



第136回 愛知学院大学モーニングセミナー

ロボット技術の現状と未来 ～AIとロボットの進化～

大日方 五郎

中部大学工学部 ロボット理工学科 教授

名古屋大学 名誉教授



2017年7月11日

話の内容

- 人工知能（AI）のはじまり
 万能チューリングマシン
- 人工ニューラルネットワークと認識
 ディープラーニング
- 人と人工知能の違い
 環境との関係
- 人とロボットの違い
 硬い、重い、不器用
- これからのロボットの課題



人工知能の始まり

■ ブール代数

イギリスの数学者 **ブール(George Boole)** が1854年の著書「思考の法則に関する研究」で提唱した記号論理学を **ブール代数(Boolean algebra)** と呼び、1 または 0 の2値のみをもつ変数を用いる論理である。 **真(true)** または **偽(false)** が明確な文章を **命題(statement)** という。ブール代数では一般に命題を記号 A, B, C, \dots という変数で表し、その命題が真であれば“1”，偽であれば“0”という2つの記号で表す。例えば『風が吹く』という命題を A とするとき、風が吹けば“ A は真である”といい、 $A = 1$ と表す。また風が吹かなければ“ A は偽である”といい、 $A = 0$ と表す。



風が吹けば・・・ 桶屋が儲かる

風が吹けば、江戸の街に埃が舞い上がる。

埃が眼に入り、めくらが增える。

めくらが增えると按摩を仕事にする人が增える。

按摩は街を歩いて、来たことを周りに知らせるために三味線を鳴らす。

・・・



万能チューリングマシン

ゲーデルの世界—その生涯と論理—、ジョン・加
ステリ&ヴェルナー・デパウリ、青土社、2003



述語論理と推論機構

心と認知の情報学、石川幹人、勁草書房、2006



述語論理と動作

質問の入力：

祖母（花子、X）？ ⑦

意味は「花子は誰の祖母ですか」

1. 個別知識から合致する式を探す。

2. 見つからないので、一般知識の論理的帰結から探す。

一般知識の1行目帰結④と合致するので、Xは花子に、zは花子に書きかわり、次の式が推論の途中経過としてワーキングメモリに記憶される。

母（花子、Y）、親（Y、X） → 祖母（花子、X） ⑧

3. ⑧の前半と合致する式を個別知識から探すと、①、②に一致するので、それぞれYに太郎と次郎を入れて、次の二つの式が生成されてワーキングメモリに格納される。

〈個別知識〉

母（花子、太郎） ①

母（花子、次郎） ②

父（次郎、桃子） ③

〈一般知識〉

母（X、Y）、親（Y、Z） ④

→ 祖母（X、Z）

母（X、Y） → 親（X、Y） ⑤

父（X、Y） → 親（X、Y） ⑥



述語論理と動作

3. 上記期の前半と合致する式を個別知識から探すと、①、②に一致するので、それぞれYに太郎と次郎を入れて、次の二つの式が生成されてワーキングメモリに格納される。

〈個別知識〉

母 (花子, 太郎)

母 (花子, 次郎)

父 (次郎, 桃子)

①

②

③

〈一般知識〉

母 (X, Y), 親 (Y, Z)

→ 祖母 (X, Z)

母 (X, Y) → 親 (X, Y)

父 (X, Y) → 親 (X, Y)

④

⑤

⑥

母 (花子, 太郎), 親 (太郎, X) → 祖母 (花子, X) ⑨

母 (花子, 次郎), 親 (次郎, X) → 祖母 (花子, X) ⑩

4. ⑨、⑩の前提部の後半に合致する式を個別知識から探すが、見つからないので、次に一般知識記述の論理的帰結から探すと、⑤、⑥と合致するので、この一般知識のXは太郎に、YはXに書きかわる。すなわち、

母 (太郎, X) → 親 (太郎, X) ⑪

父 (太郎, X) → 親 (太郎, X) ⑫



述語論理と動作

5. ⑩を合致させた場合、⑤と⑥のXは次郎に、YはXに書き換わり、次の式が得られワーキングメモリに格納される。

$$\text{母 (次郎, X)} \rightarrow \text{親 (次郎, X)} \quad \textcircled{13}$$

$$\text{父 (次郎, X)} \rightarrow \text{親 (次郎, X)} \quad \textcircled{14}$$

6. ⑪～⑬の前提部と合致する式は、個別知識にはない。しかし、⑭の前提部は③と合致して、⑭のXに桃子が入れられる。また、⑭をつくるのに使われた⑩のXにも桃子が入れられ、次の二つの式が完成する。

$$\text{父 (次郎, 桃子)} \rightarrow \text{親 (次郎, 桃子)} \quad \textcircled{15}$$

$$\text{母 (桃子, 次郎)} \rightarrow \text{親 (次郎, 桃子)} \rightarrow \text{祖母 (花子, 桃子)}$$

⑩

<個別知識>

母 (花子, 太郎)

母 (花子, 次郎)

父 (次郎, 桃子)

①

②

③

<一般知識>

母 (X, Y), 親 (Y, Z)

→ 祖母 (X, Z)

母 (X, Y) → 親 (X, Y)

父 (X, Y) → 親 (X, Y)

④

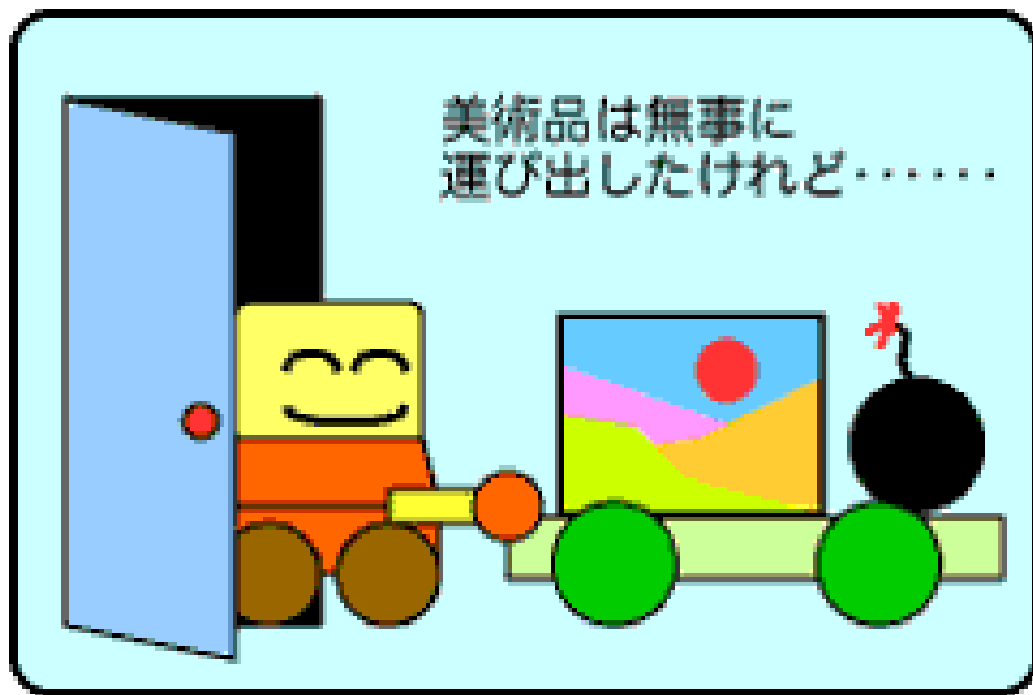
⑤

⑥



人工知能の難問 ～フレーム問題

1969年にマッカーシーとヘイズが指摘した人工知能研究の最大の難問.



人工知能の難問 ～フレーム問題

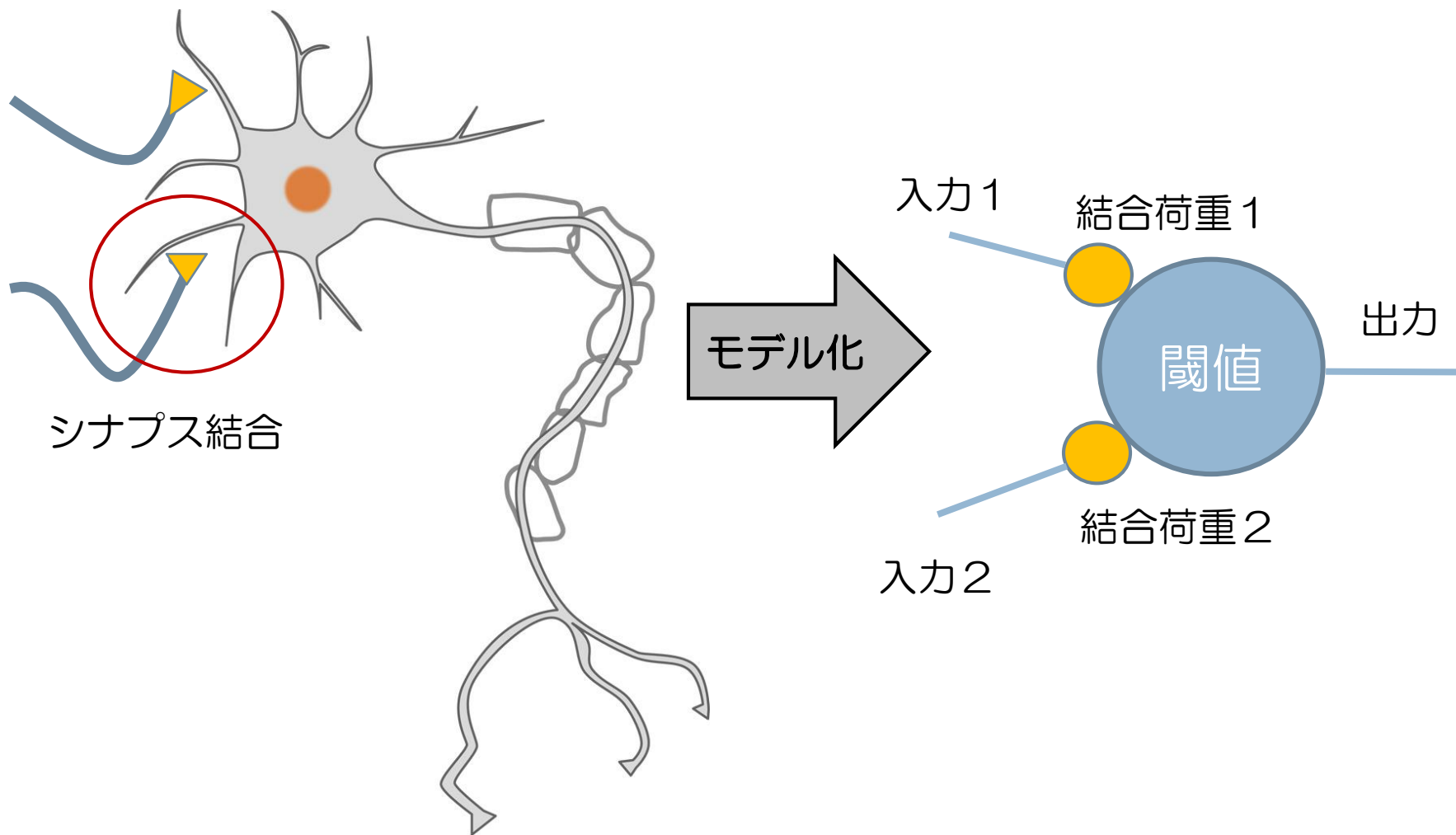
ロボットが何かしようとしたときに、そのタスクに関係することをすべて調べつくす必要がある。ある与えられたタスクに関係することは、一般のタスクではかなり沢山ある。

フレーム問題は、タスクを実行した結果起きることをすべて予測することは、そのタスクに関係しないことを除外していく作業も要求され、関係しないことは無数にあるため、高速なコンピュータでも、関係ないことを除外するためには非常に長い処理時間がかかってしまう。

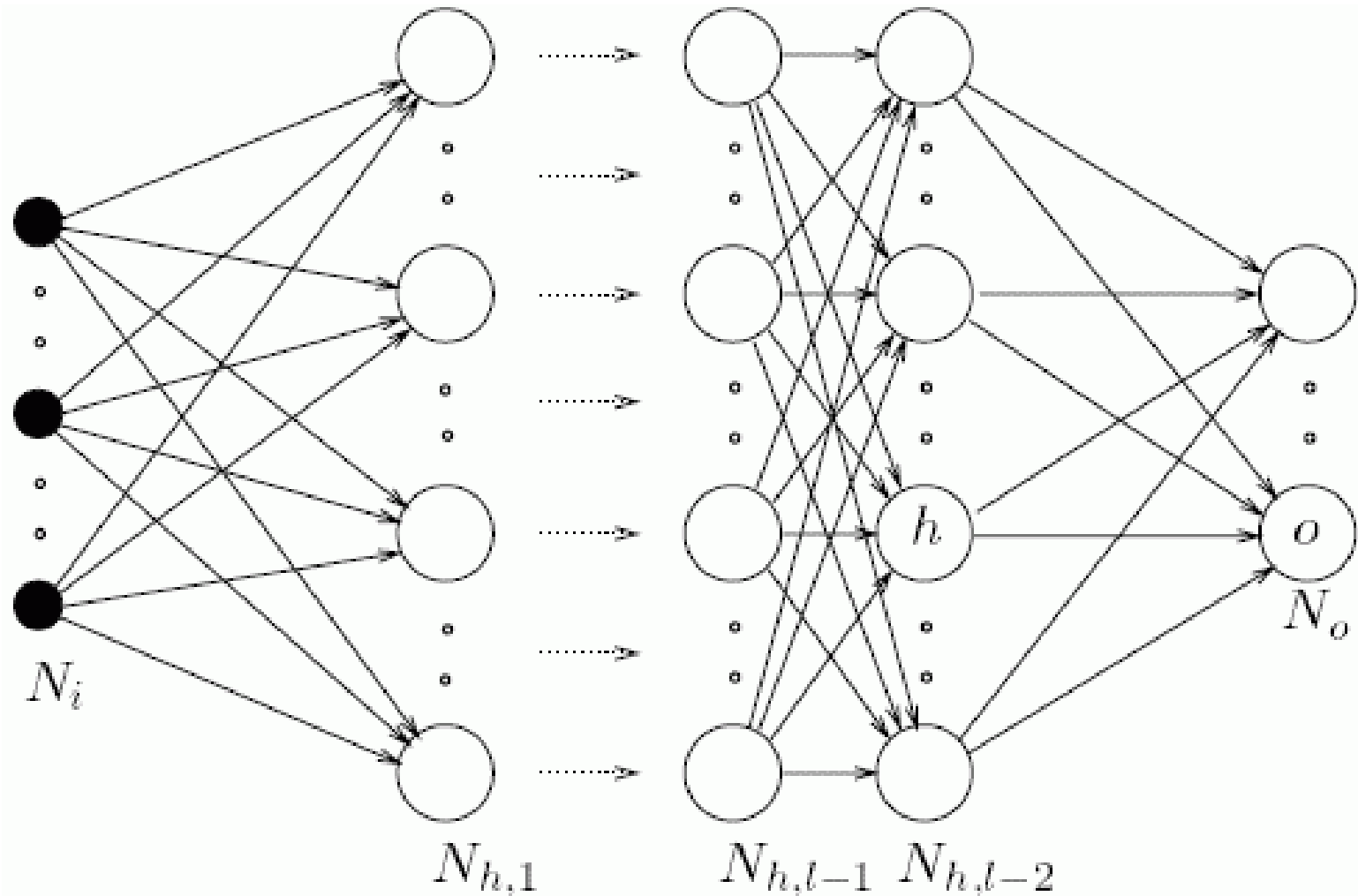
では、なぜ人間ではこのフレーム問題が起きないのであろうか？



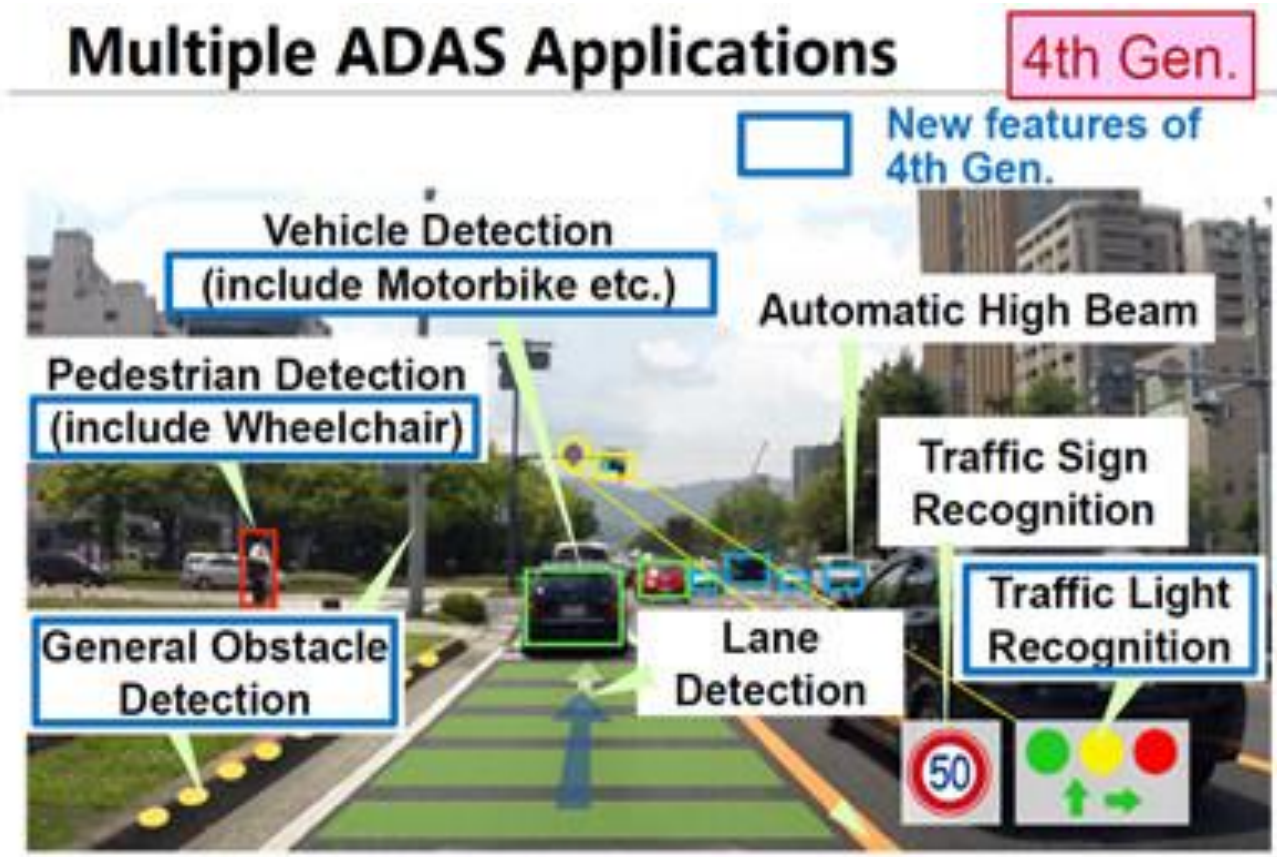
最近成功を収めた人工ニューラルネットワークによる外界認識



人工ニューラルネットワーク



人工ニューラルネットはディープラーニングで人の認識能力に近づいたか



人間の特性8則

高橋秀俊「数理と現象」(岩波書店、1975)

1. 人間は気まぐれである。
2. 人間はなまけものである。
3. 人間は不注意である。
4. 人間は根気がない。
5. 人間は単調をきらう。
6. 人間はのろみである。
7. 人間は論理的思考力が弱い。
8. 人間は何をするかわからない。

ロボットは上記に関しては人間と正反対



人の運動機能を代行するロボット技術



<http://armdynamics.com/pages/patient-stories>



http://www.oandp.com/articles/2013-10_04.asp



ロボットと人間の運動系の比較

筋・骨格 ⇔ 電動モータ・金属/プラスチック構造体

- 硬さ/柔らかさ → 人は表面が柔らかく、中が硬い。
- 持続力 (バッテリー動作の場合) → 人の持続力は、小さなパワーだが優れている。
- 重さあたりの発揮力 → 人の重さあたりの発揮力は、ロボットの5倍から10倍ぐらい。
- 重さあたりのパワー → 人の重さあたりの出力パワーはロボットより大きい。
- エネルギー効率 → 人の筋肉のようにエネルギー効率の高いアクチュエータを作るのは難しい。



人には簡単だが、ロボットには難しい仕事

- H1 円運動するハンドルがあるが、その中心の正確な位置が分からない場合に、ハンドルを回す作業 ← ロボットのボディには柔らかさがない
- H2 径がほとんど同じホールとペグがあり、ホールにペグを入れる仕事 ← ロボットのボディには柔らかさがない
- H3 滑りやすさがあらかじめ分からない複数枚の薄いシートが机上に重ねてあるときに、上の1枚だけを掴み取る仕事 ← 実用化された触覚センサに良いものがない
- H4 木に生っている熟れた果物をつぶさないようにもぎ取る作業など柔軟なもののハンドリング ← 柔らかさ、触覚センサ、力制御の難しさ
- H5 複数の対象物を識別しながら、パーツをハンドリングしながら順が決まっていない組み立て作業を行う ← 環境認識（アフォーダンスがない）

(注) 行うべき仕事があらかじめ分かっている場合には、ロボットは人よりうまく、速くやることができる場合が多い。



ロボット(ヒューマノイド)の実力物語

その人物(ロボット)はナンプレ・パズルをあっという間に解き、日本史重大事件に関する質問「1600年9月15日に何が起きたか？」に即座に答えることができる。一番近くのファーストフードの店からホットドックを3つ買ってくるように命じられ、買い物に出かけたが、店で「ホットドックは売り切れました」と言われ、何も買わずに戻ってくる。子供と二人で散歩に出たとき、土佐闘犬とばったり出会い、子供に「助けて！」と言われ、自分の体重の倍もありそうな犬に立ち向かうが、体当たりされて転倒し、怪我をして(故障して)動けなくなってしまった。



羽生善治のあげた 「人間にあって人工知能にないもの」

人工知能の核心、羽生善治、NHKスペシャル取材班、NHK出版新書、2017

“美意識”、“恐怖心”

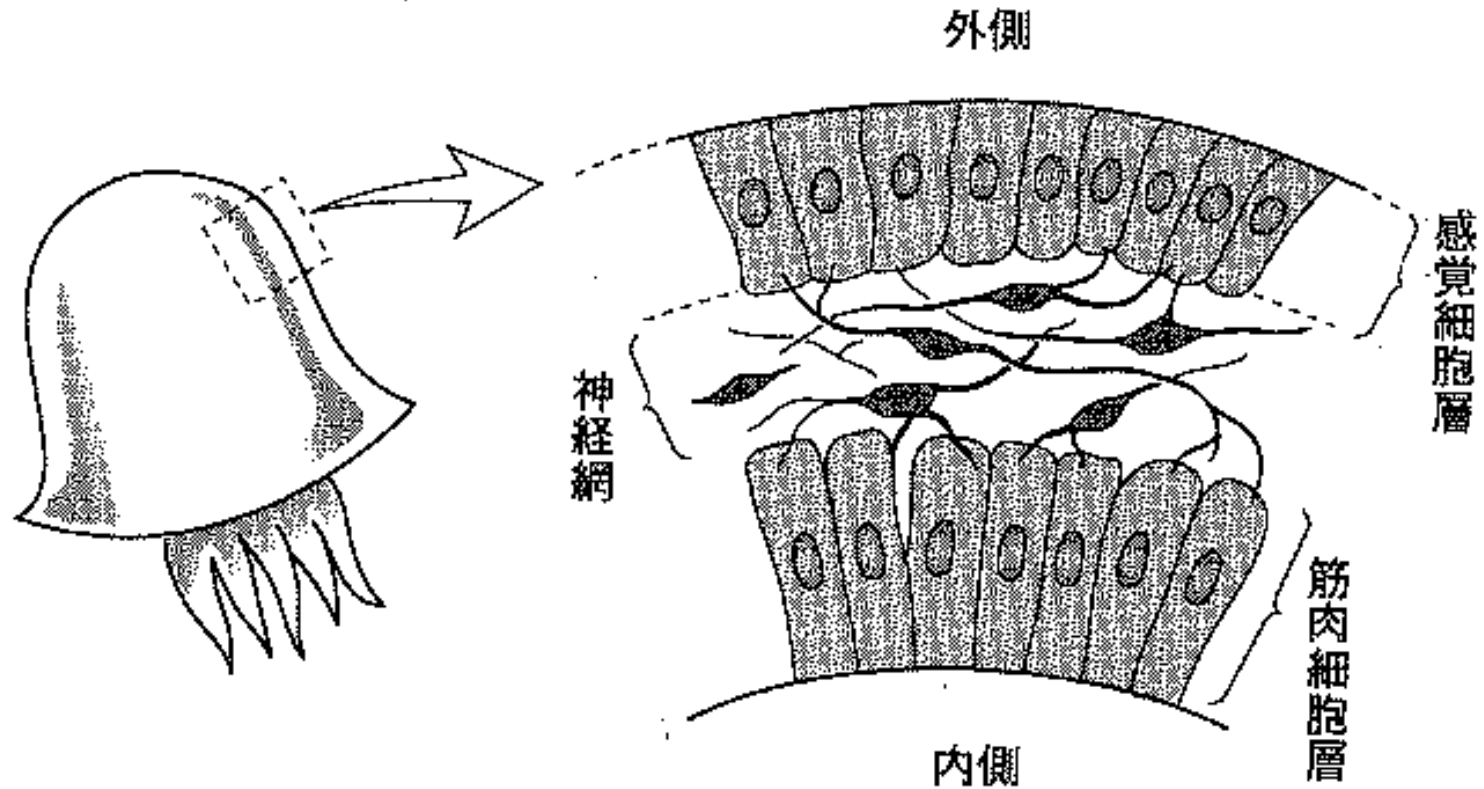
人工知能が難しいタスクの例：

「他人の家に行き、ティーを入れるタスク」



生物の環境への反応

～簡単な構造 クラゲ



人間の脳は論理にだけ向けて発達してきたわけではない。

“論理（言語に基づく）”は、付随的なものであり、地球環境で生き残るために進化してきた結果が詰まっている。

本能（感情により駆動される）、学習済みスキル（自動化されたサブプログラムのようなもの）、意識下の思考など。「驚愕」や「恐怖」の感情は、自分の身を守ることにつながる。

環境と一体となった生物の仕組み



もっともホットな自律性を持ったロボット 技術の話 ～自動運転

ナビゲーションシステムと衝突しないで走行する技術があれば、自動運転は実現できそうであるが、そうだろうか。

しかし、交通事故が起きたら？

落ち葉や対向車の泥はねは、ブレーキをかけるべき？

雪道を走る場合の適正速度は？

自動運転車は、人工知能を持たなければならないだろう（開かれた空間で働くロボットは人工知能を持つ必要がある）。





自動運転に人工知能が必要なわけ





人工知能には予感が可能か？



自動運転車は我々が自律的な機械を受け入れる初めてのケースになる。

安全、倫理、責任（法律、規則）などの解決すべき課題がある。



将来の人とロボットとの関係

人工知能は、情報処理やプロセス最適化などの領域で人間の能力を超えるだろう。ロボットは、さまざまな点で人の体とは異なるが、特徴を活かして社会に進出するだろう。人工知能＋ロボットは、自律的で人の形に近く、人と同様な運動ができる機械として、人がパートナーとすることに意味が大きい存在となるであろう。

課題として、人間との責任の分担は規則や法律上どうなるのか？自律性は人間と分かり合えるようなものにできるのか？人格に相当する「ロボット格」を社会の中でどう位置付けるか？生物の本能に相当するようなものが必要になるのか？・・・

