

カード操作ツールの表現・利用
の多様化に関する研究

1996年1月

博士(工学)

大見 嘉弘

豊橋技術科学大学



論文要旨
カード操作ツールの表現・利用
の多様化に関する研究

1996年1月

博士(工学)

大見 嘉弘

豊橋技術科学大学

論文要旨

カード操作ツールの表現や利用の多様化を図るため、同ツールの拡張やその評価を行った。その内容は、マルチメディア情報を扱えるカード操作ツールの開発、カード操作ツールを協調作業に利用する場合のコミュニケーションの性質の調査、インターネット上の情報を利用できるカード操作ツールの開発である。

近年、計算機の利用形態は、計算主体から人間の知的活動の支援へと移行しつつある。カード操作ツールK Jエディタは、情報の操作が容易に行える機能により、人間の創造的知的作業を支援することを狙った計算機上のツールである。

この、K Jエディタでテキストだけでなく、画像、音声などの情報も扱えるようになれば、多様な思考や発想が促進できる。このため、K Jエディタを基盤から改良し、カードに画像や音声をつけることができるように拡張した。また、カードをクリックすることで任意のアプリケーションが呼び出せるようにした。

人間の思考活動を支援するためにハイパーメディアを使用する場合、認知的過負荷や迷子問題が障害となる。対して、K Jエディタでは、全体を眺める機能を重視し、空間の連続性を活用することで、思考活動を支援できる。

K Jエディタを協調作業、特に分散環境で使用した場合、円滑なコミュニケーションを図るためにメディア情報のやりとりが重要となる。この際の問題点を調査するために、K Jエディタを協調作業に利用した実験を分析した。これにより、分散環境では音声による会話のやりとりの有無が協調作業自体に大きく影響することが見いだされた。また、コミュニケーションが希薄な条件下では、被験者がK Jエディタの機能を駆使して、条件の悪さを補おうとする動きが見られた。

さらに、インターネット上の情報を収集し整理することにK Jエディタを使用することを考えた。最近インターネット上の情報サービスが急速に広まっているが、それを利用するソフトウェアは、ほとんどがアクセスする機能に重点を置いており、得られた情報の整理についてはほとんど考慮していない。そこでK Jエディタに World Wide Web などのインターネット上の情報にアクセスする機能を追加し、得られた情報をカードにする機能を設けた。また、一度カードにすれば、元の情報に容易に再アクセスできるようにした。同ツールと NCSA Mosaic を使用した場合の比較実験を行い、同ツールの有用性が示された。また、熟練者向けの機能も必要であるなどの同ツールの改良点が得られた。

目次

1. はじめに

2. KJ-Editorの概要

3. KJ-Editorの拡張

4. KJ-Editorの活用

5. おわりに

A Study of Expression and Utilization of Card-handling Tool

Abstract

In order to diversify expression and utilization of card-handling tool, I expand and evaluated this tool. This study contains development of card-handling tool which supports multimedia data, evaluation of characteristic of communications on card-handling tool when be used in cooperative works, and development of card-handling tool which can utilize information from the Internet.

Recently, utilities of a computer were proceeding from the calculation mainly to the human creativity support. Card-handling tool named KJ-Editor facilitates easy to operate information on a computer and it aims for supports human creativity works.

However, KJ-Editor had provided the minimum function and it did not very utilize potential well-expressiveness. Therefore I made these three studies for progressing expression and constructing effective utilities of KJ-Editor.

Supporting for Multimedia Data

For enhancing expression of card-handling tool, I improved base of KJ-Editor and I added facilities that image or audio data can be attached to a card, and any application can be executed when a card is clicked.

Hypermedia is typical system which supports multimedia similar to the KJ-Editor. When we use the hypermedia for human thinking, it causes to make information juggle easily because links can be connected unlimitedly, then we tend to lost our position and orientation easily and to need complex operations for reach to a destination.

One the other hand, when we use card-handling tool, we can operate information which we don't lost sight of the whole, because it use spatial arranging which has well-perceiving and well-understanding caused by visual nature.

Evaluation of Supports for Cooperative Works

We developed card-handling tool KJ-Editor network version which be able to handle cards cooperatively by plural users. As a result of making task of synchronized and distributed type which users operated a same charts at same time and on separated places by using the KJ-Editor, communication between users tended to be insufficient. Then, since we thought that it is needed to supplement amount of communication by using multimedia communication, we developed an audio conversation utility.

I compared working efficiency using KJ-Editor network version between using with audio communication and using with textual communication. Then, pointing operations to charts are compared in detail because it seems to remarkable difference.

As a result, in case of using audio, number of pointing operation is 2.77 times as much as in case of using text. It also found enhanced pointing such as pointer was moved around a card or a card was grabbed.

Supporting for Accessing Information on the Internet

Recently, distributed information services on the Internet are spreaded rapidly and easy-to-use tool are diffused even for beginners. Therefore we can get information easily on the Internet. However, existed popular softwares are focused on accessing facilities to the Internet and are considered hardly to collect and arrange the obtained information.

Therefore, I think card-handling tool can be used for arranging and managing information which obtained from the Internet. Then, I added accessing function to the Internet such as World Wide Web to KJ-Editor and I added function that the obtained information can be made a card, and original information on the Internet can be re-access easily after creating a card. I made comparative examination between the KJ-Editor and NCSA Mosaic, then usefulness of the KJ-Editor is found and points to refinement of the KJ-Editor are given, such as, function for experts is needed.

目次

1 序論	1
1.1 研究の背景と目的	1
1.2 本研究の概要	2
1.2.1 マルチメディア情報への対応	2
1.2.2 協調作業支援の評価	3
1.2.3 インターネット上の情報へのアクセス	3
1.3 本論文の構成	4
2 カード操作ツールについて	5
2.1 はじめに	5
2.2 カードによる情報操作	5
2.3 コンピュータ上でのカード操作	6
2.4 KJ法	6
2.5 カード操作ツール KJ エディタ	8
2.6 一覧性の問題	9
2.7 研究の経緯	10
2.8 関連研究との比較	11
3 マルチメディア機能	15
3.1 はじめに	15
3.2 カード操作におけるマルチメディア情報の活用	15
3.2.1 絵や図の活用	15
3.2.2 音声の活用	16
3.2.3 協調作業における活用	18
3.2.4 その他	18
3.3 関連研究との比較	19
3.3.1 発想支援システムとの比較	19
3.3.2 ハイパーメディア	19

3.4	マルチメディア情報向けカード操作ツールPAN/KJの設計	21
3.4.1	PAN/KJの管理モデル	22
3.4.2	ユーザインタフェースの設計	25
3.5	マルチメディア情報向けカード操作ツールの実現	27
3.5.1	開発環境	27
3.5.2	システム構成	27
3.5.3	追加した機能	31
3.5.4	マルチメディア情報の扱い	32
3.6	まとめ	33
4	協調作業支援	35
4.1	はじめに	35
4.2	ネットワーク版KJエディタの機能	35
4.3	KJエディタの評価実験	36
4.4	実験結果と評価	38
4.4.1	評価の方針	38
4.4.2	実験の経過と結果	39
4.4.3	指示操作の分類	41
4.4.4	指示操作の分析	42
4.4.5	反復操作の分析	43
4.4.6	指示する時間やマウスポインタの移動量の分析	43
4.4.7	考察	45
4.5	まとめ	47
5	インターネット上の情報の利用	49
5.1	はじめに	49
5.2	インターネットからの情報収集・操作とその支援	49
5.2.1	電子媒体の優位性	50
5.2.2	分散ハイパー構造の根本的な欠点	50
5.2.3	個人の情報整理を支援する必要性	51
5.2.4	従来の支援システム・手法	51
5.3	カード操作ツールへの機能追加	53
5.3.1	分散情報検索のための機能拡張	53
5.4	実現	58
5.5	評価実験	59
5.5.1	指定したページのリストを作る	62
5.5.2	検索したページからいくつかを選択する	63
5.5.3	複雑なリンクをたどり、すべての情報を探す	64

5.5.4	番号を書いたページをソートする	64
5.5.5	研究機関进行分类する	64
5.5.6	研究機関を再び検索する	65
5.6	まとめ	65
6	結論	67

1.1 研究の背景と目的

現代の高度情報化社会において、高度に発達したコンピュータ技術は不可欠なものとなっている。しかし、一方で、高度な情報技術の発展により、「情報の過剰」や「情報の洪水」が生じている。この状況下では、個人や組織が大量の情報を効果的に処理・管理・活用することが求められる。また、高度な情報技術の発展に伴って、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。

この研究の背景は、高度な情報技術の発展により、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。

高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。

高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。

高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。このため、高度な情報技術の活用・普及・促進を行うための方法が求められている。

第 1 章

序論

1.1 研究の背景と目的

現代は高度情報化社会と呼ばれ、社会にとってコンピュータは不可欠なものとなっている。しかし、合い並行して、大量で多種多様な情報が氾濫し、「情報の渦に巻き込まれる」と表現されるような「情報過多」が生じている。今日、社会に生きる人間は、この情報過多の状況から、必要な情報を取捨選択し、整理、管理する必要に迫られる。また、固定の概念に捕われず幅広い視野を持って自ら発想し、創造的にアイデアを生み出すことが要求される。このため、創造的活動や情報の整理・管理を効率的に行う方法が数多く提案されてきた。

昭和 30 年代後半、高度成長が始まり、同時に多数の深刻な社会問題が発生した。こうした時代を背景に、カードを利用して情報を整理・管理する技法が相次いで提案された (KJ 法 [川喜田 67, 川喜田 70]、NM 法 [中山 77]、ござね法 [梅棹 69])。中でも、川喜田 二郎 氏による KJ 法 [川喜田 67, 川喜田 86] は特に有名で、日本のビジネス社会を中心に普及している。この経緯から、1986 年、著者らの研究グループでは、この KJ 法を参考にしたコンピュータ上のシステム「カード操作ツール KJ エディタ」を提案し開発した [小山 86, 小山 92]。著者らは、この KJ エディタによって発想などの人間の創造的活動を支援することを目指している。

KJ エディタは、他のカードを使った、カード型データベースや HyperCard などのハイパーテキストシステムと違い、二次元空間上に自由にカードを配置できる点が特徴である。この KJ エディタの自由に配置できる機能により、柔軟に情報を操作でき、人間の知的活動を支援できると考える。

カード操作によって作られた図 (以下図解と呼ぶ) は、表現力が高く、「一目瞭然」という言葉で表されるように、非常に理解しやすいものとなる。したがって、自分が利用する場合だけでなく、他人に示す用途にも適している。系統立てて組み立てられた図解は、他人に説得力を持って提示できる。つまり、いわゆるプレゼンテーション能力が高いと言える。

しかし、著者らの研究グループで開発してきた KJ エディタは、必要最小限の機能を用意するだけに留まっており、カード操作の潜在的な表現力の高さを生かされていなかった。最近、コンピュータの性能向上と、オーディオ・ビジュアル

データのデジタル化技術の進歩によりマルチメディアと呼ばれる技術が実用化されつつある [Fox91]。また、コンピュータネットワーク技術が進歩し、WWW (World Wide Web), Gopher, WAIS (Wide Area Information Servers) といったインターネット上の分散情報サービスが急速に広まっている [齋藤 93]。このマルチメディアやコンピュータネットワークの技術をカード操作ツールに応用すれば、カード操作の表現力の高さを生かすことができる。このため、著者は、このカード操作ツール KJ エディタの表現力の向上、あるいは効果的な利用法を築くために、大きく分けて以下の3つの研究を行った。

マルチメディア情報への対応

カード操作ツールのカードに画像や音声を付けることができるようにした。また、カードから任意のプログラムを起動できるようにした。

協調作業支援の評価

カード操作ツールを用いた協調作業において、コミュニケーション手段の違いが作業にどのような影響を及ぼしたかを分析した。

インターネット上の情報へのアクセス

カード操作ツールにインターネット上の情報にアクセスする機能を設け、容易に情報をカードと関連付けられるようにした。

本論文は、上記3つの研究についてまとめたものである。

1.2 本研究の概要

1.2.1 マルチメディア情報への対応

著者はカード操作ツールの表現力を高めるため、画像、音声などのマルチメディア情報も扱えるように改良した。これにより、機能的にはカードに画像や音声を付けることができるようになった。また、カードから任意のプログラムを起動できる機能を実現した。

これと、同じようにマルチメディア情報を扱う代表的な仕組みにハイパーメディア¹がある。このハイパーメディアを思考活動に用いると、際限なくリンクが張れることから情報のジャングル化を起しやすくなり、自分のいる場所や方向を見失って迷子になったり、目的地に辿りつくのに繁雑な操作を伴う傾向にある。

対してカード操作ツールでは、視覚から強く認識、理解できるという空間配置の特長から、全体を見失うことなく情報の操作を行うことができる。

¹マルチメディアを扱うハイパーテキストをこう呼ぶが、これを単にハイパーテキスト [Nie90] と呼ぶ場合もある。本論文ではハイパーメディアで統一する

マルチメディア情報の対応については、著者の修士論文 [大見 93] でプロトタイプを作成し、基本的な部分を完成させている。本論文では、その後に変更、拡張した箇所について言及する。

1.2.2 協調作業支援の評価

著者らの研究グループは、複数のユーザが協調してカード操作を行えるようにしたネットワーク版カード操作ツール KJ エディタを開発している。このネットワーク版 KJ エディタで、同時刻に別々の離れた場所で同一の図解を操作する、同期分散型の作業実験を行った結果、作業相互のコミュニケーションが不足しがちであった。そこで、その評価実験を元に、コミュニケーション手段の違いが作業効率にどのように影響するかを詳細に分析した。具体的には、ネットワーク版 JK エディタで、KJ エディタの操作と音声会話を併用した場合と、文字による会話を併用した場合とで、作業効率にどのような違いがあるのかを、定量的に調べた。そして、図解を指示する操作に、特に顕著な差が見られたので詳細に比較した。

その結果、音声を併用した方が、指示操作の回数が 2.77 倍と多いことが分かった。また、カードのまわりをくるくると指したり、カードをつかむことによって指示を強調することが多く見られた。

1.2.3 インターネット上の情報へのアクセス

最近、インターネット上の分散情報サービスが急速に広まり、初心者でも使いやすいツールの普及により、簡単に情報を得ることができるようになってきた [齋藤 93]。しかし、現在普及しているソフトウェアはインターネット上の情報にアクセスする機能に重点が置かれており、得られた情報を整理したり、まとめ上げる作業については、ほとんど考慮されていない。

そこで、著者はインターネットから得た情報を整理したり管理するために、カード操作ツールを用いることを考えた。そして、インターネット上の情報を利用するために、それらに直接アクセスする WWW Viewer を作成しカード操作ツールとの統合を図り、そのプロトタイプを実現した (PAN-WWW と呼ぶ)。これにより、情報収集と情報整理の作業を効率良く行うことができ、それらの作業の行き来が円滑に行えるようになると思う。

また、PAN-WWW を用いた場合と NCSA Mosaic [Kro94] とエディタを併用した場合との比較対照実験を行った。その結果、PAN-WWW の有効性が示された。また、熟練者向けの機能も必要であるなどの PAN-WWW の改良点が見られた。

1.3 本論文の構成

本論文は以下のように構成されている。

第2章では、カード操作ツールKJエディタについて、その背景や特徴、機能について述べる。

第3章では、KJエディタでマルチメディア情報を扱うための機能拡張について述べ、関連研究との比較や、拡張した機能の活用法、機能の実現方法を説明する。

第4章では、分散環境でKJエディタを使用した場合、音声会話を併用した場合と、文字対話を併用した場合の作業効率の違いを、実験に基づき評価する。

第5章では、インターネット上の情報へのアクセス機能をKJエディタに追加したことについて述べ、その意義、類似ツールとの比較、そしてその評価実験について述べる。

最後に、第6章で、本論文の総括を行う。

第2章

カード操作ツールについて

2.1 はじめに

本章では、カード操作ツールKJエディタについて、その背景や特徴、機能について述べる。

以下、2.2節では、一般のカード操作の特徴について述べ、2.3節で、そのコンピュータ化について述べる。また、KJエディタを作るうえで参考にしたKJ法[川喜田70, 川喜田86]を2.4節で説明し、2.5節でKJエディタの特徴について述べる。また、2.6節では、コンピュータのディスプレイに表示する上で問題となる一覧性の問題について述べ、KJエディタでの対処法について説明する。2.7節では、著者らの研究グループで行ってきたKJエディタに関する研究の経緯について紹介する。

2.2 カードによる情報操作

カードは、創造的な知的活動に役立つものとして、広く用いられている[川喜田70, 梅棹69]。対象としている情報が未整理で、全体の構造が把握できていない状況では、カードを用いて情報を整理することが有効となる。また、一度整理した情報も、カードにより分解し組立て直すことで、今まで気づかなかった新しい観点や発想を生み出しやすいという効果がある。

カードによる情報操作の利点には以下のものが挙げられる。

1. 持ち運びに便利で、情報が発生した時にすぐ記録できる。
2. 同じ規格のカードに記録することで、書く内容を平等に扱うことができ、特定の情報を固定観念により差別することが防げる。
3. 情報の新たな追加が容易である。
4. 情報の組み合わせと分解を何度も繰り返すことができる。
5. さまざまな組み合わせを試すことができ、新たな観点や発想を生み出しやすい。

以上挙げた利点の3~5は、カードの操作性の高さに起因する。この操作性はノートや単なるメモ帳にはない特徴で、カードは机上に広げて自由に編集でき、乱雑な情報を効率よく整理することができる。

しかし、カードによる情報操作は、以下に挙げるような欠点も持っている。

1. 情報が発生した時に、すぐカードに書込む習慣がないと効果が十分に発揮されない。
2. 広い作業領域を必要とする。
3. カードの枚数が増えると、かさばるため管理がしづらい。
4. 完成した図解の保管が難しい。
5. カードがバラバラになりやすく、糊などで定着させると逆に移動が面倒になる。

2.3 コンピュータ上でのカード操作

カードを用いた情報操作をコンピュータ上で実現する場合、上述したカード操作が持つ利点を生かし、欠点をできるだけ克服することが要求される。

上述したカード操作の利点のうち、2~5については、コンピュータ化してもそのまま特徴を受け継ぐことができる。しかし、1の利点は、コンピュータ化することでカードの携帯性が失われてしまう。最近ではノート型コンピュータの普及により、以前よりかなり携帯性が向上したが、カードと比較すると依然隔たりがある。しかし、最近注目を浴びているペン入力コンピュータが手帳サイズになり、スムーズな入力方式が確立されれば、カードと同等の利便性が確保されることが期待できる。

カード操作の欠点のうち、1については、カードを用いる人の習慣上の問題であり、コンピュータ化によって改善されうる性質のものではない。しかし、その他の欠点はコンピュータ化によって解消できる。2の欠点は、コンピュータ上で作業するため広い作業領域は必要なく、コンピュータが置ける空間があれば十分である。3と4の欠点については、ディスクを使用して大量のカードや図解を容易に保存でき、5の欠点は、コンピュータ上ではカードの定着と移動を両立できるので解消することができる。

2.4 KJ法

KJ法[川喜田70, 川喜田86]は、カードを用いて情報の管理、整理を行う手法で、机上でカードを並べ眺めることで、ボトムアップにまとめあげ、その過程で新しい

発見や発想を生むとされている。KJ法は、発想や創造といった高度な知的作業を、具体的な手法として体系化している点が大きな特徴である。

KJ法は広義にはカードをつくる前の取材活動を含めたもの[川喜田86]であるが、狭義には以下の4つのステップを踏んで行われる。

1. カードづくり — 1枚のカードごとに、1つの「心に訴えかける」主題を持つ文章を書く。
2. グループ編成 — 内容が似ていると感じたカードをボトムアップにあつめてゆく。また、そうして出来たグループにふさわしい見出しを付ける。
3. 図解化 — 関連があると感じたカードやグループが近くにくるように全体の配置を整え、関連のあるもの同士を関係線でつないで図解を完成させる。
4. 文章化 — できあがった図解をもとに文章を作る。

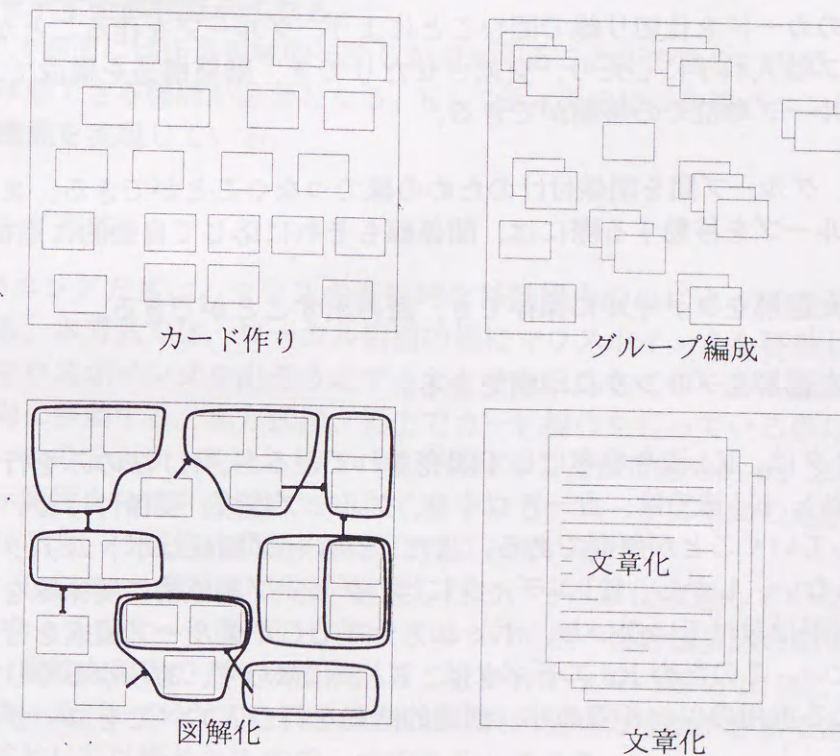


図 2.1: KJ法の4つのプロセス

2.5 カード操作ツール KJ エディタ

カード操作ツール KJ エディタは、上述した机上のカード操作の利点を生かし、欠点の多くを解消するコンピュータ上のツールである。KJ エディタの設計にあたっては、KJ 法を参考にしている。これは、KJ 法がカードによる情報操作という漠然とした概念に対し、手順化された具体的な手法を確立している点で、コンピュータ上での仕様を明確化する際の一つの指針となると考えたからである。

KJ エディタの持つ機能には、主として以下のものがある。

1. 画面上に表示されたカードをマウスによる直接操作で、自由な場所に移動できる。
2. カードを何枚でも重ねることができ、下に埋もれているカードを容易に取り出せる。
3. カードに書込む文章は、キーボードを使用して入力、編集が行える。
4. 何枚かのカードを仕切り線で囲むことにより、グループを作ることができる。グループは入れ子にしたり、交差させたりでき、階層構造を構成できる。また、グループ単位での移動ができる。
5. カード、グループ間を関係付けのための線でつなぐことができる。また、カードやグループを移動する際には、関係線もそれに応じて自動的に追従する。
6. 作成した図解をファイルに保存でき、読み出すことができる。
7. 作成した図解をプリンタに印刷できる。

KJ エディタは、KJ 法を参考に開発されているが、KJ 法のみを行うためのツールではない。KJ 法では、カードづくり、グループ編成、関係付けという順序で図解を形成していくことが原則である。また、グループ編成はボトムアップに行わなければならない。しかし、KJ エディタには、グループ編成前に関係線を引けなくするような制限は設けていないし、ボトムアップでしかグループ編成を行えないような制限もない。このため KJ エディタは、KJ 法に限らず、あらゆるやり方でカード操作が行える汎用のツールであり、創造的活動を行う人すべてをユーザ対象としている。

このため、例えば、著者らの研究グループでは KJ エディタをソフトウェア作成の要求分析活動に使用する [塩見 92a, 土屋 91] など、KJ 法に限定せずに KJ エディタを活用する研究を進めている。

2.6 一覧性の問題

前節で述べた機能の実現のほかに、カード操作ツールの開発においては一覧性の問題という重大な問題を解決する必要があった。机上にカードを並べる場合、広い場所に並べれば、全体を眺めることも、特定の一部に注目することも容易に行える。しかし、コンピュータの画面では、サイズの問題や解像度の問題により、カードに書かれたテキストを無理なく読める程度の大きさで作業領域全体を表示させることは不可能である。したがって、コンピュータ上ではすべてのカードを同時に表示することができず、見たいカードをすぐに見ることができない。この問題を、本論文では一覧性の問題と呼ぶことにする。

KJ エディタは、一覧性の問題を解消するために、図 2.2 に示すように、コンピュータの画面上にローカル画面とユニバーサル画面を同時に表示する。これは、実際の机上を真上から見た状況のメタファとなっている。ローカル画面は、作業領域の一部をテキストの内容が満足に読める大きさで表示する。ユニバーサル画面は、作業領域全体の概略を表示し、関係線、グループ線、カードの大まかな位置関係をユーザに示す。また、ユニバーサル画面には、ローカル画面が作業領域の中のどの位置にあるかを示す矩形が表示される。

ローカル画面には作業領域の一部しか表示することができないので、見たい位置に容易に移動できる機能が必要となる。KJ エディタでは、高速パニング方式によって、この機能を実現している。

高速パニング方式

高速パニング方式は、マウスの直接的な移動操作のみによって画面を移動する方式である。本方式では、ローカル画面の端にマウスポインタを移動し、ローカル画面からマウスポインタを出そうとすると、それに応じてローカル画面の表示領域がその方向に移動する。本方式は、机上でカード操作を行っている際に視点を移す行為に近いものであり、高速に見たい場所に移すことが可能である。また本方式は、画面の表示範囲をマウスの動きに応じて移すので、ユーザに空間の連続性を知覚させることができ、一覧性の問題の解消に役立っている。

但し本方式は、一覧性の問題を解決したという水準には達していない。机上と KJ エディタ上でのカード操作のしやすさについて調べた評価実験の結果、本方式では十分な一覧性を確保できない面があることが分かっている [小山 92]。しかし、従来のスクロールバーなどの方式よりは明かに表示領域の移動が容易であり、現在存在する方式としては優れたものの一つであると考えられる。

一覧性の問題を根本的に解決するためには、作業領域全体を見渡せることが必要であり、3000 × 3000 ドット級の高細精度ディスプレイの実用化を待たなければならない。

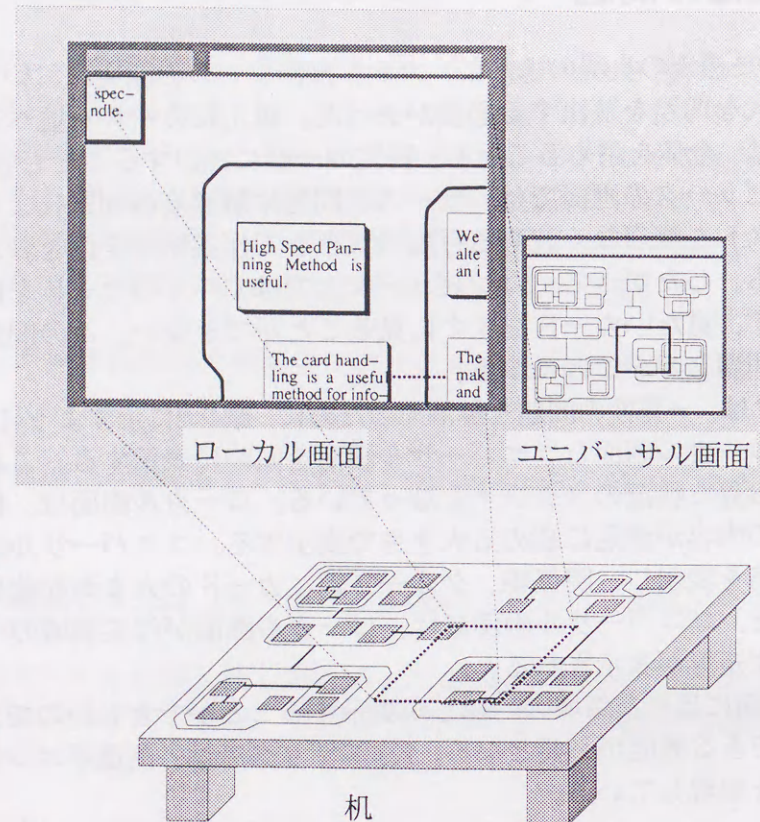


図 2.2: KJ エディタの概念図

2.7 研究の経緯

著者らの研究グループでは、さまざまな用途に応じて、KJ エディタにいくつかの機能を追加してきた。ここでは、行ってきた研究を概説する。

KJ エディタは当初、PC(Personal Computer) 上で開発された [小山 92]。しかし、画面の狭さや、メモリ空間の制約によって機能の拡張が困難となった。そこで、画面の解像度が比較的高く、メモリも豊富な EWS(Engineering Work Station) 上への移植がなされた [富田 92]。

そして、KJ エディタは以下のような機能拡張がなされてきた。

- 文章化支援 [森田 89](PC 版) — 図解から文章をおこす際の支援機能
- 文章作成支援 [大山 93](EWS 版) — 文章作成の観点からの拡張

- ログ取り、ログ再生機能 [松岡 92](EWS 版) — 操作の履歴を記録し、後で確認する機能
- ネットワーク機能 [松岡 92](EWS 版) — KJ エディタを CSCW(Computer Supported Cooperative Works) に適用するための拡張

また、各種図式エディタを作成するために、KJ エディタから高速パニング方式や図式の管理機能などを抽出した図式エディタ PAN が開発され、いくつかのエディタが提案、設計、実現されている [塩見 92b]。

- HCP チャートエディタ [塩見 92b] — プログラムの構造を階層的に表現できる HCP チャート [花田 83] を作成するためのエディタ
- DFD エディタ [Sri95] — データの流れを主体に描く Data Flow Diagram[DeM79] を作成するためのエディタ
- OOA/OOD ツール [高橋 94] — オブジェクト指向分析/開発 [CY90, CY91] の手法の図式を作成するためのエディタ
- ERD ツール — 実体と実体間の関連について記述する Entity Relation Diagram を作成するためのエディタ
- DD ツール — データ構造の辞書を作成するためのエディタ

ログ取り、ログ再生機能とネットワーク機能は、古いバージョンの KJ エディタ上で実現されたが、現在のバージョンの KJ エディタである PAN/KJ への移植も完了している [藤本 95]。また、3章で述べるマルチメディア情報を扱えるカード操作ツール PAN/KJ の基盤である PAN は、上記の各種図式エディタなども動作することを前提として設計しており、DFD エディタが PAN を基盤として開発されている [Sri95]。

2.8 関連研究との比較

現在、いくつかの KJ 法に関係した発想支援ツールが発表されている。本節では、本研究と関係の深い発想・思考支援ツールとの比較を一覧性の問題を中心に行う。

Colab

Colab は、会議を支援するコンピュータシステムの先駆けとなったものである [SFB+87]。Colab のツールの一つ Cognoter は、会議時のスピーチや資料説明のアウトライン構成を支援するもので、その方法は KJ 法に類似している。Cognoter では、一つのグループを一つのウィンドウで表現し、関係付けは一つのグループ内のメッセージでのみ行うことができる。グループ内のメッセージをグループとしてまとめることができるので、グループは階層構造によってまとめることができる。

Cognoter は、ウィンドウとして表現されるグループにまとめることで情報整理を行うため、一覧性の確保は、一般のウィンドウシステムと同等なレベルでしか期待できない。

CONSIST

CONSIST は、知識ベースの構築支援に KJ 法の手法を応用し、ワークステーション上に支援ツールとして実現したものである [篠原 87]。同研究は、知識の整理過程とその支援に主眼を置いている。CONSIST には「視点」という概念がある。この視点は着目する概念項目群と関係の種類群をユーザが指定することで設定される。この設定を変更することでさまざまな視点を元に図解を自動レイアウト表示するようになっている。

CONSIST で表示される図解は、コンピュータ画面上のウィンドウの大きさで描画される。このため、広域な視点を設定し複雑な図解を描くことが困難で、描画できる項目の量がおのずと限られてしまう。

CONSIST の設計は一覧性の問題を考慮していないが、早期に KJ 法の手法を使ったアプリケーションを開発した点が意義深いといえる。

Inspiration

Inspiration は、Macintosh 上の思考支援ツールである [Ins95]。平面上にアイデアをタグとして配置し、それらを線分で関係付けることができ、その図からアウトライン構造 (階層構造) への変換、逆変換を行うことができる。一覧性については、図の拡大縮小機能とスクロールバーを設けている程度であるが、商用ソフトウェアとして長年開発が続けられたため、完成度が高いものとなっている。

D-ABDUCTOR

D-ABDUCTOR は、図的思考支援という観点から一枚の図による全体と部分の同時視の方式を提案し、実現している [三末 91]。同方式には、(1) 自然な魚眼表示、

(2) 保存方の魚眼表示、(3) 省略型の魚眼表示の3つがあり、それぞれに一長一短がある。(1)の方式は、広角レンズで映したような高度な表示がされるが、表示に時間がかかり、直線がゆがんでしまうという欠点がある。また、(2),(3)の方式は比較的表示時間が少ないが、拡大する範囲を移す場合には、画面に表示するすべての図形や文字を拡大縮小して再描画する必要があり、現在の計算機的能力では、ユーザの視点を素早く移すことが困難である。

郡元 (GUNGEN)

GUNGEN は、Macintosh 上に HyperCard を用いて実現された発想支援グループウェアで、LAN を通じて数台の計算機上で分散協調型 KJ 法を行える機能を持っている [宗森 90]。郡元は当初 9 インチの画面上での操作しかできず一覧性に劣っていた。そこで、19 インチの大型ディスプレイと、二段階 (4 画面分、2 画面分) の縮小機能を設けた「郡元」に改良された [宗森 94]。

郡元は、図の一覧性をある程度達成しているが、画面の表示範囲の移動については特に対策がなく、視点移動の操作性が若干劣る。

ISOP

ISOP は、KJ 法の方法ののちで情報を整理し問題解決を行うことを支援するツールである [廣田 92]。ISOP は、カード化、カード合わせ、見出し作り、図解化、文書化と、KJ 法のそれぞれのステップごとに専用のモードを設けている。情報の一覧性が一番必要となるカード合わせ (グループ編成) では、カードを置く場所を 2 箇所設けている。片方は元のカード群を置いてある場所で、他方は一時的にカードを置く場所 (以後トレイと呼ぶ) である。カード合わせは、トレイにカードを一枚置き、次にカード群からそのカードと類似性のあるカードを選んでトレイに置いていく。この方式は、すべてのカードに対して照し合わせることができ、全カードを一度に一覧する必要がなくなるため、そもそも一覧性の問題が生じない。しかし、ある一枚のカードとほかのすべてのカードを見比べるという作業を何度も繰り返すことを強いるため、グループ編成に時間と手間がかかるという欠点がある。

gIBIS

gIBIS は論議のプロセスや内容展開の構造化モデル (IBIS) をベースにそれを図式化することで議論の支援を行うシステムである [CB88]。gIBIS のブラウザは KJ エディタと同様に、空間の一部を表示するローカルビューと、全体を概観するグローバルビューを設けている。gIBIS ではローカルビューの表示範囲を移動するために、(1) スクロールバー、(2) ローカルビューの任意の位置をクリックすると、その位置

を中心にした範囲に表示が移動する snap scrolling、(3) グローバルビュー上のローカルビューを示す枠をドラッグして移動する、という3つの機能が用意されている。(1),(3) は移動のためにローカルビューの外にまでポインタを移動する必要がある。(2) は、文献 [CB88] で述べられているように、微調整のためのもので、大幅に表示範囲を変更するのには向いていない。

CAT1

CAT1 は、人間の思考活動におけるボトムアップ的過程をコンピュータで支援することを旨としたもので、情報素片間の距離に基づき空間上に情報を自動配置する機能が特色となっている [角 92]。

この自動配置は、新たな発想のための刺激となることを狙っており、ユーザーの主観を尊重しつつ配置を行う点は評価できるが、一覧性の問題は考慮されておらず、情報の量が多くなると、操作が困難になると考える。

第3章

マルチメディア機能

3.1 はじめに

カードを用いた分類法や発想法は、多くの場合文字情報を書き込んだカードを取り扱う [川喜田 70, 川喜田 86, 梅棹 69]。しかし、文字の代りに絵や図、写真などを用いる方法 [川喜田 70, 中山 77] もあり、これらを用いると直観的、感覚的な特長により創造的思考を促進し、多様な発想を得ることが期待できる。また、カードなどで構成された図解を指し示し口頭で説明することを推奨する意見がある [川喜田 70, 川喜田 86]。これは、聴覚と視覚の両方を駆使して受け手に情報を伝達できる優れた手法である。

そこで、本研究では、画像や音声などの特徴を考慮して、カード操作ツールに画像や音声などのマルチメディア情報を扱える機能を追加した。これは、マルチメディア技術の進歩により、コンピュータ上で画像や図表、音声といったマルチメディア情報が扱えるようになってきたため可能となった。

本章では、まず 3.2 節でカード操作に向けたマルチメディア情報の活用について考察し、3.3 節で、本研究と類似する研究との比較を行う。そして、3.4 節で、マルチメディア情報を扱えるカード操作ツールの設計を、3.5 節で、その実現について述べる。3.6 節では、今後の課題について述べ、総括する。

3.2 カード操作におけるマルチメディア情報の活用

3.2.1 絵や図の活用

カードによる情報管理技法では、人間の論理的思考だけでなく、直観や感覚的なものなどの非論理的な思考も重視するものが多い。そのため、絵による KJ 法 [川喜田 70] や NM 法 [中山 77] での絵の積極的な活用など、絵や図表といった直観的、感覚的なメディア情報を使用した手法が考案されている。

従来の KJ エディタでは、テキストという論理的なメディアしか扱うことができなかったが、画像や図形、音声といった直感的、感覚的なメディアも扱えるようになれば、創造的な思考を促進し、多様な発想が得られると考える。

具体的な利用としては、これを使用して絵による KJ 法や NM 法を行うことが挙げられる。

絵による KJ 法とは、絵やイラストが描かれたカードを用いて行う KJ 法である。KJ 法では、似かよったカードを集めるグループ編成作業において、情念で考えることが重要とされている。文献 [川喜田 70]「続・発想法」において、川喜田二郎氏は、理屈で考える方法を「理性で考える」と呼び、理性以外の考える能力を「情念で考える」と呼び、情念が先にたつて集めなければならないと論じている。絵による KJ 法では、絵の直感的な性質により、この情念で集めるというやり方を促進することができる。

一方、NM 法では絵を効果的に使用して組み合わせの直感的な発見を狙っている。文献 [中山 77]「NM 法のすべて」では、イメージが湧かないようなら絵を描いてみるのだと主張されており、同文献では NM 法のさまざまな段階において、イラストを数多く使用している。本ツールで図表や画像を扱えば、一層のアイデア創成が期待できる。

上記のほかに、絵や図の特徴を考えてみると、図表や画像は縮小しても内容をかなり把握できるという性質を持つという特徴がある。これに対し、テキストは縮小してゆくと、ある縮尺から途端に判読することができなくなる。このため、図表や画像によるカード操作は、概略表示など、画面を縮小した状態でも操作ができることが期待できる。

また、図表や画像とテキストとの関連付けには、概念を安定させる効果がある。例えば、図表や画像にテキストで適切な表札を付ける。図表や画像の解釈がかなり漠然としている場合に、表札を付けることで、解釈を定着させることができる。これには、視点が固定される危険性もあるが、多くの場合、思考の補助に役立つと考える。また、一度テキストにした概念を絵に書くことも、柔軟な発想につながろう。

3.2.2 音声の活用

音声には時間に基づく連続性がある。しかし、単純にカードなどの図式要素に音声を関係付ける方式では、音声を図式要素の単位で断片化され、時間による連続性が失われる。またこの方式では、ある流れに沿って複数の図式要素について口頭で説明するような場合、ユーザが図式要素ごとに録音操作をしなければならず、説明の流れを妨げることにもなりかねない。

そこで、音声の時間的な連続性を保ちながら、図式要素と関連付けを行う方式を考案し実現した。図 3.1 に概念図を示す。これは音声入力と同時に、カード操作の状況を記録し、後で再現する方式である。ユーザは、マウスによりカード操作を行いながら、任意の時点で発話を行う。実現上、カード操作の状況はログファイルとして記録され、発話した音声データは音声ファイルとして記録される。ログファイ

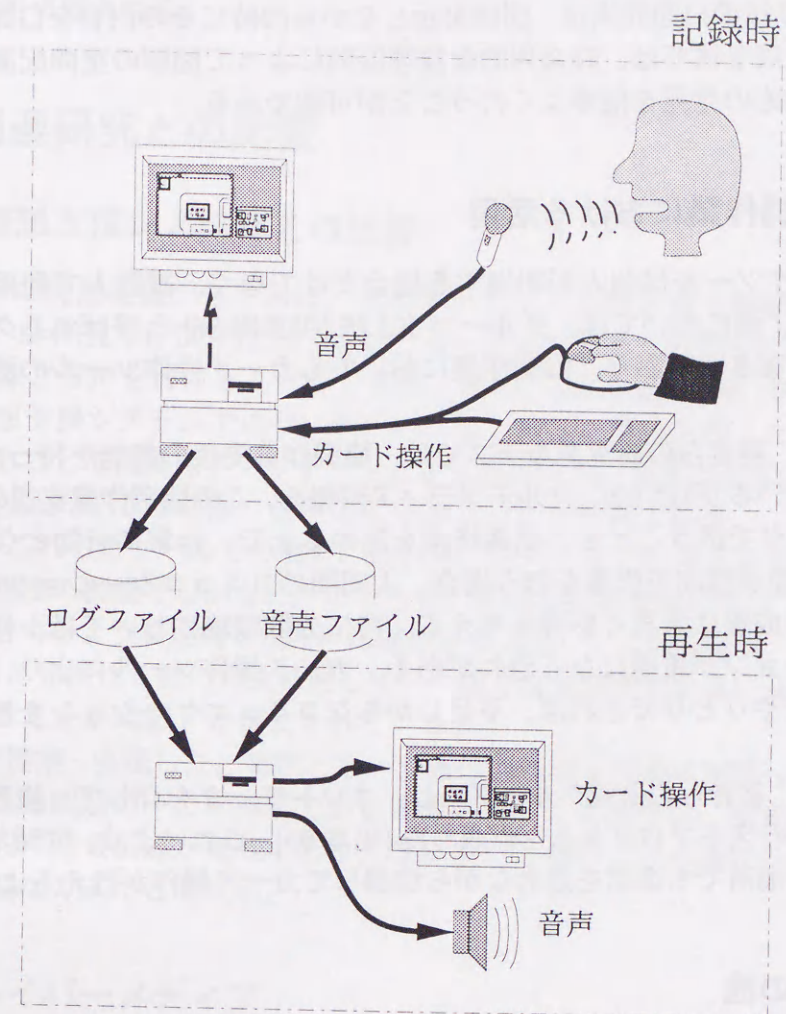


図 3.1: 音声録音を伴った、ログ記録と再生

ルには、ユーザがカード操作を行った際の時間と操作の内容が記録され、特定の時間の音声情報とその時点でのマウスポインタの位置が対応付けられる。再生はビデオ再生と同様に、カード操作の様子を画面に表示しつつ、同時に発した音声を再生する。

この方式は、音声による聴覚的情報とカード操作による視覚的情報を、受け手に同時に与える点が特徴である。この聴覚と視覚からの同期した刺激は、効率の良い情報伝達を助長すると考える。例えば、これを使用して、プレゼンテーションや KJ 法の口頭発表 (B' 型) [川喜田 70, 川喜田 86] を行うと効果的である。プレゼンター

ションでは、視覚と聴覚に同時に訴えることで受け手への意思伝達を効率よく行える。また、KJ法の口頭発表は、図解を示しながら同時にその内容を口頭で説明する手法である。同手法では、時系列的な論理展開によって図解の空間配置では見い出せなかった欠陥の発見を能率よく行うことが可能である。

3.2.3 協調作業における活用

カード操作ツールは個人が利用する場合だけでなく、複数人で利用する場合にも役立つ。KJ法においては、グループKJ法[川喜田86]と呼ばれるグループによるKJ法が考案されており、協調作業においてもカード操作ツールの活用が期待できる。

このため、著者らの研究グループでは、協調作業支援の機能を持ったKJエディタを開発している[河合92]。マルチメディア情報を、この協調作業支援の機能を持ったKJエディタで扱うことも、協調作業を進める上で、非常に有効となる。

複数の人間が協同で作業を行う場合、人間間のコミュニケーションの量と質が、作業の効率や成果に大きく影響を与える。特に分散環境においては、作業間でのコミュニケーションが希薄になる恐れがある。カード操作ツールにより、画像や音声を作業者間でやりとりできれば、不足しがちなコミュニケーションを補うことが可能となる。

このため、著者らの研究グループでは、ネットワークを介して、複数のユーザ間で音声会話が行えるプログラムを作成した[福本95]。これにより、同時刻に居合わせれば、離れた場所でも会話を進めながら協調してカード操作が行えるようになった。

3.2.4 その他

今日、コンピュータ上には、ソフトウェアによる数多くのアプリケーションが存在している。この一般のアプリケーションをKJエディタから利用できれば、KJエディタの利用範囲が広がる。特に、任意のアプリケーションが利用できるようなれば、KJエディタをユーザインタフェースのプラットフォームとして利用することができ、KJエディタの有用性が高まる。

このため、KJエディタ上のカードから任意のプログラムを起動できる機能を実現した。これにより、マルチメディア表現の多くをKJエディタを使って行うことができるようになる。例えば、動画の再生はKJエディタ自身では用意していないが、既に出回っている動画再生プログラムをカードから起動するように設定しておけば、カードを元に動画を再生できる。

また、この機能を使うと、マルチメディア表現以外でも、活用の場が広がる。例えば、ソフトウェア開発にKJエディタを使用する場合に、図解で記述した設計仕

様書の特定のカードから、開発しているソフトウェアのプロトタイプを起動するといったことが可能となる。

3.3 関連研究との比較

3.3.1 発想支援システムとの比較

いくつかの発想支援システムに、マルチメディア情報を扱う機能が備わっている。例えば、D-ABDUCTOR[三末94]は、カードに画像を、FISM/KJ[大内93]は、カードに画像と音声を付けることができる。また、IntelligentPad[長崎94]は、それ自体は発想支援システムではないが、パッドと呼ぶ、機能を持った視覚的物体を張り合わせることで高度なアプリケーションを作成でき、思考の支援に利用できる。このIntelligentPadでは画像や音声などを扱うことが可能である。

しかし、これらのツールでの音声の扱いは、カードなどの図式要素に音声情報を関係付ける程度の機能でしかない。このため、音声を図式要素の単位で断片化され、図解の説明をするような連続した音声の提示が行えない。この問題は、文献[三末94]でも、「全体を見渡せる図の利点に対して、一瞬では見聞きできない音声や動画をいかに組み合わせるかが問題」と言及されている。

本研究で提案・実現した、音声とカード操作の状況を同時に記録し、後で再生する方式は、この問題の一つの解答であると考えられる。この操作は、視覚と聴覚に同時に訴え効果的に情報伝達が可能であり、普段良く行われている操作のため、利用範囲が広い有益な方式だと考える。

3.3.2 ハイパーメディア

本研究で開発したKJエディタと同様にマルチメディア情報を扱うものとして、ハイパーメディアとの比較を行う。

ハイパーメディアとは、マルチメディア情報をノードとし、その任意のノード間にリンクを張り、全体としてネットワークを構成して、情報を取り扱う仕組みである。

空間の制約

ハイパーメディアは、任意のノード間に自由にリンクを張ることができるため、空間に捕らわれない柔軟な構造を構成できる。しかし逆に、人間が生活するうえで頼りにしている空間知覚の制約を取り去ることになり、不用意な複雑化を招き、理解の容易性を損なうという危険をはらんでいると考える。

Conklin は、文献 [Con87] でハイパーメディアが根本的に持つ欠点として、以下の2つの問題を挙げている。

1. 迷子問題 — 非線型構造の中で位置と方向の感覚を失う。
2. 認知的過負荷 — リンクを辿る際にノードの詳細について理解しないと先に進めない。

これらは、システムがユーザにハイパー構造の特定のノードだけしか示さないために、全体を捉え難くしていることが原因といえる。また、リンクが視覚的でないことから、ユーザがリンクの前後関係を記憶する必要が生じ、ユーザの認知的負担となる。これは、ハイパーメディアが不連続、つまり離散的な側面を持つためである。

これらの問題は、WWW(World Wide Web)[Kro94]とそれを利用するMosaicやNetscapeなどのブラウザの普及により深刻化してきている。インターネット上では、地球規模の非常な複雑なWWWのネットワークが構成されているためである。

そこで、これらの問題を克服するために、ナビゲーション機能やブラウザに関する研究がさかんに行われている [UY89]。しかし、ハイパー構造の規模が大きくなり、リンク数が多く複雑な構造になれば、ブラウザが空間上に情報を提示するのが困難となり、全体像をつかむことがほぼ不可能になる。

これに対し、KJエディタのような空間配置による情報管理は、空間の連続性によりユーザの認知的負担が少なく、また、全体像の把握が容易になる。但し、コンピュータ上で実現する場合、前述した一覧性の問題が生じる。

さらに著者は、空間上の物理的制約が、構造の複雑さを適度に規定し、理解の容易さを保つ効果があると考え。平面上にカードを配置する際には、空間上の制約により、ある程度の関連付けしか行うことができない。しかし、逆にこの制約により、人間は重要で本質的となる構造をつかもうと努力するようになる。そして、対象の本質をつかんだ成果は、骨格があり見通しのよいものとなり、本人にとっても他人にとっても理解しやすいものとなると考えている。

思考支援の有効性

思考支援の面から見ると、ハイパーメディアの意味的に関連付けられた構造は、脳の記憶構造に対応しており、これにより発想支援を行えるという考えがある [Nie90]。

しかし、対象が漠然としていて、全体の構造がはっきりと把握できない状況では、関連によって構造を構成する機能があっても、思考の手助けになるとは考え難い。これは、意味的関連は、人間の側が見い出して初めて生み出されるものであり、コンピュータが生み出すものではないと考えるからである。また、一度整理された情報でも、分解し、まとめ直す作業を行うことにより、異なった視点からの発想を

生む効果も期待できる。このような用途には、情報の分解や組立てが簡単にできることが重要で、また、情報の全体を人間が容易にとらえなければならない。しかし、現状のハイパーメディアのブラウジング能力では、うまく全体をとらえることが困難で、また、情報の分解や組立ての操作が容易であるとはいえない。

本メタファとの比較

ハイパーメディアの迷子問題や認知的過負荷を解決するために、本のメタファを利用するシステムが数多く存在する。OpenBook [市村93]はその1つで、本という人間のなじみ深いメディアになぞらえ、ページめくり機能をそなえて本の利点を生かしている。

著者は、現実世界で本を使用したり、机上でカード操作をするのと同様に、本メタファのシステムとKJエディタには、それぞれに向いた用途があると考え。本メタファは、考えがある程度まとまった段階では有効であるが、情報の分解や組み立てが頻繁に起るような初期の段階で用いる場合、カード操作ツールのほうが適していると考え。

3.4 マルチメディア情報向けカード操作ツール PAN/KJ の設計

KJエディタでマルチメディア情報を扱うための基盤設計について述べる。従来のKJエディタの拡張版であるPAN/KJは、オブジェクト指向に基づいて設計し、C++言語で記述した。PAN/KJの基盤であるPANは、以下の方針に基づいて設計した。

- 図式エディタ PAN での共通基盤であること

KJエディタは、我々の研究グループで開発されている図式エディタ PAN の一つである。PANは、ほかにHCPチャートエディタ、オブジェクト指向分析/設計支援ツールが既に開発されている。本基盤はKJエディタだけでなく、これらのエディタに対する共通基盤として十分でなければならない。

- マルチメディア情報をうまく扱えること

KJエディタでは、マルチメディア情報を、カードや関係線、グループ線といった図式要素に結合して扱う。この結合をうまく行う機能が必要である。

3.4.1 PAN/KJの管理モデル

PAN/KJでは、カードや関係線やグループ線といった、図解の個々の要素と画像や図形、音声といったマルチメディア情報をItemと呼ぶ1つのオブジェクトとして実現する。そして、これらの間を「保持する-される」という関係で階層構造を構成し、図解を管理する。

Itemのあらまし

PAN/KJでは、ユーザが操作する個々の対象をItemと定義する。Itemは、テキストや画像といった個々のメディア情報から、机といった多数の情報の集合体であるものまでさまざまである。

ItemはSubjectItem, Media, Deskの3つに大きく分けられる。以下、それぞれについて説明する。

• SubjectItem

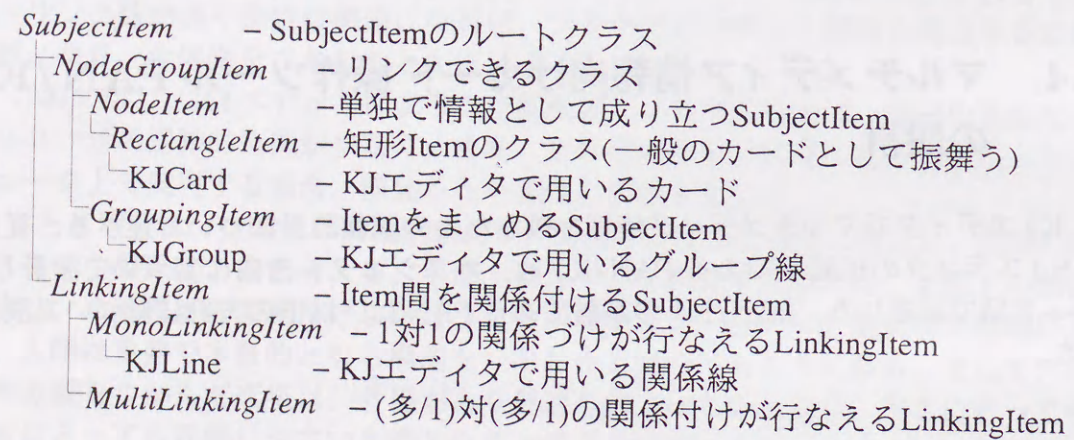


図 3.2: SubjectItem のクラス階層

SubjectItemは、PAN/KJ内で操作の主要な役割を果たすもので、カード、関係線、グループ線の三つがある。また、PANの他のアプリケーションでは、それぞれのアプリケーションに特有のSubjectItemが定義される。

• Media

Mediaは、一般に個々のメディア情報に対応するItemで、原則的にはPANのすべてのアプリケーションで共通に使用できる。例えば、画像メディアに対

3.4. マルチメディア情報向けカード操作ツールPAN/KJの設計

応するImageMediaは、KJエディタでもHCPチャートエディタでも使用することができる。

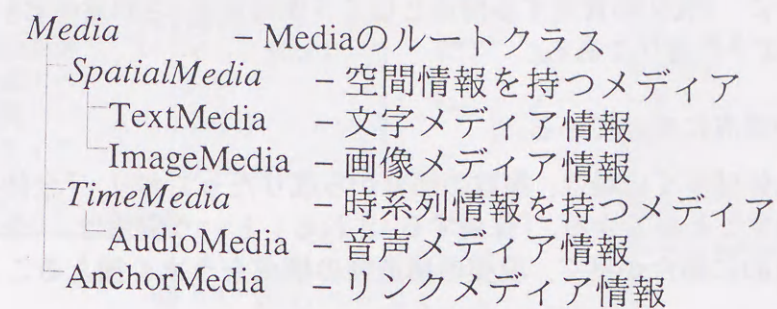


図 3.3: Media のクラス階層

Mediaは、現在、以下の4つが用意されている。

- TextMedia — テキスト情報を扱うメディア。基本的に、線型構造を持つ。
- ImageMedia — 画像を扱うメディア。二次元空間上にピクセルで構成された画像データを持つ。X Window Systemのビットマップ形式とGIF形式が扱える。
- AudioMedia — 音声を扱うメディア。音声情報(一次元)を持つ。
- AnchorMedia — 何らかの情報にリンクするメディア。図解(PANファイル)、インターネット上の情報(URL)、スクリプト(プログラム)のいずれかへのリンクを保持する。

• Desk

DeskはItemとしては特殊な存在とみなし、SubjectItemでもMediaでもなく、PANを総括するものとして定義する。

Item間の構造

PAN/KJは、空間上にカード、関係線、グループ線といったItemを配置することで操作を行う。関係線は2つのカードあるいはグループの間に関連付けを行い、グループ線はグループ線内にあるカードやグループをまとめることができる。これらの関係は、全体として階層構造を形成することになる。

これに対し、マルチメディア情報を扱うために、上記の構造とは別に、「保持する-される」という関係に基づいた構造を定義し、PANが構造を管理するようにした。この「保持する-される」という関係は、PAN上でユーザが操作する対象の構

造をそのまま反映すればよい。例えば、カードに文書が書かれている場合、カードは文書を「保持する」という関係にすればよい。また、これは同時に文書はカードに「保持される」という関係にもなる。

以上のように、PANが管理する構造として「保持する-される」という関係を使用した理由は以下の通りである。

1. 構造物の構成に向いている。

現実の物体は多くの場合、複数の部分から成りたっており、「全体-部分」の関係で、表すことができる。「保持する-される」という関係は、「全体-部分」関係を扱うのに都合が良く、現実の構造物の構成をうまく捕えることができる。

2. 木構造となり、管理が容易になる。

すべてのItemを探索することや、任意のItemが管理する必要のあるItem群を容易に検索できる。

3. 画面描画の順序に対応させることができる。

「保持する-される」といった関係を使うと、Item間の上下の重なり関係をそのまま反映させることができ、画面描画に使用できる。

これらの構造は、それぞれのItem Aが保持しているItem Bへのポインタと、Item Aを保持しているItem Cへのポインタを持つことで実現される。Bは任意個存在するので、ポインタの集合として扱う。Cは必ず1つである。したがって、全体の構造は網構造にはならず、木構造となる(図3.4)。

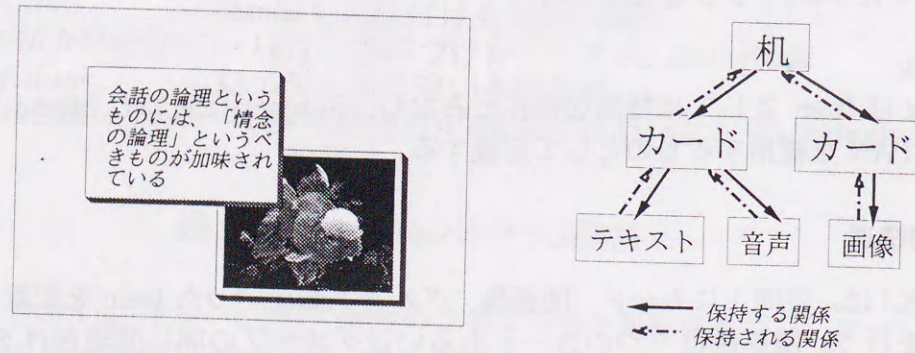


図 3.4: Item の階層構造

Item A が保持している Item B へのポインタの集合は、ItemSet というクラスで定義され、Item の属性として定義されている。ItemSet は、要素として Item へ

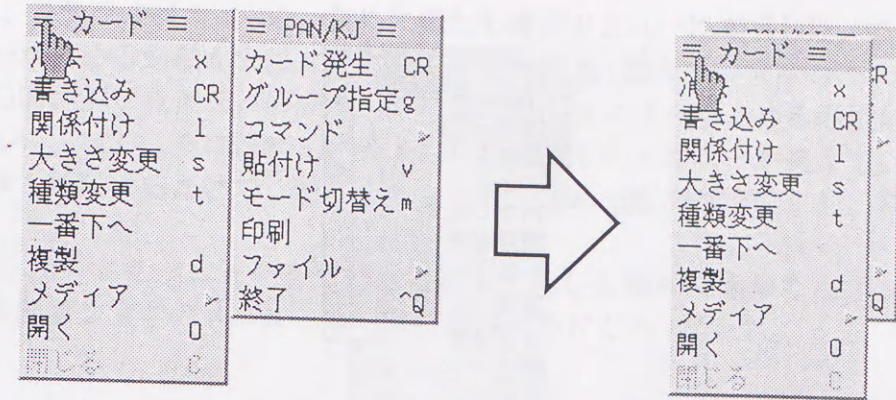


図 3.5: 斜めに並ぶメニューへの改良

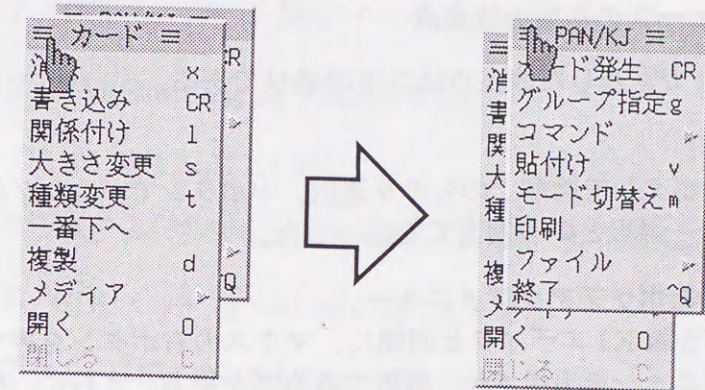


図 3.6: 斜めに並ぶメニューでの前後関係の切り換え

のポインタを持つ集合として振舞う。また、集合としての機能は、そのまま集合を示すクラス Set から継承されている。

3.4.2 ユーザインタフェースの設計

カード操作ツールにマルチメディア情報を扱う機能を加えたことで、多種の情報に対する多種の操作が必要となる。それらの操作の複雑性を解消するために、ユーザインタフェースを改良した。

本節では、まず、著者の修士論文 [大見 93] に著したユーザインタフェースの改良について軽く触れ、その後、さらに改良した点について説明する。

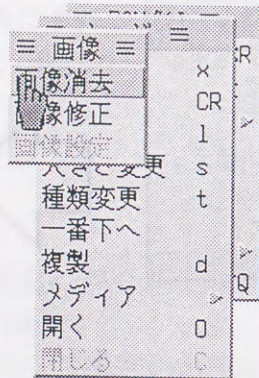


図 3.7: カードメニューに画像や文字のメニューが付属

ユーザインタフェースの初期の改良点

文献 [大見 93] で言及した改良点は以下の通りである。

- **マウス操作**

マウスの左ボタンで図解上のものを選択、中ボタンでパニングの解除、右ボタンでメニュー選択という割当てで統一した。

- **対象に応じたポップアップメニュー**

従来の EWS 版 KJ エディタと同様に、マウスの右ボタンを押すことで、ポップアップメニューを出現させ、選択する方式を取る。さらに、指し示した図解要素に応じたメニューを出すようにした。つまり、カード上でボタンを押すとカードのメニュー、関係線上なら関係線のメニュー、机上なら机のメニューが出現するようにした。これにより、対象にかかわる項目だけをメニューに出すことができ選択肢を減らすことが可能になった。

- **ラテラルメニュー**

システムメニュー (机のメニュー) が、ユーザが開いたポップアップメニューの横に出現するようにした。これは、カードが重なりながら広がっていて、机が見えている場所にポインタを移動するのが面倒な場合を考慮した機構である。

- **メニューの階層化**

メニューで一度に提示される項目数を減らすために、階層化を行った。

メニューの改良

上記の改良に加え、以下の改良を行った。

3.5. マルチメディア情報向けカード操作ツールの実現

まず、ラテラルメニューを、斜めに重ねて並ぶメニューに変更した。これにより、メニューが占める面積を大幅に減らすことができた (図 3.5 参照)。メニューを開くと、その間図解が見えない部分が出てくるため、メニューが占める面積は狭いほうが好ましい。なお、奥に隠れているメニューは、そのメニューが見えている部分にポインタを移動するだけで、前に出すことができる (図 3.6 参照) ため、容易に選択できる。

また、カードのメニューを開いたときに、指した場所に画像や文字などがあれば、その画像や文字のメニューも同時に開くようにした (図 3.7)。

3.5 マルチメディア情報向けカード操作ツールの実現

3.5.1 開発環境

マルチメディア情報向けカード操作ツール PAN/KJ は以下の環境で開発した。

- CPU: SUN SPARCstation, 32~64MB RAM
- OS: SUN OS 4.1.3U1 JLE 1.1.3U1
- ウィンドウシステム: X Window System Version 11 Release 5
- 言語処理系: GNU C++ (g++) version 2.5.8 以上
- 使用ライブラリ: GNU C++ Library (libg++) version 2.5 以上
Tcl 7.3/Tk 3.6 (日本語化バージョン)

また、SGI Indy (OS: IRIX 5.2)、IBM-PC 互換機 (OS: Linux 1.3.12) の各環境での動作も確認している。但し、Linux については音声の扱いには対応していない。

3.5.2 システム構成

図 3.8 に、実行例を示す。

図 3.9 に PAN/KJ のシステム構成を示す。

PAN では、画面の構成やユーザインタフェースの構築のために X Window System 上で動作するツールキット Tcl/Tk [Ous90] を使用している。Tcl/Tk は、プログラミング言語 Tcl と、Tcl により記述できるツールキット Tk との組み合わせである。

カードや関係線のような図解の構成要素や図解全体に対応する机は、それぞれが C++ のオブジェクトであり、それらは、2 つの View (ローカル画面とユニバーサル画面) に表示される。この 2 つの View の表示は Tk のウィジェットを用いて行って

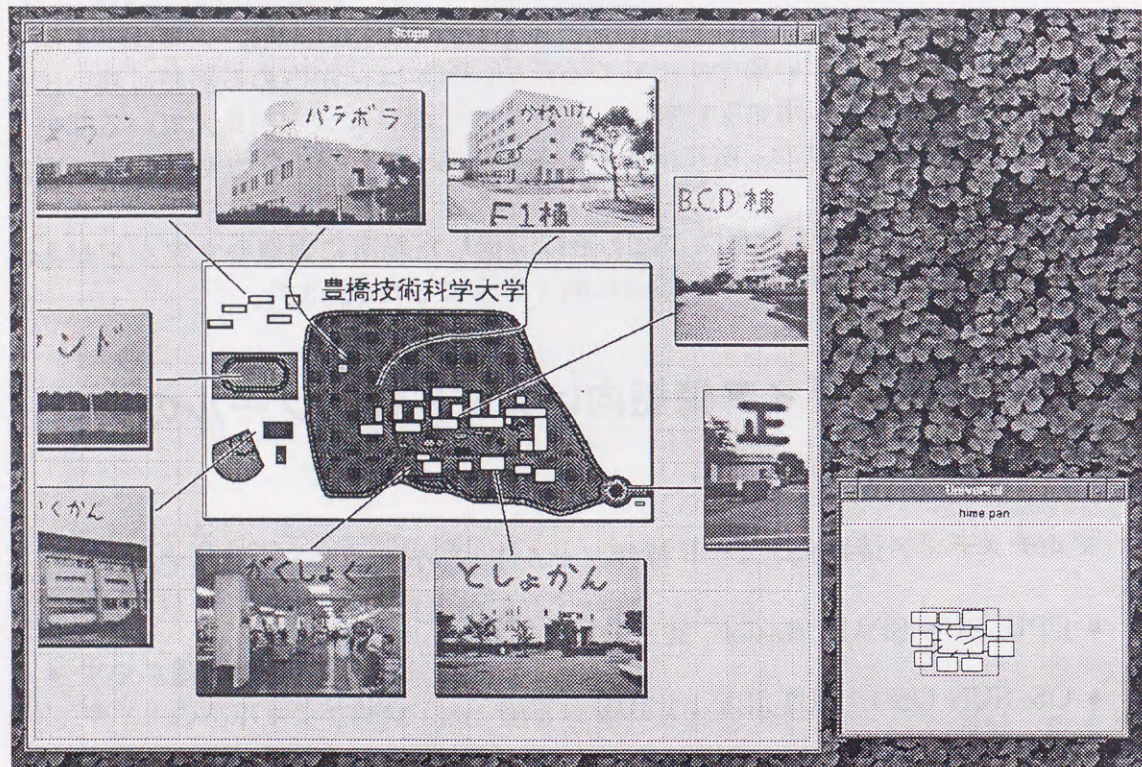


図 3.8: マルチメディア情報向けカード操作ツールの実行例

いる。このため、図 3.9 に示すように、C++ プログラムと Tcl スクリプトの間で相互に呼び合う構成となっている。なお、C++ プログラムと Tcl スクリプト間の呼び出しには、Objectify[Chr93] を使用している。

PAN の開発環境に Tcl/Tk を採用した理由は以下の通りである。

- 非常に簡便な言語により記述できる
Tcl はコマンド形式の、非常に簡単で分かりやすい言語体系となっており、開発者が容易に記述できるようになっている。
- インタプリタであり漸進的な開発に向いている
ソースコードを修正するだけで、即座に動作を確認できるため、試行錯誤を頻繁に繰り返す、プロトタイピングに向いている。カード操作ツールの開発ではユーザインタフェースの開発が大きな比重を占めるため、プログラミングの開発効率が重要な要件となる。
- 強力な画面描画機能が用意されている

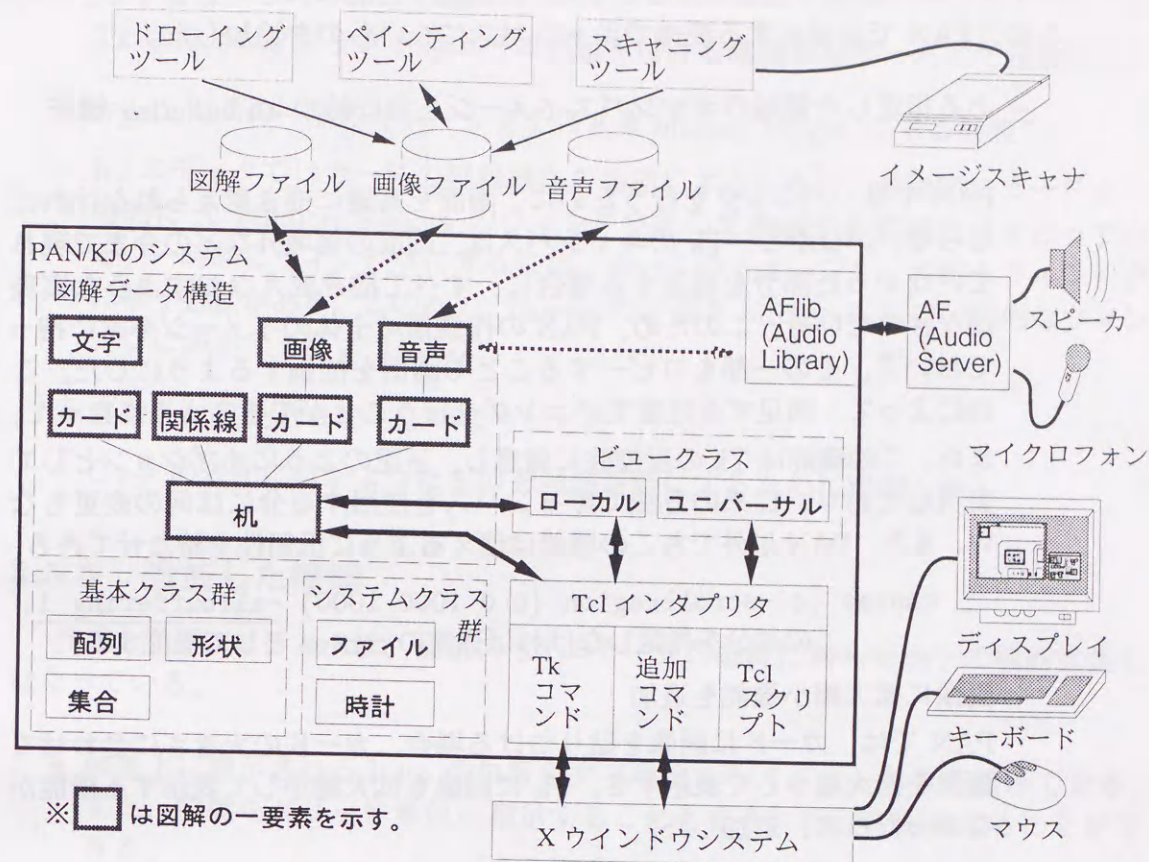


図 3.9: PAN/KJ のシステム構成

ツールキット Tk は、非常に豊富な機能を揃えており、大部分の GUI アプリケーションの記述が機能的に可能である。PAN の開発にも十分対応可能である。

しかし、Tcl がインタプリタであることや、ツールキット Tk の実現方法から、カード操作ツールを実現するにあたり、速度面や機能面で不十分な点があった。このため、Tcl/Tk のソースにいくつかの修正、改良を行った。その内容は以下の通りである。

- キャンバスの機能拡張

キャンバスは、Tk において、二次元空間に図形を置くことができるウィジェットである。PAN では、このキャンバスをベースにして画面を構成するため、

キャンバスの機能や性能の良否が PAN の機能や性能に大きく影響する。このため、PAN で必要とする要件でキャンバスにないものを追加した。

— ある指定した領域のキャンバスイメージを常に持つ all-buffering 機能

PAN では、パニングを行うために、画面を高速に描き換えられなければならない。しかし、Tk のキャンバスは、画面の領域外などの今まで現れていなかった部分を描画する場合に、すべて描き換えなおすような実現がなされている。このため、PAN の作業領域全体のイメージを常に持つておいて、その一部をコピーすることで画面を描画するようにした。これによって、満足する速度でパニングを行うことができるようになった。また、この機能は Tk の互換性に留意し、下記のようにオプションとして実現しており、従来の方法でキャンバスを使用する分には何の変更もない。また、PAN 以外でもこの機能は使えるように汎用性を持たせてある。

```
canvas .c -scrollregion {0 0 1000 1000} -allbuffering 1
_____の部分指定しなければ通常の canvas として機能する。
```

— 画像に拡大縮小機能を追加

PAN では、カードに画像を貼りつける場合、カードの大きさに合わせて画像を拡大縮小して表示する。Tk に画像を拡大縮小して表示する機能がなかったため、追加した。

● マウスの移動イベントを高速に発生する改良

パニングの際に、SUN SPARCstation IPX 程度のマシンでは、マウスの移動イベントが発生する間隔が長すぎ、満足のいく応答速度が得られなかった。このため、イベント処理のプログラム中に、マウスポインタの位置を問い合わせ、前の位置と比べて変化していれば、擬似的なイベントを生成するようにした。この修正により、頻繁にマウスポインタ移動のイベントが発生するようになり、円滑なパニング操作が行えるようになった。

この機能も下記のように、Tk のオプションとして実現されており、従来の Tk の用法には何の影響も及ぼさないようにしている。

```
grab          ← 通常のグラビング操作
grab -pan     ← 改良を施したグラビング操作
```

● ポインタを強制的に移動する機能

パニングの際に、ポインタをローカル画面内に移動する必要があるため追加した。

3.5. マルチメディア情報向けカード操作ツールの実現

● メニューに表題を付ける機能

Tk にはポップアップメニューに表題を付ける機能がなかったので追加した。

● キャンバスの一部のイメージをそのまま bitmap widget にする機能

KJ エディタではカードの移動操作を高速にするために、移動時にカードを一時的に X Window System のウィンドウとして表示する実現方式をとっている。一時的にウィンドウにするには、カードのイメージを一時的なウィンドウに移す必要がある。このため、canvas の一部を bitmap にして一時的なウィンドウに表示できるようにした。

● 変数名に ':' を含めてもよいようにした

C++ の表記に似かよったものを記述可能にするために追加した。

3.5.3 追加した機能

作成した KJ エディタは、従来の KJ エディタの機能に加えて以下の機能拡張を行なっている。

● 画面上に表示される Item の位置を文字単位でなくドット単位で指示できる。また、位置をグリッド単位に指示することもでき、相互に切替えることができる。

● カードに画像が付けられる。

任意の大きさの二値画像、あるいは 256 色までのカラー画像が扱える。ファイルの入出力は X Window System のビットマップファイル形式と GIF 形式に対応する。また、画像はカードの大きさに合わせて拡大、縮小される。画像の内容の修正は、メニューの「書き込み」を選択して、既存のペインティングツール (初期値は xpaint) を開く必要がある。

● カードに音声が付けれられる。

ある音声ファイルに記録されている音声データを再生することができる。また、音声ファイルに音声を録音することも可能である。但し、一枚のカードに付けられる音声は一つに限定している。

● PAN/KJ の操作と音声を同時に記録し、後でそれらを同期させて再生できる。

PAN/KJ のロギング機能による操作の記録と音声 (マイクからの入力) を同時に記録できる。また、それらを後で同期させて再生できる。

- 組み込みのテキストエディタを用意。
従来の KJ エディタは、テキストを編集する際には、Emacs などの一般のテキストエディタを編集する都度起動して使用していた。組み込みのエディタを用意することで、エディタ起動の待ち時間が、従来数秒かかっていたものを、0.1 秒以内と、大幅に短縮できた。
また、従来通り一般のエディタを利用して編集を行う機能も残している。
- テキストをすべてカードの領域に表示しきれない場合に警告を表示する。
従来はテキストがすべてカードに表示されているかを、ユーザが直接見ることができなかった。そこで、すべて表示されない場合には、カードの下の部分にオーバフローを示す警告線を表示するようにした。
- カードの種類を設けた。
従来の KJ エディタでは、カードは一種類のみであった。これを、4 種類のなかから選択できるようにした。また、カードの色とカードの縁の色を選択できるようにした。
- 関係線とグループ線の種類を増やした。
従来の KJ エディタでは、関係線 7 種類、グループ線 2 種類であった。これを、関係線 20 種類 (矢印の種類 5 種、線の種類 4 種の組み合わせ)、グループ線 4 種類にした。また、表示色を選択できるようにした。
- 指示する Item に応じたポップアップメニューを開く。(3.4.2 節参照)
- カードからプログラムを実行できるようにした。
カードに「開く」という操作をすると、あらかじめ指定しておいたプログラムを実行できるようにした。これにより、PAN の機能としてサポートしていない、動画像を再生したり、任意のプログラムを起動することができるようになった。

3.5.4 マルチメディア情報の扱い

現在扱うことのできるマルチメディア情報の種類は以下の通りである。

- TextMedia — EUC-JIS コードによる文字列を表示可能。フォントのサイズは 3 種類から選択できる。文字列の編集は、組み込みのテキストエディタを使用する。また、ツール上から、既存のテキストエディタ (例えば nemacs) を起動して編集することも可能である。

- ImageMedia — X-Window System におけるビットマップ (二値画像) 形式と GIF 形式のみを表示することが可能である。画像の編集は、既存のペインティングツールを PAN から起動して行う。
- AudioMedia — AudioFile[LPG+93] 形式のファイル (サンプリング周波数 8kHz, 8 ビット μ -law) を再生、録音可能。

3.6 まとめ

カード操作ツール KJ エディタでマルチメディア情報を有効に扱うための活用方法と、マルチメディア情報を扱うカード操作ツールの設計と実現について述べた。

今後の課題としては、協調作業支援環境の充実が挙げられる。現在はマルチメディア情報を扱うカード操作ツールと、複数人で同時に同一の図解を操作できるカード操作ツールは、同一の基盤上で動作しているが、複数人で利用する場合に、マルチメディア情報をやりとりできる機能は実現されていない。この機能については、マルチメディア情報のやりとりに関するプロトコルを設定し、今後実現する予定である。

また、分散環境で音声会話をするプログラムは実現されているが、単独のアプリケーションとして実現されており、その場で使う用途には満足して使えても、それを記録する機能は、まだ不十分である。現状では、会話の録音機能があっても、それ単独で記録され、カード操作ツールの操作記録 (ログ) と同期して記録されるようにはなっていない。このため、後で会話とカード操作ツールの操作とを同期して再生できない。したがって、音声会話プログラムとカード操作ツールで、同期を取る仕組みを設け、同期して記録できるようにする予定である。

第 4 章

協調作業支援

4.1 はじめに

最近、コンピュータ・ネットワークを利用して、グループによる知的作業を支援することを目的とした発想支援ツールの研究が盛んである [國藤 89, 宗森 94, SFB+87, 三末 94]。その中で、著者らの研究グループでは、個人向けカード操作ツールを拡張し、複数のユーザが協調してカード操作を行えるようにしたネットワーク版カード操作ツール KJ エディタを開発している [河合 92]。

本章では、文献 [河合 92] で述べたネットワーク版 KJ エディタを用いた協調作業実験について、コミュニケーション手段の違いが作業に与えた影響について分析する。実験は、同じ部屋でグループが同一の図解を見て編集を行った同期対面型のもの、離れた場所で同一の図解を見て編集を行った同期分散型のものを行った。この 2 つをそれぞれ、声によるコミュニケーションと KJ エディタ、文字によるコミュニケーションと KJ エディタを併用した作業としてとらえ、それらの違いを比較した。そして、図解を指示する操作は、特に顕著な差が見られたので詳細に比較した。

4.2 節ではネットワーク版 KJ エディタについて説明し、4.3 節でその評価実験について述べる。4.4 節では実験の結果について述べ、その評価を行う。

4.2 ネットワーク版 KJ エディタの機能

ネットワーク版 KJ エディタは、個人向け KJ エディタを拡張し、複数のユーザが協調してカード操作を行えるようにしたものである。図 4.1 に実行例を示す。

ネットワーク版 KJ エディタは、協調作業員全員が、一つの机を囲んで、その机上でカード操作を進めていく状況を、コンピュータ上にシミュレートし、支援することを目的とする。このため、ネットワーク版 KJ エディタでは、常にすべてのユーザが同じ図解を見ているようにする。すなわち、いわゆる WYSIWIS (What You See Is What I See) [SFB+87] にのっとった画面表示を行うようにした。これにより、すべてのユーザが共通の図解を理解・納得できるように、互いにまったく同じ表示画面を見られ、図解に対するすべての操作を画面を通して見ることが出来る。

ネットワーク版 KJ エディタでは、一つの図解を複数人で同時に編集、操作する

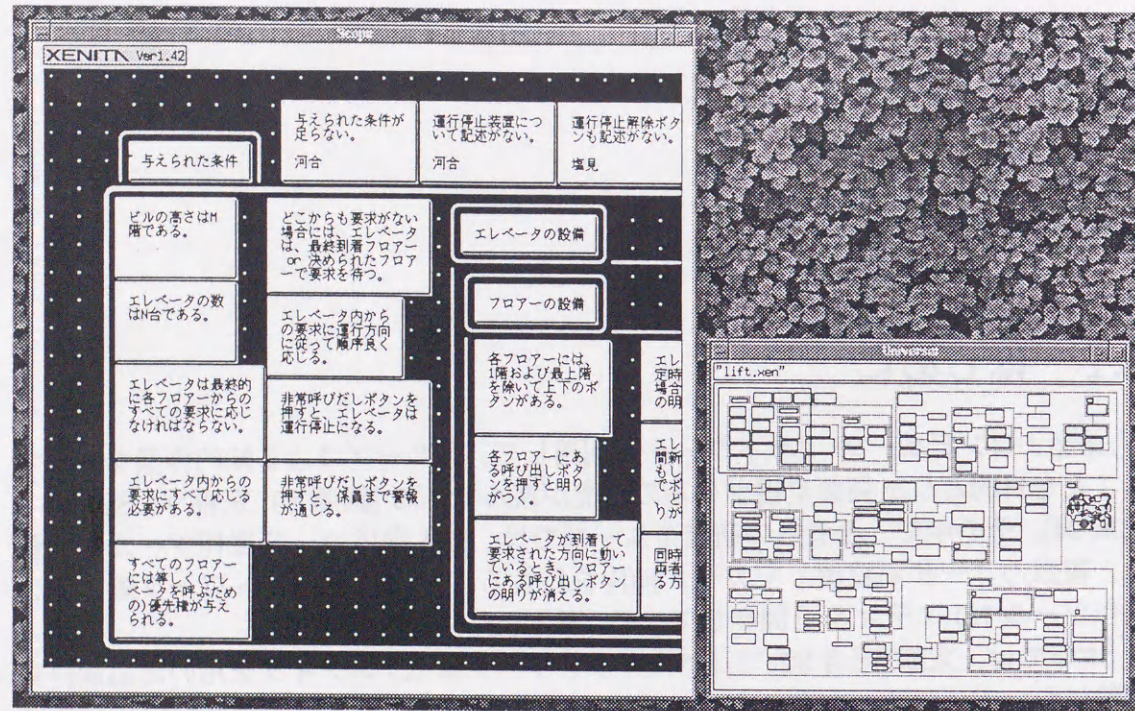


図 4.1: ネットワーク版 KJ エディタの実行例

わけであるが、まったく同時に複数のユーザが一つの図解を編集し始めると、カードをつかみあたり会議の論点がばらばらになったりして秩序のないものになってしまう恐れがある。

そこで、協調作業の秩序を乱さないためにカード操作の「優先権」を導入する。これは、優先権保持者のみがその時点で独占的に図解に操作でき、それ以外のユーザは、優先権保持者の行動(図解への操作)を画面上で確認するというものである。この作業は、優先権保持者が優先権を放棄するまで続けられる。

4.3 KJ エディタの評価実験

ネットワーク版 KJ エディタを用いて、グループでソフトウェアの要求分析作業を行うことで実験を行った。なお、使用した KJ エディタは、3で述べた PAN/KJ ではなく、以前の版のものである。KJ エディタは、KJ 法だけではなく、カードを用いたさまざまな知的作業に利用することができる。このため、実験では、特定の的方法論にこだわらずにカードを用いて要求分析作業を行った。

実験の題材には、要求仕様化問題としてよく用いられる「エレベータ管理ロジックの設計」[Dav87]を用いた。その内容の一部を以下に引用する。

4.3. KJ エディタの評価実験

m 階の高さのビルに n 台のエレベータシステムが備え付けられている。エレベータとその制御装置はメーカーによって供給される。これらの内部機械装置が与えられたと仮定する。問題は、以下のような制約に従ってフロア間でエレベータを運転するためのロジックについてである(以下、制約条件が続く)。

本実験の被験者は4名(以下 A,B,C,D とする)で、いずれもプログラミング経験は豊富である。被験者 A は、ネットワーク版 KJ エディタ開発者の1人で、同ツールをよく理解している。ほかの被験者は個人向け KJ エディタをよく利用しているがネットワーク版は今回の実験で初めて使用する。

Tatar らは、ソフトウェアシステムの評価のための実験の場合、被験者がそのシステムに対してあらかじめ多くの知識を持っている場合、実験結果に悪影響を与えることがあると指摘している。そして、コンピュータ環境には慣れているが、評価対象システムについては初心者である被験者を選んで実験を行い、有益な結果を得た例を報告している [TFB91]。こうした観点から、本実験では上述のような被験者構成をとった。

あらかじめ被験者 A は、個人向け KJ エディタを用いて、題材に対する要求分析を行い、一枚の図解として要求仕様(案)を作成した。本実験は、この要求仕様に関するレビューを、ネットワーク版 KJ エディタを用いて、被験者4名と行なうという形式で進めた。

実験作業は以下の2種類の様式を1回ずつ行った¹。以下、ネットワーク版 KJ エディタのことを単に KJ エディタと呼ぶことにする。

(同期) 対面型実験

被験者4名が1つの部屋に集まり4台のコンピュータを用いて作業を行った。KJ エディタを用いるほかに、声やジェスチャによる被験者間のコミュニケーションが行なわれた。但し、被験者は、図 4.2 で示す位置に座席したため、後ろにいる者は前にいる者のジェスチャを見ることができたが、前にいる者が後ろを振り向いて、後ろの者のジェスチャを見ることはほとんどなかった。また、ジェスチャ自体の量が少なかったことから、ほとんどのコミュニケーションは声によって行われたとみなすことができる。

¹対面型、分散型という順序で行ったため、分散型の結果には対面型の学習効果が影響している可能性があるが、本論文の考察では考慮していない。学習効果の検討には、今後、実験の回数を重ねる必要がある。

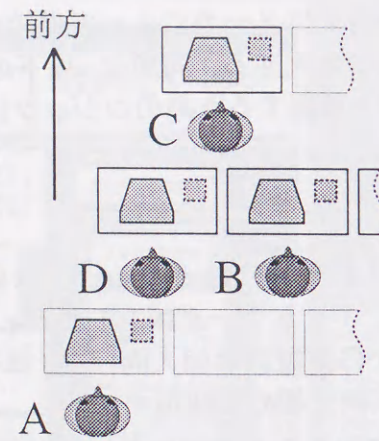


図 4.2: 対面型実験での被験者の座席位置

(同期) 分散型実験

対面型実験と同一の4名の被験者が、別々の部屋で、4台のコンピュータを用いて行なった。KJエディタを用いるほかに、チャットプログラム GNU IRC を用いて文字のみによるコミュニケーションが行われた。

実験中に行われたKJエディタ上のすべての操作は、ログ情報として記録した。このログ情報には、それぞれの操作を行った時間が100分の1秒単位で記録されており、KJエディタ上でのすべての操作をほぼ完全に再生することができる。また、ログ情報を解析することにより、それぞれの操作の回数や操作に要した時間などの細かなデータを得ることができる。

このログデータに加え、対面型実験では、声などによるコミュニケーションを記録するために、VTRを用いた。また、分散型実験では、IRC上に行われたすべてのやり取り(発言)をその時間情報とともにファイルに記録した。

4.4 実験結果と評価

4.4.1 評価の方針

上述した実験については、文献[河合92]で既に評価を行っているが、文献[河合92]では実験中の発言数とKJエディタの操作数を示し、その他得られた結果を定性的に述べるに留まっている。

これに対して、本論文では、対面型実験と分散型実験を、それぞれ声を用いたコミュニケーションとKJエディタ、文字を用いたコミュニケーションとKJエディタ

表 4.1: 発言数の累計

実験	A	B	C	D	合計
同期対面型	166	269	134	56	625
同期分散型	127	148	47	37	359

を併用した作業としてとらえ、その違いを図解の指示操作を中心に詳しく調べた。

多くの研究により、グループで問題解決や意思決定を行うために、さまざまなコミュニケーションリンクを用いた際には、音声リンクの有無が効率に大きく影響し、ほかの文字やジェスチャなどのコミュニケーションの有無は効率にさほど影響がないことが確かめられている[COPW72, OC74, OC89]。前章で述べたように、対面型実験で行なわれたコミュニケーションは、大多数が声によって行われた。このことから、この対面型実験を、カード操作ツールと音声を用いて協調作業を行った実験とみなすこととし、ジェスチャなどによる影響はほとんどなかったものとして無視することにする。

4.4.2 実験の経過と結果

KJエディタを用いた要求仕様のレビュー作業は、おおむね以下のような手順で進められた。

1. 要求仕様作成者(被験者A)が優先権を取る。
2. あらかじめ作成した図解を説明する。
3. レビュー参加者(ほかの被験者)からの質問などがあれば論議する。
4. 異なる意見や指摘がある場合、優先権を取って図解を書き変える。

表4.1は、実験中に行われた発言を、VTRならびにIRCの記録から抽出し、被験者別に集計したものである。また、表4.2は、実験中に行われたKJエディタ上の基本的な操作をログデータから抽出し、被験者別に集計したものである²。

なお、2つの実験の作業時間は、対面型が97分間、分散型が100分間であった。2つの実験の作業時間はほぼ同じだが、両実験で同一の課題を与えてはいないため、それぞれの作業量は異なる。以下の考察では、両実験について、単位時間当りの発言数や作業量の違いについて考察する。

²文献[河合92]とは数値が異なっている。これは、指示操作について詳しく調べるために、発言や操作の単位を細分化したためである。

表 4.2: KJ エディタの操作数の累計

操作	同期対面型					同期分散型				
	A	B	C	D	合計	A	B	C	D	合計
優先権を獲得	13	13	0	4	30	20	10	0	3	33
優先権を放棄	12	12	0	3	27	19	10	0	3	32
優先権を要求	3	7	1	3	14	1	0	0	0	1
パニング	24	12	0	1	37	18	2	0	1	21
文書を指示	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0
カードを指示	83	11	0	9	103	20	1	0	3	24
カードをピックアップ	0	5	0	0	5	5	0	0	0	5
カードを移動	1	4	0	0	5	5	11	0	0	16
カードに書き込み	0	2	0	0	2	4	0	0	0	4
カードをコピー	0	1	0	0	1	3	0	0	0	3
カードを消去	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
カードを発生	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1
カードの大きさ変更	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
グループを指示	4	8	0	0	12	6	0	0	0	6
グループをピックアップ	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
グループを移動	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
グループ化	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
グループの消去	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
関係線を指示	0	8	0	0	8	0	0	0	0	0
関係線を消去	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
関係線を引く	0	2	0	1	3	1	0	0	0	1
関係線を修正	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
空白を指示	0	1	0	3	4	0	0	0	0	0
その他	1	1	0	1	3	4	0	0	0	4
合計	141	95	1	26	263	111	35	0	10	156

まず、表 4.1を見ると、発言数は対面型のほうが分散型よりも多い(1.74 対 1)。これは、音声によるコミュニケーションが文字よりも時間あたりに多くの発言ができるからで、文献 [COPW72, OC74, OC89] の結果とも合致している。また、チャットを使った文字によるコミュニケーションは日本語によって行われたため、仮名漢字変換による効率の低下も影響していると考えられる。

表 4.2を見ると、KJ エディタの操作の総数も対面型のほうが分散型よりも多い(1.69 対 1)。特に、「カードを指示」、「グループを指示」といった KJ エディタ上で扱う物体を指示する操作は 2.77 対 1 の違いがある。また、マウスポインタで指し示すだけでなく、カードをつかんで移動することで指示を表現したり(表 4.2では「カードを移動」に分類される)、マウスポインタでくるくるとくりかえし指すといったさまざまな種類の指示操作が観察された。そこで、KJ エディタの操作のうち、被験者が KJ エディタ上のカードなどを指示する操作について注目し、以下、詳細に分析する。

4.4.3 指示操作の分類

まず、実験中に行われた指示操作について、指示の目的ごとに以下の 4 種類に分類した。

図説: 図解の内容について説明する。対象は図解であり、会話は図解の内容に伴うものとなる。

意見: 自分の意見を主張する。

論点: 議論中心で進められているときに、その論点に対応する図解中の場所を指示し、議論の助けとする³。

その他: ツールの機能を試したもののや意図が不明のもの。

実験中の指示操作には、ただマウスポインタでカードを指し示す操作だけでなく、カードをつかんで移動することで指示を強調する表現が見られた。また、長時間くりかえしてカードの周りをくるくると指すことで指示を強調する操作も見られた。

これらの被験者が行った強調を評価するために、指示の方法と操作のくりかえしの有無によっても分類を行った。

指示の方法は、(1)「カードを指し示す」、と(2)「カードをつかむ」の 2 つである。(1)は、マウスポインタをカード上に移動したり、周りをくるくると指し示す通常の指示操作である。(2)は、マウスポインタをカード上に移動し、マウスボタンを押してカードをつかむことで、そのカードを指示するものである。なお、KJ エディタではカードをつかんだときには、カードが反転表示されるようになっている。

また、操作のくりかえし(以下、反復操作と呼ぶ)の有無は、被験者が行った操作をログ情報を元に再生し、それを見て判断した。判断の基準として、カード上や

³論点の指示は、すべてその時点で論議には積極的に参加していない要求分析作成者(被験者 A)が、論議を補助する目的で行ったものである。

表 4.3: 同期対面型における指示操作の分類

種類	指し示す 操作	つかむ 操作	合計
図説	68 (0.0)	0 —	68 (0.0)
意見	55 (49.1)	1 (100.0)	56 (48.2)
論点	5 (0.0)	0 —	5 (0.0)
その他	3 (33.3)	1 (0.0)	4 (25.0)
合計	131 (20.6)	2 (50.0)	133 (21.1)

※ () 内 は反復操作の割合 (%)

表 4.4: 同期分散型における指示操作の分類

種類	指し示す 操作	つかむ 操作	合計
図説	20 (25.0)	4 (25.0)	24 (25.0)
意見	9 (44.4)	14 (92.9)	23 (73.9)
論点	0 —	0 —	0 —
その他	1 (0.0)	0 —	1 (0.0)
合計	30 (30.0)	18 (77.8)	48 (47.9)

※ () 内 は反復操作の割合 (%)

カードの周りを5回以上くりかえし回したり、上下や左右にくりかえし動かしたものは反復操作とみなした。

以上の分類に基づき指示操作を集計したものが表 4.3 および表 4.4 である。

4.4.4 指示操作の分析

まず、表 4.3、表 4.4 からユーザが指示を意図して行った操作は、対面型のほうが分散型よりも多い (2.77 対 1) ことが分かる。これは、対面型の声によるコミュニケーションと、分散型の文字によるコミュニケーションでの発言の効率に影響されたためと考える。

しかし、発言数の 1.74 対 1 という比率と比べて差が大きいことから、指示回数
の差は、単に声と文字の発言効率の違いだけでなく、それらと KJ エディタとを組み合わせる場合の性質にも関係したと考える。

それは、発言と KJ エディタの操作との同時性の違いである。声による発言の場

合、KJ エディタの操作と同時に自然に発言が行える。これは、ホワイトボード上やノートに描いた図を示しながら (あるいは図を描きながら)、声で説明するといった、普段から行っている効率的な情報伝達の方法と同様のやり方である。実際、対面型実験では、全指示操作 133 回のうち、92.5% にあたる 123 回の場合で指示と同時に発話していた。

これに対して、分散型実験で行ったチャットと KJ エディタとの組み合わせでは、機能上の制約により、チャットの発言と KJ エディタの操作を一人で同時には行なえなかった。また、仮に同時に行えるように改良したとしても、文字による発言と KJ エディタの操作を同時に行うことはかなり困難である。なぜなら、キーボードを用いた文字入力とマウスによるカード操作を同時に行うことが困難であるからである。

4.4.5 反復操作の分析

表 4.3 と表 4.4 から対面型と分散型実験を反復操作の割合によって比較する。

まず、全体として対面型より分散型のほうが反復操作の割合が多いことが分かる (対面 21.1%、分散 47.9%)。これは、対面型では指示する場合に、声の調子などで強調を行えば十分であったものを、分散型では KJ エディタ上の操作で表現しなければならなかったからであろう。

また、指示の目的については、「図説」は、対面型でも分散型でも反復が少なく (対面 0%、分散 25.0%)、「意見」は対面型でも分散型でも反復が多かった (「意見」対面 48.2%、分散 73.9%)。

4.4.6 指示する時間やマウスポインタの移動量の分析

ここでは、被験者が行った指示の詳細を定量的に調べるために、各指示に要した時間やマウスポインタの移動量の分布について調べる。

指示に要した時間は、両実験を行った際に記録したログ情報を再生し、各指示の開始と終了の時刻を秒単位で算出した。

また、マウスポインタの移動量は、ログ情報から指示を行っていた時間のマウスポインタの移動情報を抽出し、直前のマウスポインタの位置と現在の位置との間をマウスポインタが直線に移動したと仮定して、その距離を累計した。

図 4.3 は、対面型実験と分散型実験の指示操作のうち、対面型で指し示す操作、分散型で指し示す操作、分散型でつかむ操作に要した時間の分布を示したものである。なお、対面型でのつかむ操作については 2 回しか行われなかったため、分析対象から除外する。図 4.3 より、各種類すべてにおいて 2~10 秒の辺りが多く、各種類の分布はおおむね似かよっていることが分かる。

また、図 4.4 は、各指示中のマウスポインタの移動距離の分布を示したものである。これを見ると対面型で指し示す操作では、ほとんどポインタを動かさない場合

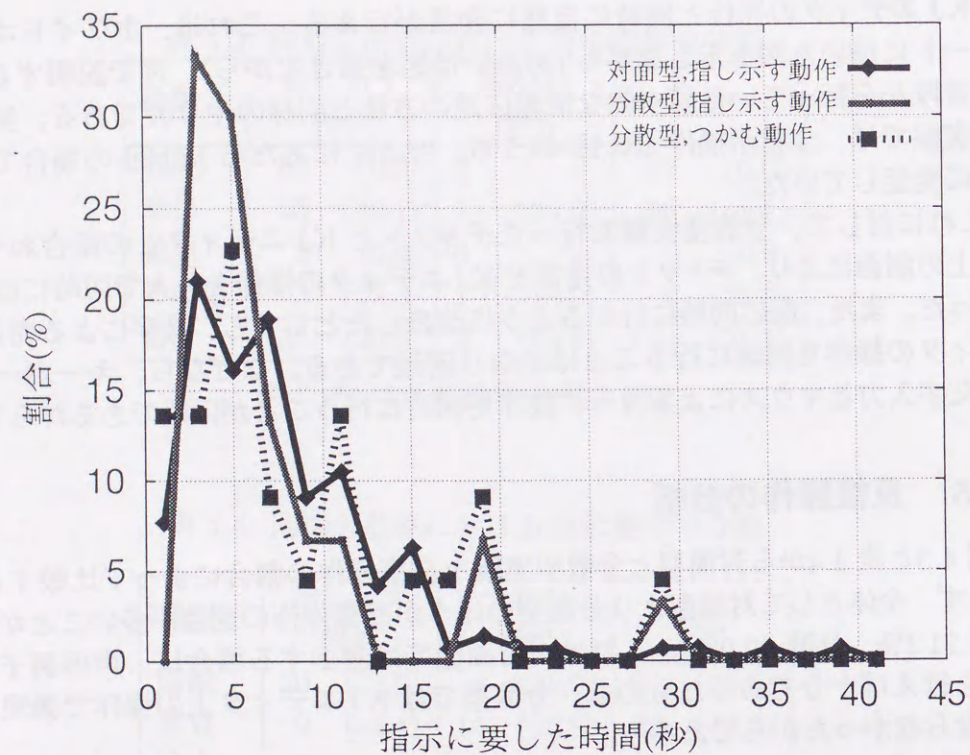


図 4.3: 指示操作の所要時間の分布

(0~500ドット)が57%あることが分かる。また、分散型実験では、つかむ操作は対面型と同様に、ほとんど動かさない場合が61%を占めているのに対して、指し示す操作の場合はほとんどマウスポインタを動かさないことはまれで、1000~1500ドット移動した場合が分布のピークになっている。この範囲では、ほとんどがマウスポインタをカードなどのまわりで1~3回ほどくるくると指したり、左右に動かしたりしている。

以上のような結果になったのは、指示の意思がほかの者に伝わる状況が、それぞれの場合で異なっていることが原因と考える。それは、指示を開始したのか、指示を完了したのか、それともまだ指示を続けているのかといったことが、ほかの被験者にうまく伝わるかどうかの違いである。

対面型実験の場合は、声によるコミュニケーションが自由に行え、指示操作のうち92.5%は指示と同時に発話を行った。この発話が指示の開始と終了を伝える役割をしており、マウスポインタを動かさなくても、円滑にKJエディタによる指示操作が行えたと考える。

これに対して分散型実験の場合、声は伝わらず、チャットもKJエディタと同時に使用できないため、KJエディタで表現できることだけで相手に意思を伝えな

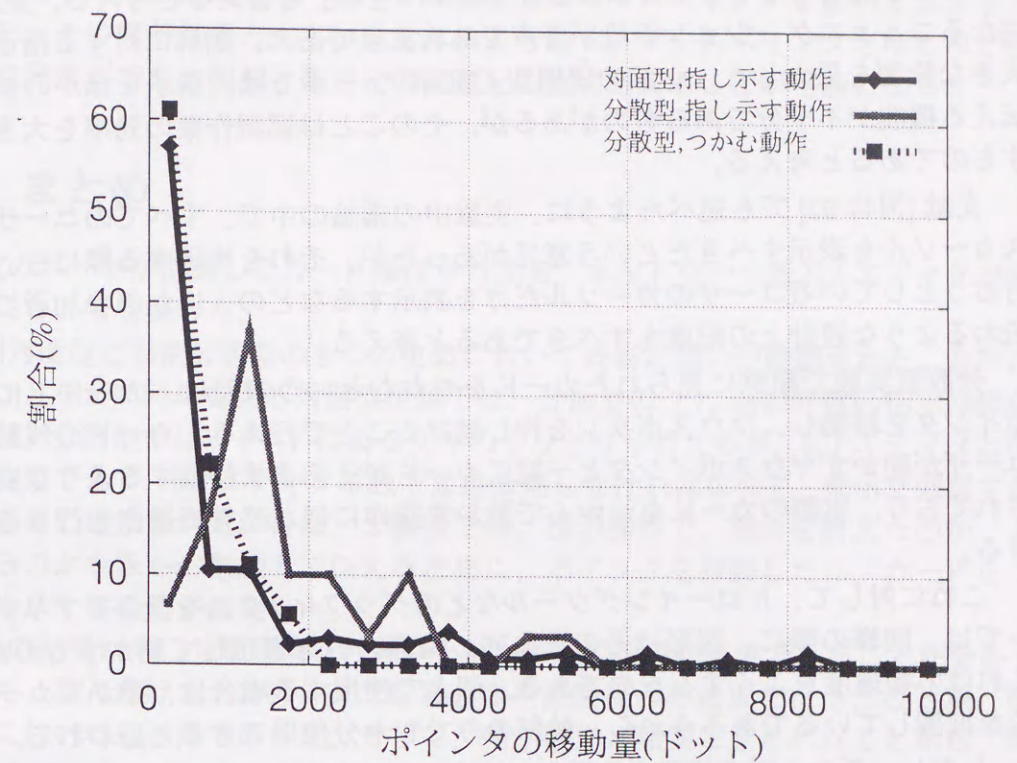


図 4.4: 指示操作におけるポインタ移動距離の分布

なければならない。このため、指し示す場合には、マウスポインタを動かさないでいると指示が終了したのか、まだ続けているのかが、相手に伝わりにくいため、マウスポインタの移動量が多くなったものと推測する。

これに対して、つかむ操作の場合、つかんでいる間はカードが反転表示されるため、指示の意思を明確に相手に伝えることができたのであろう。また、マウスボタンを押しながらマウスを動かす操作は、ボタンを押さずに動かすよりも、やや操作がしづらいことも、移動量が少なくなった原因の1つであると考えられる。

以上のように、一見KJエディタだけでなされているように見える図解の指示操作は、発話やツール上の表示のしかたなどの要因に影響されていることが分かる。

4.4.7 考察

今回の実験では、図解上の指示操作が多く見られ、特に、カードをつかむなどの予想していなかった指示方法が見られた。このことから、同期型のCSCWツールでは「参加者は協調作業を行う仮想的空間の特定の位置に対して指示ができ、それ

がほかの参加者にはっきりと伝わるようにすべきだ」と言えると考え。実験では、主たるコミュニケーション手段が音声であれ文字であれ、図解に対する指示操作が大きな役割を果たした。一部の同期型 CSCW ツールでは、指示をほかの参加者に伝える機能が不十分であるものがあるが、そのことは協調作業の効率を大きく落とすものであると考える。

文献 [河合 92] でも述べたように、実験中の議論の中で、すべてのユーザのマウスカーソルを表示すべきだという意見があったが、それを実現する際にも、指示を行おうとしているユーザのカーソルだけを表示するなどの、ほかの参加者に明確に伝わるような設計上の配慮をすべきであると考え。

分散型実験で頻繁に見られたカードをつかむという表現は、カード上にマウスポインタを移動し、マウスボタンを押し続けることで行える。カードの移動操作はユーザが動かすマウスポインタと一緒にカードがそのまま移動するような実現がなされており、実際のカードをつかんで動かす操作に似た感覚で操作を行うことができる。

これに対して、ドローイングツールなどのグラフィックスを扱うアプリケーションでは、同様の際に、図形はそのまま残し輪郭のみを表示して動かすものが多い。これは応答速度をよくするためである。個人で使用する場合は、動かすカードの内容を把握しているであろうから、輪郭のみでも十分使用できると思われる。

しかし、グループで使用する場合、相手に意思を伝えるためには、輪郭のみの移動ではカードの内容を直接示すことができず、十分ではない。KJ エディタでのカード移動を輪郭表示で実現していたならば、分散型実験で多く見られたカードをつかむことによる指示操作は効果的でなく、使用しなかったであろう。

KJ エディタは、最初にパーソナルコンピュータ上で実現したときから、カードを動かす操作について応答速度面で満足のいく方式を考案し、カードの見た目がそのまま移動するような表示方式を一貫して採用している。この個人向け KJ エディタの時点から追求した直接操作の特長が、協調作業においても生かされることが、今回の評価実験で分かった。特に、KJ エディタ以外に文字でしかコミュニケーションできない分散型実験において、対面型よりも効率が悪かったにせよ実質的な作業が問題なく行えたことは、KJ エディタの潜在的な操作性の高さの現れであると考え。

また、今回の実験結果から、「音声によるやりとりが作業効率に大きく貢献する」ことが確認できた。もし、KJ エディタで分散環境で音声のやりとりが行えれば、余分なマウスポインタの動きや指示の強調をする必要がなく、より円滑に協調作業が行えたであろう。このため、著者らの研究グループは、KJ エディタを分散型で使用した場合に音声会話が行えるプログラムを作成した [福本 95]。

加えて、ネットワークの帯域やコンピュータの能力の問題などで音声のやりとりが難しい環境では、カード付近に文字による発言を表示するチャット機能を設けれ

ば便利であろう。この機能は、ユーザが図解上にマウスポインタを置いて文字を入力すると、その場所にその文字が表示されるもので、マウスポインタをほとんど移動せずに発言ができ、図解と発言との関連を明確に伝えることが可能となる。

4.5 まとめ

複数のユーザが協調してカード操作を行える、ネットワーク版 KJ エディタの評価実験について考察した。

同期対面型と同期分散型の2つの実験において両者に違いが確認された。音声によるやりとりが同時に行える対面型実験では、分散型の2.77倍の回数の指示操作が行われた。分散型ではチャットによる文字のやりとりが行えるが、KJ エディタと同時には使用できず、KJ エディタ単独で意思伝達しなければならず、指示を強調する操作が顕著に観察された。特に、分散型では、指示操作で、指示を終えたのか、まだ続けるのかをほかの被験者に伝えるために、ポインタを移動したり、カードをつかんで指示する操作が頻発した。

以上の結果から、分散環境での音声チャンネルの確保が必要であることが分かった。また、個人向け KJ エディタで応答速度や直接操作の追求を行ったことが、協調作業においても有用であった。そして、指示操作が頻繁に見られたことから、同期型の CSCW ツールでは、参加者は作業空間への指示ができ、それがほかの参加者にはっきりと伝わるようにすべきだと考えた。

今後は、協調作業に関する実験がまだまだ不足していることから、多種の実験を行いながら、協調作業支援機能の開発を進めていくことが課題として挙げられる。

特に、分散環境での音声チャンネルの重要性が確認されたことから、分散環境での音声会話の機能をより充実することが必要と考える。

第 5 章

インターネット上の情報の利用

5.1 はじめに

最近、WWW (World Wide Web)、Gopher、WAIS(Wide Area Information Servers) といったインターネット上の分散情報サービスが急速に広まり、インターネットに接続されているコンピュータからさまざまな種類の情報にアクセスできるようになってきている [齋藤 93]。また、NCSA Mosaic [Kro94] などの初心者でも使いやすいインタフェースが普及しており、簡単に情報を得ることができる。しかし、現在普及しているソフトウェアはインターネット上の情報にアクセスする機能に重点が置かれており、得られた情報を整理したり、まとめ上げる作業については、ほとんど考慮されていない。

そこで、著者はインターネットから得た情報を整理し管理するツールとして、カード操作ツール KJ エディタを用いることを考えた。そして、インターネット上の情報を利用するために、それらに直接アクセスする WWW Viewer を作成し、KJ エディタとの統合を図り、そのプロトタイプを実現した。これにより、情報収集と情報整理の作業を効率良く行うことができ、それらの作業の行き来が円滑に行えるようになると思われる。

以下では、5.2 節でインターネットからの情報収集と、その操作について、コンピュータ支援の観点から検討する。5.3 節では、インターネットからの情報収集機能を持ったカード操作ツール PAN-WWW について述べ、5.4 節では、その実現について述べる。5.5 節では、PAN-WWW と従来の情報検索ツールとを比較する評価実験について述べる。

5.2 インターネットからの情報収集・操作とその支援

最近、インターネット上に情報を提供するサーバが爆発的に増加しており、さまざまな種類の情報を利用できるようになってきている。また、異なった種類のサーバに対し、統一的にアクセスできる仕組みが開発され、それを用いたアプリケーションでさまざまな種類のサーバに統合的にアクセスすることが可能になっている [Kro94]。例えば、NCSA Mosaic は、WWW、Gopher、WAIS、ftp などの主要な情報サービス

を共通のウィンドウを通して利用することができる。個々の情報は、URL(Uniform Resource Locator)と呼ぶポインタにより統一的に識別されており、URLを指定するだけで特定の情報を示すことができるようになっている[LCL+94]。

このようなインターネットからの情報収集には、従来の情報収集手段にない特徴がある。以下では、その長所と短所について述べる。

5.2.1 電子媒体の優位性

WWW、Gopherなどのサービスを利用してインターネットから情報収集を行う場合、地球規模の構造を自由にたどることができる。従来は人や物が移動する必要があったことを、コンピュータ・ネットワークを介した電子媒体の移動だけで済ませることができる。このため、インターネットからの情報収集は、従来に比べ、収集にかかる時間や手間、そして費用を格段に少なくできる可能性を持っているといえる。

従来の本などの印刷物では、参考文献といったほかの印刷物を参照する場合、その印刷物を入手する、つまり物理媒体を移動する労力が必要となる。これに対し、WWWなどのデータはハイパーメディアとして記述されており、リンクによって別の文書への参照を直接的に示すことができる。このため、情報収集者はマウスのボタンを押すだけで、参考文献を読むことができる。特に参考文献を再帰的に次々にたどる場合の操作の効率は飛躍的に向上する。

インターネットから入手した情報の場合、電子媒体であるため印刷物に比べて保管スペースを少なくできるという特徴がある。また、同じ情報を再び入手するのが容易なため、情報自体をもたずにその情報の所在を持つだけでよいことが多い。この所在は、URL表記によって実現でき、インターネット上の情報を直接的に指定することができる。

例えば、NCSA Mosaicなどのブラウザでは、今後再び参照しそうな情報のポインタをユーザがリストに登録でき、あとでそのリストから選択するだけで、再び情報に直接辿りつけるようになっている。

5.2.2 分散ハイパー構造の根本的な欠点

以上のようにインターネットからの情報収集には、従来の収集手段にはない長所が数多くある。しかし、地球規模の非常に複雑なリンク構造を持つために情報収集作業に困難をきたす根本的な欠点を持っている。

インターネット上のWWWサーバ、Gopherサーバは相互にリンクを張ることで巨大なハイパーメディアを構成している¹。従来からハイパーメディアは、リンク

¹Gopherは基本的に階層構造を構成するものであるが、ノードをほかのGopherサーバへのポインタにすることができ、全体としてグラフ構造を構成している。

を辿っているうちに自分のいる位置や向かう方向の感覚を喪失する「迷子問題」という根本的問題があることが指摘されている[Con87]。

迷子問題の原因には、ハイパーメディアのシステムがユーザに構造の特定の一部しか示さないために、全体を捕え難くしていることがあげられる。また、リンクが視覚的でないことから、ユーザがリンクの前後関係を記憶する必要が生ずる。このため、これらの問題を克服するために、ナビゲーション機能やブラウザに関する研究がさかんに行われている[UY89]。しかし、個人ベースのハイパーメディアでさえ、構造が複雑になると情報をブラウザで空間上に提示するのが困難になる。ましてや、世界中の人々によって自由に構築されたインターネット上の分散ハイパー構造をブラウザで自動的に提示することは事実上不可能である。

5.2.3 個人の情報整理を支援する必要性

インターネット上の情報は世界中の人々によって自由に構築されているため、必要な情報を探し出すのが困難な場合がある。このため、情報を統一的に分類する試みがなされている。例えば、WWW Virtual Libraryは、世界中の情報を各項目に階層的に分類している[Sec94]。しかし、情報を統一的な分類でうまく提示できたとしても、完全に問題が解決するわけではない。それは、分類した構造と、それを元に個人が情報をまとめたものの構造は、関連が薄いことが多いからである。

情報収集の作業は、何らかの目的を達成する、あるいは問題を解決するために行うことがほとんどである。得られた情報の分類やまとめ方の方針は、その目的や問題に依存する。例えば、ある会社の製品情報を知ろうとする場合でも、その製品を買おうとする消費者と、その会社に原材料を供給しようと考えている企業とでは、全く違うまとめ方をするのであろう。さらに、一個人であっても、さまざまな目的や問題ごとに、違った方針や観点が存在する。上記の例では、ある人が消費者である場合もあるし、ときにはその企業への就職を考えていることもある。

インターネット上の情報を統一的に分類すれば、便利であり素早く検索を行うことができる。しかし、さまざまな目的や問題のための唯一の分類法が存在しないため、個別に情報を整理し直す作業は免れない。このため、著者は情報にアクセスする機能に加え、その後に特定の目的のために整理したりまとめたりする機能が重要であると考えている。

5.2.4 従来の支援システム・手法

ここで、インターネット上の情報にアクセスする従来のアプリケーションで、情報収集し得られた情報をまとめていく、という一連の作業を行うことを考え、PAN-WWWを使用した場合と比較する。

● テキストエディタを併用する

インターネット上の情報を、汎用のテキストエディタに書き残してまとめる方法は、簡単であり、手軽に行える。現在、大多数の人は、この方法をとっているものと思われる。

この方法には、NCSA Mosaic などのビューアーから必要な部分をエディタに移しまとめてゆけば、そのまま文章を書き上げられるという利点がある。しかし、インターネット上の元情報に再びアクセスするためには、URL も文章中に書き留めておく必要がある。また、書き留めておくにしても、非構造のテキストエディタでは、文章の中に URL が狭み込まれる形となり、表示が複雑になる傾向がある。

また、テキストは基本的に一次元情報であるため、情報をまとめる用途には、あまり適していないという欠点がある。

● ホットリスト

多くのアプリケーションは、重要だと感じたページを記録し、後でそのページに再びアクセスできる「ホットリスト」、あるいは「しおり」と呼ぶ機能を備えている。ホットリストには、記録した場所の表題がリストで表示され、その中の1つを選択するだけで、そのページを見ることができる。

ホットリストは便利であるが、各所を登録していくうちに、すぐに画面に収まりきれないほどの数になってしまい、選択に苦慮することになる。これは、ホットリストが一次元リストであることが原因である。

このため、リストを階層化して分類することが良く行われる。それは、同種の情報をまとめて分類することで、一度に提示する情報を減らすことができるからである。しかし、分類はまとめ方が定まっていない場合には効率が悪い。なぜなら、途中で分類の仕方を変更することが頻繁に発生し、そのたびに内容を大幅に移動する必要が生じるからである。特に、「どうやってまとめるかがまとまっておらず、集めたデータを見ながらまとめ方を考える」場合では、木構造による階層化は効率の良いものではないと考える。

● ハイパーメディアの作成

例えば、集めた材料をもとに WWW ページなどのハイパーメディアを自分で作成しながら、まとめていくことを想定する。この場合、5.2.2節で述べた「迷子問題」はいくぶん柔らくであろう。それは、インターネット上の分散ハイパー構造を散策する段階より対象領域が絞り込まれているであろうし、他人が作成したものを探索するのではなく、自分が作成していく作業であるからであ

る。しかし、リンク自体が視覚的でないツールでは、リンクをつける作業に手間がかかり、思考の中断を余儀なくされるという欠点がある。

また、他人にとっての「迷子問題」は、全く解消されないため、他人から見ると理解が困難なハイパーメディアになりやすい傾向にある。

以上の各方法に対し、PAN-WWW では、広い空間にデータを自由に配置することで情報をまとめ上げる。このため全体像の把握が容易で、まとめ方の方針が定まっていなような場合に、特に効果を発揮する。なぜなら、データを机に広げて眺めながらまとめる、といった人間が自然に行っている作業を行うことができるからである。

また、平面上の空間的制約が、構造の複雑さを適度に制限し、理解の容易さを保つ効果があると考えられる。平面上にカードを配置する場合には、空間的制約により、ある程度の関連づけしか行うことができない。しかし、逆に、この制約により、人間は重要で本質的となる構造をつかもうと努力することになる。そして、対象の本質をつかんだ図は、骨格があり見通しのよいものとなり、本人だけでなく他人にとっても理解しやすいものになると考える。

PAN-WWW では、インターネット上の情報にアクセスする機能と上述の特徴により、優れた情報収集と情報整理の機能をあわせ持つことができる。また、さらに、情報収集から情報整理への移行といった従来の作業遷移が円滑になるだけでなく、情報整理を行っている最中に情報収集を行うといった「後戻り」も容易に行えるように設計した。例えば、情報をまとめているうちにその中のあるデータの詳しい情報を調べたくなれば、そのデータの元となるインターネット上の情報に即座にアクセスできる。

5.3 カード操作ツールへの機能追加

5.3.1 分散情報検索のための機能拡張

カード操作ツールは、広い空間を生かし人間の認知に適合した情報整理が行える機能を提供している。この性質を利用して、さらに、インターネット上の情報資源へのポインタをカードにもたせ、カードから容易にインターネット上の情報が引き出せるような機能を追加する。

具体的には、まず個々のカードが URL を保持できるようにした。そして、インターネット上の各種情報サービスを利用するために、新たに WWW Viewer を組み込んだ。図 5.1 に WWW Viewer の画面を示す。

WWW Viewer は、以下の2通りの方式を実現した。

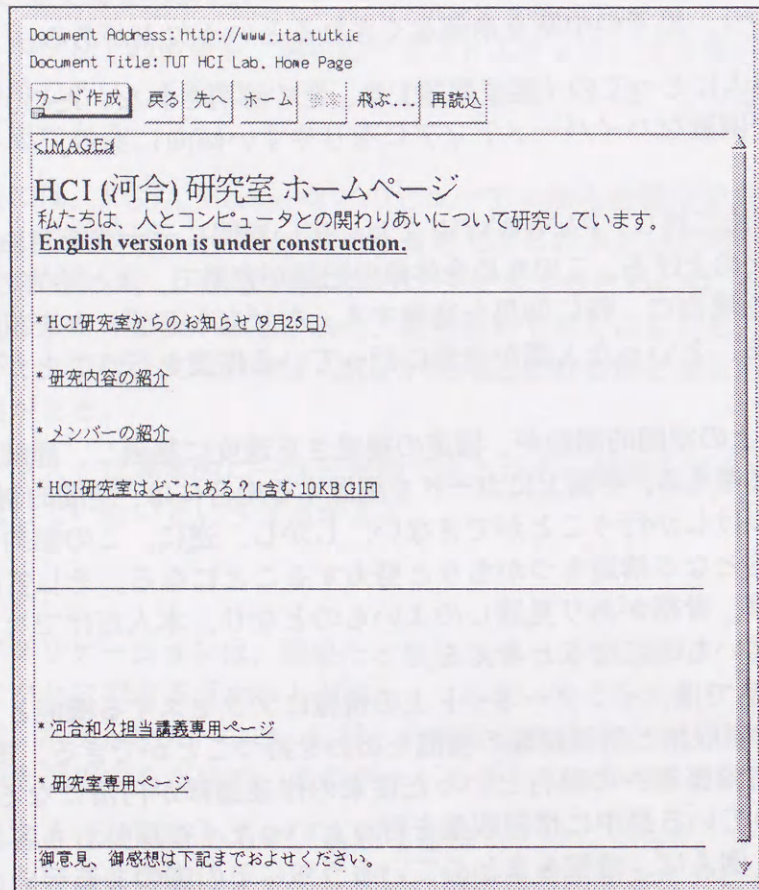


図 5.1: WWW Viewer の実行画面

- **独立型**
カード操作ツールのウィンドウとは、全く独立したウィンドウとして WWW Viewer を実現した。
- **内蔵型**
カード操作ツールの画面 (ウィンドウ) 内に、WWW Viewer が置かれるように実現した。形態としては、カード操作ツールの机の上に WWW Viewer が乗っているものとなる。

内蔵型の場合、WWW Viewer はカードの一種として考えることができ、ほかのカードと同様に作業領域の任意の場所に置くことができる。

WWW Viewer の機能

WWW Viewer は、WWW、Gopher、ftp などにアクセスでき、それらの情報を共通のユーザインタフェースを用いて表示できる。テキストのうちリンク先のあるものについては、アンダーラインが表示される。リンクがある部分をクリックすると、リンク先の情報にアクセスし、画面内容が切り替わる。リンク先が、telnet などの各種サービスであったり、画像や音声データである場合には、それらを利用、表示、再生するためのプログラムを自動的に起動する。

また、「戻る」、「先へ」というボタンを押すことで、辿った画面の 1 つ前に戻ったり、戻った後に再び先に移るといった、ナビゲーション機能を備えている。

WWW ページからカードを作成する

WWW Viewer 上の「カード作成」と書かれたアイコンをドラッグして机上にドロップすれば、WWW Viewer で現在見ているページに対応するカードがドロップした場所に作成される。

例として図示すると、図 5.2 から、「カード発生」のアイコンの上でマウスボタンを押すと図 5.3 のようにカードが出現し、図 5.4 のように適当な位置に、そのカードを移動し、マウスボタンを離すと、図 5.5 のようにカードが作成される。

これは、一種の直接操作であり、ユーザがカードを作る場所を直接指定することができ、WWW Viewer を元にカードを作ったという実感をユーザに強く与えることができる。

※ 但し、WWW Viewer の実現形式のうち、独立型については「カード作成」と書かれたボタンを押すと、机上の適当な位置に対応するカードが自動的に作成されるようにしている。

この操作で作成したカードには WWW Viewer に表示されているページのうち、ユーザが指定した範囲がコピーされる。また、ユーザが指定しなかった場合には、ページのタイトルがコピーされる。さらに、同時にそのページのポインタ (URL) もカードが内部的に保持する。カード上の文書は、後でカット&ペースト機能を使用して WWW Viewer 上の文字をカードに移したり、テキストエディタでユーザが自由に内容を修正することが可能である。

カードから元の WWW ページに再アクセスする

「カード作成」で作成したカードは、メニューで「開く」という操作を選択するか、カード上のアイコンをクリックするだけで、URL ポインタ先の情報をアクセスし、WWW Viewer の表示をその情報に切り替えることができる。

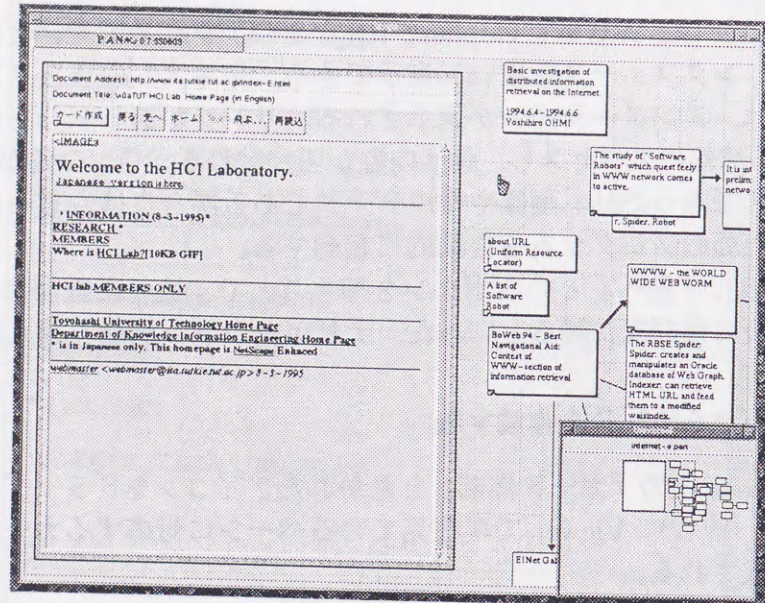


図 5.2: 実行例 1

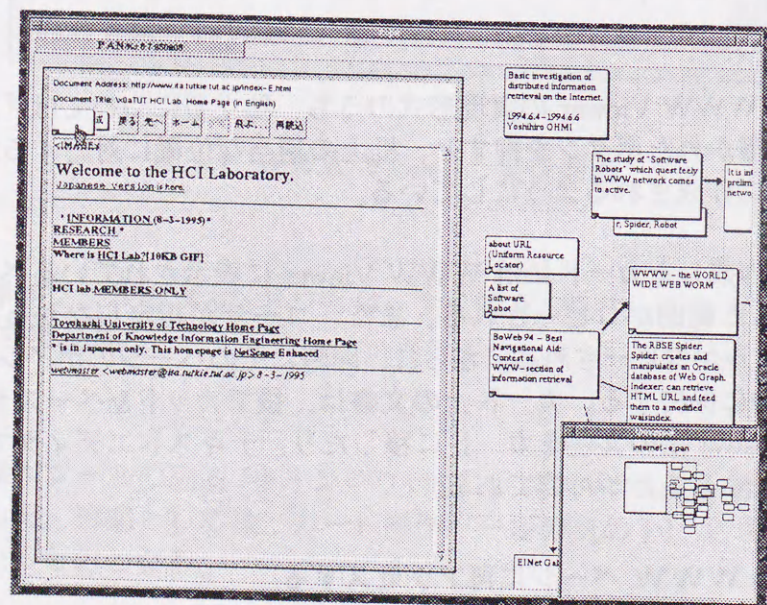


図 5.3: 実行例 2

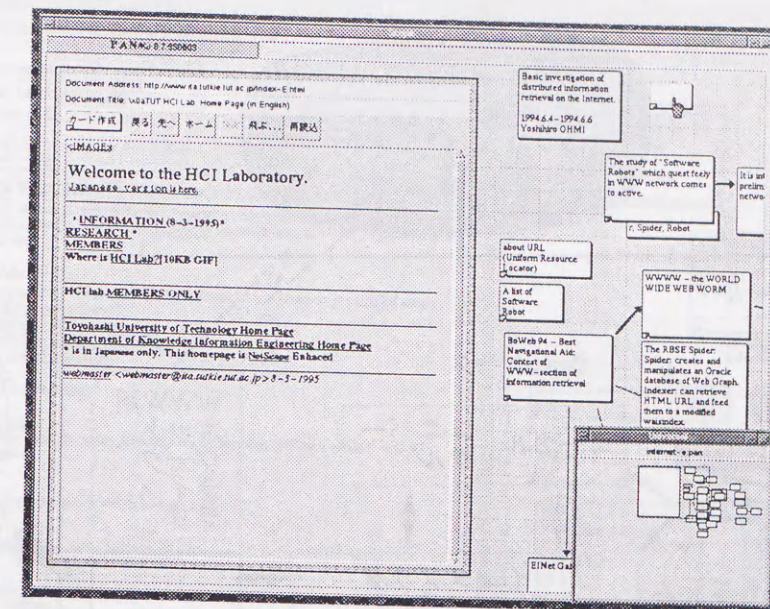


図 5.4: 実行例 3

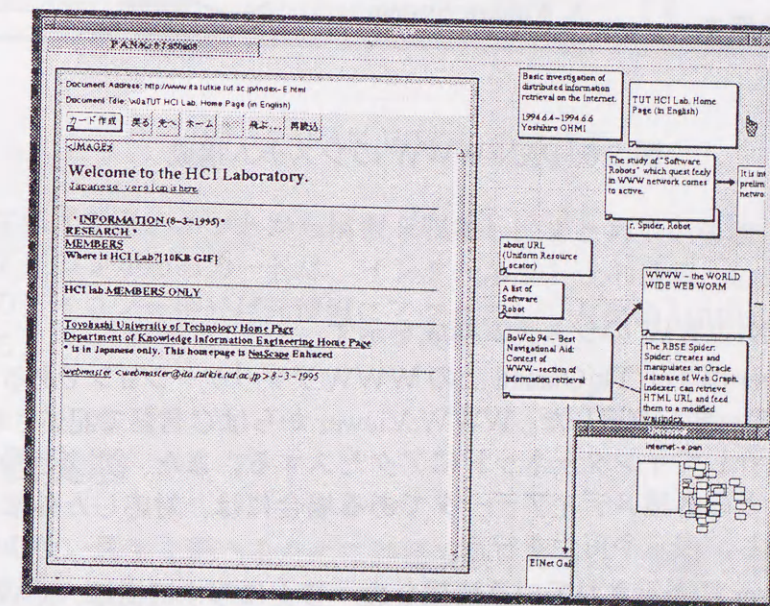


図 5.5: 実行例 4

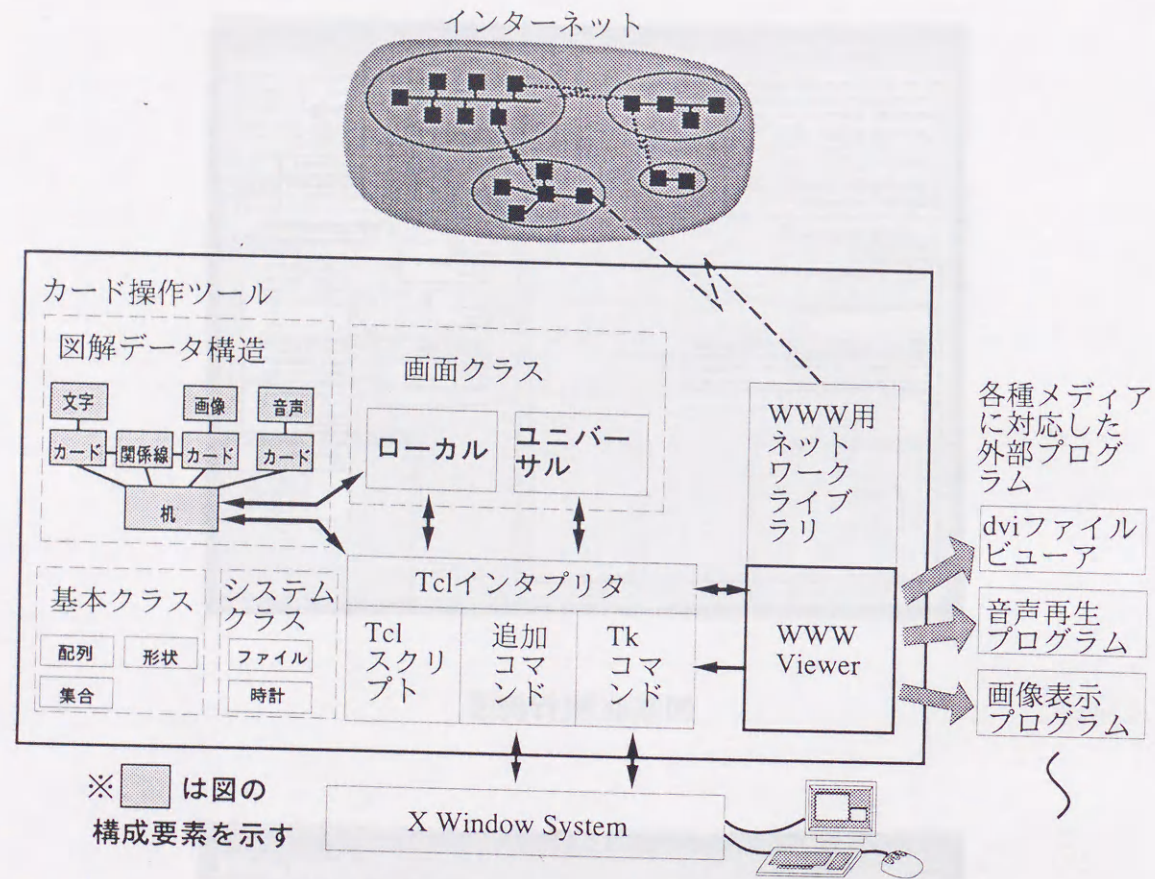


図 5.6: PAN-WWW のシステム構成

5.4 実現

図 5.6に PAN-WWW のシステム構成を示す。

WWW Viewerは Tcl/Tk[Ous90] 上の WWW アプリケーションである TkWWW[Wan94] を組み込み、その一部を改造した。WWW Viewer からは C 言語で記述された WWW 用ライブラリを介してインターネットにアクセスする。また、アクセスするデータが画像や音声などの各種メディアデータである場合には、対応した外部プログラムをその都度起動し、表示や再生を行う。

WWW Viewer に表示されている情報をカード上に写す機構は、X Window System のカットバッファと、Tcl 言語上の変数の受け渡しで実現した。現在は、テキストデータを写す機能のみを実現しており、画像や音声を写す機能は実現していない。

図 5.7に開発中の画面を示す。これは、「インターネット上の分散情報の検索機

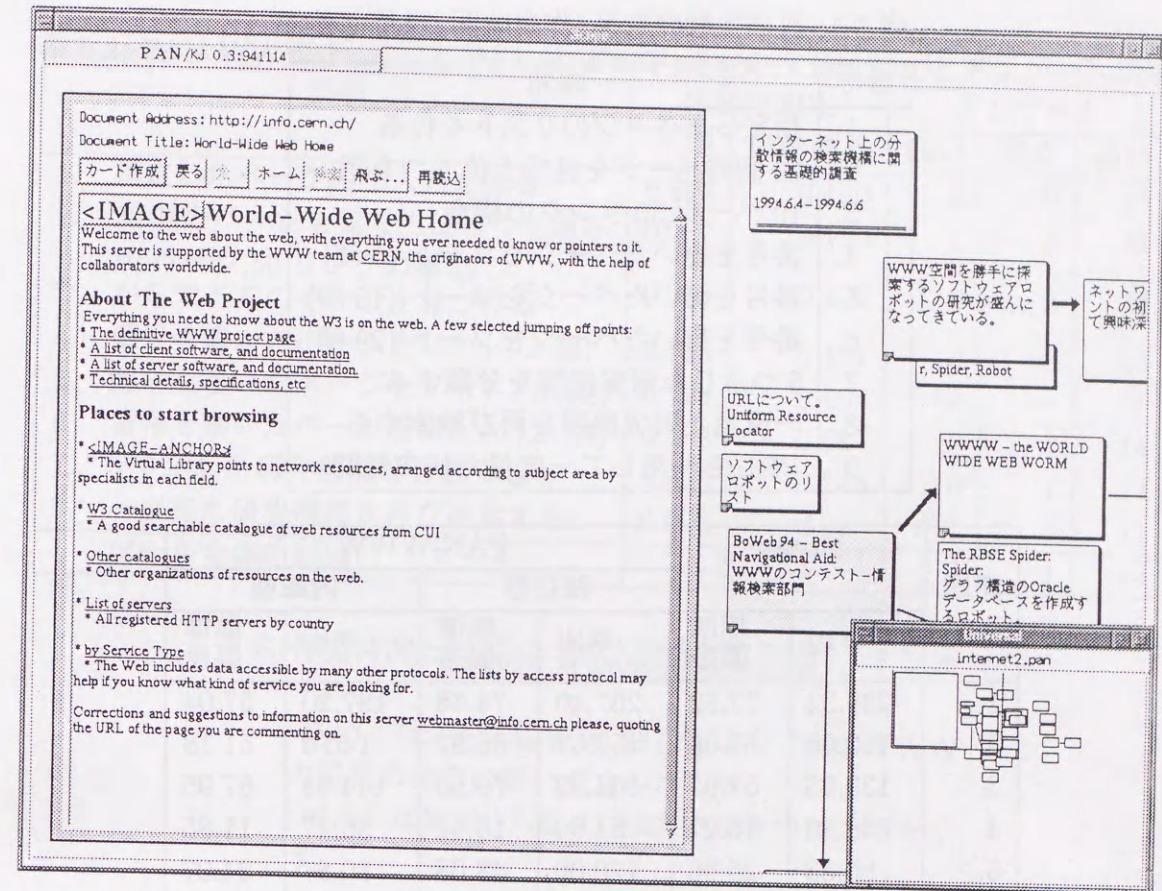


図 5.7: PAN-WWW の実行例

構」をテーマにインターネットから情報を収集し、まとめている様子である。カードの左下にアイコンがあるカードは、インターネット上の情報へのポインタを持っており、そのアイコンを押せば元情報にアクセスし、左側の WWW Viewer に情報が表示される。

5.5 評価実験

本ツールの使い勝手を調べるために評価実験を行った。実験では、WWW にアクセスするアプリケーションとして、広く用いられている NCSA Mosaic と PAN-WWW とで同一の課題を行い、作業時間や使い勝手を調べた。PAN-WWW の場合は、WWW Viewer の二方式の実現方法で実験を行い、双方の使い勝手の違いを調べた。Mosaic を使用する場合は、被験者が作業の結果を記録するためにテキストエ

表 5.1: 評価実験の結果 (作業時間 (単位は秒))

番号	課題
1.	指定したページのリストを作る
2.	20 個のページを見て上位 5 つを選ぶ
3.	10 ページ, 50 リンクの構造
4.	番号を書いたページをソート (5 個)
5.	番号を書いたページをソート (10 個)
6.	番号を書いたページをソート (20 個)
7.	5 つ示した研究機関を分類する
8.	一度見た研究機関を再び検索する
9.	URL を利用して一度見た研究機関

課題	Mosaic		PAN-WWW			
	平均	標準偏差	独立型		内蔵型	
			平均	標準偏差	平均	標準偏差
1.	238.33	77.82	267.40	74.68	187.20	57.04
2.	150.00	57.08	152.67	58.97	146.0	51.18
3.	139.93	57.97	164.33	70.50	144.93	67.95
4.	48.40	16.27	51.60	15.52	36.47	11.85
5.	85.33	26.96	120.00	48.08	80.87	24.07
6.	175.27	55.70	262.20	85.00	192.27	62.34
7.	1644.40	922.47	1464.73	581.79	1158.27	483.34
8.	836.20	418.39	289.53	103.18	263.33	129.65
9.	314.43	144.29				

データを併せて使用した。また、PAN-WWW を使用する場合には、内蔵のテキストエディタを用いた。

被験者は、成人男子 15 名で、いずれもコンピュータの操作に慣れている。その内 10 名は、WWW を利用した経験があり、残りの 5 名は今回の実験で初めて WWW を利用する。

各実験の作業時間を表 5.1 に示す。

ここで、まず PAN-WWW 独立型と PAN-WWW 内蔵型の双方の方式の比較を行うために、双方の作業時間比を表 5.2 に示す。これは、PAN-WWW 独立型と PAN-WWW 内蔵型の作業時間の比率を示したもので、1 未満なら内蔵型が速く、1 より大きければ独立型のほうが速いことを示している。また、実験の後に、各実験

表 5.2: PAN-WWW 独立型 と PAN-WWW 内蔵型の作業時間比とアンケート結果

課題	作業時間比		アンケート		
	平均	標準偏差	低い	同点	高い
1. 指定したページのリストを作る	0.704	0.110	0	0	15
2. 20 個のページを見て上位 5 つを選ぶ	0.987	0.196	1	3	11
3. 10 ページ, 50 リンクの構造からすべてのページを見つける	0.926	0.407	0	2	13
4. 番号を書いたページをソート (5 個)	0.715	0.131	0	0	15
5. 番号を書いたページをソート (10 個)	0.723	0.191	—	—	—
6. 番号を書いたページをソート (20 個)	0.738	0.084	0	1	14
7. 5 つ示した研究機関を分類する	0.826	0.248	0	1	14
8. 一度見た研究機関を再び検索する	0.906	0.250	1	3	11
ツール全体の評価	—	—	0	1	14

※ 作業時間比は $\left(\frac{\text{PAN-WWW 内蔵型での作業時間}}{\text{PAN-WWW 独立型での作業時間}}\right)$ 、アンケートは、

「低い」は PAN-WWW 独立型より PAN-WWW 内蔵型のほうに低い点をつけた者、「同点」は同点、「高い」は高い点をつけた者を示す。

のツールごとのやりやすさやツール自体の使い勝手について、点数評定によるアンケートを行った。表 5.2 の右欄に独立型と内蔵型とのアンケート結果の違いを示す。

表 5.2 の結果から、明らかに PAN-WWW 独立型よりも PAN-WWW 内蔵型のほうが短い時間で作業が行え、アンケートからも使い勝手が良いことが分かった。独立型は、机の上ですべての作業を行うというカード操作ツールのユーザインタフェースに合致しなかっただけでなく、パニング方式 (2.6 節参照) との相性が良くなかったことが致命的な欠点となった。パニング方式では、ローカル画面からマウスを外に出す場合には、マウスの中ボタンを押す必要がある。独立型では WWW Viewer がローカル画面外にあるため、頻繁に中ボタンを押す必要があった。

以上の理由から、独立型はオプション設定とし、原則として PAN-WWW では内蔵型を使うことに決めた。本論文では、以降単に PAN-WWW と述べる場合には内蔵型のことを指すこととする。

次に Mosaic と PAN-WWW 内蔵型との比較を行う。Mosaic と PAN-WWW 内蔵型の作業時間比を表 5.3 と図 5.8 に示す。これは、Mosaic の作業時間と PAN-WWW

表 5.3: Mosaic と PAN-WWW 内蔵型の作業時間比とアンケート結果

課題	作業時間比		アンケート		
	平均	標準偏差	低い	同点	高い
1. 指定したページのリストを作る	0.804	0.146	1	1	13
2. 20 個のページを見て上位 5 つを選ぶ	0.997	0.173	1	2	12
3. 10 ページ, 50 リンクの構造からすべてのページを見つける	1.097	0.454	1	1	13
4. 番号を書いたページをソート (5 個)	0.782	0.199	2	1	12
5. 番号を書いたページをソート (10 個)	0.971	0.177	—	—	—
6. 番号を書いたページをソート (20 個)	1.117	0.237	3	4	8
7. 5 つ示した研究機関を分類する	0.866	0.459	2	2	11
8. 一度見た研究機関を再び検索する	0.376	0.216	0	0	15
9. URL を利用して一度見た研究機関を再び検索する	0.899	0.377	—	—	—
ツール全体の評価	—	—	5	2	8

※ 作業時間比は $\left(\frac{\text{PAN-WWW 内蔵型での作業時間}}{\text{Mosaic での作業時間}}\right)$ 、アンケートは、

「低い」は Mosaic より PAN-WWW 内蔵型のほうに低い点をつけた者、

「同点」は同点、「高い」は高い点をつけた者を示す。

内蔵型の作業時間の比率を示したもので、1 未満なら PAN-WWW 内蔵型が速く、1 より大きければ Mosaic のほうが速いことを示している。また、表 5.3 の右欄に、Mosaic と PAN-WWW 内蔵型とのアンケート結果の違いを示す。

以下に、課題ごとに詳しく考察する。

5.5.1 指定したページのリストを作る

WWW 上の木構造となっている複数のページをリストにする課題である。これにより、特定の組織にあるすべてのページを調べるといった単純な探索作業の効率を比較する。

実験の結果、2 人を除いて Mosaic よりも PAN-WWW のほうが作業時間が短かった。Mosaic のほうが速かった被験者は、Mosaic に熟練しており、ショートカット

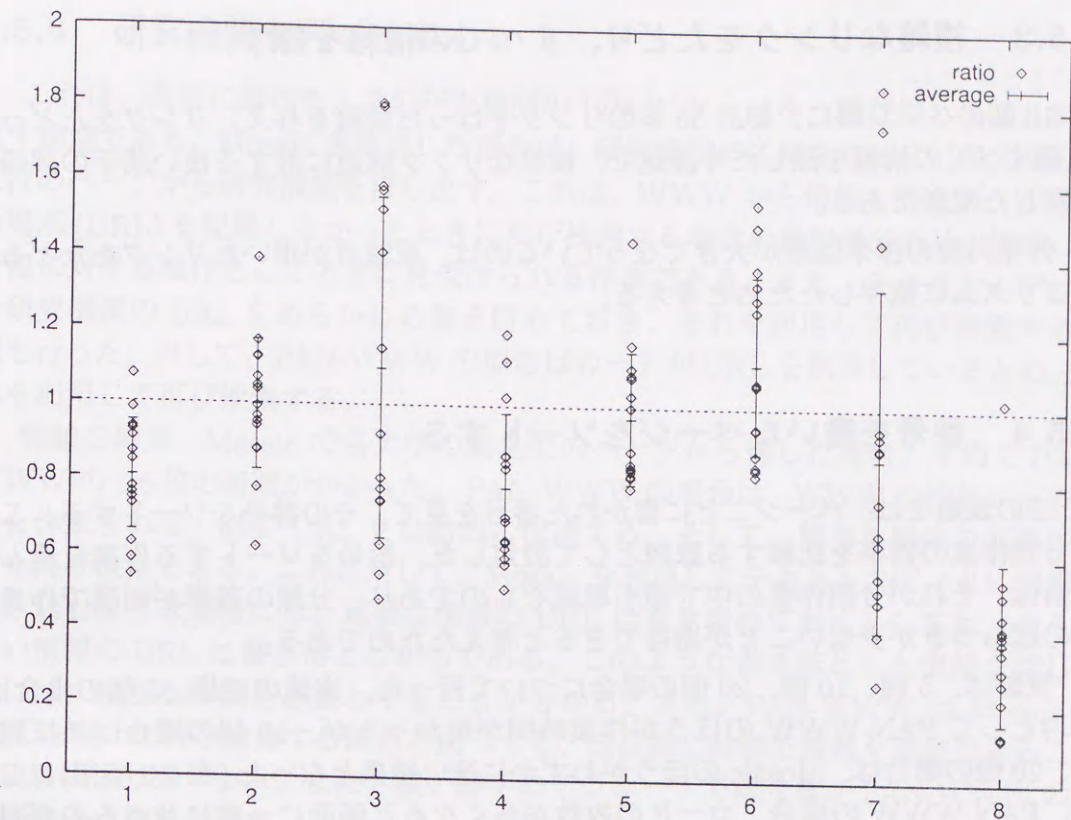


図 5.8: Mosaic と PAN-WWW 内蔵型の作業時間比

※ 作業時間比は $\left(\frac{\text{PAN-WWW 内蔵型での作業時間}}{\text{Mosaic での作業時間}}\right)$ を示す。線は標準偏差の範囲を示し、線の中央は平均を示す。

キーを多用して敏速に作業を行っていた。このため、PAN-WWW でも熟練者向けの機能が必要であると判断し、ショートカットキーを備えることにした。

5.5.2 検索したページからいくつかを選択する

20 個のページに料理名を書いておき、被験者の好きなもの上位 5 個を選択させる課題である。インターネット上で情報を検索し、そのうちいくつかを選択する操作の作業効率を比較するものである。この課題においても、Mosaic と PAN-WWW で同等の作業効率で行えている。

5.5.3 複雑なリンクをたどり、すべての情報を探す

10個のページ間に、総計50本のリンクをはった情報を与え、リンクをたどって10個すべての情報を探し出す課題で、複雑なリンク構造に対する使い勝手の評価を意図した実験である。

作業時間の標準偏差が大きくなっているのは、被験者が用いたリンクをたどるアルゴリズムに依存したためと考える。

5.5.4 番号を書いたページをソートする

この課題では、ページごとに書かれた番号を見て、その番号をソートする。これは分類作業の効率を比較する課題として設定した。番号をソートする作業を選んだ理由は、それが分類作業の中で最も単純なものであり、分類の基準が明確で作業時間のばらつきが少ないことが期待できると考えたためである。

実験は、5個、10個、20個の場合について行った。実験の結果、5個の場合は、平均としてPAN-WWWのほうが作業時間が短かったが、10個の場合はほぼ同じで、20個の場合は、Mosaicのほうがわずかに速い結果となった(表5.3参照)。これは、PAN-WWWの場合、カードの枚数が多くなると画面に一度に並べるのが困難になることが原因である。特にカードとカードの間に別のカードを置きたいが場所がない場合に、カードを移動して置く場所を作る作業が頻発した。

但し、アンケート結果では、20個の場合でも、PAN-WWWの点数のほうが高い者が8名、Mosaicが3名、同点が4名と、カードが持つ可搬性の良さが評価されている。

5.5.5 研究機関を分類する

大学の研究機関(研究室、学部、研究所など)の公開しているWWWページを5つ与え、それを被験者自身の定めた基準で分類させる課題である。上述の4課題に比べ、検索した情報を比較したりときには情報の再検索が必要になるなど、情報検索だけでなく、検索した情報を操作する作業が多くなることを意図した実験である。なお、被験者には、この課題を行う前に、次に研究機関を再検索する課題があることを通知している。

上述の4課題と比較して、作業時間比を見るかぎり、PAN-WWWのほうが情報操作の作業部分で作業効率の向上が若干ではあるが認められる。これを、より詳しく調べるために、次の課題の実験を行った。

5.5.6 研究機関を再び検索する

これは、直前に調べた大学の研究機関のWWWサーバを、再び探し出し、調べ直す課題である。Mosaicを使用した場合は、研究機関の名称をもとに、各大学の最上位のページから研究機関を探し出す。これは、WWWから情報を得たが、WWWの場所(URL)を記録しなかったときに再び検索する場合の典型例であり、検索した情報に対する操作としてときに見受けられる作業である。また、テキストエディタで研究機関のURLをあらかじめ書き留めておき、それを利用して再び検索する課題も行った。対して、PAN-WWWの場合はカードがURLを保持しているため、それを利用して再び検索する。

実験の結果、Mosaicで各大学の最上位のページから探した場合、平均でPAN-WWWの3.6倍の時間がかかった。PAN-WWWの場合は、WWWの情報からカードを作成すれば、必ずURLを自動的に保持する。そして、簡単な操作で元のページを再び検索できる。これに対して、Mosaicを利用してテキストエディタに情報を書き込むような場合には、重要な情報のURLは書き留めておくとしても、そうでない情報のURLは書き落としがちである。このような書き落とした情報を探し出すには、相当な時間を必要とすることが分かる。また、PAN-WWWはMosaicでURLを使って再び検索する場合と比べても、ほぼ同じ時間で課題を達成できることが実験により分かった。また、使い勝手のアンケートでは全員がPAN-WWWのほうに高い点数を付けた。

以上、実験全体を総括すると、平均としては20個の番号ソートを除いてPAN-WWWのほうが作業時間が短かった。また、アンケート結果では、すべての課題においてPAN-WWWの使い勝手を高く評価した者が、Mosaicを高く評価した者より多かった。このことから、PAN-WWWによってインターネットからの情報収集と情報整理を効率良く行うことができることが分かった。

但し、上記の実験は、単純な作業に要した時間の比較に留まっている。したがって、通常の利用状況での効率や使い勝手の違いを評価するには、通常の利用において想定される作業を長時間行う実験を行い、評価する必要がある。

5.6 まとめ

急速な発展を遂げているインターネット上の情報サービスを活用する、カード操作ツールの機能拡張について述べた。今後のインターネットなどの分散ネットワークの進歩により、電子メディアを介した情報収集が、さまざまな問題解決のために行われると思われる。著者はこの際に得られた情報をまとめる機能が重要であると考え、それにカード操作ツールを使用することを考えた。カード操作ツールと分散ハイパーメディアを検索するツールを統合化することで、情報収集と情報整理の作

業を効率良く行い、相互の行き来を円滑に行うことができると期待する。

今後の課題としては、Inline Image 機能を含めたインターネット上のマルチメディア情報への対応や、WWW のデータをデータ構造を考慮してカード操作ツール上に変換する機能や、逆にカード操作ツール上の図解を WWW のデータに変換する機能の開発があげられる。

第6章

結論

今日、社会において幅広くコンピュータの活用が進んでいる。ハードウェア技術の進歩により、安く大量の情報を蓄積できるようになったが、必要な情報を必要な時に容易に取り出すためには、膨大な情報を取捨選択し、整理する必要がある。しかし、そのような整理をコンピュータが人手を介さずに行うことは難しく、整理は人間の高度な知的作業を用いて行っているのが現状である。

著者らの研究グループでは、人が行っている情報の管理や整理をやりやすくするツールが必要であると考え、空間上に情報をカードとして配置して情報を整理、管理するカード操作ツール KJ エディタを提案、実現した。しかし、当初の KJ エディタは、コンピュータの機能や性能の制約により、必要最小限の機能しか備えることができなかった。このため、著者は、このカード操作ツール KJ エディタの表現力の向上、あるいは効果的な利用法を築くことを考え、KJ エディタに拡張を行った。本論文では、2章でカード操作ツール KJ エディタの背景や特徴について述べ、3,4,5章では、それぞれ、カード操作ツールのマルチメディア情報への対応、分散環境で使用した場合の、音声チャンネルの有無による作業効率の違い、インターネット上の情報にアクセスする機能の追加、に関しての研究成果を述べた。

- 第2章では、著者らの研究グループで開発された、カード操作ツール KJ エディタについて、その背景や特徴、機能、研究の経緯について述べた。カードは創造的な知的活動に役立つものとして広く使われており、カードを用いた情報操作をコンピュータ上で実現すれば、カード操作の欠点を克服できると期待した。但し、コンピュータの画面の広さの問題から一覧性が問題となる。KJ エディタでは、高速パニング方式によって、一覧性の問題を解消しようとしている。
- 第3章では、マルチメディア情報を扱うために拡張したカード操作ツール PAN/KJ について述べた。PAN/KJ では、カードに画像や音声を付けることができ、カードから任意のプログラムを起動することができる。この PAN/KJ でマルチメディア情報を扱うことより、柔軟な思考による情報整理や効果的な情報伝達が期待できる。同様にマルチメディア情報を扱うハイパーメディアでは、複雑な構造を作りがちで迷子になりやすいという欠点があるが、PAN/KJ

では、視覚により強く認識、理解できるという空間配置の特長から、全体を見失うことなく情報の操作を行うことが期待できる。

- 第4章では、ネットワーク版 KJ エディタを用いた協調作業実験において、コミュニケーション手段の違いが作業にどのような影響を与えたかを考察した。同期対面型と同期分散型の二種類を行い、それぞれ、声によるコミュニケーションと KJ エディタ、文字によるコミュニケーションと KJ エディタを併用した作業としてとらえて比較した。その結果、分散型より対面型のほうが、指示操作の回数が 2.77 倍と多いことが分かった。また、カードのまわりをくるくると指したり、カードをつかむことによって指示を強調することが分散型で多く見られた。また、分散型で指し示す操作は、指示操作の終了を他人に伝えるために、ポインタを動かしたり、カードをつかむ操作を行っていることが分かった。
- 第5章では、インターネット上の情報へのアクセス機能を KJ エディタに追加したことについて述べた。現在普及しているインターネットを利用できるソフトウェアはアクセス機能に重点が置かれており、得られた情報を整理したり、まとめ上げる作業については、ほとんど考慮されていない。そこで、カード操作ツールを用いてインターネットから得た情報を整理したり管理することを考えた。そして、インターネット上の情報に直接アクセスする WWW Viewer を作成し、カードに情報を移せる機能を実現した。これにより、情報収集と情報整理の作業を効率良く行うことができ、それらの作業の行き来が円滑に行えるようになると思われる。

著者は、カード操作ツールで画像や音声を扱えるように拡張した。これは、思考の道具として、画像や音声といったマルチメディア情報を使うことで、文字だけでは得られない多様な発想を生むことを狙ったものである。マルチメディア情報は、情報を自由に扱い組み合わせることで本領を発揮する。ただ、画像や音声でできた完成品を眺めるだけでは、マルチメディアの一部に触れたにすぎない。その意味でも、マルチメディア情報を自分の意思で自由に組み合わせることができる本研究の成果は、マルチメディアを駆使したアプリケーションの新たな一形態として成り立つものと信ずる。

また、今後コンピュータは、ネットワークに繋ぐことが必須となろう。コンピュータをネットワークで結ぶことは、すなわち人と人を結ぶこととなる。本研究の協調作業支援の評価では、遠隔地間の対話における音声会話の重要性がカード操作ツールを使用する場面でも確認された。現在、遠隔地間の音声会話は、コンピュータの能力や機能の向上とネットワーク環境の向上により、コンピュータネットワークのみで可能となってきた。さらに、大容量の回線を使用すれば、動画像による電

子会議も可能である。このような機能と、情報の整理に秀でたカード操作ツールを共に使うことで、協調作業はより良く進むと期待する。

インターネットは、世界規模、分散指向という点で、従来のコンピュータ通信とは一線を画すものであり、商用利用の参加により、近年飛躍的な発展を見せた。このため、今後、学術研究だけでなく一般の企業人の業務利用などにも活用されることが予想され、より幅広い分野での情報収集、発信の手段として利用されると予想できる。本研究では、インターネットが情報収集の手段として有効であることに注目し、収集後の整理にカード操作ツールを使用することを考えた。インターネットからの情報を各個人で整理することを研究した事例は、現時点では極めて稀であり、本研究は新規性に富み、今後この領域の研究は、重要なものになると予想している。

本研究の今後の研究課題としては、マルチメディアについては、協調作業支援環境の充実が挙げられる。現在、カード操作ツールで扱えるマルチメディア情報は、一人で使用する場合でのみしか使用できない。複数人で使用する場合にも、マルチメディア情報をやりとりできるように、今後機能拡張する予定である。また、実現したマルチメディア機能が及ぼす効果についての評価が、現状では不十分であると言える。このため、今後、実際に画像や音声を使ったカード操作の実験を行い、本格的に評価する必要がある。

協調作業支援については、分散環境での音声会話機能をより充実し、実際にその機能を使って、遠隔地でありながら円滑に協調作業が行えるかを検証する必要がある。また、音声会話に限らず、カード操作を使った協調作業については、実験がまだまだ不足しているため、多種の実験を行ない評価する必要がある。

インターネット上の情報をアクセスする機能については、インターネット上の情報を見る WWW Viewer のさらなる機能充実が必要である。また、現在、マルチメディア機能とインターネットへのアクセス機能は、KJ エディタに統合されており、同時に使用できるが、相互のデータ交換機能がない。このため、WWW 上のマルチメディア情報と、カード操作ツール上のマルチメディア情報とのデータ交換の機能も必要となる。また、WWW のデータをデータ構造を考慮してカード操作ツール上に変換する機能や、逆にカード操作ツール上の図解を WWW のデータに変換する機能の開発があげられる。この機能については、著者らにより文献 [安保 96] に示された研究がなされているが、まだまだ研究の余地が残されており、WWW とカード操作ツールの特徴を生かした変換機能の研究がさらに必要であろう。

本論文をまとめるにあたり、多くの方のご指導、ご意見、ご助言をいただきました。ここに謝意を表したいと存じます。

まず、本研究を進めるにあたり、終始懇切なご指導を賜りました、大岩 元 教授、河合 和久 助教授、および竹田 尚彦 助教授 に深く感謝の意を表します。

また、本論文をまとめるにあたり貴重なご意見をいただきました、斉藤 制海 教授、磯田 定宏 教授、増山 繁 助教授に篤く御礼申し上げます。

本研究は、本学知識情報工学系 河合研究室の多くの方々と共に研究した成果です。上記研究室に在籍していた大山 裕一、高橋 哲夫、音川 泰伸、Phairoj Srithaveesinsup、関根 克聡、尾崎 耕平、津田 優 の諸氏は図式エディタ PAN の開発に関わってくださいました。また、福本 拓二 氏は本研究のカード操作ツール上の音声を扱う機能の開発に、藤本 匡志 氏はカード操作ツール上の協調作業支援機能の開発に、安保 厚志、高坂 雅彦、中村 勝利の諸氏はカード操作ツールでインターネット上の情報をアクセスする機能の開発に従事してくださいました。みなさまに感謝いたします。

最後に、カード操作ツールの一連の研究の礎を築いてくださった、小山 雅庸氏をはじめとする方々に感謝いたします。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、多くの方のご指導、ご意見、ご助言をいただきました。ここに謝意を表したいと存じます。

まず、本研究を進めるにあたり、終始懇切なご指導を賜りました、大岩 元 教授、河合 和久 助教授、および竹田 尚彦 助教授 に深く感謝の意を表します。

また、本論文をまとめるにあたり貴重なご意見をいただきました、斉藤 制海 教授、磯田 定宏 教授、増山 繁 助教授に篤く御礼申し上げます。

本研究は、本学知識情報工学系 河合研究室の多くの方々と共に研究した成果です。上記研究室に在籍していた大山 裕一、高橋 哲夫、音川 泰伸、Phairoj Srithaveesinsup、関根 克聡、尾崎 耕平、津田 優 の諸氏は図式エディタ PAN の開発に関わってくださいました。また、福本 拓二 氏は本研究のカード操作ツール上の音声を扱う機能の開発に、藤本 匡志 氏はカード操作ツール上の協調作業支援機能の開発に、安保 厚志、高坂 雅彦、中村 勝利の諸氏はカード操作ツールでインターネット上の情報をアクセスする機能の開発に従事してくださいました。みなさまに感謝いたします。

最後に、カード操作ツールの一連の研究の礎を築いてくださった、小山 雅庸氏をはじめとする方々に感謝いたします。

[Dai07] T. Dai, "Process of the development of the graphical editor PAN", *Journal of Information Science*, p. 1-12, 2007.

[Dai09] T. Dai, "The development of the graphical editor PAN", *Journal of Information Science*, p. 1-12, 2009.

[Fox01] K. Fox, "Advances in interactive computing", *Journal of Computer Science*, vol. 24, pp. 1-12, 2001.

[Insp00] Inspiration - Inspiration Software, WWW Page, <http://www.inspiration.com/index.html>, 2000.

[Kob04] E. Kobayashi, "The development of the graphical editor PAN", *Journal of Information Science*, p. 1-12, 2004.

結論

参考文献

- [CB88] J. Conklin and M.L. Begeman: gIBIS: A Hypertext Tool for Exploratory Policy Discussion, In *Proc. of CSCW '88*, pp. 140-152 Sep. (1988).
- [Chr93] W. A. Christopher: Writing Object-oriented Tcl-based Systems using Objectify, In *Proc. of the TCL/TK Workshop*, pp. 99-101 (1993).
- [Con87] J. Conklin: Hypertext: An introduction and survey, *IEEE Computer*, Vol. 20, No. 9, pp. 17-41 (1987).
- [COPW72] A. Chapanis, R. B. Ochsman, R. N. Parrish, and G. D. Weeks: Studies in interactive communication: I. The effects of four communication modes on the behavior of teams during cooperative problem-solving, *Human Factors*, Vol. 14, pp. 487-509 (1972).
- [CY90] P. Coad and E. Yourdon: *Object-Oriented Analysis*, Prentice-Hall (1990).
- [CY91] P. Coad and E. Yourdon: *Object-Oriented Design*, Prentice-Hall (1991).
- [Dav87] N. Davis: Problem #4, In *The 4th Int. Workshop on Software Specification and Design*, p. x. IEEE-CS Press (1987).
- [DeM79] Tom DeMarco: *Structures Analysis and System Specification*, Yourdon Press (1979).
- [Fox91] E. Fox: Advances in Interactive Digital Multimedia Systems, *IEEE Computer*, Vol. 24, No. 10, pp. 9-21 (1991).
- [Ins95] Inspiration: Inspitation Software, WWW Data
<<http://www.inspiration.com/index.html>> を参照, (1995).
- [Kro94] E. Krol: *The Whole Internet User's Guide & Catalog*, O'Reilly & Associates (1994).

- [LCL+94] T.B. Lee, R. Cailliau, A. Luotonen, H.F. Nielsen, and A. Secret : The World-Wide Web, *Comm. of the ACM*, Vol. 37, No. 8, pp. 76-82 (1994).
- [LPG+93] T.M. Levergood, A.C. Payne, J. Gettys, G.W. Treese, and L.C. Stewart : AudioFile: A Network-Transparent System for Distributed Audio Applications, In *Proc. of the USENIX Summer Conf. 1993* (1993).
- [Nie90] J. Nielsen : *HYPERText & HYPERMedia*, Academic Press (1990), (邦訳: HYPER Text & HYPER Media, HBJ 出版局 (1991)).
- [OC74] R. B. Ochsman and A. Chapanis : The effects of 10 communication modes on the behavior of teams during co-operative problem-solving, *Int. J. Man-Machine Studies*, Vol. 6, pp. 579-619 (1974).
- [OC89] S. L. Oviatt and P. R. Cohen : The effects of interaction on spoken discourse, In *Proc. 27th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics*, pp. 126-134 (1989).
- [Ous90] J.K. Ousterhout : An X11 Toolkit Based on the Tcl Language, In *Proc. of Winter USENIX Conf. 1991*, pp. 105-115 Dec (1990).
- [Sec94] A. Secret : the WWW Virtual Library, WWW Data
<<http://www.w3.org/hypertext/DataSources/bySubject/Overview.html>>を参照, (1994).
- [SFB+87] M.J. Stefk, G. Foster, D.G. Bobrow, L. Kahn, and S. Lanning : Beyond the Chalkboard, *Comm. of ACM*, Vol. 30, No. 1, pp. 32-47 (1987).
- [Sri95] P. Srithaveesipsup : DFD 記述用 CASE ツールに関する研究, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1995).
- [TFB91] D. G. Tatar, G. Foster, and D. G. Bobrow : Design for conversation: lessons from Cognoter, *Intl. J. Man-Machine Studies*, Vol. 34, No. 2, pp. 185-209 (1991).
- [UY89] K. Utting and N. Yankelovich : Context and orientation in hypermedia network, *ACM Trans. Information Systems*, Vol. 7, No. 1, pp. 58-54 (1989).
- [Wan94] J. Wang : Overview of tkWWW, WWW Data
<<http://tk-www.mit.edu:8001/tk-www/help/overview.html>>を参照, (1994).

- [安保 96] 安保厚志 : カード操作を主体とする HTML 作成環境に関する研究, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1996).
- [塩見 92a] 塩見彰睦, 土屋光一, 竹田尚彦, 河合和久, 大岩元 : カード操作ツールにおけるソフトウェア上流工程の事例研究, ソフトウェア技術者協会「ソフトウェアシンポジウム'92」, pp. c43-c60 (1992).
- [塩見 92b] 塩見彰睦, 竹田尚彦, 河合和久, 大岩元:HCPチャートエディタ PAN/HCP, 情報処理学会論文誌, Vol. 33, No. 2, pp. 183-194 (1992).
- [河合 92] 河合和久, 塩見彰睦, 竹田尚彦, 大岩元 : 協調作業支援機能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. 47-56 (1992).
- [花田 83] 花田收悦 : ソフトウェア設計開発支援システム, 企画センター (1983).
- [角 92] 角康之, 堀浩一, 大須賀節雄 : メモの集合を空間配置することによる思考支援システム, 発想支援ツールシンポジウム資料集 (1992).
- [高橋 94] 高橋哲夫 : OOA 支援ツール PAN/OOA に関する研究, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1994).
- [三末 91] 三末和男, 杉山公造 : 図的思考支援を目的とした図の多視点遠近法について, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 8, pp. 997-1005 (1991).
- [三末 94] 三末和男, 杉山公造 : 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 9, pp. 1739-1749 (1994).
- [市村 93] 市村哲, 前田典彦, 工藤正人, 松下温 : 本とハイパーテキストの融合メディア:OpenBook, 情報処理学会論文誌, Vol. 34, No. 5, pp. 1053-1063 (1993).
- [篠原 87] 篠原靖志 : 未整理な情報からの知識ベース構築, 情報処理学会第 34 回全国大会 2K-4, pp. 1465-1466 (1987).
- [宗森 90] 宗森純, 長澤庸二 : 分散型 KJ 法支援システムの実現, 情報処理学会「マルチメディア通信と分散処理」研究会資料 45-16, pp. 119-124 (1990).
- [宗森 94] 宗森純, 堀切一郎, 長澤庸二 : 発想支援システム郡元の分散協調型 KJ 法実験への適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 1, pp. 143-153 (1994).

- [小山 86] 小山雅庸, 河合和久, 大岩元: 発想支援ツールとしてのエディタ, 昭和61年度電気関係学会東海支部連合大会 (1986).
- [小山 92] 小山雅庸, 河合和久, 大岩元: カード操作ツール KJエディタの実現と評価, コンピュータソフトウェア, 日本ソフトウェア科学会, Vol. 9, No. 5, pp. 38-53 (1992).
- [松岡 92] 松岡健治, 竹田尚彦, 塩見彰睦, 河合和久, 大岩元: ネットワーク版カード操作ツールの設計と実現, 第20回 jus UNIX シンポジウム論文集, pp. 123-133. 日本 UNIX ユーザ会 (1992).
- [森田 89] 森田哲司, 河合和久, 大岩元: 図を用いた思考展開における文章化支援, 情報処理学会「文書処理とヒューマンインタフェース」研究会資料 23-2 (1989).
- [川喜田 67] 川喜田二郎: 発想法 創造性開発のために, 中公新書 (1967).
- [川喜田 70] 川喜田二郎: 続・発想法 KJ法の展開と応用, 中公新書 (1970).
- [川喜田 86] 川喜田二郎: KJ法, 中央公論社 (1986).
- [大見 93] 大見嘉弘: マルチメディア情報向けカード操作ツールに関する研究, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1993).
- [大山 93] 大山裕一, 塩見彰睦, 河合和久, 大岩元: カード操作を主体とする文章作成環境の実現, 情報処理学会「ヒューマンインタフェース」研究会資料 47 (1993).
- [大内 93] 大内東: FISM/*:発想支援システム, 第2回発想支援ツールシンポジウム講演論文集 (1993).
- [中山 77] 中山正和: NM法のすべて アイデア生成の理論と実践的方法, 産業能率大学出版部 (1977).
- [長崎 94] 長崎祥, 田中譲: シンセティック・メディアシステム IntelligentPad, コンピュータソフトウェア, 日本ソフトウェア科学会, Vol. 11, No. 1, pp. 46-48 (1994).
- [土屋 91] 土屋光一, 塩見彰睦, 竹田尚彦, 河合和久, 大岩元: カード操作ツールを用いた要求分析と機能設計の事例研究, 情報処理学会「利用者指向の情報システム」シンポジウム, pp. 37-44 (1991).

- [藤本 95] 藤本匡志: ネットワーク版カード操作ツールに関する研究, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1995).
- [梅棹 69] 梅棹忠夫: 知的生産の技術, 岩波新書 (1969).
- [富田 92] 富田理: UNIX環境でのカード操作ツールの設計と実現, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1992).
- [福本 95] 福本拓二: カード操作ツールにおける音声情報の活用に関する研究, 豊橋技術科学大学 工学修士 学位論文 (1995).
- [國藤 89] 國藤進, 上田晴康, 須永知之, 井深克憲, 岩内雅直: グループ知識獲得支援システム GRAPE における初期知識ベース獲得機能, 人工知能学会研究会資料 SIG-HICG-8903-5, pp. 41-50 (1989).
- [廣田 92] 廣田隆一郎: ISOP - Ideal Solution Of Problem Method by Computer, 発想支援ツールシンポジウム資料集 (1992).
- [齋藤 93] 齋藤正史, 山口英: インターネットの情報サービス, 情報処理学会誌, Vol. 34, No. 12, pp. 1415-1421 (1993).

[大見 91] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: マルチメディア情報向けカード操作ツール, 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J79-D-II, No.4 (1996) 【掲載予定】

[大見 92] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: インターネット上の情報を利用できるカード操作ツール PAN-WWW, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.1, pp.154-162 (1996).

[大見 93] 大見 嘉弘, 中村 勝利, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツール KJ エディタを用いた協調作業における指示操作に関する考察, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

[大見 94] 大見 嘉弘, 大岩 元: カード操作の計算機支援, 創造性研究 (日本創造学会機関誌), No.10, pp.132-141 (1994).

[大見 95] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツールの設計と実用化, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

[大見 96] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツールの設計と実用化, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

[大見 97] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツールの設計と実用化, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

[大見 98] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツールの設計と実用化, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

[大見 99] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツールの設計と実用化, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

[大見 100] 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツールの設計と実用化, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).

論文目録

論文誌

1. 河合 和久, 大見 嘉弘, 大岩 元: カード操作の計算機支援, 創造性研究 (日本創造学会機関誌), No.10, pp.132-141 (1994).
2. 大見 嘉弘, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: カード操作ツール KJ エディタを用いた協調作業における指示操作に関する考察, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.11, pp.2720-2727 (1995).
3. 大見 嘉弘, 中村 勝利, 河合 和久, 竹田 尚彦, 大岩 元: インターネット上の情報を利用できるカード操作ツール PAN-WWW, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.1, pp.154-162 (1996).
4. 大見 嘉弘, 竹田 尚彦, 河合 和久, 大岩 元: マルチメディア情報向けカード操作ツール, 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J79-D-II, No.4 (1996) 【掲載予定】

国際会議

1. Yoshihiro Ohmi, Katsutoshi Nakamura, Naohiko Takeda, Kazuhisa Kawai and Hajime Ohiwa: A Card-handling Tool which Supports Multimedia Data and Resource Accessing on the Internet, HCI International '95, Advances in Human Factors/Ergonomics 20A Symbiosis of Human and Artifact: Future Computing and Design for Human-Computer Interaction, ELSEVIER, pp.691-696 (1995).

研究発表

1. 大見嘉弘, 塩見彰睦, 河合和久, 大岩元: マルチメディア情報向けカード操作ツールの試作, 情報処理学会研究報告 ヒューマンインタフェース, 93-HI-47-18(1993).
2. 大見嘉弘, 河合和久, 大岩元: マルチメディア情報向けカード操作ツール, 電子情報通信学会オフィスシステム研究会資料, OFS93-7(1993).
3. 大見嘉弘, 河合和久, 大岩元: マルチメディア情報対応型カード操作ツール, 第2回発想支援ツールシンポジウム講演論文集 (1993).
4. 音川 泰伸, 大見嘉弘, 河合和久, 大岩元: カード操作ツールのログ情報解析ツールの作成, 電子情報通信学会技術研究報告, OFS93-35 (1994).
5. 高橋 哲夫, 関根 克聡, 大見嘉弘, 河合和久, 大岩元: OOA 支援ツール PAN/OOA, 電子情報通信学会技術研究報告, OFS93-35 (1994).
6. 大見嘉弘, 中村 勝利, 竹田 尚彦, 河合 和久, 大岩元: カード操作ツールを用いたインターネット上のリソースアクセス, 計測自動制御学会第15回システム工学部会研究会資料, pp.47-54(1994).

