

平成24年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	片岡 巧
卒業研究題目	手続き型プログラムから制約付き項書換え系への停止性保存変換に関する研究	
<p>近年、手続き型プログラムの検証法の一つとして、手続き型プログラムをそれと等価な制約付き項書換え系に変換し、書換え帰納法を利用して関数が仕様として定義された関数と等価であることを検証する手法が研究されている。この手法では手続き型プログラムから変換された制約付き項書換え系の関数と、仕様として与えられた制約付き項書換え系の関数との等価性を書換え帰納法を利用して検証する。</p> <p>書換え帰納法を用いた証明を行うためには、対象となる制約付き項書換え系が停止性を持っていることが条件であるが、既存の変換では停止性を持つ手続き型プログラムが停止性を持つ制約付き項書換え系に変換されるとは限らない。つまり、手続き型プログラムからの変換において停止性が保存されない場合、書換え帰納法を用いた検証を行うことができない。また、既存の変換が変換対象とする手続き型プログラムは、基本的な while プログラムであるため、break 文などのジャンプ命令を記述できる実用プログラムに対応していない。さらに、変数は宣言時に初期化されている必要がある。初期化を伴わない変数宣言は for 文のループカウンタ変数を定義する際など、よく用いられる記法の一つであるため、この制限は実用プログラムに対応できない原因となる。</p> <p>本研究では、既存の手続き型プログラムから制約付き項書換え系への変換を、停止性を保存するように改良することを目指す。停止性を保存することで書換え帰納法を用いた検証が可能なプログラムのクラスを大きくし、それによってより多くの手続き型プログラムでの等価性の検証が行えるようになる。また、制約付き項書換え系が停止性を持つことにより、書換え規則に対する既存の単純化手法を利用でき、単純化の適用により書換え帰納法の高速度化を期待できる。</p> <p>具体的にはまず、while 文から変換される制約付き項書換え系の制約部に、ループ不変式を加えられるようにする。ループ不変式の性質上、改良前の変換と同じ意味つ制約付き項書換え系へと変換される。ループ不変式をループ条件に追加することで、そのループに対応する書換え規則の適用条件を強め、手続き型プログラムの計算に対応しない書換えをなるべく許さないようにする。ループ不変式の発見法についてはこれまでに多くの研究成果が知られているので、それらを実現したツールを利用することで、追加するループ不変式を得る。この改良により、停止性が保存される手続き型プログラムがある。</p> <p>次に、break 文に対応するために、変換対象の手続き型プログラムの構文を goto 文に対応するように拡張する。これは、break 文などは goto 文の糖衣構文として表現できるためである。また、初期化を伴わない変数宣言も許すように拡張する。これらの拡張を行った手続き型プログラムの構文と意味論を再定義し、拡張した構文上のプログラムを変換できるよう変換アルゴリズムを改良する。</p> <p>最後に、拡張された変換アルゴリズムと停止性証明器を用いて実験を行い、拡張された変換が停止性をより多く保存しているかを評価する。既存の変換と本研究の変換のそれぞれで同一の手続き型プログラムの変換を行い、得られた制約付き項書換え系を停止性証明器を用いて停止性の検証し、本研究の変換ではより多くのプログラムの停止性が保存されていることを確認する。また、手続き型プログラムの構造や命令数を指標として、変換された制約付き項書換え系を用いて停止性証明器の性能の評価を行い、構造や命令数は実行時間に影響を与えることを確認する。また、実行時間は書換え規則の単純化により改良できる例があることも明らかにする。</p>		