

プログラミング教育における新しい教室 AV 環境について

土肥 紳一¹⁾, 今野 紀子¹⁾, 齊藤 剛¹⁾

1) 東京電機大学

dohi@mail.dendai.ac.jp

About new classroom AV Systems in the Computer Programming Education

Shinichi Dohi¹⁾, Noriko Konno¹⁾, Tuyoshi Saitoh¹⁾

1) Tokyo Denki Univ.

概要

これまでのプログラミング教育は、コンピュータ教室や PC 教室等でデスクトップ PC やシンクライアントを使い、中間モニタに教授者からの指示を映す方法で行われることが多かった。近年は BYOD(Bring Your Own Device)が広がり、受講者は購入したノート PC 等を一般の教室へ持ち込み、授業を受けるようになった。教室 AV 環境は、教室にプロジェクタや天井から吊り下げたモニタを設置し、教授者の指示を映し、受講者へ伝える講義スタイルを支援する設備である。このような教室の欠点は、教室の後方から小さな文字や似ている文字の判読が難しいことである。本学では、次世代の新しい教室 AV 環境を検討する中で zoom に到達し、2020 年 2 月に全学的な導入を決定した。本論文ではプログラミング教育における新しい教室 AV 環境について述べると共に、受講者に実施したアンケート調査および受講者のモチベーションの分析結果から、その有効性について述べる。

1 はじめに

コンピュータ教室や PC 教室等における従来の教室 AV 環境は、教卓に複数の装置が並び埋まっていた[1]。この様子を **図 1** に示す。受講者側は、中間モニタの両側に情報端末、ディスプレイ、キーボード、マウス等が置かれ机の上は狭かった。この様子を **図 2** に示す。情報端末は学内の不特定多数の受講者が利用するため、認証の仕組み、直前の利用者の影響を受けない運用上の仕組み、授業で利用するソフトウェアの準備等が必要であった。



図 1 従来の教室 AV 環境(PC 教室 3 の教卓側)



図 2 従来の教室 AV 環境(PC 教室 3 の受講者側)

このような設備は、導入当初は良いが数年経過すると陳腐化が発生し、リプレース毎に多くの費用が必要であった。BYOD の広がりによって、このような仕組みから解放され、一般の教室に受講者がノート PC 等を持ち込んでプログラミングの授業を受けられるようになった。

2 プログラミング教育の難しさ

2.1 受講者のプログラミング経験の差

筆頭著者が担当する工学部第二部の NE 科、工

学部の EK 科，システムデザイン工学部の AD 科の 1 年生 3 学科を対象に，毎年，初回の授業でプログラミングの経験に関するアンケート調査を実施している．回答項目は「初めて」「習ったことがある」「日常的にプログラムを作っている」「未回答」で調査した．2022 年後期の調査結果を表 1 に示す．表 1 では，「習ったことがある」は「習った」，「日常的にプログラムを作っている」は「日常的」と表記した．学科の差があるものの，「はじめて」の受講者が約 60%から約 70%であった．プログラミング経験のバラツキの難しさがある．

表 1 受講者のプログラミング経験の割合 (%)

学科	初めて	習った	日常的	未回答
NE	57.9	36.8	5.3	0.0
EK	67.3	28.8	1.9	0.0
AD	66.0	34.0	0.0	0.0

2.2 運動技能の差

プログラミングの授業は運動技能が要求される．マウスを使ったデスクトップの操作や，タイピング速度に差が生じる．特にタイピングはプログラミングの授業への影響が大きい．授業では 1 分間に半角で 120 文字程度を入力できるように指導している．タイピングが苦手な受講者には，事前に教科書の例題を予習して入力し，実行結果が一致することを試すように指導している．このように，受講者に運動技能のバラツキがあることも難しさの一つとなる．

2.3 言語固有の難しさ

学習するプログラム言語は学科によって異なる．NE 科と EK 科は C 言語を，AD 科は Processing 言語を学習する．一般的にプログラム言語では文章を入力する時のように，左上から右下に向かっ

```

1 /* prog0201.c */
2
3 #include <stdio.h>
4
5 int main(void)
6 {
7     return 0;
8
9 [EOF]

```

図 3 C 言語の「おまじない」の例

て入力しない．プログラムのブロック構造を意識しながら，カッコは対応する一組を先に入力し，その中を埋めることによってカッコの閉じ忘れを防止する．中括弧で囲まれたブロックの中は一段字下げする等，細かな作法が存在している．図 3 は，サクラエディタを活用し，C 言語の「おまじない」を入力した様子を示したものである．サクラエディタは C 言語の予約語を色分けして表示する機能があり，初学者にとってスペルミス等の誤りを発見する手助けになる．予約語の入力途中は黒色だが，入力が完了した瞬間に色が付く．

「おまじない」はプログラミングに付きもので，これがないと次に進めない．ここで注目したいのは，複数種類のカッコの存在である．具体的には，<>, (), {}がある．さらにコメントの開始と終了を示す/* */がある．これらはペアで利用する．初学者にとって，複数種類のカッコの使い分け等は，混乱を招く難しさが存在している．さらにセミicolonは，付け忘れが頻発する．その他，stdio.h は studio.h と入力する人がおり，最初は大変である．

Processing 言語の統合開発環境は，予約語等に色が付く機能に加え，入力と同時に文法チェックが始まり，タイプミスなどを発見しやすい．初学者に配慮された設計になっており，ありがたい．

2.4 似ている文字の存在

C 言語で double 型の変数にキーボードから実数を入力する場合には，書式文字列は"%lf"を使用する．初学者が教科書を予習してプログラムを入力すると，ここに隠された落とし穴に引っ掛かる．

```

1 /* prog0211.c */
2
3 #include <stdio.h>
4
5 int main(void)
6 {
7     double t;
8     double h;
9     double d;
10
11     printf("気温? ");
12     scanf("%lf", &t);
13     printf("湿度? ");
14     scanf("%lf", &h);
15
16     return 0;
17

```

図 4 C 言語の似た文字の例

%lf(パーセント・エル・エフ)を%1f(パーセント・イチ・エフ)と入力してしまうためである。小文字のエルと数字の1が似ており区別が難しい。|(縦棒, ストローク)も同様である。この様子を図4に示す。似た文字の存在は、プログラミングの難しさを増す。授業では、教授者がスペルを発音しながらタイピングすることで、その誤りに気付かせるように工夫している。また変数へキーボードから入力する場合は、変数名の前に&を付けるが、付け忘れも多発する。教材提示では、このような細かいことを正確に伝えられなければならない。

3 従来の教室 AV 環境の問題点

本学の代表的な教室は、縦長の形状が多い。教卓側にプロジェクタが2台設置され、天井からモニタが吊り下がっている。長年使い続けたプロジェクタは、輝度が低下し、発色も悪く、フォーカスも甘くなる。このような教室の後方から、教卓側を撮影した様子を図5に、最前列でスクリーンのみ撮影した様子を図6に示す。教室の最前列か



図 5 21004 教室(後方から教卓側を撮影)

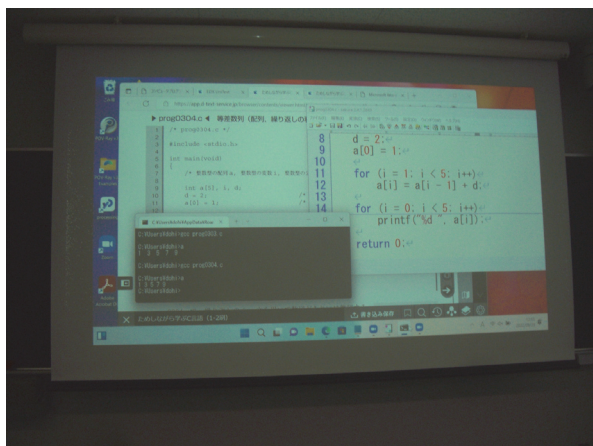


図 6 21004 教室(最前列でスクリーンを撮影)

らスクリーンの文字を読むことは可能であるが、教室の後方から文字を読むことは困難である。

新しく建設された建物の教室は、プロジェクタの輝度が高く、発色も良い。プロジェクタに加え、天井から吊り下げられたモニタの台数が多い教室の様子を図7に示す。視力の良い受講者は、教室の後方でも天井から吊り下げたモニタの様子を見ることができ、教卓前のスクリーンで見えない文字を補うことができる。一方、視力が弱い受講者は、文字を読むことは困難である。



図 7 5401 教室(後方から教卓側を撮影)

4 新しい教室 AV 環境

4.1 zoom の全学的な導入

教室の後方から文字が見えない問題を解決するために、2019年頃から次世代の新しい教室 AV 環境を探り始めた。教授者からは動画を再生しながらその上にお絵描きができる要求があり、いくつかの製品のデモを見る中で到達したのが zoom であった。共著者の齊藤氏を中心とした提案により、2020年2月に全学的に導入することを決定した。偶然ではあるが、その矢先に新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の感染拡大が発生し、遠隔授業を強いられることになった。すでに zoom の導入を決定し、システムデザイン工学部、工学部、未来科学部では BYOD によるノート PC の準備が整っており、遠隔授業に zoom が利用できることなどが功を奏し、本学は早い段階に比較的スムーズに遠隔授業へ移行することができた。

4.2 教室 AV 環境の推移

筆頭著者が担当する授業について、2019年から2022年までの教室 AV 環境の推移を表2に示す。表2の中でシンクライアントは、シンクラと記載した。2021年に理工学部および工学部第二部も

BYOD が導入され、全学での BYOD の導入が完了した。2019 年は COVID-19 の感染拡大前、2020 年は遠隔授業、2021 年はハイブリッド型授業、2022 年は対面かつ zoom を使用している。なお、授業では黒板やホワイトボードは使用していない。

表 2 教室 AV 環境の推移

学科	2019	2020	2021	2022
NE	中間モニタ, シンクラ	zoom	中間モニタ, zoom	zoom
EK	プロジェクタ	zoom	プロジェクタ, zoom	プロジェクタ, zoom
AD	プロジェクタ	zoom	プロジェクタ, zoom	プロジェクタ, zoom

4.3 中間モニタの教室

図 2 に示した PC 教室 3 は収容人数を減らし、BYOD に対応できるように中間モニタのみを設置した教室に改装された。教室の様子を図 8 に示す。2021 年の NE 科のハイブリッド型授業で使用した。ハイブリッド型授業では、学籍番号の偶数番と奇数番で登校日を週毎に交互に切り替えることによって、登校者を 2 分割し 3 密を回避した。受講者は各自のノート PC で zoom の映像を確認できると共に、中間モニタでも確認できる。



図 8 PC 教室 3

4.4 zoom だけの使用

新たな教室 AV 環境として zoom を導入し、zoom のホストは USB 等で複数の入力装置に接続できるようになった。筆頭著者のプログラミングの授業では、モニタ用の情報端末としてタブレット型の情報端末を使用することにより、エコバッグ 2 つ程度で、持ち運び可能となった。この様子を図 9

に示す。ネットワークの環境が整っていれば、教室以外の場所からでも授業を行える。学会等の出張先でも、発表時間と授業が重ならなければライブの授業が可能である。NE 科では zoom のみを使用し、PC 教室 1 と PC 教室 2 を連携して授業を実施している。この様子を図 10 に示す。書画カメラを使うと、蛍光灯のチラツキ等によりネットワークの帯域を圧迫することが分かり、資料等は事前に PDF に変換したものを活用している。

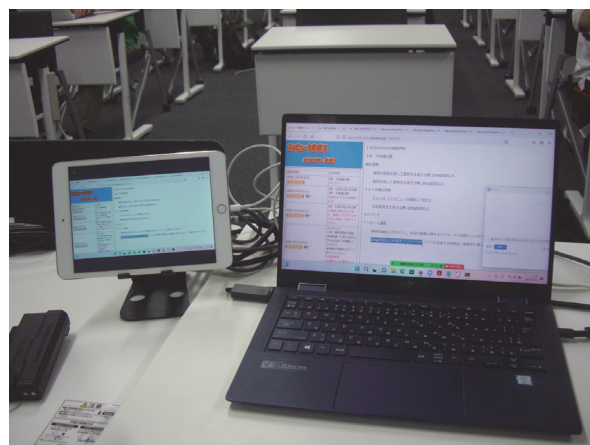


図 9 zoom のホスト側の様子



図 10 zoom のみ利用(PC 教室 1 と PC 教室 2)

4.5 受講者の視線の動き

受講者の視線の動きは、教室内の着席位置による。zoom のみを利用した場合は、視線はディスプレイ内部に止まり、眼球の動きは少なくなる。一方、プロジェクタや天井から吊り下げたモニタを併用する場合は、視線はノート PC とプロジェクタもしくはモニタの間を行き来することになる。教室の前方に着席した場合は、眼球の移動や首振りが必要になる。教室の後方に着席した場合も、天井から吊り下げたモニタを見るために眼球の移

動や首振りが必要になる。さあに焦点を合わせるために水晶体の調整が必要になり、目の負担が増える。これと並行して、タイピングやマウスを使った操作が必要になり、肩こり等の疲労に繋がる。

5 受講者の分析

5.1 3学科の教室について

2022年からは対面授業に戻り、遠隔授業から解放された。新しい教室AV環境としてzoomを活用している。具体的には、対面授業を実施しながらzoomを併用することである。筆頭著者が担当する3学科は、3種類の教室を利用している。

NE科は2022年4月からオープンしたアクティブラーニング用の教室で、この様子を図10に示した。このクラスではプロジェクタは使用しないでzoomのみで授業を実施している。

EK科は長年プロジェクタを使用している教室で、輝度が低くフォーカスが甘い。モニタが天井から吊り下げられているが、教室の後方からは文字を読むことは難しい。この様子を図5に示した。

AD科は最も新しい建物の教室を使用しており、プロジェクタの輝度やフォーカスが良く、天井からのモニタも数が多い教室である。教室の後方からはプロジェクタのスクリーンの文字を読むことは難しいが、天井のモニタを併用すると視力の良い受講者は判読できる。この様子を図7に示した。

5.2 録画の効果

従来は授業の録画を行うために、ビデオカメラや音響設備を教室に設置するなど大掛かりな設備が必要であった。zoomはカメラ付きのノートPCをホストにすることで、講義内容を容易に録画できる。2022年に再開した対面授業でもzoomで録画を行い、box(本学が契約しているネットワーク上のストレージ)を使い学内限定で公開している。録画の効果についてアンケート調査を実施した。調査項目は「授業の録画は役に立っていますか」である。3学科とも80%以上が「はい」であった。この様子を表3に示す。授業の復習や授業内容の見落としなどの確認に役立っているようである。

表3 授業の録画は役に立っていますか(%)

学科	はい	いいえ	未回答
NE	85.4	12.2	2.4
EK	86.0	14.0	0.0
AD	82.9	14.6	2.4

5.3 zoomを使った指示の分りやすさ

zoomを使った教授者からの指示の分りやすさについて、「この授業ではzoomを併用していますが、指示内容は分かりやすいですか」の設問に対する結果は、3学科とも90%以上が「はい」であった。この様子を表4に示す。

表4 zoomを使った指示の分りやすさ(%)

学科	はい	いいえ	未回答
NE	95.1	2.4	2.4
EK	95.3	4.7	0.0
AD	92.7	4.9	2.4

5.4 zoomとプロジェクタの併用

EK科とAD科はプロジェクタとzoomを併用している。授業中にどちらを活用しているかについて、「指示内容は、zoomとプロジェクタのどちらを活用していますか」の設問を設け調査した。調査結果は、EK科がzoomのみが76.7%、両方が23.3%となった。プロジェクタのみは0%であった。AD科はzoomのみが53.7%、両方が22.0%となった。プロジェクタのみは22.0%であった。この様子を表5に示す。

表5 zoomとプロジェクタのどちらを活用(%)

学科	zoom	プロジェクタ	両方	未回答
EK	76.7	0.0	23.3	0.0
AD	53.7	22.0	22.0	2.4

輝度が低下している教室を利用しているEK科では、プロジェクタのみを利用している人はいないことが分かった。偶然であるが、2022年10月6日のEK科の授業で、従来の教室AV環境の不調が原因で、教室内のプロジェクタへの表示が行えないトラブルが発生した。この日は、zoomのみを使って授業を実施したが、大きな混乱もなく、授業を終えられた。偶然ではあるがzoomがあれば従来の教室AV環境が無くても、授業を行えることが示された。また、授業中に手助けが必要な人には挙手を求め、TAの方に個別対応してもらうことができ、対面授業の良いところも併用できた。

一方、輝度が高い教室を利用しているAD科では、プロジェクタを利用している人が22.0%、プロジェクタとzoomを併用している人も22.0%いることが分かった。

5.5 受講者の声

受講者の声をアンケート調査で聞いた。「zoomを使用した授業は、板書やプロジェクタを使った授業と比較してどのような点が分かりやすいですか」の問いに対して、自由記述の回答を求めた。その抜粋を以下に記載する。

- ・zoomで共有した教授の画面が手元にあると、教授の説明がわかりやすくなるのと、自分の打ったプログラムと比較できる点がわかりやすい。
- ・こういうところをミスしやすいですと先生が仰ってくださる部分がわかりやすかったり作業工程がわかるので作業に集中しすぎて進行がどこまで行ったかを見失った場合自分の画面と見比べて確認できるのでありがたいです。
- ・どの席からも見やすい
- ・どんな字でも大きく見えるため、理解しやすい。
- ・プログラム入力の手順がとても分かりやすい。
- ・プロジェクターだけだと視力的に見えづらい細かい操作がzoom画面内で確認でき、操作が円滑に進められる点
- ・プロジェクターだと見にくい文字があるため、その点においてzoomは非常に見やすくて確かに指示が伝わると思う。
- ・何を操作しているかわかりやすいこと。
- ・教科書で内容の説明する際に、どこについて補足説明をしているのかわかりやすい点。
- ・近くでより大きく見れる
- ・黒板から遠い席に座っていても、滞りなく授業を聞くことができる。
- ・座席の位置に関わらず授業スライドが見やすい点。文字が小さくて見にくいという懸念がない点。
- ・自分の画面とZoomの画面両方を同時に見ることができるのでエラー時にどこが間違っているのが見つけやすい。
- ・失敗したときに、どこが間違えているのか見比べるときがあるが、zoomだと間違いが分かりやすい。
- ・手元で見ることができるのでプロジェクタより見やすい。
- ・手元にあり、見えない部分がないため、情報が正確に伝わるためよいと思う。
- ・小さい文字も読みやすい。特にプログラミングは文字が小さいためzoomのありがたみを感じる。
- ・先生がスライドに流している内容を画面内で確認できるので文字をはっきり確認することができました。

6 モチベーションの分析

6.1 モチベーションの推移

筆頭著者が担当する授業では、受講者のモチベーションをSIEM(Systematical Information Education Method:ジーム)で長年に渡り測定し、共同研究者の今野氏に分析を依頼している[2][3]。モチベーションは、SIEMアセスメント尺度を使って求め、分析を行う。アンケート調査項目の中に、重要度は「プログラミングを学習することは重要だと思いますか」、現状認知度は「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」、期待度は「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」の設問項目を設ける。各々の項目に対して、1は「まったくそう思わない」、2は「あまりそう思わない」、3は「どちらともいえない」、4は「ややそう思う」、5は「強くそう思う」に対応付け、1から5の数字を回答してもらい。モチベーションは、重要度と期待度の積で1から25の数値に定量化し、クラス全体の平均値を求め、これをモチベーションと定義している。モチベーションは授業の前期、中期、後期の計3回測定を行うことを原則としている。2019年から2022年までの3学科のモチベーションの推移を図11から図13に示す。

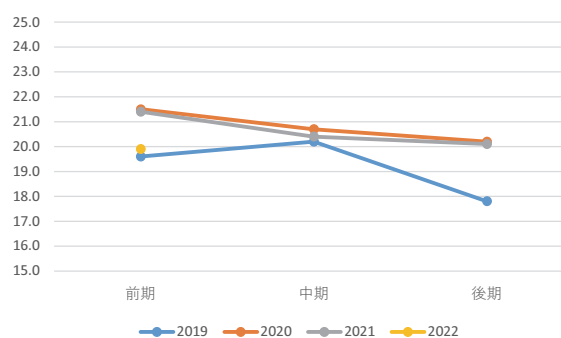


図 11 NE 科

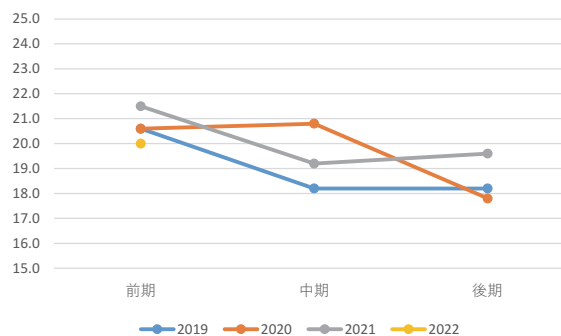


図 12 EK 科

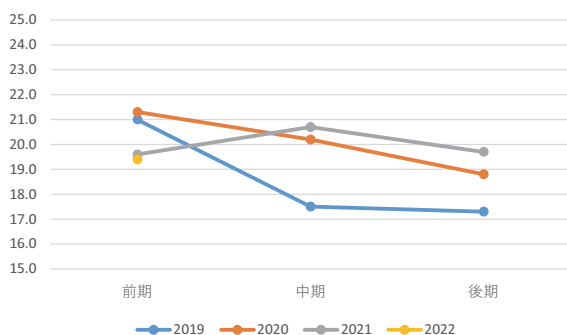


図 13 AD科

2022 年は後期の授業が始まり、原稿の締め切り時点で前期のモチベーションだけ測定できた。

NE 科は 2019 年が前期，中期，後期共に最も低い値となった。EK 科は 2020 年が後期のみ最も低い値になったが，2019 年と隣接している。AD 科は 2021 年と 2022 年の前期が共に低い値となり，中期と後期は 2019 年が低い値となった。

全体的に COVID-19 の拡大前の 2019 年よりも，遠隔授業やハイブリッド型授業の方がモチベーションが高い傾向がうかがえる。その原因として，教授者と受講者が 1 対 1 で授業を受けているように思われている可能性があり，受講者が集中して授業を受けていることが考えられる。

6.2 改善度指数の推移

2019 年から 2021 年について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の値，説明変数を SIEM アセスメント項目とし設定している。満足度偏差値(SLD:Satisfaction Level Deviation score)，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)を使って，改善度指数(ILI:Improvement Level Index)を求めることができる。改善度指数が高いものは改善すべき項目であり，特に 5 以上は要改善，10 以上は即改善項目と考えられる。2019 年から 2020 年の中期の改善度指数を表 6 に，2021 年度の中期の改善度指数を表 7 に示す。2022 年については，中期のモチベーションを調査した時点で分析する予定である。

授業期間の中期から後期にかけての授業改善案の提案事項では，改善度指数 5 以上である項目のうち上位 2 項目を目安にし，改善が効果的であると判断される項目について提案される。提案された項目は，黄色の網掛けで示した。2020 年は，3 学科共にコミュニケーション度の改善が指摘され，

表 6 改善度指数 (2019~2020 中期)

SEIM アセスメント項目	2019 年			2020 年		
	NE	EK	AD	NE	EK	AD
成功機会度	5.0	-2.1	-2.3	-0.7	-3.3	1.3
親性度	-3.3	-7.1	-2.1	0.7	-1.7	1.6
愉楽度	0.6	-0.7	-0.5	-0.2	-3.9	1.0
理解度	-4.3	0.5	-0.6	-7.7	1.7	-1.8
知覚的喚起度	3.0	-9.9	-2.9	-1.0	-6.1	-10.6
意義の明確度	-6.0	-3.3	2.0	-3.9	1.7	7.1
好奇心喚起度	3.0	1.9	2.9	5.0	-4.1	3.4
将来への有用度	-2.8	-0.8	-1.7	3.8	2.4	2.5
向上努力度	4.6	2.6	-0.8	0.8	2.7	4.6
自己コントロール度	1.2	4.3	4.8	1.7	4.9	2.9
自己目標の明確度	6.6	5.0	2.0	4.0	4.0	-0.3
コミュニケーション度	6.4	4.9	1.4	6.7	4.8	7.5
所属団体の好意的反応度	0.8	0.9	1.6	2.3	-2.1	-3.4
コンテンツの合致度	-8.6	2.2	4.3	-4.0	-5.1	-13.8
参加意欲度	1.0	-1.6	-4.3	-1.3	0.7	-5.5
参加積極度	-10.7	2.1	-3.3	-7.8	-1.2	-4.9

表 7 改善度指数 (2021 中期)

SEIM アセスメント項目	2021 年		
	NE	EK	AD
成功機会度	-1.3	-5.1	1.6
親性度	-2.3	-1.6	0.3
愉楽度	-0.9	0.1	-2.4
理解度	1.4	-4.0	0.5
知覚的喚起度	-3.4	-3.8	-7.4
意義の明確度	1.9	-5.7	-1.7
好奇心喚起度	4.7	-2.3	2.8
将来への有用度	0.6	-9.8	2.5
向上努力度	2.0	3.3	3.7
自己コントロール度	4.8	5.9	4.4
自己目標の明確度	7.2	5.7	3.2
コミュニケーション度	2.3	7.0	5.0
所属団体の好意的反応度	-1.4	4.6	-4.4
コンテンツの合致度	-1.4	-8.8	-12.1
参加意欲度	-4.6	6.9	0.2
参加積極度	-11.1	6.0	0.3

遠隔授業を実施した影響が分析結果に現れた。2021 年は 2 学科でコミュニケーション度の改善が指摘され，ハイブリッド型授業の影響が分析結果に現れた。

7 自由記述の KH Coder による分析

2022 年後期の 3 学科について，「zoom を使用した授業は，板書やプロジェクタを使った授業と比較してどのような点が分かりやすいですか」の回答内容を KH Coder で分析した[4][5]。対応分析の結果を表 14 に示す。

3 学科が赤色の文字で NE, EK, AD と表示されている。3 つの文字の中心付近に「分る」の文字があり，自由記述の中に共通して出現している文字であることが分かる。表 14 では，「分る」を赤丸で囲った。

KH Coder では表 14 の「分る」の文字をダブル

