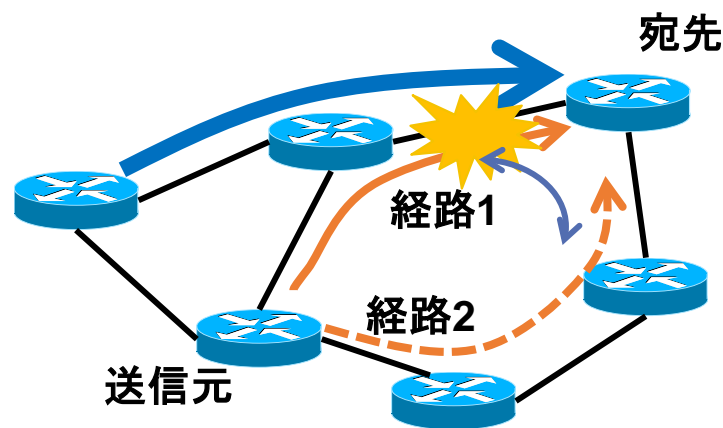


モデル予測制御にもとづく 仮想ネットワーク間資源調停

大阪大学 大下 裕一

トラフィックエンジニアリング

- ネットワーク内のトラフィック変化量が増大
 - ストリーミング配信・クラウドサービス等の大容量通信
- トラフィックエンジニアリング (TE) が必要
 - トラフィックの定期的な観測・動的な経路最適化



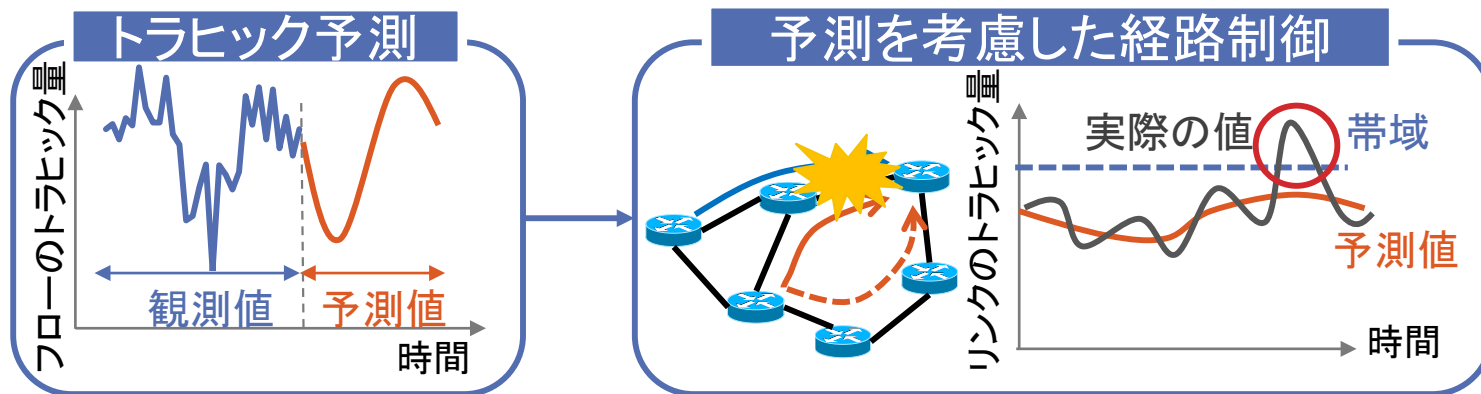
従来の TE の問題点

- トラフィック変動時に対応の遅れが発生
- 場当たりの制御では頻繁な経路変更が発生
→ ネットワークの不安定化

トラフィック予測を用いた TE

• 方法

- 過去の観測トラフィックから将来のトラフィックを予測
- 予測されたトラフィックを収容する経路を設定



• 利点

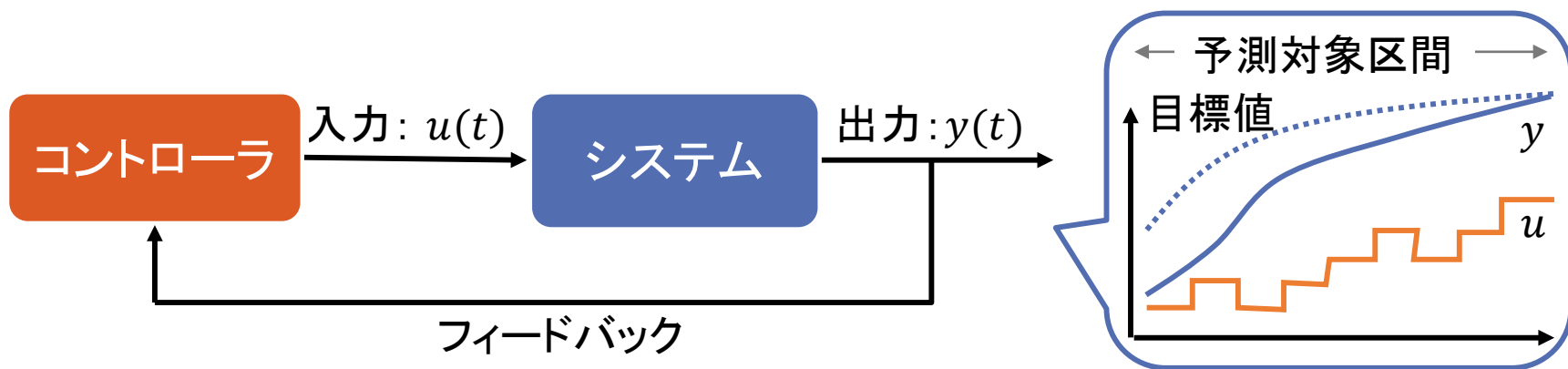
- トラフィック変動に先立って経路変更
- 将来の変動も考慮し頻繁な変更を避けた経路変更

• 課題

- 予測誤差により誤った経路変更の発生

モデル予測制御

- システムの出力値を目標値に近づくよう入力値を設定
- 各制御周期では直近の入力値のみ投入
- 出力をフィードバックとして予測を修正し入力値を再計算

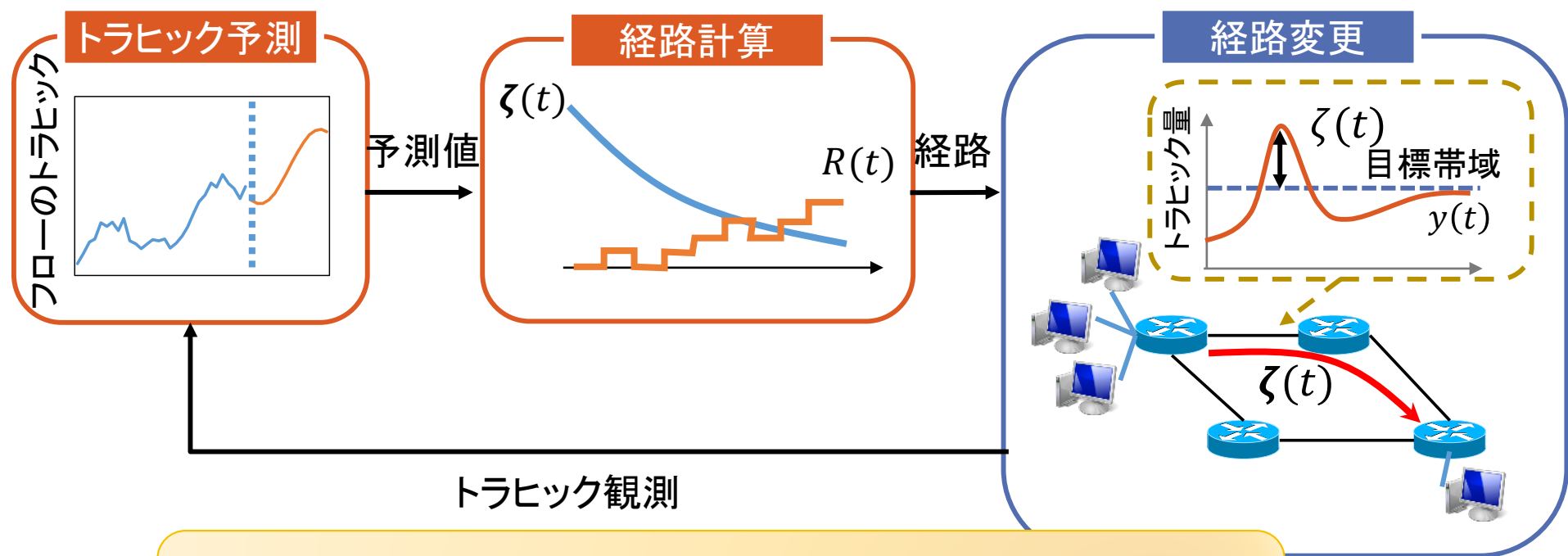


ポイント

- 将来の予測をもとに、先を見越した入力値の制御
- 各時刻の入力値の変更は抑えることによりシステムの安定を図る

MPC の TE への適用

- 経路割当が入力、その結果リンク上に流れるトラフィックが出力
- 各リンクの目標帯域を超過した送出量を 0 に近づけることが目的



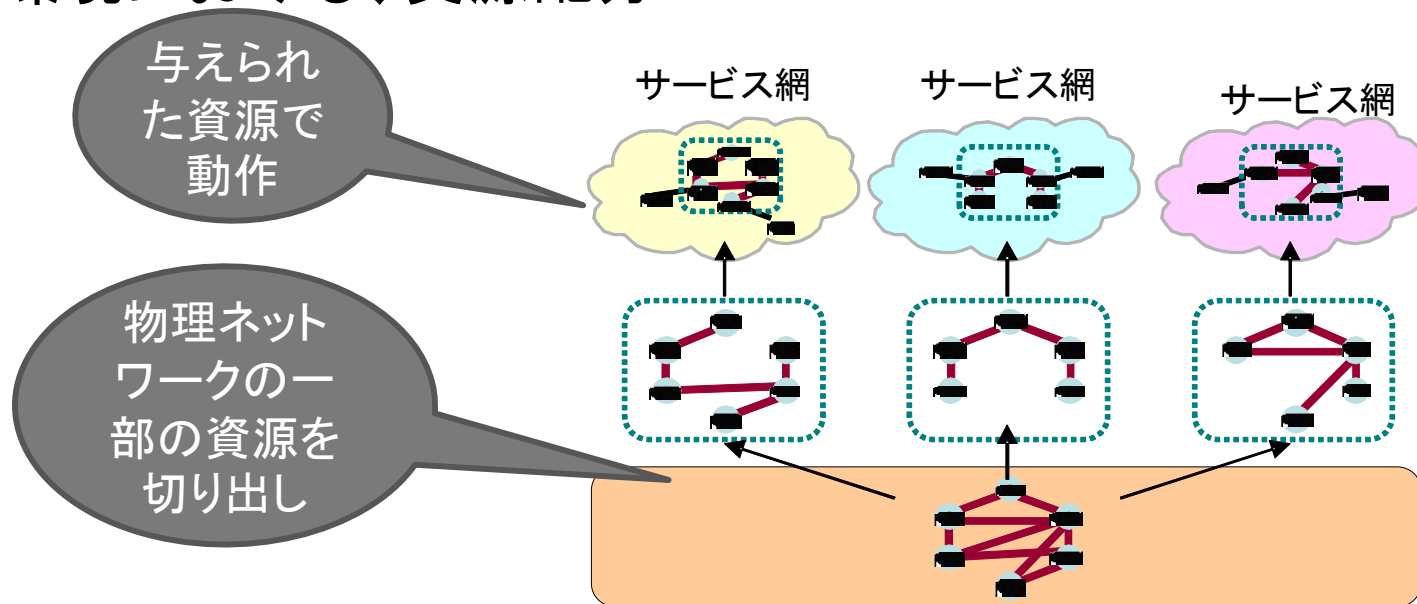
モデル予測制御を適用することにより、安定したトラフィック収容が可能であることを確認

本研究の目標

- モデル予測制御をネットワークスライス間の資源割り当てに適用

研究対象

各サービスネットワークに物理ネットワークの資源を分配して動作する環境における、資源配分



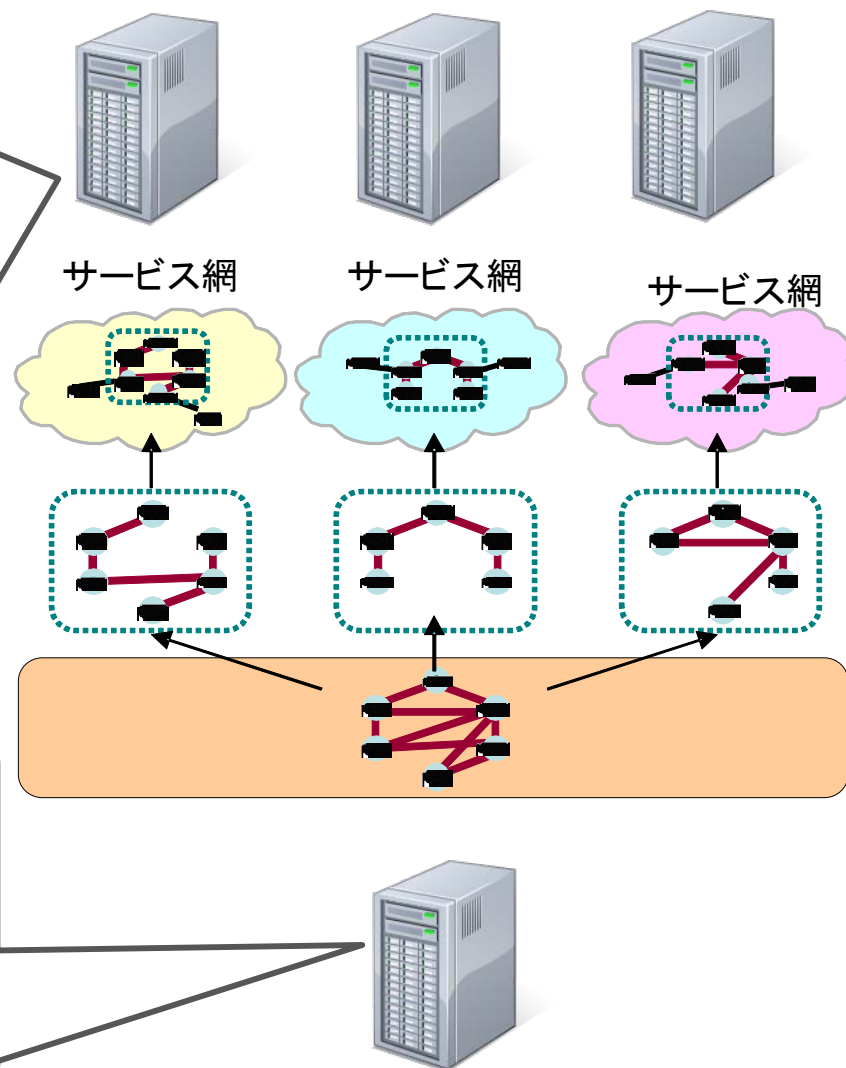
動作モデル

各サービスネットワーク管理者

- 与えられた資源でトラフィックを収容するように、ネットワーク内の経路を動的に制御
- 入力:
 - 自身の仮想ネットワークに流入するトラフィック量
 - 自身に割り当てられたネットワーク資源

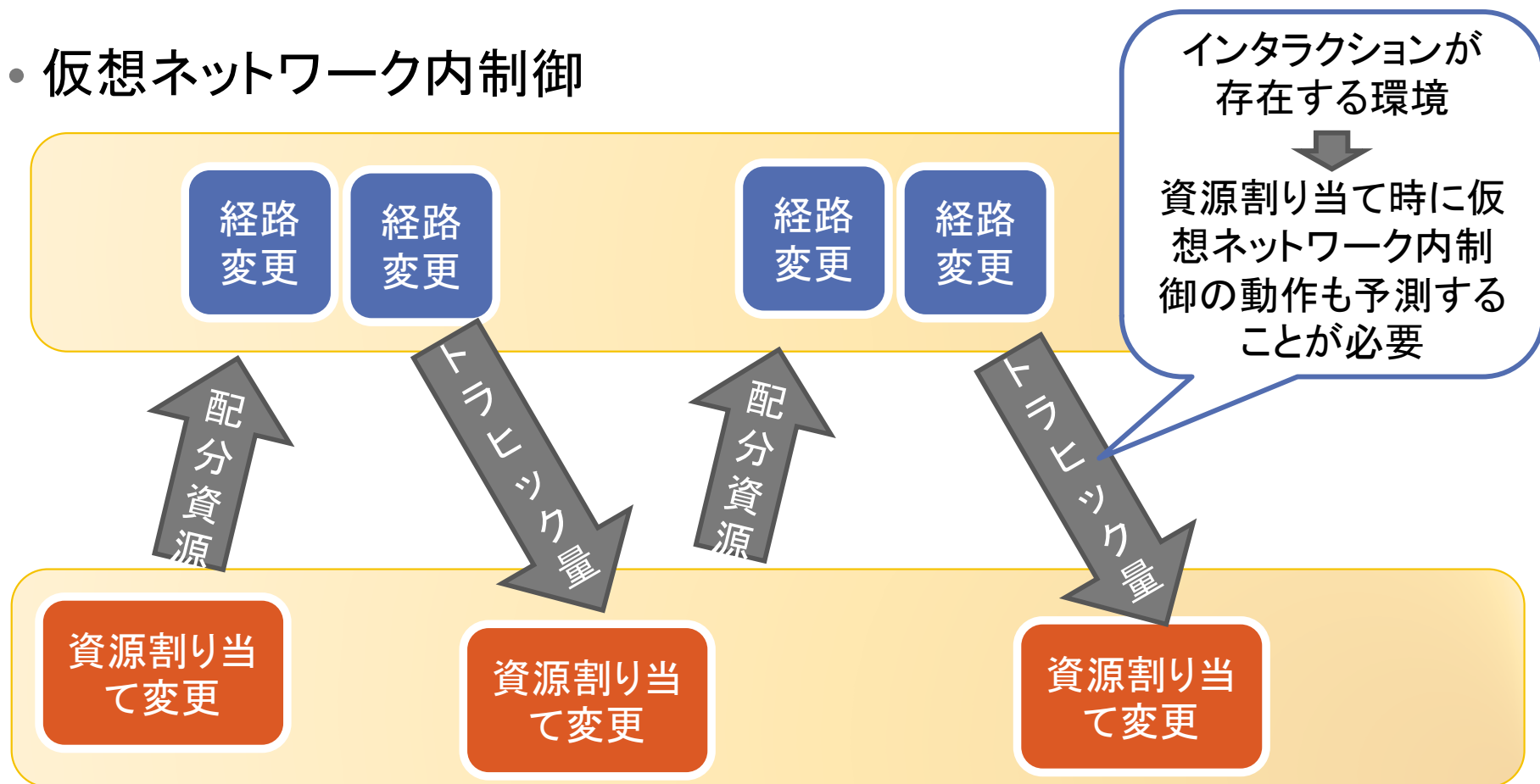
物理ネットワーク管理者

- 各仮想ネットワークに割り当てる資源を制御
- 入力
 - 各仮想ネットワーク上のリンクを流れるトラフィック量



物理ネットワーク管理者の制御

- 仮想ネットワーク内制御



- 物理ネットワーク制御

資源割り当て問題

各仮想ネットワークが、トラフィックを迂回させることも考慮にいれ、トラフィックの迂回も併せて最適化問題として解く

- 入力

- $T_s(t)$: 各リンクを流れる各仮想ネットワークのトラフィック量の予測値

- 変数

- $R_s(t)$: 各リンクを流れる仮想ネットワークsのトラフィックの迂回先経路
- $B_s(t)$: 各仮想ネットワークに割り当てる各リンクの帯域

- 目的関数

- 以下の重み付きの和
 - $\xi(t)$: 各仮想ネットワークで収容しきれないトラフィック量
 - $H(t)$: $R_s(t)$ のホップ数 (迂回をすることなく収容できるのが理想であるため)
 - $B_s(t) - B_s(t-1)$: 各時刻の資源割り当ての変更量

動作確認

- 動作確認のポイント

- モデル予測制御が、ネットワーク資源の安定的な割り当てに寄与できているのか？

モデル予測制御のポイント

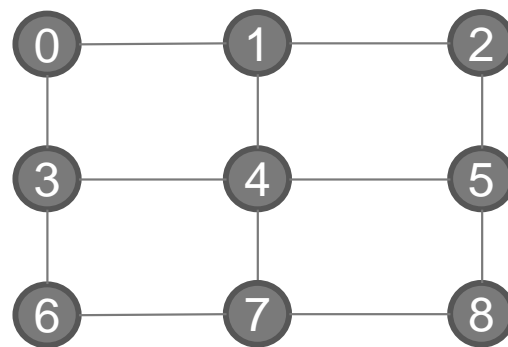
- 将来の予測をもとに、先を見越した入力値の制御
- 各時刻の入力値の変更は抑えることによりシステムの安定を図る

- 比較対象

- 過去のトラフィックベースの制御
 - 現在のトラフィック量にあわせた制御 + 資源割り当て変更量に制限なし
- 単純な予測に基づく制御
 - 将来のトラフィック量に合わせた制御 + 資源割り当て変更量に制限なし
- MPCにもとづく制御
 - 将来のトラフィック量に合わせた制御 + 資源割り当て変更量に制限あり

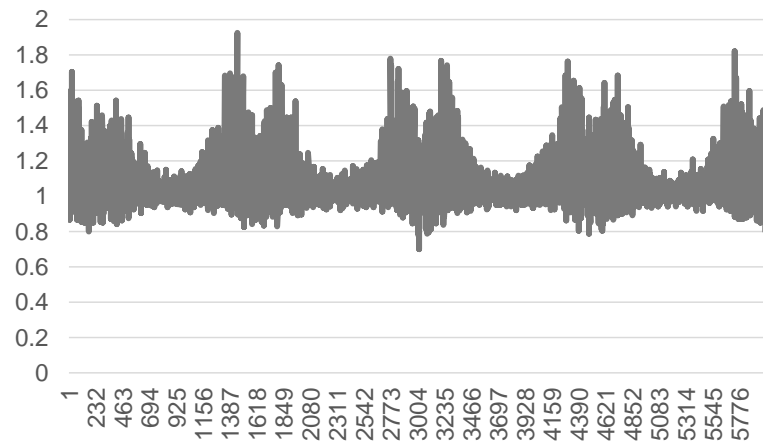
動作確認環境

- ネットワークトポロジ:
3 × 3の格子状ネットワーク
- 仮想ネットワーク数: 2
- 各仮想ネットワークで発生するトラヒック
 - 振幅 × Sin(x+位相) + 平均 + Gaussian Noise として生成
 - 周期: 1日、振幅: 8、平均: 6
 - 仮想ネットワーク1 0→2へのトラヒック: 位相のずれ0、
3→5へのトラヒック: 6時間の位相のずれ
 - 仮想ネットワーク2 3→5へのトラヒック: 12時間の位相のずれ、
6→8へのトラヒック: 18時間の位相のずれ
- トラヒック予測方法
 - 最小二乗法による線形フィッティング
- 仮想ネットワーク上の経路制御
 - モデル予測制御にもとづく経路制御(1分に1回)
- 資源割り当て変更頻度: 2分に1回

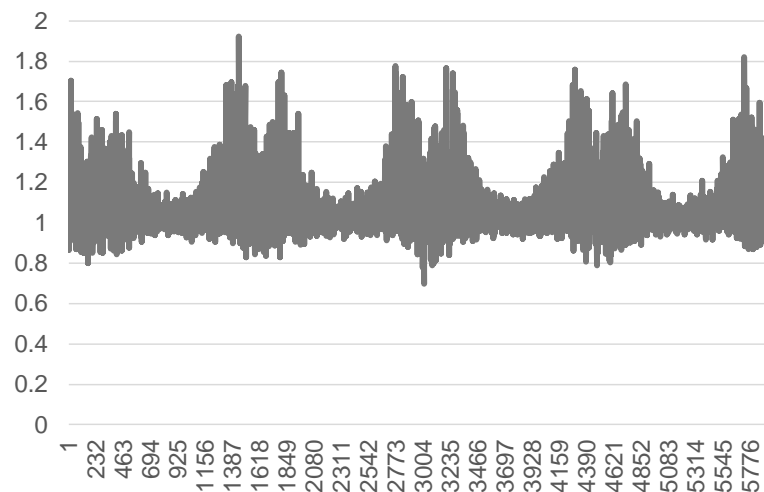


最大リンク使用率の変化

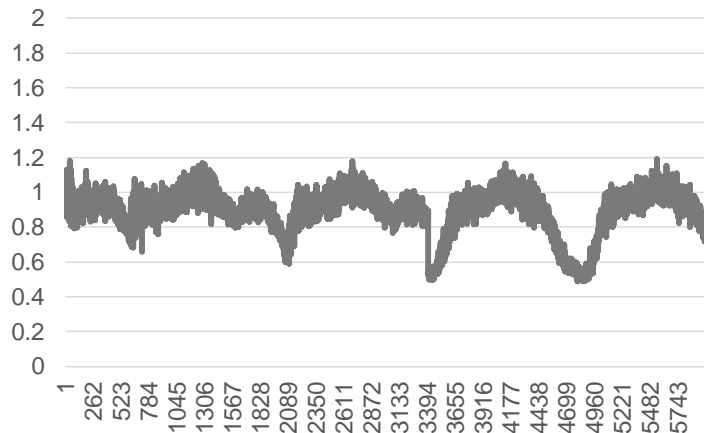
過去の観測ベース



単純な予測ベース



MPCに基づく資源再割り当て



将来の予測をしつつ、急激な変化を避ける

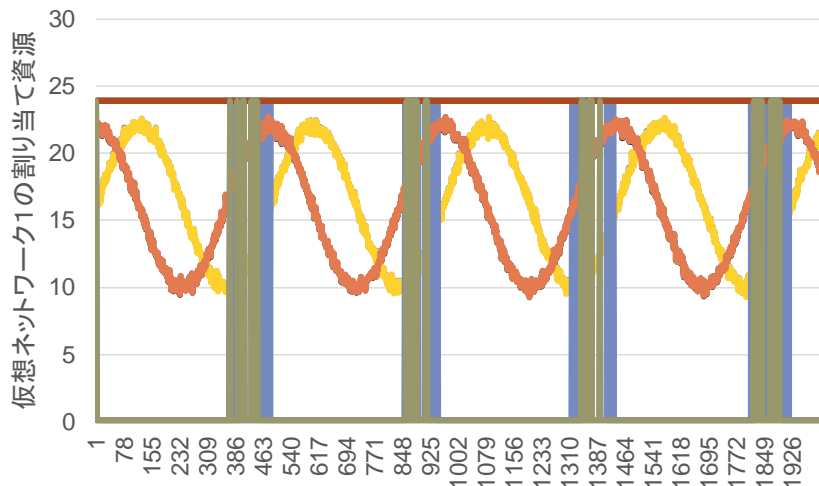


トラヒックの増加よりも、前もって資源変更
ができる

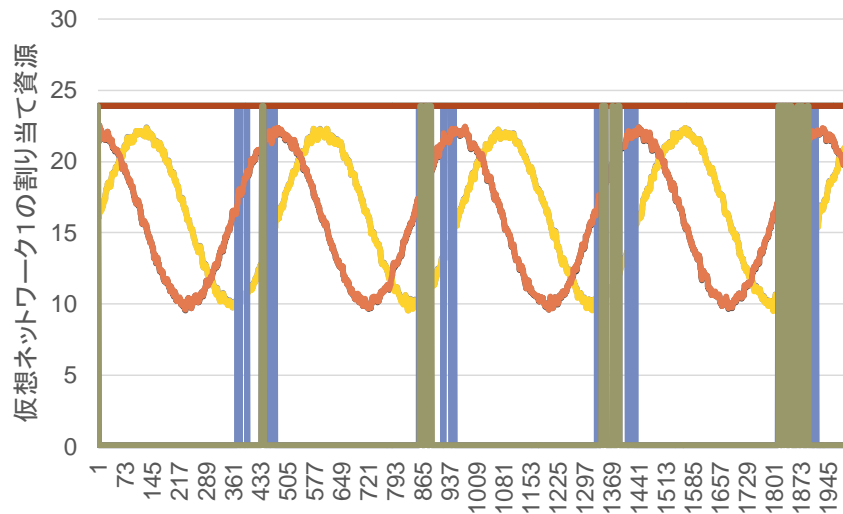
急激な資源の減少を招かず、悪影響を避
けることができる

資源割り当ての変化量

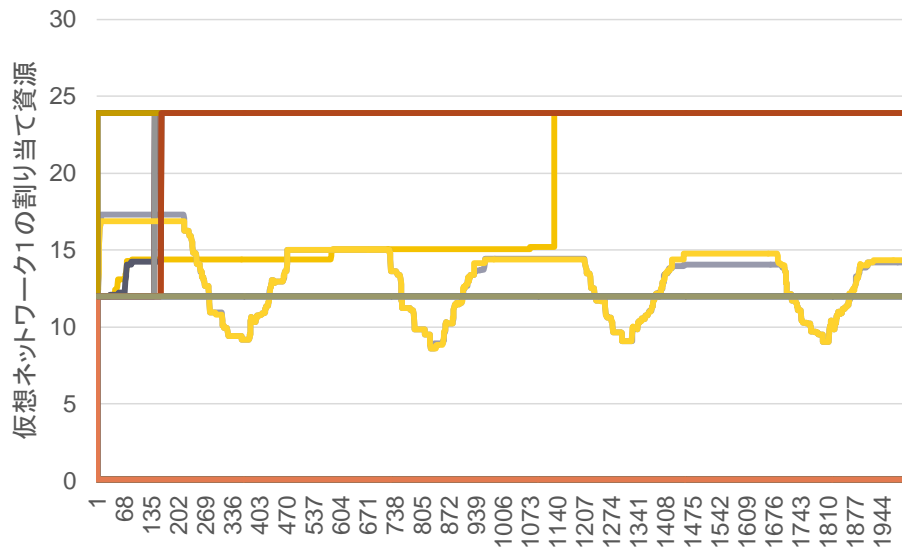
過去の観測ベース



単純な予測ベース



MPCに基づく資源再割り当て



MPC以外の割り当てでは、割り当て資源量の急激な変化が発生

MPCではゆるやかな資源割り当て量の変化のみ

まとめと今後の課題

- まとめ
 - MPCを仮想ネットワーク間の資源調停に適用
 - 簡単なトポロジにおける動作検証
- 今後の予定
 - より大規模なネットワークでの検証
(仮想ネットワークが3以上の場合)