

## 没入型コンテンツの放送型配信における 再生途切れ時間短縮のためのスケジューリング手法

後藤 佑介<sup>†1</sup> 義久 智樹<sup>†2</sup>  
谷口 秀夫<sup>†1</sup> 金澤 正憲<sup>†3</sup>

3D 放送に代表される近年のコンテンツの高臨場化に伴い、没入型ディスプレイを用いた立体型コンテンツの放送型配信に対する注目が高まっている。視聴者は立体的なコンテンツを楽しめるが、視界の一部にしか映像が表示されず、視点が固定されているため、臨場感に乏しい。そこで本研究では、没入型コンテンツの放送型配信に着目する。没入型コンテンツの放送型配信では、クライアントがデータを途切れなく再生できることが重要になる。没入型コンテンツを放送型で配信する場合、没入型コンテンツのデータサイズは非常に大きくなるため、クライアントがデータ再生中に発生する途切れ時間が非現実的な長さになり、問題である。そこで、本論文では、没入型コンテンツの放送型配信において、再生中の途切れ時間を短縮するスケジューリング手法を提案する。提案手法では、没入型コンテンツを連続的に変化するデータと変化しないデータに分け、効率的にスケジューリングして放送することで、データ再生中に発生する途切れ時間を短縮する。

### A Scheduling Method for Interruption Time Reduction on Immersive Contents Broadcasting

YUSUKE GOTOH,<sup>†1</sup> TOMOKI YOSHIHISA,<sup>†2</sup>  
HIDEO TANIGUCHI<sup>†1</sup> and MASANORI KANAZAWA<sup>†3</sup>

Due to the recent popularization of 3-D broadcasting, solid broadcasting using an immersive display has been attracted great attention. Although users can enjoy solid contents, since they watch the image in only the partial region and the aspect is fixed, realistic sensation is low. In immersive contents broadcasting, clients can play data without interruption. When the server delivers immersive contents in broadcasting, since the data size of each content is tremendous, interruption time in playing it becomes unrealistic. In this paper, we propose a scheduling method to reduce the interruption time on immersive contents broadcasting. In our proposed method, by dividing the immersive content into continuous media data and discontinuous media data and scheduling

them effectively, the interruption time is reduced.

#### 1. はじめに

近年、3D 放送と呼ばれる立体型コンテンツの放送型配信が普及している。視聴者は立体的なコンテンツを楽しめるが、視界の一部にしか映像が表示されず、視点が固定されているため、臨場感に乏しい。そこで本研究では、没入型コンテンツの放送型配信に着目する。没入型コンテンツは、以下の特徴をもつ臨場感の高いコンテンツである。

- 特徴 1: 視界全体に映像が表示されるため、視聴者は映像の空間に没入してコンテンツを楽しむことができる。例えば、ドラマのワンシーンで、まるで自分自身が登場人物の一人となって、目の前でストーリーが進行していくような臨場感を得ることができる。
- 特徴 2: 視聴者の体の向きや位置を把握することで、視聴者が首を振ったり移動して任意の視点の映像を楽しむことができる。例えば、通販番組で商品を任意の視点から確認できる。

没入型コンテンツの視聴には没入型ディスプレイが必要になるが、頭部に装着して使用する没入型ディスプレイは開発されており、家庭で没入型コンテンツを楽しむことは可能である<sup>1)</sup>。同様に、立体視用眼鏡を装着して視聴する 3D 放送が普及<sup>2)</sup>しており、次世代 3D 放送において、没入型コンテンツの放送型配信は現実的になっている。

一方、没入型コンテンツの放送型配信では、クライアントがデータを途切れなく再生できることが重要になる。放送型配信で没入型コンテンツを配信する場合、没入型コンテンツのデータサイズは非常に大きくなる。このため、従来の放送型配信では、クライアントがデータ再生中に発生する途切れ時間（以下、再生途切れ時間）は非現実的な長さになる。筆者らはこれまで、音声や映像といった一続きの連続メディアデータの放送型配信において、データを幾つかの部分に分割して複数のチャンネルで放送することで待ち時間を短縮するスケジューリングを提案してきた。しかし、没入型コンテンツの放送型配信における放送スケジューリングについては検討していなかった。

<sup>†1</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

<sup>†2</sup> 大阪大学サイバーメディアセンター

Cybermedia Center, Osaka University

<sup>†3</sup> 京都情報大学院大学

The Kyoto College of Graduate Studies for Informatics

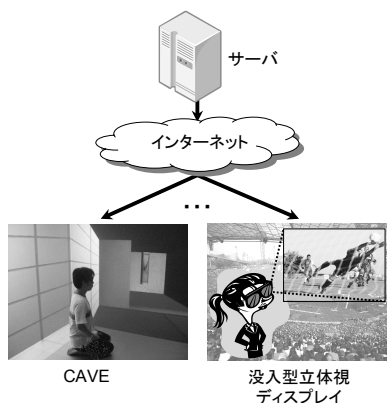


図 1 没入型コンテンツの放送型配信の構成  
Fig. 1 Assuming structure of immersive broadcasting

そこで、本論文では、没入型コンテンツの放送型配信において再生途切れ時間を短縮するスケジューリング手法を提案する。提案手法では、没入型コンテンツを連続的に変化するデータと変化しないデータに分け、各データを効率的にスケジューリングして放送することで、データ再生中に発生する途切れ時間を短縮する。連続的に変化する大容量のデータの放送帯域をできるだけ大きく確保することで、より繊細で高密度な 3D 映像を途切れなくユーザに提供できる。

本論文は、以下のように構成される。2 章で没入型コンテンツについて説明し、3 章で関連研究について説明する。4 章では提案手法を説明し、5 章で評価を行う。最後に 6 章で本論文をまとめる。

## 2. 没入型コンテンツ

### 2.1 概要

本論文で想定する没入型コンテンツの放送型配信の構成図を図 1 に示す。サーバはインターネットを経由して没入型コンテンツのデータをクライアントに配信する。配信されたデータは、CAVE や没入型立体視ディスプレイに代表される没入型ディスプレイに表示され、クライアントは没入型ディスプレイの 3D 映像を視聴する。

### 2.2 使用するデータ

没入型コンテンツでは、ユーザは没入型ディスプレイを用いて 3D 映像を視聴する。本研

究では、没入型コンテンツのデータを連続変化データと非連続変化データの 2 つに分ける。各データの詳細を以下に述べる。

- 連続変化データ  
連続変化データとは、人物や移動物体のように連続的に変化する物体のデータである。連続的に変化するため、データサイズは非常に大きくなる。このため、できる限り広い帯域幅を用いて配信する必要がある。
- 非連続変化データ  
非連続変化データとは、建物や自然物のように連続的に変化する背景となるデータである。同じ非連続変化データを利用できる場面をシーンと呼び、シーンごとに非連続変化データを 1 回配信する。非連続変化データを事前に受信して、連続変化データを受信しながらシーンを再生することで、配信するデータサイズを削減できる。

### 2.3 再生途切れ時間が発生する仕組み

本節では、再生途切れ時間が発生する仕組みについて説明する。放送型配信では、クライアントがデータの受信をサーバに要求してから受信を完了するまでの間に待ち時間が発生する。また、データの再生を開始しても、再生が終了するまでに次のデータの受信を完了できない場合、途切れ時間が発生する。例えば、データを連続変化データと非連続変化データに分割せずに放送する場合のスケジューリングを図 2 に示す。この例では、108 Mbps (2 cm あたり 1 ドットの  $3 m^3$  のフルカラーデータ) の没入型コンテンツを地上波デジタル放送を想定した 5.6 Mbps の放送帯域で配信する場合を考えている。1 秒のデータの配信には  $108 \text{ Mbps} / 5.6 \text{ Mbps} = 19.3$  秒かかるため、1 秒のデータ再生ごとに再生途切れ時間が  $19.3 - 1.0 = 18.3$  秒発生する。このように、従来の放送型配信方式では再生途切れ時間が非常に長くなり、ユーザの視聴意欲は低下する。

そこで、連続変化データと非連続変化データに分けて配信することを考える。非連続変化データは背景となるデータであり、シーンごとに変化する 13.5 M バイトのデータである。単純な放送スケジュールで各シーンの再生開始前に非連続変化データを配信する場合を図 3 に示す。シーンは 5 つ配信し、再生時間はすべて 5 分とする。この例では、背景と物体を重ねるように、クライアントは非連続変化データ (背景) を蓄積し、後で連続変化データ (物体) と重ね合わせて再生する蓄積再生を行うことで、没入型コンテンツを再生する。図 3 に示すように、5.6 Mbps の放送帯域を用いると配信に 19.3 秒かかるため、シーンが変わるごとに 19.3 秒の待ち時間が発生する。連続変化データの配信にはすべての放送帯域を使用できるため、5.6 Mbps の帯域幅で連続変化データを配信できる。没入型コンテンツの再生中に途切れは発生するが、従来方式に比べてユーザの視聴意欲は向上する。本研究では、連続変化データと非連続変化データを効率的にスケジューリングすることで、再生途切

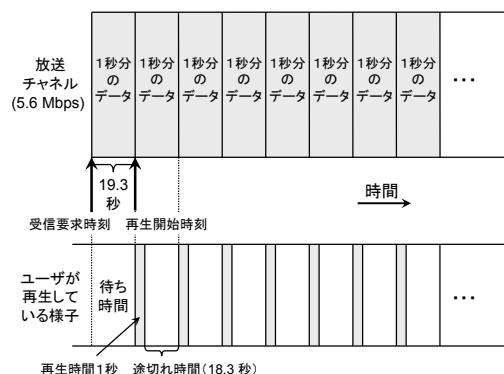


図 2 没入型コンテンツを分けない場合の例

Fig. 2 Example of broadcasting situation without separating immersive contents

れ時間を短縮する。

### 3. 関連研究

没入型コンテンツを用いたサービスはいくつか提案されている。没入型立体視ディスプレイ<sup>1)</sup>は、コンピュータで製作した立体映像と、カメラで取り込んだ実空間を合成して表示する。手で操作する領域内における立体化に適しており、3D 映像を違和感なく視聴できる。没入型 3 次元仮想現実体感システム CAVE (CAVE Automatic Virtual Environment)<sup>3)</sup>は、ユーザの視野をディスプレイで覆い、両眼視差を利用して立体表現された仮想の 3 次元空間を生成する。臨場感や没入感を得ることができ、3 次元映像や視覚的情報などの情報理解にも有効である。しかし、これらのシステムにおいて、データ受信時に発生する再生途切れ時間を短縮する放送スケジューリングはこれまで提案されてこなかった。

次に、放送型配信において、再生途切れ時間を短縮するためのスケジューリング手法はいくつか提案されている<sup>4)-11)</sup>。

HB (Harmonic Broadcasting) 法<sup>12)</sup>では、連続メディアデータを  $N$  個の部分に等分割する。分割したデータをセグメントと呼び、初めのセグメントから順に  $S_1, \dots, S_N$  で示す。さらに、 $S_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ) を  $M$  個のサブセグメント  $S_{i,1}, \dots, S_{i,M}$  に等分割し、 $N$  個のチャンネル  $C_1, \dots, C_N$  を用いて  $C_i$  で  $S_{i,1}, \dots, S_{i,M}$  を繰り返して放送する。例えば、MPEG2 で符号化された 5.0 Mbps の 60 分の連続メディアデータを衛星デジタル放送を想定した 24 Mbps の帯域幅を用いて放送する場合、 $N = 67$  となり、67 個のチャンネルが必要になる。

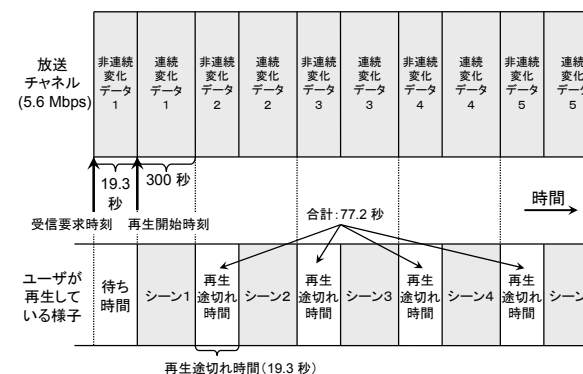


図 3 没入型コンテンツを分けた場合の例 (単純な放送スケジューリング)

Fig. 3 Example of a broadcast schedule under the simple method

BE-AHB (Bandwidth Equivalent-Asynchronous Harmonic Broadcasting) 法<sup>13)</sup>は、分割放送型配信におけるスケジューリング手法である。サーバが使用できる帯域幅とクライアントの再生レートをもとに、連続メディアデータをいくつかの部分に分割することで、データを途切れなく放送できる。

また、ユーザがコンテンツを選択して視聴する選択型コンテンツの放送型配信におけるスケジューリング手法として、CCB-CB (Contents Cumulated Broadcasting Considering Bandwidth) 法<sup>14)</sup>がある。CCB-CB 法では、選択型コンテンツの放送型配信において、再生レートと等しい帯域幅のチャンネルをできるだけ確保し、再生途切れ時間を短縮している。根から順に、各深さで状態数が一番小さいコンテンツを視聴順序として選択した場合に、途切れなく再生できることを考慮し、視聴順序上のコンテンツを優先的に放送する。

我々の研究グループでは、連続メディアデータの放送型配信において、再生途切れ時間を短縮するスケジューリング手法を提案してきた<sup>15),16)</sup>。これらの手法では、連続メディアデータを複数の部分に分割して複数のチャンネルで繰り返し放送することで再生途切れ時間を短縮しているが、没入型コンテンツの放送型配信を対象としたスケジューリングではない。

### 4. 提案手法

#### 4.1 概要

没入型コンテンツの放送型配信における再生途切れ時間短縮手法として、ICB (Immersive Contents Broadcasting) 法を提案する。提案手法では、データを連続変化データと非連続

表 1 定式化のための変数  
Table 1 Variables for formulation

| 記号             | 説明                          |
|----------------|-----------------------------|
| $r$            | 再生レート                       |
| $n$            | セグメントの数                     |
| $S_{\alpha,i}$ | 連続変化データ, $i = 1, \dots, n$  |
| $S_{\beta,i}$  | 非連続変化データ, $i = 1, \dots, n$ |
| $D_{\alpha}$   | 連続変化データのデータサイズ              |
| $D_{\beta}$    | 非連続変化データのデータサイズ             |
| $T_i$          | シーンの再生時間                    |
| $B$            | サーバが使用できる帯域幅                |
| $b$            | $S_{\alpha,i}$ の配信に使用する帯域幅  |

変化データに分け、各シーンを効率的にスケジューリングすることでデータ再生中の途切れ時間を短縮する。最初のシーンの再生開始前に発生する待ち時間（以下、再生開始待ち時間）は長大化するが、ユーザの視聴意欲に影響が出ない程度に抑えた上で、再生途切れ時間を短縮する。これにより、ユーザが没入型コンテンツの受信を要求してから再生を終了するまでの待ち時間を短縮する。

#### 4.2 想定環境

スケジューリング手法を提案するにあたって、想定する環境を箇条書きで示す。

- 放送される番組は、没入型コンテンツである。
- 連続変化データと非連続変化データの2種類のデータを配信する。
- 没入型コンテンツは複数のシーンで構成され、順番に放送する。
- シーンの再生時間はすべて同じである。
- 放送帯域には制限がある。
- クライアントはコンテンツの蓄積に十分な容量のバッファをもつ。
- クライアントは番組の放送が始まってから、その番組のコンテンツを受信する。

#### 4.3 導入方法

本節では、没入型コンテンツの放送型配信における再生途切れ時間短縮手法について説明する。用いる記号を表1に示す。

#### 4.4 スケジューリング手順

本節では、提案手法のスケジューリング手順について説明する。提案手法の放送スケジュールは、以下の手順である。

- (1)  $S_{\beta,1}$  について、帯域幅  $B$  で  $t = 0$  から  $\frac{D_{\beta}}{B}$  までスケジューリングする。
- (2)  $S_{\beta,2}$  について、帯域幅  $B$  で  $t = \frac{D_{\beta}}{B}$  から  $\frac{D_{\beta}}{B} + T \times (1 - \frac{b}{B})$  までスケジューリングし、残りのデータを帯域幅  $b \times \frac{1}{n-1}$  で  $t = \frac{D_{\beta}}{B} + T \times (1 - \frac{b}{B})$  から  $\frac{D_{\beta}}{B} + T \times (2 - \frac{b}{B})$  まで

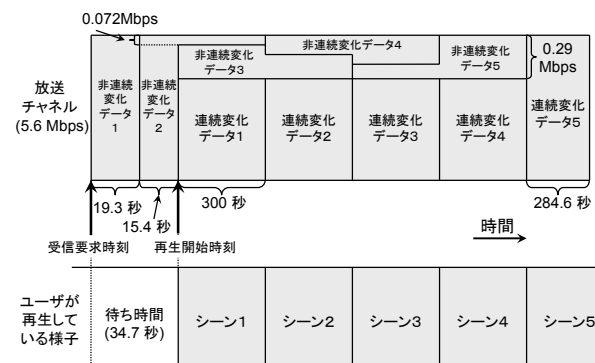


図 4 ICB 法の放送スケジュール例

Fig. 4 Example of a broadcast schedule under the ICB method

スケジューリングする。

- (3)  $S_{\alpha,i}$  ( $i = 1, \dots, n-1$ ) について、帯域幅  $b$  で  $t = \frac{D_{\beta}}{B} + (i-1) \times T$  から  $\frac{D_{\beta}}{B} + i \times T$  まで順番にスケジューリングする。
- (4)  $S_{\beta,i}$  ( $i = 3, \dots, n$ ) について、 $S_{\beta,i-1}$  のスケジューリングで使用しなかった残りの帯域幅で  $t = \frac{D_{\beta}}{B} + T \times (i-1 - \frac{b}{B})$  から  $\frac{D_{\beta}}{B} + T \times (i - \frac{b}{B})$  までスケジューリングし、残りのデータを  $t = \frac{D_{\beta}}{B} + T \times (i - \frac{b}{B})$  から  $\frac{D_{\beta}}{B} + T \times (i+1 - \frac{b}{B})$  までスケジューリングする。
- (5)  $S_{\alpha,n}$  について、帯域幅  $B$  で  $S_{\alpha,n-1}$  の放送終了時刻からスケジューリングする。
- (6) すべてのデータのスケジューリングが完了したら、終了する。

以上の手順でスケジューリングを行う。

#### 4.5 導入例

没入型コンテンツは、各シーンを連続変化データと非連続変化データを分けてスケジューリングされる。また、ICB 法で作成した放送スケジュールをもとに、サーバは放送チャンネルでデータを繰り返し配信する。

図4に、ICB 法で配信する場合の放送スケジュールを示す。まず、ステップ1では、 $S_{\beta,1}$  を 5.6 Mbps の帯域幅で  $t = 0$  秒から 19.3 秒までスケジューリングする。次に、ステップ2で、 $S_{\beta,2}$  を 5.6 Mbps の帯域幅で  $t = 19.3$  秒から 34.7 秒までスケジューリングし、残りのデータを 0.072 Mbps の帯域幅で  $t = 19.3$  秒から 319.3 秒までスケジューリングする。ステップ3では、 $S_{\alpha,i}$  ( $i = 1, \dots, 4$ ) を 5.31 Mbps の帯域幅で順番に 300 秒ずつスケジューリングする。ステップ4で、 $S_{\beta,i}$  ( $i = 3, \dots, 5$ ) について、 $S_{\beta,i-1}$  のスケジューリングで使

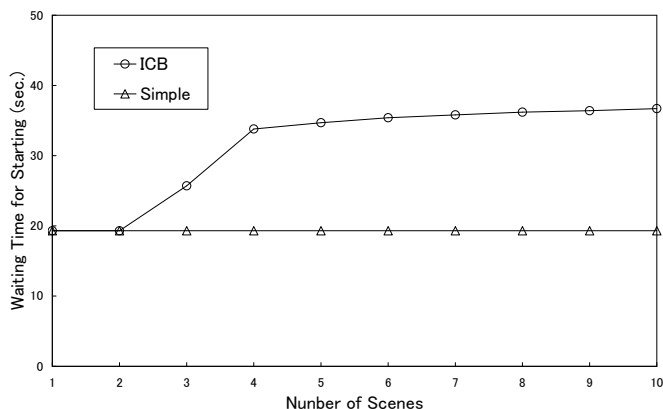


図 5 シーン数と再生開始待ち時間

Fig. 5 Waiting time for starting data and the number of scenes

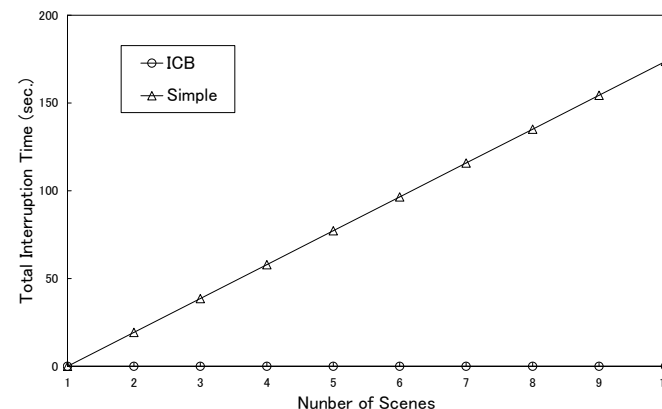


図 6 シーン数と途切れ時間

Fig. 6 Interruption time and the number of scenes

用しなかった残りの帯域幅で 300 秒間、残りのデータを次の 300 秒間で配信できるようにスケジューリングする。例えば、 $S_{\beta,3}$  の配信について、0.218 Mbps の帯域幅で 300 秒間、0.144 Mbps の帯域幅で 300 秒間スケジューリングする。最後に、ステップ 5 で、 $S_{\alpha,5}$  について、5.6 Mbps の帯域幅で  $t = 1234.7$  秒から 1519.3 秒までスケジューリングする。

この例では、再生途切れが発生しない場合を示している。 $S_{\beta,2}$  を 0.072 Mbps の放送帯域を用いて  $S_{\alpha,1}$  と同時に配信することで、シーン 2 の再生開始までに  $S_{\beta,2}$  の配信を完了するため、再生途切れは発生しない。 $S_{\beta,3}$  をシーン 2 の再生中である 3 分間で配信するためには 0.144 Mbps の放送帯域が必要になり、 $S_{\beta,4}$  の配信に使用する 0.144 Mbps の帯域幅と合わせて、 $S_{\alpha,2}$  の配信に使える放送帯域は 5.31 Mbps と狭くなる。連続変化データの放送帯域の最小値を抑えるため、連続変化データの配信中に非連続変化データを配信することで、次の連続変化データの放送帯域を確保する。このように、放送スケジュールを作成することで、再生途切れのない没入型コンテンツの放送型配信が可能になる。すべての帯域幅を使用して配信する場合に比べて配信できる連続変化データのデータサイズは 5.2% 減少するが、単純な放送スケジューリングで発生していた 77.2 秒の再生途切れ時間は、提案手法では発生しない。

## 5. 評価

### 5.1 概要

本章では、提案する ICB 法の評価を行う。初めに、没入型コンテンツを構成するシーンの数に応じた再生開始待ち時間、途切れ時間および連続変化データのデータサイズについて評価を行う。次に、および連続変化データの再生時間と非連続変化データのデータサイズに対する再生開始待ち時間および途切れ時間の変化をそれぞれ示し、単純手法との比較を行う。グラフに示す全体の待ち時間や再生途切れ時間は、計算機によるシミュレーション結果である。“ICB” は、提案手法 ICB 法の場合、“Simple” は、単純な放送スケジューリング（単純手法）の場合である。

### 5.2 再生途切れ時間

提案手法 ICB 法では、再生途切れ時間を考慮してスケジューリングを行う。再生開始前の待機時間は増加するが、再生中の途切れ時間は発生しないため、ユーザの視聴意欲は低下しない。そこで、再生開始待ち時間および再生途切れ時間を評価し、単純手法と比較した。

シーン数を変化させた場合の再生開始待ち時間および途切れ時間の評価結果を図 5、図 6 に示す。横軸は、没入型コンテンツを構成するシーンの数である。縦軸は、図 5 では再生開始待ち時間、図 6 では再生途切れ時間である。シーンの再生時間を 300 秒とし、108 Mbps の没入型コンテンツを地上波デジタル放送を想定した 5.6 Mbps の放送帯域で配信する。非

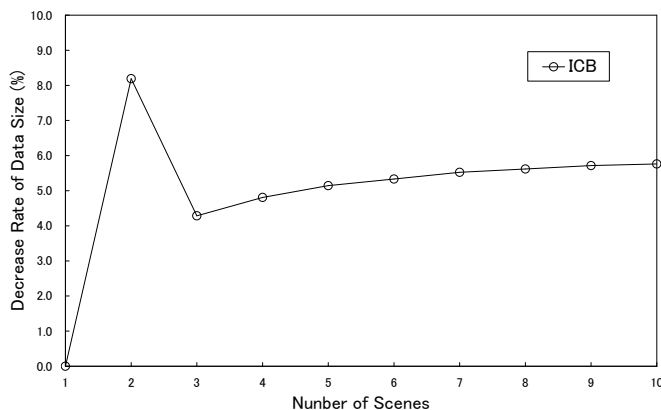


図7 シーン数とシーンのデータサイズの減少率  
 Fig.7 Decrease rate of data size and number of scenes

連続変化データは，シーンごとに变化する 13.5 M バイトのデータとする．

図5より，シーン数が3以上のとき，ICB法の再生開始待ち時間は単純手法に比べて長くなる．ICB法では，非連続変化データの受信が連続変化データの再生開始前に完了するため， $S_{\beta,2}$ の受信時間分が再生開始待ち時間として増加する．一方で，図6より，単純手法で発生する再生途切れ時間がICB法で発生しない．ICB法では，シーンを再生する前に非連続変化データの受信を完了させることで，コンテンツの再生中に途切れ時間は発生しない．2.3節で説明したように，単純手法では，シーンごとに非連続変化データの受信時間分だけ途切れ時間が発生するため，シーン数に比例して再生途切れ時間が増加する．例えば，5個のシーンを連続して放送する場合，再生途切れ時間は単純手法では77.2秒発生するが，ICB法では発生しない．また，再生開始待ち時間と再生途切れ時間を合わせた全体の待ち時間は，ICB法で33.7秒，単純手法で90.5秒となり，単純手法に比べて62.8%短縮できる．

### 5.3 データサイズ

4.5節で説明したように，提案手法では，再生中に途切れが発生しないようにスケジューリングするため，放送に使用できる連続変化データのデータサイズは減少する．再生途切れ時間を短縮しても，放送に使用するシーンのデータサイズが大きく減少すると，コンテンツの画質が低下するため，問題である．そこで，シーンのデータサイズの減少率について評価を行った．

シーン数を変化させた場合のデータサイズの減少率について，評価結果を図7に示す．横

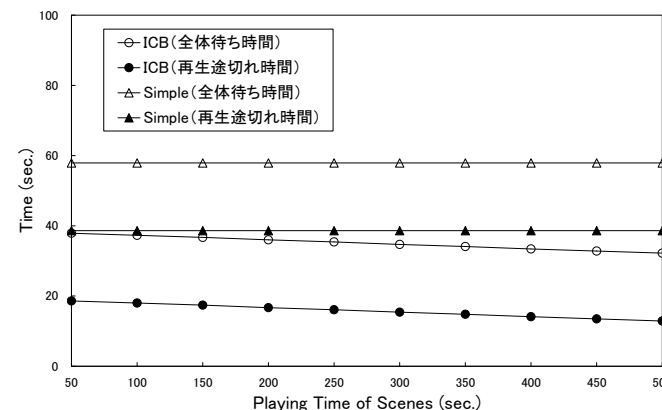


図8 シーンの再生時間と待ち時間  
 Fig.8 Total waiting time and interruption time according to playing time of scenes

軸は，没入型コンテンツを構成するシーンの数である．縦軸は，単純手法と比較した場合の提案手法における連続変化データのデータサイズの減少率である．シーンの再生時間を300秒とし，108 Mbpsの没入型コンテンツを地上波デジタル放送を想定した5.6 Mbpsの放送帯域で配信する．非連続変化データは，シーンごとに变化する13.5 Mバイトのデータとする．

図7より，シーン数が3以上のとき，データサイズの減少率は約6%程度となることが分かる．提案手法では，サーバが使用できる帯域幅に上限がある状況で，再生途切れ時間を無くすため，単純手法で連続変化データの配信に使用していた帯域幅を非連続変化データの配信に一部使用する．このため，連続変化データのデータサイズは減少するが，没入型コンテンツの視聴において，許容できる範囲と考える．また，シーン数が2のときに減少率が8.2%と大きくなっている．提案手法では，非連続変化データと連続変化データを同時に配信する時間が短く， $S_{\beta,2}$ の配信における $S_{\alpha,1}$ の放送帯域への影響が大きくなる．このため，連続変化データのサイズは他のシーン数の場合に比べて大きく減少する．

### 5.4 連続変化データの再生時間

没入型コンテンツはいくつかのシーンで構成される．ユーザは，再生中の途切れ時間が短いほど満足する．許容される待ち時間の長さはユーザによって異なるため，本節では，単純手法と比べてICB法の待ち時間が短縮されることを示し，ICB法の有効性を示す．

シーンの再生時間を変化させた場合の待ち時間の変化について，評価結果を図8に示す．横軸はシーンの再生時間，縦軸は待ち時間の合計値と再生途切れ時間である．108 Mbpsの

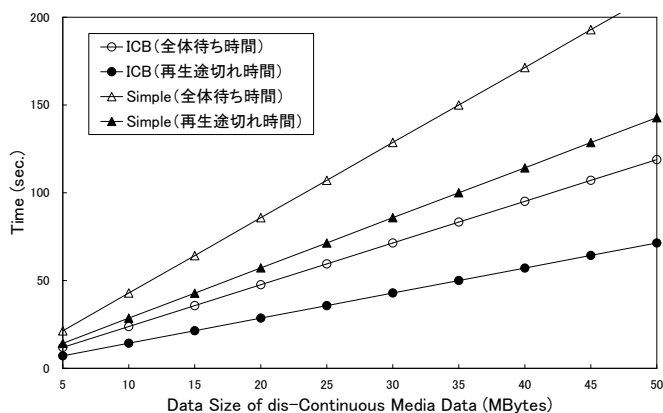


図 9 非連続変化データのデータサイズと待ち時間

Fig. 9 Total waiting time and interruption time according to data size of dis-continuous media data

没入型コンテンツを地上波デジタル放送を想定した 5.6 Mbps の放送帯域で配信する。シーンの数は 3 とする。非連続変化データは、シーンごとに化する 13.5 M バイトのデータとする。

図 8 より、提案手法において、シーンの再生時間が増加すると全体の待ち時間が減少する。一方、単純手法では、再生途切れ時間および再生開始待ち時間は変化しない。提案手法では、シーンの再生時間が増加すると非連続変化データの放送時間が増加するため、帯域幅をすべて使用することで、 $S_{\beta,2}$  の配信による再生開始待ち時間への影響は小さくなる。

### 5.5 非連続変化データのデータサイズ

非連続変化データのデータサイズが変化すると配信時間が増加するため、待ち時間も増加する。そこで、非連続変化データのデータサイズに応じた待ち時間の変化について評価を行った。

非連続変化データのデータサイズを変化させた場合の待ち時間について、評価結果を図 9 に示す。横軸は非連続変化データのデータサイズ、縦軸は待ち時間の合計値と再生途切れ時間である。シーンの再生時間を 300 秒とし、108 Mbps の没入型コンテンツを地上波デジタル放送を想定した 5.6 Mbps の放送帯域で配信する。シーンの数は 3 とする。

図 9 より、非連続変化データのデータサイズが増加すると、提案手法と単純手法ともに待ち時間の合計値と再生途切れ時間は増加するが、提案手法は単純手法に比べて待ち時間を短縮できる。提案手法では、シーンの再生時間を利用して非連続変化データを配信するため、再生開始待ち時間の増加を抑えることができる。

## 6. おわりに

本論文では、没入型コンテンツの放送型配信において、再生途切れ時間を短縮する手法 ICB 法を提案した。提案手法では、シーンを連続変化データと非連続変化データに分けた上で、連続変化データの放送開始時刻までに非連続変化データの配信が完了するようにスケジューリングすることで、連続変化データの放送に必要となる帯域幅をできるだけ大きく確保する。計算機シミュレーションによる評価の結果、提案手法では、シーン数が 5 のとき、単純手法に比べて再生開始待ち時間は 5.1% 程度増加するが、再生中に途切れは発生せず、全体の待ち時間を 62.9% 短縮できた。

今後の予定として、各シーンの再生時間が異なる場合のスケジューリング手法や、シーンの優先度を考慮したスケジューリング手法を考えている。

## 謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究(B))「端末伝送型インターネット放送におけるコンテンツ配信方式」(課題番号:21700108)の研究助成による成果である。また一部は、財団法人国際科学技術財団の研究助成による成果である。ここに記して謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) 没入型ヘッドマウントディスプレイ nVisor SX60.  
<http://www.nihonbinary.co.jp/039nVisor5.html>.
- 2) スカチャン 3D.  
<http://www.skyperfectv.co.jp/3dch/>.
- 3) C. Cruz-Neira, D.J. Sandin, and T.A. DeFanti: Surroun-Screen Projection-Based Virtual Reality: The Design and Implementation of the CAVE, *Proc. SIGGRAPH'93*, pp.135-142 (1993).
- 4) B. Jinsuk, and F.P. Jehan: A Tree-Based Reliable Multicast Scheme Exploiting the Temporal Locality of Transmission Errors, *Proc. IEEE Int. Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC2005)*, pp.275-282 (2005).
- 5) L.-S. Juhn, and L.M. Tseng: Fast data broadcasting and receiving scheme for popular video service, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.44, no.1, pp.100-105 (1998).
- 6) J.-F. Paris, S.W. Carter, and D.D.E. Long: A hybrid broadcasting protocol for video on demand, *Proc. Multimedia Computing and Networking Conference (MMCN'99)*, pp.317-326 (1999).
- 7) J.-F. Paris, D.D.E. Long, and P.E. Mantey: Zero-delay broadcasting protocols for video-on-demand, *Proc. ACM Int. Multimedia Conf. (Multimedia'99)*, pp.189-

- 197 (1999).
- 8) J.-F. Paris: An Interactive Broadcasting Protocol for Video-on-Demand, *Proc. IEEE Int. Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC'01)*, pp.347-353 (2001).
  - 9) S. Viswanathan, and T. Imilelinski: Pyramid broadcasting for video on demand service, *Proc. SPIE Multimedia Computing and Networking Conf. (MMCN'95)*, pp.66-77 (1995).
  - 10) L. Shi, P. Sessini, A. Mahanti, Z. Li, and D.L. Eager: Scalable Streaming for Heterogeneous Clients, *Proc. ACM Multimedia*, pp.22-27 (2006).
  - 11) Y. Zhao, D.L. Eager, and M.K. Vernon: Scalable On-Demand Streaming of Non-Linear Media, *Proc. of IEEE INFOCOM*, vol.3, pp.1522-1533 (2004).
  - 12) R. Janakiraman, and M. Waldvogel: Fuzzycast: Efficient Video-on-Demand over Multicast, *Proc. IEEE INFOCOM*, pp.920-929 (2002).
  - 13) 義久智樹, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 再生単位を考慮したスケジューリング手法における使用チャンネル数について, *日本データベース学会 Letters*, vol.4, no.3, pp.5-8 (2005).
  - 14) Y. Gotoh, T. Yoshihisa, M. Kanazawa, and Y. Takahashi: A Broadcasting Scheme for Selective Contents Considering Available Bandwidth, *IEEE Trans. Broadcasting*, vol.55, issue 2, pp.460-467 (2009).
  - 15) 後藤佑介, 義久智樹, 金澤正憲: 異種クライアント環境における連続メディアデータ放送のための待ち時間短縮手法, *電子情報通信学会論文誌 D*, vol.J91-D, no.03, pp.667-676 (2008).
  - 16) Y. Gotoh, K. Suzuki, T. Yoshihisa and M. Kanazawa: A Scheduling Method to Reduce Waiting Time for P2P Streaming Systems, *Journal of Mobile Multimedia*, vol.5, no.3, pp.255-270 (2009).
-