

思考空間の可視化によるコミュニケーション支援手法

角 康之[†] 小川 竜太^{††} 堀 浩一^{†††} 大須賀節雄^{††††}
 間瀬 健二[†]

A Human Communication Support Method by Visualizing Thought Space Structure

Yasuyuki SUMI[†], Ryuta OGAWA^{††}, Koichi HORI^{†††}, Setsuo OHSUGA^{††††},
 and Kenji MASE[†]

あらまし 現代社会では、背景知識の異なる専門家同士が共同作業をする場が増えている。従って、人間の共同作業におけるコミュニケーションを支援する方法論やコンピュータシステムを開発することが工学的にも重要な課題となっている。本論文では、ユーザの思考空間を可視化することによるコミュニケーション支援手法を提案し、それに基づいて試作されたツール CSS を紹介する。提案する手法は、ユーザの心の中にある概念やそれを構成する概念素の関連性を距離空間に可視化し、個人若しくはグループにおける概念形成を支援するというものである。本論文では、言葉の使い方の個人差や、個人の主観的見解の相違を顕在化するのに本手法が有効であることを示し、更に、CSS をグループによるフリーディスカッションに適用した例も紹介する。

キーワード コミュニケーション支援、発想支援、思考空間、可視化、CSCW

1. ま え が き

本論文では、言語メディアを介した人間同士のコミュニケーションを支援するコンピュータシステムに関する研究について述べる。我々がコミュニケーション、若しくはグループ活動を行う目的は、主に以下の2点であると考えられる。

(1) 伝え手の心の中にある知覚・感情・思考を、過不足なく正確に受け手に伝達する

(2) 他人とのコミュニケーションをとることにより、それまではもやもやとしていたアイデアが明確に認識されたり、心の中に新たな発想が生じるといった効果を期待する

本研究は、特に (2) の効果を支援、若しくは促進するためのツールの開発を目標とする。

筆者らは、これまでに複数の発想支援ツールを提案し、それと並行して、人間の発想プロセスのモデル化を試みてきた [1]~[4]。筆者らの発想プロセス観の基盤となるものの一つとして、Koestler [5] の考えがある。Koestler は、科学者が新たなアイデアや発想を得るときには、異なった文脈^(注1)の間に、ある種の衝突が起きている、というモデルを提案した。我々が科学研究や新製品開発などの知的活動を行う際に、他人とのコミュニケーションが重要な役割を担うのは、それを通して、自分の思考の文脈とは異なる新たな文脈を、外部から得るためである面が大きいと考える。

しかし一般に、アイデア、暗黙知的な知識、主観的好みなどの個人の心的内容を、他人と伝達し合うことは難しい作業である。その理由として、以下のような問題の存在が考えられる。

[受け手側の問題] 伝え手の使う言葉そのものを知らない場合がある。また、もしもその言葉を知っていたとしても、伝え手と受け手の心の中に存在する概念集合

[†] (株) ATR 知能映像通信研究所, 京都府
 ATR Media Integration & Communications Research Laboratories, Seika-cho Soraku-gun, Kyoto-fu, 619-02 Japan
^{††} 松下電器産業 (株) 中央研究所, 京都府
 Central Research Laboratories, Matsushita Electric Industrial CO., LTD., Seika-cho Soraku-gun, Kyoto-fu, 619-02 Japan
^{†††} 東京大学工学系研究科, 東京都
 Faculty of Engineering, The University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan
^{††††} 早稲田大学理工学部, 東京都
 School of Science and Engineering, Waseda University, Shinjuku-ku, Tokyo, 169 Japan

(注1): 本論文では、人間が思考する際の、個人のおかれている状況や、専門分野に依存したアイデアや知識の集合を、文脈と呼ぶ。

間の関連性やそれらを表現するために利用される言葉との対応が異なる場合がある。

[伝え手側の問題] 心的内容かもやもやしていて、自分自身でもその全体構造を認識していなかったり、それを言葉で表現することができない場合がある。

これらの問題が克服されないうちはコミュニケーションがなされないかというのではなく、実際の社会活動においては上記のような状態においても活発にコミュニケーションが行われ、むしろ上記のような問題を克服するためにコミュニケーションがなされることも多い。

現代社会では、複数分野の専門知識や技術を統合しなければ解決できないような大規模問題が増加し、背景知識の異なる専門家同士が共同作業をする場が増えている。従って、上記のような問題を克服するために、コミュニケーションを支援する方法論やツールを開発することが工学的にも重要な課題であると考え、そこで、本研究では以下のような作業を支援するツールの開発を目指す。

- ユーザが自分自身の思考空間の構造を認識する。
- コミュニケーションを通して、互いに相手の思考空間の構造を理解する。
- グループ活動の中で新たな発想を得る。

ここで思考空間とは、思考活動に伴って意識にのぼっているアイデアや知識の断片とそれらの結び付きによって構成される心的空間であると定義する。

以下では、まず2.で、思考空間の可視化手法とその実現方法を示し、それに基づいて試作されたツールCSS (Communication Support Systemの略)を紹介する。3.から6.では、試作ツールCSSを用いて可視化された思考空間を利用することにより、いかにユーザの発想や複数ユーザ間のコミュニケーションが支援されるのかを具体的に述べる。そこでは順に、個人ユーザの概念形成支援、複数ユーザの主観的視点の相違の顕在化、複数ユーザの思考空間のすり合せによるコミュニケーション支援、グループによるフリーディスカッションにおいて、CSSにより可視化された思考空間の利用について、実例を用いながら説明する。7.はむすびである。

2. コミュニケーション支援ツール CSS

2.1 発想支援のための思考空間の可視化

筆者らはこれまでに、AA1 [1]、CAT1 [3] と呼ばれる発想支援ツールを提案し、これらを、アイデア生成、

知識獲得、要求獲得、情報検索等に利用・評価してきた。また、個人の思考活動のみでなく、人間同士のコミュニケーションを支援するための道具としての有効性も調べてきた^(注2)。

AA1 と CAT1 は、ユーザがアイデアや知識の断片として入力した短文やメモのタイトルを、統計的手法の一種である多次元尺度構成法を用いてコンピュータディスプレイ上の距離空間に自動配置し、ユーザの思考空間の構造を可視化するものである。これらは、ある文脈の中で構造化されている自分の思考空間を他人の目で見直すことを可能にする効果をもつと考える。また、これらのツールは、過去の作業空間や他人が作業をした思考空間をデータベース内に蓄え、新たな思考活動中にこれらの情報を再利用することができる。これらの思考空間は、新たな思考活動を始める際のたたき台として利用できると同時に、現在の思考プロセスの外部から新たな文脈を提供してくれることを意味し、思考のはまり込みからの脱出を助ける効果をもつと考えられる。

2.2 CSS の試作

CAT1 は、テキストオブジェクトと呼ばれる電子化されたメモを、それに付随して宣言されたキーワードの共有度に基づいて2次元距離空間上に自動配置することで、ユーザの思考空間の可視化を実現した。

人間同士、特に背景知識の異なる人間同士のコミュニケーションを支援するには、少なくとも個人の心的内容を、本人や本人以外の人間が認識・分析する手段が必要であると考え、しかし、ユーザの頭の中にもやもやと現れつつある概念やアイデアを認識・分析するには、表示されたテキストオブジェクトだけでは操作対象である外部情報としての粒度が粗過ぎ、CAT1 では不十分であった。このことを解決するための一手段として、テキストオブジェクトを構成するキーワードも空間配置の対象とし、ユーザの心の中の概念とそれを構成する概念素の関連性を可視化することが有用であると考えた。そこで、空間の自動再構成に双対尺度法 [6] と呼ばれる統計手法を採用し、CSS と呼ばれるツールを新たに試作した。

つまり CSS は、テキストオブジェクトとそれを構成するキーワードをユーザの思考の外部情報として

(注2)：これらのツールは、筆者らのグループの外部にも配布され試用された。例えば CAT1 は 10 数件に配布された。その配布先は、研究者、技術者、経営者、デザイナーと多岐にわたり、利用形態もさまざまであった。

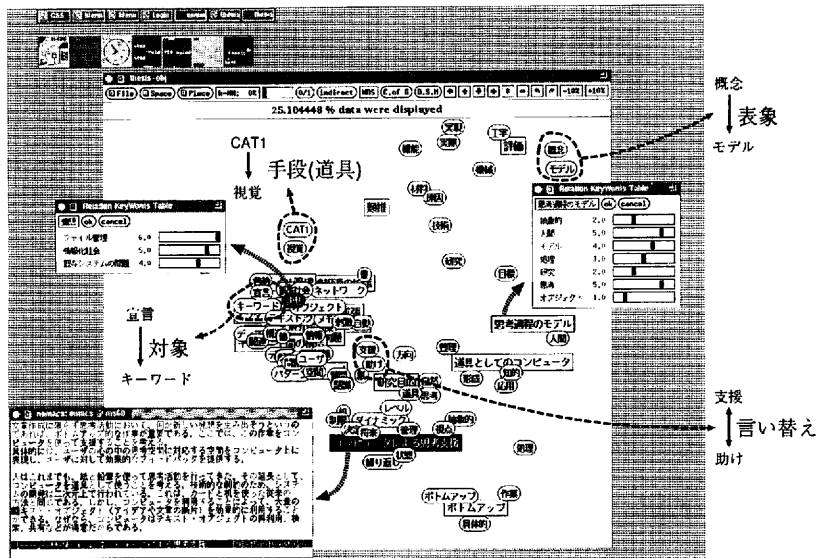


図1 CSSの利用概観。注釈は、ユーザが見出した共起概念素間関係の解釈
 Fig.1 Usage of the tool CSS. Annotations were given by the user to interpret relationships of some pairs of micro-concepts on the given space.

扱うという特徴を、CAT1から継承している。そしてCAT1が、キーワードを単なるテキストオブジェクトの構成要素とみなし、テキストオブジェクトの関連性をキーワードの共有度に還元して、テキストオブジェクトの関連性のみを可視化しているのに対し、CSSは、テキストオブジェクトとキーワードの宣言-被宣言関係の双対性に着目し、テキストオブジェクトとキーワードの関連性を同一空間上で可視化する。こうすることによって、ある程度の概念的粒度をもつテキストオブジェクト同士の関連性を、それを構成する概念素であるキーワードの空間配置の認識を通して、より深く認識・分析することが可能になると考える。

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、オブジェクト同士の属性共有性と属性同士の共起性を顕在化するように空間構造を可視化する手法である。ここでは、ユーザによって宣言されたキーワードを属性と考え、それらの重要度を属性値とすることで、双対尺度法を適用した。このことにより、テキストオブジェクトとそれらの構成要素としてのキーワードの関連性を、同一の距離空間上に可視化することが可能となる。

図1にCSSの利用概観を示す。これは、筆者の1人が書きためた研究メモを用いてCSSを利用した例であ

る。CSSはUNIXワークステーションのX Window System上で実装され、マルチウィンドウによるユーザインタフェースを提供する。CSSは、ユーザが入力したテキストオブジェクトとキーワード、そして任意のテキストオブジェクト-キーワード対の間に宣言された重要度の値を、一つのデータテーブルとして一括管理する。CSSを用いたユーザの思考活動は、これらのデータを更新するという形で反映される。そして、ユーザがコマンドメニューから空間再構成を指示した際に、その時点でのそれらのデータが参照され、空間再構成のための双対尺度法の再計算と再表示が行われる。図中の長方形のアイコンがテキストオブジェクト、長円形のアイコンがキーワードを表す。新たなテキストオブジェクトおよびキーワードは、随時、空間中に新たなアイコンを配置することによって新規登録することができる。テキストオブジェクトに対するキーワードの宣言や重要度の入力・変更は、アイコンがもつコマンドメニューから選択して行うことができる^(注3)。キーワードの重要度の与え方はユーザの自由

(注3)：図中に見られるように、テキストオブジェクト側からでもキーワード側からでもテキストオブジェクト-キーワード間の宣言-被宣言関係をリスト表示することができ、このリストウィンドウ上で重要度を変更することができる。このリストウィンドウ上で重要度を0に変更することにより、既に宣言されているキーワードをテキストオブジェクトから削除することができる。

であり、そのため、そこにはユーザごとの個人差が生ずるが、現在は、ユーザの入力をそのまま受け入れ、特にツールからの制御は行っていない^(注4)。

CSSが提供する空間配置は、ユーザの新たな思考のきっかけを与えるものであり、ユーザは、新たなテキストオブジェクトやキーワードを入力したりキーワードの重要度を変更することによって、自分の思考空間を徐々に成長させることができる。この繰返し作業が思考活動に他ならず、CSSはそのプロセスを支援する道具である。もちろん、これらの作業はユーザにとってかなりの負担であるが、それが思考活動そのものの不可欠なプロセスである以上、それを自動化しようとすることは、現在のところは現実的ではない。しかし、思考の外部情報を効果的に処理するための道具が提供されれば、ユーザは思考の本質的な側面に集中することが可能になると考えられる。そのような道具の試みの一つがCSSである。

3. 概念-概念素間の関連性の可視化

本章では、複数ユーザで利用する場合の効果の議論に先だて、まず、CSSを個人で利用した場合の例を用いて、CSSが人間の概念形成をどのように支援するのかを述べる。

3.1 概念形成のダイナミクスとその支援

筆者らは、「一つの概念はいくつかの概念素が集まって構成される」というモデルを採用して、ツールの開発を行っている。また、概念形成においては、その概念を構成する概念素が離合集散を繰り返すという仮定をおく。更に、概念素の集合は固定的なものとは限らず、人間と外界とのやりとりの中でダイナミックに構成されるものと考えている[4]。このような考えは、これまでも多くの認知科学研究者や哲学者が採用してきたものである[7],[8]。ここで、テキストオブジェクトをユーザの心の中に浮かんだtentativeな概念ととらえ、キーワードを概念の構成要素としての概念素ととらえると、筆者らがこれまでに開発してきた発想支援ツールは、このモデルにおける概念形成のダイナミクスをシミュレートするものであると考えられる。そしてCSSは、特に概念-概念素間の関連性(共起性、階層性など)を可視化する道具であると考えられることができる。

概念-概念素間の階層構造は、テキストオブジェクト-キーワード間のそれと固定的に対応しているとは

限らない。ユーザは、最初から概念-概念素間の階層性を意識しながら思考空間を構築することは困難であるため、とりあえず心の中に浮かんだアイデアの断片をテキストオブジェクトとして切り出せばよい。しかしそのために、比較的関連性の高い概念に関する記述が複数のテキストオブジェクトにまたがってしまったり、逆に、複数の概念が同一のテキストオブジェクトに混在してしまうことがたびたびある。CSSは、このように複数のテキストオブジェクトの中に散在した概念を、その構成要素である概念素(ここではキーワード)の離合集散によって再構成し、その結果を可視化してユーザに提供するものである。従って、CSSが再構成する思考空間上に生ずるキーワードのクラスタは、テキストオブジェクトとしての分類とは別の分類を生み出し、これらはユーザの心の中に新たに発生する概念の候補となると考えられる。また、CSSが出力する空間情報は、概念間の位相関係を表すパターン情報としてユーザに提供されるため、概念-概念素間の非階層的な関連性もユーザに提供することができる。

3.2 CSSが呈示する概念素間の関連の分析

CSSが出力する空間配置には、概念素のクラスタがいくつも現れる。図1の中に、ユーザの興味をひいた概念素の組合せに印を付けた。ここでは、この例をもとに、CSSが出力した空間配置の中に生ずる概念素のクラスタの中に概念素間の関連の存在を見出し、その意味付けを検討する^(注5)。

- 二つのキーワード「支援」と「助け」の共起性は、これらが似通った文脈において使われていることを示し、これらの間には言い替えの関係があると解釈できる。このようなことから、ユーザの言葉の使い方の嗜好性がわかる。

- キーワード「宣言」と「キーワード」の間には、動作とその対象の関係が見出される。

- キーワード「CAT1」と「視覚」の共起性は、「CAT1」が「視覚(化)」の手段若しくは道具であることを表しているように見える。

(注4)：但し、キーワードの重要度の入力・変更を実行するリスト中のスライダは、最大値が6になっており、ユーザは0から6の間の相対尺度としてキーワードの重要度を入力することもできる。

(注5)：以下の例では、主に二つのキーワードの組合せの場合を議論する。しかしこのことは、キーワード同士でなければならないとか、二つの組合せでなければならないといったように、思考法を制限することを意図したものではない。場合によっては、三つ以上のテキストオブジェクトとキーワードからなる組合せから、新たな発想への刺激を得ることもあろう。

● キーワード「モデル」と「概念」は、一見、全く異質の概念であるように思われる。しかしこの実験例のユーザである筆者の1人にとっては、「「概念」を表象した (represent) ものが「モデル」である」という関係が直ちに見出された。このような解釈は、ユーザがこの思考空間を作ったときの文脈に依存するものである。文脈によっては、「概念」や「モデル」という言葉は他の言葉 (概念素) と共起関係をもつこともあり得る。つまり、CSSはユーザの視点やおかれている文脈を可視化し、そのスナップショットを記録する能力をもつものであると考えられる。

以上で見てきたことから、CSSで可視化される概念素間の共起関係は、概念を構成する概念素間のさまざまな関係を区別無く包含したものであると解釈できる。これらの関係は、一般的な知識表現 (モデル表現) 体系の中では、例えば、抽象-具体関係、全体-部分関係、主語-述語関係、機能-データ関係、同値関係といった知識表現プリミティブを用いて記述されるものに対応すると考える。CSSのユーザは、最初から概念や概念素間の関係の種類などを意識する必要はなく、CSSが出力する思考空間全体を見渡しながら、徐々に部分部分の局所的な概念素間の関係を分析していけばよい。

これまで、概念やその構成要素を整理・構造化する作業を支援するシステムが開発されてきたが、それらの多くは、概念の構成要素同士の関連を与える際に、あらかじめシステムが用意したさまざまな意味付けを付与することをユーザに求める (例えば、[9],[10])。しかし、概念形成における概念と概念素の関係は、変化を繰り返すことにより徐々に定まってくるものであると考えられ、最初からその組合せと種類を固定することはユーザにとっての制約が強過ぎると思われる。それに対してCSSのユーザは、概念素間の関連の存在さえも意識せずに作業を始めることができ、CSSが生成する空間配置の中に概念素間の関連の候補を見出し、それから、それらに対する意味付けを考えることができる。概念素間の関連の存在とその意味付けを記述する作業を支援する必要があるのは、それからであると考えられる^(注6)。

4. 複数ユーザの主観的視点の相違の顕在化

人間の創造活動について考えるとき、それは発散的思考と収束的思考の組合せとして論じられることが多い[12],[13]。発散的思考とは、視野を広げて代替案を探し、外部から得られた概念を思考プロセスの中に取り

り込む作業である。収束的思考とは、複数の代替案の中からふさわしいものを選ぶ、若しくは独自の概念に絞り込む作業である。創造活動においては、これらの思考が繰り返されると考えられるが、新たな発想を得るためには、その初期フェーズにおいて特に発散的思考が必要不可欠であると思われる。

コミュニケーションにおいても、両方の思考が重要であると思われるが、我々が、自分だけの思考プロセスにはまり込んでしまったときに他人とのコミュニケーションを必要とするのは、まさに発散的思考を行うためであると考えられる。複数ユーザでCSSを利用することは、特にコミュニケーションにおける発散的思考を支援することをねらいとしている。

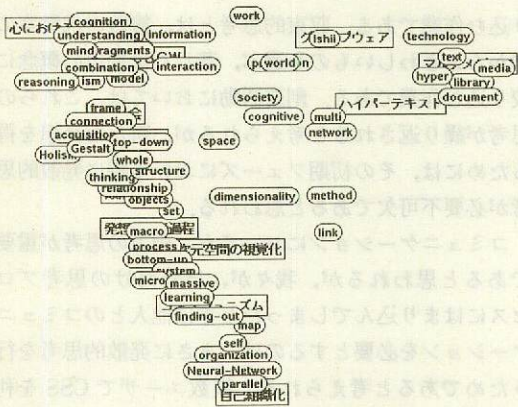
筆者らはこれまで、コミュニケーションにおける発散的思考には、個人の主観的視点を積極的に伝え合うことが重要であると主張してきた[2],[3]。CSSを利用することによって可視化される思考空間の構造は、ユーザのおかれた文脈に強く依存する。言い替えると、CSSは個人の主観的視点を可視化する道具であるとも言えよう。

文献[3]では、CAT1を利用することによる個人の主観的視点の顕在化とそれらを伝え合う効果を議論するために、2人のユーザによる利用実験を行った。その実験は、情報工学や認知科学に興味をもつ2人の研究者に対し、12の共通の話題を与え、各自がそれらの話題に関するキーワードを自由に宣言して思考空間の構築を行うというものであった。この実験では、CAT1を利用することにより、各ユーザの思考空間の構造の相違が可視化され、各自のもつ概念間の関連性や興味の違いを伝え合うための有効な議論を喚起させる効果があることが確認された。

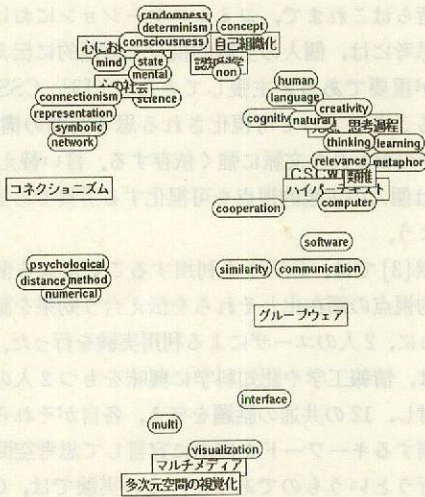
今回は、同様の実験をCSSを用いて行った。文献[3]の実験の際に用いたものと同じ12の話題^(注7)を用いて、3人のユーザを被験者として実験を行った結果を、図2に示す。この実験は、本来のCSSの使い方である、ユーザが思考を進めながら、テキストオブジェクトやキーワードの登録・変更等を繰り返して、インタラクティブに自分の思考空間を構築する、というもの

(注6)：筆者らは、概念素間の関連の記述 (モデリング) に関する研究も行っており、その研究成果とCSSを統合することによって、ソフトウェア開発の要求モデル生成を支援する手法に関する研究を行っている[11]。

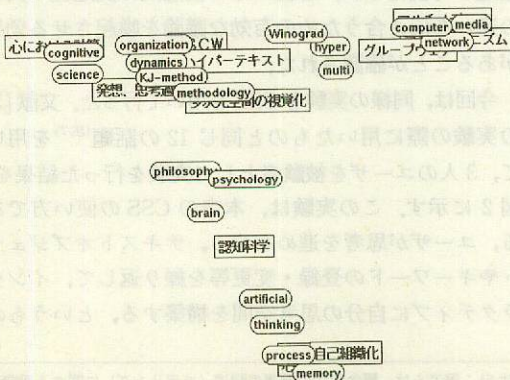
(注7)：ユーザに与えた12の話題は、CSCW、コネクションズム、ハイパーテキスト、マルチメディア、心の社会、類推、グループウェア、多次元空間の視覚化、認知科学、心における計算、発想、思考過程、自己組織化、である。



User A's thought space



User B's



User C's

図2 複数ユーザの思考空間の相違が顕在化された例
Fig. 2 An example of manifesting difference of thought spaces structure built by different users respectively.

とは異なり、決められたテキストオブジェクトをユーザに前もって与えるという、特殊な制約の上でCSSを利用する^(注8)。

図2に見られるように、CSSを利用することにより、ユーザごとの思考空間の構造の相違が顕在化された。と同時に、各ユーザの心の中の概念を構成している概念素とそれらの関連性を可視化することができた。従って、各ユーザの興味(視点)の相違や、言葉の使い方の相違などを、CATIを利用する場合よりも深く伝達・理解し合うことが可能となった。このような作業を行うことは、無意識のうちに起こり得るコミュニケーションギャップを埋める効果があると共に、グループ活動における共同発想とでも呼ぶべきような現象、つまり、1人では気づかなかったが、グループ内のコミュニケーションを通して初めて新たなアイデアが生じたというような現象を引き起こす可能性をもつ。

5. 複数ユーザの思考空間のすり合せ

前章では、CSSを用いてユーザごとに思考空間を構築し、それらを互いに見せ合うことが、各ユーザの視点の相違や言葉の使い方の相違を、認識・伝達し合う効果をもつことを述べた。本章では、その作業を更に積極的に支援することを考え、CSSを用いて構築された複数ユーザの思考空間をすり合わせ、ユーザごとの思考空間を形成している概念素の位置付けの相違を分析する手法を提案する。

ここで、図2中のユーザAとユーザCの思考空間に注目してみたい。各ユーザがキーワードとして宣言している言葉は、互いに関連性が無いように見える。しかし、テキストオブジェクト集合の配置のみに注目すると、それらの構造は似通っている部分が多いことに気づく。この事実より、この2人は全く独立にキーワードを宣言しているにもかかわらず、2人は無意識のうちに似たような概念(テキストオブジェクト)グループに対してキーワードを共有させる傾向があると考えられる。そして、同じ概念グループに対して各ユーザが宣言したキーワードの間には、関連性が発見される可能性があると思える。

このことを検証するために、2人の思考空間のすり合せを試みた。ここでは、2人の思考空間がテキストオブジェクト集合を共有していること^(注9)を利用し、

(注8)：しかし実際は、ユーザは与えられたテキストオブジェクトに対し、連想するキーワードを列挙するだけであり、キーワードの重要度はすべて1にしたため、ユーザの作業負担は比較的低かった。



図3 2人のユーザの思考空間のすり合せの例
Fig.3 An example of two users' merged thought space.

それらを媒介としてそれぞれのキーワード間の共起関係を再構成する方法を用いた。これは、各思考空間におけるテキストオブジェクトとキーワードの宣言関係を保ちつつ、それぞれの空間で宣言されたキーワード集合を同一のキーワード空間へ混在させるという単純な方法である^{(注10)(注11)}。以上の方法で再構成された空間配置を、図3に示す。但し、長円形のアイコンはユーザAが宣言したキーワードを表す。また、反転表示され、キーワードの後に“-C”と書き足されたアイコンが、ユーザCの宣言したキーワードを表す^(注12)。

図3を見るとわかるように、複数ユーザの思考空間のすり合せは、それぞれの思考空間の単なる重ね合せではなく、新たな構造を再構成していることに注目したい。このことにより、ユーザAとユーザCの概念素(キーワード)の関連性が可視化された。

図中に矢印で印を付けたのは、2人のユーザが偶然同じ言葉を用いて宣言したキーワードを示すものである。これらを見るとわかるように、“hyper”、“media”、“multi”、“network”といった技術的な用語は非常に共起性が高いことがわかる。このことから、これらの専門用語に対して2人がもっている文脈は大変似通っていることが明らかになった。その一方で、“cognition”や“process”といった抽象的若しくは一般的な言葉で表現されるキーワードは、若干離れて配置されている。そして、それらの周辺には、どちらのユーザが宣言したかということには関係なく、関連性のありそうなキー

ワードが集まってきている。このような情報が得られることにより、ユーザAの視点から見た“cognition”とユーザCの“cognition”の間に多少のずれがあることが明らかになった。周辺に集まるキーワードは、その視点のずれを埋めるためのさらなる対話の足掛りとなるものであった。また、空間中央には“method”という表現に近いキーワードが集まっていたことから、2人は各々が興味をもっている技術的话题について情報交換をするきっかけを与えられた。

以上で見てきてように、CSSを利用し、場合によっては複数ユーザの思考空間のすり合せを行うことにより、各ユーザの心の中の概念構造の相違を分析することが容易になり、更にその理由を探求するための新たな対話のきっかけが得られた。このような形態のコミュニケーション支援は、研究活動におけるディスカッション、人工物一般の概念設計者と論理設計者の対話、専門知識の教授者と学習者の会話など、さまざまなグループ活動に適用可能であると考え^(注13)。

6. グループによるフリーディスカッションでの利用

本章では、グループによるフリーディスカッションにおいて、CSSにより可視化された思考空間をいかに用いるかを明らかにする。実際にディスカッションがなされている現場でCSSを利用することも可能であるが、今回は、その参加者がディスカッションの後に、その内容を振り返り、新たな思考活動の対象とすることを目的として、CSSを利用した。

(注9)：2人の思考空間がテキストオブジェクト集合を共有しているのは、あくまでも字面の上でだけである。それらの概念に対応する心的内容や互いの関連付けは各ユーザごとに異なり、その様子を可視化することがこの実験の目的である。

(注10)：ここで行った複数の思考空間のすり合せ作業は、CSSで実装されているいくつかの基本的な機能(キーワードやテキストオブジェクトを別の空間にコピーする機能、複数の空間におけるキーワードの宣言情報の結合機能、空間構造の自動再構成機能、など)を手作業で組み合わせることによって得られたものであり、現在は単独機能としての完全自動化はなされていない。

(注11)：各ユーザが与えたキーワードの数やその重要度の値には偏りがあると考えられるが、現在は、それをユーザの個性とみなし、特にそれらを正規化する等の処理は行っていない。

(注12)：ユーザCのキーワードの装飾は、図を見やすくするためにユーザがCSSの機能を用いて行ったものである。

(注13)：実際に、筆者らはソフトウェア開発におけるユーザの要求分析に本章で紹介した手法を利用した[14]。ここでは、あいまいで抽象的な要求しかもっていないユーザの要求空間と、具体的なソフトウェア構造をもつ事例空間をすり合わせ、ユーザの要求と過去のソフトウェアの機能構造との関連性を可視化する手法の提案を行い、その有効性を検証した。

フリーディスカッションで出た複数の発言や話題を構造化することを考えるとき、そのアプローチは以下の二つに分けられると考える。

- (1) 話題と発言者の関係、発言間の因果関係、話題の時間的流れなどの記録と整理を行う
- (2) 時間の流れや発言者にとらわれずに、話題間の関連性を認識・分析するための支援をする

(1) は、ディスカッションの比較的表層にある情報を記録・整理する能力である。従来の CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) の研究の中で、参加者の発言を構造化することを目的とする研究の多くは、こちらをターゲットにしている。例えば [15], [16] は、システムが議論モデルを規定し、ユーザが発言をするたびに、ディスカッション全体におけるその発言の意味付け等を明示的に与えるようにする方法をとっている。それに対し (2) は、ディスカッションにおける話題の内容に踏み込んだ構造化をする能力を要する。上記の (1) の能力が比較的静的な外部記憶の生成を目的としているのに対し、(2) の能力は動的な外部記憶の生成を目的としているとも言える。CSS は、(2) をターゲットとする。

以下に、ある研究グループが行ったフリーディスカッションの記録と CSS を利用して、複数の話題と発言者の関係を可視化した例を示す。ディスカッションへの参加者は 5 人、テキストオブジェクトとして入力した話題数は 13 である。ディスカッションの内容は、仮に「プロジェクト X」と呼ばれているまだ具体的な方向性が定まっていない研究テーマをたたき台にして、自分たちの興味やそれに関連する技術的課題に関する議論を行ったものである。

ディスカッションへの参加者の 1 人が CSS を利用して構築した話題空間を図 4 に示す。図中の長方形のアイコンが話題に対応するテキストオブジェクト、長円形のアイコンがキーワードである。また、大きめの円形のアイコンは参加者の名前を表す。今回の実験では、参加者名もキーワードの一つとして定義し、その参加者が特に積極的に関与していた話題に対応するテキストオブジェクトにキーワードとして宣言した^(注 14)。そうすることによって、参加者と、話題および発言内容に関連するキーワードの関係を可視化することを試みた。

CSS が出力した話題空間を 5 人の参加者に見せたところ、まず空間中に話題に対応するクラスタを見つけ、次にそれらの間のすき間に注目するという傾向が

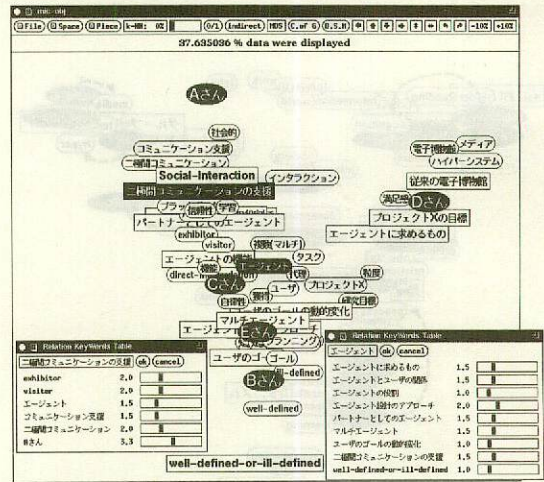


図 4 グループディスカッションでの CSS の利用例
Fig. 4 Usage of CSS supporting group discussion.

あることが観察された。クラスタとクラスタのすき間に注目したことに伴う発言の内容は参加者によって異なるが、そのすき間の中に新たなテーマの存在の可能性を見つけたり、さらなる議論の必要性を感じたりする傾向が強いことが共通していた。また、話題の展開やそれらの関連性を認識するのに役立つことが確認され、それに伴って、議論の中心になっていた話題が再認識されたり、グループ内でのさらなる議論のきっかけが得られた。他にも、「空間の外側にあるクラスタは、我々の研究興味に対する反面教師なのではないか」、「ディスカッションの全体構造を説明するような軸が空間の中に見えた」、「本来の題目とは別の話題に議論の時間を費やしていたことに気づかされた」、「参加者ごとの興味やグループの中での役割分担が見える」といった感想を得た。

7. むすび

ユーザの思考空間を可視化することによるコミュニケーション支援手法ならびに、それに基づいて試作されたツール CSS を紹介した。コミュニケーションを促進するためには不可欠であると考えられる、個人に依存する心の中の概念とそれらの関連性を伝え合うために、ユーザのアイデアや知識とそれを構成する概念素

(注 14)：参加者名を表すキーワードに対応するアイコンが他のキーワードのアイコンと形状や大きさが異なるのは、ユーザが見やすくするために操作したものであり、このようなことが容易にできるのも CSS の機能の一つである。

の関連性を、距離空間上に可視化する方法を提案した。CSSにより可視化された思考空間により、言葉の使い方の個人差や、個人の主観的見解の相違が顕在化されることが確かめられた。また、グループによるフリーディスカッションにおいても、可視化された思考空間が有効に利用できることを事例により示した。

コンピュータ上でさまざまな知的活動がなされる現代社会においては、知的活動の副産物として電子化されたドキュメントが氾濫しており、我々が直面している問題や興味に対応させながら、それらを動的に構造化し、さらなる知的活動に利用する必要がある。そのための道具としてCSSを利用することを考えると、テキストオブジェクトやキーワードの入力をすべてユーザが手作業で行うことには限界があるため、今後は、データベース等から自動的に、ユーザの思考を刺激する話題やキーワードを提示する手法[17]等との統合を検討したい。

謝辞 実験への協力と有意義なコメントを頂きました、東京大学の旧大須賀・堀研究室、また、本研究を継続するにあたり支援・協力を頂きました(株)ATR知能映像通信研究所中津良平社長ならび研究所諸氏に感謝致します。

文 献

- [1] K. Hori, "A system for aiding creative concept formation," IEEE Trans. Sys., Man, and Cybern., vol.24, no.6, pp.882-894, 1994.
- [2] 杉本雅則, 堀 浩一, 大須賀節雄, "主観的な概念の獲得, 表現の支援と設計問題への応用に関する研究," 人工知能学会誌, vol.8, no.5, pp.575-582, 1993.
- [3] 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.
- [4] 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," 情処論, vol.35, no.10, 1994.
- [5] A. Koestler, "The Act of Creation," Peters, 1964.
- [6] 西里静彦, "質量データの数量化-双対尺度法とその応用," 朝倉出版, 1982.
- [7] R.A. Finke, T.B. Ward, and S.M. Smith, "Creative Cognition," MIT Press, 1992.
- [8] M. Polanyi, "The Tacit Dimension," Routledge & Kegan Paul Ltd. 1966. 伊東俊太郎訳, "暗黙値の次元," 紀伊國屋書店, 1980.
- [9] C.M. Neuwirth and D.S. Kaufer, "The role of external representations in the writing process: Implications for the design of hypertext-based writing tools," in Hypertext '89 Proceedings, pp.319-341, 1989.
- [10] M. Eisenstadt, J. Domingue, T. Rajan, and E. Motta, "Visual knowledge engineering," IEEE Trans. Software Eng., vol.16, no.10, pp.1164-1177, 1990.
- [11] 角 康之, 堀 浩一, 大須賀節雄, "ソフトウェアの要求モデル構築における発想支援とモデル生成," 人工知能学会全国大会(第9回)論文集, pp.439-442, July 1995.
- [12] K. Imai, I. Nonaka, and H. Takeuchi, "Managing the new product development process," in 75th Anniversary Colloquium Productivity and Technology, pp.28-29, 1984.
- [13] 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.
- [14] 角 康之, 堀 浩一, 大須賀節雄, "要求空間を可視化することによるソフトウェアの要求モデル構築支援," 竹内彰一編, インタラクティブシステムとソフトウェアII, 近代科学社, Dec. 1994.
- [15] T. Winograd, "A language/action perspective on the design of cooperative work," Human Computer Interaction, vol.3, no.1, pp.3-30, 1988.
- [16] J. Conklin and M.L. Begeman, "gIBIS: A hypertext tool for exploratory policy discussion," in CSCW '88, pp.140-152, 1988.
- [17] K. Nishimoto, S. Abe, T. Miyasato, and F. Kishino, "A system supporting the human divergent thinking process by provision of relevant and heterogeneous pieces of information based on an outsider model," in Proc. IEA/AIE-95, pp.575-584, June 1995.

(平成7年6月26日受付, 10月6日再受付)



角 康之 (正員)

1990年早大・理工・電子通信卒, 1995年東京大学大学院工学系研究科(情報工学)修了。工博。同年,(株)ATR知能映像通信研究所入所, 現在に至る。人工知能, ヒューマンインタフェースの研究に従事。人工知能学会, 情報処理学会各会員。



小川 竜太

1992年東大・工・航空卒, 1994年同大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻修士課程修了。同年, 松下電器産業(株)入社。現在中央研究所勤務。ヒューマンサイエンスの研究に従事。



堀 浩一 (正員)

1979年東大・工・電子工卒。1984年同大大学院博士課程修了。工博。1984年国文学研究資料館助手。同助教授を経て、1988年東京大学先端科学技術研究センター助教授。1992年同工学部助教授、現在に至る。人工知能を中心とした情報処理システムの

基礎から応用にわたる広範囲の研究・教育に従事。最近の個人的な興味の中心は創造活動支援システム。情報処理学会、人工知能学会、日本ソフトウェア科学会、日本認知科学会、IEEE、ACM各会員。



大須賀節雄 (正員)

1957年東大・工・航空卒。同年、富士精密工業(株)入社。1961年東京大学航空研究所助手。1966年工博。1967年東京大学宇宙航空研究所助教授、1981年東京大学工学部教授。1995年早稲田大学理工学部教授、現在に至る。人工知能、特に知識処理、

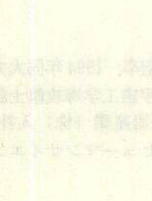
ヒューマンインタフェース、CAD等の研究に従事。人工知能学会、情報処理学会、航空宇宙学会、日本ソフトウェア科学会、AAAAI各会員。



間瀬 健二 (正員)

1979年名大・工・電気卒。1981年同大大学院修士(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年米国MITメディア研究所客員研究員。1992~1994年NTT技術情報センタ主任技師。1995年2月よりATRに出向。現在(株)ATR知能映像通信研究所第二研究室長。IEEE、情報処理学会各会員。工博。



太田 川小

大正大学工学部情報科学科教授。1981年東京大学工学部航空情報学専攻修士課程修了。1984年同大工学部航空情報学専攻博士課程修了。1987年同大工学部航空情報学専攻教授。1992年同大工学部航空情報学専攻教授。1995年同大工学部航空情報学専攻教授。1998年同大工学部航空情報学専攻教授。1999年同大工学部航空情報学専攻教授。2000年同大工学部航空情報学専攻教授。2001年同大工学部航空情報学専攻教授。2002年同大工学部航空情報学専攻教授。2003年同大工学部航空情報学専攻教授。2004年同大工学部航空情報学専攻教授。2005年同大工学部航空情報学専攻教授。2006年同大工学部航空情報学専攻教授。2007年同大工学部航空情報学専攻教授。2008年同大工学部航空情報学専攻教授。2009年同大工学部航空情報学専攻教授。2010年同大工学部航空情報学専攻教授。2011年同大工学部航空情報学専攻教授。2012年同大工学部航空情報学専攻教授。2013年同大工学部航空情報学専攻教授。2014年同大工学部航空情報学専攻教授。2015年同大工学部航空情報学専攻教授。2016年同大工学部航空情報学専攻教授。2017年同大工学部航空情報学専攻教授。2018年同大工学部航空情報学専攻教授。2019年同大工学部航空情報学専攻教授。2020年同大工学部航空情報学専攻教授。2021年同大工学部航空情報学専攻教授。2022年同大工学部航空情報学専攻教授。2023年同大工学部航空情報学専攻教授。2024年同大工学部航空情報学専攻教授。2025年同大工学部航空情報学専攻教授。