

# 処理フローに基づくシーケンス制御用マイコンの機能検査法

4 K-6

山添 知久 橋爪 正樹 為貞 建臣 田坂 英司 茅原 敏広  
(徳島大学) (三浦工業)

## 1. まえがき

シーケンス制御用機器は現在様々な分野で使用されており、使用者の要求を満たすため、制御用マイコンをシーケンサとして利用することが多くなってきた。またシーケンス制御機器も少量多品種生産となり、短期間に検査システムを構築する必要性が高まっている。そこで我々は制御シーケンスを記述したフローチャート(以後「処理フロー」と呼ぶ)を用いた制御用マイコンの機能検査法を検討している<sup>(2)</sup>。本研究では制御用マイコンを用いたボイラ制御回路に対する故障検出実験を行い、本手法の検査能力を評価したので報告する。

## 2. 処理フローを用いた制御用マイコンの機能検査法

図1にシーケンス制御機器の検査システムの構成を示す。検査システムは、制御用マイコン、被制御装置、機能テスタ、インターフェース回路から構成する。

図1の機能テスタは、機能テスタが被制御装置の代わりにする「制御用マイコンテストモード」(Bi,Bo使用)、機能テスタが制御用マイコンの代わりにする「被制御装置テストモード」(Ci,Co使用)、そして機能テスタが制御用マイコンと被制御用マイコンとの間の信号を測定する「動作監視モード」(Ai,Ao,Bo,Ci使用)の3種類の検査モードを持つ。本研究では制御用マイコンテストモードにより制御用マイコンの検査を試みる。

処理フローは機能テスタ内に格納する。検査時には機能テスタはインターフェース回路を介し、処理フローに従って被制御装置の代わりに制御用マイコンに信号を与える。そして機能テスタはそれに対する制御用マイコンからの出力信号を入力する。その際、処理フローから予想される正常時の制御用マイコンの出力と実際の出力結果を比較することにより制御用マイコンの機能が正常か否かを判定する。

本検査手法では制御用マイコンと機能テスタとで処理内容が異なる。その上に実行速度も同じでない。そのため制御用マイコンと機能テスタとの間で同期をとり制御用マイコンの出力を測定しないと誤った出力値を測定することに

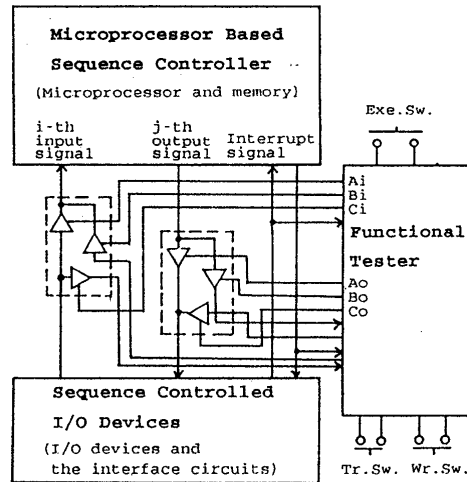


図1 検査システムの構成

なる。しかし制御用マイコンと機能テスタとの間で同期をとらなくても、制御用マイコンが一定の動作を繰り返し行っている状態、つまり処理フローにおいて何らかのループに入り、そのループを抜け出すための条件が満たされるまでループを繰り返し実行している入力待ちの状態であれば、制御用マイコンの動作を観測できる。そこで処理フローで入力待ち状態になる箇所(以後「観測箇所」と呼ぶ)で制御用マイコンの出力を測定し、処理フロー通りの動作が実行されるか否かを判定する。たとえば図2の処理フローでは、#2,#7,ENDの3箇所が観測箇所となる。

制御用マイコンの検査はある観測箇所から次の観測箇所までを一つの検査経路とし、その検査経路上の各処理が実行されるように、機能テスタから信号を与える。そして機能テスタは制御用マイコンの出力信号すべてを複数回測定する。そしてすべて同じ結果が得られたか、また処理フロー通りの結果が得られたかを調べ、そのいずれかが満たされなければ故障と判定する。制御用マイコンからの出力がそれらを満たす可能性があるが、処理フロー全体に対し処理フロー通りの結果が得られる可能性は低いので、本手法

Functional Testing with Process Flowcharts of Microprocessor Based Sequence Controllers

Tomohisa Yamazoe<sup>1</sup>, Masaki Hashizume<sup>1</sup>, Takeomi Tamesada<sup>1</sup>, Eiji Tasaka<sup>2</sup>, Toshihiro Kayahara<sup>2</sup>

1:The University of Tokushima, 2:MIURA Co.,LTD.

で十分な故障検出能力が得られることが期待できる。

制御用マイコンに対する検査経路は次の条件を満たすように決定する。

- (1) 全ての処理が最低一度は実行される。
- (2) 経路上に同じ処理および条件分岐が存在すると、一度の実行で必ずそれらが正しく実行されることが確認できなくなるため、経路上に同じ処理および同じ条件分岐を含まない。たとえば図2で「7-8-9-12-4-5-11-12-13-END」は検査経路とならない。
- (3) 高速に検査できるように、全検査経路中の処理の総数が少なくなるようにする。

そのため、図2の処理フローに対する検査経路は、STAR T-1-4-5-6-7, 7-8-9-12-4-5-6-7, 7-8-9-12-13-END, START-1-2, 2-3-4-5-11-12-13-END, START-1-4-5-6-10-12-13-ENDとなる。

### 3. 故障検出実験による故障検出能力の評価

本手法の故障検出能力を評価するため、NEC製ワンチップマイコン $\mu$ PD78C10（クロック周波数7.37MHz）を用いた三浦工業製ボイラ制御回路BFI-200に単一故障を挿入し、本手法により故障検出実験を行った。

この回路の処理フローには処理が63個、条件分岐が23個存在する。処理フローに対し2.で述べた条件を満たす経路を調べた結果、14個の検査経路が存在することが判った。

使用する各回路素子については製造前に十分検査を行うため、多くの場合それらに故障が発生しないと仮定できる。現実によく発生する故障は部品の挿入不良や半田づけ不良、またプリント基盤上のパターン不良などである。それらは各素子のピンに発生する断線故障および隣合うピン同志の短絡故障でモデル化できる。そこで本故障検出実験ではこれらの故障を各素子のピンに挿入した。表1に本実験で挿入した故障数を示す。

本実験では、パソコンとの短絡など論理変化を生じない故障も挿入した。その故障が発生しても、BFI-200の動作にまったく変化は生じない。そのような論理変化を生じない故障は表1に示すように約50%存在する。それ以外の故障は本手法で検出すべき故障である。

導出した検査経路をもとに機能テストから制御用マイコンに対し信号を出力し検出すべき故障に対し故障検出を試みた結果、断線故障については90.9%、短絡故障については92.6%の故障を検出することができた。

今回の実験で検出不可能であった故障に対しては、処理フローにおいて検査装置からの信号によりマイコンの動作が一時停止するような処理つまり検査装置からの入力を待

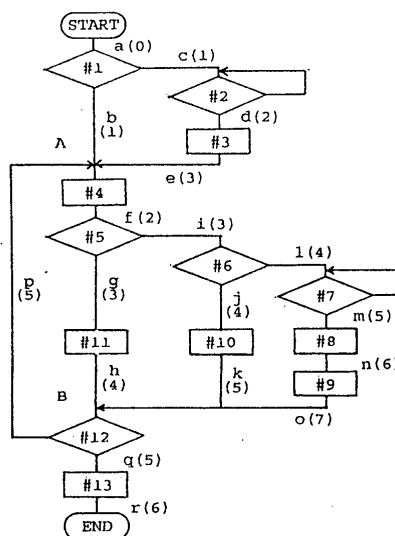


図2 処理フロー例

表1 故障検出実験実験結果

故障名	挿入故障数	検出すべき故障の個数	検出故障数	故障検出率 [%]
断線故障	232	110	100	90.9
短絡故障	233	136	126	92.6

つ処理を付加し、観測箇所を増加させる。それと同時にマイコンにその信号の入力用のポートを設定する。それによって、さらに故障検出率をあげることが期待できる。

なお、本実験で使用した機能テストはNEC製パソコン PC-9801E（クロック8MHz）を用いて作製した。その機能テストを用いると、約130秒でマイコンがフローチャート通り動作することが確認できた。また挿入した故障は、約13~130秒で検出できた。このように本手法は実用的に許される時間内で検査できることが確認できた。

### 4. むすび

本稿では、処理フローに基づくシーケンス制御用マイコンの機能検査法をボイラ制御回路の故障検出実験に適用し、故障検出能力を調べた。今後は、本手法による機能検査システムを開発し、他の種類の制御用マイコンの検査に適用し、本手法の有効性の評価を行う予定である。

#### [参考文献]

- (1) 佐藤一郎: "シーケンス回路故障診断テクニック", オーム社, pp.79-126(1985).
- (2) 山添他: "制御用マイコンの処理フローを用いた良品検査のための検査経路決定法", 平成3年度電気関係学会四国支部連合大会予稿集, 15-4(1991).