

自律的情報検索エージェントの ブレインストーミングに対する影響の検討

西本 一志† 間瀬 健二†

本稿ではまず、発散的思考の触発を目的として開発した、自律的情報検索エージェント“Conversationalist”の構成について述べる。このエージェントは人間による対話の話題構造を解析し、その結果に基づき対話内容と様々な関連性を持つ情報を自律的に抽出する。ついで、本エージェントをブレインストーミングに適用した被験者実験について示す。実験の結果、本エージェントは人の発散的思考を触発する効果を持つことが確認された。加えて、どのような情報をどのようなタイミングで提供することが効果的であるかについても考察する。

How An Autonomous Information Retrieval Agent Influences A Brainstorming Session

Kazushi Nishimoto† and Kenji Mase†

In this paper, we describe an autonomous information retrieval agent called “Conversationalist,” which is responsible for stimulating human divergent thinking. This agent analyzes the structure of the topic in a conversation, and autonomously extracts various pieces of information relevant to the current conversation. We also show subjective experiments of the agent applied to brainstorming sessions. From the results of the experiments, we confirmed that the agent is effective in stimulating human divergent thinking. Furthermore, based on the results, we discuss what kind of information retrieval method is effective and when extracted pieces of information should be provided.

1 はじめに

近年、各分野において知的生産性の向上が急務となっている [8]。その要請に対する答の1つとして知的触発を目指すグループウェアの開発が精力的に進められており [4]、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支援する環境“AIDE”(Augmented Informative Discussion Environment)の研究開発を進めている [6]。本論文では、AIDEが備える思考支援エージェントの1つであり、グループによる発散的思考の支援を目的とする自律的情報提供エージェント“Conversationalist”(以下Conv.と略記)について述べる。

発散的思考過程とは、与えられた思考のテーマに関連する情報を、幅広い視点から虚心坦懐に多数集めることを目的とする過程であり、集める情報の質より量が重要となる [3]。しかしながら、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うと、どうしても共通する固定観念によって視野の幅が狭くなり、斬新なアイデアを得ることが難しくなるという問題がある。このため、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、その他の作業者に別の視点の存在を気づかせる効果によると思われる。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、グループによるアイデア創造のための対話にConv.を参加させ、データベースから関連情報を提供させることにより、同様の「気づき」を思考作業者に与えられるのではないかと、という期待である。

そこで本稿では、上記の目的のもとに実装したConv.の構成を説明し、さらにConv.を実際のブレインストーミングに適用した被験者実験とその結果について示す。以下、2章では、Conv.の構成および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するとともに

†(株)ATR 知能映像通信研究所
ATR Media Integration & Communications Research
Laboratories
E-mail:{knishi, mase}@mic.atr.co.jp

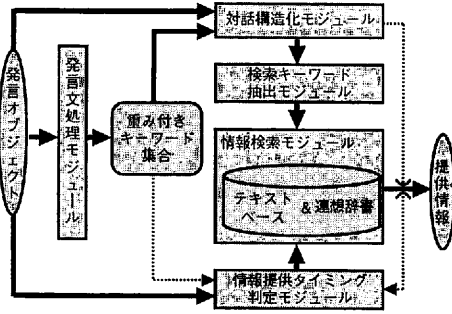


図 1: 情報提供エージェント Conv. のモジュール構成

に、Conv. の対話への介入タイミングについても考察する。5章では、関連研究について簡単に述べる。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、発散的思考を触発できるような、やや異質性を含んだ情報の提供である。本研究では、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、連想辞書を用いた連想検索とを組み合わせることにより、対話の話題内容に対して関連を持つと同時に異質性も取り込むような情報検索手法を実装した。本章では、こ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

図1に、Conv. のモジュール構成を示す。AIDE 利用者は、各自のデスクトップマシンで発言をキーボードから文字入力する。入力されたテキスト情報としての個々の発言（以下「発言オブジェクト」と呼ぶ）は、サーバを経由して全利用者として Conv. に配信される。発言文処理モジュールは、受け取った各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、統計処理によって各発言オブジェクトを2次元空間上に順次配置して話題空間を構成する。検索キーワード抽出モジュールは、話題空間上の主要話題領域および話題の空白領域を検出し、情報検索に使用するキーワードを重み付きで選出する。情報検索モジュールは、情報検索キーワードを用い、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。得られた情報は、Conv. の発言として対話中に投入

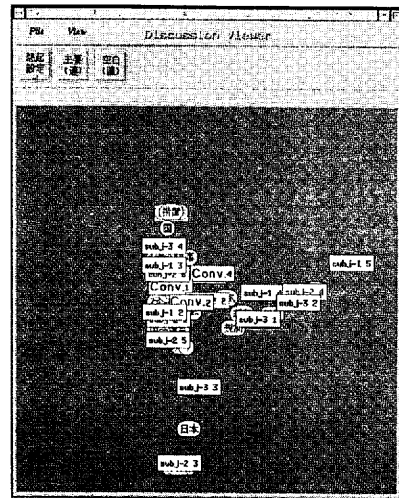


図 2: 話題空間の例

される。投入のタイミングは、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。

2.1.1 発言文処理モジュール

入力された各発言文は、まず単語に分割され、形態素解析によって各単語の品詞が決定される。次に、名詞および品詞を決定できなかった語のみを取り出し、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、各キーワードの出現頻度と出現間隔に基づき、対話全体で頻繁に出現する語は軽く、特定の1発言で複数回出現する語、およびある程度以上長い期間出現しなかった後に出現した語は重くする。このような重みづけとしたのは、対話の局所的な話題構造を明確化するためである [5]。

2.1.2 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 [9]。すなわち、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その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 [7] を適用する。これによって、各キーワードの共起関係ならびに各発言オブジェクトにおけるキーワードの共有関係が、空間上の位置関係として表現される。一般に、相互に関連性が高い発言オブジェクトは近くに配置される。この空間を話題空間と呼ぶ。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)による発言と Conv. の提供情報 (図中の長方形のアイコン), ならびに各キーワード (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, その利用者による何番目の発言であるかを示す.

2.1.3 検索キーワード抽出モジュール

本モジュールは, まず話題空間を 16×16 のセルに分割する. 各セルの重みは, 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平均個数である. 重みが周辺のセルより重い, 極大値をとるセルを話題中心と呼ぶ. 一方, ユークリッド距離変換手法 [2] を用いて, 重みがゼロの各セルについて, 重みがゼロでないセル群との境界, および 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し, 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った例を示す. 図中, “T” が話題中心, “E” が空白中心である. また, 白いセルは重みがゼロのセルで, 灰色のセルは重みが非ゼロのセルであり, 色の濃いセルほど重みが重い. 以上の解析結果に基づき, 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 (本稿の実験システムでは最大 50) のキーワードを集めて検索キーワード群を構成する. 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.

2.1.4 情報検索モジュール

本モジュールは, 検索キーワード群を元に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から, 以下の 2 種類の検索手法によって情報検索を行う. 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

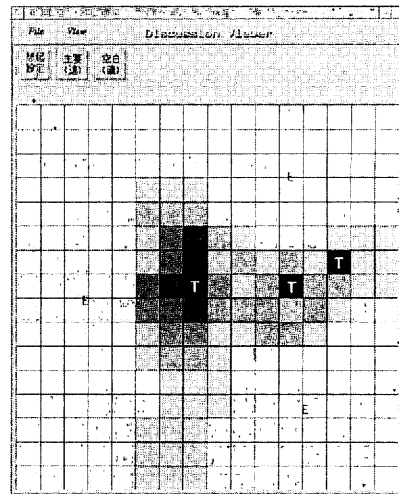


図 3: 話題空間の分析例

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.

2.1.5 情報提供タイミング判定モジュール

本モジュールは, 入力される発言オブジェクトの数をもとに, 情報提供のタイミングを指示する.

2.2 4 種の情報検索手法

検索キーワード抽出手法と情報検索の手法の組合わせにより, 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 4 種類の手法は, それぞれに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との関連性という性質に着目した場合, 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. これは, 話題中心を用いたキーワード選出では単一の局所話題に関連す

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 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 ₄	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
T ₅	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	情報提供タイミング
M ₁	Conv. 不動作	
M ₂	話題直接検索	被験者からの発言が 3つある都度
M ₃	話題連想検索	
M ₄	空白直接検索	
M ₅	空白連想検索	

る検索キーワードが得られるのに対し、空白中心を用いた場合は複数の局所話題に関連する検索キーワードが得られること、また、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のに対し、連想検索では連想的に得られる話題空間上に存在しないキーワードも検索に使用されることによる。ただし、いずれの手法においても全く無関係な情報が得られる可能性は無い。

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 名の被験者から成るグループ 5 組 (G₁ ~ G₅)、のべ 15 名によって行われた。15 名の被験者は、すべて同じ大学に所属する学生であり、パソコンを使用して日本語文書の作成が滞りなく行え、電子メールの使用経験があることを条件に募集した。

被験者は、ノート PC (Windows95) 上で発言を作成し、Netscape のメーラーを使用して発言内容を AIDE サーバに送信する。被験者は、各自与えられた 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で、全発言を一覧できる。被験者の配置は、遠隔分散環境とした。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、被験者に話題空間は一切提示しない。

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。

対話の議題は、表 1 に示す 5 つである。対話は、ブレインストーミングに準じて行うように指示した。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 アイディアとし、1 つの発言に複数のアイディアを盛り込まぬよう指示した。

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、被験者にとって、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を用いて情報の自動検索を行う。情報提供は、被験者からの発言入力があるたびに 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。被験者に対しては、各対話におけるシステム動作モードおよび情報提供タイミングに関して、一切教示しない。なお、話題中心を用いた検索キーワード選出を行う際、話題中心が複数存在する場合には、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、空白中心を用いる場合は、常に各時点における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。

実験結果を表 4 ~ 表 6 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。表 5 ~ 表 6 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. の各動作モードについて示す。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。t 検定の結果、各動作モードにおける平均の差は、いずれのモード間でも

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	48	—	65	43	194	48.5
G ₂	14	10	8	15	—	61	12.2
G ₃	25	25	18	28	21	117	23.4
G ₄	19	18	25	23	16	101	20.2
G ₅	32	31	27	37	28	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

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

5%水準で有意であった。表6には、Conv.の情報に影響され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、個々の発言内容を考案する際、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6に示したのは、そのうち Conv. の情報を考慮したと答えた数である。表中、Conv. の影響率で示しているのは、各動作モードにおける、総発言数に対する Conv. の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

発散的思考過程は質より量の過程であるため、より多数のアイデア断片を引き出せるようにす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、Conv. の動作モードの違いの影響以外にも、グループの能力差や議題ごとのアイデア生成の容易さの差が存在するため、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わけにいかない。そこで以下の方法により、Conv. の動作モードの影響のみを取出して比較する。

アイデア生成に影響する要因は、Conv. によ

表 6: 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
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	

る促進効果 (システム要因)、グループ固有の生成能力 (被験者要因)、議題ごとの容易さ (議題要因)、の3つのみであると、これらの3つの要因の影響は、相互に独立で、比例的に影響するものと仮定する。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。

式1を用いて実験結果から被験者要因と議題要因の影響を除去する。議題の種類とグループ数が共に a で、各々 $T_1 \sim T_a, G_1 \sim G_a$ 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、 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、異なる対応づけをするものとする¹。この時、実験 $[M_\alpha, G_{f_1(i)}, T_i]$ において生成されるアイデア断片数 $n_{\alpha, f_1(i), i}$ と、実験 $[M_\beta, G_{f_2(j)}, T_j]$ において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。

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

¹ $(T_i, G_{f_1(i)})$ と $(T_j, G_{f_2(j)})$ は数学的には同じ組み合わせを取ってもよいが、実験では同じグループが同じ議題について複数回議論することは避けなければならない。

表 7: 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

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

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

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,

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

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

であるから、両式を辺々割ることにより,

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

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 α 乗根であり、表 4 の結果から容易に得ることができる。このようにして、システム要因の影響のみを取出して比較できる。

本稿では、動作モード M_1 を基準として他モードでの 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 7 に示す。なお、 $r_{3,1}$ は、 $[M_3, G_{2 \sim 5}, T_{2 \sim 5}]$ と $[M_1, G_{2 \sim 5}, T_{2 \sim 5}]$ の結果を用いて求め、また $r_{5,1}$ は、実験結果から得られる推定値 $n_{5,1,3} = 49.8$ を用いて間接的に求めた。

以上で Conv. の動作モードの影響だけを取り出せたが、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。なぜならば、対話を行うための時間は一定なので、情報を読む時間が増加すれば、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する場合に、作業効率がどの程度低下するかを見積もる。その見積もり値と表 7 の結果を比較して、最終的に Conv. の発言が、被験者が情報を読む以外の思考作業にどう影響したかを評価する。

表 8: 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

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 つ読むための時間を平均 t_{rs} , 同じく Conv. が提供する情報 1 つを読むための時間を 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。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 対話中で提出できるアイデア数 N_{nc} は、

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

であり、Conv. 動作時 ($M_2 \sim M_5$) 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する場合は、 $t_{nt} = t_{wt}$ である。この場合の比 $r = r_{asm}$ を求める。本実験での対話について測定したところ、 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 30 秒程度である。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、 M_1 の場合の被験者 1 人あたりの 1 対話における発言数の平均は約 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 7 に示す結果において、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・促進された結果と見なせよう。逆に $r_{i,1}$ が r_{asm} より

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} よりも延長された結果と見なせよう。 r_{asm} と、表7に示した $r_{i,1}$ との比 $R_{i,1} = r_{i,1}/r_{asm}$ を、表8に示す。

4.2 議論

4.2.1 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。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の差と見ることが出来る。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に関する予想が裏付けられた。

表8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、 $M_2 \sim M_4$ 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生成促進の効果が著しく、30%余りも能力が向上している。この結果は、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。

興味深いのは M_2 の場合である。この場合、Conv.が提供する情報と対話の内容の関連が最も高く、表6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。またアンケート結果から、 $M_3 \sim M_5$ の動作モードでのConv.と比べ、 M_2 のConv.は最も対話内容に沿った情報を提供しており、その存在に違和感や邪魔さを感じないという感想が得られている。にもかかわらず、 M_2 でのアイデア生成促進は顕著でなく、3~6%程度の向上しか見られない。この結果は、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言えるだろう。

話題連想検索を用いる M_3 の場合も、アイデア生成促進の効果はわずかに1~4%程度の向上にとどまる。また、表6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。ただし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、対話終了後のア

ンケート段階で初めて思い至ったというものがあつた。つまり連想検索の場合、提供情報と対話内容の関連性が間接的になり、その発見に多少の時間を要するため、今回のような実験条件では、 M_3 に関してはアイデア生成促進の効果にあまり良い結果が出なかったのだろう。

一方空白連想検索を用いる M_5 の場合、アイデア生成促進の効果は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ため、被験者の思考の流れを大きく妨げるためと思われる。

4.2.2 情報提供タイミングの影響

表4に見られる通り、グループ G_1 は、他グループに比べて発言数が非常に多い。一方、表6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。これとは逆に、 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 $M_3 \sim M_5$ 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。 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。以上から、大まかな傾向として、グループの(あるいは被験者の)発言数と、Conv.の提供情報に対する参照率は、ほぼ反比例関係にあることが示唆される。

G_2 による M_1 (Conv.不動作)での実験では、比較的長時間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なものであっても、対話を新局面へ展開させる効果があると述べている。これは非常に興味深い指摘であり、Conv.が提供する情報内容について考察するゆとりがある状況では、関連性が見えにくい情報からでも新たな話題の展開方向を人は見いだすことがあることを示唆している。また、 M_2, M_3 の場合のアイデア生成促進効果はわずかなので、Conv.の発言を読むための時間を含めた総合的なアイデア生成効率率は、表7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

率の低下は、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ことによると思われる。したがって、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。

これらのことから、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. の提供情報を読むゆとりがあるような場合には、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る。

5 関連研究

本研究と類似した研究として、Fujita らによる研究例がある [1]。このシステムは、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. と類似しているが、我々のシステムが、外部知識の利用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 らのシステムは同期的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っている。また、Fujita らのシステムでは、特定利用者の代行業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. と異なっている。

6 おわりに

本稿では、発散的思考を支援する自律的情報提供エージェント Conversationalist について、まず機能の概要を説明した。ついで、4 種類の情報検索手法を用いて実装した Conv. を、ブレインストーミングに適用する被験者実験を行った。この結果、アイデア生成は、Conv. が空白直接手法で情報検索した場合に最も促進され、話題直接および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、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。さらに、対話状況を考慮した Conv. の動作については、非常に活発な対話状況では Conv. の情報提供頻度は低くし、比較的対話内容との関連性を把握しやすい情報を提供することが望ましく、逆にゆるやかに対話が進行する状況では、Conv. の情報提供頻度はやや高めとし、対話内容に対する隠れた関連性を持つ情報を提供することが望ましいことが示唆された。

今回の実験では、Conv. の割り込みタイミングが一定間隔で、また情報検索手法も 1 対話中では固定という非常に単純な動作のみとしたが、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。

謝辞

本研究の機会を与えて下さった (株) ATR 知能映像通信研究所の酒井保良会長に感謝致します。

参考文献

- [1] Fujita, K., and Kunifujii, S.: A Realization of a Reflection of Personal Information on Distributed Brainstorming Environment, in Masuda, T., Masunaga, Y., and Tsukamoto, M. ed. "Worldwide Computing and its Applications '97," Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science, Vol.1274, pp. 166-181 (1997).
- [2] 平田富夫, 加藤敏洋: ユークリッド距離変換アルゴリズム, 情報研報 AL-41-4, pp. 25-31 (1994).
- [3] 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).
- [4] 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).
- [5] 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," Vol. 1364, Lecture Notes on Computer Science, pp. 63-76, Springer-Verlag (1998).
- [6] 西本一志, 角康之, 門林理恵子, 間瀬健二, 中津良平: マルチエージェントによるグループ思考支援, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol. J81-D-I, No.5, (1998) 掲載予定.
- [7] 西里勝彦: 質量データの数量化 - 双対尺度法とその応用 -, 朝倉出版 (1982).
- [8] 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).
- [9] 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).