

BAモデルで生成されたネットワーク と同じ次数列を持つネットワークの Uncorrelated性について

谷聖一研究室
香取秀柄 逸見優聡

目次

1. はじめに
 - 1.1. Uncorrelatedネットワーク上での情報伝播に関する論文の主張
 - 1.2. Uncorrelated性とは
 - 1.3. 問題提起
 - 1.4. 着想
 - 1.5. 本演習内容
2. 実験方法
 - 2.1. 次数列生成
 - 2.2. 同じ次数分布でネットワーク組み換え
 - 2.3. 特徴量抽出
 - 2.4. 伝播実験
3. 結果・考察
 - 3.1. 次数相関
 - 3.2. IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)
4. 終わりに

1. はじめに

1.1 Uncorrelatedネットワーク上での情報伝播に関する論文の主張

[TTMO]

Hiroshi Toyoizumi, Seiichi Tani, Naoto Miyoshi, Yoshio Okamoto

Reverse preferential spread in complex networks

Phys. Rev. E 86, 021103 (2012)

記憶なしの伝播速度限定モデルにおいて

Uncorrelated ネットワーク上で

次数が小さい頂点を優先して伝播すること(IC)で

効率よく情報を拡散できる

1. はじめに

1.2 Uncorrelatedとは

correlate → 相互に関係する

uncorrelate → 無相関の,局所性がない,
どこも同じような構造をしている

1. はじめに

1.2 Uncorrelatedとは

[TTMO]では,

与えられたネットワーク N がUncorrelated性を持つなら,

N の各ノードに対するある指標を計算するのに,

N の次数分布を保持したままランダムに枝をつなげ直して

得られるネットワークでの指標の期待値で近似

1. はじめに

1.3 問題提起

与えられたネットワークがUncorrelated性をもつか
を判断できない

次数分布を保持したままランダムに枝をつなげ直して
得られるネットワークで情報伝播実験を行い、
ICが効率的かどうかを確かめることはできる

1. はじめに

1.4 着想

ICが効率的なネットワークとそうでないネットワークの違いはUncorrelated性にある可能性

それぞれの特徴量を比較すれば,Uncorrelated性と関係のある特徴量が判明するのではないか

1. はじめに

1.5 本演習内容

- BAモデル, 修正版BAモデルでネットワークを生成
- 生成したネットワークと同じ次数列を持つネットワークを生成
- 計算機実験によりICが効率的かどうかで生成したネットワークを分類
- ICが効率的なグループとそうでないグループで特徴量にどのような違いがあるか調べる

2. 実験方法

2.1 次数列生成

- 頂点数10000のネットワークを次のように生成
 - **BA**モデルで,追加する枝数2,3,5,10,15本それぞれ20個ずつ合計100個のネットワークを生成
 - 修正版**BA**モデルで20個のネットワークを生成
- 生成したネットワークの次数列を取得

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

- 生成した次数列を元に,次数分布を保持して枝を繋ぎかえて異なるネットワークを~~ランダム~~に生成
- 1つの次数列に対して組み替えたネットワークを100生成

次数列数

組み替え回数

$$(\text{生成されるネットワーク数合計}) = 120 \times 100 = 120000$$

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

ランダムに枝を組み替えてネットワークを生成する方法

- 切った辺同士を一樣ランダムに繋ぐ:
20万回の組み替え実験
→ 「連結・自己ループを含まない・多重辺を含まない」
を満たしたネットワークは0
- 「連結・自己ループを含まない・多重辺を含まない」を保障して
一樣ランダムにネットワークを生成する方法は
調べた限り見つからなかった
- 与えられた次数列を持つネットワークを全列挙し
そのうちの1つを乱択する方法
→ 計算時間が膨大

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

石川雅信 中野眞一

指定した次数列を持つ順序なし木の
高速列挙(2014)

D Vol.J96-d No.11 pp2710-2715

佐藤圭介 中野眞一

指定された次数列をもつグラフの
列挙(2008)

A Vol.J91-A No.7 pp716-725

ネットワーク一つあたり $O(N^3)$
(N は頂点数)

ネットワーク一つあたり $O(N^2 \times M)$
(M は全枝数)

時間がかかりすぎる

$N=10000$ のとき
(計算量) = 1,000,000,000,000

$N=10000, M>10000$ のとき
(計算量) > 1,000,000,000,000

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

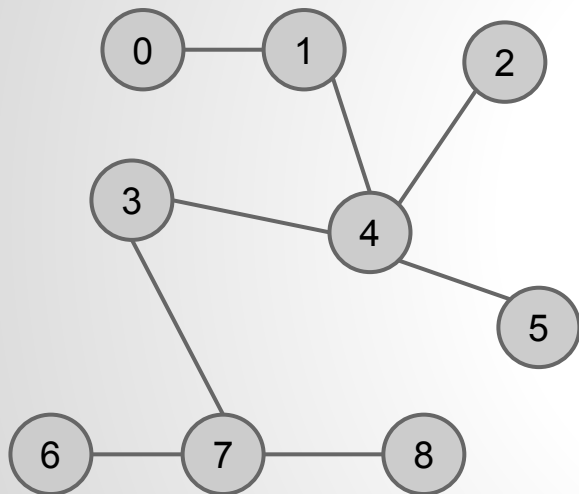
ランダムに枝を組み替えてネットワークを生成する方法

- 切った辺同士を一樣ランダムに繋ぐ:
20万回の組み替え実験
→ 「連結・自己ループを含まない・多重辺を含まない」
を満たしたネットワークは0
- 「連結・自己ループを含まない・多重辺を含まない」を保障して
一樣ランダムにネットワークを生成する方法は
調べた限り見つからなかった
- 与えられた次数列を持つネットワークを全列挙し
そのうちの1つを乱択する方法
→ 計算時間が膨大
- 独自の生成法(非均一,確率分布不明)

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

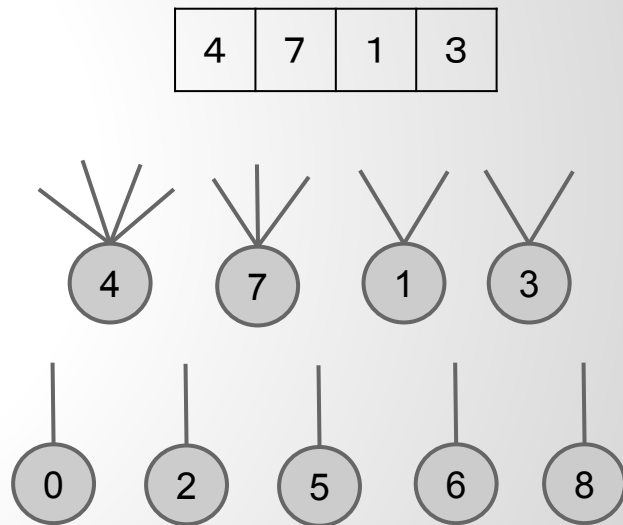
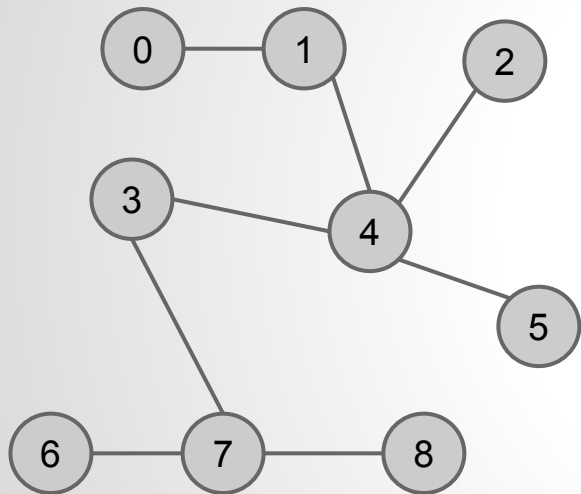
木構造のネットワーク



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

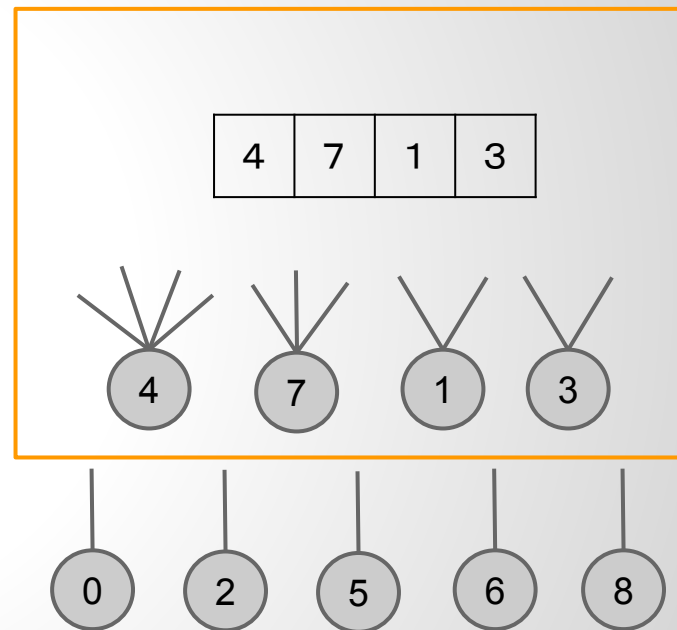
木構造のネットワーク



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

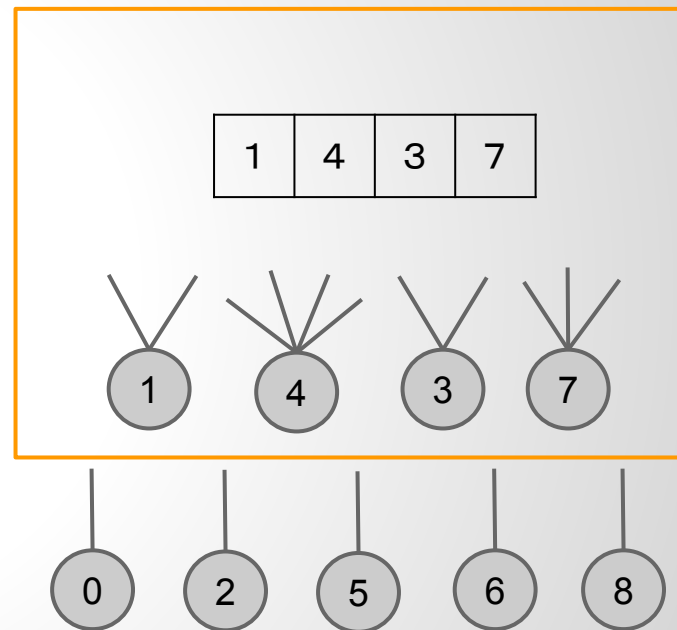
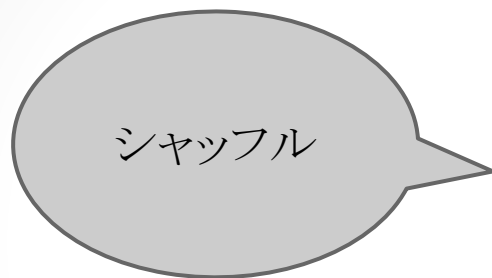
木構造のネットワーク



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



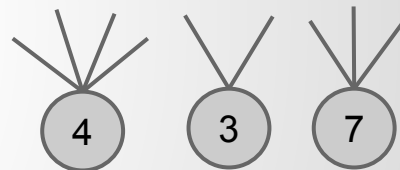
2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



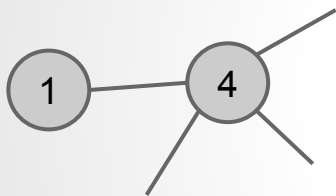
1	4	3	7
---	---	---	---



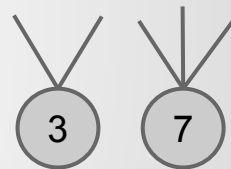
2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



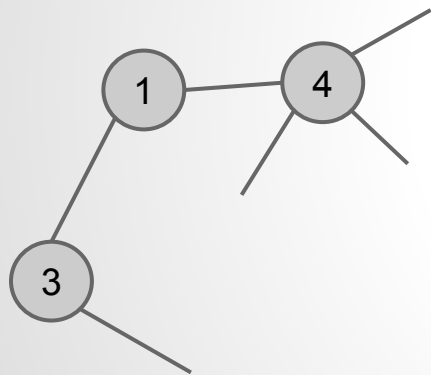
1	4	3	7
---	---	---	---



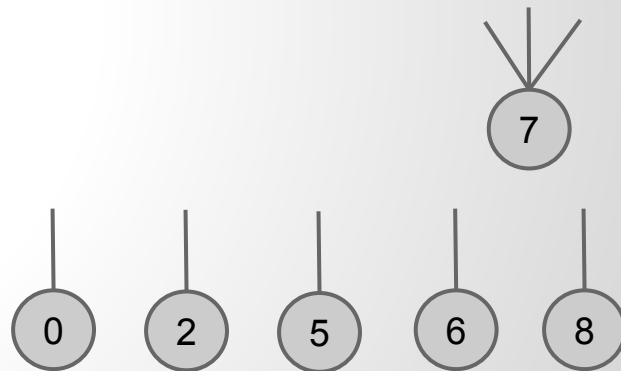
2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



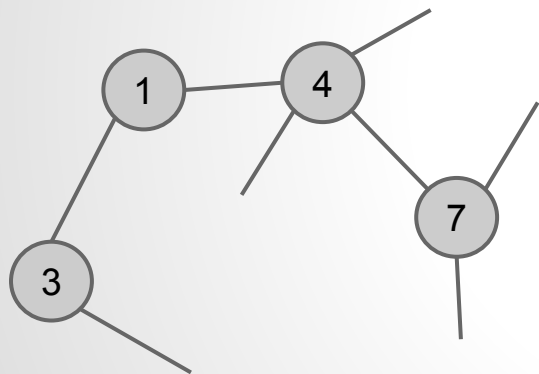
1	4	3	7
---	---	---	---



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



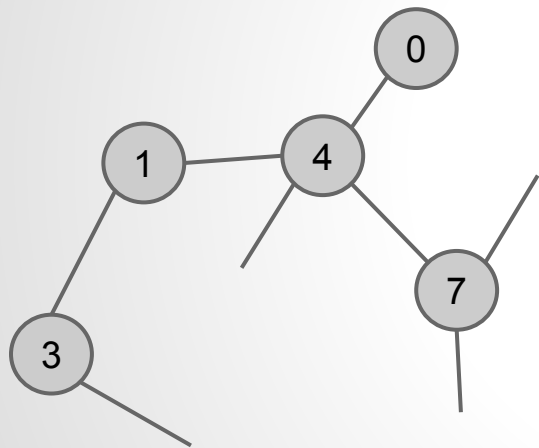
1	4	3	7
---	---	---	---



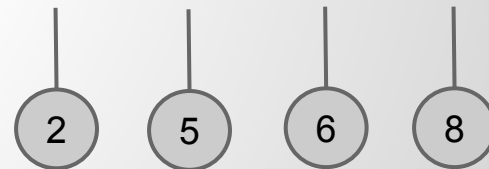
2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



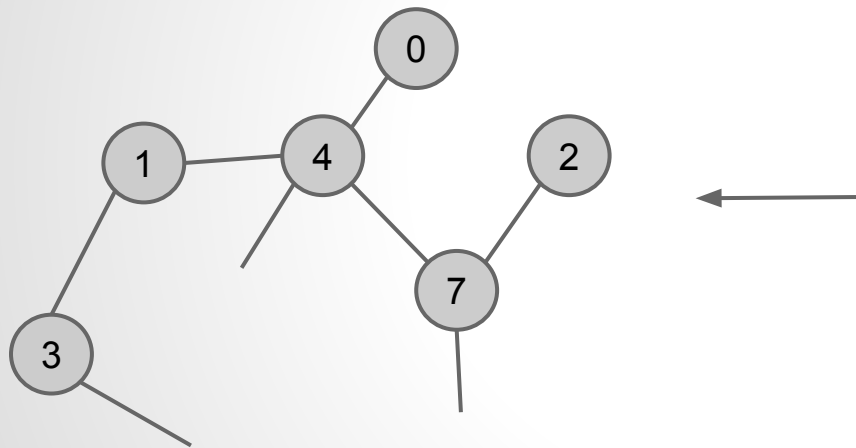
1	4	3	7
---	---	---	---



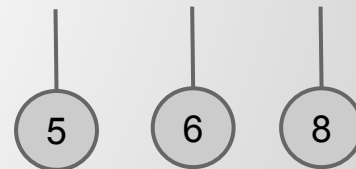
2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



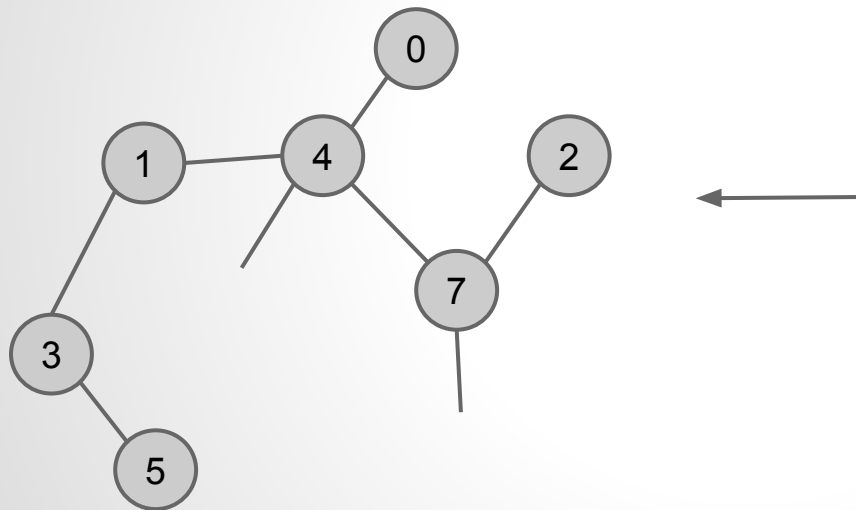
1	4	3	7
---	---	---	---



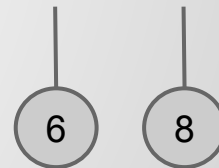
2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



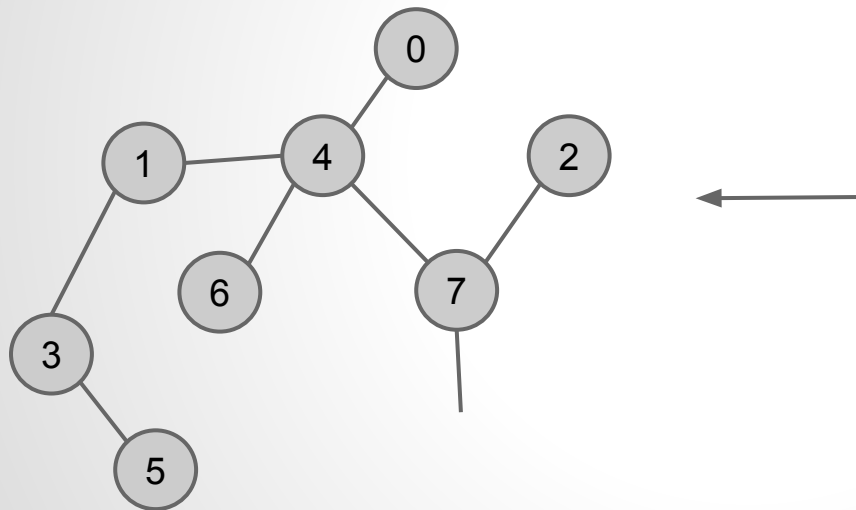
1	4	3	7
---	---	---	---



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク



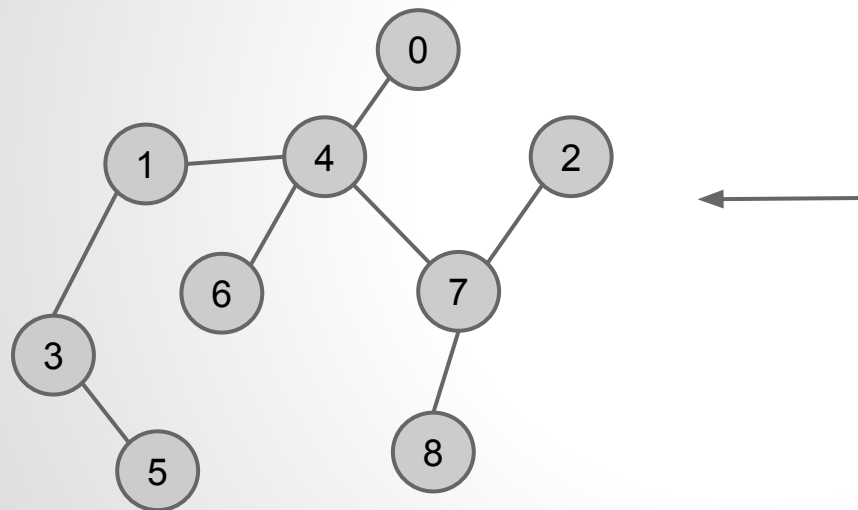
1	4	3	7
---	---	---	---



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造のネットワーク

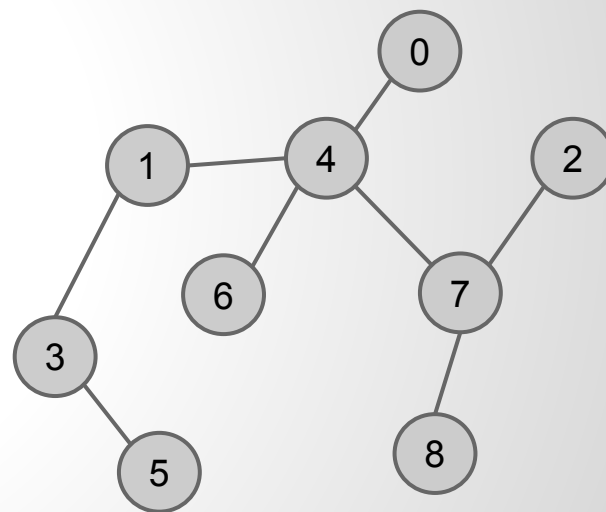
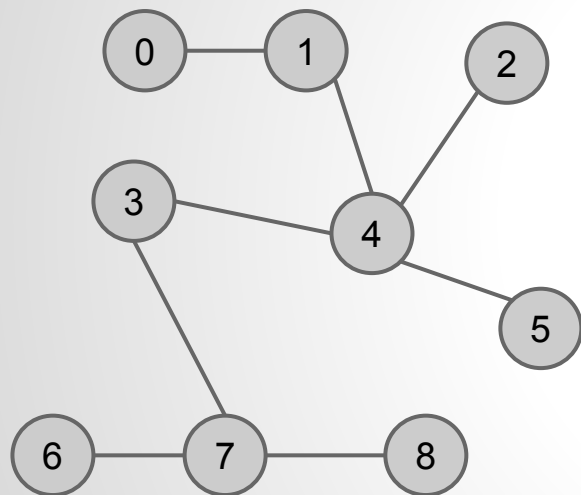


1	4	3	7
---	---	---	---

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

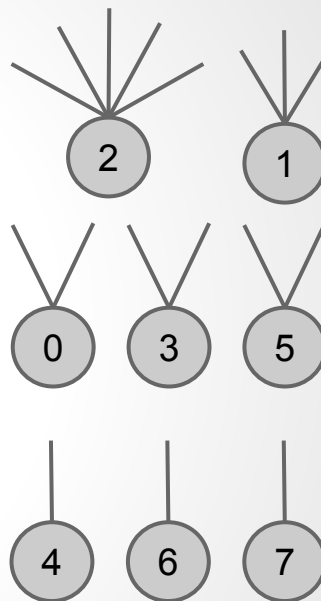
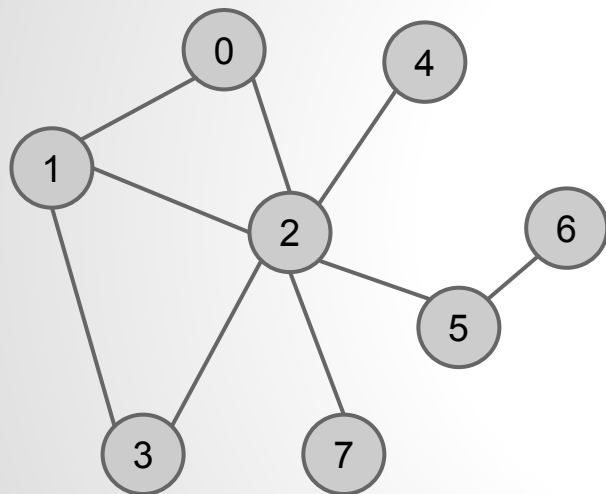
木構造のネットワーク



2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造でないネットワーク

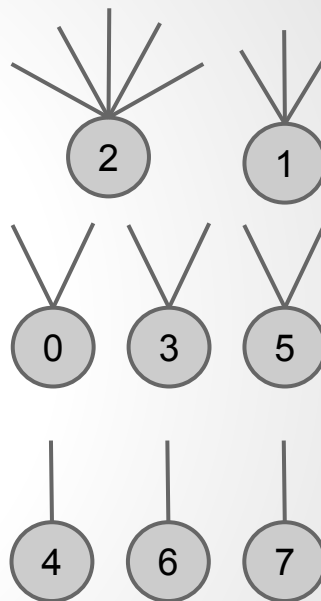
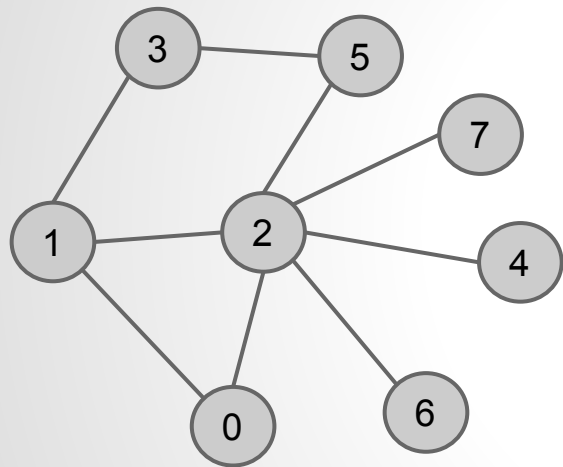


0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	4	5	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造でないネットワーク

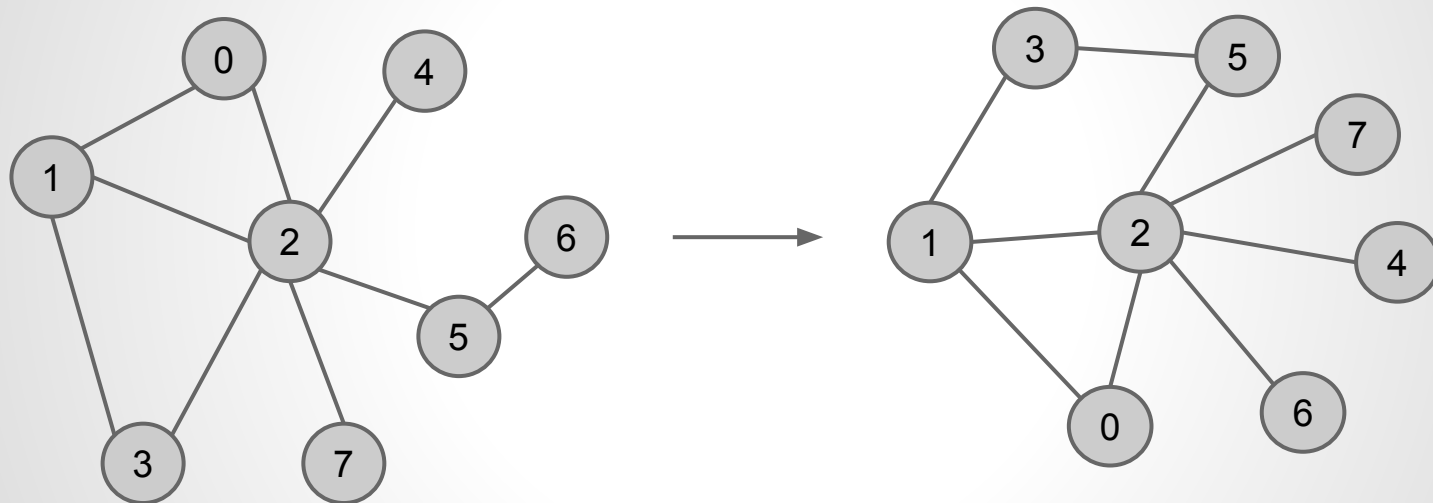


3	1	1	2	5	2	2	0	7	2	4	2	5	3	2	6	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

2. 実験方法

2.2 同じ次数分布でネットワーク組み換え

木構造でないネットワーク



2. 実験方法

2.3 特徴量抽出

- 生成したネットワークについて,次の特徴量を求める
 - 半径
 - 直径
 - 平均距離
 - 次数相関

2. 実験方法

2.4 伝播実験

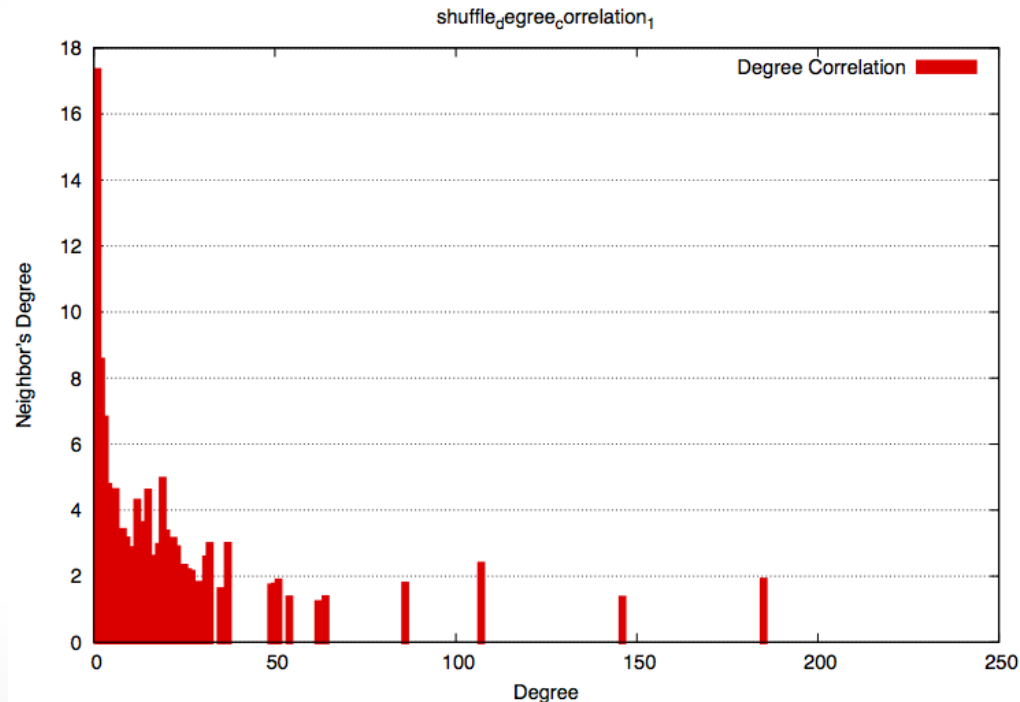
- 初めの情報源を1つランダムに選ぶ
- 伝播速度限定モデルで行う
- 情報源が伝播する先の頂点を選ぶ方法は次の3通りでそれぞれ行う
 - 一様分布に従い乱択
 - 次数の大きい頂点を優先して乱択(IC)
 - 次数の小さい頂点を優先して乱択(NC)
- 100回伝播実験してICが最も速く伝播した割合を求める

3. 結果・考察

3.1 次数相関

木構造

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が大きい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が小さい



3. 結果・考察

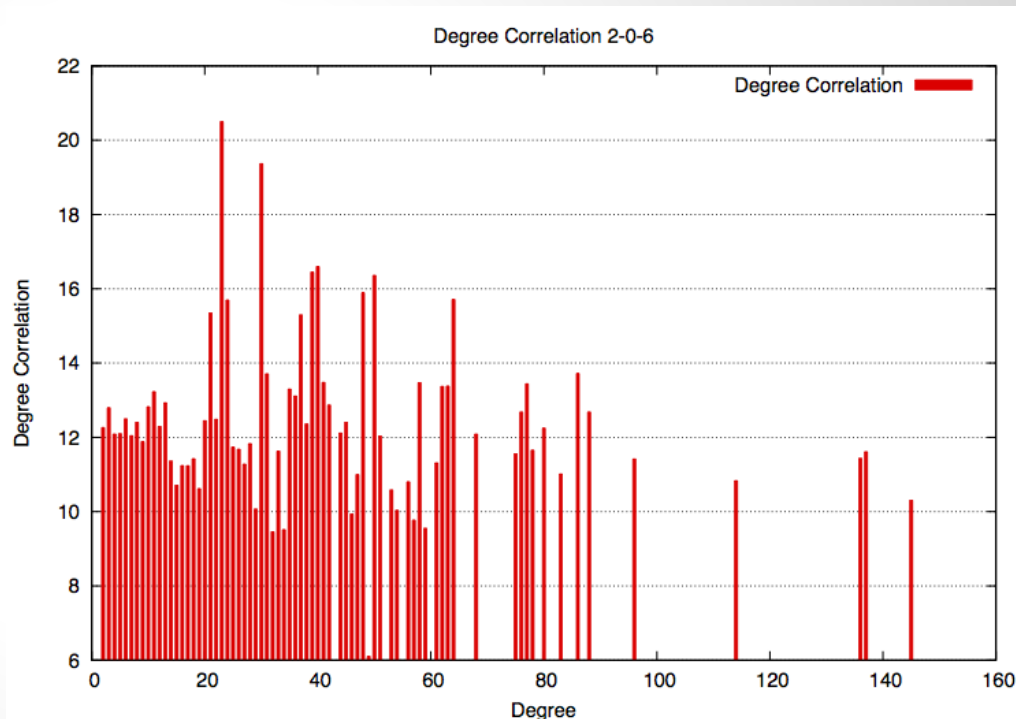
3.1 次数相関

木構造

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が大きい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が小さい

木構造でないネットワーク

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が小さい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が大きい
(ハブ同士が隣接)



3. 結果・考察

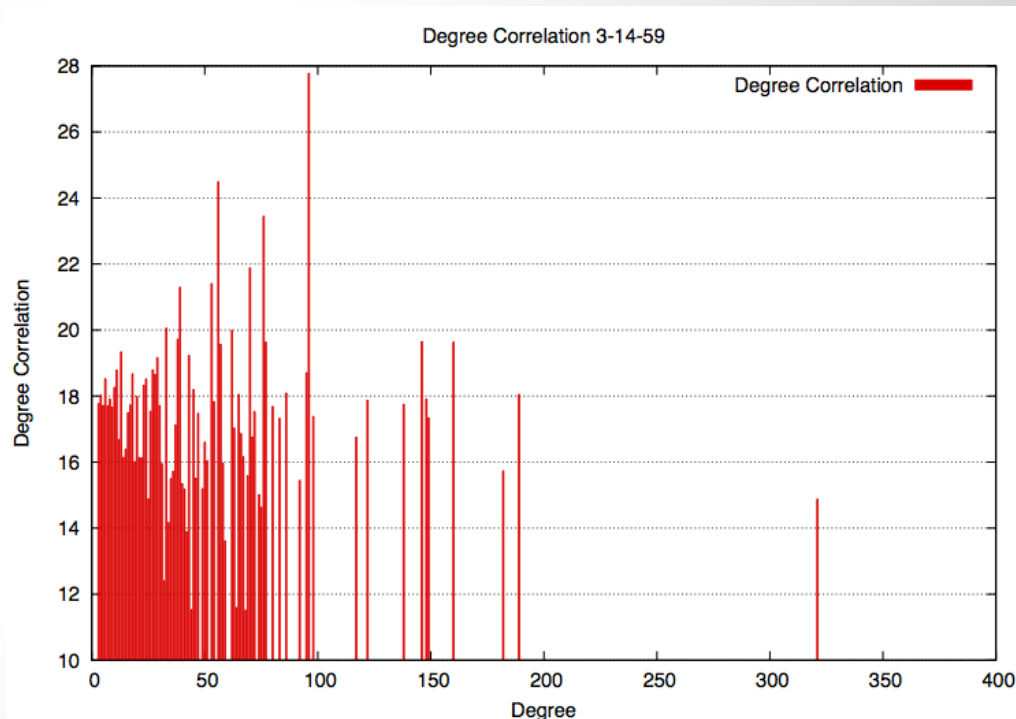
3.1 次数相関

木構造

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が大きい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が小さい

木構造でないネットワーク

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が小さい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が大きい
(ハブ同士が隣接)



3. 結果・考察

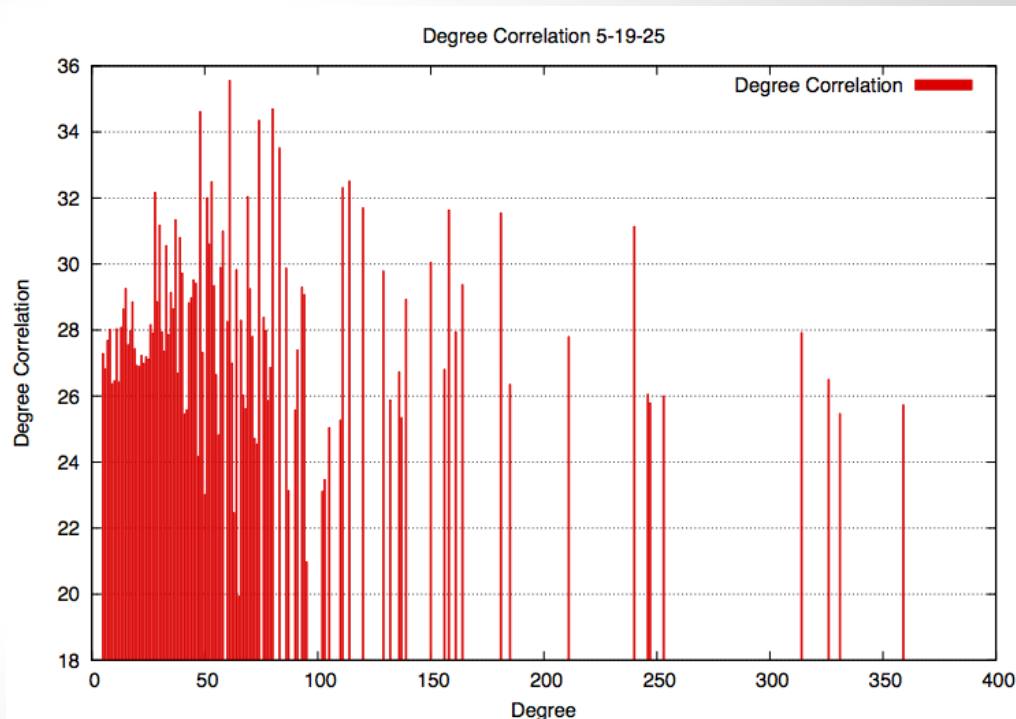
3.1 次数相関

木構造

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が大きい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が小さい

木構造でないネットワーク

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が小さい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が大きい
(ハブ同士が隣接)



3. 結果・考察

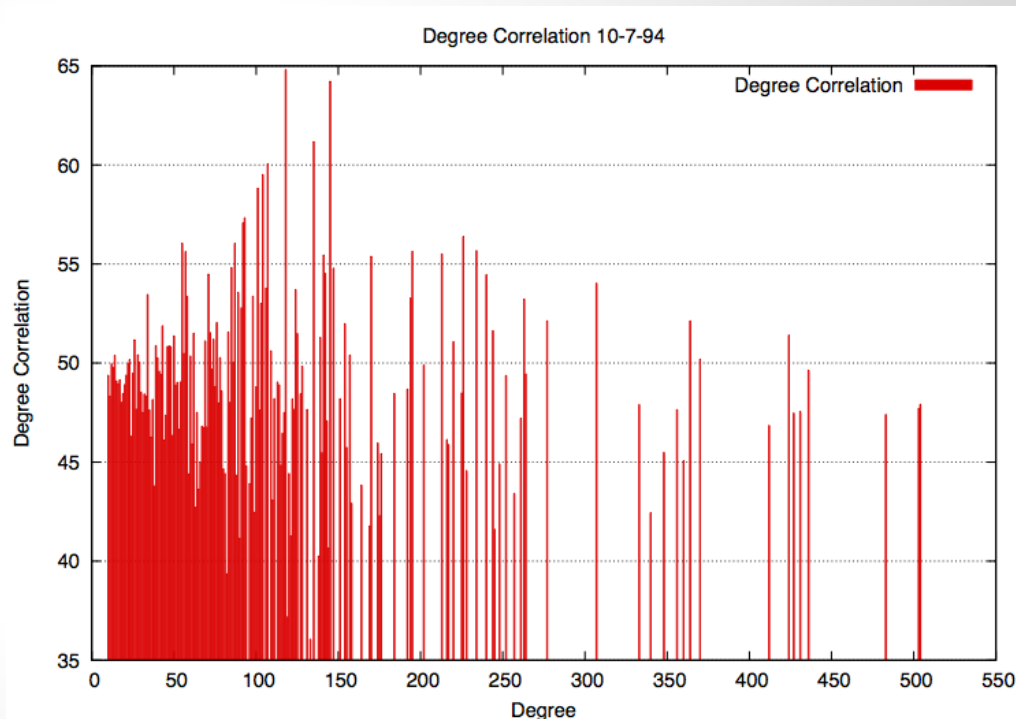
3.1 次数相関

木構造

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が大きい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が小さい

木構造でないネットワーク

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が小さい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が大きい
(ハブ同士が隣接)



3. 結果・考察

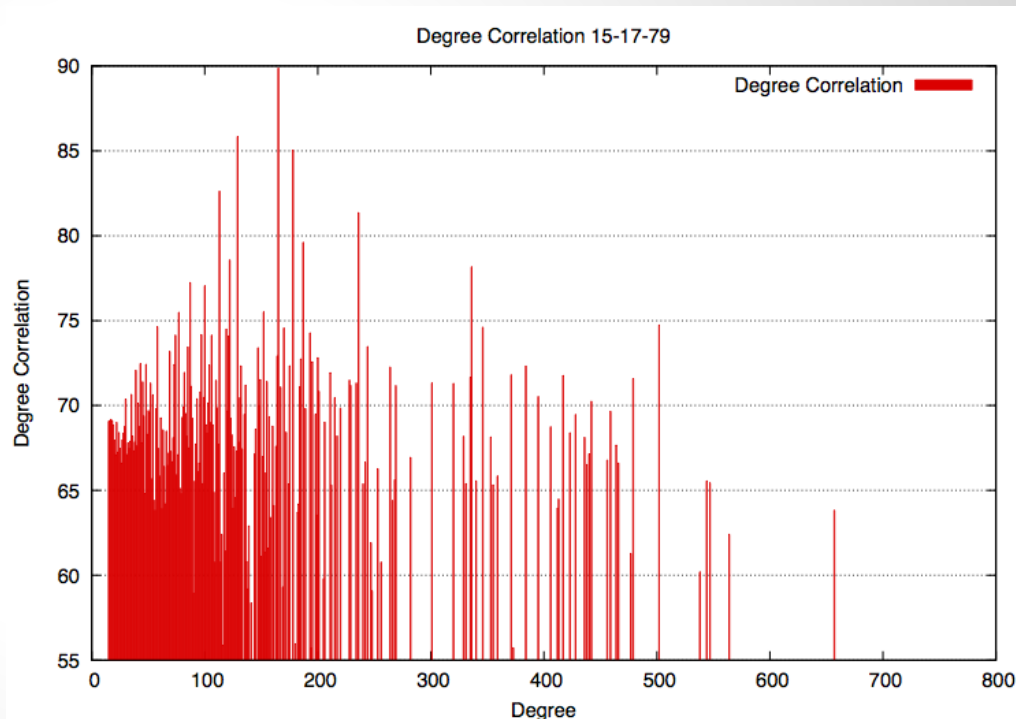
3.1 次数相関

木構造

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が大きい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が小さい

木構造でないネットワーク

- 次数の小さな頂点の隣接頂点の次数が小さい
- 次数の大きな頂点の隣接頂点の次数が大きい
(ハブ同士が隣接)



3. 結果・考察

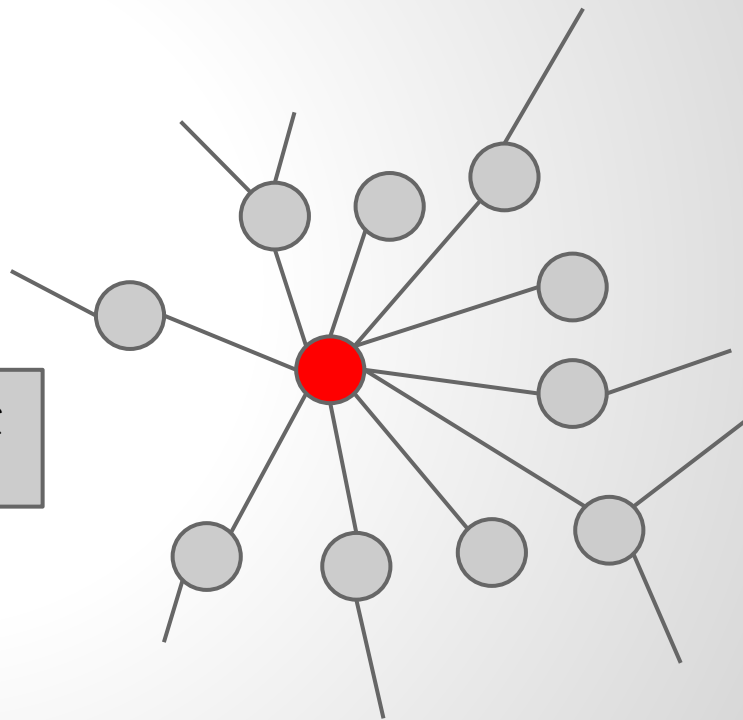
3.1 次数相関

ハブは隣接頂点が多いため
隣接頂点の1つからターゲットとして選択
される確率が低くても、
隣接頂点の少なくとも1つから
ターゲットとして選択される確率が
低くなるとは限らない



ICが効率的ではないか

隣接頂点が情報源と
なっていれば



3. 結果・考察

3.1 次数相関

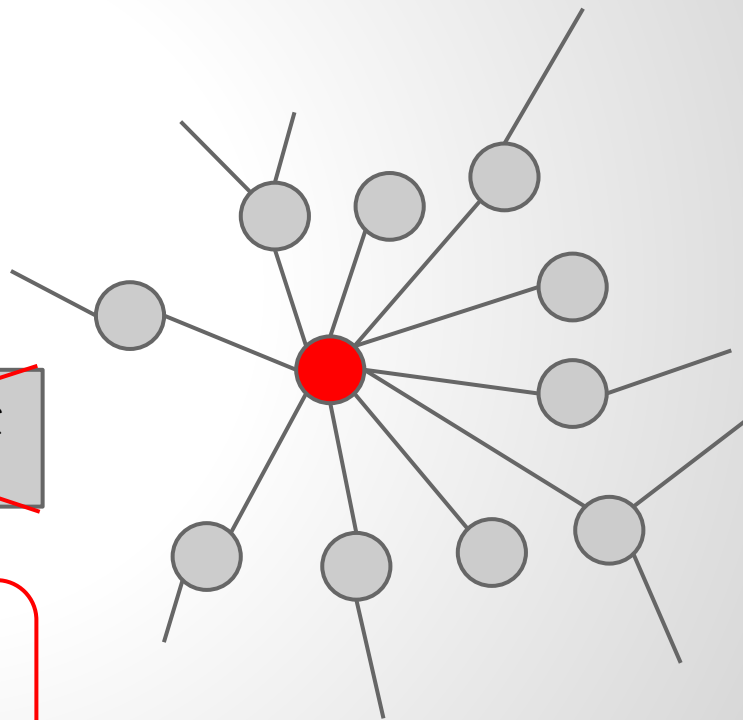
ハブは隣接頂点が多いため
隣接頂点の1つからターゲットとして選択
される確率が低くても、
隣接頂点の少なくとも1つから
ターゲットとして選択される確率が
低くなるとは限らない



ICが効率的ではないか

~~隣接頂点が情報源と
なっていれば~~

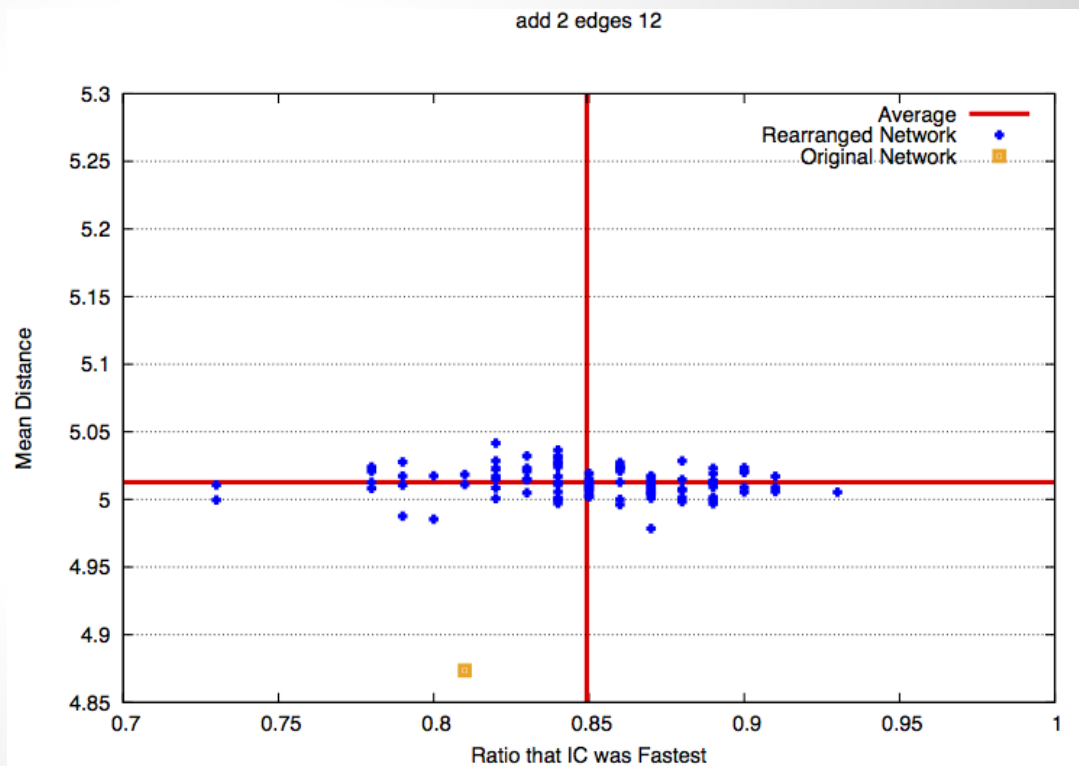
木構造では初期情報源が1つの場合は
情報を持たない頂点を複数の隣接情報源が
ターゲットとして選択することはない



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

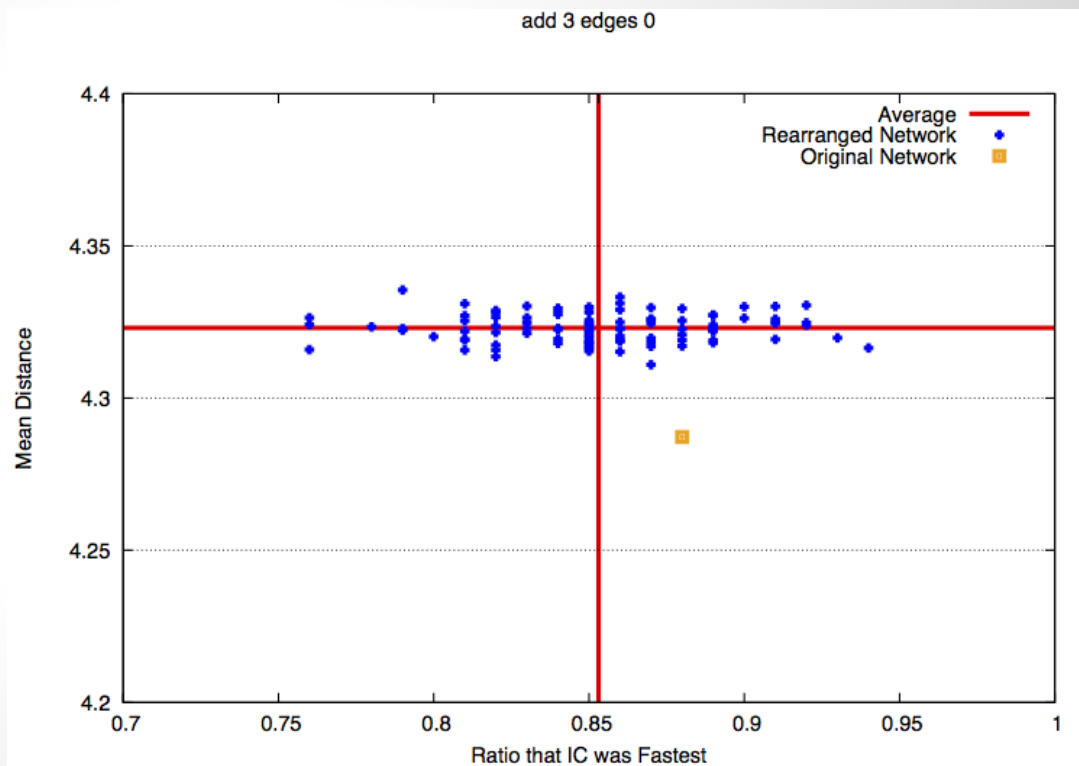
- IC伝播効率は悪くても
0.7以上
- 平均距離はほぼ変わらない



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

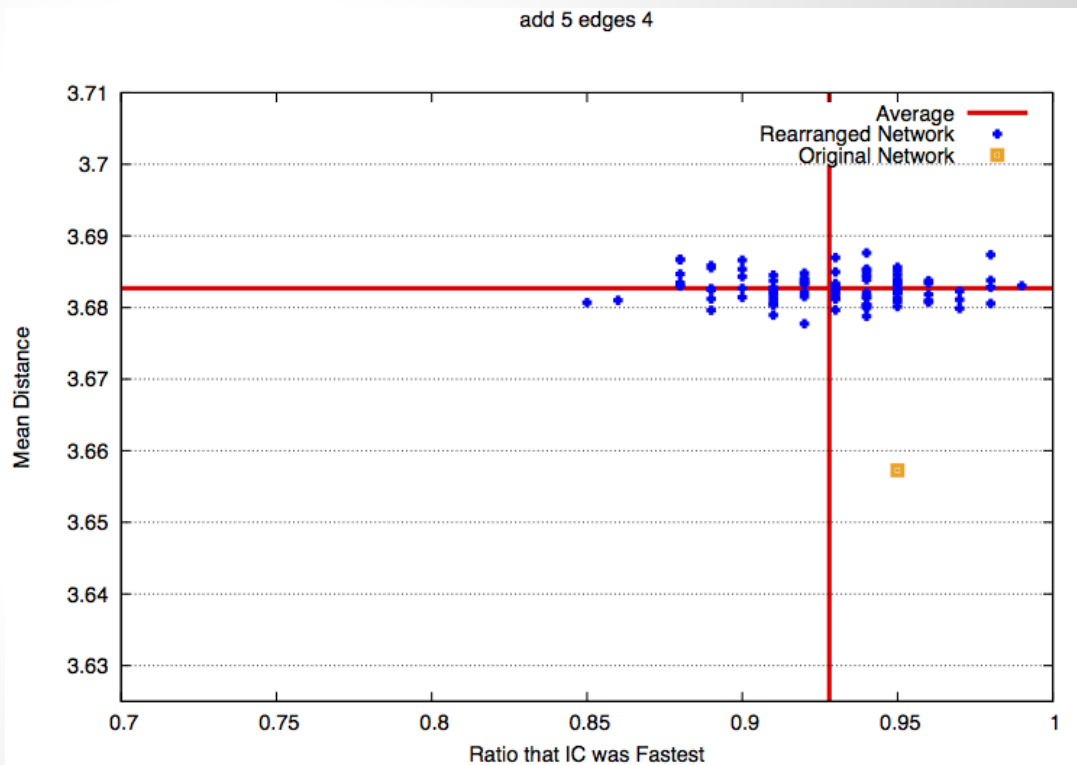
- IC伝播効率は悪くても
0.7以上
- 平均距離はほぼ変わらない



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

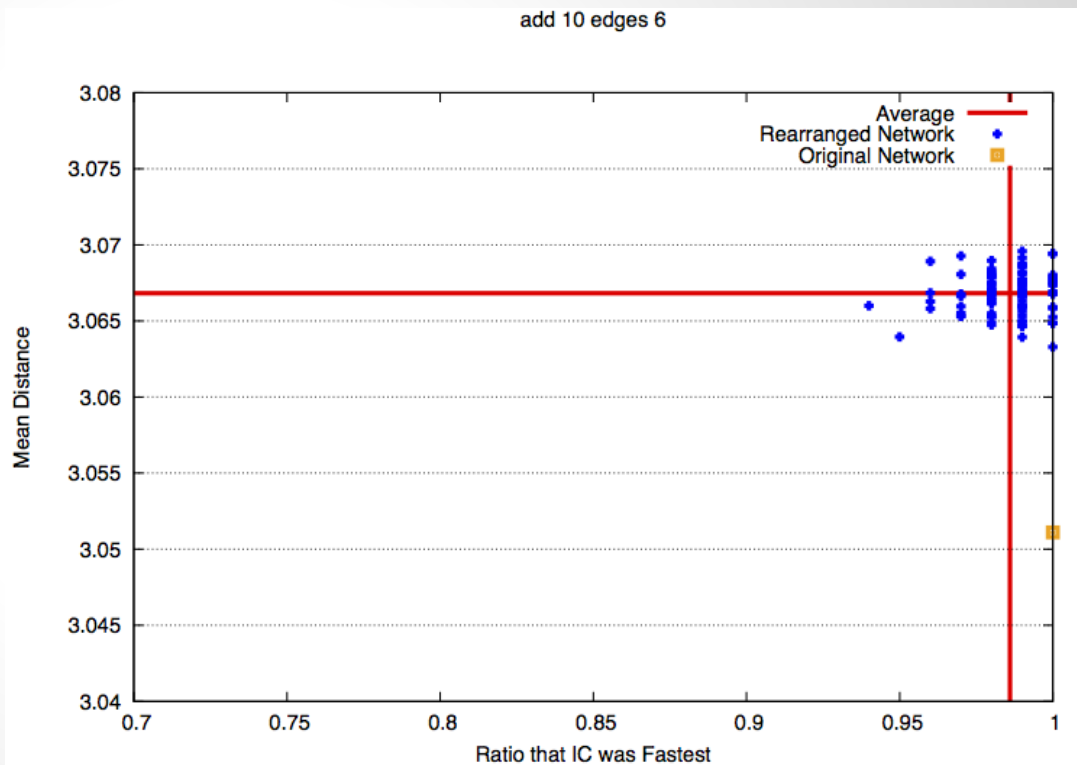
- IC伝播効率は悪くても0.7以上
- 平均距離はほぼ変わらない
- 枝が多いほどICの伝播効率が良い



3. 結果・考察

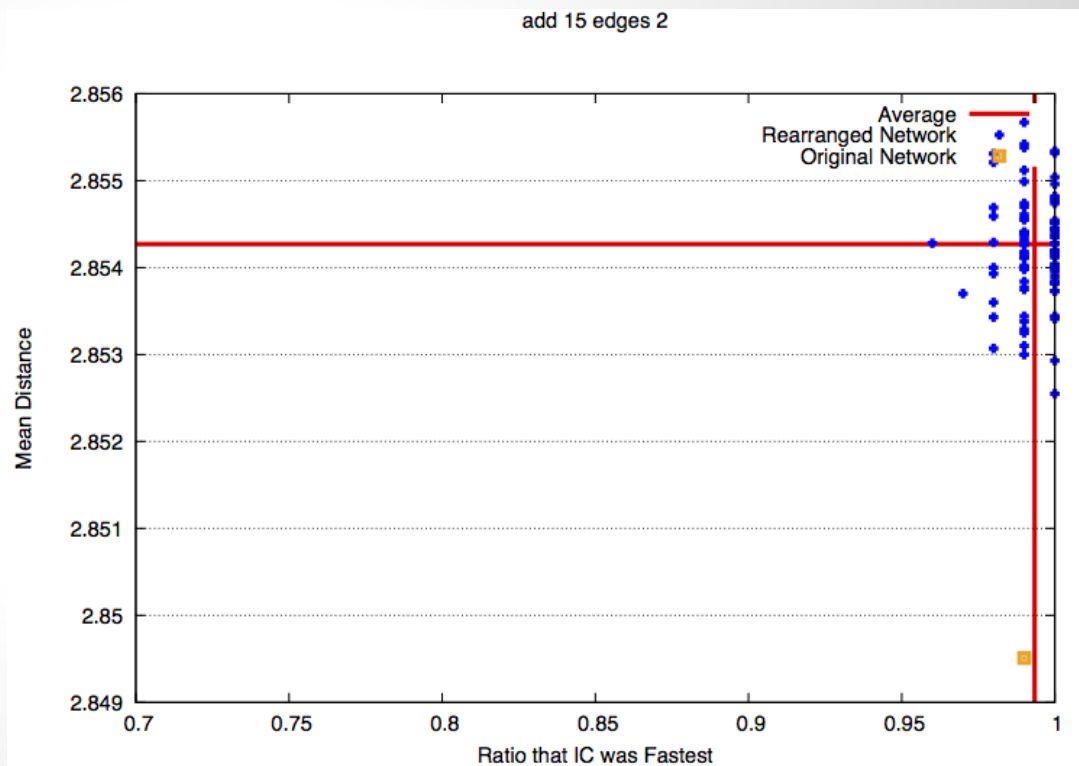
3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

- IC伝播効率は悪くても
0.7以上
- 平均距離はほぼ変わらない
- 枝が多いほどICの伝播効率が良い
- 元ネットワークの平均距離
は組み換え後の平均距離
よりも小さくなりやすい



3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

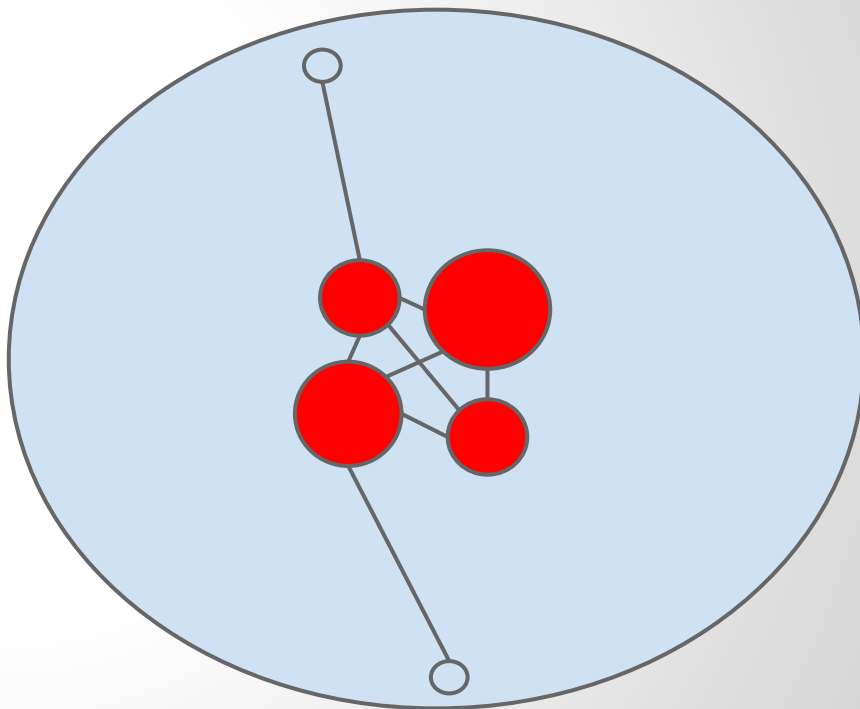
- IC伝播効率が悪くても
0.7以上
- 平均距離はほぼ変わらない
- 枝が多いほどICの伝播効率
が良い
- 元ネットワークの平均距離
は組み換え後の平均距離
よりも小さくなりやすい



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

BAモデルで生成したネットワークではハブが中心付近に集中



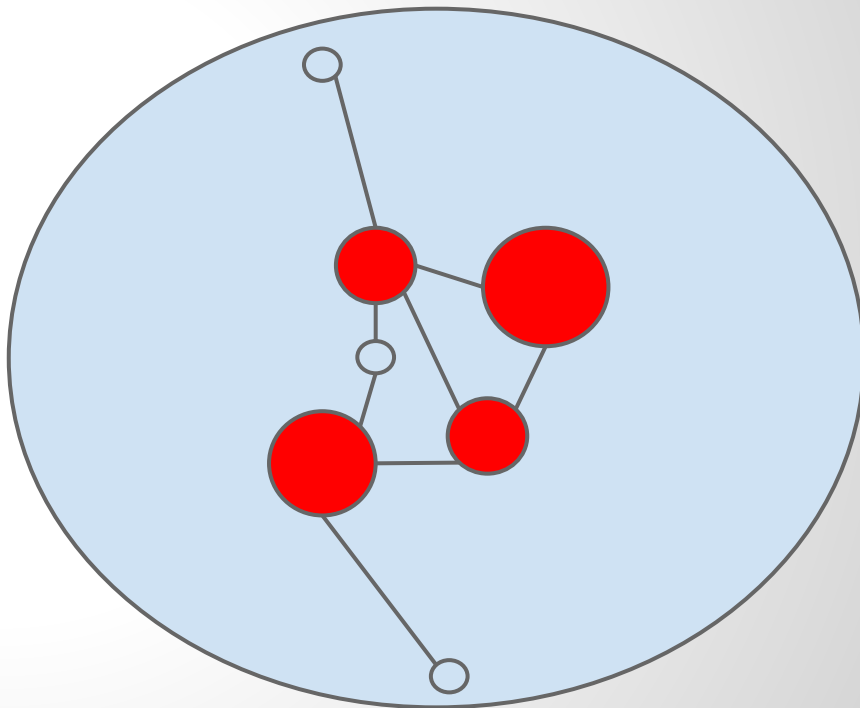
3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

BAモデルで生成したネットワークではハブが中心付近に集中



枝組み替え後のネットワークでは
組み替え前で隣接していたハブ同士の間を
次数の小さな頂点が繋いでいる可能性



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

媒介中心性

頂点 v_i の媒介中心性 b_i は, v_i がネットワーク上の経路を橋渡ししたり制御したりする度合いであり,次で定義される

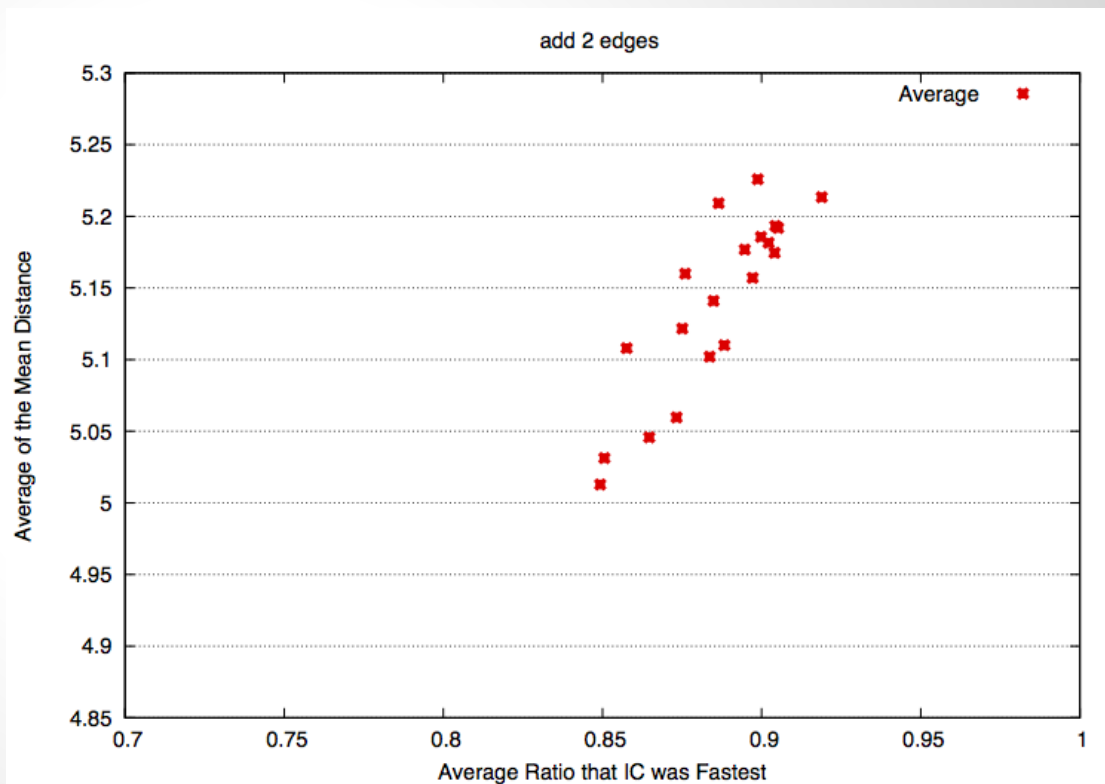
$$b_i \equiv \frac{\sum_{i_s=1; i_s \neq i}^N \sum_{i_t=1; i_t \neq i}^{i_s-1} \frac{g_i^{(i_s i_t)}}{P_{i_s i_t}}}{(N-1)(N-2)/2}$$

$g_i^{i_s i_t}$ は視点 v_{i_s} から終点 v_{i_t} へ行く最短路の中で, v_i を通るものの数
 $P_{i_s i_t}$ は, v_{i_s} から v_{i_t} へ行く最短路の総数

3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

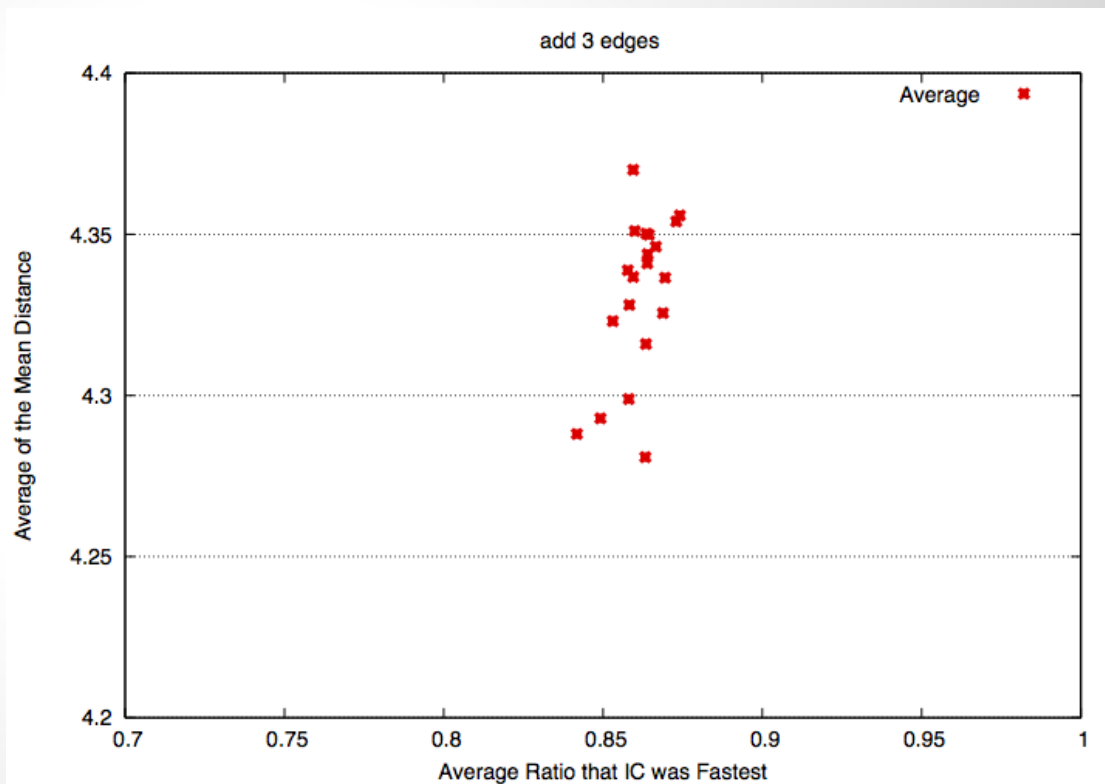
- 平均距離が大きい
ネットワークほど
ICの伝播効率が高い
- 枝が増えると傾きは
ほぼ垂直



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

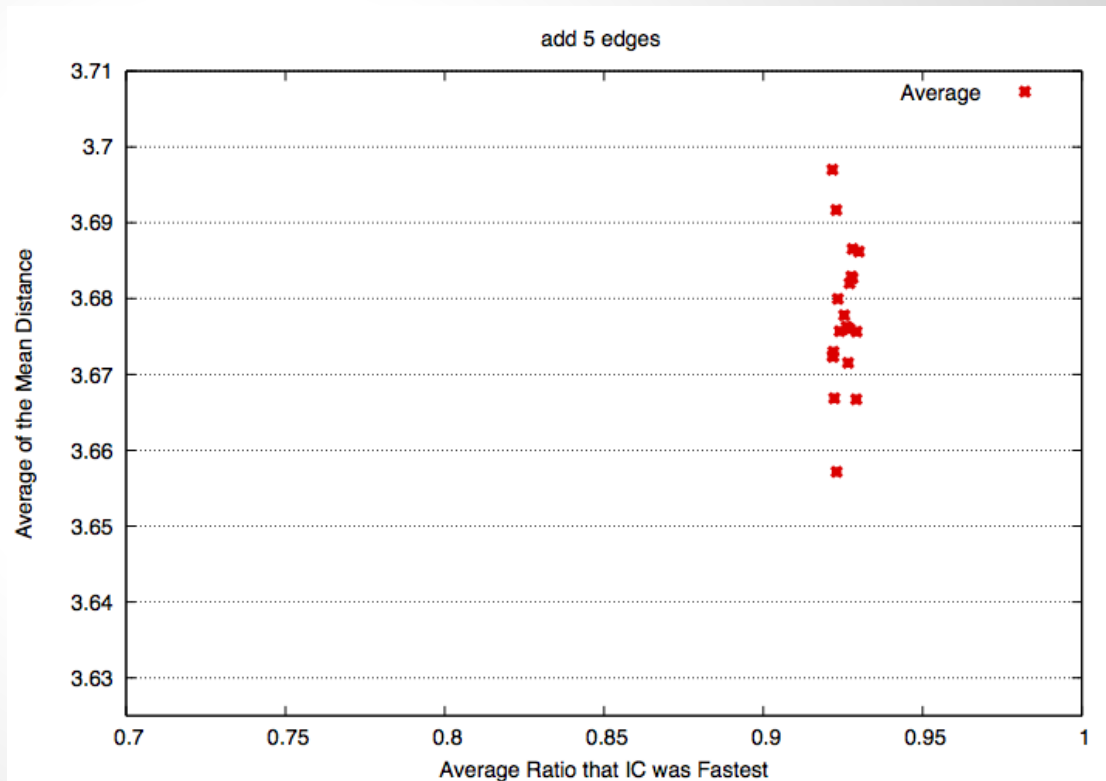
- 平均距離が大きい
ネットワークほど
ICの伝播効率が高い
- 枝が増えると傾きは
ほぼ垂直



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

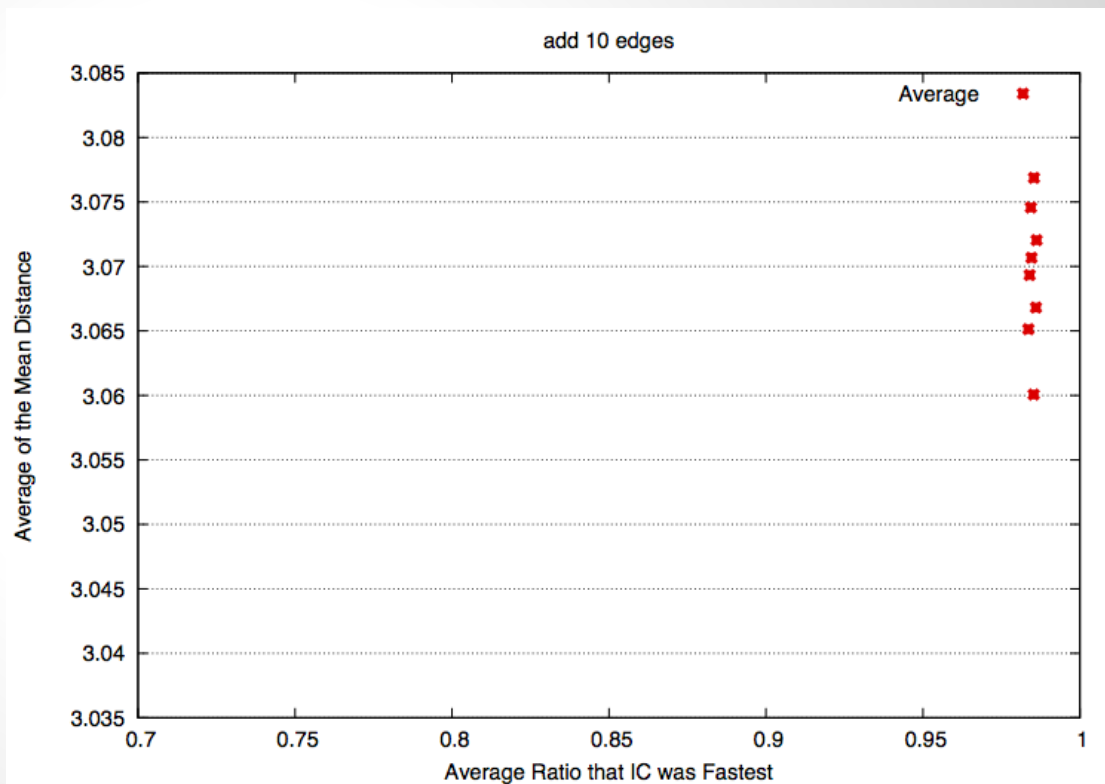
- 平均距離が大きい
ネットワークほど
ICの伝播効率が高い
- 枝が増えると傾きは
ほぼ垂直



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

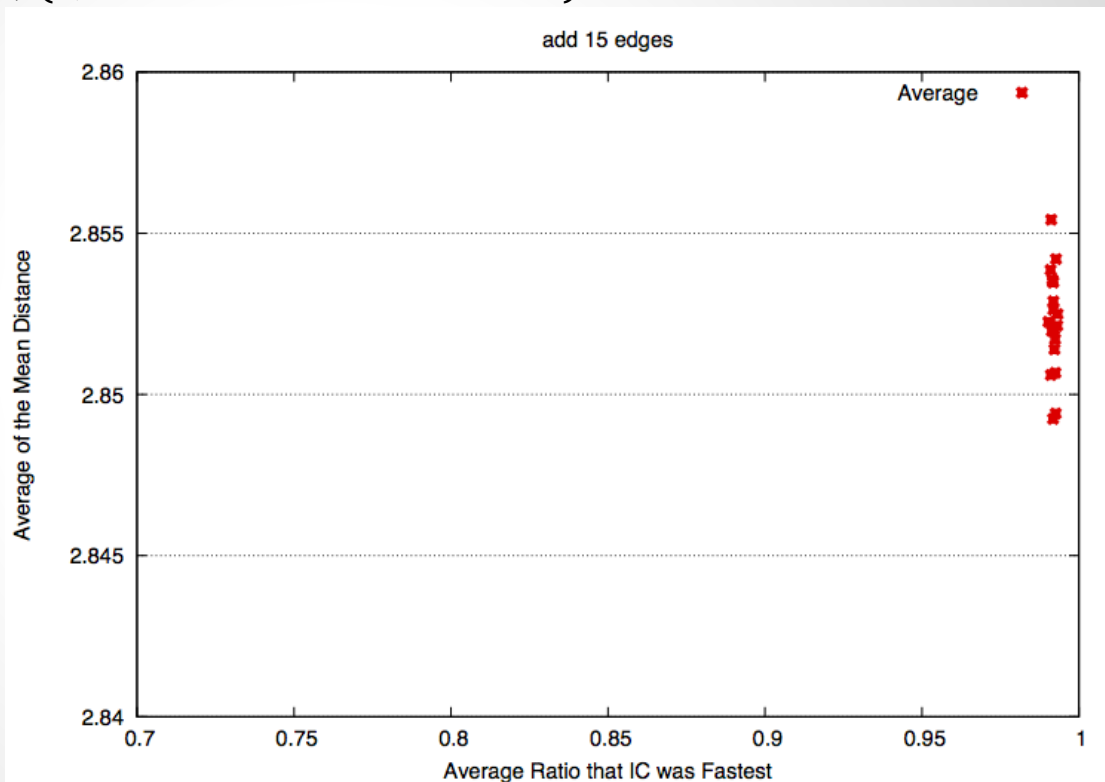
- 平均距離が大きい
ネットワークほど
ICの伝播効率が高い
- 枝が増えると傾きは
ほぼ垂直



3. 結果・考察

3.2 IC伝搬効率と平均距離(木構造でないネットワーク)

- 平均距離が大きい
ネットワークほど
ICの伝播効率が高い
- 枝が増えると傾きは
ほぼ垂直



4. 終わりに

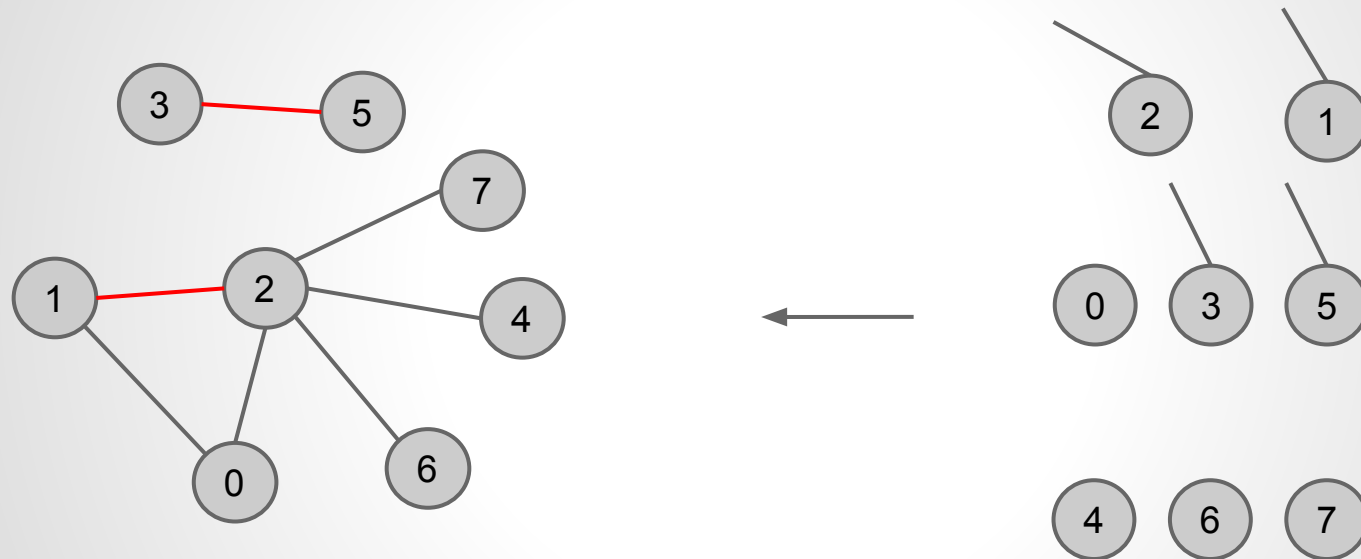
BAモデルで追加する枝数2本で生成したネットワークのみ,平均距離が大きいネットワークほどICの伝播効率が低い

枝が増えるとICの伝播効率が高くなるという結果に則さないのか

4. 終わりに

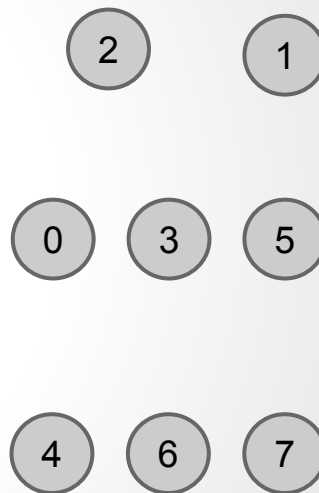
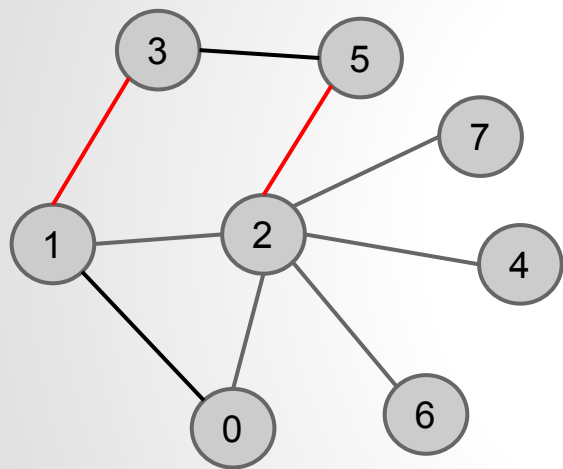
- 追加する枝数を固定しない**BA**モデルによって生成したネットワークや**BA**モデル以外で生成したネットワークについても調べる
- 他の特徴量についても調べる

同じ次数分布でネットワーク組み換え



0	1	1	2	5	3	2	0	7	2	4	2	6	2	1	2	3	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

同じ次数分布でネットワーク組み換え



1	3	2	5
---	---	---	---

1. はじめに

1.2 Uncorrelatedとは

[TTMO]では,

与えられたネットワーク N がUncorrelated性を持つなら,

N の各ノードに対するある指標を計算するのに,

N の次数分布を保持したままランダムに枝をつなげ直して

得られるネットワークでの指標の期待値で近似

Uncorrelatedであるネットワーク

頂点 a が隣接頂点 $a_1, a_2, \dots, a_{k_a}$ からターゲットを選択するとき

w_i : 頂点 i に与えられた重み

隣接頂点 b の選ばれる確率は $q(b; a) = w_b / \sum_{i=1}^n w_{a_i}$

これを次式 $q(b; a)$ で近似

$$q_b = \frac{k_b w_b}{\sum_{j=1}^n k_j w_j}$$