

TM-0940

環境への埋め込みと情報の流れ

橋田 浩

July, 1990

© 1990, ICOT

ICOT

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

(03)3456-3191 ~ 5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

環境への埋め込みと情報の流れ*

橋田 浩

(財) 新世代コンピュータ技術開発機構

hasida@icot.or.jp

1 序論

知能における環境の役割を特に重視する立場として、たとえばギブソン流の認知科学 [5] があり、そこでは、認知主体が「直接知覚」している外界の不変性と、それに対する認知主体の「直接的反応パターン」などが論じられる。しかし、認知主体そのものの設計原理に関しては、低レベルの視覚などの研究にとどまっており、記号的表象の処理を含む抽象的なレベルは扱われていない。一方、移動ロボットに関する最近の研究でも、表象を必ずしも介在させずに、行為を通じてロボットを環境に埋め込むという方法が採られており、とりわけ、R. Brooks [1, 2] の垂直型アーキテクチャ (vertical architecture) は、環境への埋め込みに対応する設計原理についての具体的な提案として評価できる。しかしこのアーキテクチャは、言語などに関する抽象度の高い情報の処理にも適用できるほど一般的なものではない。

以下では、認知システムの環境への埋め込みとはいかなることかを、システムの構成原理の観点から論じ、情報処理のさらに抽象的な側面との関係を明らかにする。

2 情報の流れ

認知システムの一般的設計原理として、次のようなものが考えられる。

(A) 多様な文脈に応じた多様な情報処理を実現せよ。

この要請は、情報の部分性 (partiality of information) に対処する必要から生ずる。情報の部分性とは、認知主体がその行為や生存に関係する情報を部分的にしか参照できないということである。特に、関係のある情報のうちのどの部分がさしあたって参照可能であるか (つまり文脈) が前以て特定できないほど多様であり、それに応じて、生起すべき情報の流れのパターンの多様性も莫大なものとなる。しかも、環境または表象から得られる情報は、ノイズや不確実性を含むものであるから、参照可能な情報の分布は信頼度によって重み付けされており、それによって文脈の多様性、従って情報伝播のパターンの多様性は非常に莫大なものとなる。

またその際、次のような要請をも同時に満足しなければならない。

(B) より直接的で信頼性の高い情報を優先的に処理せよ。

認知のアーキテクチャという観点から見て、ここで重要なのは、情報の流れが常に一定の経路を通るのではなく、得られた情報に応じて様々な経路を通ることができる、ということである。不確実な情報を用いた多段階の情報処理によって不確実性をさらに増すよりも、より確実な情報だけを用いた単純な処理の方が有用な結果を生むことが多いから、たとえば、信頼できる情報がほんのわずかしき得られないような状況に効率的に対処するには、非常に短い経路を通る (場合に

*本稿は、情報処理学会 人工知能研究会 夏のシンポジウム (1990 年 7 月 12~14 日) にて発表された。

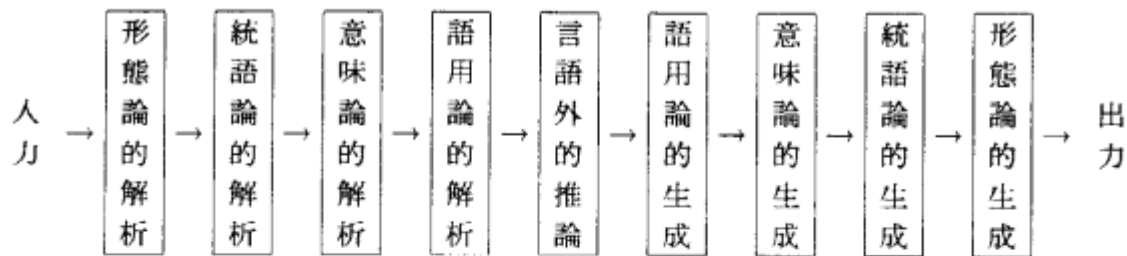


図 1: 手続きによる自然言語処理

よっては心的表象の介在しない¹⁾ 処理が可能でなければならない。従って、認知システムの様々なモジュールは、階層 (hierarchy) ではなくヘテラルキー (heterarchy) をなすように結合されるべきである。つまり、どのモジュールも他のモジュールによる処理結果に一方的に従属するのではなく、モジュール同士が互いに相補的な関係に立たなければならない。

多様で可逆な情報の流れを含む自然言語のような領域においてこれらの原理を適用すると、制約 (constraints) に基づくアプローチ [3, 4] が導かれる。まず、手続きに基づく従来の自然言語処理システムは、典型的には図 1 のような構造を持つものであった。日本語の場合、まず入力文字列を単語に分割してそれらを文節にまとめ、次に文節の間の係り受けを調べ、それが終わってから意味的な整合性のチェックを行ない、その後で常識などを使って一般的な推論を行ない、次にその推論に基づいて、解析のときとは逆順に処理を進めて文を生成する、という方法である。このようなアーキテクチャは、図中の矢印に沿った手続きの系列の上に情報の流れを限定してしまうため、(A) も (B) も満たさない。しかも、手続きによってこれらの原理を満たそうとすると、システム全体のモジュラリティが失われてしまう。即ち、実現すべき情報の流れが上述のようにあまりにも多様であり、手続きによって事前に限定しておくことは不可能である。これに対し、制約に基づく自然言語処理システムは、図 2 のようなヘテラルキー型の構造を持つ。ここ



図 2: 制約による自然言語処理

では、異なる制約の間での情報の流れが限定されておらず、また、各々の制約のモジュールの処理が入出力に直結され得るため、上記の原理が満足される。

3 環境への埋め込み

行為を通して AI システムを環境に埋め込むというアプローチは、上記の一般原理、特に (B) から導かれる。つまり、認知主体は環境に適応すべきものであるから、認知主体にとって最も信頼性の高い情報はしばしば環境そのもののの中にあり、それを参照するには環境に働きかける行為

¹⁾ 本稿においては「情報」という言葉を、身体性まで含むような、広い意味で用いている。

にすることが望ましい。また、可能な限りシステム内部での孤立した情報処理を避け、環境において統合された情報を直接利用の方がよい。無論、環境の中に直接表現されていない抽象的な情報を扱う場合には、表象の操作が必要となる。

さらに、(B) を移動ロボットの設計に適用すると、垂直型アーキテクチャが得られる。まず、伝統的な移動ロボットの構成は図3のようなものであった。このアーキテクチャは、図1と同様、

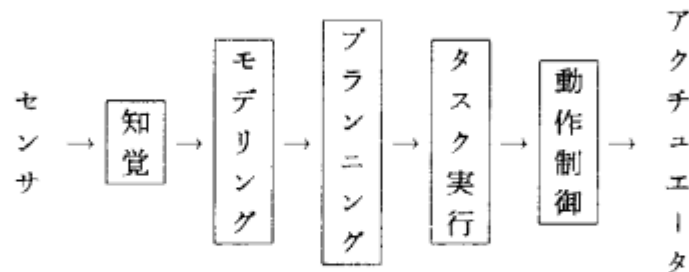


図3: 水平型ロボット

情報伝播のパターンを過度に限定しており、原理(A)、(B)を満足しない。ロボットは信頼性の高い情報を素早く利用することができないため、極めて効率が悪く、また脆弱なものとなる。これに対して Brooks が提唱しているのは、図4のような、ヘテラルキー型のアーキテクチャである。

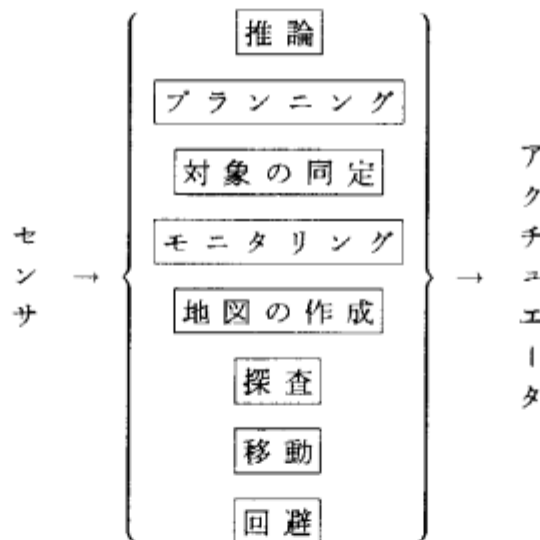


図4: 垂直型ロボット

Brooks のロボットは従来のロボットを大きく上回る機動性と頑健性を持ち、この成功は、われわれの一般原理の妥当性を例証する。ここでは、図2と同じく、各モジュールが環境と直結していることによって、要請(B)を満足するような情報伝播の制御が可能となっている。これにより、不確実な情報を逐一処理するのではなく、より信頼性の高い情報だけを利用することができる。ただし、図4の下の方では、各モジュール内部での情報の流れが必要に応じて限定されており、モジュール間の情報伝達もわずかである。因みに、Brooks は同図の上の方のモジュール群も同様と見なしているようだが、情報の抽象度に応じて(A)を考慮すれば、その部分はむしろ図2に近いと考えるべきである。

4 結論

認知のアーキテクチャは、環境への直接的埋め込みの部分も、抽象的な表象の操作の部分も、同一の一般的な設計原理に基づいて構成できる。両者の差は、情報の抽象度の違いによる原理 (A) と (B) の比重の違いに帰着される。

参考文献

- [1] Brooks, R. (1986) 'A Robust Layered Control System For A Mobile Robot,' *IEEE Journal of Robotics and Automation*, vol. RA-2, no. 1, pp. 14-23.
- [2] Brooks, R. (1988) *Intelligence without Representation*, MIT AI Lab. technical report. (邦訳: 柴田 正良 (1990) 「表象なしの知能」, 現代思想, vol. 18-3, pp. 85-105.)
- [3] 橋田 浩一 (1989) 「制約と言語」, コンピュータ・ソフトウェア, vol. 6, no. 4, pp. 16-29.
- [4] Hasida, K. (1990) 'A Constraint-Based Approach to Linguistic Performance,' to appear in *Proceedings of COLING'90*.
- [5] 佐伯 胖, 佐々木 正人 編 (1990) アクティブ・マインド — 人間は動きのなかで考える, 東京大学出版会.