

令和元年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	小 嶋 美 咲
卒業研究題目	排他制御を含むプログラムから論理制約付き項書換え系への変換	
<p>近年、プログラムの等価性検証に関数型や命令型プログラミング言語の計算モデルである論理制約付き項書換え系 (LCTRS) を用いる研究が盛んになっている。ここでの等価性とは、同じ入力に対して同じ出力を返す、もしくは実行後の状態が同じになることを意味する。先行研究では逐次実行されるプログラムのみを検証の対象としている。</p> <p>本研究では、並行実行されるプログラムから LCTRS への変換を目標とする。逐次実行されるプログラムを対象とする先行研究の変換を並行実行されるプログラムに応用するには、逐次実行の際には扱われない処理を変換する必要がある。その一つに排他制御がある。そこで本研究報告ではセマフォによる排他制御を含むプログラムを対象とし、その変換を試みる。本報告で対象とするプログラムはプロセスの個数が固定されていると仮定する。</p> <p>以下の三つの方針に基づいて LCTRS に変換する：(1) アトミックな実行を一つの規則で表現する、(2) 各規則は一つのプロセスの動きのみを表現する、(3) リスト構造などの再帰データ構造を利用しない。</p> <p>従来の逐次実行ではプログラム全体の環境を表す関数記号を導入し、その引数に一つの関数のインスタンスや大域変数の値などを保持していた。並行実行するプログラムの LCTRS での表現でも環境を表す関数記号を用いる。各プロセスが実行する関数のインスタンスを保持するように引数を増やし、複数のプロセス全てについて実行中の関数と大域変数の状態を表す。</p> <p>セマフォによる排他制御のモデル化では、まずプロセスの数が二つである典型的な場合限定して変換を考える。プログラム全体の環境を表す関数記号に、二つのプロセスを表す関数とセマフォの値を引数として渡す。プロセスを表す関数には、プロセスの状態を表す値を引数として渡す。排他制御を実行する際に、プロセスの状態を表す値とセマフォの値を参照し、値に応じた処理を実行する。</p> <p>対象のプログラムが正しく排他制御を行えているかを検証するため、項書換え系の到達可能性を検証するツール Timbuk を用いて、初期状態を表す項から排他制御ができていない状態を表す項に到達可能であるかを検証する。到達可能であれば排他制御に失敗する可能性がある。上述の方針に基づいて変換した例のうち、排他制御に失敗する例でそれを発見できたことを報告する。</p> <p>プロセスの数が二つの場合から三つ以上の場合に一般化して考えると、いくつかの問題点がある。まず、セマフォの値を操作する際に複数のプロセスの状態を参照する必要があるため、プロセスの数が増えると組み合わせによって規則の数が爆発的に増えてしまう。また、セマフォに対する待機列を表現するにはすべてのプロセスの状態を参照する規則が、各プロセスの状態の組み合わせ数分必要となる。</p> <p>これらの問題を解決するために、プロセスが三つ以上ある場合は番号札に相当する値を用いてセマフォに対する待機列を管理する。各プロセスは待機する必要がある際に番号札を取得し、自分が持っている番号が呼び出される (セマフォの取得が許された番号を保持するカウンタの値と一致する) まで待機する。この方法によって他のプロセスの状態を参照する必要がないため、各規則は一つのプロセスのみの動作を表現する。また、番号を与えることでリストを使わずに待機列の順番を表現することが可能になる。</p>		