

プログラミングの文章問題における問題解決過程の提案および 問題解決過程に基づく学習支援システムの開発

Proposal of a Problem-Solving Process for Programming Text Problems and Development of a Learning Support System Based on the Problem-Solving Process

白髭 虹輝^{*1}, 前田 新太郎^{*1}, 東本 崇仁^{*2}

Koki SHIRAHIGE^{*1}, Shintaro MAEDA^{*1}, Takahito TOMOTO^{*2}

^{*1} 千葉工業大学大学院情報科学研究科

^{*1}Graduate School of Information and Computer Science, Chiba Institute of Technology

^{*2} 千葉工業大学情報変革科学部

^{*2} Faculty of Innovative Information Science, Chiba Institute of Technology

Email: s2381022nq@s.chibakoudai.jp

あらまし: プログラミングの文章問題において行き詰まる学習者が存在する。そこで、本研究では、既存のプログラミングの問題解決過程や物理や数学における問題解決過程をもとに、詳細な問題解決過程を提案し、学習者の行き詰まり箇所を特定するとともに、適応的な支援の実現を目指す。本稿では、提案する問題解決過程に基づいた学習支援システムについて中心に説明する。

キーワード: 問題解決過程, 定式化, 適応的支援, 外在化支援, プログラミング学習支援

1. はじめに

一般的なプログラミング学習では、学習者に要求が記述された文を提示し、ソースコードを構築させる文章問題が多く出題される。問題文には、前提となる情報や、達成すべき要求が記載される。学習者は前提や要求を正しく読み取り、ソースコードを記述する必要がある。しかし、問題文からソースコードを記述できない学習者が存在する。この学習者は、問題文からソースコードを記述する過程である問題解決過程の中で、行き詰まりが発生していると考えられる。

金森ら⁽¹⁾はプログラミングの問題解決過程を、問題文からフローチャートなどの抽象的な操作を作成し、抽象的な操作からソースコードである具体的な操作を作成する過程としている。しかし、問題文から抽象的な操作、抽象的な操作から具体的な操作を作成する過程でどのようなことが行われているか、具体的にどこで行き詰まりが発生しているのかは十分な検討がされていない。また、平嶋ら⁽²⁾は、数学や力学などの領域の問題解決過程について定式化を行っている。しかし、ここで最終的に構築される解法構造はプログラミングにおいては金森らのモデルで言う抽象的な操作までであると本研究では考える。

そこで本研究では、学習者の問題解決過程における行き詰まり箇所の特定と適応的な支援の実現のために、2つのモデルを統合したプログラミングにおける問題解決過程を提案するとともに、本過程に基づいた学習支援システムを開発する。

2. 提案手法

本研究では、プログラミングの文章問題における

問題解決過程を提案する(図1)。問題解決過程は平嶋ら⁽²⁾の提案した定式化構造、制約構造(本研究では抽象的操作構造と呼ぶ)、解法構造に加えて、具体的操作構造、処理構造を付け加えた構成となっている。以下に問題解決の流れと各構造の詳細な説明を示す。

①定式化構造は、問題文に存在する「生徒」などのオブジェクトと、「合計点」などの属性を読み取り、問題の状況における関係を構造化した構造である。

②抽象的操作構造は、問題文の背景に存在する関係や適用可能な操作を記述した構造である。たとえば、2つの数が問題文で与えられたとき、和差算や合計を求める操作などが存在する。この際の操作はソースコードに独立な抽象的な操作とする。

③解法構造は、定式化構造で記述した属性間の関係と抽象的操作構造で記述した抽象的操作から生成する解を求める一連の流れを表現する構造である。

④具体的操作構造は、抽象的操作をソースコードの形である具体的な操作として表現する構造である。

⑤処理構造は、抽象的操作で記述された解法構造に具体的な操作を適用し、問題文の要求を満たすソースコードを記述する構造である。

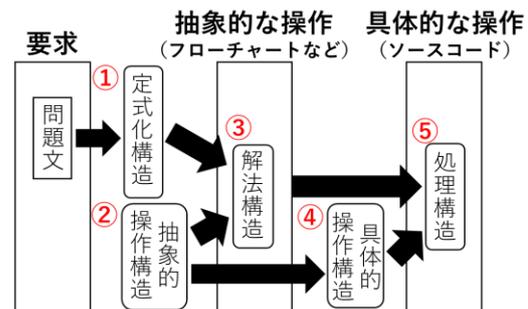


図1 問題解決過程

3. 開発システム

提案した過程に基づく学習支援システムについて述べる。本システムは、定式化構造作成、抽象的操作構造作成、解法構造作成、操作構造作成、処理構造作成の5つの画面で構成されている(図2)。

定式化構造作成画面では、問題文にある情報をオブジェクトか属性へ分類、オブジェクトや属性の関係性の記述を要求する。例えば図2の(a)では、学習者は「生徒」や「佐藤」をオブジェクト、「国語の点数A」や「合計点」を属性として分類し、「佐藤」と「国語の点数A」を線で接続し、2つのブロックの関係性を記述している。問題における情報の性質や関係と、要求された属性や前提となる属性の理解が不十分な学習者はこの過程で行き詰まることになる。

次の抽象的操作構造作成画面では、問題文の背景に存在する属性間の関係や可能な抽象的な操作の記述を要求する。例えば図2の(b)では、システムに提示されたテンプレートを用いて、学習者は「E(佐藤の合計点)とF(山田の合計点)のうち、値が大きい方をG(生徒の高い方の合計点)に求める」という抽象的操作を作成している。問題文の背景に存在する抽象的な構造の理解が不十分な学習者はこの過程で行き詰まることになる。

次の解法構造作成画面では、定式化構造と抽象的操作構造を元に、解を求める一連の構造の構築を要求する。例えば図2の(c)では、解法構造の一番下の部分が、問題で最終的に求める属性となっている。学習者は今回、最終的に求める属性を「G」と選択している。そして、「G」を求めるための抽象的操作として「EとFのうち、値が大きい方をGに代入する」を選択している。また、この抽象的操作に必要な属性として「E」と「F」を選択している。問題文で与えられる情報を整理した構造と利用可能な抽象的な操作から、最終的な解を求めるための構造を構築できない学習者はこの過程で行き詰まることになる。

次の具体的操作構造作成画面では、抽象的操作に対応する具体的操作(ソースコード)の記述を要求する。例えば図2の(d)では、システムに提示された

テンプレートを用いて、学習者は抽象的操作「EとFのうち、値が大きい方をGに求める」に対応する具体的操作「if E>F then G=E else G=F」を作成している。何をを行うかを表す抽象的操作に対応するソースコードの理解が不十分な学習者はこの過程で行き詰まることになる。

最後の処理構造作成画面では、解法構造と具体的操作構造をもとに、要求を満たすソースコードの記述を要求する。例えば図2の(e)では、解法構造内の抽象的操作「EとFのうち、値が大きい方をGに代入する」に対応する具体的操作「if E>F then G=E else G=F」を配置し、入力、E,FからGを求める処理の流れを記述している。ソースコードとして抽象的な操作に基づく解法構造は理解できても、具体的なソースコードを用いた処理を記述できない学習者はこの過程で行き詰まることとなる。

4. おわりに

本稿ではプログラミングの文章問題における問題解決過程の提案と過程に基づく学習支援システムの開発を行った。本学習支援システムにより、学習者の問題解決過程の行き詰まりを検知し、適応的な支援を行えると考える。

今後の課題としては、行き詰まり箇所に応じたフィードバックの検討と学習効果の評価が必要となる。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP22K12322, JP21H03565 の助成による。

参考文献

- (1) 金森春樹, 東本崇仁, 米谷雄介, 赤倉貴子: “プログラミングプロセスにおける「プログラムを読む学習」の提案及び「意味理解」プロセスの学習支援システムの開発”. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J97-D, No.12, pp.1843-1846 (2014)
- (2) 平嶋宗, 東正造, 柏原昭博, 豊田順一: “補助問題の定式化”, 人工知能学会誌, Vol.10, No.3, pp.413-420 (1995)

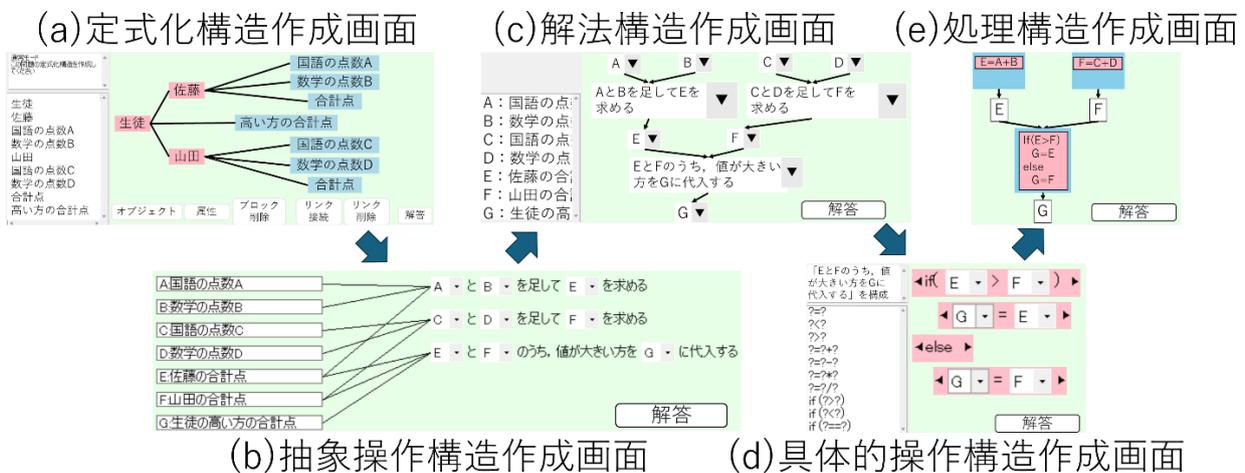


図2 システムの流れ