

形態分析法と Input-Output 法を応用した発想支援システム

金久保 正明[†] 萩原 将文[†]

本論文では、大規模な知識を有する電子辞書を利用し、創造技法として有用性が知られている形態分析法およびインプット・アウトプット法を組み合わせた新しい発想支援システムを提案する。従来の発想支援システムの研究では、特に我が国においては KJ 法に関するものが大多数を占め、他の創造技法を応用したものは少ない。形態分析法は、解決すべき問題を複数の構成部分に分割し、各構成部分の要素を列挙して組み合わせることで多数のアイデアの候補を得る技法である。インプット・アウトプット法は解決すべき課題を出力として設定し、現在の状態を入力として入力から出力に至る可能な道筋を考える技法であり、いずれも国内および海外で広く利用されている創造技法である。提案システムでは、この両者の考え方を統合し、さらに収束的思考を向かい合う発散的思考の組合せとしてとらえる観点を導入している。具体的には、インプット・アウトプット法における選択肢を、形態分析法における独立変数の要素として用い、より幅広くアイデアの候補を探ることができる方法としている。さらに、知識ベースとして EDR 電子化辞書を利用し、知識獲得の問題の克服を図っている。統合型発想支援ツールとしての立場に立ち、実際にユーザが使用できるシステムを実装し、詳細な評価実験により、特にユニークなアイデアを得るためには有効であることが確かめられた。

Creativity Support System Combining Morphological Analysis Method and Modified Input-Output Method

MASAAKI KANAKUBO[†] and MASAFUMI HAGIWARA[†]

In this paper, we propose a new creativity support system using electronic dictionaries. The proposed system is based on combination of morphological analysis method and modified input-output method which are well known as creative method. Most of the conventional studies on creativity support are for KJ method, especially in Japan. In the morphological analysis method a target problem is divided into many parts, which generates many independent variables as the components. Then, the user acquires new concepts combining independent variables. Input-output method sets a target problem as the output and presents condition as the input, then the user acquires new concepts thinking about the route from an input to the output. The proposed system combines these two method and has a new viewpoint, that is, convergent thinking is composed of divergent thinkings. The proposed system employs 'EDR electronic dictionary' and is implemented on PC. A series of computer experiments shows the effectiveness of the proposed system.

1. はじめに

近年の情報処理技術の著しい発展は、従来は不可能と思われていたコンピュータによる感性的な創作の支援^{1)~3)}、さらに、発見、創造といった人間の知的情報処理能力の支援を可能にしつつある。また、既成のシステムや価値観が崩れ、先が読めない混沌とした社会状況において、創造性の重要性がかつてないほど、強調されている。このような背景から、計算機による知的生産性支援ツールはますます注目を集めている⁴⁾。知的生産性支援とは、人間の創造的、

知的活動を助け、既知の知識の操作や加工によって新しい発想を生み出す過程を支援することである。人間の創造的問題解決のプロセスは、第1段階として様々なアイデアを考え出していく発散的思考、次にそれらをまとめていく収束的思考、さらにアイデア結晶化、評価・検証の4段階から構成しているとされる⁵⁾。この分類に対応して、発散的思考支援システムとしては、KeyWord Associator⁶⁾、Articulation Aid⁷⁾、SC0/SC1⁸⁾、IdeaFisher^{9)~11)}、Metaphor Machine¹²⁾、知恵の泉¹³⁾などが開発され、収束的思考支援システムとしては、KJ-Editor¹⁴⁾、CONSIST¹⁵⁾、郡元¹⁶⁾、D-Abductor^{17)~18)}などが開発されている。さらに、発散と収束の両機能をあわせ持つ統合型発想支援システムとして、FISM¹⁹⁾、GrIPS²⁰⁾などが

[†] 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

ある。

一方、創造工学の分野では、従来から数多くの創造技法が生み出されている。これらもすでに述べた分類と同様に、発散技法、収束技法、統合技法などに分類されている²¹⁾。しかし、これらの創造技法は主要なものだけでも十数種類あるにもかかわらず、発想支援システムに十分に活用されていないものも多い。上記の発散的思考支援システムのうち、Articulation Aid 1、および SC0/SC1 は、ユーザが発想の断片として与えるキーワードの空間配置を提示することにより、さらなる発想を促すツールである。KeyWord Associator および IdeaFisher も、入力されたキーワードから連想される語句をデータベースから探し出して出力する。Metaphor Machine および知恵の泉は、類推機能を有し、発散技法の Synectics 法の考え方を取り入れているが、これらのいずれも既成の創造技法を積極的に利用しているわけではない。

収束的思考支援システムに関しては、KJ-Editor、郡元、D-Abductor はいずれも KJ 法²²⁾に基づくものである。CONSIST は図解を操作することによりある視点からの知識の整理を行うもので、特に創造技法は用いられていない。統合型発想支援システムでは、FISM は対象とする問題を階層グラフとして表現することにより、発散的思考と収束的思考を行うものである。GrIPS は、グループでの発想支援を行うことを特徴とし、発散的思考支援として KeyWord Associator を、収束的思考支援としては D-Abductor を用いている。

つまり、創造技法の応用の観点からみると、すでに開発された発想支援システムにおいては、ブレンストーミング法に基づく試み²³⁾などを除けば、代表的な収束技法である KJ 法の応用が多く²⁴⁾、他の技法の応用はまだ少ないのが現状である。しかし、人間が行ってある程度の効果がみられるような創造技法の中には、KJ 法以外にもシステム化できるものは数多くあると考えられる。

また、従来より知識システム構築上の大問題として知識獲得ボトルネックが存在するといわれ⁴⁾、発想支援システムにおいても、未解決の課題となっている。近年、開発が進んできた電子辞書は膨大な知識を有し、手軽に利用できることから、その有効活用が期待されている。しかし、従来の電子辞書を利用した研究の多くは自然言語処理の研究に関するものである。

そこで本論文では、電子辞書を用い、その利用に適した創造技法を応用した新しい発想支援システムを提案する。具体的には、創造技法のうち、概念体系を多

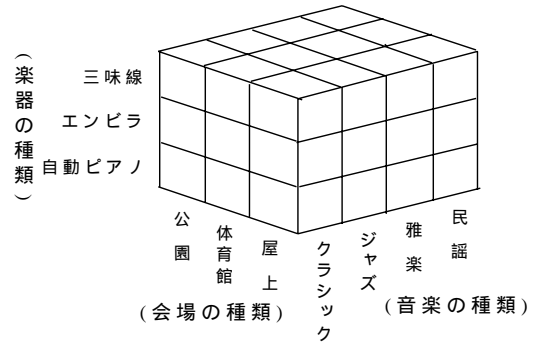


図1 モルフォロジカル・チャート

Fig. 1 An example of morphological chart.

用するため電子辞書の利用が有効と考えられる形態分析法とインプット・アウトプット法を使用し、電子辞書には、約40万概念の大規模な知識を有する日本電子化辞書研究所のEDR電子化辞書²⁵⁾を使用した。提案システムをC言語によるCGIとして、FreeBSDマシン上に実装した。以下、2章で形態分析法とインプット・アウトプット法の概略を述べた後、提案システムの説明を行う。3章で詳細な評価実験について述べ、4章で結論をまとめる。

2. 提案システムの概略

2.1 形態分析法とインプット・アウトプット法

まず、提案システムに応用した創造技法である形態分析法およびインプット・アウトプット法(入出法)の概略について述べる。

形態分析法は、カリフォルニア工科大学のZwicky教授が考案した、特に技術開発問題に有効とされる創造技法である²¹⁾。それは、「不可能と証明されない限りは、何事も不可能と認めるべきではない」という前提のもとに、以下のような過程を経てアイデアの発想を促すものである。第1段階として、解決すべき問題を独立変数と呼ぶ N 個の構成部分に分割する。次に、各独立変数ごとに考えられる具体的な事柄(独立変数の要素)を列挙する。最後にそれらを N 次元の形態分析チャート(モルフォロジカル・チャート)で表現して、総当たりのすべての組合せについて、アイデアになりうるかを検討していく。図1は、「新しいコンサートを考える」という問題に関する形態分析チャートの例である。ここでは、「使われる楽器の種類」、「コンサート会場の種類」、「演奏される音楽の種類」の3つの独立変数を取り、合計36種類の異なるコンサート(アイデアの候補)が存在している。

インプット・アウトプット法は、米国ゼネラルエレ

クトリック社が自動システムの設計アイデアを求めるために開発した創造技法である²¹⁾。たとえば、「強い日光を自動的に調節する日除けを開発する」という問題の場合は、図2の「最初の状態」(インプット)には「太陽の光や熱が入ってくる」が設定される。次に、そこから因果関係により導かれる様々な状態、たとえば「熱が加わって水蒸気が出る」、「光電池に作用して電流を流す」などを列挙していく(発散的思考)。次に、実現可能性や開発コストまでを含めた様々な制約条件を考慮してこれらの枝を絞り込む(収束的思考)。このような因果関係に基づく発散的思考と収束的思考を繰り返して、最終的に目標とする状態(アウトプット)である「自動的に日光を調節する日除け」に到達する技術を探せば、それがアイデアになるというのがこの手法の基本的な考え方である。

2.1.1 基本的な設計思想

提案システムでは、発散的思考として基本的に形態分析法を使用している。その際、解決すべき問題を技術的問題に限らず一般的な命題に拡張し、「何を」(主語的独立変数)、「どのようにするか」(形容詞的独立変数)、「どうさせるか」(動詞的独立変数)、「いつどこで」(副詞的独立変数)の4次元チャートが作成できるようになっている。形態分析法では、各独立変数の要素は、下位概念を列挙することにより作り出している。提案システムではさらに、電子辞書の意味ネットワークを用いて下位概念のほかに上位概念や動作主格などの概念関係を有する他の概念も独立変数の要素として画面上に列挙する。インプット・アウトプット法では最初の状態から目標とする状態へのルートをたどることによってアイデアに到達するが、その際に1つの状態から複数の次の状態を列挙して考察することを形態分析法における独立変数の要素の列挙と見なし、さらに因果関係だけではなく、電子辞書の他の概念関係も用いて列挙し形態分析法を拡張したものである。

ユーザは提案システムによって提示された独立変数の要素としてのキーワードを見比べながら、アイデアになりそうな組合せを探すことで自分の頭だけで考えていたのでは得られなかった発想の手がかりを得る可能性がある。形態分析法においては各独立変数からの要素の列挙、すなわち発散的思考の複数を向かい合わせることで収束的思考にしていると考えられる。提案システムもまた各独立変数からの要素の列挙、すなわち複数の発散的思考の結果としての数多くのキーワードを画面上で集めたり、対話型遺伝的アルゴリズムの手法により組み合わせて検討できるような仕組みを取り入れ、収束的思考支援ツールとしての機

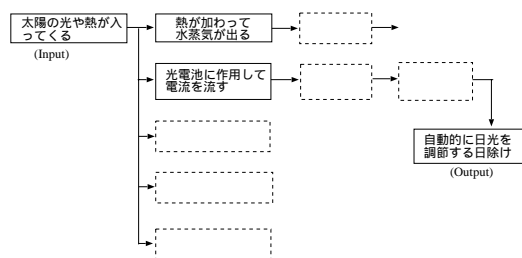


図2 インプット・アウトプット法のステップ
Fig. 2 Steps in the input-output method.

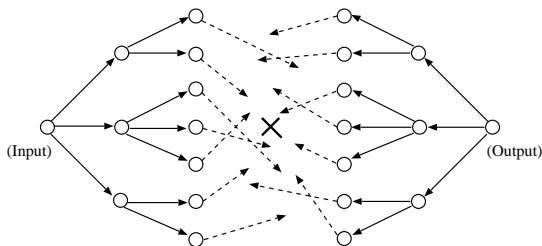


図3 逆インプット・アウトプット法
Fig. 3 Modified input-output method.

能も有している。我々は収束的思考を向かい合う発散的思考として扱うという観点のもとに、拡張された形態分析法を「逆インプット・アウトプット法」と呼びこれを提案システムの基本的な設計思想としている。

2.1.2 逆インプット・アウトプット法

ここでは、提案システムの中心をなす逆インプット・アウトプット法について述べる。逆インプット・アウトプット法とは、インプットから目標とする状態を探索するだけでなく、図3に示すように目標とする状態であるアウトプットからも最初の状態を探索して探索空間を狭めることにより、2つ(または複数)の向かい合った探索木の交点をアイデアとして効率良く導出しようという手法である。

たとえばインプット(最初の状態)が「太陽の光や熱が入ってくる」であり、アウトプット(目標とする状態)が「自動的に日光を調節する日除け」である場合、インプットから派生する「熱が加わって水蒸気が出る」、「光電池に作用して電流を流す」を探索していくだけではなく、アウトプットからもその原因・要因となる「日除けを動かすためには動力が必要」、「動力としてはモータが使える」などと逆方向に探索し、交点としての「太陽の光を電気に変換し、モータを動かして日除けを降ろす」といったアイデアを求めやすくする手法である。

実際には、データベースの知識の内容的限界や知識の組合せ数爆発などの理由から向かい合った探索木の

すべての組合せを検討するのは困難である。そこで、人間が双方の探索木のすべての先端どうしを総当たりに組み合わせつなぐりの可能性を探ることになるが、この作業は、2次元の形態分析チャートにより、独立変数の要素のすべての組み合わせを検討することと実質的に等しい。そこで提案システムでは、前述の4つの独立変数からなる4次元チャートの各軸をインプット（またはアウトプット）として、それらを出発点とする4つの探索木の枝の先端を各独立変数の要素として提示し、4つの向かい合う探索の交点を求める逆インプット・アウトプット法によりユーザにそれらを組み合わせる思考の手掛かりを提供する。

この探索木は電子辞書（EDR）の意味ネットワークを利用して、各インプットに該当する語（主語・形容詞・動詞・副詞）と上位・下位概念のほか、EDRに定義された概念関係を有する語を探索する。EDR電子化辞書の意味ネットワークは、約40万の概念について、それらの上位・下位概念の関係、動作主格・属性といった横の関係などの相互関係が定義されている。したがってこの中には下位概念の関係も含まれるので、形態分析法の下位概念の列挙も可能になる。さらにそれ以外の関係も含まれるため、たとえばある主語と関係のある動詞を合わせて独立変数の要素として出力することも可能となる。この動詞は意味ネットワークで真の関係としてリンクされているので、その主語と同時成立性の高い動詞であるといえる。これを「どのようにさせたいか」という解決すべき命題を構成する動詞やその関連語と突き合わせて考えることにより、ユーザは解決すべき命題を構成する動詞を解決すべき命題を構成する主語とアイデアとして結び付く動詞にスライドさせていくことが可能になる。

以上のように提案システムでは形態分析法における独立変数の要素に該当するキーワードを提示するところまでをシステムが行い、その要素を結び付けてアイデアを得る作業はユーザに委ねるといった構成をとっている。そしてシステムによるキーワードの提示とユーザによるキーワードの組合せの双方の過程が、逆インプット・アウトプット法を構成することになる。

2.1.3 アブダクションとしての発想支援システム

インプット・アウトプット法を推論形式にあてはめると、演繹（deduction）の典型であるいわゆる三段論法（インプット・アウトプット法では複数段論法になる）での2段目に位置する命題を探す過程に相当する。演繹論理は、前提から当然導かれる事実をたどっていく。これを、当然導かれる事実だけではなく、可能性として考えられる事実もたどる推論を考えれば、

三段論法における2段目に位置する命題を探る過程とは、演繹、帰納（induction）と並ぶ第3の推論形式といわれるアブダクション（abduction）にほかならない。アブダクション（発想推論）とは、一般に以下のような推論の過程といわれている。

- 意外な事実 Z が存在する。
- もし、Y が真実ならば、Z は当然のこととして導かれる。
- ゆえに Y は真実である可能性がある。

しかし、この Y はアブダクションの場合、現在知られている知識 X から発想によって得られるものであるから、アブダクションとは X と Z だけが得られている状態から Y を発想する過程であるといえる。

もし、推論が電子辞書に記述された概念関係しかたどらないのならば、この Y に位置する命題を探る過程は、三段論法における2段目の命題を探る過程になる。しかし、提案システムでは Z の側からの探索と、逆の X の側からの探索も示している。それらの両者をつなぐ作業はユーザの自由な発想に委ねられており、アブダクション支援システムとしての機能も備えている。

2.2 ユーザ・インタフェース

2.3 提案システムの概略

図4に提案システムの画面を示す。上段に4つ並ぶリストボックスのあるエリアが、ユーザがそれにまつわるアイデアを出したいと考える概念である独立変数（インプット）を入力する独立変数設定エリア、中段が各々の独立変数から探索された独立変数の要素（関連概念）を出力する発散的思考エリア、下段がユーザがアイデアをまとめていくための収束的思考エリアである。

2.3.1 独立変数（インプット）設定エリア

独立変数（インプット）設定エリアは、左から順に、主語的独立変数、形容詞的独立変数、動詞的独立変数、副詞的独立変数を設定するエリアとなっている。これらはすでに述べたように、最終的に得たいアイデアを1つの命題と見なしたときに、その成立させたい命題の4つの主要概念を設定するものである。すなわち、何を（主格）、どのようにしたいか（形容詞）、どうしたいか（動詞）、いつどこでそのアイデアを成立させたいか（副詞）を各々設定する。特に、やりたい物事の本質を表す動詞的独立変数の設定は重要である。形容詞的独立変数、副詞的独立変数については必ずしも設定しなくてもアイデアの発想は可能である。

4つの独立変数設定エリアは、デフォルトで、EDR電子化辞書概念体系における上位3位の概念（一部4位も含む）をこの4つのカテゴリーのいずれかに分

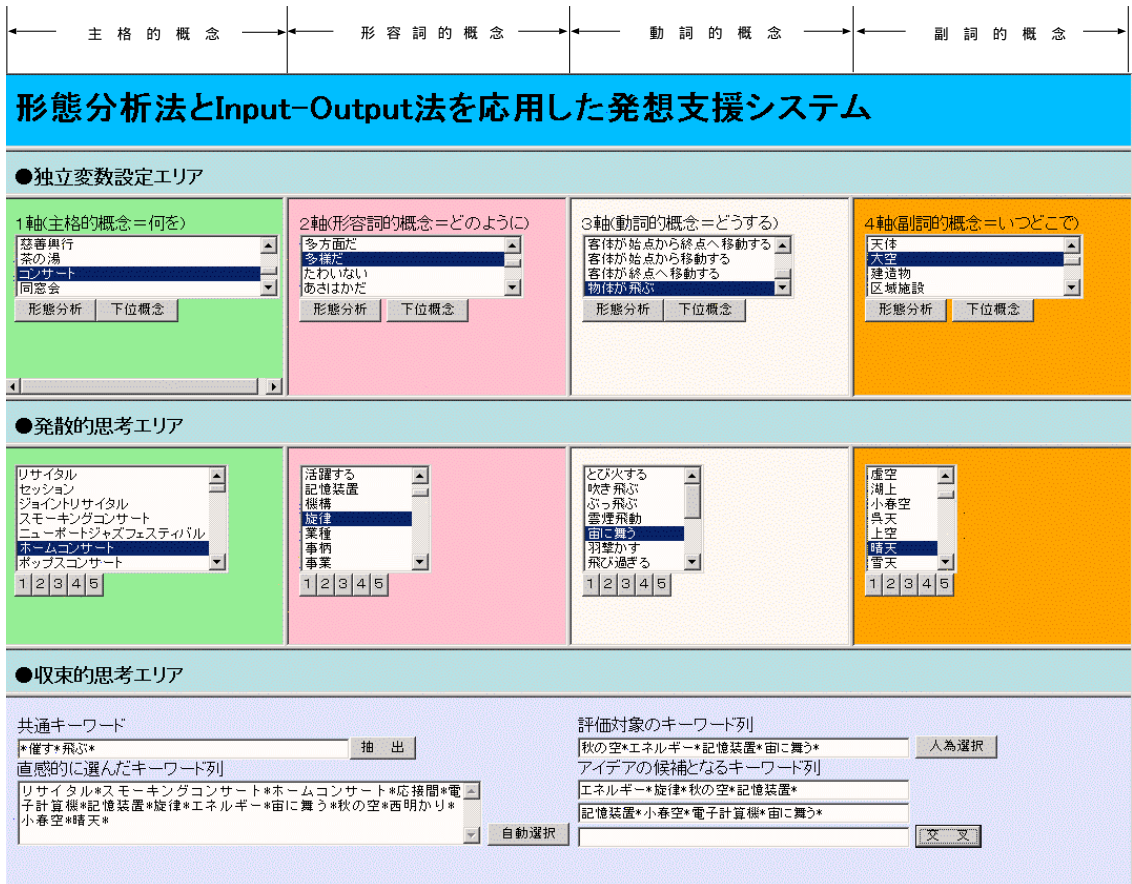


図4 提案システムの画面

Fig. 4 Window of the proposed system.

類してリストボックスに提示する。各々には「形態分析」、「下位概念」のボタンがあり、概念を選択して「形態分析」ボタンを押すと、真下の対応する発散的思考エリアにその関連概念、すなわち独立変数の要素がリストアップされる。また、上位3位の概念の中に選択したい概念がない場合は、リスト中の概念を選択して「下位概念」ボタンを押せば、同じエリアにその下位概念のリストが表示される。これを繰り返すことにより、ユーザは、EDR 電子化辞書の有する約40万概念のすべてを選択の対象にすることができる。また、たとえば、主語的独立変数については比較的上位の抽象的な概念を、動詞的独立変数については下位の具体的な概念を選んで、その両者を結び付けるアイデアを探るようなことも可能である。

なお EDR 電子化辞書概念体系の上位3番目まで(抜粋)を図5に示す。

2.3.2 関連概念の探索と発散的思考エリア

各独立変数設定エリアにおいて概念を選択し、「形

態分析」ボタンを押すと、対応する発散的思考エリア(左から主語的独立変数、形容詞的独立変数、動詞的独立変数、副詞的独立変数)のリストボックスに、独立変数の要素としての関連概念を表示するために、関連概念の探索が行われる。EDR 電子化辞書においては、概念間の関係を記述した辞書として、概念間の上位・下位の体系を定義した概念体系辞書のほかに、概念間の関係を記述した概念記述辞書がある²⁵⁾。概念間の関係は表1に示すような8種類がある。提案システムでは、この8つの概念関係の各々逆の関係も考え、「上位を探索」、「下位を探索」と合わせて計18種類の探索方向が設定されている。この探索モジュールは、EDR 電子化辞書に記述された概念関係を1つ先のノードまでしかたどらないのではなく、繰り返し概念関係をたどって複数個先のノードまでの探索が可能となっている。この探索の連鎖はインプット・アウトプット法における最初の状態・目標とする状態の間の探索の連鎖と同様に、ユーザが現在意識している概念

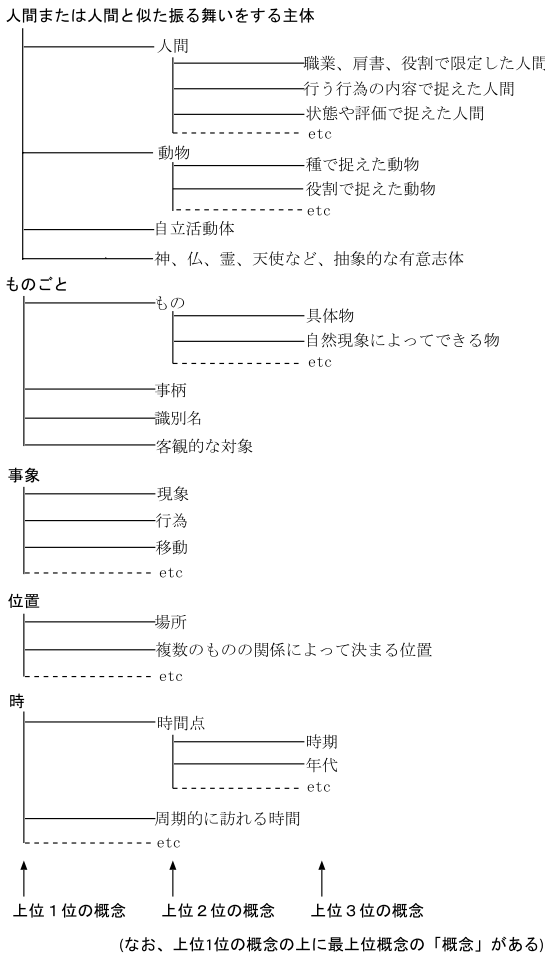


図5 EDR電子化辞書概念階層

Fig. 5 Layered structure of concepts in EDR electronic dictionary.

表1 EDR概念記述辞書で用いられている関係子

Table 1 Relation labels used in EDR concept description dictionary.

関係子	意味
agent	動作主格
object	対象格
goal	最終状態
implement	道具格
a-object	属性
place	場所
scene	場面
cause	原因

から未知のアイデアへの橋渡しになる可能性を有する。

概念の探索処理が終わると、独立変数設定エリアで探索された概念から導かれた関係概念が、独立変数の要素として対応する発散的思考エリアに表示される。

2.3.3 収束的思考エリア

ユーザは発散的思考エリアに並列的に表示された各独立変数の要素を見比べ、これらの要素を出発点とする逆インプット・アウトプット法を行い、その交点を含むアイデアを導き出せそうな概念を選択して移動ボタンを押すことにより、収束的思考エリアの「直感的に選んだキーワード列」というテキストエリアにその概念を移動する。たとえば、主語的独立変数からある要素を選択し、それと組み合わせたい形容詞的独立変数の要素を選択して移動ボタンを押すことにより、これら複数の概念が「直感的に選んだキーワード列」のテキストエリアの中に並んで表示される。このようにして、ユーザはいくつでも概念を組み合わせることができる。この概念の選択は、KJ法のグループ編成（島作り）の過程に相当するので、先入観なく行われることが望ましい。

ユーザは、ここでアイデアの発想に入り、選んだ概念の中から任意の概念の組合せを選択してKJ法B型文章化の作業を行うこともできる。しかし、適当な組合せをただちに思い付かないような場合は、「自動選択」のボタンを押すことにより「直感的に選んだキーワード列」のテキストエリアにプールされた複数の概念の中からランダムに4個の概念が選択され、「評価対象のキーワード列」のテキストボックスに表示される。良い組合せと思われる場合には、その下にあるテキストボックスに残しておくことができる。さらに、遺伝的アルゴリズムのアイデアも取り入れられている。これは「交叉」ボタンにより、良い組合せどうしてランダムに概念を入れ替えて「評価対象のキーワード列」に表示し直し、再び検討することを可能としている。また、発散的思考エリアに表示された独立変数の要素を、直接「評価対象のキーワード列」のテキストボックスに移動することも可能であり、組合せの検討が柔軟に行えるようになっている。

「抽出」ボタンを押すと、「共通キーワード」というテキストボックスに、複数の発散的思考エリアに共通して出た単語が表示される。共通した単語の表示により、アイデア着想のヒントとするために設けられている。

以上の操作により提案システムの中だけでも収束的な思考支援は行えるようになっているが、たとえば使えそうなキーワードやそれをつないだ文章をカードに書き出しKJ法に移行するという使用法もより効果的であると考えられる。

2.4 アイデア発想の実例

ここでは、「新しいコンサートを考える」という例題

表 2 例題に対して得られたキーワード

Table 2 Aquired keywords for sample problem.

主格の概念 (コンサート)	形容詞の概念 (多様だ)	動詞の概念 (物体が飛ぶ)	副詞の概念 (大空)
リサイタル	技量	とび火する	秋の空
セッション	応接間	宙に舞う	全天
スモーキングコンサート	思惑	イレギュラーする	凍て空
ホームコンサート	活躍する	霧煙飛動	青空
プロムナードコンサート	旋律	飛び過ぎる	西明かり
冠コンサート	出来事	ぶっ飛ぶ	晴れ間
鑑賞する	電子計算機	チップする	星空
実施する	考え方	スライスする	満天
中止する	ありさま	吹き飛ぶ	届く
博する	議論する	難航する	見上げる
好きさだ	見解	客体が移動する	向かう
とてつもない	足跡	飛ぶ	光る
⋮	⋮	⋮	⋮
計 71 概念	計 62 概念	計 14 概念	計 130 概念

に対して、提案システムを使用してアイデアを発想した例を図 4 と表 2 を用いて説明する。

まず、ユーザは独立変数設定エリアにおいて主格の概念として「催し」を選択し、さらにその下位概念である「コンサート」を選択し、「形態分析」ボタンを押す。すると、対応する発散的思考エリアには「リサイタル」、「セッション」、「スモーキングコンサート」といったコンサートの種類のほかに、「鑑賞する」、「中止する」、「とてつもない」といった関連する動詞の概念や形容詞の概念などが表示される。同様に、形容詞の概念として「多様だ」、動詞の概念として「物体が飛ぶ」、「客体が移動する」の下位概念)、副詞の概念として「大空」を各々、例題に結びつけたいとユーザが考えた独立変数として選択し、「形態分析」ボタンを押した結果、発散的思考エリアには表 2 に示すようなキーワードの組が得られた(なお表 2 における概念数は、EDR 電子化辞書内で明示的に直接概念関係が記述されている概念のうち、それぞれの格についてウエイトが高いと思われる概念関係を有する概念に限定した場合の数である)。

これらの提示されたキーワードの中から、ユーザは例題に使えるものを選択して収束的思考エリアに移し、以下のキーワードの組合せを得た。

- リサイタル*スモーキングコンサート*ホームコンサート*応接間*電子計算機*記憶装置*旋律*エネルギー*宙に舞う*秋の空*西明かり*小春空*晴天*

これらのキーワードをつないだり、さらに自分の考えを加えたりするなどして、ユーザは最終的に「旋律の変化に応じて、コンピュータ制御によって曲のイメージに合った風景を映し出したり、室内の明るさを

変える」といった着想を得ることができた。

表 2 に示されるようなキーワードのすべての組合せは、およそ 800 万組にのぼる。これを、単に「コンサート」「新しい」の 2 概念のみで関連概念の組合せを考えた場合は、その数は約 4,600 程度になり、例題に関係する 4 つの概念を設定して組合せを考える提案システムにおいては、アイデアの候補の数が非常に多く得られることが分かる。一見、組合せの数が膨大になりすぎているようにみえる。しかし実際にユーザが使用する場面では、まず実現可能性、有効性などが考慮されながら当初の狙いに適合する概念が 1 つ選択される。次に、それに対して良い組合せになる概念が選択される。さらにそれらに適合する第 3 の概念を探すという過程を経る。したがって、組合せのすべてを考慮することなくアイデアに到達することが可能である。

3. 評価実験

実験では、提案システムに対する発想支援システムとしての評価と、提案システムを使用して発想されたアイデアに対する評価を行った。被験者の年齢は、21 歳から 25 歳であり、発想支援システムとしての評価を行った被験者は、システムの操作説明だけをあらかじめ聞いており、実際に操作は行っていないものとした。発想されたアイデアに対する評価を行った被験者は、システムの概要のみを聞かされているものとした。いずれの評価実験でも、特に時間の制限は設けなかった。以下、各々の評価方法と評価結果を示し、発想支援システムとしての評価を行った被験者の意見・感想をまとめる。

3.1 評価方法

3.1.1 発想支援システムとしての評価

発想支援システムとしての評価実験では、実際に例題を定めて被験者に提案システムを使用した発想を行ってもらい、その評価についてまとめた。被験者 13 人を 2 つのグループに分け、第 1 グループには、提案システムを使用して「人を集めたい」という例題を実現するための発想と、自由な例題についての発想および、提案システムを用いずに「組織を面白くする」を実現するための発想を行ってもらった。第 2 グループには、提案システムを利用して「組織を面白くする」という例題を実現するための発想と、自由な例題についての発想および、提案システムを用いずに「人を集めたい」を実現するための発想を行ってもらった。その際、各々の例題について得られたアイデアのほかに、アイデアを出す際の心理的疲労度を 5 段階評価で記入してもらい、また、アイデアを出すために選んだキーワードを記録してもらった。

なお、この例題では各々「人を集める」、「組織を面白くする」が逆インプット・アウトプット法における「目標とする状態」である。また提案システムの画面にデフォルトで表示される EDR の上位概念のうち各々の被験者が最初に選択した概念が「最初の状態」ということになる。

3.1.2 発想されたアイデアに対する評価

発想されたアイデアに対する評価では、別の被験者 15 人を対象に、アイデアに対する評価と擬似チューリングテストを行った。「人を集めたい」と「組織を面白くする」の 2 つの例題と自由な例題に対して、提案システムを使用して発想されたアイデアと使用せずに発想されたアイデアとの合計 36 個のアイデアをランダムに並べ、様々な角度からの主観的評価と擬似チューリングテストを行った。主観的評価では「意外性」、「理解しやすさ」、「面白さ」、「実用性 A (現実の問題にそのまま応用できる)」、「実用性 B (さらに工夫すれば実用の可能性がある)」、「実用性 C (小説等の創作活動には使える)」の 6 項目について 5 段階評価で記入してもらった。

3.2 評価結果

3.2.1 発想過程での心理的疲労度の比較

まず、アイデアを出す際の心理的疲労度についてみると、提案システムを使用した場合は平均 2.9 点、使用しなかった場合は平均 3.2 点と、わずかに差がみられた(統計的検定では十分な有意差は検出されなかった)。一方「提案システムを利用すると目の前に関連キーワードが多数並ぶので発想の手掛かりに困らなく

なる」というユーザの指摘もあり、提案システムによるキーワードの提示が発想支援の役割を果たす場合もありうるということがうかがえた。

3.2.2 発想のために選択されたキーワード数

提案システムの画面に表示された多数のキーワードの中から、ユーザが 1 つの例題に対して選んだ選択キーワードの総数は、平均 10.3 語であり、その中から 1 つのアイデアを構成するために選んだキーワード数は平均 3.4 語であった。この数はその例題に対するユーザの発想能力にも依存するが、その例題に対する知識や考察が十分である場合には、人間は比較的少ないキーワードをきっかけにアイデアを出すことが可能であることを裏付けている。提案システムでは電子辞書により、そのポイントとなるキーワードの探索を行っている。また、一度あるアイデアを構成するために選択したキーワードの組を利用して、さらに新たな組合せを作りアイデアを生成している例が、指定例題と自由例題合わせて 26 の回答のうち 6 例でみられた。これはキーワードの集合が目の前にあると、KJ 法的な組合せに変化が生じて、さらに新たなアイデアが生成されたためと考えられる。

3.2.3 発想されたアイデアに対する評価の比較

ここでは、発想されたアイデアに対する主観的評価の結果について示す。発想されたアイデアの例を表 3 に、アンケート結果を図 6 に示す。

まず「意外性」の項目では、提案システムにより得られたアイデアの方が平均 3.4 点と使用せずに得られたアイデア(平均 3.0 点)を上回り、提案システムを

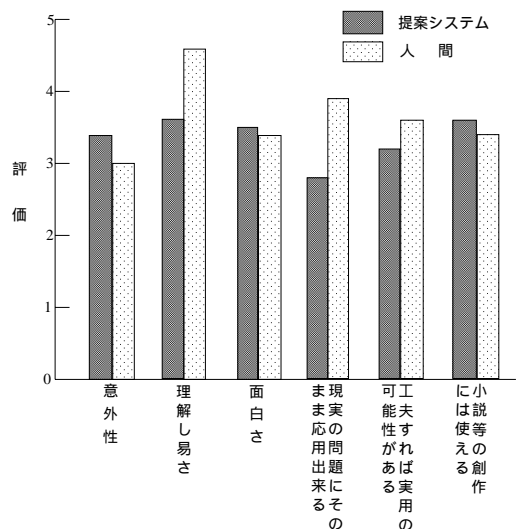


図 6 得られたアイデアの主観的評価
Fig.6 Subjective evaluation of acquired ideas.

表 3 提案システムにより得られたアイデアの例
Table 3 Examples of idea acquired using the proposed system.

(テーマ)組織を面白くする
空き時間に、人に良い印象を与えるバラエティショーを開催する 会社などで、社員それぞれが独立した事業を立ち上げ競争する
(テーマ)人を集めたい
埋め立て予定地で大企業を誘致する説明会を開く 観光地の名物運転手として人を集める
(自由テーマ)
新しい料理として、猛鳥と草食動物のちゃんぽんでアットホームな料理 新しいシステムとして、不幸せな人にその人が元気になるような言葉をかけるシステム よりよい社会を作るため、人々の起こす草の根運動、署名運動などに耳を傾ける 新しい遊びとして、具体的には存在しない想像上の場所を考えるゲーム

用いずに考えた場合よりは意外性を有していた(統計的検定では有意水準 5%で有意差が検出された)。これは提案システムの豊富な語彙によって、意外なキーワードの組合せが発見されるためと考えられる。また、同じ「実用性」で比較すると、提案システムで得られたアイデアは「現実の問題にそのまま応用できる」で 2.8 点(使用せずに得られたアイデアでは平均 3.9 点、有意水準 1%で有意差あり)とシステムを用いずに得られたアイデアより低かったが、さらに工夫すれば実用の可能性がある(提案システムによるアイデア 3.2 点、システムを用いずに得られたアイデア 3.6 点)、「小説等の創作活動には使える」(提案システムによるアイデア 3.6 点、システムを用いずに得られたアイデア 3.4 点)では統計的有意差はみられなかった。

現実問題への応用性で評価が低かった理由としては、「意外性」で高得点が得られたことにも現れているように、提案システムでは意外な関連語の方が先に目につくため、ユーザの思考の方向が奇抜なアイデアを得る方に傾きがちになることが考えられる。しかし、現実の問題への応用性が高くても、容易に考えつく範囲のアイデアは、良いアイデアとはいえない。意外性を有し、かつさらに工夫をすれば良いアイデアになりうるというアイデアの素材を提供するという点で、提案システムは発想支援システムとして一定の効果を持っているといえる。なお、「理解しやすさ」の項目では、提案システムによるアイデアは平均 3.6 点(使用せずに得られたアイデアでは平均 4.6 点、有意水準 1%で有意差あり)だったが、これは、提案システムを用いる方法は関連語どうしの意外な結び付きをとまなうことが多いため、なぜそれが結び付いたかの説明を短い文章で表現することが困難であったためと思われる。「面白さ」の項目では統計的有意差はみられなかった(提案システムによるアイデアは平均 3.5 点、使用せずに得られたアイデアは平均 3.4 点)。

3.2.4 擬似チューリングテストによる評価

チューリングテストとは、質問に対する回答がコンピュータによるものなのか人間によるものなのか判断できないとき、コンピュータは知的であると判定する方法である。提案システムではアイデアを考える最終段階は人間が行うが、人間が一から考える場合と異なり途中まではシステムがアイデア作成過程に参加することになるため、得られたアイデアを人間だけで考えたものかシステムが介在したものかを判定する擬似チューリングテストを試みた。正答率は全体で 63.5%(総回答数 540 に対し、正解数 343)、提案システムによるアイデアだけでみると 59.2%の正当率(回答数 360、正解数 213)だった。正答率が比較的高かった(ランダムに選べば 50.0%が正答率となる)のは、主観的評価結果の場合と同様に、提案システムによるアイデアの意外性によるものと考えられる。しかし提案システムによるアイデアでも、自由テーマに対するものだけに限ってみると正答率は 49.4%に下がり、提案システムを使用せずに考えたのと同じようなこなれた印象のアイデアが多く得られていることが分かる。この結果は、普段から関心を持てるような問題であれば、提案システムで提示される単語を比較的スムーズに結び付けられることに対応していると考えられる。

3.3 アイデアを発想した被験者の意見・感想

ここでは、アイデアを発想した被験者の主観的な感想、意見に基づく評価をまとめた。

多くのユーザから、意外なキーワードを得て当初の考えとは異なる領域のアイデアを出すことができたという感想を得た。また、概念を下位にたどっていく過程で、漠然とした考えが具体的な方向性を持って考えられるようになる、抽象的な概念と具体的な概念を組み合わせることが可能な点が良いアイデアに結び付く、という意見もあった。抽象的な概念は、想像を広げること、すなわち発散的思考に効果があり、具体的な概念の提示は逆に収束的思考を促す効果があると考えら

れるが、この2つの思考の組合せが選択キーワードを使って考えている中にも起きることがうかがえた。

一方で、処理に時間がかかる、提示されるキーワードの数が多すぎる、望む概念の階層までなかなか到達できない、といった問題点も指摘されたが、これは提案システムの知識ベースに依存するところもあると考えられる。提案システムにおいて用いられているEDR電子化辞書は、1つの概念から下位概念へのリンクが多い場合は数百から数千に達する場合もあり、また、特に上位の方の概念の階層においては、提案システムで提示される概念説明から具体的な下位概念を想像しにくい場合もある。切実な問題意識を持つユーザが具体的な課題を設定できるように、抽象的な概念の表示を減らすことは今後の課題である。無駄な上位・下位概念などや、アイデアの素材として提供されるキーワードをできるだけ実用的で有益なものだけに絞るフィルタリング機構なども今後求められる。また技術開発などの実用的なアイデアにも対処できるように、汎用的な電子辞書に代わり深い専門知識を有する目的指向型の知識ベースを用いることなども今後の重要な課題である。

4. 結 論

本論文では、逆インプット・アウトプット法という創造技法を考案し、これと創造技法として有用性が知られている形態分析法とを組み合わせた新しい発想支援システムを提案、実装しその評価を行った。

提案システムは、実現を求める命題を主格、形容詞、動詞、副詞の4つのカテゴリーに分割して設定し、各々から知識ベースの概念関係をたどって得られる様々な関連概念を並列的に提示する。発想支援システムとしては、収束的思考を向かい合う発散的思考の組合せとしてとらえる観点を導入し、ユーザが分割された命題の構成部分から派生した関連概念をつなぎ合わせて、命題を実現させるためのアイデアを得る過程を支援する統合型発想支援システムとなっている。知識ベースとしては、約40万概念を有するEDR電子化辞書を使用し、知識獲得の問題の克服を図っている。詳細な実験により、提案システムの有効性が示された。

参 考 文 献

- 1) 小方 孝, 堀 浩一, 大須賀節雄: 物語のための技法と戦略に基づく物語の概念構造生成の基本的フレームワーク, 人工知能学会誌, Vol.11, No.1, pp.148-159 (1996).
- 2) 網谷重紀, 堀 浩一: 作曲者のメンタルスペー

- 3) 宮崎隆之, 萩原将文: 感性を反映できるポスター作成支援システム, 情報処理学会誌, Vol.38, No.10, pp.1928-1936 (1999).
- 4) 國藤 進: オフィスにおける知的生産性向上のための知識創造方法論と知識創造支援ツール, 人工知能学会誌, Vol.14, No.1, pp.50-57 (1999).
- 5) 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).
- 6) 渡部 勇: 発散的思考の計算機支援, 発想支援システムの構築に向けて—国際研シンポジウム報告書, pp.322-337 (1991).
- 7) Hori, K.: A System for Aiding Creative Concept Formation, *Trans. IEEE*, Vol.24, No.6, pp.882-894 (1994).
- 8) 杉本雅則, 堀 浩一, 大須賀節雄: 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, pp.575-582 (1993).
- 9) Day, C.O.: Brainstorm—Banish the dark night: turn your PC into a brainstorming partner, *PC/COMPUTING*, pp.96-97 (1989).
- 10) IdeaFisher Systems, Inc.: IdeaFisher *PROTM* User's Guide for Macintosh.
- 11) Mann, R.O.: Creating Ideas with Your PC, *PCToday*, pp.34-35 (1990).
- 12) Young, L.F.: The Metaphor Machine: A Database Method for Creativity Support, *Decision Support System*, Vol.3, No.4, pp.309-317 (1987).
- 13) 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, pp.248-257 (1994).
- 14) 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, Vol.9, No.5, pp.416-431 (1992).
- 15) 篠原靖志: 知識整理支援システム CONSIST-II, 人工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.593-600 (1993).
- 16) Munemori, J. and Nagasawa, Y.: GUNGEN: Groupware for New Idea Generation System, *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol.E75-A, No.2, pp.171-178 (1992).
- 17) Sugiyama, K. and Misue, K.: Good Graphic Interfaces for good idea organizers, *Proc. 3rd IFIP Int. Conf. on Human-Computer Interaction (INTERACT'90)*, pp.521-526 (1990).
- 18) 杉山公造: 図的発想支援システムの構築に向けて、発想・思考支援プラットフォームシステムサーベイおよび創造性育成実例調査、平成3年度委託調査報告書、pp.18-26、日本電子工業振興協会 (1992).
- 19) 遠藤聡志, 大内 東: 統合型発想支援システム:

FISM, 人工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.611-618 (1993).

- 20) 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, pp.601-610 (1993).
- 21) 高橋 誠ほか: 創造力事典, モード学園出版局 (1993).
- 22) 川喜田二郎: 発想法, 中公新書 (1967).
- 23) 藤田邦彦, 國藤 進: ブレインストーミングを活性化する BA システムの試作と評価, 日本創造学会論文誌, Vol.3, pp.95-114 (1999).
- 24) 杉山公造: 収束的思考支援ツールの研究開発動向—KJ 法の支援を中心として, 人工知能学会誌, Vol.8, No.5, pp.568-574 (1993).
- 25) 日本電子化辞書研究所: EDR 電子化辞書仕様説明書 (第 2 版), EDR, TR-025 (1995).

(平成 14 年 7 月 4 日受付)

(平成 15 年 3 月 4 日採録)



金久保正明

昭和 37 年生。昭和 62 年筑波大学第二学群比較文化学類卒業。新聞社、出版社勤務を経て、平成 12 年芝浦工業大学工学部卒業。平成 14 年東京電機大学大学院修士課程修了。現在、慶應義塾大学大学院博士課程在学中。



萩原 将文 (正会員)

昭和 34 年生。昭和 62 年慶應義塾大学大学院博士課程修了。現在、同大学教授。平成 3 年より 2 年間アメリカ Stanford 大学訪問研究員。ニューラルネットワーク、ファジーシステム、GA の研究に従事。工学博士。昭和 61 年丹羽記念賞、昭和 62 年電子情報通信学会学術奨励賞、平成 2 年 IEEE 論文賞、平成 6 年安藤記念学術奨励賞、平成 8 年日本ファジイ学会著述賞受賞。