

まつ おか たけし た ひら かず お
松 岡 猛 * 田 村 一 雄 **
おお や まさ お
大 矢 正 男 ***

キーワード：GO-FLOW, 確率論的, 安全評価, 信頼性解析, システム解析

Vol. 37 No. 5 (1998)

問題となり、つぎに動作開始後時間終過とともに故障により動作が停止してしまうことを問題にするものである。

システムの状態としては、Off-On-Off と推移する事象を取り扱う必要がある。この推移は GO 手法においては直接的には取扱いが不可能である。定期点検、保守を考慮に入れたシステムのアンアベイラビリティを求めることも同様の理由から GO 手法ではできない。また、時間経過に伴う系の故障確率の推移を求めることも、同様の解析手続きを多数回繰り返す必要がある、手間がかかる。

そこで、GO 手法を基本として、その特長を生かしたまま GO 手法における限界を克服するため GO-FLOW 手法を開発した⁹⁾。本手法はチャートによるシステムの表現方法、信号の流れを追うという解析方法において GO 手法と類似しているが、信号の意味、タイム・ポイントの取り方、定義されているオペレータの機能は GO 手法とは本質的には異なる手法である。

本手法は大規模、複雑な動作モードをもつ系への適用が可能となり進んだ安全性解析手法であり、特に配管系のような流れを扱う体系の解析に適していること、および信号の意味が流れそのものをモデル化したイメージをもっていることから「GO-FLOW 手法」と呼ぶこととした。

2.2 信号の意味

GO-FLOW 手法における信号は、配管内の流れ、電流、情報、指令、時間経過量などを意味しており、GO 手法における状態の変化 (On-to-Off 信号あるいは Off-to-On 信号) とは異なる。信号が物理的な流れを表している場合は、“信号の存在”とは“物理的な流れの存在”を意味することになるが、GO-FLOW 手法においては“物理的な流れの存在”をつぎのように拡張して考える。

つまり、“ある場所における流体の流れの存在”とは、下流の配管の流路抵抗が 0 になった場合にその場所において流体が流れることを意味すると考える。同様に、“電流の存在”は現に電流が流れている場合だけでなく、下流の電気抵抗が 0 になった時に電流が流れることも意味する。つまり、“信号の存在”とは、GO-FLOW 手法においては実際に流体なり、電流が流れていることだけではなく、流れる可能性をもっていることを意味している。

例えば、直列につながった配管の途中で 1 か所の弁が閉じていると、流路全域にわたり流体は流れないが、GO-FLOW 手法においては閉じられた弁の上流側においては“信号は存在する (弁を開けば流体は流れる能力をもっている)”と考え、下流側においては“信号は存在しない (さらに下流にある弁を開いても

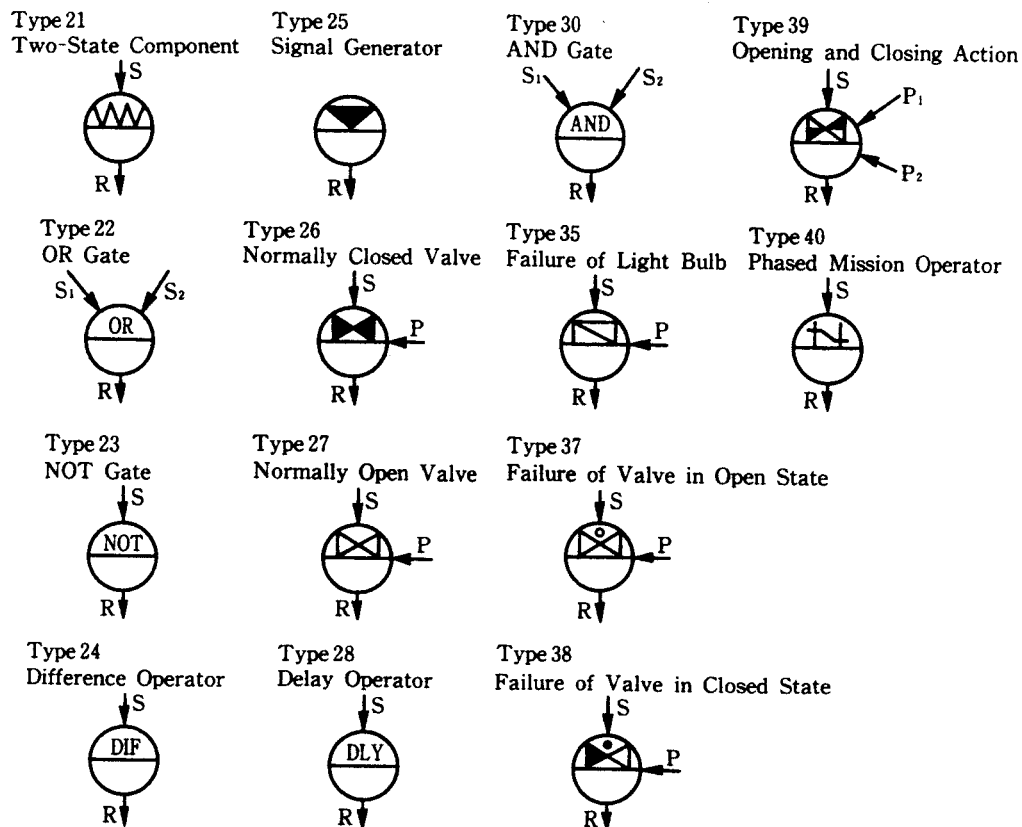


図1 GO-FLOW 手法における標準オペレータ

流体は流れない”と考える。

2.3 タイム・ポイント

系の動作の進行に対応して、離散的な時刻を示すタイム・ポイントが定義される。タイム・ポイントは実際の時刻を表しているわけではなく、前後関係が実際の時間経過と同一となっていればよい。ただし、ある操作（例えば、弁開操作）をする直前と直後のシステムの状態を評価する目的で、同一の実時間に対して二つのタイム・ポイントを割り当てる場合もある。

タイム・ポイントは1から始まる整数値で番号づけられている。通常、タイム・ポイント1は系の動作の開始に先立つ時刻を表す。タイム・ポイントの総数は、解析対象の動作モードを表すために必要な時間の区切りの数によって定まり、解析者が指定する。

2.4 オペレータ機能の概略

図1に標準オペレータを、表1にそれらのオペレータの機能定義を示す。

オペレータは基本的には、主入力信号S、副入力信

号P、および出力信号Rの三種類の入出力信号をもっている。信号発生器を表すオペレータ（タイプ25）は出力信号のみ、ORゲート（タイプ22）、ANDゲート（タイプ30）等の論理ゲートは主入力信号と出力信号のみをもっているように、必ずしもすべてのオペレータが三種類の入出力信号をもっているわけではない。

オペレータの機能は、つぎの三つの基本原則により支配されている。

- (1) タイム・ポイント t における主入力信号 $S(t)$ は、出力信号 $R(t)$ のみに影響する。
- (2) タイム・ポイント t 以前に入力したすべての副入力信号 $P(t')$ ($t' \leq t$)は、出力信号 $R(t)$ に影響を及ぼす。
- (3) タイム・ポイント t 以降に入力される副入力信号 $P(t'')$ ($t'' > t$)は、出力信号 $R(t)$ にはなんらの影響も及ぼさない。

ここで、表1中で使用している記号の意味は、以下

表1 GO-FLOW オペレータの機能定義

オペレータの種類	主入力信号線強度	副入力信号線強度	出力信号線強度
21	$S(t)$	—	$R(t) = S(t) \cdot P_o$
22	$S_1(t), S_2(t), \dots, S_n(t)$	—	少なくとも一つの入力信号線が存在する確率 (OR ゲート)
23	$S(t)$	—	$R(t) = 1.0 - S(t)$ (NOT ゲート)
25	—	—	信号の存在確率、時間経過量。
26	$S(t)$	$P(t)$	$R(t) = S(t) \cdot Q(t), O(t) = P_o$ $O(t) = O(t') + [1.0 - O(t')] \cdot P(t) \cdot P_o$
27	$S(t)$	$P(t)$	$R(t) = S(t) \cdot Q(t), O(t) = 1.0 - P_o$ $O(t) = O(t') \cdot [1.0 - P(t) \cdot P_o]$
28	$S(t)$	—	$R(t) = S(t - k), (t - k > 0); R(t) = S(t), (t - k < 0)$
30	$S_1(t), S_2(t), \dots, S_n(t)$	—	すべての入力信号線が存在する確率 (AND ゲート)
35	$S_1(t), S_2(t), \dots, S_n(t)$	$P_1(t_1), \dots, P_1(t_n)$ $P_2(t_1), \dots, P_2(t_n)$	$R(t) = S(t) \exp\{-\lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n P_i(t_k) \min[1.0, S(t_k)/S(t)]\}$
37	$S(t)$	$P_1(t_1), \dots, P_1(t_n)$ $P_2(t_1), \dots, P_2(t_n)$	$R(t) = S(t) \exp[-\lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n P_i(t_k)]$
38	$S(t)$	$P_1(t_1), \dots, P_1(t_n)$ $P_2(t_1), \dots, P_2(t_n)$	$R(t) = S(t) \{1.0 - \exp[-\lambda \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n P_i(t_k)]\}$
39	$S(t)$	$P_1(t)$ $P_2(t)$	$R(t) = S(t) \cdot O(t), O(t_1) = P_o$ $O(t) = O(t') [1.0 - O(t')] P_1(t) P_o$ $O(t) = O(t') + [1.0 - P_2(t) P_o]$
40	$S(t)$	—	$R(t) = 1.0 (t < t_i)$ $R(t) = S(t) (t_i \leq t \leq t_j)$ $R(t) = S(t_j) (t_j < t)$

のとおりである。

$R(t)$: タイム・ポイント t における出力信号強度

$S(t)$: タイム・ポイント t における主入力信号強度

$P(t)$: タイム・ポイント t における副入力信号強度

P_g : 機器が正常に作動する確率

k : 遅延タイム・ポイント数

λ : 機器の故障率

P_p : 機器が早まって動作する確率

P_o : 弁が開指令により開動作を正常に行う確率

P_c : 弁が閉指令により閉動作を正常に行う確率

$O(t)$: タイム・ポイント t において弁が開状態にある確率

2.5 信号の強度

信号線には“強度”という量がともなっている。主入力信号は主として物理的な流れを表しており、“強度”は信号の存在する確率に対応している。それゆえ、主入力信号の強度は必ず 1.0 以下でなくてはならない。

一方、時間経過にともなう機器の故障をモデル化したオペレータ (タイプ 35, 37, 38) の副入力信号は時間経過量を表すために用いられているため、信号の強度は 1.0 以下である必要はない。逆に、この場合は最小単位量 (単位時間間隔) の整数倍の値を取ることが多い。

2.6 解析手順

解析の手順は、信号の発生源 (タイプ 25 のオペレータ) から出発し、順次信号の流れの方向に沿って計算を実施していく。各オペレータの機能に従い、主、副入力信号から出力信号を求め、これをつぎに位置す

るオペレータの入力信号とする。この手順を繰り返すことで、最後に最終出力信号 (系の動作状態を判断する信号) のすべての時刻 (タイム・ポイント) における強度が求まる。

3. GO-FLOW 解析システム

前章で述べたように、GO-FLOW 解析は、解析対象を GO-FLOW チャートにモデル化すれば、後は解析プログラムを実行するだけである。しかし、解析対象とするシステムの規模が大きくなると、GO-FLOW チャートの作成、解析するための入力データの作成、解析結果の解釈、解析結果の図表形式での表示、整理などに多大な労力が必要となってくる。そこで、これらの作業を支援するシステムが用意されている。その支援システムはパーソナルコンピュータ (PC) で作動する。

GO-FLOW チャートは CRT ディスプレイ上で GO-FLOW チャート・エディターを用いて解析者が作成する。作成されたチャートは、紙面への出力もできるが、データファイルに保存もできる。

本システムは、GO-FLOW チャートから解析用の入力データが自動生成され、GO-FLOW 手法の基本解析機能に加えて、不確実さ解析機能、共通原因故障解析機能、共通原因故障を考慮した不確実さ解析機能が備わっている。

このように、GO-FLOW チャートの作成から解析結果の出力にいたるまでの一連の解析が机上の PC を操作するだけで実施でき、Living PSA⁹⁾を実施する際の有力な解析ツールとして活用できるようなシステム

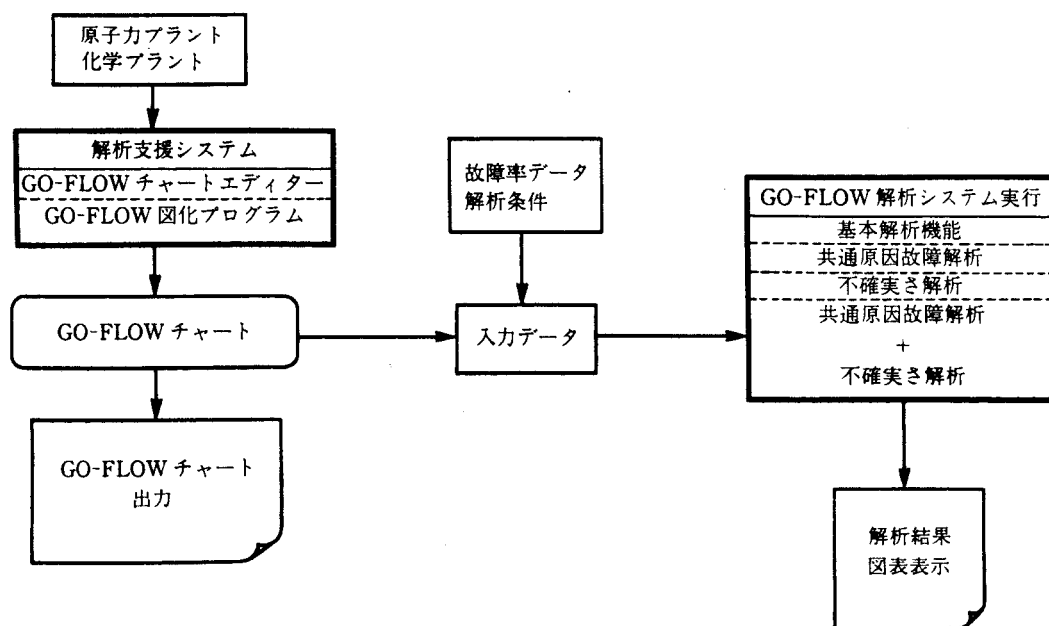


図2 GO-FLOW システムの体系

信頼性解析実施のための体系になっている。図2に、本解析システムの体系を示す。

4. サンプル問題を用いた解析例

解析対象として簡単なサンプル問題を取り上げ、GO-FLOWを説明する。

サンプル問題としては図3に示す簡単な電気回路を採用する。この回路は、電源、2個のスイッチ、2個のランプから成り立っている。電源が接続された後にスイッチ1が閉じられ、その後、さらにスイッチ2が閉じられるとする。ここで求める事柄は、各時刻において少なくとも一つのランプが点灯している確率である。なお、ランプの点灯中の故障も考慮することとする。

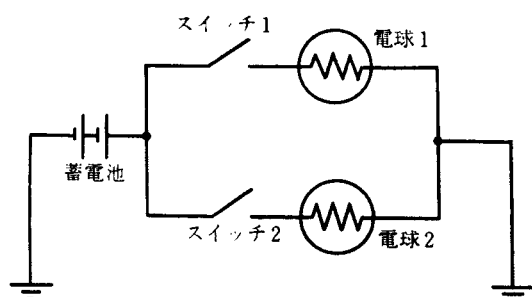


図3 サンプル問題の電気回路

4.1 GO-FLOW チャートの作成

図3の電気回路をGO-FLOWチャートで表現すると図4のようになる。図中のオペレータ記号の中に記した番号は、オペレータに付けた通し番号である。信号線に添えてある数字は信号線番号である。図3と図4の比較から推測がつくように、5番のオペレータは

バッテリー、6番と9番はスイッチ1、2を、7番と10番はランプを表している。8番と11番はランプの点灯中の故障をモデル化している。12番はどちらか一方のランプが点灯すればよいという論理を表すORゲートを示す。オペレータ1番はバッテリーの信号発生器、オペレータ2番と3番は、それぞれスイッチ1とスイッチ2を閉じる指令を発するのための信号発生器である。オペレータ4番は時間経過量を与える信号を出しており、タイプ35オペレータの副入力信号となっている。

タイム・ポイントは表2のように定義する。タイム・ポイント2と3および4と5は、実時間においてはそれぞれ同一の時刻に対応している。タイム・ポイント2は電源を接続した時点を表し、タイム・ポイント3はその直後にスイッチ1を閉じた状態を調べるため設定されている。同様に、タイム・ポイント4、5はスイッチ1を閉じてから10時間後の状態とともにスイッチ2を閉じた状態を調べるため同一時刻に対して2個のタイム・ポイントを設定してある。

表3に各信号線の意味を、表4に各オペレータに与

表2 タイム・ポイントの定義 (サンプル問題)

タイム・ポイント	意味
1	初期状態の時刻
2	バッテリー接続 (2, 3は同一時刻)
3	スイッチ1を閉じる
4	10時間後 (4, 5は同一時刻)
5	スイッチ2を閉じる
6	20時間後

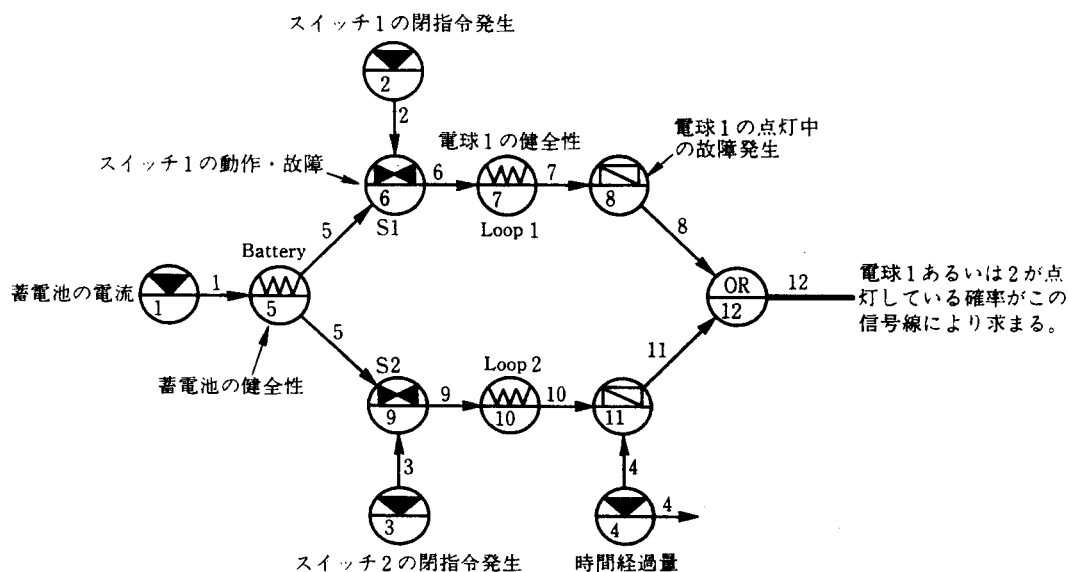


図4 サンプル問題の電気回路をモデル化したGO-FLOWチャート

表3 各信号線の意味 (サンプル問題)

信号線	意 味
1	バッテリーの接続
2	スイッチ1の閉指令
3	スイッチ2の閉指令
4	時間経過量
5	バッテリーが十分な電力を両方の系統に供給
6	ランプ1に電力が供給
7	ランプ1点灯 (点灯中の故障を考慮しない場合)
8	ランプ1点灯
9	ランプ2に電力が供給
10	ランプ2点灯 (点灯中の故障を考慮しない場合)
11	ランプ2点灯
12	ランプ1か2, あるいは両方点灯 (最終信号線)

えたデータを示す。オペレータ1の出力信号強度は、タイム・ポイント1において0.0, タイム・ポイント2以降は1.0と与える。これは電源がタイム・ポイント2以降において接続状態になることを意味している。オペレータ2の出力信号はスイッチ1の閉指令で、オペレータ3の出力信号はスイッチ2の閉指令である。オペレータ4の出力信号は時間経過量を表し、タイム・ポイント4と6においてそれぞれ強度10.0の信号を出力する。これはタイム・ポイント4はタイム・ポイント3から10時間後、タイム・ポイント6はタイム・ポイント5から10時間後であることを意味している。

ランプの寿命としては1000時間を仮定し、オペレータ8と11の故障率データとして0.001/時間を与えた。

4.2 入力データ

図5に、3.2節で述べたモデルの入力データを示す。実際には、この入力データはGO-FLOWチャートエディターにより自動的に生成されるので、解析者はこのデータ構造を知っている必要はない。また、図6に解析手順を示したプログラムの出力を示す。各信号線の強度が各タイム・ポイントごとに記された表形式で出力される。

4.3 解析結果

図7に、解析結果を示す。この場合、最終信号線として12番が選択されている (図5参照)。その信号線の強度の意味はつぎのようになる。ランプ1か2の少なくともいずれかが点灯している確率は、電源接続前 (タイム・ポイント1) では0.0である。電源接続時 (タイム・ポイント2) では0.13824である。これはスイッチ1およびスイッチ2の閉指令が出されていないにもかかわらず、1個あるいは2個のスイッチが事前に閉じてしまうからである。

スイッチ1の閉指令が出された (タイム・ポイント3) 時点、0.555552の確率で少なくとも1個のランプが点灯している。その10時間後 (タイム・ポイント4) では、ランプの故障により点灯している確率は0.5504383へと減少する。スイッチ2の閉指令が出された時点 (タイム・ポイント5) では、0.7417704の確率で少なくとも1個のランプが点灯している。さらにその10時間後 (タイム・ポイント6) には点灯

表4 オペレータの意味, データ (サンプル問題)

オペレータ		意 味	デ ー タ
番 号	タイプ		
1	25	バッテリーの接続信号発生	$R(1) = 0.0, R(2) \sim R(6) = 1.0$
2	25	スイッチ1閉指令発生	$R(2) = 1.0, \text{その他} = 0.0$
3	25	スイッチ2閉指令発生	$R(5) = 1.0, \text{その他} = 0.0$
4	25	時間経過量生成	$R(4) = R(6) = 10.0, \text{その他} = 0.0$
5	21	バッテリーの機能正常	$P_o = 0.9$
6	26	スイッチ1の正常動作確率	$P_p = 0.1, P_o = 0.7$
7	21	ランプ1の点灯時の正常確率	$P_o = 0.8$
8	35	ランプ1の点灯中の故障発生	$\lambda = 0.001/h$
9	26	スイッチ2の正常動作確率	$P_p = 0.1, P_o = 0.7$
10	21	ランプ2の点灯時の正常確率	$P_o = 0.8$
11	35	ランプ2の点灯中の故障発生	$\lambda = 0.001/h$
12	22	ORゲート	なし

課題										
SAMPLE PROBLEM				出力信号線番号						
	1	25	0	1						
	2	25	0	2						
オペレータ番号	3	25	0	3						
	4	25	0	4	オペレータ種類番号					
	5	21	2	5	1	1	主入力線番号			
オペレータ・タイプ	6	26	1	6	1	5	1	2	副入力線番号	
	7	21	1	7	1	6				
	8	35	1	8	1	7	1	4		
	9	26	1	9	1	5	1	3		
	10	21	1	10	1	9				
	11	35	1	11	1	10	1	4		
	12	22	0	12	2	8	11			
オペレータ情報終了の区切り										
	21	1		0.8		0		0	故障データ	
	21	2		0.9		0		0		
オペレータ・タイプ	26	1		0.1		0.7		0		
	35	1		0.001		0		0		
区切り情報										
	6	オペレータ種類番号								
タイム・ポイント数	1	Initial Time.								
	2	The Battery is connected.								
	3	Switch S1 is demanded to close.								
	4	10h after time point 3.								
	5	Switch S2 is demanded to close.								
	6	10h after time point 5.								
タイム・ポイントの定義										
信号線番号	1	信号線強度								
	2	0.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00	1.000E+00		
	3	0.000E+00	0.000E+00	1.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00		
	4	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.000E+00	0.000E+00	0.000E+00		
	0	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.000E+01	0.000E+00	1.000E+01	0.000E+00		
	12	区切り情報								
最終信号線番号										

図5 サンプル問題の GO-FLOW 解析入力データ

===== RESULTS OF THE ANALYSIS =====

<< SIGNAL INTENSITIES AT ALL TIME POINTS >>							
SIGNAL NUMBER	INCLUDED SHARED SIGNAL	TIME POINTS					
		1	2	3	4	5	6
1	-	.0000000	1.0000000	1.0000000	1.0000000	1.0000000	1.0000000
2	-	.0000000	.0000000	1.0000000	.0000000	.0000000	.0000000
3	-	.0000000	.0000000	.0000000	.0000000	1.0000000	.0000000
4	-	.0000000	.0000000	.0000000	10.0000000	.0000000	10.0000000
5	5,	.0000000	.9000000	.9000000	.9000000	.9000000	.9000000
6	5,	.0000000	.0900000	.6570000	.6570000	.6570000	.6570000
7	5,	.0000000	.0720000	.5256000	.5256000	.5256000	.5256000
8	5,	.0000000	.0720000	.5256000	.5203702	.5203702	.5151924
9	5,	.0000000	.0900000	.0900000	.0900000	.6570000	.6570000
10	5,	.0000000	.0720000	.0720000	.0720000	.5256000	.5256000
11	5,	.0000000	.0720000	.0720000	.0712836	.5248805	.5196579
12	5,	.0000000	.1382400	.5555520	.5504383	.7417704	.7373795

図6 サンプル問題の解析結果出力リスト (計算手順部分)

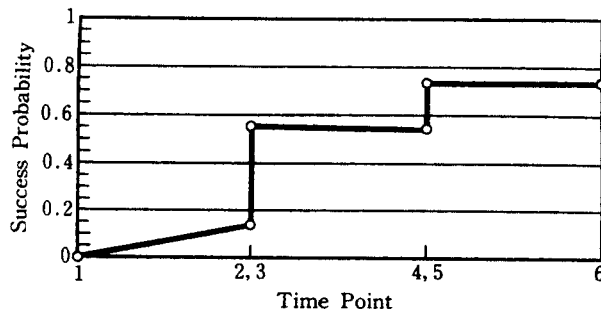


図7 サンプル問題の解析結果

している確率は 0.737 379 5 へと減少する。

4.4 信号線間の従属性の取扱い

一つの信号線が分岐して、複数のオペレータの入力信号として使用され、なおかつ、それぞれの信号の系統が再び AND, OR ゲートで結合される場合は、分岐した信号線の情報（番号および強度）をそれぞれの系統の下流に位置するオペレータの出力信号に付加しておく必要がある。これにより、それぞれの信号相互間における存在確率の従属性を正しく扱うことができる。

例えば、AND/OR ゲートの入力信号線が A, B であり、それぞれは元をたどると同一の信号 C から分岐した信号の系統である場合を考えてみる。A, B は C の部分集合となっており、ベン・ダイグラムに描くと図 8(a) のようになる。C の存在する条件を無視してしまうと、同図(b)に示すように A と B の重なり部分を実際より小と捉えてしまうこととなる。それゆえ、次式でそれぞれの出力信号強度を求める必要がある。

$$\text{AND ゲート} : I(C) \times [I(A)/I(C)] \times [I(B)/I(C)]$$

$$\text{OR ゲート} : I(C) \times \{I(A)/I(C) + I(B)/I(C) - [I(A)/I(C)] \times [I(B)/I(C)]\}$$

ここで、 $I(A)$ は信号 A の強度を表している。

当サンプル問題における信号線 5 番は分岐して 6 番と 9 番のオペレータの入力信号になっており、この場合にあてはまる。それゆえ、図 6 の解析手順の出力表

においては、“INCLUDED SHARED SIGNAL（共有信号線）”として信号線 5 番が以降の信号線の構成要素（以降の信号線は信号線 5 番の部分集合となっている）であるという情報が与えられており、12 番の信号線強度を計算する際、上式の取扱いが行われている。

なお、タイプ 35, 37, 38 の副入力信号は時間経過量を表しており、時間経過はすべてのオペレータにとり、暗黙のうちに 1.0 の確率で存在していると考えられるので、このような取扱いはしていない。

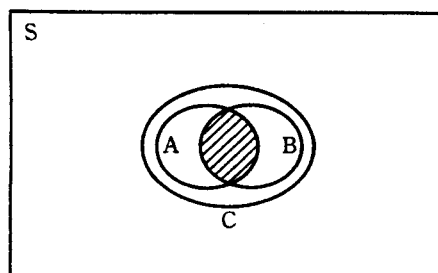
5. おわりに

GO-FLOW は、システムが巨大になってもモデル化の方法はまったく同じで、各機器の機能・動作・故障のかかわり合いを図形式で表示する。このため、システムの働き方・故障の起こり方が簡単に表現できる特徴をもっている。また、FTA では時間経過を取り扱うことはできなかったが、GO-FLOW では解決できた。それにより、長時間連続でシステムを運転していくと事故発生確率は変化していくこともモデルに組み込むことができる。さらに、巨大システムに人間が関与して大事故に至ることも考えられるが、人間の挙動もオペレータでモデル化することもできる。

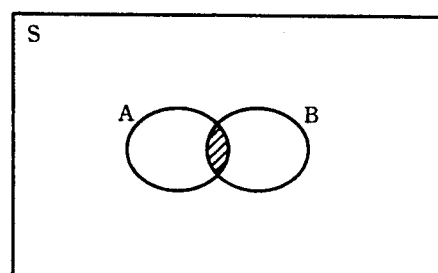
このように、従来から懸案であった問題を解決した一つの手法と考えられる。したがって、原子力発電所をはじめとした種々の産業システムの安全解析に適用可能であり、広い分野での活用を期待するところである。

参考文献

- 1) NUREG/CR-2815 BNL-NUREG-51559, Probabilistic Safety Analysis Procedures Guide (1985)
- 2) Roberts, N. H., Vesely, W. E., Haasl, D. F. and Goldberg, F. F.: Fault Tree Handbook, NUREG-0492 (1981)
- 3) Gately, W. V. and Williams, R. L.: GO Methodology Overview; EPRI NR-765 (1978)
- 4) Matsuoka, T. and Kobayashi, M.: GO-FLOW A New



(a)



(b)

図8 ベン・ダイグラム (A, B 間の従属性)

- Reliability Analysis Methodology, Nucl. Sci. Eng., 98, pp. 64-78 (1988)
- 5) 松岡 猛：確率論的安全評価のためのシステム信頼性解析手法 GO-FLOW—基本概念から実際の使用まで—, p. 173, (株)CRC 総合研究所 (1996)
 - 6) Matsuoka, T.: Reliability Analysis of Emergency Decay Heat Removal System of Nuclear Ship under Various Accident Conditions, Comparison between Nuclear Ship 'Mutsu' and 'Savannah', J. Nucl. Sci. Technol., 21, pp. 266-278 (1984)
 - 7) 松岡 猛・小林道幸：GO 手法による信頼性解析, 日本原子力学会秋の大会, D 25 (1983 年 10 月)
 - 8) Matsuoka, T. and Kobayashi, M.: GO-FLOW; A Reliability Analysis Methodology Applicable to Piping System, Pro. of Int. ANS/ENS Top. Mtg. on Probabilistic Safety Methods and Applications, San Francisco, U. S. A., 175 (Feb. 24-March 1, 1985)
 - 9) Bonaca, M. V.: *Living Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plant Management*, Nuclear Energy Agency, OECD (Feb. 1991)

図書紹介

|||||

ゴミと化学物質

酒井伸一 著

(岩波書店, 岩波新書 562, 233 頁, 1998 年発行, 定価 (本体) 660 円)

TV などでは産業廃棄物を野焼きに近い状態で大量に焼却し, 付近住民の健康に深刻な影響を与えているにもかかわらず, それが合法的事業だと知って, 慄然とした人は多い。特に化学や化学産業関係者はどうしたらよいのか, 身のおきどころがなかったに違いない。わが国では産業廃棄物処理の一部が, 暗い闇の中に押し込まれ, 利益さえ上がればよいとする人たちに任されたことが今日の事態を招いている。家庭からの化学物質関連廃棄物を良心的に処分しようとしても, 現実には受け皿はない。欧州ではこの種の処理機関は政府か, 少なくとも第 3 セクターが事業を行っており, 家庭からのものも処理をしてくれる。出発点の誤りが今日の事態を招いたのである。

本書は廃棄物と化学物質からみた現代社会への非常事態宣言であると著者は冒頭で述べている。正にこの時期に適した, 適切な著者による出版物である。そして著者は現在が, [ゴミ破局] というべき状況と, [循環への光明] とが錯綜した複雑な状況とし, 欧州より 10 年遅れてやってきた危機的状況で, なお循環への期待を抱いている。

著者は衛生工学を専攻した学徒だが, 研究室にとどまらず, 現実の廃棄物問題に永年積極的に取り組んで

いる数少ないこの方面の研究者の一人である。著者は, 本書の趣旨を [はじめに] で要約しており, これを読むだけでも現状が理解できる。

本書の第 1 章は, 日本のゴミの行方をさまざまな視点で追っている。第 2 章はゴミと化学物質との関係を, バーゼル条約を中心に紹介し, これまでの [有害性] の概念が, この条約によって, 火災や爆発, さらに発がん性等の [危険性] をも含むように拡張されたことを理解すべきだとしている。それにしても, 誰が訳したのか, [有害性] という日本語への翻訳がよくない。せめて [危険・有害性] にならなかったのかといつも残念に思う。第 3 章は廃棄物としての化学物質であるダイオキシンを代表とする残留性有機汚染物質 (POPs) と環境ホルモンに触れ, 第 4 章でこれらにくわしく取り組んでいる。第 5 章では, われわれの生活に密着している自動車の廃棄物への対応を述べている。第 6 章では日常的に生産されている約 10 万種類以上の化学物質に対する基本的対処方法として, クリーン・サイクル・コントロール戦略の考え方を, 水銀問題を具体例として紹介している。

安全工学関係者, そして化学研究者にとっては必読の書である。
(上原陽一)