

発散的思考支援ツールの研究開発動向

Trends of Systems Supporting Divergent Thinking

折原 良平*
Ryohei Orihara

* (株)東芝 研究開発センター システム・ソフトウェア生産技術研究所 技術研究部
Research Department, Systems and Software Eng. Lab., R & D Center, Toshiba Corp.

1993年4月28日 受理

Keywords: creativity support, brainstorming, AI application.

1. はじめに

本稿は、発想支援ツールのなかで特に発散的思考を支援するツールや技術に関して解説するものである。本特集の他の解説[國藤 93, 杉山 93]にもあるように、さまざまな分野におけるハードウェア的、ソフトウェア的進歩により、発想支援ツールの実現が現実味をおびてきつつある。そのなかで、発散的思考支援ツールや、そう名乗っていないが、発散的思考支援効果を得られるようなツールや技術も少なくない。

本稿の目的は、このような技術動向のいくつかを系統的に紹介し、この分野の現状の雰囲気を読者に味わっていただくことである。ここでは、「人工知能学会誌」の特集ということもあり、発散的思考支援を人工知能技術の新しい応用分野と捉え、AI的なアプローチに基づくものを中心に紹介する。

2. 発散的思考支援とは

2.1 発散的思考

すでに得られているアイデアの断片をまとめあげていく過程である収束的思考とは対照的に、それらの断片そのものを作り出していく過程を発散的思考と呼ぶ。ここで、アイデアとは、思考主体にとって新規

な、ハッと驚くような考え方の一まとまりを指す。

別の言い方をすれば、一つの問題に対して唯一の回答を求めるのが収束的思考であり、多数の回答を得るのが発散的思考である[村上 83]。収束的思考に一貫性やアイデアの実現可能性が求められるのに対し、発散的思考においては一般に評価は行われず、とにかく多くのアイデアの断片を生成することが重要視される。

発散的思考を、それが何らかの枠組みのなかで行われるかどうかによって二分することができる。

枠組みのないものは、いわゆる自由連想である。与えられたテーマや問題に対して、解決案となりそうな、あるいは関係がありそうな事柄を思いつくままに並べていく。代表的な例はブレインストーミングである*1。

枠組みのある場合の例としては、チェックリストを用いてさまざまなケースを漏れなく拾い上げることや、何らかの原理・法則に対し整合的なケースを列挙することなどがあげられる。

2.2 Young の分類

発散的思考支援ツールとは、人間の発散的思考を何らかの形で支援する計算機ツールである*2。この定義によれば、発散的思考支援ツールとは極めて広い範囲を指すことになる。したがって、その問題意識の持ち方も千差万別である。発想支援ツールに対して提案された分類指標を用いることにより、この広い研究領域を系統立てて理解することが可能となる。本特集の他の解説[國藤 93, 杉山 93]でも紹介されるようにさまざまな分類が存在する。ここでは、Young の与えた図1のようなレベル分け[Young 88]を用いる。これは、

*1 ここでは、与えられた問題やテーマは枠組みとは考えず、アイデア断片の創出をガイドするものだけを枠組みと考える。

*2 以下、発散的思考支援ツールおよび発散的思考支援効果を持つツールや技術をまとめて発散的思考支援ツールと呼ぶことにする。

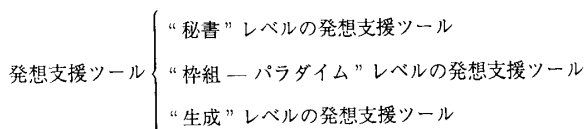


図1 Young による分類

思考支援ツールを以下の3通りに分類する。

“秘書”レベル (The Secretarial Level) は、基本的には、計算機を動的な電子黒板として用いるものである。ユーザの思考がツールに表示され、システムはそれを操作するための機能を持つ。概念操作にまつわる雑用を計算機が肩代りするのである。ユーザは創造的な活動に専念できるので、結果として発想支援効果が得られる。

“枠組み-パラダイム”レベル (The Framework-Paradigm Level) は、ユーザが考えをまとめるに当たって適切な枠組みを選んで提供するものである。枠組みは、ユーザの思考を構造化するだけでなく、思考の流れをガイドする役目も果たす。このレベルでは、ツールはユーザの思考をガイドはするが、ユーザの考えている問題に対して直接解答を与えることはない。

“生成”レベル (The Generative Level) は、ユーザが入力した単語を総合したり関連づけることによって、新たなアイデアを生成して提供するものである。このレベルにおいても、ツールはアイデアを生成するための枠組みを持っている。しかし、“枠組み-パラダイム”レベルとは異なり、“生成”レベルのツールは、ユーザの考えている問題に対する解答となり得るアイデアを出力する。もちろん、それらのアイデアを実際に採用するかどうかはユーザの自由である。

この三つのレベルは、後のものほど支援の度合いや洗練度が高いという階層をなしている。しかし、高いレベルの支援が必ずしも効果的な支援であるとは限らない、と Young は指摘している。

Young による分類とは、どうやって支援するか (how) ではなく、何を支援するか (what) に着目している点に特色がある。how に着目すると、分類項目に現れない技術は発想支援ツールの範疇から抜け落ちてしまう。本稿では、より広い範囲のツールや技術を発想支援の立場から捉えるのが目的であるため、Young による分類を採用した。

ここで、前節で述べた2種類の発想的思考と、Young の分類との関係について述べておく。前者は発散的思考の行われ方の分類であり、後者は発散的思考のなかで計算機が何を支援するかの分類であるため、きれいな対応をつけることはできないが、大まかには以下のように言える。まず、“枠組み-パラダイム”レ

表1 発散的思考の種類とツールの関係

| Youngによるツールの分類 | 発散的思考の種類 | |
|-----------------|------------|------------|
| | 枠組なしの発散的思考 | 枠組ありの発散的思考 |
| “秘書”レベル | ○ | ○ |
| “枠組 — パラダイム”レベル | | ○ |
| “生成”レベル | ○ | ○ |

ベルのツールが支援するのは、枠組みありの発散的思考である。これは、ツールが発散的思考に関して枠組みを持っており、ユーザをその枠組みのなかで思考させるものなので、当然といえる。次に、“生成”レベルのツールには2種類の使い方がある。一方は、ユーザが、ツールの持っている枠組みに従って発散的思考を行う場合で、この場合には枠組みありの発散的思考が支援される。他方は、ユーザがツールの持っている枠組みを無視し、ツールの出力をブレインストーミングにおける他者の意見と考える場合で、この場合には枠組みなしの発散的思考が支援される。最後に、“秘書”レベルのツールは、枠組みありと枠組みなしの両方の発散的思考において、ユーザを雑用から解放することによる支援効果を持ち得る。これを表1にまとめておく。表中の○は支援効果が得られることを表す。

次章では、Young による分類に基づいて事例を紹介する。

3. 発散的思考支援ツールの実例

実在の発散的思考支援ツールや技術は、Young による分類の複数の要素を持ち得る。そこで、本章では、大まかなレベル分けを行ったうえで、個々の事例がどの分類に属するかを述べる。

3.1 “秘書”レベル

[1] ワードプロセッサ

今日、広く普及しているワードプロセッサは、“秘書”レベルの発想支援ツールの典型例である。Engelbart は、1963年の論文でワードプロセッサが人間の知的能力を進化させると示唆した[Rheingold 87]。現実はそれ以上であり、ワードプロセッサの普及によって文章作法が大きく変わったのは記憶に新しい。その意味では、ワードプロセッサは“枠組み-パラダイム”レベルに属しているともいえる。

ワードプロセッサの一つの使い方として、テーマに関連する文章片を思いつくままに次々と入力していき、最後に編集機能を用いてまとめるというものがある。文章片の発想という発散的思考において、ユーザ

は最終的なとりまとめを気にする必要がない。こう考えると、ワードプロセッサは発散的思考支援ツールといえるだろう。

〔2〕 データベース

データベースは、個人の知識を拡張するための道具と考えられる。ユーザから見れば、データベースシステムは情報入手を助けてくれるものであり、“秘書”レベルの発散的思考支援ツールといえる。

〔3〕 グループウェア[石井 89]

CSCW^{*3}のためのツールをグループウェアと呼ぶ。グループウェアは、そのツールが協調の仕方に関して何らかの方法論を仮定しているか否かで二分できる。

前者の例としてはColab[Stefik 87]がある。Colabは小人数向けの電子会議室であり、大型の電子黒板(共用スクリーン)と、各人用の端末を備えている。協調によるアイデア生成は、Cognoterというアイデアプロセッシングツールによってガイドされる。

ここで用いられているのは

1. ブレーンストーミングによるキーワードの創出
2. キーワードの関連づけ
3. キーワードのグループ化

というKJ法風の方法論である。このうち、発散的思考を支援するのはブレーンストーミングのフェーズである。ここでは、各ユーザは、テーマに関係のあるキャッチフレーズと、その簡単な説明(supporting text)を組にして提案していく。それらは後の収束的思考のフェーズで評価を受けることになるが、この段階では単に蓄積されていくだけである。ユーザは、キャッチフレーズや説明を読んだり画面上で移動させることはできるが、消去することは許されない。このように、Colabでのアイデア創出は、ブレーンストーミングのルールに則って行われる^{*4}。同様のツールで、知識獲得や集団意思決定への適用を狙ったものとしてGRAPEがある[國藤 89]。

後者の例は、TeamWorkStationである[石井 91]。これは各人が使いたいメディアはそのままに、協調空間を提供することを目指している。例えば、ワードプロセッサを使っている人と、紙と鉛筆を使っている人との間にも協調を提供できる仕組みになっている。

3・2 “枠組み-パラダイム”レベル

〔1〕 アウトラインプロセッサ[情報システム HB 編 89]

ワードプロセッサに対し、文章片の編集機能を強化

し、章立て→節立て→内容というトップダウン的なドキュメント作成を支援するツールをアウトラインプロセッサと呼ぶ。これは、ワードプロセッサの持つ“枠組み-パラダイム”レベル的要素を拡張したものと考えられる。すでに、さまざまなアウトラインプロセッサが商品化されている。ハイパーテキストシステム[情報システム HB 編 89]とアウトラインプロセッサを併せてアイディアプロセッサ(Idea Processor)と呼ぶこともある[Hershey 85]。

〔2〕 知識獲得支援ツール

エキスパートシステム構築における、専門家からの知識獲得の困難さは、知識獲得ボトルネックとしてよく知られている[國藤 88]。専門家は、自分がどんな知識を持っているかを意識していないため、「あなたの持っている知識を教えてください」といわれても口に出して表現することができない。知識獲得支援ツールは、分類や診断といった問題のタイプごとに問題解決のモデルを内部に持っており、そのモデルに基づいて専門家に何を質問したらよいかを判断する。専門家に、考慮すべき新たな場面を示唆するという点で、知識獲得支援ツールは“枠組み-パラダイム”レベルの発散的思考支援ツールにほかならない。

分類問題用のETS[Boose 85]、診断問題用のMOLE[Eshelman 88]ほか、多くの知識獲得支援ツールが提案されている。しかし、設計など合成型の問題に対しては問題解決のモデルを同定するのが困難であり、汎化タスク[Chandrasekaran 86]などのアプローチによるブレイクスルーが待たれている。

〔3〕 AA1[Hori 90]

AA1(Articulation Assistant version 1)は、ユーザが発想の断片として与えるキーワードを空間配置することにより、さらなる発想を促そうとするツールである。ユーザは、まず頭に浮かぶいくつかの言葉をツールに与える。さらに、言葉と言葉の間に関係があるかどうかを示す。関係の種類は問わない。ツールは、与えられた情報をもとに、関係のある言葉どうしは関係のない言葉どうしよりも距離が近くなるように言葉の空間配置を計算し、結果をユーザに提示する。言葉の空間配置は、ユーザにKJ法のカード配置と同様の刺激を与えるので、ユーザは空間内の空白に位置すべき言葉を考え、発想が支援される。

AA1は、“枠組み-パラダイム”レベルの発散的思考支援ツールであると同時に、“生成”レベルの要素も持っている。言葉の空間配置自体はアイディアではないが、アイディアに通じる視点を与えていると考えられるからである。

* 3 Computer Supported Cooperative Work の略。

* 4 ブレーンストーミングに関しては後の章で詳述する。

AA1のキーワード空間配置機能をもとに、キーワードに付加された説明文からキーワード間の関係の有無を自動的に得るツールCAT1[角 94]、ユーザに画面上でキーワードを移動させて何らかの空間配置を行わせ、そのキーワードの並びによって表される概念を定量化するツールのSC0/SC1[杉本 93]が作られている。

3・3 “生成”レベル

[1] AM[Lenat 82]

AMは、集合論の知識をもとに、ヒューリスティクスを用いて数学的概念を発見するシステムである。概念はフレーム形式で表現されており、システムは与えられたヒューリスティクスに従って、フレームを修正することで新しい概念を作り出す。システムの動きは、興味深そうな概念をそうでないものより先に生成しようとするagendaメカニズムによって制御される。

AMは後にヒューリスティクスそのものの学習能力を持つEURISKO[Lenat 83]へと拡張された。

[2] IdeaFisher[Day 89, Fisher 89, Fisher 90, Mann 90]

IdeaFisherは、索引づけされ関連づけられた語や句のデータベース*5をもとに、連想を用いてユーザの発散的思考を助けるツールである。ツールは、QuestionBank, IdeaBank, IdeaNotepadという三つの部分からなる。最初にユーザはQuestionBankと対話する。そこに用意されている質問に答えることにより、ユーザは自分の立場や抱えている問題、意図などをツールに伝える。この過程では、ユーザは自分にとって何が問題なのかを明確に認識する。

問題を明確に認識することにより、ユーザは解決案を発想しやすくなる。ユーザは、解決案を思いついたなら、それをIdeaBankへと入力する。IdeaBankは、入力から連想される語句をデータベースから探しだし、ユーザに提示する。こうして、アイデアが膨らんでいく。IdeaNotepadは、アイデアをまとめるためのエディタである。

IdeaFisherは、IBMPC(MS-DOS)上で動作する。商業ベースの“生成”レベルの発散的思考支援ツールとしては、最も有名であるといえよう。

[3] Metaphor Machine[Young 87]

Metaphor Machineは、関係データベースを用い

*5 約61,000の語や句が、700,000以上の関係で結ばれている。

*6 約60,000の語を持っている。

*7 あるキーワードが、特定のコンテキストにおいて、他におけるより多く用いられる度合。

て、陰喩を自動生成するシステムである。見慣れたものの新しい見方を与えるというタイプの陰喩を作るにはブレンストーミングが有効だが、これはいつでもできるとは限らない。グループを作る際に少人数しか集まらなかった場合には、計算機をグループの一員とし、データベースの知識をグループに導入して、記憶を拡張するのが有効である。

Metaphor Machineでは、陰喩の作られ方をモデル化することで、より一般的な“Idea Processing System(発想支援向き意思決定支援システム)”の発展に寄与することを狙っている。陰喩生成のモデルは、関係代数によって定式化されている。

[4] 知恵の泉[Orihara 90, 折原 91, 折原 94]

知恵の泉®は、概念の定義・被定義階層構造を類推によって転写することで、新たな概念を導くツールである。知恵の泉は、入力された日本語文を構文解析して、概念の定義・被定義階層の知識ベースを生成する。次に、知識ベースを領域と呼ばれる部分に分割し、類似の領域間で、一方の領域に存在する定義・被定義階層が他方にも存在すると仮定して類推を行い、新たな概念を作り出す。

知恵の泉は、人間が新たな概念を作り出す過程を発想と捉え、それを類推を用いてモデル化している。領域分割の方法は一般に複数通りあり、それによって類推における視点を表現しているのが特徴である。

[5] Keyword Associator[渡部 91]

Keyword Associatorは、電子ニュースの記事をもとに連想辞書を自動生成し、入力されたキーワードに関連するキーワードを提示するツールである。ユーザはツールに対してキーワードを与え、ツールは連想辞書を使って入力キーワードと関連の深いキーワードを検索し、出力する。それを見ることでユーザの発散的思考が支援される。

Keyword Associatorの最大の特徴は、計算機可読な大量のテキスト源である電子ニュースを用いて、連想辞書を自動生成する点である*6。キーワード間の関連度は、各ニュースグループの関心に対応するコンテキストなる概念と、各コンテキストにおけるキーワードの重要度*7を用いて定義される。

[6] Knowledge Discovery Workbench [Piatetsky-Shapiro 91b]

Knowledge Discovery Workbench(KDW)は、データベースに内在する規則性を発見するためのツールの集合体である。KDWは、統計解析、クラスタリング、分類木生成、データ要約、異常・変化の発見などのためのツールを用意しており、ユーザはこれらのツール

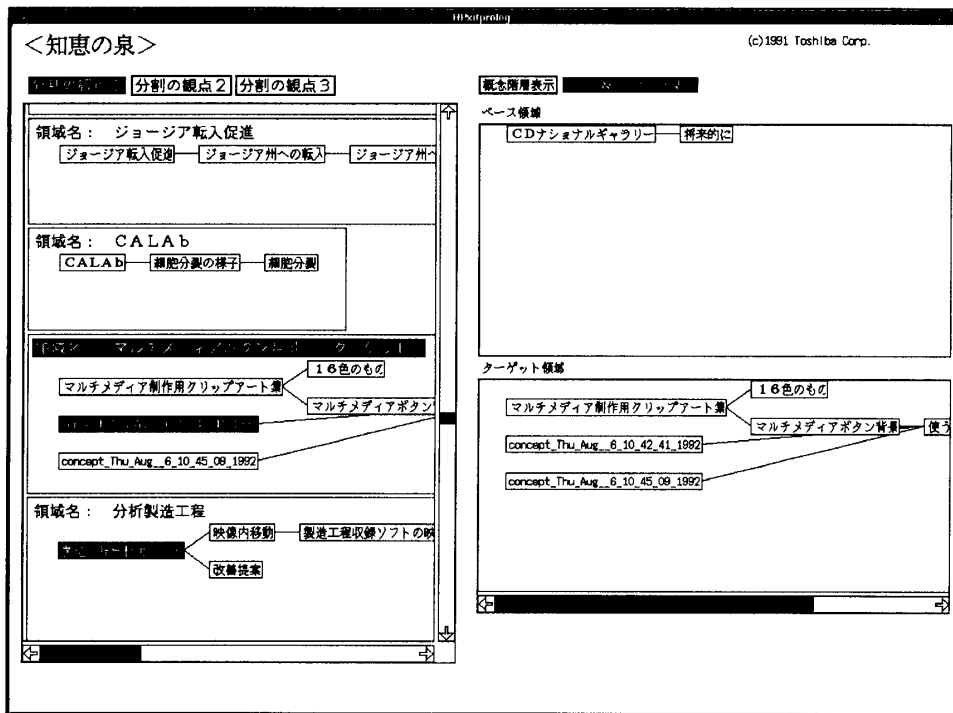


図2 知恵の泉の画面例

を用いてデータベース中に内在するかもしれない規則性を探索することができる。さらに、ユーザは領域特有の知識をあらかじめKDWの知識ベースに与えておくことにより、KDWのツール群の動きを効率化することができる。こうした知識のうち最も簡単なものは、データベースのフィールドに関する記述である。

KDWによって支援される作業は収束的思考に分類されるように感じられるかもしれないが、与えられたデータベースの見い出されていなかった側面を見るという意味で、発散的思考と考えることが妥当である。さらに、発見された規則性を演繹することにより、データベース中にはなかった知見を得られる可能性もある。このように、KDWは二重の意味で発散的思考を支援する。

4. 発散的思考支援ツールの基盤技術

本章では、発散的思考支援ツールで用いられている、あるいは用いることのできるいくつかの技術を紹介する。ここでも、Youngによる分類におけるどのレベルを支援するのに使えるかを付記する。

4.1 発想法

発想法は、“枠組み-パラダイム”レベルの発散的思考支援ツール構築のために必要である。ここでは、発想法のうち、特に発散的思考のために有効なものを簡単に紹介する。

〔1〕ブレインストーミング[高橋 81]

ブレインストーミングとは、以下の2原則のもとで行われる集団によるアイデア創出会議である。

- (1) 判断の保留：アイデアを出す段階では、出すことだけに専念し、評価を行わない。
- (2) 質より量を：良いアイデアを出そうと考えるより、たくさんのアイデアを出すように心掛ける。

ブレインストーミングの進行にあたっては、2原則から導かれる次の四つのルールが守られなければならない。

1. アイディアの善し悪しの批判をしない。
2. 自由奔放を歓迎。
3. アイディアの量を求める。
4. 他人のアイデアへの便乗や改善を奨励。

これらのルールを守った発散的思考は、集団に限らず個人で行う場合にも効果のあることが知られており、広く世界中で用いられている。アイデアを出す際、口に出してという代わりに紙に書きとめるブレインライティングという方法も知られている。

〔2〕NM法[中山 83]

NM法は、KJ法とならんで有名な発想法である。問題の本質を表すキーワードに対し、「例えば…のように？」というイメージ的な比喻を設定する。これをQuestion Analogy (QA)と呼ぶ。次に、QAの背後にあるイメージを思い描く。これがQuestion Background (QB)である。QBのイメージから一つずつ「こ

これは問題の解決に何かヒントを与えないか？」という問いかけをしていく。これが Question Conception (QC) である。QC に対応してアイデアが得られる。NM 法支援ツールも企画されている [岡宅 92]。

〔3〕 シネクティクス [大鹿 83]

シネクティクスは類比を用いた発想法である。新しいアイデアを得るため、異質馴化と馴質異化という二つのアプローチをとる。前者は、新規なものを既知なものと同類とみなすことであり、後者は、既知のものに対し新しい見方をすることにより新たな側面を見出すことである。このように考えるなかから問題に対する斬新な観点が得られ、アイデアが創出される。前述の Metaphor Machine においてもシネクティクスの考え方が採用されている。

〔4〕 等価変換理論 [市川 77]

過去の重要な発明や過程を観察することにより、類比を用いたアイデア着想の過程を理論化したのが等価変換理論である。その中心には、前述の異質馴化の考え方がある。等価変換理論は工学的応用を強く意識しており、その応用方法は E-T 線図法としてまとめられている。

4・2 データベースにおける知識発見、機械学習

近年、大規模データベースが構築されるようになったことから、データベースにおける知識発見の必要性が語られるようになった。大規模データベースを有効活用するためには、そのデータ間に内在する規則性を見つけ出し、それをルールとしてデータベースに付加しなければならない。ここで用いられるのは主として機械学習、特に帰納推論や近似学習における最近の知見である [西尾 92, Piatetsky-Shapiro 91a]。

データベースにおける知識発見は“生成”レベルの発散的思考支援にほかならない。今後、機械学習理論の進歩により、この分野が発展してくれば、新たなタイプの“生成”レベルの発散的思考支援ツールが現れるものと思われる。

また、“生成”レベルの発散的思考支援ツールは、無益なアイデアを大量に出し続ける可能性がある。有用なアイデアを選択的に出力させるためには、機械学習において用いられている探索空間の絞り込みや、帰納的バイアス [Utgoff 86] に関するテクニックが有用と考えられる。

4・3 類 推

類推は、発想のモデルとして重要な推論形態である [伊東 83]。類推研究は 2 通りの意味で発散的思考支援ツールにとって重要である。一つは、発想をモデル化し、主として“枠組み-パラダイム”レベルに寄与するという意味で、もう一つは、類推を機械化 [Haraguchi 85, Haraguchi 86] することによって“生成”レベルの発散的思考支援に寄与するという意味である。

類推の認知モデルとして有名な構造写像理論 [Gentner 83] は、等価変換理論に類似の方法で、異質馴化をモデル化している。これを実現した Structure-Mapping Engine [Falkenhainer 86] は、太陽系とラザフォードの原子モデルとの間の類比などを発見することができる。

4・4 ヒューマンインタフェース(メディア)技術

すでにわかっていることをシステムにどう与え、ツールがどう表示するかは重要な問題である。複雑な入力操作は、ユーザの創造性をそいでしまう。また、ツールに入力された情報を過不足なく表示できなければ、十分な発散的思考支援効果は望めない。こうした問題は、特に“秘書”レベルにおいて重要である。ヒューマンインタフェース技術の進歩によってこの問題が解決されることが期待されている。

5. お わ り に

発散的思考支援ツールとその基盤技術を、Young による分類に沿って紹介した。本稿に現れたツールや技術はほんの一例であり、紹介すべきものは他にも多い。例えば、数量化手法、多変量解析などのデータ解析法は、発散的思考支援ツールの基盤技術として重要であるが、AI 的なアプローチ中心ということで省いた。また、筆者の勉強不足により紹介しきれていない部分もあると思われる。

本稿で紹介したツールのなかで特に注目されるのは、“生成”レベルのシステムのなかで、アイデア断片そのものの生成よりもそれに通じる観点*⁸の生成に重きを置いた、いわばメタ生成型というべきツールである (AA 1, KDW, 知恵の泉など)。“生成”レベルのシステムは、ともすればユーザにうるさがられてしまう傾向にあるが、これらのシステムのように、直接アイデアを示すのではなく、アイデアの発見を促す観点を気づかせるツールが有効であると筆者は考える。“生成”レベルのツールを使う場合でも、ツールの出力したアイデアがそのまま役立つことはまれであ

* 8 viewpoint の意。

り、何らかのヒントとして活用されることのほうが多いであろう。それが自然なのであり、“生成”レベルといえども、ツールはあくまで支援ツールであって、最終的な掘下げは人間が行うべき、というのが筆者の立場である。

最後に、発散的思考支援と収束的思考支援とは実は明確には区別できないことを述べておきたい。これは、収束的思考の結果である何らかのアイデアが、次の発散的思考を促す原理や法則となり得るからで、その意味で収束的思考支援ツールの多くはメタ生成型の発

散的思考支援ツールと考えられる。村上は、多くの発想法において発散・収束が繰り返されることを指摘している[村上 83]。同様に、本格的発想支援ツールにおいては、収束的思考・発散的思考のループが統一的に支援されなければならないであろう。

本稿でも示したとおり、多くの技術が、考え方によっては発散的思考支援ツールとして役立つものとなる。本稿が、今後各分野の読者諸兄が新たな発散的思考支援システムのシーズを生み出していきっかけとなれば望外の喜びである。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Boose 85] Boose, J. H.: A knowledge acquisition program for expert systems based on personal construct psychology, *Int. J. Man-Machine Studies*, Vol. 23, pp. 495-525(1985).
- [Chandrasekaran 86] Chandrasekaran, B.: Generic Tasks in Knowledge-Based Reasoning: High-Level Building Blocks for Expert System Design, *IEEE Expert*, Vol. 1, No. 3, pp. 23-30(1986).
- [Day 89] Day, C. O.: brainstorm—Banish the dark night: turn your PC into a brainstorming partner, *PC/COMPUTING*, pp. 96-97(Dec. 1989).
- [Eshelman 88] Eshelman, L.: MOLE: A Knowledge-Aquisition Tool for Cover-and-Differentiate Systems. In Marcus, S. (ed.), *Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems*, pp. 37-80, Kluwer Academic Publishers (1988).
- [Falkenhainer 86] Falkenhainer, et, al.: The Structures-Mapping Engine, *Proc. AAAI'86*, pp. 272-277(1986).
- [Fisher 89] Fisher Idea Systems, Inc.: *IdeaFisher MS-DOS Version 3.0 User's Guide*(1989).
- [Fisher 90] Fisher Idea Systems, Inc.: *IdeaFisher—An Introduction*(1990).
- [Gentner 83] Gentner, D.: Structure-Mapping: A Theoretical Framework for Analogy, *Cognitive Science*, Vol. 7, pp. 155-170(1983).
- [Haraguchi 85] Haraguchi, M.: Towards a Mathematical Theory of Analogy, *Bull. of Inform. Cybernetics*, Vol. 21, pp. 29-56(1985).
- [Haraguchi 86] Haraguchi, M.: Analogical Reasoning using Transformation of Rules, *Proc. of LPC'85, Springer-Verlag LNCS 221*, pp. 56-65(1986).
- [Hershey 85] Hershey, W.: Idea Processors, *BYTE*, pp. 337-350(June 1985).
- [Hori 90] Hori, K. and Ohsuga, S.: Toward Computer Aided Creation, *Proc. of PRICAI'90*, p. 607-612(1990).
- [市川 77] 市川亀久彌: 創造工学—等価変換創造理論の技術開発分野への導入とその成果—, ラティス(1977).
- [石井 89] 石井 裕: グループウェア技術の研究動向, 情報処理, Vol. 30, No. 12, pp. 1502-1508(1989).
- [石井 91] 石井 裕: 非構造的グループウェアアプローチ Team WorkStation, 第13回知能システムシンポジウム予稿集(1991).
- [伊東 83] 伊東俊太郎: 科学における創造性, 日本創造性学会編, 創造の理論と方法, pp. 73-84, 共立出版(1983).
- [情報システム HB 編 89] 情報システムハンドブック編集委員会 編, 情報システムハンドブック, 培風館(1989).
- [國藤 88] 國藤 進: 知識獲得学習研究の新しい流れ, 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 6, pp. 741-747(1988).
- [國藤 89] 國藤 進ほか: グループ知識獲得システム GRAPE 構想, 第15回システムシンポジウム予稿集, pp. 47-52(1989).
- [國藤 93] 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).
- [Lenat 82] Lenat, D. B.: AM: Discovery in Mathematics as Heuristic Search. In Davis, R. and Lenat, D. B. (eds.), *Knowledge-based Systems in Artificial Intelligence*, chapt. 1, pp. 1-225, McGraw-Hill(1982).
- [Lenat 83] Lenat, D. B.: EURISKO: A Program That Learns New Heuristics and Domain Concepts, The Nature of Heuristics III: Program Design and Results, *Artif. Intell.*, Vol. 21, No. 1-2, pp. 61-98(1983).
- [Mann 90] Mann, R. O.: Creating Ideas with Your PC, *PCToday*, pp. 34-35(Aug. 1990).
- [村上 83] 村上幸雄: 創造技法の比較—新しい学的体系と原理発見への道—, 日本創造性学会 編, 創造の理論と方法, pp. 196-206, 共立出版(1983).
- [中山 83] 中山正和: NM法の基本的な考え方と特徴, 日本創造性学会 編, 創造の理論と方法, pp. 176-185, 共立出版(1983).
- [西尾 92] 西尾章治郎: 大規模データベースからの知識獲得と機械学習, 人工知能学会誌, Vol. 7, No. 1, pp. 13-15(1992).
- [大鹿 83] 大鹿 譲: シネクティクスとフロイド心理学, 日本創造性学会 編, 創造の理論と方法, pp. 154-161, 共立出版(1983).
- [岡宅 92] 岡宅泰邦: イメージ思考(NM法)支援から発想支援へ, 人間の思考支援シミュレーションシステム開発に関する調査研究報告書, p. 43(1992).
- [Orihara 90] Orihara, R., et al.: On Paraphrasing-based Analogical Reasoning—as a theoretical base of the abduction support system, *Proc. of ALT'90*, pp. 134-148(1990).
- [折原 91] 折原良平, 今野 宏: 発想支援システム「知恵の泉™」の試作, 日本ソフトウェア科学会第8回大会論文集, pp. 5-8(1991).
- [折原 94] 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(1994)(掲載予定).
- [Piatetsky-Shapiro 91a] Piatetsky-Shapiro, G. and Frawley, W. J. (ed.): *Knowledge Discovery in Databases*, AAAI Press/MIT Press(1991).
- [Piatetsky-Shapiro 91b] Piatetsky-Shapiro, G. and Mathews, C. J.: *Knowledge Discovery Workbench: An Exploratory Environment for Discovery in Business*

- Databases, *Proc. of Knowledge Discovery in Databases Workshop 1991*, pp. 11-24 (1991).
- [Rheingold 87] Rheingold, H. 著, 栗田昭平 監訳: 思考のための道具, パーソナルメディア (1987).
- [Stefik 87] Stefik, M., *et al.*: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, *Comm. ACM*, Vol. 30, No. 1 (1987).
- [杉本 93] 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).
- [杉山 93] 杉山公造: 収束的思考支援ツールの研究開発動向—KJ法を参考とした支援を中心にして—, *人工知能学会誌*, Vol. 8, No. 5, pp. 568-574 (1993).
- [角 94] 角 康之 ほか: 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. 2 (1994) (掲載予定).
- [高橋 91] 高橋 誠 編: 創造開発技法ハンドブック, 日本ビジネスメディア (1981).
- [Utgoff 86] Utgoff, P. E.: Shift of Bias for Inductive Concept Learning. In Michalski, *et al.* (eds.), *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach*, Morgan Kaufmann (1986).
- [渡部 91] 渡部 勇: 発想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).
- [Young 87] Young, L. F.: The Metaphor Machine: A Database Method for Creativity Support, *Decision Support Systems*, Vol. 3, No. 4, pp. 309-317 (1987).
- [Young 88] Young, L. F.: *Idea Processing Support: Definitions and Concepts*, chapt. 8, pp. 243-268, in *Decision Support and Idea Processing Systems*, Wm. C. Brown Publishers (1988).

著者紹介



折原 良平 (正会員)

1986年筑波大学第三学群情報学類卒業。
1988年同大学院工学研究科電子・情報工学専攻博士前期課程修了。同年、(株)東芝入社。現在、同社研究開発センターシステム・ソフトウェア生産技術研究所に勤務。1993～95年にかけて University of Toront 客員研究員。発想支援技術、類推、帰納推論の研究に従事。情報処理学会、日本ソフトウェア科学会各会員。