

第2回 知的化ゼミ

赤塚 森 横田

1999.5.24

1 知的化の構造

知的人工物は賢い必要がある。すなわち、変化する環境に対し適切な応答を行い、学習しさらに高度な対応を行う必要がある。このため、知的化は必然的に構造化されると言える。つまり、知的性質自体が複数の知的モジュールから実現され、その構造は重層的・分岐的・階層的構造になると言える。



図 1: 重層構造

1.1 重層構造

環境が複雑になればなるほど、環境からの入力も多岐にわたり、ひとつのモジュールでは機敏に反応できなくなる。そこで、重層構造では各入力に対し各モジュールが個別に、選択的に反応する。この方法は集中的要素（基幹となる部分）がないため信頼性が高く、電子型の知的要素以外にも導入できる。例えば、自動車を運転中に急に人が飛び出してきたとする。このとき「ブレーキ」「ハンドル」「クラクション」という反応が個別に、選択的に反応すると言える（図1）。



図 2: 分岐構造

1.2 分岐構造

分岐構造は、重層構造に似ているが個別に反応するのではなく、基幹となる部分が存在し、その部分が各モジュールに命令を行うことで集中的に各モジュールを制御している。例えば、自動販売機の硬貨の選別を考えてみる。まずはじめに集中的知識が硬貨の種別を判断し、その種別ごとに各硬貨モジュールに処理をゆだね、各硬貨モジュールが本物か偽物かの判断や、枚数のカウントを行うことになる（図2）。

1.3 階層構造

階層構造は、最も重要な構造で、知的性質は故障したり機能を十分に果たせなかったりすることが考えられる。このような場合にも、当初の目的をできるだけ維持するために、多段的な構造を組むことが必要だ



図 3: 階層構造

表 1: 知的化の戦略

何型知的人工物	先天的知識	学習能力	特徴
限定型	多	無	即効性があるが対応できる環境が決まっている
学習能力付き	多	補助的	限定型を利用者がパラメータの細部を調整できるようにしたもの
学習型	少	多	長い学習期間を必要とするが、どのような環境にも対応できる可能性がある
成長型	多	多	限定された環境では即効性があり、それを越えても徐々に学習により対応できるようになる

からである。例えば、航空機を考えてみる。突風により進路を変えられた場合、第1段階としては進路を元に戻すような自動パイロットが働く。自動パイロットでの補正ができないようであれば、進路自体を見直す第2段階として突風の空域を避ける機構が働く。それでも目的地に到達できないようであれば、第3段階として近くの空港を探索し緊急着陸計画を行う(図3)。このように、段階ごとに目標を設定し、各段階で最善を尽くすが、もし問題がある場合はより根元的な階層にレベルを下げてゆくの、階層構造である。この構造では、どのタイミングで段階を切り替えるかと、各段階での目標の設定が必要であるが、前者は機能不全になると救援信号を次の段階に発するなどで、後者は状況の悪化によって、より重要な目的のみをめざすことで、実現することができる。

2 知的化の戦略

知的人工物が知的であるためには、何らかの仕組みで自己のパラメータを環境に合わせて変化させる必要がある。このパラメータを変化させる方法をどのようにして与えるか、つまりどのように知識を獲得させるかが、知的人工物の設計の際に非常に重要になってくる。知識の獲得の方法には、大きく分けて以下の2つがある。

- 先天的技法:人工物に最初からすべての知識を埋め込む方法である。
- 後天的技法:学習メカニズムのみを与え、実際の知識は学習によって獲得。

人間等の生物は、すべての知識を先天的に与えることはできない。これは、数億年も続く環境をすべて把握し、先天的に与えることが不可能だからである。しかし、人工物において、すべての知識を先天的に与

えることが悪いことではない。例えば、コップなどのように用途が決まっているものでは、環境が大きく変わることは考えなくても良い。したがって、せいぜい百度くらいまでの温度に対応できるように先天的に埋め込めばよい。また、後天的技法では学習の進んでいない最初の内は使いものにならないといえる。これは人間にも言えることである。

つまり、先天的技法はあらかじめ環境変化が予測でき、それに対処する知識も存在しているときにはきわめて有効な手法であり、また後天的技法は、環境変化がきわめて大きく、予測が困難でそれに対処する知識も明示的には記述できない場合に有効である。

これらをふまえて、表1に知的化の戦略をまとめた。限定型知的人工物は、環境スペクトルが狭い場合の人工物に望ましく、例えば色の変わるサングラスなどが上げられる。学習能力付き知的人工物は、同じく環境スペクトルが狭い場合の人工物であるが、その分解能を高くしたい場合に望ましいといえ、例えば冷暖房器具などが上げられる。成長型知的人工物は、環境スペクトルが広い場合の最適な人工物で、理想的な知的人工物と言え、例えばサッカーをするロボット¹などが上げられる。なお、学習型知的人工物は、長い教育が必要となるため、人工物には向いていない。

3 知的化の実線戦略

知的化とはインターフェースの高度化であることから人工物の知的化とは、人工物の機能性能に今までの操作者、管理者の代わりとなる知的インターフェースを組み込むこととであるといえる。

人工物の知的化インターフェースとは人間を含む環境の変化や要求を汲み取り、コアとしての人工物のパ

¹ここでは初期知識として、定石とも言える行動を入力し、後は学習により成長するものを指す。もちろん、そうでないもの(学習しにくいもの、全く学習しないもの)もある

ラメータを調整，人工物の効用を最大化するものである．

知的化インターフェースの種類

知的化インターフェースの種類には図 4 に示すように，次の 2 つ挙げられる．

1. 個別に設計された 専用知的化インターフェース
2. 一般的に使用が可能な部分 汎用知的インターフェースと，人工物に個別に必要な部分 専用化プラグとに分けたもの

汎用知的化インターフェースは一般的に使用が可能なものであり，利用者の意図，命令，あるいは環境が持つ状態をセンスし，利用者の利益を考慮して専用化プラグに命令を送るものである．一方，専用化プラグは人工物別に専用に設計したものが必要で，コンピュータにおけるドライバに相当する．

ところで，これら知的インターフェースは機能，性能などの人工物の核（コア部分）は異なるものである．それは例えば高層ビルにおける機能と，それを助ける横揺れ防止装置のような関係にある．

ところが，知的インターフェース部分とコア部分が一体化した場合もある．それはコンピュータの知的化である．

コンピュータの知的化

コンピュータはインターフェースの高度化から考えると，必ずしも知的な機械ではない．なぜなら，コンピュータの動作は人間が完璧に準備したものであり，コンピュータという人工物のインターフェースに合わせて初めて達成できる機能だからである．

コンピュータの知的化へのアプローチは次の 2 つがある．

- 専用の知的インターフェースを組み込むこと
知的なコンピュータが，そうでないコンピュータのインターフェースとなる．
- コア部分そのものが知的になるように変更
こうすると全体が知的コンピュータになる．

しかし，両者共に結局はコンピュータは全体が知的コンピュータになるということを示している．コンピュータの基本機能は単純な知的作業であり，知能の軸と機能の軸の切り分けができないのである．

以上をまとめてみると

- 人工物の知的化
知的インターフェースを人工物と環境の間に介在させること

- コンピュータの知的化

全体が知的コンピュータになること

コンピュータの知的化はコンピュータ自体を取り込むことであり，つまり 全体が徐々に知的化する他ないのである．

4 知的コンピュータの知能

コンピュータを，知的かどうか考え直してみる．コンピュータの動作は単なるプログラムの実行である，とするとコンピュータは全く知的ではない．しかし，プログラムにより，柔軟な機能が実現できると考えると，知的機械であるといえる．しかし，一般にはコンピュータは知的機械である，とはいわれない．それは人工物を取り巻く環境との相互作用，コンピュータは利用者の寛大なる理解無しには動かないということを考えて解る．

ここで，学習機能，知識，判断機能など「考える」と似た振る舞いをする新しい知的機械を知的コンピュータ」と呼ぶことにする．つまりこれは，環境に対する汎用的な知的インターフェースを有する．

そうすると，この機械は「汎用知的インターフェースとして用いることができる．そして専用化プラグは知的コンピュータと人工物をつなぐもの，ドライバのようなものである．

人工知能と知的コンピュータの比較

人工知能は人間の知能を機械で実現することである．一方，知的コンピュータは汎用知的インターフェースとなる新しいコンピュータとして用いることができる．

そうすると，「問題解決のできる機械」そしては先の 2 つは同じであるといえるが，解決すべき問題の範囲が前者では人間同様の振る舞える範囲，と大きく，後者では対応すべき環境がせまく問題範囲が小さいといった点で異なる．

人工物の知的化

ここで現時点における人工物の知的化について考えてみる．今の段階での人工物の知的化は「人工物そのものが人間のように創造性や感情を持ち，あらゆる環境において新しい何かを生み出す」といったものではない！人工物と，その利用という限定された環境において人間特有の知的振る舞いのできる能力を人工物に付加する」ことである．

そして，人工物のおかれる環境は本来の人工物と比べて多様化している今，工学的手法では手におえ

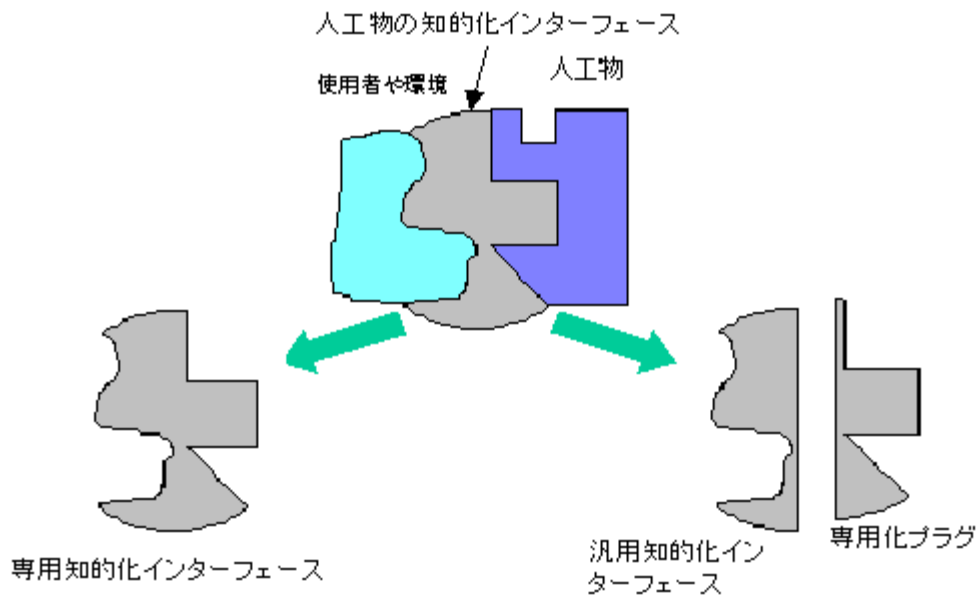


図 4: Implementation of intelligence

ないそれを経済的に効率よく対応できる新しい技術」を実現することが、知的コンピュータ研究のねらいである。

知的化の影響

ところで、注目すべきことがある。それはコンピュータの知的化の考え方は人工物本来の設計方式にも大きな影響を与えることである。

設計者は知的化インターフェースさえ守れば専用化プラグの開発は容易になった。これにより高度な知能を持つ人工物の設計を系統的にすすめることが可能になった。これは設計者にとって人工物本来の機能、性能に能力を注ぐことが可能になったことを指す。そうすると人工物の発展につながる事となる。

実際の知的化インターフェース

実際の知的コンピュータは図 5 に示す様になる。知識の表現など、人工物設計者とのインターフェース処理機構と利用者・環境インターフェース処理機構を備え、それらを上手くつなぐための知識の表現、与えられる知識や常識のアクセス・管理機構利用者空の要求分析機構、環境分析機構、情報収集機構、意味理解機構、判断機構、学習機構など要素的にはいわゆる人工知能と呼ばれるものに類似した構成となる。詳細については研究の発展に合わせて逐次報告することとしたい。

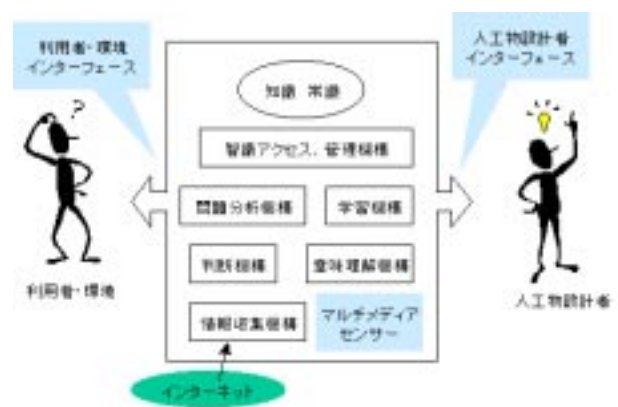


図 5: Logical Structure of an intelligent computer

5 知的性質の損失と知的化メカニズムの信頼性

図 6 に示すのは、知能が人工物の付加的機能である場合の例で、冷暖房装置のオート機能（温度自動調整機能）は、喪失されても手動で ON/OFF を行うことで、冷暖房装置の本来の機能は維持できる。しかし、図 7 に示すような場合、知能は人工物のインタフェースとしてすでに喪失されてはいけなくなっている。パソコンは、もはや Windows などの OS を喪失すると使用不可能になる人工物となってしまっているのである。

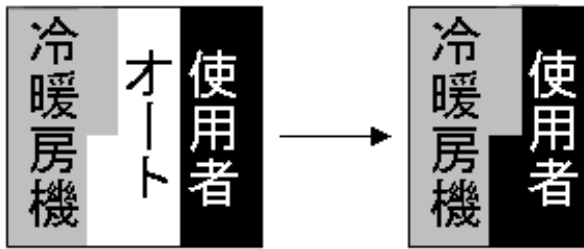


図 6: 知能は人工物の付加的な要素

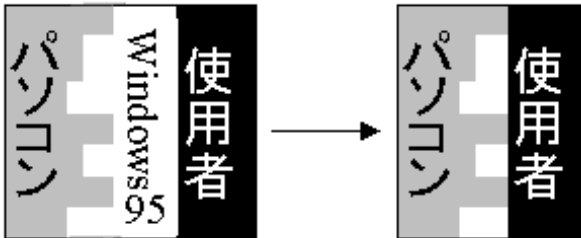


図 7: 知能が喪失されると困る場合

6 おわりに

知的人工物とは、例えるならシステムと、そのシステムに精通した技術者をセットで販売するようなもので、操作の非常に複雑な人工物と、その操作を行う、もしくは通常の使用に耐えられる次元まで操作を補助する知能をセットにしたものであるといえる。このような考え方は実は、先に述べたコンピュータとOSの関係ではすでに数十年前から実現されている。これまでOSが知的人工物の知能であると明確にとらえられたことはなかったが、これからOSはますます知的化の方向を進むと考えられ、我々はコンピュータとOSの関係を再考することで多くのヒントを得られるものと考えられる。