



Tokyo Tech

SDN網未知障害発生時の 故障確率利用による 効率的代替経路発見手法

松浦 匠⁺ 中山 裕貴[✦] 林 經正[✦] 山岡 克式⁺

東京工業大学⁺

株式会社ボスコ・テクノロジーズ[✦]

背景

■ サイレント故障

- ネットワーク管理機能で**検知不可**
 - 例：監視機能の故障，人為的設定ミス
 - 障害の切り分けが必要
- **特定の条件下のみ**で発生
 - 再現が困難
 - 様々な要因を想定した計測が必要

■ 原因特定が困難

- 長期的な計測などが必要
- フロー品質復旧時間において、計測回数が支配的

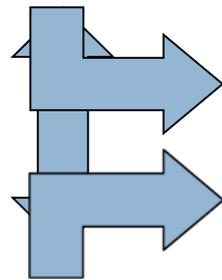
代替経路による高速復旧が有効

研究目的

■ 代替経路によるサイレント故障高速復旧

➤ 障害箇所を特定

- GOOD: 効率的な代替経路設計
- BAD: 各リンクで障害計測が必要



計測回数削減と許容遅延満足を
両立する代替経路設定

➤ 障害が発生した経路をすべて回避

- GOOD: 障害計測回数が最小限
- BAD: フロー許容遅延が満たせない可能性

モデル設定

■ 対象ネットワーク：SDN

- 任意の区間の遅延計測
- フロー単位の経路変更

■ 帯域：十分

- 伝送遅延：無視

■ コントローラの性能：十分

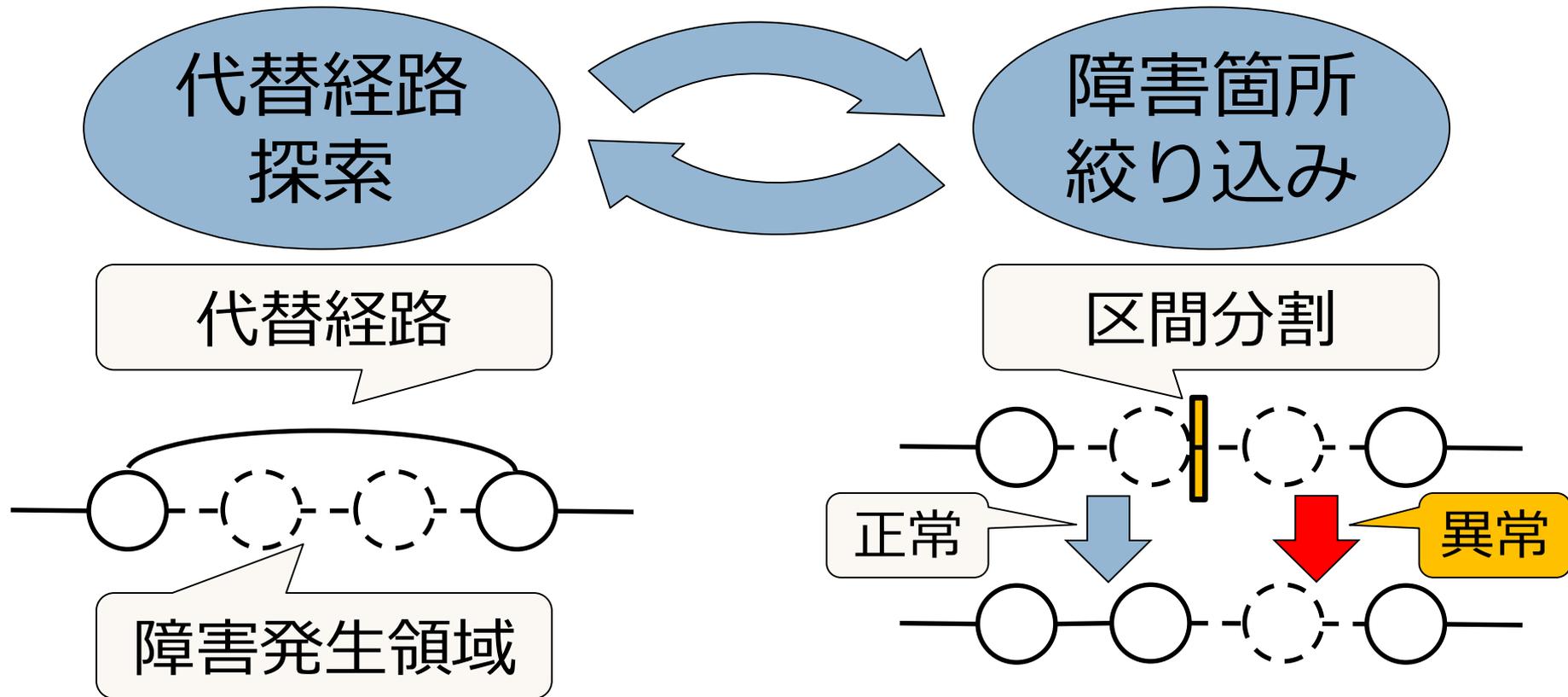
- ダイクストラ法による経路計算時間：微少
- 経路変更に必要な時間：微少

■ 障害：一ヶ所

- 単一のスイッチ

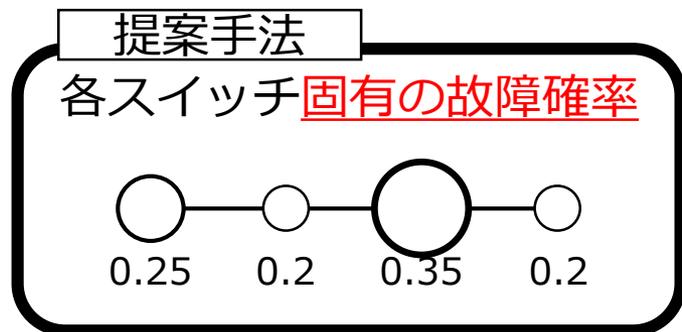
基本方針

■ 再帰的区間分割による障害箇所絞り込み

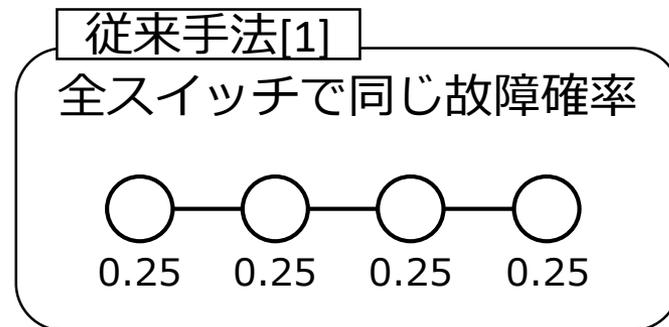


提案手法と従来手法[1] との比較

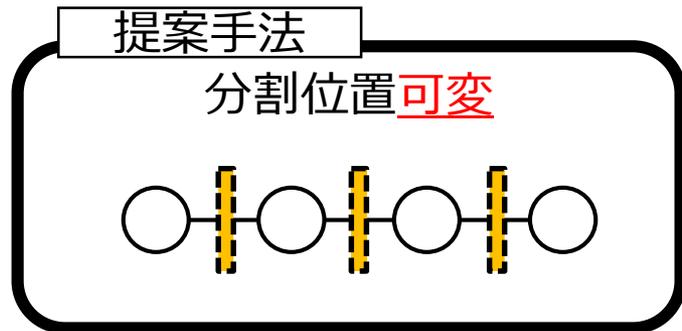
■ モデル



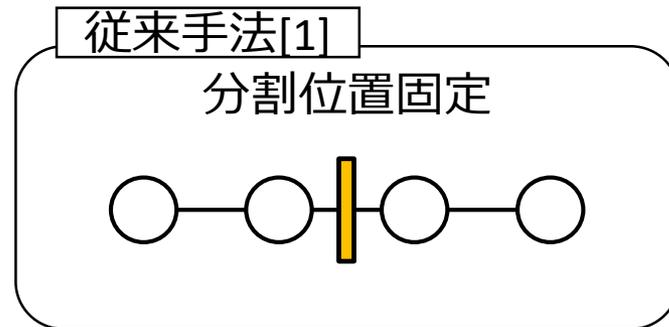
←
より現実的な
モデル



■ アルゴリズム



←
より効率的な
アルゴリズム



⇒ 探索木による分割位置決定

[1] T. Matsuura, H. Nakayama, T. Hayashi and K. Yamaoka, "Fast Detection of Alternative Route under Unknown Failure on SDN Network," GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference, Singapore, 2017, pp. 1-6.

探索木: 作成(1/2)

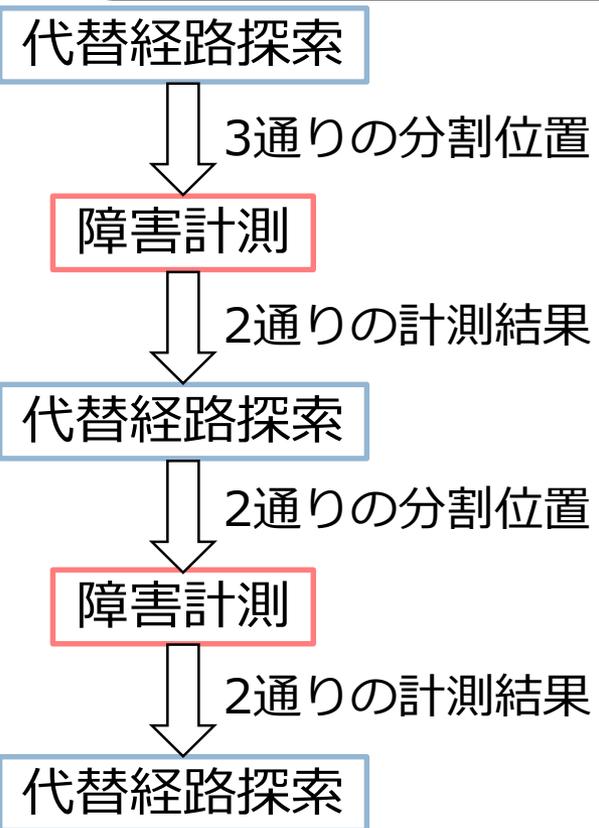
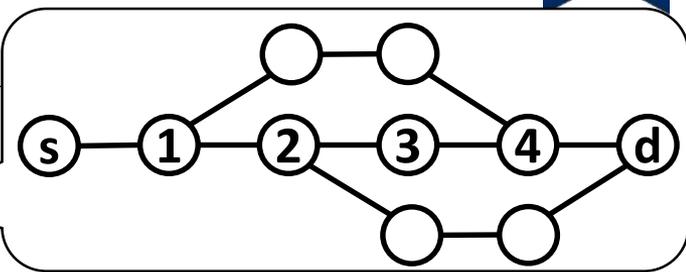
■ 障害絞り込みを総当りで検証

故障確率: p_1 p_2 p_3 p_4



分割不可

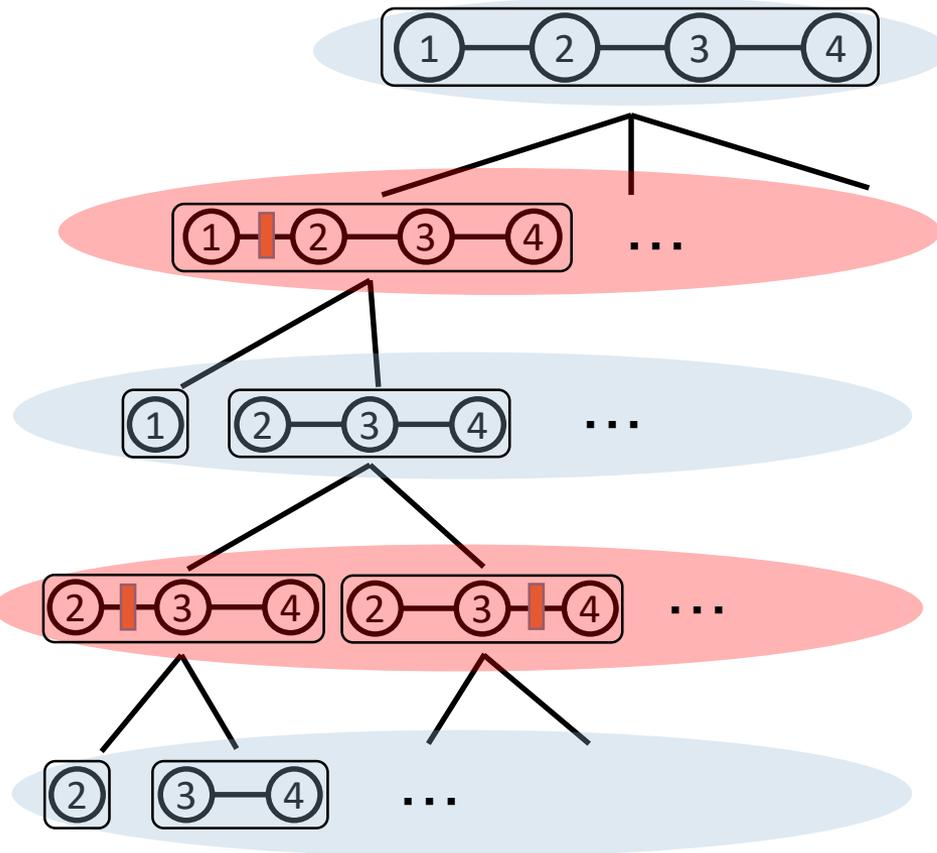
代替経路発見
⇒ 分割不要



探索木: 作成(2/2)

■ 期待値を計算

故障確率: p_1 p_2 p_3 p_4



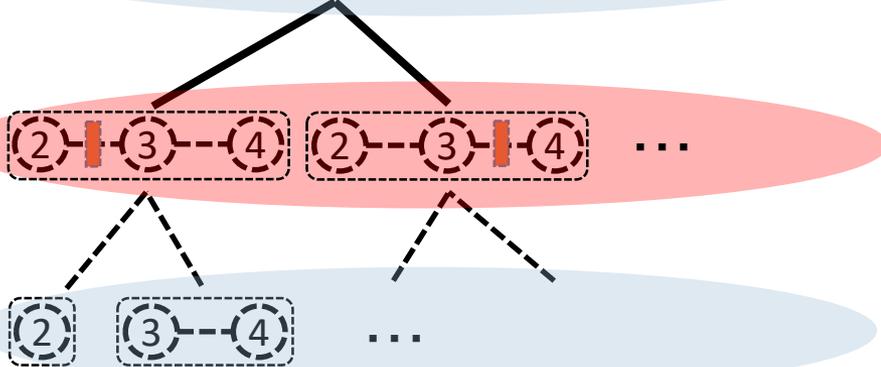
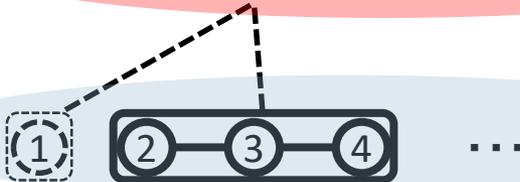
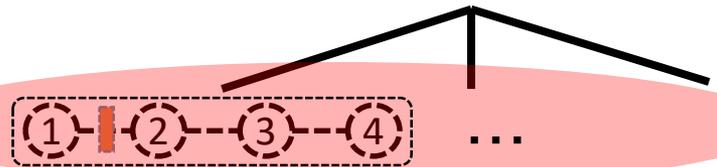
➤ 期待値

- 各ノードが保持
- 分割位置決定に利用
- 各ノードにおける残りの計測回数の期待値
- 期待値の小さいノードを選択
⇒計測回数の削減

探索木：期待値計算

■ 3種類の計算法

故障確率： p_1 p_2 p_3 p_4



代替経路探索 に属するノード

- 分割位置決定による分岐
- 任意の分割位置(子ノード)を選択可能

⇒ 期待値最小の子ノードと同じ期待値

障害計測 に属するノード

- 障害計測結果による分岐
- 分岐(子ノード)を選択不可

⇒ 故障確率を用いた加重平均

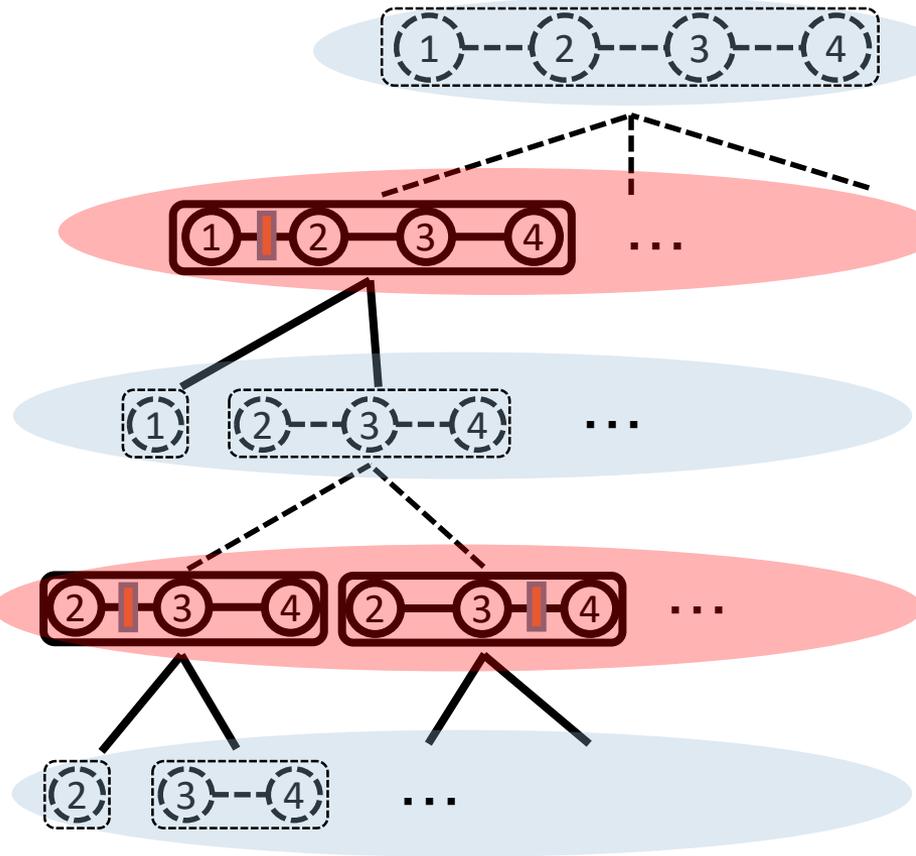
葉ノード

⇒ 自身の深さを1/2にした値が期待値

探索木：期待値計算

■ 3種類の計算法

故障確率： p_1 p_2 p_3 p_4



代替経路探索 に属するノード

- 分割位置決定による分岐
- 任意の分割位置(子ノード)を選択可能

⇒ 期待値最小の子ノードと同じ期待値

障害計測 に属するノード

- 障害計測結果による分岐
- 分岐(子ノード)を選択不可

⇒ 故障確率を用いた加重平均

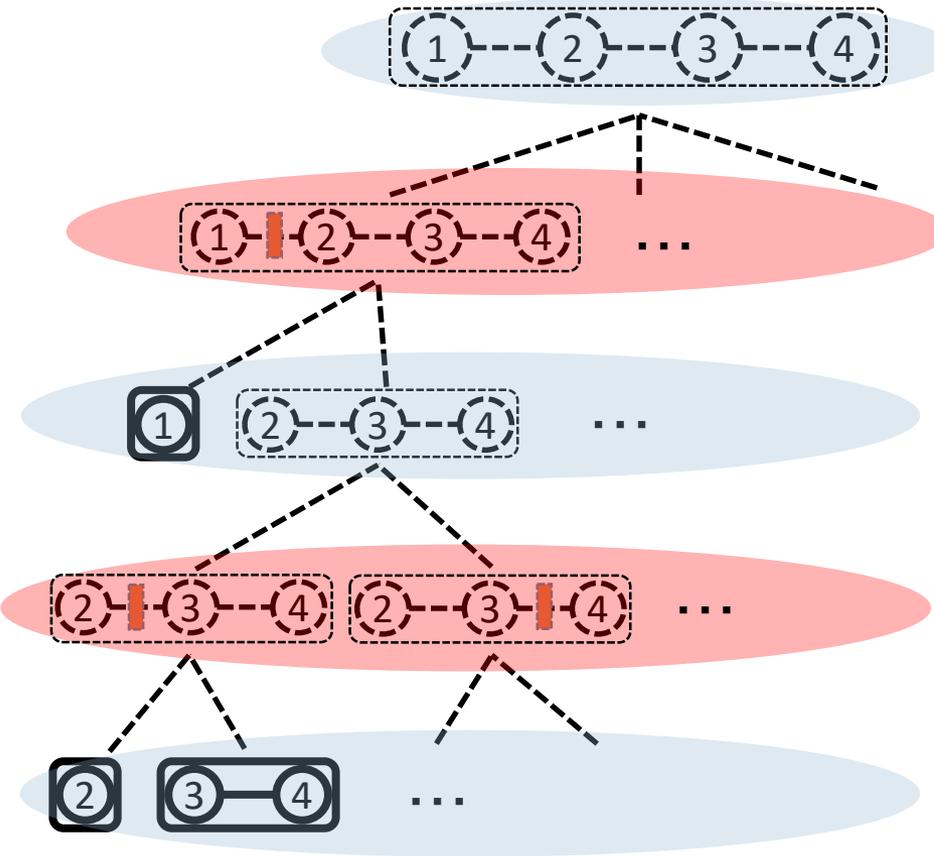
葉ノード

⇒ 自身の深さを1/2にした値が期待値

探索木：期待値計算

■ 3種類の計算法

故障確率： p_1 p_2 p_3 p_4



代替経路探索 に属するノード

- 分割位置決定による分岐
- 任意の分割位置(子ノード)を選択可能

⇒ 期待値最小の子ノードと同じ期待値

障害計測 に属するノード

- 障害計測結果による分岐
- 分岐(子ノード)を選択不可

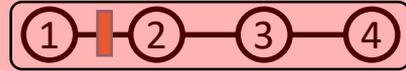
⇒ 故障確率を用いた加重平均

葉ノード

⇒ 自身の深さを1/2にした値が期待値

アルゴリズム全体の流れ

故障確率: p_1 p_2 p_3 p_4



1. 探索木作成・期待値計算
2. 期待値最小の分割位置(子ノード)を選択
3. 実際に計測を行い、障害領域を更新
4. 子ノードが存在するなら、2) に戻る
5. 代替経路設定もしくは解なしで終了

シミュレーション(1/4)

■ 目的

- 提案手法の有効性検証
- 故障確率推定における誤差耐性検証

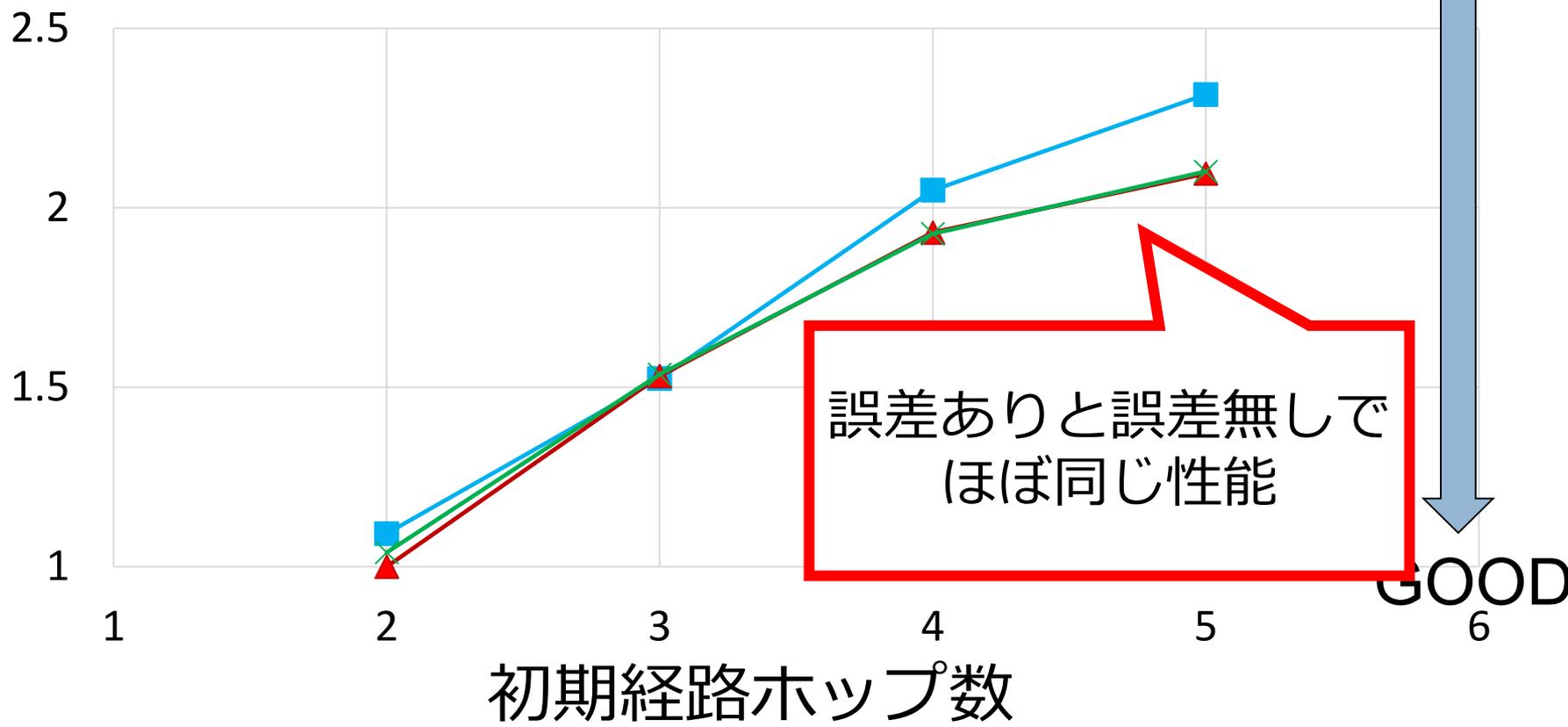
トポロジ	スケールフリーグラフ(GLPモデル)
ノード数	3000
平均次数	4.03
リンク伝搬遅延	5~15[ms] (一様分布)
許容遅延	50[ms]
シミュレーション回数	3000回
故障確率	正規分布(実数) / 一様分布(整数)
故障確率推定における誤差	相対誤差 / 絶対誤差

シミュレーション(2/4)

■ 故障確率：正規分布 / 誤差：相対誤差(±50%)

■ 従来手法 ▲ 提案手法(誤差なし) ✕ 提案手法(誤差あり)

平均障害計測回数

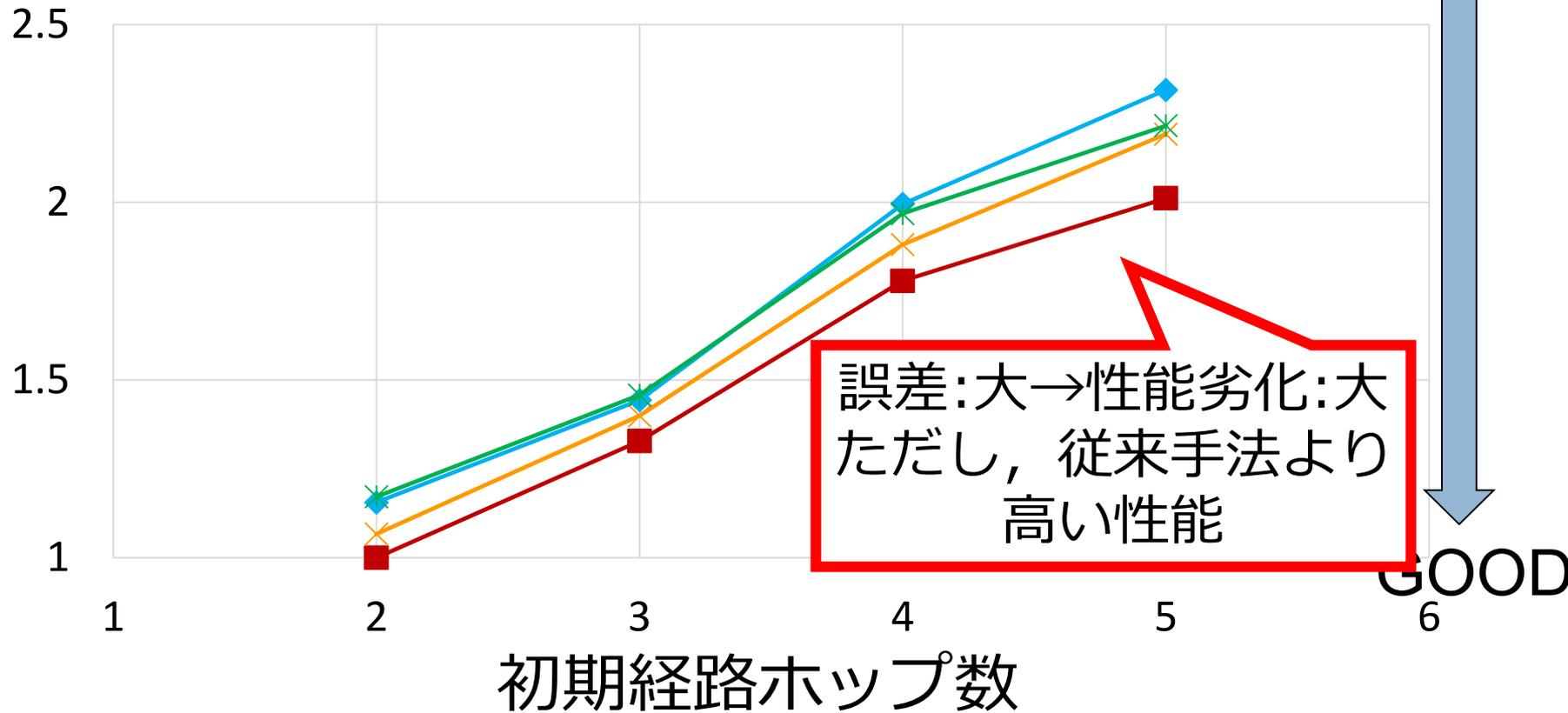


シミュレーション(3/4)

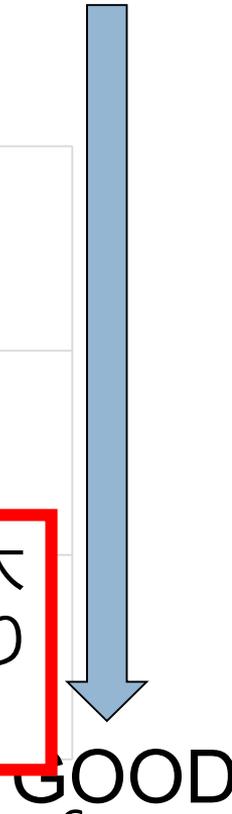
■ 故障確率：一様分布[1,10] / 誤差：絶対誤差

◆従来手法 ■誤差なし ✕±5 *±10

平均障害計測回数



誤差:大→性能劣化:大
ただし、従来手法より
高い性能



シミュレーション(4/4)

■ 得られた結果

- 故障確率の誤差に強い耐性

■ 考察

- 計測回数低減の主な要因

故障確率を用いた障害絞り込み

探索木によるトポロジの考慮

おわりに

■ まとめ

- SDN環境下のサイレント故障における高速代替経路設定手法を提案
- 各スイッチ固有の故障確率
- 探索木を用いた、障害領域絞り込みの効率化
- 故障確率推定における誤差に強い耐性

■ 今後の課題

- より定量的な評価
- より現実的なモデル