

平成 28 年度 情報工学コース卒業研究報告要旨

酒井 研究室	氏 名	早 川 裕 斗
卒業研究題目	関数型プログラムの停止性証明器への項到達不能性の十分条件の実装	
<p>プログラムの停止性証明の研究の一つに、例外処理を含む関数型プログラムを文脈依存項書換え系 (CS-TRS) に変換することで停止性を検証するものがある。この停止性証明法は濱口らによって提案が行われ、太田らによって濱口らの提案に基づいた停止性証明器 (以下、証明器 \circ と略記する) の実装が行われた。証明器 \circ は入力として受け取った CS-TRS を依存対へと変換し、その依存対から依存グラフを生成する。生成された依存グラフから、依存対に無限の最内依存鎖が存在しないことを示せれば、入力として受け取った CS-TRS が停止性を持つことを示せる。</p> <p>証明器 \circ では無限の最内依存鎖が存在しないことを示す手法として重み付き経路順序を用いていたが、この手法に加え、項の到達不能性を示す手法が太田らによって提案されている。太田らの提案手法は、条件部の項を整数解釈可能な形に変換し、整数上の制約で解釈することで充足不能性を示すものである。充足不能性を示すことができれば、項の到達不能性を示すことができる。この手法はまだ実装されておらず有効性は確かめられていないため、本研究では上記の太田らの提案に基づいて証明器 \circ の拡張を行い、その有効性を確かめる。</p> <p>太田らの提案手法に基づき (1) 条件部ナローイング, (2) if ナローイング, (3) handle ナローイング, (4) 条件部単純化, (5) 条件部伝播, (6) 整数解釈による項の到達不能性判定の各プロセッサの実装し、証明器 \circ に組み込んだ。(1) ~ (5) のプロセッサを適用することで依存対の条件部の規則を変換し、(6) のプロセッサを用いて項の到達不能性を示す。また、(5) のプロセッサについては、適用条件の緩和が可能であったため、適用条件の緩和を行った上で実装した。</p> <p>条件部伝播プロセッサは、ある依存対の条件部を別の依存対の条件部に伝播させるプロセッサである。太田らの提案手法では文脈により書き換えが行われないことが保証されている項にのみ適用可能であったが、変数 x が真理値、または自然数であることを示すための規則 $\text{isData}(x) \rightarrow \text{tt}$ が利用される場合には必ず、x に基底構成子項が代入される、という性質を利用することで適用条件を緩和したプロセッサを提案した。この拡張により、太田らの提案手法に比べ多くの問題で停止性を証明することが可能となった。</p> <p>証明器 \circ と、太田らの提案手法をそのまま組み込んだ証明器 $\circ+$、条件部伝播プロセッサの拡張を行った上で太田らの提案手法を組み込んだ証明器 $\circ++$ の 3 つの証明器に対して実験を行った。20 問の例題に対して実験を行ったところ、証明器 \circ では 9 問、証明器 $\circ+$ では 12 問、証明器 $\circ++$ では 13 問の停止性をそれぞれ示すことができた。証明器 \circ で証明できた問題は全て証明器 $\circ+$ でも証明ができ、証明器 $\circ+$ で証明できた問題は全て証明器 $\circ++$ でも証明することができた。また、例題のうち停止性を持たない問題 5 問に対しては、いずれの証明器も誤って停止性を示すことはなかった。実験を行った全ての問題に対して実行時間は証明器 \circ では 0.06s 以下であり、証明器 $\circ+$ と $\circ++$ では 0.08s 以下であった。以上から、太田らの提案手法に基づく証明器 \circ の拡張の有効性を確かめることができた。</p>		