グラフ理論　#11

第11回講義　7月4日

情報科学研究科　　　井上純一

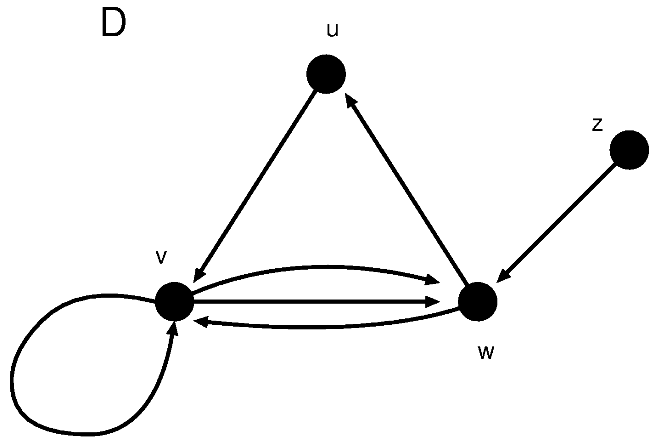
http://chaosweb.complex.eng.hokudai.ac.jp/~j_inoue/

有向グラフ: 定義・性質 #1

弧集合：

$A(D)$:**点集合**$V(D)$**の元の順序対からなる有限族**

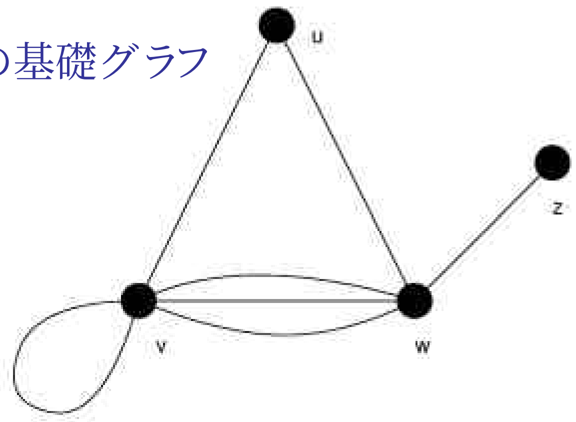
$$A(D)=\{\overline{uw},\overline{vv},\overline{vw},\overline{vw},\overline{wv},\overline{wu},\overline{zw}\}$$



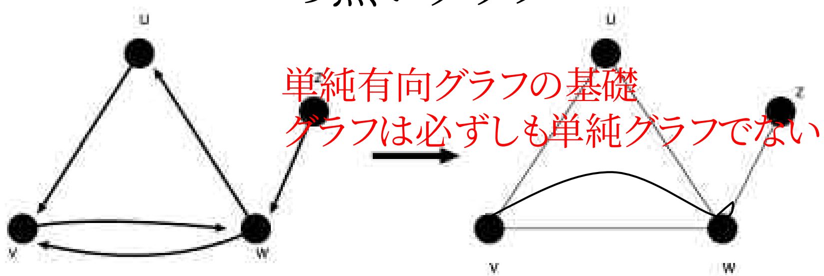
有向グラフ:　$D:V(D)$**と**$A(D)$**からなるグラフ**

Dの基礎グラフ: 有向グラフDの矢印を取り除いたグラ

Dの基礎グラフ



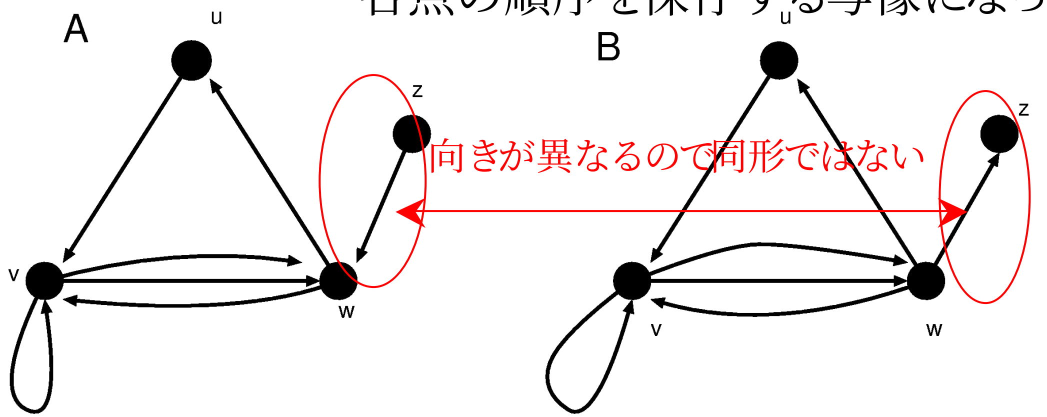
単純有向グラフ:　Dの弧が全て異なり、ループの無いグラフ



単純有向グラフの基礎グラフは必ずしも単純グラフでない

有向グラフ: 定義 •性質 #2

有向グラフの同形: 基本グラフの間に同形写像があり、
各点の順序を保存する写像になっているとき



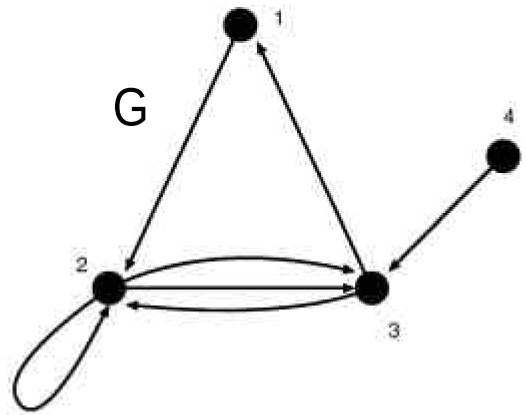
有向グラフの隣接行列:

$\mathbf{A}=(a_{ij})$:**要素**a_{ij}**が**v_i**から**v_j**への「弧」の本数を表す。**

点数n**のグラフに対して**$n\times n$**の行列**

グラフGの隣接行列
対称ではない

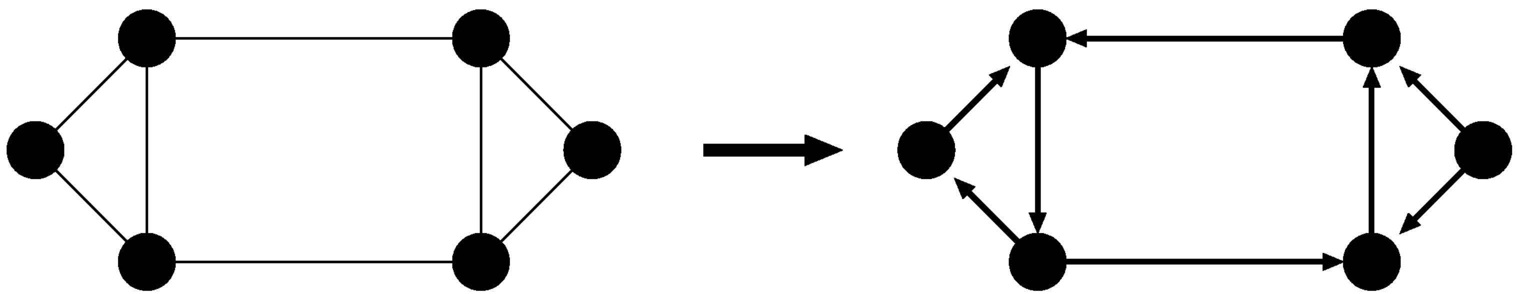
$$\mathbf{A}=\begin{pmatrix}0100\\0120\\1100\\0010\end{pmatrix}$$



強連結と向き付け可能性

強連結　：任意の2点 v,w の間に点 vから点 w への道がある

向き付け可能　：グラフGの全ての辺を方向付けて強連結有向グラフが得られるとき



向き付け可能なグラフの一例

定理22 ·1とその証明

定理22 ·1

連結グラフGが向き付け可能であるための必要十分条件は、グラフGの各辺が少なくとも一つの閉路に含まれていることである

(証明)

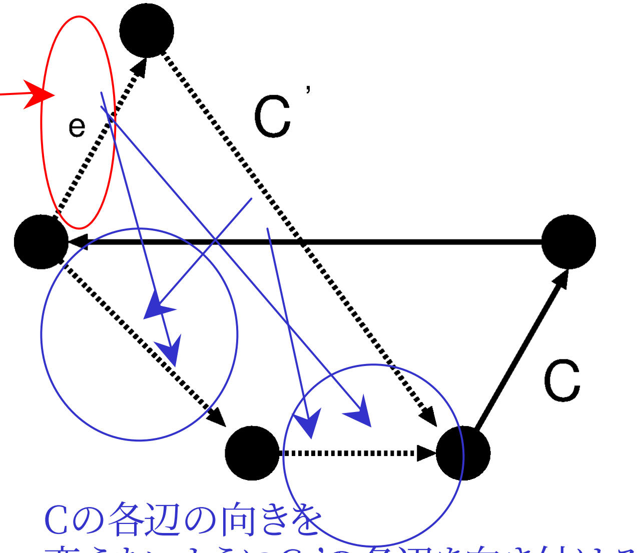
必要性はあきらかなので、十分性を示す。

閉路Cには含まれないが、Cの書く辺に隣接している辺eを選ぶ

「グラフGの各辺は少なくとも一つの閉路に含まれる」ので、辺eはC以外の閉路C'に含まれる

Cの各辺の向きを変えないように、C'の各辺を向き付ける

この操作を続けて、各ステップで少なくとも1つの辺を向き付けると、各ステップで有向グラフは強連結なので、グラフ全体を向き付けたのちにできるグラフは強連結である。

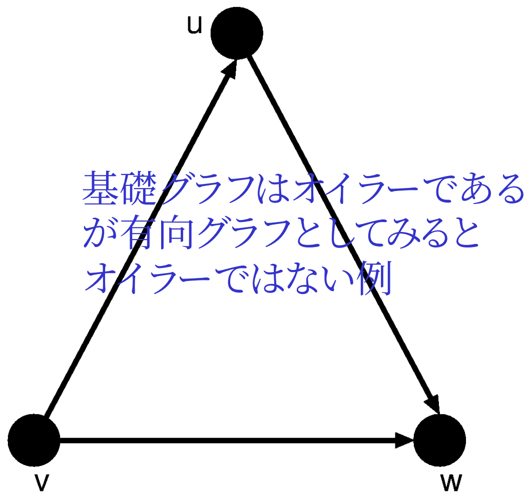


オイラー有向グラフ

オイラー有向グラフ : 全ての弧を含む閉じた小道が存在する連結有向グラフ

入次数 indeg(v):vw**の形をした有向グラフ**D**の弧数**

出次数 outdeg(v):wv**の形をした有向グラフ**D**の弧数**



握手有向補題
有向きグラフDの全点について入次数の合計と出次数の合計は等しい

定理23・1

連結有向グラフDがオイラーであるための必要十分条件は、Dの各点で outdeg(v)=indeg(v)が成立することである。

ハミルトン有向グラフ

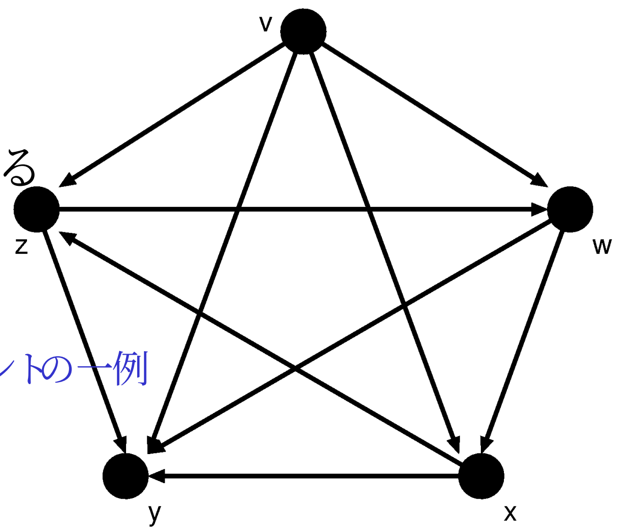
ハミルトン有向グラフ: 全ての点を含む閉路がある有向グラフ

半ハミルトン有向グラフ: 全ての点を通る道がある有向グラフ

定理23・2

Dは強連結有向グラフであり、点が n 個あるとする。各点 v に対し
$\operatorname{out deg}(v) \geq n/2$かつ$\operatorname{indeg}(v) \geq n/2$ならば$D$はハミルトン有向グラフである。

トーナメント: 任意の2点がちょうど1本の弧で結ばれている有向グラフ



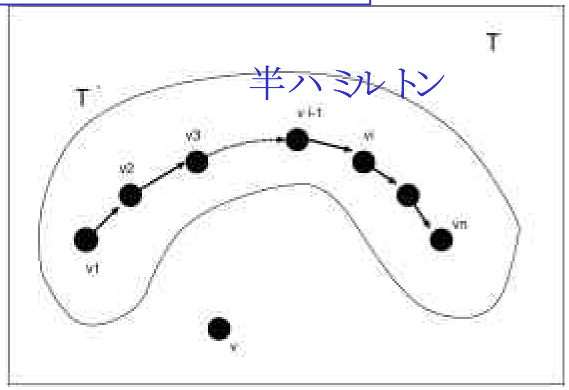
トーナメントの一例

定理23・3

定理23・3

(i) ハミルトンでないトーナメントは全て半ハミルトンである。
(ii) 強連結なトーナメントは全てハミルトンである。

((i)の証明)

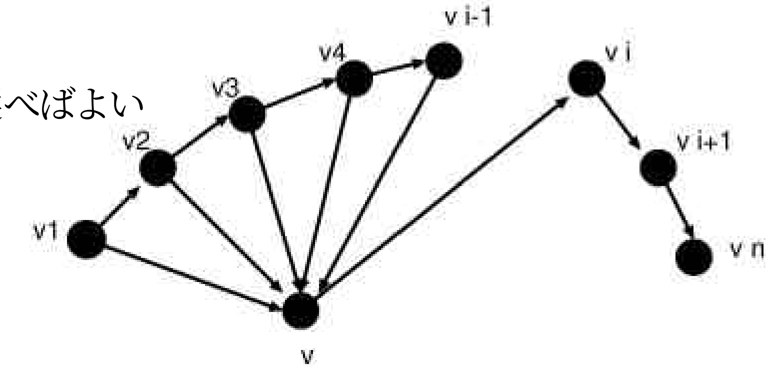


点n個のトーナメントは全て半ハミルトンであると仮定する。
図のT'にはn個の点があるので半ハミルトンである。

これに点vを加える状況（T)を考える

(1) vv1がTの弧ならば $v \to v_1 \to v_2 \to \cdots \to v_n$ が所望の道である。

(2) vv1がTの弧でなく、v1vがTの弧ならば、図のように点viを選べばよい



(3) vviの形をした弧がTに無ければ

$v_1 \to v_2 \to \cdots \to v_n \to v$ が所望の道である。