

登壇発表におけるライブ中継のためのスイッチング支援システムの構築

竹川佳成* 松村耕平† 船木綾香* 遠藤史央里* 平田圭二* 五十嵐健夫‡

概要. 登壇発表におけるライブ中継のためのスイッチング支援システムを提案する. 57 件のプロフェッショナルスイッチャのスイッチングを分析した結果, 彼らが登壇発表における発表者のスライド送りや, スクリーンへの指差しといったイベントなどにもとづきスイッチングしていることが明らかになった. 本稿では, スwitchング初心者でも直観的にスイッチングできることを目指し, スwitchング特性を反映したイベントベースのスイッチングインタフェースを提案した. 提案システムのプロトタイプシステムを実装し, それを利用した評価実験により, 提案手法は既存手法と同程度に簡単に操作でき, かつ, 既存手法よりも提案手法の方がプロのスイッチングに即していることが示唆された.

1 背景

近年, Ustream, ニコニコ動画, YouTube 等を利用して研究発表のライブ中継の配信が盛んである. 日本ソフトウェア科学会が主催する WISS では 2010 年から, 情報処理学会では 2012 年から, 登壇発表のライブ中継を配信している. 学会発表のライブ中継は, 会場にいる参加者だけでなく, 会場にいない人に対しても研究の成果を発信できるため, より多くの人に発表者の研究を知ってもらえるという利点 [10] や, 見逃した発表を発表後に聴講できる利点もある. これらのライブ中継では, 視聴者に適切な情報を伝えるためにマルチカメラの環境で中継されることが多い. しかし, 複数のカメラ映像を適切に切り替えること (以降, スwitchングと記述する) は難しい. 学会のライブ中継では, 撮影技術の専門教育を受けたあるいは, 撮影の業務経験があるプロフェッショナル (以降, プロと記述する) ではなく, 学会に所属している運営委員がスswitchングを担当していることが多い. 以降, スwitchング担当者をスswitchャと記述する. 運営委員は, 発表経験が豊富で, 座長や発表の進行, 研究内容は熟知しているが, スswitchングに関しては専門的な教育を受けておらず初心者である.

スswitchャは視聴者に退屈 [8]・ストレス・不快感 [7] を与えず, 研究内容を効果的に伝えるためにカメラ映像を選択する必要がある. 時には, 壇上で生じるトラブルや, 著作権を侵害する NG コンテンツの配信停止などに柔軟に対応する必要がある.

音楽情報科学研究会および WISS2017 のアマチュアスswitchャ 3 名にインタビューした結果, 「スswitchングは気が抜けない作業である. 1 人だと負担が大きいため, 複数人で交代で分担している」「学生に限られた時間でノウハウを伝えることは難しく, 安

易に学生バイトに任せられず慢性的に人手が不足している」とコメントしており, スswitchング作業の難しさに関する問題がある.

この問題を解決する手法として, 初心者によるスswitchングを支援するシステムを提案する. 本研究では, プロのスswitchャのスswitchングのノウハウを獲得するために, IPSJ-ONE の登壇発表を対象としプロスswitchャのスswitchングを分析した. その結果, 彼らが登壇発表中に生じるイベントにもとづきスswitchングしていることが明らかになった. ここで, プロのスswitchング特性を反映したイベントベースのスイッチングインタフェースを設計し, 実装した. スwitchング初心者を対象にした評価実験を実施し, 提案手法は既存手法と同程度の簡単な操作, かつ, 既存手法よりも提案手法の方がプロのスswitchングに即していることが示唆された.

提案システムを使うことで, スwitchング初心者でもスswitchング業務に対応でき, 運営委員 (動画生中継) の負担を分散できると考えられる.

2 関連研究

カメラの自動スswitchングに関する研究がいくつかある. スタジオにおいてはレポータの位置を自動的に追尾するロボットカメラとスswitchングシステムの提案 [3] が, 対話においてもユーザが定義したイディオムに基づいて自動的に多視点カメラからのクリップ選択を行うシステムが提案されている [4]. これらの研究はビデオやビデオに付随する情報, ないし外部センサの情報から自動的に行動理解・認識を行うことを前提にしているが, それ自体が難しい課題となっている. 本研究はスswitchング初心者でもスswitchング業務を行えるように, 現実的な方法で業務を補助するところに特徴がある.

[9] ではダンスを, [6] ではピアノレッスンを対象に, 多視点カメラ映像の自動切り替えを提案している. [9] は多視点カメラ映像から特徴量を抽出し, 特徴量に対応付けられたスライダバーを操作することで, ダンス映像制作者が好みの映像を作る. [6] は

Copyright is held by the author(s).

* 公立はこだて未来大学

† 立命館大学

‡ 東京大学

ピアノレッスンを円滑に進めるために、多視点カメラ映像の各映像フレームにタグ付けされたデータに対して特徴量を抽出し、機械学習を適用することで、カメラ映像の自動切り替えを実現している。[11]はピアノ演奏の指使いに関する悪癖を発見することを目的とし、多視点映像を効率的に閲覧できるインタフェースを提案している。これらの研究はいずれも対象を限定し、その対象に特化したGUIを提案している。本研究では、登壇発表におけるライブ中継を対象とし、登壇発表に特化したGUIを提案している点で異なる。

クラウドソーシングなど人手を活用してビデオ編集を行おうとする研究もいくつかある。[1]はクラウドワーカーが多視点ビデオからベストシーンを切り取る例を提案した。[5]は、ビデオ編集のためにオンラインレビューの音声やマウス操作およびカメラによるジェスチャをフィードバックするレビュー支援ツールである。[2]は検索クエリに対応したプレビュー映像を生成するためのシステムである。クラウドソーシングを用いて動画シーンにタグ付けをして、そのタグを用いてプレビュー映像を自動生成する。これらの試みは複雑なタスクを、人手を活用して実施する枠組みである。しかし、人間にとっても、リアルタイムにタスクを実施することは簡単ではない場合がある。本研究では、イベントベースのスイッチングインタフェースを用いることで、多視点カメラのスイッチングという複雑なタスクを単純化して、実施させるところに特徴がある。

3 スwitchingの分析

「情報処理学会が主催している IPSJ-ONE (2015 年から 2017 年の過去 3 年分の動画, 1 発表 5 分程度, 2015 年 19 人, 2016 年 18 人, 2017 年 20 人, 発表者計 57 人) の登壇発表映像におけるプロのスイッチングを分析した。筆者らの知る限りスイッチングに関する教則本や方法論はなく, プロのスイッチャは口頭でスイッチングのノウハウを後輩 (弟子) に伝えている。これは IPSJ-ONE で実際にスイッチングをしたプロのスイッチャにも確認済みである。そこで, スwitching支援方法やスswitching支援に必要な機能を検討するために, プロのスswitchingを分析する。

以下の分析は本システムの開発者 1 名が, アーカイブされた IPSJ-ONE の登壇発表映像を視聴しながら手作業で実施した。また, 分析結果を IPSJ-ONE の登壇発表にてスswitchingを担当していたプロのスイッチャにインタビューし確認してもらった。分析結果とインタビュー結果とが符合した事実を以下に示す。

3.1 カメラビュー

視聴者が最終的に視聴する映像 (以降, ファイナル映像と記述する) では, 図 1 に示すように, 「発表者」, 「スライド」, 「発表全体」, 「ワイプ」という 4 種類のカメラビューが観測された。なお, ワイプと

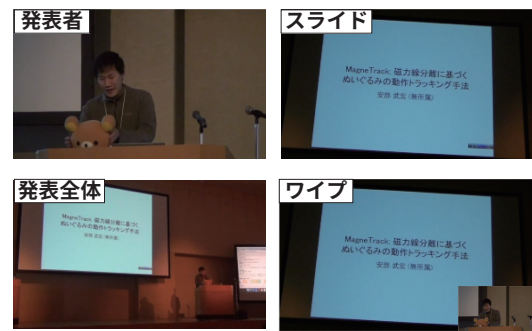


図 1. カメラビュー

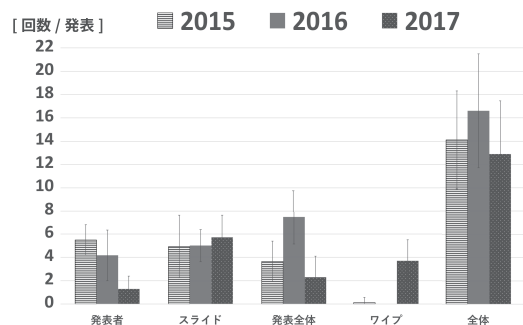


図 2. 1 発表あたりのカメラビュー種出現回数

はスライド (メイン画面) および発表者 (サブ画面) から構成される画面のことで, そのサブ画面の横方向の位置は, スライドと講演台の位置関係に即して決まる。

3.2 スwitchingの頻度

プロのスswitchingの頻度について年度ごとに調査した。

スswitching回数の平均値と標準偏差 2015 年度から 2017 年度における 57 件分の平均スswitching回数は 14.5 (SD 4.5) 回であった。1 発表あたりのスswitching平均回数は, 年度によらず同程度で, そのばらつきも小さい。

各カメラビューの出現頻度と継続時間 各カメラビューの出現頻度を図 2 に示す。年度によって, 使用されたカメラビューの傾向は異なる。しかし, これらの特徴を明らかにし, 共通点をシステムに組み込むことで汎用的なスswitchingモデルを実現できる。なお, 2016 年度の IPSJ-ONE では, ワイプのカメラビューは存在しなかった。

継続時間の平均値および標準偏差 を図 3 に示す。ここでの継続時間とは, あるカメラビューのファイナル映像が選択されてから, 異なるカメラビューのファイナル映像に切り替わるまでの時間である。いずれのカメラビューにおいても 1, 2 秒で切り替わることはほとんどなく, スwitchingされてから平

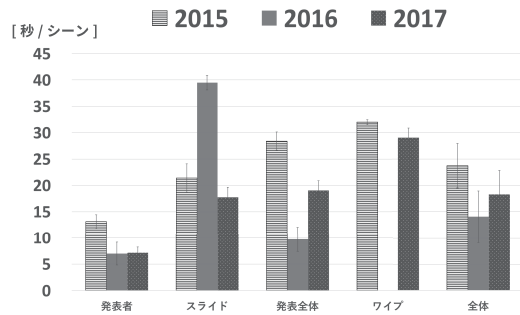


図 3. 1 シーンあたりのカメラビュー平均継続時間

均5秒はスイッチングしない。短時間でスイッチングすると、スイッチングの操作をミスしたという印象を視聴者にもたれ、映像品質の低下につながるためである。

図3より、全年度いずれも発表者よりスライドが長く選択されていることがわかった。スライドを用いた登壇発表という特性上、スライドが長く選択されていることは妥当といえる。しかし、発表者のみ、発表者も表示される発表全体およびワイプも、継続時間および頻度いずれもスライドと同程度に選択されている。これは、会場全体を表示することで会場の臨場感を伝える効果が期待される。また、スライドに多量の文字を記載するよりも口頭で説明するという発表スタイルを好む発表者や、身振りや手振り、顔の表情を巧みに使って、スライドに記載された内容を補足説明したり、感情を表現したりする発表者がいることが理由として考えられる。

スイッチング遷移パターンの割合 各年度におけるスイッチング遷移パターンの割合を図4に示す。スイッチング遷移パターンとは、時系列に並べたカメラビューのバイグラムのことである。スイッチングの遷移パターンの傾向は年度ごとに異なる。しかし、「スライドとワイプ」間の遷移割合は高いが、「発表者とワイプ」間、「発表全体とワイプ」間の遷移割合は低いという共通点がある。

3.3 スイッチング条件

登壇発表中に生じたすべてのスイッチングに対し、スライドの内容・発表者の発話・発表者のジェスチャなどをもとにスイッチングの根拠を推察し整理した結果を図5に示す。遷移前のカメラビューに依存しない条件(図5中の斜字)と、遷移前のカメラビューに依存する条件(図5中の矢印付近にある文字)の2種類がある。以下、それぞれについて説明する。

なお、本研究ではスイッチング初心者を対象としており、スイッチングをシンプルにするために、スイッチング遷移パターン割合において全年度いずれも5%以下のパターンは遷移する候補から除外した。本条件が妥当であることは、IPSJ-ONEにてスイッチングを担当したプロのスイッチャ1名に確認済み

である。

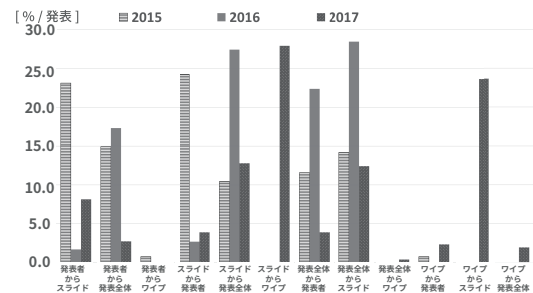


図 4. 1 発表あたりのスイッチング遷移パターン割合

発表者映像の選択条件 発表者映像が選択される場合は、主に、発表者がスライドに表示されている情報以外のことについて説明しているときである。典型的な事例として、コンセプトやキーワードのみをスライドに記載し、その意図や内容を口頭で補足説明する状況では、スライド映像選択後、発表者映像にスイッチングされる。

また、発表者自身がジェスチャを多用して説明していたり、開発した実機を利用して説明していたりする場合も、発表者のカメラ映像が選択される。

発表全体映像の選択条件 発表全体映像が選択される場合は、発表者がスクリーンに指をさして説明している場合や、スクリーンに視線を向けて説明している場合である。

発表者およびスクリーンの両方を聴衆に見せることで、発表者がどこを説明しようとしているのかわかりやすくなる。

また、デモ動画の再生が終了したときにも、発表全体映像が選択されていた。これは、デモ動画の終了時に、発表者がデモ動画に関する感想や解説を口頭で、スクリーンを使いながら説明することが多いため、スクリーンと発表者の両方が映っている発表全体映像が適している。

スライド映像の選択条件 スライド映像が選択される場合は、発表者がスライドを切り替えたとき、またデモ動画を再生し始めたときである。これらの場合には、視聴者にとって新規の情報がスクリーン上に表示されているためである。

また、発表者のカメラ映像が選択されている状況でスライドに記載されている内容を再度説明したり、発表全体のカメラ映像が選択されている状況でスライドに記載されている内容が見づらかったりする場合に、スライドのカメラ映像が選択される。

ワイプ映像の選択条件 スイッチング遷移パターンの分析結果をもとに、ワイプ映像はスライド映像から遷移し、スライド映像に戻る。

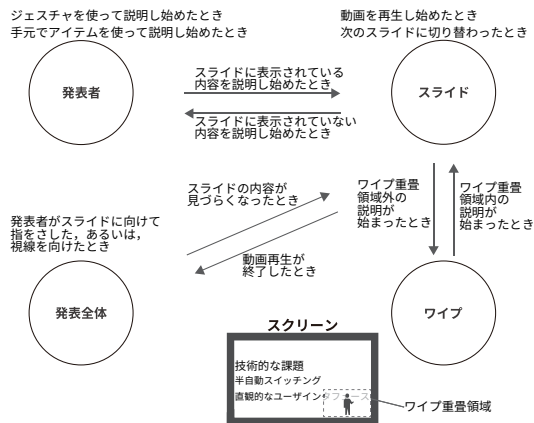


図 5. 発表中のスイッチング条件

メイン画面で表示されているスライドにおいて、図 5 に示すワイプ重畳領域以外の箇所を説明している場合はワイプ映像に遷移し、ワイプ重畳領域を説明している場合はスライドに戻る。

なお本論文では、発表者が説明している箇所がワイプ重畳領域で、メイン画面上のスライドがサブ画面に隠されているとき、ワイプ被りありと記述する。

4 スイッチング支援システムの設計

本システムは、スライドを用いた登壇発表のライブ中継での利用を想定する。スライドを含む登壇発表におけるスイッチングでは、発表者の発話、手振り、顔の向き、視線に加えて、スライドの内容を考慮する必要がある。一方、冒頭で述べたように複雑な要素が絡み合う現場において、スイッチング初心者はどの局面でどのカメラ映像を選択すべきかわからず、一様なスイッチングになってしまう。プロのスイッチングを分析した結果から、プロのスイッチャは登壇発表中に生じるイベントにもとづいてスイッチングしていることがわかった。そこで、本研究ではイベントをボタンとしてオブジェクト化し、イベントに 1 対 1 対応するボタンをもつ GUI を提案する。ボタンの押下によりイベントが発生したことをシステムは認識し、発生したイベントと現在のカメラ状態の組み合わせから、次に遷移するカメラ映像をシステムが自動的に選択する。これにより、スイッチャ初心者は発表中に生じるイベントを観測すればよく、どのカメラ映像を選ぶべきかについては考える必要がない。

また、提案システムの各種機能は、3.1 節および 3.2 節に記述したカメラビューや頻度に関する知見も活用している。

4.1 システム構成

登壇発表会場に 3 台のカメラを設置した場合、各カメラは、発表者・スクリーン・発表全体を撮影している。システムは各カメラ映像を取得する。スイッチャはシステムが提供する GUI を使って、カメラ

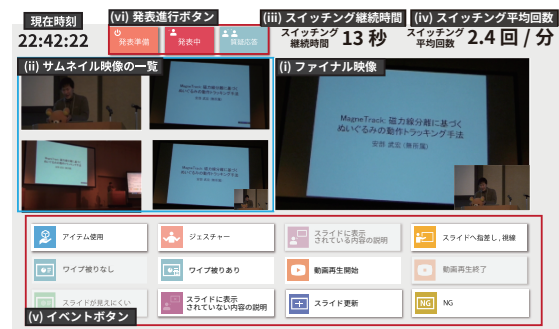


図 6. 多機能型デザインのスクリーンナップショット

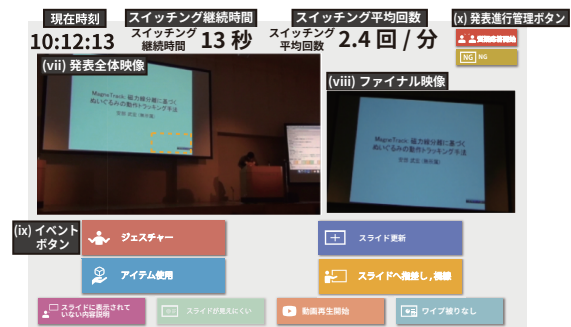


図 7. 限定機能型デザインのスクリーンナップショット

映像を選択する。配信デバイスを使って、ニコニコ生放送などのライブ中継配信サイトにファイナル映像を提供する。

本研究では使用可能な機能や、トップ画面に表示されるイベントボタンの数が異なる 2 種類のインタフェースを提案する。

4.1.1 多機能型デザイン

多機能型デザインをもつシステムの機能を図 6 を用いながら説明する。また、図 6 中のローマ数字は本文のローマ数字に対応している。

(i) ファイナル映像 視聴者が視聴するファイナル映像を表示する。これによりスイッチャは、どんな映像が最終的に視聴者に提供されるか確認できる。

(ii) サムネイル映像の一覧 サムネイル映像は会場に設置された 3 つのカメラのリアルタイム映像である。また、第 4 象限の映像は、第 1 象限の映像 (スライド) および第 3 象限の映像 (発表者) を組み合わせたワイプ映像である。ワイプを構成するカメラ映像の組み合わせは、前章の分析で明らかになったカメラビューをもとに決めた。サムネイル映像上を直接クリック (タップ) することでスイッチングできる。

(iii) スイッチング継続時間 スイッチング継続時間を表示する。異なるカメラビューに切り替わると、継続時間がリセットされる。3.2 節のカメラビュー継続時間の項で述べたように、スイッチングを短時

間で繰り返すと、スイッチングの操作ミスという印象を視聴者にもたれ映像品質の低下につながる。このため、スイッチャが継続時間を意識し確認するために本機能を提供する。

(iv) スwitching平均回数 1分あたりのswitching平均回数を確認できる機能を提供する。これによりスイッチャはswitchingが固着していないか確認できる。

(v) イベントボタン 発表者のイベントに対応するイベントボタンをスイッチャが選択することで、最適なカメラ映像に自動的にswitchingされる機能である。3.3節で説明したswitching条件をイベントボタンとしてオブジェクト化し、配置する。また、「動画再生開始-動画再生終了」「ワイプ被りあり-ワイプ被りなし」のようにOn-Offの関係になっているイベントボタン、現在のカメラビューで利用しないイベントボタンは薄く表示して押下できないようにする。

また、3.3節で説明した条件以外に、NGイベントボタンがある。学会のライブ中継では、著作権や特許などの都合で、発表の一部が放送ができない場合がある。このような中継NGは、映像NG、音声NG、全NG（映像+音声NG）の3つに大別できる。NGイベントボタンを押下すると、NG関連のイベントボタン（映像NG、音声NG、全NG（映像+音声NG））が表示され、該当するNGイベントボタンを押下することで、中継の一部あるいは全ての配信を中断できる。

(vi) 発表進行管理ボタン 紙面の都合上、詳細は本論文では触れないが、提案システムは発表中のswitchingだけでなく、発表準備中や質疑応答中といった、司会者や質問者が登場する場合におけるswitchingについても考慮している。

発表進行管理ボタンを押下することで、該当する発表段階で必要なカメラ映像やイベントボタンがロードされる。発表中と同様の方法（イベントボタンの押下）でswitchingできる。

4.1.2 限定機能型デザイン

事前実験により多機能型デザインは画面に表示される情報量や、操作可能なボタンの数が多く、操作に混乱をきたすことが利用者より報告された。そのため、必要な機能を整理し、インタフェースのデザインを再考した。これを限定機能型デザインと呼称する。

(vii) および (viii) 多機能型デザインで採用されたサムネイル映像を廃止し、その代わりに、発表全体映像単体を大きく表示している。多機能型デザインの各サムネイル映像には、重複している情報があり、リアルタイムにこれらを閲覧することはスイッチャにとって高い負荷になる。発表全体映像単体を大き



図 8. 既存手法のスクリーンナップショット

く表示することで、ステージ周辺の状況や発表者のジェスチャなど、口頭発表中に生じるイベントを直観的に気づけるようになる。

なお、スライド映像が選択されているときにワイプ被りが生じているか確認する必要がある。この場合は、ファイナル映像領域にサブ画面領域を示す点線の矩形を表示する。これによりスイッチャはワイプ被りの有無を確認できる。

(ix) および (x) 利用頻度に応じてボタンサイズを変更した。具体的には、図 5 中の遷移前のカメラビューに依存しない条件（動画再生以外）に該当するイベントのボタンは利用頻度が高いため、図 5 中の遷移前のカメラビューに依存する条件に該当するイベントボタンよりも、ボタンサイズが大きくなっている。

「動画再生開始-動画再生終了」「ワイプ被りあり-ワイプ被りなし」のようにOn-Offの関係になっているイベントボタンは、トグル式ボタンに変更し、ボタンが押下されるごとにボタン上のタイトルが変わる。

これらインタフェースデザインを変更することで、イベントを的確に判断し、イベントボタンを直観的に選択できるようになると考えられる。

5 評価実験

本研究で提案システムの有用性を検証するための評価実験を実施した。紙面の都合上、評価実験の概要のみ示す。

手続き 提案手法（前章で説明した2つのデザイン）と既存手法の3つの手法を比較した。既存手法では図 8 に示すようにイベントボタンを利用できないようにし、サムネイル映像をクリックすることでswitchingする。なお、本実験では本研究で特徴的な機能であるイベントボタンの効果を検証したいため、現在時刻・switching経過時間・switching平均回数・発表進行管理ボタン・NGボタンを表示しない状態で実験を実施した。

被験者に WISS2017 における 10 分の登壇発表 1 件についてswitchingしてもらった実験タスクを課した。実験では 13.1 インチのディスプレイおよびイ

表 1. 実験結果

評価指標	既存		多機能型		限定機能型	
	Ave.	SD	Ave.	SD	Ave.	SD
正解データとの一致率	50.2	17.7	56.3	21.26	69.3	11.5
簡単に操作できたか	4.29	0.49	3.57	1.13	4.00	1.00

ヤホンを使って視聴してもらい、マウスを使ってボタンやサムネイル映像を選択してもらった。3.3節で述べたスイッチング条件をもとに正解データを作成し、正解データとの一致率を求めた。この一致率が高いほど正解データに近い、すなわち、プロのスイッチングに即しているといえる正解データの映像、なお、ランダムでスイッチングした映像、スイッチングなしの映像において映像品質を評価したところ、正解データの映像の評価が最も高かったことは確認済みである。

映像・撮影に関して専門的な知識をもっていない大学生 21 名を被験者とし、各手法に 7 名ずつ割り当てた。また、被験者は実験でスイッチングしてもらった登壇発表について事前知識をもっておらず、登壇発表映像を見ることも初めてであった。実験者は被験者に各手法の操作方法を事前に説明し、被験者が完全に理解するまで、かつ、10 分を限度とし練習してもらった。実験後、5 段階のリッカート尺度 (1:できない-5:できた) による質問紙調査法にもとづき、表 1 に示すアンケート項目に回答してもらい、その理由について自由記述してもらった。

実験結果 各手法の一致率を表 1 に示す。限定機能型デザインの一致率が最も高くなった。多重比較を適用したところ有意水準 5% において「既存手法-限定機能型デザイン」「多機能型デザイン-限定機能型デザイン」間で有意差が観測された。アンケート結果に着目すると操作方法の簡単さに関しては、既存手法および限定機能型デザインの評価は同程度、かつ、多機能型デザインよりも高くなった。有意水準 5% において「既存手法-限定機能型デザイン」「既存手法-多機能型デザイン」間で有意差が観測された。

6 まとめ

本研究では、登壇発表におけるライブ中継のためのスイッチング支援システムを構築した。プロのスイッチャのスイッチング傾向や条件を分析した。これらの分析結果をもとに、2 種類のイベントドリブンなインタフェースを設計した。評価実験により、提案手法は既存手法と同程度に簡単に操作でき、かつ、既存手法よりも提案手法の方がプロのスイッチングに即していることが示唆された。

今後の課題として、学術分野・時間・NG 中継を含む発表など異なる口頭発表を対象にした評価、スイッチング初心者によって生成された映像品質の評価、スイッチング継続時間など他の機能の評価、実運用などがある。将来的には、自動スイッチングシステムをめざす予定であるが、このためには各種イベントの意味理解というチャレンジがある。

謝辞

本研究は JST CREST JPMJCR17A1 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Bernstein, Brandt, Miller, and Karger. Crowds in Two Seconds: Enabling Realtime Crowd-powered Interfaces. In *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '11, pp. 33–42, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [2] Craggs, Kilgallon Scott, and Alexander. ThumbReels: Query Sensitive Web Video Previews Based on Temporal, Crowdsourced, Semantic Tagging. In *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 1217–1220, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [3] Daemen, Herder, Koch, Ladwig, Wiche, and Wilgen. Semi-Automatic Camera and Switcher Control for Live Broadcast. In *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video*, TVX '16, pp. 129–134, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [4] Leake, Davis, Truong, and Agrawala. Computational Video Editing for Dialogue-driven Scenes. *ACM Trans. Graph.*, 36(4):130:1–130:14, July 2017.
- [5] Pavel, Goldman, Hartmann, and Agrawala. VidCrit: Video-based Asynchronous Video Review. In *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '16, pp. 517–528, New York, NY, USA, 2016. ACM.
- [6] 松井遼太, 竹川佳成, 平田圭二. Tel-Gerich: 共同注視およびカメラスイッチングに着目した遠隔ピアノレッスン支援システム. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 20(3), 2018.
- [7] 大西正輝, 泉正夫, 福永邦雄. 情報発生量の分布に基づく遠隔講義撮影の自動化. 電子情報通信学会論文誌. D-2, 情報・システム 2-パターン処理, 82(10):1590–1597, oct 1999.
- [8] 津村弘輔, 加藤淳也, 住谷哲夫, 重野寛, 岡田謙一. 複数カメラを用いた自動スイッチングによる自然な映像ストリームの生成手法. 情報処理学会研究報告 (GN), No. 92(2005-GN-057), 2005.
- [9] 土田修平, 後藤真考, 深山 覚. 多視点ダンス映像のインタラクティブ編集システム. インタラクティブシステムとソフトウェア XXV: 日本ソフトウェア科学会 WISS2017, pp. 1–6, 2017.
- [10] 平井重行. インターネットを利用した研究発表のライブ動画中継の試行について. http://www.sigmas.jp/?page_id=966, 2012. [オンライン; 25-January-2017 参照].
- [11] 長谷川 麻美, 竹川佳成, 平田圭二, 兼重直文. 多視点演奏映像を活用したピアノ演奏指使い分析ツールの提案. 情報処理学会研究報告 (MUS), 2017-MUS-116(8):1–5, 2017.