

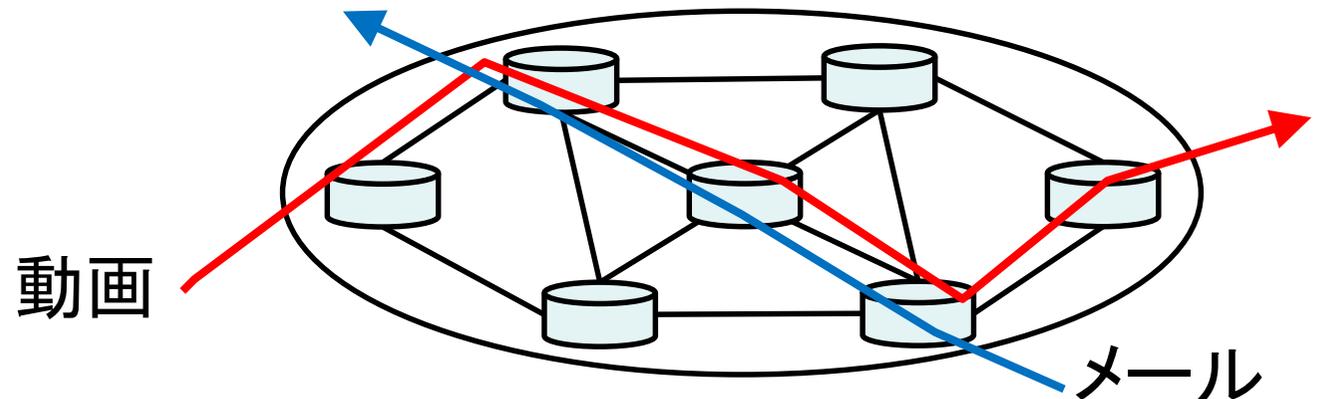
# 多目的通信サービス 安定運用の実現に向けた 高効率・高速障害復旧プログラム

福井大学 学術研究院工学系部門  
情報・メディア工学講座  
教授 橋 拓至

令和2年9月8日

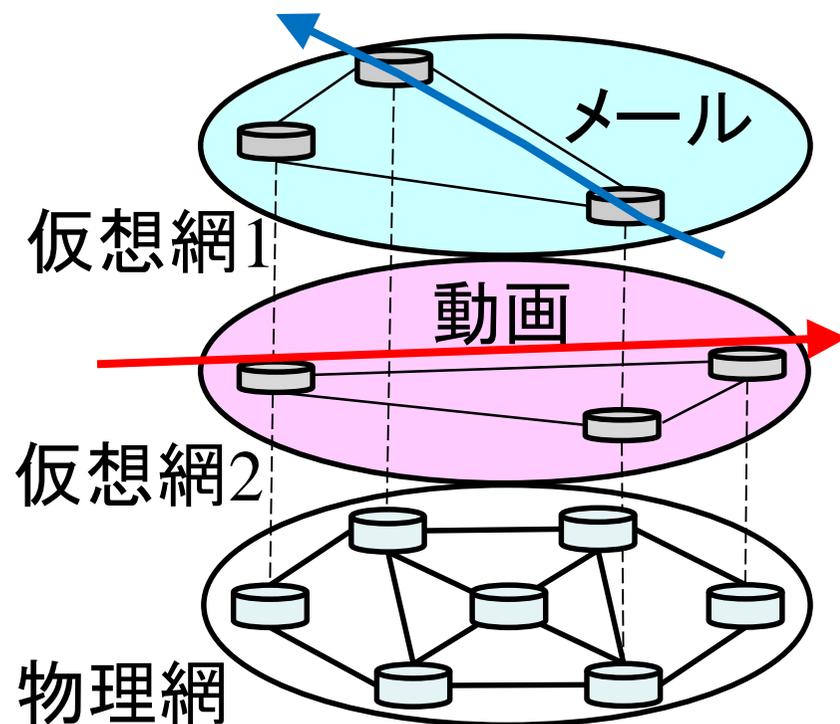
# 多目的通信サービス

- 世界中で使用されている通信ネットワーク(インターネットなど)では, メールや動画, 画像など様々な目的の通信データが伝送されています.
- これらのデータは, 原則, 区別されることなく, 同じルールで伝送されることになり, 重要度や用途が異なるデータを同じネットワークで伝送してしまっています.



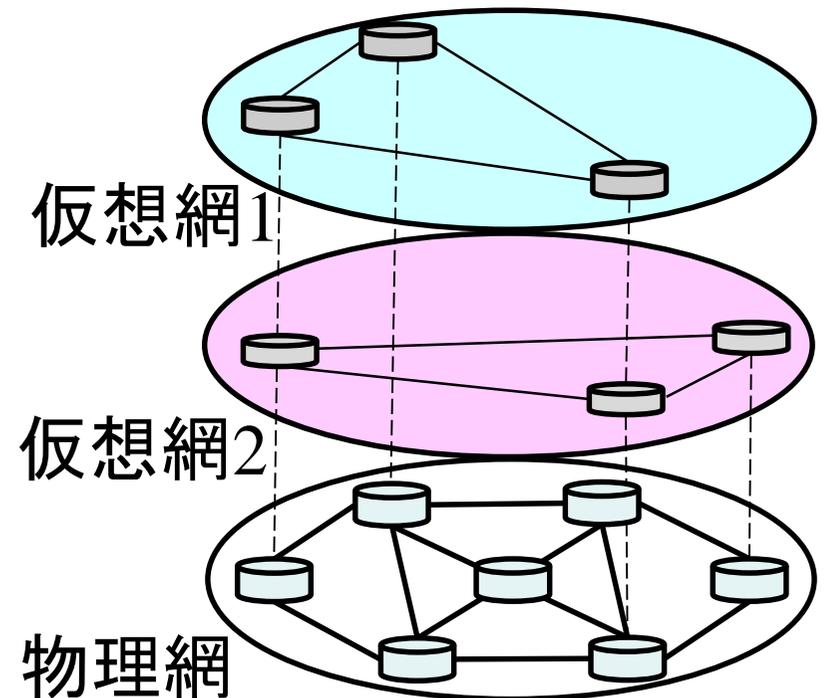
# ネットワーク仮想化による 多目的通信サービスの提供

- ネットワークの仮想化技術によって、物理網（実際に構築しているネットワーク）上に、仮想的に複数のネットワーク（仮想網）を構築できます。
- メール配信用，動画配信用だけでなく，給与データ用，重要顧客データ用など，多目的の通信サービスを（仮想的な）専用網で提供できます。

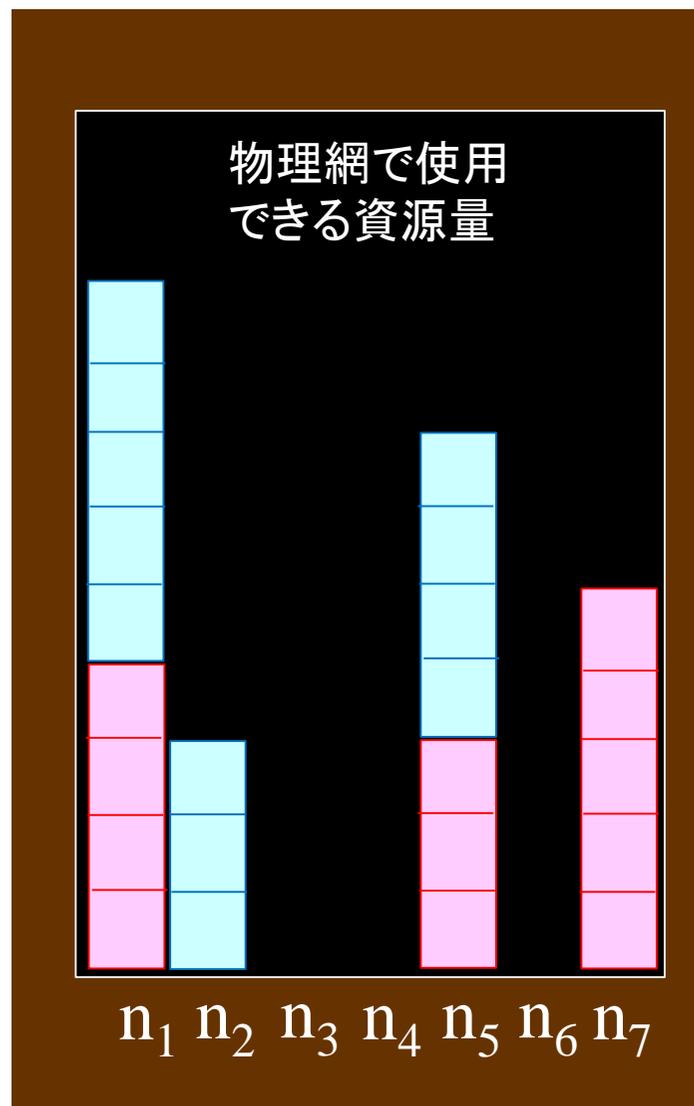
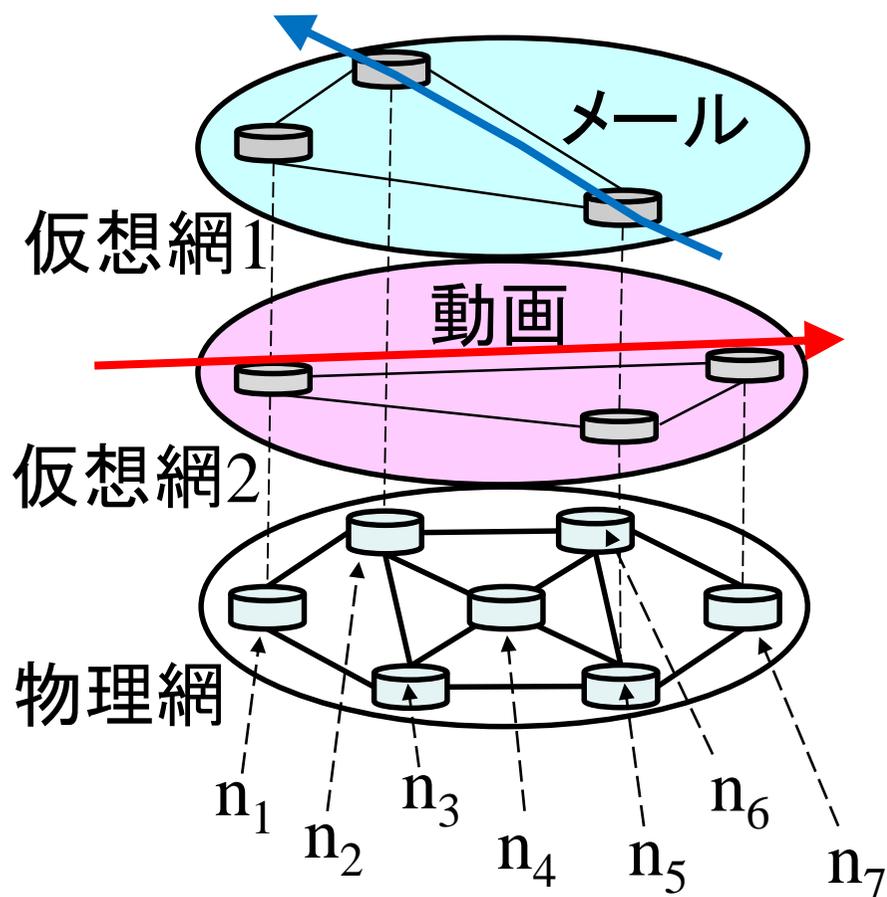


# 仮想網でのネットワーク資源利用

- 仮想網は、物理網のノード資源（CPUやメモリ）とリンク資源（伝送帯域）を使用して構築する。
- 仮想網は、希望に応じたトポロジ（形状）での構築が必要です。
- その結果、物理網の資源利用状況に偏りが生じます。
- 物理網でもデータ伝送するので、偏りは回避すべきです。

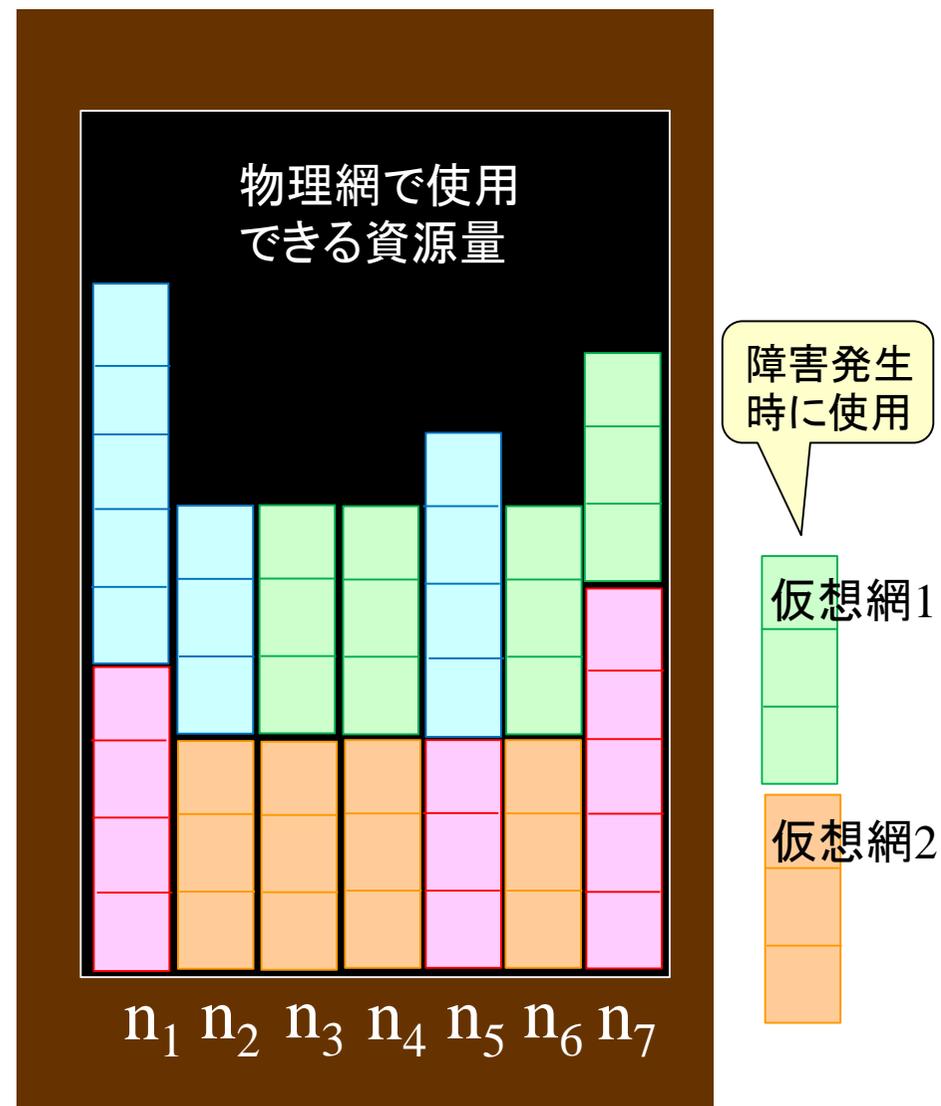
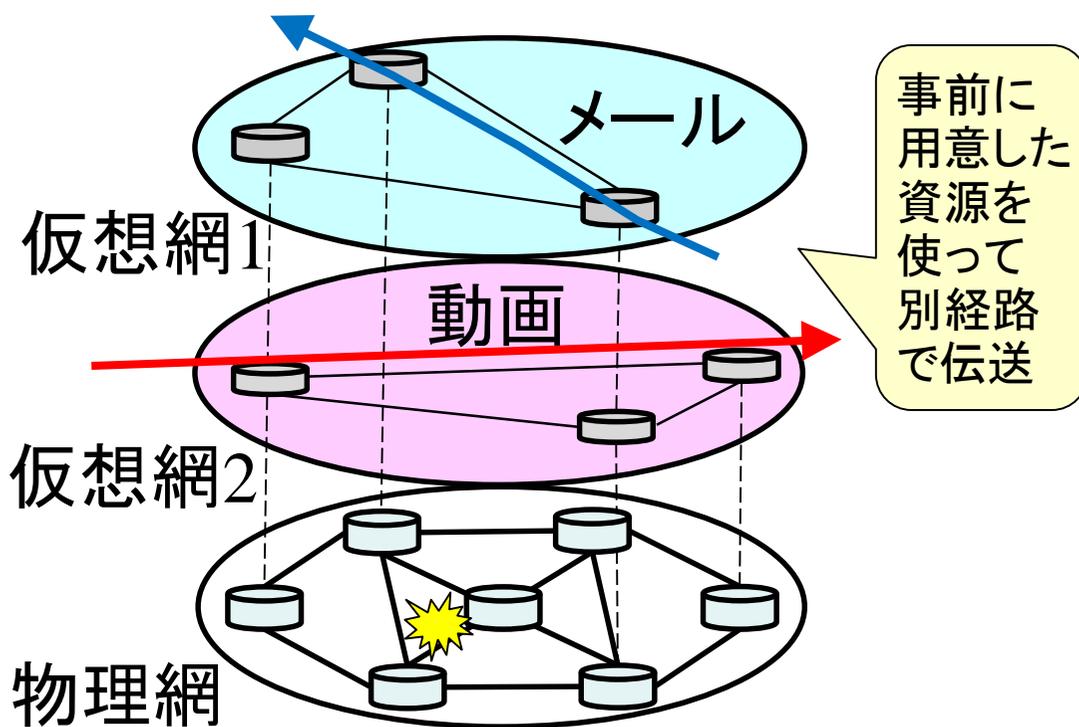


# ネットワーク資源利用のイメージ



# 障害復旧の従来技術

- 各仮想網に、障害復旧用の資源を割り当てておいて障害回避で使用



# 従来技術の問題点

- 物理網の資源を無駄に使用してしまい,
  - 1) 物理網の伝送品質劣化
  - 2) 新たな仮想網が資源不足で構築できないなどの悪影響があります.
- 資源の無駄な利用が問題にならない場合でも,
  - 3) 従来のOSPFなどの経路制御では、障害復旧・障害回避に時間を要します.
- 5G以降の超高速・低遅延を求める通信では、資源の有効利用や障害回避がネックです.

# 新技術の特徴・従来技術との比較

## 1) 従来技術よりも高速な1ms以下の復旧が可能

- ・2000年代にインターネット向けに提案されたMRC技術をネットワーク仮想化に適用

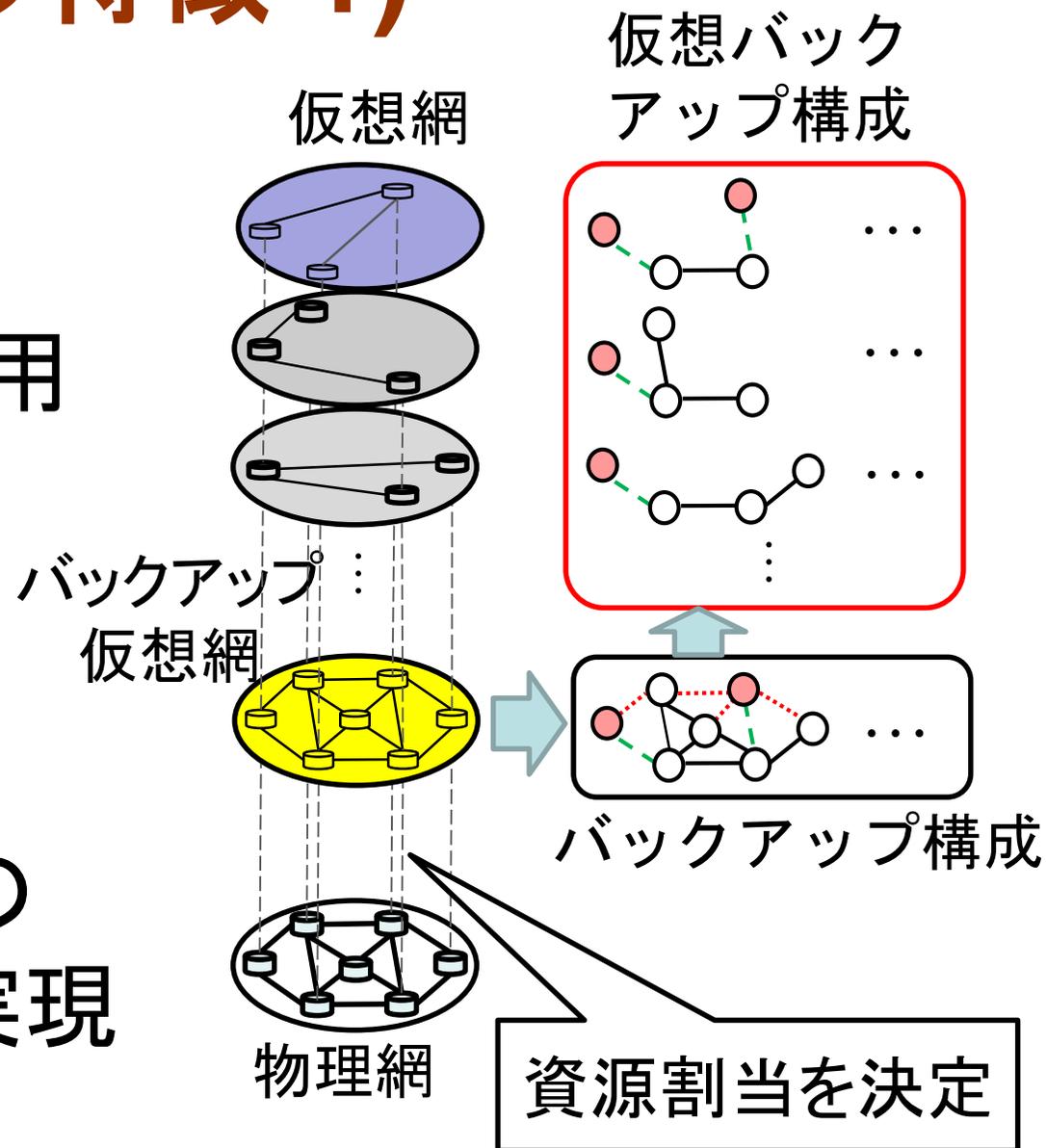
(注)単一ノード/リンク 障害のみが考慮  
(エリアの概念の導入は可能)

## 2) 従来技術よりも物理網の冗長な資源利用を40%以上は削減可能

- ・上記のMRCを考慮した最適化問題を定式化

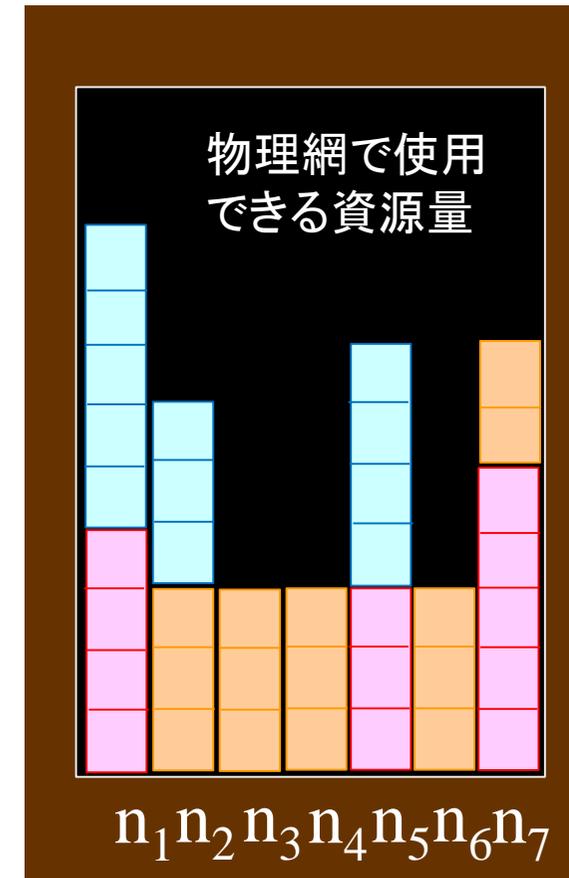
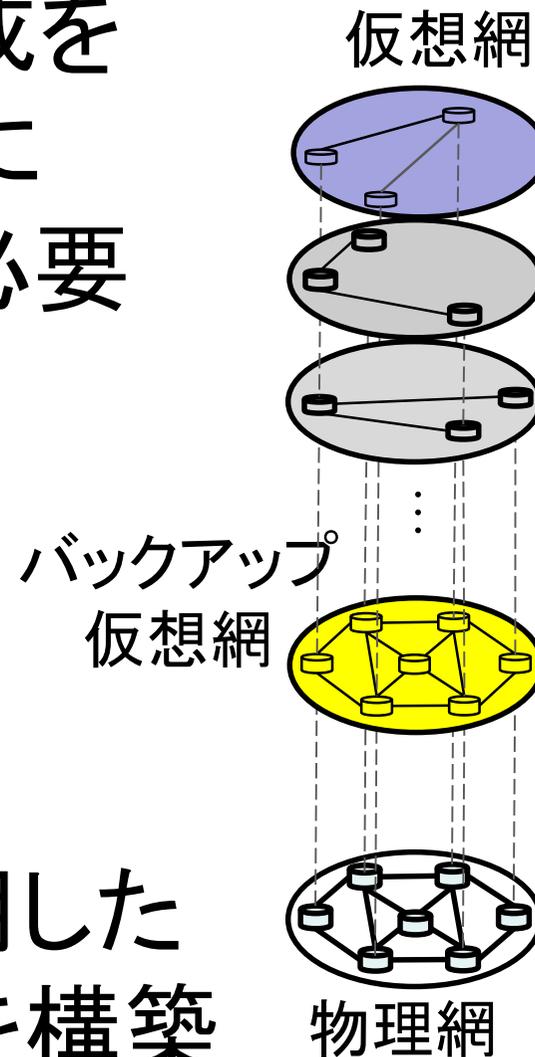
# 新技術の特徴 1)

- MRCの概念を導入
- 障害発生時にすぐに使用できる仮想バックアップ構成を事前に用意する
- 障害発生時に、構成を切り替えて1ms以下の切り替えによる復旧を実現



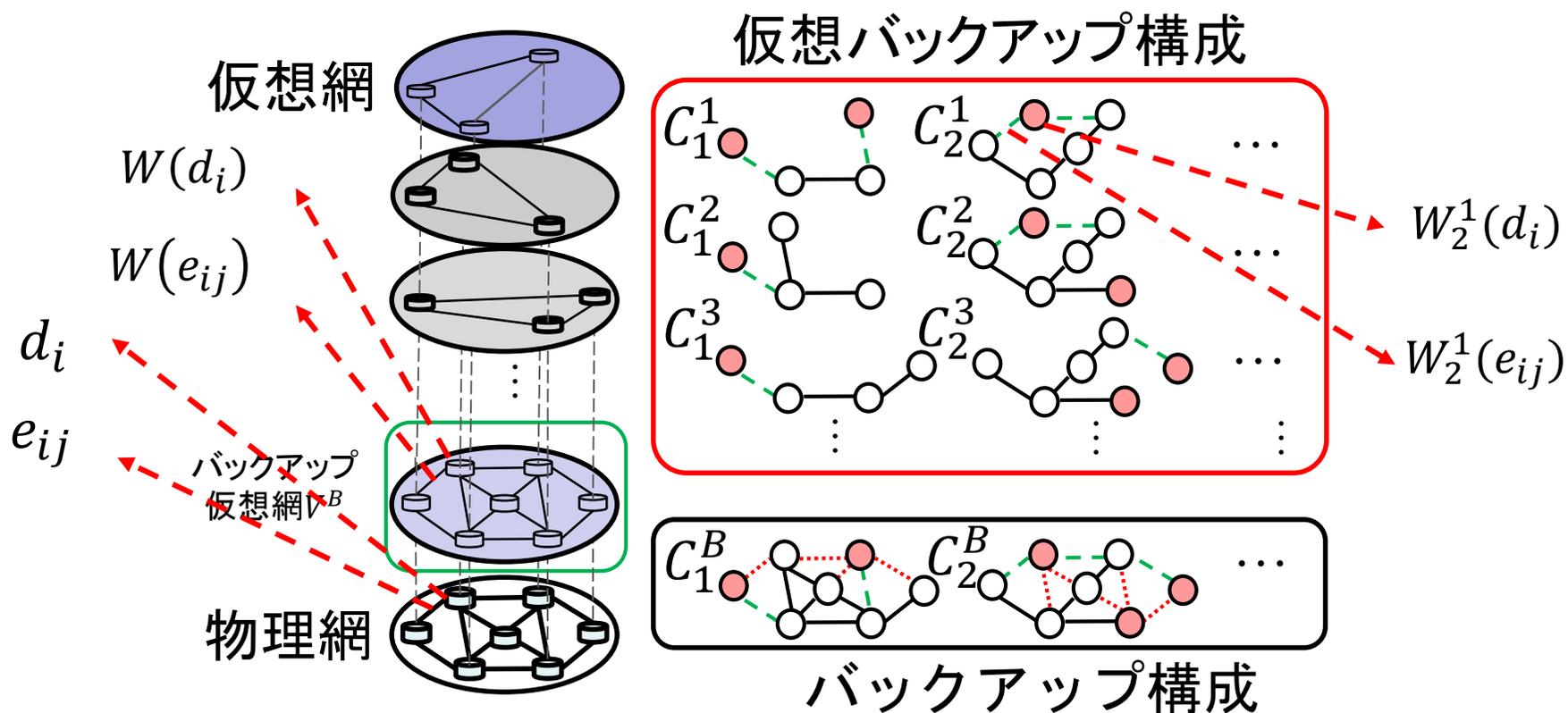
## 新技術の特徴 2)

- 仮想バックアップ構成を必ず使用できるように常時の資源確保が必要
- バックアップ仮想網として復旧に必要な資源をまとめて確保する
- 最小限の資源を使用したバックアップ仮想網を構築



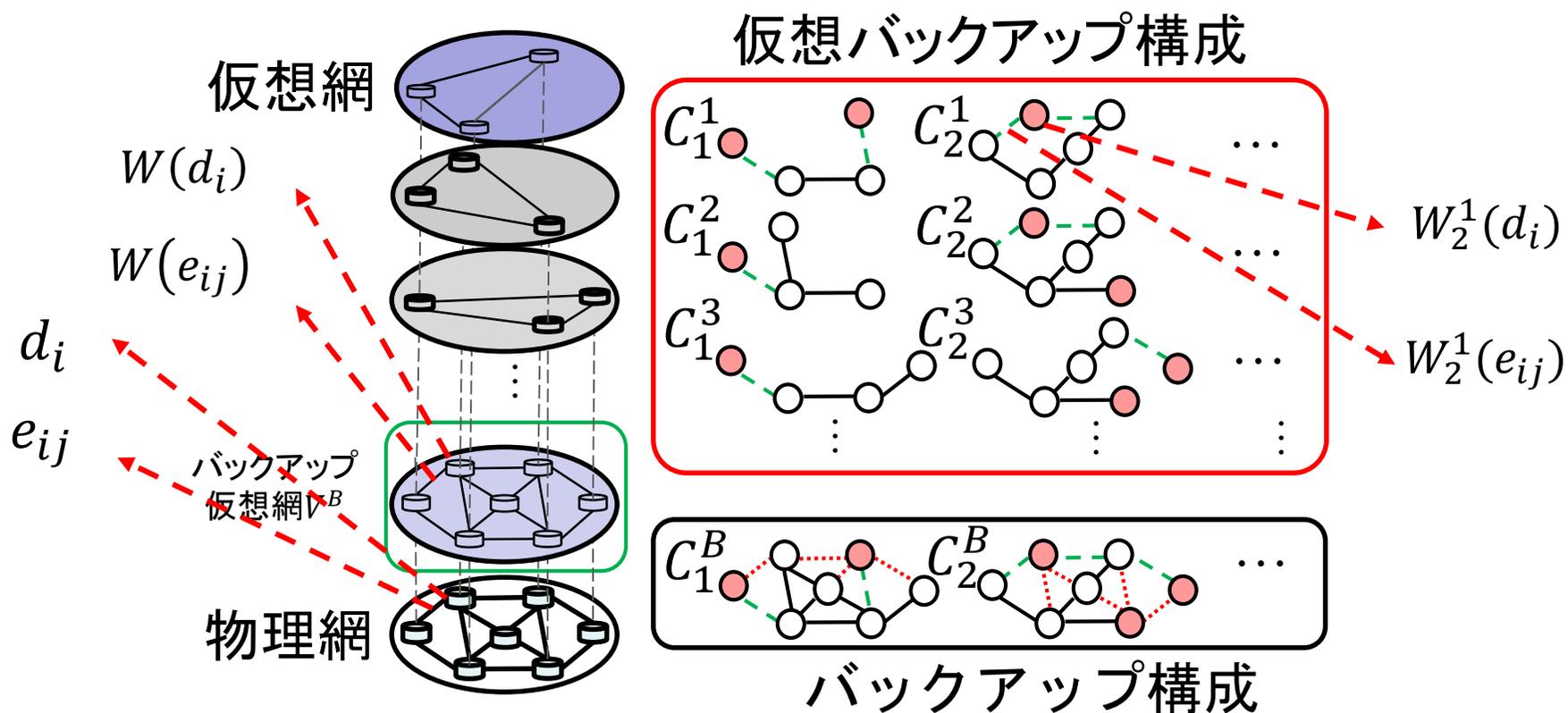
# 新技術の特徴 2)

$$\min_{W_k^n(d_i), W_k^n(e_{ij})} \sum_{i=1}^D \left\{ W(d_i) + \sum_{j=i+1}^D W(e_{ij}) \right\}$$



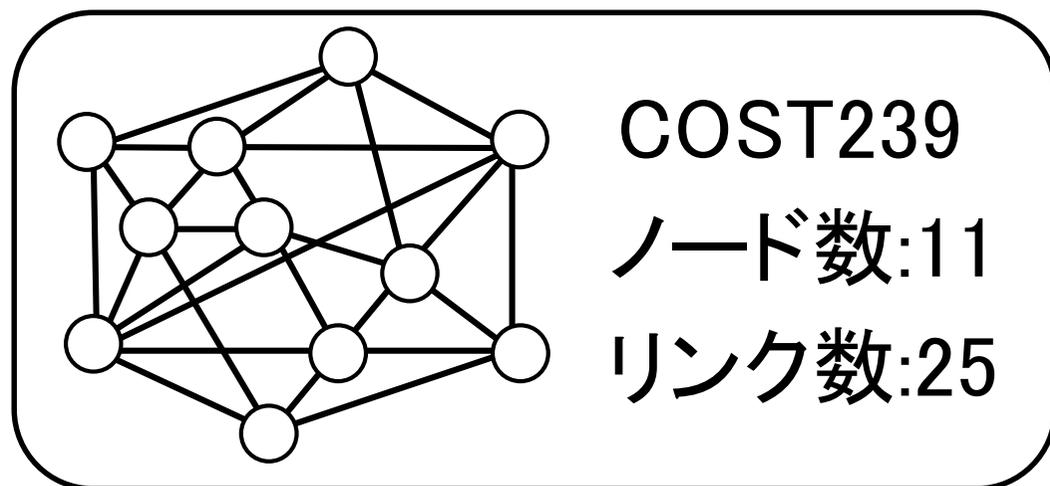
# 新技術の特徴 2)

$$\min_{W_k^n(d_i), W_k^n(e_{ij})} \sum_{i=1}^D \left\{ W(d_i) + \sum_{j=i+1}^D W(e_{ij}) \right\}$$

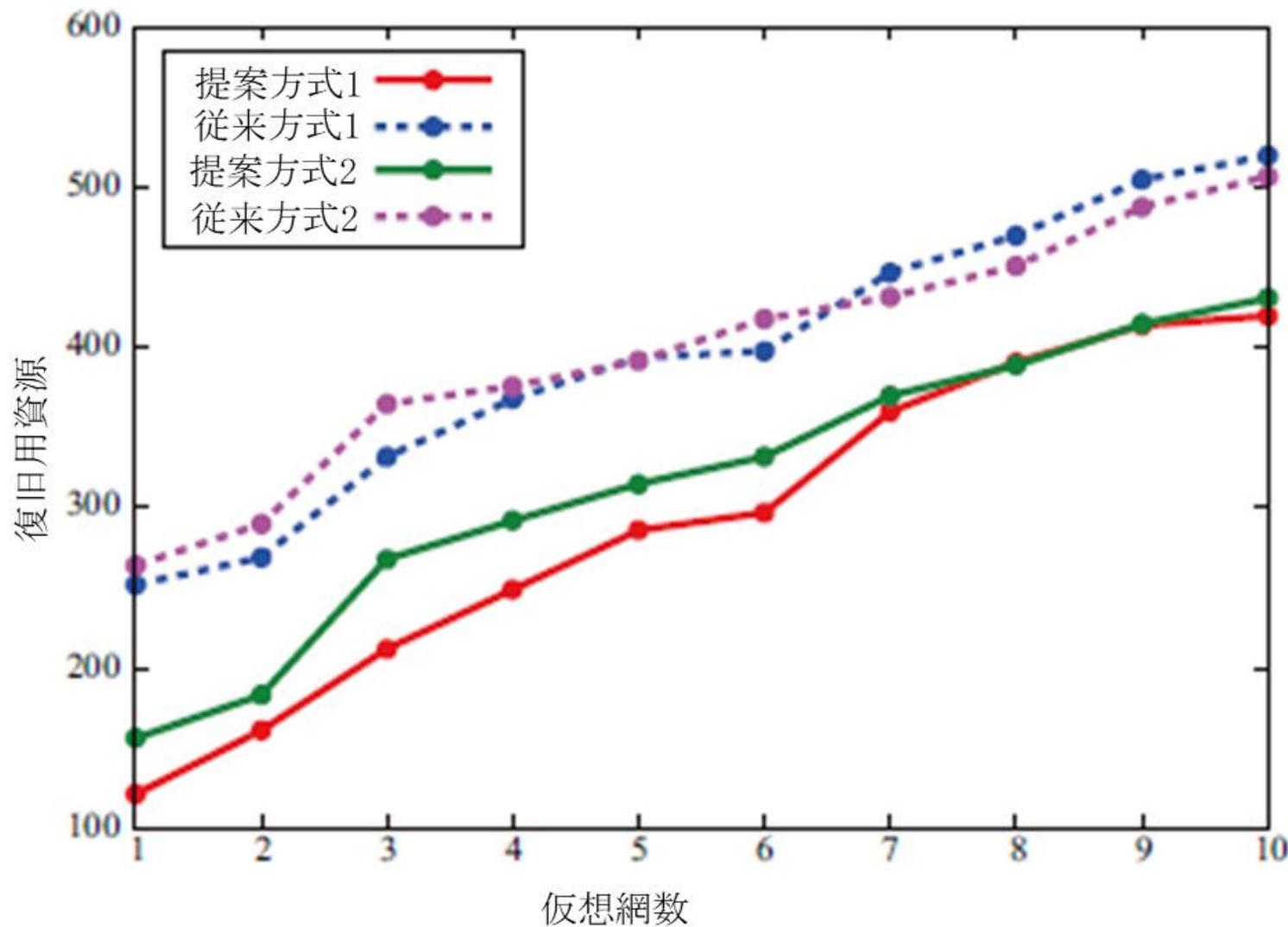


# 新技術の検証 - 資源の有効利用 -

- 11ノード・25リンクのCOST239トポロジに最大10個の仮想網が構築されている物理網で評価
- 仮想網のトポロジ(3パターン)や資源量(2パターン)に応じて6つのケースを評価

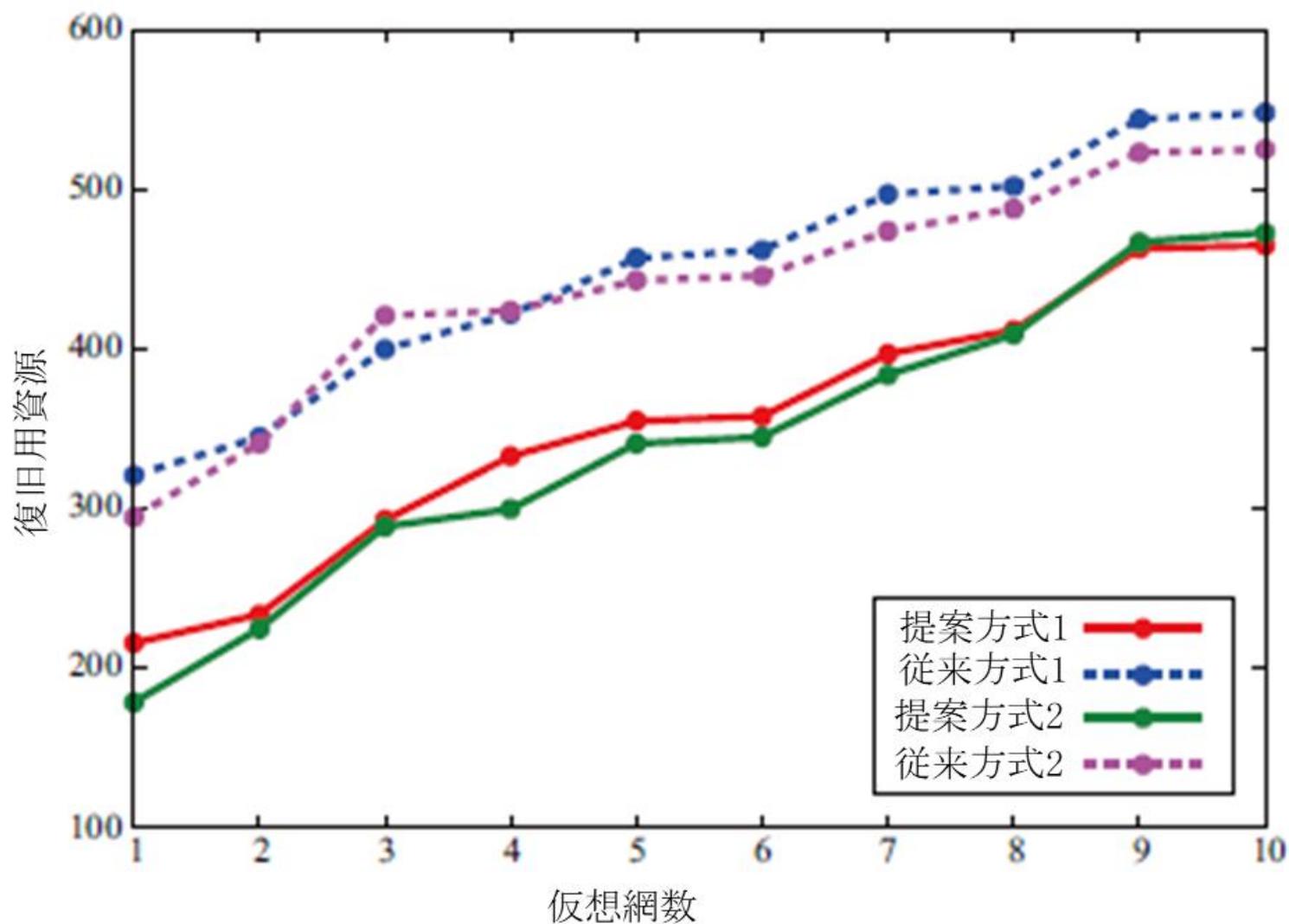


# 評価結果 - ケース1



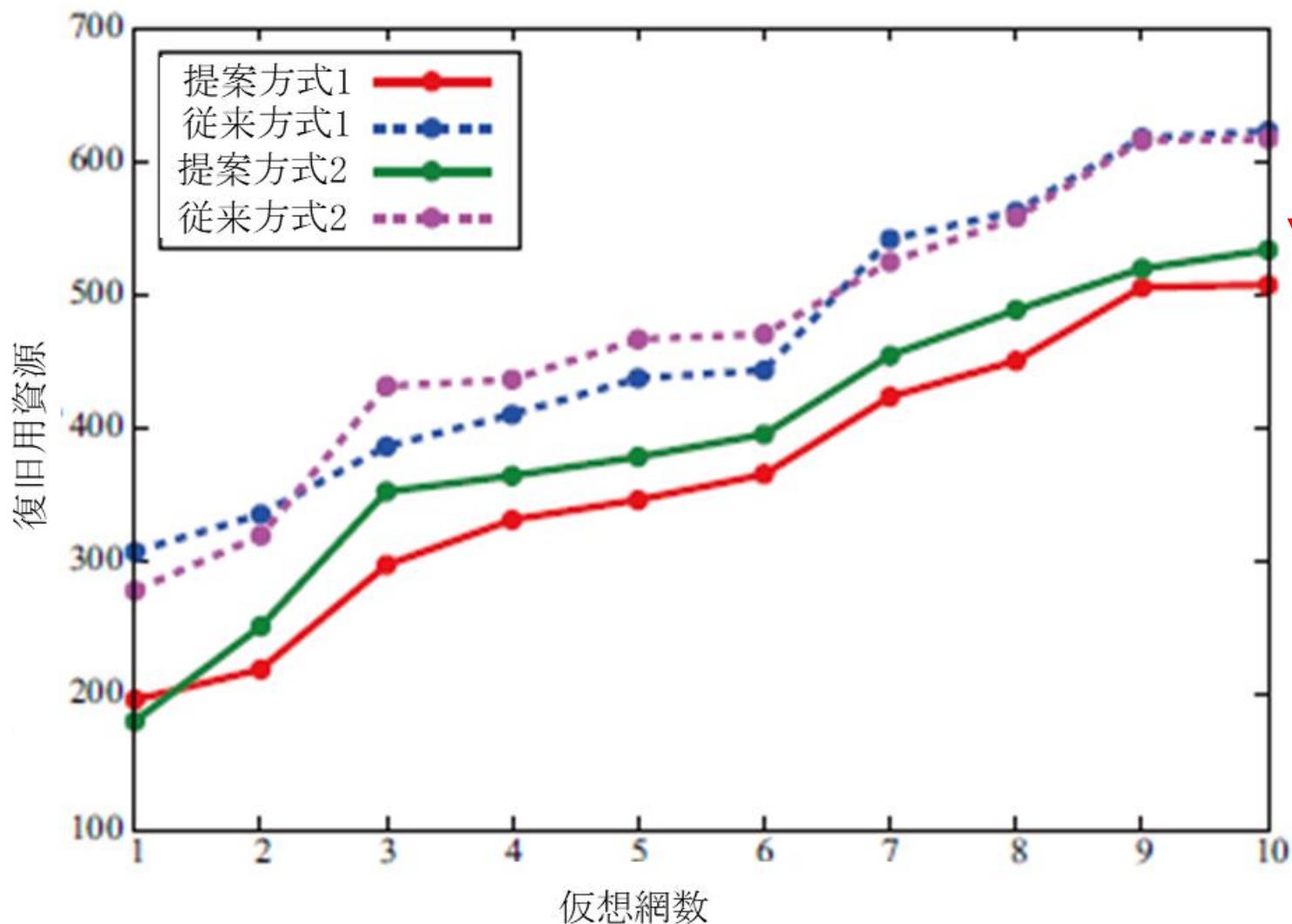
無駄な  
資源の  
利用を  
削減

# 評価結果 - ケース2



無駄な  
資源の  
利用を  
削減

# 評価結果 - ケース3



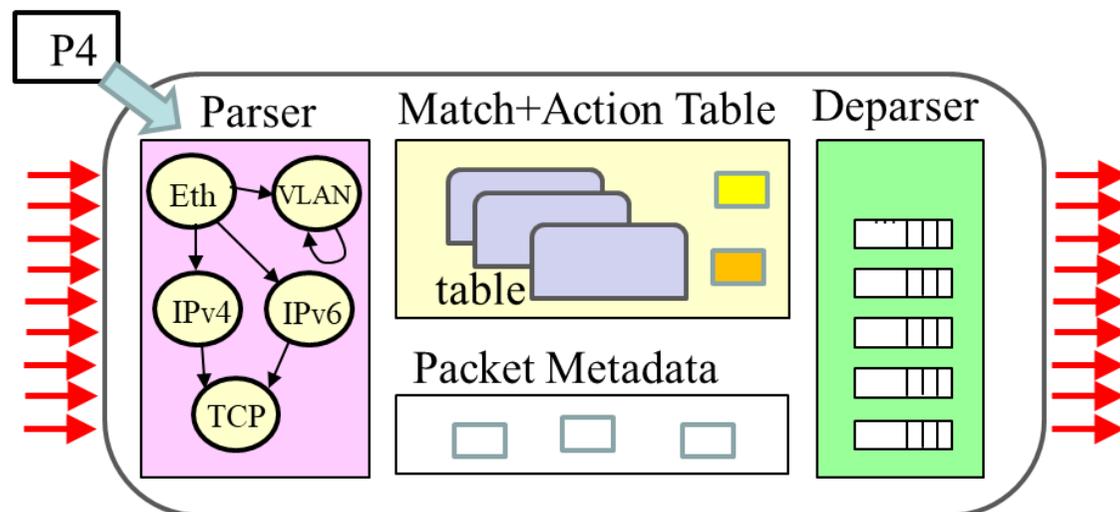
無駄な  
資源の  
利用を  
削減

# 評価結果のまとめ

- 仮想網の数や各仮想網のトポロジ・資源量が  
変わっても、新技術によって、復旧用の資源  
を十分に削減可能
- 今回の評価では、いかなる場合でも20%は  
資源を削減できた

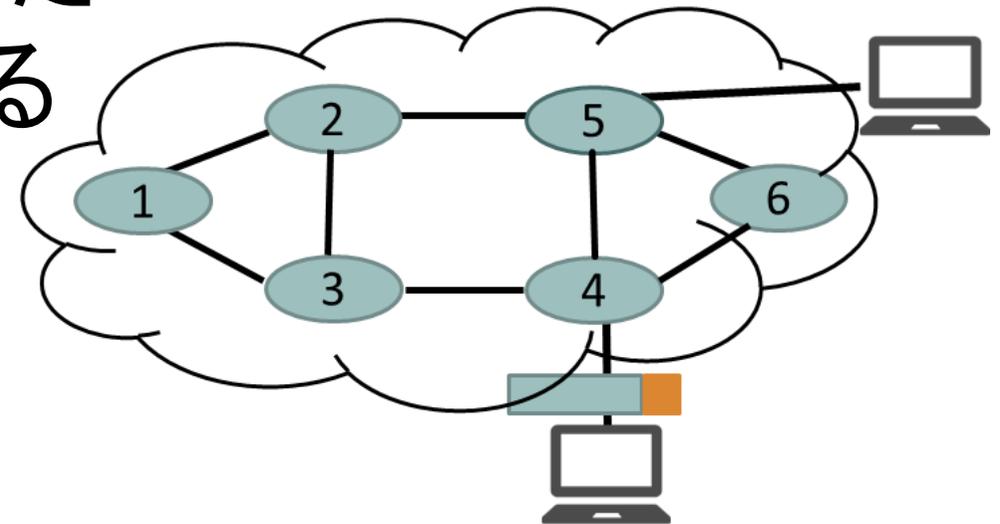
# 新技術の検証 -高速障害復旧-

- オープンソースのP4言語で、提案方式による復旧が可能なデータプレーンを開発
- 一般的なPCのMininetの仮想環境上でiperfによるデータ伝送実験を行い、障害復旧（経路切り替え）の実現性と時間を評価

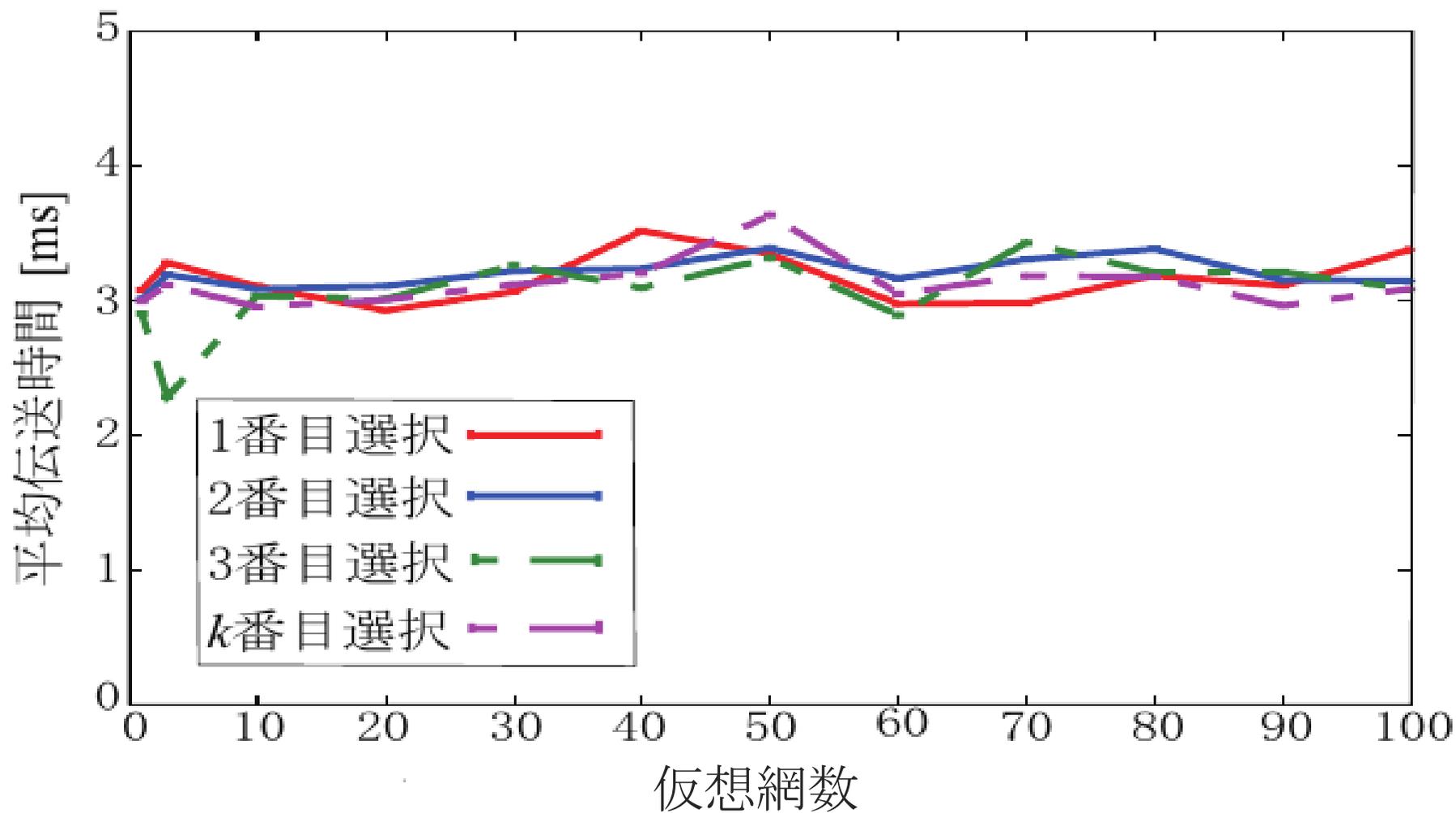


# 新技術の検証 -高速障害復旧-

- 2つのホスト間で100個のパケットをUDPによって伝送し, 10回繰り返して, 切り替え時間を含む伝送時間の平均を導出する.
- 切り替える仮想バックアップ構成は100個用意し, あらかじめ決めた番目の構成に切り替える



# 評価結果



# 評価結果のまとめ

- 何番目の仮想バックアップ構成を使用しても、  
伝送遅延への影響はほとんどなかった。
- つまり、仮想バックアップ構成を選択する時間  
はほとんど影響がない
  - ・プログラムではif文の選択処理に該当するため、  
評価できないほど短時間

# 想定される用途

- 会社，部署，大学，などで通信ネットワークを様々な用途で利用する場合に，複数の独立する通信ネットワークの長期安定した運用を実現するために使用
- ネットワークスライスの運用中に、容易に耐障害性・高効率性を向上させるために使用

# 実用化に向けた課題

- 新技術の効果はシミュレーションで評価済みで、オープンソースでの開発も進めていますが、**社会実装**は行っていないので今後の課題です。
- また、個人規模・小規模の環境に適用した場合の実用面でのメリットについて、利用者の観点で**情報**を**収集**する必要があります。

# 企業への期待

- ネットワークの仮想化技術の開発や技術を利用して  
いる企業との**共同研究**を希望します。
- オープンソース言語P4によるデータプレーン開発に  
関する企業との**共同研究**を希望します。
  - ・P4を研究で使っている大学はかなり少ない
- その他、通信ネットワーク技術へのAI活用や、通信  
ネットワーク技術の利用効果を実証するためのスマ  
ホアプリ開発に関して、企業との積極的な**共同研究・**  
**コラボ**を希望します。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：複数ネットワークスライスの障害復旧システム、障害復旧方法及びバックアップ用ネットワークスライス作製プログラム
- 出願番号：特願2020-020773
- 出願人：福井大学
- 発明者：橘 拓至

# 産学連携の経歴

- 2013年-2014年 JST A-STEP FS探索タイプ\*に採択
- 2013年-2015年 総務省SCOPE\*\*に採択
- 2015年-2016年 IPA ソフトウェア工学分野の先導的  
研究支援事業\*\*\*に採択
- 2019年-2021年 総務省SCOPE†に採択  
(フェーズI後の審査を通過し、  
現在フェーズIIを実施中)

\* マルチホップ型すれ違い通信で広範囲へのデータ伝送を実現するユーザ位置制御技術の開発

\*\* ソフトウェア制御と近距離無線通信を利用して地域の賑わいと安全を創出する  
多目的情報通信システムの研究開発

\*\*\* 地域活性化用スマートフォンアプリの開発と実証実験

† オープンソース言語による高信頼・高効率なサービス保証型ネットワークスライシングの研究開発

# お問い合わせ先

**福井大学**  
**産学官連携本部**

**TEL 0776-27-8956**

**FAX 0776-27-8955**

**e-mail office@hisac.u-fukui.ac.jp**