

SKP 情報に基づく C 言語初学者のための 学習コンテンツ推薦手法

石森さくら[†] 倉澤陽輔[†] 菅澤昂成[†] Aiguo He[†]

我々はプログラミング初学者が Web を多用していることに着目し、適切な Web コンテンツを推薦する手法を研究している。本研究は Web コンテンツを検索する必要性を明らかにした上、Web コンテンツの推薦アルゴリズムを提案した。実験によって、提案した推薦方法はプログラミング初学者の自主学習に役立つことが判明された。

SKP-based Recommendation of Learning Contents for C Programming Beginners

SAKURA ISHIMORI[†] KURASAWA YOUSUKE[†]
SUGASAWA KOUSEI[†] AIGUO HE[†]

We focus on the fact that programming beginners use the Web and study methods to recommend suitable Web contents. In this research, we identified the necessity of searching Web content and proposed a recommendation algorithm of Web content. Experiments have shown that the proposed recommendation method is useful for self learning of programming beginners.

[†] 会津大学
University of Aizu

1. はじめに

現在、プログラミング初学者はインターネットを通じて学習コンテンツを探すことが一般的になっている。本研究はまず、初学者の Web コンテンツの利用状況を把握するために、2018 年度の会津大学”プログラミング入門”コースの 46 名の学生に対し、アンケート調査を行った。尚、本コースでは学生が C プログラミング言語を学習し、そのほとんどが本コースで初めてプログラミング言語を学ぶ。

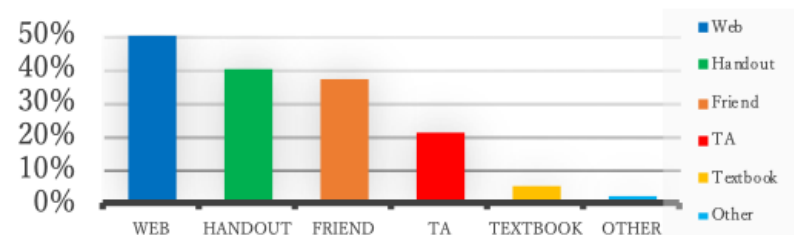


図 1 C 言語の問題解決時に活用するもの

Figure: 1 What kind of resource do you rely to solve problems in C Language

本調査はまず、学生が勉強内容中の不明点などの解決に利用する方法を尋ねた。図 1 は学生の回答である。回答結果から、生徒は普段の授業で教科書かハンドアウトを使用しているにもかかわらず、79%の学生が Web サイトを利用していることが判明した。よって、生徒は教科書の情報よりも Web での情報を重視していると言える。

また、学生に Web の使用目的を尋ねたところ、図 2 の回答が得られた。それで、70%の生徒が講義の内容を理解するために Web を利用していることが判明した。教科書は構文こそ書いてあるが、その使用例が少ない。そのため、生徒は講義内容を理解するために、文法の具体的な使い方を参考にしたいようだ。様々な例を見て比較することで、改めてそれを理解していると考えられる。

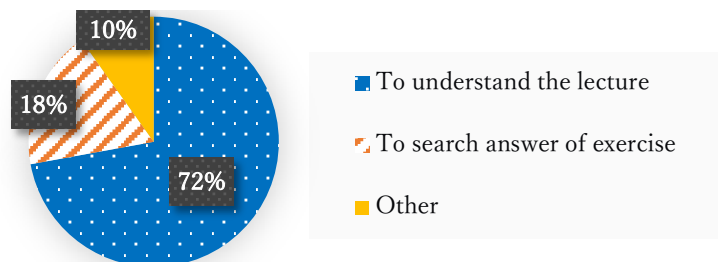


図 2 Web の使用目的
 Figure: 2 What do you use Web site for?

最後に、現在の Web 検索方法に対する満足度について質問したが、その回答(図 3)でわかるように、図 1 で Web の利用度が高いにも関わらず、半分以上の生徒が Web での検索結果に満足していない。Web に満足していないと答えた人の理由は以下の 2 点であった。

- エラーコードから何をキーワードとして検索すべきかわからない。
- Web から適切な情報を見つけられない。

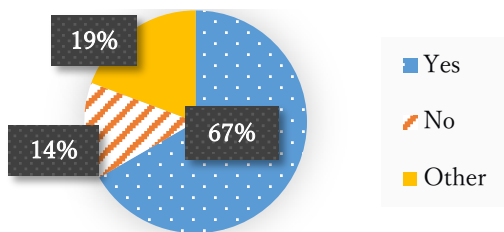


図 3 Web 検索時の結果に不満があるか
 Figure: 3 Are you unsatisfied with the results you found from the Web site ?

アンケート調査の結果でわかるように、プログラミング初学者にはより適切な Web コンテンツを推薦する方法が求められている。

我々は C プログラミング初学者の支援を目標に研究を進めており[1][2][3][4]、プログラムのソースコードから抽出される知識点 (SKP: Syntactic Knowledge Point) とその利用が提案されてきた[1][2][3]。本研究は SKP を利用し、Web コンテンツの推薦を改善する方法を提案する。

2. SKP-based Learning Contents Recommendation

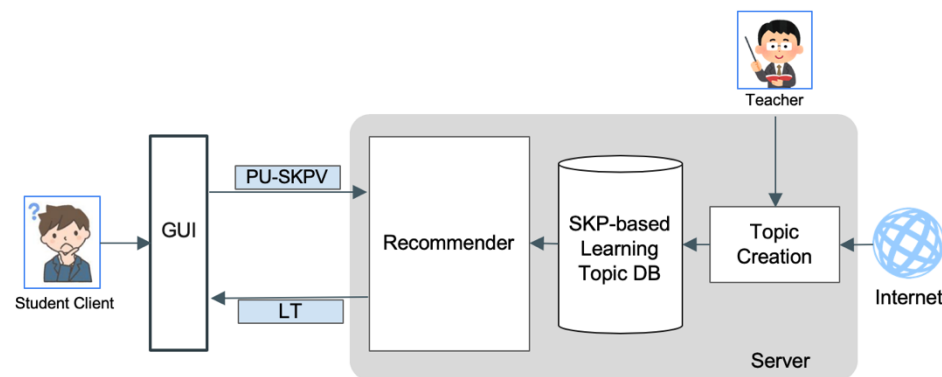


図 4 SKP-based Learning Contents Recommendation
 Figure: 4 SKP-based Learning Contents Recommendation

本提案のシステム構成を SKP-based Learning Contents Recommendation と定義する。(図 4) Web 上のプログラミング学習に利用可能なコンテンツは以下の基本単位から構成されるものとする。

- Web ページの URL
- サンプルプログラムに関する説明
- サンプルプログラムの一部

ここでいうサンプルプログラムの一部とは、main()関数などがない不完全なプログラムでもよい。(図5)

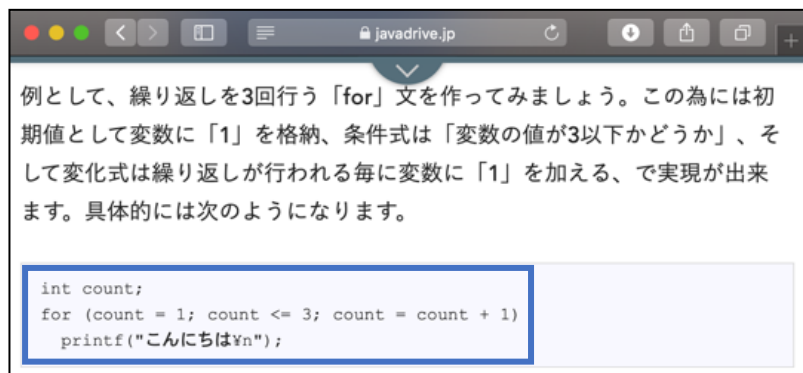


図5 サンプルプログラムの一部の例
 Figure: 5 Example of sample program.*

本研究では上記基本単位をLT (Learning Topic) と定義する。

教育者は Topic Creation 機能を利用し、以下の手順で Web 上のコンテンツに関する情報を LTDB (図6) にまとめる。

- (1) インターネットから LT 作成に適切な Web サイトを確定。
- (2) 確定した Web サイト上のサンプルコードから完全なプログラムにし、SKPV (SKP-Vector) を抽出。ただし、この SKPV は Web サイト上から抜き出したサンプルコードのみのものとする。
- (3) Web サイトの URL、抽出した SKPV、LT の名前から、LT を作成。

Field Name	Type	Meaning
<u>url</u>	String	The URL of web page
title	String	Title for content
access	Integer	Number of use LT
grade	Integer	Grade by students
date	String	Date added LT
<u>skpv size</u>	Integer	Number of SKPs
skp1 name	String	skp1's name
skp1 count	Integer	Number of skp1
:	:	:
skp2 name	String	skp2's name
skp2 count	Integer	Number of skp2

SKPV

図6 LT レコードのフォーマット
 Figure: 6 Format of LT record.

学生がコンテンツを検索するときは、GUI で表示されているプログラムコードの構成要素 (キーワード) をクリックして、調べたい文法を指示する。指示された構成要素から PU-SKPV (Poor Understanding-SKPV) が抽出され、検索キーとして Recommender に送られる。Recommender はこの検索キーを利用して LTDB から LT を検索し、GUI に返す。GUI は返された LT に基づき、該当の Web ページにアクセスし、コンテンツを表示する。

SKPV は複数の SKP からなる集合体である。SKP はプログラムソースコードに含まれている文法的な知識点であるため、図7(a)に示すようにプログラムソースコードの解析木を利用して抽出できる。図7(a)はプログラムコードの一部とそれの部分木

* <https://www.javadrive.jp/cstart/for/index1.html>

であり、一つの SKP は木の上の一組の親子節点ペアに対応している。図 7(b)の表にはそのソースコードの中から抽出された SKP の一部が示されている。

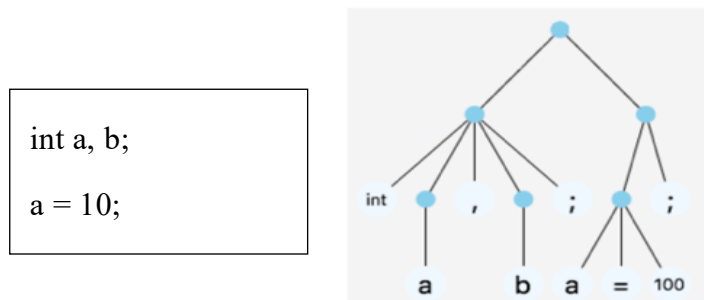


図 7(a) プログラムコードと解析木
 Figure: 7(a) Program code and its syntax tree.

No	SKP name	Meaning	Num.
1	DCVM01int	Data type "int" in variable declaration	1
2	DCV01ID	Variable name in variable declaration	2
3	DCVM04,	"," in variable declaration	1
4	DCVM03;	;" in variable declaration	1
5	EX_ASS01EX_V	Variable used in an Assignment expression	1
6	EX_ASS02=	"=" used in an Assignment expression	1
7	EX_ASS03EX_CST	Constant expression used in an Assignment declaration	1

図 7(b) SKP の例
 Figure: 7(b) Example of SKP.

3. 推薦アルゴリズム

検索キーとして与えられた PU-SKPV と LTDB 中の任意のレコード LT_i に含まれるレコードキー-SKPV_i とは図 8 に示す関係がある。

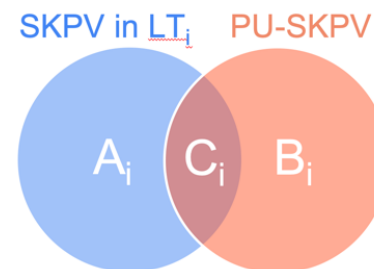


図 8 SKPV_i と PU-SKP の関係
 Figure: 8 Relation between SKPV_i and PU-SKP.

- A_i は SKPV_i に存在し、PU-SKPV に存在しない SKP の集合である。 A_i の大きさ $|A_i|$ は利用者にとって不要な情報量を示す。
- B_i は PU-SKPV にあり、SKPV_i にない SKP の集合である。 $|B_i|$ は LT_i に利用者の期待する情報がどれだけ不足しているかを示す。
- C_i は PU-SKPV と SKPV_i 双方に含まれる SKP の集合である。 $|C_i|$ は LT_i に利用者の期待する情報がどれだけ含まれているかを示す。

ここでは以下の二つの推薦方法を提案する。

方法 A: 以下の条件の LT を最適 LT とする。

- (1) $|C_i|$ が最も大きい
- (2) (1)の中で、 $|A_i|$ が最も小さい

この方法は $|SKPV|$ が大きいものに有効である。つまり、PU-SKP の組み合わせに対応した一つの LT を推薦できる。

方法 B: PU-SKPV に含まれる SKPV $\{b_i | 1 \leq i \leq |PU - SKPV|\}$ ごとに以下のように最適 LT を選ぶ。

- (1) LT_i の SKPV $_i$ に b_i が含まれる
- (2) (1) の中で、 $|A_i|$ の大きさが最も小さい

この方法(図 9)は LT 中の $|SKPV|$ が小さいものに有効である。よって、不要な情報の少ない LT を推薦できる。また、全ての PU-SKP に対応した LT を抽出できる。この時、抽出される LT は PU-SKP の数に依存する。

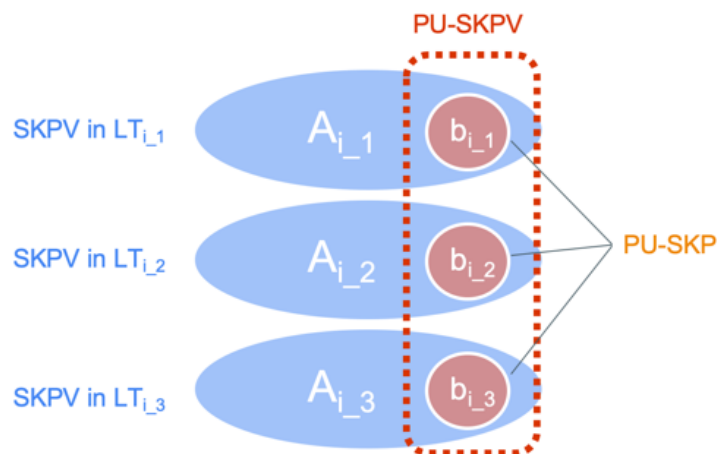


図 9 推薦方法 B
Figure: 9 Recommend method B

4. 実験システムの実装

このシステムは Java, JavaFX, FXML で作成した。また、LTDB はテキストファイルで構成した。図 10 は LTC(Learning Topic Creator) の GUI である。教育者はこれを利用して通常の Web 検索を行い、サンプルコードから SKPV を作成し、LT レコードを LTDB に登録する。

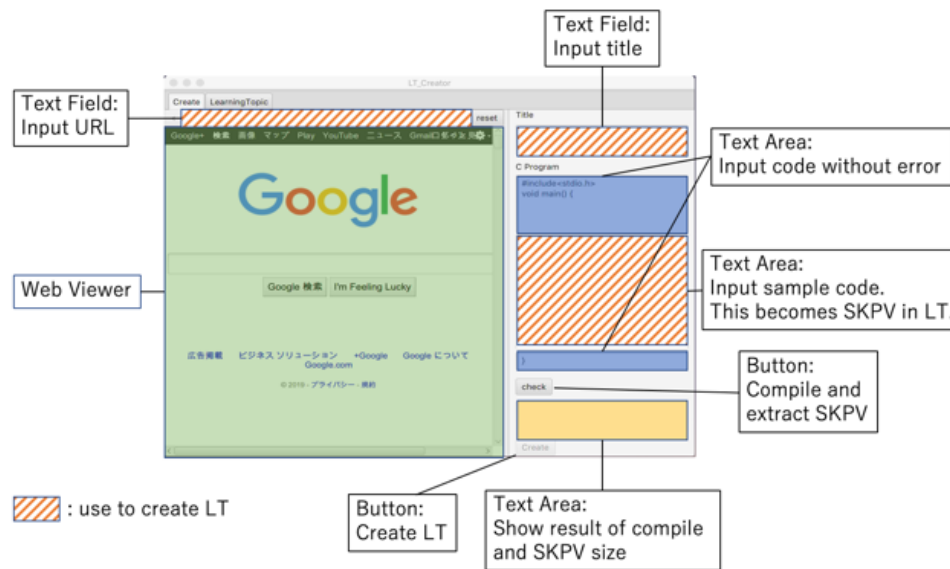


図 10 LTC の GUI
Figure: 10 GUI of LTC.

図 11 は学生用 GUI である。最初に個人情報を記入し、プログラムを作成または、サンプルプログラムから選択する。次にプログラム中の学習したい部分をクリックし、PU-SKPV を抽出。この時クリックした部分は緑色に変わる。GET ボタンを押すことで、最適な LT を得られる。その推薦された LT をクリックすると該当の Web コンテンツを表示する。

5. 実験

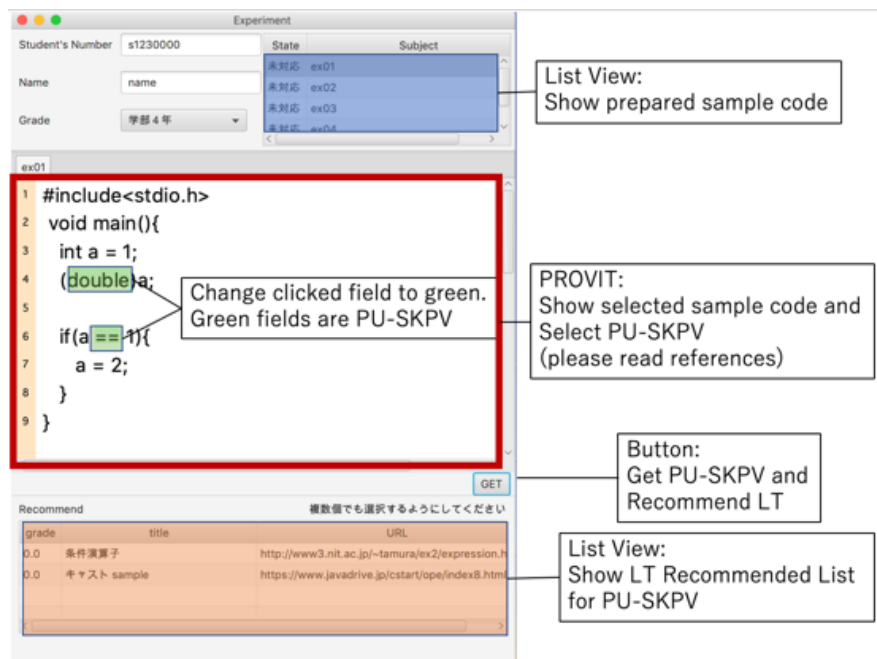


図 11 学生用 GUI
 Figure: 11 GUI for students.

本研究では、指定された学習すべき文法について、新しく定義した推薦方法は有効か、C 言語経験年数を問わず 23 人に実験した。

5.1 準備

この実験では以下の 4 つのサンプルプログラムを用意した。

- (1) 変数宣言、代入、キャスト、条件分岐 if
- (2) 関数、二次元配列、ループ for
- (3) ループ while
- (4) switch case

これらは会津大学の”プログラミング入門”コースで習う範囲である。

今回用意した LTDB のレコード数は 61 個である。これらは用意した全てのサンプルコードに対応している。

5.2 実験方法

被験者が図 11 の GUI を利用し、学習したい文法要素を選択する。推薦された LT をクリックすると、LT に該当する Web ページと評価画面が表示される。被験者は選択した学習したい文法要素に対して、推薦された LT の内容が適切かどうか、5 段階で評価する (5 が一番高い評価とする)。ただし、推薦された LT に該当する Web ページの明快さなどは考慮しないものとする。

5.3 推薦方法の実験結果

表 1 実験結果

Table: 1 Result of Experiment.

学年	1 学年	2 学年	3 学年	4 学年	院生	全体
方法 A	4.61	4.87	4.13	4.59	4.37	4.51
方法 B	4.7	4.88	4.56	4.31	4.4	4.57
平均	4.65	4.87	4.34	4.45	4.38	4.54
人数	5	2	4	10	2	23

方法 A, B 共に 4.5 近い評価を得ることができた。(表 1) しかし、|PU-SKPV| が大きい時、方法 A 評価が極端に低くなった。SKP の組み合わせに対応した LTDB が不十分であったと言える。

4 学年以外は方法 B の方の評価が高かったが全体的に評価に大きな差はなかった。この理由を以下のように考察する。

- 方法 A、B で推薦された LT の数が違うため、つまりサンプルの母数が違うため、正確な結果が得られなかった。
- |PU-SKPV| が大きい時、方法 A の評価が低くなる。しかし、PU-SKPV を 4 つ以上選択した被験者は 23 人中 3 人と少なかったため、方法 A の評価が下がることがなかった。(図 12)

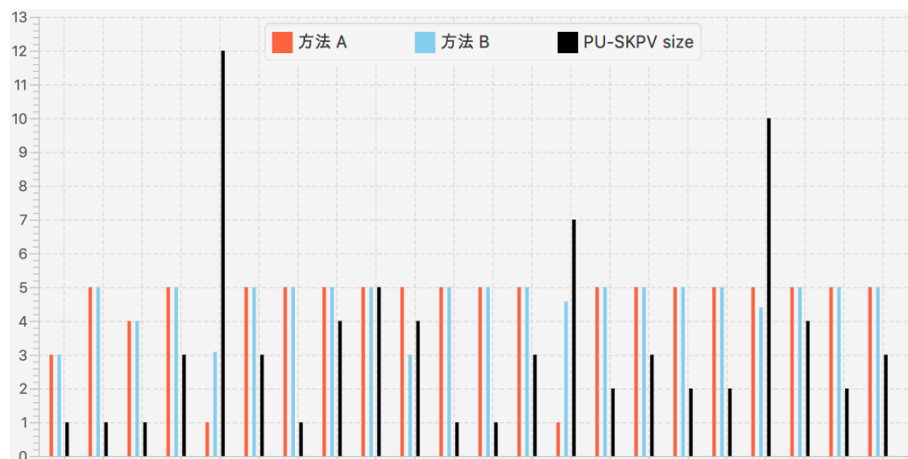


図 12 全回答
 Figure: 12 Total answer.

また、方法 B の評価が低い原因として、LT に該当する Web ページの情報が PU-SKPV に対して適切ではなかったことが挙げられる。例えば、int a; に対して、変数宣言の例が記載されている URL を LT として作成する。しかし、実際は変数宣言の使用例ではなく、int (整数型) の説明が必要であった。このことから、一つの PU-SKPV について、複数の LT を推薦する機能を追加すべきだと考える。

もう一つの例として、printf(“%d”, i); のフォーマット演算子を PU-SKPV として選択したときの結果を挙げる (図 13)。本来であれば printf() の使用例やフォーマット指定子に関する LT_1 を推薦すべきだが、LT_2 が推薦されてしまう。これは” %d”

が関数の仮引数 (EX_F05EX_CST) として認識され、その上 LT_2 より LT_1 の |A_i| が大きいからだ。

これを解決するためには SKP の関連性を考慮した推薦方法が必要だと考える。もし、SKP の関連性を考慮した推薦を実現できれば、各 LT の |A_i| と |C_i| が同じ時でも、適切な LT を推薦できるだろう。

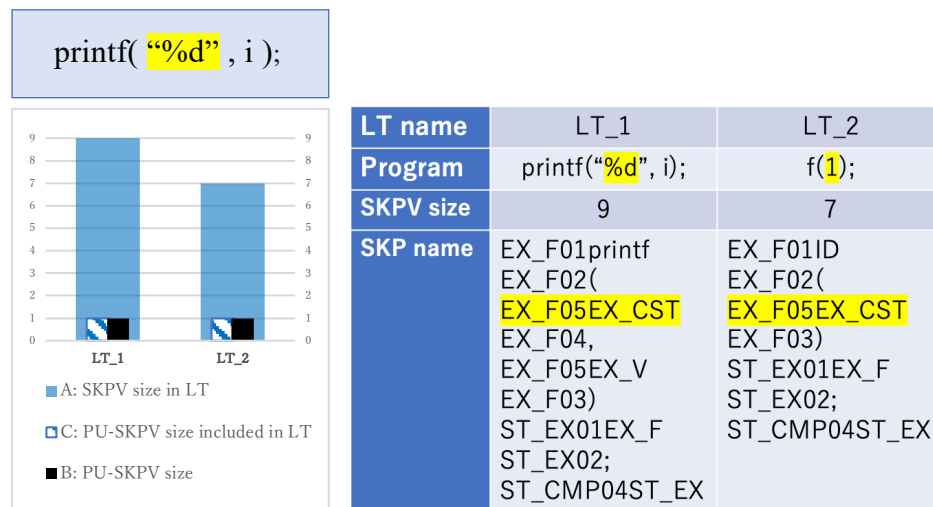


図 13 低評価の例
 Figure: 13 Example of low grade.

5.4 システム全体の評価

本研究では、実験に伴いシステムアンケート調査を行なった (図 14)。アンケート内容は以下である。

- Q1. Web から必要な情報を見つける手間が省けたか。
- Q2. Web 検索と比べ、SKP-based LCR の利便性は良かったか。

Q3. 第三者に SKP-based LCR を薦めたいか。

SKP-based LCR について、被験者の 9 割から高い評価を得られた。アンケート結果からも、提案した推薦方法が生徒の文法理解に役立ったと言える。

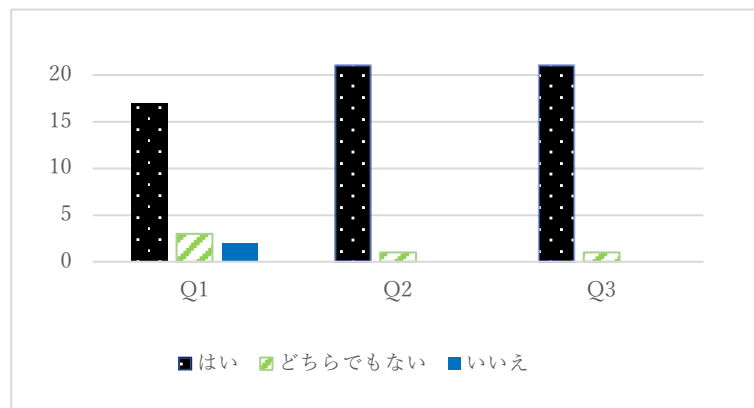


図 14 アンケート結果
Figure: 14 Questionnaire of System.

6. まとめ

本研究では、SKP を利用し、Web コンテンツの推薦を改善する方法を提案した。実験結果とシステムアンケート結果から、生徒が抱える「検索方法がわからない」「Web から適切な情報を見つけられない」という問題を解決した。よって、提案した方法はプログラミング初学者の文法理解に役立ったと言える。

SKP-based LCR は生徒の自主学習だけでなく、授業の演習時にも応用することで、プログラム中のエラーの解決に役立つ LT を推薦できる。その一例の手順を以下に示す。

- (1) 生徒はエラーのあるプログラムを指導者に送る。
- (2) 指導者はそのプログラムをエラーのない状態に修正し、PU-SKPV を作成。
- (3) SKP-based LCR はその PU-SKPV に対する最適な LT を推薦する。

これによって Web 検索の手間を省き、先生の仕事量削減を可能にする。

本研究で、今後も多様な使い方に応用できるシステムを開発できた。

7. 今後の展望

実験結果から、SKP-based LCR を実際に自主学習で使うと想定すると、一度に生成される |PU-SKPV| は 3~4 である。よって、選択できる PU-SKP の数に上限をつけたい。

また、PU-SKPV に対してより適切な LT を推薦できるようにしたい。そのために、SKP の関連性を考慮した推薦方法を提案と、一つの SKP について複数の LT を推薦できるように実装しなければならない。

提案した Web コンテンツ推薦方法では、一つの Web ページで LT を複数作成できるが、LT 検索時、その Web ページどの行に存在するか特定できない。したがって、Web ページ内での LT の存在位置検索システムを実装すべきだ。

そして、SKP-based LCR を応用した演習授業用システムの評価実験をし、今後のシステムの改善、生徒の C 言語理解に役立てたい。

8. 参考文献

- [1] T.K Yu Yan, Kohei Hara and A. He, “A method for personalized c programming learning contents recommendation to enhance traditional instruction,” IEEE 31st International Conference on Advanced Information Networking and Applications, 2017.
- [2] T.K Yu Yan, Kohei Hara and A. He, “A method to describe student learning status for personalized computer programming e-learning environment,” IEEE, pp. 231, 238, Mar 2016.
- [3] Yuka Katsushima “SKP-based Learning Contents Creation and Recommendation C-programming beginners,” University of Aizu, Graduation Thesis. Mar, 2018
- [4] “Provit.” <http://cleast.u-aizu.ac.jp/>.