

## 1. 研究課題・実施機関・研究開発期間・研究開発予算

- ◆課題名 : 大規模フラットネットワーク基盤技術の研究開発
- ◆個別課題名 : 課題B 柔軟な高速可変性を活用する大規模フラットネットワークの検討
- ◆副題 : 大規模フラットネットワーク構築のための弾力性のある光パス設定制御
- ◆実施機関 : 公立大学法人大阪府立大学<代表研究者>(実施責任者 教授 戸出英樹)  
国立大学法人大阪大学(実施責任者 教授 渡辺尚)
- ◆研究開発期間 : 平成26年度から平成31年度(5年間)
- ◆研究開発予算 : 総額 45百万円(平成27年度10百万円)

## 2. 研究開発の目標

従来の準静的な光スイッチの使用を前提とした現状態における動的最適化制御と将来状態を見据えた安全側のプロアクティブ型制御のさらなる洗練化と、状態変化に対する即時的な修正能力を強化した弾力性のある適応制御の新規導入による相乗効果により、呼接続棄却確率を代表的な方式(波長割当はFirst Fit方式、経路選択はK-Shortest Paths方式を想定)と比較して相対的に1/10以下に低減させる提案方式の実現を最終目標とする。

## 3. 研究開発の成果

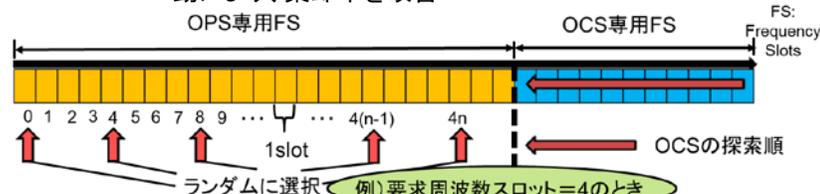
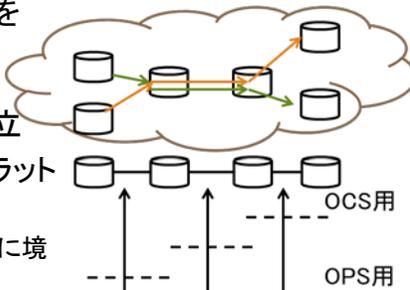
### ①光バケット網と光回線網の専用周波数帯域の動的調整制御

課題

- 光バケット網と光回線網を収容する光フラットネットワークにおける周波数境界動的制御手法の確立

目的 & 方針

- 光バケットと光回線のフラットな制御システム設計
  - 棄却率に基づきリンクごとに境界を動的分散制御
  - トラフィック量に応じた境界の移動により、棄却率を改善

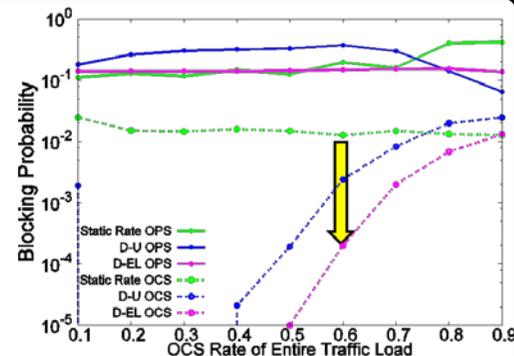


### Dynamic Each Link手法:

OCSコネクション発生時にコネクションの経路上の各リンクに対して 下式を用いてパラメータを比較し、そのリンクに対してN回連続でどちらか一方が大きければ、その領域を増やすようにリンク内で境界移動

$$\ast \frac{U_{OCS}}{\log F_{OCS}} \text{ と } \frac{U_{OPS}}{\log F_{OPS}} \text{ を比較}$$

$U_{OPS}, U_{OCS}$  対象リンクのOPS,OCS領域の利用率  
 $F_{OPS}, F_{OCS}$  対象リンクのOPS,OCS領域の周波数スロット数



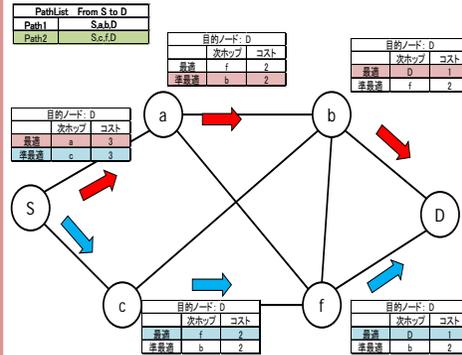
OCSのトラフィック負荷が高い時にD-EL方式が、周波数資源利用率を向上させることで、OPSとOCSの棄却率をともに改善可能であることを確認

## ②トラヒックバランスと対地間公平性を実現する複数経路事前設定法

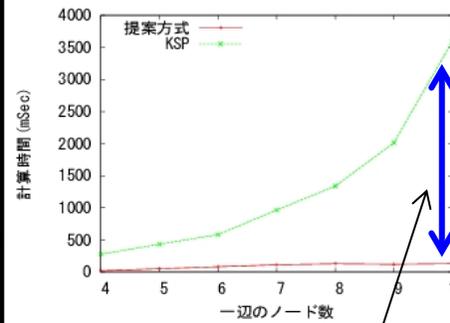
### ヒューリスティック 光パケット交換網+光パスへのオフローディング

**目的** ■ パケット交換網で利用しているルーティングテーブルを利用することで任意の対地間の経路を高速に求める

- 方針**
- 負荷分散・ロバスト性・計算処理の高速性を考慮に入れて光パケット交換網の経路選択情報を積極活用
  - パケット交換網用のアルゴリズムとして **Two Best First Hops (TBFH) アルゴリズム** に注目

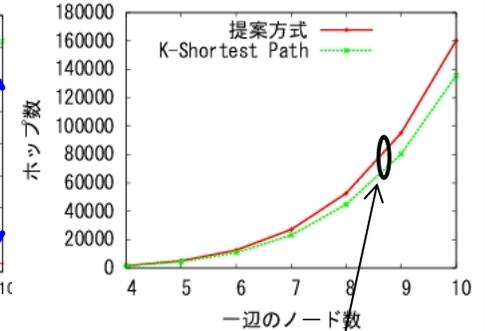


### 正方形格子型トポロジでの評価



**劇的な迅速性**

1辺のノードが10の場合で  
K-Shortest Pathの  
約27分の1



**解の劣化を抑制**

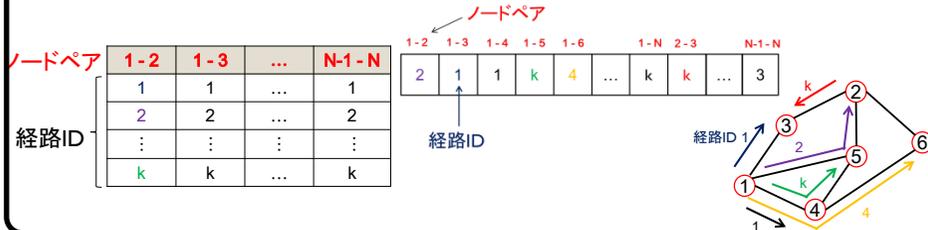
準最適次ホップも選択されるため KSPより遠回りする経路も求めている

### メタヒューリスティック 遺伝アルゴリズム(GA)ベース複数経路設計手法

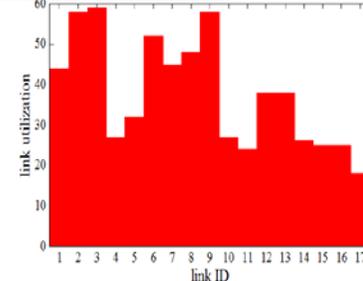
- 目的**
- 各対地間の負荷バランスを考慮に入れた経路を現実的な時間内で設計
  - 主経路が使用できなくなった場合に備えて迂回経路を用意

**適応度** (平均リンク使用量) +  $\alpha$ (リンク使用量の標準偏差)

- 個体表現**
- 各ノードペアに対して事前にK-Shortest Path (KSP) アルゴリズムでk個のパスを準備
  - 各ノードペアに対してパスを選択し、個体を構成

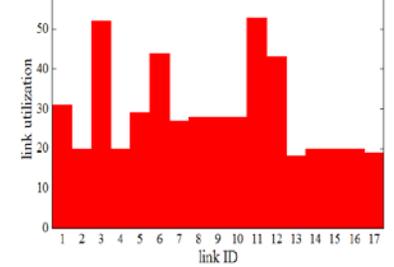


### JPN12モデルでの評価



K-Shortest Path アルゴリズム(K=3)におけるリンクの使用状況

### 負荷バランスの実現



提案方式(K=5, J=3)におけるリンクの使用状況



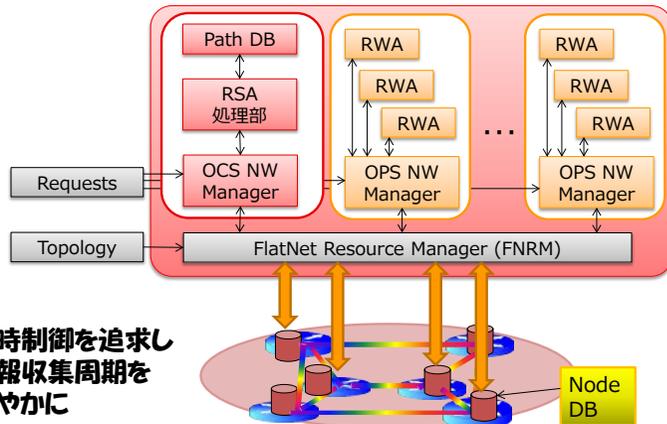
**高負荷エリアの低減**

### ③柔軟なコントロール部の設計とプロトタイプ検討

#### 光フラットネットワーク管理システム

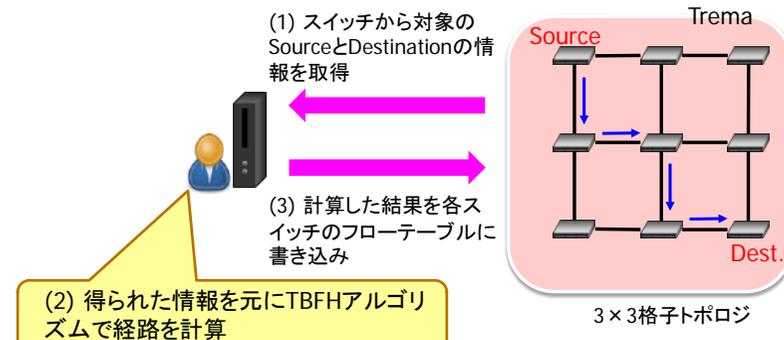
光パス： 集中制御

光パケット： (プロアクティブ)集中制御 + (リアクティブ)分散制御



#### コントローラの基本実装検討

- OpenFlow1.3
- コントローラにはTrema0.8.0を使用
- Tremaにあるエミュレータ機能を利用して基礎動作実験
- TBFHアルゴリズムを利用したEnd-to-Endパスルーティングを実装済み
- 3×3の格子トポロジ上で動作確認済み(下図参照)



#### 4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他 研究発表	プレス リリース報道	展示会	標準化 提案	表彰 受賞
大規模フラットネットワーク構築のための弾力性のある光パス設定制御の研究開発	0 (0)	0 (0)	0 (0)	21 (13)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (1)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

##### (1) 課題Aとの連携会議を開催

課題AのNTT、富士通と課題B02の大阪府立大学、大阪大学相互の研究開発項目と進捗状況の把握を通じて最終段階のスムーズな連携に備えた。

##### (2) 共同研究組織間の研究ミーティングを週2回ペースで継続的に開催

インターネットテレビ会議システムを利用して、176B02内の研究進捗会合を週2回1.5時間程度のペースで行い、研究の進捗を加速させた。

#### 5. 今後の研究開発計画

今年度確立した各要素技術をさらに詳細に検討し、提案する迅速かつ柔軟な弾力性のある光パス設定制御の基盤を固める。その際に、課題Aとの連携会議で得られた想定環境も重視して適切な方式を設計する。提案方式の定量的評価をさらに進めることにより最終目標達成に向けて必要な方式改良につなげる。プロトタイプ実装を見据えた検討をさらに進め、ソフトウェア実装ならびに基礎実験を経た後、広域実証実験を通して実用性に関する検証を行う。