

電気通信大学プログラミング教室における オンライン学習システムの開発と試行

島崎俊介^{*1,2}, 朝尾直己^{*1}, 宮澤修^{*2,3}, 安部博文^{*1,2}

*1 電気通信大学

*2 電気通信大学認定ベンチャー 特定非営利法人 uec サポート

*3 東京工業大学大学院

Development and trial of an online learning system in UEC programming school

Toshiyuki SHIMAZAKI^{*1,2}, Naoki ASAO^{*1}, Osamu MIYAZAWA^{*2,3}, Hirofumi ABE^{*1,2}

*1 The University of Electro-Communications

*2 NPO uec support

*3 Graduate School of Tokyo Institute of Technology

本稿では、電気通信大学プログラミング教室が開発したオンライン学習システムについて報告する。近年、小中高生向けのプログラミング教室の多くが対面授業で開催されている。2020年3月より、当教室は新型コロナウイルス感染症の影響を受け、対面授業を中止し、オンライン授業を実施せざるを得なかった。そこで当教室では、オンラインでのプログラミング教室を実現するシステムを開発し、1ヶ月間試行した。生徒と講師を対象としたアンケート結果によると、オンライン授業でも対面授業と同等の授業を実施できたが、約7割は、オンライン授業よりも対面授業の方が良いと回答した。

キーワード: プログラミング教育, プログラミング教室, オンライン教育, オンライン学習システム, EdTech

1. はじめに

1.1 研究の背景

近年、小中高生を対象としたプログラミング教室が多く開講されており、その多くは対面授業である。筆者らも、電気通信大学プログラミング教室（以下、当教室）を毎週日曜日に開催している⁽¹⁾が、新型コロナウイルス感染症の影響を受け、対面教室が開催できなくなってしまった。2020年4月現在、新型コロナウイルス感染症の収束見通しが見えないため、今後、多くのプログラミング教室においてオンライン授業の需要が高まると予想される。

1.2 研究の目的

そこで本研究では、生徒と講師がオンラインにおいても対面授業と同等のプログラミング教室を実現する

ことを目的にオンライン学習システム（以下、本システム）の開発を行った。本稿では、開発したシステムの概要と、2020年3月から1ヶ月間にわたり試行したシステムのアンケート結果を報告する。

2. 先行研究

2.1 国内におけるオンライン教育の現状

新型コロナウイルス感染症で教育機関の再会が困難な中、文部科学省の臨時休業期間における学習支援コンテンツポータルサイト⁽²⁾や、経済産業省の「#学びを止めない未来の教室」⁽³⁾といったオンライン教育の整備体制が進められている。加えて、山田（2018）では、オンライン教育では対面授業と異なり、ほとんどの学習活動はLMSのログとして保持されていることの利点を述べている⁽⁴⁾。このことから、オンライン

教育は今後、発展の可能性を秘めている。オンライン授業は、対面授業では実現困難な遠方からの参加や、災害や感染症においても学ことができるため、教室外での学習環境を十分に提供できているといえる。

2.2 オンラインにおけるプログラミング教育の研究

国内では、主に大学生を対象とした多くのオンラインにおけるプログラミング教育に関する先行研究が存在する。例えば、小山田ほか（2019）は、学部入学前教育としてのオンラインプログラミング学習環境を開発している研究が挙げられる⁽⁶⁾。この研究のように情報系の大学では、プログラミング教育を実践できる計算機環境とプログラミングを専門とする研究者が存在することから、高度な研究が多く存在する⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

一方、近年では小中高生を対象としたオンラインにおけるプログラミング教育の先行研究も目立つようになってきている。例えば、福岡（2019）は、小学生を対象としたオンラインプログラミング学習教材 QUREO の学習効果と課題を分析している⁽¹⁰⁾。また、長島ほかの研究メンバーは、高校生を対象に、オンラインプログラミング学習環境 Bit Arrow を開発し、多くの研究成果を報告している⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。しかし、これらの研究は、独自開発教材に基づくオンライン学習環境なので、当教室に適用するには困難である。

3. オンライン学習システムの開発

3.1 システム要件

2章を踏まえると、当教室独自でオンライン学習システムを開発する必要性があり、システムの要件は以下3つに集約される。ユーザーは、生徒と講師である。

要件①：生徒と講師による動画とテキストを用いたリアルタイムのコミュニケーションが実現し、その学習履歴データを収集できる。

要件②：生徒の PC 画面を共有し、講師とプログラミングの進捗報告を実施できる。

要件③：小中高生が、直感的に操作できる。

3.2 システムの機能

要件①～③に対応したシステムの機能を以下に示す（図1）。要件に対応した各機能を説明する。

- ・コミュニケーション機能（要件①に対応）
コミュニケーション機能では、生徒と講師が PC のマイクとカメラを活用したビデオチャットとテキストメッセージによるやり取りができる。本機能を用いることで、講師は、生徒がプログラミングでつまづいている所を直接質問することや、生徒間でのプログラミングの進捗をお互いに共有することが可能になる。また、テキストメッセージは、対面授業では困難な生徒の発言を学習履歴データとして蓄積することができる。

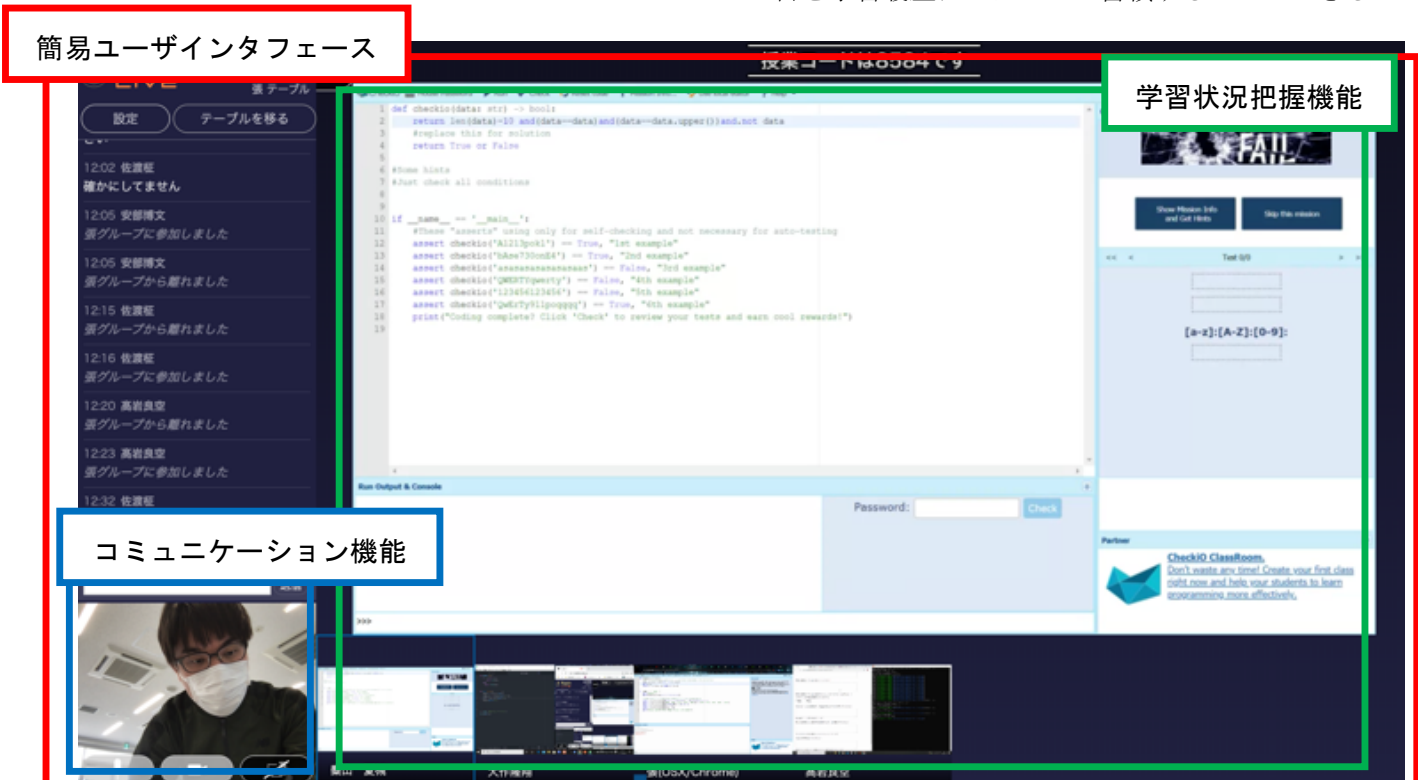


図1 オンライン学習システムの画面例

・学習状況把握機能（要件②に対応）

学習状況把握機能では、講師は、受け持っている生徒の PC 画面を一覧で把握することができる。本機能により、講師は、プッシュ通知やミュートを活用し遠隔でも生徒にプログラミングの指導ができるだけでなく、生徒間でのプログラミングの学び合いを促進することが可能になる。画面共有は、ブラウザのタブ毎に選択することができるだけでなく、エディタや Slack⁽¹⁵⁾ といったアプリケーションも共有できるため、生徒が開発した成果を発表することも可能となっている。

・簡易ユーザインタフェース（要件③に対応）

簡易ユーザインタフェースでは、生徒が直感的に本システムを用いることができることを目指している。実際に、生徒が本システムを用いてオンライン授業を行う手順として、1)本システムにアクセス、2)生徒氏名の記入、3)担当講師テーブルと時限をチェックの3つのみである。また、生徒がマイクや画面共有の ON/OFF を切り替える際は、画面左下のボタンを有効化/無効化するだけで実現できる。

4. 試行

4.1 オンライン授業の方法

本システムは、2020年3月毎週日曜日のオンライン授業4回に活用した。オンライン授業の参加対象の生徒は94名で、講師は12名で試行した。表1にオンライン授業の進行表を示す。各講師は、5名程度の生徒を1名で受け持ち、90分間で個々に授業を進行した。

表1 オンライン授業の進行表

No	講師の活動	生徒の活動
1)	出席確認	教室管理システムにログイン
2)	開始の挨拶・授業内容の伝達	オンライン学習システムと Slack を活用して実施
3)	コンピュータサイエンスクイズ解説	教室管理システムのクイズを回答
4)	プログラミングの進捗確認	オンライン学習システム上で講師に質問を行う
5)	生徒の感想収集	教室管理システム上で実施
6)	連絡・終わりの挨拶	オンライン学習システム上で実施

4.2 生徒と講師を対象としたアンケート結果と考察

本システムを活用したオンライン授業の評価を目的に、4回目のオンライン授業終了後に生徒と講師を対象としたアンケートを行った。アンケートでは、回答者の属性(Q1)、対面授業とオンライン授業の比較(Q2)、本システムの良い点(Q3)、改善点(Q4)の計4つの設問を行い、66名に回答頂いた(小学生:18名,中学生:24名,高校生:19名,講師:5名)。その結果を以下に示す(図2,表2は巻末)。

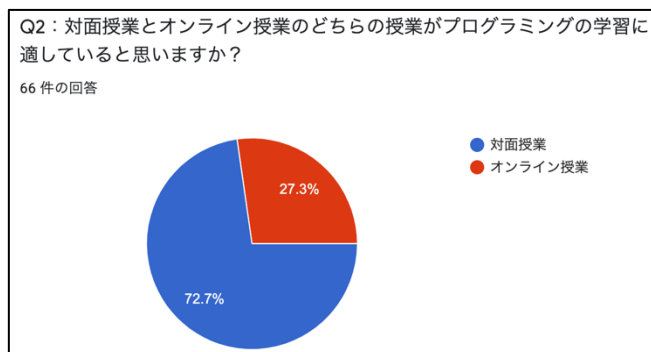


図2 対面授業とオンライン授業の比較結果

図2より、27.3%(18名)のユーザーがオンライン授業の方がプログラミングの学習に適していると回答した。表2の良い点に着目すると、場所を選ばず実施できる、生徒の状況を容易に把握できる、移動時間もプログラミングに充てることができるというコメントが多く、これらが適していると回答した理由だと考えられる。実際に、オンライン授業の出席率は、4回とも対面授業の平均出席率よりも高く、授業後の生徒の感想も肯定的な意見が見られたことから、対面授業と同等に実施できたと考える。

一方、72.2%(48名)のユーザーは、対面授業の方がプログラミングの学習に適していると回答した。表2の改善点に着目すると、グループでのコミュニケーションが取りづらかった、映像の不具合があり動作が重かった、生徒のPCのマイクやカメラが不調だった、講師間で連携をとることができなかったというコメントが多く、これらが適していないと回答した理由だと考えられる。今回の試行では、生徒に本システムの十分な利用説明や環境構築を行うことができなかったため、上記のようなPC不調が授業の進行に影響した。どうしても自宅で不調が解決できない生徒(数名)は、止むを得ず教室に来てPC不調を解決した。

参 考 文 献

また、表 1 の通り、当教室では、本システムの他に教室管理システムや Slack を使用しているため、対面授業より煩雑になったのも要因であると考えられる。今後、システムを統合し、対面授業とオンライン授業の両方で生徒と講師が活用しやすい学習環境を構築することが必要である。

5. おわりに

5.1 まとめ

本稿では、電気通信大学プログラミング教室が開発したオンライン学習システムについて報告した。本システムを活用することで、対面授業と同等の授業を実施することが可能になり、新型コロナウイルス感染症の影響があっても、生徒がプログラミングの学習を継続できる環境を実現することができた。

課題として、現段階では、オンライン授業よりも対面授業の方が良いと回答した生徒と講師の割合が高いことが明らかになっているため、オンライン授業が良いという回答を向上させる必要がある。具体的には、対面授業とオンライン授業の役割を整理し、それぞれの特徴を生かしたシステム設計を行う必要がある。

5.2 今後の予定

本研究で明らかになった課題を解決するために、1)本システムと諸外国のオンライン授業で多く利用されている Zoom⁽¹⁶⁾や Google Hangouts Meet⁽¹⁷⁾ といったシステムとの比較、2)本システムと教室管理システムの統合によるシステムの簡略化の 2 点を行い、ユーザーである生徒と講師による評価を行う必要がある。現在、多くの高等教育機関や学会による、小中高生の学びをオンラインで支援する取り組みが行われている。当教室も大学発の教室として、本システムを GitHub⁽¹⁸⁾上で公開し、多くのオンライン教育で広く利用して頂くプラットフォームを目指す。

謝辞

本研究にご協力頂きました電気通信大学プログラミング教室生徒の皆様、学生講師の皆様、及び関係者の皆様に感謝申し上げます。

- (1) 島崎俊介, 宮澤修, 安部博文: “電気通信大学プログラミング教室における CPU の仕組みを学ぶ夏季集中講座の実践”, 教育システム情報学会研究報告, Vol.34, No.6, pp.29-36 (2020)
- (2) 臨時休業期間における学習支援コンテンツポータルサイト, https://www.mext.go.jp/a_menu/ikusei/gakusyushien/index_00001.htm (2020 年 4 月 7 日確認)
- (3) 経済産業省 新型コロナウイルス感染症による学校休業対策『#学びを止めない未来の教室』, https://www.learning-innovation.go.jp/covid_19/ (2020 年 4 月 7 日確認)
- (4) 山田恒夫: “オンライン教育におけるラーニングアナリティクス : オンライン教育とオンキャンパス教育”, 情報処理, 59(9), pp.815-819 (2018)
- (5) 小山田圭吾, 市川尚, 富澤浩樹, 阿部昭博: “入学前教育におけるプログラミング課題の履歴を活用した学習環境の試行”, 情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集, 2019(1), pp.545-546 (2019)
- (6) 齋藤宏太郎, 豊田哲也, 大原剛三: “オンラインプログラミング学習システムのための適応型出題モデルの提案”, 情報処理学会第 79 回全国大会講演論文集, 2017(1), pp.685-686 (2017)
- (7) 新田章太, 小西俊司, 竹内郁雄: “複数言語に対応しやすいオンラインプログラミング学習・試験システム track”, 情報教育シンポジウム 2019 論文集, pp.114-121 (2019)
- (8) 本多佑希, 兼宗進: “DNCL のオンラインプログラミング学習環境「どんくり」の開発”, 情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集, 2019(1), pp.583-584 (2019)
- (9) 近並樹, 朝倉宏一: “プログラミング学習支援システムにおける LLVM 中間コードを用いた学習者プログラムの分析手法”, 情報処理学会第 80 回全国大会講演論文集, 2018(1), pp.815-816 (2018)
- (10) 福岡理緒菜: “小学生向けオンラインプログラミング学習教材「QUREO」の学習効果と課題”, 情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集, 2019(1), pp.573-574 (2019)
- (11) 長島和平, 本多佑希, 長慎也, 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: “オンラインで複数言語を扱うことができるプログラミング授業支援環境”, 情報教育シンポジウム 2016 論文集, pp.137-140 (2016)
- (12) 長島和平, 堀越将之, 長慎也, 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: “プログラミング学習支援環境 Bit Arrow の教員支援機能の設計と試作”, 情報教育シンポジウム 2017 論文集, pp.129-136 (2017)

- (13) 間辺広樹, 長島和平, 並木美太郎, 長慎也, 兼宗進: “自宅で行うオリジナル作品制作の学習効果と問題点～オンラインプログラミング学習環境を用いて～”, 情報教育シンポジウム 2017 論文集, pp.101-109 (2017)
- (14) 長慎也, 長島和平, 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: “オンラインプログラミング環境 Bit Arrow における Python 処理系”, 情報教育シンポジウム 2019 論文集, pp.122-129 (2019)
- (15) Slack: <https://slack.com/> (2020年4月7日確認)
- (16) Zoom: <http://zoom.us/> (2020年4月7日確認)
- (17) Google Hangouts Meet: <https://gsuite.google.co.jp/intl/ja/products/meet/> (2020年4月7日確認)
- (18) GitHub: <https://github.com/> (2020年4月7日確認)

表2 生徒と講師による本システムの良い点と改善点

良い点	<p>【生徒】</p> <p>家でやるから自分がやりやすい所のできる, かつこよさ, 先生が移動してくるまでの時間がない, いろんなもの(例: プレゼン)をオンラインでやろうとすることができる, 感染の危険がなくなる, 直接会わなくていい (コロナのこと), 教室に行かなくても良い, どこでもできる, 遠くに住んでいてもできるので便利 (調布に住んでるのでこれは...), 移動の手間がない, 他の人の画面が見えるの楽しい, 移動時間がない, 家にいてもできる, 外出しなくても授業受けれる点は最高です, 場所がどこでも参加することができること, 家で授業を受けられる, 移動時間を0にできる, 家から出なくて済む, 家からログインするだけでできる, 自宅でできる, 登校しなくていい, 家でできるのでそのまま復讐に取り掛かれる, 教室への移動時間が無い, 移動時間がかからないので, 授業前の準備時間が十分に確保できる, 画面共有で, 作業状況が伝わりやすい, 家からでなくて良い, 交通費がかからない, チャットなどで話せるため, 恥ずかしがらずに会話をとることができる, 画面共有ができる (家がキタナイのでとてもうれしい機能でした), 家でやるので忘れ物がない 等, オンライン授業だと, 困っている人の相談が容易だという点, 移動する時間が省ける点, 移動しなくてもよい点, バスや電車に乗って移動しなくてもすぐに家でできる点, 悪天候や交通機関の影響により, 遅刻, または欠席などがあった場合に, 家庭で周りから遅れずに学習を進められること, 教室までの移動がない, 画面共有ができる, 移動の手間が省ける, 自分の作業に集中できる, 移動しなくても済む, どこでもできること (wifiがあればの話), インターネットに繋がれば何所でも出来る(実際, 自宅以外の場所で受けた), 離れていても話せる, 天候が悪くてプログラミング教室に行けないときでもできる, 場所にとらわれない, 調布外や東京外から来ているひとの負担が減る, "移動しないからその分自分の好きなことや授業が始まる前にすこしだけでもいいからプログラミングやろうと思える, 家で, 出来る, 交通費がかからない。(かもしれない), 発表の時の人の画面が見やすい, 人を見て勉強できる, "通学ができない状況下でも参加することができる, 設備さえあれば, 通常授業と同じような行動ができる, デスクトップのユーザーも気軽に参加できる," 家で授業を受けられる, 家でできる, 自分の場合, 家が神奈川なので, 調布まで行かずに授業を受けられるのは正直楽だった, 交通費がかからない, 電車費がかからない, 行き来の時間が無くなって無駄が減ったところ, わざわざ行かなくてもシステムで教えてもらえるところ, 家から出なくていい, 自宅で出来るため, アライアンスセンターまで行かなくてもいい, また, 自宅の方が集中出来る人もいるため集中してできる, 1 家でできる, 2 わからないところをすぐ質問できる, ミュートなど, 音量の変更ができるところ, 家から荷物持って行ったりしなくていいので楽, 家族で出かけていても出来る, 在宅で普段と同等位の授業を受けられる点, 場所を選ばない, 工夫次第で一斉に指示が出せる, 時間の節約になる, (通学時間) 移動しないで済む点, 教室に向かう移動時間をプログラミングの時間に当てられる, 質問をしやすい</p> <p>【講師】</p> <p>生徒の様子を見回らなくても常に把握することができる, 講師は生徒がゲームとかやっていたらわかるという便利さもあると思う, 講師が一度に何人もの生徒を見れるところ, 講師が生徒の画面を見るのが容易, 講師の方が同時にテーブルの人の画面を見れること, 首都圏にとどまらず, 事業を全国にまで広げられる, 担当の受講生の様子を一目で全員確認できる, 教室まで移動する必要がない, 他の受講生が何をやっているのか, 受講生が確認できる, 困っている受講生がいるとき, 講師だけでなく他の受講生も助言できる, 時間節約, 遠方の対応</p>
-----	---

【生徒】

今んとこ特になし,エミュレーションってなんですか?前までミュートだったのに...,定期的にビデオの確認すれば,途中で抜けてるみたいなのをなくせるかもしれない,時々固まり、動画などがみれない,ずっと画面共有したほうがいい,オンライン授業よりも教室に行った方が進みが早い.なので、プログラミングの時間を増やしたほうがいいと思う,たまに写らないとかのバグ(直せばいい),直接会ってするからいいって部分もある,対面型だと LINUX やっていてわからないとかがあった時,いちいち途切れてしまいそう(再起動とかで)(内容によっては問題ない),成果発表がしづらいかも,あと、多くの人の作品を見た方が楽しい,少なくとも PC 初心者はオンライン授業自体できないと思う,親とか兄弟が喋ってる声が入りがち w,時々動きが止まる。(PC のもんだいでもあります。) ,成果発表などは少し難しくなるどころ,特になし,ネット環境や PC などの問題で UX が低くなる可能性があるので、丈夫なシステムが必要,たまに重くなる,システムがおもいところ,音声聞こえなかったり、画面共有のやり方が最初はわかりづらい,発言を控えてしまう,やはり、直接話したほうがわかりやすいものもある,ひとのぬくもりがすくない,相手の音声の上げ下げがしやすくする,特になし,メッセージを編集・削除できる様になるといいと思います,接続できないことがある点,音声がたまに聞こえなくなってしまうところ,たまに更新しないと映像がおかしくなるところ,音声聞こえなくなったりするところ,たまにページが応答しなくて困るのでそこを改善してほしいです,重くなってしまうのは欠点だと思います,音声聞き取れないとか、更新しないと誰が入っているのか確認ができないです,画質向上、メッセージにリアクション出来るようにする、画面の共有ができない時があった,また、たまに音が入らなくなる、ミュートだけではなく個人の音量調節ができたらいいと思った,特になし,PC が重いと動かなかったりする,特になし、カメラが原則禁止ならその機能を消せばいい,なし、バグはまだ多いこと,重くなる,画面共有のフレームがひくい、特になし,一対一で会話できると良い、電話越しだと、教えてもらっても若干分かりにくい,重たいエディタを開いてるとめっちゃくちゃ重くなる,机の他の人との交流ができないため、他の人の案が聞けない,たまに全ての生徒と講師の画面がまっくらになり動かない事があった,たまにカメラやマイクをオフにしても映ってしまうバグ?があること,すぐに質問出来ない,特になし,うまくいかなかったので、わからない,トラブルがあると解決しにくい,重くなりがち点,問題が起こった時に対応しづらい,本ミュートなので、Push to Talk のほうが講師の方にすぐ反応できます

【講師】

生徒とのコミュニケーションが限られてしまうこと、授業をスムーズにすること,同じグループに何人いるのか、などのデータがあると良いと思う。 情報提供やグループコミュニケーションがないこと,受講生全員での授業(個別グループはディスカッション時のみ)の形態だと、困っている人への指導がやりやすいと思った。 また、1:1 の指導は個別チャット的なものを使ってやるとよいと思う,受講生全員の画面での授業は、動画、音声の共有はせず、参加していることの確認と、受講生のステータス(プログラミング中、悩み中、など)を表示する事で 低レイテンシーを実現できるのではないかと考えた,全体成果発表の時に質問が面倒になるので、各テーブルにいる人の名前を[テーブルを移る]の画面で表示してほしい,音がキリキリすること(周波数域を制限する) WEB カメラがない状態でも動作できるようにしたら利用できる機器の範囲が広がる,サーバの増強必要設備が高い(Web カメラ+マイク+安定した回線+オーディオインターフェース etc...) 人が増えれば増えるほど進行が難しい,進行度チェックが難しい,基教室管理システムと連携して、オンライン学習システムにアクセスすると教室管理システム側で出席登録されると良い,バグを解消すれば良くなるが対面授業を超えることは無いので、オンライン授業は一時的な回避策にしかない

改善点

※生徒と講師のコメントは、カンマ区切りで掲載