

視聴体験の共有を可能にする映像配信システムの設計と実装

安部 光一^{†1} 前田 香織^{†1}
井上 博之^{†1} 近堂 徹^{†2}

IP 通信網では、複数の視点からのマルチアングルストリームの映像配信や視聴者の属性や嗜好等に応じた推奨映像を配信するなど映像配信の高度化が進んでいるが、映像の視聴画面は固定的なものが多く、依然受動的な視聴が多い。そこで、本稿では映像を受信する視聴者側の視点から視聴画面や機能の高度化について焦点をあてる。具体的には映像画面の柔軟な画面レイアウト調整機能、視聴者自身の映像や音声の送受信を可能するパブリックビューイング機能、他の視聴者と自身の画面レイアウトを同期し、視聴体験の共有を可能にするスクリーンシェア機能を持つ映像配信システムの設計と実装を行った。加えて、主観評価により提案システムの有効性を示す。

Design and Implementation of a Streaming System with Virtual Public Viewing

KOICHI ABE,^{†1} KAORI MAEDA,^{†1} HIROYUKI INOUE^{†1}
and TOHRU KONDO^{†2}

In recent years, a rich video streaming service that allows multi-angle videos and personalized videos based on user's preference design has become increased in IP network. Nevertheless, in many cases a receiver can not arrange video windows of received streams freely because of a static layout design. To address this problem, we propose a streaming system which is sophisticated from the viewpoint of a receiver. It enables following functions: a receiver-driven flexible layout function of video windows, a screen sharing function which is mutually synchronized among receivers, and a public viewing function with interactive communication between receivers. In this paper, we describe the system design and its implementation, and we show the effectiveness of the proposed functions through the subjective assessment.

1. はじめに

近年、映像配信サービスが普及してきている。例えば、マルチアングル映像を用いた映像配信（以下、マルチアングル型映像配信）が商用サービス化されている¹⁾。マルチアングル型映像配信では、複数のカメラで撮影した異なるアングルの映像をそれぞれ配信することで、視聴者は見たい映像を任意に選択したり、同時に複数アングルの映像を視聴したりできる。また、文献 2) では、与えられたキーワードにより複数映像から任意の映像を自動で切り替え、1つのストリームを生成することで各個人にカスタマイズされた映像を提供する研究が行われている（以下、パーソナライズ型映像配信）。このように複数映像を用いた映像配信は視聴者の映像コンテンツの選択肢を大幅に増やすとともに、視聴者固有の要望や属性にあった映像コンテンツを提供することが可能となる。しかし、現在のパーソナライズ型映像配信は映像コンテンツの選択にのみ焦点があたっているため、視聴画面のレイアウトは固定的なものが多く、また、画面レイアウトが変更できる場合であっても、視聴者自らが映像ソースとして、他の視聴者の視聴画面に登場するなど、視聴者がインタラクティブに参加できる視聴環境が提供されているものもほとんどなく、その効果や影響についても十分に検証されていない。

そこで、本研究では視聴者自身が視聴環境を創るための技術について焦点をあて、視聴画面のカスタマイズや視聴者間インタラクティブコミュニケーションを可能にする映像配信システムを提案する³⁾。これにより、例えば、スポーツ中継やライブコンサート等の映像配信イベントにおいて、自分以外の視聴者の歓声や声援を視聴し、視聴体験や感情の共有による相乗的な効果を得ることで、臨場感の向上が期待できる。本稿では、システムへの要件定義を整理した上で、提案システムの設計と実装について述べる。実装したプロトタイプシステムを用いた評価実験を行い、設計した視聴インターフェイスと視聴者間コミュニケーション機能の有効性を示す。

2. システム設計方針

2.1 要件定義

システム設計を行うにあたり必要となるシステム要件を以下に示す。

^{†1} 広島市立大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

^{†2} 広島大学情報メディア教育研究センター

Information Media Center, Hiroshima University

- (1) 視聴画面のカスタマイズ性の向上
提案システムでは視聴者が自ら視聴環境を創るための方法として、画面構成や画面ごとの映像品質を視聴者毎にカスタマイズできるような視聴インターフェイスを要件とする。
- (2) 視聴者間インタラクティブコミュニケーション
視聴体験を共有できる環境を提供するために、映像コンテンツと他の視聴者の映像を同時に視聴できる機能（以下、パブリックビューイング機能）と視聴者間での視聴画面を同期する機能（以下、スクリーンシェア機能）を要件とする。これは“同じものを視聴する”ことで一体感をより向上させ、円滑なコミュニケーションを可能にする。

2.2 基本設計

2.1 節で示した要件をもとに、本節ではシステムの基本設計について示す。

2.2.1 視聴インターフェイスの設計

2.1 節 (1) の要件を満たすために各映像は独立したストリームとして配信し、受信ホストの視聴インターフェイスで合成を行う。これにより、映像の描画時に個々の映像のサイズ・位置を受信ホスト毎にカスタマイズすることができる。複数映像の配信方法としては、MCU (Multipoint Control Unit) 等の中間ノードで映像合成する方法があるが、この方法では各受信ホストにおける画面レイアウトの自由度に限界があるために採用しなかった。画面レイアウトをカスタマイズする操作方法として、マウスのドラッグ操作によって再生している個々の映像のサイズ、位置を変更する方法を採用した。

2.2.2 映像品質のカスタマイズ方式

2.1 節 (1) の要件として挙げた視聴者毎の映像品質のカスタマイズを実現するために、複数の品質の映像を提供する必要がある。複数の品質の映像を提供する方式として、映像の配信元で複数の映像品質へ変換したストリームを予め用意しておく方法⁴⁾と、映像品質の変換を要求された時に、映像配信システム内のノードで任意の映像品質のストリームを実時間での変換によって生成する方法⁵⁾⁻⁷⁾がある。前者は、想定する映像品質のバリエーションが少ない場合は、有効な方式であるが、今回は不特定多数のマルチソースを用いた映像配信システムを想定しているため、クライアントから要求があった映像品質を、その時点で生成する後者の方式を採用する。また、映像品質のカスタマイズ対象はメディアフォーマットとそのビットレートとする。

2.2.3 ストリーム配送方式

2.2.1 項で述べたように、提案システムでは、複数のストリームを別々に各受信ホストま

で配送する必要がある。また、2.1 節 (2) の要件から視聴者間で複数のストリームのやり取りが想定される。そのため、これらのストリームをユニキャストで配送するにはトラフィックが膨大なものとなってしまう、現実的ではない。そこで、映像ストリームの配送方式には IP マルチキャストを採用する。IP マルチキャストは、文献⁸⁾で示されているように、広域環境での利用も進められており実現の可能性は徐々に高まりつつあるため、本研究は、このような IP マルチキャスト網を活用するアプリケーションのひとつとして位置づけている。

3. 提案システム

3.1 システム概要

提案システムのシステム構成を図 1 に示す。ビデオ配信サーバは、映像コンテンツの提供元であり、例えばイベントを中継する現場から映像を配信するサーバに該当する。ストリームは IP マルチキャストにて配信される。管理サーバは、各ノードの状態管理と制御を行うサーバである。サーバは表 1 に示す情報をデータベースで管理し、各ノードとの制御に利用する。トランスコーダは、実時間での映像品質の変換を行うノードであり、ネットワーク上に複数台配置される。

クライアントは、複数映像を視聴するエンドノードである。クライアントの視聴画面のイメージを図 2 に示す。クライアントは、起動時に管理サーバから配信されている映像コンテンツの一覧 (図中 (a))、視聴者映像の一覧 (図中 (b)) とそれらの映像に対応する IP マルチキャストアドレス、スクリーンシェア機能によって同期するための視聴者の一覧 (図中 (c)) を取得する。そして、映像コンテンツの一覧から視聴したい映像コンテンツを選択

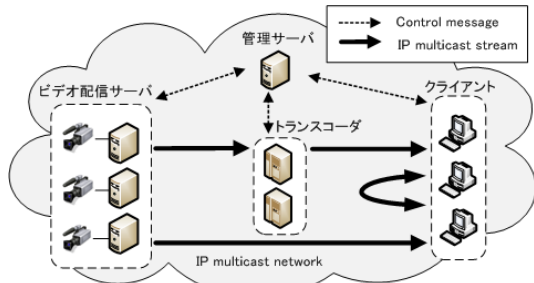


図 1 システム構成図
Fig. 1 Structure of the system

表 1 管理サーバで管理される情報

Table 1 Management information in management server

管理情報	管理情報の内容
ログイン情報	クライアントが管理サーバへ接続するためのアカウント名とパスワードの情報、他の視聴者に公開するコメント文
コンテンツ情報	ビデオ配信サーバから配信されるコンテンツの名前、説明、IP マルチキャストアドレス、フォーマット、ビットレートの情報
画面レイアウト情報	各クライアントが再生している映像の名前、再生している映像毎の再生画面上の位置、大きさの情報
視聴者映像情報	クライアントが送信している映像の名前、IP マルチキャストアドレス、配信映像に関するコメント文
アドレス情報	映像コンテンツや視聴者の配信のために割り当てられる IP マルチキャストアドレス、各アドレスの使用状況、使用用途の情報
トランスコーダ情報	各トランスコーダの IP アドレス、CPU 使用率、メモリ使用率の情報

することで、選択された映像コンテンツに対応するマルチキャストグループに Join し、映像の再生を開始する。

映像コンテンツと視聴者映像の配信にはストリーミングプロトコルとして、RTP (Real-time Transport Protocol)³⁾ と UDP (User Datagram Protocol) を用いる。また、それ以外のノード間の制御情報のやり取りには TCP による独自プロトコルを用いる。

3.2 提供する機能

3.2.1 柔軟な画面レイアウト調節機能

クライアントの視聴画面で、映像コンテンツや視聴者映像は個々の独立したウィンドウとして表示される。このウィンドウをマウスのドラッグ操作によりサイズ・位置を変更することで、視聴者毎に自由に画面レイアウトの作成が可能である。画面レイアウトの例を図 3 に示す。この画面レイアウト調節機能を実装したプロトタイプシステムでは、クライアント (CPU:Core 2 Quad 2.3GHz, MEM:4GB) で約 5Mbps のストリーム (MPEG-2video/MP2) を 20 本程度、同時再生できることを確認している³⁾。

3.2.2 パブリックビューイング機能

パブリックビューイング機能は、映像コンテンツと他の視聴者映像を同時に視聴しながら自身の映像を配信できる機能である。

自身の映像を配信するには、図 2 のパブリックビューイング設定画面 (図中 (d)) に視聴するカメラ・マイクのデバイス名と映像を配信するにあたって他の視聴者に公開するコメントを入力し、配信開始ボタンを押す。するとクライアントから配信サーバに対して映像の配



図 2 クライアントの視聴画面
Fig. 2 Client screen of watching video

信要求が送信され、要求を受信した管理サーバは、IP マルチキャストアドレスを割り当て、そのアドレスをクライアントへ通知する。クライアントは通知されたアドレスに対して IP マルチキャストストリームの配信を開始する。

他の視聴者映像を視聴するには、図 2 の視聴者映像の一覧 (図中 (b)) から視聴したい視聴者映像を選択することで、映像コンテンツと同様にマルチキャストグループに Join され、再生が開始される。

3.2.3 スクリーンシェア機能

スクリーンシェア機能は、他の視聴者の画面レイアウトに自身の画面レイアウトを同期させる機能である。スクリーンシェア機能の処理の流れを図 4 に示す。クライアントは、定期的に自身の画面レイアウトに変化があるか確認し、変化があれば、画面レイアウト情報を管理サーバへ登録する。画面レイアウト情報には、視聴している映像毎の画面の位置・サイズが含まれている。スクリーンシェア機能を使用するクライアントは、図 2 のスクリーンシェア設定ウィンドウ (図中 (c)) で、一覧として提供されるクライアントの名前とコメント文



図 3 画面レイアウトの例
Fig. 3 Examples of display layout

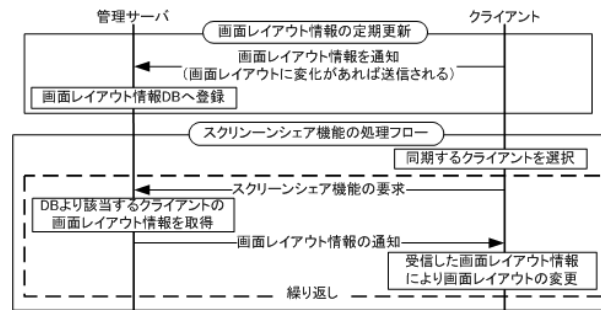


図 4 スクリーンシェア機能の処理フロー
Fig. 4 Process flow of a screen share function

を参照し、同期対象のクライアントを選択することで、スクリーンシェア機能の要求を管理サーバへ送信する。スクリーンシェア機能の要求を受けた管理サーバは、対象クライアントの画面レイアウト情報をデータベースから取得し、クライアントへ通知する。クライアントは、受信した画面レイアウト情報に従い自身の画面レイアウトを変更する。

3.2.4 映像品質のカスタマイズ機能

映像品質のカスタマイズ機能は、視聴者が受信する個々の映像について、その映像品質の選択を可能する機能である。映像品質のカスタマイズ処理の流れを図5に示す。映像品質のカスタマイズを行う場合、図2の映像コンテンツの一覧(図中(a))から視聴する映像コン

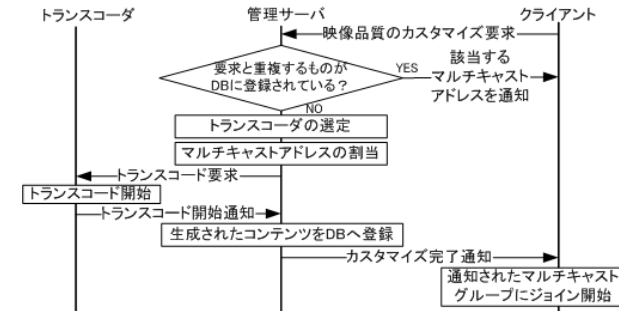


図 5 トランスコードの処理フロー
Fig. 5 Process flow of a transcoding function

テンツを選択するとともに、変換後のメディアフォーマットとビットレートを選択する。すると映像品質のカスタマイズ要求として、選択された映像コンテンツのメディアフォーマットとビットレートの情報が管理サーバへ送信される。管理サーバは要求された映像品質のストリームが既に生成されていないか、データベース内を検索する。既に生成されていれば、そのストリームのマルチキャストアドレスをクライアントへ通知する。該当するストリームが存在しない場合は、トランスコーダへ変換要求を行う。トランスコーダの選定は、CPU使用率及びメモリ使用率の小さいものから優先的に利用する負荷分散方式を採用している。

3.3 開発環境

クライアントは、JavaScript による Web アプリケーションとして実装を行い、Windows XP 上で、Firefox3 と Internet Explorer7 にて動作を確認している。GUI 作成には、JavaScript のライブラリである ext js2.2 を用いた。自身の映像配信処理には、VLC media player 0.8.6h¹⁰⁾ を、また映像再生処理には、VLC media player の Firefox および ActiveX プラグインを用いた。ビデオ配信サーバでの映像配信処理にも VLC media player 0.8.6h を用いている。管理サーバは、Linux 上で PHP4 を用いて実装し、データベース管理システムに PostgreSQL7.4 を用いた。トランスコーダは、Linux 上で C 言語 (gcc 4.3) により実装し、メディアフォーマットとビットレートの変換処理には FFmpeg¹¹⁾ を用いた。

4. システム評価

4.1 システムの評価指標について

提案システムでは、クライアント側で画面レイアウトを構成する際に映像の画面合成処理

を行う。この画面合成処理により処理負荷が増大することが考えられるため、定量的な性能評価を行う必要がある。また、トランスコーダに関しては、一台のトランスコーダで実時間の映像品質の変換を行うときの処理性能を定量的に測定することで、映像品質のカスタマイズ機能の実現可能性を検証する必要がある。さらに、提案した柔軟な画面レイアウト調節機能を持つ視聴インターフェイスや視聴者間のコミュニケーション機能の有効性を示す必要がある。

クライアント、トランスコーダの性能評価に関しては、文献 3) でそれぞれの処理能力を測定し、実現可能性を示した。本稿では、視聴インターフェイスと視聴者間のコミュニケーション機能の評価に焦点をあて、それぞれの主観評価結果について示す。

4.2 視聴インターフェイスの主観評価

マルチアングルの映像を視聴するインターフェイスとしての視覚的效果や操作性を評価するために、提案システムと既存システムとで対比較により視聴インターフェイスの主観評価実験を行った。既存システムとして、文献 12) の視聴インターフェイスを模倣したシステムを評価用に作成した。2つのシステムの視聴インターフェイスの違いを図 6 に示す。実験方法は、提案システムと既存システムのそれぞれで 2 分程度のマルチアングルの映像（サッカー映像）を視聴してもらう。その後、表 2 に関する評価項目について、提案システムを既存システムと比べたときの優劣を 5 段階で評価してもらう。各項目で“かなり提案システムがよい”と評価された場合を 1，“かなり既存システムがよい”と評価された場合を -1 として、0.5 刻みの 5 つの数値に対応付け、被験者 22 人の集計結果の平均値を算出した。表 2 に各評価項目とその評価値の平均を示す。

表 2 の (1) から (5) の結果は提案システムへの評価が高く、マルチアングルを視聴するインターフェイスとして臨場感や迫力の向上といった視覚的效果が確認できた。また表 2 の (6) から (10) の結果から、既存システムと比べて操作の簡単さや単純さは劣るものの、視聴画面をカスタマイズ性や操作の楽しさといった面で勝っていることが示された。

4.3 視聴者間コミュニケーション機能の主観評価

設計したパブリックビューイング機能とスクリーンシェア機能の有効性を示すために、アンケートによる主観評価実験を行った。実験方法は、5 人 1 組でパブリックビューイング機能を使いながらマルチアングルの映像（プロレス映像）を視聴してもらい、3 分程度経過したところでスクリーンシェア機能を利用して画面レイアウトを同期させて計 10 分間視聴してもらった。その後、表 3 に関する評価項目について、肯定的な語句と括弧内に示す対義的な語句との比較で 5 段階で評価してもらう。肯定的な語句に“かなりそう思う”と評価さ

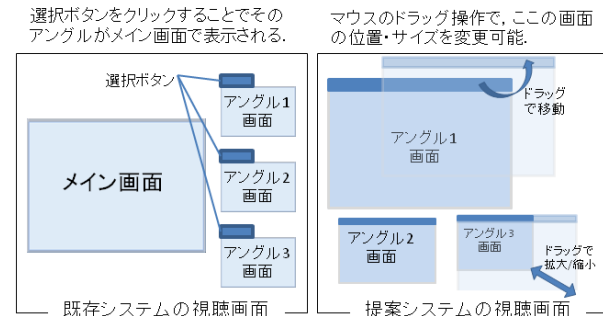


図 6 視聴インターフェイスの比較
Fig. 6 Comparison of watching interface

表 2 視聴インターフェイスの主観評価結果
Table 2 Subjective assessment results of watching interface

評価項目	評価値
(1) 映像に臨場感を感じる	0.296
(2) 映像に迫力を感じる	0.273
(3) 視聴が楽しい	0.295
(4) 視聴内容を把握しやすい	0.159
(5) 映像が見やすい	0.273
(6) 操作が楽しい	0.455
(7) 操作が直感的である	-0.273
(8) 操作が簡単である	-0.455
(9) 思い通りの画面レイアウトを作ることができる	0.773
(10) 積極的に画面レイアウトの操作をしたくなる	0.568
(11) システム全体に好感が持てる	0.250
(12) 今後マルチアングル映像を視聴する上で使ってみたい	0.319
(13) 将来性を感じる（今後の新しいテレビを見た感じがした）	0.477

れた場合を 1，対義的な語句に“かなりそう思う”と評価された場合を -1 として、0.5 刻みの 5 つの数値に対応付け、被験者 20 人の集計結果の平均値を算出した。表 3 に各評価項目とその評価値の平均を示す。

表 3 の結果から、いずれの場合も提案システムに肯定的な要素が多く得られていることがわかる。表 3 の (1) から (6) の結果より、パブリックビューイング機能に臨場感の向上や、視聴体験の盛り上がり、感情の共有といった効果が実証された。また、表 3 の (7) の結果

より、スクリーンシェア機能により視聴者間で仮想的に視聴空間を共有することができ、視聴者間コミュニケーションに効果があることが示された。4.2節の評価結果より提案システムは既存システムと比べ、画面レイアウトの操作がやや煩雑であるという結果が得られたが、表3の(8)の結果より、スクリーンシェア機能を利用することで、画面レイアウト操作の煩雑さを回避することができると推測される。

表3 視聴者間コミュニケーション機能の主観評価結果
Table 3 Subjective assessment results of interactive communication function

評価項目	評価値
(1) 視聴者間のコミュニケーション機能により臨場感が高まった(薄れた)と感じたか?	0.625
(2) 視聴者間のコミュニケーション機能により視聴体験が盛り上がった(下がった)と感じたか?	0.750
(3) 楽しさ・感動などの感情を共有しているという雰囲気を味わうことができた(なかった)か?	0.725
(4) 会話をしながらのストリーミングの視聴は楽しい(つまらない)と感じたか?	0.825
(5) 映像コンテンツに関する快適なコミュニケーションが視聴者間で行えた(問題があった)か?	0.350
(6) 映像コンテンツと視聴者(自分を含む)の2種類の映像について画面配置の操作ができることは面白い(面白くない)と感じたか?	0.825
(7) 視聴者間で画面配置が同期される機能は、視聴コンテンツに関するコミュニケーションを行う上で役立った(邪魔だった)か?	0.500
(8) 視聴者間で画面配置が同期される機能を使用しているときは、画面操作が楽(煩雑)だと感じたか?	0.500

5. おわりに

本稿では、柔軟な視聴画面のカスタマイズや視聴者間のインタラクティブコミュニケーションを可能にする映像配信システムを設計し、実装を行った。具体的には映像画面の柔軟な画面レイアウト調整機能、視聴する個々の映像に対しての映像品質のカスタマイズ機能、視聴者自身の映像や音声の送受信を可能にするパブリックビューイング機能、他の視聴者と自身の画面レイアウトを同期し、視聴体験の共有を可能にするスクリーンシェア機能を設計し、実装を行った。主観評価では、提案システムの視聴インターフェイスが既存システムのものと比較して臨場感や迫力などの視覚的效果と視聴画面のカスタマイズ性が高い評価を得た。また、視聴者間コミュニケーション機能の主観評価では、パブリックビューイング機能を使うことで、臨場感の向上といった効果を実証することができた。スクリーンシェア機能についても視聴者間のコミュニケーションに役立つ点で高い評価を得た。

今後の課題として、さらなる視聴者間のインタラクティブコミュニケーション機能の充実を目指して機能拡張を行うつもりである。

謝辞 本研究を行う上で、貴重な御助言を頂きました、広島市立大学インターネット工学研究室、広島大学教育メディアセンターの各位に感謝致します。また、本システムの評価実験で協力して頂いた広島市立大学の鈴木徹氏、石國裕一氏に感謝致します。本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE-地域 ICT, 082308001)及び、日本学術振興会科学研究費補助金(20700066)の支援を受けて実施している。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) オープンインターフェース株式会社: DOING TV, オープンインターフェース株式会社(オンライン), 入手先 <<http://www.doing.tv>>(参照 2009-05-10).
- 2) 山田真理子, 鈴木敏明: パーソナライズ映像配信システムの試作, 情報処理学会研究報告, Vol.162, pp.531-536(2008).
- 3) 安部光一, 前田香織, 近堂徹, 鈴木徹: 画面レイアウト共有可能な複数映像受信システムの設計, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.2, (掲載予定), (2010).
- 4) Conklin, G., Geenbaum, G., Lillevold, K. and Lippman, A.: Video Coding for Streaming Media Delivery on the Internet, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.11, No3, pp.269-281 (2001).
- 5) 山崎達也, 福永茂, 佐藤範之: トランスコーディングを用いた複数端末へのQoS調整動画配信, 電子通信情報学会論文誌, Vol.85, No.1, pp.50-59 (2002).
- 6) 山崎修一, 孫タオ, 玉井森彦, 安本慶一, 柴田直樹, 伊藤実: 多種多様な端末に対する効率のよいビデオ配信方式, 情報処理学会 研究報告, Vol.33, pp.315-320 (2005).
- 7) 阿久津隆志, 木全英明, 清水淳, 八島由幸, 小林直樹: 低ビットレート様 MPEG-2 リアルタイムソフトウェアトランスコーダ「Trampeg」の開発, 電子情報通信学会論文誌, Vol.84, No.6, pp.1084-1093 (2001).
- 8) 三宅喬, 美甘幸路, 小林和真: Death Valleyの克服に向けた相互接続性確立のための研究開発 -IPv6 マルチキャスト技術の応用-, 情報処理学会誌, Vol.49 No.10, pp.1159-1164 (2008).
- 9) Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R. and Jacobson, V.: RTP:A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 3550 (2003).
- 10) The VideoLAN Project: VLC media player, The VideoLAN Project(オンライン), 入手先 <<http://www.videolan.org>>(参照 2009-05-10).
- 11) FFMPEG: FFmpeg, FFmpeg(オンライン), 入手先 <<http://ffmpeg.org/>>(参照 2009-08-13).
- 12) ソネットエンタテインメント株式会社: So-net PRODUCE ブロードバンドシアター Vol.1, ソネットエンタテインメント株式会社(オンライン), 入手先 <<http://www.sonet.ne.jp/bbtheater/rooftop/samplemovie.html>>(参照 2010-01-21).