

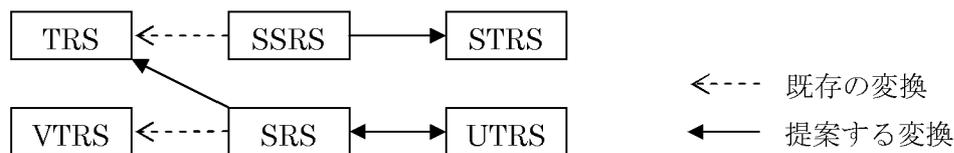
## 平成 17 年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	山 田 晃 久
卒業研究題目	高階書換え系の変換による停止性証明法に関する研究	

項書換え系 (Term Rewriting System; TRS) とは、項の書換えの繰り返しにより計算を記述する計算モデルであり、関数型プログラムの停止性検証や定理自動証明などに利用されている。TRS に関する研究は多く、AProVE, Tyrolean Termination Tool, CiME など、検証ツールも充実している。

項書換え系は関数型プログラミングと親和性が高いが、関数型プログラミング言語に一般的に備わっている高階関数を直接表現することができない。そこで、高階関数を扱うために項書換え系を拡張した様々な高階書換え系の枠組みが提案、研究されている。それらは型無し項書換え系 (Untyped TRS; UTRS), 単純型項書換え系 (Simply-typed TRS; STRS), S 式書換え系 (S-expression Rewriting System; SRS), 単純型 S 式書換え系 (Simply-typed SRS; SSRS) などであり、それぞれ研究されている。例えば Aoto, Yamada らは SSRS を TRS に変換して停止性証明を行う方法を示している。また Toyama は、アリティ可変の項書換え系 (Variadic TRS; VTRS) において辞書式経路順序による停止性証明法を示し、さらに SRS を VTRS の特殊形としてとして定式化することでその停止性を証明する方法を提案している。特に STRS では、Kusakari, Sakai らにより強計算依存対に基づく効率のよい停止性証明法 (Strong Computability Dependency Pair Method; SCDP 法) が提案されている。

本研究では様々な書換え系間の変換を提案する。そしてそれらの変換を用いて、各種高階書換え系の停止性を、変換後の書換え系の停止性に帰着させて検証する。これによって既存の手法では困難であった書換え系の停止性を、別の枠組みで提案された手法を用いて検証することができるようになる。下図に本研究で提案した変換を示す。



まず、SRS を TRS に変換する方法を提案し、SRS の停止性証明を変換後の TRS の停止性証明に帰着させる。ただしこの方法では、入力となる SRS に若干の制限が加えられる。しかしこの制限は通常のプログラムを表記する際に問題となるほどのものではない。この方法により、既存の方法では自動証明が困難だったいくつかの SRS の停止性が、TRS 上の辞書式経路順序によって証明することに成功する。

次に、UTRS を SRS に変換する方法を提案し、UTRS の停止性を、SRS、TRS の順に変換することで停止性証明を行うという方法を提案する。しかし変換後に得られる TRS の停止性は証明困難な場合が多いことがわかる。これは型無し項がアリティ一定でないことによるものである。最新の証明法を用いた場合の効果に関しては今後の課題としたい。

最後に、SSRS から STRS への変換を提案し、この変換を用いて SCDP 法を SSRS 上に導入する。証明に必要な依存対などの概念を、変換後のそれと一致するよう定義することで STRS における結果をそのまま利用することができるようになる。