

平成26年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

坂部 研究室	氏 名	鈴木涼介
卒業研究題目	DPLL型モデル計数ソルバ sharpSAT の投射モデル計数への拡張	
<p>命題論理式を充足する真理値割り当て（モデル）の数を求めることをモデル計数という。通常モデル計数は、命題論理式に現れる変数のうち1つでもその変数への真理値割り当てが異なるようなモデルは別のモデルとして数える。一方、命題論理式を充足する真理値割り当てを特定の変数集合に制限した割り当ての数を求めることを投射モデル計数という。すなわち、命題論理式のモデルを、特定の変数集合への割り当ての違いのみに注目して数えることである。投射モデル計数の応用例としてプログラムの量的情報流解析が挙げられる。量的情報流解析においては、エントロピーなどの尺度でプログラムの入力から出力への程度の情報が流れるのかを解析する。その手法の1つとして、プログラムの入出力関係を表す CNF 式を生成し、プログラムの入力あるいは出力に対応する命題変数に関する投射モデル計数の結果を利用して解析を行う方法が提案されている。</p> <p>既存の投射モデル計数ソルバとして sharpCDCL や sharp-p-SAT が知られている。sharp CDCL は SAT ソルバ miniSAT をベースとし、モデルを1つ見つけるとそのモデルの指定変数部分の否定を表す節を追加して次のモデルを探すことで計数を行う。そのため、モデル数が少ない問題は高速で解くことができるが、モデル数が多い問題では実行時間は長くなり、モデル数が 10^7 程度になると現実的な時間で解くことができなくなる。sharp-p-SAT はモデル数が多い場合でも高速で計数可能な DPLL 型モデル計数ソルバ sharpSAT を拡張したものであるが、出力は投射モデル数の上界であり、問題によっては正確なモデル数と大きな誤差が生じる。</p> <p>本研究の目的は、モデル数が多い論理式の投射モデル数を高速で正確に求めることができるソルバの実現である。そのためまず、DPLL 型モデル計数アルゴリズムを投射モデル数が正確に求められるようにする拡張を行った。具体的には、指定された変数集合の変数への真理値割り当てを優先して行い、それ以外の変数のみが残った場合には充足する真理値割り当てを1つ見つけた時点で探索を終了し、指定変数の決定段階までバックトラックして計数を続ける。</p> <p>次に sharpSAT のモデル計数アルゴリズムを拡張したアルゴリズムに置き換えることで投射モデル計数に対応する拡張を行った。そして、ベンチマークとして sharpSAT のベンチマークに使われた SATLIB の問題 27 問にそれぞれ異なる 4 つのサイズの変数集合を 3 種類指定した問題 324 問と sharpCDCL のベンチマーク 8 問の計 332 問を用意した。性能の評価として、sharpCDCL と sharp-p-SAT、本研究で拡張したソルバの実行時間の比較を行った。結果は拡張したソルバが解けた 215 問中 sharpCDCL より速く解けた問題数は 142 問となり、sharpCDCL より高速で解けた問題数は多かった。また、正確に投射モデル数を求めることができた問題数は sharp-p-SAT が 111 問であるのに対して拡張したソルバは 215 問と、拡張したソルバの方が多かった。また、拡張したソルバでは、処理の途中でモデルの数ではなく充足可能かどうかのみを調べる部分がある。そのため、その部分については、モデル計数ソルバではなく SAT ソルバで高速化に有効とされる変数ヒューリスティクス VSIDS や firstUIP を用いた節学習を利用したり、逆に SAT ソルバではあまり利用されない手法である IBCP や成分キャッシングを使わないように変更したりした場合とで、実行時間の比較を行った。しかし、今回のベンチマークにおいては実行時間に大きな改善はみられなかった。</p>		