

ソースプログラム編集情報を用いた  
プログラミングスキル推定手法に関する研究

Study on programming skill estimation method using source program editing information

岡田 竜岳<sup>‡</sup>      納富 一宏<sup>‡</sup>  
Ryouga Okada    Kazuhiro Notomi

## 1. はじめに

近来、プログラミング教育が盛んに行われ、小中高の学習指導要領[1]にもプログラミング教育が組み込まれている。プログラミング教育をするにあたって、各個人によって異なるプログラム作成能力（コーディングスキル）を一度に人間が評価することは難しいため、機械的にコーディングスキルを評価することは重要である。

一般にコーディングスキルは、いかに短時間ですべての要求仕様やテストケースを満たすコードを完成させるかという指標によって評価される。コーディングスキルを評価する指標として、上記以外にも、書いたコードの可読性や、再利用性が考えられる。これらの要素は人の感覚によって判断されているため、プログラム作成にかかった時間だけでは評価しにくく、機械的にコーディングスキルを評価することを困難にさせている。

これらを踏まえて、星野ら[2]は、Web 上でコーディング中の一連の操作（コーディングシーケンス）を記録・再生可能なエディタを開発し、爲近ら[3]は IME の変換やキーボードショートカットによる操作もコーディングシーケンスに含み、記録可能にした。

本研究では継続的に開発を進めているコーディングシーケンスの記録・再生を行うシステム[2]-[4]を改良することで、コンパイル・実行・テストを含んだプログラマがプログラムを改善していく様子をコーディングシーケンスとして記録し、分析を行い、コーディングスキルによるコーディングシーケンスの特徴を調査し、プログラムの完成までの時間によらないプログラミングスキル推定手法を模索することを目的とする。

## 2. コーディングシーケンス記録・分析システム

ここでは、コーディングシーケンスを記録するために作成したシステムと、記録したコーディングシーケンスを分析するために作成したシステムについて述べる。

システムの動作画面を図 1 に示す。

### 2.1 記録用モジュール

記録用モジュールの構成図を図 2 に示す。

ソース編集情報の記録に用いるシステムは、Editor 部、Recorder 部、Judge Server の 3 つで構成されている。

Editor 部ではユーザが文字入力や削除、コピー・ペーストといったソースの編集を行うとイベントが発生し、発生したイベントの種類と操作内容を Recorder 部がタイムスタンプとともに記録している。

Editor 部にて作成したソースを外部に用意した Judge Server に送信することで、ソースのコンパイル、実行、テ

```

1#include <stdio.h>
2
3int main(void){
4    int x, y;
5    scanf("%d %d", &x, &y);
6    printf("%d+%d=%d\n", x, y, x+y);
7    return 0;
8}
9

```

Test Passed

```

1 Failed
2 -----
3 null
4 -----
5 Passed
6 -----
7 case: 0
8 Output:
9 10+20=30
10 -----
11 -----
12 case: 1
13 Output:
14 0+0=0
15 -----
16 -----
17 case: 2
18 Output:
19 100+100=200
20 -----

```

図 1 システム動作図

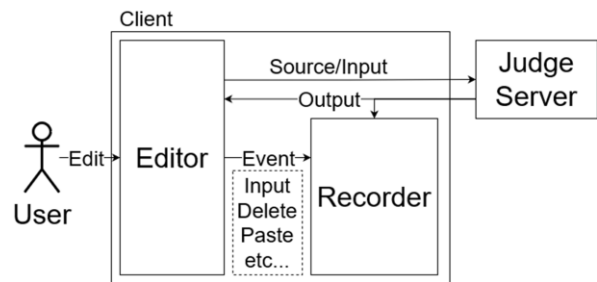


図 2 記録用モジュール構成図

ストが可能であり、それらの結果は Editor 部に表示されると同時に Recorder 部によって記録される。

### 2.2 分析用モジュール

分析用モジュールの構成図を図 3 に示す。

コーディングシーケンスの分析に用いるシステムは、Player 部と Analyzer 部の 2 つで構成されている。

Player 部では画面に表示されたシークバーを利用することで、コーディングシーケンスをもとに任意の時点でのソースを表示することができる。

Analyzer 部では、入力されたコーディングシーケンスをもとに、統計情報を抽出することができ、Player 部と連動することで、シークバーで指定した任意の時点での統計情報を確認することができる。

抽出した統計情報は CSV 出力が可能であり、データの再利用が用意になっている。

## 3. 実験

コーディングシーケンスからコーディングスキルを推定するために、文字を打つ速度やコンパイルした回数といったコーディング中の行動とコーディングスキルとの関係を調査することが必要だと考える。

<sup>‡</sup> 神奈川工科大学情報工学科 Dept. of Information & Computer Sciences, Kanagawa Institute of Technology

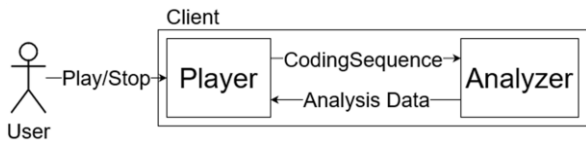


図3 分析用モジュール構成図

先行研究[4]では、コーディング中に文字をペーストした回数と30秒以上操作がなかった時間（停滞時間）の合計をプログラム完成までの時間によって評価したコーディングスキルと照らし合わせ、停滞時間とコーディングスキルとの関連を示した。

本実験では、新たにプログラムのコンパイルや実行をコーディングシーケンスに含め、作成されたソースコードをもとに評価したコーディングスキルとの関連を調査した。

### 3.1 実験方法

学部生8名（1年次生1名、2年次生3名、3年次生2名、4年次生2名）を実験協力者として実験を行った。

実験では、エディタに慣れてもらうためのサンプル問題とソース編集情報を記録するための問題 Q1, Q2 の合計3問を用意し、C言語を利用してコーディングを行った。

ソースコードからコーディングスキルを評価するための基準を表1に示す。

表1 ソースコード評価基準

No.	項目名
1	すべてのテストケースを通過した
2	意味のある変数名や関数名を使用した
3	コメントを書いた
4	関数化やエラー処理を行った
5	無駄な処理が無い

No.5の基準における無駄な処理は、各問題で想定した解答よりも、余分にループを使っているものや、エラー処理を除いた不必要な出力を指す。

作成したソースコードに対して、表1を基準に評価を行い、満たしている項目の個数をその人のコーディングスキルを表す評価点とした。

また、コーディングシーケンスからコーディングスキルを推定するために、実験データをもとに、先行研究[4]にてプログラム完成までの時間との関連が示された停滞時間を計算した。

### 3.2 実験結果

集計したソースコードに対する評価を表2に示す。

表2 ソースコード評価

	A	B	C	D	E	F	G	H
Q1	3	3	2	2	2	3	0	3
Q2	4	4	3	1	1	4	0	2

コーディングシーケンスから計算した停滞時間のグラフを図4に示す。

## 4. 考察

Q1は2つの整数を加算するだけの単純な問題であるのに対して、Q2は任意個の整数を受け取る複雑な問題だったため、全協力者で停滞時間の増加がみられた。

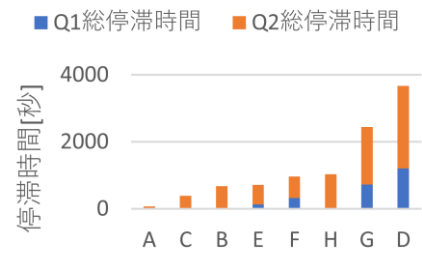


図4 協力者ごとの累積停滞時間

高いコーディングスキルを有している者は、処理によるコードのパターンを理解しているため、少ない停滞時間でコーディングできることが考えられる。

そこで、Q2における協力者ごとの停滞時間と評価点の散布図を図5に示す。

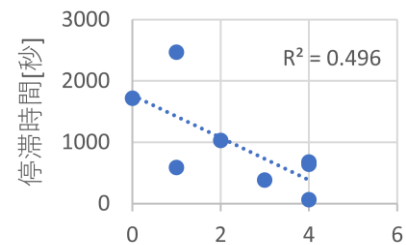


図5 Q2における停滞時間と評価点の関係

図5より、停滞時間と評価点には弱い負の相関がみられたため、停滞時間が短い方が、停滞時間が長い人と比べてコーディングスキルが優れていると考えられる。

## 5. おわりに

本研究では、コーディングシーケンスを用いて、コーディングスキルを推定する手法を模索した。

コーディング中の停滞時間がコーディングスキルを表す可能性が示唆され、停滞時間を計測することでコーディングスキルの推定に役立つことが考えられる。

今後は実験協力者を増やすことで、コーディングスキルと停滞時間の相関を明らかにし、コーディングシーケンスに記録されたほかの情報との関連を調査する。

### 謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP18K11587 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] 文部科学省：平成29・30・31年改訂学習指導要領（本文，解説），文部科学省（オンライン）  
[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/1384661.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/1384661.htm)（参照2022-06-20）
- [2] 星野裕樹，納富一宏，西村広光，示野浩士，“キーボード操作の時系列情報を活用したコーディング学習支援手法の提案”，情報科学技術フォーラム講演論文集，Vol.14，No.3，pp.467-468（2015）。
- [3] 爲近瑛太，納富一宏，“プログラミング学習を目的としたコーディングシーケンス共有システムの開発”，情報科学技術フォーラム講演論文集，Vol.20，No.4，pp.247-248（2021）。
- [4] 爲近瑛太，納富一宏，“コーディングシーケンス分析によるプログラミングスキル判定”，バイオメディカル・ファジィ・システム学会大会講演論文集，Vol.34，pp.2-4（2021）。