

## ラダープログラムのスキャンタイム推定手法の提案

阿部一裕<sup>†</sup> 安井照昌<sup>†</sup>三菱電機(株)先端技術総合研究所<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

FA 分野では装置を制御するコントローラとしてシーケンサ(Programmable Logic Controller)、プログラミング言語としてラダー言語が用いられることが多い。センサやスイッチ等の ON/OFF 入力に応じて、バルブやランプ等へ ON/OFF 出力するといった一連の動作をラダープログラムで記述し、シーケンサはラダープログラムを繰り返し実行する。1 回の一連の動作をスキャン、その実行時間をスキャンタイムと呼ぶ。シーケンサの性能向上や制御内容の多様化に伴いラダープログラムが大規模化・複雑化しスキャンタイムが増大した結果、装置の動作不良の原因となることもある。本稿ではシーケンサのスキャンタイムの最大実行時間をラダープログラムから静的に推定する手法を提案する。

## 2. ラダープログラムのスキャンタイム

装置は元来リレー用いた電気回路により制御されてきた。リレー回路は制御内容を変更するための手間が大きいため、リレー回路をソフトウェアで模擬するシーケンサ上のラダープログラムが使われるようになってきた。ラダープログラムはエンジニアリングツール上で編集できるため装置の制御内容を容易に変更することが可能である。

シーケンサでは X0, X1, X2, …, Y0, Y1, Y2, …等と記載される 1bit のメモリを持ち、これらをデバイスと呼ぶ。

ラダープログラムは当初は入力デバイスの論理和、論理積関係から出力デバイスの真偽値を決めるものだけであったが、シーケンサに算術演算、文字列操作等、従来のリレー回路では扱わなかった機能が求められるようになってきた。そのためシーケンサはこれら機能を実行する応用命令を持つようになった。

ラダープログラムの一例を図 1 に、図 1 のラダープログラムを IL: Instruction List(シーケン

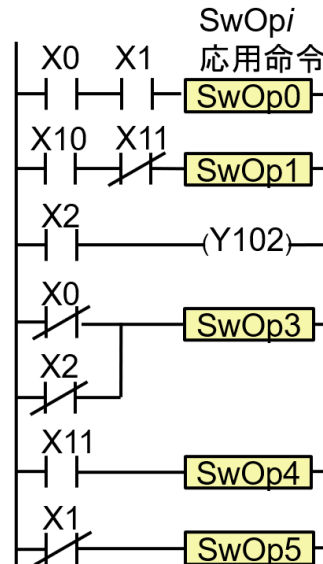


図 1: ラダープログラム

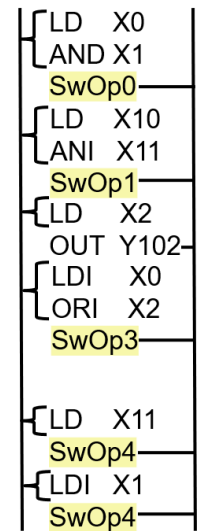


図 2: IL

サの機械語)にした例を図 2 に示す

図 1 にて左側には-||-記号で示される接点、右端には-( )-記号で表されるコイルや応用命令が配置される。接点、コイル、応用命令で連結されたグラフを回路ブロックと呼ぶ。1 番目の回路ブロックは X0 が真かつ X1 が真の時応用命令 SwOp0 を実行することを示す。4 番目の回路ブロックは X0 が偽または X2 が偽の時応用命令 SwOp3 を実行することを示す。接点/コイル命令は必ず実行されるが、応用命令は接点の論理積、論理和で示される実行条件が真のときのみ実行する。

図 1 のラダープログラムの場合、図 1 の 1~6 の順で回路ブロックを実行した後に、再度 1~6 の順で回路ブロックを実行することを繰り返す。

## 3. スキャンタイムの推定手法

シーケンサでは接点/コイル命令は毎スキャン必ず実行される。一方応用命令は接点のグラフで表される実行条件部が真のときのみ実行される。また接点/コイル命令の実行時間は応用命令の時間と比較し無視できるほどに短い。応用命令の実行時間は応用命令により異なる。よって回路ブロックの実行時間は回路ブロックで実際に実行される応用命令の実行時間の和で求められる。したがって回路ブロックの実行条件により排他的に実行される回路ブロックに対して実行時間

A Proposal of Estimation Method for Ladder Program Scan Time

<sup>†</sup>Kazuhiro Abe, Terumasa Yasui

<sup>‡</sup>Mitsubishi Electric Corporation Advanced Technology R&D Center

が長い方の回路ブロックの実行時間を積算することによりラダープログラムのスキャンタイムの最大実行時間を算出することができる。

プログラム内のデバイス間の依存関係を明らかにする技術としてスライシング技術[1]、[2]がある。図1のラダープログラムの中から应用命令を含む回路ブロックをスライシングし、デバイス間の依存関係がある回路ブロックにグループ分けし、各々の回路ブロックが実行される条件を示したものを図3に示す。

図1のラダープログラムのスキャンタイムの最大実行時間は、図3の依存関係のある回路ブロック群 $\alpha$ 、 $\beta$ の最大実行時間の和で求めることができる。

依存関係のある回路ブロック群 $\alpha$ を用いて最大実行時間を求める手順を以下に示す。

回路ブロック群 $\alpha$ に属する全ての回路ブロック(回路ブロック 1, 4, 6)の実行条件の積が真になる場合があるかどうかを SMT ソルバ[3]により判定する。解が無いので回路ブロック群 $\alpha$ に属する全回路ブロックが同時に実行する場合は無いと判断できる。

次に回路ブロック群 $\alpha$ から回路ブロックを1つ取り除いた回路ブロックの集合に対して、各々に含まれる回路ブロックの実行条件の積が真となる場合があるかを判定する。この場合回路ブロック 1, 4 を含む場合(実行時間  $T_{SwOp0}+T_{SwOp3}$ )と、回路ブロック 4, 6 を含む場合(実行時間  $T_{SwOp5}+T_{SwOp3}$ )に実行条件の積に解があると判定できる。 $T_{SwOp0}+T_{SwOp3}$  と  $T_{SwOp5}+T_{SwOp3}$  を比較し値が大きい方を暫定的な最大実行時間  $T_{MAX}$  とする。

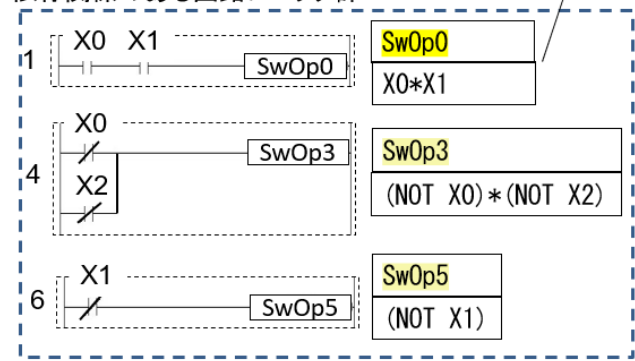
回路ブロックを1個取り除いた段階で実行条件の積が真となる解が無かった回路ブロックの集合については、それらに含まれる应用命令の実行時間の和が  $T_{MAX}$  より小さい場合、それ以上回路ブロックを取り除き実行条件の積が真となる回路ブロックの集合が得られても、その実行時間は  $T_{MAX}$  よりも大きくなることはないため、それ以上回路ブロックの集合から回路ブロックを取り除き判定する操作をおこなわない。実行時間の和が  $T_{MAX}$  より大きい場合、さらに1個回路ブロックを取り除き判定する操作を繰り返す。

上記操作を繰り返すことにより回路ブロック群 $\alpha$ の最大実行時間を求めることができる。

#### 4. おわりに

今後本手法により求めたスキャンタイムの最大実行時間と、シーケンサ上で実行した時のスキャンタイムを比較し、本手法の有効性を検証していく予定である。

SW命令とその実行条件  
依存関係のある回路ブロック群 $\alpha$



依存関係のある回路ブロック群 $\beta$

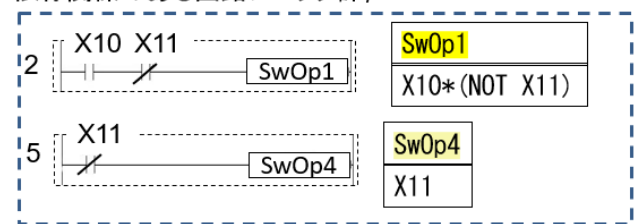


図3:ラダープログラムのスライシング結果

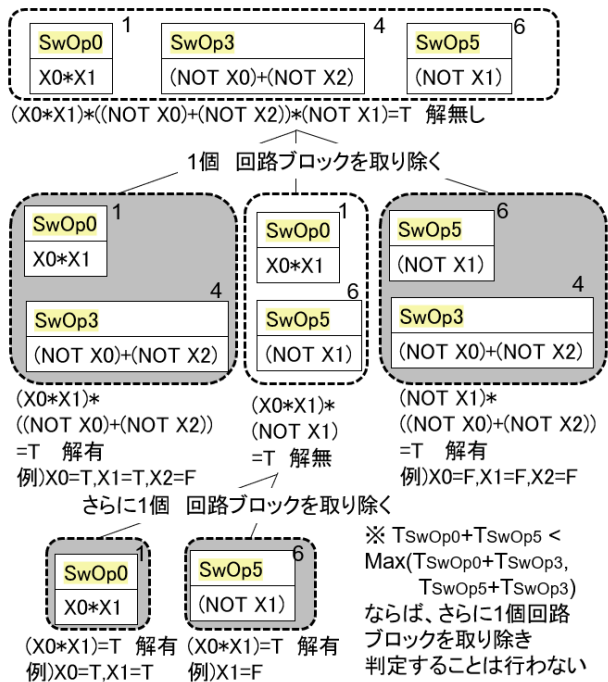


図4:スキャンタイムの最大値の取得方法

#### 【参考文献】

- [1] 下村隆夫：プログラムスライシング技術と応用，共立出版(1995)。
- [2] 仲井勘，野田哲男；依存関係抽出に基づくシーケンス制御プログラム解析，計測自動制御学会論文集，Vol150，No. 1(2014)。
- [3] 梅村晃光：SAT ソルバ・SMT ソルバの技術と応用，コンピュータソフトウェア Vol. 27，No. 3(2010)。