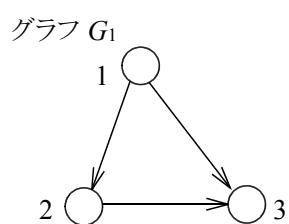
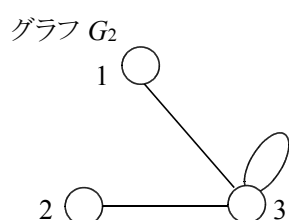


問1 グラフを集合で記述しなさい。

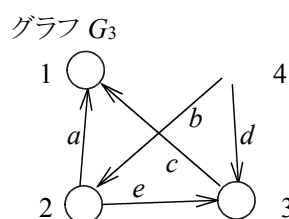
- (1) $G_1 = (\{1,2,3\}, \{(1,2), (1,3), (2,3)\})$



- (2) $G_2 = (\{1,2,3\}, \{\{1,3\}, \{2,3\}, \{3\}\})$



- (3) 3-1) 関数を使わない場合
 $G_3 = (\{1,2,3,4\}, \{a,b,c,d,e\}, \{(2,1,a), (4,2,b), (3,1,c), (4,3,d), (2,3,e)\})$



3-2) 関数を使う場合

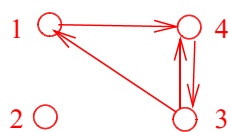
$G_3 = (\{1,2,3,4\}, \{a,b,c,d,e\}, \partial)$ $\partial = \begin{pmatrix} a & b & c & d & e \\ (2,1) & (4,2) & (3,1) & (4,3) & (2,3) \end{pmatrix}$

(別解)

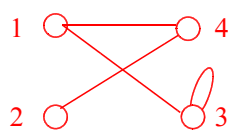
$G_3 = (\{1,2,3,4\}, \{a,b,c,d,e\}, \partial^+, \partial^-)$
 $\partial^+ = \begin{pmatrix} a & b & c & d & e \\ 2 & 4 & 3 & 4 & 2 \end{pmatrix}$ $\partial^- = \begin{pmatrix} a & b & c & d & e \\ 1 & 2 & 1 & 3 & 3 \end{pmatrix}$

問2 記述を見てグラフを描きなさい。

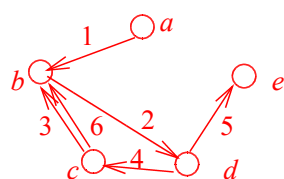
- (1) 有向グラフ $G_4 = (\{1, 2, 3, 4\}, \{(1, 4), (3, 1), (3, 4), (4, 3)\})$



- (2) 無向グラフ $G_5 = (\{1, 2, 3, 4\}, \{\{1,3\}, \{1,4\}, \{2,4\}, \{3\}\})$

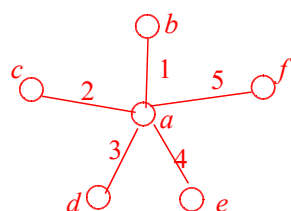


- (3) 有向グラフ $G_6 = (\{a,b,c,d,e\}, \{1,2,3,4,5,6\}, \{(a,b,1), (b,d,2), (c,b,3), (d,c,4), (d,e,5), (c,b,6)\})$



- (4) 無向グラフ $G_7 = (\{a, b, c, d, e, f\}, \{1, 2, 3, 4, 5\}, \partial)$

$\partial = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \{a, b\} & \{a, c\} & \{a, d\} & \{a, e\} & \{a, f\} \end{pmatrix}$



問3 問1と問2のグラフ G_1 から G_7 について、次の設問に答えなさい。

- (1) 自己ループを持つグラフを全て答えなさい。

G_2, G_5

- (2) 並列辺を持つグラフを全て答えなさい。

G_6

- (3) 孤立点を持つグラフを全て答えなさい。

G_4

- (4) $V(G_1) = \{1,2,3\}$

- (5) $E(G_2) = \{\{1,3\}, \{2,3\}, \{3\}\}$

- (6) $deg_{G_4^+}(1) = 1$

- (7) $deg_{G_4^-}(3) = 1$

- (8) $deg_{G_4}(4) = 3$

- (9) $\sum_{v \in V(G_2)} deg_{G_2}(v) = 1 + 1 + 4 = 6$

- (10) $G_1 \cup G_4 = (\{1,2,3,4\}, \{(1,2), (1,3), (1,4), (2,3), (3,1), (3,4), (4,3)\})$

- (11) $G_2 \cap G_5 = (\{1,2,3\}, \{\{1,3\}, \{3\}\})$

- (12) G_4 のオイラー路を頂点の n 項組で記述しなさい。

$(3, 4, 3, 1, 4)$ および $(3, 1, 4, 3, 4)$

- (13) G_3 のハミルトン路を頂点と辺の n 項組で記述しなさい。

$(4, b, 2, e, 3, c, 1)$

- (14) G_3 の接続行列(Incidence Matrix) I_{G_3} を記述しなさい。なお、 i 行 j 列目の要素は、頂点 i が辺 j の始点ならば 1, 終点ならば -1, どちらでもなければ 0 をとるものとする。

$I_{G_3} = \begin{pmatrix} a & b & c & d & e \\ 1 \begin{pmatrix} -1 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ 2 \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \\ 3 \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \\ 4 \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$

- (15) G_3 の隣接行列(Adjacency Matrix) A_{G_3} を記述しなさい。なお、 i 行 j 列目の要素は、頂点 i から頂点 j への辺が存在するならば 1, そうでなければ 0 をとるものとする。

$A_{G_3} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ 2 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \\ 3 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ 4 \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{pmatrix}$

