

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	永 塚 尚 紀
卒業研究題目	項書換え系における多項式解釈法のための SAT/SMT 符号化に関する研究	
<p>項書換え系 (Term Rewriting System : TRS) とは、項の書換えを繰り返すことにより計算を表現する関数型言語の計算モデルの一つであり、定理自動証明などに利用されている。TRS の重要な性質の一つとして停止性がある。TRS が停止性を持つということは、その TRS において無限に続く書換え列が存在しないことを示している。</p> <p>TRS の停止性を証明する手法の一つとして、依存対法と多項式解釈法を組み合わせたものがある。これに基づいた停止性の自動証明のための手法が Fuhs らによって提案された。この手法では、まず、入力として与えられた TRS から、停止性を証明するために満たすべき、未知数を含んだ制約式であるディオファントス制約を求める。その後、そのディオファントス制約を変換して得られる連言標準形 (Conjunctive Normal Form : CNF) の命題論理式について、CNF の命題論理式の充足可能性を判定するツールである SAT ソルバを用いて充足可能性を判定している。判定した結果が充足可能である場合、多項式解釈法を用いた依存対法によって、入力として与えた TRS の停止性を証明することができる。一方で、近年 SMT ソルバと呼ばれる様々な形式の制約式や論理式の充足可能性判定ツールが開発されている。</p> <p>そこで本研究では、SMT ソルバを用いることで、CNF の命題論理式に変換することなく、ディオファントス制約を満たす解の存在について判定できるか、ということを実験的に検証する。なお、ディオファントス制約を満たす解が存在するとは、ディオファントス制約全体を真にするような割当が存在することに等しく、多項式解釈法を用いた依存対法によって、入力として与えた TRS の停止性を証明できることを表す。また、判定できる場合には、証明能力や証明効率の点において、SAT ソルバを用いた実装との比較も行う。</p> <p>Fuhs らがこの手法を提案した当時は、ディオファントス制約の中に出現する非線形な制約式に対して、SMT ソルバが対応しておらず、SMT ソルバを用いてディオファントス制約を満たす解が存在するかを判定するのは不可能であった。しかし、現在では非線形な制約式に対応した SMT ソルバも存在しており、ディオファントス制約を直接判定することが出来れば、高性能な SMT ソルバを用いることで、証明の効率が上がる可能性がある。しかし、SMT ソルバは非線形な制約式に完全に対応しているわけではないので、SAT ソルバを用いた実装では判定できたものが判定できなくなる場合も考えられる。そこで、SAT ソルバと SMT ソルバを用いる場合についてそれぞれ実装し、動作実験を行った。</p> <p>実験の結果、SMT ソルバを用いてディオファントス制約を満たす解の存在を判定できることが分かった。また、本実験で用いた複数の TRS については、SAT ソルバを用いた実装と SMT ソルバを用いた実装の両者において同一の判定結果が得られ、かつ、SMT ソルバを用いた場合の方が判定結果を得るまでの時間も短縮できた。そのため、一般の場合にも、証明能力は同等で、証明効率は SMT ソルバを用いた実装のほうが上のように予想される。</p> <p>今後の課題としては、証明能力と証明効率の両面から SMT ソルバを用いた実装と SAT ソルバを用いた実装とで十分な量の比較実験を行うこと、既存研究である GPW 法による CNF の命題論理式への変換の実装、高階の書換え系への対応などが挙げられる。</p>		