

視聴者協力型ライブ演出システムの実装と評価

米澤 拓郎^{1,a)} 徳田 英幸¹

受付日 2011年6月13日, 採録日 2011年12月16日

概要: 情報通信技術の発展にともない、個人が容易にインターネット生放送を行えるようになった。インターネット生放送の利点の1つに、配信者と視聴者間の密なコミュニケーションが可能である点があげられるが、現状ではコメントを通じた双方向性に限られている。生放送コンテンツとして楽器の演奏があげられるが、演奏中は演奏に集中しているため、コメントを通じた視聴者とのコミュニケーションは希薄となってしまう。本研究では演奏配信に適した新たなコミュニケーション手段として、視聴者が遠隔より演奏者の配信環境を制御し、演奏の演出を行うことでコミュニケーションを可能とする視聴者協力型ライブ演出システムを提案し、その実装と評価を行った。4週間に及ぶ配信実験の結果、同システムを用いることで演奏者と視聴者間、および視聴者間での非言語コミュニケーションが創発され、生放送参加者の一体感の拡大につながるとともに、ズームインやパン、カメラの切替えなどから構成されるカメラワークによって演出効果が向上したことが確認された。

キーワード: インターネット生放送, 協調作業, コミュニケーション支援, ネットワークエンターテインメント

Listener-cooperative Live Production System

TAKURO YONEZAWA^{1,a)} HIDEYUKI TOKUDA¹

Received: June 13, 2011, Accepted: December 16, 2011

Abstract: Recent progress of information technology enables people to broadcast live on the Internet easily. Though the advantage of the Internet live is communication between performer and listeners, the current way of communication is only by writing comment through Web such as Twitter or Facebook. Though one of the main contents in broadcast live is a musical instrument performance, it is difficult for musician in playing instrument to communicate listeners by only writing comments. We propose a new communication way between broadcasters who play musical instruments and listeners by enabling listeners to control broadcaster's camera or illumination remotely. From the results of 4 weeks experiments, we confirmed emergence of non-verbal communication between performer and listeners, or between listeners, which contributes to amplify togetherness of participants. In addition, we also recognize that our system can enhance dramatic impact by making listeners to control various camera works such as zoom-in or pan.

Keywords: internet live, collaborative work, communication support, network entertainment

1. はじめに

近年、インターネットおよび情報技術の発展と普及にともない、個人による情報発信が容易に可能となった。特に、これまで特定の放送事業者や高価な機器を有する専門家しか可能でなかった映像と音楽を含む生放送配信

が、インターネットを利用することで個人の環境でも容易に可能となり、多くの個人が実際に生放送を行っている。現在、Ustream [7] や YouTube [9]、ニコニコ生放送 [15]、Stickam [6] などに代表される多くの Web サイトが個人による生放送を支援しており、今後、個人による生放送配信はより広まっていくと考えられる。またインターネット生放送では従来のテレビ放送に代表される一方通行の配信だけでなく、配信側と視聴者側のリアルタイムなコミュニケーションを支援する機能が備わっている。たとえば Ustream

¹ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University,
Fujisawa, Kanagawa 252-0882, Japan

a) takuro@ht.sfc.keio.ac.jp

では Twitter [14] や Facebook [5] と連携しており、視聴者はコメントを送信することで、配信者とリアルタイムにコミュニケーションを行うことが可能となっている。またニコニコ生放送では視聴者によるコメントが配信映像にオーバーレイ表示され、配信者により直接的なコミュニケーションが行えることを特徴としている。これにより、生放送における視聴者の果たす役割は非常に大きなものとなっており、視聴者・配信者両者が参加するインタラクティブな生放送が行われている。

生放送における重要なコンテンツとして、楽器の演奏配信があげられる。これまで楽器の生演奏はコンサートホールやライブハウス、路上におけるパフォーマンス、テレビなどの映像を通じてしか聴衆に届けることが不可能であったが、上述した Web サイトを利用することで気軽に演奏の配信が可能となった。これにより、演奏を聴いてほしい演奏者、演奏を聴きたい聴衆の両者の要求を満たす環境が整ってきている。一方で、上述したようにインターネットを利用した生放送では配信者と視聴者が一体となった双方向性の高い配信が可能となるが、現状の配信者と視聴者間のコミュニケーションはコメントを通じた会話に限られている。よって、演奏中は演奏者が楽器に集中しているためその双方向性が失われてしまう場合が多い。

本研究では、個人の生放送における多様な演出を、視聴者がインターネットを通じて協力・向上させるとともに、その演出を通じて配信者・視聴者間でコミュニケーションを行える、**視聴者協力型ライブ演出システム**を構築する。既存のコンサートやテレビではカメラや照明などを制御する多数のスタッフにより演奏家のパフォーマンスを視覚的・聴覚的に盛り上げることが可能であるが、個人ではこのような演出を行うことは厳しい。本システムは演奏者を撮影するカメラや照明を視聴者が遠隔制御可能とさせることで、多数のスタッフによって作り上げられたライブに近い視覚効果を表現可能とさせる。これにより、演奏者の意図・視聴者の意図を配信環境の制御を通じて双方向に伝達することで、演奏と直結したコミュニケーションの創発を目指す。本稿では、構築したシステムを利用した生放送配信実験を 4 週間にわたり行い、その効果・可用性を評価した。結果、**視聴者協力型ライブ演出システム**が演奏配信において演奏者と視聴者の新たなコミュニケーションを実現可能であるとともに、十分な視覚的演出効果を果たし、ライブ配信の臨場感を向上させることが分かった。

本稿の貢献は、大きく以下の 2 点である。

- 演奏者と視聴者が協力し、視覚的演出効果を高めることが可能なライブ演出システムを構築したこと
- 視聴者協力型ライブ演出システムが、演奏者と視聴者間、および視聴者間における非言語コミュニケーションの創発に寄与することを示したこと

本稿は、以下のように構成される。次章で現在のイン

ターネット生放送配信システムの現状と課題を整理するとともに、**視聴者協力型ライブ演出システム**構築の動機を述べる。3 章で**視聴者協力型ライブ演出システム**の概要とその実装について述べる。4 章で構築システムによる実験・評価結果を述べ、最後に 5 章で今後の課題と本稿の結論を述べる。

2. インターネット生放送配信の現状

本章では、インターネット生放送配信の現状として、アマチュアミュージシャンによる演奏配信の工夫の広がり、問題点について述べる。さらに、本研究の関連研究について述べる。

2.1 アマチュア演奏配信の広がり

近年、情報通信技術の発展にともない、多くのプロ/アマチュアミュージシャンが生演奏配信を行うようになった。アマチュアミュージシャンによる演奏配信に関しては音楽著作権の問題がかねてから存在してきたが、Ustream、YouTube やニコニコ生放送では各著作権管理会社と包括契約を締結 [2] するなど、アマチュアが気軽に演奏配信が可能となるよう、その整備も進められてきている。

アマチュア演奏配信者は演奏技量こそプロに劣るものの、視聴者に演奏曲のリクエストを行ってもらったり、演奏者と視聴者がともにリアルタイムに配信を作り上げていくという工夫を行うことで、エンターテインメント性の高い配信を行っている。この演奏者と視聴者が密なコミュニケーションを行えるという点が、アマチュアによるインターネット配信の魅力の 1 つとなっている。またアマチュア演奏配信者の工夫の 1 つとして、インターネット上に投稿された音楽映像を再生しながら、それに自分の演奏を重ね合わせながら演奏配信するケースも見られるようになった (本稿では、これを映像再生型セッション演奏配信と呼ぶ)。映像再生型セッション演奏配信の概要を、図 1 に示す。これは、たとえば Ustream であれば YouTube の動画を再生しながら生放送の配信を許可・可能とさせたり、ニコニコ生放送であればニコニコ動画内に投稿された動画を再生しながらの配信を許可・可能とさせていることから、配信者が自分の演奏を工夫を凝らして配信しようとする試みからなされてきている。近年、あるユーザが作成しインターネット上に投稿した映像や音楽に他ユーザが加工を加えて作品を発展させるマッシュアップ型コンテンツの作成が広がりを見せている。映像再生型セッション演奏配信は、このマッシュアップ型コンテンツのリアルタイム作成・配信であるといえる。

このようにアマチュア演奏者は、演奏者自身はもちろん、視聴者がより楽しめる配信となるよう様々な工夫を試みている。しかしその一方で、演奏者と視聴者のコミュニケーションはコメントを通じたものに限られており、演奏中に

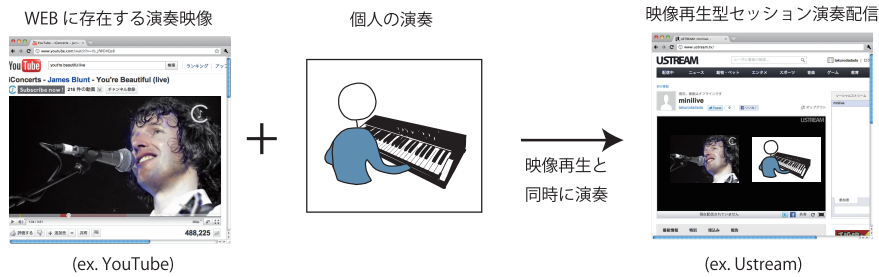


図 1 映像再生型セッション演奏配信の概要

Fig. 1 Concept of session live with video playing.

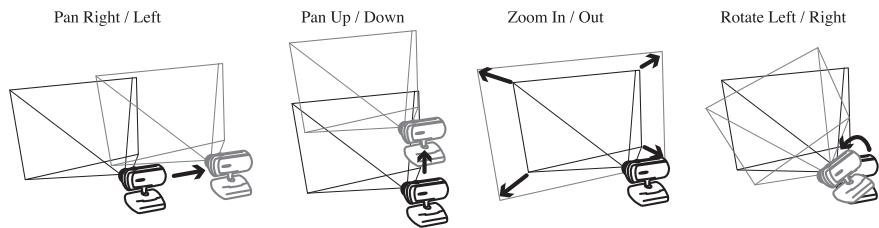


図 2 カメラワークの種類

Fig. 2 Types of camera work.

は配信者がコメントを読んだりそれに応答したりすることは難しいため、その双方向性は薄れてしまう。

本研究では、演奏中における演奏者と視聴者のコミュニケーションを可能とする手法として、視聴者による演出への参加に注目する。プロミュージシャンのインターネット演奏配信は、テレビ放送におけるライブ生中継などと同様、カメラマンや照明などの舞台演出家との協力のもと、臨場感のある映像を実現している。たとえば、1台のカメラによる映像でも、図 2 に示すように、ズームイン、パンなど多くのカメラワークによって映像の演出がなされている。一方、現在のアマチュアによる演奏配信は、主に楽器を演奏する様子を1台の固定 Web カメラで撮影し、その映像と演奏を同時に配信する形式が主であり、プロミュージシャンの演奏配信と比較すると演出上の乏しさが目立つ。本研究では、視聴者が配信者の環境に存在するカメラや照明などを遠隔制御可能とさせることで、演出の向上を実現するだけでなく、演奏者と視聴者のコメントだけに頼らない新たなコミュニケーションの実現を目的とする。たとえば、演奏者のリアルタイムな演奏変化に視聴者が配信環境を追随させ演出効果を高めたり、逆に視聴者が主導となって配信環境を制御することで演奏者に対して演奏の変化を要求したりすることが可能となると考えられる。

2.2 関連研究

個人のリアルタイムコンテンツ配信の広がりにもとない、それを支援する試みが行われてきている。Nishida ら [11] はリアルタイムコンテンツ配信者と視聴者間のコミュニケーションの認知的負荷などを低減させるため、発言と発言の関係性の表示や複数の発言の入力を支援するなどの機能を持つ On-Air Forum というインタフェースを構築して

いる。また、桐戸ら [16] は、配信者が生放送の際にどのような話題に移ればよいか、その支援を行うシステムを提案している。また、より直接的に視聴者が配信者の配信環境に対して要求を可能とする取り組みとして、Saito らは、視聴者が配信側のカメラをこう制御してほしい（たとえばズームインしてほしい）などの要求を容易に伝達することができるインタフェースを提案している [12]。これらの研究は配信者・視聴者のコミュニケーション支援を行ってはいるが、その支援はコメントを介したコミュニケーションにとどまっている。生放送を拡張する工夫は、配信者自身によっても様々に行われている。たとえば、複数の映像ソースをキャプチャ可能な ManyCam [8] や XSplit [3] というソフトウェアを用いることで、配信者自らが状況に適した映像ソースを切り替えた放送を行える。また、ニコ生エフェクト [4] は、視聴者のコメントに連動した絵・音の自動表示・再生を可能としている。このように、生放送支援の試みは広くなされているが、カメラワークの演出などライブを視覚的に支援する試みは限られている。

一方、映像制作においては、カメラ撮影の自動化の試みが行われてきた。TVML (TV program Making Language) [19] はテレビ番組を記述できるテキストベースの言語であり、TVML で番組台本を書くことで、TVML プレイヤでテレビ番組として再生することができる。道家らは番組に必要な情報を入力することで自動に必要な TVML スクリプトを構築するシステムを開発し、カメラワークの自動切替を可能としている [17]。また井上らは、シナリオからカメラワークを自動的に計画させる試みを行っており、オーケストラの編成・楽譜などをあらかじめ入力することで TVML スクリプトを生成し、オーケストラの演奏の自動撮影が可能な手法を提案した [18]。しかし、これら

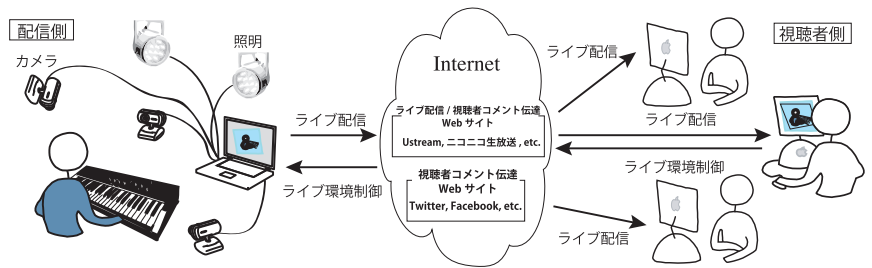


図 3 視聴者協力型ライブ演出システムの概要

Fig. 3 Concept of listener-cooperative live production system.

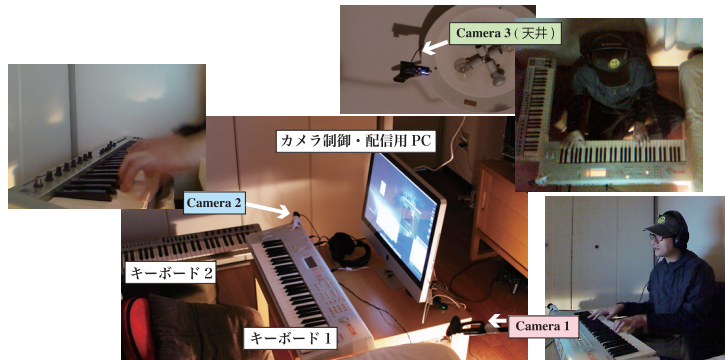


図 4 実装システム：ハードウェア構成

Fig. 4 Implemented system: Hardware environment of live performer.

の手法はあらかじめ用意されたシナリオが必要となり，リアルタイムに放送内容が変化する個人の演奏配信にはそのまま適用することが難しい．また，自動化によっては視聴者と配信者の双方向のコミュニケーションにはつながらないと考えられる．

3. 視聴者協力型ライブ演出システム

本章では，本研究が提案する視聴者協力型ライブ演出システムの概要と，その実装システムについて述べる．

3.1 概要

本研究が提案する視聴者協力型ライブ演出システムの概要を，図 3 に示す．配信者の環境では，配信者の演奏を撮影する複数のカメラ，雰囲気を変化させる照明などが設置されており，視聴者は配信者のリアルタイムな演奏を視聴し，演奏に応じて配信者側の環境を制御することができる．演奏者は Ustream やニコニコ生放送などの生放送配信 Web サイトを通じて配信を行い，視聴者は同 Web サイト上でのコメント投稿機能，およびその Web サイトと連携したソーシャルメディア（Twitter や Facebook）などを通じてライブ環境制御命令を伝達する．

本研究では特に，映像に最も大きな影響を与えるであろうカメラ撮影の演出を視聴者に可能とさせることに焦点をあてる．なおすでに製品としてネットワーク対応のカメラは多数販売されており，遠隔からズームイン，パンなどのカメラ制御は可能となっている．しかし，その使用用途は

防犯用モニタリングや，交通状況のリアルタイム観測などが主であった．本研究では汎用的で安価な Web カメラを用い，遠隔カメラ制御をライブ配信に適用させるとともに，その結果創出される演出効果，および配信者と視聴者のコミュニケーションの変化について焦点をあてる．

3.2 ハードウェア構成

図 4 に実装システムのハードウェア構成を示す．配信者の環境には 3 台の Web カメラ（Camera 1-3），異なる音色を出す 2 台のキーボード（キーボード 1，2），およびそれぞれが接続されたコンピュータが存在する．Web カメラは，主にキーボード 1 と配信者を撮影できる位置（Camera 1），キーボード 2 を弾く手元を撮影できる位置（Camera 2），キーボード 1 とキーボード 2 を含む上からの俯瞰映像が撮影できる位置（Camera 3）にそれぞれ設置した．

3.3 ソフトウェア構成

図 5 に実装システムのソフトウェア構成を示す．本研究では，配信者が配信に利用するコンピュータ上に視聴者のコメントを解析するソフトウェア，解析されたコメントに応じてカメラ制御を行うソフトウェアを実装した．コメントは各 Web サイトおよびソーシャルメディアから XMLSocket などを利用し，取得する．視聴者側にソフトウェアをインストールする必要はない．

視聴者は，表 1 に記すコマンドをライブ配信時に入力す

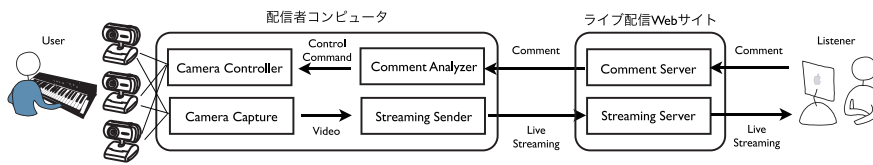


図 5 実装システム：ソフトウェア構成図

Fig. 5 Implemented system: Software architecture.

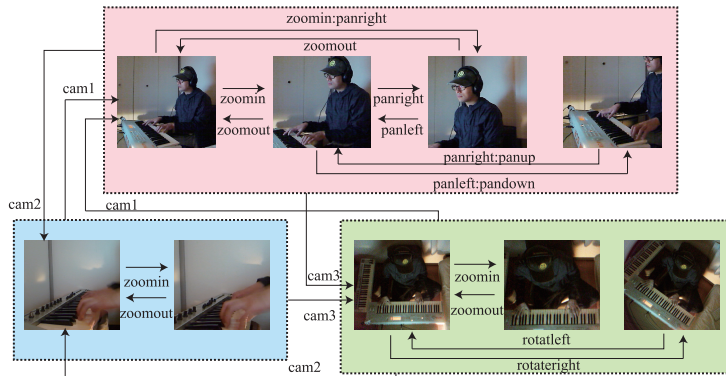


図 6 カメラ制御コマンドと実際撮影される映像の対応シーケンス

Fig. 6 Sequence of captured video according to camera control command.

表 1 カメラ制御コマンド一覧

Table 1 List of camera control command.

コマンド	機能
cam1	カメラ 1 へ切り替え
cam2	カメラ 2 へ切り替え
cam3	カメラ 3 へ切り替え
zoomin/zoomout	ズームイン/ズームアウト
zoomstop	ズーム処理の停止
panright/panleft	パンライト/パンレフト
panup/pandown	パンアップ/パンダウン
panstop	パン処理の停止
rotateright/rotateleft	右回転/左回転
rotatestop	回転処理の停止

ることで、各種カメラの制御が可能となる*1。カメラの制御の種類としては、図 2 に示した代表的なカメラワークをデジタル画像処理で実現した。カメラ切替は入力ソースの切替えで行い、ズームイン処理、パン処理、回転処理はいずれもキャプチャした映像を毎フレーム少しずつ変化させて行く。また視聴者は、各種カメラ制御コマンドを“:”でつなげることで複数のカメラの制御を同時に行うことが可能となっている。たとえば“cam3:zoomin”と入力することで、カメラ 3 に切り替えると同時にズームイン処理が行える。図 6 に、カメラ制御コマンドとその結果処理された映像の対応シーケンスを示す。同一カメラを利用している場合、ズームイン、パン、回転は互いに独立して継続処理可能とさせたため、コマンドを組み合わせることでズー

ム処理しながらパン処理、パン処理しながら回転処理、などのカメラワークを実現可能とした。これは、複数の視聴者の異なるカメラ制御の意図をできるだけ多く反映するためでもある。なお、カメラソースの切替え処理が発生した際は、ズーム・パン・回転処理は初期化される仕様とした。コメント解析およびカメラ切替え・デジタル処理部分は Java と OpenCV を利用して実装した。

4. 評価

本章では、実装システムが演奏生放送に与える影響とユーザビリティについて評価する。

4.1 実験内容

視聴者協力型ライブ演出システムの効果、使いやすさを評価するため、ニコニコ生放送を利用した演奏配信実験を行った。配信者は鍵盤楽器演奏経験がある著者であり、実験は週 3 日程度、映像再生型セッション配信を中心に 4 週間にわたり行い (表 2 参照)、その放送内で見受けられたシステムの演出上の効果や視聴者の反応、演奏者と視聴者間のコミュニケーションの変化を調査した。また演出上の効果について、視聴者にアンケート調査を行った。さらに実験終了後、カメラ制御を行ったことのある視聴者にアンケートを行い、システムの使いやすさなどを調査した。以上の実験から、ユーザビリティの指標 [10] を表す学習しやすさ (Learnability)、効率性 (Efficiency)、記憶しやすさ (Memorability)、エラーがあるかまたは起こした際の回復 (Error Handling)、ユーザの主観的満足度 (User Satisfaction) の 5 つに関して評価する。

*1 ニコニコ生放送や Twitter の同一コメント連続投稿規制を回避するため、エイリアスコマンドも複数用意した。たとえばコマンド Cam1 は cam1 と同じ機能呼び出すコマンドとなる。

表 2 配信実験の一覧

Table 2 List of experiments data.

日時	配信時間(分)	視聴者数	総コメント数	操作コメント数
3月25日	60	222	596	156
3月26日	60	141	336	79
3月30日	90	266	651	177
4月1日	90	210	403	138
4月3日	30	95	110	49
4月4日	90	499	1210	152
4月5日	60	256	674	263
4月6日	90	343	763	216
4月9日	90	328	836	181

日時	配信時間(分)	視聴者数	総コメント数	操作コメント数
4月13日	90	327	1226	194
4月14日	60	196	672	119
4月16日	60	192	346	152
4月18日	90	193	494	148
4月20日	60	181	234	89
4月21日	90	250	1148	212
4月22日	90	658	6323	560
4月24日	90	352	1436	311



図 7 配信者 PC のデスクトップスクリーンショット

Fig. 7 Screenshot of live performer's PC.

4.2 配信者と視聴者間のコミュニケーションの創発

本節では、配信実験の際に見受けられたカメラワークの事例、および配信者と視聴者間のコミュニケーションの変化について、実際の配信実験の様子をふまえて検証する。実験例として、実験期間内に最も多くの視聴者数、コメント数を得られた2011年4月22日の配信を取り上げる。多数の視聴者数を得られた理由は、本配信がニコニコ生放送による公式の放送内で取り上げられたことがあげられる。よって、半数以上の視聴者ははじめて本放送を視聴したこととなる。放送内容は主にニコニコ動画内に投稿された動画と配信者の演奏を組み合わせた映像再生型セッション演奏配信であった。図7に放送時における配信者のコンピュータのデスクトップ画面を示す。実装した視聴者協力型ライブ演出システムに加え、画面キャプチャ用の仮想カメラソフトウェア CamTwist [1]、ストリーミング配信用ソフトウェア Flash Media Live Encoder [13] を組み合わせ、H.264形式のストリーミング配信を行った。ライブ生放送は90分行われ、合計視聴者数は658人、総コメント数は6,323であった。視聴者は配信者とは直接の面識のない一般視聴者である。総コメント数のうち、カメラ制御コマンドのコメント数は560、うちカメラソース切替えが168回、パン処理が58回、回転処理が118回、ズーム処理が374回行われた。カメラ処理の総回数(718)がコメント総数(560)を上回っている理由は、視聴者がコマンドを連結する“.”によって複数のカメラ処理を同一コメント内で表現する場合が多数あったためである。

実際の配信映像(視聴者のコメントを含む)の5秒ごとのフレームを図8に示す。図8には、異なる2つのシーンA, Bそれぞれのフレームにタイムラインにそって番号

がふってあり、また視聴者のカメラ制御コマンドが入力されたタイミングに、吹き出し表示をしている。図8中からは視聴者が演奏者の演奏に追従してカメラを切り替えている様子がみてとれる。たとえばシーンA-7で演奏者がキーボード1からキーボード2へと利用を変えようとするタイミングで、キーボード2を主に撮影するカメラ2へと切り替えるため“cam2”コマンドを視聴者が入力している。またB-24で演奏が終了したタイミングで、演奏後の配信者の顔をとらえるカメラ1へと切替えを行っている。このように、視聴者は演奏者の意図(キーボード1を弾く、キーボード2を弾く、キーボード1/2を同時に弾く)をくみとり、それに適したカメラ制御を行う様子が多く確認された。また、よく見られた視聴者主導の演出方法として、変化のない映像が続いた場合、カメラを切り替えたり、ズームイン/ズームアウト制御を行ったりすることがあげられる。これらの演出は、映像再生型セッションでなくても同様に見受けられた。

映像再生型セッション演奏配信において、プロミュージシャンによる演奏映像のカメラワークに合わせて視聴者がカメラワークを変化させる例も多く見受けられた。図9のシーンC-1では、プロミュージシャンの映像(左)が頭上からの俯瞰ズームアウト映像に切り替わると、同様の演出を行うよう視聴者がカメラ3に切り替え、ズームアウト処理を行っている。一方、視聴者が配信者の演奏に合わせてカメラワークを切り替えるだけでなく、逆に視聴者が主導でカメラを切り替え、演奏者がそれに対応して演奏する場合もあった。図9のシーンD-1では演奏者はキーボード1を弾いているが、シーンD-2ではキーボード2を撮影するよう視聴者がカメラを切り替えている。その後、シーン

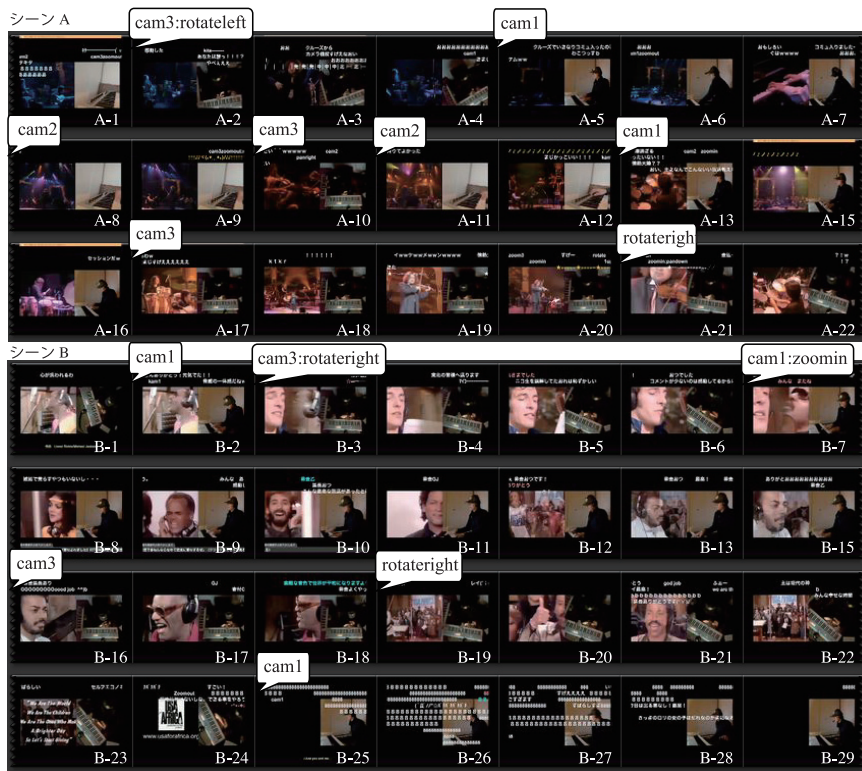


図 8 実験内容 (2011 年 4 月 22 日放送分)

Fig. 8 Live performance streaming on April 22, 2011.

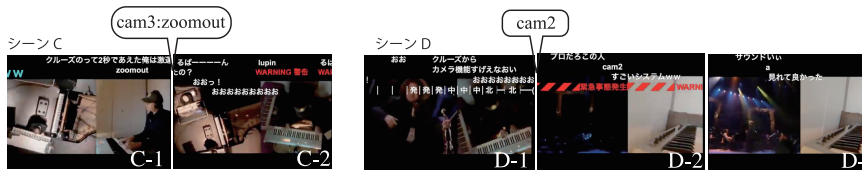


図 9 映像に合わせた視聴者によるカメラワークの例 (シーン C) と視聴者によるカメラワークに合わせて演奏を変化させる例 (シーン D)

Fig. 9 A camera work according to video (left), and performance change according to camera work (right).

D-3では、演奏者はキーボード 2 の映像が撮影されていることからキーボード 2 を弾くように演奏を変化させている様子が分かる。一方、同様に視聴者がカメラを切り替えても演奏者が追従して演奏を変化させない場合は、再度視聴者が演奏者にあわせたカメラに切り替え直すなどの場合も見受けられた。このように、カメラ切替え・演出機能を通じて演奏者と視聴者は互いの意図を伝達し、これまでにないコミュニケーションの創発が確認された。さらに、ある視聴者が切り替えたカメラ映像に別の視聴者がズームインやズームアウト処理を加えるなど、視聴者間でより良いカメラワークを行おうとするケースも非常に多くみられた。このように、放送に参加する多くのユーザ間で非言語コミュニケーションが発生したことが認められた。

4.3 演出効果に関する評価

次に、実際の放送において視聴者協力型ライブ演出シス

テムが実現した演出に対してユーザが受けた印象について述べる。表 3 に、放送時にユーザが入力したコメントのうち、提案システムに関する印象と思われるものを原文のまま抜粋した。カメラワークの演出は、多くの視聴者にとって好印象に受け入れられたことが分かる。視聴者自身が演出に協力する形式に関しても、放送をともに作り上げることによる一体感が創出される、という肯定的な印象を持って受け入れられた。ニコニコ生放送ではコメントを用いて複雑なアスキーアートを描く視聴者を好意を持って“職人”と呼ぶが、本放送ではカメラワークを行う視聴者を“カメラ職人”と呼ぶなど、配信者以外の新たな視聴者の存在が注目される結果となった。

また、カメラ制御機能を構築する前 (1 台の固定カメラによる演奏配信) と後での演出の向上に関し、カメラ制御機能を追加する前から放送を視聴していたユーザを対象として、Web を通じたアンケートを行った。質問内容とその

表 3 配信時に得た視聴者協力型ライブ演出システムに関するコメントの例

Table 3 Listeners' comments about listener-cooperative live production system while live streaming.

内容の種類	コメント
カメラワークに関して	プロが撮影してるの？/映像がすげー迫力/カメラ機能すげー/pan 観がすごい うわあああカメラアアアアア/カメラアングルもうまい！/放送らしい放送 vvv 神カメラワーク ww/カメラ職人すげええええ/カメラワークいいなあ 十分楽しめる カメラ操作うま過ぎワロタ ww/リスナーにプロのカメラマンいるなこりゃ
視聴者協力型に関して	音楽の新しい楽しみ方/なんだこれ楽しすぎんぞ w/驚異の一体感だね w 放送してる人も見てる人も幸せになれる放送/すげー視聴者参加型 w だっておかしいだろ、コメントも参加できて主も演奏してるんだぜ？なんだよこの放送
映像再生型セッション 演奏について	ほんとに共演してるみたい/コンサート来たみたいで最高です v/まじライブっぽい パソコンの前にながらコンサート気分 www/同じライブで演奏しているみたい

表 4 演出効果に関するアンケート結果

Table 4 Result of questionnaire about dramatic effect.

質問	強くそう 思わない (1)	そう 思わない (2)	普通 (3)	そう 思う (4)	強くそう 思う (5)	平均
カメラ制御機能を追加した前後で ライブ放送の演出は向上した	0	0	4	15	25	4.47

表 5 ユーザビリティに関するアンケート結果

Table 5 Result of questionnaire about usability.

質問	強くそう 思わない (1)	そう 思わない (2)	普通 (3)	そう 思う (4)	強くそう 思う (5)	平均
カメラ制御システムの 使い方を習得するのは簡単だった	0	2	11	17	7	3.78
カメラ制御システムを 利用するのは楽しい	0	1	3	10	20	4.27
カメラ制御システムは 思うように動作した	0	3	9	19	3	3.65
カメラ制御システムの 使い方は記憶しやすい	0	4	16	13	4	3.46

結果を表 4 に示す。アンケートでは表 4 のスケールでの評価に加え、なぜそう思ったか、その理由を自由記述で回答してもらった。回答者は計 44 人で、内訳は 10 代もしくはそれ以下が 4 人、20 代が 20 人、30 代が 12 人、40 代が 6 人、50 代が 2 人であった。理由としてあげられたものとして、「いろいろな角度から演奏者が見れるから」「曲が転調する際にカメラが切り替わったりしたときが、演出効果として良かった」「複数のカメラマンがいるみたいで、その人の存在を感じさせることが、手作りされたライブという感じで良くなった」「本当のライブのように感じたから」など、好意的な理由が多かった。一方で、「多くのカメラ制御が 1 度に来た場合は多くのカメラ切替えが一瞬のうちに発生する際は、演出的にはおかしいのかなと思いました（もちろん、それはそれでライブ感があって面白いですが!）」と、演出として失敗している場合のコメントも見受けられた。全体的には、本提案システムにより演出が強く向上したと感じたユーザが多くいることが分かった。また、「導入前より視聴者と配信者の垣根がなくなった」「見る、聞くだ

けでなく、放送に参加できるようになってそれぞれの楽しみが増えた」と、視聴者と演奏者の距離に関する記述も見受けられ、一体感の向上につながっていることが分かった。

4.4 ユーザビリティ評価

コメントによるカメラ制御手法のユーザビリティについて、実際にカメラ制御を行ったことのある視聴者を対象に、自由記述を含むアンケート調査を行った。アンケートは Web を通じて行ってもらう、37 人の回答を得た。回答者の内訳は年齢が 10 代もしくはそれ以下が 8 人、20 代が 15 人、30 代が 7 人、40 代が 5 人、50 代が 2 人であった。アンケート項目とその結果を表 5 に示す。

学習しやすさ：「使い方を習得するのは簡単だった」という質問項目に対する平均得点は 3.78 であり、ある程度学びやすいと評価された。自由記述では、「慣れればある程度使用可」「Pan 操作を理解するのに時間がかかった」「コマンドが分かりやすく直感的に操作できた」「コマンドライン育ちなため苦勞せず操作を覚

えられた」「2回目の操作からは普通にできた」などの意見が得られた。複数のユーザにとっては操作に慣れが必要であったことも分かる。

効率性：「カメラ制御システムは思うように動作した」という質問項目に対する平均得点は3.65であり、カメラ制御コマンドがある程度効率良く操作可能であったことが見受けられる。自由記述では、「“:”によるマルチコマンドにより使いやすさが向上している」というコマンドに対する評価もあったが、一方で「TVのスイッチャーマンのように映っている絵から選ぶのは簡単だが、演奏者の動きを予想して完成形を頭の中に描き操作することは頭を使った」など、コマンドのみでのカメラ制御の難しさも指摘された。

記憶しやすさ：「使い方は記憶しやすい」という質問項目に対する平均得点は3.46であった。自由記述には、「英語のコマンドではなく、“上”，“回転”などの日本語にも対応してもらえると良い」という意見も見受けられた。一方、「1年経っても使い方は忘れないと思う」というユーザも存在し、ユーザによって記憶しやすさは少々のばらつきが見受けられた。

エラーがあるかまたは起こした際の回復：自由記述において指摘された意図しない制御を行った例として、パンライトとレフト、右回転と左回転の方向を逆にしてしまったという意見があった。カメラの制御方向を逆にしてしまった例は、実際の放送時にも多く見受けられたエラーであった。一方、「自分のコマンドが間違っていたと思ったら、直後に他ユーザが別の制御を行っていただけだった」という感想もあり、複数ユーザの制御により意図がうまく反映できていないケースも見受けられた。また、多かった意見として、制御コマンドを入力してから実際にカメラが切り替わるまでの遅延の存在が指摘された。配信者によるライブ演奏映像は、ニコニコ生放送の映像配信サーバの状況によって、3秒から最大で10秒近い遅延が発生して届けられていた。よって、演奏者の動きを事前に予測してカメラ制御コマンドを行う必要があり、その点が難しかったという意見が見受けられた。一方、タイミング良くカメラ制御を行うためには予測が行う必要がある、という点を逆にゲーム感覚でとらえ、その点の面白さを感じる視聴者も存在した。

ユーザの主観的満足度：「カメラ制御システムを利用するのは楽しい」という質問項目に対する平均得点は4.27であり、全体的に高い満足度を得ていることが分かる。自由記述にも、「面白い機能」「楽しい」「盛り上がった」「うまく切り替えられたときの感動とリスナの反応に嬉しくなる」「演奏者に反応してカメラを切り替えたり、逆に演奏者が反応するようカメラをあえて切り替えて要求を出したりするなどのコミュニケーションが

とれて楽しい」など、肯定的な意見が目立った。また、「生放送をみんなで作っていく感覚が楽しい」という意見や、「1人がcam3zoomin, もう1人がrotateleftと操作したりして、その気の合い方を楽しむといったことが、生放送ならではの楽しさだった」という意見もあり、複数人で同時にカメラ制御を行うことで発生する楽しさや喜びも多く指摘された。このように、カメラ制御によって生まれる副次的なコミュニケーションが、視聴者の満足度に大きく貢献していることが分かった。

また、自由記述欄に見受けられたユーザのコメントとして、「人数が多くなった際にカメラの奪いあいになって変な争いが起こったら心配」「人数が増えたときに荒らしに対応できるか不安」との懸念も示された。今回の実験ではいたずら目的の操作（たとえばカメラの切替えを激しく行うなど）はなく、カメラ切替え機能、またカメラ切替えを行おうとしコメント入力に失敗するユーザに対しても否定的なコメントは見受けられなかった。むしろ、カメラ操作を行い放送をより良くしようとする姿勢を持つユーザに対し、好意的なコメントが目立った。現在の実装システムではカメラ切替えのON/OFF機能があり、またニコニコ生放送のコメント連投規制/NGユーザ登録機能などが存在するため、それがいたずらに対する抑止力として働いた可能性も考えられる。今後より悪質ないたずらを想定し、それに対応可能な機能も必要であると考えられる。

5. まとめ

インターネット上のコンテンツにおける個人の生放送配信は、今後ますます拡大していくと考えられる。本研究では、個人の演奏家による演奏生放送において、視聴者による遠隔演出により配信者と視聴者のコミュニケーションを可能とするシステム、視聴者協力型ライブ演出システムを提案した。本稿では特に複数のカメラワークを視聴者がコメント投稿により実現可能とするシステムを構築し、ニコニコ生放送において4週間にわたった配信実験を行った。実験の結果、視聴者協力型ライブ演出システムは、(1) 視聴者と配信者間、および視聴者間でこれまでにない非言語コミュニケーションを創発するとともに、(2) ライブ演奏における演出の向上に大きく寄与することが確認された。視聴者は演出に参加することで、演奏生放送の主体として参加することができ、ともに放送を作り上げていくという一体感の向上が実現された。これらのことから、視聴者協力型ライブ演出システムは、演奏者と視聴者両者にとって、大きな利点を与えられることが分かった。

今後の発展として、照明や特殊効果などの多様な演出を遠隔制御可能とする点が期待される。これにより、地理的に分散した多数の視聴者がそれぞれ多様な役割を果たし、プロミュージシャンによる臨場感を持ったライブ演奏と同

様な演出が可能となると考えられる。それにともない，コミュニケーションの多様化とより一体感を持った放送が期待できる。また，より効果的な演出を可能とするため，ネットワーク遅延を考慮したリアルタイム遠隔機器制御手法を構築する必要がある。例として，各視聴者に演奏者の演奏と配信された映像の遅延を計測し，狙ったタイミングで適切な制御が可能となるようなシステムの実現が考えられる。

参考文献

- [1] Camtwist - allocinit, available from <http://allocinit.com/index.php?title=CamTwist>.
- [2] Ustream asia 日本の著作権管理事業者と楽曲の利用許諾に関する包括契約を締結，入手先 http://www.softbank.co.jp/ja/stc/group_sup/20100706.01.pdf.
- [3] Xsplit going live is simple, available from <http://www.xsplit.com/>.
- [4] ASTERIOS, available from <http://www.asterios.biz/softwareNikonamaEffect.html>.
- [5] Facebook Inc.: Facebook, available from <http://www.facebook.com>.
- [6] Stickam Worldwide Inc.: Stickam, available from <http://www.stickam.com/>.
- [7] Ustream Inc.: Ustream.tv: You're on, available from <http://www.ustream.tv/>.
- [8] ManyCam LLC.: ManyCam - webcam graphics plus use your webcam with multiple programs simultaneously! available from <http://www.manycam.com/>.
- [9] YouTube LLC.: Youtube - live, available from <http://www.youtube.com/live>.
- [10] Nielsen, J.: *Usability Engineering (Interactive Technologies)*, 1st edition, Morgan Kaufmann (Sep. 1993).
- [11] Nishida, T., Kurihara, K. and Goto, M.: On-air forum: Design and evaluation of a system for facilitating communication while watching realtime content, *Computer Software*, Vol.28, No.2, pp.2.183-2.192 (2011).
- [12] Saito, Y. and Murayama, Y.: An empirical study of audience-driven interactive live television on the internet, *EuroITV'09* (2009).
- [13] Adobe Systems: Media encoder, video capture software, audio capture software adobe flash media live encoder, available from <http://www.adobe.com/products/flashmediaserver/flashmediaencoder/>.
- [14] Twitter, available from <http://twitter.com>.
- [15] 株式会社ニワンゴ：ニコニコ生放送，入手先 <http://live.nicovideo.jp/>.
- [16] 桐戸創也，山本景子，倉本 到，辻野嘉宏，水口 充：言うストリーム：話題候補を実時間提示する個人生放送支援システム，インタラクシオン 2011 インタラクティブセッション (2011).
- [17] 道家 守，林 正樹，牧野英二：TVML を用いた番組情報からのニュース番組自動生成，映像情報メディア学会誌：映像情報メディア，Vol.54, No.7, pp.1097-1103 (2000).
- [18] 井上亮文，平石絢子，柴 貞行，市村 哲，重野 寛，岡田謙一，松下 温：シナリオ情報によるオーケストラ演奏のカメラワーク生成手法（協創グループウェア）（特集：知の共有から知の協創へ），情報処理学会論文誌，Vol.46, No.1, pp.38-50 (2005).
- [19] 林 正樹：テキスト台本からの自動番組制作—TVML の提案，情報処理学会研究報告，Vol.120, pp.91-98 (2000).



米澤 拓郎 (正会員)

2007年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士。2010年慶應義塾大学 Ph.D. (政策・メディア)。現在，慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科特任助教。主に，ユビキタスコンピューティングシステム，インタラク

ションシステム，センサネットワークの研究に従事。日本ソフトウェア科学会会員。



徳田 英幸 (正会員)

1977年慶應義塾大学大学院工学研究科修士。1983年ウォータールー大学 Ph.D. (Computer Science)。同年カーネギーメロン大学計算機科学科勤務。

1990年同学科研究准教授。現在，慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

委員長。主に，分散リアルタイムシステム，マルチメディアシステム，超並列・超分散システム，ユビキタスシステムの研究に従事。IEEE，ACM，日本ソフトウェア科学会各会員。