論文・資料

UDC 681.325.6-192：007.52].001.42

不完全記述順序機械の故障検査

正　員　藤原　秀雄†　　　正　員　長尾　陽一†

正　員　樹下　行三†

Checking Experiments for Incompletely Specified Sequential Machines

Hideo FUJIWARA†, Yoichi NAGAO† *and*
Kozo KINOSHITA†, *Regular Members*

あらまし　順序機械の故障検査に関する研究は，すべて完全記述順序機械を対象として行われている．設計の対象となる順序機械は不完全記述形で書かれる場合が多く，具体的に回路設計の段階において，不完全記述の部分を適当に記述することにより，完全記述順序機械にしている．従って，故障検査においては必ずしも任意に記述された状態まで検査する必要はなく，最初に記述された状態遷移だけが正しく動作するかどうか検査すれば十分であると考えられる．本論文では，この立場で不完全記述順序機械の故障検査を定義し，その故障検査の方法について考察する．不完全記述順序機械ではすべての状態遷移を検査する必要がなく，完全記述順序機械の場合より短い検査系列を構成できる可能性がある．完全記述順序機械の場合より短い検査系列を比較的容易に作成することができる順序機械として，単純不完全記述順序機械を導入する．一般に不完全記述順序機械が与えられたとき，その記述されていない所の一部を任意に記述することにより常に単純不完全記述順序機械に変更することができる．

1．まえがき

従来の順序機械の故障検査に関する研究は，完全記述順序機械を対象としている(1)〜(8)．実際に設計の対象となる順序機械は不完全記述形で書かれる場合が多いが，具体的に回路設計の段階になると，不完全記述の部分を適当に記述することにより完全記述順序機械にしている．従って，故障検査は完全記述順序機械において意味があり，不完全記述順序機械についての故障検査を考える必要はないようにも思えるが，必ずしも任意に記述された状態遷移まで検査する必要はなく，最初に記述された状態遷移だけが正しく動作すればその順序機械は正常と考えることができるので，検査系列を短縮する意味から不完全記述順序機械の故障検査を考えることができる．

本論文では，この立場で不完全記述順序機械の故障検査を定義しその故障検査の方法について考察する．不完全記述順序機械に対しては，記述された部分だけを検査すればよいので検査系列を短縮できる可能性があるが，記述されていない所の起こり方によっては，検査系列の求め方が複雑になる場合がある．そこで，完全記述順序機械の場合より短い検査系列を比較的容易に作成することができる順序機械として，単純不完全記述順序機械を導入する．一般に不完全記述順序機械が与えられたとき，その記述されていない所の一部を記述して常に単純不完全記述順序機械に変更することができる．

故障検査方法は，従来の完全記述順序機械に対して行われていた transition checking approach(3)〜(8) の方法を用いる．一般に，検査系列は完全に preset (非逐次的)な入力系列で構成することは可能であるが，検査系列が非常に長くなるので，ここでは，故障検査系列を特定の初期状態に設定する adaptive (逐次的)な入力系列と，その初期状態から始まり順序機械の各状態遷移を検査する preset な入力系列とから構成する立場をとる．

† 大阪大学工学部電子工学科，吹田市
Faculty of Engineering, Osaka University, Suita-shi, 565 Japan

論文番号：昭 49-397[D-83]

2. 諸定義

本論文で対象とする順序機械は，既約で強連結な決定性同期形順序機械とする．順序機械はMealy形で，$M=(S,I,O,\delta,\lambda)$ で表わす．ここで，Sは状態集合，Iは入力集合，Oは出力集合，$\delta: S\times I\rightarrow S$は状態遷移関数，$\lambda: S\times I\rightarrow O$は出力関数である．$\delta$, λが共に全域関数ならば，Mを完全記述順序機械と呼び，δ又はλが部分関数のとき，Mを不完全記述順序機械と呼ぶ．$\delta(s,x)$, $\lambda(s,x)$ の未定義の部分をdon't careという．

ここで考える故障は定常的で内部状態の数を増さないものと仮定する．又，被検査機械は完全記述順序機械であるとする．

［定義1］ 既約で強連結な順序機械Mに対して，Mのdon't careの部分を記述してできる完全記述順序機械をすべて列挙し，それを$N_1, N_2, \cdots, N_t$とする時，集合$\mathscr{S}(M)$を$\mathscr{S}(M)=\{N_1, N_2, \cdots, N_t\}$で定義する．

Mが完全記述順序機械の場合は，$\mathscr{S}(M)=\{M\}$ である．

［定義2］ 順序機械Mの故障検査とは，被検査機械が$\mathscr{S}(M)$の要素と等価であるか否かを決定することである．故障検査を行うために被検査機械に加える入力系列を故障検査系列という．

この故障検査系列の定義は，完全記述順序機械に対しては従来の定義と一致する．完全記述順序機械の場合，上の仮定のもとで故障検査系列は常に存在することは既知の事実である．不完全記述順序機械の場合についても，故障検査系列が常に存在することが容易に証明される[10]．

［定義3］[2] 出力系列より初期状態を一意的に識別できる入力系列をDistinguishing Sequence (DS)，最終状態を一意的に識別できる入力系列をHoming Sequence (HS)という．

3. 単純不完全記述順序機械

不完全記述順序機械の各状態遷移を次の四つの形に分類する．

［1形］ $\delta(s,x)$と$\lambda(s,x)$が共に定義されている．

［2形］ $\delta(s,x)$が定義され，$\lambda(s,x)$が定義されていない．

［3形］ $\delta(s,x)$が定義されず，$\lambda(s,x)$ が定義されている．

［4形］ $\delta(s,x)$と$\lambda(s,x)$が共に定義されていない．

2形，3形の状態遷移を含まない不完全記述順序機械を“単純である”という．

［定義4］ 状態s_iにある順序機械に入力系列Xを加えたとき，この入力系列の各入力による状態遷移が1形または2形であるならば，この入力系列Xは状態s_iに許容されるという．

状態s_iにある順序機械にその状態に許容される入力系列を加えたとき，最終状態は定義される．

一般に，不完全記述順序機械が与えられたとき，2形と3形の状態遷移の未定義の部分を適当に定義することにより，単純不完全記述順序機械に変更することが可能である．単純な順序機械に変更することにより生ずる利点を列挙すれば，次のようになる．

(1) 故障検査において，1形，2形，3形の状態遷移は必ず検査しなければならない．従って，2形と3形の状態遷移を1形の状態遷移に変更しても故障検査系列は長くはならない．

(2) 変更する際に，故障検査容易な順序機械に変更できる可能性がある．

(3) 3形の状態遷移を1形の状態遷移に変更すると，後の章でわかるように故障検査系列を短くすることができる．

以下，この章ではDSを持つ単純不完全記述順序機械を対象とし，その故障検査系列の構成法を述べる．DSを持たない単純不完全記述順序機械に関しては，従来のLocating Sequence[3]を拡張した系列を用いることにより故障検査系列を構成することができるが，ここでは述べない．

既約で強連結な単純不完全記述順序機械Mを考え，X_dをそのDSとする．初期状態s_iを識別するのに必要なX_dのprefixの中で最短長の系列をX_{d_i}とする．状態s_iにある順序機械MにX_{d_i}を加えたときの出力応答をZ_{d_i}とする．Mは単純であるからX_{d_i}はs_iに許容される．従って，X_{d_i}/Z_{d_i}より，その最終状態を識別することができて，X_dのprefixがadaptiveなHSになっている．

［例1］ 表1の順序機械は，既約で，強連結で，単純である．DSとして010を持ち，X_{d_i}/Z_{d_i}は表2に示す．

単純不完全記述順序機械Mの故障検査系列となる入力系列$\eta_M\omega_M$を次のように定義する．η_MのprefixはHSでありその出力応答から最終状態を決定し，η_Mの

表 1　単純不完全記述順序機械M_1

	0		1	
A	B	0	—	
B	C	1	D	1
C	A	2	—	
D	E	3	A	2
E	D	3	B	2

表 2　$X_d=010$の出力応答

初期状態	X_{di}/Z_{di}	最終状態
A	0／0	B
B	0／1	C
C	0／2	A
D	010／321	C
E	010／320	B

その後の系列はある特定の状態に遷移させるadaptiveな入力系列である．ω_Mは次の各系列を部分系列として含む入力系列である．

入力系列	$X_{d_{ji}}$	$T(q_{ji},s_i)$	X_{d_i}		$(i=1,2,\cdots,h)$
状　態	s_{ji}	q_{ji}	s_i		(1)
入力系列	$X_{d_{ji}}$	$T(q_{ji},s_i)$	x_{ik}	X_{d_k}	
状　態	s_{ji}	q_{ji}	s_i	s_k	(2)

($i=1,2,\cdots,n$．x_{ik}はs_iに許容されるすべての入力をとる)

$\eta_M\omega_M$が単純不完全記述順序機械の故障検査系列であることを次に示そう．入力系列ω_Mに対するMと被検査機械Nの出力応答をμ_M，μ_Nとする．μ_Mとμ_Nが異なるとき，Nは$\mathcal{S}(M)$のどの要素とも等価ではない．μ_Mとμ_Nが同じ出力系列であるとする．ω_M/μ_Mは$X_{d_i}/Z_{d_i}(i=1,2,\cdots,n)$を部分系列として含むから，$N$の入出力応答$\omega_M/\mu_N$より少なくとも$n$個の異なる状態$t_1$，$t_2$，…，$t_n$が被検査機械$N$に存在する．但し，$t_i$は$X_{d_i}/Z_{d_i}$の初期状態とする．被検査機械$N$は故障の仮定より高々$n$状態であるから，丁度$n$個の状態を持つことになる．従って，入出力応答で現われるX_{d_i}/Z_{d_i}の初期状態はすべて同じt_iという状態であることがわかる．

ω_Mは部分系列として式(1)，(2)の系列を含むから，次のようになっている．各状態t_{ji}，t_i，t_kは，$X_{d_{ji}}/Z_{d_{ji}}$，X_{d_i}/Z_{d_i}，X_{d_k}/Z_{d_k}によりそれぞれ識別される．

$$\omega_M=\cdots \underset{t_{ji}}{X_{d_{ji}}}T(q_{ji},s_i)\ \underset{t_i}{X_{d_i}}\cdots$$

$$\cdots \underset{t_{ji}}{X_{d_{ji}}}T(q_{ji},s_i)\ \underset{t_i}{x_{ik}}\ \underset{t_k}{X_{d_k}}\cdots$$

従って，被検査機械Nの状態t_{ji}に入力系列$X_{d_{ji}}T(q_{ji},s_i)$を加えると状態t_iに遷移することが識別され，更に状態t_iに入力x_{ik}を加えると出力z_{ik}を出して状態t_kに遷移することも識別される．すなわち，順序機械Mの入出力応答ω_M/μ_Mに現われるすべての遷移$s_i\xrightarrow[z_{ik}]{x_{ik}}s_k$に対して，被検査機械$N$は，$t_i\xrightarrow[z_{ik}]{x_{ik}}t_k$なる遷移をする．しかも，各$s_i$に対して，$s_i$に許容される入力による遷移はすべて$\omega_M/\mu_M$に現われるから，$s_i$と$t_i$は等価である．従って，この単純不完全記述順序機械$M$に対して，被検査機械$N$は$\mathcal{S}(M)$の要素と等価である．故に，$\eta_M\omega_M$は$M$の故障検査系列である．

［例 2］　表 1 の順序機械に対して，故障検査系列を構成してみよう．

［1］　HSとして，$X_d=010$のprefix 0と010を用いる．

［2］　各状態に対して，式(1)の系列を作ると次のようになる．

入力系列	0 0	0 0	0 0
状　態	C A ;	A B ;	B C ;
出力系列	2 0	0 1	1 2

0 1 010	0 10 010
A B D ;	A B E
0 1 321	0 13 320

式(2)の各系列は次のようになる．

入力系列	0 0 0	0 0 0	0 1 010
状　態	C A B ;	A B C ;	A B D
出力系列	2 0 1	0 1 2	0 1 321

0 0 0	0 1 0 010	0 1 1 0
; B C A ;	A B C E ;	A B D A
1 2 0	0 1 3 320	0 1 2 0

0 10 0 010	0 10 1 0
; A B E D ;	A B E B
0 13 3 321	0 13 2 1

以上の各系列を部分系列として含む系列を構成すると次のようになる．

入力系列	0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 1
状　態	$ABDEDABDEBCABCABDAB$
出力系列	1 1 3 3 2 0 1 3 2 1 2 0 1 2 0 1 2 0 1

0 0 0 1 0
$DEDEBC$
3 3 3 2 1

表3　完全記述順序機械 M_2

	0		1	
A	B	0	A	0
B	C	1	D	1
C	A	2	A	0
D	E	3	A	2
E	D	3	B	2

ここで，本論文で提案している不完全記述順序機械の故障検査方法と従来の完全記述順序機械に対する故障検査の方法を例を用いて比較してみよう．従来の方法では完全記述順序機械を対象にしているので，例えば表1の不完全記述順序機械 M_1 の don't care の部分を記述してできる表3の完全記述順序機械 M_2 に対する故障検査系列を構成することになる．

M_2 の故障検査系列を作成すると，M_1 では don't care であった部分まで検査する必要が起こり，例2で求めた検査系列の他に次の二つの部分系列を含んだ系列が M_2 の検査系列である．

入力系列	0 1 0	0 1 0
状　態	$C\ A\ A$ ；	$B\ C\ A$
出力系列	2 0 0	1 0 0

従って M_1 の検査系列より6だけ長い検査系列になる．

$$\begin{array}{ll} & \overbrace{\hphantom{0100101010000001101}}^{M_1\text{の検査系列}} \\ \text{入力系列} & 0\,1\,0\,0\,1\,0\,1\,0\,1\,0\,0\,0\,0\,0\,0\,1\,1\,0\,1 \\ \text{状　態} & A\,B\,D\,E\,D\,A\,B\,D\,E\,B\,C\,A\,B\,C\,A\,B\,D\,A\,B \\ \text{出力系列} & 1\,1\,3\,3\,2\,0\,1\,3\,2\,1\,2\,0\,1\,2\,0\,1\,2\,0\,1 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \overbrace{0\,0\,0\,1\,0}\,1\,0\,0\,0\,1\,0 \\ D\,E\,D\,E\,B\,C\,A\,B\,C\,A\,A \\ 3\,3\,3\,2\,1\,0\,0\,1\,2\,0\,0 \end{array}$$

以上の事からわかるように，不完全記述順序機械に対する故障検査の立場をとると，don't care の部分の検査の分だけ検査系列が短くなり，一般に don't care が非常に多い場合には，不完全記述順序機械の故障検査方式が重要になると思われる．

4．不完全記述順序機械の故障検査

前章において，2形と3形の状態遷移を含まない単純な順序機械に関しては，許容される入力系列だけを用いて，従来の方法[(3)〜(8)]とほぼ同様に故障検査系列を容易に構成できることを示した．単純な順序機械に2形の遷移が含まれることを許しても，その故障検査系列の構成法は，前章で述べた方法をそのまま適用することができることは，構成法から明らかである．しかし，3形の遷移が含まれる場合は，許容される入力系列だけでは故障検査系列を構成することはできない．すなわち，入力系列を加えた後の最終状態が don't care になる場合が起こり，それ以後の故障検査系列の構成は，前章のままの方法では，求めることができなくなる．最終状態が don't care になる場合は，改めてHSを加え最終状態を知った後，故障検査系列の構成を続行しなければならない．

［定理1］　X_d をDSとして持つ n 状態不完全記述順序機械においては，X_d^{n+1} は preset なHSになる．

（証明）

$$\text{入力系列}\quad \overbrace{X_d\quad X_d\cdots X_d\cdots X_d\cdots X_d\quad X_d}^{n+1}$$
$$\quad s_1\quad s_2\quad s_i\quad s_j\quad s_n\quad s_{n+1}\quad s_{n+2}$$

n 状態順序機械であるから，$s_1, s_2, \cdots, s_{n+1}$ の中に少なくとも同じ状態 s_i と s_j が存在する．ここで $i<j$ とする．

$$\delta(s_j, X_d^{n+1-j})=s_{n+1},\ \delta(s_i, X_d^{n+1-j})=s_{n+1-j+i}$$

$s_i=s_j$ であるから

$$s_{n+1}=s_{n+1-j+i}\qquad 1\leqq n+1-j+i\leqq n$$

従って，s_{n+1} と同じ状態が $s_1, s_2, \cdots, s_n$ の中に少なくとも一つ存在する．どれであるかは X_d の出力応答を見て s_{n+1} と同じものを探せばよい．それを s_k とする．s_{k+1} と s_{n+2} が同じ状態であるので，s_{n+2} の状態識別は s_{K+1} の状態を識別することにより可能である．s_{k+1} は X_d がDSであるので識別可能である．従って，X_d^{n+1} は preset なHSである．　（証明終）

実際には，必ずしも X_d を $n+1$ 回も繰り返す必要はなく，X_d を加えるたびにその出力を観察することにより，もっと早く最終状態を識別することができる．従って，一般に X_d^l（$l\leqq n+1$）が adaptive なHSになる．

［例3］　表4の順序機械 M_3 において，0はDSである．$\mathcal{S}(M_3)$ に属する順序機械に入力系列 000 を加えたときの出力応答として次の四つの場合が考えられる．

入力系列	0 0 0	0 0 0
状　態	$A\ B\ A\ B$ ；	$A\ B\ B\ B$ ；
出力系列	0 1 0	0 1 1
	0 0 0	0 0 0
	$B\ A\ B\ A$ ；	$B\ B\ B\ B$
	1 0 1	1 1 1

例えば 000／010 の応答を考えると，0はDSであ

表4　不完全記述順序機械 M_3

	0	1
A	B　0	—
B	—　1	A　0

るから，各時刻の初期状態を知ることができて，

$A\,{}^{0}_{0}\,B\,{}^{0}_{1}\,A\,{}^{0}_{0}\,S_4$ となる．これより，最終状態 s_4 は B であることがわかり，000はpresetなＨＳになっている．

一方，もし被検査機械が０／０の応答をするなら，初期状態は A である．従って最終状態は B であることがわかるから，このとき０はadaptiveなＨＳである．０／１の応答が得られた場合，初期状態は B である．従って，最終状態はdon't careでわからない． 更に，ＤＳ０を加えると，その出力に応じて，次の二つの場合が考えられる．

$$B\,{}^{0}_{1}\,A\,{}^{0}_{0}\,S_3\quad ,\quad B\,{}^{0}_{1}\,B\,{}^{0}_{1}\,S_3'$$

いずれの場合にも，最終状態は B であることが入出力応答よりわかるから，００がこのときのadaptiveなＨＳになっている．

4.1　ＤＳが３形の遷移を含まない場合の検査系列

ＤＳを X_d とする。各状態 s_i に対して，初期状態 s_i を識別するのに必要な X_d のprefixの中で最短長の系列を X_{d_i} とする． s_i に X_{d_i} を加えたときの出力応答を Z_{d_i} とする．ここでは各 i に対して s_i に X_{d_i} を加えたとき，３形の遷移をしないようなＤＳを持つ順序機械を対象とし，その故障検査系列の構成法を述べる。

このような X_d においては，明らかに X_{d_i} は s_i に許容される．従って， X_{d_i}/Z_{d_i} より最終状態を識別することができて， X_d のprefixがadaptiveなＨＳになっている．よって，ここで対象とする順序機械のＨＳとしては， X_d のprefixを用いる．

次の各系列を部分系列として含む系列は，順序機械 M の故障検査系列である． n は状態数である．

$$\begin{array}{llllll} \text{入力系列} & X_{d_{ji}} & T(q_{ji},s_i) & X_{d_i} & & \\ \text{状　態} & s_{ji} & q_{ji} & s_i & (i=1,2,\cdots,n) & \end{array} \qquad (3)$$

$$\begin{array}{lllll} \text{入力系列} & X_{d_{ji}} & T(q_{ji},s_i) & x_{ik} & X_{d_k} \\ \text{状　態} & s_{ji} & q_{ji} & s_i & s_k \end{array} \qquad (4)$$

$$\left(\begin{array}{l} x_{ik}\text{は}\,s_i\,\text{に許容される入力} \\ i=1,2,\cdots,n \end{array}\right)$$

$$\begin{array}{llll} \text{入力系列} & X_{d_{ji}} & T(q_{ji},s_i) & x_{ik} \\ \text{状　態} & s_{ji} & q_{ji} & s_i \quad - \end{array} \qquad (5)$$

$$\left(\begin{array}{l} x_{ik}\text{は３形の遷移をする入力} \\ i=1,2,\cdots,n \end{array}\right)$$

被検査機械 N にこれらの系列(3)，(4)，(5)を加えるには，まず N にＨＳを加え最終状態を決定する必要がある．しかも，(5)の系列を加えるごとに，最終状態がdon't careになるので，その系列の後には常にＨＳを加えて最終状態を決定することが必要である．従って M が３形の遷移を p 個含む場合，一般に故障検査系列は $\eta_1\ \omega_1\ \xi_1\ \eta_2\ \omega_2\ \xi_2\cdots\eta_p\ \omega_p\ \xi_p$ の形になる．ここで， η_i はＨＳをprefixとして含む入力系列， $\omega_1,\omega_2,\cdots,\omega_p$ は式(3)と(4)の系列を部分系列として含む系列， $\xi_1,\xi_2,\cdots,\xi_p$ は式(5)の系列を部分系列として含む系列である．

表5　不完全記述順序機械 M_4

	0	1
A	B　0	—　1
B	C　1	D　1
C	A　2	—
D	E　3	A　2
E	D　3	B　—

表6　X_d＝010の出力応答

初期状態	X_{di}/Z_{di}	最終状態
A	0／0	B
B	0／1	C
C	0／2	A
D	010／3－1	C
E	010／320	B

［例４］ 表５の順序機械 M_4 はＤＳとして 010を持つ． X_{d_i}/Z_{d_i} を求めると表６のようになる． s_i に X_{d_i} を加えたとき３形の遷移をしないので各 X_{d_i} は状態 s_i に許容される．従って，ＨＳとして010のprefixを用いる。

M_4 の故障検査系列は $\eta_1\ \omega_1\ \xi_1$ の形となる．ここで η_1 はＨＳをprefixとして含み，状態 A に遷移させる入力系列である。 M_4 は $\delta(A,1)$ と $\delta(E,1)$ の遷移を除けば，表１の M_1 と同じである．従って，例２の結果を用いることができて，

$$\omega_1 = {}_{A}\,0100101010000000110100010\,{}_{C}$$

となる． ξ_1 は，式(5)の系列 ${}_{C}\,{}^{0}\,{}_{A}\,{}^{1}\,{}_{-}$ を部分系列として含めばよいので，

$$\xi_1 = {}_{C}\,{}^{0\ 1}$$

となる．

4.2 DSが3形の遷移を含む場合の検査系列

ここでは，状態 s_i に X_{d_i} を加えたとき，X_{d_i} の最後の入力で3形の遷移をする状態 s_i が存在する場合を考え，そのようなDSを持つ順序機械の故障検査系列の構成法について考察する．

HSとしては定理1をもとに X_d の繰り返しを用いる．

4.1 と同様，式(3)，(4)，(5)の各系列の部分系列として含む入力系列は，順序機械 M の故障検査系列である．但し，式(3)，(4)，(5)の各系列の prefix $X_{d_{ji}}$ は3形の遷移をしない入力系列とする．もしすべての $ji\,(ji=1,2,\cdots,n)$ について，$X_{d_{ji}}$ が3形の遷移をする場合は，ある $X_{d_{ji}}$ を s_i に加えたときの最終状態を識別する必要がある．この最終状態はHSの応答より知ることができる．つまり，式(3)，(4)，(5)の各系列の prefix $X_{d_{ji}}$ としては，最初に加えるHSの prefix X_{d_i} を用いる．従って，この場合の検査系列は全体的に adaptive になっている．

被検査機械 N に式(3)，(4)，(5)の各系列を加えるには，まず N にHSを加えて最終状態を決定する必要がある．しかも，式(3)，(4)，(5)の系列を加えた後，最終状態が don't care のときは，HSを加えて最終状態を決定する必要がある．従って，一般に故障検査系列は $\eta_1\omega_1\eta_2\,\omega_2\cdots\eta_p\,\omega_p$ の形になる．各 η_i はHSをその prefix として持つ入力系列で，$\omega_1\,\omega_2,\cdots,\omega_p$ は式(3)，(4)，(5)の各系列を部分系列として含む入力系列の組である．

［例5］ 表4の順序機械 M_3 の故障検査系列を構成してみよう．

［1］ 0はDSであるから，HSとしては0を繰り返す．

［2］ 各状態に対して，式(3)の系列を作ると次のようになる．

入力系列		0	1	0		0	0
状　態	A	B	A	B；	A	B	−
出力系列		0	0	0		0	1

式(4)の各系列は次のようになる．

入力系列		0	1	0	0	0	1	0
状　態	A	B	A	B	；A	B	A	B
出力系列		0	0	0	1	0	0	0

式(5)の系列は次のようになる．

入力系列		0	0
状　態	A	B	−
出力系列		0	1

以上の各系列を部分系列として含む系列 ω_1 を求めると，次のようになる．

入力系列		0	1	0	0
状　態	A	B	A	B	−
出力系列		0	0	0	1

η_1 は，HSを prefix とし，状態Aに遷移させる入力系列とする．従って，M_3 の故障検査系列は，$\eta_1\ \omega_1$ となる．

5. むすび

本論文では，不完全記述順序機械の故障検査について考察した．DSを持つ単純不完全記述順序機械の場合は，許容される入力系列だけを用いることにより，従来の方法とほぼ同様に故障検査系列を構成できることを示した．DSを持たない場合については考察しなかったが，単純な順序機械の場合，許容される入力系列だけを用いて，従来の Locating Sequence を拡張した系列を定義し，ほぼ同様の方法で故障検査系列を構成することができる．

単純でない不完全記述順序機械に関しては，許容される入力系列だけでは故障検査系列を構成することはできず，最終状態が don't care になる場合が生じるが これらに関しては，新たにHSを加えることにより，故障検査系列を構成することができる．ここでは，DSを持つ順序機械についてだけ考察したが，DSを持たないが，従来の Locating Sequence を拡張した系列を持つ順序機械に関しては，従来の方法とほぼ同様に故障検査系列を構成することができる．しかし，一般にDSを持たない順序機械の場合，故障検査系列が非常に長くなるのは避けられない．

謝辞 末筆ながら，日頃御指導頂く本学の尾崎弘教授ならびに尾崎研究室の諸氏に深く感謝する．

文　献

(1) E.F.Moore:"Gedanken-experiments on seqential machines", in Automata Studies, Princeton University Press, Princeton (1956).
(2) A.Gill:"Introduction to the theory of finitestate machines", McGraw-Hill (1962).
(3) F.C.Hennie:"Fault detecting experiments for sequential circuits", Proc.5th Ann. Sympo. Switching Theory and Logical Design, Princeton, N.J. (Nov. 1964).
(4) C.R.Kime:"An organization for checking experiments on sequential circuits", IEEE Trans., **EC**-15, (Feb. 1966).

(5) I.Kohavi and Z.Kohavi: "Variable-length distinguishing sequnces and their application to the design of fault-detection experiments", IEEE Trans., C-17 (Aug. 1968).

(6) G.Gonenc: "A method for the design of fault detection experiments", IEEE Trans., C-19 (June.1970).

(7) E.P.Hsieh: "Checking experiments for sequential machines", IEEE Trans., C-20 (Oct. 1971).

(8) D.E.Farmer: "Algorithms for designing fault-detection experiments for sequential machines", IEEE Trans., C-22 (Feb. 1973).

(9) J.Hartmanis and R.E.Stearns: "Algebraic structure theory of sequential machines", Prentice-Hall (1966).

(10) 藤原，長尾，樹下："不完全記述順序機械の故障検査", 信学会電子計算機研資, EC-73-12(1973-06).

（昭和48年7月31日受付）