

修士論文

遠隔授業に対応するための機能を 追加したプログラミング演習システム に関する研究

令和3年度修了

三重大学大学院工学研究科

博士前期課程 電気電子工学専攻

久保 博明

目次

第1章	はじめに	1
第2章	PROPEL	2
2.1	PROPELの特徴	2
2.2	PROPELforC_2021 学生用画面	2
2.3	PROPELforC_2021 講師・TA 用画面	4
第3章	ハイブリッド型授業	6
3.1	新型コロナウイルスの流行	6
3.2	三重大学での授業形態	6
3.3	遠隔授業の問題点	6
第4章	学生が遠隔授業に参加した際の問題点及びアンケート	7
4.1	日時と対象者	7
4.2	アンケート内容、結果及び考察	7
第5章	先行研究	10
第6章	提案システム	11
6.1	提案手法	11
6.2	参加方法の確認	11
6.3	呼び出し時間ランキング	13
6.4	進捗確認	14
第7章	実装後考察	16
7.1	授業での使用	16
7.2	講師からの意見	16
第8章	まとめ	17
	参考文献	18
	発表論文	19
	謝辞	20

第1章 はじめに

プログラミング学習は近年、小学校の授業への導入が決定されるなど、情報化社会が発展を遂げる中で更なる注目を集めている。大学に対しても人材を多数輩出することが強く望まれている[1,2]。一般的なプログラミングの入門教育方法として、演習型の授業方式が取り入れられている。演習型の授業方式とは、講義の初めに基本的なプログラムの文法や処理の流れを講義形式で解説し、その後、指導者があらかじめ用意しておいた演習課題を学生が各自で解いていくというものである[3]。また、プログラミング教育はマンツーマンによる指導が効果的であるとされている[4]。三重大学電気電子工学科を含む多くの大学ではプログラムを実際に作成してプログラミング技術を身につけるため、また、計算機への理解を深めるためにプログラミング演習が行われている[5]。

プログラムの演習問題は1つの課題に対して回答が複数あることが多く、課題の進行速度は異なる。よって指導者は学生ひとりひとりと対話することが望ましいが、学生全員の状況を把握するには時間を必要とし、指導に大きな負担が発生する[6,7]。また、一般に授業や演習について行くことができず脱落してしまう学生を早期の段階で発見し対処することで、より効果的な指導が可能となる[8]。特に、プログラミングの学習では知識の積み上げで学習を進めるので、早期の発見が重要である。著者の属する研究室では、指導の負担を軽減し、早期の段階での対処を行うために、プログラミング演習システムである PROPEL (PROgramming Practice Easy for Leaners) の開発を行っており、三重大学総合工学科電気電子工学コースのプログラミング演習の講義で実際に使っている。特徴は多人数対面型授業において演習を効率的に行うためのコンパイル前の構文エラーの検出など種々の機能を備えている点である。

2022年現在、新型コロナウイルス COVID-19 が流行しているため、感染対策が必要である。対面での授業は困難であり、三重大学のプログラミング演習の授業は対面参加と遠隔参加を選択できるハイブリッド型授業となっている。ハイブリッド型授業では講師・TA(ティーチングアシスタント)は学生の状況の把握が難しく、学生から質問することも難しい。本研究ではそのような問題を解決するための機能を PROPEL に付加することを提案する。

本論文の構成は以下のとおりである。2章で PROPEL の機能について述べる。3章で新型コロナウイルスの流行と三重大学の授業形態について述べる。4章では遠隔授業の問題点とそれについてのアンケートについて述べる。5章では先行研究について述べる。6章では提案システムについて述べる。7章では提案システムの有効性について考察する。8章で本論文のまとめを述べる。

第 2 章 PROPEL

2.1 PROPEL の特徴

PROPEL (PROgramming Practice Easy for Leaners) は学生のコーディング状況を即時で講師や TA が把握できるように著者らが開発を行っているプログラミング演習システムである。実際に三重大学総合工学科電気電子工学コースのプログラミング演習の授業で運用している。PROPEL には学生用画面と講師用画面の 2 つが存在する。表 1 に PROPEL の構成を示す。学生はソースコードの保存やコンパイルといった機能を利用できる。記述したソースコードは 30 秒間隔で Web サーバに送信される。講師と TA は iPad を持ちながら演習室内を巡回する。

表 1: PROPEL の構成

学生用 Web ブラウザ	Web サーバ	講師・TA 用 Web ブラウザ
ソースコードの保存 コンパイル 実行 プログラムの提出 提出したプログラムの確認 早期エラーチェック 講師を呼ぶ	学生用画面作成 講師用画面作成 プログラム保存	座席表 学生が行っている課題 学生の呼び出し 早期エラーランキング コンパイルエラーランキング スタイルエラーランキング 動作エラーランキング

2.2 PROPELforC_2021 学生用画面

図 1 に PROPELforC_2021 でのプログラム作成時の画面を示す。これは 2021 年度 C 言語版の PROPEL である。以前の PROPEL は JAVA 版であったが授業内容の変化に合わせて C 言語版に変更した。「保存」「コンパイル」「実行」といったプログラム作成に欠かせない機能を使用できる。また、学生のプログラム作成を支援する機能として行末に「;」がないなどのコンパイルエラーや、字下げされていないといったスタイルエラーをコンパイル前に自動的に指摘する「早期エラーチェック」、質問したいときに講師を呼ぶことが可能な「講師を呼ぶ」ボタンなどを備えている。

[戻る](#) [ログアウト](#)

kadai10, 416324,TA久保

過去の課題

講師を呼ぶ

課題#10 正常に動作しなくなるため編集画面を同時に複数開かないでください。

保存	…エディタで書いたプログラムを保存します。 スタイルエラーの読み方 入力補完の使い方
コンパイル	…保存したプログラムをコンパイルします。 コンパイルエラーの読み方
実行	…コンパイルしたプログラムを実行します。
提出	…書いたプログラムを提出します。 提出は一度のみです。
確認	…提出したプログラムを確認します。 メッセージ受信履歴
ギブアップ	…この時間でのプログラム作成を諦めて提出します。
可視化	…プログラムを可視化します。 実行後に使用可能。(入力は非対応)

メッセージ [スタイルエラー](#)

1分以内: 赤太字 2~5分以内: 青字

エラー早期発見 (現在時刻 13:17:10)

更新時刻 13:14:17

ワード確認 ON OFF

【14行目】

```
1 /*
2  * 課題番号:
3  * プログラムの概要:
4  * 完成日時:
5  * 作成者:
6  * 著作権表示:
7  */
8 #include <stdio.h>
9
10 int main(void) {
11
12 }
13
14
```

図 1 : PROPELforC_2021 学生用画面

名無し kadai05

図 3 : 呼び出しボタンを押したときの座席表

第3章 ハイブリッド型授業

3.1 新型コロナウイルスの流行

2022年現在、新型コロナウイルス COVID-19 が流行している。政府から密集・密接・密室を避ける、安全な距離を保つなどの感染対策が示されている。文部科学省が「新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況」に関する調査を2020年5月20日に実施し、遠隔授業を行っている大学は90.0%、面接・遠隔を併用している大学は6.8%となっている[9]。

3.2 三重大学での授業形態

三重大学ではハイブリッド型授業を行っている。ハイブリッド型授業は授業に対面で教室に参加するか、同期型オンラインで参加するか、または非同期型オンラインで参加するかを学生が選択できる授業である[10]。これらのうち電気電子工学コースのプログラミング演習では非同期型の参加は用意していない。遠隔での参加の場合は Zoom ミーティングを利用する。

三重大学の方針として、学籍番号の偶奇でクラスを半分に分け、学生は自分の学籍番号と偶奇が同じ日は対面で、そうでない日は遠隔で受講することになっている。プログラミング演習の受講者は約100名で、2名のティーチングアシスタント(TA)の分担を、対面で参加する学生に対応する者と遠隔で参加する学生に対応する者に分けている。

3.3 遠隔授業の問題点

PROPEL は多人数対面を想定しており、遠隔授業は想定していない。そのため3つの問題点がある。TA は学生の参加方法によって対応する者が変わるが、学生が対面で参加しているか遠隔で参加しているか PROPEL の画面上では知ることができない。「講師を呼ぶ」ボタンで複数人から呼び出しがあった場合、呼び出した順番及び、待機時間がわからないので、TA が対応するまでに時間がかかることがある。Zoom ミーティングでは100名近くいる学生すべての表情を確認するのは難しく状況がわからないので、学生が困っていても気づくことができない。

第4章 学生が遠隔授業に参加した際の問題点及びアンケート

学生が遠隔授業に参加した際の問題点を調査するためにアンケートを行った。

4.1 日時と対象者

日時 : 2021年6月8日から2021年6月11日

対象者 : 三重大学総合工学科電気電子工学コース在学中のプログラミング演習
2021の受講者

対象者数 : 86人

4.2 アンケート内容、結果及び考察

4.2.1 質問1の内容と結果

質問1の内容を以下に示す。

- PROPELを遠隔授業で使用したときに不便だと感じたことを書いてください。

その結果を以下に示す。

遠隔授業関係

- 何かわからない点があった場合に質問するのが難しい。
- 近くに先生やTAがいないため、気軽に質問しにくい。
- 近くにTAや先生がいないことによって質問がしづらくなっている。
- Zoomに接続しながらPROPELを見たり、コードを打ったりすることができない。
- 遠隔と対面での座席表がいまいちわかりづらく、混乱した。
- 直接分からないところを聞くことができない。
- 座席番号などを入力する時に違うと言われることがよくあった。

提出関係

- 提出が一回しかできないこと。
- 一度提出をしてしまうと、提出物を編集できない。
- 一度提出したプログラムをPROPEL上で実行することができない。

エラー関係

- 入力作業中に短時間(10秒くらい?)で即座に上画面にエラー(例えばセミコロンが抜けているなど)の表示が早く、赤く点滅することが作業を進めるうえでありがたいのですがもう少し時間間隔をあげていただけると嬉しいです。
- セミコロン忘れの表記が出るのが早すぎる。
- まだコードを書いている途中なのに一々、コンパイルエラーの表示が出てくる。

- 入力時や入力後に間違いを指摘されてもどこに誤りがあるのか分かりづらい

操作性関係

- 初めだけの話であるが実行した後の入力をする場所がとても分かりにくく初めのコマはどこに入力するのかわからなかった。
- Free(自由にコードを書くことができる画面)が1つしかないから2つ目以降をやる時は全部消してやらなければならない(自分で作ったものを残せない)、またその消す時に「戻る」で戻っても保存されている分が残るため、初期状態から始めようと思った時に、どこまで消せばよかったのか分からなくなる。
- 自分のノートPCの画面が小さいため、プログラムの全体を見にくいこと。今やっている課題のプログラムの量であれば問題は感じにくいですが、今後は工夫しないと不便だと思う。

4.2.2 質問2の内容と結果

質問2の内容を以下に示す。

- PROPEL以外で遠隔授業時に不便だと感じたことを書いてください。

その結果を以下に示す。

音声関係

- 先生の声が聞き取りづらいときがある。
- 回線の不具合などで、先生側に情報が届かなかったりすること。
- 音声途切れるなど聞き取りづらい時があった。
- たまに声が聞きづらくなることがありました。たまに接続が悪くなることがありました。
- ミュートが入ってないのに黙っている時があると自分の回線が悪いのではと不安になる。
- 音声聞き取りにくい時がある。
- 自宅や、学校のネットワークの通信状況により、音声などが聞こえづらい時が多々あった。
- たまに周りの音が入り込んで音声少し聞き取りづらかった。
- Zoomの音声がうるさいことがある。音声稀に途切れることがあり、先生の指示が聞こえない時がある。

その他

- メモをとりたいときに、すぐに次のところへいってしまうことがあった。小テストの結果が全員に共有されているときがある。
- Zoomに接続しながら先生に指示された他の作業をすることができないので不便

でした。理由は Zoom の性質として他のページに行くと Zoom のページが見えなくなるので先生の共有画面が見えないからです。

- 質問があるときに、できない時があった。
- 小テストを見直して翌週の小テストに生かしているつもりなのですが、回答がないので見直して直した回答がまた間違っていることがあるので回答を明示していただけると助かります。
- 一問ずつ答え合わせをしてほしい。
- たまに今何する時間かわからなくなること。

4.2.3 質問の結果のまとめと考察

これらの結果から対面授業より遠隔授業の方が質疑応答をしにくいことがわかった。また文献[11]でも、対面授業と遠隔授業では授業の理解度は同等であるが遠隔授業の方が質疑応答をしにくいことを指摘している。遠隔授業ではこの欠点を補うシステムの機能が必要である。

第5章 先行研究

図4,5に「投票・要望・質問システム」を示す。これは宮城教育大学で鶴川教授が開発した Web 上で利用できるシステムであり、遠隔で参加する学生の様子を把握するために作られた[12]。このシステムは「はい」「いいえ」「数字」「文字」などの選択肢を選んで送信することで回答できる。また、テキストを用いて質問ができる。

このシステムの利点は学生からの要望の件数を知ること、授業中に改善すべき部分がすぐにわかり、質問しにくさを補うことができる点である。ただしプログラミングに関連したメッセージはないため、本研究ではこのシステムを参考にし、メッセージをプログラミング演習専用のものにするのを提案する。

今の投票・要望・質問をどうぞ！

はい いいえ その他

0(ゼロ) 1 2 3 4 5 6 7 8 9

A B C D E F G H I(アイ) J K L M N O(オー) P Q R S T

U V W X Y Z

今の説明もう一度 今の操作もう一度 ちょっと待つて もっとゆっくり 良く見えない

良く聞こえない それです わかりました ありがとうございました いいね 速い 適切 遅い

記述式コメント:

送信 http://?<a href=...

記述式コメントにつける署名の保存 署名削除

図4：投票・質問・要望システム(回答側)

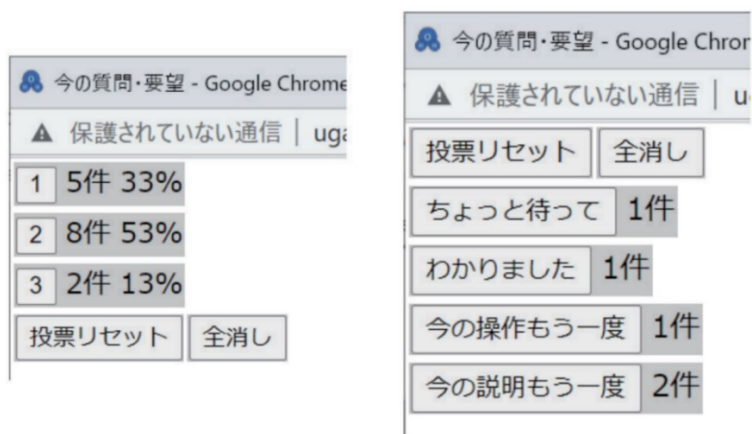


図5：投票・質問・要望システム(集計側)

第 6 章 提案システム

6.1 提案手法

4 章では、学生が質問をしやすいシステムの機能が必要だとわかった。それ以外には講師・TA 側の問題点を解決するために、対面で参加する学生と遠隔で参加する学生の区別、学生からの呼び出しへの迅速な対応、遠隔の学生の状況把握などの機能が必要になる。

6.2 参加方法の確認

図 6 に変更後のログイン画面を示す。講師・TA は学生が対面で参加しているか遠隔で参加しているか確認することができない。そこで対面で参加しているか遠隔で参加しているかを選択するラジオボタンを追加する。IP アドレスによって区別する方法も存在するが本研究では使用していない。理由としては、VPN と学生の意識が挙げられる。仮想専用線 VPN (Virtual Private Network) を使用すれば、たとえ学生が大学外にいても大学内にいるかのように接続できる。その場合 IP アドレスで区別することができない。またラジオボタンで選択することで、学生に参加方法を意識してもらう意味もある。

図 7 に変更後の講師・TA 用画面を示す。図 7 では学生の名前と課題は伏せてある。図 8 に座席表を拡大したものを示す。遠隔で参加している場合、座席表とランキング表示の名前のところに星形のマーク「★」を表示する。遠隔で参加する学生については、あらかじめ対面の学生が使用しない座席の番号を割り振っておき、その座席に仮想的に着席させる。仮想的に着席させる理由は、講師・TA が使用する際の使い勝手を大きく変えないためである。

プログラミング演習システム PROPEL for C

授業時間外は全員 PC 番号「140」でログインしてください。

利用者ID	<input type="text"/>
PC番号	<input type="text" value="PC4-"/>
パスワード	<input type="password"/>
<input checked="" type="radio"/> 対面で参加	
<input type="radio"/> 遠隔で参加	
<input type="button" value="ログイン"/>	

図 6: 変更後のログイン画面

6.3 呼び出し時間ランキング

図9に呼び出し時間のランキングを示す。講師・TAは「講師を呼ぶ」ボタンで複数人から呼び出しがあった場合、呼び出した順番及び、待機時間がわからない。それを解決するために座席表の右側に呼び出し時間ランキングを追加する。

このランキングを表示するために、学生が「講師を呼ぶ」ボタンを押したとき、ファイルに呼び出した時間と学生の名前を記録する。ファイルは以下の3種類を対面と遠隔でそれぞれ用意する。

- 呼び出し中の学生を記録するファイル(ファイルAと呼ぶ)
- 呼び出しを開始した学生と終了した学生を1回の講義だけ記録するファイル(ファイルBと呼ぶ)
- 呼び出しを開始した学生と終了した学生を半期の間記録するファイル(ファイルCと呼ぶ)

ファイルBは講義一回ごとに新しいファイルを生成し、記録する。ファイルBとファイルCは今後の解析のために用意している。

ランキングに使用するのはファイルAである。TAは対面の学生に対応する者と遠隔の学生に対応する者に分かれているので、対面と遠隔で区別している。現在の時刻と呼び出しがあった時刻の差が名前の右に表示される。

「講師を呼ぶ」ボタンをもう一度押して呼び出しを解除すると、ファイルAから、同じ学生が呼び出した記録を削除し、このランキングにも表示されなくなる。学生が呼び出しを解除し忘れていた場合、講師は座席表の下にあるリセットボタンでファイルAの中身を空にできる。

呼び出し時間ランキング	
対面	
TA久保	1分
遠隔★	
名無し	1分

図9: 呼び出し時間ランキング

6.4 進捗確認

遠隔授業では講師・TAは学生の状況を把握することが難しい。先行研究の「投票・要望・質問システム」を参考にして PROPEL に以下の機能を追加する。図 10 に PROPEL 側からの質問を示す。約 80 分(90 分の講義の内、出席確認などで約 10 分使用する)の演習時間で、15 分ごとにコーディングの進捗具合を質問する。図 11 に回答の集計、図 12 に回答者の確認画面を示す。質問の回答を集計し、回答者を確認することで学生の状況が把握でき、講師・TA は学生の問題に対応することができる。コーディングの邪魔となる可能性もあるが、学生から質問しにくい点を補うことができると考えられる。

コーディングは順調に進んでいますか
進んでいない場合、問題点を選んでください(複数回答可)

問題点はない
早期発見エラー
コンパイルエラー
スタイルエラー
動作エラー
求められる処理がわからない
処理に対するコードの書き方がわからない
自由記述

図 10 : PROPEL からの質問

回答結果	
問題点はない	40 名
早期発見エラー	2 名 <u>回答者を確認</u>
コンパイルエラー	3 名 <u>回答者を確認</u>
スタイルエラー	1 名 <u>回答者を確認</u>
動作エラー	0 名 <u>回答者を確認</u>
求められる処理がわからない	1 名 <u>回答者を確認</u>
処理に対するコードの書き方がわからない	1 名 <u>回答者を確認</u>
自由記述	1 名 <u>回答者および回答を確認</u>
未回答	2 名

図 11 : 回答の集計

早期発見エラー回答者

420321 学生 A

420324 学生 B

戻る

図 12 : 回答者の確認画面

第7章 実装後考察

7.1 授業での使用

呼び出し時間ランキングの実装後に2022年1月26日のプログラミング言語Iの授業で使用した。ハイブリッド型授業を行う予定だったが、コロナウイルスの流行により、全面遠隔授業となった。

7.2 講師からの意見

一名の講師からこのシステムの利点について、以下のコメントをいただいた。

(1) TA2人が遠隔参加の学生への対応と対面参加の学生への対応への役割分担をしているときに、座席表中の表示をひとつずつ確認しなくても、自分が対応すべき呼び出しが分かるようになった。探す手間がなく、すぐに対応できるようになった。対応するまでの時間は多少減る程度であり変わらないと思われるが、心理的な負担は確実に減る。

(2) 従来は、呼び出している学生のうち、誰から対応すべきかが分からなかったが、優先順位(待機時間が長い順)が分かるようになった。優先順位を考慮することなく(誰を待たせているかを自分で覚えておいて決める)、待機時間が長い学生から対応できるようになった。

(3) 自分の分担(遠隔か対面か)でなくても、待機時間が長い学生がいる場合には、手すきのTAがその学生に対応できるようになった。また、講師が手すきのときに指導に加わりやすくなった。

学生に対応する順番がはっきりしたことで効率よく指導できるようになった。また、同じ講師からこのシステムの問題点として、ランキングから学生の情報を確認できず、座席表から確認する必要がある点が指摘された。

第8章 まとめ

PROPELは多人数対面を想定しており、遠隔授業は想定していない。そのためいくつか問題点がある。TAは学生の参加方法によって対応する者が変わるが、学生が対面で参加しているか遠隔で参加しているか知ることができない。「講師を呼ぶ」ボタンで複数人から呼び出しがあった場合、呼び出した順番及び、待機時間がわからないので、TAが対応するまでに時間がかかることがある。Zoomミーティングでは100名近くいる学生すべての表情を確認するのは難しく状況がわからないので、学生が困っていても気がつくことができない。また学生からの質問が難しい。

これらの問題点を解決するために参加方法の確認、呼び出し時間ランキング、進捗確認の機能を提案した。提案した機能の内、進捗確認の機能は未実装である。ログイン画面のラジオボタン、座席表とランキング表示の星形マーク、呼び出し時間ランキングは実装を行い、講師とTAが学生を指導するときの役に立っている。

今後の課題としては進捗確認の機能と、呼び出し時間のランキング表示から学生の情報を確認する機能の実装があげられる。

参考文献

- [1] 「IT 技術者，年 1500;人不足，経団連『産学官で育成を』」朝日新聞，2005 年 6 月 8 日，朝刊
- [2] 日本経済団体連合会：産学官連携による高度な情報通信人材の育成強化に向けて，<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2005/039/honbun.html>
- [3] 杉本優太，伊藤福晃，北英彦，高瀬治彦：プログラム動作の可視化によるプログラムの動作確認支援に関する研究，コンピュータ利用教育協議会，2019PC カンファレンス (2019)
- [4] 都倉信樹，情報処理専門教育について：情報処理教育における実験・演習，情報処理学会研究報告，vol. 32，no. 10，pp. 1101-1108 (1991)
- [5] 戸上稔崇，北英彦：プログラミング演習システム PROPEL の Java 対応とエラーメッセージの改善，コンピュータ利用教育協議会，PC カンファレンス (2015)
- [6] 松井大成，伊藤恵：プログラミング行動中の思考分析に基づいた初学者支援システムの提案，日本ソフトウェア科学会第 35 回大会 講演論文集(2018)
- [7] 加藤利康，石川孝：プログラミング演習支援システムにおける学習状況把握機能の提案，情報処理学会研究報告，vol. 2013-CE-120，No. 2，(2013)
- [8] 高岡詠子，大沢佑至，吉田淳一：「e-Learning 学習履歴を用いたドロップアウト兆候者早期抽出手法の提案,検証および今後の可能性」情報処理学会論文誌，vol.52，No.12，pp.3080-3095 (2011)
- [9] 文部科学省：新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえた大学等の授業の実施状況（令和 2 年 5 月 20 日時点），
https://www.mext.go.jp/content/20200527-mxt_kouhou01-000004520_3.pdf
- [10] 渡辺 博芳：ぺた語義：ハイフレックス授業，情報処理，巻 62，号 3，p.135 (2021).
- [11] 小池 浩子：遠隔授業の抱える課題と効果的授業方法 —教員のコミュニケーション能力の役割—，信州大学教育学部紀要，巻 105，pp.85-96 (2002).
- [12] 水谷 好成，鶴川 義弘：オンライン型ロボットプログラミング学習の実践と可能性，宮城教育大学教職大学院紀要，号 2，pp.79-88 (2021).

発表論文

- [a] Hiroaki Kubo and Hidehiko Kita : Programming Exercise System with Additional Functions for Hybrid Classes, The 11th International Symposium for Sustainability by Engineering at Mie University (Research Area C) (IS2EMU2021-C), pp.16-17, 2021.
- [b] 久保博明, 北英彦 : ハイブリッド型授業に対応するための機能を付加したプログラミング演習システム, 2021PC カンファレンス論文集, pp.296-297, 2021.

謝辞

本論文は、著者が三重大学大学院工学研究科博士前期課程に在籍中に行った研究をまとめたものである。本論文を進めるにあたり、懇切丁寧な御指導と御督励を賜った三重大学大学院工学研究科の高瀬治彦教授、北英彦准教授に深く感謝いたします。また、日頃熱心に討論・指導して頂きました計算機工学研究室の皆様方に厚く御礼申し上げます。

最後に、本論文をまとめるにあたり、助言、討論、その他お世話になったすべての方々に感謝いたします。