

## 研究室紹介

長谷川 剛 (ごう)

本資料は研究室Webページから  
ダウンロードできます  
<http://www.cn.riec.tohoku.ac.jp/>



# 長谷川研究室

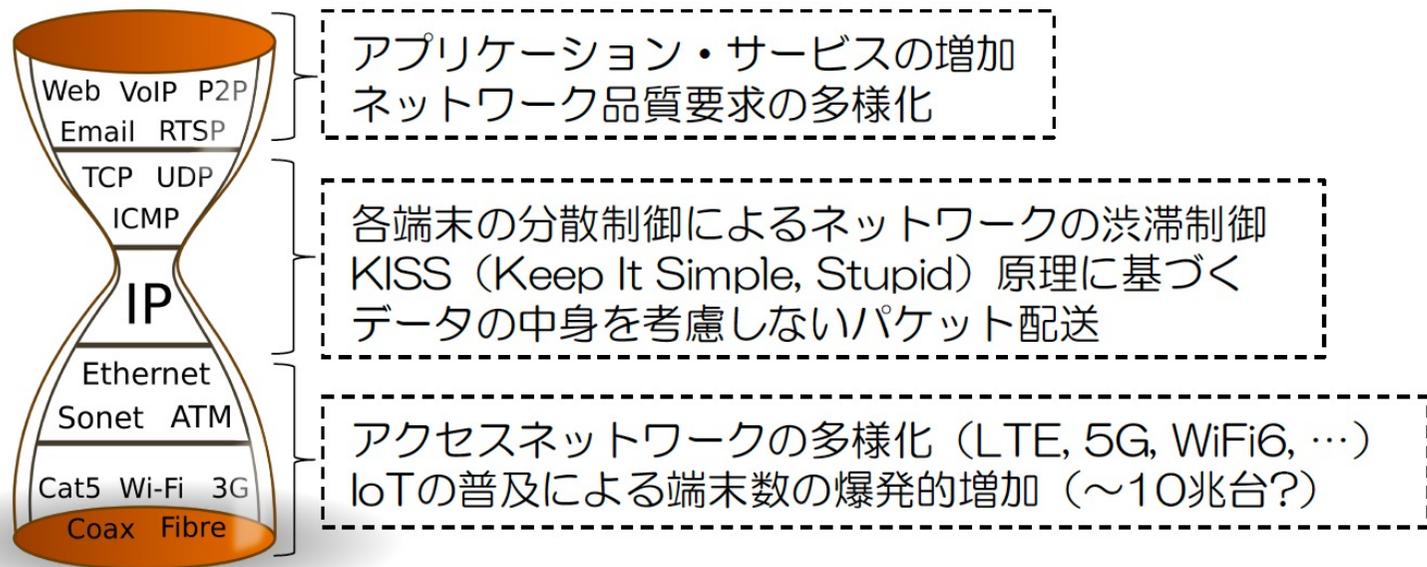
- 発足: 2019年度
- 研究キーワード:
  - 仮想化ネットワークシステム
  - モバイルネットワークアーキテクチャ
  - AI/機械学習を用いたインターネット輻輳制御
  - IoTのためのネットワーク技術
  - 超高速・超多量・低遅延/高信頼ネットワーク技術
- 研究室Web:
  - <http://www.cn.riec.tohoku.ac.jp/>
- 連絡先 (質問など):
  - [hasegawa@riec.tohoku.ac.jp](mailto:hasegawa@riec.tohoku.ac.jp)



## 現在のインターネットの構造とその限界

- インターネットを使うアプリケーションの多様化
- アクセスネットワークの多様化 (高速化、広域化、IoT収容…)
- にもかかわらず、この2つを結び付けるインターネット (=TCP/IP) そのものは40年以上、基本的な姿が変わっていない

### 現在のインターネットのプロトコル構成



根幹であるTCP/IPが、上位層アプリケーション、下位層ネットワークの革新についていけない

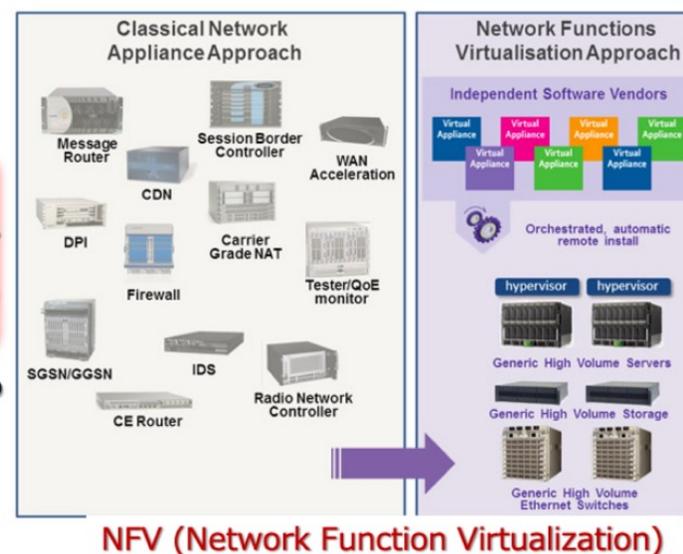


アーキテクチャの限界

# 仮想化技術とそのポテンシャル、研究目的

- サーバ、ネットワーク機器の、専用ハードウェア実装から汎用コンピュータ上のソフトウェア実装への移行
  - 汎用コンピュータさえあれば、サーバやネットワーク処理をどこでも実行でき、いつでも変更できる
- 以前とは段違いの自由度

## サーバ・ネットワークの仮想化技術

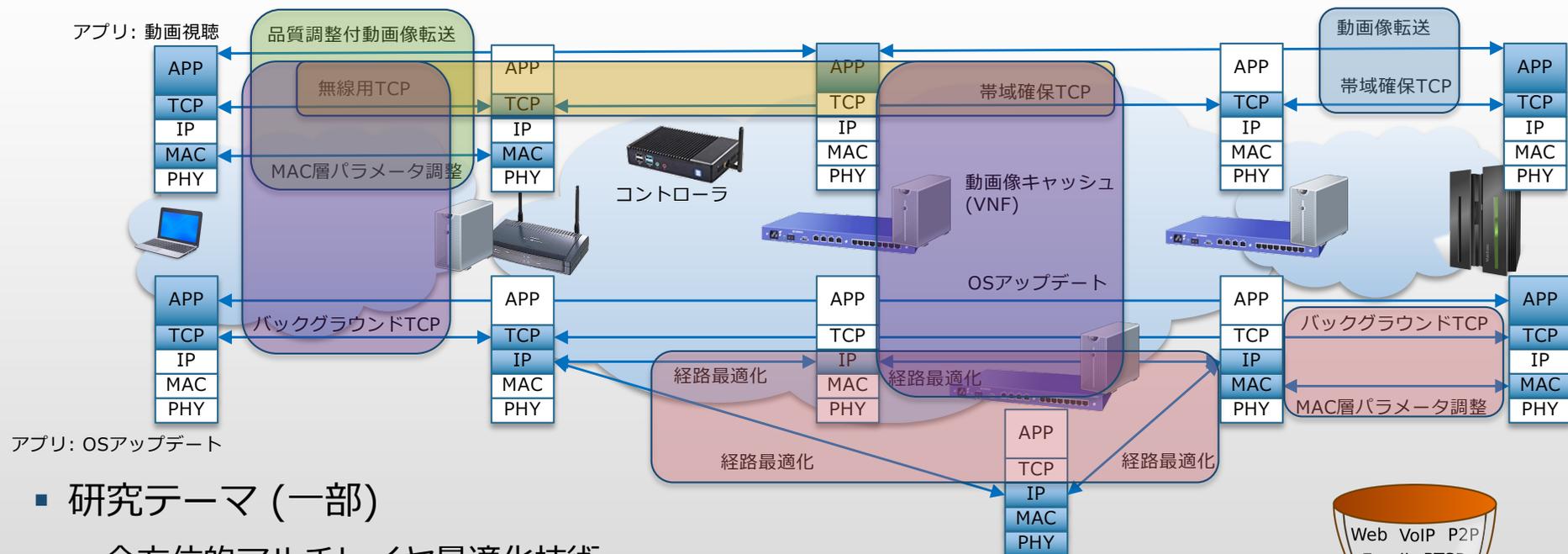


仮想化によってもたらされる「自由度」を活用して、ネットワーク構成の動的な最適化が可能となる

研究目的：ネットワークアーキテクチャを根本から刷新し、将来的に登場する様々なネットワーク技術に対応し、かつ多種多様でアプリケーション・サービスを効率的に収容できる、仮想化技術に基づく革新的なネットワークアーキテクチャを確立する

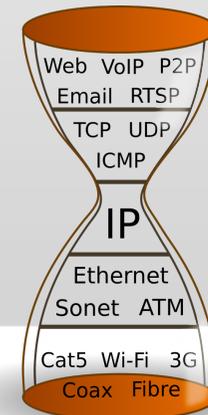
# 既存のインターネットを刷新するネットワークアーキテクチャを目指して

- 目標: ネットワークサービス最適化のための、仮想化技術を前提とした新しいネットワークアーキテクチャの確立



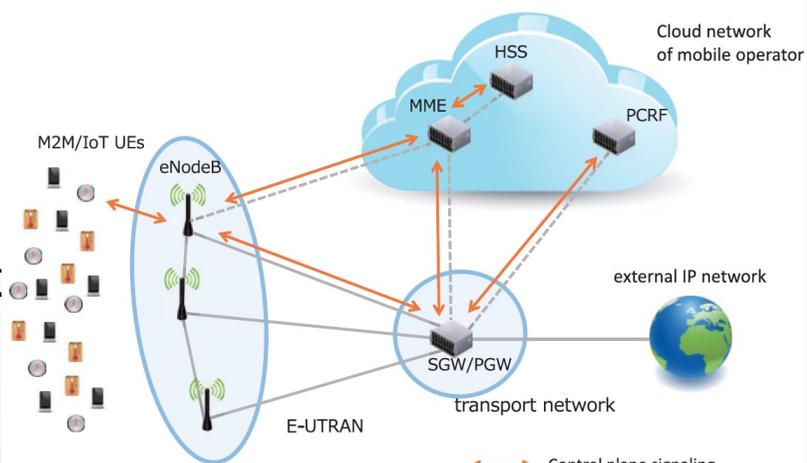
## ■ 研究テーマ (一部)

- 全方位的マルチレイヤ最適化技術
- 超広域ネットワークの性能解析・評価手法
- プロトコル設定・リソース調停のためのグローバルなプロトコル
- 段階的な導入シナリオ
- プロトコル階層構造の根本的な見直し

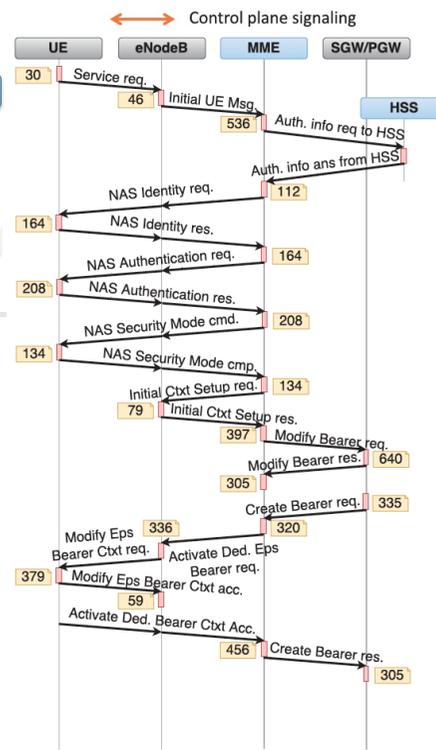
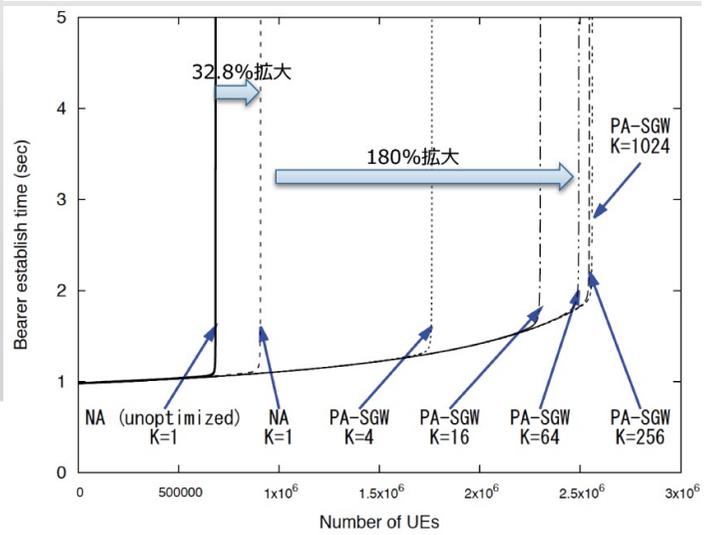
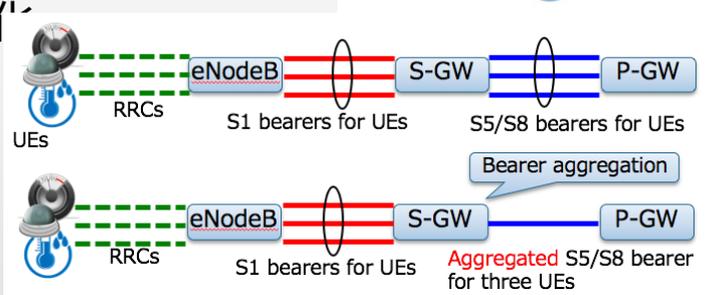


# モバイルコアネットワークアーキテクチャ

- 基地局と外部NWを繋ぐネットワーク
  - 認証、課金、QoS制御など
- データプレーン、制御プレーン両方の最適化による大容量・低遅延・高信頼・超多数のeMBB/URLLC/mMTC通信の収容

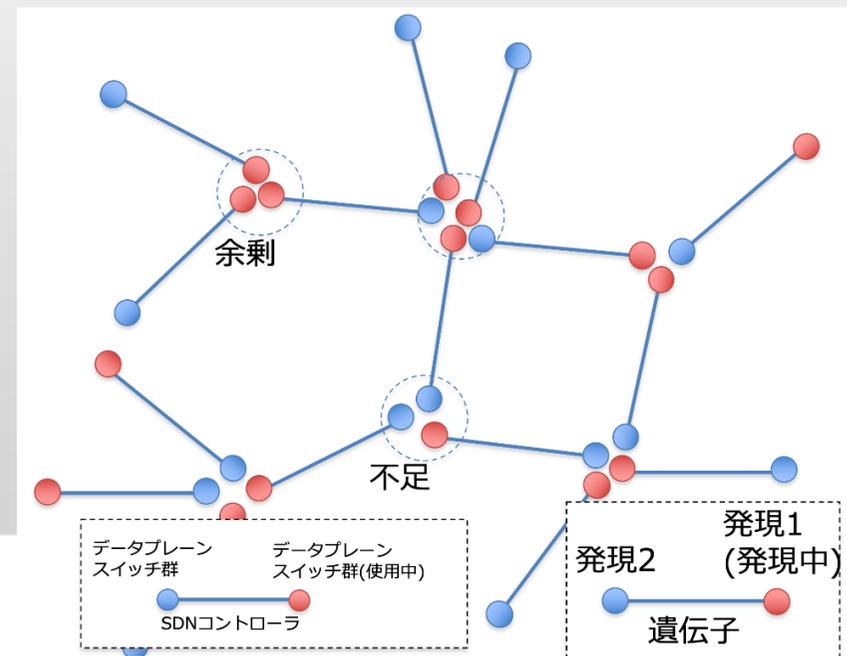
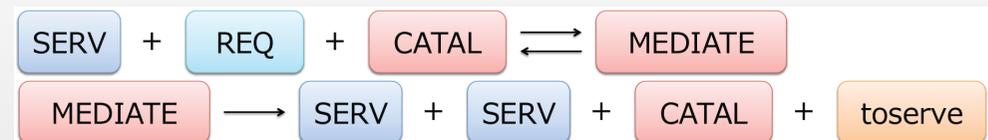
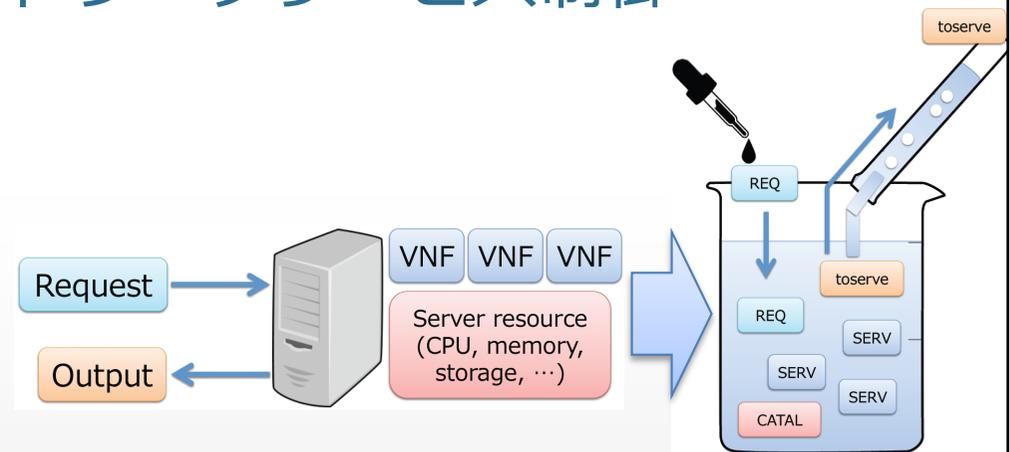


- C/U分離によるリソース制御の柔軟化
- 端末に対するのC/Uリソース配分の最適化
- シグナリングプロトコルの制御/改変によるコアノード負荷の削減
- e2e輻輳制御等の上位層プロトコルとの連携による最適化
- 細粒度ネットワークスライシングの実現 (後述)
- ...



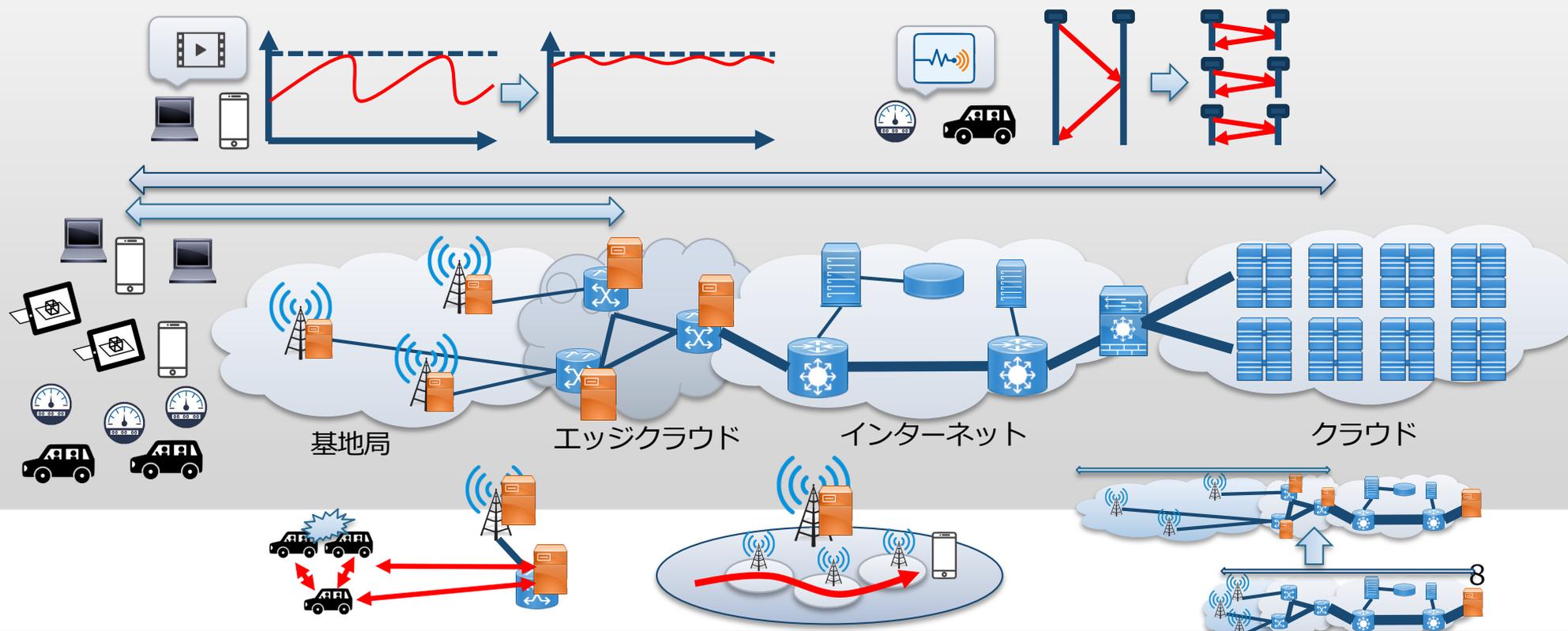
# 生化学反応モデルに基づくネットワークサービス制御

- サーバのリクエスト処理を生化学反応としてモデル化
  - 反応速度論、酵素触媒反応などを応用
- ネットワーク化により大規模ネットワークサービス制御を実現
  - フロー経路の決定、資源割当等を自律分散制御によって実行
- 遺伝子ネットワークの縮退特性を応用したネットワーク設計
- 応用領域
  - NFV (ネットワーク機能仮想化) 制御
  - 広域SDN (Software Defined Network) 制御
  - 光ネットワーク監視系の設計



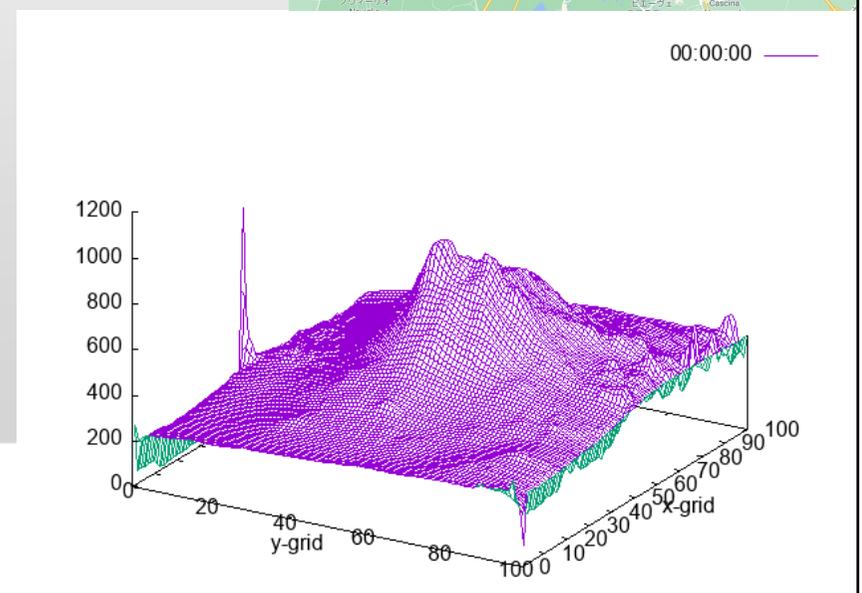
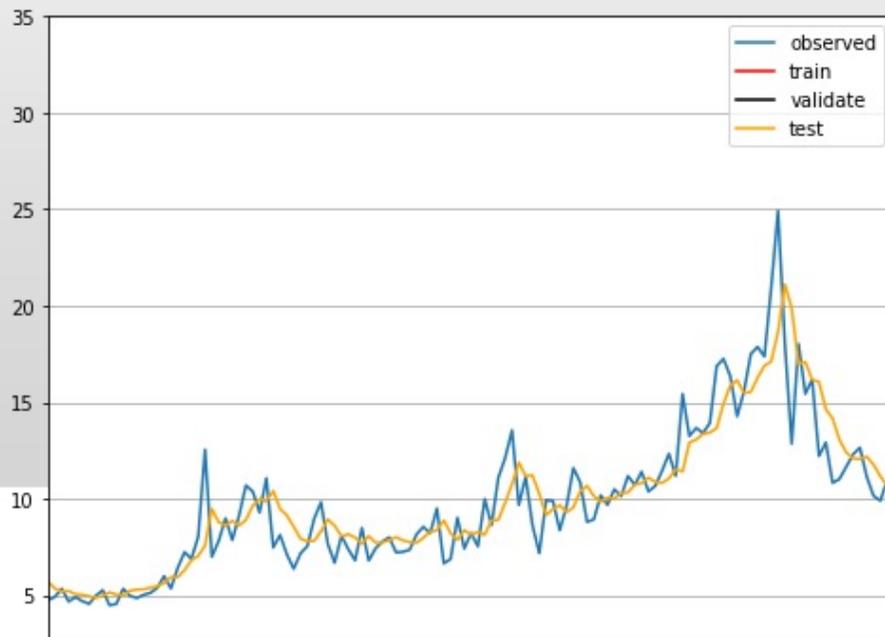
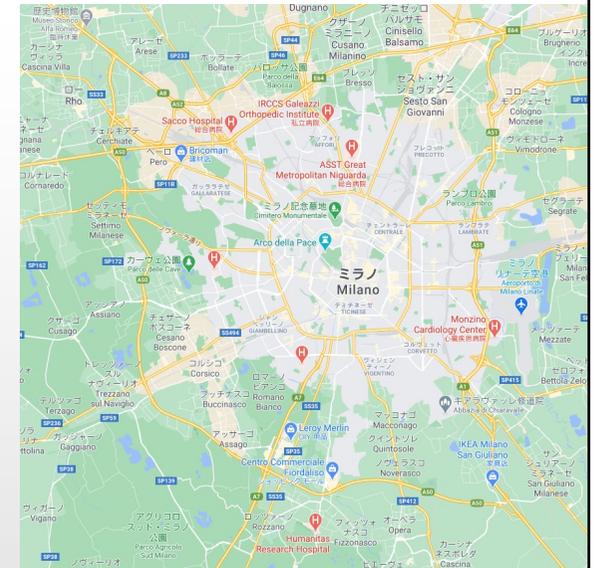
# エッジコンピューティング技術に関する研究

- クラウドよりも端末に近い場所 (e.g. 基地局の近く等) にサーバを設置し、低遅延でアプリケーション処理を実行
  - AR、自動運転など、遅延時間が重要なアプリケーションに必須の技術
- エッジサーバの資源配分、ネットワーク制御、プロトコル処理技術など



# モバイルトラフィック予測に基づく仮想ネットワーク制御

- 過去のデータを使って将来のトラフィック量を予測し、ネットワークに必要な資源 (帯域、サーバ台数等) を推定
- 推定結果を利用して先回りでネットワーク、サーバ容量を調整する
  - 多種多様なアプリケーションを、省電力、低コストでネットワークに収容



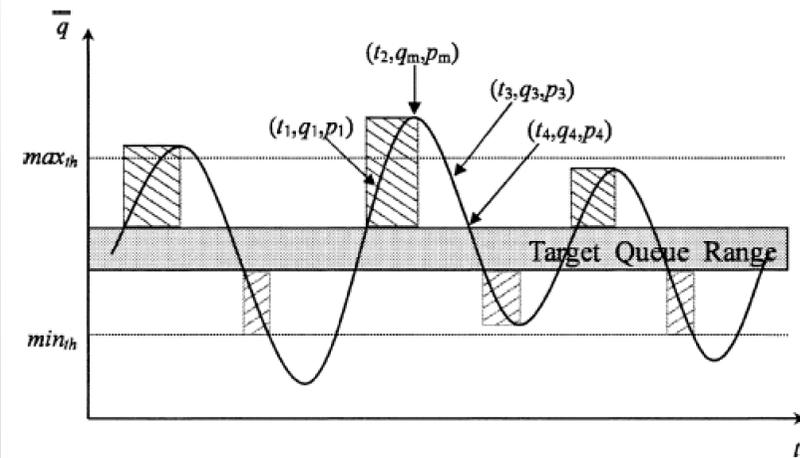
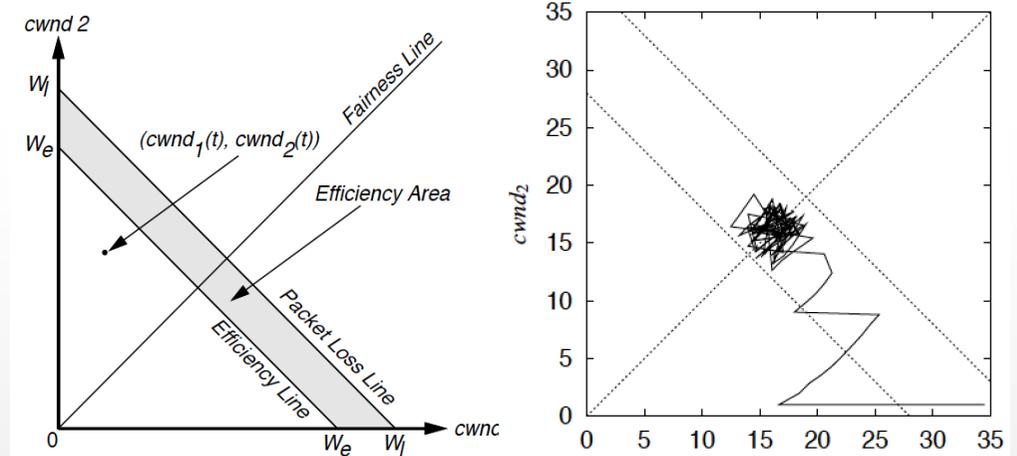
# インターネット輻輳制御機構に関する研究

## ■ インターネット輻輳制御とは

- Black-boxed architecture
- PC、サーバ、スマホなどの端末がネットワークの輻輳状態を推定し、転送速度を自律分散的に調整
- インターネット誕生後40年あまり研究が続けられているが、決定的な手法は今だに皆無

## ■ 研究例

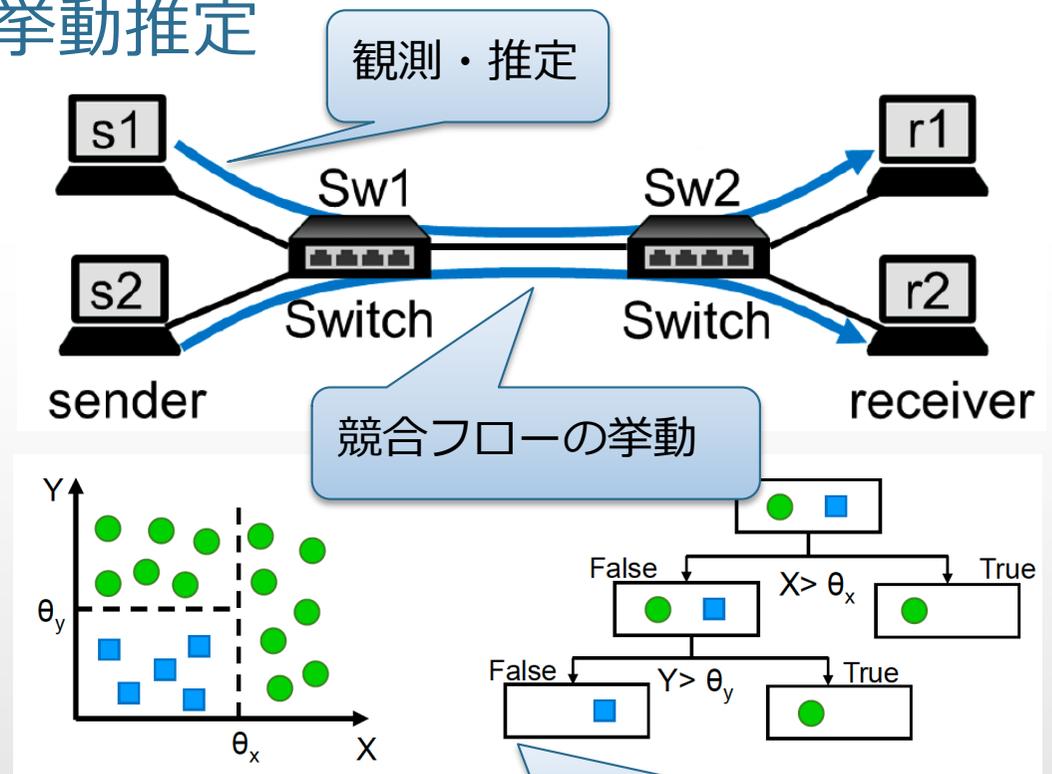
- 輻輳制御への機械学習の適用
  - 空間的、時間的変動の大きなインターネットでは、one-fits-all な輻輳制御は不可能
  - 適用箇所や時間に応じてアルゴリズムを選択・調整し利用する
- Networked Congestion Control
  - 従来のエンド端末だけで行う輻輳制御から脱却し、ネットワーク内で輻輳制御を行う新しいネットワークアーキテクチャの探求



$$\begin{aligned}
 W_j^i &= \frac{W_j^i}{2} + \frac{1}{\tau_j} \frac{\tau_1 \tau_2}{2(\tau_1 + \tau_2)} W_s \\
 &= \frac{1}{\tau_j} \frac{\tau_1 \tau_2}{2(\tau_1 + \tau_2)} W_s - \left(\frac{1}{2}\right)^{i-1} \left(\frac{1}{\tau_j} \frac{\tau_1 \tau_2}{2(\tau_1 + \tau_2)} W_s - W_j^1\right)
 \end{aligned}$$

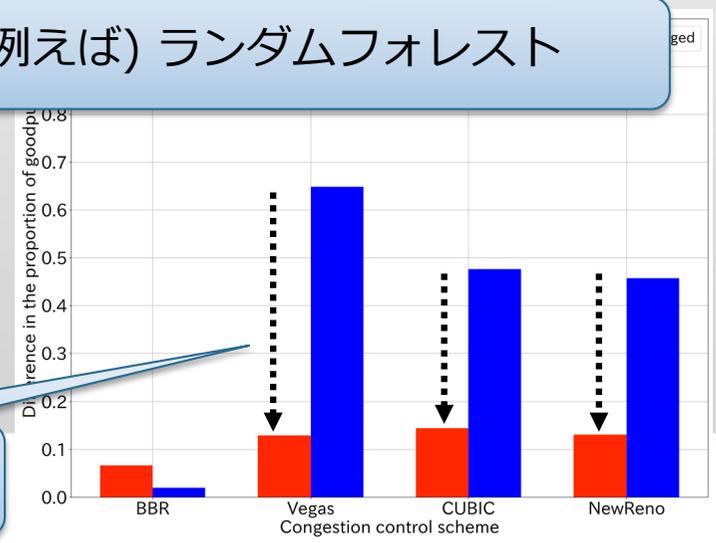
# 機械学習による競合フローの挙動推定

- 通常は知り得ない、競合関係にある他フローの挙動やネットワーク状態を推定
  - 輻輳制御アルゴリズム、競合しているフローの数、...
- 推定結果に応じて自身の挙動を変更することでフロー性能を改善



(例えば) ランダムフォレスト

フロー間公平性の改善



# ネットワーク連動型輻輳制御アーキテクチャ

- 従来は送受信端末間で1つである輻輳制御のフィードバックループを、ネットワーク内のノード (in-Network Congestion Control (NCC) ノード) で切断・中継 - エンド端末間を複数のフィードバックループを用いてデータ転送を行う
- それぞれのフィードバックループで、ネットワーク特性やユーザ要求に応じた輻輳制御アルゴリズムを適用

