

Scale Free Network 上における 伝播速度限定モデルの情報拡散シミュレーション

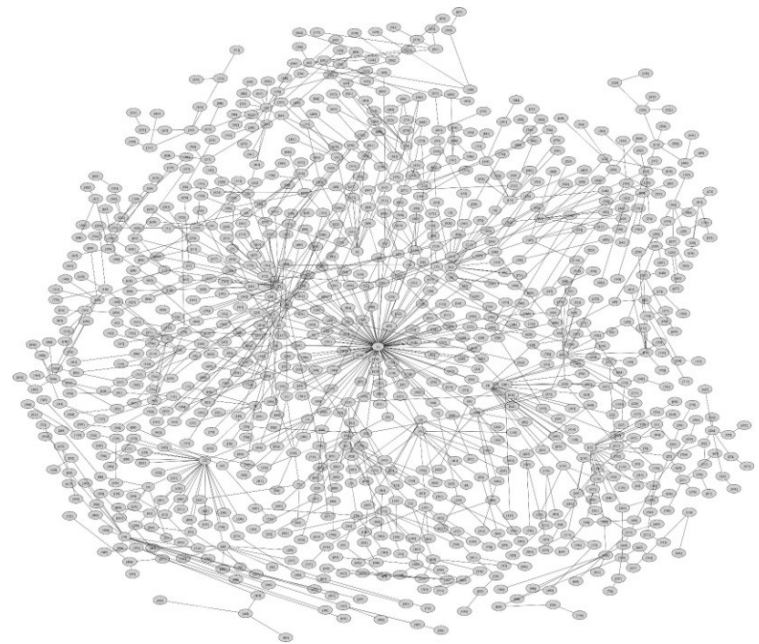
日本大学文理学部
情報システム解析学科
谷聖一研究室

古池 琢也

Scale Free Network 上における 伝播速度限定モデルの 情報拡散シミュレーション

目次

- 1 章 はじめに
- 2 章 グラフ理論の概要
- 3 章 Scale Free Network
- 4 章 修正版BAモデル
- 5 章 伝播規則
- 6 章 実験方法
- 7 章 実験結果
- 8 章 考察
- 9 章 課題



第1章 はじめに

ネットワークの研究

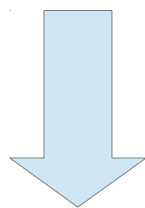
広範囲の分野において行われており，現実世界の様々な問題を説明する新たな枠組みとして注目

効率良くネットワーク上に情報を広めることは重要な課題であり，モデル化することで，数理的解析が可能となる

- ・ 病気の流行，噂..etc

第1章 はじめに

ネットワークの情報伝播において
情報がネットワーク全体に
行き渡るまでの時間は
情報を伝える頂点を選択する方法に依存



どのように情報を伝える頂点を選べば
効率よく情報を伝播できるか

第1章 はじめに

2012年

Phys. Rev. E 86, 021103 (2012)

Hiroshi Toyoizumi, Seiichi Tani, Naoto Miyoshi,
Yoshio Okamoto

Reverse preferential spread
in complex networks

ある仮定をもとに，数学的に厳密に解析し証明

伝播速度限定モデルでは，次数が小さい頂点に優先的に伝播



無駄な伝播が少なく，効率よく発散

第1章 はじめに

2011年度卒業生

伝播速度限定モデルを用いて

情報伝播シミュレーション

次数が小さい頂点を優先的に伝播する方法が最も効率のよい方法だという結果が得られなかった

- 生成したネットワークのスケールフリー性
- シミュレーションアルゴリズムの妥当性
- 仮定の妥当性

などの原因が挙げられる

第1章 はじめに

2011年度卒業生

伝播速度限定モデルを用いて

情報伝播シミュレーション

次数が小さい頂点を優先的に伝播する方法が最も効率のよい方法だという結果が得られなかった

- 生成したネットワークのスケールフリー性
- シミュレーションアルゴリズムの妥当性
- 仮定の妥当性

などの原因が挙げられる

第1章 はじめに

本演習

情報を伝播するシミュレーションを行うプログラムを作成

→ 伝播時間を測定

実験で用いたネットワークは共有スケールフリー性が有するのが判定されたネットワークを使用

第2章 グラフ理論の概要

グラフ理論の用語

頂点、ノード：ネットワークにある点

枝：頂点を結ぶ線分

1本の枝は2つの頂点をつなぐ
枝で直接結ばれる2頂点は**隣接している**という

次数：頂点から出ている枝の個数

1つのネットワークは、
いくつかの**頂点**といくつかの**枝**から成る

第3章 Scale Free Network

今演習では、Scale Free Network を用いる

Scale Free Network

ネットワーク上の次数分布 **べき則**

べき則とは、

$$P(k) \propto k^{-\gamma}, (\gamma > 0)$$

(\propto は比例を表し, γ はべき指数と呼ぶ)

第3章 Scale Free Network

Scale Free Network

一部の頂点が他のたくさんの頂点と枝で繋がっており，大きな次数を持っている一方で，大多数の頂点はごくわずかな頂点としか繋がっておらず，次数は小さいという性質をもつネットワーク

第4章 修正版BAモデル

1999年 Barabasi, Albert が提案した
スケールフリー性が実現されるネットワーク
モデル BAモデル

成長：

時間とともに頂点と枝が増えること

優先的選択：

新しく加わった頂点と結びつく頂点は，その
時点で次数が高い頂点が選ばれやすい

第4章 修正版BAモデル

グラフ生成

1. 枝を保有しない既存のノードが **1つ存在する**
2. 既存のグラフに対して，頂点を **1つ追加する**
3. 既存の頂点を1つ選択し，追加頂点から枝をはる
頂点を選択される確率は頂点の次数に比例
4. 以後，2と3を繰り返す

第5章 伝播規則

ソースノード：

情報を保持し，情報を発信する頂点

ターゲットノード：

ソースノードが情報を渡す際に，伝播方法によって選ばれた頂点

第5章 伝播規則

 初期状態 

- ネットワークの頂点はすべて情報を持っていない
- ソースノードには隣接頂点の次数だけわかっていて、隣接頂点がすでに情報を受け取っているかの知識はもっていないとする

第 5 章 伝播規則

★ 伝播規則 ★

- 各ソースノードは，1 単位時間に隣接頂点の 1 つをターゲットノードとして選択し，情報を伝播
- 各ソースノードが，ターゲットノードを選択する際，ターゲットノードを重複して選ばれる場合がある

第5章 伝播規則

◆ 伝播規則 ◆

- 情報を受け取った頂点は，新たにソースノードとなり，隣接頂点の中からターゲットノードを選択する
- 一度ソースノードとなった頂点は，隣接頂点に情報を発し続ける

第5章 伝播規則

ターゲットノードの選び方

- 等確率で選択する方法
 - 頂点の次数に比例した選び方
(次数が高い頂点を優先的に選択する方法)
 - 頂点の次数の逆数に比例した選び方
(次数が低い頂点を優先的に選択する方法)
- の3つの伝播方法を用いる

第5章 伝播規則

等確率でターゲットノードを決める

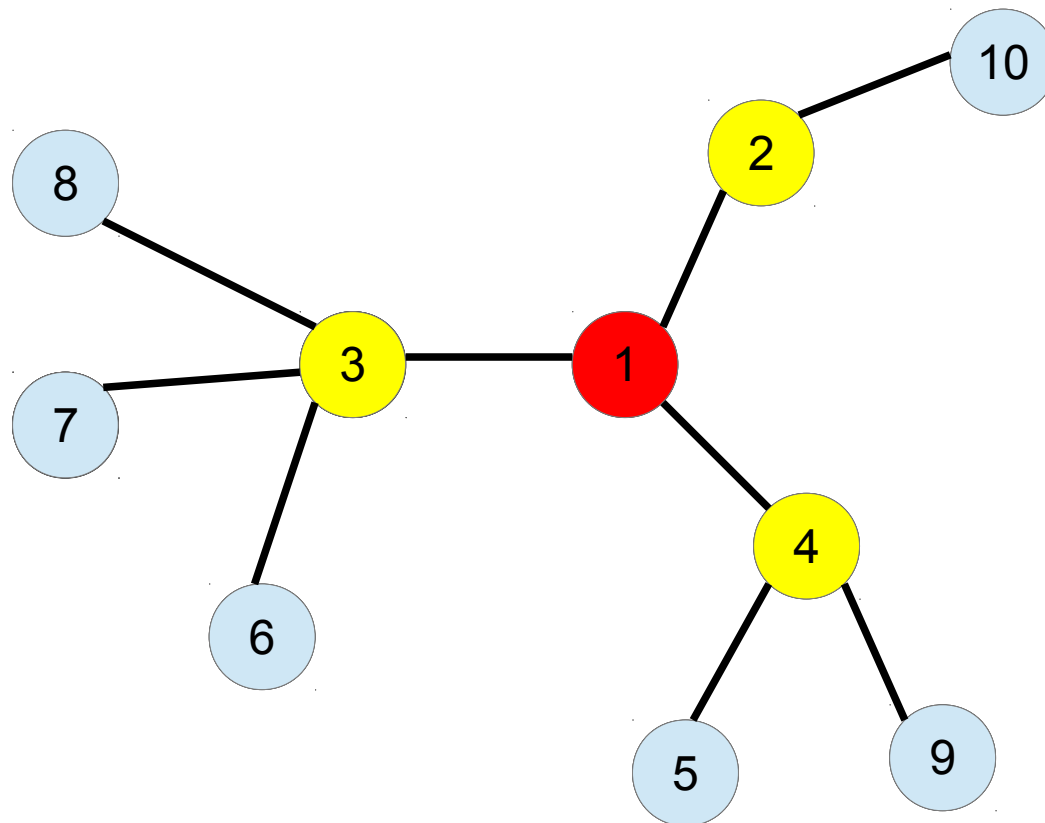
隣接頂点 b がターゲットノードとなりえる確率 q_b

$$q_b = \frac{1}{\text{ソースノードの次数}}$$

第5章 伝播規則

ソースノードの次数

等確率でターゲットノードを決める



— ソースノード

— ターゲットノード

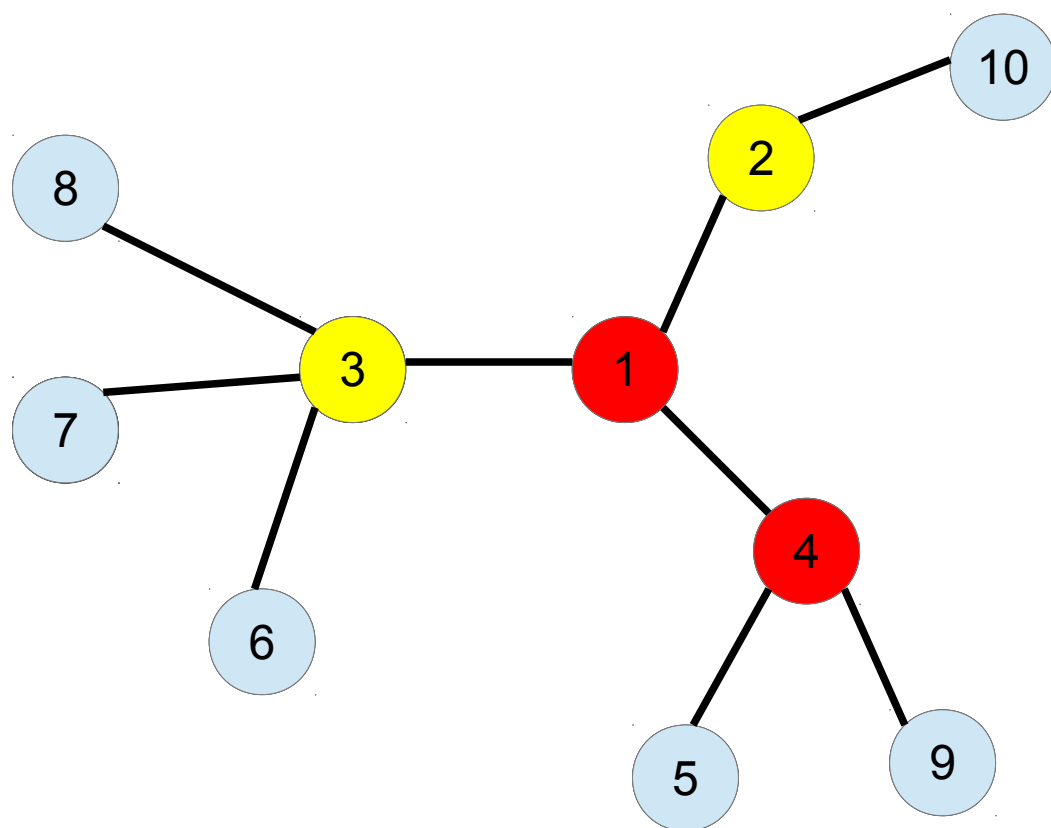
2 が選ばれる確率 $1/3$

3 が選ばれる確率 $1/3$

4 が選ばれる確率 $1/3$

第5章 伝播規則

等確率でターゲットノードを決める



— ソースノード

— ターゲットノード

2 が選ばれる確率 $1/3$

3 が選ばれる確率 $1/3$

4 が選ばれる確率 $1/3$

第 5 章 伝播規則

頂点の度数に比例した選び方

隣接頂点 b がターゲットノードとなりえる確率 q_b

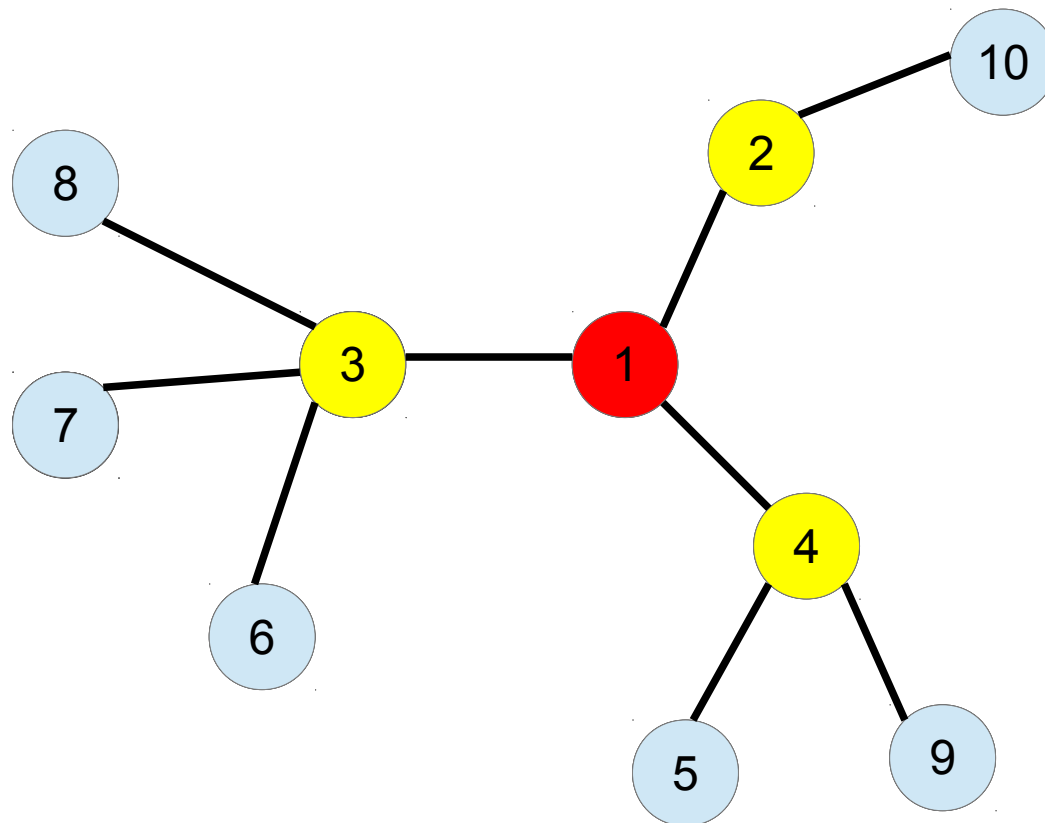
$$q_b = \frac{\text{ターゲットノードに
なりえる頂点の度数}}{\text{ソースノードの隣接頂点
の度数の合計}}$$

ターゲットノードに
なりえる頂点の次数

第 5 章 伝播規則

ソースノードの隣接頂点
の次数の合計

頂点の次数に比例した選び方



— ソースノード

— ターゲットノード

$$\begin{aligned} 2 \text{ が選ばれる確率} &= 2 / 2 + 3 + 4 \\ &= 2 / 9 \end{aligned}$$

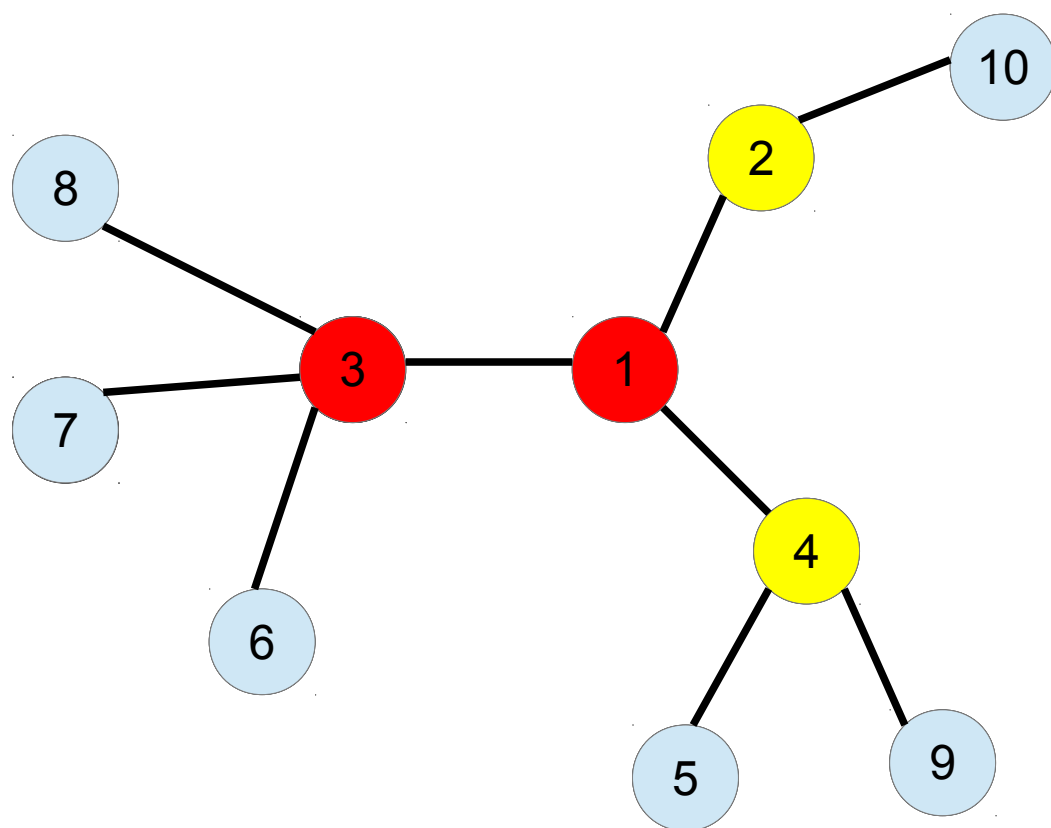
$$\begin{aligned} 3 \text{ が選ばれる確率} &= 4 / 2 + 3 + 4 \\ &= 4 / 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \text{ が選ばれる確率} &= 3 / 2 + 3 + 4 \\ &= 3 / 9 \end{aligned}$$

^{23/41}

第5章 伝播規則

頂点の次数に比例した選び方



— ソースノード

— ターゲットノード

$$\begin{aligned} 2 \text{ が選ばれる確率} &= 2 / 2 + 3 + 4 \\ &= 2 / 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 \text{ が選ばれる確率} &= 4 / 2 + 3 + 4 \\ &= 4 / 9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4 \text{ が選ばれる確率} &= 3 / 2 + 3 + 4 \\ &= 3 / 9 \end{aligned}$$

24/41

第5章 伝播規則

頂点の次数の逆数に比例した選び方

隣接頂点 b がターゲットノードとなりえる確率 q_b

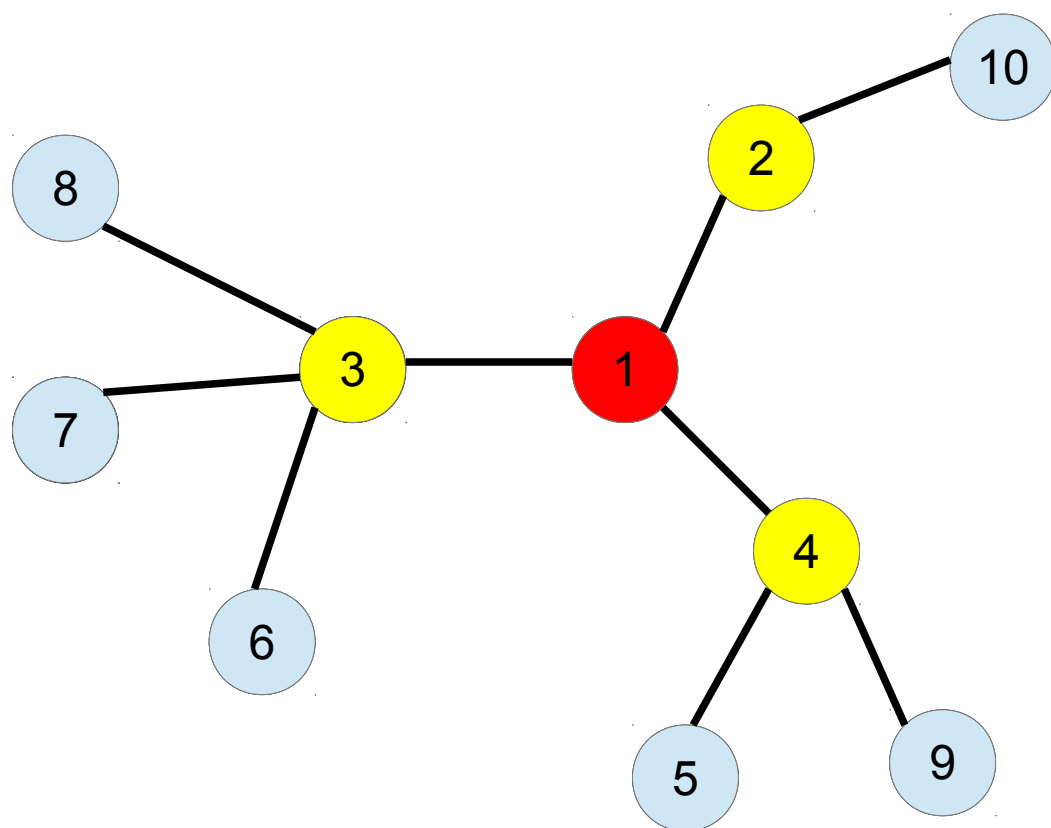
$$q_b = \frac{\text{ターゲットノードに
なりえる頂点の次数の逆数}}{\text{ソースノードの隣接頂点
の次数の逆数の合計}}$$

ターゲットノードになりえる
頂点の次数の逆数

ソースノードの隣接頂点の
次数の逆数の合計

第5章 伝播規則

頂点の次数の逆数に比例した選び方



— ソースノード

— ターゲットノード

2 が選ばれる確率

$$\frac{1/2}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{6}{13}$$

3 が選ばれる確率

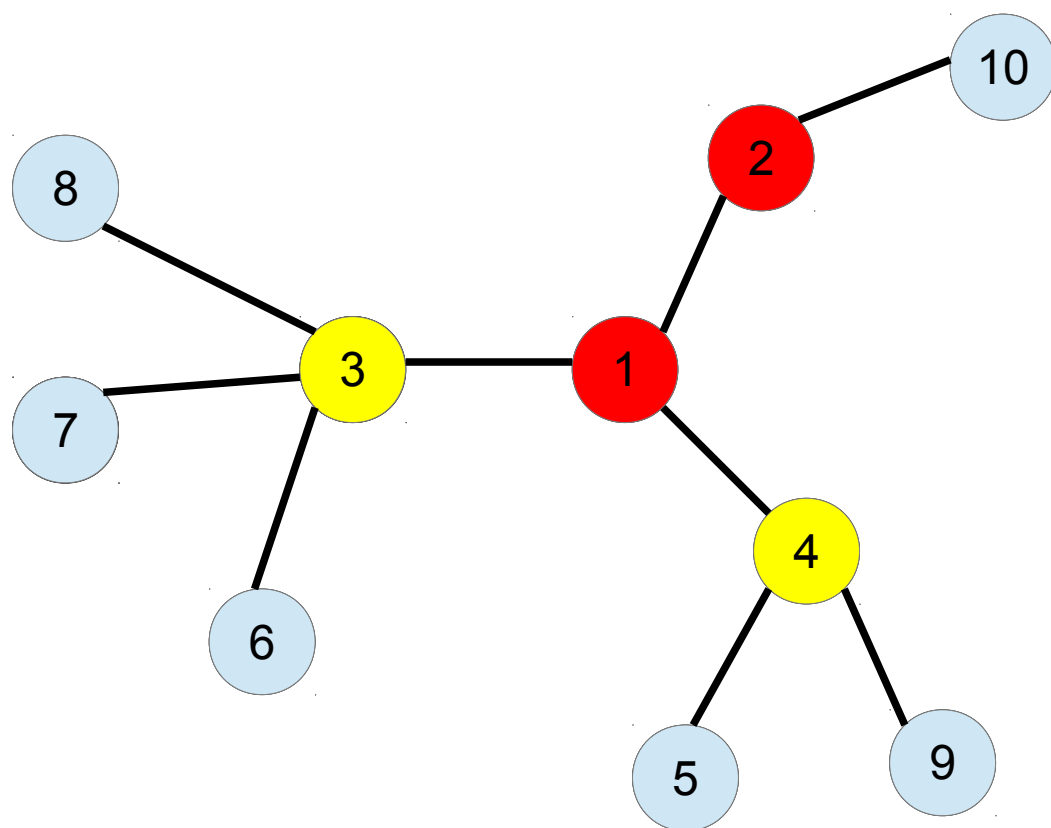
$$\frac{1/3}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{3}{13}$$

4 が選ばれる確率

$$\frac{1/4}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{4}{13}$$

第5章 伝播規則

頂点の次数の逆数に比例した選び方



— ソースノード

— ターゲットノード

2 が選ばれる確率

$$\frac{1/2}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{6}{13}$$

3 が選ばれる確率

$$\frac{1/4}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{3}{13}$$

4 が選ばれる確率

$$\frac{1/3}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{4}{13}$$

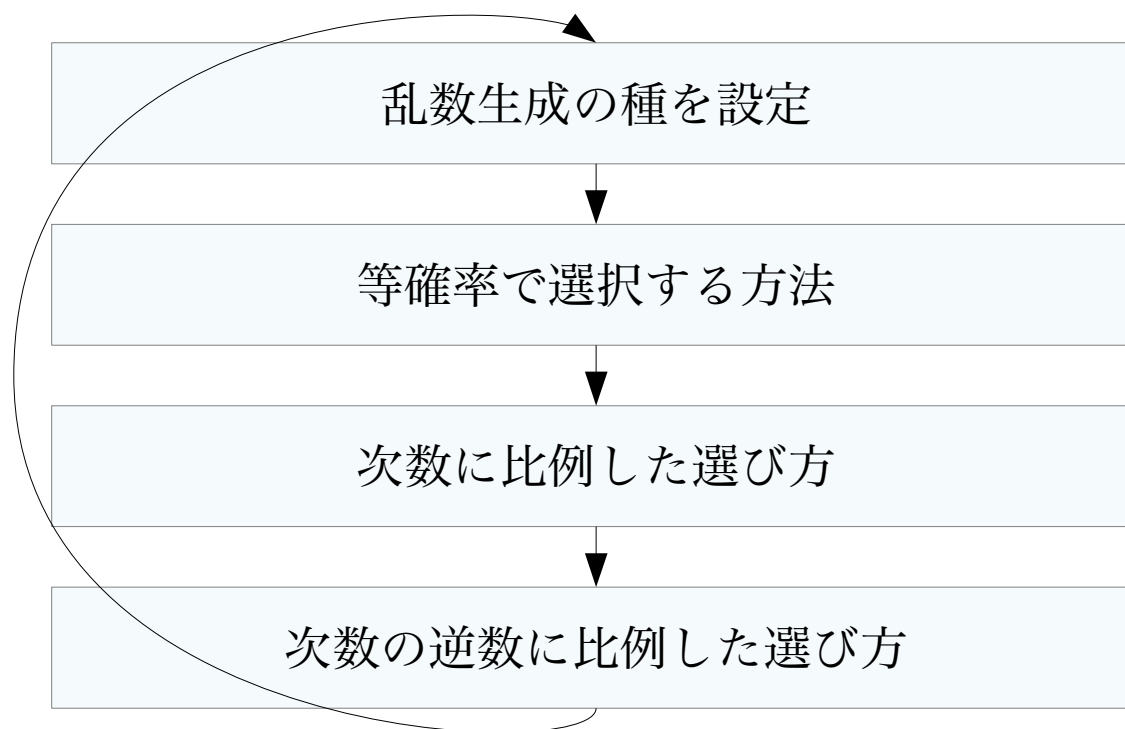
第 6 章 実験方法

- 頂点数 : 1000, 10000
- ネットワーク個数 : それぞれ 100 個
- シミュレーション回数 :
各ネットワークに対して 50 回
- 乱数の種 50 個設定
- 一回のシミュレーションが終わるまで、
同じ伝播方法を用いる

第6章 実験方法

シミュレーション方法

ランダム選択を行う際に rand 関数を用いる。



第 6 章 実験方法

シミュレーションアルゴリズム

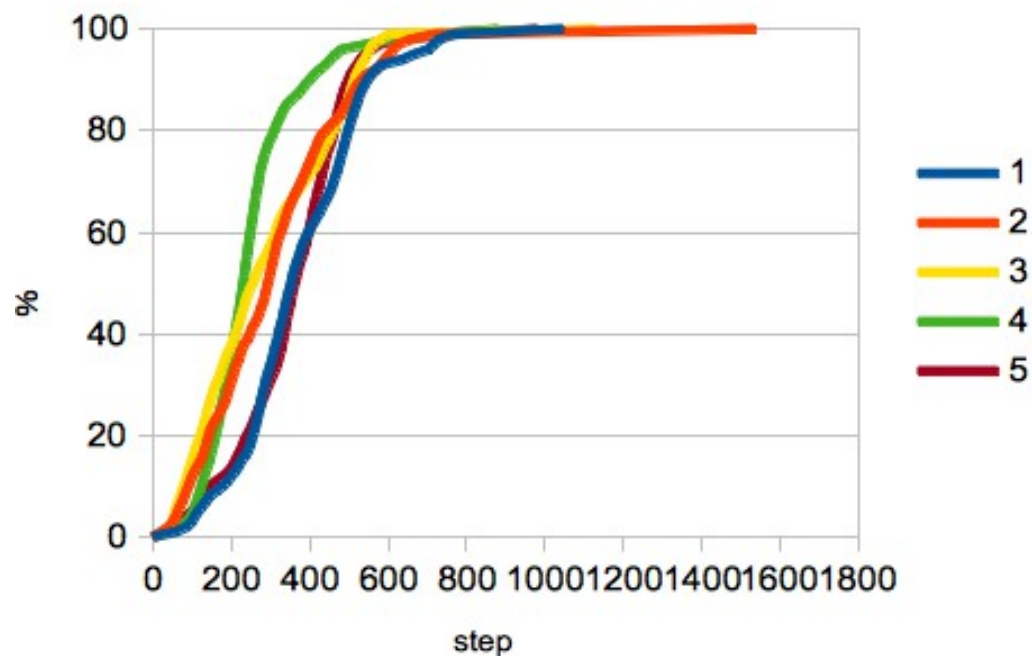
- 1. ネットワーク上からランダムにソースノードを 1 つ選択する
- 2. 各ソースノードが情報を伝えるターゲットノードをそれぞれ 1 つ選択し，情報を伝達する
全ソースノードが同時に行う
この回数を 1 ステップとする
- 3. ネットワーク上のすべての頂点がソースノードとなると終了

第7章 実験結果

頂点数 10000 の異なる 5 つのネットワーク

伝播の様子

一様分布に従って選択

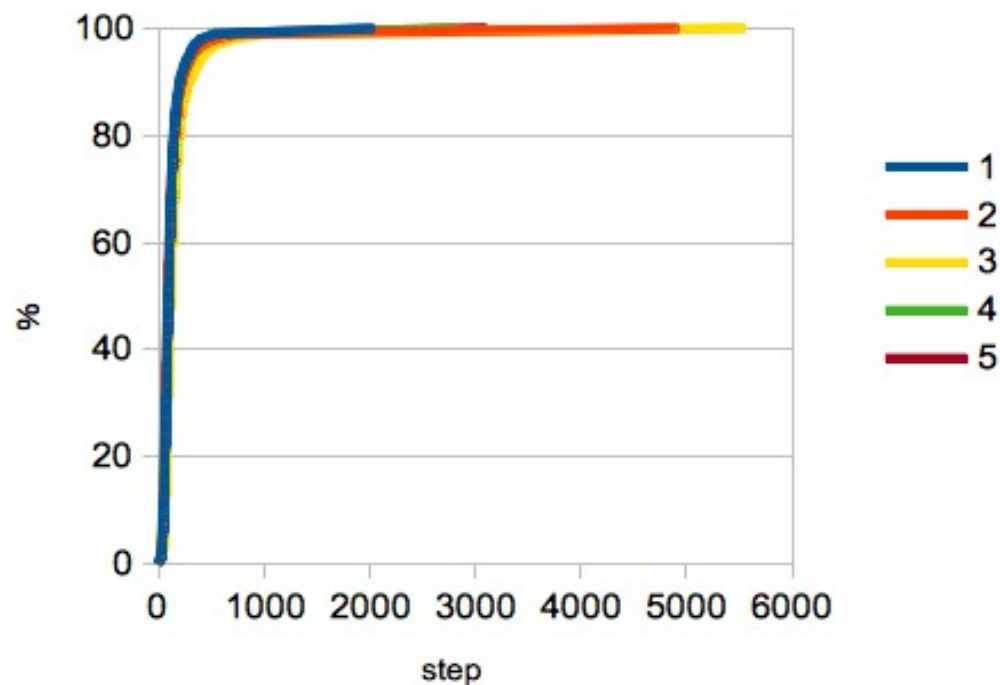


第7章 実験結果

頂点数 10000 の異なる 5 つのネットワーク

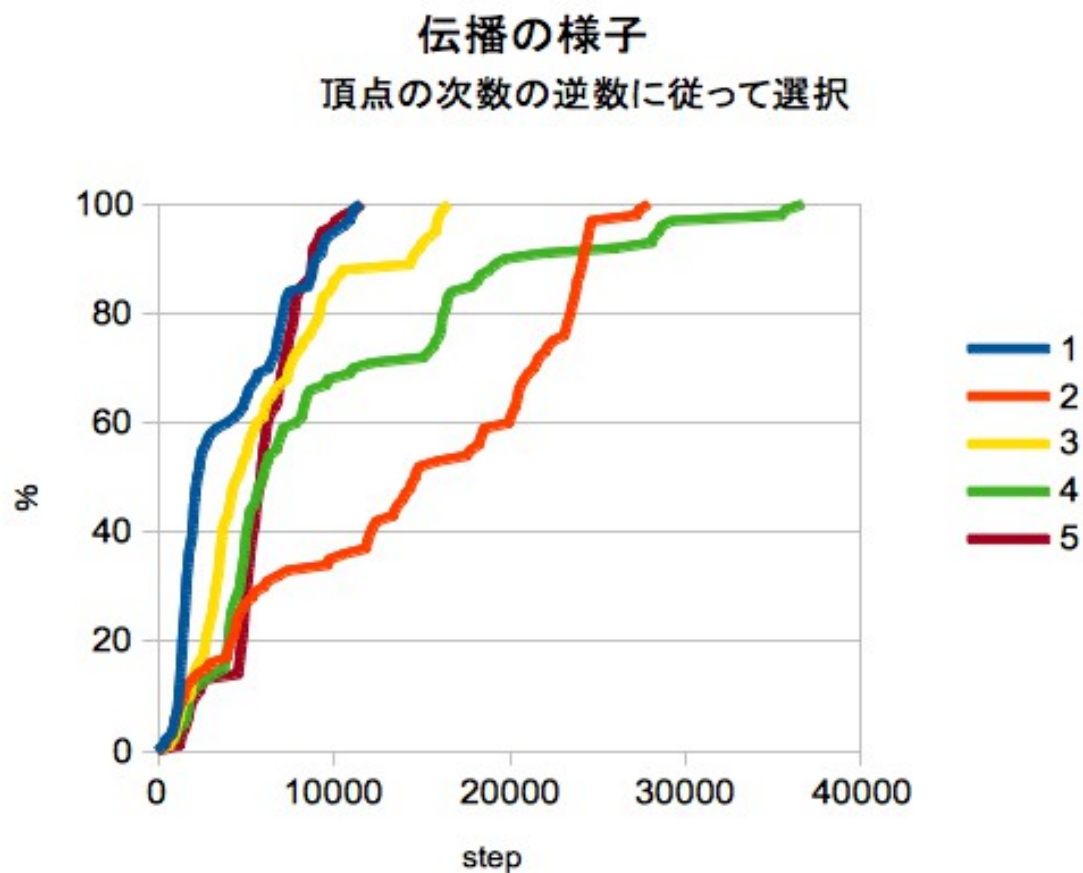
伝播の様子

頂点の次数に従って選択



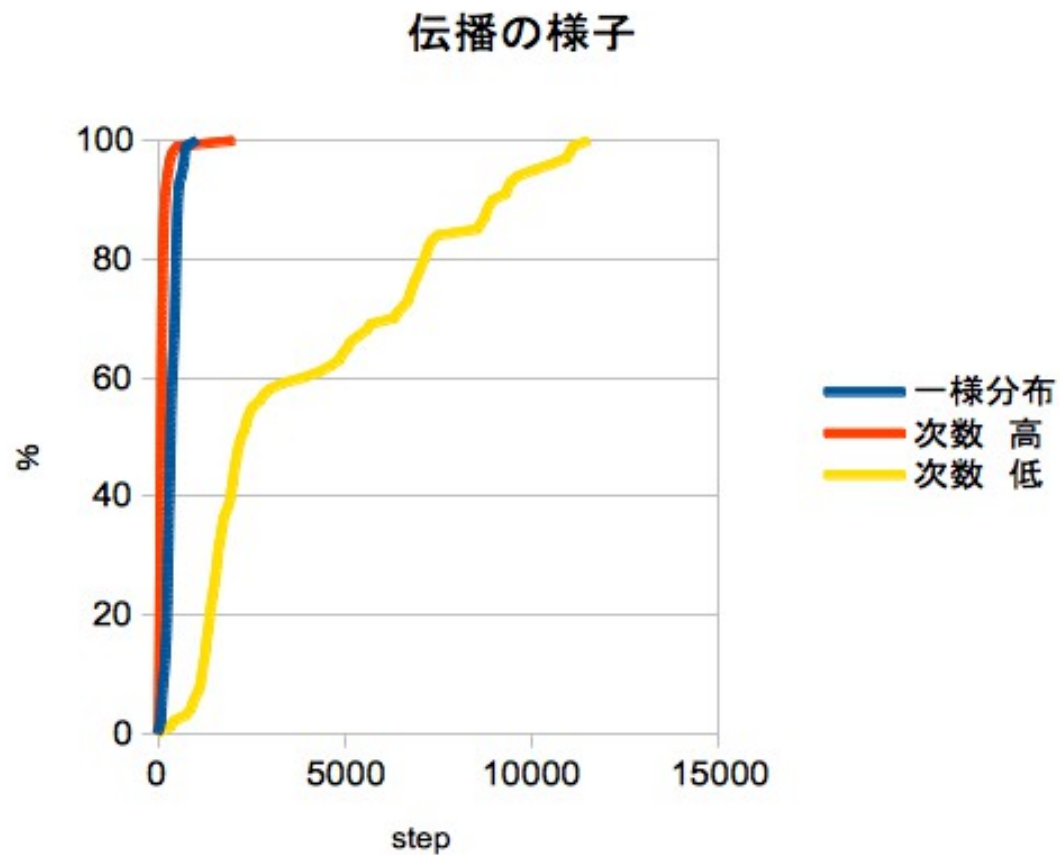
第7章 実験結果

頂点数 10000 の異なる 5 つのネットワーク



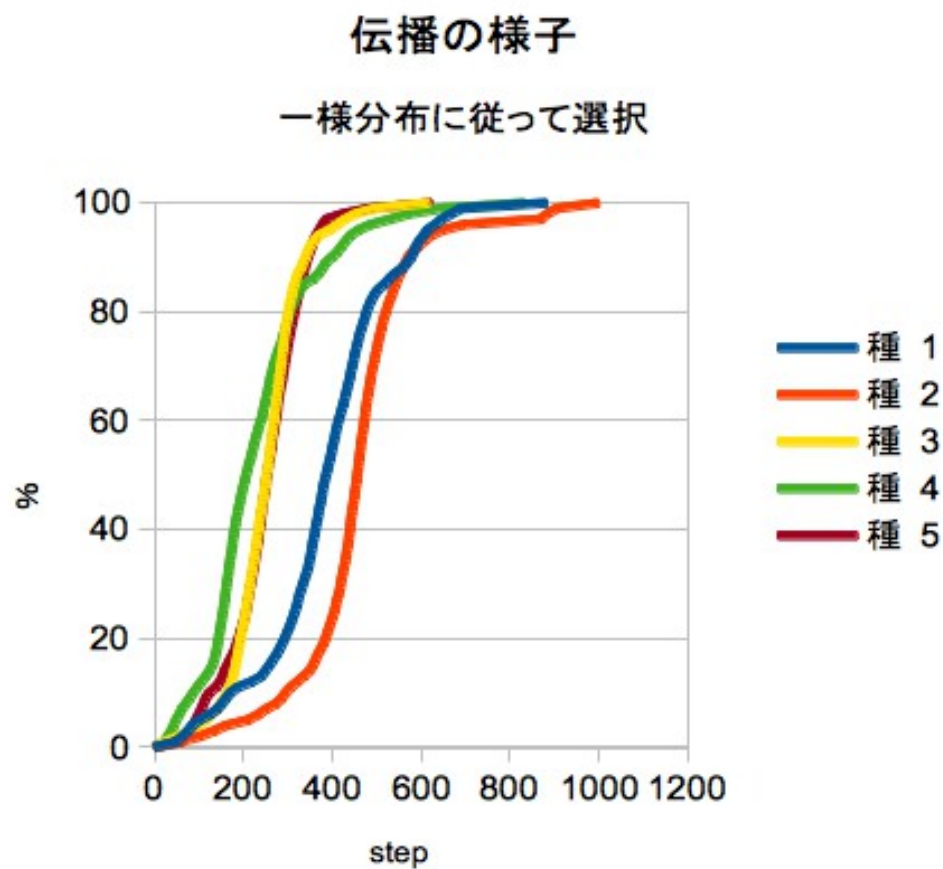
第7章 実験結果

1つの図にまとめると



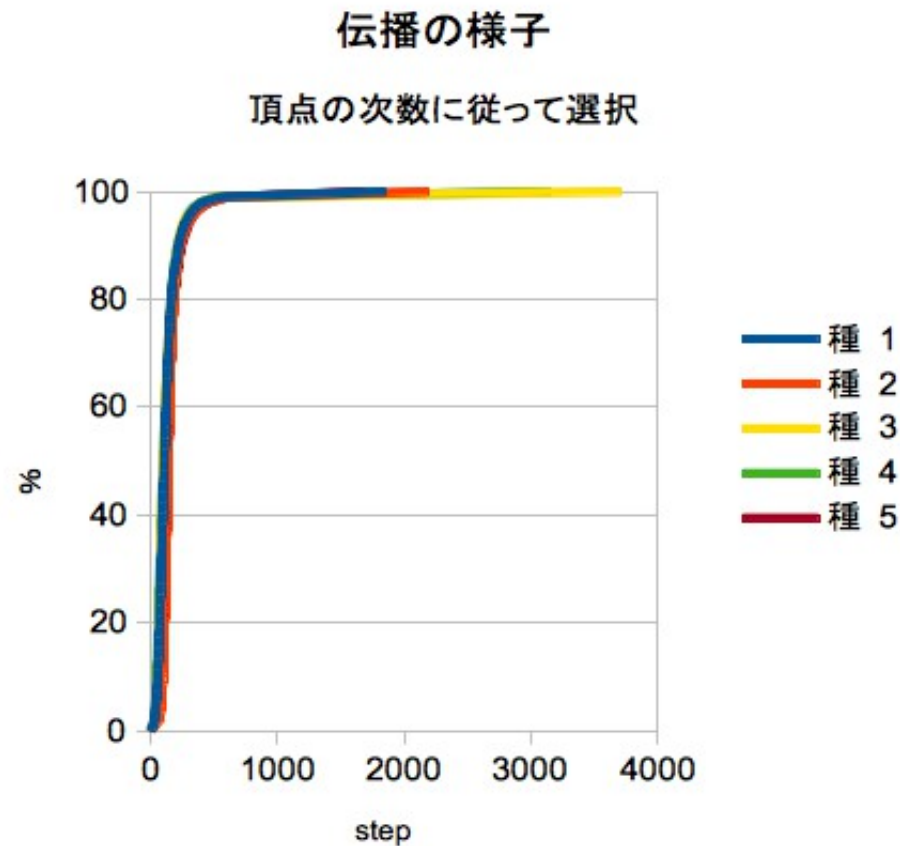
第7章 実験結果

頂点数 10000 の同じネットワークで異なる種



第7章 実験結果

頂点数 10000 の同じネットワークで異なる種

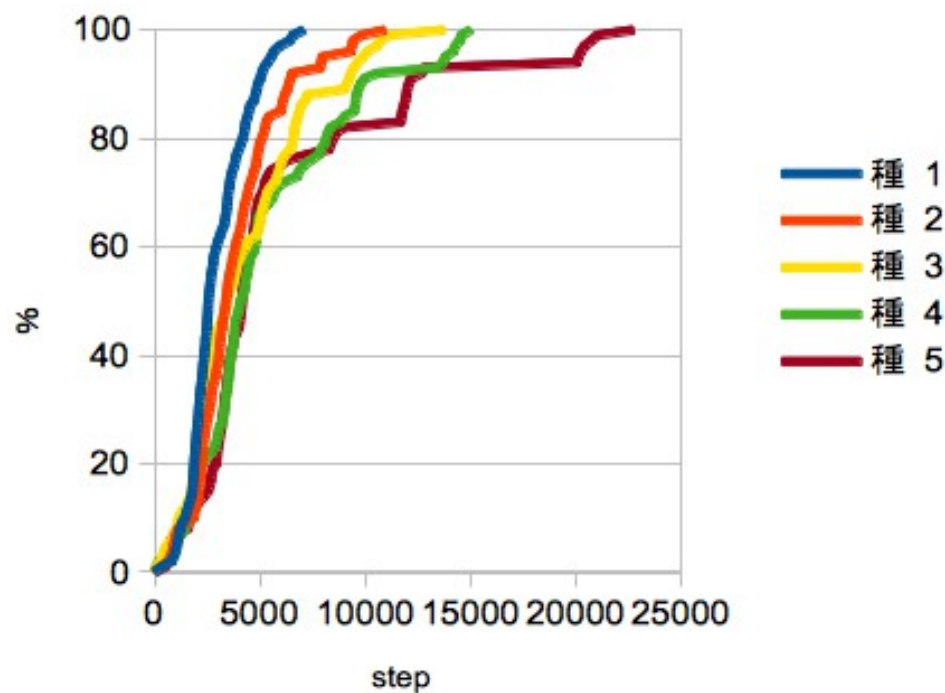


第7章 実験結果

頂点数 10000 の同じネットワークで異なる種

伝播の様子

頂点の次数の逆数に従って選択



第8章 考察

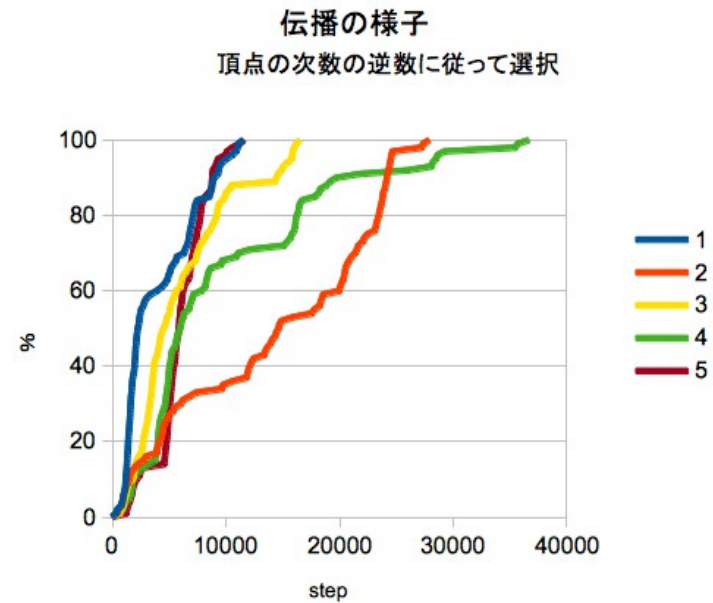
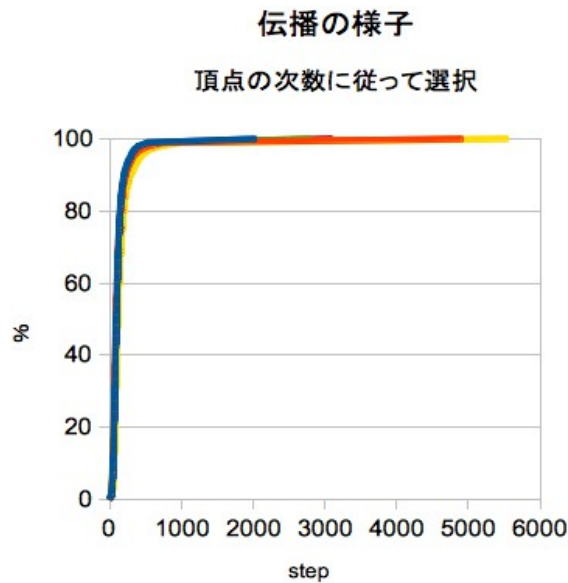
論文と相反する結果が得られた

原因として...

- 頂点数の問題
- 修正版BAモデルでは成り立たない
- 仮定の妥当性

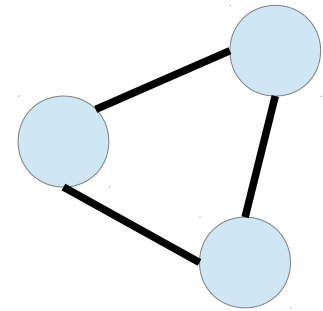
第8章 考察

- 頂点数の問題



さらに，頂点数を増やせばどうなるのか？

第8章 考察



- 修正版BAモデルでは成り立たない

修正版BAモデル → 木構造

現実世界ではクラスターが
形成されることが多い

クラスター

「自分の知人の知人が、実は自分の直接の知人だった」

情報を伝播する経路も多い！

第9章 課題

今後の目標

- 頂点数の変更
- 現実世界に近いネットワーク
- 伝播規則の変更

