

負荷集中 LAN における クライアントサーバシステムの評価

石原進

名古屋大学大学院工学研究科

背景

情報処理教育センター

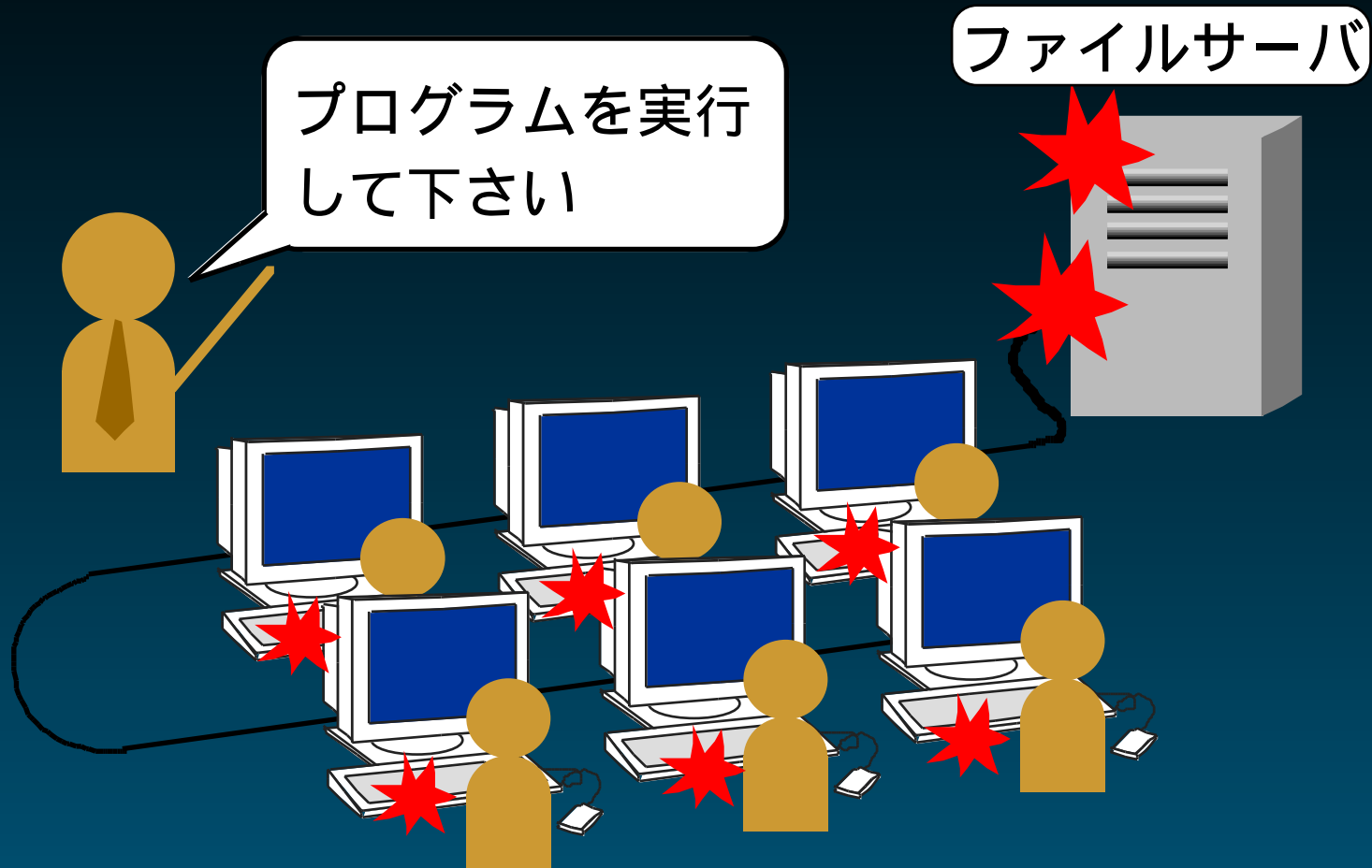
- ・ 数百台規模の分散環境
- ・ NFS で全ユーザのデータを一元管理
- ・ 授業利用時の時間的負荷集中
- ・ 設計対象システムの性能予測が困難



本研究

- ・ 教育用 LAN の負荷集中時のネットワーク特性
 - ・ 評価方法の提案
 - ・ 詳細なシミュレーションにより評価

授業利用時のネットワークアクセス集中



クライアント・サーバシステム評価手法

• 解析的手法

- 待ち行列モデル：村田
- ペトリネット：Ibe
- 確率ランデブモデル：Woodside



必要計算量
×
プロトコル階層間相互作用
×
高負荷時

• シミュレーション

- OPNET（商用システム）
 - プロトコルモデル詳細未公開



必要計算量 ×
×
プロトコル階層間相互作用
高負荷時

• 本手法

- マルチプロトコルモデル
- イベント駆動シミュレーション

シミュレーションモデル

各ノードの詳細なモデルを並列動作

- ・ 各階層のプロトコル動作を忠実に再現
- ・ 全パケットをトレース
- ・ イベント駆動



高負荷時のプロトコル相互作用を忠実に再現

ノードのモデル

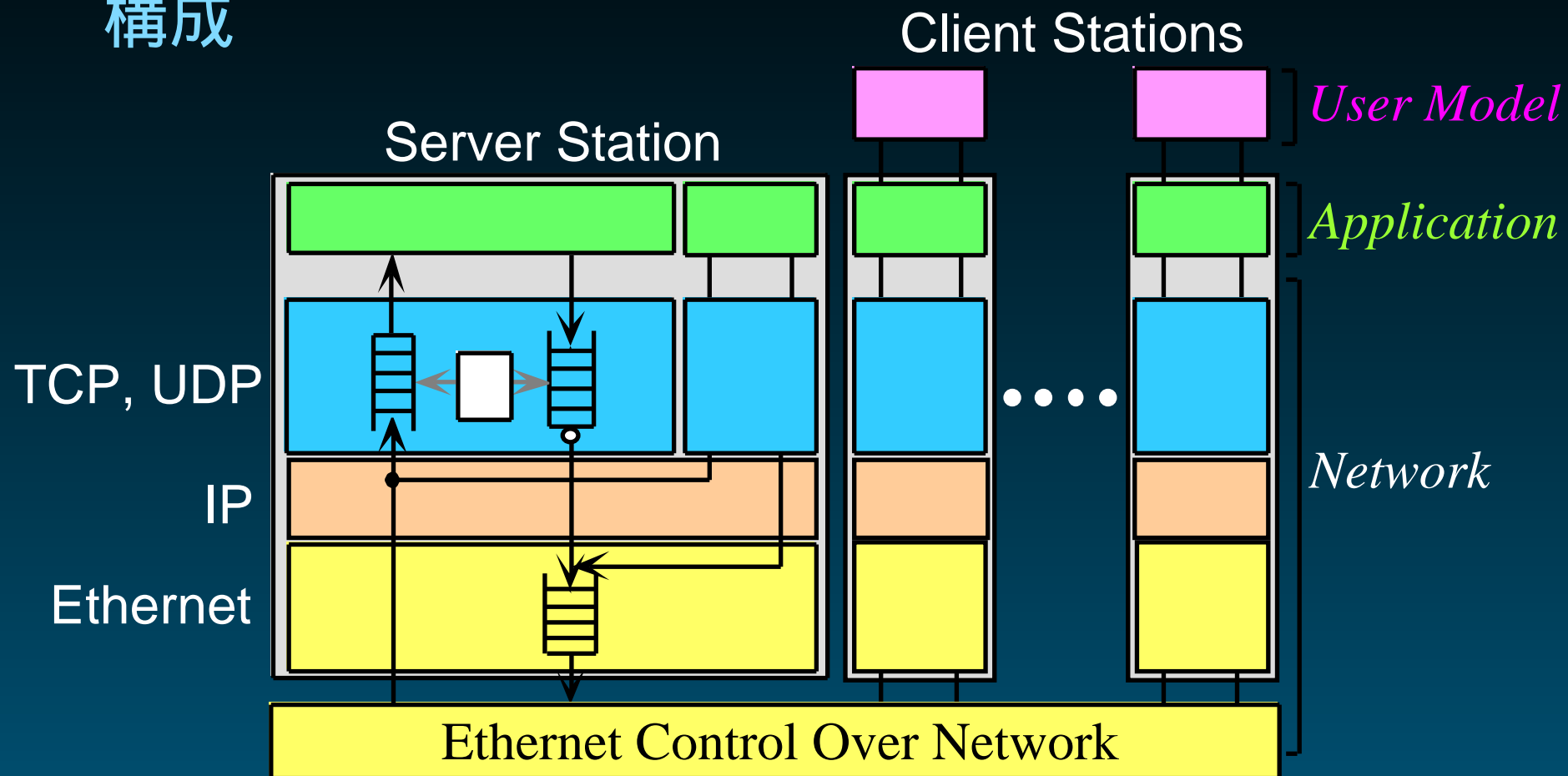
ネットワークモデル (TCP, UDP, IP, Ethernet)

アプリケーションモデル (NFS, TCP)

ユーザモデル (ユーザの挙動, 操作タイミング)

シミュレーションモデル

構成



ネットワークモデル

TCP, UDP サブモデル

- ・ ウィンドウフロー制御
- ・ 確認応答付き再送信

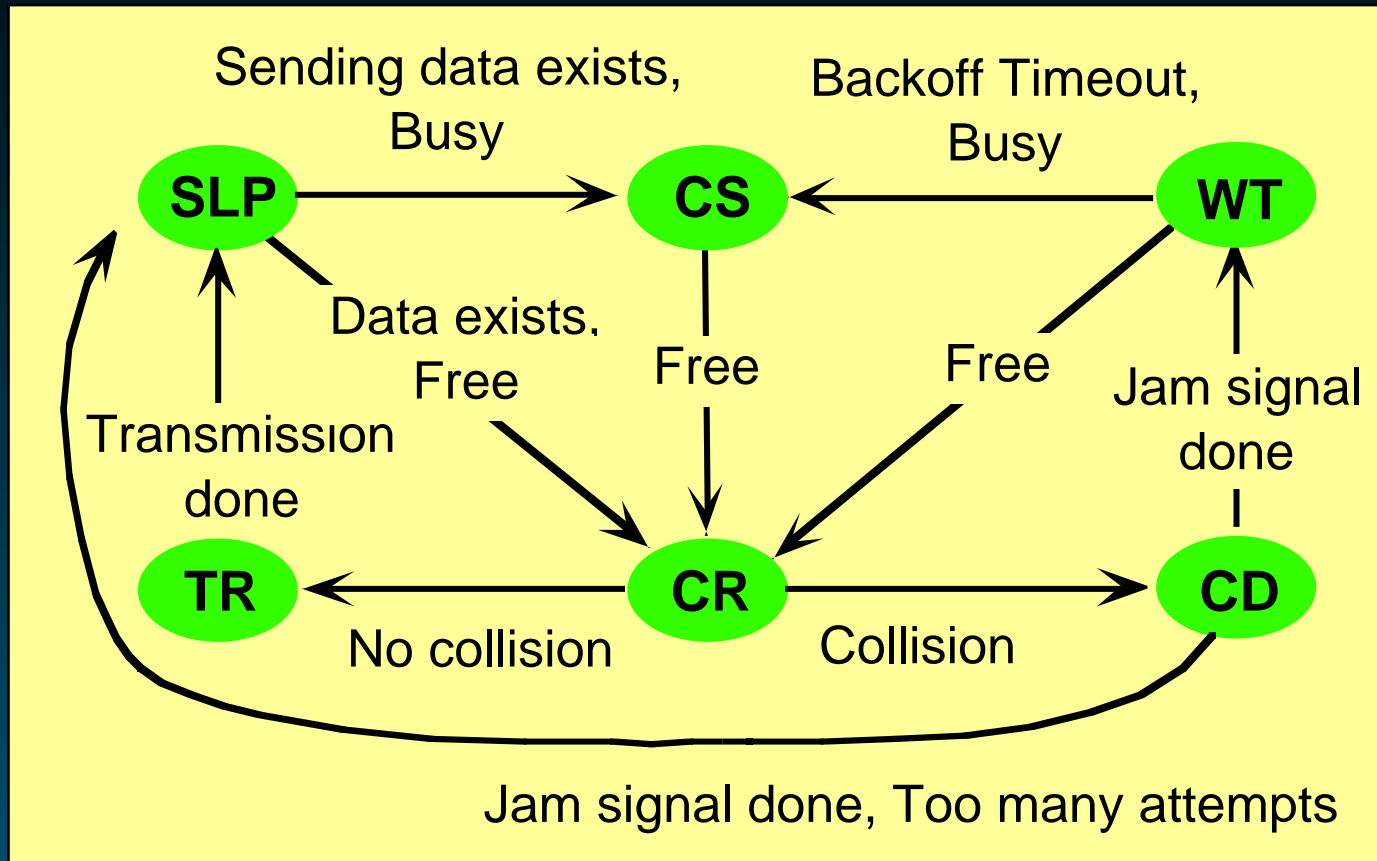
IP サブモデル

- ・ フラグメント化・リアセンブル

Ethernet サブモデル

- ・ 状態遷移モデル
- ・ 各ノードのキャリア発生時刻 , 消滅時刻により , 伝送路状態・衝突判定

Ethernet サブモデル



アプリケーションモデル

障害対策 , トランスポート層の異なる 2 つのアプリケーション

NFS

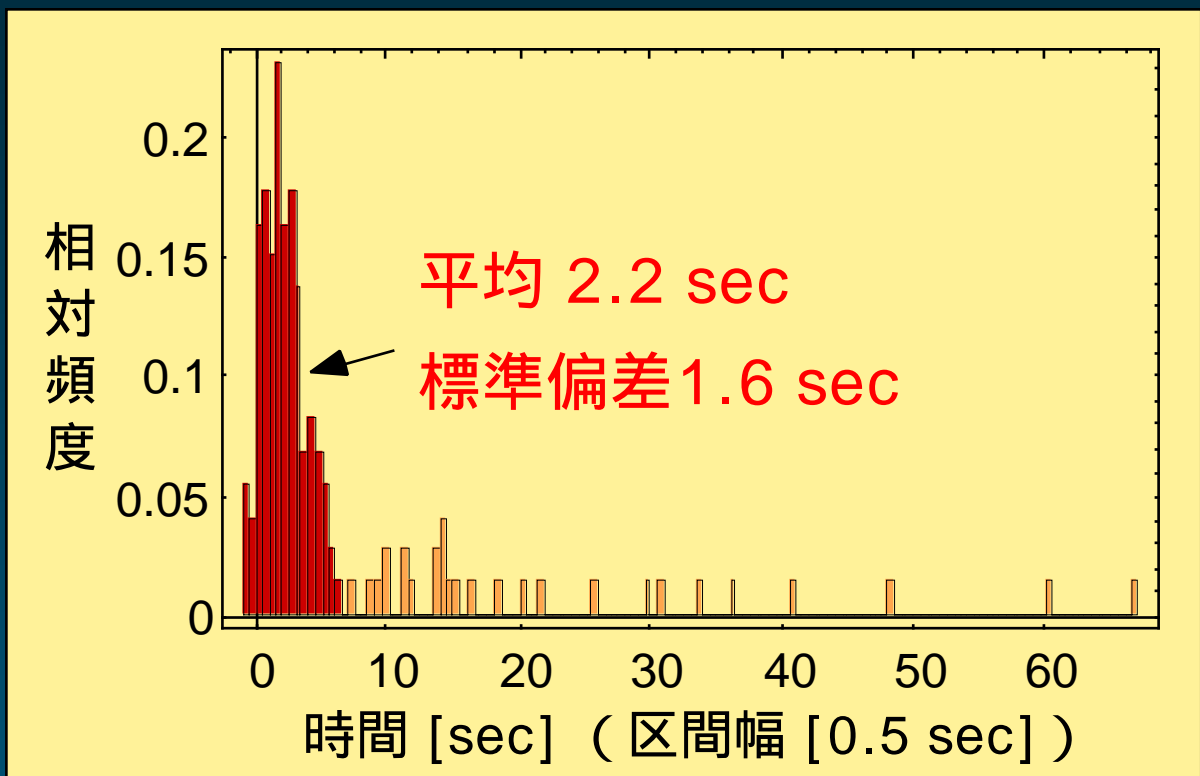
- UDP 上の RPC, XDR 上で動作
- 障害対策
 - タイムアウト & リトライ方式
 - クライアントがリクエストを再送
 - タイムアウト = 0.7 sec , 再送回数 = 無限回

FTP

- TCP 上で動作
- 障害対策
 - TCP が行う
 - 再送はデータ送信側(サーバ)

ユーザモデル

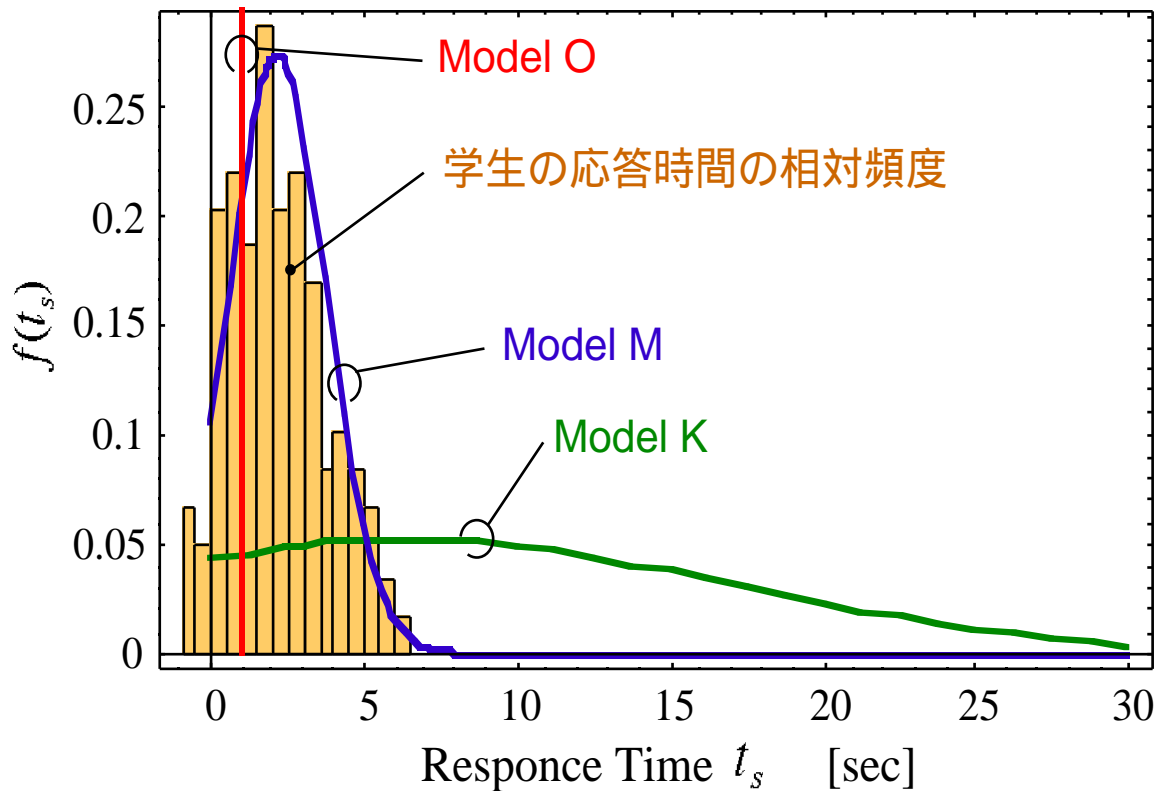
- ユーザの操作タイミングを記述
- 教育システムでの学生の反応時間を実測
 - 口頭による合図 マウスのダブルクリック
 - サンプル総数 127 人
 - 80% が 7 秒以内に反応



ユーザモデル

- リクエスト発生時刻の分布
 - 正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ の正の部分

モデル	μ [sec]	σ [sec]
M (マウス入力)	2.2	1.6
K (キーボード)	6.3	10.6
O (完全同時)	1.0	0.0



シミュレーション条件

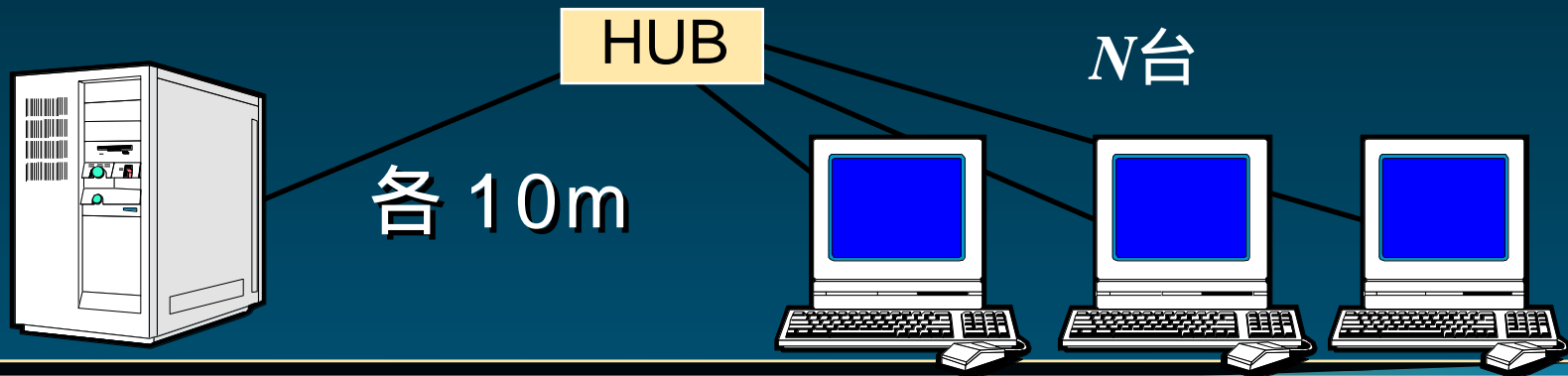
Ethernet LAN (100BASE-TX, 10BASE-T)

- ・ 単一コリジョンドメイン

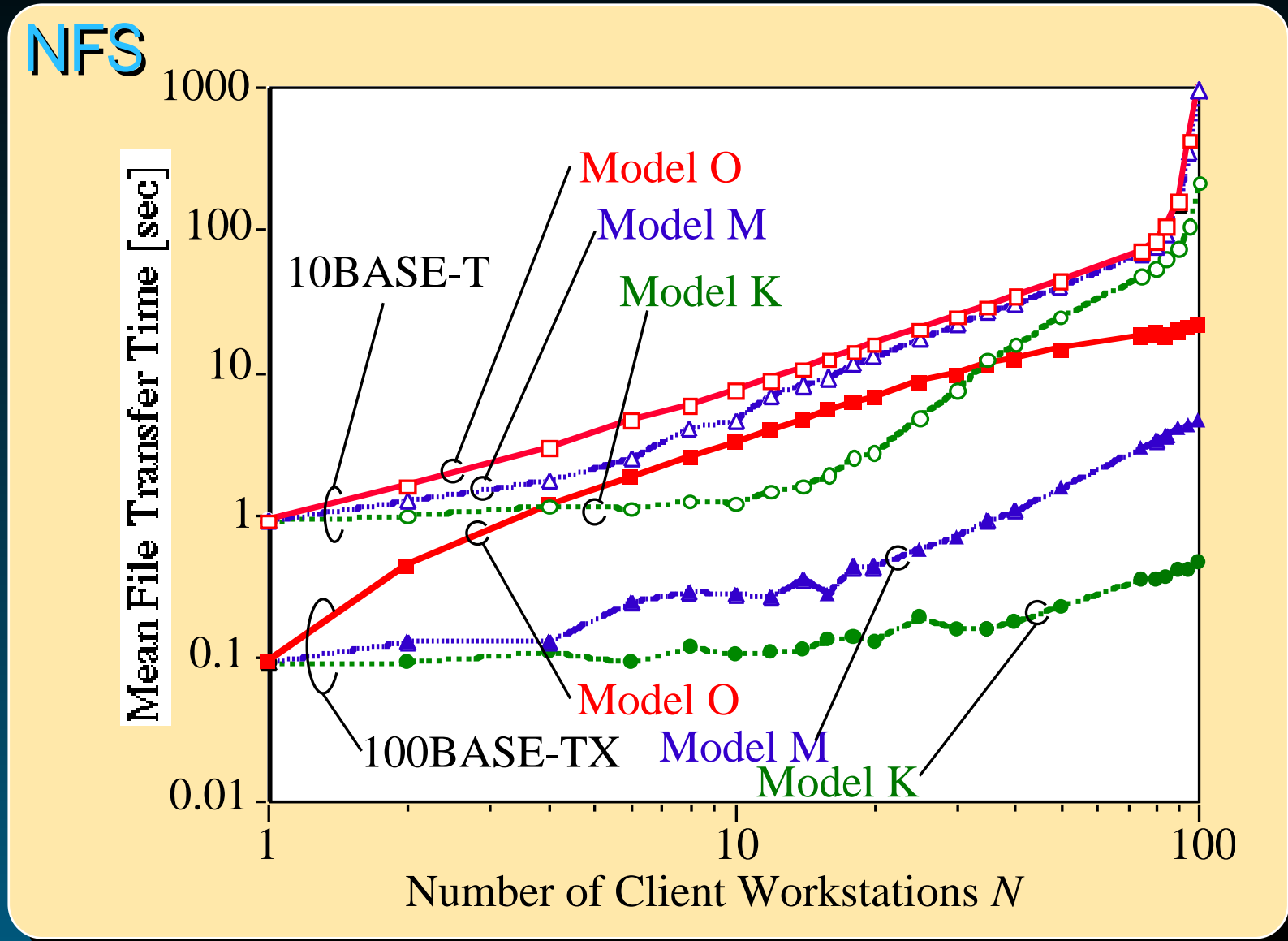
ファイル転送 (NFS, FTP)

- ・ 1MB, サーバ 全クライアント
- ・ 全クライアントの同時リクエスト
 - ・ Model M, K, O

サーバ, クライアント, HUB 遅延 0



ファイル転送時間



Ethernet の状態解析

ストール率

$T_{CS}^{(i)}$ キャリアセンスをしていた時間
 $S^{(i)} = CS$

$T_{WT}^{(i)}$ 再試行待ち時間
 $S^{(i)} = WT$

$T_{XMT}^{(i)}$ フレーム送信開始から送信成功・
失敗までの時間
 $S^{(i)} \in \{CS, CR, TR, CD, WT\}$
($S^{(i)}$ ノード i の状態)

$$R_{CS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T_{CS}^{(i)}}{T_{XMT}^{(i)}}$$

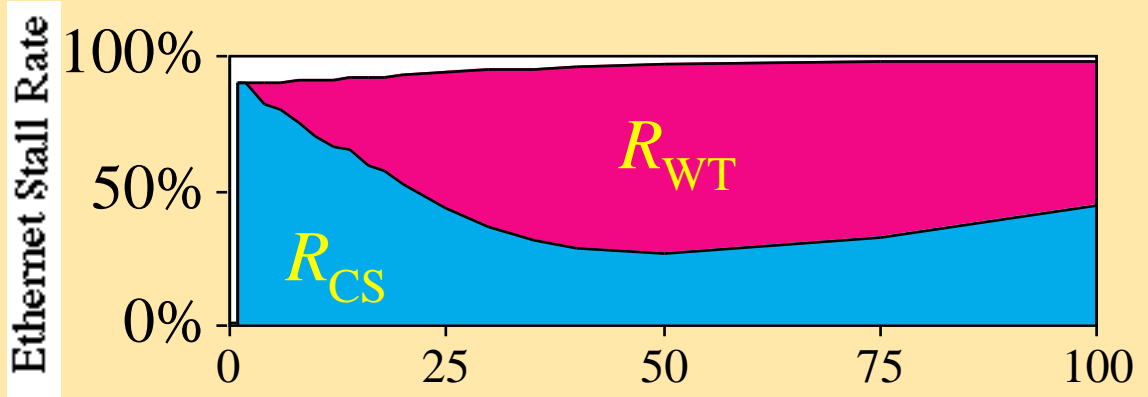
$$R_{WT} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T_{WT}^{(i)}}{T_{XMT}^{(i)}}$$

平均ストール率 $R = R_{CS} + R_{WT}$

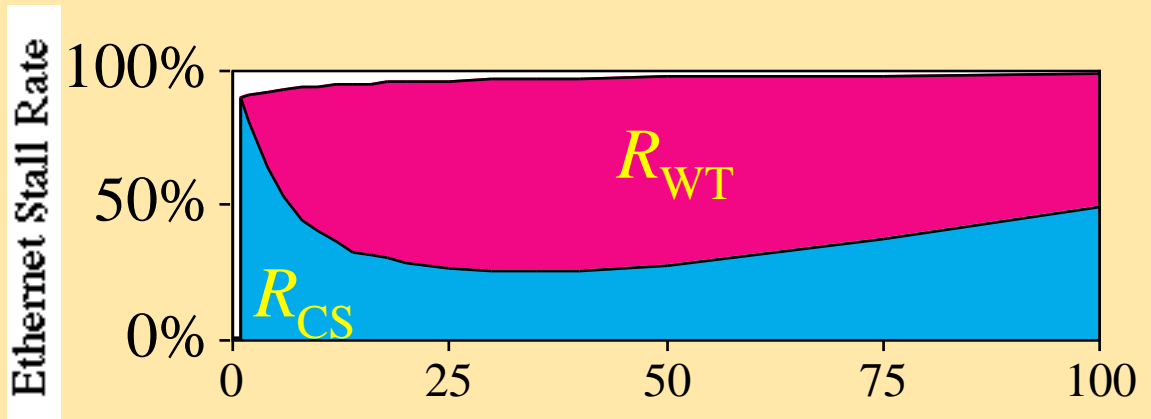
ストール率

FTP, 10BASE-T

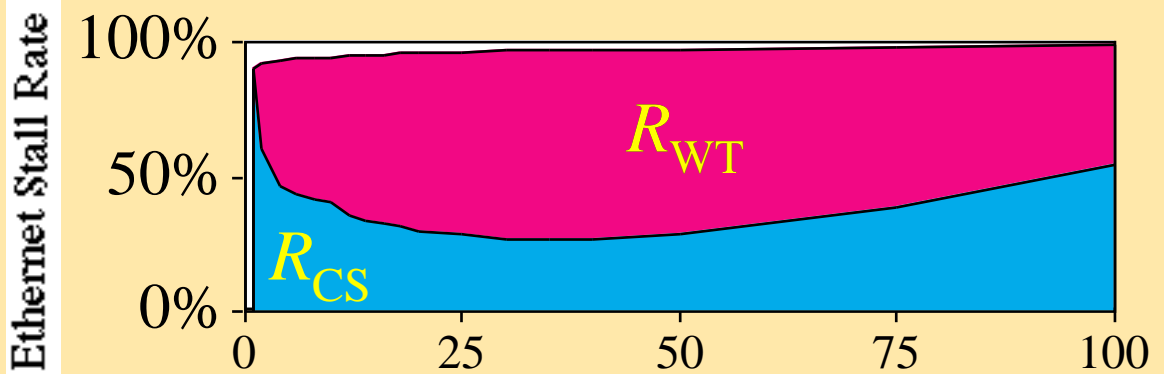
K



M



O

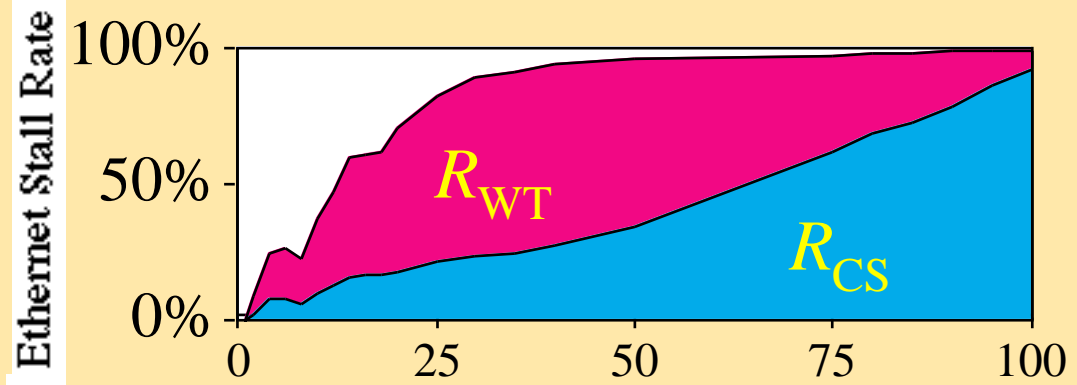


Number of Client Workstations N

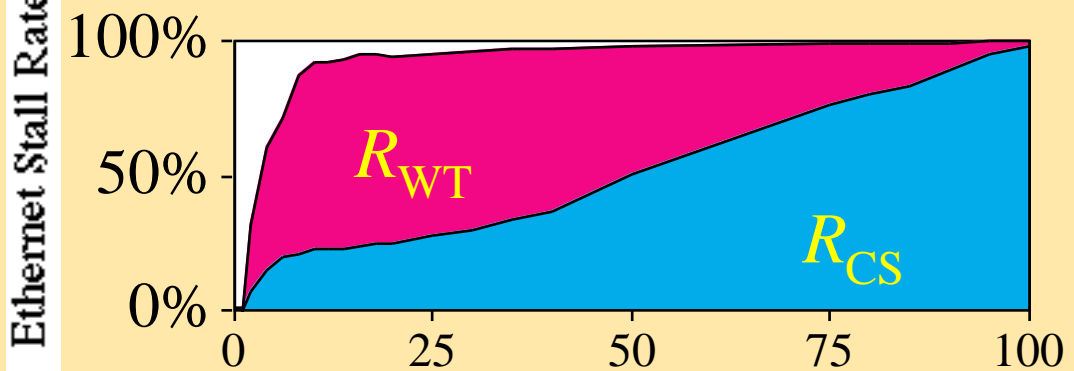
ストール率

NFS, 10BASE-T

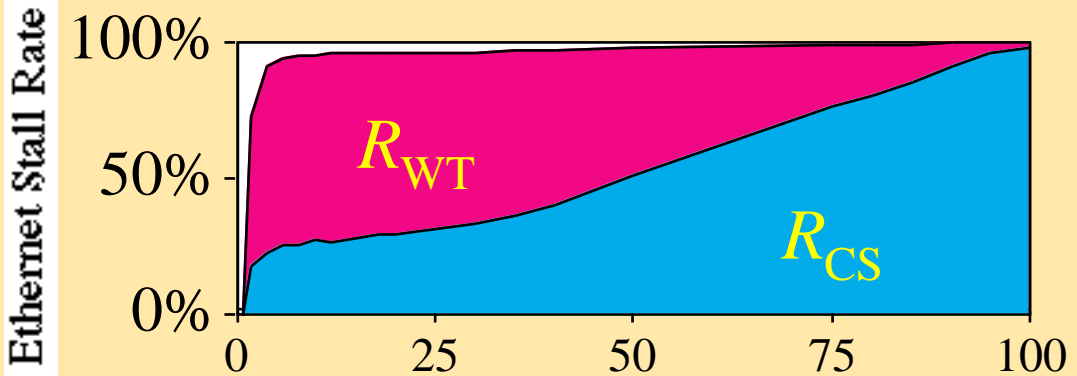
K



M



O



Number of Client Workstations N

R_{CS} 90%



ネットワーク破綻

実用的なネットワーク構成

教育用 LAN の 1 コリジョンドメイン内

100 Mbps Ethernet

- ・ 少なくとも 100 台は実用域

10 Mbps Ethernet

- ・ 理想限界 = 10 台程度
- ・ 破綻限界 = 90 台程度

クライアントによるタイムアウト & リトライ



クライアント数の増大に対して脆弱

まとめ

負荷集中 LAN 上のクライアント・サーバシステムを詳細なシミュレーションにより評価

教育用 LAN におけるクライアント台数の目安

- 100 Mbps Ethernet: 実用域 少なくとも 100 台
- 10 Mbps Ethernet : 破綻限界 90 台 ,理想限界 10 台

課題

- CPU・記憶装置の動作遅延の影響
- スイッチングハブ・ルータを含むシステム