

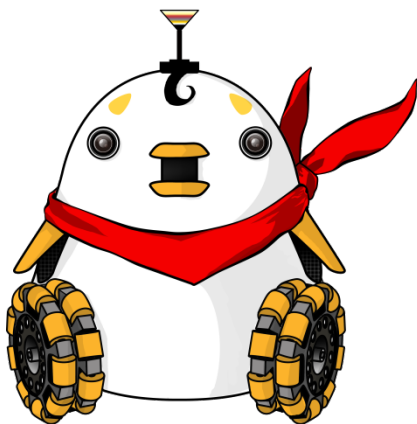
# 人工知能

## 第1章 イントロダクション

---

立命館大学 情報理工学部

萩原良信



# 自己紹介

## <研究テーマ>

知能ロボティクス、機械学習、人工知能、  
画像処理、ヒューマンロボットインタラクション

## <担当講義>

- 人工知能(大連理工大学)
- 計算知能(大連理工大学)
- 知能情報処理演習
- 知能システム創成

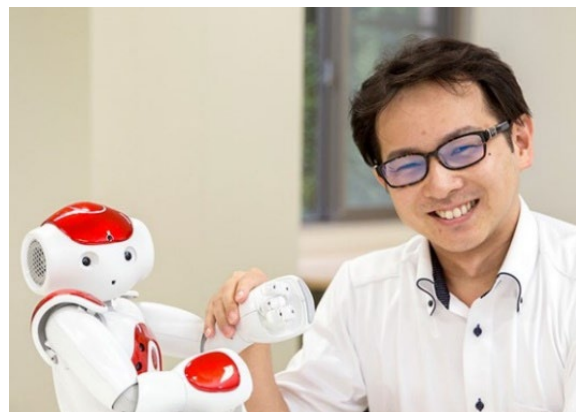
## <委員歴>

- 経済産業省NEDO主催 World Robot Summit 競技委員
- RoboCup 2018 Organizing Committee Member
- 日本ロボット学会 インテリジェントホームロボティクス研究会 幹事
- SICE Associate Editor of Journal of Control, Measurement, and System Integration

## <受賞歴>

- RoboCup Japan Open 2019 @Home DSPL, 人工知能学会賞
- World Robot Summit 2018, Partner Robot Challenge, NEDO理事長賞
- The 9th International Conference on Social Robotics, Best Interactive Session
- 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会(SSI2015), 優秀論文賞

萩原 良信 講師  
立命館大学  
情報理工学部  
博士(工学)



*Partner Robot*

# 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. 探索(3)                  ゲームの理論
5. 多段決定(1)              動的計画法
6. 確率とベイズ理論の基礎
7. 多段決定(2)              強化学習
8. 前半復習問題と解説

# シラバス(後半)

- |              |               |
|--------------|---------------|
| 9. 位置推定      | ベイズフィルタ       |
| 10. 学習と認識(1) | クラスタリング       |
| 11. 学習と認識(2) | パターン認識        |
| 12. 言語と論理(1) | 自然言語処理        |
| 13. 言語と論理(2) | 記号論理          |
| 14. 言語と論理(3) | 証明と質問応答       |
| 15. 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」  
谷口忠大 講談社

## 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
- など, 教科書巻末ブックガイド参照



# 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。



# 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)

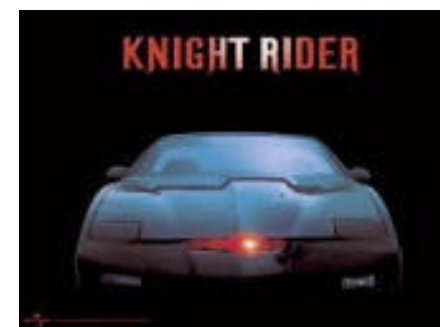
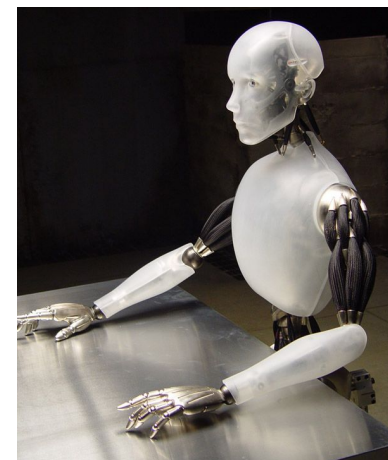
- 人の知能, つまり, 人が行なう知的作業は, 推論, 記憶, 認識, 理解, 学習, 創造といった現実世界に適応するための能力を指す. 人工の「知能」とは, 人の「知能」のある部分を機械に行わせることによって創られる.

- 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.

# SF映画・小説の中での人工知能

- 「2001年宇宙の旅」 HAL9000
- 「ナイトライダー」ナイト2000
- 「マトリックス」エージェント
- 「スターウォーズ」R2D2
- 「アイ, ロボット」サニー
- など多数



# アニメの中の人工知能

- 「鉄腕アトム」 アトム
- 「機動戦士ガンダム」 ハロ
- 「ドラえもん」 ドラえもん
- 「新世紀エヴァンゲリオン」 マギシステム
- 「攻殻機動隊」 タチコマ
- 「SWORD ART ONLINE」 アリス
- など多数



# 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の導入は与えるので後は各自で学習
- 人工知能という分野は存在しない？
  - 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。

# 他の講義科目との関係

- 学問は地続きである.
  - 線形代数, 微積分, 確率・統計, 論理学, 信号処理, 関数解析, 計算機科学, etc.
- 他の講義科目
  - システム制御工学, ロボット工学・・・運動機能, 身体知能
  - ソフトインテリジェンス・・・ファジィ理論
  - 知能システム・・・遺伝的アルゴリズム等
  - デジタル信号処理・・・フーリエ変換
  - 数値解析, センシング工学
  - 視覚情報処理, 脳機能情報処理

など, 多くの科目と関係している.

# 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



# 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

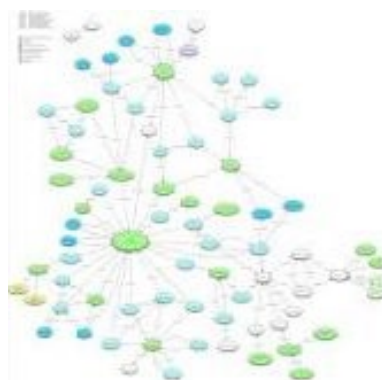
- 1980年代

- 行動主義ロボティクス (ロドニー・ブルックス)
  - 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, ネットワーク科学



# 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

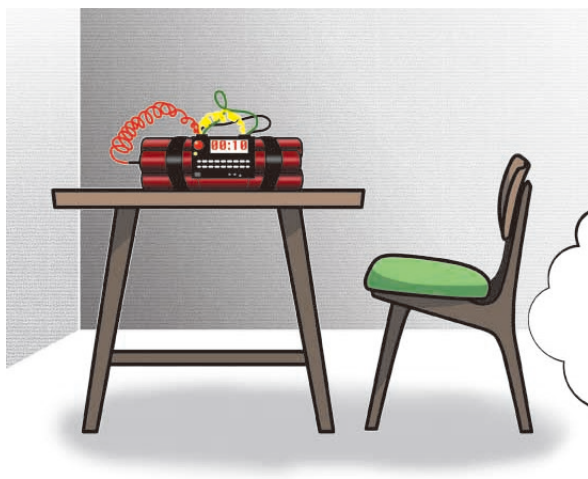
知能への構成論的アプローチとしての人工知能

# 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

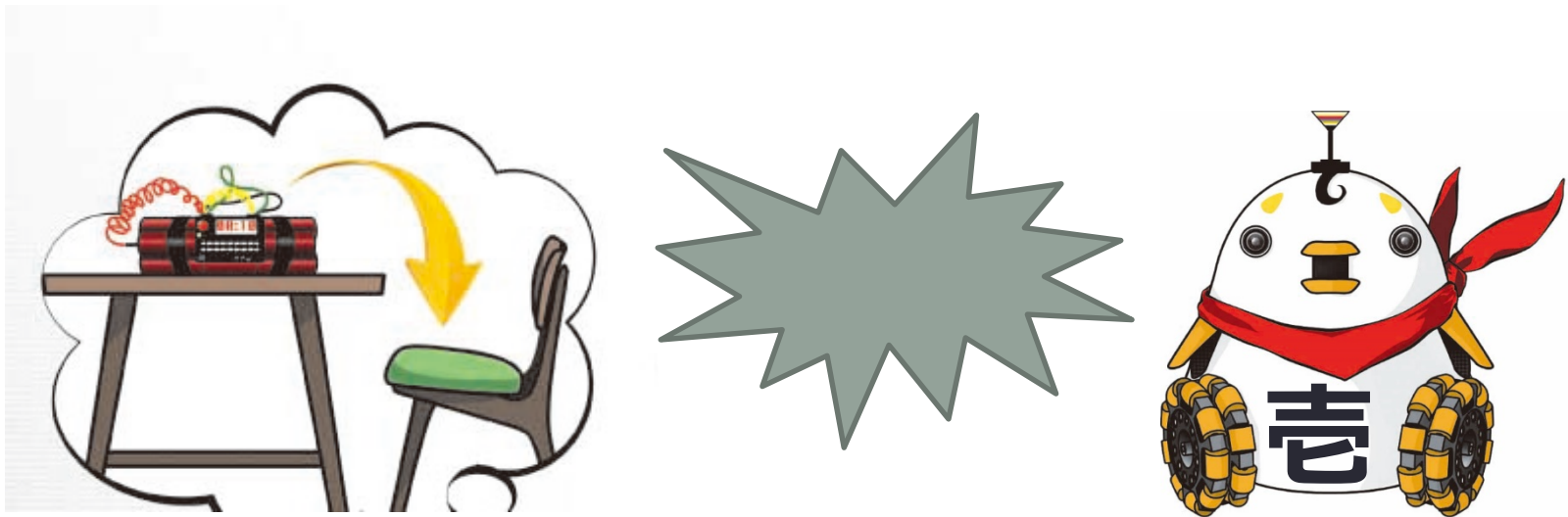
# フレーム問題

- 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。



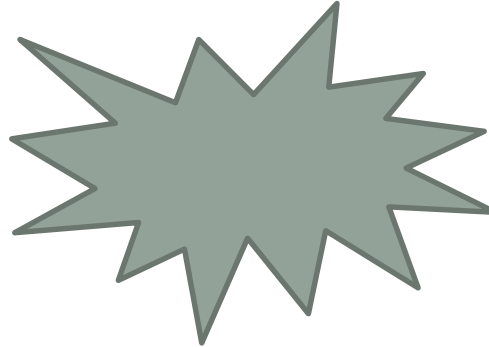
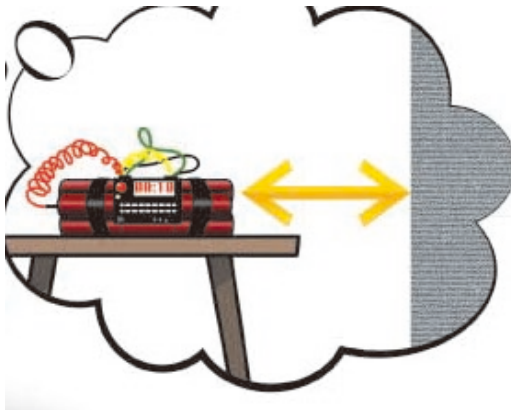
# フレーム問題とロボットの思考1

- 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

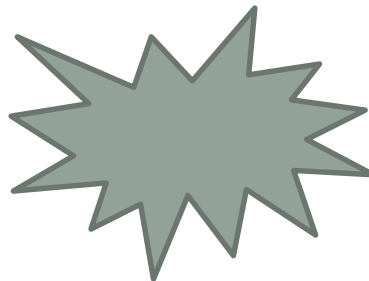
- そこで、ロボット二号はあらゆる条件を事前に考えるように作られた。
- その結果、ロボット二号は停止してしまった。
- なぜなら、壁との距離、温度、机との関係、椅子との関係、光の当たり方などなど、考える対象は現実世界では無限にあったからである。
- ロボットがあらゆる可能性を考えている内に、時間が経ってしまい時限爆弾は爆発してしまった。





# 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「何が無関係なのか」を一つ一つ考えていった。
- 壁との距離は無関係、温度は無関係、椅子との関係は無関係などなど、ロボットがあらゆる無関係な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

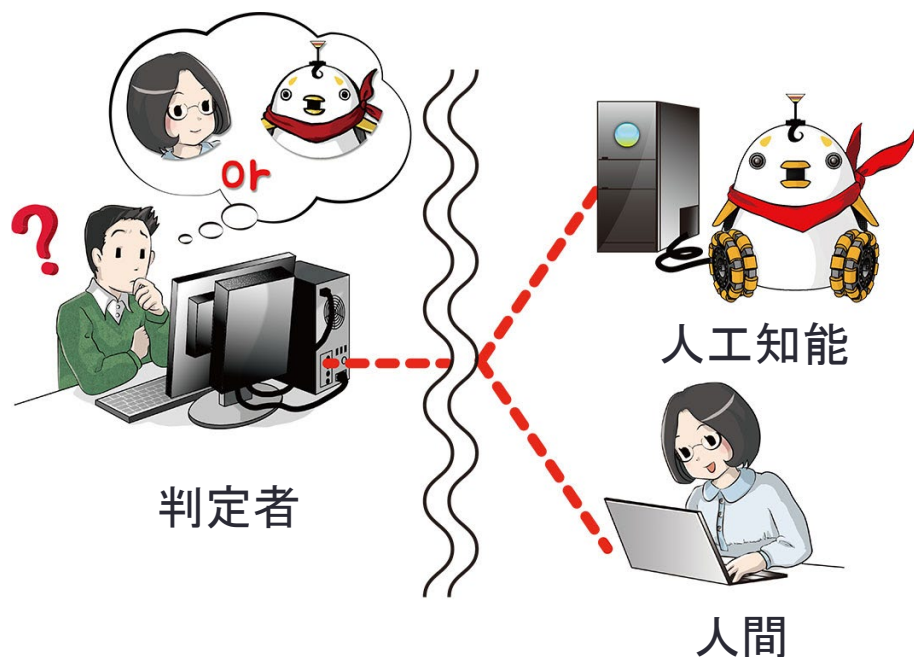
# 人工知能の判定問題: チューリングテスト

- 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)



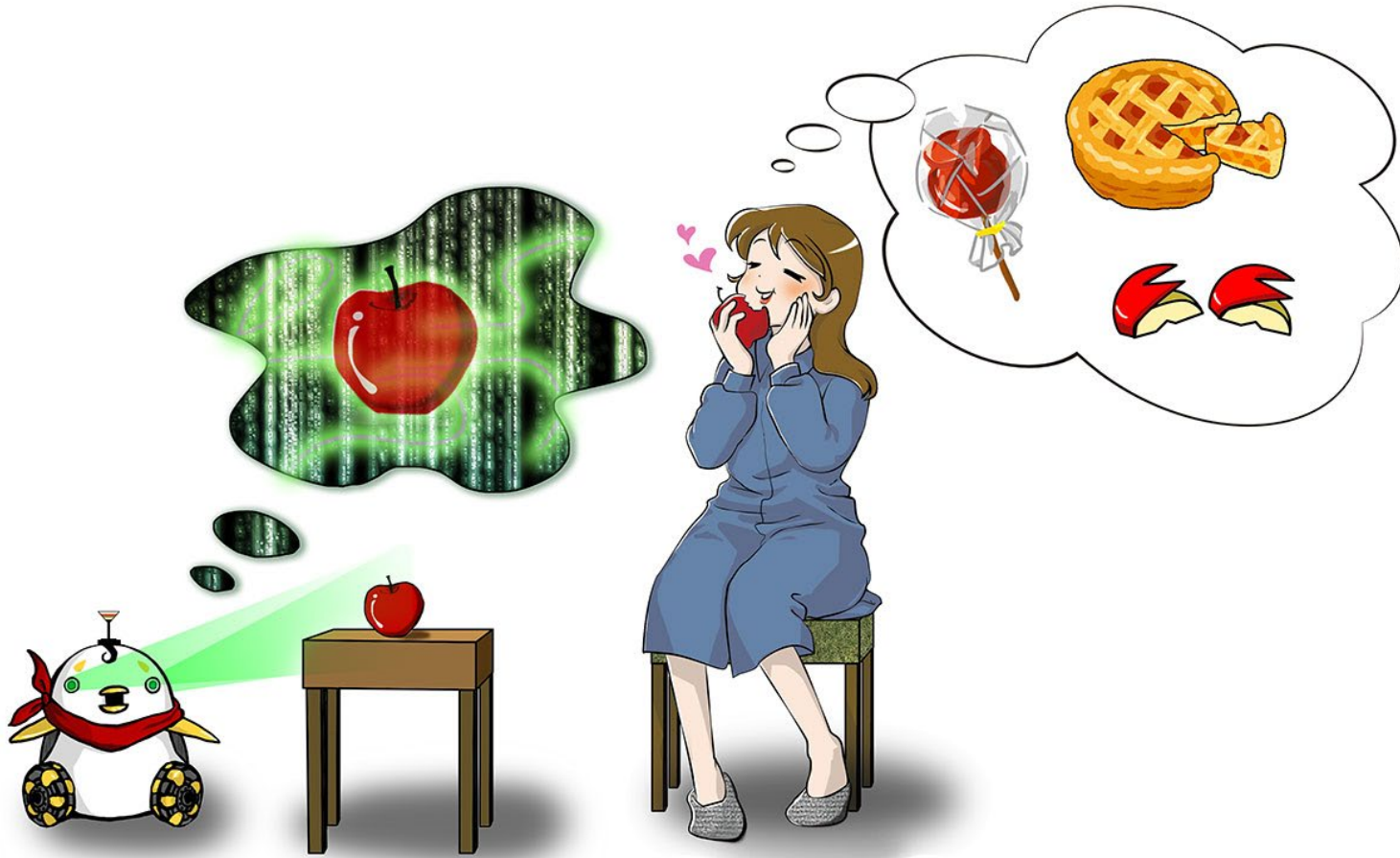
判定者と機械にコンピュータ越しにテキスト文字列で会話させた際に、判定者に会話相手が人間だと勘違いさせることが出来れば、その機械は「知能を持っている」としてよい。

# 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.

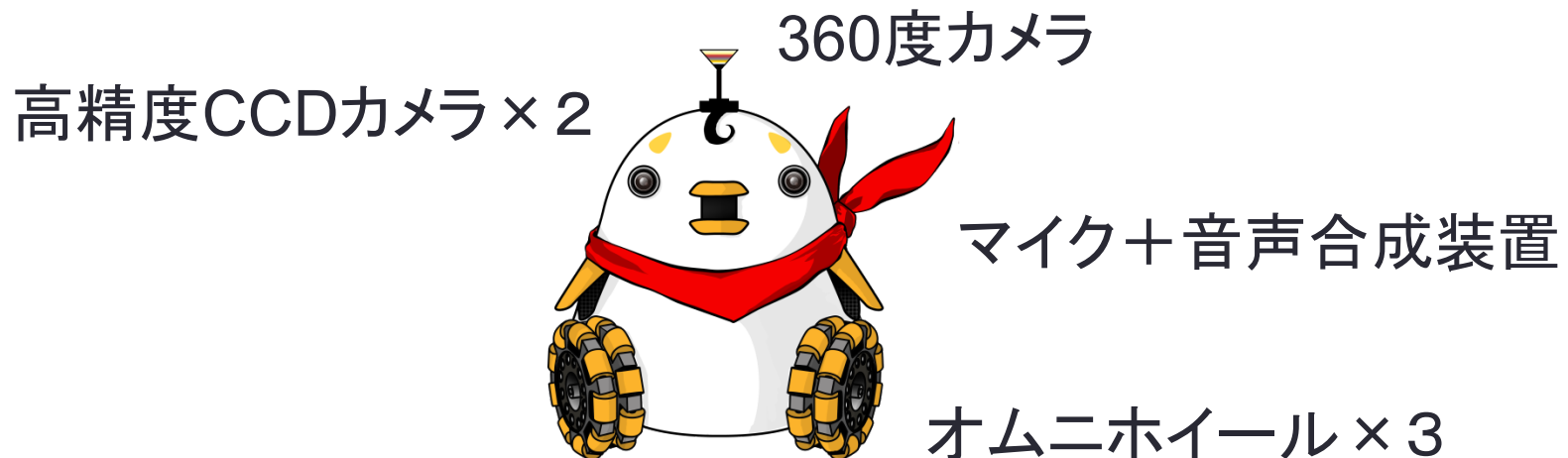
# Contents

- 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



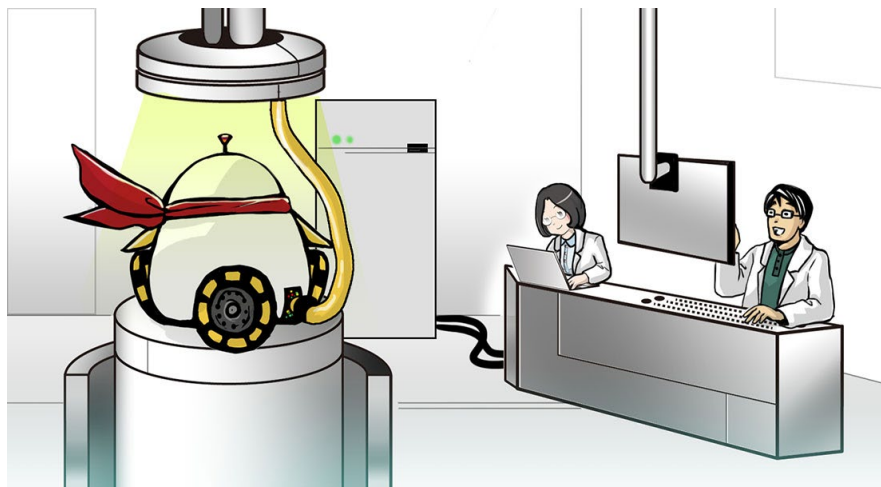
# 「人工知能をつくり出そう！」

- 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

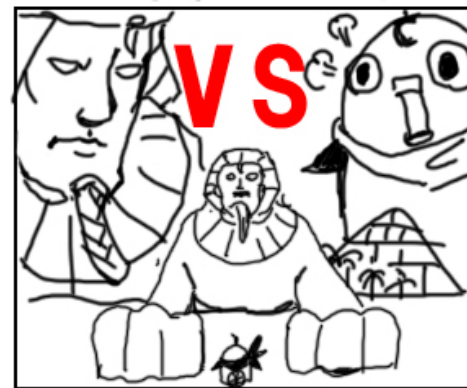
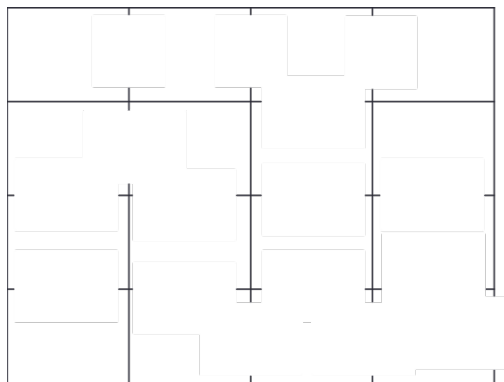
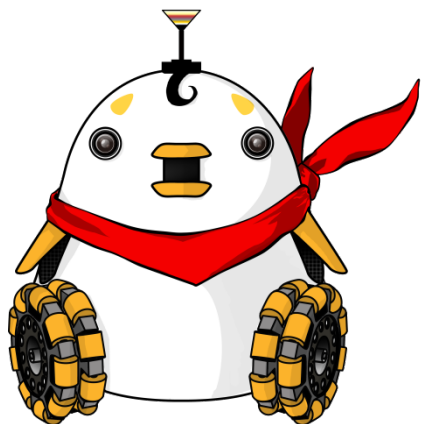
- ホイールダック2号は**プログラム**を与えられれば自律的に移動し続けることができるものとする.
- ホイールダック2号は**音声入力**, **視覚入力**を得るセンサ系を持ち, **オムニホイール**を用いて全方向に自由に移動できるものとする.





# STORY人工知能をつくり出そう

- 本書で展開する「ホイールダック2号の冒険」は人工知能で動く仮想的なロボット, **ホイールダック2号**を主人公とした物語である.
- 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.**



# STORY人工知能をつくり出そう

- 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。このようなロボットをつくるためには、少なくともどのような**知的計算処理**をロボットに組み込む必要があるだろうか。
- 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**。

# 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.