

TM-0933

外界とは何か
—知能を持つためにはどのような外界との
相互作用が必要か—

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

外界とは何か — 知能を持つためにはどのような外界との相互作用が必要か

岡 夏 樹

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構 oka@icot.or.jp

概 要

まず、1) 外界とは何であるのか; 2) 知能を持つとはどういうことか — について考察する。つぎに、これに基づいて、「計算機の中の外界」だけとの相互作用でも計算機はある程度の知能を持ちうることを予想する。

は、知能の要件ではないとする。むしろ、ある程度複雑な環境の中で、何らかの目的を持って、うまく対処していけるのが知能を持つことであるとする。

このように考えると、問題をつぎのように言い換えるべきであろう。「計算機の中の外界」だけとの相互作用により、計算機は知能のどのような側面をどの程度持ちうるか。

1 準備

機械が知能を持つためには外界との相互作用が必要か? これについて論じるためには、まず、外界とは何か、知能を持つとはどういうことか、を明らかにすることから始めなければならない。

1.1 外界とは何か

普通、外界と言って思い浮かべるのは、システムの外側の物理的世界であり、典型的には感覚器官と手足を持ったロボットにとっての外界を想像するだろう。しかし、このような人間にとっての外界に似たものだけを外界と呼ぶのは適当ではないと思う。キーボードとディスプレイを持った計算機は、それを通じて外界(この場合は人)と接していると言ってよいと考えるし、さらに、以下のような「計算機の中の外界」を考えることもできる。

計算機の外の実世界のシミュレータを計算機内に作った場合は、そのシミュレータはそれにアクセスするシステムにとっての外界であると言ってよいだろう。さらにシミュレータに限らず一般的に、計算機内のあるサブシステムにとって、他のサブシステムは外界であると言ってよいと思う。また、システムがシステム自身を観察するならば、それもそのシステムにとっての外界のひとつと言えるだろう。

本論文では、「計算機の中の外界」だけとの相互作用を持つ計算機は知能を持ちうるか — を論じることにする。

1.2 知能を持つとはどういうことか

人間と似た感覚器を持つことや、人間の使うような言語を持つことや、人間にとって理解できる¹こと

¹ソクラテスの論[3]は、人間にとって理解することが困難であった。

2 考察

2.1 人間と外界とのさまざまな相互作用

人間と外界(他の人間も含む)とのさまざまな相互作用を以下に列挙する。

- 実験と観察により、または観察により、外界の情報を取り入れる。外界の記号情報の解釈・それを使った推論・記憶、外界のパターン情報の認識(結果は記号情報となる)(見方により認識結果は変わる)、パターン情報のままでの意識レベルでの処理、パターン情報のままでの無意識レベルでの処理、などが行なわれる。
- 外界に今ある情報をそのまま利用し、内部記憶の負荷を軽減する。
- 外界の情報と関連する内部情報が選択的に使われる。
- 外界は、通常は意識されない背景情報を持つ。
- 外界と協調して問題解決する。

ここで、問題をさらに次のように言い換える。1) 「計算機の中の外界」だけで、上記のうちどのような相互作用を実現できるか; 2) その限られた相互作用で、計算機はどの程度の知能を持ちうるか。

2.2 「計算機の中の外界」との間に、どのような相互作用が実現できるか

「計算機の中の外界」は、現在の技術水準で実現可能なシステムであるとしよう。厳密な分類ではないが、代表的には、記号計算に基づくシステム(たとえばルールベースシステム)、数値計算に基づくシステム(たとえばシミュレータ)、データに基づくシステム(たとえば事例を大量に貯えたデータベース)、ニューロ計算に基づくシステムが考えられる。

たとえば、自然言語により相互作用できる人間のような外界や、(物理的側面に限ったとしても)実世界を正確にシミュレートする外界は(現状では)作れない。

これに対し、実際に計算可能なアルゴリズムを持つ外界や、記憶容量が許す程度の有限の例から成る外界は、計算機の中に作ることができる。このような作成可能な外界であっても、ある程度以上複雑にすることにより、1) 外界のアルゴリズムを容易には推測できないようにできる; 2) いろいろな見方をさける²情報を提供できる; 3) いろいろな状況と、通常は意識されない背景情報を提供できる と私は考える。

2.3 限られた相互作用で、どの程度の知能を持ちうるか

外界が比較的単純であるときは、それと相互作用するシステムは、おそらく、かえって簡単な方が有利であり、高いレベルの知能は持たないだろう。

これに対して、ある程度以上複雑な外界を作ると、前節の最後にあげた性質を満たすことができたとしても、それと相互作用するシステムは、現在の人工知能研究における主要な問題のうちのいくつかに直面することになり、したがって、それに対処できるだけの知能を持つ可能性があると考えられる。それらの問題とは、いかにして状況に依存した処理をするか、文脈と関連した情報だけをいかに取り出して効率良く処理をするか、いろいろな見方のうち適当なものをいかに選ぶか、いかにして見方を変えるか、結果だけを与えられてそれを明示的に説明する規則をいかに構成するか、などである。

そのようなある程度複雑な外界との相互作用は、システムがある程度の知能を持つための必要条件であると考えられるが、もちろん十分条件ではない。つまり、外界と相互作用するシステムの側は何でもいいということではない。たとえば、仮にそのような外界を記号計算に基づいて作ることができたとしても、そのことが、その外界と相互作用する知的なシステムを記号計算に基づいて作ることができることを意味するわけではない。

なお、自然言語により対話可能な外界が現状では計算機内に作れないのであるから、自然言語による対話ができるシステムを計算機内だけで学習によってつくるのは困難であることが予想される³。

² いろいろな見方をあらかじめ書いておく必要はない。

³ 最初に自然言語を学習するシステムは、キーボードを通じて人を外界として持つシステムであるかもしれない。

2.4 「計算機の中の外界」と相互作用するシステムの例

Lenat の AM([1]) は、外界を自ら計算機内に作り出しつつ、その外界に対して実験と観察を行なうシステムである と私は見なす。AM は、与えられた集合理論の概念(静的構造とオペレーション)とヒューリスティクスを使って、新しい概念(たとえば自然数や素数)や推測(たとえばド・モルガンの法則や、素数への因数分解の一意性)を作り出した。獲得した(または与えられた)概念を使って次々に外界(新しい概念)を生み出し、外界に対して実験(概念の例をつくること)と観察(その例を調べて帰納的に推論すること)を行なう ー と見ることができる。ただし、探索が爆発せず自動的にうまくいくのは、与えておいた知識表現形式や初期概念が適切で、しかも、与えた初期概念に適したヒューリスティクスが有効に働く間だけであり、システムの動作の進行にともない状況が変わると、人間の介入か、知識表現の変更やヒューリスティクスの変更が必要なが指摘されている。EURISKO([2]) は、ヒューリスティクスの発見や知識表現の変更も行なう。

AM の外界は、次の点でよくできていると思う。1) AM は外界を自ら複雑化していく; 2) 外界は記号列を出力するだけであるが、これをパターンとしているいろいろな見方で解釈することができる。したがって、システム自体が十分知的であるとは言えない(動作の成功がうまく設計に強く依存していたり、人間の介入を要したりする)のは、外界の不十分さでなく、外界に対するシステムの方の不十分さが原因であると考えられる。システムを改良するには、意識レベルの処理と無意識レベルの処理の複合的なモデル[4]を構成するのにも有望な方法の一つであると思う[5]。

参考文献

- [1] Davis, R. and Lenat, D., *Knowledge-Based Systems in Artificial Intelligence*, McGraw-Hill, 1981.
- [2] Lenat, D. B., EURISKO: A Program That Learns New Heuristics and Domain Concepts; The Nature of Heuristics III: Program Design and Results, *Artificial Intelligence* 21, pp. 61-98, 1983.
- [3] Lem, S., *SOLARIS*, 1961. (ソラリスの嵐のもとに, 飯田規和訳, 早川書房, 1977.)
- [4] Oka, N., Circular Structure of Conscious Level Processing and Unconscious Level Processing, *ICOT Technical Report TR-504*, Institute for New Generation Computer Technology, 1989.
- [5] 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, 1990.