

---

# ネットワークシステムにおける 可用性測定の考察

○藤堂伸勝(筑波大学)

金岡晃(筑波大学)

加藤雅彦 (アイアイジェイテクノロジー)

岡本栄司(筑波大学)

---

# outline

---

- 研究の背景と目的
- 関連研究とその問題点
- ネットワークシステムの特徴
  - 可用性の阻害
  - リンクの依存関係抽出アルゴリズム
- ネットワークシステムの可用性検討
- まとめ
- 今後の予定

# 研究の背景と目的

---

## 背景

- ネットワークシステム設計における理論的アプローチや方法論が未開拓
- インターネット普及による可用性の重要性

## 目的

ネットワークシステムにおける可用性の定量化の検討

# 関連研究(1)

## フォールトツリー解析 (FTA)

- 故障の因果関係を解析する  
信頼性・安全性解析手法

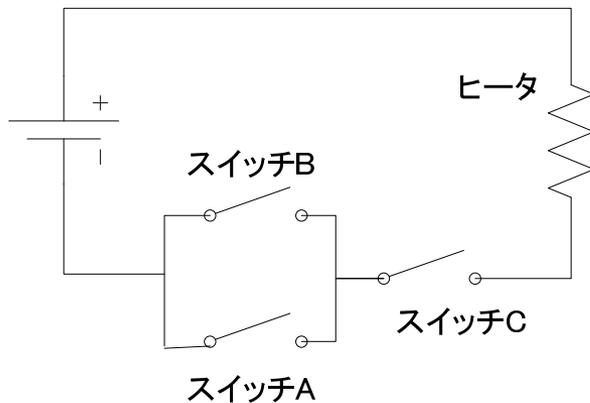


図1 ヒータの回路図

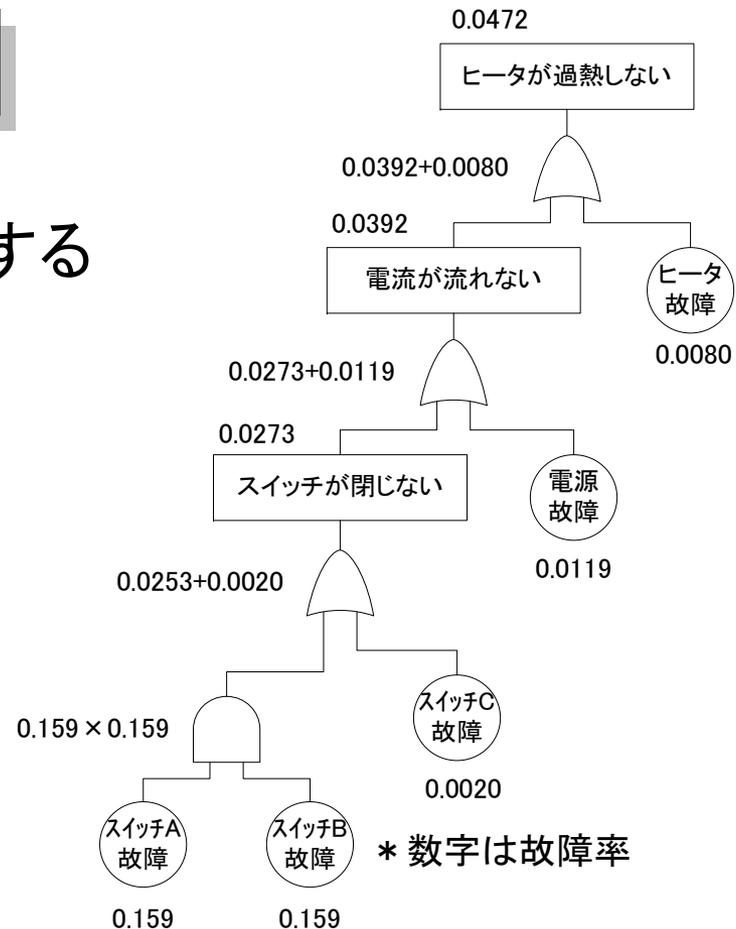


図2 ヒータのFTAを用いたFT図

# 関連研究(2)

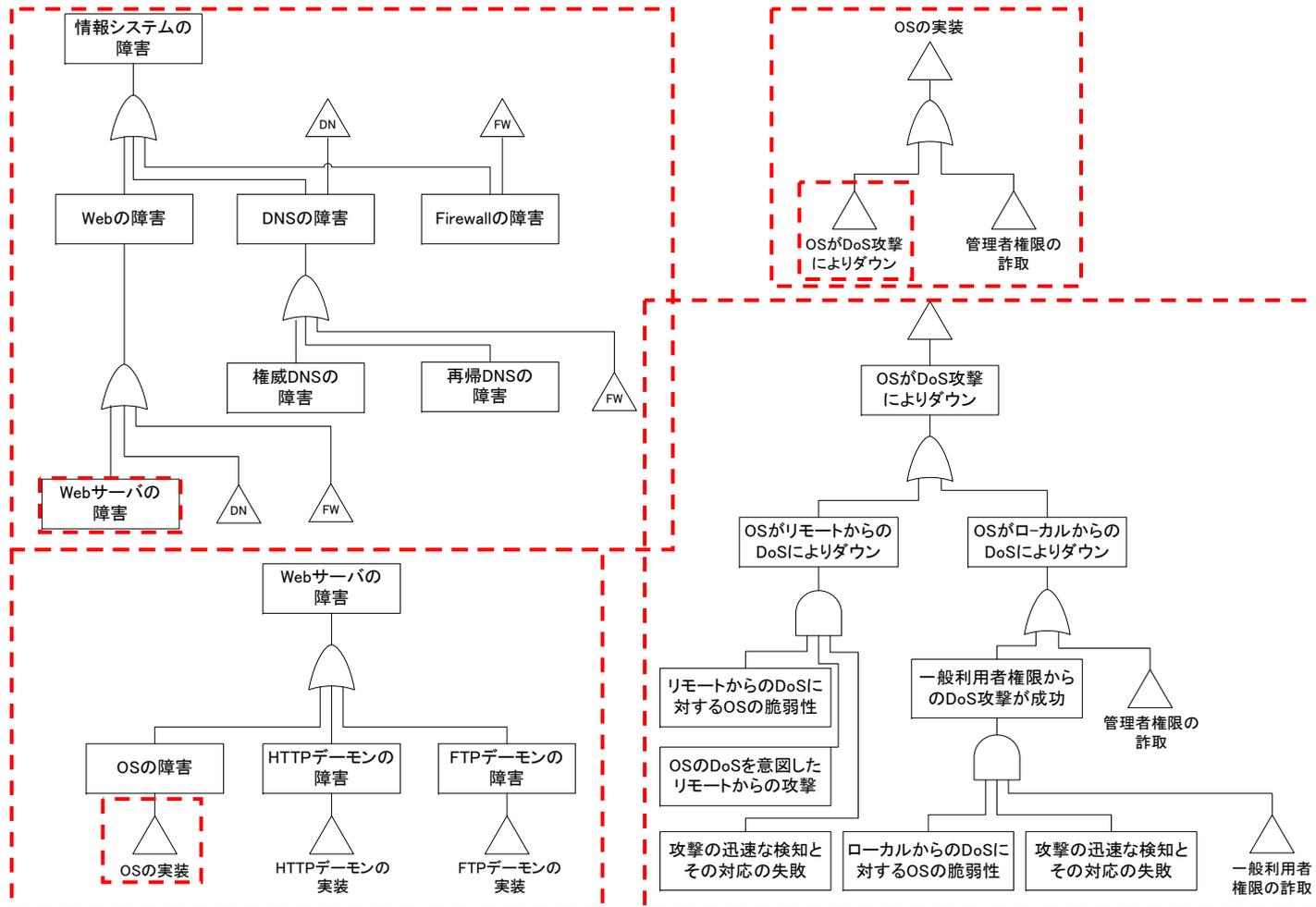


図3 ネットワークシステムにFTAを適応した場合のFT図 (一部)

# 問題点

---

## ネットワークシステム適応の問題点

1. 単純な構成でもFT図が複雑で巨大になる
2. FT図で使われる移行記号を多様することになり、稼働率計算が困難になる
3. ネットワークシステムの特徴が反映しきれない

## FTAの問題点

1. 故障要因をきれなく抽出するのが困難
2. 故障の定義があいまいになりやすい

ネットワークシステムの特徴を捉えた  
稼働率計算方法が必要

# ネットワークシステムの特徴

- 複数の階層にまたがった通信が行われている

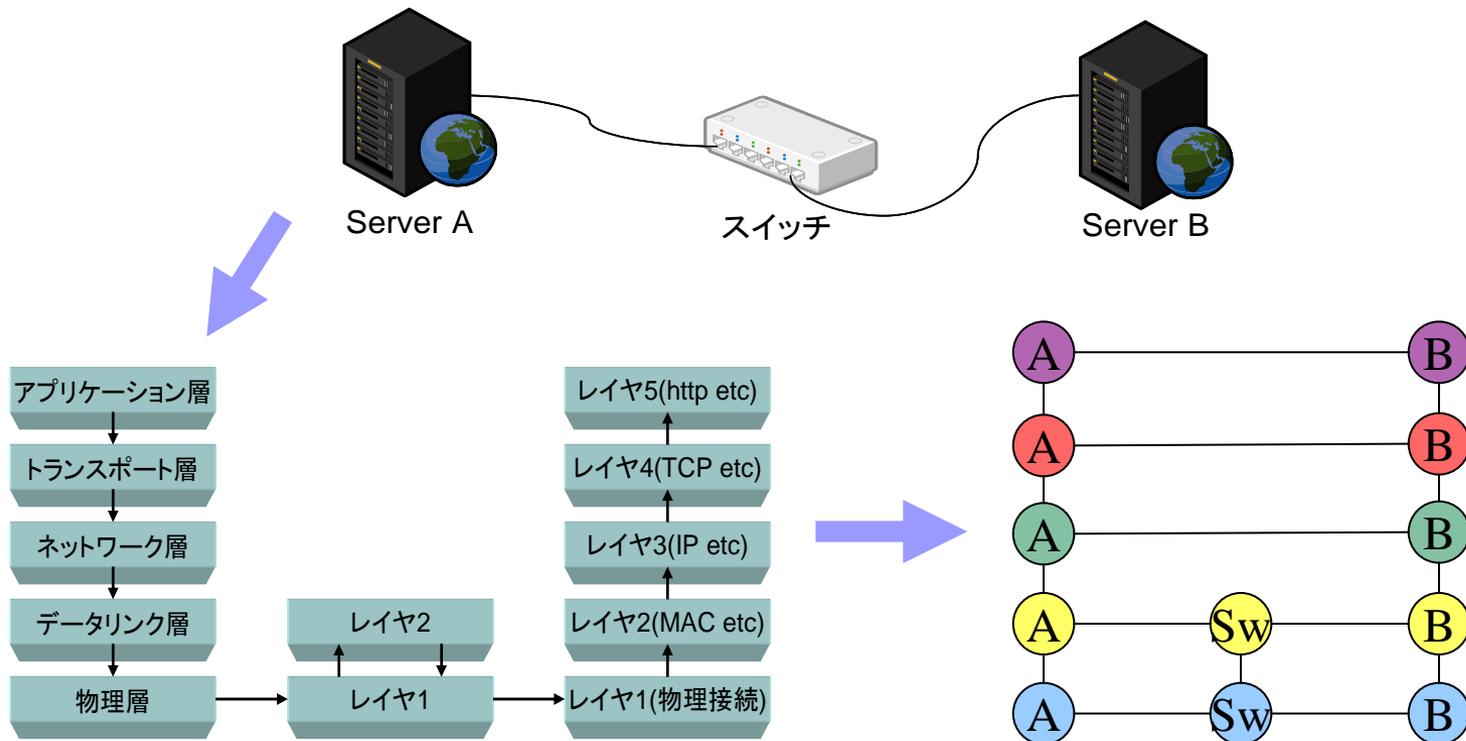


図4 階層構造による通信

図5 NSQモデルでの表現

# 可用性の阻害

---

複数の階層にまたがる通信を通信路と捉えて  
NSQモデルで可用性を検討した場合・・・

## 可用性が阻害される原因

- 通信路の故障 (LANケーブルの故障 etc)
- L1のリンク切れ
- アクセス制御状態の不慮の変化
- L2以上のリンク切れ



# 「ネットワークシステムの特徴」まとめ

---

1. 複数の階層にまたがった通信が行われている
2. 各階層ごとの通信には依存関係が存在する

- •下位レイヤのリンクが途切れた場合、冗長化されている場合を除き、上位レイヤのリンクに影響を及ぼす
- •上位レイヤのリンクが途切れた場合、下位レイヤのリンクには影響を及ぼさない

# リンク依存関係抽出アルゴリズム

パス・・・通信経路(ex. 3⇒4), リンク・・・パスを構成する通信の1つ(ex. (3,11))

リンク群・・・リンクの集まり(ex. (3,11),(11,12),(12,4) )

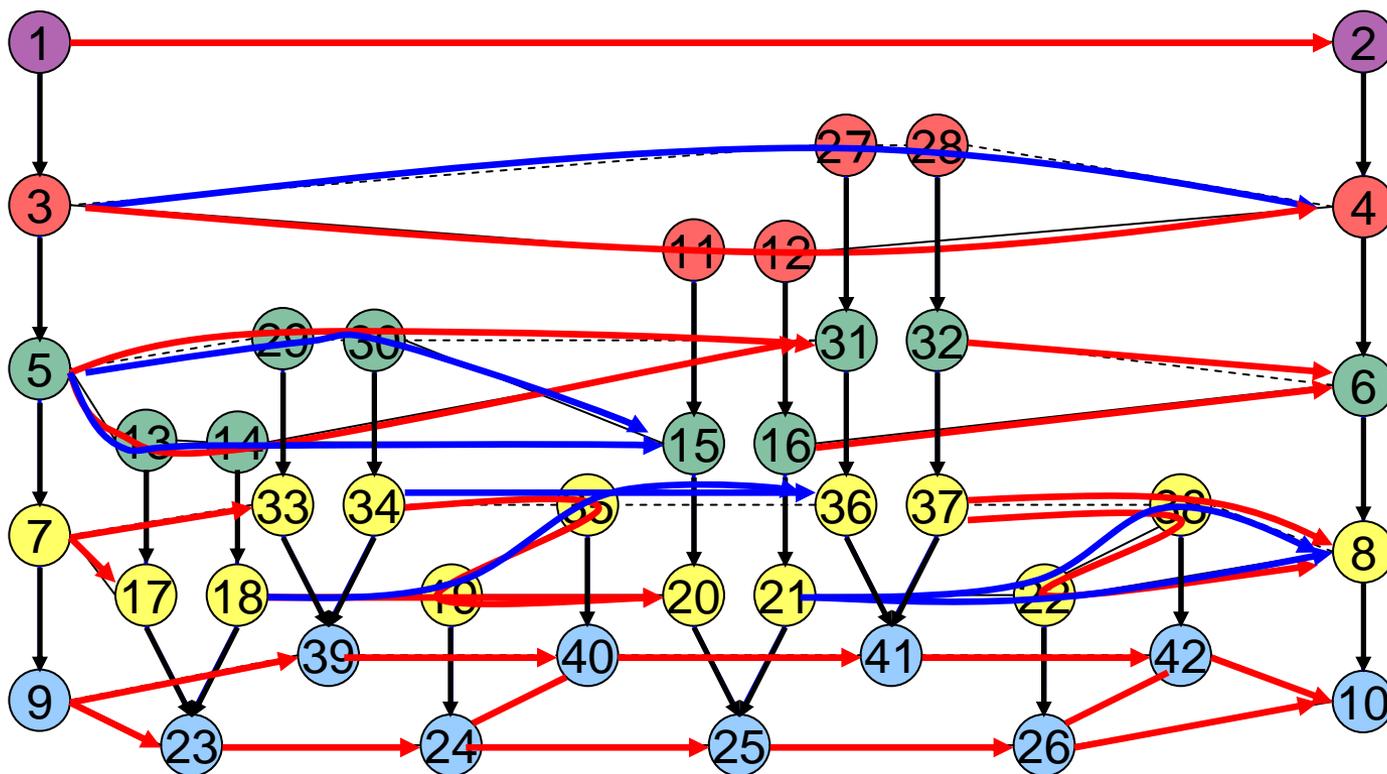
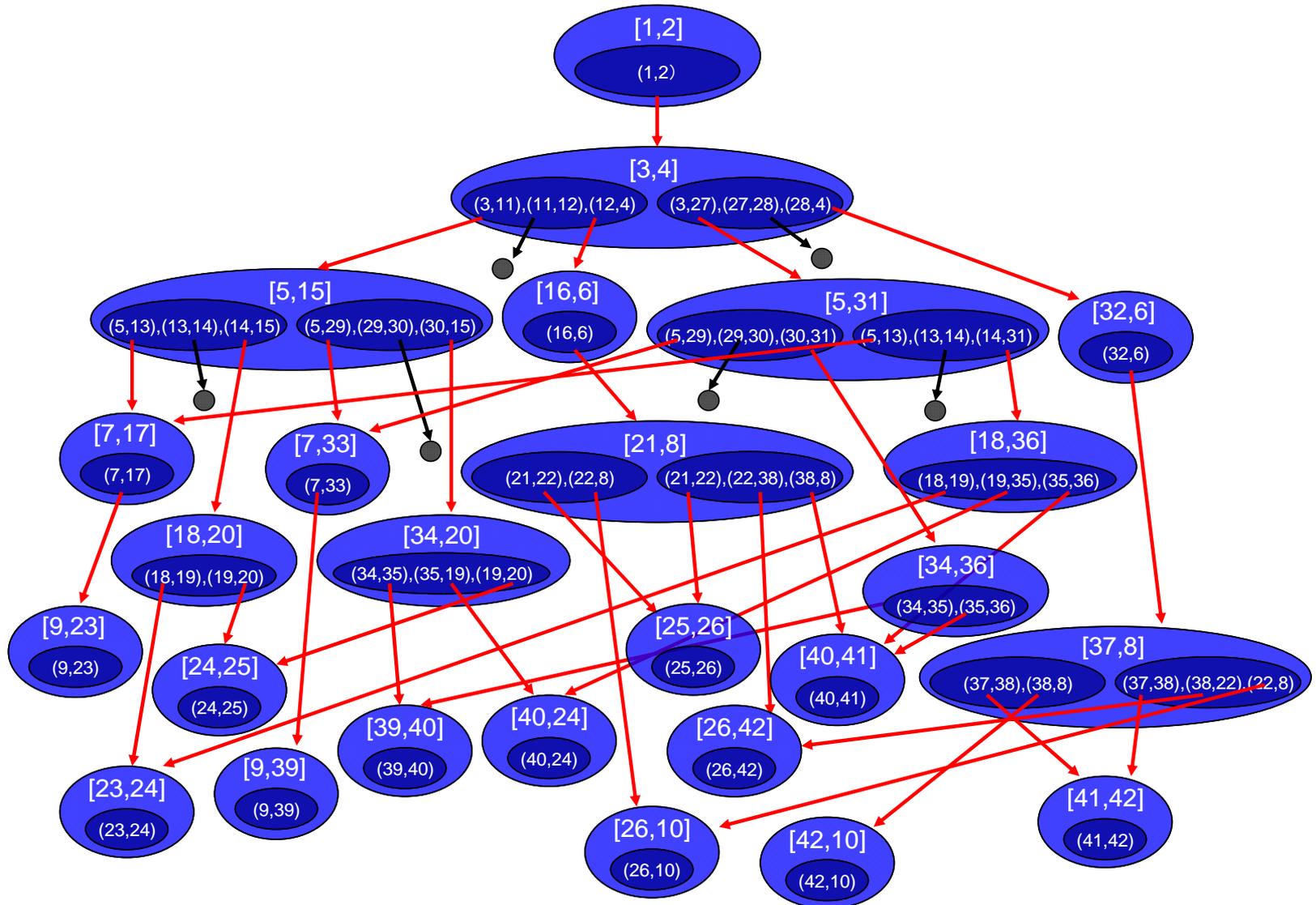


図8 Internet—Router × 2—Switch × 2—Firewall × 2—Switch × 2—Web Server構成

# リンク依存図





# ネットワークシステムにおける 可用性の検討

---

リンク依存図でネットワークシステムの特徴抽出



各リンク稼働率からネットワークシステム全体の稼働率計算が可能



ネットワークシステム全体の稼働率計算で  
可用性の検討が可能

# リンク群稼働率

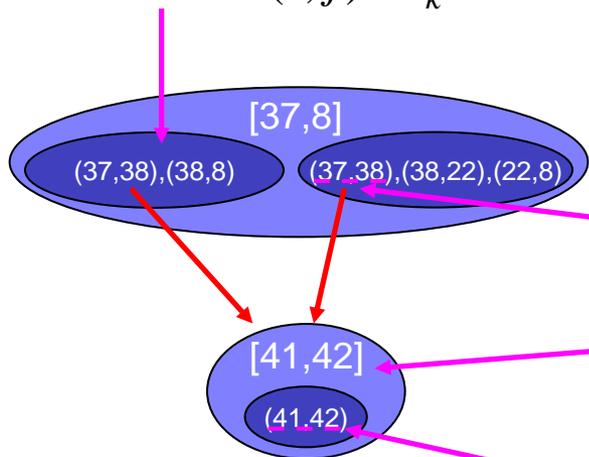
リンク群稼働率  $R_k$

$$R_k = \prod_{(i,j) \in G_k} q_{(i,j)}$$

$i, j$  は同一レイヤ内のノードID

$G_k$  はリンク群

$q_{(i,j)}$  は  $(i, j)$  の稼働率



L2以上のリンク稼働率 =  
依存する下位レイヤのパス稼働率  
×  
自身のリンクがもつリンク稼働率

# パス稼働率

## パス稼働率P

共通するリンクがある場合

$$P = \prod_{(i,j) \in M} q_{(i,j)} \left\{ 1 - \prod_k (1 - R'_k) \right\}$$

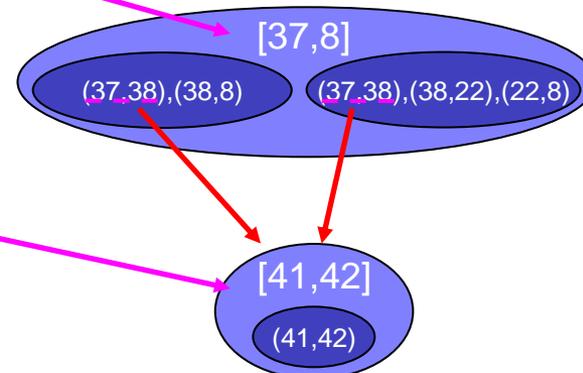
Mは共通するリンクの集合

$R'_k$ はリンク群稼働率

$G'_k$ は再グループ化した  
リンク群の集合

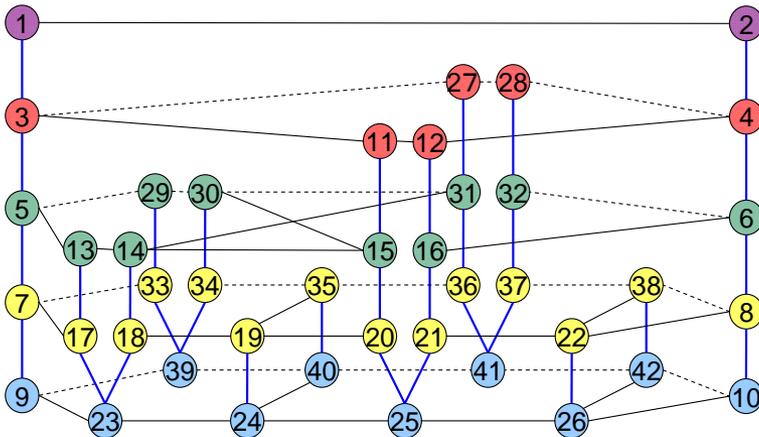
共通するリンクがない場合

$$P = 1 - \prod_k (1 - R'_k)$$



# システム稼働率

システム稼働率 = リンク依存図の頂点



- L1～L4のリンク稼働率を0.99と設定
- 左図ネットワークシステムを対象に計算



	システム稼働率
正常時	0.995406798
(24, 40) を切断後	0.980227126
(26, 42) を切断後	0.992671361
(26, 42), (21, 22) を切断後	0.91439253
(26, 42), (21, 22), (34, 35) を切断後	0.826168624

# まとめ

---

## 目的

- ネットワークシステムにおける可用性測定方法の検討

## 問題点

- 関連研究をそのままネットワークシステムに適応しようとする問題が多発

## 行ったこと

- ネットワークシステムの特徴を検討
- リンクの依存関係抽出アルゴリズムの提案
- 提案アルゴリズムを利用した稼働率計算の検討

## 結果

- 提案アルゴリズムでネットワークシステムの特徴を考慮した稼働率計算が可能になった
- ネットワークシステムにおける可用性の評価尺度となる可能性を示唆する結果が得られた

# 今後の課題

---

- 稼働率計算による可用性評価尺度の検証
- ノード障害による可用性の影響考察