問1. 以下の文章それぞれについて，正しいと思うものに○，誤りと思うものに×をつけよ．完全に自信がない場合でも，よりふさわしいと思う答を記入せよ（×の場合でも理由を書かなくてよい）．

(ア) 情報理論の父とよばれているのは，デビッド・ハフマンである．

(イ) 情報源符号化の目的は，符号化の時に冗長性を加え，符号の誤り検出や誤り訂正を可能にすることである．

(ウ) 通信路符号化の目的は，通信路の通信路容量を最大化することである．

(エ) 確率変数 X のエントロピーの値が最大となるのは，$X = 0.5$ となるときである．

(オ) 実際の株価を X , 株価の予測値を Y とすれば，株価の予測値を知ったことにより得られる X についての情報量は条件付きエントロピー $H(X|Y)$ である．

(カ) 確率変数 X と Y が独立であるときのみ，X と Y の相互情報量は 0 となる．

(キ) エントロピー関数 $\mathcal{H}(x)$ は，$\mathcal{H}(x) = -x\log_2 x - (1-x)\log_2(1-x)$ で定義される関数である．

(ク) 無記憶定常情報源において，一次エントロピーと二次エントロピーは常に一致する．

(ケ) 特異符号でない任意の符号において，任意の 2 つの符号語に対し，どちらかがもう一方の語頭になっていない．

(コ) 瞬時符号であれば，必ずクラフトの不等式を満たす．

(サ) 情報源 S から発生する情報源記号に対して，2 元瞬時符号を構成したとき，その平均符号長は情報源 S のエントロピー $H(S)$ 以上となる．

(シ) 0 と 1 で符号化された符号語 u と符号語 v のハミング距離は，$u - v$ のハミング重みと同値である．

(ス) 通信路行列の各行の和が 1 にならないことがある．

(セ) 誤り源を用いた加法的 2 元通信路モデルでは，誤り源からの各時刻における 1 の発生確率が通信路のビット誤り率となる．

(ソ) r 元通信路符号化において，符号語の数を M, 情報速度を R とすると、効率は $\log_2 M \,/\, R$ となる．

(タ) 誤り源にマルコフ情報源 S をもつ，加法的 2 元通信路の通信路容量は $1 - \mathcal{H}(S)$ となる．

(チ) 情報速度 R が通信路容量 C を上回るとき，誤り率をいくらでも小さくできる通信路符号化法が存在する．

(ツ) 情報ビットが k である単一パリティ検査符号の冗長度は k が大きくなればなるほど小さくなる．

(テ) 符号 $\mathrm{C} = \{0000, 0111, 1010, 1101\}$ について，この符号は線形符号である．

(ト) (2×2)水平垂直パリティ検査符号は線形符号ではない．

(ナ) (15,11)ハミング符号の符号語の数は 1024 個である．

(ニ) 最小ハミング距離が 7 の 2 元通信路符号では，最大で 2 重誤りの訂正が可能である．

(ヌ) 生成多項式が $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ の巡回符号では，長さが 16 までの任意のバースト誤りをすべて検出できる．

(ネ) 生成多項式が $G(x) = x^4 + x^2 + x + 1$ の巡回符号では，情報ビット 110 は 1100101 に符号化される．

(ノ) 原始多項式 $G(x) = x^7 + x + 1$ の周期は 15 である．

問2. 0, 1 の 2 種類の情報源記号を，それぞれ 5/6, 1/6 で発生する記憶のない定常情報源 S を考える．このとき以下の問いに答えよ．ただし，答えは小数点第 3 位を四捨五入し小数点第 2 位まで求めよ．

(ア) この情報源 S から発生する情報源系列を，2 情報源記号毎にアルファベット$\{0,1\}$を用いて 2 元符号化するブロックハフマン符号を求め，その 1 情報源記号あたりの平均符号長 L_1 を求めよ．

(イ) この情報源 S から発生する情報源系列を，3 情報源記号毎にアルファベット$\{0,1\}$を用いて 2 元符号化するブロックハフマン符号を求め，その 1 情報源記号あたりの平均符号長 L_2 を求めよ．

(ウ) 一意復号可能な 2 元符号化における 1 情報源記号あたりの平均符号長の下限 L を求めよ．ただし，$\log_2 3 = 1.59, \log_2 5 = 2.32$ を用いてよい．

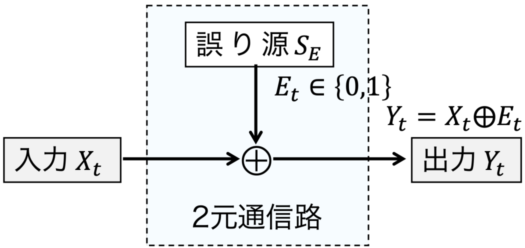
問3. 誤り源 S_E をもつ下図左の加法的 2 元通信路において，S_Eとして下図右の状態図で表されるマルコフ情報源を用いた場合について以下の問いに答えよ．ただし、答えは小数点第 3 位を四捨五入し小数点第 2 位まで求めよ．

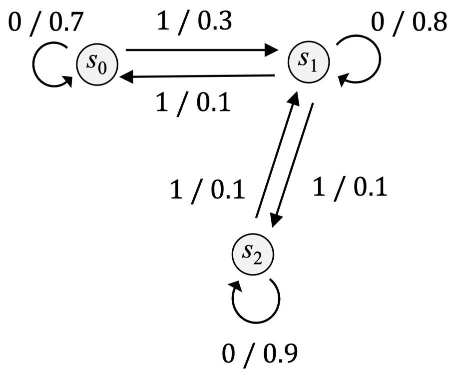
(ア) S_E の状態図で，定常分布において状態 S_i にいる確率を w_i として状態の定常分布 (w_0, w_1, w_2) を求めよ．

(イ) この通信路のビット誤り率を求めよ．

(ウ) 誤り源 S_E のエントロピー $H(S_E)$ を求めよ．エントロピー関数 $\mathcal{H}(0.1) = 0.469, \mathcal{H}(0.2) = 0.722, \mathcal{H}(0.3) = 0.881, \mathcal{H}(0.4) = 0.971$ の値を用いてよい．

(エ) この通信路の通信路容量 C を求めよ．





問4. 4 個の情報ビット x_1, x_2, x_3, x_4 に対して，以下の式で定義される 4 個の検査ビット c_1, c_2, c_3, c_4 を付加した $w = (x_1, x_2, x_3, x_4, c_1, c_2, c_3, c_4)$ という形の (8,4) 符号を考える．このとき以下の問いに答えよ．ただし，式の中における足し算はすべて 2 の剰余系（$0+0=1+1=0, 0+1=1+0=1$）で考えるものとする．

$$\begin{cases} c_1 = x_1 + x_2 + x_3 \\ c_2 = \phantom{x_1 + {}} x_2 + x_3 + x_4 \\ c_3 = x_1 \phantom{{} + x_2} + x_3 + x_4 \\ c_4 = x_1 + x_2 \phantom{{} + x_3} + x_4 \end{cases}$$

(ア) この符号の 1 記号あたりの情報速度と冗長度を求めよ．

(イ) この符号の生成行列 G と検査行列 H を示せ．

(ウ) ある符号語を送ったとき，系列 10010010 を受信したとする．単一誤りが生じていると想定して，送信語の情報ビットを推定せよ．

(エ) この符号の最小ハミング距離を求めよ．

(オ) この符号で限界距離復号法を用いた場合に、誤り訂正を行わないとすると何重誤りまで必ず検出できるかを答えよ．