

Title	アイデアの空間配置によるグループ遠隔ブレインストーミングシステムの構築
Author(s)	近藤, 真己
Citation	
Issue Date	2000-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1341
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

アイデアの空間配置による
グループ遠隔ブレインストーミングシステムの構築

指導教官 丹康雄 助教授

北陸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

近藤真己

2000年2月15日

要旨

グループウェアは、協調作業における効率性の改善から創造的活動の支援へとその応用領域を拡げていきつつあり、創造性支援システムはその最初の具体例として期待を集めている。

我々が創造的活動を行う際のモデルは、発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化、評価・検証という4つの段階に分解される。その中で、発散的思考段階は問題を明らかにし、問題と関連する情報を収集するための段階であり、この研究分野では多くの伝統的方法論が開発されている。ブレインストーミングはアイデアを生成するための最も有名な技法の1つであり、批判の禁止、質より量の重視、自由奔放な発想、便乗の歓迎という4つのルールに則って進められる。

本論文では、我々が開発した遠隔ブレインストーミングシステム「Idea Canvas」について提案する。本システムは、図的入力インターフェースと相互情報提示機構という2つの大きな特徴を持っている。グループに参加するそれぞれのメンバーは図的入力インターフェースに対しアイデアを入力し、空間的に配置することによって自由に自らの思考の流れをインターフェース上に反映させることが可能である。相互情報提示機構が備えている空間構造解析エンジンはユーザが行ったアイデアの配置を解析し、関連するアイデアのグループを抽出する機能を持っている。抽出されたアイデアのグループは相互情報提示機構の機能に従い、サーバを仲介して他のユーザの図的入力インターフェース上へと送信される。

さらに我々は本研究において、図的入力インターフェースの効用と利用形式を検証するための予備実験を行い、図的入力インターフェースのユーザが一般的に主観的に関連するアイデアを近傍に配置し、クラスタ構造を形成することを確認した。我々はこの結果に基づき、クラスタ抽出による空間構造解析エンジンを備えた相互情報提示機構の設計した。それに続いて、実装された IdeaCanvas システムのグループでの発散的思考における評価実験を行い、相互情報提示機構がユーザの発散的思考促進に与える効果と、非同期的利用における違和感の軽減を確認した。

目次

1	序論	1
1.1	本研究の背景	1
1.2	本研究の目的	3
1.3	本論文の構成	3
2	図的入力インターフェース	5
2.1	概要	5
2.2	機能	7
2.2.1	基本機能	7
2.2.2	拡張機能	8
2.3	アルゴリズム	12
2.3.1	突き刺し選択のアルゴリズム	12
3	相互情報提示機構	14
3.1	概要	14
3.2	機能	15
3.2.1	空間構造解析エンジン	15
3.2.2	情報提示タイミング	15
3.3	アルゴリズム	17
3.3.1	クラスタ抽出のアルゴリズム	17
4	グループ発散的思考支援システム ”IdeaCanvas”	20
4.1	システム構成	20
4.2	実装	20
5	個人発散的思考における図的入力インターフェースの試用実験	22

5.1	試用実験の目的	22
5.2	実験方法	22
5.3	実験結果	24
5.4	考察	24
5.4.1	図的入力インターフェースによる発散的思考の促進の確認	24
5.4.2	アイデアの空間配置の利用パターン	27
5.4.3	情報提示要求のタイミングについて	27
6	相互情報提示機構を用いたグループによる発散的思考の評価実験	30
6.1	グループによる発散的思考実験	30
6.1.1	実験の目的	30
6.1.2	実験方法	30
6.1.3	実験結果	31
6.1.4	考察	31
6.2	非同期的条件における発散的思考実験	34
6.2.1	実験の目的	34
6.2.2	実験方法	35
6.2.3	実験結果	35
6.2.4	考察	35
7	関連研究	38
7.1	発散的思考支援ツールの研究	38
7.2	図的インターフェースを用いた発想支援ツールの研究	39
8	今後の課題とまとめ	41
8.1	今後の課題	41
8.2	まとめ	42
	謝辞	43
	参考文献	44

第 1 章

序論

1.1 本研究の背景

コンピュータはその実現技術, 特にネットワークやインターフェースの進化に伴い, 従来の科学計算, 定型業務の効率化といった利用から創造的活動の支援へとその応用領域を広げていきつつあり [5], それを実現する具体的手段としての発想支援ツールの研究が盛んに行なわれている.

國藤のモデルによれば, 人間の創造的問題解決のプロセスは

1. 発散的思考
2. 収束的思考
3. アイデア結晶化
4. 評価・検証

の 4 つの段階から構成される. 発散的思考段階は問題を明らかにし, 提起された問題に対して関連情報を収集し, 現状の分析を行う段階である. 収束的思考段階では発散的思考段階で得られた関連情報の奥に隠されている問題の本質を追求し, 問題解決のための本質的仮説を読み取らねばならない. この段階を通じて複数の候補仮説が生成された後, アイデア結晶化の段階で問題の本質を評価し, 問題解決に最も有効と評価される仮説を直感的に評価し採択する. 最終的に採択された仮説を現実の世界で実現可能な方策に展開し, 仮説が正しかったのかどうかをその結果により検証するのが評価・検証の段階である [3].

創造的問題解決プロセスの出発点に位置づけられる発散的思考は、この段階で得られたアイデアの断片が創造的問題解決全体を形作る素材になるという点で重要な段階である。発散的思考を行う技法は、

- 自由連想技法: 発想に制限や批判を加えずアイデアの自由な連想を促進する
- 強制連想技法: 発想に特定の方向付けを行い新しいアイデアを出しやすくする
- 類比発想技法: 異なった事物が持つ共通の属性から元の概念を発展させる

などに分類される [15].

中でも Osborn が考案したブレインストーミング法は、代表的な自由連想技法として最も有名な発散的思考技法であると言える。ブレインストーミング法は、

1. 批判禁止
2. 自由奔放の歓迎
3. アイデアの質より量を求める
4. 他人のアイデアへの便乗の歓迎

という4つの基本的ルールの中で参加するユーザが与えられたテーマに関するあらゆる思いつきを発言する、という形式で行われる。元来グループのための発散的思考技法として考案されたが、同じルールを適用することにより単独で発想する場合にも十分な効果があることから、現在ではグループ・個人を問わず上の4つのルールに基づいて行われる発散的思考をブレインストーミングと呼称するようになっている [15].

コンピュータの利用により発散的思考を支援する研究は、ブレインストーミング法に基づいた支援を中心にいくつかの研究がなされている。個々の研究例については関連研究の章で述べるが、システムがユーザの並行的な発言を統合・調整する [8]、入力されたアイデアに関連する情報をデータベースからヒントとして提示する [1][6][18]、システムがアイデアを画面上に配置することでユーザに新しい視点を提示する [12][13][14]、といった様々なアプローチでコンピュータにより発散的思考を支援する各種のツールが開発されている。また、自由連想技法支援ツールだけでなく、類比発想技法に基づいた発散的思考支援ツールも開発されている [9][17].

一方、従来の発散的思考支援ツールの問題点として、

- そのインターフェースが多くは入力されたアイデアが上から下に順に表示される一次元的なものであり、ユーザが連続的に入力していくアイデア間の関係が把握しにくく、アイデアが生成される背景にある思考の流れが把握しにくい
- 他のユーザが入力した断片的なアイデアがそのまま提示されるため、新しい発想の切口を伝えにくい
- 各ユーザが生成したアイデアが他のユーザの画面へリアルタイムに介入するため、自分の思考への集中を妨げられる恐れがある

といった点が挙げられる。本研究では、これらの問題点を解決したグループ発散的思考支援環境を構築することを目指している。

1.2 本研究の目的

本研究の目的は、個人の思考の流れをよりスムーズに表現・把握できるインターフェースを発散的思考支援システムに導入し、かつ相互の思考を妨げず、それぞれのユーザのアイデア生成の視点が他のユーザに発見しやすい形で相互の情報を提示できる集団発散的思考支援システムを開発することである。発散的思考の方法論としては、ブレインストーミングを基礎に置いている。

機能面では、先にのべた従来の発散的思考支援システムの問題点に対処するため、以下のような機能の実装を目標とする。

1. 入力したアイデアを画面上で自由に配置できる図的入力インターフェース
2. 各々のユーザの思考を妨害せず、有効な外部刺激として空間構造解析エンジンが抽出した関連するアイデアのグループを提示するための相互情報提示機構

なお、図的なインターフェースを用いた発想支援ツールの研究事例も幾つかある。それらの研究との差異については、関連研究の章で詳しく述べたい。

1.3 本論文の構成

本論文の以降の章では、まず第2章で図的入力インターフェース、第3章で相互情報提示機構を提案し、その目的と機能、アルゴリズムについて述べる。第4章では、これらの概念を実装したグループ発散的思考支援システム”IdeaCanvas”のシステム構成と実装につ

いて触れる。第5章では、相互情報提示機構の設計に先立ち図的入力インターフェースのユーザの使用パターンについて調査する目的で行った個人による発散的思考における図的入力インターフェースの試用実験の概要と結果について説明し、考察を与える。第6章では、グループによる発散的思考について行われた IdeaCanvas の評価実験の概要と結果を述べ、今後の課題を含めた考察を与える。第7章では関連研究について概観する。第8章では、今後の課題と本研究で得られた知見についてまとめている。

第 2 章

図的入力インターフェース

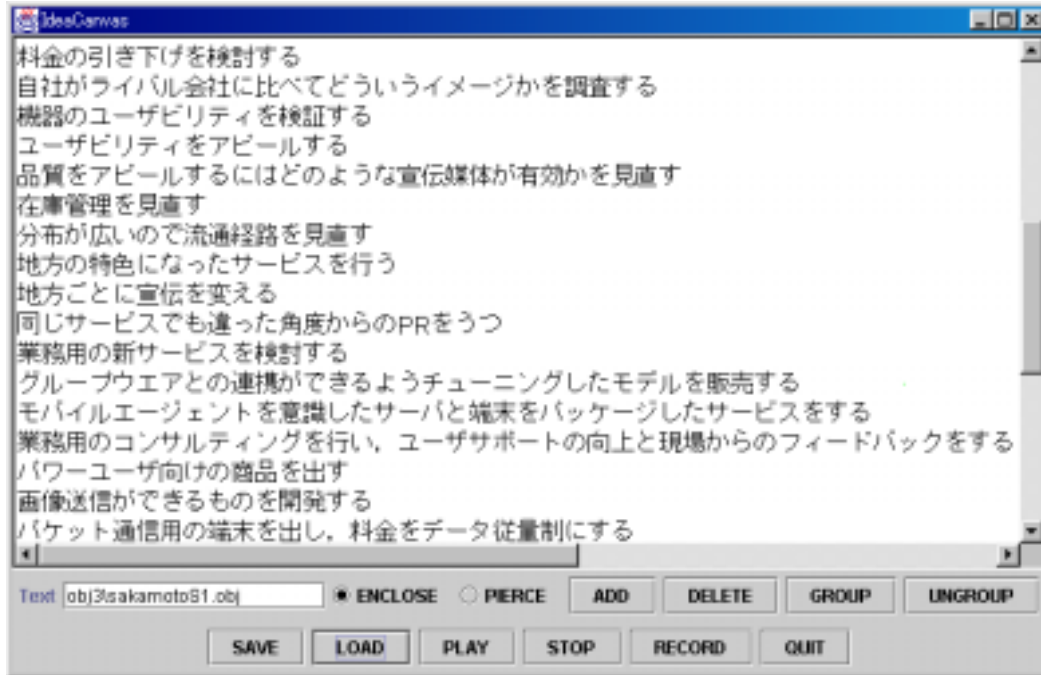
2.1 概要

人間が発散的思考を行う場合、自由連想技法と言えど様々なアイデアが全く無秩序に生まれてくるわけではない。発散的思考を行う各々のユーザの内面では、与えられたテーマと連想により引き出された知識をもとにアイデアの切口が見い出され、その切口に沿って関連のあるアイデアを探し、または別の切口を生み出してそこから発想の幅を広げていくと言った行為が行なわれている。例えば、新製品のネーミングを発散的思考のテーマとした場合、最初は製品の機能に着目して様々な名前を考え、それが行き詰まったら今度は製品のデザインを切口にしてネーミングの発散的思考を続けるといった具合である。しかし、従来の 1 次元的なインターフェースではユーザ自身が入力・表示されたアイデアを見てアイデア間の関連、アイデアを生み出している切口を把握するには不十分であったと思われる。

そこで、本研究ではユーザが生まれてくるアイデアを画面上で自由に並べ換えられる 2 次元的なインターフェース、図的入力インターフェースを提案する (図 2.1)。これにより、ユーザはアイデアを画面上で自由に並べ換えることが可能になる。これを用いて、アイデア同士の間関連や自分の思考の流れを整理・把握することが容易になり、まだアイデアが出尽くしていない切口を見つけたり、もしくは他の切口を探し出したり、さらには別の切口から生み出されたアイデアと一緒に置いてみて新しい切口を見つける手がかりにする、といった利用が期待される。

さらに、図的入力インターフェースが用いられた場合、ユーザは画面上でアイデア同士の何らかの関連性を反映させるようアイデアを配置すると予想できる。そこで、本研究ではそのアイデアの配置パターンを調べ、さらにそのパターンの検出を空間構造解析エンジ

【1次元的なインターフェース】



【図的入力インターフェース】

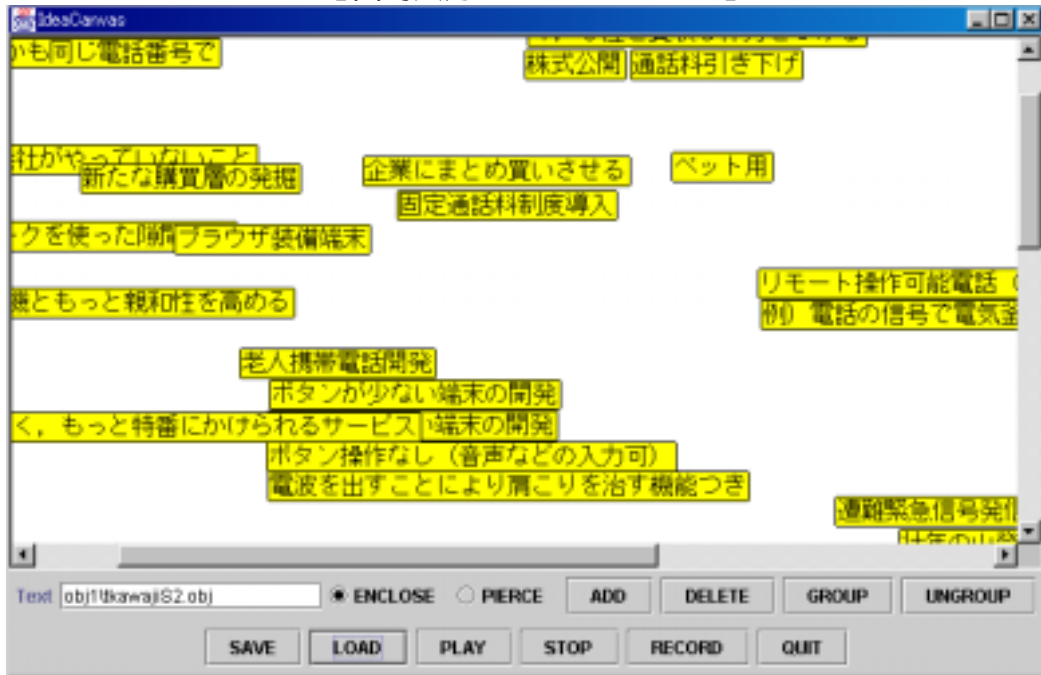


図 2.1: 1次元的なインターフェースと図的入力インターフェース

ンとして自動化し、関連するアイデアのグループを外部情報として他のユーザに提示することでアイデアに反映されたユーザの視点を提示することを目指している。

2.2 機能

2.2.1 基本機能

図的入力インターフェースは、キャンバスと呼ばれる2次元空間をユーザに提供する。発散的思考においてユーザが入力したアイデアは、キャンバス上のデフォルト位置に長方形の領域を伴ったテキストとして生成・配置される。これをアイテムと呼ぶ。ユーザは、このようにしていくつものアイテムが配置されたキャンバスに対し、様々な編集操作を行うことができる。

図的入力インターフェースが提供する基本的な編集機能は、以下の通りである。

1. アイテムの新規入力
2. 単独のアイテムの選択
3. 複数のアイテムの選択
4. 選択したアイテムの移動
5. 選択したアイテムの削除
6. アイテムの修正
7. ストリームへの保存

これらの機能は、キャンバス上のアイテムへのクリック、ダブルクリック、ドラッグ&ドロップまたはキャンバスの下に表示されるボタンへの操作で呼び出される。

1のアイテムの新規入力においては、入力されたアイテムが挿入される位置はユーザの思考の流れの一貫性を保つために、直前に生成または移動されたアイデアの近くに配置するように設計されている。

2, 3のアイテムの選択については、単独のアイテムを選択する場合はそのアイテムをクリックすることによって行う。複数のアイテムの選択に関しては2つの方法から選択でき、ラジオボタンで切り替えることが出来る。1つは、長方形の領域を設定しその領域に囲まれるアイテムを選択対象とする囲い込み選択、もう1つはマウスのボタンを押したまその

上を通過したアイテムを順次選択していく突刺し選択である。突刺し選択のアルゴリズムについては、次節で詳しく述べる。

発想支援システムのインターフェースの設計においては、ユーザの思考を妨げないようなインターフェースを提供できなければツールとしての効用が著しく損なわれてしまう。インターフェースの速応性、メンタルワールドの表現などの問題 [3] に考慮するのは勿論であるが、その他に図的入力インターフェースの設計においては、次の 2 つの点に留意している。

1. マウスとキーボードの往復の回避
2. 直接的操作感

1 については、アイデアの発想が順調に進行している間はキーボードを用いてのアイデアの入力に集中し、発想が行き詰まってきた時はマウスを用いたアイテムの並べ替えに集中するような利用を想定している。その実現のため、ユーザが明示的に配置位置を指定せず生成されたアイテムの配置位置をシステムが決定する、テキスト入力以外の操作をマウスだけで行うなどの工夫を与えている。

2 については、過去 KJ 法などの発想支援環境の構築においてもその必要性を指摘されている [4]。アイデアに対する編集操作を極力表示されたアイテムそのものに対するマウス操作 (クリック、ドラッグ&ドロップ) で行い、コマンドやメニューによる操作を排除することで現実のカード操作に近い感覚のインターフェースの実現を目指している。

2.2.2 拡張機能

基本的なアイテムの操作の他に、IdeaCanvas は以下のような拡張的機能を実装している。

1. イベントレコーディング機能
2. 階層的グループ化機能

イベントレコーディング機能

イベントレコーディング機能は、ユーザが IdeaCanvas 上で行った逐次操作をイベントの配列として保存する機能である。IdeaCanvas のクライアントではユーザの操作を以下の種類の 1 アイテム・1 操作のイベントに分解し、それをイベントリストとして保持している。

- AddEvent

- DeleteEvent
- ModifyEvent
- MoveEvent
- AddGroupEvent
- SelectEvent
- UnselectEvent
- GroupEvent
- UngroupEvent
- AddToGroupEvent
- DeleteFromGroupEvent
- AddHintEvent

これらのイベントは、Java のオブジェクト並列化機能によりファイルに保存、またはソケットストリームを通じてサーバに転送し、後で自由に再生することが可能である。また、ユーザの IdeaCanvas での編集操作の時間軸上でのログを出力する目的にも利用されている。

将来的には、この機能を利用し、他のユーザのアイデアの生成過程を部分的に再生することでより正確に各ユーザの思考の流れを伝達するなどの応用が考えられる。

階層的グループ化機能

IdeaCanvas は、選択された複数のアイテムをグループとしてまとめ、あたかも 1 つのアイテムであるかのように取り扱うことができるグループ化機能を備えている。グループ化は、生成されるグループのメンバーとなるアイテムを選択し、【GROUP】ボタンをクリックすることで実行される。一度グループ化されたアイテムは、一般のアイテムと同様に以下の操作が可能である。

- グループの選択
- ドラッグ&ドロップによる移動

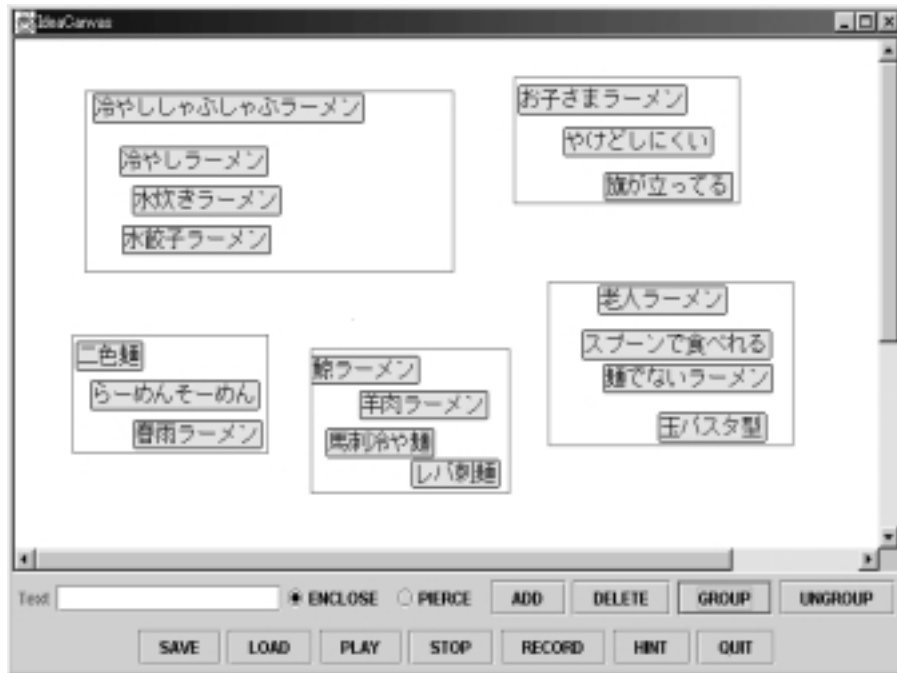


図 2.2: アイテムのグループ化

- グループ単位での削除

また、グループを選択した状態で【UNGROUP】ボタンを押すことで、グループを解除できる。

グループのエントリの操作についても、直接的操作感を保証するようにインターフェースが設計されている。グループはアイテムを囲む長方形の枠で表現されている。グループが非選択の状態ではグループに含まれるアイテムをドラッグしグループの外側に移動させると、自動的にそのアイテムはグループのエントリから削除される。逆に、あるアイテムをグループの内側に移動させると、そのアイテムは自動的にグループのメンバーとなる(図 2.3)。

さらに、グループは再帰的に階層構造を形成するように実装されている(図 2.4)。あるグループを含めた複数のアイテムを選択しグループ化すると、子グループをメンバーに含めた親グループが生成されることになる。この子グループは他のアイテムと同様に親グループの内側/外側に移動させることで、グループのメンバーとする、もしくはグループのエントリから削除することが可能である。

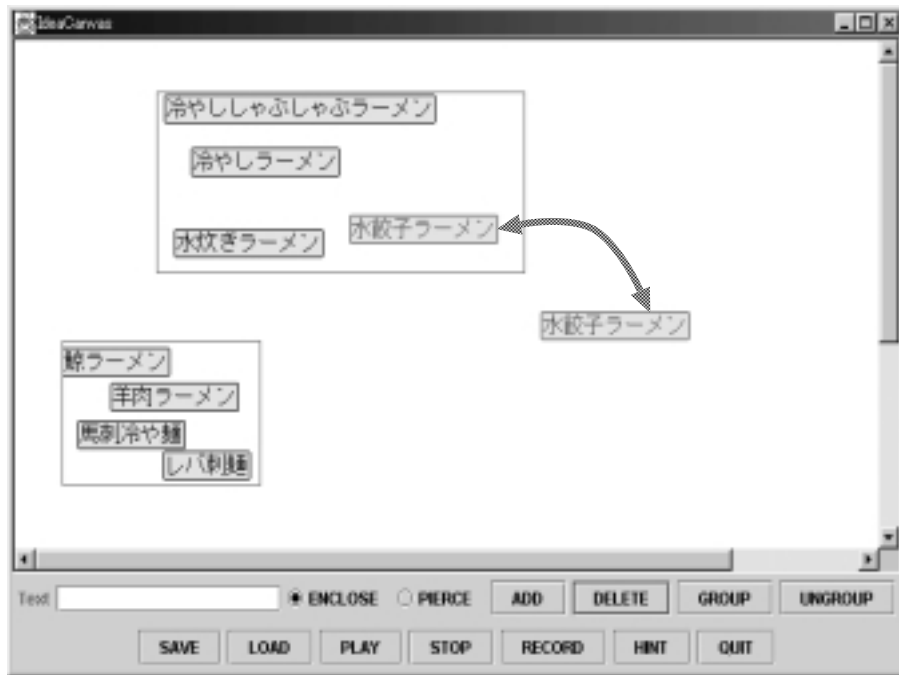


図 2.3: ドラッグによるアイテムのグループへの追加/削除

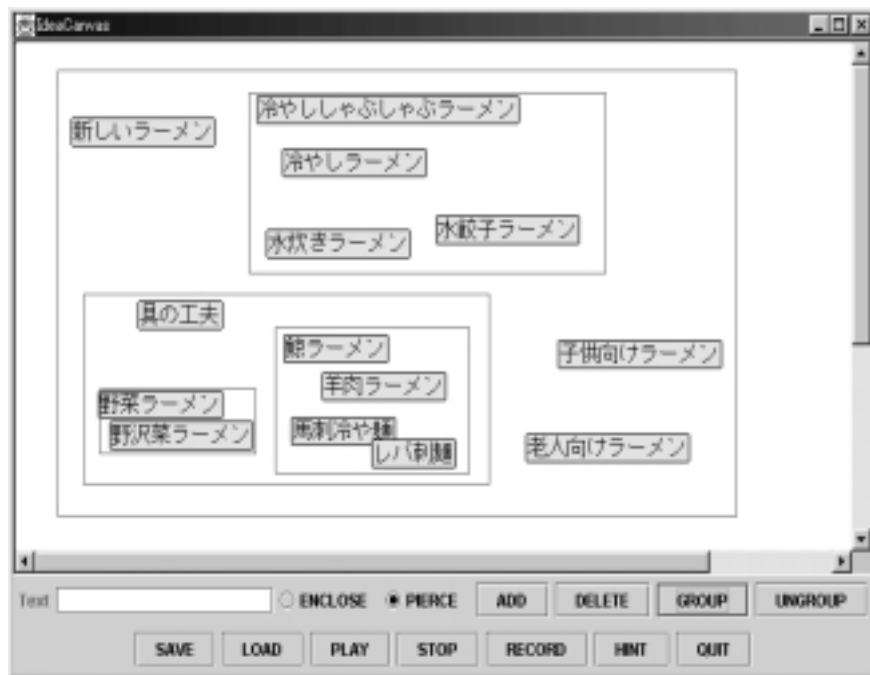


図 2.4: 階層的グループ化

2.3 アルゴリズム

2.3.1 突き刺し選択のアルゴリズム

突き刺し選択時に、ポインタがあるアイテムの上を通過したかどうか判定するアルゴリズムを説明する。

xy 平面上において、ポインタの軌跡は連続する移動ベクトルの系列として表現される (図 2.5). 系列中の任意の移動ベクトルを \vec{M} とすると、ポインタがアイテムの上を通過し

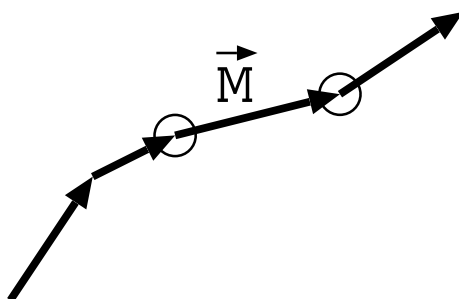


図 2.5: ポインタの軌跡

たかどうかの判定は移動ベクトル \vec{M} とアイテムの領域の対角線ベクトルが交差したかどうかの判定によって行われる. 一般に, 2つのベクトル \vec{X}, \vec{Y} の交差判定は, 次の命題に同値変形できる (図 2.6).

$$\begin{aligned} & \text{2つのベクトル } \vec{X}, \vec{Y} \text{ が交わる} \\ \Leftrightarrow & \begin{cases} \vec{X} \text{ の始点と終点が } \vec{Y} \text{ を通る直線を挟んで反対側にあり, かつ} \\ \vec{Y} \text{ の始点と終点が } \vec{X} \text{ を通る直線を挟んで反対側にある} \end{cases} \end{aligned}$$

そこで, ポインタが移動ベクトル \vec{M} に沿って移動するたびに, \vec{M} とアイテムの長方形領域の対角線ベクトルとの交差判定を行うことで, ポインタがアイテムの上を通過したかどうかの判定を行っている. 交差判定に用いる対角線ベクトルは図の長方形領域 ABCD に対し, マウスの移動ベクトルが左上または右下を向いているときは対角線 \vec{BD} , 右上または左下を向いているときは対角線 \vec{AC} を交差判定に用いている.

次に, xy 平面上において, 任意の点 $X(x_0, y_0)$ が 2点 $(x_a, y_a), (x_d, y_d)$ を通る直線 l の分割する領域のどちら側にあるかを判定する計算法を示す. 直線 l は, 次の式で表される.

$$l : y = \frac{y_d - y_a}{x_d - x_a}(x - x_a) + y_a$$

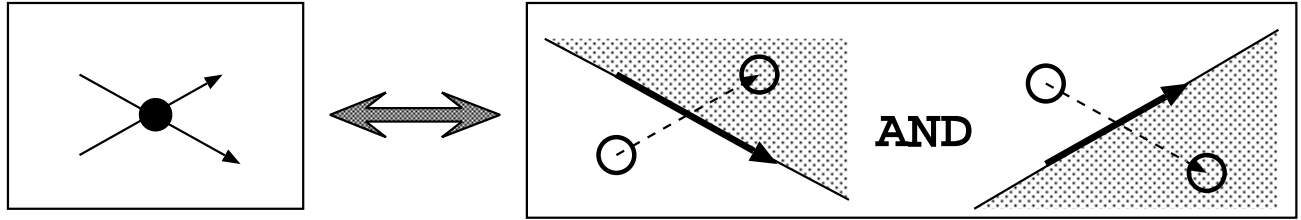


図 2.6: 2つのベクトルの交差条件

この式を同値変形すると,

$$\alpha(x - x_a) - (y - y_a) = 0$$

$$\text{但し, } \alpha = \frac{y_d - y_a}{x_d - x_a}$$

となる.

ここで, $f(x, y) = \alpha(x - x_a) - (y - y_a)$ とおくと, xy 平面全体は直線 l によって,

$$\begin{cases} f(x, y) \geq 0 & (\text{直線 } l \text{ の上側}) \\ f(x, y) < 0 & (\text{直線 } l \text{ の下側}) \end{cases}$$

の2つの領域に分割される.

よって, もしポイントの xy 平面上の2点 $(x_0, y_0), (x_1, y_1)$ について,

$$f(x_0, y_0) \cdot f(x_1, y_1) \leq 0$$

が成立するならば, この2点は直線 l を挟んで互いに反対の領域に存在することになる.

このようにして, ポインタの移動ベクトル \vec{M} とアイテム領域の対角線ベクトル \vec{D} について, 一方のベクトルの始点と終点がもう一方のベクトルを通る直線を挟んで反対側にあるかどうかを判定し, この関係が互いに成立するならば, 2つのベクトルが交差していると言える.

第 3 章

相互情報提示機構

3.1 概要

従来から電子会議システムとして実現されているグループ・ブレインストーミングシステムでは、1人のユーザが1つのアイデアを入力した時、リアルタイムに他のユーザにそのアイデアが提示されるのが一般的であった。これは、本来の集団ブレインストーミング法を忠実にシステム上で再現していたためと考えられる。このようなナイーブな相互情報提示方式のデメリットは、1点目は情報が提示されるたびにユーザの注意がその情報に向けられることで自分自身の思考の流れが妨げられる恐れがあることである。2点目は、発散的思考において生成されるアイデアは思いついたままの不完全な断片であり、それをそのまま他のユーザに提示してもアイデアを入力したユーザの内面にあるアイデアを発想する切口、思考の流れが他のユーザに伝わりにくいという点である。

そこで、本研究では、必要以上の頻度で発生する情報提示によるユーザの思考の流れの障害を防止し、発想に行き詰まりを感じ外部刺激によって発想のブレイクスルーを求めているようなユーザが他のユーザの発想の切口を理解しやすい形で情報を提示できるような相互情報提示機構の実現を目的の1つとしている。

本研究で構築した相互情報提示機構では、情報提示の形式と、情報提示のタイミングの2つの視点から有効な情報提示の方法を提案している。情報提示の形式では、図的入力インターフェースにおいてユーザによるアイテムの配置から関連性があるアイデアのグループを他のユーザに提示する情報として抽出する空間構造エンジンを実装している。情報提示のタイミングについては、ユーザの発想の行き詰まり時に外部からのヒントとしての情報を提示する方法を提案している。

3.2 機能

3.2.1 空間構造解析エンジン

空間構造解析エンジンは、図的入力インターフェースにおけるアイテムの配置から関連するアイデアのグループを他のユーザに提示する外部情報として抽出する機能を持つモジュールである。

空間構造解析エンジンは、構築に先立って行った図的入力インターフェースを用いた個人による発散的思考の試用実験の結果に基づいて設計されている。詳細については第5章で詳しく説明しているが、この実験の結果よりユーザの2次元空間上でのアイテムの配置パターンについて、ユーザは一般的に関連するアイテムを互いに近くに配置することでクラスタ構造を構成することが観察されている。これは、同じく2次元的なインターフェースを用いた研究において確認されている、「被験者たちは皆、互いに関係があると感じたエレメント群を空間的に近接する位置に配置した」[16]、といった事実と一致している。

そこで、空間構造解析エンジンは図的入力インターフェースにおいて、近傍に配置されたアイテムからなるクラスタを他のユーザに提示する関連するアイデアのグループとして抽出する(図3.1, 図3.2)。このような情報提示の形式により、従来のシステムでは分断して提示されていた断片的なアイデアの集まりに付与される主観的な関連性を他のユーザから発見しやすくなり、自分の発想の新しい切口として生かすことができるという効果を期待できる。

3.2.2 情報提示タイミング

グループによる発散的思考において、他のユーザの入力したアイデアをヒントとして提示するタイミングは、そのユーザの発想が行き詰まって刺激を求めている時であるべきである。それ以前の不必要な情報提示は、かえってユーザの発散的思考への集中を妨げることにもなりかねない。そこで、情報提示のタイミングについては、ユーザの明確な要求とシステムによる発想の行き詰まりの検出の2通りのタイミングで提示を行う。

発想の行き詰まりの検出については、試用実験におけるユーザの振る舞いとアンケートの回答を参考に、基本的には最後にアイデアが入力されてからの時間間隔を計測することで行っている。また、システムの誤検出による不必要な情報提示を禁止するため、ユーザが外部刺激提示の禁止を明示的に指示する機能をつける。但し、試用実験の結果からユーザは一定時間入力がなかった場合ヒントを提示するという点では大体一致しているものの、その時間の長さへの要求は異なる。そこで、そのタイムラグの設定としては、デフォルトと

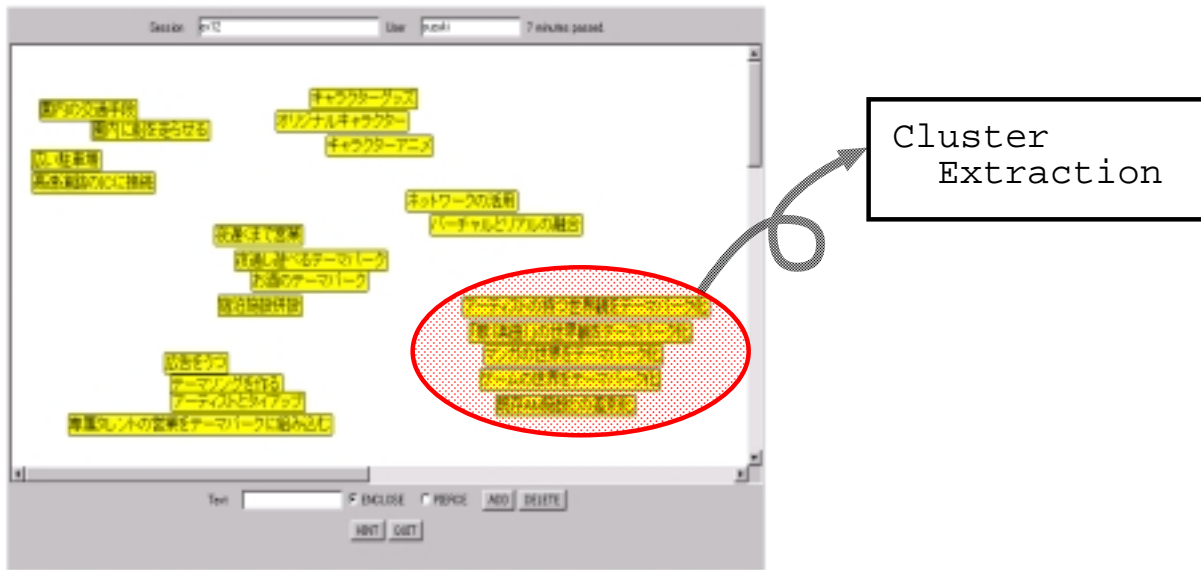


図 3.1: クラスタ抽出

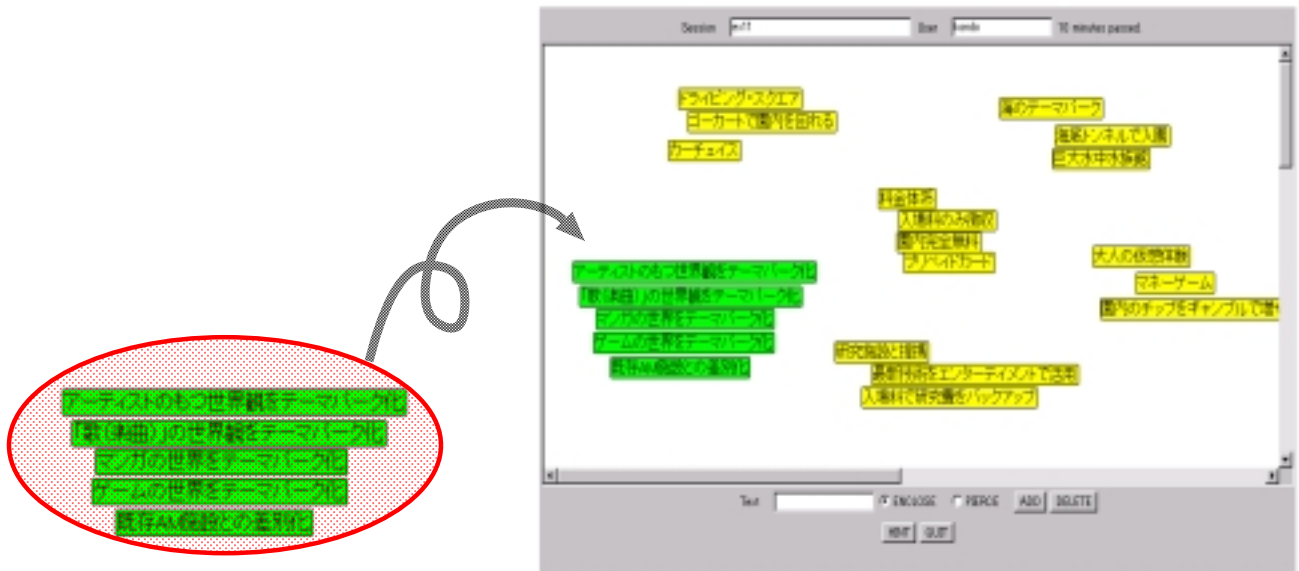


図 3.2: ヒント提示

して平均的な時間（3分～5分）を設定し、かつその時間はユーザが自由に修正できるものとする。

3.3 アルゴリズム

3.3.1 クラスタ抽出のアルゴリズム

図的入力インターフェースからアイテムのクラスタを抽出するアルゴリズムは様々な方式が考えられるが、本研究では次の2つの基準に基づいてアルゴリズムを採用している。

1. 計算量の節約
2. 逐次的なクラスタの構成

1に関しては、図的入力インターフェースの章で述べたように、発想支援システムにおいてはインターフェースが速応性を保持し思考の流れを妨害しないようにするため、編集操作に伴って行われる処理の計算量を抑えるという要求から決められている。2の要求は、ユーザが2次元空間に反映しているメンタルスペースを忠実に追跡することと一致する。

具体的なクラスタ抽出の流れは、

1. あるアイテムを対象に生成・移動といった操作が行われる。
2. そのアイテムの選択が外れたとき、最も近くにあるアイテムとその距離を求める
3. その距離が一定の閾値以下ならば、最も近くにあるアイテムが所属するクラスタに帰属させる
4. その距離が閾値以上ならば、新しいクラスタを生成し、そのクラスタに帰属させる
5. 一定回数のクラスタの再構成が起きたとき、クラスタオブジェクトを並列化してサーバへのストリームに送信する

という流れになっている。クラスタは、モジュールで内部的に生成されているアイテムの配列である。

次に、アイテム間の距離の計算法について説明する。図的入力インターフェース上に配置された2つのアイテム間の距離は、それを見たユーザにフィードバックされた際にその直観と一致していなければならない。（つまり、ユーザが見て「近い」と感じた2つのアイテムの距離は小さい値をとらねばならない。）長方形の領域を持つ2つのアイテムA,Bの距離は、以下の規則で計算される。

1. A と B が互いに重なり合う領域を持つとき, A と B の距離は 0 である (図 3.3)

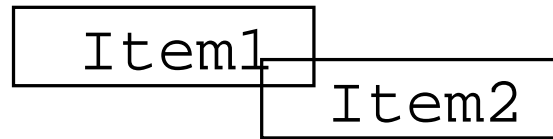


図 3.3: 重なり合う場合

2. A の上辺または下辺が B の上辺と下辺の間にあるとき, A と B の距離は A の左辺と B の右辺または A の右辺と B の左辺の距離の小さい方を取る (図 3.4)

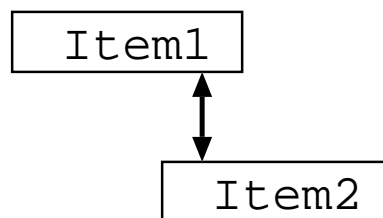


図 3.4: 横に並ぶ場合

3. A の左辺または右辺が B の左辺と右辺の間にあるとき, A と B の距離は A の上辺と B の下辺または A の下辺と B の上辺の距離の小さい方を取る (図 3.5)

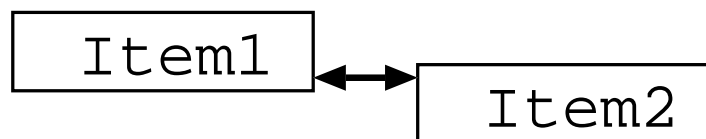


図 3.5: 縦に並ぶ場合

4. A の上辺と下辺が B の上辺と下辺の間に無く, A の左辺と右辺が B の左辺と右辺の間に無い場合, A と B の距離は最も近い組合わせの頂点間の距離をとる (図 3.6)

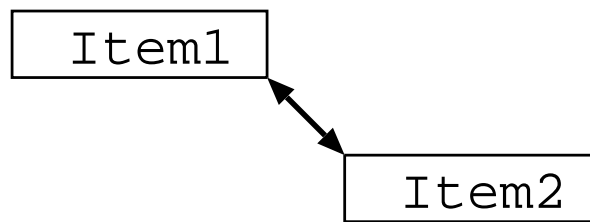


図 3.6: 斜めに並ぶ場合

これは, 結局 A の長方形領域と B の長方形領域の中の最短距離を定義していることに他ならない.

第 4 章

グループ発散的思考支援システム ”IdeaCanvas”

4.1 システム構成

本研究では、図的入力インターフェースと相互情報提示機構を備えたグループ発散的思考支援システム”IdeaCanvas”を実装した。IdeaCanvas のシステム構成は図 4.1 のようになっている。

IdeaCanvas はクライアント・サーバ型のシステムとして構築されている。各クライアントは図的入力インターフェースを備え、ユーザはその上で各自発散的思考を行う。それと並行して、空間構造解析エンジンがユーザの入力から提示情報を抽出し、相互情報提示サーバに送出する。相互情報提示サーバでは各クライアントから送られてきたクラスタ情報を保持し、リクエストに応じ提示する。

4.2 実装

クライアントは、図的入力インターフェースと空間構造解析エンジン、情報提示要求ルーチンを備えた Java アプレットとして実装されている。そのため、IdeaCanvas のユーザは特別にソフトをインストールする必要も無く、JavaVM が動作する WWW ブラウザ上でシステムを利用することができる。

サーバは、JAVA アプリケーションとして実装されており、各クライアントより送られてきたクラスタ情報をファイルとして保存し、要求に応じ送信する役割を担っている。なお、このサーバはユーザの行動を記録するイベント・ログをクライアントから受信・保存

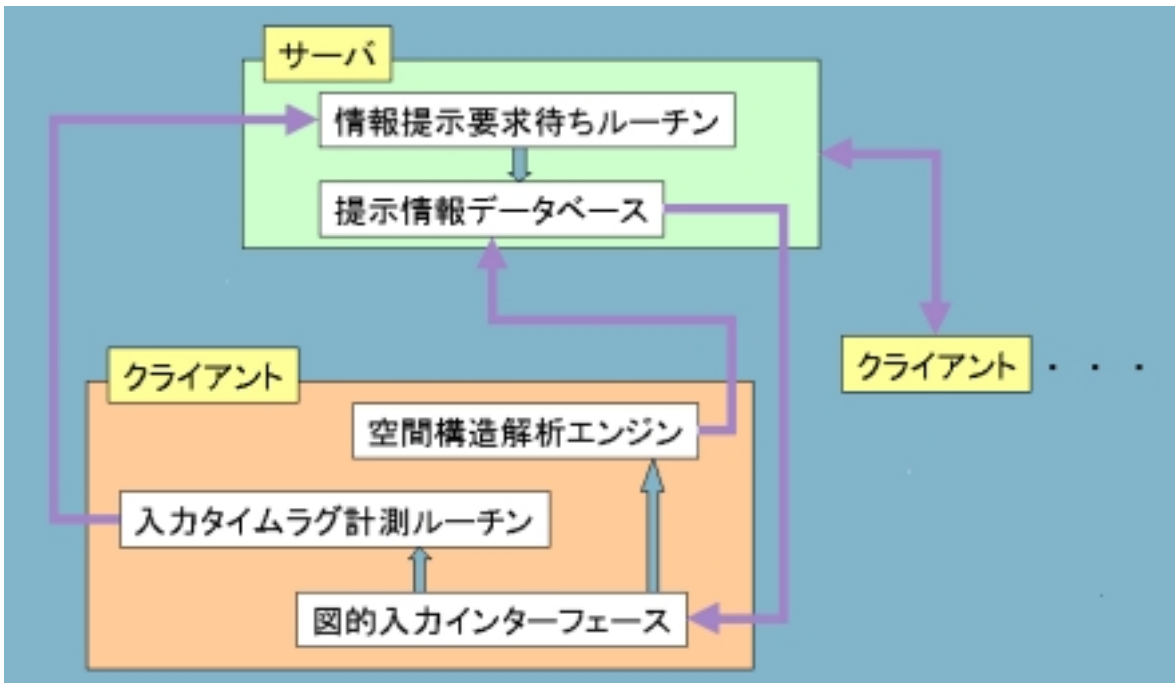


図 4.1: システム構成

する機能も保有している。

クライアント・サーバ間の通信は、ソケットにより開いたストリームを通じて行っている。クラスタやイベントの情報をストリームを通じて送受信するために、Java のオブジェクト並列化機能を用いている。

第 5 章

個人発散的思考における図的入力インターフェースの試用実験

5.1 試用実験の目的

本研究では、相互情報提示機構の設計に先立ち、図的入力インターフェースを備えた個人ブレインストーミング環境を WWW 上で構築した。実験システムでは図的入力インターフェースに加え、実験者が実験用に用意したヒント情報を要求により表示する機能を備えている。この実験システムを用いて、以下を目的とする個人発散的思考における試用実験を行った。

1. 図的入力インターフェースによる発散的思考促進の効果の測定
2. ユーザの空間配置機能の使用パターンの観察
3. ヒント提示要求タイミングの観察

5.2 実験方法

試用実験は大学生・大学院生 15 名を対象として行われた。被験者は 3 つのグループに分けられ、それぞれのグループで 3 種類の課題を Step1 から Step3 までの条件の下で発散的思考を行った。

各グループの被験者は 3 つの課題について発散的思考を行った際の実験条件は、以下の 3 種類である。

Step1 入力したアイデアが縦に並べて表示される一次元的なインターフェースでの発散的思考

Step2 アイデアを画面上で自由に配置できる図的入力インターフェースでの発散的思考

Step3 ユーザからの要求に応じヒントを提示する機能を加えた上での図的入力インターフェースによる発散的思考

なお、各グループの被験者が Step3 で提示されるヒントは、他のグループの被験者が同じ課題で Step2 での発散的思考で生成したアイデアからクラスタを手作業で抽出して用いている。

実験に用いられた課題は以下の3題である。

1. 上の写真は、自転車メーカー・A社が開発した、自転車後部に取りつけて立った状態での2人乗りを快適にするレジャー用新製品です。あなたは、A社に依頼されたと仮定し、この製品のネーミングについて発散的思考を行って下さい(ここでは写真は省略する。)
2. あなたは、小・中学生向けの学習指導・受験指導を行っている学習塾の経営者です。小児化時代を迎えるにあたり、生徒を確保し経営を続けていくためのアイデアについて発散的思考を行って下さい。
3. あなたは、業界3位、シェア10%の携帯電話サービス会社の経営者です。ライバルに対し自社のシェアを拡大するためのアイデアについて発散的思考を行って下さい。

なお、これらの課題は、就職試験などで用いられるケーススタディと呼ばれる試験手法を参考に作られている。

	Step1	Step2	Step3
グループ1	課題1	課題2	課題3
グループ2	課題2	課題3	課題1
グループ3	課題3	課題1	課題2

表 5.1: グループと課題・実験条件の対応

各実験において実験者は被験者の図的入力インターフェース上での全ての行動をイベントレコードによって記録し、実験終了後に被験者の行動を再生し、発散的思考によって入

力されたアイテムの数を数え上げた。また、Step1 から Step3 の全ての実験が終了後、各被験者には図的入力インターフェース、ヒント提示機能についての以下のアンケートに回答してもらった。そのアンケートの設問は以下の通りである。

- Q1. Step1 と Step2 を比べ、アイデアを画面上で自由に並べ替える機能は発散的思考の役に立ちましたか？(はい/いいえ/どちらともいえない から選択)
その理由もお願いします。
- Q2. Step2 と Step3 を比べ、システムに提示されたヒントは発散的思考の役に立ちましたか？(はい/いいえ/どちらともいえない から選択)
その理由もお願いします。
- Q3. Step3 で、システムが自動的にヒントが提示してくれるとしたら、どのようなタイミングでヒントが提示されると良いと思われましたか？
- Q4. その他、気がついたこと、追加すべき機能などがありましたらよろしくお願いします。

5.3 実験結果

個人発散的思考に関する図的入力インターフェースを用いた試用実験の結果について 5.2, 5.3 にまとめた。5.2 には各被験者が入力したアイテムの数, 5.3 にはアイデアの空間配置機能, ヒント提示機能がそれぞれ発散的思考に役に立ったかという質問に対するアンケートの結果, 各被験者がアイテムを図的入力インターフェース上で配置する際に見られた形式についてまとめている。

5.4 考察

5.4.1 図的入力インターフェースによる発散的思考の促進の確認

アンケートの結果からは、「アイデアを自由に並べ換える機能が発散的思考の役に立ちましたか？」という問いに対し、15人中11人が「はい」と答えている。その理由としては、「全体を把握できる」「アイデアをを分類しまとめることで思考が整理される」「考え方の偏りがわかる」などの回答が得られ、図的入力インターフェースがユーザの思考の流れの整理・把握に役立っていると考えられる。

グループ 1	Step1	Step2	Step3	平均
	ネーミング	携帯電話	学習塾	
ユーザ 1	53	61	71	61.7
ユーザ 2	77	27	21	41.7
ユーザ 3	74	115	62	83.7
ユーザ 4	64	40	41	48.3
ユーザ 5	25	38	23	28.7
平均	43.6	56.2	43.6	47.8
グループ 2	Step1	Step2	Step3	平均
	学習塾	ネーミング	携帯電話	
ユーザ 6	64	41	33	46
ユーザ 7	15	10	26	17
ユーザ 8	53	37	39	43
ユーザ 9	26	14	47	29
ユーザ 10	27	16	21	21.3
平均	37	23.6	33.2	31.3
グループ 3	Step1	Step2	Step3	平均
	携帯電話	学習塾	ネーミング	
ユーザ 11	34	39	25	32.7
ユーザ 12	26	21	29	25.3
ユーザ 13	47	28	44	39.7
ユーザ 14	57	53	49	53
ユーザ 15	45	50	59	51.3
平均	41.8	38.2	41.2	40.4

表 5.2: 入力されたアイテム数

	空間配置有用性	ヒント提示有用性	空間配置使用形式
ユーザ 1	Yes	Unknown	一様
ユーザ 2	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 3	No	Yes	フリー
ユーザ 4	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 5	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 6	Unknown	Yes	クラスタ
ユーザ 7	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 8	No	Yes	クラスタ
ユーザ 9	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 10	Yes	Unknown	クラスタ
ユーザ 11	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 12	Yes	No	クラスタ
ユーザ 13	Unknown	Yes	リスト
ユーザ 14	Yes	Yes	クラスタ
ユーザ 15	Yes	Unknown	クラスタ

表 5.3: 空間配置とヒント提示の有用性に対する回答, 空間配置の使用形式

一方で、発散的思考で入力されたアイデアの数を見てみると、全体的に図的入力インターフェースを用いた場合の方が1次元的なインターフェースを用いた場合より少なくなる傾向が見られる。これには幾つかの理由が考えられるが、主な理由は類似したアイデアがまとめられることで重複したアイデアの入力が減ること、制限された時間の中でアイデアを動かしている時間が増えることで純粹にアイデアの生成に使われている時間が減っていることなどが考えられる。後者については、時間的制限を緩和させるなど違った角度からの発散的思考の評価が必要であろうと思われる。また、関連したアイデアが空間上でまとめられることで思考が収束してしまうのでは、という指摘もあり、これに対しては、有効な外部情報の提示により発想の行き詰まりを積極的に打破していく必要があると思われる。

5.4.2 アイデアの空間配置の利用パターン

それぞれのユーザが最終的に構成したアイデアの配置パターンに関しては、顕著な共通性が見られた。15人中12人のユーザが関係のあるアイデアを1つのグループにまとめる「クラスタ型」の配置パターンを用いていた。残りの3人については、関連するアイデアが近くに配置されるが個々のグループが連続して一様に分布している「一様型」、入力したテキストを1次元的にそのまま並べている「リスト型」、自分の思考の流れにそって逐次的にアイデアを自由につなげていく「フリーノート型」に分かれた(図5.1)。

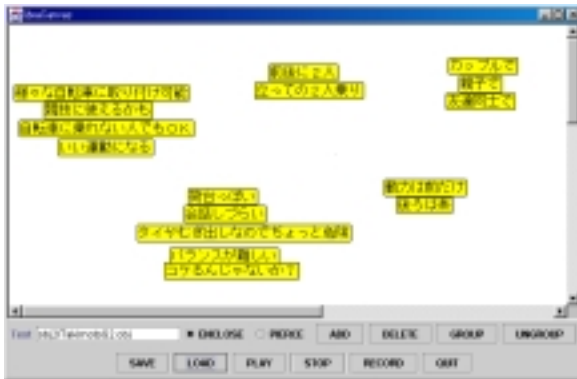
しかし、アイデア入力の過程を観察する限り、一様型の配置パターンの構成過程はクラスタ型と非常に類似している。一様型の配置パターンを示した被験者はアイデアの入力数も多く、実験後アイデアを配置できる空間が狭過ぎることに言及しており、その結果各クラスタが分離できなくなったと考えるべきであろう。これに対しては、一覧性を備えた上でのより大きな配置空間を用意することが必要である。その上で、空間構造解析エンジンの設計においては、このクラスタ型の配置パターンからのアイデアのグループの検出に焦点を絞る。

5.4.3 情報提示要求のタイミングについて

Step3で観察されたヒント提示要求については、ユーザが2通りのタイプに分かれた。1つは、早い段階でヒントを要求し、表示されたヒントを起点にアイデアを生成していくタイプ、もう1つはまず自力で発散的思考を行ない、発想が行き詰まった時にヒントを求めるタイプである。

ヒント提示の有効性については、不支持なのは15人中4人である。その理由を見ると、4人中多くは提示された情報に意外性が無かったためと答えている。一方、ヒントの提示が

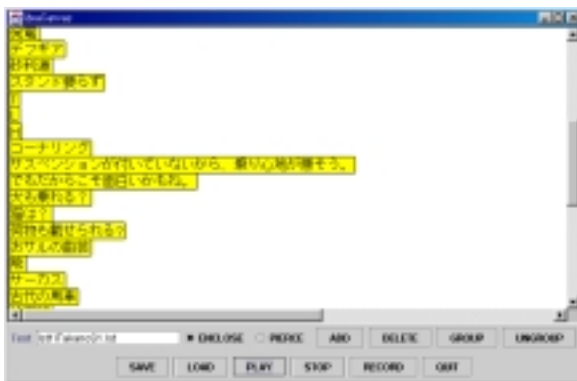
【クラスタ型】



【一様型】



【リスト型】



【フリーノート型】

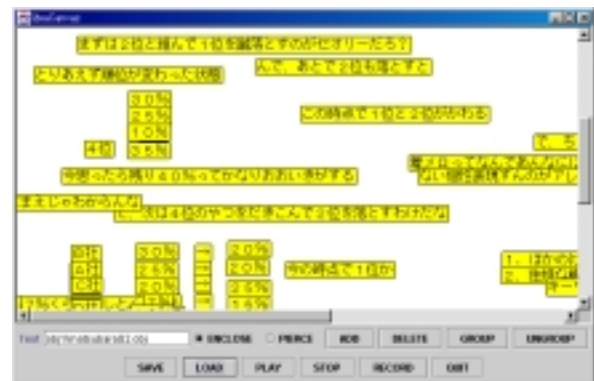


図 5.1: ユーザの空間配置機能の使用形式

有効であったと答えた被験者のうち6人までが、自分と違う観点からのアイデアを得られたと答えている。この違いは、現在提示しているヒントがランダムで選択されていることに起因する。よってラベルの語句を解析し、類似性の高いアイデアのグループをヒントとして提示しないようにすれば、ヒント提示の有効性に一般的な同意が得られるとも考えられる。

ヒント提示のタイミングに関しては、15人中9人が自動的にヒントを提示するならば「一定時間アイデアの生成が無かった時」にヒントを出すべきと答えている。但し、この時間は被験者により主張が異なるため、ユーザ毎に情報提示を必要とするタイミングを測定せねばならない。一方、「ユーザが自発的に要求すればよい」とする、即ち現状維持の意見も2人から出ている。

第 6 章

相互情報提示機構を用いたグループによる 発散的思考の評価実験

6.1 グループによる発散的思考実験

6.1.1 実験の目的

本研究では、前章で述べた個人発散的思考における図的入力インターフェースの試用実験の結果と考察に基づき相互情報提示機構を実装し、グループによる発散的思考での評価実験を行った。この実験では、グループでの発散的思考において IdeaCanvas を試用し、アイデアの生成数とアンケートの結果から IdeaCanvas の有効性を確認すると共に、今後の機能拡張の方向性を探っていくことを目的としている。

6.1.2 実験方法

実験は、大学院生 5 名を対象にして、この 5 人のユーザを分散状態に置き IdeaCanvas に同時にログインし、特定の課題について発散的思考を行ってもらおうという形をとった。

実験条件として、1 つの課題について 30 分の発散的思考を行い、最初の 15 分の発散的思考をシステムからの外部情報の提示のない状態で行い、残りの 15 分間を相互情報提示機構によるヒントの要求が可能な状態で行った。各ユーザにより入力されたアイデアの数を測定し、その後アンケートに回答してもらった。実験に用いた課題は以下のものである。

- あなたは、大手レジャー開発企業の経営者です。この度、日本に新しいテーマパークの建設を行なうことになりました。内容、サービス、立地条件、広告などどのような

観点からでも構いません。来客数を増やし、売上を伸ばすためのアイデアを出して下さい。

実験終了後、イベントレコードとログにより被験者の IdeaCanvas 上での行動を観察すると共にヒント提示機能に関して以下の設問についてのアンケートに回答してもらった。

Q1. ヒントボタンによって表示されたヒントは発散的思考の役に立ちましたか？(はい/いいえ/どちらともいえないから選択)

その理由もお願いします。

Q2. Step3 で、システムが自動的にヒントが提示してくれるとしたら、どのようなタイミングでヒントが提示されると良いと思われましたか？

Q3. その他、気がついたこと、追加すべき機能などがありましたらよろしくお願いします。

6.1.3 実験結果

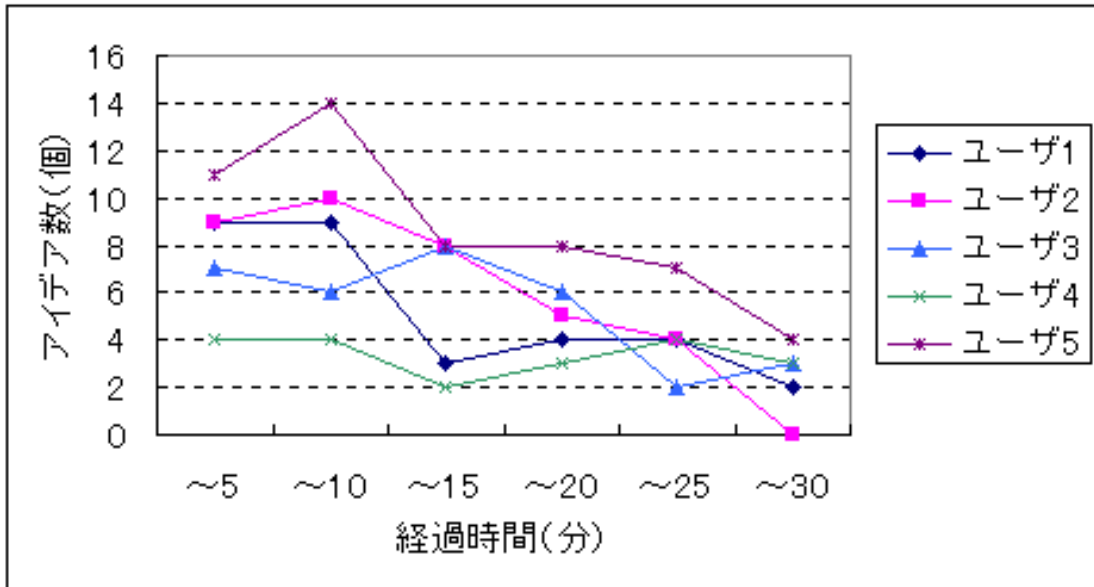
各ユーザの5分ごとのアイデアの生成数を図6.1に挙げる。また、各ユーザのアイデア入力数の推移を図6.2に示す。さらに、表6.1に各ユーザのアンケートにおける設問1の回答の一覧を示す。

6.1.4 考察

この実験での一番のポイントは、互いのアイデアを表示する相互情報提示機構によるヒント提示がアイデア生成に効果をもたらしているか、という点である。

図6.1を見ると、各ユーザの単位時間あたりのアイデア入力数は単調減少していく傾向がある。この減少の割合が、ヒント提示を行う発散的思考開始後15分の前後で緩和されていけば、ヒント提示によりアイデア入力が促進されていることのひとつの目安となる。この傾向は、ユーザ1、ユーザ4、ユーザ5のアイデア入力数で現れているが、ユーザ2、ユーザ3では顕著になっていない。

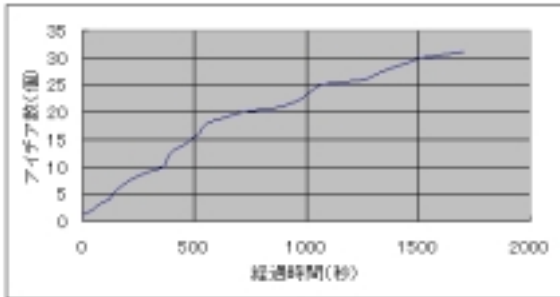
この2人のユーザについてイベント履歴とアンケートの結果を詳しく見ていく。ユーザ2の場合はヒント提示開始以降この機能を積極的に活用し、アンケートでもヒントの有効性に肯定的な回答を与えている。ユーザ2の場合は、多数提示されるヒントの各々を「読む時間」、即ちヒントの内容を理解し自分の発散的思考に適合できるか判断する時間が大きくなり、制限時間の中で純粋にアイデア生成に利用される時間が減少していると思われる。



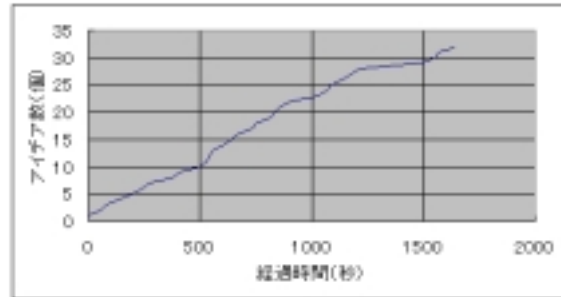
経過時間(分)	~ 5	~ 10	~ 15	~ 20	~ 25	~ 30
ユーザ1	9	9	3	4	4	2
ユーザ2	9	10	8	5	4	0
ユーザ3	7	6	8	6	2	3
ユーザ4	4	4	2	3	4	3
ユーザ5	11	14	8	8	7	4

図 6.1: 各ユーザの 5分毎のアイデア入力数

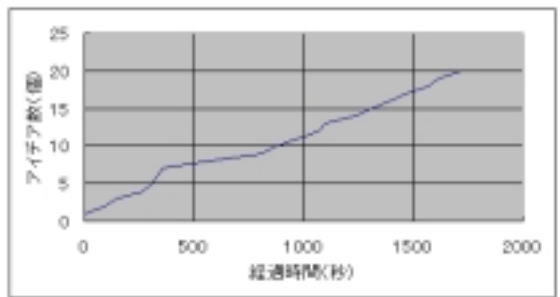
【ユーザ 1】



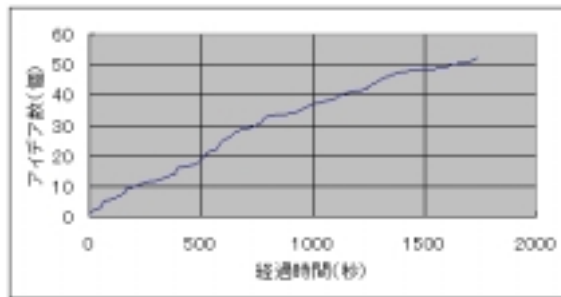
【ユーザ 2】



【ユーザ 3】



【ユーザ 4】



【ユーザ 5】

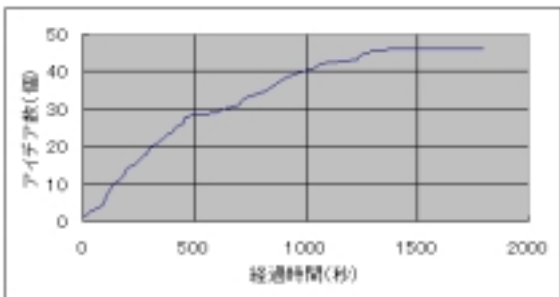


図 6.2: 各ユーザのアイデア入力数の推移

ユーザ	ヒントの有用性	その理由
ユーザ 1	Yes	別の視点を得られるという利点もあったし、「これでいいのか?」という迷いが出た時も、他の人が似たような発想をしていると知ることができ自分のアイデアを出せた。さらに、「それがいいならこれもいいだろう」というようなさらなる発散へつながったこともあった。
ユーザ 2	Yes	自分が思い付かなかったアイデアを得ることができた。
ユーザ 3	Unknown	似たようなアイデアが多かった。考える時間が短かったような気がする。
ユーザ 4	Yes	何となく思いついているけど表現の仕方・単語が浮かばないなどのときに、似たような意見があれば参考になる。逆に全く思いつかなかったアイデアを見ることで、新しく発想が浮かぶこともある。
ユーザ 5	Unknown	発想が、みなと似通っていたから。

表 6.1: ヒントの有用性とその理由

一方、ユーザ 3 の場合は、まずヒント利用の開始時刻が他のユーザより遅く、最初のヒントを提示させた時刻が開始後 20 分 45 秒後と記録されており、アイデア提示効果が時間的に後ろにシフトしていることが考えられる。しかし、それ以上にアンケートの結果でヒントの有用性に疑問を呈しており、かつヒントの利用も少ないことから、システムから提示するヒントについて内容を吟味する必要性があることを示唆している。

6.2 非同期的条件における発散的思考実験

6.2.1 実験の目的

IdeaCanvas では、互いのアイデアを提示する際、リアルタイムな提示により個人の思考の流れが中断されることをさけるため、ヒントの提示を非同期的なタイミングに行っている。その性質から、従来困難であった非同期的なグループブレインストーミングを同期的

なブレインストーミングと全く変わらない操作感で行うことが可能であると予想される。そこで、前節で述べた実験の後、そのユーザにさらに別の課題で発散的思考を行ってもらい、非同期的利用においてユーザの操作感に差が出ているかを観察した。

6.2.2 実験方法

前節で述べたものと同様の発散的思考 (15 分ないし 30 分の単独での発散的思考, 続けて 15 分の同期的な発散的思考) を体験した 10 人のユーザに対し、自由な時間で IdeaCanvas にログインし、別の課題でヒント提示機能を用いて発散的思考を行うように指示した。但し、最初にログインするユーザには提示されるヒントが用意されていないため、特別にもう一人のユーザに前もって単独で同じ課題での発散的思考を行ってもらった。発散的思考に用いた課題は以下のものである。

ユーザ 1~5 この度、国の文化事業の一環として新しい博物館を建設することになりました。立地、展示内容、展示企画などの観点から新しい博物館に対するアイデアを出して下さい。

ユーザ 6~10 あなたは、大衆向け中華料理チェーンのオーナーです。新たなメニューとして、今までにないラーメンのメニューについてのアイデアを出して下さい。

また、実験終了後、以下の設問によるアンケートに回答してもらった。

Q1. 前回の実験を比較して、感覚的な違いはありましたか？(はい/いいえ/どちらともいえないから選択)

その理由もお願いします。

Q2. その他、気がついたこと、追加すべき機能などがありましたらよろしくお願いします。

6.2.3 実験結果

15 分間の発散的思考の後にとったアンケートのうち、設問 1 に対する回答の一覧を表 6.2 に示す。

6.2.4 考察

2 回の発散的思考に対し、10 人中 8 人のユーザが感覚的な差異を感じているが、その内容は全てヒントを始めから表示することができるという実験条件、もしくは課題の差異に

言及したものである。それは、差異を感じなかった2人のユーザについても同様で、これらの点に比較すると非同期的に発散的思考を行っていることによる差異はユーザの主観の中では大きな割合を占めていないという事が言える。

しかし、ユーザ3は設問2に対して「ヒントの数が少なすぎるせいか、前回にも増して同じヒントが多かった」と回答している。非同期的に発散的思考を行った場合、早くログインしたユーザほど提示されるヒントが制限される可能性があることを示している。

また、同期/非同期的条件に関連して、ユーザ9はグループで協働して発散的思考を行う際に生まれる「のり」「勢い」といったものが感じられないという問題を指摘していた。IdeaCanvasの今後の課題として、同期的利用/非同期的利用いずれについても、そのようなグループ作業独特の雰囲気支援するためのアウェアネスの導入が挙げられる。

ユーザ	感覚的差異の有無	その理由
ユーザ 1	Yes	つまったらいきなりヒントに頼れるということで、ある種の「安心感」のようなものがありました。しかし逆に、安易にヒントに頼ってしまい、自分のなかで深く発散的思考を行うことがなかったような気がします。
ユーザ 2	Unknown	この条件でも「人間がヒントを出している」と言われれば、そう思ってしまう。
ユーザ 3	Yes	始めからヒントが使える、さくさく考えが進んだ。使えるヒントが多かった。
ユーザ 4	No	前回の実験でも、あまり同期で作業をしているという実感がなかったので、今回非同期で実験を行ってもほとんど違いが感じられなかった。
ユーザ 5	Yes	感覚的には、実験自体が 2 回目であるぶん、やりやすかったような気がします。(中略) テーマパークは、(中略) 博物館においては、(後略)
ユーザ 6	No	時間が短かっただけ。ヒント機能の使い勝手も前回と一緒。
ユーザ 7	No	自分の案を出しきってからヒントを要求するのは変わらない。
ユーザ 8	Yes	ヒントの制限がないから、最初からヒントに頼ってしまう部分があった。
ユーザ 9	Yes	欲しい時にヒントがもらえた。貰ったヒントが、そのときに役に立たないものが多かった。
ユーザ 10	Yes	ヒントに頼ってしまった自分が情けなく感じた。

表 6.2: 非同期的グループ発散的思考での感覚的差異の有無とその理由

第 7 章

関連研究

7.1 発散的思考支援ツールの研究

まず, 本研究以前に行われた発散的思考支援ツールを概観する. Colab[11] は CSCW の先駆的研究であり, その一部分を構成する Cognoter というツールは brainstorming, organizing, evaluation の 3 段階に分けて電子会議をサポートしている. Cognoter を用いたブレインストーミングでは, テキストを 2 次元の画面上の任意の場所に配置することが可能となっている.

同じく, CSCW の先駆的研究であるアリゾナ大学の EMS[8] は, 同室対面型の電子会議環境の代表的システムである. グループワークにおけるプロセスの損失を指摘し, 構成ツールである EBS はコンピュータシステムの導入によりブレインストーミングにおけるプロセスの損失を回避することでアイデア生成のパフォーマンスを上げることに成功している.

Keyword Associator[18], AIDE[6], BA[1] といったツールでは, ユーザが入力したアイデアに対しデータベースから関連する情報をヒントとして提示することで発散的思考の促進している. Keyword Associator では, ネットニュースを利用してキーワードの関連データベースの自動生成を実現している. BA では, 個人によるブレインストーミングの結果を関連情報データベースと共に利用することで非同期的なグループブレインストーミングを可能にしている. AIDE では, 各テキストの類似性をキーワードの共有度から計算し, 情報空間にマッピングすることで話題領域と空白領域を探索し, 関連性と異質性を併せ持つ情報を外部刺激として提示することを実現している.

また, 自由連想技法以外の発散的思考支援では, Metaphor Machine[17], 知恵の泉 [9] など類比発想技法に基づいた発散的思考支援ツールが開発されている.

7.2 図的インターフェースを用いた発想支援ツールの研究

本研究以前にも、図的なインターフェースを発想支援システムに応用した研究事例は収束的思考支援を中心に数多く行われている。

D-ABDUCTOR[4] は、KJ 法的な収束的思考を支援するツールである。狭義の KJ 法の過程を「図を書き替えながら思考を展開する過程 (図的思考展開過程)」として捉え、図の高度な編集を可能にし、操作を容易にする高機能グラフィック・インターフェース (GUI) の開発に最も重点を置き、直接操作環境とアニメーション環境による発想支援を実現している。

CONSIST-II[10] は、収集した情報・知識を整理するという収束的思考タスクを支援するシステムである。知識の整理結果となる図解を構成するタスクを概念ベース検索機能、自動レイアウト機能、ダイアグラム編集機能といった機能によって支援する。

統合的発想支援システム GrIPS[2] に D-ABDUCTOR と共に応用されている発散的思考支援システム Keyword Associator[18] においても、ダイレクト・マニピュレーション・インターフェースを採用し、キーワードを空間上で自由に配置・関連付け・グループ化する機能を与えている。

これらの研究では、図的インターフェースの”編集する”側面に重点を置いてこれを利用している。ART[16] では、これを一歩進め、RepresentationTalkback (アーティファクとして表出したものから人工物へのフィードバック) の増幅という観点から人間の知的活動を支援することを目指している。「書いてまとめる」という基本的認知プロセスを例にとり、断片的な文章の構成要素を空間的に配置し編集できるインターフェースを備えたプロトタイプシステム ART を用いた評価実験により、文章要素とメタコメント (= ”書くという作業に関する情報”) をユーザがどのように表現するかを観察している。

一方、多くの研究は図的インターフェースの”表現する”側面に着目している。AIDE[6] では、複数のテキストオブジェクトをキーワードの重みを用いて双体尺度法により 2 次元空間構造として表現した話題空間をユーザに提示することにより、ユーザの新しい話題の発見を支援している。

SC0/SC1[12] は、自動車設計における概念設計タスクを支援するための発想支援システムである。このシステムでは、複数の自動車名を各属性の数量的データから多次元尺度法を用いて 2 次元空間にマッピングし、概念設計のための初期空間として提示する。ユーザは、この空間上で自動車の配置を変更する過程で新しい概念を見つけることが期待されている。

CAT1[13] は、テキストを対象とした思考活動に注目し、2 次元空間上でアイデアや文章

断片をテキストオブジェクトとして並べ替えていくことで自らの思考活動を展開する。テキストオブジェクトにはいくつかのキーワードと名前が宣言され、思考過程が行き詰まったとき、システムはキーワードの共有度からオブジェクト間の関連度を計算し、多次元尺度法とバネモデルを用いて多次元のオブジェクト間の関連度を2次元に再構成しユーザに提示する機能を持つ。

CSS[14] は、システム設計におけるユーザの要求空間の構築を支援するシステムである。SC0/SC1 や CAT1 の思考空間の可視化手法を発展させ、テキストオブジェクトに与えられたキーワードとその主観的重要度から固有値計算を用いて2次元空間に自動配置する。

これらの研究では、2次元空間が思考空間を反映する能力を積極的に活用し、ユーザに創造的活動に対する視点を提供している。しかし、システムが空間配置を自動構成するというアプローチには、配置されるオブジェクトに空間配置を決定するための付加的な情報が必要となる。一方、ブレインストーミングのような発散的思考技法で生成されるアイデアは非常に断片的であり、単純な単語や文で表現される場合が多く、それだけでアイデア同士の関連性を自動的に決定するのは困難である。そこで、本研究ではシステムが空間配置を決定するのではなく、ユーザが決定した空間配置をシステムが関連性を抽出するのに利用するというアプローチを採用した。

第 8 章

今後の課題とまとめ

8.1 今後の課題

評価実験によって明らかになった課題は、次の 2 点である。

1. 提示されるヒントの内容が同じであったり掛け離れたりしていること
2. グループ作業における「のり」「勢い」といったものが伝わりにくいこと

1 については、関連性と異質性を併せ持つ情報の抽出法について深く考察した [7] を始め、連想辞書やキーワード共有性の手法により有効な関連情報を抽出する手法が数多く研究されている。これらの成果を本研究の図的インターフェースというアプローチと組み合わせ、より有用性の高いヒントを他のメンバーもしくはシステムから自動的に提示することが今後の研究課題の 1 つである。

2 については、現在 IdeaCanvas の修正版として、図的入力インターフェースを共有しリアルタイムに他のメンバーの思考過程を観察できる”SharedCanvas”のプロトタイプの実装を進めている。この 2 つのツールを比較評価し、それぞれの長所をまとめた同期・非同期両面对応のグループ発散的思考支援システムを構築することを計画している。さらに、非同期的利用において他のユーザの思考過程をよりリアルに参照するため、IdeaCanvas に既実装されているイベントレコーディングの技術をこの用途に利用できるようインターフェースを設計する必要がある。

また、現在の IdeaCanvas は発散的思考支援ツールに特化したツールであるが、既実装されているアイデアのグループ化機能を利用することで、収束的思考過程まで含めた統合型発想支援ツールとして活用できると期待される。そのために、収束的思考による成果物の

形式を検討し、一貫したインターフェースを設計することが今後の課題の1つとして挙げられる。

8.2 まとめ

本研究では、アイデアの空間配置によりユーザの思考の整理・把握を支援し、かつ空間構造から関連するアイデアのグループを抽出し、タイミングを制御した上で他のユーザに提示することで互いの思考を妨害せず、有効な相互情報提示が可能なグループブレインストーミングシステム”IdeaCanvas”の設計と実装について述べた。

また、その設計に付随し、個人の図的入力インターフェースを利用した発散的思考の試用実験を行いその知見をまとめ、さらに実装された相互情報提示機構を用いてグループによる発散的思考支援における情報提示の効果の確認、並びに非同期的利用におけるユーザの感覚的差異の測定を行う評価実験を行った。

謝辞

本研究の着想, 調査, 設計, 実装, 評価という過程全般において御指導下さり, 常に貴重な助言を賜り研究の方向性を導いて下さった國藤進先生に深く感謝の意を表します.

主指導教官として本研究の場を与えて下さり, 研究, 進路について親身になって相談にのって頂いた松澤照男先生に深く感謝の意を表します.

本論文の審査委員として, 貴重な助言を賜った丹康雄先生, 赤木正人先生, 平石邦彦先生に深く感謝致します.

研究室のセミナー貴重な助言を頂き, また研究室での日々の生活を支えて頂いた藤波努先生に深く感謝致します.

発散的思考支援システム全般についてご教授頂き, 研究の方向性を定めるきっかけを与えて下さった西本一志先生に深く感謝致します.

研究室での生活を支え, また評価実験までお付き合い頂いた知識科学研究科創造性開発論システム講座の皆様に深く感謝の意を表します.

システムの評価実験にご協力下さった知識科学研究科, 情報科学研究科並びに東京大学の皆様に深く感謝致します.

本研究のきっかけを与えて下さった東京大学情報科学科の先生方に深く感謝の意を表します.

最後に, 私の研究生生活を精神的にも金銭的にも支えて下さった両親に深く感謝の意を表します.

参考文献

- [1] 藤田邦彦, 創造的な討論を行う会議を支援するシステムに関する研究, 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士論文, 1999.
- [2] 神田陽治, 渡部勇, 三末和男, 平岩真一, 増井誠生, グループ発想支援システム:GrIPS, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp601-610, 1993.
- [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, pp552-559, 1993.
- [4] 三末和男, 杉山公造, 図的発想支援システム D-ABDUCTOR の開発について, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 9, pp1739-1749, 1994.
- [5] 西垣通, 組織とグループウェア, NTT 出版, 1992.
- [6] 西本一志, 対話協調作業における創造性を支援するシステムに関する研究, 大阪大学大学院工学研究科学学位論文, 1998.
- [7] 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, 人工知能学会誌, Vol. 11, No. 6, pp896-904, 1996.
- [8] J.F.Nunamaker, A.R.Dennis, J.S.Valacich, D.R.Vogel and J.F.George, Electronic Meeting Systems to Support Group Work, Communications of the ACM, Vol. 34, No. 7, pp40-61, 1991.
- [9] 折原良平, 発想支援システム「知恵の泉」, 人工知能学会誌, Vol. 9, No. 2, pp248-257, 1994.
- [10] 篠原靖志, 知識整理支援システム CONSIST-II -CONSIST の評価と改良について-, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp593-600, 1993.

- [11] M.Stefik, G.Foster, D.G.Bobrow, K.Kahn, S.Lanning and L.Suchman, Beyond the chalkboard: computer support for collaboration and problem solving in meetings, Communications of the ACM, Vol. 30, No. 1, pp32-47, 1987.
- [12] 杉本雅則, 堀浩一, 大須賀節男, 設計問題への発想支援システムの応用と発想過程のモデル化の試み, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp575-582 1993.
- [13] 角康之, 大須賀節男, 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, pp139-147, 1994.
- [14] 角康之, 堀浩一, 大須賀 節雄, システム設計における要求モデル構築支援, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 1, pp102-110, 1999.
- [15] 高橋誠, 創造開発技法ハンドブック, 日本ビジネスレポート, 1981.
- [16] 山本恭裕, 高田真吾, 中小路久美代, "Representation Talkback"の増幅による「書いてまとめる」プロセスの支援に向けて, 人工知能学会誌, Vol. 14, No. 1, pp82-92, 1999.
- [17] L.F.Young, The Metaphor Machine: A Database Method for Creativity Support, Decision Support Systems, Vol. 3, No. 4, pp309-317, 1987.
- [18] 渡部勇, 発散的思考支援システム: Keyword Associator, 計測自動制御学会合同シンポジウム論文集, 1991年10月29日~30日, 岡山大学, pp411-418, 1991.
- [19] 近藤真己, 國藤進, 図的入力と空間構造分析による遠隔ブレインストーミング支援システムの構築, 第39回人工知能基礎論研究会資料, 1999年11月25日~26日, 東京電機大学, pp93-98, 1999.