

シーケンス制御のモデル化に関する検討

機械制御技術部 生産システムチーム 水 矢 亨

シーケンス制御の分野でも、ソフトウェアの開発効率の向上は重要な課題である。しかし、国際規格 IEC 61131-3 の定めるプログラミング言語の機能だけでは、可読性や再利用性を確保することは難しい。そのため、システムの設計・仕様(モデル化)の情報を活用することが期待されている。本報告では、UML(統一モデリング言語)のシーケンス制御への適用について検討した。その結果、UML の一部のダイアグラムと OCL(オブジェクト制約言語)をシーケンス制御の表現に用いることができた。

キーワード：シーケンス制御, IEC61131-3, UML

1 はじめに

生産システムの制御系などにおいては、シーケンス制御が幅広く用いられており、その多くは PLC 上のソフトウェアとして実現されている。そのため、PLC 上で動作するソフトウェアの信頼性や開発効率の向上は重要な課題であり、可読性や再利用性の向上などによるソフトウェア資産の活用が求められている。シーケンス制御向けのプログラミング言語は、国際規格 IEC61131-3¹⁾によって標準化されているが、プログラムの可読性や保守性を確保するための機能は十分とはいえない。その部分を補うため、システムの設計・仕様(モデル化)に関する情報の活用が期待される。モデリング言語としては UML²⁾が普及しており、シーケンス制御の分野でも UML を活用できれば、その効果は大きいと考えられる。

本報告では、シーケンス制御システムのモデル化及び UML の適用性について、プログラムの構成要素と制御ロジックの表現の面から検討する。

2 シーケンス制御のプログラミング

IEC61131-3¹⁾では、シーケンス制御のプログラミング言語として、ST(構造化テキスト)などのテキスト言語と、LD(ラダー図)などのグラフィック言語を定めている。これらの言語間では共通のプログラミングモデルが採用されており、POU(プログラム構成単位)によるモジュール化が可能である。また、グラフィック言語では、図1の接点やコイルなどのように、POU とは別の言語要素(グラフィックシンボル)が定められており、それらの相互関係が結線によって表現される。

そのため、モデル化においては POU やグラフィックシンボルとモデル化された要素を対応づけて表現すること、および要素間の相互関係を表現することが必要である。

次に、制御ロジックについて考える。予め定められた手

順で制御を進めていくシーケンス制御では、次のような基本的な制御ロジックが知られている³⁾。

(運転信号) = NOT(停止信号)・NOT(運転禁止信号)
・ [(始動信号)・(始動許可信号)]
+(状態保持信号)・NOT(状態保持解除信号)]

これは、運転信号ONにより運転開始するための事前条件を記述しており、ラダー図で表現すると図1のようなになる。シーケンス制御システムのモデル化では、事前条件の記述できることが重要であることを示している。

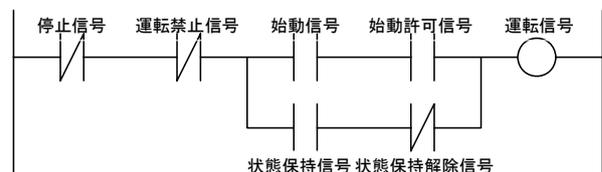


図1 シーケンス制御の基本的ロジックのLD表現

3 モデリング言語 UML

ソフトウェア開発の分野では、モデリング言語として、UML²⁾が普及してきている。UML では、システムの構成の表現にクラス図を用いるなど、複数のダイアグラム(図)を使って、システムの各種の側面(静的構造や振る舞いなど)について多面的に表現をすることができるようになっている。各オブジェクトの操作の事前/事後条件などの制約条件については、ダイアグラムによる表現ではなくオブジェクト制約言語(OCL)⁴⁾によって記述することができる。

UML は、オブジェクト指向開発において用いられることが多いが、個別のプログラミング言語には非依存であり、シーケンス制御の分野向けにも適用・拡張できると考えられる。なお、UML では、ステレオタイプやタグ付き値を定義することで拡張が可能である。

4 UMLによるシーケンス制御の表現

4.1 シーケンス制御のモデル化とUML

前述のように、シーケンス制御のモデル化においては、次のような部分を表現する必要がある。

- ・ 制御要素の表現
- ・ POU やグラフィックシンボルとの対応
- ・ 信号や制御のフロー
- ・ 事前条件および事後条件

これらは、次のような手順により UML で記述できる。

- 1)構成要素のクラス図を作る
(シンボルに対応したステレオタイプを指定)
- 2)コラボレーション図を作成する。
- 3)制約条件を OCL で記述する

すなわち、UML のダイアグラムや機能のうちで、クラス図、コラボレーション図、OCL およびステレオタイプによる拡張を利用すれば、シーケンス制御システムを記述することができる。

4.2 適用例

ここでは、次のような簡単なシステム(以後、ランプ点滅システムとする)を例題として考える。

- 1)スイッチを ON にする
- 2)5 秒後に緑/10 秒後には赤のランプが点灯する
- 3)タイマがリセットされる (ランプは消灯)
- 4)スイッチ OFF まで、2)~3)を繰り返す

このシステムの構成要素は、スイッチ、タイマ、ランプである。それらを表すクラス図は、図 2 のようになる。図 2 では、ステレオタイプを使ってグラフィック言語でのシンボルとの対応を表記している。Switch の<<contact>>は LD の接点に、Lamp の<<coil>>は LD のコイルに対応していることを表している。また、TON の<<fb>>は、POU の一種であるファンクションブロックであることを表している。

実際の制御のフローに相当する、要素間の相互作用は、コラボレーション図で表現される。各制御要素に対する制約条件は図 3 のように OCL で記述される。図 3 では、Lamp についての制約条件は省略している。

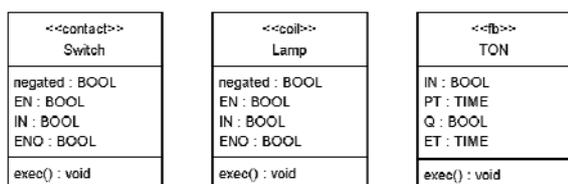


図 2 ランプ点滅システムのクラス図

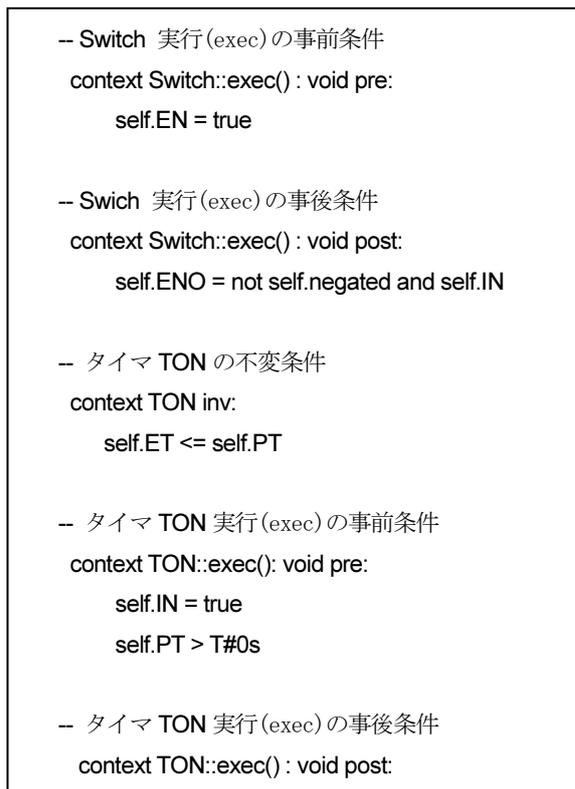


図 3 ランプ点滅システムにおける制約の記述

5 まとめ

シーケンス制御プログラム開発におけるモデリングおよび UML の適用について検討した。UML のクラス図とコラボレーション図および、ステレオタイプによる拡張機能と OCL を利用することで、モデル化が可能となることが分かった。UML によるモデル化をベースにすれば、今後は MDD(モデル駆動開発)などの技術をシーケンス制御でも適用できるようになることが期待される。

文献

- 1) International Electrotechnical Commission : IEC 61131-3 (Ed. 2.0); "Programmable controllers – Part 3: Programming languages" (2002).
- 2) Martin Fowler ; 「UML モデリングのエッセンス 第 3 版」, 永翔社 (2005) .
- 3) 関口 隆 他 ; 「シーケンス制御工学 -新しい理論と設計法」, 電気学会 (1992).
- 4) David S. Frankel ; 「MDA™ モデル駆動アーキテクチャ」, エスアイビー・アクセス (2003).