

グループによる発散的思考における自律的情報提供エージェントの影響

How an Autonomous Information Retrieval Agent Affects Divergent Thinking by a Group

西本 一志* 間瀬 健二* 中津 良平*
Kazushi Nishimoto Kenji Mase Ryohei Nakatsu

* (株) エイ・ティ・アール知能映像通信研究所
ATR Media Integration & Communications Research Laboratories, Kyoto 619-0288, Japan.

1998年3月19日 受理

Keywords: divergent thinking, brainstorming, creativity support system, information retrieval agent, evaluation.

Summary

We have been developing a creativity support system called "AIDE," which is equipped with various agents to stimulate creative group conversations. In this paper, we describe an autonomous information retrieval agent called "Conversationalist," which is one of the agents of AIDE and is responsible for stimulating human divergent thinking. This agent analyzes the relationships among utterances and the structure of the topic in a conversation, and autonomously extracts various pieces of information relevant to the current conversation. Furthermore, we also show subjective experiments of AIDE applied to brainstorming sessions. From the results of the experiments, we confirmed that the agent is effective in stimulating human divergent thinking and in extracting more ideas from subjects, than in brainstorming sessions without the agent. Based on the results, we discuss what kind of information retrieval method is effective and when extracted pieces of information should be provided. Consequently, the following results are suggested: 1) when a conversation is active, the frequency of information provision by the agent should be rather low, and the relationship between the topic of the conversation and the pieces of information should not be so far, and 2) when a conversation is not active, i.e., is stagnate, or asynchronously executed, the frequency of information provision by the agent should be rather high, and the pieces of information should include some hidden relations with the topic of the conversation.

1. はじめに

近年の産業構造の急激な変化と国際競争の激化の結果、各企業は、その発展のためには、モノとしての製品の生産性を向上させるだけでは不十分であり、むしろ知的生産物、すなわち知識そのものを創造し、さらにその生産性の向上を図らねばならないという、パラダイムの転換を迫られている[野中 96]。しかも、企業における大規模化、複雑化したプロジェクトは、すでに個人によって処理できる範囲を大きく越えているため、必然的にグループによる取り組みが不可欠となってい

る。このような潮流の中で、知的触発を目指す各種の知的生産性向上支援グループウェアの開発が精力的に進められつつあり[松下 94]、筆者らも、オフィスやコミュニティなどでの、グループによる創造的思考活動を計算機によって支援する環境 "AIDE" (Augmented Informative Discussion Environment) の研究開発を進めている[Mase 98]。

AIDE は、オンライン・チャット・システムをベースとするコンピュータ会議システムの一つであり、グループによる創造的思考過程を広範に支援するための機能を多数具備している[西本 96c]。人間の創造的思考プロセスは、非常に複雑かつ多様な思考過程から成っ

ている。たとえば、國藤は、発散的思考過程、収束的思考過程、アイデア結晶化過程、評価・検証過程の4過程が存在するとしており[國藤 93]、それぞれに思考内容は大きく異なるため、単一の支援機能でその過程すべてを支援することは、通常不可能である。そこで、我々はマルチエージェントアーキテクチャを採用し、特定の範囲の思考タスクを専門に支援するエージェントを複数準備し、これを共有メモリで疎に結合することによってAIDEを実現した[西本 98b]。

本論文では、それらのエージェントの一つであり、グループによる発散的思考過程の支援を目的として構築した自律的情報提供エージェント“Conversationalist”(以下ではConv.と略記する)について述べる。発散的思考過程では、与えられた思考のテーマに対して、いかに幅広い視点から虚心坦懐に関連情報を多数集めることができるかが重要となる。ブレインストーミングは、この過程を支援する手法として有名であり、広く採用されている。ブレインストーミングでは、批判厳禁、相乗り歓迎などの制約や原則を課すことにより、与えられたテーマに関して思いつく情報やアイデア断片を、その質の良否を問わず、とにかく大量に抽出することを目指す。しかしながら、たとえば専門分野を同じくする者同士でブレインストーミングを行っても、共通して持つ固定観念によって視野の幅が広がらないため、斬新なアイデアを得ることが難しいという問題がある。このためブレインストーミングには、専門分野が異なる門外漢を1人参加させることが有効となることが多いことが、経験的に知られている。これは、門外漢が持つ異質な知識に基づく異質な関連情報が、その他の作業員に対して、固定観念と別の視点の存在に気づかせる効果があることによると思われる。

我々がConv.に期待するのは、このようなブレインストーミングにおける門外漢と同等の役割である。すなわち、グループが新しいアイデアを創造しようとする対話の場にConv.を参加させ、データベースから対話に関連する情報を提供することで、同様の「気づき」を作業員に与えられるのではないかと、いう期待である。

しかしながら、人間が門外漢として参加する場合でも、その介入のしかたによって、他の作業員の発散的思考を有効に触発する場合もあれば、逆に妨害する可能性もある。したがって、Conv.の実現にあたっては、その対話への介入の方法を慎重に決定しなければならない。そこで本論文では、Conv.の介入の方法として4種類の情報検索手段を準備し、どのような情報検索手法が発散的思考触発に効果的かについて主に検討す

る。加えて、Conv.の対話への介入タイミングに関する知見の獲得も目指す。

以下、2章では、Conv.の構成と動作の概要について説明する。3章では、実施した被験者実験の内容と手順、およびその結果を示す。4章では、3章で示した実験結果に基づき、Conv.の発散的思考に対する影響について検討し、さらにConv.の対話への介入タイミングについて考察する。5章では、関連研究について概観する。6章はむすびである。

2. 情報提供エージェントの構成

情報提供エージェントConv.に求められるのは、発散的思考を触発する、異質性を含んだ情報の提供である。したがって、高い再現率と適合率の実現を旨とする、一般的な情報検索技術とは目指すものが異なる。そこで本研究では、角らが提案する思考空間の可視化手法[角 96]を応用し、対話の話題構造を2次元空間構造として表現した話題空間と連想検索とを組み合わせるにより、対話内容に対する関連性と異質性を同時に取り込む情報検索手法を実装した。本章では、これらの情報検索手法を中心として、Conv.の構成と動作の概要について説明する。

2.1 情報提供エージェントのモジュール構成

AIDE利用者は、各自のデスクトップにあるワークステーションでAIDEクライアントを起動し、AIDEサーバに接続することによってAIDE上での対話に参加する。現在の実装では、対話はすべてキーボードからの文字入力で行われる。入力されたテキスト情報としての個々の発言は、AIDEサーバを経由して全利用者に配信される一方で、Conv.に対しても渡される。すなわちConv.への入力は、テキストデータ形式での、対話参加者による個々の発言である。

図1にConv.のモジュール構成を示す。順次入力されるテキスト形式の個々の発言文を、発言オブジェクトと呼ぶ。発言文処理モジュールは、入力された発言オブジェクトを解析し、重み付きキーワードを抽出する。対話構造化モジュールは、発言オブジェクトとそのキーワード群に対し思考空間の可視化手法を適用し、各発言オブジェクトとキーワードを2次元空間上に順次配置する。検索キーワード抽出モジュールは、この空間上から情報検索に使用する検索キーワードを重み付きで選出する。得られた検索キーワードを用いて、情報検索モジュールは、指定された手法によって手持ちのデータベースから情報を検索抽出する。得られた情報

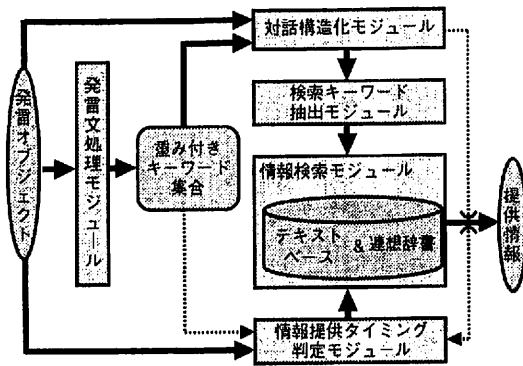


図1 情報提供エージェント Conv. のモジュール構成

は、Conv. の発言として対話中に投入される。情報の投入タイミングは、情報提供タイミング判定モジュールで決定される。以下、各モジュールの詳細について述べる。

〔1〕 発言文処理モジュール

本モジュールは、入力された発言文を形態素解析し、全単語の品詞を決定する。ついで名詞と品詞を決定できなかった語のみを抽出し、これらをその発言文のキーワードとする。キーワードの重みは、対話全体で頻出する語は軽く、特定の1発言で複数回出現する語および一定期間以上出現しなかった後に出現した語は重くする。このような重み付けとしたのは、対話の局所的な話題構造を明確化するためである [Nishimoto 98a].

〔2〕 対話構造化モジュール

話題空間の構成には、角らによる思考空間の可視化手法を使用した [角 96]。この手法は、双対尺度法 [西里 82] と呼ばれる統計手法を応用している。双対尺度法とは、複数の数量化属性で構成されたオブジェクト集合が与えられたときに、オブジェクト集合と属性集合にそれぞれ得点数量を与えることにより、オブジェクト同士の属性共有性と属性同士の共起性を空間における相対的な位置関係として表現する手法である。

本研究では、発言文処理モジュールによって抽出されたキーワードを発言オブジェクトの属性と考え、各キーワードの重みを属性値として双対尺度法を適用する。この結果、各発言オブジェクトと各キーワードとの関連性が1つの空間上に表現された、話題空間が構築される。図2に、話題空間の例を示す。この例では、3人の利用者 (subj-1~subj-3と表記) による発言オブジェクトと Conv. の提供情報 (図中の長方形のアイコン) および各キーワード (図中の長円形のアイコン) が配置されている。各利用者名の後ろの数字は、その利用者の何番目の発言であるかを示す。

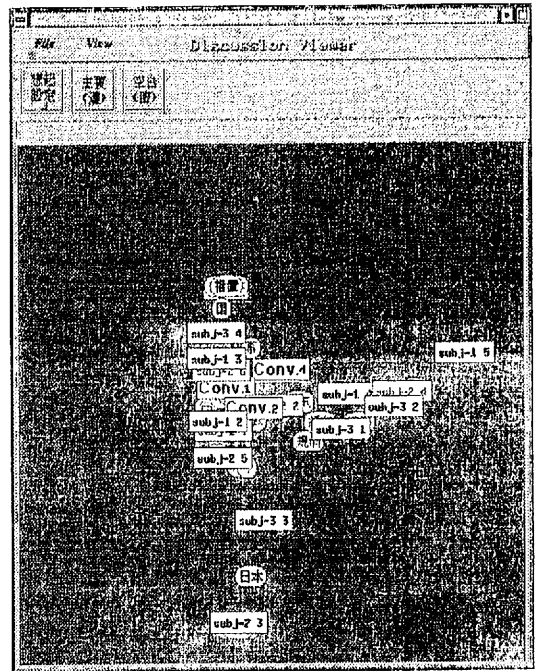


図2 話題空間の例

〔3〕 検索キーワード抽出モジュール

対話構造化モジュールによって構成された話題空間上に配置されたキーワード群から、本モジュールは情報検索のために用いるキーワードを選出する。

話題空間には、一般にいくつかの発言オブジェクトで構成されるいくつかのクラスタが配置される。相互に関連性の高い発言オブジェクトほど相互に近い位置に配置されるというこの構造化手法の特徴から、各クラスタが1つの局所的な話題を構成しているとみなせる。したがってこの話題空間によって、現在の対話はどのような部分話題で構成されているか、中心的话题は何かを知ることができる。さらに、思考空間の可視化手法に関する被験者実験から、被験者はしばしばクラスタ間の間隙やクラスタがない空白領域に注目し、それらの空白部分から新たなテーマを発見したり、さらなる議論の必要性を感じたりするという結果が得られている。したがって、話題空間上の空白領域を検出することで、新たな話題を展開する方向を見出すこともできると考えられる。

そこで本モジュールは、まず話題空間を 16×16 のセルに分割する。各セルは、そのセルを中心とする9つのセルに含まれる発言オブジェクトの個数の平均を重みとして持つ。重みが周辺のセルより重い、極大値をとるセルを主要話題のセルとみなし、これを話題中心と呼ぶ。一方、ユークリッド距離変換手法 [平田 94]

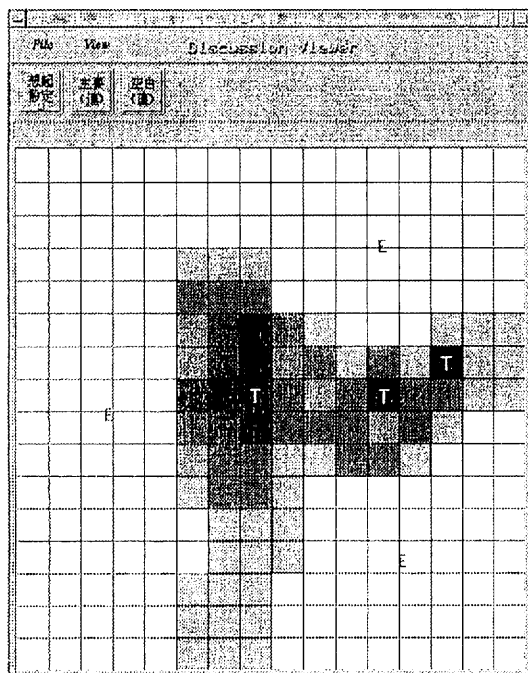


図3 話題空間を分析して話題中心と空白中心を求めた例

を用いて、重みがゼロの各セルについて、重みが非ゼロのセル群の領域境界と2次元空間の最外端からの距離を求める。この結果、ある閾値以上の距離を離れている重みがゼロのセル群が存在する場合、これを話題の空白領域とみなし、空白領域外端からもっとも離れている重みゼロのセル（同じ距離のセルが複数ある場合はその重心）を、その空白領域の中心とみなす。このセルを空白中心と呼ぶ。図3に、図2に示した話題空間について以上の処理を行い、話題中心と空白中心を検出した例を示す。図中、「T」で示すのが話題中心、「E」で示すのが空白中心である。また、白いセルは重みがゼロのセルであり、灰色のセルは重みが非ゼロのセルで、色の濃いセルほど重みが重い。

こうして得た話題中心と空白中心を用いて、情報検索モジュールで用いられる検索キーワードを話題空間上から選出する。すなわち、話題空間上の1つの話題中心ないし空白中心に近いものから順に一定数（本論文の実験システムでは、最大50）のキーワードを集め、これを検索キーワードとする。選出された各検索キーワードには、話題空間上における各キーワードの、使用された話題中心ないし空白中心からの距離に反比例した重みが付与される。

〔4〕 情報検索モジュール

本モジュールは、検索キーワード抽出モジュールが抽出した重み付き検索キーワードから検索キーワード

ベクトルを生成し、これを用いてあらかじめ準備されたテキストベースを検索する。検索手法は、直接検索と連想検索の2種類を実装している。

直接検索では、検索キーワードベクトルと、テキストベース中の各テキストオブジェクトのキーワードベクトルとの内積を求め、最も値の大きいテキストオブジェクトを出力する。

連想検索では、あらかじめ準備してある連想辞書を用いて検索キーワードベクトルを連想的に変換し、連想キーワードベクトルを得る。この連想キーワードベクトルと、テキストベース中の各テキストオブジェクトのキーワードベクトルとの内積を求め、最も値の大きいテキストオブジェクトを出力する。

なお3章で示す実験では、テキストベースには自由国民社の現代用語の基礎知識1997年版の記事約20000件を用いた。また、連想辞書も同じデータから構築した。連想辞書に採用されたキーワードの数はおよそ60000であった。

〔5〕 情報提供タイミング判定モジュール

本モジュールは、話題転換を検出することによるタイミング判定も行えるが[Nishimoto 98a]、3章で示す実験では、利用者（被験者）が入力する発言オブジェクトの数のみを判断材料としている。今回の実験では、Conv.動作時は、常に発言オブジェクトが3つ入力されるたびに情報の投入を指示する。

2・2 4種の情報検索手法

本論文で用いた実験システムでは、検索キーワード抽出手法と情報検索の手法の組み合わせにより、次の4種の情報検索手法を準備した。

話題直接検索 話題中心を用いて得た検索キーワードベクトルを用いて、直接検索を行う。

話題連想検索 話題中心を用いて得た検索キーワードベクトルを用いて、連想検索を行う。

空白直接検索 空白中心を用いて得た検索キーワードベクトルを用いて、直接検索を行う。

空白連想検索 空白中心を用いて得た検索キーワードベクトルを用いて、連想検索を行う。

これらの手法は、それぞれ性質の異なる情報を抽出すると考えられるが、対話内容と抽出情報の関連性という性質に着目すると、話題直接検索が抽出する情報の関連性が最も強く、以下、空白直接検索、話題連想検索、空白連想検索の順に関連性が弱くなると予想される。その理由を以下説明する。

話題中心を用いたキーワード選出では、話題空間上のある単一の話題中心を取り巻くキーワードが得られ

るため、その話題中心に対応する話題と密接かつ明白な関連を持つ検索キーワードベクトルが得られる。一方空白中心を用いた場合、キーワードは通常、対話中の複数の部分話題にまたがって選出されるため、検索キーワードベクトルは、それらの複数の話題にまたがる関連性を持つものとなる。大局的には1つの話題の下でなされている対話であっても、その中の部分話題相互の関係は必ずしも常に明白かつ密接であるとは限らず、見逃されている関係が存在する可能性がある。このため、空白中心を用いて得られる検索キーワードベクトルは、話題中心を用いて得たものよりも、やや対話内容との関連性が不明瞭になると思われる。

直接検索では、話題空間上に存在するキーワードがそのまま検索に使用される。その結果、抽出される情報にはそれらのキーワードがいくつかそのまま含まれるため、得られる情報と対話内容の関連性は見えやすい。一方、連想検索では、連想変換されたキーワードが検索に用いられるため、抽出される情報に話題空間上に存在したキーワード自体が含まれる量は減少し、極端な場合には全くなくなる。このため、連想検索による抽出情報と対話内容の関連性は見えにくくなる。

ここで空白直接検索と話題連想検索は境界領域となるが、抽出される情報に、話題空間上に存在するキーワードがより多数そのまま含まれる可能性が高いことから、前者の方が関連性の高い情報を抽出すると考えられる^{*1}。以上の理由により、4種類の情報検索手法で得られる情報の、対話内容との関連性の強さは、上で述べた順序になるものと予想される。

なお、関連性が最も弱くなると思われる空白連想検索を用いた場合でも、抽出される情報と対話内容の関連性が皆無となるわけではない。検索キーワードは、話題中心と空白中心のいずれを用いても、対話内容との関連性を持つ。また、連想検索で用いる連想辞書は、その辞書を構築する元となった情報の知識ドメインに基づく視点を表す情報となる。このため、連想変換されたキーワードベクトルには、この知識ドメインからの関連情報が導入されるが、同時に、元の検索キーワードベクトルに含まれる、対話内容との関係も保たれるはずである。したがって連想検索で得られる情報は、たとえばランダム検索などで得られる完全に無関係な情報とは異なり、外部知識から導入された「隠れた関連

*1 ただし、これはあくまでも一般的傾向の予測であり、場合によっては順序が逆転する場合もあるだろう。たとえば対話内容と極めて一致した知識分野に限定して構築された連想辞書を用いれば、話題連想の方が空白直接よりも、極端な場合には話題直接よりも、対話内容との関連性が高い情報を抽出する可能性もあると思われる。

表1 実験における議題の概略

議題名	議題内容
T ₁	自分の大学の学園祭の総合テーマを考案する
T ₂	ある電器メーカーの調理機器事業部において、「先端技術による顧客要望の充足」という
T ₃	全社コンセプトを具現化する商品を考案する
T ₄	行政改革、経済改革を実現するには具体的に何をすれば良いかを考案する
T ₅	ある玩具メーカーのイメージ向上、シェア向上を目的とする企業キャッチフレーズを考案する
	先端科学技術を利用した芸術の在り方、あるいは具体的な作品について考案する

表2 実験システムにおける Conv. の動作モード

モード名	情報検索手法	情報提供タイムリミット
M ₁		不動作
M ₂	話題直接検索	
M ₃	話題連想検索	被験者からの発言が
M ₄	空白直接検索	3つあるつど
M ₅	空白連想検索	

性」を持つ情報となる [西本 96b].

3. 実験と結果

Conv. の有無、および2・2節で述べた4種類の情報検索手法がAIDEでの発散的思考を意図した対話に与える影響を検証するために、被験者実験を行った。

実験は、3名の被験者からなるグループ5組 (G₁~G₅)、のべ15名によって行われた。被験者は、すべて同じ大学の学生であり、パソコンによる日本語文章作成を滞りなく行え、電子メールの使用経験があることを条件に募集した。

被験者にはAIDEのチャット機能だけを提供した。AIDEはUNIXワークステーション上に実装されているが、ほとんどの被験者がUNIXの使用経験がなく、MuleやNemacs、wnn等による日本語文章作成が困難であったため、発言の入力には、AIDEのメールによる発言受信機能を使用した。この機能では、AIDEサーバに割り当てられた特定アドレスにメールを送ると、そのメールの本文がメール発信者の発言テキストとして処理される。被験者は、ノートPC (Windows95) 上で発言を作成し、Netscapeのメーラを使用して発言内容を送信した。被験者は、発言入力用のPCとは別に提供されたUNIXワークステーション上に表示されるAIDEの発言リストウィンドウを、マウスを用いてスクロールすることで入力された発言を一覧できる。また被験者の配置は、作業中はお互いに口頭では対話できないし、お互いの姿も見ることができない、分散環境とした。したがって本実験における対話は、非対面同期的対話となる。なおAIDEは、話題空間を利用

表3 対話実験実施順序

実施 順序	グループ				
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅
1	T ₁ , M ₁	T ₅ , M ₂	T ₄ , M ₃	T ₃ , M ₄	T ₂ , M ₅
2	T ₂ , M ₂	T ₁ , M ₃	T ₅ , M ₄	T ₄ , M ₅	T ₃ , M ₁
3	—*	T ₂ , M ₄	T ₁ , M ₅	T ₅ , M ₁	T ₄ , M ₂
4	T ₄ , M ₄	T ₃ , M ₃ *	T ₂ , M ₁	T ₁ , M ₂	T ₅ , M ₃
5	T ₅ , M ₅	T ₄ , M ₁	T ₃ , M ₂	T ₂ , M ₃	T ₁ , M ₄

注) * 実験 [M₃, G₁, T₃] は, システムの障害により実施できなかった。

** この関係で, [M₅, G₂, T₃] を予定していた実験を, [M₃, G₂, T₃] に変更した。

表4 各対話実験における被験者の発言数

グル ープ	Conv. の動作モード					合計	平均
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅		
G ₁	38:T ₁	48:T ₂	—	65:T ₄	43:T ₅	194	48.5
G ₂	14:T ₄	10:T ₅	8:T ₁ 14:T ₃	15:T ₂	—	61	12.2
G ₃	25:T ₂	25:T ₃	18:T ₄	28:T ₅	21:T ₁	117	23.4
G ₄	19:T ₅	18:T ₁	25:T ₂	23:T ₃	16:T ₄	101	20.2
G ₅	32:T ₃	31:T ₄	27:T ₅	37:T ₁	28:T ₂	155	31.0
合計	128	132	92	168	108	628	
平均	25.6	26.4	18.4	33.6	27.0		26.2

者に提供し, さらにこれを再構成する機能を備えており, この機能による思考作業の支援効果も筆者らは確認している [角 97]。しかし, 今回の実験では, あくまで Conv. の情報提供の影響を評価することを目的としているため, 被験者には話題空間は一切提示しない。

対話の議題は, 表1に示す5つである。対話は, 基本的にブレインストーミングに準じて行うよう指示した。さらに基本的なブレインストーミングの制約に加え, 1発言あたり1アイデアとし, 1発言に複数のアイデアを盛り込まないよう指示した。

システムの動作モードは, 表2に示す5つである。M₁では Conv. は動作しないため, AIDEは単なるオンラインチャットシステムとなる。M₂~M₅では, Conv. は2・2節で示した4つの情報検索手法のいずれか1つを用いて情報を自動検索し提供する。情報提供は, 被験者からの発言が3つあるたびに行う。すなわち, 平均1名が1発言するたびに Conv. が1回動作することになる。これは, Conv. を人間とほぼ対等に扱うことに対応する。被験者には, 各対話におけるシステム動作モードの詳細および情報提供タイミングについて一切教示しない。ただし, すべての実験において Conv. の動作の仕方が全く異なることは, 被験者に教示した。これは, ある実験での Conv. の支援の良否が被験者に心理的影響を与え, その後の実験での Conv. の提供情報の受けとめ方に正または負のバイアスがかかることを極力回避するためである。なお, 話題中心を用いた検索キーワード選出を行う際, 話題中心が複数ある場

表5 Conv. が提供する情報と対話内容の関連性に関する被験者による主観評価結果

	Conv. の動作モード			
	M ₂	M ₄	M ₃	M ₅
平均	1.95	1.24	0.91	0.56
標準偏差	1.33	1.26	1.07	0.88

表6 被験者の各発言に対する, 被験者によるアイデアとしての質の評価結果

グループ	Conv. の動作モード				
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅
G ₁	2.19	2.18	—	2.29	2.17
G ₂	2.54	2.32	2.36 2.35	2.86	—
G ₃	2.37	2.09	2.46	2.86	2.14
G ₄	2.23	2.24	2.21	2.10	2.17
G ₅	2.27	2.32	2.37	2.19	2.15
平均	2.29	2.22	2.35	2.35	2.16

合には, 被験者による最新の発言オブジェクトに最も近い話題中心を使用する。また, 空白中心を用いた検索キーワード収集を行う場合は, 常に各時点での最大の空白の中心を使用する。

表3に, 実験における被験者グループ, 議題, システムの動作モード, 対話実験実施順序の組み合わせを示す。1実験(1対話作業)あたり40分間議論を行い, その後20分程度でアンケートに回答してもらう。これを各グループについて5回繰り返した。表3に示す通り, 各被験者グループにおける最初の実験のシステム動作モードをすべて異なるものとした。これは, 前述した Conv. の支援の良否による被験者への心理的影響があるならば, 最初の実験の影響が一番大きいと考えられるので, この影響を最終的な評価においてキャンセルするためである(4・1節参照)。なお, システム動作モード M₂~M₅における Conv. の提供情報は, 被験者からの3つめの発言が各被験者の UNIX ワークステーション上に表示された直後に, ほぼ遅延なく提示された。特に多数の発言がなされた対話では, 実験終盤にやや Conv. の情報提供に遅延が見られるようになったが, その場合でも最長でたかだか5秒以下であった。これは4・1節でも示す通り, 被験者が他被験者からの発言を1つ読む時間以下であるので, 実質的には無遅延であるとみなせる。

実験結果を, 表4~表7に示す。表4には, 各対話実験における被験者による発言の総数を示す。“:”の後ろには各実験の議題名を示す。

表5~表7は, 対話実験後のアンケートに基づく結果である。表5には, 各対話実験において Conv. が提供した情報の内容と対話内容との関連性に関する, 被験者による主観評価結果を, Conv. の動作モード M₂~

表7 Conv.の提供情報に影響を受けて考案された被験者の発言の数

グループ	Conv.の動作モード				合計	参照率
	M_2	M_3	M_4	M_5		
G_1	2	-	3	0	5	0.03
G_2	2	0	3	-	5	0.08
		0				
G_3	3	0	3	0	6	0.05
G_4	3	0	1	1	5	0.05
G_5	11	1	0	0	12	0.08
合計	21	2	10	1	33	
総発言数	132	92	168	108	500	
Conv.の影響率	0.16	0.02	0.06	0.01	0.07	

M_5 について示す。主観評価は、0:全く無関連~4:密接に関連、の5段階で行った。表は、関連性の高さ順に整理している。t検定の結果、各動作モードにおける平均の差は、 M_2, M_4 間および M_3, M_5 間で1%水準で有意であり、 M_4, M_3 間でも5%水準で有意であった。

表6には、被験者が提出した各アイデアに関する、質の主観評価結果を示す。主観評価は、0:全く下らないアイデア~4:非常にすばらしいアイデアの5段階で行った。各被験者は、対話中での全被験者の全発言(自分の発言も含む)個々について、直観的に前記5段階の評価を行う。表6に示したのは、各対話におけるこの主観評価結果の平均である。

表7には、Conv.の情報が直接影響を与えた被験者の発言の数を示す。アンケートにおいて、各被験者に対し、自分の個々の発言の内容を考案する際に、その発言以前のどの発言(Conv.の情報を含む)を考慮したかを問うた。表7に示したのは、そのうちConv.の情報を考慮したと答えた数に基づくデータである。表中、Conv.の影響率とは、各動作モードにおける、総発言数に対するConv.の提供情報に影響を受けた発言数の比である。また参照率とは、各グループにおける、発言数の合計(表4参照)に対するConv.の提供情報に影響を受けた発言数の比である。

4. 情報提供エージェントの影響の検討

4.1 Conv.によるアイデア生成促進以外の影響の除去

発散的思考過程ではアイデアの質より量が重要である[國藤 93]。したがって、単純に言えば、より多くのアイデア断片を引き出せる支援手法がよりすぐれていると言える。そこで表4に示した結果をもとに、Conv.の動作モードの影響を比較する。ただし、この結果を見てもわかる通り、Conv.の動作モードの違い

の影響以外にも、グループごとの能力および議題ごとのアイデア生成の容易さに差があるため、単純に各動作モードにおけるアイデア数の平均を比較することはできない。そこで、次のような方法でConv.の動作モードの影響のみを取り出して比較する。

ここでは、アイデア生成に影響する要因は、各動作モードにおけるConv.がアイデア生成を促進する効果(システム要因)、グループごとのアイデア生成能力(被験者要因)、および議題ごとのアイデア生成の容易さ(議題要因)、の3つのみであるととし、これらの3つの要因の影響は相互に独立であり、かつ差分的ではなく比例的に影響するものと仮定する^{*2}。すなわち、Conv.の動作モード M_x で、グループ G_y が議題 T_z について発散的思考を行う際(以下では、この実験条件を、 $[M_x, G_y, T_z]$ と表す)、生成されるアイデア断片の数 $n_{x,y,z}$ は、次式で与えられるものとする。

$$n_{x,y,z} = m_x \cdot g_y \cdot t_z \cdot n_{st} \quad (1)$$

ここに、 m_x はConv.の動作モード M_x におけるシステム要因に関する係数、 g_y はグループ G_y の被験者要因に関する係数、 t_z は議題 T_z における議題要因に関する係数であり、 n_{st} は定数である。なお、3章で述べた、各グループにおける最初の実験でのConv.の動作に起因する被験者へのバイアス効果があるならば、これは被験者要因の中に畳み込まれる。またアンケート結果において、多くの被験者は「今回のシステムからの情報はわかりやすかった」、「今回は的外れなものが多かった」などという感想を述べている。すなわち、被験者は事前の教示どおり、毎回Conv.を異なる情報検索を行う存在として受けとめていたことが示されている。このことから、現実にはこのバイアス効果はほぼ存在しなかったと思われる。

式(1)の関係を用いて、実験結果から被験者要因および議題要因の影響を除去する。議題の種類およびグループ数が共に a で、それぞれ $T_1 \sim T_a, G_1 \sim G_a$ であったとする。この時、Conv.の動作モード M_α では議題とグループの組み合わせが $\{(T_i, G_{f_1(i)}); 1 \leq i \leq a\}$ であり、また動作モード M_β では議題とグループの組み合わせが $\{(T_j, G_{f_2(j)}); 1 \leq j \leq a\}$ であったとする。ただし、関数 $f_1(i)$ は、 i を $1 \sim a$ の値に1対1対応させる関数であり、関数 $f_2(j)$ は、 j を $1 \sim a$ の値に1対1対応させる関数とする。ただし、 $f_1(\cdot)$ と $f_2(\cdot)$ は、

*2 現段階で本仮定を裏付ける理論的根拠は残念ながらない。しかしながら、発想という現象に関わる認知科学的分析[Finke 92, Johnson 93]や理論的モデル化[堀 94]などが開始されているので、これらの研究の今後の進展に期待したい。

異なる対応づけをするものとする。なお、 $(T_i, G_{f_1(i)})$ が $(T_j, G_{f_2(j)})$ と同じ組合せを取ることは、数学的には可能であるが、実験においては同じグループが同じ議題について複数回議論すると、学習効果の影響を受けて正しい結果を得られないため、避けねばならない。この時、実験 $[M_\alpha, G_{f_1(i)}, T_i]$ で生成されるアイデア断片数 $n_{\alpha, f_1(i), i}$ と、実験 $[M_\beta, G_{f_2(j)}, T_j]$ で生成されるアイデア断片数 $n_{\beta, f_2(j), j}$ は、以下の式で与えられる。

$$n_{\alpha, f_1(i), i} = m_\alpha \cdot g_{f_1(i)} \cdot t_i \cdot n_{st}$$

$$n_{\beta, f_2(j), j} = m_\beta \cdot g_{f_2(j)} \cdot t_j \cdot n_{st}$$

である。ここに、 m_α, m_β は、それぞれ動作モード M_α, M_β でのシステム要因に関する係数、 t_i, t_j は、それぞれ議題 T_i, T_j の議題要因に関する係数、 $g_{f_1(i)}, g_{f_2(j)}$ は、それぞれグループ $G_{f_1(i)}, G_{f_2(j)}$ の被験者要因に関する係数である。これより、

$$\prod_{i=1}^a n_{\alpha, f_1(i), i} = m_\alpha^a \cdot \prod_{i=1}^a g_{f_1(i)} \cdot \prod_{i=1}^a t_i \cdot n_{st}^a$$

$$\prod_{j=1}^a n_{\beta, f_2(j), j} = m_\beta^a \cdot \prod_{j=1}^a g_{f_2(j)} \cdot \prod_{j=1}^a t_j \cdot n_{st}^a$$

であるから、両式を辺々割ることにより、*

$$\frac{m_\alpha}{m_\beta} = \sqrt[a]{\frac{\prod_{i=1}^a n_{\alpha, f_1(i), i}}{\prod_{j=1}^a n_{\beta, f_2(j), j}}} \quad (2)$$

を得る。結局右辺は、 M_α での各実験で得た発言数の積を、 M_β での各実験で得た発言数の積で割ったものの a 乗根であり、表4の結果から容易に得られる。この結果、被験者要因および議題要因の影響を受けることなく、Conv.の動作モードの違いだけによるシステム要因の影響、すなわち m_α, m_β を比較できる。

本論文では、動作モード M_1 を基準として、他の動作モードにおけるConv.の影響を評価する。式(2)に基づき、動作モード M_i ($i = 2 \sim 5$)の、動作モード M_1 に対するアイデア断片生成促進能力の比 $r_{i,1}$ を求めた結果を表8に示す。たとえば、動作モード M_2 と M_1 のアイデア断片生成促進能力の比 $r_{2,1}$ は、以下の様にして得ることができる。

$$r_{2,1} = \frac{m_2}{m_1} = \sqrt[5]{\frac{48 \cdot 10 \cdot 25 \cdot 18 \cdot 31}{38 \cdot 14 \cdot 25 \cdot 19 \cdot 32}} = 0.963$$

なお、表3に示すように、実験 $[M_3, G_1, T_3]$ が実施できず、その関係で実験 $[M_5, G_2, T_3]$ を $[M_3, G_2, T_3]$ に変更した。そこで、 $[M_3, G_{2 \sim 5}, T_{2 \sim 5}]$ と $[M_1, G_{2 \sim 5}, T_{2 \sim 5}]$ の結果から $r_{3,1}$ を求めた。また、 $r_{5,1}$ は、まず t_3/t_5 を $[M_{1 \sim 4}, G_{2 \sim 5}, T_3]$ と $[M_{1 \sim 4}, G_{2 \sim 5}, T_5]$ とから求め、こ

表8 Conv.の各動作モードにおける、動作モード M_1 に対するアイデア断片生成促進能力の比

	$r_{2,1}$ m_2/m_1	$r_{3,1}$ m_3/m_1	$r_{4,1}$ m_4/m_1	$r_{5,1}$ m_5/m_1
比	0.963	0.945	1.235	0.881

の値と $[M_5, G_1, T_5]$ の結果から、 $[M_5, G_1, T_3]$ における発言数の推定値 $n_{5,1,3} = 49.8$ を求め、さらにこの推定値を含めて $r_{5,2} = m_5/m_2$ を $[M_5, G_{1,3 \sim 5}, T_{1 \sim 4}]$ と $[M_2, G_{1,3 \sim 5}, T_{1 \sim 4}]$ とから求めることにより、最終的に $r_{5,1} = r_{5,2} \cdot r_{2,1}$ から求めた。

以上でConv.の動作モードの影響だけを取り出せるようになったが、さらにConv.の介入による、各被験者が読まなければならない情報量の増加の影響を考慮し補正する必要がある。つまり、動作モード M_1 の実験は3人で作業が行われているのに対し、その他の実験は実質4人で行われているので、この作業条件の差を補正しなければConv.による純粋なアイデア生成触発促進効果を評価できない。なぜならば、本論文で行った実験では議論の時間は一定なので、発言を読むための時間が増せば、その分作業効率は一見低下するからである。そこでConv.の情報提供が、被験者がそれを読む時間の増加にのみ影響し、被験者のその他の思考活動に一切影響を与えない場合に、作業効率がどの程度低下するかをまず見積もる。その見積もり値と、表8の結果を比較することにより、最終的にConv.の発言が、被験者が情報を読む以外の作業にどう影響したかを評価する。

1対話実験あたりの作業時間を T 、被験者数を n 人、ある被験者が他の被験者の発言を1つ読むのに要する時間を平均 t_{rs} 、同じくConv.が提供する情報1つを読むのに要する時間を t_{rc} 、被験者が1つのアイデアを思いつきそれを記述して発言するまでに要する時間を、Conv.不動作の場合に t_{nt} 、Conv.が動作する場合に t_{wt} とする。被験者は、自分自身の発言は読まないものとし、また未読の発言をすべて読んでから自分のアイデアを考え、記述し、発言することを繰り返すものと仮定する。これは、各被験者がシーケンシャルに作業を行うという意味ではなく、全被験者が同時並列的に同じ時間(t_{nt} ないし t_{wt})をかけてアイデアを考え、記述し、発言し、その結果すべての被験者は同時にすべての被験者からの発言を得ることができるので、それらをやはり同時並列的に各自同じ時間($(n-1)t_{rs}$ ないし $(n-1)t_{rs} + t_{rc}$)だけかけて読む、という作業状況を想定している。したがって、Conv.が不動作(動作モード M_1)の場合に、被験者1人が1対話中で

表9 各動作モードにおける、動作モード M_1 に対するアイデア断片生成促進能力の比の推定値と実験値に基づく比との比較

t_{rc}	$R_{2,1}$	$R_{3,1}$	$R_{4,1}$	$R_{5,1}$
20 秒	1.031	1.012	1.322	0.943
30 秒	1.065	1.045	1.366	0.975

提出できるアイデアの数 N_{nc} は,

$$N_{nc} = \frac{T}{(n-1)t_{rs} + t_{nt}} \quad (3)$$

であり、Conv. が動作する場合 (動作モード $M_2 \sim M_5$) に被験者 1 人が 1 対話中で提出できるアイデアの数 N_{wc} は,

$$N_{wc} = \frac{T}{(n-1)t_{rs} + t_{rc} + t_{wt}} \quad (4)$$

である。したがって、両者の比 r は,

$$r = \frac{N_{wc}}{N_{nc}} = \frac{(n-1)t_{rs} + t_{nt}}{(n-1)t_{rs} + t_{rc} + t_{wt}} \quad (5)$$

で与えられる。

Conv. の情報提供が、被験者がそれを読む時間の増加にのみ影響し、被験者のその他の思考活動に一切影響を与えない場合、 $t_{nt} = t_{wt}$ である。この場合の比 $r = r_{asm}$ を求める。本実験でなされた対話について実測したところ、 t_{rs} は約 7 秒であった。一方 Conv. の提供情報は、全般に被験者の発言に比べてかなり長く、 t_{rc} は約 30 秒である。ただし読みとばしも多くあったと思われるため、20 秒程度の可能性もある。また、動作モード M_1 の場合の被験者 1 人あたりの 1 対話での発言数の平均は約 8.6 発言なので、式 (3) より、 $t_{nt} \approx 268$ (秒) となる。よって、 $r_{asm} \approx 0.904(t_{rc} = 30 \text{ 秒}) \sim 0.934(t_{rc} = 20 \text{ 秒})$ となる。

したがって、表 8 に示す、 M_1 と $M_2 \sim M_5$ の各動作モードとの比較結果において、上記の r_{asm} より比 $r_{i,1}$ が大きい場合には、 t_{wt} が t_{nt} よりも短縮されたものと考えられる。この短縮は、Conv. の提供情報によって、被験者のアイデア生成能力が触発・促進された結果とみなせるだろう。逆に $r_{i,1}$ が r_{asm} よりも小さい場合は、Conv. の提供情報によって被験者のアイデア生成が阻害され、 t_{wt} が t_{nt} よりも伸長された結果とみなせよう。 r_{asm} と、表 8 に示した $r_{i,1}$ との比 $R_{i,1} = r_{i,1}/r_{asm}$ を、表 9 に示す。

以上の補正の結果、Conv. の有無、および Conv. の各動作モード、すなわち情報検索手法の影響を比較検討できる。

4・2 議 論

[1] 情報検索手法の差の影響

まず、2・2 節で示した 4 つの情報検索手法の、情報検索特性の予測について検証する。本実験で用いた連想辞書は、比較的広範な分野にわたる知識から構成されており、実験で行った対話のいずれとも極端に分野が一致する (あるいはまったくずれる) という状況は発生していない。表 5 に示したように、Conv. が提供する情報と対話内容との関連性は、 M_2 で最も高く、以下 M_4, M_3, M_5 の順に低くなる。これらの動作モードの違いは情報検索手法の違いであるので、この結果は、そのまま情報検索手法による差と見る事ができる。したがって、2・2 節で述べた、各情報検索手法によって抽出される情報と対話内容との関連性の強さの一般的傾向に関する予想が裏付けられた。

表 9 において、 $R_{2,1}, R_{3,1}, R_{4,1}$ は t_{rc} の設定にかかわらず 1.0 を上回っている。このことから、Conv. の動作モード $M_2 \sim M_4$ では、Conv. が提供する情報によって被験者のアイデア断片生成が促進されていることが示される。特に、 M_4 、すなわち空白直接検索による情報提供の場合にアイデア断片生成促進の効果が著しく、30% 余りも能力が向上している。しかも、表 6 に示す通り、 M_4 におけるアイデアの質は最も良い結果となっている*3。これらの結果は、空白を埋めるような情報の提供が、今回の実験のようなブレインストーミングにおいて、発散的思考の促進に非常に効果的であることを示していると言える。

興味深いのは、動作モード M_2 の場合である。 M_2 の場合、上述の通り Conv. が提供する情報と対話の内容との関連性が最も高く、また表 7 に見られるように、被験者の発言に直接影響した情報も最も多い。またアンケートにおいて、 M_2 の場合の Conv. の提供情報は対話の流れに沿っており、その存在に違和感や邪魔さを感じなかったという感想が多く見られた。一方 $M_3 \sim M_5$ の動作モードでは、Conv. の提供情報と対話内容の間にずれがあり、Conv. の存在に違和感や邪魔さを感じるのもっと関連のある情報を提供して欲しいという意見が多く見られた。このように、表面的には M_2 での Conv. が最も自然な存在として受け入れられているにもかかわらず、アイデア断片生成促進の効果はあまり顕著でなく、3~6% 程度の向上しか見られ

*3 ただし 4・1 節でも述べたように、発散的思考過程では質より量が重要であり、質については、本来収束的思考過程で評価判断されるべきである。したがって、本論文における各アイデアの質に関する評価は、あくまで参考記録的なものであることに注意されたい。

ない。また表6に見られるように、 M_2 でのアイデアの質は、 M_1 の結果をわずかながら下回っている。これらの結果は、被験者にとって提供が予想できるようなわかりきった関連情報は、話の流れに逆らうような違和感を与えない一方、わかりきった情報であるがゆえに、発散的思考の促進、すなわち固定観念の打開や思考の飛躍などの現象を引き起こす能力に欠けることを示すものと考えられるだろう。

話題連想検索を用いる M_3 の場合も、アイデア断片生成促進の効果は若干見られるもののあまり顕著ではなく、1~4%程度の向上で、 M_1 の場合とほぼ差がない結果となっている。また表7に示すように、 M_3 における Conv. の情報に影響を受けた発言数も非常に少ない。しかしながら、表6に示されるように、 M_3 におけるアイデアの質は M_4 と並んで最も高い。またアンケート結果には、 M_3 の場合の提供情報と対話内容との関連について、対話終了後にアンケートを記述する際に初めて思い至ったというものがあつた。この情報は、議題 T_2 における「人口指標の国際比較」に関する情報であった。この情報は、「電化調理製品の考案」という対話内容とは一見無関係に見えるが、今後の家電製品の実際のユーザは誰なのかを考えるにあたって、各国の人口の年齢構成が非常に重要なファクタとなることを示唆していると言え、当該被験者はその点に気づいたのだろう。2.2節で述べたように、いずれの情報検索手法においても、全く無関連な情報が提供されることは基本的にない。しかし、連想検索を行った場合には、提供情報と対話内容の関連性が間接的になり、被験者には見えにくくなり、その発見に多少の時間を要する。このため M_3 に関しては、今回の実験のような短時間での同期的対話状況では、アイデア断片生成促進にあまり効果を発揮できなかったのだろう。

一方、空白連想検索を用いる M_5 の場合は、アイデア断片生成促進の効果は1.0未満となり、被験者の発散的思考をむしろ妨害していることが示されている。これは、表5にも示されている通り、空白連想検索が非常に関連性の見えにくい情報を提供するがゆえに、被験者の思考の流れを大きく妨げるためと思われる。表7における影響率、および表6におけるアイデアの質とも、 M_5 の場合に最低となっていることも、このことを裏付けていると言えるだろう。

〔2〕 情報提供タイミングの影響

今回の実験では、いずれの動作モードにおいても、固定的に被験者の発言が3つあるつど Conv. が情報を提供する手段をとったため、情報提供のタイミングの影響について詳細な検討を行うことはできない。そこ

で、アンケートの感想と著者による実験の観察をもとに、情報提供タイミングの影響について大まかな議論を行う。

表4に見られる通り、被験者グループ G_1 は、他のグループに比べて発言数が非常に多い。一方表7に見られる通り、 G_1 の参照率は最も低い。アンケートに対する回答でも、 G_1 の被験者はどの Conv. の動作モードについても、Conv. の存在を邪魔に感じる場合が多かった。特に、Conv. の提供情報は一般に長文であるため読む時間がかかる、発言一覧ウィンドウのスクロールが面倒、といった理由があげられていた。

これとは逆に、被験者グループ G_2 は、発言数は全グループ中で最も少ないが、参照率は最も高い。アンケート回答によれば、 G_2 の被験者も、特に Conv. の動作モード $M_3 \sim M_5$ では Conv. の提供情報と対話内容のずれに違和感を感じていたが、いずれの場合もあまり邪魔であるという感想はなかった。また、 M_1 (Conv. 不動作) では比較的高速にわたり発言が出ない現象が観察され、アンケートによれば被験者のうち2人がこの停滞を認識していた。そして、この2人の被験者は、Conv. の提供する情報は、たとえ対話内容と無関係そうに見えるものであっても、対話を新局面へ展開させる効果があると、アンケートで述べている。これは非常に興味深い指摘である。これは、先に示した「後から気づく関連性」と関係するものと思われる。同期的対話において、比較的高速に対話が進んでいる状況では、隠れた関連性について考察している余裕を持ちにくい。しかし、ゆっくりと進む対話状況、あるいは対話が停滞状況にあるような場合には考える余裕が生まれるため、このような隠れた関連性に思い至りやすくなり、その結果として新たな対話の展開が導かれるのではないだろうか。

G_5 は、 G_1 について発言数が多いが、参照率は G_2 と並んで最も高い。これは G_5 のある1人の被験者が、 M_2 の場合に Conv. の提供情報を7つも参照しているためであるが、この被験者がこの場合に G_5 の他の被験者と同程度の参照数であったとすれば、参照率は0.03強程度となる。

以上のように、グループの（あるいは被験者の）発言数が多い場合に参照率が低下し、逆にグループの発言数が少ない場合に参照率が高まる例が認められた。

また〔1〕項の議論では、Conv. による純粋なアイデア断片生成促進効果について比較したが、 M_2 、 M_3 の場合のアイデア断片生成促進効果はわずかであるため、Conv. の発言を読むための時間をも含めた総合的なアイデア生成効率率は、表8に示した通り M_2 、 M_3

では Conv. なしの場合を下回る。特に M_3 の場合の効率の低さは、いずれの実験においても作業時間を一定とし、かつ同期的な対話を行ったためであろう。したがって、 M_3 のようなやや見だしにくい関連性を含む情報の提供は、提供情報を読む時間の増加の影響が少なく、かつ提供情報と対話内容との関連について考えるゆとりがある対話条件、すなわちゆっくり進行する対話、対話の停滞が頻発する状況、あるいは非同期対話などで用いるべきである。これによって、Conv. によるアイデア断片生成促進効果のみを活用することが可能となるだろう。

なお M_5 の場合には、表 8, 表 9 のいずれにおいても 1.0 未満の値となっているので、 M_5 で提供される情報がアイデア断片生成促進に正の効果を持つ可能性を今回の実験結果からは確認できなかった。しかし、 M_5 の提供情報も非常に遠いながらもかなりの関連性を含んではいるため、特にゆとりがある状況、あるいはもうどうしても新しい考えが思い浮かばないような状況などでは有効となる可能性があると思われる。

以上から、対話が同期的でかつ活発な状況では、Conv. は情報提供頻度を控え目にし、かつ利用者が関連性を見だしにくい情報の提供は避けるべきであり、逆に対話が緩やかに進行する状況や停滞状況、あるいは非同期対話状況などの、他者の発言や Conv. の提供情報をゆっくり読むゆとりがある場合には、Conv. は積極的に比較的高い頻度で情報提供をするとともに、空白中心や連想検索などを用いた、隠れた関連性を含む情報を提供すると効果的であることが示唆された。

5. 関連研究

発散的思考の支援を目的とするツールの研究開発はすでに多数なされている [折原 93]。本章ではこのうち、本論文で示した Conv. のような、関連情報の提供により、ツール利用者の発散的思考を促進するシステムについて概観し、我々の研究と比較する。

IdeaFisher [Fisher 90] は、あらかじめ関連づけられた語句データベースをもとに、利用者の入力するアイデアから連想される語句を提示するシステムである。Keyword Associator [渡部 94] も同様のシステムだが、連想辞書が Internet 上のネットニュースの記事から自動生成される点が特徴である。これらのシステムでは、基本的に単一利用者による使用が想定されており、またシステムの起動が、利用者からの明示的な指示によってなされる。一方 Conv. では、対象利用者は基本的にグループであり、その動作は、起動タイミングに加え

て、Conv. が使用するキーワードの選択も自律的になされる。また、上記の 2 システムが語句を提供するのに対し、Conv. はひとまとまりの情報としての文章を提供する点も異なる。

アイデア生成における Metaphor の効用は、経験的に良く知られている [野中 96]。そこで、Metaphor Machine [Young 87] は、関係データベースの手法を用いて、入力される文に対して Metaphor を自動生成する。したがって、提供情報を検索する手法が Conv. と根本的に異なる。今後、このシステムの手法を応用して、Metaphor を適宜自律的に生成提供する機能を持つ Conv. を構築することも有効だろう。

グループによる発散的思考 (ブレインストーミング) を支援対象とし、利用者からの動作指示のみならず、自律的に動作可能なシステムとしては、Fujita ら [Fujita 97] による研究例がある。Fujita らのシステムは、特定の利用者があるブレインストーミングに出席不可能な場合を想定し、インタラクティブなやりとりが可能な出席代行システムを構築することにより、CSCW 研究の課題の 1 つである、グループ作業の時間的な束縛からの解放を狙っている。このように、システムの機能としては Fujita らのシステムは我々の Conv. と非常に類似しているが、我々のシステムが、異質性を持つ情報の提供による利用者の固定観念の打開に主眼を置いているのに対し、Fujita らのシステムでは同期的なミーティングにおける時間的束縛の解決に主眼を置いている点で異なる。また、Fujita らのシステムでは、特定利用者の代行を意図しているため、システムが使用する情報ベースを、あらかじめ欠席予定者が議題に応じて構築しておく必要がある点でも、Conv. と異なる。ただし、Conv. においても特定利用者の知識や視点を反映させることは可能であるし、さらにそのような複数の知識や視点を組み合わせることで、それらの単なる和にとどまらない、新たな知識や視点の創造の可能性のあることを、我々はすでに示している [西本 94, Nishimoto 96a]。

なお、本論文で示した 4 種の情報検索手法のそれぞれあるいはいずれかを、発散的思考への影響の観点から比較評価した研究例は著者らの知る限り存在しない。文献 [Nishimoto 96a, 西本 96b] では、直接検索、連想検索、およびランダム情報抽出の 3 種の情報検索手法について、それぞれ得られる情報の特性を関連性と意外性の点から主観評価して比較しているが、それらの発散的思考への影響に関する評価と比較は行っていない。概念の空間構造を用いた情報検索に関する類似研究例として、吉住らの研究 [吉住 97] がある。この研

究では、自動車の設計を応用対象とし、本研究と同様に自動車に関する概念を2次元空間構造として表現し、その空間の任意の1点（通常は空白領域内の1点）を指定すると、その点に対応するであろう自動車形状を決定するパラメタを逆計算する。したがって、空白を指定した情報獲得という意味では、本論文の空白中心を用いた情報検索と類似しているが、吉住らのシステムでは情報は検索されるのではなく生成されている点で異なる。また、得られた結果に基づく発想の触発効果という点での評価は行われていない。

6. おわりに

本論文では、創造的グループ対話支援環境 AIDE が備える、思考支援エージェントの1つである自律的情報提供エージェント Conversationalist について、まずその機能の概要を説明した。ついで、Conv. を用いた被験者実験を行った。実験では、Conv. の情報検索手法を4種類準備し、Conv. 不動作の場合も含めた5つの動作モードのそれぞれにおいてブレインストーミングを行い、得られる情報断片の数と質を比較した。この結果、非対面同期的環境におけるブレインストーミングでのアイデア断片の生成は、Conv. が空白直接手法で情報検索した場合に最も促進され、アイデアの質的にも最も良くなり、話題直接、話題連想の両手法で情報検索する場合にも、わずかに促進されるが、Conv. が空白連想手法で情報検索する場合には、逆に阻害されることがわかった。また対話が非常に活発な状況では、Conv. の情報提供頻度は低い方が望ましく、提供情報の内容も、比較的对話内容との関連性を把握しやすいものは良いが、逆に沈滞気味で対話が途切れる状況、ゆるやかに対話が進行する状況、あるいは非同期的に行われる対話状況などでは、Conv. の情報提供頻度はやや高めとし、提供情報の内容は、対話内容に対する隠れた関連性を持つものが良いことが示唆された。

今後は、今回得られた知見を元に、対話の進行状況に応じて、情報提供タイミングや、情報検索手法を適応化するように改良を加えたい。また、利用者の知識分野に応じた提供情報の分野の自動選択なども行いたいと考えている。

謝辞

本研究の機会を与えてくださった、(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所の酒井保良会長に感謝致します。また、話題空間の形成について有益なご示唆を

下さった、(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所 第2研究室の角康之氏に感謝致します。

◇ 参考文献 ◇

- [Finke 92] Finke, R. A., Ward, T. B., and Smith, S. M.: *Creative Cognition*, MIT Press (1992).
- [Fisher 90] Fisher Idea Systems, Inc.: *IdeaFisher—An Introduction* (1990).
- [Fujita 97] Fujita, K., and Kunifuji, S.: A Realization of a Reflection of Personal Information on Distributed Brainstorming Environment, In *Worldwide Computing and its Applications '97*, Masuda, T., Masunaga, Y., and Tsukamoto, M. Eds., Vol.1274, Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, pp.166-181 (1997).
- [平田 94] 平田富夫, 加藤敏洋: ユークリッド距離変換アルゴリズム, 情処研報 AL-41-4, pp.25-31 (1994).
- [堀 94] 堀 浩一: 発想支援システムの効果を議論するための一仮説, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.10, pp.1998-2008 (1994).
- [Johnson 93] Johnson-Laird, P. N.: *Human and Machine Thinking*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey (1993).
- [國藤 93] 國藤 進: 発想支援システムの研究開発動向とその課題, 人工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.552-559 (1993).
- [Mase 98] Mase, K., Sumi, Y., and Nishimoto, K.: Informal Conversation Environment for Collaborative Concept Formation, in *Community Computing: Collaboration over Global Information Networks*, Toru Ishida Ed., John Wiley & Sons (1998).
- [松下 94] 松下 温, 岡田謙一, 勝山恒男, 西村 孝, 山上俊彦編: 知的触発に向かう情報社会—グループウェア維新—, bit 別冊, 共立出版株式会社 (1994).
- [西本 94] 西本一志, 安部伸治, 宮里 勉, 岸野文郎: 連想記憶を用いた発散的思考支援システムにおける提供情報の分野制御の試み, 計測自動制御学会第15回システム工学部会研究会資料「発想支援技術」, pp.17-24 (1994).
- [Nishimoto 96a] Nishimoto, K., Sumi, Y., and Mase, K.: Toward an outsider agent for supporting a brainstorming session—an information retrieval method from a different viewpoint, *Knowledge-Based Systems*, Vol.9, No.6, pp.377-384 (1996).
- [西本 96b] 西本一志, 安部伸治, 宮里 勉, 岸野文郎: 発散的思考支援を目的とする関連性と異質性とを併せ持つ情報の抽出手法の検討, 人工知能学会誌, Vol.11, No.6, pp.896-904 (1996).
- [西本 96c] 西本一志, 角康之, 間瀬健二: Augmented Informative Discussion Environment “AIDE”, 第2回知能情報メディアシンポジウム予稿論文集, 電子情報通信学会, pp.259-266 (1996).
- [Nishimoto 98a] Nishimoto, K., Sumi, Y., and Mase, K.: Enhancement of Creative Aspects of A Daily Conversation with A Topic Development Agent, In *Coordination Technology for Collaborative Applications—Organizations, Processes, and Agents*, Conen, W., and Neumann, G. Eds., Vol.1364, Lecture Notes in Computer Science, pp.63-76, Springer-Verlag (1998).
- [西本 98b] 西本一志, 角康之, 門林理恵子, 間瀬健二, 中津良平: マルチエージェントによるグループ思考支援, 電子情報通信学会論文誌 D-1, Vol.J81-D-1, No.5, pp.478-487 (1998).
- [西里 82] 西里静彦: 質量データの数量化—双対尺度法とその応用—, 朝倉書店 (1982).
- [野中 96] 野中郁次郎, 竹内弘高 (著), 梅本勝博 (訳): 知識創造企業, 東洋経済新報社 (1996).
- [折原 93] 折原良平: 発散的思考支援ツールの研究開発動向, 人

工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.560-567 (1993).

[角 96] 角 康之, 小川竜太, 堀 浩一, 大須賀節雄, 間瀬健二: 思考空間の可視化によるコミュニケーション支援手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J79-A, No.2, pp.251-260 (1996).

[角 97] 角 康之, 西本一志, 間瀬健二: 協同発想と情報共有を促進する対話支援環境における情報の個人化, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-I, No.7, pp.542-550 (1997).

[渡部 94] 渡部 勇: 発散的思考支援システム「Keyword Associator」第二版, 計測自動制御学会第15回システム工学部会研究会資料「発想支援技術」, pp.9-16 (1994).

[Young 87] Young, L. F.: The Metaphor Machine: A Database Method for Creativity Support, *Decision Support Systems*, Vol.3, No.4, pp.309-317 (1987).

[吉住 97] 吉住英典, 堀 浩一, 大須賀節雄: 概念形成から形状設計までを支援する発想支援システムの一提案, 電子情報通信学会論文誌D-II, Vol.J80-D-II, No.7, pp.1887-1895 (1997).

(担当委員: 國藤 進)

著者紹介



西本 一志(正会員)

1987年, 京都大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年松下電器産業株式会社入社。1992年より(株)エイ・ティ・アール通信システム研究所に転出。現在(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所客員研究員。エージェントによる人の創造的活動の支援の研究に従事。情報処理学会, 言語処理学会各会員。博士(工学)。

<knishi@mic.atr.co.jp>



間瀬 健二

1979年名古屋大学工学部電気学科卒業。1981年同大学院修士(情報)課程修了。同年日本電信電話公社(現在NTT)入社。以来NTT電気通信研究所にて画像情報システム, コンピュータグラフィックス, 画像処理とそのヒューマンインタフェースへの応用の研究に従事。1988~89年米国MITメディア研究所客員研究員。1995年2月より(株)国際電気通信基礎技術研究所(ATR)。

現在(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所第二研究室室長。コミュニケーション支援のためのインタフェースエージェントの研究を推進している。IEEE, 電子情報通信学会, 情報処理学会各会員。工学博士。

<mase@mic.atr.co.jp>



中津 良平(正会員)

1971年京都大学大学院電子工学修士課程修了。同年日本電信電話公社入社。1985年NTT複合通信研究所主幹研究員。1987年同ヒューマンインタフェース研究所グループリーダー。1990年同基礎研究所研究企画部長。1991年同情報科学研究部長。1994年エイ・ティ・アール経営企画部担当部長。1995年より(株)エイ・ティ・アール知能映像通信研究所代表取締役。工学博士。

<nakatsu@mic.atr.co.jp>