

# 転送データサイズの違いによる TCPコネクション間の 不公平性に関する一検討

大阪大学大学院基礎工学研究科

博士前期課程1年 徳田航一

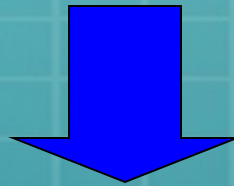
E-mail : [kouichit@ics.es.osaka-u.ac.jp](mailto:kouichit@ics.es.osaka-u.ac.jp)

# 発表内容

- 研究の背景
- 転送データサイズの違いによる不公平性
- hash-RED方式の提案
- TCPスループット解析
- シミュレーションによる提案方式の評価
- まとめと今後の課題

# 研究の背景(1)

- TCP (Transmission Control Protocol)
  - インターネットトラフィックの大部分を占める
  - ACKパケットを用いた輻輳制御を行う



- さまざまな原因によってスループットの不公平が生じる

# 研究の背景(2)

- 転送データサイズの違いによるスループットの不公平
  - 帯域や遅延などのネットワーク環境が同じでも発生
- long-livedコネクション
  - 転送データサイズの大きなコネクション
- short-livedコネクション
  - 転送データサイズの小さなコネクション



# 研究の目的

- エンドホストの変更を行うことなく転送データサイズの違いによる不公平を改善
  - long-livedコネクションとshort-livedコネクションの判別をどのように行うのか
  - short-livedコネクションの優先処理をどのように行うのか

# シミュレーションによる 不公平の確認

- ルータのバッファサイズ
  - TCPのスループットを抑えないように大きく設定する
- パケット廃棄
  - 送信側ホストとルータ間に一定のリンクロス $p$ によって生じる

Sender host



500 [Mbps]

50 [msec]



500 [Mbps]

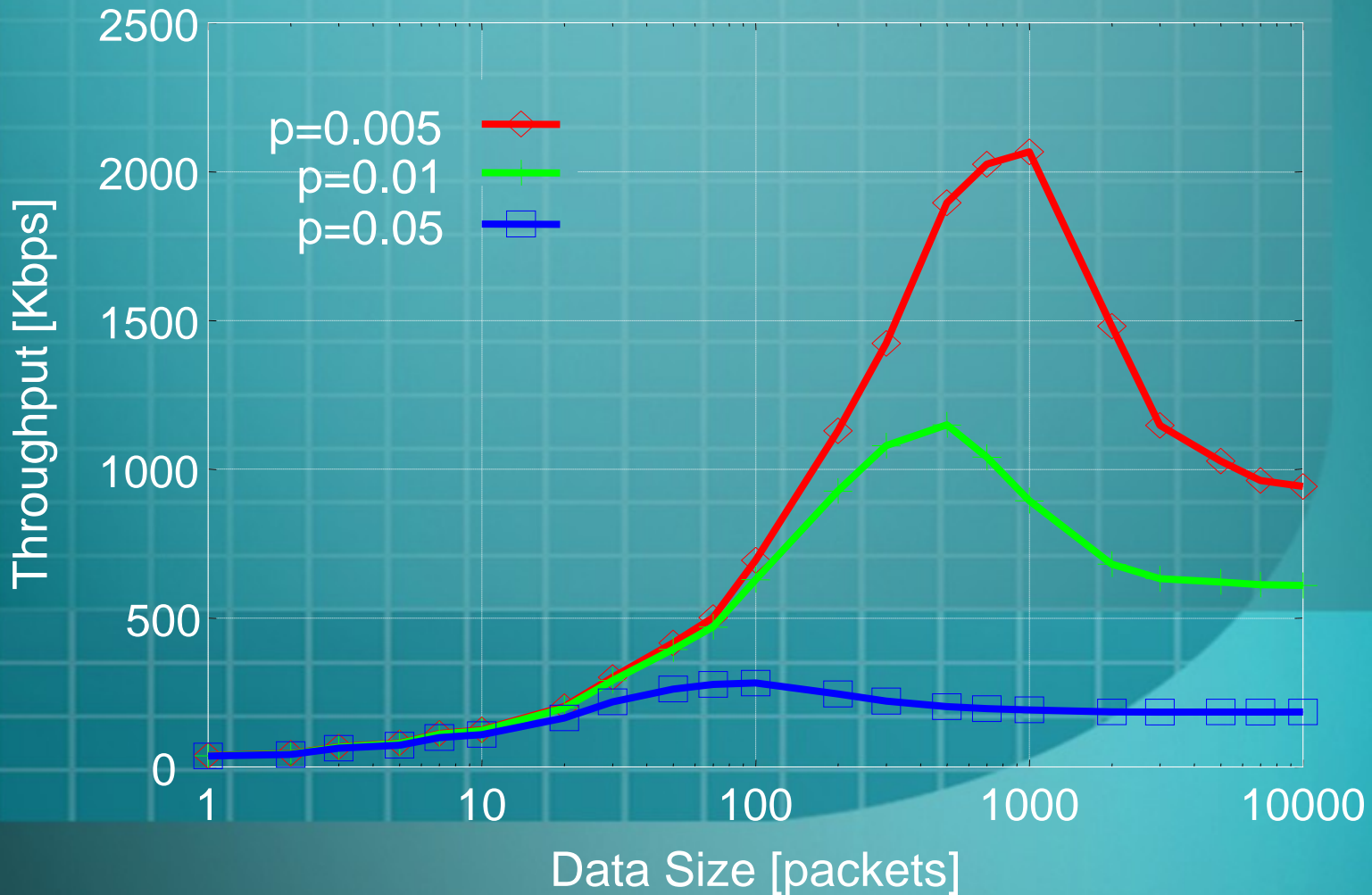
50 [msec]

Receiver host



リンクロス率:  $p$

# 転送パケット数とスループット の関係



# 不公平が生じる原因

- long-livedコネクション
  - 転送中にウィンドウサイズが大きくなる
  - fast retransmit アルゴリズムによりタイムアウトを回避することができる
- short-livedコネクション
  - ウィンドウサイズが大きくなる前に転送終了
  - fast retransmit アルゴリズムが機能しにくい  
ため、タイムアウトになりやすい



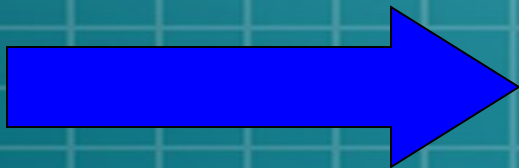
# hash-RED方式の提案

- パケット判別処理
  - hashテーブルを用いる
- パケット優先処理
  - RED (Random Early Detection) をベースにした方式を用いる
- 二つの処理の組み合わせによって公平性を改善する



# パケット優先処理

- パケット廃棄率に差をつける
  - short-livedコネクションからのパケット
    - バッファ溢れが起きない限り廃棄しない
  - long-livedコネクションからのパケット
    - 高い確率で廃棄
    - 全体の廃棄率が通常のREDによる廃棄率 $p$ と同じになるように設定



long-livedコネクションとshort-livedコネクションの閾値 $K$ は？

# 閾値Kの決定方法

- Fairness index  $F(K)$ の定義

$$F(K) = \lim_{L \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^L P(i) \cdot (\rho(i) - \rho(L))^2$$

- $P(i)$  : 転送パケット数が  $i$  パケットである確率
  - Webトラフィック分布を示した文献[9]より求める。

[9] Paul Barford and Mark E. Crovella, “Generating Representative Web Workloads for Network and Server,” in *Proceedings of Performance '98/ACM SIGMETRICS*, June 1998.

- $\rho(i)$  :  $i$  パケット転送したときのスループット
  - 次に述べる解析により求める



# TCPスループット解析(1)

- 文献 [5]
  - パケット廃棄率一定
  - 定常状態におけるTCPのスループット
- 文献 [6]
  - 文献 [5]の解析にコネクション確立直後のスロースタートフェーズも含める。

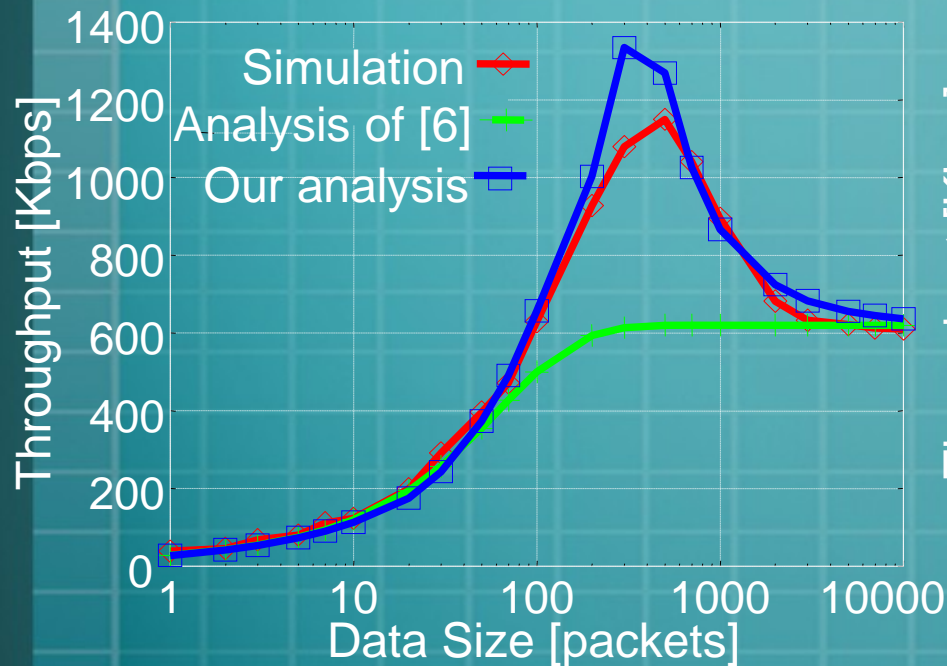
[5] J. Padhye, V. Firoiu, D. Towsley, and J. Kurose, “Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation, “in *Proceedings of ACM SIGCOMM’98*, Sept. 1998.

[6] N. Cardwell, S. Savage, and T. Anderson, “Modeling TCP Latency,”  
in *Proceedings of IEEE INFOCOM’00*, pp. 249-271, Mar. 2000

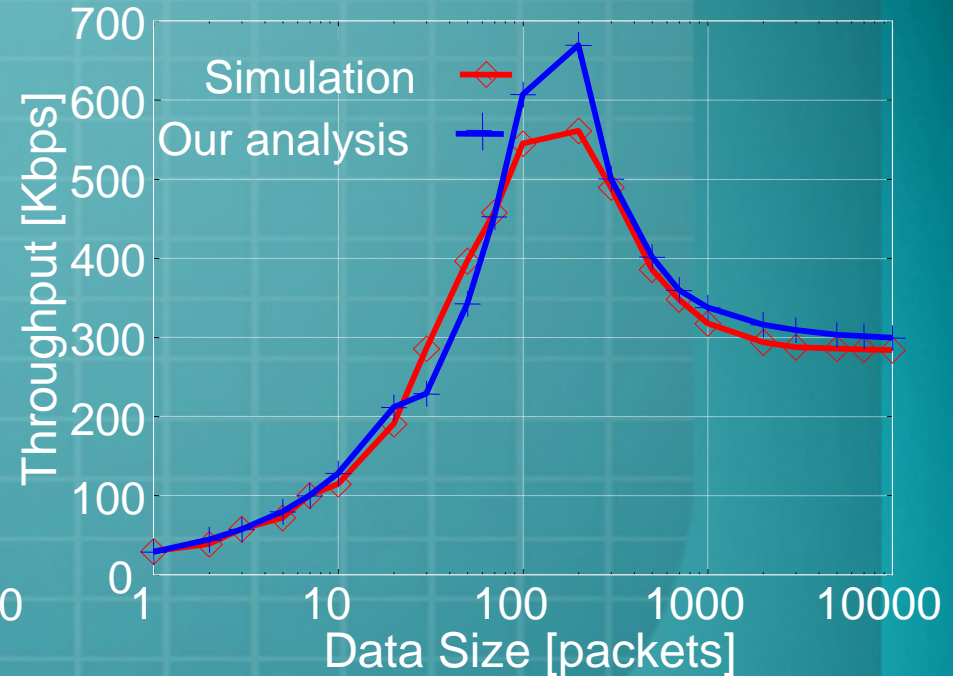
# TCPスループット解析(2)

- hash-RED方式
  - パケット廃棄率を転送中に変化させる
- 文献[5]と[6]を拡張
  - パケット廃棄率がパケットごとに変化する場合を想定
  - コネクション確立直後のスロースタート及び輻輳回避フェーズのより正確なモデル化

# 解析の数値例



廃棄率 $p=0.01$ の場合



0-20パケット目まで廃棄率0  
21パケット目以降は廃棄率0.03

# 閾値Kの決定方法

- Fairness index  $F(K)$ の定義

$$F(K) = \lim_{L \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^L P(i) \cdot (\rho(i) - \rho(L))^2$$

- $P(i)$  : 転送パケット数が  $i$  パケットである確率
  - Webトラフィック分布を示した文献[1]より求める。

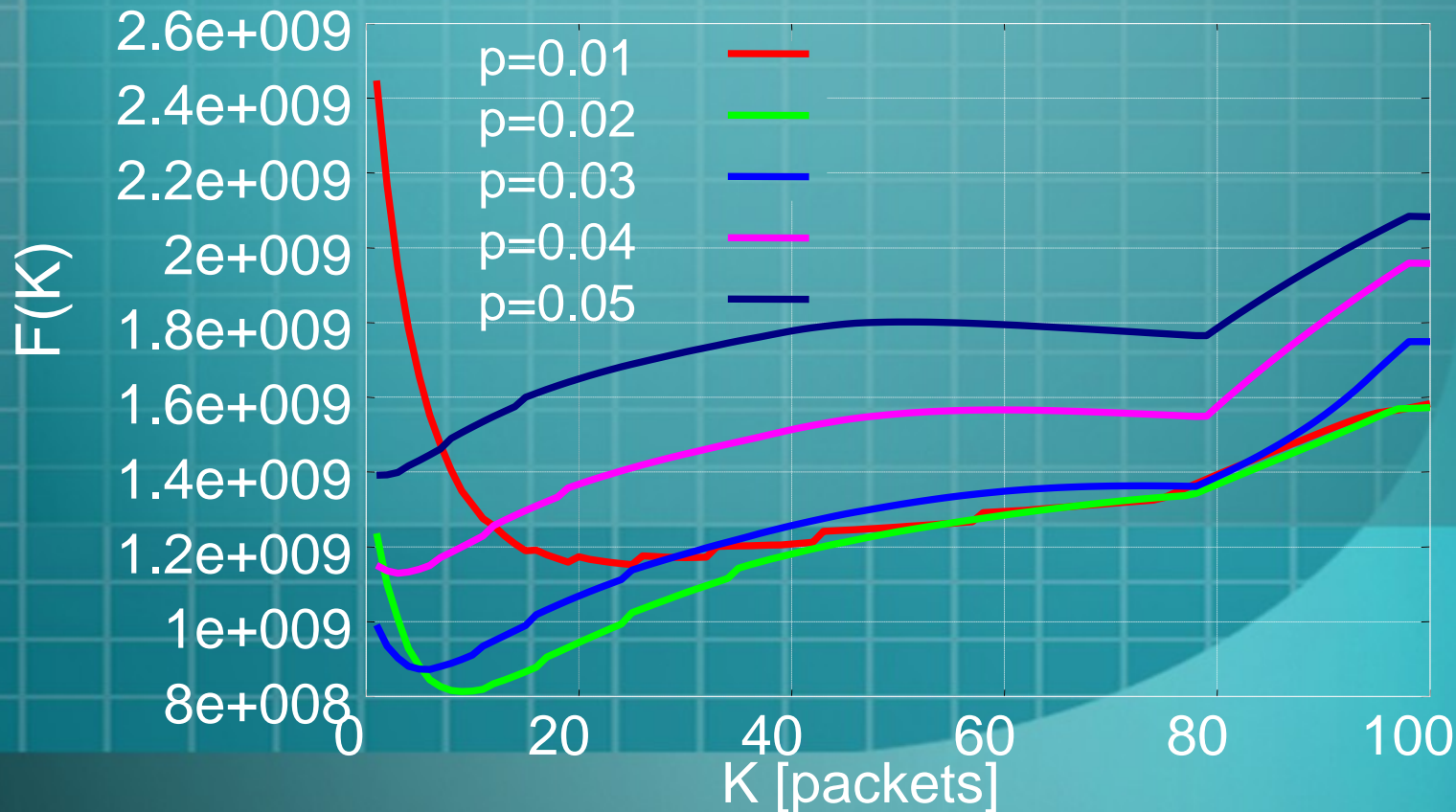
[1] Paul Barford and Mark E. Crovella, “Generating Representative Web Workloads for Network and Server,” *in Proceedings of Performance '98/ACM SIGMETRICS*, June 1998.

- $\rho(i)$  :  $i$  パケット転送したときのスループット
  - 次に述べる解析により求める



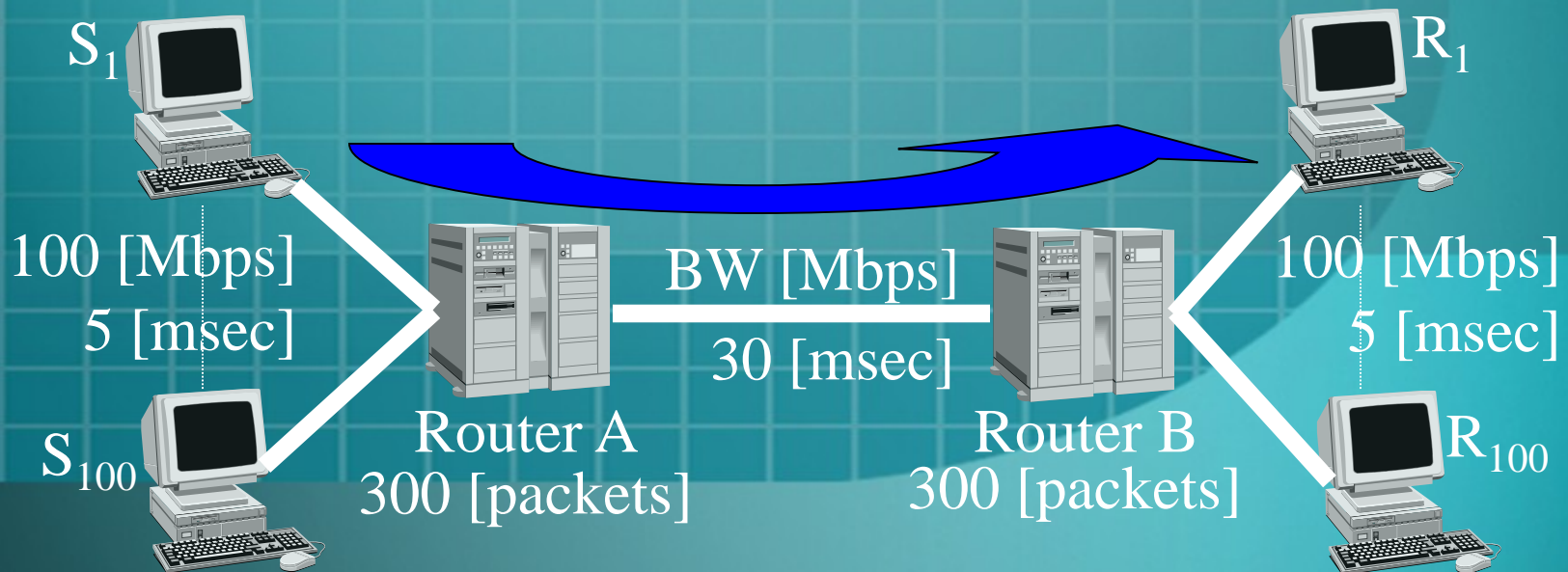
# KとF(K)の関係

- F(K)が最小になるように閾値Kを決定する



# シミュレーションモデル

- 提案方式の評価は、以下のモデルを用いる
- ルータAに提案方式を適用する

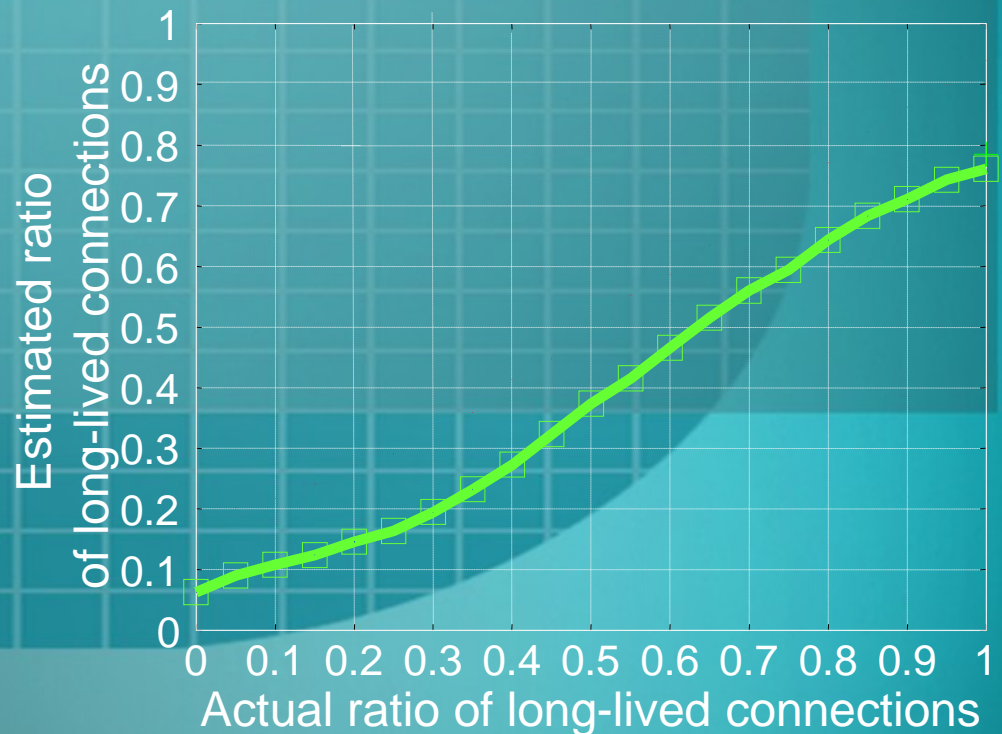


# パケット判別処理の評価

- long-livedコネクションのホスト数とルータでlong-livedコネクションと判定される割合の関係

転送データサイズ分布

	long-lived connection	short-lived connection
Data size	Pareto Avg=1000[KB] Shape=1.13	Pareto Avg=10[KB] Shape=1.13
Think Time	Pareto Avg=20[s] Shape=1.5	Pareto Avg=2[s] Shape=1.85

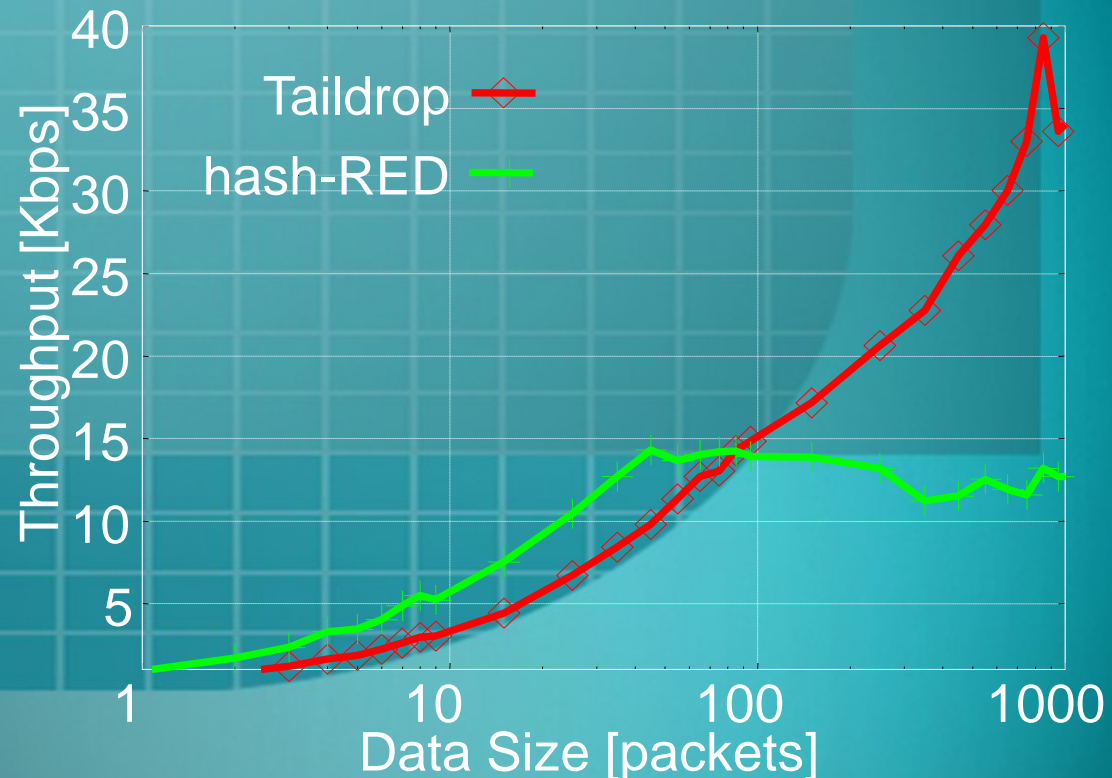


# 公平性の評価

- 転送ドキュメントサイズがWebドキュメント分布に従った環境でのシミュレーション

ボトルネックリンクの利用率

Tail-drop	0.954
hash-RED	0.952





# まとめと今後の課題

- まとめ
  - hash-RED方式の提案
  - エンドホストの変更をすることなく、short-livedコネクションの不公平性を改善
- 今後の課題
  - 詳細な評価
  - 提案方式の実装