

# PC 活動演習での有効活用を想定した Web ベースの画面キャプチャツールの改善

長瀧 寛之<sup>1,a)</sup> 島袋 舞子<sup>2,b)</sup>

**概要：**本稿では著者らが継続的に開発を進めている、コンピュータを活用する学習活動におけるつまずき時のサポートを指向した PC 画面キャプチャツール WebRec について、その概要を紹介するとともに、実際の授業実践を通して明らかとなった課題、またそれに対応して行ったツールの機能の改善について解説を行う。合わせて、2023 年度前期の授業におけるツール改善の影響について分析を行う。

## 1. はじめに

コンピュータ上の操作を伴う学習活動においては、学習者のつまずきの要因として、学習内容の理解度や習熟度の不足に限らず、コンピュータ特有の事情や不具合が原因であることも多く、適宜状況を把握し適切にサポートを行う教員や Teaching Assistant などのスタッフの存在が不可欠である。著者らは、学習者が困難に遭遇したと感じた直前の PC の様子をキャプチャする Web アプリケーション“WebRec”を開発し、複数の授業で運用してきた [1]。本稿では、WebRec を活用した授業実践を通して明らかとなってきた学習サポート向上における課題と、それらを解決するために行ったツールの改良点について紹介する。

## 2. WebRec の概要

WebRec は、PC 画面上での演習活動を行う授業での利用を想定した、画面キャプチャ機能を備えた Web アプリケーションである。学習者は WebRec を起動することで、常時 PC 画面の映像をキャプチャしつつ、必要な時に PC 画面の様子をビデオとしてスタッフと共有することで、トラブルサポートの助けとすることを目的としている。

学習者は WebRec の URL にアクセスすると、多くの Web ブラウザが標準でサポートする WebRTC<sup>\*1</sup>の画面共有機能を利用し、PC のデスクトップ画面をビデオデータとして収録する。収録したビデオデータは Web ブラウザ

## 出席中: TestCourseNTK

09/06 18:34~ ●

演習のトラブル発生時は下のボタンをクリック



図 1 学習者用画面: 画面収録中

Fig. 1 Student mode: In attendance & capturing

のオンキャッシュメモリに、10 秒単位のビデオチャンクとして蓄積していく。なお 1 分以上古いビデオチャンクは随時破棄することで、メモリの不要な圧迫を防いでいる。

学習者が演習において何らかのつまずきに遭遇した場合、インタフェース (図 1) の「Help!」ボタンをクリックし、つまずきについてのメッセージを入力してサーバに送信する。このとき、既に蓄積されたビデオチャンクの最新から 3 つ分のチャンク、つまり Help ボタンクリック直前の 2-30 秒のビデオを合わせて送信する。また WebRec は出席確認機能を有しており、本ツールで画面収録中は、随時出席シグナルをサーバに送信する。

教師や TA などのスタッフは、授業中は教師用画面にアクセスする。この画面では、出席シグナルの受信状況とともに、学習者からの Help シグナルを確認できるようになっている (図 2)。Help シグナルのリンクをクリックすると、Help シグナル送信とともに送られてきたビデオとメッセージを確認できる。スタッフは、Help シグナルを送信した学習者にサポートを行う際、収録されたビデオの様子をもとにつまずきの詳細や原因を把握することで、効率的にサポートを行えることを想定している。

<sup>1</sup> 大阪大学  
Osaka University

<sup>2</sup> 大阪電気通信大学  
Osaka Electro-Communication University

<sup>a)</sup> nagataki.slics@osaka-u.ac.jp

<sup>b)</sup> shimabuku.m@gmail.com

<sup>\*1</sup> <https://webrtc.org/>

## 出席リスト テストコース(NTK) (2022/03/28)

user ID	Name	Attendance - Last access	Help!
user002	ゆーぞ002		
		11:42:16 - 12:36:42	
nagataki	ながたき	14:08:10 - 14:45:16 ▶14:09:52▶12:01:02▶11:49:59▶11:47:08	
		14:51:06 - 14:57:50	
shimabuku	沖縄の人		

図 2 教師用画面：出席状況一覧表示

Fig. 2 Teacher mode: Attendance &amp; help list

その他, WebRec の基本的な仕様については, 文献 [1] でも説明している.

### 3. 授業での実践から明らかになった課題

WebRec は, 2022 年度前期に試験的な利用を行った後, 2022 年度後期より情報リテラシー科目 2 クラスとプログラミング科目 3 クラスの授業で, 本ツールを利用した授業の実践を行った. さらに 2023 年度から, 著者ら以外の教師が担当する授業でも本ツールを授業で利用してもらうことで, ツールの有用性と問題点の洗い出しを行っている.

2022 年度後期では, 合計で 159 個の Help ボタンが押される結果となったが, これは当初想定していたより少なく, 本ツールの利点が十分に生かされていない様子が確認された. その他実践を通して, 本ツールについて改善すべき課題がいくつか確認された. 以下に主な課題について述べる.

#### ツール操作における問題

Web ブラウザのセキュリティ上の理由から, ユーザの手動操作を経ずに画面収録を開始することができないため, 最初に画面収録開始のための設定操作を学習者側で行う必要がある. 実際の授業実践でも, 授業開始時に WebRec の起動を促すとともに, 本ツールが出席確認を兼ねていること, PC の様子をビデオに収録しており, Help シグナル送信時にその情報が教員と共有できる仕組みであることも合わせて説明している.

しかし実際には, 画面収録が行われていなかったり, 途中で設定が解除されてしまったりするケースが少なくない. PC 画面収録は, WebRTC の画面共有機能でキャプチャした PC 画面を記録する仕組みのため, 収録する画面の選択ダイアログが Web ブラウザ上は「画面共有」設定として表示されている (図 3) ことが, 学習者が勘違いして設定をキャンセルしてしまう原因と思われる. さらに, それによって画面収録や出席シグナル送信が中断されていることに学習者自身が気づかず, Help シグナルを送信しようとなった段階で初めてその事実が気がつくため, 結果としてつまづき発生直前の PC 画面の様子がビデオとして確認できないことにつながっている.

さらに操作ミス以外にも, PC が一時的にスリープするなどシステム上の原因で自動的に画面収録が解除されてし

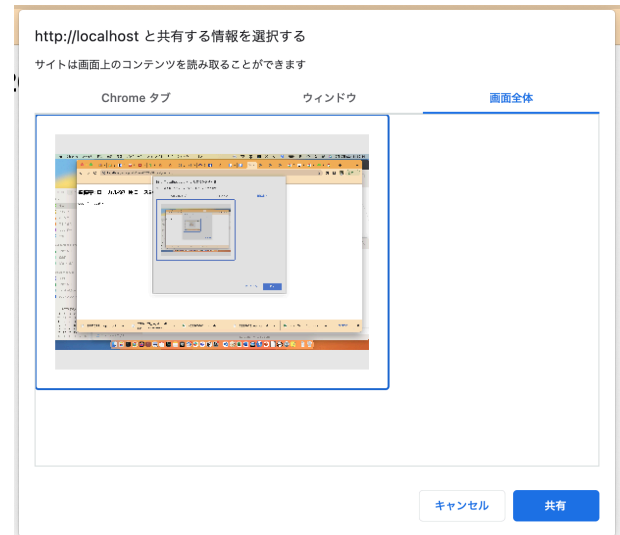


図 3 共有画面の選択ダイアログ (Google Chrome の場合)

Fig. 3 Dialogue selecting 'sharing' screen

まうケースもあり, その場合も学習者とその事実気づかず長時間放置してしまうケースが見られた.

#### 対面サポートにおけるビデオ記録忘れの問題

対面授業形式で演習を行っているとき, 学習者がスタッフにヘルプを要請するときに, 直接手を上げてスタッフを呼ぶことが多い. しかし直接スタッフを呼ぶ学習者は, わざわざ Help ボタンをクリックしようというモチベーションがなく, 結果つまづき発生時の PC の様子が記録されないという問題が起こる.

ヘルプを呼びかけられた時点でスタッフから Help ボタンのクリックを学習者に促すことも行ったが, つまづきの本質ではないそのやりとりは学習者を混乱させる元になることもあり, またそのやり取りを経る間にトラブルから 2-30 秒が経過し, その後に Help シグナルを送信しても, 記録されたビデオ映像からは既に問題の原因につながる情報が収録されなくなる.

#### 複数スタッフで対応する授業での問題

複数のスタッフが同時にサポートを行う状況において, ある学習者の Help シグナルが記録された時, そのヘルプにまだスタッフの誰も対応していないのか, あるいはすでにスタッフの誰かがサポートしているのか, 判断がつかないケースが発生した. 特に学習者から多くのサポートを求められるクラスでの授業では, サポート待ちの Help シグナルが複数記録されるため, 特にその傾向が顕著であった. サポート内容の振り返りに関する問題

Help シグナルによるビデオ収録は, 単にその場での問題解決のヒントとしてだけでなく, 後から見返すことで授業中に誰に対しどんなサポートを行ったかを確認することも目的としている.

しかし, 収録された映像から直接原因がわからないケースも有り, また学習者のメモも問題の本質についていると

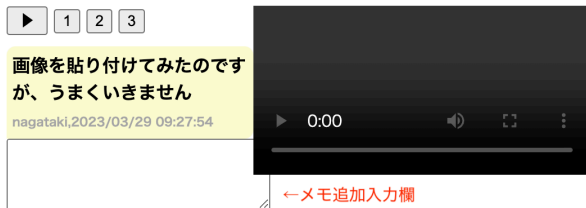


図 4 ビデオメモ機能

Fig. 4 Memo adding function

は限らない。スタッフ側も、Help シグナルの記録日時によって「授業内でこの学習者にサポートした」記憶までは呼び起こせても、具体的にどんな問題があったかどう解決したか、あるいは解決しなかったか、後から思い出すのは困難である。また、複数のスタッフで対応している授業では、どの Help に自身が対応したかどうかを後から思い出すのが難しいこともあった。

#### システム上の問題

WebRec が現在稼働する Web サーバでは、POST によるファイルアップロードの最大サイズが 20MB に制限されている。著者らが行った授業実践において、ほとんどの学習者ではこの上限が問題にはならなかったが、一部学習者の PC では 3 つのビデオチャンクの合計サイズが 20MB を超えるケースがあり、その場合サーバ側でデータ受信に失敗し、ビデオが全く記録されないという問題が発生した。

授業実践の結果、データサイズの上限超過に起因すると思われる現象は特定の学習者に偏る傾向があり、PC の環境や操作の癖に大きく依存することが想定される。しかし多様な PC が混在する BYOD 環境においては、画面キャプチャのサイズを統一的に制御することは事実上不可能なため、どのような環境でもなるべく確実にビデオを記録できる方法が必要であった。

## 4. WebRec の改良

3 章で述べた授業実践におけるトラブルや問題点については、随時著者らの間で情報共有を行い、必要に応じて随時ツールの改良を行ってきた。以下、文献 [1] の時点 (2022 年 9 月) 以降に改良・修正を行った WebRec の機能について、その設計意図を含めて説明する。

### 4.1 メモ書き機能

教師用画面のビデオ閲覧画面にて、学習者のメモだけでなく、スタッフ側もメモを追記できるようにした (図 4, 図 5)。

スタッフは授業中あるいは授業後、記憶に残っているうちに各 Help シグナルにメモを追加することで、それぞれが何のトラブルでどのように対応したのかを記録しておく。なお、メモは複数個追加可能であり、またスタッフ間で共

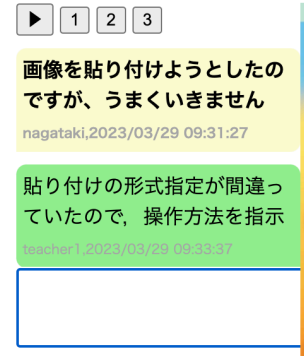


図 5 ビデオメモ機能: 入力後 (下側のメモがスタッフ記入)

Fig. 5 Memo adding function - staff memo with green background

## Attendance List

2024 / 12 / 08	過去の記録を確認	
user ID	(seatID)	Attendance - Last access Help!
on Support		14:43:33 - 16:10:11
on Support		14:42:19 - 21:53:10
on Support		14:40:19 - 16:10:48
on Support		14:41:32 - 16:10:13
on Support		14:38:50 - 16:48:03
on Support		14:45:17 - 16:00:57
on Support		14:45:51 - 14:52:36

図 6 「onSupport」ボタン (画面左)

Fig. 6 “onSupport” Buttons (left side of the image)

有されるため、サポート業務に関するスタッフ間の情報交換手段としても利用可能である。

### 4.2 スタッフ側から学生 PC 映像を記録する機能

教師用画面から、特定の学習者の PC 画面ビデオを記録できる機能を追加した。

学習者が Help ボタンをクリックせずスタッフを直接呼んだ場合に、スタッフが教師用画面で該当する学習者に対応する「onSupport」ボタン (図 6 参照) をクリックする。これにより、ビデオ送信要求のメッセージがサーバ経由で学習者用画面に送られ、学習者用画面は要求メッセージを受信した時点で、ビデオチャンクに貯まっているビデオデータをまとめて自動送信する。このときシステム上の処理としては、学習者側から Help シグナルを送信するのとはほぼ同じ処理が行われるが、学習者は何らかの操作を要しない。

また onSupport ボタンクリックによる Help シグナル送信の場合、ビデオに付随するメモにはスタッフのユーザ名を記録することで、どのスタッフがこの Help に対応したかがわかるようにしている。(図 7)。

なお、onSupport で送信するビデオデータは、最新時刻より 1 チャンク分過去の 3 チャンクを選択する。これは、学習者がスタッフを呼んでからスタッフが onSupport ボタ

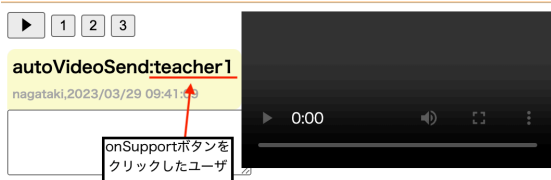


図 7 onSupport クリック時に記録されるメモ

Fig. 7 Memo with “onSupport”



図 8 Help フラグアイコンの変化

Fig. 8 Help-flag icon changes by clicking

ンを押下するまでに、すでにトラブル発生から少しタイムラグがある可能性が高いことから、少し過去のビデオのほう、問題の原因となる様子が収録されている可能性が高いと判断したためである。

なお本機能を実装後、名前と顔が一致していない学習者を教師用画面の一覧から見つけるのが難しいという問題があったことから、一覧表を座席番号で整列できる機能を追加し、名前が分からなくても着席位置から当該学習者を特定しやすいようにした。

#### 4.3 フラグ画像切り替え

教師用画面に表示される Help シグナルについて、フラグのアイコンをクリックで切り替わるようにした (図 8)。フラグの状態はスタッフ間で共有されており、どの Help に未対応、対応中、あるいは対応済みなのかをアイコンで識別する目的で実装している。

なお、4.2 節の “onSupport” により記録された Help フラグは、初期状態で “スタッフ対応中” アイコンに設定される。

#### 4.4 エラー通知手法の改善

何らかのエラーで画面収録が中断された場合、学習者用画面上では赤字でエラーメッセージを表示し、Help ボタンも非表示にするなどで見た目に変化がわかるようにした (図 9)。

ただし、通常演習時は学習者用画面のウィンドウは他のウィンドウに隠れている状態が多く、ウィンドウ上の表示

## 停止中: テストコースNTK(2023)

06/17 02:01～

画面録画開始エラー(-2)

一度このウィンドウを閉じて再接続してください

図 9 エラーメッセージ: 画面収録中断

Fig. 9 An error message displayed on the window - screen capturing aborted

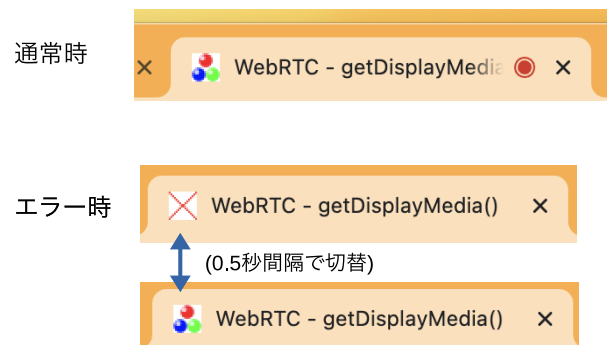


図 10 エラー発生時の favicon 切り替え表示

Fig. 10 favicon switching when error occurred

を切り替えるだけではエラー発生に気づきにくい。なお実際の授業実践において、学習者用インタフェースを別タブで表示させている事が多いことから、エラー発生時にはタブ横に表示されるアイコン (favicon) を 0.5 秒単位で切り替えことで、視覚的にエラー通知への気づきを促す仕組みを追加した (図 10)。

また、収録エラー発生時には、自動的に独自の Help シグナルをサーバに自動送信する仕組みを追加した。教師用画面には、通常の Help シグナルと異なるフラグアイコンで Help シグナルが表示される (図 11)。エラー発生時のビデオも確認できるため、エラー発生の原因が学習者の操作ミスによる場合は、映像から容易に特定が可能であり、スタッフから直接学習者に呼びかけて対処することができる。

#### 4.5 送信ファイルサイズ上限制約への対応

Help シグナルと合わせて送信するビデオファイルについて、そのサイズを事前に確認し、サーバが受け付ける上限を超えないように工夫する機能を実装した。

WebRec では最新 5 つのビデオチャンクを常時蓄積しているため、一部突発的に大きいサイズのチャンクがあった場合は、それを無視して送信サイズ上限以下の組み合わせを選択する。手順としては、基本的には最新のビデオチャンクを優先して順に 3 つ送信キューに入れるが、あるチャ



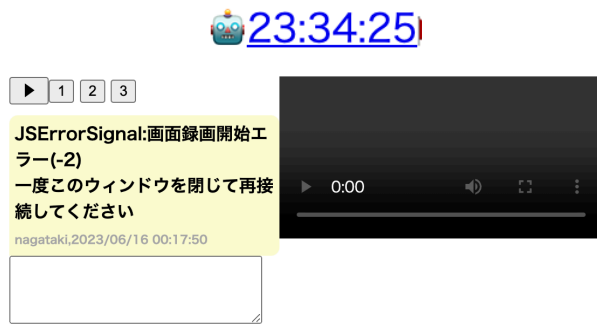


図 11 エラー発生 Help フラグとビデオ閲覧画面

Fig. 11 viewer screen capturing error

リンクを加えるとサイズ上限を超過する場合は、そのチャンクをスキップしてもう一つ前のチャンクを選択する。

PC 画面の様子が一部飛ばされる形になったり、2 つ以下のビデオチャンクしか送れなかったりといったケースも出てくるが、サイズ超過で全くビデオが記録されなくなるケースを回避することで、問題把握のヒントにつながる情報を確実に記録することを期待している。

## 5. 2023 年度の授業実践

2023 年度前期は、18 クラスで本ツールを利用した。7 月 25 日までの時点で、合計で 255 回の授業で本ツールを利用した中で、Help ボタンが 1 回以上利用された授業は合計 200 回、発出された Help シグナルは合計で 1405 回あった。Help シグナルの記録を表 1 にまとめた。18 クラスのうち 15 クラスが情報リテラシーの授業科目、3 クラスがプログラミングの授業科目であったが、Help ボタンの利用状況においては授業形式による違いは見られなかった。一方、Help とともに送信されたビデオのサイズ (3×10 秒のビデオファイルの合計サイズ) の中央値は、情報リテラシー科目で 2.5MB、プログラミング科目で 1.6MB と大きな差が確認された (表 2)。プログラミングの授業の場合、主にコードエディタが画面に大きく映し出された状態のため、情報リテラシーの授業と比較してビデオ中の画面変化が少ないことが原因と考えられる。

### メモ書き機能

メモ書き機能については、教師か TA が記録したメモは 521 個あり、うち学生がメモを残していなかったケースは 79 個、onSupport ボタンで教師が記録したビデオへのメモは 81 個であった。メモの内容は、主に現場でどのような対応を行ったかについてのメモであったが、サポートが完了したか否かをメモとして残しているケースも確認された。

### スタッフ側から学生 PC 映像を記録する機能

onSupport ボタンの利用については、2 クラスでは継続的に活用する様子が確認されたが、それ以外のクラスでは 1 回目の授業で利用した後は利用頻度が大きく下がる結果

表 1 Help シグナル記録:2023 年度前期

クラス	Help!	対応中	対応完了	(error)	合計
Literacy1	9	1	95	71	176
Literacy2	6	-	90	59	155
Literacy3	2	-	41	41	84
Literacy4	-	-	58	84	142
Literacy5	18	-	-	187	205
Literacy6	30	6	96	90	222
Literacy7	-	-	28	168	196
Literacy8	8	1	-	237	246
Literacy9	2	3	39	87	131
Literacy10	2	1	2	103	108
Literacy11	-	-	47	57	104
Literacy12	14	6	59	224	303
Literacy13	4	5	38	115	162
Literacy14	20	19	120	49	208
Literacy15	37	43	128	41	249
Prog1	32	26	129	80	267
Prog2	16	6	59	56	137
Prog3	-	-	59	29	88
合計	200	117	1088	1778	3183

表 2 送信ビデオサイズ: 2023 年度前期

クラス	平均	中央値	最大
Literacy1	3.7MB	2.9MB	18.5MB
Literacy2	3.2MB	2.7MB	13.2MB
Literacy3	3.8MB	2.7MB	15.6MB
Literacy4	3.3MB	2.7MB	11.6MB
Literacy5	3MB	2.4MB	12.9MB
Literacy6	3.3MB	2.6MB	16.4MB
Literacy7	3.8MB	3MB	16.7MB
Literacy8	4.2MB	3.6MB	16.4MB
Literacy9	2.7MB	2.3MB	9.7MB
Literacy10	3.6MB	2.9MB	15.7MB
Literacy11	2.8MB	2.6MB	9.9MB
Literacy12	3.2MB	2.7MB	17.1MB
Literacy13	2.9MB	2.4MB	11.2MB
Literacy14	2.7MB	2.2MB	13.8MB
Literacy15	2.7MB	1.9MB	12.4MB
Prog1	2MB	1.6MB	11.1MB
Prog2	2.3MB	1.4MB	18.2MB
Prog3	2.4MB	1.9MB	13MB
Literacy 全体	3.2MB	2.5MB	18.5MB
Prog 全体	2.2MB	1.6MB	18.2MB

となった。担当教員からは、回を追うごとに直接スタッフを呼ぶ頻度が増えていく中で、学生の氏名を確認して対応する onSupport ボタンを探す時間的余裕がなかった、という意見があり、現状の機能ではまだ需要を満たせていない状況であることが確認された。

### フラグ画像切り替え

フラグ画像切り替えの機能については、その効果が具体的に数値としては現れているわけではないが、授業担当教師からは対応完了有無の確認と TA との情報共有に効果

があったとのコメントを得た。フラグが「対応完了」に設定された Help シグナルは 1088 個確認されており (表 1 参照), 対応完了にするには一度以上スタッフがクリックしないと遷移しないため, 実際に活用されていたことが確認できた。一方で, 対応完了に切り替えられないままのフラグが 317 個確認されたが, インタビューを行ったところ, 単純な切り替え忘れ以外に, 実際に授業中の対応が完了しなかったケース, 対応に追われてフラグ変更の余裕がなかったケースを含むことも確認された。

#### エラー通知手法の改善

ツールのエラー発生時に Help を自動送信する機能については, 6 月 9 日から実装されたが, 実装後に送信されたフラグは合計で 1778 回で, そのうち画面収録が開始されないエラーが 439 回, 同日・同一 PC で同じエラーが複数回記録された場合は 1 回と数えると, 303 回記録された。

この中で, エラーが発生した PC の OS を確認すると, Mac が 154 回, Windows が 149 回であり, 実践授業における Mac の台数は全体の 10%程度であることを考えると, この Mac のエラー率は非常に高い。Mac の場合, Windows とは異なり, ブラウザの画面収録の許可設定を OS のシステム設定から別途行う必要があることが影響していると考えられる。なお, 画面収録開始エラーが毎回の授業で発生していた学生が 35 人確認されたが, うち 12 人は, 4.4 節のエラー発生時 favicon 切り替え表示の機能を導入した後でエラー発生が記録されなくなっており, 学生へのエラー周知と対応に一定の効果が得られた。ただしまだ 23 人はエラーが継続しており, 直接教師から働きかけなどを行うなど, さらに気づきを促す必要があったと考えられる。

なお画面収録開始エラー以外のエラーについては, 多くは授業終了後に記録されていた。これは授業終了後に, ツールを終了せずに PC をスリープしたことで画面収録がストップしたことが原因であり, 深刻な問題ではないものの, 無駄な Help 自動送信を行っていることも意味しているため, 今後対応が必要な課題である。

#### 送信ファイルサイズ上限制約への対応

送信ファイルサイズの上限制約へ対応する機能については, 6 月下旬に導入したため 1 ヶ月以内のデータのみであるが, その間に実際にデータサイズの上限 (20MB) により送信ビデオの調整が行われたケースは 2 件のみであった。いずれも 10 秒で 8-9MB というサイズのビデオチャンクが連続して 20MB を超えたというケースであった。収録されたビデオの内容を確認すると, 1 件はデスクトップ画面サイズが非常に大きい (2560×1440) ケース, 1 件は複数デスクトップを頻繁に切り替える操作を行っており, 画面の変化が大きいケースであった。またいずれも授業終了後のエラーでの記録であり, 演習中に Help ボタン押下されたケースではなかった。

表 3 ヘルプ機能利用経験

未使用	217 (56.50%)
少なくとも 1 回は使用	103 (26.80%)
何度も使用	64 (16.70%)

表 4 webRec の利点 (任意回答)

質問に対応してもらえる	63
Help へのハードルが低い	37
Help を出してすぐ対応してくれる	31
Help の予約ができる	6
その他	3

#### 5.1 学生からの反応

実践クラスのうち情報リテラシー科目のうち 9 クラスにて, 本ツールの利用に関する学生アンケートを実施した。回答から, Help 機能の利用については, 回答者の 43%が 1 度以上利用したとの回答があった (表 3)。また本ツールの利点として, 質問への対応が早いことやハードルが低いことが多く挙げられた他, 「サポートを待つ間に別の活動ができる」など, Help の「予約」を利点として挙げる学生も一定数確認された (表 4)。

### 6. おわりに

本稿では, Web ベースの画面キャプチャツール WebRec について, その利用における問題点と, 問題点を解決するための機能改善について述べた。また, 2023 年度前期の授業実践において, 改善機能に関連するツール利用状況を確認し, その効果と課題について整理した。

現在, 2022 年度後期以降も含めた授業実践で得られた WebRec 利用データについてさらに分析を進め, 本ツールの有用性やその活用による演習環境への影響について明らかにする予定である。

謝辞 本研究は, JSPS 科研費 JP19K23352, JP23K11366 の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] 長瀧寛之, 島袋舞子: PC を活用した演習活動でのサポートを指向した Web ベースの画面キャプチャツールの設計, 情報処理学会研究報告, Vol. 2022-CE-166, No. 10, pp. 1-7 (2022).