

# PPL システムにおける演習問題生成機能の開発

佐藤 亮哉\*, 岸本頼紀\*, 大城正典\*, 布広永示\*  
東京情報大学\*

## Development of exercise problem generation function in PPL system

Ryoya Sato, Yorinori Kishimoto, Masanori Ohshiro, Eiji Nunohiro

Tokyo University of Information Sciences\*

プログラミング教育の目的は、プログラム言語の文法や構文要素などの知識の習得だけではなく、プログラミングを通して問題を詳細化し、解決策を提案する問題解決能力を向上させることであると考えられる。本研究では、学習者に対して「システム開発」に関わる要素を含んだ問題を与え、段階的詳細化を図ることでプログラミング教育の到達目標として必要な問題解決能力を向上させる学習を支援する問題解決型プログラミング学習支援システム（PPL : Problem based Programming Learning using stepwise refinement system）を開発している。PPL システムでは、「システム開発」を段階的に詳細化していく5つの設問を解答する。本発表では、PPL システムの概要について解説し、演習問題構成文と演習問題変換文を用いて、同じ学習素材から学習者の理解度に適合する難易度の問題文と設問文を生成する演習問題生成機能について述べる。

キーワード: 問題解決型プログラミング, プログラミング学習, 学習支援システム, 問題生成

### 1. はじめに

情報化社会の拡大により小学校段階でのプログラミング教育といった情報教育に関する取り組みが行われている。プログラミング学習へのアプローチは様々だが、一般的なプログラミング演習などでは、言語の文法やコーディングの流れを教育している。

本研究では、ウォーターフォールモデルによるシステム開発に関連する問題の段階的詳細化をプログラミング教育に取り入れた。そして、プログラミング工程の前段階として問題発見・解決の手順を理解するための学習を支援するプログラミング学習支援システムを開発した。本発表では、演習問題構成文と演習問題変換文という二つの情報を用いて演習問題を生成することによって、同じ題材から学習者の理解度に応じた複数の難易度の問題を生成する演習問題生成機能について記述する。これによって、問題作成者の負担を軽減することが可能となる。

### 2. PPL システムの概要

#### 2.1 設計方針

本システムは、次の4つの考えで開発している。

##### (1) プログラミング経験を前提としない演習問題

プログラミングの前段階である問題の理解と解決策の提案に重点を置いており、プログラミングの知識レベルを問わない。

##### (2) 環境に依存しない操作性

解答をマウス操作で行うことで、様々な環境での学習を可能とする。タブレットなどの場合、タッチスクリーンでキーボード入力することにより、レスポンスの悪さを解決する。

##### (3) 設計工程のプロセスに準じた段階的詳細化

###### (a) 問題の理解

問題を読み取り、利用者の側面から利用者の操作手順について考える。

###### (b) 問題の分析

利用者の操作手順に対応したシステムの処理の流れ

について考える。

(c) 処理の機能化

システムの処理を機能分割し、各機能のモジュール化について考える。

(d) 機能の具体化

モジュール化した各機能の処理内容、モジュールの入力情報、出力情報について考える。

(e) 解決策立案

システムの主制御と各機能の処理の流れをチャートで完成させることで、処理の内容をプログラムレベルで提示する。

(4) 問題作成者の問題追加の負担軽減

問題作成者が新規の問題を追加する際に、必要最低限の項目を入力することで、問題生成時の負担を軽減する。

2.2 PPL システムの流れ

(1) 問題作成者

問題作成者は、演習問題構成文と演習問題変換文を作成する。演習問題構成文には、問題文と設問で使われる項目を記述する。演習問題変換文は、演習問題の難易度ごとに作成し、その難易度では構成文のどの部分を使用するのかを記述する。PPL システムの演習問題生成機能は、これらを用いて問題文と「2.1 設計方針」の(3)に記述したプロセスに対応した設問を生成し、データベースに登録する。

(2) 学習者

学習者によるシステム利用の流れを記述する。

- ① 学習者はログイン画面にアクセスする。
- ② 初回利用時は、ユーザー登録画面へ移行して ID とパスワードを登録する。
- ③ ログイン後に、問題選択画面に表示されている問題から解答する問題とその難易度を選択する。システムは、選択された問題を提示するのに必要な情報をデータベースから取得する。
- ④ 学習者は、設問 1~5 まで順に解答する。正解するまで次の設問には進めない。各設問の解答方法は以下の通りである。

設問 1：択一形式問題

設問 2：文字列ピースの並び替え

設問 3：機能の概要に対するピース並び替え

設問 4：機能の入出力に対するピース並び替え

設問 5：チャートの並び替え

⑤ 設問 5 までの解答が終了後、解答に要した時間、不正解の回数などの学習履歴を確認する。

3. 演習問題生成機能

これまでの PPL システムの問題生成は、問題入力画面のフォームに問題生成に必要な文章を入力する方式であった。この方式では、同じ題材で難易度の異なる問題を作成する場合、問題作成者は必要な難易度の数だけ内容を入力することになる。そこで、演習問題を作成するために必要な内容を記述した演習問題構成文と指定した難易度に対応した構成文の場所を記述した演習問題変換文を用いることで、同じ演習問題構成文から複数の難易度の演習問題を生成する演習問題生成機能を開発した。これにより、問題作成者の負担を軽減することができる。

3.1 演習問題構成文

演習問題構成文は、問題文、各設問を構成する要素が記述されたテキストファイルである。演習問題構成文は以下の項目 a~d が記述され、各項目は空行で区切られている(図 1)。



図 1 演習問題構成文

### (1) 項目 a

システムの目的、簡単な説明を記述する。この項目の内容は問題文、設問 1 で使用される。#で挟まれた箇所は設問 1 での選択肢になる。

### (2) 項目 b

利用者側からの操作と各機能の処理内容を記述する。この項目は設問 2, 3, 5 で使用され、以下のタグを使用することで設問 5 のピースの種類を変更することができる。

- (a) **【if】**: このタグが付いた文は、if 文の条件となるピースに変更される。
- (b) **【はい】**: このタグが付いた文は、ピースの見た目は通常のままであるが、データベースに登録される際に if 文の条件となるピースの **true** の個所に入るピースとして登録される。
- (c) **【いいえ】**: このタグが付いた文は、ピースの見た目は通常のままであるが、データベースに登録される際に if 文の条件となるピースの **false** の個所に入るピースとして登録される。
- (d) **【loop】**: このタグが付いた文は、繰り返しの条件となるピースに変更される。
- (e) **【機能】**: このタグが付いた文は、機能であることを示すピースに変更される。

### (3) 項目 c

システムが利用するデータ、そのデータの内容を記述する。この項目は問題文で使用される。

### (4) 項目 d

機能に関する詳細な情報を記述する。記述される内容は機能名、入出力、利用データ、機能に対応する項目 b の行番号、機能の処理内容であり、項目 b の**【機能】**以外のタグを使用できる。この項目は設問 3, 4, 5 で使用される。

## 3.2 演習問題変換文

演習問題変換文は、演習問題構成文のどの項目を使用して問題文、設問文を作成するかを指定するためのテキストファイルであり、問題文と各設問で使用される項目の場所が記述されている(図 2)。

```
1 (1,2,4),(1,3,4)
2 2,4
3 12,13,16
4 1,3
5 1,3
6 (12,13,16),(1,3)
```

図 2 演習問題変換文

## 3.3 演習問題生成機能の処理の流れ

演習問題生成機能は、生成する問題の演習問題構成文と使用する難易度の演習問題変換文を読み込んで次の①～⑥の処理を行う。

- ① 項目 a と項目 c から、演習問題変換文の問題文の行で指定された文を取り出し、#を取り除いた文を問題文として問題文データベースに登録する。
- ② 項目 a から演習問題変換文の設問 1 の行で指定された文を取り出した後に、選択肢とそれ以外の箇所を判別する情報を追加し、設問 1 のデータベースに登録する。同時に、選択肢ごとに偽答生成機能により偽答候補を生成し、偽答を設問 1 のデータベースに登録する。
- ③ 項目 b から演習問題変換文の設問 2 の行で指定された文を取り出しタグを消去して設問 2 のデータベースに登録する。
- ④ 項目 b から演習問題変換文の設問 3 の行で指定された内容と項目 d を参照して取り出し、取り出された文がどの機能と対応しているのかを追加し設問 3 のデータベースに登録する。
- ⑤ 項目 d から演習問題変換文の設問 4 の行で指定された機能の機能名、入力情報、出力情報、利用データを取り出し、偽答生成機能を使用して偽答を選択して設問 4 のデータベースに登録する。
- ⑥ 項目 b から演習問題変換文の設問 5 の行で指定された文をシステム全体のチャートとして、項目 d の配列から変換文で指定された機能の処理内容を機能ごとのチャートとして取り出し、タグからピースの種類を判別し、それらを設問 5 のデータベースに登録する。

## 4. 評価

今回開発した演習問題生成機能が、既存の問題生成と比べて負担の軽減になっているのか、また使いやすい機能であるかについて評価するため、アンケートを実施し、その評価結果から本機能の問題点について考察した。

アンケート(a), (b)に関する評価者は、東京情報大学システムデザイン研究室の3, 4年生で、問題生成本機能を複数回使用したことのあるA, 1, 2回使用したことのあるB, 今回初めて使用するCである。また、東京情報大学システムデザイン研究室の3, 4年生9名を対象に演習問題生成機能で生成した問題を解答してもらいアンケート(c)~(f)を実施することで、本機能で生成した問題は段階的詳細化による問題解決能力の向上に効果があるのかを考察した。

### 4.1 評価方法

- ① 演習問題構成文と演習問題変換文の記述例及び説明資料を参照して、演習問題構成文と演習問題変換文から演習問題を生成する。
- ② ①で作成した演習問題構成文と演習問題変換文から生成される問題と同じ問題になるようにフォーム入力で問題を生成する。
- ③ ①と②に関してアンケート(a)と(b)を実施し、問題生成の容易性を評価する。

[アンケート]

- (a) 以前の問題生成(フォーム入力)と比べて問題作成が容易になったか
- (b) 以前の問題生成と比べて同一題材で複数の難易度の問題を用意するための負担が軽減したか

- ④ アンケート(c)~(f)を実施し、本機能で生成した問題が段階的詳細化による問題解決能力の向上に効果があるのかを評価する。

[アンケート]

- (c)システムを利用することで、与えられた問題を理解する能力が高まると思いませんか。
- (d)システムを利用することで、与えられた問題を詳細化していく能力が高まると思いませんか。

(e)システムを利用することで、与えられた問題を解決するために必要な機能を提案する能力が高まると思いませんか。

(f)システムを利用することで、与えられた問題を解決するために必要な機能の処理を考える能力が高まると思いませんか。

表1 アンケート(a)の結果

	回答	理由
A	とてもそう思った	フォームと違って途中で内容が保存できるため空いている時間で作業できる。
B	とてもそう思った	一度入力すればそれを複数の箇所ですべて使えるようになった。
C	とてもそう思った	とても分かりやすかった。

表2 アンケート(b)の結果

理解度	回答	理由
A	とてもそう思った	同じ文章を何度も入力しなくていい。
B	少しそう思った	同じような項目を入力する必要がなくなった。
C	どちらともいえない	あまり変わらないと思った。

表3 アンケート(c)~(f)の結果

	(c)	(d)	(e)	(f)
とてもそう思った	0	2	2	1
少しそう思った	6	5	4	4
どちらともいえない	2	0	0	2
あまりそう思わなかった	0	2	2	1
全く思わなかった	1	0	1	0

## 4.2 考察

表1の結果から、本機能利用の経験に関係なく問題作成が容易になったと回答している。これ結果から、演習問題構成文と演習問題変換文を用いた問題生成は問題作成者の負担の軽減になっていると考えられる。しかし、表2の結果を見ると回答にばらつきがあった。表1は「とてもそう思う」と回答したが表2では「少しそう思った」と「どちらともいえない」という回答になった。これらの結果から、異なる難易度の演習問題変換文を作成することは、フォームでの問題生成と負担があまり変わらない、負担が軽減されたと感じなかったのだと思われる。この理由として、次のことが考えられる。

演習問題構成文は、記述内容が演習問題の内容を分割して記述しているので、記述例と説明文から演習問題構成文の内容が理解しやすい。この結果、難易度別の演習問題内容を記述し易く、演習問題生成の負担軽減が実感し易かったと考えられる。一方、演習問題変換文は、どの行にどの項目の行数を入力するのか一目で分かりにくい事、行数の指定がずれると演習問題構成文が正しく記述されていたとしても想定した問題が生成されなくなる。この結果、演習問題変換文の構成にある程度理解のあるAとBは負担の軽減を感じることができたが、経験のないCはフォーム入力と負担が変わらないと感じたと考えられる。

表3の結果から、どのアンケート項目でも「少しそう思った」と最も多く回答しているため本機能で生成した問題は段階的詳細化による問題解決能力の向上に一定の効果があると考えられる。

これらの考察から演習問題生成機能は演習問題変換文に改善が必要であるが、その点を解決すれば段階的詳細化による問題解決能力の向上を目的とした問題を既存のフォーム入力による問題生成と比べて容易に生成できるのではないかと考える。

## 5. おわりに

PPLシステムで同一の題材から異なる難易度の問題を生成することを目的に、演習問題構成文と演習問題変換文を用いて問題文、設問文を生成する機能の開発を行った。評価から、演習問題構成文と演習問題変

換文を記述する際に、それらの構成が分かりにくく、問題作成者によっては以前の問題生成と負担が変わらないということが問題点として挙げられた。今後は、演習問題変換文の構成の見直しや演習問題構成文と演習問題変換文の組み合わせでどのような問題が生成されるのか容易に確認できる機能の実装を行っていきたい。

## 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費基盤研究(C)課題番号15K01086の補助を受けた。

## 参考文献

- (1) 上倉諒佑,小久保証宏,布広永示 “PPL システムにおける偽答生成機能の開発”, 教育システム情報学会研究報告, vol.31, no.7, pp.183-187 (2017)
- (2) 文部科学省,教育の情報化の推進,プログラミング教育,[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1375607.htm) (2018年12月5日確認)