

# 研究室紹介

長谷川研究室



# ネットワークアーキテクチャ研究室 (長谷川研究室)

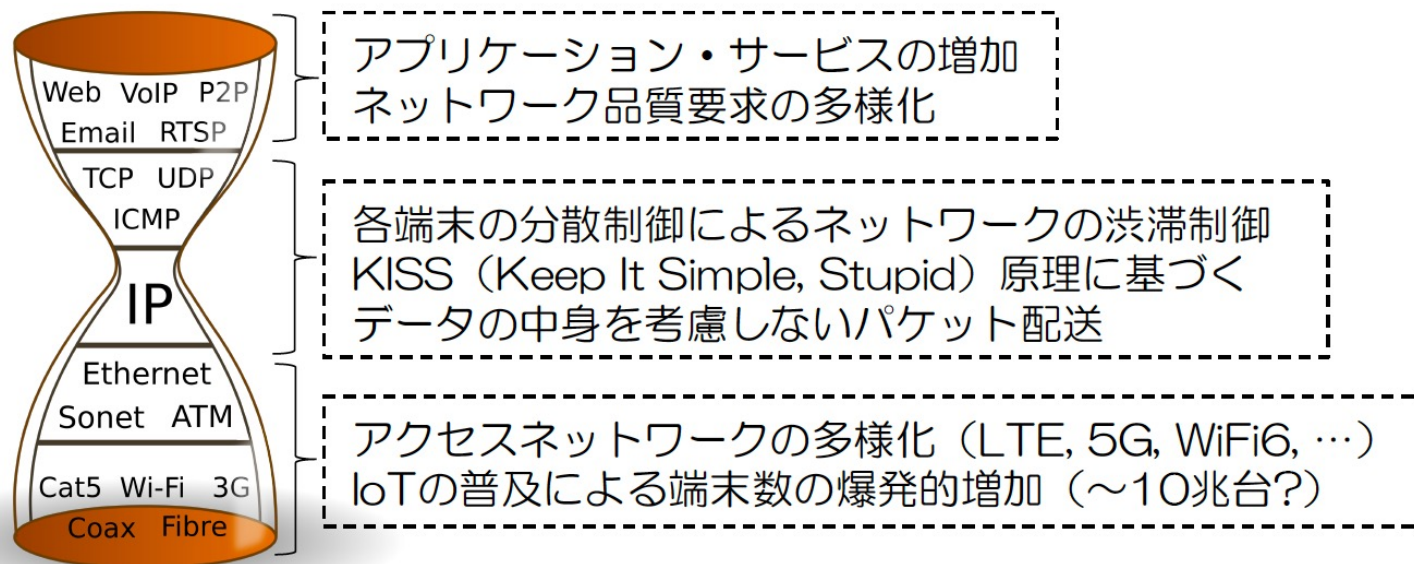
- 発足: 2019年度
- 研究キーワード:
  - 仮想化ネットワークシステム
  - モバイルネットワークアーキテクチャ
  - AI/機械学習を用いたネットワーク制御
  - IoTのためのネットワーク技術
  - 超高速・超多量・低遅延/高信頼ネットワーク技術
  - ...
- 研究室Web:
  - <http://www.cn.riec.tohoku.ac.jp/>
- 連絡先 (質問など):
  - [go.hasegawa.a6@tohoku.ac.jp](mailto:go.hasegawa.a6@tohoku.ac.jp)



# 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



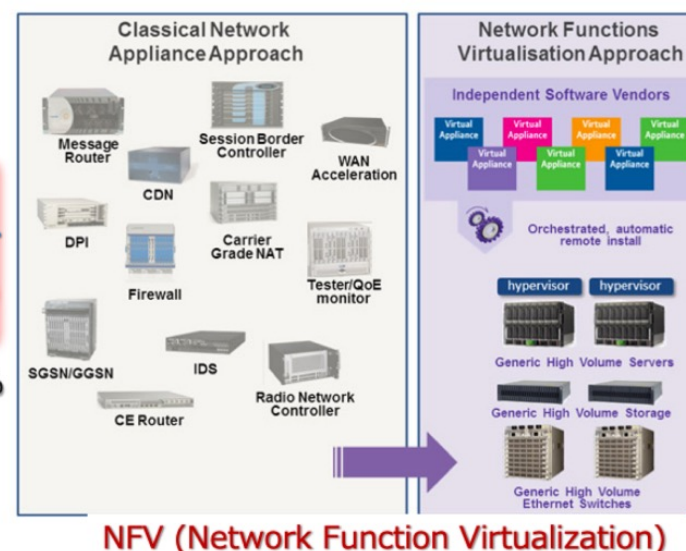
アーキテクチャの限界



# 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

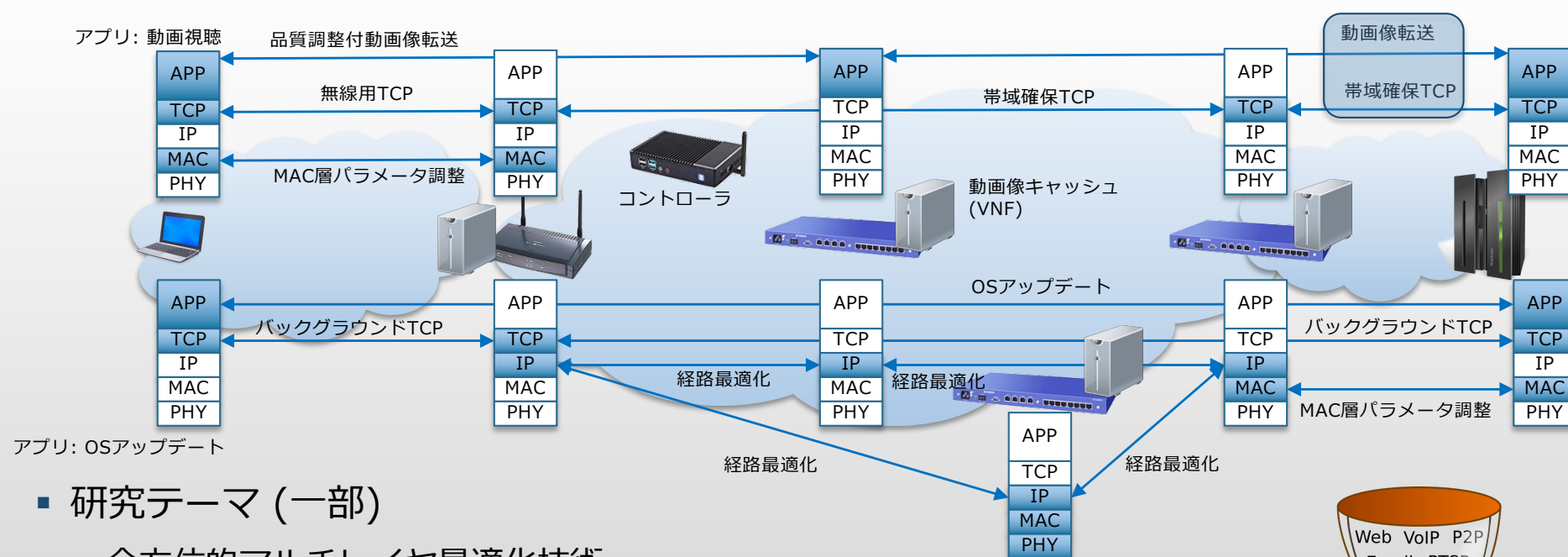


仮想化によってもたらされる「自由度」を活用して、ネットワーク構成の動的な最適化が可能となる

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

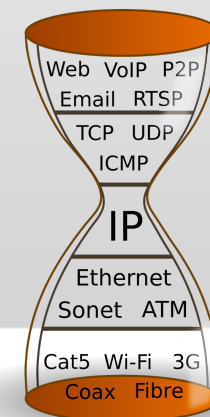
# 既存のインターネットを刷新するネットワークアーキテクチャを目指して

- 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



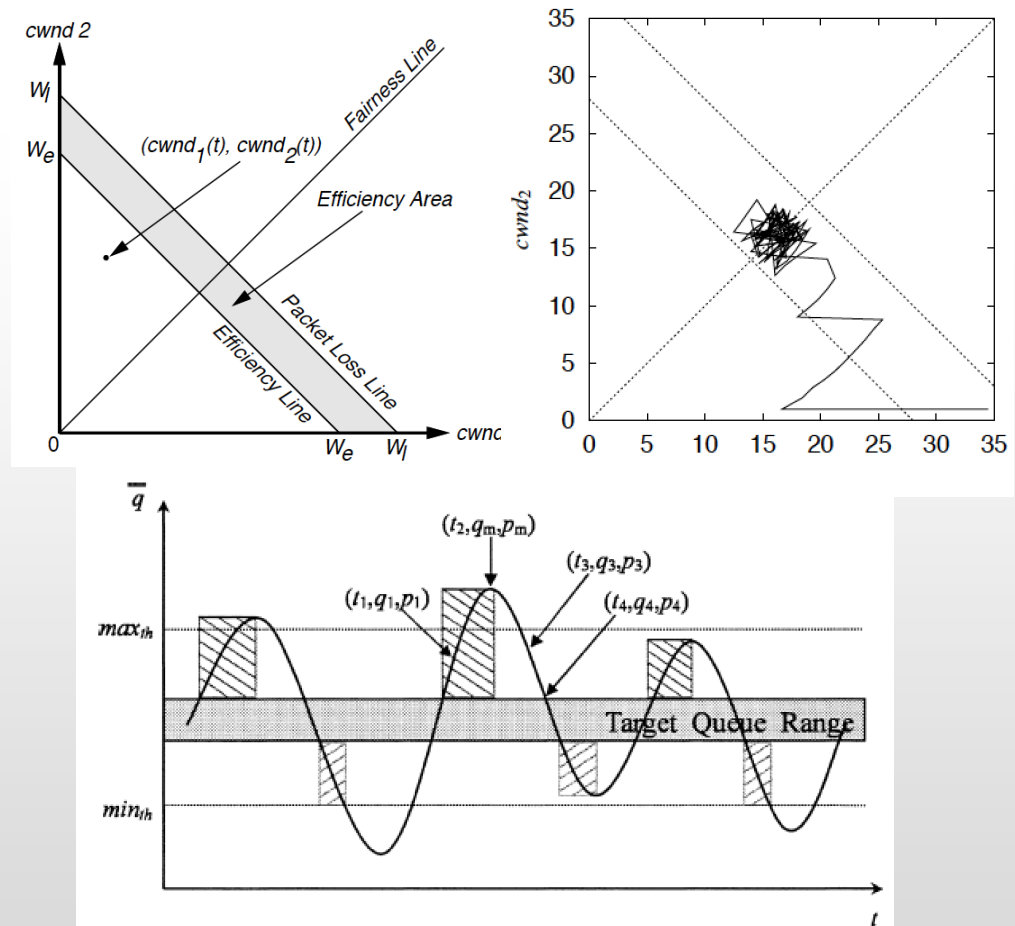
# インターネット輻輳制御機構に関する研究

## ■ 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

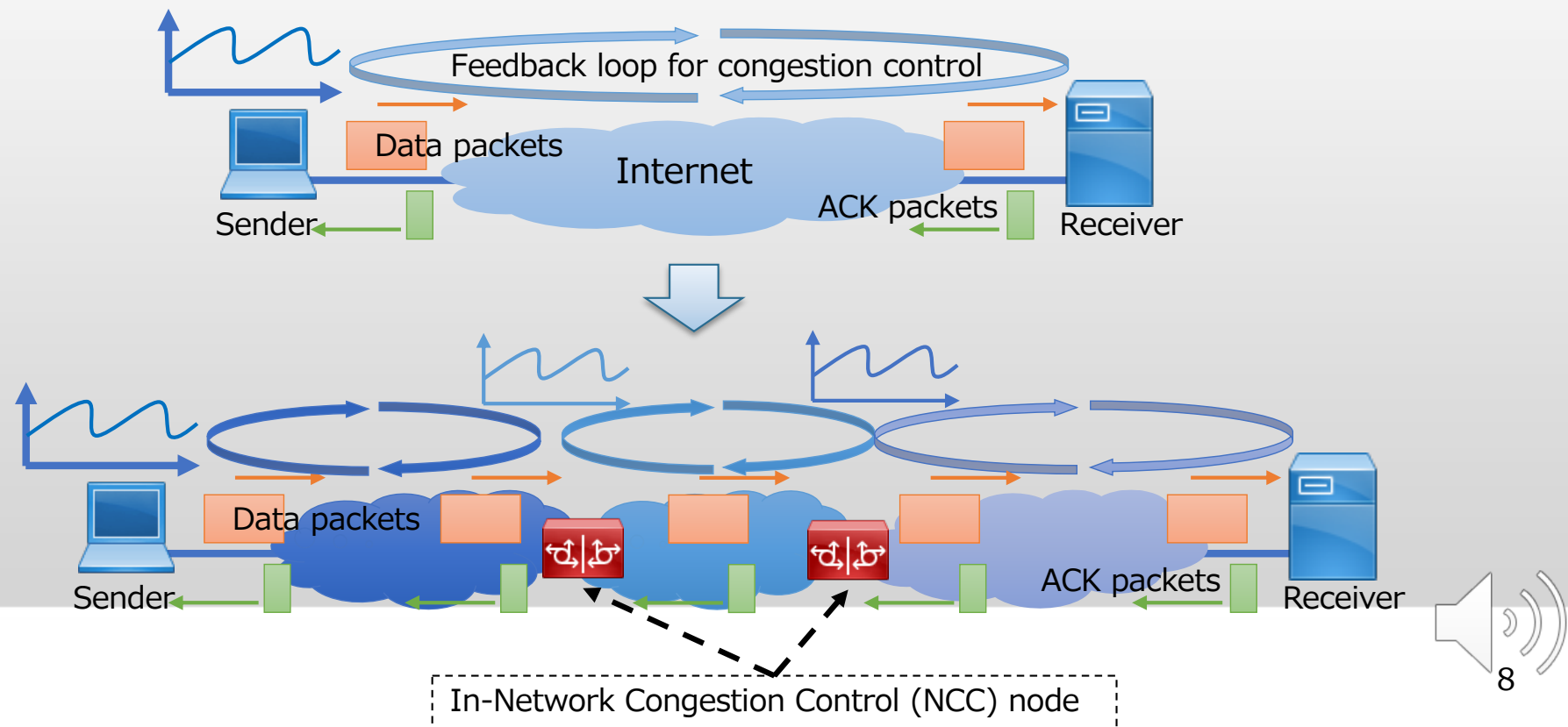
- 輻輳制御へのAI/機械学習の適用
  - 空間的、時間的変動の大きなインターネットでは、1つで万能な輻輳制御は不可能
  - 適用箇所や時間に応じてアルゴリズムを選択・調整し利用する
- In-Network Congestion Control
  - 従来のエンド端末だけで行う輻輳制御から脱却し、ネットワーク内で輻輳制御を行う新しいネットワークアーキテクチャの探求



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

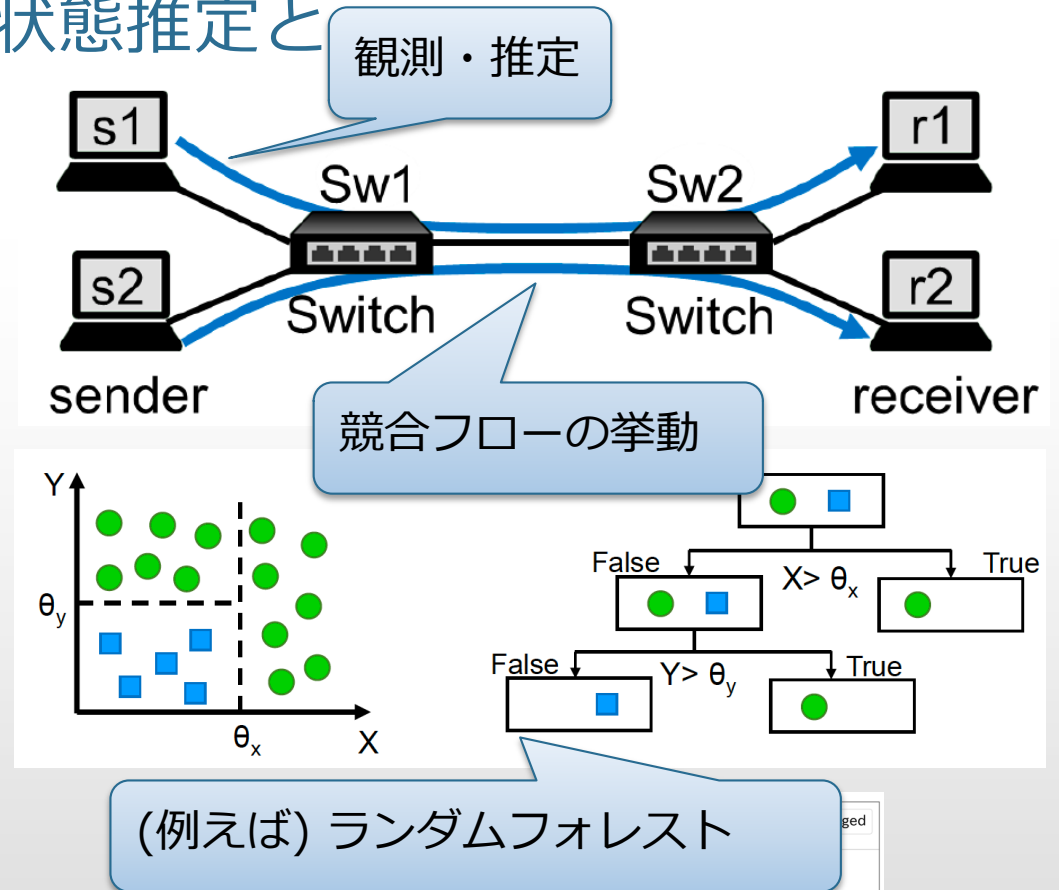
# ネットワーク連動型輻輳制御アーキテクチャ

- 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

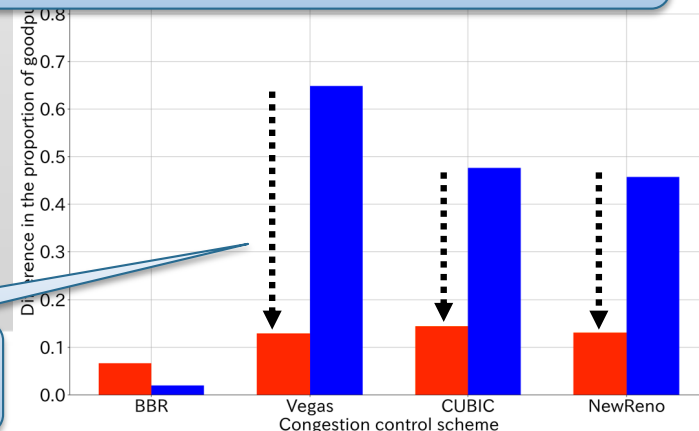


# 機械学習によるネットワーク状態推定と輻輳制御への応用

- 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



フロー間公平性の改善



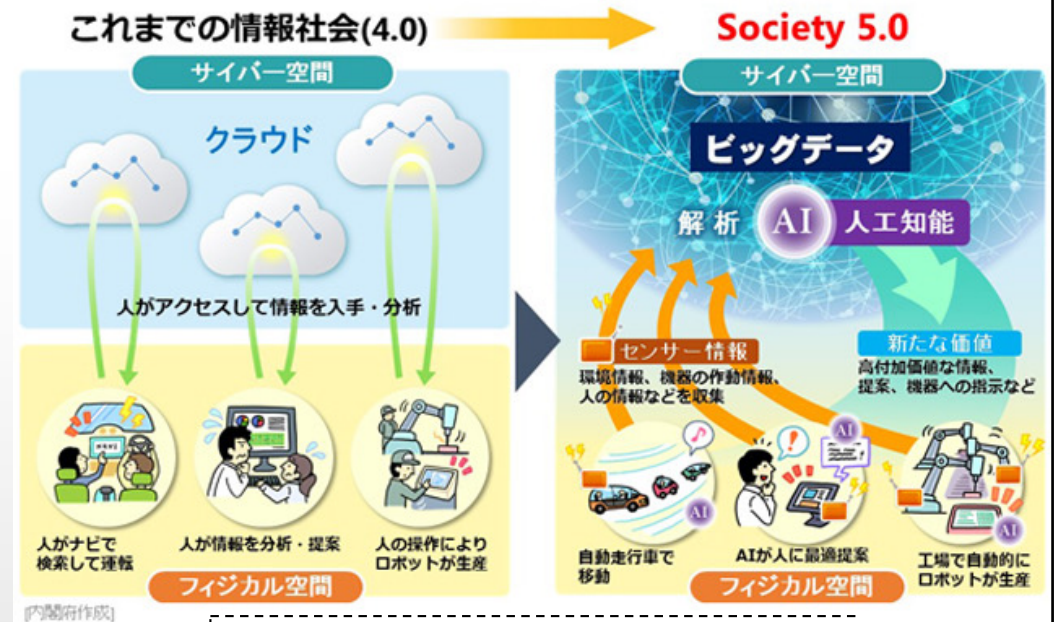


# デジタルツイン構築のエネルギー最適化

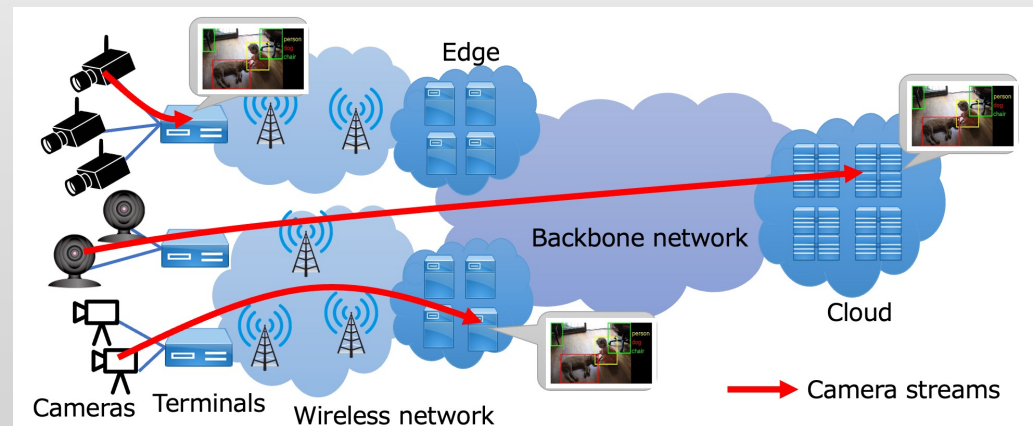
- デジタルツイン: 現実世界であるフィジカルシステムから様々な情報を収集し、サイバーシステムを構築
  - データ量が膨大となり、データ流通のためのネットワーク、データ処理のためのコンピューティング負荷が増大 → ICTインフラのエネルギー消費の増大
- デジタルツイン構築のためのICTインフラ
  - クラウド+エッジ、端末+ネットワーク
  - 最適化性能と計算コストのトレードオフ
  - システム状態の変動に応じた動的な最適化



- 目的: サイバーシステムの構築のためのセンサデータ収集・処理の消費電力最適化
  - エッジクラウド環境を想定
  - カメラからの映像データを処理する場所と処理品質を決定
  - ネットワークの消費電力とデータ処理の消費電力の総和を低減
- 手段: 高速かつ(準)最適な、環境変動に応じたシステム再構成手法
  - ILPソルバと発見的手法の組み合わせにより、解の性能と環境変動への追従性を両立

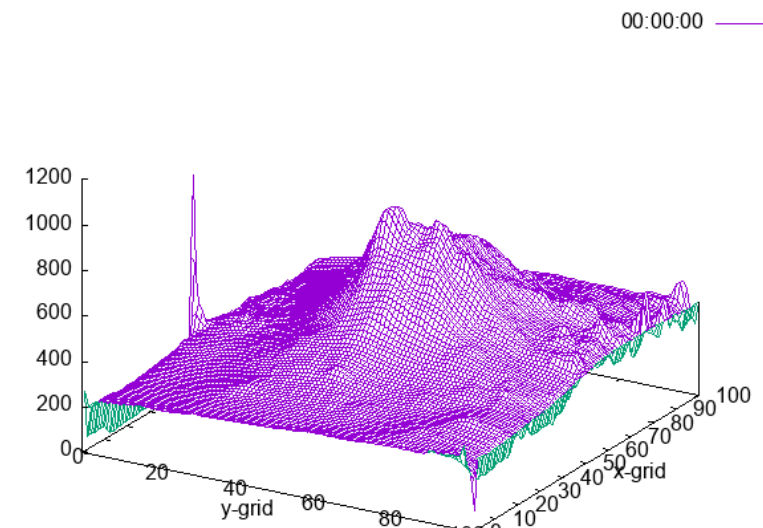
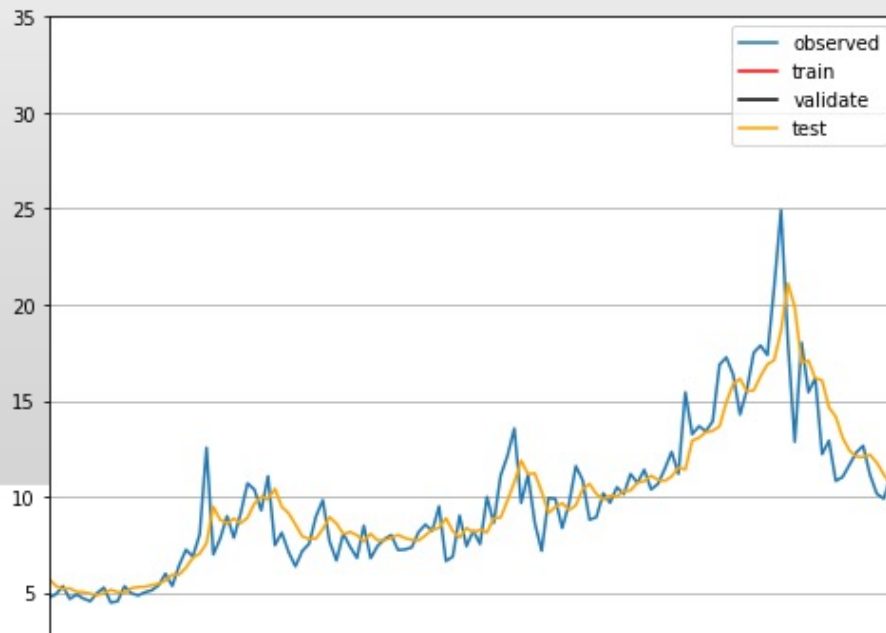
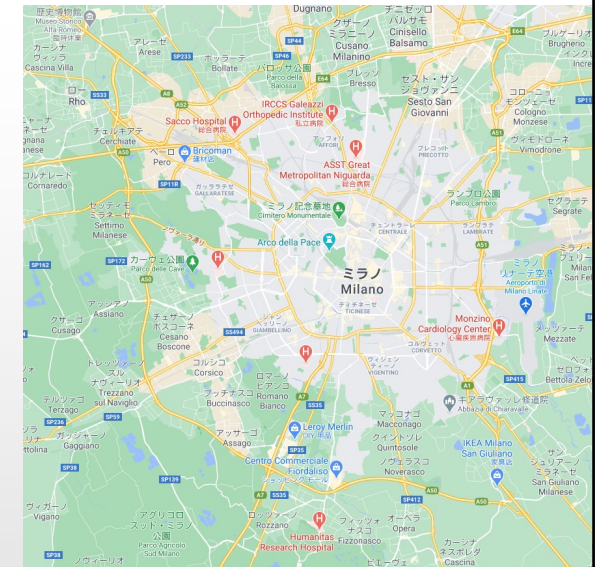


[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)



# 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



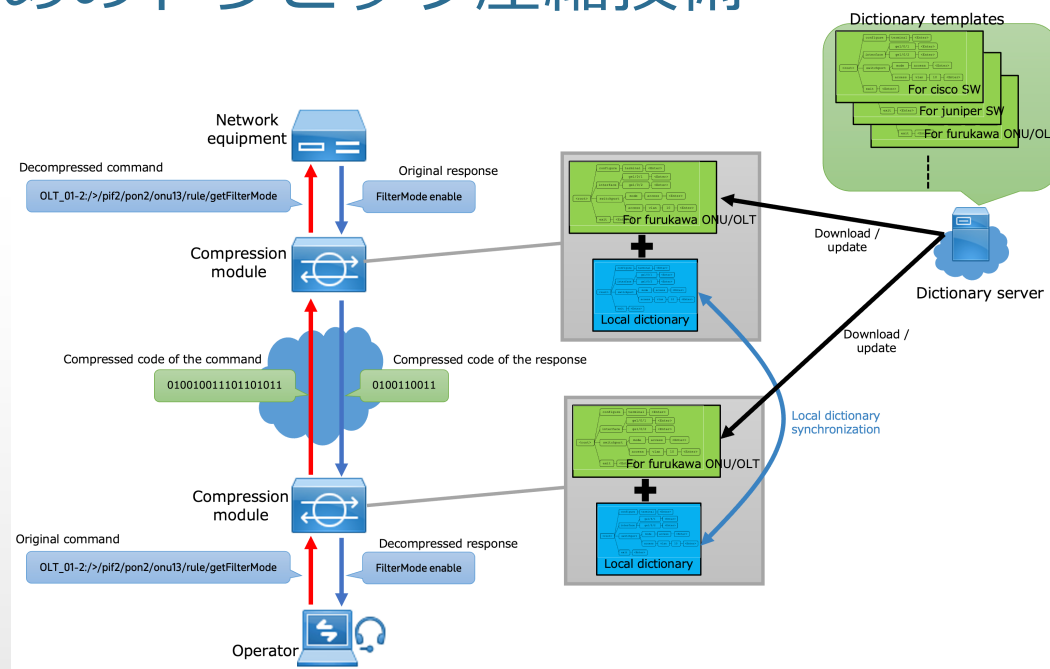
# 大規模ネットワーク管理のためのトラヒック圧縮技術

- 大規模ネットワークの遠隔管理、ログ収集、AI技術による異常検知

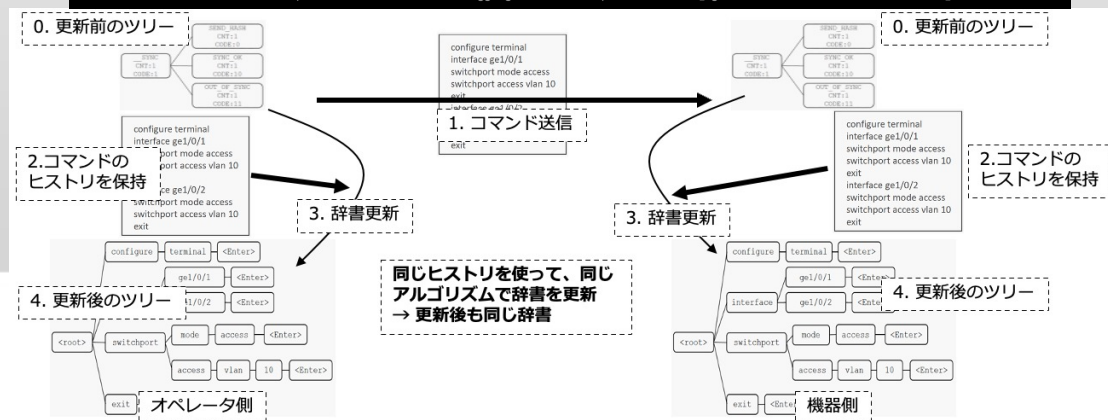
- オペレータやログ収集サーバと、多数のネットワーク機器間デ膨大な情報が交換される
- 特にネットワーク障害による性能低下時の収容が課題

- トラヒック圧縮技術

- 辞書分離型の全く新しい圧縮アルゴリズムにより、情報量を95%以上削減
- 大規模ログ管理システムへの応用



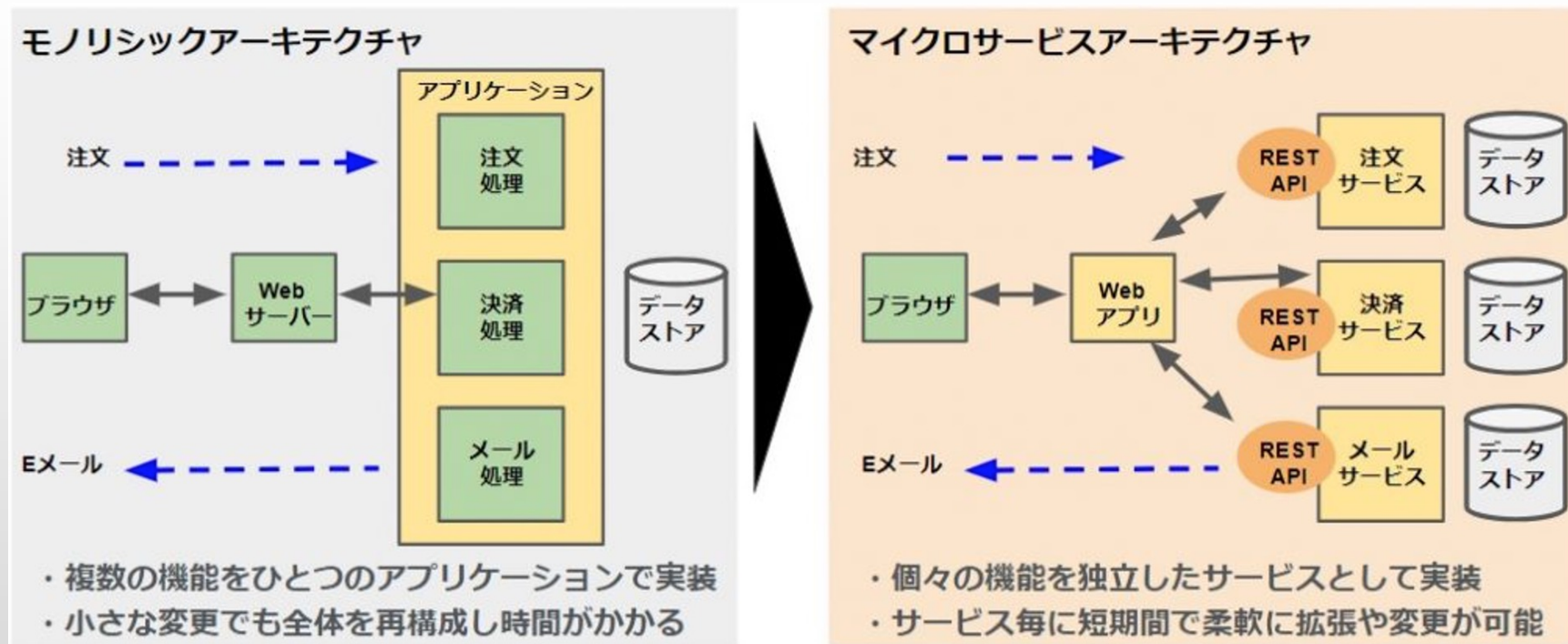
```
2024/03/31 13:37:09.832102 sv_cswd: 1523: main.c: send_port_command: 161: open request pom12
2024/03/31 13:37:10.548771 sv_sequence: 1258: Telnetc.c: logging_atcmd: 344: sv => pom06 : [Sv_getTemperature#012]
2024/03/31 13:37:10.649081 sv_sequence: 1258: Telnetc.c: logging_atcmd: 346: pom06 => sv : [Sv_getTemperature#015#012575#015#015#012#015#012> ]
2024/03/31 13:37:10.832494 sv_sequence: 1264: Telnetc.c: logging_atcmd: 344: sv => pom12 : [Sv_getPortInfo 1#012]
2024/03/31 13:37:10.834540 snmptrapd[1170]: 2024-03-31 13:37:10 169.254.10.112(via UDP: [169.254.10.112]:53737->[169.254.10.10]:162) TRAP, SNMP v
erprises.246.4.2.24.1.11.1.0 = INTEGER: 26#011SNMPv2-SMI::enterprises.246.4.2.24.1.11.2.0 = INTEGER: 12#011SNMPv2-SMI::enterprises.246.4.2.24.1.1
0.00.00.00 #011SNMPv2-SMI::enterprises.246.4.2.24.1.11.6.0 = STRING: "4064A4F0237E" #011SNMPv2-SMI::enterprises.246.4.2.24.1.11.7.0 = STRING: "ope
2024/03/31 13:37:10.906182 sv_traphandler: 5152: mux_csw.c: writeCswPom1GPort: 495: start to OPEN the pom12 port1 on CSW for 1G
2024/03/31 13:37:10.906935 sv_traphandler: 5152: mux_csw.c: writeCswPom1GPort: 441: start to OPEN the pif12 port1 on CSW for 1G
2024/03/31 13:37:10.907400 sv_traphandler: 5152: mux_csw.c: writeCswPom1GPort: 609: start to OPEN the pom12 port1 on CSW for 10G
2024/03/31 13:37:10.908700 sv_traphandler: 5152: mux_csw.c: writeCswPom1GPort: 549: start to OPEN the pif12 port1 on CSW for 10G
2024/03/31 13:37:10.932794 sv_sequence: 1264: Telnetc.c: logging_atcmd: 346: pom12 => sv : [Sv_getPortInfo 1#015#012#015#012> ]
```





## その他のテーマ

- マイクロサービスアーキテクチャに基づくアプリケーションシステムの最適化



<https://www.webapi.tokyo/%E3%83%9E%E3%82%A4%E3%82%AF%E3%83%AD%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%93%E3%82%B9%E3%82%A2%E3%83%BC%E3%82%AD%E3%83%86%E3%82%AF%E3%83%81%E3%83%A3-%E3%81%A8%E3%81%AF-2/>