

TM-0893, 0896

創造性はどこから来るか(1)(2)

岡 夏樹

July, 1990

©1990, ICOT

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191-5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

創造性はどこから来るか

DRAFT

(財)新世代コンピュータ技術開発機構

岡 夏 樹 oka@icot.jp

概 要

まず、創造的であるための必要条件を検討し、新しさの要因、非決定性の要因、意外性の要因、価値の要因、密度の要因の5つをあげる。つぎに、それらの条件を満たすために、システムはどのような機能を持つべきかについて考察する。つづいて、創造的に見えるいくつかの既存のシステムを以上の観点で分析する。さいごに、洗濯機を例にして、創造的なシステムづくりに向けての研究構想について述べる。

1 はじめに

岩波国語辞典によると、「創造」とは、「人まねでなく、新しいものを自分から作り出すこと」となっている。(他の国語辞典も、ほぼ同様である。)また、「創造」の反意語は「模倣」であるとされる。

しかし、創造的なシステムをつくらうとする立場からは、このような国語辞典的な定義だけでは、不十分なことは、明らかである。たとえば、単語列をランダムに生成するプログラムが創造的であるとは、普通は言わない。本論文では、創造的なシステムをつくら

うとする立場から、創造性はどこから来るかを分析する。

創造的という言葉は、人間のいろいろな行為に対して使われる。たとえば、科学的発見、問題解決、設計、作曲、演奏、絵を描く、小説(フィクション、ノンフィクション)を書く、などである。同じく創造的という言葉を使っても、これらの間には、いくつかの違いがあると思われるが、我々は、これらの行為を個別に扱うのではなく、全体として共通するものの中に創造性の本質をみつけていこうと考えている。

創造は、その準備・整理段階(発想のときにアクセス可能なように知識を持たせておく)、無意識的な熟成段階、発想段階(思い付く)、発想後の意識的な検証段階(発想したものの妥当性を検証する)などの各段階から成ると言われることが多い(たとえば[6])が、本論文では、これらのうち、主に発想の段階について述べる。

2 創造的であるための必要条件

先ほどの国語辞典の定義から出発しよう。「創造」とは、「人まねでなく、新しいもの

を自分から作り出すこと」であった。

「新しいものを」は多義的であるが、ここでは、「今までになかったもの、あるいは、今までとは違ったものを」の意味であると考えられる。我々は、再発見も創造的であると言ってよいと考える。すると、創造的なシステムをつくる立場からは、「今までになかったものを」の代わりに、「今までシステムが知らなかったものを」と言う方がよいことになる。

なお、「新しさ」には、システム設計者にとっての新しさや、システム観察者にとっての新しさもあるが、ここでは考えない。

「人まねでなく、自分から」は、あいまいな言い方であるが、作り出し方に関する制約を表しており、[6]にも指摘されているように、「非決定的な選択を伴って」の意味であると考えられる。

以上をまとめると、創造的であるための必要条件として、つぎの2つがあげられたことになる。

- 新しさの要因 (今までシステムが知らなかったものを作り出す)
- 非決定性の要因 (非決定的な選択を伴って、作り出す)

これら2つの条件は、どちらも欠かすことはできない。たとえば、6の9乗を初めて計算したからといって、創造的であると普通は言わない。この場合新しさの要因は満たしているが、非決定性の要因は満たしていない。また、知らなかったものを作り出せないとしたら、創造的であるとは言わないだろう。

これら2つの条件で十分であるというわけではない。たとえば、初めて緑色の花を見た人が、「緑だ。緑色の花だ」と叫んだとしても、その発話が創造的であるとは言わないだろうが、上の2条件は満たしているように思える。創造的であるというためには、作り出されたものに意外性、あるいは、無意識のうちに捕らわれていた枠や視点を越えた感じが必要ではないと思う。すなわち、つぎの条件が必要である。

- 意外性の要因 (ある文脈で通常は思い付かない知識や見方を使って作り出す)

さらに、前節にも述べたように、たとえば、単語列をランダムに生成するプログラムが創造的であるとは、普通は言わないことから考えると、システムが創造的であると言えるためには、つぎの条件も必要であることがわかる。

- 価値の要因 (価値のあるものを作り出す)
- 密度の要因 (ある程度の密度で価値のあるものを作り出す)

たとえば、問題解決の文脈と芸術の文脈では価値の基準が異なると考えられるが、そうしたいろいろのものを含めて、ここでは「価値」と呼んでいる。

作り出したものの「新しさ」および「価値」と、「密度」とは、相反する性質を持つ(すなわち、新しくかつ価値のあるものほど密度は低い)が、ここでの要求は、たとえば

人間程度の密度で価値のあるものを作り出すことである。

以上5つの要因は互いに重なりあっているところもあると思われるが、本論文の内容に対しては、その重なりは、本質的な問題とはならないので、それらを分離してとりだそうとする試みは、ここでは行なわない。

3 創造的なシステムの持つべき機能

本節では、前節の5つの必要条件(新しさの要因、非決定性の要因、意外性の要因、価値の要因、密度の要因)を満たすために、システムはどのような機能を持つべきかについて考察する。

3.1 新しさの要因

この条件を満たすためには、つぎのようないくつかの方法が考えられる。

- 「多くの」選択肢からの選択、選択の「組み合わせ」

選ばれるものは用意されたものであるとはいっても、「多くの」選択肢の中から選ぶならば、その文脈でそれを選ぶことは「新しい」ことでありうる。さらに、いくつかの選択を組み合わせるとすると、その組み合わせが「新しい」ことがありうる。また、パラメータ調整もこの意味で、調整結果が「新しい」ことがありうる。

- 推論や学習の「積み重ね」

学習して得た知識をつぎの段階で材料として使ったり、制約として使ったり、方略として使ったりすることは、初めに与えておいた知識と最終的に得られる知識との関係が、しだいに間接的になっていくという意味で「新しい」ものを作り出すと言ってよい。サブシステム間の相互作用で知識を段階的に積み重ねて作り出していく(たとえば[1])のも、この一例である。

- 環境に有る情報の利用

環境との間にセンサ(とエフェクタ)を用意しておけば、環境を観察(環境で実験)することにより、環境には有るがシステム内には記述されていなかった、あるいは、記述できなかった(すなわち、「新しい」)情報を利用できる可能性がある。後で論じる、銅谷らの運動パターンを形成するシステム[3]は、環境に有る情報の利用の典型例である。また、環境に有る情報の変換を行なうことも考えられる。たとえば、風景をもとにして絵を描いたり、作曲したりする、音楽をもとにして絵を描く、などである。

3.2 非決定性の要因

この条件を満たすためには、つぎのようないくつかの方法が考えられる。

- 「ランダム」に選ぶ

並列論理型言語の非決定性を利用することもできる。

- 無意識レベルの処理の導入

無意識レベルの処理 (たとえば [1, 2]) は、システムの意識レベルから見ると、非決定的に見えるはずである。

3.3 意外性の要因

我々は、人間の行なり問題解決・推論を意識レベルの処理と無意識レベルの処理の循環的な相互作用として、モデル化することを試みている [1, 2] が、この見方によると、無意識レベルの処理により、活性化された知識だけが、意識レベルからアクセスできる。このことにより、通常は効率の良い意識レベルの処理が実現されているのであるが、逆にこれが創造の障害ともなっていることになる。ある文脈で通常は活性化されない知識を使って作り出されたものを見ると、意外だと思って感心したり、新たな視点に驚いたりし、また、無意識のうちにある枠 (制約、見方、表現形式など) のもとで思考していたことに、そのとき初めて気付くのである。

システムを作るうえでは、意外な知識や見方に、いかにして気付かせるかが問題となる。つぎのようないくつかの方法が考えられる。

- 多くの知識を持たせる

専用システムでなく、ある程度汎用のシステムであれば、ある問題に対して使うであろうと予想した範囲外の知識を使うことがありうるし、類推を行なえる可能性も増える。また、初めに与えた (生得) 知識の違い、これまでの環

境 (学習して得た知識) の違いが「個性」となって、何を作り出すかに影響する。

- 環境に有る情報をきっかけにする

環境のある状況そのもの、また、それと連想関係、共起関係、想起関係にある知識を利用する。たとえば、アルキメデスが、複雑な形状の物体の体積の計り方を、入浴時の水位の上昇をきっかけに発見したことは、この典型例である。

- 他の問題に関する思考をきっかけにする

- 創造的な思考のための「方略」に従う

極端な値を考える、視点を交える、目的を交える、類推、などいろいろな方略が知られている。

- 全解探索

候補を全部調べれば、その中には、意外なものが含まれている可能性がある。このためには、時間的余裕や、制約をはずす (失敗を許す) ことが必要である。

3.4 価値の要因および密度の要因

明示的な「制約」、「優先度」、「ヒューリスティクス」や、暗黙的な「制約」、「優先度」、「連想関係」、「共起関係」を利用して、効率的に絞り込むことにより、ある程度の密度で価値のあるものを作り出す。

「価値評価」の能力は、システムの作り出すものを、価値の高いものに初めから十分絞り込めるときや、人が介入してやってもよければ、不可欠ではないが、初めから絞り込む

のは通常困難であるし、システムを自立的にしてシミュレーションを容易にするために、あった方がよい。

4 創造的に見えるシステムの分析

4.1 銅谷らの運動パターンを形成するシステム

銅谷らのシステム [3] は、図1に示すような、2つの関節をもったロボットで、システムの目標は、速く進める歩行パターンを形成することである。各関節の角度を独立に設定することができ、また、前進距離はロータリエンコーダで入力される。システムは、標準歩き、跳び歩き、這い歩き、転がり歩きなど種々の歩き方のパターンを自己形成した。

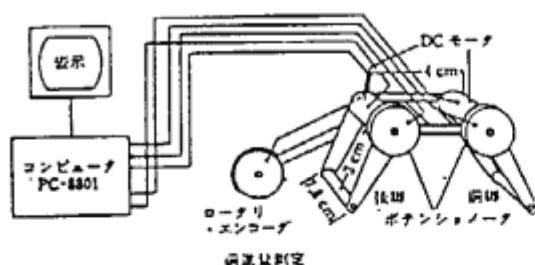


図1

• 新しさの要因

設計者は、ロボット自身やそれが置かれる環境の物理系の記述は行なわなかった。システムが実世界で実験と観察を繰り返すことにより、物理系のもつ情報を利用した。

組み合わせや積み重ねによる高次の情報の生成は行なわない。

• 非決定性の要因

関節の角度の設定の空間において、「ランダムに」山登りさせることにより、前進距離の大きい歩行パターンを形成する。また、関節の角度の設定の仕方の初期値設定は、「ランダムに」行なわれることもある。

• 意外性の要因

このロボットは、観察者の予想外の進み方(たとえば転がり歩き)を形成するため、創造的に見える。ところが、ロボットのパターン形成の実行のレベルで考えてみると、特に予想外のことは、していない(単に山登りしているだけ)。つまり、実際は創造的ではないが、創造的に見える。これは、ロボットの記述レベルと観察者の記述レベルの違いが原因の一種の錯覚と言えるだろう。

• 価値の要因、密度の要因

評価基準(前進距離)が簡単なため、自動化が簡単にできた。

つぎのように、制約をうまく与えておくことにより、歩行パターンの形成に成功した。

- 2姿勢の繰り返しに限る
- 山登りの刻み幅の設定
- 初期値を適切に与える

4.2 AM, EURISKO

AM, EURISKO(たとえば [5]) は、初めに与えられた概念、オペレータ、ヒューリスティクスを使って、初等数学の概念(たとえば、素数)などを作り出すシステムである。

- 新しさの要因

環境(初等数学の世界)で、実験(概念の例をつくる)－観察(例を調べて帰納的に推論)を行なう。また、獲得した概念やオペレータを使って次々に新しい概念を生み出していく。ヒューリスティクスの発見や知識表現の変更も行なう。

- 非決定性の要因、意外性の要因

- 価値の要因、密度の要因

評価基準は、数学的な美しさを反映するように与えた。

つぎのように、制約がうまく与えられたことにより、十分な密度で興味ある概念が得られた。

- － 初期概念、オペレータ、ヒューリスティクスを適切に与えた。
- － 知識表現が適切であった。すなわち、Lisp と初等数学の概念との対応がつきやすく、興味ある概念の濃度が高かった。また、興味がある概念の部分的な概念が興味があるように見えた。
- － 評価基準に基づいて最良優先探索により、面白そうな概念から探す。

4.3 BACON

BACON(たとえば [4]) は、数値データを要約する定量的経験則を発見するシステムである。あまり創造的には見えない。

- 新しさの要因

データの探索と法則の探索を行なう。また、高次の規則性の発見をすることができる。

- 非決定性の要因、意外性の要因

- 価値の要因、密度の要因

探索する法則空間を与えることにより、制約している。たとえば、 $y=ax+b$ の形の x - y 間の経験則を探す(定数 a, b を求める)。ビーム探索による山登りを行なう。

5 創造的なシステムづくりに向けて

システム例として洗濯機をとりあげると、どのような研究の見通しがあるかを現在検討中である。研究の目的はもちろん、洗濯機を創造的にすることではなく、学習・創造に関する人工知能の基礎的な問題について検討することである。

洗濯システムが創造的であると言えるのは、たとえば、つぎのようなときであろう。

- 洗濯槽の回転を使って洗えるかもしれないことに気がつく。
- 洗濯開始時に、洗い方を決めてしまう方式でなく、洗濯が始まってから、そ

の応答により、動的に洗い方を変えていく方式がありうることに気がつく。

- 羽根の回転の on/off 制御が、回転の立ち上がりカーブの設定にも使えることに気がつく。
- 音楽を奏でられることに気がつく。
- 給水しながら、すすぐ方式に気がつく。
- 米を研ぐことができるかもしれないと気がつく¹。

洗濯システムを例にすることの利点はつぎの通りである。

- センサとエフェクタを持ち、適度に限られた現実の「環境」の中で実験と観察を繰り返しながら、より良い洗濯の手順を学習していく。たとえば、各操作の働きは、あらかじめ書き尽くすことはできない。また、人間の教師との言語レベルの相互作用を、さらに付け加えてもよい。
- 意識レベル(記号のレベル)と無意識レベル(センサの信号などのレベル)の相互作用による推論や学習の積み重ね。

たとえば、典型的な洗濯手順のプログラムを与えておき、それをもとに改良していくことが、可能であると予想される。このとき、変更可能な個所と変更可能な候補をどの程度絞っておくかにより、いろいろな難しさの問題を設定して、検討を進める予定である。洗濯機の操作の意味の有るひとまとまり(抽

象化)(たとえば“すすぎ”)を学習し、つぎに、その抽象的なレベルで学習をするといった興味深い課題も存在する。

参考文献

- [4] Langley, P., Zytkow, J. M., Simon, H. A. and Bradshaw, G. L., The Search for Regularity: Four Aspects of Scientific Discovery, in R. S. Michalski, J. G. Carbonell and T. M. Mitchell (eds.), *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach, Vol. II*, Morgan Kaufmann, pp. 425-469, 1986.
- [5] Lenat, D. B. and Brown J. S., Why AM and EURISKO Appear to Work, *Artificial Intelligence* 23, pp. 269-294, 1984.
- [6] Sternberg, R. J. (ed.), *The Nature of Creativity: Contemporary Psychological Perspectives*, Cambridge University Press, 1988.
- [1] 岡 夏樹, 意識処理と無意識処理の循環構造について, 人工知能学会 ヒューマンインタフェースと認知モデル研究会資料, SIG-HICG-8804-7, pp. 61-70, 1989.
- [2] 岡 夏樹, 帰納的学習の認知モデル: 意識処理/無意識処理の観点から, 日本認知科学会第6回大会発表論文集, pp. 104-105, 1989.
- [3] 銅谷賢治, 中野 馨, 運動のパターンを学習的に形成するシステム, 計測自動制御学会第9回知識工学シンポジウム, 1985.

¹この発想は松原さんによる