

# デジタルコンテンツ配信における 再生中断制御に関する一考察

義久 智樹<sup>1,a)</sup>

**概要:** 近年のインターネットの普及により、映像や音声といったデジタルコンテンツをインターネットを介して配信するサービスが普及している。インターネットの通信帯域がデジタルコンテンツの配信に十分でない場合、デジタルコンテンツの再生中に中断が発生する。このため、再生中断時間を短縮するための様々な配信手法が提案されている。しかし、中断が発生する再生位置や、中断時間の過ごし方を考慮しておらず、再生中断により視聴意欲が大きく低下することがあった。そこで本研究では、視聴意欲の低下を軽減するための再生中断制御に関して考察を行う。デジタルコンテンツの配信手法ではなく、デジタルコンテンツを、再生中断時間を短くしたり、中断が発生する再生位置や中断時間の過ごし方を考慮して制作することで、視聴意欲の低下を軽減できる。

**キーワード:** ビデオオンデマンド、ストリーミング、映像配信

## On a Control of Playback Interruptions on Digital Contents Delivery

YOSHIHISA TOMOKI<sup>1,a)</sup>

**Abstract:** Due to the recent development of the Internet, many services to deliver digital contents such as video or audio via the Internet have been started. Interruptions occur during playing digital contents when the Internet bandwidth is insufficient for the digital contents delivery. Hence, various methods to reduce the interruption time have been proposed. However, they do not consider the playing positions or the time spent for interruptions and the viewer's motivation for playing digital contents can decrease largely. In this paper, we discuss on the control of playback interruptions. The decrease of the motivation can be relieved by creating digital contents considering the interruption time, playing positions or the time spent for interruptions.

**Keywords:** Video on Demand, Streaming, Video Delivery

### 1. はじめに

近年のインターネットの普及により、映像や音声といったデジタルコンテンツをインターネットを介して配信するサービスが普及している。ダウンロード型の配信では、視聴者はデジタルコンテンツのすべてのデータをインターネットから自身の再生端末にダウンロードする。ダウン

ロードしてから再生することで、再生端末にすべてのデータが保存されるため、中断のない再生が可能になる。しかし、ダウンロードが完了するまで再生を開始できないため、視聴者が視聴要求を出してから再生開始まで長時間待つ場合がある。待ち時間が長くなると、視聴意欲が低下する。視聴意欲とは、視聴者がデジタルコンテンツを視聴しようとする意欲を指す。また、ダウンロード型の配信では、再生端末にすべてのデータを保存できる容量が必要になる。一方、ストリーミング型の配信では、デジタルコンテンツのデータはブロックと呼ばれる細かなデータに分割さ

<sup>1</sup> 大阪大学サイバーメディアセンター  
Cybermedia Center, Osaka University

<sup>a)</sup> yoshihisa@cmc.osaka-u.ac.jp

れる．ブロック毎に再生できるため、再生端末はデジタルコンテンツのブロックをインターネットから受信しながら再生する．各ブロックの再生中に次のブロックを受信完了することで、ブロックを続けて再生できる．すべてのデータのダウンロード完了を待つ必要がないため、視聴者が視聴要求を出してから、ダウンロード型に比べて、短時間で再生を開始できる．しかし、インターネットの通信帯域がデジタルコンテンツの配信に十分でない場合、再生開始時刻になってもブロックを受信完了できずに再生が中断されることがある．ダウンロード完了を待つ必要がないため、Youtube ([1]) などのインターネットを介したデジタルコンテンツ配信では、ストリーミング型を採用しており、本研究においてもストリーミング型を対象とする．

ストリーミング型のデジタルコンテンツ配信における視聴意欲低下を防ぐために、再生中断時間を短縮する様々な配信手法が提案されている ([2] ~ [11])．これらの手法では、再生中断時間の短縮を目的としているが、視聴意欲低下の要因として他にも考えられる．例えば、以下のようにして視聴意欲が低下することが考えられる．

- 映像のクライマックスなどのデジタルコンテンツの見どころの場面で再生が中断されると、視聴意欲が大きく低下する．
- 再生が中断されている間、何も表示されなければ、視聴意欲が大きく低下する．

これらの例のように、再生中断による視聴意欲は、再生中断時間だけでなく、中断が発生する再生位置や、中断時間の過ごし方にも依存する．

そこで本研究では、視聴意欲の低下を軽減するための再生中断制御に関して考察を行う．デジタルコンテンツの配信手法を変えることで、再生中断時間を短くしたり、中断が発生する再生位置や中断中の制御を行えるが、視聴意欲を低下させないために効果的な中断が発生する再生位置や中断時間の過ごし方は、デジタルコンテンツの中身にも依存する．デジタルコンテンツの配信手法ではなく、デジタルコンテンツを、再生中断時間を短くしたり、中断が発生する再生位置や中断時間の過ごし方を考慮して制作することで、視聴意欲の低下を軽減できる．

以降、2章で関連研究を説明し、3章で再生中断による視聴意欲低下の要因を議論する．4章で再生中断制御に関して考察を行い、5章で評価を行う．最後に5章で本論文をまとめる．

## 2. 関連研究

デジタルコンテンツの配信時に発生する、再生中断時間を短縮する様々な配信手法が提案されている．1章で述べたように、これらの手法では、デジタルコンテンツのデータはブロックと呼ばれる細かなデータに分割される．図1では、MPEG2で符号化された再生レートが448Kbpsの

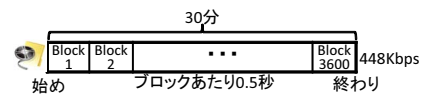


図1 ブロックの例

Fig. 1 An example of blocks

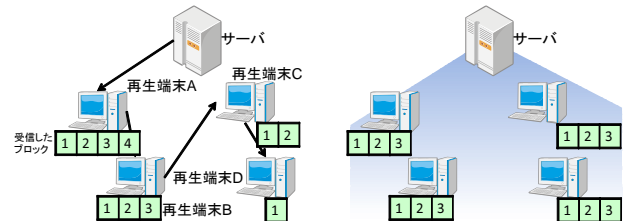


図2 P2P ストリーミング手法 (左) と放送型配信手法 (右)

Fig. 2 A P2P streaming scheme (left) and a broadcasting scheme (right)

30分の映像を0.5秒毎にブロックに分割している．ブロックの数は3600個になる．再生端末はデジタルコンテンツのブロックをインターネットから受信しながらブロック毎に再生する．再生端末がブロックの再生開始時刻までにできる限り受信完了できるようにブロックを配信することで再生中断時間を短縮できる．これらの手法は、P2P ストリーミング手法と放送型配信手法に大きく分けられる．

P2P ストリーミング手法では、デジタルコンテンツの配信サーバからブロックを受信するだけでなく、既にブロックを受信完了した再生端末からブロックを受信する．図2の左側の例では、4台の再生端末A~Dがあり、この順番に視聴要求を出して、既に幾つかのブロックを受信している．早く受信要求を出した方が長時間ブロックを受信できるため、再生端末A~Dの順番に多くのブロックを受信しており、再生端末Aから順番に4, 3, 2, 1個のブロックを受信している．サーバはすべてのブロックをもっている．この時、再生端末Bは未受信のブロックで再生開始時刻が早いブロック4を、サーバから受信するのではなく、再生端末Aから受信する．同様に、再生端末Cは再生端末Bからブロック3を受信し、再生端末Dは再生端末Cからブロック2を受信する．サーバにかかる通信負荷を、他の再生端末に分散させられるため、再生開始時刻までにブロックを受信完了できる可能性が高くなる．受信するブロックと受信先となる再生端末を効果的に選択する様々な手法が提案されている ([2], [3], [4])．

放送型配信手法では、あるブロックを受信完了していない複数の再生端末がある場合に、それらの再生端末にまとめてブロックを配信する．図2の右側の例では、サーバが放送型配信を用いてすべての再生端末に同じブロックを配信している．放送型配信として、インターネットのブロードキャストアドレスを用いる場合や、テレビなどの電波放送を用いる場合が考えられる．まとめて配信すること

により、個々の再生端末がブロックを受信するために消費されていた通信帯域をまとめられるため、デジタルコンテンツの配信が通信帯域に大きく依存せず、再生開始時刻までにブロックを受信完了できる可能性が高くなる。放送するブロックの順番や使用する放送チャンネルの数が異なる様々な手法が提案されている ([5], [6], [7])。P2P ストリーミング手法と組み合わせた手法も提案されている ([8], [9], [10], [11])。

しかし、これらの手法では、中断が発生する再生位置や、中断時間の過ごし方といった、再生中断時間以外の視聴意欲低下の要因を考慮していなかった。

### 3. 再生中断による視聴意欲低下の要因

一般に、心理的に知覚する再生中断時間が長いほど、視聴意欲は低下すると考えられる。文献 [12], [13] にあるように、心理的に知覚する時間は、心理学の分野で心理的時間と呼ばれ、心理的時間の知覚は以下の四つの要因で変化するとされている。

#### 3.1 絶対的時間

実際の時間が長いほど心理的時間も長くなる。心理的な再生中断時間が長いほど視聴意欲が低下するため、デジタルコンテンツ配信では、当然のことながら、再生中断時間が長いほど視聴意欲が低下する。このため、再生中断時間を短くすることが望ましい。直感的な要因であり、再生中断時間を短くする多数の研究が行われている。

#### 3.2 神経生理学的な興奮

人が興奮しているほど心理的時間が長くなる。例えば、運動中や、体温が高いときには心理的時間が長くなる。デジタルコンテンツの再生中に視聴者が興奮する場面として、ドラマのクライマックスや、スポーツの得点シーンといった見どころが考えられる。デジタルコンテンツ配信では、見どころで視聴者が興奮しながら見ているときに中断が発生すると、心理的時間が長くなって、視聴意欲が大きく低下する。このため、視聴者があまり興奮しない場面で再生中断が発生することが望ましい。

#### 3.3 時間経過に向けられる注意

時間経過に注意に向けられているほど心理的時間が長くなる。例えば、人を待っているときに時間を気にすると、心理的時間が長くなる。デジタルコンテンツの再生中に時間経過に注意が向く例として、コンテンツに全く変化がないことが考えられる。デジタルコンテンツ配信では、再生中断中に全く何も再生されなければ、時間経過に注意が向けられて心理的時間が長くなり、視聴意欲が大きく低下する。このため、再生中断時間に注意が向かないようにすることが望ましい。

#### 3.4 時間以外の情報量

時間経過中に、時間以外の情報が多いほど心理的時間が長くなる。例えば、旅行先に行くのにかかる時間は、初めて見る風景が多いため、帰りにかかる時間に比べて長く感じる。デジタルコンテンツ配信では、再生中断中に多くの情報を再生しない方が心理的時間を短くできる。

再生中断中にあらかじめ受信しておいた他の映像を再生することが考えられるが、他の映像を再生することは、時間経過に注意が向かないようにして心理的時間を短くする効果と、時間以外の情報量が多くなることにより心理的時間が長くなる効果がある。しかし、デジタルコンテンツ配信では、映像再生の有無のみが情報を提供する手段であって、他の映像を再生する程度であれば、情報量が多すぎることはなく、心理的時間が長くなる効果よりも短くする効果の方が大きいと考える。例えば、再生中断中に真っ暗な画面を再生していれば、時間以外の情報量を少なくできるが、それよりも他の映像を再生する方が、時間経過に注意が向かないようになって心理的時間が短くなると考える。

以上より、デジタルコンテンツ配信における再生中断による視聴意欲低下の要因として、絶対的時間、神経生理学的な興奮、時間経過に向けられる注意がある。

### 4. 再生中断制御に関する考察

前章の議論より、視聴意欲低下を防ぐために、絶対的時間を短くして、神経生理学的な興奮がない場面で再生中断が発生し、時間経過に注意が向かないように再生中断を制御することが望ましい。

#### 4.1 絶対的時間の短縮

視聴意欲低下を防ぐために絶対時間を短縮することは、直感的な要因であり、これまでの研究においても再生中断時間を短縮する様々な手法が提案されてきた。既存手法を用いることで絶対時間を短縮できる。

#### 4.2 神経生理学的な興奮がない場面での再生中断

デジタルコンテンツの再生中に視聴者が興奮する場面として、ドラマのクライマックスや、スポーツの得点シーンといった見どころが考えられる。通信帯域がデジタルコンテンツの配信に十分でなく見どころで再生中断が発生しそうな場合には、見どころが始まる前に意図的に再生を中断し、中断中に、これから再生する見どころのブロックを十分に受信完了しておくことで、見どころで再生中断が発生しないようにできる。このように、中断が発生する再生位置を考慮して再生中断を制御する必要がある。

##### 4.2.1 意図的な再生中断による再生中断時間

見どころが始まる前に意図的に発生させる再生中断による再生中断時間は、意図的に再生中断を発生させなかった場合に生ずる再生中断の原因によって異なる。

P2P ストリーミング手法では、通信帯域がデジタルコンテンツの配信に十分でないために再生が中断される。通信帯域は、他の再生端末の通信状況やデジタルコンテンツ配信以外の通信にも依存して時々刻々と変化している。このため、意図的に再生中断を発生させなかった場合に生ずる再生中断時間と同じ時間だけ見どころが始まる前に意図的に待てば、見どころで再生中断が発生しないとは限らない。例えば、意図的に再生中断を発生させなかった場合、見どころで  $t_n$  の再生中断時間があり、この時の通信帯域が平均  $b_n$  とすると、データ量が  $b_n t_n$  分のブロックの受信完了が再生開始時刻に間に合わなかったことになる。見どころで再生中断が発生しないようにするためには、見どころが始まる前に  $b_n t_n$  のデータを受信完了する必要があり、その時の通信帯域を平均  $b_i$  とすると、 $b_n t_n / b_i$  の再生中断時間となる。再生中断が発生しないための再生中断時間が通信帯域に依存することが分かる。

放送型配信手法では、ブロックの放送が再生開始時刻に間に合わないために再生が中断される。ほとんどの放送型配信手法では、ブロックを放送する順番は決まっており、ブロックの放送開始時刻は変わらない。このため、意図的に再生中断を発生させなかった場合に発生する再生中断時間と同じ時間だけ見どころが始まる前に意図的に待てば、見どころで再生中断が発生しない。例えば、意図的に再生中断を発生させなかった場合、見どころで  $t_m$  の再生中断時間があると、あるブロックが再生開始時刻から  $t_m$  遅れて放送されることになる。見どころで再生中断が発生しないようにするためには、見どころが始まる前に  $t_m$  待てば、ブロックの放送が再生開始時刻に間に合って再生が中断されない。

#### 4.2.2 見どころの認識

デジタルコンテンツのどの部分が見どころか認識する方法は3種類考えられる。

まず、手動で見どころを設定する方法がある。見どころの開始時刻と終了時刻をあらかじめ記述したXMLなどのファイルを用意しておき、そのファイルを参照することで、見どころと考えられる場面を認識できる。デジタルコンテンツ制作者がこのファイルを用意する場合や、デジタルコンテンツ視聴者が見どころを判断して複数の視聴者でそのファイルを編集していく場合が考えられる。人手で見どころを認識するため、見どころを精度よく認識できるが、ファイルの準備に時間がかかる。

一方、自動的に見どころを認識する方法がある。デジタルコンテンツの映像に変化が多い場面や、音量が大きい場面といった、見どころによくある特徴を、デジタルコンテンツのデータを解析して発券して見どころと考えられる場面を認識できる。デジタルコンテンツ公開時に解析することで、見どころの開始時刻と終了時刻を記述したファイルを用意できる。自動的に認識するため、手動に比べて解析

時の手間がかからないが、見どころの特徴をとらえていないければ、認識精度が悪くなる。

最後に、これらを組み合わせ、自動で見どころを認識したあと、手動で修正して見どころの認識精度を向上させる方法がある。

#### 4.3 時間経過に注意を向けない

デジタルコンテンツ配信では、映像再生の有無のみが情報を提供する手段であって、時間経過に注意を向けないために再生中断中にあらかじめ準備してある他のデジタルコンテンツを再生することが考えられる。中断時間の過ごし方を考慮して再生中断を制御する必要がある。

##### 4.3.1 再生中断中に再生する他の映像

あらかじめ視聴者が再生するデジタルコンテンツが分かっているならば、ダウンロード型を用いてすべてのデータをダウンロードすると考えられる。本研究では、あらかじめ視聴者が再生するデジタルコンテンツが分からないストリーミング型を想定している。このため、ストリーミング型であらかじめ準備しておく他の映像は、視聴者が再生しているデジタルコンテンツと関係があるとは限らない。例えば、コマーシャルや他の映像のダイジェスト、一問クイズといったデジタルコンテンツをあらかじめ準備する。

##### 4.3.2 再生中断中に再生する他の映像の配信方法

視聴者がデジタルコンテンツの再生中に、再生中断が発生する箇所を予測できないため、再生開始前に配信完了する。例えば、初めのブロック(0.5秒)の再生終了後に再生中断が発生する可能性もある。再生開始前に配信完了するために、視聴者がデジタルコンテンツ配信システムに接続するとすぐに配信することが考えられる。

## 5. 評価

視聴意欲を定量的に示すことが困難なため、本研究では、視聴意欲の低下を防ぐことによる再生中断の変化を調査する。視聴意欲の低下を防ぐために、再生中に意図的に中断を発生させた場合の再生中断をシミュレーションにより計測した。

### 5.1 評価環境

近年放送通信融合環境が注目されており、P2P ストリーミング手法と放送型配信を組み合わせた手法が盛んに研究されている([8], [9], [10], [11])。そこで、放送通信融合環境においてデジタルコンテンツを配信する場合を想定して評価を行った。評価パラメータを表1に示す。放送は地上波デジタル放送の1セグメントを想定し、放送帯域を1.4Mbpsで与える。通信はインターネットを想定してそのボトルネックリンクを5Mbpsとする。デジタルコンテンツについて、インターネットでよく用いられているMPEG4で符号化された映像を想定して、ビットレートが

表 1 評価パラメータ  
 Table 1 Evaluation parameters

| 項目         | 値       |
|------------|---------|
| 放送帯域       | 1.4Mbps |
| 通信帯域       | 5 Mbps  |
| 再生レート      | 448Kbps |
| 映像の再生委時間   | 30 分    |
| ブロックサイズ    | 0.5 秒   |
| シミュレーション時間 | 6 時間    |

448Kbps の 30 分の映像データとする。ブロックは MPEG の GOP に基づき、0.5 秒のデータとする。視聴要求の平均要求到着間隔は、他の再生要求の影響を受けないため、ポアソン分布で与える。再生中断時間が十分に収束されることが確認できた 6 時間分までシミュレーションを行った。文献 [2], [8], [9] といったこれまでの研究において、再生中断時間はある程度の幅をもって収束することを確認しているため、収束時の平均再生中断時間を評価指標として主に用いる。

### 5.2 評価に用いる手法

放送通信融合環境において再生中断時間を短縮する DBSC-SM, DBSC-TLM ([9]) 法およびカルーセル法を用いる。DBSC-SM, DBSC-TLM 法は、再生端末のブロックの受信状況に応じて放送するブロックを動的に決定する手法である。再生端末の数が多い場合には、シーケンシャルモードと呼ばれる、連続したブロックを放送することで再生中断時間を短縮でき、DBSC-SM 法では、再生端末の数が閾値より多い場合のみブロックを連続して放送する。DBSC-TLM 法では、再生端末の数が一度閾値より多くなると、最後のブロックまで連続して放送する。カルーセル法は、ブロックを順番に繰り返して放送する手法である。再生端末の数が多い場合には DBSC-TLM 法、少ない場合にはカルーセル法の再生中断時間がこれらの中で最も短くなる。

### 5.3 再生中断時間

視聴要求の平均到着間隔を変化させて再生中断時間をシミュレーションした。意図的に再生中断を発生させない場合の再生中断時間を図 3 に示す。横軸は平均到着間隔であり、縦軸が平均再生中断時間である。このグラフより、視聴要求の平均到着間隔が長いほど平均再生中断時間が短くなっていることが分かる。例えば、平均到着間隔が 20 秒の場合、平均再生中断時間は DBSC-SM 法では 55 秒、DBSC-TLM 法では 45 秒、カルーセル法では 42 秒になっている。約 1 分程度の平均中断時間になっていることが分かる。

ここで、初めのブロックの再生開始前に 1 分の中断時間を設けた場合の平均再生中断時間を図 4 に示す。必ず 1 分

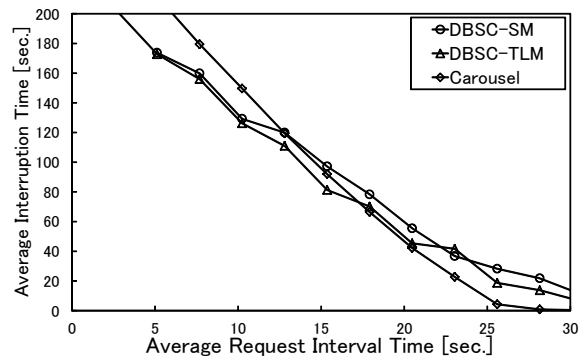


図 3 意図的な再生中断がない場合

Fig. 3 In case of no intentional playback interruption

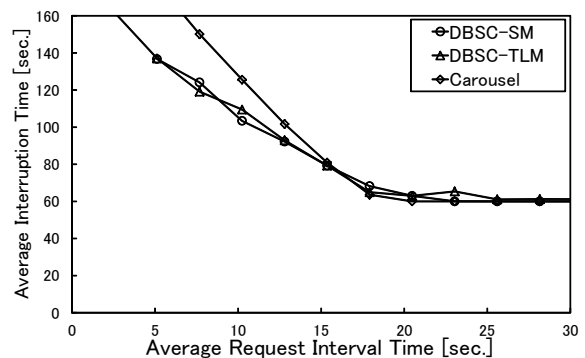


図 4 初めのブロックの再生開始前に 1 分中断する場合

Fig. 4 In case of 1 minute interruption before playing the first block

は中断が発生するため、平均再生中断時間は 1 分以上になるが、平均到着間隔が短い場合に、意図的な再生中断がない場合に比べて平均再生中断時間を短縮できていることが分かる。これは、初めに中断している間に、ブロックを受信することで、中断しない場合に再生開始時刻までに受信が間に合わなかったブロックを、間に合うように受信できるためである。カルーセル法では、順番にブロックを配信するため、多くの再生端末が持っているブロックを放送している場合があり、効率よく配信できずに平均再生中断時間が他の手法に比べて長くなっている。

さらに、映像の半分を配信したところに見どころがあると想定し、見どころの直前の 1800 番目のブロックを再生する直前に 1 分の中断を意図的に発生させた場合の平均再生中断時間を図 5 に示す。再生開始前に 1 分中断する場合や意図的な中断を行わない場合に比べて平均再生中断時間が長くなっていることが分かる。これは、映像の半分を配信するまでに何度か再生中断が発生し、その後、すでに再生中断が発生しないほど十分にブロックを受信完了していても、途中で 1 分間中断が発生してしまうためである。冗長な中断が発生し、再生中断時間が長くなる。

このため、意図的に中断を発生させるのであれば、前の方で発生させた方が平均再生中断時間を短縮できるといえる。

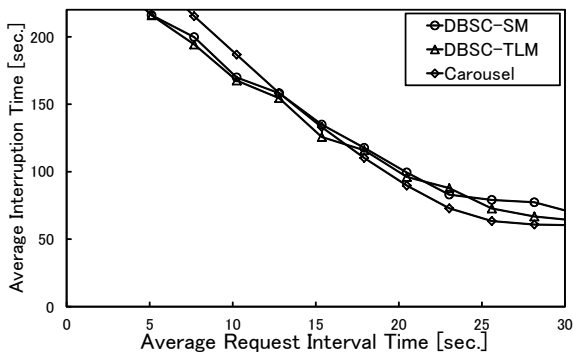


図 5 1800 番目のブロックの再生開始前に 1 分中断する場合  
Fig. 5 In case of 1 minute interruption before playing the 1800th block

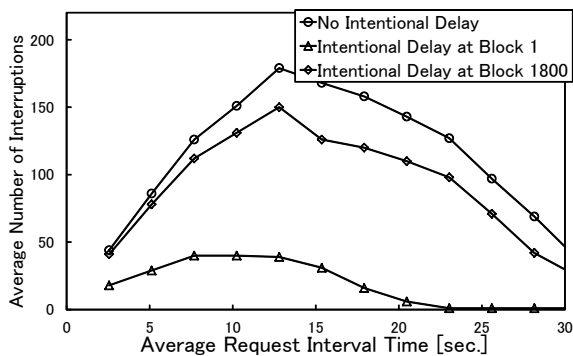


図 6 DBSC-TLM 法の平均再生中断回数  
Fig. 6 The average number of interruptions under the DBSC-TLM method

#### 5.4 再生中断回数

前章で平均到着間隔が短いほとんどの場合に最短の平均再生中断時間を与えている DBSC-TLM 法における平均再生中断回数を図 6 に示す。このグラフより、平均到着間隔が短い場合に平均再生中断回数が少なくなっていることが分かる。これは、1 回の再生中断時間が長く、その間に他のブロックを放送から受信完了できるためである。また、平均到着間隔が長くなると、十分な通信帯域が確保できて平均再生中断回数が減っている。さらに、初めのブロックの再生前に意図的に再生中断をさせることで、他のブロックを再生開始時刻までに受信完了できて、意図的に再生中断しない場合よりも平均再生中断回数も減少していることが分かる。半分を再生したところで中断を発生させても、複数の再生中断を 1 回にまとめられるため、平均再生中断回数が減少している。

### 6. おわりに

これまでのデジタルコンテンツ配信における再生中断時間短縮手法では、中断が発生する再生位置や、中断時間の過ごし方を考慮しておらず、再生中断により視聴意欲が大きく低下することがあった。そこで本研究では、視聴意欲の低下を軽減するための再生中断制御に関して考察を行っ

た。デジタルコンテンツの配信手法ではなく、デジタルコンテンツを、再生中断時間を短くしたり、中断が発生する再生位置や中断時間の過ごし方を考慮して制作することで、視聴意欲の低下を軽減できる。

今後、再生中断を意図的に発生させるデジタルコンテンツを対象として再生中断時間を短縮する手法を提案する。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究 A)「次世代オンデマンド型視聴形態のためのコンテンツ配信方式」(課題番号: 23680007)および(挑戦的萌芽研究)「再生途切れのない没入型コンテンツの放送型配信に関する研究」(課題番号: 23650050)による成果である。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] YouTube - Broadcast Yourself, <http://www.youtube.com/>.
- [2] Y. Gotoh, T. Yoshihisa, H. Taniguchi, and M. Kanazawa: "A Scheduling Method for Waiting Time Reduction in Node Relay-based Webcast Considering Available Bandwidth," Int'l Journal of Grid and Utility Computing, Vol. 2, No. 4, pp. 295-302 (2011).
- [3] N. Magharei and R. Rejaie: "PRIME: Peer-to-Peer Receiver-driven Mesh-based Streaming," in Proc. IEEE INFOCOM2007 (2007).
- [4] X. Zhang, J. Liu, and B. Li: "DONet/CoolStreaming: A Data-driven Overlay Network for Live Media Streaming," in Proc. IEEE INFOCOM2005, Vol. 3, pp. 2102-2111 (2005).
- [5] J.B. Kwon: "Proxy-Assisted Scalable Periodic Broadcasting of Videos for Heterogeneous Clients," Multimedia Tools and Applications, Springer, Vol. 51, No. 3, pp. 1105-1125 (2011).
- [6] C.K. Liaskos, S.G. Petridou, and G.I. Papadimitriou: "Cost-Aware Wireless Data Broadcasting," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 56, Issue 1, pp. 66-76 (2010).
- [7] T. Yoshihisa, M. Tsukamoto, S. Nishio: "A Broadcasting Scheme Considering Units to Play Continuous Media Data," IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 53, Issue 3, pp. 628-636 (2007).
- [8] 義久智樹, 西尾 章治郎: "放送通信融合環境におけるデータ受信時間を考慮した映像配信手法," 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 5 (2012).
- [9] 義久智樹, 西尾章治郎: "放送通信融合環境における映像データ受信待ち時間を考慮したストリーミング配信手法," 情報処理学会研究報告(モバイルコンピューティングとユビキタスシステム研究会 2011-MBL-60), pp. 1-8 (2011).
- [10] M. M. Hefeeda, B. K. Bhargava, and D. K. Y. Yau: "A Hybrid Architecture for Cost-effective On-demand Media Streaming," ACM Computer Networks, Vol. 44, Issue 3, pp. 353-382 (2004).
- [11] T. Taleb, N. Kato, and Y. Nemoto: "Neighbors-Buffering-Based Video-on-Demand Architecture," Signal Processing: Image Communication, Vol. 18, Issue 7, pp. 515-526 (2003).
- [12] 前田泉: "待ち時間革命," 日本評論社, 150 pages (2010).
- [13] 松田文子, 調枝孝治, 甲村和三, 神宮英夫, 山崎勝之, 平伸二: "心理的時間 - その広くて深いなぞ -, " 北大路書房, 551 pages (1996).