

シーケンス制御プログラムにおける並列制御の構造解析

電子技術部 生産システムチーム 奥 田 誠
長 尾 達 明

近年、要求仕様の高度化に伴って、シーケンス制御システムは複雑化している。複雑化したシーケンス制御システムでは、その制御プログラム開発の負担が増加傾向にあり、それによる不具合の増加が問題である。システムの生産性の向上には制御プログラムの不具合減少が効率的な方法であると考え、これまで筆者らは、ペトリネットによる制御構造の解析手法に関する研究を行ってきた。本稿では、PLC のプログラミング言語であるシーケンシャルファンクションチャートの接続図では判別困難な並列制御の構造解析の手法について考察した結果について述べる。

キーワード：シーケンス制御、ペトリネット、シーケンシャルファンクションチャート、構造解析

1 はじめに

近年、要求仕様の高度化に伴って、複雑化したシーケンス制御システムでは、その制御プログラム開発における不具合の増加が問題となっている。そこで筆者らは、国際規格 IEC 61131-3 で定められた PLC(Programmable Logic Controller)のプログラミング言語であるシーケンシャルファンクションチャート(Sequential Function Chart, 以下 SFC とよぶ)において、接続図より分かる制御構造に対してペトリネットを用いた解析手法について研究を行ってきた¹⁾。

本稿では、SFC での制御命令実行タイミングを設定するアクションクオリファイアを活用することによって、SFC の接続図では判別困難な並列制御の解析手法について考察した結果を報告する。

2 シーケンス制御

シーケンス制御とは、「あらかじめ定められた順序または手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御」²⁾である。この順序および手続きは、代表的な制御である「繰返し制御」、「選択制御」、「並列制御」の組み合わせによって実現する。プログラミング言語は、これらの組み合わせを状態遷移として記述できる SFC が適している。

3 SFC

ステップからステップへの遷移条件（トランジション）と各ステップのアクションを記述することによって、システム全体のプロセスの流れを表現する言語である。

3. 1 図式表現

SFC の図式表現を図 1 に示す。プログラム開始直後に活性となるステップはイニシャルステップと呼ぶ。ステップに付随するアクションロックは、アクションクオリファイアである。

アイア（左）とアクション名（右）から構成される。

3. 2 シーケンス

ステップとトランジションの簡単な組み合わせは「シーケンス」と呼ばれ、本研究における解析対象となる。シーケンス制御の各制御構造に対応する。

3. 2. 1 シーケンスループ

「繰返し制御」に対応する。あるステップから元のステップへ戻ってくる経路を表す。

3. 2. 2 選択シーケンス

「選択制御」に対応する。分岐したトランジションが集束されるまでの経路を表す。ステップが活性になるのは、いずれか一つの経路となる。

3. 2. 3 並列シーケンス

「並列制御」に対応する。分岐したステップが集束されるまでの経路を表す。分岐している全てのステップが活性となる。

3. 3 アクションクオリファイア

ステップに付随したアクションの実行タイミングを設定するものである。各アクションクオリファイアの記号およびアクションの開始・停止タイミングを、表 1 に示す。

ここで、ステップの非活性時にもアクションが実行される可能性があるクオリファイアは、S, SD, SL, DS である。

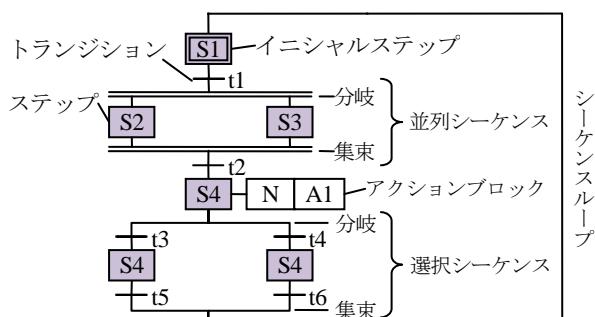


図 1 SFC の例

表1 SFCのアクションクオリファイア一覧

| 記号 | アクション開始 | アクション停止 |
|----|--------------------------------|-------------------------------|
| N | 本ステップの活性 | 本ステップの非活性 |
| R | 同一アクションで S のステップの活性 | 本ステップの活性 |
| S | 本ステップの活性 | 同一アクションで R のステップの活性 |
| L | 本ステップの活性 | 本ステップの非活性または指定時間経過 |
| D | 本ステップの活性より指定時間経過後（本ステップ活性であれば） | 本ステップの非活性 |
| P | 本ステップの活性 | 1回実行後 |
| SD | 本ステップの活性より指定時間経過後 | 同一アクションで R のステップの活性 |
| DS | 本ステップの活性より指定時間経過後（本ステップ活性であれば） | 同一アクションで R のステップの活性 |
| SL | 本ステップの活性 | 同一アクションで R のステップの活性または指定時間経過後 |

4 並列制御の構造解析

S, SD, SL, DS は、並列シーケンスでなくても、他のステップに付随するアクションと並列制御となる可能性がある。

同一アクションにおけるクオリファイア S, R による並列制御を解析するための並列シーケンスへの変換手法について、すでに提案している³⁾。本稿では、SD, SL, DS に関して同一の手法が適用可能かどうか検討を行った。

4. 1 クオリファイア SD, R による並列制御

SD の代わりに D を用いることで、実行タイミングを保持した「並列シーケンス」への変換が可能である。変換前後の SFC を図 2, 3 に示す。

4. 2 クオリファイア SL, R による並列制御

SL の代わりに L を用いることで、実行タイミングを保持した「並列シーケンス」への変換が可能である。変換前後の SFC を図 4, 5 に示す。

4. 3 クオリファイア DS, R による並列制御

実行タイミングを保持した「並列シーケンス」への変換は、適したクオリファイアが存在しないため困難である。

5 おわりに

IEC 61131-3 で定められたプログラミング言語の 1 つである SFC に対して、アクションクオリファイアを活用した際の解析手法について考察した。クオリファイア S, SD, SL および R で実現する並列制御に関しては、並列シーケンスへ変換することで、これまでに開発した解析手法を用いることによって、並列制御を抽出することが可能となるため、これらの並列シーケンスへの自動変換プログラムを開発した。クオリファイア DS に関しては「並列シーケン

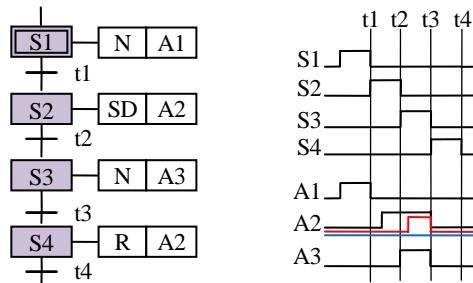


図2 クオリファイア SD, R による実行制御

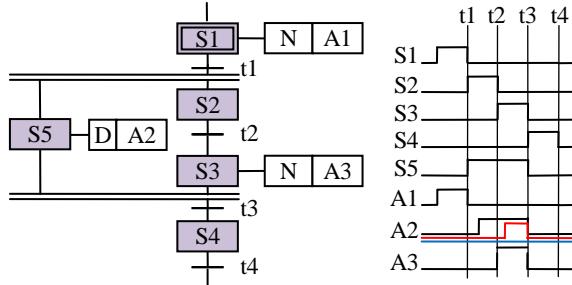


図3 図2の「並列シーケンス」への変換

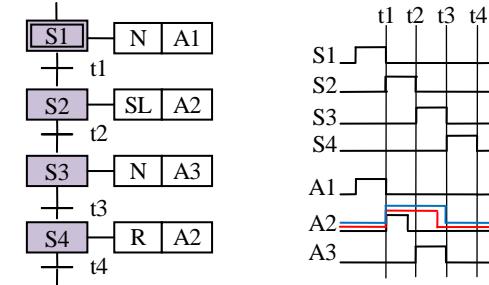


図4 クオリファイア SL, R による実行制御

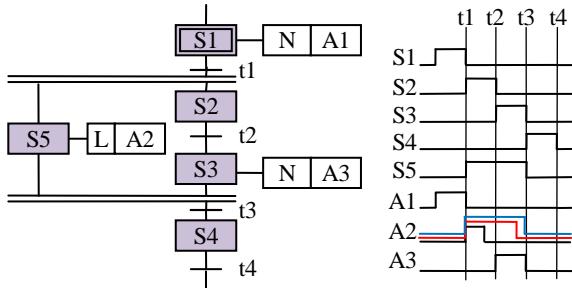


図5 図4の「並列シーケンス」への変換

ス」への変換は困難であるため、クオリファイア DS に対する解析手法の開発を今後の課題とする。

文献

- 奥田, 長尾, 水矢, 宮澤, 高橋 ; “シーケンス制御システムにおける制御構造のペトリネットによる解析に関する研究”, 平成 25 年 神奈川県ものづくり技術交流会 予稿, 3AM-C01 (2013) .
- JIS Z 8116 自動制御用語 - 一般 (1994) .
- 奥田, 長尾 ; “シーケンス制御プログラムにおける並列制御の構造解析に関する研究”, 平成 26 年 神奈川県ものづくり技術交流会 予稿, 1PM-C06 (2014) .