



Design Method of Logical Topologies in WDM Network with Quality of Protection

WDMネットワークにおける障害回復時間を考慮した
QoPを実現する論理トポロジー設計手法の提案

大阪大学 村田研究室

加藤潤一

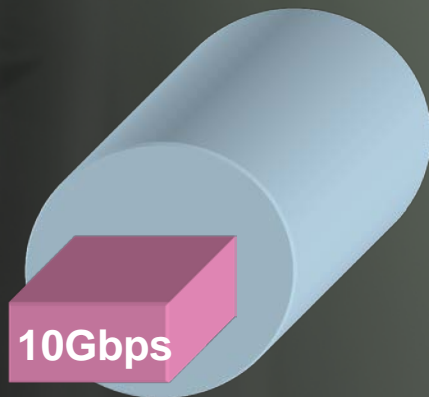
E-mail: j-katou@nal.ics.es.osaka-u.ac.jp



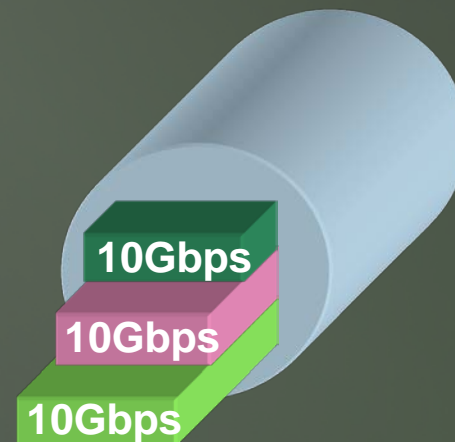
WDMネットワーク

WDM (Wavelength Division Multiplexing)

- 1本の光ファイバに複数の波長を多重化
- 各波長ごとに異なるデータを伝送
- 1波長の伝送容量は従来の光リンクの伝送容量と等量
- 多重化することによって伝送容量を8~1024倍
- ノードへの負荷の増大



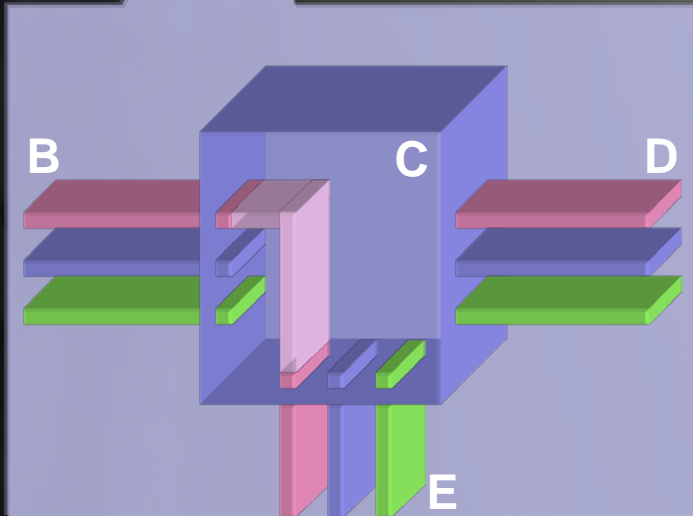
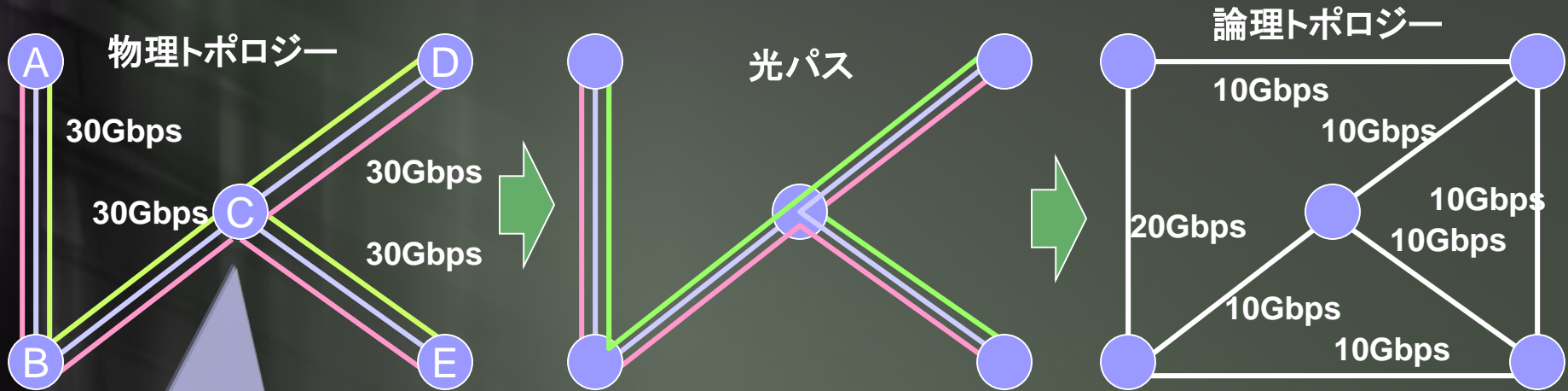
従来の光リンク



WDM技術を適応した光リンク



WDMネットワークアーキテクチャ



論理トポロジー設計問題

- どの経路で？ (経路選択問題)
- どの波長に？ (波長割当問題)

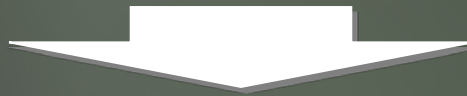


WDMネットワークにおける障害回復

WDMネットワーク:大容量の伝送容量



障害発生時のデータ損失が大きい



上位層の障害回復では遅い



WDM層での高速な障害回復機能が必要

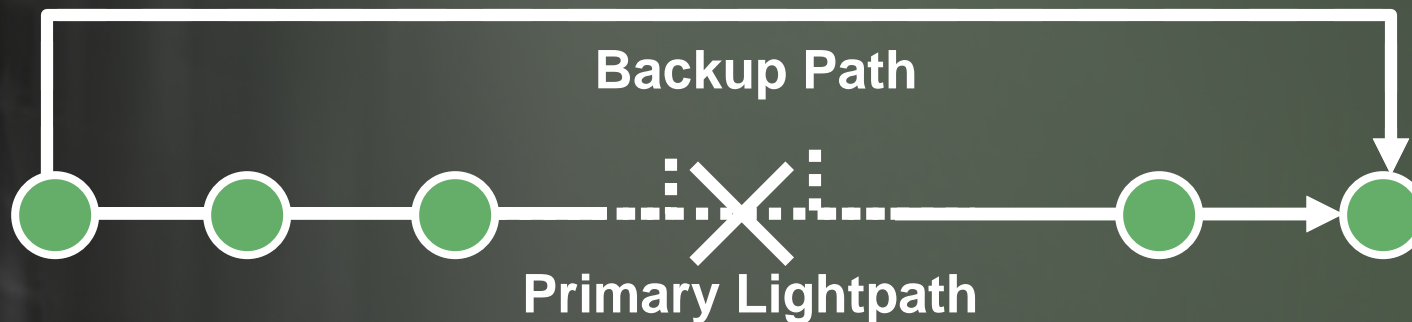


WDMネットワークにおける障害回復方法

Protection : プロテクション

□通常時トラフィックを流すプライマリ光パスと同時に、バックアップ用のパスを予約

□障害発生時、あらかじめ決められた経路にトラフィックを流して障害から回復



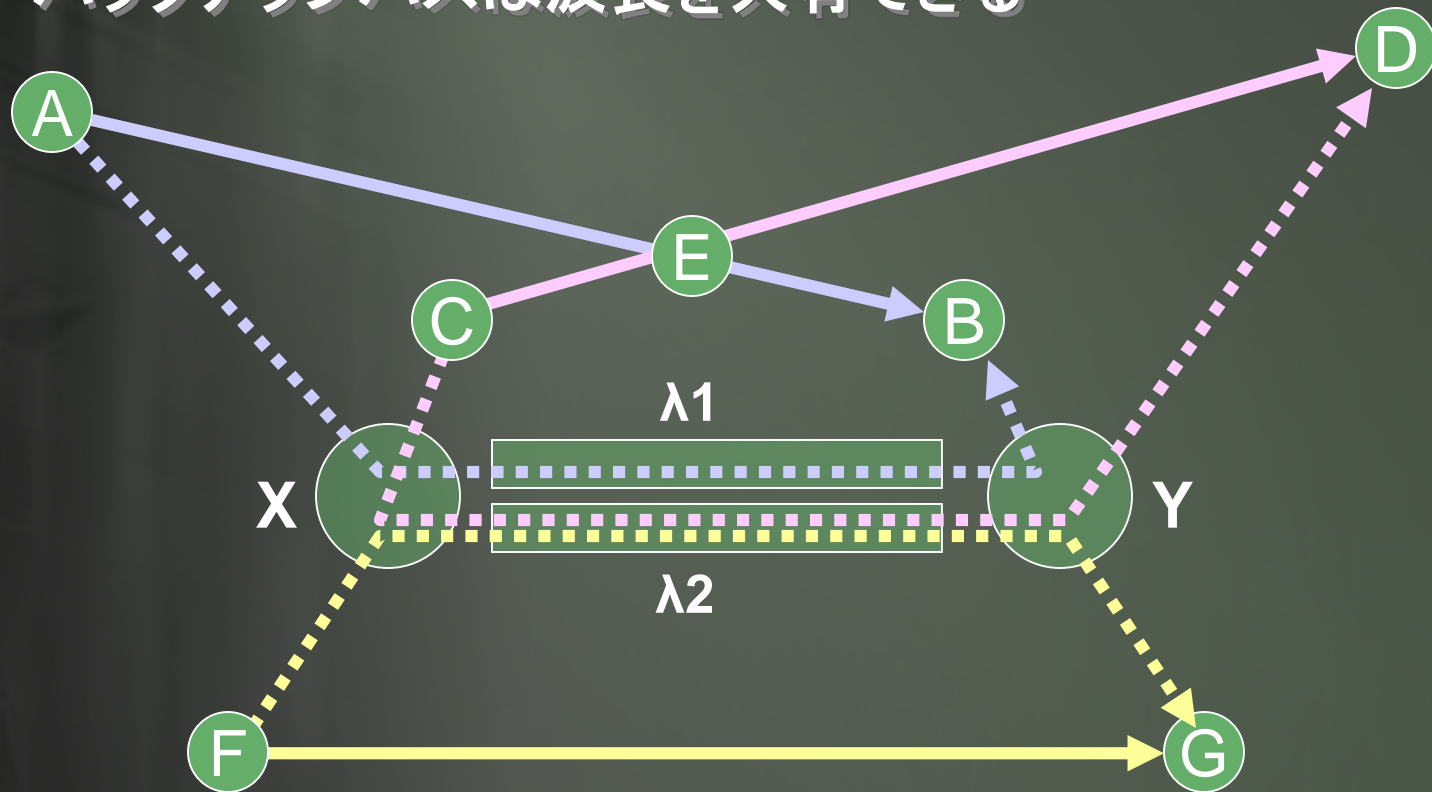


バックアップパスによる波長の共有

□バックアップパスの波長の共有: shared protection

■単一障害を前提

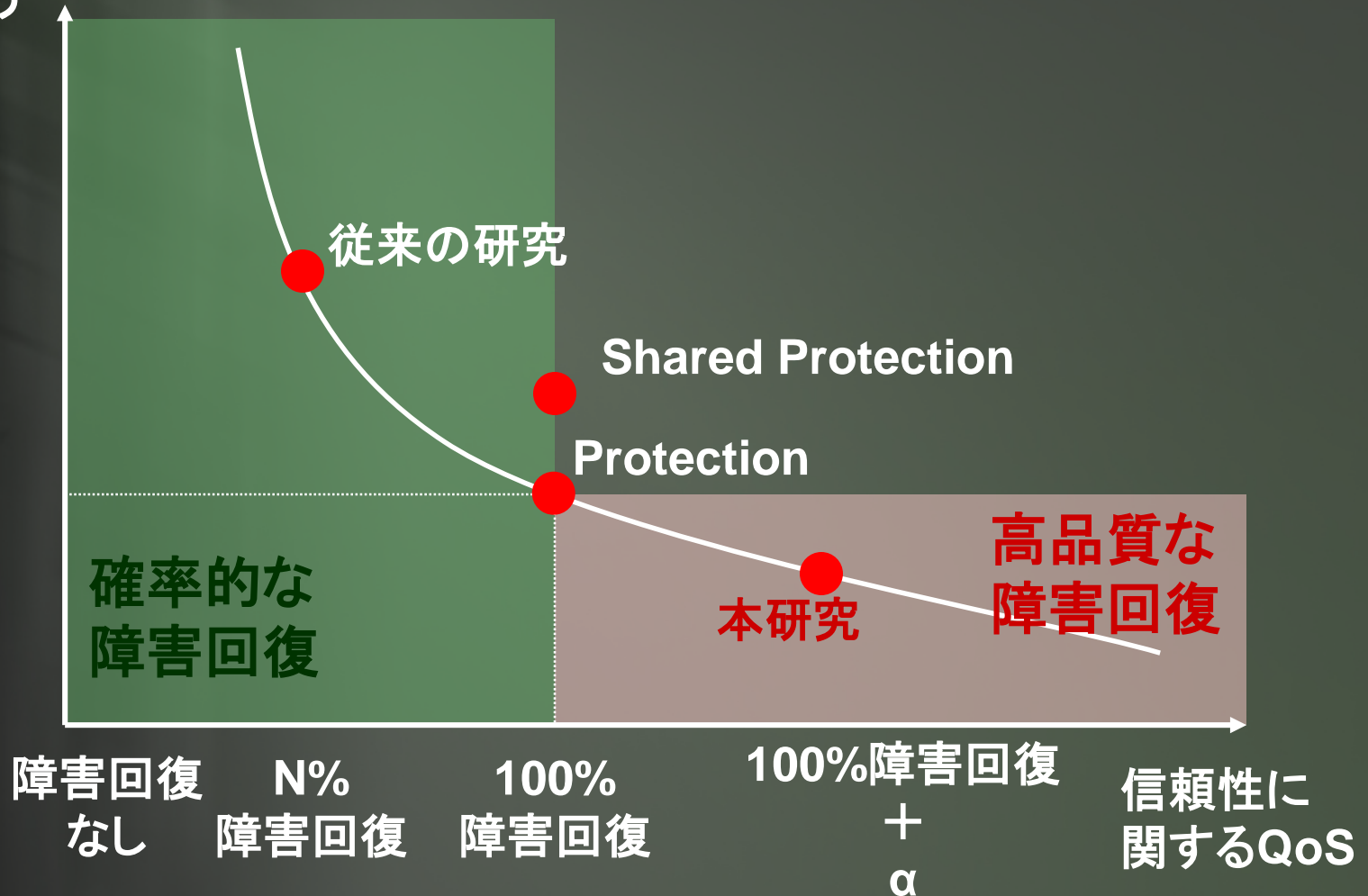
■1つの障害で同時に断線しないプライマリ光パスのバックアップパスは波長を共有できる





従来の障害回復に関するQoS

波長資源の
利用効率





研究の目的

- 高品質な障害回復のための新しいQoSメトリックの提案
- 新しいQoSメトリックを考慮した論理トポロジー設計手法の提案



QoP (Quality of Protection) の提案

QoP:

最大障害回復時間(障害発生から回復までの最大待ち時間)を指定

QoP1	D_{\min}
QoP2	$D_{\min} + 1 \times D_{\text{scale}}$
⋮	⋮
QoPn	$D_{\min} + (n-1) \times D_{\text{scale}}$
⋮	⋮
QoP $_{\infty}$	プロテクション経路なし

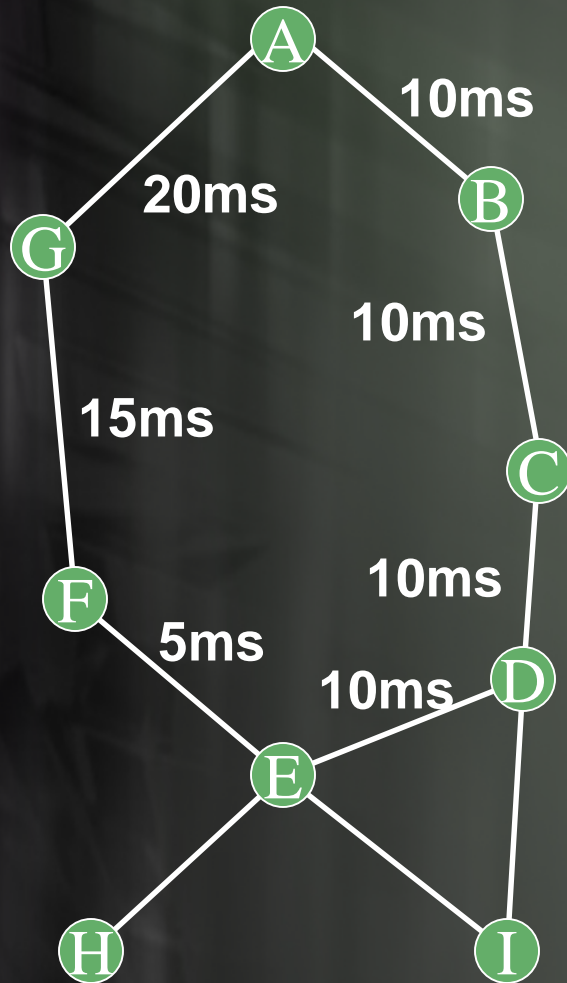
D_{\min} : 保障可能な障害回復時間の最小値

D_{scale} : 各QoPの刻み幅

これらの値はネットワークによって適宜決定



QoP_{ij}への変換

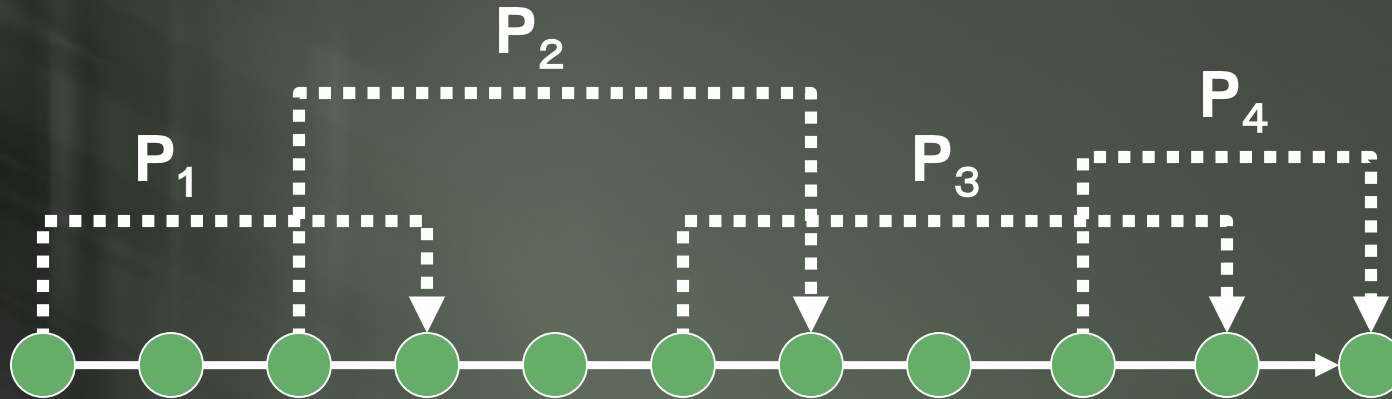


- ノード間によっては物理的な制約により実現不可能なQoPクラスがある
- 各ノード(i, j)間に対して、実現可能な最も高いQoPをQoP_{ij}と設定

QoP	最大障害回復時間	QoP _{ij}
QoP1	D_{\min}	---
QoP2	$D_{\min} + 1 \times D_{\text{scale}}$	---
QoP3	$D_{\min} + 2 \times D_{\text{scale}}$	QoP _{ij} (1)
⋮	⋮	⋮
QoP _∞	バックアップ経路なし	QoP _{ij} (∞)



SLSP (Short Leap Shared Protection)



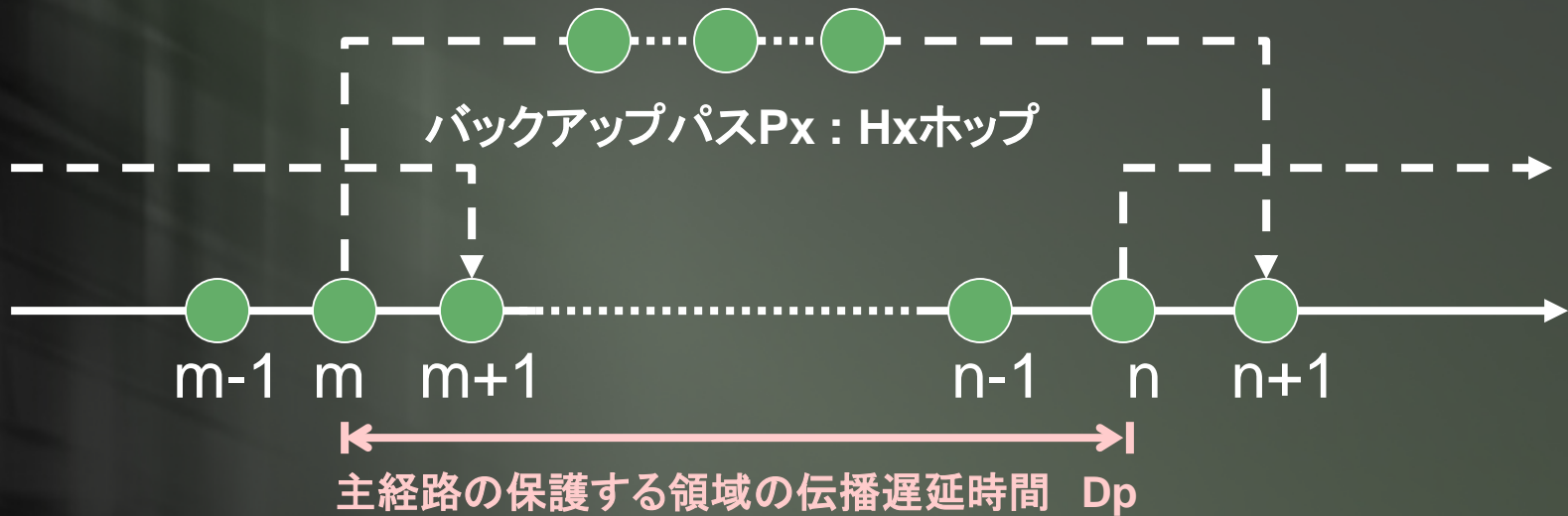
全てのバックアップパス P_x に対して

$$\boxed{QoP_{ij}(n) \geq D_{\min} + (n-1) \times D_{\text{scale}}} \quad \equiv \quad \begin{array}{l} P_x \text{ に対する} \\ \text{障害回復時間} \end{array}$$

となるように各バックアップパス P_x の始点、終点を決定する



障害回復時間モデル

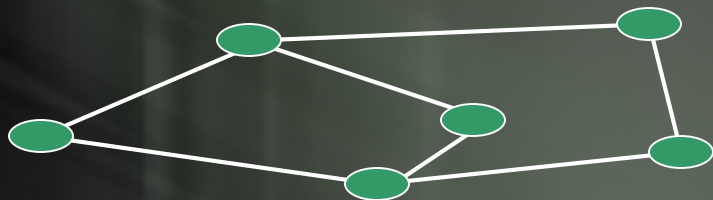


$$\begin{aligned}
 P_x \text{に対するの障害回復時間} &= \boxed{D_p} \quad \text{最大障害検知時間} \\
 &+ \\
 &\boxed{D_{\text{node}} \times H_x} \quad \text{パス設定時間} \\
 &+ \\
 &\boxed{D_{\text{conf}}} \quad \text{パス切り替え時間}
 \end{aligned}$$



階層化グラフアルゴリズム

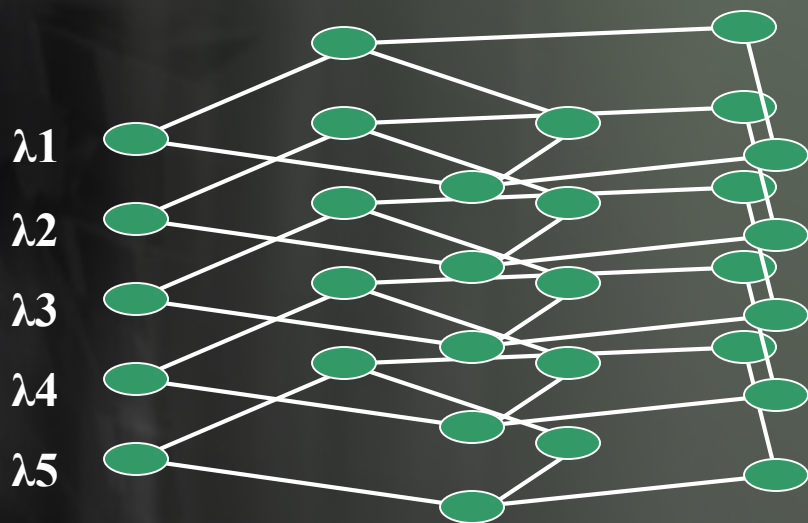
物理トポロジー



波長数=5



階層化グラフ



- 階層化グラフは波長に対応した波長グラフで構成される
- 各波長グラフは対応する波長の使用状況を反映したグラフ
- 各波長グラフを用いて経路選択することによって、波長の使用状況を考慮した経路選択を可能とする
- 新規に波長を使用するリンク数をコストとする
- コストが最小となる波長に割当



比較する論理トポロジー設計アルゴリズム

経路選択はともに固定：
プライマリ経路は最短経路、
バックアップパスは最小ホップ経路

First-Fit アルゴリズム

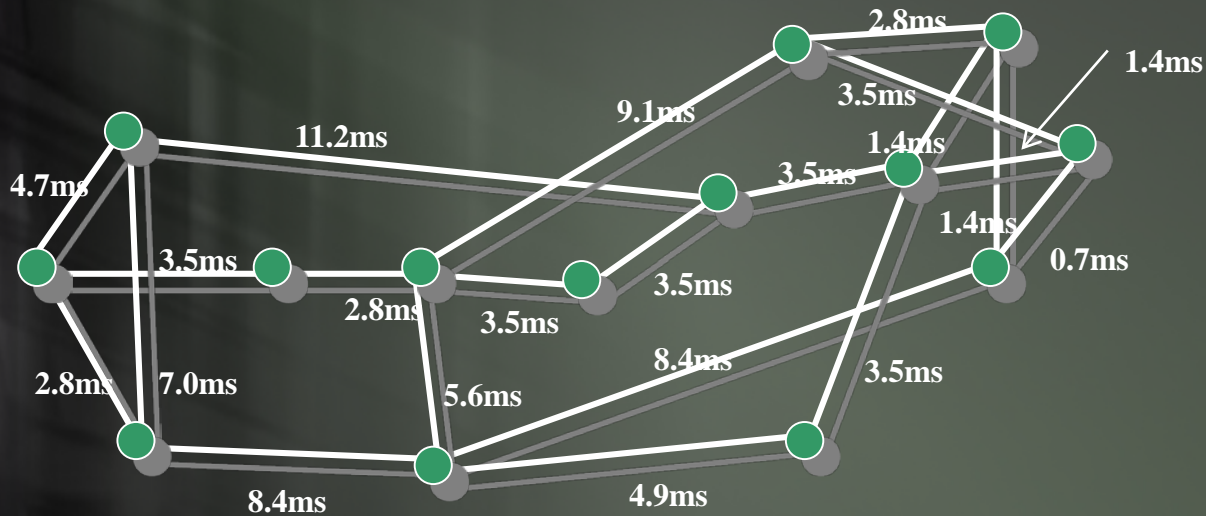
- 割当可能な最も添え字の小さい波長に割当

Max-Shared アルゴリズム

- バックアップパスがもっとも波長を共有する波長に割当



評価モデル



D_{\min}	10ms
D_{scale}	2ms
D_{node}	1ms
D_{conf}	0ms

□ネットワークモデル：NSFNET(14ノード, 21リンク)

□トラヒック量：NSFNETの実トラヒックの計測値(1992)を利用

□波長帯域：10Gbps

□ QoP_{ij} ：各ノード間が同一の QoP_{ij} を要求

□評価指標：必要波長数

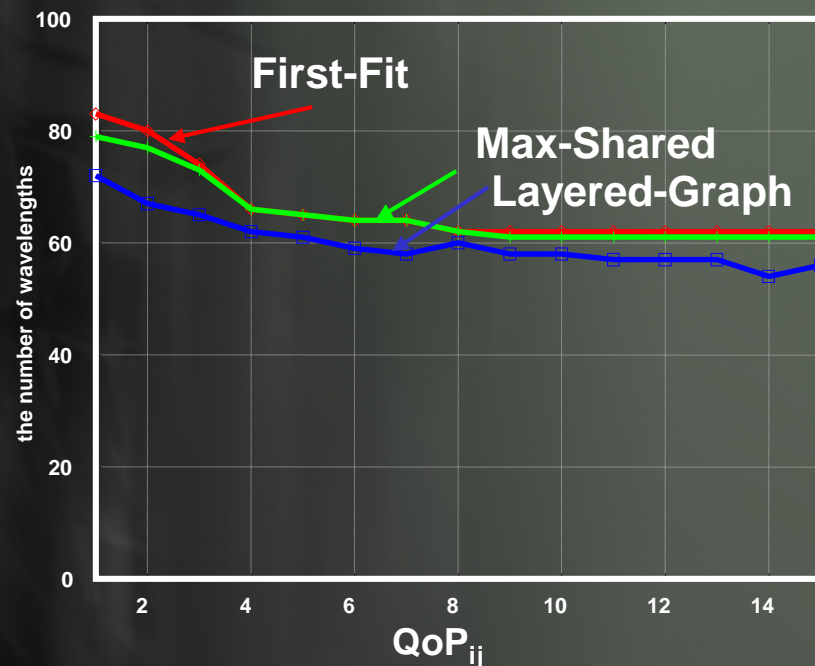


評価結果：必要波長数

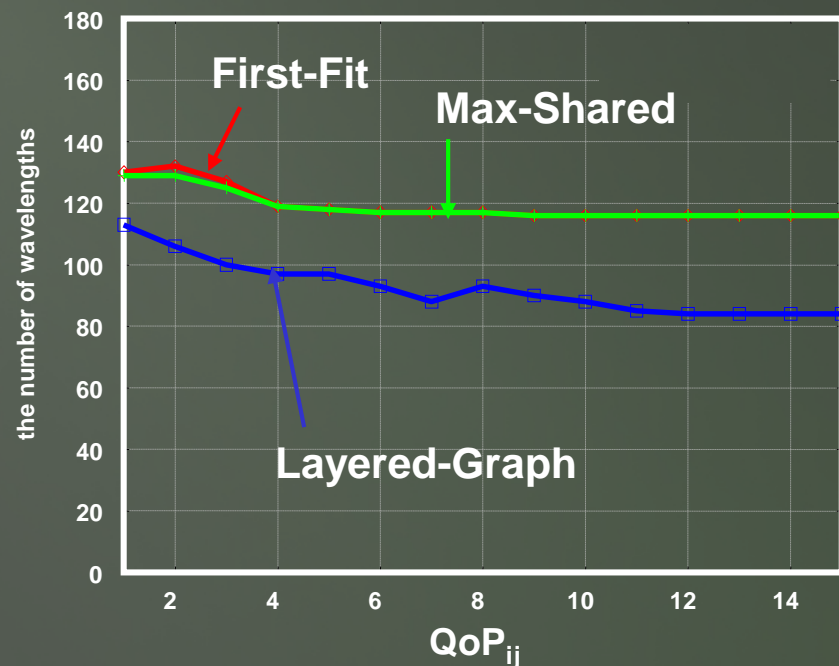
- 各トラヒックは一様に同一の QoP_{ij} を要求
- 初期トラヒック量の α 倍のトラヒックを与える

階層化グラフを用いた設計アルゴリズムが少ない波長数で論理トポロジーを設計

$\alpha=1$



$\alpha=5$



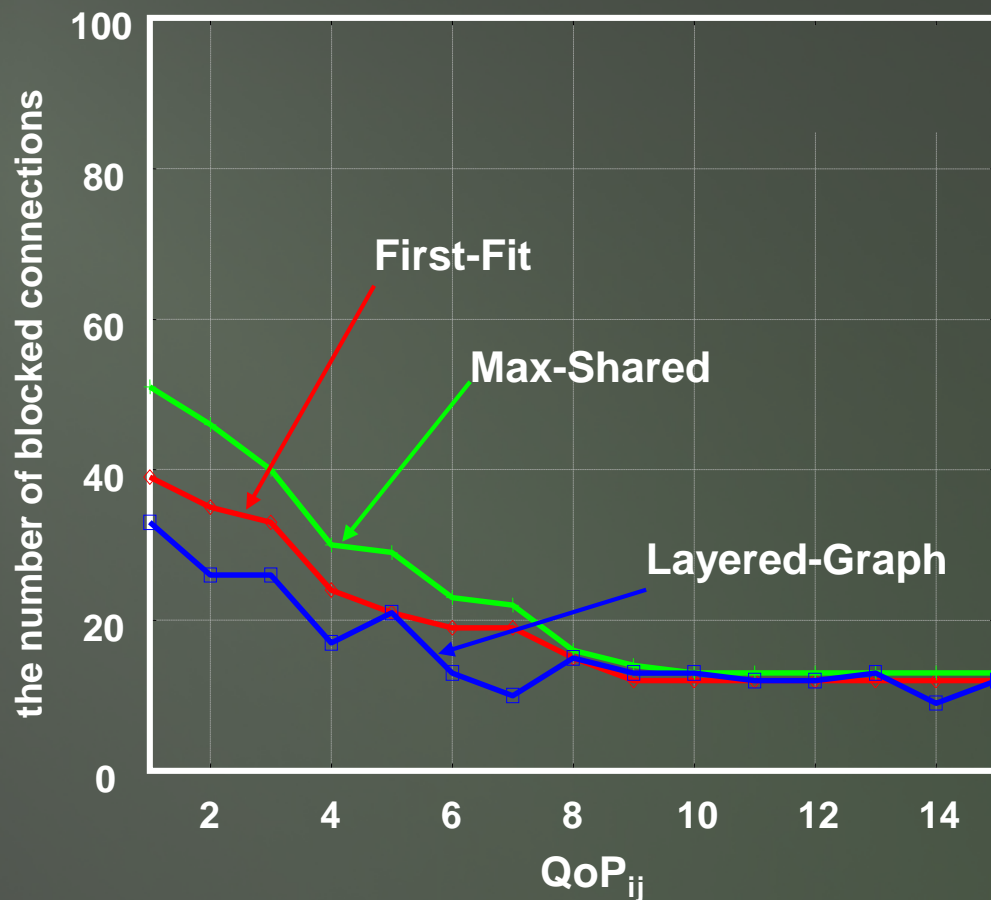


評価結果: ブロッキング数

波長数=50

$\alpha = 1$

波長数が限定の場合、設定できないコネクションがでてくる。この設定できなかったコネクション数は階層化グラフを用いることによって、少なく抑えることができる。





まとめ

- WDMネットワークにおける信頼性に対するQoSとしてQoPを提案
- QoPを考慮した3つの論理トポロジー設計手法を提案
- 波長数に制約が無い場合で、各アルゴリズムが論理トポロジーを設計するのに必要な波長数を比較した
- 波長数に制約がある場合で、各アルゴリズムが設定に失敗したコネクションの数を比較した
- 2つの比較において、階層化グラフを用いた論理トポロジー設計手法が効率的な波長利用が行えていることを明らかにした



今後の課題

- D_{\min} , D_{scale} の決定方法に対するガイドラインの提案
- コネクションごとにQoPを要求するモデルに対する論理トポロジー設計手法の提案
- 上位層の障害回復機能も考慮した論理トポロジー設計