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

Title	SmartCourier: アノテーションを介した適応的情報共有環境
Author(s)	伊藤，禎宣；角，康之；間瀬，健二；國藤，進
Citation	人工知能学会論文誌，17(3)：301-312
Issue Date	2002-05-01
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7842
Rights	Copyright (C) 2002 人工知能学会．伊藤禎宣,角　康之,間瀬健二,國藤　進，人工知能学会論文誌，17(3)，2002，301-312.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

特集論文

SmartCourier:アノテーションを介した適応的情報共有環境

SmartCourier: An Annotation System for Adaptive Information Sharing

伊藤 禎宣 Sadanori Ito
北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute Science and Technology, Hokuriku
sito@jaist.ac.jp, http://www.jaist.ac.jp/~sito/

角 康之 Yasuyuki Sumi
（株）ATR メディア情報科学研究所
ATR Media Information Science Laboratories
sumi@atr.co.jp, http://www.atr.co.jp/mis/~sumi/

間瀬 健二 Kenji Mase
（同　上）
mase@atr.co.jp, http://www.atr.co.jp/mis/~mase/

國藤 進 Susumu Kunifuji
北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute Science and Technology, Hokuriku
kuni@jaist.ac.jp, http://www.jaist.ac.jp/ks/general/faculty/S.Kunifuji.html

keywords: computer supported cooperative work, annotation, pen-based user interface, adaptive information sharing

Summary

SmartCourier is a Web-based system for browsing electronic documents shared in a group of people. It allows users to annotate on the documents with a pen interface, and share the annotations among the users having similar interests on the documents. Also, the system recommends a user unread documents inferred interesting to the user by using a collaborative filtering method. We prototyped two versions of SmartCourier. The first version used a method to matchmake users according to agreement of annotated area on the same documents without any semantic processing of the annotations and the base documents. The second version employed a method to extract keywords from the annotated area of the base documents and find other related documents sharing the keywords. The experimented evaluation shows the second version of SmartCourier was accepted by the users as more efficient system for facilitating knowledge interaction among them.

1. は じ め に

近年，急激に成長した WWW 環境は，我々の情報活用や協調作業に大きな変化をもたらした．教育や研究など知的触発 [國藤 95, 松下 94] を伴う創造的作業においても，これを支援するネットワーク環境の研究が盛んになっている．電子化された情報を知識として適切に管理し，各ユーザの状況に適応的な利用環境を構築することは，重要な課題である．本稿では，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の興味関心といった状況に関わる情報を抽出し，適応的な情報獲得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る．

最初に構築された SmartCourier for JSAI2001 では，学会会場におけるユーザの参加状況や興味関心といった状況に応じて，展示見学に関連する個人化された情報提供を行い，効率的な情報獲得や参加者間の知識共有を支援する．これにより，ユーザが展示見学へ参加することを通して為される知識流通，知識創造の促進を目標としている．本システムは，学会会場で提供される電子化予稿集へのアノテーション行為からユーザの興味関心を抽出することで，適応的な論文推薦やアノテーション共有のサービスを提供する．

SmartCourier for Research Labs は，前システムの運用結果から得た知見をもとに再設計したシステムである．これは，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．

以降，2 章でアノテーションの関連研究と本研究の位置付けについて述べる．3 章では，アノテーションを用

いた知的触発支援システムである SmartCourier の第 15 回人工知能学会全国大会で運用された SmartCourier for JSAI2001 について述べる．4 章では，運用結果から得られた知見をもとに，問題点の考察とシステムの再設計を行う．5 章では，再設計案に基づき構築された，研究活動コミュニティを対象とした知的触発支援システムである SmartCourier for Research Labs について述べる．最後に，6 章でまとめと将来展望について述べる．

2. アノテーションを利用した知識共有

2·1 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 [Schilit 99, Adobe Systems Inc. 01] 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 [Davis 95, Rscheisen 94, Davis 99] 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[Gay 99] や ComMentor[Rscheisen 94] 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[Schilit 99] や Adobe 社の Acrobat[Adobe Systems Inc. 01] 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．

2·2 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[Davis 95] や eClass[Abowd 99] 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 [Gay 99] 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[Davis 99] もある．

ペン入力が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 [Mynatt 99, Gale 90]．しかし，共通の背景的知識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当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 [Marshall 97]．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識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，背景的知識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

*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．

図 1 SmartCourier for JSAI2001:会場での使用の様子

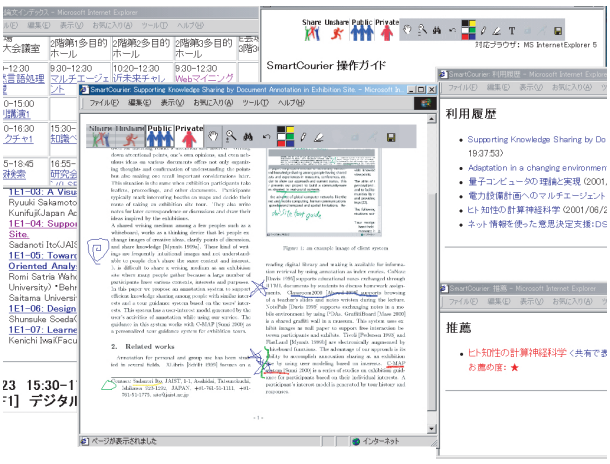


図 2 SmartCourier for JSAI2001:画面イメージ

支援を行う．

2·3 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 [Schilit 99, Adobe Systems Inc. 01] か，特定の小集団を対象に共通の背景的知識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 [Davis 95, Rscheisen 94, Abowd 99, Davis 99] 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識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識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．

3. SmartCourier for JSAI2001

本章では，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デジタルアシスタントシステム [角 00] のサブセットとして実装された SmartCourier for JSAI2001 について述べる．

3·1 システム概要

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．(図 1 参照)

§1 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

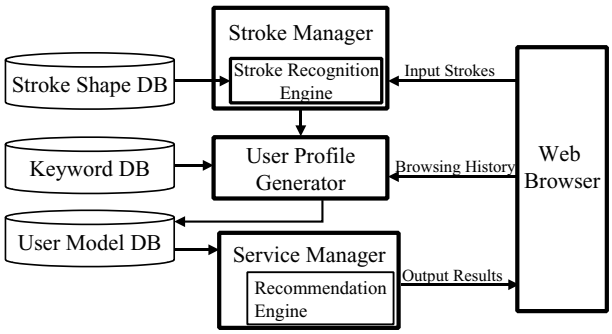


図 3 SmartCourier for JSAI2001:システム構成

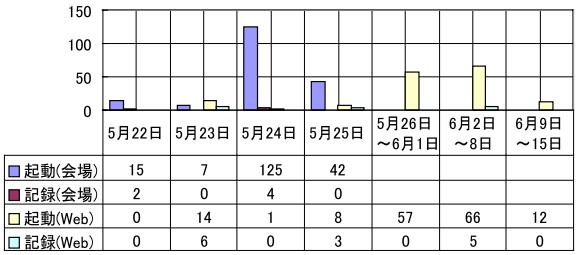


図 4 SmartCourier for JSAI2001:起動回数の推移

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．(図 2 参照)

§2 論文推薦・アノテーション共有機能

学会会場において，興味関心の近し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（次節参照）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し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．

3·2 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．(図 3 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 [Rubine 91] 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．

3·3 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 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．(図 4 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

*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★．図 2 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．

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，次章で検討する．

4. 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．

4·1 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 [吉野 00]．

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．

4·2 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無かった．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．

5. SmartCourier for Research Labs

5·1 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．

5·2 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

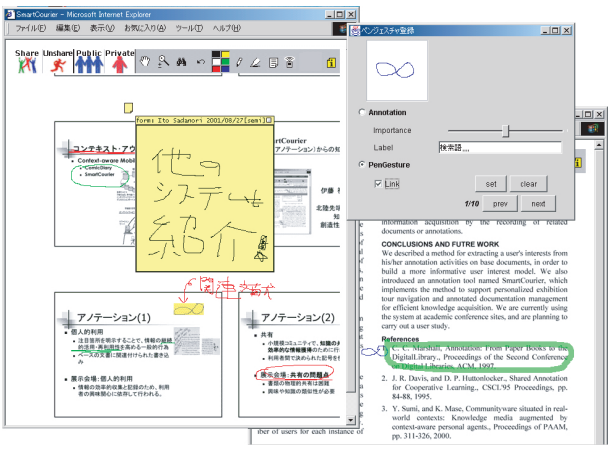


図 5 SmartCourier for Research Labs:画面イメージ

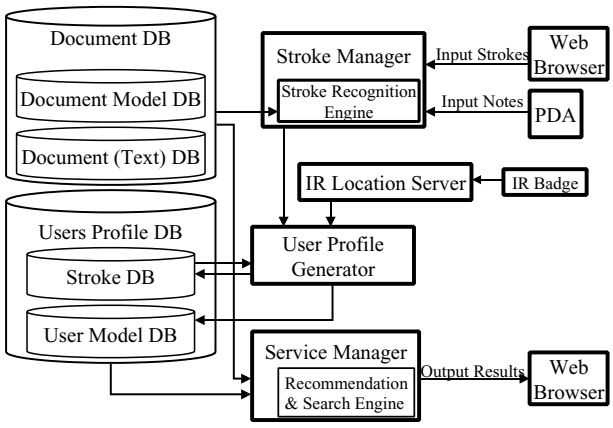


図 6 SmartCourier for Research Labs:システム構成

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．(図 5 参照)

5·3 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 [野中 00] 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，記入日時，場所，参加講義などの情報を得る．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（次節参照）．

5·4 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．(図 6 参照)

§1 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[Adobe Systems Inc. 01] 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[松本 00] 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.

§2 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用フレーズからなる．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（二つ目の記号入力で登録される）.

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 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

§3 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（表 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，近し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．

5·5 評 価 実 験

§1 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．

§2 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*5．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*6．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．

*5 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．

*6 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．

表 2 ブラインドテストのアンケート結果

		はい	いいえ	どちらでもない	合計
新手法	論文推薦	79	59	39	177
	マッチメイキング	41	29	19	89
	アノテーション共有	67	109	77	253
旧手法	論文推薦	53	65	44	162
	マッチメイキング	40	25	22	87
	アノテーション共有	52	95	94	241

§3 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表 2 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

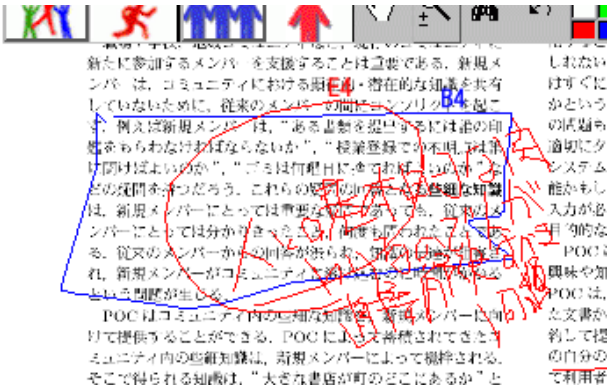


図 7 研究室を越えたコメントの例

表 3 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

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」「(自分の専門ではなく) 周辺の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．図 7 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．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か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（表 3 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のかわからなかった」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このようなシステムは，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*7（図 8 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*8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．

*7 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．
*8 集団内の下位集団．密度 1，ノード数 3 以上のサブグラフ．

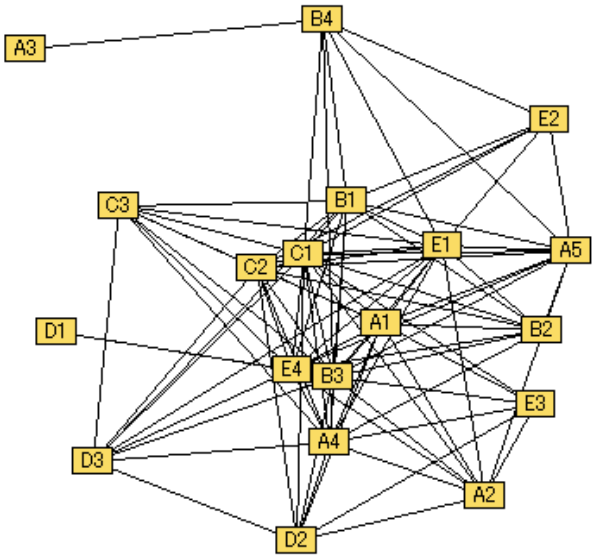


図 8 確認された潜在的コミュニティ

6. お わ り に

本稿では，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移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．

謝　　辞

本研究に様々なご協力を頂いた，JSAI2001 の関係者と参加者の皆様に深く感謝致します．

日頃ご指導頂く国際電気通信基礎技術研究所の中津良平氏、試行実験にご協力頂いた北陸先端科学技術大学院大学の皆様に感謝致します。

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。

◇ 参　考　文　献 ◇

[Abowd 99] Abowd, G. D.: 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).

[Adobe Systems Inc. 01] Adobe Systems Inc., : Acrobat Version 5 (2001), http://www.adobe.com/products/acrobat/.

[Davis 95] Davis, J. and Huttonlocker, D.: CoNote System Overview (1995), http://www3.cs.cornell.edu/dph/docs/annotation/annotations.html.

[Davis 99] Davis, R. C., Landay, J. A., Chen, V., Huang, J., Lee, R. B., Li, F. C., Lin, J., Morrey, III, C. B., Schleimer, B., Price, M. N., and Schilit, B. N.: NotePals: Lightweight Note Sharing by the Group, for the Group, in *Proceedings of the CHI '99 Conference*, pp. 338–345, ACM Press (1999).

[Gale 90] Gale, S.: Human Aspects of Interactive Multimedia Communication, *Interacting with Computers*, Vol. 2, No. 2, pp. 175–189 (1990).

[Gay 99] Gay, G., Sturgill, A., Martin, W., and Huttenlocher, D.: Document-centered peer collaborations: exploring educational uses for networked communication technologies, *Journal of Computer-Mediated Communication*, Vol. 4, No. 3 (1999).

[國藤 95] 國藤進：知的触発のためのコミュニケーション環境, 第 2 回先端科学技術シンポジウム講演論文集 Future Communication (1995), 北陸先端科学技術大学院大学主催，東京工業大学百年記念館.

[Marshall 97] Marshall, C. C.: Annotation: From Paper Books to Digital Library, in *Proceedings of the 2nd ACM international conference on Digital libraries*, pp. 131–140 (1997).

[松本 00] 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『茶筌』version 2.2.1 使用説明書 (2000).

[松下 94] 松下温, 岡田謙一, 勝山恒男, 西村孝, 山上俊彦（編）：知的触発に向かう情報社会, 共立出版 (1994).

[Mynatt 99] Mynatt, E. D.: The Writing on the Wall, Human-Computer Interaction INTERACT '99 (1999).

[野中 00] 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).

[Rscheisen 94] Rscheisen, M. and Mogensen, C.: ComMentor: Scalable Architecture for Shared WWW Annotations as a Platform for Value-Added Providers, in *Stanford University Technical Report* (1994).

[Rubine 91] Rubine, D.: Specifying gestures by example, in *Proceedings of ACM SIGGRAPH '91:Computer Graphics* (1991).

[Schilit 99] Schilit, B. N., Price, M. N., Golovchinsky, G., Tanaka, K., and Marshall, C. C.: As we may read: the reading appliance revolution, *IEEE Computer*, Vol. 32, No. 1, pp. 65–73 (1999).

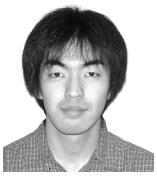
[角 00] 角康之：JSAI2000 デジタルアシスタントプロジェクトの報告, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 6 (2000).

[吉野 00] 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).

〔担当委員：武田英明〕

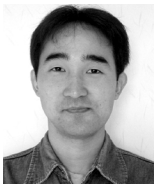
2001 年 9 月 16 日　受理

著 者 紹 介



伊藤 禎宣（学生会員）

2000 年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了．現在，同博士後期課程在学中．知識処理システムや協調作業支援システムに興味を持つ．



角 康之（正会員）

1990 年早稲田大学理工学部電子通信学科卒業．1995 年東京大学大学院（情報工学）修了．同年より，（株）ATR 知能映像通信研究所研究員．現在，（株）ATR メディア情報科学研究所主任研究員．博士（工学）．発想支援システム，知識処理システムの開発，およびその人間協調系への応用研究に従事．

間瀬 健二（正会員）

1979 年名古屋大学工学部電気学科卒業．1981 年同大大学院工学研究科修士（情報）課程修了．同年日本電信電話公社（現在 NTT）入社．1988〜89 年米国 MIT メディア研究所客員研究員．1995 年より（株）ATR 知能映像通信研究所第二研究室室長．2001 年より ATR メディア情報科学研究所第一研究室室長．1996 年より大阪大学大学院非常勤講師．コミュニケーション支援のためのインタフェースエージェントの研究を推進している．人工知能学会 1999 年度論文賞．博士（工学）．

國藤 進（正会員）

1974 年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了．同年，（株）富士通国際情報社会科学研究所入所．1982〜86 年，ICOT 出向．1992 年より北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科教授．1998 年より知識科学研究科教授．現在では主として発想支援システム，グループウェア，知識システムの研究に従事．情報処理学会創立 25 周年記念論文賞，人工知能学会 1996 年度研究奨励賞各受賞．工学博士．情報処理学会，計測自動制御学会，電子情報通信学会，日本創造学会など各会員．