

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	加 藤 拓 洋
卒業研究題目	while プログラムの LLVM 中間コードから 論理制約付き項書換え系への変換法	
<p>近年、項書換え系への変換による手続き型プログラムの検証の研究において、論理制約付き項書換え系 (LCTRS) がプログラムの計算モデルとして注目されている。LCTRS は書換え規則に論理制約を付随させることで項書換え系を拡張したものであり、論理制約が真となるときにその書換え規則を適用して項の書換えを行うことで計算を表現する計算モデルである。LCTRS はプログラムの実行中の状態を表現する項の遷移と制御文の条件式を分離して表現できるため、手続き型言語の計算モデルとして有用性が示されており、車載組込みシステムの検証や並列実行されるプログラムをモデル化することに応用されることが期待されている。</p> <p>手続き型プログラムから LCTRS への変換の先行研究では、C 言語プログラムを対象としている。この方法を他の手続き型プログラミング言語に適用するには言語と構成する要素の特徴に合わせて変換法を移植しなければならない。また、C 言語の意味論はコンパイラ依存の部分もあるため、LCTRS への変換は特定の意味論の下で形式化・実装される。そのため、形式化・正しさの証明・実装を意味論ごとに行う必要がある。</p> <p>本研究では LLVM 中間コードから LCTRS への変換法を提案する。LLVM は言語非依存の独自の中間コードを規定したコンパイラ基盤である。LLVM の特徴として、ユーザが特定の言語に対するフロントエンドや中間コード生成部を実装することで、様々な言語に対応したコンパイラを開発することができる点が挙げられる。LLVM 中間コードから LCTRS への変換を実現することで LCTRS へ変換できるプログラミング言語の種類を増やすことを目指す。</p> <p>変換の対象とする LLVM 中間コードは、制御構造が while 文と if 文、データ型が int 型に制限された while プログラムから変換されたコードとする。LLVM 中間コードの命令の多くはアセンブリに似た 3 番地コードで表現されるため 1 つの命令ごとに LCTRS の規則を生成する。よって LCTRS の規則の関数名に変換元の命令の行番号を付加することで元の LLVM 中間コードと LCTRS の対応関係を分かりやすくした。また、LLVM 中間コードでは静的単一代入形式であることから、どのブロックから遷移してきたかにより動作を変える ϕ 命令がある。分岐元のブロック情報の取得はブロックの終端命令が実行され他のブロックに遷移する際に分岐元のラベルを関数の引数に保持させ、ϕ 命令に対応する書換え規則の生成では保持しているラベルで場合分けするように書換え規則を生成することによって実現する。</p> <p>提案した手法の実装では分岐命令を LCTRS に変換するときに、ラベル名がどのブロックを指しているのかをあらかじめ把握しておく必要がある。そこで、1 度 LLVM 中間コードからラベル名、レジスタ名などの LCTRS の規則生成のために必要な情報をリストとして内部に保持する。その後それらを参照しながら LCTRS の書換え規則を生成するように設計した。</p>		