Advanced Network
Architecture
Research Group

TCPコネクション数の変動がREDゲートウェイの過渡特性に与える影響

大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系

村田研究室

岸本　統久

kisimoto@ics.es.osaka-u.ac.jp

発表の内容

- 研究の背景
- REDゲートウェイ
- 解析モデル
- 過渡特性解析
- 数値例による評価
- まとめと今後の課題

研究の背景

- TCP の輻輳制御機構
  - ウインドウ型のフロー制御方式
  - エンド-エンド間で動作
  - ゲートウェイの動作に依存しない
- ゲートウェイによる輻輳制御機構
  - TCP の輻輳制御機構を補助
  - ネットワーク全体の性能向上が可能
  - REDゲートウェイが有望

RED ゲートウェイの特徴

- 到着するパケットを確率的に棄却
- 棄却率は平均キュー長に応じて計算
- 平均キュー長を低く抑える
- 比較的実装が容易
- 適切なパラメータ設定が不可欠

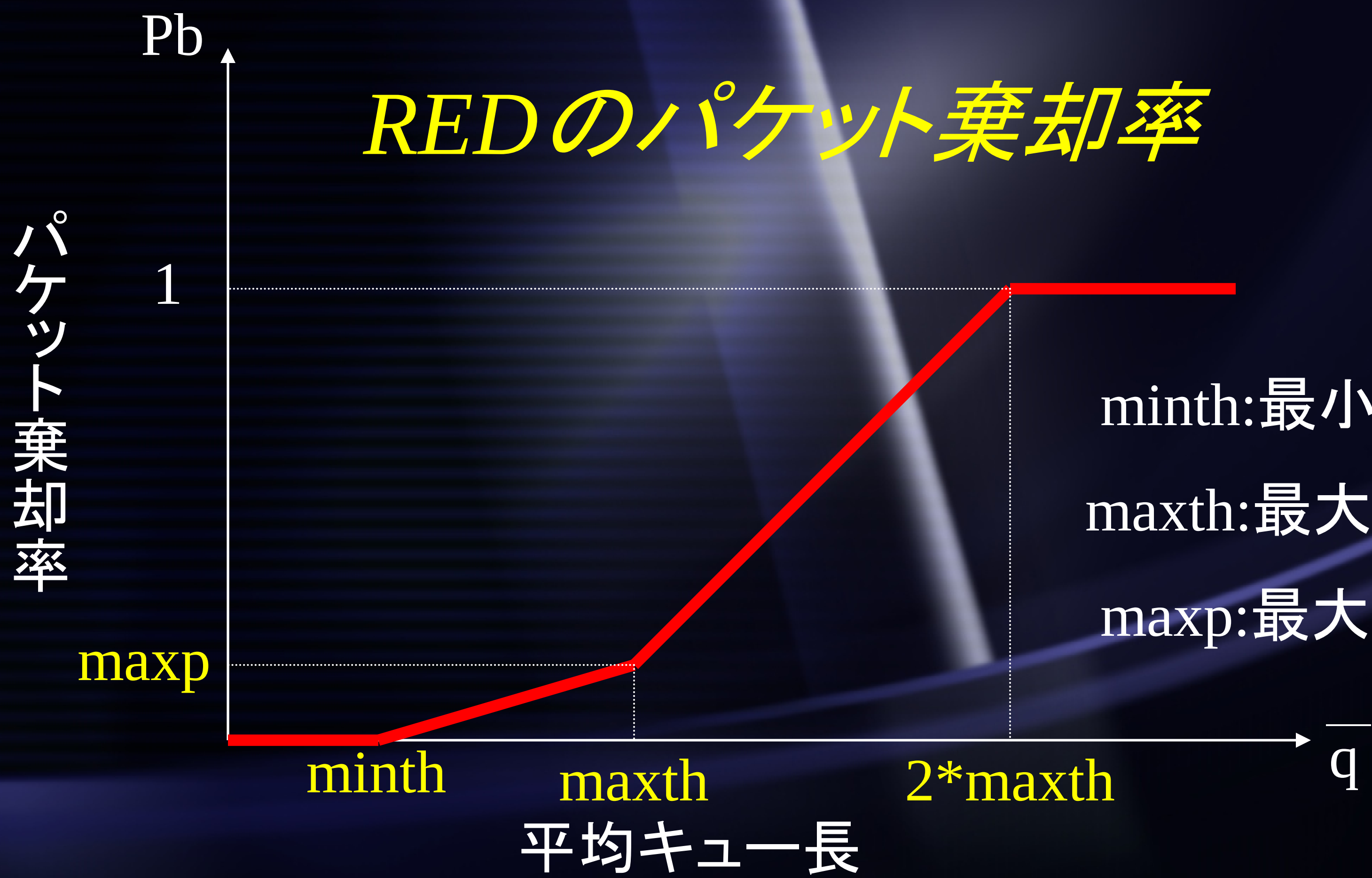
従来のREDの研究

- シミュレーションによる研究－多数
- 数学的な解析による研究－少数
  - TCPコネクション数が一定であると仮定
  - 過渡特性解析は行われていない
  - 実際のネットワークはコネクション数が変動

研究の目的

- TCPコネクション数が増加した場合
  - トラヒック量が一時的に増加
  - 大量のパケット棄却が起こる可能性
- TCPコネクション数が減少した場合
  - トラヒック量が一時的に減少
  - REDゲートウェイが低負荷になる可能性
- REDゲートウェイの過渡特性を解析
  - TCPコネクション数の変動を考慮
  - REDゲートウェイのキュー長に着目

REDゲートウェイのアルゴリズム

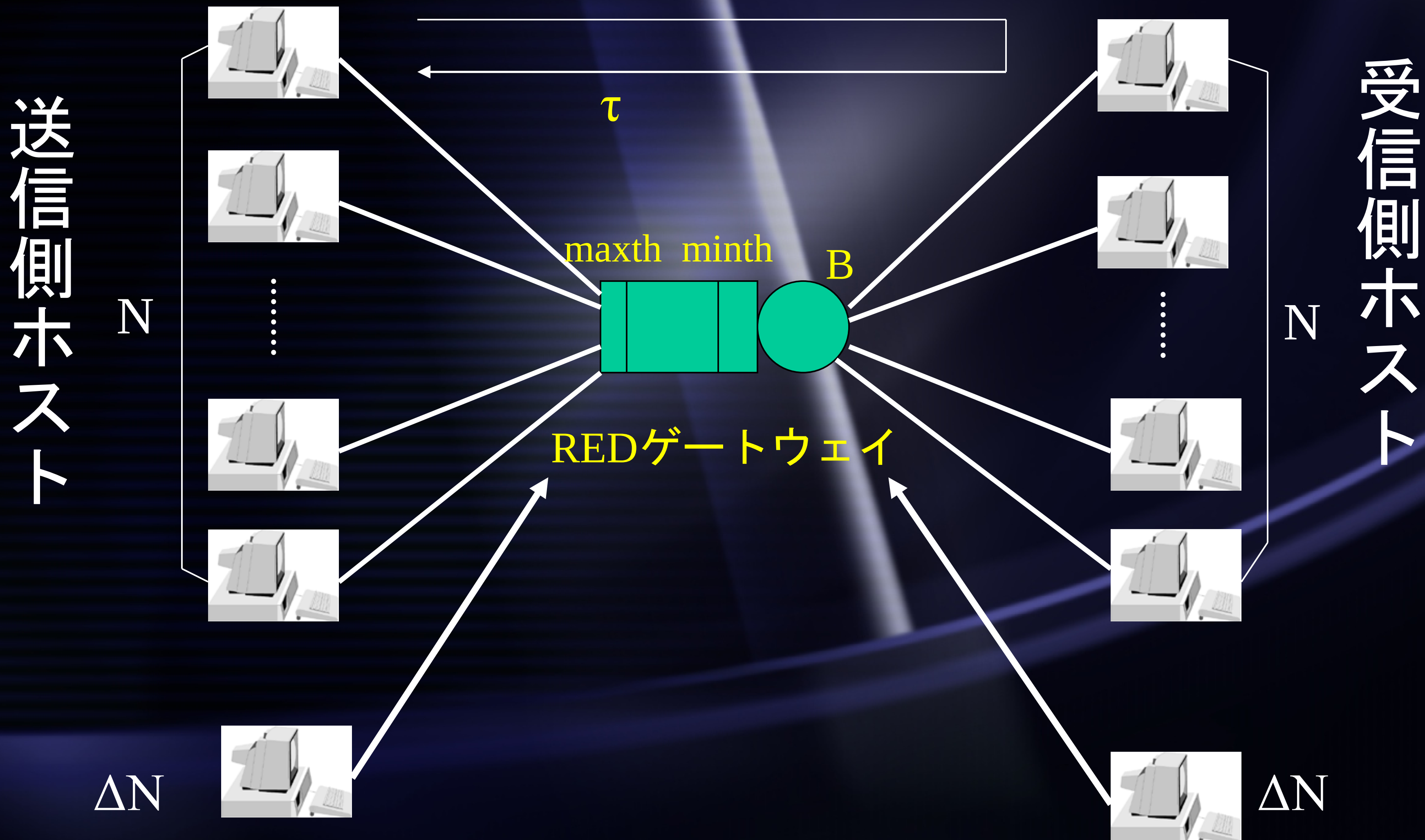


minth:最小の閾値

maxth:最大の閾値

maxp:最大棄却率

解析モデル



解析の概要

- 定常状態遷移方程式を拡張
  - コネクション数nを状態変数に追加
- コネクション数の変動を入力としてモデル化
  - 輻輳回避フェーズ
  - スロースタートフェーズ
- REDゲートウェイのキュー長を計算

定常状態遷移方程式を拡張

- コネクション数が一定の場合

$$\begin{bmatrix} w(k+1) \\ q(k+1) \\ \overline{q}(k+1) \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} w(k) \\ q(k) \\ \overline{q}(k) \end{bmatrix}$$

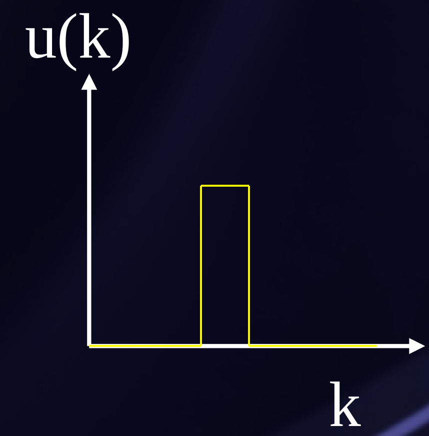
- コネクション数nを状態変数に追加

$$\begin{bmatrix} w(k+1) \\ q(k+1) \\ \overline{q}(k+1) \\ n(k+1) \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} w(k) \\ q(k) \\ \overline{q}(k) \\ n(k) \end{bmatrix}$$

コネクション数の変動を追加

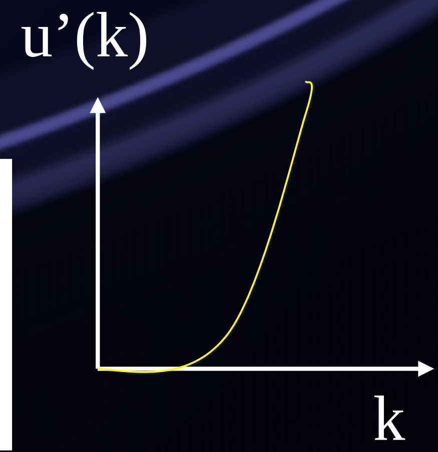
- 転送を再開する場合（輻輳回避フェーズ）
  - n(k)の変化としてモデル化

$$\begin{bmatrix} w(k+1) \\ q(k+1) \\ \bar{q}(k+1) \\ n(k+1) \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} w(k) \\ q(k) \\ \bar{q}(k) \\ n(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(k)$$



- 新たに転送を開始する場合（スロースタートフェーズ）
  - w(k)の変化としてモデル化

$$\begin{bmatrix} w(k+1) \\ q(k+1) \\ \bar{q}(k+1) \\ n(k+1) \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} w(k) \\ q(k) \\ \bar{q}(k) \\ n(k) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} u'(k)$$



REDゲートウェイのキュー長を計算

- 状態遷移方程式からキュー長をとりだす

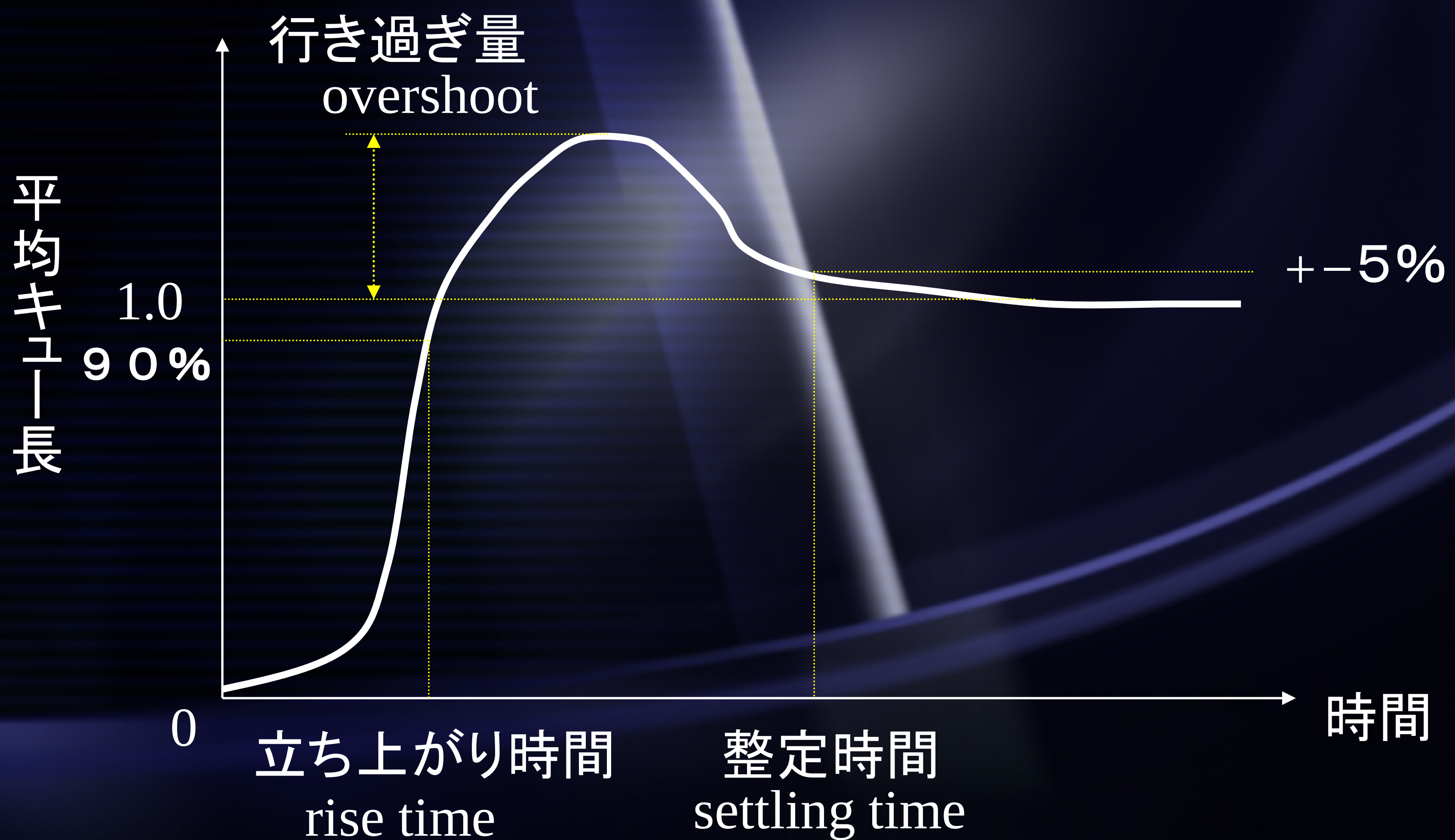
$$q(k) = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w(k) \\ q(k) \\ \overline{q}(k) \\ n(k) \end{bmatrix}$$

- 状態遷移方程式を一般系に表す

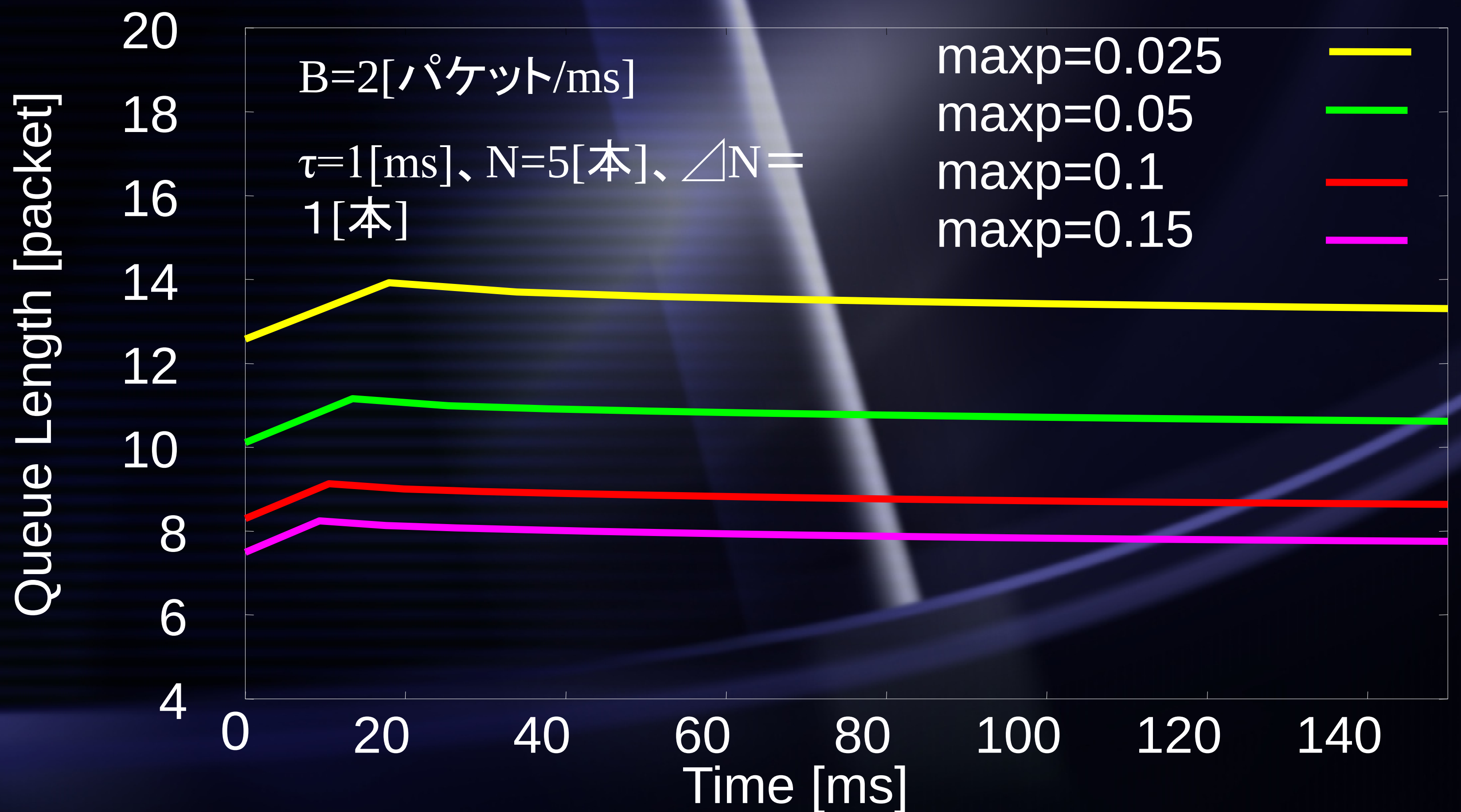
$$\begin{bmatrix} w(k+1) \\ q(k+1) \\ \overline{q}(k+1) \\ n(k+1) \end{bmatrix} = \mathbf{A} \begin{bmatrix} w(k) \\ q(k) \\ \overline{q}(k) \\ n(k) \end{bmatrix} + \mathbf{B}u(k)$$

－数値例により過渡特性の考察を行う

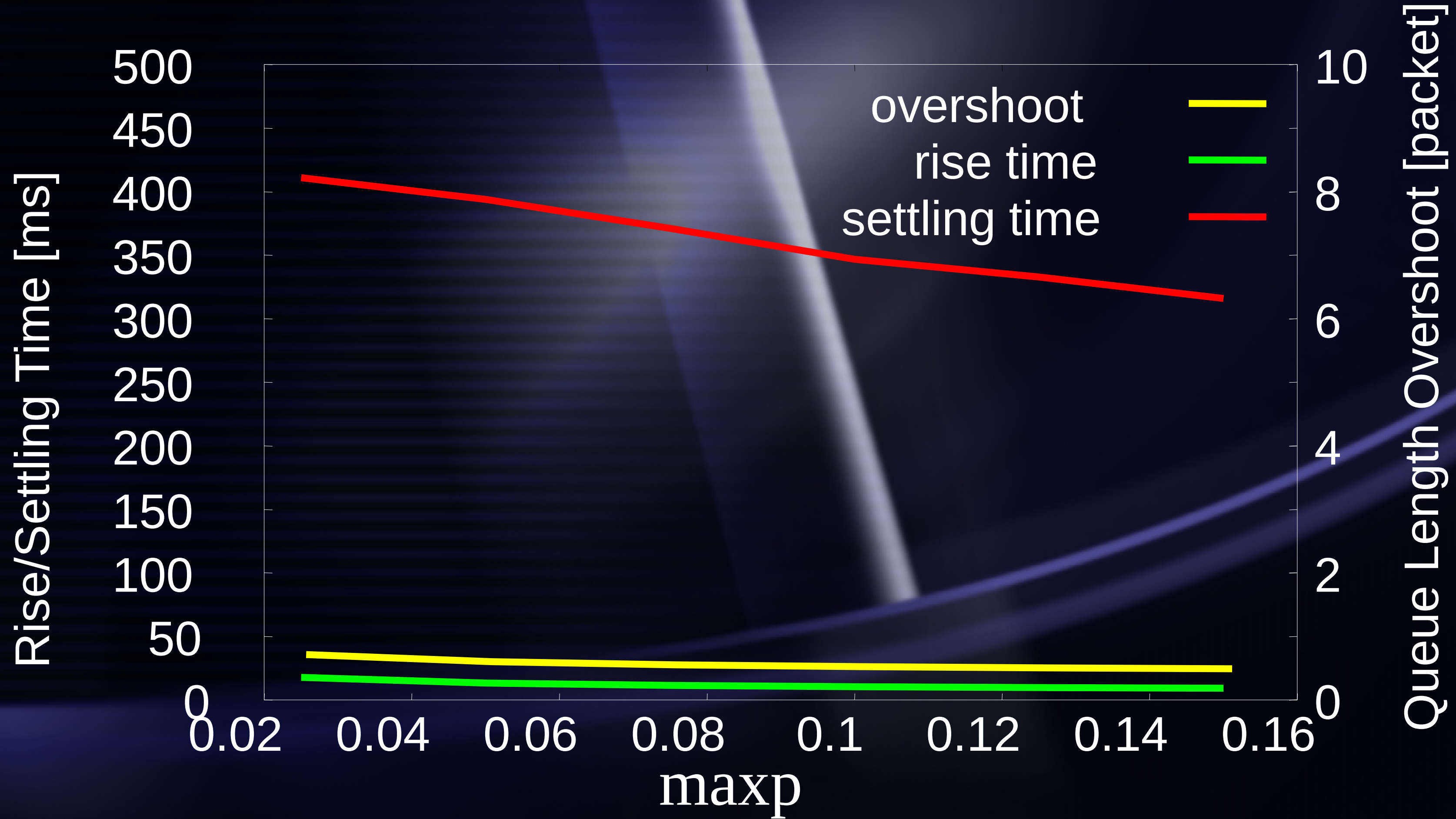
過渡特性の性能指標


行き過ぎ量
overshoot
平均キュー長
1.0
９０%
+−5%
0
時間
立ち上がり時間
rise time
整定時間
settling time

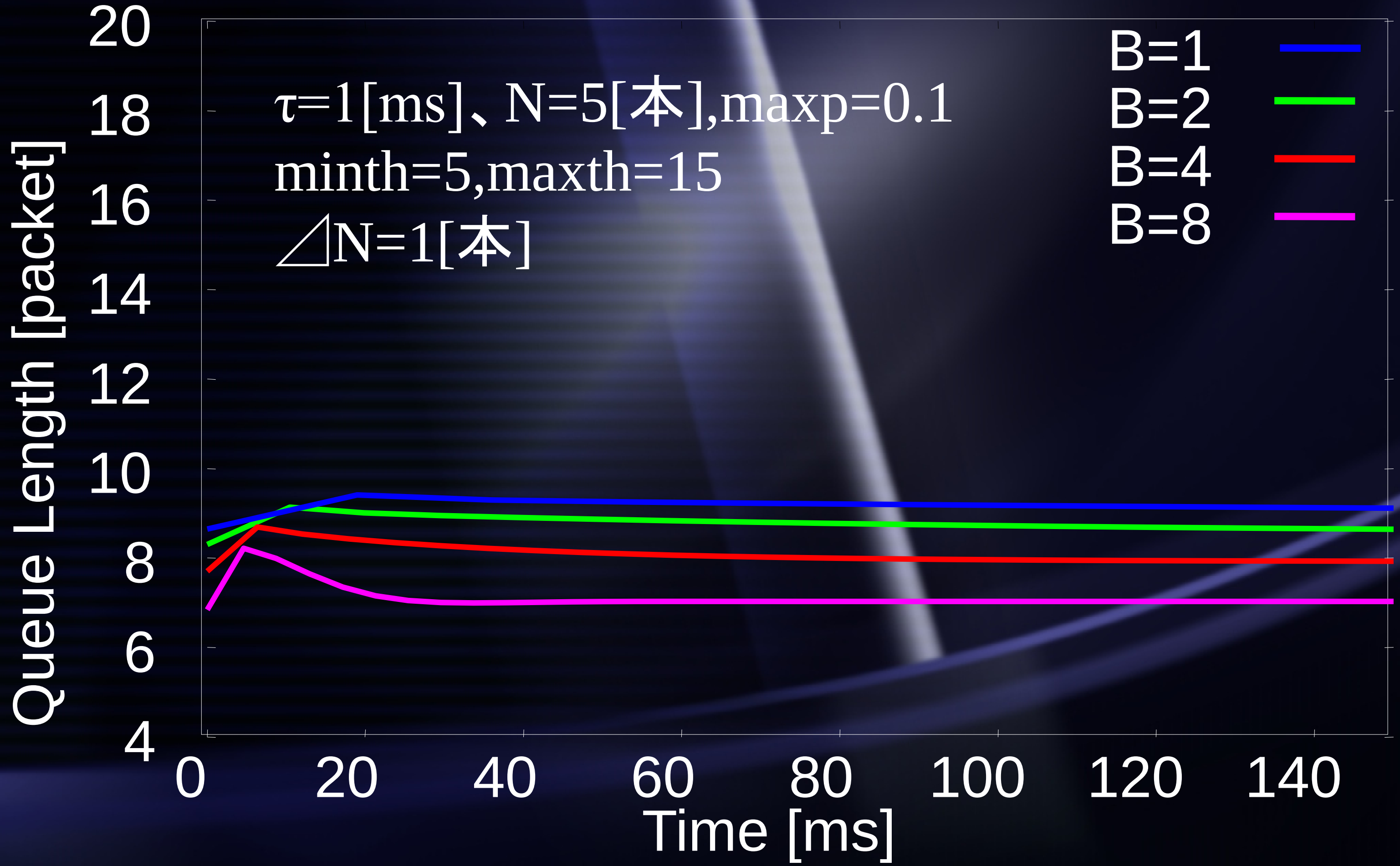
maxpを変化させた時の数値例



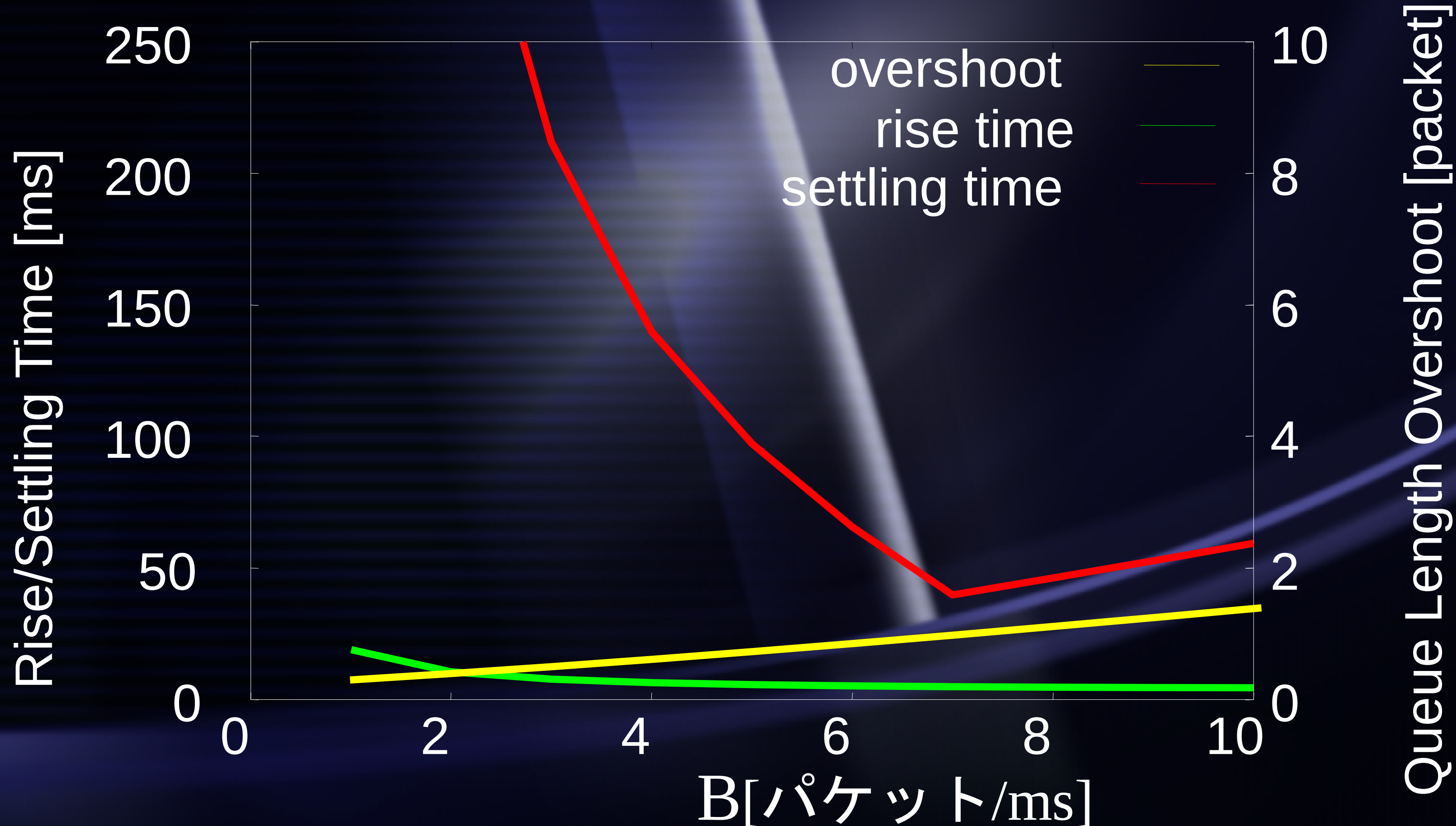
maxpを変化させた時の性能指標



ゲートウェイ処理能力を変化させた時



ゲートウェイ処理能力を変化させた時の性能指標



まとめと今後の課題

- RED ゲートウェイの過渡特性を解析
  - コネクション数の変動を考慮
  - REDゲートウェイのキュー長に着目
- 数値例による考察
  - 制御パラメータは過渡特性にあまり影響を与えない
  - 定常特性(平均キュー長、スループット)を考慮すべき
  - ゲートウェイの処理能力が上がると一般に過渡特性は向上
  - 増減前のコネクション数Nが小さいほど行き過ぎ量が大きい
  - 往復伝播遅延τが大きくなるにつれ過渡特性は低下
- 今後の課題
  - より一般的なTCPコネクション数の変動を解析