

伝播速度限定モデル Scale Free Network 上 の情報拡散

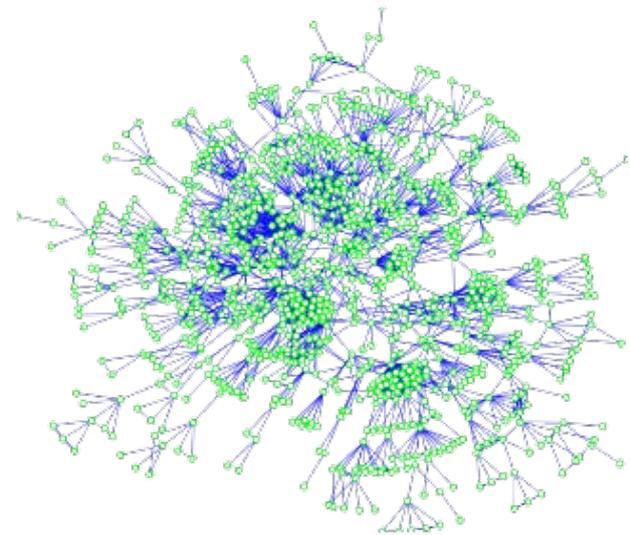
日本大学文理学部
情報システム解析学科
谷聖一研究室

古池 琢也

伝播速度限定モデル Scale Free Network 上の情報伝播

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 これから



第1章 はじめに

第1章 はじめに

ネットワーク

日常用語としてはインターネットの意味で用いられることが圧倒的に多いが...

つながり全般

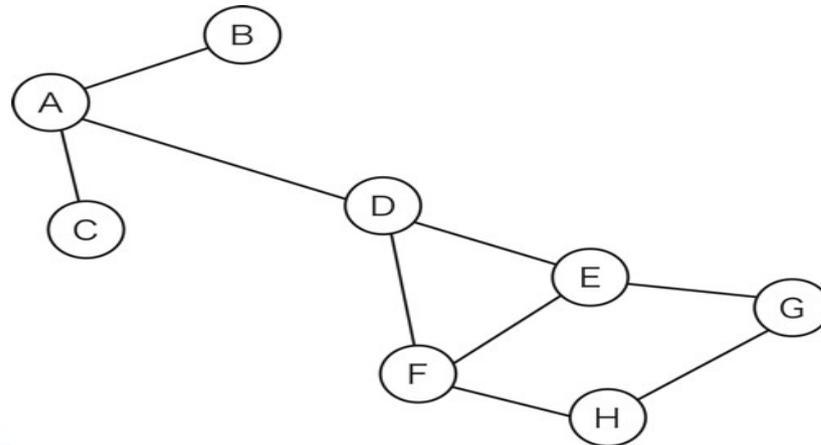
- ・ 人間関係
- ・ 食物網
- ・ 道路網

第1章 はじめに

ネットワークの対象は、点が線で結ばれた下図のようなもの。

例1：点を人、線を二者間の交友関係とすれば、人間関係。

例2：点を駅、線を線路とすれば、鉄道網。



第1章 はじめに

ネットワークの研究

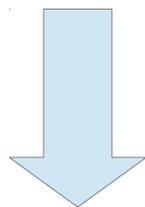
広範囲の分野において行われており、現実世界の様々なもんだいを説明する新たな枠組みとして注目。

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、様々な問題に適用することが可能。

- ・ 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

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

ある仮定 \longrightarrow 数学的に厳密に解析。

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は Scale Free Networkなのか。
- 確率の計算の検証。
- 仮定から間違っていた。

などの原因が挙げられる。

第1章 はじめに

本研究では、どこで誤算が生じたかを検証していくとともに、論文で証明された結果が妥当であるか、シミュレーションを行う。

第2章 グラフ理論の概要

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

第3章 Scale Free Network

今研究では、Scale Free Network を用いる。

Scale Free Network

ネットワーク上の次数分布が、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)

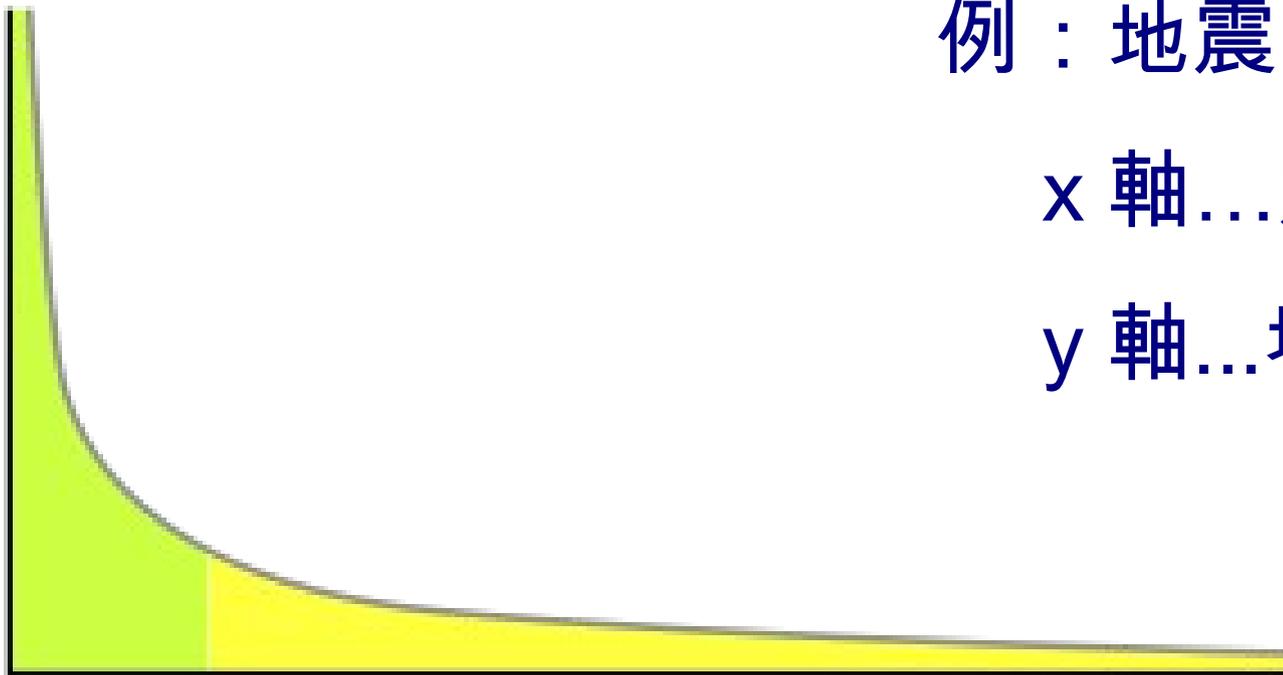
第3章 Scale Free Network

べき則のグラフ

例：地震の規模

x 軸...震度

y 軸...場所の数



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

第4章 修正版BAモデル

1999年にバラバシ(Barabasi)とアルバート(Albert)が、スケールフリー性が実現されるネットワークのモデル(BAモデル)を提案。

- BAモデルの2つの特徴

成長

優先的選択

第4章 修正版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、その時点の次数が高い頂点が選ばれやすい。

第4章 修正版BAモデル

成長の際、一度に2本以上の辺を追加するとその辺の接続先を独立的に選ぶことができなくなり、扱うのが難しくなってしまう。



今研究では、毎回**1本ずつ**辺が追加される**修正版BAモデル**で生成した Scale Free 性のネットワークでシミュレーションを行う。

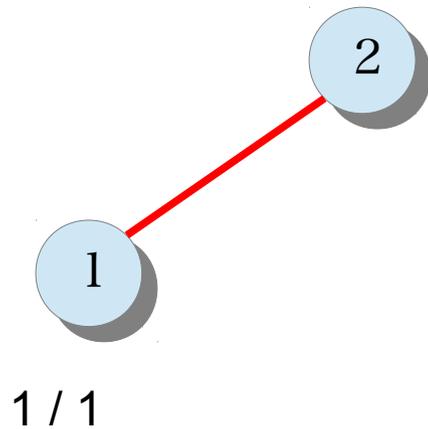
第4章 修正版BAモデル

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. 1つの既存の頂点を選択し、追加した頂点から枝をはる。頂点が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。

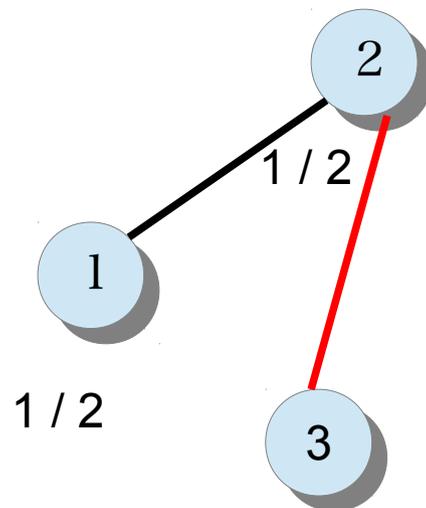
第4章 修正版BAモデル

1 step



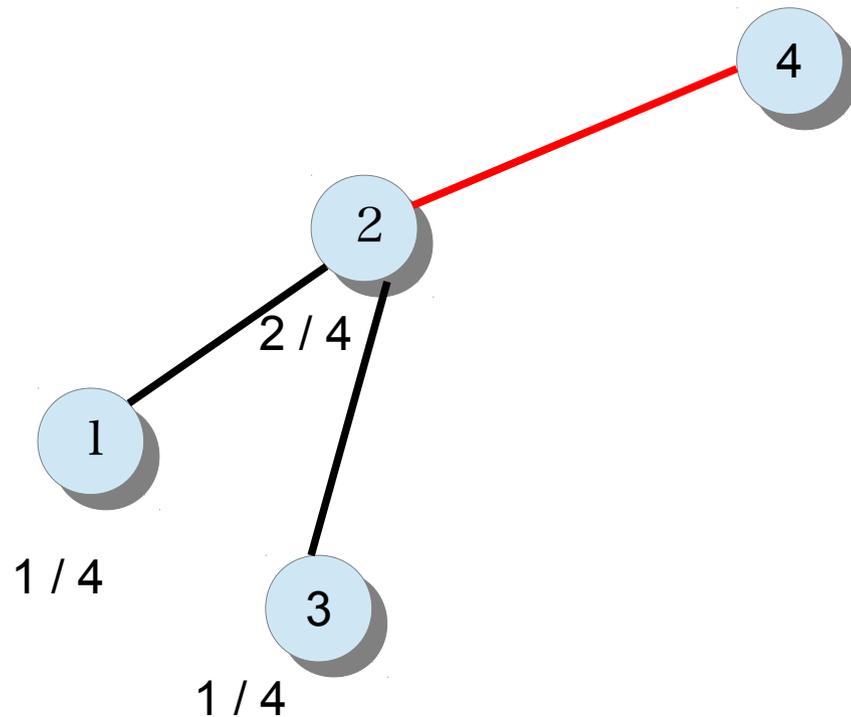
第4章 修正版BAモデル

2 step



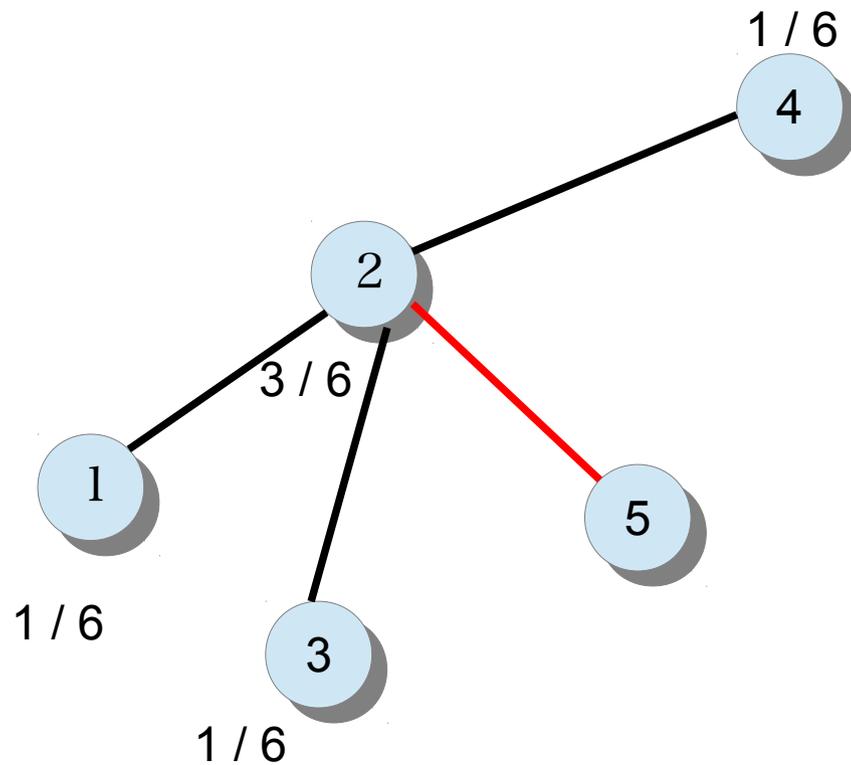
第4章 修正版BAモデル

3 step



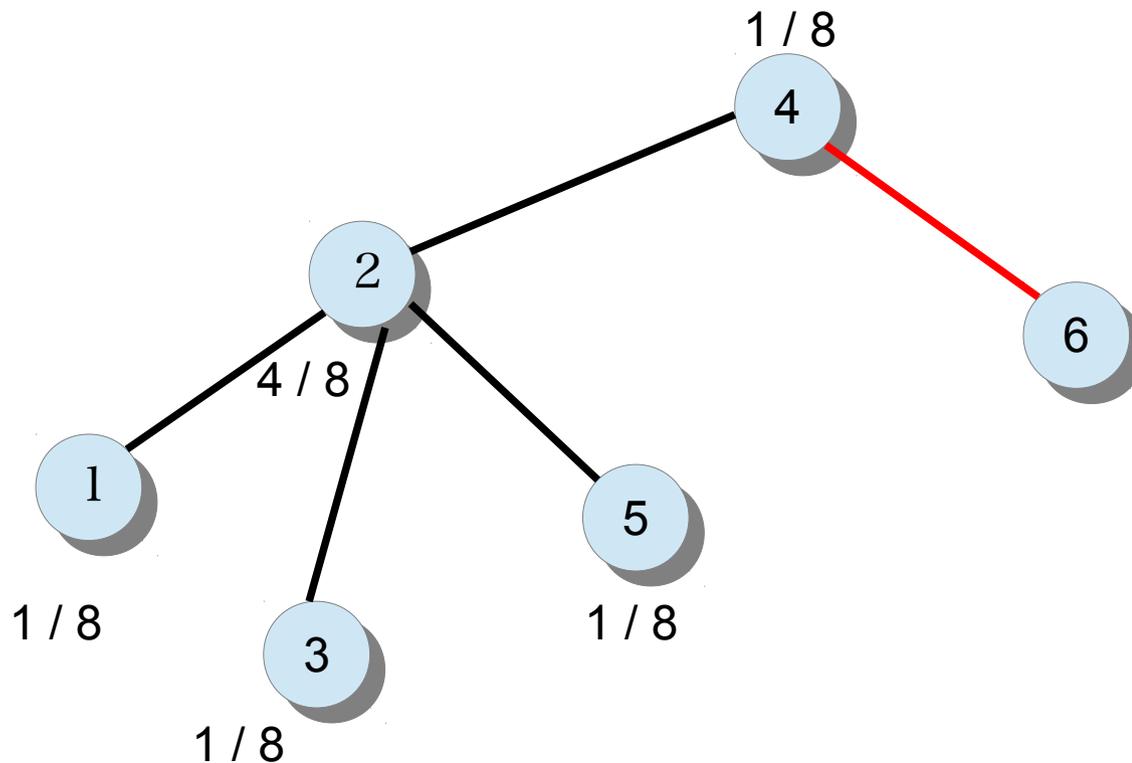
第4章 修正版BAモデル

4 step



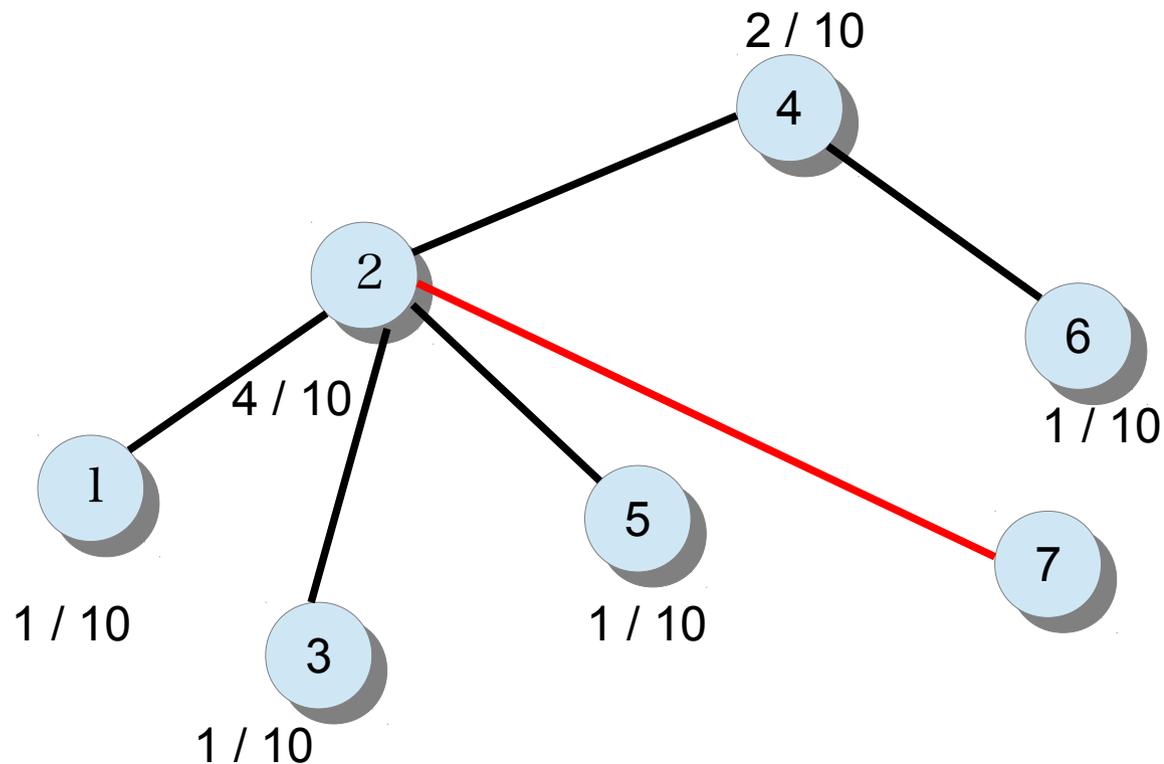
第4章 修正版BAモデル

5 step



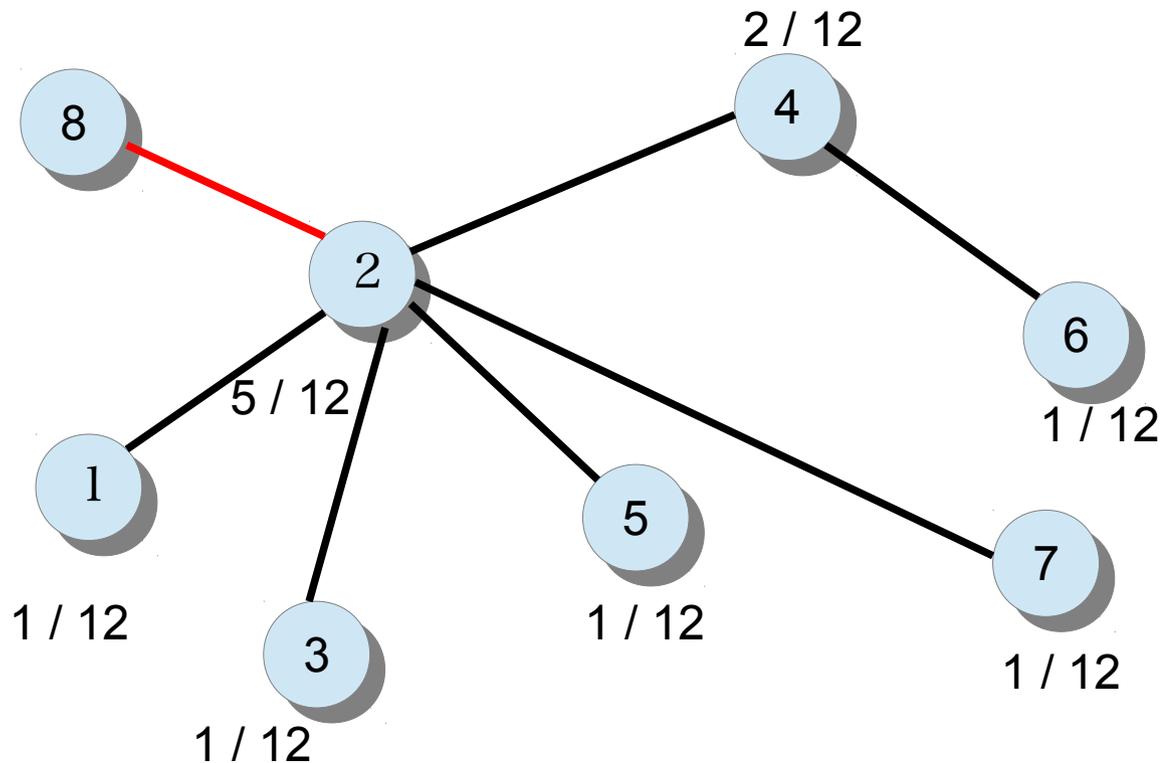
第4章 修正版BAモデル

6 step



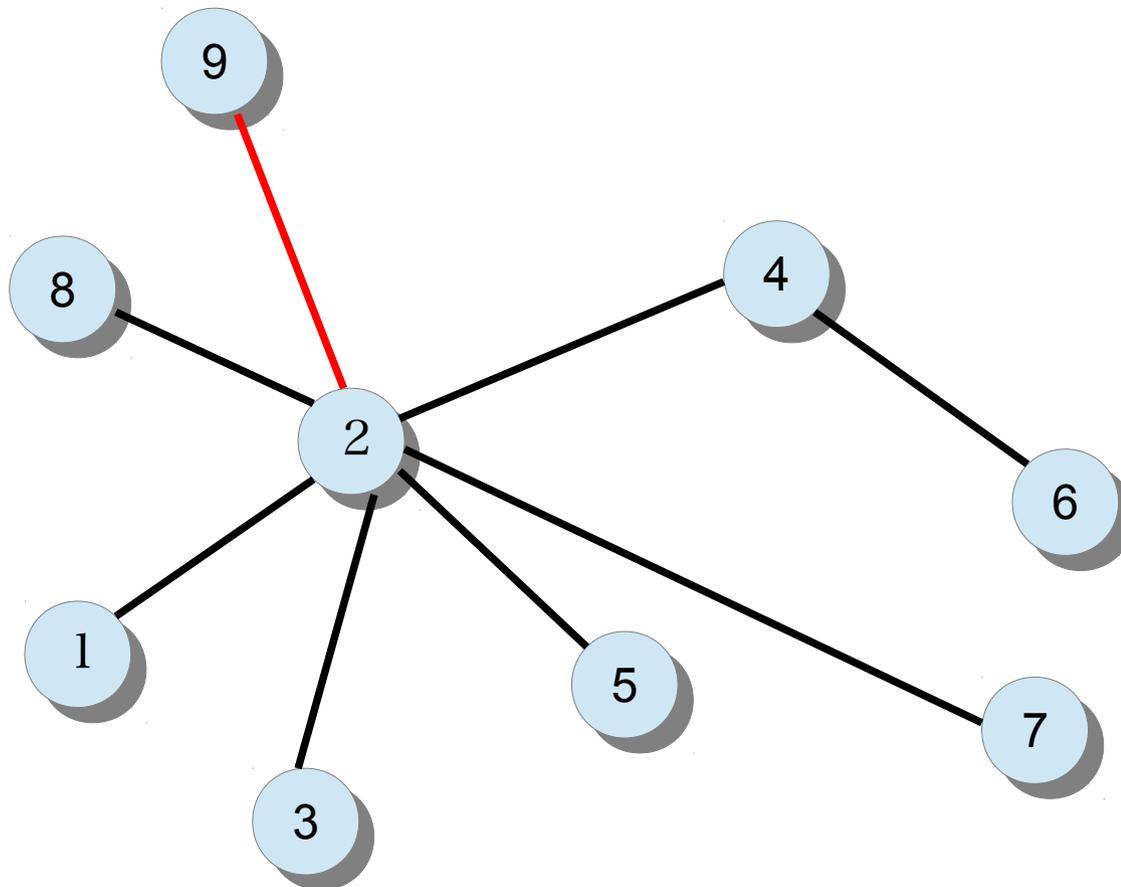
第4章 修正版BAモデル

7 step



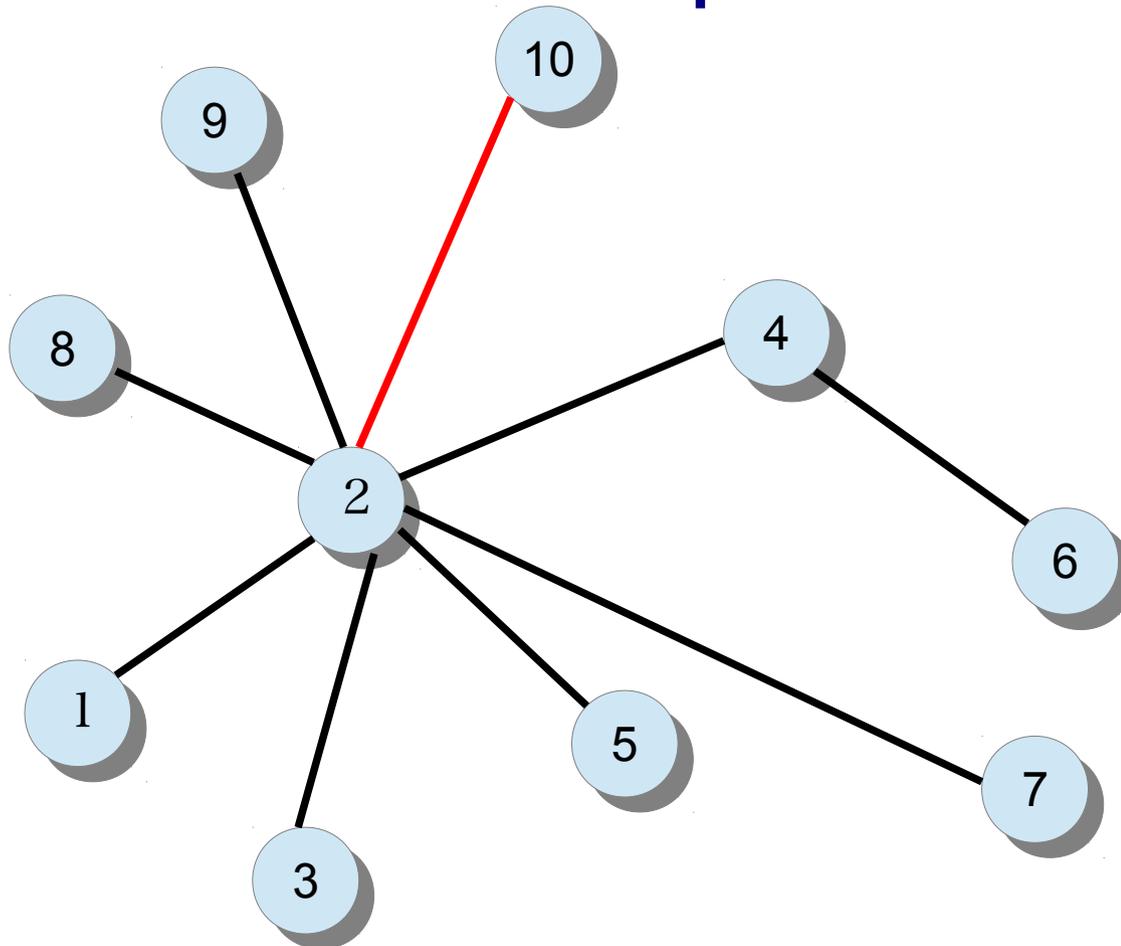
第4章 修正版BAモデル

8 step



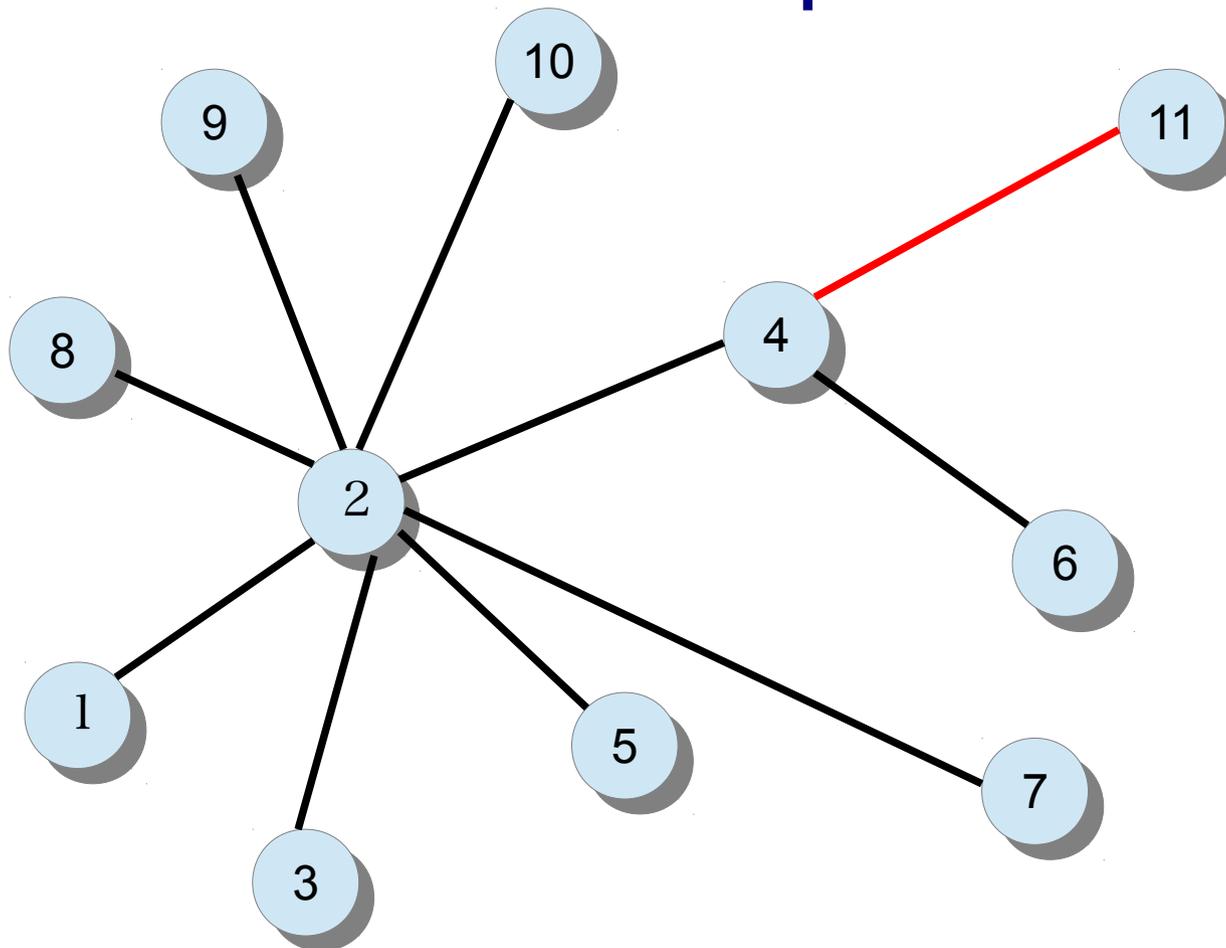
第4章 修正版BAモデル

9 step



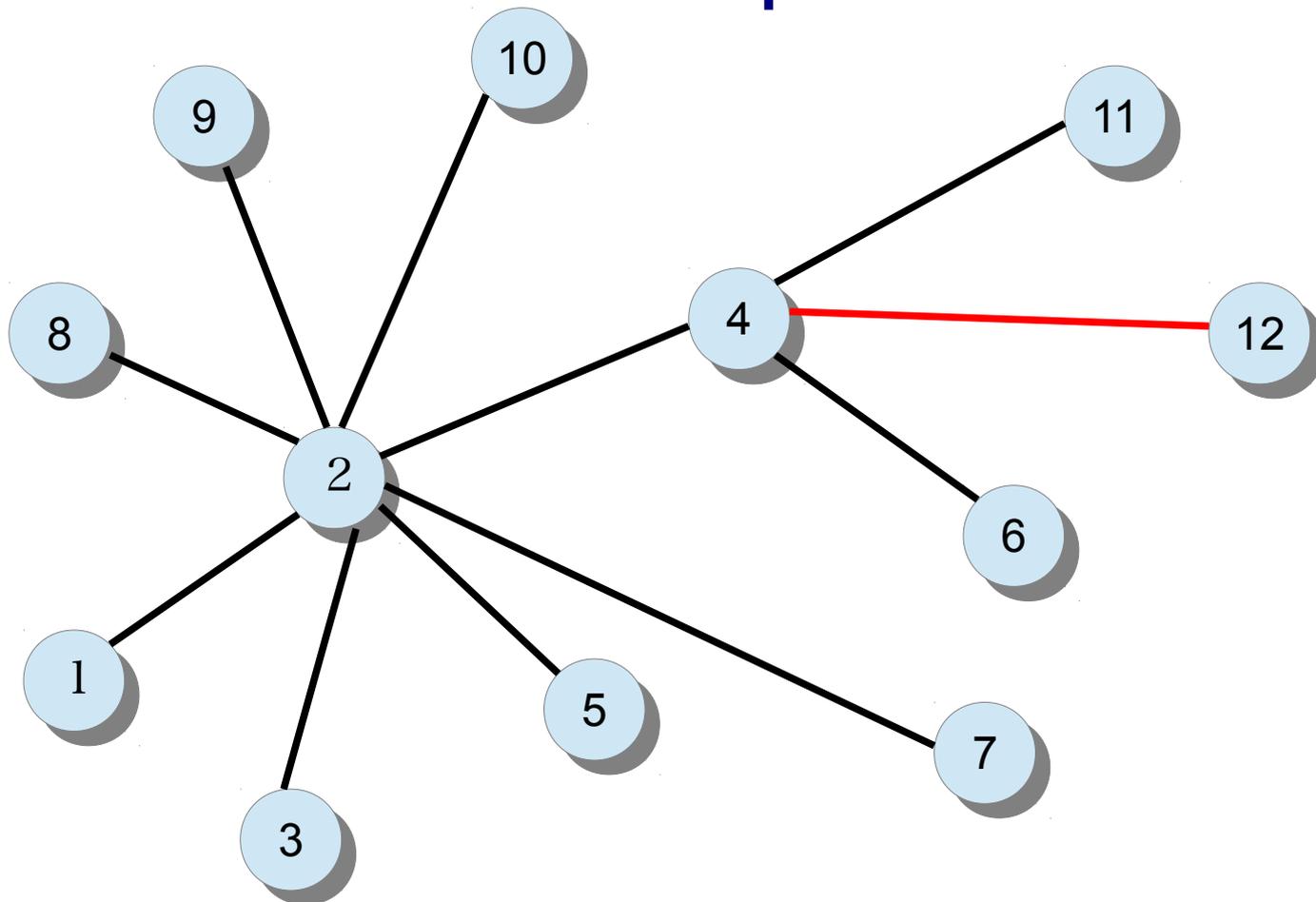
第4章 修正版BAモデル

1 0 step

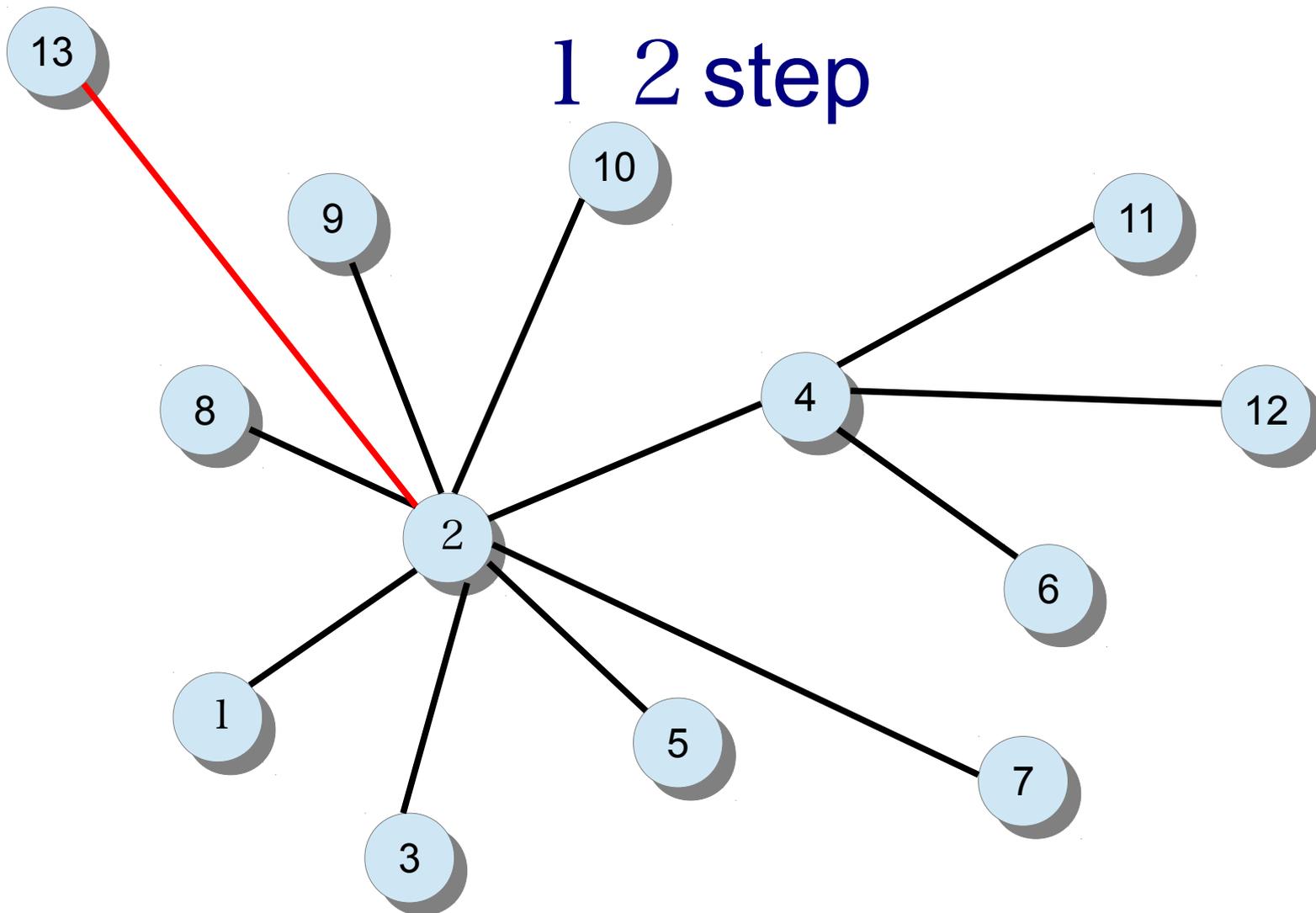


第4章 修正版BAモデル

1 1 step

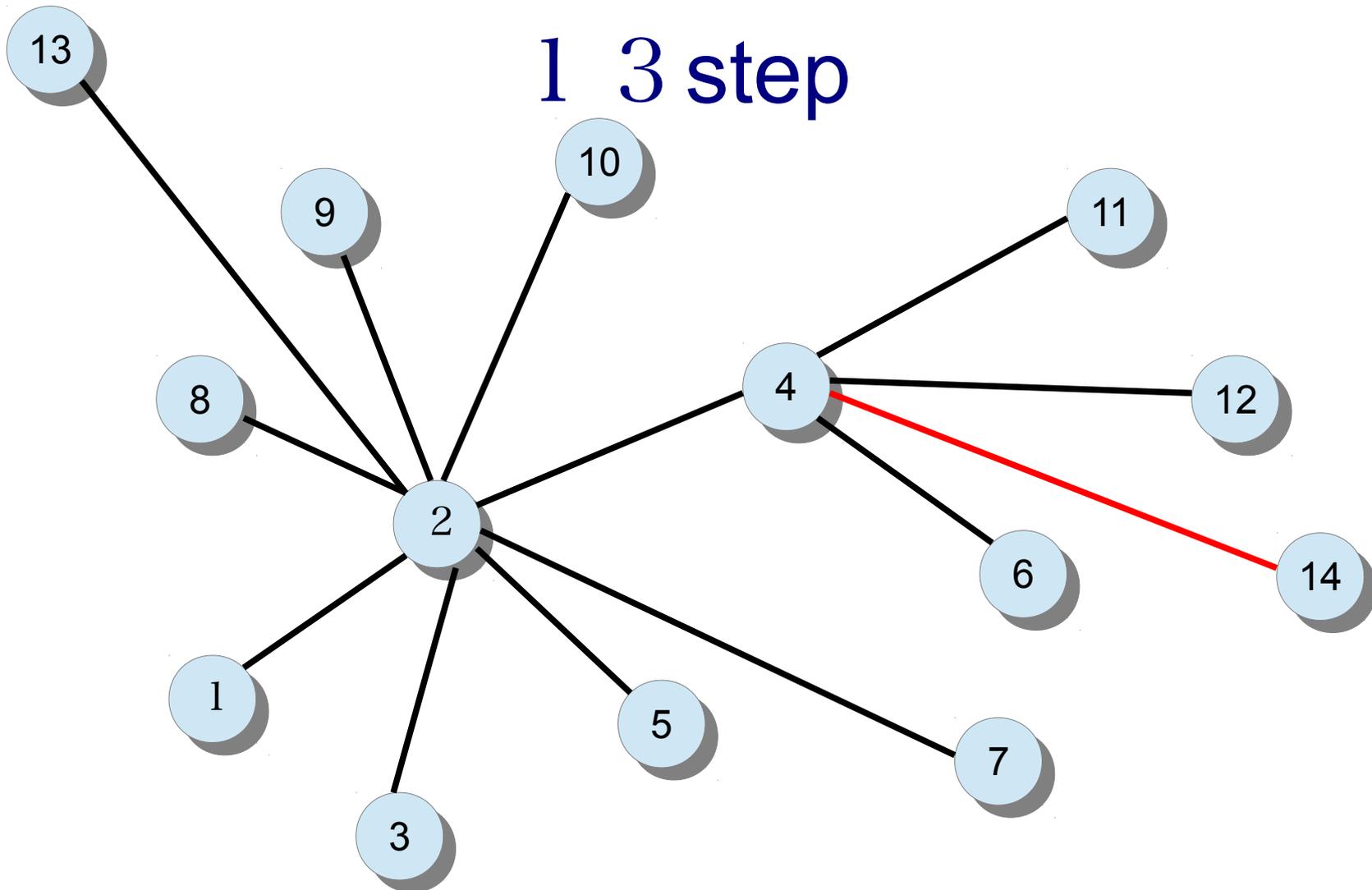


第4章 修正版BAモデル



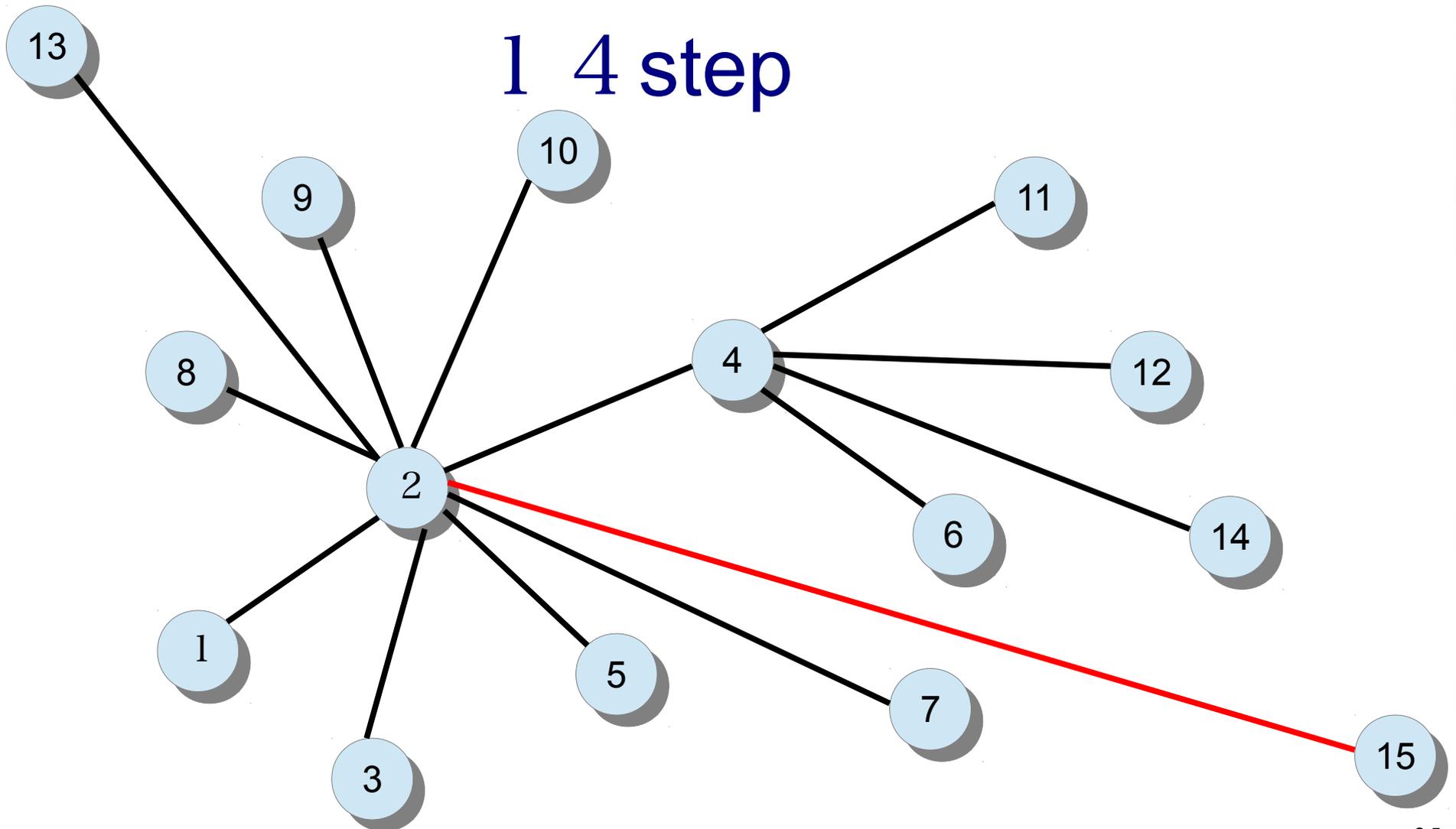
第4章 修正版BAモデル

1 3 step



第4章 修正版BAモデル

1 4 step



第 5 章 伝播規則

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、ターゲットノードとして重複して選ばれる場合がある。

第5章 伝播規則

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。 41

第5章 伝播規則

等確率でターゲットノードを決める

各隣接頂点がターゲットノードとなりえる確率 q_b

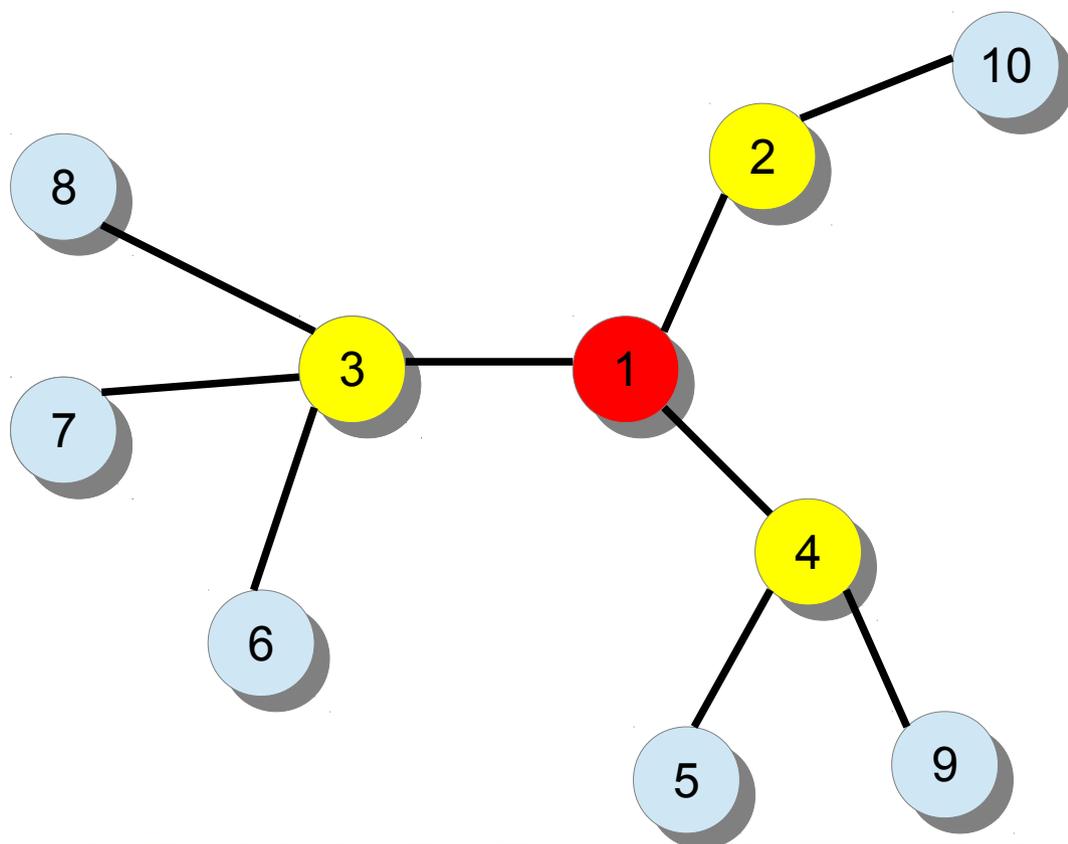
$$q_b = \frac{1}{\text{ソースノードの次数}}$$

第5章 伝播規則

1

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

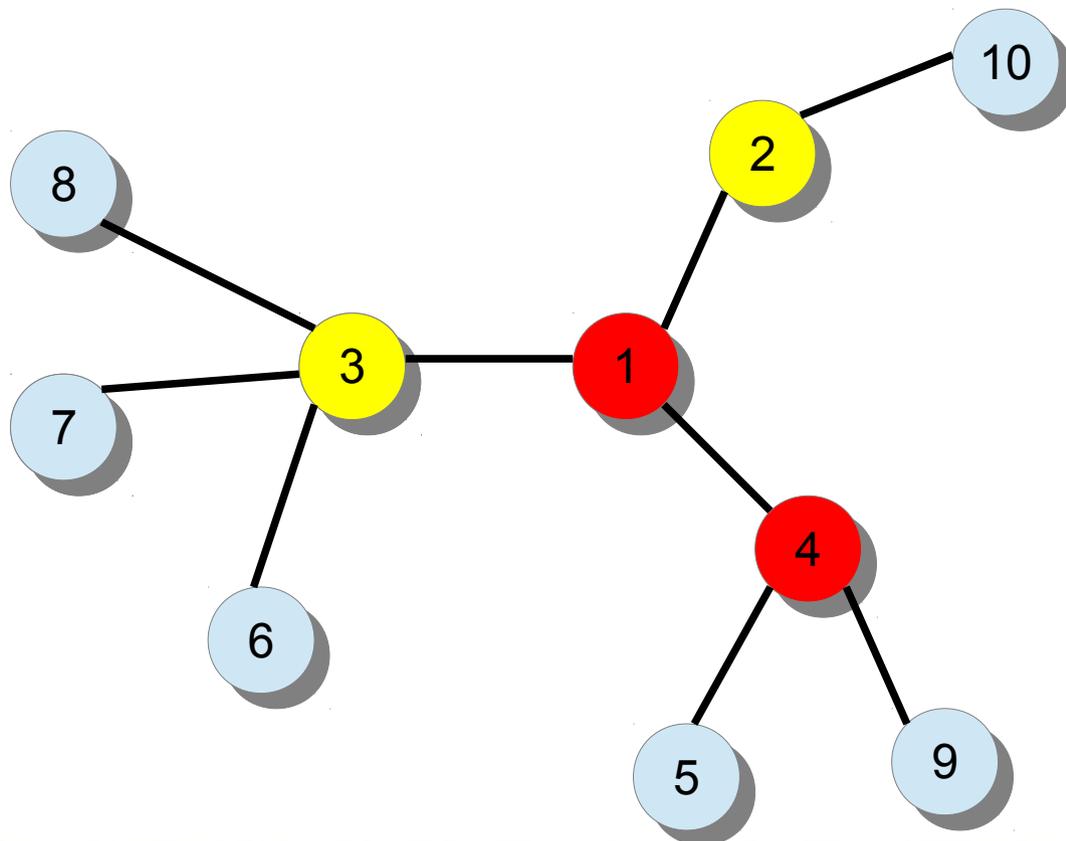
2 が選ばれる確率 $1/3$

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

隣接頂点の次数に比例した選び方

各隣接頂点がターゲットノードとなりえる確率 q_b

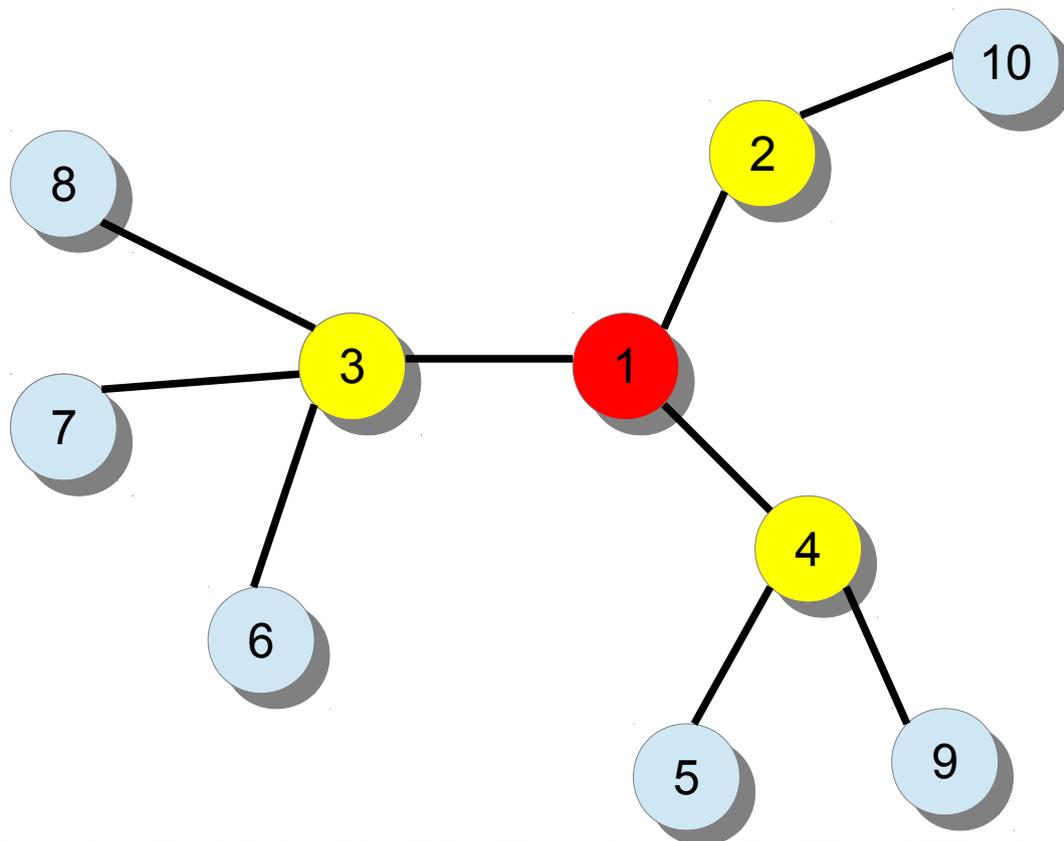
$$q_b = \frac{\text{ターゲットノードに
なりえる頂点の次数}}{\text{ソースノードの隣接頂点
の次数の合計}}$$

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

隣接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

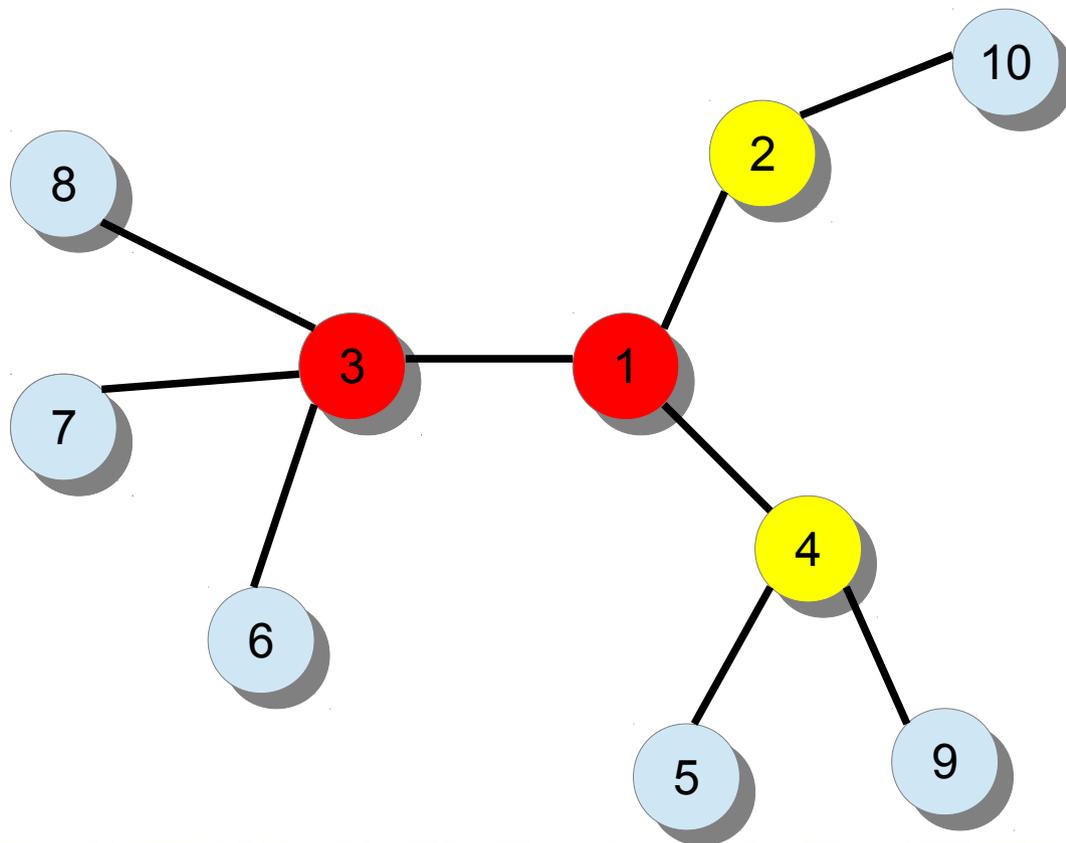
$$\begin{aligned} 2 \text{ が選ばれる確率} &= 2 / 2 + 3 + 4 \\ &= 2 / 9 \end{aligned}$$

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

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

第5章 伝播規則

隣接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

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

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

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

第5章 伝播規則

隣接頂点の次数の逆数に比例した選び方

各隣接頂点がターゲットノードとなりえる確率 q_b

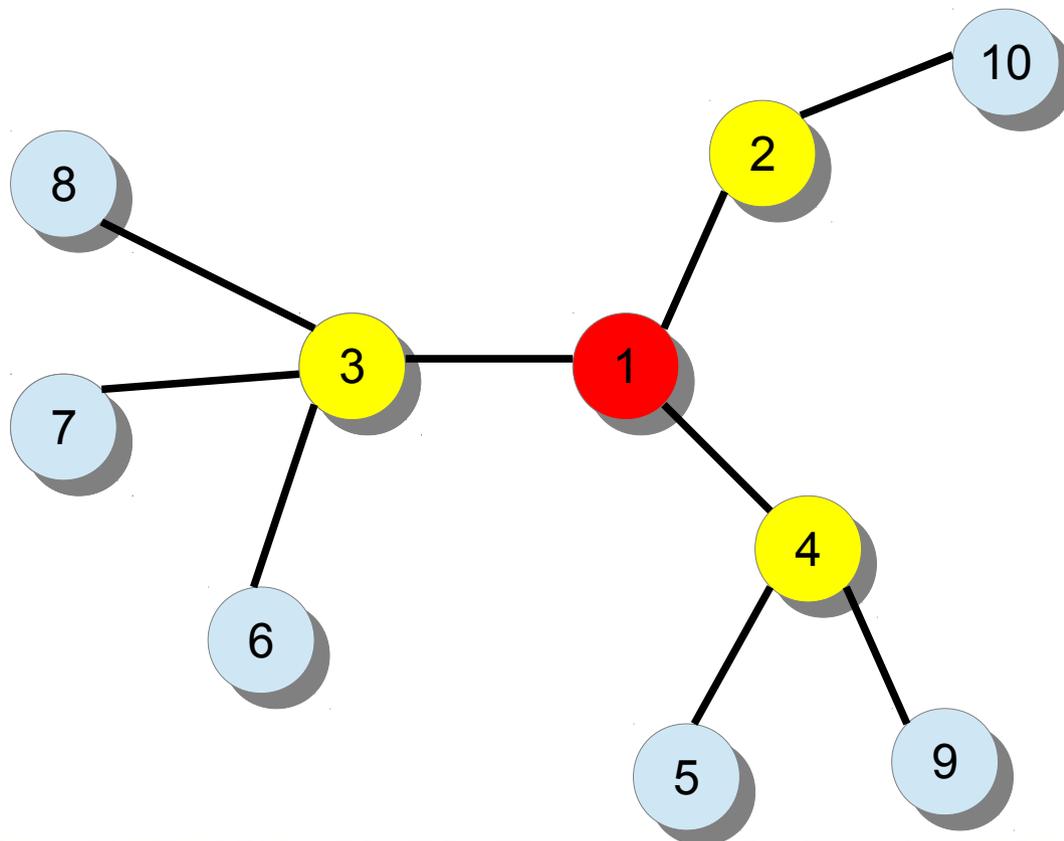
$$q_b = \frac{\text{ターゲットノードに
なりえる頂点の次数の逆数}}{\text{ソースノードの隣接頂点
の次数の逆数の合計}}$$

ターゲットノードになりえる
頂点の次数の逆数

第5章 伝播規則

ソースノードの隣接頂点の
次数の逆数の合計

隣接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

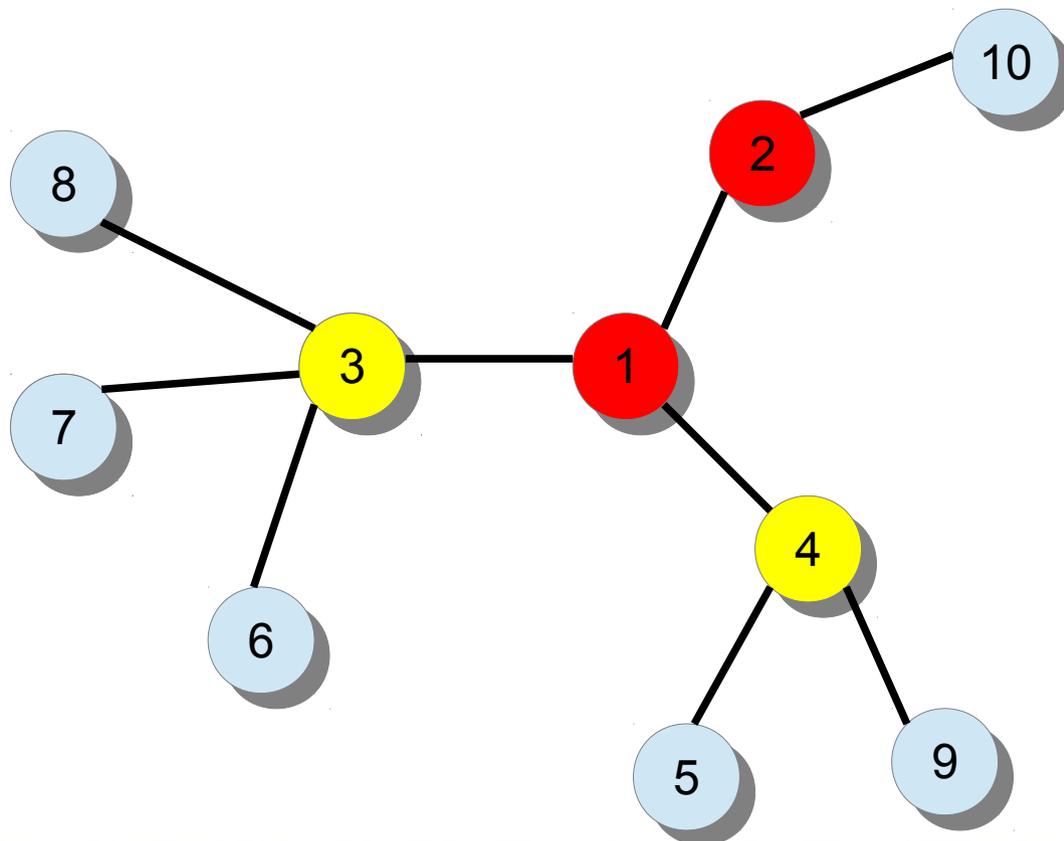
$$\begin{aligned} & \text{2が選ばれる確率} \\ & \frac{1/2}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{6}{13} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{3が選ばれる確率} \\ & \frac{1/3}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{3}{13} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{4が選ばれる確率} \\ & \frac{1/4}{1/2 + 1/3 + 1/4} = \frac{4}{13} \end{aligned}$$

第5章 伝播規則

隣接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

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

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

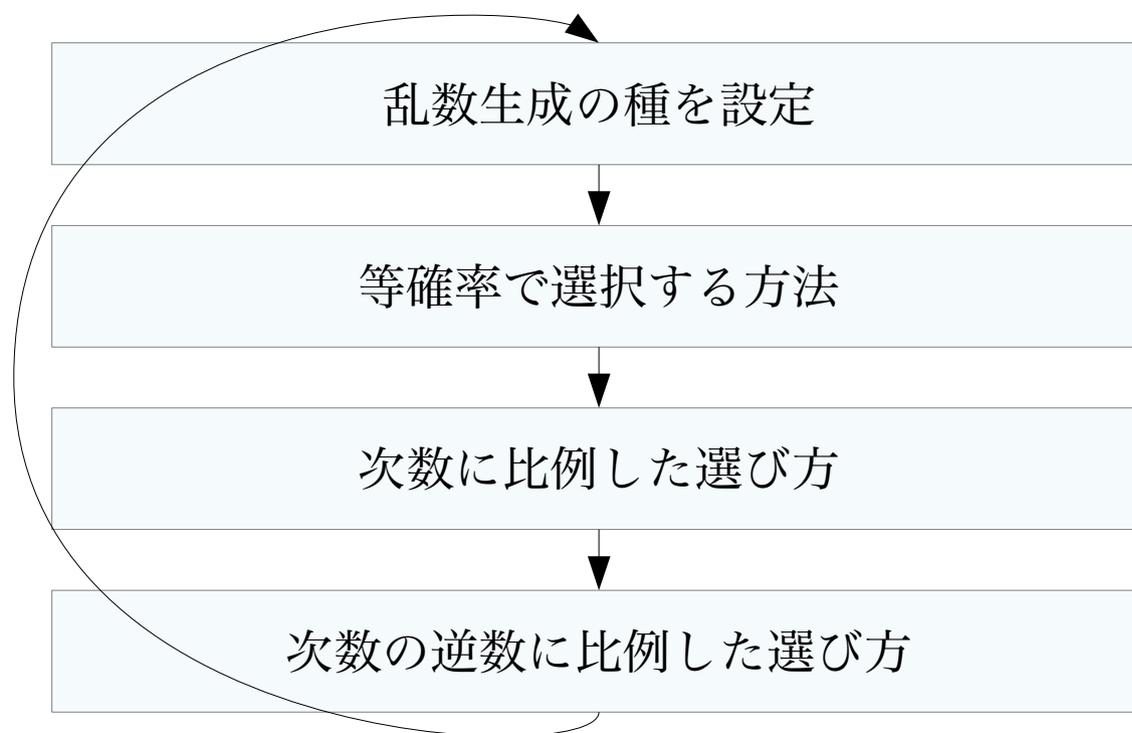
$$\frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}} = \frac{4}{13}$$

第 6 章 実験方法

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 これから

第7章 これから

- 生成するグラフの頂点数をどれくらいに設定すれば良いか、具体的に考える。
- 1つのネットワークに関して、何回シミュレーションを行えば、正確なデータを得られるか考える。
- 実際に、実験を開始する。
- 実験から得られたデータから、考察。
- 伝播規則の変更。