

### 3 事後保全

予防保全にいくら時間と経費をかけても、故障しないということはない。特に PC のような寿命や劣化を有する部品の少ない装置では、どうしても事後保全となる場合が多い。

事後保全で最も大切なことは、

- ① 故障の真の原因を見つけだすこと
- ② 運転停止時間を最小限にすること
- ③ 復旧の際は、慎重に運転すること
- ④ 再発を防止すること

であり、そのためには、保全するシステムを十分理解していなければならない。不断からの準備と勉強が不可欠である。

#### 1 異常発見

最近の PC は、自己診断機能を持ち、表面に多くの異常表示がつけられているものが多いので、故障時の復旧に大いに役立つ。しかし、この機能も万能ということはない。

異常が発見されるプロセスはいろいろ考えられるが、多くはシーケンスが異常な動きをすることにより発見される。システムの動きが

「何かおかしい」

「不断と違う」

「停止した」

ということで発見される。この段階では、まだ何がおかしいのか不明であり、これをスタートとして原因を追求していくことになる。異常の発見が遅くなると、それだけ被害が大きくなるので、常に制御装置、機械本体に目を向け、異常の早期発見に努めることが重要である。

PC には、いろいろな異常表示がついているが、すべての異常が発見できるわけではない。主として PC 内部の動作の異常に限られているので、例えば、出力が出ない、あるいは、出っ放しなどは、これらの異常表示では表示されないことがある。したがって、PC や周辺装置、機械本体を含むシステム全体の監視が常に必要である。

表3-1 異常発見方法

発見方法	内容	実施例
1. PCの診断機能による	PC本体、プログラミングコンソール、モニタなどで表示される。ブザーによる警報もある。 (1) 電源異常 (2) CPU異常 (3) メモリ異常 (4) タイマ異常 (5) バッテリ異常 (6) I/O異常 (7) 伝送異常 (8) 各種リンク異常	
2. プログラムによる	ユーザプログラムによって、重要な部分のシーケンスを診断する。	サイクルタイムオーバ、限時チェック異常、パターンチェック、多数決チェック、シーケンスチェックなど
3. PCのハードウェア、周辺機器の異常による	不断の正常な状態と比較して、異常であることをキャッチする。	表示灯異常（明るい／暗い）、本体の温度が高い、異音・異臭があるなど
4. 機械などの動きの異常による	正常運転と比較し、異常動作であることをキャッチする。異音、異常振動、異常高温、動作速度異常など	機械の破損、油・グリス切れ、異常負荷（詰まりなど）、ビス・ナットのゆるみ、はずれなど
5. 製品の形状、生産データの異常による	故障であることが発見されず、製品を検査して異常であることがわかる。	製品異常、生産高減少、重量異常、混合物異常など

## 2 トラブルシューティング

不具合が発見されたら、いかに速く故障箇所を突き止めて、修理または交換などの処置を行って復旧するかが重要なポイントである。

システムとして考えたとき、図3-1のフローチャートに示すように、PC本体以外にも故障が発生することがあるので、まず大きなブロックとしてどの部分かを見極めることが大切である。システムとしての異常の大半は、機械側、その中でも検出器のトラブル（取付不良を含む。）であるといわれている。

トラブルシューティングで注意したいのは、異常箇所は一つとは限らないことである。これは、一つの異常が他へ波及している場合があるからである。したがって、一つの異常部分を修理しても、それで終了することなく、他への影響も併せてチェックする必要がある。

また、真の原因をつかまず、2次的な故障部位のみを修理していたのでは、いつまで経っても完治しない。例えば、微妙なタイミングの変化で、機械やワークに損傷を与えることがあるが、これなどは機械のスピード、検出器の位置、出力のタイミングなど総合的に判断する必要がある。

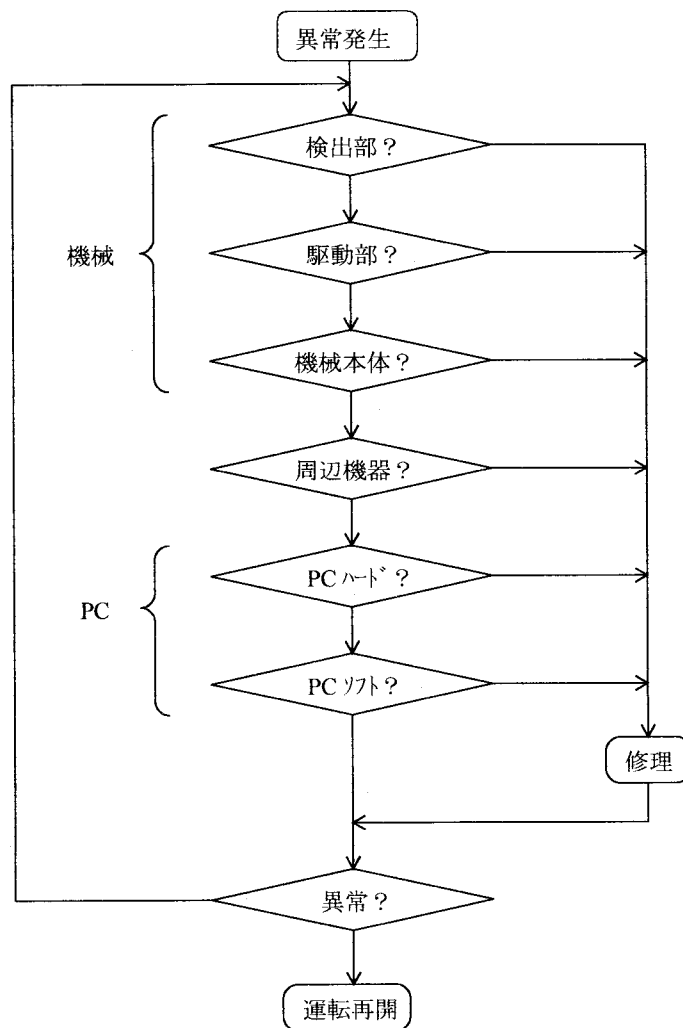


図3-1 システムのトラブルシューティング・フロー

### 3 トラブルシューティングの基本

PC が使用しているアプリケーションには、種々様々なものがあり、運転停止時の被害の大きいものもあれば小さいものもある。要は、そのシステムに最適な方法の保全を行えばよいのである。予防保全に多くの要員と経費をかけても事故はゼロとはならない。そこで、日常点検・定期点検は最小限にして、事後保全に万全を期するというのも、経済面からすれば一つの方法である。

システムの信頼性を高めるには信頼性の高い機器を使用することはもちろんだが、さらに不具合が発生したときに、いかに早く処置をし、修復するかも重要なポイントである。その際、ハードウェアのトラブルかソフトウェア（プログラム）のトラブルかの判断が重要である。

システムを早く復帰させるには、トラブルが発生している原因を見付けて処理するわけであるが、このトラブルシューティングを実施するうえでの基本は次のようなものである。

#### (1) 目視による確認

- ① 停止状態、動作状態における機械の動き
  - ② 電源の有無
  - ③ 入出力機器の状態
  - ④ 配線の状態（入出力線、ケーブル線）
  - ⑤ 各種表示器の表示状態（「POWER」、「RUN」、入出力LED など）
  - ⑥ 各種設定スイッチの設定状態（増設ユニット、停電保持など）
- ①～⑥を確認後、周辺機器を接続し、PC の動作状況やプログラムの内容について確認する。

#### (2) 不具合の確認

次のような操作を行い、不具合がどのように変化するかを観察する。

- ① RUN 状態を停止状態にする
- ② リセットする
- ③ 電源を ON/OFF する
- ④ デバックツールを使用し、入出力のタイミングを確認する。  
(ツールによってはタイミングチャート型で確認するものもある。)

#### (3) 範囲を狭める

上記(1)、(2)により故障個所が次のどれかを推定する。

- ① PC か、外部か
- ② 入出力ユニットか、その他か
- ③ PC プログラムか

### I. トラブルの発生状況と原因

#### A. 頻繁に発生する場合

使用環境に問題があると推察される。例えば、以下のような原因が考えられる。

- a. 電源電圧の低下、瞬時停電、波形歪み
- b. ノイズ、サージ
- c. 接触不良
- d. 静電気障害

- e. 電磁波障害
- B. 1回だけ発生する場合  
継続性のないトラブルでは、突発的な次のような原因が考えられる。
  - a. 落雷によるサージ
  - b. 大容量電源の短絡
- C. 決まった時刻や時間帯に発生する場合  
常時ではないが、決まった時刻や時間帯にトラブルが発生する場合、次のような原因が考えられる。
  - a. 多くの機械、設備が同時に運転を開始したときの電源電圧の低下、大量のノイズの発生
  - b. 大容量負荷からの漏れ電流による接地電位の上昇
- D. 電源投下後、一定時間経過すると発生する場合  
電源投下による温度上昇でトラブルが発生すると推察される。例えば、次のようなものが考えられる。
  - a. 半導体素子のボンディング不良
  - b. プリント基板のはんだ付け部の接続不良
- E. 特定の制御動作時に発生する場合  
特定の制御動作時に誤動作などのトラブルが発生する場合、次のような原因が考えられる。
  - a. その制御動作時に ON/OFF する負荷のノイズ
  - b. 関連する入力信号のタイミング、順序などのばらつき
- F. 特定の出力機器の動作時に発生する場合  
特定の出力機器（負荷）の ON/OFF 時に発生する場合、次のような原因が考えられる。
  - a. ON 時に発生する場合、その出力機器の突入電力による電源電圧の低下
  - b. OFF 時に発生する場合、その出力機器からのノイズ
  - c. 電源線からシステムの入力信号回路への誘導電圧
- G. 別システムの動作と同期して発生する場合  
別システムに問題があると推察される。その原因として次のようなものが考えられる。
  - a. 別システムのノイズ、サージ
  - b. 電源電圧低下、瞬時停電、波形歪み
- H. 多くの設備が運転中に発生する場合
  - a. 電源電圧の低下、波形歪み
  - b. ノイズ
- I. フォークリフト等の運行中に発生する場合
  - a. ガソリンエンジン車の点火系統からのノイズ
- J. 制御盤の扉を開けると発生する場合
  - a. シールド効果がなくなりノイズが飛び込んでくる
  - b. 盤に取付けてある蛍光灯などの点灯時のノイズ

## II. ソフトウェアのトラブル

### A. プログラムのミス

プログラムのミスには、論理ミス、入出力番号の入力ミスなどがある。特に、論理ミスは発見が難しい。

よくあるミスは、通常はほとんど実行されないインターロック信号の不適正である。正常時に

は問題となることはないが、異常発生時にインターロックがかからず、システムが暴走することがある。

#### B. 異常処理ルーチンがない

制御プログラムは、入力信号の順序や ON/OFF の時間が正しく入力されることを前提として作成されている。従って、信号の順序が逆になったり、ON/OFF のタイミングがずれたりすると、それ以降の動作が異常となり、あたかも PC のハードウェアが誤動作しているかのように見える。

このような場合、システムや PC をリセットすると正常に戻り、トラブルシューティングが困難となる。

正常な入力信号に基づいてプログラミングすることはやむを得ないが、異常発生を検出し、それを処理するルーチンを用意する必要がある。

### III. トラブル箇所の推定

トラブルの原因が PC の内部か外部（機械・設備）かを判断する方法として、次のようなものが考えられる。

#### (1) PC にエラーが発生しているとき、「RUN」状態のままリセットする。

##### A. エラーがなくなった場合

外部に原因があると推定できる。

- 原因：① 電源電圧の低下、瞬時停電、波形歪み  
② ノイズ、サージ、電磁波  
③ 接地電位の浮き上がり

##### B. エラーが解消されない場合

PC のハードウェアの故障と考えられる。

#### (2) PC にエラーが発生していないとき、周辺機器によりモニタを行う。

制御機器の動作状況から故障を発生した動作ステップを確認し、周辺機器により入出力信号の ON/OFF 状態やレジスタの内容をモニタする。

##### A. 入力信号が異常である場合

- 原因：① 入力機器（外部）の異常  
② 入力ユニット（内部）の故障

##### B. 出力信号が異常である場合

- 原因：① プログラム上での入出力信号が正しい場合、出力ユニット（内部）の故障  
② 出力機器（外部）の異常

#### (3) PC を「RUN」状態のままリセットする。

##### A. 制御機器が正常動作する場合

プログラムに異常がないと推定される。

- 原因：① 入力信号のタイミング不良  
② 信号の幅の狭隘  
③ センサの一時的な故障、誤動作  
④ 接続部の一時的な接触不良

##### B. 制御機器が動作しない場合

正常

#### (4) PC をリセットし、制御機器を原点復帰させた後に「RUN」にする。

##### A. 正常に動作した場合

- 原因：① PCの一時的な誤動作、入出力ユニットの一時的な不具合  
 ② 入出力機器の一時的な故障、不具合  
 ③ 配線・接続部の一時的な不具合

B. 正常に動作しない場合

- 原因：① 入出力機器の故障  
 ② 入出力ユニットの故障  
 ③ 外部入出力配線の切断、接触不良

IV. プログラム不良によるトラブル例

一般に、PCのプログラムは、制御機器が正常に動作していることを前提に作成されているため、例えば、関連する複数の信号間で順序が逆になったり、信号の保持時間が異常に短かったりしたような場合、これに対応するルーチンが存在しないので、運転が停止になったり、暴走したりすることになる。

このような現象が起きた場合、それまで機械が正常に作動していたのであるから、あたかもPCのハードウェアの故障のように見えるが、実際にはプログラムの不具合である。このとき、PCのリセット操作、手動運転による機械の原点復帰などにより初期状態に戻り、正常に復帰する。

そのほか、プログラムの不具合には、過剰なインターロックによる停止、インターロック不足による暴走などがある。

また、ハードウェアが原因と思われ、それを交換して正常に復帰した場合でも、それが真の原因であったかどうかは、そのハードウェアを元に戻してトラブルが再現されれば正しい処置であったといえる。しかし、トラブルを再現できなければ、交換前のハードウェアが原因であったとはいえない。

この確認を行わない場合、プログラムの不具合であってもハードウェアが原因であったとされ、以後のトラブルシューティングに役立たないことになる。

4 予備品

(1) 予備品の数

予防保全および事後保全を実施するに当たって、必要最小限の予備品を準備しておくことが望ましい。予備品がどのくらいの数、必要であるかを一般的・定量的に決定することは難しい。次に、ある工場で稼働しているPCの総数に対する予備品を計画する例を挙げる。

$$(MTBF)_{FA} = \frac{24 (MTBF)_{PC}}{N \cdot O_i}$$

$$S_p = \frac{K}{(MTBF)_{FA}} = \frac{2400}{(MTBF)_{FA}}$$

ここで	$(MTBF)_{PC}$	PC単体の平均無故障時間 MTBF (H)
	N	工場で稼働している同機種 of PCの総数 (個)
	$(MTBF)_{FA}$	工場全体のPCの平均無故障時間 MTBF (H)
	$O_i$	1日あたりのPCの運転時間 (H)
	K	定数 (2400と仮定)
	$S_p$	予備品の数 (個)

表 3-2 平均故障時間

(MTBF) <sub>PC</sub>	N	24 H / 日		8 H / 日	
		(MTBF) <sub>FA</sub>	S <sub>P</sub>	(MTBF) <sub>FA</sub>	S <sub>P</sub>
100000	10	10000.00	0.24	30000.00	0.08
	20	5000.00	0.48	15000.00	0.16
	30	3333.33	0.72	10000.00	0.24
	40	2500.00	0.96	7500.00	0.32
	50	2000.00	1.20	6000.00	0.40
	60	1666.67	1.44	5000.00	0.48
	70	1428.57	1.68	4285.71	0.56
	80	1250.00	1.92	3750.00	0.64
	90	1111.11	2.16	3333.33	0.72
	100	1000.00	2.40	3000.00	0.80
	200	500.00	4.80	1500.00	1.60
	300	333.33	7.20	1000.00	2.40
	400	250.00	9.60	750.00	3.20
	500	200.00	12.00	600.00	4.00
	600	166.67	14.40	500.00	4.80
	700	142.86	16.80	428.57	5.60
	800	125.00	19.20	375.00	6.40
	900	111.11	21.60	333.33	7.20
	1000	100.00	24.00	300.00	8.00

(MTBF)<sub>PC</sub> を  $10^5$  (H) と仮定し、上式を計算すると表 3-2 のようになる。24H / 日連続運転で 200 台稼働している工場の (MTBF)<sub>FA</sub> は 500H であり、予備品は 4.8 を繰り上げて 5 個必要である。また、30 台の PC が稼働している工場では、同様な方法で 1 台の予備品が必要である。稼働台数が 10 台以下の場合には、最低、使用している各種の入出力モジュール 1 枚、CPU モジュール 1 枚と出力モジュール用ヒューズ 10 個程度を目安に常備するとよい。

## (2) 予備品の保管

予備品は、メーカーより納入された状態で、通常的生活環境で導電性の袋に入れて保管しておく。保管環境としては、次のことを守る必要がある。

- ① 温度 0～55℃
- ② 湿度 10～90% RH (特に結露がないこと)
- ③ 雰囲気 塵埃、腐食性ガス、塩分、有機溶剤のある場所は避けること。

## (3) 電池

電池は、保管中でも自己放電するので、プリント基板へ搭載されたものと同じように寿命がある。緊急用に何個かの予備品を持つ必要はあるが、多くを持つ必要はない。メーカーより寿命が明記されているので、交換時期に合わせてその都度発注する。電池は温度、湿度、ほこり等の環境に依存する割合が高いので、冷蔵庫のような乾燥した低温の場所に非導電性の袋に入れて保管する。



#### (4) 電源モジュール

PCでは、交流電源からIC電源を得るため、定電圧電源を使用しているが、この中には多くの電解コンデンサが使用されているので、保管中でも年1回程度交流電源を加え、電解コンデンサの活性化を図る必要がある。

また、電解コンデンサは、周囲温度が10℃上昇すると寿命が1/2になるといわれており、定格周囲温度において、約5年を目途に予備品を準備するとよい。

#### (5) 予備品を使用するときの注意

##### ① モジュールの交換

形式の全く同じモジュールと交換する。さらに形式が同じでもモジュールによっては、モード、パラメータ、モジュール番号等を設定しなければならない必要がある。これも交換モジュールと全く同じにする。

部品の破損、ICコネクタの挿入状態、変形、錆等の目視チェックを行う場合には、次の点に注意する。

- ・電子部品の廃品種化、信頼性向上、コストダウンに伴う代替品の使用
- ・機能アップ、バージョンアップに伴う変更がある場合、これらが機能的に同等か否かを判断する

出力モジュールの場合、トライアック出力、トランジスタ出力の予備品が無く、リレー接点出力を使用しようとする、また、その逆の場合、トラブルの原因となるので、基本的には代替してはいけない。

##### ② ヒューズ

ヒューズは、必ずメーカ指定の形式および電流値のものを使用する。過大なヒューズを用いるとプリント基板のパターンを焼損する恐れがある。また、過小なら負荷の突入電流により溶断する可能性がある。

##### ③ EPROM (EEPROM)

PCを構成する部品の中でユーザが半導体ICを直接手に触れる機会のあるものはEPROMである。それだけに、細心の注意で取り扱う必要がある。

- ・人体には、数kVの静電気が帯電している場合があり、EPROM内で静電破壊を起こす恐れがある。ICメーカの分析によると、返却品の約半数は静電破壊等の使用条件の不備であるとの報告もある。
- ・汚れた手は勿論であるが、きれいな手であっても油がピンに付着することによって錆の原因になるとともに、ICソケットに挿入したとき接触不良の原因になる。EPROMに触れるときは、人体アースを行って扱う。