

感性への計算的アプローチ

1993年12月

沼尾正行 大谷紀子 編

編者の現在の連絡先:

沼尾 正行

大阪大学産業科学研究所

TEL: 06 6879 8425/FAX: 06 6879 8428

E-mail: numao@sanken.osaka-u.ac.jp

<http://www.ai.sanken.osaka-u.ac.jp>

〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘8-1

大谷 紀子

武蔵工業大学環境情報学部

TEL: 045-910-2938

Email: otani@yc.musashi-tech.ac.jp

<http://www.yc.musashi-tech.ac.jp/~otani/>

〒224-0015 横浜市都筑区牛久保西 3-3-1

感性への計算的アプローチ

沼尾正行 大谷紀子 編

1993 年 12 月

93-No.22

東京工業大学

工学部情報工学科

〒 152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

numao@cs.titech.ac.jp otani@cs.titech.ac.jp

©1993

日本認知科学会

事務局

〒 227 横浜市緑区長津田町 4259

東京工業大学 総合理工学研究科 システム科学専攻内

Phone: 045-922-1111 Ext. 2646

Fax: 045-921-1485

jcass@sys.titech.ac.jp

概要: およそ人間の心がなしうる最も複雑で高次の活動の所産のひとつに、「感性」がある。文学や音楽などに、人間の認知システムが時に見いだす芸術的感興は、認知的活動の中でももっとも知識集約的で推論集約的なものの産物といえるだろう。

認知的機能の用語で言い替えると、知的・論理的過程に加えて、感情・評価・動機づけ・創造性などと呼ばれる諸過程を含んだ統合的な心的過程として感性を考えることができるのである。近年の認知科学における進展、とくに知識表現と推論技法の新展開によって、人間における感情・評価・創造性などの過程を、計算概念によって扱うことが可能となってきた。こうした状況を背景に、感性的認知過程を計算過程として表現するための新しいアイデアを提案し検討することを目的として、日本認知科学会第10回大会ワークショップ「感性への計算論的アプローチ」が開催された。本レポートは、そこでの議論をまとめた論文集である。

具体的に対象とするのは、物語テキスト、詩テキスト、音楽、人間の顔表情画像などで、いずれも知的、論理的、感情的、評価的、といわれるような認知活動を十分に喚起するものである。そして、これらの対象によって起動される認知過程を、体験記憶のインデキシング、メタ推論としての感情、大規模知識ベース、機械学習、帰納論理プログラミング、理論洗練、物語生成モデル、創造（発想）支援システム、感情の生成モデル、アクティヴ・ヒューマン・インターフェイス、といった計算的諸概念によって取り扱った。

「感性への計算的アプローチ」テクニカルレポート編集にあたって

日本はすでに物質的に十分豊かになったと言われて久しい。企業は戦後大発展を遂げたが、その生産する工業製品の需要もすでに飽和状態にあるという。そのような中で産業界から注目を浴びるようになったのが、「アメニティ(快適さ)」や「感性」である。消費者の感性に訴える商品により、差別化を行ない、飽和した市場を再度活性化させようというわけである。

しかし、事はそれほど簡単ではないことが、しだいに明らかになりつつある。「清貧」¹という言葉もあるように、文化的な背景の中で生じる「感性」は、物質的な豊かさとは直交しており、従来の工学的な思考とはなじまない。たとえば、通信工学においては伝送量をより多くするのが至上命題であるが、俳句によるコミュニケーションでは文字数を少なくすることによって、より感性に訴える世界を作り出している。感性については、客観的な尺度ではなく、主観的で局所的な文化の場の方が決定的な役割を果たしており、その下ではグローバルで均一な価値観に基づく市場などは、消滅してしまう可能性すらあるのである。「物」から「感性」への移行は、日本を含む西欧文明に大変革をもたらしつつあると言えるだろう。

以上のような背景のもと、人間の認知活動の側面から感性にアプローチし、解明の糸口をつかむべく開催されたのが、日本認知科学会第10回大会ワークショップ「感性への計算的アプローチ」である。開催の経過およびワークショップの構成については、付録に示すプロポーザルおよび参加者への案内を参照していただきたい。本テクニカルレポートでは、このワークショップでの議論を各参加者が持ち帰り、執筆した論文をまとめた。これらの論文による「計算的アプローチ」により、感性の解明に糸口が得られることを期待している。

編者 沼尾 正行
大谷 紀子

謝辞: ワークショップの企画を採用し、援助下さった日本認知科学会第10回大会事務局に感謝する。また、文部省科学研究費重点領域研究「感性情報処理の情報学・心理学的研究」での研究活動が本ワークショップ開催に非常に役立った。この場を借りて礼を述べたい。

¹ 今春(1993年)、中野孝次著「清貧の思想」(草思社)がベストセラーになった。その中では社会的に高い地位にあった昔の知識人たちが、生活を貧しく保つことによって、文化的に高水準の生活を維持すべく工夫したさまが描かれている。

目次

第1部 ポジションノート

1. リズムと共鳴..... 岡 夏樹
2. 物語生成を巡って..... 小方 孝
3. 感性を探る手掛かり..... 中山明子
4. 感性のヒューマンインタフェース..... 田中一男
5. 感性ネットワークを作ろう..... 諏訪正樹
6. 思考の一形態としての感性..... 往住彰文
7. 感性が発揮される際用いられる情報源はなにか?..... 沼尾正行
8. 音楽における感性..... 大村清一郎
9. 脳メカニズムの観点からの感性..... 大森隆司
10. 感性への計算的アプローチ..... 桜井信夫
11. 感性を支援する概念ネットワークの生成..... 土橋 喜
12. 生産システムのもつ感性..... 西岡靖之
13. 設計(デザイン)における感性の問題..... 野口尚孝
14. 感情のシミュレーションとデータベース化..... 藤田米春・張佳吟・杉田雅宏・西島恵介
15. 対人感情のシミュレーション..... 弓野憲一

第2部 ワーキングペーパー

1. 創造的発想支援システム Alva..... 田中一男
2. 感性と CSCW：事例ベースの感性メカニズム..... 往住彰文
3. 物語生成の計算モデルをめざして..... 小方 孝
4. 学習による「違いのわかる」感性の形成..... 沼尾正行・山口幸志

第3部 認知マップ

1. 感性の認知マップ作成
2. 対象・素材マップ
3. メタマップとアプローチ

付録 ワークショップ開催までの経過

Position notes

リズムと共鳴

岡 夏 樹

松下技研 (株) ヒューマンインタフェース研究所

oka@mr.it.mei.co.jp

リズムと共鳴は、人間の認知活動において、以下のようないろいろの点で本質的な役割を果たしており、特に、感性を対象とする場合には、非常に重要な位置を占めると考えられる。

● 音楽、交流、対話

音楽の認識と生成にリズムが不可欠であるのは言うまでもない。単純なリズムの繰り返し (たとえば、阿波踊り、リオのカーニバル、ある種のロックなど) は、人を陶酔させる。また、言語による対話以前の、赤ん坊と母親の交流も、抱いてリズムカルに揺り動かし、これに応じる、といったことが重要であるらしい。表情や感情の共鳴も不可欠だろう。また、自然な対話のためには、あいづちなどの発話のタイミングが重要だろう。このためには、相手の発話のリズムにのることが必要だと思われる。工学的な観点からも、良好なヒューマンインタフェースの構築のためには、リズムと共鳴を考慮することが必要であろう。

● 認識

2本の棒 (同一の軸上にあり、間隔が開いている) を同じ方向に同じ速度で動かしたものを猫に見せると、視覚皮質において同期した発火が観測される [1, 2] ことが知られている。この同期した振動は、2本の棒が、中ほどが隠された1本の棒であると認識されることと関係があるのではないかと推測されている。

● 知識表現

コネクショニズムの課題の一つは、動的な構造をいかに表現するかということであるが、Shastri ら [3] は、変数の束縛をニューラルネットにおけるノードの発火の同期として表現することを提案した。これは、ある一つの対象が持つ素性であることを同期により表現するという点で、上述の猫の視覚皮質で観察された同期を説明する仮説と対応する。

● 協調動作

個体内での協調動作 (たとえば、歩行など) や個体間での協調動作には、リズムを合わせるものが不可欠であろう。

● その他

これらの他に、思考や記憶、学習、創造¹などにおいても、リズムと共鳴が重要な働きをしているかもしれない。また、発生 (形態形成) においてもリズムは重要であるらしい。

¹創造については、まず、創造とは何であるかを明確にしてから論じなければならない。私は [4] の中で『システムが創造的であること』をつぎのように定義した。『あるシステムが、社会的進歩性、個人的新規性、価値の3つを全部備えたものを、独白性と洗練性の両方を備えた方法で作りに出すとき、そのときに限り、そのシステムは創造的であるという。』

作り出されるものに関する条件は、つぎのとおりである。

- 社会的進歩性の条件：作り出されるものが、その分野における通常の知識を有するシステムや人にとって容易に作り出すことができないものであること
- 個人的新規性の条件：作り出されるものが、それを作り出すシステムからみて、今までそのシステム内外になかったものであること
- 価値の条件：作り出されるものが、それを作り出すシステムまたは他のシステムや人にとって、価値をもつものであること

また、作り出し方に関する条件は、つぎのとおりである。

- 独自性の条件：作り出し方が、与えられた知識表現形式や宣言的／手続きの知識に、あまりに大きくは依存しないこと
- 洗練性の条件：作り出し方が、力ずくだけではなく、実際作り出せる程度に効率がよいこと

リズムと共鳴は、人間の認知活動において、以上のようないろいろの点で本質的な役割を果たしていると考えられる。しかし、これらは(特に記号主義の認知科学においては)これまであまり重視されてこなかった²。今後は認知科学の主要なテーマのうちの1つに育てていかなければならないだろう。

参考文献

- [1] Eckhorn, R., Bauer, R., Jordan, W., Brosch, M., Kruse, W., Munk, M., and Reitboeck, H. J., Coherent Oscillations: A Mechanism of Feature Linking in the Visual Cortex? Multiple Electrode and Correlation Analysis in the Cat, *Biol. Cybernet.*, 60, pp. 121-130, 1988.
- [2] Gray, C. M., Konig, P., Engel, A., and Singer, W., Oscillatory Responses in Cat Visual Cortex Exhibit Inter-Columnar Synchronization which Reflects Global Stimulus Properties, *Nature* 338, pp. 334-337, 1989.
- [3] Shastri, L. and Ajjanagadde, V., From Simple Associations to Systematic Reasoning: A Connectionist Representation of Rules, Variables and Dynamic Bindings, *Technical Report MS-CIS-90-05*, Computer and Information Science Dept., Univ. of Pennsylvania, Philadelphia, PA, 1990.
- [4] 岡 夏樹, 創造性はどこから来るか, 日本認知科学会第7回大会発表論文集, pp. 70-71, 1990.
- [5] Oka, N., Hybrid Cognitive Model of Conscious Level Processing and Unconscious Level Processing, *1991 IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN '91 Singapore)*, pp. 485-490, 1991.

²リズムや共鳴に関する認知活動を記号的計算で実現することは困難であり、ニューラルネット的な計算が有効であろう。しかし、これは、記号的計算の重要性を否定するものではない。総合的な認知のモデル化のためには、記号的計算とパターンの計算を統合することが必要である [5] というのが私の立場である。

ポジションノート：物語生成を巡って

小方 孝

東京大学 先端科学技術研究センター¹

思想や感性の表現様式の代表的なものは芸術作品であるが、言葉に対する距離の取り方や言葉の使用の仕方によってそれをいくつかのタイプに分けて考えることができる。例えば音楽や美術は言葉を直接的には扱わないし、詩は言葉を言葉そのものとして扱う。物語は詩のように純粋な言葉への志向性を持つことはなく、日常的思想や教訓、知恵などの直接の表現もそこに含まれる。結局物語は芸術作品の中でも最も不純なあり方であり、それ故にいろいろ種々雑多なもののごった煮とすることができる。物語が持つそのようなごった煮性を機械との連動によってより豊かな方向に増幅して行くことが可能だと考える。

現在この世の中にある表現様式を超える感性と知性の新しい表現様式のあり方について考えていたところ、物語の重要性に気づいた。そのような表現様式は恐らく現在のコンピュータゲームを高度化させたような形で考えることができるだろうが、そうしたものを実現するためにはまず物語とは何かということを根本的に考察する必要があると筆者は考え、1983、4年から物語にテーマを絞り込んだ調査を始めた。それと同時に、従来の物語研究の延長上では物語への形式的アプローチは限界に来ていることを知ってコンピュータや認知科学、人工知能やメディア技術からのアプローチに興味を持ち、1986年以来AIの業務に携わり、1990年から両者を統合したAIに基づく物語生成の研究を開始し現在に至っている。

これまでのAI側での物語理解や生成の研究は単純な物語の理解や生成の微細な機構の開発をめざして行われたが、多くの意図や目標、計画語彙のアドホックに見えるような導入によって非常に見通しが悪いという印象がある。特に物語生成を考えるに当たっては、心理学や民俗学の知見からも明らかなように物語の語り手はそれまでの様々な物語の型をストックしており、適当な出来事や人物をそれに当てはめたり、型から型へ次々に飛び移ったりして物語を生成する。従って様々なレベルでの型の蓄積が必要になる。幸い日本においても民俗学者による民話を初めとする物語の収集段階は終わり、今後はその本格的分析の時代に至っている。しかしそのための有効な方法論は民俗学内部にはない。このような点からも計算的な方法は一つの可能性をもたらすのではないかと考える。

筆者の基本的な足場は人工知能にあるが、それ以外に物語論・文学批評、民俗学、経営学・組織論の学際領域での活動を行っている。例えば、物語が持つ情報の統合機能や結合機能を意識的に駆使することによって、経営組織論に対する新しい観点を提示することも可能なのである。この発表では、感性そのものに関して議論することはしないが、感性が大きな役割を果たすと思われる対象の一つとして物語というものを取り上げ、その役割やそれがこれまでどのように研究されて来たかを概観し、広いバースペクティブの中に物語生成の計算モデルを位置づけることによって、その今後の課題を明確にするための準備としたい。

¹ 〒153 東京都目黒区駒場 4-6-1 Tel:03-3481-4486 E-mail:ogata@ai.rcast.u-tokyo.ac.jp

感性を探る手掛かり

中山 明子
(株) 野村総合研究所

先日のワークショップでは、感性はやはりいろいろなとらえ方があると感じた。(それが感性か。) 認知マップを作る段になって思ったのだが、個々の対象を挙げたらきりがなく、その実体の具体的作用が目に見えるものでもない。そこで次の2つの側面から考えてみることにした。「感性が働く場面」と、その中でも積極的に「感性が必要とされる分野」である。

1. 感性が働く場面

感性は、意志決定の場面で働くと思われる。それは、感性が価値判断を行なうものであるからであろう。感性は、好き・嫌いの感情を起こすしきい値のようなものであり、いい・悪いの判断の一材料となっているように思う。これらは、無意識的に体得、蓄積された情報・知識と先験的なものから成り立っていると思われる。認知マップのまとめのときに、感性と非感性の分類が出た際、感性に対するものは理論だというような意見があったが、感性と論理とは対峙するものではないと思う。感性は感情を引き起こすものであるが、そこに論理がないとはいきれない。感情を引き起こすのに論理がないとはいえない。先験的なものを論理づけるのは難しいが、体得してきたものには、それなりの論理が存在しているはずである。

2. 感性が必要とされる分野

感性が必要とされる分野として誰しも認めるであろう、芸術の分野がある。ここでの感性は、創造性と深く関係があることがわかる。また、その感性が人々に称賛される価値を持つことで芸術性という性質が加味される。もっと範囲を広げてみると、創造力を必要とされることには感性が関わってくることがわかる。例えば、原稿を作成しなくてはならないときに、文字の大きさは指定されているが、どんなフォントを使うかは自由であったりすると、それを決めるときに感性が働いているといえよう。そこに感性が必要とされているわけである。こう見ると、必要な条件を満たす以外の自由な部分を決めるときの基準、ステレオタイプといえるのではないか。

3. 感性への手掛かり

以上、感性とはどのようなものなのか考えてきた。感性にアプローチするにはどうすればよいか。人間は、快適な感情、よい感情を持つようにものごとを行なう。例えば洋服を買うとき、自分の気に入ったもの、好きなものを買う。礼服という条件がついていても、その中で自分の感性に合うものを買う。この服はすっきり見えるから買おう、と思う。「すっきり見える」がよいというのは、いろいろな場面で学習してきているわけである。知覚された情報がそのときの感情と結びついて、このような感性情報が蓄積されていくと思われる。アプローチとしては、これらの蓄積される感性情報を研究していくことが取り得る方法として挙げられる。対象の知覚される物理情報が、どのような感情と結びついているのか。物理的特徴と感情とにどのような関係があるか。そこから感性がどのような構造をもったものなのかを解く手掛かりが得られないだろうか。

参考：日本認知科学会第10回大会ワークショップ「感性への計量的アプローチ」

感性のヒューマンインタフェース

田中 一男

NTT ヒューマンインタフェース研究所

ヒューマンインタフェースとは、人間のもつ特性を踏まえた、人間中心の機械やシステムの設計が必要であるという考えを示した言葉である。我々は、その特性のなかでも、感性、特に創造性に注目し、「人間のもつ感性(創造性)を踏まえ、それを活かす」ための研究を行っている。

人は思考するときに、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・感覚的言語・数学的言語の3つの思考の言語が考えられ、これらの言語を用いた思考を、それぞれ、言葉による思考 (verbal thinking)・感覚的思考 (sensory thinking)・数学的思考 (mathematical thinking) と呼ぶ。強制連想法・アナロジー法・K J法などの伝統的発想法は、言葉による創造的思考の手法である。感覚的言語とは、視覚・聴覚・味覚・臭覚・触覚や緊張感などの心理的感觉を表象する。スケッチやダイアグラムなどを用いた図的発想は、視覚イメージを用いた感覚的思考である。数学的思考は、科学や工学の問題解決に用いられる思考法である。現在、我々は、言葉による創造的な思考(発想)の支援技術の研究を進めている。

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 (conceptual blocks) 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」というのは知覚的な心的障壁の1つである。人は、ある情報を覚えるときに、文章や視覚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。心的障壁には、「失敗を恐れる」などの感情的障壁 (emotional blocks)、「変化より伝統的なものを好む」などの社会的・文化的障壁 (cultural and environmental blocks)、そして、知覚的障壁 (perceptual blocks) の3つがある。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、などが知覚的障壁である。

これら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、発散思考を用いてアイデアを出すための発想技法には、アナロジーを用いるNM法、自由連想のブレインストーミング、チェックリスト法などがある。NM法は、発明に用いる技法として開発された発想法で、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である。NM法T型はNM法の一種で、手順が明確にステップ化されているために、広く普及しており、その有効性が高く評価されている。そこで、我々は、NM法T型を方法論的基盤とした。

心的障壁は、思考者が人であるがゆえの障壁である。本質的な思考作業はすべて人が行い、計算機は非本質的作業のみを行う受動的な発想支援システムでは、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。

創造的発想支援システム Alva は、NM法を理論的基盤とし、これに基づく発想支援システムである。糸口となる知識を豊富に含んだ百科辞典などのフルテキスト情報データベースを検索し、その結果からのアナロジーを用いて、思考者の発散的着想段階を支援する。アナロジーの抽出には構造写像理論を応用し、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写像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。

感性ネットワークを作ろう

諏訪 正樹

(株) 日立製作所基礎研究所

email: suwa@harl.hitachi.co.jp

1 感性を科学すること

「ものを作ること」、それが企業の使命であり、日本は正に字義通りそれを実行することで工業国としての今日の繁栄を得るに至った。しかし、この現代社会において、「ものを作ること」こと以上に「何を作るかを探求する」ことに企業自ら知力を注ぐ必要性が叫ばれている。更に言えば、「もの、商品」単品として何を作るかを考えるだけでなく、消費者に新しいライフスタイルを提案するという包括的な視点に基づいて、そのライフスタイルの一面を担う「もの、商品」をデザインすることが肝要であり、それが企業のマーケティングの基本ポリシーとなりつつある [1]。

商品（コンセプト）のデザインは古くて新しいテーマである。古くは[デザイン＝物理的機能重視]だった時代を経て、ごく最近までは機能的にはあまり優劣をつけ難い商品に何らかの差別化（付加価値）を施して売るためのデザインが主であった。しかし、今、本当に必要とされるのは、消費者の感性に訴え、満足させ、その結果としてライフスタイルを豊かにすることに貢献するデザインである。その意味で、感性を科学することはいわば時代の要請であり、「その時代において、何が消費者に訴え、何が本当に良いのか？」を探求する研究が求められている。人間の感性やイメージを物理的なデザイン要素に翻訳して感性に合った商品进行設計する技術という定義で、「感性工学」という新しい学問も起こりつつある [2]。

2 感性ネットワーク

感性は何によって生じるか？ これは、現段階においてはとても答えられない難しい問いである。渡辺は、商品コンセプトを企画するというデザイン作業の最上流フェーズを支援する計算機システムの研究において、デザイナー達が日常的に使用するイメージ用語空間の構造化を試みており [3]、現段階の技術水準においては、言葉の意味的な空間を「感性を扱うための土壌」とするのが適切であると考えられる。そこで、ここでは、人間が話す時考える時に使用する言葉の間の意味的なネットワークを想定し、それを土壌として概念が連鎖的に発火したり鎮静化したりする過程が感性の源であると考えことにする。

言葉には、物理的な概念を表すものから心理的な概念を表すものまで様々な言葉が存在し、更にそのそれぞれが形容詞的概念、名詞的概念、動詞的概念などに分類できる。これらがどのように意味的に結び付いているか、どのように構造化されているかを探求することが最大の目標である。このような構造化された言葉のネットワークを、ここでは感性ネットワークと呼ぶ（図1）。

さて、もし感性ネットワークが完成したとしたら何ができるかについて考えてみる。人間の感性的欲求や感性に訴える新しいライフスタイルに相当するコンセプトは、図1の感性ネットワークにおいては、比較的心理的な側の概念に相当し、一方、商品の物理的な側面を規定するデザイン要素（形状、色、触感、使用目的、使用状況）などは物理的な側の概念に

相当する。このように考えると、感性的欲求とデザイン要素の間の2方向の推論が想定できる。

(1) あるデザインがなぜ巷を騒がし評判が良いのか(感性を満足させるのか)を説明する

(1) ある時代及び対象消費者層を限定した時に、彼らの感性的欲求を満たすためのデザイン要素を提案する

という2通りの推論である。この種の推論が可能になれば、計算機の莫大なる記憶容量と計算能力を活かして、現場で実際にマーケティングおよびデザインを行なっている営業マンやデザイナー達の作業を支援することが期待できる。

そこで、感性ネットワークを如何にして作るか?という大問題を解決しなければならない。現段階において包括的にこの課題をクリアーする技術は皆無であるといってよく、これからの研究に期待するしかない。隠喩文の解析によって、その隠喩文を成立させている見立て知識(これは物理的な概念と心理的な概念の間の隠喩的関連性である)を抽出する筆者らの研究[4]は、上記の点に貢献するためのささやかな試みである。また、インタビューによってインタビューされる人間個人が持つ感性情報を抽出することを目標に、インタビュー技法の確立を目指すことも今後必要になってくるであろう。この分野は全く未成熟な学問分野である。これからの様々な研究に多くを期待し、感性ネットワークの完成とともに感性を科学できる日を夢見ることにしたい。

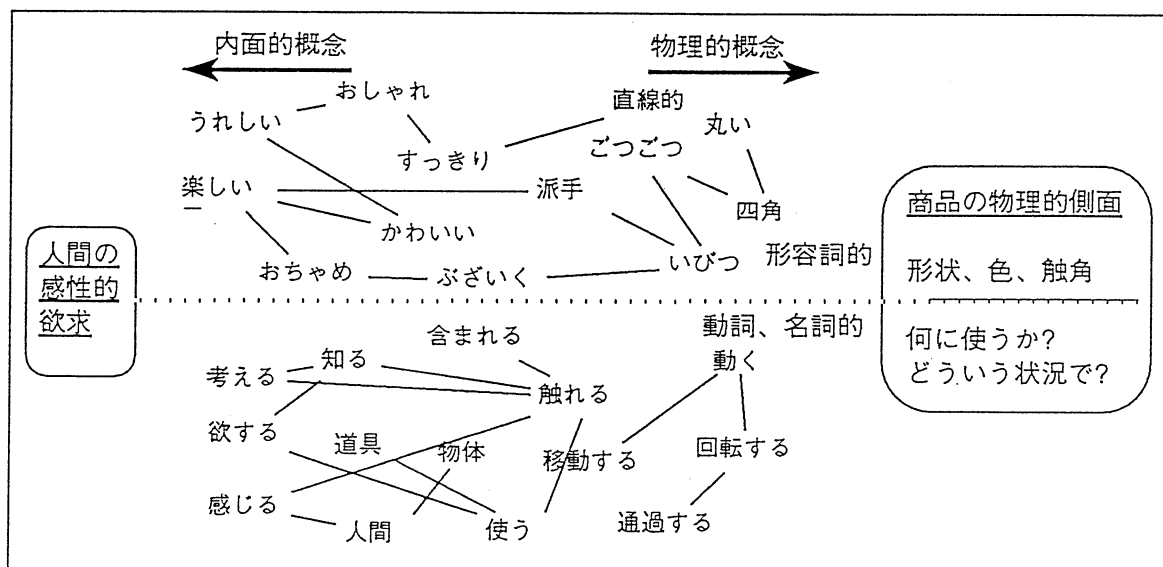


図1: 感性ネットワーク

参考文献

- [1] 斉藤 隆. "90年代のマーケットをデザインする", 誠文堂新光社, (1993).
- [2] 長町三生. "感性工学", 海文堂, (1989).
- [3] 渡辺 誠. 腕時計デザインにおける支援システムの研究 - デザイン思考過程のモデリング -. 千葉大学大学院自然科学研究科博士論文, (1992).
- [4] 諏訪正樹、元田浩. プリミティブマッチング法: 隠喩理解のための計算モデル. 情報処理学会情報メディア研究会資料 9-6. pp.43-50 (1993).

思考の一形態としての感性

往住彰文
東京工業大学

感性を感覚+雰囲気というようにマクロ展開する伝統的感性観に対して、本稿では、感性＝論理＋感情＋創造性という展開法を提案したい。少しことばを補うと、感性を、知的・論理的過程に加えて、感情・評価・動機づけ・創造性などと呼ばれている諸過程を含んだ統合的な心的過程とみなすという感性観である。認知科学の現況では、感情や創造性などの過程も、そのいくつかの部分を記号処理的アプローチで扱うことが可能になっている。したがって感性なる概念も、これまでの記号計算のモデルの射程に入ることになるのである。この考え方は、認知という概念そのものを拡張することにもつながると思われる。人間が日々おこなっている認知活動、すなわち推論、問題解決、学習、言語使用などの過程は知的過程として他とは独立に存在しているのではなく、別の切りくちから見ると感性、すなわち感情・評価・動機づけ・創造性と呼ぶことができるような側面を遍ねく有しているという見方が可能になると感じられるのである。

また、この新しい感性観は、感性概念そのものをも豊かにするはずである。おそらく人間の認知活動の中で最高度に知識集約的と見られる、評価や創造性という認知過程を含むことで、感性とはおよそ人間の心がなしうる最も複雑で高次の活動の所産であるという感性観を導くことができるからである。日々の暮らしの中にあってもわれわれの認知システムが決して失うことのない、文学・音楽・美術などへの指向性を、感性概念の枠組みで扱うことができることになるのである。

以下は、こうした感性観にたったうえで、人間の認知システムの活動のうち、知識、概念、理解をとりあげてこれらの心理過程に含まれる感性処理的な側面を認知心理学の方法で特定し、ひいては認知システムの構成についても伝統的な見解とは異なった、感性処理主導型のモデルを提案しようという研究プログラムの試みである。

対象とする感性的認知過程

具体的には、人間の認知システムがもっとも自律的で目的的に機能するありさまをとらえるために、複雑で多層的な構造をもった日常的自然概念の認知過程をとりあげることを試みた。映画・TVドラマの理解過程、広告・TVコマーシャルの評価過程、職業概念・性格概念の形成過程である。いずれも現代人が日々直面するような対象であり、また感情・評価・動機づけ・創造性などといった感性的要素を抜きにしては語ることができないような心理過程を喚起しているのは疑いがないといえる対象である。映画・TVドラマの理解過程は、この過程が物語理解だけでなく、対人認知、対人的感情認知、社会的状況の認知を含んだ総合的な認知過程であることから選択された。広告・TVコマーシャルの評価過程は、この過程が意思決定・動機づけにつながる認知過程を含むことから選択された。また職業概念・性格概念の形成過程は、この過程が一般的知識、エピソード記憶、自叙伝的記憶、事例ベース推論などの諸過程を含む複雑なものであり、加えて成人にあっても日々更新されている動的な過程であることから選択された。

こうした対象はいずれも現代心理学、現代認知科学の文脈では特異なものといえるであろう。複雑で多層的な構造をもった日常的な自然概念のうちでも、予備実験で特に興味深い現象を示す諸対象を選択したものである。これまでの心理学的研究にあっては複雑さを統制できないなどの理由で、応用心理学的な文脈以外では特に関心を引かなかった対象である。しかしながら、感性という極端に複雑な心理過程を背景に考えなければならない対象を扱う時には、刺激を単純化するのではなく、複雑な構造を扱えるような理論を整備するという研究方略をとる必要があると考えられる。

研究の一般的方法

上にあげたような、日常的でかつ複雑な構造をもった対象の認知過程をとりあげ、この過程で起動される知識と推論のありさまを、主として発語思考プロトコル分析の方法で分析する。そして人工知能学・認知科学の分野で提案されている知識表現理論を援用しながら、感性的と呼んでよいこれらの過程を、記号計算モデルとして表現することを試みる。これまでの心理学理論では実現できないような明示性を確保することをめざすためである。

本研究でとる記号計算的アプローチが前提とするのは、人間の認知システムの活動を記号計算の装置としてみるという‘心’観、ないしは人間観である。現代認知科学の主流にあるといってもよいこの‘心’観はしかし、具体的な心理学研究として実現されることはほとんどないままに現在に至っているかにみえる。本研究は、感性的処理のためにはどのような種類の記号計算が必要であるのかという問題を正面から扱うことをめざしている。感性という非常に複雑な対象へのアプローチには、複雑な心理過程を複雑なまま扱うことができるような種類の理論的枠組が必要と考えられる。記号計算アプローチの選択はこの理由で、他に置き換えられないほどの必然性を有しているといえる。こうしたアプローチによって、最終的には人間の認知活動一般を扱うための記号計算の理論も視野に入ってくるであろう。

計算モデルへの展望

本研究では、実験的に確定した知見を記号計算モデルに反映させ、感性的認知過程のモデルを構築することを最終的な目的としている。すでに発語思考プロトコルの分析で特定されているような各種の知識源をどのように表現するかが、現段階での課題である。

感情、評価、動機づけなどのコンポーネントを個別のデモンとして実現するボトムアップ的な協同問題解決機構をその知識表現をテストするためのプラットフォームとして用い、thema, thematic-abstraction-unitなどのマクロ的知識構造、常識的知識、エピソード的知識の概念的内容および評価・感情的内容にもとづいて探索を可能とするようなcontent-basedな表現法について議論する。

感性が発揮される際用いられる情報源はなにか？

沼尾正行

東京工業大学 工学部 情報工学科

Email: numao@cs.titech.ac.jp

知覚で得られた情報をより高次元な立場で取りまとめる能力が「感性」と考えている。そこで重要なのは、外界からいろいろな情報チャネルによって入ってくる多種多様な情報を論理的な規準で選別するのではなく、そのすべてを受け入れた上で、その中にある関連性を見つけて、情報を引き出す能力であろう。

この観点から考えると、計算的アプローチで感性をモデル化するには、次のような問題があると思われる。

1. どのレベルまでモデルに含める必要があるのか？

感性が多く情報をとりまとめる能力だとすると、パターン認識のレベルまでを総合的にモデル化する必要があるかもしれないが、アプローチは混沌としてくる。少なくとも初期のモデル化ではもっとよい切口を見つける必要がある。

たとえば筆者の研究 [1] では、「イメージに基づいた学習」をモデル化するのに、「イメージ」そのものではなく、その記号化だけで、十分モデル化が可能であった。

2. 汎用のモデルはあるのか？

「感性」ということばで括られるものを一つのものとしてモデル化できるとは、考えにくい。たぶんケーススタディを積み重ねてみるしかないのではないかと。すると、そのケースを皆で出し会って、各自のモデルを評価してみる必要がある。

3. 情報の送り手と受け手のどちらに取り組むのか？

送り手のシステム (CG, 音楽, 顔の表情生成など) を作る研究と、受け手の人間の分析 (官能検査による心理分析) があるが、計算的アプローチでどちらもモデル化できるのか？

4. 情報源またはメディアの数は、どの位なのか？

メディアの数が少ない方が簡単とは、限らない。俳句の感性などは、最難関かもしれない。メディアの数を少なくしても、多面的な見方が可能だと、考慮すべきファクターが増えてくる。

5. 計算モデルには、どのような機能が必要か？

論理的な推論のモデルは、そのまま使えるのかどうか？ 使えないのならば、何が足りないのか？

6. 感性と創造性との関係はなにか？ (当日のポジションペーパーにはなかった項目)

感性は、芸術やデザインなどの創造的な過程において必要とされる。創造は、生成段階 (generative phase) と調査段階 (exploratory phase) に分けられる [2]。生成段階では創造の種 (preinventive structure) が形成され、調査段階では種を組み合わせる創造物を得、その結果を評価する。これらの過程で、手持ちの種の種類が創造者の感性を決定づけるのではないかと。

当日の議論は上の枠組には収まらず、より拡張した方向を漠然と指向していたようであるが、上への答としてまとめると次のようになる。

1. 日本語の語彙を切口として、「感性ネットワーク」を構築するという提案があった。官能検査の考え方と共通する切口である。
2. ケーススタディとして数多くの対象が示された。

3. 主として情報の受け手に訴えるための方法が議論された。すなわち、送り手のための方法論中心に展開された。
4. 数学における「美」などが議論され、メディアの数はむしろ少なくする方向が有力だった。単純にメディアの数が重要なのではなく、観点の多様性に注目すべきなのであろう。たとえば数学においては、単純性、対称性、統一性などの観点が一体となって、「美」が生まれると考えられる。
5. 論理的な推論を含むような、より強力な推論が必要であるという合意が得られた。

以上の結果を踏まえ、創造の種と多様な観点を備えた計算モデルを作り、具体的な対象で実験を行なうのが今後の課題である。そのようなモデルの応用対象としては、まず、ヒューマンインタフェースやデータベースが考えられる。

参考文献

- [1] 沼尾正行. イメージを用いた推論および学習 -図を用いた算術解法の機械化-. 知識のリフォーメーションシンポジウム論文集, pp. 41-49. 情報処理学会, 1991.
- [2] R. A. Finke, T. B. Ward, and S. M. Smith. *Creative Cognition*. The MIT Press, Cambridge, MA, 1992.

音楽における感性

大村 清一郎

北海道大学 大学院 文学研究科
omura@abelab2.hubs.hokudai.ac.jp

人間の認知活動の中で最も“感性的”と考えられる事象の一つに“音楽”がある。本稿では、ワークショップ（日本認知科学会第10回大会ワークショップ『感性への計算的アプローチ』）において提案された感性の枠組に沿って、音楽における感性を考えてみる。本稿で採用する感性の枠組は以下の3つである。

1. 感性とは、知覚した対象を評価するための判断基準である。
2. 感性を、知的・論理的過程に加えて感情・評価・動機づけ・創造性などと呼ばれている諸過程を含んだ統合的な心的過程とみなす。
3. 感性とは、知覚に依存し、知覚で得られた情報をより高次元な立場で取りまとめる能力である。

感性を考える上で、音楽情報の経路と種類の2つを考慮する必要があると思われる。情報の経路には、通常、作曲者と演奏者の間と演奏者と聞き手の間の2つが考えられる（ジャズなどの即興演奏の場合には作曲者と演奏者が同一であり、情報の伝達経路が1つしかない場合もある）。感性を評価・創造性を含んだ統合的な過程としてとらえる場合には、聞き手が評価する音楽には、伝達経路の中に演奏者の感性が介在していることを考え合わせなければならないと思われる。つまり、作曲者の感性によって作られた音楽も、即興などの場合を除いて、直接聞き手に伝わるものでもなく、演奏者の感性によって解釈され、演奏者の感性によって再創造されて聞き手に伝わるものと考えるべきであろう。

音楽情報の種類には、聴覚的な音響情報はもちろんのこと、視覚的情報（指揮者の動きや演奏家・歌手のしぐさなど）や触覚的情報（例えば、重低音の振動など）が考えられる。また、音響情報の中にも楽器から発せられる楽音の他に歌詞などの言語情報も含まれ、さらに、楽音も音の長さ・高さ・大きさ・音色などの物理的特徴が存在している。ここでは、問題を簡便化するために、これらの情報の中から音響情報の中の楽音を取り上げ、さらにその音の高さ（音高）と長さ（音長）に着目する。

メロディがもつこの音高および音長の情報は、聞き手によってある“体制化（organize）された”構造として認知される。このような“体制化”の一部は、知覚から得られた情報をより高次元な立場で取りまとめる能力であるところの感性であると考えられる。例えば、メロディの抑揚をどのようにつけるかとか、どこからどこまでを一つのフレーズとして認識するかといった問題はもちろんのこと、3拍子でとるか4拍子でとるかといった違いや、長調なのか短調なのかといった判断も、この“体制化”の所産であると考えられる。さらに、一般には音楽とは考えられていない音響事象に対してもそれを音楽として捉える感性がある。例えば、鳥の鳴き声を短いメロディとして聞いたり、電車の通る音のあるリズム的なパターンとして聞いたりする場合がそうである。このようなことは、我々が鳥の鳴き声や電車の音に音楽的な体制化を施し、何らかの構造化に成功した結果であるといえる。

メロディ認知における音高側面の体制化には“調性（tonality）”が重要な役割を果たしていることが、近年、心理学の分野で指摘されている。“調性”とは“人間が内的にもっているある種の枠組（内的ルール）”であり、ある継起的音高列をまとまりのあるものと認知したり、ランダムなものと認知するのは、この“内的ルール”に適合しているか否かという判断の結果であると考えられる。同様のことがリズムパターンの認知にもいえ、ある継起的音長列を“リズム的なパターン”と認知するか“ランダムなパターン”と認知するかもまた、こうした“内的ルール”によって決定されると考えられる。つまり、このような“内的ルール”のあり様を記述することがメロディ認知における感性を具体化することにつながるといえよう。

脳メカニズムの観点からの感性

大森 隆司

東京農工大学 工学部 電子情報工学科

omori@tuatg.tuat.ac.jp

1 新皮質・旧皮質と感性

私は脳のモデルの研究者であり、脳を通して人間の記憶・思考を考えるという立場をとっている。人間の行動は脳のメカニズムに支配されている、という観点から認知科学をながめている。感性に関してはしろうとで、かつワークショップの当日も後半しか聞いていないが、脳における情報表現・記憶の立場から、感性のメカニズムについて考えていく。

脳には、新皮質と旧皮質があり、相互に密接に関連して知的活動を実現している。機能の分担としては、新皮質は感覚情報の自動的な処理をおこなうプロセッサ・記憶など知識の貯蔵庫であり、旧皮質は本能・情動などの動物的なことと新皮質の処理の制御を行っていると考えられる。

感性に関しては、この基本的な役割分類から旧皮質の性質が強く現れてくることが予想されるが、旧皮質だけではなく新皮質もまた関連しているはずである。本稿では旧皮質の情動系と新皮質の処理・記憶系との関係として、感性のメカニズムを考えてみよう。

2 感性の判断基準

我々人間の脳には、もともと埋め込まれている動物的な機能（本能や情動）と、記憶によって支えられる人間的な機能（価値観・知識・経験）が共存し、そこに脳の電気活動としての刺激への反応・記憶の想起などが加わり、ある瞬間の我々の感性の判断を実現している。

これらの機能を、脳内での配置や判断基準のソースを考えながら分類していくと、以下のような分類ができるであろうか。

本能・情動 例えば脳内薬物によって支配されるレベルの感情は、人間以前の生物としての感性の判断基準といえよう。逆に、全ての感性は結局はここに還元されるという考え方も可能である。その神経的なメカニズムから、比較的少数の独立した要素の組み合わせとして分類できそうである。

基本的な価値観 同じ経験をつめば誰もがもつようになる自然の判断基準で、例えば Simple is best, プログラムのエlegantさ、等といったものである。発生のメカニズムとしては、脳における情報表現のために自然に発生する制約などが考えられるが、これを検証することは非常にむづかしい。

社会的な価値観 社会的な経験によって埋め込まれた感性の判断基準で、例えば言語・社会習慣・風習・文化によって共有される傾向、等といったものである。

知識 教育によって埋め込まれた一般的な知識による価値判断で、例えば浪費に対する罪悪感などといったものがあげられようか。これについては後でまた議論する。

経験 個人的な経験によって獲得された価値判断（いわゆる個人的な価値観）。感性に関しては、さきの知識と同列の扱いができる。

文脈 感性の判断の時点での個体の状態に影響を与える比較的短時間の範囲内での思考の履歴。例えば直前に何をしたか、退屈している、興奮している、等々いろいろなことがある瞬間の感性に影響を与えると考えられる。

3 間接的な感性

それではこれらの要因はどういう関係にあるのか。また個々の感性的な判断はどういうプロセスをへて得られているのか考えてみよう。

例えば教科書的な知識（いわゆるセマンティクス）はそれだけで感性の判断基準となるかと考えると、私はより奥底の根元的な感性へのチャンネルが形成されてはじめて感性になる、と言いたい。例えば浪費に対する嫌悪感は、最初は浪費そのものは感性とは別物であり、馴れてしまえばごく当たり前の行動で感性につながる要素はすくない。我々の消費の感覚は開発途上国の人々の目からみるととてつもない浪費であり、それを我々は日常的には意識しているとは言い難い。ところがムダによって発生するあらたな負担（例えば生産のための労力）や世界の現実を知ると、そこで労力を通じて肉体労働に対する嫌悪の情動、あるいは別の理由付けにより情動に結びつく連想のチャンネルが形成される。このとき、浪費は間接的に感性の基準に結びつき、判断の一つの基準になる。

恐らく、社会的価値観・知識・経験といったものは元来は直接的に感性と結びつくことはなく、経験によって本能・情動・基本的な価値観といったものに還元される事で感性的な基準量を持つものとなる。

4 感性研究の位置づけ

このように考えると、いくつかの疑問点が思いつく。例えば、本能・情動・基本的な価値観は比較的数量は少ないと思われるが、どれくらいの種類があるか。また、他の間接的な基準からこれらの基準へのチャンネルにどれくらい種類があるか、どういう時にそれらがアクティブになるのか、といったこともまだ答えられていないように思う。

逆に、現在の感性研究（認知科学そのもの化もしれない）がやっていることは、このチャンネルの接続元・行き先の特定、分類、発動の条件の明確化・一般化などではないかと考えたくなる。このように考えると、多くの感性研究の相互関係が見えてくるのではなかろうか。

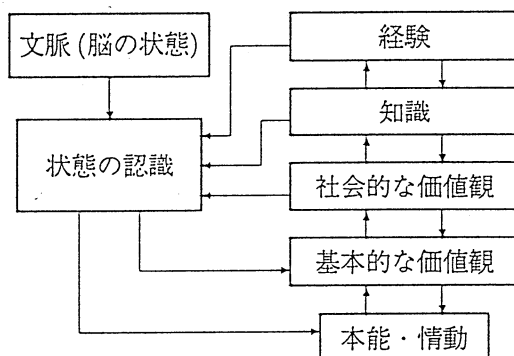


図 感性と脳の各要素

1. はじめに

我々は日常、何気なく経験したり行っていることがある。

例えばこんなことである。

「映画を見た後に、印象的な場面のイメージや言葉が、ふとした時に思い浮かんで来る」

「疲れた時に、好きな音楽を聞いて、笛の音にふと心が慰められる思いがする」

「相手の不快感を表現した、表情や振舞いによって、心に痛みを覚え、そのイメージが何度も再現して、悩まされる」

「スポーツ観戦に興奮して、攻撃的になる」

「小説を読み終わった後、いくつかの節の内容が思い浮かんで、その後の自分の行動パターンに多少なりとも影響を及ぼす」

「手製のラジコンの初飛行が成功した際、感動して、飛んでいる光景が印象的に記憶に刻み込まれる」

などである。

このような心的体験は、映画・スポーツ・コミュニケーション等々、対象が何であれ、人類の歴史上、今に始まったことではないし、また日常的である。

しかし、このように日常的な体験の中で、五感や記憶から得られる情報が、なぜ、心に訴えて来るのか？ なぜ、それを受け止め評価することができるのか？ なぜ、そのように心に訴えるものを創造しえるのか？

このような問題は、今後我々人類が、文明環境を成熟させ、文化的所産を創造し、継承していく上で、明らかにしておかなければならないものである。

2. 感性の概念

1項の例に示したような体験において、日常我々は、感性的な情報を得、それを処理していることは、疑いのない事実である。この「感性的な情報」を扱う上で重要な事実の一つは、人間が「生物」であるということである。生物の情報処理において、無視できないものに「情動」がある。

「情動」は、生物としての人類が今に至る長い歴史の中で、その生存を可能としてきた強力かつ必要不可欠な生命維持システムであり、高度な知識処理について考える場合もこの働きを、基本的に無視できないことはすでに明らかである。

以下に、情動を背景とした感性についての考えを述べる。

(1) 感性情報

さて、ここで「感性情報」についての定義を行う。

本稿では、感性情報を広義に解釈し、生体の内的・外的要因に基づき、認知システム内で処理される複合的な情報を「感性情報」と定義する。

但し、ここで「複合的な」と表現したことの意味は、「情動の要因」が連鎖している、論理的な「情報連鎖」であることを示す。

さらに、「情動の要因」とは、各種の情動を活性化させる「Factor」を意味する。

すなわち、ここでは各種の「情動のエージェント」や「アージ」といったものを背景にして考え、それらを活性化させる「Factor」を定義することにより、感性情報である連鎖情報と、各種情動を関係づけた。

このように、モデル化した理由を簡単に述べると、脳内の物理的な情報処理は、そのままシミュレーションするには困難があり、また言語化した概念によって、それらの働きを捉えるには、マクロ化する必要があるからである。

(2) 感性情報の「Semantics」

本稿で扱う「Semantics」は、言語学や自然言語処理等の分野において“意味論”という表現で文脈や言葉の意味解釈を論じる際に使われているものとは、その論点が異なる。おおざっぱに述べるなら、脳の「言語野」で処理される以前の複合的な情報が与える、意味合いを示すものである。

それでは、この「Semantics」が生成される経過を、「ライオンに出会った話」を例に、以下に説明する。

視覚によって捉えられた、外界の「ライオン」パターンは、認知システム内に取り込まれる。しかし、この情報は単なる「ライオン」のパターン情報であって、この時点では、何の「Semantics」も有していない。

しかし、すでに「ライオン」パターンが、恐れを示す「情動の要因」と連鎖する形で「スキーマ (schema)」化して記憶に蓄えられているとする。

外界から入力された「ライオン」パターンは、ある程度の許容範囲をもって「スキーマ (schema)」中にある「ライオン」パターンと照合され、この照合が成功した場合、そのパターンと連鎖している、恐れを示す「情動の要因」が連鎖発火し、これによって、恐れを司る「情動のエージェント」または、「恐れアーク」を活性化させる。この時、「恐れアーク」は新たに入力された「ライオン」パターンに対し、自分の「情動の要因」を連鎖させる働きを起こすとする。

この時、単なるパターン情報であった新規の「ライオン」は、“恐ろしいもの”という、最も低次の「Semantics」を有することになる。

(3) 創造性への手掛かり

より高次の「Semantics」は、このような断片的な情報連鎖が、より複合的に、かつ、より強い意味を与える「Semantics」を示す構造に編成されることで、高次の感性情報を与えることになる。

認知システムは、このような感性情報を記憶中に蓄え、その複製をリハーサルすることで、より強度で多義的な「Semantics」を与える、感性情報を生成する傾向を示すと仮定する。

(4) ステージの概念

(1)～(3)で示したような、感性情報を生成する為の作業領域を定義し、これを一般にステージと呼ぶことにする。

五感や記憶から、得られる情報をステージ上に入力して、そこに何等かの「Semantics」を示す、認知情報が生成されたとき、その認知システムは、その「Semantics」を知覚していると考ええる。

このようなことから、これを「知覚のステージ」と定義する。

感性情報は、知覚のステージ上で生成・再現されるとき、感性的な知覚が得られる。また、創造的な情報もまた、ここで知覚され、再現・生成に及ぶとも考えられる。

このようなステージは、対象となる情報を処理・操作する、各種エージェントやアークの作業領域でもある。

(5) 感性

感性とは、「非常にプリミティブな感性情報から、高度に構成された文化的な所産に至る感性情報」と「その感性情報を処理するシステム」が創り出す世界であると定義する。

感性を支援する概念ネットワークの生成

土橋 喜

東京大学先端科学技術研究センター

dobashi@ai.rcast.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

感性は情報の受容と理解にとって極めて重要なものであると考える。感性は外界を知る最初の接点であり、感性を通して人間は外界との結び付きができてくる。この点で感性は人間と外界とのヒューマンインタフェースの役割をする機能をもっていると考えられる。

感性には大きく分けて2つの能力が備わっていると考えられることができる。一つは外界に溢れているもののなかから、情報として必要なものを知覚し内部に取り込んでくる能力である。当然外界に存在するさまざまな渾沌としたものの中には、人によっては無意識のうちに不必要なものと評価し、内部に取り込もうとしない情報も大量に存在している。感性は人間が必要なときに必要な情報を内部に取り込む能力であり、これは無意識のうちにやっている場合をも含めることができる。

あと一つはこのように外界から知覚によって人間の内部に取り込んだ情報を理解する能力である。情報処理心理学的側面からの見方としては、知覚によって人間の内部に取り込まれた情報の理解や情報間の関連性を認識する能力であると見なすことができる。また今まで認識された関係のみならず、新たな関連性を識別する能力も重要である。人間は感性によって情報を比較したり情報間の関連性を推論したりすることによって、物事の本質を理解していくものと思われる。感性を磨くという表現があるが、この表現はまさに物事の本質を見極める能力を身に付けることを指している。

認知科学はヒューマンインタフェースの発展に重要な役割を果たしているが、そのなかで人間の持つ感性の機能や性質の研究は今後のヒューマンインタフェース研究にとって極めて重要なものであると考えている。感性という概念は人間の外界に対する知覚と認識・理解という極めて広い概念の集合であるため、感性の研究はその構成要素となっている機能や性質に応じて展開されるべきである。例えば視覚、聴覚、味覚などは感性の知覚機能の中心であり、これらの機能から内部に取り込まれる言語や音声、図形、記号などの意味情報をどのように解釈するかが感性の下位概念における機能である。また感性の機能を支援する理論として、言語理解、音声理解、発想支援、創造支援、思考支援などの考え方が存在している。このように感性とその下位概念の機能と性質を明かにしていくことによって、感性を支援するためのインタフェースとして何を具体化すればよいかを論じることができる。

また感性が人間の持つ物理的・精神的諸機能の複合的な概念であるため、まず下位概念の特徴と関連性を明確にし、さらにその上で下位概念を統合する理論として感

性をとらえるべきであろう。

2. 感性とヒューマンインタフェース

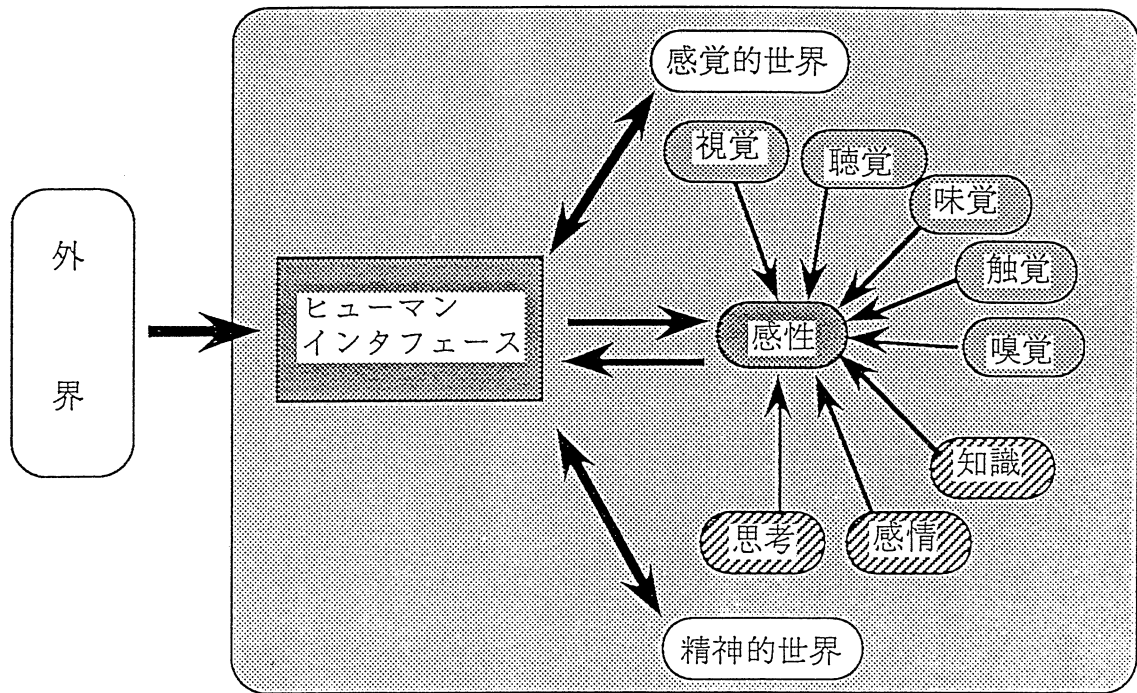


図1. 感性とヒューマンインタフェースの関連

人間が持つ感性の機能を全体的に支援することは、感性の構成要素が複雑であることから容易なことではない。今後のヒューマンインタフェースの研究は、人工現実感の研究に示されているように人間の感性を総合的に支援する方向に向かっていくであろう。そのような総合的なヒューマンインタフェースを構成する一部として、ハイパーメディアを利用したインタフェースの研究が重要になっている。感性は外界から情報を受容することによって対象を認識することができる。したがってインタフェースを通して人為的に感性が受容可能な情報を提供することができるならば、システムはユーザの認知行動を支援することができる。ハイパーメディアは従来のテキストだけの情報を扱うインタフェースに対して、画像や音声も同時に扱うグラフィックユーザインタフェースの構築を容易にしている。ユーザに提供する情報のマルチモーダル化によって、情報の本質を感性に訴えようとするのがハイパーメディアの思想である。感性に働きかけるためには、多種多様な情報の本質を提供する必要がある。

3. 感性を支援する概念ネットワークの連想網

さきに述べたように感性により影響を与えるためには、情報の本質をユーザに提供することが必要であるが、それと同時に情報の関連性を示す情報もシステム側から

提供できればより効果的な支援になるものと考ええる。それは情報は単独で理解するよりも、関連した情報を比較することによってより理解を容易にし深めることができるものと考えられるためである。このような情報の関連性を表現する知識表現方法として概念ネットワークによる連想網を提案する。このネットワークは連想関係によって連結した概念ネットワークの集合である。ネットワークはひとつだけではなく、ネットワーク形式に下位概念を持つ概念集合が多層的に連結し、このようなネットワークの集合がいくつも連想関係によって連鎖しているものである。

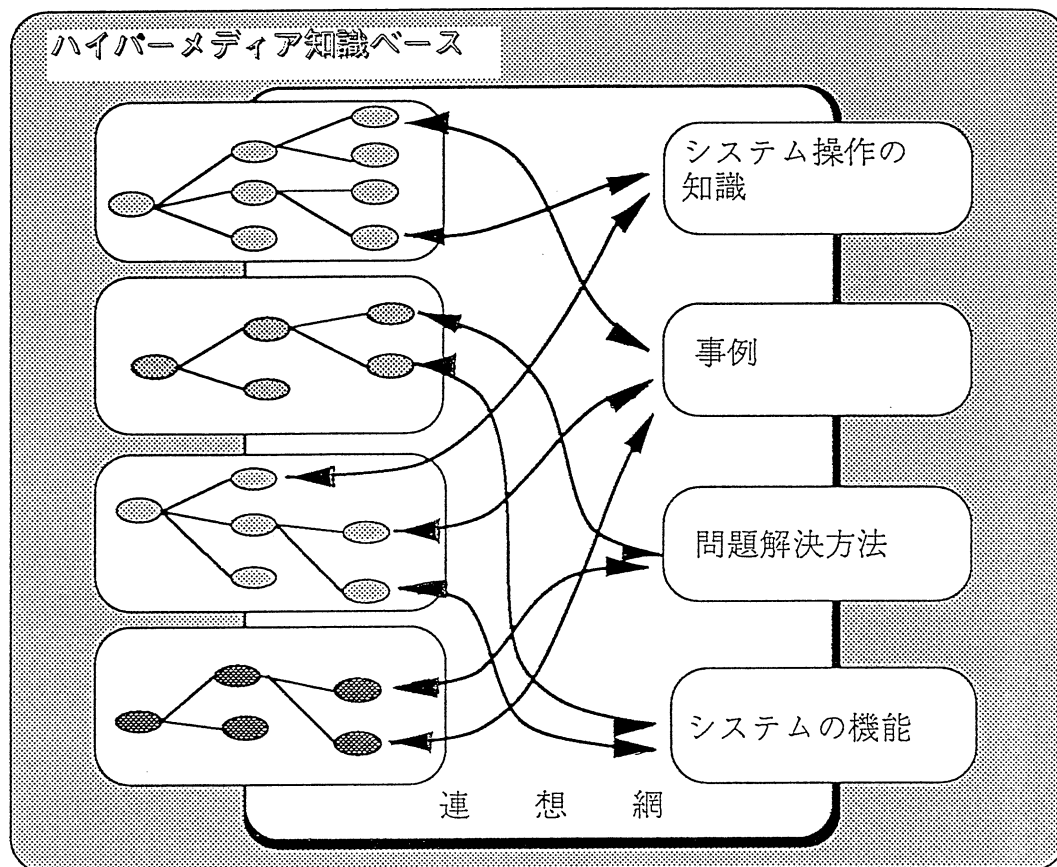


図 2. 概念ネットワークの連想網

今後は大規模知識ベースの研究開発がこれまでのデータベースに変わるものとして期待されているものであるが、そのなかでの知識表現方法として概念ネットワークの役割が重要になるものと考えられる。人間は情報の関連性を理解することができるが、それはどのように行われるのか。また情報の関連性はどのように表現されているか。ハイパーメディアは情報の関連性をハイパーテキストによって柔軟に表現することができる。ハイパーメディア知識ベース上に構築された概念ネットワークは情報の関連性をユーザに視覚的に訴え、情報の比較を容易にすることで理解しやすくし、同時に多種多様な情報を扱うことによってより感性の理解に打ったえることが可能になる。

4. 概念ネットワークの自動生成の提案

このようななかで今後の研究の中で取り上げようとしているのは、ハイパーメディア知識ベースにおける概念ネットワークの自動生成をヒューマンインタフェースの開発に取り入れようとするものである。ハイパーメディアの持つ機能と概念ネットワークの機能を統合してインタフェースに応用することによって、より人間の感性に訴え、思考や発想を支援できるシステムの構築が目標である。

ハイパーメディア上に実装した概念ネットワークの感性に与える効果については、操作履歴をビデオに記録して分析するなどの手法により確認することができる。今後の課題はシステム上に概念ネットワークを無限に実装していくことは困難であるため、自動生成のメカニズムを開発する必要があることである。知識ベース上の既存のデータ間に新たな関係が認識された場合や、新たに知識が追加された場合は概念間に検索のためのリンクを自動的に生成することが必要である。このようなメカニズムの開発によって、システムが情報の関連構造を解かりやすく表現することが可能になると考える。またユーザが行う検索は、概念の連鎖構造を形成するものとしてとらえることができる。検索を繰り返すことによって、ユーザのメンタルモデルの中には探索経過を連鎖した概念ネットワークが生成されているものと考えられる。利用者の探索履歴を管理することによって利用者固有の概念の連鎖構造を生成することが可能になると考える。

生産システムのもつ感性

西岡靖之

東京大学先端学際工学専攻

1. はじめに

感性というものは、それ自体はまだ説明のできない、人間の知的活動である。従って、感性のメカニズムを研究するには、自ずと人間の内面に深く入り込む必要がある。しかし、我々は、この感性というものを、人間の外側、つまり人間とその他の人工物からなる系：生産システムからとらえようと試みている。なぜなら、生産システムは、そのシステム全体でとらえた場合、人間の認知的振る舞いと非常によく似た部分があるからである。我々の目的は、生産システムの感性的な振る舞いのメカニズムを解明することにより、人間そのものの感性のメカニズムを明らかにすることである。

生産システムということばからは、何か堅いイメージを連想するかも知れない。システムということばは、ここではコンピューターシステムのような狭義の意味ではなく、「部分の合計で表現しきれない全体」といった広義の意味で用いている。従って、我々が対象とする生産システムは、世の中に製品あるいは作品といった人工物を生みだすしくみ全体を指す。これは、現在の社会では、メーカー系の企業がこの典型的な例にあたるが、本質的には職人や工芸家と同じ範疇であり、さらに突き詰めれば画家や小説家や音楽家にも通じる。

2. 認知モデル

認知という問題を考えるとき、情報というものの定義が重要になる。情報には物理的側面と意味的側面の2つの側面が常に存在する。情報の物理的側面では、物質とエネルギーの時間的、空間的パターンが問題にされる。一方、情報の意味的側面では、認知主体である生命体が、自らの目的によってこの物理的パターンを何らかの行動に結び付けるときの、その対応関係が問題になる。この2つの側面を合わせもつもの、例えば、言語などの記号は情報であり、製品や作品も情報である。また、こうして考えると、生命体がとった行動も一つの情報であり、生命体自身も情報と見なせる。要するに、すべての生命体は、外部環境にある情報を自らの行動に関係付けることで新たな情報を生みだす。認知とは、このような、過去の情報と未来の情報をつなぎ合わせる現在の行為であるといつてよい。

このような生命体の認知という行為を、我々はモデル化しようと試みた。生命体を特徴づけるものは、その構造（物理的側面）であり機能（意味的側面）

である。一般に、生命体が認知活動を行なう場合、その内部の至るところで個々に情報処理・伝達が行なわれている。我々は、これらの情報処理・伝達は、ミクロな面でもマクロな面でも、すべて「習慣」というものが大きく関与していると考えている。習慣は、構造によって規定され機能を実現している一方、個々の行動から常に影響を受け、構造を逆に規定する。ある心理学者が「記憶とは知覚の習慣であり、習慣とは動作の記憶である」と言ったそうだが、これは、我々の認知モデルの背後にある「習慣」という概念を非常によく表現している。我々のモデルでは、認識という行為は常にその認知主体の内部的な構造変化を伴う。従って、生命体が環境の中で存在し認知活動を繰り返すことは、その生命体が環境とともにダイナミックに変化する不可逆な現象を生みだす。

3. 感性と理性

生産システムの感性を考える前に、我々なりの感性の定義をしておきたい。感性について論じるとき、よく理性ということばが比較に出される。表1に、感性と理性の特徴を比較したものを示す。理性とは、正しいか正しくないかを判断する能力であるのに対し、感性では、面白い面白くないかが問われる。もっとも、この「面白い」ということばは非常に感覚的なことばであり、定義するのが難しい。極めて大胆に言えば、「面白い」と感じるときは、その現象が、生命体の何らかの「目的」に対してポジティブな場合であるといえる。

表1：感性と理性

感性	理性
面白い／面白くない	正しい／正しくない
主観的／直感的／流動的	客観的／論理的／普遍的

そこで次に、生命体のもつ目的とは何かが問題となる。これは、前節の認知モデルにおける情報の概念にも密接に関係する重要な問題である。人間のもつ目的にはさまざまなものが考えられるが、対象を生命体というものに広げた場合、環境との共生、すなわち環境適合による自己の創造こそが、そこでの目的の根源にあると言ってよい。生命体の他のすべての目的は、この根源的目的とその状況とのインタラクションによって暫定的に生成される。

4. 生産システムの感性

組織あるいは企業など、人間を含んだいくつかの集まりの単位は、生命体と呼んでよいだろう。なぜなら、これらは何らかの目的をもっており、かつ、ダイナミックに外部環境および自分自身を作り変えているからである。我々の対象とする生産システムも同様の理由で生命体であり、先に述べた認知モデルを適用しても問題なからう。

一般的な生産システムのモデルでは、インプット（原料）＋プロセス（加工）＋アウトプット（製品）というように、ものの流れが基準におかれる。また、加工といった行為に対する付加価値が、ここでの中心的テーマとなる。一方、図1に示すように、我々の生産システムのモデルでは、ものの流れは副次的であり、認知という行為が最大のテーマとなっている。この認知という行為は、視点の生成と意味の生成の2つのプロセスから成り立っている。視点の生成では、まず最初に、生産システムの内部であらかじめ目的に応じた視点を構成し、外部環境をセンシングする。続いて、意味の生成では、この結果を解釈する。この行為は、習慣に多くを依存しながら、入力情報を生産システム内部で処理・伝達することにあたる。これは、生産システムの具体的な何らかの行動につながり、同時に習慣の形成という内部構造の変化を引き起こす。

我々のモデルで最も重要な点は、この、習慣による行動の形成と、そしてそれと同時に起こる、行動による習慣の形成の相互依存関係である。ここで習慣は構造に対応しており、行動は機能に対応している。これにより、生産システムのもつ知識は、個々の要素に固定的に還元されるのではなく、この習慣と行動のダイナミックな関係の中で常に変化し成長することが可能となる。

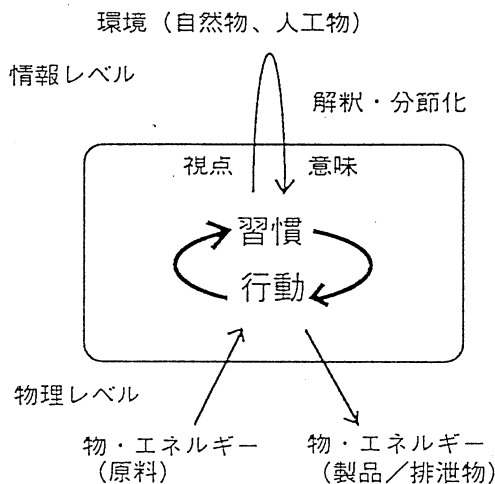


図1：生産システムのモデル

このような生産システムのモデルの上で、感性について考えよう。生産システムが感性的であるためには、環境適合による自己の創造という目的に、正直であることが要求される。これは、普段はその時々ローカルな目的や表層的な習慣によって行動がほぼ決められていても、常に無意識の中では全体の調和や長い目で見た安定といったものを考え、そのための行動をとることにあたる。生産システムにとっては、これが「面白い」と感じることであろう。このような生産システムにとっての面白さを、恐らくダイレクトに感じ取れる情報処理・伝達のメカニズムが、現存する生産システムのどこかに存在するはずである。我々はそれを探している。

生命現象の研究では、その情報処理のメカニズムの解明が鍵であると言われているが、今だ、明確で説得力のある理論は存在しない。従って、我々のアプローチも手探りである。現時点では、生命体の入れ子構造がキーポイントとなるのではないかと考えている。つまり、生産システムの構成要素である人間もまた生命体であるという点に注目している。恐らくこのことにより、単純で機械的な情報処理・伝達メカニズムをこえた、生命体特有のメカニズムが可能となるのであろう。感性に関して言えば、個々の人間が面白いと思えるものが、何らかの形で生産システムからみた面白さにもつながるのではないかとこの予測が立てられる。

5. おわりに

昨今、製造業における人材不足が社会的問題になっており、人にやさしい工場といったコンセプトが重要視されてきた。また、地球環境問題の解決のためには、企業は利益追従ではなく環境との共生を第一の目的とすべきであるとも言われている。本研究の目的である、生産システムの感性のメカニズムを解明することは、ものを作るという行為がいったいどんな意味をもつのかを問い直し、それを本来あるべき自然の姿に近付けるということにも貢献するだろう。このことは、生産をとりまく、先に上げた現在の深刻な問題の解決につながるかも知れない。

生産システムが本当に感性をもっているかどうか、いや、もっていると見なせるかどうかは、結局、最終的には受け取る側の感性に頼るしかないとも言える。そういった意味では、感性のメカニズムの解明を理性的に行なうことは、そもそも不可能なことかも知れない。しかし、我々の研究はまだ始まったばかりである。たった今感じているほのかな予感を信じて、今後、具体的で説得力ある成果に結びつくよう研究を進めて行きたい。

設計（デザイン）における感性の問題

野口尚孝

千葉大学工学部工業意匠学科

感性ワークショップに初めて参加してみて、いまひとつよくわからないことがあった。一つは何のために感性を問題にするのかということであり、もう一つは「感性」の基本的な概念がよくわからないということである。おそらく各参加者はそれぞれの立場から解釈していたものと思われるが、参加者の一人として自分の専門の立場から感性問題にアプローチする理由を述べてみたい。

感性を把握するには、人間あるいは人間の行為を対象的に外側から捉えるのではなく、内面の出来事として捉えなければならない。その場合、ある事実や対象を見てその美しさに感動するといった受動的な意味での感性を捉える立場と、ものを作り出す立場からあるは芸術作品を創作する立場からの感性を捉える立場は一応区別して考えるべきであろう。ものを作り出す立場では、常にその行為には目的意識が貫かれていると言える。元来人間のものづくりは問題解決の一種だからである。その意味ではものづくりは常に論理的であり、機能主義的である。ここでいう機能とは物理的機能だけではなく、人間の心理的な面、つまり感性に訴えようとするものをも含めて、合目的につくられるという意味で機能主義といっているのである。設計者の論理的な思考の結果が見事に表現された機械に美しさを感じるのは、ごまかしのなさに対する倫理的美意識をも含み感性というものがいかに論理と密接な関係にあるかを物語っていると言えるだろう。また最近のポストモダニズムのように、出来上がったものに多義的な意味やあいまいさを持たせようとしたり、遊び心を表現しようとするのも、やはり合目的である。この場合は物理的機能が十分に発揮されていることが前提であり、その上で人間の心理面での高度な要求に応えようとしているのである。工学的設計者が物理的機能の実現方法を考えるのと同じように、工業デザイナーや建築設計家はつくられるものの心理的機能の実現方法を考えると言ってよいだろう。

この場合、デザイナーはどのようにしてものの心理的機能を考えるかと言えば、まずは自分が使う側の人間になってみるのである。自分が納得のいくものができたなら、次にそれが他人をも納得させることができるかどうかを確かめねばならない。じつはこれが非常に難しいのである。これを行なうためには、自分の納得できるものと、他人の納得するであろうものとの距離を見定めなければならない。この距離を客観的に見定めることができれば、デザイナーは自分の個性をどこまで他人に納得させることができるかをおおよそ予測できることになる。そのためにデザイナーは感性の論理を知りたいし、客観的に感性を捉える方法を会得したいのである。

ところでこれとは多少異なる設計本質論的な立場から、デザイナーの発想過程において感性がどのように働いているのかという問題も重要である。これは、設計行為という本来論理的で目的意識的な行為の過程で感性がどのような構造で組み込まれ、どのようにして発想を促しているのかという問題である。川喜田二郎や中山正和などが随所で述べているとおり、発想はイメージによって促されると言えるだろう。しかしここで問題は壁に突き当たる。イメージとは何であろうか。感性とどう区別すべきなのか。仮にここでイメージを「人間の内的な空間での像形成」とであると捉えれば、論理は「内的な時間列による因果的思考」と言えるかも知れない。そうするとこのような時間軸と空間によって形成される思考空間あるいは発想空間において感性と理性の座標軸が与えられるのか、ということにもなる。おそらく感性はその人間の遺伝的な素質を核にしながらも、彼が生まれてから現在に至るまでのあらゆる人生体験の圧縮された時空間の内部に成り立っている能力であろう。反対に理性は個々の感性の共通の基盤であってこれを超越した普遍的な人間の能力と言えるかも知れない。それでは感性と理性という対概念はイメージと論理とはどのような関係にあるのか、等々である。

まずはこのような基本的な共通問題がある程度論議の対象にした上で、各専門的立場からそれぞれの目的に応じて感性問題に取り組むべきなのではないだろうか。

以上

感情のシミュレーションとデータベース化

藤田米春・張佳吟・杉田雅宏・西島恵介
大分大学工学部

1. はじめに

「ああ喉が渴いた。あっ葡萄がある。あの葡萄は水けも多そうだし、甘そうだ。あれを取って食べれば喉の渇きも潤うだろう。2 m位だな。跳びつける高さだ。跳びついて取ろう。えいっ。あれ、届かない。おかしいなあ。えいっ。……。ちくしょう。えいっ。えいっ。ああ、だめだ。疲れたー。ちえっ。なんでー。どうせあの葡萄は酸っぱいだろう。」

上記のイソップ物語の一つ「きつねとぶどう」における感情を含めた思考・行動過程をシミュレーションする。この中で、感情の要素は次のようなものがある。

○意地になる……。 「ちくしょう。えいっ。えいっ。」

○悔しい……。 「自分または自分と同化度の高いものについて、正当と考えてい評価を下げる状況に陥った時、評価の下げにくさのパラメータ(S C F)に比例する悔しさを発生する」

○反応行動：

1 次的反応

2 次的反応：解消行動（発散、忘却、正当化、克服）

○シミュレーションのための感情のデータベース化

2. 「意地」の発生モデル

「意地」：辞書記述「(田)こころ。気だて。心根。(用)自分の思うことを通そうとする心。広辞苑：岩波」

「意地になる」：直接的記述はない。

典型的使用例：「あんなにしくなくてもよいのに、彼は意地になっているのでは？」

前半部分：「彼の行動」の合理性からの逸脱を暗示

後半部分：前半部分に基づき自然に理解される→「意地になっている」……。合理性からの逸脱

「意地になって繰り返す」という例→ある一つのことに固執する。

〔仮説〕意地になる：合理的な判断を失って一つの行動に意識的に固執する。

理性モード：認識、知識に基づき推論を用いてプランの評価をする。

感情モード：プランの評価をしないか、認識との単純なボタンマッチによりプランを評価する。

「意地になっている」：感情モード。既に実行中のプランがあれば評価する必要がないという理由でそのプランの実行を続ける。

3. 負け惜しみの発生過程

(1)葡萄発見：葡萄は甘くて水分が多い(知識)→葡萄を取ろう。

(2)背伸びして取るV…V跳びついて取る(知識)

(3)葡萄の高さ(知識)<自分のジャンプ力(知識)→跳びついて取ろう。

(4)失敗：跳びつけるはず((3)による)→跳びつく

(5)意地になる(感情モード)→跳びつく

(6)結局失敗：ジャンプ力の下方修正→悔しい

(7)悔しさの解消→正当化(状況の再解釈、責任転嫁)

(8) (1)～(7)までの過程中 S C F 最小の命題(葡萄が甘い)を見つけ、それを否定する

→「葡萄は酸っぱいに違いない」

失敗による矛盾⊥→失敗原因追跡

→図1を⊥から上向きに追跡、Kタイプの命題C、Dの内 S C F が小さいCを下方修正

→「悔しさ」発生→悔しさ解消プランの評価→正当化選択
 →Hを導けないように仮に否定すべき命題を、図1のHから上向きに探索
 →最もSCFが低いA(葡萄が甘い)を否定する。

4. 命題の依存関係の利用

3.で述べた経過中

○知識の依存関係の追跡処理

(6)の部分：失敗原因の解明のため

(8)の部分：失敗を認めないで済むような否定できる前提を見つけるため

○ATMSの命題の依存関係の考え方

○ATMSの節点を拡張

SCF(主観的確信度, $0 \leq SCF \leq 1$)・・・命題が表す知識に対する自信の程度

PT(命題タイプ)・・・Kタイプ(知識), Iタイプ(意志/意図/願望)

〈命題, 環境集合, 弁明集合, SCF, PT〉, ……①

推論命題のタイプ

弁明のどちらか一方がIタイプ

→結果：Iタイプ、SCF：弁明中のIタイプの命題のSCF値の最大値

二つの弁明がKタイプ

→結果：Kタイプ、SCF：弁明中のKタイプの命題のSCF値の最小値

⊥(矛盾)：タイプ無し

A:〈葡萄が甘い, $\{A\}, \{A\}, 0.7, K$ 〉

B:〈渇きを潤したい, $\{B\}, \{B\}, 1.0, I$ 〉

C:〈跳びついて届く高さ = 2m, $\{C\}, \{C\}, 0.9, K$ 〉

D:〈葡萄の高さ = 1.9m, $\{D\}, \{D\}, 0.98, K$ 〉

E:〈葡萄を取りたい, $\{A, B, C, D\}, \{A, B\}, 1.0, I$ 〉

F:〈葡萄に跳びつける, $\{A, B, C, D\}, \{C, D\}, 0.9, K$ 〉

G:〈跳びついて葡萄を取れる, $\{A, B, C, D\}, \{F\}, 0.9, K$ 〉

H:〈跳びついて葡萄を取ろう, $\{B\}, \{B\}, 1.0, I$ 〉

J:〈跳びついて葡萄を取れない, $\{B\}, \{B\}, 1.0, K$ 〉

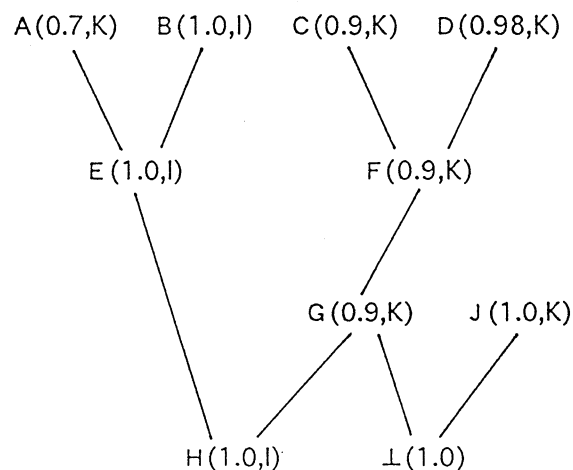


図1 命題の依存関係

5. 感情概念のデータベース化

並列分散人工知能(D A I)：人間の感情発生メカニズムに忠実？

問題点：人間が通常認知している感情を計算機上に実現する具体的D A I手法は明らかでない

○工学的な応用の観点から、記号論的方法を検討→区別可能なあらゆる感情を収集分析する

○情動（感情）語：一つの手掛り→情動語の分析により、感情の発生条件を抽出

〔情動語の分析法〕

(1) 情動語を辞書等から収集する。

(2) 類義語辞典により類似の意味の語に分ける。

(3) 辞書の意味記述から発生条件を抽出する。

(4) 辞書の意味記述により類似の語の発生条件の違いを明確にできれば終り。そうでなければ(5)へ。

(5) 類似の概念をAとBとする。

(5-1) $i = 0$ とし、 $S = \phi$ とする。

(5-2) $i = i + 1$ としてAとBの使用例 $P_i(A)$, $P_i(B)$ を作る。

(5-3) $P_i(A)$, $P_i(B)$ とともに自然ならば、Sに P_i を加え(5-2)へ行く。

$P_i(A)$, $P_i(B)$ とともに不自然ならば(5-2)へ行く。

$P_i(A)$ が不自然ならば、(5-4)へ行く。

(5-4) Sの要素が持つ条件を抽出し、 P_i を構成する条件と比較して不自然の原因となっている条件Lを決定する。

(5-5) Sの要素が持つ共通条件をCとして、Aの条件をC&Lとする。

対人感情のシミュレーション

弓野 憲一

静岡大学教育学部

1. はじめに

「知性」と「感性」は人間の諸活動において相反する機能をもつものとして、対置されて使われるのが普通である。しかし、人間のおこなう諸活動をみると、この二つは相反するどころか、緊密に関連し合って複雑で高次の精神活動を支えているのがわかる。創造のような、漠然とした結果とか目標はわかっているが、それに到達するための方法・手段がはっきりとしていないような事態では、「感性」が「知性」を働かせてそれを完成に導くであろうし、すでに目標到達手順のわかっているコンピューター・プログラミングのような事態では、「知性」が優先して活動が開始され、出来上がったソフト・作品の評価においては「感性」も多分に関与することが予想される。

このように、知性と不可分の関係にある感性を、計算論の立場からどのように研究すればいいのだろうか。さまざまなアプローチの方法があるであろうが、ここでは、感性の重要な構成要素とみられる「感情」、特に「対人感情」について、それがどのようなメカニズムで起こり、かつ顔の表情として表れるかを、シミュレーションする。

「きみはきれいだね」、「きみはかわいいね」、「きみはいじわるだね」・・・のような言葉をきくと、ひとはさまざまな対人感情を経験し、さらにそれを言った相手に対して、顔の表情や手足・身体の仕事を使って、適切に反応する。しかし同一の言葉を聞いても、相手、場所、回数等より、その反応の仕方は微妙に変化する。

そのような複雑な人間の行動をシミュレートすることは容易ではないが、基本的な感情のモデルより出発して、改良を重ねれば次第に「感情」、さらには「感性」にアプローチすることができるのではないかと思える。以上のような観点から、顔の表情の変化のみについてはあるが、感情のシミュレーションをおこなう。

2. 感情の生起過程に関するモデル

感情の生起過程について、以下のようなモデル設定して、感情発生システムを設計した。

外部刺激（言葉）の知覚→{意味処理→意味に対する感情価の評価→感情の発生}→顔の表情の変化

3. 種々の形容詞に対する感情価の測定

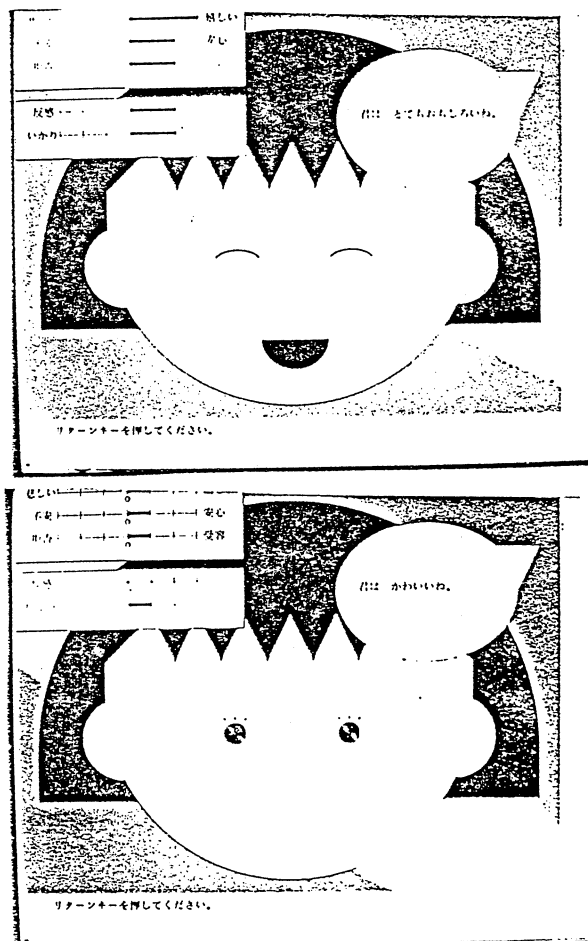
感情を表すさまざまな形容詞{話やすい、まじめ、明るい、いじわる、しつこい、・・・かわいい、優雅、美人等}を聞いた時に、人がどのような感情を持つかを、33の形容詞を用いて、女子大学生について調べた。調査方法は、それぞれの形容詞が{①うれしいー悲しい、②安心ー不安、③受容ー拒否、④怒り、⑤反感、および⑥驚き}の6種類の基本感情に対して、5件法で判断したときにど

の程度に「感情価」が判断されるかというものである。調査の結果、⑥の驚きに関しては、何とも思わないという答えがほぼ全員であったので、5つの感情価についてのみ整理した。33の形容詞の内、被験者間で比較的一致した反応傾向のみられた9つの形容詞{おもしろい、冷たい、かわいい、ブス、純粹、いじわる、素朴、下品}を外部刺激として用いた。各形容詞の感情価は四捨五入して用いた。

4. 表現に用いた顔と感情の表出方法

感情を表出する「顔」として、マンガ・テレビで評判の「ちびまるこ」の顔をまねた。その顔をニュートラルな状態から、入力される形容詞の5つの感情価にしたがって、①眉、②目、③口を連続的に変化させて、感情を表現した。ある形容詞が入力された折りに、「ちびまるこ」が最終的にどのような顔をするかは、5つの感情価のみからは決定できずに任意なところが残ったので、複数の大学生と相談して決めた。

5. 感情の表出例



6. 今後の課題 本研究では、外部刺激に対して感情がストレートに表出されると仮定して、システムを構築した。また感情の発生に密接にからむ「知識」や「自己」の問題も無視した。これらを含めて、さらに高次な感情(=感性)の研究が必要である。

Working papers

創造的発想支援システム Alva

田中 一男

NTT ヒューマンインタフェース研究所

1 はじめに

近年、知的生産性の向上をめざして、創造的なアイデア発想の機械的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社会的に要請されている。

この要請に対して、人工知能分野では、根本原理や深い知識を基盤とした科学および工学知識の大規模知識ベース化や、設計支援システムなどの研究が進められている。しかし、エンジニアの創造性を高めるような発想過程の支援に関する研究はほとんど行われていなかった。一方、情報処理分野では、主として KJ 法 [川喜田, 1986] を基盤とした発想支援システム [小山 他., 1988; 篠原, 1990; 三末, 1990] の研究が進められている。しかし、これらは未分節で複雑な関係をもつ雑多な知識や情報を整理したり、アイデアを実現可能な問題解決策としてまとめ上げる収束思考技法の対話的かつ受動的な支援がほとんどであった。受動的支援とは、思考者が本質的な思考作業に専念できるように、与えられた情報の視覚化などの非本質的作業を計算機パワーを使って支援するものである。思考者の発想は主として図示によって視覚的に刺激される。このように、従来、創造的なアイデアを生み出すための発散思考そのものを支援するものはほとんどなかった。

本稿では、発散思考技法の 1 つである NM 法 T 型 [中山, 1980] を方法論的基盤とした、係り受け構造の写像に基づく発想支援システム Alva¹ を提案する。Alva は、解決方法があらかじめ分かっている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全文検索結果から抽出したアナロジーを用いて能動的に支援する。すなわち、思考者の本質的な思考作業を支援するものであり、思考者の発想はアナロジーによって刺激される。アナロジーの抽出には係り受け構造の構造写像を用い、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構造写像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、従来のほとんどのシステムが採用してきた受動的発想支援の問題点を述べる。3 章では、支援される思考のタイプという観点から従来の発散的発想支援アプローチを分類し、その問題点を述べる。4 章では、伝統的発想技法の 1 つである NM 法 T 型について述べる。5 章では、イオン発生器の動作原理に関する発想を、避雷針とのアナロジーを用いて支援する例をもとに Alva の発想支援処理を詳説する。6 章では、Alva の有効性に関して考察を行う。

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

2 受動的発想支援の問題点

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 (conceptual blocks) [Adams, 1986] が存在する。「物事をステレオタイプで見てしまう」、「問題領域を狭く捉えてしまう」、「記憶容量に限界がある」などの現象は知覚的な心的障壁の例である。たとえば、ある情報を覚えるときに、人は文章や視覚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。

これらの心的障壁は、思考者が人であるがゆえの障壁である。本質的な思考作業はすべて人が行い、計算機は非本質的作業のみを行う受動的な発想支援システムでは、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 従来の発散的発想支援アプローチ

人は思考するときに、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・感覚的言語・数学的言語の3つの思考の言語 [Adams, 1986] が考えられ、これらの言語を用いた思考を、それぞれ、言葉による思考 (verbal thinking)・感覚的思考 (sensory thinking)・数学的思考 (mathematical thinking) と呼ぶ。以下では、これらの思考のタイプによって従来の発散的発想支援アプローチを分類し、その問題点を述べる。

3.1 言葉による思考

IdeaEditor [渡部, 1990] のアイデアベースは、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。これは、4.1節で述べるNM法T型の手順でいうとステップ2までの支援にあたる。

3.2 感覚的思考

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による思考 (visual thinking) と呼ぶ。ISP-2 [野口, 1991] は、第三者によるスケッチの分類と、スケッチに付けられたタイトル文中の単語の類似性による自動分類を用いて、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し、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、第三者の観点を刺激として思考者の心的障壁を打ち破らせ、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の発散的発想を支援する。しかし、言葉の結合のみによって十分なアイデア展開を行うことは困難であると考えられる。

3.3 数学的思考

数学的思考は、科学や工学の問題解決に用いられる思考法である。たとえば、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する。その結果、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ことによって新しい設計物を発明する自動設計システムである。

この設計は革新的設計 (innovative design) と呼ばれ、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。一方、創造的設計 (creative design) と呼ばれる設計においては、設計物の可能な構造とその設計手法が未知であり、新しい設計状態変数を用い、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。[Gero, 1990]

我々は、このような創造的な発明を支援するためには、特に着想段階の支援が重要であり、数学的発想よりも、言葉や感覚的言語を用いた発散思考の支援が重要であると考ええる。

4 NM 法 T 型

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、発散思考を用いてアイデアを出すための発想技法には、アナロジーを用いる NM 法、自由連想のブレインストーミング、チェックリスト法などがある。NM 法は、発明に用いる技法として開発された発想法で、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である。NM 法 T 型は NM 法の一つで、手順が明確にステップ化されているために、広く普及しており、その有効性が高く評価されている。このため、Alva では NM 法 T 型を方法論的基盤とした。

4.1 NM 法 T 型の手順

NM 法 T 型は、5つのステップから成る。

ステップ1: キーワードを決める。

「これが解ければよい」という、問題の本質を表す言葉で、動詞または形容詞のキーワードを設定する。

ステップ2: 類比媒体を探す。

「たとえば、～のように」という問いかけによって、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。選び方としては、イメージの豊富なもの、人間くさいもの、または、自然界のものを選ぶ。絵を描けるくらい具体的でダイナミックな情景を想い描く。このとき、できるだけ異質性を高めた分野を考える。

ステップ3: 類比媒体の背景を想い描く。

「そこには何があるか」、「それはどうなっているのか」、「そこでは何が起きているか」という問いかけによって、類比媒体の構造・機能・動き・イメージなどを想い描く。

ステップ4: アナロジーをとる。

「それは今の問題ではどういうことか」という問いかけによって、類比媒体の背景と解決すべき問題と

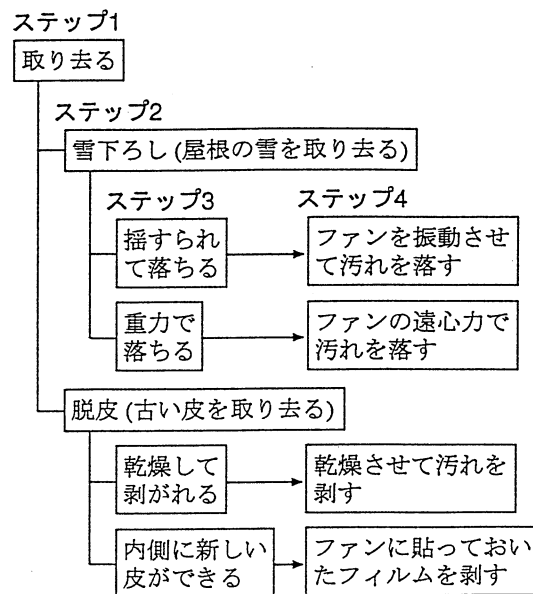


図 1: NM 法 T 型による発想過程の例

の間でアナロジーをとり、問題解決のヒントを得る。これらをコンセプトカードに書く。

ステップ5: アイデアをまとめる。

ヒントを、説得可能なアイデアをいう製品に変える。コンセプトカードから「何か役に立ちそう」という何枚かを取り出して、これを組み合わせてアイデアにする。このとき、コンセプトカードの書き換え・意識的な曲解・部分的使用・付け加えなどを自由奔放に行う。このステップでは主に収束的思考を行う。

図 1は換気扇の汚れの自動除去方式を、NM 法 T 型を用いて発想したときの例である。この例では、換気扇のファンに付着する汚れをどのようにして自動的に除去するかが問題である。この問題に対して、まずステップ1で、キーワードとして動詞「取り去る」を選び、ステップ2で、「雪下ろし」と「脱皮」を類比媒体に選んでいる。さらにステップ3で、それらの背景を想い描き、ステップ4で背景と解決すべき問題との間でアナロジーをとり、問題解決のヒントを得ている。

4.2 NM 法 T 型の実践における問題点

NM 法 T 型を用いて発散思考により創造的なアイデアを生み出すために、従来は、まず、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、あるい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集める。次に、自らの思考能力のみを用いて、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。

情報検索システムを用いる場合、NM 法では、問題の本質を表す言葉である問題キーワードの選定にあたって、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。また、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難しいという問題があった。

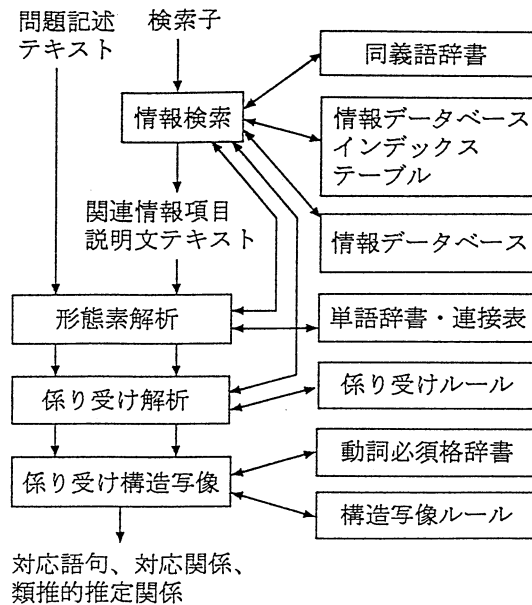


図 2: 発想支援処理の流れ

5 発散的発想支援システム Alva

Alva は、フルテキスト情報データベースを全文検索し、その結果から抽出したアナロジーを思考者に提示することによって発想を支援する。これは、4.1節で述べた NM 法のステップ 1 からステップ 4 までの発散思考の支援に相当する。図 2 は Alva の発想支援処理過程を示すブロック図である。まず最初に思考者から、問題を自然言語で記述したテキストと、問題の本質を表すキーワードを含んだ検索子が入力される (NM 法 T 型ステップ 1 に対応)。

動詞または形容詞である NM 法のキーワードをそのまま検索子として用いると、情報データベースの全文検索において膨大な量の関連項目が検索されてしまう。そこで、検索の範囲を狭めるために、AND 条件による検索や係り受け関係による検索を導入し、この問題に対処する。検索子は正規表現を用いて表現する。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。

次に、入力された検索子を用いて情報データベースを全文検索する (ステップ 2 に対応)。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テキストを形態素解析および係り受け解析し、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し、それらから知識構造を抽出する (ステップ 3 に対応)。最後に、関連情報項目説明文テキストから抽出された知識構造と問題記述テキストから抽出された知識構造を構造写像し、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 (ステップ 4 に対応)。

以下の各節においては、イオン発生器の動作原理に関する発想を避雷針とのアナロジーを用いて支援する例をもとに、それぞれの処理について詳説する。

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、<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。
!R	正規表現パターン R を含まない文字列とマッチ。
$R_1 \& \dots \& R_n$	$R_1, \dots, R_n$ のすべてとマッチするものとマッチ。
$R_1.R_2$	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 (例, フ格, デ格) を限定してマッチ。

5.1 問題記述テキストと検索子の入力

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。

が与えられたときに、思考者がこの問題の本質を表すキーワードとして動詞「発生する」を選択したとしよう。次に、思考者は問題記述テキスト「イオン発生器は空気をイオン化する。」と、問題キーワードを含む検索子として拡張正規表現 (イオン | 電荷) _<発生する> を入力したとする。この検索子は、「イオン」または「電荷」という言葉を含む文節から、動詞「発生する」のいずれかの活用形を含む文節への係り受けをもつ文を含む情報項目を、情報データベース中から全文検索する。

5.2 情報データベース全文検索

情報データベースに蓄積されている膨大な情報項目の中の一項目として、概念「避雷針」に関する情報が、次のような説明文で記述されていたとしよう。

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、空気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。

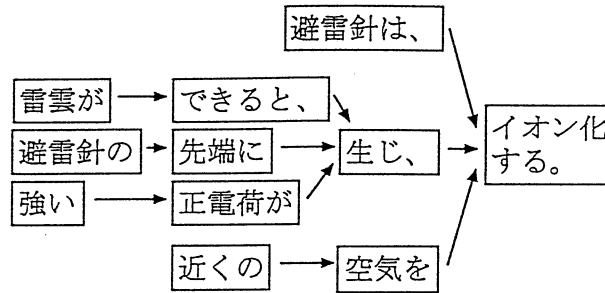


図 3: 係り受け構造

情報データベース全文検索は、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。情報データベースは、この全文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、代名詞を除いた名詞・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。

情報項目「避雷針」の例では、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、強い、空气中、イオンなどが抽出されてインデックス・データの項目となる。すなわち、これらの語句が検索子として与えられると、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。

検索子(イオン | 電荷)_<発生する>は、「発生する」の同義語への展開を意味する拡張正規表現を含んでいるので、同義語辞書を用いて、(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。

Alvaの同義語辞書には、あらゆる文脈で言い換えても語の示す意味内容が同じ語が同義語として登録されている。これにより、表記のゆれ(例、移り変わり / 移り変り)、略語(例、IMF / 国際通貨基金)、カタカナ語とその対訳語(例、コンピュータ / 電子計算機)、転訛(例、生じる / 生ずる)による表記上の多様性に対処する。

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」に係っているため、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。

5.3 形態素解析と係り受け解析

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、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と付属語の同定、単語の品詞の同定、活用語の活用形の同定と終止形の導出を行う。次に、この解析結果を用いて係り受け解析される。

Alvaの形態素解析部は約15万語の単語辞書をもち、形態素解析手法には最小コスト法を用いている。最小コスト法は、自立語の個数が最小な文節構造を優先的に出力する文節数最小法[吉村 他., 1983]に形態素間の連

接コストを導入したものである。また、係り受け解析においては、係り受けの非交差原則と、文節間距離の近い文節に係るという一般的傾向、述語の必須格を充足する係り受けの優位性を用いている。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)))
```

5.4 係り受け構造写像

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カルな写像を生成し、対応語句・対応関係・類推的推定関係を抽出する。Alva は SME を用いて係り受け構造写像を行う。ここで、係り受け構造写像とは、係り受け構造から抽出された知識構造の構造写像を意味する。

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、Lisp 関数 `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 の係り受け構造写像処理部では、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。

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 と受け側 B がともに名詞で、体言連結の係り受け種別をもつ部分係り受け構造は、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部分係り受け構造は、属性を抽出し、以下のように変換する。

```
(defPredicate A (entity) :attribute)
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 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、その基本動詞約 860 語と独自に追加したサ変動詞約 600 語の語彙的意味別の必須格の情報を利用する。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)
        ((: フ格) :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、係り受け種別の 1 つである主題はガ格とマッチさせる。登録されていない動詞に対しては、ガ格・ヲ格・デ格・ニ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)
```

係り受け種別の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 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図 4 および図 5 のような記述となる。

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。

```

(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)

```

図 4: 述語の定義

```

(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)))

```

図 5: ベース領域知識の記述

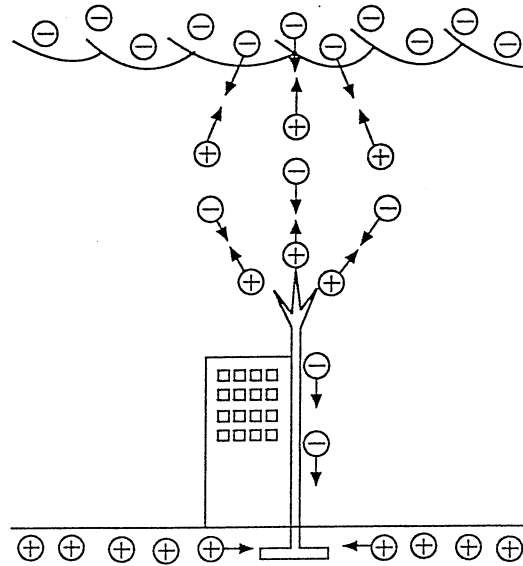


図 6: 避雷針の動作原理

```
(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))
```

これらの記述を入力として与えられた SME は、以下の対応語句と対応関係を抽出し、表示する。

```
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、以下の関係を類推し、表示する。

```
(: 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。

以上に述べてきた各処理により、思考者は解決すべき問題に対して、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、思考者は、これらの結果表示と、避雷針の説明文の中の「先のとがった」、「金属製の棒」、「強い電場」という記述、説明文より思い浮かべる図6のような避雷針の動作原理などから、発想的な刺激を受け、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。陽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容易となる。

6 考察

Alva は発想技法 NM 法 T 型を方法論的基盤とした発散支援システムであるが、両者の間には大きな違いがある。NM 法 T 型のステップ 2 では、問題キーワードから類比媒体を探すときに、言葉を手がかりに探すのではなく、心的イメージを手がかり探すことが重要であると述べている。すなわち、言葉の使用による心的障壁を打破するために、イメージ優先で考えることによって頭を柔軟にするように求めている。一方、Alva の検索対象はテキスト・データベースであり、言葉を手がかりに探すことが NM 法の原理に反している。しかし、この欠点は、大規模なテキスト・データベースを対象とした全文検索によって解消されていると考えられる。人が NM 法 T 型で発想する場合に、言葉を手がかりに類比媒体を探すと、多くの心的障壁がその発想を妨害するが、Alva の自動的な全文検索ではこの妨害の入る余地はない。

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。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う。これをうまく制御するためには、検索子をうまく記述する必要がある。また、検索項目数を見ながら思考錯誤的に検索子を替えていくことが必要である。

現在の Alva では、関係の写像において、動詞が一致している必要がある。すなわち、たとえ同義語であっても異なる動詞間では関係の写像が行われない。しかし、実際には、動詞が一致していなくとも意味的に近い動詞間で写像が行われて欲しい場合が多発する。これは、シンタクティックなメカニズムでアナロジーを扱う構造写像理論を用いているための理論的制約である。SME を用いる前に、意味の近い動詞を書き換えることによってこの問題を解決しようとする、文脈まで考えた意味解析が必要になってくる。

現在の係り受け解析の技術レベルでは、第一候補に正しい係り受け構造を抽出することは難しい。Alva の係り受け解析の精度もこのような技術に依存しているため不正確である。しかし、Alva の場合には、たとえ間違った係り受け構造を抽出したとしても、それによって意外なアナロジーが抽出され、そのことが思考者の発想を刺激すれば、それは成功といえる。現状の人工知能技術で不完全なものがあってもそれを積極的に使っていけるという意味で、発想支援はかなり有望な研究分野といえる。

7 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全文検索結果から抽出したアナロジーを用いて支援するシステム Alva を提案した。さらに、イオン発生器の動作原理に関する発想を、避雷針とアナロジーを用いて支援する例をもとに Alva の有効性を示した。Alva を用いることによって、NM 法 T 型の発想技法に基づいた発想を行うことができ、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、発散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。

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.
- [中山, 1980] 中山 正和. NM 法のすべて. 産業能率大学出版部, 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.
- [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.
- [吉村 他., 1983] 吉村 賢治, 日高 達, 吉田 将. 文節数最小法を用いたべた書き日本語文の形態素解析. 情報処理学会論文誌, Vol. 24, No. 1, pp.40–46, 1983.

感性とCSCW：事例ベースの感性メカニズム

往住彰文

東京工業大学

協調作業の支援と認知支援環境

CSCW (Computer-Supported Cooperative Work コンピュータ支援協調作業) の課題を、CWつまり人間がおこなう共同的協調作業の側面から考察するのが本稿の目的である。共同作業に関する認知科学的ないし認知心理学的研究は、近年めざましい増加をみせ、共同認知collaborative cognition、分散認知distributed cognition、状況的認知situated cognitionなどの新しいパラダイムをうみだしてさえいる。これらの立場は、人間の認知機能(思考、言語、記憶、学習、問題解決、創造、感情などの心的機能)の本質は、個々の人間の心(あるいは脳)の内部を探求することで明らかになるという立場をとらない。そうではなく、認知システムが機能している状況の中、とりわけ複数の人間からなる社会的状況の中での実際の行為actionの諸相をみることで認知の本質に迫ることができる、という発想を前面に出す。

おそらく、こうした認知研究における新しい思考法が新しい成果をもたらすのは確かであろうが、CSCW研究に寄与することができる認知科学あるいは認知心理学の成果は、むしろ、いまや伝統的と呼ばれかねない計算主義computationalismの立場からのものに注目すべきものがあるともいえるのである。CSCWが支援する認知活動は、究極のところは、感性、創造性といった、人間の認知活動が最高度に機能して初めて可能となるような側面を含んでいる必要があるだろう。そうした高度認知活動は、必然的に、記憶、知識、推論、学習、意思決定、言語などの下位認知活動が十分に機能することを要請するからである。そして現時点ですでに、感性、創造性のメカニズムに関する計算主義的認知科学がCSCW研究に提供できるものは、相当なものがある。

記憶、知識、推論、学習、意思決定などの認知的作業を増強するツールとしてコンピュータ支援環境を設計するという枠組の中で、必要のある局面に作業の共同性、協調性、社会性をとり込むという方略は、ある個人がおこなう作業の支援という観点からみると、むしろ自然なものともいえるであろう。

以下ではまず、最近の認知科学研究のなかから、感性、創造性に関わるものを取りあげて、どのようなメカニズムが感性なり創造性なりを実現させることができるのかを2,3の例で紹介し、つぎにそうしたメカニズムを採用することで人間の認知作業を増強するコンピュータ支援環境がどのように可能となるか、研究例を紹介する。

感性概念と超高次の知識構造

感性という概念はその中にさまざまな要素的下位概念を含んだ巨大大概念である。マクロ的な概念を要素概念の並びに分解することをマクロ展開(macro expansion)という。感性の研究には、感性なる概念をどのようにマクロ展開するかによって、研究の射程が決ってしまうという側面がある。本稿での立場は、感性を、知的・論理的過程に加えて、感情・評価・動機づけ・創造性などと呼ばれている諸過程を含んだ統合的な心的過程と考える、というものである。こうした見方は、感性とはおよそ人間の心がなしうる最も複雑で高次の活動の所産であると考えすることに、ほかならない(往住,1992)。

ダイアー(Dyer,1983)が提案するテーマ抽象単位TAU(Thematic Abstraction Unit)は、われわれが文化の中で共有しているような、特有の筋立てに対応するような知識の構造である。シャンク学派の文脈にたち、シャンクとエイブルソン(Shank & Abelson,1977) によるテーマ(theme)、レーナート

(Lehnert,1982)によるプロット単位(plot unit)などの巨大知識構造の提案を受け継ぎながら、さらに複雑な構造をもつのがTAUである。設定されている状況も、登場人物もまるで違うにもかかわらず、‘ああ、あの話ね’というように、われわれはできごとや物語の展開のボタンを見いだすことができる。文化によっては、そうしたパターンに‘ことわざ’という形で、ラベルを与えていることもある。たとえば、次のような物語はダイアーによるプログラムBORISがTAUを使いながら理解することができるものであるが、この時使われているTAU ‘偽善者TAU’には、日本では‘目クソ、鼻クソを笑う’、英語では‘The pot calling the kettle black.’といったことわざがラベルとしてつけられている。このことからわかるように、こうしたTAUには、しばしば笑いや、教訓を引き出すといった認知活動が併存しているのである。

[知識構造 ‘偽善者TAU’ を引き出す物語の例(Dyer,1983)による]

そのインタビュー記事の中で、R師はカーター大統領を激しく非難した。Playboy誌などのないかがわしい雑誌とのインタビュー記事に応じるなどというのは、大統領府の尊厳を汚すものだ、というのである。R師のそのインタビュー記事は、Penthouse誌に掲載された。

「出る釘は打たれる」などといわれて苦汁をなめさせられ、一方で「打たれる釘は黄金の釘」などとなくさめられる私たちの人生であるが、ことわざというものは時として人生における真実をぎっしり詰め込んだかと思わせるほどの知識のかたまりをなしている。TAUのような超高次の知識構造を考えることで、複雑で多量の知識・記憶を巻き込む過程を、一挙に実現できると利点がある。日常体験にあって洞察であるとか、感動を伴う発見などは多量の知識・記憶・推論を背後にもっていると考えられるが、その核にTAUのような知識のかたまりを想定することも可能だろう。

創造性と知識のメカニズム

理解という認知的作業の究極的な姿である、読み手の独自の視点・解釈、あるいは、創造的といってもいい側面に注目したのが、Yale大のコース(Kass et al.,1985)らによる説明的理解のためのプログラムである。彼らのプログラムSWALEは、入力されてきた、新事実を記述したエピソードを読み、プログラムが持っている過去経験エピソード群を使いながら、その新事実を説明的に理解することを試みる。事例ベース推論のパラダイムに基づくメカニズムをもつ。

[SWALE: 説明を創り出すプログラム (Kassら1985による)]

入力エピソード

Swale号はこれまで優秀な成績をあげてきた競争馬であったが、Belmont Stakes レースで優勝した1週間後、自分の厩舎で死んでいるのが発見された。

出力説明テキスト

Jim Fixx 説明 (Jim Fixx はジョギング・ブームの創始者であるが、自らジョギングの最中に心臓の異常で急死した)

Swale号は、先天的な心臓の欠陥があったのだ。競馬レースでの過剰な運動が心臓の過労をもたらし、潜在的な欠陥が発現してしまうことを招いたのだ。結局、心臓マヒで死んだのだ。

薬物説明

Swale号のオーナーは、成績を上げるために薬物を与え続けていたのだ。たまたま過量に与えすぎたので死んでしまったのだ。

Janis Joplin 説明

トップ・スターであり続けることは非常なストレスをもたらす。ストレスからの逃避の

ためにしばしば麻薬が用いられる。Swale号も麻薬を用いていたのだが、量を間違えて死んでしまったのだ。

SWALEが実現しているのは、自分が現在直面している新しい事件を納得して理解するために、1)その事件はどこが新奇なのかを検出し、2)自分の記憶の中から類似のエピソード構造体を探し出し、3)そのエピソード構造体で現在の事件の解釈を試み、4)解釈が無理ならば、エピソード構造体を変形してから再度解釈を試みる．．．ということを繰り返し、ついには納得できる解釈を得るという過程である。

自分がもっている過去の体験エピソードに基づきながら、新奇な事態への適応を試みるというこの過程が、SWALEの出力にも見られるように思わぬ新鮮な‘読み’をもたらしている。これこそが創造的、芸術的な解釈の本質であるというわけにはいかないであろうけれども、シャンク(Schank,1986)がいう、‘機械的にかつ創造的に(mechanically and creatively)’なるものの実現であるのは確かであるといえよう。

以上みたように、テーマ、プロット単位、TAUなど、さまざまな種類の構造化をもつ超高次の常識的知識が、‘理解’や‘推論’などの‘知的’認知活動だけでなく、感情あるいは時として感性的ともいってよい認知活動と深い関連性をもつことが、現代認知科学の成果として明らかになりつつあるといえる。

一方、UCLAのミュラー(Mueller,1989)によるDAYDREAMERは、前述したTAU、Plot、感情表現などを使いながら、白昼夢的な推論過程を実現した計算モデルである。白昼夢的思考には、願望充足などとして語られることの多い、感情にガイドされた推論過程、創造的ともいえるような思考過程、さらには、将来事象のシミュレーションあるいはリハーサルからの学習、などというさまざまな興味深い認知諸過程が含まれている。ある意味で、人間の認知システムがすべてのリソースを総動員しておこなっている非常に統合的な過程ともいえるものである。

[DAYDREAMER への入力テキスト (Mueller,1989による)]

昨晚、僕はNuArt劇場へ映画を見に行った。前からちょっと気にしていた女優もたまたま来ていて、僕の席のそばにすわっていた。それで、話しかけたりしていた。これから始まる映画の監督について、随分有名な監督らしかったけど、彼女が話しはじめたんだけど、僕はその名前も知らなかった。気まずい思いをしてしまった。映画の後でどこかへ飲みに行かないかとさそってみたんだけど、用事があるので、と断わられてしまった。

DAYDREAMER からの出力

白昼夢1

あの監督の名前も知らなかった時は、恥をかいてしまったなあ．．．知っているふりでもすればよかったんだ．．．今度から、映画に行くときは、必ず下調べをしてからにしておくっちなあ．．．

白昼夢2

誘ってもだめだった時は、がっかりしたなあ。もうちょっと強く押せば気が変わったかもしれないなあ。電話でもかけてみるかなあ．．．でも電話番号も知らないしなあ．．．ああいうチャンスだったんだから、電話番号ぐらい聞いておくべきだったんだ．．．電話番号さえわかれば、電話かけて、デートもOKとなるかもしれないのに．．．なんで、番号を聞いておかなかったんだろう．．．でも、なんだかんだいってむこうは映画スターだし、こっちとは世界が違うかもなあ．．．

認知支援のコンピュータ環境

現代認知科学の代表的成果といってよい、超高次の知識構造、事例ベース推論のメカニズムなどを利用して、人間の認知機能を増大させるという試みが始まりつつある。認知機能の中でも社会的要請が高い、学習、対人スキルの習得などから具体的な実現化がおこなわれているが、そのなかから、事例ベースのパラダイムを教育に適用した例をみることにしよう。Northwestern大・学習科学研究所(ILS)のエデルスン(Edelson,1991)が構築した事例ベース教育システムCreANIMateは、学習者の記憶、知識構造を考慮しながら‘適切な時に適切な例を示す’ことで、生徒による理科の学習過程を支援する。

[対話を通じた学習支援の例。(Edelson,1991による)]

今いる動物のどれかを使って、そのどこかを变えて新しい動物を作ってみよう。

生徒> 戦えるちょうちょ。

なるほど、これが変える前のちょうちょだね。[図を示す]

どうしてちょうちょを戦えるようにするのかな？

生徒> 自分を護れるように。

いい考えだね。カンガルーネズミは、攻撃してくるものに向って砂をけて自分を護るんだ。見てみたい？[ビデオ上映] 戦わないでも自分を護ることのできる動物は他にもいるよ。例えば、... (後略)

興味深いのは、こうした認知支援環境において自然に有効な役割を果たすのが、他者（他人もしくは他エージェント）であるという点である。上の例では、適切な例を与える教師、あるいはCreANIMateシステムがそれに当たる。人間の認知機能の増強を設計する時に、生態的妥当性を維持しながら、自然な能力増強を図るためには、他者という要因を欠かすことはできないであろう。同様の発想にたちながら、社会的適応のための助言を、一種の人工カウンセラーのように与えるシステムAbbyが、やはりNorthwestern大ILSのデモシェック(Demoshek,1990)によって提案されている。

認知機能増強のためのコンピュータ支援環境から出発し、協調作業支援環境へと接近するという方略は、一見したところ迂遠のもののようにも見えるけれども、直接に人間の協調行為を支援する方略と相互に補い合う側面を多くもっているように思われる。

文献

Dyer, M. G. 1983 *In-depth understanding*. MIT Press.

Edelson, D. 1991 Why do cheetahs run fast?: Responsive questioning in a case-based teaching system. *Proc of the 1991 Intern. Conf. on the Learning Sciences*, 138-144.

Kass, A., Leake, D. and Owens, C. 1986 SWALE, a program that explains. In R. C. Schank, *Explanation patterns: Understanding mechanically and creatively*. Lawrence Erlbaum.

Lehnert, W. G. 1982 Plot Units: A narrative summarization strategy. In W.G.Lehnert & M.H.Ringle (Eds.), *Strategies for natural language procesing*. Lawrence Erlbaum.

Mueller, E. 1989 *Daydreaming in humans and machines: A computer model of the stream of thought*. Ablex.

Schank, R.C. 1986 *Explanation patterns: Understanding mechanically and creatively*. Lawrence Erlbaum.

Schank, R.C. & Ableson, R.P. 1977 *Scripts, plans, goals, and understanding*. Lawrence Erlbaum.

往住彰文 1992 感性の計算モデル. イマーゴ3(6), 168-177.

物語生成の計算モデルをめざして

小方 孝

東京大学 先端科学技術研究センター¹

1. はじめに

物語という表現形式は古今東西に渡って普遍的に存在する。「源氏物語」や「失われた時を求めて」のように当初から紙の上に記述された物語（書かれた物語）もあれば、各国の神話、伝説、民話のように口頭で語られ伝承されて来た物語（語られた物語）もある。

しかしこうした狭義の物語だけでなく、我々の生活のいろいろな側面において様々な物語が現れていることに気づく。例えば、多くの宗教はそれぞれの発祥や教義に関する独自の物語を持ち、それを語ることを通じて人々を説得したりあるいは騙したり（騙ったり）する。仏教の輪廻転生やキリスト教の三位一体といった一見難解な狭義も、それが具体的な肉と血を持つ登場人物の体験を通じた物語の形に再構成されると、それらが含み持つ意味を直感的に感じ取れるようになる。またある国家や民族の歴史の構成の原理として物語を考えることもできる。つまり、（それが可能だとして）世界で起こったことをあるがままに記述したテキストがもしあったとしても多分それは我々にとって何らの意味も持たない。我々にとって意味のある歴史であるためには、この世に起こった出来事のある解釈枠組みを通じて取捨選択し配列すること、ドラマに起点と終点を付与して現実を再構成することが必要である。これと似た現象は個々人の歴史（ライフヒストリー）や記憶においても起こっている。この点で物語は、生々流転する世の中の出来事を秩序づけて固定化しあるいは逆にそれに新たな意味や価値を付与する、人間にとって非常に根源的な現実認識と現実創造のための思考の枠組みと考えることができる。さらに、一見物語とは関連しないように思われる企業の製品広告や宣伝も、高度消費社会の到来とともに、製品それ自体の属性や優秀性をアピールすると言うより、それを媒介とした新鮮な生活スタイルの物語を消費者に送り込むものとして機能している。現代は大きな物語が崩壊した時代であるという認識があるが[リオタール 1986]、それ故か実は様々な形で物語が希求され再検討されている時代であると言ってよい。事実、上述したような諸観点からする研究が近年数多く現れている（例えば、[竹沢 1992],[ダント 1989],[福田 1990],[White 1980] など）。

ここでは物語をより広く物語性という観点から捉える。従ってそれは活字（小説）、ビジュアル（映画、テレビドラマ、漫画・劇画）、パフォーマンス（演劇、音楽劇）、オーラル（民話、落語、噂話）といった表現様式を超えた、一定の構造特性において一括して捉えるような知の表現のあり方である（物語を物語たらしめる構造特性については3節及び5節で言及する）。上のいくつかの例で述べたように、物語は抽象的な思想や知識の感性的表現機能、断片的な現実現象の秩序機能、社会的宣伝機能などを持っている。このような物語の機能あるいは効用はその表現や受容を通じて得られるカタルシスと結び付いていると思われるが、このカタルシスは単に感性的なものあるいは情動的なものに関連しているだけでなくより醒めた知的なものとも関連している。物語は美的効果や面白さといった人間の情的側面に強く訴える仕方では知・価値・意味を表現・伝達する方法であり、いわば情と知を媒介する最も効果的な知のあり方の一つと言えよう。

このような問題意識に基づいて、筆者は物語をいくつかの側面から多面的に把握し、ひいては社会的実践への適用までを射程に入れた研究を行っている。特に、民話やテレビドラマなど狭義の物語から広告や組織の神話など広義の物語に至る物語生成現象の解明、その組織現象への応用、各種物語生成システムの構築の3つが現在の主なテーマである。これらを行うに際しては、従来の物語研究の諸方法論のうち殊に記号論や構造主義の系譜を積極的に取り入れるとともに、これまで人工知能や認知科学で行われて来た物語への計算的方法を導入する。従来の形式的な物語研究の行き詰まりを打開する最大の可能性は理論の実験的検証を可能にする後者のアプローチにあるからである。本稿は、上記の3テーマの最後のもの、すなわち、人間の物語生成活動というものに焦点を当てこれを計算的アプローチを通じて検討しコンピュータシステムとして実験する作業についての試論である。この試みの目的は、物語生成の仕組みや特性を計算的モデルの構成を通じてより深く認識す

¹ 〒153 東京都目黒区駒場 4-6-1 Tel:03-3481-4486 E-mail:ogata@ai.rcast.u-tokyo.ac.jp

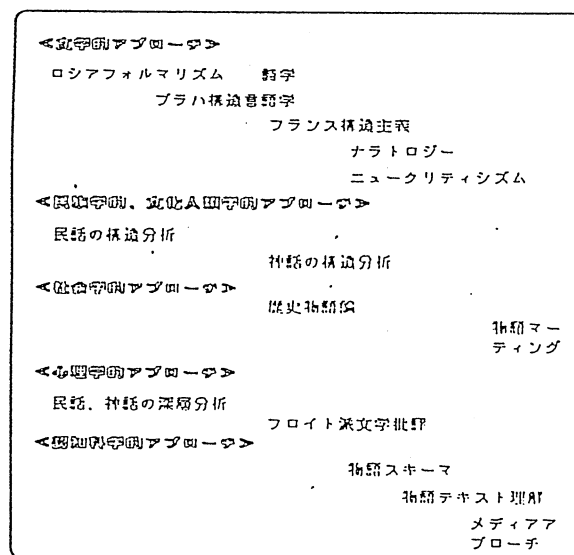
ること、それに基づいて物語生成システムの構築・実験を行うこと、そしてその成果を社会のいろいろな側面における創造的な問題解決に役立たせて行くことであり、本稿ではそれらをめざす上での予備的な考察を行う。

物語生成を考えるに当たっては多くの分析の基準があるが、中でも次の四点が重要である。1) 物語の構造特性（語られたものの内容）、2) 物語の表現特性（語り方）、3) 物語のコミュニケーション特性（語りの状況）、4) 物語の創造性。現在の物語生成研究の状況は文学側からこれらの分析軸に関する一定の成果が提出されているところであるが、文学理論からするこの種の分析は限界に達していると考ええる。分析の成果を全体としての物語生成過程の中に統合するための視点や方法論が欠如しているからである。このような問題との関連において、計算的アプローチが有力な方法論として浮かび上がる。本稿では、まず 20 世紀における物語の研究状況の概略を示し、その中から民話を初めとする物語の構造に関する研究を紹介する。次に認知科学あるいは人工知能の分野で行われた物語生成及びそれに関連する感情生成に関する研究の概要を紹介する。そしてこれらとともに筆者自身の研究として民話の構造モデルに基づく物語生成実験システムについて報告する。最後に計算的アプローチに基づく物語生成モデルの研究についての今後の課題を考察する。

こうした研究を行うに当たっての筆者の立場を述べる。第一に、これまでの物語研究で積み上げられた蓄積、例えば神話、民話、伝説の収集・分類・分析の成果（民俗学、文化人類学、構造主義）、物語における創造的技法の探求（フォルマリズム、詩学、修辞学）などを積極的に摂取するとともに、それらを従来は不可能だった記号的計算モデルと接合することによって物語研究に新しい展望を開きたいというものである。従来の物語理論側の研究は理論の実験的検証方法の欠如によって文学作品の死体解剖と言われるようないたずらに詳細な分析が進められ、座礁に乗り上げた。これに対して認知科学や人工知能における物語研究はいわゆるストーリー性のあるテキストの研究であり、物語そのものの特性への深い洞察はなかった。筆者はこれらを架橋することをめざす。第二に、物語の感性的効果を作り出すのは知的操作でありそれを一種の生成技法として計算機上で実験することが可能であると考ええる。これは今後の課題であるが、この実験によって物語の何が受容者の感性を刺激するのかという問題に接近することができるようになろう。

2. 物語研究のパースペクティブ

20 世紀は物語研究にとっての変革期として位置付けることができる。すなわち従来の作者中心主義から作品中心主義への転換、内容主義から形式主義への転換が、科学主義・客観主義に対する反省や解釈の方法の重視といった社会的・思想的潮流との連動の中から起こり、このような傾向が文学批評の先端を形成した。また今世紀の物語研究は単に狭義の文学研究の中から起こったものではなく、様々な研究領域の融合を通じて形成されている。筆者は今世紀の物語研究を次のような五つのアプローチにまとめることができると考える。すなわち、1) 文学的アプローチ、2) 民俗学・文化人類学的アプローチ、3) 社会学的アプローチ、4) 精神分析的（心理学的）アプローチ、5) 認知科学的アプローチである（図 1）。



〔図 1〕 20 世紀物語研究のパースペクティブ

ソシール言語学や構造主義、記号論との関連が強い文学的アプローチは、ロシアフォルマリズムによる物

語の構造特性や表現特性の分析に始まり、プラハ構造主義やフランス構造主義による継承を経てナラトロジー（物語学あるいは物語論）として物語諸レベルの形式的モデルに到達した。特にロシアフォルマリズムは当初から物語の形式的な分析とともに物語がいかにか書かれているか、物語がいかにか生成されるかといった広い意味での物語の修辭的側面に関する技術論的な指向が強かった。これはマヤコフスキイのような優れた詩人・芸術家が関わっていたことと無縁ではない。この傾向は文学作品や文学的言語の生成を扱う詩学へと継承された（〔桑野 1988〕,〔Bal 1985〕,〔Scholes 1974〕など）。民俗学者や文化人類学者による神話や民話、伝説の収集と分析も物語の構造分析に大きな影響を与えた。日本においても、今世紀前半から始まった柳田学派による民話・伝説の収集がほぼ終了し文献化された段階にあり、今後のより体系的な分析が待たれている（〔川田 1992〕,〔柳田 1990〕,〔レヴィ＝ストロース 1972〕など）。社会学的アプローチでは、歴史の構成の基盤に物語の構造があることを主張した歴史物語論や現実社会と物語的構成の間の関係を検討する文学社会学が重要である。最近では経営やマーケティング戦略策定の基盤に物語性を据える方法も注目を集めている（〔小林 1988〕,〔波平 1991〕,〔福田 1990〕,〔White 1980〕など）。フロイトやユングに始まる精神分析からのアプローチにおいても神話や民話が象徴する文化の精神的・心理的特徴の分析とともに、心理療法に物語性を応用する実践研究がある（〔White 1990〕など）。

最後に認知科学的方法の場合、談話分析の一方法としてテキストにおける意味の理解をいかにして行うかという自然言語意味理解の文脈において物語性が注目され、その中から物語スキーマやシュンク派の諸理論が出現した。特に後者の系統は、物語の理解や生成の過程を当事者の願望や意図、信念といったフォークサイコロジの諸概念を記号操作によって扱う計算的方法によるシミュレーションを通じて説明するという方法を取ることによって、物語の静態的な構造の提示にとどまるかあるいは形式化不能の文化論にとどまるかしていた従来の物語研究を超える展望を示している。最近ではこれと関連してメディア技術の方向から物語情報の体系化をめざす計画も提唱されている。このような物語への認知科学的方法のアプローチは上記の四つのアプローチと並立するものと言うより、それらに新しい方法論特に実験的方法論を提供するものとしてよりメタな地位にあると言うことができよう。実際、今世紀初頭に早くもロシアフォルマリズムで試みられたような実験志向・技術志向の文学理論は現在まで少数派に留まるか単なる文学的ファッションに留まるかしていた。しかし、例えばエイゼンシュテインの映画の基盤には生成詩学の理論があった。この第五のアプローチは理論を実験を通じてより実践的な方面に接合する役割をも果たし得るということを付記しておく（〔田中 1992〕,〔松岡 1993〕,〔Rumelhart 1970〕,〔Schank 1990〕など）。

3. 物語への形式的アプローチ

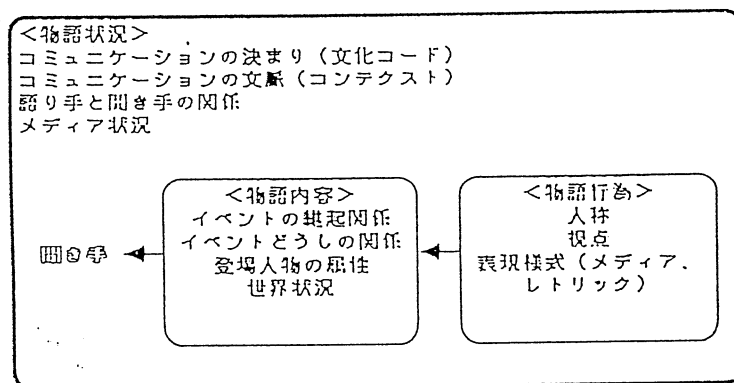
今世紀の物語研究の側での形式的アプローチは物語の共通の構造特性への着目から始まった。古くはアリストテレスが物語のタイプを主人公の性質との関係において分類したが、現代の構造理論においては物語を構成する出来事への着目によってその筋書きのタイポロジーを作るという方向からのアプローチが行われている。これによって、一見千差万別に見える物語の統一的な分析が可能になった。このような観点から、世界中に存在する同一の構造特性を持った物語のバリエーションに関する研究（例えばシンデレラや羽衣）〔Dundes 1983〕や、噂話などの世間話の物語的変容過程の研究〔野村 1989〕が行われている。

このような物語の構造研究の中でも、特に今世紀前半にロシアの民俗学者ウラジーミル・プロップによって行われたロシア民話の構造分析〔プロップ 1989〕がその後の物語研究に対して最も大きな影響力を与えた。プロップは 100 篇のロシア民話（正確にはロシア魔法昔話として分類されるタイプの民話）を分析して、31 種類の物語の構造にとって必須の出来事（機能）とこの機能を担う 7 種類の登場人物の類型から成る構造モデルを提唱した。ロシア民話に共通の構造を規定する物語の深層構造は、これら機能と登場人物によって規定することができるとしたのである。ロシア民話が非常に多様に受け取られるのは登場人物の属性や出来事の展開、言語表現（ナレーション）の多彩さの故であるが、こうした表層のバリエーションは深層の構造的スキーマに支えられているとしたのである。筆者らはプロップのこの理論を生成文法風の書き換え規則の形に表現し、これをプログラム化して実験を行った〔Ogata 1991〕,〔Ogata 1992〕。これについては 5 章に述べる。

プロップは〔プロップ 1989〕の終わりの部分でこの構造的スキーマを利用した物語自動生成のモデルについて言及しているが、生成のためのメタな知識（物語生成戦略）について具体的なことは殆ど述べられていない。また実際の民話のセンテンスどうしの結合からどのように抽象的な民話の構造特性を導き出したかという作業過程に関する言及もないので、物語の表層的な言語表現レベルの生成に対する示唆もない（談話理論において、センテンスどうしの結束関係に基づいてフランスの作家ジュール・ネルヴァルの小説に構造分析を施した例として〔Hobbs 1991〕があるが、これは個別の作品分析に留まっている）。物語生成モデルの観点からは、プロッ

ブが提唱したような物語のスキーマを物語組織化のための制約的知識として用いながら、具体的なエピソードやセンテンスを連ねて行くための知識が重要になる。つまりプロップは物語の統辞的な結合の軸に関する理論を提示したわけであるが、それとともに範列的な選択の軸のための理論が必要になる。このような方向でのプロップ理論の拡張が、ブレモン、グレマスらの手で行われた（[グレマス 1988],[ブレモン 1975],[Scholes 1974]）。物語スキーマ[Rumelhart 1970]もこの流れを汲むものと言ってよい。しかしこの方向での物語構造の一般化は個々の文化ごとの物語データの収集と分析という作業と遊離して行ったため、実際の物語生成のモデルとして使用するには限界がある。より現実的な物語を生成するためには、物語を構成する具体的なエピソードの知識が必要となるからである。プロップの業績は物語の構造理論として一般性と個別性の中間に留まったという評価があるが、逆に実際の物語で使用される生のエピソードが理論の中に留まっているという点で魅力的である。無論その検討の結果、生成のための方略とプロットやエピソードのステレオタイプの知識ベースを明確に分離して考えることが将来的には必要になる。

物語への形式的アプローチはその後ナラトロジー（物語学あるいは物語論）という形で集大成され、1) 物語内容（物語において何が語られているか）、2) 物語行為（物語がいかに語られているか）、3) 物語状況（物語が誰から誰にどんな関係で語られているか）という3つの項目から成るモデルの形で整理された[バルト 1979],[Bal 1985]（図2）。その他、印象的な物語を構成するための戦略として、4) 物語のダイナミクスや修辭的技法も主に修辭学や詩学で扱われた。プロップ理論はこの中の物語内容のモデルの先駆である。しかし現在のナラトロジーの重点は物語行為の部分にある。ところでこのようなモデルを実際の物語の理解や生成という行為に結び付けるだけの理論的發展はナラトロジー内部ではなされていない。物語作品がいくら詳細に分析されたとしても個々の要素を統合して一つの全体に組み上げるメタな戦略に関する視点が欠如している、あるいはそれが検討不可能なものとして閑却されているからである。これは有効な実験的方法がなかったことに起因している。このようなモデルに生命を吹き込むものとして、コンピュータという道具すなわち記号計算によって人間の心のダイナミズムを表現可能な道具の存在が極めて重要な役割を果たすことになる。次章では物語生成への計算的アプローチについて述べる。



[図2] ナラトロジーによる物語のモデル

4. 物語生成への計算的アプローチ

2章にも述べたように、これまで認知科学や人工知能の領域でも物語あるいは物語的テキストの研究がいくつか行われて来た。その代表的なものとして前章で述べたプロップの影響下に考案され主に物語理解の研究に適用された物語スキーマ[Rumelhart 1970]、自然言語理解研究の一貫としてのシャンク派の物語分析[Schank 1990]、談話構造の理論[Hobbs 1991]などがある。その中でも計算的アプローチという観点から興味深いのはシャンクやエーベルソンに始まる研究動向であり、そこから概念依存表現、スクリプト、ゴールプラン、記憶組織化パッケージ、事例に基づく推論などの諸理論が派生している。これらは主に物語的な要素を持った自然言語テキストの理解という文脈で開発された理論であるが、これらと関連して物語生成モデルの試みもいくつか現れた。その中には、MeehanのTALE-SPIN[Meehan 1980]、DehnのAUTHOR[1981]、LebowitzのUNIVERSE[Lebowitz 1984],[Lebowitz 1985]、TurnerのMINSTREL[Turner 1985]、BatesのOZ[Bates 1992]、岡田らのAesopWorldに基づくシステム[Okada 1993]、MuellerのDAYDREAMER[1990]などがある。ここではこの中からTALE-SPIN、UNIVERSE、DAYDREAMERを取り上げて基本的な特徴を検討す

る。

物語生成システムとしては最も早い時期の本格的な試みとして Meehan の TALE-SPIN システムがある。このシステムは数種類の動物の登場人物の候補と単純な動物世界のモデルを持ち、登場人物がこの世界の中を目標探索的に行動するシミュレーション過程を物語テキストとして実況中継的に出力する。いわば一般問題解決器の物語生成版と言ってよい。そこで扱われるトップレベルゴールは空腹を解消すること、喉の渇きを癒すことといった生理的レベルの反復ゴールもしくは充足的ゴールであり、それが物語全体を通じて解決されるべき主人公にとっての目標になる。このようなゴールを主人公に付与することによってトップレベルのシミュレーションサイクルが起動し、その過程で新しいイベントが発生するとそこから派生するすべてのイベントが計算される。あるイベントが願望の表現であれば、これをゴールとして対応するプランすなわち問題解決手続きが呼ばれる。そしてこの中で再びサブゴールが実行されるという処理が再帰的に繰り返される。一人の登場人物が問題を解決する過程で他の登場人物と互いに影響し合うこともある。この場合一人が相手を説得して何かさせることになれば、第二の登場人物が物語の主体となって問題解決行動を行うことになる。TALE-SPIN のシミュレーション機構はこうしてすべての登場人物の計画行動を追跡する。

このように TALE-SPIN システムは、テキストの意味理解のために開発されたゴーループラン理論を物語生成に適用したものである。状況と主人公に対するトップレベルゴールの付与に始まりその解決（もしくは解決の失敗）に終る物語の構造は、結果的に「解決すべき問題の提示—その解決のための試行—解決」という物語スキーマで提示された構造とほぼ同形のものになる。物語スキーマを統辞的に適用することによるのではなく、登場人物の意図や計画を通じて結果的に物語スキーマを満たす構造を実現しているという点で興味深い。しかし反復ゴール（空腹、睡眠の反復的充足など）、快楽ゴール（旅行、娯楽、スポーツなど）、達成ゴール（財産、地位、社会的関係など）、維持ゴール（現在の価値の維持）のようなシャンクラが提案したゴールのタイポロジーのうち TALE-SPIN で扱われているのは最も低次の反復ゴールだけで、その中に複数のプランが含まれているようなより抽象的なゴールを実現する機構はない。問題—試行—解決の物語スキーマにしても文化によって異なる可能性があり、ゴーループランの適用だけからそれ以外の様々なタイプの物語を作り出すことはできない。さらに、TALE-SPIN では物語の全体構造の検討、どこにポイントを置くかといったメタな生成戦略に関する検討が行われていない。

このように多くの問題はあるが、TALE-SPIN が示したゴーループランニングを用いて物語生成過程をシミュレートするという方法は、その後の物語生成研究に基盤を与えた。実際以後のシステムは基本的にこの方法に依拠している。但し TALE-SPIN の場合プランニングの主体は登場人物だけであり、従って生成される物語は単純なマイクロワールドシミュレーションの過程であった。しかし物語生成におけるプランニングのもう一つの主体は語り手（作者）であり、ここにこそ物語生成という行為の創造的要因や感性的要因が表れるはずである。例えば Lebowitz の UNIVERSE は語り手のプランニングを主体とするシステムとなっている。システムの主要部はプロットフラグメントと呼ばれる単位から成る。これはゴール、それを実現するためのプランすなわちサブゴールの組（一種のスクリプトを成す）、使用する登場人物の組、このフラグメントを使用するに当たっての前提条件を含む。この中のゴールはある登場人物にとってのゴールではなく語り手にとってのゴールである（例えば、二人の恋人どうしの関係を妨害することなど）。プロットフラグメントは物語全体のトップレベルゴール（すなわちテーマ）に関連したものから最も特殊なもの（表層テキストが記述された基底レベル）までの階層を持ち、これを順次適用することによってアメリカのソープオペラ風物語のプロットが生成される。

三つ目の例である Mueller の DAYDREAMER システムは物語生成モデルとして意図されたものではないが、感情に基づく白日夢の生成過程をシミュレートする非常に興味深いシステムである。感情は物語のような感性に訴えることを一目的とする構成物にとって重要な要因であり、また感情に駆動されて生成される一つ一つの白日夢はそれぞれ小さな物語を成していると見なすことができるので、このシステムをここで取り上げる。

DAYDREAMER は外部行為の成功／失敗に応じて、成功を強化しまた失敗を相殺するための白日夢を繰り広げる。例えば、現実生活の中で有名な俳優をデートに誘いすぎたく断られた場合、システムは白日夢の中で俳優に復讐したり振られた事実を合理化して納得したりして、落ち込んだ感情状態を修復する。これらの白日夢によって想像裡での成功が生じると感情状態はポジティブな方向に転じ、将来も成功するだろうという予測のシナリオを引き続く白日夢の中で思い描いたり、再び外部環境に応じた外部行為を行ったりする。このような外部行為と白日夢のサイクルの基本原理は、これまで取り上げた二つの例と同様エージェントのプランニングであるが、このモデルの特徴はプランニングが感情をトリガーとして駆動されることであり、このことは感情が複数のゴールの中から一つを選択するための機構として機能していることを意味している。このゴール

は外部行為のためのゴールと白日夢のためのゴールに分類されている。前者は生理的要求のような低次の反復的ゴールから娯楽、人間関係の形成のようなより高次のゴールまでの階層をなしており、後者は Rationalization、Loving、Revenge、Reversal、Recovery、Reharsal、Repercussion の 7 種類のゴールを含む。感情はポジティブ／ネガティブに分かれており、ポジティブな感情はその度合いをさらに高める方向でゴールを駆動し、ネガティブな感情はその状態をポジティブなものに転換する方向でゴールを駆動する。そして外部行為のためのゴール及び白日夢のためのゴールの成功と失敗はともに感情状態の変更すなわちポジティブあるいはネガティブな感情の度合いを変更し、変更された感情状態に応じた新たなゴールが改めて選択される。

ここで取り上げた 3 つのモデルは人物の行為、語り手の語りの戦略、人物の感情に媒介された空想を、往住 [往住 1990] の言う超高次の知識構造の代表としてのゴールプランを徹底して突き進めることによって構成されている。無論これらの試みは物語生成の全体像からすれば極めて限定された領域しかカバーしていない。例えば、物語の全体構造という概念が欠如している。人間の物語生成能力はその人間の所属する文化が持つ物語のプロトタイプの束縛に制約されている。物語の面白さはそれを遵守することとそれから逸脱することのダイナミズムにおいて実現される。物語生成モデルにおいてもこのような文化的規範を予め知識として持たせておく必要がある。また、これらの物語生成モデルでは登場人物のプランニングと語り手のプランニングがかい離している。実際の物語では、語り手が自由に登場人物を操る側面と登場人物が現実の人間のように自由に行動する側面との両方がうまく調和を保っている。さらに、物語をより面白くしたり印象深くしたりするためのメタレベルの生成戦略が欠如している。しかしこれについては DAYDREAMER が一つの有力なヒントを提供している。DAYDREAMER では感情が複数のゴールから一つを選択するための機構として働くが、この選択は快楽志向性の原理に貫かれている。すなわち DAYDREAMER は最も大きな感情の重要度を持ったゴールを選択することによって心理的快楽を増大させようとする。これによって一種異常な白日夢の連鎖が続きそれが奇妙な面白さを醸し出すことになる。

現在までの試みに種々の欠点があるとしても、これらは従来の物語を巡る形式的理論では不可能であった物語生成のダイナミズムの表現として大きな可能性を示していると言えよう。例えば、シクロフスキイの異化理論のような文学作品の生成のダイナミズムのための理論 [桑野 1988] はこれまで思弁的な議論の対象として扱われるだけであったが、上記のような計算的方法を導入することによって、これを語り手のメタレベルゴールという形で実験的に扱う可能性が開ける。

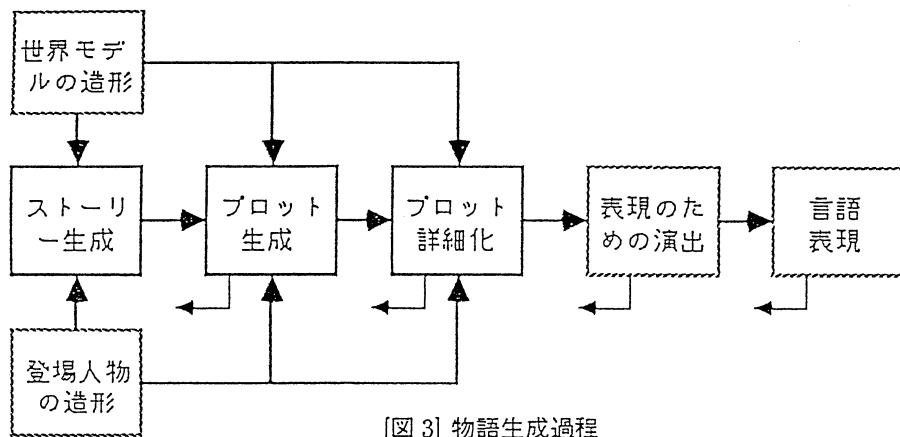
5. プロットの構造モデルに基づく物語生成システムの試み

本章では、3 章に示したプロットによる民話の構造理論に基づく物語生成プロトタイプの試みについて述べる。筆者は物語生成モデルの考察を進めるうち、前章で述べたような物語生成の計算的アプローチを進める上でも語り手の生成過程を制約する物語の構造について検討しておかなければならないと考えた。そのためには個別の物語作品の構造分析と既存の構造理論の再検討が必要であった。ここで説明するのは後者を検討しているうちに会ったプロットの理論に基づく物語生成システムの最初のプロトタイプについてである。この試みは、コンピュータプログラムの構成を通じてプロット理論を再検討することと物語生成システムにおいて構造の果たす役割を検討することを目的としている。システムが扱っているのは複雑な物語生成過程のごく一部分である。また分析結果を再度統合するにはプロット理論は不備が多く、統合的な物語生成モデルからは遠い。システムは、登場人物の性格付けとそれに基づく行動戦略、語り手によるメタレベル生成戦略、物語的な言語表現すなわちなレーションといった物語生成における感性的要因がより強く表れる問題は扱っていない。またこのシステムは自然言語処理を目的としたものではないので、出来事の概念的表現は単純化されている。しかしこの試みを通じて、実際の民話の分析を通じて得られた構造理論を実験的に検証可能であることを示すことができ、また統合的な物語生成モデルを構築するにはどのような要素が必要であるかをより具体的に考察することが可能になった。

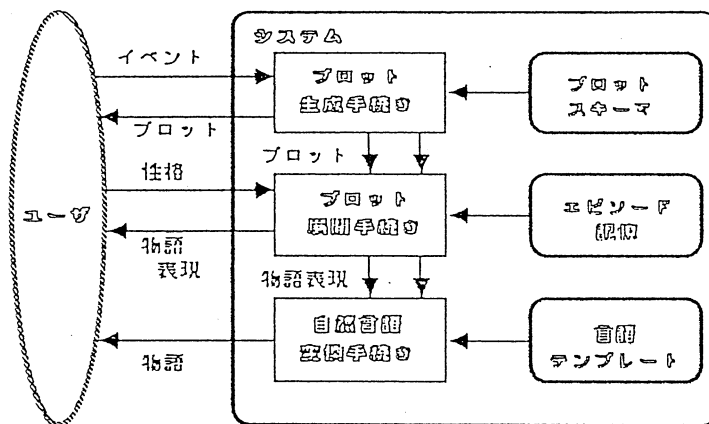
5.1. 物語生成の概要

一般に物語生成過程は図 3 に示すようないくつかのモジュールに分けて考えることができる。ストーリーは物語内部の出来事の順序が時間の進行に沿って進む物語の粗筋であり、プロットはこの線形の出来事の進行を語り手による時間編成の戦略に従って変形させた形態である。但しここではストーリー形式の物語しか扱わずこれをプロットと呼ぶ。プロットを構成する各出来事（以後イベントと呼ぶ）をエピソードの連鎖によって詳細化した後、言語化のための演出を行う。これは詳細なエピソード情報を地の文、登場人物どうしの会話、登

場人物の心内語、語り手による感想その他の言語表現モードの組み合わせの形に編集する段階であり、それに続いてこれらを表層の言語によって表現する段階が来る。但し実際の物語生成においては、それぞれのモジュールの処理全体が終了してから次のモジュールの処理が駆動されるのではなく、各モジュールにおける処理が部分的に行われたり、フィードバックによる逆方向の影響関係が生じたりする。このうちここで扱うのはストーリー（ここではプロット）の生成とプロットの詳細化の部分である。図4にシステムの全体構成を示す。システムは次の3つのモジュールで物語生成を行う。



[図3] 物語生成過程



[図4] システムの構成

- プロット生成部：ユーザが断片的なイベントの組を与える。システムはこれに基づいて物語全体のプロットを作り出す。システムはまずイベントの断片をプロットスキーマの終端要素に割り当ててプロットのスケルトンを作ってからその拡張を図る。完成した木の最下層のイベントの連鎖を物語全体のプロットと見なす。このプロットスキーマはプロップ理論を書き換え規則の形に再構成したものである。
- プロット展開部：上のプロットを構成する各イベントは一場面の結果か過程を示すイベントであり、ここではこれをより詳細なエピソードの並びに展開する。同じイベントでもその実現（詳細化）の仕方はいろいろあり得るが、この多様性は各登場人物の性格に基づく行為の戦略や行動パターンの相違によってもたらされる。ここでできた物語の概念的表現を以下物語表現と呼ぶことにする。
- 自然言語変換部：物語表現を入力としてその構成要素の一つ一つを逐語的に自然言語に変換する。但しナレーションを意図した本格的な自然言語生成は行っていない。

5.2. プロップ理論の概要

プロップはロシア民話を分析してその構造を規定する基本的な構成要素が存在することを明らかにした。そしてロシア民話のプロットはこの基本要素の組み合わせから構成されているとし、この基本要素のことを機能と

呼んだ。機能とはあるイベントが物語中で果たす役割を意味する。例えば、2つのイベント「彼は自動車に乗って九州へ行った」と「イワンは魔法の絨毯で悪魔の国へ飛んだ」はそれぞれ具体的な意味としては異なっているが、どちらも「空間移動」という共通の抽象的意味を表現しており、物語中での機能は同一であるとした。また、(a)「太郎は花子を誘拐した（その結果、花子是不幸になる）」、(b)「太郎は花子を誘拐した（その結果、花子は幸福になる）」というように、同一のイベントでもその結果が異なれば両者が物語全体の中で果たす意味すなわち機能は異なるとした。この意味で機能は結果から見た出来事と定義されている。

プロップは図5に示すような31種類の機能を挙げ、ロシア民話のプロットの構造は基本的にこれらの機能の組み合わせの形で表現することができるとした。さらに各機能をいくつかのタイプに分けて副機能を設定した。機能の継起順序は基本的に一定で、最初の機能から順番に結合して行けばロシア民話風のプロットを構成できるが、省略や置換が可能であり、また因果関係によって特に結合しやすい機能どうしの組もある。こうした機能間の対関係の例を図6に示す。例えば、「誘拐する」、「殺害する」などの形で機能加害がもたらされれば「解放する」、「蘇生する」などの形での上述の加害の解消（不幸の解消）がもたらされる必要がある。機能どうしの対関係は物語の二項対立的特徴を示しており、隣接した機能どうしに成立する場合が多いが、加害－不幸の解消、出立－帰還など遠く離れた機能どうしの対もあり、これは物語全体の構造的特徴を示すものとなっている。すなわちロシア民話は加害による異なる世界への出立とその後の不幸の解消を目指した試行、及び不幸の解消と元の世界への帰還という基本的構造を持っているとすることができる。

1. 留守	9. 仲介	17. 標づけ	25. 難題
2. 禁止	10. 対抗開始	18. 勝利	26. 解決
3. 違反	11. 出立	19. 不幸の解消	27. 発見・認知
4. 探り出し	12. 贈与者の第一機能	20. 帰還	28. 正体露見
5. 情報漏洩	13. 主人公の反応	21. 追跡	29. 変身
6. 謀略	14. 呪具の贈与	22. 救助	30. 処罰
7. 補助	15. 空間移動	23. 気付かれざる到着	31. 結婚
8-a. 加害	16. 闘い	24. 不当な要求	
8-b. 欠如			

〔図5〕31種類の機能

タイプ1: 対応する機能間のすべての副機能どうしが対をなす	
機能2: 禁止 < ————— > 機能3: 違反する 副機能1: 禁止する 副機能2: 命令(提案)する	副機能1: 違反する 副機能2: 命令を実行する、提案に従う
機能4: 謀略 < ————— > 機能5: 補助 副機能1: 説得による働きかけ 副機能2: 呪具による働きかけ	副機能1: 同意する 副機能2: 機械的に反応する
タイプ2: 対応する機能間の特定の副機能だけが対をなす	
機能8: 加害 < ————— > 機能19: 解消 副機能11: 魔法をかける 副機能14: 殺害する	副機能8: 魔法をとく 副機能9: 生き返る
タイプ3: 対応する機能における1つの副機能が対応する機能の複数の副機能と対をなす	
機能8: 加害 < ————— > 機能19: 解消 副機能1: 誘拐する	副機能1: 暴力か悪知恵で略奪する 副機能2: 二人で協力して略奪する 副機能5: 呪具によって手に入れる
機能21: 追跡 < ————— > 機能22: 救助 副機能1: 追跡する	副機能1: 飛び去る 副機能2: 障害物を置いて逃げ去る 副機能3: 変身して逃げ去る 副機能5: 身を隠す

〔図6〕機能どうしの対関係

同じイベントであってもそれを担う主体が誰であるかによってそのイベントが果たす物語中での意味すなわち機能は変わって来る。例えば、同じ「殺害する」というイベントでも主人公が敵を殺すのか敵がお姫様を殺すのかによって全く異なる物語中での意味を持つことになる。これから分かるように、各機能はそれを担う主体の役割を限定しており、その役割が物語の登場人物に相当する。ロシア民話には1) 主人公、2) 敵、3) 王女(被害者)、4) 助手、5) 贈与者、6) 派遣者、7) ニセ主人公という7種類の主要な登場人物が現れる。すなわちプロップによれば、ロシア民話とは31種類の機能と7種類の登場人物の役割から構成される物語の定型の1タイプである。

5.3. プロットの生成

プロップ理論をロシア民話風物語のプロット構造を示すプロットスキーマの形に構成した。プロットは、主題単位—シーン—機能—副機能—イベントという階層から成る。図 7-A にプロットスキーマのうち主題単位から副機能までの階層を示す部分を示し（但し一部省略）、図 7-B に副機能—イベントを示す部分の一部を示す。

ところで、上に述べた機能間の対関係の最も基本的なものが加害—不幸の解消という対であることから、ロシア民話風物語は「解決すべき問題の提示（問題）—問題の解決」という基本的構造を持っていることが分かる。主題単位はこのような全体的な物語構造を示している。次にシーンのレベルを設けて機能をグループ分けした。但し、プロップ自身は機能をさらに上位レベルのいくつかのグループに分けられることについて言及しているものの、具体的なレベル分けに関しては曖昧な記述しか成されていない。ここでの主題単位とシーンの階層は暫定的なものである。機能の副機能への分類はほぼプロップに従った。そして各副機能の具体化としてのイベントをいくつか設けて、このレベルの連鎖がプロットを構成するものとした。

ロシア民話風プロット	→ 導入 + 問題 + 試行 + 解決
問題	→ (予備部分) + 発端
試行	→ (予備試練) + 闘いと勝利
試行	→ (予備試練) + 難題解決
解決	→ 問題解消 + (到着と試練) + (終結)
予備部分	→ (留守) + 禁止 + 違反
予備部分	→ (留守) + 探り出し + 情報漏洩
予備部分	→ (留守) + 謀略 + 補助
発端	→ 加害 + (仲介) + 対抗開始 + 出立
発端	→ 欠如 + (仲介) + (対抗開始) + 出立
予備試練	→ 贈与者の第一機能 + 主人公の反応 + 呪具の贈与 + (空間移動)
闘いと勝利	→ 闘い + (標づけ) + 勝利
難題解決	→ 難題 + 解決
問題解消	→ 不幸の解消 + 帰還 + 追跡 + 救助
問題解消	→ 不幸の解消 + 帰還
到着と試練	→ 気付かれざる到着 + (不当な要求)
終結	→ 発見・認知 + (正体発見) + (変身) + (処罰) + 結婚
留守	→ 留守・外出1 留守・死 留守・外出2
禁止	→ 禁止・禁止 禁止・命令 / 提案
違反	→ 違反・違反 違反・命令実行
探り出し	→ 探り出し・問いただし1 探り出し・問いただし2
情報漏洩	→ 情報漏洩・教示1 情報漏洩・漏洩 情報漏洩・教示1 教示2
謀略	→ 謀略・説得 謀略・呪具 謀略・吹き / 乱暴
補助	→ 補助・同意1 補助・反応1 補助・反応2 補助・同意2
加害	→ 加害・誘拐 加害・略奪1 加害・略奪2 加害・窃盗 加害・略奪3 加害・略奪4 加害・危害 加害・消滅1 加害・記憶喪失 加害・消滅2 加害・追放 加害・命令1 加害・魔法 加害・すり替え 加害・命令2 加害・殺害 欠如 → 欠如・人間 欠如・呪具 欠如・モノ 欠如・魔法の卵 欠如・金銭 欠如・その他
仲介	→ 仲介・叫び 仲介・依頼 仲介・許可 仲介・通知 仲介・追放 仲介・解放 仲介・嘆きの歌
対抗開始	→ 対抗開始・決意
贈与者の第一機能	→ 贈与者・試練 贈与者・尋問 贈与者・依頼1 贈与者・依頼2 贈与者・捕縛 贈与者・依頼3
贈与者	→ 依頼4 贈与者・申し出 贈与者・依頼5 贈与者・依頼6 贈与者・助け 贈与者・試行 贈与者・闘い 主人公の反応 → 主人公・忍耐 主人公・返答 主人公・供養 主人公・解放 主人公・許可 主人公・仲接 主人公・詐取 主人公・応答 主人公・殺害 主人公・勝利 主人公・呪具の適用
呪具の贈与	→ 贈与・鎮魂1 贈与・鎮魂2 贈与・報復 贈与・教示1 贈与・用意1 贈与・充實 贈与・用意2 贈与・入手 贈与・出現1 贈与・出現2 贈与・獲得 贈与・略奪1 贈与・申し出1 贈与・教示2 贈与・申し出2
空間移動	→ 移動・飛行 移動・陸 / 水路 移動・案内 移動・教示 移動・移動 移動・血の跡
闘い	→ 闘い・闘い 闘い・競争 闘い・ゲーム 闘い・比較
標づけ	→ 標識づけ・負傷1 標識づけ・負傷2
勝利	→ 勝利・闘い 勝利・競争 勝利・ゲーム 勝利・比較 勝利・殺害 勝利・追放
不幸の解消	→ 解消・略奪1 解消・略奪2 解消・略奪3 解消・略奪4 解消・獲得1 解消・獲得2 解消・呪具解消 解消・誘拐 解消・魔法 解消・蘇生1 解消・蘇生2 解消・解放 解消・獲得 解消・鎮魂1 解消・鎮魂2 解消・報復
解消	→ 教示 解消・用意1 解消・充實 解消・用意2 解消・入手 解消・出現1 解消・出現2 解消・獲得 追跡 → 追跡・飛行1 追跡・飛行2 追跡・変身1 追跡・変身2 追跡・変身3 追跡・殺害 追跡・攻撃
救助	→ 救助・飛行 救助・障害物 救助・変身1 救助・隠れる1 救助・隠れる2 救助・変身2 救助・拒絶1 救助・拒絶2 救助・移動
気付かれざる到着	→ 到着・到着
不当な要求	→ 要求・要求1 要求・要求2
難題	→ 難題・飲食物 難題・火 難題・謎解き 難題・選択 難題・隠れる 難題・接吻 難題・飛行 難題・腐性 難題・忍耐力 難題・持参 難題・作成
解決	→ 解決・飲食物 解決・火 解決・謎解き 解決・選択 解決・隠れる 解決・接吻 解決・飛行 解決・腐性 解決・忍耐力 解決・持参 解決・作成
発見・認知	→ 発見・標 発見・難題 発見・直接
正体発見	→ 正体発見・暴露
変身	→ 変身・変身1 変身・宮殿 変身・衣装 変身・変身2
処罰	→ 処罰・処罰 処罰・容赦
結婚	→ 結婚・贈与1 結婚・結婚 結婚・贈与2 結婚・婚約 結婚・再婚 結婚・贈与3

[図 7-A] プロップに基づくプロットスキーマ (1)

ユーザが上のプロット階層におけるイベントに相当する断片的なイベントを1つ以上与えると、システムはこれをその中に適切な形で含み込むようなプロットを生成する。プロットは主題単位—シーン—機能—副機能

[illegible]

[図 7-B] プロップに基づくプロットスキーマ (2)

イベントという階層構造を持っており、生成の結果入力断片的イベントを最下層に含む木構造が出来上がる。この過程をやや詳しく述べる。

(1) 初期入力：

イベントの組を入力する。これはただ1つでもよい。イベントは登場人物や操作対象を引き数とする述語形式で表現される。例えば、イベント「誘拐する」は（誘拐する <登場人物1> <登場人物2>）という形で表現される。

(2) イベントの機能への割り当て：

入力されたイベントとプロットスキーマの葉のイベントとのマッチングを取り、プロットスキーマの木を副機能、機能、シーン、主題単位へと上向してプロットのための最小の可能なスケルトンを作る。各機能はそこに現れる登場人物の役割についての制約を持っている。例えば機能加害は「＜敵＞が＜被害者（王女）＞に危害を与える」という制約を持っており、これに属するすべてのイベントもこの制約を受け継ぐ。従って、（誘拐する 蛇 王女）（「蛇が王女を誘拐した」）というイベントが加害に割り当てられた場合、蛇が＜敵＞となり王女が＜被害者＞となる。そしてそれ以降のイベントはこれらの役割と整合性を持つ形で機能に割り当てられる。また、プロットスキーマ中では同一のイベントが複数用いられていることもあるが、そのようなイベントに対応する入力を与えられた際には複数のスケルトンができる可能性があり、この場合それらのスケルトンのそれぞれについてプロットが生成されることになる。例えば上の例では、機能不幸の解消にもイベント「誘拐する」が用いられており、入力がこのイベントと対応づけられれば（誘拐する 蛇 王女）において蛇が主人公になり、結果的に異なるプロットが生成される。

(3) 機能間の対関係の利用：

上でできたプロットのスケルトンを機能どうしの対関係を利用して拡張する。例えば機能加害の副機能加害：魔法のイベントである「魔法をかける」の場合機能不幸の解消の副機能解消：魔法のイベントである「魔法を解く」が必ず使用されなければならない。この場合、論理的には「魔法を解くことの失敗」という帰結もあり得、新たな問題の発生によって再び物語サイクルが起動される可能性もあるが、現在このような入れ子型物語の生成能力は持っていない。

(4) プロットスキーマのトップダウンの利用：

入力イベントと機能どうしの対関係を利用して出来た木構造がロシア民話風プロットのための構造条件、すなわち導入+問題+試行+解決という主題単位を満たしていれば処理は修了する。そうでない場合は、プロットスキーマをトップダウンに利用してプロットの木を完成する。完全なプロットにとって必要不可欠な機能でまだイベントまで具体化されていないものがあればそのどれかをユーザが選択する。ここで機能間の対関係を再び使用して木を拡張する。この処理を主題単位の最後の要素である解決まで行うことによってプロットを完成し、そのイベント連鎖をプロットとする。

5.4. プロットの展開

プロットを構成する個々のイベントは登場人物の行為のあらましを規定したものに過ぎず、その具体的な展開には大きな自由度がある。物語の多様性の大きな部分はこの自由度によって支えられている。例えば、機能加害の中の同じ「誘拐する」という副機能の場合でも、「がちょうがたくさん飛んで来て、男の子を捉え、翼に乗せて連れて行ってしまいました」、「不意にその蛇が現れ、皇女達を火の翼に乗せて、さらって行ってしまいました」のように多くの実現形態がある。このようなロシア民話特有のプロットの展開パターンをプロップは整理しているが（[プロップ 1986]、[プロップ 1988]）、これらは文化的特徴に関する議論であり将来検討すべき課題に属する。プロット展開部は、プロット生成部が出力したプロットを入力とし、この構成要素である個々のイベントを下位レベルのイベント列の形にする。以下、一つのイベントを下位イベントの連鎖にすることをイベントの詳細化と呼び、詳細化された個々のイベントを連結してプロット全体を拡充することをプロットの展開と呼ぶ。

この部分では、TALE-SPIN を初めとする物語生成システムが基本的に依拠しているゴール・プランニングの方式を利用してプロットを展開する。この試みが他の物語生成モデルと異なるのは、プロットのレベルとそれが展開されたレベルを明確に分け、前者においては構造的制約を強め後者においてはそれをなくした点である。これによってロシア民話風の物語構造が保証された形で無限のバリエーションを生成することが可能になる。無論予め明確に定義されたプロットをその後展開するという一方向的な生成の流れには無理があり、イベントの詳細化の過程でプロットに改変が加わったり物語全体の構造に関するはんやりした意識に基づいて生成を開始するのが普通かも知れない。今後そのような可能性について検討する必要がある。これは生成の諸レベル間のインタフェースに基づく統合の問題である。しかし、物語構造をいくつかの階層から成るものと考え、この階層をシーンやプロットのようなそれだけを取り出しても明確な物語構造を表現するものと対応させることによって、物語諸レベルの見通しのよい生成が可能になり、また現実の物語作品の構造分析の成果を導入しやすくなるという利点が生じる。

本システムでは、イベントはそれを担う主体の目標の表明であるかある一連の出来事の総称である。前の場合ならそのイベントをゴールとする主体のプランニング過程としてイベントが詳細化され、後の場合ならそのイベントがスクリプトを意味するのでそれを構成する個々のイベントの並びの形に詳細化される。例えば、イベント「略奪する」は登場人物にとってのゴールとして定義されており、「気を散らすことによる略奪」、「暴力による略奪」、「脅迫による略奪」の三つのプランニングの戦略の形で具体化される。それぞれはこのゴールの主体となる登場人物の性格－「賢い」、「乱暴」、「残忍」と対応する。プランニング過程では相手側の登場人物の性格に応じて異なるプランが採用され、結果的に「略奪する」というゴールが達成されることになる。もしプランが失敗すれば強制的な成功のスクリプト（例えば落雷による誘拐）が駆動されてゴールを成功させる。またイベント「闘う」はスクリプトとして定義されており、闘いの情景を記述するイベント列の形に詳細化される。この両者を分けたのは、登場人物が相対的に独立した意志を持って物語のマイクロワールドの中を行動する面のシミュレーションと、語り手による事件の客観的描写を混在させることが狙いである。すべてのイベントが終端に達するまでこの過程が再帰的に繰り返される。プロットの展開にあたっては登場人物の性格が参照され、プロット中の同じイベントもそれに応じて異なる下位イベントの並びに展開される。

5.5. 物語生成の例

図 8-A、図 8-B に 1) 入力された断片的なイベント、2) 生成された説明木全体、3) この説明木からプロットを抽出したもの、4) 登場人物一覧から成る組を示す。説明木の最下層のイベントの並びが物語全体のプロットに相当する。システムは入力イベントの違いによってこのように異なるプロットを生成する。これらの例は入力イベントと書き換え規則の中で必須の要素のみを利用した最も簡略なプロットになっている。図 9-A と図 9-B に、図 8-A のプロットを展開した物語表現を示す。この最初の大きなリストは登場人物とその性格の対を示している。前者は主人公、敵、犠牲者、贈与者、助手の 5 種類の登場人物のすべてに対して「賢い」という性格特性を与えた場合の展開例であり、後者はそれぞれに対して「愚鈍」、「残忍」、「愚鈍」、「賢い」、「勇敢」という性格を与えた場合の例である。次に、図 8-B のプロットに対する 2 種類の展開パターンを図 10-A と図 10-B に示す。この二つも、同じプロットから異なる登場人物の性格パターンに基づいて別の物語表現が生成されることの例である。

```

((YUUKAISURU 蛇 王女) (YUUKAISURU イワン 王女) (KEKKONSURU イワン))
(*DOUNYUU*)
(*SHOKI-JOUKYOU*)
(*KURASU* (*KURASU-<KURASU>* ((暮らす イワン ある所))))))
(*MONDAI*)
(*HOTTAN*)
(*KAGAI*)
(*KAGAI-<YUUKAI>* ((誘拐する 蛇 王女))))
(*TAIKOU-KAISHI*)
(*CHUUKAI-<NAGEKINO-UTA>* ((歌う 老婆 唄きの歌)))
(*TAIKOU-KAISHI-<KETSUI>* ((決意する イワン (探求する イワン 王女))))
(*SHUTTATSU* (*SHUTTATSU-<SHUTTATSU>* ((出立する イワン 蛇の国))))
(*SHIKOU*)
(*TATAKAI-<TO-SHOURI>*)
(*TATAKAI* (*TATAKAI-<TATAKAI>* ((闘う 蛇 イワン))))
(*SHIRUSHIZUKE* (*SHIRUSHIZUKE-<HUSHOU>* ((負傷する イワン 民))))
(*SHOURI* (*SHOURI-<TATAKAI>* ((闘つ イワン 蛇))))
(*KAISHOU*)
(*MONDAI-KAISHOU*)
(*HUKOU-NO-KAISHOU*)
(*KAISHOU-<YUUKAI>* ((誘拐する イワン 王女)))
(*KIKAN*)
(*KIKAN-<KIRO>* ((帰郷に書く イワン 王女 故国)))
(*TSUISEKI*)
(*TSUISEKI-<HIKOU>* ((飛ぶ 蛇) (追いかける 蛇 イワン)))
(*KYUJOU*)
(*KYUJOU-<KAKURERU2>* ((隠れる イワン 岩)))
(*SHUUKETSU*)
(*HAKKEN*)
(*HAKKEN-<SHIRUSHI>* ((認知する 王女 イワン 民)))
(*HENSHIN*)
(*HENSHIN-<KYUUDEN>* ((往てる 小人達 宮殿) (住む イワン 宮殿)))
(*KEKKON*)
(*KEKKON-<KEKKON>* ((結婚する イワン 王女))))))
((暮らす イワン ある所) (誘拐する 蛇 王女) (歌う 老婆 唄きの歌)
(決意する イワン (探求する イワン 王女)) (出立する イワン 蛇の国)
(闘う 蛇 イワン) (負傷する イワン 民) (闘つ イワン 蛇)
(誘拐する イワン 王女) (帰郷に書く イワン 王女 故国) (飛ぶ 蛇)
(追いかける 蛇 イワン) (隠れる イワン 岩) (認知する 王女 イワン 民)
(往てる 小人達 宮殿) (住む イワン 宮殿) (結婚する イワン 王女))
(主人公 イワン) (敵 蛇) (犠牲者 王女) (難手者 老婆) (助手 小人達)))

```

[図 8-A] プロット生成例 (1)

5.6. まとめ

以上、プロップによる物語の構造分析を物語生成モデルの観点から利用した一つの試みについて述べた。ここでは、プロップ理論を書き換え規則の形に再構成して簡単な実験システムを構築することによって、物語の理論の実験的検証の可能性を示した。ここで述べた書き換え規則は従来の物語スキーマほど一般化されていず、プロップの理論の原型をほぼ保持する形になっているが、これは具体的な物語生成を考える場合実際に民話で多用されて来たイベントやエピソードをそのまま用いることが有効だと思われたからである。しかしより抽象的な物語のスキーマとエピソード知識ベースの分離とこれらの有機的な関連について明らかにできれば、この点での制限を超えることは可能である。またこの試みでは物語の構造をいくつかの階層に分離し、現在最も一般的な物語生成技法として利用されているゴールプランの方法をその特定のレベルで用いられるものとした。無論、最も高次のゴールとしてテーマを設定し、そのプランとして物語の構造的知識を連動させるようなアプローチもあり得る。いずれにせよ、ここでは物語の構造的知識が物語生成にとっても重要な役割を果たしていることを想定している。

この試みの過程で多くの考察すべき問題を認識することができた。これはプロップの理論の限界によるものと言うより、統合的な物語生成システムで検討すべき問題が物語に関する個別理論の範囲を超えるということの意味している。例えば、プロップはロシア民話のシーケンスのマクロな構成要素を抽出したが、個々の生成に当たってそれを有効に配列するための戦略についての言及はない。これはおそらく DAYDREAMER システムにおける感情のようなメタレベル戦略と語り手と聞き手との物語コミュニケーションが関与する問題であろう。また、物語のマクロ構造をもとにミクロレベルのエピソードを展開する方法についても不問に付されている。これについてはプランやスクリプトによる一般的方法が考えられるが、今後ロシア民話の原点に当たって詳細なエピソードの配列パターンを整理することも必要となろう。それによって現実の物語において果たして目標指向的行動の理論がどの程度妥当しているのかという問題も明らかになる。さらに物語における面白さの大きな部分は表層的な自然言語生成すなわちナレーションの部分にあると思われるが、この点に関しては全く割愛した。

このような物語生成諸レベルの方法論に関する問題とともに、これら全体をメタレベルで統御する生成戦略の問題が重要である。これにはまず、定型的な構造からの逸脱や構造破壊のための規則という問題がある。物語を初めとする芸術作品の本質は、規則に基づく創造性を超えた規則を作り出す創造性という面にあると思われる。また、聞き手への感性的効果を意図した生成の制御という問題もこの中に含まれる。さらに、様々なレベルでの生成モジュールを統合する語り手のモデルが最終的に要請されよう。物語生成はマクロレベルからミクロレベル、あるいは深層レベルから表層レベルへ向かう直線的な過程ではなく、諸レベルの生成モジュールが任意に動作する並列的過程と考えた方がしっくりする。この試みで検討した物語の構造特性も生成の初めにあるものと言うより、諸レベルの生成モジュールが任意に参照する一種の制約的知識と考えるべきであろう。

```

((([RYAKUDATSUSURU 鬼 娘] [TATAKAU 魔物 太郎] [KATSU 太郎 鬼]))
((([HUSHOUSURU 太郎] [ATAERU 娘 太郎 貴金]))
([*DOUNYUU*
  (*SHOKI-JOUKYOU*
    (*KURASU* (*KURASU-KURASU)* ((暮らす 太郎 ある所))))))
(*ONDAI*
  (*HOTTAN*
    (*KAGA* (*KAGA-RYAKUDATSU3)* (略奪する 鬼 娘)))
    (*CHUUKAI*
      (*CHUUKAI-SAKES3)* ((叫ぶ 娘の父親) (聞く 太郎 (叫ぶ 娘の父親))
        (送り出す 娘の父親 太郎 鬼が島))))
    (*TAIKOU-KAISHI*
      (*TAIKOU-KAISHI-KETSU1)* ((決意する 太郎 (深潜する 太郎 娘))))
      (*SHUTTATSU* (*SHUTTATSU-SHUTTATSU)* ((出立する 太郎 鬼が島))))))
(*SHIKOU*
  (*YOSHI-SHIREN*
    (*ZOUYOSHA-NO-DALICHI-KINOU*
      (*ZOUYOSHA-TATAKA1)* ((闘う 妖怪 太郎))))
    (*SHUJINKOU* (*SHUJINKOU-SHOURI)* (闘つ 太郎 妖怪))
    (*JUGU-NO-ZOUYO*
      (*ZOUYO-KYUJ11)* ((救える 魔物 太郎 鬼が島への道))))
  (*TATAKA1-TO-SHOURI*
    (*TATAKA1*
      (*TATAKA1-KYOUSOU)* ((裏合う 鬼 太郎) (競争する 鬼 太郎)))
      (*SHIRUSHI-ZUKE*
        (*SHIRUSHI-ZUKE-HUSHOU1)* ((負傷する 太郎 娘) (縛る 娘 太郎の氏 布)))
        (*SHOURI* (*SHOURI-KYOUSOU)* ((闘つ 太郎 鬼))))))
(*KAISHOU*
  (*ONDAI-KAISHOU*
    (*HUKOU-NO-KAISHOU*
      (*KAISHOU-RYAKUDATSU3)* (略奪する お供 娘)))
      (*KIKAN* (*KIKAN-KIRO)* (捕縛に書く 太郎 娘 お供)))
      (*TSUISEKI*
        (*TSUISEKI-HENSHIN2)* ((変身する 鬼 岩) (先回りする 鬼 太郎)
          (妨害する 鬼 太郎 (捕縛する 太郎))))
        (*KYUJ10* (*KYUJ10-KAKURERU1)* ((隠す お供 太郎 穴の中))))))
(*SHUKETSU*
  (*HAKKEN* (*HAKKEN-SHIRUSHI)* ((認知する 娘 太郎 娘の係)))
  (*HENSHIN* (*HENSHIN-HENSHIN1)* ((突える お供 太郎 立派な番者)))
  (*KEKKON* (*KEKKON-ZOUYO2)* (与える 娘 太郎 貴金))))))
((暮らす 太郎 ある所) (略奪する 鬼 娘) (叫ぶ 娘の父親)
  (聞く 太郎 (叫ぶ 娘の父親)) (送り出す 娘の父親 太郎 鬼が島)
  (決意する 太郎 (深潜する 太郎 娘)) (出立する 太郎 鬼が島)
  (闘う 妖怪 太郎) (闘つ 太郎 妖怪) (救える 魔物 太郎 鬼が島への道)
  (裏合う 鬼 太郎) (競争する 鬼 太郎) (負傷する 太郎 娘)
  (縛る 娘 太郎の氏 布) (闘つ 太郎 鬼) (略奪する お供 娘)
  (捕縛に書く 太郎 娘 お供) (変身する 鬼 岩) (先回りする 鬼 太郎)
  (妨害する 鬼 太郎 (捕縛する 太郎)) (隠す お供 太郎 穴の中)
  (認知する 娘 太郎 娘の係) (突える お供 太郎 立派な番者)
  (与える 娘 太郎 貴金))
((主人公 太郎) (妖怪者 娘) (派道者 娘の父親) (競争者 妖怪)
  (助手 お供) (磁 鬼)))

```

[図 8-B] プロット生成例 (2)

```

((([小人達 賢い] ([老婆 賢い] ([王女 賢い] ([蛇 賢い] ([イワン 賢い]))
:::
([暮らす イワン ある所] ([入れる 蛇 お茶 眠り面] ([勧める 蛇 王女 お茶]
  ([捨てる 王女 お茶] ([開ける 蛇 本] ([知る 蛇 呪文] ([喝める 蛇 呪文]
  ([変身する 蛇 美しい番者] ([用意する 蛇 馬車]
  ([断る 王女 蛇 (乗る 王女 馬車)) ([落ちる 雷] ([気絶する 王女]
  ([捕縛する 蛇 王女] ([歌う 老婆 嘆きの歌] ([聞く イワン 嘆きの歌]
  ([知る イワン (捕縛する 蛇 王女))
  ([約束する イワン 老婆 (救う イワン 王女))
  ([預む イワン 老婆 (与える 老婆 イワン 道具))
  ([約束する 老婆 イワン (与える 老婆 イワン 道具))
  ([飲意する イワン (深潜する イワン 王女)) ([行く イワン 港]
  ([与える 人々 イワン 食糧] ([乗る イワン 船]
  ([約束する イワン 人々 (救う イワン 王女)) ([出発する 船]
  ([捕縛を取る 蛇 イワン] ([レスリングをする 蛇 イワン]
  ([派遣をする 蛇 イワン] ([金剛デスマッチをする 蛇 イワン]
  ([射る 蛇 イワン 矢] ([当たる 矢 イワン] ([負う イワン 氏 係]
  ([闘つ イワン 蛇] ([入れる イワン お茶 眠り面] ([勧める イワン 王女 お茶]
  ([捨てる 王女 お茶] ([開ける イワン 本] ([知る イワン 呪文]
  ([喝める イワン 呪文] ([突意する イワン 美しい番者]
  ([用意する イワン 馬車] ([断る 王女 イワン (乗る 王女 馬車))
  ([落ちる 雷] ([気絶する 王女] ([捕縛する イワン 王女] ([落とす イワン 食糧]
  ([行く イワン 港] ([乗る イワン 船] ([預む イワン 食糧]
  ([約束する イワン 王女 (救う イワン 王女)) ([出発する 船] ([乗る 蛇 火の車]
  ([飛び上がる 火の車] ([飛行する 火の車] ([追いかける 蛇 イワン]
  ([隠れる イワン 岩] ([見る 王女 イワン] ([気づく 王女 イワン イワン]
  ([預む 小人達 馬達 (運ぶ 馬達 材料)) ([運ぶ 馬達 材料]
  ([預む 小人達 大工達 (送る 大工達 宮殿)) ([送る 大工達 宮殿]
  ([住む イワン 宮殿] ([用意する 料理人 ご馳走] ([高まる 人々 大広間]
  ([受ける イワン 王女 愛] ([受ける 王女 イワン 愛] ([授けする イワン 王女]
  ([結婚する イワン 王女]))

```

[図 9-A] プロット展開例 (1)

6. おわりに

本稿では、物語生成研究への計算的アプローチを巡っていくつかの観点から論じた。コンピュータというツールに物語性あるいは物語生成能力を付与することをめざす試みは、単に娯楽的側面に貢献するばかりではなく、人間—機械コミュニケーションや機械を媒介とした創造活動など様々な面での可能性やメリットを持つ。また人間の解釈活動、創造活動、意味や価値の創出などの特に生成的な認知活動の検討へ向けたとば口ともなる。筆者は物語生成の研究をこうした広い視点から捉えている。このような観点に立つて、この試論では、これまで認知科学や人工知能で行われて来た自然言語処理技術の一貫としての物語的テキストの研究をより大きな物語研究のバースペクティブの中に位置づけ、特に人文・社会科学側の物語への形式的アプローチの方法を検討し、これと物語生成の計算モデルとの関連を考察した。

その結果、従来の物語を巡る諸理論は実際の物語作品の深い分析に基づく多くの理論を提出しているにもかかわらず、それらが時として文学作品の死体解剖と言われるような詳細ではあるが静態的なモデルにとどまるか、形式化困難な文化論に解消されるかすることが多かったという結論に達した。ところで心の計算理論は、認知主体の意図、願望、目標、計画のような志向的な心的概念やそれらに関連したり影響を及ぼしたりする感情のような心的状態の概念を実体化することによって、人間の日常的な行動や思考過程をモデル化する作業に対して有力な方法論を与えるに至っている。物語生成の文脈で言えば、従来の物語論において蓄積された物語

((小人達 勇敢) (老婆 賢い) (王女 愚鈍) (蛇 残忍) (イワン 愚鈍))
 :::
 ((暮らす イワン ある所) (入れる 蛇 お茶 眠り薬) (勧める 蛇 王女 お茶)
 (飲む 王女 お茶) (眠る 王女) (誘拐する 蛇 王女) (歌う 老婆 嘆きの歌)
 (聞く イワン 嘆きの歌) (知る イワン (誘拐する 蛇 王女)) (笑う イワン)
 (怒る 老婆) (命令する 老婆 イワン (救う イワン 王女))
 (決意する イワン (探索する イワン 王女)) (与える 人々 イワン 食糧)
 (食べる イワン 食糧) (与える 人々 イワン お金) (捨てる イワン お金)
 (出発する 船) (振りかざす 蛇 剣) (負う イワン 腕 傷) (勝つ イワン 蛇)
 (押し倒す イワン 王女) (喜ぶ 王女) (誘う 王女 イワン) (喜ぶ イワン)
 (笑う 王女) (怒る イワン) (持ち上げる イワン 王女)
 (誘拐する イワン 王女) (盗む イワン 食糧) (食べる イワン 食糧)
 (盗む イワン お金) (捨てる イワン お金) (出発する 船) (捕える 蛇 鷲)
 (殴る 蛇 鷲) (命令する 蛇 鷲 (飛び立つ 鷲)) (飛び立つ 鷲)
 (追いかける 蛇 イワン) (隠れる イワン 岩) (見る 王女 イワン)
 (嘗める 王女 (イワンの 傷)) (気づく 王女 イワン イワン)
 (勝つ 小人達 怪物) (変身する 小人達 大工達) (建てる 大工達 宮殿)
 (住む イワン 宮殿) (用意する 料理人 馳走) (集まる 人々 大広間)
 (抱き上げる イワン 王女) (暴れる 王女) (落ちる 王女) (泣く 王女)
 (ひざまづく イワン) (接吻する イワン 王女) (結婚する イワン 王女)))

[図 9-B] プロット展開例 (2)

((鬼 賢い) (お供 賢い) (妖怪 賢い) (娘の父親 旦那) (娘 賢い) (太郎 賢い))
 :::
 ((暮らす 太郎 ある所) (喝える 鬼 呪文) (出現する 美しい結め) (送げる 娘)
 (追いかける 鬼 娘) (調べる 鬼 本) (知る 鬼 呪文) (喝える 鬼 呪文)
 (変身する 鬼 先生) (調べる 鬼 娘 (解く 娘 クイズ)) (考える 娘)
 (はがいにする 鬼 娘) (略奪する 鬼 娘) (叫ぶ 娘の父親)
 (泣く 娘の父親) (聞く 太郎 (叫ぶ 娘の父親))
 (決意する 太郎 (探索する 太郎 娘)) (行く 太郎 港)
 (与える 人々 太郎 食糧) (乗る 太郎 船)
 (約束する 太郎 人々 (救う 太郎 娘)) (出発する 船) (相手を取る 妖怪 太郎)
 (レスリングをする 妖怪 太郎) (乗道をする 妖怪 太郎)
 (金網デスマッチをする 妖怪 太郎) (勝つ 太郎 妖怪)
 (教える 妖怪 太郎 場所 (住む 鬼)) (罵る 鬼 太郎) (怒る 太郎)
 (罵る 鬼 太郎) (怒る 太郎) (罵る 鬼 太郎) (怒る 太郎)
 (浮かべる 鬼 湖 船) (乗る 鬼 船) (命布する 鬼 太郎 (乗る 太郎 船))
 (乗る 太郎 船) (競争する 鬼 太郎) (射る 鬼 太郎 矢) (当たる 矢 太郎)
 (負う 太郎 矢 傷) (積む 娘 薬草) (つける 娘 傷 薬草)
 (まく 娘 (太郎の 矢) 石) (接吻する 娘 (太郎の 矢)) (勝つ 太郎 鬼)
 (喝える お供 呪文) (出現する 美しい結め) (送げる 娘)
 (追いかける お供 娘) (調べる お供 本) (知る お供 呪文)
 (喝える お供 呪文) (変身する お供 先生) (調べる お供 娘 (解く 娘 クイズ))
 (考える 娘) (はがいにする お供 娘) (略奪する お供 娘)
 (盗む 太郎 食糧) (行く 太郎 港) (乗る 太郎 船) (積む 太郎 食糧)
 (約束する 太郎 娘 (救う 太郎 娘)) (出発する 船) (調べる 鬼 本)
 (知る 鬼 呪文) (喝える 鬼 呪文) (変身する 鬼 大きな岩)
 (先回りする 鬼 太郎) (妨害する 鬼 太郎) (隠す お供 太郎 穴の中)
 (見る 娘 太郎) (気づく 娘 太郎 太郎)
 (命令する お供 太郎 (目を閉じる 太郎)) (目を閉じる 太郎)
 (調べる 太郎 本) (知る お供 呪文) (喝える お供 呪文)
 (変身する 太郎 立派な若者) (与える 娘 太郎 資金)))

[図 10-A] プロット展開例 (3)

を巡る諸知識—物語スキーマ、エピソード、語り、レトリック、登場人物の造形、世界のダイナミズムなどを統合して一つの全体を操作的に構成するための手法として計算的方法を位置づけることができる。また従来の物語論では、物語の形式的分析と語り手の意図といった心理学的概念を峻別して両者が対立し合う傾向があったが、この問題に対する解決も与えられる。

最後に、物語生成への計算モデルをめざす上で重要だと考えることを二点述べる。まず、システムの中に多くの物語知識—物語のプロトタイプ、物語スキーマ、言語表現の定型などを蓄積する必要があるということである。物語を初めとしてあらゆる芸術作品はゼロから作り上げられるのではなく、先行作品との対話を通じた織物のような形で作り上げられる。そのような物語のインターテキストュアリティを実現するためには物語知識ベースの充実が求められる。すぐれた民話の語り手は数百の物語を記憶しており、それらを時々の状況に応じて脚色しながら個々の作品を語ると言われる。創造性は語り手の技法の特異さや原型の物語の斬新な変形、融合などを通じて行われる。しかし人間の語り手の場合、あり得る変形や融合の可能性のすべてを使用しているわけではない。計算的方法による物語生成の利点の一つは、論理的に可能なすべての組み合わせを生成し、原型物語を無限に変形・増殖させて行く能力にあるということもできよう。

次に、物語は聞き手の情 (感性) に訴える仕方であり語り手 (あるいは社会) が持つ知 (知恵及び知識) を表現することによって、聞き手の心に知を深く刻印することを可能にする一種のコミュニケーション媒体として考えることができる。このように考えると、聞き手の情に訴えるための知的操作 (シクロフスキイの言葉で言えば芸術のための技巧) が必要になることに気づく。これまでの物語生成システムでは登場人物の意図に基づく行動や語り手の一般的な物語生成戦略が扱われたが、もう一つのレベルとして語り手による物語生成のためのメタ戦略があり得る。これは聞き手の感情状態の推論に基づく広義のレトリックの集合と考えることができ、この中には欠如—過剰、日常—非日常、光—闇のような物語のダイナミックスを形作るためのマクロレベルレトリックから、言語表現のためのミクロレベルレトリックまでが含まれる。このような問題を考察するにあつ

((鬼 乱暴) (お供 勇敢) (妖怪 乱暴) (娘の父親 寛大) (娘 忍鈍) (太郎 忍鈍))
 :::
 ((暮らす 太郎 ある所) (出現する 鬼) (叫ぶ 鬼) (笑う 娘) (怒る 鬼)
 (宥める 娘 鬼) (殴る 鬼 娘) (倒れる 娘) (持ち上げる 鬼 娘)
 (略奪する 鬼 娘) (叫ぶ 娘の父親) (聞く 太郎 (叫ぶ 娘の父親))
 (決意する 太郎 (探索する 太郎 娘)) (与える 人々 太郎 食糧)
 (食べる 太郎 食糧) (与える 人々 太郎 お金) (捨てる 太郎 お金)
 (出発する 船) (突進する 妖怪 太郎) (勝つ 太郎 妖怪) (罵る 鬼 太郎)
 (怒る 太郎) (罵る 鬼 太郎) (怒る 太郎) (罵る 鬼 太郎) (怒る 太郎)
 (まく 鬼 道 油) (つける 鬼 油 火) (燃える 油)
 (命令する 鬼 太郎 (競争する 太郎 鬼)) (競争する 鬼 太郎)
 (接吻する 娘 (太郎 の腕)) (吸う 娘 血) (まく 娘 (太郎 の腕) 布)
 (勝つ 太郎 鬼) (乗る お供 馬) (走る 馬) (捕える お供 娘) (喜ぶ 娘)
 (略奪する お供 娘) (盗む 太郎 食糧) (食べる 太郎 食糧)
 (盗む 太郎 お金) (捨てる 太郎 お金) (出発する 船) (先回りする 鬼 太郎)
 (妨害する 鬼 太郎) (隠す お供 太郎 穴の中) (見る 娘 太郎)
 (管める 娘 太郎) (気づく 娘 太郎 太郎) (与える 娘 太郎 黄金)))

[図 10-B] プロット展開例 (4)

では、物語テキストにおける種々のレベルでの表現技法の分析、聞き手の物語受容における感性的反応の分析、またそれに影響を及ぼすと思われる物語コミュニケーションの分析という三点の分析が必要になる。そして、これらの分析の成果やあるいは不確定な仮説をプログラム化して実験のレベルに持ち込むことができる点に計量的方法の最大の利点と可能性があると言えよう。

参考文献

- [川田 1992] 川田順造: 口頭伝承論. 河出書房新社,1992.
 [グレマス 1988] グレマス,A.J. (著), 田島宏&鳥居正文 (訳): 構造意味論. 紀伊國屋書店,1988. (原著 1966 年刊)
 [桑野 1988] 桑野隆、大石雅彦 (編): フォルマリズム - 詩的言語論. 国書刊行会,1988.
 [小林 1988] 小林稔: 歴史叙述の詩学. In 岡本 (他編), 現代の批評理論, Vol.1, pp.170-191, 研究社,1988.
 [竹沢 1992] 竹沢尚一郎: 宗教という技法—物語論的アプローチ. 勁草書房,1992.
 [田中 1992] 田中譲: 物語とシンセティックメディア. 情報処理学会 メディアと情報処理シンポジウム論文集, pp.23-32,1992.
 [ダント 1989] ダント,A.C. (著), 河本英夫 (訳): 物語としての歴史 - 歴史の分析哲学. 国文社,1989. (原著 1965 年刊)
 [往住 1991] 往住彰文: 心の計算理論. 東京大学出版会,1991.
 [波平 1991] 波平恵美子: 伝説が生まれるとき. 福武書店, pp.17-58,1991.
 [野村 1989] 野村純一: 「口裂け女」の生成と展開. 言語 12 月号,1989.
 [バルト 1979] バルト,R. (著), 花輪光 (訳) (1979): 物語の構造分析. みすず書房,1979. (原著 1961 年)
 [福田 1990] 福田敏彦: 物語マーケティング. 竹内書店新社,1990.
 [ブレモン 1975] ブレモン,C. (著), 坂上脩 (訳): 物語のメッセージ. 審美社,1975.
 [プロップ 1986] プロップ,ウラジーミル (著), 斎藤君子 (訳): ロシア昔話. セリカ書房,1986. (原著 1984 年刊)
 [プロップ 1987] プロップ,ウラジーミル (著), 北岡誠司, 福田美智代 (訳): 昔話の形態学. 白馬書房,1987. (原著 1928 年刊、英訳 1968 年刊)
 [プロップ 1988] プロップ,ウラジーミル (著), 斎藤君子 (訳): ロシア魔法昔話. セリカ書房,1988. (原著 1946 年刊)
 [松岡 1993] 松岡正剛: われわれはいかにして物語性を獲得したか. 人工知能学会誌, Vol.8, No.3, pp.297-304,1993.
 [柳田 1990] 柳田國男: 口承文芸史考他. 筑摩書房 (文庫版全集第 8 巻), 1990.
 [リオタール 1986] リオタール, ジャン＝フランソワ (著), 小林康夫 (訳): ポストモダンの条件. (原著 1979 年刊)
 [レヴィ＝ストロース 1972] レヴィ＝ストロース, C. (著), 荒川幾男他 (訳): 構造人類学. みすず書房, 1972.
 [Bal 1985] Bal,M.: *Narratology-Introduction to the Theory of Narrative*. University of Toronto Press,1985.

- [Bates 1992] Bates,J: Artificial Intelligence and Interactive Entertainment. *Proc.International AI Symposium '92 Nagoya*. pp.83-86,1992.
- [Dehn 1981] Dehn,N: Story Generation After TALE-SPIN. *IJCAI-81 Proceedins*,pp.16-18,1981.
- [Dundes 1983] Dundes,Alan.(ed.): *Cinderella-A Casebook*. Garland Publishing,Inc.,New York,1983. (邦訳ーダングス, アラン (著), 池上嘉彦, 山崎和恕, 三宮郁子 (訳) : シンデレラ. 紀伊國屋書店, 1990.)
- [Hobbs 1990] Hobbs,Jerry.R.: *Literature and Cognition*. CSLI(Center for the Study of Language and Information),1990.
- [Lebowitz 1984] Lebowitz,Michael: Creating Characters in a Story-telling Universe. *Poetics*,Vol.13, pp.171-194, 1984.
- [Lebowitz 1985] Lebowitz,M.: Story-telling as Planning and Learning. *Poetics*,Vol.14,pp.483-502,1985.
- [Meehan 1980] Meehan,J.R.: *The Metanovel: Writing Stories by Computer*. Garland Publishing,1980.
- [Mueller 1990] Mueller,E.T.: *Daydreaming in Humans and Machines*. Ablex,1990.
- [Ogata 1991] Ogata,Takashi, Terano,Takao(1991): Explanation-Based Narrative Generation Using Semi-otic Theory. *Proc. National Language Processing Pacific Rim Symposium 91*. pp.321-328,1991.
- [Ogata 1992] Ogata,Takashi, Terano,Takao(1992): Plot Generation and Expansion in Explanation-Based Narrtive Generator. *Proc. First Singapore Internatinal Conference on Intelligent Systems(SPICIS'92)*. pp.549-554,1992.
- [Okada 1993] Okada,Naoyuki: Story generation based on dynamics of the mind. Project MULTRAN 最終報告会論文集. pp.3-40,1993.
- [Rumelhart 1975] Rumelhart,D.E.: Notes on a Schema for Stories.in: D.G.Bobrow & A Collins (EDs.), *Representation and Understanding:Studies in Cognitive Science*. (Academic Press,1975). pp.211-236.
- [Schank 1990] Schank,R.: *Tell Me a Story*. Scribners,1990.
- [Scholes 1974] Scholes,R.: *Structuralism in Literature-An Introduction*. Yale University Press,1974.
- [Turner 1985] Turner,Scott.R. & Dyer,Michael.G.: Thematic Knowledge,Episodic Memory and Analogy in MINSTREL, a Story Invention System. *Proceedings of the Seventh Annual Conference of the Cognitive Science Society,Irvine,CA*. pp..371-375, 1985.
- [White 1980] White Hayden: The value of Narrativity in the Representation of Reality. In *On Narrative*, edited by W.J.T.Mitchell. The university of Chicago,1980. (邦訳ーホホワイト, ヘイドン (著), 原田大介 (訳) : 歴史における物語性の価値. In 物語について, ミッチェル, W. J. T. (編), 平凡社,1987.)
- [White 1990] White,M. and Epston,D.: *Narrative Means to Therapeutic Ends*. Dulwich Center Publications, 1990. (邦訳ーホホワイト, マイケル&エプストン, デビット (著), 小森康永 (訳) : 物語としての家族, 金剛出版,1992.)

学習による「違いのわかる」感性の形成

沼尾正行, 山口幸志

東京工業大学 工学部 情報工学科

Email: numao@cs.titech.ac.jp

なんてあたたかな...

この白い釉薬がなめらかで、少女の肌のようにしっとりしていて.....

形も自然で気品があって...

厚過ぎず、薄過ぎず、風格を感じさせる...

— 美味しんぼ [1]

1 はじめに

感性とは、知覚に依存し、知覚で得られた情報をより高次元な立場で取りまとめる能力である。知覚は周囲の環境を知る作用であるから、知覚に依存した感性は、個体がおかれた特殊な環境と状況に応じて発達する。したがって、感性情報を取り扱うためには、従来の論理的、客観的な記号処理の枠組みを、主観的な処理の枠組に拡張する必要がある。このような観点から、感性情報を取り扱うための推論、および感性を形成するための学習の研究を行なっている (図 1)。

感性情報処理では、客観的な情報だけではなく主観的な情報を扱う。コミュニケーションを成り立たせるためには、情報の送り手は客観的なメッセージを主観的な情報の組合せとして表現し、受け手は互いに関連する複数の主観的な情報から総合的な情報処理を行って、メッセージを読みとらねばならない。たとえば映画の各カットは主観的なイメージと言葉から構成されるが、それにより (他人に理解できるという意味での) 客観的なメッセージが伝わり、感動を呼び起こす。音だけから構成される音楽においても、編曲理論、和音の飾り付け、バランス感覚など解釈すべき制約条件は多数あり、それらに基づいて明暗などのムードが伝わる。

これらの制約条件をあらかじめ少数の規則により与えることは困難であり、さらに主観的で刻々と変化する状況に依存するので、処理法が静的には定義されず、動的に獲得せねばならない。そのため、人工知能における学習の手法 [2] を用いて「感性形成」を行ない、制約条件を学習させることが有用なアプローチとなる。本論文では音楽の編曲を題材とした感性形成 [3] について報告する。

2 学習からのアプローチ

音楽には一般的な理論が存在するが、作曲家がその理論に必ず従うとは限らない。作曲家は、一般的な理論だけではなく、各人に固有の理論を用いて作曲を行なっている。音楽情報処理分野では音楽の一般的な理論を用いた楽曲分析や、統計的手法を用いた楽曲分析が行なわれてきたが、機械学習の手法を用いた研究は少なかった [4]。ここでは、作曲家に固有の理論を曲データからルールで学習し、それを用いて編曲を行なう手法を提案する。その際、曲の具体例を用いて、一般的な理論を洗練することにより、理論と個性の両方を加味したルールを生成する。このような「理論洗練」手法は、エキスパートシステムの初期理論に含まれる誤りを訓練例を用いて修正し、より正しい領域理論を得るために用いられてきており、本アプローチではそれを導入して「感性形成」を試みることになる。

2.1 Rx(Refinement by eXample)

理論洗練システムとして、Rx[5] を用いる。Rx とは、帰納推論システム部分に FOIL[6] を用いた理論洗練システムである。FOIL は、与えられた訓練例から Prolog のプログラム、すなわち、一階述語論理で記述された Horn 節を学習する。その際、MIS のようなユーザへの問い合わせは必要としない。Rx は、

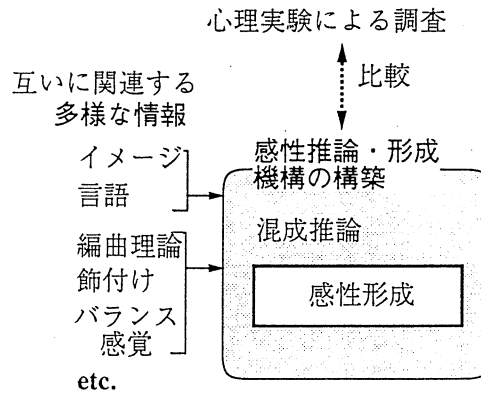


図 1: プロジェクトの概要

入力: 洗練前の理論, 訓練例

出力: 訓練例と矛盾しない理論

1. 副概念の定義を用いて概念を展開することにより, 概念を定義するルール中から副概念を取り除く. これは, 説明に基づく学習 (EBL: Explanation-Based Learning)[7] とほぼ等価な操作である.
2. 展開された概念中の無効なリテラルを削除することにより, ルールを一般化する.
3. FOIL を用いてリテラルを追加することにより, 展開された概念定義を負の例を満たさないように特殊化する.
4. 展開された概念定義を折り畳んで副述語を再生し, 修正された概念定義を得る.
5. 以上の結果, 満たされない正の例が残っているならば, FOIL を用いて必要なルールを追加する.

図 2: BM-EBL アルゴリズム

FOIL に与える領域理論に誤りが見つかった場合, FOIL で用いられる Gain ヒューリスティックを参考とし, 誤りの箇所を特定すると共に, 修正された理論が最も大きな利得を得られるように, 理論の洗練を行なう. FOIL の扱う訓練例は, tuple の形で表現される. 学習したいルールを満たすような正の例は, ⊕ のラベルをつけられた tuple で表される. 一方, 負の例は閉世界仮説によって計算され, ⊖ のラベルがつけられる. これらの tuple の集合が, FOIL への入力となる.

Rx は, これらの tuple を FOIL に渡す前に, 領域理論と訓練例の整合性をチェックする. 領域理論の洗練には, *biggest-first multiple example EBL (BM-EBL)* が用いられる.

2.2 BM-EBL アルゴリズム

Rx で用いられている BM-EBL アルゴリズムを示す (図 2). アルゴリズムは, ルール中の各リテラルが訓練例の弁別にもどの程度寄与しているかを Gain と呼ばれるエントロピー値で計り, しきい値以下のリテラルを削除すると同時に, FOIL の学習アルゴリズムによって, Gain がしきい値以上の有効なリテラルを生成して追加する.

FOIL は副概念を取り扱えないので, 概念中に副概念を展開してから, FOIL を用いて洗練を行ない, その結果を再び折り畳んで, 副概念を再生している. これにより結果的に副概念の洗練も行なうことができる.

このアルゴリズムにある節のサイズは, 以下の式によって定義され, この値の最も大きいものから優先的に選択される.

定義 1 節のサイズ

$$Size(C) = T^+(C) \times (I(T(0)) - I(T(C)))$$

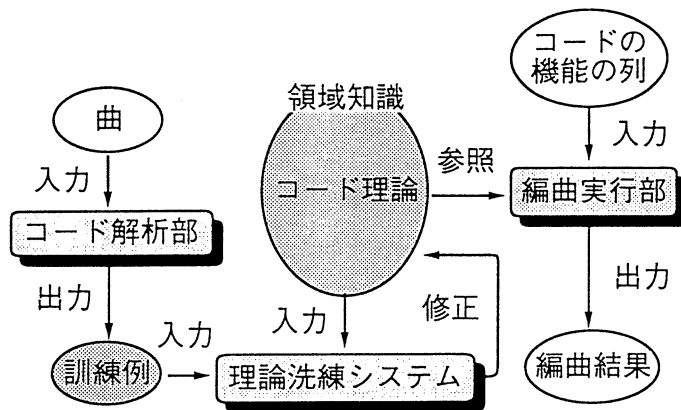


図 3: システムの構成

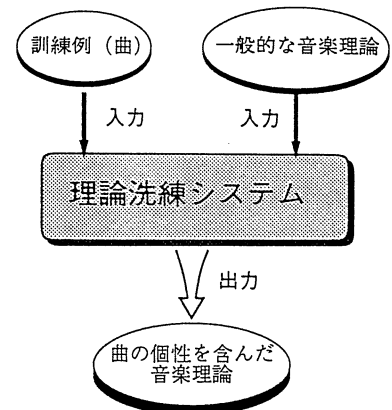


図 4: 理論洗練の適用方法

$$I(T(0)) = -\log_2(T^+(0)/(T^+(0) + T^-(0)))$$

$$I(T(C)) = -\log_2(T^+(C)/(T^+(C) + T^-(C)))$$

$C = \text{節}$

$T^+(0) = \text{全ての正の訓練例集合}$

$T^-(0) = \text{全ての負の訓練例集合}$

$T^+(C) = C \text{を満たす正の訓練例集合}$

$T^-(C) = C \text{を満たす負の訓練例集合}$

また、リテラルの有効性に関しては次のように定義され、無効なリテラルは削除される。

定義 2 リテラルの有効性

リテラル L_i が FOIL のリテラル空間の中にあるとき、以下の条件を満たせば L_i は有効とする。

1. Gain, すなわち, $I(T_i) - I(T_{i+1})$ が与えられた閾値 θ よりも大きい。
2. もしくは, L_i が他のリテラルのための入力データを計算しており, そのリテラルが有効である。

有効でないリテラルを無効なリテラルと呼ぶ。

3 自動編曲システム

3.1 システムの概要

本研究では、図 3 に示すように、楽曲のコード進行において個性を表現するルールを学習するシステムを構築し、その結果により自動編曲を行うことを目標とする。

構築するシステムの機能を以下に示す。

- コード進行の解析
- 訓練例による初期理論の洗練
- 洗練された理論を用いた編曲

従来、理論洗練は、エキスパートシステム中の知識の誤りを修正して、より正しい領域理論を得るために用いられてきた。本研究の手法では、一般的で簡単な音楽のコード理論を与える。この初期理論に理論洗練を施すことにより、訓練例として用いた曲固有の理論を取り入れる。(図 4)

3.2 コードの機能

システムが学習するのは音楽のコード進行の理論である。調性のある音楽の曲中で使われるコードは、それぞれ機能を持っている。この機能は音楽のコード理論により、構成音の性質によって一意に決定できる。

訓練例

コード I_6 I_{M7} bII_7 V_7 III^bVII_{M7} I_6
機能 T T D D T S T

初期知識による編曲例

コード I I IV I V V I
機能 T T S T D D T

洗練後の知識による編曲例

コード I_6 III_{m7} $bVII_{M7}$ I_{M7} bII_7 V_7 I_6
機能 T T S T D D T

図 5: 訓練例と編曲例

ここで扱う機能は以下の4つである。

- トニック (T)…調性を確立する機能
- ドミナント (D)…トニックへの連結をする機能
- サブドミナント (S)…ドミナントを導き出す機能
- サブドミナントマイナー (SDm)…同じ主音の短調の4度の和音の機能で、サブドミナントと同様な機能

これらの機能の連結によって調性が感じられる。

3.3 コード進行の学習

曲中のコードの機能の列を解析し、ある機能としてどのような構成音のコードが選択されているかというルールを学習する。領域理論のコード理論は一階述語論理の形で表現される。ある機能に対してどの構成音のコードを選択するかを、次のコードの機能を表す述語と各構成音を表す述語によって表現する。理論洗練の際、次のコードの機能を表す述語、各構成音を表す述語が、削除、付加されることにより、領域理論の修正が行なわれる。

3.4 編曲結果

図 5に本システムを用いた編曲例を示す。

編曲対象の曲のコードの機能の列を解析し、その機能の列に対して、領域理論のコード選択ルールを参照しながら具体的なコードを選択することによって編曲を行なう。訓練例として1曲を用い、洗練を行なった。コードは、相対音表記を用いているため、調に関係なく学習ができる。同じ機能の列に対して初期知識による編曲と、洗練後の知識による編曲を行なった。初期知識による編曲例では、構成音が3つの簡単なコードによる編曲が行なわれている。洗練後の知識を用いた編曲例では、訓練例のコード進行を反映した、構成音が4つのコードによる編曲が行なわれている。

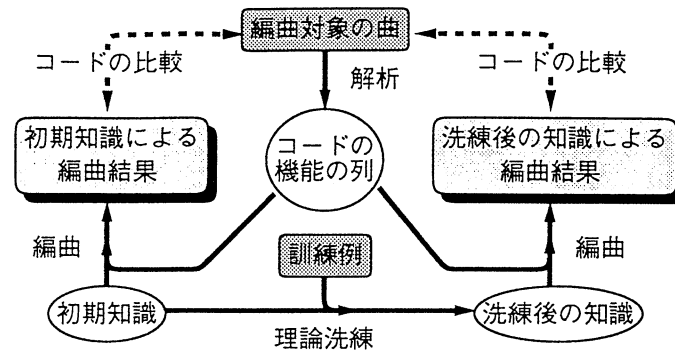


図 6: 実験方法

4 実験

4.1 実験方法

実験は同じ作曲家の曲を複数用意して行なった [8]。それぞれ曲の終りの部分 8 小節程度のコード進行をデータとした。

実験方法 (図 6)

- 初期知識を用いて編曲対象の曲の編曲を行なう。
- 訓練例を用いて初期理論を洗練する。
- 洗練後の知識を用いて編曲対象の曲を編曲する。
- それぞれの編曲結果に対して編曲対象の曲とのコードの一致率を調べる。

ここでコードの一致率とは、曲中でコードが完全に一致している場所の全体に対する割合を示す。

4.2 実験結果

実験結果の表を図 7 に示す。m1 から m7 は編曲対象の曲を表す。

初期知識を用いて編曲を行なった場合と、洗練後の知識を用いて編曲を行なった場合では、それぞれ 20～60%、40～80%の割合で編曲した元の曲とコードが一致した。洗練によって平均 20%の一致率の向上が見られる。これは、訓練例中の特徴あるコード選択のルールを学習でき、それが編曲対象の曲に反映されていることを示す。ただし、編曲対象の曲に特殊なコードばかりが使用されている場合には、洗練による一致率の向上は少ない。

同じ作曲家の曲どれもがすべて同じ理論で作られているわけではないため、訓練例と編曲対象の曲が全く同じコード進行を持たない限り、一致率は 100%にはならない。一致率が 100%でなくても、その作曲家に固有のコード進行の理論を学習しているため、作風が感じられる編曲を行なうことができる。

5 従来の研究との比較

Widmer は、バイアスに対するもっともらしい説明を用いた経験的な一般化による、音楽のハーモナイズの学習を行なった [4]。ハーモナイズとは、与えられたメロディーにコードを付けることである。用意されるルールは、メロディー中のある 1 つの音を見たとき、その伴奏としてどのコードが使われているかを表している。この学習方法の欠点としては、訓練例を満たすように、一般化のみが行われる点が挙げられる。このため、訓練例として複数の曲が与えられる場合、曲同士のハーモナイズが似ていないとき、過

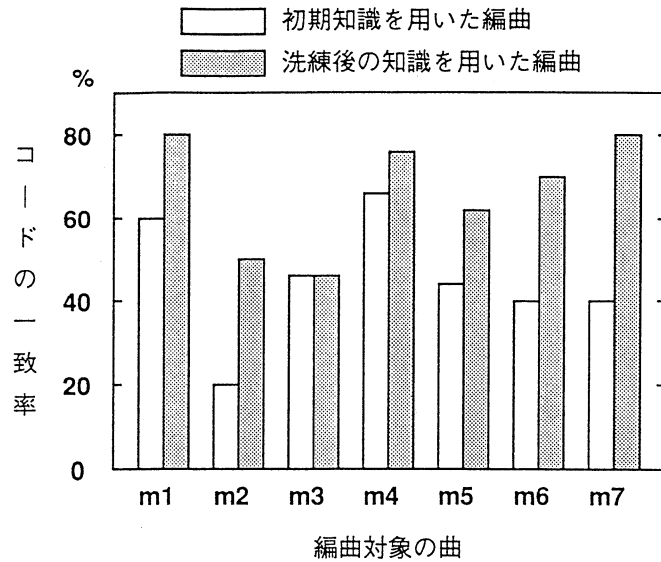


図 7: コードの一致率

度に一般化されたルールが学習されてしまう。過度に一般化されたルールが得られた場合、テスト例のハーモナイゼーションの際に、コードの選択ができなくなる場合があるばかりでなく、ハーモナイゼーションの結果が、簡単なコード付けに終わってしまうことも考えられる。さらに、バイアスに対するもっともらしい説明を多数用意しなければならない。

本論文で紹介した理論洗練技法を用いた学習では、エントロピーを用いたヒューリスティクスによって、訓練例を満たすように、一般化、特殊化の両方を行うことができる。これにより、過度に一般化されていない適切なルールを得ることが可能である。このルールを用いて編曲を適切に行なうことができる。

6 議論

6.1 作曲家に固有の理論

以上の実験では、ある 1 人の作曲家の曲のみを対象として実験を行い結果を得たが、この結果と同様なものが、他の作曲家の曲を対象としたときに得られるのかどうかは分らない。これは、作曲家によって似たような曲をたくさん作っている人とそうでない人がいるためである。心理実験により、似た感じの曲を集め、それについて学習実験を行なうといった工夫が必要であろう。結果の評価についても、一致率だけではなく、以上の考察に基づいた他の方法を編みだしていく必要がある。

作曲家に固有の理論は、コード進行以外にも存在するため、さらにメタなルールを領域知識として用意し理論洗練を施すことも考えられる。

6.2 ルールの表現能力

作曲家の作風を完全にルールの形で表現できるのであれば、理論洗練によって作風の完全な学習が可能である。しかし、完全にルールの形で表現できるとはいえないので、いろいろな作曲家それぞれについて、必ずしもいい結果が得られるとは限らない。より複雑な構造に対処するため、再帰的なサブルーチンを自動的に発見する手法 [9] を導入することなども検討している。

ニューラルネットワークのようにアナログ演算を導入すれば、適度の「ぼやかし」を入れることができ、結果が向上する可能性もある。しかし、「繰り返し」などの構造は、ルールの方が表現しやすい。次に述べる「種構造」を考える場合には、このことが重要になる。

6.3 結晶としての感性

本論文の最初において、多様な情報に基づき感性情報処理を行なうことを提案した。その場合、情報間を制約で処理することが普通であるが、制約は目的に応じて論理的に記述されるから、処理の結果に感性が感じられるとは考えにくい。

感性とはトップダウンに合目的的に形成されるのではなく、あたかも結晶が成長するように、環境に応じて自然に生成するものである。結晶がある程度の大きさになると注目を浴び、初めて論理的に評価され、流布されるのである。感性の結晶機構はまだ研究されていないが、創造性の研究において意外性を持った結果を得るための手法として、同じような観点から研究が行なわれている。

Finke らは、創造が生成段階 (generative phase) と調査段階 (exploratory phase) に分けられると論じている [10]。生成段階では創造の種構造 (preinventive structure) が形成され、調査段階では種構造を組み合わせることで創造物を得、その結果を評価する。したがって、情報の送り手の持つ種構造の種類が創造物の感性を決定づけ、受け手が共通の種を持った場合に感性が伝達するのではないかと考えられる。

種構造は情報の構造のあらゆるレベルに存在しうる。音楽の場合を考えると、ヒトは、自身や物体の「動き」や周囲の「状態」に応じて、多様な音体験を持ち、それが種構造になっている、それらへの連想が音楽に対する感性を決定づけるので、たとえごく一部でも、音楽の種構造を見つけていくことが重要となるであろう。

このような種構造の生成は、計算モデルで記述できるはずである。その記述は、構文的にはルール (規則) と同じ形かもしれないが、無矛盾でも完全でもなく、ただの構造なのであるから「ルール」とは呼べない。「構造生成器」とでも呼ぶしかないであろう。

参考文献

- [1] 雁屋哲, 花咲アキラ. 美味しんぼ, 第 33 巻. 小学館, 1992.
- [2] 沼尾正行. 学習しているのはコンピュータそれとも人間? — 機械学習から見た認知科学. 日本認知科学会第 10 回大会招待講演, 1993.
- [3] 山口幸志, 沼尾正行. 自動編曲システムにおけるコード進行の学習. 人工知能学会全国大会 (第 7 回) 論文集, 1993.
- [4] Gerhard Widmer. Using plausible explanations to bias empirical generalization in weak theory domains. *Machine Learning (EWSL-91)*, pp. 33–43, 1991.
- [5] S. Tangkitvanich and M. Shimura. Refining a relational theory with multiple faults in the concept and subconcept. In *Machine Learning: Proc. 9th International Workshop (ML92)*, pp. 436–444, 1992.
- [6] J. R. Quinlan. Learning logical definitions from relations. *Machine Learning*, Vol. 5, pp. 239–266, 1990.
- [7] 沼尾正行. 説明に基づく学習 — 領域固有の知識を用いたアプローチ —. 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 6, pp. 704–711, 1988.
- [8] 多田武彦. 多田武彦 男声合唱曲集 1. 音楽之友社, 1970.
- [9] ブンサームキッスィリクン, 沼尾正行, 志村正道. 弁別に基づく構成的帰納学習. 人工知能学会誌, Vol. 7, No. 6, pp. 1027–1037, 1992.
- [10] R. A. Finke, T. B. Ward, and S. M. Smith. *Creative Cognition*. The MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
- [11] 白井隆. 訓練例を用いた理論洗練の応用に関する研究. 東京工業大学工学部情報工学科修士論文, 1992.
- [12] 波多野諄余夫 (編). 認知科学選書 12/音楽と認知. 東京大学出版会, 1987.

感性の認知マップ作成

ワークショップ当日は、感性過程に迫る方法について、50名を超える参加者が議論を展開した。まず前半には、ワーキングペーパーまたはポジションノートを持ち寄った8名が、各自の研究の紹介と立場を表明することにより、感性へのアプローチについて提案を行なった。後半には、沼尾の司会のもとに、参加者全員の意見を統合する認知マップを作成した。図1および図2に示すマップは、このとき往住が板書した事項をまとめたものである。

参加者には、認知マップ作成前に以下のトピックが提示された。

「感性」なるものの計算的認知研究は、

1. どのような対象を扱えそうか。
2. どのようなアプローチがあり得るか。
3. どのような計算技法が使えるか。
4. どのような研究にすれば「感性」風か。

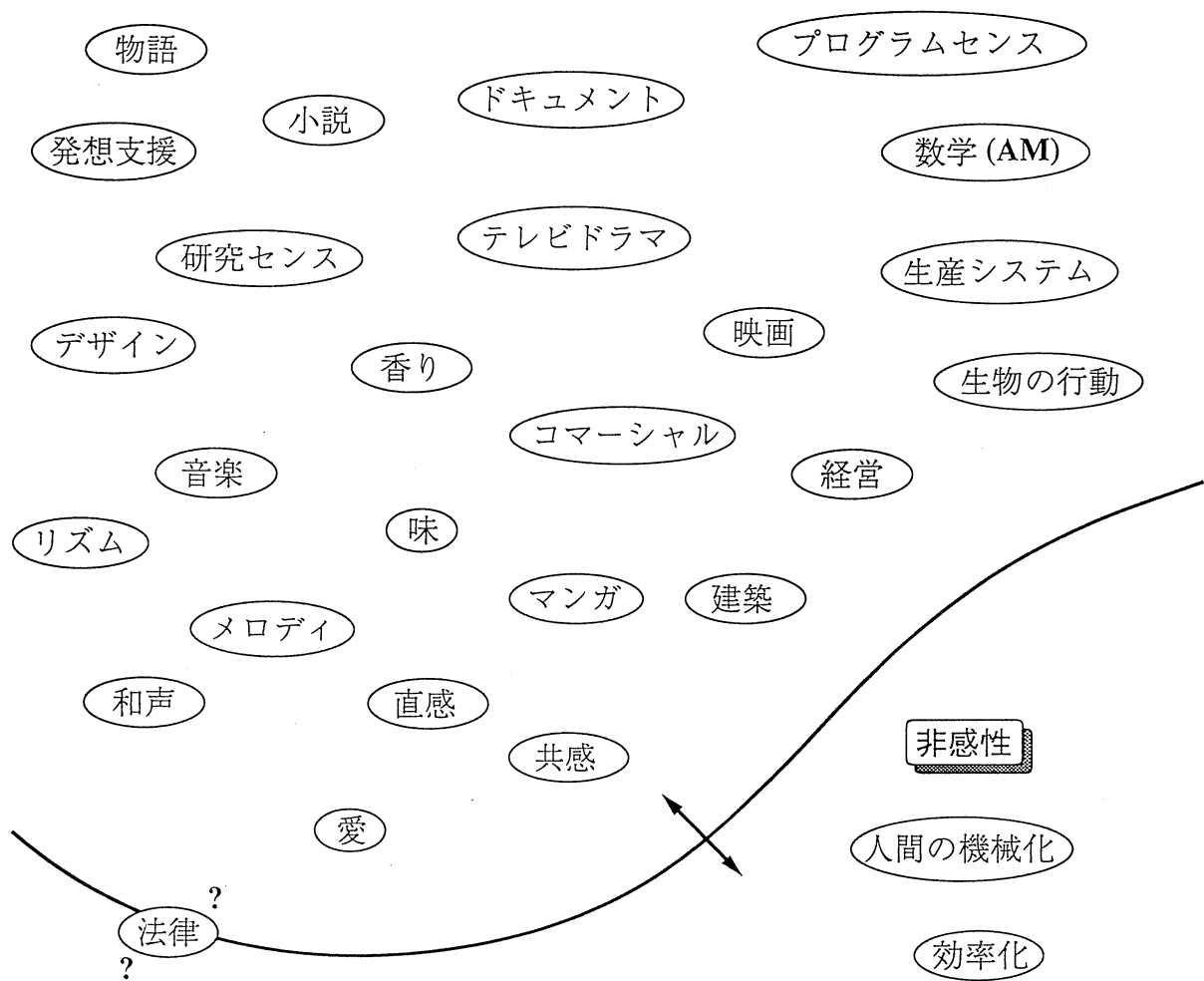
最初に、「感性」の計算的認知研究を行なうにあたっての、対象・素材について討論した。感性の対象はいくら挙げてもきりがなく、非感性なもの以外が感性の対象だという意見により、「人間の機械化」および「効率化」が非感性の対象として挙げられた。「法律」のように、どちらに分類すべきかが明確でないものもあった。

引き続いて、「なぜ感性を問題とするのか？」という問題提起に基づいて、メタマップを作成し、並行して感性へのアプローチについても討論した。これに関連して、「論理は感性を排除しようとしているが、適用時には必ず感性が関わってくる。」「知識、価値観、情動、理性の各レベルで異なる論理が働いている。」「感性や論理はより高次の概念である。」など、さまざまな意見が出た。

結局、この議論は明確な結論を得ないまま時間切れとなったが、感性ということばについて、参加者の持つイメージを広い範囲で捉えることができた。興味深いマップなので、未完成を承知で掲載する。

「感性」なるものの計算的認知研究

対象・素材



感性が入り込むと支障のある対象

個体の主観による変数を排除

図 1: 感性の研究対象・素材

メタマップ

なぜ感性を問題とするのか？

条件反射的感性観 vs 条件反射的視点

生理条件反射的レベル問題

言語情報 vs 感性情報

作り出す感性 vs 受け取る感性

創造
発想

作曲

演奏・聞く

感情 vs 感性

反応 vs 感性

感性

宗教

論理

アプローチ

感性言語の構造化

不まじめさ

非まじめさ

発達

論理…感性を排除

適用

感性との関わり

知識
価値観
情動
理性

各レベルで異なる論理が働いている

感性・論理は高次

図 2: 感性へのアプローチとメタマップ

付録 ワークショップ開催までの経過

「感性への計算的アプローチ」ワークショップの開催にかかわる作業は、ワークショップ企画の申請、準備に関しては往住彰文(東京工業大学)が、ワークショップ成果のテクニカル・レポートとしての編集、申請に関しては沼尾正行・大谷紀子(東京工業大学)が担当した。

以下に史料記録として、ワークショップ開催の審査申請、参加者への案内を附す。

1. ワークショップ開催プロポーザル

日本認知科学会第10回大会準備委員会 御中

ワークショップについて以下のように申し込みたく、ご審査ください。

題目：感性への計算的アプローチ

企画責任者：往住彰文(トコソミアキフミ)
東京工業大学 工学部 人文社会群

参加予定者

往住彰文(東京工業大学・工学部・人文社会群)

沼尾正行(東京工業大学・工学部・情報工学科)

小方孝(東京大学・先端科学技術研究センター)

原文雄(東京理科大学・理工学部・機械工学科)

概要：

およそ人間の心がなしうる最も複雑で高次の活動の所産のひとつに、‘感性’がある。文学や音楽などに、人間の認知システムが時に見いだす芸術的感興は、認知的活動の中でもっとも知識集約的で推論集約的なものの産物といえるだろう。

認知的機能の用語で云い替えると、知的・論理的過程に加えて、感情・評価・動機づけ・創造性などと呼ばれている諸過程を含んだ統合的な心的過程として感性を考えることができるのである。近年の認知科学における進展、とくに知識表現と推論技法の新展開によって、人間における感情・評価・創造性などの過程を、計算概念によって扱うことが可能となってきた。本ワークショップは、こうした状況を背景に、感性的認知過程を計算過程として表現するための新しいアイデアを提案し検討することを目的として企画された。

具体的に対象とするのは、物語テキスト、詩テキスト、音楽、人間の顔表情画像などで、いずれも知的、論理的、感情的、評価的、といわれるような認知活動を十分に喚起するものである。そして、これらの対象によって起動される認知過程を、体験記憶のインデキシング、メタ推論としての感情、大規模知識ベース、機械学習、帰納論理プログラミング、理論洗練、物語生成モデル、創造(発想)支援システム、感情の生成モデル、アクティヴ・ヒューマン・インターフェイス、といった計算的諸概念によって扱うことを提案する。

以上。

2. ワークショップ参加者への案内

日本認知科学会第10回大会

ワークショップ 感性への計算的アプローチのご案内

ワークショップへの参加ご希望ありがとうございます。認知科学会で初のワークショップということもあり、

りになるか、お知らせください。

ワークショップは、5月30日(日)9:40-12:30と3時間近くあります。そこで、これを前半と後半に2分します。

1. 研究具体例の紹介

前半ではある程度まとまった研究をお持ちの方に、内容の具体的な紹介をしていただく。時間は発表者の人数にもよりますが、10-15分程度。発表は研究発表とは違って研究の正当性の主張は前面に出さずに、認知モデルなり、計算モデルなり、の具体的でわかりやすい説明をめざす。あらかじめ、ワークショップの資料集のために、A4版2ページ以上のworking paperを準備しておく。

2. 感性の計算的認知研究の認知マップ

後半では、ワークショップ(作業場)というからには、共同で何かをつくらねばということで、「感性」なるものの計算的認知研究は

どのような対象をあつかえそうか

どのようなアプローチがあり得るか

どのような計算技法が使えるそうか

どのような研究にすれば「感性」風か

など、高級な議論から低級な議論までとり混ぜて、「感性の計算的認知研究の認知マップをつくる」ことを参加者全員の議論によっておこなう。事前に参加を表明している参加者は、自分の立場やアイデアをワークショップ資料集のためにA4版1ページ以上のposition noteとして準備しておく。

ワークショップの成果を形として残すために、資料集の印刷は重要だと考えていますが、参加者の参加形態ごとに分けると、

1. working paper と position note の両方を準備する参加者。(working paper だけというのは、なし)

2. position note をあらかじめ準備する参加者。

の2群の参加者は、各自A4版の所定(後で連絡します)の書式で自分で30部程度印刷し、当日の朝に、世話人が準備する表紙および目次とともにとじ合わせ、「感性への計算的アプローチ ワorkshop資料集」とする。なお、あらかじめ回覧することに意義があると思われるので5月20日までに世話人へ1部提出し、世話人は参加表明者へ配布する。

さらに当日の飛び入り参加者も考慮し、

3. 当日参加してから position note を書きたくなった参加者。の分と、上記1,2の参加者があらかじめ準備したものを改版したものを合わせ、認知科学会テクニカルレポートとして承認をもとめる(一応、審査があります)。受理されればテクニカルレポート「感性への計算的アプローチ」とする。受理されなければ「感性への計算的アプローチ ワorkshop論文集」とする。

参加形態としては、もちろん、

4. 参加するだけで、working paper も position note も書かない。もあり得ます。

ワークショップ後半での認知マップについては、もしうまくできたらその場でどのようにまとめるかを考えましょう。

以上がワークショップの運用案です。ぜひ、1. working paper + position note か、2. position note を準備してのご参加、をお願いしたいと思います。

以後のスケジュールは、

5月15日 working paper, position note の題目、著者名の締め切り。

5月20日 上記論文の回覧用原稿締め切り。

5月30日 当日．上記論文を各自印刷して持ち寄り，資料集とする．

6月15日 テクニカルレポート用原稿締め切り．

なお，どういう形で参加されるかだけは，なるべく早くお知らせください．

東京工業大学 工学部 人文社会群
往住彰文