうことができる。

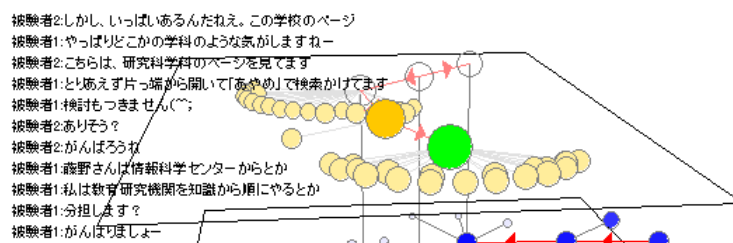


図 3.3: 会話のログ表示

3.5.2 リンクの向きを表現する機能

第2章で述べた表現手法は、ブラウジングコンテキストの表現のうち、履歴を表現するエッジには矢印を付与するが、構造を表現するエッジには矢印を伴わない単なる直線を用いる。構造、すなわちリンクに対して矢印を用いない理由は、一般的にリンクは一つのノードに対して多数存在するものであり、矢印を用いる则表示全体が煩雑になり易いためであるが、このままではリンクの入出判定ができない。よって、マウスポインタをノード上に

乗せたときにだけ、そのノードに接続されているエッジ上に矢印を出現させる機能を付与した。図 3.4 は、図 2.1 における最下の状態のコンテキストにおいて Nb”の上に置いた状態であり、リンクの向きが矢印によって示されていることがわかる。

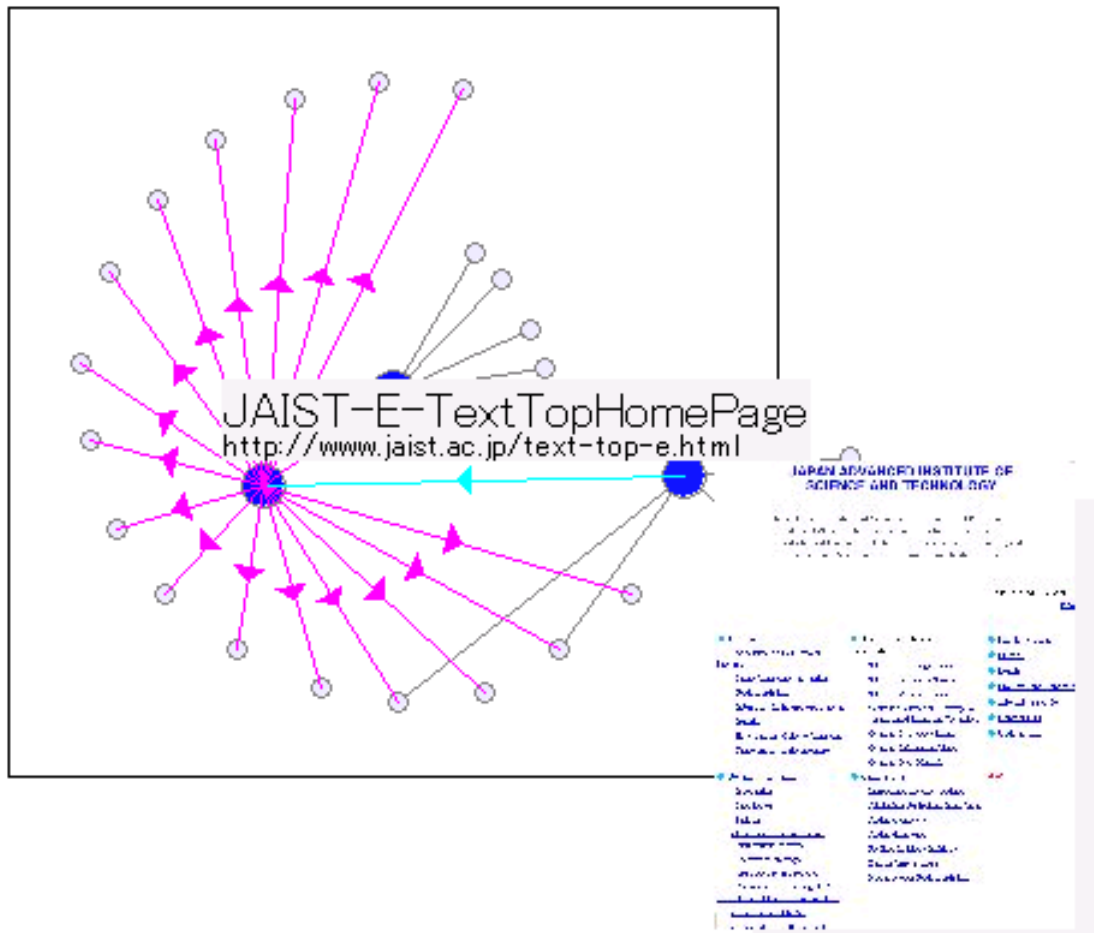


図 3.4: リンクの入出の表現

3.5.3 スクリーンショット表示機能と文章閲覧機能

対象をなんらかの方法で表現をすることは図示の主眼であるが、そのままでは表現と対象が乖離しているため、表現とその指示対象との関連をユーザが継続的に把握できない可能性がある。これを回避するため、ノードが示す文章のブラウザによる表示画面をキャプチャしたスクリーンショット画像をユーザによるノード上にマウスポインタを乗せる操作をトリガとして表示する。ブラウザ画面をキャプチャした画像は、ユーザのブラウザから http リクエストがあった時点でサーバ側において作成をおこなう。この画像は保存部にお

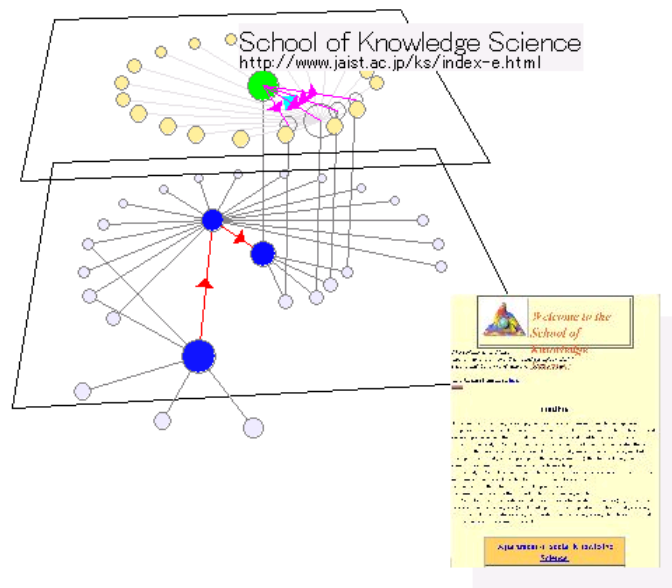


図 3.5: 他ノードの情報表示

いて保管され，クライアントのリクエストに応じて適宜送信される．

先の図 3.4 においても，右下にスクリーンショットが表示されている，また，図 3.5 は，他ノードの上にマウスポインタを乗せた状態であるが，リンクの入出と共に，画面右下にスクリーンショットが表示されていることが見てとれる．

3.5.4 マウสดラッグによる回転操作

2 章において述べた，パネル上にブラウジングコンテキストを表現し，それを三軸目方向に重ねて示す手法は，自分のコンテキストの把握と他者のそれとの差異の把握を促すが，前者と後者では表現軸が異なるため視点を自由に変化させる機能が必要になる．よって，マウสดラッグによる原点を中心とした回転操作によってパネルを含む三次元空間の角度を自由に変更する機能を付与した．回転操作は，XYZ 軸向きの 3 方向に，それぞれ同時におこなうことができる．この機能を利用し，パネルに対して平行な角度から表現物を眺めれば，パネル同士の距離を確認することができる．また，パネルに対して垂直な角度から眺めれば，ブラウジングコンテキストの差を確認しやすくなる．

第 4 章

協調的 Web ブラウジングシステムの評価

4.1 はじめに

本章では，第 3 章における協調的 Web ブラウジングシステムの評価実験を通じて，第 2 章において提案した表現手法の有用性と実用性を検討する．実験は，目的別に 3 種類おこなった．それぞれを，実験 I，実験 II，実験 III と呼ぶことにする．すべての実験の被験者はボランティアであり，北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科の大学院生である．

まず，実験 I では，実験用に用意した Web 空間内を一人で網羅的にブラウジングするタスクにおいて，ブラウジングコンテキストの表現物を与えた場合と与えない場合についての時間や効率の測定をおこなった．実験 II では，二人で手分けしながら実 Web 空間内の目標文章に辿り付くまでの時間や効率を，システムを利用するグループとチャットのみでおこなうグループに分けて計測した．実験 III では，特にタスク与えず，自由にシステムを試用させた．

実験の評価は，以下のことを軸とした．

- (1) 自身のブラウジングコンテキストの表現は適切におこなわれていたか
- (2) 他人のブラウジングコンテキストの表現は適切におこなわれていたか
- (3) 協調的 Web ブラウジングシステムとして機能したか

実験 I は (1) に，実験 II は (2) と (3) に，実験 III は (3) に関係する．実験 I は，自身のブラウジングコンテキストの提供は，迷子問題に対して有効に働くかどうかの判定をおこなうことを目的としている．また，実験 II は，他人のブラウジングコンテキストの表

現方法に対する妥当性を確かめることを目的としている。最後の実験Ⅲは、協調的 Web ブラウジングの観察をおこなうこと、及び、システムの問題点を洗い出すことを目的としている。

以下、実験Ⅰ、実験Ⅱ、実験Ⅲについての実験概要と結果を、それぞれ 4.2 節、4.3 節、4.4 節において説明する。

4.2 実験Ⅰ：ブラウジングコンテキスト表現物の提供に対する効果

4.2.1 実験概要

ブラウジングコンテキストの表現をおこなう第一の目的は、ユーザに自身のブラウジングコンテキストを把握させることにある。これを確かめるため、ブラウジングコンテキストの表現物の有無が異なるユーザグループ間のブラウジングにおける効率の比較をおこなった。被験者には、意味性を排除した人工的に閉じた Web 空間内を一人でくまなくブラウジングしてもらうタスクを課した。もし、表現物を与えたグループがブラウジングコンテキストを把握できているのであれば、与えていないグループに比べて、少なくとも再来率が減少しているはずである。

それぞれのグループは、ランダムに割り振った各 10 名ずつの計 20 名とし、名前をグループ A、グループ B とした。グループ A には通常のブラウザのみでブラウジングをおこなってもらい、グループ B にはブラウジングコンテキストの表現物を参考にしながらブラウジングをおこなってもらった。実験フィールドとなる Web 空間は、あらかじめ実験専用のものを用意した。この Web 空間は、非現実なものではなく、JAIST の Web サイト¹の一部と全く同じ構造を維持している（図 4.1 参照）。

また、文章のコンテンツに対する被験者の興味に対する個人差を排除するため、各文章はその文章固有の名前と、リンク先の名前だけを記述した（図 4.2）。文章の名前は、文章にランダムに割り当てたアルファベット 1 文字と数字 1 桁を組み合わせたものとし、同じアルファベットの文章における数字は、手本としたサイトにある同じ意味を持つ文章の英語文章と日本語文章を表現している。このルール及び全体構造が JAIST の Web サイトと同じである事実は、事前に被験者に知らせていない。図 4.1 の Web 空間における各文章に

¹ <http://www.jaist.ac.jp/>

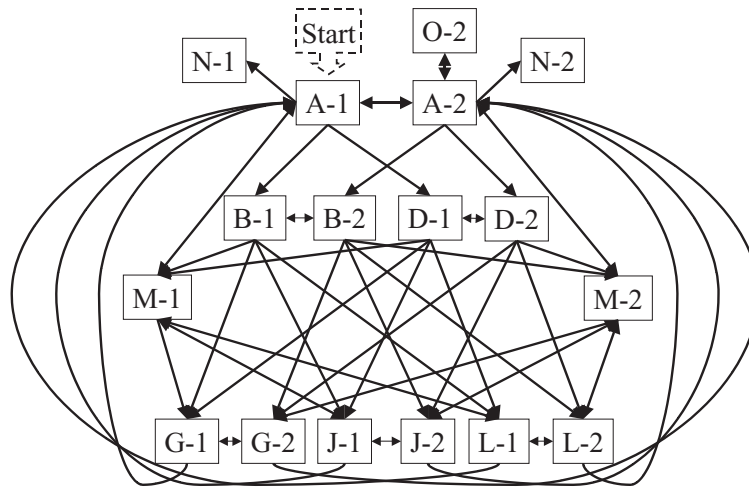


図 4.1: 実験Iで使した Web 空間

は，被験者名と訪れた時間の対からなるデータを実験データ取得用のサーバに送信するための JavaApplet と JavaScript を埋め込み，たとえブラウザのキャッシュによる文章閲覧であっても，ユーザ行動をもれなく把握する仕組みを導入した．ユーザには，限定された空間であることを予め告げておき，出来るだけ早く，全ての文章を見てもらうよう指示した．なお，被験者ら全員は，実験用 Web 空間が JAIST のサイトと同じ構造をもっていることに気付いていなかったことを実験後のアンケートにより確認した．

4.2.2 結果

図 4.3 に，二つのグループにおける閲覧できた文章参照数を示す，閲覧文章数の平均の推移を示す．閲覧文章数は，重複して閲覧した文章については数えないので，最大数は図 4.1 の全文章数である 17 となる．図 4.3 のグラフにおいて，グループ A は閲覧文章数の伸びは大きい，すべての文章数である 17 よりも低い 15 付近で収束している．反対に，グループ B の伸びはグループ A に比べて鈍いが，最終的には 17 に達している．また，見落とした文章の数の平均値を示す図 4.4 を見ても，グループ A では平均 2.0 だったのに対して，グループ B ではまったく認められない．一方で，図 4.5 に示されている，実験開始から最終的に網羅し終わったと被験者が宣言するまでの時間にも有意差は認められない ($t(18,0.05) > .939$) もの，平均値の比較としてはグループ A の方が短い結果に終わっている．つまり，ブラウジングコンテキストの参照時は，それを利用しない時よりもむしろ網羅するのに時間がかかっていたが，最終的には確実にすべての文章を閲覧していたことを示している．

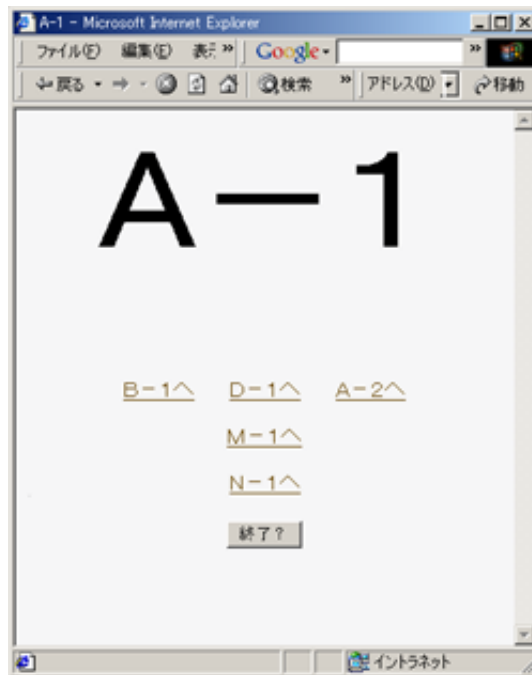


図 4.2: 実験 I で使用した文章の例

また、グループ毎の 1 文章あたりの閲覧時間の平均値（図 4.6）を比べると、グループ A が 3.69 秒なのに対してグループ B は 9.01 秒であり、有意水準 1% で差があることが確認された ($t(18, 0.01) < 4.353$)。この閲覧時間とは、ある文章を閲覧している状態から次の文章を閲覧するまでの時間のことであり、実際にこの時間文章を注視しているということは保証していない。ただし、実験中の被験者は、ブラウザを見ているかシステムの画面を見ているかのどちらかの行為しか許されていなかったもので、グループ A の値からグループ B の値を引いた 5.32 秒がブラウジングコンテキストを閲覧していた平均時間に近似した値であると推察できる。これは、被験者は文章を表示しているブラウザよりもブラウジングコンテキストの方を長い時間みて行動していたことになり、リンクのアンカとして示されている文字列以上にブラウジングコンテキストの情報の方が有効であったことを示唆している。

最後に、被験者が一度訪れた文章を再度閲覧した数をその被験者が閲覧できた総文章数で割った平均重複閲覧数の平均値（図 4.7）を調べてみると、グループ A は 3.26 個だったのに対してグループ B では僅かに 0.48 個であったことが判明した。この結果は、ブラウジングコンテキストの参照が再来問題の解決に向け、有効に働いていたことを支持している。

以上の結果は、ブラウジングコンテキストの参照を伴ったブラウジングは、通常のブラウジングよりも、その参照時間がかかることから文章閲覧にかかる時間が長くなりがちであるが、網羅性や確実性が高いため、迷子問題の解決に対して有効に働きうることを示唆

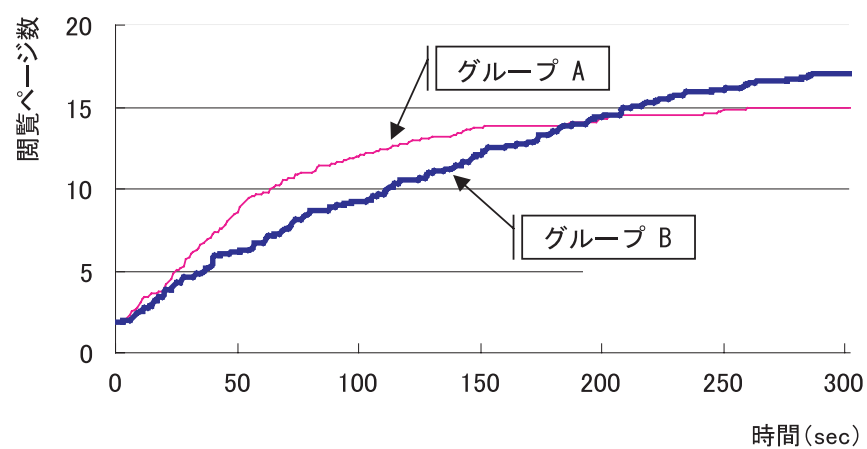


図 4.3: 閲覧文章数の推移

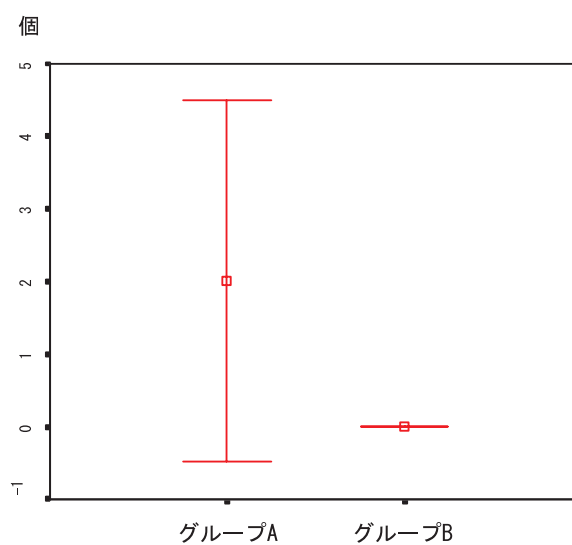


図 4.4: 見落とした文章数の平均値 ($\pm$ SD)

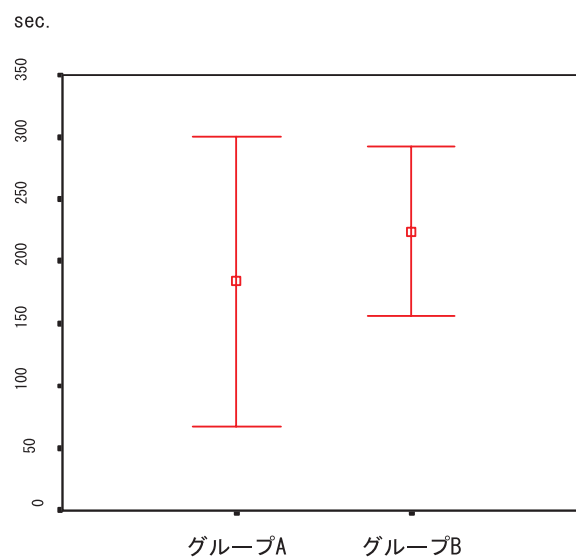


図 4.5: 総閲覧時間の平均値 ($\pm$ SD)

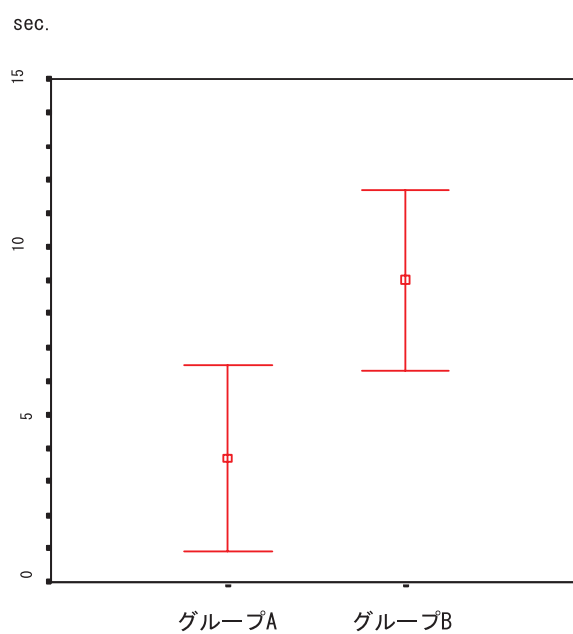


図 4.6: 1 文章あたりの閲覧時間の平均値 ($\pm$ SD)

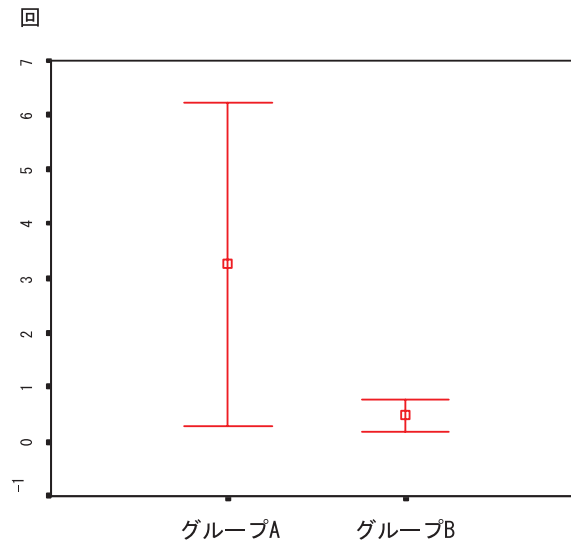


図 4.7: 平均重複閲覧回数の平均値 ($\pm$ SD)

している。

4.3 実験Ⅱ：2人での目標文章到達までの効率

4.3.1 実験概要

本実験は、ブラウジングコンテキストの共有機能に対する有用性の調査を目的としている。実験は、被験者12名をペアにし、それを3組ずつ、チャット機能のみを使用するグループと、機能をすべて使うグループに分け、それぞれに同一タスクを課す形態でおこなった。このグループ名を、それぞれ順にグループA、グループBとする。タスクは、出来るだけ短い時間でJAISTドメイン内の何処かに存在する目標文章を二人で手分けして発見する事とした。目標文章は、プロジェクト名から分野が特定し難いある研究プロジェクトの紹介文章であり、そこにたどり着けば一目でそれとわかる文章にした(図4.8)²。JAISTは大きく、情報科学研究科、知識科学研究科、材料科学研究科に分かれており、目標文章は情報科学研究科の文章のリンクから辿ることのできる場所にある。被験者は知識科学研究科関係者であったため、全員が目標となるプロジェクト及び文章の存在を知らなかったことが事後アンケートにより判明している。被験者には、目標プロジェクトの名前と、存在す

² AYAME Project (<http://shinoda-www.jaist.ac.jp/Projects/AYAME/>)。図4.8の通り、実験時は文章の一番上に大きくプロジェクト名が記述されていた。

るドメイン名³，その文章で述べられている簡単な概要⁴だけを説明し，なるべく二人で協力しながら早く目標文章を見つけ出すよう指示を出した．実験中，閲覧文章の URL とチャットの発言をシステム側において記録した．



図 4.8: 目標文章

4.3.2 結果

このようなタスクの場合，「個人のタスクとして効率よくブラウジングできるか」，「いかに手分けして探せるか」といった個人及びグループとしての探索効率が大きな要因となる．前者は，実験Ⅰにおいて確かめたので，本実験では主に後者について考察したい．

まず，タスク達成にかかった平均達成時間を述べる．ただし，グループ A のうち一組は，開始後 50 分経過しても目標文章を見つけないことができなかったため，タスク失敗とみなし，その時点で打ち切ったものを結果とした．結果は，グループ A が約 35 分，グループ B が約 26.5 分であった．これは，すべての機能を利用したほうが，早く目標文章を見つけられた傾向を示している．しかし，被験者のクリックの速さ，文章読み取り時間等の能力に関する個人差や，たまたま目標文章を見つけるといった運の要素も結果を大きく左右する

³ jaist.ac.jp

⁴ 目的文章中のプロジェクトを説明する文の冒頭部分に記載されていた「インターネットにおける新規アーキテクチャの構築を目指す研究プロジェクト」という文句．

ので、このデータからメッセージを読み取ることは難しい。結果だけを見れば、グループ Bの方が目標文章を早く発見することができていたといえる。

次に、総閲覧文章数に対する自分自身で重複して閲覧した文章数の割合を示す個人重複閲覧率と、総閲覧文章数に対する自分の閲覧文章と相手の閲覧文章との重複数の割合である閲覧したグループ重複閲覧率を図 4.9 に示す。結果は、個人でもグループでもグループ Bの方が低い。また、個人重複閲覧率は $1\%(t(10, 0.01) < 3.979)$ 、グループ重複閲覧率は $5\%(t(10, 0.05) < 2.250)$ の有意水準で差が認められた。個人重複閲覧率の結果は、グループ Bの方が自身のブラウジングコンテキストを把握しながら効率よく辿った傾向を示しており、実験 I の結果を肯定するものである。グループ重複閲覧率の結果は、グループ Bの方が相手と効率よく手分けして探索をおこなっていたことを示している。また、チャットの発言数はグループ A が平均 10.2 回だったのに対し、グループ B は 6.8 回であった。つまり、グループ Bの方が平均発話回数が少ないにも関わらず、グループとして効率よく探索していたことになる。よって、相手の表現物の閲覧を伴った意思疎通は、チャットのためのそれと比べて、スムーズにおこなわれた傾向にあったといえる。

以上の結果は、表現物の提示が自身のブラウジングコンテキスト把握を支援していたことはもちろんのこと、相手のブラウジングコンテキスト把握や自分のそれとの差の把握も支援していたことを示唆している。また、Web 空間を手分けして探すというタスクにおける協調的 Web ブラウジングシステムの利用は、チャット利用のみの場合に比べて、効率のよい探索を促す傾向にあることも示された。

4.4 実験 III：実際の Web 空間での試用

4.4.1 実験概要

本実験は、前章で説明した協調的 Web ブラウジングシステムが目標とする環境として機能しうるかどうかを確かめるための試用的実験である。実験は、まず、10 名の被験者を無作為に二人一組のペアに分け、次に、壁で区切られた場所でそれぞれのペアに 10 分ほどの説明と操作の練習時間を与え、その後、システムを実際に 30 分ほど試用してもらう方法を採った。また、実験後、ツールに関する全般的なインタビューもおこなった。この実験の際には、閲覧対象とする Web 空間の制限やブラウジングの目的は特に設けず、自由にブラウジングをしてもらった。

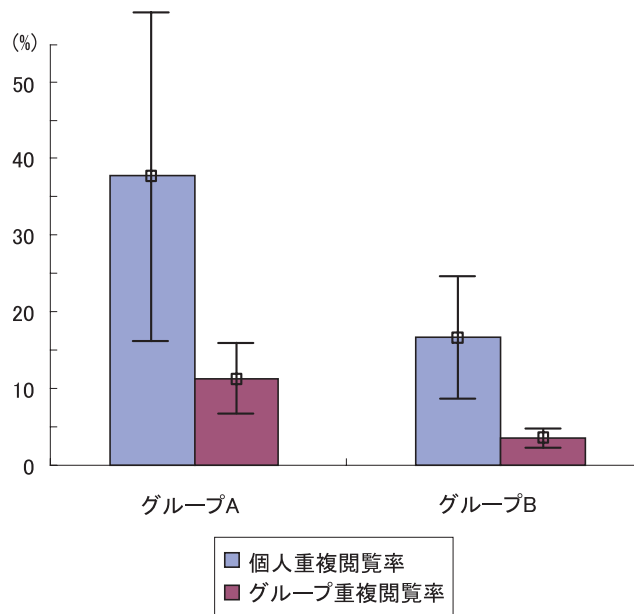


図 4.9: 表現物の有無によるブラウジング性能の比較

実験をしている間、ビデオカメラによる被験者行動の録画と、サーバ側においてユーザ操作とタイムスタンプの対からなるログデータの収集をおこなった。採取したログデータは、インタフェースに対する回転操作、ブラウザによる文章閲覧行為、ノードのクリックによる文章閲覧行為、チャットにおける発話の4種類である。

4.4.2 結果

全体的な使用状況である各操作数であるが、かなりのばらつきが見受けられる（図 4.10 参照）。例えば、最も多く文章を見た被験者は時間内に28個の文章を閲覧していたのに対して、最少の被験者のそれは6個であったし、発話数も最大が17回であったのに対して最少は8回であった。また、探索した文章群におけるペア間の重複率も、わずかに10%であったし、会話内容もすべてのペアにおいて全く異なっていた。

この結果を受け、実験後、被験者に施したWebブラウジング歴などのアンケートを施したところ、その結果には全く一様性がみられなかった。また、人選及びペアの組み合わせは無作為におこなったため、年齢、学年、研究室、性別のすべてにおいて一様性はなかった。よって、このようなデータのばらつきは、ペア同士のもつ人間関係や、被験者のWebブラウジングに対する習熟度によって引き起こされたと考えることができる。

会話とブラウジングとの関係を調べた結果、一方が自分の見ている文章に対する話題を

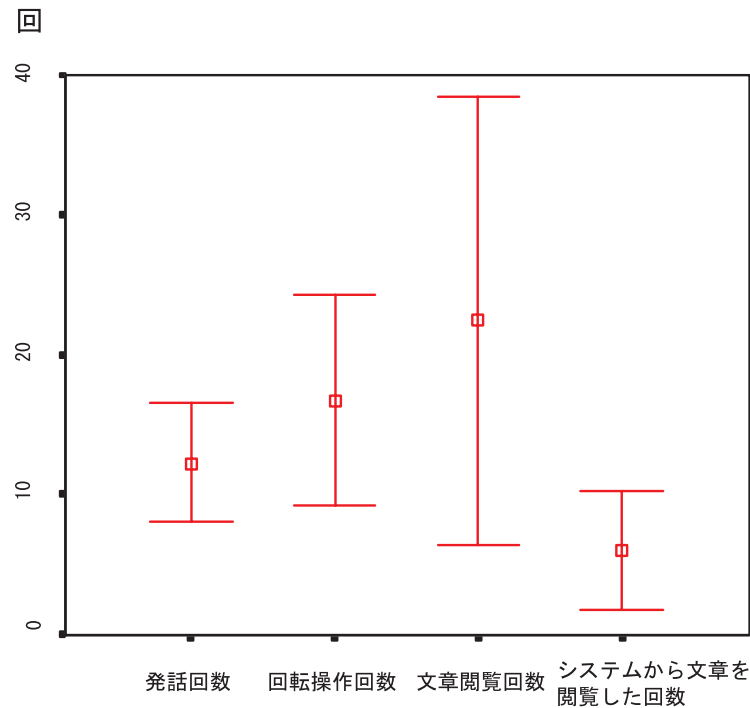


図 4.10: 操作回数の平均値 ($\pm$ SD)

話したときは他方もそれに合わせてその文章を閲覧しており、逆に、新たな会話の内容はカレントに見ている文章に関するものであるという傾向を、どのペアでも確認することができた。前者にあたる行為は全部で 40 回認められ、相手のノードをクリックして閲覧した総数 53 回に対して 75% にのぼる。後者は、最初の挨拶にあたるやり取りを除いた初めての発話と、前発話からの間隔⁵ がかなりあいた発話を新たな発話としてカウントし、全 15 回の新たな発話に対して、13 回がどちらか一方のユーザが最後に閲覧した文章に関するものであった。

システムには、ノードのクリックをトリガとして、そのノードが示す文章を新たに起動したブラウザ上にて閲覧させる予備的機能を付与していた。この機能を利用して文章を閲覧する行為は、文章を見ることによって会話のコンセンサスがとれると判断したときと、自分がブラウザ上で閲覧している文章のリンクに興味をひくところが無い場合に大別された。前者は、話題となっていると予想できる相手のカレントの文章を閲覧することで、後者は、相手の見ている文章や自分が過去に見た文章からリンクされていた文章群から面白そうなもの、例えば、リンクされている個数が多いところなどを閲覧して、連想的にブラウジングを進めていくことでおこなわれていた。また、後者の行動が観察される前は、必

⁵ 15 秒とした

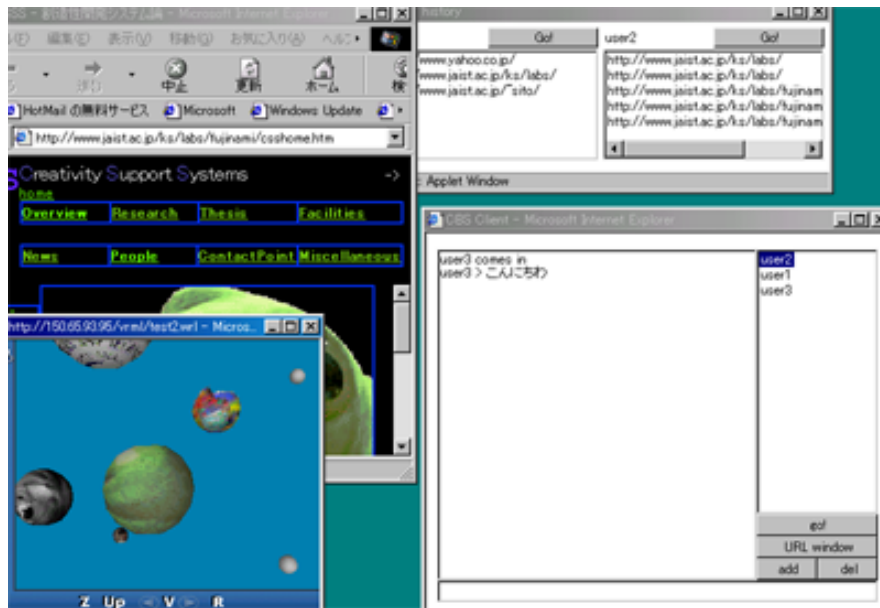


図 4.11: 別ウィンドウ表示による協調的 Web ブラウジングシステム

ずインタフェースの操作をおこない、次にどれを閲覧するかを吟味している様子も観察された。これらの分析結果は、ユーザは特に目的を与えられなくともシステムを利用すれば協調的 Web ブラウジングに当たる行為をおこなえうを示している。

実験後、ユーザに対してツールの全般に関するインタビューをおこなったところ、「自分の知らない文章を見ることができた.」「他人が自分と違う考え方でブラウジングを進めていくことを初めて知り、驚いた.」「人が見ている文章がとても気になった.」「特に（話題対象を）確認することなく話題に没頭できた.」等の協調的 Web ブラウジングという仕事形態に関する意見を得ることができた。この結果は、他人のブラウジングコンテキストを参照することにより、自分では発見できなかった文章を閲覧可能になるという協調的 Web ブラウジングシステムが狙う効果を被験者らが実感していたことを示している。

一方で、使用感についての質問には、6 名中 4 名は概ね使用方法自体に問題はないと回答したが、2 名は、コミュニケーション機能のユーザビリティに不満をもったと回答した。これについて追加インタビューをおこなったところ、「一度の会話の文字数が多くなると、ブラウジングの視覚化画面と重なるので少し見難かったことがあった.」「ブラウジングやツールの操作にマウスを使っているのに、会話の部分だけマウスから手を離してキーボードから入力しなくてはならないので煩わしい.」といった具体的な不満点を得ることができた。前者の意見の対象である会話文字列とブラウジングコンテキストの表現物を重ね合わせて表示する設計は、以前我々が開発した協調的 Web ブラウジングシステム [Sakamoto 00] に

において表現物と会話のウィンドウを別々にしていたところ（図 4.11）、一方のウィンドウを使用すると他方のウィンドウが隠れるので使い難いという意見を得たことを反映した結果によるものである。しかし、本実験での結果は、この重ね合わせる設計が以前とは別の問題を生んでしまっていたことを示している。また、後者の原因は、文字入力のためのキーボードとポインティングのためのマウスというように、操作に必要な機能が二つのデバイスに分断されているという点に帰着する。そこで、今後の改良方針としてコミュニケーション機能を音声や音声付き動画などに移行することを考えている。

以上の結果は、協調的 Web ブラウジングシステムは、コミュニケーション機能にやや難があるものの、多様性に富む実際の Web 空間と多様性をもったユーザを対象としても、その目的である協調的 Web ブラウジングを支援する環境として機能していたことを示唆している。

第 5 章

漫画による日常的なコンテキストの表現及び共有手法

5.1 はじめに

前章までは、Web ブラウジングという電子計算機ネットワーク上のコンテキストといった、いわば非日常的な世界でのコンテキストを扱った。本章では、日記に書き留めるような日常生活におけるコンテキストの表現手法について提案する。

Web ブラウジングと日常生活におけるコンテキストの最も大きく異なる点は、主体に関わる物事の種類や量の多さにある。Web ブラウジングでは主に HTML 文章のみの関係を考えれば十分であったが、現実世界では様々なものが様々な形で関わってくる可能性がある。よって、この複雑なコンテキストを簡潔に示す表現手法が求められる。また、表現されたコンテキストは、最終的に他人と共有することを考えるので、他人が見ても解りやすい表現形式であることが望まれる。

通常、日記は文章のみで書くが、絵日記のように絵や図を付与すると、それを経験した本人以外の人でも情景を思い浮かべやすくなる。漫画は、絵日記に比べて作成に専門的知識を要するものの絵日記と同じような利点を持ち、さらに高い表現力も兼ね備える表現手法である。本章では、この漫画という表現形態を用いて、ユーザ及び普段日記に記すような日常的な行動を主体としたコンテキストを表現する手法を提案する。

共有化を目指したコンテキストの表現手段として漫画の利用を考えた場合、

a 親しみやすい

b 一覧性が高い

c 様々なことを表現可能な高い表現力をもつ

d 時系列に沿った表現が可能

といった利点が考えられる。このうち a, b のユーザの読解行為に対する親和性は、人と共有するという本研究の目標に対する大きな利点となる。また、日常生活に係るコンテキストは様々な事象が関わる上、時間的な前後関係の記述も不可欠であるため、c, d に代表される高い表現力も有用である。

漫画は、文章や図表現に比べてこれらの利点をバランスよく兼ね備える表現手法である。例えば、文章は c, d を兼ね備えているが a, b に関しては漫画より劣るといわざるえない。箇条書きにすれば b については増強されるが、代わりに c を損なうことになる。また、静止画像は d の要素が欠如しており、動画は a, c, d には長けているが b の能力が低い。

図 5.1 は、(株) ATR メディア情報科学研究所の中尾氏が学生時代に受講していた講義の課題のレポートとして描き、大学に提出していた漫画である。他の受講生は文字による通常のレポートを提出していたが、中尾氏は伝達媒体としての漫画の可能性に興味を抱いていたので例外としてこのような漫画形式のレポートを提出していた。一般的に、レポートは伝達を目的としているので、これが実際にレポートとして受け入れられていたという事実を鑑みると、このような形式で描かれた漫画は伝達媒体としても機能しうると推察できる。また、中尾氏の同僚の間では、この漫画レポートを見ながら博物館見学の思い出について話を弾ませたことが何度もあった。その際、この漫画レポートは、細かな事象を正確に知るには適当ではないが、当事者の個人的なエピソードや印象といった経験や興味を知るには大変優れているとの意見もきかれた。よって、漫画形式によるコンテキストの表現は、他人との共有に適当な形態であると推察できる。

漫画には様々な様式や技法があるが[四方田 94]、コンテキストを表現するためにはどのような様式や技法を採用すれば適当であり、また、電子計算機で扱いやすいのであろうか。例えば、図 5.1 の漫画によるレポートには以下のような特徴的な様式、技法を観察することができる。

- 当事者の主観的な視点に基づいてストーリーが構成されている。
- 当事者が漫画の主人公になっているが、それは正確に当事者自身（姿形、正確、行動）を表現しているのではなく、当事者の分身として独自のキャラクタ（人格、性格



図 5.1: 人手で描かれた漫画日記

づけ)を持っている。

- 事象を正確に再現するのではなく、誇張的に表現している。
- すべての見学内容を表現するのではなく、印象的な展示物にハイライトを当てたりすることによって見学全体の印象を要約して表現している。
- 見学対象となる博物館や展示物のことだけでなく、博物館の周辺や他の見学者の様子にも触れている。
- いわゆる「オチ」を使って、漫画のストーリーとしての完成度とエンタテインメント性を高め、記事を印象深いものにしている。
- コマ割に変化がなく、すべて同じ大きさの正方形を使用している。
- 所謂「ふきだし」が存在しない。

漫画作成の様々な手法のうち、上記のような特徴が何に対してどのように有効なのかという判断や説明は難しい。本研究では、このような絵柄や手法の選択における妥当性については深く追求せず、図 5.1 のような様式は日常生活を表現するのに妥当なものと仮定し、この様式をもった漫画の自動生成を目標に据えることにする。本章では、このうち、特にストーリーに関する知識を電子計算機で柔軟に扱うこと、それを漫画として反映し、それを共有する枠組みについて論じる。

以下、まず 5.2 節において漫画表現やストーリー生成に係る先行研究について述べる。次に、5.3 節において漫画生成のための知識表現やストーリーの導出方法を説明する、最後に、5.4 節において、生成された漫画を共有する方法について二種類の提案をおこなう。

5.2 先行研究

図 5.1 のような漫画に見かけだけを似せた図を生成するのならば、コマ単位から成る画像ファイルをあらかじめ作成しておき、それを羅列すればよい。しかし、他人も閲覧することを考えると単なる絵の羅列ではなく、漫画らしい漫画の生成を目標にするべきである。漫画らしい漫画の作成には、大きく分けて描画の能力とストーリーを構築する専門的技術が関係する。電子計算機上でこれらの能力を代替するには、前者は画像処理の、後者は知識処理の技術を応用することになる。このうち、本研究においてはストーリー作成に焦点

をおくので、後者を支える既存の研究について紹介する。また、インタフェースとして漫画という表現形態を利用した既存のシステムについても紹介する。

5.2.1 ストーリー生成

文学的なストーリー生成に関する研究は、人工知能や認知科学の文脈で多くなされてきた。例えば、物語分析を通した物語文法の構築 [Rumelhart 75] や問題解決プランニングの定式化としての物語生成 [Schank 77] といった初期の試みが有名である。また、近年は具体的な物語生成システムもいくつか提案されている [Okada 92, 小方 96]。これらの研究は文学的な物語の理解が目的であったり問題解決プランニングのシミュレーションとして物語を位置づけている。しかし、これらは直接漫画のストーリー生成と関係しているというわけではないので、仮に応用できたとしても漫画に馴染むストーリーを作成できるかどうかについては疑わしい。また、図 5.1 は国立民族学博物館に中尾氏が訪問したときのストーリーであるが、他人が同じ場所に行けば興味の相違などからストーリーは変化する可能性が高い。本手法の特徴の一つは、このような個人間のストーリー相違に対応する複数のストーリー生成や、ストーリーの個人化が可能な点にあるが、これらの研究でのストーリー生成ではそのようなことはできない。

5.2.2 インタフェースとしての漫画表現の利用

漫画を生成する研究としては、チャットの履歴を「ふきだし」付きの漫画として表現する Comic Chat [Kurlander 96] やビデオサマリーの一覧表示に漫画風のコマ割りを利用した研究 [Uchihashi 99] などがある。これらは、マン・マシン・インタフェースの表現手段として漫画の一覧性に着目した研究である。しかし、両者の研究ともストーリーを考慮して漫画を生成しているのではなく、ありものの絵やビデオの見出しをただ時間順に並べているだけである。つまり、これら既存の研究は、リスト構造をもったコンテンツを表現する際、見出しやコンテンツそのものをコマのような枠で囲うことによって形式的に漫画に似た特徴をもたせ、ストーリー性などは元々のコンテンツに含まれているものとして無視する立場をとっている。しかし、コマとして切り取ったコンテンツの意味的な繋がりにすら考慮していないので、漫画らしい漫画として出力できるかどうかについては疑わしいと言わざるを得ない。

5.3 漫画生成のための知識表現と生成方法

漫画は、枠線による領域の明示化である**コマ**を基本的な構成要素として考えると扱いやすい[藤子 89, 夏目 85]. ここで、連続したコマを一コマ以上集めると、文章におけるパラグラフ的粒度の纏まりを捉えることができる. このような意味的なグルーピングは、文章における節や章のように、さらに上位の方向に進めていくこともできる. 一方で、コマは、その中にあるキャラクタや背景といったパーツに分けることができる. また、パーツもさらに下位の概念に分割することができる. このような Schank のスクリプト [Schank 77] に代表される階層的知識表現は、ポインタとリストによって記述可能であるが、実際に利用するためには知識の粒度を決定する必要がある. 本研究はコンテキストの表現を主眼としているので、まずコンテキストの表現には最低どのような粒度の分類が適当なのかを考える.

漫画は「コマを構成単位とする物語進行のある絵」[呉 90]や「連続的芸術」[McCLOUD 94]などと定義されるように、時間進行を伴った表現であるといわれている. 漫画における時間進行は、コマとコマとの間に存在することは勿論のこと、たった1コマの中にも存在する. よって、時間領域の特定により定義される事象は、一コマで表現可能なこともありうるし、複数のコマが必要なこともありうる. また、絵は空間を表現可能であるので、主体から空間的、時間的一定範囲内にあるコンテキストについても一コマ以上あれば表現可能であるといえる. よって、コンテキストを表現する知識の粒度として、コマより一段階上位の階層における一コマ以上のコマの集合を考え、この集合要素のことをシーンと呼ぶことにする.

また、順列をもったシーンの集合のことをストーリーと呼ぶことにする. 漫画らしいストーリーを作るためには、無理なく繋がる始めのシーンから終わりのシーンまでを必要な数だけ用意する方法が直感的であるが、多くのストーリーを柔軟に作成するために、シーン間の制約ネットワークを利用したモデルを考える.

まず、任意のシーンは、そのシーンに対して話として無理なく繋がり、順列的に次に配置可能なシーンすべてをカンマ区切りで記述しておく. これを子シーンと呼ぶ. 子シーンとは別に、シーンにはそのシーンの存在に対する条件となるシーン群もすべて保持しておく. この条件となるシーンは、対象シーンより順列的に前にくるシーンであるものとする. 条件となるシーンが複数ある場合は、論理和や論理積の記号を利用して論理的に記述することも許す. また、排他関係を記述したければ、否定記号をつかい、表現することもできる. この条件となるシーン群のことを単に条件シーンと呼ぶことにする.

一つのシーンを表現するデータは、そのシーン名とコマの名前、子シーン、条件シーンを：で区切ったものを {} で括り一纏めにして記述する。なお、条件シーンは省略することもできる。

{ シーン名：コマ名 1, コマ名 2 …: 子シーン：条件シーン（省略可能） }

子シーンや条件シーンには、直接シーン名の列挙を記述してもよいが、そのままでは後でシーンを追記した場合の整合性がとりにくくなるので、エイリアスのシーン名を記述してもよいことにする。これをシーンエイリアスと呼ぶ。一般的に、シーンエイリアスは包含するシーン群を汎化した名前をつけることが多い。シーンエイリアスはその名前と一つ以上のシーン名の列挙したものを {} で括って記述する。

{ シーンエイリアス名：シーン名 1, シーン名 2, ... }

シーンに記述されている子シーンをシーンエイリアスを展開した状態で纏めると、一般有向グラフを形成することができる。この一般有向グラフと条件シーンを一つの制約ネットワークとすると、その解消はストーリーの導出と同義になる。

ここで、あるシーンの使用を決定したとすると、そのシーンを基準に制約ネットワークの有向グラフ群を非閉路化して纏めた、制約ネットワークの部分グラフとなる非閉路有向グラフを形づくることができる。この非閉路有向グラフの最上階層には漫画の先頭になるシーンが、最下階層には終端となるシーンがそれぞれ存在したとすると、この最上階層から最下階層まで子シーンを辿り、通り順にシーンを並べることによって幾つかのストーリーを導出することができる。そして、その中から選択した、あるストーリーの各シーンが保持しているコマを、何らかのコマ配置方法によって描画、配置すれば漫画の生成は完了する。このコマ配置方法とは、空間分割法のように紙という空間に対して指定された形のコマを指定された数配置するよう、コマの位置と大きさを決定するものである。図 5.1 の漫画における様式に従うのであれば、紙の面積に正方形のコマを 12 コマを収めるよう、コマの大きさと位置、コマ間を決定する。

この方法でおこなうストーリー作成は、導出されたストーリーに対する妥当性の保証が重要になる。制約ネットワークを非閉路化有向グラフに変換する際、選択されるシーンに

よっては、意図したようなストーリーが一意に決まる経路しかない部分グラフになる可能性もあるが、ストーリーとして成立しているとは言い難い経路しか存在しない部分グラフになる可能性もある。例えば、導入部分のコマがない部分グラフであれば、それをストーリー化しても読者に対する背景の説明が不十分になるであろうし、オチに相当するコマがなければ、ストーリー全体としてまとまりがなくなってしまうであろう。

このような事態は、制約ネットワークを十分に充実させておけば避けられるが、すべてのシーンの組み合わせに対してストーリーが成立するよう保証できるに至るまで準備をおこなうことは、現実的に難しい。よって、あらかじめストーリーとして成立することを保証したすべてのシーンのセットを自動的に用意しておくことで、この問題を回避する。このようなシーンのセット一つ一つのことを雛形と呼ぶことにする。なお、もし一つのセットから複数のストーリーが導出可能な場合は、それを雛形とは認めないこととする。

なお、シーンより下位の階層については、コマ内を描画する画像処理の領域になるため深くは扱わず、次章において述べる応用例では、仮にキャラクターや背景などのパーツのリストを一コマ分保持する階層までを考えた。将来的に、コマ内の描画手法やコマ割による効果についても扱うことになれば、シーンにそのための情報を保持させたり、本階層よりさらに下の階層を考えなくてはならないと予想する。以上で説明した三階層からなる知識表現の概念図を、図 5.2 に示す。

ここで、次章において説明する応用システムによって作成された会議参加を表現した漫画である図 5.3 を例に挙げ、制約や雛形からのストーリー導出についての説明をおこなう。図の漫画は、左上のコマ A を起点として左から右に読み進めていく。コマの名前は左上から順に A, B, ..., L となっており、シーンとシーンエイリアスのデータは以下の通りであったとする。

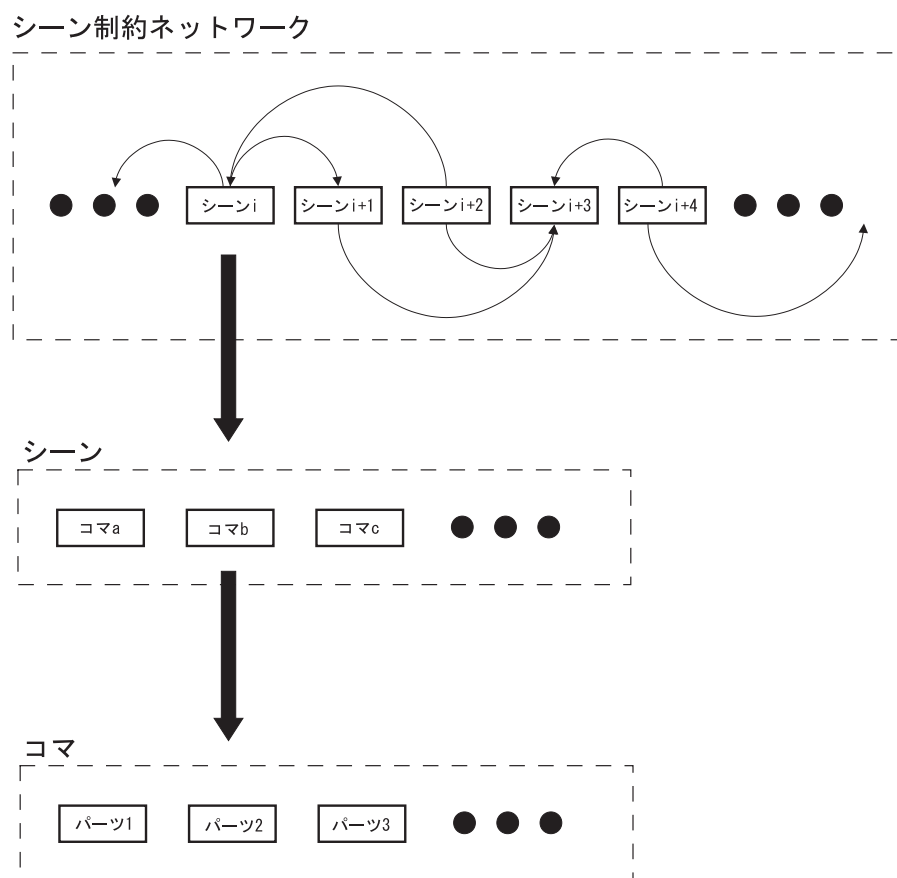


図 5.2: ストーリー生成のための知識表現

シーン群
{シーン1 : A : シーン2 : start} {シーン2 : B,C : 発表シーン or 見学シーン or シーン5 or シーン7} {シーン3 : D,E : 見学シーン or シーン5 or シーン7} {シーン4 : F : シーン5 : not 見学シーン} {シーン5 : G : シーン6} {シーン6 : H : シーン7} {シーン7 : I : シーン8 or 発表シーン or 見学シーン} {シーン8 : J,K,L : end : 導入シーン(海)}
シーンエイリアス群
{導入シーン(海) : シーン2} {発表シーン : シーン3} {見学シーン : シーン4}

シーン群の条件シーンにおける「start」という文字列は、それをもつシーンは、そのシーンからストーリーを開始することが許されていることを示しており、子シーンにおける「end」とは、それを持つシーンはストーリーの最後に配置することを許されたシーンであることを意味する予約語である。

このストーリーの場合、導出するにあたり選択された雛形はシーン3、シーン4、シーン7のセットであった。逆に言えば、図のストーリーは、この雛形をもとに制約ネットワークから単一経路を選び出し導出したとも言える。この中で、例えば満腹であることを描いたシーン8は、食事をしていることを描いたシーン7の選択により導出されている。また、シーン8はシーンエイリアスの「導入シーン(海)」を条件シーンとして保持しているため、シーン7の選択は、結果的にシーン2までを決定したことになる。

さらに、シーン8のコマLは、海のことを思い浮かべている描写がなされているので、シーン2はその伏線として機能している。このように、制約ネットワークにおける条件シーンは、離れたシーン同士の関係も扱うことが可能である

5.4 共有化手法

本節では、5.3節で述べたストーリー導出により生成された漫画を共有化する方法について論じる。通常、漫画は紙という物理的媒体上に印刷されているものであるため、その共有化には物理的な流通が関わってくる。このような物理的な流通には制約が多く、多くの

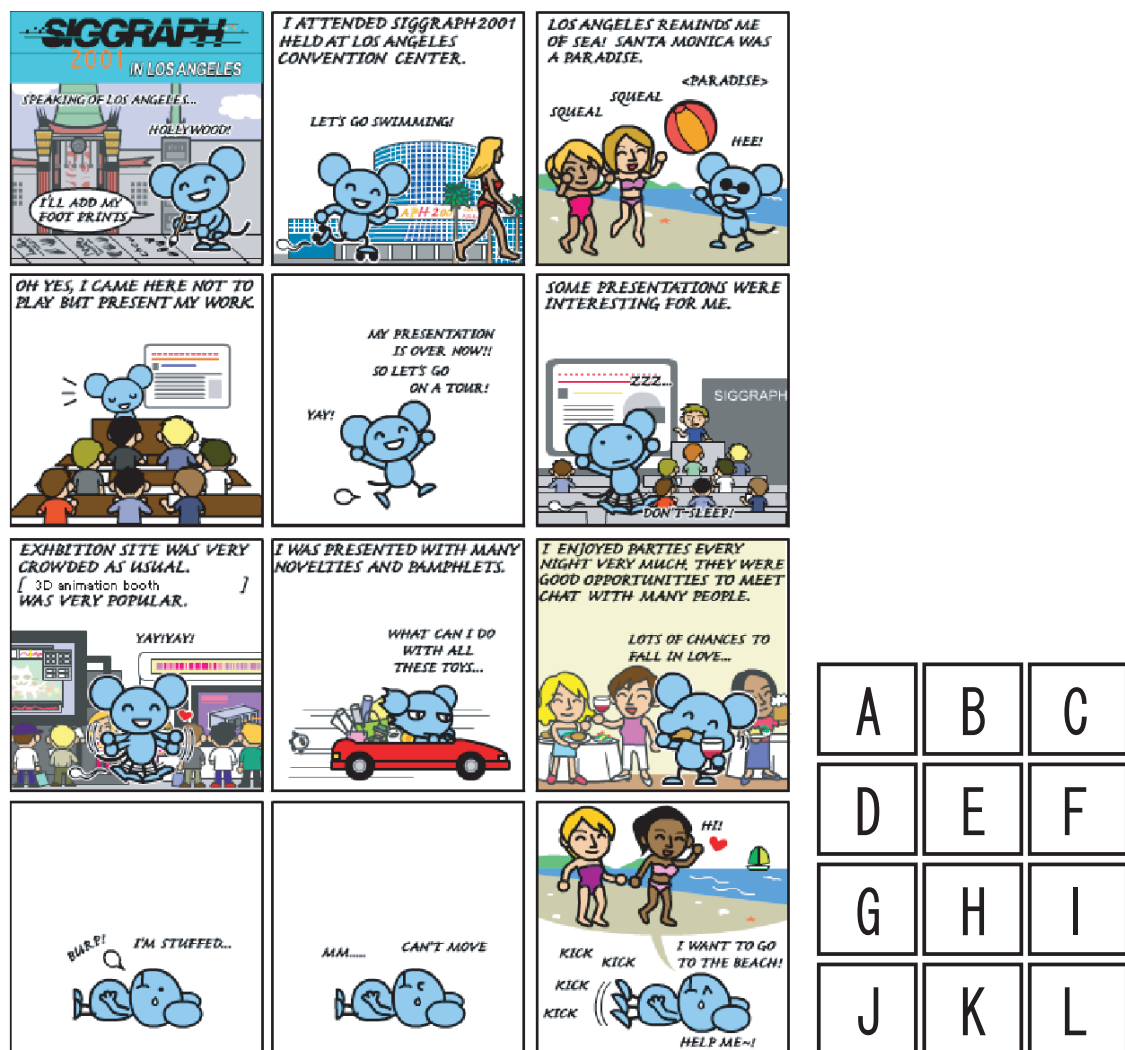


図 5.3: ストーリーの例

人に手軽に伝えたり、逆に多くの人の漫画を閲覧するといった双方向的な流通，すなわち共有化は難しい．一方で，本研究は電子計算機の利用を前提としているので，電子計算機上で直接閲覧することを想定した共有化手法を考えることができる．このうち，能動的に自分の漫画を伝える場合及び他人の漫画を閲覧する場合における共有化手法について説明する．

5.4.1 既存のインフラを利用した送信

ある漫画を能動的に特定の人物に伝えたい場合，普段その人物に連絡をとっているインフラ上で漫画を流通させることが可能であるならば，目的の達成は容易である．例えば，IM や電子メールに，漫画の画像を添付すれば目的は達成される．また，漫画の画像が Web サーバ上に存在するのであれば，その漫画が表示される URL を記述したメッセージを送信してもよい．

5.4.2 コミックリンク

上記のような自分の漫画の能動的な伝達は，紙に印刷された漫画でも，例えば郵便や fax を利用して実現可能である．本節では，紙上の漫画では難しい，相手が能動的に知らせてこない漫画を閲覧する方法について述べる．

漫画のコマには，そこで表現したい事象を説明するために自分以外の人物を示すキャラクターが描かれている場合がある．ここで描かれているキャラクターは，実世界において自分と関係のあった人物を指し示すものであるから，もし，その人物の漫画があるとすれば，その漫画中にも同じ事象を描いたコマが存在している可能性がある．仮に，このようなコマが存在したとして，その人物が自分と全く同じ行動をしたのでなければ，その漫画のストーリーは自分のそれとは異なるはずである．また，自分とその人物では立場が異なる場合があるので，同じ事象を描いたコマでも全く異なる印象で描かれている可能性もある．このことを概念的に示した図 5.4 を示す．図は，人物 A ， B のコンテキストを表した漫画のコマを縦方向と横方向にそれぞれ並べたものである．人物 A の漫画のストーリーは上から下に $A_1, A_2, \dots$ と，人物 B のそれは左から右に $B_1, B_2, \dots$ と読み進めていき，二人の漫画は二人に共通する事象を示すコマの部分で重なっている．ここで，人物 A と B では共通するコマに至るまでの先頭のコマからの絶対的な位置が異なっている点に注目したい．また，

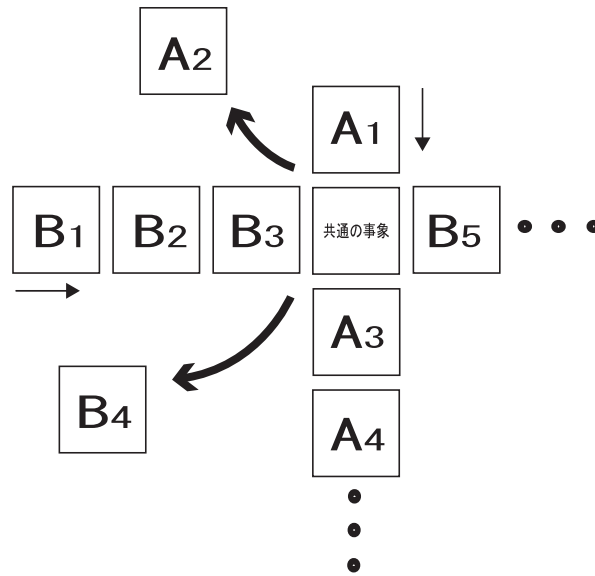


図 5.4: 共通コマの概念図

二人は共通の事象に対する立場が違うので、 A_2 と B_4 の内容は異なっている可能性がある。 $A_2 \neq B_4$ の場合、 A の漫画を読む限り、 B_4 の内容は想像するしかないが、 B の漫画を読めばそこに至るまでのコンテキストを理解した上で直接的に B_4 の内容を知ることができる。

このように、自分と関係のあった人物のストーリーを読むことができれば、自分のコンテキストを多視点的に理解することができ、有用であろうと予測できる¹。この作業を支援するため、共通するコマをもつ漫画間にリンク関係を張り、複数の漫画間を非線形に辿る道筋を作る仕組みを提案する。以後、この漫画間のリンクをコミックリンクと呼ぶことにする。

¹ このような手法は、既存の商用漫画においてもしばしば見ることができる。図 5.5 は、あるストーリーの脇役が次のストーリーの主役になるオムニバス形式の漫画におけるストーリーの切り替わりのページである。図における上のページのストーリーでは、男の子が主人公であるが、下のページのストーリーでは、上のページの最終コマで主人公とすれ違った女性が主人公になっている。

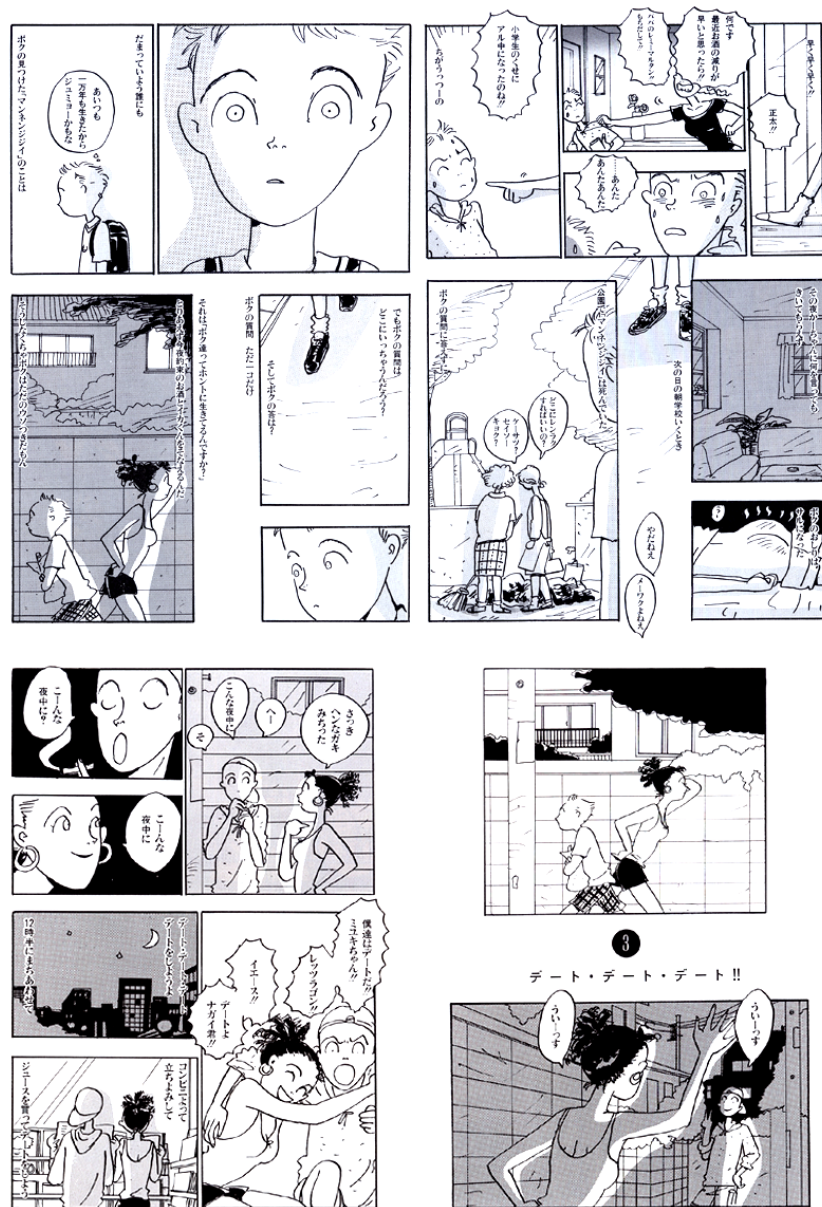


図 5.5: 商用漫画におけるコミックリンク的な手法の例（岡崎京子：カトウーンズ，角川書店，1992）

第 6 章

コミックダイアリーシステム

6.1 はじめに

第 5 章では日常生活におけるコンテキストを漫画により表現する枠組みについて説明したが、実際に応用するには、何らかの方法でストーリーの源泉となるコンテキスト情報の入力を得なければならない。日常生活におけるコンテキスト情報の入力を得るには、ユーザが入力機器を持ち歩く方法や、その人間が居る場所を監視する機器を設置するといった方法が考えられる。よって、これらを組み合わせて実現することが多いコンテキストウェアなユビキタス・パーベシヴ環境は、入力を得るに適した環境であるといえる。

本章では、漫画による表現手法を実用化する一例として、入力に（株）ATR メディア科学研究所において開発されたコンテキストウェアな展示ガイドシステム（C-MAP システム [角 00b]）のログデータを利用して、展示会場への入場と退出までの一連のコンテキストを表現するコミックダイアリーシステムと呼ぶシステムを紹介する。コミックダイアリーシステムは、学術会議参加や博物館見学等の経験を個人として回顧すること、及び、他人へ伝達することの支援を目指して、その時の経験を表現した日記を自動生成することを目標に据えている。本来、日記は個人の記憶補助の手段であり、他人へ見せることを意図しないものである。これに対して、コミックダイアリーシステムが生成する日記は、漫画という親しみやすい表現方法を採用するので、個人の記憶増強という本来の使い方以外にも積極的に他人へ見せることも視野にいたし、時間、空間を越えた自分や他人への情報伝達のためのカジュアルな媒体として利用されることが期待される。以後、C-MAP システムのログデータを活用して利用履歴情報を要約し、第 5 章で述べた手法を用いて漫画を生成する C-MAP システムの部分システムをコミックダイアリーシステムと呼び、このシ

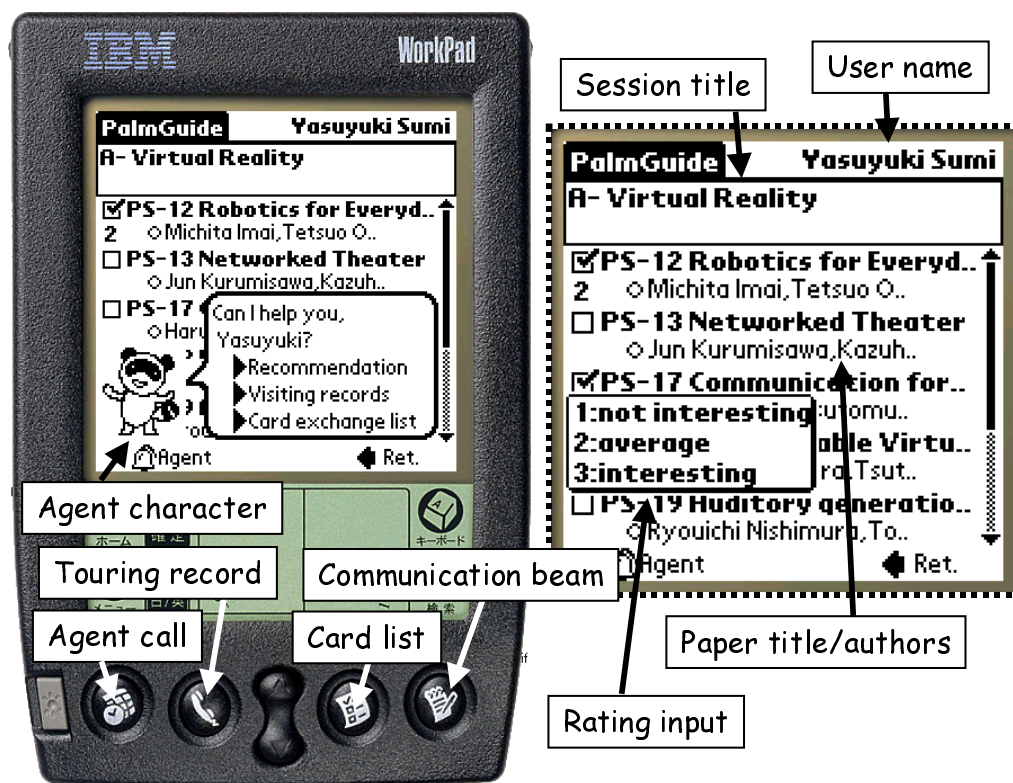


図 6.1: PalmGuide による個人情報の蓄積

システムによって生成される個人化された漫画と付加機能の総称をコミックダイアリーと呼ぶこととする。

本章では、まず、6.2 節において、入力データの入手元となる C-MAP システムの紹介と、その中でのコミックダイアリーシステムの位置付けをおこない、C-MAP の中で想定しているシステムの利用シナリオについて説明する。次に、6.3 節において、コミックダイアリーシステムがコミックダイアリーを生成するまでの具体的な作業について説明する。また、コミックダイアリーを共有化するための機能についても説明する。

6.2 C-MAP システムにおけるコミックダイアリーの位置付け

本章では、C-MAP システムの簡単な説明をおこない、その中でのコミックダイアリーシステムの位置付けと、全体としてのユーザの利用シナリオについて述べる。なお、C-MAP システムについての詳細は、文献 [角 00b, 角 00] を参照されたい。

C-MAP システムは、携帯ガイド端末（PDA）や据え置き型の情報端末等のサービスを活用し、博物館、美術館、学会会議等において個人化されたガイドをおこなうシステムである。以下、これらの利用場所を展示会場と総称し、そこでの見学行為を展示見学と呼ぶことにする。システムの利用形態は、展示会場に入場してから出場するまでのオンサイトサービスと、展示会場訪問前後の会場外からのアクセスに対応するオフサイトサービスの二つに分けることができる。オンサイトサービスでは、PDA 上に実装された個人用携帯型ガイドプログラムである PalmGuide を利用しながら展示会場を回覧していき、必要に応じて据え置き型公共端末である情報キオスク等を利用してもらうといった利用シナリオが想定される。このシナリオ通りにユーザが行動すると、PalmGuide にはサービスの利用履歴とユーザが入力した展示物に対する評価（図 6.1 参照）が蓄積されていく。PalmGuide は公共端末に対する認証機器としても利用され、このための通信時に PalmGuide が保有しているサービスの利用履歴や展示物に対する評価は、サーバ内のコミュニティDB に蓄積されていく。また、オフサイトサービスでは、自宅等の展示会場外から C-MAP システムの Web サイトに Web ブラウザを用いてログインし、オフサイト向けにカスタマイズされたサービスを利用するシナリオが想定されている。このサービスには、ユーザと展示会場とを長期的に繋げておくためのチャンネルとしての役割が期待されている。

以上のように、C-MAP システムではユーザの行動履歴がサーバ内に逐一蓄積されていく。C-MAP システムでは、この情報を用いてハイパーテキスト上に行動履歴を列挙するサービスを以前からおこなってきた。以下、このサービスによって提供される履歴表示を、コミックダイアリーと区別するためにハイパーテキスト版と呼ぶ。ハイパーテキスト版は、HTML 文章上に展示物の閲覧履歴とサービス利用履歴を箇条書きのような形式で時系列順に並べたものであり、コンテンツは利用日時、展示物に対する印象、その展示物の概要説明等である（図 6.2）。箇条書きは、文同士の繋がりを意識しなくてもよいので自由文に比べて生成が容易である。また、ユーザからみて順列、この場合は時系列順方向にも流れを追いややすいので行動履歴の表現に適している。

しかし、ハイパーテキスト版はユーザの行動軌跡を逐一詳しく表現可能であった反面、文字数が多く読む気がしない、文章による説明では何に関して記述しているのかが一目でわかりづらい、といった一覧性や読解容易性の問題を孕んでいた。これに対して、コミックダイアリーでは、一覧性や読解容易性に優れた表現手法である漫画表現を採用しているため、これらの問題はおこりにくいはずである。また、ハイパーテキスト版は話に起伏がないため、データとしての価値はあるものの読み物としての表現力に乏しく、特にイベン

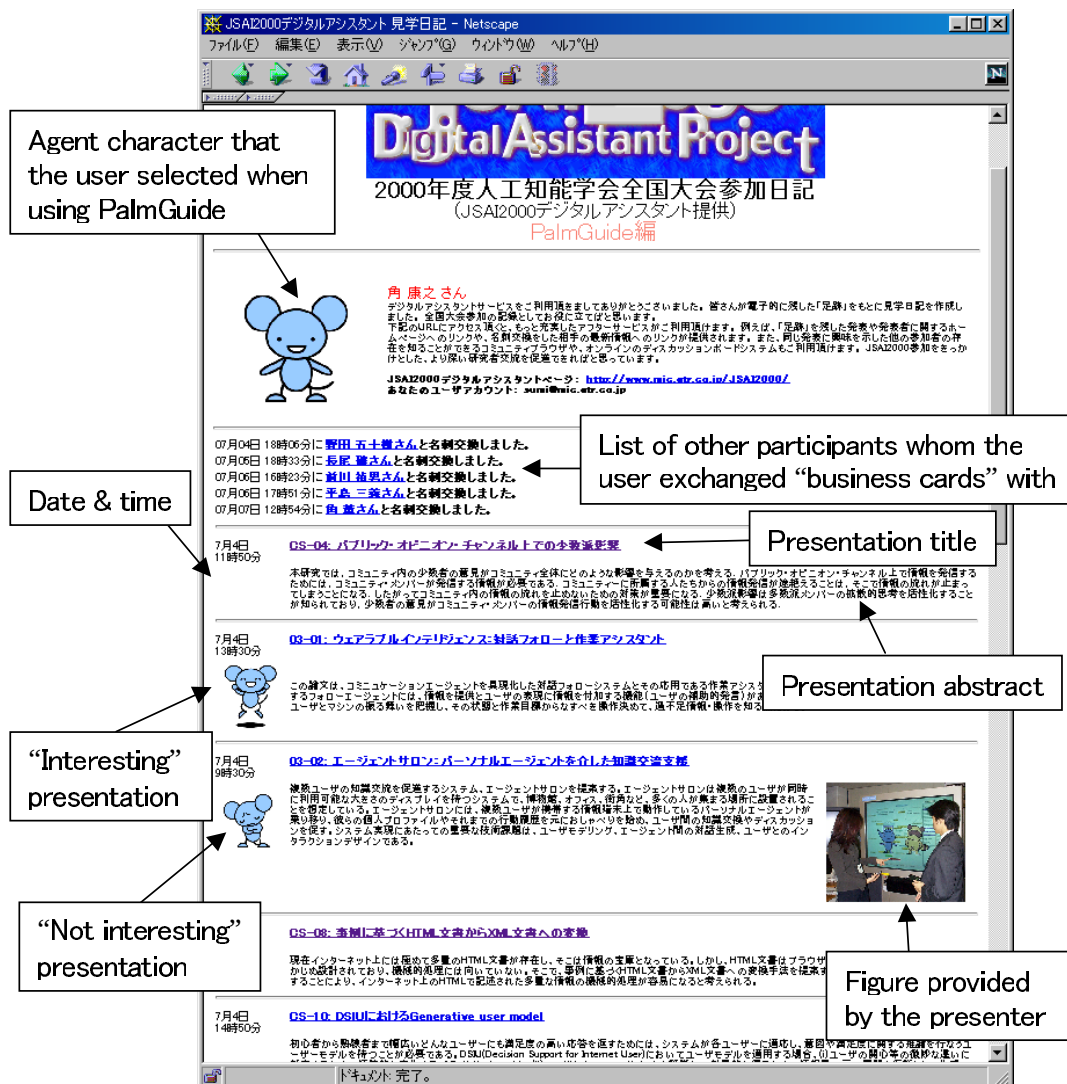


図 6.2: ハイパーテキストによる日記

トに参加したユーザ本人以外の人の閲覧には適していなかった。これに対して、コミックダイアリーは話に起承転結をもつため、他人に対しても読み物として機能しやすく、伝達という観点からも有利であると予想できる。

ここで、コミックダイアリーを受け取るまでの C-MAP システムを含めたユーザの利用シナリオとデータの流れを説明する。まず、ユーザは会場入り口で貸与される PalmGuide を手に持ち、C-MAP システムを利用しつつ展示会場を見学していく。この間に発生する展示物の見学履歴や電子的名刺交換、エージェントサロン [Sumi 01] の利用による他ユーザとのインタラクションに関する情報は、中央にあるコミュニティDB に蓄えられる。コミックダイアリーシステムは、このコミュニティDB を参照し、ユーザ履歴を反映した個人化された漫画を作成する。

ユーザはオンサイトでの展示見学中に、その時点での漫画を会場の情報キオスク端末上にて閲覧することも可能であるし、オフサイトサービスにおいてオンサイトサービス各時点での漫画を Web 経由にて閲覧することも可能である。また、会場出口において最終的な漫画が印刷された紙を受け取り、例えば家でアルバムに保存しておくといった利用方法も考えられる。

6.3 コミックダイアリーの生成

システム開発としての目標は、C-MAP システムの履歴情報を利用したストーリー性のある個人化された漫画の自動生成、及び、その漫画の伝達支援である。開発は、この目標のうち特に、

- a. 展示ガイドシステムに蓄えられている各ユーザの断片的なシステム利用履歴からストーリーを生成し、漫画の内容をユーザ個人の任意の時点での状況に適応させる仕組みの作成。
- b. 単に履歴を列挙するのではなく、漫画としての面白さを表現するような漫画作成のための専門的スキルを体系的に扱う知識処理システムの構築。
- c. 当時の状況をより深く理解するための、漫画に現れる他の利用者を表現するキャラクターをアンカとする、その利用者の漫画に対するリンク関係の構築（コミックリンク機能）。

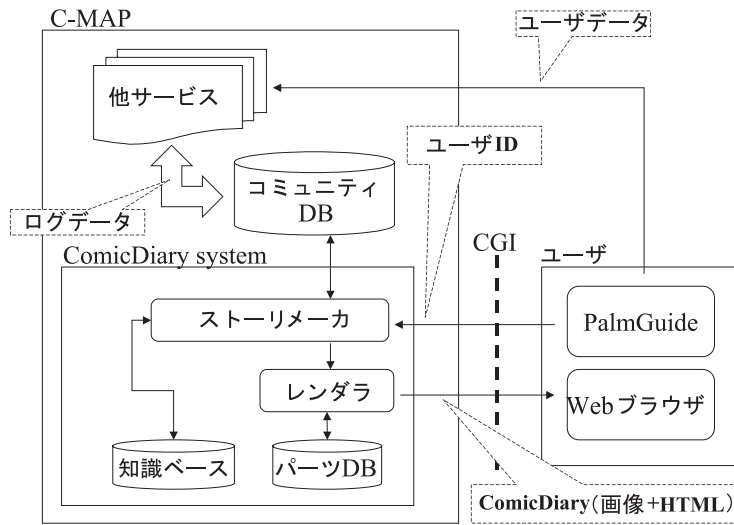


図 6.3: システム構成図

- d. 経験や状況を伝え合ったり、自分のための外部記憶として利用するための、漫画を保存、伝達する仕組みの構築（メール機能）。

の部分に焦点を当てることとした。a, b は、漫画生成に係る仕組みに関するものであり、c, d は紙上の漫画にはない機能拡張に関するものである。このうち、a 以外に関しては、すでに前章においてその枠組みの説明をおこなった。よって、本節では a に関する説明と、前章での枠組みを用いて実際に漫画を生成及び共有化する方法について説明する。

6.3.1 コミックダイアリー生成の流れ

コミックダイアリーシステムの構成図を図 6.3 に示し、システムが漫画を生成するまでの流れを述べる。図が示すように、コミックダイアリーシステムは C-MAP システムの部分システムとして内包されており、ユーザーの情報は C-MAP システムの他サービスを経由してコミュニティ DB に蓄積されていく。ユーザーとコミックダイアリーシステム間は CGI により隔てられており、ユーザーは Web ブラウザを利用してコミックダイアリーの閲覧をおこなう。コミックダイアリーシステムは、レンダラ、ストーリーメーカという二種類のモジュールと、知識ベース、パーツ DB から構成されている。以下に、コミックダイアリー生成までのプロセスを示す。

- 対象ユーザの行動履歴データを収集
- ストーリーを生成
- コミュニティDB から社会的情報を収集
- リンク関係を決定
- ストーリーに必要なパーツを選択
- レンダリングをして漫画の画像を出力
- 漫画をリンク関係を記述した HTML 文書で包む

ストーリーメカは、まず、ユーザの認証をおこなった後、コミュニティDBの中から対象ユーザに関する行動履歴データを収集し、このデータを元にしたユーザモデリングをおこなう。次に、このユーザモデリングの結果を雛形を選択する基準とし、前章の方法を用いてストーリーを生成する。このストーリーの生成過程に必要なシーンやパーツのデータは、知識ベースに格納されている。最後に、決定したストーリーは、例えば、「ある発表にはどのくらいの人間が居たか」等の社会的情報によって使用される背景が変化する場合があるので、これに必要な統計情報をコミュニティDBから取得してくる。同時に、ストーリーメカが保持しているコミックダイアリーに関するデータから、関係するリンク先を決定しておく。レンダラは、これらストーリーメカが決定した必要パーツをパーツ群が格納されているパーツDBから取得し、レイヤ毎の重ねあわせや文字列の挿入等のレンダリングをおこなって一枚の画像として組み立てる。その後、この画像をコミックリンクやメール送信機能等へ誘導するリンクを記述したHTML文章で包み、最終的な出力をおこなう。ユーザは、このHTML文章と画像ファイルをWebブラウザ上で閲覧し、各種機能を使用することになる。

このうち、ストーリー生成部分とレンダリング部分についての詳細な説明を、以下6.3.1項、6.3.1項においておこなう。なお、本システム及びC-MAPシステムの対象は、博物館、美術館、学術会議等と多岐に渡るが、以下では学術会議参加を対象にした仕様を例に採りあげて説明する。

ストーリー生成

ストーリー生成は、大きく分けてユーザのデータを集めるユーザモデリングのプロセスと、そのモデリング結果から実際のストーリーを決定するプロセスから成る。ユーザモデリングは、ユーザ本人に帰属した個人プロフィールとユーザ全体で共有しているコミュニティプロフィールを入力データとし、ストーリーメーカーがコミュニティDBから取得してくる。個人プロフィールは、ユーザのタイプを判別して雛形を決定するためのデータである。以下に会議参加における個人プロフィールの例を示す。

- 年齢、性別。漫画のメインキャラクターの性格づけに利用する。
- 参加タイプ。発表参加者か聴講のみの参加者かの判定に利用する。
- 見学数と、それらの評価を示す見学履歴。会議参加を積極的に楽しんだか、それとも消極的であったかを判別するために利用する。
- 名刺交換とエージェントサロンの利用履歴から成る他のユーザとのインタラクションの履歴。

また、コミュニティプロフィールは、漫画のリアリティーや演出力を高めるのに利用される社会的なデータである。

- 会議の重要イベント。レセプションや招待講演等。
- 開催地に関する情報。観光情報や時事情報等。
- 会議における統計情報。人気のあった発表の情報等。

以上は、会議参加におけるプロフィールの例であるが、それ以外のイベント、例えば博物館見学等でも同じようなデータは取得可能であり、それを適宜利用すればよい。ただし、個人プロフィールのうち参加タイプに関しては、同じようなデータはないかもしれない。しかし、例えば、再来訪者かどうか等の情報によるタイプ分け等も考えることができ、工夫次第で応用は可能であると予想する。

ストーリーメーカーは、この個人プロフィールと雛形のマッチメイキングをおこない、ストーリーを決定する。そして、このストーリーにおける各コマを構成するパーツの名前と配置場所を列挙したものをレンダラに対して送信する。

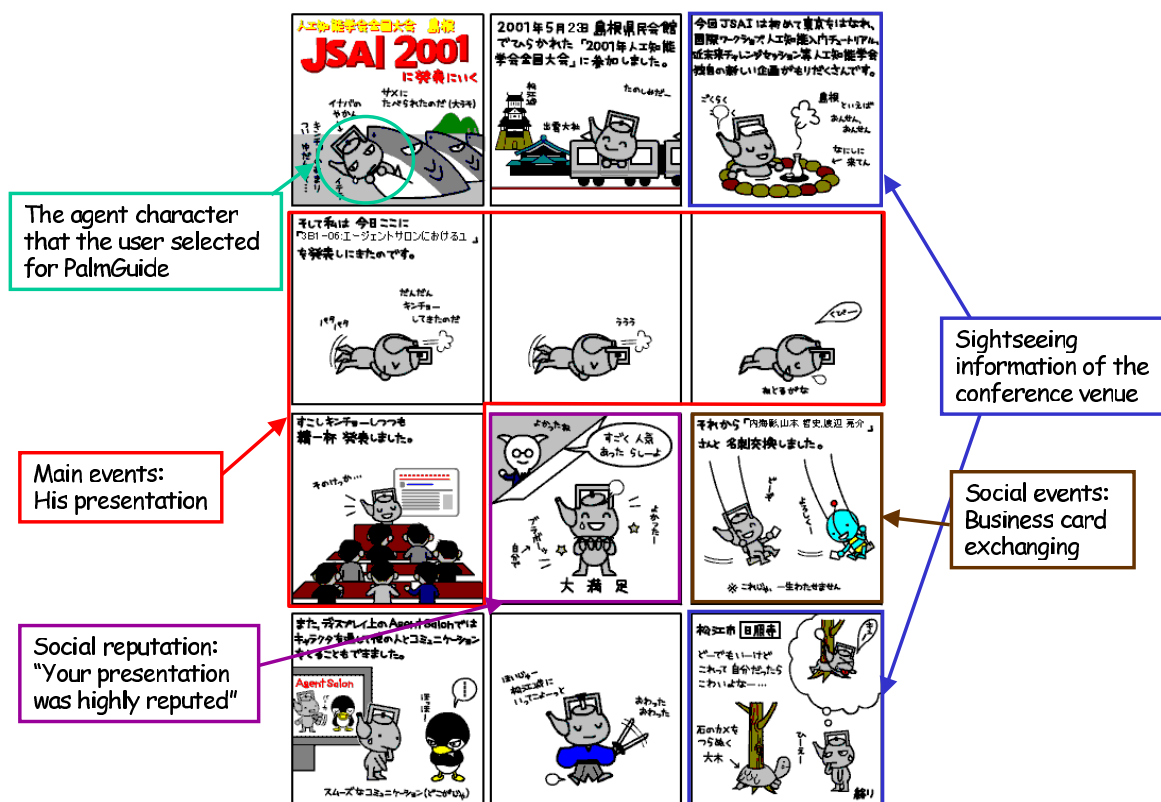


図 6.4: 生成された漫画の例（発表参加者の場合）

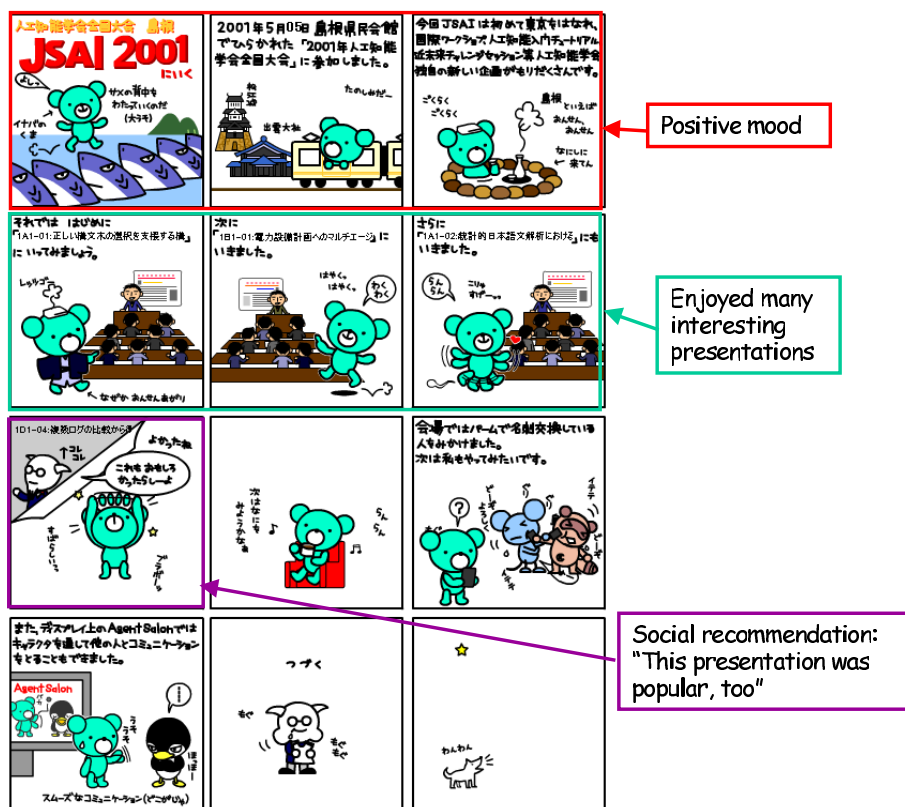


図 6.5: 生成された漫画の例 (積極的な聴講参加者の場合)

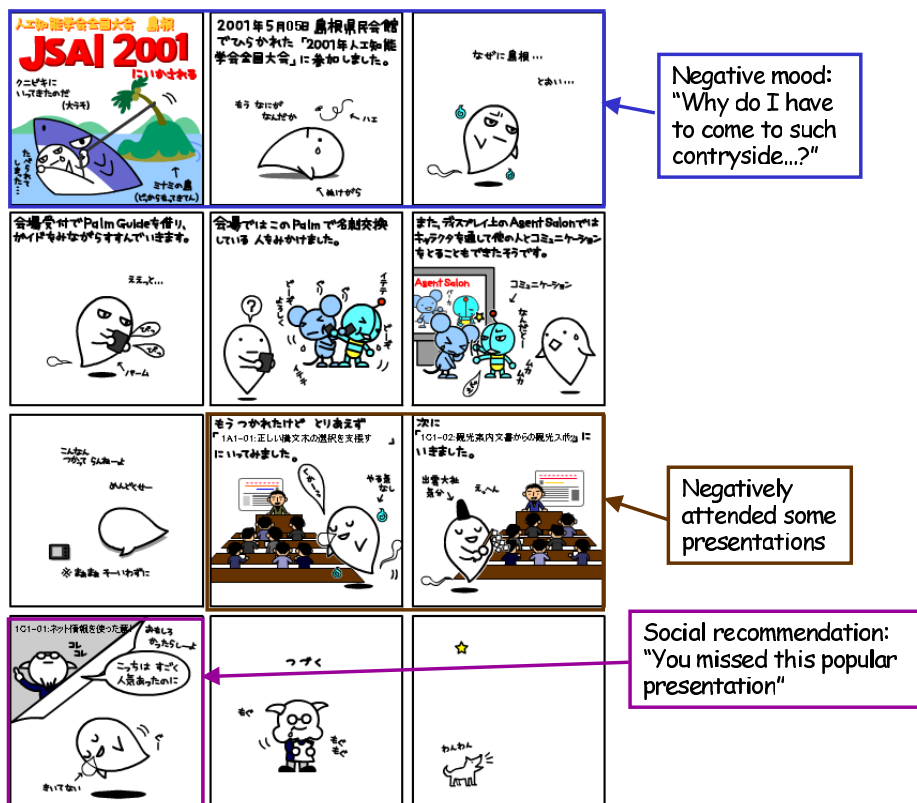


図 6.6: 生成された漫画の例 (消極的な聴講参加者の場合)

生成されたストーリーの例を、図 6.4、図 6.5、図 6.6 に示す¹。これらはすべて次章で説明する JSAI2001 の運用において出力された例である。この運用時には、大きく分けて 3 種類の雛形を用意した。ユーザモデリングでは、まず発表参加者か聴講参加者かを判別する。ユーザが聴講参加者の場合、さらに見学履歴を参照して、積極的に会議参加を楽しんだユーザかそれとも消極的だったユーザかを判別し、それを表現するシーンを含むストーリーの雛形を選択する。すべての漫画にはユーザの分身（ユーザに深く帰属するがあくまでも別人格）として、ユーザが PalmGuide 利用開始の際にエージェントキャラクタとして選択したものが登場している。これが、語りべとなるメインキャラクタである。

図 6.4 は、ユーザが発表参加者の場合の出力例である。ユーザモデリングの結果、会議参加の最重要イベントは自身の発表であると判断され、発表シーン（図では 4 コマ目から 7 コマ目までにあたる）が強調された雛形が選択されている。このストーリーには、名刺交換のシーン、エージェントサロンを利用したシーンが個人プロフィールを元に埋め込まれている。また、名刺交換の相手の名前や発表論文のタイトルの文字列もコミュニティ DB から取得され、動的に挿入されている。

このような個人に帰属したシーンだけでなく、例えば会議開催地の観光に関するシーン等の周辺情報も埋め込まれている。さらに、コミュニティプロフィールの統計情報を参照した結果、ユーザ本人が発表した論文の評判が高かったことを示す「すごく人気があったらーよ」等といった発表に対するユーザ全体からのフィードバック情報も盛り込まれている。

聴講参加者の場合は、評価を入力している発表の数とそれらに対する評価の平均値で、会議を楽しんだユーザとあまり楽しめなかったユーザのどちらかと判断し、それぞれストーリーの大きく異なる雛形が適用される。前者が適用されたストーリーの場合には、図 6.5 のように導入部分から楽しい雰囲気演出し、次々に興味深い発表を聴講しているシーン（図では 2 段目のコマにあたる）が選択される。後者の場合には、図 6.6 のように漫画的な面白さを高めるために少々誇張された快く思わず会議に参加しているような雰囲気が演出される。いずれの場合にも、コミュニティプロフィールの統計情報に基いた、会議全体で評判の高かった発表を知らせるコマが埋め込まれている。

¹ 漫画生成の手本とした図 5.1 は、一般的な右綴じの本での場合と同じく右上から下方向に読み進めていくレイアウトを採用していたが、本システムでは予め一枚の紙に出力することが決定されていたため、横組みの文章を読む場合と同じ、左上から右方向に読み進めていくレイアウトを採用した。

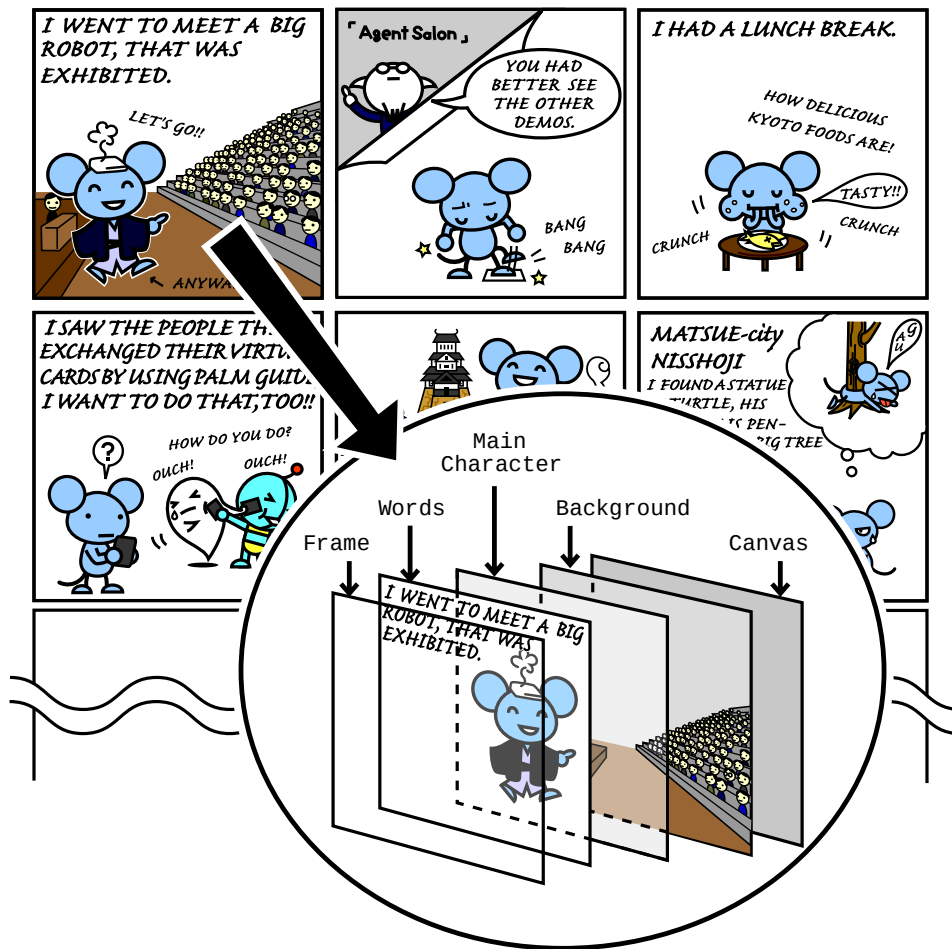


図 6.7: 漫画の各コマを構成する複数レイヤ

漫画コマのレンダリング

レンダリングには、限られたリソースの中で可能な限り各漫画コマのバリエーションを高めるために、図 6.7 に示すような、別々に管理している複数のレイヤを重ねて表示する手法を用いる。例えば、発表会場の様子等を表現する背景パーツはメインキャラクタとは独立しているので、様々なコマにおいて同じパーツを利用することが可能であり、次章において説明する JSAI2001 の運用では複数種類の会場や会議開催地の観光地に関する情景等、12 種類だけを用意した。これに対してメインキャラクタのパーツは、漫画の面白さやバリエーションを決定する重要な部分であり最も多くの数が必要だったので、各キャラクタごとに 44 種類用意した（図 6.8 参照）。PalmGuide 用のエージェントキャラクタは 8 種類用意していたので、メインキャラクタのパーツは 44×8 個だけ準備する必要があった。

文字レイヤのパーツも、背景やキャラクタのパーツと同様、画像データとしてあらかじめ

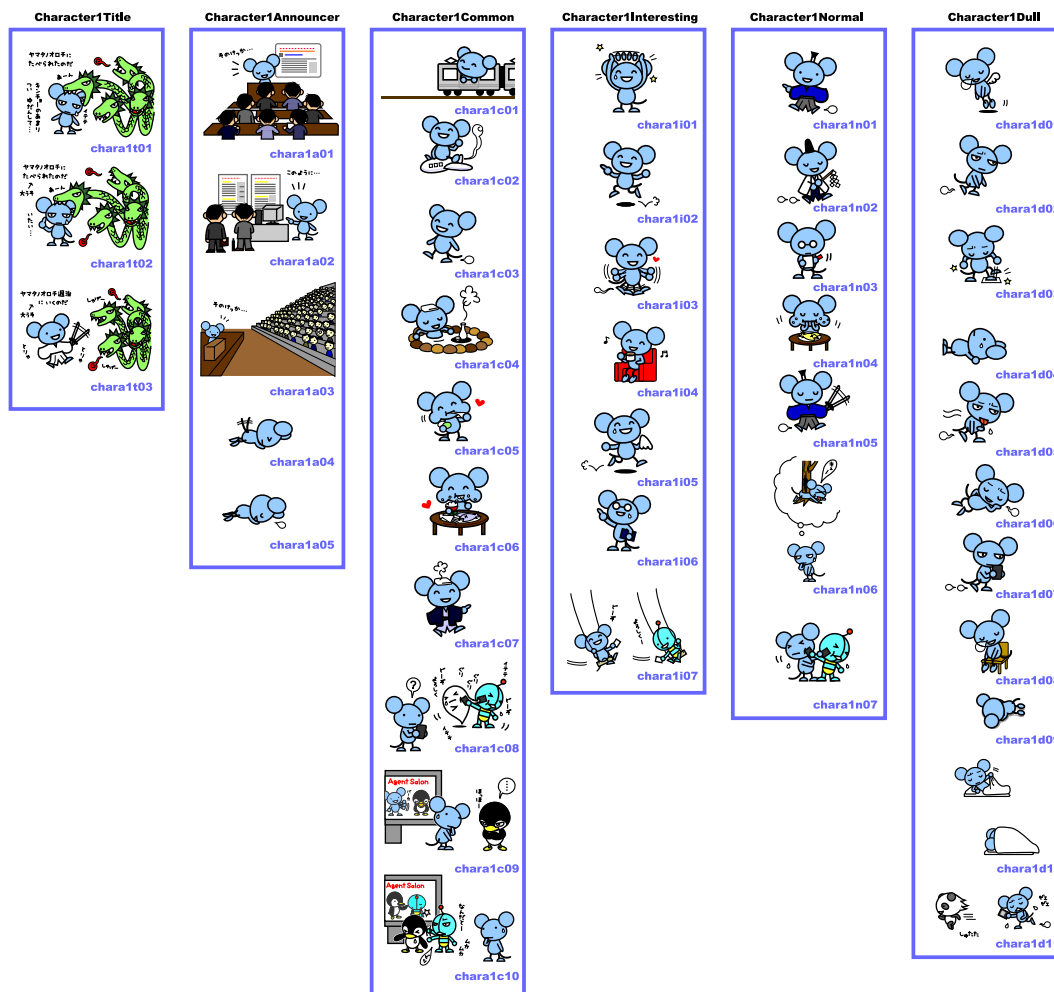


図 6.8: 漫画素材データ (メインキャラクタレイヤの例)

め用意したものであり、生成時に動的に文章が生成されるわけではない。ただし、発表論文タイトルや人物名等、ユーザの個人データに依存する文字列は適宜自動的に生成されて静的な文字パーツと合成され、埋め込まれる。すべての文字レイヤのデータを自動的に生成しない理由は、システムが扱うフォントと漫画が絵画的に馴染まないと専門家が判断したためである。

以上のパーツと文字列は、全てストーリーメカから属性、名前、位置を記述した XML ファイルとして与えられ、レンダラは、その情報を元にパーツの重ね合わせや文字列挿入をおこない、漫画を組み立てる。漫画を組み立てる際のコマの配置方法は、手本とした図 5.1 に従い、大きさが一定な正方形のコマを並べる方法を採用。

6.3.2 メールによる伝達支援

コミックダイアリーの最も単純な使用方法是、会場出口で渡される紙ベースのコミックダイアリーを家に持ち帰り家族や友人等に見せて自分の経験を伝える、また、後日自分自身が閲覧して当時の状況を思い出す等といった、直接紙を見たり、見せたりする物理的な伝達方法である。しかし、紙ベースのコミックダイアリーは、遠隔地の人への伝達には向いていない。また、一枚の紙に一つのストーリーしか出力できない上、通常は展示見学終了時点でのストーリーのみを出力することが想定されているので、会期中のある時点の経験を何度も伝達することはできない。

そこで、ある時点のコミックダイアリーを Web ブラウザ上で閲覧可能なよう、メールを利用して該当 URL を送付する機能を付加した。これは、前章において述べた既存インフラを利用した共有方法に該当する。本機能により、ユーザは展示見学中に情報キオスク上でコミックダイアリーを閲覧し、そのコミックダイアリーが気に入れば、それを再生する URL を Web フォームから自分や他人に送信することが可能となる（図 6.9 参照）。また、受け取った相手は、いつでもその時点のコミックダイアリーを閲覧可能である。以後、本機能をメール機能と呼ぶことにする。

6.3.3 コミックリンク機能

5.4.2 において述べたコミックリンクの具体例な実装について述べる。まず、コミックリンクにおけるリンク関係は、同じ時間の同じ空間を共有したユーザ同士の共通の事象を表

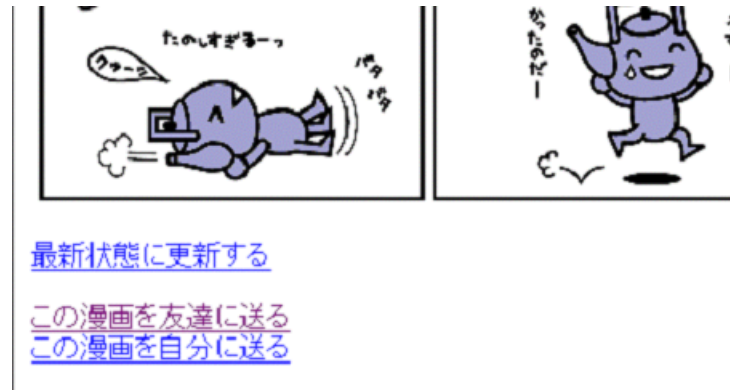


図 6.9: メール機能

すコマ間に張られ、アンカは、リンク先のユーザに対応した漫画上のキャラクタとした。また、リンクの有無を示すため、リンク先が存在するキャラクタの上には赤い三角印を付与した（図 6.10 参照）。リンク先の漫画は、ユーザによるアンカのクリックをトリガとして、現在見ている漫画と入れ替わり表示される。

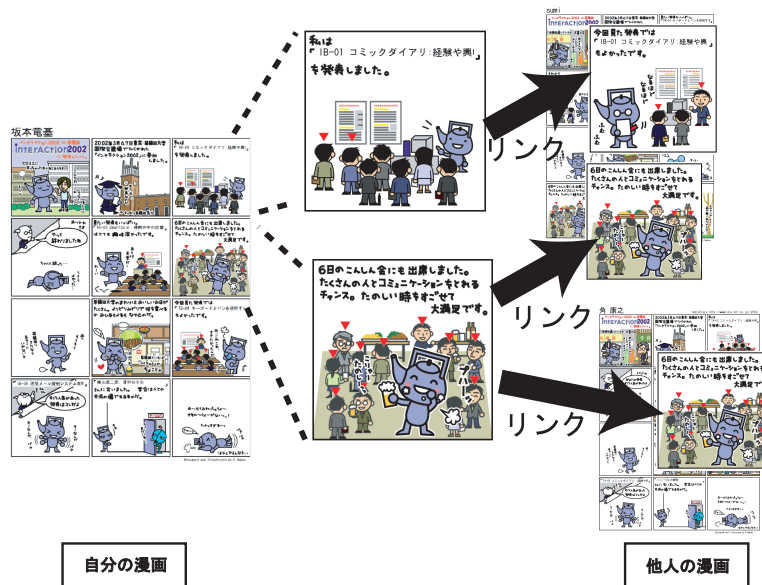


図 6.10: コミックリンクによる他ユーザのコミックダイアリー閲覧行為

もし、コマに存在するキャラクタの数以上の方がリンク先として挙げられるならば、何らかのフィルタリングによりリンク先の数を減らさなくてはならない。例えば、第7章で説明するインタラクション 2002 版では、履歴更新の新しいユーザから順に選択していく単純な方法を採用したが、協調フィルタリング [Resnick 94, Maltz 95, Goldberg 92] といったユーザ同士を意図的にマッチングさせる方法も有用であると予想する。

図 6.11 に、会議参加を表現したコミックダイアリーにおいてコミックリンクを辿った場合の視点変化の概念図を示す。図の中央に位置するコマは、ある発表者の発表シーンを表すコマである。また、周囲に5つあるコマは、この発表者の発表を聴講した見学者達の見学シーンの一コマである。発表者のコマにおける自分の分身（ヤカンのキャラクター）は、発表者として出現しているが、見学者達のコマにおける分身は見学者として、その発表に対する印象を語っている。また、同じ立場である見学者のコマでも、その発表に対しての各自のそれぞれ異なる印象を語っている。これらのコマを含む漫画同士は、すべてコミックリンクで相互に接続されており、発表者の立場から考えるならば、自分の発表を見学した人がどのような印象をもったのか、また、他にはどのような発表に興味をもったのか、等をコミックリンクを辿ることによって知ることが可能になる。インタラクシオン 2002 版では、発表コマと見学コマ間のコミックリンクの他に、懇親会への参加を表現するコマ同士にもコミックリンクの接続を施した。

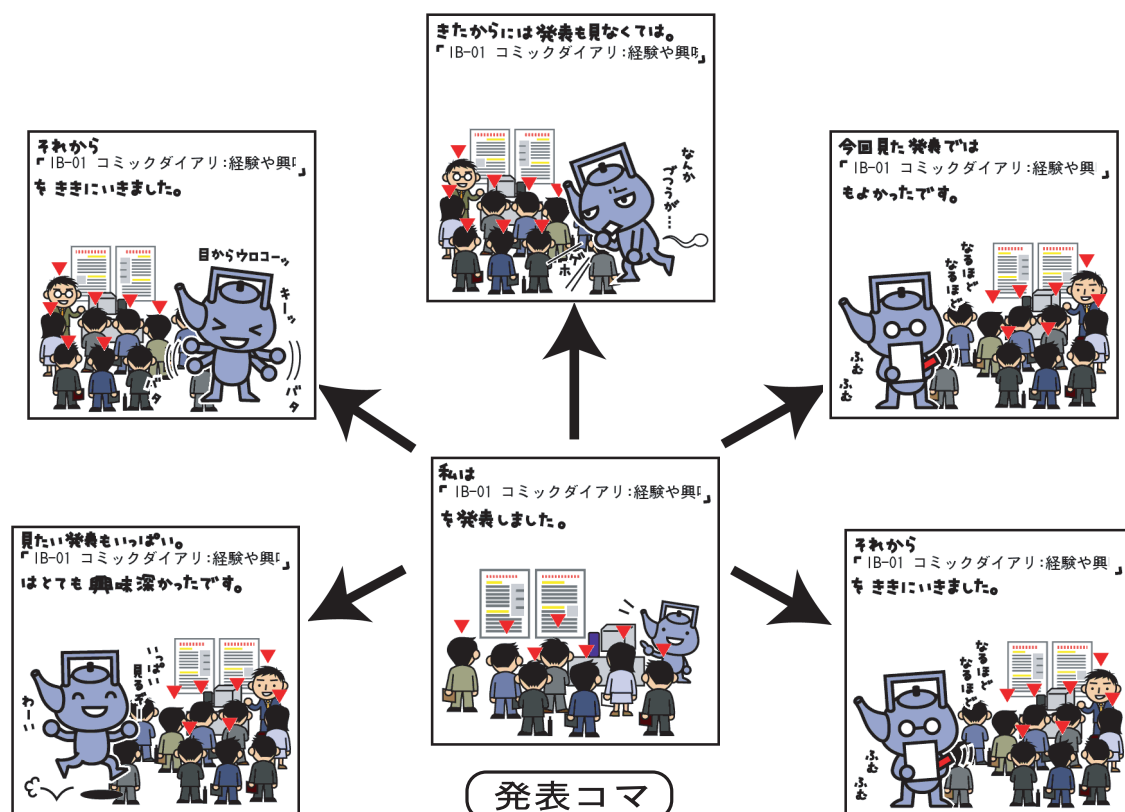


図 6.11: 同一事象に対するさまざまな視点の例

会議参加というイベントにおいては大勢の人間が一堂に会す場面が多いので、図 6.11 のように多数のリンク関係を構築することが可能である。しかし、大勢が同時に同じ対象を

みることの少ない博物館訪問等では、リンク関係も少なくなり機能し難くなる恐れがある。これを回避するため、例えば、一時間以内に同じ展示物を閲覧した人々を同じコマの中に描けるストーリーにするといった表現上の工夫が必要になると予想する。

第 7 章

コミックダイアリーシステムの運用事例と評価

7.1 はじめに

本章では，第 6 章において説明した，漫画を用いた展示会場における経験や興味の表現をおこなうシステムの運用例を紹介し，それらの評価を通じて 5 章において提案した漫画を用いた手法の実用性や，文字による表現に対する優位性を明らかにする．

第 6 章で説明したシステムは，第 15 回人工知能学会全国大会（以下，JSAI2001 と呼ぶ）と SIGGRAPH2001，インタラクショ 2002 のそれぞれの会場において運用した．以下，それぞれのコミックダイアリーのバージョンを JSAI2001 版，SIGGRAPH2001 版，インタラクショ 2002 版と呼ぶことにする．システムは，それぞれの運用結果を元に逐次的に開発をおこなったので，JSAI2001，SIGGRAPH 2001 時点では，第 6 章で述べた機能全ては実装されていない．また，運用した会場の都合により，C-MAP システム全体として運用できない場合があった．各バージョンにおいて実装されていた機能と C-MAP との連携における有無の関係を表 7.1 に示す．入力部分で必要な C-MAP システムとの連携は最も古いバージョンである JSAI2001 版においてのみおこなえた．また，6.3.2 節で述べたメールによる伝達支援機能は SIGGRAPH2001 版から，6.3.3 節で述べたコミックリンク機能はインタラクショ 2002 版から実装した．

本章の構成は，以下 7.2 節において，それぞれの運用における機能の変遷についての説明をおこない，7.3 節においてコミックダイアリーとシステムの評価について考察する．

表 7.1: 各運用における機能

	C-MAP システムとの連携	コミックリンク機能	メール機能
JSAI2001 版	○	×	×
SIGGRAPH2001 版	×	×	○
インタラクショ ン 2002 版	×	○	○

7.2 各版の運用状況と機能変遷

7.2.1 JSAI2001 版

最初のプロトタイプは、第 15 回人工知能学会全国大会（2001 年 5 月 22 日から 25 日に松江市で開催）の参加者間の情報共有促進を目指した C-MAP システムを用いたデジタルアシスタントサービスの一つとして実装した [角 00a]。本運用が、C-MAP システムと連携した唯一の運用である。本大会における C-MAP システムの利用者は 52 人であり、彼らがサービスの対象者となった。

コミックダイアリーサービスへのアクセスは、情報キオスクの画面上に配置したコミックダイアリーののためのエントリーからおこなってもらい、そこをクリックすることで、その時点のコミックダイアリーを閲覧可能とした。なお、コミックダイアリーへのエントリーの隣に、ハイパーテキスト版のためのエントリーも設けておき、こちらもコミックダイアリーと同様に利用可能とした。また、紙でのコミックダイアリーの持ち帰りを希望する人のために、C-MAP システムのサービスの終了を意味する PalmGuide 返却時に印刷サービスを行った。

本運用は、まだサービスとして手探りの状態であり、機能以外の生成部分にも最新版とは細かく異なる部分も多い。例えば、漫画のレンダリングには Macromedia Flash Player を使用しており、実装の都合上、あらかじめパーツをすべてクライアント側に転送する形をとっていた。

7.2.2 SIGGRAPH2001 版

JSAI2001 での運用は、C-MAP システムとの連携も実現でき、サービスシステムの統一性としては設計方針通りに、ほぼ満足のいく実装ができた。一方で、C-MAP システムとは連携できなかったが、JSAI2001 版にメール機能を付加したバージョンが SIGGRAPH2001

版である。本運用は、2001 年 8 月にロサンゼルスで開催された国際会議 SIGGRAPH 2001 のコンテンツを利用し、非公式のデモとして運用した。SIGGRAPH のような大規模な会議の場合、あらかじめ会議データを入手し PalmGuide を一般参加者に提供することは困難であったので、ユーザの個人データ取得のために PalmGuide を利用することは諦め、オンラインの簡単なアンケートに回答してもらい、この回答をもとにユーザモデリングをしてコミックダイアリーを表示することにした。具体的には、「今年の SIGGRAPH では何か面白い発表がありましたか」、「その発表のタイトルは何ですか」、「今年の SIGGRAPH では自分で何か発表しましたか」、「会期中、パーティーに参加しましたか」のような Yes/No、もしくは簡単な文字列のみで回答できる質問を 10 個程度用意し、回答してもらった。このうち、「その発表のタイトルは何ですか」という文字列入力型の質問は、本来は PalmGuide から入力してもらはずであった興味をもった発表のデータ入力を代替するために設けたものである。しかし、キーボードからこの文字列を入力してもらった関係上、表記にゆれが生じてしまい、どの発表に誰が興味をもったのかといったコミュニティ DB のための十分なデータ管理が困難であった。このため、本運用では正確な統計情報を漫画に埋め込むことは諦めざるえなかったが、統計情報による雰囲気表現やリアリティの付与は是が非でもおこないたかったため、便宜上、実際に会期中評判の高かった発表を筆者らの主観でいくつか選び、それを人気のあった発表の代替として利用することにした。

JSAI2001 版では、発表者の一番印象に残るエピソードは発表であるとの判断から、発表者のストーリーは発表シーンに大幅にコマ数を割き、見学コマを少なく、もしくは全くない状態にしていた。しかし、JSAI2001 版に対するユーザのコメントの中に、発表参加者の場合でも見学のシーンをコミックダイアリーに表示して欲しい、という要望があったので、SIGGRAPH2001 版ではそのようにした。なお、本運用までレンダリングに Macromedia Flash Player を用いた。

7.2.3 インタラクション 2002 版

2002 年 3 月に開催されたインタラクション 2002 において、最新版にもっとも近いシステムの運用をおこなった。JSAI2001 版では、C-MAP システムとの連携による漫画日記の自動生成をおこなった。また、SIGGRAPH2001 版では、JSAI2001 版においては紙の漫画を見せ合わなければならなかった伝達行為から物理的制約の排除をおこなうことを目指した。本バージョンでは、これらを踏襲しつつ紙の漫画では不可能な漫画表現の拡張を狙い、

コミックリンク機能を付加した。しかし、会場の都合により本運用でも C-MAP システムと連携した運用はできなかった。このため、C-MAP システムからの入力に代わるものとして、SIGGRAPH2001 版と同じようにアンケートフォームに答えてもらう方法を採用した。ただし、会議の発表数は SIGGRAPH2001 に比べて大幅に少ないので、ユーザに発表の名前を自由に入力してもらうのではなく、興味のある発表をリストから選択してもらう方式をとることができた。これにより、人気のあった発表等の統計情報をコミュニティ DB から抽出することが可能となった。また、以前の運用でネットワークの負荷になってしまっていたレンダリングを、最新版と同じサーバサイドでおこなう方式に変更した。

ユーザには、アンケートフォームに答えてもらう際に任意でメールアドレスを訊き、これを主キーとしてユーザ管理をおこなった。もし、アンケートフォームでメールアドレスを入力しなくともメール機能の利用の際にメールアドレスを入力される機会があるので、この機能を利用したユーザもユーザ管理の対象とした。ただし、本運用は、JSAI2001 に比べてデモの要素が強く、気軽に利用してもらうことも意図していたので、メールアドレスを入力しなくともコミックダイアリーの生成はおこなう仕様とした。なお、そのコミックダイアリーの持ち主はユーザ管理の対象外であるため、そのコミックダイアリーに向けて他のコミックダイアリーからコミックリンクを用いて辿ることは不可能である。

7.3 運用データと考察

本節では、JSAI2001 とインタラクシオン 2002 に関する運用データの報告をおこない、そのデータを元にして漫画形態を用いたコンテキストの表現手法に対する評価を考察する。評価の軸は、

(1) コンテキストの表現に対する妥当性の検討

(2) 共有化に対する有用性の検討

とした。前者は、C-MAP システムと連携し、もっともユーザの利用シナリオに近い JSAI2001 版の運用の際のアンケート結果によって、後者は、最新版の機能を実装しているインタラクシオン 2002 版の際の利用履歴とアンケートによって考察する。また、JSAI2001 版の運用では、ハイパーテキスト版との比較もおこない、インタラクシオン 2002 版の運用では、社会的データの有用性に対するアンケートを実施したので、(1) の結果と併せて報告する。

7.3.1 表現と内容に関する評価

個人的なエピソードに関する評価

JSAI2001の5週間後、C-MAPシステムを利用したユーザに対して電子メールでアンケート回答を依頼したところ、16人に回答をいただいた。ここでは、個人的なエピソードの表現に関するユーザの評価についての報告をおこなう。

まず、漫画の内容に関連する項目として「コミックダイアリーは自分の思い出を適切に表しているか」という質問をおこなった。回答は、「よく表している」が2人、「まあまあ表している」が7人、「ふつう」が5人、「あまり適切ではない」が2人、「全く適切ではない」が0人であった。JSAI2001での3日間にわたる会議参加のエピソードは、12コマのストーリー中に凝縮されていたわけであるが、この結果は、その要約がある程度適切であったことを示している。なお、アンケートに回答してくれた16人のうち10人が発表参加者であったが、そのうち7人が「よく表している」か「まあまあ表している」を選んでいる。つまり、肯定的な回答を選択した9人中7人が発表参加者であり、聴講のみの参加者に比べて明らかに好感度が高かったことになる。この結果は、発表者にとっては会議参加のメインイベントは自分自身の発表であり、そのシーンをストーリーに組み入れたことがある程度正しかったことを示している。

コミックダイアリーが表現として目指したものに「人に見せたくるような漫画」というものがある。そこで、「持ち帰ったコミックダイアリーを何人に見せたか」という質問をおこなった。結果は、「誰にも見せなかった」が3人、「1人に見せた」が1人、「3人に見せた」が3人、「4人に見せた」が1人、「5人以上に見せた」が4人、「印刷したコミックダイアリーを受け取らなかった」が4人だった。したがって、コミックダイアリーを受け取った人の半数以上は、3人以上の人に自分のコミックダイアリーを見せていることになる。この結果は、コミックダイアリーの内容と表現が、人に見せるための媒体として機能しうることを示唆している。

コミックダイアリーの漫画による表現とハイパーテキスト版による文字主体の表現の比較のために、「ハイパーテキスト版と比較して人に見せるならどちらが適していると思うか」という質問をおこなった。回答は、「コミックダイアリー」が10人、「ハイパーテキスト版」が0人、「どちらともいえない」が4人、「わからない」が2人、と、明らかにコミックダイアリーが優位であった。会議での経験を過不足なく表現するにはハイパーテキスト版が有利であるが、コミックダイアリーは、そういった経験の断片を要約して個人の印象を一目



図 7.1: 周辺情報

瞭然に表現することを目指したのであり、上記アンケートの結果は、これを肯定しているといえる。

社会的なエピソードに関する評価

コミュニティプロフィールによって作成される社会的情報コマに関するアンケート結果を報告する。このアンケートは、インタラクシオン 2002 においてユーザ登録をした人に対して運用の二週間後におこなった。アンケートは、Web フォームにて回答してもらう方式をとり、全 71 名の対象者に対して 31 名からの回答をいただいた。

会場の周辺情報に関するコマに対する項目として図 7.1 を提示した上で、「図のような会場周辺のお店などの情報は有用だと思うか」という質問をおこなった。結果は、「思う」が 16 名、「思わない」が 4 名、「どちらともいえない」が 11 名であった。この結果は、周辺情報に対する関心は比較的高いものの、推薦される内容によって評価が大きく異なるので、評価できない人が多かったのではないかと考えている。

人気のあった発表などの統計情報に関するコマに対する項目として、図 7.2 を提示した上で「図のような、人気のあった発表などの社会的情報が記されたコマは、有用だと思うか」という質問をおこなった。回答項目は「思う」「思わない」「どちらとも言えない」の 3 項目であったが、31 名全員が「思う」と回答した。統計情報のコマに記述してある人気の発表は、会議参加者であれば明確ではないにせよある程度は自然に把握できるものである。



図 7.2: 人気情報

この結果は，このような統計的な情報の明示には高い関心が集まったことを示している．

以上のように，周辺情報に関するコマと統計情報に関するコマに対する評価の間には明らかな差がみられる．現バージョンまでの周辺情報の内容は，筆者らが事前に Web サイトや観光ガイドなどから主観的に選択し，決定している．つまり，周辺情報のコマは現段階ではコマーシャルのように製作者側が一方的に発信しているものであり，個人の興味によって価値を見出す人もいれば見出さない人もいる．これに対して，統計情報に関するコマは多くのユーザにとって自分の記憶と一致したため，後で自分が見るときにも納得できたのではないかと考えている．このように，個人の記憶に対する親和性の差が漫画表現に対する評価に大きな影響を与えたことは興味深い．よって，将来的には周辺情報においても個人の趣向などを鑑みた推薦も必要になるのではないかと予想している．

7.3.2 各機能に対する評価

インタラクション 2002 での運用における利用履歴とアンケート結果から，メール機能とコミックリンク機能の有用性に対する考察をおこなう．

まず，メール機能に関するデータを示す．ユーザ登録をおこないコミックダイアリーを生成した人は 78 名であり，このうち自分に対してメールを送信したユーザは 43 名であった．その自分宛てに送信したメールからコミックダイアリーに対してアクセスした人は 9 名であり，アクセス件数としては 14 件あった．つまり，自分に対してメールを送信した人

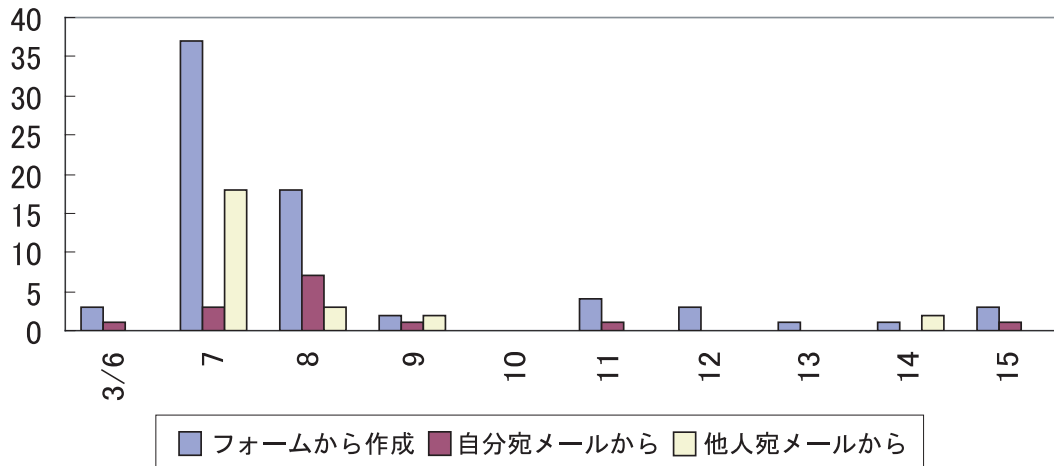


図 7.3: アクセス推移

は全体の 55%であるが、本当にそのメールを利用した人は 20%にすぎなかったことになる。他人に対してメールを送信したユーザは 13 名おり、送信件数は 15 件であった。このメールからコミックダイアリーにアクセスした件数は 23 件であり、非参加者はユーザ登録されていないので人数は不明である。つまり、全体の 17%が他人に対してメールを送信し、そのメールから訪れた非参加者の人数は不明なものの全送信件数を超える件数のアクセスがあったことになる。この結果は、自分に対してコミックダイアリーを送信するメール機能はよく利用されたが、実際にメールからアクセスする関心は低く、逆に、他人に対して送信するメール機能の利用頻度は低いものの、メールに対する関心は高かったことを示している。

図 7.3 に、アンケートフォームから生成した件数、自分が送ったメールから閲覧した件数、他人から送られてきたメールから閲覧した件数を時系列に並べたものを示す。インタラクションの期日は 3 月 6 日と 7 日であり、コミックダイアリーのポスタ発表をおこなったのが 7 日である。どの件数も会議から日数が経つにつれて減少しているが、コミックダイアリーが最も多く生成された 7 日に他人からのメールによるアクセスもピークを迎えているのに対して、自分からのメールによるアクセスのピークは翌日になっている。これは、非参加者はすぐに閲覧してるが、参加者は会期後に閲覧していた傾向を示している。つまり、他人にコミックダイアリーを見せるという自分の経験を知ってもらいたいという動機に対して、相手もそれにすぐ答えて閲覧する格好になったといえる。逆に、自分のコミックダイアリーを自分のためにとり置くのは後から思い出したいからであり、会議が終わってからの利用が多くなっていると推察する。

アンケート項目の「漫画のスクリーンショットをメールで送信する機能は有用だと思う

か」というメール機能に関する問いに対する回答は、「思う」が16名、「思わない」が6名、「どちらとも言えない」が6名、無効回答が2であった。アンケートの時点でユーザ登録をおこなっていた人数は31名であり、これらの人を対象者としているので、肯定的な意見の人は全体の51%である。これは、先ほど示した登録ユーザのうちのメール機能を利用したユーザの割合に相当する。このような機能は、メール利用に対する個人的なスタイルに関係してくるので一概には評価できないが、少なくとも半数のユーザには支持されたので機能としての意義はあったと考えている。

次に、コミックリンク機能に関するデータを示す。コミックリンクのログはユーザ登録者以外も対象とした。全体ののべ人数は187名であり、彼らがコミックリンクを辿り閲覧したコミックダイアリーの総数は539個であった。平均して2.9個閲覧したことになる。コミックリンクの辿り方としては、最初に閲覧した漫画を基準に幅優先でおこなうパターンが目立ち、全体の50%にのぼるのべ93名がこの方式をとっていた。これは、ユーザが自分と経験を共有した人に興味をもちやすいことを示唆しており、自身の当時の状況を多視点的に獲得させるというコミックリンク機能の目的に順じている。

アンケート項目の「コミックリンク（赤△つきの人物をクリックできる機能）で他人の漫画をみることは、自分の漫画のみの閲覧に比べて当時の状況を知るのに役立ちましたか？」というコミックリンク機能に対する回答は、「思う」が18名、「思わない」が2名、「どちらとも言えない」が7名、「機能に気付かなかった」が4名であった。気付かなかったユーザを除く全体に対して「思う」と答えた登録ユーザは67%になり、概ね肯定的に捉えられていたといえる。気付かなかったユーザの存在は、インタラクション2002版のインタフェースではコミックリンク機能に対するインストラクションを特に設けていなかったことに起因していると考えており、アンカの表現方法も含めて今後の検討課題といえる。

第 8 章

結論

8.1 本論文のまとめ

本論文では，グラフ描画を用いた Web 空間でのコンテキストの表現手法，及び，漫画表現を用いた実世界でのコンテキストの表現手法を示した．これらの手法の特徴は，ある程度纏まった時間的範囲内の継時的なコンテキストを表現する点と，その表現物の共有化をおこなう点にある．また，これらの表現手法を実用化する例として，それぞれの応用システムを紹介した．さらに，その応用システムに対しておこなった実験や運用の結果から，提案した表現手法の有用性や実用性についての議論もおこなった．

本論文の前半部分では，Web ブラウジングにおけるコンテキストを表現する手法について説明した．まず，第 2 章では，Web ブラウジングにおけるコンテキストを，ユーザが現在閲覧している文章を主体とした，その文書に至るまでの軌跡及び文章周辺の構造と定義し，これをブラウジングコンテキストと名づけた．ブラウジングコンテキストの表現には，文章をノードとする同心円配置アルゴリズムを応用し，構造と履歴関係の忠実な再現を実現した．また，各々のユーザに対するブラウジングコンテキストの表現物は個々の平面上に描画し，その平面同士を平行に多層面配置することによって複数のコンテキストの共有化を実現した．多層面配置の際には，平面同士の距離によってユーザ同士のブラウジングの類似性を明確化する工夫と，他ノードを自ノードを基準に配置することでコンテキストの差を明示する工夫を施した．

第 3 章では，第 2 章において提案したブラウジングコンテキストの表現手法に対する応用例として構築した，協調的に Web ブラウジングをおこなえる環境を提供するシステムに関する説明をおこなった．この中で，協調的 Web ブラウジングという行為のスムーズな遂

行には、自分と他人のブラウジングコンテキストの把握が重要であることを指摘し、システムが第2章の表現手法を必要とする根拠を述べた。その後、システム構成や仕組みを説明し、コンテキストの表現部分以外の機能についても説明した。

第4章では、協調的 Web ブラウジングシステムの評価実験を通じて、ブラウジングコンテキストの表現手法に対する有用性及び実用性に対する考察をおこなった。この結果、ブラウジングコンテキストの表現物の提供は、個人のブラウジングにおいて1文章あたりの閲覧に時間はかかるものの、網羅性と確実性を高める効果があることが確認された。また、2人で分担して Web を探索する実験では、表現物の共有化が自分と相手におけるブラウジングコンテキストの把握を支援するという示唆を得た。さらに、二人で自由に協調的 Web ブラウジングをおこなう観察実験では、システムの活用方法や問題点などが確認された。

前半部分が、Web ブラウジングにおけるコンテキストの表現手法という、言わば仮想世界に関する話題だったのに対して、第5章以下の後半部分では、実世界における日常生活でのコンテキストを扱った。仮想世界に比べて実世界では主体に関わるコンテキストの量や種類が多く、関係も複雑であるため、それらを表現する手法には表現力と要約性が求められる。第5章では、この日常的なコンテキストの表現に対する漫画という表現形態の利用を提案し、そのための知識処理方法について説明した。また、電子計算機を用いて漫画を生成する利点を活かした共有化手法も提案した。このうちの一つは、自分と関係のあった他人の漫画をハイパーリンクを利用して読み進める道筋をつけるコミックリンクという手法であった。

第6章では、第5章での漫画生成と共有手法を実装したコミックダイアリーシステムを紹介した。この中で、コミックダイアリーシステムが入力としてコンテキストアウェアな展示ガイドシステムのログデータを利用することを述べ、ログデータによるユーザのプロファイリングとストーリーの雛形との対応例を示した。また、漫画を生成する具体的な仕組み、及び、生成されたコミックダイアリーの共有化をおこなう仕掛けについても述べた。

コミックダイアリーシステムは、本論文執筆時点までにおいて大きく三度に渡って運用実験をおこない、その度に改良を重ねてきた。第7章では、それら運用実験の内容を概観し、それぞれの運用データから漫画をもちいたコンテキストの表現及び共有手法に対する有用性の考察をおこなった。その結果、コミックダイアリーは、経験の表現をある程度的確におこなえていたという示唆を得ることができた。また、文字表現を主にした別サービスよりも、漫画表現を用いたコミックダイアリーの方が他人に見せる媒体として有用であるとの意見も得た。さらに、メール及びコミックリンクを用いた共有化機能の利用頻度や

利用方法に係るデータも示し、ユーザに対する共有機能の有用さや関心の高さ等を示した。

8.2 今後の課題

8.2.1 グラフ描画によるブラウジングコンテキストの表現手法における課題

グラフ描画を用いたブラウジングコンテキストの表現手法における大きな課題は、描画の最適化にあると考えている。第2章ではブラウジングコンテキストの表現の一手法の方角性を提案したに過ぎず、実用に向けての細かな配慮まではなされていない。以下に、より高い有用性をもったブラウジングコンテキストの表現及び共有化手法の開発に向けた今後の課題を挙げる。

最小交差数とノード位置の一貫性への配慮

本手法では、同心円配置する際に兄弟ノードのグルーピングを施してから幅優先探索的に木構造へ変換したが、これでは最小交差数の達成は保証されない。同心円配置を利用する限り、最小交差数を目指した最適化のための操作として考えられるのは、兄弟ノード内でのソートのみであるので、たとえ総当りの計算をおこなったとしても大きな負荷はかからない。しかし、パネルの状態が変化するたびに最適化、すなわちソートをおこなおうとすると、ノードの位置が頻繁に変化してしまい、ユーザの認知的混乱を引き起こす恐れがある。このような最小交差数へ向けた最適化と、ノード位置の一貫性とのバランスへの配慮は、今後の課題とする。

広範囲への対応

協調的 Web ブラウジングシステムの実験では、1 階層までの周辺文章を図示するにとどめた。これは、2 階層以上の描画をおこなうとすると、Web におけるハブの密集部分において極端に煩雑化することが事前の調査により判明していたためである。しかし、1 階層先までの情報よりも広範囲に渡る情報を取得可能な方が、より有用であろうことは容易に想像できる。よって、今後は、広範囲の情報を簡潔さを損なうことなく提示する新たな手法の提案が望まれる。

大人数での共有

本論文では、パネルを重ねることによっておこなう共有手法を説明したが、この手法では一般的なモニタ上には、たかだか2～4人分のブラウジングコンテキストしか実用的な表

示ができない。同時に認知できる人数を増やすためには画面の解像度をそれに応じて高めればよいが、それが不可能な場合は、画面に表示する他ユーザのコンテキストをユーザにとって有用な人物のものとなるよう自動的に取捨選択するというアプローチが考えられる。この選択には社会的フィルタリング等の技術を応用できるのではないかと予想している。

8.2.2 漫画生成による日常的コンテキストの表現手法における課題

漫画表現を利用した日常的なコンテキストの表現手法における課題は、大きく分けて2つあると考えている。1つは知識処理に関するものであり、もう1つは画像処理に関するものである。以下より、漫画によるコンテキストの表現手法に関する課題を説明する。

知識処理

知識処理関係の課題として、現状では図 5.2 におけるコマの層以下を扱っていないことを挙げる。例えば、集中線や吹き出しの変化といった描画レベルにおける様式を適切に扱うことができれば、より豊かな表現が可能になるはずである。この実現のためには、まず、それぞれの手法と効果を対応させる認知的調査が必要となってくる。この調査と、それを適用するためのシステムの枠組みの開発は今後の課題とする。

画像処理

画像処理技術に関する話題としては、パーツ作成手段の欠如を挙げる。コミックダイアリーシステムの現状では、パーツを手作業で作成しているので、システムを個々のイベントに導入する際に、多くのコストがかかる。この漫画素材作成にかかるコストを下げる方法として、CCD からの画像を利用した自動的なパーツ作成の仕組みを検討している。この際、リアルタイムでの処理をおこなうことができれば、現在よりも臨場感をもった漫画の生成も可能になると予想する。

謝辞

本研究は多くの方のご協力のもとに成り立っています。まず、ご多忙の中、貴重な時間を割いて丁寧親切な御指導，御鞭撻と格別のご配慮を賜りました，指導教官の北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科 創造性開発システム論講座の國藤進教授には大変お世話になりました。ここに深く感謝の意を示します。

有益な御指導やご助言を多く頂戴しました同講座の藤波努助教授には公私にわたってお世話になりました。篤く御礼申し上げます。藤波先生には，本論文審査の際にも審査員として大変貴重なコメントを賜りました。

本研究の遂行に不可欠であったプログラミング技術の基礎をご指導頂き，また，大学院進学を薦めてくださった，岡山理科大学 総合情報学部 木村宏教授に深く感謝いたします。本研究のプログラミング部分は，学部時代におけるご指導の賜物と存じております。ありがとうございました。

本論文後半部分の研究は，(株) ATR 知能映像通信研究所（現 ATR メディア情報科学研究所）における研修研究員時におこないました。まず，研究の機会を与えて頂いた中津良平，萩田紀博の両博士に感謝致します。また，同研究所において大変お世話になった間瀬健二，角康之，両博士と，中尾恵子氏に深く感謝いたします。このうち，角康之博士には，コミックダイアリーのアイデアを頂き，中尾恵子氏にはストーリー作成や作画を担当していただきました。また，間瀬健二，角康之，両博士は，論文投稿時に貴重なご指導を賜り，中尾恵子氏はシステムのデバッグ等も手伝っていただきました。間瀬健二博士には，本論文学外審査員としてもご足労頂き，貴重なコメントを頂戴いたしました。

コミックダイアリーシステムの実装にご助力頂いた(株) CSK の山本哲史，中原淳の両氏，コミックダイアリーシステム試用実験にご協力頂いた学会関係者の皆様と会議参加者の皆様に深く感謝致します。

コミックダイアリーに関する研究の一部は，本学副テーマとしておこないました。この

際、副テーマ指導教官としてご指導いただいた西本一志助教授に感謝いたします。

本論文審査員として上記の方々以外に、杉山公造、宮田一乗両教授にもご足労頂きました。両教授には、ご多忙の中お時間を割いて頂いた上、貴重なコメントを頂戴いたしましたこと、深くお礼申し上げます。

本研究に関して貴重な研究時間を割いて親身になって御討論や御助言をしていただき、また実験の被験者としてもご協力いただいた金井助手、門脇千恵助手、及び、川路崇博、伊藤禎宣、玉井竜太、釈迦戸美由規、林秀彦、皆月昭則、森田篤史、竹端和歩、羽山徹彩氏らをはじめとする知識科学研究科の方々には、学生生活全般にわたってお世話になりました。皆様方のさらなるご活躍をお祈りするとともに感謝の言葉を申し上げます。

最後に、進学に理解を示していただき、また、金銭的援助までしていただいた両親に深く感謝いたします。

参考文献

- [Albert 00] Albert, R., Barabasi, A., and Jeong, H.: Scale-free characteristics of random networks: The topology of the world wide web, pp. 69–77, *Physica A* 281 (2000)
- [Ayers 95] Ayers, E. Z. and Stasko, J. T.: Using Graphic History in Browsing the World-Wide Web, *Proc. of Fourth International World Wide Web Conference*, No. GVU TR 95-12, pp. 401–408 (1995)
- [Balabanovic 00] Balabanovic, M., Chu, L. L., and Wolff, G. J.: Storytelling with digital photographs, in *Proceedings of the CHI 2000 conference on Human factors in computing systems*, pp. 564–571, ACM Press (2000)
- [Brave 97] Brave, S. and Dahley, D.: inTouch: a medium for haptic interpersonal communication, in *Extended Abstracts of CHI'97*, ACM Press (1997)
- [Card 99] Card, S. K., MacKinlay, J. D., and Shneiderman, B.: *Readings in Information Visualization*, Morgan Kaufmann (1999)
- [Chen 00] Chen, G. and Kotz, D.: A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research, Technical Report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College (2000)
- [Cockburn 99] Cockburn, A., Greenberg, S., McKenzie, B., Smith, M., and Kaasten, S.: WebView: A Graphical Aid for Revisiting Web Pages, *Proceedings of the OZCHI'99 Australian Conference on Human Computer Interaction*, pp. 15–22 (1999)
- [Domel 94] Domel, P.: WebMap - A Graphical Hypertext Navigation Tool, *The 2nd International WWW Conference*, pp. 785–789 (1994)

- [Edwards 89] Edwards, D. and Hardman, L.: *Lost in hyperspace: cognitive mapping and navigation in a hypertext environment*, In R. McAleese, editor, *Hypertext: Theory into Practice* (1989)
- [Frcon 98] Frcon, E. and Smith, G.: WebPath – A Three Dimensional Web History, *IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 98)* (1998)
- [藤子 89] 藤子・F・不二雄：藤子・F・不二雄まんがゼミナール, 小学館 (1989)
- [Furnas 87] Furnas, G. W., Landauer, T. K., Gomez, L. M., and Dumais, S. T.: The Vocabulary Problem in Human-System Communication, *Communications of the ACM*, Vol. 30, No. 11, pp. 964–971 (1987)
- [Goldberg 92] Goldberg, D., Nichols, D., Oki, B. M., and Terry, D.: Using Collaborative Filtering to Weave an Information Tapestry, *Communications of the ACM*, Vol. 35, pp. 61–70 (1992)
- [Hendley 95] Hendley, R. J., Drew, N. S., Wood, A. M., and Beale, R.: Narcissus: Visualising Information, in Gershon, N. D. and Eick, S. eds., *Proc. IEEE Symp. Information Visualization, InfoVis*, pp. 90–96, IEEE Computer Soc. Press (1995)
- [平川 96] 平川 正人, 安村 通晃 (編)：ビジュアルインタフェース - ポスト GUI を目指して, bit 別冊, 共立出版 (1996)
- [ICQSurf] ICQSurf, : <http://www.icq.com/icqsurf/>
- [Ishii 92] Ishii, H. and Kobayashi, M.: ClearBoard: a seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact, in *Conference proceedings on Human factors in computing systems*, pp. 525–532, ACM Press (1992)
- [出原 86] 出原 栄一, 吉田 武夫, 渥美 浩章：図の体系 図的思考とその表現, 日科技連出版社 (1986)
- [Jon 92] Barwise, J., Perry, J., (土屋俊・鈴木浩之・白井英俊・片桐恭弘・向井国昭訳)：状況と態度, 産業図書 (1992)
- [小池 92] 小池 英樹, 石井 威望：3 次元ソフトウェア視覚化の枠組と実例による有効性の評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 33, No. 6, pp. 778–789 (1992)

- [Koike 93] Koike, H. and Yoshihara, H.: Fractal Approaches for Visualizing Huge Hierarchies, in Glinert, E. P. and Olsen, K. A. eds., *Proc. IEEE Symp. Visual Languages, VL*, pp. 55–60, IEEE Computer Society (1993)
- [國藤 99] 國藤 進：オフィスにおける知的生産性向上のための知識創造方法論と知識創造支援ツール, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 50–57 (1999)
- [呉 90] 呉 智英：現代マンガの全体像, 中揮出版 (1990)
- [Kurlander 96] Kurlander, D., Skelly, T., and Salesin, D. H.: Comic Chat, in *Proceedings of SIGGRAPH96*, pp. 225–236, ACM Press (1996)
- [Lamming 94] Lamming, M. and Flynn, M.: Forget-me-not: intimate computing in support of human memory, in *Proceedings FRIEND21 Symposium on Next Generation Human Interfaces* (1994)
- [Lamping 95] Lamping, L., Rao, R., and Pirolli, P.: A Focus+Context Technique Based on Hyperbolic Geometry for Visualizing Large Hierarchies, *In Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (1995)
- [Lieberman 99] Lieberman, H., Dyke, N. W. V., and Vivacqua, A. S.: Let’s browse: a collaborative Web browsing agent, in *Proceedings of the 1999 international conference on Intelligent user interfaces (IUI’99)*, pp. 65–68 (1999)
- [Maltz 95] Maltz, D. and Ehrlich, K.: Pointing the way: Active collaborative filtering, *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI95* (1995)
- [McCLOUD 94] McCLOUD, S.: *UNDERSTANDING COMICS*, Kitchen Sink Press (1994)
- [Mukherjea 97] Mukherjea, S. and Hara, Y.: Focus + context views of world-wide web nodes, *In Proceedings of the 8th ACM Conference on Hypertext (Hypertext97)*, pp. 187–196 (1997)
- [Munzner 95] Munzner, T. and Burchard, P.: Visualizing the Structure of the World Wide Web in 3D Hyperbolic Space, in *Proc. 1st Symp. The VRML Modelling Language: Special issue of Computer Graphics*, pp. 33–38, ACM Press (1995)

- [Mynatt 01] Mynatt, E. D., Rowan, J., Craighill, S., and Jacobs, A.: Digital family portraits: supporting peace of mind for extended family members, in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 333–340, ACM Press (2001)
- [中川 98] 中川 健一, 國藤 進: アウェアネス支援に基づくリアルタイムなWWWコラボレーション環境の構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 39, No. 10, pp. 2820–2827 (1998)
- [夏目 85] 夏目 房之介: 夏目房之介の漫画学, 大和出版 (1985)
- [Odigo] Odigo, : <http://www.odigo.org/>
- [小方 96] 小方 孝, 堀 浩一, 大須賀 節雄: 物語のための技法と戦略に基づく物語の概念構造生成の基本的フレームワーク, 人工知能学会誌, Vol. 11, No. 1, pp. 148–159 (1996)
- [大和田 00] 大和田 勇人, 溝口 文雄: WWW情報の構造視覚化と検索機能の統合, 人工知能学会誌, Vol. 15, pp. 693–702 (2000)
- [Okada 92] Okada, N. and Endou, T.: Story Generation Based on Dynamics of the Mind, *Computational Intelligence*, Vol. 8, pp. 123–160 (1992)
- [Resnick 94] Resnick, P.: GroupLens: An Open Architecture for Collaborative Filtering of Netnews, *Internal Research Report, MIT Center for Coordination Science* (1994)
- [Robertson 91] Robertson, G., Mackinlay, J. D., and Card, S. K.: Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information, in *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'91)*, pp. 189–194 (1991)
- [Rumelhart 75] Rumelhart, D. E.: Notes on a Schema for Stories, in *Representation and Understanding : Studies in Cognitive Science*, Academic Press (1975)
- [Sakamoto 00] Sakamoto, R. and Kunifuji, S.: Collaborative World Wide Web Browsing System through Supplement of Awareness, *Proceedings of the KES'2000*, Vol. 1, pp. 233–236 (2000)
- [Schank 77] Schank, R. C. and Abelson, R. P.: *Scripts, Plans, Goals and Understanding: an Inquiry into Human Knowledge Structures*, L. Erlbaum (1977)

- [Schilit 94] Schilit, B., Adams, N., and Want, R.: Context-Aware Computing Applications, in *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Santa Cruz, CA, US (1994)
- [Sgouros 97] Sgouros, N. M., Papakonstantinou, G., and Tsanakas, P.: Dynamic dramatization of multimedia story presentations, in *Proceedings of the 2nd international conference on Intelligent user interfaces*, pp. 87–94, ACM Press (1997)
- [重野 01] 重野 寛, 本田 新九郎, 大澤 隆浩, 永野 豊, 岡田 謙一, 松下 温: 仮想空間における風と香りの表現手法 — 仮想空間システム Friend Park, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, pp. 1922–1931 (2001)
- [Shiozawa 97] Shiozawa, H. and Matsushita, Y.: WWW visualization giving meanings to interactive manipulations, *HCI International 97* (1997)
- [Sidler 97] Sidler, G., Scott, A., and Wolf, H.: Collaborative Browsing in the World Wide Web, in *In Proc. of the 8th Joint European Networking Conference* (1997)
- [Steiner 92] Steiner, K. E. and Moher, T. G.: Graphic StoryWriter: an interactive environment for emergent storytelling, in *Conference proceedings on Human factors in computing systems*, pp. 357–364, ACM Press (1992)
- [杉山 93] 杉山 公造: グラフ自動描画法とその応用, 計測自動制御学会学術図書, コロナ社 (1993)
- [角 00a] 角 康之: JSAI2000 デジタルアシスタントプロジェクトの報告, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 6, pp. 1012–1026 (2000)
- [角 00b] 角 康之, 間瀬 健二: 実世界コンテキストに埋め込まれたコミュニティウェア, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 10, pp. 2679–2688 (2000)
- [Sumi 01] Sumi, Y. and Mase, K.: AgentSalon: facilitating face-to-face knowledge exchange through conversations among personal agents, in *Proceedings of the Fifth International Conference on Autonomous Agents*, pp. 393–400, ACM Press (2001)
- [角 00] 角 康之: JSAI2000 デジタルアシスタントプロジェクトの報告, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 6, pp. 1012–1026 (2000)

- [高橋 93] 高橋 誠：創造力辞典, モード学園出版局 (1993)
- [高橋 99] 高橋 正道, 北山 聡, 金子 郁容：ネットワーク・コミュニティにおける組織ウェアネスの計量と可視化, *情報処理学会論文誌*, Vol. 40, No. 11, pp. 3988–3999 (1999)
- [Tauscher 97] Tauscher, L. and Greenberg, S.: How People Revisit Web Pages: Empirical Findings and Implications for the Design of History Systems, *International Journal of Human Computer Studies, Special issue on World Wide Web Usability*, Vol. 47(1), pp. 97–138 (1997)
- [Taylor 68] Taylor, R.: Question-negotiation and information seeking in libraries, *College and Research Libraries* 29, No. 3, pp. 178–194 (1968)
- [The CAIDA Web Site] The CAIDA Web Site, : <http://www.caida.org/home/index.xml>
- [東条 95] 東条 敏：イベント, 状態, プロセスの区別から導かれる事象間の時間関係の生成, *人工知能学会誌*, Vol. 10, No. 6, pp. 904–912 (1995)
- [Tuft 90] Tuft, E. R.: *Envisioning Information*, Graphics Press (1990)
- [Tuft 97] Tuft, E. R.: *Visual Explanations*, Graphics Press (1997)
- [Twidale 96] Twidale, M. and Nichols, D.: Collaborative browsing and visualisation of the search process, in *Electronic library and visual information research* 3, pp. 51–60, Aslib (1996)
- [Uchihashi 99] Uchihashi, S., Foote, J., Girgensohn, A., and Boreczky, J.: Video Manga: Generating Semantically Meaningful Video Summaries, in *Proceedings of ACM Multimedia '99*, pp. 383–392, ACM Press (1999)
- [Weiser 93] Weiser, M.: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, in *Communications of the ACM*, Vol. 36, pp. 75–84 (1993)
- [Wills 97] Wills, G. J.: NicheWorks - Interactive Visualization of Very Large Graphs, *In Graph Drawing '97 Conference Proceedings*, pp. 403–414 (1997)
- [Wurman 00] Wurman, R. S.: *Information Anxiety2*, Que (2000), (金井哲夫訳：それは「情報」ではない, MdN, 2001)

[四方田 94] 四方田 犬彦：漫画原論, 筑摩書房 (1994)

本研究に関する発表論文

学術論文誌

- [1] 坂本 竜基, 國藤 進: “創造的な Web の利用を支援する協調的 Web ブラウジングシステム”, 日本創造学会論文誌, Vol.6, pp.99–113(2002).
- [2] 坂本 竜基, 角 康之, 中尾 恵子, 間瀬 健二, 國藤 進: “コミックダイアリ: 漫画表現を利用した経験や興味の共有支援”, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3582–3595(2002).
- [3] Y.Sumi, R.Sakamoto, K.Nakao, K.Mase: “ComicDiary: Representing Individual Experiences in Comics Style”, Ubicomp 2002, in G.Borriello, L.E.Holmquist (Eds.), Ubicomp 2002, LNCS 2498, pp.16–32, Springer(2002).

国際会議，国際ワークショップ発表

- [4] R.Sakamoto, S.Kunifuji: “Collaborative World Wide Web Browsing System through Supplement of Awareness”, Proceedings of the KES'2000, Vol.1, pp.233-236(2000).
- [5] R.Sakamoto, S.Kunifuji: “A Visualization of Users' Contexts on Proxy Server”, 15th annual conferences of JSAI international session(2001).
- [6] R.Sakamoto, K.Nakao, Y.Sumi, K.Mase: “ComicDiary: Representing Individual Experiences in Comics Style”, SIGGRAPH2001 Sketches and Applications(2001).

国内発表

- [7] 坂本 竜基, 國藤 進: “コラボレーションブラウジング: WWW アウェアネスを利用した新しいブラウジング方式の提案”, 人工知能学会 AI シンポジウム (SIG-J-9901), pp.97-102(1999).
- [8] 坂本 竜基, 中尾 恵子, 角 康之, 間瀬 健二: “経験や行動履歴の漫画的要約表現”, 第15回人工知能学会全国大会 (2001). ※ベストプレゼンテーション賞
- [9] 角 康之, 坂本 竜基, 中尾 恵子, 間瀬 健二: “コミックダイアリ: 経験や興味を伝え合うための漫画日記”, インタラクション 2002 論文集, pp.101-108(2002).
- [10] 坂本 竜基, 國藤 進: “協調的 Web ブラウジングのためのインターフェイス”, 第16回人工知能学会全国大会 (2002).