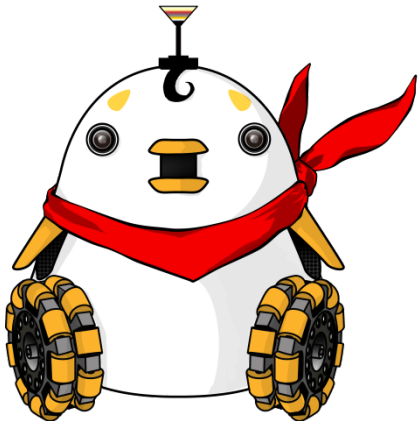


# 人工知能

## 開講説明

立命館大学 情報理工学部

谷口 彰

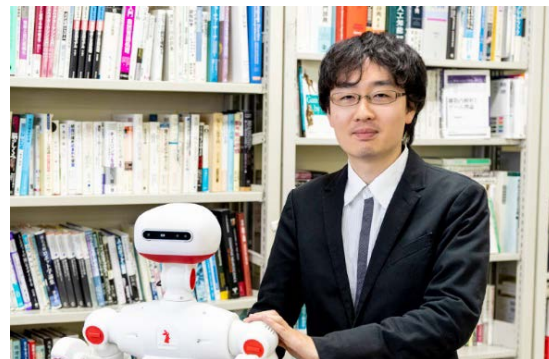


# 自己紹介

- 氏名： 谷口 彰 職位： 講師
- 所属： 立命館大学 情報理工学部 創発システム研究室

## 担当講義

- 人工知能 (大連理工大学)
- 計算知能 (大連理工大学)



## 略歴

- 2018年 3月 立命館大学大学院 情報理工学研究科 博士後期課程 修了 博士（工学）
- 2015年 5月～2017年 3月 立命館大学 総合科学技術研究機構 リサーチアシスタント
- 2017年 4月～2019年 3月 日本学術振興会 特別研究員 (DC2, PD)
- 2019年 4月～2022年 3月 立命館大学 情報理工学部 特任助教
- 2022年 4月～ 立命館大学 情報理工学部 講師

## 主な研究テーマ

「確率的生成モデルに基づくロボットによる場所概念および語彙の獲得」

- 位置情報・言語情報・画像情報といったマルチモーダル情報から、教師なし機械学習手法により場所概念（場所のカテゴリ）や場所に関する語彙の獲得を目指す研究。

# Contents

- 1.0 本講義の概要
- 1.1 人工知能とは何か？
- 1.2 人工知能の歴史
- 1.3 人工知能の基本問題
- 1.4 ホイールダック 2 号の冒険

# 人工知能 シラバス

- 授業の概要

- 人間の知能を計算機で構成することを目的とした人工知能の基礎について扱う.
- 人工知能の分野を概観しつつ, その導入レベルについての理解をすすめる.

- 履修しておくことが望まれる科目

- 線形代数, 微分積分, 確率・統計, データ構造とアルゴリズムなど

# シラバス（前半）

1. 導入                      人工知能を作り出そう
2. 探索（１）                状態空間と基本的な探索
3. 探索（２）                最適経路の探索
4. 計画と決定（１）        動的計画法，編集距離
5. 確率モデル（１）        確率の基本
6. 確率モデル（２）        確率的生成モデル
7. 計画と決定（２）        強化学習
8. 前半復習問題と解説

# シラバス（後半）

- 9. 状態推定（１）    ベイズフィルタ
- 10. 状態推定（２）    粒子フィルタ
- 11. 学習と認識（１） クラスタリング
- 12. 学習と認識（２） パターン認識
- 13. 言語と論理（１） 自然言語処理
- 14. 言語と論理（２） 記号論理
- 15. 言語と論理（３） 証明と質問応答
- まとめ          知能を「つくる」ということ

# テキスト

## 教科書

### 「イラストで学ぶ人工知能概論 改訂第2版」

谷口忠大 講談社（2020）

※今回から教科書が変更されています。

#### 参考書

- 「人工知能の基礎」, 小林 一郎, サイエンス社
- 「エージェントアプローチ人工知能 第2版」  
S.J.Russell, 共立出版
- 「記号創発ロボティクス 知能のメカニズム入門」  
谷口忠大, 講談社
- その他、教科書のブックガイド参照



※ 疑問があればできるだけ、自分自身でいろいろな本や情報源にあたり学習しよう。

**この一冊を完璧にマスターしましょう。**

# 成績評価について

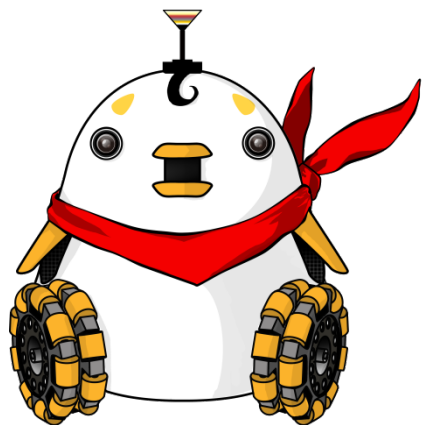
- 平常点 30点
  - 小テスト（簡単な復習問題）の提出
  - 出席
- 定期試験 70点
  - 講義の全範囲の内容について出題

※例年は、中間テストを実施しているが今年度はコロナウィルス対応のため実施しない。



# 人工知能

## 第1章 人工知能を作り出そう



# Contents

- 1.0 本講義の概要
- 1.1 人工知能とは何か？
- 1.2 人工知能の歴史
- 1.3 人工知能の基本問題
- 1.4 ホイールダック 2 号の冒険

# 講義の目的

- 本講義では人間の知能を計算機で構成することを目的とした人工知能の基礎について学ぶ.
- 人工知能の分野を概観しつつ, その導入レベルについての理解を進めることを目的としている.



しかし

人間の知能の全体像は大学生や現代の研究者に簡単に理解できるほど単純であるはずもない.

# 人工知能とは何か？

- 「人工知能の基礎」 （小林 一郎）

- 人の知能，つまり，人が行なう知的作業は，推論，記憶，認識，理解，学習，創造といった現実世界に適応するための能力を指す．人工の「知能」とは，人の「知能」のある部分を機械に行わせることによって創られる．

- デジタル大辞泉

- 《artificial intelligence》 コンピューターで，記憶・推論・判断・学習など，人間の知的機能を代行できるようにモデル化されたソフトウェア・システム． AI.

# AI（人工知能）って何だ？

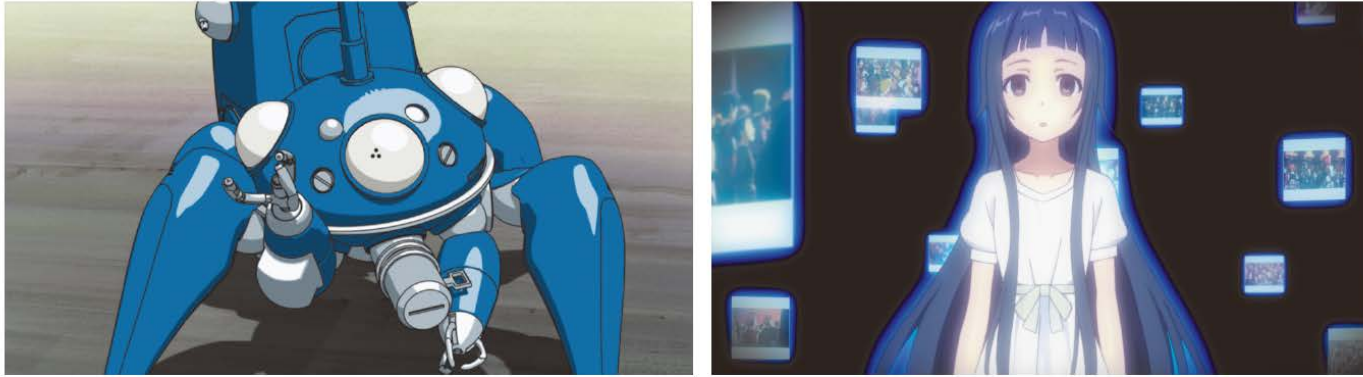


図 1.2 アニメ・SF 中のロボット，人工知能

(左) 攻殻機動隊 STAND ALONE COMPLEX 「タチコマ」

©士郎正宗・ Production I.G. / 講談社・ 攻殻機動隊製作委員会

(右) ソードアート・オンライン「ユイ」

©川原 礫／アスキー・ メディアワークス／ SAO Project

- アニメやSFで出てくる人工知能と大学で学ぶ人工知能は関係あるの？  
→人工知能のイメージこそ私たちが学ぶ人工知能という学問の本当のゴール（かもしれない）
- 象徴的に掲げられた「**人間のような知能をつくりたい**」という欲求によって形成されてきている発展途上の学問体系

# 産業の中での人工知能 空前のAIブーム 2013頃～**第三次AIブーム**



AlphaGo (Silver et al., 2016)

✓ 表現学習、ゲームAI



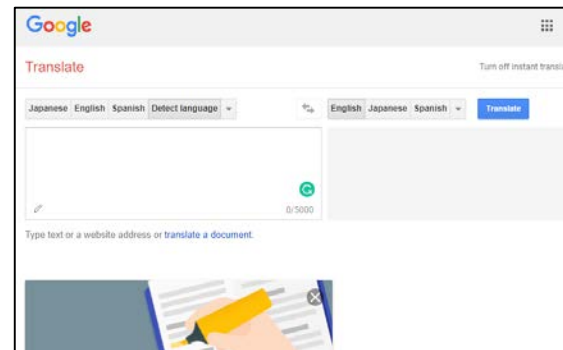
Self-driving car (Google and so on)

✓ 画像認識、自己位置推定



Google Home

✓ 音声合成、音声認識



Google Translate

✓ ニューラル機械翻訳

# 学問としての人工知能

## □講義でカバー出来る「人工知能」の範囲

- 各要素技術については導入のみ，あとは各自で学習

## □「人工知能」という技術は存在しない？

- 人工知能 = 夢？ 目標？
- 人工知能を支えるのは，諸般の数学，計算機科学，認知科学，心理学，脳神経科学，□ロボット工学等であり，広範な知見なしに真の人工知能は実現されない。

## □人工知能を作成する技術を学ぶためには，それらを構造化し，「知能をつくる」視点で工学的にこの学問を捉えなければならない。



### ブックガイド①



① 小林一郎：人工知能の基礎。サイエンス社，2008。  
人工知能という言葉の意味は 2010 年代にずいぶん変わったが，学部生に向けた古典的な人工知能の入門テキストとして 2000 年代に書かれた日本語の本を一冊挙げるならこれだろう。各種トピックをバランスよく盛り込んでいる良書である。本書第 1 版の執筆時にもおおいに参考にさせていただいた。



② S. Russell, P. Norvig (著)，古川康一 (監訳)：エージェントアプローチ人工知能 第2版，共立出版，2008。  
古典的な人工知能の話題を中心に書かれる教科書の中で最も本格的で，世界的に有名な書籍である。ディープラーニングやパターン認識が人工知能の中心のように語られる現代だからこそ，対比の意味で 20 世紀の古典的人工知能を理解する上で役立つ。



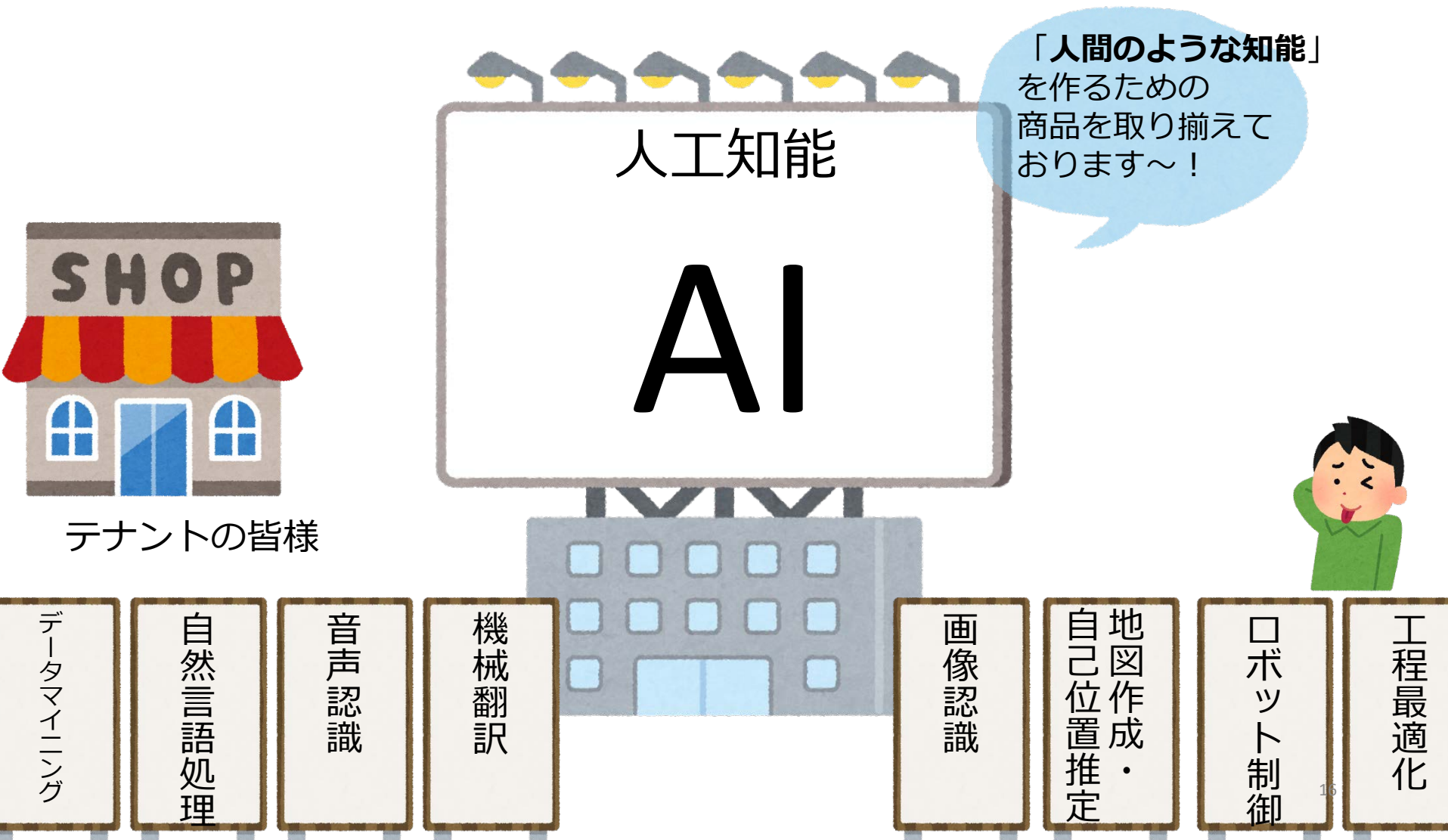
③ R. Pfeifer, C. Scheier (著)，石黒章夫，小林宏，細田群 (監訳)：知の創成 一身体性認知科学への招待，共立出版，2001。  
知能とは生物進化の過程で創発してきたものである。それは身体というハードウェアの上に生まれる。人工知能の諸問題を考える際には，ソフトウェア的な知能のみを捉えたと無意識のうちによく間違いを抱えてしまう。さまざまな問いを通して，知能の創成を環境適応に基づいて考えることの重要性を教えてくれる。



④ 谷口忠大：記号創発ロボティクス 一知能のメカニズム入門，講談社，2014。  
人工知能の目標の一つは人間のような知能をつくることである。しかし，人間の知能の特性は画像認識や音声認識といった機能を持つことだけでなく，環境との相互作用を通して発達していくことにある。言語獲得に至る発達の人工知能の創成を目指した記号創発ロボティクスに関して解説した入門書である。

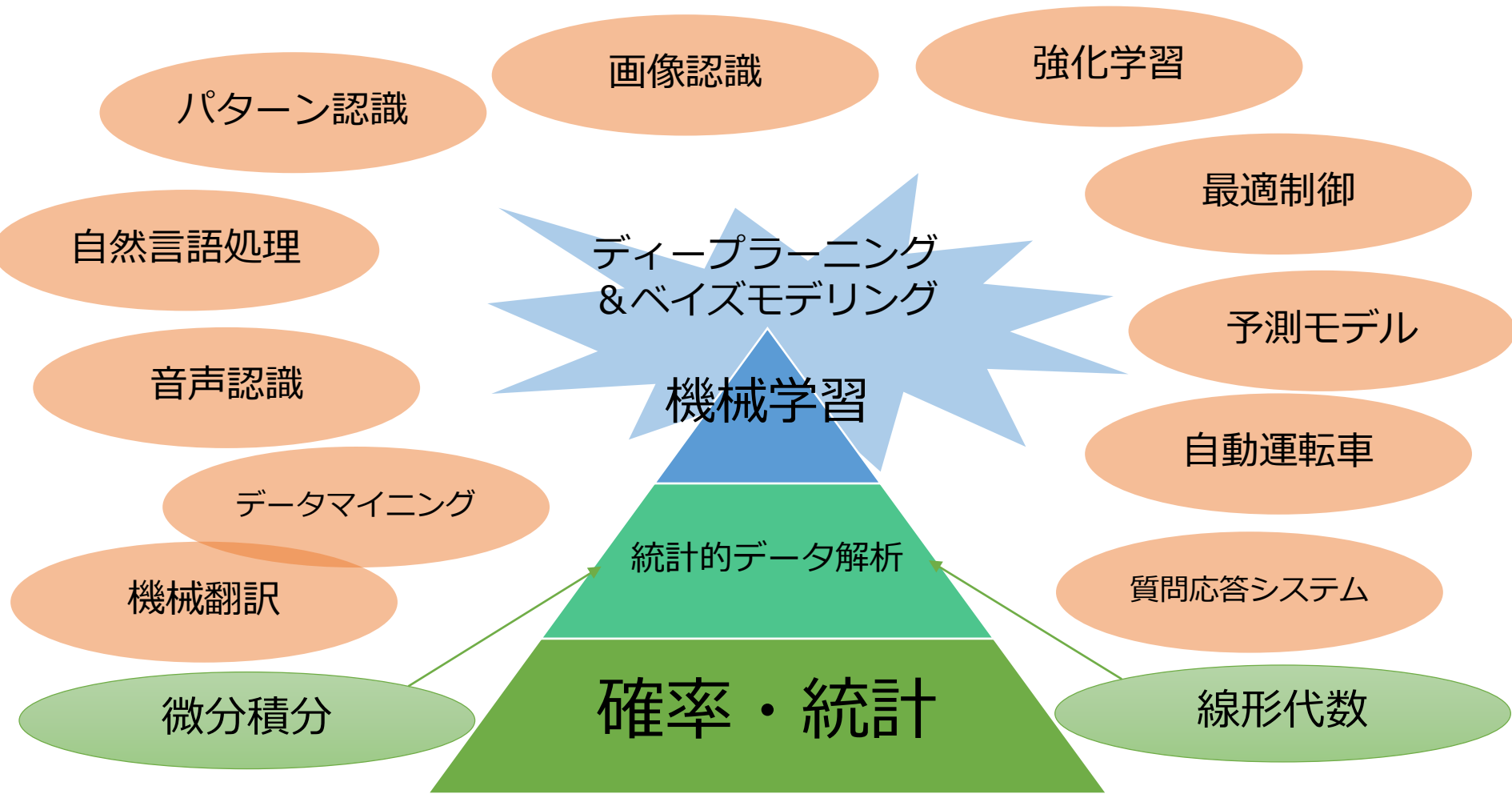


AIは分野や技術の名前ではない。  
技術的な意味ではデパートの看板と思うべし？





# 2010年代以降の人工知能 (機械学習ブームと数理科目)



IT技術の中でも数学的色彩が強いのが現代の人工知能

# Contents

- 1.0 本講義の概要
- 1.1 人工知能とは何か？
- 1.2 人工知能の歴史
- 1.3 人工知能の基本問題
- 1.4 ホイールダック 2 号の冒険

# 人工知能の歴史



将棋電王戦

## 機械学習の時代

### ディープラーニング革命

ILSVRCでの圧勝 (2012)  
Googleの猫認識 (2012)  
ディープマインドの買収 (2012)  
FB/Baiduの研究所 (2013)  
アルファ碁 (2016)

IBM ワトソン

<http://venturebeat.com/2011/02/15/ibm-watson-jeopardy-2/>,  
<http://weekly.ascii.jp/elem/000/000/207/207410/>

行動主義ロボティクス  
複雑系、遺伝的アルゴリズム  
ウェブ・ビッグデータ

車・ロボット  
への活用  
自動運転  
Pepper

統計的自然言語処理  
(機械翻訳など)  
検索エンジンへの活用

タスクオントロジー

ワトソン(2011)

LOD (Linked Open Data)

Siri(2012)

Caloプロジェクト

bot

将棋(2012-)  
電王戦

囲碁

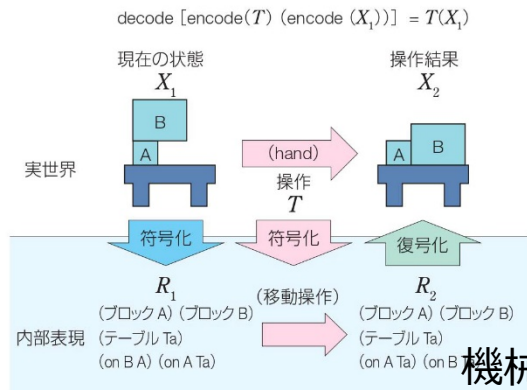


図 1.4 物理記号システム仮説

実世界の状況を反映した記号を操作した結果が実世界の結果と対応しているならば、内部表現としての記号の操作によって知能を表現できる。

[R. Pfeifer, C. Scheier (著), 石黒章夫, 小林宏, 細田耕 (監訳): 知の創成 ―身体性認知科学への招待, 共立出版, 2001, 図 2.5 を参考に作成]

## 記号的人工知能の時代

MYCIN (医療診断)  
DENDRAL

エキスパート  
システム

オントロジー

The 5<sup>th</sup> generation  
computer project  
w/ 57 billion JPY.

Winter of AI...

対話システムの研究

Eliza

Caloプロジェクト

bot

Siri(2012)

将棋(2012-)  
電王戦

囲碁

## ダートマス会議

探索  
迷路・パズル

プランニング  
STRIPS

チェス (1997)  
Deep Blue

1956

1970

1980

1995

2010

2015

第一次AIブーム  
(推論・探索)

第二次AIブーム  
(知識表現)

第三次AIブーム  
(機械学習・ディープラーニング)

# 黎明期1950年代から

- 1956年：**ダートマス会議**(Dartmouth Conference)
  - J. McCarthy (マッカーシー) が Artificial Intelligence (人工知能) という言葉を使ったことから始まったと言われる。
- それまでの歴史
  - 1945年：ENIAC (弾道計算用の世界初の大型計算機)
  - 1950年：チューリング(A. M. Turing) “Computer Machinery and Intelligence” チューリングテストの提案
  - 1950年：シャノン (C. Shannon) “Automatic Chess Player”
  - 1956年：ダートマス会議

# 人工知能の歴史 (1980年頃まで)

- 1950-1960年代
  - 1969年 マッカーシーとヘイズ(P. J. Hayes) "Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence"
    - => フレーム問題の指摘
  - このころの希望に満ち溢れていた時代を**GOFAI (Good Old Fashioned AI:古き良きAI)**と呼ぶ.
- 1970年代：エキスパートシステム
  - 実世界に対応する知的なシステムを開発するためには現実世界における膨大な知識をシステムが持っていることが必要であると認識された.
  - 1972年：ウィノグラード (T. Winograd) "Natural Language Understanding"発表
  - SHRDLU：積み木世界で自然言語文を理解して計算機のなかのロボットハンドが積み木を移動する.

# 1980年代から

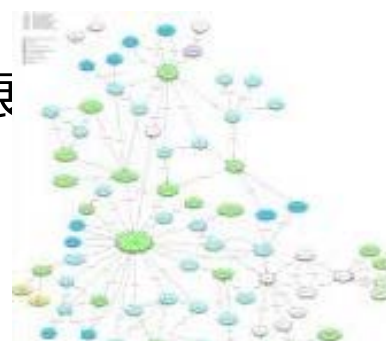
- 1980年代

- 行動主義ロボティクス (ロドニー・ブルック)
- サブサンプションアーキテクチャ



- 1990年代

- ソフトコンピューティング (計算知能)
  - ニューラルネットワーク, ファジィ理論, 進化計算, 遺伝的アルゴリズム
- オントロジー
  - エキスパートシステムの発展
- 実世界のロボット
  - ロボカップの開始
- 複雑系
  - 人工生命, カオス, フラクタル, ネットワーク



# 2000年代～

- メディア情報処理の実用化・普及
  - 画像処理, 音声認識, 自然言語処理
- ビッグデータ(Big Data)
  - センサや計算機の価格の低下と普及
  - インターネットを通じた共有
- 機械学習
  - 様々な技術の基盤に.
  - ベイズ理論



様々な学際領域の形成

認知発達ロボティクス

計算論的脳神経科学

記号創発ロボティクス

知能への構成論的アプローチとしての人工知能<sup>23</sup>

# Contents

- 1.0 本講義の概要
- 1.1 人工知能とは何か？
- 1.2 人工知能の歴史
- 1.3 人工知能の基本問題
- 1.4 ホイールダック 2 号の冒険



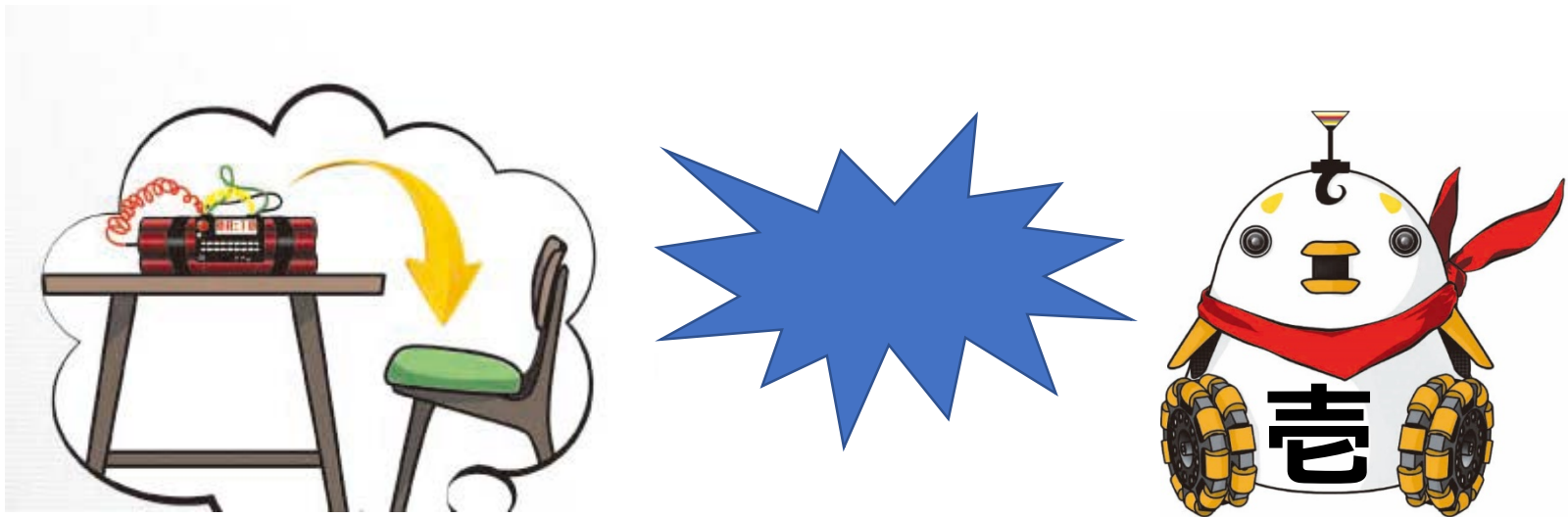
# フレーム問題

- 有限の処理能力しかないロボットは、現実の全ての問題に対処する事ができないという人工知能の問題。
- ロボットに「時限爆弾を机の上から取り除き，部屋の外に持ち出せ」という指令が与えられたとしよう。



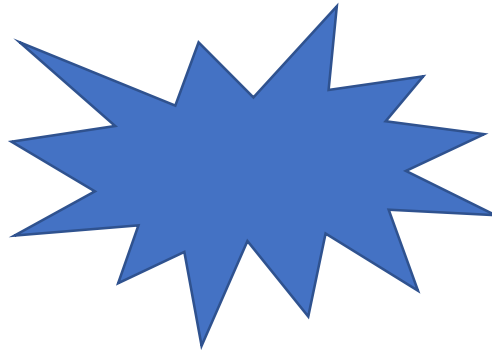
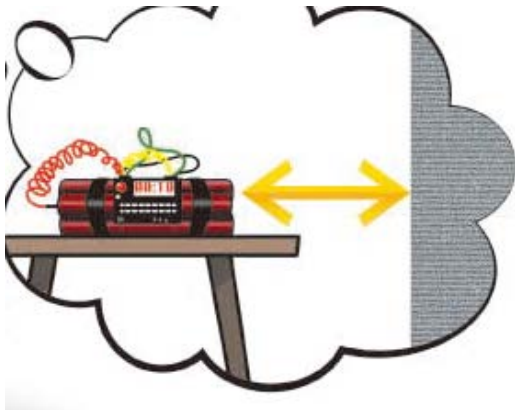
# フレーム問題とロボットの思考1

- **ロボット一号**は命令通り愚直に机の上から爆弾を持ち上げたところ爆発してしまった。
- 机の上から離れると爆発するという発火条件が爆発には仕込まれていたのだ。



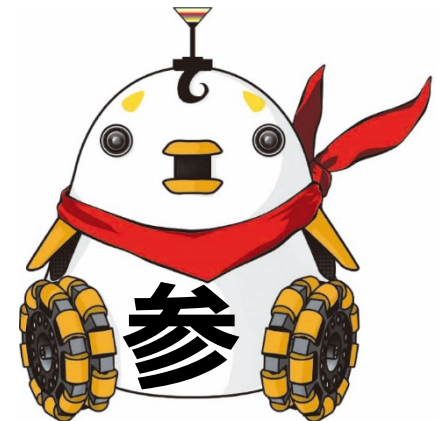
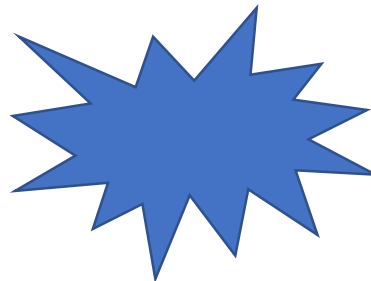
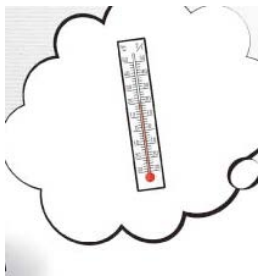
# フレーム問題とロボットの思考2

- そこで、**ロボット二号**はあらゆる条件を事前に考えるように作られた。
- その結果、ロボット二号は停止してしまった。
- なぜなら、壁との距離、温度、机との関係、椅子との関係、光の当たり方などなど、考える対象は現実世界では無限にあったからである。
- ロボットがあらゆる可能性を考えている内に、時間が経ってしまい時限爆弾は爆発してしまった。



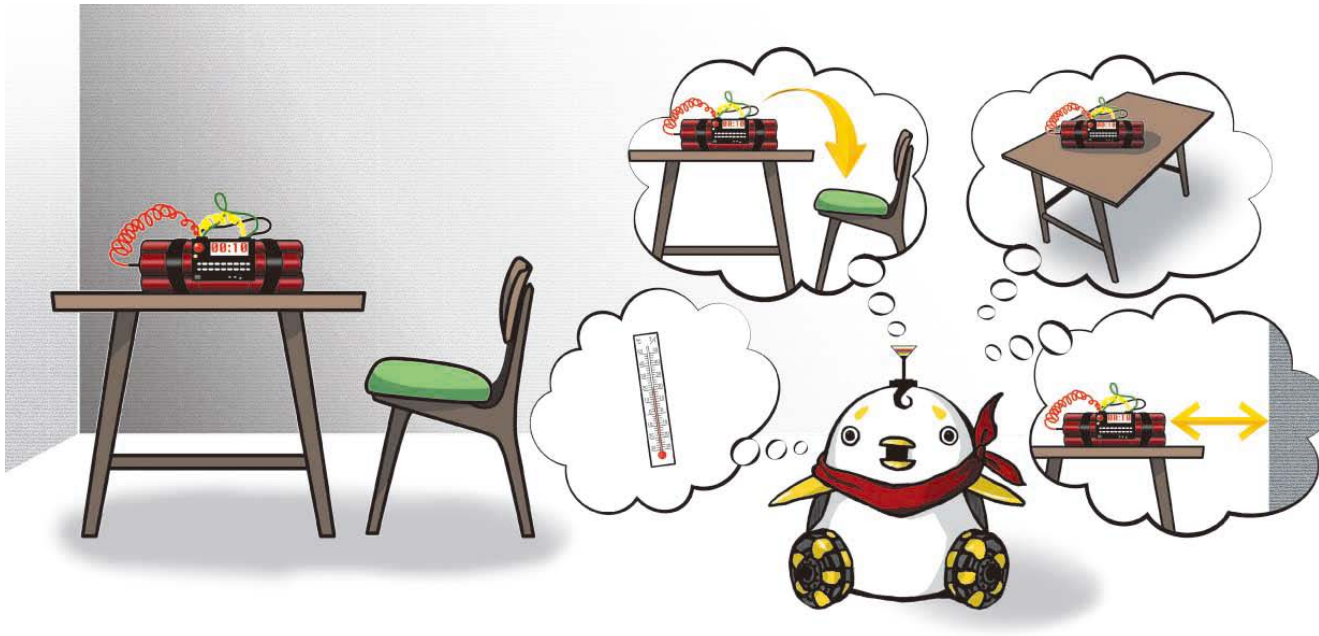
# フレーム問題とロボットの思考3

- そこで、ロボット二号での問題点を解決するべく、**ロボット三号**は考える必要のないことは考えないように改良された。
- 部屋に入ったロボット三号は、この課題において「何が関係ないか」を一つ一つ考えていった。
- 壁との距離は関係ない、温度は関係ない、椅子との関係は関係ないなどなど、ロボットがあらゆる関係ないものの可能性を考えている内に、時間が経ってしまい時限爆弾は爆発した。



# フレーム問題

- 「何がいけなかったのか・・・！！！！？」



- 実際の問題にかかわる対象の数が爆発的に増大してしまうために、実時間で解くことが困難だという問題。
- 決められた枠（フレーム）の中でしか思考できない

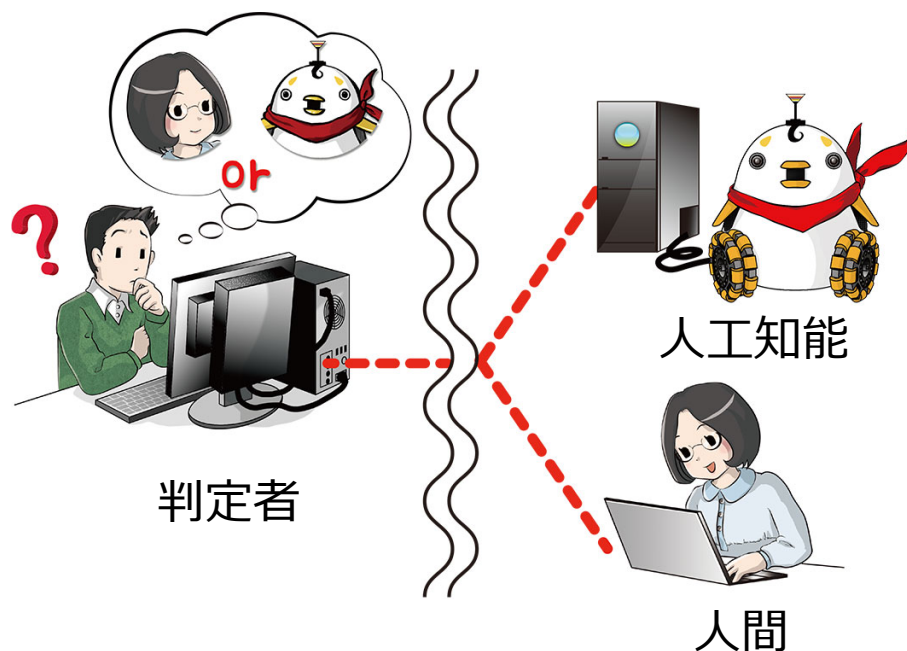
# 人工知能の判定問題：チューリングテスト

- チューリングによって考案された、機械が知的かどうか（人工知能であるかどうか）を判定するためのテスト



1950年にイギリスの数学者のアランチューリングによって提案された

[https://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](https://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing)



判定者と機械にコンピュータ越しにテキスト文字列で会話させた際に、判定者に会話相手が人間だと勘違いさせることが出来れば、その機械は「知能を持っている」としてよい。

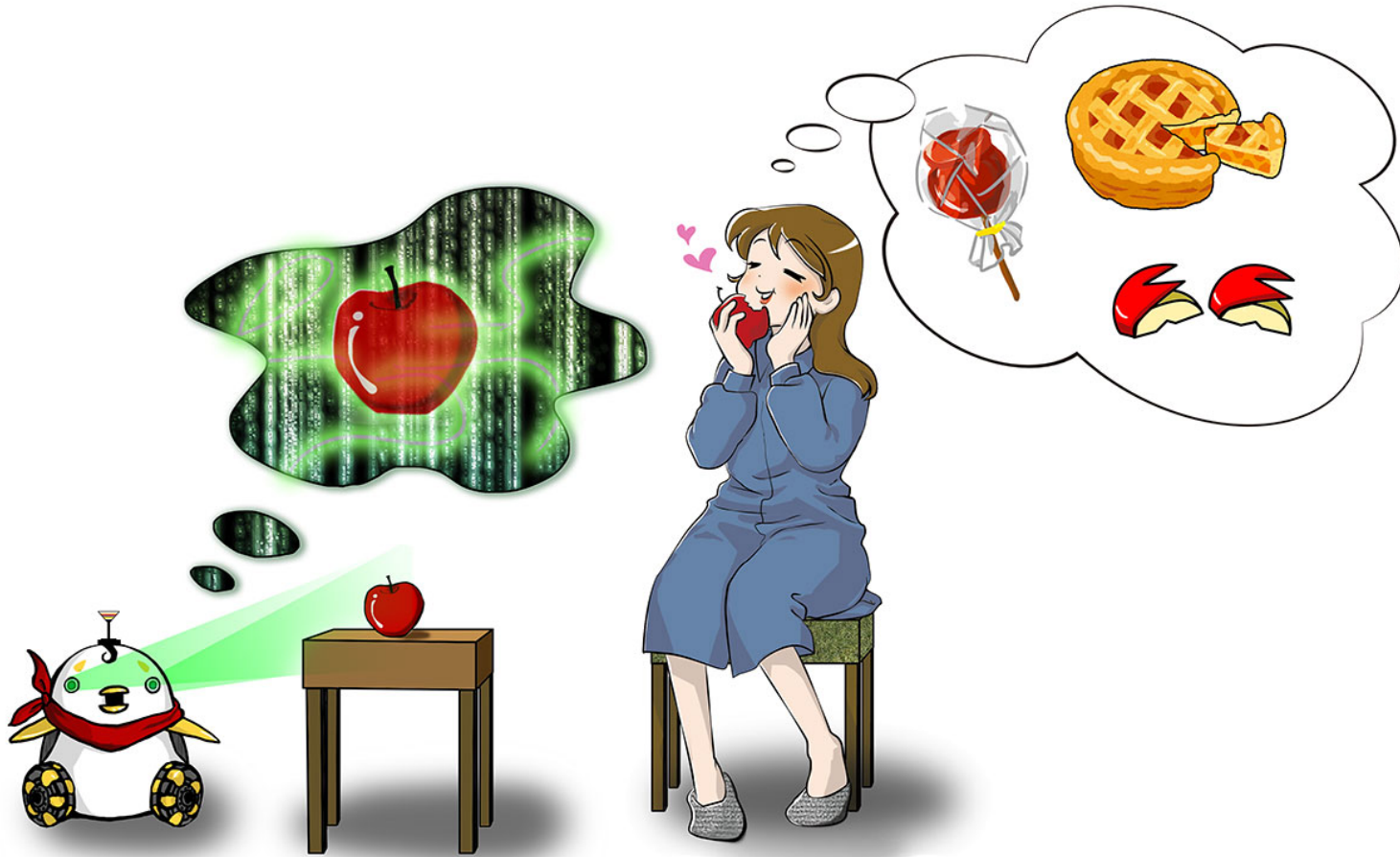


# チューリングテストへの反論

- 哲学者のサールが「中国語の部屋」で反論
- 部屋に中国語のわからない人を閉じ込めて、その部屋に入れられた中国語の文に対して返事を書くという作業を考える。
- 中国語の応答についての完全な説明書があれば、適切な中国語の返事を書いて返すことができる。
- このとき、その人は中国語を理解していない  
いにもかかわらず、中国語を運用する知能があるということになってしまう。



# 記号接地問題 [Harnad '90]



ロボットの中に構築された記号システム内の記号がどのようにして実世界の意味と結びつけられるかという問題である。

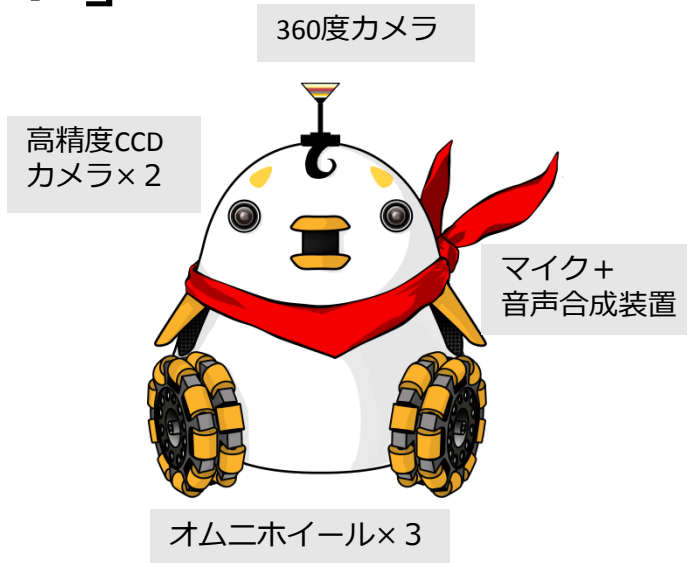


# Contents

- 1.0 本講義の概要
- 1.1 人工知能とは何か？
- 1.2 人工知能の歴史
- 1.3 人工知能の基本問題
- 1.4 ホイールダック2号の冒険

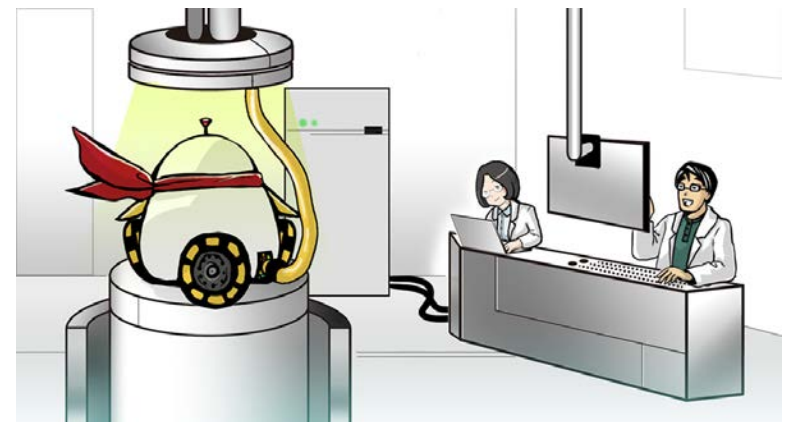
# 「人工知能をつくり出そう！」

- 実際に技術や学問を習得するためには、  
**「創る」という意識**で学習を行うことが必須である。
- 本講義では仮想的なロボット「**ホイールダック2号**」を想定し、何の知能も持たないこのロボットに徐々に知能を与えていくというストーリーで講義を展開する。



## 仮定 人工知能をつくり出そう

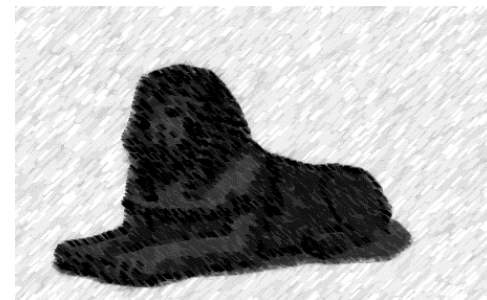
- ホイールダック2号は**プログラム**を与えられれば自律的に移動し続けることができるものとする。
- ホイールダック2号は**音声入力**、**視覚入力**を得るセンサ系を持ち、**オムニホイール**を用いて全方向に自由に移動できるものとする。



# 人工知能概論ストーリー

## 「ホイールダック2号の冒険」

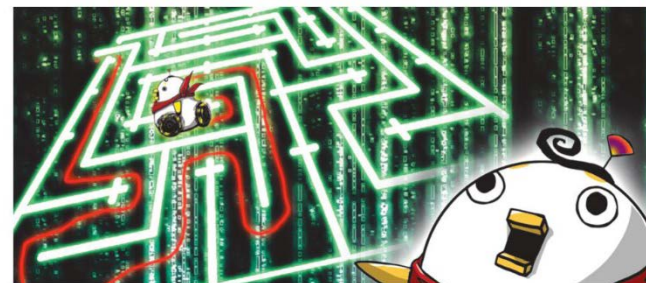
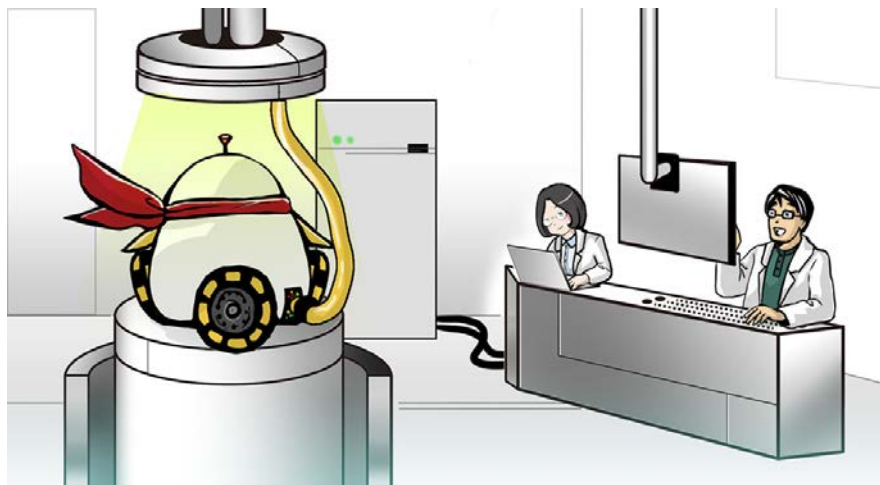
- ホイールダック2号はダンジョンに入っていく、その出口にいるスフィンクスを倒さなければならない。
- ダンジョンには人間が入ることができず、ホイールダック2号は**完全自律移動**により、出口までたどり着かなければならない。
- 最後の敵、スフィンクスは**論理的な「謎かけ」**をしてくる。この謎かけをホイールダック2号が解けなければ、ホイールダック2号は死ぬことになる。
- さあ、ホイールダック2号に**知能を与えよう**！



スフィンクス？



ホイールダック2号



ダンジョン！ 35

# 第1章のまとめ

- 人工知能という学問の特色と歴史について概観した.
- 人工知能の基本問題である, フレーム問題と記号接地問題について学んだ.
- 機能主義の視点から知能の有無を確認するチューリングテストについて学んだ後に, その批判としての「中国語の部屋」の概要を学んだ.