

人間的な意思決定の構造について

酒井 義郎*・Gholamreza Langari**

Some Ideas for Human-like Decision-Making Mechanism

Yoshiro SAKAI and Gholamreza Langari

Abstract

In order to implement a decision-making mechanism in an intelligent system, a logical reasoning structure is usually supposed to play the major role. So far, this fashion was successful in the sense that it fits the computer programming. But for a human-oriented man-machine interface, it is required to incorporate intuitive human ways in determining what action to take for adjustment, and it leads to more flexible responses. Here in this paper, discussed are knowledge and rule structures together with the concept of context as basic structures to deal with learning and reasoning behind decision-making.

1. はじめに

種々のエキスパートシステムや、さらに高度な知識を蓄え、学習をすることでより高度な機能を実現しようとする AI システムにおいて、中枢をなす部分は知識や規則の適用ならびに推論を行う機構である。従来、殊にそういったコンピュータシステム自体で独立に自動システムの管理を行うような状況下においては、プログラミング上の簡便さや導入上の容易さからコンピュータ向きの手法として、人間の判断機構やその特性は無視された形の実現されつつある。本来エキスパートシステムや人工知能なるものは人間の持つ熟練や知能をコンピュータで実現するためのものであるが、上述のように、コンピュータに熟練や知能を移植するに当たっては次のような考え方が先行してしまっている。すなわち、コンピュータにはコンピュータの特性があるのであるから、機能的に同等な（ある特定

の任務を遂行するコンピュータに要求する機能として）ものが形成されれば、決して人間に備わっている構造に似せる必要はないという発想であり、これはまた、コンピュータの利用に慣れ切ってしまった現在、案外無意識のうちに適用されてしまっていることが多い。人間に似せる必要はないという発想は、工学上ないし技術上、一面では当然のことであり、またこの点は一面的にはむしろ積極的に利用されなければならない点でもあるが、これが一人歩きしてしまうと大きな不都合や矛盾が生じる。熟練や知識など基本的には人間のそれらを取り入れ活用するためのシステムにおいて、知識の翻訳は出来るだけ適確でなければならないし、また、一般に適用される場所の数学的論理には融通性に欠ける面がある（すなわち、構文的過ぎる、日常の論理と必ずしも一致しない面がある（解釈の問題、帰納的論理の問題）、真か偽かの世界である、など）。さらに、こうした発想の欠点は言語的過ぎ、また数値的過ぎるという点である。言語的過ぎるということの意味は次のようである。生じている状態や状況を説明するには、言語ではまさしく言葉が足りず、視覚的理解に相当するようなパターン的なもの（あるいはイメージ）の必要性が強く感じられる。また、数値的過ぎる

* 生産機械工学科

** Graduate Student, Department of Mechanical Engineering, University of California CA94720, U.S.A.

という面の代表的な部分は、数値的評価に頼り過ぎる嫌いがあるという点である。例えば、論理における命題の成立の可能性に対する $[0, 1]$ による数値的評価などがそれである。

本稿においては、これらの点について配慮しながら、意思決定の背景にあるべき機構として一つの発想について述べる。

2. 意思決定機構のレベルについて

人間の場合主として視覚的情報に基づいて状態や状況判断を行なっているという点にも大いに関係していることであるが、状態・状況に関する情報は2次元的、3次元的拡がりを持っており、言語的には表現しにくい部分が多い。工学上の問題としては、現象その他を表現するものとして、術語がある。術語は参考書などにおいてその意味や、また現象を示す用語であればその発生機構についても詳細を知る機会があり、状況などがその一語の中に十分反映されているケースもある。しかしこの場合、一般論としてはそれで十分だが、具体的な状況を説明するには足りない面がある。

例1. 表面あらさ

例2. びびり

これらの術語は切削加工においては基本的なものであり、一般論としては加工状態の理解に非常に役立つものである。しかし、具体的に現状を説明するに際して表面あらさが粗い、びびりが大きいなどの表現は、例えこれらに付加的な説明を加えたとしても十分といえないケースが多い。この例のように、加工などの場合は特に状況が個々の工作機械に大きく依存するため、その特定の工作機械について過去において体験した(殊に特徴的な)いくつかのパターンとして捉えると状況が理解しやすい。すなわち、言語表現としての“びびり”や“表面あらさ”は過去における(状態を観察したことのある)いくつかの代表的な視覚的記憶によって構成される一種のイメージが“びびり”などの用語(単語、句、文)の背景にあるものと想定する。

2.1 概念、術語、コンテキスト

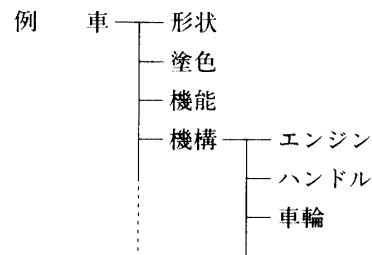
視覚的イメージの問題を議論するには、概念、術語(単語、句、文)、コンテキストの定義が与えられている必要がある。

概念： 有限個ないし高々可算無限個の属性によって規定される対象

術語： 単語ないしは句によって表現される専門的対象

コンテキスト： 対象を特定する上で必要な、おかれた状況について勘案するためのフィルタ的機能

上で定義したように概念はいくつかの属性から成る。それら属性はまた同時に概念であり得る。このように考えると、概念は属性の階層構造として表現されるものであるといえる。次に、一例を挙げる。



この例においては、車が概念であり、その右に車の属性が連なっている。車(自動車)を一つの術語として捉えると、この場合、乗物としての一つの概念が車という語によって言語的に表現されているものである。したがって、概念の把握という手続き(概念形成)においては“車”という語は必要としない。むしろ、個々の属性をイメージ的に表現し、有機的に結合して得られる全体として、概念自体は捉えられるものであるというのが、本稿での主張である。車の例を用いてさらにコンテキストの問題について触れると、

車を運転している。

車が走っている。

車(の中)に(私が)いる。

車を修理している。

という具合に車を使って種々の表現が可能となる。同じ車であっても、用いられる述部によって、その意味するところは当然ながら大きく異なり、述部によって状況や状態が設定される。

切削加工においては、上の車の例のように一つの概念が述語と結び付いて、多種多様のコンテキストを生成することはない。例えば、極端なものの一つとしては“切削加工”はそれだけで一つのコンテキストであり、“切削加工が行なわれ(てい)る”という状況を暗黙のうちに表現している場合がある。この例のように術語はその語の用いられ方が狭く限定されているため、述語が省略されても暗黙の了解がなされる。もう一つ別の例を示せば、

びびりが発生している。

のうち、“発生している”はびびりの存在を意味し、“発生していない”でびびりの発生を否定するものとすれば、有、無に1, 0を対応させることによって

びびり (0, 1)

と書けるが、さらに暗黙の了解として(状況、状態を表現する場合において)びびりが生じていなければ“びびり”という語は用いないのであるから、“びびり”という術語が用いられること自体がすでに()内の値が1であることを意味している。このように、“びびり”はすでに一つのコンテキストであり、述部としてその程度を表現する語を置くことでさらに細かく状況、状態が規定されるものと考えることができる。

例 切りくず(長さ)が長い(短い)

摩耗(量)が大きい(小さい)

表面あらさが粗い

びびりが大きい

以上のように、少なくとも加工状態制御に関しては、

概念の有機的組合せ=コンテキスト

であるといえる。さらに、述語としての“長い”、“大きい”、“粗い”などは、主語が何であるか、また置かれた状況がどんなものであるかに依存して決まる内容を示しており、それらが決定されない限り、これらの概念は“空”の内容を示しているといえる。

2.2 知識の運用

システムが、与えられた状況に対し、取るべき対応はその目標が何であるかに依存する。加工において監視システムに与えられる目標は、

目標=正常な加工状態の維持

であり、このために取り得る手段として²⁾、

加工の続行(加工条件の変更なし)

加工条件の修正

緊急停止

という三つが考えられる。これら三つのカテゴリのうち、下へいくにつれて優先順位が高くなることはいうまでもないが、これらはいずれも上記の目標を達成するために必要な手段と考えられるもののすべてである。したがって、監視システムとしては、いちいち目標について検討する必要はなく、三つのカテゴリのうち、いずれを採用すべきかについて直接検討すればよい。

例えば、現出している加工状態を観察して即緊急停止の手段を採る状況を想定すれば、目標は暗黙のうちに了解され、表立って考慮されないのであることが容易に理解できる。これは加工を行っているというコンテキストの中で自動的に設定される目標であるため、この目標自体がこのコンテキストの中で積極的な意味を持たないからである。同様な例として、“高速は危険だ”という知識は常識として誰しも持ち合わせているが、このような知識は通常使用される加工条件の領域に反映されており、特殊なことをしようと試みない限り表面に現われてこないものである。上記の目標と常識の例は、コンテキストによって何らかの形でそれらの情報が肩代わりされていることを意味している。前節の術語の例も含めて、暗黙の了解は案外よく採用されていることであり、この点について注目することは実用上重要な意味を持っている。興味深い例が文献3)に引用されているので、ここでさらに引用すると、

もし私がカリフォルニアに行くことがあれば、私はヨットを始める。

もし私が犯罪を犯しサンクエンティンの監獄に服役するなら、私はカリフォルニアに行く。

もし私が犯罪を犯しサンクエンティンの監獄に服役するなら、私はヨットを始める。

という推論である。この例はわかりやすい内容であるので、誤りに気付くのは容易だが、演繹的には正しくても置かれたコンテキストの中では誤りであるような結論を導びく恐れがある点には留意しなければならない。

このような議論に基づいて、Fig.1のような図式が出来上がる。第1のレベルでは全くコンテキストに依存する形で適切な対応が得られる。第3のレベルでは逆に分析が主体となり、第2のレベルでは第1および第3のレベルの中間的な状況となっている。分析を行なう状況下では、コンテキストが限定されないため、適当な目標が活性化され、その下に適用可能なルールの探索が行なわれる。

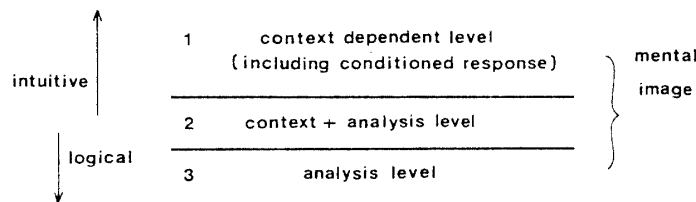


Fig.1 Levels of knowledge

図1のような意味で分析は補助的な役割を果すものであったり、確立されたカテゴリー的な扱いが可能でない場合の代用的なものである。わかりやすい例としては、次のものがある。

1) $100 \times 100 = 10^4$ (パターン化されたもの)

2) $93 \times 95 \rightarrow 10^4$

この場合、 $93 \approx 100$, $95 \approx 100$ という近似の成立が吟味される。

3) 172×38 i) $\rightarrow (100 + 70) \times 40 = 6800$

2)と同様数値の近似が行なわれると同時に、より扱いやすい形に変形される。この意味で2)より深い分析が行なわれたといえる。

ii) \rightarrow 直接的な演算による

この場合が最も深い分析といえる。この例からも明らかのように、1)から3)へと下るにしたがって、“考える”部分が多くなる。このため、図1における“なるべく浅い”レベルでの検討が優先的に採用される。

次に常識は適用可能なルールが存在しないときに採用されるという意味で、常識の適用は一種の分析であるといえる。AIなどで適用される常識とは次のようなものであると考える。

i) ある事柄について直接的な説明がつかない場合でも何らかの結論(決定)を引き出すことを可能にする。

ii) (i)の意味で)最終的に適用される手続きである。

iii) 常識のうちのあるものは、数学、物理学など科学的に説明が付けられる。

iv) 一般によく知られた知識である。

v) 適用される分野に制限はない。

vi) 緊急事態に適用されることがある。

常識の例

1) 高速(高回転)は危険である。

(iii), iv), v), vi)を満す.)

2) 調整を施した結果状態がより悪くなったら、調整すべき値を逆の方向に向けて再調整する。

(i), iii), iv), v), vi)を満す.)

また、常識と専門的知識との境界は定かでない面がある。

これらの知識を用いた推論には次の四つのカテゴリが存在する。

1. コンテキスト依存の探索
2. 類推による推論
3. 演繹的推論
4. 帰納的推論

3. おわりに

本稿においては、実際にコンピュータプログラムとしてどのように組み込むかという点については議論しなかった。これに関しては知識表現や推論機構を具体的にどのような形で導入すべきかという問題がからむ。この問題については、メンタルイメージの問題を含めて、現在検討中である。

なお、本稿は筆者のうち酒井がカリフォルニア大学に4.5ヵ月間滞在中に、同大学機械工学科大学院生(博士課程)G.Langariと議論した内容の基本的な部分について取り敢えずまとめたものである。参考文献²⁾、⁴⁾として示したようなそれぞれの背景を基本として、より高度かつ柔軟な加工制御システムを目指して検討しつつある。筆者らが議論する機会を与えていただき貴重なご助言を賜ったカリフォルニア大学・富塚誠義教授、ならびに同教授を紹介していただくとともに自ら貴重なご助言を賜った同大学・Lotfi A.Zadeh教授に厚くお礼申し上げます。日頃貴重なご示唆を賜り、今回のZadeh教授の下への滞在についてお骨折り下さった大阪工業大学・浅居喜代治教授に衷心よりお礼申し上げます。また、文部省短期在外研究員として同大学に滞在したことを明記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 酒井：人間-機械インタフェースにおける概念と感覚の問題について、第32回システムと制御研究発表講演会(1988)
- 2) Sakai, Y., and Ohkusa, K., "A Fuzzy Controller in Turning Process Automation," Industrial Applications of Fuzzy Control, Sugeno, M., Ed., North-Holland (1985)
- 3) 坂原茂：日常言語の推論，東京大学出版会，P.98, (1986)
- 4) Langari, G., and Tomizuka, M., "Fuzzy Linguistic Control of Arc Welding," ASME Winter Annual Meeting, Chicago, IL, November (1988)
(昭和63年10月15日受理)