

小中高生向けプログラミング教室を対象とした 対面授業とオンライン授業のケーススタディ

島崎 俊介^{*1}, 柏原 昭博^{*1}

^{*1} 電気通信大学

A Case Study of Face-to-Face and Online Programming Classes for Elementary, Middle and High School Students

Toshiyuki Shimazaki^{*1}, Akihiro Kashihara^{*1}

^{*1} The University of Electro-Communications

本稿では、小中高生向けプログラミング学習において、オンライン授業でどのような学習支援が必要なのか？を明らかにすること目的とし、小中高向けプログラミング教室の生徒 136 名を対象とした 2019 年 10 月から 2021 年 2 月の対面授業とオンライン授業のケーススタディを報告する。結果、本研究独自の評価指標の 1)Python 学習コンテンツの修了率、2)生徒の感想、3)学生講師の指導記録(SOAP)、3つを考察し、以下のオンラインにおける学習支援を検討した。オンラインでは、①分岐・反復のプログラミング学習支援、②生徒の自宅でのプログラミング学習支援、③生徒同士や生徒と講師の関係を築くコミュニケーション支援、④マイク、カメラ、チャット、画面共有機能を併用した生徒の学習状況把握支援、⑤多くの生徒とのプログラミング学習を促進する支援、⑥講師間で連携した学習支援が必要である。

キーワード: プログラミング教室, 対面授業, オンライン授業, Python, ケーススタディ

1. はじめに

1.1 研究の背景

近年、初等中等教育におけるプログラミング教育必修化、GIGA スクール構想、STEAM 教育など小中高生の学習環境は Society 5.0 時代に向け高度化している。これらの背景より、小中高生向けプログラミング教室の需要が高まっている。筆者らは、電気通信大学プログラミング教室（以下、当教室）における小中高生向けプログラミング学習の実践を報告している⁽¹⁾。

しかし、COVID-19 の影響により、当教室では 2020 年 3 月以降、急遽、オンライン授業を開始した⁽²⁾⁽³⁾。小中高生向けプログラミング学習の実践の多くは、対面授業による報告が中心であり、オンライン授業による報告は少なく、その学習支援が確立されていないのが現状である。COVID-19 は、小中高生のオンライン授業を加速し、Society 5.0 時代における学習支援のあり方へ大きく転換するきっかけとなっている。オンライ

ンにおける小中高生向けプログラミング学習支援を確立することで、場所や時間にとらわれず、個々の生徒に応じたプログラミング学習が可能になる。また、日本において 2020 年から小中高で段階的にプログラミングが必修化される点においても、オンラインでのプログラミング学習支援の確立は意義があると考えられる。

1.2 研究の目的とリサーチクエスチョン

本研究の最終目的は、オンラインにおける小中高生向けプログラミング学習支援の確立である。

そこで本稿では、リサーチクエスチョン(以下、RQ): 小中高生向けプログラミング学習において、オンラインでどのような学習支援が必要なのか？を設定し、対面授業とオンライン授業のケーススタディから明らかにすることを試みる。ケーススタディの評価指標は、本研究独自の評価指標の 1)Python 学習コンテンツの修了率、2)生徒の感想、3)学生講師の指導記録(SOAP)、3つを用いることとする。

2. 先行研究

2.1 小中高生向けプログラミング学習に関する研究

小中高生を対象としたプログラミング学習の多くは、対面授業で行われており、ビジュアルプログラミング言語 Scratch を用いた Computational Thinking(以下、CT)⁽⁴⁾の育成や、CS アンプラグド教材を用いたコンピュータサイエンス学習に関する研究が代表的である。

小学生を対象とした研究の 1 例として、太田ほか(2019)は、小学校 4～6 年生を対象としたプログラミング能力獲得の定量的分析を行なっている⁽⁵⁾。この研究では、小学校 4 年生は分岐・ループ・変数などのプログラミングができ、小学校 6 年生は分岐・ループの入れ子がことを示し、小学校 4・5 年生と 6 年生の間にプログラミング能力が向上することを明らかにした。

中学生を対象とした研究の 1 例として、伊藤ほか(2018)は、中学生技術科におけるビジュアルプログラミング言語からテキストプログラミングに移行する実践を行なっている⁽⁶⁾。この研究では、Scratch から Java プログラミングの移行を通じて、小学校プログラミングから中学校プログラミングの連携の重要性を指摘している。学習支援としては、前提として小学校でプログラミング的思考の学習を行なっているので、生活の中でプログラミングがどのように役立っているか理解できる支援を行っている。

高校生を対象とした研究の 1 例として、島袋ほか(2020)は、スマートスピーカーを題材にした高等学校におけるプログラミング学習環境を提案している⁽⁷⁾。この研究では、高校生がスマートスピーカーを題材にしたアプリを開発できること、アプリ開発を通して、生徒が仕組みや Web API について学ぶことが可能であることを確認している。

以上の先行研究では、小学生でビジュアルプログラミング言語を活用した学習を行い、中学生段階でビジュアルプログラミング言語からテキストプログラミング言語に移行する学習を試みており、高校段階ではテキストプログラミング言語による学習が行われている。また、これらの先行研究は対面授業で行われており、オンライン授業で同様に実施することは容易でない。

2.2 本研究の位置付け

上記の先行研究と本研究の位置付けを述べる。先行研究と本研究の同じ点は、小中高生を対象とする点、順次・分岐・反復の CT の概念を学習する点である。

先行研究と本研究の相違点は、1)Python を用いたプログラミング学習、2)ケーススタディの期間、3)被験者数を当教室独自の評価指標で分析する点である。

1)に関して本研究では、小学 5 年生から高校 3 年生を対象に Python を用いたテキストプログラミング言語による実践を行なっているのが新規性と言える。Python を用いる理由として、他のテキストプログラミング言語と比較し、比較的少ない行数でプログラムを記述できるため、久野ほか(2015)や小田ほか(2020)の指摘する、小中高で一貫したプログラミング学習⁽⁸⁾⁽⁹⁾に適していると考えからである。また Python は環境構築が容易であり、1 行入力してすぐ実行できるインタラクティブモードや、複数行を実行できるスク립トモードにも対応している。更に、ビジュアルプログラミング言語では実現できないより自由度の高いプログラミング学習が可能となり、小中高生のプログラミング学習の可能性は広がると考える。

2)に関して本研究では、2019 年 10 月 9 日から 2021 年 2 月 14 日の毎週日曜日に行った 90 分授業 63 回分を対象にしている。先行研究の調査結果、1 年以上継続的に実践を行なっている研究は存在しなかった。CT の概念は、短期的な実践だけで学習し、育成するのは困難である。本稿のケーススタディの知見は、他の実践者が長期的な CT の学習における研究の有用性の担保を目指している。

3)に関して本研究では、退室した生徒を含む 163 名の被験者数に基づくケーススタディである。先行研究と比較し被験者数が多く、COVID-19 禍において退室した生徒もいるが、毎月 70 名以上が在籍しており、研究の信頼性の担保を目指している。

3. 電気通信大学プログラミング教室

3.1 教室の概要

図 1 に当教室の枠組みを示す。電気通信大学プログラミング教室は、毎週日曜日に 1 限クラス(9:00-10:30)と 2 限クラス(9:00-10:30)で開講されている。

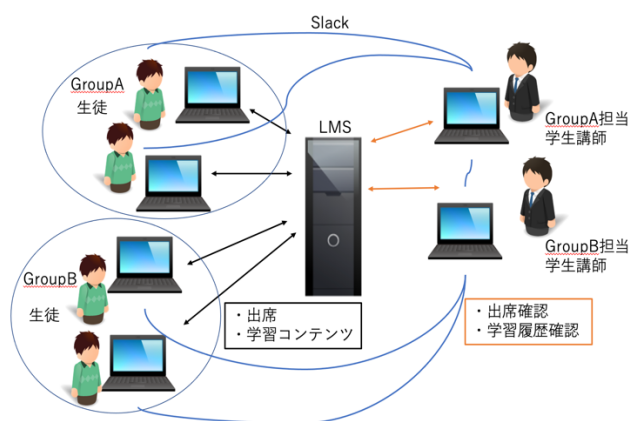


図1 当教室の枠組み

両クラスとも同一内容であり1クラス90分で開講している。講師は、電気通信大学の学部・大学院生と当教室OBの大学生12名が勤めている（以下、学生講師）。学生講師1名あたり、4~5名の小中高生が混合したグループを担当している。COVID-19の影響で、2019年10月から2020年2月まで対面で19回実施し、2020年3月から2021年2月現在、オンラインで46回実施している。

生徒は、自分のPCから教室のLMSにアクセスし出席を報告する。その後対面授業では、教室で授業を行い、オンライン授業ではZoomを用いて授業を行う。生徒は、授業中にリアルタイムで学生講師に質問できるだけでなく、教室専用Slackを用いて、授業外に学生講師に質問できる。

3.2 対象生徒

本研究で対象とする生徒は、2019年10月から2020年12月までにプログラミング教室に在籍経験のある小中高生163名である。2021年2月現在は、76名の小中高生が在籍している。生徒によってプログラミング経験は異なり、ゲーム作りに興味を持っている生徒、目標はないが勧められて入会した生徒が在籍している。

4. ケーススタディ

4.1 対面授業

表1に対面授業の流れを示し、図2に対面授業の様子を示す。対面授業は、電気通信大学の教室で行い、生徒は全員、自分のノートPCを持参して授業に参加した。

表1 対面授業の流れ

時間	活動	方法
5分	1) 情報提供	学生講師がプロジェクターを用いて説明
15分	2) グループコミュニケーション	同じテーブルに着席する生徒5~6名と学生講師で行う
10分	3) コンピュータサイエンス解説	生徒が教室のLMSにアクセスし各自で学習
60分	4) プログラミングの時間	講師が同じテーブルの生徒のPCモニターを見ながら学習支援、場合によっては隣の学生講師と連携して学習支援を行う



図2 対面授業の様子

情報提供は、学生講師がプログラミング学習に関する動向やモチベーション向上につながる話をする。

グループコミュニケーションは、生徒と学生講師が情報提供に関連する意見交換を通じて、生徒同士のコミュニケーションを促し、お互いの目標を共有する。

コンピュータサイエンス解説は、アルゴリズムやハードウェアなど基本情報処理技術者試験に出題される内容を生徒がLMSにアクセスして学習する。

プログラミングの時間は、生徒が当教室で独自に作成したPython学習コンテンツや、HTML・CSS・JavaScript学習コンテンツを学習する。これらの学習コンテンツを修了した生徒は、学生講師と相談し、プロジェクトを始める。プロジェクトは、生徒の希望に応じて学生講師の専門に特化したソフトウェアやハードウェアの開発を行う。

4.2 オンライン授業

表2にオンライン授業の流れを示し、図3に対面授業の様子を示す。オンライン授業は、Zoomで行った。

表2 オンライン授業の流れ

時間	活動	方法
5分	1) 情報提供	講師がマイクとカメラをONでZoomの画面共有機能を用いて説明
15分	2) グループコミュニケーション	Zoomブレイクアウトルーム機能を用いて毎週異なる学生講師と生徒の組み合わせで行う
10分	3) コンピュータサイエンス解説	生徒が教室のLMSにアクセスし各自で学習
60分	4) プログラミングの時間	講師がマイクとカメラをONでZoomの画面共有機能、チャット機能、Slackを併用してグループ別に学習支援を行う

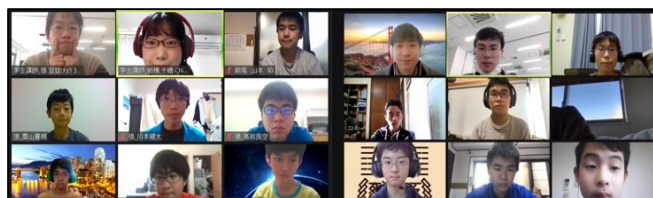


図3 オンライン授業の様子

情報提供、グループコミュニケーション、コンピュータサイエンス解説、プログラミングの時間、成果発表会をZoomの様々な機能を併用対面授業と同様に実施した。ただ対面授業と異なりオンライン授業では、対面授業と異なり、教室の生徒全員と同じ環境で学習している学習環境を作るのが容易ではない。そこでグループコミュニケーションでは、毎週異なる学生講師と生徒の組み合わせで行うことで、できるだけ多くの生徒とコミュニケーションを促す学習支援を行った。

5. 結果と考察

5.1 Python 学習コンテンツの修了率

表3と表4にPython学習コンテンツの修了率を示す。Python学習コンテンツは、順次・分岐・反復のCTの概念をturtleを用いた図形作成や、簡単なゲーム作成を通じてLMS上で何時でも学習できる教材である。修了率は、以下の式で計算され、LMS上で生徒と講師に提示される。表3と表4にPython学習コンテンツを学習した46名(2019年10月から2020年12月に入学した生徒)の修了率を示す。

$$\text{修了率} = \frac{\text{全問正解した Python 学習コンテンツ数}}{\text{Python 学習コンテンツの総数}}$$

表3 Python 学習コンテンツの修了率(順次)

	小学生平均	中学生平均	高校生平均
対面	97.5%	90.3%	87%
オンライン	100%	90.3%	100%

表4 Python 学習コンテンツの修了率(分岐・反復)

	小学生平均	中学生平均	高校生平均
対面	96%	72.7%	該当なし
オンライン	92.5%	60.9%	55.8%

表3より、Python学習コンテンツの修了率(順次)の平均は、対面授業とオンライン授業で近い値を取り、オンライン授業の方が高い値ことがわかった。また表4より、Python学習コンテンツの修了率(分岐・反復)の平均は、対面授業の方がオンライン授業よりも高いことがわかった。これらの理由として、生徒は分岐・反復になるにつれ概念が難しくなるが、オンライン授業では学生講師が生徒の学習状況を把握が不十分なため、適切な学習支援ができていないことが考えられる。

また、修了率を下げる原因として、途中で教室を退室した生徒と、教室以外でほとんど学習していない生徒であることがLMSの学習履歴データより確認できた。ケーススタディ中に当教室を退室した生徒は、受験による休学、自宅のPCやネットワーク環境不足が大半を占めている。これらの結果より、PythonによるCTの学習においては、分岐・反復の学習支援と、自宅での学習支援が必要であることが示唆された。

5.2 生徒の感想

図6に授業 65 回分のオンライン授業に関する代表的な生徒の感想を示す。生徒の感想は、生徒毎に対面授業とオンライン授業の 65 回分を取得している。

【グループコミュニケーションに関する感想】

・ズームの使い方がまだよくわからないが、毎週大勢で顔合わせをすると、またプログラミング教室に戻ってきた気分になる。

・Zoom でせっかくグループコミュニケーションをしているに話している人の顔を見ることができなかったのは少し寂しかったです。

【プログラミングの時間に関する感想】

・普段の授業とは違い、先生が誰に向かって指導をしているのかわからないことが多かった。

・普段の授業と違い、自分以外の人やどのくらいのペースで進めているのかなどが分かりにくかった。

・オンライン授業だけで Python 勉強している人たち（新入生）はすごい。

・カメラ関係でトラブルがあり、プログラミングに集中できず、同じグループの人や学生講師の方々に多大なる迷惑をかけてしまった

図6 生徒の感想の一部

授業 65 回分の生徒の感想を分析した結果、グループコミュニケーションでは、生徒同士で顔を合わせたコミュニケーションの必要性を裏付ける感想があった。生徒によっては、オンライン授業で顔を出したくないという感想もあり、強制はしていないが、生徒の表情は学習状況把握の1つでもある。今後は生徒のカメラが OFF の場合を考慮し、マイク、チャット、画面共有機能を併用した学習状況把握支援の検討が必要である。

プログラミングの時間の感想では、生徒が講師の学習支援が誰に対して行っているかわからない、他の生徒がどこまで進んでいるかわからない、オンライン授業のみの学習が大変である感想があった。これらの理由として、オンライン授業では生徒が自宅にて1名で受講しており、ブレイクアウトルーム機能を用いても、対面授業と同じグループで学習している感覚を得られないことが考えられる。これらの結果より、オンライン授業では、同じグループの生徒同士で学習状況

を共有するだけでなく、生徒同士でのプログラミング学習を促進する支援が必要であることが示唆された。

5.3 学生講師の指導記録(SOAP)

図5に学生講師の指導記録(以下、SOAP)を示す。

SOAP とは、医療従事者が対象者の経過をカルテに記録する方法であり、医療従事者間での情報共有や連携した対象者への支援に活用できる。SOAP を用いた理由は、RQ を検討する際、生徒の視点と学生講師の視点の両方で学習支援を検討する必要があると考えたからである。そこで本研究では、生徒の視点は生徒の感想から収集し、学生講師の視点は、SOAP から収集することを試みた。SOAP は、生徒毎に対面授業とオンライン授業の 65 回分を取得している。

S (subjective) : 「input で複数の値を受け取って、コードを短くできるようにしたい」

O (objective) : input で複数の値を受け取ることができるように改良した。絵を描く範囲を指定できると良いと他の生徒からアドバイスをもらった。

A (assessment) : 積極的に、関数の使い方やその応用を調べ始めており、最近はよりプログラミングを楽しんでいるように感じる。

P (plan) : アドバイスをもとに、改良を進める。

図5 学生講師の指導記録(SOAP)の一例

授業 65 回分の SOAP を分析した結果、対面授業では、SOAP の P で記載したことを次の授業で改善することができているが、オンライン授業では直ぐには改善できず、P が数回の授業で同じ場合がみられた。この理由として、対面授業において学生講師が1名で対応できない場合は、直ぐに他の学生講師と連携して解決していたが、オンライン授業だと、生徒の様子を直接把握できないだけでなく、学生講師間の連携も容易でないため、生徒への学習支援に時間がかかることが考えられる。

また、生徒のカメラやマイクの状況によっては、生徒と話すことができず、S を記述することができなかった場合もみられた。この理由として、生徒が質問せずに学習する場合や、生徒の感想にもある通り、生徒のマイク、カメラ、ネットワークの不調などが考えら

れる。SOAP は、学生講師にとってオンライン授業は、対面授業に比べて生徒の学習状況把握が困難であることや、オンラインでの生徒とのコミュニケーションが困難であることを裏付けており、オンラインでのコミュニケーション支援の必要性を裏付ける結果となった。

6. おわりに

6.1 小中高生向けプログラミング学習におけるオンライン学習支援の検討

本稿では、小中高生向けプログラミング学習において、オンラインでどのような学習支援が必要なのか？を明らかにするために、2019 年 10 月から 2021 年 2 月の対面授業とオンライン授業のケーススタディを報告した。その結果、本研究独自の評価指標の 1)Python 学習コンテンツの修了率、2)生徒の感想、3)学生講師の指導記録、3 つを考察し、オンライン授業における 6 つの学習支援を検討した。

- ① 分岐・反復のプログラミング学習支援 (Python 学習コンテンツの修了率より)
- ② 生徒の自宅でのプログラミング学習支援 (Python 学習コンテンツの修了率より)
- ③ 生徒同士や生徒と講師の関係を築くコミュニケーション支援 (生徒の感想より)
- ④ マイク、カメラ、チャット、画面共有機能を併用した生徒の学習状況把握支援 (生徒の感想、講師の指導記録より)
- ⑤ 多くの生徒とのプログラミング学習を促進する支援 (生徒の感想より)
- ⑥ 講師間で連携した学習支援 (講師の指導記録より)

6.2 今後の課題

今後の課題は、6.1 節で検討した①から⑥の支援を学生講師が行うのか、学習支援システムが行うかを整理する。また、本稿で用いた 3 つの評価指標に加え、他にも LMS に蓄積されている、生徒がプロジェクトで作成したソースコード、生徒別の学習時間等も考慮した学習支援の検討が必要であると考え。今後は、これらを踏まえ、小中高生向けプログラミング学習支援のモデルデザインを行う。

謝辞

本研究にご協力頂きました電気通信大学認定ベンチャーNPO 法人 uec サポート安部博文理事長はじめ社員の皆様、電気通信大学プログラミング教室の生徒と学生講師の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- (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 2019 年度第 6 回研究会, pp.29-36 (2020)
- (2) 島崎俊介, 朝尾直樹, 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オンライン学習システムの開発と試行”, 教育システム情報学会 2020 年度第 1 回研究会, pp.7-13 (2020)
- (3) 島崎俊介, 郭恩孚, 宮澤修, 安部博文, 柏原昭博: “生徒のプログラミング学習履歴データを講師間で共有できる小中高生向けプログラミング教室管理システム”, 教育システム情報学会第 45 回全国大会, pp.1-2 (2020).
- (4) Wing, J.: “Computational Thinking”, Communications of the ACM, 49(3), pp.33-36 (2006)
- (5) 太田剛, 加藤浩, 森本容介: “子供のプログラミング能力の獲得段階に関する定量的分析: 小学校 4~6 年生の Scratch プログラミングを対象として”, 情報処理学会論文誌, 教育とコンピュータ (TCE), 5(3), pp.35-43 (2019)
- (6) 伊藤伸一, 原田信一: “中学校技術科のプログラミング教育におけるビジュアル型プログラミングからテキスト型プログラミングへの移行について”, 京都教育大学紀要 (137), pp.99-108 (2020)
- (7) 島袋舞子, 兼宗進: “スマートスピーカーを題材にした高等学校におけるプログラミング学習環境の提案”, 情報処理学会論文誌, 教育とコンピュータ (TCE), 6(3), pp.21-30 (2020)
- (8) 久野靖, 和田勉, 中山泰一: “初等中等段階を通じた情報教育の必要性和カリキュラム体系の提案”, 情報処理学会論文誌, 教育とコンピュータ (TCE), 1(3), pp.48-61 (2015)
- (9) 小田理代, 登本洋子, 堀田龍也: “小学校から大学・社会人までのコンピュータサイエンスの体系的な指導に向けての考察”, 教育情報研究第 36 巻, 第 2 号, pp.15-27