JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	WWW空間の視覚化により知識共有を促進するコラボレーションブラウジングの研究
Author(s)	坂本，竜基
Citation	
Issue Date	2000-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/621
Rights	
Description	Supervisor:國藤　進，知識科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

修 士 論 文

WWW 空間の視覚化により知識共有を促進するコラボレーションブラウジングの研究

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

850035　坂本 竜基

2000 年 3 月

Copyright © 2000 by Ryuuki Sakamoto

修 士 論 文

WWW 空間の視覚化により知識共有を促進するコラボレーションブラウジングの研究

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

850035　坂本 竜基

審査委員:　國藤 進 教授 (主査)
藤波 努 助教授
西本 一志 助教授

2000 年 2 月

Copyright © 2000 by Ryuuki Sakamoto

要 旨

本稿では，必要な情報を見つけることが困難な WWW 上での探索を，不明なことがあった場合において人間が最もとりやすい行動の一つである「人に尋ねる」「人の行動を伺う」といった協調行為によって解決するコラボレーションブラウジングについての提案をおこなう．このシステムはグループウェアなどで対象としているような共通目的をもったグループ以外にも，特に同じ目的というわけではないバーチャル空間上のコミュニティーでの使用も想定している．

一方で，WWW は協調をおこなう上でのプロセスの第二段階である“ 他ユーザの存在や行動への気付き ”，つまりアウェアネスからの機能提供をサポートしていない．コラボレーションブラウジングでは，このアウェアネスを主にリアルタイムの URL 履歴表示と WWW 視覚化情報における視点の共有によって支援し，ユーザはこの機能と WWW 探索用にチューニングされたチャットシステムを使用して，他ユーザと協調的に WWW 空間を探索する．

このような WWW でのアウェアネス情報を補完することは，情報探索の効率化のほかに，既存のシステムでは規制が難しい過度の匿名性による無責任な行動に対しても，ユーザの自発的な抑制という点で期待でき，モラル面でも効果があると予想している．

本研究では，このシステムの有効性を確かめるため，Java と VRML を使用してプロトタイプの製作をおこない，その予備的な評価実験をおこなった．この結果，WWW 探索アウェアネス情報の取得は，他人の存在，行動をある程度把握可能にすることが判明した．これにより，ユーザは他ユーザとのスムーズなコミュニケーションが可能となり，一人では見つけられない情報も多数見つけ出せたという報告があった．また，WWW 視覚化は場の方向性を表すことに対して有効であることも確かめられた．本稿ではこのコラボレーションブラウジングについての提案と，その有効性についての実験結果を報告する．

目 次

1 序論 **1**

1.1 研究の目的 1

1.2 背景 2

1.3 関連研究 5

1.4 本論文の構成 6

2 協調型探索システム：コラボレーションブラウジング **7**

2.1 システムの位置付け 8

2.2 適用場面 9

2.2.1 共通の目的を持った多くても 20 人程度のグループ 10

2.2.2 バーチャル・コミュニティの形成場所 10

2.3 仕事形態 11

2.4 要求される機能 13

2.4.1 WWW 探索アウェアネス支援 13

2.4.2 コミュニケーション手段提供 15

2.4.3 WWW 空間の視覚化情報 15

2.5 設計ポリシー 16

2.6 システム使用による二次的な効果 17

3 実装例 **19**

3.1 外部設計 19

3.2 実装方法 20

3.3 視覚化情報 22

3.4 コミュニケーション手段 25
3.5 WWW 探索アウェアネス支援 25

4 評価実験 27

4.1 実験内容 28
4.1.1 準備実験：可用性 28
4.1.2 実験１：共通目的をもったグループでの運用 28
4.1.3 実験２：協調探索の行動追跡 30
4.1.4 実験１，２共通：協調探索環境としての評価 32
4.2 実験結果 32
4.2.1 準備実験：可用性 32
4.2.2 実験１：共通目的をもったグループでの運用 33
4.2.3 実験２：協調探索の行動追跡 35
4.2.4 実験１，２に共通の結果 38

5 結論 40

5.1 本研究の成果 41
5.2 今後の課題と展望 42

6 謝辞 44

第 1 章

序論

1.1 研究の目的

CSCW(Computer Supported Cooperative Work) とは，電子計算機を用いた協調作業支援に関する研究分野であり，それは，計算機を個人的な知的生産活動のためのツールとしてだけ捉えるのではなく，複数人による協調作業のためのメディアとして活用することを主眼としている．その中でも，共通の仕事や目的をもって働くユーザグループの協調作業を支援するツールはグループウェアを呼ばれており，これまでにもさまざまな角度から研究されている．また，協調，協力などと訳されるコラボレーションとは各個人の単純和以上の価値創造を生み出すことが期待される行為であり，その過程でのひらめきやアイデアは，情報の参照や他人との会話，リアルタイムにおこなう作業の中で生み出され洗練されることが多い．[1]

一方で，インターネットの普及につれ，研究者以外の利用が増えてきたことを背景に，例えば news，gopher などの一般の人には敷居の高く，あまり普及していないサービスに対して，WWW はその操作の手軽さ，表現力の豊かさなどから，mail などと共に情報獲得，発信の両面から最もよく利用されるサービスの一つとなった [2]．しかし，このユーザ数や層の拡大は，存在する情報の膨大さ，多様さを益々促進させたことと引き換えに，その仕様的欠点により目的としている情報位置の把握をより困難なものにした．

本研究では，この情報収集が困難になりつつあるという WWW の欠点を，従来から存在するサーチエンジンなど，データベース参照型の探索方法などを用いて解決するのではなく，複数人の協調行為によって克服することを主眼としている．つまり，複雑な

システムを導入し，計算機に対して問い合わせをおこなうのではなく，それをよく知る人に聞くことが可能なシステムに拡張することを目的としている．特に，この「人に尋ねる」という目的のためのプラットホームとして，アウェアネス情報の不足に着目してそれを支援し，ユーザの創造性の発揮を促す，探索においては同期型，参照においては非同期型である環境の構築を目指す．それは，ホームページブラウジングという仕事形態自体を変化させると同時に，既存のシステムでは規制が難しい，過度の匿名性による無責任な行動やモラル面でも効果があると予測する．

1.2 背景

現在の WWW は，そのコンテンツの膨大さと分散環境であることを主な理由として情報探索が困難な状況に陥っている．そもそも，情報同士がリンクしあい，構成されている空間であるハイパーメディアは，情報を非線型に読み進めることが可能であるが，同時に複数の追跡作業もおこなわなければならず，必要な情報を見つけることの困難さを古くから指摘されている．これに対する研究はさまざまな角度からおこなわれており，大きく分けて次の二つ分類できる．

一つは，膨大な量のコンテンツにより形成された巨大なハイパーメディア空間である WWW 可視化に対するアプローチであり，それは 空間をグラフ構造として捕らえ，可視化することによって情報関係の理解を促進させる種類の研究である．もう一つは，いわゆるサーチエンジンと呼ばれる情報探索手段の提供方法に関する研究である．これには，ディレクトリサービスとよばれる登録型とロボットによる自動収集型がある．システムはユーザからの情報探索リクエストに対して自然言語処理などをおこないデータベースを参照し，ユーザが求めている URL[1]を表示する．しかし，これら技術的支援だけでは本当にユーザが求めている情報を抽出するには不充分であり，最近ではこの問題を解決するために利用者側でカスタマイズ可能なものや，ユーザの利用結果のフィードバック可能なシステムが主流になりつつある．これは，技術的な情報フィルタリングには限界があり，システムによるある程度の絞込みの後に最終的な判断を人間がおこなう必要があることを示している．

[1]Uniform Resource Locator

図 1.1: コラボレーションにいたるプロセス

一方で，CSCW の分野で盛んに研究されているものの一つとしてアウェアネスという概念があり，それは仮想空間での協調行為におけるノンバーバル情報の重要性を示すものである．これを支援する主な利点は，視線の一致を支援する Clear Board のゲイズアウェアネス [3][4] などに代表されるように，双方向の遠隔通信システム上でも対面環境と同じような臨場感が提供されることにある．

このアウェアネスとコラボレーションの関係については，松下は著書「コラボレーションとコミュニケーション」において協調作業に至るまでの複数のプロセスの存在を指摘している（図 1.1）．[1] このプロセスは，協調作業をおこなうためのインフラストラクチャとして，まず集合でき，次にお互いの存在に気付け，最後に円滑な会話が可能な環境の提供が必要であることを示しているが，これら四つのプロセスが物理的に同じ場所にいる場合の人間の関わりなのに対し，松下は同書の中で物理的に同じ場所にいない場合の関わり方，つまり，ネットワークで結ばれる関係についての四つのプロセスについても挙げている（表 1.1）．ここで，テレプレゼンスとは，通信回線によってお互いが繋がっている状況のことで，テレアウェアネスとは，他人が何に着目しているか，何をおこなっているかなどが把握可能である状況のことである．

これを WWW の場合において考えてみる．現実的に WWW 上には多数の人が存在，探索しており，同時に同じ URL を参照している状況が存在し，また通信回線的にもお互いに繋がっている関係にも関わらず，ユーザは他ユーザの存在や集合状況を把握する

表 1.1: コラボレーションに至るステップにおける物理的要因別の関係

物理的に同じ場所にいる	物理的に同じ場所にいない
コラボレーション Collaboration	コラボレーション Collaboration
コミュニケーション Communication	テレコミュニケーション Telecommunication
アウェアネス Awareness	テレアウェアネス Teleawareness
コプレゼンス Copresence	テレプレゼンス Telepresence

ことができない．この点から，WWW はプロセスの第二段階であるテレアウェアネスからの機能提供をサポートしていないといえる．

また，WWW はプロセスの第三段階であるテレコミュニケーションも，他のアプリケーションやブラウザ用のプラグインを使うか，cgi などを利用して組まれたリアルタイム性の低いコンテンツを併用しなければならず，十分な環境であるとはいい難い．さらに，第一段階以前の段階として，WWW にはユーザにとって集合に値する協調作業のできる明確な場が存在しないことも，それ以降のプロセスを踏まなくては不可能な協調作業を阻害する要因の一つとなっている．

以上のような点から，不明なことがあった場合において人間が最もとりやすい行動の一つである「人に尋ねる」という行為も，同期型においてはチャットシステムなど，非同期型においては WWW 上の電子掲示板を併用しなければ不可能な環境である．また，現在のようなアウェアネス情報が不足した，他ユーザのプロフィールや分布状況が不明な環境であると，いざ尋ねる段階になっても「どこで，どの人に尋ねていいのかが分からない」などといった問題に対する問題が繰り返し発生する可能性があり，スムーズな情報探索の障害となりかねない．

1.3 関連研究

WWW に限らずハイパーメディアなど複雑な関係構造を可視化する研究はグラフ構造の配置問題の応用であり，それらの構造を計算によって二次元上のマッピングを最適化したものをはじめとして，階層化やクラスタリングにより解決を試みるものが多い．これに対して，古くは 1980 年代半ばから，ユーザの視点周囲の見やすさと一度に含まれる情報量の多さという相反するものを同時に支援する，fisheye[9] に代表されるような位置関係にあまりこだわらない画面を意図的に歪ませたものが多く研究されてきた．また，納豆ビュー [5] などは，関心に応じて複雑なリンク構造をユーザ自身が解きほぐすことのできるシステムであり，人間の判断を可視化にフィードバックするタイプの研究である．

近年，このユーザの判断をシステムやデータにフィードバックさせるタイプのシステムは検索エンジンなどにも導入されており，my yahoo[2]などはクッキーを用いて WWW 上であるにも関わらずユーザごとにカスタマイズ可能な環境を提供している．これによりユーザはある程度効率良く情報を取得可能となったが，カスタマイズできない項目やそもそもデータとしてあらわしにくい情報は掲示板やチャットなどにより人間同士で情報交換をおこなっている．チャットは，掲示板に比べてリアルタイムであるという点から，インフォーマルな情報交換や交流の場として使用されている．そもそもチャットは，IRC[3]という RFC1459 で規定されている [6] インターネットにおけるサービスの一つであったが，簡単なチャットについては WWW 上でも利用可能であるため，現在ではこの IRC はあまり利用されないサービスとなってしまった．

しかし，チャット自体は気軽なコミュニケーション手段として広く利用されており，色々なツールが開発，提供されている．この過程で，ICQ surf[4]や gooey[5]などに代表される，WWW と連携を図る機能提供をおこなう動きがあり，これにより WWW は同じホームページを見ている他ユーザと会話可能な環境へと進化しつつある．その中でも「臨場感あふれる環境」[14] における協調作業環境構築を WWW に応用した WARP[15] では，ノンバーバル情報が全くといっていいほど流通していない WWW におけるアウェアネス（WWW アウェアネス）の支援をおこない，その有効性を示している．

[2]My yahoo http://my.yahoo.com/
[3]Internet Relay Chat
[4]ICQ Surf Ride the Wave http://www.icq.com/icqsurf/
[5]gooey http://www.gooey.com/

このWARPがWWWにおける協調作業環境の構築だったのに対し，本研究では探索の効率化に重点をおいて，協調探索環境の構築を目的としている．

1.4 本論文の構成

本論文における第２章以降の説明をおこなう．まず，第２章では本論文のタイトルとしたコラボレーションブラウジングについての説明と提案をおこなう．まず，グループウェアの流れにおけるシステムの位置づけを明らかにし，対象としている適用場面について言及する．次に，協調探索に必要な機能とそれらについての説明をおこない，最後にシステムの二次的な効果について述べる．

次に，第３章ではコラボレーションブラウジングの実装例をしめす．これは外部設計と実装に分けておこなう．実装例の説明は機能ごとにおこない，また画面イメージも併せて紹介する．第４章ではこのプロトタイプの評価実験についてその方法と結果について報告をおこない，その結果をふまえて第五章で現状での課題と今後の展望について述べる．

第 2 章

協調型探索システム：コラボレーションブラウジング

本研究の目標は探索の効率化を主な目的とした WWW における多人数型の協調型探索システムの構築である．よって，時間的特性と空間的特性により使用環境を考えると，多人数を同室に集めることと非同期型にすることは，前者は空間的制約から，後者はアウェアネス流通の難しさの観点から本システムには向いていない．つまり，本研究の協調型探索システムとは次のような使用環境を前提としているといえる．

1. リアルタイム
2. 分散環境

本研究では，WWW における協調的情報探索，収集，共有という新たにデザインされた仕事形態（協調探索システム）に対してコラボレーションブラウジングと定義した．

本章では，このコラボレーションブラウジングの説明をおこなう．まずグループウェアやネットワークメディアに対するシステムの位置付けをおこない，次に，その適用場面と仕事形態について述べたあと，提供機能についての説明をおこない，最後に，本システム使用による二次的な効果についての言及する．

表 2.1: グループウェアの時間的・空間的分類

	リアルタイム（即時）型	蓄積・非同期型
同室対面型	電子会議システム	
遠隔分散型	グループエディタ 共有ウィンドウ 共有画面 在席マルチメディア会議システム テレビ会議システム	コンピュータ会議 タスクコーディネーション 共同文書作成，レビュー 情報フィルタリング オフィスプロシジャ制御 プロジェクト管理

2.1 システムの位置付け

グループウェアは対象としているグループワークの時間的特性と空間的特性により分類される．(表 2.1）[3]．このグループウェアの定義として一般的なものに Clarence Ellis らが CACM（Communication of the ACM）で書いた [7]

> 「共通の仕事（または目的）をもって働くユーザグループを支援し，共同作業環境へのインターフェイスを提供するコンピュータベースのシステム」

というものや，Robert Johansen が著書「GROUPWARE」[8] で述べている

> 「共同作業を行うグループによる利用のために設計されたコンピュータ支援に関する総称．特にこれらのグループは小さなプロジェクト指向のチームで重要な任務とデッドラインを抱えている.」

というものがある．本研究で提案するコラボレーションブラウジングシステムとは特に共通の目的をもったグループに的を絞った支援を対象としているのではなく，ブラウジングそのものの支援を対象としている．その意味でグループウェアというよりもむしろ既存メディアの拡張と称した方が正確であるかもしれない．そこで，先の分類表のグループウェアをインターネットメディアに置き換えて考えると表 2.2 のようになる．ここであえて WWW やホームページが入っていないのは，これらのメディアの情報が流通する

表 2.2: ネットワークメディアの分類

	リアルタイム型	蓄積・非同期型
同室対面型	電子会議システム	
遠隔分散型	文字ベースのチャットシステム インターネット電話	電子メール news 電子掲示板

基盤として CGI[1]や Java，Plug-In などを用いて拡張された WWW（ホームページ）が使用されることが頻繁にあるからである．つまり WWW は，本来の姿である非同期型の文書共有システムという目的から外れ，ネットワークにおける OS のような基盤として利用され，ホームページはメディアの窓口のようなものに変化しつつあると考えることができる．本研究が目的としているシステムもまさにこの WWW の拡張であるが，その使用を通じてフィードバックされるのは元の WWW における探索の効率化であり，本研究はそういった意味で「WWW 環境」の拡張と位置付けることができる．

2.2 適用場面

従来の WWW に関する研究では会社員や研究者など，ある程度計算機環境に慣れている数人のグループでの利用を想定したものが多かったのに対して，本研究ではユーザ層の遷移した現状の一般的なユーザをも内包した層をターゲットにしている．具体的には，よりメタな範囲である，WWW を利用する人間全体の使用も含め，一般的に複数人でブラウジング可能と考えられる次の二つの状況，その両方を適用場面として想定している．

- 共通の目的を持った多くても 20 人程度のグループ
- バーチャル・コミュニティの形成場所

[1]Common Gateway Interface

2.2.1　共通の目的を持った多くても 20 人程度のグループ

一般的なグループウェアが対象としている，外部記憶を用いた協調作業を目的とするグループを第一の対象とする．前節で述べた通り，グループとは共通の仕事（または目的）をもって働くユーザグループのことである．また，ここでいう共通の仕事とは WWW にある情報を得ることや，その情報を資料として何らかの創造的活動をおこなうことなどを指している．

具体的には，研究においてそのバックグラウンドとなる論文のサーベイなどを手分けしながらブラウジングするなどといった，目的が明確で，探索技術に差がないグループでの利用が考えられる．また一方で，ブラウジング能力に差のあるグループにおいて，探索技術の格差による獲得情報の相違を回避し，助け合いながらブラウジングする必要が生じる，共通目的の有無に関わらず，協力態勢が必要であるグループでの使用も想定しており，これにはナレッジマネジメントにおける情報収集や情報教育の現場などがその例として挙げられる．

2.2.2　バーチャル・コミュニティの形成場所

インターネット以前の草の根ネットにおける電子掲示板やチャット [10] 上などでおこるコミュニティ形成の流れを汲む，WWW 上のインフォーマルなコミュニティ形成が起こりうる場での使用を第二の適用場面として想定している．仮想空間においてのコミュニティに関する研究は古くからなされており，同じ興味をもつ人同士が掲示板やチャット上に集い，実世界と同じように情報を与え合うなどの協調行動がとられているという報告がなされている．

特にインターネットが普及してからは，研究者以外の一般の人が同じ興味や関心をもつ人と出会い，交流し，協力し合い，時には現実の世界でも集まるといった現象は，もはや特筆に価しない，ごく一般的な現象となった．[11]

このような人が集う場 [12] は，WWW 上においても掲示板など多数の人の存在が確認可能な場所はもちろんのこと，WWW 上に多数存在している，いわば内容のハブに相当する場所に潜在していると考えられ，これらは本研究のサーバなど，明示的な場が与えられることによってより顕在化すると予想する．これらの例として，まず代表的なの

は，無料でホームページ容量やメールアドレスなどを提供している GeoCities[2]などのレンタルホームページ群である．

ユーザはこのレンタルスペースを借りる場合，主に趣味によって括られている，いずれかのコミュニティーを選択する必要がある．また，ユーザが作成したホームページには，訪れたユーザーがそのコミュニティーの他のホームページにも適宜行けるよう，リンクが自動的に張られる．これらの措置によって各ホームページは独立することなくコミュニティーに参加しており，閲覧者もそのコミュニティーを訪問することが可能な状況となって，それはコミュニティーの形成にまたフィードバックされている．また，このようなドメインを同じくするコミュニティーの他にも，双方向リストがリング状に結ばれたリンク形態の集合体である webring とよばれるリンクにより明示化するコミュニティーの形成も盛んである．これらのコミュニティーではユーザはお互いに行き来しあい，情報交換などの協力をしている．このような明確なタスクや時間の制限が必ずしも伴わないバーチャルコミュニティにおいてユーザが参加する動機とは，未知なる情報やインタラクションに対する魅力にほかならず，本研究のような場においても自発的な参加や活用が期待できる．

2.3 仕事形態

前節で述べた通り，ネットワークの普及した現在，ホームページブラウジングは本来の研究目的のための非同期型情報交換用メディアとしてだけではなく，様々な人が明確な目的の有無に関わらず頻繁に利用している．また，本研究が目的としているコラボレーションブラウジングとはブラウジングという仕事形態の拡張である．このコラボレーションブラウジングと普通のブラウジングとの差は以下の通りである．

まず，ユーザ同士は，同じホームページを閲覧していたとしても同じファイルを閲覧しているわけではなく，自分の計算機にダウンロードされた元ファイルのコピーを閲覧している．つまり，WWW とはユーザの配置という点だけではなく，データの流れという点でも完全な分散環境にある．前章で述べた通り，WWW にはアウェアネスが流通しておらず，コミュニケーションもとりにくい環境であり，同期的に同じホームページを

[2]米国 http://www.geocities.com/ , 日本 http://www.geocities.co.jp/

閲覧するのは難しい状況である．さらに，そのデータ的に分散環境であるという構造上の特性からも，ユーザ同士は，たとえ待ち合わせをおこなっていたとしても，完全に同じタイミングでロードし，同じタイミングでスクロールバーの操作をしない限り非同期でホームページを閲覧しているといえる．

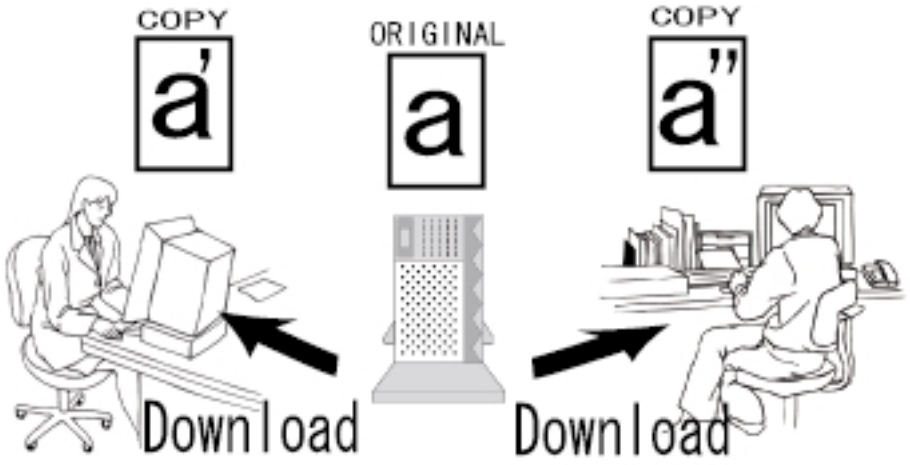

図 2.1: WWWで同じデータを見る場合のデータの流れ

本研究における協調探索システムではデータの流れという点で，この時間型特性と空間型特性のどちらも関与しない．ユーザがブラウザでおこなう作業は通常どおりであり，それは完全に非同期である．ただし，探索に関しては他ユーザと相談したり，他ユーザの行動を伺ったりすることで，今までは辿ることが不可能であった場所に到達できる可能性がある．また，この探索における行動がお互いに分かってるという環境はスムーズなコミュニケーションを可能にし，その意思疎通はまた探索にフィードバックされる．つまり，コラボレーションブラウジングとは，普通のブラウジング環境をそのままに意思疎通用のチャネルをシームレスに利用できる環境における協調型情報閲覧方式であるといえる．

2.4 要求される機能

協調作業には，前章であげたコラボレーションに至るまでのステップをすべて満たす環境の存在が必要がある．つまり，

- 複数人で利用しているということと，その行動が把握可能
  （アウェアネス情報取得可能）
- コミュニケーション可能

という二つの機能付加は最低必要である．

また，アウェアネス情報補完以前に人が集まるための場所も設定しなければならない．ここでいう場所とはどのような人が集まる場所なのかという範囲をある程度規定するものである．これは，コミュニティーの方向性や，そこでの成員が当然知っているべきコモングランドセンスをある程度規定する．この役目を果たすために

- 情報空間の共有

も必要な機能であるといえる．当然ながら，この機能はそれらの情報の位置関係の把握を容易にし，探索を効率化をする役目も担っている．

そこで，WWW に次の 2.4.1 から 2.4.3 までで提案する機能を付加，提供することにより，これを協調作業支援空間に進化させ，この環境において複数のユーザが協調的に情報を探索，収集，共有し，創造性発揮の助力とする仕事形態を**コラボレーションブラウジング**と定義した．以下にそれぞれの機能に関する説明をおこなう．

2.4.1 WWW 探索アウェアネス支援

コミュニケーションにおけるノンバーバル情報の重要性は以前から指摘されており，それらに対する研究は，折からのネットワーク帯域の高速化にともない音声，動画など，現実の情報を直接伝達することによっての解決する方向性のものが多かった．しかし，高速化したとはいえ，動画はもとより音声などもその情報量は非常に多く，情報の遅延や劣化は避けられないのが現状である．このような情報品質の低下は当然のことながら

図 2.2: コラボレーションブラウジング

ノンバーバル情報の劣化に繋がり，その結果，本来伝えようとしていたはずの臨場感を曲げて伝えてしまう危険性を秘めている．

そこで，本研究ではこのノンバーバル情報を，主にブラウジングする段階において発生するアクションを伝えることによって流通させる[3]．これは，一見ノンバーバル情報が指摘される切っ掛けとなった，キャラクターベースのコミュニケーションと大差がないように思えるが，ここで問題としている世界とはWWWであり，ユーザが見ているURL情報はホームページブラウジングをしている上ではほぼ唯一といって良いほどの行動情報である．そして，これをリアルタイムに参照することは，他ユーザのネットワーク上での行動把握やパーソナリティー把握にも繋がり，これは存在や行動に気付くという意味でアウェアネス（テレアウェアネス）情報と呼んでも差し支えがないものと考える．

また，このようなアウェアネスを，WWWアウェアネス[15]のなかでも主に探索に必要なノンバーバル情報を補完するという意味でWWW探索アウェアネスと呼ぶことにする．これにより，ユーザはWWW空間内をブラウジングしているという実世界感覚

[3]具体的には，他ユーザのURL参照履歴の他にも，視覚化情報における視点の共有などによっても支援する

では捉えにくい状況を無理のない形で把握でき，他の成員の存在や動作に「気づく」ことが可能となる．さらに，この WWW 探索アウェアネスを十分に支援することは，コラボレーションにいたるための次のプロセスである円滑なコミュニケーションに対する確固たるプラットホームになる．

2.4.2 コミュニケーション手段提供

コミュニケーションの基礎となる手段としてリアルタイム会話システムなどの CMC[4]環境を提供することにより，リアルタイムの協調行為を促進させる．また，当然ながらこのような直接的に意思疎通可能なチャネルの情報は臨場感のある環境を実現するための成員の行動，意思把握における最重要情報となる．さらに，音声による多人数の会話において問題となる，複数人の同時発話における状況把握の困難も，データ主体による CMC 環境においては工夫することにより状況を平易に提示することが可能である．とくに，このような環境は，ブラウジングにおいて会話に頻繁に出現する URL 文字列やバイナリデータなどの非現実的な情報のやり取りによる意思疎通という観点においても有効である．

一方で，会話による情報伝達の不確実さや曖昧さを減少させる度合いをメディアの豊かさという [13]．例えば，対面環境は，文書に比べて身振りや声のトーンなどによって多様な伝達が可能であるのでメディアとして豊かなものであるとされている．本システムでは文字によるコミュニケーションの他に前項の URL 履歴や，次項の WWW 空間視覚化情報などによりネットワーク環境において多様な情報を伝達可能であり，既存のチャットよりも豊かなメディアとなっているといえ，このことは円滑さという観点からまたコミュニケーションにフィードバックされる．

2.4.3 WWW 空間の視覚化情報

人間の認知能力はその並列性により多くの情報が記述された図から必要な情報を迅速に獲得することができる．このため，一つの図には認知能力の限界をこえることなく，かつできるだけ多くの情報を含むほう望ましく，それにより豊かな表現の伝達が可能と

[4]Computer Mediated Communication

表 2.3: グループウェア利用意識を妨げる要因

システム的要因	非システム的要因
インタフェイスの不満	利用者の不足
現行システムとの不適合	利益の不均衡
操作習得支援の不備	プライバシーに対する不満

なる．この認知能力により，非常に複雑な構成をしている WWW 空間をなんらかの形で平易に視覚化することは，ユーザは情報同士の位置関係把握を容易にし，探索過程での方向感覚喪失をおこしにくくする．また，WWW 空間を規定することは，集うユーザに「ここは何処であるのか」ということを規定することは勿論，現在のタスクやコミュニティーの方向性をある程度定めるものである．このことは，ユーザは「周りに何があるのか」といった情報取得を容易にすると共に，その集団にとって身近にある情報群がどのようなものかを知る手がかりとなる．さらに，視覚化情報はアウェアネス情報を提供する段階においても，ユーザの位置をマッピングする足がかりとなり，存在や動作を気付かせる上で一つのチャネルとなる．

また，2.2.2 において，本システムはグループウェアなどで対象としているような共通目的をもったグループ以外にも，特に同じ目的というわけではないバーチャル空間上のコミュニティーでの使用も想定していることを述べた．このためには，まずアウェアネス情報補完以前に人が集まるための場所を設定しなければならない．ここでいう場所とはどのような人が集まる場所なのかという範囲をある程度規定するものであり，これによりコミュニティーの方向性や，そこでの成員が当然知っているべきコモングランドセンスをある程度規定することができる．

2.5 設計ポリシー

設計において重要なことは，前節まででであげた環境はすべてサーバの機能として提供し，ユーザ側はブラウザ以外の特別なアプリケーションを必要とせず普段からホームページを閲覧しているブラウザ上ですべての機能が使用可能という点である．これは，同じ

システムを多数の人間が利用しなくては意味がないグループウェア対してしばしば指摘される，導入の際の敷居の高さによる利用意欲の減退 (表 2.3）のうち，システム的要因の現行システムとの不適合に対する問題への対処である．さまざまな能力のユーザ層が使用することを想定しているコラボレーションブラウジングにおいては，導入の際の敷居は他のグループウェアよりもさらに低く，最小限にとどめる必要がある．また，従来のシステムでは対処が難しかった非システム的要因に関しても,「探索効率があがる」「なにか有益な情報に出会うかもしれない」といった目的と利益が明確な本システムではこれらの問題はあてはまらないと予想する．

2.6 システム使用による二次的な効果

一般的に，WWW に限らずネットワークに関するツールにおいてはセキュリティに関する問題が生じやすい．ここでいうセキュリティとは悪意による通信的な攻撃や，盗聴や“ なりすまし ”などの社会工学的なものの他にも，イタズラや有害コンテンツからの保護などといった情報リテラシーに関する事象も含まれる (表 2.4）．

前者はシステム側の対処によってある程度防ぐことが可能であるのはいうまでもない．[5] また，後者も技術的な対応によってある程度は規制することが可能である．しかし，それらの多くが既存システムにおける強い匿名性による無責任な行動から引き起こされた結果という特性上，たとえ，有害な言葉やコンテンツに対してフィルタリングをおこなったところで，逃げ道などいくらでも残されており有効な解決方法にはほど遠い．だが，後者に限っては技術的解決方法以外でも解決の方法が存在する．それは，利用者のリテラシーなどネットワーク社会全体を含めてシステム自体を見直すことによってひきおこされる倫理的な解決方法である．本システムは WWW の利用の際に発生するアウェアネスの補完をおこなうシステムであり，いいかえれば「“ 誰が " 何を ”しているのか分からない」既存のシステムのうち,“ 何を ”の部分を補完するものである．つまり，この行動的匿名性の軽減により，無責任な行動にたいする自発的な抑制を狙える効果も狙えると予想している．

[5] しかし，対処が後手を踏まざるえない構造的欠陥上，必ずイタチごっこになるため，根本的解決は難しい

表 2.4: ネットワーク社会における問題の例

技術的	社会的
ハッキングや踏み台などの不正アクセス	掲示板などでの誹謗中傷の書きこみ
トロイの木馬などによる盗聴	未成年者による有害コンテンツ閲覧
パケット洪水などのサーバ攻撃	著作権を侵害するコンテンツの作成，閲覧

第 3 章

実装例

前章で提案したコラボレーションブラウジングをおこなえる環境の試作をおこなった．本章ではこのプロトタイプの設計と実装について説明をおこなう．

3.1 外部設計

前章で述べた要求を満たす機能を提供するシステムの試作をおこなった．設計において特に留意した点は，適用する場面，人が異なれば適切な情報も違ってくるので，これらの機能はなるべくお互いに疎なモジュールとして設計し，適用場所に応じた情報を提供できる幅をもたすという点である．例えば WWW 視覚化モジュールにおいて考えると，3D で表示した方が理解しやすいユーザ層の場所もあれば，奥行きはなくとも，デザイン的に凝ることの可能な 2D で表示した方が把握が容易と感じる成員構成の場も存在する．コミュニケーション部分も個人あてメッセージ形式なのか，マルチメッセージ方式がよいかなどは適応場面，ユーザ層によって最適なものを提供すべきである．

また，技術的な面からも環境による場合分けが必要である．例えば，使用プラットフォームは CGI がよいのか Java がよいのかということは，環境によって異なる．[1]これにより計算機環境の特徴である日進月歩の技術進歩に伴う開発側・ユーザ側両方の立場のデファクトスタンダードの遷移にも柔軟に対応していくことが可能となる．

さらに，クライアントの負担を最小限に押さえるため，表示以外の処理はなるべくサー

[1]今回のプロトタイプは Java で試作したが，サーバに限っていえば同程度の機能は CGI でも十分に実装可能である．

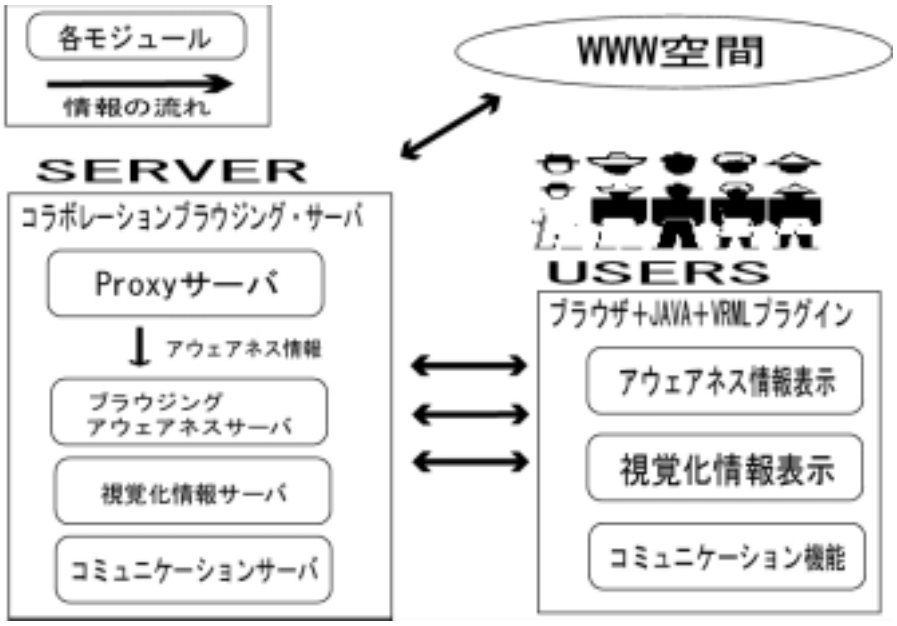

図 3.1: システム構成図

バ側でおこなうよう設計した．これは，計算量の軽減以外にも，通信コストを下げ，ロード時間を短くする効果があり，その結果，ユーザビリティが向上する．システム構成は図 3.1 の通りである．

3.2 実装方法

要求定義をもとづきコラボレーションブラウジング環境を提供する実装例を WINDOWS 版 JDK1.1.7 により開発した．使用言語に Java を選んだ理由として

- 標準的なブラウザ上で動作する
- CGI に比べて早い
- VRML[2]との連携が比較的容易である

の三点を挙げる．とくに標準的なブラウザ上で動作するという点は普段ブラウジングしている環境からのシームレスな移行の助けとなる．

[2]Virtual Reality Modeling Language

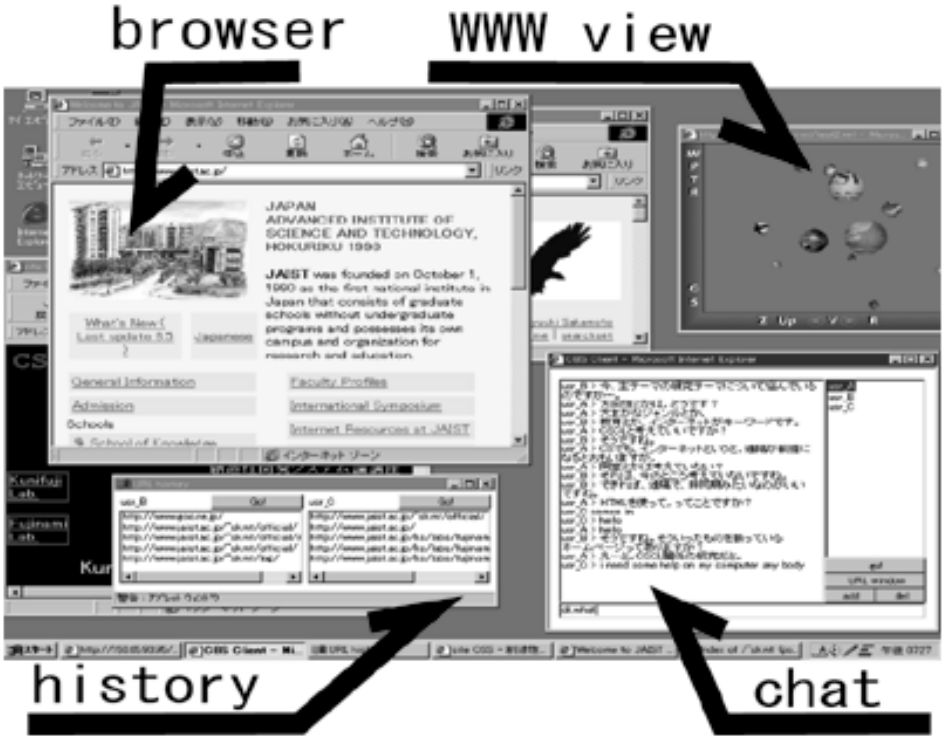

図 3.2: 画面イメージ

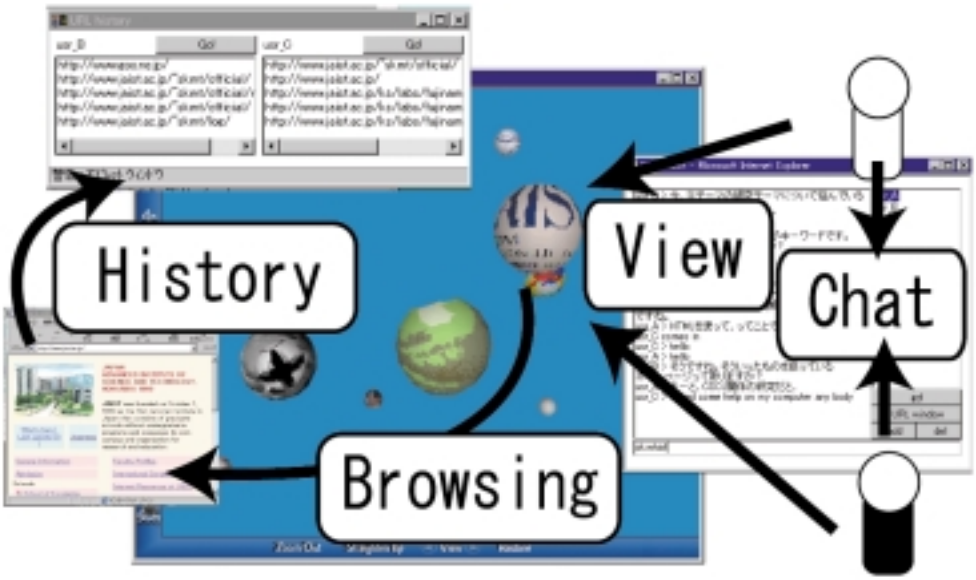

図 3.3: 使用イメージ

サーバ側は コラボレーションブラウジング・サーバプログラムを WWW サーバ上で起動し，入り口に相当する簡単な HTML を任意のサイト上で開示する．ユーザ側は普段のブラウジングと同じように，そのページにアクセスするだけですべての機能提供を受けることができる．

3.3 視覚化情報

ホームページは，それが何処まで１つのコンテンツなのかが明白でない，複合的な要素が複雑に絡み合う，芸術的なオブジェクトも内包する情報の集合体である．よって，リンクを自動で辿るサイトの自動登録などの機能は，作者の意図を無視することになりかねない上に，ユーザに誤った情報空間を提示してしまう危険性がある．そこで本システムではこのような機能を意図的に省き，サーバ側にあらかじめ登録したホームページ同士をリンク数や申告された内容などにより類似度を算出し，スプリングモデルによって空間配置位置を決め VRML によって表示をする方式を採用した．

スプリングモデルとはグラフ描画手法の一つであり，それはスプリングの伸縮を利用して頂点間の距離を準最適化するものである．今回はこのモデルを用いて，ホームページ間の類似関係を空間上のオブジェクトに反映させた．この類似度はリンク関係によって与えられ，リンク関係は双方向でカウントされる．

あるホームページ i と j の間にリンクが単方向に張られている，または双方向に張られている数と属性による類似度を R_ij とすると，ホームページ i と j の間に張られるスプリングの理想距離 l_{ij} は

$$l_{ij} = m\frac{1}{R_{ij}}$$

となる．m は理想距離調節のための任意の定数とし，フィールドの大きさによって最適になるよう調節する．さらに，この l_{ij} をもちいて，実際の頂点間の距離を d_{ij}，ばね定数を k としたときに二頂点間に働く力 f_{ij} は

$$f_{ij} = k(d_{ij} - l_{ij})$$

として与えられる．ここで，f_{ij} の値が正の時，引力となり，負のときには斥力となる．また，k_{ij} は任意の定数であり，値が大きいほどばねが全体に与える影響が大きくなる．この時，ある二頂点の座標を (x_i, y_i),(x_j, y_j) とすると，頂点間の距離 d は

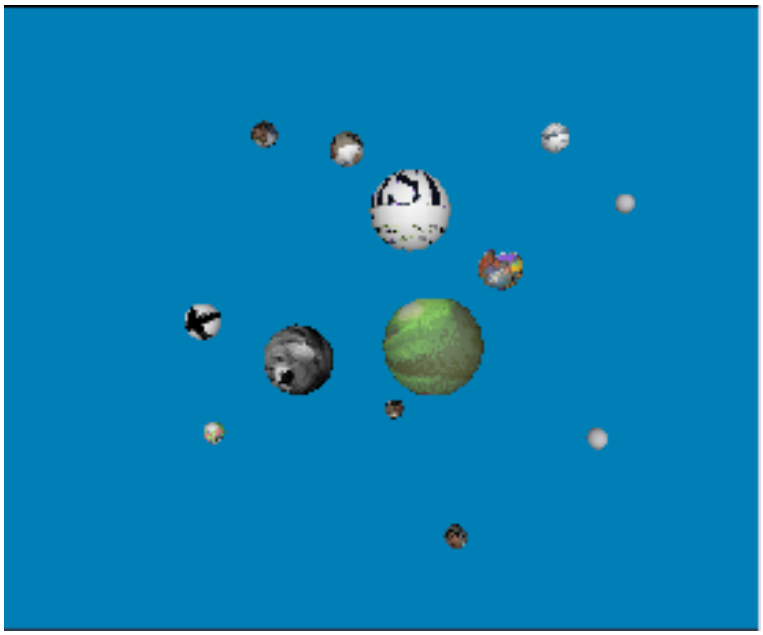

図 3.4: WWW の視覚化の例：視点をひいた場合

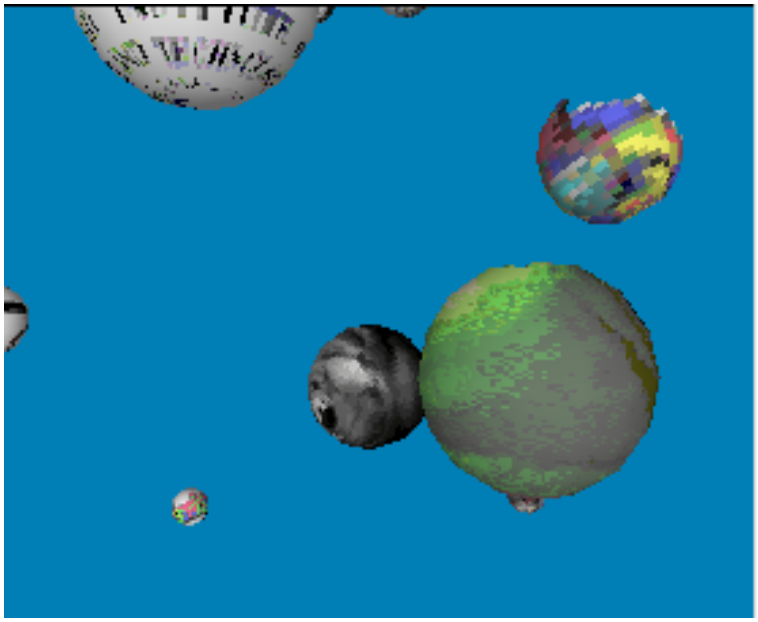

図 3.5: 視点を中心に動かした場合

$$d = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

となり，この頂点間のエネルギー E_{ij} は

$$E_{ij} = \frac{1}{2}\left(\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - l_{ij}\right)^2$$

となる．さらにこれを x_i と y_i で偏微分したものをそれぞれ，$\frac{\partial E_{ij}}{\partial x_i}$，$\frac{\partial E_{ij}}{\partial y_i}$ とすると，

$$\frac{\partial E_{ij}}{\partial x_i} = k\left((x_i - x_j) - \frac{l_{ij}(x_i - x_j)}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}\right)$$

$$\frac{\partial E_{ij}}{\partial y_i} = k\left((y_i - y_j) - \frac{l_{ij}(y_i - y_j)}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}\right)$$

となる．つまり，ばねの力であるベクトル $\vec{f_{ij}}$ は以下のようにあらわすことができる．

$$\vec{f_{ij}} = \left(\frac{\partial E_{ij}}{\partial x_i}, \frac{\partial E_{ij}}{\partial y_i}\right)$$

よって，これに c を任意の正定数とした場合における，$\delta_x = c\frac{\partial E_{ij}}{\partial x_i}, \delta_y = c\frac{\partial E_{ij}}{\partial y_i}$ は頂点の移動量となる．ここで，c の値を大きくすれば早く収束に向かうが動きは粗くなり，値を小さくするとゆっくりと滑らかに収束するが計算量が多くなる．本システムでは動的に頂点を変更しないので，c の値は大きくとり，値を算出した．また，これが XY 平面の配置なのに対して，Z 軸である奥行きに対する配置はコンテンツの量によって決めた．コンテンツの量はファイル容量できめており，量の多いページほど手前に表示され，また，オブジェクト自体も大きく表示される．これによりユーザはホームページの類似性とそのコンテンツの量を同時に把握でき，情報探索をスムーズにおこなうことが可能となる．

これら WWW 視覚化情報に対して，ユーザは VRML 表示機能を持ったブラウザではそのままで，持たないブラウザに対しては VRML プラグインを導入するなどの簡単なステップを踏むだけでその機能が利用可能となる．VRML を使用した理由としては VRML2.0 より JAVA との親和性が高くなったこと，WWW 上での 3D 描画形式として比較的普及しているメディアであることを挙げる．各ホームページは，それぞれを特徴づけるテクスチャ画像を貼った球状のオブジェクトであらわされ（図 3.4），WWW という宇宙空間中のホームページという星をあたかも散策するように探索する（図 3.5）という一般のユーザにも理解しやすいイメージとして提供される．

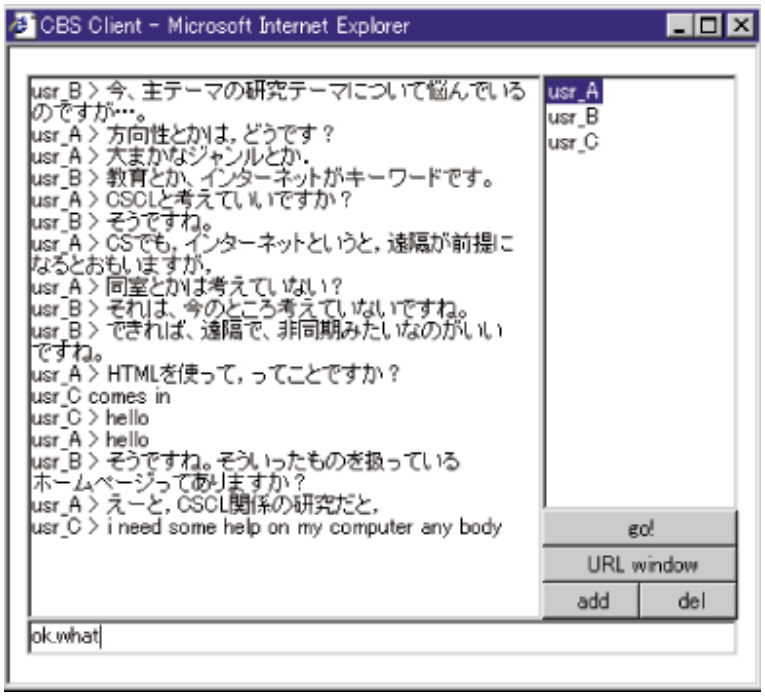

図 3.6: コミュニケーション画面

3.4 コミュニケーション手段

Java によるマルチチャットシステムにより提供する．チャットウインドウはブラウジングに便利なよう，会話文章中に出現した URL からそのページにワンアクションでアクセスできる機能を追加してある．今回は文字情報による意思疎通よりも，アウェアネス情報補完によって生み出される効果をはかりたいという狙いがあるために，単純な簡易マルチユーザチャットによって機能提供した．しかし，今後どのような形態が良いのか再検討する必要がある．

3.5 WWW 探索アウェアネス支援

この機能は WWW を表現した何らかの地図上にアバター (化身)[16] を表示し，その人が何処にいてどのような行動をとっているかなどの情報を提供する方法が考えられるが，この方法では，一人のユーザがブラウザをたくさん起動し複数のページを同時に見ている状況を考えた場合，同一人物のアバターを複数表示するなど非直感的なインタフェイ

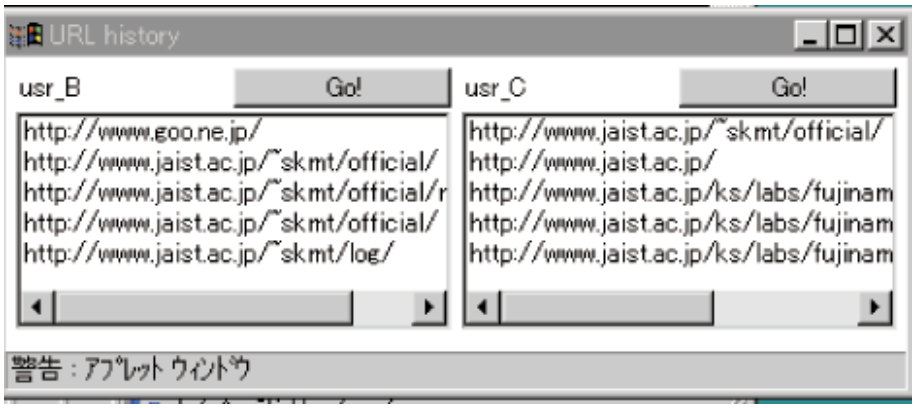

図 3.7: URL ウインドウ

スとして提供してしまう危険性がある．

そこで，各ユーザの視覚化情報における視点と，探索過程の URL 履歴情報を VRML+JAVA とプロキシサーバ・モジュールにより随時提供することによって，実世界感覚のインタフェイスでは対処不能な WWW 探索アウェアネス情報を補完する環境にした．

まず，必要な時にのみ参照できるよう，URL 履歴を別ウインドウで表示する仕様にした（図 3.7）．これは，チャットの画面内に組み込むとウインドウが大きくなりすぎ，肝心のブラウザが見えにくくなることを防ぐためである．ユーザは URL ウインドウに履歴を表示したいユーザーを登録する．URL 履歴は最新の五件まで残り，最新の履歴が上にくるよう設計してある．また，URL 履歴の URL を任意に選択し，ボタンを押すと一枚の特定のウインドウにその URL のホームページが表示され，URL をダブルクリックすると次々新しいウインドウで表示される．これは，ユーザーにより多くのブラウザが立ち上がることを嫌う人や好む人など嗜好の違いに対応するためにおこなっている．なお，登録ユーザがログアウトすると自動的に URL ウインドウから末梢される．

また，ユーザを選択肢したのちに Go ボタンを押すとそのユーザの視点に自分の VRML の視点が変更される．これは，他ユーザの VRML 上の視点を伝えたい，もしくは伝えてもらいたい場合に使用する．

第 4 章

評価実験

試作したシステムの有効性を確かめるため評価実験を数回おこなった．これらの実験で評価する軸は大きく分けて次の 3 つである．

- システムの可用性
- WWW 探索アウェアネスによりアウェアネス情報は取得できるか
- コラボレーションブラウジングは探索を効率化するか

まず，評価実験に入る準備段階として，WWW 上で実際に運用可能なシステムとして外部設計は正しいか確かめるため，プロトタイプに対して負荷実験を試みた．このシステムに信頼がおけることを確認後，次に，多人数により運用実験をおこないシステム使用の効果をたしかめ，最後に研究目的であるシステム利用により探索効率が増したかどうか確かめる実験を，探索した URL 履歴とアンケートにより定量的かつ定性的におこなった．

また，コラボレーション環境であるかどうか評価する目的で，二つの実験を通して WWW 探索アウェアネスにより，本当にアウェアネスが取得できたかどうか評価を試みた．これらは定量的評価は難しいので，アンケートによる定性的評価によりおこなった．

本章ではこれらの実験についてまず目的と方法を述べた後，結果とその考察を述べる．

4.1 実験内容

4.1.1 準備実験：可用性

本来，負荷テストなどのシステムの可用性に関する話題は論文に載せるべきものではない．しかし，本システムは特にブラウザの VM[1]を使った場合に不安定とされている Java を使用している．また，仕様によりプロキシモジュールはリクエスト数が非常に大きく，過大な負荷がかかるので，システムは多人数かつ多時間に渡って安定して稼動するよう可用性が極めて高くてはならない．

本ツールはグループでの使用以外に，多種多様な人が集うような場での使用も想定している．よって，まずファイアーウォール越しに多人数が使用できることを確かめる必要がある．また，地理的にもネットワーク的にも離れている本当の意味での遠隔地同士のネットワーク利用はパケットの遅延や損失など同じ LAN 内で行う実験では想像できないような様々なトラブルがあり，これらの影響を受けても復旧可能なシステムでなくてはならない．これを確かめるため，学外から一般プロバイダを利用して学内の WWW サーバ上の本システムにアクセスし，負荷実験を試みた．

4.1.2 実験１：共通目的をもったグループでの運用

グループの成員がお互いのことを知っており，かつ WWW を資料とする共通のタスクがある場合において本システムが有効であるか確かめるため，実際に研究室の大学院生五名に使用してもらう実験をおこなった．また，実験後にインターフェイスや協調探索システムそのものの有効性に対する心的評価を目的としたアンケート（表 4.2）に答えてもらった．この目的は他人の行動参照や他人の目による探索変化を見るためであり，プロキシモジュールのデータをこのアンケート結果との照合し，協調型ブラウジング利用によるブラウジングの仕事形態変化の度合いを抽出する，

被験者に課したタスクは「研究室のホームページの改善案」についての議論であり，時間は一時間とした．また，被験者らの属性と議論の内容を考え，WWW 視覚化の部分は同研究室のホームページ，同ゼミ生のホームページ群のデータとした．まとめると，

[1] Virtual Machine

表 4.1: 実験１の環境

目的	研究室ホームページの改善案を話し合う
人数	５名
使用マシン	WINDOWS98,NT4.0
時間	一時間
WWW 視覚化データ	研究室ホームページ群

表 4.2: 実験１に対するアンケートの質問内容

番号	質問内容
１ a	（自分の行動に対する）他人の目を意識することは探索にどのくらい影響しましたか
１ b	(それについて話題が無くても) 人が見ている HP はどのくらい気になりましたか
１ c	ある HP について話題がある場合，それについてどのくらい興味を持ちましたか
１ d	グループでの共通目的をもった作業において，他人の存在や行動を感じることはどの程度必要なことだと感じましたか

この実験の目的は以下の通りである．

- 共通タスクをもったグループにおけるシステムの効果
- 多人数協調探索によるブラウジングの影響

4.1.3　実験２：協調探索の行動追跡

実験１は五人のグループであるため，探索におけるその協調行動の追跡は非常に複雑であり難しい．そこで，人数を絞り本当に協調的探索がおこなわれるのかについて調査をするための実験をおこなった．

具体的には，実験１には参加していない学生，二人一組のグループ三組，計六人に対して，各々自分の研究を教えあい，情報交換をする意見交流をしてもらった．これは，実験１に比べて達成する目的意識は希薄だが学生の知的好奇心を刺激するという意味で被験者のメリットは大きく，対象としているグループの一つであるバーチャルコミュニティーに近い関係である．

また，本来ならばこのような実験はシステム使用時と不使用時に分けて実験をするべきであるが，一般的に考えてシステム不使用時のブラウジングにおいて協調的に探索することは不可能であり，またシステム不使用時とは普段からおこなっている研究に関するブラウジングのことであるので省略した．しかし，実験をスムーズにおこなうため，実験のための予備的行動であると伝えた後，事前に 30 分ほど自由に探索してもらいブックマークの整理などの準備をしてもらった．その後，一時間ほどシステムを使用してもらい，アンケートに答えてもらった（表 4.4）．本実験では，このアンケートの結果とプロキシモジュールの履歴より，協調的探索がおこなわれたかを検証する．実験目的をまとめると以下のとおりである．

- 目的意識が薄い場合での運用におけるシステムの効果
- 探索の効率化に対する追跡評価

表 4.3: 実験２の環境

目的	ブラウジングしながら自由に研究に関する交流をする
人数	６名（２名 × ３組）
使用マシン	WINDOWS98,NT4.0
時間	一時間
WWW 視覚化データ	研究室ホームページ群

表 4.4: 実験２におけるアンケートの質問内容

番号	質問内容
２ a	自分一人では辿れなかったと思う HP をどの程度閲覧することができましたか
２ b	通常のブラウジングに比べて探索はどの程度効率化したと感じましたか
２ c	たとえば本システムが，あるコミュニティを形成している HP リンク集（GeoCities など）にチュートリアルが完備された状態で存在するとします．あなたは本システムを利用しようと思いますか

表 4.5: 実験１，２に共通したアンケートの質問内容

番号	質問内容
３ a	他ユーザの存在をどの程度感じることができましたか
３ b	他ユーザの行動はどの程度感じることができましたか？
３ c	本システムは既存のチャットシステムに比べて，より円滑なコミュニケーションが可能なシステムだと感じましたか？

4.1.4 実験１，２共通：協調探索環境としての評価

第１章で述べた通り，本研究の目的は協調探索環境の構築であり，この協調行為にいたるまでには幾つかのステップが存在する．このうち，WWW では第二段階であるアウェアネスの支援から対応しておらず，協調探索環境としての本システムはこの段階からの支援に対して評価をおこなわなくてはならない．しかし，アウェアネスの支援は主観的要素が強いことから定量的な評価が難しい．このため，実験１，実験２を通してアンケートによる心的評価によって定性的検証を試みる．また，アンケートの最後に感想や意見をフリースペースで書いてもらい，より主観的，具体的なシステムの評価をおこなった．

4.2 実験結果

4.2.1 準備実験：可用性

まず，プロバイダからのアクセスには問題なくおこなえた．これはファイアーウォールでのパケットフィルタリングに抵触しないポート番号を設定したからであり，この番号は環境によって変えなくてはならない．

次に，プロキシの設定を行った後，特定 URL のリロードを連続しておこない負荷実験をおこなった．約 5 千 URL のリクエストを送ったが，サーバ，URL 履歴ウインドウ共に問題なく動作した．これはスレッドの破棄が正常に作動している証拠である．また，そのまま 6 時間ほど接続したままにしたが，問題なく作動しつづけた．

また，回線の混雑による影響を調べるため，モデムの回線速度を落として可用性を調べた．この結果，チャット部分 9600bps までならそれほどストレスなく作動することが分かった．しかし，この速度では本システムとは直接関係ないが回線速度の影響でブラウザの表示が致命的に遅くなり，ブラウジング自体が実用的とは言い難いかった．

結論として，この実験により本システムは現実に即した遠隔環境でも十分使用に耐えうることが確かめられた．

4.2.2 実験１：共通目的をもったグループでの運用

被験者の行動

まず，最初の五分ほどは被験者たちはあまり活発な行動をとらなかった．これは，まだ場の雰囲気が定まっていないからであるとともにシステムに馴れてないからである．その後，課題に対して議論するために，話の材料である研究室のホームページに対してアクセスし始めた．ここで重要なのはアクセスの大半が自分のブックマークからではなく WWW 視覚化モジュールからおこなわれたことである．これは，まず共通で知っておくべきことは何か知り，そのことについて議論するための準備的行動のあらわれである．このような行動の後，ユーザはお互いにホームページについて活発に話し始めるとともに，同時に自由なブラウジングがおこなわれた．ここでは，数人が見たホームページは話題について行くという目的のため，全員見るといった同調的行動と，リーダー的存在が閲覧したホームページは他の人も閲覧する傾向が強いといった現象も目立った．これら，協調的なホームページの閲覧と活発な議論により，時間内で研究室ホームページの足りない点についての改善案が出て議論はまとまりを見せた．

考察

被験者が閲覧したページの内訳では (表 4.6)，目的が「研究室のホームページの改善案」であったので教育団体であることをしめす ac ドメインが全体の 9 割近くを占めている．そのうち，研究室以外のホームページが 4 割弱しかないのは，始めのうちに WWW 視覚化モジュールがよく使われたからであり，これはコモングラウンドセンスとコミュニティーの方向性を規定するという目的に合致している．なお，ac ドメイン以外のアク

表 4.6: 閲覧ページの内訳

ac ドメイン	463
研究室以外（ac ドメイン）	184
学外（ac ドメイン）	78
ac ドメイン以外	58
閲覧 URL 数 (のべ数)	521

表 4.7: 実験１のアンケート結果

質問番号／段階	1	2	3	4	5	平均
１ a	0	0	1	2	2	4.2
１ b	0	0	3	2	0	3.4
１ c	0	0	0	1	4	4.8
１ d	0	1	0	2	2	4.0

セスは主に検索エンジンやコンピュータ言語に関するホームページであった，

また，実験後に課したアンケート (表 4.2）の結果 (表 4.7）をみると，被験者は他人の行動や視線をかなり意識していることが分かる（質問番号１ a，１ b，１ c）．まず，質問番号１ a である自分の行動が人に見られていることに対しての意識は，システム使用による二次的な効果で述べた WWW における過度の匿名性を軽減している度合いを測るものである．この結果は平均 4.2 であり，内訳をみると一人を除いて全員が普段のブラウジングよりも他人の目を意識し，それは探索に影響したと回答している．

また，質問番号１ b の結果は平均３．４であり，これは，たとえチャット画面で話題に上っていなかったとしても WWW 探索アウェアネスのみによって多少は他ユーザの行動が気になっていたことを示している．さらに，この数値に対して質問番号１ c の結果が４．８であることから，そのホームページについて会話があれば興味の度合いが跳ね上がったことがわかる．

これらの結果より，URL 履歴モジ ュールとコミュニケーションモジュールは相互に

表 4.8: 実験２のアンケート結果

質問番号／段階	1	2	3	4	5	平均
2a	0	1	0	0	5	4.5
2b	0	0	1	2	3	4.3
2c	0	0	0	4	2	4.3

関連していることが判明し，また，探索にも影響していることが明らかになった．さらに，このことと質問番号１ d の結果の数値が高いことは，WWW 探索アウェアネスが共通目的をもったグループでの探索に効果があることを物語っているといえる．

4.2.3 実験２：協調探索の行動追跡

アンケート結果 (表 4.8) によると，今回の実験中のおいてユーザは，他人との協調探索によって未知なるホームページにかなり多く巡り合えたことがわかる（質問番号２ a）．また，質問番号２ b により，この巡り合ったホームページが単なる珍しいだけのものばかりというわけではなく，自分の探索にとって有益なものも多数含まれていたこともわかる．主観的であり，かつサンプルは少ないが，これらの結果は探索の効率化という本システムの目的に対する肯定の結果とみることができる．また，質問番号２ c の結果，もしシステムが実験目的ではなくコミュニティー上にあった場合でも，ユーザの利用意欲が大きいことがわかった．

また，被験者の行動のデータ（表 4.9）をみると，グループによって閲覧 URL 数や会話数にかなりのバラツキがあることが分かる．被験者は全員学生であるが，性格や経験などによって WWW ブラウジングに対する接し方がずいぶんと異なる．また，今回はマンツーマンの関係なので，人間関係がグループ毎の場が影響したと予想する．

まず，グループ A のユーザは同期でありとても親しい M ２の友人同士の関係である．このため，チャットを使わずとも意思疎通が可能であり発話の件数が他のグループに比べて極端に少ない．また，二人は本学の優れたネットワーク環境を二年間経験しているのでブラウジング能力が高く，さらにチャット画面で会話し意思疎通する必要がないた

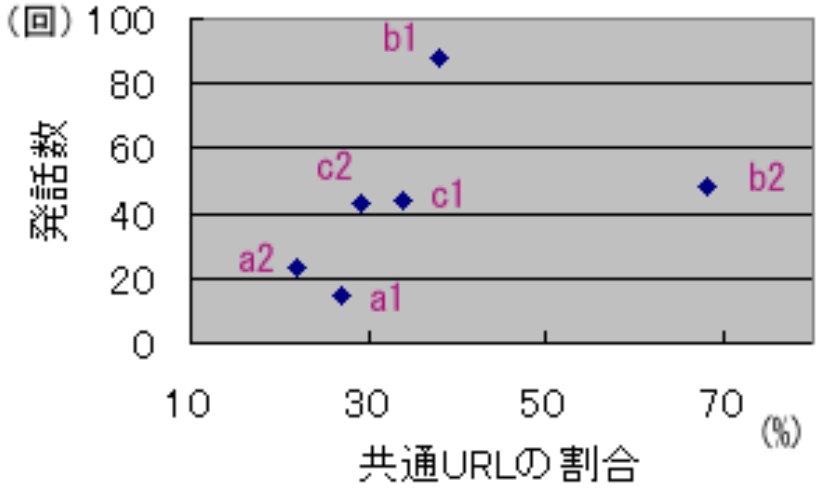

図 4.1: 共通 URL と発話数の関係

め参照 URL 数が他のグループに比べて高い．

次に，グループ B のユーザは同研究室の先輩と後輩の関係であり，同じ文系の出身とはいえ交流はあまり多くない間柄である．また，ユーザ b1 は研究の方針について悩みがあるので本実験が何らかの指針になるのではとの期待から参加に非常に積極的であった．よって，話は研究についての熱心な議論となり発言数が 3 グループの中で最も多く，参照 URL 数は最も少ない．しかし，ホームページが閲覧されなかったわけではなく，共通の資料として活用したので共通で参照した URL の割合に関しては最も多い結果となっている．

最後に，グループ C のユーザは研究室は異なるが面識はある M1 の女性二人組の関係である．共通で過ごした時間という観点から親しさの度合いを測ると，グループ B よりは親しくグループ C よりは親しくない間柄といえる．よって，発話数，共通 URL の割合，発話数ともに 3 グループの中間となすような値をとっており，それはユーザ平均値と比較しても合致している．

この共通 URL の割合と発話数の関係をわかりやすくしたものを図 4.1 として示す．サンプル数が少ないので検定などは無意味であり省略しているが，やや正の相関関係をみることができる．

表 4.9: 被験者の行動データ

		参照 URL 数	共通 URL の割合 (数)	発話数 (割合)
グループ A	a1	104	27%(28)	15(39%)
	a2	125	22%(28)	23(61%)
	合計	229	-	38
グループ B	b1	34	68%(23)	48(35%)
	b2	61	38%(23)	88(65%)
	合計	95	-	136
グループ C	c1	65	34%(22)	44(51%)
	c2	76	29%(22)	43(49%)
	合計	141	-	87
合計		465	-	261
グループ平均		155	-	87
ユーザ平均		77.5	31%(24.33)	43.5

4.2.4 実験１，２に共通の結果

実験１，２の結果から，本システムはWWWを少なくともある程度は協調探索が可能な環境にしていることが分かった．この協調環境がどの程度可能なのかを検証するため一章であげたコラボレーションのプロセス毎に心的評価を試みた結果が表4.10である．まず，アウェアネス支援に関する質問である質問番号３ａ，３ｂの結果は平均４以上の結果を残しており，他人の存在も行動もある程度感じれたことを示している．存在に対して行動のポイントが低いことに関しては，VRMLの視点移動が技術的な問題によりあまりダイレクトに作動せず，結果としてWWW探索アウェアネスのうちユーザが他ユーザの行動を感じれる部分はURL履歴のみとなってしまったことが大きく起因していると予想する．

また，低レイヤーであるアウェアネス支援をおこなったことで，コミュニケーションがどのような影響をうけたかを調べる意図である質問番号３ｃをみると，やや基準値に近い値がでているとはいえ，全体的に基準値よりも高い評価を得ていることが分かる．今回はチャットに関しては全くの簡易型で実装しており，このような低機能であるにもかかわらず他のコミュニケーションツールよりも高いポイントを得ていることは，アウェアネス支援が高レイヤーにも影響を及ぼしていることを示しているといえる．

さらに，本システムについて自由な形式での感想や意見でも，本システムおよび協調探索環境についての高評価がめだつ．これらは実験１，２の結果考察を裏付けるものである．以下にその一部を掲載する．

- 一人では探しづらい・見つけにくい情報の収集，より多くの情報が欲しい時，早く情報が欲しい時に有効であると感じられた
- 主テーマに関するアドバイスをAさんから頂くことができた（中略）AさんのURL履歴をみるとAさんがどういう視点から僕へ主テーマのアドバイスをしようとしているのかがよく分かった．
- CHATをせずにURL履歴をみるだけでも交流しているような気にさせる．
- 知らなかったホームページを教えてもらったり，一人で閲覧しているときには辿ろうと思わなかったリンクを辿ったりしました．

表 4.10: 実験１，２共通のアンケート結果

質問番号／段階	1	2	3	4	5	平均
３ a	0	1	0	3	7	4.5
３ b	0	1	1	6	3	4.0
３ c	0	0	5	3	3	3.8

第 5 章

結論

本研究は，既存の WWW 環境を主にアウェアネス情報の不足に重点を置いて支援し，ユーザの創造性の発揮を促す，探索においては同期型，参照においては非同期型である協調型探索環境の構築を目指した．また，その協調型探索に必要なアウェアネスを WWW 探索アウェアネスと呼ぶことも提案した．

まず，コラボレーションにいたるステップをすべてクリアすることを考え，そのためにはコプレゼンス以前に集合に値する場所が必要であるとの結論に至った．また，この集合に値する場所を設計し，プロトタイプの作成をおこない．さらに，このモデルを実際に運用することにより協調型探索が本当に有効であるか評価実験をおこなうことによって検証をおこなった．本章ではこれらの成果と今後の展望について述べる．

5.1 本研究の成果

本研究では以下のことを提案，実現，確認した．

- WWW における探索の問題点を技術的ではなく人との協調により解決するコラボレーションブラウジングについての提案をおこなった．
- コラボレーションブラウジングをおこなう環境のためにはアウェアネスが必要であり，このうち WWW がサポートしていないアウェアネスを WWW 探索アウェアネスと提案し，そのための必要機能をあげた．
- WWW 上の存在や行動を表すために，アバターなどのインターフェイスを用いるのではなく，リアルタイムの履歴表示や視点変更で無理なくアウェアネスを取得するシステムについて述べた．
- プロトタイプの作成を通して WWW と VRML によりコラボレーションブラウジング環境は構築可能であることを示した．
- 運用実験により本システム利用者は協調的にブラウジングすることを確認した．
- コラボレーションブラウジングが共通目的をもったグループでの運用に適していることを確認した．
- コラボレーションブラウジングは，多様な人の組み合わせでも探索の効率化や意思疎通の面で効果を発揮することが URL 履歴の解析結果とアンケート結果により判明した．
- 本システムは他人の存在と行動の把握という両方の面においてアウェアネス情報を取得可能な環境であることを確認した．

表 5.1: インターフェイスに関するアンケート

内容	平均値
マルチウインドウ	4.0
URL 履歴	3.5
WWW 視覚化部分	3.1
チャットシステム	4.2

5.2 今後の課題と展望

本研究では，まず前提となる協調探索という行為が有効であるかを確かめる必要があったため，インターフェイスなどユーザビリティに関しての配慮はあまりおこなわなかった．また，第４章の評価実験は「コラボレーションブラウジング」についての評価をおこなうことを目的としていたので，これら機能的評価についての言及は避けた．ここで今後の課題としてそれらについてふれる．

実験１，２のアンケートにおいてインターフェイスについてのアンケートもおこなったが，特に WWW 視覚化モジュールに対する評価が低いのが目立つ（表 5.1）．これは，VRML 表示用 Plug-In のインターフェイス不備に対する評価という意味が大きいことが追加調査により判明した．また，VRML2.0 に対応した Plug-In をもったブラウザは少数であり，マルチプラットフォームという点からも VRML を使う意義は薄れたといえる．そこで，次期バージョンでは WWW 視覚化部分を含めて完全に Java 化し，ユーザビリティの向上を目指す予定である．Java は３ D を表示する能力に関して VRML に劣っているために，表示の部分でも工夫が必要であり，これを解決するには表示モデルそのものを見直す必要があるが，これについても今後の課題とする．また，これらの課題をクリアした後，実際にサーバを一般に公開して運用実験し，大規模なデータで結果を分析することも目標のひとつとしてあげておく．さらに，本研究は協調探索システムであったが，よりシームレスなコミュニケーションが可能な環境とするため，ホームページ自体を直接材料にする協調作業システムを導入を予定している．

近年のネットワーク普及により，多くの人々がその膨大なる情報を利用できるようになった反面，様々な問題が生じるようになった．今後，本研究がそれらの解決に少しで

も役立つことを祈る.

第 6 章

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.

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.

また，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.

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をはじめとする國藤・藤波研究室の方々には，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，進学を承諾し金銭的援助までしていただいた両親に深く感謝したいと思います.

参考文献

[1] 松下温，岡田謙一: コラボレーションとコミュニケーション, 共立出版, 1995.

[2] 郵政省: 平成１１年度通信白書,
http://www.mpt.go.jp/policyreports/japanese/papers/99wp/99wp-0-index.html ,
1999.

[3] 石井 裕: グループウェアのデザイン, 共立出版, 1994.

[4] 原島博，石井裕 : CSCW とグループウェア, オーム社, 1994.

[5] 塩澤秀和, 西山晴彦, 松下温:「納豆ビュー」の対話的な情報視覚化における位置づけ, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.11, pp.2331-2342, 1997.

[6] Request for Comments (RFC) Editor Homepage,
http://www.rfc-editor.org/ .

[7] C.A. Ellis, S.J. Gibbs, G.L. Rein：Groupware: Some issues and experiences, Communications of the ACM, Vol. 34, No. 1, pp. 38-58, 1991.

[8] R. Johansen： Groupware: Computer Support for Business Teams, The Free Press, Macmillan Inc., New York, 1988.

[9] George. W. Furnas: Generalized Fisheye Views, Proceedings of the CHI'86 Conference on Human Factors in Computing Systems and Graphic Interfaces, pp. 16-23, May 1986

[10] Lynn Cherny: Conversation and Community:chat in a virtual world, CSLI Publications, 1999.

[11] Howard Rheingold: THE VIRTUAL COMMUNITY, minerva, 1994.

[12] Dolores Hayden: The Power of Place, The MIT Press, 1995.

[13] R.L.Daft and R.H.Lengel: Organization information requirements, media richness and structural design, Management Science, Vol32, No.5, pp.554-571, 1986.

[14] 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, vol14, No2, pp50-57, 1999.

[15] 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, 情報処理学会誌, vol.39, No.10, pp.2820-2827,1998.

[16] SONY Virtual Society：http://vs.sony.co.jp/

[17] Toru Ishida(Ed.): Community Computing -Collaboration over Global Information Networks-, Jhon Wiley & Sons, 1998.

本研究に関する発表論文

[1] 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), pp97-102, 1999