

NAIST-IS-DT9861018

博士論文

外化記憶の構築と共有の支援に関する研究

平田 高志

2001年2月6日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
博士(工学)授与の要件として提出した博士論文である。

平田 高志

審査委員： 植村 俊亮 教授
木戸出 正継 教授
西田 豊明 教授
松本 裕治 教授

外化記憶の構築と共有の支援に関する研究*

平田 高志

内容梗概

本研究の目的は、人間の日常生活における思い付きやアイデア、身の回りの情報を計算機上に取り込んで活用したり、他者と共有することを支援するシステムの構築である。本論文では、人間が日常生活で出会う思い付きなどの雑多な記憶を外在化し、計算機上に表現したものを外化記憶と呼ぶ。

外化記憶の構築における作業の軽減、及び不完全・不正確な情報でも記述できる情報表現として「連想表現」を提案する。連想表現は、情報間に単に関連があることだけを記述し、その関連の意味付けを厳密には定義しない。また、ネットワーク・コミュニティ（以下コミュニティ）において外化記憶を共有するために、「分身エージェント」と呼ばれる概念を提案する。分身エージェントは、個人の外化記憶を保持し、個人に代わって他人や他の分身エージェントに公開する機能をもつ。公開された外化記憶は、その相互の関連を各メンバを象徴する分身エージェントの間の擬似的な会話として表示される。それを閲覧することにより、ユーザは自分の属するコミュニティあるいは未知のコミュニティの各メンバのもつ関心事や知識の概要と相互関係を把握できる。本研究では、(1) 個人における外化記憶の構築・再利用と、(2) コミュニティにおける外化記憶の共有を支援するシステムを実装し、評価実験を行なった。

(1) 個人における外化記憶の構築・再利用支援として、日常生活における思い付きや、身の回りの雑多な情報を外化記憶として構築、整理、編集できるシステム CoMeMo-Organizer を提案する。システムの実現にあたり二つのインタフェース

*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 博士論文, NAIST-IS-DT9861018, 2001年2月6日.

を実装した。(a) ペン入力可能な携帯端末と連想表現を組み合わせるにより、何時でも何処でもすばやく外化記憶を構築できるインタフェースを実装した。ペンをういたジェスチャーによるシステムとのインタラクションによる情報の編集(作成、削除、関連付け等)を実現した。(b) 閲覧中の WWW ページ上に注釈(ハイライト、アンダーライン、コメント)をつけたり、単純なマウス操作により必要な情報だけを切り出せるインタフェースを実装した。注釈や切り出された情報は、外化記憶として蓄積する。また、それらの情報からキーワードを抜き出し、時間の推移とキーワード間の共起関係を利用して閲覧した WWW ページを自動分類し 2 次元平面上に表示する。過去に興味を持って閲覧した WWW ページの能動的なブックマーク機能として利用でき、過去の記憶の想起を支援する。

(2) コミュニティにおける外化記憶の共有支援として、メンバ間で外化記憶を相互に開示することによるコミュニケーション促進環境を提供し、共通の話題発見や知識の発展を支援するシステム CoMeMo-Community を提案する。分身エージェントを使って外化記憶を共有できるソフトウェアを開発した。人工知能論講義出席者の有志(博士前期課程学生:45名)に、自分の興味や関心を外化記憶として記述し、相互に閲覧しながら自分の外化記憶を発展させていく「公開型知識共有実験」を約1ヶ月にわたり実施した。実験の結果、2506の外化記憶が公開された。また、以下の3点について知見を得た。(a) 知識の共同構築:他のメンバが公開した情報を元に、新たな情報を関連付けて公開していた。(b) 公開情報の拡散効果:連想を用いて複数のメンバから複数の外化記憶を引き出した。特に、外化記憶を相互に公開しあうことが知識の活性化に有効であることがわかった。(c) 新たな人間関係の発見:システムを通じて共通の趣味が分かり新たな人間関係形成を支援した。

これらの結果、外化記憶の蓄積・再利用するためのインタフェースの構築が可能であることが分かった。また、分身エージェントを使って外化記憶を共有することは、知識の活性化、人間関係の発見に有効であることが示唆された。

キーワード

外化記憶、連想表現、知識共有、分身エージェント、CoMeMo

Studies on the Support for Constructing and Sharing Externalized Memory*

Takashi Hirata

Abstract

The aim of this research is to develop a system which helps people to construct, reorganize and share their ideas and thoughts we hit on in everyday life. We call such ideas and thoughts 'everyday memory.' People usually externalize their everyday memory using a diary or a notebook in order to aid their understanding and store it while reading or thinking. People also can review their memoranda to recall what they have thought, and share it with each other. We propose a method for the support of accumulating personal everyday memory by a computer and sharing it in a networked community. We call externalized personal everyday memory on a computer 'externalized memory.'

We developed a system called CoMeMo-Organizer which enables people to construct externalized memory at any time and any place using an information representation called 'associative representation.' Associative representation connects various information media without defining the semantics strictly. By leaving the interpretation of the semantics to tacit human background knowledge, the representation becomes compact and robust. This system also has function that enables people to annotate (underline, circle and comment) directly on the WWW page while they are reading it. These annotations are accumulated as externalized memory. To promote reuse of accumulated externalized memory,

*Doctor's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DT9861018, February 6, 2001.

the system classifies and recalls them automatically based on time, place, and relationships among the concepts.

We developed a system called CoMeMo-Community which supports community knowledge sharing using a Talking-Virtualized-Ego (TVE) metaphor. The virtualized ego is a software agent that functions as an alter-ego. It works as a medium for conveying one's knowledge to others by interacting with other visualized egos or community members over a network. This interaction among virtualized egos visualizes knowledge interaction in a community. We performed an experiment using CoMeMo-Community to examine the following three features: (a) how people generate associative representation from ideas, (b) how community knowledge evolves by people expressing their own ideas clearly, and (c) how people act in such a knowledge-creating process. The subjects were 45 M.Eng. students who took a lecture on artificial intelligence at our institute. The total number of the created knowledge was 2506. In this four-week experiment, we observed the following facts: (a) Community knowledge building: some subjects created new information based on the information published by other subjects. (b) Change of topic: although most of the published information was about local sites information at first, as time passed, the topic changed to research. and (c) Creation of new human relationships: one subject made friends by contacting with other subjects using the system.

The above results indicate that it is possible to develop a system which helps people to construct and share their externalized memory using associative representation and TVE metaphor.

Keywords:

externalized memory, associative representation, knowledge sharing, virtualized ego, CoMeMo

目次

1 序論	1
1.1 はじめに	1
1.2 知識創造コミュニティ	1
1.3 記憶と外化記憶	3
1.3.1 外化記憶	4
1.3.2 知識創造スパイラル：形式知と暗黙知のインタラクション	7
1.4 インタラクションにおけるコミュニケーション	9
1.4.1 コミュニケーション	10
1.5 ネットワークを介したコミュニケーション	12
1.5.1 ネットワーク・コミュニティ	13
1.5.2 ネットワーク・コミュニティの特徴	14
1.5.3 ネットワーク・コミュニティにおける思考形態	15
1.6 本論文の研究対象	15
1.7 本論文の構成	17
2 外化記憶を利用した知的生産活動支援の提案	20
2.1 人間の知的生産活動	20
2.1.1 創造性への認知的アプローチ	21
2.1.2 創造性への実用的アプローチ	22
2.2 計算機を用いた知的生産活動支援－創造性への工学的アプローチ－	24
2.2.1 発想支援システム	24
2.2.2 知的情報統合	26
2.2.3 グループウェア	28
2.2.4 コミュニティウェア	30
2.3 外化記憶を利用した知的生産活動支援システムの提案	32
2.3.1 連想表現	33
2.3.2 外化記憶を利用した知的生産活動支援システム	37
2.4 本研究の位置付け	38

3	日常生活における個人の外化記憶の構築支援	42
3.1	はじめに	42
3.2	日常生活における外化記憶の獲得	43
3.2.1	日常記憶の特性	43
3.3	外化記憶を利用した知的生産活動	45
3.3.1	知的生産活動における外化記憶の利用モデル	45
3.3.2	個人の知的生産活動支援システムの要件	48
3.3.3	外化記憶を利用した知的生産活動支援	50
3.4	個人の外化記憶構築支援システム：CoMeMo-Organizer	52
3.5	思考空間ブラウザ	55
3.6	オーバレイ WWW ブラウザ	61
3.7	外化記憶分類表示ブラウザ	64
3.7.1	興味空間ブラウザ	64
3.7.2	地理空間ブラウザ	70
3.7.3	カレンダーブラウザ	71
3.8	携帯端末を利用した外化記憶構築支援	72
3.9	外化記憶の構築・想起実験	75
3.9.1	実験システムの概要	75
3.9.2	実験の手順	78
3.9.3	結果と考察	79
3.10	おわりに	82
4	分身エージェントを用いたコミュニティにおける外化記憶の共有支援	83
4.1	はじめに	83
4.2	コミュニティにおける外化記憶の共有	84
4.2.1	コミュニティの知識共有における問題点	84
4.2.2	コミュニティ知識共有支援システムに必要な要件	85
4.2.3	情報開示の促進によるヒューマンネットワーク・知識ネット ネットワーク形成支援	86
4.3	分身エージェント：人間の記憶を保持するエージェント	90

4.3.1	分身と記憶	90
4.3.2	分身エージェント	91
4.3.3	コミュニティ・インタラクションにおける分身エージェントの役割	92
4.4	コミュニティ知識共有支援システム：CoMeMo-Community	93
4.5	個人およびコミュニティの記憶管理	94
4.5.1	連想表現交換フォーマットを用いた記憶開示	95
4.6	コミュニティ記憶の視覚化	97
4.6.1	疑似会話をを用いた外化記憶の直接関係表示	97
4.6.2	外化記憶の連想木／相関関係を用いた概観表示	100
4.7	メッセージ機能	104
4.8	予備実験－疑似会話による情報提示－	104
4.8.1	実験の手順	105
4.8.2	実験の結果	105
4.8.3	予備実験の考察	106
4.9	公開型知識共有実験	107
4.9.1	実験の手順	107
4.9.2	結果と考察	110
4.10	公開型知識共有実験の比較	118
4.11	おわりに	120
5	関連研究と議論	121
5.1	個人の知的生産活動支援	121
5.2	コミュニティ活動支援	122
5.3	議論	124
6	結論	130
	謝辞	132
	参考文献	134

研究発表一覧	141
付録	146
A. 数量化三類	146

目次

1	知識創造コミュニティ: ヒューマンネットワークと知識ネットワークの相乗的発展の場	2
2	外化記憶の位置付け	5
3	知識変換スパイラル (野中, 1996)	9
4	コミュニケーション過程のモデル (竹内, 1973)	12
5	計算機による支援の位置付け	17
6	本論文の構成	18
7	連想表現の例	35
8	連想表現の例 (エージェントからの自由連想)	36
9	システムの全体像	37
10	本研究のグループウェア・コミュニティウェアにおける位置付け	40
11	知的生産活動のモデル	47
12	個人の知的生産活動支援の概要	52
13	ブラウザ間の連携	54
14	思考空間ブラウザの例	55
15	ペンジェスチャに対応した情報編集	56
16	付加情報ダイアログの例	58
17	オーバレイ WWW ブラウザの構成	60
18	WWW ページからの情報抽出	62
19	興味空間ブラウザ	65
20	興味語の推移	68
21	地理空間ブラウザの例	69
22	カレンダーブラウザを用いた外化記憶の管理	72
23	CoMeMo-Palm	73
24	CoMeMo-AMITY	74
25	実験システム概要	77
26	外化記憶の想起過程	78
27	外化記憶の保存過程	79

28	実験中の地理空間ブラウザ	81
29	自己開示から知識共同創造・構築へ	86
30	コミュニティのライフサイクルと開示情報	87
31	分身エージェント	91
32	ユーザと分身エージェント	92
33	CoMeMo-Community における知識共有サイクル	94
34	連想表現と連想表現交換フォーマットの対応	95
35	ネットワークを介した分身エージェントの獲得機構	96
36	分身エージェントの行なう疑似会話の例	98
37	分身エージェントの行なう疑似会話の例 (WWW 版)	99
38	「奈良」／「人工知能」からの連想木表示	101
39	奈良に関する連想語の相関	102
40	奈良に関する連想語の相関を元にしたメンバの相関	103
41	実験参加者の推移	108
42	記憶開示文書編集ページ	109
43	知識総数の推移	112
44	開示情報の推移	114
45	開示情報 (前半・後半) の比較	115
46	個人毎の開示情報数とその内訳	116
47	本論文での成果	125

表目次

1	暗黙知と形式知の特性（野中, 1996）	8
2	創造性活動の時間的経過	23
3	WWWブラウジングから抽出された高出現頻度語句一覧	67
4	実験システムに使用した機材	76
5	各地点における外化記憶の想起状況	80
6	実験参加者からの意見	110
7	記憶開示文書編集ページへのアクセス回数と開示情報数	113
8	各情報公開実験の比較	119

第1章

序論

1.1 はじめに

本研究の目的は、外化記憶をもとにした知的生産活動を支援するシステムの構築である。外化記憶とは、人間の記憶の一部を外在化し、計算機上に表現したものである。人間は、知的な活動を行なう際には、内的な情報処理の結果を外在化して、外的な情報として活用することで、より複雑な思考を実現している。また、外在化された個人の情報は、将来において活用したり、他者と共有することが可能になる。本研究では、日常生活の中で起こるふとした思い付きやアイデアを外化記憶として獲得し、個人で再利用したり、他者と共有することによる知的生産活動支援を目指す。

1.2 知識創造コミュニティ

1960年代から、知識をめぐって様々な概念や言葉が生まれ、世紀末になりそれらが現実味を帯びてきた。ピーター・ドラッカー、ダニエル・ベル、アルビン・トフラーなど、著名な経営思想の提唱者たちは、繰り返し知識の時代の到来を言及しつづけてきた。ドラッカーは著書「ポスト資本主義社会」で知識だけが意味ある資源だと論じている。トフラーは著書「パワーシフト」で、時代の変化につれ、パワーの源泉が「軍事力」から「経済力」へ、そして「知(力)」へと、変わると予言した。90年代後半から欧米ではなかばブームになっている「ナレッジマネジメント (KM: Knowledge Management)」も、こうした関心が顕在化したものである。ナレッジマネジメントとは、個々人の知識や企業の知識資産を組織的に集結・共有することで効率を高めたり価値を生み出すことであり、そのため

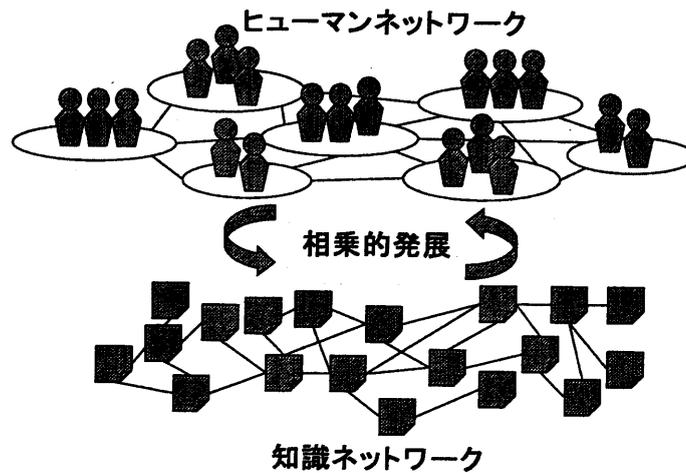


図 1 知識創造コミュニティ: ヒューマンネットワークと知識ネットワークの相乗的發展の場

の仕組み作りや技術の活用を行なうことを言う。

この社会の変革は、企業においてだけでなく、個人の日常生活においても影響を及ぼしつつある。特に、インターネットや PC (Personal Computer) の個人レベルへの普及に伴い、個人の情報発信や情報交換の場として WWW (World Wide Web) の利用が急増している。その WWW 上では、BBS (Bulletin Board System) や IRC (Internet Relay Chat) を介して個々人が持つ情報や知識を相互に交換する目的で、ある特定の志向や興味を基に、組織化されていない不特定多数の人々から構成されるネットワーク・コミュニティ (以下、コミュニティ) と呼ばれるものが形成されている。また、携帯電話や PDA (Personal Digital Assistant) 等の進歩により、何時でも何処でも情報ネットワークへ接続し、情報の収集・閲覧はもちろん情報の発信も自由に行なうことが可能となった。これらは、従来では持ち得なかった情報発信の手段を一般レベルへ普及し、個人が情報の享受者でもあり、同時に発信者にもなり得ることを意味する。一方的に情報を提供する、または提供される情報環境から、双方向の参加が可能な情報環境への変化といえる。

本研究は、ネットワーク上に構成されるコミュニティにおいて、個人及びコミュニティの知識の発展の支援を目指した研究である。特に、人間同士の関係が作り

出す「ヒューマンネットワーク」と、人間が産出した知識の繋がりを中心とした「知識ネットワーク」の相乗的發展する場としての「知識創造コミュニティ」の形成・支援に焦点を当てる（図1）[2]。知識創造コミュニティは、1人ひとりが創造的に活動でき、お互いを触発することによって、さらに知的能力が増幅され知的生産性を高める環境として考える。

本研究では、特に個人の記憶を管理・利用した知的生産活動に焦点を当てる。記憶や人間の創造性に対しては、それぞれ心理学や認知科学においてその現象の解明に対する研究は多く行なわれてきた（1.3.1、2.1.1参照）。しかし、記憶という現象を、創造的な側面から眺める見方は、まだ一般的ではない[3]。KJ法やブレインストーミングといった人間の創造性を発揮させるような方法論も既にいくつか試みられている（2.1.2参照）。この方法論を計算機により支援することを目的とした工学的な研究も、人工知能などの分野において盛んに行なわれている（2.2参照）。しかし、人間の記憶を考慮した知的生産活動の計算機による支援に関する研究は少ない。また、個人の記憶を、個人のみではなく他者と共有するという試みも稀である。本研究の特徴は、個人の記憶を個人及び他者との間で利用しながら知的生産活動を計算機により支援するところにある。

次節以降では、まず、本研究で対象とする外化記憶と呼ばれる、人間の記憶を計算機上に外在化した情報について定義する。また、コミュニティでの各メンバー同士がインタラクションを行なうために重要となるコミュニケーションについて、特に計算機を介したコミュニケーションについて考察する。

1.3 記憶と外化記憶

身の回りには、様々な情報があふれている。人間は、周りの環境からの情報を個々の記憶に定着した知識を使って解釈し、判断し、行動を起こす。人が行動を起こすことにより、人を取り囲む環境または他者へと情報の解釈の結果が伝達されていく。以前とは違った情報の解釈や行動がされると、そこに新たな情報や知識が生まれる。新たな情報の創出には、既存の情報の新たな組み合わせや、新たな関係の発見が重要である。計算機支援のもと情報が瞬時にやり取りされる世界においては、時間や空間を超えて情報の組み合わせや流れが次々と生まれ、大量

の情報が絶え間なく産出される。これらの産出物は、情報や知識同士のインタラクションの産物であるといえる。

人間は、個人の頭の中にある情報を、将来において活用したり、他者とコミュニケーションするために外部の表象（言語、記号等）に変換する。この行為は、記憶の外在化と呼ばれている。人間は、外在化された情報を使って、個人の思考及び他者とのインタラクションの多くを行なっているといえる。

1.3.1 外化記憶

本研究では、人間の日常生活における思い付きやアイデア、身の回りの情報を「外化記憶」として計算機上に構築し、再利用や他者との共有などのインタラクションを通じて、外化記憶の発展を促進させることを考える。外化記憶とは、人間の記憶の一部を情報表現によって計算機上に外在化したものを呼ぶ。本節では、人間の記憶の形成過程を概観することにより記憶の特質を明らかにし、外化記憶の定義及び人間の記憶形成過程における位置付けについて述べる。

図 2 に、人間の記憶モデルと外化記憶との関係を示す。人間の記憶モデルは、アトキンソンとシフリンの二重貯蔵モデルを参考に行っている [4]。人間の記憶モデルは、概ね「情報」の獲得、「記憶」の形成、「知識」として定着の順に進むと考えられる。

情報は、ある特定の目的について、適切な判断を下したり、行動の意思を決定するために利用される刺激である。

記憶は、人間が頭の中に保持している情報である。外部から入ってきた情報は、感覚記憶に蓄えられパタン認識が行なわれる。膨大な情報に対しては、その一部の情報に注意を向けることによって、必要な情報への処理を優先的に行なったり、記憶への保持を行なう。獲得された情報の保持される時間によって、「短期記憶」と「長期記憶」に分類される。短期記憶は、リハーサルやコーディングなどの記名処理が行われないと 15～30 秒程度で消失してしまう。そのため、人々は記名処理が困難な場合には、外的記憶補助 (external memory aid) を利用する¹。具体的には、メモや手帳の利用などがある。特徴として、短期記憶にある情報は意

¹リハーサルなどの記名処理は、内的記憶補助 (internal memory aid) と呼ばれる。

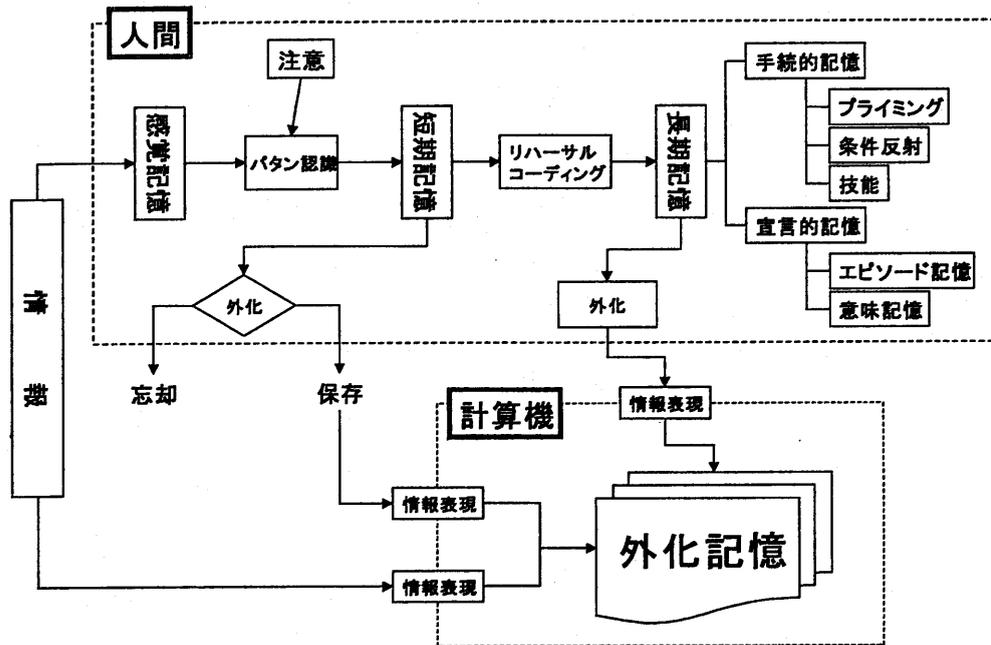


図2 外化記憶の位置付け

識しやすい反面、短時間のうちに消失してしまう恐れがある。長期記憶は、「鯨は哺乳類である」というような言語によって記述できる事実（意味記憶）や時間的・空間的文脈の中に位置付けることのできる出来事（エピソード記憶）に関する記憶である「宣言的記憶」、「自転車の乗り方」のような必ずしも言語的に記述できるとは限らない記憶である「手続的記憶」に分けられる[4]。特徴として、知識として定着し事後の情報処理に利用できる反面、意識し難い、また忘却（検索失敗）や記憶の置換等により記憶が変容してしまい、獲得した時点における記憶そのものを取り出すことは難しいという点がある。

知識は、広辞苑によると「認識によって得られた成果」であり、基本的に、個人により構成されるものである。人間にとっての知識は、様々な場面での問題解決や理解のための永続的に表象された経験の集合である。つまり、目標指向的な情報の圧縮・豊富化・書換えなどの活動の所産である。一般的な知識とは、記憶モデルにおける意味記憶に対応する。また、個々の人間が持つ知識は、本人の経験の集積にのみならず、他者の経験からの獲得にも基づいている。他者が獲得し

た知識であっても、お互いに共有された記号により表現されるものは、ある程度伝達可能である。書籍などが典型的な例である。作者が体験して得た知識を、言語という記号を用いて表現し、読者がそれを読むことによって作者の知識が伝達される。

本研究において計算機は、人間の外的記憶補助としての位置付けにある。外化記憶として獲得する記憶として、短期記憶及び長期記憶に保持されている情報の両方を対象とする。短期記憶中の情報については、外在化もしくは内的処理を施さなければ忘却されてしまうため、忘却される前に外化記憶として獲得することを目指す。そこで、システムとしては、時と場所を選ばずにすかさず記憶を外在化できる仕組みが必要となる。長期記憶中の情報については、意識し難いものでも、取り合えず部分的にでも獲得していき、徐々に構造化していくことを試みる。システムとして、断片的な情報を表現でき、かつ、一旦計算機上に構築した情報でも柔軟にその構造を変化できる表現が望まれる。また、連想などの認知的負荷の低い行為を利用して意識し難い記憶を自然と引き出すような仕組みも必要と考える。

外化記憶としては、以下に示す二つの情報の形態を対象とする。

(1) 人間が意識して記憶そのものを外在化した情報

短期及び長期記憶が対象であり、人間が意識的に記憶を外在化した情報をいう。記憶に定着しておらず、記名処理が不可能、または困難な場合における思い付きやアイデア等、記憶に定着している断片的に意識できた情報等が対象となる。例えば、講演聴講中でのメモやノートへのふとしたアイデア・感想の記述などが挙げられる。

(2) 人間の中の記憶を引き出すような情報

長期記憶が対象であり、その情報を見た人間に連想（プライミング）等を起こさせて記憶を呼び起こすような情報をいう。例えば、読書中に、本文や余白に付けられた線や記号等や付箋紙に書かれた単語等の情報が挙げられる。余白に付けられた記は、人間の記憶そのものが外在化されたわけではないが、それを見ることによって記を施した時の記憶を蘇らせる効果がある。

(2)の形態としては、記憶を形成した場所の視覚情報や聴覚情報なども考えられる。人間は、昔見た場所の視覚情報や、昔聞いた聴覚情報などから、以前の記憶を呼び起こすことが多々ある。図2において情報から人間の記憶モデルを通らずに、直接計算機上に情報そのものを獲得する手法がこれにあたる。近年、開発が進められているウェアラブルカメラなどもこの考えに基づいて研究が進められている。しかし、本研究では、様々な記憶支援が考えられるなかで、一旦人間の記憶モデルの中で作成された情報のみを対象とし、記憶支援システムとしての最小セットの構築に主眼を置く。

1.3.2 知識創造スパイラル：形式知と暗黙知のインタラクション

野中ら [5] は、知識創造プロセスのモデルとして、知識（暗黙知、形式知）の変換（分節化、連結化、内面化、共同化）を提案している。また、知識の変換プロセスが、個人のレベルから組織のレベルへ、さらに組織間へのレベルへとスパイラル状に移行しながら、知識が創造されていく過程を知識創造スパイラルと呼んでいる。これは、知識創造におけるプロセスとして国内外を問わず多くの人々の間で認識、参照されているモデルである。

人間には、まったく頭を働かせているという意識はないが、まぎれもなく頭が働いているという状態がある。この状態は、認知的無意識と呼ばれる。パターン認識や手続的知識がこれにあてはまる。前者は、人の認知システムに生得的に組み込まれたメカニズムとしての無意識である。それに対して、後者は、学習や習熟の過程において達成される後天的な無意識である。M.Polanyi は、この後者を暗黙知と名付けている [6]。

野中らはこれを受けて、知識を表1に示すような「暗黙知」と「形式知」に区別した。暗黙知を特徴づける概念には、非言語知、包括的な知、経験知、身体知、共時的な知、アナログ的な知、主観的な知等がある。一方、形式知を特徴づける概念として、言語知、分析知、合理的知、時系列的知、デジタル的な知、客観的な知があげられる。暗黙知と形式知はそれぞれ氷山の水面下の部分と水面上の部分で抽象的に説明される。また、暗黙知と形式知の変換プロセスとして、知識の伝達過程を分析し、図3に示されるような、分節化、連結化、内面化、共同化の4

表 1 暗黙知と形式知の特性 (野中, 1996)

暗黙知 (Tacit Knowledge)	形式知 (Explicit Knowledge)
<ul style="list-style-type: none"> ● 言語化しえない・言語化しがたい知識 ● 経験や五感から得られる直接的知識 ● 現時点の知識 ● 身体的な勘どころ、コツと結びついた技能 ● 主観的・個人的 ● 情緒的・情念的 ● アナログ知、現場の知 ● 特定の人間・場所・対象に特定・限定されることが多い ● 身体経験を伴う共同作業により共有、発展増殖が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ● 言語化された明示的な知識 ● 暗黙知から分節される体系的知識 ● 過去の知識 ● 明示的な方法・手順、事物についての情報を理解するための辞書的構造 ● 客観的・社会(組織)的 ● 理性的・論理的 ● デジタル知、了解の知 ● 情報システムによる補完などにより場所の移動・転移、再利用が可能 ● 言語的媒介を通じて共有、編集が可能

つの変換プロセスを指摘した。表出化のプロセスでは、暗黙知を明確なコンセプトに表すプロセスであり、例えば、書くということは暗黙知を形式知に変換する行為である。実際、我々は頭の中にあるはっきりと構造化されていないイメージを定着させるのに、考えを文章化したり、また他人との議論のなかで自分の考えを発言するという言語化の過程を踏む。連結化のプロセスでは、コンセプトを組み合わせて一つの知識体系を作り出すプロセスであり、異なる形式知を組み合わせて新たな形式知を作り出す。学校における教育や訓練がこのプロセスの形をとる。また、内面化のプロセスでは、行動や実践を通しての形式知の体得や、シミュレーションや実験などによる、形式知の身体化が行われる。そして、共同化のプロセスでは、経験を共有することによって、メンタルモデルや技能などの暗黙知を創造する。これは、師匠から弟子への技の伝承のように体験共有や相互信頼を築く場を持ちながら、創造的な対話をする場として、実現される。

以上の過程は個人のレベルから組織のレベルへ、さらに組織間のレベルへと、個々の変換プロセスの間をスパイラル状に移行しながら、上昇していくものである。このプロセスの最小単位は、人から人への知の伝達ということができる。こ



図3 知識変換スパイラル (野中, 1996)

の変換プロセスがスパイラル上に移行しながら知識が創造されていく過程を、知識創造スパイラルと呼ぶ。本研究では、個人及びコミュニティにおける知識の変換・伝達プロセスが相互に繰り返される過程を知識創造スパイラルと呼ぶ。

本研究での知識のインタラクションは、野中らの知識創造プロセスに対応させると、個人の記憶を外化記憶という形に表出化し、過去に作成した自分の外化記憶や他者の外化記憶と連結化を行ない外化記憶を発展させていく過程と見ることが出来る。

1.4 インタラクションにおけるコミュニケーション

知識と知識の相互作用は、コミュニケーションにおける相互理解が及ぼす重要な効果であり、これによって一層、高度の知識と知能が形成され、より進んだ相互理解に達することができると考えられる。さらに、双方の知識は固定のものではなく、コミュニケーションにより段階的に、動的に、更新される。

人と人との間で種々の行動がやりとりされる過程は社会的相互作用 (social interaction) と呼ばれる。この相互作用の過程にはコミュニケーションを抜きにして考えることは出来ない。また、“人対人”のコミュニケーションにおいて、顔を直接合わせずに、計算機を介したインタラクションも考えられる。このよう

な計算機を介した人間同士のコミュニケーションは CMC (Computer Mediated Communication) と呼ばれている。CMC の場合には、まず人と計算機との間でインタラクションが行われる。この人間と計算機の間で行なわれるインタラクションは、CHI (Computer Human Interaction) と呼ばれる。CMC については 1.5 以降において考察する。

1.4.1 コミュニケーション

人間世界において、個々の人間はそれぞれ独立な高度の情報処理系であるが、各人の持つ知識と知能の多くは、他の人とのコミュニケーションによって対話的に形成されてきたものである。単独の個人のみでは、高度の組織化された知識や知能をもつことはできない。この知識の形成は、小規模で単純な場合には一方的な通信によって行なうことができるが、大規模で複雑な場合にはコミュニケーションによって対話的に知識を形成しなければならない。このように、コミュニケーションは、対話するために必須の機能であるのみならず、知識や知能の形成過程に本質的な役割を担っているといえる [7]。

コミュニケーションの動詞である communicate を英英辞書 [8] で調べてみると、(1) to make known or understood by others (他の人から知らされる)、(2) to share or exchange opinions, information (意見・情報を共有・交換する)、(3) to join (参加する、分かち合う)、などとでてくる。コミュニケーションとは、通信の手段のみを表すものではなく、情報や知識をお互いに知らせ合ったり交換し合うことによる情報・知識の分かち合いを表すものと考えられる。

以下に、人間のコミュニケーションに関する代表的な定義を挙げる [9]。

クーリーの定義 人間関係が成立し、発展するためのメカニズムを意味する。精神のすべてのシンボルを空間的に搬送し、あるいは時間的にこれを保存する手段でもある。

ホヴランドの定義 送り手としての個人が、受け手としての他者の行動を変容させるために、刺激 (通常は言語的シンボル) を伝達する過程である。

シュラムの定義 ラテン語の Communis に由来し、私たちの間に共通性を成立させる、つまり情報、思想、あるいは態度を共有しようとする試み。

サモバーらの定義 相互通行的であり、進行的であり、また行動に影響をおよぼすプロセスでもある。ある特定の態度あるいは行動を引き起こすために、ある人（送り手）が意図的に記号化したメッセージを受け手に、ある媒介を通して送る行為である。それは、受け手がメッセージに意味を見つけ、それによって影響を受けたときに完了する。

これらの定義から、コミュニケーションの過程は、以下の四つの要素から構成される。

- (1) 何らかの情報（知識、感情、意思など）を伝達する主体としての送り手
- (2) 伝達される表象記号の集合であるメッセージ
- (3) メッセージを搬送する媒体としてチャネル
- (4) 情報の受け手

コミュニケーションの過程については、いくつかのモデル化が試みられている。竹内 [10] は、個人はメッセージの送り手であると同時に受け手でもあり、コミュニケーション過程をメッセージの相互交換の回路として示している（図4）。このモデルでは、あらゆるメッセージは相手からの情報ばかりでなく、送り手が発信したメッセージが送り手自身のフィードバックになるという自己フィードバックの過程も考慮している。このことから、情報を発信するという行為は、他者とのコミュニケーションはもちろん、自分とのコミュニケーションでもあるとも言える。また、この回路は、二者間の関係に留まらない開かれた回路であるとして、これらの開かれた回路同士が結びついて社会的コミュニケーションのネットワークを形成すると考えている。

記憶の外在化は、図4の記号化にあたる。また、本研究では、コミュニケーションの過程における(2)に対して記憶を外在化するための表象記号（情報表現）として連想表現を、(3)に対しては非同期チャネルにおいて外化記憶を搬送する媒体として分身エージェントを提案する。

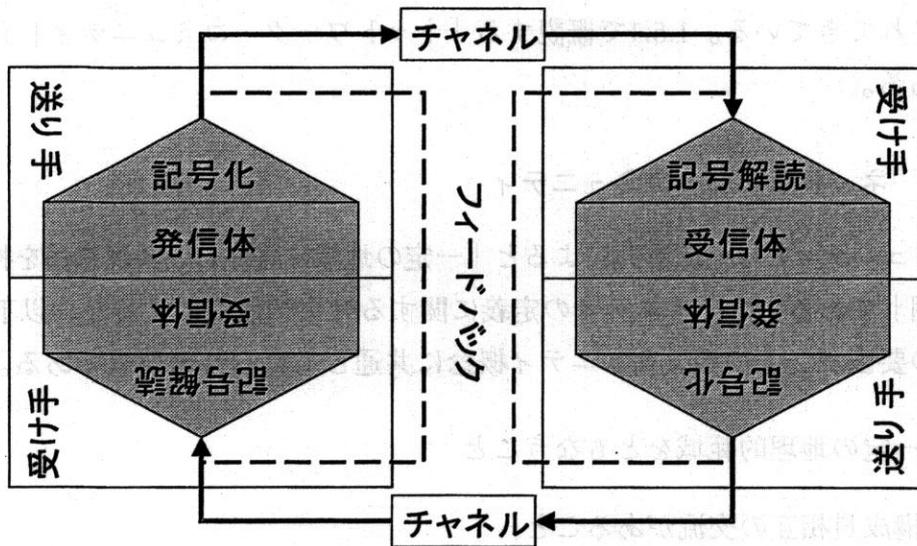


図4 コミュニケーション過程のモデル (竹内, 1973)

1.5 ネットワークを介したコミュニケーション

従来、普通の人々が、不特定多数に対して、あるいは特定の人数に対して容易に発信できるメディアを個人的に持つということはなかった。不特定多数向けの情報発信はマスメディアが行い、特定の多数者には授業や公演といった特殊な形態のコミュニケーションが行われていた。また、本や同人誌というメディアを使った方法もとられていた。しかし、これらのコミュニケーション方法は、一般人のメディアとはなれなかった。授業や公演を行うには社会的な資格や地位が必要である。本や同人誌には、出版会社の清算や発行までの時間的な長さの問題等がある。

計算機は、遠隔にいる人間同士がコミュニケーションを行う空間を電子的に作り出した。この電子的空間を介して行われるコミュニケーションは、CMCと呼ばれている。CMCは、発信者の社会的な制約、発信の採算性や時間的な長さといった従来のコミュニケーションの問題を大幅に減じた。これにより、誰にでも不特定多数に、あるいは特定多数に、いつでも情報を発信できる可能性が開かれ、一方的に情報を提供する情報環境から、双方向の参加が可能な情報環境へという変

化が起きている。この情報環境の変化により、ネットワーク上に新たな社会が作り出されてきている。1.5.1で概説する「ネットワーク・コミュニティ」もその一つである。

1.5.1 ネットワーク・コミュニティ

コミュニティとは、広辞苑によると「一定の地域に居住し、共属感情を持つ人々の集団」である。コミュニティの定義に関する社会学研究によると、以下に示す三つの要因が、大半のコミュニティ概念に共通して見られる要素である。

- (1) 一定の地理的範囲をともなうこと
- (2) 構成員相互の交流があること
- (3) 共通の目標・関心事等の絆が存在すること

これらのことから従来のコミュニティの概念は、人々が生活を共にし、地理的に限定された広がりの中での共同体を示しており、帰属意識と連帯性を持つ地域社会と定義される。具体的には国家、都市、市町村、集落などがあげられる。

ガンパート [11] は、電話をはじめとする多くのメディアが出現したことにより、「地図のないコミュニティ」が出現しつつあることを指摘している。これは、様々なメディアが空間的な制約を取り除き、対人コミュニケーションの範囲を拡大・分散した結果、人間同士の話し合いに「同じ場所にいる」という条件が不要になってきていることを表している。また、日本情報処理開発協会 [12] も「意思を表現したデータによるコミュニケーションを行う」「距離的、時間的、空間的さらにはプライバシーのバリアを超えたコミュニケーションを行う」場として、データ・コミュニティという類似の考え方を提唱している。

現在、高度情報化社会といわれるように急速に情報技術が発展し、特に電子メールやWWW等に見られるインターネット技術の進歩は著しい。このインターネットなどを基幹としたネットワーク上に、電子メディアによって仮想的に形成される「地図のないコミュニティ」が形成されている。この電子メディアにより仮想的に作られるコミュニティは、ネットワーク・コミュニティと呼ばれる。

1.5.2 ネットワーク・コミュニティの特徴

ネットワーク・コミュニティにおいては従来のコミュニティの構成要素の一つであった地理的な制約などを受けることがなくなった。ネットワーク・コミュニティには以下に示すような特徴がある [13]。

(1) 地理的制約からの解放

通信回線が使用可能であれば、どこからでもこのコミュニティに参加することができ、地縁や血縁とは違った「情報縁」と言うべき関係が構成員の間で形成される。

(2) 時間的制約からの解放

ホストコンピュータがメッセージ（電子メールや発言、会話）を記憶する機能を持っているので、個々の構成員は、都合の良い時にアクセスして、メッセージを送受信することができる。

(3) 多対多のコミュニケーション

録音機能、電子メール、電子会議室等を使えば、一度に多くのメンバーに情報を伝達できる。またコンピュータに情報を蓄積でき、その情報を検索・編集・発信できるため、多数の構成員の間で情報の共有と交換が簡単に行える。

(4) 社会的背景を越えた関係の形成

生別・年齢・社会的地位に関係なく匿名的に参加することができるため、普通の日常生活では会うことのできないような人同士が、意見を交わしたり、情報を交換したりする新しい出会いの可能性が生まれる。しかし、他方で、匿名であることで故意に他者を非難・中傷するような無責任な行動が行なわれ易くなる。

(5) 限定されたコミュニケーションによるトラブル

電話の場合、コミュニケーションが音声だけで行なわれ、視覚的な情報を伝えることができないため、相手との意思疎通が十分に行なえずにトラブルが発生することがある。そこで、電子メディアの使用により音声や文字

のみのコミュニケーションでは伝え難い情報も、イメージや動画などを用いてよりリアルに情報を相手に伝達することができる。

1.5.3 ネットワーク・コミュニティにおける思考形態

ネットワーク上のコミュニティには適応的な思考形態があるといわれている[14]。

前節でも述べたように、参加メンバーは常に流動的であり、その道の専門家であるわけではない。素人が専門の話に参加することによって、新しい視点が開かれる可能性があるというのがポジティブな特徴の一つである。また、コミュニケーションの場は、必ずしも何か特定の達成目標を持って議論しているわけではなく、大部分は、大雑把な議論の枠として、例えば「アウトドア」というのが定まっているのにすぎない。これらの場においては、特定の話題について議論を精緻に詰めていくというよりは、様々に話題が拡散していくのが必然的な成り行きであると言える。「面白い話」のヒントが提供される「徴候的情報」に対して多くのコメントがなされ、そこから話題が発展していき、「閉じた世界」を形作るような「精緻な情報」はあまり好まれない。心理学的に言うと、収束的思考よりは発散的思考の場であるといえる(2.2.1参照)。コミュニティでは、発想の源泉としての価値、対人的なコミュニケーション的価値、自己表現メディアとしての価値について参加者が認識しているためにインタラクションは継続されているのであろう。

1.6 本論文の研究対象

本研究の目的は、個人及びコミュニティにおいて外化記憶をもとにした知的生産活動を支援するシステムの構築である。システムの実現において、人間の記憶をどのようにすれば外在化・蓄積しやすくなるのか、また過去に蓄積した記憶をどのように再利用するのかという問題がある。また、外在化された記憶をコミュニティにおいて共有するにはどのような仕組みが必要なのか、また共有することによりどのような効果があるのかを検証する。

外化記憶の構築に関しては、以下の三点(a)(b)(c)に、外化記憶の共有に関しては、以下の二点(d)(e)に焦点を当てる。

(a) 記憶の外化表現

外化記憶として蓄積する情報をどのような形式で表現するのか。

(b) 外化記憶の構築

どのような仕組みで外化記憶をシステム上に獲得するのか。獲得した外化記憶をどのように蓄積するのか。

(c) 外化記憶の想起

外化記憶として蓄積した情報を部分的な手がかりからどのように想起するのか。

(d) 外化記憶の共同利用

複数の人間が共同して外化記憶を構築・利用する過程をどのように支援するのか。

(e) 外化記憶の提示手法

他者の作成した外化記憶をどのように提示するのか。

上記の問題に対して、以下に示す計算機による支援を行なう（図5）。

(1) 思考の道具としての計算機

計算機による情報処理の補助（例えば、情報検索、分類、整理等）や記憶の補助を行う。(a)に対しては、人間の記憶を外化記憶として蓄積する情報表現として連想表現を提案する。(b)に対しては、記憶の外在化をスムーズに行なえるようなインタフェースを提案する。(c)に対しては、展望記憶や位置情報を用いた外化記憶の提示機構を提案する。

(2) メディア（情報媒体）としての計算機

計算機によるコミュニケーションを仲介する仕組みを提案する。(d)に対しては、個人の外化記憶を、ユーザの代理である分身エージェントによって仲介させる分身メディアを提案する。(e)に対しては、ネットワーク上に存在する分身エージェントを収集してインタラクションを行わせ、各メンバーの外化記憶の繋がりを視覚化する仕組みとしての仮想会話空間を提案する。

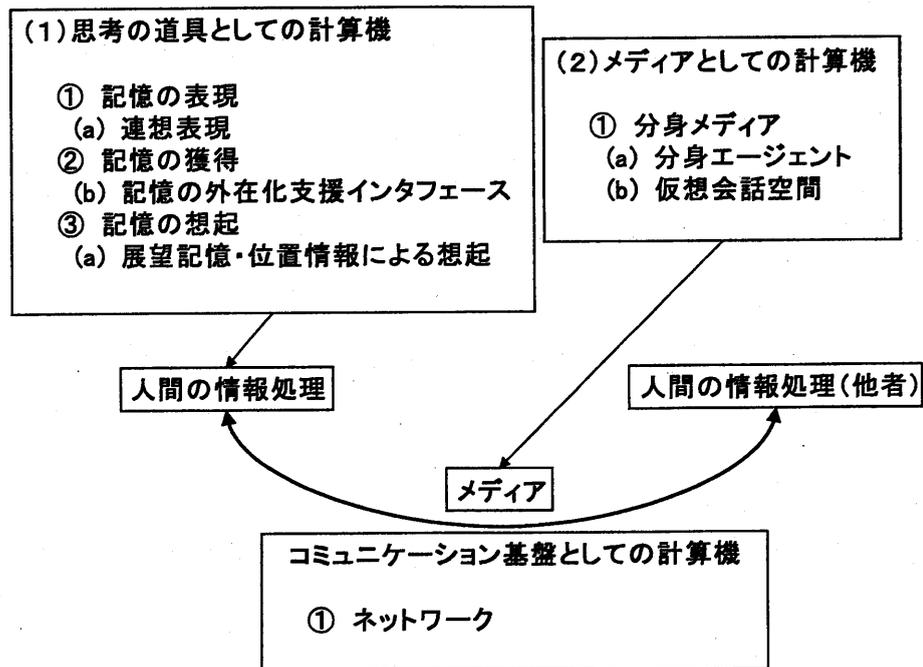


図 5 計算機による支援の位置付け

1.7 本論文の構成

本研究の目的は、個人1人ひとりが創造的に活動でき、お互いを触発することによって、さらに知的能力が増幅されて知的生産活動を高める環境（知識創造コミュニティ）を支援するシステムの構築である。提案するシステムは、個人及びコミュニティを支援する二つのシステムから構成される。それぞれのシステムは、独立ではなく相互に連携し合うことにより知識創造コミュニティを支援する。そのため、本論文も大きく二つの流れから構成される。本論文の構成（提案手法とそれに関連する背景）及び流れを図6に示す。第1章において、本研究の背景となる事項について概略し、第2章で本システムの全体像及び二つのシステムの相互関係を述べる。第2、3章で提案するシステムの詳細について説明する。最終的な本研究の目的は、提案する二つのシステムを活用して、如何にして知識創造スパイラルを起こさせるかにある。個人の記憶を外化記憶という形で外在化し、将来において再利用したり、コミュニティの中において互いに共有し合うことに

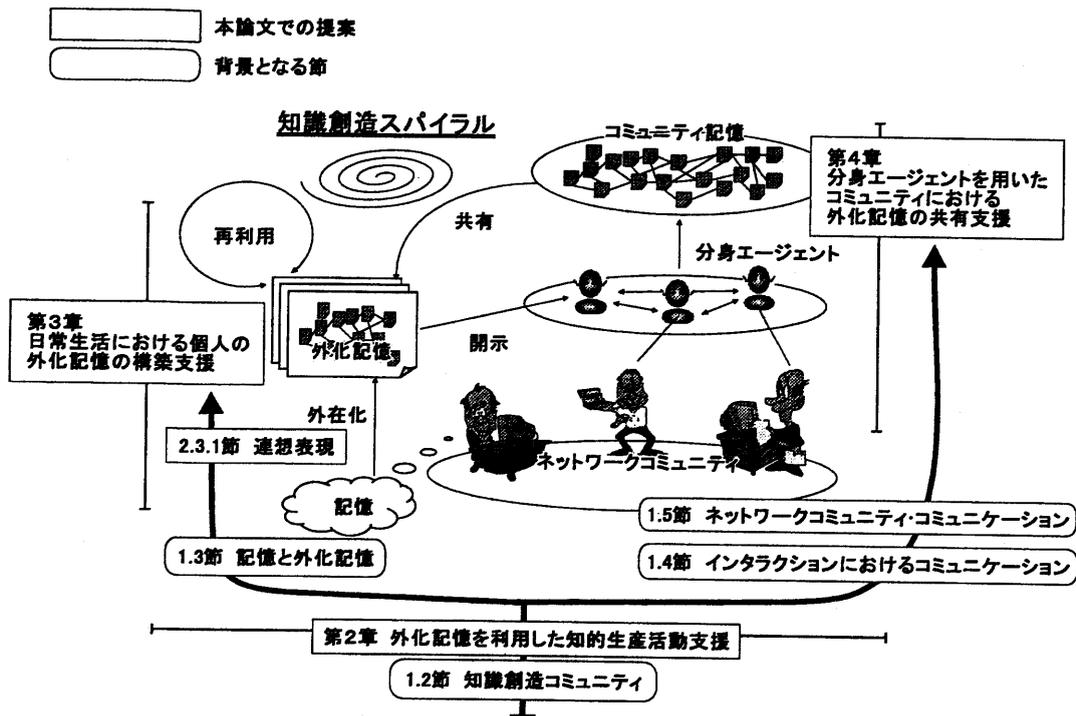


図6 本論文の構成

よる知識創造スパイラルを目指す。各章の概要については以下に記す。

第2章 外化記憶を利用した知的生産活動支援の提案

前半では、人間の知的生産活動を支援する技術を認知的・実用的・工学的アプローチから概説する。特に、工学的アプローチについては、現在までに行なわれてきた計算機を用いて人間の情報処理能力を増幅する試みについて考察する。

後半では、本研究の狙い及び提案するアプローチを説明する。特に、人間の記憶を外在化するための連想表現と呼ばれる情報表現について述べる。また、本研究の知的生産活動を支援するシステムとしての位置付けについても述べる。

第3章 日常生活における個人の外化記憶の構築支援

個人の外化記憶構築支援システム CoMeMo-Organizer を提案する。本システムは、外化記憶の作成・編集・蓄積・検索を支援する機能をユーザに提供する。特に、ペン入力可能な携帯端末と連想表現を組み合わせることによる、何時でも何処でもすばやく外化記憶を構築できるインタフェース、及び閲覧中の WWW ページ上に注釈（ハイライト、アンダーライン、コメント）をつけたり、単純なマウス操作により必要な情報だけを切り出せるインタフェースを実装した。

第4章 分身エージェントを用いたコミュニティにおける外化記憶の共有支援

コミュニティにおける知識共有支援システム CoMeMo-Community を提案する。本システムは、コミュニティにおけるメンバ間の理解の支援と嗜好・知識の共有と発展の支援を目指したものであり、個人とコミュニティの記憶管理の支援が中心となっている。特に、連想を用いて人から知識を引き出し、個人内はもちろん他者の知識も活用しながら、個々の知識の活性化を狙う。

第5章 関連研究と議論

関連する研究・システムとの比較を行なうことにより、本研究で提案するシステムについての議論を行なう。また、本論文を総括した議論及び展望について述べる。

第6章 結論

本研究で提案した手法・システムについてのまとめを行なう。

第2章

外化記憶を利用した知的生産活動支援の提案

2.1 人間の知的生産活動

人々は、情報を得て、整理し、考え、結論を出し、他の個人にそれを伝達し、行動する。このような人間の何か新しい情報の生産に向けた知的活動を知的生産と呼ぶ [15]。知的生産は、既存の、あるいは新規の、様々な情報をもとにして、それに、それぞれの人間の知的情報処理能力を作用させて、そこに新しい情報を作り出す作業である。そこには、多少とも新たなる創造の要素が含まれる。知的生産とは、考えることによる生産であると言える。

また、この知的生産をしている際の思考のあり方や効果の特徴は創造的思考と呼ばれている [16]。創造性への関心、特に質の高い知識を獲得する方法の探求は、ギリシア時代にはじまる問題解決や真理発見の方法論にまで遡るといわれている。独創的な作品を作り出す芸術化や技術者等の能力については様々な著者が論じているし、そうした能力を技法に翻訳して教示可能なものにしようとする試みは今日に至るまで続いている。

近年における創造的思考に関する研究は、大きく以下に示す三つの側面から行われている。

- (1) 思考のメカニズムを明らかにしようとする認知的アプローチ
- (2) 創造性測定や思考法・発想法などの実用的なアプローチ
- (3) 実用的なアプローチを人間が計算機を用いてより効率的に行えるように支援するシステムの開発を目指す工学的アプローチ

本研究は、システムによって知的生産活動を支援するという工学的アプローチである。

以下、2.1.1、2.1.2で認知的及び実用的アプローチをそれぞれ概観する。2.2において計算機を用いて人間の知的生産活動を支援するいくつかの研究領域について説明する。

2.1.1 創造性への認知的アプローチ

創造性への認知的アプローチにおいては、思考のメカニズムや創造のプロセスのモデル化に焦点が当てられている。

Boden[17]は、創造的思考を概念空間の操作としてとらえ、創造は概念空間の変換により生じると述べている。また、創造的なものには、心理的に創造的なものと、歴史的に創造的なものがあると述べている。個人が新しく生み出したアイデアを心理的に創造的（P-creative）、そして心理的に創造的なアイデアのうち、過去に遡っても同じものがないものを歴史的に創造的（H-creative）と分類した。

Finkeら[18]は、誰からの教示もなく日常生活の中から創造性が生まれるプロセスを「創造的認知」と呼び、そのモデルを「ジェネプロアモデル」として提案している。創造的なものを生み出すプロセスを大きく二つのグループに分けて説明している。一つ目は、創造的なものを生み出すためにイメージを膨らませる生成（generative）プロセスである。二つ目は、本当に創造的かどうかを考える探索（exploratory）プロセスであるとしている。

創造活動の時間的な経過については、G・ワラスの四段階説（準備期・孵化期・啓示期・検証期）が有名である。

- (1) 準備期：可能な限りの情報を収集し、あれこれじっくり考える時期
- (2) 孵化期：準備期に集めた情報や考えた結果を頭の中に温める時期
- (3) 啓示期：突然、神の啓示のようにアイデアが浮かんでくる時期（就寝直前、入浴時、ぼんやりしているときなど）
- (4) 検証期：浮かんできたアイデアを検証する時期

2.1.2 創造性への実用的アプローチ

創造性への実用的アプローチでは、創造的な思考を支援する目的で様々な手法（思考法、発想法）が考え出され、試みられている。これらの手法は、あくまで人間が思考するのを手助けするツールであり、実際に考えるのは本人である。思考法は考えるためのヒントを与えるものであるという位置付けにある。これらの技法は、考える方向の見極めを助けるという直接的なヒントを与えるものから、対象を整理して見通しをよくする、思考の漏れを発見しやすくするなどの間接的なヒントを与えるものまで様々である。直接的に考えを支援する手法としては、KJ法 [19]、NM法 [20] やチェックリスト法などが挙げられる。間接的支援としては、情報の収集法や整理法などが挙げられる [21][22]。

新しいアイデアを出すために使われる伝統的な手法として、カードやノートに思い付きやアイデアの断片をメモしていく方法がある。ジェームス・ヤングは、「アイデアは、既存の要素の新たな組み合わせにより生じる」と述べている。そこで、アイデアを有効に組み合わせるために、メモ（情報収集）から始まる五つの段階の必要性を説いている（表2）。

川喜多は、カードを用いた具体的な発想法として、KJ法を提案している。KJ法では、作成されたアイデアの断片（カード）ごとに一行程の見出しをつけ、関連性が感じられるカード同士を近傍に集めグループ化する。グループ化されたカード群に新たに見出しをつけ、さらにグループ化を続ける。このグループ化の過程を数回繰り返す。そして最終的に作成されたグループ間に関係を記述していく。複数のアイデアや情報の中から直感的にヒントをつかむことを容易にする編成手法がKJ法である。

これら創造的な思考を支援する手法は、2.1.1で述べたような認定的アプローチでのモデルを参考にしている例が多い。表2に、認知的アプローチの代表的モデルであるワラスの四段階説と、実用的アプローチの代表的手法のヤングの五段階法の比較を示す。

また、思考法の支援対象は、個人のみならずグループでの手法も数多く考え出されている。グループでの創造的思考を支援する手法としては、ブレインストーミングやノミナルグループ手法などがある。グループ討議の中で新しいアイデア

表 2 創造性活動の時間的経過

G・ワラスの四段階説	ヤングの五段階法
準備期	(第一期) アイデアをカードに記入し、テーマやセクションごとに分類してファイルする。
	(第二期) 蓄積された情報をいろいろな視点や観点から眺め、思い付く部分的なアイデアを紙に記入する。
孵化期	(第三期) 意識の外で情報が組み合わされていくのに任せる。
啓示期	(第四期) アイデアの実際上の誕生。
	(第五期) 最終的にアイデアを具体化し、展開させる段階。
検証期	

が提示されたとき、それが十分に育つ前に批判してしまうと、そのアイデアが消滅してしまうだけでなく、それを改善したり、それからヒントを得て生まれたかもしれない他のアイデアまで排除してしまうことになる。これを解決する手法として、ブレインストーミングが考え出された。ブレインストーミングの原則は、(1) 批判の禁止、(2) 自由奔放な発言の歓迎、(3) できるだけ多くのアイデアの創出、(4) アイデア同士を結び付け、新たなアイデアの作成、(5) 問題の明確な定義、である。

これらグループにおける発想法においては、複数による問題解決のパフォーマンスが個人単独でのそれよりも、特にグループにおいて最も優秀だと考えられる個人単独のパフォーマンスよりも優れているかが最大の関心である。しかし、社会心理学の伝統的な研究の多くが示してきたことは、グループでの協同による問題解決のパフォーマンスは、そのグループの平均的な個人を上回っても、グループ内の最良の個人を上回ることは難しいということであった。そこで、認知心理学においては、効果がいかなる状況であれば期待できるかということに関心を向

けてきた。植田ら [23] は、具体的に長期的な研究開発プロジェクトにおいて協同がいかなる意味を持つのかを分析した。その結果、協同には以下に示す二点の大きな効果があると述べている。

- ものの見方・捉え方のバイアスを除去し、考え方の大きな変更を促す可能性がある。
- 問題解決を迫られている人間に対して不足している知識を他人が補ってくれる可能性がある。

2.2 計算機を用いた知的生産活動支援 —創造性への工学的アプローチ—

知的生産とは、様々な情報をもとに、人間の知的情報処理能力を作用させて、そこに新しい情報を作り出す作業である。計算機の出現により、人間の処理能力を計算機により増幅し、アイデアの創出を支援しようとする試みが数多くなされてきた。

創造性への工学的アプローチの総称としては、「発想支援システム」が一般に使われている。WWW 上の情報を利用して創造活動を行なうには、単なる情報収集のみならず、分類・抽出などの利用までを含めて考える必要がある。このような考えに基づいた技術は「知的情報統合支援」と呼ばれている。組織における創造的な活動支援は、「グループウェア」と呼ばれ様々な研究が行なわれている。近年では、組織からコミュニティへの関心が高まり「コミュニティウェア」と呼ばれる研究領域が生れている。

以下、創造性への工学的アプローチについて「発想支援システム」「知的情報統合支援」「グループウェア」「コミュニティウェア」の4つの観点から考察する。

2.2.1 発想支援システム

発想支援システムは、創造性への工学的アプローチの総称を言う。この定義によると、発想支援システムとはきわめて広い範囲を指すことになる。そこで、発想支援システムを、支援を行う活動対象により発散的思考支援システムと収束

的思考支援システムの大きく二つにまず分類し、さらにそれらを支援のレベルによって分類し考察する [24][25]。発散的思考 (divergent thinking) と、収束的思考 (convergent thinking) という言葉は、米国の心理学者 J. P. Guilford[26] によって使われた言葉である。アイデアの断片を作り出していく過程が発散思考で、得られたアイデアの断片をまとめあげていく過程が収束思考である。

発散的思考支援システム

発散思考においては、問題は何かを明らかにし、提起された問題に対して関連情報を出来るだけ沢山収集することが重要である。特に、特定の視点を通しての情報収集に陥らずに、ブレインストーミングの原則 (批判厳禁、自由奔放、質より量、結合発展) に従って行なうことが必要である。

Young[27] は、発散的思考支援ツールを三つのレベルに分類している。Young の分類は、どうやって支援するかではなく、何を支援するかに着目した分類である。

- 秘書レベル (The Secretarial Level)

道具がユーザの雑用を引き受けることによって、ユーザにはより創造的な仕事に集中してもらうことを「秘書」レベルの発想支援と呼ぶ。

(例) ワードプロセッサ、ハイパーメディア、データベース、グループウェア

- 枠組レベル (The Framework-Paradigm Level)

ユーザが創造的に考える枠組みを与えたり、そのプロセスを誘導する。発想技法を体現する道具としての発想支援システムが属する。

(例) アウトライン・プロセッサ、原稿執筆誘導ツール、KJ 法支援ツール、知識獲得支援ツール

- 生成レベル (The Generative Level)

システムがアイデアの生成そのものをシミュレーション的に実施することでユーザを手伝う発想支援システムが属する。

(例) 連想辞書の自動生成

収束的思考支援システム

収束思考においては、与えられた全情報を構造化する中で、非本質的な情報を捨て、本質的な情報を抽出していくことが重要である。

収束技法には、以下のような分類がある [28]。

- 演繹型

情報を決まった分類に合わせて集める。

(例) 図書分類等の各種分類法

- 帰納型

情報を似たものどうしで集め、積み上げ方式で新しい分類を作り出す。

(例) KJ 法、クロス法

- 系列型の方法

情報を因果や時系列などによりフロー（流れ）としてまとめる。

(例) 特徴要因図法、ストーリー法

上位概念が不明であったり、それ自体を打ち壊して斬新な発想を求める場合には帰納型が適しており、情報を既存の上位概念でまずまとめるなど思考を節約する場合には演繹型が適する。因果型は問題点を見つけ出す場合、時系列型は仕事のスケジュールを組む場合に有効である。

2.2.2 知的情報統合

創造性への認知的・実用的アプローチでも述べたように、知的生産活動を行なう際に最も重要となるのは、初期段階における情報の収集段階であると言える。今日では、インターネット、PC、HTML等の普及により電子化された情報が容易に公開できるようになり、特にWWW上には有用な情報が多数存在する状況にある。また、検索エンジンの開発・改良により、WWW上から必要な情報を含むページを収集し易くなってきている。インターネットの利用調査では、電子

メールについて WWW での情報収集の利用者数が多い [29]。WWW は、知的生産活動を行なう上で、無くてはならない存在になりつつあると言える。

しかし、現在の WWW 上の情報は定型でなく、多種多様で不均質である。例として、個人のホームページなどが挙げられる。ページの目的が、自己紹介といった同一の目的であってもその構造は一定ではない。名前や経歴等が自然な文章で書かれているページもあれば、箇条書きで書かれているページもある。また、その利用方法は従来の電子化された情報とは違い、利用方法も明確ではない。そのため、単に情報収集が出来るだけでは不十分であり、分類・抽出などの利用までを含めて考える必要がある。このような考えに基づいた WWW 上の情報を効率的に、効果的に利用するための知的な情報処理技術は知的情報統合と呼ばれている [30]。知的情報統合は、以下に示すような分野が関係している。

(a) 情報収集 (information gathering)

WWW からの情報収集は、ユーザの状態、特に情報要求によって以下に示す三つに分類することが出来る。これらの行為はそれぞれ独立したものではなく、組み合わせられて利用されることが多い。ある目的を持って情報検索をしている途中で、興味を引くページがあった際に、それにつられて他のページをブラウジングしてしまうということは良く起こることである。

情報検索 (information retrieval) ユーザの情報要求が明確であり、蓄積したデータを対象に情報の選択を行う場合。

情報フィルタリング (information filtering) 新規に情報が発生した時点あるいは定期的に情報の選択をする場合。

ブラウジング (browsing) ユーザの情報要求が不明確な場合。

(b) 情報統合

情報収集によって WWW から集められた大量の不均質情報は、ユーザの利用しやすい情報へと加工する必要がある。

情報分類 (information classification) 既存の分類基準に基づきクラスタリングをする、または集まった情報集合から動的にクラスタリングをする。

情報抽出 (information extraction) 収集した情報から必要な情報を抜き出す。

情報組織化 (information organizing) 抽出された情報同士、または既存の情報との関連付けを行う。

(c) 情報流通

情報源や情報利用者が多数かつ異なる場合に、どのようにして情報源と情報利用者の関係を適切に作る事が出来るかが問題となる。具体的には以下に示すテーマが重要となる。

非均質情報統合 仲介 知識共有

2.2.3 グループウェア

創造的な活動は、個人のみにおいて行われるものではない。日常においては、人は会社や研究室といったある組織に属し、そこに属する人々とコミュニケーションをとりながら協同で様々な創造的活動を行っている。複数の人がグループを組み共同で作業を行うときには、個人の持っている情報やアイデアをグループの中に作り出された共有の場を用いて共有し協同作業を進めていく。

このような協同作業を計算機を用いて支援するシステムはグループウェアと呼ばれている。また、グループウェアの開発に加えて、人間の協同作業のありかたを捉えなおし、その中でのコンピュータの役割を考えようとする姿勢を示す言葉が、CSCW (Computer Supported Cooperative Work) である。最近では、CMCでは他者の存在がなかなかわかり難いということから、他者とのコミュニケーションを促すような技術としてアウェアネスという概念が注目されている。

グループウェア

グループウェアとは共通の仕事や目的のために働く利用者のグループを支援し、共有作業環境のためのインタフェースを提供するコンピュータベースのシステム

である。

グループウェアは時間（同期⇔非同期）と空間（対面⇔分散）により分類することができる。「同期型」とは即時性のある情報伝達手段を必要とするもので、「非同期型」とは情報がいったん蓄積されてから伝わり、即時性を必要としないものをいう。また、「対面型」か「分散型」であるかというのは、共同作業を行なう相手との位置関係による。これらの要素を組み合わせると、グループウェアは次の4つに大別される。 [31]

- (1) 同期対面型グループウェア
時間、場所、情報を共有（例 グループ発想支援システム）
- (2) 同期分散型グループウェア
時間、情報を共有（例 在席会議システム、テレビ会議システム）
- (3) 非同期対面型グループウェア
場所、情報を共有（例 グループメモリ、電子会議システム）
- (4) 非同期分散型グループウェア
情報を共有（例 ソフトウェア共同開発システム）

アウェアネス支援

自然なコミュニケーションのきっかけは、一般的に他者の存在・行動を知ることがその第一歩であるとして、他者に関する情報を明示的に提供することによって、コミュニケーションを支援しようとするアウェアネス（Awareness） [32] という概念が注目させている。

アウェアネスという単語の元の意味は「気づくこと・意識・認識」である。このことから、計算機を用いて他の人物の存在・行動などを認識させ、そこから生じるコミュニケーションを支援する技術はアウェアネス支援技術と呼ばれている。

アウェアネスはその提供方法として以下のようなものがある [31]。

- (1) 人が集まる共有の場所を提供

- (2) 周囲の人間に関する情報を与えることによるコミュニケーション機会の提供
- (3) 現実世界の偶発的な出会いをコンピュータ上でシミュレートすることによる提供

2.2.4 コミュニティウェア

2.2.3で述べたような従来のネットワークが定型の組織やグループなどを支援してきたのに対し、今後のネットワークが支えるのは日常社会生活におけるコミュニケーションであるとして、広域情報ネットワークを用いたコミュニティの支援に関する様々な提案が行なわれ始めている [33]。これらのシステムは、コミュニティウェアやコミュニティコンピューティングなどと呼ばれている。

1.5.1でも述べたように、コミュニティとは、現実世界における空間、時間、社会組織などの様々な制約を乗り越えて、一定の志向性や共同性のもとでゆるやかに結び付いた人々の集団である。コミュニティには、不特定多数の人々から構成されるためダイナミック性や構成のフラットさに大きな特徴があり、その活動背景には、メンバー間で共有される何らかの情報が存在する。その動的な構成により様々な人々が出会う機会が増えるという利点がある反面、お互いの存在を知ることや本当に必要な人との出会いが容易ではないという問題点がある。また、ネットワークやPCなどが個人レベルへ普及することにより、研究者や技術者といった特定の人たちだけの間のコミュニティだけでなく、一般の人々もコミュニティの構成員になることが可能となった。そのため、日常生活や社会的イベントと密着した情報環境の開発が望まれる。

石田ら [34] は、コミュニティを支援する上で考慮すべき事項として以下に示す五つの項目を挙げている。

(1) Knowing Each Other (相互理解支援)

ネットワークの中に作られた仮想空間で自由に出会い、コミュニケーションを促進する機能。会社の会議のような定型化された（フォーマルな）情報伝達ではなく、休憩時間の廊下での立ち話のような非定形の（インフォーマルな）コミュニケーションの支援を対象とする。気軽な情報交換はコミュニ

ニティの形成ばかりでなく、すでに確立した組織においても、人間関係の維持や発展に不可欠である。

(2) Sharing Preference and Knowledge (嗜好・知識共有支援)

一つの固定的な組織では、データの構造や蓄積の仕組みを決定しておけば、情報の蓄積と利用が可能である。動的なメンバで構成されるコミュニティでは、情報の発信箇所も不特定多数で、発信される情報の構造や品質も一定ではない。そのため、不均質な情報を表現できる情報表現が望まれる。また、情報共有を促進するためには、情報の生産者と消費者を仲介する機能が必要である。

(3) Generating Consensus (合意形成支援)

フラットな組織構成は高い効率が期待される反面、合意の形成に努力が必要である。電子的な仮想空間で議論をしていると、議論の進行状況を見失ったり、発言の機会を掴めないなどの状況が起こりかねない。これは、アウェアネスの不足から生じるものである。

(4) Supporting Everyday Life (日常生活支援)

日常でも携帯電話を用いてメールをやり取りする人が多くなってきた。また、情報家電やスマートハウスといった日常生活を営むために必要な機器そのものが情報の世界と直接繋がるのが現実となりつつある。今後、ますますコンピュータは日常生活とは切り離せないものとなっていくであろう。

(5) Assisting Social Events (社会的イベント支援)

オリンピックや展覧会等の社会的イベントには、様々な興味や目的を持つ人々が集まる。また、その場には多種多様な情報が氾濫している。このような、多種多様な情報と様々な人々の欲求とをうまくシステムを用いて繋ぎ合わせるにより、効率的なイベント支援が出来ると考えられる。さらに、このようなシステムを通じて多数の人同士を出会いさせ、新たなコミュニケーションを発生させる機会を作ることも考えられる。

このような不特定多数の人に利用されるシステムの実現が望まれる一方、その開発には、(1)相互作用が予想し難いため、その利用形態がシステム設計時に不

明確である、(2) システムの評価は利用者個々の使用感の総和では表せないため容易ではない、という共通の難しさがあり、有効性の検証は、多数の人々を巻き込んだ実証実験が必要であろうとされている [33].

2.3 外化記憶を利用した知的生産活動支援システムの提案

本研究は、知識の収集、体系化、共有、創出のための人間・計算機共生知識環境の実現を目指した CoMeMo²プロジェクトの一環である [35][36]。これまでに、大量の不均質情報を扱うために連想表現 (2.3.1において詳述) と呼ばれる情報表現を提案し、既存の情報源 (新聞記事、WWW) の情報整理支援システムの開発及び連想表現の生成・理解実験等を行ってきた。特に、連想表現に関して下記の知見を得ている。

- (1) 連想表現は既存の雑多な情報源の情報を統合する一手段となり得る
- (2) 背景知識を有する人間間においては他者の作成した連想表現を概ね理解することが出来る

本研究では、連想表現のもつ (1) の特質を利用し、人間の記憶という不明確・不確定な情報の外在化に利用する。また、外化記憶と WWW などの既存の情報とを統合的に扱う情報表現としても利用する。連想表現のもつ (2) の特質を利用し、背景知識を共有するようなコミュニティにおいて、連想表現を用いた知識の共有、さらに発展の支援を目指す。

人間の記憶を外在化する一手段として連想表現を用いた外化記憶の作成支援、コミュニティの中で連想表現により作成された外化記憶の共有支援システムの構築が本研究の狙いである。特に、個人およびコミュニティにおける知識の発展の支援を目指したものであり、外化記憶の獲得と共有の支援が中心となっている。

以下、連想表現についての概説及び本研究で提案するシステムの全体像を述べる。

² "Common Memory"、"Continuous Memory"、"Computer-enhanced Memorandum" などの象徴。

2.3.1 連想表現

本研究の対象とする情報は、人間の持つ記憶である。人間の持つ記憶を外在化し、外化記憶として計算機上に蓄積するには、その記憶をどのような形式で計算機上に表現するのかが重要な問題である。特に、外化記憶は、アイデアや思い付きなどを外在化したものであり、不均質・未構造で相互の関連がすぐには決定し難いという特徴がある。また、思考の流れにそって記述でき、思考を途中で遮ることなく記述し続けられることが望まれる。そこで、不完全・不正確な情報でもとりあえず取り込んでおいて、あとで部分的な手がかりによって検索したり、整理と構造化ができるような情報表現である「連想表現」を利用する。

以下に、連想表現の知識メディアとしての位置付け、及び連想表現の詳細について述べる。

知識メディア

計算機により人間の情報処理能力を支援するためには、まず、現実世界にある情報を計算機で扱うことができる内部表現に形式化する必要がある。ひとたび情報が形式化されてしまえば、計算機の力を借りて様々な処理を施すことが出来る。また、情報を形式化することは、情報を蓄積するための操作でもある。情報を蓄積する目的は、後でその情報を効率的に利用しようとする意図があるためである。情報の形式化は、その情報を後にどのように利用するか依存する。

現実世界の情報を形式化する方法として、知識工学的（構造的）アプローチと情報検索的（非構造的）アプローチの二つが考えられる [37]。前者は、エキスパート・システムのように計算機による推論が可能のように、情報を形式化するアプローチである。後者は、情報を解釈しないで、できるだけありのままの形で計算機に蓄積しようとするアプローチである。知識工学的アプローチは、エキスパート・システムの構築からも分かるように、情報を体系化し、知識ベースを構築するには多大の労力を要する。また、このアプローチの成功の鍵は、問題領域を限定することにある。情報検索的アプローチは、情報の蓄積に関しては有利であるが、情報の解釈がユーザに任されるために、計算機により直接問題を解決してくれるような支援は望めない。

これら二つのアプローチは、それぞれ「計算機向きのメディア」「人間向きのメディア」と考えられる。この両者の橋渡しをする技術として、Stefik[38]により「知識メディア」と呼ばれる考え方が提案された。これは、準構造的アプローチとして位置付けられる。Stefikは、従来の人工知能が独立した一つの知的マシンの作成に興味がおかれているのに対して、より知識の生成・伝播について目を向け、知識の源となる人間に興味をむけることを主張した。そして、人間と計算機とが強調して知的な活動が出来るコミュニケーションメディアを知識メディアと呼び、知識の生成・流通・利用を半自動的にサービスする情報テクノロジーの構築を提案した。

連想表現は、人間と計算機とが協調して知的な活動ができるメディアとして、知識メディアの考え方を志向している。

連想表現

連想表現とは、自然言語テキストやイメージなどの多様な情報メディアを、関連の意味付けを行わずに緩やかに関連付ける情報表現である。連想表現では情報間の関係を厳密に定義する従来の手法とは異なり、関係を漠然と定義しその解釈をユーザの持つ背景知識に委ねるという手法をとっている。このような手法を用いることにより、ちょっとした思いつきや、テキストや画像など質の違う情報を人間のメモ書き同様非常に手軽に表現でき、広範な情報を手早く入力しやすくなる。また、我々は、コミュニティのようにある程度の相互知識のある人間集団では、連想表現を用いて外化された記憶は再解釈可能であることを仮定している。実際に、いくつかの実験により確認しつつある [39]。

連想表現は、連想元情報と連想先情報、およびその間の関係を表す連想関係によって表現する。連想元情報を key ユニットと呼び、連想先情報を value ユニットと呼ぶ。

連想表現を使った典型的な情報の表現例を図7に示す。一つの連想構造を点(●)を用いて表し、key ユニットと value ユニットの関係を矢印(→)を用いて表す。

(a) 自由連想 (図7(a))

「奈良」という key ユニットから「奈良公園」、「東大寺」、「修学旅行」とい

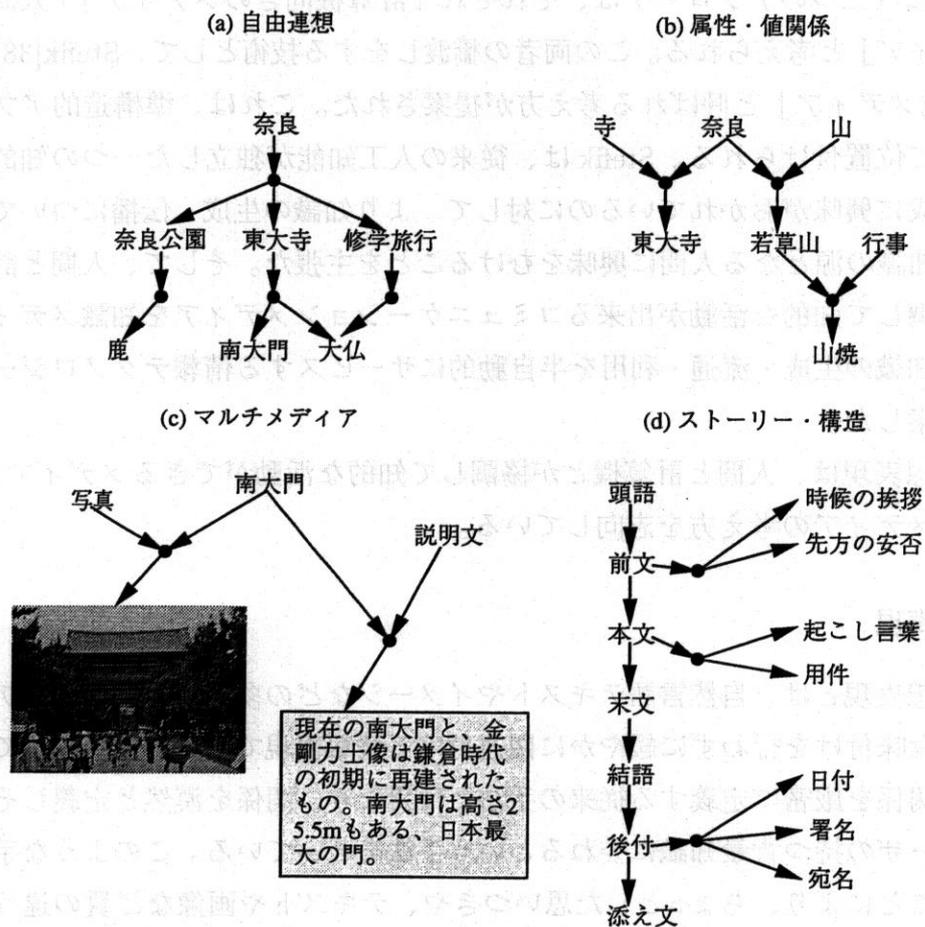


図7 連想表現の例

う3つの value ユニットが関連付けされている。個人的な思い付きなどを表記するとこのようになることが多い。このあたりは主観的な要素が多く、連想する個人のおかれている立場や現在に至るまでの経験などに大きく影響を受ける。

(b) 属性・値関係 (図7(b))

「奈良」、「寺」という2つの key ユニットから「東大寺」という value ユニットが、「奈良」、「山」という key ユニットから「若草山」という value ユニットが関連付けされている。これは、属性-属性値関係を表している。

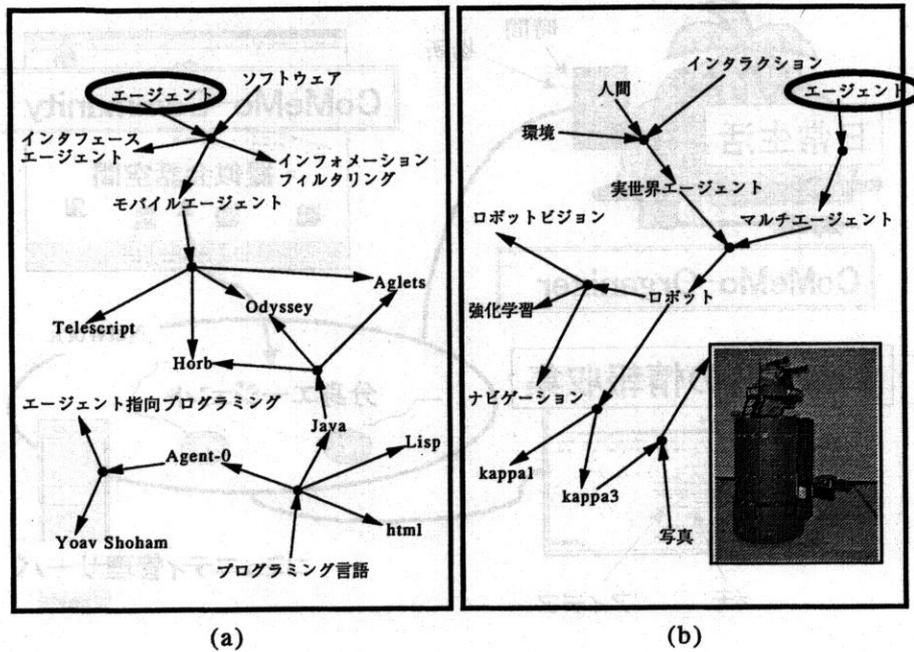


図 8 連想表現の例 (エージェントからの自由連想)

(c) マルチメディア (図 7 (c))

連想されるものは概念のみでなく、イメージやテキスト文書などでも構わない。ここでは、「南大門」から「南大門の写真」のイメージデータと「南大門の説明文」のテキストデータが関連付けされている。

(d) ストーリー構造 (図 7 (d))

文章の構造や会議の流れなども連想表現を用いて表現することができる。ここでは、手紙を書く際の基本となる構造を表している。

図 8 は、二人の人が「エージェント」という概念から連想される情報を連想表現を用いて外化記憶を実際に作成した例である。同一のキーワードから個人個人に異なった外化記憶が形成されている。この表現では、個人の異なる考え方や感じ方を自然に反映することを狙ったものであり、個性の表出として積極的に利用することが出来ると考える。関係の意味は詳細に記述されていないが、それぞれの外化記憶を見比べてみると様々なことが読み取れる。

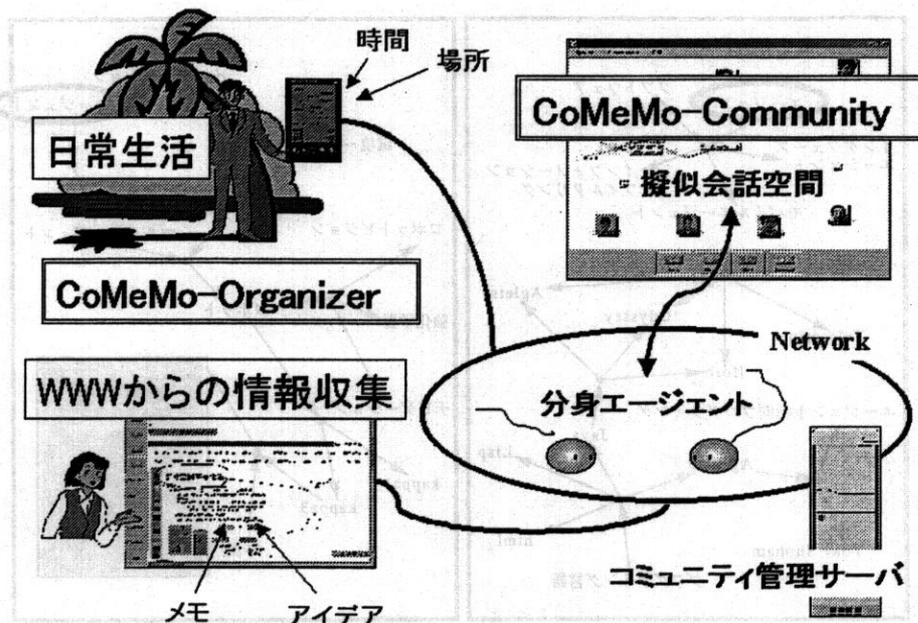


図 9 システムの全体像

- (a) 基本的に連想されている情報はソフトウェアの開発に関連することが多い。特に、「Aglets」「Odyssey」などといったモバイルエージェント関係の開発に関心があることがわかる。実際に、開発の環境としてサーベイをしていたことがあった。
- (b) (a)とは逆にハードウェア、特にロボットに関する情報が多く連想されている。実際、実世界環境におけるロボットと人間の関わり合いについての研究をしている。また、自分の扱っているロボットの実写なども連想している。

2.3.2 外化記憶を利用した知的生産活動支援システム

本システムは、個人における外化記憶の獲得・再利用を支援するシステム CoMeMo-Organizer (第3章) と、コミュニティにおける外化記憶の共有を支援するシステム CoMeMo-Community (第4章) の、二つのシステムから構成される。図9にシステムの全体像を示す。

個人における外化記憶構築支援システム：CoMeMo-Organizer

ユーザは、システムを用いて、日常生活におけるふとしたアイデアや思い付き、WWWブラウジング中のコメントやアイデア等を外化記憶として蓄積する。日常生活での外化記憶の蓄積に関しては、携帯端末とペン入力を組み合わせた、場所を選ばない、思考を中断しないインタフェースを提案する。WWWブラウジング時における外化記憶の獲得には、直接WWWページへ注釈等の書込みが出来る機能と、必要な文字列・画像のみを切り抜くことが可能なインタフェースを提案する。蓄積された外化記憶は、外化記憶中の概念同士の関係、地理的な位置情報、時間情報等を用いて分類される。これらの分類により、過去に蓄積した外化記憶の検索を容易にし、現在の知的生産活動への再利用を促す。

コミュニティにおける知識共有支援システム：CoMeMo-Community

個人ごとに構築された外化記憶の中で他者に公開することが可能な情報は、コミュニティの中で相互に公開して共有することを試みる。外化記憶の公開は、ユーザの代理となる分身エージェントと呼ばれるソフトウェアエージェントを介して行なう。分身エージェントを利用することにより、外化記憶を利用した非同期のコミュニティ・コミュニケーションを可能とする。各ユーザの分身エージェントは、コミュニティ管理サーバによって一括管理される。

開示された情報は、コミュニティに参加する各メンバから閲覧されることが可能であり、各メンバがその情報を個人の外化記憶として取りこむことも可能である。他者の視点から作成された情報を閲覧することにより、新たなひらめきやアイデアの創出、共通の話題や関心事の発見の支援を目指す。他者の開示した情報の取り込みを許容することにより、コミュニティ内での外化記憶の相互構築を促進し、より多様で大量の外化記憶の構築を目指す。

2.4 本研究の位置付け

本節では、本研究の位置付けについて、(a) 発想支援システム、(b) 知的情報統合、(c) グループウェア・コミュニティウェア、の三つの観点から述べる。

(a) 発想支援システムにおける位置付け

知的生産活動のプロセスについて様々なモデルが提案されている。そのモデルの多くは、「情報の収集」、「情報の組み合わせ」、「アイデアの啓示」、「アイデアの検証」の四段階からなるといえる。計算機による知的生産活動支援も上記の個々の段階に対応して行なわれている。多くの研究は、四段階モデルにおける「情報の組み合わせ」の支援を目指している。本研究は、人間の思考の外在化を計算機により支援し、その活動を促進することによる「情報の収集」に焦点を当てている。特に、人間に密着して何時でも、何処でも思考を計算機上の情報として構築することによる知的生産活動支援に重点を置いているところに特徴がある。

発想支援システムの分類からみた本研究の位置付けにおいては、発散的思考支援システムにおける枠組みレベルに相当する。不完全・不正確な情報でもとりあえず取り込んでおいて、あとで部分的な手がかりによって検索したり、整理と構造化ができるような手法を用いることにより出来るだけ多くの情報を収集することを目指す。また、自由な関連付けやグルーピングを可能にし、KJ法のような収束的思考支援の一面も合わせ持つ。

(b) 知的情報統合における位置付け

知的情報統合からみた本研究の位置付けは、情報収集におけるブラウジング支援、情報統合における情報抽出・情報組織化支援に相当する。

通常のWWWブラウザでは出来なかった、ブラウジング中のWWWページへのマーキングやコメントの直接記入、WWWページからのマウス操作による簡易な情報抽出を提案する。情報抽出では、WWWページから全自動的なキーワードの抽出を試みた研究が多いが、事前にテンプレート等を用意しない限り有用な抽出は難しい。その理由の一つとして、WWWページの情報が定型でなく、多種多様で不均質であるからであると考えられる。本研究では、人間と計算機のインタラクションを通じて情報の抽出・精緻化する方法を取る。抽出された雑多な情報を、連想表現を使って一旦取りこみ、ユーザの観点から相互に関連付けすることによって情報を徐々に整理していく枠組みを提案する。また、ユーザの情報選択・抽出の過程から、ユーザの興味を表すようなキーワードを取りだし、閲覧し

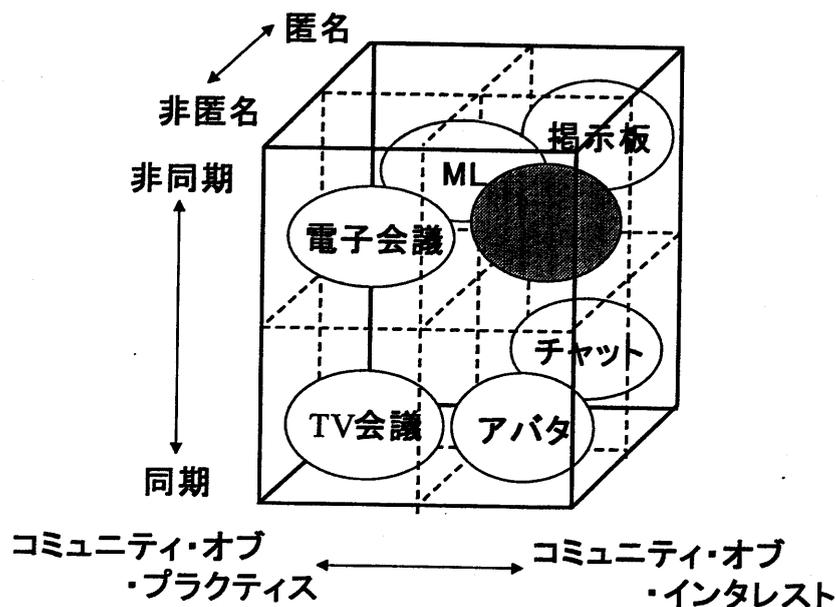


図 10 本研究のグループウェア・コミュニティウェアにおける位置付け

た WWW ページをキーワードの相関に基づいて分類する。これは、過去に興味を持って閲覧した WWW ページの能動的なブックマーク機能として利用できる。

また、本研究は、WWW からの情報だけではなく、人間の外在化した情報、他者の開示した情報も統合的に扱うところに特徴がある。

(c) グループウェア・コミュニティウェアにおける位置付け

グループウェア・コミュニティウェアにおけるコミュニケーション支援の観点からの本研究の位置付けを図 10 に示す。図 10 中の三軸は、集団の分類軸として「コミュニティ・オブ・プラクティス⇔コミュニティ・オブ・インタレスト」、コミュニケーション特性の分類軸として「同期⇔非同期」および「匿名⇔非匿名」を表す。

集団の分類軸は、社会心理学における集団の分類による。「コミュニティ・オブ・プラクティス」は、ある目標の達成を目指して集まった集団を、「コミュニティ・オブ・インタレスト」は、ある共通の関心事によって集まった集団を指す。

この分類によると、グループウェアはイントラネット上などにすでに組織化されたグループである「コミュニティ・オブ・プラクティス」の共同作業を支援するものであるのに対して、コミュニティウェアはより広範で不均質な集団である「コミュニティ・オブ・インタレスト」を対象とし、関心や経験を共有したいと思う人たちが組織作りをする過程を支援することをねらったものであるといえる。

本研究で対象としているコミュニティとは、「コミュニティ・オブ・インタレスト」を指す。2.2.4で述べたコミュニティ支援に必要な機能のなかでは、相互理解支援、嗜好・知識共有支援に重点を置いている。特に、コミュニティの求心力となるような共通の話題の発見及びその発展を支援する機能を提供する。利用者は、嗜好等を共有し相互の理解を深めることによって、コミュニティを形成、維持していく。コミュニケーションを、非匿名にすることにより、1.5.2でも述べた故意に他者を非難・中傷するような無責任な行動を防止する。

第3章

日常生活における個人の外化記憶の構築支援

3.1 はじめに

人間の思考を計算機により支援しようという考えは、計算機が誕生したばかりの頃からあった。1945年、V. Bush[40]は、「人間の脳の働きは論理を順に追う形ではなく、言葉や概念の間を飛び移る」と強調し、そのような個人の発想・思考過程を強力に支援する道具を memex と名付け、その開発を提案した。この考えは、後に WWW やハイパーテキストへと受け継がれていく。最近では、計算機を用いて知的生産活動を支援するために、個人やグループが創造的に考える枠組を与えたり、そのプロセスを誘導するシステムを発想支援システムと呼び、数多くの研究が行われている [25][24]。

人間は、オフィスや研究室などの机に向かっているときだけでなく、様々な場面で思考を働かせている。街中を何気なく歩いているときや、電車の中吊りをぼんやり眺めているときでさえも、ふとした思いつきが起こることがしばしばある。突然浮かんだアイデアが、その後、実際に役に立つことも多い。本研究では、このような突然のアイデアや考え、その現場での感想などのような日常生活において起こる人間の思考を日常記憶と呼ぶ。

しかし、そのような日常記憶は、その場でメモなどをしてきちんと保存しておかないと忘れ去られてしまう。1.3.1でも述べたように人間の記憶モデルでは、記名処理を逐次行なっていかないと忘れられてしまう。また、人間には、ある話題について深く考えようとするとその能力に限界があるからである [41]。作業記憶の容量がその限界の主な理由であるといわれている。あることを意識して覚え

ておこうとしても、他のことで気が散るとすぐに忘れてしまう。たくさんのことを同時に覚えておこうとすると、それらがお互いに干渉し合う。心理学的には、同時にたった五つばかりのことしか意識の中に留めておくことが出来ないことが明らかにされている。そこで、人間は、外部メディアに考えていることを表現することによって、その情報を外部に保持し、作業記憶の限界を克服する。しかし、不幸にも、メモをその場で取っても、紛失してしまったり、紙の山の中に埋もれてしまって、後で利用しようとしても見つからないこともある。

本章では、個人の外在化した情報をもとに知的生産活動を支援するシステムを提案する。特に、日常生活における外化記憶の獲得と再利用に焦点を当てる。本システムは、人間の日常記憶（ふとしたアイデア・思い付き等）を計算機上に記述したり、WWWブラウジング中におけるWWWページへの注釈（アンダーライン、書き込み等）を個人の外化記憶として獲得する機能を有する。また、蓄積された外化記憶を、位置情報、時間情報、概念関係等を用いて分類・想起して、現在の知的生産活動への再利用を促す機能を提供する。本研究で述べる想起とは、システムが自動的に過去に蓄積された情報を適時適切に検索し、ユーザに提示することを言う。

以下、3.2において、心理学における日常記憶に関する指摘について述べる。3.3では、外化記憶の構築支援システムを実装する上での問題点を挙げ、それに対する本研究でのアプローチを述べる。3.4以降では、実装したシステム及び外化記憶の構築に関する評価実験を述べる。

3.2 日常生活における外化記憶の獲得

本節では、心理学から見た日常記憶の特性を概観し、外化記憶の獲得に関して考察する。

3.2.1 日常記憶の特性

心理学において、様々な角度から記憶に対する研究が行なわれてきた。従来の記憶に関する研究は、実験室を中心に費やされてきた。これに対して、近年、記憶に関する重要な問題は日常経験から生まれてくるものだとして、日常記憶に対

する研究に焦点が当てられている。

Cohen[42]は、日常記憶のもつ一般的な特徴について以下のような10項目を指摘している。

- (1) 日常記憶は、環境や生活様式に応じて進化している。現代社会では、非常に強い負荷状態におかれている。
- (2) 日常生活において効率的で理想的な記憶システムというものは、おそらく、外的補助を最大限に利用し、最も優先度の高いものに選択的に資源を費やし、無関係であり重要な情報は除外するようなシステムだといえよう。
- (3) 日常記憶は、状況の変化や物理的環境の変化を扱える動的なシステムでなければならない。
- (4) 日常記憶は、過去と現在と未来をつなぐものでなければならない。
- (5) 日常記憶は、仮設的表象を構築できなければならない。
- (6) 日常記憶は、全体的情報と詳細な情報の両方を貯蔵していなければならない。
- (7) 日常記憶は、情報を潜在的に貯蔵していなければならない。
- (8) 日常記憶における検索方略は、記憶表象がカテゴリーや時間、また一般性や特殊性のレベルによって体制化されていることを利用している。
- (9) 日常記憶における検索の多くは自発的で無意図的である。
- (10) 日常記憶は、驚くほど効率的で柔軟性に飛んだものである。

(1)でも指摘されているように、現代社会においては、情報が氾濫していて、人間の記憶システムに対して強度の負荷をかけているといえる。このような人間の記憶への負荷は、社会環境の発展にともない、今後ますます強まることが予想される。そこで(2)でも指摘されているような人間の記憶を助けるような外的補助の研究は大変意義のあるものと考えられる。本研究は、増加し続ける情報を取り敢えず記憶しておいて、その内容を後で吟味したり、後の知的生産活動に活用できる

ようにしたりして人間の記憶を補助し、知的創造性を間接的に支援することをねらったものである。

また、人間の記憶を管理する上で、(3)(4)でも指摘されているように、記憶が外在化された時の物理的な位置関係や時間関係を考慮に入れることが必要であろう。さらに、位置関係や時間関係を基に過去に蓄積した外化記憶をシステムから積極的に想起させることにより、より人間に近い想起(9)の実現を目指す。

3.3 外化記憶を利用した知的生産活動

本節では、個人の知的生産活動における外化記憶の利用モデルを提案する。また、思考支援システムを開発する上での問題点を考察し、本研究で提案するアプローチを述べる。

3.3.1 知的生産活動における外化記憶の利用モデル

知的生産活動における情報ニーズ

知的生産とは、様々な情報をもとに、人間の知的情報処理能力を作用させて、そこに新しい情報を作り出す作業である。人間が情報を収集したり生成したりするには、何らかの要求がそこにあるからである。この要求は、図書館情報学において情報ニーズと呼ばれ、いくつかの定義・分類が行なわれている [43]。

ヴォイトは、研究活動と情報要求・探索の関わりについて情報ニーズを以下の三タイプに分類した。

- 現状把握のためのアプローチ (current approach)
科学者が、自分の研究分野や関連分野の進歩について行くために持つニーズ
- 日常の研究のためのアプローチ (everyday approach)
特定の情報に対するニーズで、現在の研究に直接関連し、または研究の進行途上で直面した問題に関連したニーズ
- 徹底的な情報収集のためのアプローチ (exhaustive approach)
新たに研究に着手したときや、論文を執筆するときに持つ、そのテーマに

関連したすべての情報に対するニーズ

ウィルソンは、情報ニーズを個人と外部世界との関わりの中で理解することを提案している。個人が世界と関わる要因として、知的ニーズ、情緒的ニーズ、生理的ニーズという、心理学分野で人間の基本的ニーズとされているものを挙げている。そして、このようなニーズが生まれるのは、人が社会生活を営む中で果たす役割によるものであると述べている。人が様々な役割を果たしながら外部世界と関わる中で、基本的なニーズが生まれ、このニーズを満たすための行動の一部として、情報収集・探索が行なわれる。

本研究では、知的生産活動における情報ニーズを以下に示す二つに分類する。

- 現在の知的生産活動のための情報ニーズ

新たな情報の生産に関して、明確な目的のもとでの情報ニーズをいう。ヴォイトの分類における、日常研究のためのアプローチ、徹底的な情報収集のためのアプローチに関連する。

- 将来の知的生産活動のための情報ニーズ

現時点では、新たな情報の創出に関して意識していないが、将来において役に立ちそうな情報に対する情報ニーズをいう。ヴォイトの現状把握のアプローチに関連する。また、ウィルソンの言うような、社会生活を営む中で役に立ちそうな情報に対するニーズを含む。他者とのコミュニケーションを促進するなどの人間関係を維持するために必要な話題作りのための情報ニーズなどが挙げられる。

知的生産活動における外化記憶の利用モデル

外化記憶と先述した知的生産活動における二つの情報ニーズの概念を取り入れた知的生産活動のモデルを提案する（図11）。

現在の知的生産活動における情報ニーズに基づく行動とは、明確な情報の生産の必要性が発生してから、新たな情報が生成されるまでの過程を言う。初期段階は、新たな情報を生成するのに必要となるターゲットに関連する情報の収集から始まる。インターネット上では、サーチエンジン等を用いた WWW からの情報

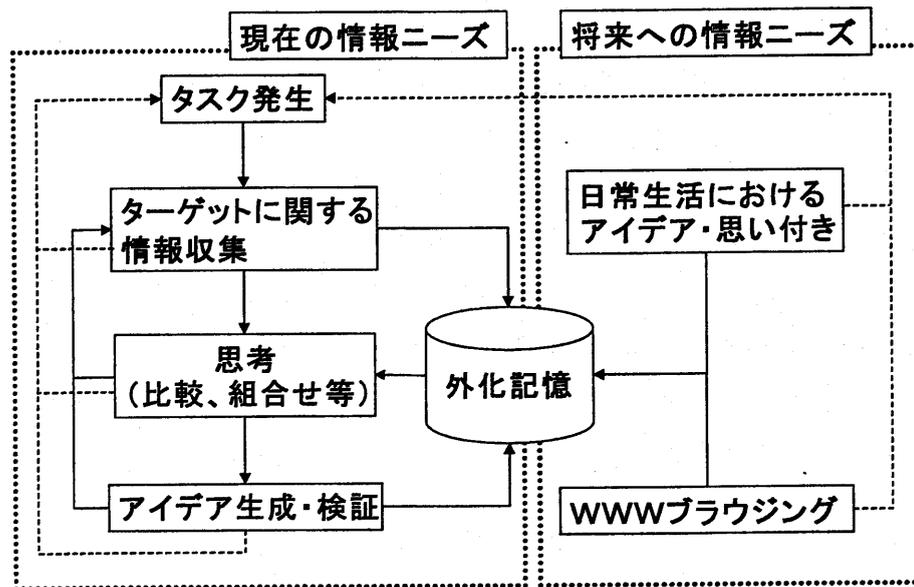


図 11 知的生産活動のモデル

検索や、OPAC 等を利用した図書検索がこれにあたる。次に、集めた情報や過去に蓄積されている外化記憶等を使って実際に人間が思考を行う。思考段階では、集められた情報を比較したり、ある基準に基づいて分類したり、情報の組み合わせを行うなどの情報操作を行う。思考段階では、1.7でも述べた様々な思考支援技術が利用できる。実際のタスク処理においては、情報収集や思考の段階において新たなタスクが発生し、これが平行して、また何度か繰り返されながら情報の生成が行なわれる。新たに生成された情報から、新たなタスクの発生も考えられる。

思考段階における外化記憶の積極的な再利用は、思考の刺激による新たな情報の創造に期待できる。思考が行き詰まった時など、過去に作成したメモなどをふと見たことによって状況を進展させることが日常においてしばしば体験される。三宅 [44] は、過去に作成したメモやノートの下書きなどの自分が過去に考えていたことが、現在の自分にとって新しい視点を与える効果があることを指摘している。これを「擬似他人」効果と呼んでいる。実際に擬似他人の効果には、新聞のエッセイを読む課題を短大生を対象とした実験において、自分の書いたメモを後から参照・吟味するという作業を加えると、読みの過程に批判的な視点が持ちこ

まれる、という結果を得ている。

将来の知的生産活動に向けた情報ニーズに基づく行動とは、現時点では明確な情報生産の目的がなく、ユーザの注意が新たな情報生産にはまだ向けられていない状況での情報収集活動を言う。この情報収集は、その時点では情報の生産に関与していなくても、後に新たな情報を生成する際に大きな役割を果たす。将来における情報生産に向けての活動であるといえる。現在でも、物理的媒体（新聞、雑誌等）で送られてくる情報に対しては、切り抜きやファイリングによって行なわれる行為である。日頃から自分の関心や興味のある記事をチェックし、切り取った情報を台紙に張ったり、クリアファイルに保存したりと、個人毎に様々な方法で行われている。WWW上の電子的情報に対しては、通常、ダウンロードやブックマーク等の処理が行なわれる。

また、人間は机に向かって思考を行っているときにしかアイデアが浮かばないわけではない。電車の中で何気なく見た広告や、本屋で立ち読みしてる記事からふとアイデアが浮かんでくることもある。森林の中で見た草花や博物館での展示物などから受けた歓心も、後の知的生産活動にかかわってくることもある。このような日常の何気ない行動から知的生産活動が始まるケースも多い。

本研究では、この二つの情報ニーズに基づく行動をシームレスに支援する環境の構築を試みる。次節において、システムを開発する上で問題となる点を考察し、それに対する本研究でのアプローチについて述べる。

3.3.2 個人の知的生産活動支援システムの要件

本節では、個人の知的生産活動を支援するシステムの開発において重要と思われる要因を考察する。

(a) 情報の表現

人間の思考過程と計算機のディスプレイ上での表示が一致したときが、人間が計算機上の情報を最も理解しやすい状態であると考えられる。そこで、思考を支援するシステムなどは、思考錯誤の結果や思考の流れを記述できるような情報表現が望まれる。現在では、人間の知識や記憶モデルを最も反映した情報表現であ

るとして意味ネットワークが利用されることが多い。ブッシュが指摘するような、人間の思考の論理を記述するのではなく、概念や考えの関連を記述できることが必要であると考え。特に、思考の初期段階では、雑多なアイデアの断片が多く論理的に記述することは難しい。そこで、このようなアイデアの断片とその関連を取り合えず表現できることが望まれる。

また、思考においては情報の全体、部分を切り替えて吟味できることが必要となる。特にディスプレイという限られた空間の中で、いかに同時に全体と個々のデータを表示するかが重要である。大量情報をいかにユーザに分かりやすく提示するかという情報視覚化 [45] の技術が重要となる。

(b) 情報の獲得

人間からの情報獲得においては、人間の思考およびその過程を計算機上に容易に外在化できる仕組みが必要である。思考した結果を外在化すると、いろいろな角度から吟味することが容易となり、様々な考えを生み出すきっかけになる。また、一旦、計算機上に取りこめば、永久的な保存や、ネットワークを使った共有、計算機のパワーを利用した高度な情報処理が期待できる。しかし、計算機上へいかに人間の持つ情報を外在化するかは、知的生産活動支援システムとしては一番困難であり、かつ重要な問題である。しかし、多くの研究は、情報が何らかの形で計算機上に獲得されてからの支援に関するものが多く、実際に人間が計算機上に情報を記述することを支援する研究は少ない。

人間は、知識（長期記憶）を獲得する過程は意識的であるのに対して、知識として定着してしまった後は無意識に利用するという認知的特性があるといわれている。これは、エキスパートシステムの構築の際に、エキスパートから知識を取り出すのが難しいといわれる原因の一つであると考えられている。そこで、人間の思考（記憶）は、思い付いた時、その場ですばやく外在化するのが効率かつ正確に獲得できる機会であると考え。

(c) 情報の操作

情報の作成、削除、入れ替え、並び替え、関係付けなどは視覚的に確認しながら行なうほうがユーザには理解しやすいと考える。また、なるべく思考を妨げないようにするために、メニューなどのシステム操作等に気を取られることなく、計算機のディスプレイ上で情報を直接かつ直感的に操作が出来る環境が必要であると考える。

人間では気がつかないような、また量が多すぎて処理が困難な情報源に対して、計算機から積極的に情報の操作に対してユーザに働きかける機能が必要であると考える。特に、ユーザが過去に作成した情報を、ユーザの現在の知的生産活動に有効に活用する仕組みが必要であると考える。また、2.2.1でも述べたが、大量の情報から本質的な情報を抽出していくには、計算機を用いた因果や時系列等による分類およびその視覚化が効果的である。

3.3.3 外化記憶を利用した知的生産活動支援

本節では、前節で考察した要件に対して、本研究で提案するアプローチを述べる。特に、日常記憶を外化記憶として獲得し再利用するという観点から、個人の知的生産活動支援システムの構築が本研究の狙いである。本アプローチにより、何時でも何処でも情報が検索・共有でき、手帳のような手軽さで情報を入力できるシステムの構築を目指す。

(a) 携帯端末を利用した支援

ユーザの日常記憶を、何時でも何処でも外化記憶として計算機上に構築するためには、システムが人間と常に密着している必要がある。人間と計算機が行動を共にする技術としては、モバイルやウェアラブルコンピューティング、またユビキトスコンピューティング等が考えられる。現段階での利用可能なハードウェアおよび通信環境を考慮した場合、モバイルコンピューティングを選択するのが現実的である。そこで、本研究では、携帯端末上に外化記憶を構築するインタフェースを実装することにより、ユーザと常に行動を共にして日常記憶の獲得を目指すシステムを提案する。

実装としては、ペン入力と連想表現を組み合わせることにより、思考を紙に書き留めるような感覚で、計算機上に外化記憶を構築できるインタフェースを目指す。これにより、移動中や見学中においても、その場で考えたことや感じたことをすばやく外化記憶として取り込むことを狙う。

(b) 思考を妨げないインタフェース

携帯端末を所持しながらの行動の中で、システムとインタラクションするには、従来のキーボードやマウスを使ったインタラクションとは違うインタフェースが必要である。具体的には、ペン、音声、携帯電話に付属しているような小型のキーボードやジョグダイヤル、またグローブによる入力などが考えられる。本研究では、システム操作としてあまり特殊な練習を必要とせず、人間が従来から紙と併に慣れ親しんできたペンによる入力を採用する。ペン入力の特徴としては、手書き文字入力、ジェスチャーによる入力、図形の描画が容易、また初心者でも扱い易いという特徴がある。逆に、自由に手書きした文字を計算機に文字として理解させることが困難（認識率が低い）といったことがある。しかし、これに関しては、手書き文字入力の認識エリアを固定することによりある程度改善されてきている。実際に、多くの日本語手書き文字認識のアプリケーションが開発されている。本研究では、携帯端末上でペンのジェスチャーにより情報を直感的に編集できるインタフェースを目指す。ペン入力対応にインタフェースを作成することにより従来のマウスを中心とした入力にも対応できる³。

また、通常環境では、エディタ等の情報編集ツールと、WWWブラウザ等の情報収集ツールとが統合されていないため、いったんどちらかを中断してからでないと作業が行なえない。本研究では、情報編集と情報収集（WWW情報検索）をシームレスに連携するインタフェースを提供することにより、よりスムーズな知的生産活動支援を目指す。

³ペンとマウスの違い:

(a) 右ボタンが使い難い（使えない） (b) タッチせずにカーソルが動かせない (c) ドラッグが難しい (d) ダブルクリックが難しい 等

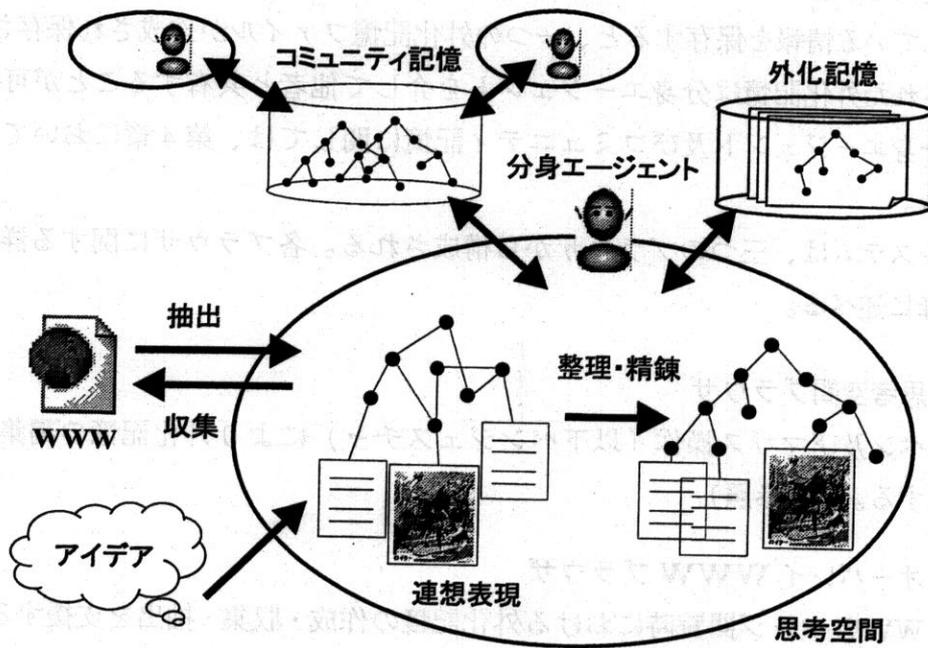


図 12 個人の知的生産活動支援の概要

(c) 外化記憶の再利用を促す機構

過去に蓄積された外化記憶や閲覧した WWW ページを、適時適切な時にシステムから提示して、積極的に再利用を促すことは知的生産活動において重要な役割を担うと考える。前述したように、過去の自分の思考は、現在の思考に対して新たな視点を与えるという効果がある。本研究では、ディスプレイ上で操作している情報、ユーザの現在位置情報、時間情報から過去に蓄積した外化記憶や以前に閲覧・保存した WWW ページを想起する。

3.4 個人の外化記憶構築支援システム：CoMeMo-Organizer

個人の外化記憶を用いた知的生産活動を支援するシステム CoMeMo-Organizer を開発した。本システムは、外化記憶の作成・編集・蓄積・検索を支援する機能をユーザに提供する。図 12 に、個人の知的生産活動支援の概要を示す。ユーザは、思考空間上にアイデアや WWW からの情報を連想表現を用いて一旦計算機

上に獲得し、徐々にユーザの視点で情報を整理・精練していく。思考空間上に表示されている情報を保存すると、一つの外化記憶ファイルが作成され保存される。作成された外化記憶は分身エージェントを介して他者と共有することが可能である。分身エージェント及びコミュニティ記憶に関しては、第4章において詳細を述べる。

本システムは、三つのブラウザから構成される。各ブラウザに関する詳細は次節以降に述べる。

(a) 思考空間ブラウザ

ペン及びマウス操作（以下ペンジェスチャ）により外化記憶の編集を支援する。（3.5参照）

(b) オーバレイ WWW ブラウザ

WWW ページ閲覧時における外化記憶の作成・収集・抽出を支援する。（3.6参照）

(c) 外化記憶分類表示ブラウザ

獲得された外化記憶の位置情報・概念空間・カレンダーを用いて分類・管理する。（3.7参照）

図 13 に、本システムを構成する各ブラウザ間の連携を示す。各ブラウザ間の連携についての説明を以下に記す。

- (1) 切抜: オーバレイ WWW ブラウザから興味のある文字列や図を思考空間ブラウザ上に連想表現のユニットとして切り抜く。
- (2) 検索: 思考空間ブラウザ上のユニットから検索式を作成し WWW 情報検索をする。
- (3) 保存: 思考空間ブラウザで編集されたユニットは、外化記憶ファイルとして保存される。オーバレイ WWW ブラウザで注釈を付けた WWW ページ (HTML ファイル) は、外化記憶付 HTML ファイルとして保存される。外化記憶ファイル及び外化記憶付 HTML ファイルを総じて外化記憶と呼ぶ。

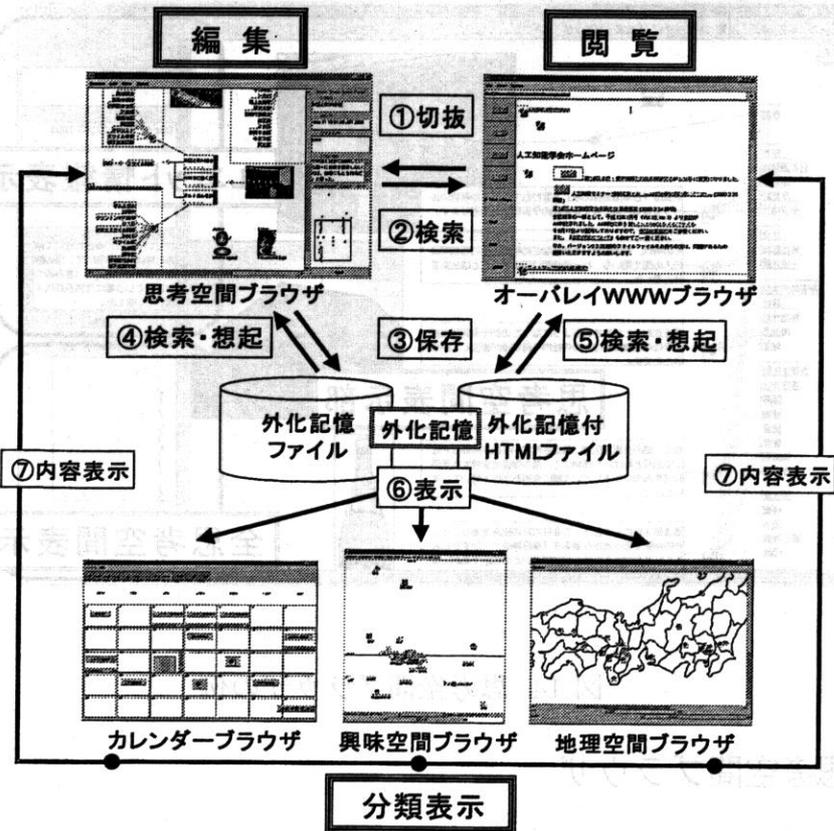


図 13 ブラウザ間の連携

- (4) 検索・想起: 思考空間ブラウザ上に、過去に蓄積した外化記憶ファイルを検索・想起する。
- (5) 検索・想起: 現在のオーバレイ WWW ブラウザに付けられた注釈を元に、過去に蓄積した他の HTML ファイルに付けられた注釈を検索・想起する。
- (6) 表示: 蓄積された各外化記憶を、カレンダー、概念空間、地理空間上でアイコンを使って表示する。
- (7) 内容表示: 各ブラウザ上で表示されたアイコンを選択することにより、思考空間ブラウザまたはオーバレイ WWW ブラウザ上に外化記憶を表示する。

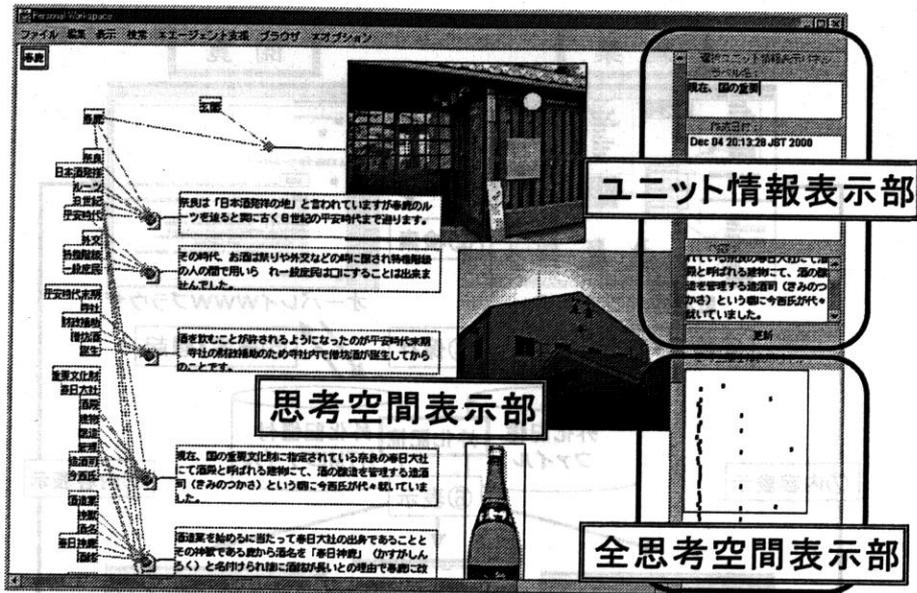


図 14 思考空間ブラウザの例

3.5 思考空間ブラウザ

情報の編集機能

思考空間ブラウザ上の情報は、2.3.1で述べた連想表現のユニットで表示される。図 14に、思考空間ブラウザの画面例を示す。本ブラウザは、ユニットの編集を行なう思考空間表示部、選択されたユニットの作成日時、作成者、URL (Uniform Resource Locator) 等を表示するユニット情報表示部、ユニットの全体配置を概観できる全思考空間表示部から構成される。

思考空間表示部上では、ペンジェスチャを中心としたユニットの編集が可能である。この思考空間ブラウザと連想表現を組み合わせることによって、思考の流れを中断せずに記憶の外在化が出来るインタフェースを目指す。特に、まだ頭の中でもやもやして固まらないアイデアを丸で囲んだり、関係のある情報間を線で結んだりといった紙上で行なう思考錯誤の動作がディスプレイ上で出来る環境を目指している。

ペンジェスチャは、基本的に線でユニットを囲む及び線を引くの2種類で、対

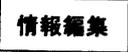
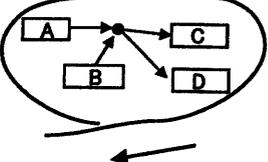
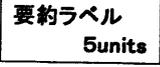
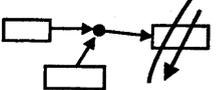
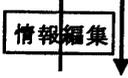
コマンド名	マウス操作の軌跡	編集後	説明
範囲指定	複数の概念ユニットを囲む 		一つの概念ユニットに統合
	ユニット群を囲む 	検索式の作成 (A*B)*(C+D) 一つのユニットに統合 要約ラベルを付与 	検索式作成 要約ユニット作成
消去	ユニット上で斜線を引く 	ユニットの削除に伴い 関係を失った連想関係 ユニットも自動で消去 	ユニット削除 連想関係 ユニット削除
リンク	ユニット間に線を引く 		連想関係 ユニット作成
分割	概念ユニット内の文字列間に 垂直に線を引く 		一つの概念ユニットを 二つの概念ユニットに 分割

図 15 ペンジェスチャに対応した情報編集

象となるユニットの状況により編集内容が変わる。ペンジェスチャは、一回のストローク（ペンを画面につけてから離すまで）ごとに解釈される。ストロークの組合せによる編集は現在取り入れていない。特に、ペン入力のみによる操作を可能にするため、マウス操作における右クリック、キーボードと組み合わせたコマンド等は使用していない。すべてのコマンドが、ペンジェスチャのタップ、ドラッグ、メニューからの選択で行なえるように設計している。編集の種類には、統合、要約、消去、分割、リンク作成等がある。単純な操作による視覚的な情報編集を可能にすることで、ユーザの思考を妨げないインタフェースを目指す。図 15に、

実装したペンジェスチャによる編集の例を示す。

図 15中の要約ユニットとは、複数のユニットが一つのユニットに畳み込まれて表示されるアイコンである。要約ユニットには、新たなラベルを付与することが出来る。これは、KJ法などで良く行われるグループ化およびラベル付けと同様の機能である。また、要約ユニットをダブルクリックすると、中に畳み込まれていたオリジナルのユニット群が再び表示される。要約ユニットにカーソルを合わせると、要約ユニット中に畳み込まれているユニットのラベルが、要約ユニットの周りに表示される。これにより、オリジナルのユニットを表示することなく中に含まれているユニットの概略を知ることが出来る。

思考空間表示部へはフリーハンド記述も可能である。フリーハンドで記述する場合には、ペンジェスチャとの混乱が予想されるためモード切り替え（ペンジェスチャ⇔フリーハンド）をして利用する。

本ブラウザ上で作成した連想表現を外化記憶ファイルとして保存する際には、タイトル、場所、日付、コメント等の情報を付加することが可能である。これらの情報は、外化記憶ファイル一つひとつに図 16に示す付加情報ダイアログを開き手入力で編集できる。場所については、表示されている概念ユニットの中から都市名を自動的に抽出させ指定させることも可能である。また、日付が指定されていない場合には、現在の日付が自動的に指定される。

オーバレイ WWW ブラウザから情報を抽出する際には、切り抜いたテキストをタイトルとして指定することも出来る。また、テキストを切り抜く際には、3.6の不要語処理で述べるヒューリスティックにより日付が認識され自動的に指定される。

外化記憶の想起支援

関連のある過去の情報を現在の思考過程において見なおすことは、前述したように新たな視点を与える効果がある。本システムは、過去に蓄積した外化記憶を再利用するために、(1)現在の思考空間表示部に表示されている情報、(2)現在のユーザの位置情報、(3)日付指定を基にした想起を行なう。

システムは、思考空間表示部を常に監視し、新たな概念ユニットが作成される

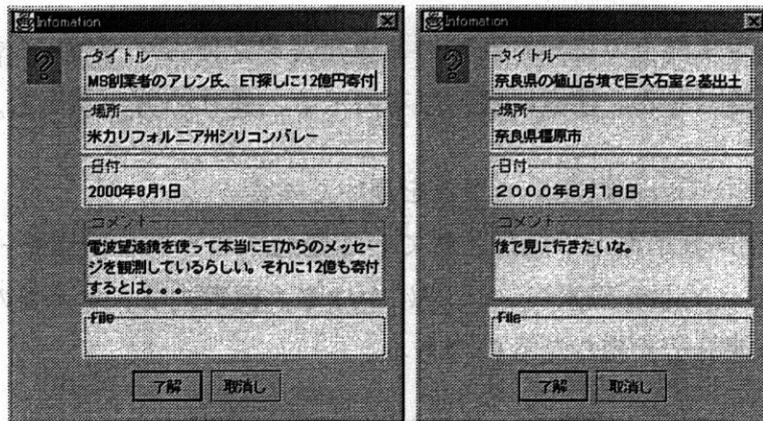


図 16 付加情報ダイアログの例

たびに、蓄積されている外化記憶を検索する。検索は、新規に作成された概念ユニットのラベルと、過去に作成された外化記憶中の概念ユニットのラベルとを単純なキーワードマッチで行なっている。ラベルの同じ概念ユニットが検索された場合には、その概念ユニットを含む連想関係を形成するユニット群（key ユニット、連想関係ユニット、value ユニット）が一つのセットとして想起される。検索された一つのユニット群は、直接思考空間上に突然そのままの形で表示するとユーザが混乱するので、一旦要約ユニットの形で表示する。ユーザは、システムから提示された要約ユニットが望みのものであれば、それを展開してオリジナルのユニット群を引き出し、現在の思考空間表示部上で再利用する。

システムに GPS を接続することにより、位置情報を利用した外化記憶の想起が可能となる。位置情報を利用することにより、自分が過去のある地点において作成した外化記憶をユーザの地理的位置に応じて再表示することが出来る。

また、3.7.3で述べるカレンダーブラウザによってあらかじめ想起の日付を指定することによって、外化記憶を指定日に想起させることも可能である。日時指定による外化記憶の想起は、将来のある時点においてアクションを起こしたり、プランを実行したりするのを思い出させるのに役立つ。これは、心理学でいう展望記憶と呼ばれるものにあたる。

WWW 情報検索支援

思考空間表示部上で編集されている連想表現を使って WWW 情報検索を行なうことが可能である。検索には、以下に示す二通りの方法がある。

(1) 選択されている概念ユニットを用いた検索

思考空間表示部上で選択されている概念ユニットを検索キーワードとして抽出し、Yahoo 検索エンジン⁴にかける。検索式は、すべてのキーワードを AND 演算子で結んだものである。

(2) 選択されている連想ユニットを用いた検索

思考空間表示部上で選択されている連想関係ユニットによって関連付けられている複数の概念ユニットから検索式を作成し、Yahoo エキスパート検索エンジン⁵にかける。検索式は、key ユニットの AND 演算子で結び、value ユニットの OR 演算子で結んで作成する。

図 15中に検索式作成の例を示す。連想関係ユニットに、A と B という key ユニットの C と D という value ユニットの関連付けられている場合には、 $(A * B) * (C + D)$ という検索式が作成される。

以上の機能により、検索式の作成などによる思考の中断をすることなく、情報の編集と検索を可能とする。

思考空間表示部上の概念ユニットを検索キーワードとして WWW 情報検索を実施し、検索結果をオーバーレイ WWW ブラウザ上に表示する。検索結果からブラウジングを行ない必要な情報を含む WWW ページを見つける。オーバーレイ WWW ブラウザ上に表示されている WWW ページから、必要な箇所（文字列）を切り抜いて思考空間表示部に概念ユニットとして取り込む。新たに取りこんだ概念ユニットを用いて再び新たな検索を実行する。このように、WWW 情報検索と情報抽出をシームレスに行なうことによって情報の収集と編集集を中断することなく行なうことを可能とする。特に、WWW 情報検索においては、表示されてい

⁴<http://www.yahoo.co.jp/>

⁵<http://www.yahoo.co.jp/docs/search.html>

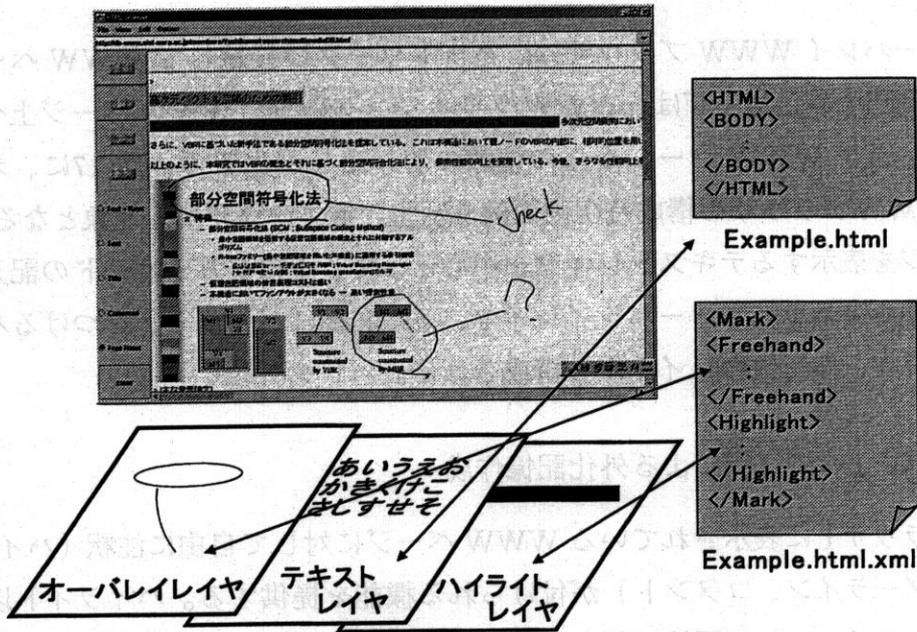


図 17 オーバレイ WWW ブラウザの構成

る WWW ページ中にある文字列を新たな検索キーワードとして利用することがよくあるため、本手法は有効であると考えられる。

HTML ファイル出力機能

思考空間ブラウザ上で編集された情報を HTML ファイルとして出力することが可能である。HTML ファイルは、思考空間表示部上に表示されている各ユニットの配置関係、連想関係ユニットによる関連付けを基に作成される。複数の WWW ページから収集・抽出した様々な情報を、一つの HTML ファイルとして作り直すことが可能である。また、本システムを利用していない他者へも、取り敢えず HTML ファイルという形で外化記憶を配布することが可能となる。

3.6 オーバレイ WWW ブラウザ

オーバレイ WWW ブラウザは、ネットワークに接続して WWW ページの閲覧に利用する。ユーザは、WWW ブラウジングの際、WWW ページ上への注釈付与、及び WWW ページからの情報の切り出しが出来る。図 17 に、オーバレイ WWW ブラウザの構成及び画面例を示す。本ブラウザは、対象となる WWW ページを表示するテキストレイヤを中心として、上にフリーハンドの記入が可能な透明な背景を持つオーバレイレイヤ、下に文書にハイライトをつけるハイライトレイヤ、の三つのレイヤから構成される。

WWW 上への注釈による外化記憶作成

ブラウザ上に表示されている WWW ページに対して自由に注釈（ハイライト、アンダーライン、コメント）が付けられる機能を提供する。ハイライト以外の注釈は、フリーハンド記述で行う。ユーザの記憶を直接外在化するには、フリーハンドで余白へのコメントを行なう。アンダーラインやハイライトは、深い思考は行わずに取り敢えず記しを付けながら読み続ける場合に利用する。これらの注釈は、ユーザの記憶を直接外在化したものではないが、これらを手がかりにユーザの注釈作成時の記憶を想起させる。

フリーハンド記述は、3 種類の太さ、3 色の線を使って WWW ページ上に書込みが可能である。本ブラウザでは、線の色による外化記憶の検索が出来る。これによって、ペンの色をユーザの用途毎に決めておけば、ある用途につけた注釈のみを検索することが可能となる。

注釈が付けられた WWW ページ（HTML ファイル）は、注釈ファイル（XML ファイル）と共に保存される（図 17 右）。注釈ファイルには、注釈の種類及び付けられた箇所が記録される。アンダーライン及びハイライトが付けられた箇所からは、その箇所から抜き出されたキーワードも保存される。新規に注釈を付けた場合、その箇所から切り出されたキーワードを元に、過去に注釈を付けられた外化記憶付 HTML ファイルを検索することができる。

応用例としては、HTML ファイル上の添削が考えられる。従来は、一旦、紙面に印刷しないと行なえなかった HTML ファイルの添削を、本ブラウザを被添削

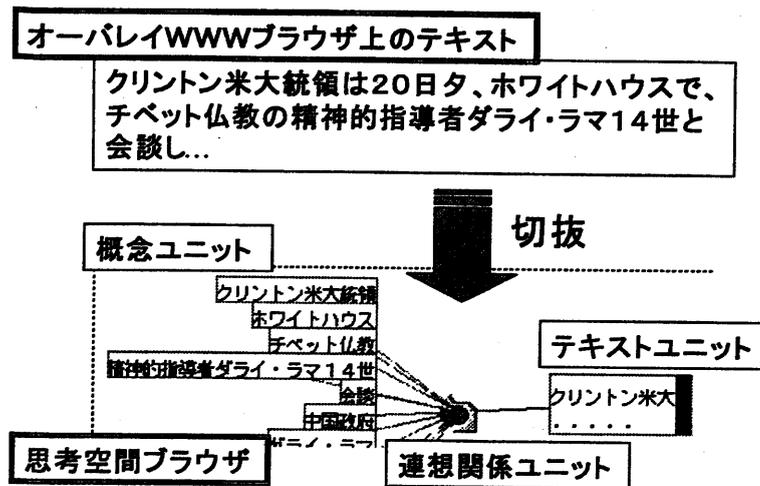


図 18 WWW ページからの情報抽出

者と添削者の両者が利用することにより可能となる。

WWW からの情報切り出し

WWW ページからユーザのペンジェスチャにより情報を思考空間ブラウザに取り込む機能を提供する。取り込み可能な情報は、文字列及び画像の2種類である。

文字列は、必要な箇所をペンジェスチャでなぞることにより切り出される(図18)。切り出された文字列は、文字列の状況により、概念ユニットまたはテキストユニットとして思考空間表示部上に表示される。句読点を含まない文字列は、そのまま概念ユニットとして作成される。句読点を含む文字列は文章とみなされテキストユニットとして表示される。文章とみなされた文字列の中からは自動でキーワードを抽出し概念ユニットを作成する。作成された概念ユニットは key ユニット、テキストユニットは value ユニットとして連想表現を用いて表示する。本システムでのキーワード抽出手法は、ひらがな及び特殊文字以外が二文字以上続いたものをキーワードの候補とみなし一旦抽出する。次に、抽出されたキーワードに対して後述する不要語処理を行なう。WWW ページからコピー&ペーストのような感覚でリアルタイムに情報を切り抜きをするために、このような単純な

手法を用いた。

オーバーレイ WWW ブラウザ上で表示されている画像をクリックすると、思考空間ブラウザ上に画像ユニットとして取り込まれる。ALT オプションが付加されている場合は、指定されているテキストを key ユニット、画像本体を value ユニットとして連想表現を用いて表示する。

キーワード抽出の際の不要語処理

文字列からのキーワード抽出は、ひらがな及び特殊文字以外が二文字以上続いたもの候補とみなし一旦抽出する。抽出された文字列に、不用語リスト⁶とヒューリスティックを用いて不要語処理を行なう。

不用語リストは、ユーザ毎に作成する。オーバーレイ WWW ブラウザから切り出されて思考空間ブラウザ上に表示された概念ユニットの中で、ユーザの判断によって不要と思われる語は、その場でその語を不用語リストに登録できる。一旦、不用語リストに登録された語は、ユーザが明示的に不用語から外さない限り、不用語として扱われる。

ヒューリスティックとして、下記のように判定された文字列は、概念ユニットとして作成しない。

数字 数字（一から九の漢数字は除く、十・千・万・億・兆は数字とみなす）の文字列。例えば、「100」、「1 億」。

(「約」)+数字+単位 数字の文字列の最後に、「円」・「%」・「グラム」・「ページ」等が続く文字列。文字列の先頭に「約」が付く文字列も対象とする。例えば、「100 万円」、「約 50 %」。

⁶ある文字列の中から、その文字列を特徴付けるようなキーワードを抽出するには、いくつかの問題がある。文字列は、特定の概念を表す語を内容語 (content word)、語と語の間の関係を表す語を機能語 (function word) から構成される。一般には、機能語は文書の特徴付ける上では利用できない。しかし、内容語もまたすべてが特徴付けに役立つとも限らない。一般的に良く使われる語は個別の文書の特徴付けるのには不適である。どのような語が特徴付けに役立つかはあらかじめ定義しておくのは困難であるが、どのような語が特徴付けに役立たないかを定義するのはある程度可能である。このような特徴付けに役立たないと思われる語のリストを不要語リスト (stop list) と呼ぶ。しかし、個々の語は不要語リストに登録されているが、それらが連続して語を生成したときに、特徴付ける語となる可能性もある。

日付 数字と「年」・「月」・「日」・「時」・「分」等の組合せで構成される文字列。例えば、「2001年1月1日」。日付と判定された文字列は、前述した外化記憶の付加情報中の日付（図16）に利用される。

その他 最後の文字が「的」等の文字列。例えば、「主観的」。

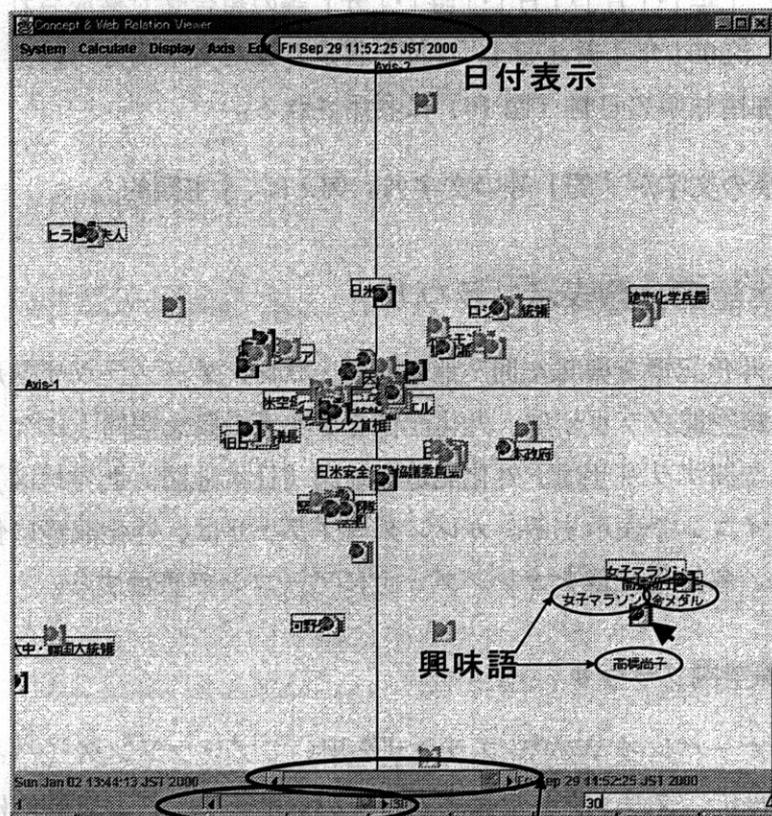
3.7 外化記憶分類表示ブラウザ

作成した外化記憶を興味空間・地理空間・カレンダーブラウザを用いて分類表示する。興味空間ブラウザは、外化記憶を2次元の概念空間上にアイコンで表示する。地理空間ブラウザは、外化記憶を地図（日本地図、世界地図）上に位置情報を基にアイコンで表示する。カレンダーブラウザは、外化記憶に付けられた日付に基づき、各外化記憶をカレンダー上にアイコンで表示する。

3.7.1 興味空間ブラウザ

ユーザがオーバーレイ WWW ブラウザを用いてブラウジング（ハイパーリンク選択）する毎に、クリックした文字列の中からキーワードを自動的に抽出し興味空間を作成する。抽出されたキーワードを興味語と呼ぶ。クリックした文字列の中から興味語が抽出できない場合には、近傍の文字列から興味語を抽出する。リンク先の WWW ページからの興味語の抽出は行わない。これは、リンク先を見てみるとあまり関係のない WWW ページであることがしばしばあるためである。本研究では、ユーザのハイパーリンク選択は、そのリンクの周辺の文字列にユーザが関心があるために起こす行為であると仮定している。

クリックした文字列の中からの興味語の抽出手法は、3.6で述べたオーバーレイ WWW ブラウザからのキーワード抽出手法と同様である。抽出された興味語は、WWW ページを閲覧した日付及びリンク先の URL と組で保存する。興味語群は、数量化三類（付録 A 参照）を用いて相関が計算され 2 次元空間上に表示される。数量化三類は、数値化されていないデータ同士の相関を多変量解析する手法（質的データに対する主成分分析）である。興味語群が 2 次元上に配置された空間を個人の興味空間と呼ぶ。興味空間上では、相関の強い興味語同士が近傍に、相関



期間変更スライダー 日付変更スライダー

図 19 興味空間ブラウザ

の弱い興味語同士が遠方に配置される。興味語の相関を基に、閲覧した WWW ページの相関を計算し同じ 2 次元空間上にアイコンとして表示することも可能である。

図 19 に興味空間ブラウザの例を示す。興味空間ブラウザ上では、興味語は四角で囲まれた文字列で、WWW ページはアイコンで表示される。WWW アイコンをダブルクリックすることで、オーバーレイ WWW ブラウザが開き再びその WWW ページを閲覧することができる。WWW アイコンにマウスカーソルを合わせると、その WWW ページに付与されている興味語がアイコンの周辺に表示される。図 19 右下のマウスカーソル近傍の WWW アイコンの周辺に文字「女子マラソン」

「金メダル」「高橋尚子」が表示されているのが分かる。これにより、WWW ページを実際に関連する前に、この WWW アイコンのリンク先のページの概要を把握することが出来る。過去に一度閲覧した WWW ページなのでこれだけでも、概ねどのようなページか理解できる。

各 WWW アイコンは閲覧した日付を保存しているため、時系列で興味空間の変化を見ていくことが可能である。日付変更スライドバー（図 19 下・上段スライドバー）で、システムの使用初め日付から現在の日付の中から表示の対象とする日付を選ぶ。表示対象日付は、ブラウザの上部に表示される。期間変更スライドバー（図 19 下・下段スライドバー）は、表示対象日付から過去に遡る期間（過去 1 日から 30 日の間）が指定可能である。WWW アイコンは表示対象日から過去に遡る日数に応じて、カラー（三日以内）、濃い白黒（一週間以内）、薄い白黒（7 日以前）の三段階に表示が変化する。また、WWW アイコンは閲覧回数に応じて、表示を大（三回以上）、中（三回未満）、小（一回）の三段階で表示する。表示を変化させることにより、良く閲覧する WWW ページの発見や、過去に関連した WWW ページの記憶を想起することが容易になる。

興味空間上に表示されている興味語に対しては、隠蔽と消去の二種類の操作が出来る。興味語を隠蔽に指定すると、隠蔽を指定された興味語以外の興味語で再度相関を計算し再表示する。これにより、現在関心を持っている興味語のみで興味空間を再構成することが出来る。興味語を消去に指定すると、前述した不用語リストに登録され、以後明示的に指定されるまで興味語としては扱われない。

興味空間ブラウザは、過去に興味を持って閲覧した WWW ページの能動的なブックマーク機能として利用できる。

WWW ブラウジングからの個人の興味キーワード抽出に関する考察

オーバレイ WWW ブラウザを実際に WWW ブラウジングに利用した結果を考察する。利用期間は、平成 12 年 5 月 26 日から平成 13 年 1 月 31 日までの約 36 週間（約 8 ヶ月）である。

WWW ブラウジングの過程から興味語として切り出されたの語は、2545 語であった。閲覧した WWW ページの総数は、1052 であった。内訳は、朝日新聞の

表 3 WWWブラウジングから抽出された高出現頻度語句一覧

キーワード	頻度	同時に出現していた語の例 ([]内は頻度)
中国	16	米朝共同コミュニケ [2], 韓国 [2], ロシア [2], 天安門事件 [1], etc
北朝鮮	15	国交樹立 [5], 米大統領 [2], 英国 [2], 地下施設 [1], 金総書記 [1], etc
森首相	14	インド [2], 陳謝 [1], 平尾監督 [1], アラファト議長 [1], 観艦式 [1], etc
ロシア	11	米朝共同コミュニケ [2], 韓国 [2], 中国 [2], ミサイル防衛 [1], etc
イスラエル	10	パレスチナ [3], シリア [1], 新型ミサイル発射実験 [1], ヘリ [1], etc
アラファト議長	9	バラク首相 [2], モスクワ訪問 [1], 江沢民主席 [1], 独立宣言 [1], etc
金総書記	7	江主席 [2], 北朝鮮 [1], 米国務長官 [1], 中国国防相 [1], 38度線 [1], etc
ブーチン大統領	7	ロシア [1], 北朝鮮訪問 [1], 講道館訪問 [1], 川奈提案 [1], 柔道 [1], etc
クリントン大統領	7	ダライ・ラマ [1], 英オックスフォード大 [1], カストロ議長 [1], etc
インド	7	森首相 [2], シリコンバレー [1], 核保有国 [1], ロシア大統領 [1], etc
米大統領	6	北朝鮮 [2], ミサイル防衛技術 [1], 大量破壊兵器不拡散 [1], etc
ラグビー	6	日本代表 [3], マコーミック [1], アジア選手権 [1], アイルランド [1], etc
インドネシア	6	医療チーム [1], 成田空港 [1], 地震 [1], ワヒド大統領 [1], etc
首相	6	沖縄 [1], 慰霊 [1], 参列 [1], 追悼式 [1], 文相 [1], 10閣僚 [1], etc
英国	6	北朝鮮 [2], 国交樹立 [2], 空港マラリア [1], WHO [1], 傍受可能 [1], etc
韓国	6	米朝共同コミュニケ [2], 中国 [2], ロシア [2], 安保体制堅持 [1], etc
Webcat	6	国立情報学研究所総合目録データベース WWW 検索サービス [1], etc
フィジー	5	クーデター [3], 暫定政権 [1], 渡航延期勧告 [1], 武装グループ [1], etc
マイクロソフト	5	電子書籍 [3], 液晶画面 [2], 東芝 [2], 電子商取引 [1], C & W [1], etc
防衛庁	5	中期防衛力整備計画 [2], 骨子案 [2], 自民党 [2], IT 参事官室 [1], etc

サイト (www.ashahi.com) 757 (72%)、Yahoo!Japan(www.yahoo.co.jp) 74 (7%)、goo(www.goo.ne.jp) 30 (3%)、その他 191 (18%)。一つの WWW ページに対して平均 2.44 個の興味語が抽出された。

興味語に抽出された語を見てみると、(1) 日本語としての語の切り出しとして妥当なもの 2403、(2) 修正を加えれば妥当なもの 119、(3) 不適なもの 23であった。単純な抽出方法ではあるが、94%は十分興味語として使える語であった。(2)の多くは、動詞のひらがなが削除されてしまった結果である。(3)は、数字と特殊文字等の組合せが切り出された結果である。しかし、本手法では、ひらがなを含むキーワードとなるべき語が切り出されない欠点がある。「神の国」や「つくば市」などのような、ひらがなと漢字一文字の組合せは全く抽出できない。キー

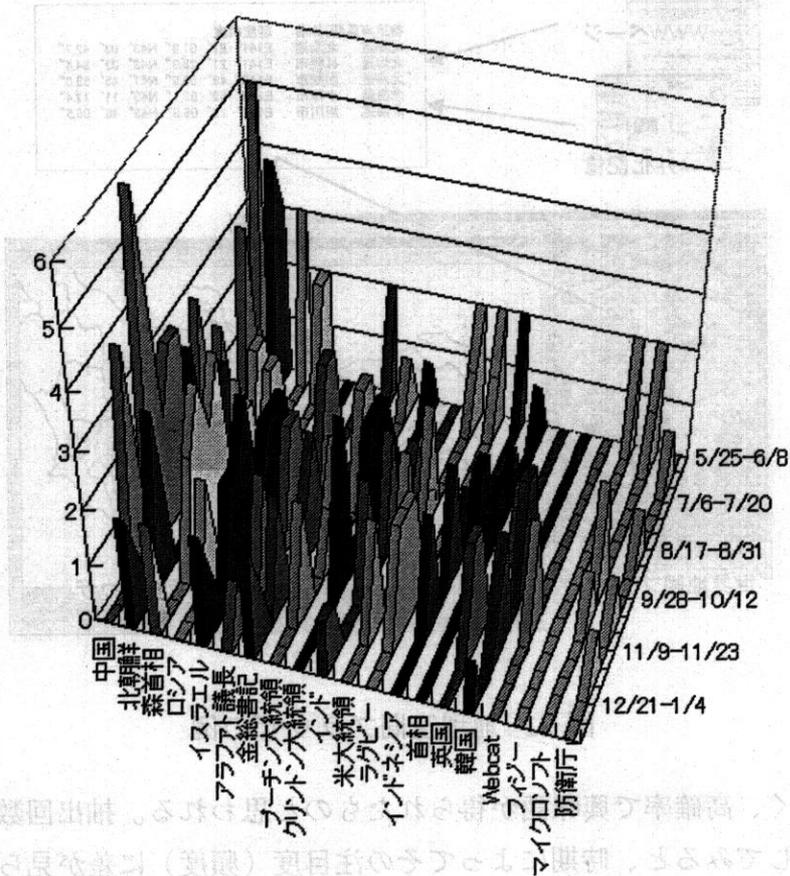


図 20 興味語の推移

ワードを切り出す時間と精度のトレードオフを考慮して、不用語リストとは対照的な興味語リストを作成するなど改善していく必要がある。

表 3 に、WWW ブラウジングからシステムが抽出した興味語の中で出現頻度の高い 20 語を示す。また、各上位語と同時に出現していた語の例を併記する。図 20 に、システム利用期間における高出現頻度語句の推移を示す。

以上の結果を見てみると、抽出されている上位語はユーザの興味を反映する語がほとんどであった。これは、閲覧した WWW ページの大部分が新聞記事サイトであったために、興味語を抽出するもとのリンクテキストが新聞の見出しであ

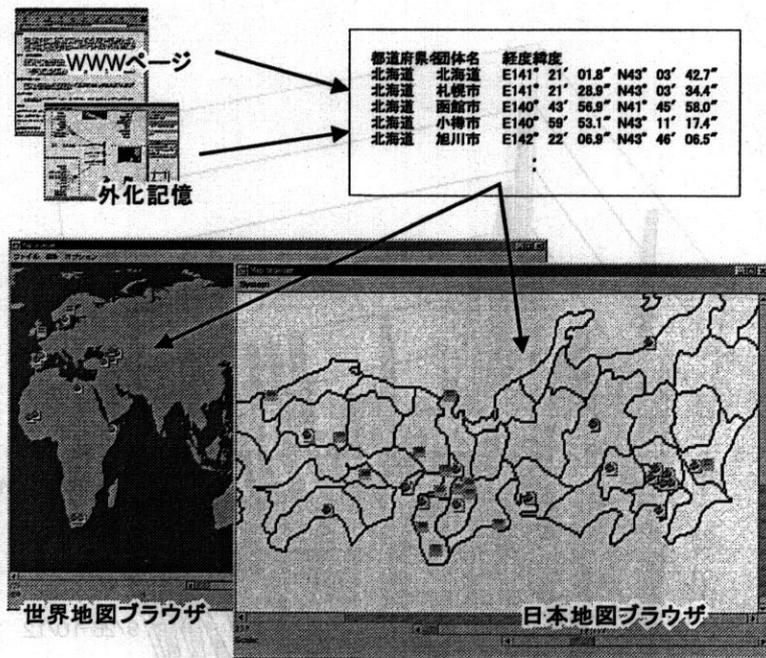


図 21 地理空間ブラウザの例

ることが多く、高確率で興味語が得られたものと思われる。抽出回数の多い語の推移に注目してみると、時期によってその注目度（頻度）に差が見られる。期間全体を通して、山が続く語は、将来においても興味の対象となる語であろう。反対に、大きなピークがきても、その後は一切出現しない語は、その時期の一過性の興味であると考えられる。例えば、「中国」や「防衛庁」などは山が定期的続くのでユーザの日常における興味と推測できる。「フィジー」や「Webcat」などは、ある期間に大きな山が一つ出来ているだけなので一過性の興味と考えられる。このように、ある期間単位で高い出現頻度の語の推移を見ていくと、ユーザにとって不変な興味と、一過性の興味とを表す語を選別することが出来ると考える。また、表 3 にある高出現頻度語句と同時に出現していた語句は、出現頻度は低いながら、かなり興味深い語句が含まれている。今後は、これらをうまく抽出し、高出現頻度語句と組み合わせて利用していきたい。

3.7.2 地理空間ブラウザ

地理空間ブラウザは、外化記憶ファイル及び WWW ページを、位置座標（緯度・経度）に基づき地図上にアイコンを用いて表示する。ユーザの現在位置を、GPS（Global Positioning System）レシーバーから取得した座標を基に、地図上にアイコンで表示することも可能である。

外化記憶ファイル及び WWW ページ（HTML ファイル）の位置座標は、各ファイルのテキストの中から都市名や国名を表す文字列を抽出し、「都市名-座標」および「国名-座標」対応表から獲得する。文字列抽出は、3.6で述べたオーバーレイ WWW ブラウザからのキーワード抽出手法と同様である。「国名-座標」リストに掲載されている国名と一致する文字列があれば国名と判断する。都市名の判断には、簡単なヒューリスティックを使用する。抽出された文字列の最後の文字が、「県」「市」「町」「村」の場合には、都市名と判定する。複数候補があった場合には、テキストの中で最も初めの位置に出現した都市名に決定する。都市名が抽出された後には、「都市-座標」リストにより座標を獲得する。図 21 に地理空間ブラウザの画面例を示す。外化記憶アイコンをクリックすることにより、その外化記憶ファイルを思考空間上に表示する。WWW アイコンをクリックすると、オーバーレイ WWW ブラウザを新規に開き、指定されている URL の HTML ファイルを表示する。

この地理空間ブラウザを用いることにより、個人の外化記憶ファイルと WWW ページの地理的な関係を把握しやすくし、相互利用の促進を目指す。また、都市に関連した電子的な情報が実際の都市における地理的な属性に基づいて参照できるようになる。そのため、ユーザ毎に、どの地域ではどのような情報に関心があるのかを把握しやすくなる。

近年、このように地図上に情報を配置する手法は多く利用されてきている [46]。地図を利用した情報検索における主な検索スタイルには、空間的な情報を文字情報（住所・地名・ランドマーク等）に置き換えて行なうキーワード検索、キーワードに相当するものをアイコンとして用意して利用するアイコン検索、地図の拡大・縮小・スクロールを行ないながらの地図独特のビジュアル検索がある。本ブラウザでも、この三つの検索手法を備えている。

3.7.3 カレンダーブラウザ

個人の記憶を時間軸で見えてみると、過去の記憶、現在の記憶、将来の記憶の三つに分けることが出来る。過去の記憶は、エピソード記憶と呼ばれる。エピソード記憶の中でも、単なる事実の再生だけではなく、体験の意識的再現、特にイメージや情緒までも含まれる記憶は自伝的記憶と呼ばれる。現在の記憶は、今現在短期記憶の中で保持されている記憶である。将来の記憶は、展望記憶と呼ばれる。展望記憶は、未来のある時点における意図した内容・行動の想起・実行に必要な記憶である。しかし、将来の記憶であっても時間の経過により、意図した時点では現在の記憶となり、さらに時間が進めば過去の記憶となっていく。このように、記憶を管理するには時間の流れの中で管理することが重要であると考えられる。

従来、人間はこれらの記憶を管理するために、時間軸の入った紙上で、特に予定表や日記などの形で記憶を外在化していた。しかし、最近では、情報の過負荷状態により紙面上ではとても管理できなくなり、電子手帳、PDA、携帯電話などの電子機器の上で管理することが多くなってきた。

カレンダーブラウザでは、作成した外化記憶をカレンダーを用いて管理することが出来る。特に、本ブラウザを使うことにより、過去に作成した外化記憶へのアクセスを容易にしたり、展望記憶を利用した外化記憶の自動想起が可能になる。

図 22 にカレンダーブラウザの例を示す。ブラウザ上には、外化記憶ファイル、WWW ページ、イベントがそれぞれのアイコンで表示される。

外化記憶アイコン及び WWW アイコンは、それぞれへのリンクとなっている。各アイコンをクリックすることにより、外化記憶ファイルは思考空間ブラウザ上に、WWW ページはオーバレイ WWW ブラウザ上に表示される。外化記憶ファイルを現時点より将来の時点に登録することにより、指定日になるとその外化記憶ファイルを自動的に想起してユーザに表示することが出来る。WWW ページを現時点より将来の時点に登録すると、指定された URL の WWW ページを指定日に自動的に表示する。

イベントアイコンには、キーワード (アイコンのラベルとして表示) 及び WWW ページの URL を属性として指定することが出来る。イベントアイコンは、通常のスケジュール管理の他に、将来における WWW 情報検索に利用できる。URL の

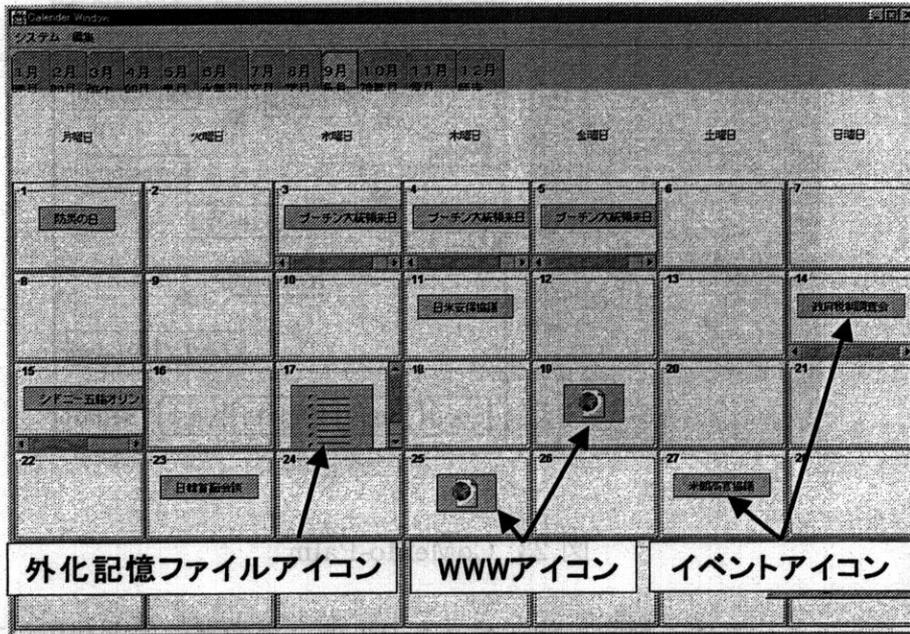


図 22 カレンダーブラウザを用いた外化記憶の管理

指定されているイベントアイコンが指定日になると、自動的に指定された WWW ページ上でキーワード検索を実施する。もし、キーワードを含むテキストが指定 WWW ページ上で検索された場合には、ユーザに通知する。利用例としては、将来における新聞記事の自動検索に利用できる。関心のある行事を登録しておくことにより、日頃良く読む WWW 新聞ページから指定日に自動的に情報を検索する。

以上のように、三つのアイコンをうまく使い分ければ、過去の記憶の管理のみならず、将来における記憶の管理も可能となる。

3.8 携帯端末を利用した外化記憶構築支援

本節では、前節までに提案してきたインタフェースをペン入力可能な携帯端末上に実装した例を述べる。携帯端末を利用することにより、何時でも何処でもユーザと行動を供にし、その行動の中で外化記憶の編集を可能にするを目指す。

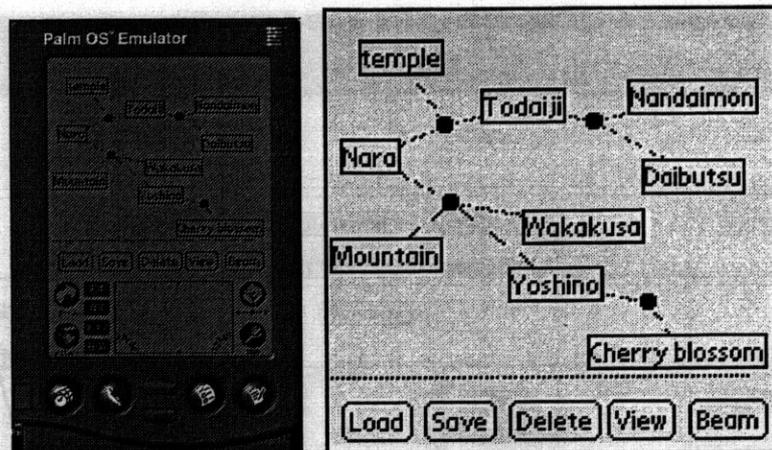


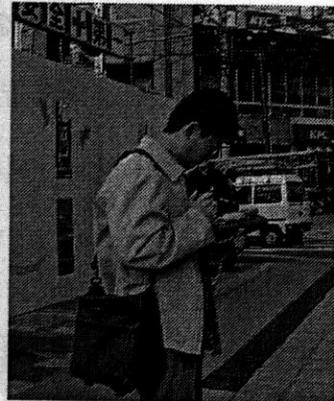
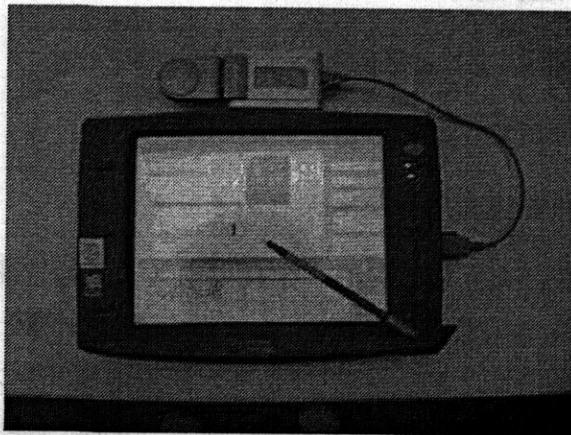
図 23 CoMeMo-Palm

ハードウェアとしては、携帯可能、ペン入力可能、携帯電話等を利用してネットワーク接続可能の三つの機能を満たすものを選択した。

以下に、ペン入力型携帯端末上に連想表現のペン編集インターフェースを実装したシステム CoMeMo-Palm 及び CoMeMo-AMITY について述べる。

CoMeMo-Palm CoMeMo-Palm は、ハードウェアに WorkPad を使用し、PalmOS 上に実装したシステムである。図 23 に画面例を示す。本システムは、携帯性に優れ、システムの起動が非常に早いため、日常生活でのとっさの記憶の獲得に非常に有効であると考えられる。常にユーザが携帯可能で、何時でも何処でも取りだし記憶の外在化を可能とする。反面、画面が小さいため、この画面上で思考を巡らすには難がある。また、位置情報獲得に必要な GPS 等の利用可能な機器が現在は無く、自動的に位置情報を獲得することが出来ないため、位置情報入力にはユーザが明示的に行う必要がある。

CoMeMo-AMITY CoMeMo-AMITY は、ハードウェアに三菱モバイルコンピュータ AMITY を使用し、WindowsOS 上に実装したシステムである。図 24 (1) に実装例を示す。本システムは、やや重量があるものの片手で保持できる大きさ・重さであり、ペンによる入力が可能で、ノート PC のように机



(1)システム実装例

(2)システム利用例

図 24 CoMeMo-AMITY

や膝に置く必要が無いため、その場で記憶を外在化することが可能である。また、GPS やデジタルカメラとの接続が容易であるため、マルチメディアデータの利用や GPS を使った処理も可能である。しかし、システムの起動には時間がかかるため、すばやく記憶を外在化することが出来ない。この問題を解消するために常にシステムを起動しておくことが考えられるが、今度はバッテリーの問題が生じる。

二つのシステムは状況に応じた使い分けが必要であると考えられる。例えば、朝の通学の時間帯のような決まったルーチンワークにおいては、CoMeMo-Palm を利用し、ふとした思い付きをすばやく外在化するのに利用する。観光や見学等のイベントには、CoMeMo-AMITY が有効であろう。現場での画像や音声をその場で取りこみ、コメント等の付与を行なう。また、携帯電話などを利用しインターネットへの接続が可能ならば、現場に関連する情報を WWW から獲得することも可能である。CoMeMo-AMITY については、次節において奈良市内での利用実験と合わせて詳述する。

3.9 外化記憶の構築・想起実験

本実験は、次の点から知見を得ることを目的として実施した。

- ユーザがシステムを携帯し、外化記憶の構築が出来るか？
- 位置・時間を利用した外化記憶の想起が出来るか？

本実験は、CoMeMo-AMITY を携帯し、実際に奈良市内（三条通（商店街）、奈良公園周辺（開闢地））において実施した。実験は、二回の歩行実験を行った。一回目（走行距離：4.5km、実験時間：1時間17分）は、任意地点（ランドマーク）の座標登録及びその地点における外化記憶を構築した。二回目（走行距離：6.2km、実験時間：1時間13分）は、一回目の走行における各ランドマークで作成された外化記憶が各地点において適切に想起されるかの確認を行なった。新規に訪れた地点においては新たな外化記憶を作成した。

3.9.1 実験システムの概要

本節では、実験に利用したシステムの概要及び位置・時間情報を用いた外化記憶の保存・想起の過程について述べる。

実験システムの概要

本実験で用いた携帯端末及び周辺機器を表4に示す。実装に利用した機器は全て商用のものである。

図25に実験システムの概要を示す。ユーザは、ペンジェスチャによってシステムを操作する。図24(2)に、街角での利用状況を示す。システム本体は片手で保持が可能で、ペン入力により立姿状態でのシステム操作が可能である。

思考空間ブラウザでのユニット作成は、音声及びペン操作により行う。画像ユニットは、デジタルカメラから画像をGIFまたはJPEGファイルとして獲得し、思考空間ブラウザ上に読み込むことにより作成する。概念ユニット及びテキストユニットは、ViaVoiceを介した音声による入力と、AMITYパット（手書き文字認識ソフト）を介したペンによる入力により作成する。思考空間ブラウザ上の全てのユニットは、3.5で述べたペンジェスチャにより編集する。

表 4 実験システムに使用した機材

携帯端末	AMITY-GP (三菱モバイルコンピュータ)	
	CPU	MMX Pentium 233MHz
	OS	Windows98, Pen Service2.0 for Windows95
	表示画面	8.4 インチ TFT 液晶カラー (800 × 600)
	タブレット	電磁授受方式
	サイズ	B5 ファイル (幅 262 × 奥行 180 × 高さ 42)
	重量	約 1.2kg (バッテリー含む)
GPS レシーバー	PCQ-HGR1 (SONY)	
音声入力	ViaVoice (IBM)	

外化記憶の想起過程

システムは、GPS から獲得する緯度・経度及び現在時を利用して、保存されている外化記憶ファイル及び HTML ファイルを想起しユーザに通知する。図 26 に、GPS から位置情報を獲得して、外化記憶が想起される過程を示す。

システムは、経度・緯度を獲得する度に、予め登録されているランドマークの中から近傍のものを検索する。ランドマークの検索は、ランドマークの名前と位置が組になっているテーブルを利用する。まず、テーブルに登録されている各ランドマークに対して現在地からの距離を計算する。距離は、4 段階 (エリア 1: 10m 以内、エリア 2: 30m 以内、エリア 3: 60m 以内、エリア 4: 60m 以上) に計算される。距離に段階をつけることにより、ランドマークまでの距離に応じた処理が出来る。次に、ランドマーク、エリア、現在時を使って、想起ファイル一覧から想起するファイルを検索する。有効日時を指定可能とすることにより、位置的には近傍の情報でも時間的に無効な情報の想起を制限する。例えば、店の情報などは閉店時間に提示されてもあまり有効ではない。また、イベント等の期間が限定されている情報は、期間外で提示されても意味が無い。想起されたファイルはユーザに通知され、許可を得た情報のみ、思考空間ブラウザ、またはオーバ

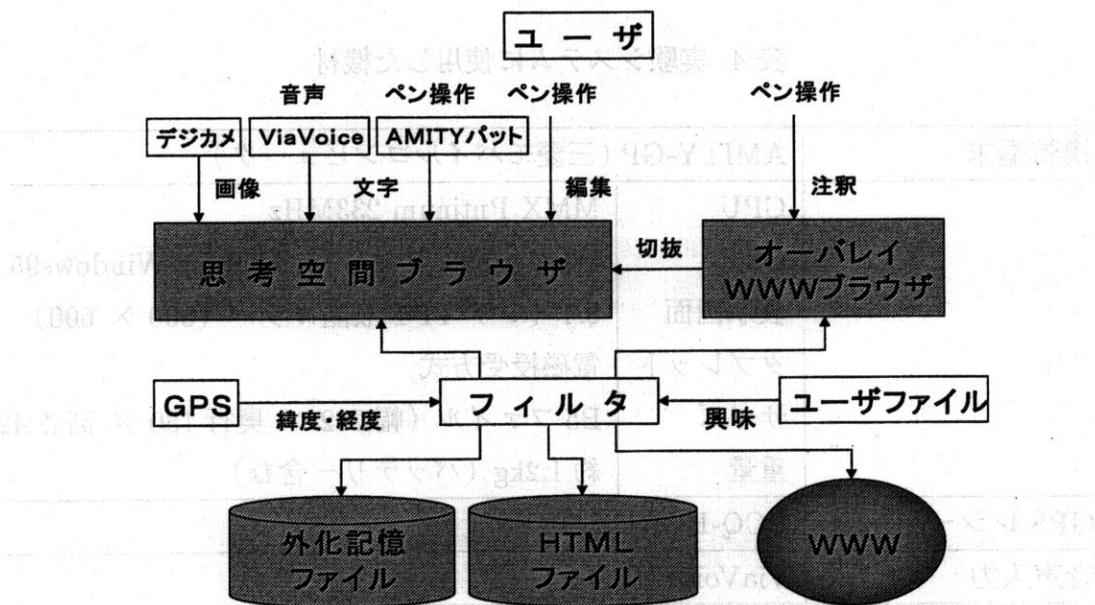


図 25 実験システム概要

レイ WWW ブラウザ上に表示される。

外化記憶の保存過程

ユーザは、外化記憶ファイル及び HTML ファイルを保存する際に、GPS から獲得する緯度・経度等の想起条件を関連付けて保存することが可能である。指定できる想起条件は、位置情報、有効エリア、有効期間である。図 27 に、外化記憶の保存される過程を示す。

ユーザは、現在位置がすでにランドマークとしてシステムに登録されていれば、ランドマーク一覧から選択して指定する。新規の場所では、ランドマーク名を与え、GPS の示す現在位置と共にシステムに登録する（ランドマークと位置情報が組になっているテーブルの更新）。ユーザの指定した想起条件に基づき、想起データファイルを更新する。

登録されているランドマークに対しては、その現場においてだけでなく、別の場所（例えば、自宅や研究室）において想起条件を指定して外化記憶ファイルを保

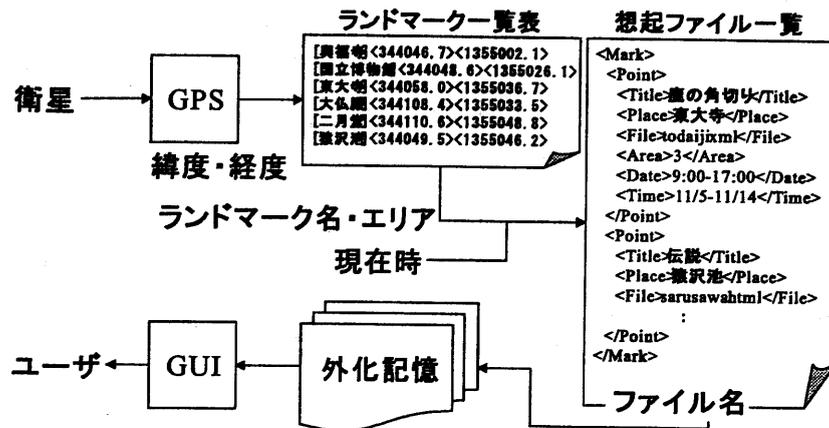


図 26 外化記憶の想起過程

存することが可能である。これにより、良く利用する店などを事前にランドマークとして登録しておけば、その店での用事等を外化記憶ファイルとして保存することができ、店の近傍にユーザが近づいたらシステムに用事を通知させるという使い方が出来る。

3.9.2 実験の手順

(1) CoMeMo-Organizer を実装した携帯端末を保持し、奈良市内の任意の 12 地点をランドマークとして位置座標（経度・緯度）を登録した。また、各地点において外化記憶の作成を行なった。ランドマークとしては下記の地点を選択した。

(a) 奈良公園（開闢地）の 6 地点

P1:世界遺産記念碑、P2:南大門、P3:国立博物館入口、P4:五重塔、P5:猿沢池、P6:ある標識

(b) 奈良三条通（商店街）の 6 地点

P7:アイシティ、P8:第一勧業銀行、P9:NTT、P10:薬屋、P11:上新電機、P12:ダイエー

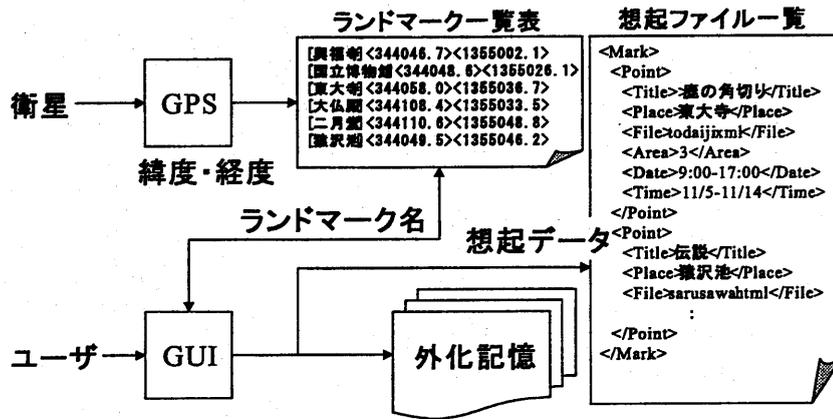


図 27 外化記憶の保存過程

- (2) (1) 終了後、研究室において、登録されたいくつかのランドマークに対して外化記憶ファイルを作成した。例えば、「鹿の角切り」などの行事に関する外化記憶ファイルを作成した。行事に関する外化記憶ファイルは、想起確認を実施する時間が期間内・外の両方を作成した。また、「〇〇薬屋で、歯磨き粉を買う。」などの日常行動でよくある買物リストも作成した。店に関する外化記憶ファイルの有効時間には、開店時間を指定した。
- (3) 再度、携帯端末を保持し、各ランドマーク（12 地点）を歩行してシステムに保存されている外化記憶及び HTML ファイルが適時・適切に想起されるか確認した。

3.9.3 結果と考察

外化記憶の構築に関しては、ペン入力型携帯端末上に CoMeMo-Organizer を実装することにより、立姿の状態での編集が可能であることが確認された。特に、現場で取りこんだ画像、WWW からの情報、及びユーザのアイデアや思考をその場で統合して編集することが出来た。これにより、観光や日常生活における行動の中で、ユーザの行動をある程度妨げずに、その現場での外化記憶の構築が可能であることが示唆された。

表 5 各地点における外化記憶の想起状況

ポイント	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
想起誤差 (m)	20	35	15	33	9	5	50	53	40	36	34	54
測定地点状況	開闊地						商店街					

P1:世界遺産記念碑, P2:南大門, P3:国立博物館入口, P4:興福寺五重塔, P5:猿沢池, P6:ある標識, P7:アイシティ, P8:第一勧業銀行, P9:NTT, P10:薬屋, P11:上新電機, P12:ダイエー

次に、今回利用した文字入力方法について考察を行なう。手書き文字認識及び音声認識に関しては、どちらも認識の誤りを訂正するのに時間が費やされた。しかし、文ではなく概念などの単語レベルにおいては高い確率で認識されるので、長文の入力には利用せず、キーワード等の作成に利用するのが効果的であると考ええる。フリーハンド記述は、自由な記述ができ、入力速度も速いが、システムにとっては単なる点の繋がりとしか判定できないので、後の検索や再利用には有効ではない。そこで、現場では、検索のキーワードとなるような文字列は手書き文字認識や音声認識によって入力し、それらの関係はジェスチャーにより連想関係を作成する。そして、連想関係では表せないような情報はフリーハンドで取り合えず記述しておく方法が、外化記憶の作成には有効であると考ええる。この組合せにより、フリーハンドで記述された箇所も検索が可能になる。切抜は、ペンで文字列をなぞるだけで入力ができるため速度的には一番早いですが、相当する文字列が HTML ファイル上にあることが必要である。そのためには、現場に関連した HTML ファイルを効率良く検索する必要がある。

表 5 に、実験で登録した各地点における外化記憶の想起状況を示す。一回目と二回目での位置測定の誤差の平均は、開闊地では 19.5m、商店街では 44.5m であった。想起させる情報を、木や標識といったものに対して利用するには無理であるが、一つの建築物などに対しては十分利用できると思われる。今回は GPS の単独利用であったため精度的には半径数十メートルであったが、DGPS 等の利用によりさらに精度を高めることは可能である。また、GPS が動作しない屋内等においては、PHS やアクティブバッチ等の利用が考えられる。

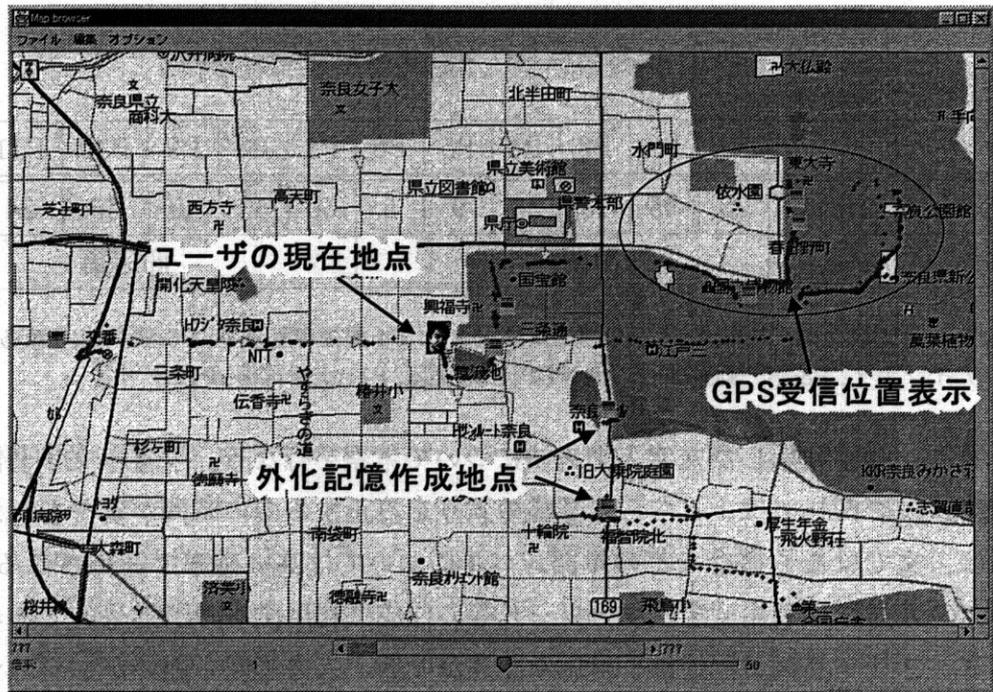


図 28 実験中の地理空間ブラウザ

情報の有効期間・時間を設定しておいたため、期間外・時間外の情報が想起されることは無かった。今回は手動でこれらの想起条件を指定していたが、今後はイベント情報や店のホームページ等から自動的に開催期間や開店時間を抽出する機能を取り入れていきたい。位置指向の情報抽出や構造化の自動化については、横路ら [47] のモバイルインフォサーチで提案されている手法が参考になる。また、最近では、WWW 上にイエローページ⁷なども作成されてきているので、積極的に利用していきたい。

図 28 に、実験中の地理空間ブラウザを示す。地理空間ブラウザは、GPS の補足した点及び外化記憶が作成された地点を表示することが可能である。GPS の補足地点は、赤い点で表示される。また、補足地点同士を線で結んで、移動経路を線で表示することも可能である。外化記憶の作成地点は、アイコンで表示され

⁷奈良のイエローページ: <http://www.pw-net.co.jp/nara/yellow/nyph00000.html> (2000.12.15 現在)

る。アイコンをクリックすると、対応する外化記憶が思考空間ブラウザ上に表示される。これにより、自分の行動や作成した外化記憶を後で見なおすことが可能となる。ユーザの位置もアイコンで表示することが出来るため、現在位置の確認も可能である。

以上から、ユーザと行動を併にして外化記憶作成の支援と、地理的位置及び時間に基づいた外化記憶の想起をするシステムの構築の可能性が示唆された。

3.10 おわりに

本章では、個人における外化記憶の構築・再利用支援として、日常生活における思い付きや、身の回りの雑多な情報を外化記憶として構築、整理、編集できるシステム CoMeMo-Organizer を提案した。システムの実現にあたり二つのインタフェースを実装した。

(a) ペン入力可能な携帯端末と連想表現を組み合わせることにより、何時でも何処でもすばやく外化記憶を構築できるインタフェースを実装した。ペンを用いたジェスチャーによるシステムとのインタラクションによる連想表現の編集（作成、削除、関連付け、グルーピング等）を実現した。また、GPSを用いて位置・時間を利用した外化記憶の蓄積・想起をする機能を実装した。システムの動作確認をするために、システムを実装した携帯端末を携行し、実際に奈良市内において外化記憶の作成・想起実験を実施した。実験の結果、ユーザの行動をある程度妨げることなく外化記憶の構築・再利用が可能であることが分かった。

(b) 閲覧中の WWW ページ上に注釈（ハイライト、アンダーライン、コメント）をつけたり、単純なマウス操作により必要な情報だけを切り出せるインタフェースを実装した。注釈や切り出された情報は、外化記憶として利用する。また、それらの情報からキーワードを抜き出し、キーワード間の共起関係を利用して閲覧した WWW ページを自動分類し、時間軸を用いて推移を表示する。これは、過去に興味を持って閲覧した WWW ページの能動的なブックマーク機能として利用できる。

以上の結果、外化記憶の蓄積・再利用するためのインタフェースの構築が可能であることが分かった。

第4章

分身エージェントを用いたコミュニティにおける外化記憶の共有支援

4.1 はじめに

情報通信ネットワークの拡大と、マルチメディア技術の革新、パーソナルコンピュータの個人レベルへの普及等により、ネットワーク上に様々な新しい社会が生まれ出されている。現実世界における空間、時間、社会組織などの様々な制約を乗り越えて、一定の志向性や共同性のもとでゆるやかに結び付いた人々の集団であるネットワークコミュニティ（以下コミュニティ）もそのうちの一つである。コミュニティには、不特定多数の人々から構成されるためダイナミック性や構成のフラットさに大きな特徴があり、その活動背景には、メンバ間で共有される何らかの情報が存在する [48]。

このメンバ間に介在する情報を獲得および共有化することは、その活動を活性化するうえで重要な要因であると考えられる。中でも共通の関心事をきっかけに活動が活発になるケースは多い。そこで、そのような共通点を見つけるために人々はお互いに情報を開示し合うという行動を取る。特に、人間関係の形成初期においては、自己紹介等の行為により行なわれることが多い。しかし、動的なコミュニティでは、出会いの場を広大な範囲にし、様々な人々と出会える機会を増すが、複数の人々が様々なタイミングでお互いに開示し合う情報の中から共通性や類似性を発見することは容易なことではない。また、共通の話題や関心事も固定ではなく、メンバ間の相互作用を通じて推移、発展していく。これは、同時に個人の知識も発展していくことを表している。しかし、メンバ同士が常時接する機会の少ないコミュニティにおいては、その変化を察することは困難である。この変化を

追跡することもその活動を活性化する上で重要な要因であると考える。

我々は、コミュニティにおける知識共有支援システム CoMeMo-Community を開発した [39]。本システムは、コミュニティにおけるメンバ間の理解の支援と嗜好・知識の共有と発展の支援を目指したものであり、個人とコミュニティの記憶管理の支援が中心となっている。特に、連想を用いて人から知識を引き出し、個人内はもちろん他者の知識も活用しながら、個々の知識の活性化を目指している。

海保 [49] は、連想の持っている機能を、心を陶冶するための道具としてどのように活用するかという観点から、「洞察機能：心を映す」「癒しの機能：心を癒す」「活性化機能：頭を活性化する」「創造機能：創造を支援する」の4つに分類している。特に、知識の活性化・創造においては、連想を外化して知識のネットワークを作成し、新たに入ってきた情報を取り込んで（新たなリンクを張って）ネットワークを豊潤にしていく過程が重要であると述べている。本研究では、知識間の関係（連想関係）の視覚化による知識の活性化効果に注目している。

以下、4.2において、コミュニティでの外化記憶の共有に関して考察する。4.3では、分身エージェントに関して議論を行ない、4.4以降で、実装したシステム及び評価実験について述べる。

4.2 コミュニティにおける外化記憶の共有

本節では、コミュニティの知識共有における問題点について考察し、コミュニティでのヒューマンネットワーク・知識ネットワークの相乗的發展による知識の共同創出モデルについて提案する。

4.2.1 コミュニティの知識共有における問題点

コミュニティにおいて知識共有を行う場合に様々な困難が伴う。特に以下に示すような問題が存在する。

- 情報の雑多性

コミュニティにおいては、電話帳に代表される地域情報のような静的・定型的な情報や、個人の作り出す口コミ情報などのような非同期的な情報な

ど様々な情報が混在している。これらの情報を、統合的に扱い共有するのは難しい。

- コミュニティ内の相互関係の不明瞭性
コミュニティ形成当初などは、他のメンバの存在や情報などが少なくなかなか交流が活性化されない。他のメンバとの共通の話題や興味を見つけることは、出会いを作り会話を促す。

4.2.2 コミュニティ知識共有支援システムに必要な要件

実際にコミュニティにおける知識の共有を支援するシステムにはどのような要件が必要であるか考察する。

- (1) 個人およびコミュニティの情報空間の提供
個人の視点に基づき情報の組織化ができるユーザに固有の情報空間、コミュニティのメンバが個人で持っている情報を共有し合う情報空間を提供する。
- (2) 様々なメディアの利用
個人の持っている情報は非常に様々であるためコミュニティ内でこれらを統合して扱える情報記述方法が必要である。
- (3) 空間・時間的制約の解消
コミュニティは様々な人によって構成されるため、何時何処でシステムを利用するのか事前に察知することが難しい。ネットワークさえつながっていれば、空間・時間的制約を受けずにコミュニティ内の情報を利用できる必要がある。
- (4) 多対多コミュニケーション
様々な人々と触れ合うことにより、より多様な情報との接触が可能となる。また、相手により話される内容も変わってくるため、交わされる情報も相手により多種多様である。

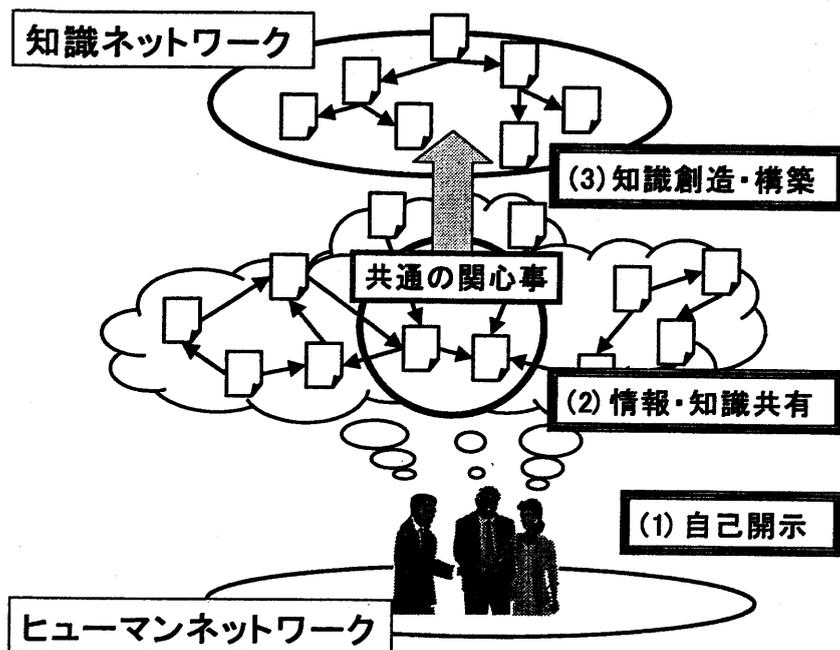


図 29 自己開示から知識共同創造・構築へ

(5) 関係の可視化

メンバ同士や情報の関連や継りを可視化すると、他者との関係や興味の領域などの実際には目に見えないものも発見できる。

4.2.3 情報開示の促進によるヒューマンネットワーク・知識ネットワーク形成支援

コミュニティにおける知識共有を促進させるためには、情報のみの交流だけでなく、情報を保持する人々の交流も結びつけて支援することが重要であると考えられる。本研究では、1.2でも述べたように、前者を「ヒューマンネットワーク」、後者を「知識ネットワーク」と呼び、両者がともに発展することによる相乗効果を引き出しコミュニティ内での知識の共同創出を狙う。

図 29に、本研究で考えているコミュニティ内の各メンバの出会いから、共通の関心事の発見、共同での知識構築までの流れを示す。コミュニティにおける活動

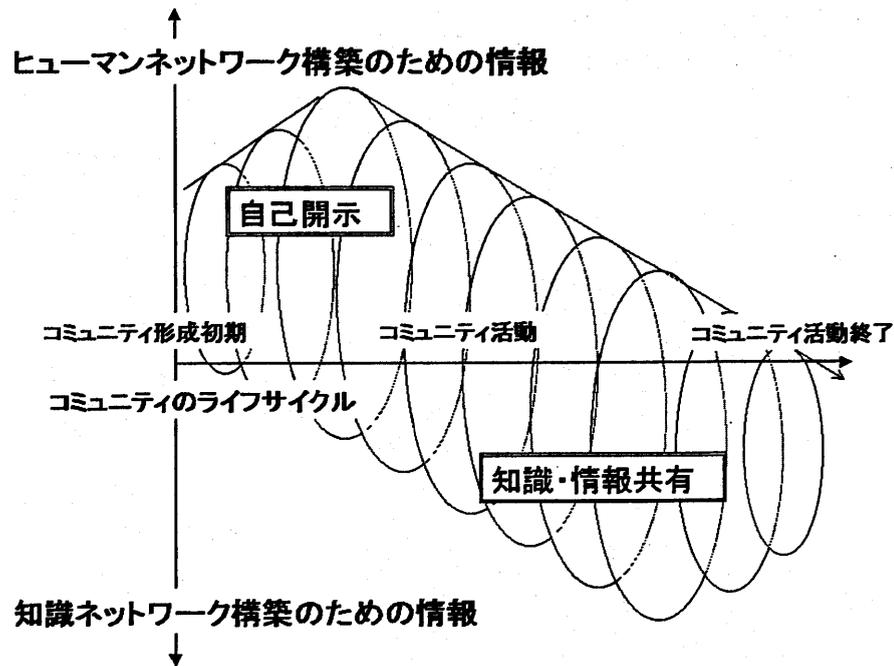


図 30 コミュニティのライフサイクルと開示情報

は、当初お互いに知り合うことから始まる。多くの人の場合、自己開示と呼ばれる自分自身についての情報を開示する行動をとる。お互いの自己開示が進み、信頼関係が築かれるにつれて、情報の交流が活発になり自己開示も外面的なものから内面的なものへと移っていく。例えば、初めは名前、所属、経歴といったような外面的な情報が多く交わされる。自己開示が進むにつれて、自分の持っている関心事や、現在抱えている問題事等の内面的な情報が交わされるようになる。さらに交流が進むと共通の関心事などもわかり、お互いにお知らせや口こみ情報などの有用な情報の提供などを中心とした情報の共有が行なわれる。そして、共通の関心事を基にして、お互いの知識を補完し合いながら共同の知識構築へと進んでいく。この過程においては、相互に情報を開示させて、開示された情報を相互に結びつけることが出来る環境が重要であると考えられる。

コミュニティのライフサイクルを横軸に、情報の量を縦軸にとると、図 30 に示すような開示情報の推移が予想される。コミュニティ形成初期は、徐々にヒュー

マンネットワーク構築のための情報が自己開示を通じて交わされ、時間が経過するにつれて、開示情報が知識ネットワーク構築のための情報へと変わっていく。この開示情報のスパイラルを加速し、大きな輪へとすることが、ヒューマンネットワークと知識ネットワークの構築を促進することを表している。

そこで、本節の以下において、この知識共同構築モデルにおいて重要な役割を果たす自己開示について考察する。まず初めに、社会心理学において研究されている自己開示の機能について概観する。ある調査では、自己開示の目的でインターネット上にホームページを開設するケースも多いといわれている [50]。次に、情報縁でつながれたコミュニティにおいて、各メンバの自己開示を促進することによって期待される効果について考察する。

自己開示の機能

自己開示とは、未知・既知を問わず、特定の他者に対して、意図的に自己に関する情報を言語的に伝達する行為を指す概念である。その役割は、個人的機能及び対人的機能の二つの側面から見る事が出来る [9]。

● 自己開示の個人的機能

感情の表出機能 自分の悩みや葛藤に対する考えなどを誰かに吐露することによって心の鬱積を解消する

自己明確化の機能 他者に自分の情報を公開することにより自分の意見や感情が明確になる

社会的妥当化の機能 他人からの自己開示情報や開示情報に対する他者からのフィードバック情報と自分の意見などを比較することによってその水準を知ることができる

● 自己開示の対人的機能

自己開示の返報性 自己開示の受け手が同じ程度の自己開示情報を送り手に返す

自己開示と好意 自己開示の仕方やタイミングにより相手に好意又は嫌悪感を与える

コミュニティ活動における情報開示支援の有用性

コミュニティ活動において個人の持つ情報を他のメンバに開示することの有用性について考察する。特に、人間では困難な、また直接の人間同士では問題を起こす様な活動を計算機を用いて支援することを考える。

● 信頼関係の形成

自己開示は、開示する内容が同じでも、開示する相手やタイミングによって違った影響を与える。開示情報に関心が薄い相手にはいくら自己開示をしても返報は期待できず、かえって煩わしさ等を与えてしまいその効果を期待することは出来ない。しかし、コミュニティでは、ある程度、共通の興味・関心を持っている者が集まっているので、自己開示はコミュニティ形成初期などにおいて交流を活性化するには有効であると考えられる。また、開示情報をシステム上に蓄積・管理しておけば、無理やり情報を送りつけることなどせずに、受信者のタイミングで情報を得ることが出来るので不快感を与えることもない。

また、実際には目に見えない人間関係などをシステム上で視覚化することにより、思いもよらなかった継りなどを発見することができれば、新たな人間関係形成を促すことにもつながる。

● 思考の明確化

他者に対して自分の持つ情報を公開することで、公開情報に対する意見や感情が整理され明確になり、さらには自己理解が深まることも期待できる。さらに、より自己を明確に理解するためには、人間の思考のような非形式的な情報をシステム上に表現でき、様々な角度から吟味できることが重要であるとする。

● 知識共創

他のメンバの公開する知識を見ると、その人についての様々な事を知るこ

とが出来るとともに、自分の持つ知識が触発され新たな発想やアイデアが生まれる。また、自己開示の返報性にも見られるような開示された情報に対する新たな情報の付け足しや公開が行なわれることによって、コミュニティとしての知識の発展が期待できる。しかし、ネットワーク上で様々なタイミングで交わされる膨大な知識の中から、目的とする知識を捜し出したり、それぞれの知識間の関係を見つけることは人間の手ではかなりの困難を伴う。

4.3 分身エージェント：人間の記憶を保持するエージェント

4.3.1 分身と記憶

「分身」は、日本語大事典によると「あるものから、それとそっくりの形・性質などを受け継いで、別れ出たもの」と定義されている。この分身というものは、すでにこの世の中に、様々な形で数多く存在しているといえる [51]。人間の分身としては、姿形を模した影武者が挙げられる。また、手紙や形見なども限定された分身と言えるであろう。手紙は書き手の心の内が文字と紙面を使って、また、形見は故人に対する感情や思い出が個人の残した物を使って、別れ出たものであると考えられる。

最近では、マルチメディア技術等の発達により、人間の姿形をリアルに計算機の作り上げる仮想空間上に表現することが可能となってきた。人々は、計算機の作り上げる自分の分身を通して、仮想世界で買い物をしたり、おしゃべりしたりすることが出来る。

我々は、個人の分身として、個人の姿形ではなく、個人が頭の中に持つ記憶に注目している。特に、人間そのものの体を使わずに、人間の記憶だけを獲得し保持しつづける別のものを「分身」としてシステム上に構築することを目指している。人間の記憶をシステム上に表出し、それを分身に管理させ、必要なときに想起して再利用したり、他者とのコミュニケーションに利用することを考えている。

本研究では、記憶の中でも日常記憶を対象とする。日常記憶は、日常生活において人間が出くわすふとしたアイデアや考えなどの総称の意味で使っている。個人の日常記憶を外在化して、分身に管理させる。公的な記憶が社会で大きな役割

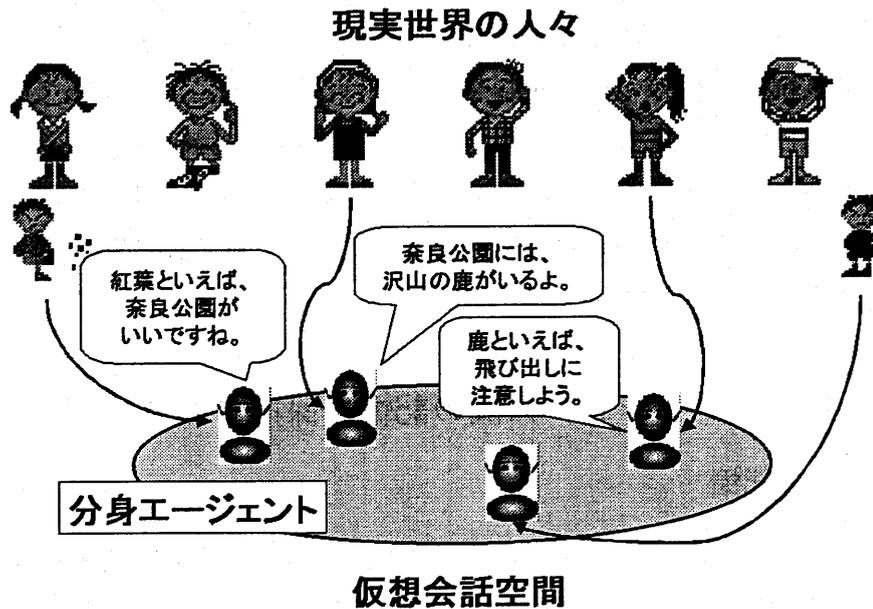


図 31 分身エージェント

を果たすのと同様に、個人的な記憶もコミュニティにおいて一定の役割を果たすと考えられる。

4.3.2 分身エージェント

本研究では、人間の記憶を分身という概念を使い、コミュニティに所属するメンバー同士で記憶を開示し合うことによるコミュニティ・インタラクション、特に人間関係の形成及び知識の発展の支援をする手法を提案する。人間の記憶を保持し、必要に応じてネットワークを越えてその記憶を流通させるソフトウェアエージェントを「分身エージェント」と呼ぶ(図 31)。

従来のエージェント技術で研究開発の中心となった概念は、ユーザの代理人としてサイバースペースで情報収集・フィルタリングや取引を行なう知的エージェントや、システムデザイナーの代理としてユーザの活動の支援を行なうインタフェースエージェントである。分身エージェントは、ユーザの代理として情報を発信するところに重点を置いている点が、これまでの知的エージェントと異なる。

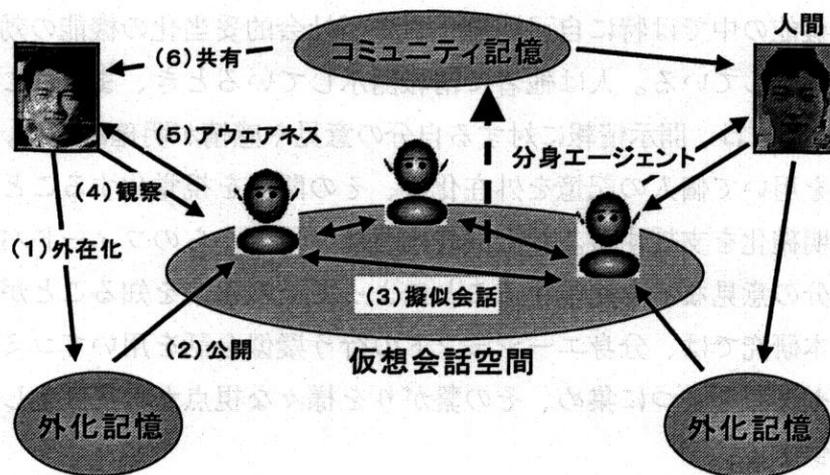


図 32 ユーザと分身エージェント

また、本人性を前面に押し出している点がインタフェースエージェントと異なる。

4.3.3 コミュニティ・インタラクションにおける分身エージェントの役割

本節では、分身エージェントを使ったコミュニティ・インタラクションにおける役割・効果について考察する。

図 32 に本研究で提案する分身エージェントとユーザの関係の概要を示す。コミュニティのメンバは個人の記憶を連想表現を用いて外在化し、外化記憶として蓄積する。蓄積された外化記憶は、分身エージェントを介して他のメンバに公開される。各分身エージェントは、疑似的会話を行い開示された外化記憶の相互作用の視覚化を行う。この疑似的会話を観察することによりコミュニティ・アウェアネスが促進される。また、この相互作用により集め繋ぎ合わされた外化記憶の塊はコミュニティ記憶としてコミュニティ内で共有される。

コミュニティにおける自己開示支援

我々は、分身エージェントを使うことによる自己開示の機能の良い面を引き出す効果に期待している。前述したように、自己開示には個人的および対人的機能

がある。

個人的機能の中では特に自己明確化および社会的妥当化の機能の効果を引き出すことに期待している。人は他者に情報開示しているとき、またはこれからしようとするときには、開示情報に対する自分の意見や感情が明確になる。本研究では連想表現を用いて個人の記憶を外在化し、その関係を視覚化することによりユーザの自己明確化を支援する。社会的妥当化は、他人からのフィードバックや開示情報と自分の意見などを比較することによってその水準を知ることができる機能である。本研究では、分身エージェントの行う疑似会話を用いてコミュニティ全体の意見や情報を一つに集め、その繋がりを様々な視点から視覚化し比較できる機能を提供する。

対人的機能においては、記憶を開示することによる返報性に期待している。返報性とは、情報の受け手が、開示された情報と同程度の情報を送り手に返すという機能である。しかし、開示の仕方やタイミングによっては、相手に嫌悪感を与えることもある。相手に興味がないのに強制的に情報を開示してもその効果は期待できない。分身エージェントを使うことによりユーザのタイミングで開示情報を受けることが可能となる。また、直接向かい合って自己開示が行われると、強制的に受手にもそれにあった自己開示をしないといけないと感じさせてしまうことがあるため、これも分身エージェントを介して行うことにより回避できると考える。

コミュニティにおけるアウェアネス支援

分身エージェントは、本人であることを明示してコミュニティ全体に対して情報を開示する。そのため、コミュニティにおけるアウェアネスの促進も支援できると考えている。特に、誰がどのようなことに関心があるのか、共通の関心事は何かなど、他者との関係を把握するうえで重要な役割を果たすと考えている。

4.4 コミュニティ知識共有支援システム:CoMeMo-Community

本研究では、連想表現を用いて個人およびコミュニティの記憶管理を行ないコミュニティの知識共有を支援するシステムを提案する。本システムは、連想表現を

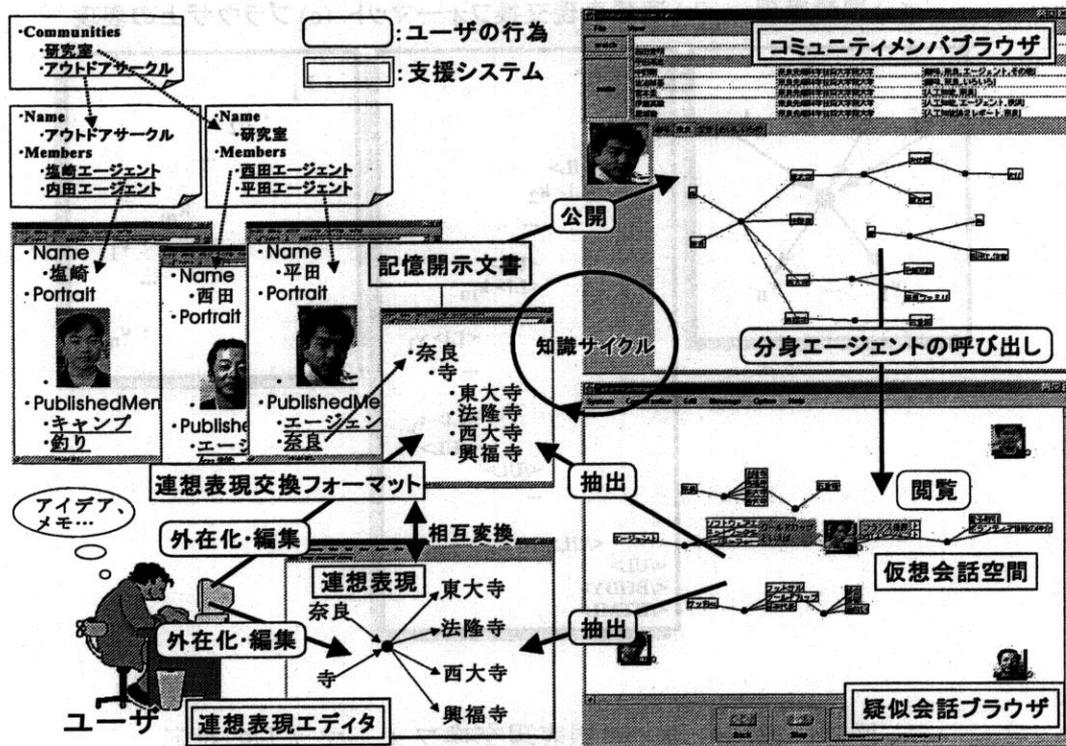


図 33 CoMeMo-Community における知識共有サイクル

用いた記憶の外在化支援、分身エージェントを用いた外化記憶の共有支援をする。図 33 にシステムの概要およびシステム内での知識の流れを示す。各メンバーの知識は、「外在化」「公開」「閲覧」（「抽出」）「編集」のサイクルを繰り返し、他のメンバーから開示された知識との関わり合いの中で活性化されていく。また、図 33 中の「コミュニティメンバブラウザ」「疑似会話ブラウザ」「連想表現エディタ」およびメンバーの登録等を管理するコミュニティ管理サーバを総じて CoMeMo-Community と呼ぶ。

4.5 個人およびコミュニティの記憶管理

本節では、本研究で提案する記憶管理の方法について述べる。本システムでは、個人およびコミュニティにおける記憶や知識を連想表現（2.3.1参照）を用いて外

(a) 連想表現 (b) 連想表現交換フォーマット (c) ブラウザ上の表現

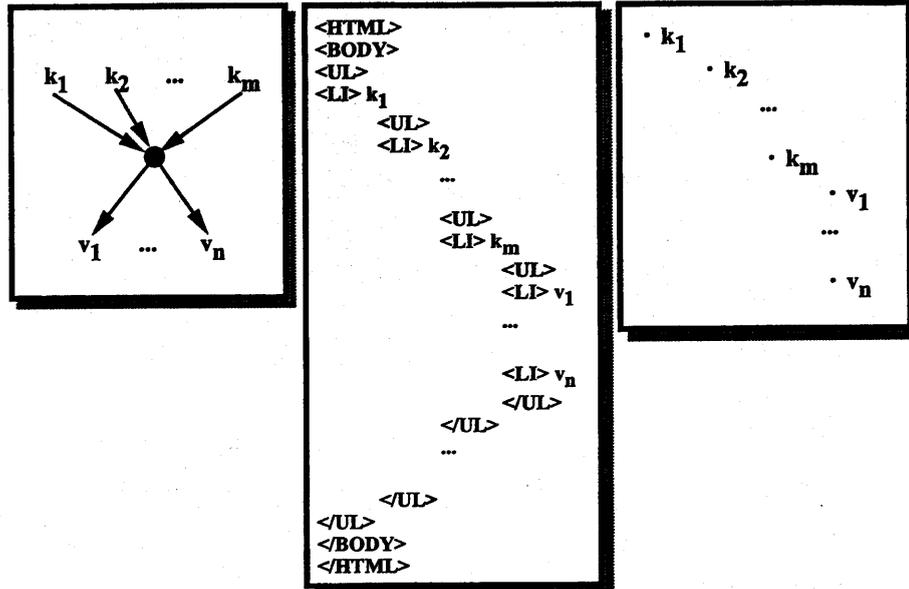


図 34 連想表現と連想表現交換フォーマットの対応

在化し管理する。連想表現を用いて外部表現されたデータを外化記憶と呼ぶ。また、コミュニティ内のすべての外化記憶を総じてコミュニティ記憶と呼ぶ。

4.5.1 連想表現交換フォーマットを用いた記憶開示

様々な環境のメンバとネットワークを介して外化記憶を共有するには、外化記憶の表現手段である連想表現がネットワーク上で容易に流通（発信、蓄積、閲覧）出来ることが必要である。そこで、従来では専用エディタでしか作成できなかったネットワーク表現の連想表現を、HTMLを用いた記述（``タグを用いたリスト構造）に変換した表現（連想表現交換フォーマット）を利用する。図34に連想表現と連想表現フォーマットとの対応を示す。連想表現のkeyユニットはリストの上位のアイテムとして、valueユニットはリストの最下位のアイテムとして、表示される。これにより、既存のエディタやWWWブラウザを利用して簡単に編集・閲覧が可能となる。連想表現交換フォーマットは、連想表現と同様に、

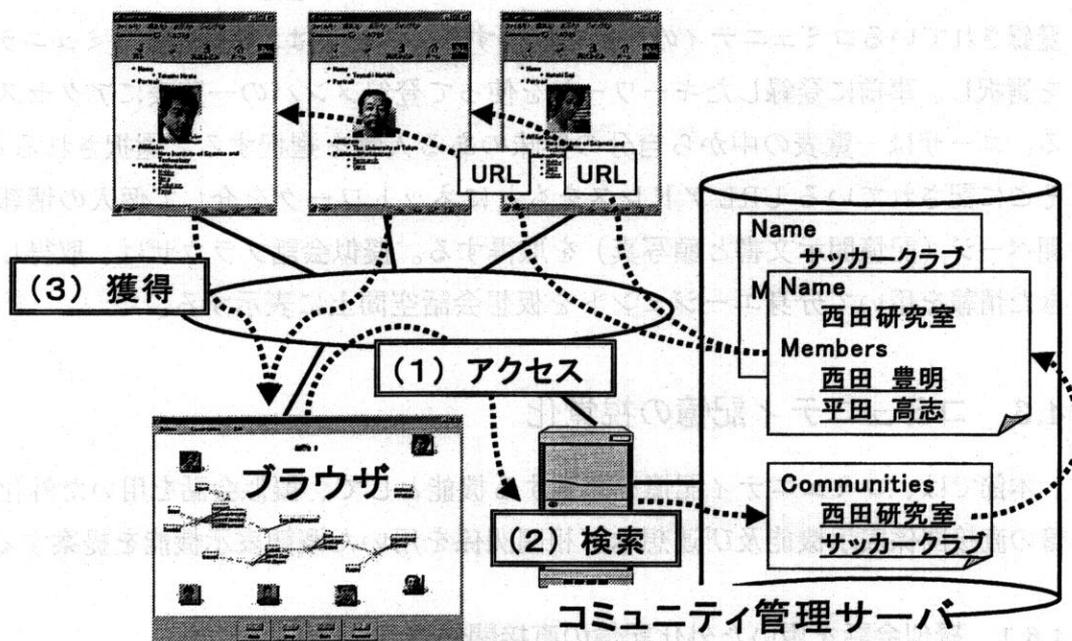


図 35 ネットワークを介した分身エージェントの獲得機構

人間にもシステムにも可読な知識メディア [38] としての位置付けにある。また、この連想表現交換フォーマットにしたがって記述された外化記憶を記憶開示文書と呼ぶ。

コミュニティ内の記憶開示文書群は図 33 左上に示す構成になる。まず、システム内に存在するコミュニティのリストがあり、そこから各コミュニティのメンバーのページがリンクされる。さらに各メンバーのページから各メンバーの情報開示ページへとリンクがつながる。各メンバーの情報開示ページは、名前、写真、および公開する記憶開示文書へのリンク等から構成される。各記憶開示文書間は、通常の HTML 文書のハイパーリンクでつながれているため、WWW ブラウザを用いて容易に閲覧が可能である。コミュニティリストおよび各コミュニティメンバーリストは、コミュニティ管理サーバ上で一括管理される。各メンバーの分身エージェントは、開示された記憶開示文書のみを保持し、仮想会話空間上において、公開された写真を使って本人を特定するためのアイコンとして表示される。

分身エージェントが疑似会話ブラウザ上に獲得される機構を図 35 に示す。コ

コミュニティメンバブラウザを起動すると、コミュニティ管理サーバにアクセスし、登録されているコミュニティの一覧を取得する。ユーザは、希望するコミュニティを選択し、事前に登録したキーワードを使って登録メンバの一覧表にアクセスする。ユーザは一覧表の中から自分の興味のある人物を選択する。選択されると、そこに記されている URL アドレスをもとにネットワークを介して個人の情報公開ページ（記憶開示文書と顔写真）を取得する。疑似会話ブラウザは、取得してきた情報を用いて分身エージェントを仮想会話空間上に表示する。

4.6 コミュニティ記憶の視覚化

本節では、コミュニティ記憶を閲覧する機能として、疑似会話を用いた外化記憶の直接関係表示機能及び連想木／相関関係を用いた概観表示機能を提案する。

4.6.1 疑似会話を用いた外化記憶の直接関係表示

疑似会話では、各分身エージェントが保持する外化記憶の断片を連想表現を用いて繋ぎ、個々の外化記憶間の直接関係を視覚化する。疑似会話は、各分身エージェントの背後には各メンバがそれぞれ存在していることを意識させながら非同期的コミュニケーションを支援することにある。また、ユーザがシステムへ関心を起こすような「面白さ」を出すことも狙っている。

図 36 を用いて、分身エージェントの行なう疑似会話を説明する。

- (1) ユーザはコミュニティメンバブラウザ（図 33 右上の画面）から興味のある分身エージェントを仮想会話空間（図 33 右下の画面）上に呼び出し、対話を行なわせるキーワードを入力する（図 36 (1)）。入力したキーワードから関連する分身エージェントを呼び出すことも可能である。
- (2) 各分身エージェントは、常に仮想会話空間上を監視し、現在ハイライトされているキーワードから連想される外化記憶があればその近傍に集まる（図 36 (2)）。実際には、仮想会話空間上の全ユニットの状態を一定間隔で更新しながら記録し、過去と現時点でのユニットの状態を比べて変化が検出された場合に、分身エージェントが動作する。また、過去に出力した外化記

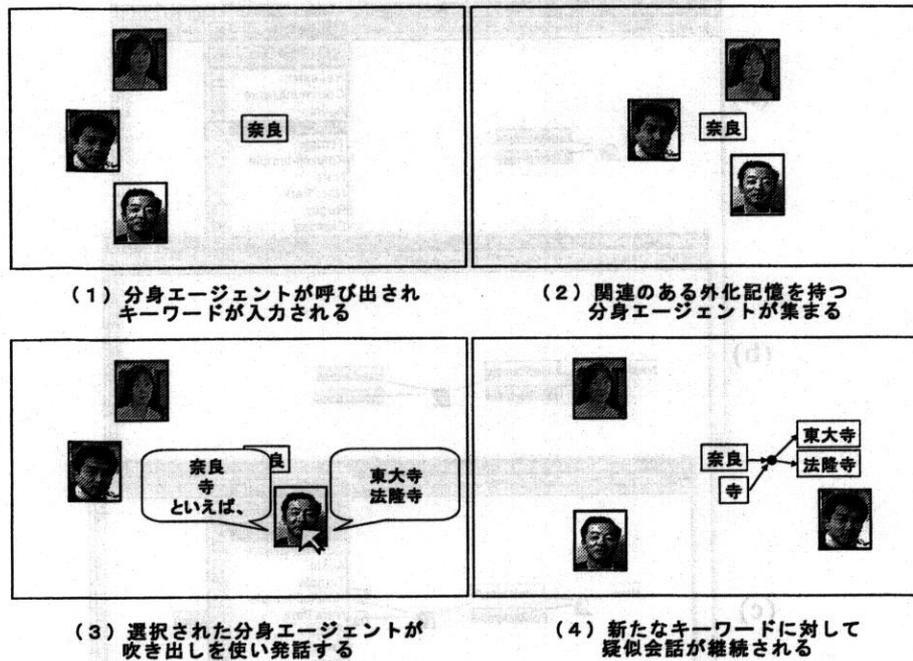


図 36 分身エージェントの行なう疑似会話の例

憶は記録しておき、同じキーワードに対して同じ外化記憶を表示することを防ぐ。

- (3) ユーザは、集まった分身エージェントにマウスのカーソルをあわせることにより、その分身エージェントが保持している連想語句（外化記憶）を吹き出しを使って表示させることが出来る。図 36 (3) の例では、分身エージェントが「奈良」「寺」から「東大寺」「法隆寺」を連想語句として保持していることを吹きだし中に表示している。
- (4) 気に入った外化記憶を表示した分身エージェントをクリックすることにより疑似会話空間上にその連想によって新たに導き出された外化記憶が仮想会話空間上に表示される。選択されなかった分身エージェントは、元の位置に戻る。新たに外化記憶が表示されると、それに関連する外化記憶を持つ分身エージェントが再び集まってきて、疑似会話を続ける（図 36 (4)）。シ

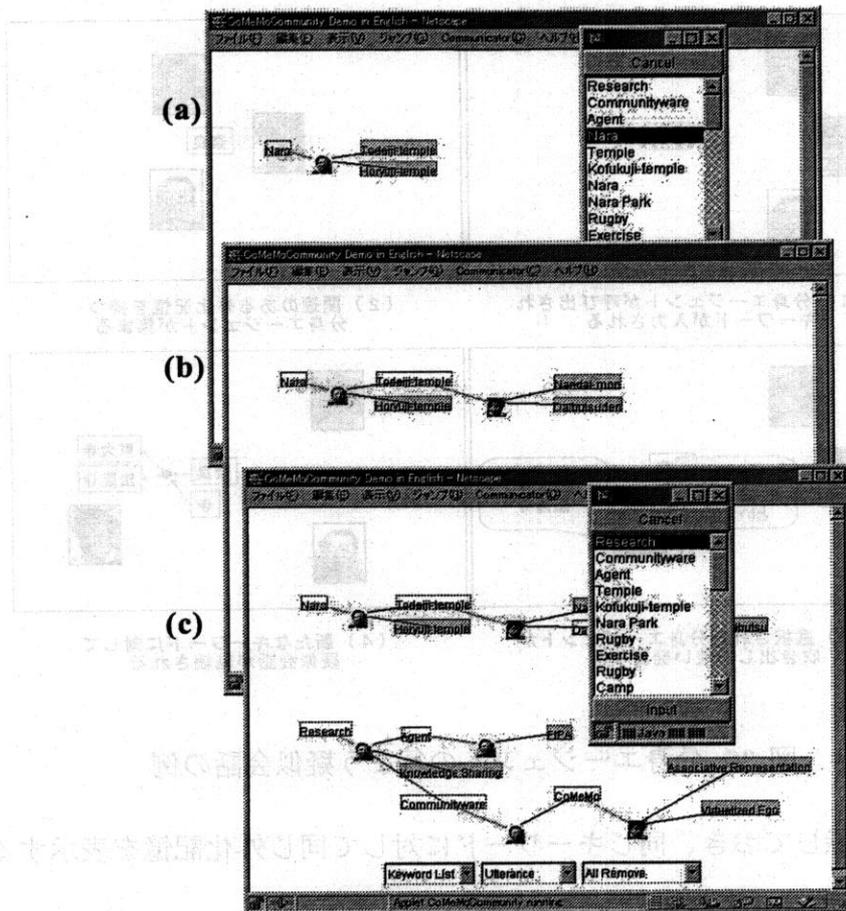


図 37 分身エージェントの行なう疑似会話の例 (WWW 版)

システムに分身エージェントをランダムに選択させることも可能である。この場合は、ユーザの介入なしに自動的に疑似会話が進む。

以上のような手順を繰り返すことにより、各個人毎に作成された外化記憶の断片が一つの仮想会話空間上に集め繋ぎ合わされコミュニティ記憶として視覚化される。図 37 に分身エージェントの疑似会話によって形成されたコミュニティ記憶の例を示す。視覚化されたコミュニティ記憶は、連想表現及び連想表現交換フォーマットの形式で個人の外化記憶へ取り込みが可能である。

また、外化記憶に対する分身エージェントの接近・離散動作や、分身エージェ

ント自体を小刻みにゆらしたり、吹き出しを使うなど「生命感」を出すような工夫を入れた。これは、システムを通して分身エージェントの背後には実際の人間が存在していることを感じさせる狙いがある。

4.6.2 外化記憶の連想木／相関関係を用いた概観表示

コミュニティ記憶の全体像を把握しやすくするために、外化記憶を木構造および相関関係を用いて表示する機能を提案する（連想木表示機能、連想語相関表示機能）。また、外化記憶の相関関係を元にメンバ同士の関係を表示することも可能である（メンバ相関表示機能）。以下本節で用いる例は、4.9で述べる公開型知識共有実験において実際に作成されたデータを使用している。

ある一つの連想元から連想される語を木構造にしたものを連想木と呼ぶ。連想元からの連想語を集め子ノードとし、集められた語から連想される語をさらに子ノードとする。続く連想が無い語、またはループとなる語はリーフとする。これにより、ある一つの語からの連想の繋がりが一つの木構造として表示される。

図 38は、「奈良」（左図）、「人工知能」（右図）を連想元として連想木表示した例である。連想木表示により、「奈良」から5つの連想を経て「脱ア論」へ、「人工知能」からは8つの連想を経て「プリウス」への連想の繋がりが、「法隆寺」と「聖徳太子」「五重塔」「柿」等の8つの概念が直接の連想関係にあることの把握が容易になる。「奈良」から「脱ア論」への連想木は、「奈良」→ユーザ A →「法隆寺」→ユーザ B →「聖徳太子」→ユーザ C →「一万円」→ユーザ C →「福沢諭吉」→ユーザ D →「脱ア論」であり、実際に4人の連想が繋ぎ合わされて形成されている。この機能により、コミュニティ記憶を体系的に捉えることを支援する。

連想語相関表示機能は、連想元からの連想語同士の相関関係を表示する。本機能は、コミュニティ記憶の相対的な関係の把握を支援する。相関の計算には、数量化三類（付録 A 参照）を用いている。数量化三類は、数値化されていないデータ同士の相関を多変量解析する手法である。各連想語は、相関（連想の共起関係）の強い語同士が近くになるよう2次元空間上に配置される。また、連想語の横に連想を行なった人の総計を表示する。連想元からの直接の連想語のみを対象とした相関表示では、やや面白味を欠いた結果になることがある。逆に、連想元から

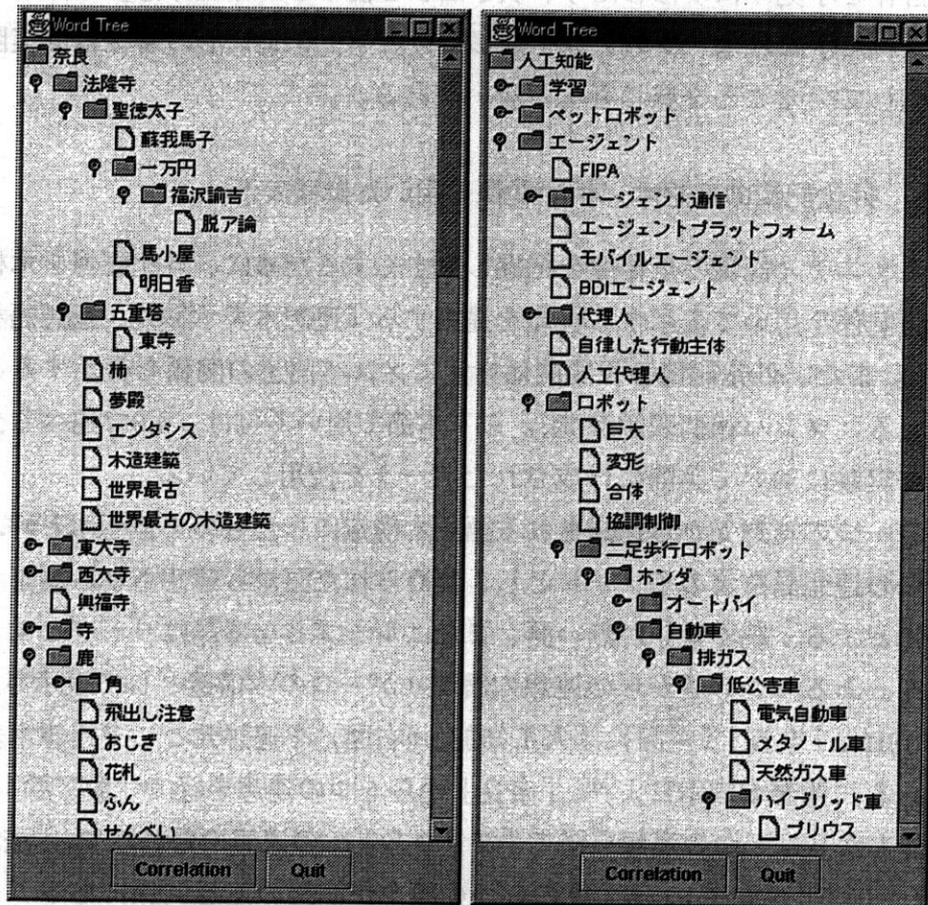


図 38 「奈良」／「人工知能」からの連想木表示

連なるすべての連想語を対象とすると、かなりかけ離れた連想語まで表示されてしまいやや統一感に欠けることがある。そこで、ユーザは、前述した連想木を参考に、連想の連なりの許容範囲（ステップ数）を指定することが出来る。前述した「奈良」から「脱ア論」への連想では、その連なりのステップ数は5となる。

図 39は、「奈良」から連想の連なりを3ステップまで許容し、連想する人の総計が多い上位30語の相関関係を表示したものである。表示の中では、同時に連想され易い語同士が近くに配置されているのがわかる。例えば、図 39の下の方に固まって表示されている「春日大社」「奈良公園」「鹿」「角」などが同時に想起され易い関係にあることがわかる。

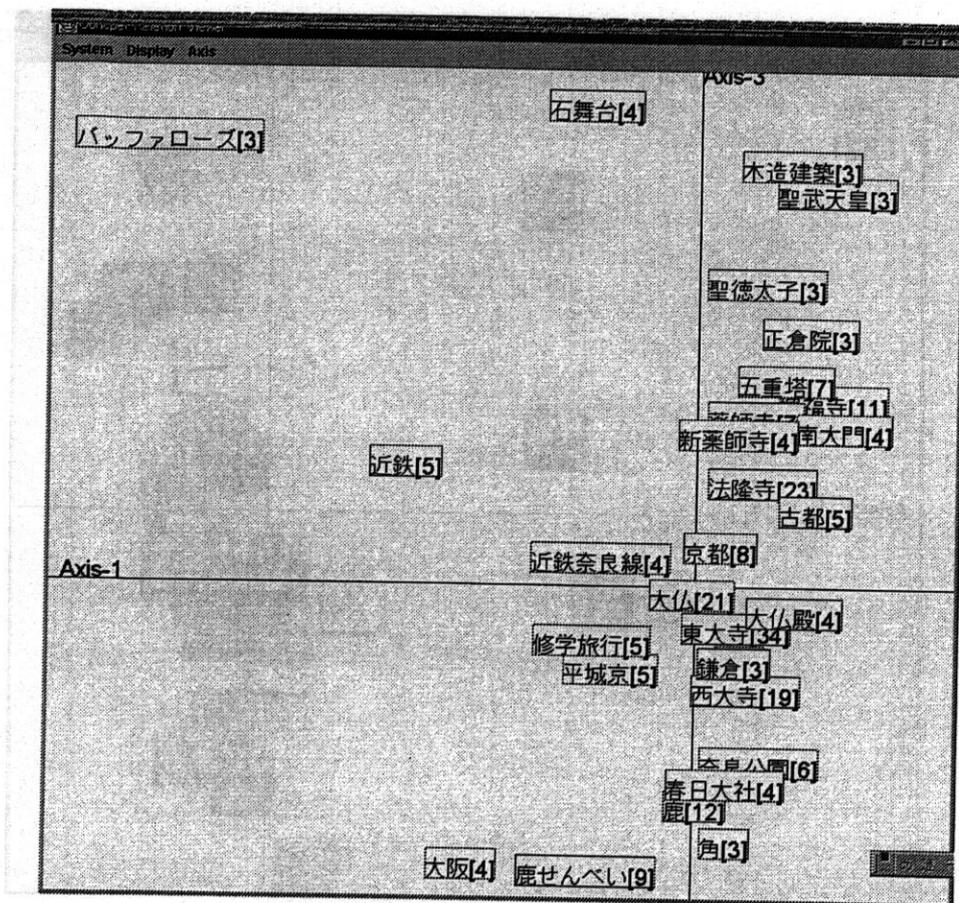


図 39 奈良に関する連想語の相関

図 40は、メンバ相関表示機能（図 39の相関を基にしたメンバ同士の関係表示）の例である。近くに表示されたメンバ同士は、似たような連想を開示したことを意味する。これにより、ユーザは、ある概念からの連想に基づくコミュニティ内部の各メンバ同士の関係を把握することが出来る。

本機能の特徴は、システムが呈示する刺激語等に対する段階評価等のユーザの応答から相関を計算するわけではなく、各ユーザが自由に作成した連想語から相関を求めている点にある。そのため、システムに縛られない関係を表示できる利点がある。しかし、情報記述を各個人に委ねることにより表記のゆれの問題が生じたり、まったく連想が合わずに相関が計算できないことが生じる可能性がある。

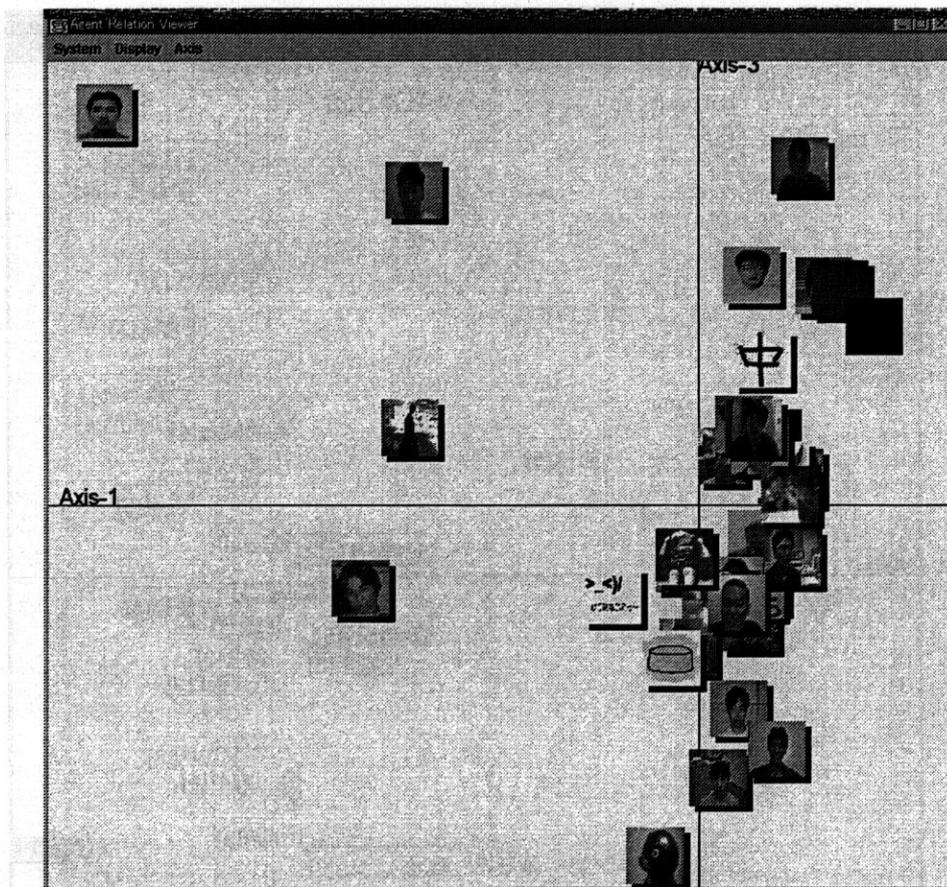


図 40 奈良に関する連想語の相関を元にしたメンバの相関

しかしながら、本システムではメンバが情報を相互に開示し合うことにより、ある程度それらの問題に対処出来るのではないかと考えている。

また、複数の概念を相関を用いて2次元空間に配置してユーザにその関係を解り易く提示するという点では、他システム（例えば [52]）と類似しているが、概念空間の関係を利用して、メンバ間の関係を表示するところに相違点がある。

4.7 メッセージ機能

非同期かつ非対面コミュニケーションでは、他者とのコミュニケーションの同期を取る煩わしさ等が無いなどの利点がある反面、他者からの反応等を察することが困難である。

本システムでは、他のメンバによって以下に示す二つの行動がとられた場合に、本人に対してメッセージを提示する仕組みを取り入れた。メッセージは、ダイアログを開いてユーザに提示する。表示されるメッセージの例を以下に記す。

- 擬似会話ブラウザ上で他のメンバの開示した情報に新たな情報を付け加えたとき
表示されるメッセージ：「〇〇さんが、あなたの開示した□□に、△△という情報を付け加えました」
- 擬似会話ブラウザ上に集められた情報に対して、コピー機能を利用したとき
表示されるメッセージ：「あなたの開示した□□が、他のメンバによってコピーされました」

メッセージの有無の確認は、クライアント（コミュニティメンバブラウザ、擬似会話ブラウザ）がサーバに接続する毎に実施する。本システムにおけるサーバ接続時とは、システムの起動、データのサーバからのロード及びサーバへのセーブ時である。この機能により、積極的に他者からの反応をその本人に示すことによってコミュニケーションの促進（自己開示の返報性の促進）を狙う。

4.8 予備実験 — 擬似会話による情報提示 —

本システムの目的であるコミュニティにおける知識共有とそこから生まれるコミュニケーションの促進が可能であるか調べる。また、連想表現で表示された知識の理解度を調べる。

4.8.1 実験の手順

被験者 博士前期課程 2 年 (M2)、博士前期課程 1 年 (M1) の学生 5 名

実験準備 実験者の在籍する講座の教官・学生 (14 名) の分身エージェントおよび外化記憶を実験者が作成し、システムに登録した。外化記憶の作成にあたっては、本人に確認のうえ、ホームページに掲載されている情報を参考に作成した。

実験方法 実際にシステムのデモ (分身エージェントの擬似会話) を見てもらいながら逐次インタビューを実施した。デモは、自由に被験者に選択させた分身エージェントおよび初期話題を使って行った。実験を始めるに当たりシステムの目的、連想表現、各分身エージェントが持っている外化記憶等についての一切の説明を行わない。システムの操作は実験者が実施した。

4.8.2 実験の結果

質問「連想表現で表された情報の意味がわかりますか？」

初めはあまり理解できていない様子であった。それは、連想ユニット (黒丸: ●) の意味が良くわからない、線が重なり合うとわからないという理由からであった。しかし、しばらく画面上を眺めているうちに「なるほど」「そうか」などと言いながら質問にはおおむね理解できると答えた。

質問「デモを見て何がわかりましたか？ また、どういう用途に有効だと思いますか？」

本質問に対しては、「共通の話題を見つける」「最近知り合いになった人との話題作り」「複数ユーザ間の共通部分の抽出」「知識を引き出し収集する」という意見があった。

質問「興味深い情報はありましたか？」

同じ講座に所属するメンバ間での実験であったため、特に目新しい情報はなかったと答えた人が大部分であった。しかし、「何で〇〇さんが、こんなことを。後

で聞いてみようかな」という声があった。

最終感想

自由感想には以下のようなものがあった。

感想：「おもしろかった」(4人)「エージェント同士が会話しているみたい」

問題点の指摘：「連想構造の出し方に難がある」「うじゃうじゃ情報がでてくるとわからなくなる」

希望：「表示されているエージェントの共通部分(共通の話題)がパッとわかったらいいな」

4.8.3 予備実験の考察

連想表現の理解

はじめて連想表現を見る人にはやや理解し難い表現ではあるが、ある程度眺めたり、マウスで操作しているうちに理解できるようになることがわかった。また、表示される情報が少ないうちは理解が容易であるが、情報が増えてくるにつれてリンクの線が複雑に重なり合い理解が困難になる傾向がある。

システムによる効果

被験者全員が「共通の話題」や「共通部分」という言葉を使って答えていた。このことから、コミュニティの中で共通の話題を探すのに有用であると考えられる。人はコミュニティの中でまず、自分と他のメンバとの間に共通な話題というものに興味を示す。これは、コミュニティの中で交流を行う際、「共通の話題」というものがコミュニケーションを交わす第一歩となるためであると思われる。また、ある程度知っている相手でも、思ってもみなかった情報がでてくるとそれに関して直接話しをしてみたいくなる。

擬似会話による情報提示の効果として以下のことが考えられる。

- コミュニティの中で共通の話題を探すのに有用
- 実世界でのコミュニケーションの促進が可能

次節では、以上の結果を踏まえて、ある程度の規模のコミュニティにおいて本システムを利用した知識共有実験について述べる。

4.9 公開型知識共有実験

本実験は、本システムを用いた知識共有プロセスにおいて、次の点から知見を得ることを目的として実施した。

- 連想表現を用いて、個人がどのような知識の記述を行なうのか？
- 自他のアイデアが明示され、公開されることによるコミュニティ全体としての知識がどのように発展するのか？
- このようなスタイルの知識共有過程で人間はどのような行動をとるのか？

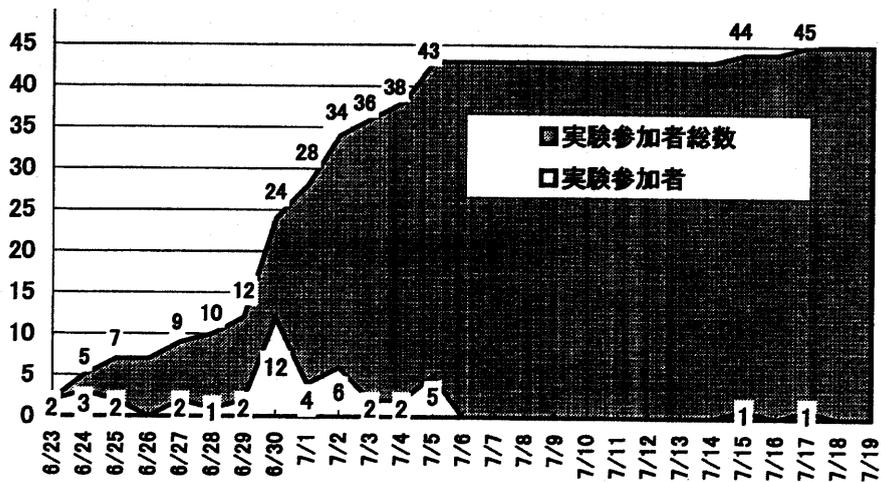
本実験は、奈良先端科学技術大学院大学の講義（平成 11 年度 人工知能論）において、講義出席者（博士前期課程 1 年生）の有志 45 名に対して平成 11 年 6 月 23 日～7 月 19 日の 27 日間実施した。実験参加者には、クラス内の他の参加者の公開情報を閲覧しながら、自分の関心事等を記憶開示文書という形で自由に記述してもらった。実験の評価は、公開された記憶開示文書のスナップショット、コミュニティ管理サーバ上で記録されたユーザの編集履歴および提出されたレポートを中心に行った。レポートは自由記述形式で行なった⁸。

4.9.1 実験の手順

- (1) 実験への参加希望者は、WWWブラウザを用いて登録ページのフォーム（名前、研究室名、公開写真のファイル等）を記入することにより実験コミュニティに参加できる。実験への参加は実験期間中随時受け付けた⁹（図 41）。コミュニティ管理サーバは、登録された情報を元に各実験参加者の公開情報ページを作成する。また、登録と同時に各実験参加者のページリスト（コミュニティメンバーページ）を WWW 上に作成・公開する。

⁸レポート回収率：91%（41/45 名）

⁹実験期間前半（7/6）までに 43 名が実験コミュニティへ登録した。2 名は実験終了日直前に登録した。



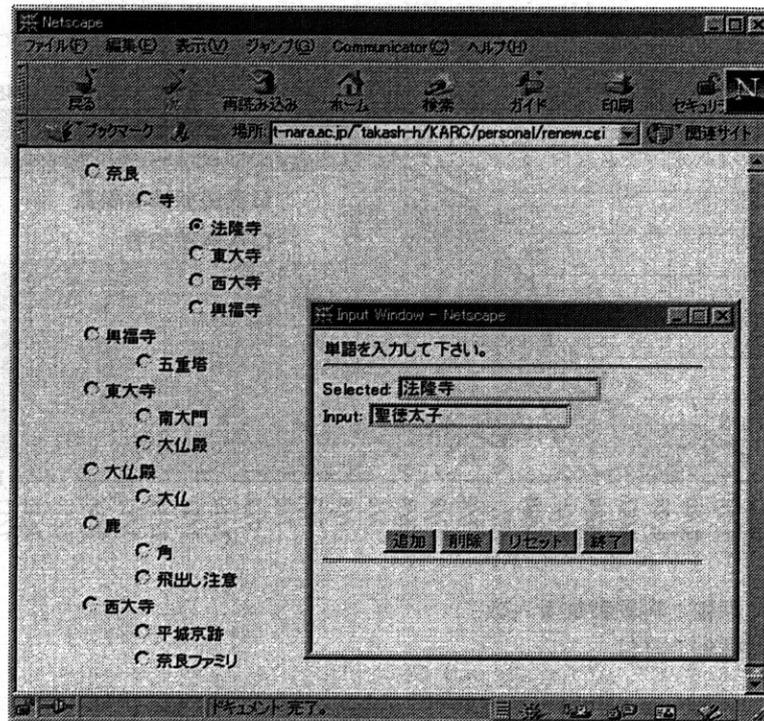
縦軸：実験参加者人数
横軸：日付

図 41 実験参加者の推移

(2) 実験には、各実験参加者毎の環境で参加してもらった。実験ツール（「コミュニティメンバブラウザ」「疑似会話ブラウザ」「連想表現エディタ」のセット）および操作マニュアルは WWW 上で公開し、ダウンロード・インストール¹⁰は各実験参加者毎に行なってもらった。実験ツールについては、実験開始前に一回デモを行ない紹介した。細部の操作方法は、操作マニュアルの配布のみで行なった。また、チャット・メールなどの既存のコミュニケーションツールは併用しない。

(3) 実験参加者は、公開する情報の編集を CGI で作られた記憶開示文書編集ページを用いて行なう（図 42）。また、実験ツールの連想表現エディタおよび個人毎のエディタ（mule、メモ帳等）で作成した記憶開示文書を、記憶開示文書編集ページを介したサーバへのアップロードも可能である。これ

¹⁰ 配布する実験ツールは、自己解凍形式のためインストールは容易。ただし、事前に JDK (Java2) のインストールが必要。



WWWブラウザ上の項目の中の一つを選択すると、選択された語句が入力ブラウザ（手前の小さなウインドウ）の中の Selected 項目に表示される。表示された語句に対して連想される語句を Input 項目に入力することにより記憶開示文書を更新する。この画面は、「法隆寺」から「聖徳太子」の連想を作成する例である。

図 42 記憶開示文書編集ページ

らユーザの編集行為は、コミュニティ管理サーバ上に編集履歴として記録される。

- (4) 実験参加者は、実験ツール、または WWW ブラウザを用いて公開される記憶開示文書を閲覧する。疑似会話ブラウザ上で作成されたコミュニティ記憶は、ブラウザの提供するコピー機能を利用して個人の外化記憶として取り込み、再利用が可能である。開示される情報にはすべて署名が付き、オリジナルとコピーの区別をした。

表 6 実験参加者からの意見

外化記憶（連想表現）の相互開示		人数
利点	新たな知識を他人から得ることが出来た	10
	他人の連想によって自分の知識が刺激を受けた	15
	知識間の関連が直感的に理解できる, 連想が繋がると嬉しい	各3
	自分の知識に対して他人が連想を付け加えてくれるという点でコミュニケーションが成り立つ, 記憶開示文書を作っていると自分の内面が見えてくる, 普段接していても分からない他人の考えていることが分かる, 等	各1
欠点	ユニット数が多くなると認識困難	5
	入力が大変, 品詞が全て同じ扱い, 理解できない連想がある（他者へのリクエスト機能が欲しい）, 等	各1
その他	ある知識からラインが伸びていろいろなことを知ることが出来るのは Web のリンクを辿っているような感じ, 等	各1
分身エージェント		
利点	人と人の関係が発見できた	12
	揺れながら動いているのに生命感を感じた, 実態として顔写真を持っているのが良い（本人を特定できる）, 等	各1
欠点	会話が早い・遅い	6
その他	エージェントが知性を持って共同作業をしているように感じた, 自分のエージェントが賢くなっていくようで嬉しい, 友人のエージェントより面識の無い人のエージェントとの会話が進み驚いた, 等	各1

4.9.2 結果と考察

各実験参加者は、概ね他のメンバが作成した連想表現を理解することができたと答えている。このことは、ある程度の背景知識を共有している人々のなかでは、連想表現を用いて考えを他者に伝えることが可能であることを示唆している。システムの有効性（特に、システムの操作性）については慎重な意見もあったが、記憶開示による理解支援および嗜好・知識共有については肯定的な意見が多かった。

表6に、実験参加者からの意見を示す。連想表現は、利用者に対して、個人及びコミュニティの知識の繋がりを把握するのに有効であると考えられる。分身エー

エージェントは、連想表現を開示させる機能を持つことにより、利用者に対して他者の存在を認知させ、人同士の繋がりを把握することを可能にしたと考えられる。連想表現と分身エージェントを組合すことにより、知識の活性化および人間関係の発見への支援の可能性が示唆された。

以下では、「知識の共同構築」「公開情報の内容」「人間関係の発見・形成支援」の三つの観点から考察を行なう。

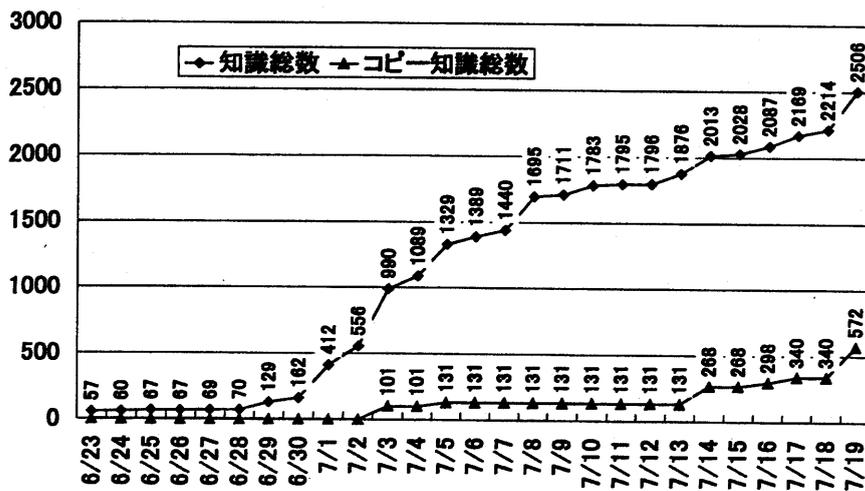
知識の共同構築

実験期間におけるコミュニティ全体としての知識総数およびコピー知識総数の推移を図 43 に示す。記憶開示文書上のリスト表記の項目一つにつき、知識数として一つカウントした。実験終了時におけるコミュニティ全体の知識総数は、2506 であった。他者の公開した情報をシステムの提供するコピー機能を用いて利用された知識の総数は、572 であった。

表 7 に、記憶開示文書編集ページへのアクセス回数、および各アクセス毎に更新された公開知識の総数を示す。編集ページへのコミュニティ全体としての総アクセス数は 98 回であった。実験参加者一人当たり、約 2 ～ 3 回編集ページを利用して記憶開示文書の更新を行っている。

図 43 からは情報が日々継続的に公開されているように見えるが、実際の個人毎の開示情報数を見ても日々こつこつと入力していたものはいなかった。思い立ったときに、まとめて入力が行われる傾向にあった。図 7 からもわかるように、各実験参加者は、全般的に一回目のアクセスではあまり情報を公開しておらず、2 回目以降に多く公開し始める傾向にあった。これは、取り敢えずコミュニティに参加してみて、他者の公開している情報を閲覧した後に、自分の情報を徐々に公開し始めた結果であると考えられる。実際に、互いに少しずつ情報を公開しているうちに、徐々に重なり合う分野が出現してきて、そこに情報が集中していくのが観察された（次節参照）。

一人一人の知識は大した事はないが、それらを繋ぎ合わせることにより興味深い共有知識（コミュニティ記憶）が観察された。例えば、実験参加者から、「奈良から脱ア論への一連の連想がつながって表示された時には驚きを感じた。」とい



縦軸：知識総数およびコピーされた知識総数
横軸：日付

図 43 知識総数の推移

う感想があった。また、「Webのリンクを辿っていくような感じに似ている」「連想が繋がって伸びていくのが面白い」という声があった。このように、本システムでは、個々に持っている小さな知識片が組合わさることによってコミュニティとして興味深い知識を作り出す。特に、知識の幅を広げるのに効果的であることがわかった。

実験期間後半になると、疑似会話によって集められた情報をコピーし、それに対して新たな情報を付け足して、再度、記憶開示文書上に情報を公開する行為がみられた(10人)。このような行為に対して実験参加者から「自分の知識に対して他の人が連想を付け加えてくれるという点で、コミュニケーションが成り立ち興味が増した」という意見があった。これは、我々の目指している知識の共同構築の一形態であり、本システムによる支援の可能性が示唆された。

疑似会話を閲覧することにより、他の参加者の知識を見て、自分の中に新たな連想が湧き上がったとコメントした人がいた。実際に、今まで「奈良」からJAISTを連想することがなかったが、他の参加者の「奈良」→「NAIST」→「JAIST」

表 7 記憶開示文書編集ページへのアクセス回数と開示情報数

記憶開示文書編集ページへのアクセス数	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
のべ人数	45	35	13	5
入力された開示情報の総数	474	1517	302	213
一回のアクセスで入力された平均開示情報数	10.5	43.3	23.2	42.6

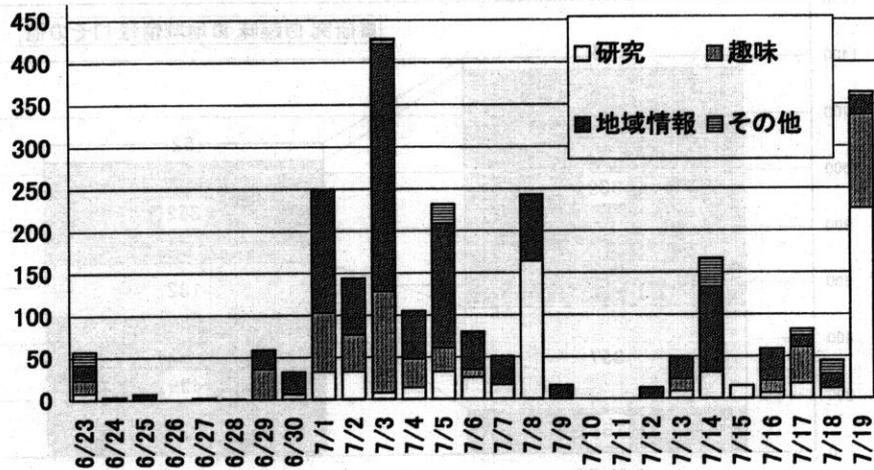
という連想を見て、「奈良」→「近鉄」→「京都線」→「fim」→「JAIST」という連想が起こった。JAIST で開発されている fim というソフトウェアが、近鉄京都線の駅名をバージョン番号に使用しているのが想起されたためである。このように、自分が忘れていた知識を、他の人の公開する知識を元に連想により思い出す効果がみられた。

継続的な情報開示に関しては満足のいく結果ではなかった。情報の閲覧に関しては、分身エージェントを採り入れることによって「面白さ」を出しユーザを引き付けることが出来たが、開示に関しては単純なキーワード入力になってしまったことがインタフェース上負荷を大きくしてしまった原因と考えられる。これに関しては、実際に、実験参加者から「システムからユーザに入力を促すような質問や語りかけの機能があると良かった」という声があった。今後は、システムからの問いかけなどによって入力を支援することが必要であろう。

公開情報の内容

図 44 に、記憶開示文書を介して公開された日毎の知識数およびその内訳の推移を示す。公開情報は、研究、趣味、地域情報、およびその他の 4 つのカテゴリに著者が分類した。実験終了時における、各カテゴリの比率は以下の通りであった。

- 研究に関する情報：26%
 - － エージェント関連 (7%)、その他 (19%)
- 趣味に関する情報：22%



縦軸：開示情報数
横軸：日付

図 44 開示情報の推移

－ スポーツ (10%)、旅行 (4%)、その他 (8%)

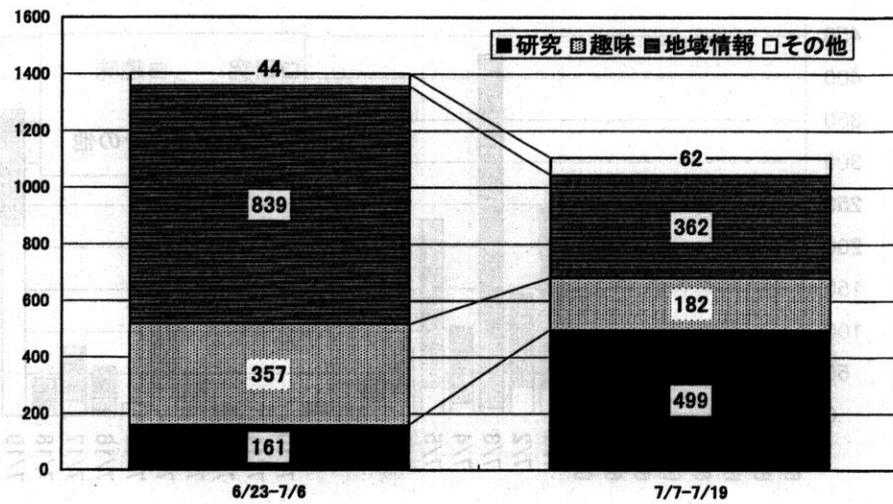
● 地域に関する情報：48%

－ 奈良 (41%)、その他 (7%)

● その他：4%

図 44 より、実験期間全体を通して地域情報が多く開示されているが、後半は研究に関する情報（エージェント、コンピュータ等）が徐々に増えてきているのが分かる。

実験前半（6/23-7/6：開示情報総数 1401）では、地域情報：60%（奈良：52%、その他：8%）、研究関連：12%（エージェント：4%、その他：8%）、実験後半（7/7-7/19：開示情報総数 1105）では、地域情報：33%（奈良：27%、その他：6%）、研究関連：45%（エージェント：11%、その他：34%）であった（図 45）。これに関しては実験参加者から「奈良、エージェントなどに知識が集中している」「趣



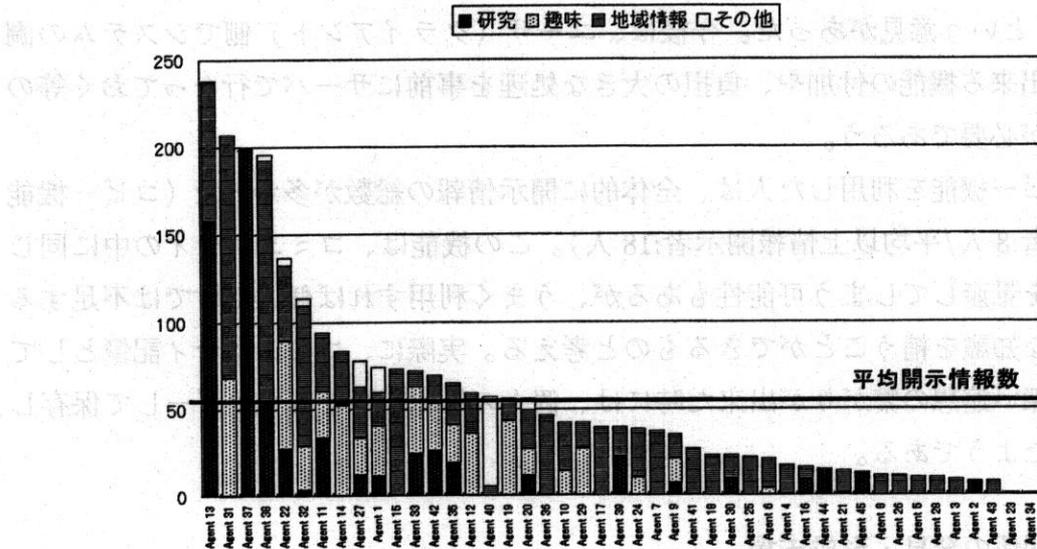
縦軸：開示情報数
横軸：日付

図 45 開示情報（前半・後半）の比較

味やコンピュータなどで共通の接点を持つ人が話題としてそれを出すと、つられて同じ話題を持ち出す人が現れてきた」等の意見があった。システムを通して、話題の集中や移り変わりが感じられたようである。

前半の地域情報はほとんどが奈良に関する情報であったが、後半の地域情報には、奈良から連想された大仏を元に鎌倉に関する情報を、修学旅行から長崎や広島等に関する情報への連想の移り変わりが見られた。ある話題が飽和状態になり、連想を使って他の話題へうまく移行した例である。また、地域情報の中には、その土地（生活圏）に住んでみたり、訪れてみないと分からないような有用な情報も多く開示されていた。特に名産や観光・交通案内が多く、口コミ情報を引き出す効果が見られた。

また、時期に影響を受けた情報も見られた。丁度実験期間中に上映された映画「スター・ウォーズ」に関する情報や、この時期に話題の多かったノストラダムスに関する情報が見られた。これは、連想の持つアドホック性が出た例である。



縦軸：実験最終日における開示情報数
横軸：各実験参加者

図 46 個人毎の開示情報数とその内訳

今後、このような話題の移り変わりや現在注目されている話題等をシステムを使って特別に提示するようにすれば、現在コミュニティ内において関心のある情報が何であるかがわかり、それらに関連する情報をさらに多く引き出せるようになるであろう。また、開示情報数が少なくなってきた場合には、あまり注目されていない話題をシステムから積極的に取り上げ提示するようにする機能も必要であろう。話題の移り変わりの表示については、松原ら [53] の CommunityBoard で提案している情報の鮮度（時間経過）により視覚的にその情報の濃淡・大きさが変化する手法の知見が参考になる。

図 46 に、各個人毎の開示情報の総数とその内訳を示す。各実験参加者とも、2～3 のカテゴリについて情報を開示していた。各個人が公開した情報は、平均 58 であった。開示情報の総数に大きな差が見られたが、これは、実験への興味や個人毎の環境（実験ツールを動作させる PC 等）の差によって生じたようである。統一した特別な実験環境を用いず、各実験参加者の日常利用する環境での実験の難しさが見えた。実際に、疑似会話の動作に対して「早い」（6 人）、「重い」（5

人)と意見が様々であった。これに関しては、「会話のスピード調節機能が欲しい。」という意見があった。今後は、ユーザ(クライアント)側でシステムの調整が出来る機能の付加や、負担の大きな処理を事前にサーバで行なっておく等の工夫が必要であろう。

コピー機能を利用した人は、全体的に開示情報の総数が多かった(コピー機能利用者:8人/平均以上情報開示者:18人)。この機能は、コミュニティの中に同じ情報を量産してしまう可能性もあるが、うまく利用すれば個人だけでは不足するような知識を補うことができるものとする。実際に、コミュニティ記憶として興味深い連想の繋がりが出来た時には、個人の外化記憶としてコピーして保存していたようである。

人間関係の発見・形成支援

本システムは、直接人間関係を視覚化するわけではないが、分身エージェントの行う疑似会話を観察することによりコミュニティにおけるアウェアネス、特にメンバの中で誰がどのようなことに関心があるのか、共通の関心事は何かなどの発見を促進することを狙いとしている。

実験参加者の「人間関係が見えてくる」(12人)という感想から狙いは概ね達成できたものと考えられる。実際に、本システムを通して、共通の趣味が分かりサークル活動への勧誘が行われた。「会話が広がることを期待して友人の分身エージェントを選んだが、意に反して無作為に選んだ分身エージェントの方がより会話が進んだ」「普段接していてもわからない他人の考えていることを知ることが出来る」という感想もあった。本システムを介して、日常生活ではわからないような事や人間関係が発見できる可能性が示唆された。

また、「君が CoMeMo-Community に掲示していた〇〇についてもっと教えてよ」というような、現実の世界で疑似会話の続きも行なわれた。分身エージェントに顔写真や実名を使っている(28名が実顔写真を使用)ので本人を特定することが出来たためであると考えられる。「左右に揺れていて生命感がある」「何か自分のエージェントが賢くなっていくようで面白い」「エージェント同士が共同作業をしているように見えた」という感想もあり分身エージェントを用いてシステムに

興味を持たせる効果はあったと考える。

公開情報の分類ではその他の項目に入れたが、友人や知人などの身近な人を連想する行為も見られた。これをうまく利用すればコミュニティへの新たなメンバーの参加を支援できると考える。また、本システムは、4.5で述べたように連想の相違によるメンバー間の関係を表示できるため、新たなコミュニティ形成の支援にも利用可能であると思われる。

4.10 公開型知識共有実験の比較

連想表現を用いて、外化記憶の作成および開示実験を以下に示す五つの被験者群（4.9の実験を含む）において実施した。表8に、各実験（小学生を対象とした実験を除く）における開示情報の比較を示す。

- 某研究会 企業・大学研究者 17人
- 奈良先端科学技術大学院大学・人工知能論講義(1) 修士課程学生 27人
- 郵政省通信総合研究所オープンハウス 小学生 10人
- 奈良先端科学技術大学院大学・人工知能論講義(2) 修士課程学生 43人
- 某企業 研修者 30人

平均ユニット数を比べてみると、実験の開始にあたりある程度のテーマを与えて行なったほうが一人あたりの開示情報数が多いことが分かる。特に、どの実験も一ヶ月以内の期間であったため、当初からテーマを与えたほうが開示しやすかったようである。4.9でも述べたように、実験期間の初期では、どのような情報を開示したらよいか参加者が戸惑っている感じであった。

総連総数では、某企業と修士学生(2)が、他の二つに比べて多い。これは、システムに連想表現のエディタをセットで配布したためであると考えられる。HTML表記で連想表現を作成できるように提案したが、やはり専用のエディタが無いと連想関係を作成するのに難があることがわかる。

表 8 各情報公開実験の比較

	某研究会	某企業	修士学生 (1)	修士学生 (2)
環境	紙上	システム	システム	システム
テーマ	有り	有り	無し	無し
人数	17	24	27	43
総ユニット数	1257	2358	1511	2506
平均ユニット数	73.9	98.3	56.0	58.1
最大ユニット数	112	250	160	238
最小ユニット数	45	16	13	8
総連想数	418	774	395	813
平均連想数	24.9	32.3	14.6	18.9
最大連想数	41	70	47	101
最小連想数	14	4	3	3
連想元平均	1.3	1.2	1.4	1.3
連想元ユニット最大数	8	6	6	5
連想先平均	1.7	1.8	2.5	1.8
連想先ユニット最大数	18	11	10	10

連想表現 (多対多) で連想を作成すると、似通った所はあるが、まったく同じ物はほとんど作成されない。これは、個人を特徴付けるには有効な手段であると考え。特に、この連想表現の相違を利用して他者との関係を見ていくのが効果的な利用方法であると考え。

連想元平均と連想先平均を見てみると、ほぼどの実験も同じ値を示している。連想元平均は 1.3 ユニット、連想先平均は 2.0 ユニットである。これは、参加者が平均して 1 から 2 個の概念から 2 から 3 個の概念を連想していることを表している。これが連想表現を用いての特性なのか、人間の連想の特性なのかは、今後調査を進めていく予定である。

4.11 おわりに

本章では、連想表現を用いて個人およびコミュニティの記憶管理を行い、分身エージェントを用いてそれらをネットワーク上で共有する方法を提案した。分身エージェントは、個人の外化記憶を保持し、個人に代わって他人や他の分身エージェントに公開する機能をもつ。

この提案手法をコミュニティ知識共有支援システム CoMeMo-Community として実装した。本システムは、コミュニティ内で公開された外化記憶を閲覧するために、擬似会話を用いた外化記憶の直接関係表示機能及び連想木／相関関係を用いた概観表示機能を提供する。擬似会話では、各分身エージェントが保持する外化記憶の断片を連想表現を用いて繋ぎ、個々の外化記憶間の直接関係を視覚化する。擬似会話は、各分身エージェントの背後には各メンバがそれぞれ存在していることを意識させながら非同期のコミュニケーションを支援する。連想木表示機能は、コミュニティ記憶を木構造を使って、その繋がりを体系的に捉えることを支援する。相関表示機能は、コミュニティ記憶を二次元平面上に相関を用いて配置し、相対的な関係の把握を支援する。

本システムの評価をするために、人工知能論講義出席者の有志（博士前期課程学生：45名）に、自分の興味や関心を外化記憶として記述し、相互に閲覧しながら自分の外化記憶を発展させていく「公開型知識共有実験」を約1ヶ月にわたり実施した。実験の結果、2506の外化記憶が最終的に公開された。また、以下の3点について知見を得ることが出来た。(a) 知識の共同構築：他のメンバが公開した情報を元に、新たな情報を関連付けて公開していた。(b) 公開情報の拡散効果：連想を用いて複数のメンバから複数の情報を引き出した。特に、連想を相互に公開しあうことが知識の活性化に有効であることがわかった。(c) 新たな人間関係の発見：システムを通じて共通の趣味が分かり新たな人間形成を支援した。

以上の結果、分身エージェントを使って外化記憶を共有することは、知識の活性化、人間関係の発見に有効であることが示唆された。

第5章

関連研究と議論

本章では、本研究に関連する研究との比較・検討を行ない、提案した手法についての議論を行う。

5.1 個人の知的生産活動支援

人間の記憶支援

Forget-me-not[54]は、人間の記憶を支援するために提案された密着型コンピューティング (intimate computing) である。密着型コンピューティングとは、常に人間と行動をとともに出来るような小さなモバイルコンピューティングである。Forget-me-notは、エピソード記憶に似た方法でデータを獲得し、日常記憶の支援を狙ったシステムである。システムを身につけることによって、ユーザとともに移動し、利用者が遭遇する人 (Forget-me-notを両者が保持していることが前提) や機器からの信号を記録することでユーザのエピソード記憶を記録する。利用者は、記憶の断片から検索機能を使って、忘れていた出来事を思い出す。

Forget-me-notとは、日常記憶の支援という共通の課題を持つが、日常記憶の中でもユーザの行動履歴の管理を対象としているのに対して、本研究はユーザの外在化された個人情報管理を対象としているところに違いがある。また、過去の記憶だけでなく、将来における記憶も対象とし、人間の知的生産活動の支援にまで視野に入れている。

現在では、位置感知センサ等がおかれた限定された環境 (研究所) の中でしか使用できないが、今後、さらなる環境のユビキトスコンピューティング化が進めば実際に利用することが出来るようになるであろう。この研究のアイデアは、日常記憶の管理として大変興味深い。

アクティブ・リーディング支援

XLibris[55]は、電子ブック上でアクティブ・リーディング (active reading) を可能にするシステムである。アクティブ・リーディングとは、人間が本を読んでいるときに注釈 (アンダーライン、コメント) を付けながら読む行為をいう。XLibrisでは、様々な種類の電子ペンを用意し、ディスプレイ上に映し出された電子ブック上に自由に注釈を付ける機能を提供する。ユーザによって付けられた注釈からキーワードを抽出し、システムが自動的に関連する他の電子ブックを検索して表示する機能も持つ。

注釈を自由に付けられたり、注釈からユーザの興味を示しそうなキーワードを抽出するなど技術的な狙いは同じであるが、本研究は、対象を WWW ページとしているところに違いがある。また、XLibrisでは、ある電子ブックで作られたキーワード群と、他の電子ブックのキーワード群との統合は行なわない。本研究では、日々閲覧する個々の WWW ページからキーワードを抽出し、ユーザ固有の一つのキーワード群を作成する。

5.2 コミュニティ活動支援

広域ネットワークで十分に組織されていない不特定多数の人々のコミュニケーションを支援するシステムは、コミュニティウェア (communityware) やコミュニティコンピューティング (Community Computing) と呼ばれ研究が行なわれている [56]。特に、コミュニティの活動を支える技術として、会話支援、情報共有支援について様々な研究が行なわれている [33]。会話支援は、ヒューマンネットワークの形成支援、情報共有支援は、知識ネットワークの形成支援に対応する。

ヒューマンネットワーク支援

ヒューマンネットワーク支援として、計算機により仮想空間を作り出しその中で直接的な出会いを支援する方法と、興味などを手がかりに実際には目に見えないような人間同士の関係を提示することによる間接的な出会いの支援がある。

3次元仮想空間上での出会いを支援するシステム FreeWalk [57] では利用者は

四角錐で表され、空間内を自由に歩き周り、人を呼び止めたり、グループの会話に加わったりして他の利用者とインタラクションを行なう。

松下らは、周囲の人間の状態・行動を気づかせるアウェアネス技術に注目しインフォーマルコミュニケーション支援についての研究を行なっている。VENUS [58] は、「部屋」という概念を導入し、ユーザは個人のスペース「個人の部屋」と共有のスペース「資料室・休憩室」を移動しながら他のユーザとコミュニケーションを行ない共同作業を進める環境を提供する。

これらの研究は、コミュニティのメンバが仮想共有空間に同時にアクセスすることにより人と出会い、そこで生じる会話によって人を知ることができる。本研究は、直接会話を支援するわけではないが、個人の代理となる分身エージェントをシステムに登録しておくことにより非同期的な出会いを可能にし人を知ることが可能としている。

Refferal Web[59]、IKNOW[60] は、個人を一つのノードとし、そのノード間をグラフによってリンク付して人間関係を表示している。Refferal Web は、公開されたドキュメントから人間関係を抽出している。IKNOW は、WWW 上の相互リンクや共通に使用している語彙を抽出し人間関係を表示している。我々の手法では、直接人間間の関係を表示しているわけではなく、各メンバが外化した記憶を一つのノードとしてそれらの関係を視覚化している。分身エージェントの疑似会話を観察することにより人間同士の関係も把握することができる。また、各個人で自由に開示している情報を用いてその関係を表示するため、思いがけない関係が発見出来る可能性がある。

知識ネットワーク支援

複数のメンバ内での個人知識を外化し、それらを組み合わせや比較により、それらの知識を共有・発展するシステムとして、AIDE[61] とは類似性が大きい。AIDE は、マルチエージェント技術を用いてグループ思考支援を目指したシステムである。対話（チャット）に参加するメンバが発言した断片的な知識集合を可視化し、また、それを個人空間で編集した上で、複数のメンバの考えを比較し合う機能を提供している。AIDE は、主として対話中の発言群の可視化を対象とす

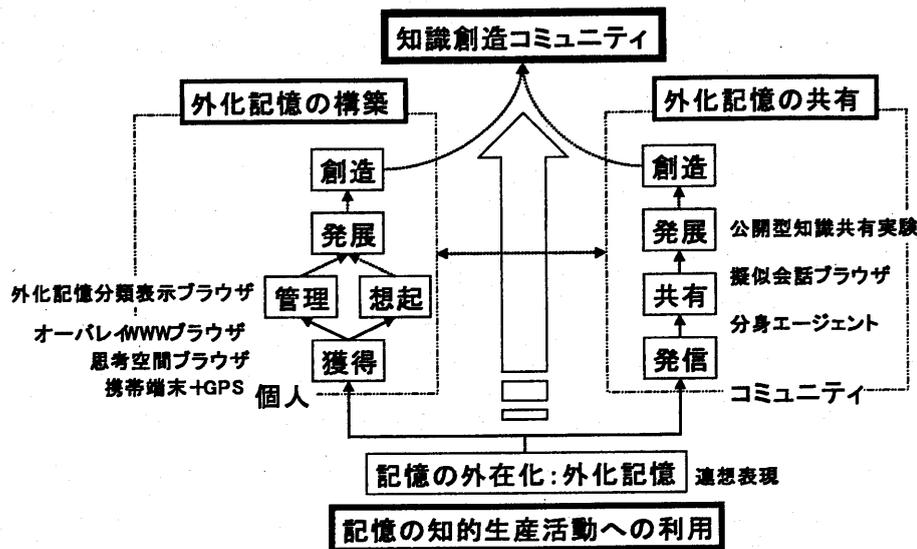
るため、決まったグループ内で、特定の決まった話題についての議論に適したシステムであると考えられる。我々のシステムは、個々人の自由な連想を対象としているため、ゆるやかな関係にある人々の中で、共通の嗜好・関心事や人間関係の発見に適しているといえる。

前田らは、国際会議 ICMAS'96 において会議の参加者を支援するモバイルコンピューティングの実験 (ICMAS'96 Mobile Assistant Project) [62] において、投稿された様々な話題をハイパテキスト状に管理する電子フォーラム InfoCommon [63] による情報共有環境を提供した。本研究は、知識の発信・収集のみで終ることなく、収集した情報を利用者の視点から再利用が可能である点に違いがある。この ICMAS プロジェクトは、世界に先駆けて携帯端末を利用したイベント支援を行なった研究として価値がある。携帯電話等の高機能化 (例えば、i-mode 等) が示すように、今後は、社会的イベントのみならず日常生活においても携帯端末を用いた情報共有は主流となっていくであろう。

コミュニティにおける知識創造支援という観点からは、POC (Public Opinion Channel) [64] と関連性が大きい。POC では、コミュニティ内に存在する様々な意見を容易に知ることができ、自分の持っている意見を手軽に発信することができる新しいタイプのコミュニティ・メディアの研究を行っている。POC 中での情報はすべて中央に一度集約され、要約された物語として全体に向け放送される。さらに受信した放送に対しては、新たに意見を発信することができ、放送が新規に更新・作成される。放送される情報はすべて要約され匿名で行われるため、個々の人間関係の形成よりは、コミュニティ全体の把握や情報の共有・流通に重点をおいた研究であるとえいる。

5.3 議論

本節では、本研究の総括した議論を行なう。本研究の目的は、個人1人ひとりが創造的に活動でき、お互いを触発することによって、さらに知的能力が増幅されて知的生産活動を高める環境 (知識創造コミュニティ) を支援するシステムの構築である。本研究では、従来の人間の創造性を支援する研究とは違った、知的生産活動への記憶の利用というアプローチを取った。個人の記憶を外化記憶とし



実線矢印は本論文での成果、点線矢印は今後の課題

図 47 本論文での成果

て計算機上に外在化して、個人及びコミュニティで利用する二つのシステムを設計・実装し、評価実験を行なった。図 47 に、本研究の成果及び今後の課題の関係を図示する。

個人の外化記憶構築支援では、記憶の計算機上への獲得に焦点を当てた。街角での利用実験で、本手法がユーザの行動を妨げることなく外化記憶の獲得が出来ることが確認された。また、位置情報、概念関係、時間情報を用いて外化記憶を分類表示したり、システムからユーザに積極的に過去に蓄積した外化記憶の利用を促す仕組みを実装した。しかし、システムを長期にわたり使用し、個人の外化記憶を発展、さらには新たな知識・情報の創造を確認するまでには至らなかった。

コミュニティにおける外化記憶共有支援では、相互に外化記憶を開示し合う枠組を実装し、ある程度の規模の被験者により評価実験を行なった。実験の結果、外化記憶を相互に開示し合いコミュニティ記憶の発展、特に、他者の開示した情報を利用して新たな情報を発信するなどの行為が確認された。また、実験参加者からの意見で、知識の活性化及び人間関係の発見に有効であることが示唆された。

このことから、本手法が、知識創造コミュニティでのヒューマンネットワーク及び知識ネットワークを相乗的に発展させられる可能性が示唆された。しかし、新たな知識がシステムを通して創造されたかは確認できなかった。今後は、実験コミュニティではなく、実際のコミュニティに適用してその効果を確認していきたい。

本研究全体としては、二つのシステムを相互に利用しての実験までには至らなかった点が課題に挙げられる。今後は、個々のシステムの改善と合わせて、相互利用によるシステムの評価をしていく。また、創造性を支援するシステムの評価については、個々の研究において独自に行なわれており、その有効性の検証は難しい。今後は、評価の手法についても検討していく必要がある。

以下では、本研究で焦点を当てた外化記憶の構築と共有を支援するシステムについてそれぞれ議論を行なう。

外化記憶の構築

第3章では、WWWブラウジングの行為を妨げることなく外化記憶を作成できる機能を持つオーバーレイWWWブラウザを提案した。これは、WWWページにおけるアクティブリーディングを可能にしたものであるといえる。また、ユーザの行なうWWWブラウジング行為の中から興味のあるキーワードを切り出し興味空間を作成した。現段階では、能動的なブックマーク機能として利用しているが、今後は、WWW検索支援や他者と興味空間を利用し合うことによる協調フィルタリングへの応用が考えられる。

第3章での実験では、本研究で提案したペン入力インタフェース CoMeMo-Organizer を携帯端末上に実装することにより、机上だけでなくユーザと行動を供にし、観光や日常生活における行動の中で、その行動をある程度妨げずに、外化記憶の構築が可能であることが分かった。特に、連想表現を用いることにより、現場で取りこんだ画像、WWWページから切り抜いた情報、及びその場での思い付き等を、その場において統合して編集することが出来た。これにより、携帯端末上に連想表現とペン入力インタフェースを実装することによる記憶の計算機への外在化の支援が可能であることが示唆された。応用としては、フィールドでの観察日誌や野帳への適用が考えられる。

今回実装したシステムは、商用のハードウェアを使用し、ソフトウェアのみ開発を行なった。今後、さらにユーザと密着した記憶支援を実現するには、記憶獲得のために特化したハードウェアの開発も重要であると考えられる。これに関しては、「生涯デジタルパートナー」と呼ばれる連想型個人情報管理システムの開発が現在進められている [65]。

外化記憶の想起に関しては、地理的位置・時間を利用した方法を実現した。奈良市内においてシステムを利用した結果、GPSによる若干の誤差があるものの、位置・時間情報を用いて過去に作成した外化記憶を想起することが可能であることを確認した。今後は、ウェアラブルコンピューティングなどを用いて、よりユーザに密着し、視線検出などによるユーザの意図や興味の獲得を行い、外化記憶の想起をより適時・適切に行なうことが考えられる。

ユビキタスコンピューティングのように生活している環境そのものを全て知的にするには、まだその実現には困難な状況であるといえるが、将来的には、モバイルおよびウェアラブルコンピューティングと組み合わせた日常生活の総合的な支援が考えられる。例として、買物支援や道案内・施設案内というような日常生活や社会的イベントに密着した利用方法が挙げられる。現在、このような技術は、実世界を情報的に拡張する技術である拡張現実感 (augmented reality) と呼ばれ研究が行なわれている [66]。また、実際に、デジタルシティと呼ばれる、ネットワーク上の電子化された情報と実世界の都市の情報を統合するためのプラットフォームに関する研究もいくつか進められている [67]。

外化記憶の共有

コミュニティに所属する各メンバーが作成した外化記憶を共有する枠組として、分身エージェントを用いた知識共有機構を提案した。

4つの公開型知識共有実験 (第4章) において、各実験参加者から連想表現を用いて様々な記憶を引き出し、外在化してお互いに共有することが出来ることが確認できた。特に、複数の人が作成した外化記憶を連想表現を使って繋ぎ合わせて表示すると、新たな知識の発見や刺激による知識の活性化に効果があることが確認された。これは、2.1.2で述べたグループ・ブレインストーミングによる「視

点の変更」、「知識の補完」と同等の効果であるといえる。これにより、本手法が人間の創造性を支援する効果があることが示唆された。また、直接メンバ間の関係を表示するわけではないが、各分身エージェントの擬似会話を観察することによりコミュニティ内の人間関係を発見できる効果が確認された。実際に、システムを通じて共通の趣味を見つけ、友人関係になった例もあった。

今回の実装では、ユーザにとって不要な情報の提示を防ぐために、あまりシステムから能動的に働きかけることはなく、ユーザに分身エージェントの会話の方向性を決める選択権を与えた。そのため、閲覧する時間が多い人にとっては、有用な情報を多く探し出すことが可能であるが、時間が少ない人にとっては、あまり掘り出し物の情報を探すことが難しいという状況にあった。状況によって、話を作るような知識（物語文法等）を利用してエージェント同士が能動的に働き、よりユーザにとって分かりやすい会話や意外な会話等を表示する機能も必要であると考えられる。今後は、システムの能動性とユーザの主導権をうまく組み合わせ、状況により切り替えまたは共同していく仕組みが必要であると考えられる。また、ユーザが入力した情報を開示するだけでは、まだまだ有効にその情報を活用しているとは言えず、入力された情報を基に、ユーザ固有の興味などを推定し情報収集・人探しなどの機能を実装していく予定である。また、CoMeMo-OrganizerとCoMeMo-Communityの両システムを組み合わせた利用は行なわなかったが、今後、分身エージェントをモバイルエージェント化することによって、携帯端末上のCoMeMo-Organizerと連携した知的支援を実現していく予定である。

本研究におけるシステムの実装では、ユーザと分身エージェントとのインタラクションは、マウスとキーボードによって行なっていた。現在、本システムをさらに発展させて、記憶の物語り構造を導入し、音声会話による分身エージェントとのインタラクションが可能なシステム開発が進められている [68]。音声会話は、人間にとって自然で敷居の低いモダリティであり、外化記憶の作成・開示の量の向上が期待される。

公開型知識共有実験を通して、実際に複数の人にシステムを継続して利用してもらう難しさを実感した。実験期間中や実験後に、参加者から様々な注文・意見が寄せられた。多くの意見は、システムの動作・操作性の改善に関するものであっ

た。今回の実験では、実験者の提供する統制した環境ではなく、実験参加者毎の環境で実施してもらったため、システムの動作にずれが生じた。また、実験者の補助なしにマニュアルのみでシステムを利用してもらったため、ある機能を理解できない、または知らない者も数人いた。ユーザ毎の動作環境への配慮とマニュアルの重要性を痛感した。また、エージェントのアイコンを自由に変更できるようにして欲しいという思いもよらなかった意見もいくつかあった。実際に、実験期間中にアイコンを自由に変えられる機能を付加したところ、多くの参加者が利用していた。これは、携帯電話の着信音を自由に設定できる機能が良く利用されているということのを思い起こさせる。システムには、操作性や機能だけではなく何気ない箇所がカスタマイズできるということも継続利用には重要な点なのではと感じた。

情報は、独占して他人から隠しているだけでは価値が無く、自ら開示することで生きることが多い。開示された情報の相互作用を通して人同士の関係も広がっていく。本研究でも述べた、ヒューマンネットワークと知識ネットワークが相乗的に発展する場としての知識創造コミュニティの位置付けが今後重要になると考える。特に、ネットワークを利用して、自分のパートナーを探し、相応しいコミュニティを発見・形成する作業は、知識創造コミュニティの第一歩であると考え。本研究は、この知識創造コミュニティを支援するための機能を探る研究といえる。

第6章

結論

本研究では、外化記憶を利用した知的生産活動を支援するシステムを提案した。外化記憶とは、人間の記憶の一部を外在化し、計算機上に表現したものである。本研究では、日常生活の中で起こるふとした思い付きやアイデアを外化記憶として獲得し、個人で再利用したり、他者と共有することによる知的生産活動を支援するシステムを実装し、評価実験を行なった。

個人における外化記憶の獲得・再利用支援として、日常生活における思い付きや、身の回りの雑多な情報を外化記憶として獲得、整理、編集できるシステム CoMeMo-Organizer を提案した。外化記憶の獲得のために、携帯端末と連想表現を組み合わせることにより、何時でも何処でもすばやく外化記憶を獲得できるインタフェースを実装した。連想表現とは、不完全・不正確な情報でもとりあえず取り込んでおいて、あとで部分的な手がかりによって検索したり、整理と構造化ができるような情報表現である。また、WWW ページ上に外化記憶を直接書きこんだり、必要な情報を外化記憶として切抜きが出来るインタフェースを実装した。これらのインタフェースに、位置情報、時間情報、概念関係を用いた外化記憶の分類・想起機能を付加することにより、外化記憶の再利用を可能とした。

コミュニティにおける外化記憶の共有支援として、コミュニティメンバー間で外化記憶を相互に開示することによるコミュニティ・コミュニケーションを促進する環境を提供し、共通の話題発見や知識の発展を支援するシステム CoMeMo-Community を提案した。連想表現を用いて個人およびコミュニティの外化記憶の管理を行い、分身エージェントを用いてそれらをネットワーク上で共有するシステムを実装した。分身エージェントとは、ネットワークを超えて外化記憶を保持し流通させる媒体である。分身エージェントを使うことによりシステムの背後には実際の人間が存在していることを実感させつつ、非同期のコミュニケーショ

ン手段を提供する。1ヶ月にわたる45名の実験参加者でのシステムの評価実験を行なった結果、以下の3点について知見を得た。(a) 知識の共同構築：他のメンバが公開した情報を元に、新たな情報を関連付けて公開していた。(b) 公開情報の拡散効果：連想を用いて複数のメンバから複数の外化記憶を引き出した。特に、外化記憶を相互に公開しあうことが知識の活性化に有効であることがわかった。(c) 新たな人間関係の発見：システムを通じて共通の趣味が分かり新たな人間形成を支援した。

これらの結果、日常生活における外化記憶の構築のためのインタフェースの構築が可能であることが分かった。また、分身エージェントを使って外化記憶を共有することは、知識の活性化、人間関係の発見に有効であることが示唆された。

謝辞

植村俊亮教授には、奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程3学年時に主指導教官としてご指導を承りました。最終学年での主指導教官及び所属講座変更を快くお引き受けいただき感謝しております。

西田豊明教授には、博士後期課程1、2学年時に主指導教官として、また、博士前期課程・後期課程在学中の5年間に渡りご指導を承りました。東京大学への異動後のご多忙の中、幾度か大学に足を運んでご指導していただき感謝しております。

木戸出正継教授には、お忙しい中副指導教官となっただき、また、審査委員をお引き受け下さいました。また、所属講座変更後も、引き続き研究環境の利用を快くお引き受けいただき感謝しております。松本祐治教授もまた、ご多忙の中、審査委員をお引き受けいただきました。各先生には、的確なご指摘、有益なコメントをいただき感謝しております。本論文を完成するにあたり、研究の位置付けや有効性を再考する機会を与えてくださいました。

武田英明助教授には、副指導教官として5年間にわたりご指導いただきました。吉川正俊助教授には、博士後期課程3学年時においてご指導を承りました。各先生には、講座研究会などにおいて、有益な議論をして頂き感謝しております。

大阪市立大学学術情報総合センターの村上晴美講師は、本研究の前身であるCoMeMoシステムの研究・開発をなさり、講座所属時はもちろん就職後の多忙な時期においても、ご指導をしてくださりました。また、大阪市立大学での研究環境を提供していただき感謝しております。

天笠俊之助手、上野敦志助手、久米出助手、沢田篤史助手（現在京都大学大型計算機センター助教授）、波多野賢治助手には、研究会などで様々な意見をいただき、また開発環境の整備などで助けていただき、たいへん感謝しております。

マルチメディア統合システム講座及び知能情報処理学講座の方々には、公私にわたりたいへんお世話になりました。秘書の小布施文代さん、谷村優香里さん、森島祐子さんには、研究室における様々な面で支援していただきたいへん感謝しております。講座の学生の方々にも、多くの有益な議論とシステムの開発・整備などでたいへんお世話になりました。深く感謝致します。

スタンフォード大学日本センターの今井賢一教授には、JMEMEX 研究会においてシステム評価や貴重なご意見をいただきました。また、各界の著名人を招いての研究会の場にお招き頂き感謝しております。

総務省通信総合研究所の Synsophy プロジェクトの方々には、研究会、国際会議などでたいへんお世話になりました。特に、CoMeMo-Community を題材にした特別な議論の場を提供していただきました。また、分担執筆という機会も与えてくださいました。たいへん感謝しております。

コンピュータコンサルタント株式会社の西田昌弘さんには、システム開発の立場から議論をして頂き感謝しております。

防衛大学校情報工学科の生天目章教授には、奈良先端科学技術大学院大学への推薦及び進学へのご指導をしていただきました。大学院進学後も多くの激励を頂きました。ここに感謝の意を表します。

最後になりましたが、大学院への派遣留学の機会を与え、5年間の研究活動を支援して頂いた防衛庁陸上自衛隊に感謝致します。

参考文献

- [1] ドラッカー, P. E., 上田 惇生 (訳) : 断絶の時代. ダイヤモンド社, 1999.
- [2] 西田 豊明 : コミュニティの知識創造を支援するインタラクティブなメディアを目指して. 創立 40 周年記念特集号, 情報処理, Vol.41, No.5, pp.542-546, 2000.
- [3] 港 千尋 : 記憶 - 「創造」と「想起」のカー. 講談社, 1996.
- [4] 高野 陽太郎 編 : 認知心理学 2 記憶. 東京大学出版会, 1995.
- [5] 野中 郁次郎, 竹内 弘高 : 知識創造企業. 東洋経済新報社, 1996.
- [6] Polanyi, M., 佐藤 敬三 (訳) : 暗黙知の次元 - 言語から非言語へ. 紀伊国屋書店, 1980.
- [7] 池田 克夫 : コミュニケーションにおける知識の役割と利用. コンピュータ科学, Vol.2, No.6, pp.431-437, 1992.
- [8] DICTIONARY OF CONTEMPORARY ENGLISH. LONGMAN DICTIONARIES.
- [9] 原岡 一馬 編 : 人間とコミュニケーション. ナカニシヤ出版, 1990.
- [10] 竹内 郁郎 : 社会的コミュニケーションの構造. 内川芳美ほか (編) , 講座-現代の社会とコミュニケーション-1 起訴理論, 東京大学出版会, 1973.
- [11] Gumpert, G., 石丸 正 (訳) : メディアの時代 (Talking tombstones and other tales of the media age). 新潮社, 1990.
- [12] 日本情報処理開発協会 : 市民生活におけるデータコミュニティ構築の方策に関する研究報告書. 1988.
- [13] 古川 良治 : 電子コミュニティの可能性. 現代のエスプリ 306 メディアコミュニケーション, 1993.

- [14] 川上 善郎, 川浦 康至, 池田 謙一, 古川 良治 : 電子ネットワーキングの社会心理学 - コンピュータ・コミュニケーションへのパスポート. 誠真書房, 1993.
- [15] 梅棹 忠夫 : 知的生産の技術. 岩波新書, 東京, 1969.
- [16] 市川 伸一 編 : 認知心理学 4 思考. 東京大学出版, 東京, 1996.
- [17] Margaret A. Boden. : Modeling creativity: reply to reviewers. *Artificial Ingelligence*, No.79, pp.161-182, 1995.
- [18] Finke, R. A, Ward, T. B. and Smith, S. M, 小橋 康章 (訳) : 創造的認知 (Creative cognition: Theory, research, and application). 森北出版, 1999.
- [19] 川喜田 二郎 : 発想法. 中公新書, 1967.
- [20] 中山 正和 : NM 法の基本的な考え方と特徴. 日本創造学会 編, 創造の理論と方法, 共立出版, pp.176-185, 1983.
- [21] 立花 隆 : 「知」のソフトウェア. 講談社現代新書, 1984.
- [22] 野口 悠紀雄 : 超・整理法. 中央公論社, 1993.
- [23] 植田 一博, 丹羽 清 : 研究・開発現場における強調活動の分析 - 「三人寄れば文殊の知恵」は本当か? -. 認知科学, Vol.3, No.4, pp.102-118, 1996.
- [24] 國藤 進 : 発想支援システムの研究開発とその課題. 人工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.552-559, 1993.
- [25] 折原 良平 : 発想支援システムの動向. 情報処理, Vol.34, No.1, pp.81-87, 1993.
- [26] Guilford, J. P : "The nature of human intelligence," New York: McGraw-Hill, 1976.
- [27] Young, L.F : Chapter 8, Idea Processing Support: Definitions and Concepts. In *Decision Support and Idea Processing Systems*, Wm. C. Brown Publishers, pp.243-268, 1988.

- [28] 高橋 誠：問題解決手法の知識. 日本経済新聞社, p.197, 1984.
- [29] 日本インターネット協会 編：インターネット白書 2000. インプレス, 2000.
- [30] 武田 英明：ネットワークを利用した知的情報統合. 人工知能学会誌, Vol.11, No.5, pp.680-688, 1996.
- [31] 松下 温, 岡田 謙一：コラボレーションとコミュニケーション. 共立出版, 1995.
- [32] Dourish, P., and Bly, S. : Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group. Proc. CHI'92, pp.541-548, 1992.
- [33] 石田 亨, 西村 俊和：広域情報ネットワークによるコミュニティ支援. 情報処理, Vol.38, No.1, pp.48-53, 1997.
- [34] Toru Ishida : Towards Computation over Communities. In Toru Ishida (Ed.): Community Computing and Support Systems, Springer, Vol.1519, pp.1-10, 1998.
- [35] 西田 豊明, 前田 晴美, 平田 高志：日常記憶の共有によるコミュニティインタラクション支援を目指して - CoMeMo. システム/制御/情報, Vol.41, No.8, pp.303-308, 1997.
- [36] Harumi Maeda, Takashi Hirata and Toyoaki Nishida : CoMeMo: Constructing and Sharing Everyday Memory. Proceedings of the Ninth International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'97), pp.23-30, 1997.
- [37] 徳永 健伸：言語と計算 5 情報検索と言語処理. 東京大学出版会, 1999.
- [38] M.Stefik : The next Knowledge Medium. AI Magazine, Vol.7, No.1, pp.34-46, 1986.
- [39] 平田 高志, 村上 晴美, 西田 豊明：連想表現を用いたコミュニティにおける知識の視覚化とその評価実験. システム制御情報学会論文誌, Vol.12, No.7, pp.428-436, 1999.

- [40] Bush, V. : *As We May Think*. 1945.
- [41] D. A. ノーマン, 佐伯 胖 (監訳) : 人を賢くする道具 ソフト・テクノロジーの心理学. 新曜社認知科学選書, 1996.
- [42] Gillian Cohen, 川口 潤 (訳) : 日常記憶の心理学 (MEMORY IN THE REAL WORLD). サイエンス社, 1992.
- [43] Varlejs, J. (Ed.), 池谷 のぞみ他 (訳) : 情報の要求と探索 利用者研究の視点. 勁草書房, 1993.
- [44] 三宅 なほみ : 批判的読みにおける内省. 第 8 回日本認知科学全国大会論文集, pp.102-103, 1991.
- [45] Marti A. Hearst : Chapter 10, User Interface and Visualization. In *Modern Information Retrieval* (Eds. Baeza-Yates, R. and Ribeiro-Neto, B.), Addison-Wesley, pp.257-323, 1999.
- [46] 高木 悟, 松本 一則 : 地理情報を利用した情報検索. *情報処理*, Vol.41, No.4, pp.357-362, 2000.
- [47] 横路 誠司, 高橋 克巳, 三浦 信幸, 島 健一 : 位置指向の情報の収集、構造化及び検索手法. *情報処理学会論文誌*, Vol.41, No.7, pp.1987-1998, 2000.
- [48] 木下 哲男, 服部 文夫, 山崎 晴明, 菅原 研次, 柴田 義孝, 白鳥 則朗 : サイバー社会を創るしくみ. 日本情報処理開発協会 編, *情報ネットワーク社会の未来 - サイバー社会を創る知的情報技術 -*, 富士通経営研修所, pp.30-78, 1997.
- [49] 海保 博之 : *連想活用術 - 心の癒しから創造支援まで -*. 中央公論新社, 1999.
- [50] 山下 清美 : 個人ホームページはどのようなコミュニケーションの場か. 「専修大学情報科学研究所所報」, No.48, pp.17-28, 1998.
- [51] 西田 豊明, 平田 高志 : 分身エージェントに基づくコミュニティコミュニケーション支援. 長尾 確 編, *エージェントテクノロジー最前線*, 共立出版, pp.226-255, 2000.

- [52] 角康之, 堀浩一, 大須賀節雄 : テキストオブジェクトを空間配置することによる思考支援システム. 人工知能学会誌, Vol.9, No.1, pp.139-147, 1994.
- [53] Shigeo Matsubara, Takeshi Ohguro and Fumio Hattori : CommunityBoard: Social Meeting System able to Visualize the Structure of Discussions. Proceedings Second International Conference on Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems (KES'98), pp.423-428, 1998.
- [54] Mik Lamming and Mike Flynn, 村越真 (訳) . 「Forget-me-not」: 人間の記憶を支援する密着型コンピューティング (Forget-me-not: Intimate Computing in Support of Human Memory). 認知科学, Vol.2, No.1, pp.16-25, 1995.
- [55] Price, M.N., Schilit, B.N, and Golovchinsky, G. : XLibris: The Active Reading Machine. In Proceedings of the ACM 1998 Conference on Computer Human Interaction (CHI'98), pp.22-23, 1998.
- [56] 石田 亨 : 分散人工知能と社会情報システム. 人工知能学会誌, Vol.13, No.1, pp.19-20, 1998.
- [57] Hideyuki Nakanishi, Chikara Yoshida, Toshikazu Nishimura, and Toru Ishida : Free Walk: Supporting Casual Meetings in a Network. In Proceedings of the ACM 1996 Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'96), pp.308-314, 1996.
- [58] 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, Vo.36, No.6, pp.1332-1341, 1995.
- [59] Henry Kautz, Bart Selman and Mehul Shah : The Hidden Web. AI MAGAZINE, Vol.18, No.2, pp.27-36, 1997.
- [60] Noshir S. Contractor, Daniel Zink and Michael Chan : IKNOW: A Tool to Assist and Study the Creation, Maintenance, and Dissolution of Knowl-

- edge Networks. In Toru Ishida (Ed.), *Community Computing and Support System*, Springer, Vol.1519, pp.201-217, 1998.
- [61] 西本 一志, 角 康之, 門林 理恵子, 間瀬 健二 : 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, Vo.J81-D-I, No.5, pp.478-487, 1998.
- [62] 石田 亨, 西村 俊和, 八槇 博史, 後藤 忠広, 西部 喜康, 和氣 弘明, 森原 一郎, 服部 文夫, 西田 豊明, 武田 英明, 沢田篤史, 前田 晴美 : モバイルコンピューティングによる国際会議支援. 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2855-2865, 1998.
- [63] 前田 晴美, 梶原 史雄, 足立 秀和, 沢田 篤史, 武田 英明, 西田 豊明 : 弱い情報構造を用いたコミュニティの情報共有システム. システム制御情報学会論文誌, Vol.11, No.10, pp.568-575, 1998.
- [64] Toyoaki Nishida, Nobuhiko Fujihara, Shintaro Azechi, Kaoru Sumi, Hiroyuki Yano and Takashi Hirata : Public Opinion Channel for Communities in the Information Age. *New Generation Computing*, 17, pp.417-427, 1999.
- [65] 西田 昌宏, 高野 未央, 堤 豊史, 中島 進, 上林 宏充, 西部 晃雅, 丹治 功, 緒方 信幸, 西村 昭巨, 真崎 理人, 河原 達也, 平田 高志, 西田 豊明 : 生涯デジタルパートナー : 連想型個人情報管理システム. 人工知能学会第13回全国大会論文集, pp.163-164, 1999.
- [66] 長尾 確 : エージェント拡張現実感 -エージェントによる実世界と情報世界の統合-. 情報処理, Vol.38, No.4, pp.257-266, 1997.
- [67] Ishida, T. and Isbister, K. (Eds.) : *Digital Cities*. Springer, Vol.1765, 2000.
- [68] Hidekazu Kubota, Toyoaki Nishida, and Tomoko Koda : Exchanging Tacit Community Knowledge by Talking-virtualized-egos. *Proceedings of Agent 2000*, pp.285-292, 2000.

[69] 木下 栄蔵：わかりやすい数学モデルによる多変量解析入門. 啓学出版, 1987.

研究発表一覧

1. 学会論文誌

- (1) 平田 高志, 村上 晴美, 西田 豊明 : 連想表現と分身エージェントを用いたコミュニティにおける知識共有支援, 人工知能学会誌, Vol.16, No.2, pp.225-233, 2001.
- (2) 畦地 真太郎, 福原 知宏, 藤原 伸彦, 角 薫, 松村 憲一, 平田 高志, 矢野 博之, 西田 豊明 : パブリック・オピニオン・チャンネル - 知識創造コミュニティの形成に向けて -, 人工知能学会誌, Vol.16, No.1, pp.130-138, 2001.
- (3) 畦地 真太郎, 藤原 伸彦, 角 薫, 平田 高志, 矢野 博之, 西田 豊明 : パブリック・オピニオン・チャンネル, 人工知能学会誌, Vol.15, No.1, pp.69-73, 2000.
- (4) Toyoaki Nishida, Nobuhiko Fujihara, Shintaro Azechi, Kaoru Sumi, Hiroyuki Yano and Takashi Hirata : Public Opinion Channel for Communities in the Information Age, New Generation Computing, 17, pp.417-427, 1999.
- (5) 平田 高志, 村上 晴美, 西田 豊明 : 連想表現を用いたコミュニティにおける知識の視覚化とその評価実験, システム制御情報学会論文誌, 12(7), pp.428-436, 1999.

2. 国際会議 (査読付)

- (1) Takashi Hirata, Harumi Murakami, Toyoaki Nishida and Shunsuke Uemura. Constructing and Sharing Everyday Memory for Community Knowledge Co-evolution. Proceedings of Fourth International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies (KES2000), pp.76-79, (30, 31 August, 1 September 2000, Brighton, UK)
- (2) Shintaro Azechi, Nobuhiko Fujihara, Kaoru Sumi, Takashi Hirata, Hiroyuki Yano and Toyoaki Nishida : Public Opinion Channel: A Challenge for Inter-

- active Community Broadcasting, Kyoto Meeting on Digital Cities, pp.427-441, 2000. ("Digital Cities: Experiences, Technologies and Future Perspectives", Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag)
- (3) Takashi Hirata and Toyoaki Nishida : Supporting Community Knowledge Evolution by Talking-alter-egos Metaphor. The 1999 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC'99), Volume 2 (CD-ROM), pp.153-158, (12-15 October 1999, Tokyo, Japan).
 - (4) Nobuhiko Fujihara, Shintaro Azechi, Kaoru Sumi, Takashi Hirata, Hiroyuki Yano and Toyoaki Nishida : Public Opinion Channel (POC) Facilitates Communications in the Networked Communities. 3rd International Cognitive Technology Conference (CT'99), pp.141-148, (11-14 August 1999, San Francisco, USA)
 - (5) Takashi Hirata, Harumi Maeda and Toyoaki Nishida : Visualization of Community Knowledge Interaction Using Associative Representation. The First International Conference on Discovery Science (DS'98), pp.117-128, (14-16 December 1998, Fukuoka, Japan). (Lecture Notes in Artificial Intelligence [LNAI] 1532, Springer-Verlag)
 - (6) Takashi Hirata and Toyoaki Nishida : Bootstrapping with Weak Ontology: Ontologies for MPEG 7. Proceedings 4th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM'98), volume Two, pp.680-685, (18-20 November 1998, Gifu, Japan).
 - (7) Toyoaki Nishida, Takashi Hirata and Harumi Maeda : CoMeMo-MysticSalon: a system for supporting community knowledge evolution. First Kyoto Meeting on "Social Interaction and CommunityWare," (8-9 June 1998, Kyoto, Japan).
 - (8) Takashi Hirata, Harumi Maeda and Toyoaki Nishida : Facilitating Community Awareness with Associative Representation. Proceedings Second

International Conference on Knowledge-Based Intelligent Electronic Systems (KES'98), pp.411-416, (21-23 April 1998, Adelaide, Australia).

- (9) Harumi Maeda, Takashi Hirata, Kazuto Koujitani and Toyooki Nishida : An Information Representaion for Concept Formation. Proceedings First International Workshop on Strategic Knowledge and Concept Formation (SKW-97), pp.193-204, 1997.
- (10) Harumi Maeda, Takashi Hirata and Toyooki Nishida : CoMeMo: Constructing and Sharing Everyday Memory. Proceedings of the Ninth International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'97), pp.23-30, 1997.

3. 著書 (分担執筆を含む)

- (1) 西田 豊明, 平田 高志 : 第 10 章 "分身エージェントに基づくコミュニティコミュニケーション支援", 長尾 確 編著, エージェントテクノロジー最前線, pp.226-255, 共立出版, 2000.
- (2) Takashi Hirata, Hidekazu Kubota and Toyooki Nishida : Chapter 6 "Talking Virtualized Egos for Dynamic Knowledge Interaction", In Toyooki Nishida(ed.), Dynamic Knowledge Interaction, pp.183-222, CRC press, 2000.
- (3) Toyooki Nishida, Takashi Hirata and Harumi Maeda : CoMeMo-Community: A System for Supporting Community Knowledge Evolution, In Toru Ishida(ed.), Community Computing and Support Systems, pp.183-200, Springer-Verlag, 1998.

4. 学会誌解説

- (1) 西田 豊明, 前田 晴美, 平田 高志. 日常記憶の共有によるコミュニティインタラクシヨン支援をめざして - CoMeMo. システム/制御/情報, Vol.41, No.8, pp.303-308. 1997.

5. 学会口頭発表

- (1) 村上 晴美, 平田 高志 : WWWからの情報獲得・整理支援 - 思考・興味空間ブラウザ-. 情報処理学会研究報告 (情報処理学会第 61 回情報学基礎研究会第 142 回自然言語処理研究会合同研究会), Vol.2001, No.20, pp.167-174, (於: NTT 横須賀研究開発センタ 2001.3.5-6).
- (2) 平田 高志, 村上 晴美, 西田 豊明, 植村 俊亮 : 連想表現を用いた創造的思考環境, 人工知能学会第 14 回全国大会論文集, pp.359-360, (於: 早稲田大学 国際会議場 2000.7.4-7) .
- (3) 畦地 真太郎, 藤原 伸彦, 角 薫, 福原 知宏, 松村 憲一, 平田 高志, 矢野 博之, 西田 豊明 : パブリック・オピニオン・チャンネル - 実装と社会的インパクト -, 人工知能学会第 14 回全国大会論文集, pp.99-102, (於: 早稲田大学 国際会議場 2000.7.4-7) .
- (4) 平田 高志, 西田 豊明 : コミュニティにおける知識の共同創出支援, 人工知能学会第 13 回全国大会論文集, pp.340-343, (於: 早稲田大学 国際会議場 1999.6.15-18) . < 大会優秀論文受賞論文 >
- (5) 西田 昌宏, 高野 未央, 堤 豊史, 中島 進, 上林 宏充, 西部 晃雅, 丹治 功, 緒方 信幸, 西村 昭巨, 真崎 理人, 河原 達也, 平田 高志, 西田 豊明 : 生涯デジタルパートナー: 連想型個人情報管理システム, 人工知能学会第 13 回全国大会論文集, pp.163-164, (於: 早稲田大学 国際会議場 1999.6.15-18) .
- (6) 畦地 真太郎, 藤原 伸彦, 角 薫, 平田 高志, 矢野 博之, 西田 豊明 : パブリック・オピニオン・チャンネル (Public Opinion Channel), 人工知能学会第 13 回全国大会論文集, pp.206-209, (於: 早稲田大学 国際会議場 1999.6.15-18) .
- (7) 西田 豊明, 平田 高志, 藤原 伸彦, 畦地 真太郎, 角 薫, 矢野 博之 : サイバー・シティでの知識プロセス支援 - CoMeMo-Community での経験と展望 -, 第 7 回マルチ・エージェントと協調計算ワークショップ (MACC'98).

- (8) 平田 高志, 前田 晴美, 西田 豊明 : 連想表現を用いたコミュニティ支援 - 自己開示と知識共有 -, 第 4 回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp.53-60 (於: 慶応大学三田キャンパス北新館ホール 1998.12.8-9) .
- (9) 平田 高志, 前田 晴美, 西田 豊明 : コミュニティにおける連想表現を用いた自己開示と知識共有, 第 3 4 回人工知能基礎論研究会資料, pp.63-68, (於: 北陸先端科学技術大学院大学 1998.9.24-25) .
- (10) 平田 高志, 前田 晴美, 西田 豊明 : 連想表現を用いたコミュニティの知識共有支援システム, 人工知能学会第 12 回全国大会論文集, pp.430-433, (於: 早稲田大学 国際会議場 1998.6.18) .
- (11) 平田 高志, 有吉 勇介, 吉田 達, 芳賀 博英 : 日本型連想検索システムのプロトタイプを試作, 第 3 回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp.285-292, (於: 慶応義塾大学 三田キャンパス 北新館ホール 1997.12.10) .
- (12) 平田 高志, 前田 晴美, 西田 豊明 : 弱い情報構造を用いた情報整理, 人工知能学会第 11 回全国大会論文集, pp.340-343, (於: 早稲田大学 国際会議場 1997.6.26) .
- (13) 平田 高志, 前田 晴美, 西田 豊明 : 弱い構造を用いた情報収集と整理, 情報処理学会第 54 回全国大会論文集 (3), pp.285-286, (於: 千葉工業大学 1997.3.12) .

6. その他

- (1) 平田 高志 : MEMEX 第 2 回中間報告「日本型連想検索システムのプロトタイプ」, BBCC アプリケーション実験研究報告会, BBCC 季刊誌 第 14 号, (於: ライフサイエンスセンター 千里中央 1998.3.10)

付録

A. 数量化三類

数量化三類は、要素が2値データであるときや頻度である場合にそれを数量化し、サンプルやカテゴリを分類したり、特性を調べるために利用する手法である[69]。

要素が2値の行列を M とする。

$$M = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nm} \end{bmatrix}$$

各列の和 c_j 、各行の和 r_i を求める。この際、 $n < m$ の場合は、行列を転置してから計算する。

$$c_j = \sum_{i=1}^n d_{ij} (j = 1, 2, \dots, m), r_i = \sum_{j=1}^m d_{ij} (i = 1, 2, \dots, n)$$

次に、 $(c_j)^{-1/2}$ 、 $(r_i)^{-1}$ をそれぞれ対角要素とする対角行列を作成する。

$$C = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{c_1}} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{c_2}} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \frac{1}{\sqrt{c_m}} \end{bmatrix} \quad R = \begin{bmatrix} \frac{1}{r_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{r_2} & \cdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & \frac{1}{r_n} \end{bmatrix}$$

この二つの行列 C 、 R と元の行列 M から行列 D を次のように計算する。

$$D = CM^T RMC \quad (M^T \text{は } M \text{ の転置行列})$$

この行列 D の固有値 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{m-1}$ を求める。この際、固有値が1のものは除く。

$$D - \lambda^2 E = 0 \quad (E \text{ は単位行列})$$

また、それぞれの固有値に対応する固有ベクトル v_1, v_2, \dots, v_{m-1} を各列とする行列を V とする。

最後に、カテゴリ数量 X を、

$$X = CV$$

として計算する。

また、サンプル数量 Y を、

$$Y = \frac{1}{\lambda} RMX$$

により計算する。

カテゴリ数量 主成分分析の因子負荷量に対応する数値で、この大小関係だけでもカテゴリ変数の関係を類推することが出来るが、二つのカテゴリ数量を任意に選択して散布図を描くことによりカテゴリ間の関係を検討することが出来る。

このプロットにより、カテゴリ数量自体がカテゴリ変数からどのような特徴を抽出したものを類推することが出来る。

サンプル数量 主成分分析での主成分値に対応する数値で、この大小関係だけでもカテゴリ変数の関係を類推することが出来るが、二つのサンプル数量を任意に選択して散布図を描くことによりサンプル同士の関係を視覚的に理解することが出来る。

このプロットとカテゴリ数量プロットとを併用することにより、カテゴリ変数の特徴がサンプルに反映されている様子を知ることが出来る。