

# インターネットトポロジの計測と その構造特性の評価

---

大阪大学基礎工学部情報科学科 4年

村田研究室 原 佑貴

<yuuki-h@nal.ics.es.osaka-u.ac.jp>

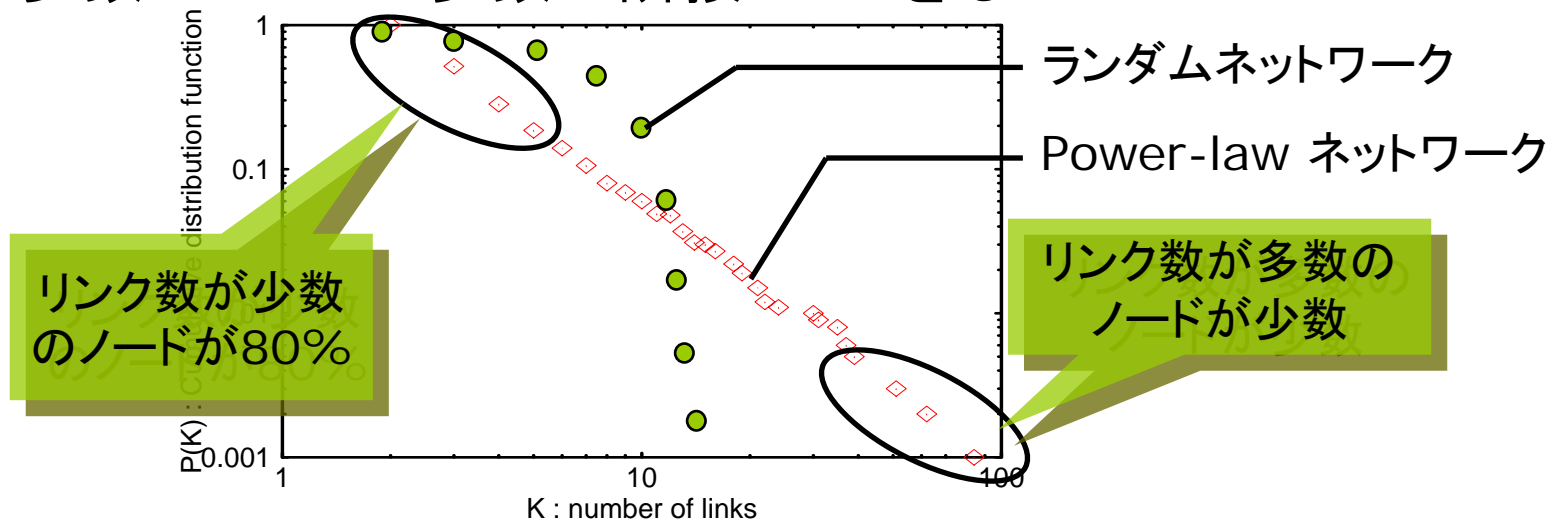
# 発表内容

---

- 研究の背景
- 研究の目的
- 国内 ISP トポロジの観測結果
  - Traceroute を用いた観測結果
  - 隣接ノード数の累積補分布
- 国内 ISP トポロジの構造特性の評価
  - 海外 ISP トポロジ、BA トポロジ との比較
- まとめと今後の課題

# べき乗則に従うネットワーク

- インターネットポロジは隣接ノード数の分布がべき乗則に従う (Power-law ネットワーク)
  - 隣接ノード数が  $k$  である確率  $P(k)$ :  $P(k) \approx k^{-\gamma}$
  - 多数のノードが少数の隣接ノードをもつ: 非ハブノード
  - 少数のノードが多数の隣接ノードをもつ: ハブノード



# 研究の背景

---

- Power-law ネットワークに関する多くの研究は BA トポロジを対象としている
  - BA モデル: Power-law ネットワークの生成モデル
- BA トポロジとルータレベル、特に ISP のトポロジでは構造に相違がある
  - ➡ 経路制御手法を適用した結果に相違が生じる
- トポロジ計測は海外 ISP のみを対象としてなされており、国内 ISP に関しては形状が明らかにされていない
  - ➡ ネットワーク制御手法を国内の ISP トポロジに適用させた際の妥当性を評価できない
  - ➡ 国内 ISP トポロジを明らかにすることで評価が可能となる

# 研究の目的

---

## □ 国内の ISP トポロジの計測

- Traceroute を用いて計測
- 対象: 国内の3つの ISP
  - ISP A、ISP B、ISP C

## □ 構造特性の評価

- 以下の指標を用いて評価
  - 出線数
  - 平均ホップ数
  - クラスタ係数
  - Betweenness centrality
  - 出線数と Betweenness centrality の相関

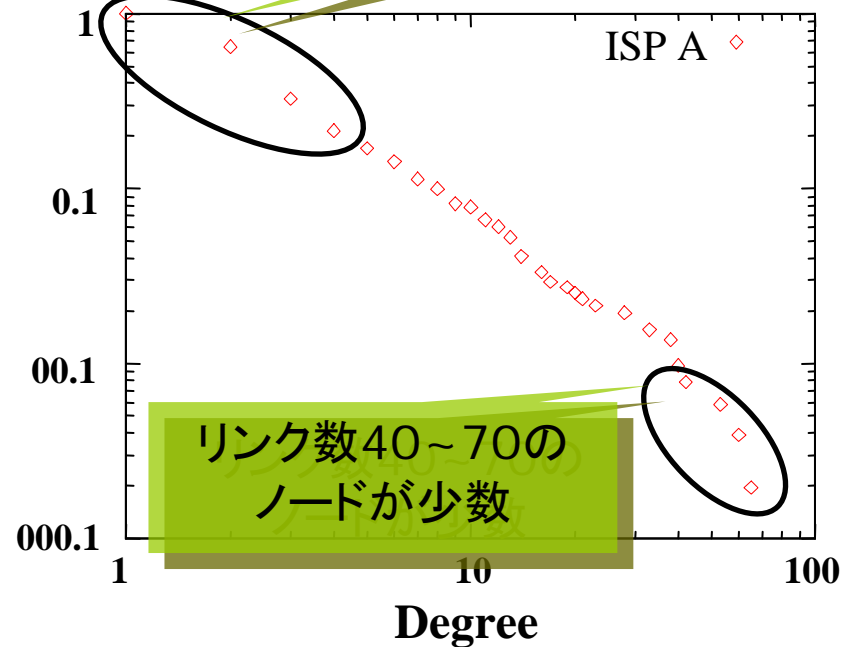
# 国内 ISP トポロジの計測結果

## □ 隣接ノード数がべき乗則に従う

ノード数とリンク数

	ノード数	リンク数
ISP A	514	958
ISP B	2250	3187
ISP C	1883	3304

CCDF: Complementary Cumulative Distribution Function



累積補分布

## 評価指標

---

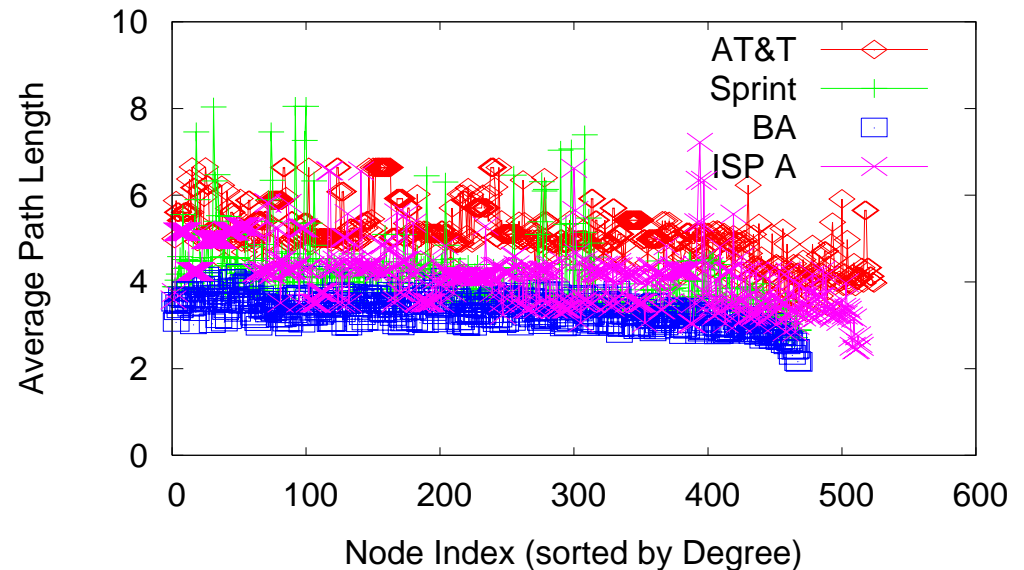
- 平均ホップ数
  - あるノードから他のノードへの平均ホップ数
- 出線数
- クラスタ係数
  - あるノードの隣接ノード同士がどの程度つながりをもつかを表す割合
    - そのノード付近が密か疎かを見ることができる
- 出線数とクラスタ係数の相関
- Betweenness centrality
  - あるノードを経由するノードペア数
    - そのノードにどの程度トラヒックが集まるかがわかる
- 出線数と Betweenness centrality の相関

# 平均ホップ数

- 値のばらつきが大きい
  - 2.5~7.2
- 全体的に BA トポロジに比べ大きい値に分布している

ノード数とリンク数

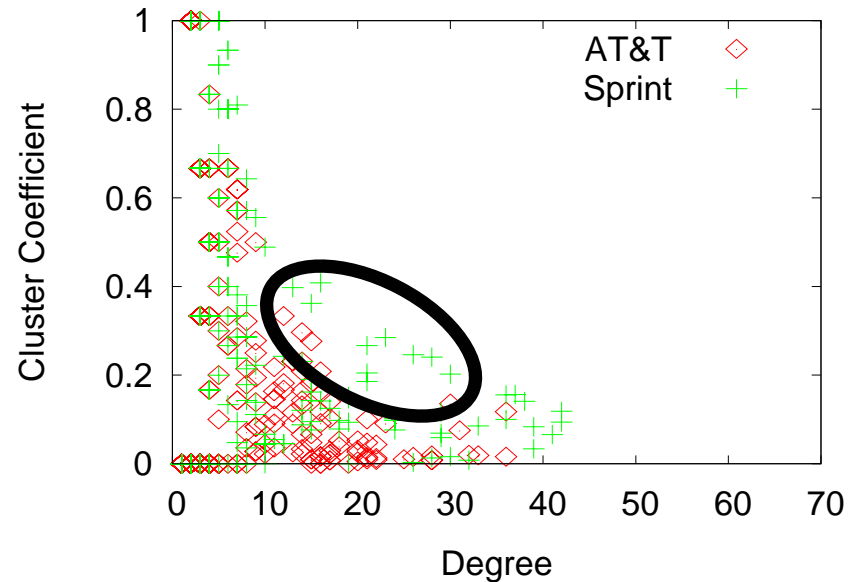
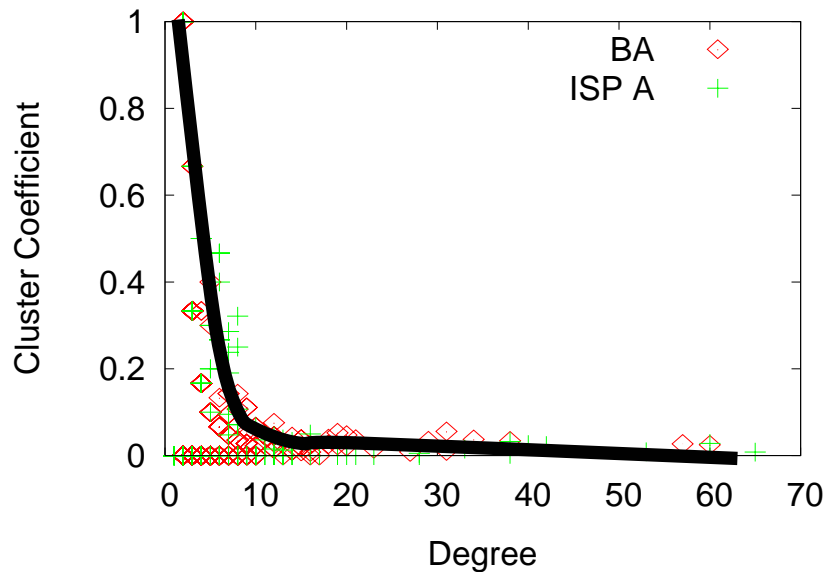
	ノード数	リンク数
AT&T	523	1304
Sprint	487	1292
BA	487	1292





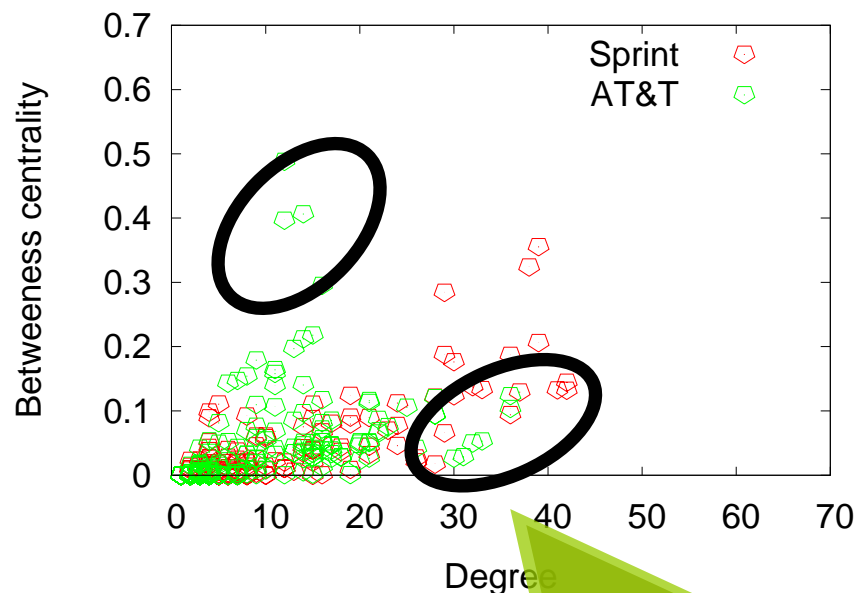
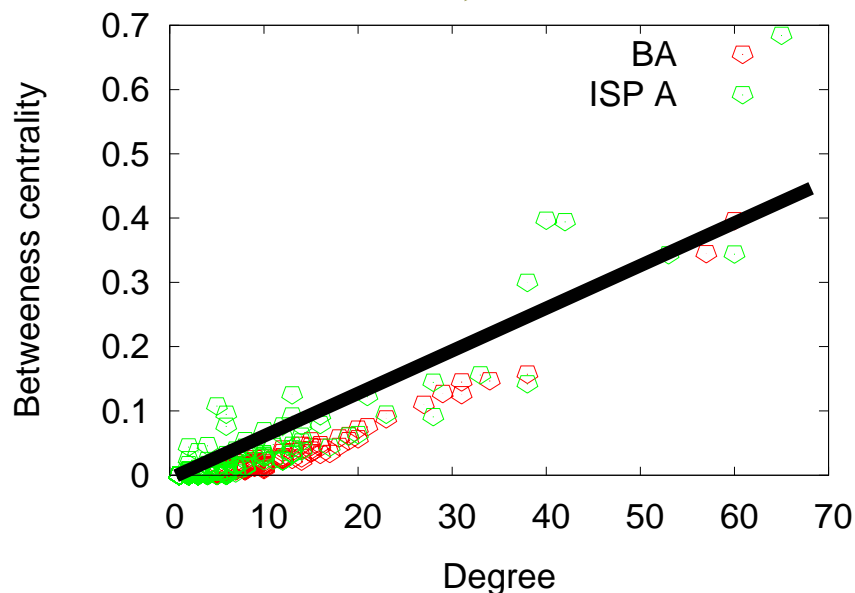
# 出線数とクラスタ係数の相関

- BA トポロジに近い傾向をもつ
  - 海外 ISP に比べて疎なネットワークを構成



# 出線数とBetweenness centralityの相関

- BA トポロジに近い傾向をもつ  
強い正の相関がみられる



相関がみられない

# 国内 ISP トポロジの構造特性

- 以下の点で BA トポロジに近い構造特性をもつ
  - 出線数とクラスタ係数の相関
  - ハブノードの位置
    - ネットワークの中心部にハブノードが位置する
      - ➡ DNS 情報よりハブノードが東京に集中していることがわかった
  - 出線数と Betweenness centrality の相関が強い
- 以下の点で BA トポロジと異なる構造特性をもつ
  - 平均ホップ数が 2.5~7.2 とばらつきがある
  - 平均ホップ数が BA トポロジより大きい
- 国内 ISP トポロジについては BA トポロジにネットワーク制御手法を適用させた結果も必要

# まとめと今後の課題

---

- 国内の ISP のトポロジ形状が明らかでない
- 国内の ISP を対象としたトポロジの計測
  - 隣接ノード数の分布がべき乗則に従う
- 国内の ISP トポロジの構造特性の評価
  - 海外 ISP とは異なる構造特性をもつ
  - BA トポロジと近い構造特性をもつ
    - 平均ホップ数という視点のみで見ると異なる構造特性を示す
- 今後の課題
  - 経路制御手法を適用させた性能評価
  - トポロジの形成には回線容量が深く関係することが示されている
  - 回線容量の計測
    - 得られた国内 ISP のトポロジマップをもとに計測
    - その結果から ISP における回線容量のモデル化手法を提案