

# トラフィック削減を目的とした複数ユーザ向け 3次元マルチビュービデオ伝送

加地 純平<sup>1</sup> 藤橋 卓也<sup>†1</sup> 遠藤 慶一<sup>1</sup> 小林 真也<sup>1</sup>

**概要：**多数のカメラで異なる位置から同時に被写体を撮影する3次元マルチビュービデオは、臨場感あふれる映像をユーザに提供する。3次元マルチビュービデオ伝送は、6 Degrees of Freedom Virtual Reality (6-DoF VR) に代表される、自由な視点からの映像視聴を可能にする。一方、多数のカメラ映像を配信する3次元マルチビュービデオ伝送では、全てのカメラ映像を送信するため、多大な伝送トラフィックが発生する。そこで、ユーザの要求に応じてカメラ映像を限定的に送信する手法が提案されている。しかしながら、同時視聴ユーザ間で要求の重なりが生じた場合、伝送トラフィックの増大が生じ、再生停止や映像品質の劣化を招く恐れがある。本研究では、複数ユーザへの同時配信を想定した3次元マルチビュービデオ伝送におけるトラフィック増加を抑制するマルチビュービデオ伝送手法を提案する。提案手法では、複数ユーザから受信するフィードバック情報を元にして、全カメラ映像を複数ユーザが必要とするカメラ映像、単一ユーザが必要とするカメラ映像、どのユーザも必要としないカメラ映像に分類する。その後、サーバは複数ユーザ間が必要とするカメラ映像をマルチキャストで複数ユーザに伝送し、単一ユーザが必要とするカメラ映像をユニキャストで各ユーザに伝送することで、ユーザ間で発生するカメラ映像の冗長伝送を抑制する。性能評価から、同時視聴ユーザ数が増加とともに、提案手法は既存手法と比較してトラフィックの増大を抑制できることがわかった。また、受信映像品質の向上とともに、提案手法によるトラフィック削減効果が高くなることを明らかにした。

## 3D Multi-view Video Transmission with Multiple Users for the Purpose of Traffic Reduction

Jumpei Kaji<sup>1</sup> Takuya Fujihashi<sup>†1</sup> Keiichi Endo<sup>1</sup> Shinya Kobayashi<sup>1</sup>

### 1. 背景

近年、3次元映像、自由視点映像、多視点動画（マルチビュービデオ）などの次世代の映像技術を支える要素技術として、3次元マルチビュービデオが注目されている。3次元マルチビュービデオはある被写体を囲むように配置した複数のカメラで撮影することで、ユーザがカメラ映像を3次元空間上で自由に切り替えられる映像コンテンツである。3次元マルチビュービデオの利活用は、3次元に配置された複数のカメラから仮想空間を作り、ユーザは各カメ

ラを切り替えることで仮想空間を移動するような映像視聴を可能にする。3次元マルチビュービデオの一例を図1に示す。サッカーの試合において、フィールドを囲むように12台のカメラを配置し、サーバからネットワークを介して、ユーザに12台のカメラ映像を配信する。このとき、各ユーザは受信したカメラ映像から任意のカメラ映像を選択できる。通常、3次元マルチビュービデオでは、ユーザがカメラ映像を自由に切り替えられるようにするため、サーバが全てのカメラ映像をユーザに送信する。このとき、カメラ数が多いほど多大な伝送トラフィックが発生してしまうため、再生停止や映像品質の劣化を招く恐れがある。

通常、3次元マルチビュービデオを伝送する場合、ユーザが視聴するカメラ映像を自由に切り替えられるようにするため、全てのカメラ映像を送信する方法がとられる。こ

<sup>1</sup> 愛媛大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

<sup>†1</sup> 現在、大阪大学大学院情報科学研究科

Presently with Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

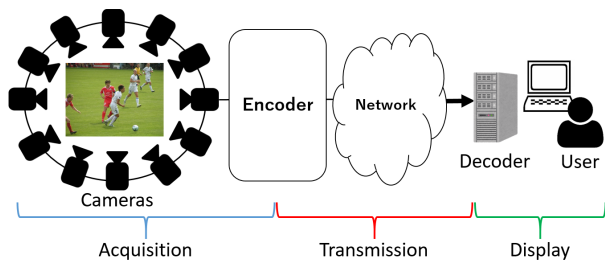


図 1: 3次元マルチビュービデオの構成

のとき、従来のシングルビュービデオと比較して配信に要するトラフィックが非常に大きくなるため、再生停止や映像品質の劣化を招く恐れがある。

配信に要するトラフィックを削減するために、ユーザからのフィードバック情報を利用した伝送手法に関する研究が進められている。具体的には、ユーザの要求に応じてカメラ映像を限定的に送信する手法が提案されている。しかしながら、複数のユーザが同時に同じ3次元マルチビュービデオコンテンツを視聴するとき、同時視聴ユーザ間でカメラ要求の重なりが生じた場合、ユーザ間でカメラ映像の冗長伝送が発生することによって伝送トラフィックの増大が生じるため、同時視聴ユーザ数の増加とともに再生停止や映像品質の劣化を招く恐れがある。

本研究では、複数ユーザによる同時視聴を想定した3次元マルチビュービデオにおいて再生停止や映像品質の劣化を防ぐために、伝送トラフィックの増加を抑制する伝送手法を提案する。提案手法では、同コンテンツを視聴する各ユーザがサーバに対してフィードバック情報を送信する。複数ユーザからフィードバック情報を受信したサーバは、全カメラ映像を複数ユーザが必要とするカメラ映像、単一ユーザが必要とするカメラ映像、どのユーザも必要としないカメラ映像に分類する。ここで、複数ユーザが必要とするカメラ映像および単一ユーザが必要とするカメラ映像を別々にエンコードする。エンコード後、サーバは複数ユーザ間が必要とするカメラ映像をマルチキャストで複数ユーザに伝送し、単一ユーザが必要とするカメラ映像をユニキャストで各ユーザに伝送することで、ユーザ間で発生するカメラ映像の冗長伝送を抑制する。

性能評価から、同時視聴ユーザ数が増加するにしたがって、提案手法はトラフィックの増大を抑制できることがわかった。また、受信映像品質が高くなるにしたがって、提案手法によるトラフィック削減効果が高くなることを明らかにした。

## 2. 関連研究

本研究は、ユーザの視聴傾向を考慮したマルチビュービデオ伝送に関する既存研究、複数ユーザの視聴傾向を考慮したマルチビュービデオ伝送に関する既存研究、ユーザの視聴傾向を考慮した3次元マルチビュービデオ伝送に関する

既存研究と関連する。

### 2.1 ユーザの視聴傾向を考慮したマルチビュービデオ伝送

ユーザの視聴傾向を考慮したマルチビュービデオ伝送として、User Dependent Scheme for Multi-view Video Transmission (UDMVT) [1] や Interactive Multi-view Video Streaming (IMVS) [2], [3], [4], [5], Switching-Based Scheduling (SBS) [6] が提案されている。UDMVTは、マルチビュービデオをリアルタイム伝送するための伝送手法である。リアルタイムにマルチビュービデオを伝送するためには、伝送に要するトラフィックを削減する必要がある。そこでUDMVTでは、周期的にユーザがフィードバックするユーザの視点情報や視点切り替え頻度を元にして、サーバがユーザに伝送する必要があるカメラ映像を予測する。その後、ユーザにとって必要だと予測したカメラ映像のみをエンコード・伝送することによって伝送に要するトラフィックの削減を実現している。

IMVS および SBS は、蓄積型配信を対象としたマルチビュービデオ伝送手法である。IMVSでは各カメラに対する切り替え確率と新たな符号化構造であるマージフレームを利用することで、蓄積型マルチビュービデオ配信における符号化効率の向上を目指している。SBSは、視聴中のカメラ映像だけでなく、ユーザが視聴する可能性が高い近隣カメラ映像も事前にダウンロードしておくことで、スムーズなカメラ切り替えを可能にすると同時に、冗長な映像伝送によるトラフィック増加を抑制している。

本研究では、3次元マルチビュービデオのリアルタイム伝送におけるトラフィック削減を目的とする。具体的には、各ユーザからフィードバック情報を受信したサーバが、各ユーザからのフィードバック情報を元にして、3次元空間上に配置されたカメラ映像のうち、どのカメラ映像を各ユーザが必要とするか予測する。このとき、3次元空間上のあるカメラを必要としたユーザが複数いる場合には、必要とするユーザに対してマルチキャストでカメラ映像を伝送する。一方で、3次元空間上のあるカメラを単一ユーザが必要とする場合には、そのユーザに対してカメラ映像をユニキャスト伝送する。

### 2.2 複数ユーザの視聴傾向を考慮したマルチビュービデオ伝送

複数ユーザの視聴傾向を考慮したマルチビュービデオ伝送として、User dependent Multi-view video Streaming for Multi-users (UMSM) [9], MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (MPEG-DASH) for Multi-view Video [7], MASH [8] が提案されている。UMSMは、マルチビュービデオをリアルタイムで複数ユーザに配信するとき、伝送トラフィックを削減するために提案された技術である。UMSMでは、各ユーザからフィードバック情報を受信すると、すべての

カメラ映像のうち、複数ユーザが必要とする共通フレームの範囲および各ユーザが独自に必要なカメラ映像を求める。その後、ユーザが独自に必要なフレームをユニキャスト、共通フレームをマルチキャストで送信する。

MPEG-DASH for Multi-view Video は、広く動画配信サービスで用いられている MPEG-DASH を用いて多視点映像を配信する技術である。MPEG-DASH とは、HTTP を使用した動画配信技術であり、ネットワーク帯域に応じて動的に配信するコンテンツの品質を切り替える。MPEG-DASH for Multi-view Video では、サーバが事前に全カメラ映像を複数枚のビデオフレームごとに異なる品質でエンコードして保持する。このとき、品質の異なるビデオフレームのまとまりをセグメントと呼ぶ。各ユーザは、視聴を開始するとき、全カメラの全セグメント情報を記述した Media Presentation Description (MPD) ファイルを受信する。その後、ユーザは自身が所望するカメラ映像を高品質のセグメント、所望しないカメラ映像を低品質のセグメントでダウンロードする。MASH は、これまでのユーザの視聴傾向と現在のユーザの視聴傾向を元にしてカメラ映像品質を制御して伝送する手法である。IMVS のように、これまでのユーザの視聴傾向に応じてカメラ映像を配信する手法では、ユーザの視聴傾向はある程度視聴が進んだ状態であれば推定が困難であった。そこで MASH では、あるコンテンツをこれまでに視聴したユーザの視聴傾向と現在視聴しているユーザの視聴傾向の双方を利用して、各カメラ映像の重要度を決定する。このとき、重要度に応じてカメラ映像の品質を制御してダウンロードすることで、各ユーザに適した品質のマルチビュービデオを提供できる。

本研究は UMSM と同様に、マルチビュービデオをリアルタイムで複数ユーザに配信する際に生じるトラフィックを抑制することを目的とする。3次元マルチビュービデオ伝送における複数ユーザ間でのトラフィック増加を抑制するために、提案手法では3次元空間における各ユーザの視聴位置およびカメラ切り替え速度に基づいて、3次元空間上に配置されたカメラのうち、各ユーザが必要とするカメラ映像を決定する。このとき、複数ユーザが必要とするカメラ映像と単一ユーザが必要とするカメラ映像に分類してマルチキャスト・ユニキャストを用いて伝送することで、ユーザ間で生じるカメラ映像の冗長伝送を抑制して、ユーザ数の増加によるトラフィック増加を抑制する。

### 2.3 ユーザの視聴傾向を考慮した3次元マルチビュービデオ伝送

3次元マルチビュービデオ伝送におけるトラフィック削減を達成するために、ユーザの視聴傾向を考慮した伝送手法として Navigation ball [10] が提案されている。Navigation ball では、あるユーザがあるカメラ映像を要求した場合、サーバが要求カメラを中心とする球体（以下、Navigation

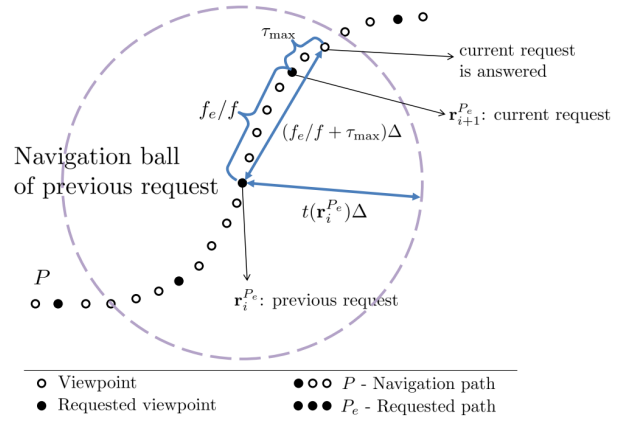


図 2: Navigation ball の一例

ball) を作り、その球内にあるカメラ群のみをユーザに送信する。Navigation ball は式 (1) のとおり定義する。ここで、 $r$  がユーザの要求カメラ、 $N_B(r)$  と  $r'$  が Navigation ball 内にあるカメラ群、 $\mathcal{N}$  が配置した全てのカメラ群、 $d(r', r)$  が  $r'$  と  $r$  の距離 [cm]、 $t(r)$  が許容可能遅延 [s]、 $\Delta$  が Navigation ball 内のユーザの最大カメラ切り替え速度 [cm/s]、 $t(r)\Delta$  が Navigation ball の半径 [cm]、 $t(r)$  が許容できる遅延時間 [s] を表す。 $t(r)$  は式 (2) のとおり定義する。ここで、 $f$  がカメラのフレームレート [fps]、 $f_e$  がユーザがサーバに要求するフレーム数、 $f_e/f$  がユーザが要求する時間間隔 [s]、 $\tau_{max}$  がシステム伝送遅延 [s] を表す。

$$N_B(r) = \{r' \in \mathcal{N} | d(r', r) \leq t(r)\Delta\} \quad (1)$$

$$t(r) \geq f_e/f + \tau_{max} \quad (2)$$

Navigation ball の一例を図 2 に示す [10]。図 2 では、ユーザはあるカメラ群の並びである経路  $P$  に沿って視点を切り替えるものとし、カメラ  $r_i^{P_e}$  を視聴しているものとする。ユーザが要求する時間間隔は  $f_e/f$  で、この間隔に沿って要求するカメラ群の並びを経路  $P_e$  とする。ユーザがカメラ  $r_{i+1}^{P_e}$  を要求したとき、システム伝送遅延である  $\tau_{max}$  を付加した  $f_e/f + \tau_{max}$  が Navigation ball の伝送に要する遅延となる。遅延に対してユーザの最大カメラ切り替え速度である  $\Delta$  を乗算したものが Navigation ball の半径となる。

本研究では、複数ユーザが同時に同じ 3次元マルチビュービデオコンテンツを視聴する環境に焦点を当てる。複数ユーザ環境が同時に同じ 3次元マルチビュービデオを視聴する場合において、Navigation ball を使用してカメラ映像を伝送する場合、ユーザの人数分だけ Navigation ball を作成する。このとき、各 Navigation ball に含まれるカメラ映像は各ユーザにユニキャスト伝送するため、ユーザ間で要求カメラ映像に重なりが生じている場合、冗長伝送による伝送トラフィックの増大が生じる。冗長伝送によるトラフィック増大を抑制する方法として、3次元マルチビュービデオに含まれるすべてのカメラ映像を全ユーザにブロードキャ

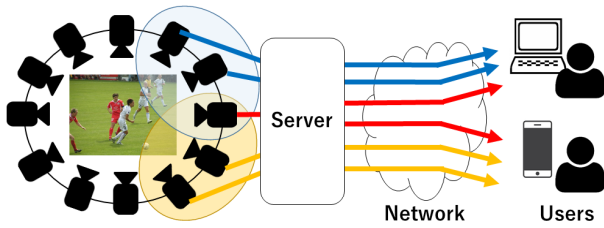


図 3: ユニキャストを用いて Navigation ball を配信

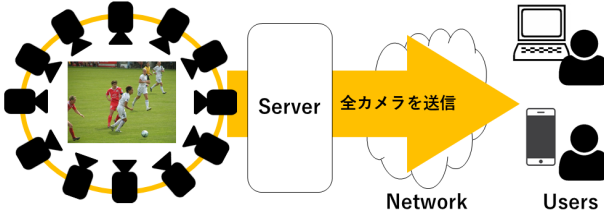


図 4: ブロードキャストを用いてカメラ映像を配信

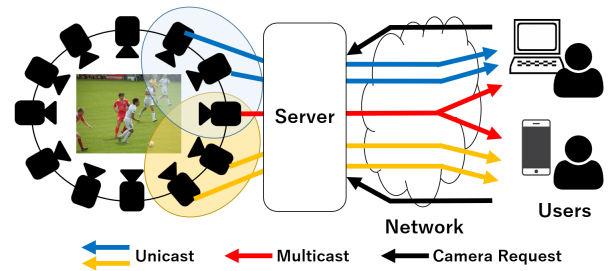


図 5: 提案手法の概要

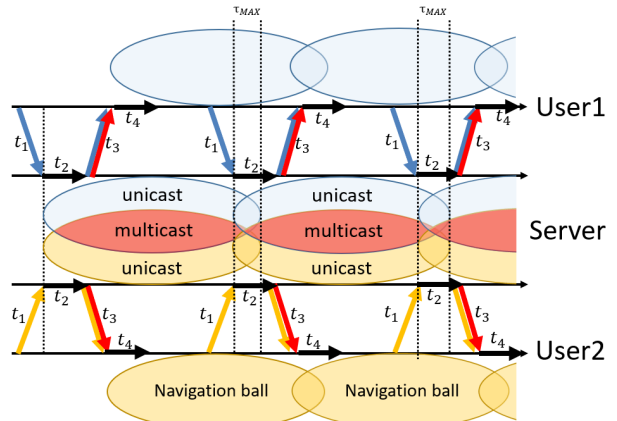


図 6: 提案手法のタイムシーケンスチャート

スト送信する方法がある。このとき、3次元マルチビュービデオに含まれるカメラ台数が増えるにしたがってトラフィックが増大する。

図 3 に、ユニキャストを用いて複数ユーザに Navigation ball を配信する場合、図 4 にブロードキャストを用いて複数ユーザに Navigation ball を配信する場合を示す。このとき、図 3 において、ユーザ間で Navigation ball に重なりが生じて冗長伝送となった伝送を赤線で示す。赤線が増えるにしたがって、伝送トラフィックの増大が生じる。図 4 において、全カメラ群映像をユーザに送信するため、カメラ台数に比例して伝送トラフィックの増大が生じる。

提案手法では、複数ユーザ環境における 3次元マルチビュービデオ伝送によるトラフィック増加を抑制するために、複数ユーザ間で生じるカメラ要求の重なりに対処した伝送方法を設計する。評価結果から、多数ユーザが同時に同コンテンツを視聴する場合において、既存研究と比較して提案手法は低トラフィック・高映像品質を達成できることを明らかにした。

### 3. 提案手法

本研究では、複数ユーザを想定した 3次元マルチビュービデオにおいて、伝送トラフィックの増加を抑制するために、ユニキャストとマルチキャストを組み合わせたマルチビュービデオ伝送手法を提案する。

図 5 に提案手法の概要を示す。提案手法では複数ユーザ間で要求の重なりが生じたカメラをマルチキャストを用いて複数ユーザに伝送する。一方で、単一ユーザから要求されたカメラはユニキャストを用いて各ユーザに送信する。なお、各ユーザはサーバに周期的にカメラ要求を送信する。

図 6 に提案手法のタイムシーケンスチャートを示す。各ユーザは一定間隔でサーバにカメラ映像を要求する。複数ユーザ間で要求の重なりが生じたカメラをマルチキャスト、単一ユーザからの要求があるカメラはユニキャストを用い

てユーザに送信することを示す。  $t_1$  がユーザからサーバに対するカメラ要求に要する遅延、  $t_2$  がカメラ要求を元にしたサーバでのカメラ映像のエンコードに要する遅延、  $t_3$  がサーバからユーザへのカメラ映像の伝送に要する遅延、  $t_4$  がユーザ端末上でのカメラ映像のデコードに要する遅延を示す。

また、ユーザは 3次元空間上に配置した複数のカメラのうち、隣接するカメラを辿って視点を徐々に移動していくものとする。なお、ユーザがサーバに対してカメラ要求を送信する間隔は一定とする。ユーザがサーバに送信するカメラ要求には、現在のカメラ位置とカメラ切り替え速度  $\Delta$  が含まれる。3次元空間上でのカメラ位置およびカメラ切り替え速度  $\Delta$  は浮動小数で表されるため、1カメラ要求あたり 32byte が必要となるものとする。サーバは各ユーザからのカメラ要求に含まれるカメラ位置およびカメラ切り替え速度を参照して各ユーザの Navigation ball を作成する。

#### 3.1 ユーザ間の要求の重なり

ユーザ間における要求の重なりは、各ユーザの Navigation ball から取得する。具体的には、ユーザ  $u$  の Navigation ball  $N_B^u(r)$  を元にしてカメラ  $i$  を要求するユーザ集合  $C_i$  を式 (3) のとおり算出する。

$$C_i = \{u | i \in N_B^u(r), \forall u \in U, \forall i \in C\} \quad (3)$$

ここで、  $U$  がユーザ集合、  $C$  がカメラ集合を表す。このとき  $|C_i| > 1$  なら、カメラ  $i$  をマルチキャストを用いて送信



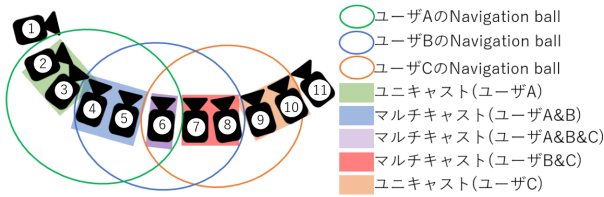


図 7: ユーザが 3 人の際の Navigation ball

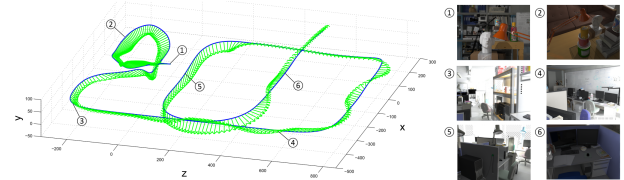


図 9: New Tsukuba Dataset のカメラ配置

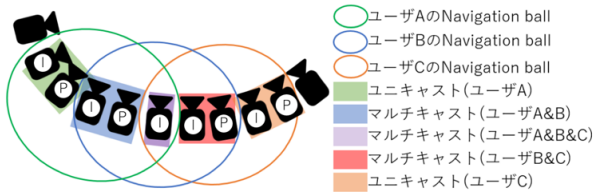


図 8: ユーザが 3 人の際のエンコード構造

表 1: Navigation ball の定義式におけるパラメータ

解像度	640×480
カメラ台数	1800 台
ユーザが取得するフレーム数 $f_e$	90
カメラのフレームレート $f$	30[fps]
システム伝送遅延 $\tau_{\max}$	1[s]
ユーザの最大カメラ切り替え速度 $\Delta$	5[cm/s]

する。  $|C_i| = 1$  なら、カメラ  $i$  をユニキャストを用いて送信する。  $|C_i| = 0$  なら、カメラ  $i$  は送信しないものとする。

ユーザ間における要求の重なりの一例を図 7 に示す。図 7 では、ユーザ数が 3 人であり、カメラ 6 を要求するユーザは  $C_i = \{1, 2, 3\}$  となり、3 人のユーザがカメラ 6 を要求しているため、  $|C_i| > 1$  よりマルチキャストを用いて送信することが求められる。

### 3.2 予測構造

全ユーザにまたがった Navigation ball 内のカメラ群を、ユニキャストするグループ、マルチキャストするグループに分ける。各グループでは、I フレームと P フレームを使用してカメラ映像をエンコードする。I フレームとは、P フレームを作成するために必要な情報を持つフレームで、P フレームは他のフレームとの差分情報から構成されるフレームである。本研究では、グループ内の任意のカメラ 1 台を I フレーム、その他のカメラを P フレームとしてエンコードする。

ユーザ数が 3 人のセグメントの一例を図 8 に示す。図 8 では、5 つのグループがあり、各グループにて任意のカメラ 1 台を I フレームとしてエンコードする。グループ内に他のカメラがあれば、P フレームとする。

## 4. 性能評価

### 4.1 評価環境

提案方式の有効性を確認するために、ある 3 次元空間に配置された 1800 台のカメラ群の座標データ、各カメラの画像データを持つ New Tsukuba Dataset[11], [12] を使用して、ユーザ数に対するデータサイズ、  $\tau_{\max}$  値を変更した際のデータサイズ、量子化パラメータ (QP) を変更した際のデータサイズ、ネットワーク帯域に対する映像品質を評価した。提案方式の性能を比較するために、既存方式としてユニキャストのみを用いてカメラ映像を伝送する方式、ブ

ロードキャストのみを用いてカメラ映像を伝送する方式の 2 種類と比較した。

図 9 に New Tsukuba Dataset において、配置されたカメラの 3 次元図と任意のカメラ 6 台の画像を示す。図 9 において、青線が配置されたカメラ、緑の矢印が各カメラの向きを示す。

表 1 に Navigation ball の定義式におけるパラメータを示す。解像度は 640×480 画素であり、ユーザは 90 フレームごとにカメラ要求をするものとした。なお、各ユーザが最初に要求するカメラ番号は 1 から 1800 までの一様分布で決定する。各ユーザが要求するカメラ番号以外のパラメータは全て同一とする。

### 4.2 データサイズ

提案手法および既存手法におけるユーザ数に対するトラフィックを議論するため、ユーザが 1 人から 300 人のときにおける各ユーザの Navigation ball に含まれるカメラ映像のデータサイズを評価した。各カメラでの画像の I フレームと P フレームのデータサイズは、映像符号化における量子化を制御するための係数である Quantization parameter(QP) を 25 に設定して事前に算出する。具体的には、1800 台のカメラ内の 1 台目のカメラを I フレームとし、2 台目のカメラは 1 台目、3 台目のカメラは 2 台目のカメラを元に P フレームのデータサイズを算出する。

図 10 に各手法におけるユーザ数に対するデータサイズを示す。ユニキャストを用いた手法ではユーザ数に比例してデータサイズが大きくなる。ブロードキャストは一度に全カメラ映像を送信するため、ユーザ数にかかわらず一定のデータサイズになる。提案手法はユーザ数が増加するにしたがってブロードキャストの値に近似する一方、ユニキャストとのデータサイズ差は大きくなる。

次に、許容遅延である  $\tau_{\max}$  値に対するデータサイズを計測する。このとき、  $\tau_{\max}$  が 20 から 30 の場合における、各

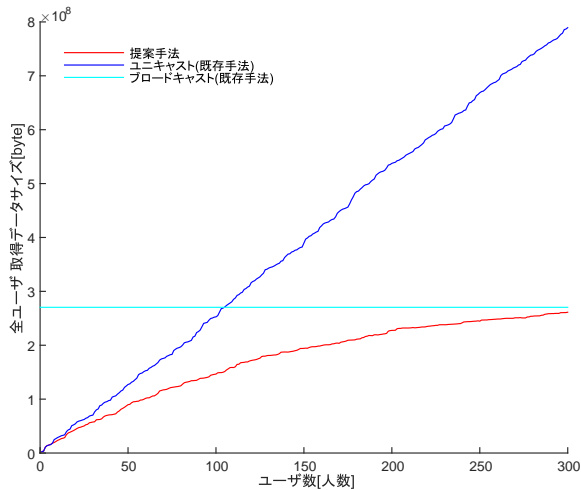


図 10: 同時視聴ユーザ数に対する既存手法と提案手法のデータサイズ

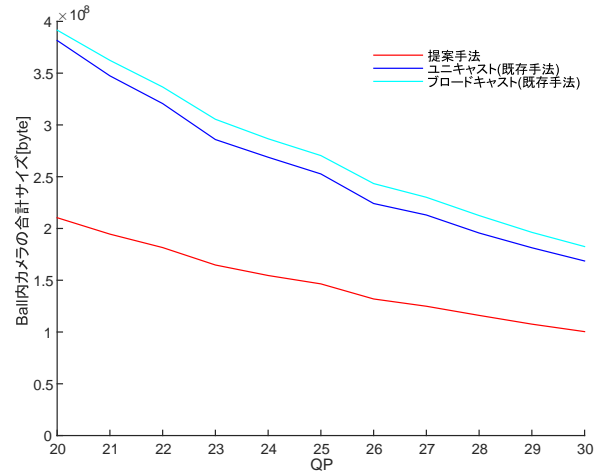


図 12: QP 値を変化した際のデータサイズ

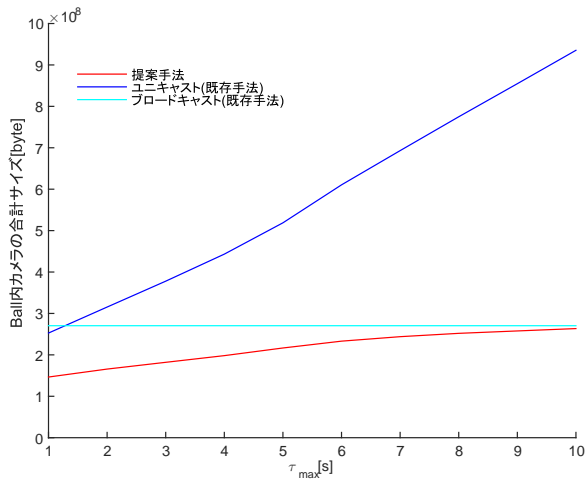


図 11:  $\tau_{\max}$  値を変更した際のデータサイズ

ユーザの Navigation ball に含まれるカメラ映像のデータサイズを取得した。図 11 に  $\tau_{\max}$  に対する各手法のデータサイズを示す。ユニキャストでは  $\tau_{\max}$  に比例してデータサイズが大きくなる。ブロードキャストはすべてのカメラ映像を送信するため、一定のデータサイズになる。提案手法は  $\tau_{\max}$  が増加するにしたがってブロードキャストの値に近似する。また、 $\tau_{\max}$  が増えるほど提案手法とユニキャストのデータサイズ差は大きくなる。

最後に、受信映像品質に対する提案手法および既存手法のトラヒック削減効果を議論するため、QP 値に対するデータサイズを評価した。具体的には、QP 値を 1 から 10 に変化した場合の各ユーザの Navigation ball に含まれるカメラ映像のデータサイズを取得した。図 12 に QP 値に対する各手法のデータサイズを示す。全ての手法において QP 値が増えるほどデータサイズが小さくなる。提案手法は既存手法に比べて、QP 値が小さいほどデータサイズ差が大き

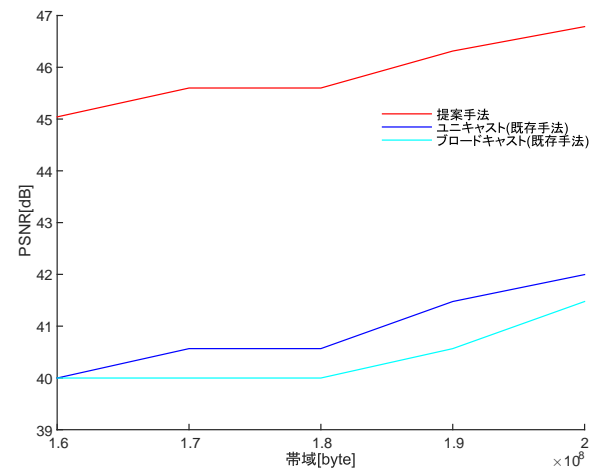


図 13: ネットワーク帯域に対する映像品質

なることが分かる。すなわち、映像品質が良くなるほど、提案手法が有効であるといえる。既存手法では提案手法より伝送するカメラ数が多いため、QP 値が大きくなるほど送信すべき各カメラのデータサイズが大きくなることから、提案手法と既存手法のデータサイズ差が大きくなると言える。

### 4.3 映像品質

本節では、提案手法による受信映像品質改善効果を議論するために、ユーザが 100 人の場合におけるネットワーク帯域に対する受信映像品質を評価した。映像品質を評価する指標として Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR) を利用した。図 13 に、ネットワーク帯域に対する各手法が達成する受信映像品質を示す。評価結果より、ネットワーク帯域に関わらず、提案手法は既存手法より高い映像品質が達成できることがわかった。すなわち、既存手法より提案手法が限られたネットワーク帯域の上で、高映像品質を実現できるといえる。

## 5. 結論

本稿では、複数ユーザでの3次元マルチビュービデオにおける、伝送トラヒックの増加を抑制する、マルチビュービデオ伝送手法を提案した。提案手法では、トラヒックの削減と高映像品質の実現のため、ユニキャストとマルチキャストを組み合わせた。また、同時視聴ユーザ間における要求の重なりが生じた場合に映像配信を行うために、セグメント化について提案した。性能評価から、提案手法は既存手法よりデータサイズが小さくなることから、有効であることを示した。また、伝送する映像品質が良くなるほど、提案手法が既存手法よりユーザへの伝送トラヒックが小さくなり、いかなるネットワーク帯域においても、既存手法より提案手法が高映像品質を実現できることを示した。

今後の課題として、映像品質および遅延制約に対する提案手法ならびに既存手法の有効性、マルチキャストの上限に関する提案手法の実現性について議論する。

## 参考文献

- [1] Z. Pan, Y. Ikuta, M. Bandai, and T. Watanabe, "User dependent scheme for multi-view video transmission," in Proc. of IEEE ICC, pp. 15, 2011.
- [2] L. Toni, G. Cheung, and P. Frossard, "In-Network View Synthesis for Interactive Multiview Video Systems," Special Issue on "Cloud-based Video Processing and Content Sharing" in IEEE Trans. Multimedia, 2016.
- [3] D. Ren, S. H. Gary Chan, G. Cheung, and P. Frossard, "Coding Structure and Replication Optimization for Interactive Multiview Video Streaming," IEEE Trans. Multimedia, vol. 16, no. 7, pp. 18741887, 2014.
- [4] G. Cheung, A. Ortega, and N. M. Cheung, "Interactive streaming of stored multiview video using redundant frame structures," IEEE Trans. Image Processing, vol. 20, no. 3, pp. 744761, 2011.
- [5] Z. Liu, G. Cheung, and Y. Ji, "Unified distributed source coding frames for interactive multiview video streaming," in Proc. of IEEE ICC, pp. 20482053, 2012.
- [6] 木藤嵩人, 大友伊織, 藤橋卓也, 廣田悠介, 渡辺尚, "プロダクトレッシュダウンロード環境におけるマルチビュービデオ配信のためのセグメントスケジューリング手法," 分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, vol. 2016, pp. 1009-1015, 2016.
- [7] D. Yun, K. Chung, "DASH-based Multi-View Video Streaming System," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2018.
- [8] K. Diab, M. Hefeeda, "MASH: A Rate Adaptation Algorithm for Multiview Video Streaming over HTTP," IEEE INFOCOM, 2017.
- [9] 藤橋卓也, 潘子圓, 渡辺尚, "複数ユーザに対応したマルチビュービデオのトラフィック削減の基礎方式について," 全国大会講演論文集 2012(1), pp.281-283, 2012
- [10] Rui Ma, Thomas Maugey, Pascal Frossard, "Optimized Data Representation for Interactive Multiview Navigation," IEEE Transactions on Multimedia, Vol.20, No.7, pp.1595-1609, 2018.
- [11] M. Peris, S. Martull, A. Maki, Y. Ohkawa, and K. Fukui, "Towards a simulation driven stereo vision system," in Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition (ICPR), pp.1038-1042, 2012.
- [12] S. Martull, M. Peris, and K. Fukui, "Realistic cg stereo image dataset with ground truth disparity maps," in International Conference on Pattern Recognition (ICPR) workshop TrakMark2012, vol. 111, no. 430, pp.117-118, 2012.
- [13] M. Jridi, A. Alfalou, and P.K. Meher, "Optimized architecture using a novel subexpression elimination on loeffler algorithm for dct-based image compression," VLSI Des., vol.2012, pp.112, Jan. 2012.