

アナロジーを用いた着想支援方式

田中 一男

NTT ヒューマンインタフェース研究所

解決方法があらかじめ分かっていない問題に対して創造的発想を行って解決しようとする思考者の発散的着想段階を、糸口となる知識を豊富に含んだフルテキスト情報データベースの検索結果からのアナロジーを用いて支援する方式を提案する。アナロジーの抽出には構造マッピングを用い、思考者の入力した問題記述テキストの文節係り受け構造と情報データベースより検索されたテキストの係り受け構造のマッピングによる対応語句や関係の抽出によって、思考者の創造性を刺激する。本手法に基づく着想支援システム Alva-1 を用いて、避雷針とのアナロジーによってイオン発生器の動作原理に関する着想を支援する例をもとに、本手法の有効性を示す。

Analogy-based Full-text Database Mining for Creative Idea Generation

Kazuo Tanaka

NTT Human Interface Laboratories

1-2356 Take, Yokosuka 238-03, Japan

This paper presents a new method that stimulates human creative idea generation by mining an analogy-based full-text database. The Structure-Mapping matches the target dependency structures extracted from the text that users describe the problem they confront, and the base dependency structures including clue concepts retrieved from the large-scale full-text database. This mapping establishes correspondences between the base and target, which stimulates the creativity of the users. The program Alva-1 illustrates that this method stimulates a user to create an idea for the operational principles of ionizers by indicating some analogy to lightning rods.

1 はじめに

近年、知的生産性向上化という社会的要請があり、創造的なアイデア発想の支援やアナロジーなどを用いた異質性の高い発明の支援など、オートメーション化の進んでいない発想過程への計算機パワーの活用が要求されている。発見とは、自然に関する我々の知識の追加であり、その有効性は物事の価値の変化による影響を受けない。一方、発明とは、一般に認められる利点をもつ新しい動作原理の確立であり、あらゆる発明は価値がなくなり得る。科学技術は常に進歩し続けるために、発明や発想の支援がますます重要になってきている。

この要請に対して、米国においては、根本原理や深い知識を基盤とした、科学・工学知識の大規模知識ベース化やそれを用いた設計支援システムなどの研究が進められている。しかし、現状では、エンジニアの創造性を高めるようなクリエイティブ・デザインの研究はほとんど行われていない。一方、日本においては、これらの研究に加えて、主としてKJ法 [川喜田, 1986] を基盤とした発想支援システムの研究が進められている。しかし、これらの方式は、アイデアを実現可能な問題解決策としてまとめ上げる集束思考技法の機械的な支援がほとんどであり、その創造的なアイデアを生み出すための発散思考を支援するものはほとんどなかった。

本稿は、発散思考技法の1つであるNM法 [中山, 1980] を方法論的基盤とした、アナロジーを用いた着想支援方式を提案する。本方式は、解決方法があらかじめ分かっていない問題に対して創造的発想を行って解決しようとする思考者の発散的着想段階を、糸口となる知識を豊富に含んだフルテキスト情報データベースの検索結果からのアナロジーを用いて支援する。アナロジーの抽出には構造マッピングを用い、思考者の入力した問題記述テキストの文節係り受け構造と情報データベースより検索されたテキストの係り受け構造のマッピングによる対応語句や関係の抽出によって、思考者の創造性を刺激する。

以下、2章では、問題の表象言語である思考の言語によって従来のアプローチを分類する。3章では、発想を妨げる心的障壁とそれを打ち破る伝統的発想技法を述べる。4章では、本手法に基づ

く発想支援システム Alva-1 を用いて、避雷針とのアナロジーによってイオン発生器の動作原理に関する着想を支援する例をもとに本手法の有効性を示す。

2 思考の言語と従来のアプローチ

人は思考するとき、問題を心的言語によって表象として表現する。心的言語とは、人が他人または自分自身とコミュニケーションするための記号体系である。言葉・感覚・数学的記号の3つの記号が考えられ、それぞれに対応して言葉的言語・感覚的言語・数学的言語の3つの心的言語 [Adams, 1986] が考えられる。以下では、これらの心的言語によって従来のアプローチを分類する。

2.1 言葉的言語

言葉的言語は、人が日常使っている言語である。この言語を用いた思考を言葉的思考と呼ぶ。強制連想法やアナロジー法やKJ法などは、このタイプの思考を積極的に用いた発想技法である。

創造的発想を行う伝統的な発想技法として、発散的思考を用いて創造的なアイデアを生み出すための発散思考技法と、発散的思考で出したアイデアを実現可能な問題解決策としてまとめ上げる集束思考技法と、心を安静にすることにより精神統一をはかり、創造の心構えをつくるなどの創造的態度を身につけるための思考態度技法がある。これらの伝統的な発想技法を機械的に支援する発想支援方法がそれぞれ考えられる。

従来の発想支援方式は、集束思考技法の機械的な支援がほとんどであった。たとえば、KJエディタなど [小山他., 1988; 篠原, 1990; 三末, 1990] は、集束思考技法の一つであるKJ法のラベル作り・グループ編成・図解化・叙述化の過程を不自由なく行うことを目的とした図的エディタである。思考そのものはすべて人が行い、計算機は人が思考し易くするための道具や環境を提供する。

一方、本稿で提案する方式は、発散思考技法の機械的な支援方式、すなわち、思考者が問題解決時において仮説生成する際に、発散的な思考を行わせ創造的なアイデアを生み出すように支援する。

このような発散的思考を支援するシステムに、

IdeaEditor [渡部, 1990] がある。IdeaEditor では、アイデアベースは、問題分野ごとの出現確率を基にした関連度をもつキーワード空間を用いて表現される。そのアイデアベースから思考者の問題意識を反映したキーワードを選択・表示することにより、発散的思考を支援する。しかし、結果として得られるキーワード群は、単に、その問題分野における入力キーワードの関連語のリスト、または、それに思考者の問題意識のフィルタリングを施したものに過ぎない。

2.2 感覚的言語

感覚的言語は、視覚・聴覚・味覚・臭覚・触覚や緊張感などの心理的感覚を表象する。特に視覚的言語を用いた思考をイメージ的思考と呼ぶ。

「前日の日の出から高い山を登って来た僧が、次の日の日の出から来た道を下るとき、往きと帰りで同じ時刻に同じ場所を通るといふ箇所が存在することを証明せよ。」という問題を解く場合や、思考的スケッチなどはこのタイプの思考を用いている。

ISP-2 [野口, 1991] は、スケッチとそのタイトル文のそれぞれの意味的分類を行い、意味的距離の遠い言葉を結合した新しいキーワードを創出することによって、新たなアイデアのイメージを喚起させるシステムである。すなわち、イメージ的思考と言語的思考の相互媒介的な作用の中から創造的発想を支援する。しかし、タイトル文が英語で記述され、かつ、自然言語処理を行わずにキーワードを合成するために、発想の糸口の与え方が充分ではなく、思考者の能力に依存する部分が多い。また、知識ベースを用いていないために、異質的で網羅的な発想を得ることは難しいと考えられる。

2.3 数学的言語

数学的言語は数式を表象する。この言語を用いた思考を数学的思考と呼ぶ。科学や工学の問題解決に用いられる思考法である。

Prompt [Murthy & Addanki, 1987] は、ライブラリに登録されているプロトタイプを用いたルーティン設計がうまくいかないときに、プロトタイプそのものを変更し、関連する物理から新しい挙動を導出する。Ibis [Williams, 1990] は、定性的状

態遷移方程式で記述されたコンポーネント間の相互作用が与えられたときに、その相互作用を実現するあらゆる可能解を探索し、interactive topology (量の相互作用のネットワーク) と物理的構造を決定し、その相互作用を検証する。

しかし、これらの研究は、イノベティブ・デザイン [Gero, 1990] に分類される。この設計においては、設計物の可能な構造は未知であるが、設計手法は既知である。すなわち、既存の設計ライブラリの中のプロトタイプに、その要求条件を満たせるものはない。しかし、解は設計状態空間(設計状態変数ベクトルのすべての可能な値の組合せ)の中にあり、既存の設計手法を駆使することによって設計可能である。

一方、さらに創造的な設計として、クリエイティブ・デザインがあり、この設計においては、設計物の可能な構造とその設計手法が未知である。新しい設計状態変数を用い、その結果、可能な設計状態空間を拡張させたり、まったく新しい状態空間を生み出す。そのような新しい設計状態変数を生み出すためには、組合せ・アナロジー・変形・根本原理といった手法や知識が必要となると考えられている。

我々は、このような創造的なデザインを支援するためには、特に着想段階の支援が重要であり、数学的言語よりも、言葉の言語や感覚的言語を用いた発散的思考をどれだけ支援できるかということがキーポイントとなると考える。

3 発散的思考の支援

3.1 発想を妨げる心的障壁

問題を正しく捉え、解法を正しく導き出そうとするのを妨げる心的障壁 [Adams, 1986] が存在する。たとえば、「物事をステレオタイプで見てしまう」というのは心的障壁の1つである。人は、ある情報を覚えるときに、文章やヴィジュアル・イメージを用いてコンテキストを豊富にすることによって覚え易くしている。そのため、その情報を思い出して問題解決に用いようとした時には、その情報に付随したコンテキストによって、その情報をステレオタイプ化してしまうという弊害が生じるのである。

心的障壁は、「失敗を恐れる」などの感情的障

壁、「変化より伝統的なものを好む」などの社会的・文化的障壁、以下に例を挙げる認知的障壁、の3つに分類できる。

- 物事をステレオタイプで見てしまう
- 何が問題であるのかを明確にし難い
- 問題領域を狭く捉えてしまう
- 多様な観点から問題を見れない
- 記憶容量に限界がある
- 全感覚を用いた思考ができない

これらは、思考者が人であるがゆえの障壁である。思考そのものはすべて人が行い、計算機はその思考環境を提供するエディタレベルの間接的な発想支援システムでは、上記の心的障壁に対して無力である。我々は、計算機パワーを使って、大規模な知識ベースである百科事典などの情報データベースを自在に検索することによって、認知的制約を受けない発想が可能になると考える。また、現在では、電子出版の急速な発展によって、百科事典などの大規模知識のフルテキスト・データベースが計算機上で利用可能となってきた。

3.2 発散的発想法

上記の心的障壁を打ち破り、問題を正しく捉え、解法を正しく導き出させるための伝統的技法のうちで、発散的思考を用いてアイデアを出すための発想技法には、以下のものがある。[高橋, 1990]

- 自由連想法
ブレインストーミングは、4つのルール(批判の禁止、自由奔放なアイデアの奨励、質より量の奨励、他人のアイデアの組合せ・修正・便乗を奨励)を守って自由に発想する手法。
- 強制連想法
チェックリスト法は、既存のアイデアをひとひねりすることを意識的に進めるために、あらかじめ用意されたチェックリストの各項目(組み合わせてみては? 要素を入れ替えてみては? 反対にしたり順序を入れ替えてみては? など)を当てはめていって思考する手法。

形態分析法は、問題に関するパラメータを選択し、それらの値のさまざまな組合せを考え、その可能性を考えることによって発想する手法。

● アナロジー法

NM法は、問題の本質を表すキーワードからアナロジーを発想し、出てきたアナロジーの背景を探り、その背景事項を手がかりにして問題解決のヒントを得て、解決案をまとめる手法。

我々は、上記のうちで、アナロジー法、特に、NM法に注目し、これに基づく発想支援方式を実現した。

4 アナロジーを用いた着想支援

伝統的な発散思考技法の一つであるNM法では、発散的な思考により創造的なアイデアを生み出すために、

- (i) 問題の本質を表す言葉である問題キーワードを設定すること
- (ii) 問題キーワードに関連する、用語や出来事や情景などの情報を集めること
- (iii) 集められた情報と解決すべき問題との間でアナロジーをとること

が必要であると述べている。従来は、問題解決をはかる思考者が、問題キーワードを思い浮かべ、自らの記憶の中や書籍などから問題キーワードに関連する情報を集め、集められた情報の中にある概念間の関係を導き出し、それらの関係を着想の糸口としてアイデアを生成していた。または、情報検索システムを用いて問題キーワードに関連する情報を機械的に検索し、自らの思考能力を用いて検索された情報の中にある概念間の関係を導き出し、それらの関係を着想の糸口としてアイデアを生成していた。

NM法では、問題の本質を表す言葉であるの選定にあたっては、動詞や形容詞の方が異質性が高められるので良いとされるが、一般的に情報検索システムで許される検索キーワードは名詞であり、動詞や形容詞での検索はできなかった。ま

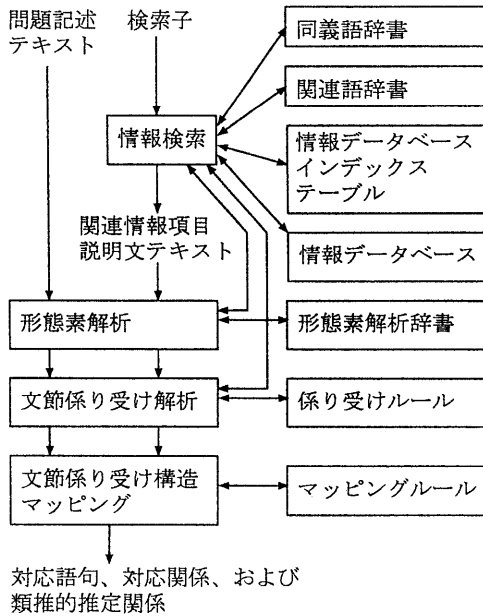


図 1: 着想支援処理の流れ

た、一般的に、問題キーワードとして分野限定的な語句を選ぶと、異質性の高いアナロジーを得ることができない。しかし、逆に、単純な言葉を問題キーワードとして選んだ場合には、情報検索システムによって膨大な量の関連項目が検索されてしまい、思考者がそれらと解決すべき問題とのアナロジーを網羅的に取る作業は困難であった。

4.1 発散的発想支援システム Alva-1¹

図 1は Alva-1 の着想支援処理の過程を示すブロック図である。思考者から問題を記述した自然言語文章のテキストと、発想に役立つような情報を得るための正規表現で表された検索子が入力される。ここで用いる正規表現は、プログラム言語 perl [Wall & Schwartz, 1991] で用いられている正規表現に表 1に示す表現を許すように拡張したものである。まず、検索子を用いて情報データベースを検索する。次に、得られた検索結果である関連情報項目説明文テキストと入力された問題記述

¹Alva は Thomas Alva Edison のミドルネームより命名

表 1: 拡張正規表現

正規表現	マッチング規則
<文字列>	文字列で表される語のすべての同義語を求め、そのいずれかとマッチ。たとえば、検索子 <あわせる> は、(あわせる 合わせる 合せる 併せる) と展開される。
{文字列}	文字列で表される語のすべての関連語を求め、そのいずれかとマッチ。
$R_1_R_2$	R_1 を係り側、 R_2 を受け側にもつ係り受けパターンとマッチ。
$R_1_R_2_K$	係り受け種別 K (ヲ格、デ格など) を限定してマッチ。

テキストを形態素解析し、各テキストに含まれる文の区切りの決定、各文に含まれる文節の区切りの決定、各文節に含まれる活用語単語と付属語単語の同定、単語の品詞の同定、活用語単語の活用形の同定と終止形の導出を行う。次に、形態素解析結果を文節係り受け解析し、関連情報項目説明文テキストと問題記述テキストの各文における文節間の係り受け関係を同定する。最後に、関連情報項目説明文テキストから抽出された文節係り受け構造と、問題記述テキストから抽出された文節係り受け構造を、構造マッピングし、対応する語句・対応する関係・類推的に推定される関係を抽出する。

4.2 問題記述と検索子の入力

思考者が解決すべき問題として、

陰イオンを多く含んだ空気は健康に良い。そこで、空気中に多くの陰イオンを発生させるイオン発生器を作るにはどのようにすればよいか。

が与えられたとする。この時に、たとえば、思考者がこの問題を「イオン発生器は空気をイオン化する。」という問題記述文章で表して入力としたとする。さらに、この問題の解決に役立つような

情報を得るための検索子として正規表現 {イオン}_<発生する>を入力したとする。

4.3 情報データベース検索

情報データベースに蓄積されている一情報項目として、概念「避雷針」に関する情報が記述されている。以下はその情報項目の説明文である。

高い建造物を落雷の被害から守るため、屋上などに先のとがった金属製の棒を立て、導線で地下埋設の金属板に接続し、雷の電流を地中に放電する装置。雷雲の下側には負の電荷が多量に溜り、地表に強い正電荷を発生させる。このとき、電場が非常に強いために、空气中にイオンと自由電子ができ、空気は導体となって猛烈な電流が流れる。この現象が雷である。避雷針は雷が落ちるのを防ぐ働きをする。雷雲ができると、避雷針の先端に強い正電荷が生じ、近くの空気をイオン化する。陰イオンは避雷針に引きつけられて電子を奪われ、陽イオンは上へ昇って雷雲の中の負電荷を減らす。また、雷はイオンの通り道をたどる傾向があるので、落ちる時には避雷針に落ちる。

図2は、この避雷針の動作原理を示す。

情報データベース検索は、情報データベースに蓄積されている情報項目の見出しまたは本文中に、入力された検索子とマッチする語句を含む情報項目を抽出することによって行う。情報データベースは、このフルテキスト検索を高速化するために、あらかじめ全ての情報項目の見出しと本文を形態素解析して、名詞・動詞・形容詞・形容動詞・副詞などの自立語を抽出し、それらの終止形などの標準形から見出しを逆引きするためのインデックス・テーブルをもっている。ただし、代名詞は除いている。

たとえば、情報項目「避雷針」の場合では、「避雷針、高い、建造物、落雷、被害、守る、屋上、先、とがる、金属製、棒、立てる、導線、地下埋設、金属板、接続、雷、電流、地中、放電、装置、雷雲、下側、負、電荷、多量、溜る、地表、強い、正電荷、発生、電場、非常、

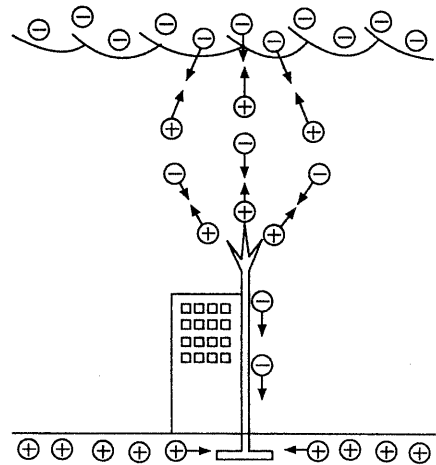


図2: 避雷針の動作原理

強い、空气中、イオン、自由電子、できる、空気、導体、猛烈、電流、流れる、現象、落ちる、防ぐ、働き、先端、生じる、近く、空気、イオン化、陰イオン、引きつける、電子、奪う、陽イオン、上、昇る、負電荷、減る、通り道、たどる、傾向」が抽出されてインデックス・データの項目となる。

たとえば、検索子「イオン」が与えられたときには、検索子は、インデックス・データの一項目である「イオン」とマッチし、検索子とマッチする語句を含む情報項目の1つとして、「避雷針」を検索することができる。他に検索される項目として、「トランジスタ」や「コロナ」などがある。

検索子{イオン}_<発生する>は、情報データベース検索において、関連語辞書を用いて「イオン」の関連語を求め、同義語辞書を用いて「発生する」の同義語を求め、たとえば、検索子(イオン|電荷)_ (発生する|生じる|起こる|生起する)と展開される。この検索子は、係り文節部に文字列「イオン」または「電荷」をもち、受け文節部に「発生する」、「生じる」、「起こる」、「生起する」のいずれかの動詞のいずれかの活用を表す文字列をもつ文節とマッチすることを意味する。

さらにこのように展開された検索子は R_1R_2 形式であるため、まず、(イオン|電荷) & (発

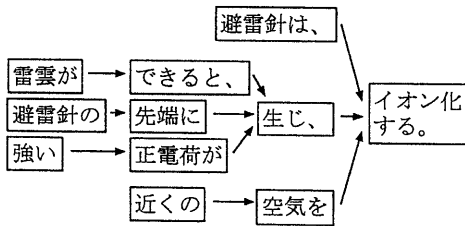


図 3: 文節係り受け構造

生ずる | 生じる | 起こる | 生起する) と展開される。この検索子は、文字列「イオン」または「電荷」をもつ文字列の後ろに、「発生する」、「生じる」、「起こる」、「生起する」のいずれかの動詞のいずれかの活用を表す文字列をもつテキストとマッチすることを意味する。すなわち、2つの文字列は同一文中になくてもよい。このように展開された検索子とマッチする文字列を本文テキストにもつ情報項目が検出される。

次に、検索された情報項目の本文を形態素解析および文節係り受け解析し、展開される以前の(イオン | 電荷)_(発生する | 生じる | 起こる | 生起する)の係り受け関係を満足する文を説明文を含む情報項目のみが検索結果として残る。図 3は、情報項目「避雷針」の説明文に含まれる文「雷雲ができると、避雷針の先端に強い正電荷が生じ、近くの空気をイオン化する。」の文節係り受け構造を示し、係り文節から受け文節への係り受けを矢印で表している。ここで、文節「正電荷が」は、文節「生じる」に係っているので、前記検索子は、この文の文字列とマッチし、情報データベース検索は、出力の一部として情報項目「避雷針」の説明文全文のテキストを出力する。

4.4 形態素解析と文節係り受け解析

情報データベース検索により検索された情報項目の説明文全文のテキストは、形態素解析され、さらにその解析結果を用いて文節係り受け解析される。たとえば、図 3 に示した係り受け構造をもつ情報項目「避雷針」の説明文の一部からは、以下のようなリスト構造として文節係り受け構造が抽出される。ここで、主題や連用並列などは、係り受け種別を表す。

```
(("イオン化する。")
  (("避雷針は" : 主題))
  (("生じ、" : 連用並列)
    (("できると、" : 接続)
      (("雷雲が" : ガ格)))
    (("先端に" : ニ格)
      (("避雷針の" : 体言連結)))
    (("正電荷が" : ガ格)
      (("強い" : 連体修飾))))
  (("空気を" : ヲ格)
    (("近くの" : 体言連結))))
```

同様に、問題記述テキストからは、以下のような文節係り受け構造が抽出される。

```
(("イオン化する。")
  (("イオン発生器は" : 主題))
  (("空気を" : ヲ格))
```

4.5 文節係り受け構造マッピング

アナロジーは、ベース領域からターゲット領域への知識の写像であり、ベースで成り立つ関係の体系がターゲットでも成り立つことを意味する。構造写像理論 (Structure-Mapping Theory) [Gentner, 1983] は、アナロジーの写像規則を定式化し、「オブジェクトの属性ではなく、オブジェクト間の関係が写像される」、「高次の関係によって結ばれている関係が写像されやすい」という2つの写像原理を導出している。このように、構造写像理論は、純粋にシンタクティックなメカニズムでアナロジーを扱うことを可能にした。SME (Structure-Mapping Engine) [Falkenhainer et al., 1987] は、この理論に基づく効率的な写像プログラムであり、ベースとターゲットの記述を与えると、それらの間のすべてのアナログ的な写像を生成し、対応語句・対応関係・類推的推定関係を抽出する。Alva-1 は、SME を用いて文節係り受け構造マッピングを行う。

SME では、実体 (entity) と述語 (predicate) によってベースとターゲットを記述する。実体とは個々のオブジェクトや定数で、Lisp の関数 defEntity によって定義する。述語には、関数 (function)・属性 (attribute)・関係 (relation) の3種類のタイプがあり、defPredicate によって定義する。述語のインスタンスはファクト (fact) と呼ばれる。関数は実体から実体への1対1、または、n対1の写像である。ただし、真理値を値とする関数は関係として記述する。たとえば、ファク

ト(電流 雷)は、雷という物理的実体から電流という量への写像である。また、属性は実体の性質を表し、関係は実体と述語のすべてを対象とした関係を表す。

Alva-1の文節係り受け構造マッピング処理部では、文節係り受け構造を同定された、問題記述テキストと関連情報項目説明文テキストのそれぞれに対して、すべての可能な部分係り受け構造から、実体と述語を抽出し、SMEの表現へと変換する。

Alva-1であつかう係り受け種別の1つである「体言連結」は、「AのB」という形で2つの体言を連結する。この連体助詞の「の」は、AとBの間の陽には表現されない意味関係をもつ。この意味関係は、何十種類にも分類される[島津 他., 1986]が、「雷の電流」などSMEの関数に対応すると考えられるものも多い。そこで、係り側A・受け側Bがともに名詞で、体言連結の係り受け種別をもつ場合は、以下のように変換する。

```
(defPredicate B (entity) :function)
ファクト: (B A)
たとえば、「雷の電流」の場合、
(defPredicate 電流 (entity) :function)
ファクト: (電流 雷)
```

係り側Aが形容詞または形容動詞、受け側Bが名詞で、連体修飾の係り受け種別をもつ場合は、属性を抽出し、以下のように変換する。

```
(defPredicate A (entity) :function)
ファクト: (A B)
たとえば、「強い正電荷」の場合、
(defPredicate 強い (entity) :attribute)
ファクト: (強い 正電荷)
```

受け側が動詞の場合は、関係を抽出する。関係の抽出には、基準となる形が必要である。Alva-1では、その基準形として、計算機用日本語基本動詞辞書IPAL (Basic Verbs) [IPA, 1986]を用いる。IPALの中の文型に関する情報、すなわち、基本動詞約860語の語彙の意味別の必須格の情報を利用して。また、サ変動詞を中心に約600語の情報を追加している。たとえば、以下に4つの意味をもつ動詞「生じる」の必須格情報のリスト構造を示す。nilは、ガ格が省略可能であることを表す。

```
(生じる ((:カラ格) :abs) ((:ガ格) :abs))
```

```
(生じる ((nil :ガ格) :hum :org) ((:ニ格) :abs)
((:ヲ格) :abs))
(生じる ((:ニ格) :abs) ((:ガ格) :abs))
(生じる ((:ニ格) :loc) ((:ガ格) :pla :phe :act))
```

受け部に動詞をもつ部分係り受け構造と、その動詞の終止形をリストの第1要素にもつ必須格情報リストとを必須格についてマッチさせ、基準形リストを作成する。ただし、係り受け種別「主題」は「ガ格」とマッチする。登録されていない動詞の場合は、ガ格とヲ格をもつものと仮定してマッチさせる。たとえば、「避雷針は先端に正電荷を生じる」の場合、以下のように変換する。

```
(defPredicate 生じる (entity entity entity) :relation)
ファクト: (生じる 避雷針 先端 正電荷)
```

係り受け種別「連用並列」や「接続」などは、文や句を結び、理由や順序などを表すため、これらによって高次の関係が抽出できる。ただし、Alva-1の係り受け解析は、表層格解析のみを行い、深層格や意味解析は行わないため、その意味関係を同定することはできない。そこで、このような場合には、「:関係」という関係を導入して記述する。

以上の変換結果である実体とファクトの集合を用いて、ベースとターゲットの記述を行う。関連情報項目説明文の一部であるテキスト「雷雲ができる」と、避雷針の先端に強い正電荷が生じ、近くの空気をイオン化する。陰イオンは避雷針に引きつけられて電子を奪われ、陽イオンは上へ昇って雷雲の中の負電荷を減らす。」は、ベース領域の知識として以下のような記述となる。

```
(defPredicate :関係 (entity entity) :relation)
(defPredicate できる (entity) :relation)
(defPredicate 生じる (entity entity entity) :relation)
(defPredicate イオン化する (entity entity) :relation)
(defPredicate 引きつけられる (entity entity) :relation)
(defPredicate 奪われる (entity entity) :relation)
(defPredicate 昇る (entity entity) :relation)
(defPredicate 減らす (entity entity entity) :relation)
```

```
(defPredicate 先端 (entity) :function)
(defPredicate 空気 (entity) :function)
(defPredicate 中 (entity) :function)
(defPredicate 負電荷 (entity) :function)
```

```
(defPredicate 強い (entity) :attribute)
```

```
(defDescription *BASE*
```


entities (雷雲 避雷針 先端 正電荷 近く 中
陰イオン 電子 陽イオン 上 負電荷)

facts (できる 雷雲)
(先端 避雷針)
(強い 正電荷)
(生じる 避雷針 (先端 避雷針) 正電荷)
(生じる 避雷針 先端 正電荷)
(空気 近く)
(イオン化する 避雷針 (空気 近く))
(イオン化する 避雷針 空気)
(:関係 (できる 雷雲)
(生じる 避雷針 先端 正電荷))
(:関係 (生じる 避雷針 (先端 避雷針)
正電荷)
(イオン化する 避雷針 (空気 近く)))
(:関係 (生じる 避雷針 先端 正電荷)
(イオン化する 避雷針 空気)))
(引きつけられる 陰イオン 避雷針)
(奪われる 陰イオン 電子)
(:関係 (引きつけられる 陰イオン 避雷針)
(奪われる 陰イオン 電子))
(昇る 陽イオン 上)
(減らす 陽イオン 負電荷 :デ格)
(中 雷雲)
(負電荷 (中 雷雲))
(:関係 (昇る 陽イオン 上)
(減らす 陽イオン (負電荷 (中 雷雲))))
(:関係 (昇る 陽イオン 上)
(減らす 陽イオン (負電荷 中)))
(:関係 (昇る 陽イオン 上)
(減らす 陽イオン 負電荷)))

同様に、問題記述テキスト「イオン発生器は空気をイオン化する。」は、以下のようなターゲット領域の知識となる。

```
(defDescription *TARGET*
 entities (イオン発生器 空気)
 facts (イオン化する イオン発生器 空気))
```

これらの記述によって SME は、以下の対応語句と対応関係を抽出する。

```
避雷針 ←→ イオン発生器
空気 ←→ 空気
(イオン化する 避雷針 空気)
←→ (イオン化する イオン発生器 空気)
```

さらに、以下の関係を類推する。

```
(:関係 (生じる イオン発生器
(*skolem* 先端) (*skolem* 正電荷))
(イオン化する イオン発生器 空気))
```

ここで、*skolem* で始まるリストは、ターゲット側にはない仮説的な実体を意味する。すなわ

ち「イオン発生器は、その先端に正電荷を生じ、空気をイオン化する。」という関係の類推的仮説を生成する。

以上の処理により、思考者は解決すべき問題「陰イオンを多く含んだ空気は健康に良い。そこで、空気中に多くの陰イオンを発生させるイオン発生器を作るにはどのようにすればよいか。」に対して、問題記述テキストと検索子を入力することにより、発想のヒントとなる情報項目の1つとして、「避雷針」を得ることができ、さらに、対応語句「避雷針」と「イオン発生器」、対応関係「避雷針が空気をイオン化する。」と「イオン発生器が空気をイオン化する。」、類推的仮説「イオン発生器は、その先端に正電荷を生じ、空気をイオン化する。」を得ることができた。

たとえば、この結果、思考者は、「避雷針」の説明文の中の記述「先のがった」、「金属製の棒」、「強い電場」から動作原理「針に強い負の電荷を供給すると、針の先に強い電場が生じ、それが近くの空気をイオン化する。正イオンは針に引きつけられて、そこで電子を奪われ、陰イオンはあたりに広がっていく。」をもつイオン発生器を考案することが可能となる。

5 おわりに

解決方法があらかじめ分かっていない問題に対して創造的発想を行って解決しようとする思考者の発散的着想段階を、糸口となる知識を豊富に含んだフルテキスト情報データベースの検索結果からのアナロジーを用いて支援する方式を提案した。さらに、本手法に基づく発想支援システム Alva-1 を用いて、避雷針とのアナロジーによってイオン発生器の動作原理に関する着想を支援する例をもとに本手法の有効性を示した。本手法によると、名詞・動詞・形容詞・形容動詞・副詞のいずれかの品詞をもつ語句や、多様な検索マッチングを行える検索子を思考者から入力し、キーワードに関連する、用語や出来事や情景などの情報を網羅的に集め、集められた情報と解決すべき問題との間でアナロジーをとることによって、思考者の発散的思考における発想の効率・網羅性・異質性を高めることができる。

現在、Alva-1 がもつフルテキスト情報データベースは極めて小規模なものであり、今後、この

大規模化に伴って様々な課題が現れてくると考えられる。また、そこで説明文がどのような文章で記述されているかによって、本方式の効率が左右されることが予想される。逆に言えば、どのように記述すれば本方式の効率が上がるのかが示されてくると思われる。

また、現在、情報検索においてのみ、同義語辞書と類義語辞書を活用しているが、これを構造マッピング時にも用いることを検討している。ただし、その場合には、意味的一致を考慮した係り受け構造から SME 記述への変換手法が必要となると考えられる。

謝辞

本研究の機会を与えていただいた NTT ヒューマンインタフェース研究所の遠藤隆也マルチメディア処理研究部長、日比野靖主幹研究員に感謝致します。また、形態素解析と文節係り受け解析に関して有益な助言と助力をいただいた福永博信氏、稲垣博人氏、竹下敦氏に謝意を表します。

参考文献

- [Adams, 1986] James L. Adams. *Conceptual Blockbusting: A Guide to Better Ideas*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, third edition, 1986.
- [Falkenhainer *et al.*, 1987] Brian C. Falkenhainer, Kenneth D. Forbus, and Dedre Gentner. The structure-mapping engine: Algorithm and examples. UIUCDCS-R-87-1361, University of Illinois at Urbana-Champaign, July 1987.
- [Gentner, 1983] Dedre Gentner. Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, Vol. 7, pp.155-170, 1983.
- [Gero, 1990] John S. Gero. Design prototypes: A knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, Vol. 11, No. 4, pp.26-36, Winter 1990.
- [IPA, 1986] IPA. 計算機用日本語基本動詞辞書 IPAL(Basic Verbs). 情報処理振興事業協会, 1986.
- [川喜田, 1986] 川喜田 二郎. KJ 法. 中央公論社, 1986.
- [国際研, 1990] 富士通 国際情報社会科学研究所. 第 7 回国際研シンポジウム予稿集, November 1990.
- [小山 他., 1988] 小山 雅庸, 河合 和久, 大岩 元. 発想支援ツール KJ エディタの設計と試作. 情報学シンポジウム, 1988.
- [三末, 1990] 三末 和男. 図的発想支援システム D-ABDUCTOR における図の操作機能について. 第 7 回国際研シンポジウム予稿集 [国際研, 1990], pp. 224-238.
- [Murthy & Addanki, 1987] Seshashayee S. Murthy and Sanjaya Addanki. Prompt: An innovative design tool. In *Proceedings of the Sixth National Conference on Artificial Intelligence*, pp. 637-642, Seattle, Washington, July 1987.
- [中山, 1980] 中山 正和. NM 法のすべて. 産業能率大学出版社, 1980.
- [野口, 1991] 野口 尚孝. 工業デザイナーのための発想支援システムの研究 (その 2). 日本認知科学会 第 8 回大会発表論文集, 1991.
- [島津 他., 1986] 島津 明, 内藤 昭三, 野村 浩郷. 助詞「の」が結ぶ名詞の意味関係の解析. 計量国語学, Vol. 15, No. 7., 1986.
- [篠原, 1990] 篠原 靖志. 知識整理支援システム CONSIST. 第 7 回国際研シンポジウム予稿集 [国際研, 1990], pp. 191-204.
- [高橋, 1990] 高橋 誠. 創造技法と支援システム. 第 7 回国際研シンポジウム予稿集 [国際研, 1990], pp. 23-35.
- [Wall & Schwartz, 1991] Larry Wall and Randal L. Schwartz. *Programming perl*. O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol, California, 1991.
- [渡部, 1990] 渡部 勇. 発散的思考の計算機支援. 第 7 回国際研シンポジウム予稿集 [国際研, 1990], pp. 337-352.
- [Williams, 1990] Brian C. Williams. Interaction-based invention: Designing novel devices from first principles. In *Proceedings of the Eighth National Conference on Artificial Intelligence*, pp. 349-356, Boston, Massachusetts, August 1990.