

人工知能とその技術

藤田 一寿

人工知能とは

人工知能とは

- 人間が知能を使ってやることをできる機械もしくはそれを実現するための技術
 - 人間の知的営みをコンピュータに行わせるための技術（IT用語辞典バイナリ）
 - 学習・推論・判断といった人間の知能を持つ機能を備えたコンピュータシステム（大辞林第三版）
 - 人間や動物が可能な知的作業ができるコンピュータを作ることに関する事柄（Artificial Intelligence for Games）

- 人（研究者）によって人工知能の捉え方が違う！！

研究者	所属	定義
中島秀之	公立ほこだて未来大学	人工的につくられた、知能を持つ実体。あるいはそれをつくらうとすることによって知能自体を研究する分野である
武田英明	国立情報学研究所	
西田隆明	京都大学	「知能を持つメカ」ないしは「心を持つメカ」である
溝口健一郎	北陸先端科学技術大学院	人工的につくった知的な振る舞いをするためのもの（システム）である
長尾真	京都大学	人間の振る舞いを模倣してシミュレートするシステムである
堀江一	東京大学	人工的に作る新しい知能の世界である
浅田裕	大阪大学	知能の定義が明確でないで、人工知能を明確に定義できない
松原仁	公立ほこだて未来大学	究極には人間と区別がつかない人工的な知能のこと
池上高志	東京大学	自然にわれわれがペットや人に接するような、情感と認識に富んだ相互作用を、物理法則に依存なく、あるいは従って、人工的につくり出せるシステム
山口南平	慶應義塾大学	人の知的な振る舞いを模倣・支援・超越するための構造的システム
栗原祐	電気通信大学	人工的につくられる知能であるが、その知能のレベルは人を越えているものを想像している
山田宏	ドワンゴ人工知能研究所	計算機知能のうちで、人間が直観・想像に設計する場合を人工知能と呼んで良いのではないと思う
松尾豊	東京大学	人工的につくられた人間のような知能、ないしはそれをつくる技術。人間のように知的であるとは、「気づくことのできる」コンピュータ、つまり、データの中から特徴量を生成し現象をモデル化することのできるコンピュータという意味である

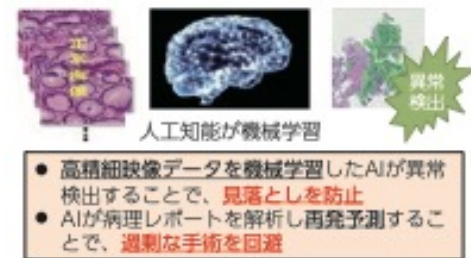
〔出典〕松尾豊「人工知能は人間を超えるか」(KADOKAWA) p.45より作成

(平成28年度情報通信白書)

- そもそも知能が何を意味するか、知的営みがどの程度の難易度の行動ができることを意味するかが曖昧である。そのため、人工知能という用語も曖昧になる。
- 考えてもキリがないので、一般的な認識に近い一番上の解釈をしておく。

■ 人工知能とは

- 汎用人工知能 (Artificial general intelligence)
 - 人間レベルの知能
- 特化型人工知能
 - ある問題に対し特化した人工知能



平成 30 年版 情報通信白書 p333

- 人工知能という言葉が技術用語として使わないほうが分かりやすい。
 - 現状では「人工知能を使って〇〇やります」は「コンピュータ使って〇〇を自動化します」に近い
 - 人工知能を理解していないと「人工知能が機械学習」といったよくわからない文章を書いてしまう。

■ 電卓も人工知能では？

- 電卓による計算も人間の知的活動を機械がやっていると言えるが、なぜ電卓は人工知能と呼ばれないのか？



John McCarthy

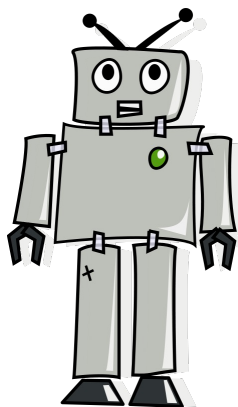
As soon as it works,
no one calls it AI any
more.

(<https://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/138907-john-mccarthy/fulltext>)

人工知能を実現するには

■ 人工知能

- 人工知能とは
 - 人間が知能を使ってやることをできる機械もしくはそれを実現するための技術
- どのように人工知能を実現するのか



機械

どうすれば人間のように
知的になれるか？

中国語の部屋

中国語の部屋

- 哲学者のサルが発表した思考実験
- 中国語を理解できない人を小部屋にいれ，中国語のあらゆる返答が書かれた辞書を持たせる。
- 部屋に中国語の質問を書いた紙を入れると，中の人が辞書をひいて適切な返答を紙に書き返す。



中国語の質問が書かれた紙



中の人是中国語は分からないが，辞書をひいて適切な返答を探す。



中国語の返答が書かれた紙

中国語の部屋

- 中国語を分かっていないのに適切に返答できる.
- チューリングテストでは中の人が中国語を理解しているかどうか分からないだろう.



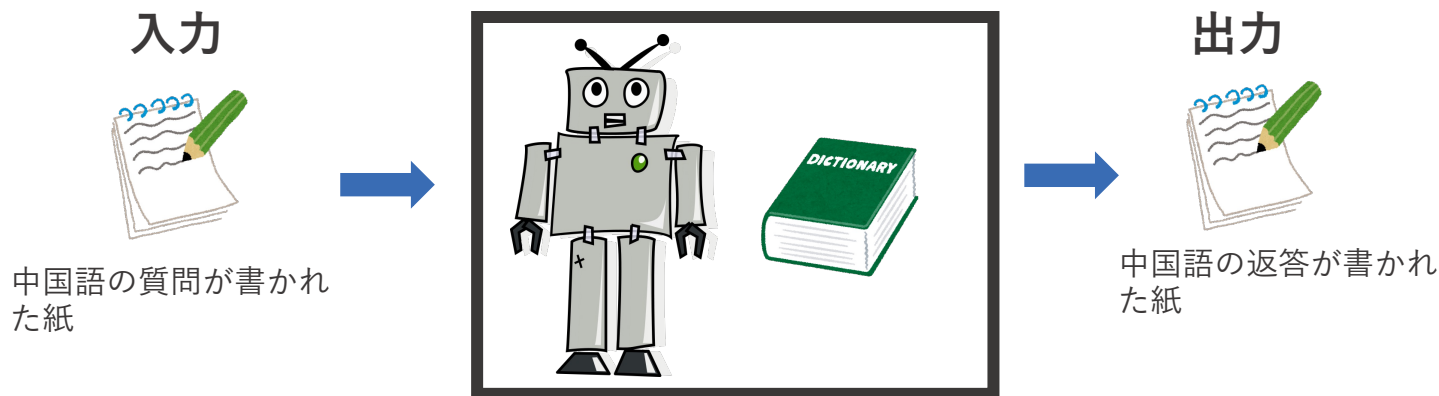
チューリングテストとは
アラン・チューリングが提案した
機械が人間的であるかどうか判定
するテスト

• 私見

- 適切な返答ができるなら、それで良いのではないか.
- 適切な返答が書かれた辞書を作ることが大事ではないか.
- 人工知能では辞書を作る方法を機械に組み込むが重要ではないか.

■ 逆に見れば

- 中国語の部屋のように，部屋の中身が何であれ適切な返答ができれば部屋は知的に動いているように見える．
- 人工知能を実現するには，入力に対し適切な出力をする機械を作れば良い．

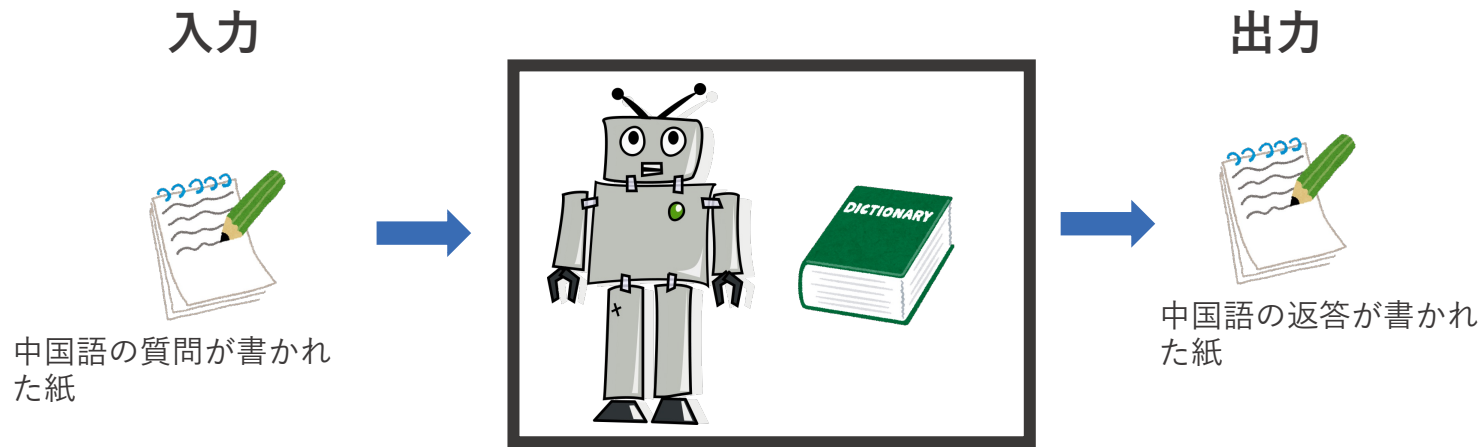


中国語の部屋を実現するには，部屋の中の機械が適切な返答をすれば良い．

人工知能の実現

■ 機械に適切な出力をさせるためには

- 人間があらかじめ入力から出力を求めるルールを作り，機械に組み込む.
- 機械に辞書を作らせる.
 - 人間は辞書を作らせ，それを活用する技術を考える



機械は適切な返答をすれば良い.

機械に問題の解き方を組み込む

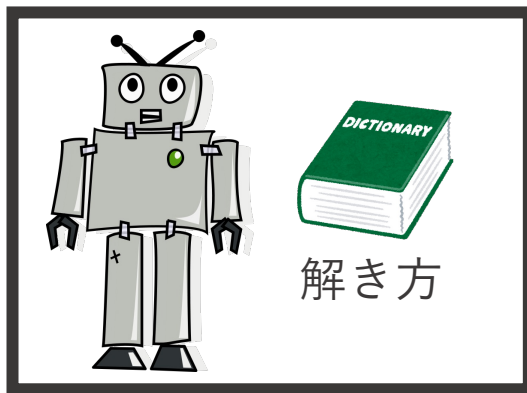
■ 機械に問題の解き方を組み込む

- 機械に問題の解き方を教えれば，機械は正しい答えを導ける．

入力

2
6
1
8
5
7
9
8
4

最大値を
探して



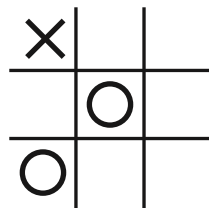
出力

9

最大値を求める方法を機械に事前
に入力しておく。
機械はその方法に従って最大値を
探す。

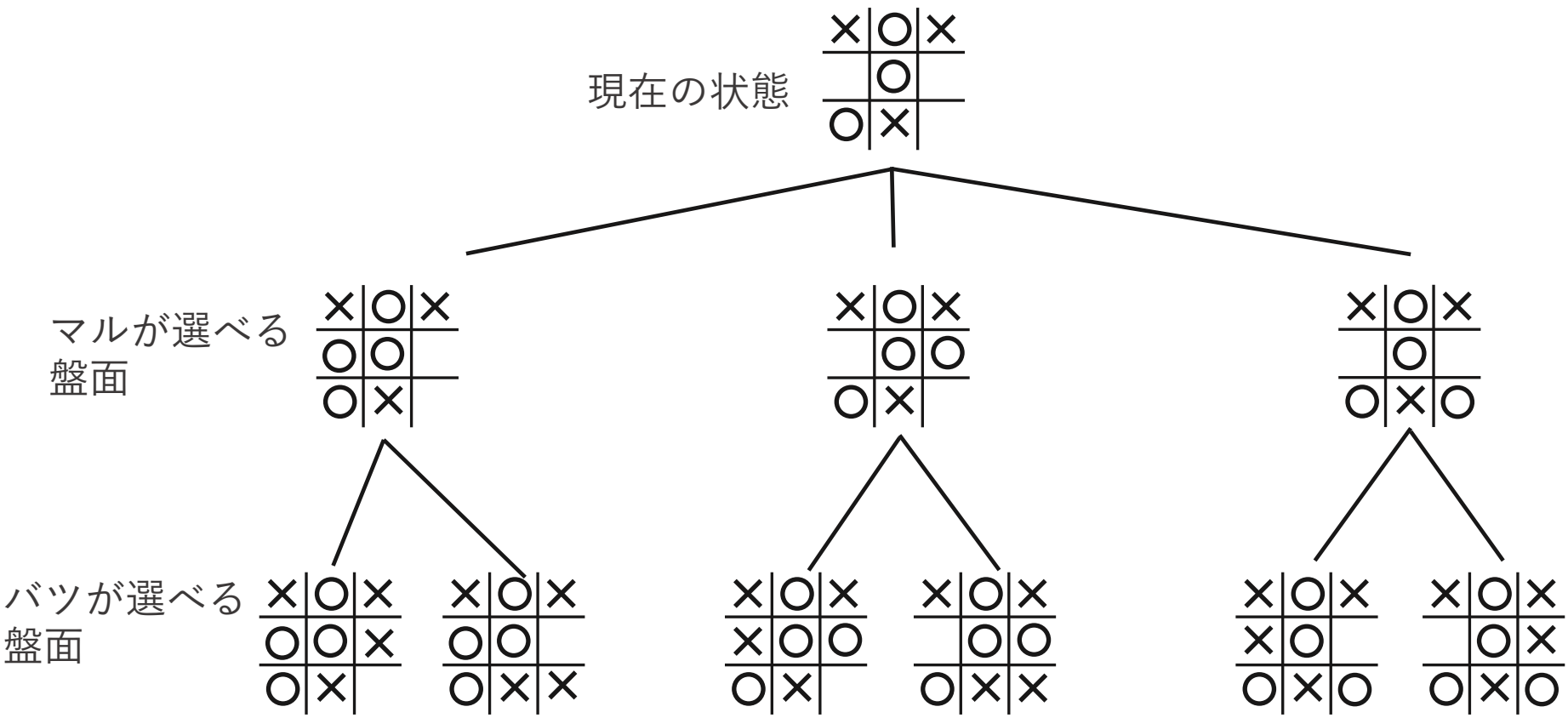
■ 機械に問題の解き方を組み込む

- マルバツゲームを考えてみよう.
 - ○とXを交互に3x3のマスに埋めていき3つ並べたほうが勝ち.
- この場合, 起こりうるすべての手を探し出せば必勝の手が見つかる.



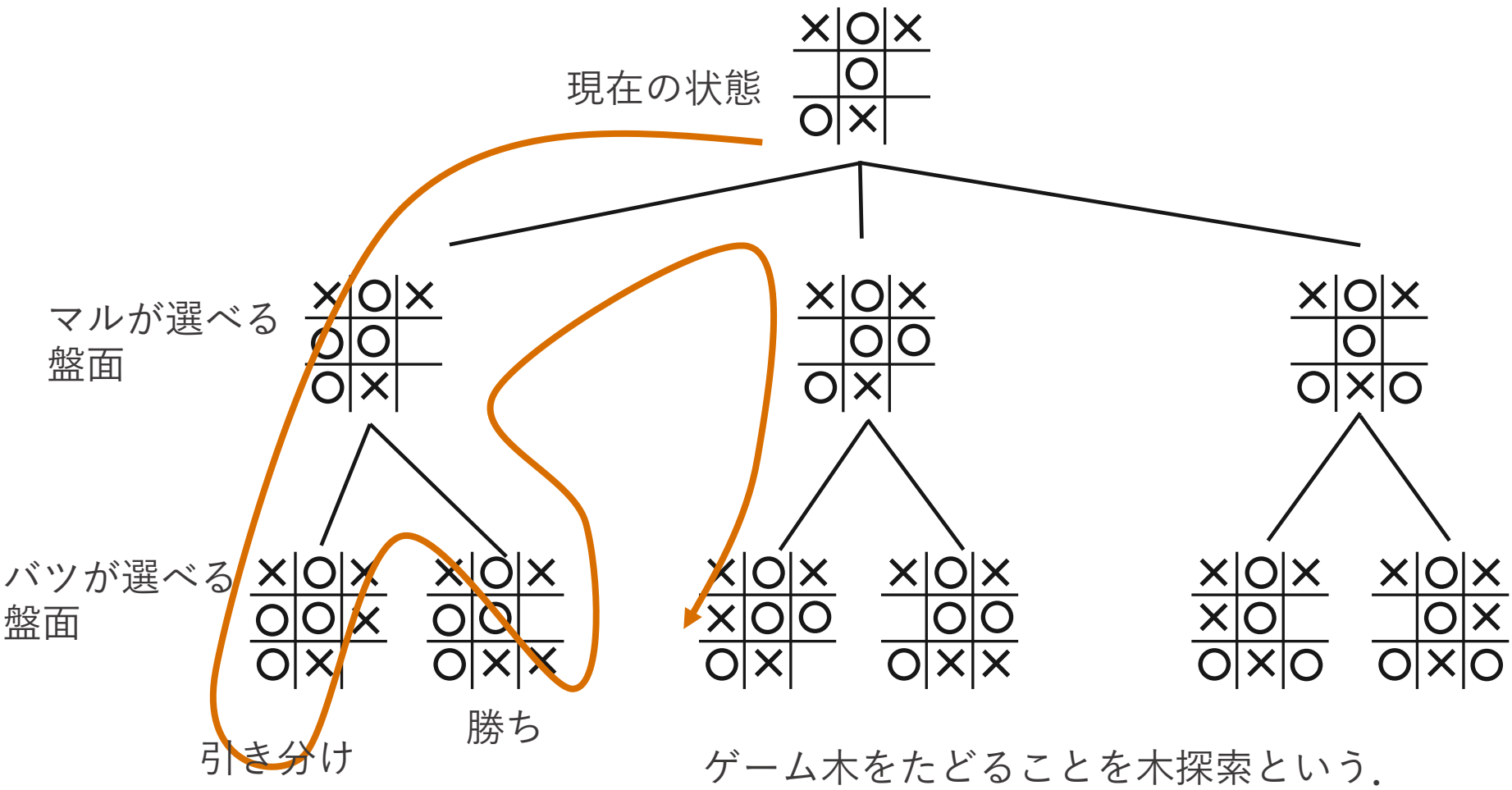
- なにか問題を解くとき, 考えられる解を評価し条件に合うものを探すことを探索といい, このために用いられるアルゴリズムを探索アルゴリズムという.
- 探索を組み込んだ機械は, ゲームをプレイすることができる.

■ 探索の例

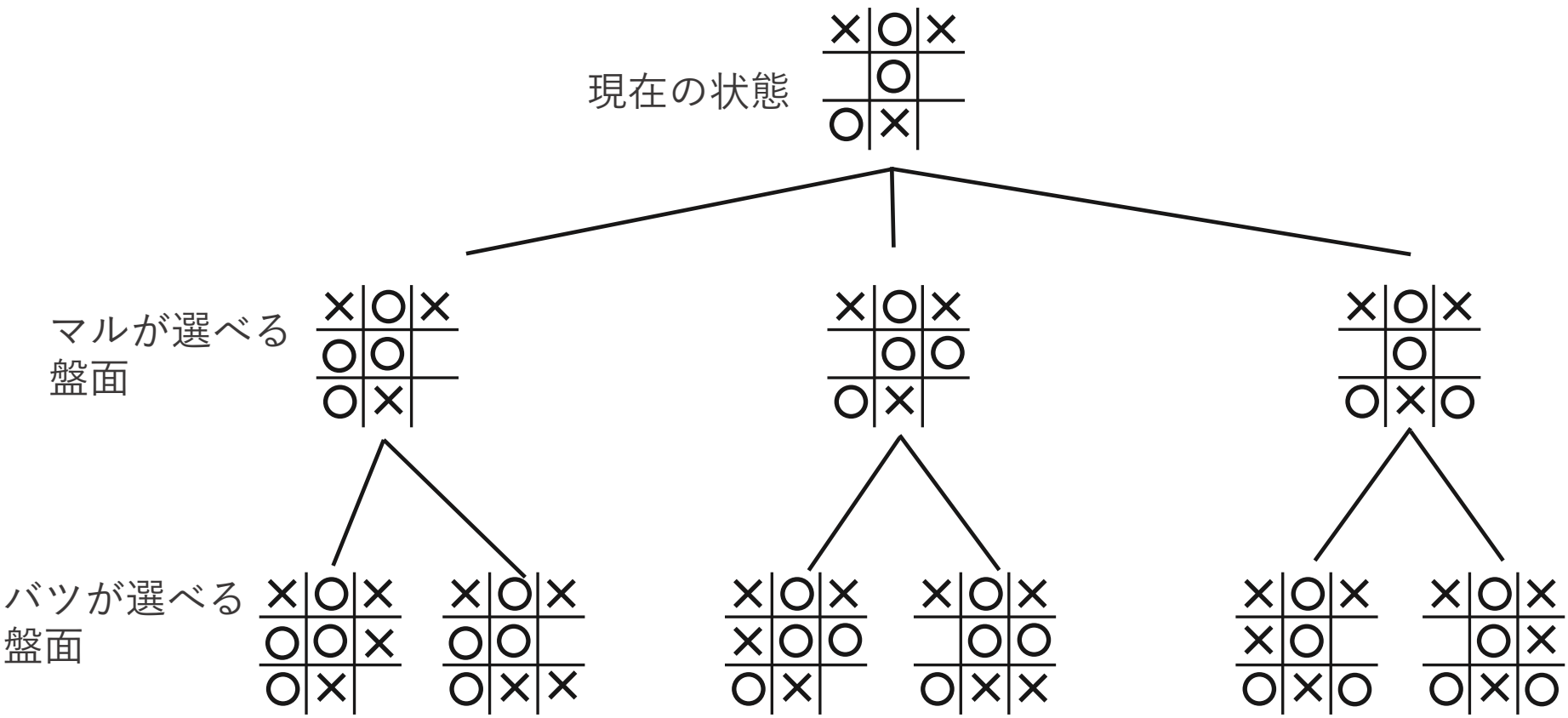


起こりうる盤面の一覧. 起こりうる盤面を木構造で書いたものをゲーム木という.

■ 探索の例



■ 探索の例



ゲーム木から各プレイヤーが最善手を選べば引き分けになることが分かる。
勝つ可能性があるのは右の手以外だということも分かる。

■ 機械に問題の解き方を組み込む

- このやり方は様々な場所で応用されている.
 - 検索アルゴリズム
 - リニアサーチ
 - バイナリサーチ
 - 探索アルゴリズム
 - バックトラック法
 - 幅優先探索
 - 並び替え（ソート）アルゴリズム
 - バブルソート
 - クイックソート
 - ゲームAI
 - Mini-max法
- この方法はコンピュータアルゴリズムの分野で研究される.

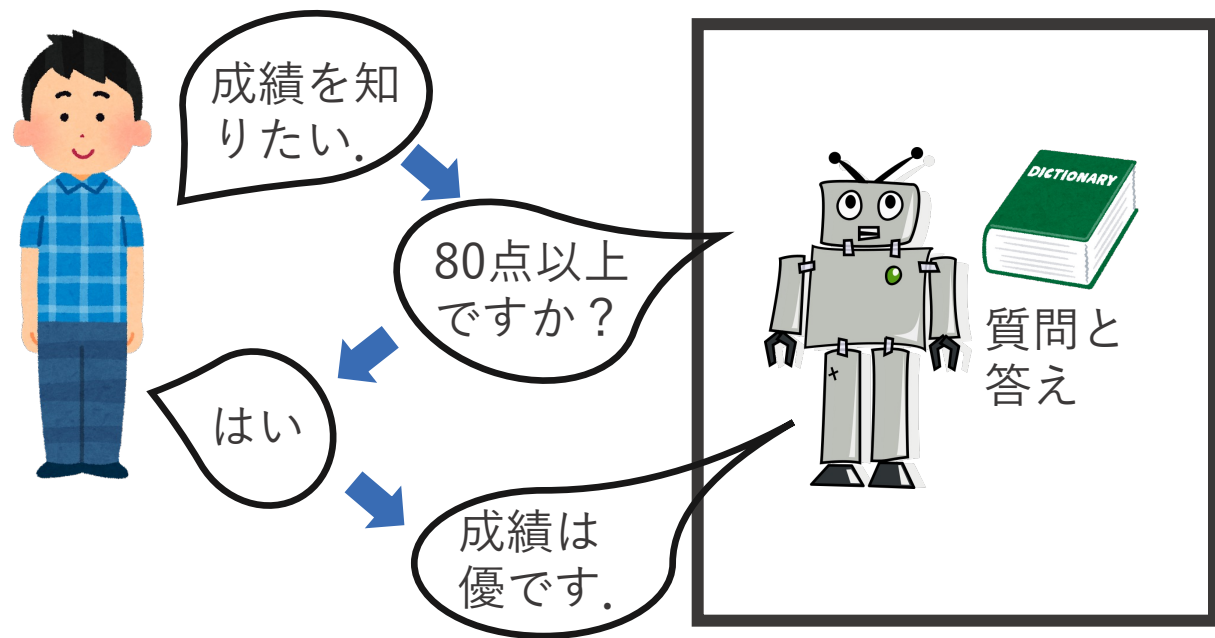
■ 探索の問題

- 選択枝が多い問題では困るかもしれない.
 - データ量や選択枝が多いと探索時間が多くかかってしまう.
 - ゲームで起こりうる盤面の数 (state-space complexity)
 - マルバツゲーム: 10^3 1盤面の処理に1秒かかるとしたら約16分処理時間がかかる.
 - オセロ: 10^{28} 1盤面の処理に1秒かかるとしたら約 10^{20} 年処理時間がかかる.
 - チェス: 10^{44} 1盤面の処理に1秒かかるとしたら約 10^{36} 年処理時間がかかる.
 - 将棋: 10^{71} 1盤面の処理に1秒かかるとしたら約 10^{63} 年処理時間がかかる.
 - 囲碁: 10^{170} 1盤面の処理に1秒かかるとしたら約 10^{162} 年処理時間がかかる.
 - 効率的な方法 (良いアルゴリズム) を考えることが重要である.
- 明確に選択枝を提示できない問題では困るかもしれない.
 - ボードゲームでは選択枝は離散的だが, 連続的な選択枝の場合どうするか?

知識と簡単な条件分岐で問題を
解く

■ 知識と簡単な条件分岐で問題を解く

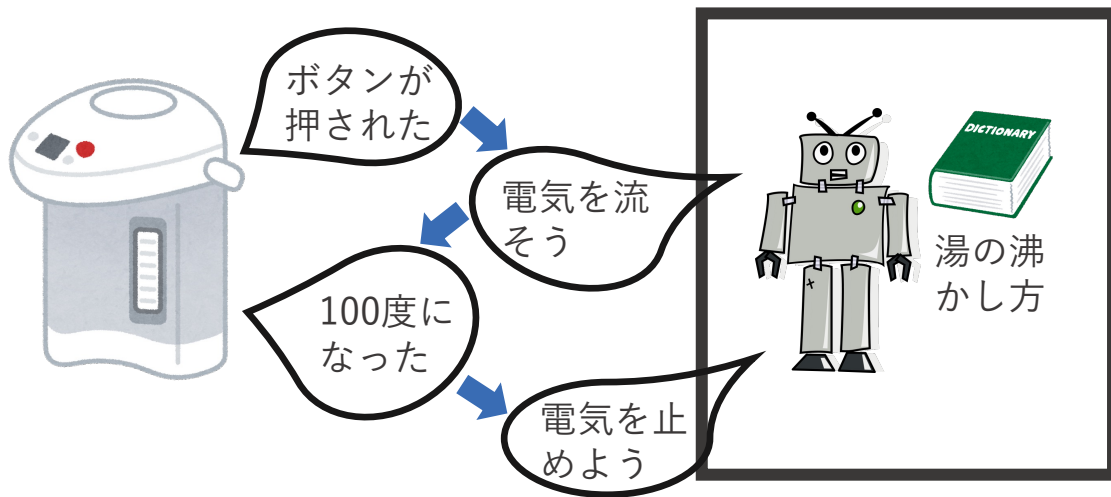
- 例えば，人の抱える問題に対し，機械が簡単な質問をする．その質問に対し人が「はい」か「いいえ」で答えていくと，機械が問題を解いてくれる．



アキネーターのようなもの
のだと思ってほしい（ア
キネーターの中身がどう
なっているかは分からな
いが…）。

知識と簡単な条件分岐で問題を解く

- 機械にお湯を沸かさせたい。
- お湯を沸かすには
 - スイッチが入った場合、水を熱する。
 - 水の温度が100度になると、水を熱するのをやめる。
- 機械がこの条件に沿って行動すればお湯をわかせる（かもしれない）。



知識と簡単な条件分岐で問題を解く

- 機械に風邪かどうか判断させたい。

- 風邪の条件とは

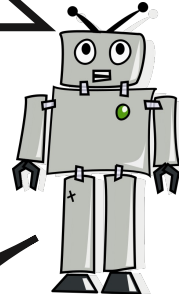
- 平熱かどうか。
- のどが痛いかどうか。
- 鼻水が出るかどうか。
- 筋肉痛があるか。
- 冬かどうか。



いいえ
いいえ
いいえ

熱はあるか
喉は痛いかな
冬か

風邪で
はない

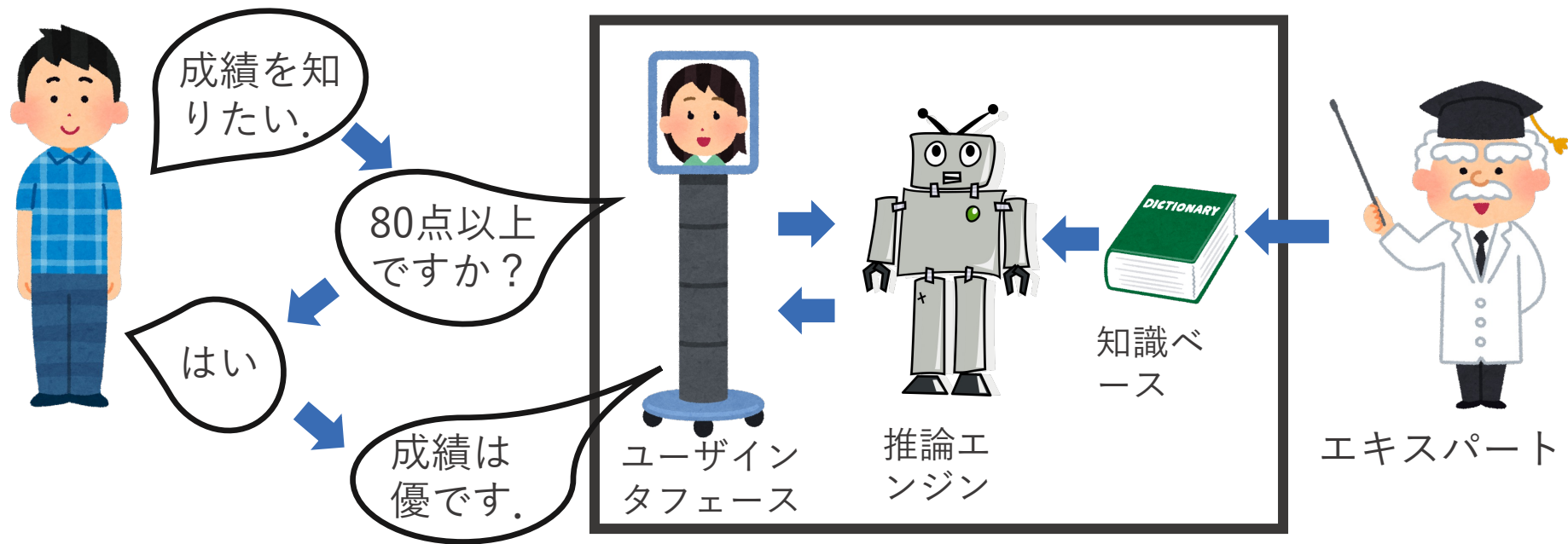


質問と
答え

- これらの条件を機械が患者に聞き、条件の当てはまり具合で風邪かどうか判断することができる（かもしれない）。

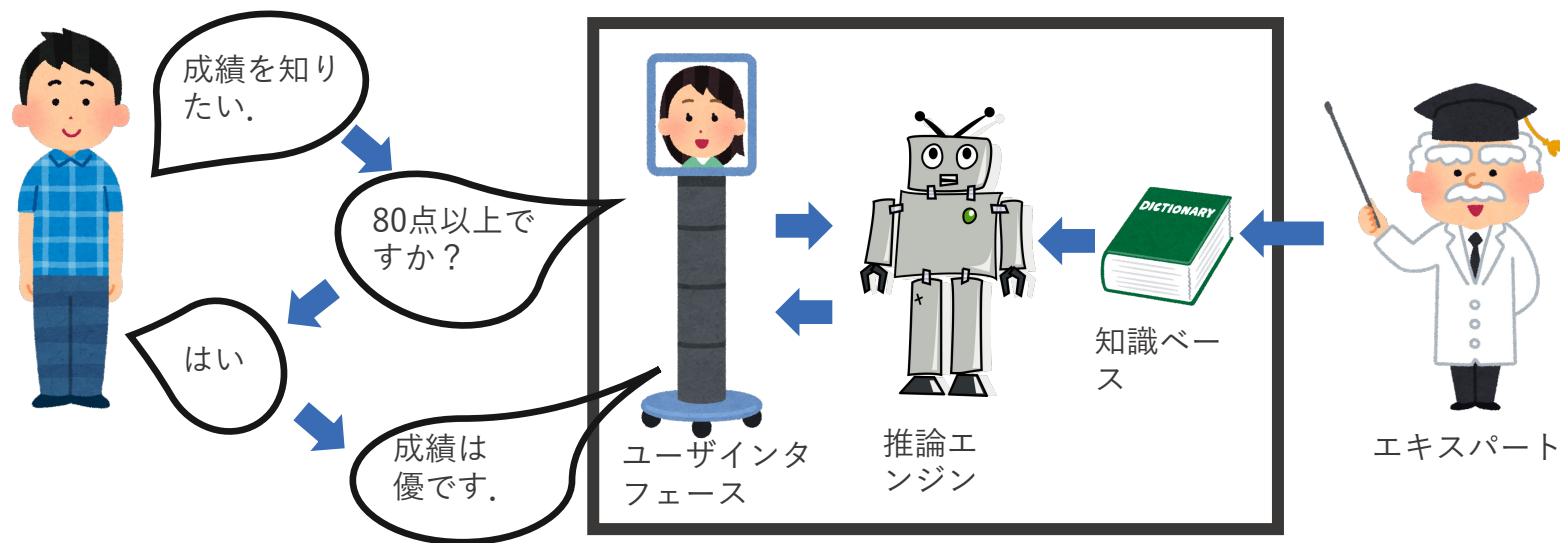
■ 例：エキスパートシステム

- ある分野の専門家の持つ知識をデータ化し、専門家のように推論や判断ができるようにするコンピュータシステム（IT用語辞典）



■ 例：エキスパートシステム

- エキスパートが専門知識を知識ベースに登録する。
 - If-Thenルール, つまり条件と結論の形で知識を表現する.
- 推論エンジンが知識ベースの情報を用いて結論を導く.



■こんなに単純でよいのか

- 単純な条件分岐でなんでも判断できるか？
 - 条件がはっきりしているのなら上手くいくだろう。
 - 簡単な問い合わせの対応
 - 電気ポットやケトルなどの比較的単純な機械の制御
- 条件分岐（知識ベース）を作るのが面倒くさい.
- 知識，条件が網羅できないかもしれない.

規則性を覚えさせ、それに従って判断させる

■ 規則性を覚えさせ、それによって判断させる

- 機械はデータの規則性を覚え、覚えた規則性を使い判断する。

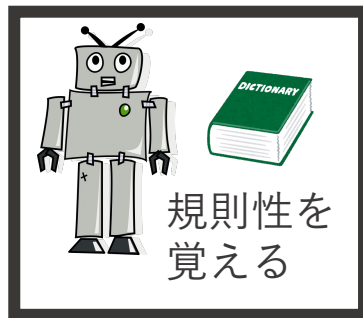
0 1 2 3 4

5 6 7 8 9

0, 1, 2, 3, 4

5, 6, 7, 8, 9

学習データ

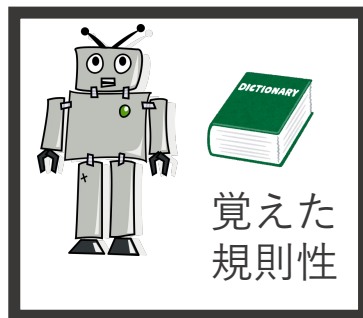


機械は入力の規則性を覚え、それを保存する。

入力

0 1 2 3 4

5 6 7 8 9



出力

0, 1, 2, 3, 4

5, 6, 7, 8, 9



覚えた規則性を用い判断する。

■ 機械学習

- 機械にデータを入力し，その規則性を覚えさせることを学習という．
- 機械に学習させる仕組みを取り扱う分野のことを機械学習という．
- 機械学習の説明は別の資料で行う．

まとめ

■ 人工知能のための技術のまとめ

- 計算方法を組み込む
 - コンピュータアルゴリズム
 - ソートアルゴリズム
 - 探索アルゴリズム
 - 検索
 - ゲームAI
 - 動的計画法
- 知識と条件分岐を組み込む
 - エキスパートシステム
 - IF-THENルール
- 学習の仕組みを組み込む
 - 機械学習
 - ニューラルネットワーク, 深層学習

■ 歴史

- 1942年 Bombe machineがEnigmaを解読に成功
- 1943年 ニューラルネットワーク登場（McCullochとPitts）
- 1950年 Turing test提案（Turing）
- 1955年 ダートマス会議にてArtificial Intelligenceという用語ができる
- 1959年 機械学習という用語ができる（Samuel）
- 1966年 チャットボットEliza発表
- 1980年代 エキスパートシステムが利用される
- 1997年 チェスでDeepblueが世界チャンピオンを破る
- 1999年 Aibo発売
- 2002年 Roomba発売
- 2011年 Siri登場
- 2011年 IBMのWatsonが早押しクイズで人間に勝つ

■ まとめ

- 人工知能のための技術は機械学習（深層学習）だけではない.
- 目的に合わせて，効率的な手法を選ばなければならない.