

平成 27 年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	久 保 田 直 子
卒業研究題目	成分分割を用いた投射モデル計数ソルバの閾値に対するモデル数の大小判定への拡張	
<p>命題論理式を充足する変数への真理値割り当て (モデル) の数を求めることをモデル計数といい、特に特定の変数集合への割り当ての違いのみを区別してモデルを数えることを投射モデル計数という。データベースの推論攻撃に対する安全性検証やプログラムの量的情報流解析などにおいて投射モデル計数を利用する手法が考えられている。そのような応用では、モデルの総数を求めるのではなく、モデル数が与えられた閾値より大きいかどうかのみを高速に判定したい場合がある。</p> <p>既存のいくつかの投射モデル計数ソルバでは閾値に対するモデル数の大小判定が容易に可能となっている。sharpCDCL や sharpClasp というソルバは、いずれも充足可能性判定ソルバを繰り返し実行することで計数を行う。数えあげたモデルの数は時間と共に単調に増加するため、途中でその数が閾値に到達すれば閾値以上の数のモデルが存在すると判定し、閾値に到達する前に計数処理が終了すれば閾値より小さいと判定できる。一方、我々のグループでは、成分分割を用いた投射モデル計数ソルバである sharpSATproj を開発している。このソルバでは、CNF 式を変数集合が重ならない節の部分集合 (成分) の族に分割し、それぞれの成分について再帰的に計数処理を行う。分割して得られた成分の計数結果の積が分割前の成分の計数結果となる。sharpSATproj は、他の 2 つのソルバと比べて、投射モデル数が大きい式の計数を得意としている。しかし、このソルバを用いて閾値に対する大小判定を行う場合、モデル数が 0 である成分が存在する可能性があるため、ある成分の計数結果が一時的に閾値を超えていても入力式全体の投射モデル数が閾値を超えているとは限らない。このため、現状では常に、入力式の投射モデルの総数を求めた後にそれと閾値との比較を行わなければならない。</p> <p>本研究では、効率的に閾値に対する大小判定を行えるように sharpSATproj を拡張する。sharpSATproj では、閾値が投射モデル数よりもずっと小さい場合に、必要以上にモデルを計数している成分が存在していると考えられる。そこで、各成分に計数するモデル数の上限を設定できるようにし、その上限を超えることが確定した時点でその成分ではそれ以上の計数を行わないようにする。入力式全体の計数上限には与えられた閾値を設定し、各成分の計数上限には基本的に、その成分の分割元である成分 C の上限数を、C の子成分のうち計数が終了したものの結果の積で割った数を設定するようにする。</p> <p>以上の処理を sharpSATproj に実装し性能の評価を行った。まず、sharpSATproj と拡張したソルバの比較を行った。閾値は 10^3 から 10^7 まで一桁ずつ増やした値とし、計 5 パターンの場合について行った。sharpSATproj については全モデル数を求める時間の計測を行った。sharpSATproj で 10 分以内に解けた問題数は全 602 問中 322 問であったが、拡張を行ったソルバでは閾値を 10^3 に設定した時には 559 問、10^7 に設定した時でも 512 問が判定可能であった。今回の拡張により、閾値に対する大小関係を判定できる問題が増加することを確認できた。次に、拡張したソルバと異なる 2 つのソルバ sharpCDCL と sharpClasp を比較した。閾値が 10^3 の時は、sharpCDCL の方が拡張したソルバよりも速く判定できている問題が多かった。一方、拡張ソルバでしか 10 分以内に判定できなかった問題が 15 問存在した。閾値が大きくなるにつれてそのような問題の数は増加し、閾値が 10^7 のときには 242 問であった。sharpClasp についても同様で、拡張ソルバでしか判定できなかった問題数は閾値が 10^3 のときには 15 問、閾値が 10^7 のときには 143 問存在した。以上の結果より、特に閾値が大きいとき、本研究で拡張したソルバが有効であると考えられる。</p>		