

渡辺 啓嗣 河川信夫 酒井 正彦 坂部俊樹 稲垣康善 (名古屋大学大学院工学研究科)

1 はじめに

高階項書換え系 (Higher Order Rewrite Systems, HRS) は、ラムダ式で表される高階項の書き換えに基づく計算モデルであり、高階関数の計算を形式的に表すモデルとして近年注目されている [2]。HRS を解析するには高階項の構造を理解する必要があるが、一般にラムダ式は複雑な構造を持ち、束縛変数の有効範囲等の直感的把握は困難である。また、高階項の書き換えとともに、ベータ簡約、アルファ変換、イータ拡大が行われるため、項の計算過程も複雑である。

本稿では、項書換え系の視覚的環境 Terse[1] を拡張し、HRS の視覚的解析支援環境を提案する。高階項の視覚化により、HRS の動作の直感的理解が可能となる。本視覚的環境により、HRS の停止性や合流性といった様々な性質の検証・解析が容易になる。また、教育ツールとしても有効である。

2 高階項書換え系

以下では、HRS を例を用いて説明する。詳細な定義は [2] を参照されたい。HRS の項は変数記号、関数記号上の抽象化および適用により構成されるラムダ式で表され、書換え規則は項の対で表される。例えば、リストに関数を適応させる map 関数は、以下のような規則で定義される。

$$\begin{aligned} \text{map}(\lambda x.F(x), \text{nil}) &\rightarrow \text{nil} \\ \text{map}(\lambda x.F(x), X :: Y) &\rightarrow F(X) :: \text{map}(\lambda x.F(x), Y) \end{aligned}$$

2倍関数 double をリスト [3,2] に適応させる項 $\text{map}(\text{double}, [3,2])$ は、以下のように計算される。ここで、 \rightarrow_R は規則による書き換え、 \rightarrow_η はイータ拡大、 \rightarrow_β はベータ簡約を表す。

$$\begin{aligned} \text{map}(\text{double}, [3,2]) &\rightarrow_\eta \text{map}(\lambda y.\text{double}(y), [3,2]) \rightarrow_R (\lambda y.\text{double}(y))(3) :: \\ &\text{map}(\lambda y.\text{double}(y))(2) \rightarrow_\beta \text{double}(3) :: \text{map}(\lambda x.\text{double}(x), [2]) \rightarrow \\ &\dots \rightarrow [6,2] \end{aligned}$$

3 視覚化手法とその実現

本稿で提案するラムダ式とその視覚化との対応を表 1 に示す。項の構成要素に対し、図形や色を割り当てることにより直感的理解を容易にしている。

| | 変数記号 | 関数記号 | 抽象化 | 適用 |
|------|------|------|---------------|---------------|
| ラムダ式 | x | f | $\lambda x.t$ | (λt) |
| 視覚化図 | | | | |

表 1: ラムダ式の基本形およびその視覚化

図 1 に実現した視覚的解析支援環境の画面を示す。このウィンドウは、2 章の項を視覚化している。視覚化により、項の構造が直感的に理解可能となった。例えばこの項は関数 double がイータ拡大されたことが容易にわかる。画面右のボタンにより、書き換え、規則の読み込みが行える。

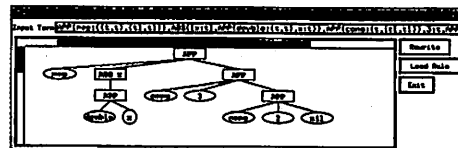


図 1: 高階項の視覚化

4 まとめ

高階項書換え系の視覚化手法を提案し、視覚的解析支援環境を実現した。高階項の視覚化により、HRS の停止性や合流性といった様々な性質の検証・解析が容易となる。また、今後の課題として書き換えのより細かな解析を可能にするため、書き換えとベータ簡約、イータ拡大を区別することや、リデックスの表示、書き換え対象の選択、書き換え戦略の選択などが挙げられる。

参考文献

- [1] 河川信夫, 坂部俊樹, 稲垣康善: “関数型プログラミング言語 StandardML を用いた項書換え計算の視覚化の実現”, 電気学会論文誌 C, Vol.116-C, No.1, pp.103-110 (1996).
- [2] Olay Lysne, Javier Piria: “A Termination Orderings for Higher Order Rewrite Systems.”, LNCS 914, pp.26-40 (1995).