

# 2022年度 人工知能統論 期末試験

[問 1](20 点)

以下の各記述について，正しいものには を，間違っているものには×をつけなさい．

1.  $\neg(p \rightarrow (p \vee q))$  は恒真式である．
2.  $F(x), G(x)$  を一階述語論理式としたとき  $\exists xF(x) \vee \exists xG(x) = \exists x(F(x) \vee G(x))$  が成り立つ．
3.  $\forall x(P(z) \wedge \exists yQ(y) \rightarrow \forall zP(x))$  に自由変数はない．
4. 節集合  $S$  が充足不能であるための必要十分条件は， $S$  から生成される融合節に空節が含まれないことである．
5. 節集合  $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$  は充足可能とする．節集合  $\{F_1, F_2, \dots, F_n, \neg G\}$  が充足不能であることと式  $G$  が  $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$  の論理的帰結であることは同値である．
6. 2 つの代入  $\theta = \{f(y)/x, z/y\}, \lambda = \{a/x, b/z\}$  に対して合成演算  $\theta \circ \lambda$  と  $\lambda \circ \theta$  の結果は等しい．
7. 条件付き確率に関して， $P(A, B | C) = P(A | C)P(B | C)$  と  $P(A | B, C) = P(A | C)$  は同値である．
8. 条件付き確率に関して， $P(A | B, C) = P(A | C)$  と  $P(B | A, C) = P(B | C)$  は同値ではない．
9. 正 20 面体のサイコロを投げたときにどの目が出るか，という試行の情報エントロピーは  $1 + \log 5$  である．
10. Q 学習のアルゴリズムは収束する保証がない．

[問 2] (35 点)

[問 2-1]

命題論理における論理演算子を優先順位の高い方から順に並べなさい (どちらが優先順位が高いかを明記すること)

[問 2-2]

命題論理における一般的な論理式の定義を示しなさい。

[問 2-3]

問 2-2 における定義ではすべての論理演算子を必要とするわけではない。その理由を具体的に述べなさい。

[問 2-4]

以下の論理式を冠頭連言標準形に変換しなさい。

$$\forall x \exists y ((p(x, y) \rightarrow q(x)) \wedge \neg(\forall x \exists y (p(x, y) \rightarrow \forall z R(z))))$$

[問 2-5]

問 2-4 で得られた論理式をさらにスコーレム化しなさい。

[問 2-6]

問 2-5 で得られた論理式を節集合に変換しなさい。

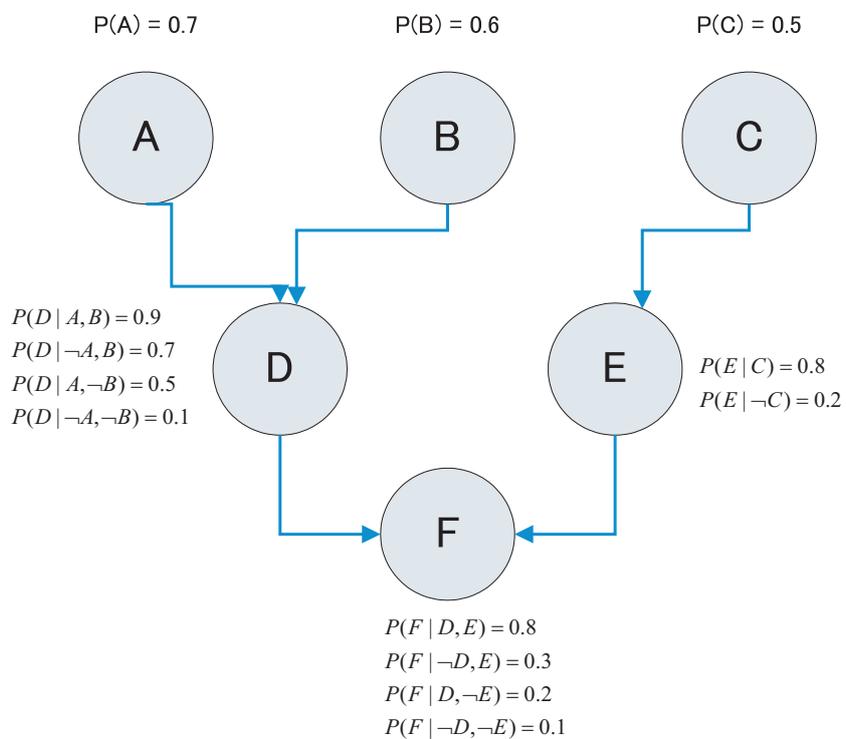
[問 2-7]

以下の基本論理式の各集合が単一化可能かどうかを答えなさい。単一化可能であれば最大単一化子 (mgu) を求めなさい。

1.  $\{p(f(x), f(y), g(z)), p(u, u, g(h(w)))\}$
2.  $\{p(f(y), w, g(z)), p(v, u, g(v))\}$
3.  $\{p(a, x, f(g(y))), p(z, h(z, w), f(w))\}$

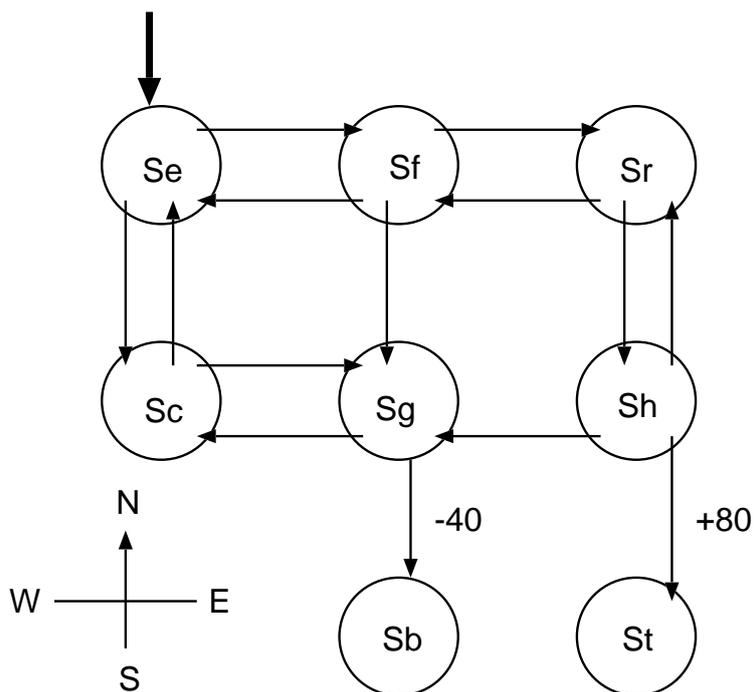
[問 3] (15 点)

以下のベイジアンネットワークから  $P(D)$ ,  $P(A, B, D)$ ,  $P(D | A)$ ,  $P(C | \neg E)$ ,  $P(F | A, B, C, D, E)$  を求めなさい。



[問 4] (20 点)

以下のような MDP を考える .



これは宝探しのシナリオであり,  $S_e$  からこの世界に入る . 行動としては  $N$  (北へ移動),  $S$  (南へ移動),  $W$  (西へ移動), そして  $E$  (東へ移動) のいずれかが可能であるが, 各状態からは上図で規程された行動だけが可能である .

また, 状態  $S_t$  と  $S_b$  は吸収状態で, その状態に入る時に報酬としてそれぞれ  $+80$  および  $-40$  を得る .

[問 4-1]

減衰係数 (割引率)  $\gamma$  を  $0.5$  とし, この MDP に Q 学習を適用した場合, 収束状態における  $Q'(S_e, E)$ ,  $Q'(S_e, S)$ ,  $Q'(S_f, E)$ ,  $Q'(S_f, W)$ ,  $Q'(S_f, S)$ ,  $Q'(S_r, W)$ ,  $Q'(S_r, S)$ ,  $Q'(S_c, E)$ ,  $Q'(S_c, N)$ ,  $Q'(S_g, W)$ ,  $Q'(S_g, S)$ ,  $Q'(S_h, W)$ ,  $Q'(S_h, S)$ ,  $Q'(S_h, N)$  の値をすべて求めなさい .

[問 4-2]

Q-学習が収束したときに得られる制御ポリシー (最適行動系列) を示しなさい .

[問 5](10 点)

講義で学んだ内容に沿って決定木学習アルゴリズム ID3 の概略を示せ．必要なステップをすべて記述すること．