

マルチエージェントによるグループ思考支援

西本 一志[†] 角 康之[†] 門林理恵子[†] 間瀬 健二[†]
 中津 良平[†]

Group Thinking Support with Multiple Agents

Kazushi NISHIMOTO[†], Yasuyuki SUMI[†], Rieko KADOBAYASHI[†], Kenji MASE[†],
 and Ryohei NAKATSU[†]

あらまし 近年、新商品開発などのグループによる創造的活動が注目されており、知的触発を支援できるグループウェアのニーズが高まってきている。そこで本論文では、そのようなシステムの実現を目指し、まず思考の主体の遷移に着目したグループ思考モデルと作業の基本タスク分割方法を提案する。ついで、我々が研究開発を進めている、グループ思考支援環境 AIDE について説明する。我々は、AIDE をマルチエージェントアーキテクチャに基づいて構築したので、特にマルチエージェントアーキテクチャによるシステムの実装事例としての立場から報告する。AIDE の開発・試用経験から、グループ思考支援システム構築にマルチエージェントアーキテクチャは親和性がよいこと、また、マルチエージェントアーキテクチャを採用したことにより、ユーザの使い勝手、目標とする支援機能の達成、システムの拡張性などに良好な効果が見られることがわかった。

キーワード グループ思考、創造的活動、コンピュータ支援、マルチエージェント、グループウェア

1. まえがき

近年、社会や企業における組織活動の複雑化、工業製品の設計・製造過程の高度化が進んだ結果、複数のメンバからなるグループによる共同作業の重要性が急速に増大している。このような背景のもとに、グループウェアと呼ばれる、コンピュータによるグループのための共同作業支援環境の研究が数多く進められつつある。

グループによる共同作業には、例えば事務処理などの定型化されたルーチンワークや、大規模ソフトウェア開発の工程管理などさまざまなものがあるが、近年は、新商品開発プロジェクトのような、グループによる創造的活動が注目されており、知的触発を支援できるグループウェアのニーズが高まってきている [22]。

このような創造的活動では、一般に決められた作業手順が存在せず、グループのメンバは、多様な思考・作業モードをさまざまに遷移しつつ、全体としての創造的活動を進めていく。このような活動を支援するシステムは、グループウェアの一種である「会話コーディ

ネーションシステム」と呼ばれる範ちゅうに属するものとなる。しかし、この範ちゅうのシステムが取り扱う対話に対するモデル化と、それに基づくグループウェアシステムの設計についての議論は、まだ十分にはなされていない [8]。モデルの一例として、Winograd らが提案した会話の可能性の状態遷移モデルがある [5] が、これはある一つの要求に対する作業の完了までをモデル化したものであるため、我々が取り扱おうとしているグループ思考全体のモデルとするには無理がある。

そこで本論文では、まずグループによる創造的思考（以下これを「グループ思考」と呼ぶ）過程をモデル化し、このモデルに基づきグループ思考全体をいくつかの基本的なタスクに分割し、各タスクの内容を考察する。ついで、上記モデルに基づき、筆者らが現在研究開発を進めている、グループ思考支援環境 AIDE (Augmented Informative Discussion Environment) について説明する。我々は、AIDE をマルチエージェントアーキテクチャに基づいて構築したので、特にマルチエージェントアーキテクチャによるシステムの実装事例としての立場から報告する。

以下、2. では、グループ思考作業全体をモデル化し、そのモデルに基づき、グループ思考作業をいくつかの

[†] (株) エイ・ティ・アール 知能映像通信研究所、京都府 ATR Media Integration & Communications Research Laboratories, Kyoto-fu. 619-0288 Japan

基本タスクに分割する。3. では、グループ思考支援環境 AIDE の全体構成、個々のタスクの支援を行うエージェントの機能とその相互作用について説明する。4. では、AIDE の開発および試用経験に基づき、グループ思考支援システムをマルチエージェントアーキテクチャに基づき構築することによる、利点と特長について述べる。5. はむすびである。

2. グループ思考モデルと基本タスク

2.1 思考主体の遷移に基づくグループ思考モデル

グループ思考の基礎は、その構成員である作業者個々の思考である。しかし、単なる個人の思考の寄せ集めでは「グループ思考」を実現できない。作業者同士が相互作用し、しかも有機的に協調して思考作業を行うことによって、初めてグループ全体としての思考を実現できる。そこで我々は、個人としての思考とグループとしての思考の間で、思考主体が相互に遷移する過程が存在することに着目し、グループ思考を(1)個人思考モード、(2)意思疎通モード、(3)協同^(註1)思考モードの三つのモードから構成される思考過程としてモデル化する。図1に、上記三つのモードの関係の概念図を示す。

個人思考モードとは、グループ中の他の作業者との相互作用を行わない、個人に閉じた思考モードである。個人思考モードの目標は、個人としての意見や主張の確立、自分なりのアイデア創造である。

意思疎通モードとは、協同思考の事前準備としての相互理解のための作業を、グループ中の他の作業者と相互作用しながら行うモードである。意思疎通モードの目標は、個々の作業者のある事物に対するとらえ方・考え方、ならびに個人思考モードで形成した意見・主

張・アイデアを相互に正確に伝達し理解することである。意思疎通モードでの作業によって、バラバラだった個々の作業者の思考が次第に融合され、全体としての意思統一が図られる。この結果グループは、個人が有機的に結合され、全体として一個の人格をもつかのように振る舞う、一つの人格に変化すると見ることができる。この人格を、以下ではグループ人格と呼ぶ。つまり意思疎通モードは、個人思考モードから協同思考モードへの、思考主体の遷移の橋渡しを行うモードである。

こうして形成されたグループ人格によって、個人思考モードと同様の思考作業を行うのが協同思考モードである。従って協同思考モードの目標は、グループ全体としての意見や主張の確立、アイデア創造である。

個人思考モードから協同思考モードへは、意思疎通モードを一切介さずに遷移することはできない。しかし、いったん意思疎通モードである程度の意思統一が図られれば、その後は各モード間の遷移はスムーズに行うことができ、実際にそれぞれのモードの間を複雑に行き来しながら、漸進的にグループ思考作業が進行するのが一般的と思われる。なお、意思疎通モードおよび協同思考モードでの作業は、必ずしも作業者全員によるグループで行われる必要はなく、3人以上のグループでは、その一部のメンバで構成されるサブグループによって行われる場合もあり得る。

2.2 各モードにおける基本的タスク

2.2.1 個人思考モードと協同思考モード

2.1 で示したように、本モデルでは個々の作業者が創造したアイデアを基礎とし、それらのアイデアを作業者が相互に理解し合うことによって融合し、更にグループ全体として改良発展させることで最終的なアイデアを生み出す。従って、個人思考モードにおける思考はいわゆる創造的問題解決のプロセスと考えることができ、更に、個人思考モードと協同思考モードの作業内容の相似性により、協同思考モードの思考も創造的問題解決のプロセスであるとみなせる。

創造的問題解決過程のモデルとして、我々は國藤の提案するモデル[12]を採用し、個人思考モードと協同思考モードは、以下の4タスクで構成されるものとする。

[発散的思考タスク] 問題に対する関連情報を幅広い

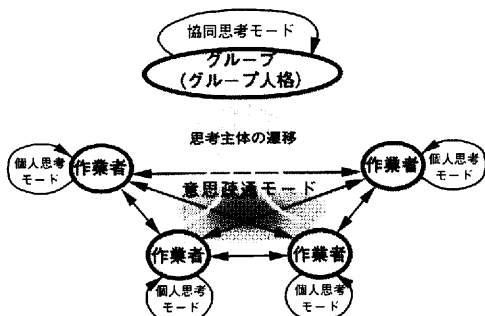


図1 思考主体の遷移に基づくグループ思考モデル

Fig.1 A group thinking model based on the transition of the subject of thinking.

(注1)：本論文では、基本的に「共同」は cooperation に、「協同」は collaboration に対応する意味で使用している。

視野から抽出する。

[収束的思考タスク] 集積した全情報を構造化し、本質的情報のみを抽出することによって、問題の本質にあたる仮説を形成する。

[アイデア結晶化タスク] いくつか得られた仮説を評価し、その中から最も有効と思われる仮説を採択する。

[評価・検証タスク] 採択された仮説を現実世界に適應し実証する。またそのための実行計画などを策定する。

なお、発散的思考と収束的思考とは実際には明確に分割できず、しかも頻繁に両者の間を行き来することが指摘されている [9]。つまり、作業は発散的思考タスクから評価・検証タスクへと一方向的に流れるわけではない。

2.2.2 意思疎通モード

このモードでは、作業相互の事物のとらえ方・考え方、意見やアイデアの一致点と相違点を明確に洗い出すことが重要である。更に、他者の視点で自分の考えを見るとどう見えるかなどの思考上のシミュレーションを重ねることにより、作業相互の相互理解を促進することが求められる。

そこで本論文では、作業者の意思が「視点」と「知識」の二つの情報によって表現されるとみなし、本モードにおける思考作業を以下の三つのタスクに分割する。

[視点と視点の重畳タスク] 複数の視点を重ね合わせ、新たな視点を生み出す。

[視点と知識の重畳タスク] ある視点によってある知識を再構造化する。

[知識と知識の重畳タスク] 複数の知識を重ね合わせ、その差を顕在化させると共に、新たな知識構造を作り出す。

ここで視点とは、情報断片を構造化する枠組みのこと、あるいは逆に構造化された情報の構造（情報断片の相互の関連）のこととする。また知識とは、体系づけられた構造をもつ情報断片の集合、すなわち、ある視点によって構造化された情報のこととする。

ハイパテキストにおけるリンクで表現される情報構造は、視点の典型例である。この構造は、ある文脈や状況における、そのハイパテキストを構築した人のもつ、対象とする情報断片群に対するとらえ方を表している。こうして構成されたハイパテキストは、知識の典型例である。本研究では、3.3 で示すように、個々

のテキスト断片におけるキーワードの共有・共起関係をもとに、統計処理の手法によって情報の構造化を行う。この結果、グループ人格の視点と知識が仮構築される。

3. グループ思考支援環境：AIDE

本章では、2. で述べたモデルに基づき、現在我々が研究開発を進めている、グループ思考支援環境 AIDE について説明する。我々は、AIDE の構築にあたり、マルチエージェントアーキテクチャを採用した。すなわち AIDE では、2.2 で述べた各タスクを個々に支援するエージェントを準備し、これらのエージェント群が、作業者である人間も含めて協調的に動作することにより、全体としてグループ思考作業を進めていく。以下では、まず AIDE の概要を紹介し、ついで各タスクを支援する個々のエージェントの機能と、他エージェントとの相互作用について説明する。各エージェントの実装の詳細については、それぞれに示す参考文献を参照されたい。

3.1 AIDE の概要

AIDE のシステム内部は、全体として五つのブロックで構成されている。各ブロックとエージェントの関係を図 2 に示す。図中、例えば「情報検索 A」とは「情報検索エージェント」のことである。また、矢印は各種データの流れを示す。

AIDE は、キーボードからタイプ入力される対話を処理の基礎とする、非対面・半同期型のデスクトップ対話環境である。AIDE は、外見的にはサーバ・クライアント型のシステムであり、各作業者は自席のワークステーション上でクライアントを起動し、サーバと接続して対話を行う。図 3 に、クライアントでの AIDE のユーザインタフェース画面を示す。

3.2 基礎通信ブロック

基礎通信ブロックは、AIDE のすべての処理の基礎となる、作業相互の対話機能を提供する。この対話機能を使用して行われる作業相互の対話から、個々の発言を発話テキストとして、その発言のなされた発話時刻情報と共に取り出す。

図 3 の上半分が発言一覧ウィンドウ、下半分が発言入力ウィンドウである。作業者は、発言入力ウィンドウからタイプ入力により発言を入力し、右下にある発言ボタンを押して発言をサーバに送信する。サーバでは、受信した発言に対し、後述する各種のエージェントによる処理を施した後、接続されている全クライア

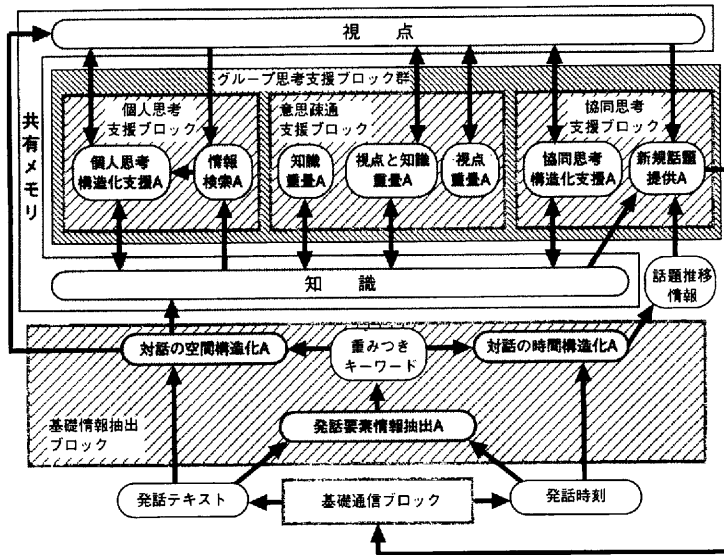


図2 AIDEを構成する五つの機能ブロックと、各ブロックに属するエージェント
Fig. 2 Five function blocks of AIDE and agents belonging to the blocks.

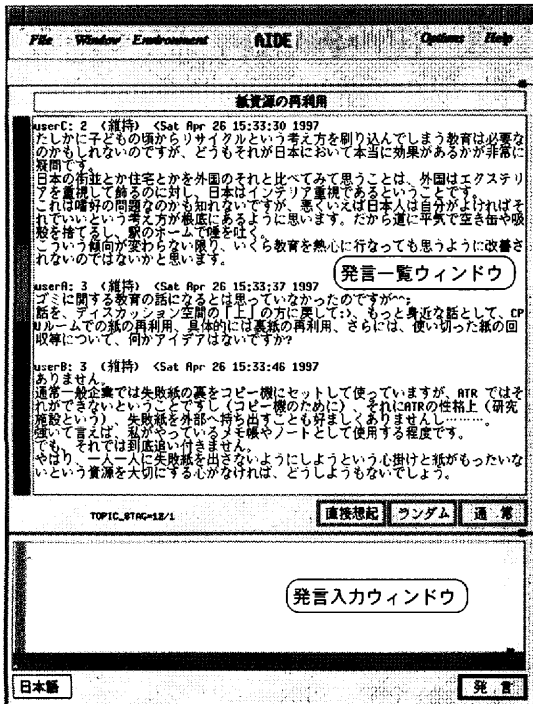


図3 AIDEのユーザインタフェース画面
Fig. 3 User interface of AIDE.

ントに発言を配信する。クライアントは、新たな発言を受け取ると、その発言を発言一覧ウィンドウに表示

する。

3.3 基礎情報抽出ブロック

基礎情報抽出ブロックは、基礎通信ブロックで得た対話情報に基づき、作業員および残る3ブロックの各エージェントに対し、各種思考および思考支援作業の素材となる情報を抽出、提供する機能をもつ。本ブロックは、次の三つのエージェントで構成される。

[発話要素情報抽出エージェント]

本エージェントは、形態素解析モジュールを有し、発話テキストからキーワードを抽出し、更に発話時刻と、各キーワードの対話中での出現頻度および出現間隔を考慮して、キーワードの重み付けを行う[21]。

[対話の空間構造化エージェント]

本エージェントは、発話要素情報抽出エージェントが抽出した重み付きキーワードを用い、双対尺度法[16]と呼ばれる統計手法によって、ある対話における各発話の内容の相互関係を、空間的な距離の遠近関係として表現する[14]。すなわち、ある二つの発話が多くキーワードを共有する場合、その発話同士は空間的に近い位置に配置される。また、ある二つの発話に共有されるキーワードは、それら二つの発話の中間に配置される。こうして構成された空間を対話空間と呼ぶ。

すなわちこの対話空間は、各作業員によって提出された情報断片群が構造化された「グループの知識」であり、またこの空間の基底などの構造情報は「グルー

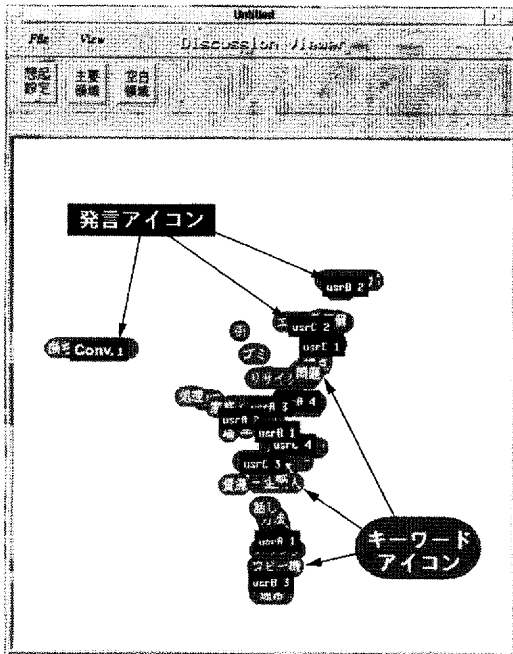


図4 2次元空間構造で表現した対話空間の例
Fig.4 A sample of conversation structure in two-dimensional space.

の視点」を表現する情報であると言える。

図4は、図3に示されている対話を2次元空間構造として表現した例である。この対話空間を見ることによって、どのような話題が展開しているかを容易に一覧でき、更に、例えば図4で中心から右上に延びていく話題の方向性は何なのか、あるいは図中発言アイコンが配置されていない空白領域にはどのような話題ないし概念があるべきなのかを考察することなどにより、作業者は自己の固定観念に気づき、新たな発想の展開方向を見出すことができるようになることが期待される。

但し、本エージェントが構成する知識と視点は、そのままでは精練度が低い。そこで、このグループの知識と視点を、後述するグループ思考支援ブロック群の各エージェントに対して、共有メモリを介して提供すると同時に作業者に対しても提示し、エージェントと作業者が協調してその精練化を進めることにより、最終的なグループの知識と視点の構築を行う。

[対話の時間構造化エージェント]

本エージェントは、対話をその内容の変化に基づき時間軸上でセグメント分割することにより、話題の転換を検出する[18]。この結果、対話の時間構造という、

空間構造とは別の対話状況が獲得される。こうして得られる話題推移情報は、後述する新規話題提供エージェントに対して提供される。

3.4 グループ思考支援ブロック群

グループ思考支援ブロック群は、個人思考支援ブロック、意思疎通支援ブロック、および協同思考支援ブロックの三つで構成されている。これらの各ブロックは、2.1で示した各思考モードに1対1対応しており、各ブロックに含まれるエージェントは、そのブロックに対応する思考モードにおける、いずれかの思考タスクを支援する。エージェントは、共有メモリを介して「意思」情報(すなわち、視点と知識)をやり取りすることによって協調的な作業を実現する。各エージェントは、共有メモリ上にある各種の視点と知識から必要なものを取り出し、自律的に、あるいは作業者の指示に従って各エージェント固有の処理を加え、その結果更新された視点と知識を再び共有メモリに対して返戻する。なお、作業者に対して共有メモリから取り出した知識を提示する場合は、現在の実装では常に図4と同様の2次元空間構造として提供する。

3.4.1 個人思考支援ブロック

本ブロックは、個人思考モードの各タスクを支援するエージェント群で構成される。AIDEでは、現在以下に示すエージェント群を実装している。

[個人思考構造化支援エージェント]

本エージェントは、主として収束的思考タスクの支援を担当する。本エージェントは、作業者が指示した知識を共有メモリから取り出す。作業者は、本エージェントと協力して取り出した知識の精練化を行い、自分の思考構造を具現化していく[15]。最終的に構成された空間を個人思考空間と呼ぶ。個人思考空間は、その空間を作成した作業者の知識であり、空間の基底などの構造情報は、その作業者の視点を表現する情報となる。できあがった個人思考空間は、作業者の指示によって共有メモリに返戻される。

従来[13],[23],[24]などのKJ法ベースのシステムでは、作業者が空間構造のすべてを決定していた。このため、空間構造の数学的情報を得ることが難しく、その構造の再利用が困難という問題があった。これに対し、AIDEではエージェントが作業者と協力して数学的に空間構造を決定するため、空間構造情報(すなわち視点)を容易に再利用することができる。

[情報検索エージェント]

本エージェントは、主として発散的思考タスクの支

援を担当する。発散的思考の支援には、作業者の固定観念を開閉することが有効である。そこで外部の知識ベースから、現在の思考課題に対してさまざまな関連をもつ情報を抽出し提供することにより、作業者の視野を広げ、更には固定観念の外にある情報を抽出提供して固定観念の存在に気づかせるアプローチをとる。

本エージェントは、まず作業者によって指定された知識を共有メモリから取り出し、作業者に提示する。提示された2次元空間上の1点を作業者が指定すると、本エージェントは、その点を取り囲むキーワードを用いて、異質な関連性を含む情報を検索抽出し、作業者に提示する[19],[20]。作業者は、検索で得られた情報が有益と思うならば、個人思考構造化支援エージェントに指示して、現在参照している知識にこの情報を投入し、知識を更新することができる。

3.4.2 意思疎通支援ブロック

本ブロックは、意思疎通モードの各タスクを支援するエージェント群で構成される。AIDEでは、現在以下に示すエージェント群を実装している。

[視点重畳エージェント]

本エージェントは、視点と視点の重畳タスクを支援する。本エージェントが用いる視点情報は、連想辞書の形式で記述される。本研究で使用している連想辞書は、特定の知識ドメインにおけるキーワード相互の共起(連想)関係を記述したものであり、そのもととなったドメイン知識から得られる視点情報となっている[19]。

本エージェントは、作業者が指示する複数の連想辞書を共有メモリから取り出し、それらを合成した合成連想辞書を共有メモリに戻す。連想辞書の合成によって、個々の連想辞書を独立に使用したのでは得られないような関連性が得られることを筆者らは確認している。これは、複数の視点の重畳によって新たな視点が創出されたことを示している[1],[17]。こうして作成された合成連想辞書は、情報検索エージェントおよび後述する新規話題提供エージェントが連想検索に使用し、融合された視点に基づく関連情報の抽出を行う。

[視点と知識重畳エージェント]

本エージェントは、視点と知識の重畳タスクを支援する。まず本エージェントは、作業者が指示する知識を共有メモリから取り出し、提示する。提示された空間上で興味を引かれる発言を作業者が選択すると、本エージェントは、選択された発言とそれらに含まれる

キーワードに基づき空間の基底を構成し、空間構造を再構成する。この結果得られる空間は、作業者の視点ともとの知識とを重畳したものとなる[10]。再構成された知識は、作業者の指示によって共有メモリに戻される。

[知識重畳エージェント]

本エージェントは、知識と知識の重畳タスクを支援する。本エージェントは、作業者が指定した複数の知識を共有メモリから取り出し、それらに含まれる発言ならびにキーワードの和集合に対して双対尺度法を適用することによって、それらの知識を重畳する。こうして構成される新たな構造は、もととなった知識の融合によって得られた知識であると言える[15]。得られた知識は、作業者の指示によって共有メモリに戻される。

3.4.3 協同思考支援ブロック

本ブロックは、協同思考モードの各タスクを支援するエージェント群で構成される。AIDEでは、現在以下に示すエージェント群を実装している。

[新規話題提供エージェント]

本エージェントは、発散的思考タスクを支援する。グループによる発散的思考を支援する必要上、本エージェントは、作業者の指示によって起動するのではなく、対話の進行状況に応じて自律的に動作する機能をもつ。本エージェントは、対話を常に幅広い話題に展開させることを、自身の目的としてもつ。その目的の達成には、対話が膠着状態に陥ったときに、それまでの対話内容と関連するが、同時にやや異なる関連性をも併せもつ情報を提供することが効果的であるという信念をもつ。

そこで本エージェントは、対話の時間構造化エージェントから話題の膠着(一定期間以上の話題の無転換)が通知された場合に起動し、その時点の対話空間を共有メモリから取り出して画像処理の手法で分析し、発言の密集する話題中心と、発言の分布しない話題空白領域の中心を求め、それらを取り囲むキーワードを用いて、前述の情報検索エージェントと同様の情報検索を行う。

こうして抽出された情報は、本エージェントの発言として、作業者の発言と同等に基礎通信ブロックに投入され、発言一覧ウィンドウに提示されると同時に、基礎情報抽出ブロックの各エージェントによる処理を受ける。このように本エージェントは、あたかも1人の作業者であるかのごとく振る舞うため、我々は擬人

的なエージェントとして Conversationalist と呼んでいる [20].

[グループ思考構造化支援エージェント]

本エージェントは、収束的思考タスクを支援する。但し、現段階ではグループ思考の構造化を専門に支援するエージェントは実装できておらず、対話空間をグループ全員で分析・検討し、その空間上に現れる軸や発話クラス、空白領域などの意味について全員でディスカッションするにとどまっている。

本エージェントに必要な機能は、基本的に個人思考構造化支援エージェントがもつ機能と同等である。但し、グループ全員によって一つの思考空間構造を操作しなければならないので、操作の排他制御などを含めた社会的プロトコルを考慮する必要がある [2]。また、既に宗森らが、収束的思考支援用の KJ 法ベースのツールに関する分散環境の影響について詳細な検討を進めているので [25]、その知見を応用することも本エージェントの実現に有効であろう。

3.5 エージェントの相互作用と問題解決

以上のように、AIDE の各エージェントは相互に情報を交換し合い、協調的に動作を行っている。特に、グループ思考支援ブロック群に属するエージェントは、共有メモリを介して疎に結合されており、相互に「意思」を交換して、これにそれぞれのタスクに応じた処理を加えることにより、非同期的に「意思」を更新していく。この結果、共有メモリ上には特定作業者の個人的意思や、グループ全体あるいはサブグループの意思など、さまざまな粒度の思考主体による意思が存在する。また、同じ思考主体の意思についても、異なる処理を施されたものや、異なる処理段階における意思などが存在する。

グループ思考の進展は、微視的には、意思の精錬化が後戻りしたり、ある状態でループしたりすることもあるだろう。しかし巨視的には、これらの非同期的協調作業によって、グループ全体の意思が、原始的で未分化な状態から漸進的に共有メモリ上で精錬化され続け、結果としてある何らかの最終状態に到達する。創造的思考という問題の性質上、この最終状態それ自体が何らかの具体的な解を与えるものになるとは限らない。しかしこの最終状態は、グループが協同思考によって練り上げた知識と視点を表現する情報であるから、この情報が問題の解を示唆する情報として非常に強力かつ有効なものとなることは疑いないであろう。このようにして、エージェントと作業者による協同作

業によって、AIDE における創造的グループ思考作業は進められていく。

AIDE には、作業者およびエージェントの相互作用をトップダウンに制御する仕組み（制御エージェント）は存在しない。共有メモリに存在する視点および知識は、原則としてすべての作業者およびエージェントによって随時参照され得る。また、精錬化され更新された視点ないし知識は、随時共有メモリに返戻される。但しこの際、既存の視点ないし知識が上書きされることはなく、新たな視点ないし知識として返戻される^(注2)。従って、AIDE においては、ある作業者の作業が別の作業者の作業を物理的に妨害することは発生しない。このため、AIDE は処理やデータの排他制御などを行う制御エージェントを具備していない。

しかしながら、創造的問題解決という作業の内容的な面では、当然多くの競合が発生するであろう。ある作業者と、別の作業者が、同じ視点ないし知識をもとにして、全く異なる（場合によっては相互に矛盾した）精錬化を行う可能性は十分にあり得る。しかし、このような意味的な競合を機械的に制御し解消することは、現段階の技術では無理であるし、そもそもこのような意味的な競合を、弁証法的手段で解決したり、更には無関係に見える情報間に新たな関連を見出して結び付けていく思考過程は、創造的思考そのものである。すなわち、創造的思考作業においては、このような意味的な競合は発生して当然であるのみならず発生すべきである。AIDE においては、各エージェントが意味的な競合を積極的に具体化・顕在化することにより、その競合の解消という創造的思考活動を活性化していると見ることができる。

4. 議論：グループ思考支援とマルチエージェントアーキテクチャ

グループ思考支援システムは、従来から多くの研究開発がなされており、それぞれに成果を上げてきている。それらのシステムはさまざまなアーキテクチャに基づいて開発されており、グループ思考支援システムの構築において、どのアーキテクチャが特に有効かを断定することは難しい。しかし、3. で示した開発事例

(注2)：なお、対話の空間構造化エージェントのみは、新たな発言が投入されると、対話空間を上書き更新する。しかし、作業者は必要な時点の対話空間を、個人思考構造化エージェントによって随時複製可能であるし、更に複製した対話空間上から最近の数発話を削除することによって、容易に対話をさかのぼった対話空間を得ることもできるので、この上書きは事実上問題ない。

から、筆者らは、マルチエージェントアーキテクチャは、グループ思考支援システムの構築に適した性質をもつと考えている。本章では、この点について議論する。なお、グループ思考環境をマルチエージェントシステムとしてモデル化する試みは、既に一部で開始されている。例えば柳澤らは、グループウェアの枠組みを、エキスパートシステムで構成されるエージェント群と人間とによるマルチエージェントシステムとしてモデル化し、これに基づくエージェント間の合意形成メカニズムの方式を提案している[26]。但し、この研究では、エージェント間の合意形成にのみ注目しており、グループ思考全体を扱ったものではない。

一般にエージェント技術は、以下のような性質をもつ応用分野に適していると言われている[11]。

(1) システムが扱おうとする対象や環境が動的に変化する場合。

(2) 資源が分散していて、これらを共有できる仕組みが必要な場合。

(3) ユーザの代理としての能力が要求される場合。本研究が取り扱っている応用分野であるグループ思考(支援)は、これらの性質を備えている。すなわち、

(1) 「思考」という対象は、常に進展し変化する。(第1の性質)

(2) 知識や視点、アイデアという資源がグループの作業員に分散しており、これを共有する仕組みが必要となる。(第2の性質)

(3) グループ思考作業においては、以下のような理由で、ユーザを代理できる存在が求められる。(第3の性質)

(a) 自分と違った考え方をする相手との対話が固定観念の打開に有効であるため。

(b) エージェントが特定の作業員などを代理してくれることにより、グループ思考作業を時間的・空間的束縛から解放できるため。

従って、グループ思考(支援)という応用には、エージェント技術は適していると言える。

AIDEにおいては、エージェント技術の適用によって、上記の三つの性質に以下のように対応した^(注3)。

- 基礎情報抽出ブロックのエージェント群が自律的に議論を空間的・時間的に構造化することにより、動的に変化する「思考」という対象に対応する。

- 共有メモリを介して、各作業員の知識や視点、アイデアを効率的に共有する。

- グループ思考支援ブロック群の各エージェント

が、統計処理という客観的手段で知識の構造化を行い、一種の「違った考え方をする相手」として振る舞う。

- グループ思考支援ブロック群の各エージェントが、ある特定の作業員ないしグループの視点や知識をエージェント自身の視点や知識として用いることにより、そのエージェントはその視点や知識のもととなった作業員ないしグループの代理人となる。

次に、グループ思考(支援)に対し、「マルチ」エージェントアーキテクチャを用いる点について考察する。

マルチエージェントシステムとは、複数のエージェントが協調や交渉などの相互作用をすることによって、より複雑な新しい機能を実現するものである[6]。本研究で取り扱った創造的グループ思考という応用は、ゴールへの到達手順もゴール自体も不明で、しかも非常に複雑で高度な作業である。従って、これを直接支援するシステムを構築することは困難である。しかし、2.で示したように、グループ思考作業は、比較的単純な複数のタスクに分解可能であり、それらのタスクを協調的に実施することにより、創造的グループ思考作業の全体を実現できる。従って、マルチエージェントアーキテクチャは、グループ思考を取り扱うシステムを構築するアーキテクチャとして適していると考えられる。

そこで筆者らは、グループ思考の各タスクを専門に支援処理するエージェント群を準備することでAIDEを構築した。AIDEでは、複数の異なる知識源としてのエージェントと作業員が、共有メモリ上にある各種の「意思」を、非同期的かつ協調的に、できるところから少しずつ精練化し、その結果得られた中間結果を互いに共有し合い更に精練化することにより、最終的にグループによる問題解決の強力な手掛りとなり得る情報を構築するという、複雑な作業を達成している。これは、一種の機会主義的な問題解決手法[7]の実現と見ることもできよう。この意味で、AIDEの共有メモリは、単一階層で構成される黒板と考えることもできるだろう。

マルチエージェントシステムとしてAIDEを構築したことにより、以下の利点が得られた。

一つは、AIDEが非常に拡張性に優れたシステムと

(注3)：なお、エージェントの定義は、1) 環境を知覚する受容器と、知覚した情報に対して何らかの処理を行う処理系と、その処理結果に基づき環境に対し作用する作用器を備えるシステムのこと[3]とする非常に緩やかなものから、2) これに加えて何らかの自律性を備えるシステムのこと[6]、3) mental stateをもつソフトウェアのこと[4]とするものもあり、非常に幅広い。筆者らは現状1)から2)の立場をとっている。

なったことである。AIDEは開発を開始してからいまだ1年程度しか経過していないが、3.で示したように既に9種類のエージェントの実装を完了しており、現在なお4種類のエージェントの追加と機能拡張が続けられている。グループ思考では、ある一つのタスクについても、その支援手段は多様な方法が考えられる。しかもそれらの手段はそれぞれに固有の特徴をもつので、作業状況に応じて適切な手段を使用できることが求められる。この結果、次々と機能の追加拡張が発生することが想定されるため、このような良好な拡張性は不可欠である。

もう一つの利点は、システムが疎に結合された自律的エージェントの集合として構成され、更にエージェント間で交換される情報の構造が統一されたことにより、作業モード遷移のための心理的・作業的負荷が軽減されたことである。この結果、作業者はシームレスに任意の作業モードに遷移できるようになった。

一方、マルチエージェントアーキテクチャを採用したことによる問題点は、二つ目の利点の裏返しであり、システムが一見バラバラなツールの単なる集合に見える、しかも応用の性質上、作業全体の流れを制御するメカニズムをもたないために、初めてシステムを使用する人には、全体の動作が把握しづらく、どのようにシステムを使えばよいのかがわかりにくい可能性がある点である。この問題に対処するためには、新規話題提供エージェントのように、グループ思考支援ブロック群の各エージェントが、局所的作業状況に基づき自分の起動タイミングを自律的に計り、他のエージェントと交渉して、作業者に自己の利用を申し出るような機構をもつことが考えられる。但し、過剰な申し出が逆に作業を妨害する可能性も考慮しなければならない。

5. む す び

グループによる創造的活動を支援するグループウェアシステムの実現を目標とし、まず思考の主体の遷移に着目したグループ思考モデルを提案し、このモデルに基づきグループ思考を基本タスク群に分割した。ついで、本モデルに基づき、マルチエージェントアーキテクチャによって筆者らが研究開発を進めている、グループ思考支援環境AIDEについて述べた。AIDEは、グループ思考の各タスクを支援するエージェント群で構成されており、各エージェントは主に共有メモリを介して、作業者やグループの「意思」を交換し、作業者とエージェントが協調してこの意思を精錬化させ

ていく。AIDEの開発ならびに試用経験から、マルチエージェントアーキテクチャは、グループ思考支援システム構築アーキテクチャとして親和性がよいことがわかった。また、マルチエージェントアーキテクチャを採用したことによって、AIDEは、優れた拡張性、シームレスな操作性などの特長を獲得できた。

本論文では、グループ思考支援作業を応用の対象としてきたが、これ以外にもマルチエージェントアーキテクチャが有効な応用分野は数多く存在するだろう。本論文で示したAIDEの開発経験から、そのような新たな応用分野にマルチエージェントアーキテクチャを採用するにあたって重要なことは、各エージェント間で交換される情報の内容とその形式を適切に見究め決定することであると考えている。AIDEにおいては、グループ思考支援の目的でエージェントが交換する必要がある情報は、思考作業における「視点」と「知識」であると考え、これらに対話空間や連想行列といった、正規化された再利用可能な形式で表現した。これにより、AIDEはマルチエージェントアーキテクチャがもつ各種の優れた特性を享受できたと思われる。

今後は更に多様な支援機能の追加を行い、システム全体としてのグループ思考支援の性能向上を図りたい。また、単なる支援にとどまらず、より積極的に合意やアイデア形成に参加してくるエージェントの実現も試みたいと考えている。

文 献

- [1] K. Nishimoto, Y. Sumi, and K. Mase, "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.
- [2] R. Rockwell, "An infrastructure for social software," *IEEE Spectrum*, vol.34, no.3, pp.26-31, 1997.
- [3] S.J. Russel and R. Norvig, "Artificial Intelligence—A Modern Approach," Prentice-Hall International Editions, p.932, 1995.
- [4] Y. Shoham, "Agent-oriented programming," *Artificial Intelligence*, vol.60, no.1, pp.51-92, 1993.
- [5] T. Winograd and F. Flores, "Understanding Computers and Cognition," Addison-Wesley Publishing Co. Inc., 1986.
- [6] 石田 亨, "エージェントを考える," *人工知能誌*, vol.10, no.5, pp.663-667, 1995.
- [7] 石田 亨, 片桐恭弘, 桑原和宏, "分散人工知能," 並列処理シリーズ11, pp.70-79, コロナ社, 1996.
- [8] 岡田謙一, 市村 哲, 松浦宣彦, "グループウェアにおけるコミュニケーション支援," *情報処理*, vol.34, no.8, pp.1028-1036, 1993.

- [9] 折原良平, “発散的思考支援ツールの研究開発動向,” 人工知能誌, vol.8, no.5, pp.560-567, 1993.
- [10] 門林理恵子, 西本一志, 角 康之, 間瀬健二, “学芸員と見学者を仲介するエージェントによる博物館展示の個人化,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイルワークショップ論文集, 情報処理学会, pp.413-418, 1997.
- [11] 金 淵培, “エージェント技術の現状とその実用化,” 人工知能誌, vol.12, no.6, pp.850-860, 1997.
- [12] 國藤 進, “発想支援システムの研究開発動向とその課題,” 人工知能誌, vol.8, no.5, pp.552-559, 1993.
- [13] 小山雅庸, 河合和久, 大岩 元, “カード操作ツール KJ エディタの実現と評価,” コンピュータソフトウェア, 日本ソフトウェア科学会, vol.9, no.5, pp.38-53, 1992.
- [14] 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システム CSS,” 信学技報, TL95-6, 1995.
- [15] 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,” 信学論 (D-I), vol.J80-D-I, no.7, pp.542-550, July 1997.
- [16] 西里静彦, “質量データの数量化一対対尺度法とその応用,” 朝倉出版, 1982.
- [17] 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,” 第 15 回システム工学部会研究会資料「発想支援技術」, 計測自動制御学会, pp.17-24, 1994.
- [18] 西本一志, 安部伸治, 間瀬健二, “不特定分野の自由展開型対話における話題転換のリアルタイム検出,” 自然言語処理の応用に関するシンポジウム論文集, 情報処理学会, pp.41-48, 1995.
- [19] 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を併せ持つ情報の抽出手法の検討,” 人工知能誌, vol.11, no.6, pp.896-904, 1996.
- [20] 西本一志, 角 康之, 間瀬健二, “一参加者として対話に加わる対話活性化エージェント,” 信学技報, TL96-7, 1996.
- [21] 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, pp.259-266, 電子情報通信学会, 1996.
- [22] 松下 温, “グループウェアの実現のために,” 情報処理, vol.34, no.8, pp.984-993, 1993.
- [23] 三末和男, 杉山公造, “凶的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について,” 情処学論, vol.35, no.9, pp.1739-1749, 1994.
- [24] 宗森 純, 堀切一郎, 長澤庸二, “発想支援システム都元の分散協調型 KJ 法実験への適用と評価,” 情処学論, vol.35, no.1, pp.143-153, 1994.
- [25] 宗森 純, 五郎丸秀樹, 長澤庸二, “発想支援グループウェアの実施に及ぼす分散環境の影響,” 情処学論, vol.36, no.6, pp.1350-1358, 1995.
- [26] 柳澤 洋, 村上国男, “マルチエージェントシステムの合意形成方式,” 情処学論, vol.36, no.6, pp.1387-1395, 1995.
(平成 9 年 8 月 1 日受付, 11 月 13 日再受付)



西本 一志

1987 京大・工・工学研究科機械工学専攻修士課程了, 同年松下電器産業 (株) 入社, 1992 より (株) ATR 通信システム研究所に転出, 現在 (株) ATR 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, 人工知能学会, 言語処理学会各会員.



角 康之 (正員)

1990 早大・理工・電子通信卒, 1995 東大大学院工学系研究科 (情報工学) 了, 博士 (工学), 同年, (株) ATR 知能映像通信研究所入所, 現在に至る, 人工知能, CSCW の研究に従事, 人工知能学会, 情報処理学会, AAAI 各会員.



門林理恵子 (正員)

1985 阪大・文・史卒, ソフトウェア会社勤務を経て, 1990 シャープ (株) 入社, 移動体通信プロトコルの研究等に従事, 1997 年 8 月より, (株) ATR 知能映像通信研究所奨励研究員, コミュニケーション支援技術の研究に従事, 1997 年 9 月大阪大学大学院工学研究科博士後期課程情報システム工学専攻了, 博士 (工学), 情報処理学会会員.



間瀬 健二 (正員)

1979 名大・工・電気卒, 1981 同大大学院修士 (情報) 課程了, 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研究に従事, 1988~1989 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) ATR 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, 情報処理学会各会員, 工博.



中津 良平 (正員)

1971 京都大学大学院電子工学修士課程了, 同年日本電信電話公社入社, 1985 NTT 複合通信研究所主幹研究員, 1987 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 同基礎研究所研究企画部長, 1991 同情報科学研究所部長, 1994 ATR 経営企画部担当部長, 1995 より ATR 知能映像通信研究所代表取締役.