homogeneous Poisson process）と仮定しても，同様な結果を得る．すなわち，そのパラメータを $\lambda(t)$ とすれば，式(7)は，

$$F(t)=1-\exp\left[-\int_0^t \lambda(\tau)\ \overline{X}(K(\tau))\,d\tau\right] \qquad (10)$$

となる．


## 文献

(1) 堀："破壊の確率論の発展"，応用物理，**36**，2，p.147（昭42-02）．
(2) 塩見："故障物理入門"，日科技連（1970）．
(3) S.H. Crandall and W.D. Mark："Random vibration in mechanical systems"，Academic Press，p.106（1963）．
(4) R.E. Barlow and F. Proschan："Mathematical theory of reliability"，Wiley（1965）．
(5) 横堀："材料強度学"，岩波全書（1964）．
(6) S.M. Ross："Applied probability models with optimization applications"，Holden-Day，p.24（1970）．


（昭和48年11月20日受付）

UDC 513.712：62.001.4

# 出力観測可能なユニットが限定されているシステムの故障診断

田原　米起　　仙石　正和

田原米起：正員　日本電信電話公社
仙石正和：正員　北海道大学工学部電子工学科
System Diagnosis Under the Restricted Set of the Observable Units. By Yoneki TAHARA, Regular Member (N.T.T., Tokyo, 100 Japan) and Masakazu SENGOKU, Regular Member (Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo-shi, 060 Japan).
論文番号：昭 49-276［D-60］

グラフ理論を用いてシステムの故障診断を行う研究が種々進められている[(1)ほか]．故障診断のテスト方式を内部端子の出力観測とした場合にシステムを1－識別可能にする節点集合を求める方法が文献(2)によってなされた．この方法はすべての節点の出力が観測可能とした場合であり，システムによっては観測可能な節点集合が限定されている場合もある．本文は，出力観測可能な節点集合 $T$ が与えられた場合に，$T$ に対する $D$ 分割[(1)] $D_T$ を得る $T$ の部分集合を求める一方法について述べたものである．

acyclic SEC グラフ[(1)] $G=(V,E)$ において $V$ を分割し，$V=\bigcup_{i=1}^{n}V_i$，$V_i\cap V_j=\phi\ (i\neq j)$ とし，$V_i$ に属する点を一点にまとめ，$V_i$ の点から $V_j$ の点に少なくとも一つの枝があるときのみ $V_i$ を一点にまとめた点から $V_j$ を一点にまとめた点への一本の枝を付加したグラフを $G$ の $V$ の上記の分割に対する凝縮グラフという．では $V$ のいかなる分割に対する凝縮グラフが acyclic であるのであろうか．十分条件であるが次の補題が成立する．

［補題1］　acyclic SEC グラフにおいて複数個の上方有向カットセット（udc）の枝を開放除去してできるグラフの各連結成分の点集合を $V_1, V_2, \cdots, V_n$ としたとき，$V$ の分割 $V=\bigcup_{i=1}^{n}V_i$ に対する凝縮グラフは acyclic である．

（証明略）

出力観測可能な節点集合 $T$ に対する $D$ 分割を $D_T$ とする．

$D_T=\{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_p\}$，$(\alpha_k\subset V,\ \alpha_k\neq\phi,\ 1\leq k\leq p)$*

この $V$ の $D$ 分割に対する凝縮グラフを特に**Dグラフ**と呼ぶことにし，$G_{DT}=(V_{DT}, E_{DT})$ で示す．ここで節点集合 $V_{DT}$ は $V_{DT}=\{v^1, v^2, \cdots, v^p\}$ とし，$D_T$ の要素と順番に対応させるものとする．補題1を用いて次の性質を得る．

［性質1］　$G=G(V,E)$ において出力観測可能な節点集合 $T$ が与えられた場合，$T$ に対する D グラフ $G_{DT}$ は acyclic SEC グラフである．

（証明略）

次に最適内部端子集合 $T_0$ を定義する．

［定義］　$T$ の部分集合で $D_T$ を得るための最小の内部端子の集合を $T$ に関する最適内部端子集合という．

ところで，$G_{DT}$ を1－識別可能にする内部端子（節点）に対応する $D_T$ の各要素から一つずつ $T$ の節点を選んで作った $V$ の部分集合を $V'$ とすると明らかに $V'$ に対する $D$ 分割は $D_T$ と一致する．このことを利用して $T_0$ が求められる．つまり $T_0$ を求める問題は $G_{DT}$ を1－識別可能にする節点集合を求める問題に帰着する．又，性質1から $G_{DT}$ は acyclic SEC グラフであるので，すべての節点が観測可である acyclic SEC グラフを1－識別可能にする節点集合を求めるアルゴリズム[(2)]が適用できる．$T_0$ を求めるアルゴリズムを述べる前にそれに必要な性質を加えておく．$D$ 分割の性質から次の補題が成立する．

［補題2］　$D_T=\{\alpha_1, \alpha_2, \cdots, \alpha_p\}$ の各要素は $T$ の要素を高々1個しか含まない．

この補題は $D_T$ の要素には $T$ の節点が一つ含まれる場合と含まれない場合があることを示している．$G_{DT}$ から推移枝（到達可能性を保存するために必要な最小限の枝以外の枝）を除いたグラフ $G_{DT}^H$ において，$\mathrm{od}(v^k)=1$（$v^k$ の out degree が1）なる節点 $v^k$ は $G_{DT}$ を1－識別可能にするために必要な端子である．このような $v^k$ に対応する $\alpha_k$ は $T$ の要素を含んでいるのであろうか，これに関して次の定理が成立する．

［定理1］　$G_{DT}^H$ において，$\mathrm{od}(v^k)=1$ なる節点 $v^k$ に対応する $D_T$ の要素 $\alpha_k$ には必ず $T$ の要素1個を含む．

（証明）　$\alpha_k$ が $T$ の要素を含むことを示せばよい．$v^k$ から隣接している唯一の節点を $v^{k'}$ とし，対応する $D$ 分割の要素を $\alpha_{k'}$ とする．$\mathrm{od}(v^k)=1$ であるから $G$ において $\alpha_k$ の節点から $V-\alpha_k$ の節点へ向かう枝はすべて $\alpha_{k'}$ の節点に接続していなければならない．従って，u.d.c.を考えると $\alpha_k$ に属するすべての節点から到達可能な節点が $\alpha_k$ に必ずあって，それが $T$ の要素になっていなければこのような $D$ 分割（$\alpha_k$ と $\alpha_{k'}$ が分かれる分割）はできない．よって $G_{DT}^H$ の $\mathrm{od}(v^k)=$

* $D$ 分割の要素として空集合を除いたものを考える．

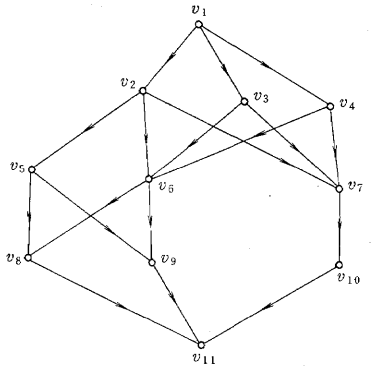

図1 グラフ$G$
Fig. 1 – Graph $G$.

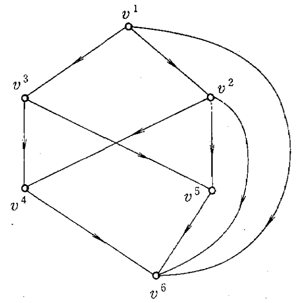

図2 グラフ$G_{DT}$
Fig. 2 – Graph $G_{DT}$.

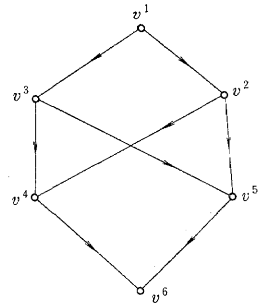

図3 グラフ$G^H_{DT}$
Fig. 3 – Graph $G^H_{DT}$.

1なる節点 $v^k$ に対応する $\alpha_k$ は必ず $T$ に属する一つの節点を含む.

以上の性質をもとに $T_0$ を求める手順を以下に示す.

［手順1］ $G$の$T$に対する$D$分割 $D_T$ を求める.

［手順2］ $D$グラフ $G_{DT}$ を作り，$G_{DT}$ から $G^H_{DT}$ を作る.

［手順3］ $G^H_{DT}$ がSPASECグラフ[2]のとき out degree 1の節点集合 $V^*_{DT}$ が $G^H_{DT}$ を1-識別可能にする節点集合であり，それに対応する $D_T$ の各要素から $T$ の要素を一つずつ選び出し $T_0$ を得て，ここで終わる. SPASEC グラフでないとき次へ.

［手順4］ すべての節点が観測可能である場合のアルゴリズムを用いて $G^H_{DT}$ を1-識別可能にする節点集合（1-ターミナルテスト）を求める.

［手順5］ $G^H_{DT}$の1-ターミナルテスト（複数個）に対して，その各要素に対応する $D_T$ の要素から$T$の節点を選び出し（$T$の節点がない場合，その1-ターミナルテストは除く）$T$の部分集合 $T_0'$ を作る. その内で要素数最小のものを $T_0$ とする.

次に例を示す. 図1のグラフ$G$において出力観測可能な節点集合を，$T=\{v_2, v_5, v_6, v_8, v_9\}$ とする. $D$分割$D_T$ は $D_T=\{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6\}$，$\alpha_1=\{v_1, v_2\}$，$\alpha_2=\{v_3, v_4, v_6\}$，$\alpha_3=\{v_5\}$，$\alpha_4=\{v_8\}$，$\alpha_5=\{v_9\}$，$\alpha_6=\{v_7, v_{10}, v_{11}\}$.

$G_{DT}$，$G^H_{DT}$ をそれぞれ図2，図3に示す. $G^H_{DT}$ の1-ターミナルテストは，$\{v^2, v^3, v^4, v^5\}$，$\{v^1, v^2, v^4, v^5\}$，$\{v^1, v^3, v^4, v^5\}$ の三つである. $T$の節点を選び出して，

$$\{v^2, v^3, v^4, v^5\} \to \{v_5, v_6, v_8, v_9\}$$
$$\{v^1, v^2, v^4, v^5\} \to \{v_2, v_6, v_8, v_9\}$$
$$\{v^1, v^3, v^4, v^5\} \to \{v_2, v_5, v_8, v_9\}$$

となり，1-ターミナルテストのうち除外されるものはない. 要素数がいずれも4であるから，

$$T_0 = \begin{cases} \{v_5, v_6, v_8, v_9\} \\ \{v_2, v_6, v_8, v_9\} \\ \{v_2, v_5, v_8, v_9\} \end{cases}$$

となる.

**謝辞** 日頃御指導頂く本学，黒部，松本㊣両教授に感謝の意を表する.

## 文献


(1) W. Mayeda: "Graph theory", John Wiley & Sons, Inc. (1972).

(2) 中野，中西："システム故障診断のための内部端子決定法"，信学論(C)，**54-C**，8，p.744（昭46-08）；"システム故障診断のための内部端子"，信学論(C)，**54-C**，11，p.1042（昭46-11）；"システム故障診断における1-識別可能のための必要十分条件"，信学論(D)，**55-D**，10，p.654（昭47-10）.

(3) 奥井："故障診断のための観測端子決定法に関する一考察"，信学会電子計算機研資，**EC72**-12（1972-06）.


（昭和49年1月10日受付）

UDC 681.3.01 : 003] : 513.836

# 学習過程のトポロジー的考察


近藤　正三　　高木　朗

近藤正三：正員　早稲田大学理工学研究所

高木　朗：准員　早稲田大学理工学部電子通信科

Topological Considerations of the Process of Learning. By Syozo KONDO, Regular Member (Science and Engineering Laboratory, Waseda University, Tokyo, 160 Japan) and Akira TAKAGI, Associate Member (School of Science and Engineering, Waseda University, Tokyo, 160 Japan).


論文番号：昭 49-277 [D-61]

パターン情報の処理において，論理的な情報処理のみにたよると処理量が膨大となり，又，処理時間も長くなるという困難がある. この困難を取り除くためには，パターンが作る集合の位相構造を情報処理に積極的に利用することが必要である. 一般に，パターン集合の位相は，そのパターン集合の部分集合の族として与えられるが，この位相は初めから与えられているものと考えるべきものではなく，観測者又は情報処理する主体がパターン集合に付与して行くものであると考えられる. もちろん，この場合においても，位相は全く恣意的に与えられるものではなく，そのような位相となる「根拠」はあくまでもパターン集合の客観的な特質にあるということはいうまでもない.

以上の立場から，パターン集合の位相は観測者の学習など