

# 放送時間と再生時間を考慮した 連続メディア放送のスケジューリング手法

大阪大学工学部情報システム工学教室  
義久 智樹, 塚本 昌彦, 西尾 章治郎

# 研究背景 その1: 連続メディアデータ

- 連続メディアデータ配信の普及。
  - Media Player (Microsoft 社)
  - Real Player (Real Networks 社)
  - Quick Time Player (Apple 社)
- 連続メディアデータ(音楽, 映画)は途切れずに再生できることが重要.
- 放送型配信に対する注目の高まり.



# 研究背景 その2: 放送型配信

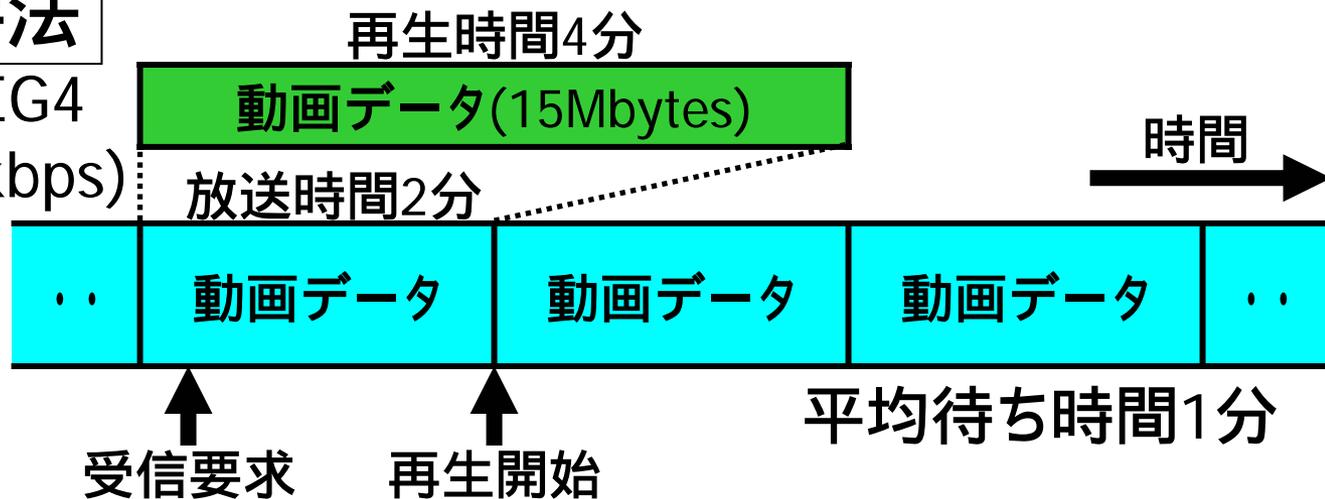
サーバは周期的にデータを放送.

- クライアント数が増加してもシステムの負荷は変わらない.
- クライアントは必要なデータが放送されるまで待たなければならない.

## 繰り返し手法

MPEG4  
(500kbps)

無線LAN  
(1Mbps)



# 研究目的

- 平均待ち時間を短縮するための研究  
PB[Viswanathan94] , SB[Hue97] , FB[Juhn98] .
- 既存研究ではクライアントは複数のチャネルからデータを同時に受信・蓄積できると想定している .
- 2 つ以上のチューナを持つ受信機は少ない .
  - × 無線LAN , bluetooth , テレビ , ビデオ , ...

**連続メディアデータの放送型配信を行う際、  
単一チャネルを用いてクライアントの  
待ち時間を短縮する .**

# 音楽ランキング

4分のPV(500kbps)を5Mbpsで放送

1位: モーニング娘。 「そっだ! We're ALIVE」

1ch

(5Mbps)



2位: w-ins. 「try your emotion」

2ch

(5Mbps)



3位: ゆず 「恋の歌謡日」

3ch

(5Mbps)



6分24秒

時間

PV終了・開始

終了・開始

終了・開始

終了・開始

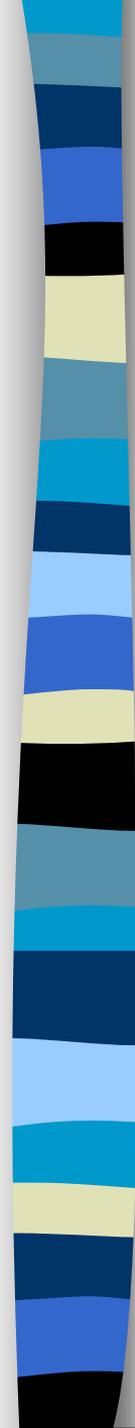
終了・開始

終了・開始

モーニング娘。が見たい!!



1ch 選択っ! 平均 1 2 秒も待つ の! ?



平均待ち時間12秒

これを4秒に  
する手法を  
提案する。

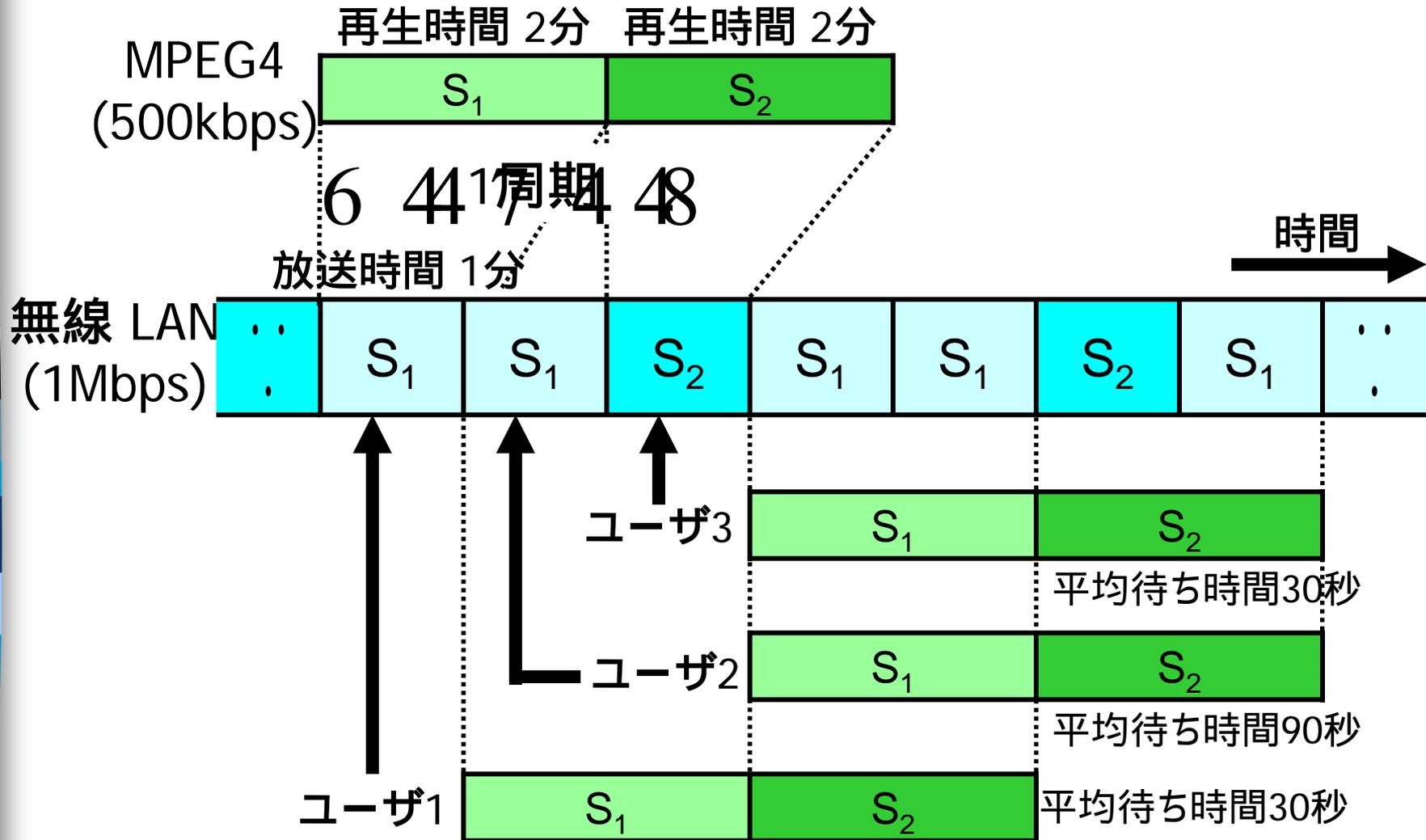
# 提案手法「分割放送方式」

放送するデータを  $s$  個の部分に等分割し、初めの部分を頻繁に放送することで、クライアントの待ち時間を短縮する。

- (1) 基本的なアイデア
- (2) 想定環境
- (3) 解析・評価
- (4) まとめ

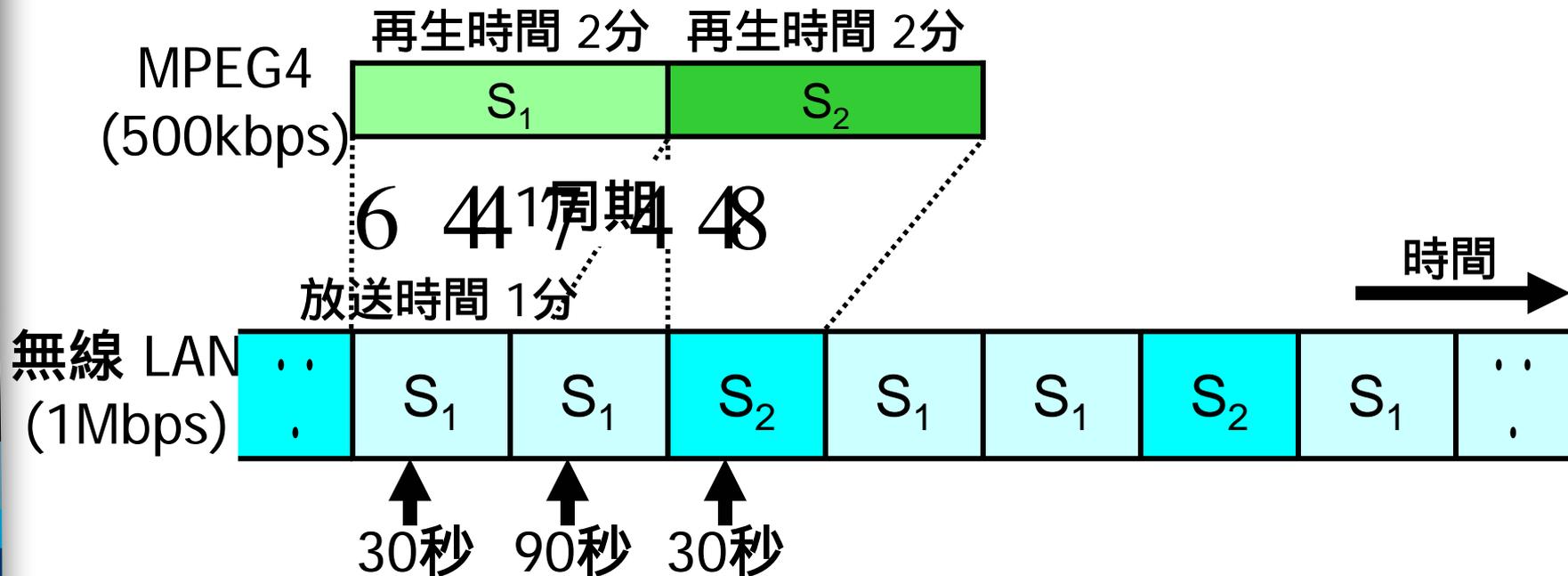
# 分割放送方式

## (1) 基本的なアイデア:短縮方法



# 分割放送方式

## (1) 基本的なアイデア:短縮方法



### 平均待ち時間

分割放送方式:  $(30 + 90 + 30) / 3 = 50$ 秒  
繰り返し手法: 60秒

データを分割して初めの部分を頻繁に放送することで、平均待ち時間を短縮できる。

## (2) 想定環境 その1

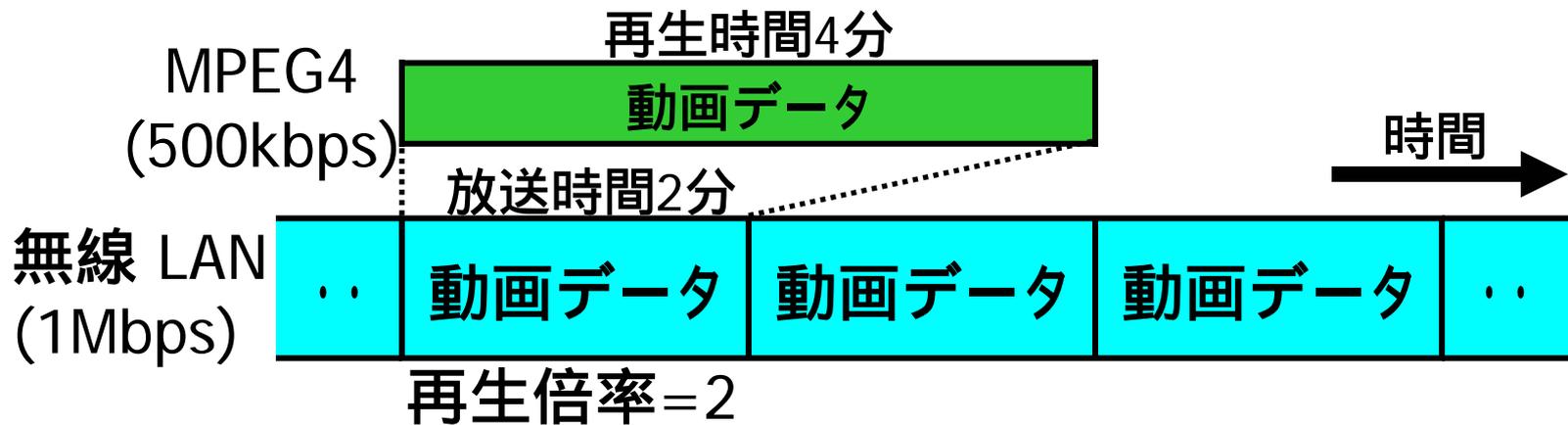
- クライアントの通信チャンネルは 1 つ .
- クライアントはデータの再生を開始すると、必ず最後まで途切れずに再生できなければならない .
- クライアントはデータの再生中にも放送されているデータを受信・蓄積可能 .
- プリフェッチは行わない .
- データの更新は行わない .

分割放送方式

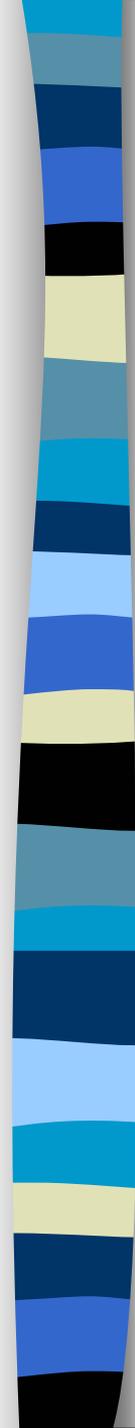
## (2) 想定環境 その2

- 再生倍率は 1 以上 (再生時間 / 放送時間) .

$$\text{再生倍率} = \text{再生時間} / \text{放送時間}$$



モーニング娘のPVを5Mbpsで放送する場合, 再生倍率=10



# 提案手法「分割放送方式」

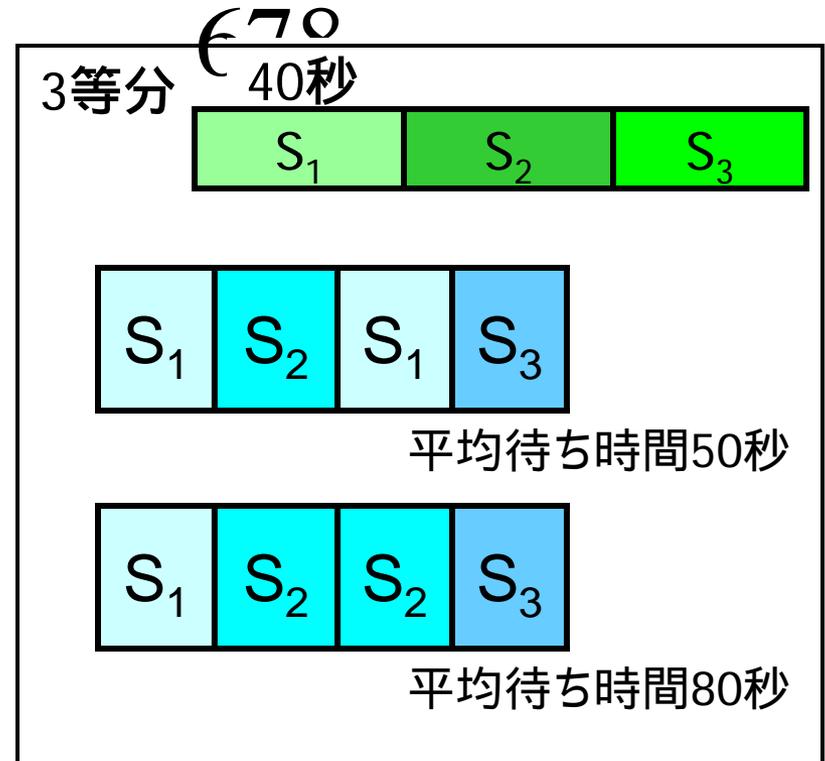
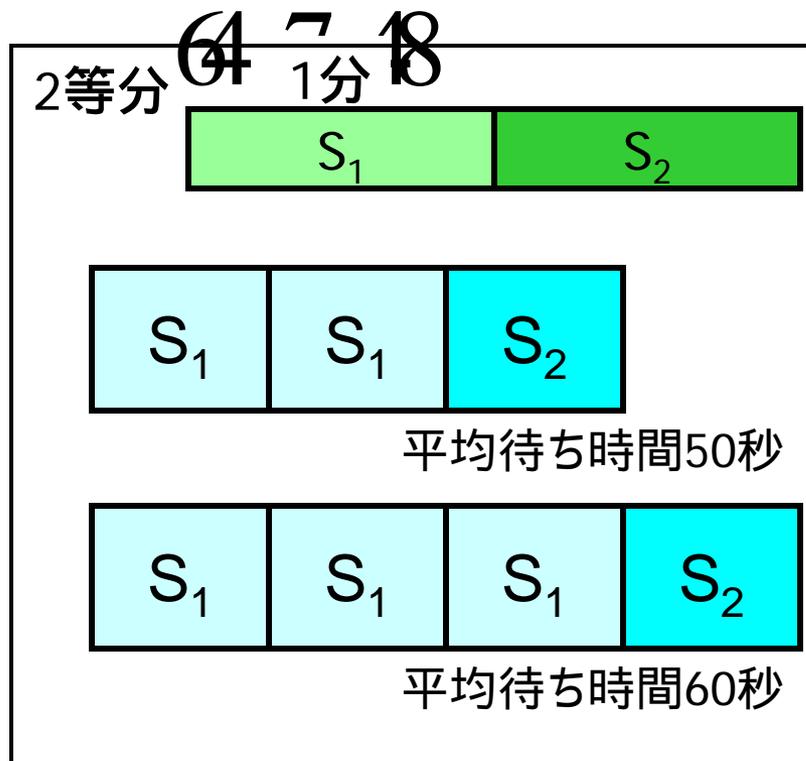
放送するデータを  $s$  個の部分に等分割し、初めの部分を頻繁に放送することで、クライアントの待ち時間を短縮する。

- (1) 基本的なアイデア
- (2) 想定環境
- (3) 解析・評価
- (4) まとめ

# (3) 平均待ち時間の決定要因

短縮できる平均待ち時間はデータの分割数やセグメント(分割したデータ)のスケジュールに依存する。

MPEG4 データ(500kbps) を 1Mbps の無線 LAN や bluetooth で配信する場合



## (3) 解析方針

- あらゆるスケジュールの平均待ち時間を計算し、最短値を算出することは不可能。
- 一週期中に放送するセグメントの数を制限すれば最短値は算出可能。
  - データを5等分して一周期中に15個のセグメントを放送する最適なスケジュールを求めるのに半月かかった。

### (3 a) 2等分する場合

解析を行い、平均待ち時間を最小にするスケジュールを求める。

### (3 b) 3等分以上にする場合

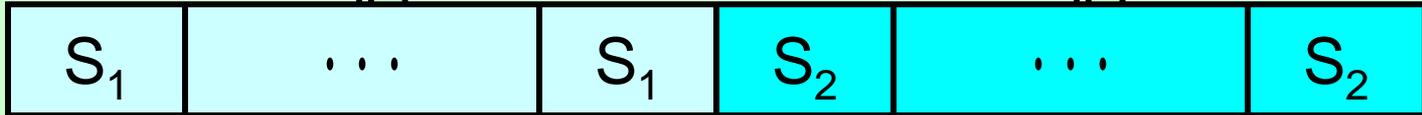
計算機を用いて求めた最小値を示す。



# (3 a) 2等分の解析: セグメント列

## 補題

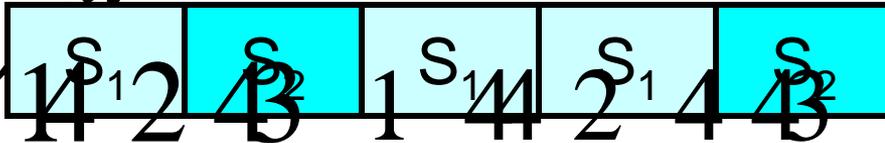
平均待ち時間を最小にするスケジュールは以下の形式で表せる。  
 $\underbrace{44 \dots 1}_{n\text{個}} \quad 4 \quad 4 \quad 4 \quad 8 \quad 6 \quad 4 \quad 44 \dots 1_{m\text{個}} \quad 4 \quad 4 \quad 4 \quad 8$



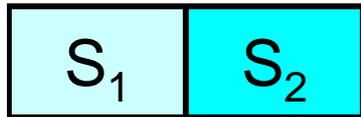
## ■ 証明の概略 (1分)

$S_1$ で始まり,  $S_2$ で終わる幾つかのセグメント列  $U_i$  ( $i=1,2,\dots,l$ ) に分けて平均待ち時間を計算できる。

放送スケジュール



セグメント列  $U_1$



平均待ち時間60秒

$U_2$



平均待ち時間50秒

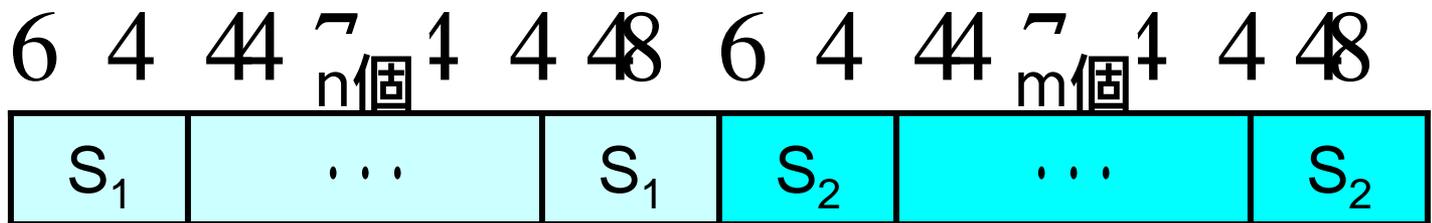
$$\text{平均待ち時間} = (2 \times 60 + 3 \times 50) / 5 = 54 \text{ 秒}$$

この場合,  $U_2$ を繰り返して放送する方が平均待ち時間は短い。

# (3 a) 2等分の解析: 解析方針

セグメント列を放送スケジュールとした場合の平均待ち時間の最小値を求めればよい。

( $a$ =再生倍率,  $n = a$  の整数部分)



•  $n < a$  の場合

$$\text{平均待ち時間} = \frac{D(n+m^2+2m)}{4a(n+m)}$$

•  $n \geq a$  の場合

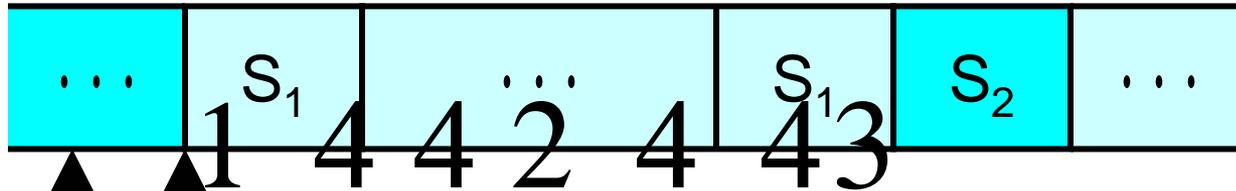
$$\text{平均待ち時間} = \frac{D(n^2+m^2+2n+2m - a^2 - a - 2a(n-a))}{4a(n+m)}$$

分割放送方式の解析・評価

# (3 a) 2等分の解析: 解析結果

$a = \text{再生倍率} = \text{再生時間} / \text{放送時間}$   
 $= (a \text{ の整数部分})$

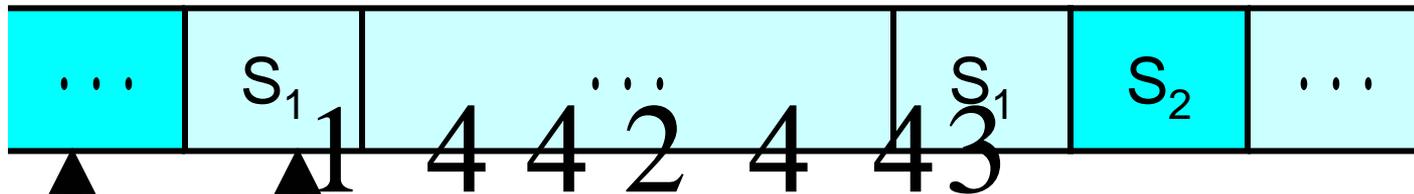
- $(\lfloor a \rfloor + 1)(a - \lfloor a \rfloor) - 0$  の場合  
 $6 \quad 4 \quad 4 \quad 7 \quad 4 \quad 4 \quad 8$



$S_1$ の受信開始と同時に再生を開始しても最後まで途切れずに再生できる。

受信要求 再生開始

- $(\lfloor a \rfloor + 1)(a - \lfloor a \rfloor) - > 0$  の場合  
 $6 \quad 4 \quad 4 \quad 7^{+1} \quad 4 \quad 4 \quad 8$



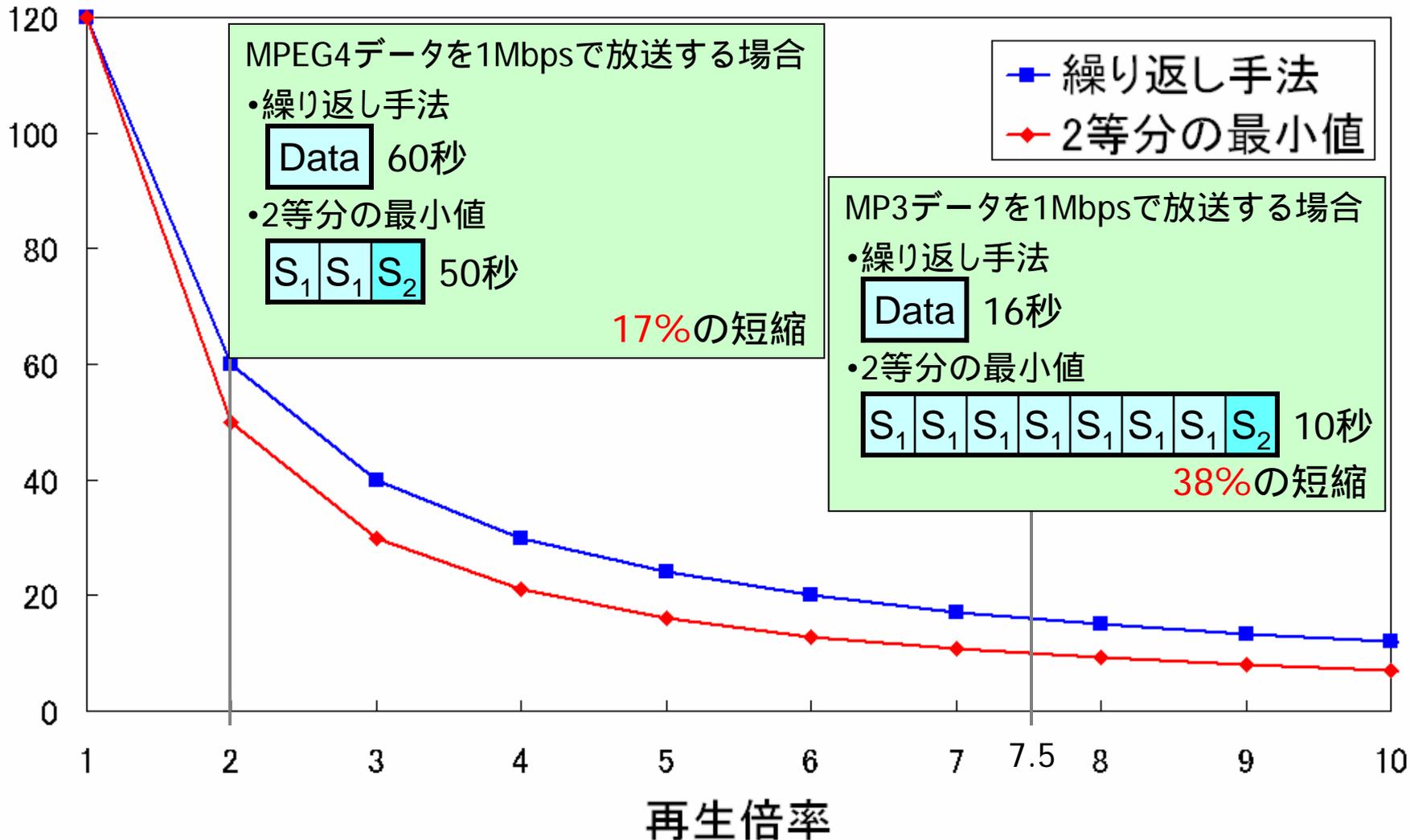
受信要求 再生開始

a

# 分割放送方式の解析・評価

## (3 a) 2等分の解析: 評価

再生時間4分のデータに対する  
平均待ち時間



## (3 b) 3等分以上の評価

- 評価値

再生時間4分のデータに対する平均待ち時間

- パラメータ

再生倍率, 分割数

- 比較

- 繰り返し手法

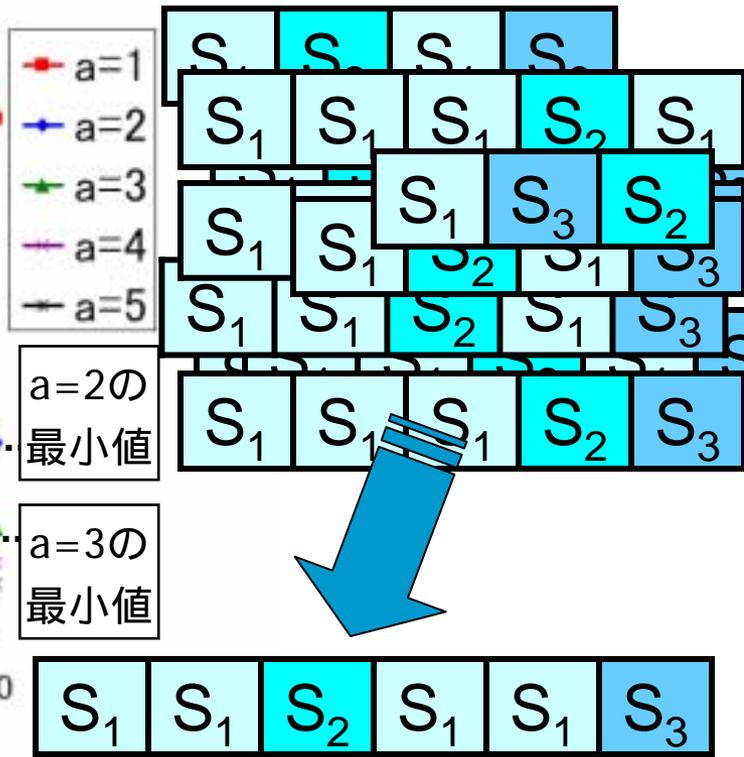
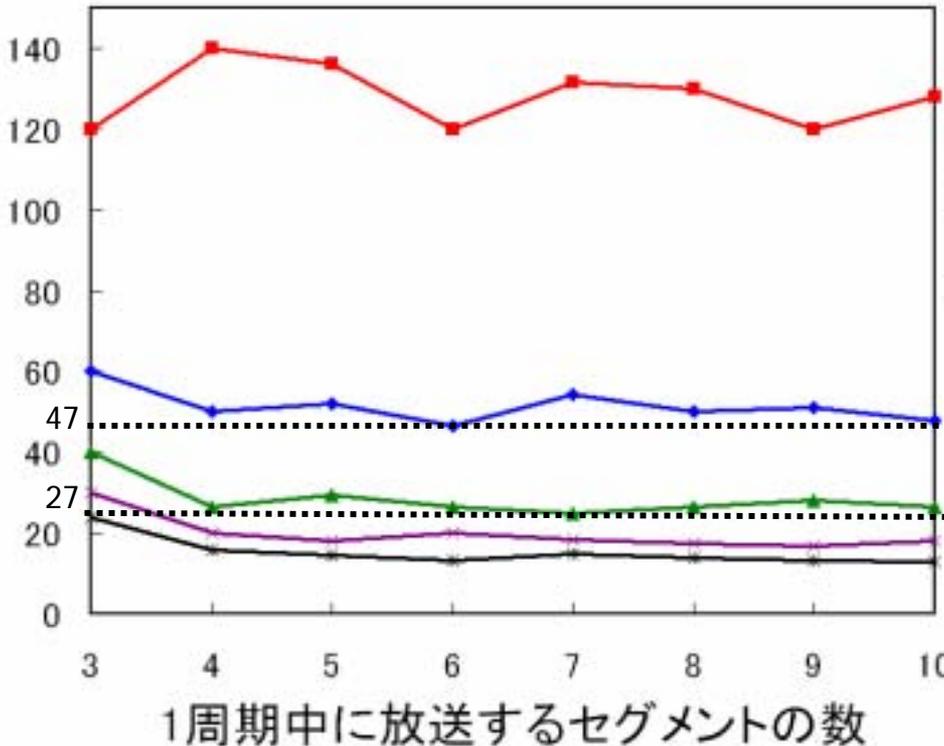
- 最小値 ( $c = \dots, 10$ )

$c$ : 一週期中に放送するセグメントの数

# (3 b) 3等分以上の評価: 最小値

- 再生倍率  $a$ , 分割数  $s$  が与えられた場合に, 一周期中に 10 個以下のセグメントを放送するあらゆるスケジュールの平均待ち時間の最小値.

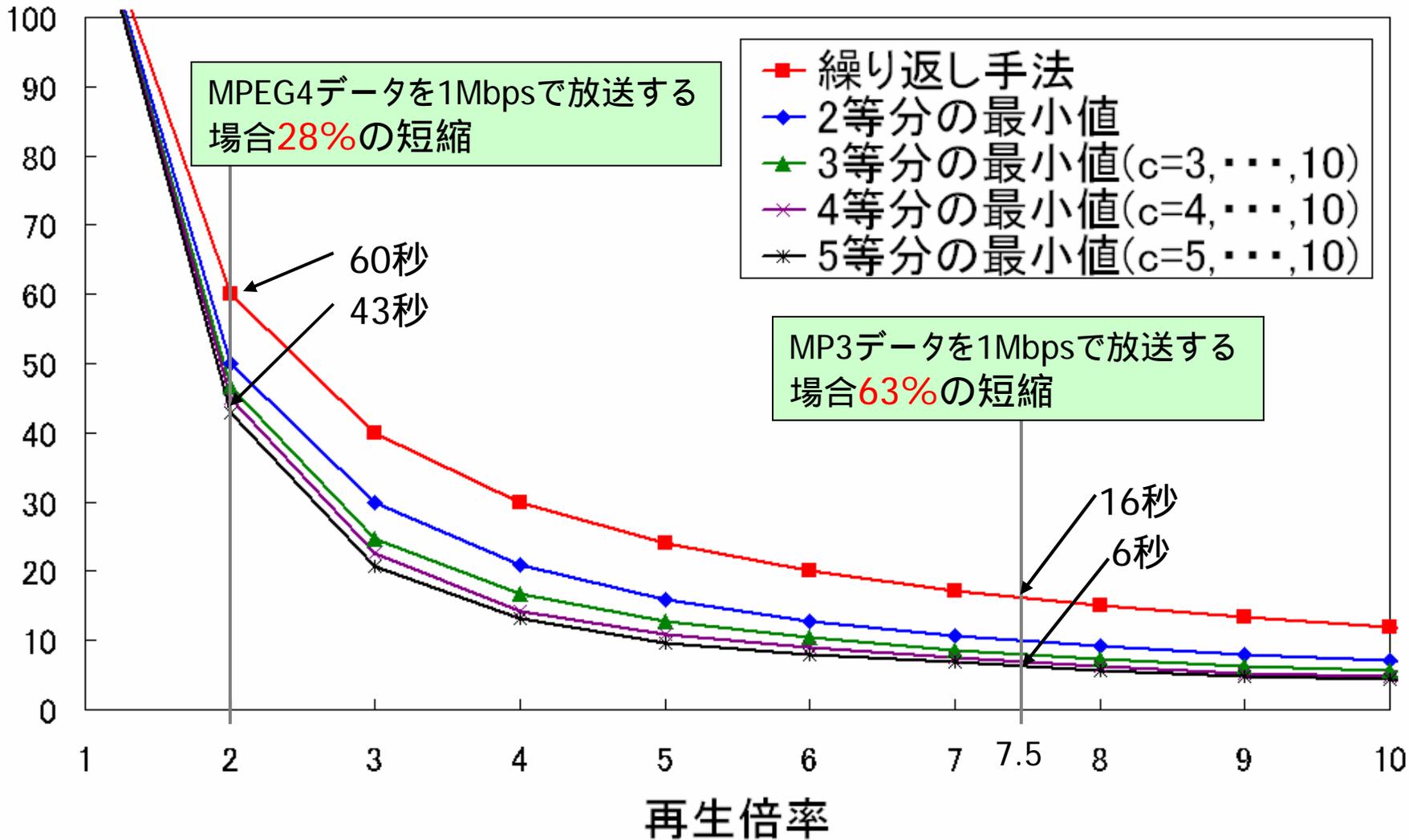
再生時間4分のデータを3等分する場合の平均待ち時間の最小値(秒)



# 分割放送方式の解析・評価

## (3 b) 3等分以上の評価：評価結果

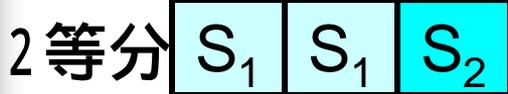
再生時間4分のデータに対する  
平均待ち時間



# (3 b) 3等分以上の評価: 考察

- 平均待ち時間を最小 ( $c = \dots, 10$ ) にするスケジュール

MPEG4データを1Mbpsで放送する場合 (再生倍率=2)



初めの方のセグメント  
を頻繁に放送している。



## (4) まとめ

- 単一チャネルを用いた連続メディアデータ放送において、クライアントの待ち時間を短縮する手法「分割放送方式」を提案した。
  - MPEG4データ(500kbps)を1Mbpsで放送する場合、**28%以上の短縮**
  - MP3データ(128kbps)を1Mbpsで放送する場合、**63%以上の短縮**

### [今後の課題]

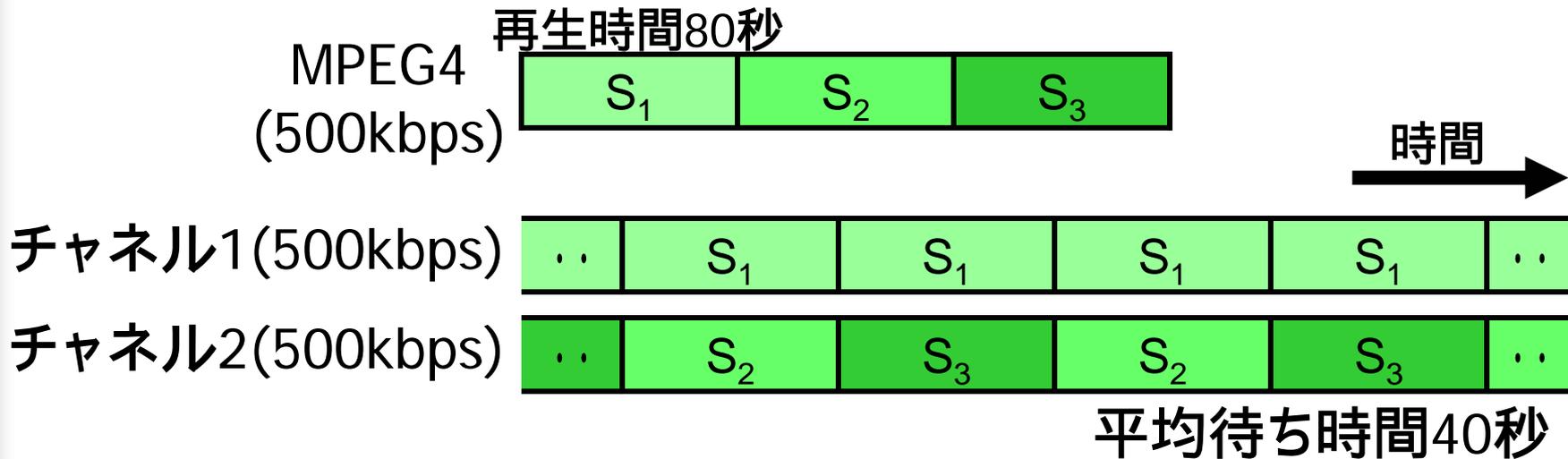
- 3等分以上の場合のヒューリスティックなスケジューリング手法の検討。
- データを異なるサイズに分割する場合の検討。

分割放送方式

# 関連研究

連続メディアの放送型配信に関して、クライアントの待ち時間を短縮するための研究。

- Pyramid Broadcasting [Viswanathan94]
- Skyscraper Broadcasting [Hua97]
- Fast Broadcasting [Juhn98]



複数のチャンネルから同時にデータを受信できると想定。

# 関連研究: 比較

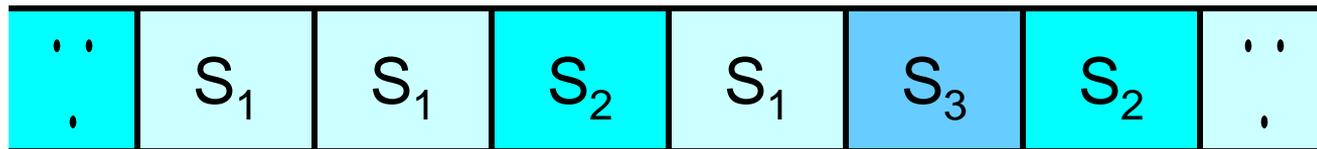
単一チャネルを時分割して関連研究の手法を用いる。  
MPEG4データを1Mbpsで放送する場合(再生倍率=2)。

## ■ Fast Broadcasting



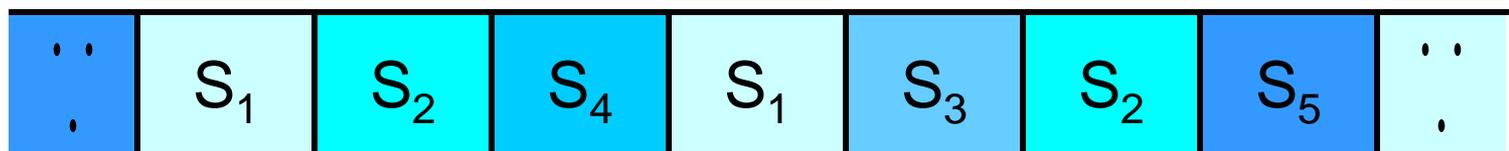
平均待ち時間50秒

## ■ 3等分の最小値 (c=⋯, 10)



平均待ち時間47秒

## ■ 5等分の最小値 (c=⋯, 10)



平均待ち時間43秒