

# プログラミング演習システムにおける音と色を用いた ユーザインターフェースの改善

四方 雅晴\*1・北 英彦\*1  
Email: 416m242@m.mie-u.ac.jp

\*1: 三重大学大学院工学研究科電気電子専攻

◎Key Words プログラミング演習, 演習システム, ユーザインターフェース

## 1. はじめに

プログラミングの授業では、一般に、プログラム作成を行う演習が行われている。しかし、多人数の場合、プログラムの作成が円滑に進まず指導を必要としている学習者を机間巡回で見つけることは困難である。著者は、プログラム作成の演習中に、学習者の状況をリアルタイムで把握することができるプログラミング演習システム PROPEL<sup>[1][2]</sup> (PROgramming Practice Easy for Learners) を開発運用している。このシステムでは講師が iPad 等のタブレット上に表示した座席表の画面に表示された情報から、指導が必要と思われる一定時間以上プログラムを変更していない学習者を見つけることができる。

従来のシステムでは、学習者が一定時間プログラムをまったく変更しない場合しか検知することしかできず、指導が必要な学習者の一部しか講師はシステムを解して把握することができなかった。また、学習者はエラーに気づかず課題を提出するといった問題がある。

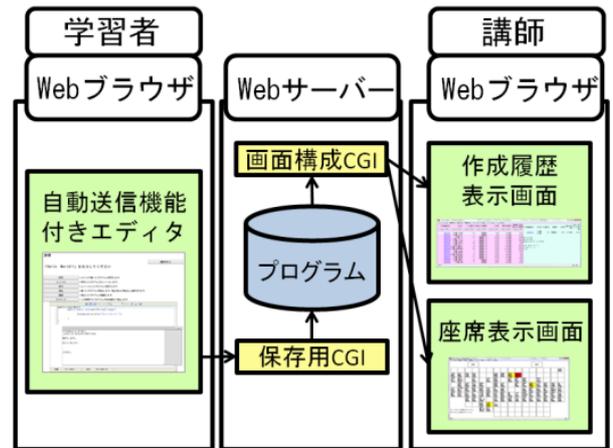
それらの問題を解決すべく著者の所属する研究室の彦坂、戸上らとともに講師側と学習者側に分けて改善を行った。彦坂は講師にエラー情報の提供する画面の作成、戸上は学習者用画面にエラーを自身で修正できるようにエラーの説明文や自動的にエラーチェック画面<sup>[4][5]</sup>の実装を行った。

本研究では、指導が必要な学習者の講師による見落としを減らし、授業の進行を円滑に行えるように、音と色を用いて講師用画面と学習者用画面のインターフェースの改善を行った。

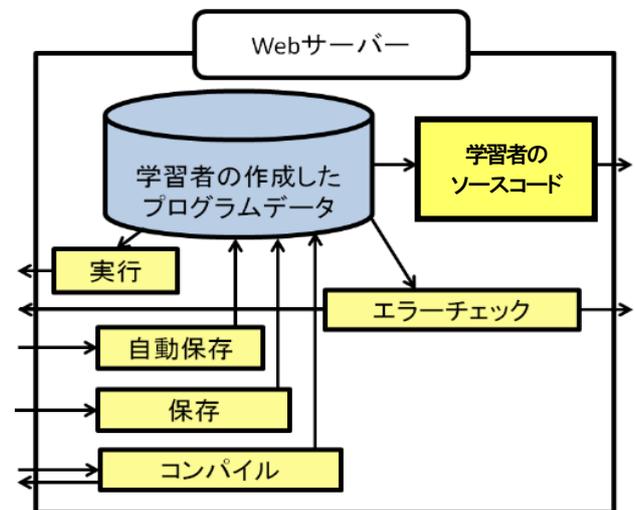
## 2. 従来の PROPEL

著者の所属する研究室では、プログラミング演習支援を目的としたシステムを開発・研究してきた。そのうちの1つが学習者のプログラミング作成状況の把握及び理解の遅れている学習者への迅速な対処を目的としたプログラミング演習システム PROPEL である。図1に PROPEL のシステム構成を示す。

学習者はウェブブラウザ上で動くエディタを使用する。エディタには自動送信機能があり、30秒毎に作成途中のコードをサーバーに自動的に送信、保存する。学習者側の画面を図2に示す。学習者は「保存」「コンパイル」「実行」ボタンを押すことで、ウェブブラウザ上でプログラムを作成することができる。また、「講師を呼ぶ」ボタンを押すことで後述の座席表示画面に講師のアドバイスを求めているということが表示される。



(a) 全体



(b) 内部

図1 PROPEL のシステム構成

また、講師側の画面には図3のように演習室の座席一覧が表示され、プログラムの作成に行き詰まっている学習者の座席の位置を知ることができる。座席のマスの中の色は、5分以上更新がなければ黄、15分以上なければ橙、講師を呼ぶボタンを押していれば赤となり、作成の滞っている学習者を瞬時に見つけることができる。

PROPEL を用いることで、プログラミング演習において、プログラムの作成に行き詰まっている学習者を見つけ出し講師がアドバイスすることが可能となる。



図2 座席表示画面

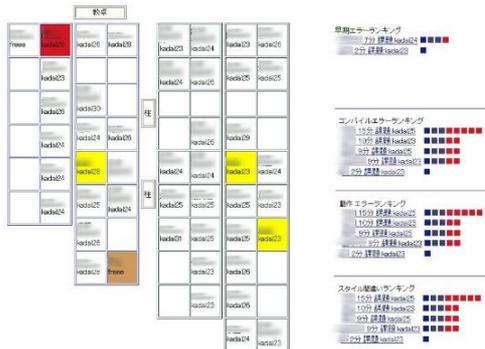


図3 エラーランキング画面

### 3. 従来の PROPEL の問題点

問題点は4つある。1つ目は一定時間入力を行っていない学習者しか検出できないため、長時間エラーが直せず試行錯誤している学習者を見つけられない。学習者からの呼び出しや、学習者が一定時間入力を行っていないことを元に指導を行うため、演習時間の早い段階では指導が行えず、演習時間の後半に集中してしまい、効率的な指導が行えない。2つ目として講師はiPadを持った状態で机間巡回を行い学習者の指導にあたる。しかし、iPadを用いると画面の大きさに限界がある。3つ目は講師が学習者の呼び出しに対して座席が赤く変わるだけなので、気づかないことがあった。4つ目は従来のシステムでは課題番号と学習者名が表示されるだけで、数字を読まなければ学習者の進捗がわからないという問題があった。

### 4. PROPEL の改善

#### 4.1 講師用画面についての改善

従来の PROPEL の問題点1について、同研究室の彦坂、戸上らと分担して解決に当たった。

彦坂は講師用画面に学習者がコンパイルしたときにシステムでコンパイルエラーのメッセージを記録し、コンパイルエラーをなくせない学習者や、学習者がプログラム作成中でも1行単位で間違いがないかどうかをチェックする早期エラーチェック、提出されたプログラムをシステムによって正しく動作するか自動テストを行う動作エラーのリストを講師に提供する画面を追加した。またエラーが長時間残っている学習者の一覧を閲覧し、学習者名をクリックすると表示される学

習者のプログラムやエラーの情報を表示する個別画面とエラーの残留時間が長い順番にソートされている学習者の氏名・エラーの残留時間を棒グラフで表示するシステムを実装した<sup>4)</sup>。

戸上はそれぞれのコンパイルエラーメッセージに対して学習者自身で修正できるように説明の画面を表示と編集中の画面で30秒ごとに自動的にエラーがあるかどうかを確認学習者に表示するエラー早期発見画面を実装した<sup>5)</sup>。

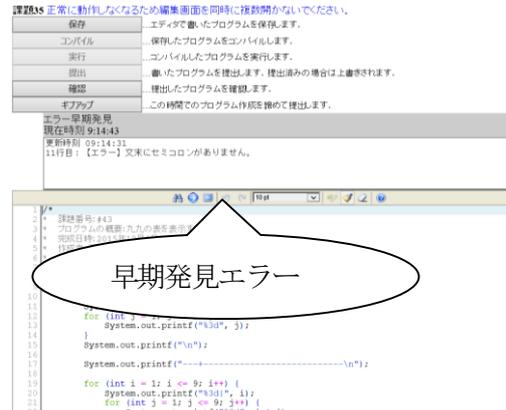


図4 早期発見エラー

上記の2名の機能に付け加えて、本研究では、講師用画面のインターフェースにおいて色と音を用いて以下の3点を改善した。全体図を図5に示す。

- (1) 教室全体画面の表示
- (2) 講師呼び出し時に音と画面の点滅機能を追加
- (3) 学習者の課題の進捗状況を色分けで表現

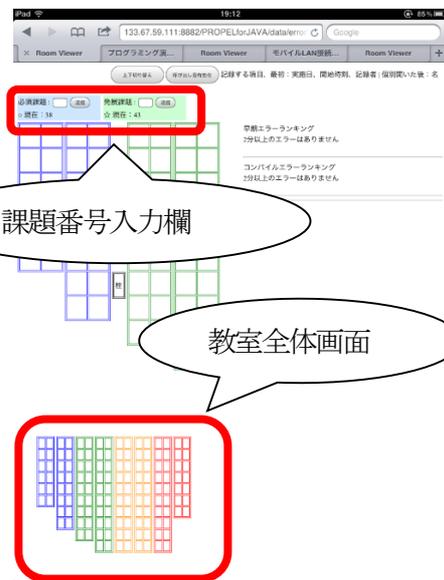


図5 改善後の全体図

- (1) 教室全体画面の表示

画面右に彦坂の機能を追加したため正規の座席表示画面はiPad画面の都合上、教室半面しか表示できないため、正規画面の下に教室全体の座席の情報が見渡せる画面を追加した。この画面は名前や課題番号といった

文字情報はないが、正規の座席表と連動して5分以上更新がなければ黄、15分以上なければ橙、講師を呼ぶボタンを押していれば赤となり、課題の進捗状況も連動して表示される。そのため講師がiPadで表示しきれていない側の座席表で学習者が行き詰っていても対応することができる。この画面をタッチすると、タッチされたエリアの座席表を正規の画面に表示することができる。教室全体画面を図6に示す。



図6 教室全体画面

(2) 講師呼び出し時に音と画面の点滅機能を追加  
 学習者側の画面より「講師を呼ぶ」ボタンを押すことで座席表示画面に講師のアドバイスを求めていることが表示され、その座席が赤くなる。しかし、講師は常にiPadの画面を見ているとは限らず、「講師を呼ぶ」ボタンが押されていても気づかないことがある。そこでボタンが押された時に講師用画面が点滅して音がなるように施した。残念ながらiOSでは従量課金の可能性があるためautoplay, autobuffer属性は無効になっているので自動的に音を鳴らすことはできず、ユーザアクションがトリガーになる。そこで図6に示すように音データを読み込むボタンを追加した。講師がボタンを押すことでautoplayを有効になり、「講師を呼ぶ」ボタンが押されたときにiPad上で音声データが読み込まれ、音が鳴るようになっている。また、環境によって音が鳴らない可能性を考え、環境に依らずボタンが押された時に気づかれやすくするために画面が点滅する機能を付加した。あまりにも点滅が早いと気づかれにくく、回数が多いと視覚的に煩わしくなるので赤く2回ゆっくりと点滅するようにした。



図6 呼び出し音の有効化

(3) 学習者の課題の進捗状況を色分けで表現

課題の番号に応じて座席表の色が変化するようにした。また、必須課題と発展課題の区別をつけることができるように必須課題は青系統、発展課題は緑系統の色を用いて各課題の開始番号を入力する欄を設けた。講師が課題番号を入力することで基準点を設ける。実際の画面を図8に示す。課題の進捗状況をそれぞれ5段階に分けて課題番号が進むにつれて色が濃くなるようになっている。そのため、一目でそれぞれ学習者の課題の進捗状況が把握できるようになっている。図9、図10に必須課題と発展課題の色の変化の過程を示す。



図8 課題番号入力画面

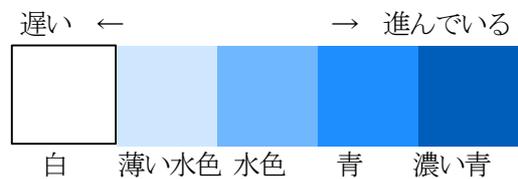


図9 必須課題の青系統

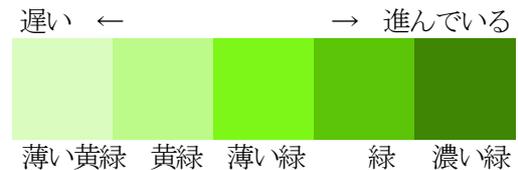


図10 発展課題の緑系統

このように各々濃淡で色分けすることで図11に示すように進捗状況が色でわかり、エラーは出ていないが進捗が遅れている学習者を発見することができるなどアドバイスに行くべき学習者の優先順位がつけやすくなる。



図11 進捗状況による座席表の色分け

## 4.2 学習者用画面についての改善

講師用画面とは別に学習者用画面についても2点の改善を行った。

1つ目は戸上の実装した学習者用画面のエラー早期発見画面にエラーを3分以上残していると赤枠が表示されて、点滅しエラーの修正を促す機能を実装した。

エラーを長時間放置していると軽微なエラーでも図12に示すようにエラーランキング画面の上位に表示されて講師に情報が行ってしまう。それにより自力では修正することができないエラーに戸惑っている学習者を発見することが遅れてしまわないためにエラーを長時間放置している学習者のエラー早期発見の周りを図13で示すように赤枠で点滅させ修正を促すようにした。



図12 講師用画面の早期エラーランキングの様子

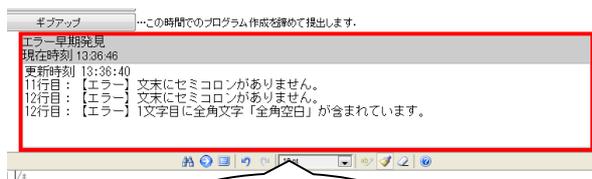


図13 早期発見エラーの修正の促し

2つ目も戸上の実装したそれぞれのコンパイルエラーメッセージに対して学習者自身で修正できるように説明ページへ誘導する機能を実装した。コンパイルエラーメッセージの読み方を示したページを設置したが実際にそれを読む者は少なく、講師を呼ぶ者が多かった。そのため学習者自らエラーを修正できるようにするためコンパイルエラーメッセージが表示された場合に図14に示すようにその読み方を示したページの横に赤い矢印を表示させて注意を促すようにした。この赤い矢印はコンパイルが成功するまで残るようにした。

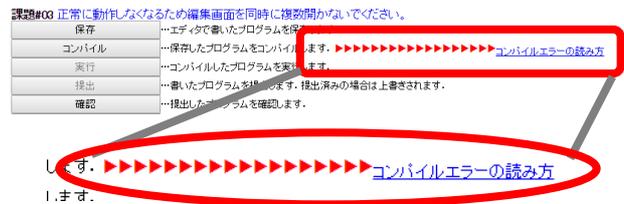


図14 コンパイルエラーの読み方への誘導

## 5. 運用結果

実際の授業で2回運用し、利用した講師の感想より以下のような結果が得られた。

- 講師呼び出し時に音と画面の点滅機能を追加により講師が学習者に付いて説明しているときでも音が鳴るので呼び出している学習者の存在に気づきやすくなった。
- 学習者の課題の進捗状況を色分けで表現することで多くの者が課題を進めている中、進捗の遅れている学習者を色で容易に見分けることができ対応することができるようになった。
- 早期発見エラーの修正を促したことにより、簡単な早期発見エラーを長時間残す学習者が減った。
- コンパイルエラーの読み方への誘導を追加したことにより、講師が学習者に対してコンパイルエラーの読み方を見る指示が減った。

今後、呼び出された時間や講師が教えに行った内容などのログの分析を行い、運用の定量的な効果を確認する予定である。

## 参考文献

- (1) 伊富昌幸, 北英彦, 高瀬治彦, 林照峯: コーディング状況に応じたアドバイスを可能にするプログラミング演習システムに関する研究, コンピュータ利用教育協議会, 2010 PC カンファレンス (2010).
- (2) 小川正, 西口大亮, 北英彦: プログラミング演習におけるiPadなどの携帯デバイスの利用による指導の円滑化, コンピュータ利用教育協議会, 2011PC カンファレンス (2011).
- (3) 小島佑介, 高橋功欣, 北英彦: プログラミング演習における効率のよい指導のためのエラー早期指摘, コンピュータ利用教育協議会, 2011PC カンファレンス (2011).
- (4) 彦坂知行, 北英彦: 多人数でのプログラミング演習における学習者のコーディング状況の把握システム, コンピュータ利用教育協議会, CIEC 春季研究会 2016 (2016).
- (5) 戸上稔崇, 北英彦: プログラミング演習 PROPEL のJava対応とエラーメッセージ改善, コンピュータ利用教育協議会, 2015PC カンファレンス (2015).
- (6) developerWorks 日本語版: <https://www.ibm.com/developerworks/jp/web/library/wa-ioshtml5/> (2015).