

遠隔講義が与えるプログラミング教育への影響の分析

土肥紳一¹ 今野紀子¹

概要：筆者らはプログラミング教育を対象に、受講者のモチベーションを向上する研究を続けている。SIEM(Systematical Information Education Method)と SIEM アセスメント尺度を開発した。授業の前期、中期、後期に受講者のモチベーションを SIEM アセスメント尺度で測定する。授業改善の提案を授業へフィードバックする研究を続けている。このような状況の中で、新型コロナウイルス感染症拡大対策のために大学の講義は遠隔講義を強いられた。現在、大学の講義は対面講義型と遠隔講義型を混ぜたハイブリッド型の講義を実施している。受講者のモチベーションの変化を分析することによって、対面講義型、遠隔講義型、ハイブリッド型の講義がプログラミング教育へ与える影響を分析した。本論文では、その結果について述べる。

キーワード：遠隔講義、ハイブリッド、モチベーション、プログラミング教育、SIEM

Analysis of effect for computer programming education using by distance learning

SHINICHI DOHI^{†1} NORIKO KONNO^{†1}

Abstract:

We are researching for improvement of students' motivation for computer programming education. To do this research, the SIEM(Systematical Information Education Method) and SIEM assessment standard were developed. Students' motivation are measured by SIEM assessment standard in first, middle, final period. We continue a study to feed back suggestion of the improvement of students' motivation to a class. In such situation, the lecture of the university was forced to a distance learning for COVID-19 infectious disease extended measures. The lecture of the university is carrying out the lecture of the hybrid type that mixed a meeting lecture type and a distance learning type now. By analyzing a change of the students' motivation, this study analyzed effect of computer programming education using by a meeting lecture type, a distance learning type, the lecture of the hybrid lecture type. In this paper, the result is described.

Keywords: Distance Learning, Hybrid, Motivation, Programming Education, SIEM

1. はじめに

筆者らはプログラミング入門教育を対象に、受講者のモチベーションを向上することを目的に SIEM(Systematical Information Education Method : ジーム)という教授法と SIEM アセスメント尺度を開発した。SIEM による分析結果から、受講者のモチベーションを向上するための改善策を授業にフィードバックすることを長年続けている[1]。新型コロナウイルス感染症対策のため、2020 年度の授業はライブの遠隔講義型で実施した。2021 年度の授業は、学籍番号の偶数番と奇数番で登校日を分け、授業回数の偶数と奇数に同期する方法で、対面講義型と遠隔講義型を同時に行うハイブリッド型で実施した。ハイブリッド型はハイフレックス型とも呼ばれ、本論文ではハイブリッド型に統一した。

SIEM アセスメント尺度は他大学でも活用されるようになった。Processing を用いたプログラミング教育と学生アンケートでは、SIEM アセスメント尺度が活用されている[2]。さらにオンラインプログラミング演習環境における対話の実践と評価に SIEM アセスメント尺度が活用されてい

る[3]。筆者らは Zoom を利用したプログラミング教育の実践を行い、その結果を述べた[4]。さらに遠隔講義がプログラミング入門教育のモチベーションに与える影響の分析を行った[5]。本論文では、FIT2020 および IPSJ2021 の発表内容と、FIT2021 で発表予定の内容を基に加筆し、対面講義型、遠隔講義型、ハイブリッド型の講義がプログラミング入門教育へ与える影響を SIEM で分析したものである。

2. 学習環境について

2.1 対象となる授業の学習環境について

対象となる授業は、システムデザイン工学部デザイン工学科の「コンピュータプログラミングⅡ」である。2 年生前期の必修科目であり、Processing 言語でオブジェクト指向の入門を学ぶ。1 年生の後期には、必修科目の「コンピュータプログラミングⅠ」を履修しており、同言語で分岐や繰り返し、関数などを学習済みである。2019 年度の受講者は対面講義型であるが、2020 年度の受講者は初めて遠隔講義型を受講した。2021 年度の受講者は、前年に遠隔講義型を体験しているが、ハイブリッド型は初めてである。授業の 1 コマは 100 分で、半期 14 回の授業である。ただし 2020 年度は、新型コロナの影響を受け 12 回の開講となっ

¹ 東京電機大学
Tokyo Denki University

た。2021年度は14回実施した。授業は、月曜日の3時限(13:40~15:20)に開講している。

2.2 対面講義型の学習環境(2019年度)

2019年度の学習環境は、BYOD(Bring Your Own Device)によって学生が持参したノートPCにProcessingをインストールし使っていた。ノートPCのOSは大半がWindows 10であるが、Mac OSを使っている人も少数いる。講義室にはプロジェクターが2台設置されており、1枚目のスクリーンに教授者のノートPCの映像を、もう1枚のスクリーンに教科書の内容を投影した。教室の写真は省略した。

2.3 遠隔講義型の学習環境(2020年度)

2020年度はZoomを活用したライブによる遠隔講義型になったため、教員居室から授業を行った。筆者が使用した遠隔講義型の環境を図1に示す。右側には書画カメラ、その左がZoomのホスト用のノートPC、その左が受講者側からどのように見えているかを閲覧するノートPCが並んでいる。教授者の音声を奇麗にとるために、マイク付きのヘッドセットを利用した。遠隔講義型を行っているときのクライアント側のデスクトップの様子(想定されるデスクトップ画面)を図2に示す。右側がProcessingのウィンドウ、



図1 遠隔講義の環境
Figure 1 Environment of Distance Learning

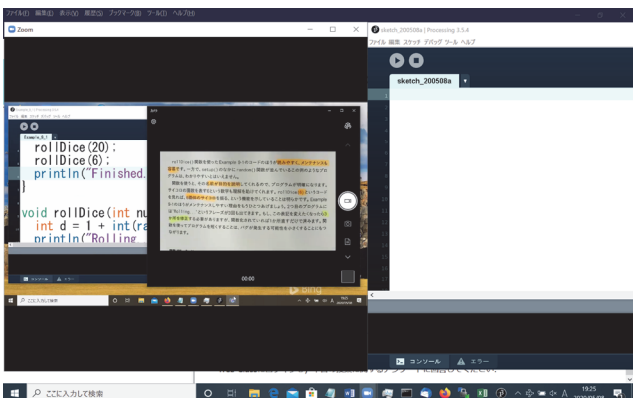


図2 クライアント側のデスクトップ
Figure 2 Desktop of Client

左側がホストのデスクトップを表示するウィンドウであり、かなり窮屈であることが分かる[4]。

2.4 ハイブリッド型の学習環境(2021年度)

ハイブリッド型で使用する教室について教卓前の様子を図3に示す。登校した受講者には、教壇にあるプロジェクターのスクリーンにZoomで配信している映像を表示した。板書を行う授業では、その様子をwebカメラで撮影できるようにになっている。webカメラは三脚で教壇の前に設置し、その周辺は着席禁止になっている。

教室に備え付けの書画カメラはUSBで接続し、教授者のPCに書画カメラ用のアプリケーションを入れ、これを画面共有することで表示できる。USBハブの様子を図4に示す。

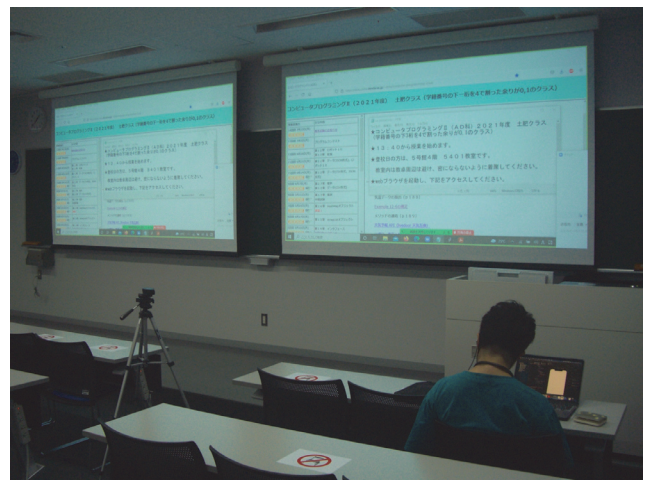


図3 教室の様子
Figure 3 Lecture Room

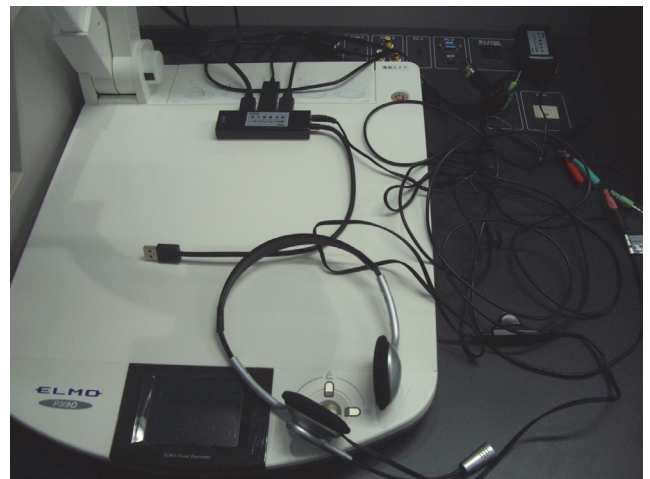


図4 USBハブ
Figure 4 USB HUB

3. 教科書および授業実施内容

教科書は、オライリーの「Processingをはじめよう 第2版」を使っている[6]。巻末にはクイックリファレンスも付いており、重宝している。この書籍は、1年生後期に「コンピュータプログラミングI」で、1章~9章、11章配列(オ

表 1 章の構成

Table 1 Chapter of Structure.

はじめに	11章 配列
1章 ようこそ Processing へ	12章 データ
2章 コードを書いてみよう	13章 拡張
3章 描く	14章 インタフェース(※)
4章 変数	15章 ArrayList オブジェクト(※)
5章 反応	16章 HashMap オブジェクト(※)
6章 移動, 回転, 伸縮	17章 継承(※)
7章 メディア	付録 A コーディングの心得
8章 動き	付録 B デバッグ
9章 関数	Processing クイックリファレンス
10章 オブジェクト	

表 2 授業内容

Table 2 Contents of lecture.

	内容
1回	10章 オブジェクトオブジェクトを利用するためには、フィールド、メソッドの概念を理解し、クラスを定義する事を学びます。専門用語(フィールド、メソッド、インスタンス、コンストラクタ、オブジェクトの生成等)について学びます。
2回	10章 オブジェクト複数のオブジェクトを活用することについて学びます。
3回	11章 配列 複数のオブジェクトを扱うために、オブジェクトの1次元配列の活用について学習します。一例として、JitterBug オブジェクトを複数生成し表示します。その他、PImage オブジェクトを取り上げ、パラパラ漫画の要領で複数の画像を表示する例を取り上げ、オブジェクトの配列について学習します。
4回	14章 インタフェース インタフェースを定義することによって、異なるオブジェクトを同一視できるようになります。前回取り上げた、1次元配列にインタフェースを取り入れることによって、異なるオブジェクトを配列で利用できるようになります。
5回	15章 ArrayList オブジェクト 配列は複数のオブジェクトを管理する上で、便利なオブジェクトです。しかし、あらかじめ配列の大きさを決めておかなければならない欠点があります。ArrayList オブジェクトは、add, get, remove 等のメソッドを使うことによってオブジェクトを管理でき、管理するオブジェクトの個数を気する必要がなくなります。
6回	16章 HashMap オブジェクト 配列や ArrayList オブジェクトは、複数のオブジェクトを扱う上で便利です。しかし、配列の場合は添字、ArrayList オブジェクトの場合はオブジェクトを入れた順番で管理する必要があります。HashMap オブジェクトは、put, get 等のメソッドを使い、順番を意識することなくオブジェクトをキーで管理できるようになります。
7回	17章 継承 親クラス(スーパークラス)、子クラス(サブクラス)について学習します。
8回	中間試験
9回	12章 データ データビジュアライゼーションに必要なデータセットの扱い方を学習します。CSV形式のデータを Table オブジェクトに入力し、折れ線グラフの表示を行い、これに必要なオブジェクトについて学習します。
10回	12章 データ JSON形式のデータを JSONObject オブジェクトに入力し、その内容を表示することを学習します。
11回	13章 拡張 PDF形式のファイルの出力、サウンドの再生を学習します。これに必要なオブジェクトの扱いを学習します。
12回	13章 拡張 Arduino との連携を学習します。
13回	プログラムコンテスト：これまで学習してきた内容を基に、プログラムコンテストを実施します。
14回	期末試験

プロジェクトを除く)までを学ぶ。残りの章を、「コンピュータプログラミングII」で学習する。簡潔な例題と説明が、初学者にとって学びやすい構成になっているが、説明不足な点もある。補足資料を適宜準備し、練習問題も準備することで対応している。教科書は13章まで掲載されているが、コレクションクラス(ArrayList, HashMap)、インタフェース、継承を理解することが重要と考え、14章から17章を独自に執筆した[7]。授業では、第11章まで学んだ後に、14章から17章を先に学び、その後、12章と13章に戻る流れを組んだ。教科書の章立ては、表1に示す。なお、筆者にて執筆した章は、※で示した。2019年度と2021年度の授業内容を表2に示す。なお、2020年度は合計12回の授業となり、9回目から12回目の内容を圧縮し実施した。

4. SIEM による分析

4.1 SIEM アセスメント尺度

SIEM アセスメント尺度を表3に示す。モチベーションの測定は、これらの19の項目でアンケート調査を行う。

表 3 SIEM アセスメント尺度

Table 3 SIEM assessment standard.

因子1：授業構成因子	
(1) 成功機会度	授業中にできた・わかったという実感がありますか。
(2) 親密度	授業の内容は親しみやすいですか。
(3) 愉楽度	このプログラミングの授業は楽しいと思えますか。
(4) 理解度	このプログラミングの授業は理解しやすいですか。
(5) 知覚的喚起度	自分が入力したプログラムの動作結果を見るのは楽しいですか。
(6) 意義の明確度	授業の意義や目的がはっきりしていますか。
(7) 好奇心喚起度	授業では好奇心を刺激されますか。
因子2：自発性因子	
(8) 将来への有用度	将来に役立つと思いますか。
(9) 向上努力度	もっとプログラミングの勉強を努力しようと思いますか。
(10) 自己コントロール度	授業で学習したことを基にして、自分で工夫し勉強してみようと思いますか。
(11) 自己目標の明確度	自分の到達すべき学習の目標がはっきりしていますか。
因子3：双方向性因子	
(12) コミュニケーション度	授業中、学生・教員などとのコミュニケーションはありますか。
(13) 所属集団の好意的反応度	教員やクラスのメンバーは好意的ですか。
(14) コンテンツの合致度	演習問題などは授業内容と一致していますか。
因子4：参加性因子	
(15) 参加意欲度	休まずに出席しようという意欲が起こる授業ですか。
(16) 参加積極度	授業での自分の参加態度は積極的ですか。
モチベーション評価項目	
(17) 重要度	プログラミングを学習することは重要だと思いますか。
(18) 現状認知度	プログラミングの知識・技術は身につけていると思いますか。
(19) 期待度	もっとプログラミングの知識や技術を高めたいと思いますか。

これらの調査項目は、授業構成因子(7項目)、自発性因子(4項目)、双方向性因子(3項目)、参加性因子(2項目)の4因子構造となっている。これらの調査項目はARCS理論に基づき作成されており、統計的な手法で標準化を行いSIEMアセスメント尺度として完成した。各々の質問項目に対して、5段階のリッカート尺度「1:まったくそう思わない」、「2:あまりそう思わない」、「3:どちらともいえない」、「4:ややそう思う」、「5:強くそう思う」により学生から回答を得る。学生のモチベーションは調査項目の(17)重要度と(19)期待度の積として算出する。したがってモチベーションの値は、1から25になる。クラス全体のモチベーションは、学生のモチベーションの平均として求める。

5. 受講者のモチベーションの推移

2019年度から2021年度までのモチベーションの結果を表4に示す。前期は、2019年度が18.2、2020年度が18.4、2021年度が18.7となり、対面講義型よりも遠隔講義型、遠隔講義型よりもハイブリッド型の方がわずかに高い結果となった。中期は、2019年度が16.7、2020年度が18.4、2021年度が19.3となり、前期と同様の傾向になった。後期は、2019年度は測定を失念したため欠損値に、2020年度が20.1、2021年度が19.9となり、遠隔講義型よりもハイブリッド型の方がわずかに低い結果となった。

表4 モチベーションの推移

Table 4 Transition of Motivation.

	2019年 対面講義型	2020年 遠隔講義型	2021年 ハイブリッド型
前期	18.2	18.4	18.7
中期	16.7	18.4	19.3
後期	-----	20.1	19.9

6. SIEMによる分析結果と授業改善策

6.1 2019年度中期（対面講義型）

モチベーションの平均値は、前期(18.2)から中期(16.7)にかけて1.5低下がみられたが、t検定の結果、有効回答者には有意差は認められなかった($t(45)=1.68, p=0.099$)。学習者のモチベーションに繋がる要因と満足度についてCS(Customer Satisfaction)分析を行った。本分析では、目的変数をモチベーション、説明変数をSIEMアセスメント項目とし設定している。CS分析の結果を表5に示す。

図5はそれぞれを偏差値化しプロットしたものであり、縦軸が満足度偏差値(SLD:Satisfaction Level Deviation score)、横軸がモチベーションとの関連性を表す関連度偏差値(RLD:Related Level Deviation score)となっている。CS分析の結果、このクラス集団のモチベーションには、「将来への有用度(RLD=65.5)」「向上努力度(RLD=65.1)」「コンテンツの合致度(RLD=60.7)」「参加意欲度(RLD=60.6)」「参加積極度(RLD=58.6)」「自己コントロール度(RLD=58.2)」が強く関連していることが判明した。また、このクラス集団の満足

表5 CS分析結果(2019年)

Table 5 Result of CS Analysis(2021).

SIEMアセスメント項目	2019年度		
	満足度 (SLD)	関連度 (RLD)	改善度 (ILI)
成功機会度	35.5	37.4	0.9
親性度	38.2	45.3	3.3
愉快度	44.5	51.6	3.9
理解度	45.4	43.8	-0.7
知覚的喚起度	59.9	48.7	-5.8
意義の明確度	48.1	44.6	-1.6
好奇心喚起度	45.4	48.3	1.3
将来への有用度	59.9	65.5	2.5
向上努力度	64.4	65.1	0.3
自己コントロール度	59.0	58.2	-0.4
自己目標の明確度	37.3	40.8	1.6
コミュニケーション度	35.5	35.4	-0.1
所属集団の好意的反応度	47.2	35.5	-5.6
コンテンツの合致度	60.8	60.7	0.0
参加意欲度	62.6	60.6	-0.9
参加積極度	56.3	58.6	1.1

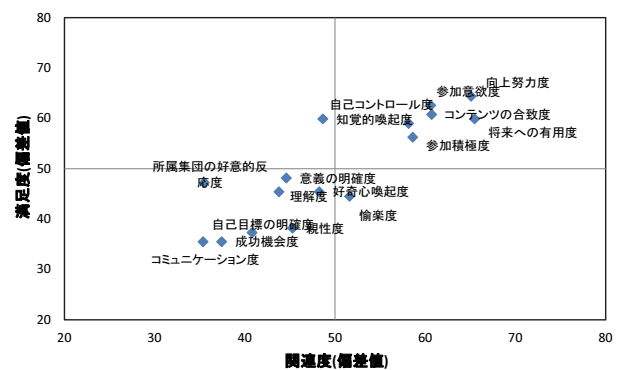


図5 CSグラフ(2019年)

Figure 5 CS Graph(2019)

度では「向上努力度(SLD=64.4)」「参加意欲度(SLD=62.6)」「コンテンツの合致度(SLD=60.8)」「知覚的喚起度(SLD=59.9)」「将来への有用度(SLD=59.9)」「自己コントロール度(SLD=59.0)」「参加積極度(SLD=56.3)」が高くなっている。これらがモチベーションに繋がっている。

CS分析の結果から、「知覚的喚起度」「所属集団の好意的反応度」「意義の明確度」「参加意欲度」「理解度」「自己コントロール度」「コミュニケーション度」においてモチベーションへの成果が得られている。さらなるモチベーション向上のためには、関連度は高いが満足度が低い項目の改善、工夫が効果的である。今回は改善度指数5以上の項目は無かったが、改善度指数が高い「愉快度(ILI=3.9)」の改善、工夫が効果的である。該当部分は表5の中に黄色で示した。具体的には、ゲームなど遊びの要素を加えながら、学生が楽しめる工夫を増やすなどが有効と考えられる。

6.2 2020年度中期（初めての遠隔講義）

学習モチベーションの平均値は、前期(18.4)から中期(18.4)にかけて変化なしであった。

前期・中期ともに有効回答した学習者についてt検定を行った結果、前期と中期の学習モチベーションには有意な差は認められなかった($t(106)=-0.03, p=0.97$)。学習者のモチベーションに繋がる要因と満足度について2019年度同様

表 6 CS 分析結果(2020 年)

Table 6 Result of CS Analysis(2020).

SIEM アセスメント項目	2020 年度		
	満足度 (SLD)	関連度 (RLD)	改善度 (ILI)
成功機会度	40.1	33.5	-3.0
親性度	48.5	41.8	-3.2
愉快度	42.4	53.3	6.3
理解度	42.9	44.4	0.7
知覚的喚起度	56.8	59.6	1.3
意義の明確度	52.4	53.9	0.7
好奇心喚起度	47.4	51.0	2.1
将来への有用度	59.6	66.0	2.9
向上努力度	63.5	72.0	3.9
自己コントロール度	49.6	57.6	4.1
自己目標の明確度	37.4	41.4	1.8
コミュニケーション度	27.3	44.2	8.0
所属集団の好意的反応度	52.4	43.3	-5.1
コンテンツの合致度	60.1	49.8	-5.2
参加意欲度	66.3	50.6	-7.7
参加積極度	53.5	37.5	-8.7

表 7 CS 分析結果(2021 年)

Table 7 Result of CS Analysis(2021).

SIEM アセスメント項目	2021 年度		
	満足度 (SLD)	関連度 (RLD)	改善度 (ILI)
成功機会度	35.9	47.8	5.7
親性度	48.3	30.0	-8.9
愉快度	41.8	38.0	-1.7
理解度	42.5	41.9	-0.3
知覚的喚起度	60.1	61.6	0.7
意義の明確度	51.6	45.0	-3.6
好奇心喚起度	47.7	45.9	-0.8
将来への有用度	64.0	59.3	-2.1
向上努力度	62.0	71.2	4.2
自己コントロール度	53.5	57.3	1.7
自己目標の明確度	35.9	39.6	1.7
コミュニケーション度	30.7	48.4	8.7
所属集団の好意的反応度	52.9	55.8	1.3
コンテンツの合致度	62.0	53.5	-4.0
参加意欲度	59.4	47.2	-6.7
参加積極度	51.6	57.6	2.9

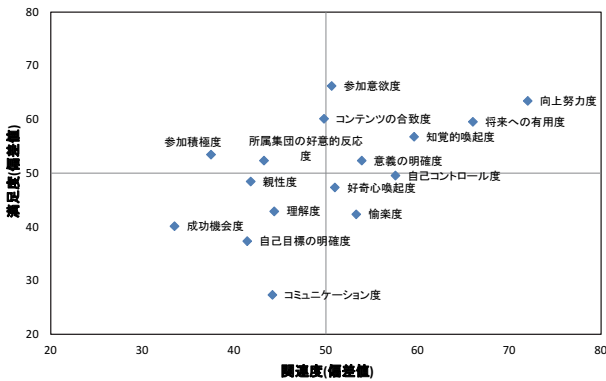


図 6 CS 分析(2020 年)

Figure 6 CS Analysis(2020)

に CS 分析を施行した. その結果を表 6 と図 6 に示す. CS 分析の結果, このクラス集団のモチベーションには, 「向上努力度(RLD=72.0)」「将来への有用度(RLD=66.0)」「知覚的喚起度(RLD=59.6)」「自己コントロール度(RLD=57.6)」が強く関連していることが判明した. また, このクラス集団の満足度では「参加意欲度(SLD=66.3)」「向上努力度(SLD=63.5)」「コンテンツの合致度(SLD=60.1)」「将来への有用度(SLD=59.6)」「知覚的喚起度(SLD=56.8)」が高くなった. これらがモチベーションに繋がった.

CS 分析の結果から, 「参加積極度」「参加意欲度」「コンテンツの合致度」「所属集団の好意的反応度」「親性度」「成功機会度」においてモチベーションへの成果が得られている. さらにモチベーション向上のためには, 関連度は高いが満足度が低い項目, すなわち「コミュニケーション度(ILI=8.0)」「愉快度(ILI=6.3)」の改善, 工夫が効果的である. 該当部分は表 6 の中に黄色で示した. この結果については, コロナウイルス感染症拡大防止のため, 大学が遠隔授業となり, 対面講義型のようなコミュニケーションができなくなった影響が大きいと考えられる. 一般的には, ①授業中の声かけや学生同士の協働作業などを取り入れながら相互のコミュニケーションの機会を増やす, ②ゲームなど遊び

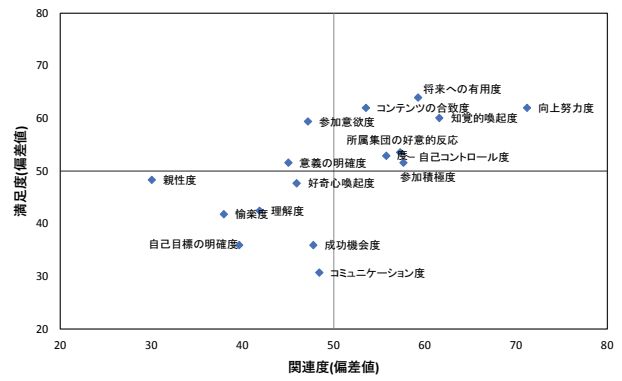


図 7 CS 分析(2021 年)

Figure 7 CS Analysis(2021)

の要素を加えながら学生が楽しめる工夫を増やすなどが有効と考えられるが, 遠隔授業で, どのような対応が可能なのか今後の課題でもある.

6.3 2021 年度中期 (遠隔講義体験者のハイブリッド型)

モチベーションの平均値は, 前期(18.7)から中期(19.3)にかけて 0.6 上昇した. 前期・中期ともに有効回答した学習者について t 検定を行った結果, 前期と中期の学習モチベーションには有意な差は認められなかった ($t(85)=-0.55, p=0.59$). 学習者のモチベーションに繋がる要因と満足度について CS 分析を行った. その結果を, 表 7 と図 7 に示す. CS 分析の結果, このクラス集団のモチベーションには, 「向上努力度(RLD=71.2)」「知覚的喚起度(RLD=61.6)」「将来への有用度(RLD=59.3)」「参加積極度(RLD=57.6)」「自己コントロール度(RLD=57.3)」「所属集団の好意的反応度(RLD=55.8)」が強く関連していることが判明した. また, このクラス集団の満足度では「将来への有用度(SLD=64.0)」「向上努力度(SLD=62.0)」「コンテンツの合致度(SLD=62.0)」「知覚的喚起度(SLD=60.1)」「参加意欲度(SLD=59.4)」が高くなっていった. これらがモチベーションに繋がっている.

CS 分析の結果から, 「親性度」「参加意欲度」「コンテン

ツの合致度」「意義の明確度」「将来への有用度」「愉楽度」「好奇心喚起度」「理解度」においてモチベーションへの成果が得られている。さらなるモチベーション向上のためには関連度は高いが満足度が低い項目、すなわち「コミュニケーション度(ILI=8.7)」「成功機会度(ILI=5.7)」の改善，工夫が効果的である。該当部分は表 7 の中に黄色で示した。一般的には、①授業中の声かけや学生同士の協働作業などを取り入れながら相互のコミュニケーションの機会を増やす，②授業中に練習問題や基礎演習などを取り入れることで，学生ができた・わかったという実感や成功体験を得る機会を増やすなどが有効と考えられる。

6.4 対面講義型，遠隔講義型，ハイブリッド型の関連

2019年度(対面講義型)から2020年度(遠隔講義型)への変化に着目すると，対面講義型では改善度指数5以上の項目は無かったが，改善度指数が高い「愉楽度(ILI=3.9)」の改善，工夫が効果的であることが指摘された。遠隔講義型では「コミュニケーション度(ILI=8.0)」「愉楽度(ILI=6.3)」が指摘され，共通して愉楽度が含まれていることが分かった。

2021年度(遠隔講義体験者によるハイブリッド型)の中期は「コミュニケーション度(ILI=8.7)」「成功機会度(ILI=5.7)」が指摘された。遠隔講義型の体験者であるが，コミュニケーション度が共通の項目として指摘された。SIEMでは，この影響が分析できていることが分かった。

7. 理解度調査結果の比較

7.1 WebClass を使った理解度調査

授業で使用している web サイトの様子を図 8 に示す。毎回の授業では，LMS(Learning Management System)を使って，授業の最後に理解度調査を目的としたアンケート調査を実施しており，その結果は次回の授業の冒頭で紹介する。アンケート調査結果は，アンケート調査のアイコンをクリックすると表示できる。「コンピュータプログラミングⅡ」の授業は2018年度から担当しており，授業の web サイトでは過去の授業内容も閲覧可能である。授業毎に理解度調査を目的としたアンケート調査は受講者の声を教授者が受けとめてくれることが伝わり，受講者と教授者が一体となっ



図 8 「コンピュータプログラミングⅡ」の web サイト

Figure 8 Web site of computer programming II.

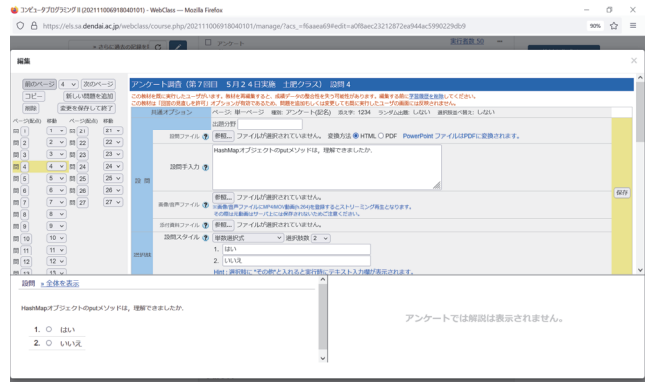


図 9 WebClass の例

Figure 9 Example of WebClass.

た授業を行える特徴がある。本学の LMS は WebClass を導入しており，アンケート調査を作成している様子を図 9 に示す。

7.2 理解度調査結果

6 回目までの授業で実施したアンケート調査結果の抜粋を表 8 に示す。各設問項目について，〇〇は理解できたかの設問に，「はい」と回答した人の割合を示した。また，この様子をグラフにしたものを図 10 に示す。各設問項目に対して，過去 3 年間で最も高い割合になった数値は黄色

表 8 理解度調査結果

Table 8 Result of enquete.

no	設問項目	2019年	2020年	2021年
1	オブジェクトはメソッドがある	72.7	77.6	84.0
2	オブジェクトはフィールドがある	74.5	74.1	84.0
3	オブジェクトの生成 (new)	70.9	70.7	70.0
4	クラスとオブジェクトの違い	70.9	69.0	58.0
5	値を返さない関数と値を返す関数	79.3	84.5	76.4
6	int 型の配列	84.5	87.9	89.1
7	オブジェクトの配列	75.9	75.9	80.0
8	Chicken クラス	89.1	93.2	94.5
9	インタフェースの概念	82.6	77.3	81.8
10	Bird インタフェース	82.6	77.3	81.8
11	Bird 型は，Owl と Chicken を扱える	80.4	77.3	81.8
12	ArrayList オブジェクトの宣言	87.2	85.1	88.4
13	ArrayList オブジェクトの add メソッド	89.7	83.0	81.4
14	ArrayList オブジェクトの get メソッド	87.2	87.2	79.1
15	ArrayList オブジェクトの size メソッド	84.6	72.3	69.8
16	ArrayList オブジェクトと配列の違い	79.5	80.9	83.7
17	偶数と奇数の判定	87.2	80.9	86.0

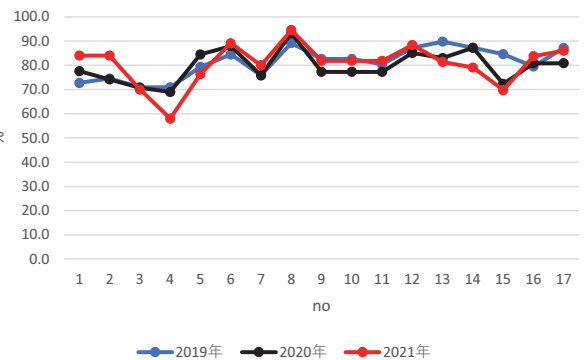


図 10 理解度のグラフ

Figure 10 Graph of the understanding.

の網掛けで示した。網掛けの回数は、2019年が8回、2020年が2回、2021年が8回となり、対面講義型とハイブリッド型が高い結果になった[8]。

8. 受講者の声

前述したが、理解度調査のアンケートには、授業に対する要望と感想を自由記述で記載できるようになっている。ハイブリッド型の授業について、3回までの主な指摘を抜粋し、対面講義型、遠隔講義型、ハイブリッド型の講義の影響を受講者の声として取り上げた。

8.1 2019年度(対面講義型)

1回目の授業では、「コンピュータプログラミング I」で学習したことを忘れていた内容が多かった。

- ・どんどん難しくなっているので、自主勉強していきたい。
- ・一年で教わったことを思い返しながらこれからのコンプロを勉強していきたいと思う。

2回目の授業では本来の難しさ、すなわちオブジェクト指向の難しさの指摘が多かった。

- ・だんだん難しくなってきたので復習をしてちゃんと理解しておきたいです。
- ・今回はいろんな例でオブジェクト指向を教えてくれたので、前回何もわからなかったくらいだったが、少しずつわかるようになりました。

3回目の授業でも授業の難しさの指摘が多かった。

- ・GW中にコンプロ1でやった範囲も復習しておかないといけないと思った。想像以上に忘れてる
- ・先週より内容が難しく、復習しないとだめだなと思いました。

8.2 2020年度(遠隔講義型)

1回目の授業では、教科書の内容を書画カメラで表示しながら授業を実施した。このことがネットワークの帯域を圧迫することになり、音声は犠牲になった。

- ・ZOOMで授業を行うことにとっても不安に感じています。
- ・音声は少し聞き取りづらかった。オンライン授業は大変だと思っていたが、慣れれば違和感がなくできそう。また、一人で作業するので友達にすぐに聞くことはできないが、集中はできた。

2回目の授業では、教科書の内容をPDFにし書画カメラは使用せず、教授者のビデオも停止しダイエットした。この工夫は効果を発揮し、音声は良好になったこと、後述する録画した内容が役に立っていることがわかった。

- ・今回はノイズがなく聞き取りやすい授業だった。
- ・内容はすごく難しいですが、録画した授業を後で見直せるのがあります。

3回目の授業では、一部の受講者からネットワークのトラブルらしいことが指摘された。一部、ネットワークの環境が良くない受講者も居ることがわかった。ここでも後述する、録画した内容が役に立っていることがわかった。

- ・家のWi-Fi環境もあるかもしれませんが、音がたまに途切れてしまうことがありました。あとで配信されるものを見て頑張り

ます。

- ・家のインターネットの関係で2回ほどzoomが落ちてしまったので聞こえなかった分は録画で見ようと思います。

8.3 2021年度(ハイブリッド型)

1回目の授業では、徐々にプログラミングを行ったことによる内容が多かった。受講者は1年間、遠隔講義を体験しており、ハイブリッドに関する指摘は見当たらなかった。

- ・一気に難易度が上がった気がした。頑張っついていきたい。
- ・プログラミングに触れることが久しぶりだったので忘れていたところもありました。プログラミングIの内容を復習し、講義に参加したいです。

2回目の授業では、遠隔の受講者への対応の指摘があった。

- ・オンラインで受けている人のプログラムが動かない際の対策が欲しい。

3回目の授業では、内容の難しさの指摘が急増した。

- ・すごく難しくなってきたので、予習復習をしっかりとしようと思った。
- ・難しくなってきましたが、補足資料や解説が分かりやすくていけているので、引き続き復習を行って頑張ります。

9. 録画の閲覧状況とモチベーションの関係

2020年度から開始したZoomによる遠隔講義にともない、授業内容の録画が容易に行えるようになった。授業中はZoomのホストに使用しているノートPCに録音を行い、授業終了後、ホストの機能を停止するとMP4形式へのファイル変換が始まる。この機能を活用し、講義内容の録画は毎回boxへアップロードし、学内限定で閲覧できるように公開している。boxは、本学が導入しているクラウドストレージである。2021年度はハイブリッド型で講義を実施しているが、引き続き録画の公開を継続している。

ここでは2020年度に着目し、録画の閲覧記録を分析した。boxはファイルの閲覧日時をログとして取得できる機能があり、これを使って録画ファイル毎のアクセス日とアクセス者の情報を収集した。授業期間中に、閲覧があった日のアクセス数を図11に示す。この期間中に少なくとも1回、録画を閲覧した人は29名であった。履修者数は61名おり、47.5%が閲覧したことになる。また、録画の閲覧者の内、再履修者は8名おり、その内の75.0%が閲覧していた。同様に非再履修者は53名おり、その内の43.4%が閲覧していた。この科目は必修科目であり、録画内容は再履修者の閲覧割合が非常に高いことが分かった。

その他の特徴として、録画の閲覧があった日は7月27日が22回と最も多かった。なお、図11では7月27日は7/27の表記とした。続いて6月28日の19回、6月29日の12回であった。6月29日は冒頭、少し授業を行い、その後は中間試験を実施した。7月27日は授業を実施せず期末試験のみを実施した。これらは中間試験や期末試験実施直前に、試験対策としての閲覧であったことが窺える。

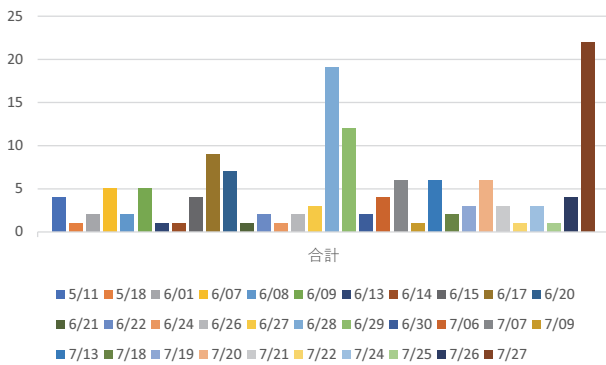


図 11 録画の閲覧回数(2020年)

Figure 11 Watching number of times of video(2020)

授業は 12 回行った。授業毎の録画が閲覧された回数を図 12 に示す。最も多かったのが 5 月 11 日の 1 回目の授業内容であり、22 回の閲覧があった。授業内容はガイダンス、第 9 章関数、第 10 章オブジェクトであった。次に多かったのは 15 回であった。5 月 18 日はオブジェクト、6 月 1 日は第 14 章インタフェース、6 月 15 日は第 16 章 HashMap、7 月 13 日は第 12 章 JSON 形式と第 13 章拡張であった。14 回の閲覧があったのは 5 月 25 日で、第 11 章オブジェクトの配列であった。図 11 では閲覧があった回数は 7 月 27 日が最も多かったが、7 月 27 日の期末試験の閲覧は無かった。

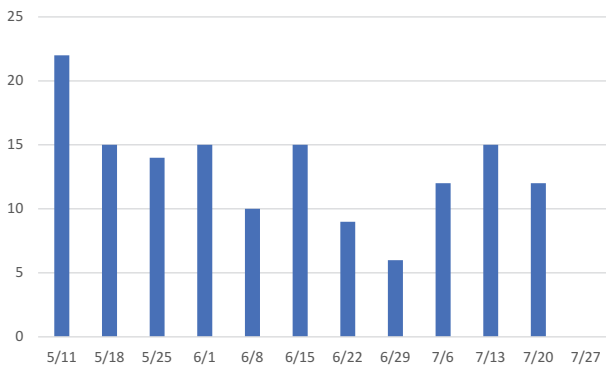


図 12 授業毎の録画の閲覧回数(2020年)

Figure 12 Watching number of times of video every class(2020)

録画閲覧者のモチベーションを分析した結果を表 9 に示す。前期が 16.8、中期が 18.5、後期が 18.6 であった。2020 年度のクラス全体のモチベーションは、表 4 に示した通り、前期が 18.4、中期が 18.4、後期が 20.1 である。録画閲覧者は中期がほぼ同じ値になり、前期と後期は低い結果になった。録画を閲覧した人の中で非再履修者のモチベーション

表 9 録画を見た学生のモチベーション

Table 9 Motivation of the student who watched video.

	前期	中期	後期
録画閲覧者	16.8	18.5	18.6
録画閲覧非再履修者	17.9	19.3	20.1
録画閲覧再履修者	12.6	15.3	14.2

は、前期が 17.9、中期が 19.3、後期が 20.1 と録画閲覧者全体と比較して高いことが分かった。同様に再履修者のモチベーションは、前期が 12.6、中期が 15.3、後期が 14.2 と録画閲覧者全体と比較しても低いことが分かった。

10. おわりに

2019 年度は対面講義型を行い、長年続けてきた SIEM のフィードバックの効果が働き、改善度指数 5 以上の項目は無かった。2020 年度は Zoom による遠隔講義型のみを行い、授業改善項目はコミュニケーション度と愉楽度が挙げられた。2021 年度は受講者を半分に分け、Zoom による遠隔講義型と対面講義型を同時に行うハイブリッド型を行い、授業改善項目はコミュニケーション度と成功機会度が挙げられた。SIEM による分析によって、遠隔講義型が組み込まれるとコミュニケーション度の改善が指摘され、講義の実態に合致していることが示された。

理解度の変化を追跡した結果、対面講義型、ハイブリッド型が良い結果になり、遠隔講義型は良くない結果となった。モチベーションについては、対面講義型よりも遠隔講義型が、遠隔講義型よりもハイブリッド型が高い値となった。ハイブリッド型の自由記述は、授業内容に関するものが大半であった。ここで取り上げたハイブリッド型の講義は、受講者が 1 年間の遠隔講義型を経験しており、遠隔講義型に対する慣れの影響が出ていることが考えられる。

録画は再履修者の閲覧割合が高く、モチベーションは低いことが明らかになった。

遠隔講義型と対面講義型の両方を満足させるハイブリッド型の授業は、受講者と教授者にとって大きな負担となっている。今後は、モチベーションを低下させない、さらなる工夫と改善を図っていきたい。

参考文献

- [1] 土肥紳一, 宮川 治, 今野紀子, SIEM によるプログラミング教育の客観的評価, 情報科学技術レターズ, Vol.3, No.3, p.347-350, 2004.
- [2] 三好 きよみ, Processing を用いたプログラミング教育と学生アンケート, 情報科学技術フォーラム, 第 4 分冊, p. 137-138, 2020.
- [3] 北島茂樹, 山中脩也, 長慎也, 今野貴之, オンラインプログラミング演習環境における対話の実践と評価, CIEC, コンピュータエデュケーション, Vol.50, p.40-43, 2021.
- [4] 土肥紳一, Zoom を利用したプログラミング教育の実践, 情報科学技術フォーラム, 第 4 分冊, p.143-144, 2020.
- [5] 土肥紳一, 今野紀子, 遠隔講義がプログラミング入門教育のモチベーションに与える影響の分析, 情報処理学会, 一般講演論文集第 4 分冊, p.385-p386, 2021.
- [6] Casey Reas, Ben Fry 著, 船田 巧 訳, Processing をはじめよう 第 2 版, オライリー・ジャパン, 2016
- [7] 「コンピュータプログラミング II」の web サイト.
<https://dohi.chiba.dendai.ac.jp/~dohi/computer-programming-2/ad/>, (参照 2021-06-27).
- [8] 土肥紳一, 今野紀子, Zoom を利用したハイブリッドによるプログラミング教育の実践, 情報科学技術フォーラム, 第 4 分冊, 2021 (発表予定)