

# 人工知能の可能性

## ヒト、知性とは何か

水谷 正大

大東文化大学 mizutani@ic.daito.ac.jp

2014 Oct.4

# 目次

ヒトの知性の理解の困難さ

情報科学における知識と課題

知的に挙動する機械

問題の解決

ゲーム探索とその困難

AI の未来

## ヒトの知性の理解の困難さ

ヒトには**知性**：intelligence（または**知識**：knowledge）があり、さまざまな問題を解決することができる。が、どのようにして知性が獲得・形成され、その内部がどんな仕組みによって実現されているのかについては、まだよく分かっていない。

### 意識把握の困難性

ヒトは自らの心（思考）の内部で進行している過程（**意識**）の多くを「**言語化**」することができない。このためにヒトが行うのと同じ事を機械に行わせることはたいへん困難となる（Why?）。

### 情報技術を使った人間作業の代替

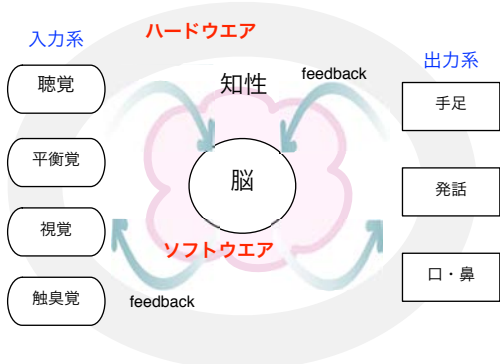
ヒトの脳内の過程とは異なる言語化され非知性的手段（アルゴリズム）を考案して、ヒトと同等（劣った or 優れた）処理を実現している。

**例**【空を飛ぶ】鳥と同じような仕組み（羽で羽ばたく）を使わずに、ジェット機・ロケットとして飛んでしまう技術を開発。

## 知性の存在形式

人の**知性の獲得過程**や**知性表現**のために、外界刺激の**認知機能**（視覚、聴覚、触覚、温覚、平衡覚など）とその伝達系、および**作用機能**（採食、発話、移動、保持・加工）と統合機能が必要である。

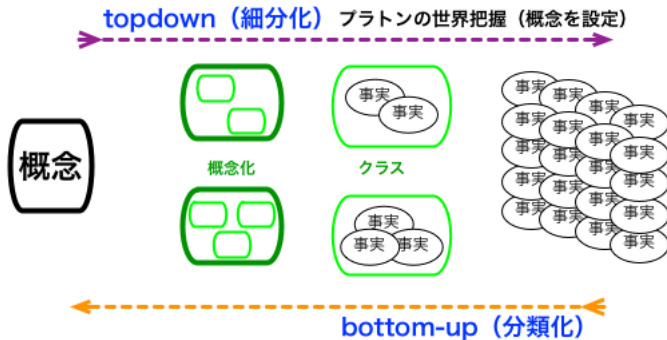
人の持つ知性系によって、物事を認識・理解することによって知識となる。一方、知識がなければ物事に認識はできない。**知識と認識は相補的關係**にあり、不可分である。



機械で模倣できるか？

## 情報科学における知識

- **事実** ( fact ): それを観測した人によって認知されたもの
- **( 事実に的 ) 知識** ( knowledge ): 事実が多くの人によって共有された状態
- 知識は**学習** ( learning ) によって増加し、**推論** ( inference ) によって拡大する
- 知識には抽象化プロセスにより一般化 ( 事実が類似性でまとめられ**分類**、**概念**へと至る**体系化** ) される2つの方向性あり



## 情報科学の課題 (1)

知識の蓄積による抽象化はどのようになされて体系化されるのかを明らかにし、これを人工知能として自動化（自己運動化）すること。

知識の獲得・形成と体系化における bottom-up と top-down の2つの方法性をもたらす立場がもたらす課題

### 事実的知識

収集した世界の事柄を事実的知識の集合として分類整理し、アクセス可能性を追求する（Google 的知識像）。

- 全文検索を実現（覚えることからの解放？、知識の不要か？）
- 個別知識へのアクセス可能性は、体系的知識の形成と獲得を必ずしも結果しない。

課題 1：Web 検索の利用は学習や知能の向上に結びつかないという多くの指摘（と事実）がある。どうなのだろう？

## 情報科学の課題 (2)

言語の文生成の機構のメタモデルから個別の言語現象を説明して、メタモデルを検証する Chomsky の生成文法理論 (1958 年) 数学定理の自動証明

### 推論的知識

多数の知識・事実を生じさせる機構を探求し、これをモデル化して事実・知識を説明する。

- 公理系と演繹規則をどのように構成するか
- 推論の本質は**試行錯誤** (try and error) である。ゲームの規則を与えられたとき、勝つに至る推論過程を選び出す
- 人間の経験知識：**heuristic** (風が吹けば桶屋が儲かる) を取り入れて効率的な推論を達成する (**エキスパートシステム**)

**課題 2**：記号論理的方法で世界は把握可能なのだろうか？ヒトの経験知識を言語化することの困難さがある (知識の列挙困難さや関連性の低い因果関係を拡大化する可能性)。

## 知的に挙動する機械

### Turing テスト

COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE(A.Turing, 1950) で提案された、機械と人間を区別するための判定試験。人とモノが離れていて、人がモノに質問してその返事から人か機械かを当てる。このテストは擬人性を試すもので、「知性」があるかを試験するものでないという批判がある (iOS の Siri は味わい深い反応を返す)。

### 人工知能 (Artificial Intelligence)

機械が動作するとき、**あたかも人 (の知性) が作用して物事の処理をおこなっている**と思わせる機械能力。

現在のところ、**機械による問題解決能力**としての人工知能研究があり、人生の悩みや意味を考える機械能力にまで研究は及んでいない。

**問い**：いつか機械は人になり得るのだろうか。そのとき、人である意味はどうなるのだろうか。[参考] **人は人工知能と恋することができるのか**







## 問題の例 (3)

### Missionaries and Cannibals (MC) 問題

一方の川岸に  $n$  人の Missionaries と  $n$  人の Cannibals(B) がいる。  
 $m$  人乗り ( $m \leq 2n$ ) のボート  $B$  を 1 艘だけを使って対岸に渡りたい。

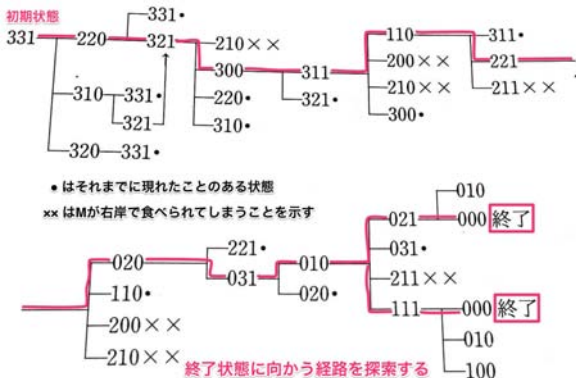
**ゲームのルール** : 川の両岸とボート上では、Cannibal の数が Missionary の数より多くなると Missionary は食べられてしまう (同数なら大丈夫)。Missionary が食べられることなく  $2n$  人全員が川を渡り切るにはどうすればよいか？

#### ゲームの設定例

- $n = 1$  : 1 人の M と 1 人の C が一艘のボート
- $n = 2$  : 2 人の M と 2 人の C が一艘のボート
- $n = 3$  : 3 人の M と 3 人の C が一艘のボート
- $n = 4$  : 4 人の M と 4 人の C が一艘のボート

## ゲームの探索木 (MC 問題 $n = 3$ 人の場合)

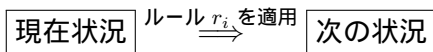
左岸の M, C, B 数を  $[m\ c\ b]$  で、右岸の様子を  $(m\ c\ b)$  で表すと、初期状態は  $[3\ 3\ 1](0\ 0\ 0)$ 。M と C がボートに一人ずつ乗って右岸にわたると  $\rightarrow [2\ 2\ 0](1\ 1\ 1)$  へと変化。左岸の状況さえわかれば右岸もわかるので、状況変化は  $[3\ 3\ 1] \rightarrow [2\ 2\ 0]$  で表される。



「知識と推論」長尾真 (岩波書店 1988 年、図 3.7)

## ゲームをするということ

ゲームには**ルール** ( rules )  $r_1, r_2, \dots, r_n$  が与えられている。ルールのどれかを適用するとゲーム**状況が変化** ( 遷移 ) する。



1. 初期状態から始める
2. 現在状況に適用可能なルール群の全てを適用して、複数の「次の状況」を生成する ( 可能な試行錯誤をすべて試す )
3. ゴール状況を含む**ゲーム木**を生成する
4. 生成されたゲーム木において、ゴールに至る経路を効率よく組織的に**グラフ探索**する
5. ゴールに至る経路を発見した「者」がゲームを制する

## 機械にゲームをさせる困難さ

ゲーム木の生成では先読みしながら「有利」となる経路を探索するのだが、**組み合わせ的爆発**が生じる。各ゲーム状況でつねに  $n$  個のルールが適用可能なら、 $m$  手先のゲーム状況は  $n^m$  個ある。

- $n = 3$  のとき  $m = 10$  手先読みは  $3^{10} = 59049$  通り
- $n = 4$  のとき  $m = 10$  手先読みは  $4^{10} = 1048576$  通り
- $n = 5$  のとき  $m = 10$  手先読みは  $5^{10} = 9765625$  通り

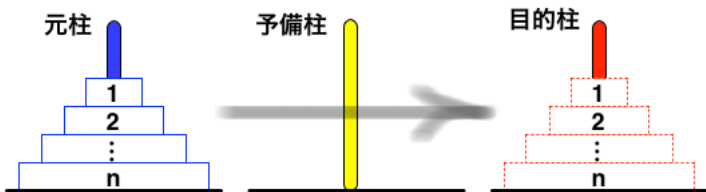
のように、爆発的に場合の数が増加していく。**ルールの数が多いと、十分な数の機械的先読みは事実上困難**になる。

ゲームソフトウェアでは、heuristic な知識を活用するなど、探索木の刈り込みを行っている。

現在のコンピュータ将棋システムでは 700 台のコンピュータをクラスター化して最速 2.7 億 [手/sec] 読めるという (2013 年)。将棋の 1 状況での合法手の平均は約 80 手だそうだ。10 手番読むと、 $80^{10} = 1073$  京 7418 兆 2400 局面 (最速コンピュータ将棋で 1260 年かかる)。これらの局面への経路はほとんどが悪手で、刈り込む必要がある。棋士が先読みする際には、ソフトウェアにおける刈り込み方 (たとえば null-move pruning) とはことなる思考をしているらしい (名人もその**思考を言語化できない**)。

## 問題の例 (4)

ハノイの塔 ( Hanoi Tower ) , Édouard Lucas 1883 年



[元柱] にある大きさの違う  $n$  枚の円板を、1 枚ずつ柱から円板をはずして別の柱に移す操作をしながら、[目的柱] に移動する。

**ルール** : 小さな円板の上に大きな円板を置けない

- **再帰的** ( recursive ) に問題を解く
- 最良の手順は何か？

## AI の実現は可能であるという未来

Goole、O'Reilly と Nature が催す科学集会

SciFoo ( Science Foo Camp ) 2009 年の AI について議論

- AI の実現を疑う者はいなかった
- AI を実現するには数十年以上かかるだろうけど、原理的にはその実現は可能
- 学習とは何かという問題
- AI は社会にとって善なのか悪になり得るのか

参考: 『意識をめぐる冒険』クリストフ・コッホ ( 岩波 2014 )



# なんどでも問われるべきこと

- 知とは何か？
- 知的に振る舞うこととは？
- 知の体系<sup>?</sup> = 事実的知識
- 学習するとはどのような行為か？
- 知的であるように見える<sup>?</sup> = 知が宿っている
- 情報システムが目指すところは何か？