

# 連続メディアデータ放送の スケジューリングに関する研究動向

大阪大学大学院  
情報科学研究科マルチメディア工学専攻  
義久 智樹

# 構成

1. 既存の連続メディアデータ(映像, 音声)の  
放送システム

2. 待ち時間短縮のための  
スケジューリング手法の研究

1. データを分割せずに放送

Staggered

2. データを分割して放送

1. 異なるサイズに分割

PB, SB

2. 同じサイズに分割

PB, HB, PHB

3. まとめ

# 背景

## ⊕ 広帯域の放送型配信

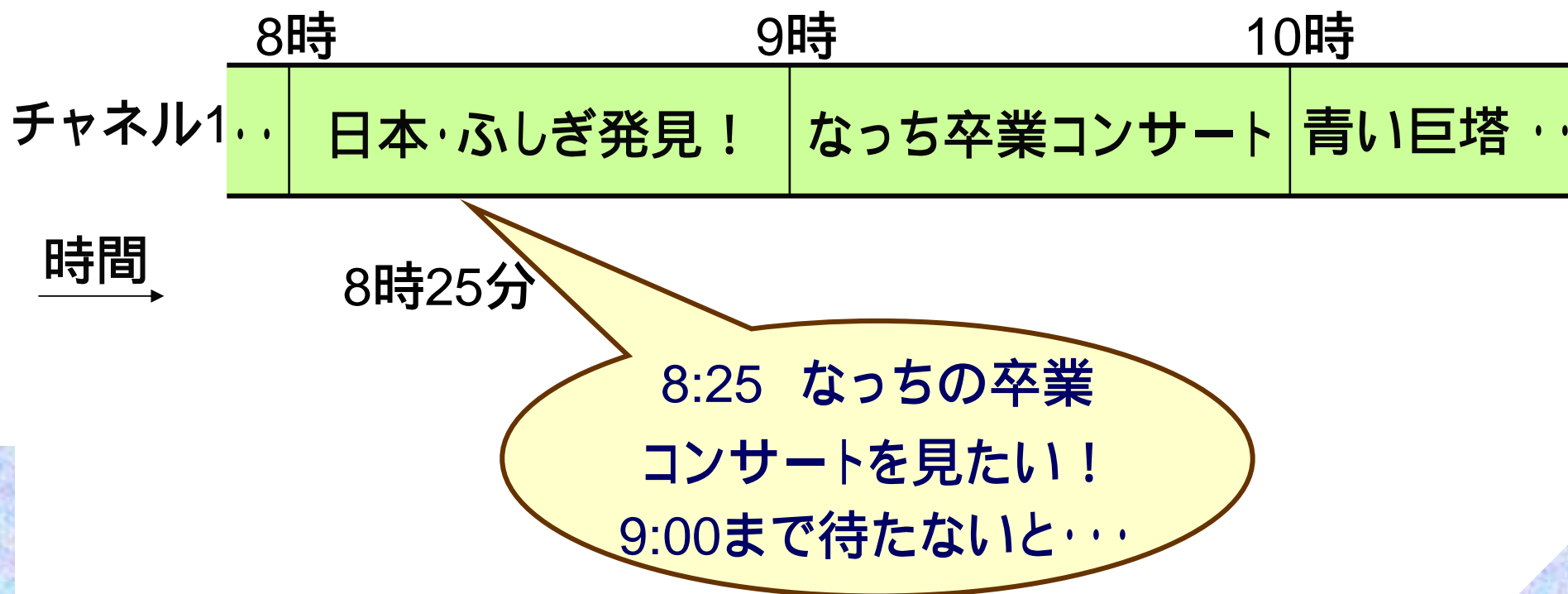
- 1996年10月 CSデジタル放送
- 2000年12月 BSデジタル放送
- 2002年3月 110度CSデジタル放送
- 2003年11月 一部地上波デジタル放送
- 2011年7月 地上波デジタル放送



## 1. 既存の連続メディアデータ放送システム

# 放送型配信

- ⊕ 多くのクライアントにまとめてデータを配信
- ⊕ 必要なデータが放送されるまで待つ



## 1. 既存の連続メディアデータ放送システム

# 連続メディアデータ放送

- ⊕ 放送型配信では待ち時間が発生
- ⊕ 連続メディアデータ(映像, 音)は途切れずに再生できることが重要[Horn01]

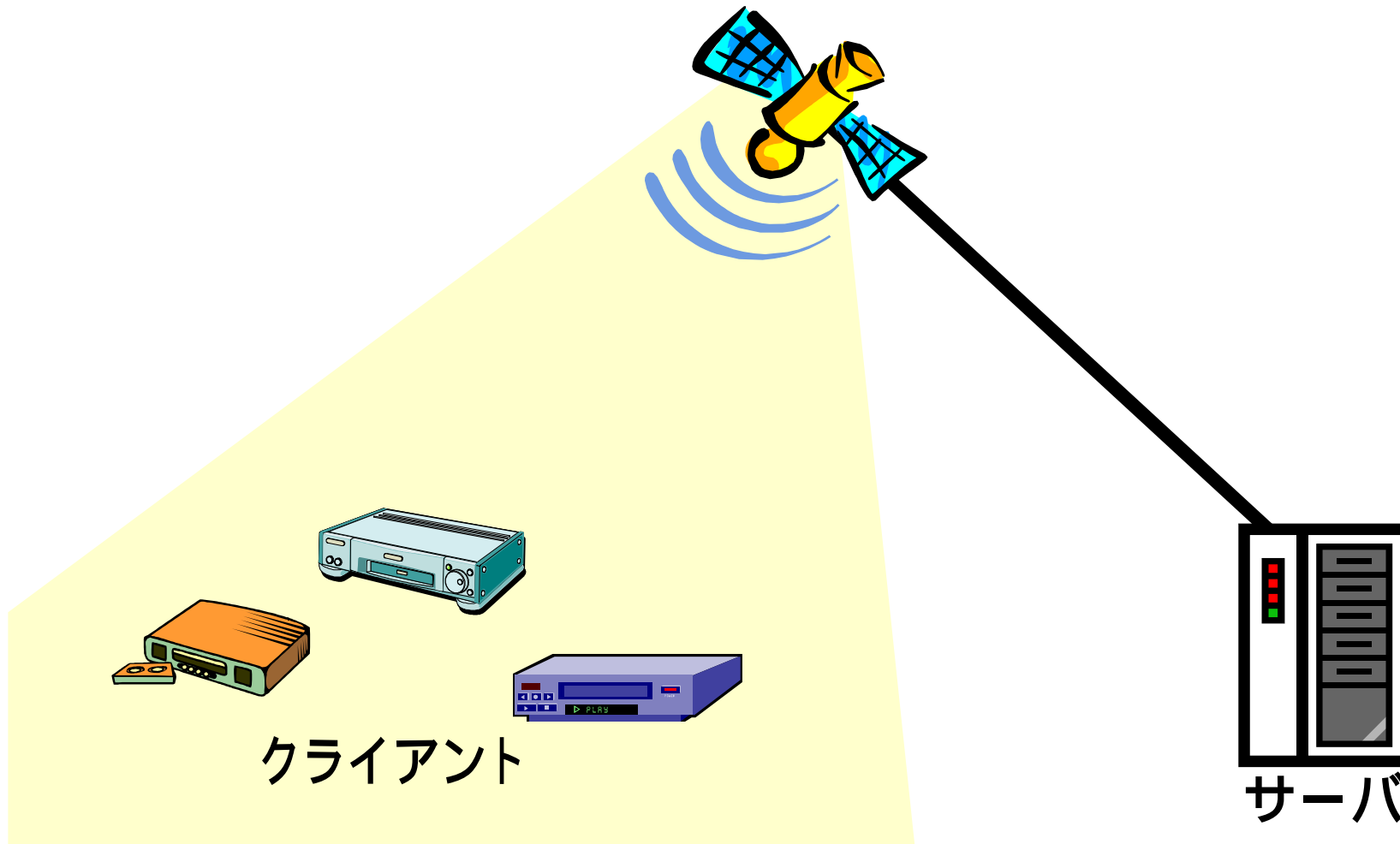
**データを最初から最後まで  
途切れずに再生できる**

ことを考慮したうえで

**待ち時間を短縮**  
するスケジューリング手法

## 2. 待ち時間短縮のためのスケジューリング手法の研究

# 想定環境



2. 待ち時間短縮のためのスケジューリング手法の研究

# 待ち時間短縮のための研究

1. データを分割せずに放送
2. データを分割して放送
  1. 異なるサイズに分割
  2. 同じサイズに分割

2.1. データを分割せずに放送

# データを分割せずに放送

⊕ Staggered[Almeroth96](ジョージア工科大)  
放送開始時刻をずらして周期的に放送



時間 →

8時25分

8:25 なっちの卒業  
コンサートを見たい！  
8:30から見れる！！！！

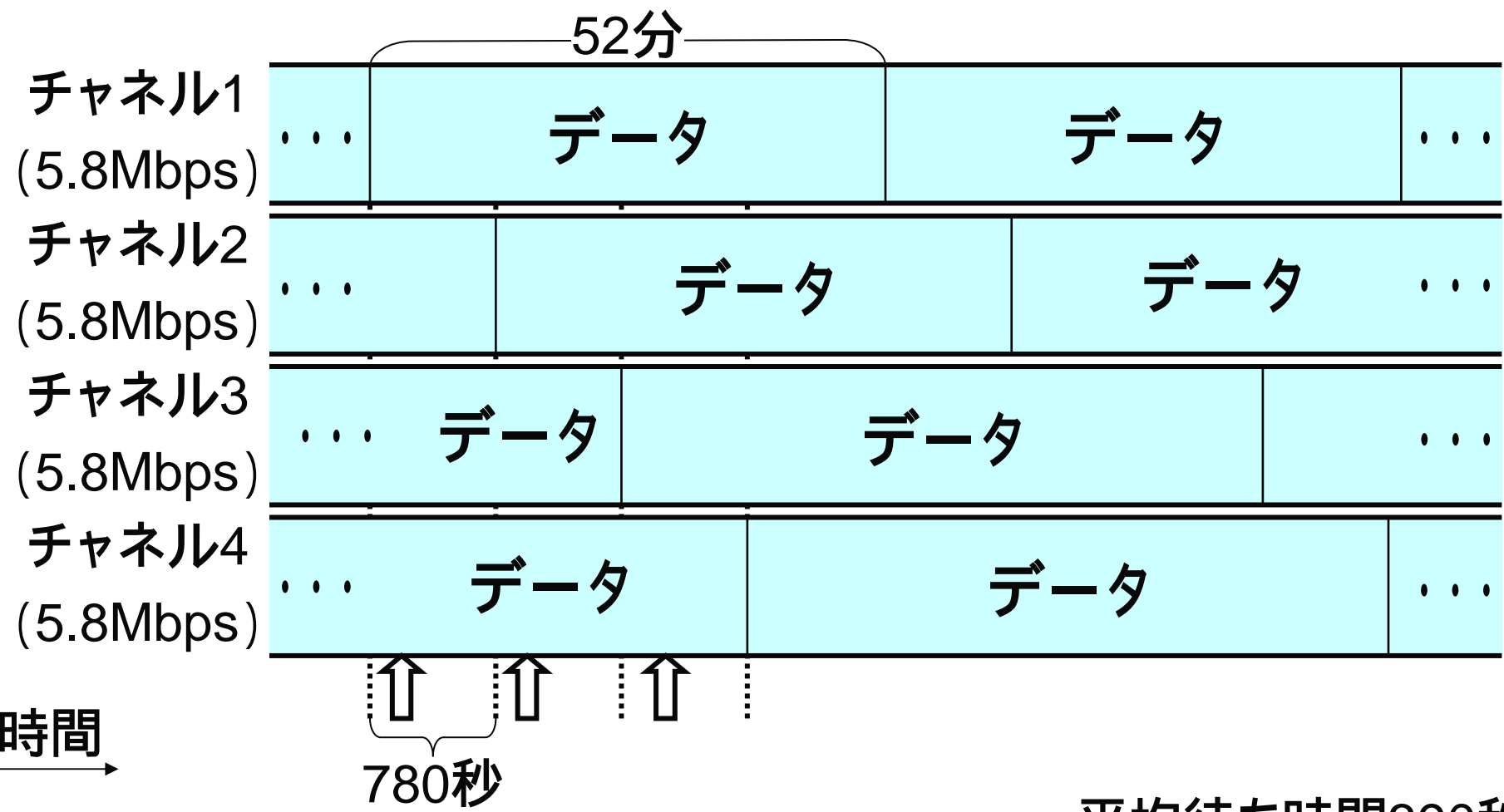
平均待ち時間15分



## 2.1. データを分割せずに放送

# Staggered

5Mbpsの60分のデータを23Mbpsで放送する場合



平均待ち時間390秒

# データを分割して放送

## 1. 異なるサイズに分割

- Pyramid Broadcasting[Viswanathan95](ラトガーズ大)
- Skyscraper Broadcasting[Hua97](中央フロリダ大)

## 2. 同じサイズに分割

- Pagoda Broadcasting[Paris99a,b](ヒューストン大)
- Harmonic Broadcasting[Juhn97a](チュンリー大)

## 2.1. データを分割して放送

# データを分割して放送

## 1. 異なるサイズに分割

- Pyramid Broadcasting[Viswanathan95](ラトガーズ大)
- Skyscraper Broadcasting[Hua97](中央フロリダ大)

## 2. 同じサイズに分割

- Pagoda Broadcasting[Paris99a,b](ヒューストン大)
- Harmonic Broadcasting[Juhn97a](チュンリー大)

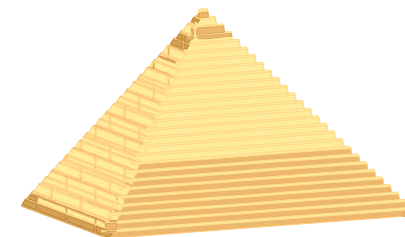
# Pyramid Broadcasting (1/2)

- ⊕ N個の部分にデータを分割して放送
- ⊕ セグメント $S_i$  (分割したデータ,  $i=1, \dots, N$ ) のデータサイズ $d_i$ を次式で与える.

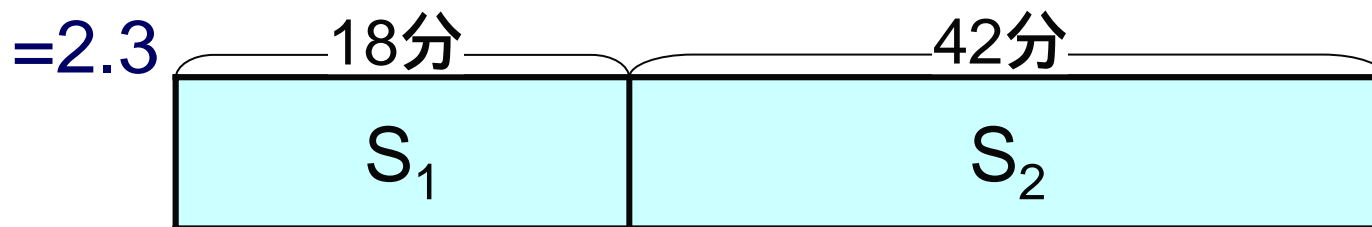
$$d_i = d_{i-1}$$

ただし,  $1 < \dots < B/(rN)$ ,

$B$ : 放送帯域,  $r$ : 再生レート



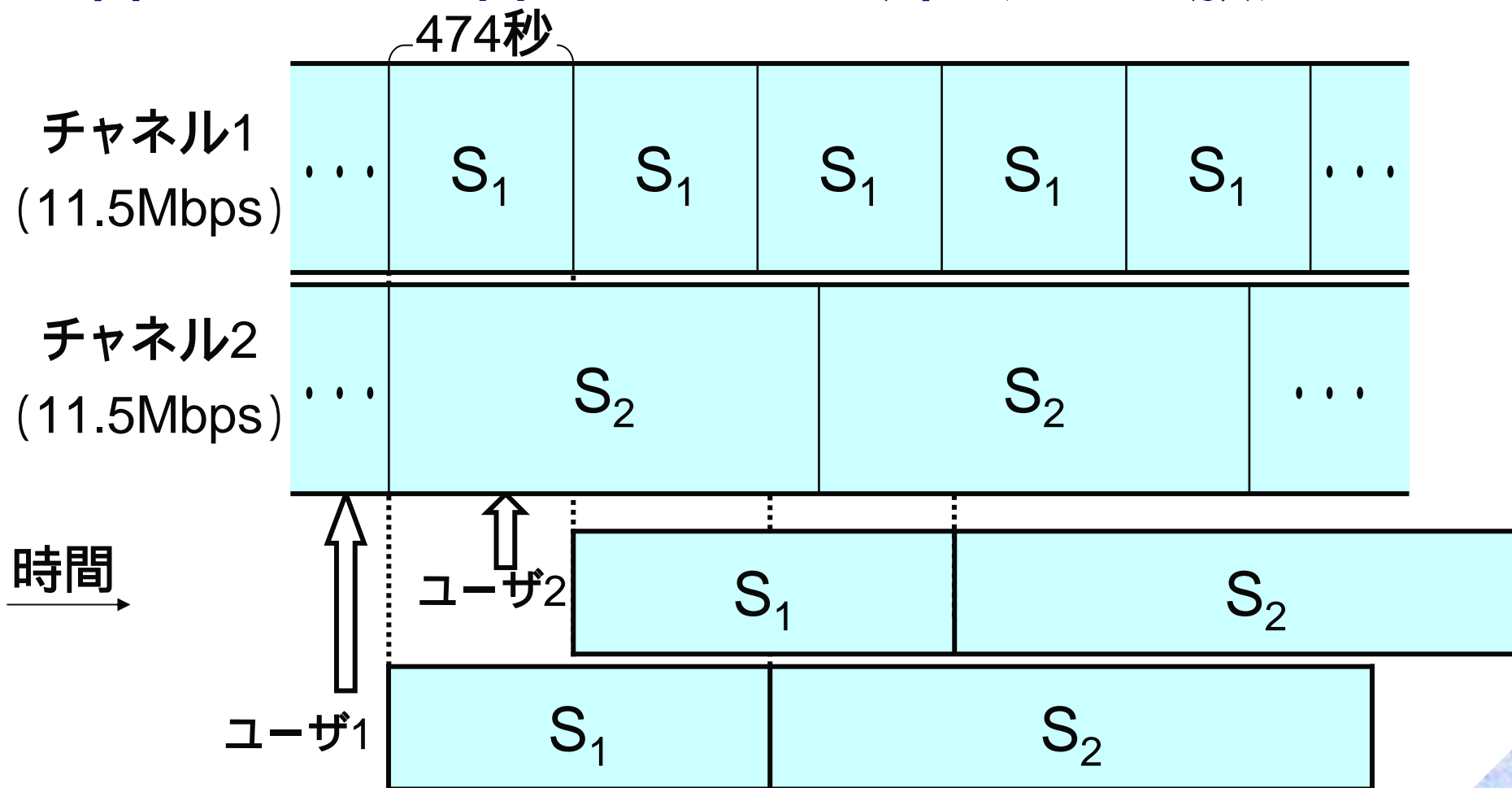
5Mbpsの60分のデータを23Mbpsで放送する場合



2.1.1 . データを分割して放送:異なるサイズに分割

# Pyramid Broadcasting (2/2)

⊕ 各チャンネルで各セグメントを繰り返して放送



— 平均待ち時間237秒

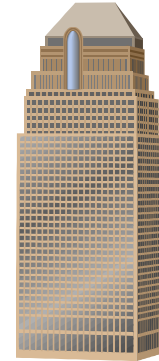
## 2.1.1 . データを分割して放送:異なるサイズに分割

# Skyscraper Broadcasting (1/2)

⊕  $S_i (i=1, \dots, N)$  のデータサイズ  $d_i$  を次式で与える .

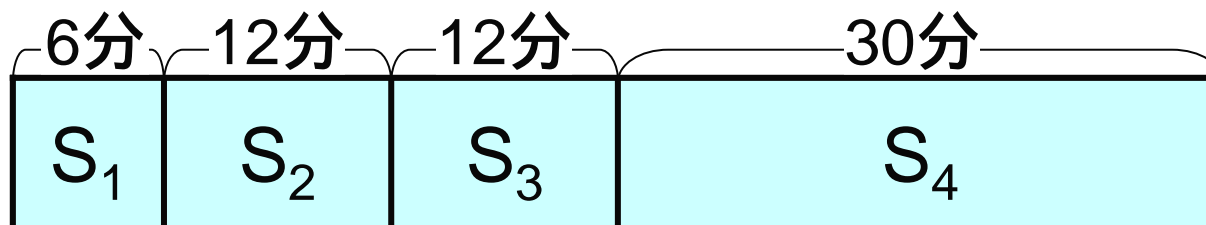
$$d_i \begin{cases} 2d_1 & i=2, 3 \\ (2d_{i-1}+1) d_1 & i \bmod 4=0 \\ d_{i-1} d_1 & i \bmod 4=1, 3 \\ (2d_{i-1}+2) d_1 & i \bmod 4=2 \end{cases}$$

ただし,  $d_i > W$  の場合,  $d_i=W$



⊕ バッファ容量を制限できる

5Mbpsの60分のデータを34Mbpsで放送する場合 ( $W>5$ )



## 2.1.1 . データを分割して放送:異なるサイズに分割

# Skyscraper Broadcasting (2/2)

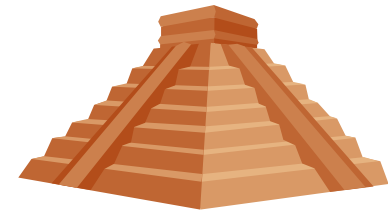


平均待ち時間155秒

- ⊕ クライアントは2個以上のチャンネルから同時に受信する必要がない

## その他

- ⊕ Asynchronous Harmonic Broadcasting[義久04](大阪大)  
再生の単位ごとにデータを分割
- ⊕ Mayan Temple Broadcasting[Paris99c](ヒューストン大)  
プリキャッシュを行う
- ⊕ Dynamic Skyscraper Broadcasting  
[Eager98](サスカチュワン大)  
アップリンクがある場合のSkyscraper Broadcasting法
- ⊕ Permutation-based Pyramid Broadcasting  
[Aggarwal96](マサチューセッツ工科大)  
StaggeredとPyramid Broadcastingの組合せ





## 2.1. データを分割して放送

# データを分割して放送

## 1. 異なるサイズに分割

- Pyramid Broadcasting[Viswanathan95](ラトガーズ大)
- Skyscraper Broadcasting[Hua97](中央フロリダ大)

## 2. 同じサイズに分割

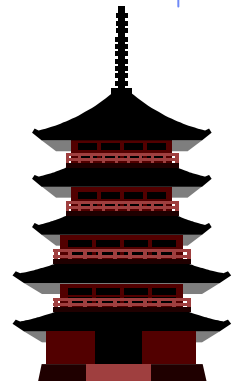
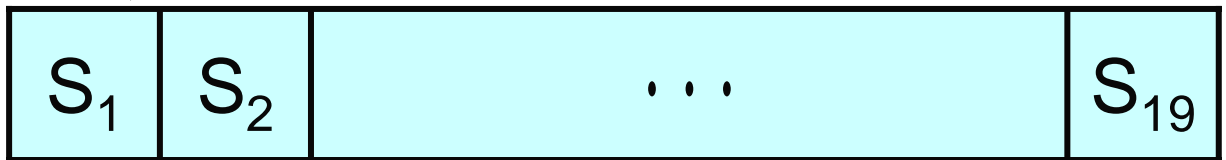
- Pagoda Broadcasting[Paris99a,b](ヒューストン大)
- Harmonic Broadcasting[Juhn97a](チュンリー大)

2.1.2. データを分割して放送: 同じサイズに分割

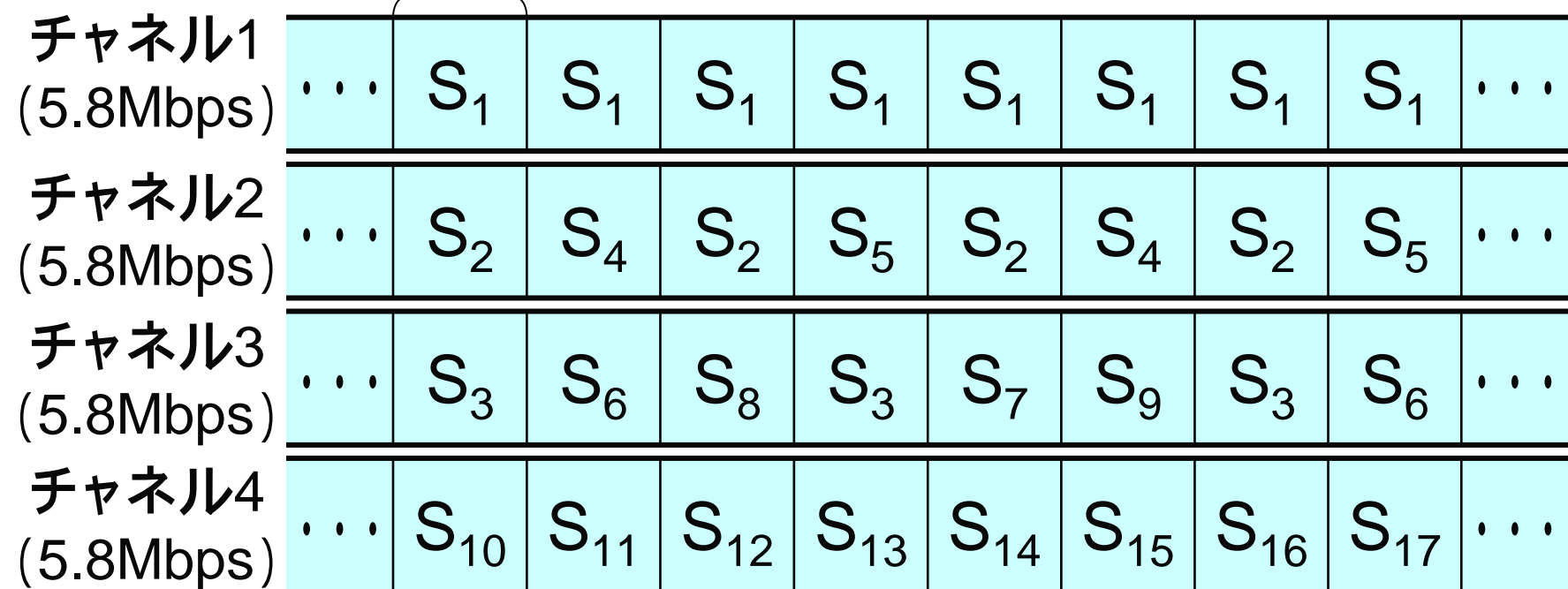
# Pagoda Broadcasting

データ, 帯域幅を等分割

189秒



163秒



時間 →

平均待ち時間82秒

# Harmonic Broadcasting (1/2)

- ⊕ データは等分割
- ⊕ 各チャンネルの帯域幅を計算で与える.  
i番目のチャンネルの帯域幅 $b_i$ を次式で与える.

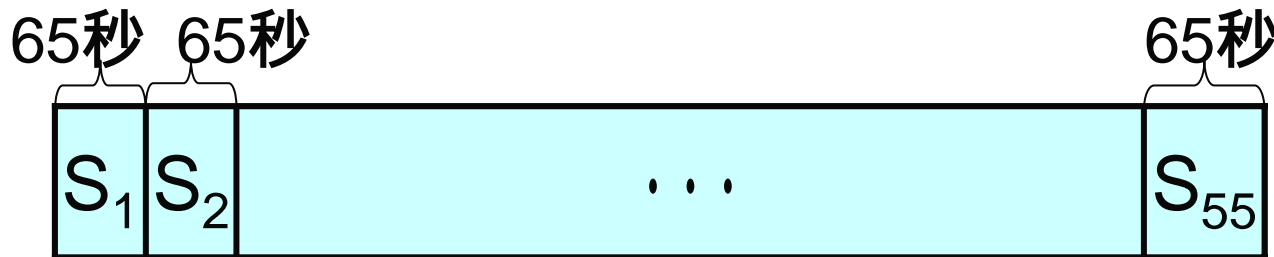
$$b_i = r / i$$

r: 再生レート

- ⊕ Nは $B = \sum_{i=1}^N b_i$ を満たすように決定

5Mbpsの60分のデータを23Mbpsで放送する場合

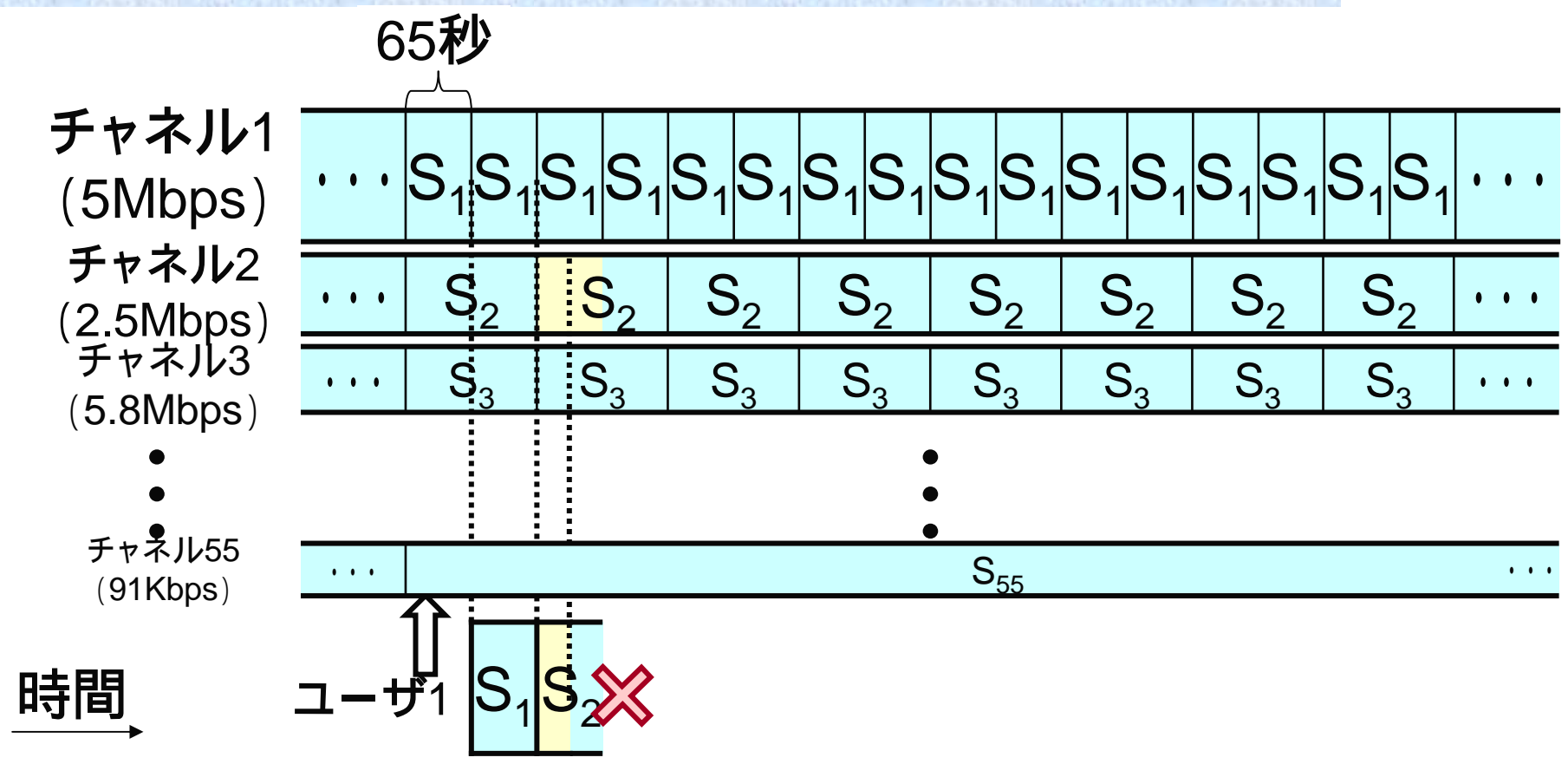
N=55



- ⊕ 1つのチャンネルで1個のセグメントを放送

2.1.2. データを分割して放送: 同じサイズに分割

# Harmonic Broadcasting (2/2)



S<sub>1</sub>の受信と同時に再生を開始して最後まで途切れずに再生できるとは限らない。

平均待ち時間65秒

2.1.2. データを分割して放送: 同じサイズに分割

## Harmonic Broadcastingの変形手法

⊕ Harmonic Broadcastingは平均待ち時間の下限

⊕ 5Mbpsの60分のデータを23MBpsで放送する場合, 33秒まで短縮できる.

- Cautious Harmonic Broadcasting[Paris98a](ヒューストン大)
- Quai Harmonic Broadcasting[Paris98a](ヒューストン大)
- Polyharmonic Broadcasting[Paris98b](ヒューストン大)

## 2.1.2. データを分割して放送: 同じサイズに分割

# Polyharmonic Broadcasting (1/2)

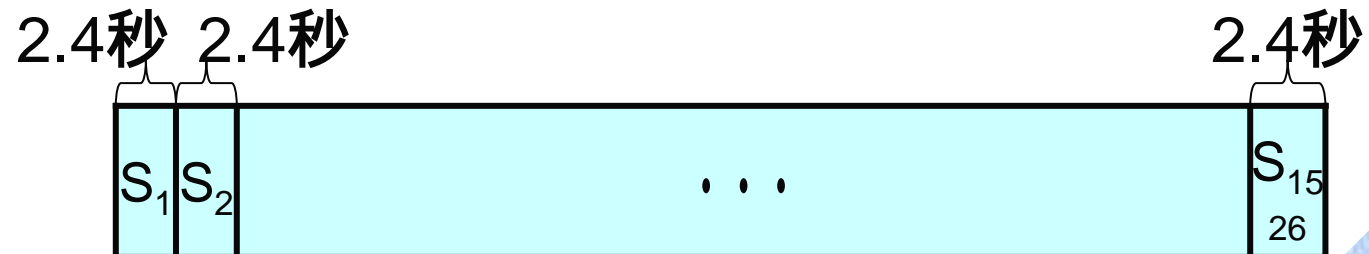
- ⊕ 初めにmセグメント分待つ
- ⊕ i番目のチャンネルの帯域幅 $b_i$ を次式で与える.

$$b_i = r / (m+i-1)$$

r: 再生レート

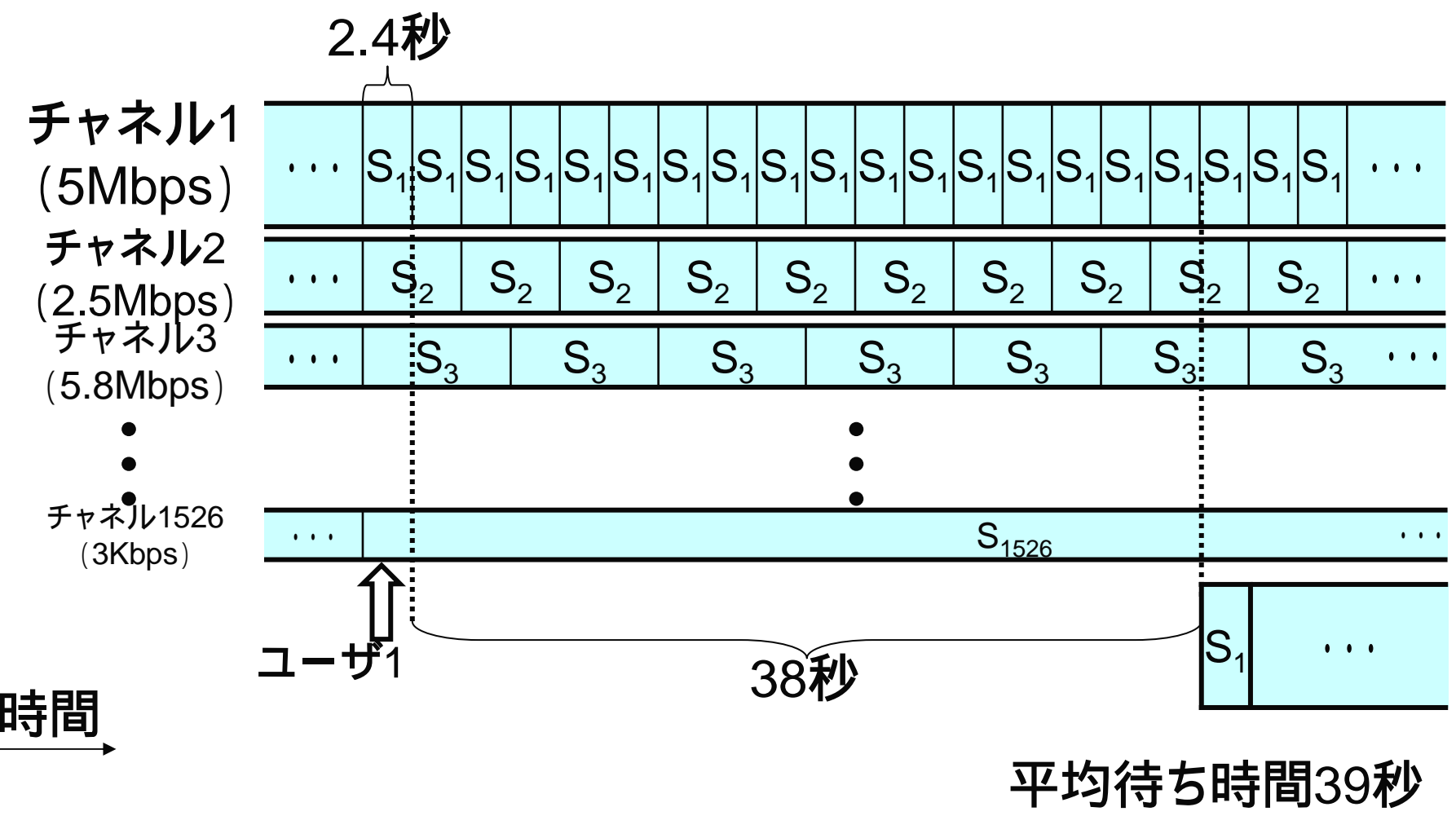
- ⊕ m でHB法と同じ待ち時間
  - ⊕ Nは $B = \sum_{i=1}^N b_i$ を満たすように決定
  - ⊕ クライアントはmセグメント分待ってから再生開始
- 5Mbpsの60分のデータを34Mbpsで放送する場合 (m=16)

N=1526



2.1.2. データを分割して放送: 同じサイズに分割

# Polyharmonic Broadcasting (2/2)



## その他

### ⊕ Division-Based Broadcasting

[Yoshihisa03a, 義久03a] (大阪大)

1個のデータを単一チャンネルで放送

### ⊕ Alternative Broadcasting [Yoshihisa03b, 義久03b] (大阪大)

複数のデータを単一チャンネルで放送

### ⊕ Broadcast-Based Interaction [Tantaoui02] (中央フロリダ大)

VCR (Video Cassette Recorder) コントロール (早送り, 巻き戻し  
一時停止) を考慮

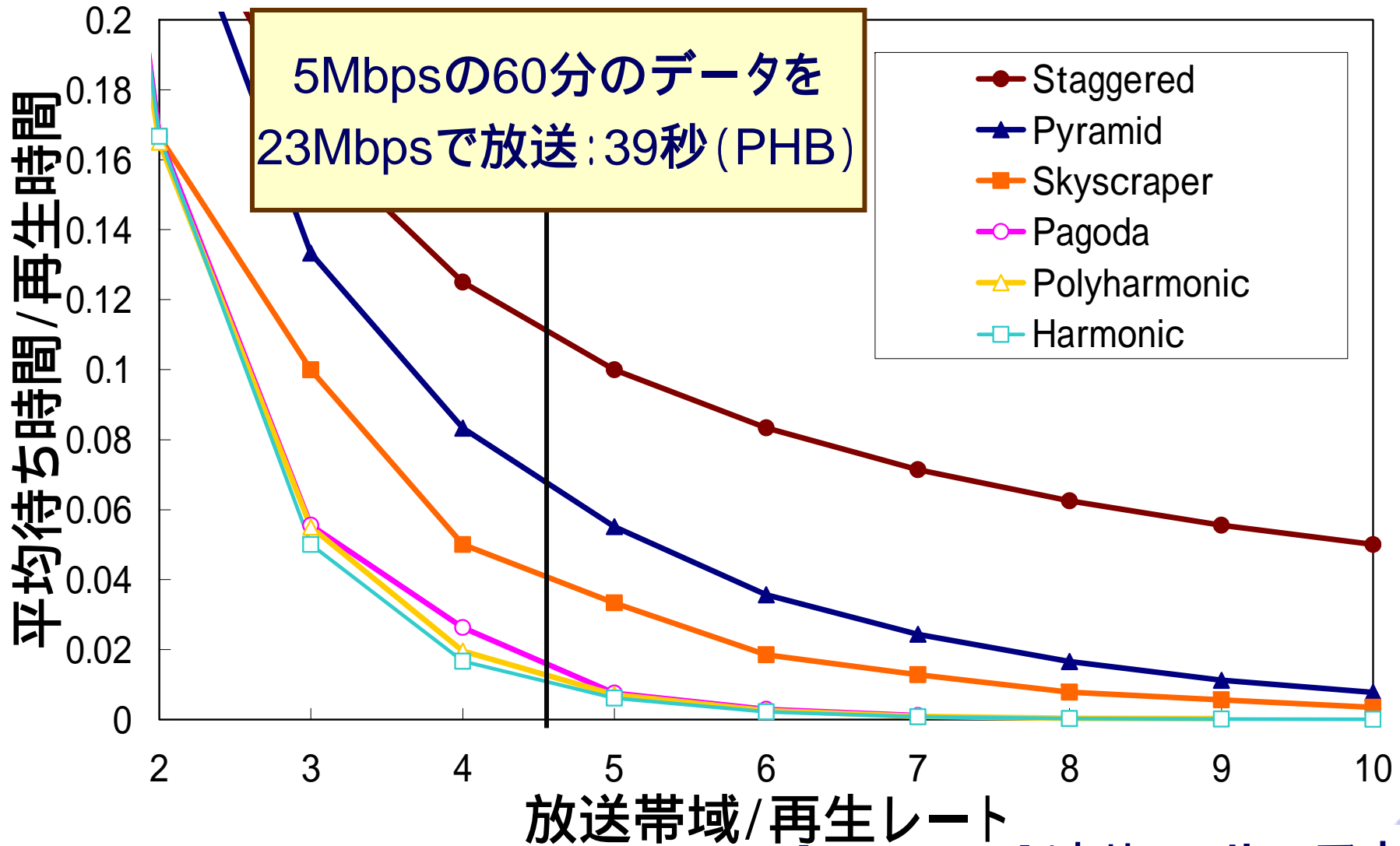
### ⊕ Dynamic Heuristic Broadcasting [Carter01] (ヒューストン大)

アップリンクがある場合に動的にスケジュールを作成



### 3. まとめ

# 比較



[Carter00] (カリフォルニア大)

### 3.まとめ

## 考察

- ⊕ Polyharmonicの平均待ち時間が短いですが、1526個ものチャンネルから同時にデータを受信する必要がある。
- ⊕ Padodaで4個
- ⊕ 現状では、分割する必要のないStaggered

手法名	平均待ち時間	チャンネル数	分割
Staggered	390秒	4	なし
Pagoda	82秒	4	あり
Polyharmonic	39秒	1526	あり

### 3. まとめ

## 今後の研究課題

### ⊕ 実装実験

- 無限個のチャンネルから同時に送受信できる？

例) 地上波デジタルでは13個まで

### ⊕ VBR (Variable Bit Rate) への対応

### ⊕ 時間帯や人気を考慮

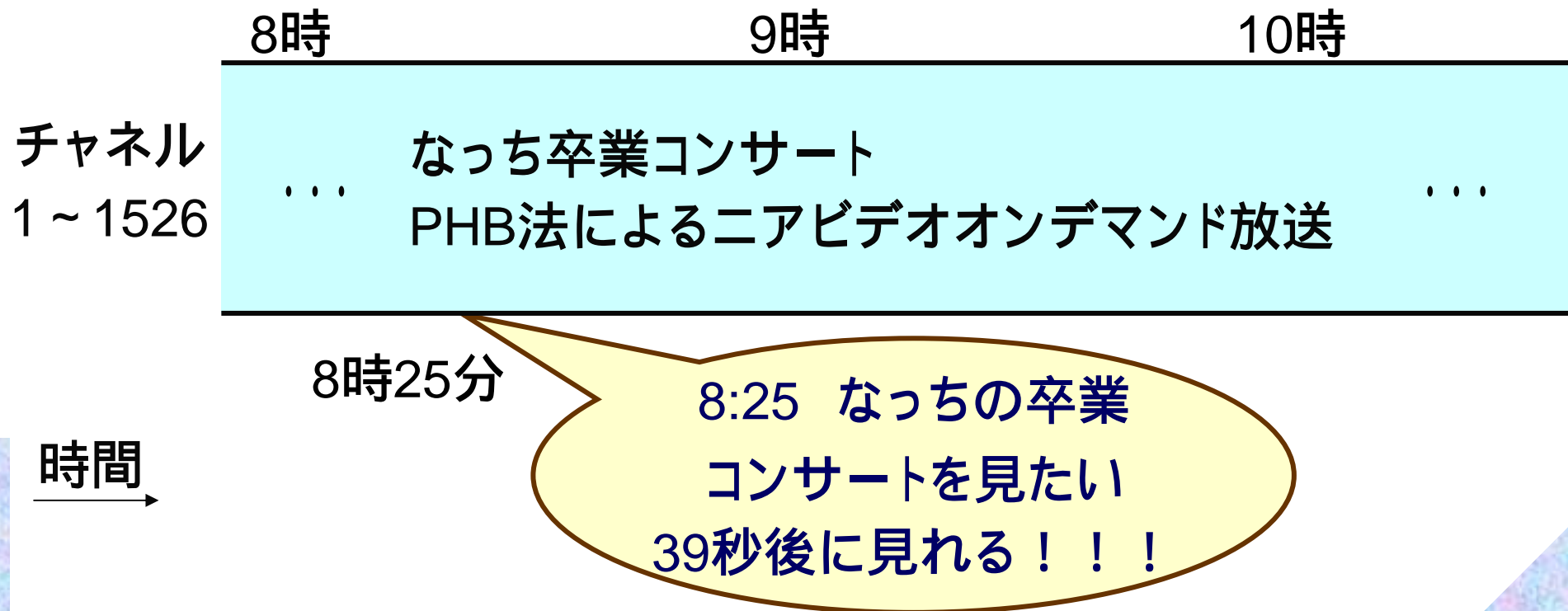
例) 昼はワイドショー, 夜はドラマが人気

課題はいっぱい

### 3.まとめ

## まとめ

# ⊕ 連続メディアデータ(映像,音)放送のスケジューリングに関する研究動向



# 参考文献 (1/4)

- [Aggarwal96] C. C. Aggarwal, J. L. Wolf, and P. S. Yu: A permutation-based pyramid broadcasting scheme for video-on-demand systems, *Proc. IEEE Int. Conf. on Multimedia Computing and Systems (ICMCS'96)*, pp. 118-126 (1996).
- [Almeroth96] K. C. Almeroth and M. H. Ammar: On the use of multicast delivery to provide a scalable and interactive video-on-demand service, *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, Vol. 14, pp. 1110-1122 (1996).
- [Carter00] S. W. Carter, D. D. E. Long, and J.-F. Pris: Video-on-demand broadcasting protocols, *Multimedia Communications: Directions and Innovations*, Academic Press, pp. 179-189 (2000).
- [Carter01] S. R. Carter, J.-F. Paris, S. Mohan, and D. D. E. Long: A dynamic heuristic broadcasting protocol for video-on-demand, *Proc. IEEE Int. Conf. on Distributed Computing Systems (ICDCS'01)*, pp. 657-664 (2001).
- [Eager98] D. L. Eager and M. K. Vernon: Dynamic skyscraper broadcasts for video-on-demand, *Proc. Int. Work. on Multimedia Information Systems (MIS'98)*, pp. 18-32 (1998).

## 参考文献 (2/4)

- [Horn01] G. B. Horn, P. Knudsgaard, S. B. Lassen, M. Luby, J. E. Rasmussen: A scalable and reliable paradigm for media on demand, *IEEE Computer*, pp. 40-45 (2001).
- [Hua97] K. A. Hua and S. Sheu: Skyscraper broadcasting: a new broadcasting scheme for metropolitan video-on-demand systems, *Proc. ACM SIGCOMM'97*, pp. 89-100 (1997).
- [Juhn97a] L.-S. Juhn and L.-M. Tseng: Harmonic broadcasting for video-on-demand service, *IEEE Trans. on Broadcasting*, Vol. 43, No. 3, pp. 268-271 (1997).
- [Paris98a] J.-F. Paris, S. W. Carter, and D. D. E. Long: Efficient broadcasting protocols for video on demand, *Proc. Int. Symp. on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS'98)*, pp. 127-132 (1998).
- [Paris98b] J.-F. Paris, S. W. Carter, and D. D. E. Long: A low bandwidth broadcasting protocol for video on demand, *Proc. Int. Conf. on Computer Communications and Networks (ICCCN'98)*, pp. 690-697 (1998).

## 参考文献 (3/4)

- [Paris99a] J.-F. Paris, S. Carter, and D. D. E. Long: A hybrid broadcasting protocol for video on demand, *Proc. SPIE Conf. on Multimedia Computing and Networking (MMCN'99)*, pp. 317-326 (1999).
- [Paris99b] J.-F. Paris: A simple low bandwidth broadcasting protocol for video on demand, *Proc. Int. Conf. on Computer Communications, and Networks (ICCCN'99)*, pp. 118-123 (1999).
- [Paris99c] J.-F. Paris, D. D. E. Long, and P. E. Mantey: Zero-delay broadcasting protocols for video-on-demand, *Proc. ACM Multimedia '99*, pp.189-197 (1999).
- [Tantaoui02] M. A. Tantaoui, K. A. Hua, and S. Sheu: Interaction with broadcast video, *Proc. ACM Int. Conf. on Multimedia*, pp. 29-38 (2002).
- [Viswanathan95] S. Viswanathan and T. Imielinski: Pyramid broadcasting for video on demand service, *Proc. SPIE Conf. on Multimedia Computing and Networking (MMCN'95)*, pp.66-77 (1995).

# 参考文献 (4/4)

- [Yoshihisa03a] T. Yoshihisa, M. Tsukamoto, and S. Nishio: Scheduling methods based on data division for continuous media data broadcast, *Proc. IEEE Pacific Rim Conference Communications, Computers and Signal Processing (PACRIM'03)*, (2003).
- [Yoshihisa03b] T. Yoshihisa, M. Tsukamoto, S. Nishio: Scheduling methods for broadcasting multiple continuous media data, *Proc. ACM Int. Work. on Multimedia Databases, (MMDB'03)*, pp. 40-47 (2003).
- [義久03a] 義久智樹, 塚本昌彦, 西尾章治郎: データの分割に関する制約を考慮した連続メディアデータ放送におけるスケジューリング手法, *情報処理学会論文誌: データベース*, Vol. 44, No. SIG3 (TOD17), pp. 33-42 (2003).
- [義久03b] 義久智樹, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 連続メディアデータ放送における待ち時間短縮のための分割放送方式, *情報処理学会論文誌*, Vol. 44, No. 6, pp. 1558-1569 (2003).
- [義久04] 義久智樹, 塚本昌彦, 西尾章治郎: 連続メディアデータ放送における複数データの分割放送型スケジューリング手法, *情報処理学会論文誌*, Vol. 45, No. 2, pp. 487-497 (2004).