

## 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	對 馬 溪 人
卒業研究題目	SAT型制約ソルバを利用した線形制約の整数解導出法について	
<p>プログラムの検証手法の一つとして、西田らにより制約付き項書換え系の定理自動証明を利用した検証法が研究されている。その検証法では、証明の際に整数に関する制約の充足可能性を何度も判定する必要がある、その判定には、指定された理論の下で論理式の充足可能性を判定するツールである SMT ソルバが用いられている。またこの検証法では、推論規則の適用を自動化するために、充足可能な際に整数解を導出できることが望ましい。そこで、伏見らの研究によって、制約充足可能性を判定し、かつ充足可能な際に整数解を導出する SMT ソルバが開発された。有理数上の線形制約式の有理数解を求める手法である単体法と適切な制約を追加することで得られた有理数解を解領域から除外する切除平面法の一つであるゴモリーカットを逐次合成することで実装している。この SMT ソルバと、現在幅広く使われている、Z3, Yices, CVC3 と制約付き項書き換え系の定理自動証明系との実験に用いた例題については、比較実験によると、伏見らの研究によって開発されたソルバは、Z3, Yices, CVC3 では判定できない論理式のすべての判定に成功した。また、充足可能な際には整数解を導出できるという点でも優れていた。しかし、伏見らの研究で開発されたソルバは、他の SMT ソルバに比べて論理式の判定には約2倍の時間がかかっていた。</p> <p>そこで本研究は、伏見らの研究で開発されたソルバの高速化を目指す。本研究では、単体法を用いて有理数解を求めてから、伏見らの研究で開発したソルバとは異なる方法で充足可能性を判定し、整数解を導出する。</p> <p>実装のアイデアは、与えられた論理式の制約充足可能性の判定の際に線形制約の有理数解が得られたとき、もし制約充足を満たす整数解が存在するならばその有理数解に近い値で整数解が存在するのではないかというアイデアである。そのために、単体法適用後、SAT型制約ソルバ sugar を利用することでソルバを実装する。SAT型制約ソルバ sugar は、入力として与えられた整数の有限領域上の制約充足問題 (CSP) を命題論理の充足可能性を判定する問題 (SAT) に符号化し、その後、外部 SAT ソルバを用いて SAT の解を求め、それを元の CSP の解に変換する SAT 型システムである。本研究のソルバではまず、伏見らのソルバを部分的に利用することで、入力論理式に単体法を適用し有理数解を導出する。その後、新たに作成したプログラムにより、有理数解をもとに入力論理式中の変数の整数範囲を決定し、入力論理式に変数の整数範囲に関する制約を追加した新たな論理式を生成する。最後に、生成した論理式を SAT 型制約ソルバ sugar に入力することで整数解を導出する。</p> <p>最後に、実装したソルバと、伏見らの研究で開発されたソルバを用いて比較実験を行った。実験には、SMT-COMP2015 で提供される、整数上の線形制約式のクラスである QFLIA のベンチマークの中で、充足可能で整数解をもつ問題を用いた。比較実験により実装したソルバを、判定できる論理式の数と判定にかかる実行時間の観点から有効性を検証した。その結果、実装したソルバは、伏見らの研究で開発されたソルバが判定することができた全ての論理式の判定に成功し、さらに多くの論理式の判定に成功した。しかし、論理式の判定にかかる実行時間の点については、あまり改善されなかった。これは、実装したソルバが単体法のアルゴリズム適用に関する実装については、伏見らの研究の実装を用いたため、2つのソルバに実行時間の差がみられなかったものと考えた。今後の課題として、実行速度の向上が挙げられる。そのために、実装の効率化を行う必要がある。</p>		