

Title	知的触発を伴う協調的活動を支援するアウェアネスシステムに関する研究
Author(s)	伊藤, 禎宣
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/792
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 知識科学研究科, 博士

博士論文

知的触発を伴う協調的活動を支援する ウェアアネスシステムに関する研究

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

伊藤 禎宣

2003年3月

指導教官 國藤 進 教授

要 旨

本論文は、知的触発を伴う協調的活動を支援するアウェアネスシステムに関する研究をまとめたものである。コミュニティの協調的活動における個別作業中心タスクと共同作業中心タスク間での相互依存構造の変化に着目し、各局面の協調的活動支援手法の提案と評価を行った。

個別作業中心タスクにおいては、作業者の思考や活動を阻害せずに知識や興味関心にもとづく適切な協調的關係の構築を実現するため、自然な手書きインタフェースによるアノテーション行為を介した適応的情報共有環境 SmartCourier を提案、実装した。本システムは、作業者による電子化文書資料の閲覧やアノテーションの履歴から興味関心プロフィールを生成し、協調的情報検索手法を用いて適応的なアノテーション共有や文書資料推薦、マッチメイキングといった協調的活動支援サービスを提供する。これにより、潜在的に協調的關係が形成可能な他者や未知の情報資源への気づきを促す。学会全国大会や複数研究室での試行実験結果から、SmartCourier が既存の明示的コミュニティを越えて利用者間の交流を促し、知的触発を伴うコミュニティウェアとして有効であることが示された。また、SmartCourier の発展形として実世界指向アノテーションシステムを提案した。実世界の対象物へ利用者の視界映像と発話によるアノテーションを可能にするため、ウェアラブルな赤外線 ID タグシステムを試作した。本システムは、ID タグと ID センサから構成され、対象認識と位置測定機能を持ち、実世界環境でのアノテーションを可能にする。試作機の実験評価実験を行い、運用実験結果を示した。その結果のデータ分析、実世界アノテーション機能の応用実験等は今後の課題である。

共同作業中心タスクにおいては、社会的指向の円滑かつ継続的な対話關係の醸成を支援するため、テキストベース電子会議環境での対話状況アウェアネス環境の構築を行った。本研究はコミュニティ内の対話關係や対話アクティビティの情報可視化機能、対話内容ログの解析機能を有し、研究室内での運用と評価実験を行なった。その結果、対話關係成立率の上昇、対話關係継続回数の増加といった定量的評価と、対話アウェアネスの認識による社会性コミュニケーション成立といった定性的評価を得ることができた。

目次

1	序論	1
1.1	研究の目的と背景	1
1.2	論文の構成	5
2	アノテーションの位置的共有にもとづく情報共有	6
2.1	はじめに	6
2.2	アノテーション	7
2.3	アノテーションを利用した知識共有	10
2.3.1	アノテーションと手書きペン入力	10
2.3.2	アノテーションによる知識共有とその問題	11
2.3.3	課題と本研究のアプローチ	12
2.4	アノテーションの位置的共有にもとづく知識共有	13
2.4.1	SmartCourier for JSAI2001	13
2.4.2	システム構成と実装	16
2.4.3	運用結果と考察	17
2.5	問題点の考察とシステム再設計	19
2.5.1	ユーティリティとしての問題	19
2.5.2	ユーザモデリングの問題	20
3	アノテーション共有環境を介した知的触発支援	21
3.1	SmartCourier for Research Labs	21
3.1.1	目的	21
3.1.2	研究学習活動におけるアノテーション	21
3.1.3	システム改良点の概要	23
3.1.4	システム構成	24

3.1.5	評価実験	27
3.2	おわりに	35
4	実世界アノテーションシステムの実現に向けて	36
4.1	はじめに	36
4.2	赤外線 ID センサシステム	40
4.2.1	ID タグ : ビーコン	40
4.2.2	ID センサ : イメージセンサ	41
4.3	運用実験	43
4.3.1	実験の概要	43
4.3.2	性能評価	46
4.4	おわりに	49
5	カンバセーションウェアネス支援環境の提案と評価	50
5.1	はじめに	50
5.2	研究の背景と目的	51
5.3	ウェアネスと情報可視化	54
5.3.1	ウェアネス	54
5.3.2	ウェアネス支援研究から見た本研究の位置づけ	56
5.3.3	情報可視化	56
5.3.4	情報可視化によるネットワーク分析	57
5.3.5	情報可視化における 3 次元表現	59
5.3.6	情報可視化研究から見た本研究の位置づけ	61
5.4	カンバセーションウェアネス支援環境	63
5.4.1	システム概要	63
5.4.2	テキストベース電子会議環境	67
5.4.3	対話関係と対話アクティビティの可視化機能	68
5.4.4	対話内容の可視化機能	72
5.5	評価実験	74
5.5.1	実験方針	74
5.5.2	実験条件	74

5.6	実験結果	76
5.7	結果の考察	80
5.7.1	定量的評価	80
5.7.2	定性的評価	80
5.8	おわりに	85
6	結論	87
6.1	本論文のまとめ	87
6.2	今後の課題と展望	88
	謝辞	89
	参考文献	90
	本研究に関する発表論文	98

第 1 章

序論

1.1 研究の目的と背景

本論文は、コミュニティを対象として知的触発を伴う協調的活動を支援するウェアネスシステムに関する研究をまとめたものである。知的触発とは、人間の創造的思考過程において、問題発見や固定観念の打開といった新たな視点を見出す契機となる「気づき = アウェアネス (awareness)」を得ることを指す。

近年、急激な成長を続ける計算機環境と通信環境の普及は、多様な利用者と利用形態での協調的活動を可能にしてきた。産業界での効率的な経営資源運用に対する要求は、組織の流動化と人材の分散を加速させており、教育や研究の分野では蓄積された知識や経験の効果的活用の側面から、組織間交流が活発化している。このような組織内の遠隔交流や組織間交流が一般化するにつれ、計算機環境を介した創造的協調活動の支援と知的生産性向上への要求は、より一層高まっている [53]。

このような、計算機が人間の創造的思考過程を支援する研究を Young は計算機の果す役割によって、「秘書」レベル、「枠組パラダイム」レベル、「生成」レベルの 3 レベルに分類している [79]。「秘書」レベルの支援システムは、計算機を黒板や筆記具のような文房具など従来の道具の発展形として利用するものであり、ワードプロセッサやダイアグラムプロセッサ [46, 45] がこれに相当する。「枠組パラダイム」レベルの支援システムは、ユーザが持つ思考の構造化を助けるものであり、アウトラインプロセッサなどがこれに相当する。「生成」レベルの支援システムは、ユー

ザからの入力に対して、システムが持つ関連情報の提示という擬似的なアイデア生成を行うことで、ユーザの発想を助けるものであり、IdeaFisher[26] や Keyword Associator[74]、AIDE の Conversationalist[51] がこれに相当する。

一方で、CSCW (Computer Supported Cooperative Work) の分野でも、協調的活動の中で行われる創造的思考に着目した研究が広く行われてきた。構造化された協調活動モデルに沿って行われるユーザの発言過程を視覚化して管理することで、討論の初期段階を支援する gIBIS[10] や、ブレインストーミング [55] の手順に従って同期同室環境で行われる少人数での創造的会議を支援する Colab[68] は、構造化された手続きに沿って行われる創造的協調活動を支援する研究の代表例である。

また、このような直接的支援ではなく、協調的活動のコミュニケーション過程自体が、創造的思考において知的触発を導く重要な因子であるとの考え方 [32, 31, 63] から、側面的な支援を行う研究がある。組織活動としての創造的思考では、参加者間で交される発想が持つ背景的知識や文脈の把握が相互理解のために重要である。しかし、専門分化した個人間・組織間での対話では、これらの情報の欠落から、共役不可能性 [37] と呼ばれる相互理解の困難性や対話の齟齬が生じるという問題がある。これらの背景的知識は、組織的課題に沿ってフォーマルに行われる組織活動ではなく、インフォーマルな場での社会的な対話によって培われることが多いと言われており [53]、課題指向の対話関係以外に、社会性指向の継続的対話関係を維持することが重要な課題であると考えられる。実世界の協調作業空間が備える大部屋を遠隔環境でも仮想的に実現することで、インフォーマルなコミュニケーションの発生を助ける Portholes[15]、Video Window[18] や、対話を開始する前に相手の様子を伺うというプロセスを実装することで遠隔環境でも円滑な対話関係の開始を支援する Cruiser[19] といった研究がある。これらの研究は、従来型の CMC (Computer Mediated Communication) では失われていた他者の存在や行為に対するアウェアネスを、映像や音声による臨場感の再現により伝達可能にすることでコミュニケーション過程を支援するものである。

本研究では、まず知的触発を伴う協調的活動の基盤的プロセスとなり得るコミュニケーション過程に着目する。従来研究が支援方法として実現してきた、高解像度の動画像による臨場感指向のアウェアネス支援技術は、企業ユーザを対象とした製品化が進む一方、特殊な外部機器やアプリケーション、潤沢なネットワーク

環境が必要であるといった動作条件が課せられており、一般ユーザへの普及は難しいのが現状である。これら従来研究に見られる手法ではなく、一般ユーザに利用可能な電子会議環境として広く普及している [80] テキストベースの電子会議環境を土台とし、ここで社会性志向の継続的対話関係の醸成を阻害する要因である、対話状況の把握が困難という問題に対して、対話状況の情報可視化によるカンバセーションアウェアネス環境をアドオンすることによる解決を、本研究の最初の目的とする。

次に、醸成された継続的対話関係を背景に行われる組織的活動において、より積極的な知的触発を伴う創造的協調作業を支援する「生成」レベルのシステムとして、アノテーション行為を介した適応的な情報共有による研究学習活動コミュニティの活性化手法を提案する。近年、組織内情報を知識として適切に蓄積、管理する必要性が広く主張されている [2, 53]。この実現手段として、知識ベース [17] 構築のために、有用な情報を収集する枠組みを提案する研究 [3, 11] や、収集された情報源の再利用性に着目し、被利用率の推移から情報の有用不用を判断することで効率的な利用を支援する研究 [30] がある。情報源の利用履歴からユーザの要求プロフィールを生成し、推薦や関連情報などを提案する手法は、協調的情報フィルタリングによるリコメンドシステム [56] と呼ばれ、ネットニュースやウェブページなどを情報源とした研究 [24, 73] が行われている。このようにユーザの行為から要求プロフィールを自動生成して関連情報を提示する手法は、「生成」レベルの発想支援システムとしても、IdeaFisher [26] など多くの既存研究は、ユーザ自身による明示的な情報要求の入力という情報検索的なプロセスを経なければならないのに対して、ユーザへの利用負荷が少ないという点で有効である。さらに、ネットニュース中の記事を読む時間と興味の相関を利用した研究 [47] やウェブページの閲覧時間と興味の相関を利用した研究 [40] のように、行為に内在する意味をヒューリスティックに利用するシステムでは、ユーザがシステム利用過程で情報源の有用性評価などを既定形式で別途入力する必要が無い。このため、情報共有の阻害要因となる情報取得の前段階でのユーザ負荷を無くすことができている。しかし、これらの従来研究が、計算機上で行われる共有情報の閲覧など、定型的行為の評価による要求プロフィールの生成を対象としている一方、現実の創造的協調活動では思考を阻害しない情報共有ツールとしては、より自由な表現が可能な紙媒体の資

料へのアノテーションや白板への図解など、非定型的な行為による運用が主である。これらの紙媒体や白板などは、入力や表現に制約が少なく、多様な表現が可能であるため、共通の興味関心や目的といった背景的知識を持つ少人数のワークグループや、音声や映像通信が利用できる同期対話環境下の利用では、相補的にコミュニケーションを支援する情報共有ツールとして、口頭や文書では明解な説明が困難な概念の伝達や議論の整理などに有用である [48, 22]。しかし、このような手書きの自由な表現形式による情報は、表現の意味や意図といった背景的知識を計算機や同期対話環境にない他者が理解できないため、共有される情報資源として有効に活用できておらず、また情報共有の指針となるユーザの要求プロファイルを生成することができないという問題がある。

本研究では、このような問題に対処する方法の一提案として、文書資源上に行われるアノテーションに着目する。

アノテーションの位置的共有性といった特色を利用することで、アノテーション行為からユーザの興味関心といったプロフィールデータを抽出し、これを利用した情報共有の促進と、コミュニティの活発化支援システムを提案し、この運用実験と評価を行うことを本研究の目的とする。

1.2 論文の構成

本論文は、本章を含め5つの章から構成される。

第2章、第3章では、創造的思考を阻害せずに自然なインタフェースで適応的情報共有を実現する、アノテーション行為を介した情報共有手法を提案する。まず、第2章では、実世界で行われる文書資源へのアノテーション行為の目的や機能について概括した後、これを計算機環境上で実現しようとする関連研究について述べ、本研究の位置付けを明らかにする。その後、アノテーションの位置的共有を介した情報共有手法を実装した SmartCourier for JSAI2001 システムについて述べ、運用実験と評価について述べ、問題点の考察を行う。第3章では、SmartCourier for JSAI2001 システムの評価から得た知見をもとに、アノテーション行為から得た位置的情報やキーワードを用いてユーザプロフィールを生成し、適応的情報共有や研究活動コミュニティの活性化をねらう知的触発支援システムである SmartCourier for Research Labs について述べ、この運用実験と評価について述べる。

第4章では、紙面に制限されない、様々な実世界の事物を対象としたアノテーション環境の実現手法を提案する。ここでは、対象の位置測定と判別機能を持つ、赤外線 ID タグ・ID センサをウェアラブルデバイスとして実装し、その特性評価を行った。

第5章では、テキストベースの電子会議環境において、社会性志向の継続的対話関係の醸成を支援するためのアウェアネスとして、カンバセーションアウェアネスを提案する。まず、CSCWにおける既存のアウェアネス研究の目的と機能を概括した上で、カンバセーションアウェアネスの機能と位置付けを明確にし、同機能を実装したシステムを構築、その運用実験と評価を行い、カンバセーションアウェアネスが知的触発を伴う協調的活動の基盤となる社会性志向の継続的対話関係の醸成に果たす効果を明らかにする。

最後に、第6章では本研究の成果を総括し、今後の課題について述べる。

第 2 章

アノテーションの位置的共有にもとづく情報共有

2.1 はじめに

本章では、アノテーションの位置的共有にもとづく情報共有手法について述べる。2.2 では、本研究でのアノテーションの定義を与え、その背景となる歴史的概説と諸定義について述べる。2.3 では、電子的インタフェースのもとで行われるアノテーションについて、知識共有という観点から関連研究について述べ、本研究の位置付けを明らかにする。2.4 では、位置的共有にもとづく情報共有手法の提案とその運用実験の概要について述べる。2.5 では、運用実験結果の考察と、そこから得た知見をもとに、再設計の指針について述べる。

2.2 アノテーション

アノテーションとは、原文への二次的情報の付加行為である。情報が文書の形態で共有され始めた時代からそれほど下ることなく、この行為は広く行われてきた。原文の解説、図解、翻訳、推敲、意見など目的は様々であるが、原文と付加情報との関係性を空間的近さが担保するという表現上の制約と、原文に対して二次的な情報内容を持つことがアノテーションに共通する特徴と言える。

例えば、図 2.1 は、ラテン語原資料の行間に古英語による逐語訳がアノテーションとして付加されたものとして、現存する最古のものである。原文を改変せずにその理解を助けるため、単なる翻訳ではなく、単語毎のアノテーションという手段が採られたものと考えられる。

このように読者がその理解を助ける目的で行うアノテーションの手法は、その後も洗練され続けた。例えば 図 2.2 に見るように、原文行間に翻訳文、横のスペースに解説記事といった、原文理解のためのアノテーション手法が定式化され、虎の巻のフォーマットを生んだ。また、図 2.2 のように一つのアノテーションに限らず、原文に対して複数人が行ったアノテーションを再編してまとめた例、図 2.3 も見ることができる。これにより読者は、複数人の視点から原文の理解と解釈を試みる事が可能である。読者による原文の読解を目的とした知識共有の手段として、効果的にアノテーションを用いた例といえる。

現代、印刷技術の進歩と筆記具の経済性向上に伴い、原文に対して個人が自由にアノテーションを付加することが一般的行為となった。2.4 はある研究室で、情報取得の効率をあげるため、参考資料となる論文を対象に、そのクオリティの評価や意見のアノテーションを書き加えて共有した例である。

このような行為が一般化する一方で、情報資源としてのアノテーションは、共有により、視点の拡散、質の相対的な低下、表現手法の混乱など、読者にとっては利用し難い状況が生まれてきた。

次節では、一般的行為となったアノテーションとその問題に対して、CSCW(Computer Supported Cooperative Work)を中心とする分野から提案された関連研究をあげ、その中で本研究の位置付けを明らかにする。

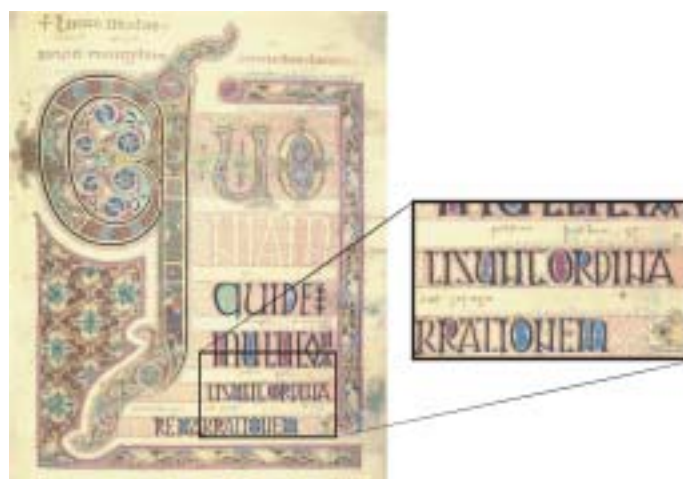


図 2.1: アノテーションにより、原資料と翻訳による註解を両立させた例。700 年頃 Eadfrith 司教によりラテン語本文が書かれ、950 年頃 Aldred 司祭により Northumbria 方言の古英語による逐語訳が行間註解 (interlinear gloss) として付加された。同文書の現存する最も古い英語訳。Lindisfarne Gospels: British Library, Cotton MS Nero D. iv, fol. 139: initial page to St. Luke's Gospel.



図 2.2: アノテーションとして原文の翻訳 (行間) と解説 (左側コラム) を並置した例。原文とコンテキストの理解を助けることを目的とした虎の巻。Formatting the Word of God: The Charles Caldwell Ryrie Collection, Valerie R. Hotchkiss & Charles C. Ryrie, Bridwell Library, 1998.



図 2.3: アノテーションによる情報の集積と共有の例。原文に対して複数人が行った注解を何晏らがまとめたもの。原文一文に対して、馬曰、孔曰という形で各人の意見が併記されている。また、訓読 (読み下し) のための記号などが付け加えられている。『論語集解』, 清家文庫, 京都大学附属図書館所蔵。



図 2.4: ある研究室で行われたアノテーション共有の例。論文の質と難度の評価を段階分けされたシールで行い、コメントや要約を文章で記すことで、評価基準の統一を図っている。

2.3 アノテーションを利用した知識共有

2.3.1 アノテーションと手書きペン入力

アノテーションに関わる研究は、現実の書籍や文書が持つ紙とペンによるインタフェースの利便性に着目したもの [62, 4] と、講義資料などの情報資源にユーザが付加するコメントやアイデアといった、共有される知識としてのアノテーションの有用性に着目したもの [13, 59, 14] がある。

これらの研究におけるアノテーションとは、ユーザが静的文書資源の指定位置へ情報を明示的に付加することで、ユーザと文書間の関係を外化する行為としてとらえることができる。ここでの位置とは、アノテーションの対象となる文書中の文字列や画像であり、付加される情報とは、例えばその項目の重要度を示すマークといった、ユーザ文書間関係の意味と存在を明示するものである。

このようなアノテーションは、ペン入力に依存した行為ではなく、CoNote[23] や ComMentor[59] のように、Web ブラウザ上に表示された HTML の特定位置に付箋状のテキストを埋め込む方式による研究も多い。しかし、この方法では自由なペン入力が可能にする、テキスト以外の情報を含んだ多様な表現が抑制されてしまうという問題がある。

現実の書籍や文書が具えるタイポグラフィ¹を含めた文書の電子化に関わる研究である XLibris[62] や Adobe 社の Acrobat[4] などでは、我々が紙にするのと同様にペンによる多様な表現でのアノテーションを記録可能にすることで、電子化文書の利便性を高めようとしている。このような手書きのアノテーションは、入力が直感的であり、タイポグラフィの不調和により読み手の注目を集めることができるため、一覧性があり、視覚効果が高いという利点がある。

本研究も、ユーザビリティの高い、手書きペン入力によるアノテーションをシステムの基盤とする。

¹書体、組版、体裁など、文書紙面における視覚的構成の総称。

2.3.2 アノテーションによる知識共有とその問題

XLibris や Acrobat といったユーザビリティを重視した研究やソフトウェアでは、アノテーションの個人的利用に焦点を合わせている。一方で、教育現場を対象とした CoNote[13] や eClass[1] では、講義や課題などの資料へのアノテーションを有用な共有情報資源の一つと捉えている。講師や学生間で Web を介してこの情報を共有することで、資料に対する学生間の議論の促進や理解を助けることができた [23] としている。このような比較的小集団での知識共有にアノテーションを用いる研究としては、Palm 社の PalmPilot などのペンユーザインタフェース (PenUI) を備えた個人用携帯端末をメモ帳として使い、個人の手書きメモをワークグループ内で共有することにより、集団内のアイデアや知識の共有を促進しようとする NotePals[14] もある。

ペン入力可能なメモ帳や白板などは、入力や表現に制約が少なく、多様な表現が可能であるため、共通の興味関心や目的といった背景的知识を持つ少人数のワークグループや、音声や映像通信が利用できる同期対話環境下の利用では、相補的なコミュニケーション支援ツールとして、口頭や文書では明解な説明が困難な概念の伝達や議論の整理などに有用である [48, 22]。しかし、共通の背景的知识や同期対話環境を持たないユーザ間では、アノテーションやメモに記された表現の意図や背景に関わる情報が欠落するため、意味理解が困難であり、継続的に共有される情報資源としては不適當であるという問題がある。

例えば、書籍や書類の読み手にとって、アノテーションやメモは一般的な行為であり、下線やハイライトマーカーによるマーキングの仕方など、その用法は経験的に知られている。しかし、これらの表現の具体的な意味の違いやそれ以外の表現形式については明らかではない。

このことについて Marshall は、中古売買によって共有される大学教科書に行われた実世界のアノテーション事例を調査した [41]。その結果、アノテーションとしては、下線、ハイライトマーカー、囲み (丸、四角、括弧) など文章や単語へのマーキング、アスタリスク、星印、矢印などの目印、マーキング間のリンク、その他のメモやイラストなどが得られた。マーキングや目印は重要箇所の記録、メモは文章の意味解釈や問題の解答などに使われていた。中古教科書の買い手にとって、解答などのメモは一見して価値あるものであるが、マーキングや目印などの

重要度を示す記号は、その意味を理解することが困難であった。

一般的には、情報資源に対する重要度の評価は、情報獲得時の効率化に役立つものである。しかし、アノテーションが手書きによる自由な表現形式で個人的に行われているため、評価尺度やその意味といった背景的知识を他者が理解できず、このような評価を共有される情報資源として有効に活用できていない、と言える。

このように、知識共有の範囲が限定的である問題に対して、本研究では、背景的知识を共有するユーザ群を自動抽出することで、より広い範囲での発見的な知識共有支援を行う。

2.3.3 課題と本研究のアプローチ

アノテーションに関わる既存の研究は、電子化文書の個人的利用に焦点を合わせたもの [62, 4] か、特定の小集団を対象に共通の背景的知识を持つ明示的コミュニティによる知識共有を支援するもの [13, 59, 1, 14] であった。アノテーションによる知識共有が困難な理由としては、興味関心や目的といった背景的知识の異なるユーザ間では、コメントやアイデア、重要度の評価といった自由な表現によるアノテーションの意味理解は困難であるという問題が明らかになった。

そこで本研究では、まず、電子化文書への自由な表現によるアノテーションから、ユーザの興味関心を表すユーザモデルを構築する。このユーザモデルの類似度から、興味関心を共有する潜在的ユーザコミュニティを抽出し、電子化文書の推薦やアノテーションの共有といった適応的な情報獲得と知識共有の支援を行う。これにより、潜在的に興味関心などの背景的知识を共有するユーザ間での発見的な知識共有を支援し、知的触発を伴う研究学習活動コミュニティの活性化を目指す。

2.4 アノテーションの位置的共有にもとづく知識共有

以下では、アノテーション行為が文書中の興味関心対象を特定しつつ行われることに着目し、対象の位置的共通性にもとづく協調的情報フィルタリングにより、情報探索の効率化と知識共有の促進をねらう新しいシステムの提案と、その運用実験および評価について述べる。

アノテーションには、個人的に行われる場合と、グループ内の知識共有などを目的として複数人で共有することを前提に行われる場合がある。複数人での共有を前提とする場合には、全員がアノテーションの意図を理解できるようにするため、統一的な記号表現などをあらかじめ決めておく必要がある。例えば、研究室内の研究プロジェクトに関連する論文を集めるため、論文集へのアノテーションを共有する場合には、「各論文の重要度は星印の数 5 段階で表すこと」といったルールの存在が重要になるだろう。しかし、このような表現の制限や統一作業はユーザにとって負担になるという問題がある。また、複数人が同一資料へ評価や見解を書き込む場合、物理的制約として、そのスペースが足りない場合があるという問題と、他者の評価や見解に心理的な影響を受ける場合があるという問題がある。個人的利用を前提とした場合には、これらの問題がない一方で、その表現の多様性から、情報資源としての共有や再利用が困難であるという問題がある。

本章では、個人的利用を前提に行われるアノテーションの位置的共有により、共通した興味関心を持つユーザ間での適応的な情報共有を実現し、個人的な情報探索の支援や、ユーザ間の情報共有、知的触発を伴う対話を促すことをねらったシステムを提案する。

以下、2001年5月22日から25日に開かれた、第15回人工知能学会全国大会で、学会参加者の見学や交流を支援するインタラクティブサービスであるデジタルアシスタントシステム [71] のサブセットとして実装された SmartCourier for JSAI2001 について述べる。

2.4.1 SmartCourier for JSAI2001

デジタルアシスタントは、参加者個人の閲覧行動や興味関心といった状況に応じて、展示見学に関わる適応的個人化情報を提供するサービスである。効率的な



図 2.5: SmartCourier for JSAI2001:会場での使用の様子

情報獲得、コミュニティの形成や知識共有を支援し、展示見学への参加を通して為される知識流通や知識創造を促進することを目的とする。システムは、会場の複数ヶ所に設置された液晶タブレットや大型ディスプレイを備えた情報キオスク端末、希望者に配布された PDA 端末、及び Web サービスから構成されている。SmartCourier for JSAI2001 は効率的情報獲得と知識共有の支援という同じ目標のもと、液晶タブレットを備える情報キオスク端末及び Web 経由で予稿集を閲覧するユーザに、電子化文書への手書きアノテーションを中心としたサービスを提供する。(2.5 参照)

アノテーション機能

大規模な展示会場や学会においては、会場案内の冊子や予稿集などの資料を配布することが多い。これらの資料は、展示や講演の参加予定をマークしたり、参加後に閃いたアイデアやコメントをメモするといった、効率的な情報獲得と整理記録に使われている。しかし、これらのメモが記された予稿集などの資料は、利用者にとって余剰な情報が多く、長期的には情報の検索や再利用が困難になるといった問題がある。

そこで本システムでは、紙媒体の欠点であるこれらの問題を解決するため、電子化された予稿集へ会期中や会期前後に会場内外からアノテーションの入力、参



図 2.6: SmartCourier for JSAI2001:画面イメージ

照、検索を可能にすることで、興味深い対象へのメモや現場で得られた知見といったアノテーションとして記録される個人的情報の継続的活用を可能にし、可用性を高めることを第一の目的としている。

ユーザは、デジタルアシスタントサービスの大会プログラム一覧から論文を選択、閲覧し、これに手書きペン入力によるアノテーションを残すことができる。本システムは Web ブラウザ上で動作し、表示論文の拡大縮小など閲覧のための基本的機能と、色や太さといったペンの種類を選択しての書き込みやアンドゥが可能な手書き入力によるアノテーションのための基本的機能を備える。また、書き込まれたアノテーションの再利用性を高めるための機能として、アノテーション履歴の一覧表示とアノテーションのストローク形状による検索機能を備える。(2.6 参照)

論文推薦・アノテーション共有機能

学会会場において、興味関心の近い参加者間のコミュニケーションは、知的触発を受けるのに効果的な場である。しかし、大規模な会場では、多人数の参加者が多種多様な興味関心を持って短期間に行き交うため、参加者間のコミュニティ形成は、時間や場所の一致による出会いという偶然による要素が強く、一過性のものに成りやすいという問題がある。

この問題に対して、参加者の興味関心に適応的な知識共有、コミュニケーション

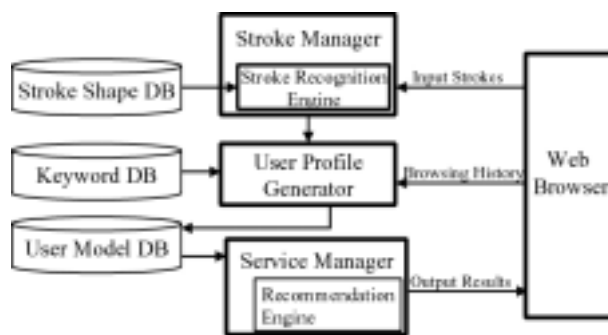


図 2.7: SmartCourier for JSAI2001:システム構成

支援環境の構築が必要であると考えられる。そこで、ユーザの電子化予稿集閲覧履歴と手書きペン入力により書き込まれたアノテーションの場所からユーザの興味モデルを構築（次項参照）し、ユーザの興味関心に即した未読論文の推薦や、興味関心が近いユーザ間でのアノテーション共有機能を構築した。これらの機能は、推薦による効率的な情報獲得や、電子化論文上で興味関心が近いユーザ間でのアノテーション共有による非同期コミュニケーションを可能にすることで、ユーザ間の知的触発が可能な知識共有の促進を目的とする。なお、共有に適さないアノテーションも考えられるため、入力時にパブリックとプライベートのモードを選択可能にし、ユーザの目的に応じてシステムの使い分けができるようにした。ユーザ間の非同期コミュニケーションは、パブリックモードで書き込まれたアノテーションの共有によるものである。これにより、他者の着目箇所を参照しつつ相互にコメントを残すといった、継続的コミュニケーションが可能になる。

2.4.2 システム構成と実装

本システムはデジタルアシスタントと同一のマシン上で稼動する CGI とデータベースによるサーバ、情報キオスク端末上の Web ブラウザで動作する JAVA Applet によるクライアントから構成される。（2.7 参照）

興味関心のユーザ間類似度判定には、二つの指標を用いた。一つは、論文の閲覧履歴からユーザ興味を求めるものである。予稿集に掲載された論文には、主催者側の例示から投稿者が選択した、分野を示すキーワードセットが設定されてい

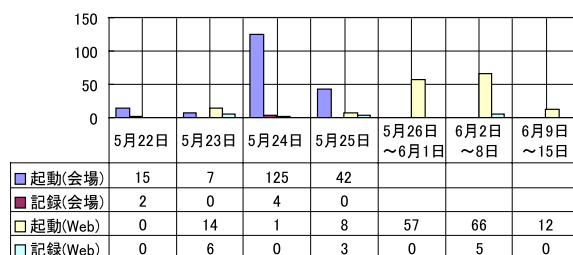


図 2.8: SmartCourier for JSAI2001:起動回数の推移

る。ユーザが閲覧した論文が持つキーワードセットを用いて、ユーザの興味関心を示すキーワードベクトルを生成、ユーザ間の類似度判定を行った。

もう一つは、アノテーションの位置的共有によるものである。同一論文の同一位置にアノテーションを残したユーザは、興味関心を共有していると推測し、アノテーションの位置的共有の数を興味関心の類似度とした。ストローク²のサイズと形状から、文章のマーキングが行われていると判定されるものを抽出し、その一部でも重複部分があれば、位置的共有があるとカウントした。ストローク形状の認識には、Rubine によるジェスチャ認識アルゴリズム [60] を用いた。

論文推薦機能では、これらの指標から、より類似度の高いユーザ群が閲覧やアノテーションを行った論文ほど重要度が高いという仮説から、これをリストアップして表示した。リストでは類似度の指標毎に推薦度を示す別の記号³を用意し、それぞれの指標に応じて推薦リストからユーザが論文を選択できるようにした。

2.4.3 運用結果と考察

会期は4日間であったが、会場内での起動回数は、1日目は15回、2日目は7回、3日目は125回、4日目は42回の総計189回であった⁴。アノテーションのセーブ回数は6件であった。会期中、Web経由の起動回数は4日間で23回、アノテーションのセーブ回数は9件であった。会期後、Web経由の起動回数は、1週間目は57

²ペンダウンからペンアップまでを1ストロークとする。

³ と 。2.6 参照。

⁴但し、システムの起動は各論文のページ毎に行われるため、実際の利用件数より多く数えられている。なお、ゲストを除く登録ユーザのアクセスのみカウントした。

回、2週間目は66回、3週間目は12回、セーブ回数は2週間目の5件であった。

(2.8 参照)

会期中、デジタルアシスタントのPalmGuideサービスを受けたユーザに回答してもらったアンケート結果を見ると、アンケート回答者37人中12人がSmartCourierサービスを使い、そのうち5人が有効であった、1人が有効ではなかった、5人がどちらでもない、1人が無回答であった。

システムログから、推薦機能などが有効に機能していたか調査したところ、6件要求された論文推薦は、全て閲覧履歴をもとに構築したユーザモデルから行われており、位置的共有による推薦事例は0件であった。この結果、会期中にはアノテーションの共有は行われなかった。

これらの結果については、次節で検討する。

2.5 問題点の考察とシステム再設計

SmartCourier for JSAI2001 の運用結果から問題点を明らかにし、これを解決可能なシステムの再設計を行う。

2.5.1 ユーティリティとしての問題

運用結果から、全体のシステム起動回数に対して、会場での使用回数とアノテーションの記録率が低いことがわかっている。使用回数の低さについて、所期には参加過程での思いつきの記録といった使い方を想定していたのに対して、本システムが利用可能な情報キオスク端末が会場ロビーに限定されるなど、可搬性の側面でペーパーメディアに劣っていたという問題が考えられる。直感的アイデアや漠然とした思いつきをその場で書き付けることが多いアノテーションでは、検索による再利用性や手書き入力による自由な表現形式といった問題以外に、記録の即時性が重要である。一方で、画像や文書の表示には、それなりの大きさのマシンが必要という問題がある。このため、情報キオスク端末のような卓上での利用以外に、PDA などの可搬性の高い入力端末をメモ帳として準備し、多様な利用形態に対応することでシステムの可用性を高めることが必要と考えられる [78]。

また、アノテーションの記録件数が少ないことについてユーザ数人に聞き取り調査を行ったところ、セーブ操作が必要なことに気づきにくいとの回答を得た。システムのインタフェースが現実の紙とペンを模したメタファで構築されているときに、このメタファに適合しないセーブのような操作が直感的でないという問題が考えられる。本システムでは、ネットワーク上の制約などから、明示的なセーブ操作を必要としたが、このような冗長な操作はシステム内部で処理し、可能な限り統一したメタファを用いてユーザインタフェースを構築することが、アノテーションのような直感的行為を支援するシステムには重要であると考えられる。そこで、セーブ処理を自動化し、逐次ストロークデータを保存する方式に変更する。

2.5.2 ユーザモデリングの問題

本システムでは、論文の閲覧履歴とアノテーションの位置的共有によりユーザ興味を抽出して推薦サービスを提供したが、位置的共有による推薦は行われなかった。他者の知識やユーザモデルを使う推薦システムでは、必ずサービス開始時のクオリティに問題があるため、補助的データとして、システム開発者等数名によるアノテーション書き込みが行われたが、これらのデータを含めた場合でも位置的共有は2件であり、有効な推薦サービスには至らなかった。これは、開催期間が4日間という短期間で約500ページの膨大な資料が公開されるという条件下では、単純な位置的共有によって適切なユーザ間マッチングができるほどの利用が得られなかったという問題による。位置的共有によるユーザモデリングの有効性は、システムの目的と対象資料の形態に依存すると考えられる。例えば「特定論文のこの記述に関する他者のコメントを知りたい」といった利用者のよりクリティカルな要求を重視する場合や、対象となる資料が教科書のように長期にわたって利用されつづける場合、地図や演目といった紙面が限られている場合などには有効だろう。

次のシステムでは、ユーザのアノテーション行為をより細かなセグメントとして捉えるユーザモデル構築手法として、アノテーションの対象となったテキストのキーワードを用いたユーザモデリングを行う。

第 3 章

アノテーション共有環境を介した知的触発支援

3.1 SmartCourier for Research Labs

3.1.1 目的

SmartCourier for Research Labs は、ユーザの研究学習活動を対象に、興味関心や研究目的といったコンテキストをアノテーション行為から抽出することで、適応的な関連文献推薦や、近しい興味を持つ同僚研究者のマッチメイキング、アノテーションの共有のサービスを提供する。これにより、効率的な情報獲得と知識共有を支援し、知的触発を伴う研究学習活動コミュニティの活性化を目指す。本システムは、ペン入力可能な液晶タブレットや PDA などの個人用情報端末と Web サービスから構成されている。ユーザは各端末から共有情報資源を閲覧、利用できるほか、興味関心に基づく情報獲得や知識共有の支援を受けることができる。

3.1.2 研究学習活動におけるアノテーション

通常の研究学習活動においても、紙媒体の資料へメモ書きや付箋を添付する作業は、有用かつ一般的な行為である。

予備調査として、グループウェアに関連する研究を行っている大学院生 9 名が同分野の日本語英語論文 20 本に行ったアノテーションを調査した結果、各色の下



図 3.1: SmartCourier for Research Labs:画面イメージ

線、波線、ハイライトマーカー、括弧、四角、丸などの囲みによるマーキング、付箋の添付、メモやイラストなどが観察された。マーキングの対象としては、背景、目的、機能、要素技術、結論といった、論文の要点を読みこむためのものがほとんどであり、全学生が2種類以上、最大で9種類の異なるマーキングを使い分けていた。使い分けは、目的や機能などの対象テキストの内容や、再読時に注目すべき度合いといった基準で行われていた。メモは、論文全体か項目毎の要約文が最も多く、論文と関連するアイデアのメモやイラスト、関連研究への言及などもあった。

マーキングや文脈に沿ったメモは、再読時に論文の要点を素早く把握し、過去のアイデアや今後行うべき研究学習活動を思い起こすことを助けるために行われている。このような論文の補足的情報を知ることは、共通の背景的知識や目的を持つコミュニティ内では有用であり、実際に、論文内容の効率的な把握に他者がおこなった要約のアノテーションを使う事例などがあった。しかし、個人的に行われているアノテーションが、紙媒体の再利用性の低さや、手書きメモの共有情報資源としての可用性の低さという問題点を抱えていることは2章で言及した通りである。

ある研究室の事例では、共有の情報資源である論文資料を効率的に活用する方法として、共通のアノテーションを用いていた。論文の質と難度を数段階に分類した共通の評価用シールを設け、共用書架の既読論文にシールとコメントを記す、という方法である。しかし、共有資料へ直接アノテーションを行う場合には、書

き込める範囲が空間的に限られるほか、心理的にも反対意見は書き難くなるなどの問題があり、規程のシールのようなルールを意識しながらの使用は、発想を妨げない自由なアノテーションを制限することになる。

以下、予備調査の結果と、可搬性やユーザモデリングといった SmartCourier for JSAI から得た知見に着目しつつ、研究学習活動を支援する手書きアノテーションによる適応的知識共有環境、SmartCourier for Research Labs について述べる。(3.1 参照)

3.1.3 システム改良点の概要

前システムの運用結果から明らかになった、ユーティリティとしての可搬性の問題点に対して、据置型液晶タブレット端末に加え、携帯型端末 (Palm 社の PalmPilot) を電子化文書への貼り付けが可能な付箋紙と位置付けたサービスを提供する。知識創造活動において、共同作業者がコンテキストを共有する場の重要性 [54] については、は繰り返し述べられているところである。このサービスでは、様々な場での情報の記録を支援する可搬性の高い携帯端末に加えて、赤外線バッジによる位置情報サーバ、本学 (JAIST) の講義室予約システムと連携して、記入日時、場所、参加講義などの情報を得ることも可能である。これらの情報から、例えば、同じ時間同じ講義の聴講に集まったユーザ間での情報共有といった、コンテキストに応じた情報の整理を可能にすることで、講義資料や関連文献への貼り付け、または付箋紙単体での管理を円滑にし、アノテーション情報の活用を支援する。

また、セーブ操作といった紙とペンのメタファに馴染まないインタフェースの問題は、サーバを随時接続可能な JAVA によるものへ変更するなど、プログラム上の改良により解決した。

ユーザモデルの適切性の問題については、非継続的大規模集団を対象とした前システムに限らず、研究学習活動における研究室のような比較的小規模な継続的集団においても、大量の文書資源がある場合には、同様の問題が発生することが考えられる。そこで、マーキングされたテキストから要素となるキーワードを抽出し、マーキングの頻度や記号の種類から重み付けられたキーワードベクトルをユーザの興味モデルとする方法をとる (次項参照)。

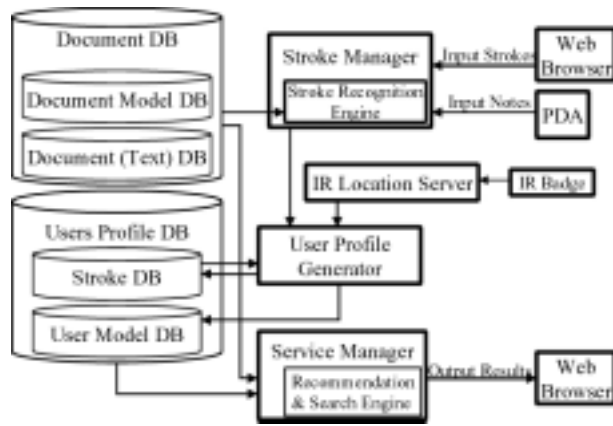


図 3.2: SmartCourier for Research Labs:システム構成

3.1.4 システム構成

本節では、システムを構成する各要素について述べる。(3.2 参照)

ドキュメントデータベースの構築

ユーザによるマーキング対象のテキストを正確に抽出するためには、紙面の外部表現である画像情報と同時に、内部表現としてのテキストとその論理構造、両者を連結する座標情報が必要である。論理構造とは、テキストの連続性を示す情報であり、座標情報とは、各文字の紙面上での絶対座標と面積を示す情報である。

これらの解析および変換は、PDF[4] からヒューリスティクスにより行う。(一部の論文誌書式を想定して解析しており、バージョンやテキスト情報の有無によっては自動抽出できない。)また、サービス提供時のシステム負荷を軽減するため、データベース生成時にキーワードを抽出し、結果を内部表現として記録する。ここでキーワードは、文書から形態素解析ツール Chasen[42] を使って抽出された名詞とする。名詞を選択した理由は、名詞が対象自体の名称を表し、ユーザが興味を寄せる対象として適当であるのに、形容詞や動詞などの対象の形容や動作を表す語は、直接興味を寄せる対象として不適当であるからである。なお、あまりに一般的な名詞の排除や専門用語の解析辞書への追加を行っている。

システムの個人化とペンジェスチャ登録

予備調査から、ユーザはマーキングのペン種類や記号を目的に応じて使い分けられていることがわかっている。このような表現の明示的使い分けは、ユーザモデル構築において重要な指標となり得るが、ユーザ毎に使い分けのルールは異なっているため、システムがこれを自動的に認識するのは困難である。また、アノテーションを活用する程度もユーザの求める利便性や即時性といった条件によって異なり、資料の収集や情報管理のため積極的に様々な表現を使いこなす場合もあれば、重要部への下線にとどまることもある。この多様性は共通シールや記号などの規定を設ける方法による情報共有が困難な理由の一つである。これらの多様な利用形態への対応と、より適切なユーザモデル構築のため、本システムでは、マーキングの種類とその示す意味をあらかじめシステムに登録可能にすることでこの問題に対処する。マーキングの意味とは、5段階の重要度と、自由に定義できる検索性フレーズからなる。重要度の指標はユーザモデリングに使われるほか、ユーザによる情報検索にも使われる。例えば、「最も重要で“要素技術”と定義されたマーキング」を検索するといった使い方である。

研究学習活動に関わる文書資源管理のための一機能として、このような静的意味以外に、動的機能も定義できるようにした。現在、文書間の動的リンク生成の機能を持つ。リンク生成は、本システムが稼動する Web ブラウザを 2 枚起動し、異なる文書間にユーザが定義したリンク記号を二つ入力することで、動的にハイパーテキストを生成することができる（二つ目の記号入力に登録される）。

このようにペンストロークを形状データとしてのデジタルインクと機能を持つペンジェスチャに分ける場合には、その区別を明確にする必要がある。ペン入力は、その入力と認識の双方に過誤があることが常に考えられるため、入力の誤差を許容し、かつ入力作業を妨げない方式が必要と考えられる。今回は、動的機能が割り振られたストロークと認識した場合には、そのストローク周辺を反転表示し、機能名を表示する方法をとった。表示機能で問題なければ、反転部分をペンでクリックすることで、続けてその機能毎の入力を行う。機能の認識が間違っていた場合は、反転部分以外に入力を続けることで、キャンセルされる。

表 3.1: ユーザ毎の重み付けの例

キーワード	評点 (ユーザ A)	評点 (ユーザ B)
チャット	12	0
日記	8	0
学習	1	20
システム	2	10

アノテーション認識とユーザモデリング

ユーザの興味モデルをキーワードベクトルで表現するためには、手書きアノテーションの文書へのマーキングから、その対象となったテキストを適切に抽出する必要がある。ここでは、以下の方法を用いて入力ストロークからテキスト抽出を行う。

1. 位置判定：文字座標域内か隣接するストローク以外は排除する。
2. サイズ・形状判定：フォントサイズ以下のストロークは排除する。予備調査結果から設定した標準形状、あるいはユーザ定義形状のストローク以外は排除する。
3. マーキング領域判定：下線や囲み形記号のマーキング領域を判定する。
4. マーキング領域補正：括弧や記号のようなマーキング領域が明示的でない場合は、ドキュメントデータベースの論理情報を参照し、隣接する連続した一文全てをマーキング領域とする。
5. 抽出テキスト補正：マーキング領域がドキュメントモデル中の単語の途中で切れている場合には、その単語全てがマーキングされたものとして扱う。
6. 再マーキング領域補正：続けて入力されたストロークについて、判定形状が同一であり、かつドキュメントモデルの論理構造から一文である場合には、連続したマーキングとして扱う。

以上の工程によって抽出したテキストを、ユーザによりマーキングされたテキストとして扱う。その中からドキュメントデータベース生成時に規定されたキーワードを取り出し、各ユーザの興味モデルとなるキーワードベクトルを生成する。この時、ユーザによって定義されたストロークの重要度があれば、それに従って重み付けを行う (3.1 参照)。

マッチメイキングのサービスは、キーワードベクトルの類似度をコサイン相関値法によって求め、近いユーザ興味モデルを持つユーザ群を上位からリスト表示することによって行う。論文推薦のサービスでは、ユーザ興味モデルの近いユーザ群によって重要度の高いマーキングが多く残されている論文を抽出し、その中でサービスを受けるユーザがまだ読んでいない論文をリスト表示する。アノテーション共有のサービスでは、マッチメイキングで紹介された相手の書き込み履歴や、推薦された論文により重要度の高いアノテーションを残しているユーザを候補としてリスト表示する。

3.1.5 評価実験

目的

本論文が提案した2種類の SmartCourier は、特定の明示的コミュニティを越えて、アノテーションを介した適応的情報共有環境による知的触発を伴う研究学習活動の活性化を支援することを目標としている。本節では、SmartCourier による論文推薦やマッチメイキングといったサービスが、研究学習活動コミュニティに与える効果と影響について考察する。また、これらサービス提供の基盤となるユーザモデリング手法について、JSAI2001 で利用した閲覧履歴と位置的共有を利用する手法と、本章で提案したマーキングされたテキストのキーワードベクトルを併用する手法を比較検討する。

実験環境

評価実験は、それぞれが独立した明示的コミュニティである A~D 研究室に所属する博士前期課程学生、および A 研究室の教官と博士後期課程学生のグループ E からなる 5 グループ 20 人を被験者として行った¹。閲覧及びアノテーションの対象となる資料には、第 15 回人工知能学会全国大会電子化予稿集を使い、被験者は液晶タブレットか各自の Web 端末上からシステムを利用する。実験では、被験

¹各グループの内訳は、A:5 人,B:4 人,C:4 人,D:3 人,E:4 人である。なお、前期課程 1 年 9 人、同 2 年 7 人、後期課程 (主に学外で活動) 2 人、教官 (助手) 2 人。うち 14 人は理系、6 人は文系で構成される。

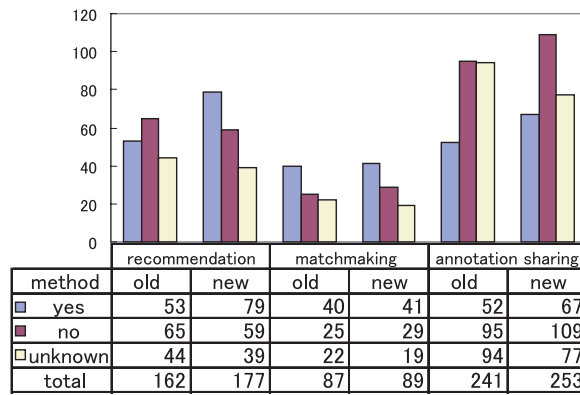


図 3.3: ブラインドテストのアンケート結果

者にシステムの機能を説明した後、まず自分の研究や学習課題、興味関心に沿って閲覧対象となり得る論文を全予稿集から無制限に選択し、それらを自由に閲覧、アノテーションを加えてもらった。評価実験実施の都合上、閲覧可能時間はほぼ1日に制限したが、要望に応じて延長するなど、被験者が通常の研究や学習で行う情報収集活動と同じ範囲で閲覧、書き込みができるよう配慮した。全被験者の閲覧と書き込み作業が終了した後、SmartCourier が提供するサービスについて、for JSAI2001 における旧手法と for Research Labs における新手法のユーザモデリング手法を比較するブラインドテストを行った²。論文推薦、アノテーション共有、マッチメイキングの全サービスを、ユーザに手法の差異が伝わらないよう別々に提示し、サービスの各項目を評価するアンケートを実施した。全ての提示項目について、それぞれ以下のような質問を行った。論文推薦では、自分の興味関心に合致するか、或いは研究課題に役立つものであったか。マッチメイキングでは、紹介された相手の興味関心対象を示す閲覧履歴を表示し、自分もそれに興味を持つか。アノテーション共有では、論文の閲覧過程や新たな知識の獲得に役立つものであったか。なお、論文推薦は10本、マッチメイキングは5人を限度として被験者に提示した。

² 今回の実験では、ユーザモデリングに影響する被験者による閲覧・書き込みフェーズと、ユーザモデリング結果を利用するサービス提供フェーズを分けて実施したので、システム立ち上げ時期のデータ不足によるサービスの偏りといった問題は発生しない。

結果と考察

被験者による初期の閲覧論文数は全 231 本中延べ 75 本であり、1 人平均 3.75 本の論文を閲覧していた (最多 13 本 ~ 最小 1 本)。重複して選択された論文は 17 本にとどまっており、被験者達はそれぞれ別個の興味関心に従って情報収集活動を行っていることがわかる。

書き加えられたアノテーションは延べ 144 ページ、一人平均 7.2 ページであり、平均 4 種類のペン色や記号の使い分けが行われていた。使い分けは、定義、問題設定、関連文献や研究者名など、対象の種別や意味内容に沿った使い分けが多かった。マーキング以外のメモやイラストを残したユーザは 6 人であり、その内容は主に論文内容に対するコメントや疑問の提示、論文中の図表への書き込みなどであった。

被験者の属性 (所属研究室、学年、文理) と閲覧論文数やアノテーションの量・種類に相関は見られなかった。普段の研究学習活動で資料へのアノテーションを行っていない被験者は 6 人であり、その多くはアノテーションの使い分けを行っておらず (2 ~ 1 種類)、アノテーションを使い慣れた被験者とシステムの利用形態に大きな差があった。検索機能や重要度の登録などの付加的機能を付けたり、ユーザモデルを複数の情報源から構築することは、このように様々なユーザの要求に柔軟に対応しつつサービスの精度を上げるため、ユーティリティとして大きな意味があると考えられる。

各サービスの新旧手法に関するブラインドテスト結果を 3.3 に示す。

新手法の論文推薦では、計 177 本の推薦が行われ、各被験者 1 人につき平均 4 本の通常の情報収集では得られなかった未知の興味深い論文が新たに発見されたと評価する結果が出た。有効な推薦の数と割合から、新手法の優位性が示されたと考えられる。

新手法による論文推薦では、アノテーションされた領域から抽出されたキーワードセットをユーザモデリングに用いているため、各被験者のアノテーション行為の量と適切な推薦が行われた数の相関が予測されたが、相関係数は -0.10 であった。

しかし、教官や博士後期過程学生の E グループを除いた A ~ D グループでは、0.50 の正の相関があった。E グループのメンバへの実験後のインタビューでは「(予稿集の) 大会自体に参加したし、必要な文献は全部チェック済み」「(自分の専門で



図 3.4: 研究室を越えたコメントの例

はなく) 周辺分野ばかり出てくる」といったコメントが得られ、アノテーションや閲覧論文数が多いのに対して推薦に対する評価が低いという結果が出ている。これは、自分の研究課題やその領域が明確に定まっており、かつその領域での情報収集能力が不足していないユーザに対しての推薦による支援の限界と考えられる。ただし、自分の興味関心には合致しないとされた推薦論文について、前期課程学生のアノテーションに研究室を越えて後期課程学生が指導的立場からのコメントを加えるといった事例が見られた(例えば、論文の要点にアノテーションを行っていた前期学生(青)に、該当箇所の問題点を例示したコメント(赤)など。3.4 参照)。明示的コミュニティにおける立場の違いに応じて、本システムや他者のアノテーションの意味付けが異なって解釈されていたことは、興味深い結果である。このようなユーザの立場を考慮したシステムの運営は本論文のスコープにはないが、知識共有システムの構築という側面からは今後の課題としたい。

なお新旧手法のどちらが適切な推薦であったかについて全体的な印象を問うたアンケートでは、新手法が13人、旧手法が2人、差がないと応えたのが5人であった。新手法については「自分の興味と少しでも重なる他の分野の紹介が多かったから」「A(旧手法)に比べて幅広い分野の推薦文献であったような気がするから」といったコメントが聞かれた。知的触発の支援という本システムの趣旨に合致する良好な結果であった。旧手法が良いと応えた被験者からは「B(新手法)より精度が高い」「タイプA(旧手法)は情報量が絞られていたから。」といったコメントを得た。旧手法は閲覧論文に既定のキーワードと位置的共有を用いて推薦を行うのため、本システムの趣旨とは異なるが、「自分の閲覧論文と同じ分野の他の論文を探す」という目的意識を持っていた被験者からは良いと評価されたと考えられる。

表 3.2: マッチメイキング (新手法) 結果の内訳

	未知	既知
グループ内	4	6
グループ外	24	7

新旧手法に差がないとした人の意見は「良いと思った論文が両タイプで提案されていたので。」「違いがわからなかった」といった内容であった。

マッチメイキング及びアノテーション共有では、新旧手法でアンケート結果に有意な差が出なかった。新手法によるマッチメイキングでは計 89 件中 41 件の紹介について、自分と興味関心を一部でも共有できる相手であると評価された。今回は既知の相手方が否かを事前調査せずにサービス提供を行った。このことについて相手の研究内容などを既に知っていたかについてアンケートを実施 (3.2 参照) したところ、41 件中 28 件の相手は未知の相手であったとする結果がでた。また、マッチメイキングが適切であると評価された 41 件中 31 件はグループ外からの紹介であり、明示的コミュニティである同一グループからの紹介は 10 件にとどまった。グループ外の被験者については 31 件中 24 件が未知の相手と応えており、多くの被験者は明示的コミュニティ外の学習研究者について知らないにも関わらず、多くのマッチメイキングがコミュニティ外で成功している。今回の実験では 20 人中 6 人の文系研究学習者を被験者としている。文理間の関係においても、コミュニティや会話の分析など社会心理学系の要素を取り入れた論文を媒介にマッチメイキングや論文推薦が良好に評価されており、推薦とマッチメイキングの評価結果に文理の違いによる差は見られなかった。これらの結果は、今回の提案システムが、明示的コミュニティを越えた知識共有に有効であったことを示唆していると考えられる。

新手法による論文推薦に伴うアノテーション共有では、各推薦論文 1 本につき平均 1.3 人の共有候補が提示された。被験者は全候補中平均 3.4 件の他者のアノテーションに役立つ情報が含まれていたと応えた。実験で使用した感想としては「(推薦を受けて読む時に) 下線とかを参考に斜め読みすると楽」など、論文の概略を把握するために他者のアノテーションが有効であるとするコメントが多かった。一

方では「他人の書いたマーキングだけでは何が言いたいかわからなかった」という意見も聞かれた。共有相手次第で利用者の評価が変化することも免れないので、提示される共有アノテーション一覧を重要度以外の方法でフィルタリングする方法や、共有相手の表示選択方法を改善することが必要だろう。

また、前期課程学生のアノテーションに後期課程学生が指導的な立場から「注目すべき場所が違う」といったコメントを書き加えたり、逆に後期課程学生のコメントが前期課程学生にとってプロポーザル準備の参考になったという事例や、「(前期1年学生が、前期2年学生の)公開実験中のシステムの目的がどういうものかわかった」といった所属の研究室や課程を越えた交流がみられた。このようなシステムの利用から生まれた交流は、論文へのアノテーションを発端とするが、その論文の内容に関する議論に終始するものは観察されなかった。前述の2例のように、現実世界で被験者が担う役割や行為を話題として引き出しつつ広がりを見せていた。今回、大学内の情報が話題の広がりに影響したことからも予想できるように、交流過程での話題の広がりや継続性といった要素は、例えば大学内と学会会場のように利用者数や利用状況が違う場面では、異なる様相を見せると考えられる。このような新たに生まれた利用者間の交流についての支援も、コミュニティの活性化という観点からは重要であろう。

システム全体に対する評価は、実験終了後に、定常的なオンラインアノテーションシステムとして学内で継続運用することに賛成するか、という形で質問した。結果、15人が賛成、4人が保留、1人が反対と応えた。賛成の人からは、「自分の読んだ論文から、その背後に潜む興味の広い範囲のモノが目に見える形であらわれるのはとても面白いと思う。実際に、紹介されたものは、興味のないものもあったが、自分で検索したときには特に興味が惹かれなかったのに、紹介されて呼んでみたら面白かったモノも結構あった。」といったコメントを得た。また「他の人の興味の部分を知っておけば活発に討論等できるし、新たな発見に繋がると思う。」「誰がどの論文を読んだかわかれば話しがしやすい」といった他者とのコミュニケーションのための前提的知識を得るツールとして便利であるというコメントがあった。「学会誌などで多くの論文がたくさん紹介されていたときの読む論文の優先順位を決めるとき」や「先行研究のリサーチ」で「要点がアンダーラインされているので、斜め読みがしやすい」「同じような分野を研究している人の履歴は参考に

なる」「いくつか選んで読むだけで、他の論文を選んでくれるのは、時間的にも助かる」といった利点を活かした多量の資料からの効率的な情報獲得や、「アイデアの考案中」や「研究が行き詰まったとき、視野を広げ」たいとき、「研究で目的は決まったけど、自分の考えているアプローチと異なる方法を多分野において求めるとき」に「図書館とかで（より多くの資料を対象に）つかえたら」、研究学習過程での知的触発を受けたより良い知識創造に役立つのではないかというコメントが得られた。「単純に人の落書き見るのが面白い」といったコメントがある一方では、「論文の査読委員などがどのへんを重視して論文を読んでいるのか、なんていうのがわかれば面白いな～と思いました。」という切実な意見も聞かれた。既存の明示的コミュニティにおけるユーザの役割も重視しつつ、本システムの機能に注目した意見としては、「ドクターの人とかのは勉強になってよい」「プロポーザルを書く準備をしている学生が、先輩の推薦する論文で興味の近い論文を探すのに便利」といったコメントがあった。ユーザモデルを使った推薦システムを学習指導のような場面に適用する場合には、そのクオリティの維持と管理に何らかの基準が必要になる場面が考えられ、明示的コミュニティにおける立場を推薦結果にある程度反映することも今後考える必要があるだろう。

判断を保留した4人のうち2人は推薦の精度に疑問が残るとし、2人はインタフェースの完成度に疑問があると応えた。推薦の制度に疑問ありと応えた2人の閲覧と推薦のログを確認すると、閲覧数やマーキングが少ないか、他の被験者達から独立した分野の論文のみを選択しているため、ユーザ興味モデルの近しいユーザ群を発見できていないことがわかった。ユーザモデルを使う推薦システム一般の問題であるが、ユーザの情報量が少ない場合にもある程度対応可能なシステムを構築することは今後の課題である。インタフェースの完成度に問題ありとした2人からは、「システムの反応速度が遅い」、「テキストはキーボードから入力したい」といった意見を得た。反応速度の遅さについては、今後のシステム改善の課題とする。キーボードからの入力については、保留とした2人以外からも同様のコメントを得た。今回はペンメタファで全体をまとめるという考えのもとに実装したが、実際ペンよりキーボードの方が効率よく入力できる被験者の方が多く、実用性をあげるためにはこの機能も必須だろう。

継続的運用に反対した1人は普段アノテーションを行わない被験者であり「強

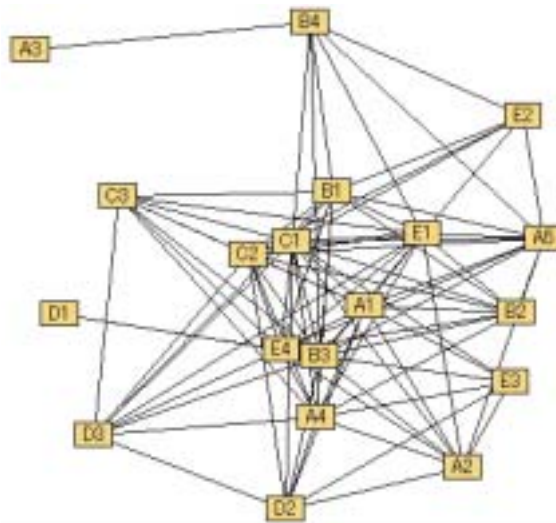


図 3.5: 確認された潜在的コミュニティ

制的に使わせられるのはイヤだ」との意見だった。もちろん、システムの導入と強制的利用は一体ではないが、ユーザの知識を推薦に利用するようなシステムは、多くのユーザが質の高い情報を提供することでシステム全体の効果が上昇すると言える。この場合にユーザ間の利用頻度に大きな差があると、積極的な利用者からフリーライドは望ましくないといった意見が出る可能性もある。これは今後検討が必要な部分と考える。

これまでの実験結果から明らかになった非明示的潜在的なコミュニティの存在を可視化することを試みた。被験者と選択論文及び興味ありとされた推薦論文の接続行列を被験者間の隣接行列に変換し、被験者間の興味によるネットワークをバネモデルを使ってグラフ化したものを示す³ (3.5 参照)。各ノードの A~E は所属グループを表す。このグラフには 16 のクリーク⁴があり、それぞれ 3~5 グループにまたがった被験者から構成されている。このことから、興味関心に基づく潜在的コミュニティは、所属するグループを超えて成立していることがわかる。

³ マッチメイキングの情報は件数が少ないため今回は使わなかった。

⁴ 集団内の下位集団。密度 1、ノード数 3 以上のサブグラフ。

3.2 おわりに

本章では、電子化文書上に行われた手書きアノテーション行為からユーザモデルを構築し、適応的な情報推薦サービスや知識共有を支援する、2種類の SmartCourier システムについて述べた。

まず、アノテーションの位置的共有によるユーザモデリングを用いて適応的サービス提供を目指した SmartCourier for JSAI2001 を構築しこの運用とその結果の考察を行った。次に、考察で得た知見をもとに、アノテーション行為から抽出されたキーワードによってユーザモデリングを行い、研究学習活動における知的触発を伴う研究学習活動コミュニティの活性化を目指す SmartCourier for Research Labs を構築した。

評価実験の結果、アノテーションを介した適応的情報共有環境としての SmartCourier が、既存の明示的なコミュニティを越えた、知的触発を伴うコミュニティの活性化に効果的であったことが示された。

また、閲覧履歴と位置的共有による旧手法に比べて、アノテーションから抽出したキーワードによるユーザモデリングを併用する新手法が、有効であったことが示された。

今後の課題としては、長期的な評価実験、例えば時間的な興味の変り変わりといった流動性への対応などユーザモデリングの検討や、インタフェース全般の更なる改良、電子化されていない既存の紙文書と親和性が高い環境の構築、などがある。

第 4 章

実世界アノテーションシステムの実現 に向けて

4.1 はじめに

近年、ウェアラブルコンピュータやユビキタス/パーベイシヴコンピューティングという概念が提唱されている。身体に装着可能な電子デバイスや環境に埋め込まれたセンサデバイス群が協調して動作し、我々の住環境を包み込むようになるという新たなパラダイムである。これらのマンマシンインタフェースは、パソコンが典型的に実現してきたようなキーボードやマウス、据置型ディスプレイといった形態をとらず、センシング可能な環境や人間の状態・行為が全て入力となる可能性を持ち、ユーザは多様な手段で出力結果を受け取ることが考えられている。このような考え方は、コンピュータデバイスの小型化とネットワークの普及により次第に現実味を帯びてきた。ユーザがおかれた実世界の状況と同時に付加的情報を提示する拡張現実 (augmented reality, AR) は、その応用例の一つである。

例えば、ユーザは実世界の状況をセンシング可能な装着型端末 (図 4.1 参照) を装備し、飲食店街を歩いているとする。レストラン店頭の見本をのぞき見ると、自分の好みに合ったお薦めのメニューが、装着型端末を通して実際の見本にオーバーレイ表示される。そんな風に日常生活の全てを、装着型端末と、それが接続するネットワークがもつ膨大な情報がサポートすることが可能になる。

ここで、この例であげた「おすすめ表示」のような付加的情報を、レストラン

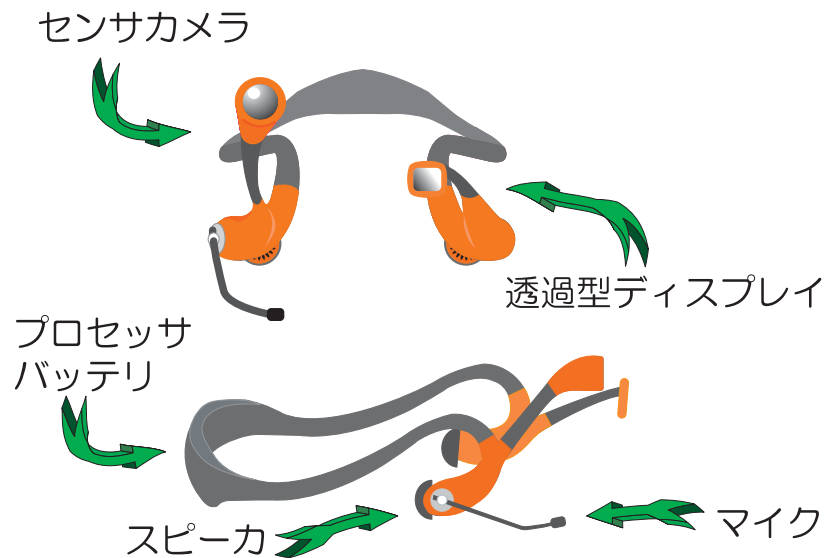


図 4.1: 装着型端末の例：次期赤外線 ID センサシステムのデザインモデル

側ではなく、訪れた多数の客が行ったアノテーションの集積から得ることが考えられる。すなわち、個々の客は頼んだメニューに対して、それぞれの嗜好を表すアノテーションを付加する。この嗜好情報の集積は、協調的情報フィルタリング手法により、同じ嗜好を持つ他ユーザがメニューを選ぶときのリコメンデーションプロセスに利用することができ、初めての客も自分の嗜好に沿って、そのレストランでの「おすすめ」を得ることができるだろう。

このようなアノテーション行為とそれに伴うサービスを得るためには、実世界の様々な事物をユニークに判別しなければならない。この判別は、ユーザの負荷となる操作などを伴わず、非接触で適切な距離から行えることが望まれる。また、判別対象の位置を的確に計測する必要がある。このような技術の確立は、AR 研究において大きな課題の一つである。

このような対象の判別に関わる研究は、無線による方法のものと、光学的方法によるものがある。無線によるものは、GPS (Global Positioning System) や携帯電話の電界強度を利用した位置情報取得システム、RFID (Radio Frequency Identification) タグなど、既に製品レベルで実用化されている手法が多くある。しかしこれらの手法では、住環境下での使用を想定した場合、十分な位置精度を実現することが困難という問題がある。光学的方法によるものとしては、バーコードな

ど、空間の色パターンにデータをエンコードした2次元イメージをイメージセンサで認識する方法があり、ARの分野では多く使われている [8]。しかし、認識可能な距離はセンサの空間解像力とイメージパターンの解像度に左右され、実用的な距離は数十 cm 程度に制限されるという問題がある。また、これらの方法では十分な空間解像力を持つため、光学系を大きく取らざるを得ないという物理的制約が伴う。また、テレビのリモコンや IrDA (Infrared Data Association) によるデータ通信装置のように時系列の点滅パターンにデータをエンコードした時系列データを単一の受光器で受け取る場合、対象の位置を判別することができない、複数の対象を同時に判別できないといった問題がある。

このため、住環境下での使用を想定し、ユーザから数 cm ~ 数 m の範囲にある複数の対象を判別可能であり、対象の位置を特定するのに十分な空間解像度を持つセンサデバイスの実現が必要である。

本研究では、実世界アノテーションを実現するための対象判定デバイスとして、時系列の点滅パターンにデータをエンコードし、空間解像力があるイメージセンサでデコードする手法を実装した試作機を用いる。イメージセンサが持つ画素数に応じた空間解像度で、対象の位置を厳密に特定することが可能である。

関連研究として、複数の点滅ビーコンを用いてデータのエンコードや送信を行うものがある [6, 33] が、これらは、複数のビーコンを区別する必要があるためイメージセンサの空間解像度に左右されるという問題を解決できない。また、これらの研究はイメージセンサとして撮影フレームレートが低速な通常のカメラを利用しているため、データの読み取りに時間がかかるという問題がある。例えば、[6] では 10Hz のフレームレートで撮影するため、データ送信速度は 4Hz、すなわち 4bps (0.5B/s) になり、10 文字のデータを送るため 20 秒はビーコンがセンサの視野内にとどまる必要があるとしている。住環境下での使用を考えた場合、より高速な反応速度が必要であると考えられる。

これに対する解決策として、高速撮影が可能な3次元計測イメージセンサを利用した研究 [43] がある。しかしこのように高機能なビジョンチップを用いた場合、情報処理回路が大型化してしまい、ウェアラブル端末としての利用には問題がある。

本研究では、ビーコンの撮像デバイスとして必要十分な要件である、高速なフレームレートでの撮影が可能なイメージセンサを利用することで、システムの小

型化とウェアラブル端末としての実装を行う。ビーコンは赤外線 LED とワンチップマイコンで構成され、個々のビーコンがユニークな ID を発信することで、ビーコンが付けられた対象を判別可能にする。ウェアラブル端末は、ビーコン認識用イメージセンサとワンチップマイコン、およびマイク、動画像取得用カラーイメージセンサで構成され、ビーコンを認識した際に、映像によるアノテーション対象の記録、音声によるアノテーションの付加を可能にする。以下の節では、赤外線 ID センサシステムと呼ぶ、本システムの中心となるビーコンとイメージセンサについて、その機能概要と性能特性の評価について述べ、実世界アノテーションを実現するためのデバイスとして十分な性能を発揮することを示す。



図 4.2: 試作した赤外線 ID センサシステム

4.2 赤外線 ID センサシステム

4.2.1 ID タグ : ビーコン

ID タグは、マイコンが ID 番号をエンコードし、赤外線 LED を点滅させる。ID は現在 6bit で実装しており、64 通りの ID を識別できる。マイコンは ID をマンチェスタ符号化方式でエンコードし、パリティビット、スタートビット、ストップビットを付加した計 10bit 長のパケットとして、200Hz のキャリアで送信する。

以下は ID62 のエンコード例 (1 は 01、0 は 10 で表す)。

ID:62 “ 01 10 01 01 01 01 01 10 11 11 ”

<スタートビット (01)、 ID 6 ビット、パリティビット (偶数 10 奇数 01)、エンドビット (11 11) >

ID タグは、設置された対象に使用する家庭用電源を使った高照度の設置型タイプと、バッジとして用いられる小型軽量のバッジタイプ、ウェアラブル ID センサとセットで使い、そのユーザを対象としたアノテーションを可能にする併設タイプを容易した (図 4.2、図 4.4 参照)。

4.2.2 ID センサ：イメージセンサ

ID センサは、光学レンズ、CMOS イメージセンサ、センサ制御とデータ出力用マイコン (Cygnal 社製 C8051F124 を 49MHz で駆動)、RS232C インタフェースを備える (図 4.2 参照)。本センサは、最大約 10Hz 周期でセンサの視野角内にある ID タグの ID 番号とその XY 座標を出力することができる。

CMOS イメージセンサとして三菱製 M64283FP (白黒 128x128pixel) を使用した。このイメージセンサの特徴として、8x8pixel を 1 ブロックとして、任意のブロックに限定して画像データを読み出すランダムアクセス機能がある。イメージセンサからの画像取得は、撮像 (シャッター開放) 後、1 クロック毎に 1pixel の明るさがアナログ値でシリアル出力されるのを A/D 変換して得る。このため、全画素撮影時の最短フレームレートは、シャッタースピード + $128 \times 128 \times$ クロックスピードとなる。しかし、全画素ではなく 8x8 pixel のブロック単位での読み出しが可能であるため、読み出し速度を高速化できる。今回、クロックは 115200Hz で動作させ、1 ブロックを 500Hz のシャッタースピードで撮像したとき、400Hz のフレームレートでの高速撮影を実現できた。ID タグの点滅周期である 200Hz の倍、400Hz のフレームレートで撮影可能なため、単一 LED による非同期通信が可能である。

CMOS イメージセンサの前部には、画角約 90 度の光学レンズと可視光を遮断し近赤外を透過する IR パスフィルターを設置する。IR パスフィルターにより、ある程度可視光域の外乱光を防ぎ、データ取得時のエラー訂正効率をあげることができる。但し、白熱球による照明器具など赤外を含む光源による外乱は防げないため、画像処理時に選択的に排除する。

以下に ID タグ認識アルゴリズムの概要を示す。

1. CMOS イメージセンサから全画素イメージ (128x128 pixel) 取得
2. 閾値以上の明度を持つ光点を抽出し、記録
(一定のサイズを越える光点は、照明器具など ID タグ以外のものと見なし、排除する)
3. 光点の座標から、高速撮影のターゲットとなるブロック (8x8pixel) を決定
4. 同ブロックを既定回数連続して高速撮影

$$\text{撮影回数} = ((\text{送信ビット数}) \times 2 \times 2)$$

5. 撮影データのデコード
6. パリティチェックが正しければXY座標とID番号を出力
7. 未撮影の光点がある場合は、4へ。全て撮影終了した場合は1へ。

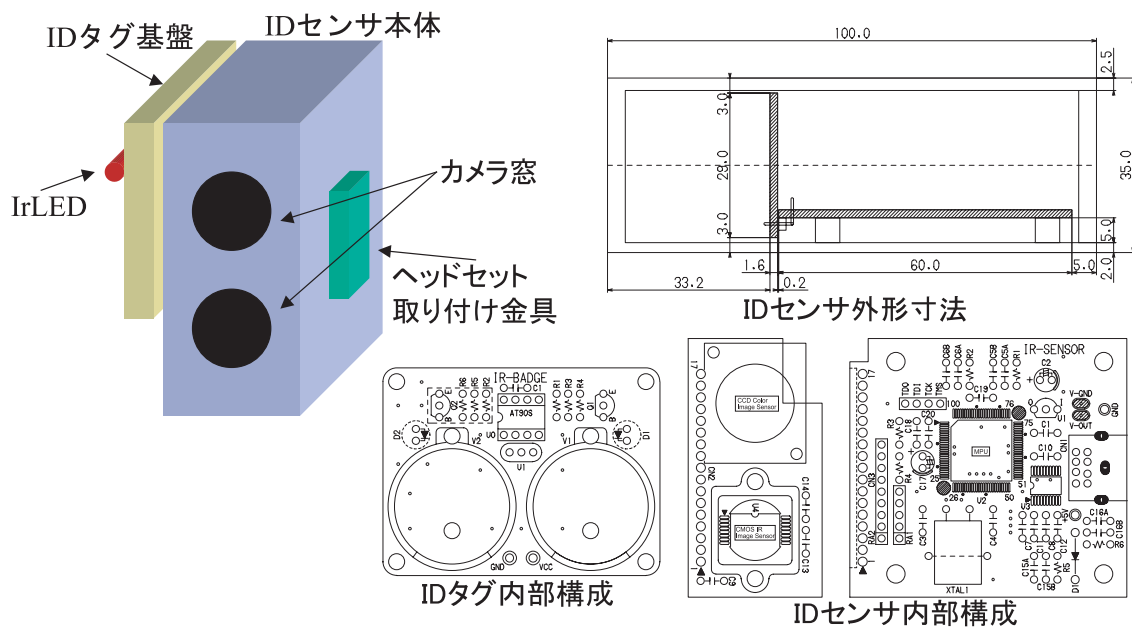


図 4.3: 装着型 ID センサ試作機本体の構成

4.3 運用実験

4.3.1 実験の概要

赤外線 ID センサシステムを試作した（図 4.3 参照）。試作機の ID センサは、100mm x 60mm x 35mm であり、一般的な名刺ケースとほぼ同サイズである。センサ本体の重量は約 150g であり携帯電話程度の重さである。最適とは言い難いが、ウェアラブル端末として、人間の頭部に装着する許容範囲に収めることができたと考えられる。実際の運用実験では、参加者が本機を頭部に装着した状態で最大 6 時間にわたり行動したが、連続して長時間装着するには更なる軽量化と小型化が必要という意見であった。今回は試作機として動作確認用のデバイスを搭載していること、また短納期大量発注という製作過程上の制約から小型軽量化に限界があった。単純にこれらの制約無しに再度製作した場合、1/3 程度の軽量化と、容積比で 1/4 程度の小型化が可能である。また、重量配分の工夫などにより、更なるユーザ負荷の軽減が期待できる。

この赤外線 ID センサシステムを含むウェアラブル端末 図 4.4 を装着し、屋内環境で ID タグの認識と記録を行う運用実験を行った。



図 4.4: センサ類と記録用クライアントのセット

実験は、2002年11月7日～9日に開催されたATR研究発表会2002の中で、メディア情報科学研究所のポスターセッション発表「ユビキタス/ウェアラブルなセンサたちがあなたの体験を記録します」の一部として行われた[72]。本発表は、人対人、人対物のインタラクションを記録し、コーパス化することを最終的な目標としておいている。そのテストベッドとして、研究発表会のデモ展示会場における展示プレゼンターと見学者によるインタラクションを対象として、特定の対象物や人が視野に入った時の記録、また同対象とのインタラクションが生じたときの映像と発話(=アノテーション)の記録を行うシステムが構築された(図4.5参照)。赤外線IDセンサシステムは、主に、インタラクション発生のトリガとして、ユーザによるID付きの対象物を注視する行為を認識するために用いた。

今回は、対象となるIDタグを認識した際に記録される映像や音声をアノテーションと捉え、この記録が適切に行われていることを確認して、実世界アノテーションシステムの運用実験とする。

運用システムは、IDセンサを含むウェアラブルなクライアントシステム(図4.4)と、部屋に埋め込まれる据え置き型のクライアントシステム(図4.6)で構成される。

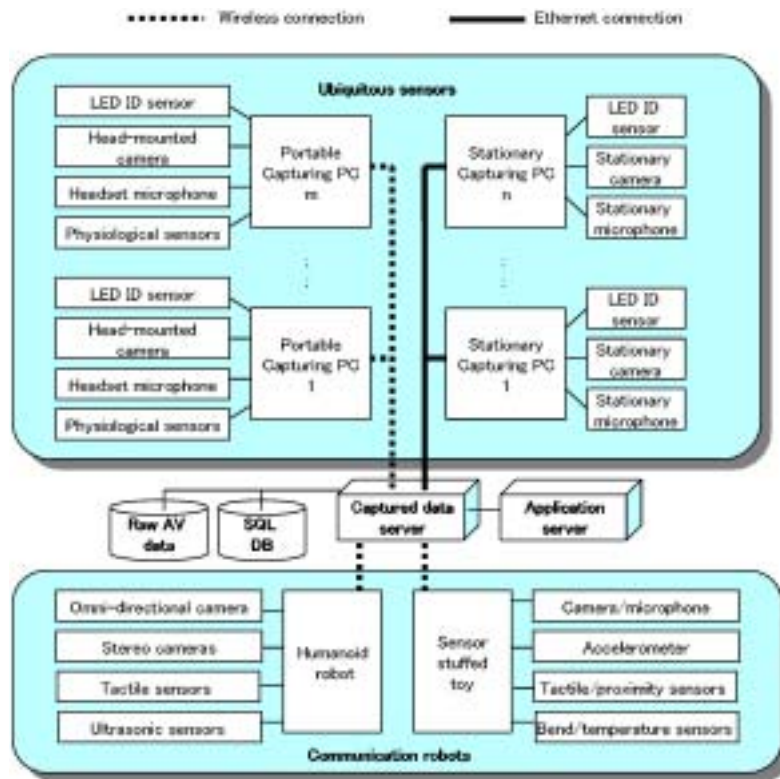


図 4.5: 実験環境のシステム構成

サーバは、各クライアントから送られてくる、ID センサにより検出された ID データ、カメラによるビデオデータ、マイクによるオーディオデータをデータベースに記録する。ID センサによる ID タグの認識結果にもとづき、インタラクシオンイベントを抽出し、ビデオ・オーディオデータから、各ユーザ毎のインタラクシオンシーンを切り出す。

インタラクシオンイベントとしては、ID タグ付きの対象物、例えば展示ポスタの注視行為や、ID タグ付きウェアラブル端末装着者同士の会話を伴う注視行為などが抽出される。このような、実世界における対人対物のインタラクシオンは、文書へのコメント付け行為などと同様に、対象への何らかの評価を伴う二次的情報の付加行為としてアノテーションと呼ぶことができる。本研究では、これを実世界アノテーションと呼ぶ。これらのアノテーション結果は、各シーン毎にビデオサマリとして一覧表示され 図 4.7、通常のアノテーションと同様に後から閲覧することができる。



図 4.6: 室内環境での ID タグとセンサ類の埋め込み

なお、実世界アノテーション以外の、インタラクションの記録全体に関わる詳細については、[72]を参照。

4.3.2 性能評価

本システムの運用過程で、赤外線 ID センサシステムの基本性能について確認した。

まず静止状態での基本性能について確認する。ID タグと ID センサを対面させた状態での、最大の認識距離は 2m ~ 3m であった。認識可能な許容角度は ID センサ側が光学レンズの画角に相当する約 90 度であり、イメージセンサ視野内であれば問題なく認識できた。ID タグ側は約 20 度であり、今回採用した赤外 LED の標準放射角度であれば認識できた。これらの特性値は、室内環境下で端末装着者同士の会話や、人対物で展示物の閲覧といったインタラクションの記録に十分な役割を果たせるだけの性能であった。

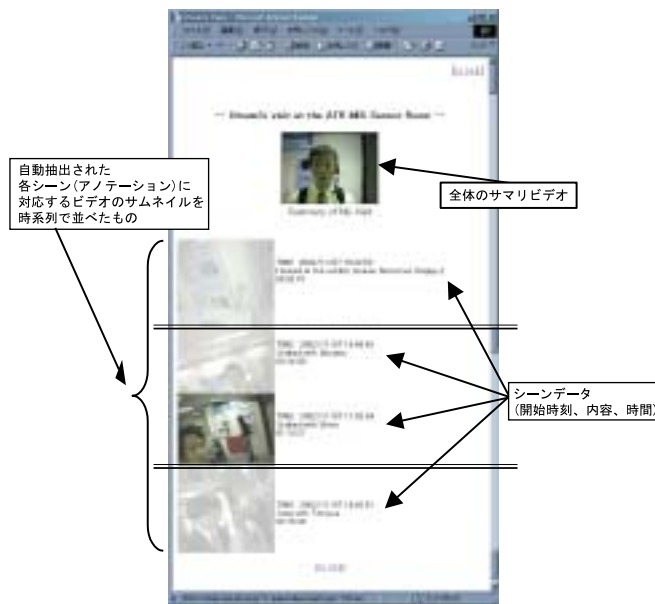


図 4.7: ビデオサマリの表示例

次に動状態での基本性能について確認する。今回実装したアルゴリズムでは、ID タグらしき光点を抽出し、周辺の 8×8 pixel のブロックを高速撮影することで ID タグから送られるデータの読み取りを行っている。このため、高速撮影中に ID タグがブロックの外部へ移動すると、データの取得が失敗する可能性がある。今回の IR タグの仕様では最低 40 回のデータ読み込みが必要であるため、400Hz のフレームレートで高速撮影する場合、100ms (10Hz 相当) がデータ読み取りに必要な時間である。ID タグまでの距離が 2m のとき、画角 90 度のレンズで 1 ブロックは $177\text{mm} \times 177\text{mm}$ の範囲に相当する。このため、ID タグ側の動きに対する水平垂直方向の最大追従角速度は 56.25deg/sec である。これは、室内環境で通常の動作や歩行をしている対象を認識するスピードとして、十分な性能であることが確認された。

また、総合的に誤認識や外乱光への耐性について調べた。一定以上の大きさに写る照明器具は、認識プロセスの初期段階で排除できた。複数 ID タグを画面内の狭い範囲で同時に動かした場合や、ID タグの動かし方によって誤認識することがあった。スタート・エンドビットを長くする、パリティビットを増やす、などの対処方法が考えられるが、これらの方法は、認識速度とのトレードオフになる。今

回の使用では、認識後のデータベースへ格納するプロセスで排除できる程度のエラー率であったので、認識速度を優先する運用とした。

以上、運用試験を伴う特性評価の実地テストを行った結果、十分実用に耐える性能を発揮することが確認された。

但し、更なる性能の向上のため、いくつかの問題点が明らかになった。

ID タグ側の許容角度が 20 度という点について。この数字は、ID タグの正面から 20 度の範囲に ID センサが存在する必要があることを意味する。例えば、一対一で人同士が向き合って話し会うというインタラクション状況を捉えたい場合は、この程度の範囲でも比較的用を成すが、複数人が車座になって話し会う場合のように、より広い角度から ID タグを認識する必要がある場合は、より広い配光角度を持つ LED を使用するか、あるいは複数の LED を使用した方が、スムーズに対象を認識可能であろう。

ID タグの動物体に対する認識処理について。高速撮影中に該当ブロック範囲から ID タグが外れると読み取りエラーとなるが、ID の発信と受信は繰り返し行われるため、さほど時間的なズレもなく認識可能であった。今回は、インタラクションの抽出という用途で時間軸方向の精度は要求されないため、このようなエラーを無視できたが、例えば走り回る子供のような対象を想定した場合には ID 認識が不可能になる自体が考えられる。このことについて、ID タグの動き予測による撮影領域の変換処理などを組み込むことによる対応が考えられる。

4.4 おわりに

本章では、実世界アノテーションのための対象判定装置として、赤外線IDセンサシステムを提案した。提案システムをウェアラブル端末として実装し、実証実験と性能評価を行った。室内環境下で、実世界アノテーションを実現するために必要なロバストネスを持っていることが確認された。アプリケーションとして実世界アノテーションの記録が実現できたことを確認した。

記録されたデータの運用方法として、SmartCourierのようなリコmendシステムなどが想定されるが、これらのデータ活用にかかわる手法の提案などは今後の課題である。

また、実地運用にもとづくシステムの評価実験を行う必要がある。これについては、改めて実験を行い、後日報告する。

第 5 章

カンバセーションウェアネス支援環境の提案と評価

5.1 はじめに

本章では、テキストベースの電子会議環境を対象として、通信履歴情報から対話の手がかりとなるウェアネス情報を抽出することで、対話状況に関わるリアルタイムな知識共有による社会性指向の対話関係醸成を支援する、カンバセーションウェアネス支援システムを提案し、その利用効果の評価を行う。

ここで、可視化対象となるのは、対話関係・対話アクティビティ・対話内容といった、対話状況に関わる情報である。可視化手法としては、組織構造の情報可視化表現としてネットワーク分析で一般的に用いられる、サークルダイアグラムを拡張して利用し、これらの情報を仮想 3 次元空間上に統合表示する。実験結果として、このシステムの利用が社会性志向の継続的対話関係の形成と維持に与えた影響と、知的触発の可能性について、定量的側面と定性的側面から考察し、その有効性を示す。

5.2 研究の背景と目的

コンピュータを介した電子会議環境でのアウェアネス支援に関する研究は、CSCW やグループウェアの分野から、既に多くの研究成果が発表されている(次節参照)。特に、高解像度の動画像や高音質な音声の伝達により、対面状態の再現をねらう臨場感指向のものは、昨今のネットワーク環境の充実やコンピュータの処理能力増大に伴ない、企業などの大規模な現場を対象とした実用段階の製品も増えてきている。一方で、テキストベースの電子会議環境も、特殊なアプリケーションや外部機器が不要であり一般的なブラウザやモバイル環境でも利用可能、CGI(Common Gateway Interface) や JAVA¹により比較的簡易なプログラムで実現可能などの特徴から、一般ユーザ間の標準的コミュニケーション手段として広く定着している[80]。

このようなテキストベースの電子会議環境では、従来の CSCW やグループウェア研究の多くが対象としてきた、課題志向(task oriented)のコミュニケーションとは異なる、社会性志向(socially oriented)のコミュニケーションがその局面の多くを占めている[67]。課題志向のコミュニケーションでは、最終目標である課題達成のための正確な意図や情報の伝達を一義的に重視している。これに対し、社会性志向のコミュニケーションでは、一過性のやりとり(dialogue)に終わらず、実世界における社会的コミュニケーションと同様に、他者への配慮や、継続的な対話関係(conversation)の維持により発展的に形成される社会的人間関係の側面にも価値がおかれる。

実世界の対話過程において、話者は自分の発話に対する聴者の反応の有無や内容を予測し、これをもとに発話内容を事前に自己修正するという過程を経て、発話を行っている。このような予測にもとづく自己修正過程であるメタ・コミュニケーション[7]は、スムーズな対話過程を進め、継続的な対話関係を維持することによって社会性志向のコミュニケーションを実現する上で、重要な要素である。

話者がこの予測を行うためには、聴者の存在やアクティビティのような参加状態、聴者間の対話関係といった対話の前提となる知識を知ることが欠かせない。対面状態にある現実の会議環境では、他メンバの存在を確認し、その視線や表情、姿

¹JAVAtm, Copyright Sun Microsystems, Inc.

勢を認識することが、会議環境におけるメンバ間の関係を把握する助けになっている [12]。しかし、これらの手がかりとなる情報の多くは、テキストベースの電子会議環境においては濾過 (cues filtered out) されてしまうため、認識が困難であるという一般的問題が指摘されている [16][66]。手がかり情報の認識困難性は、メンバ間対話関係の継続により発展的に形成される対話文脈や発言状況の予測を難しくし、適切な対話相手やタイミングの選択ができない、といった問題を生じさせている。

これらは、対話状況の把握が困難になるという意味で、対話への参加を阻害する要因となるほか、特定メンバへ向けた発言や返答要求の集中など、実世界の会議環境では、誰が誰に発言しているかが明確であるために起こり難いコミュニケーション過程での過剰な負荷を発生させてしまうという問題がある。また、より直接的にメンバ間の関係を破壊する原因となる、対人圧力や集団参加意識の低下により意思決定が危険性や冒険を伴う方向に偏向する議論のリスクシフト現象や、対話が感情的に過熱するフレーミング現象²などの発生が指摘されている [16]。

このような問題に対処するため、臨場感志向のウェアネス支援環境研究では、高解像度の動画を用いて対話者の表情を伝達することにより、対話状況のウェアネス支援を行う手法が多くとられてきた。ゲイズウェアネス [28] はその代表的なものである。しかしながら、これらの臨場感志向のウェアネス支援環境は、特殊な外部機器やアプリケーション、潤沢なネットワーク環境が必要であるといった動作条件が課せられており、一般ユーザへの普及は難しいのが現状である。

本研究は、これら従来研究に見られる手法ではなく、一般ユーザに利用可能な電子会議環境として広く普及しているテキストベースの電子会議環境を土台とする。ここで、社会性志向の継続的対話関係の醸成を阻害する要因である、対話状況の把握が困難という問題に対して、対話状況の情報可視化によるカンバセーションウェアネス環境をアドオンすることによる解決を目指している。

ここで言う対話状況とは、一般的なテキストベースの電子会議環境において、相互に交される対話によって随時更新される通信履歴から得ることのできる情報であるところの、対話アクティビティすなわち参加状態を示す発話頻度や話者聴者間の対話関係、対話内容のことである。本研究は、これら対話の進行に応じて動

² コンピュータを介したコミュニケーションに特有の問題ではないとする見解もある [39]。

表 5.1: カンバセーションアウェアネスの構成

対話状況の可視化環境	対話関係
	対話アクティビティ
	対話内容

的に変化する対話状況に関わる情報を随時可視化して提供することにより、話者がメタ・コミュニケーション過程を獲得する上で必要な手がかり情報へのアウェアネスを促す、継続的対話関係醸成のためのアウェアネス支援環境構築を目的とする。本システムが支援の対象としているのは、インターネット上の掲示板やチャットのような電子会議環境での社会性志向の対話である。本研究では、このような、継続的対話関係 (conversation) の醸成を支援するアウェアネスについて、一過性のやりとり (dialogue) と区別し、これをカンバセーションアウェアネスと呼ぶ。(表 5.1 参照)

5.3 アウェアネスと情報可視化

本節では、本研究が採りあげるアウェアネス支援と情報可視化手法の関連研究について述べ、本研究の位置づけを明確にする。

5.3.1 アウェアネス

アウェアネスとは、相手の存在や動作に対する「気づき」を意味する。CSCWの分野でのアウェアネス研究は、1990年代初頭から盛んになってきている。視線の伝達により協調作業の支援をする ClearBoard[28] のゲイズアウェアネスやホームページで注目している箇所を共有する WARP[49] の WWW アウェアネスのような研究は、「臨場感あふれる環境」[38]の実現による協調作業の支援を目指したものである（図 5.1 参照）。

コンピュータネットワークによる分散環境の実現は、協調作業における時間と空間の制約を超えて自由度の高い作業形態を実現した。しかしながら、このような環境の問題点として、実世界では対話場面の社会的状況や受け手の存在感などの情報を伝達し、コミュニケーションの過程で重要な役割を果たす、非言語情報に代表されるコミュニケーションチャンネルが欠落している [7] ということがある。

これらのアウェアネス研究では、欠落していた非言語情報を、聴者として話者に対する能動的注意を向けている相手方へ伝達することによって、直接的に協調作業を支援し、実世界志向の電子会議環境を実現するものである。このような視点から、視覚や聴覚に加えて触覚をも使おうとする研究として、タンジブルピッツの inTouch[29] がある。

一方で、間接的な協調作業支援の方法として、副次的なメンバ間対話の促進を用いる研究がある。この研究は、協調作業の遂行過程で派生的に生ずる他メンバの行動をトリガとして、対話を開始するきっかけとなる現象をメンバの受動的注意を喚起する手がかり情報を擬似的に表現し、これをもって副次的対話を促すことを目的としている。具体的には、メンバによる電子ニュースへのアクセスというアクティビティをデスクトップ上の窓を通りかかる人というメタファで表現した PilotWindow のインタレストアウェアネス [44] や「協調作業においては他者の存在、他者のアクティビティに弱い連結を持つ」ことが重要であるとの観点から、情

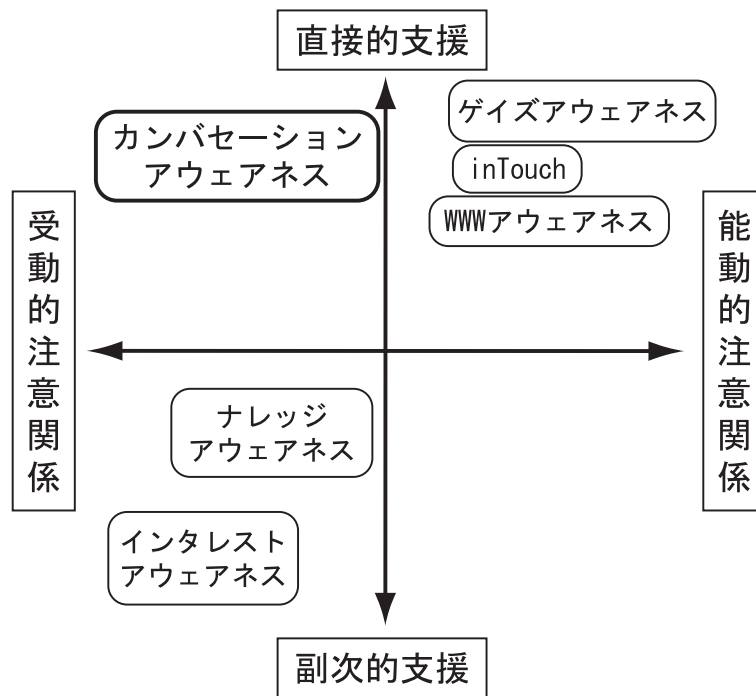


図 5.1: アウェアネス研究の分類

報共有過程でメンバの協力姿勢を共有するナレッジアウェアネス [76] などがある。

ここで実現される意図せざる出会いにもとづく対話は、協調作業を遂行するグループが共通の社会文化を形成し、作業へのモチベーションの維持、知的触発を伴う創造性や生産性の向上に役立つとされている [15][50]。

Dourish は、これらの研究がトリガとして用いている「誰が周囲にいて、誰と話していて、どのようなアクティビティが起きているか」に関する情報をジェネラルアウェアネス [15] としている。これは協調作業集団の中で、共通文化の形成や様々なインタラクションを起こす誘因となるもので、協調関係の維持という側面で重要な要素である。

以上の先行研究について、本研究の視点から、支援対象と支援方法による分類を図 5.1 に示した。

これらの研究にみられる一般的傾向として、能動的注意関係を対象とする研究は、臨場感志向であることが多く、受動的注意関係を対象とする研究は、副次的対話支援であることが多い³。

³注意の能動的側面と受動的側面については、[5] 参照。

例えば、高解像度の動画像を用いた電子会議のような、能動的注意関係を前提とした臨場感志向のウェアネス支援環境では、対話の席に着ける人数も実世界の会議と同程度に限られてくるように、実世界が持つ時間・空間的制約を免れるのが困難になる。PilotWindow のインタレストウェアネスや本研究が支援対象とするテキストベースの電子会議のような、受動的注意関係を比較的許容する環境では、実世界を擬勢する必要性が薄れるため、このような制約をほとんど受けない。しかし、そのような環境では、協調作業や対話を臨場感志向のウェアネスによって支援することは困難である。また、実際に受動的注意関係を対象としたウェアネス支援研究のほとんどは、トリガによる副次的対話支援が主流である。

5.3.2 アウェアネス支援研究から見た本研究の位置づけ

本研究の目的は、対話状況の情報可視化によるカンバセーションウェアネス支援にある。このような、常に全メンバを対象としたウェアネス支援環境の構築は、受動的注意関係を許容するテキストベースの電子会議環境において、能動的注意関係（対話関係）にあるメンバと受動的注意を待つ状態にあるメンバの両方を対象に、直接的あるいは間接的に対話支援を行うものと位置づけることができる。

本研究では、特にテキストベースの電子会議環境において、受動的注意関係にあるメンバ間関係が断絶しやすくなる原因でもある、他メンバの対話状況が見え難いという問題について、情報可視化による直接的支援を目指す。（図 5.1 参照）

5.3.3 情報可視化

従来、一般的に、コンピュータグラフィックスを用いた可視化とは、流体力学や高分子化学といった分野における、膨大な科学技術計算結果の可視化 (Scientific Visualization) を指すものであった。これに対して、近年高性能なワークステーションやパーソナルコンピュータの普及により、ユーザインタフェースや情報検索、プログラミング環境といった様々な分野における情報との対話手段としてコンピュータグラフィックスが利用されるようになった [34][25]。

このような、科学技術分野に限定されず、多くの場合には空間構造を持たないようなデータに潜む有用な情報をより迅速かつより容易に理解するための技術を情報可視化 (Information Visualization) という [20]。このような情報可視化技術の目的は、情報を抽象化する能力や親しみやすさといった図の特徴を利用し、情報に対する人間の理解をより早くより深くすることであるといえる。

情報可視化とは、図による情報表現であるということが出来る。図は、領域系、連結系、配列系、座標系の4つの基本系に分類することができ [27]、これらは、集合、グラフ、行列、座標といった数学的概念にそれぞれ対応する [70][45]。

情報可視化研究においては、ハイパーテキストのリンク構造 [52][65] や計算機ファイルシステムのディレクトリ構造 [57] の可視化のように、ノードとリンクによる連結系⁴のグラフ構造やその特殊型である木構造を利用した研究が、多く行われている。これらの研究では、図を用いることによる直感的な情報把握など、それぞれの目的に適合するレイアウトの実現を目的としている。

5.3.4 情報可視化によるネットワーク分析

ネットワーク分析は、主に組織学などの社会科学分野で、定量的に組織内の対人関係を測定する手法として広く用いられている。一般的には、対話関係の有無やその頻度などメンバ間の関係性に関わる情報をアンケートで収集し、これを数値化した行列データを分析対象とする⁵。

分析手法には、大きく分けて2つの方法がある。行列演算による巨視的な意味解釈を行うものと、行列のグラフ表現⁶による情報可視化を用いて、微視的にメンバの構造的役割を解析するものである。

前者の手法を用いる研究としては、中心性や密度といった対象組織の構造特性を示す指標を求め、これを組織間の構造比較などに用いるものがある [58][77]。大

⁴連結系：頂点と呼ばれる点などの図形と、それらの間を連結する線とによって表される図。線が持つ連結機能を利用した「辺 (edge)、(弦 (arc)、リンク (link)、紐帯 (tie))」と呼ばれる線分と、「頂点 (vertex)、(ノード (node))」と呼ばれる点 (または図形や文字) を意味単位とし、配置規則としては、頂点間を連結する辺の有無が意味を持ち、頂点と頂点との間の関係を表す。

⁵数週間単位で数回の面接法による調査を実施することが多い。

⁶社会学で使われるこのようなグラフを特にソシオグラム (sociogram) と呼ぶ。

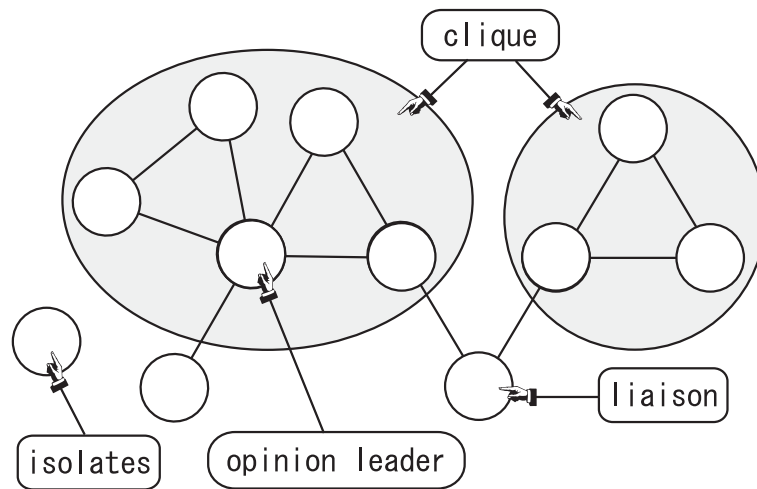


図 5.2: ネットワーク分析による構造と役割

規模な組織⁷にも適用可能な一般的手法であるが、本研究のようにメンバの支援を考えた場合、個別の対話関係を直接反映しているものではないため、個々のメンバにとって、指標が直感的ではないという問題がある。

後者の手法を用いる研究としては、派閥 (clique) 構造や先駆者 (opinion leader)、連絡者 (liaison)、孤立者 (isolates) といった構造的役割 (図 5.2 参考) を見出し、その機能的意味を明らかにしようとするものがある。代表的研究としては、派閥間を結ぶ連絡者の存在が、派閥の開放性 (openness) に与える影響を考察したものがある [77]。

このような手法を用いる研究の中でも、可視化に重点をおくものとして VENUS [75] や KrackPlot [36] がある。VENUS は、地域 LAN 利用者による 2 年間に及ぶ電子メールの送受信や情報共有過程を、メンバをノード、通信をリンクとしたグラフにより可視化し、ここから地域社会構造の変化を考察した研究である。この研究では、グラフ化において、分析対象とする期間や通信頻度の閾値などのパラメータを動的に変化させることで、社会構造の変化を視覚的かつ探索的に捉える、「探索的共有過程解析」が可能であり、これにより分析者の支援ができるとしている。KrackPlot でも、サークルダイアグラムなどの、ネットワーク分析で従来から用い

⁷大規模な分析の事例として、毎年アメリカ全国の成人から数万人をサンプリングして実施される、ミシガン大学 NORC (National Opinion Research Center) が主催する GSS (General Social Survey) がある。

られる基礎的グラフィックレイアウトや分析者によるノードの配置を可能にしており、分析目的に適切なレイアウトを選択することができる。

情報可視化によるネットワーク分析の問題点

ここで示したようなネットワーク分析のグラフ表現に関する研究では、グラフ化する分析対象や分析の目的に応じて、適切なグラフの描画規則が変化するため、完全な自動描画は困難という問題がある。そのため、これらの研究では、分析者が任意に変更できるパラメータを増やすことで、適切なグラフが探索的に得られるようにしている。

自動描画を可能にする手法の開発は今後の課題として残されている。

5.3.5 情報可視化における3次元表現

初期の情報可視化研究においては、2次元グラフィックスによる平面的なものが主な研究対象とされてきた。しかし、計算機環境、通信環境の普及や処理能力の増大に伴って情報システムの規模が拡大するにつれ、より複雑で多くの情報に対する可視化の要求が高まってきた。このような要求に対し、3次元グラフィックスワークステーションの一般的普及やパーソナルコンピュータのグラフィックス処理能力の向上により、3次元可視化環境の研究が、活発になっている。

以下では、3次元可視化に関わる代表的研究例とその意義について述べる。

アニメーションによる認知負荷の軽減

一般的に実現される3次元可視化環境は、ディスプレイに2次元投影図として表示されるものである。ここで、2次元可視化環境との相違点は、ユーザの必要に応じて、表示オブジェクトの回転やユーザ視点の移動を連続的な表示を行いながら、対話的に実行できる点にある。

異なる角度からみた3次元物体の図の認識には、角度に比例した時間が必要であるという実験結果[64]がある。この角度の変化を連続的なアニメーションで表示することにより、表示物体の見失いが減少[21]し、図の認知負荷を軽減や理解の支援という点から優位性があることが確認されている。

奥行き方向の配置による画面溢れ対策と視点移動による注目点詳細と全体概観の統合表示

3次元可視化に関わる代表的研究のひとつに、Xerox PARCのThe Information Visualizationプロジェクト[9]がある。これは、情報可視化技術を用いたいくつかのツールによって構成されるもので、その中のCone Treesは、計算機ファイルシステムのディレクトリのような木構造について、親ノードを頂点とする円錐形の底面円周上に子ノードを配置した3次元的可視化表示を行っている。ここでは、ノードの配置にディスプレイ上から見て奥行き方向を持たせたことで、画面溢れを起こさずに、より多くのノードを配置することが可能になっている。また、ユーザは、円錐を回転させて注目したいノードをディスプレイ上で前面に移動させることができ、これによって、注目対象のノードとこれを中心にその近辺に配置されたノードやリンクの情報を詳細に見ることが可能になる。注目点付近には無いノードについても、背景として常に表示されているため、全体の構造を見失わずに、選択的に注目点や全体の概観を見るための視点を変更しつつ、図を理解することができるという利点がある。

複数2次元図の3次元による統合

オブジェクト指向言語によるプログラミング環境を3次元可視化によって支援するVOGUE[35]では、クラス階層図を x - y 平面に配置し、それぞれのクラスに所属する各メソッドを z 軸方向に配置することで、クラスライブラリを3次元空間上に統合表示している。従来、デバックなどでメソッドの継承関係を追跡する必要がある時は、別個の図で提供されるクラス階層とメソッド情報について、それぞれの図から獲得されたメンタルモデルを、整合性を保ったままで再統合し、これを心理的に追跡する必要があった。VOGUEでは、3次元可視化を用いた統合表示によって、メンタルモデルの再統合という負荷を免れることができ、メソッドの追跡作業も視覚的に行うことができるため、クラスライブラリのメンタルモデル形成と記憶を支援することが可能である

としている。このようなことは、機械系 CAD やモデリングシステムにおいて、3 面図による表示よりも 3 次元モデル化された表示の方がメンタルモデル形成がより容易になることからわかる。

3 次元可視化の問題点

これまで示したような利点の反面、問題点や課題も残されている。そのひとつは、対話的表示におけるユーザインターフェイスの問題である。3 次元可視化を用いる場合、表示対象とユーザ視点の双方に、位置と姿勢に 3 自由度ずつ、合計 6 自由度あるが、マウスでは根本的に自由度が不足しており、またボタンやキーボードと組み合わせても、操作が直感的でなくなるという問題がある。また、3 次元可視化では、2 次元より多くの図の要素が表示可能であるが、これは、システムの表示速度低下とユーザの認知負荷増大という問題を引き起こす原因となりがちである。このような問題の解決が、3 次元可視化システムの実用化のために重要な課題となっている。

5.3.6 情報可視化研究から見た本研究の位置づけ

本研究では、電子会議に参加するメンバをノード、メンバ間に成立する対話関係をリンクで表す。図の基本系分類では連結系に該当する。ノードのマッピングは、対話アクティビティを表す軸を追加して 3 次元化し、対話的な操作が行えるよう拡張したサークルダイアグラムを用いる。この拡張されたサークルダイアグラムでは、ユーザの認知を妨げない速度で、注目対象とするノードの移動ができるサークルの回転アニメーションや、ユーザのマウス操作によるサークルダイアグラムの回転と拡大が可能ないようにした。また、メンバ間の対話関係に加えて、同様に 2 次元図で表現可能な各メンバの対話アクティビティを両立して表示するため、3 次元可視化を採用した。

また、本研究は、対話状況の可視化によるアウェアネス支援を目的としているため、グラフの描画は、対話状況の更新を随時反映するようにした。同様にアウェアネス支援を目的として、メッセージ伝達状況のメッセージアイコンや、ノードの配置状況の把握を助ける補助線などを統合して表示する。実際の実装状況に関

する詳細は、次節以下で述べる。

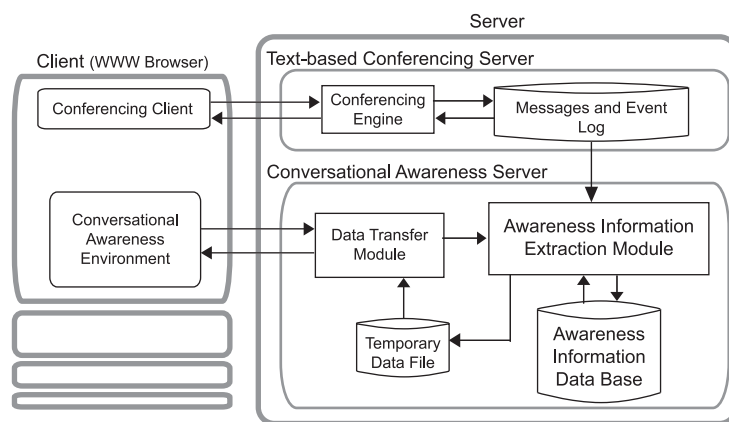


図 5.3: システム構成図

5.4 カンバセーションウェアネス支援環境

5.4.1 システム概要

本研究では、インターネット上のテキストベース電子会議環境を支援対象としている。また、この電子会議環境で得られる通信履歴情報を、情報可視化によるウェアネス環境実現のための情報源としている。

本システムは、クライアントサーバモデルにより構築されている（図 5.3 システム構成、及び図 5.4 アウェアネス情報抽出モジュールを参照）。サーバは、テキストベース電子会議環境の実現と、通信履歴情報からウェアネス情報の抽出を行うウェアネスサーバから構成される。クライアントは、電子会議環境とカンバセーションウェアネス支援環境を提供する。

これらのシステムは、一般的に普及しているテキストベース電子会議環境にアドオンする形での実現を前提としているため、サーバ側は、それらと同様な環境で実行可能な Perl5 による CGI を利用して開発した。また、同じ理由で、クライアント側は、一般的なユーザが使用するブラウザで利用可能な、JAVA Applet で開発した。開発環境としては、JDK 1.2⁸を利用したが、Java 1.1.5 以降を搭載した Netscape Navigator⁹ Version 4.08 以降での動作を確認している。

⁸The Javatm Development Kit Version 1.2, Copyright Sun Microsystems, Inc.

⁹Netscape^R Navigator, Copyright Netscape Communications Corporation.

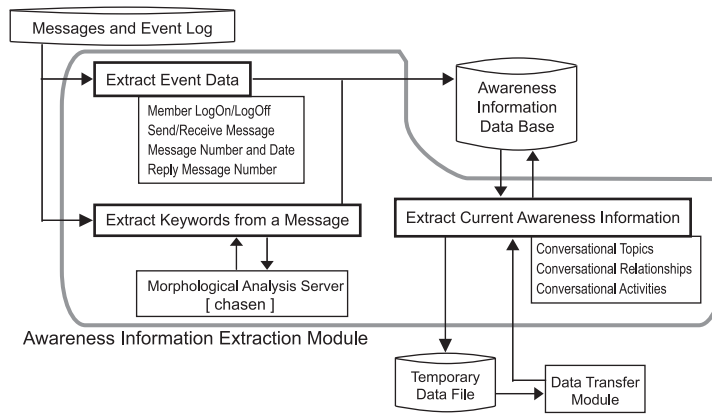


図 5.4: アウェアネス情報抽出モジュール

* アウェアネスサーバでは以下の処理を行う。

アウェアネス情報データベースの生成

随時変化する対話状況を反映するために、通信履歴からのキーワード候補の切り出し、及び、メンバの参加・非参加、各メッセージの発信・受信・返信日時とメンバ名に関わる情報の抽出などの処理は全てサーバにて行う。ここで処理されたデータは、アウェアネス情報データベースとして保存し、クライアントに渡すアウェアネス情報を生成する。

アウェアネス情報は、データベースの更新毎にテンポラリファイルへと出力され、データ転送に特化したモジュールにより、クライアントへ渡される。これは、アクセス集中による遅延やファイルの破損を防止するための措置である（図 5.4 参照）。¹⁰

キーワード候補の切り出しについて

近年、文書の電子化やインターネットの発達に伴い、大量の文書群から効率良く目的とする文書を得る技術の開発が求められている。キーワード抽出技術は、効率的な情報フィルタリングや検索用索引の作成に必要な技術として多くの研究が進められている。本研究では、形態素解析に、日本語が対象の形態素解析ツールとして定評のある「茶筌

¹⁰但し、選択キーワードによる対話関係と対話アクティビティの表示に関する機能は、ユーザからの要求に応じて個別のデータを生成する必要があるため、これを除く。

表 5.2: 切り出されたキーワードの例

<p>userA,21,2000年1月18日18時6分56秒,userB,userB,10, >>>直江津まで北上しなきゃダメなの??? >>他には大阪 門司 12時間コースもあるね。 >>門司から鹿児島まで7時間。 >車が長いってのはしんどいでしょう…。</p> <p>下道で一泊しながら行ったほうが楽しいよ。阿蘇もあるし大分の地獄温泉もあるし。</p>
<p>キーワード：時間, 門司, 地獄, 直江津, 他, 大阪, 大, ダメ, 下道, コース, 一泊, 鹿児島, 北上, 阿蘇, 温泉</p> <p>アウェアネス情報源：userA,21,2000/1/18 18:6:56,userB,userB,10,0,</p>

Ver 2.0b6」[42]を使い、数詞・前置詞・接続詞・疑問詞・助動詞・代名詞などの機能語を排除し、名詞と未知語¹¹をキーワード候補として切り出した。¹²(表 5.2 参照)。

対話関係情報の抽出

本システムでは、単位時間¹³内に発信に対する返信があり、返信メッセージを発信元メンバが開いた時点で、対話関係が成立したとみなした。ここでは、単位時間内に成立した各メンバ間の対話関係数を、メッセージの送受信履歴から抽出する。

対話アクティビティ情報の抽出

対話アクティビティの表示は、対話関係を示すサークルダイアグラムに対して垂直方向に+10から-10のレベルでの、アイコンの上下位置変

¹¹名詞を基底語とした場合に検索精度が良いという結果が出ている例 [69]。

¹²本研究では、単語切り出しを茶筌に依存するため、形態素解析の誤りや複合語問題については、簡単な後処理で可能な範囲に限って対応した。具体的には、「あ」や「お」、「ー」などの口語表現の中で頻繁に使われる語(通常、未知語と解析される)について、キーワードとして適切でないとのヒューリスティクスから、キーワード候補から排除している。

¹³現在の実装では5分に設定

化によって示される。ここでは、以下のルールに沿って、対話アクティビティのレベルを決定する。

単位時間内の発信について、現在時刻に近いものから高いスコアを与える。ただし、結果の初期値は0、最大値は10とする。発信が無い場合、単位時間内の受信について、現在時刻に近いものから高いスコアを与える。ただし、結果の初期値は-9、最大値は-1とする。発信、受信とも無い場合は、-10とする。

対話内容情報の抽出

対話内容情報は、2つの機能から構成される。メンバ毎の話題キーワード表示と、選択されたキーワードでフィルタリングした対話関係と対話アクティビティの可視化である。メンバ毎の話題キーワード表示では、単位時間内の該当メンバによる発信メッセージ中のキーワード候補から、出現頻度の高いキーワード候補を話題キーワードとして採用する。単位時間内の各メンバによる発信メッセージ群に文書内出現頻度 (Term Frequency) 法 [61] を適用している。選択されたキーワードでフィルタリングした対話関係と対話アクティビティの可視化では、それぞれの情報可視化について、選択キーワードが含まれたメッセージのみを参照対象とする。

*クライアントでは以下の処理を行う。

カンバセーションウェアネス環境の描画と対話的操作

ウェアネスサーバにより生成されたデータをもとに、カンバセーションウェアネス環境となる、対話関係、対話アクティビティ、対話内容を可視化表示する。表示方法については、図 5.6 参照。¹⁴

¹⁴なお、サーバからのデータ取得はHTTPを用いておこなう。JAVA Appletを利用してサーバ・クライアント環境を構築する時に、発生しやすい問題として、セキュリティ上の問題から、ファイアウォールの設定によっては接続ができない、といった事態がある。本システムではHTTPを利用し、新たなポートを開くことがないため、クライアント利用者にプロキシの設定などを要求することなく、このような問題を回避できる。

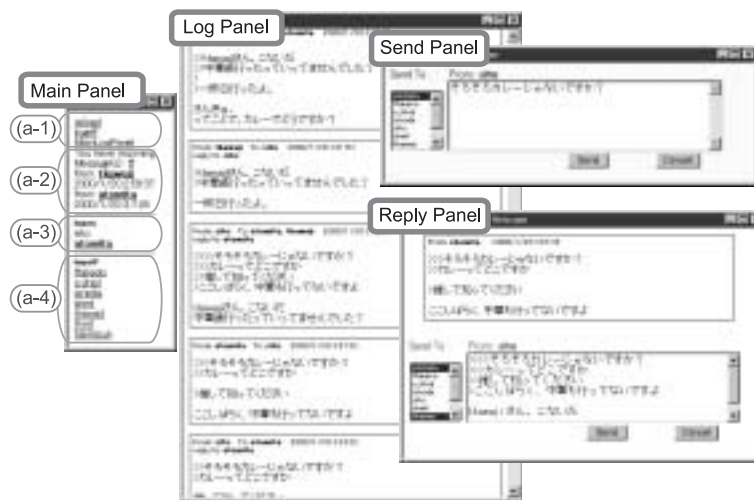


図 5.5: テキストベースの電子会議環境

5.4.2 テキストベース電子会議環境

本研究は、HTTP 環境で一般的に普及しているテキストベースの電子会議環境を支援対象とし、これらの電子会議環境で得られる通信履歴情報を、情報可視化によるアウェアネス環境実現のための情報源としている。ここでは、本研究で情報源とした電子会議環境¹⁵の各機能について述べる。

メンバの登録と対話開始

任意の ID とパスワードにより、参加メンバの登録を行う。このとき、メンバを示すユーザアイコンのイメージファイルも同時に登録する。適切なアイコンが無い場合は、ダミーとして用意されたイメージを使用する。メンバは、この ID を使って、対話環境にログオンすることができる。

対話方法

メッセージの発信は、MainPanel (図 5.5 参照) 中の、他メンバ名 (図 5.5 (a-2) (a-3) (a-4) 参照) をクリックすることで、Send Panel が開

¹⁵ 普及している既存の電子会議システムを流用する案もあったが、システム構築の自由度と著作権上の問題などから、新規に実装したものを使用する。通信履歴情報などは、他の電子会議システムと同等であり、アウェアネス環境に関わるシステム部分は、これらの通信履歴情報読み込み部分を変更することで、他の電子会議環境でも適用可能である。

き、送ることができるようになる。他メンバからのメッセージの有無は、incoming messages (図 5.5 (a-2) 参照) として表示される。これをクリックと、Reply Panel (図 5.5 参照) が開き、受信メッセージの内容確認と、それに対する返信ができる。

対話履歴の参照

会議環境全体の対話履歴は、MainPanel (図 5.5 参照) 中の MainLog-Panel (図 5.5 (a-1) 参照) のクリックによって開かれる、LogPanel によって、参照できる。

通信履歴情報一覧

このテキストベースの電子会議環境で保存される、通信履歴情報は、以下のとおり。

- ・メンバのログオン / ログオフ
- ・メッセージ内容・メッセージ番号・発信日時・発信メンバ・着信先メンバ
- ・返信先メッセージ番号 (返信メッセージの場合)

5.4.3 対話関係と対話アクティビティの可視化機能

Conversational Awareness Environment の表示情報

カンバセーションアウェアネス支援環境は、ユーザアイコン、メッセージアイコン、及びユーザアイコン間のリンクによって表現される (表 5.3 参照)。

ユーザアイコンは、メンバが会議への参加状態にあるか否かを表し、3次元空間の $x-y$ 平面上に、サークルダイアグラムのノードとしてマッピングされる (図 5.6 の (a-1)、図 5.7 参照)。

ユーザアイコン間のリンクは、現在のメンバ間対話関係の強さ (単位時間内の対話回数) を線種の変化 (幅) によって示し、メンバはこれを見ることで、会議参加者の誰と誰が活発に話し合っているのかを知

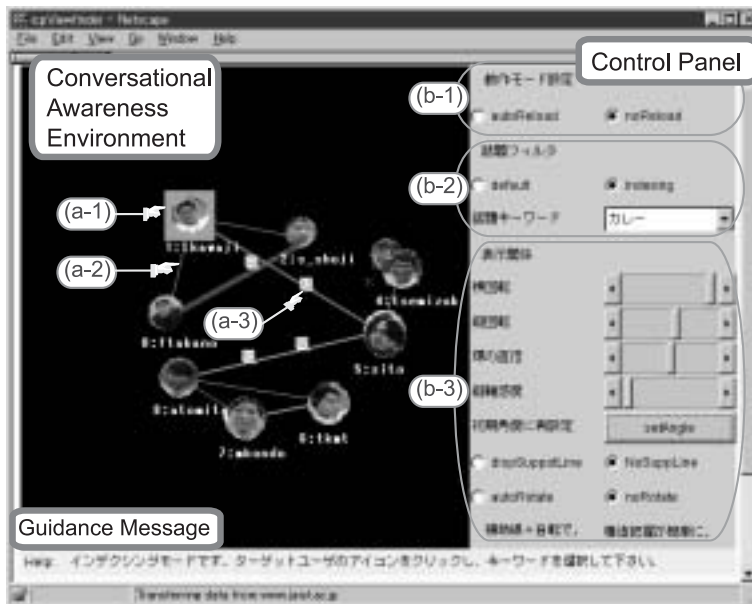







図 5.6: 対話関係・対話アクティビティに関わる機能

表 5.3: 表示情報

	表示情報	表現手法	表示例
存在	参加 / 非参加	ユーザアイコン	 / 
行動	発信・受信状況	メッセージアイコンの移動	
	アクティビティ	ユーザアイコンの高さ	
関係	対話のメンバ間関係	ユーザアイコン間のリンク	 (線種は6段階)



z軸方向から見た図 = 対話関係 (サークルダイアグラム)



x-y軸方向から見た図 = 対話アクティビティ

図 5.7: 対話関係・対話アクティビティの表示

ることができる (図 5.6 の (a-2) 参照)。

また、交されるメッセージは、メッセージアイコンがユーザアイコン間を発信元メンバから着信先メンバへ移動することによって、随時表現される (図 5.6 の (a-3) 参照)。この表示により、メンバは誰に対して発言が集中しているのかを知ることができる。

メンバのメッセージ発信頻度 (但し、着信先メンバによるメッセージの表示を条件とする) は、対話のアクティビティとして、ユーザアイコンのサークルダイアグラムに対して垂直方向の移動によって表現される。このため、サークルダイアグラムを水平方向から見る (図 5.7 参照) ことで、各メンバの対話アクティビティを参照することができる。

オブジェクトの回転と移動

Conversational Awareness Environment をマウスでクリック & ドラッグすることで、オブジェクト (サークルダイアグラム) の回転が可能。また、Control Panel の (b-3) にある、スクロールバー (横回転・縦回転・環の直径) でも、回転と拡大ができる。

メンバによる観察を助ける機能として、縦軸感度によって対話アクティビティの z 軸に対する反映度合いが変更できる。ユーザアイコンが重複

して見難くなった場合など、自由に調節して、配置状況を適切な状態にすることが可能。初期角度に設定・dispSupportLine・autoRotateの各機能も、位置関係の把握を助ける機能である。初期角度に設定では、オブジェクトの回転角度を起動時に戻すことができる。dispSupportLineでは、サークルダイアグラムの円環とz軸を示す補助線を引くことで、位置関係の把握を助ける。autoRotateは、サークルダイアグラムを回転させるアニメーションを表示することで、立体的な位置関係の把握を助ける¹⁶。

(b-1) 動作モードの変更

ネットワーク環境によっては、アウェアネス情報の送受信に帯域を割くことができない場合もあるため、アウェアネス情報を随時更新するか、更新を手動にするかの変更が可能なようにしている。

初期のプロトタイプは、ノードの配置規則にスプリングモデル[21]を用いて、対話関係の強度をスプリングに適用したものであった。しかし、スプリングモデルでは、全体のスプリングのエネルギーが最小になるようにノードのマッピングを行うため、個々のノード（ユーザアイコン）間関係について、ユーザによる多義的な解釈を許すことになるという問題が明らかになったため、ノードの配置規則としては、サークルダイアグラムを拡張して用いることにした。

なお、ここで実装した拡張されたサークルダイアグラムでは、ディスプレイ上への2次元変換に、正射影変換を利用している。これは計算量を減らすためである。ただし、正射影変換を利用した場合、遠近感は表現できないため、ユーザ視点からの距離（depth値）でユーザアイコンをソートし、depth値に応じてユーザアイコンの大きさを変えて表示することで、擬似的に遠近感を再現している。

¹⁶ ユーザアイコンの位置関係把握を助ける、初期角度に設定・dispSupportLine・autoRotateの機能は、インターフェイスの予備調査を行ったときに、被験者から得た知見にもとづいて付けられたものである。

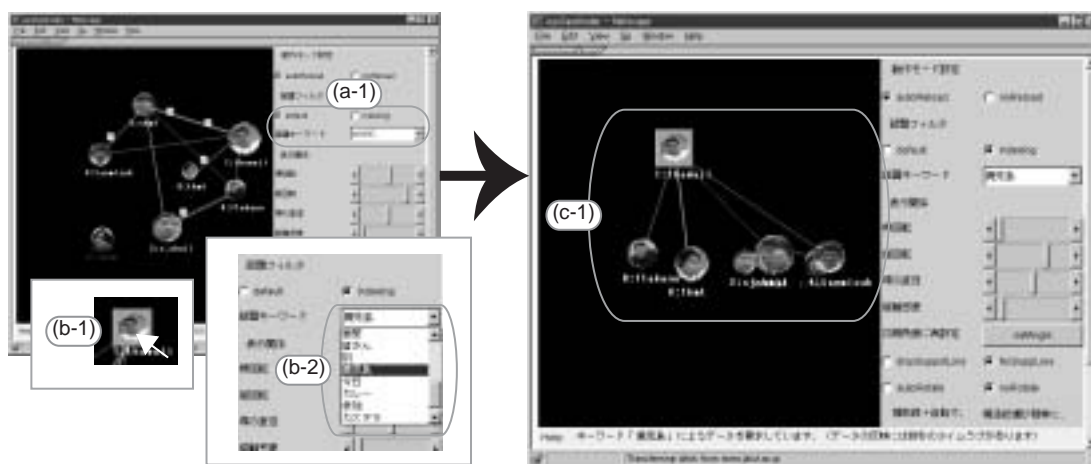


図 5.8: 対話内容の表示

5.4.4 対話内容の可視化機能

一般に、テキストベースの電子会議環境では、メッセージの相手先を指定して発信するか、あるいは着信メッセージに対する返信という形で対話関係が進行するため、直接的な対話関係にないメンバが、他メンバ間の対話内容を把握するには、常に対話内容を追跡して確認する必要があり、困難である。

本機能では、メッセージから抽出したキーワード群を提供することで、全ての対話履歴を読むことなく、対象メンバの発言内容の概要をある程度把握することを助ける。また、指定キーワードが含まれるメッセージを対象として、対話関係と対話アクティビティを表示することにより、そのキーワードに関連する対話を行うグループや、そのグループ内での発言頻度を知ることができる。これにより、そのキーワードに対して最も積極的な姿勢を取っているのが誰であるのかを知ることができ、対話への参加に際して、その話題に関して中心的役割を担うメンバを類推することが可能になると考える。

ユーザ毎のキーワード表示機能

話題フィルタリングを行うモードに設定し（図 5.8 (a-1) 参照）、対象メンバをアイコンで選択（図 5.8 (b-1) 参照）することで、そのメンバについて、単位時間内で出現頻度が上位のキーワードが表示（図 5.8 (b-2) 参照）される（現在は最大 20 個まで表示）。

キーワードでフィルタリングした対話関係と対話アクティビティの表示機能

表示されたキーワードから、目的の語を選択（図 5.8 (b-2) 参照）することで、そのキーワードが含まれるメッセージに表示対象を限定した、対話関係及び対話アクティビティの状態が表示される（図 5.8 (c-1) 参照）。

5.5 評価実験

5.5.1 実験方針

本研究は、対話状況の情報可視化を行うカンパセーションアウェアネス支援環境を構築し、これにより、テキストベースの電子会議環境での社会性志向の継続的対話関係醸成を支援することを目的としている。したがって、ここではテキストベースの電子会議環境単体の場合と、カンパセーションアウェアネス支援環境を利用した場合について、以下の各要素が比較検討可能な実験を行う必要がある。

- ・対話状況に関わるアウェアネス情報の伝達
- ・他メンバや対話状況に関わる認識の変化
- ・対話過程の変化

これらは、通信履歴とアウェアネス情報データベースからの定量的分析と実験後の被験者に対するアンケートによって検証する。また、本システムで実装した各機能について、アンケートで、その有効性を確かめる。

5.5.2 実験条件

本学学生 7 人を 2 組を被験者とし、テキストベースの電子会議環境単体の場合と、カンパセーションアウェアネス支援環境を利用した場合の比較実験を行った¹⁷。全員テキストベースの電子会議には、十分な経験があり、キーボードの打鍵速度などの条件に極端な差は無い。

実験は以下の手順で行った。

1. 実験趣旨とシステムの使用方法に関する説明
2. 慣れによる評価値の変動を防ぎ、対話の予備的素地をつくるための、使用練習。¹⁸

¹⁷その他、予備的調査として、同程度の人数による模擬実験や、50 人程度の登録と数日間の連続運用による負荷実験、小人数での試用実験とアンケート収集などを行った。

¹⁸対話の種として「卒業旅行として鹿児島に行くには？」というテーマを最初は提供したが、実験開始前には「旅行先としてウラジオストク」や「システム設計上の問題（履歴表示が見難い 改善した）」といった話題群へと展開した。

3．実験本番

使用練習によって形成された予備的话题群を継承して、以下の条件でそれぞれ30分の実験を行った。なお、この実験は分散環境で行った。

- a．テキストベースの電子会議環境単体での対話
- b．カンパセーションウェアネス支援環境を利用した対話

表 5.4: 定量的評価

DATA COLLECTED	TbC	CAE	rate of increase
number of messages	338	506	49.7%
number of reply messages	269	475	76.6%
% message had reply	79.6	93.9	18%
number of threads	179	218	21.8%
average thread depth	3.7	5.4	45.9%
average message size	58.2	99.4	70.8%

TbC = Text-based Conferencing System

CAE = Conversational Awareness Environment

5.6 実験結果

定量的分析結果として、メッセージ数の変化を表 5.4 に示す。

定性的分析結果として、実験後の被験者に行ったアンケート結果について、「対話の経過」を表 5.5、「対話状況の認識」を表 5.6、「カンバセーションアウェアネス支援環境」を表 5.7 に示す。「対話の経過」及び「対話状況の認識」に関しては、テキストベースの電子会議環境のみの実験 1 と、カンバセーションアウェアネス支援環境を使った実験 2 で、同じ質問項目を使い、5 段階での評価をお願いした。「対話状況の認識」に関しては、全ての実験終了後に Yes/No の選択による評価をお願いした。

表 5.5: 定性的評価：アンケート「対話の経過について」

質問項目	実験 1		実験 2	
	平均	分散	平均	分散
Q.1-1a 同時に複数メッセージを受信することはあったか	4.4	0.6	4.6	0.3
Q.1-1b この影響で返信内容が不十分になることはあったか	3.3	1.9	3.1	1.5
Q.1-2a 返信を要求したことはあったか	1.3	0.6	1.3	0.6
Q.1-2b 返信待ちにストレスを感じたことはあったか	3.3	2.2	2.9	1.5
Q.1-3a 対話中に自分の対話関係以外のメンバから メッセージを受信することはあったか	3.7	1.6	3.9	1.1
Q.1-3b そのメッセージを邪魔と感じることはあったか	2.3	1.2	2.3	1.9
Q.1-4a 他メンバ間の対話関係への介入を目的として メッセージを送信したことはあるか	2.7	3.6	2.4	1.3
Q.1-4b 介入に失敗したと感じることはあったか	3.3	0.6	2.3	0.9
Q.1-5 受信メッセージに文脈の理解困難なものはあったか	4.0	0.7	2.9	1.8

表 5.6: 定性的評価：アンケート「対話状況の認識について」

質問項目	実験 1		実験 2	
	平均	分散	平均	分散
Q.2-1 他メンバのアクティビティは認識できたか	2.6	2.3	3.3	1.9
Q.2-2 最も自分との対話関係が強かった人はわかるか	3.1	4.1	3.7	2.2
Q.2-3 他メンバ間の対話関係は容易に認識できたか	1.4	1.3	3.0	2.0
Q.2-4 他メンバの発言内容は把握できているか	2.0	1.0	2.1	1.1
Q.2-5 自分と同話題のメンバは誰かわかるか	1.4	0.6	3.1	2.5
Q.2-6 自分と異なる話題のメンバは誰かわかるか	1.4	0.6	2.7	1.9
Q.2-7 会議の中心的メンバ（牽引役）は認識できたか	2.1	1.5	3.1	2.8
Q.2-8 会議全体の概要を把握するメンバは誰かわかるか	1.7	0.9	3.6	2.0
Q.2-9 他メンバから自分の存在は認識されてると思うか	2.6	1.3	3.4	1.3
Q.2-10 他メンバから自分の話題は認識されてると思うか	2.1	1.1	3.3	1.9
Q.2-11 他メンバから自分の対話関係は認識されてると思うか	2.4	1.3	3.1	1.5
Q.2-12 会議再開時に対話の再開を希望する相手はいるか	3.1	2.8	3.3	2.9
Q.2-13 新規に対話の開始を希望する相手はいるか	1.9	1.5	3.1	1.5

表 5.7: 定性的評価：アンケート「カンバセーションアウェアネス支援環境について」

質問項目	YES	NO
Q3-1a ユーザアイコンによる表示は直感的であったか	100%	0%
Q3-1b これにより参加の実感は湧いたか	71.4%	28.6%
Q3-2a メッセージアイコンによる表示は直感的であったか	100%	0%
Q3-2b メッセージアイコンにより送受信状況の把握は容易になったか	100%	0%
Q3-2c これにより発言タイミングをはかることはあったか	28.6%	71.4%
Q3-3a ユーザアイコン間のリンクにより対話関係の把握はできたか	85.7%	14.3%
Q3-3b 対話関係の強いメンバに興味を持つか	100%	0%
Q3-3c 対話関係の強いメンバの対話内容を参照したいと思うか	85.7%	14.3%
Q3-3d リンクの線種表現は適切だったか	85.7%	14.3%
Q3-4a アイコンの上下動により対話アクティビティの把握はできたか	71.4%	28.6%
Q3-4b アクティビティの高いメンバに興味を持つか	57.1%	42.9%
Q3-4c アクティビティの高いメンバの対話内容を参照したいと思うか	85.7%	14.3%
Q3-4d ユーザアイコンの位置関係の把握は容易だったか	71.4%	28.6%
Q3-5a ユーザ毎のキーワードは対話内容を適切に表していたか	57.1%	42.9%
Q3-5b キーワードによる対話状況の再描画は、 対話関係を適切に表していたか	42.9%	57.1%
Q3-5c キーワードによる対話状況の再描画機能はあった方が良いか	71.4%	28.6%
Q3-5d 対話内容の参照により対話の前提知識を得られたか	66.7%	33.3%

5.7 結果の考察

5.7.1 定量的評価

表 5.4 は、各実験中にメンバから発信されたメッセージについて、その総数と返信の有無や対話の継続を調べたものである。本研究では、対話状況のアウトプット支援により、社会性志向の対話関係、すなわち、他者への配慮や継続的対話により形成される社会的関係の醸成が促進されるという立場をとっている。このような、対話者に対する配慮や社会的関係が成立した会議環境では、他メンバが自分に対して送ったメッセージについて、これを無視することが難しくなるため、対話関係の成立率が高まることが予想される。また、ここで成立した対話関係により形成される社会的関係を維持しようとするならば、対話が長く継続されることになる、と予測される。

$$\text{対話関係成立率} = \frac{\text{返信のあるメッセージ数}}{\text{全メッセージ数}} \times 100$$

本実験の結果から、対話関係成立率と対話の継続回数 (thread depth) の平均は、ともに増加していることが確認された。また、平均的なメッセージの文字数も増加していることが確認された。これは、対話内容がより密度の濃いものになったためであると考えられる。

5.7.2 定性的評価

対話の経過について

表 5.5 は、実験中の対話経過についてのアンケートを実験 1 と実験 2 で比較したものである。一般的に、一対一での対話関係にある時は、メッセージは交互にやりとりされるため、同時に複数のメッセージを受け取ることは、少ないと考えられる¹⁹。今回は、複数人数での会議であるため、同時に複数のメッセージを受け取ることが予想される。しかし、メッセージアイコンの表示によって、「自分がメッセージを受け取って

¹⁹但し、今回被験者となっていた本学学生の 7 人は、テキストベースの電子会議に慣れているため、一対一の関係でも、同時並行的に複数の話題を展開することがある、ということが追加調査でわかった。

いる」ことが、会議全体に知らされている状態にある場合には、同時受信が対話の阻害要因になることは、少ないと予想される。

アンケート結果（表 5.5 参照）を参照すると、実験 2 でのメッセージ総数の増加（表 5.4 参照）に伴い、メッセージの同時受信（Q1-1a）は増えている。しかし、このことが、返信を急かされたと感じて不十分な状態で返信を返したり（Q1-1b）、そのメッセージを邪魔と感じる（Q1-3b）といった、対話を阻害する要因になったかという設問に対しては、メッセージの同時受信ほどには、影響が無かったという結果がでている。また、他の対話関係への介入（Q1-4a）という、比較的対話の阻害になりがちな行動について、介入者側が失敗したと感じる程度は、減少していることが確認できる。

対話状況について

表 5.6 は、実験中の対話状況に対する認識の変化について、実験 1 と実験 2 で比較したものである。テキストベースの電子会議環境では、特に自分と直接対話関係に無い他のメンバに関する認識が希薄であり、他メンバの発言内容や対話関係を把握することが困難であり、会議全体の把握も難しいと予想される。実験 1 のアンケート結果を参照すると、自分との対話関係に関する認識（Q2-2）に対して、他メンバに対する認識（Q2-1, Q2-3, Q2-4, Q2-5, Q2-6, Q2-7, Q2-8）は低く、他メンバが自分を認識していると思うか（Q2-9, Q2-10, Q2-11）という設問に対しても、あまり認識されていないと応える被験者が多かった。

これに対して、実験 2 の結果からは、他メンバの対話アクティビティ（Q2-1）や対話関係（Q2-2, Q2-3）に対する認識が増したことが確認できる。また、他メンバの対話内容に関しても、会議全体を通した話題の違い（Q2-5, Q2-6）に関して、より認識されるようになったことがわかる。これは、他メンバの存在や対話関係に対する認識が増した結果、メンバの話題のような他の属性についても、注意を向けるようになったためであると考えられる。個々のメンバに対する認識に限らず、全体の対話状況の表示は、会議全体の中心的役割（牽引役）を果たしたメ

ンバ(Q2-7)や、会議全体の概要を把握するメンバ(Q2-8)についても認識を増していることがわかった。また、その具体的な名前をあげてもらったところ、実験1では2人の名前が上がったが、実験2では1人であり、それが正確であることが確認できた。このような会議全体へ注意を向ける姿勢は、新たな対話関係(Q2-13)を志向するという結果にも出ている。他メンバからの被認識感覚(Q2-9,Q2-10,Q2-11)についても、それぞれ増していることが確認された。予備的調査の段階で、対話の開始時や対話関係への介入時には、介入側と被介入側の双方が、相手の話題や対話関係について認識していた方が、スムーズな対話を開始できるという結果を得ており、このアンケート結果には、カンバセーションアウェアネス支援環境が対話関係の開始を支援する原因の一つが現れているということができる。

カンバセーションアウェアネス支援環境について

ユーザアイコン、メッセージアイコン、およびリンクに関する機能的評価(Q3-1a,Q3-2a,Q3-2b,Q3-3a,Q3-3d,Q3-4a,Q3-4d)については、概ね好評な結果を得ることができた。本研究で採用した表示方式は適切であったと言える。

拡張されたサークルダイアグラム全体の使用方法としては、対話関係が対話アクティビティが明確になる角度で固定して使用している被験者と、適宜マウスのドラッグで回転させる被験者、また回転アニメーションを常に使用している被験者など様々であり、必要な情報が最も把握しやすい状態で利用されていた。

機能的側面から評価が低かったものとして、ユーザ毎のキーワード表示は対話内容を適切に表していたか(Q3-5a)、及びキーワードによる対話状況の再描画は対話関係を適切に表していたか(Q3-5b)という設問がある。

実験条件の問題として、今回のように短時間の会議では、各自が対話関係にある範囲で、それぞれの対話内容を十分に記憶しており、また対話ログの参照や検索も期間が限られていることから容易に可能であ

るため、キーワード表示の有効性について、あまり評価されなかったと考えられる。追加調査の結果、直接対話関係にないメンバの話題把握に役立つという点での評価は高かった（表 5.6 参照、会議全体に対する認識の向上）が、今回の実験では対話が円滑に進んでおり、この機能を積極的に使用する状況にあまりならなかった、という感想が多く聞かれた。また、本システムは、実験後も解放して被験者が自由に使える状態にしておいたが、他の参加メンバが少ないか居ない時に、キーワードの表示機能を使って他メンバの対話関係や対話内容を積極的に参照し、新たな対話のきっかけにするという行動がみられた。また、対話内容の思い出しといった、補助的な役割に対する評価があった。これらの結果は、キーワード表示に関わる機能が、受動的注意関係における副次的対話支援の要素が強いことを表している。

機能面では、キーワード抽出が名詞と未知語の出現頻度による簡略的なものである、という問題がある。また、現実の対話内容の反映手法として、対象キーワード候補を、単位時間内のメッセージに限定するなどしたが、話題の転換に対応できていないことや、出現頻度と実際の対話中で印象に残る語とは異なることが原因として考えられる。その他にキーワードの抽出を困難にする原因として、今回の実験で観察された現象としては、対話関係の継続による共通の知識基盤が増えるほど、省略表現²⁰が頻繁に用いられるようになったということがある。また、対話関係や対話アクティビティの再描画機能については、特定メンバやメッセージスレッドを排除する機能の要望があった。このような自由度の高い操作を可能にすることが、問題解決策の一つであると考えられる。

機能の効果的側面に関するアンケート結果によるならば、対話における手がかりやきっかけとなる情報の認識という側面では、比較的高い評価がある（Q3-1b, Q3-2b, Q3-3b, Q3-3c, Q3-4c, Q3-5d）にもかかわらず、これにもとづいて実際の行動が変化したかについての問いである、メッセージアイコンの表示状況に応じて送信タイミングを調整することは

²⁰名詞に限るものではなく、省略による代用表現自体が省略されることも多く観察された。

あったか(Q3-2c)には、ほとんどの被験者が無いと回答している。事前の予想として、他者への配慮が可能な状況では、相手方メンバのメッセージ受信状況が認識できれば、メッセージの送信を一時的に待って、相手に負荷をかけないよう配慮するものと考えていた。しかしながら、実際の実験状況や追加調査の結果、メッセージ受信状況が認識できることは周知であるため、相手方の返信が遅くなる可能性についても発信者側には周知の事実であり、この事態を発信者側と返信者側の双方が容認している、という配慮の逆転が起きていることがわかった。この事態は、複数メッセージの同時受信が増加したにも関わらず、発信者側では返信待ちのストレスが減少(Q1-2b)しており、返信者側でも、不十分な状態でとりあえずの返信をしてしまうような事態が減少(Q1-1b)していることから明らかである²¹。

但し、このような暗黙的ルールが発生は、メンバ間でアイコンの解釈にズレが生じる可能性を示唆しており、これは対話の阻害要因となり得る。今回は社会性志向の対話関係を支援対象としていることから、強制的な発言の制限といった手段は問題解決の方法としてそぐわないが、アイコンの表示形態変更など、今後の検討が必要である。

²¹また、追加調査による聞き取りでも、そのような意識で発信していたことがわかった。

5.8 おわりに

本章では、テキストベースの電子会議環境における、社会性志向の継続的対話関係の醸成を支援するウェアネスについて考察した。まず、テキストベースの電子会議環境での対話支援手法として、カンバセーションウェアネスを提案した。その後、この検証を行うため、カンバセーションウェアネス支援環境を構築し、その有効性を確かめるため被験者実験を通じて評価実験を行った。

評価実験では、カンバセーションウェアネス支援環境を使用した場合としない場合とで、以下の要素の変化について考察した。

- ・メッセージの総数や返信率、対話関係の継続回数などの定量的要素について。
- ・対話の経過や対話状況に対する認識の変化といった定性的要素について。

最後に、今回実装したカンバセーションウェアネス支援環境についての、アンケートによる評価を行った。

これら評価実験の結果について以下にまとめる。

- ・定量的評価から
 - メッセージ数が増加した。(49.7%増)
 - 対話の成立率が上昇した。(18%増)
 - 継続的対話が続くようになった。(45.9%増)
- ・定性的評価から
 - 対話関係に対する認識が増した。
 - 対話アクティビティに対する認識が増した。
 - 対話内容に関する機能は、対話のきっかけになることがあった。
 - 省略表現の増加により、背景的知識共有過程を確認できた。
- ・カンバセーションウェアネス環境について
 - サークルダイアグラムをはじめとする表現手法について、肯定的な意見をえられた。

以上の評価実験結果から、テキストベースの電子会議環境における、社会性志向の継続的対話関係の醸成支援のためのシステムとして、カンバセーションウェアアネス支援環境が有効であったと考えられる。

今回、情報可視化手法に拡張したサークルダイアグラムを選択した理由は、スプリングモデルを利用したユーザアイコンの配置方法では、アイコン間関係の解釈に多義性が生じるといった問題からである。しかし、評価実験の結果、メッセージアイコンの解釈についても、多義的な解釈が生じる可能性が示された。ウェアアネス支援という立場からは、メッセージアイコンの表示による送受信状況の認識にとどまらず、その解釈という段階においても、多義性を抑制する表示方式の考案が必要である。

評価実験の問題として、コミュニケーション支援環境の評価としては、サンプル数と期間が共に十分ではないということがある。可用性の厳密な測定には、多人数の電子会議環境での使用と、長期間にわたる評価実験が必要である。

第 6 章

結論

6.1 本論文のまとめ

本論文では、組織における知的触発を伴う協調的活動の活性化を支援するシステムに関する研究について論じた。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

第 2 章と第 3 章では、創造的思考を阻害せずに自然なインタフェースで適応的情報共有を実現する、アノテーション行為を介した情報共有環境として、SmartCourier for JSAI2001 と、その運用から得られた知見をもとに改良を施した SmartCourier for Research Labs について述べた。運用実験の結果から、SmartCourier が既存の明示的なコミュニティを越えて、知的触発を伴うコミュニティの活性化に効果的であったことが示された。

第 4 章では、ウェアラブルデバイスを用いた実世界の様々な事物を対象としたアノテーションの可能性について検討した。イメージセンサを用いた高速度撮影による赤外線 ID タグ・センサシステムを実装し、その運用実験と特性評価を行い、これが有効に機能し得ることを示した。

第 5 章では、カンバセーションウェアネス支援環境の提案と運用実験、評価を行った。テキストベースの電子会議環境において、知的触発を伴う協調的活動の基盤となる社会性志向の継続的対話関係の醸成を支援するためのウェアネスとして、カンバセーションウェアネスが有効に働くことを確認した。

6.2 今後の課題と展望

本論文が提案するシステムに共通する今後の課題としては、長期的な評価実験、例えば時間的な興味の変遷といった流動性への対応などユーザモデリングの検討や、インタフェース全般の更なる改良があげられる。また、実世界アノテーションに関しては、その運用過程での有効性を示すため、実地での評価実験を行い、結果報告を後日改めて行う。

謝辞

本研究を進めるにあたっては、多くの方々に多大なご支援をいただきました。この場を借りて感謝の気持ちを表したいと思います。

指導教官の國藤進教授には、研究に関する様々なご教示、ご指導を賜りました。自由な研究環境をはじめとし、日頃の研学生活全般へのご配慮に深く感謝致します。

藤波努助教授、金井貴助手、門脇千恵助手には、常日頃から研究に関する多くの有益なご意見、ご助言を頂きました。心より感謝致します。

本研究の実施にあたり、国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) の畚野信義氏、中津良平氏に頂いた格別のご高配に感謝致します。同 ATR メディア情報科学研究所の萩田紀博氏、間瀬健二氏、角康之氏には、本研究にとどまらず、貴重なご助言を数多く頂きました。心より感謝致します。

創造性開発システム論講座の皆様には、常日頃から研究に関する助言や議論を重ねていただき、研究活動以外の面でも大変にお世話になりました。心から感謝致します。

本研究に様々なご協力を頂いた、第 15 回人工知能学会全国大会 (JSAI2001) 及び ATR 研究発表会 2002 の関係者と参加者の皆様に深く感謝致します。本研究の一部は通信・放送機構の研究委託により実施したものである。

最後に、私事で恐縮ですが、これまでの学生生活を経済的、精神的に支えてくれた両親にも、感謝の意を表させていただきます。

2003 年 1 月 9 日

伊藤 禎宣

参考文献

- [1] Gregory D. Abowd. Classroom 2000: An experiment with the instrumentation of a living educational environment. *IBM Systems Journal, special issue on Pervasive Computing*, Vol. 38, No. 4, pp. 508–530, 1999. <http://www.cc.gatech.edu/fce/c2000/pubs/>.
- [2] M. S. Ackerman and E. Mandel. Memory in the small: An application to provide task-based organizational memory for a scientific community. In *Hawaii International Conference of System Sciences*, Vol. 4, pp. 323–332, 1995.
- [3] Mark S. Ackerman and Thomas W. Malone. Answer garden: A tool for growing organizational memory. In *Proceedings of the conference on Office information systems*, pp. 31–39. ACM Press, 1990.
- [4] Adobe Systems Inc. Adobe portable document format reference, third edition, version 1.4, 2002. <http://www.adobe.com/>.
- [5] 安西祐一郎, 苧阪直行, 前田敏博, 彦坂興秀. 注意と意識. 岩波書店, 1994.
- [6] 青木恒. カメラで読み取る赤外線タグとその応用. *インタラクティブシステムとソフトウェア VIII*, pp. 131–136, 2001.
- [7] G. Bateson and J. Ruesch, editors. *COMMUNICATION – The Social Matrix of Psychiatry*. W.W.Norton & Company, INC., 1968. (邦訳: 佐藤悦子 『コミュニケーション』(新思索社, 1989)).
- [8] M. Billinghurst and I. Poupyrev. Shared space: Mixed reality interface for collaborative computing. *Imagina'2000 Official Guide: Innovation Village Exhibition*, p. 52, 2000. <http://www.mic.atr.co.jp/poup/research/ar/index.html>.

- [9] S. K. Card, J. D. Mackinlay, and G. G. Robertson. The information visualizer: An information workspace. In *ACM Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI '91)*, pp. 181–188. ACM Press, 1991.
- [10] J. Conklin and M. L. Begeman. gibis: A hypertext tool for exploratory policy discussion. *ACM Transaction on Office Information Systems*, Vol. 6, No. 4, pp. 303–331, 1988.
- [11] Jeffrey Conklin. Capturing organizational memory. In D. Coleman, editor, *Proceedings of the Groupware '92 Conference*, pp. 133–137. Morgan Kaufmann Publishers, 1992.
- [12] M. Cook. Experiments on orientation and proxemics. *Human Relations*, Vol. 23, pp. 61–76, 1970.
- [13] J. Davis and D. Huttonlocker. Conote system overview, 1995. <http://www3.cs.cornell.edu/dph/docs/annotation/annotations.html>.
- [14] Richard C. Davis, James A. Landay, Victor Chen, Jonathan Huang, Rebecca B. Lee, Francis C. Li, James Lin, Charles B. Morrey, III, Ben Schleimer, Morgan N. Price, and Bill N. Schilit. Notepals: Lightweight note sharing by the group, for the group. In *Proceedings of the CHI '99 Conference*, pp. 338–345. ACM Press, 1999.
- [15] Paul Dourish and Sara Bly. Portholes: supporting awareness in a distributed work group. In *Conference proceedings on Human factors in computing systems*, pp. 541–547. ACM Press, 1992.
- [16] V. J. Dubrovsky, S. Kiesler, and N. B. Sethna. The equalization phenomenon: Status effects in computer-mediated and face-to-face decision-making groups. *Human-Computer Interaction*, Vol. 6, pp. 119–146, 1991.
- [17] G. Fischer, J. Grudin, A. Lemke, R. McCall, J. Ostwald, B. Reeves, and F. Shipman. Supporting indirect collaborative design with integrated

- knowledge-based design environments. *Human Computer Interaction*, Vol. 7, No. 3, pp. 281–314, 1992.
- [18] Robert S. Fish, Robert E. Kraut, and Barbara L. Chalfonte. The videowindow system in informal communication. In *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work(CSCW'90)*, p. 111. ACM Press, 1990.
- [19] Robert S. Fish, Robert E. Kraut, Robert W. Root, and Ronald E. Rice. Evaluating video as a technology for informal communication. In *Conference proceedings on Human factors in computing systems*, pp. 37–48. ACM Press, 1992.
- [20] 藤代一成. サイエнтиフィックビジュアライゼーションからインフォメーションビジュアライゼーションへ. 3D Image Conference '97 論文集, pp. 24–29, 1997.
- [21] 藤田邦彦. 創造的な討論を行う会議を支援するシステムに関する研究. PhD thesis, 北陸先端科学技術大学院大学, 1999.
- [22] S. Gale. Human aspects of interactive multimedia communication. *Interacting with Computers*, Vol. 2, No. 2, pp. 175–189, 1990.
- [23] G. Gay, A. Sturgill, W. Martin, and D. Huttenlocher. Document-centered peer collaborations: exploring educational uses for networked communication technologies. *Journal of Computer-Mediated Communication*, Vol. 4, No. 3, 1999.
- [24] David Goldberg, David Nichols, Brian M. Oki, and Douglas Terry. Using collaborative filtering to weave an information tapestry. *Communications of the ACM*, Vol. 35, No. 12, pp. 61–69, 1992.
- [25] 長谷川隆三, 越村三幸. 並列プログラミングおよび性能デバッキングのための視覚化. コンピュータソフトウェア, Vol. 12, No. 4, pp. 22–44, 1995.
- [26] Inc. IdeaFisher Systems. *IdeaFisher*. <http://www.ideafisher.com/>.

- [27] 出原栄一, 吉田武夫, 渥美浩章. 図の体系 - 図的思考とその表現 -. 日科技連, 1986.
- [28] 石井裕. グループウェアのデザイン. 共立出版, 1994.
- [29] 石井裕. Tangible bits:情報の感触 / 情報の気配. 情報処理, Vol. 39, No. 8, pp. 745-751, 1998.
- [30] 門脇千恵, 爰川知宏, 杉田恵三, 国藤進. 情報共有促進支援に向けた情報利用推移モデルの一提案. 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 11, pp. 3856-3867, 1999.
- [31] 勝山恒男, 渡辺理. マルチメディアコンピューティングで触発する, 第3章, pp. 146-158. 共立出版, 1994.
- [32] D. Katz and R. L. Kahn. *The Social Psychology of Organizations*. John Wiley and Sons, Inc., New York, 1978.
- [33] 岸野泰恵, 塚本昌彦, 坂根裕, 西尾章治郎. コンピュータディスプレイを用いたビジュアルマーカの実現. 情報処理学会シンポジウムシリーズ (マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム), Vol. 2001, No. 7, pp. 259-264, 2001. <http://www-nishio.ise.eng.osaka-u.ac.jp/tresearch/vcc/>.
- [34] 小池英樹. インタラクティブ3次元情報視覚化. コンピュータソフトウェア, Vol. 11, No. 6, pp. 20-31, 1994.
- [35] 小池英樹, 石井威望. 3次元ソフトウェア視覚化の枠組みと実例による有効性の評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 33, No. 6, pp. 778-789, 1992.
- [36] David Krackhardt, Jim Blythe, and Cathleen McGrath. *Krack Plot 3.0 User's Manual*, 1995. <http://www.contrib.andrew.cmu.edu/~krack/kp3man.html>.
- [37] Thomas S. Kuhn. *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press, 1962. 中山茂 (訳), 科学革命の構造, みすず書房 (1971).
- [38] 國藤進. オフィスにおける知的生産性向上のための知識創造方法論と知識創造支援ツール. 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 2, pp. 50-57, 1999.

- [39] Martin Lea, T. O'Shea, P. Fung, and Russell Spears. *Flaming in Computer-Mediated Communication: Observations, Explanations, Implications*. Harvester Wheatsheaf, 1992.
- [40] Henry Lieberman. Letizia: An agent that assists web browsing. In Chris S. Mellish, editor, *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-95)*, pp. 924–929, Montreal, Quebec, Canada, 1995. Morgan Kaufmann publishers Inc.: San Mateo, CA, USA.
- [41] Catherine C. Marshall. Annotation: From paper books to digital library. In *Proceedings of the 2nd ACM international conference on Digital libraries*, pp. 131–140, 1997.
- [42] 松本裕治, 北内啓, 山下達雄, 平野善隆, 松田寛, 高岡一馬, 浅原正幸. 日本語形態素解析システム『茶釜』 version 2.2.1 使用説明書, 2000. <http://chasen.aist-nara.ac.jp/>.
- [43] 松下伸行, 日原大輔, 後輝行, 吉村真一, 暦本純一. Id cam : シーンと id を同時に取得可能なイメージセンサ. インタラクシオン 2002, ヒューマンインタフェース研究会, 2002.
- [44] 松浦宣彦, 日高哲雄, 岡田謙一, 松下温. Venus:interest awareness を支援したインフォーマルコミュニケーション環境. 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 6, pp. 1332–1341, 1995.
- [45] 三末和男. ダイアグラム・プロセッサの構築 - 領域連結図を用いる思考支援システムへの応用を中心として -. PhD thesis, 東京大学, 1997.
- [46] 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.
- [47] Masahiro Morita and Yoichi Shinoda. Information filtering based on user behavior analysis and best match text retrieval. In *Proceedings of the 17th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, pp. 272–281. Springer-Verlag New York, Inc., 1994.

- [48] Elizabeth D. Mynatt. The writing on the wall. *Human-Computer Interaction INTERACT '99*, 1999. <http://www.cc.gatech.edu/fce/ecl/projects/>.
- [49] 中川健一, 國藤進. アウェアネス支援に基づくリアルタイムな www コラボレーション環境の構築. *情報処理学会論文誌*, Vol. 39, No. 10, pp. 2820–2827, 1998.
- [50] 仲谷美江, 西田正吾. インフォーマルコミュニケーション研究の動向. *計測と制御*, Vol. 33, No. 3, pp. 214–221, 1994.
- [51] 西本一志, 角康之, 門林理恵子, 間瀬健二, 中津良平. マルチエージェントによるグループ思考支援. *電子情報通信学会論文誌 (D-I)*, Vol. J81-D-I, No. 5, pp. 478–487, 1998.
- [52] E. G. Noik. Exploring large hyperdocuments: Fisheye views of nested networks. In *Proceedings of ACM Hypertext '93*, pp. 192–205, 1993.
- [53] 野中郁次郎, 竹内弘高 (著), 梅本勝博 (訳). *知識創造企業*. 東洋経済新報社, 1996.
- [54] 野中郁次郎, 遠山亮子. 『よい場』と革新的リーダーシップ. *一橋ビジネスレビュー*, Vol. 48, No. 1–2, 2000.
- [55] Alex F. Osborn. *Your Creative Power*. Charles Scribner's Sons, New York, 1948.
- [56] Paul Resnick and Hal R. Varian. Recommender systems. *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 56–58, 1997.
- [57] G. G. Robertson, S. K. Card, and J. D. Mackinalay. Information visualization using 3d interactive animation. *CACM*, Vol. 36, No. 4, pp. 57–71, 1993.
- [58] David Rogers. Sociometric analysis of interorganizational relations: Application of theory and measurement. *Rural Sociology*, Vol. 39, pp. 487–503, 1974.

- [59] M. Rscheisen and C. Mogensen. Commentor: Scalable architecture for shared www annotations as a platform for value-added providers. In *Stanford University Technical Report*, 1994. <http://www-pcd.stanford.edu/COMMENTOR/>.
- [60] Dean Rubine. Specifying gestures by example. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH '91: Computer Graphics*, 1991.
- [61] G. Salton. *Automatic text processing: The transformation, analysis, and retrieval of information by computer*. Addison Wesley, Massachusetts, 1989.
- [62] B. N. Schilit, M. N. Price, G. Golovchinsky, K. Tanaka, and C. C. Marshall. As we may read: the reading appliance revolution. *IEEE Computer*, Vol. 32, No. 1, pp. 65–73, 1999. <http://www.fxpal.com/xlibris/>.
- [63] Michael Schrage. *Shared Minds: The New Technologies of Collaboration*. Random House, New York, 1990.
- [64] R. N. Shepard and J. Metzler. Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, Vol. 171, pp. 701–703, 1971.
- [65] 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.
- [66] L. Sproull and S. Kiesler. Reducing social context cues: Electronic mail in organizational communication. *Management Science*, Vol. 32, pp. 1492–1512, 1986.
- [67] L. Sproull and S. Kiesler. *Connections: New ways of working the networked organization*. MIT Press, 1992. (邦訳: 加藤丈夫 『コネクションズ: 電子ネットワークで変わる社会』 (アスキー, 1993)).
- [68] M. J. Stefik, G. Foster, D. G. Bobrow, K. Kahn, S. Lanning, and L. Suchman. Beyond the chalkboard: Computer support for collaboration and problem solving in meetings. *Communications of the ACM*, Vol. 30, No. 1, pp. 32–47, 1987. <http://www2.parc.com/istl/members/stefik/colab.htm>.

- [69] 菅井猛, 和田光教. Www 上の電子新聞に対する情報フィルタリングとその評価. 情報処理学会, 基礎研, Vol. 43, No. 13, pp. 89–96, 1996.
- [70] 杉山公造. グラフ自動描画法とその応用. 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 568–574, 1993.
- [71] 角康之. Jsai2000 デジタルアシスタントプロジェクトの報告. 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 6, 2000.
- [72] 角康之, 伊藤禎宣, Sidney Fels, 間瀬健二. 複数センサ群による協調的なインタラクションの記録 (投稿中). インタラクション 2003, ヒューマンインタフェース研究会, 2003.
- [73] Loren Terveen, Will Hill, Brian Amento, David McDonald, and Josh Creter. PHOAKS: A system for sharing recommendations. *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 59–62, 1997.
- [74] 渡部勇. 発散的思考支援システム: keyword associator. 計測自動制御学会, 合同シンポジウム論文集, pp. 411–418, 1991.
- [75] 山上俊彦. 小グループの情報共有過程の可視化. 情報処理学会 GW, pp. 159–164, 1998.
- [76] 山上俊彦, 関良明. Knowledge-awareness 指向のノウハウ伝播支援環境:catfish. 情報処理学会 93–DPS–59, pp. 57–64, 1993.
- [77] 安田雪. ネットワーク分析. 新曜社, 1997.
- [78] 吉野孝, 宗森純, 湯ノ口万友, 泉裕, 上原哲太郎, 吉本富士市. 携帯情報端末を用いた発想一環支援システムの開発と適用. 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 9, 2000.
- [79] L. F. Young. *Decision Support and Idea Processing Systems*. William C. Brown Company Publishers, Iowa, 1989.
- [80] 郵政省. 通信白書平成 11 年版. 郵政省, 1999.

本研究に関する発表論文

論文

- [1] 伊藤禎宣, 角康之, 間瀬健二, 國藤進, SmartCourier: アノテーションを介した適応的情報共有環境, 人工知能学会論文誌, 第 17 卷 3 号, pp.301-312, 2002 年 5 月.
- [2] 角康之, 伊藤禎宣, Sidney Fels, 間瀬 健二, 複数センサ群による協調的なインタラクションの記録 (印刷中), インタラクション 2003, ヒューマンインタフェース研究会, 2003.

国際会議

- [3] Sadanori Ito, Susumu Kunifuji, Supporting Conversational Awareness in Text-based Conferencing System, Proceedings of the KES2000, pp.221-224, Aug. 2000.
- [4] Sadanori Ito, Yasuyuki Sumi, Kenji Mase, Supporting Knowledge Sharing by Document Annotation at an Exhibition Site, Proceedings of 15th annual conference of JSAI, May 2001.
- [5] Sadanori Ito, Yasuyuki Sumi, Kenji Mase, Susumu Kunifuji, SmartCourier: Annotation Management Tool for Research Labs, Proceedings of the KES2002, 2002.

研究会

伊藤禎宣, 國藤進, カンバセーションアウェアネス支援 : カンバセーション状況の視覚化による新たなコミュニケーションツールの提案, 人工知能学会第39回基礎論研究会資料, pp.87-92, 1999.