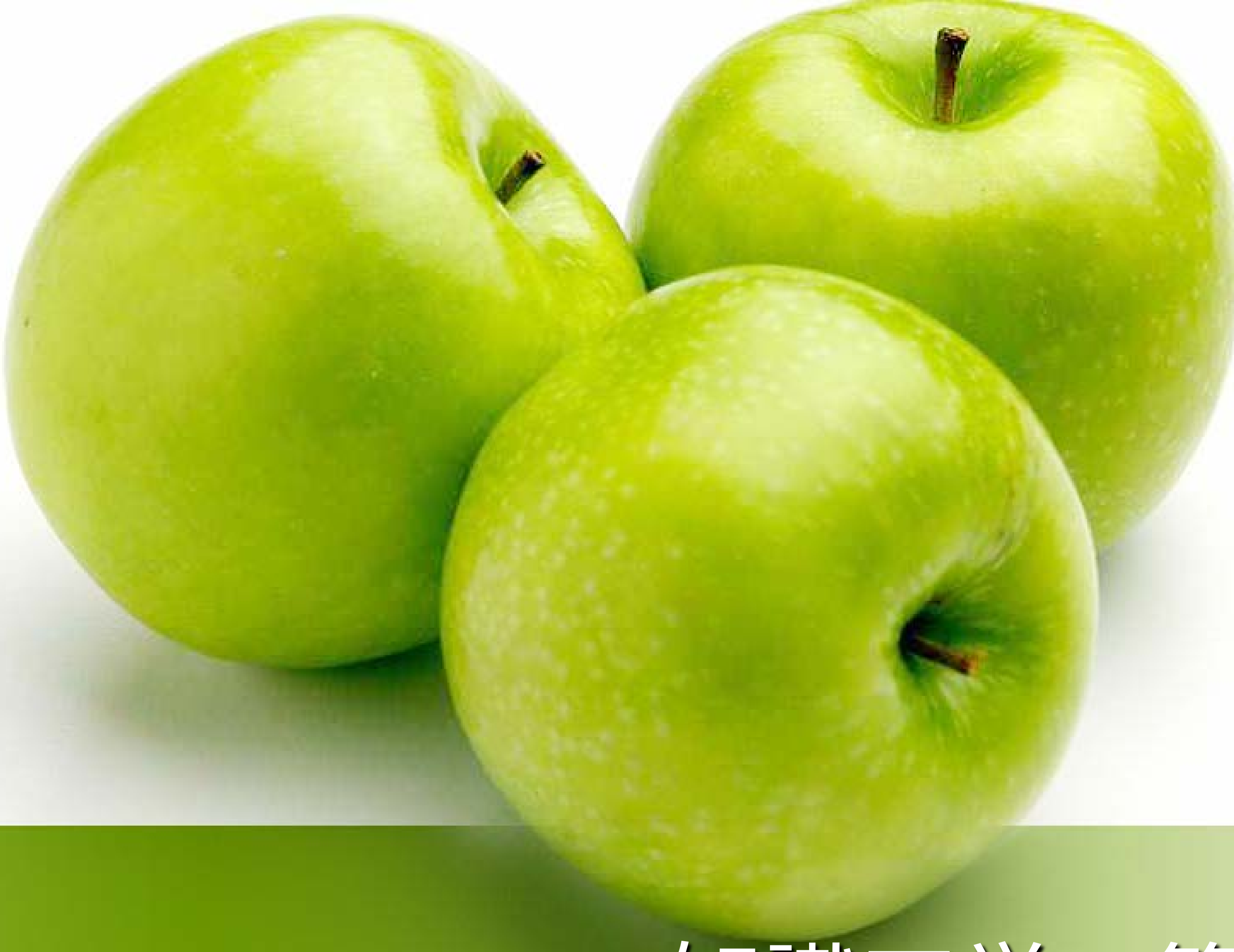


知識工学　第1回

二宮　崇

参考書と資料

- 参考書
  - Artificial Intelligence: A Modern Approach (3rd Edition): Stuart Russell, Peter Norvig (著), Prentice Hall, 2009
  - エージェントアプローチ人工知能 第2版: S.J.Russell (著), P.Norvig (著), 古川康一 (翻訳), 共立出版, 2008

- この講義のウェブサイト

http://aiweb.cs.ehime-u.ac.jp/~ninomiya/ke/

出席について

- 出欠
  - 愛媛大学学則により，開講時間数の３分の２以上出席していない者については，成績を判定しない。
  - さらに，本科目にあっては，無断で２回以上欠席する者は成績を判定しない。欠席する場合は必ず欠席届を次の講義までに提出すること。

成績について

- レポート
  - レポート課題を時々だすので、〆切までに必ず提出すること。

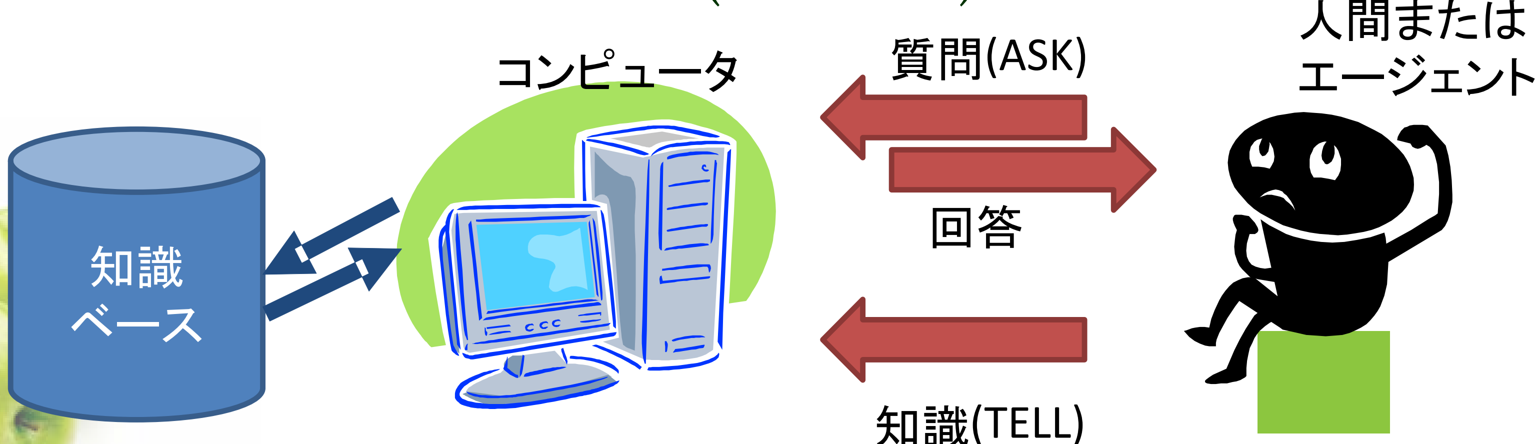
- 試験
  - 成績は試験で100%評価する。
  - 持ち込み不可
  - 試験の結果に基づき統計的処理を施して総合的に評価

論理的エージェント(§7)

- 論理による推論
  - 命題論理
    - 命題記号、∧、∨、¬、⇒、⇔
  - 述語論理
    - 命題論理＋(述語、項、限量子(∀、∃)、変数)
- 確率モデルによる推論
  - 完全結合確率分布
  - ベイジアンネットワーク
  - マルコフ論理

知識に基づくエージェント(§7.1)

- 知識ベース(knowledge base, KB)
  - 論理式の集合。他の論理式から導出されない論理式は公理(axiom)と呼ばれる。
- TELLとASK
  - 知識ベースに対する操作
  - TELLは新しい論理式を知識ベースに加える(知識を増やす)
  - ASKは知識ベースに質問を投げかける
  - いずれもその操作に推論 (inference) を伴う。



ワンパスワールド(§7.2)

- 論理による推論ゲーム

目的: エージェントはワンパスや穴のマスにぶつからないように黄金をみつけて[1,1]のマスに戻ってくる

ワンパスワールド(§7.2)

- 例

  (1)エージェントAは[1,1]からスタート。風や臭いがないので、[1,2]や[2,1]は安全とわかる(OK)

4	1,4	2,4	3,4	4,4
3	1,3	2,3	3,3	4,3
2	1,2 OK	2,2	3,2	4,2
1	1,1 A OK	2,1 OK	3,1	4,1
	1	2	3	4

ワンパスワールド(§7.2)

- 例

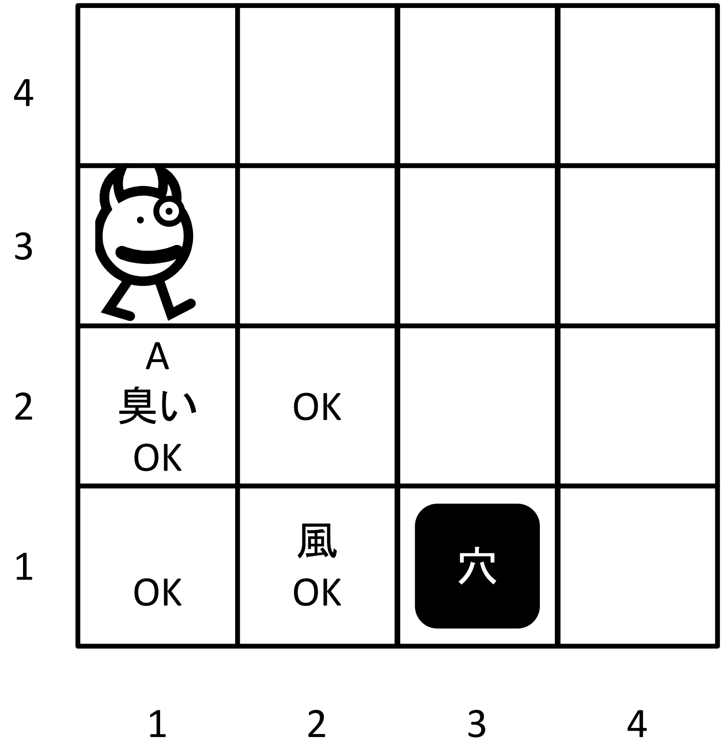
(2)続いてエージェントAは[2,1]に移動してみる。風を感じる。

4				
3				
2	OK	穴?		
1	OK	A 風 OK	穴?	
	1	2	3	4

ワンパスワールド(§7.2)

- 例

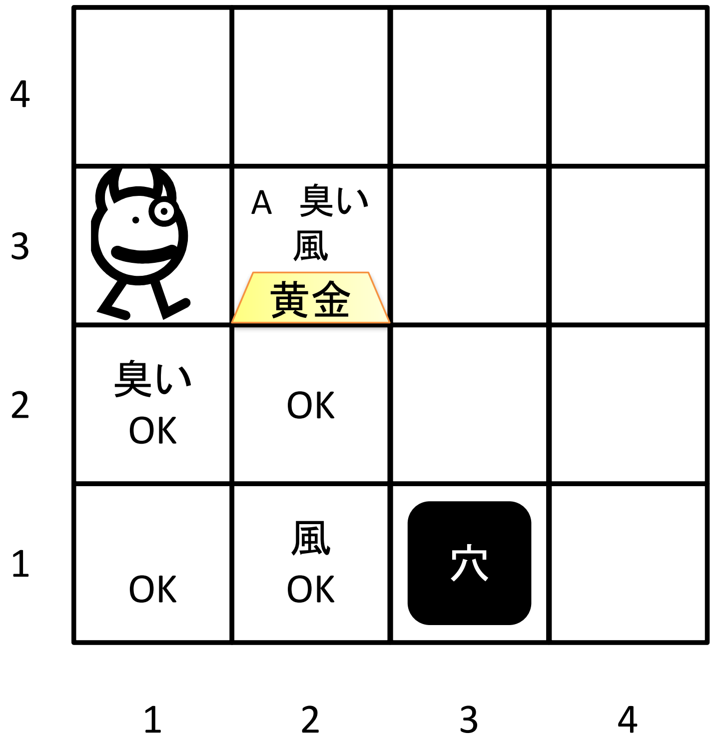
(3)続いて、エージェントAは[1,2]に移動してみる。臭いを感じるが、風を感じない。



ワンパスワールド(§7.2)

- 例

(4)次にエージェントAは[2,2]に移動して、[2,3]に移動する。



黄金がみつかったので、[1,1]のマスまで戻ればミッション成功!

命題論理 (§7.4)

- 命題論理
  - 命題論理 = 論理式(ブール関数) + 推論
  - つまり、命題論理はブール関数(=論理回路)に推論が加わった体系といえる

命題論理 (§7.4)

- 論理式
  - 論理式=ブール関数=論理回路

  - 命題記号 (proposition symbol) : 真($true$)か偽($false$)の値をもつ記号。 P, Q, R などの大文字を使って表現する。
    - 真を表す記号: $true, T, 1, I$
    - 偽を表す記号: $false, F, 0, O$
    - ここでは、真を表す記号として1を用い、偽を表す記号として0を用いる

  - 論理結合子 (logical connective): NOT, OR, ANDなどの演算子

命題論理 (§7.4)

- 論理結合子
  - ¬: NOT, 否定, ～ではない
  - ∧: AND, 連言, かつ
  - ∨: OR, 選言, または
  - ⇒: 含意, ならば。本によっては、⊃や→が使われることもある。$P \Rightarrow Q$は$\neg P \lor Q$と等しい。
  - ⇔: 同値, であるとき、またそのときにかぎり(if and only if)。$P \Leftrightarrow Q$は$(P \Rightarrow Q) \land (Q \Rightarrow P)$と等しい。

※含意記号⇒および同値記号⇔は、連言記号∧と同じブール関数の一種であることに注意

命題論理 (§7.4)

- 論理結合子の優先順序: ¬, ∧, ∨, ⇒, ⇔
  - 例えば、$\neg P \vee Q \wedge R \Rightarrow S$は$((\neg P) \vee (Q \wedge R)) \Rightarrow S$と解釈する。

命題論理 (§7.4)

- モデル
  - 各命題記号に対する真理値の割り当て
  - 例: 命題記号P_1, P_2, P_3を含む論理式に対し、モデルの一つは$m_1 = \{P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 1\}$となる。
  - モデルが与えられれば、論理式の真理値が決定される。

命題論理 (§7.4)

- 真理値表
  - すべての可能なモデルに対する論理式の真理値を表にしたもの

P	Q	$\neg P$	$P \land Q$	$P \lor Q$	$P \Rightarrow Q$	$P \Leftrightarrow Q$
0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1

命題論理 (§7.4)

- 真理値表による同値性
  - $P \Rightarrow Q$は$\neg P \vee Q$と等しい

P	Q	$\neg P$	$\neg P \vee Q$	$P \Rightarrow Q$
0	0	1	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	1	0	1	1

命題論理 (§7.4)

- 真理値表による同値性
  - $P \Leftrightarrow Q$は$(P \Rightarrow Q) \land (Q \Rightarrow P)$と等しい。

P	Q	$P \Rightarrow Q$	$Q \Rightarrow P$	$(P \Rightarrow Q) \land (Q \Rightarrow P)$	$P \Leftrightarrow Q$
0	0	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1

命題論理 (§7.4)

- 混乱しやすい論理結合子: ∨とXOR
  - $P \lor Q$はPかQが真$(= 1)$ならば真$(= 1)$
  - P XOR QはPとQが同時に真$(= 1)$のときは偽$(= 0)$

命題論理 (§7.4)
意味論

- 混乱しやすい論理結合子: $P \Rightarrow Q$
  - PとQが真ならどんなP, Qでも$P \Rightarrow Q$は真
    - 「5が奇数ならば、東京は日本の首都である」は真
  - Pが偽ならどんなQでも$P \Rightarrow Q$は真
    - 「5が偶数ならば、太郎は賢い」も真

→「Pが真であるとき、私はQであると主張する。そうでなければ私は何も主張しない」と解釈すると理解しやすい

命題論理 (§7.4)
意味論

- 混乱しやすい論理結合子: $P \Rightarrow Q$
  - $\neg P \vee Q$と等価 (選言的論理式と等価)
  - 「西の空が明るい、ならば、明日は晴れる」≡「西の空が明るくない、または、明日は晴れる」
  - 「みかんならば柑橘類である」 ≡ 「みかんでない、または、柑橘類である」

命題論理 (§7.4)
意味論

- 混乱しやすい論理結合子: $P \Rightarrow Q$と$P \Leftrightarrow Q$
  - 「そのときに限って」と条件がつくときに、$P \Leftrightarrow Q$を使う
  - 例: ワンパスワールドで風を感じたとき、穴がその周囲にある
    - × $B_{1,1} \Longrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$
      - $B_{1,1}$が偽のとき、$P_{1,2}$が真でもよい
    - ○$B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \vee P_{2,1})$

命題論理 (§7.4)
簡単な知識ベース

- 命題論理を用いた知識ベース
  - 知識ベースは論理式の連言

    $TELL(KB, S_1) \dots TELL(KB, S_n)$を行った場合、$KB = S_1 \land \cdots \land S_n$となる

  例: ワンパスワールド

  R_1:　$\neg P_{1,1}$

  R_2:　$B_{1,1} \Leftrightarrow (P_{1,2} \lor P_{2,1})$

  R_3:　$B_{2,1} \Leftrightarrow (P_{1,1} \lor P_{2,2} \lor P_{3,1})$

  R_4:　$\neg B_{1,1}$

  R_5:　$B_{2,1}$

  $KB = R_1 \land R_2 \land R_3 \land R_4 \land R_5$