

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	磯 谷 泰 巨
卒 業 研 究 題 目	強計算依存対法による高階書換え系の停止性証明	

項書換え系 (Term Rewriting Systems, TRS) は, 項の書き換えの繰り返しにより計算を表現する計算モデルであり, 関数型言語の計算モデルや定理自動証明, 代数的仕様記述などに利用されている. 一方, TRS は関数プログラムで広く利用される高階関数を取り扱うことができない. そこで, 高階項の書き換えにより計算を表現する単純型項書換え系 (Simply-Typed Rewriting Systems, STRS) や, 高階関数の表現に適した λ 計算を TRS に融合した高階書換え系 (High-Order Rewrite Systems, HRS) が提案され, 研究が盛んに行われている.

HRS の性質の一つに停止性がある. 停止性とは, 計算がその過程によらず必ず停止して値を返すことを意味する. これはプログラムが暴走しないことに相当する, 非常に重要な性質である. しかし, HRS の停止性は決定不可能であるため, 停止性を保証する十分条件が研究されている. 近年, TRS において依存対法と呼ばれる停止性自動証明法が提案された. 依存対法とは, 関数呼び出しの依存関係から再帰構造を解析し, 停止性を証明する手法である. この手法は STRS および HRS 上にも拡張されている.

HRS における依存対法で問題となるのは, 高階変数の存在である. HRS の書換え規則に明示的な再帰が見られる場合, 停止性を持つと考えるのが自然であろう. しかし, 高階変数が存在すると, そこに隠れた依存関係が存在して隠れた再帰が無限ループを生む可能性がある. このような隠れた再帰を解析するためには, 高階変数も依存関係にあることを視野に入れて解析しなければならない. よって, 高階変数に代入し得る関数すべての依存関係を解析することが必要であり, 計算量の増大を招くことになる. また, 新たな関数が追加されるたびに高階変数の再解析が必要になる.

近年, STRS において, 高階変数の依存関係の解析を行わずに停止性を証明できる強計算依存対法が提案され, 明示的な再帰から停止性を導けるクラスとして直接関数渡し (plain functional passing, PFP) の概念を与えた. ほとんどの関数プログラムは PFP であるため, この手法は非常に汎用性がある. 強計算依存対法では, 強計算性と呼ばれる概念を用いている. 強計算性とは, 適切な入力に対して計算がその過程によらず必ず停止して, 適切な値を返すことを意味する. 直感的には関数としての停止性に対応する概念で, 関数に適切な値を入力するとその解が得られるという性質である.

本研究では, 強計算依存対法を STRS から HRS 上に拡張する. HRS は STRS より表現力が豊かである点が優れている. しかしそれに伴って, 代入によって項の構造が変化するという HRS 独自の性質が原因となり, 様々な問題が複雑化し証明は困難なものとなる. そのため STRS での PFP に新たな条件を加えて HRS の PFP として定式化し, その条件の下で強計算依存対法が HRS に適用できることを明らかにする. この条件は関数プログラムのほとんどが満たすため, 提案する手法は実用性を失わない.