

平成30年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	磯 貝 孝 明
卒業研究題目	命題論理式の全ての投射モデルを表現する BDDの構成法	
<p>命題論理式 F と変数集合 S について、F を充足する真理値割り当てを S に制限したものを F の S に関する投射モデルという。これまでに、与えられた F と S に対して投射モデルの総数を求める投射モデル計数手法が開発され、プログラムの量的情報流解析などに利用されている。一方で、投射変数集合を変数全体とみなした従来のモデル計数やモデル列挙の手法として、論理式からそれを表現する BDD に変換する手法が知られている。この手法は BDD コンパイルとも呼ばれる。BDD の構築ができると、それに対してモデルの計数や列挙などの処理を高速に行うことができる。そのため、BDD を構築する手法はモデルの全体集合の計算だけでなく、条件を追加して部分集合の計算を繰り返し行う場合に有用である。しかし、既存の BDD への変換ツールは投射モデルを考慮していない。本研究では、命題論理式と変数集合を入力として、投射モデルの全体集合を表現する BDD を出力するツールの実装を行う。</p> <p>全ての投射モデルを表現する BDD を構築する単純な方法として、既存の BDD への変換ツールを用いて論理式全体を表現する BDD を構築した後に、投射変数以外の変数を存在量化した上で除去する操作（存在抽象化とよぶ）を BDD 上で行う方法が考えられる。しかし、この方法では投射変数を考慮せずに一旦論理式全体を表現する BDD を構築してしまうため、一時的に使用されるメモリ量が最終的に求めたい全ての投射モデルを表現する BDD のサイズと比べて冗長に大きくなる可能性がある。特に、投射変数の数が全変数の数と比較して少ない場合に非効率であると考えられる。そこで、本研究では BDD を構築する段階で投射変数以外の変数に対応するノードを最初から作らないようにする。この手法では、決定変数を選択する際に投射変数のみを選び、全ての投射変数に値が割り当てられた時点で SAT 判定を行うことで投射モデルを探索する。この探索結果に応じて目的の BDD を構築していく。</p> <p>提案した手法を実装したツール pc2bdd について、既存の BDD 構築ツール cnf2obdd と BDD のライブラリである CUDD の存在抽象化を行う関数を組み合わせて実装したツール cnf2obdd+abst との性能比較を行った。評価実験はタイムアウトを 3600 秒に設定し、メモリ使用量の上限を 30GB として、571 問のベンチマーク問題を利用した。タイムアウト前にコンパイルができた問題数は、pc2bdd が 371 問、cnf2obdd+abst が 335 問であった。また、どちらかの実行時間が 1 秒以上の問題については常に pc2bdd の実行時間が短かった。加えて、両方のツールでコンパイルできる 335 問について実行時間の和を比較すると、pc2bdd は cnf2obdd+abst と比べて約 1.7 倍速かった。それぞれのツールで解けなかった問題の大半は 30GB のメモリ上限を超えてしまったものであり、タイムアウトにより解けなかった問題はわずかであった。上の 335 問についてメモリ使用量を比較すると、ほぼ全ての問題で pc2bdd の方が最大メモリ使用量は少なかった。全変数に対して投射変数の割合が小さい問題の中には、最大メモリ使用量が約 40 分の 1 になるものもあった。</p>		