

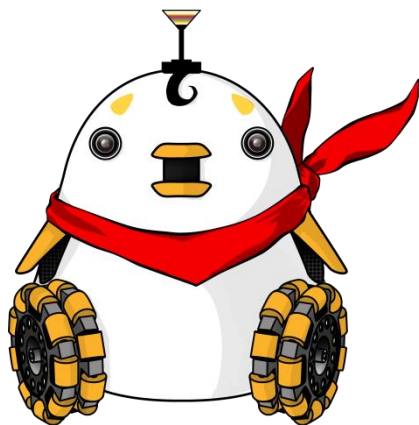
# 人工知能

## 演習問題解答

---

立命館大学 情報理工学部 知能情報学科

萩原良信

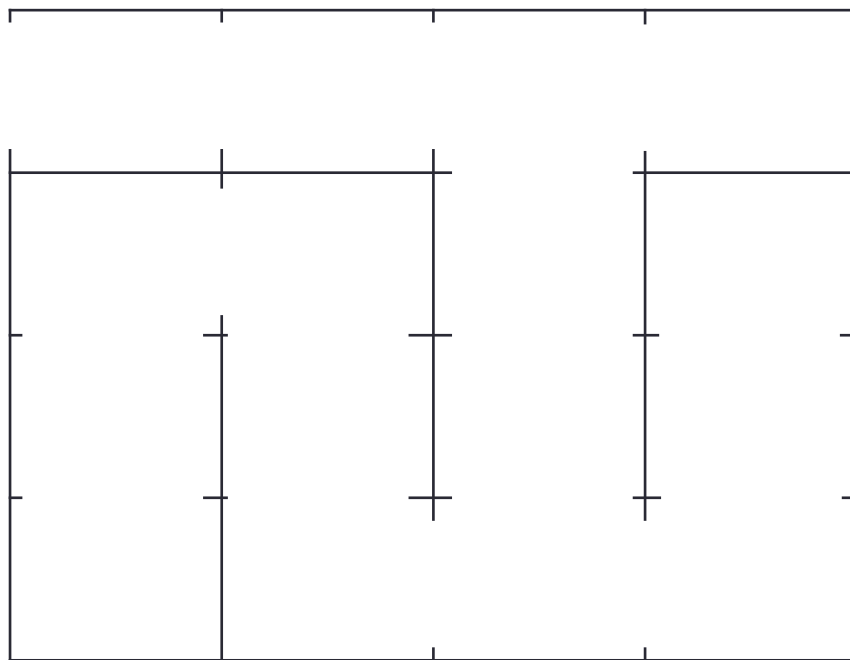


# 演習2-1 迷路からの状態空間構成

- 下記の迷路において「分岐」と「行き止まり」についてのみ状態をおいて状態空間を構成し、グラフ表現せよ.



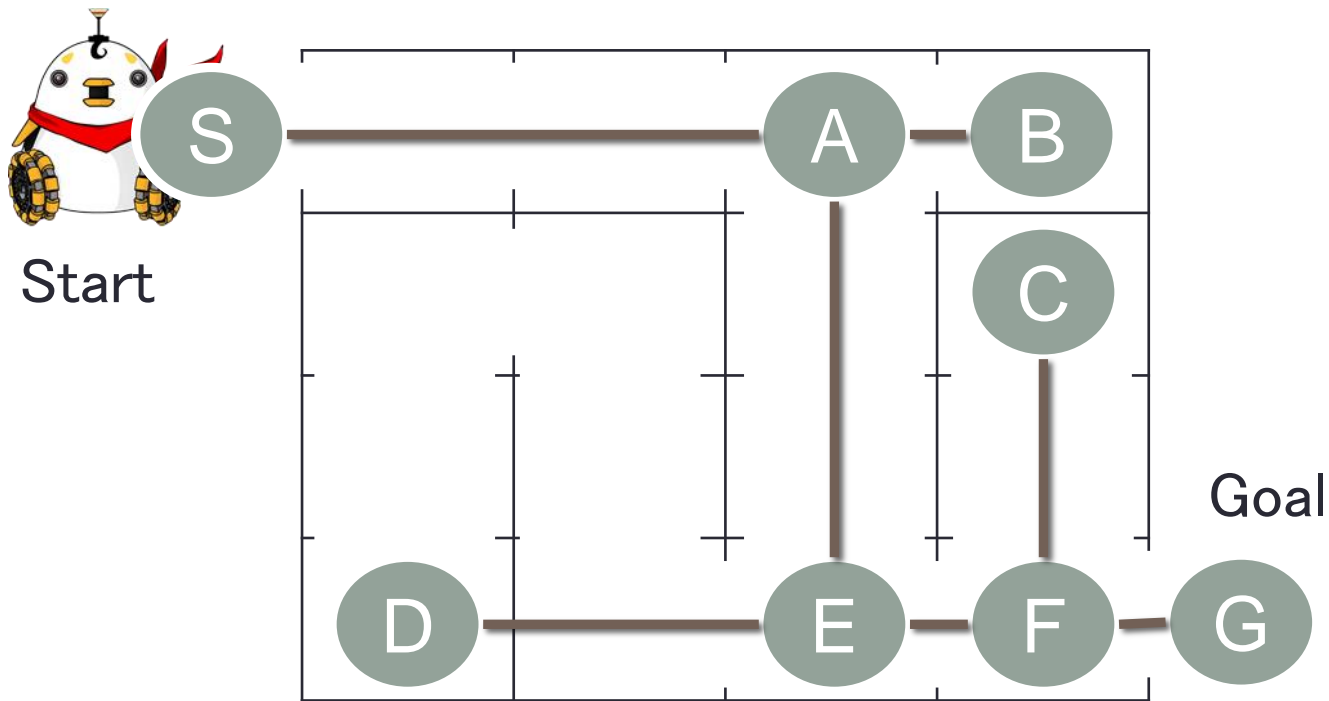
Start



Goal

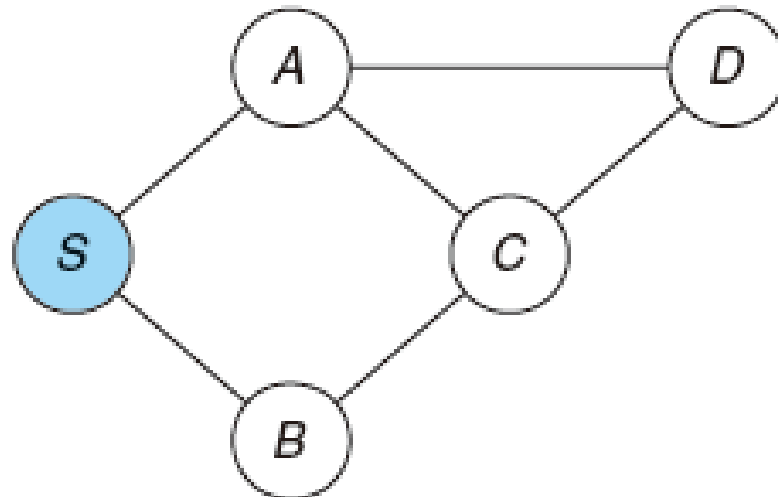
## 演習2-1 迷路からの状態空間構成(解答)

- 下記の迷路において「分岐」と「行き止まり」についてのみ状態をおいて状態空間を構成し, グラフ表現せよ.

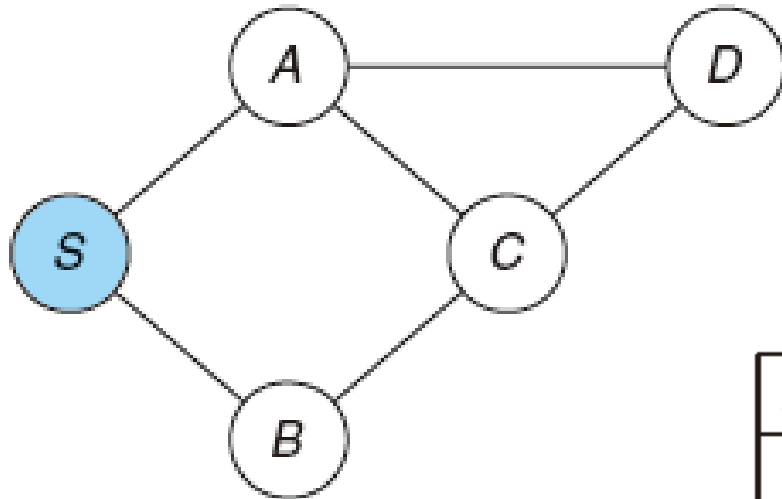


## 演習2-2 深さ優先探索

- 下図のグラフに関して、Sを初期状態として深さ優先探索を行え。ただしそれぞれについて、オープンリストとクローズドリストの変化も示すこと。
- ただし、アルファベットの並びが前の方から探索する。



## 演習2-2 深さ優先探索(解答)

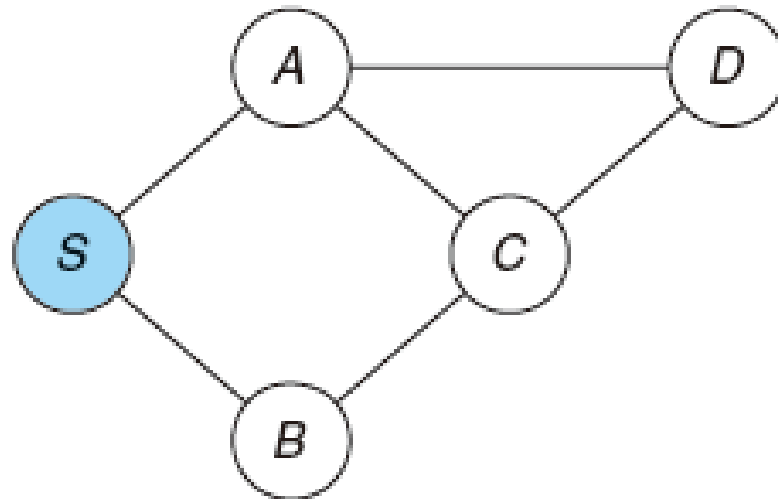


深さ優先探索

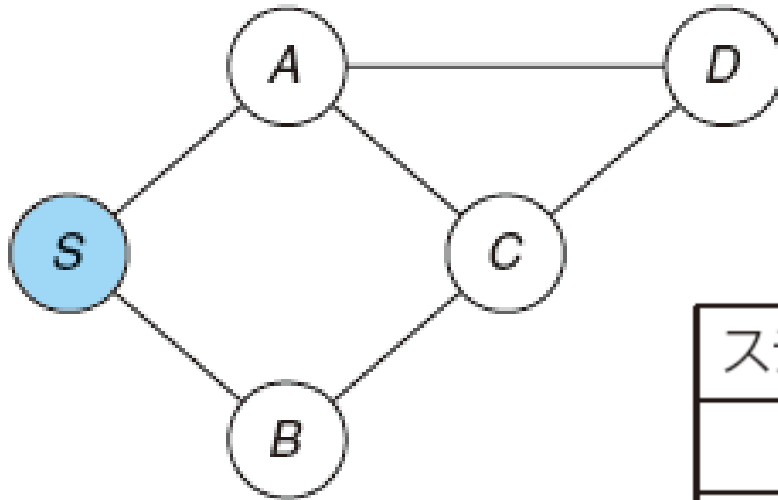
ステップ	オープンリスト	クローズドリスト
1	<i>S</i>	(空)
2	<i>A, B</i>	<i>S</i>
3	<i>C, D, B</i>	<i>S, A</i>
4	<i>D, B</i>	<i>S, A, C</i>
5	<i>B</i>	<i>S, A, C, D</i>
6	(空)	<i>S, A, C, D, B</i>

## 演習2-3 幅優先探索

- 下図のグラフに関して、Sを初期状態として幅優先探索を行え。ただしそれぞれについて、オープンリストとクローズドリストの変化も示すこと。
- ただし、アルファベットの並びが前の方から探索する。



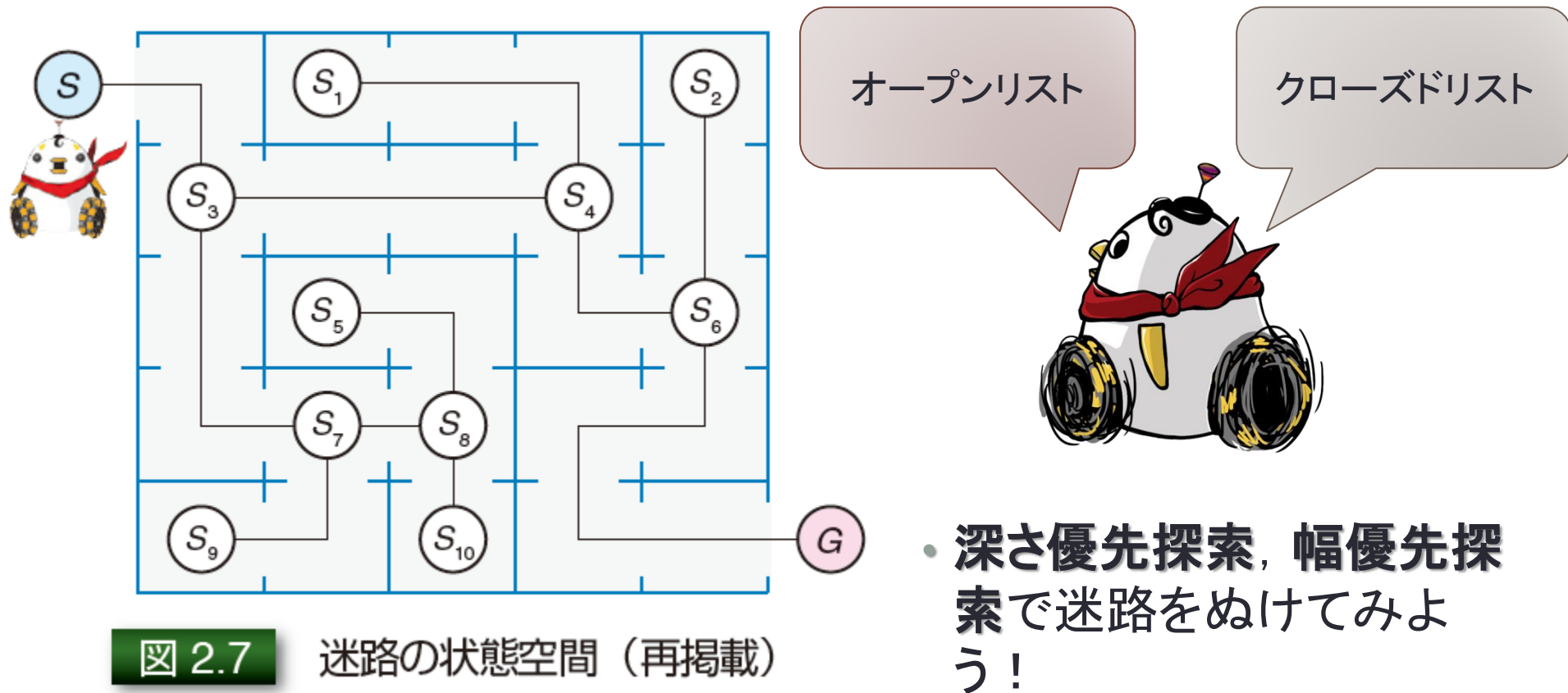
## 演習2-3 幅優先探索(解答)



幅優先探索

ステップ	オープンリスト	クローズドリスト
1	$S$	(空)
2	$A, B$	$S$
3	$B, C, D$	$S, A$
4	$C, D$	$S, A, B$
5	$D$	$S, A, B, C$
6	(空)	$S, A, B, C, D$

# 演習 2-4 宝箱やゴールを求めて迷路を探索するホイールダック2号





# 演習2-4(解答) 深さ優先探索

表 2.3 深さ優先探索を用いたホイールタ

ステップ	オープンリスト	クローズ
1	$S$	(空)
2	$S_3$	$S$
3	$S_4, S_7$	$S, S_3$
4	$S_1, S_6, S_7$	$S, S_3, S_4$
5	$S_6, S_7$	$S, S_3, S_4, S_1$
6	$G, S_2, S_7$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6$
7	$S_2, S_7$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G$
8	$S_7$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G, S_2$
9	$S_8, S_9$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G, S_2, S_7$
10	$S_5, S_{10}, S_9$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G, S_2, S_7, S_8$
11	$S_{10}, S_9$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G, S_2, S_7, S_8, S_5$
12	$S_9$	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G, S_2, S_7, S_8, S_5, S_{10}$
13	(空)	$S, S_3, S_4, S_1, S_6, G, S_2, S_7, S_8, S_5, S_{10}, S_9$

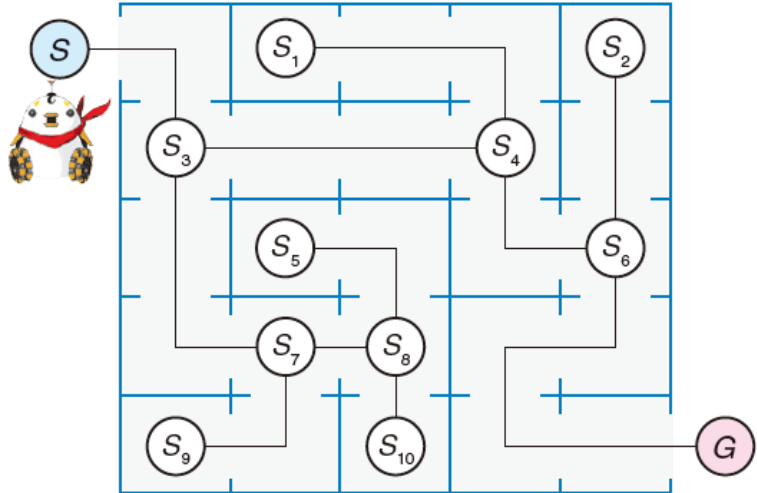


図 2.7 迷路の状態空間 (再掲載)

# 演習2-4(解答) 幅優先探索

表 2.4 幅優先探索を用いたホイールダッ



ステップ	オープンリスト	クロー
1	$S$	(空)
2	$S_3$	$S$
3	$S_4, S_7$	$S, S_3$
4	$S_7, S_1, S_6$	$S, S_3, S_4$
5	$S_1, S_6, S_8, S_9$	$S, S_3, S_4, S_7$
6	$S_6, S_8, S_9$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1$
7	$S_8, S_9, G, S_2$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6$
8	$S_9, G, S_2, S_5, S_{10}$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6, S_8$
9	$G, S_2, S_5, S_{10}$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6, S_8, S_9$
10	$S_2, S_5, S_{10}$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6, S_8, S_9, G$
11	$S_5, S_{10}$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6, S_8, S_9, G, S_2$
12	$S_{10}$	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6, S_8, S_9, G, S_2, S_5$
13	(空)	$S, S_3, S_4, S_7, S_1, S_6, S_8, S_9, G, S_2, S_5, S_{10}$

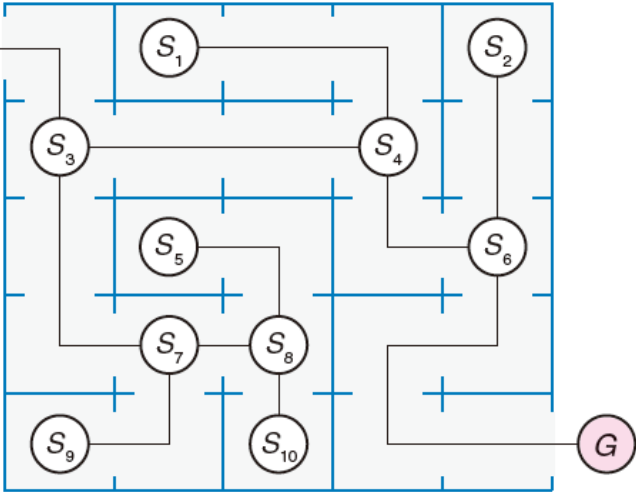
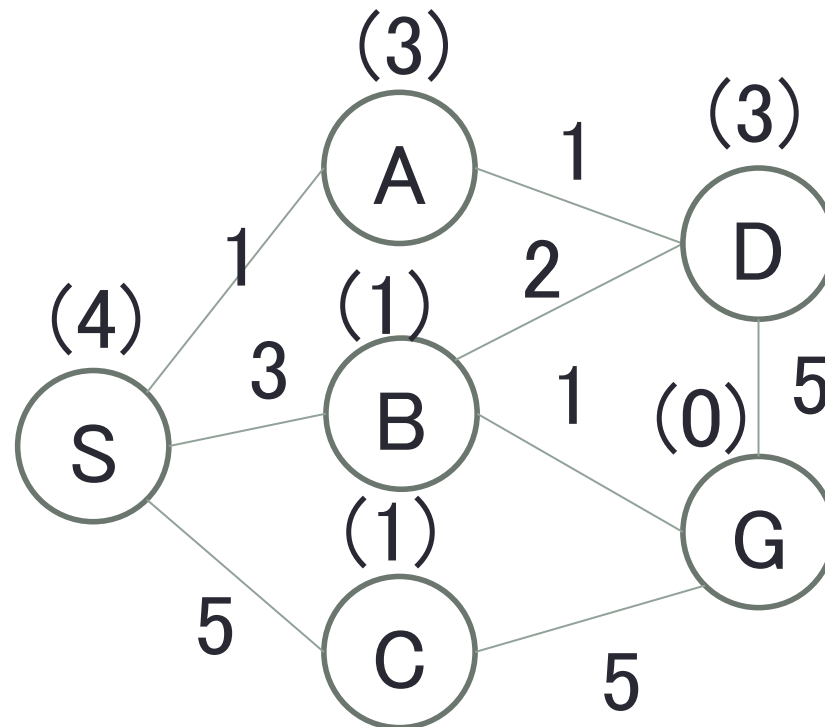


図 2.7 迷路の状態空間 (再掲載)

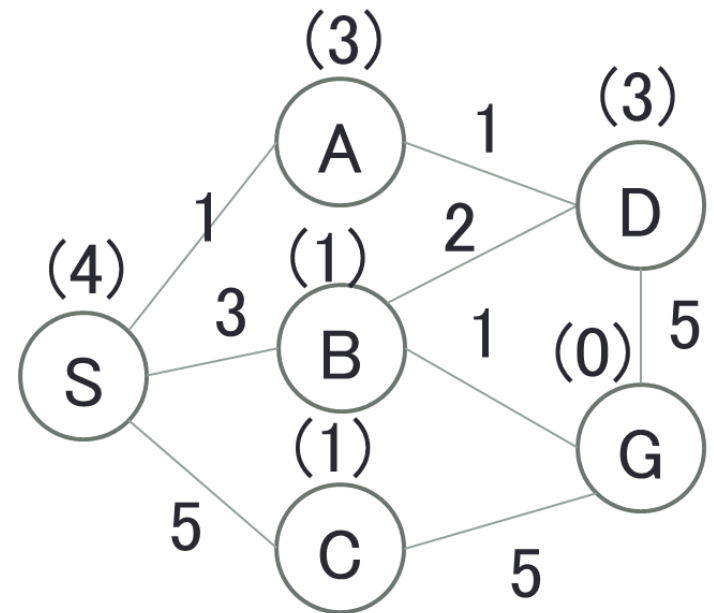
## 演習3-1 最適探索

- 下のグラフにおいてSからスタートして最適探索で探索せよ。探索中の様子をオープンリストで示し、最終的に得られる経路を示せ。



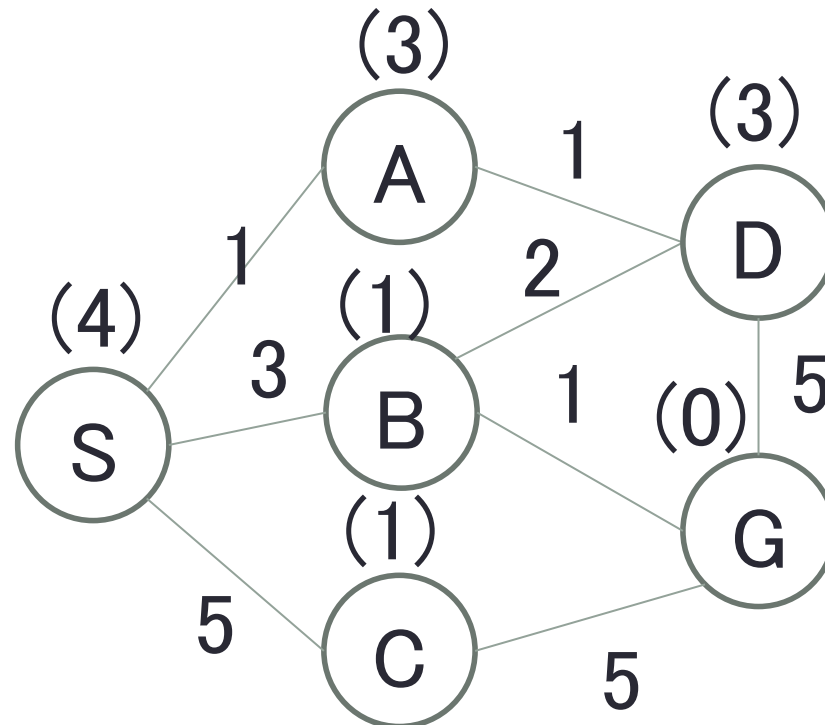
# 演習3-1 最適探索(解答)

- Open List | Close List
- S(0) |
- A(1) B(3) C(5) | S(0)
- D(2) B(3) C(5) | S(0) A(1)
- B(3) C(5) G(7) | S(0) A(1) D(2)
- G(4) C(5) | S(0) A(1) D(2) B(3)
- C(5) | S(0) A(1) D(2) B(3) G(4)



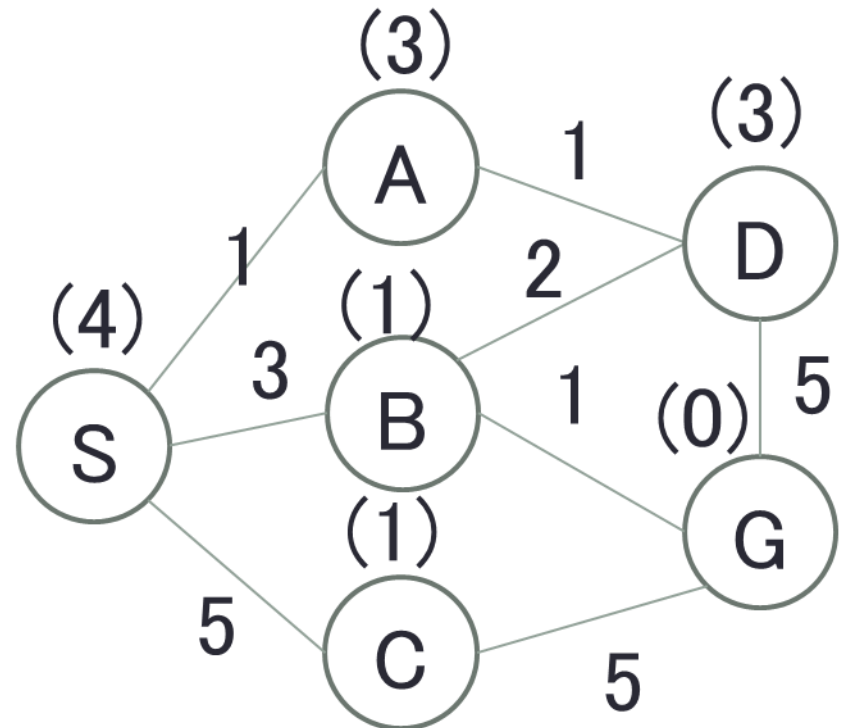
## 演習3-2 最良優先探索

- 下のグラフにおいてSからスタートして最良優先探索で探索せよ。探索中の様子をオープンリストで示し、最終的に得られる経路を示せ。



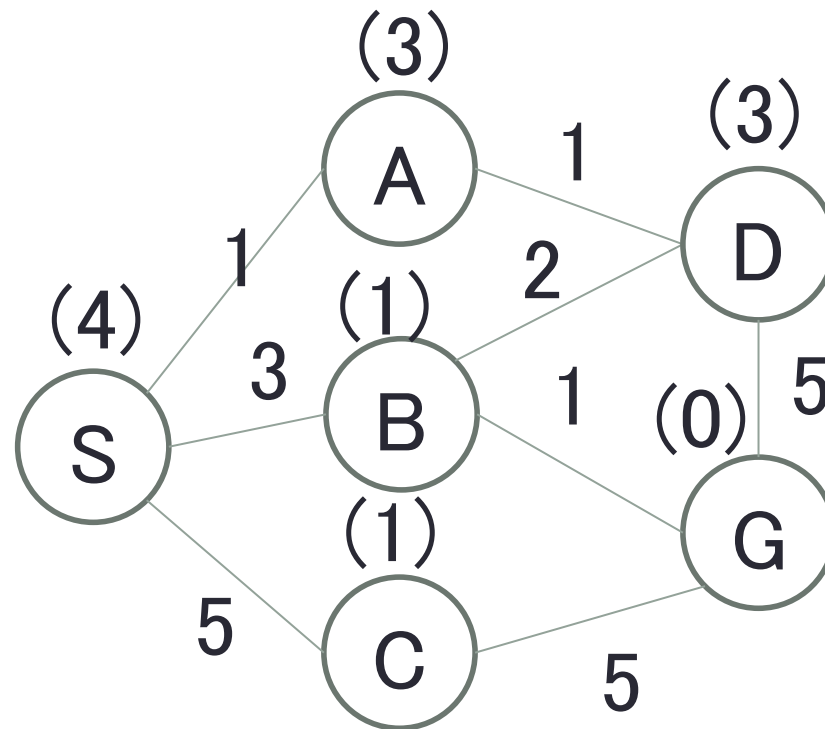
## 演習3-2 最良優先探索(解答)

- Open List | Close List
- S(4) |
- B(1) C(1) A(3) | S(4)
- G(0) C(1) A(3) D(3) | S(4) B(1)
- C(1) A(3) D(3) | S(4) B(1) G(0)



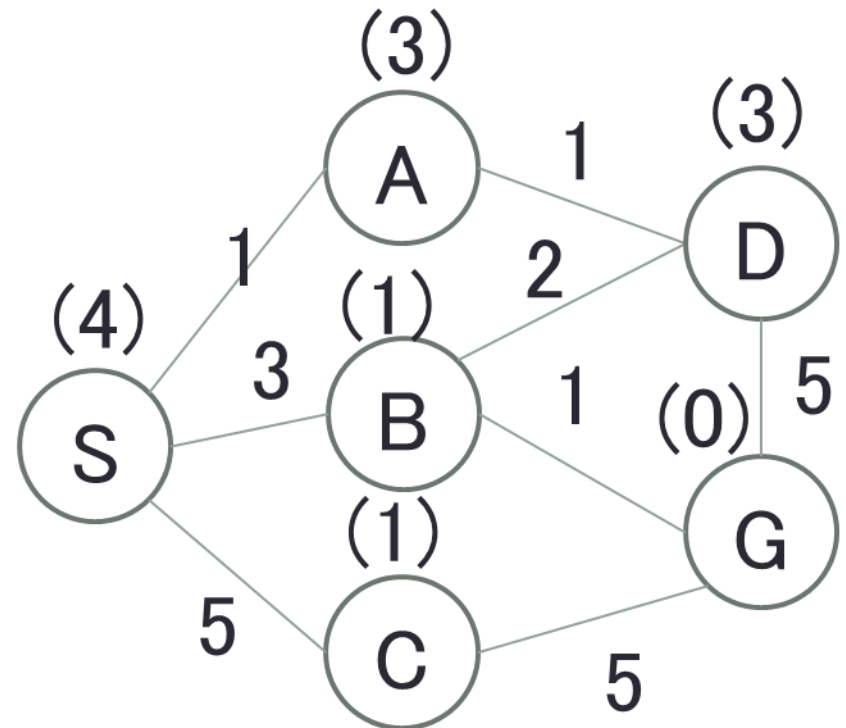
## 演習3-3 A\*アルゴリズム

- 下のグラフにおいてSからスタートしてA\*アルゴリズムで探索せよ. 探索中の様子をオープンリストで示し, 最終的に得られる経路を示せ.



## 演習3-3 A\*アルゴリズム(解答)

- Open List | Close List
- S(4) |
- A(4) B(4) C(6) | S(4)
- B(4) D(5) C(6) | S(4) A(4)
- G(4) D(5) C(6) | S(4) A(4) B(4)
- D(5) C(6) | S(4) A(4) B(4) G(4)

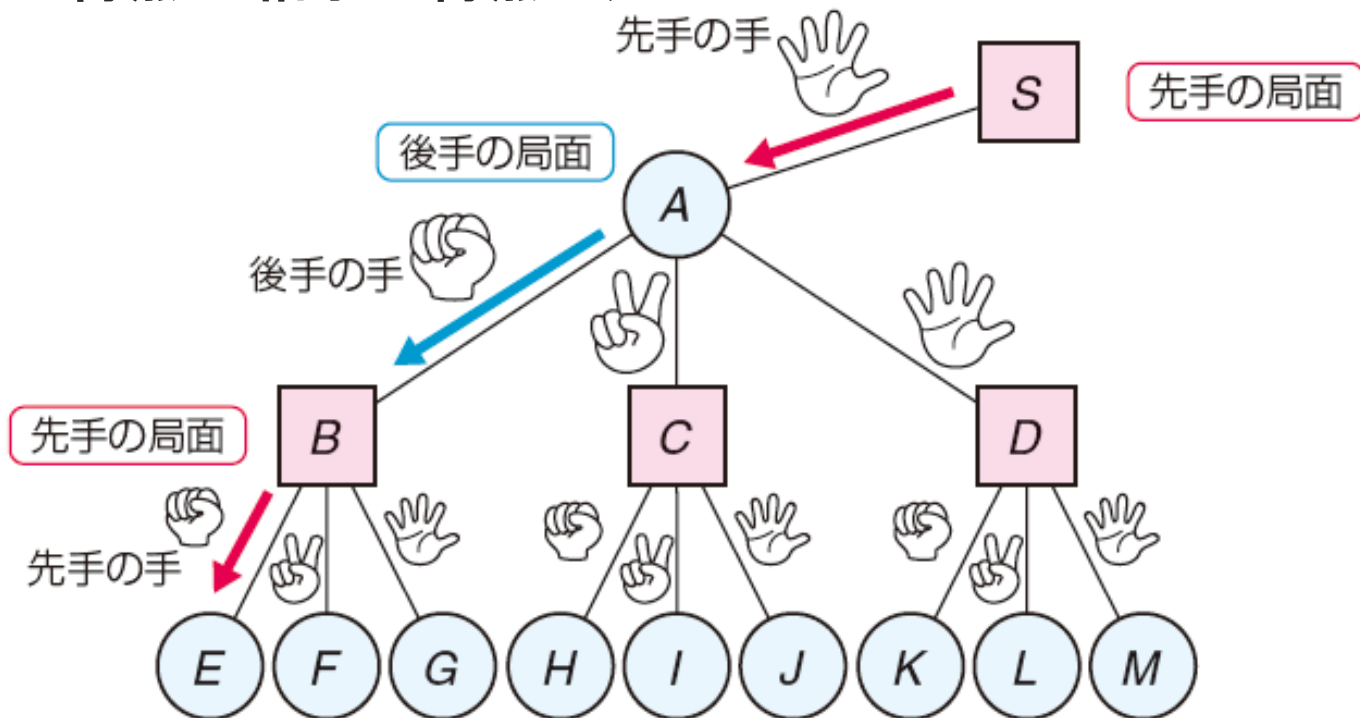




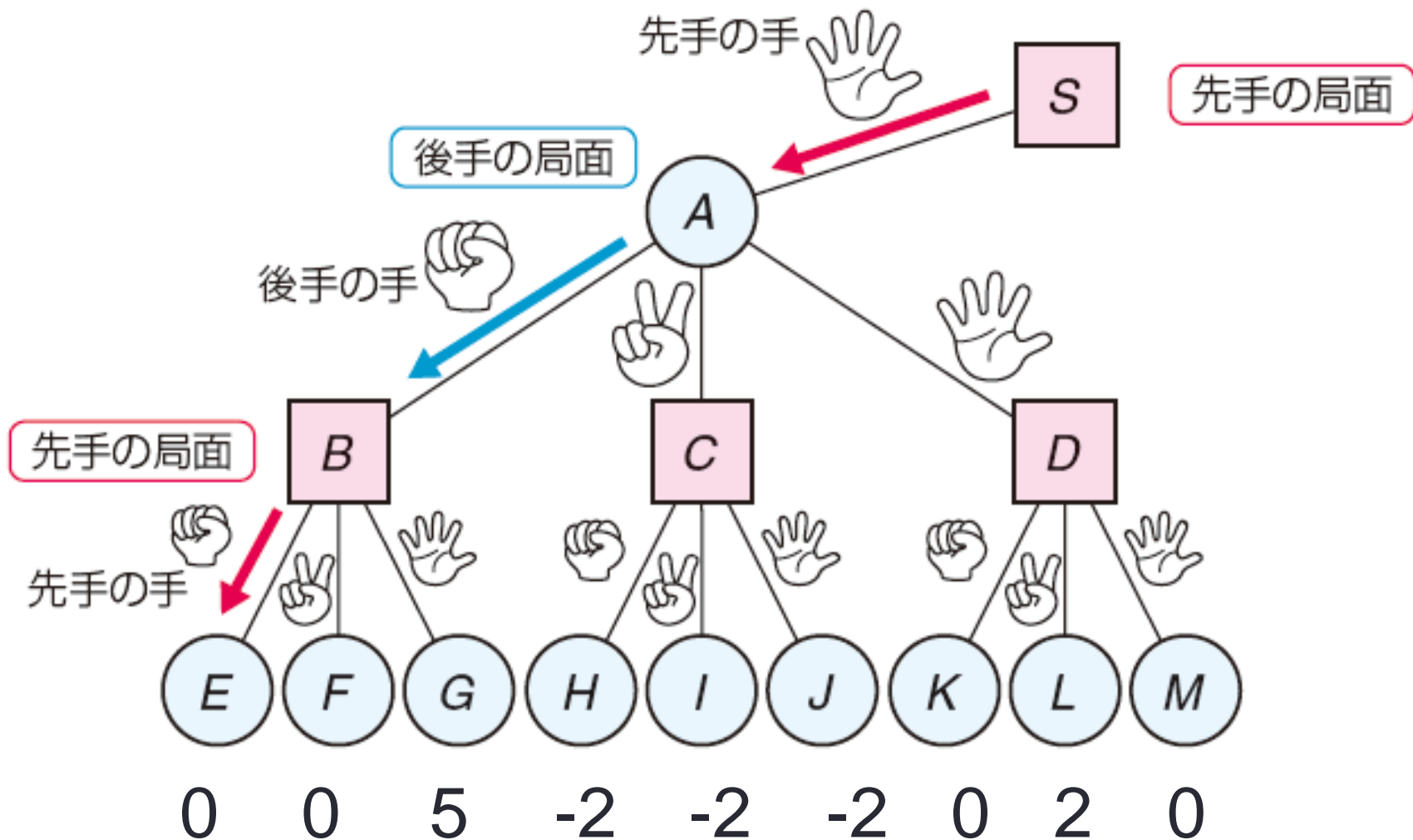
# 演習問題4-1 交互ジャンケン

順番にジャンケンを出すゲームをする. 相手に勝つ手を出すと, 自分にその指の本数分加点される. (負けた場合, あいこの場合得点の変化はない.)

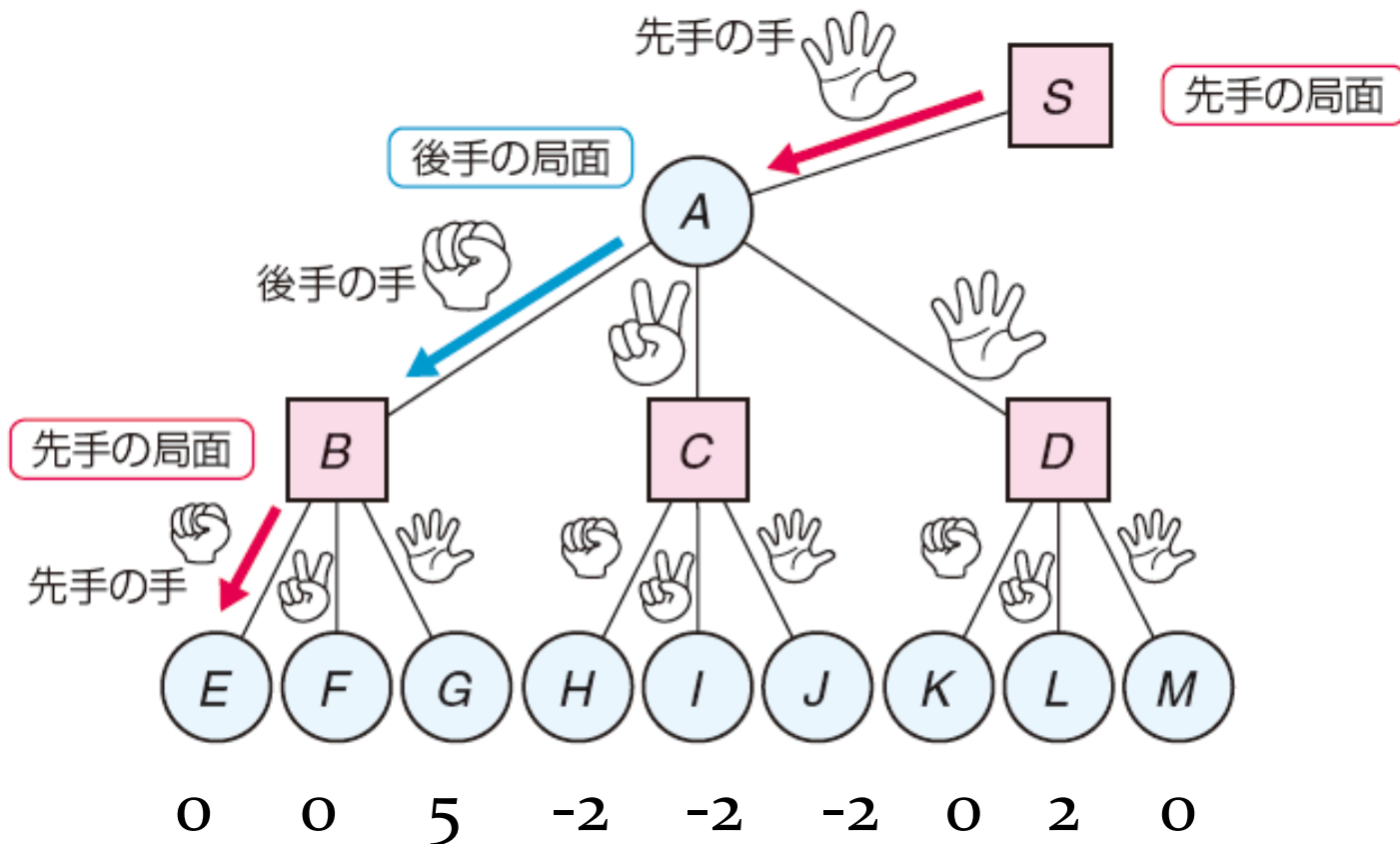
自分がまず初期状態からパーを出した状態からスタートし, 初期状態 → 相手 → 自分 の一往復で終了する際のゲーム木は以下のようなになる. ゲーム木の葉ノードに評価値を記入せよ. ただし評価値は評価値 = 自分の得点 - 相手の得点とする.



## 演習問題4-1 交互ジャンケン(解答)

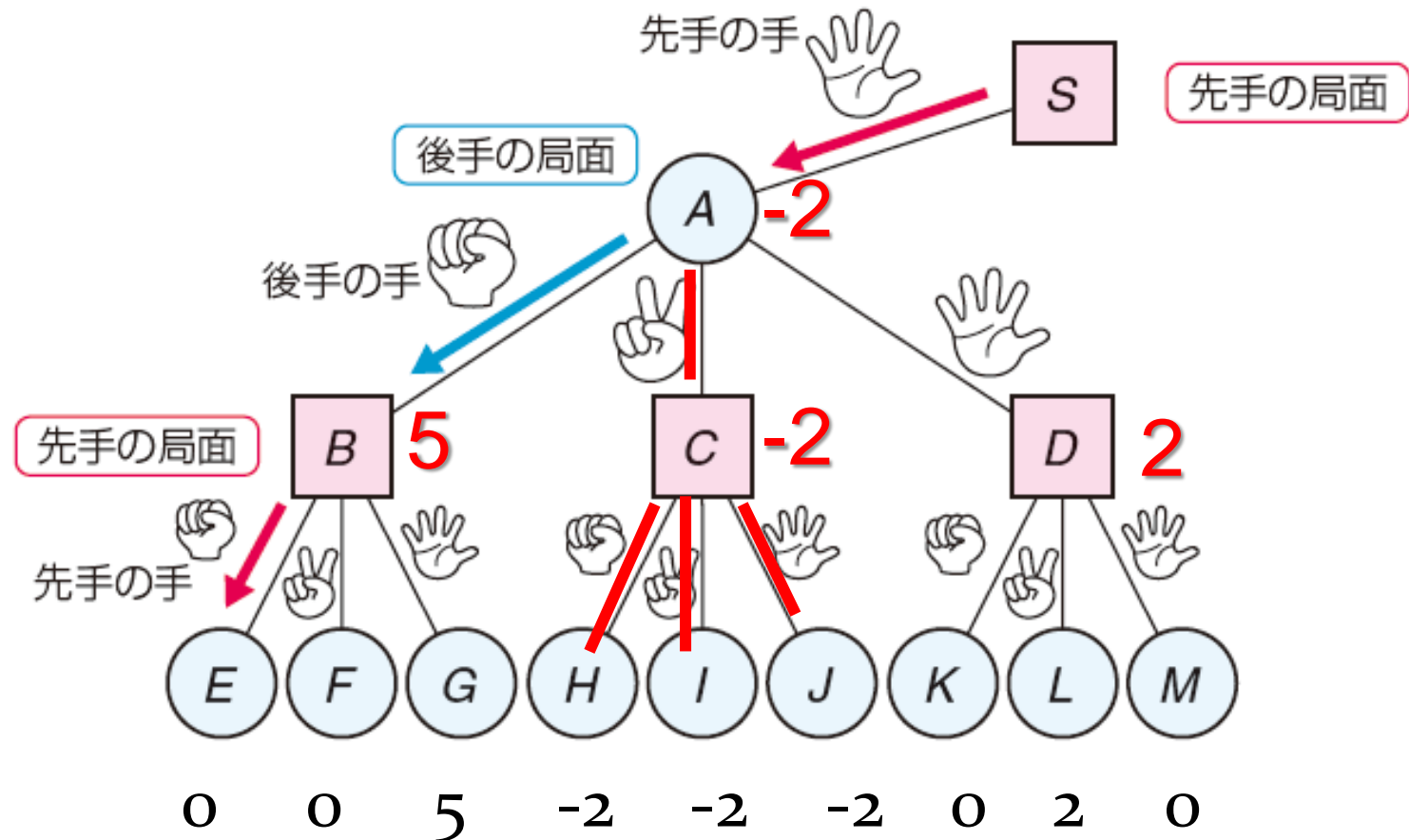


## 演習問題4-2 交互ジャンケン min-max法



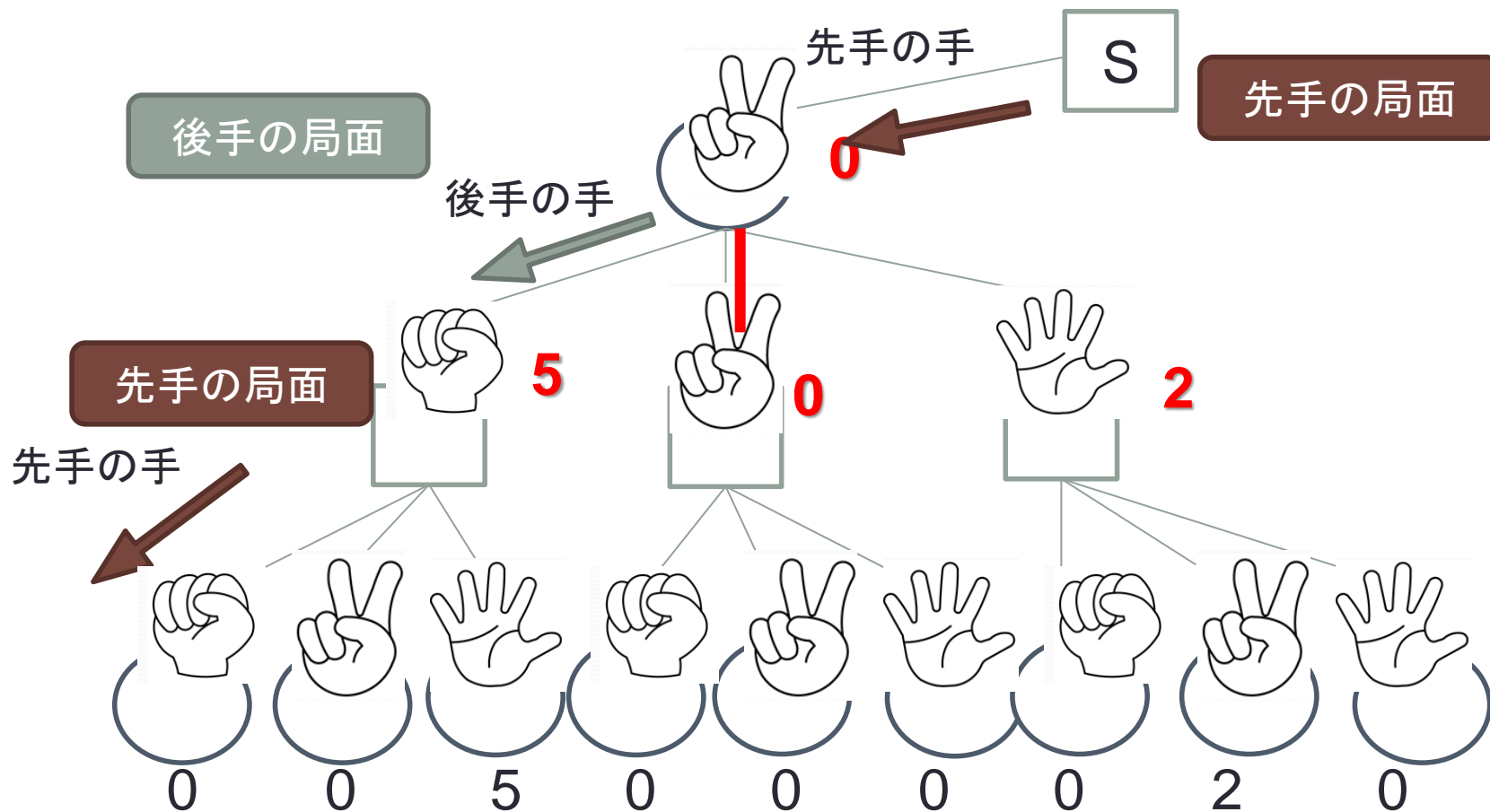
1. 4-1 で考えた, 交互ジャンケンについてmin-max法を適用し, 各ノードの評価値を得よ
2. このゲームに先手は勝つことができるか?
3. このゲームにおける最後の先手の最良の手を述べよ.
4. もし, 最初の一手を先手が選ぶことが出来れば先手は勝つことが出来るか?

## 演習問題4-2 交互ジャンケン min-max法(解答)



1. 4-1 で考えた, 交互ジャンケンについてmin-max法を適用し, 各ノードの評価値を得よ **上記の通り**
2. このゲームに先手は勝つことができるか? **無理**
3. このゲームにおける最後の先手の最良の手を述べよ. **何出しても同じ**

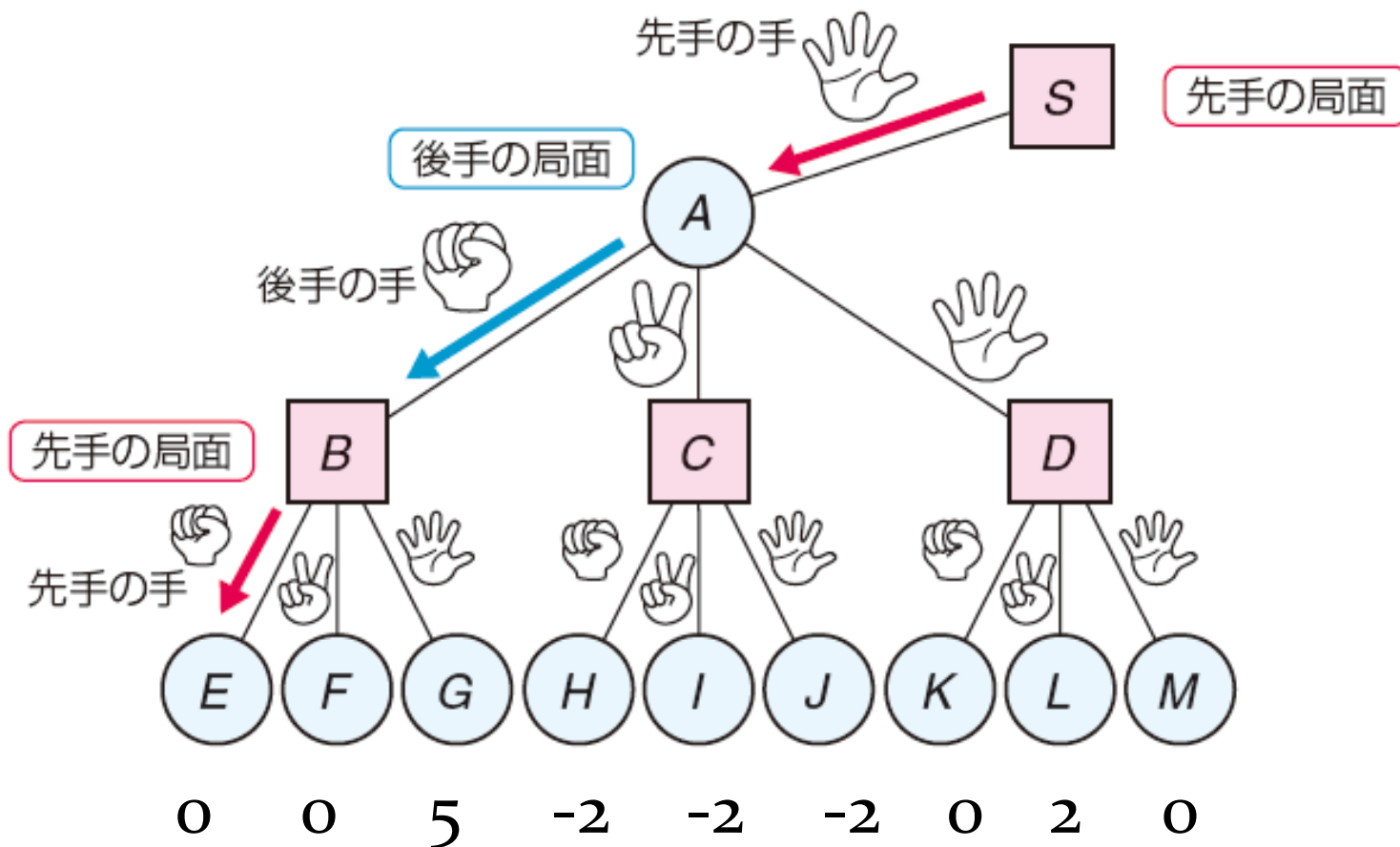
## 演習問題4-2 交互ジャンケン min-max法(解答)



4. もし、最初の一手を先手が選ぶことが出来れば先手は勝つことが出来るか？

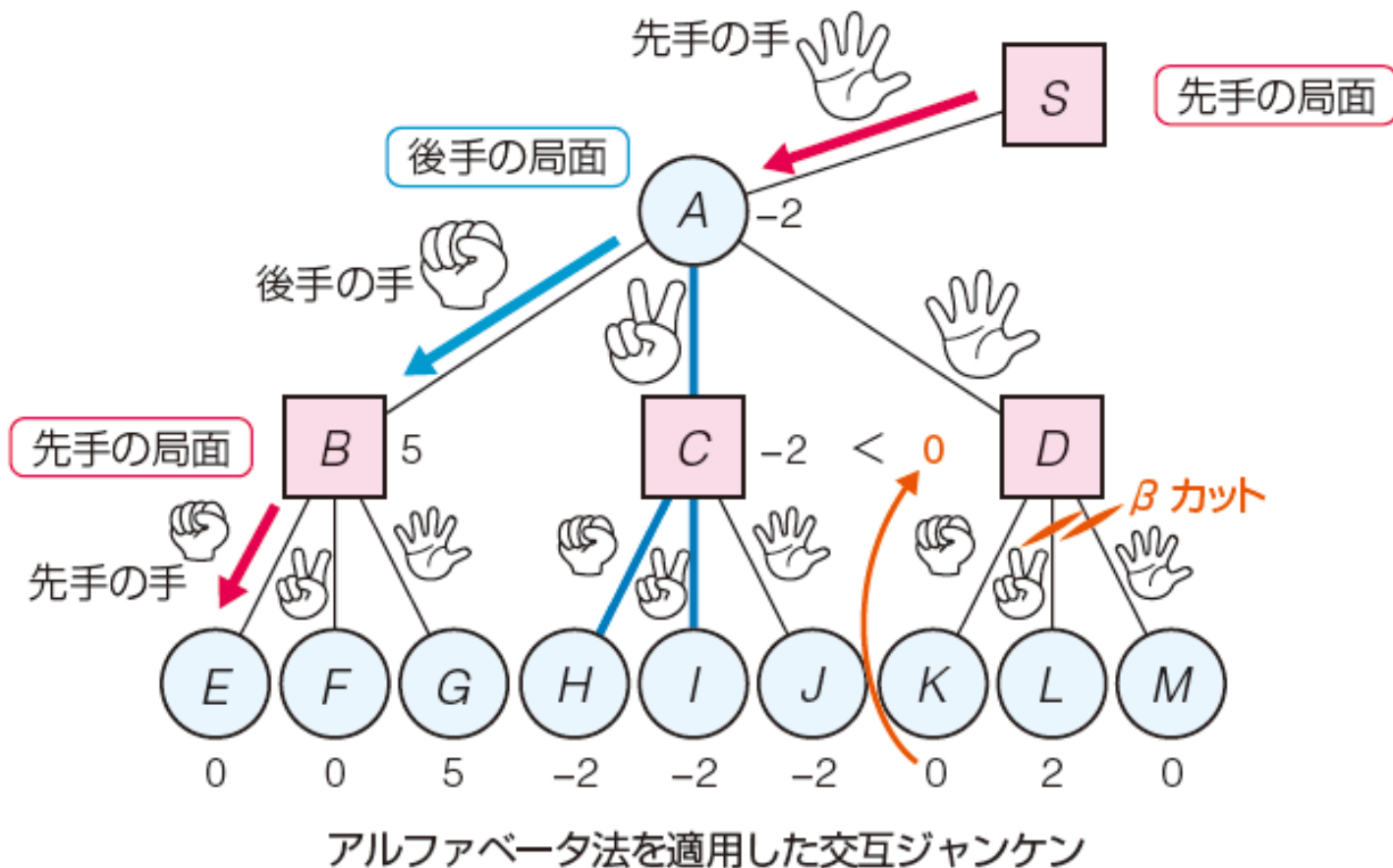
無理. ただし、同点には持っていける.  
チョキと、グーの場合のゲーム木を考えればいい、

## 演習問題4-3 交互ジャンケン αβカット



1. 4-2 で考えた, 交互ジャンケンについて $\alpha$ カット, もしくは $\beta$ カットをする所はあるか? あるとすれば何処で生じるか? 答えよ.

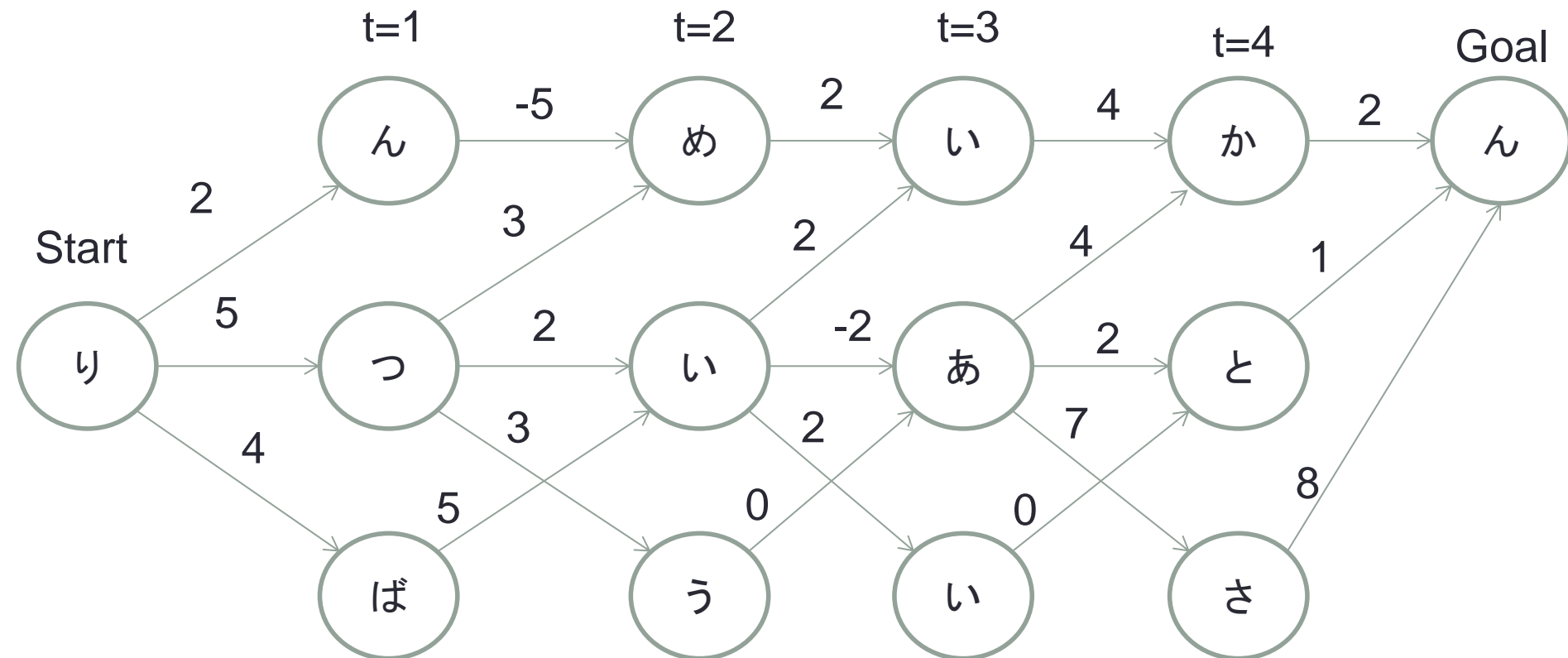
## 演習問題4-3 交互ジャンケン $\alpha\beta$ カット(解答)



1. 4-2 で考えた, 交互ジャンケンについて $\alpha$ カット, もしくは $\beta$ カットをする所はあるか? あるとすれば何処で生じるか? 答えよ.
- $\alpha$ カット ない.
  - $\beta$ カット ある, 上記.

# 演習問題5-1

## 文字bi-gramによる単語生成

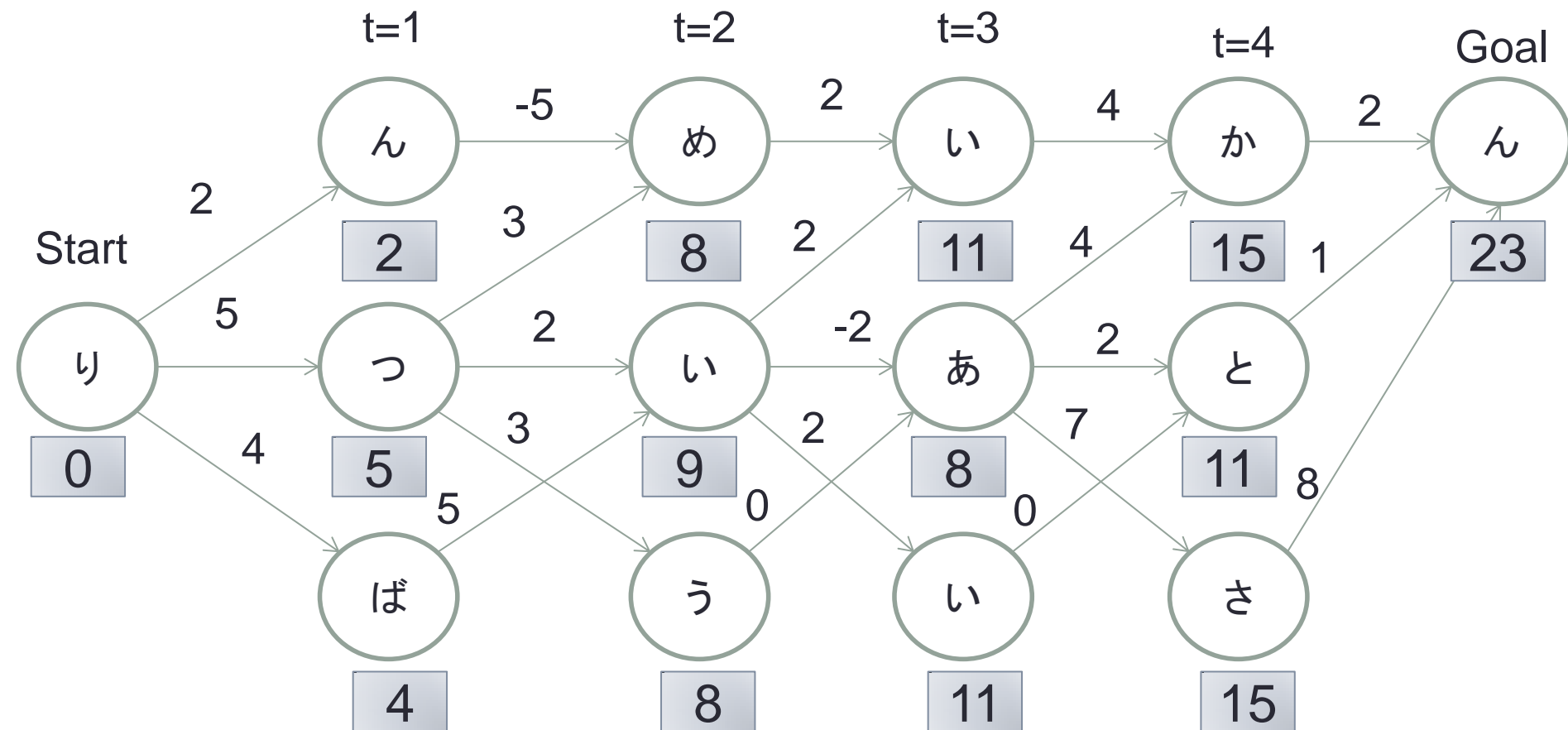


文字のつながりの利得がリンク上に表示してある.  
最も得点の高くなる経路を見つけよ.



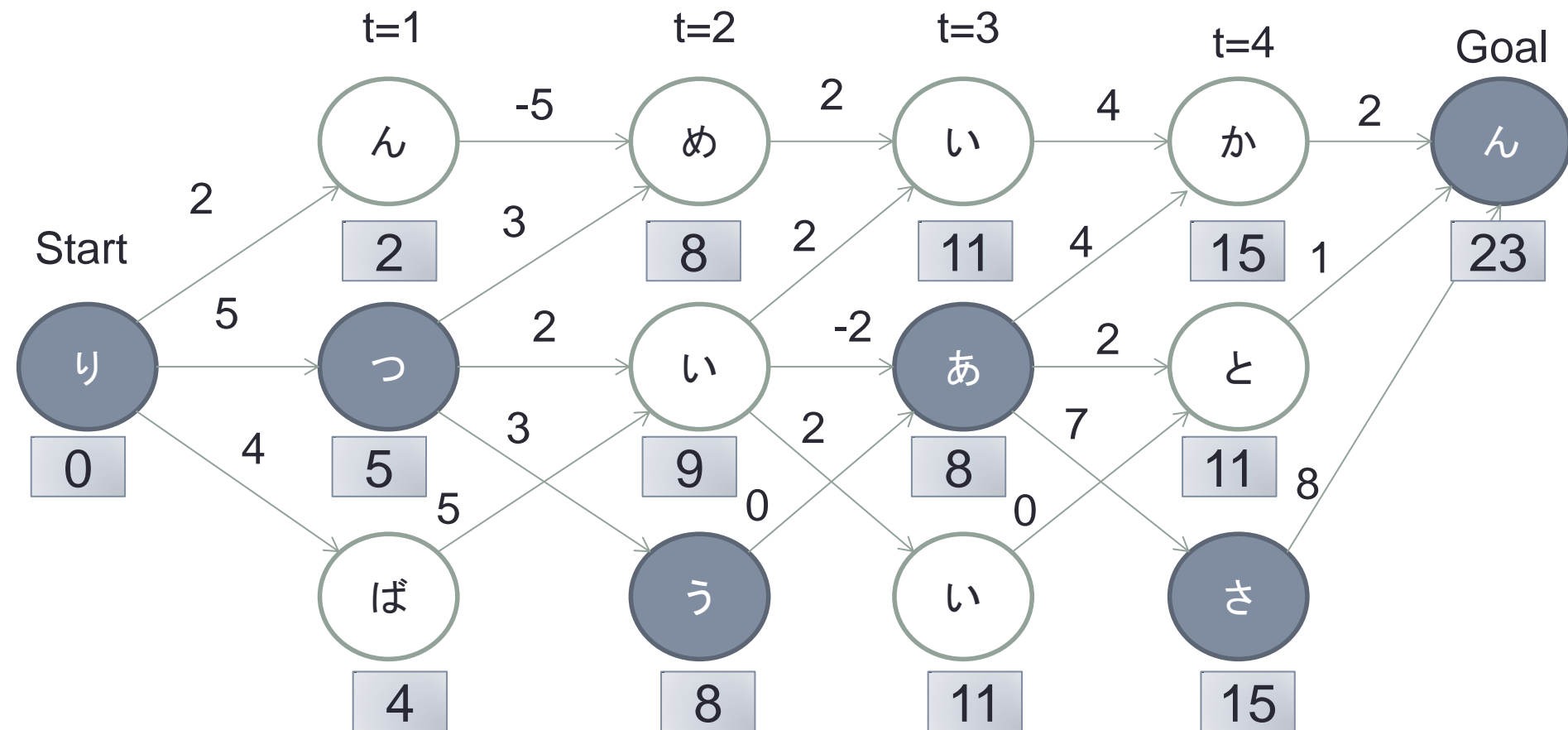
# 演習問題5-1

## 文字bi-gramによる単語生成(解答)

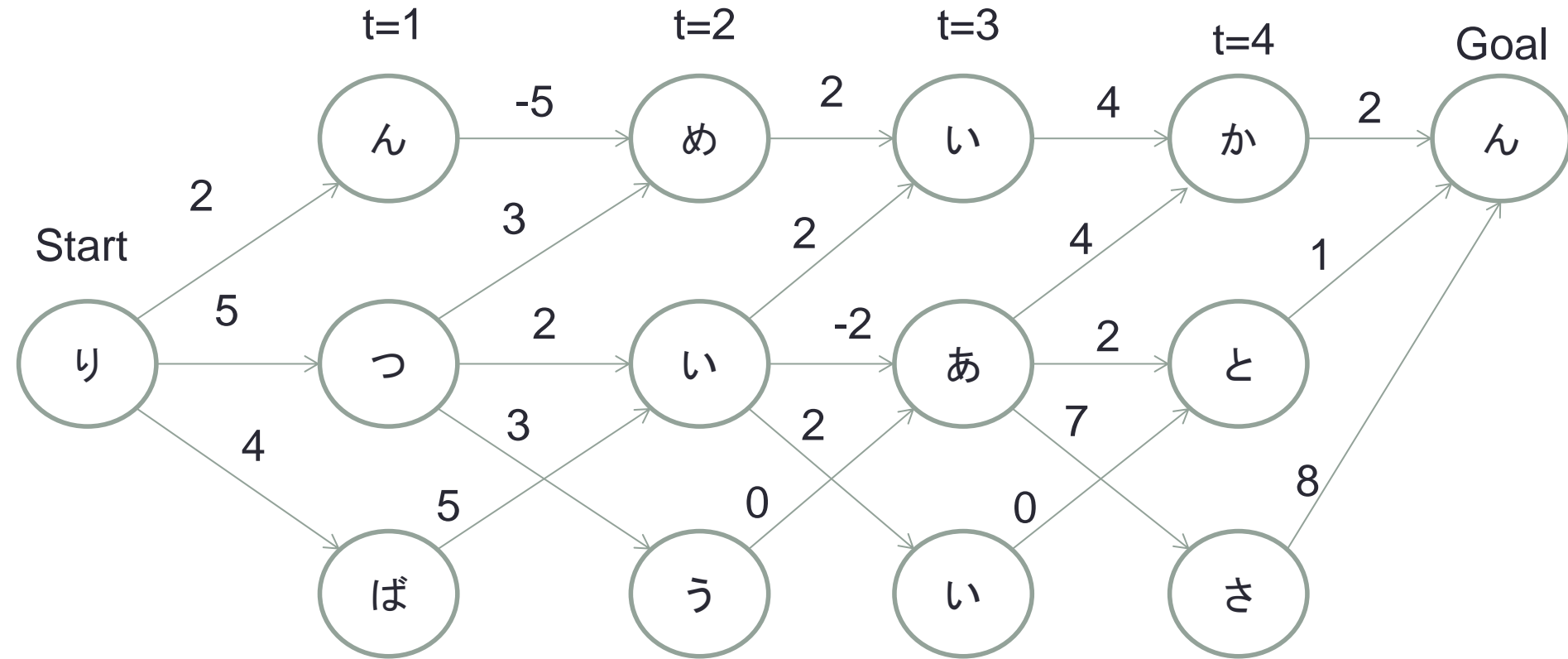


# 演習問題5-1

## 文字bi-gramによる単語生成(解答)

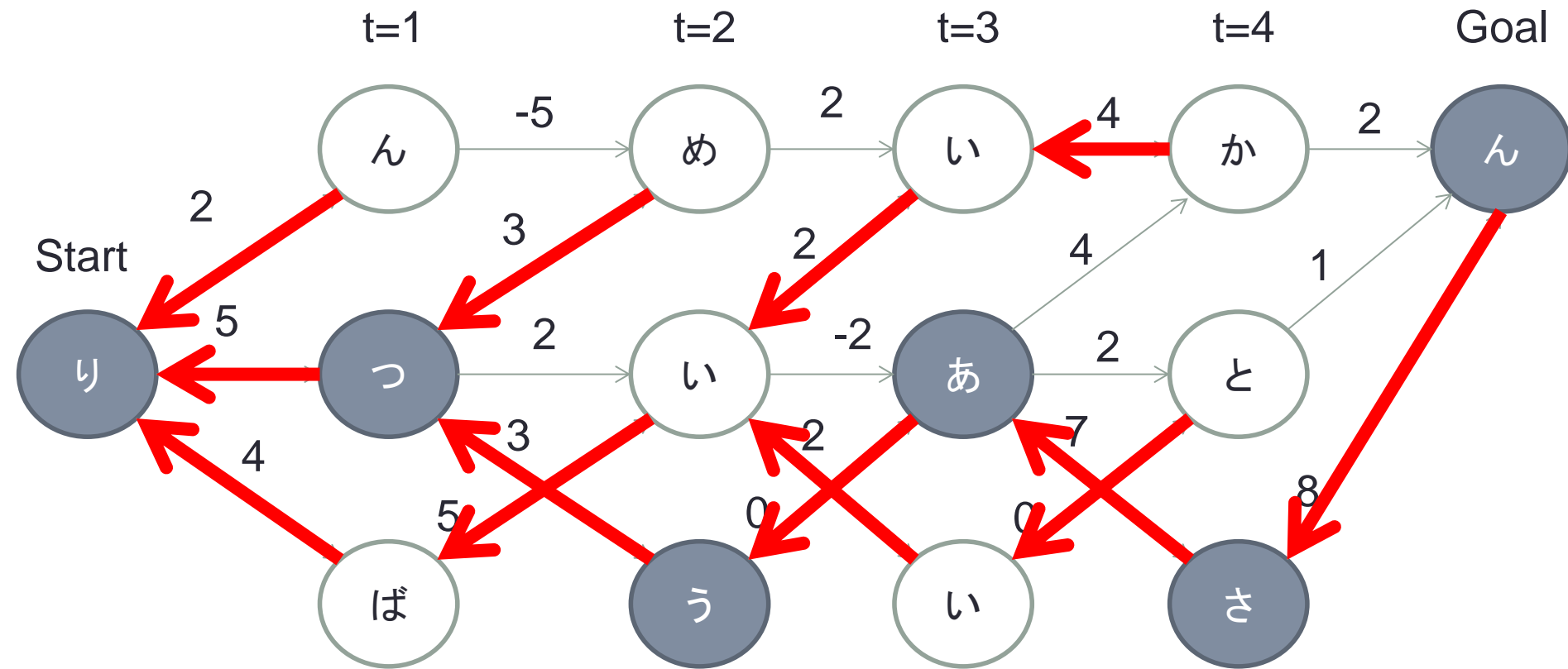


## 演習問題5-2 アルゴリズムの確認



動的計画法のアルゴリズムと演習問題5-1の結果を比較し、最終的なメモリに格納された  $F_t(s_t)$  と  $s_{t-1} \wedge (s_t)$  のリストはどのようなになっているか、示せ。

# 演習問題5-2 アルゴリズムの確認(解答)



- $F_t(s_t)$ ・・・各状態にメモ化した値そのもの.
- $s_{t-1}^{\wedge}(s_t)$ ・・・各状態から示した赤矢印の指し示す先

## 演習問題 5-3

- 「りつめいかん」と「はつめいか」の編集距離を動的計画法を用いて求めよ.

	\$	は	つ	め	い	か
\$	0	1	2	3	4	5
り	1					
つ	2					
め	3					
い	4					
か	5					
ん	6					Goal

# 演習問題 5-3(解答)

- 答え 2

- 意味的な違いは全く考慮されないことに注意しよう

	\$	は	つ	め	い	か
\$	0	1	2	3	4	5
り	1	1	2	3	4	5
つ	2	2	1	2	3	4
め	3	3	2	1	2	3
い	4	4	3	2	1	2
か	5	5	4	3	2	1
ん	6	6	5	4	3	2

## 演習6-1

- 2つの袋があり、皮の袋が $2/3$ の確率で選ばれる。布の袋が $1/3$ の確率で選ばれる。それぞれの袋には下記の玉がそれぞれ入っており、袋が選ばれるとその後は全ての玉が等確率で取り出される。以下を求めよ。

	Y1 : 赤い玉	Y2 : 青い玉	Y3 : 黄色い玉
X1 : 皮の袋	15個	5個	0個
X2 : 布の袋	15個	1個	4個

1.  $P(X1)$
2.  $P(Y2|X2)$
3.  $P(X1, Y2)$
4.  $P(Y1)$

## 演習6-1(解答)

- 2つの袋があり、皮の袋が $2/3$ の確率で選ばれる。布の袋が $1/3$ の確率で選ばれる。それぞれの袋には下記の玉がそれぞれ入っており、袋が選ばれるとその後は全ての玉が等確率で取り出される。以下を求めよ。

	Y1 : 赤い玉	Y2 : 青い玉	Y3 : 黄色い玉
X1 : 皮の袋	15個	5個	0個
X2 : 布の袋	15個	1個	4個

2.  $P(Y2|X2) = 1/(15+1+4) = 1/20$
3.  $P(X1,Y2) = 5/(15+5+0)*2/3 = 5/20*2/3 = 5/30$
4.  $P(Y1) =$   
 $P(Y1|X1)P(X1)+P(Y1|X2)P(X2)=(15/(15+5+0))*2/3+(15/(15+1+4))$   
 $*1/3 = 3/4$



## 演習 6-2

- 2つの袋があり、皮の袋が $2/3$ の確率で選ばれる。布の袋が $1/3$ の確率で選ばれる。それぞれの袋には下記の玉がそれぞれ入っており、袋が選ばれるとその後は全ての玉が等確率で取り出される。

	Y1 : 赤い玉	Y2 : 青い玉	Y3 : 黄色い玉
X1 : 皮の袋	15個	5個	0個
X2 : 布の袋	15個	1個	4個

1.  $P(X1|Y2)$ を求めよ。
2.  $P(X2|Y3)$ を求めよ。
3. 赤い玉が取り出された時、取り出した袋はどちらだった可能性が高いか？

## 演習 6-2(解答)

- 2つの袋があり、皮の袋が2/3の確率で選ばれる。布の袋が1/3の確率で選ばれる。それぞれの袋には下記の玉がそれぞれ入っており、袋が選ばれるとその後は全ての玉が等確率で取り出される。

	Y1 : 赤い玉	Y2 : 青い玉	Y3 : 黄色い玉
X1 : 皮の袋	15個	5個	0個
X2 : 布の袋	15個	1個	4個

- $P(X1|Y2) = P(Y2|X1)P(X1)/P(Y2) = (5/20 \times 2/3) / (5/20 \times 2/3 + 1/20 \times 1/3) = 10/11$
- $P(X2|Y3) = P(Y3|X2)P(X2)/P(Y3) = 1$
- X1の可能性:  $P(X1|Y1) = P(Y1|X1)P(X1)/P(Y1) = 2/3$

## 演習 6-3 期待値

- 2つの袋があり、皮の袋が $\frac{2}{3}$ の確率で選ばれる。布の袋が $\frac{1}{3}$ の確率で選ばれる。それぞれの袋には下記の玉がそれぞれ入っており、袋が選ばれるとその後は全ての玉が等確率で取り出される。

	Y1 : 赤い玉	Y2 : 青い玉	Y3 : 黄色い玉
X1 : 皮の袋	15個	5個	0個
X2 : 布の袋	15個	1個	4個

- 取り出した玉が赤い玉なら1点、青い玉なら2点、黄色い玉なら3点得られる。
- 得られる得点の期待値を求めよ。
  - 皮の袋から取り出したということがわかっている場合、玉を一つ取り出した場合に得られる得点の条件付き期待値を求めよ。

## 演習 6-3 期待値(解答)

	Y1 : 赤い玉	Y2 : 青い玉	Y3 : 黄色い玉
X1 : 皮の袋	15個	5個	0個
X2 : 布の袋	15個	1個	4個

- 取り出した玉が赤い玉なら $r1=1$  点, 青い玉なら $r2=2$  点, 黄色い玉なら $r3=3$ 点得られる.

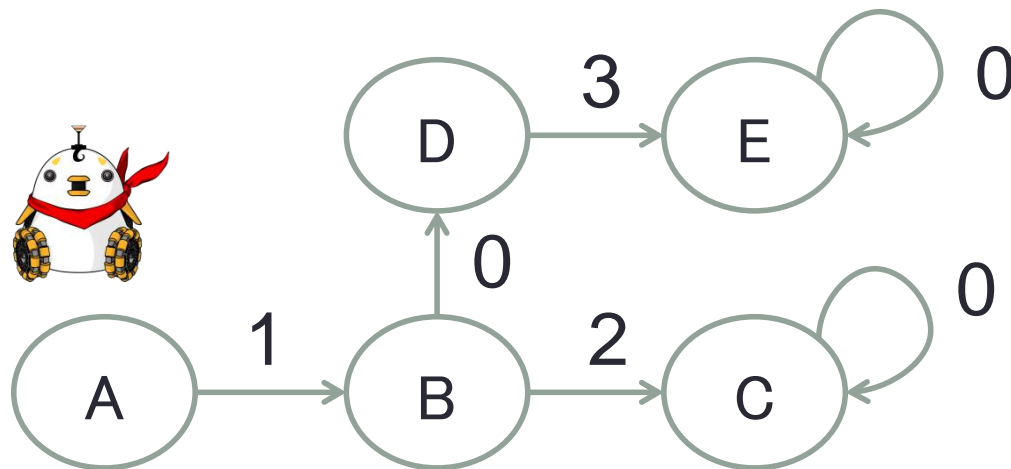
1. 得られる得点の期待値を求めよ.

- $r1 \cdot P(Y1) + r2 \cdot P(Y2) + r3 \cdot P(Y3)$
- $= 1 \cdot 45/60 + 2 \cdot 11/60 + 3 \cdot 4/60$
- $= (45 + 22 + 12)/60 = 79/60 \doteq 1.32$

2. 皮の袋から取り出したということがわかっている場合, 玉を一つ取り出した場合に得られる得点の条件付き期待値を求めよ.

- $r1 \cdot P(Y1|X1) + r2 \cdot P(Y2|X1) + r3 \cdot P(Y3|X1)$
- $= 1 \cdot 15/20 + 2 \cdot 5/20 + 3 \cdot 0/20$
- $= (15 + 10)/20 = 25/20 = 1.25$

# 演習7-1割引累積報酬の計算



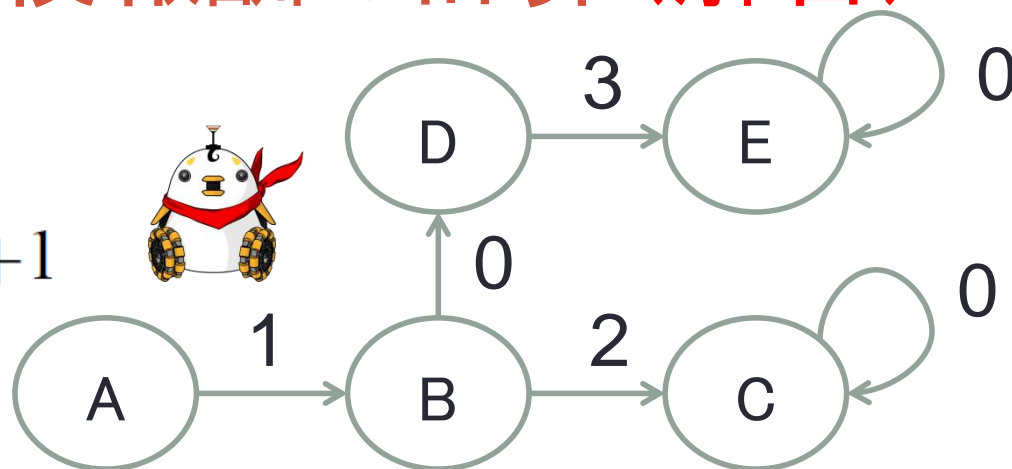
- 方策1は「右へ行けたら右, だめなら上」, 方策2は「上へ行けたら上, だめなら右」という方策だとする. 両方行けない場合はその場にとどまる.
- 割引率  $\gamma = 0.5$  の時のA,B,C,D,Eの状態における方策1に従う場合, 方策2に従う場合, それぞれで割引累積報酬の値を求めよ.

	A	B	C	D	E
方策1					
方策2					

# 演習7-1割引累積報酬の計算(解答)

定義

$$R_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k+1}$$



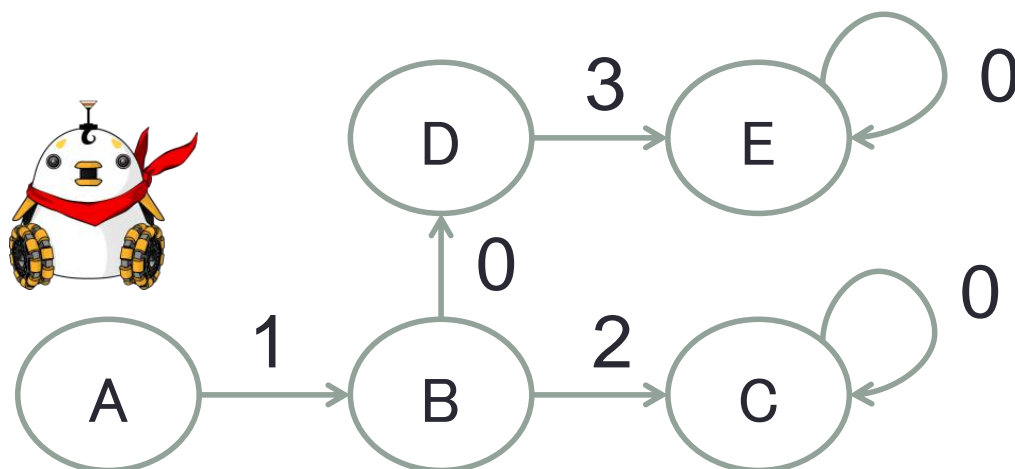
- 方策1は「右へ行けたら右, だめなら上」, 方策2は「上へ行けたら上, だめなら右」という方策だとする. 両方行けない場合はその場にとどまる.
- 割引率  $\gamma = 0.5$  の時のA,B,C,D,Eの状態における方策1に従う場合, 方策2に従う場合, それぞれで割引累積報酬の値を求めよ.

異なる!

	A	B	C	D	E
方策1	2	2	0	3	0
方策2	1.75	1.5	0	3	0

better !!

## 演習7-2 割引累積報酬の計算



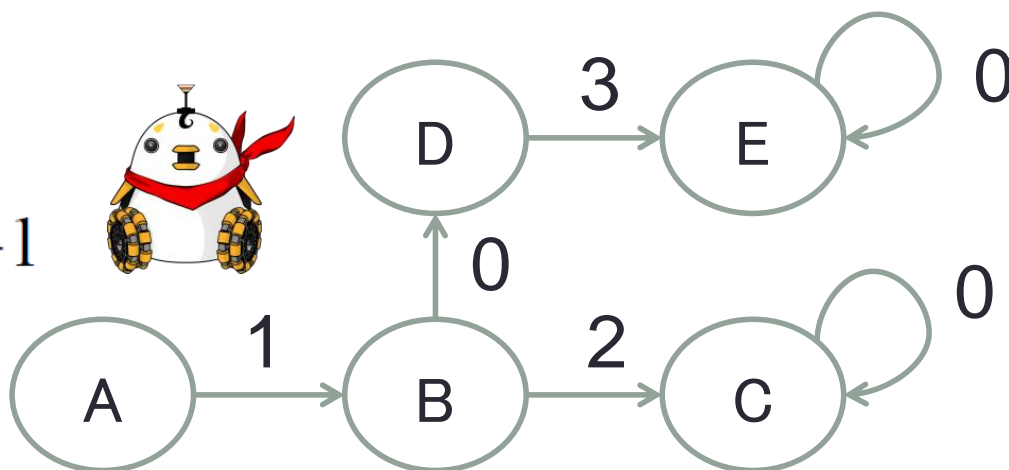
- 方策1は「右へ行けたら右, だめなら上」, 方策2は「上へ行けたら上, だめなら右」という方策だとする. 両方行けない場合はその場にとどまる.
- 割引率  $\gamma = 1$  の時のA,B,C,D,Eの状態における方策1に従う場合, 方策2に従う場合, それぞれで割引累積報酬の値を求めよ.

	A	B	C	D	E
方策1					
方策2					

# 演習7-2 割引累積報酬の計算(解答)

定義

$$R_t = \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k r_{t+k+1}$$



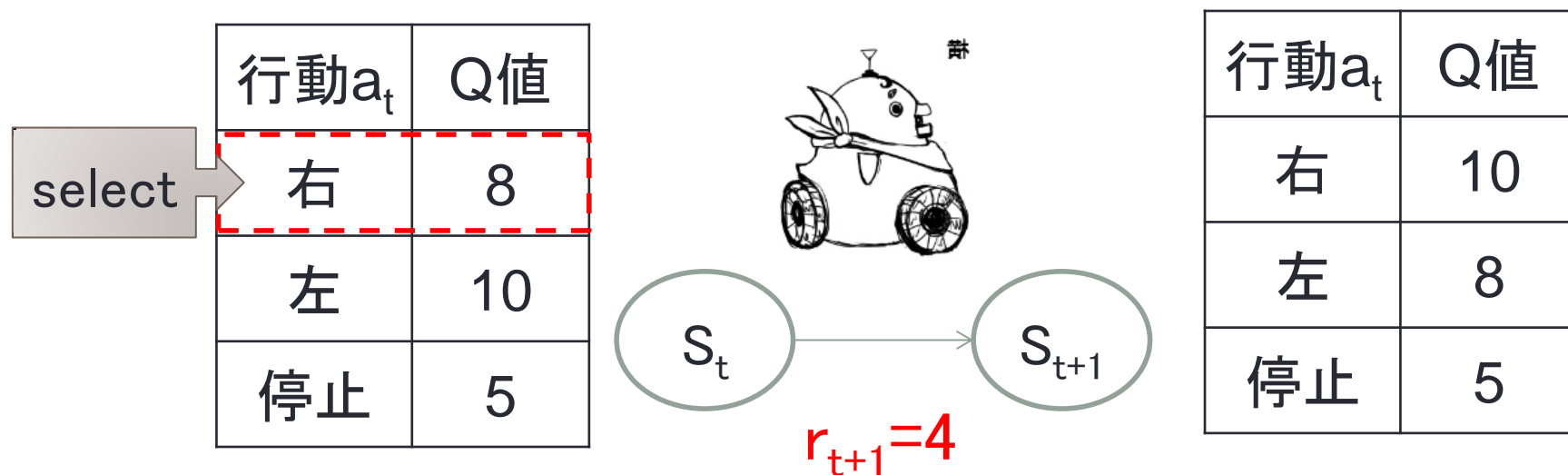
- 方策1は「右へ行けたら右, だめなら上」, 方策2は「上へ行けたら上, だめなら右」という方策だとする. 両方行けない場合はその場にとどまる.
- 割引率  $\gamma = 1$  の時のA,B,C,D,Eの状態における方策1に従う場合, 方策2に従う場合, それぞれで割引累積報酬の値を求めよ.

	A	B	C	D	E
方策1	3	2	0	3	0
方策2	4	3	0	3	0

better !!



## 演習7-4 Q学習の1-step



ホイールダック2号は状態 $S_t$ で行動「右」をとった結果 $S_{t+1}$ に遷移した。それぞれの状態での現在の学習中の行動価値の値は表のとおりである。割引率は0.9とする。

1. TD誤差  $\delta_t$ はいくらか？
2. この1stepで表の内、どのQ値がどれだけ変わるか？学習率  $\alpha$  を0.5として示せ。

## 演習7-4 Q学習の1-step(解答)

ホイールダック2号は状態 $S_t$ で行動「右」をとった結果 $S_{t+1}$ に遷移した。それぞれの状態での現在の学習中の行動価値の値は表のとおりである。割引率は0.9とする。

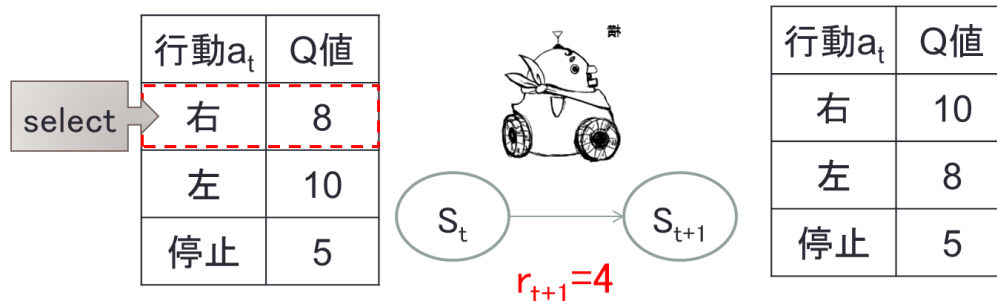
1. TD誤差  $\delta_t$ はいくらか？

$$\delta_t = r_{t+1} + \gamma \max_{a_{t+1} \in A} Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t)$$

$$\delta_t = 4 + 0.9 \times 10 - 8 = 5$$

2. この1stepで表の内、どのQ値がどれだけ変わるか？学習率  $\alpha$  を0.5として示せ。

$$Q(s_t, a_t = \text{右}) \text{ を } \alpha \times \delta_t = 0.5 \times 5 = 2.5$$



# 仮定 位置推定(1)

- ホイールダック2号は迷路の完全な地図を持っているものとする.
- ホイールダック2号は自分がどこにいればどんな観測が得られるか知っているものとする(ただし確率的に).
- ホイールダック2号はそれぞれの状態で自分がどんな行動をとれば, どの状態へ移動するのかを知っているものとする(ただし確率的に).

# 演習8-1 導出の確認

1. 教科書の式(8.4)～式(8.13)をノートに書き写せ.
2. 隣の学生とペア(三人組でもよい)になり, 順番に各行の式変形がなぜそのようになるか, 説明せよ.  
(適宜, 第6章を参照のこと)

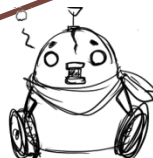


# 演習8-1 導出の確認(解答)

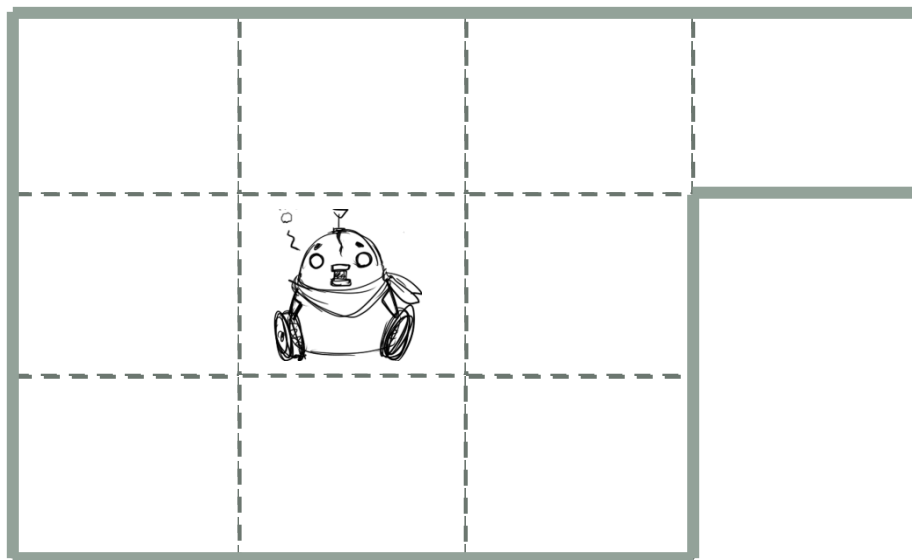
1. 教科書の式(8.4)～式(8.13)をノートに書き写せ.

解答省略

できましたか？



## 演習8-2



ホイールダック2号はスタート時**無情報**である。  
それぞれのマスにホイールダック2号が存在する  
確率を上記のセル内に書け

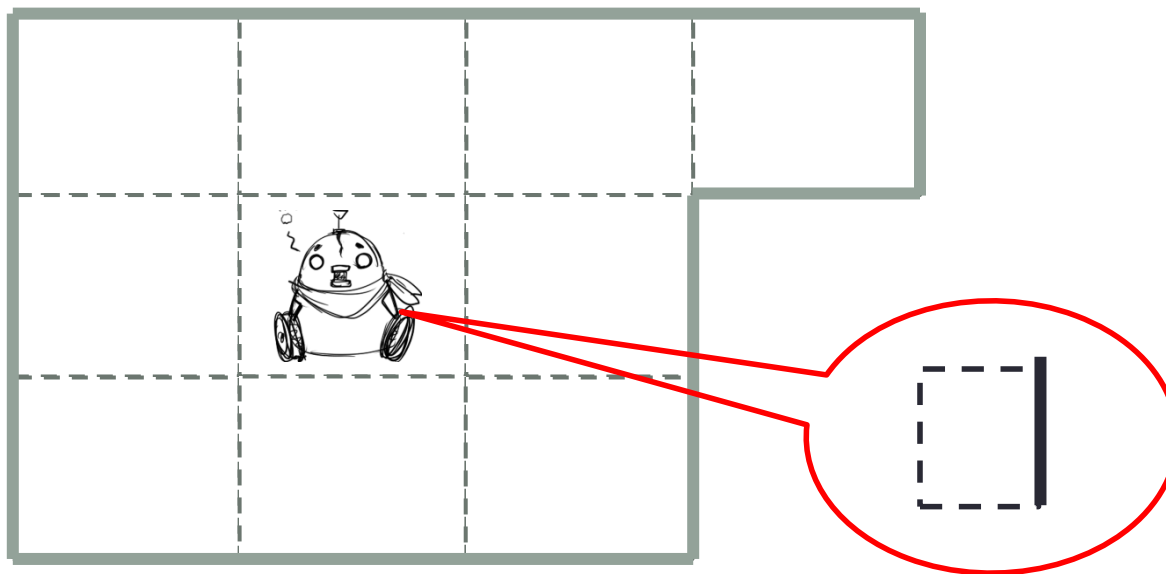
## 演習8-2(解答)

1/10	1/10	1/10	1/10
1/10	1/10	1/10	
1/10	1/10	1/10	



ホイールダック2号はスタート時無情報である.  
それぞれのマスにホイールダック2号が存在する  
確率を上記のセル内に書け

## 演習8-3



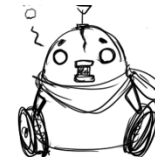
演習8-2の状況の後にホイールダック2号が右に移動した後に観測を行ったところ右のような観測を得た.  
この観測を得た後のホイールダック2号が各位置に居る確率をそれぞれのマスに対して示せ.  
移動確率、観測確率に関する条件は教科書の例と同じとする



## 演習8-3(解答)

$$\sum_{s_{t-1}} \underbrace{P(s_t | s_{t-1}, a_{t-1})}_{\text{状態遷移確率}} \underbrace{F_{t-1}(s_{t-1})}_{\text{1 ステップ前の存在確率}}$$

2/100	10/100	10/100	18/100
2/100	10/100	18/100	
2/100	10/100	18/100	



ホイールダック2号が右に移動した後の各位置に居る確率は上記となる

## 演習8-3(解答)

2/100	2/100	2/100	2/100
2/100	2/100	70/100	
2/100	2/100	2/100	

$P(o_t | s_t)$   
センサ情報

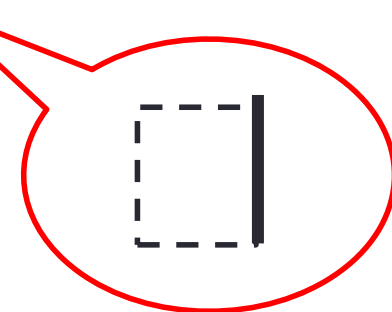


各セルにおいて右の観測が得られる確率は  
上記のとおりとなる.

## 演習8-3(解答)

$$\underbrace{P(o_t|s_t)}_{\text{センサ情報}} \sum_{s_{t-1}} \underbrace{P(s_t|s_{t-1}, a_{t-1})}_{\text{状態遷移確率}} \underbrace{F_{t-1}(s_{t-1})}_{\text{1 ステップ前の存在確率}}$$

4	20	20	36
4	20	1260	
4	20	36	



ホイールダック2号が右に移動した後に  
右の壁が観測される確率\*10000

## 演習8-3(解答)

$4/1424$	$20/1424$	$20/1424$	$36/1424$
$4/1424$	$20/1424$	$1260/1424$	
$4/1424$	$20/1424$	$36/1424$	



合計が1になるように正規化

# 演習10-1 K-means法とは？

- K-means 法の説明として最も不適切なものを選べ.
  - ① データを最も近いクラスタに帰属させ、その後にクラスタの代表点を更新する.
  - ② クラスタ内のデータとクラスタの代表点の距離の和を減少させる.
  - ③ クラスタの代表点を更新する際にはデータの重心値をとるのであって中央値をとるのではない.
  - ④ K 個の方法を組み合わせて学習を進行させる.

## 演習10-1 K-means法とは？（解答）

- K-means 法の説明として最も不適切なものを選べ.
  - K 個の方法を組み合わせで学習を進行させる.

## 演習10-2 混合分布モデル

- 混合分布モデルでは、各データの各クラスタへの割り当ては何によって決定されるか。適切なものを選び。
  - ① 再帰的な最適化計算により漸近的にしか決定されえない。
  - ② ベイズの定理により事後確率を計算する事で決定される。
  - ③ クラスタの代表点への距離のみで決定される。
  - ④ マルコフ決定過程を用いて決定される。

# 演習10-2混合分布モデル(解答)

- 混合分布モデルでは、各データの各クラスタへの割り当ては何によって決定されるか。適切なものを選べ。
  - ベイズの定理により事後確率を計算する事で決定される。



## 演習10-3 確率的クラスタリング

$$p(o_j) = \sum_k \alpha_k p_k(o_j)$$

- 上の混合モデルが与えられた時に
- 観測 $o$ が与えられた際にこれがクラスター $k$ に属する確率 $p(k|o)$ を上にも用いた記号を使って示せ.

## 演習10-3 確率的クラスタリング (解答)

$$p(o_j) = \sum_k \alpha_k p_k(o_j)$$

- 上の混合モデルが与えられた時に
- 観測 $o$ が与えられた際にこれがクラスター $k$ に属する確率 $p(k|o)$ を上を用いた記号を使って示せ.

$$P(k|o) = \frac{P(o|k)P(k)}{\sum_i P(o|i)P(i)} = \frac{\alpha_k p_k(o)}{\sum_i \alpha_i p_i(o)}$$

## 演習10-4 低次元化手法

- 低次元化手法の用いられる目的として最も一般的だ無いものを選び.
- ① データ圧縮
- ② 可視化
- ③ 特徴量抽出
- ④ 強化学習

## 演習10-4 低次元化手法(解答)

- 低次元化手法の用いられる目的として最も一般的だ無いものを選べ.
  - 強化学習

# 演習11-1 機械学習の分類

- 以下の機械学習はそれぞれ「教師あり学習」「教師なし学習」「強化学習」のいずれにあたるか？
  1. 問題を解くと得点だけがしめされて、「後のことは自分で考えなさい！」と言われる試験
  2. 問題を解くとそれぞれの解答が示されて「後のことは自分で考えなさい！」と言われる試験
  3. 100人のマンガのキャラの絵を見せられて「キャラの類似性にもとづいて10グループにわけよ」と言われる課題
  4. 100件のワンルーム不動産の物件に対して、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無、賃料を収集し、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無から賃料を予測出来るようにするタスク。

# 演習11-1 機械学習の分類(解答)

- 以下の機械学習はそれぞれ「教師あり学習」「教師なし学習」「強化学習」のいずれにあたるか？
  1. 問題を解くと得点だけがしめされて、「後のことは自分で考えなさい！」と言われる試験 **強化学習**
  2. 問題を解くとそれぞれの解答が示されて「後のことは自分で考えなさい！」と言われる試験 **教師あり学習**
  3. 100人のマンガのキャラの絵を見せられて「キャラの類似性にもとづいて10グループにわけよ」と言われる課題 **教師なし学習**
  4. 100件のワンルーム不動産の物件に対して、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無、賃料を収集し、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無から賃料を予測出来るようにするタスク。 **教師あり学習**

# 演習11-2 教師あり学習の分類

- 以下の学習はそれぞれ「分類問題」「回帰問題」のいずれにあたるか？
  1. カピバラの写真10枚を「これがカピバラだ」と見せられた後に、デグーの写真10枚を「これがデグーだ」と見せられる。その後どちらかの写真を見せられて、それが何かを当てる課題。
  2. 自分一人でペットボトルに入れるビー玉の数を変えては、風呂に投げ入れ、沈むかどうかを判定し、何個入れれば風呂の水に沈むかというルールを学習すること。
  3. 100件のワンルーム不動産の物件に対して、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無、賃料を収集し、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無から賃料を予測出来るようにするタスク。
  4. 初速度を $V$  [m/s]して弾丸を射出し、その落下点 $x$ [m]を多数計測することで  $V$ - $x$ の関係を学習し一般法則を導き出そうとすること。

# 演習11-2 教師あり学習の分類(解答)

- 以下の学習はそれぞれ「分類問題」「回帰問題」のいずれにあたるか？
  1. カピバラの写真10枚を「これがカピバラだ」と見せられた後に、デグーの写真10枚を「これがデグーだ」と見せられる。その後どちらかの写真を見せられて、それが何かを当てる課題。 **分類問題**
  2. 自分一人でペットボトルに入れるビー玉の数を変えては、風呂に投げ入れ、沈むかどうかを判定し、何個入れれば風呂の水に沈むかというルールを学習すること。 **分類問題**
  3. 100件のワンルーム不動産の物件に対して、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無、賃料を収集し、駅からの距離、床面積、風呂トイレの有無から賃料を予測出来るようにするタスク。 **回帰問題**
  4. 初速度を $V$  [m/s]して弾丸を射出し、その落下点 $x$  [m]を多数計測することで  $V$ - $x$ の関係を学習し一般法則を導き出そうとすること。 **回帰問題**



## 演習11-3 最小二乗法

- $x$ と $y$ は本質的には線形関係を持っている( $y = ax + b$ ). しかし,  $x$ に対する $y$ の値を計測する時に必ず誤差が生じる.
- $(x, y) = (1, 2), (2, 4), (3, 5), (4, 7)$ の観測が得られた際に, 最小二乗法にもとづいて $a, b$ を求めよ.

- 誤差 $E$ と $E$ を最小化する極値の式を以下とする

$$E(a, b) = \sum_{i \in \{1, 2, 3, 4\}} (y_i - ax_i - b)^2$$

$$\frac{\partial E}{\partial a} = \frac{\partial E}{\partial b} = 0$$

## 演習11-3 最小二乗法(解答)

- $E(a, b) = \sum_{i \in \{1, 2, 3, 4\}} (y_i - ax_i - b)^2 =$   
 $(2 - a - b)^2 + (4 - 2a - b)^2 + (5 - 3a - b)^2 + (7 - 4a - b)^2$
- $\frac{\partial E}{\partial a} = -2(2 - a - b) - 4(4 - 2a - b) - 6(5 - 3a - b) -$   
 $8(7 - 4a - b) = -106 + 60a + 20b = 0$
- $\frac{\partial E}{\partial b} = -36 + 20a + 8b = 0$

定数倍を除去して移項すると

- $53 = 30a + 10b$
- $9 = 5a + 2b$

連立方程式を解くと

- $a = 8/5$
- $b = 1/2$

# 演習12-1 要素技術の関係

- 「この道をまっすぐ行ったら交番が見えます．そこを右に曲がれば修道院ですよ」
- この文章において、「そこ」が何を指すのかを特定するために必要なのは以下のどの解析か．最も適切なものを選べ．

- ① 形態素解析
- ② 構文解析
- ③ 意味解析
- ④ 文脈解析

## 演習12-1 要素技術の関係(解答)

- 「この道をまっすぐ行ったら交番が見えます. そこを右に曲がれば修道院ですよ」
- この文章において, 「そこ」が何を指すのかを特定するために必要なのは以下のどの解析か. 最も適切なものを選べ.

- ① 形態素解析
- ② 構文解析
- ③ 意味解析
- ④ 文脈解析

# 演習13-1

- 以下の述語論理を日本語で表してみよう
- $\forall x like(FATHER(\text{サトシ}), x)$

## 演習13-1(解答)

- 以下の述語論理を日本語で表してみよう
- $\forall x like(FATHER(\text{サトシ}), x)$
- 「サトシの父は全ての物が好きだ」

## 演習13-2

- 下の真理値表を完成させよ. (T=1, F=0)

p	q	$\neg p \vee q$	$p \rightarrow q$	$\neg(q \rightarrow p)$	$p \wedge \neg p$
T	T				
T	F				
F	T				
F	F				

## 演習13-2(解答)

- 下の真理値表を完成させよ.

同値

恒偽式

p	q	$\neg p \vee q$	$p \rightarrow q$	$\neg(q \rightarrow p)$	$p \wedge \neg p$
T	T	T	T	F	F
T	F	F	F	F	F
F	T	T	T	T	F
F	F	T	T	F	F



## 演習13-3

- 恒真式(トートロジー)の説明として最も不適切なものを選べ.
  1. 充足可能である.
  2. 非定型は矛盾になる.
  3. 解釈の仕方次第では偽になる.
  4. 自然言語で意味をくみ取ろうとすると「当たり前」の分になることが多い.

## 演習13-3(解答)

- 恒真式(トートロジー)の説明として最も不適切なものを選べ.
  1. 充足可能である.
  2. 非定型は矛盾になる.
  3. 解釈の仕方次第では偽になる.
  4. 自然言語で意味をくみ取ろうとすると「当たり前」の分になることが多い.

## 演習13-4

- 先に挙げた例をそれぞれ，述語論理式であらわしてみよう.
  - p1 すべての人は平和を好む
  - p2 太郎は人である.
  - p3 太郎は平和を好む.
- 何をどのように変数と置くかは自分で考えてみよう.

# 演習13-4(解答)

- 「太郎」, 「平和」を定数記号taro, peaceと置く.
- 「好む」を二変数の関数 like(x, y) とする.
- 「人である」を関数 human(x) とする.
- p1 すべての人は平和を好む  
$$\forall x \text{ (human}(x) \rightarrow \text{like}(x, \text{peace}))$$
- p2 太郎は人である.  
$$\text{human}(\text{taro})$$
- p3 太郎は平和を好む.  
$$\text{like}(\text{taro}, \text{peace})$$

## 演習13-5

- 命題論理式の節形式への変換を行うときに実行する手続きとして最も不適切なものを選べ.
  1. 含意記号と同値記号を除去する.
  2. ド・モルガン律を適用して原子論理式のみを否定がかかるように変形する.
  3. 分配律を適用する.
  4. 各リテラルを解釈する.

## 演習13-5 (解答)

- 命題論理式の節形式への変換を行うときに実行する手続きとして最も不適切なものを選べ.
  1. 含意記号と同値記号を除去する.
  2. ド・モルガン律を適用して原子論理式のみを否定がかかるように変形する.
  3. 分配律を適用する.
  4. 各リテラルを解釈する.

## 演習14-1

- 前提  $(P \wedge Q) \rightarrow R$ ,  $P \rightarrow Q$ ,  $P$  から結論  $Q \wedge R$  が導けることを, 導出原理と反駁木を用いて証明せよ.
- $[(P \wedge Q) \rightarrow R] \wedge [P \rightarrow Q] \wedge [P] \rightarrow Q \wedge R$

## 演習14-1(解答)

- 論理式  $Q \wedge R$  が論理式  $(P \wedge Q) \rightarrow R$ ,  $P \rightarrow Q$ ,  $P$  からの論理的帰結であることを証明せよ.

- 反駁

$$\neg([(P \wedge Q) \rightarrow R] \wedge [P \rightarrow Q] \wedge [P] \rightarrow Q \wedge R)$$

- 含意の除去

$$\neg(\neg(\neg(P \wedge Q) \vee R) \wedge [\neg P \vee Q] \wedge [P] ) \vee (Q \wedge R))$$

- 二重否定, ド・モルガン律

$$[\neg(P \wedge Q) \vee R] \wedge [\neg P \vee Q] \wedge [P] \wedge \neg(Q \wedge R)$$

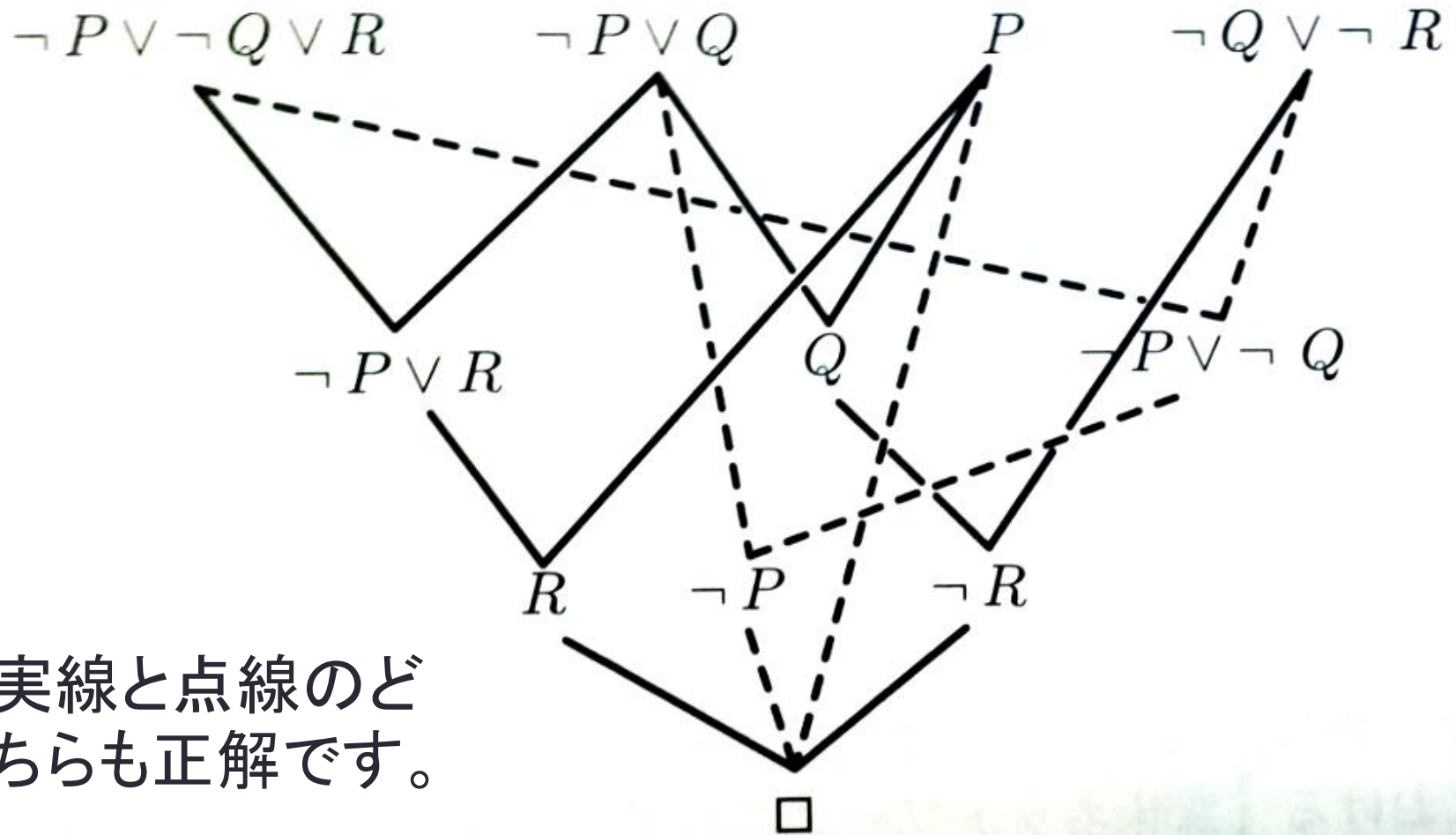
- ド・モルガン律

$$[\neg P \vee \neg Q \vee R] \wedge [\neg P \vee Q] \wedge [P] \wedge [\neg Q \vee \neg R]$$



## 演習14-1(解答)

$$[\neg P \vee \neg Q \vee R] \wedge [\neg P \vee Q] \wedge [P] \wedge [\neg Q \vee \neg R]$$



実線と点線のどちらも正解です。

## 演習14-2 一般疑問文

- ・「ネズミは動物だ」
- ・「あらゆる動物は生き物だ」
- ・「山田は人間だ」

という知識をロボットに述語論理式で持たせた上で

- ・「ネズミは生き物か？」

という一般疑問文に対する答えを反駁による証明を用いて求めさせよ.

## 演習14-2 一般疑問文(解答)

- 前提

- 「ネズミは動物だ」

$$\forall x \text{ rat}(x) \rightarrow \text{animal}(x)$$

- 「あらゆる動物は生き物だ」

$$\forall y \text{ animal}(y) \rightarrow \text{creature}(y)$$

- 「山田は人間だ」

$$\text{human}(\text{山田})$$

- 結論の否定

- 「ネズミは生き物か？」

$$\forall z \text{ rat}(z) \rightarrow \text{creature}(z)$$

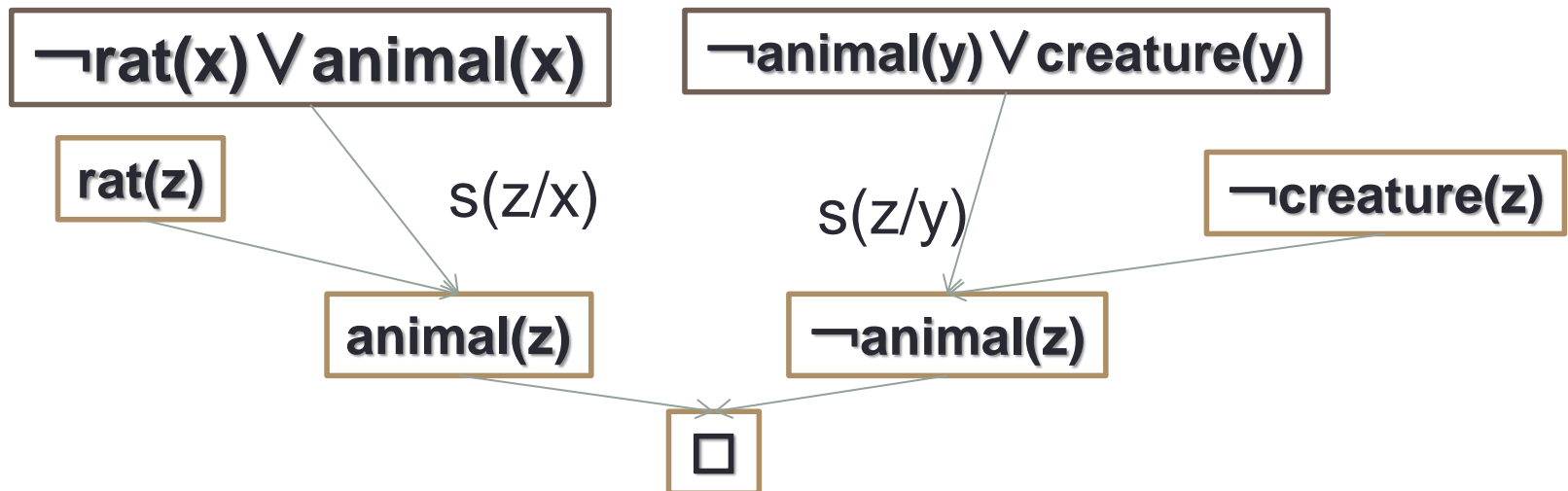
# 演習14-2 一般疑問文(解答)

- 前提

- $\forall x \text{ rat}(x) \rightarrow \text{animal}(x) \Rightarrow \neg \text{rat}(x) \vee \text{animal}(x)$
- $\forall y \text{ animal}(y) \rightarrow \text{creature}(y) \Rightarrow \neg \text{animal}(y) \vee \text{creature}(y)$
- human(山田)**

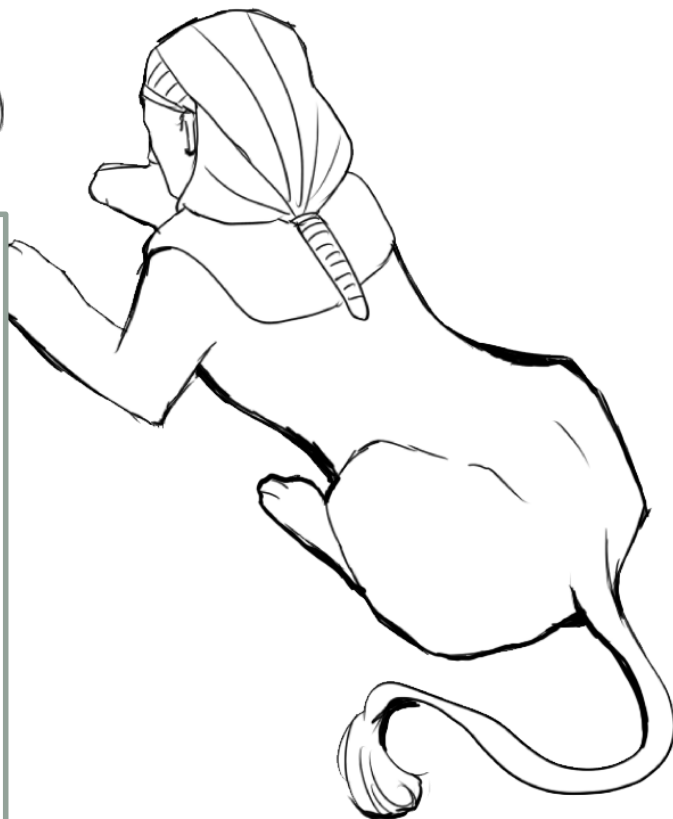
- 結論の否定

- $\neg(\forall z \text{ rat}(z) \rightarrow \text{creature}(z)) \Rightarrow \neg(\neg \text{rat}(z) \vee \text{creature}(z))$   
 $\Rightarrow \text{rat}(z) \wedge \neg \text{creature}(z)$



## 演習14-3 スフィンクスの問い

### 節集合形式



C1: 娘(貴子, 洋子)

C2:  $\neg$ 子(y,x)  $\vee$   $\neg$ 子(z,y)  $\vee$  孫(z,x)

C3:  $\neg$ 娘(x,y)  $\vee$  子(x,y)

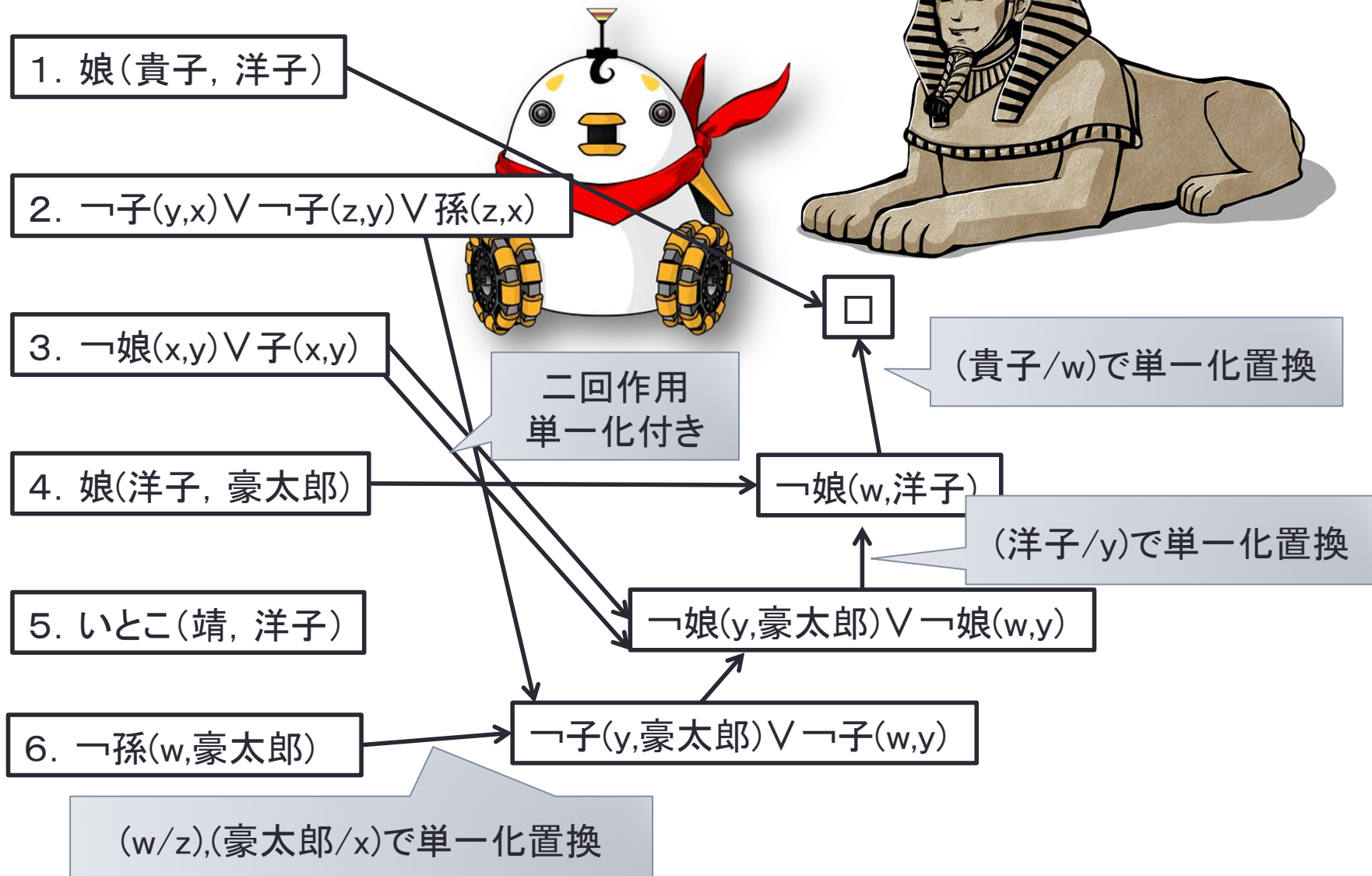
C4: 娘(洋子, 豪太郎)

C5: いとこ(靖, 洋子)

C6:  $\neg$ 孫(w,豪太郎)

上記の節集合形式にもとづいて、  
反駁による証明を用いてスフィンクスの問の答えを導け。

# 反駁による証明



## 演習15-1 人間を他の動物と分かつもの

- 以下の内，人間と他の動物種を区別するものとして，最も「適当でない」とものはどれか？
  1. 言語を操る能力
  2. お金を扱う能力
  3. 宗教を持つ能力
  4. 二足歩行する能力

# 演習15-1 人間を他の動物と分かつもの

- 以下の内、人間と他の動物種を区別するものとして、最も「適当でない」と思うものはどれか？
  1. 言語を操る能力
  2. お金を扱う能力
  3. 宗教を持つ能力
  4. 二足歩行する能力 ???



直立二足歩行はヒトの進化と関係している。二足歩行を行なう事で、後ろ足の大きな歩幅が確保でき、ヒトの移動能力は大きく進歩したと言われる。

二足歩行は人間特有の「知能」の現れ？



## 演習15-2

- 脳，身体，環境の相互作用からの行動・機能の創発の事例として最も不適切なものを選べ。
  - ① プロダクションシステムにおける問題解決
  - ② 人間が物体を把持する動作
  - ③ 二足歩行動作
  - ④ 強化学習を用いた起き上がり拳動の学習

## 演習15-2(解答)

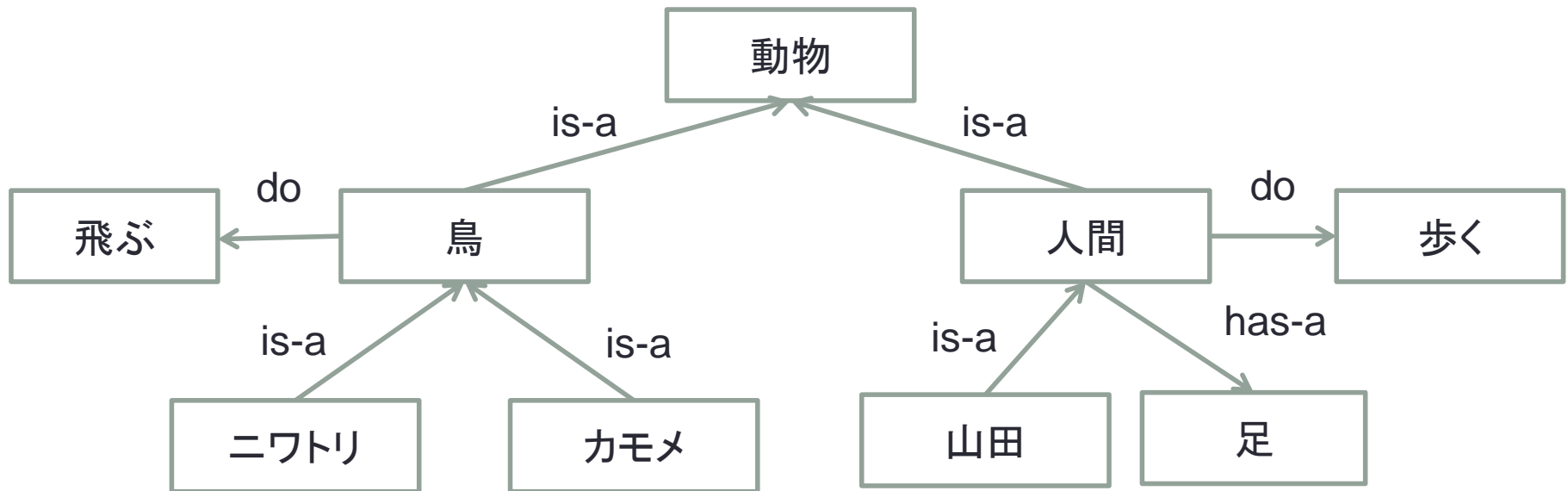
- 脳, 身体, 環境の相互作用からの行動・機能の創発の事例として最も不適切なものを選べ.

- ① プロダクションシステムにおける問題解決
- ② 人間が物体を把持する動作
- ③ 二足歩行動作
- ④ 強化学習を用いた起き上がり拳動の学習

## 演習15-3 意味ネットワーク

- 以下の知識を意味ネットワークで表現せよ.
- 関係としてはis\_a関係, has\_a関係, do関係を用いよ.
  - 「鳥は飛ぶ」
  - 「鳥は動物である」
  - 「カモメは鳥である」
  - 「ニワトリは鳥である」
  - 「人間は動物である」
  - 「人間は足を持つ」
  - 「山田は人間である」
  - 「人間は歩く」

## 演習15-3 意味ネットワーク(解答)



# 演習15-4 構成論的アプローチ

- 構成論的アプローチの説明として最も不適切なものを選べ.
  - ① 人間の知能を知るためにロボットをつくる.
  - ② 人間の行う行動の一つを可能にするプログラムを作成すること.
  - ③ 構成することに関心を持つ. 人間の知能との関係性を考えることは研究の態度を不純にするために, 望まれない.
  - ④ 人工知能の研究のみでとられるアプローチではなく, 広く他の領域でも扱われることがある.

## 演習15-4 構成論的アプローチ(解答)

- 構成論的アプローチの説明として最も不適切なものを選べ.
  - ① 人間の知能を知るためにロボットをつくる.
  - ② 人間の行う行動の一つを可能にするプログラムを作成すること.
  - ③ 構成することにのみ関心を持つ. 人間の知能との関係性を考えることは研究の態度を不純にするために, 望まれない.
  - ④ 人工知能の研究のみでとられるアプローチではなく, 広く他の領域でも扱われることがある.