

## B-21 リスト型変数の可視化に対応した関数型プログラミング学習環境

ビジュアルインタフェース研究室 関口 皆人

### 1. 背景と目的

近年、マルチプロセッサの普及、非同期プログラミングの重要性の向上など、様々な理由から、関数型プログラミングの需要が高まっている。それにともない、JavaやPythonといった従来からある命令型プログラミング言語でも、高階関数やラムダ式など、関数型プログラミングの機能が提供されるようになった。

しかし、関数型プログラミングを学習することは、既に命令型プログラミングを習得している者にとっても難しいことだとされている。

そこで本研究では、関数型プログラミングの初学者を対象として、プログラムの動的な振る舞いを可視化することで関数型プログラミングの学習を支援することを目的とする。

### 2. 関連研究

Maloneyら[1]が開発したScratchでは、学習者はブロックを組み合わせてプログラミングを行うことで、接続可能または不可能な構文要素を視覚的に学ぶことができる。

浅川ら[2]は、本学の卒業研究で、関数型プログラミングの学習環境(図1)を開発した。この学習環境では、Scratchのように学習者が自由にブロックを配置してプログラミングを行える。この学習環境は個々の実装に入力値を与えたときの出力値が要件通りであるかを確認するユニットテストの機能を提供している。

志村[3]は、本研究室の卒業研究で、高階関数と遅延評価の処理の流れをアニメーションで表示することで、関数型プログラミングの学習を支援する手法を提案した。

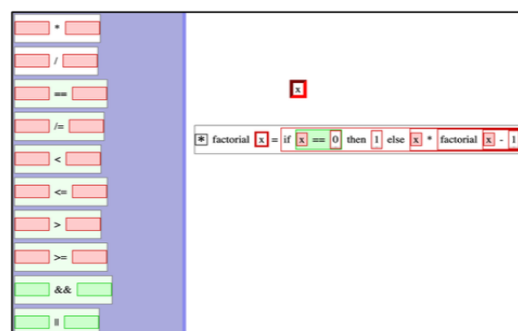


図1 先行研究[2]のツールの実行画面

### 3. 本研究の提案

本研究では、リストに関する処理に対応した関数型プログラミングの視覚的な学習環境を開発する。

先行研究[2]の学習環境には、データ型としてリストを扱う機能が実装されていなかった。そこで、本研究ではデータ型としてリストを扱う機能を実装することで、学習者が、高階関数や遅延評価などの機能を含むプログラムを入力できるようにする。

本システムによって、学習者はブロックを配置することを通して直感的に関数型プログラミングの学習を進めることができる。

入力されたプログラムは、先行研究[3]の提案した手法で可視化する。この可視化の部分は共同研究者の瀧屋[4]が開発を行う。

本研究の開発は、浅川らが開発した先行研究[2]の入力部分のソースコードを譲り受け、それを改造することで行う。この学習環境は関数型プログラミング言語Haskellの学習に対応しているため、本研究で扱う関数型プログラミング言語もHaskellを採用する。

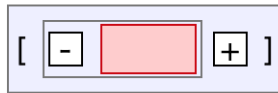


図2 リストブロック

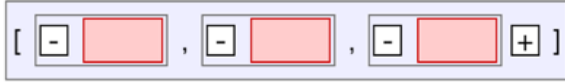


図3 要素数変更後のリストブロック

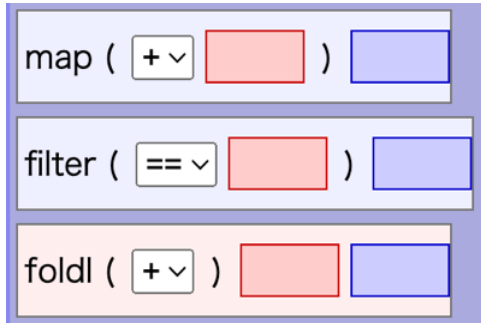


図4 リスト処理関連のブロック

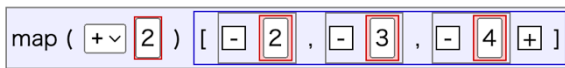


図6 リストと map 関数を組み合わせた様子

#### 4. システムの概要

本研究では、リストに関する処理の可視化に対応するため、先行研究[2]の学習環境にブロックを2種類追加した。

1つ目は、図2に示すリストブロックである。学習者は入力フィールドに数値を入力することで、リストを作成できる。また、図3のようにマイナスとプラスのボタンを押すことにより、要素数の変更が可能である。

2つ目は、図4に示すリスト処理関連のブロックであり、map 関数、filter 関数、foldl 関数の3種類の高階関数が実装されている。学習者は左側の入力フィールドには数値、右側の入力フィールドにはリストを入力することができる。また、それぞれのチェックマークをクリックすることで、演算子の変更が可能である。学習者は、図5のようにリストブロックと map



図5 共同研究者のシステムとの接続画面

関数ブロックを組み合わせるプログラミングを行える。

本システムは、図6のように共同研究者の瀧屋[4]のシステムと接続することで、作成したプログラムの動作の可視化が可能になる。左側のウィンドウが本研究で開発したシステムであり、右側のウィンドウが瀧屋[4]の開発したシステムである。

#### 参考文献

- [1] J. Maloney, M. Resnick, N. Rusk, B. Silverman, E. Eastmond, The Scratch Programming Language and Environment, ACM Trans. on Computing Education, Vol.4, No.16, pp.1-15, 2010.
- [2] 浅川幸輝, 田中昂文, ユニットテストに注目した関数型ビジュアルプログラミング学習環境, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.123, No.12437, pp.71-75, 2023.
- [3] 志村匠, 関数型プログラミング学習のための高階関数の振る舞いの可視化, 令和4年度玉川大学卒業論文, 2022.
- [4] 瀧屋考平, 関数型プログラミング学習のためのプログラムの振る舞いの可視化に関する研究, 令和5年度玉川大学卒業論文, 2023.