JSiSE Research Report
vol.36,no.2(2021-7)

大学院大学におけるハイフレックス講義環境の構築と運用

長谷川 忍[*1,2], 太田 光一[*1,2], 但馬 陽一[*2], 辻 誠樹[*2], 清水 薫[*1], 丹 康雄[*2,1]
*1 北陸先端科学技術大学院大学 遠隔教育研究イノベーションセンター
*2 北陸先端科学技術大学院大学 情報環境・DX 推進本部

Development and Management for a High-flex Lecture Environment at a Graduate University

Shinobu Hasegawa[*1,2], Koichi Ota[*1,2], Yoichi Tajima[*2], Masaki Tsuji[*2],
Kaoru Shimizu[*1], Yasuo Tan[*2,1]
*1 Center for Innovative Distance Education and Research, JAIST
*2 Headquarters for Digital Transformation, JAIST

To respond to the rapid changes in education/learning triggered by the COVID-19, the Japan Advanced Institute of Science and Technology (JAIST) established the Center for Innovative Distance Education and Research (CIDER) in FY2021. Our center is developing and supporting a high-flex lecture environment for all the lecture rooms on campus by expanding the existing lecture archive system. This article presents the architecture and management for the environment, which combines face-to-face lectures with live streaming and archived recordings.

キーワード: ハイフレックス講義,

1. はじめに

新型コロナウイルスをきっかけとして，高等教育機関においても急激な学びの変化が起こっている(1)．北陸先端科学技術大学院大学（以下，本学）においても，講義のみならず，演習や研究活動をも対象とした DX (Digital Transformation)による大学院の教育・研究活動の高度化・多様化に取り組むことを目的として，2021 年度に遠隔教育研究イノベーションセンター（以下，当センター）を設置し，遠隔地を接続した教育・研究環境の設計・開発・運用に関わる業務全般を推進している．

本学では，従来から石川キャンパス及び東京サテライトの全ての講義室を対象として，対面講義の補完教材として講義の収録から配信までを自動で行うシステムを導入・拡張・更新してきた(2)．しかしながら，現状ではコロナ禍において 3 密を避ける対策の一環として，講義室の収容人数が大幅に制限されており，対面講義と非同期型講義だけでなく，同期型双方向の講義の配信を同時に行い，学生が自身の状況に応じて選択して受講できるハイフレックス型の講義に対応することが必要不可欠となっている．

ハイフレックス講義の進展は，本学会の全国大会や研究会はもちろんのこと，関連学会や国立情報学研究所(NII)による大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム「教育機関 DX シンポ」など，様々な機会で知見が集積されつつある．本稿では，比較的小規模な大学院大学である本学において構築・運用している一例として，ハイフレックス講義環境のシステム構成並びに運用状況について概説する．

2. 講義形式

本学では石川キャンパスと東京サテライトの 2 つの拠点で主に講義が行われており，2021 年度の前半については新型コロナウイルスの感染状況等を考慮し，以下の 4 つの講義形式のいずれかを選択している（なお，履修登録期間中は原則として 3）のみ．また，東京サテライトは感染状況を考慮し原則 1)～3)で実施）．なお，

同一講義であっても講義内容やリレー講義等により講義形式が変更になることがある．

1) 対面講義と同期型双方向配信のハイフレックス：教員は講義室で講義を行い，Web 会議システムで同時配信．学生は対面で受講するか Web 会議システムで受講するかを選択. 教員または TA が講義室で Web 会議を開始することが必要.
2) 対面講義と同期型ライブ配信のハイフレックス：教員は講義室で講義を行い，講義室内の収録設備による映像・音声をライブ配信. 学生は対面で受講するか Web 会議システムで受講するかを選択．質疑については掲示板などを併用．配信は講義スケジュールに合わせて自動化されており，教員は通常通りに講義を行えばよい.
3) 同期型双方向配信によるオンライン講義：教員は教員室や自室などから講義を行い，Web 会議システムで配信．学生は講義室以外の場所で受講.
4) 対面講義：参加人数の限られた講義や対面の演習が必須となる講義. 教員は講義室で行い，学生は原則として対面で受講するが，講義アーカイブによる収録を行い，非同期での視聴も可能とする.

本学では，数学や物理に関連する数式が多用される講義や，語学系や知識系で講義中のインタラクションやグループワークが重視される講義，PC 等を利用した演習が多く含まれている講義など，ある程度幅のある講義の要件をなるべく満たすために上記のような講義形式を設定している．また，講義の時間割については例年と基本的に変わらないため，異なる形式の講義であっても短時間の休み時間で切り替えて実施できる形式である必要がある.

3. 学生の受講環境

2020 年 6 月と 2021 年 6 月に石川キャンパスで開講された機械学習の講義受講者に対し，受講環境に関するアンケートを実施した．本講義は受講者が多く収容数に制限がある講義室で実施することが難しかったため，3)のオンライン講義のみの形式であった．また，アンケートへの回答者は講義の改善および研究に関するアンケート結果の使用を承諾したもので，2020 年度は 112 名，2021 年度は 74 名であった.

図 1 に示す通り，講義の受講場所についてはいずれの年度も学生寮を含む学内と自宅が拮抗する形となった．本学は約 6 割の学生が学生寮に入居していることから，ほぼその割合を反映した結果であると言える.

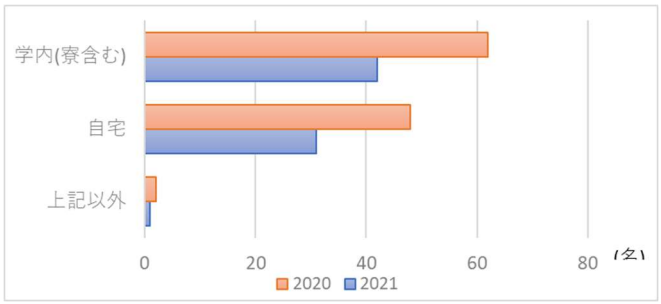

図 1. 講義の受講場所

図 2 は受講時に利用している回線である．モバイル回線を利用しているものがわずかに見られるが，多くは学内ネットワークまたは自宅の固定回線から接続している．なお，一部の学生が多く入居するアパートでは，講義時刻になると学生が一斉にアクセスするため帯域が十分でないという例が報告されている．また，新型コロナウイルスの影響で来日できていない留学生も自国から参加しているが，ネットワークの帯域が不十分な学生もいる.

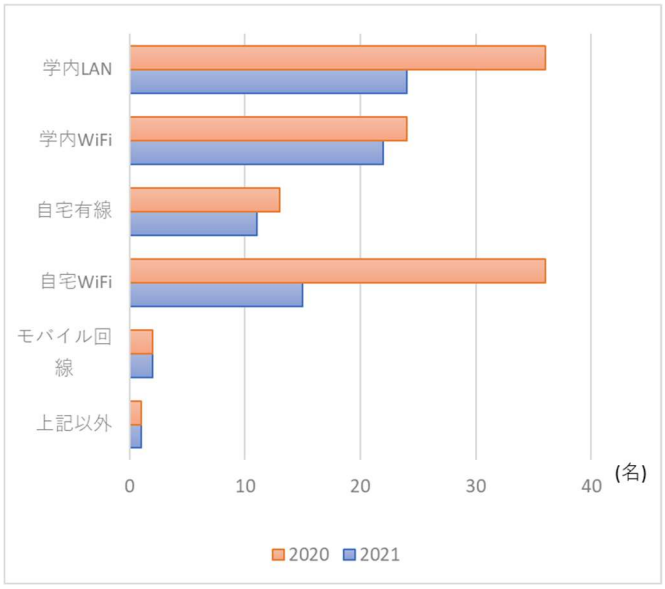

図 2. 受講時の回線

図 3 は受講時に利用している視聴端末を聞いたものである．学生に貸与している Surface を利用する学生

が主流であるが，自身で所有しているデスクトップ PC やノート PC からの参加も多い．

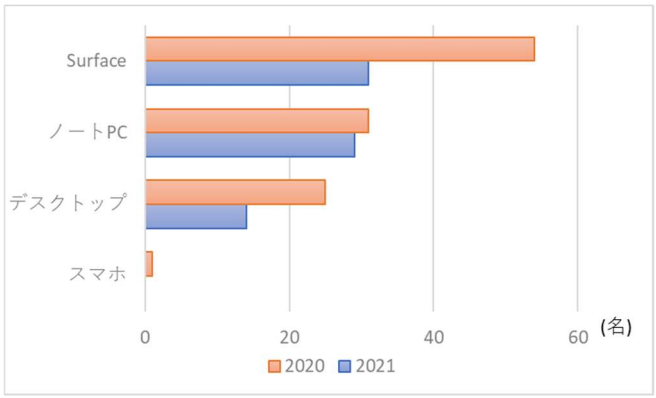

図 3. 受講時の視聴端末

本学は理系の小規模な大学院大学ということもあり，多くの学生はハイフレックス講義に十分な環境が確保できており，安定した環境でアクセスできていると思われる．しかしながら，学外からの接続も一定数あることから，データダイエットは引き続き求められる．

4. ハイフレックス講義環境

本学で 2021 年現在，構築・運用しているハイフレックス講義環境の概要を図 4 に示す．本システムは，2 節で挙げた同期型双方向，同期型ライブ，講義アーカイブの 3 種類のオンライン講義サービスを，限られたスタッフで無理なく運用していくために，収録・配信における定型作業をなるべく自動化するとともに，個別の講義による要件の差異については，各講義の TA によるサポートで吸収する形で実装している．また，従来構築していた講義アーカイブシステムを拡張する形で構築したものである．本稿では，本環境のベースとなる「収録」，「配信」，「管理」の 3 つのサブシステムを中心に紹介する．

4.1 収録サブシステム

収録サブシステムは講義室内の映像や音声を配信サブシステムに送出するためのシステムの総称である．なお，3)で自室などから講義を行う場合はこの限りではない．

カメラは講義アーカイブシステムとして，各講義室の天井に設置した Panasonic AW-UE70 等の 4K 品質のカメラを利用した．ネットワークに接続されたこれらのカメラは，Panasonic PTZ Camera Virtual USB Driver Software により Web カメラとして認識させることができることに加えて，図 5 に示すように Web UI によりブラウザ経由でカメラ操作を行うことができる．講義室ではホワイトボードを利用した講義が多く，通常の Web 会議システムで利用される焦点距離の短い USB カメラではしばしばホワイトボードの様子をうまく配信することができないが，本サブシステムでは全てのオンライン配信の映像ソースを天井カメラに統一することで品質の維持と操作の統一化を図った．

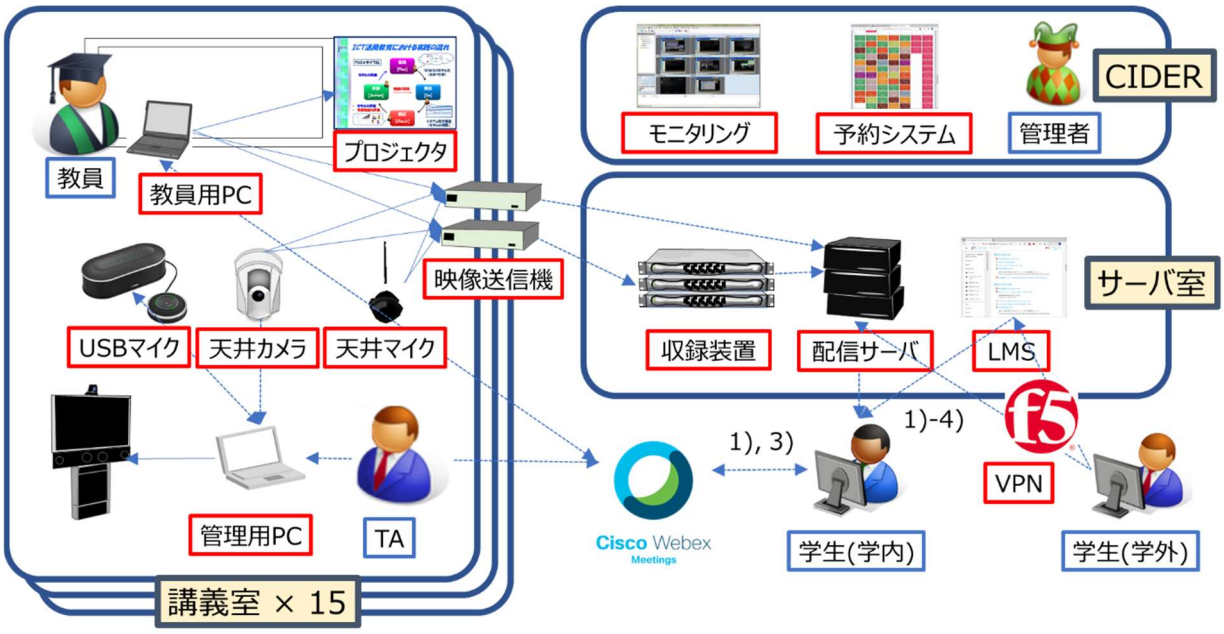

図 4. ハイフレックス講義環境の概要

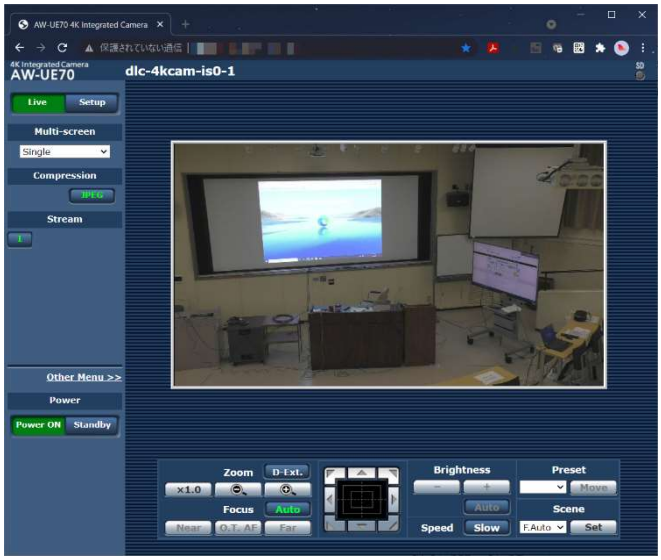

図 5. 天井カメラの Web UI

音声については，通常の講義アーカイブでは集音のためのマイクが必要であるが，スピーカは大きな講義室以外では必須ではない．そこで，同期型ライブおよび講義アーカイブでは，天井に Polycom (現 Poly)の天井マイクアレイを設置し，講義室前方の集音を行っている．一方で，同期型双方向講義の観点からは，講義室で参加する学生の質問が聞き取れたり，リモートで参加する学生の音声を拡声したりすることが必要である．そのため，マイクのデイジーチェーンによる追加接続が可能なエコーキャンセラ付きマイクスピーカである Yamaha YVC-1000 を各講義室に設置し，Web 会議用に利用した．なお，各講義室には講義用のプロジェクタ・スクリーンに加えて，図 6 に示すような，65 インチ程度の Web 会議用のモニタを設置し，同期型双方向講義をスムーズに実現できるようにした．

図 6. 講義室 Web 会議用モニタ

4.2 配信サブシステム

配信サブシステムは，収録サブシステムで得られた映像や音声をオンラインの学生に配信するためのシステムの総称である．

まず本学では，ハイフレックス講義のプラットフォームとして，オープンソースの学習管理システム（LMS）である Moodle を JAIST-LMS として運用している．従来は，講義アーカイブシステムのプラットフォームとして収録された講義アーカイブの配信サーバへのリンクを表示することが主 な役割であった．しかしながら，コロナ禍による講義のオンライン化，ハイフレックス化により，2020 年度からは，全学的に学生に対する各講義の「入口」として利用されており，図 7 に示すように，講義資料等の共有やレポート提出，小テスト等に利用されている．また，同期型／非同期型講義へのアクセスも LMS から行われる．

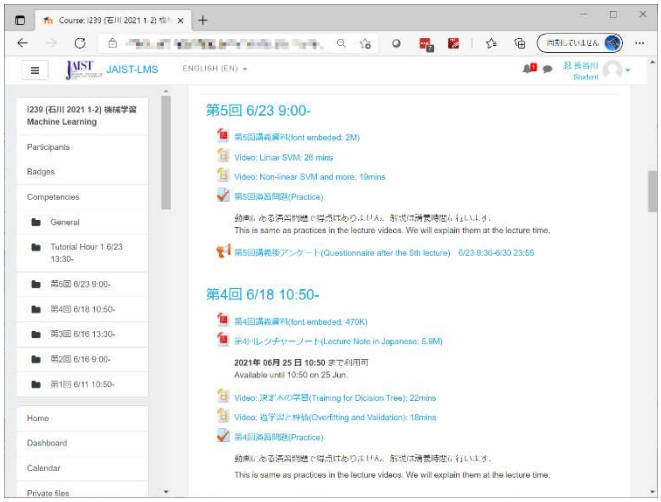

図 7. JAIST-LMS (I239 機械工学 2021 より)

オンライン型の講義配信として，本環境では主に 3 種類のシステムをサポートしている．同期型双方向のオンライン環境としては，図 8 に示す Cisco Webex Meetings を全学的に契約し，本学の認証システムを経由したユーザのみが参加できる URL を発行することで，本学の構成員以外が参加できない形式を取っている．講義毎の接続先は各教員が準備した Webex の URL を JAIST-LMS 上に記載し，学生がアクセスする形式である．サービスを開始した 2020 年 4 月当初には品質やユーザビリティに様々な課題が見られたが，ブレイクアウトセッション等のグループワークに必要な機能

も実装され，現時点では安定して稼働している．

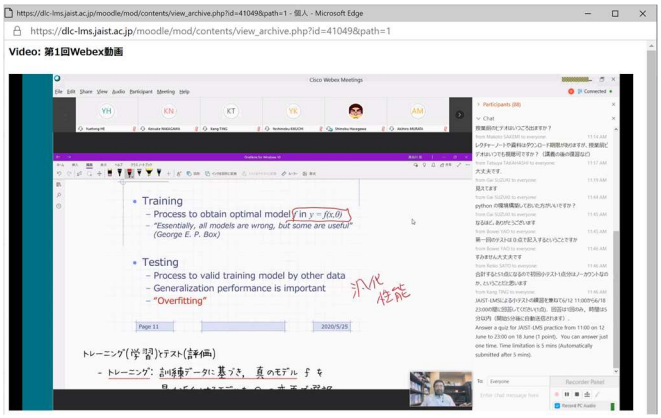

図 8. Cisco Webex による講義画面

同期型ライブ配信としては，図 9 に示すような，各講義室内の映像・音声に教員の PC 画面を合成した 720p 1fps 300kbps の動画を配信している．各講義室に設置した Cerevo LiveShell Pro から RTMP プロトコルでプライベートクラウドサーバに構築した Wowza Streaming Engine に動画を集約し，講義室毎の URL を発行して RTSP および HLS プロトコルで配信する．なお，URL は講義開始時刻 2 分前から JAIST-LMS 上でアクティブになり，講義終了時刻 5 分後に非アクティブとなる．

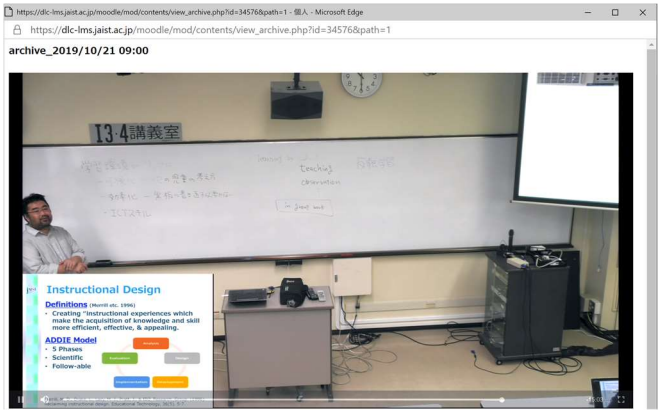

図 9. 同期型ライブ配信/講義アーカイブのイメージ

非同期型アーカイブ配信は，図同期型ライブ配信と同じ映像・音声・PC 画面をソースとし，1080p 25fps 4Mbps の高フレームレート動画と 1080p 0.5fps 300kbps の低フレームレート動画とを配信している．講義室から行われる講義ではホワイトボードを利用するケースが多いため，学外からアクセスする学生のために，解像度は保ったまま低ビットレート，低帯域の動画を配信できる構成である．収録には Photron の Spider Rec を利用しており，講義室の動画を AJA HELO により RTMP プロトコルで集約することで，講義室に収録機器を設置しないで録画することができる．配信の準備ができた動画は JAIST-LMS 上でアクセスするためのリンクが表示され，同期型ライブと同様に Wowza Streaming Engine を用いて配信される．

なお，LMS，同期型ライブ配信，講義アーカイブについては学内ネットワークからのみアクセスできるようになっており，学外の学生は SSL-VPN 装置を経由して学内ネットワークとして接続する．

4.3 管理サブシステム

管理サブシステムは，収録サブシステムのスケジューリングやシステム全体の監視を行うためのシステムの総称である．

同期型ライブ配信および講義アーカイブの予約から編集・配信を統合的に管理するために，Photron 社のアーカイブ管理サブシステムを拡張して利用している．本サブシステムは，図 10 に示すように講義スケジュールをカレンダ形式で管理しており，汎用的な XML 形式の収録スケジュールの送信機能により，最大 15 教室の同時収録に対応する．

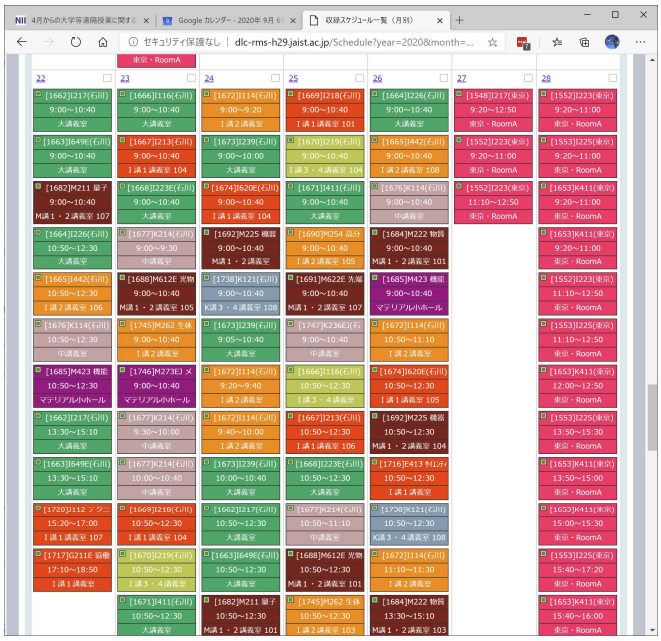

図 10. アーカイブ管理サブシステム

5. ハイフレックス講義の運用

ハイフレックス講義をスムーズに実施するためには教員および講義をサポートする TA のシステムに対する理解が必要不可欠である．そのため，講義期開始前には教員向け・TA 向けの説明会を日英で行った．具体的には，講義形式の違い，JAIST-LMS の使い方，Webex の使い方に加えて，TA 向けにはオンライン講義 TA のタスク，オンライン講義中のカメラ操作方法，図 11 に示すサポート用の MS Teams への参加方法についてハンズオンを交えながら説明している．昨年度の説明会に参加した教員は一部参加していないため，教員が 32 名(日本語 27 名, 英語 5 名), TA が 62 名(日本語 44 名, 18 名)の参加であった．

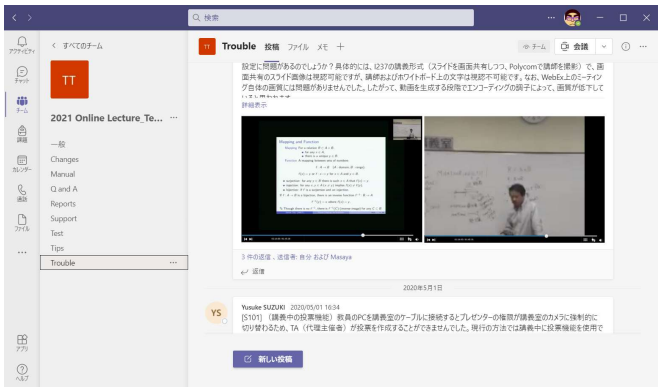

図 11. TA サポート用の MS Teams

1-1 期(クォータ制)の本学の講義の実施状況は図 12 の通りである．なお，1 つの講義で複数の形式で実施しているものはそれぞれのカテゴリでカウントした．

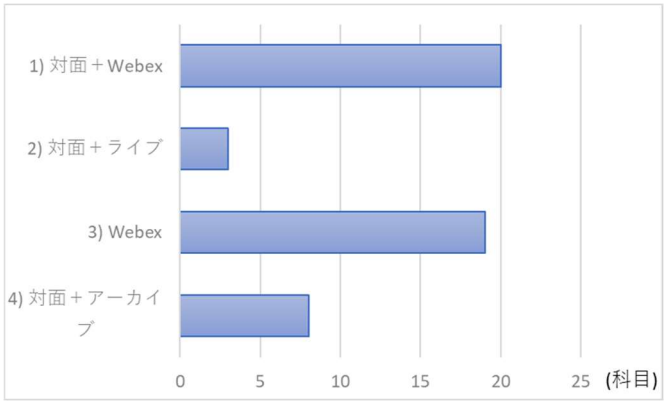

図 12. 1-1 期の講義形式の分布

6. おわりに

2020 年度と 2021 年度の機械学習の講義受講者によるオンライン講義の映像および音声についての満足度を図 13 に示す．いずれの場合も「不満」と回答するものはおらず，2020 年度と比較して「満足」と回答した学生の割合もやや向上している．これらは学内システムだけでなく，学生のオンライン／ハイフレックス環境への慣れや，ネットワーク帯域の改善などの要素も考えられるが，アフターコロナに向けた講義 DX の一例と言える．

一方，オンライン／ハイフレックス講義における学習の習熟度についても今後より詳細な分析が必要であると言える．昨年度は反転学習を取り入れた講義の分析を行ったが[3]，それらの課題をもとに改良した講義の学習に対する影響についても引き続き分析していきたい．

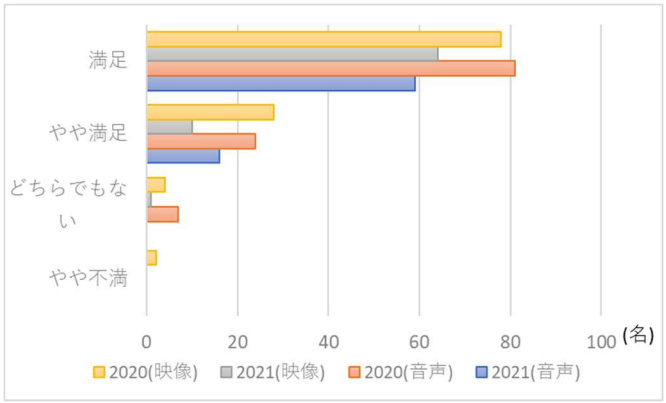

図 13. 映像・音声に対する満足度

参 考 文 献

(1) 文部科学省,大学等における新型コロナウイルス感染症への対応状況について，https://www.mext.go.jp/content/20200917-mxt_koutou01-000009971_14.pdf (2021 年 6 月 17 日確認)

(2) 吉良 元，長谷川 忍 : 大学院生の補完的学習環境としての講義アーカイブシステムの運用と分析，教育システム情報学会誌， Vol.32, No.1, pp.98-110 (2015).

(3) 中川 恵輔，長谷川 忍 : 構造方程式モデリングによるオンライン講義における学習スタイルの分析，教育システム情報学会研究報告 Vol.33, No.7, pp.75-82, (2021).