

伝播規則にゲーム理論を用いた
スケールフリーネットワーク上の
技術革新伝播
～初期状態における技術革新採用者を
ランダムに配置した計算機実験～

日本大学 文理学科 情報システム解析学科

谷研究室 帆苅裕貴

目次

- 1.背景
- 2.技術革新とは
- 3.ゲーム理論とは
- 4.ゲーム理論を用いた伝搬
- 5.実験内容
- 6.実験結果

1.背景(1)

社会現象、自然現象の中にネットワークとみなせる現象は多々ある

(例)インターネット,人間関係,道路交通網

ネットワーク上には色々な情報・要素が流れている

背景(2)

ネットワーク上の伝播の例

ウィルスの伝染

- ①感染源が出現（ここでは1人のみとする）
- ②感染源に接触した人にウィルスが感染
（接触しても必ずしも感染するとは限らない）
- ③一度感染した人は感染したままとする

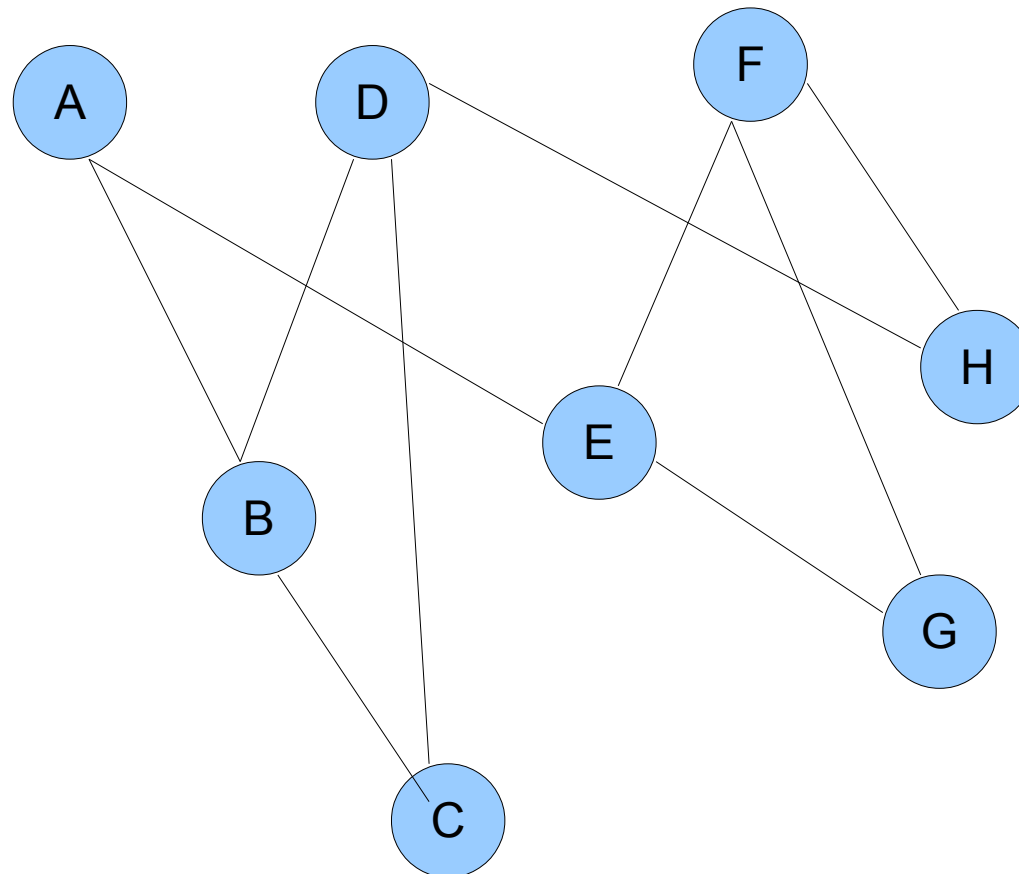
背景(3)

この伝播例(ウィルスの伝染)を数学的にモデル化

人間	→	ノード
接触	→	エッジ
ウィルス	→	ノード上の重み

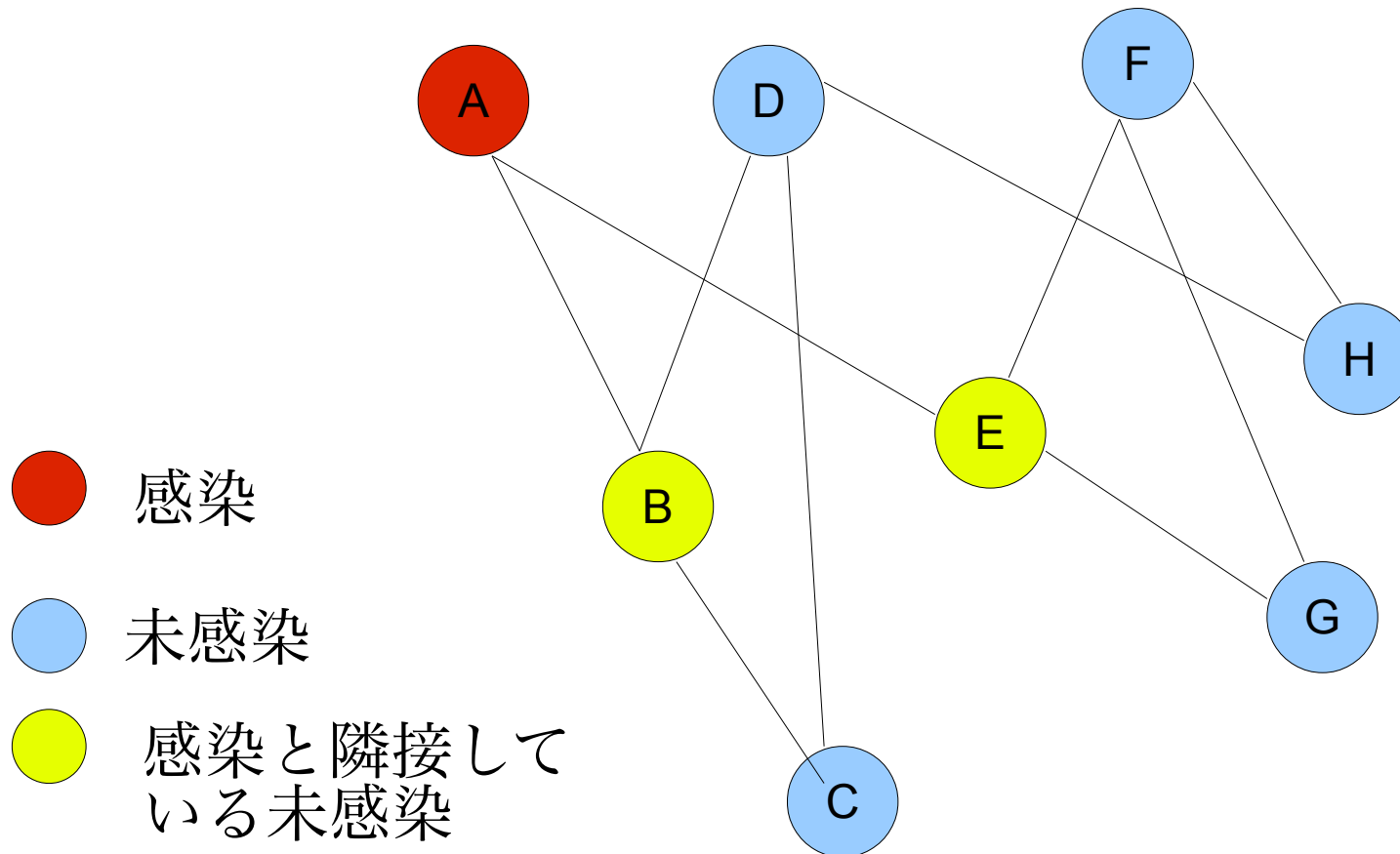
背景(4)

ノード数8,エッジ数10のグラフで
ウィルスの伝播を表していく

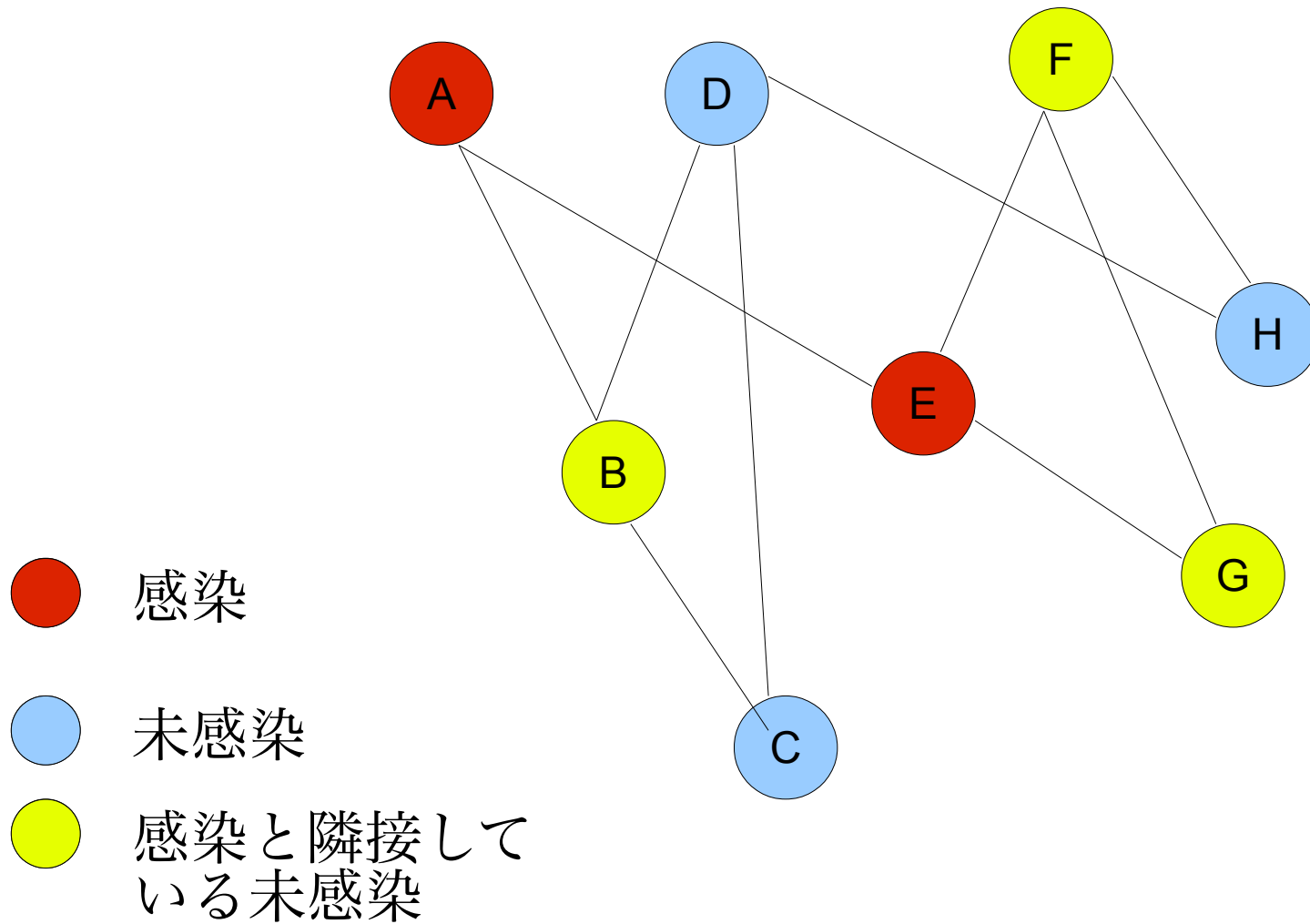


背景(5)

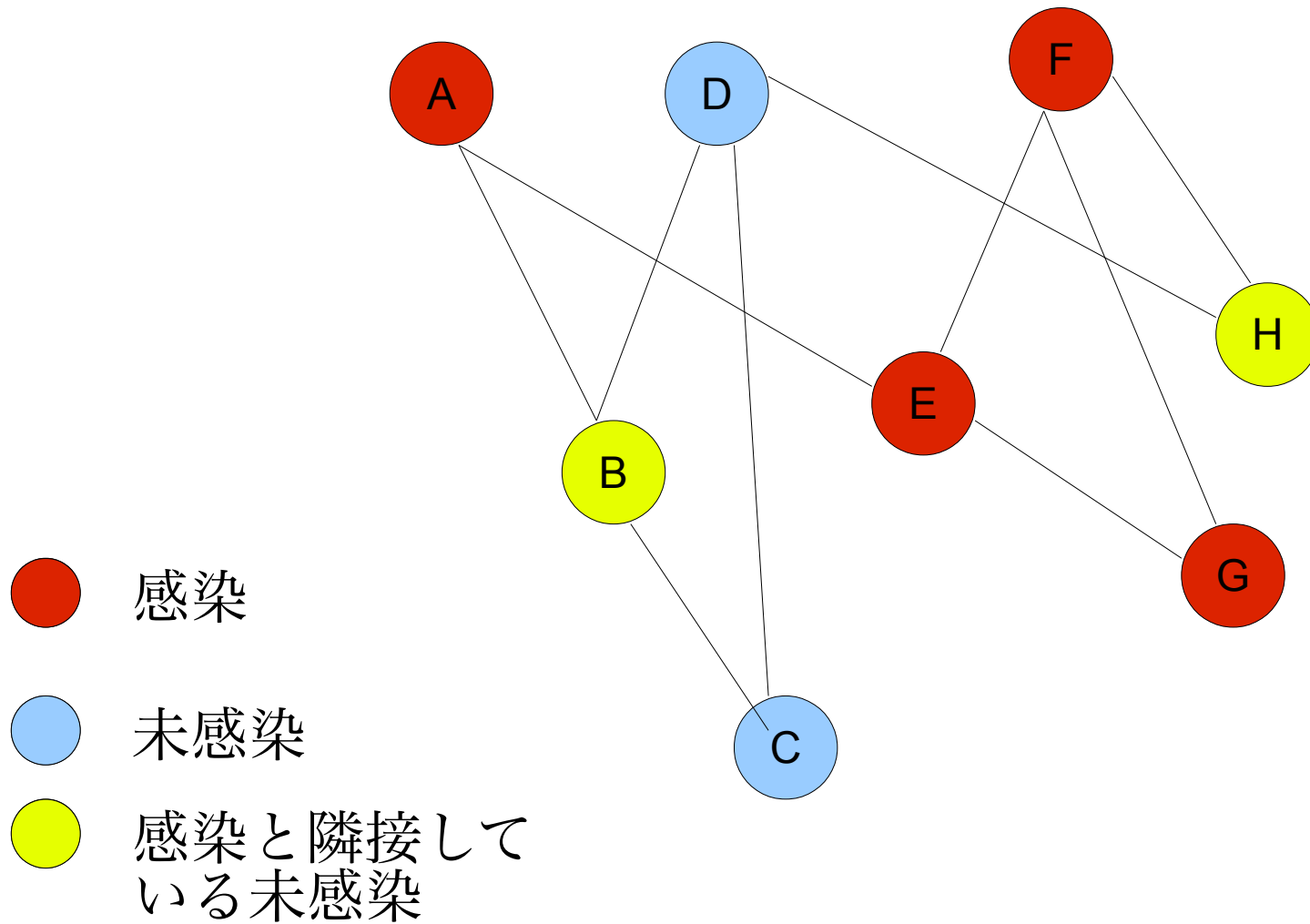
- 感染源：A
- 伝播規則：感染しているノードに隣接しているノードは確率 $1/2$ で感染



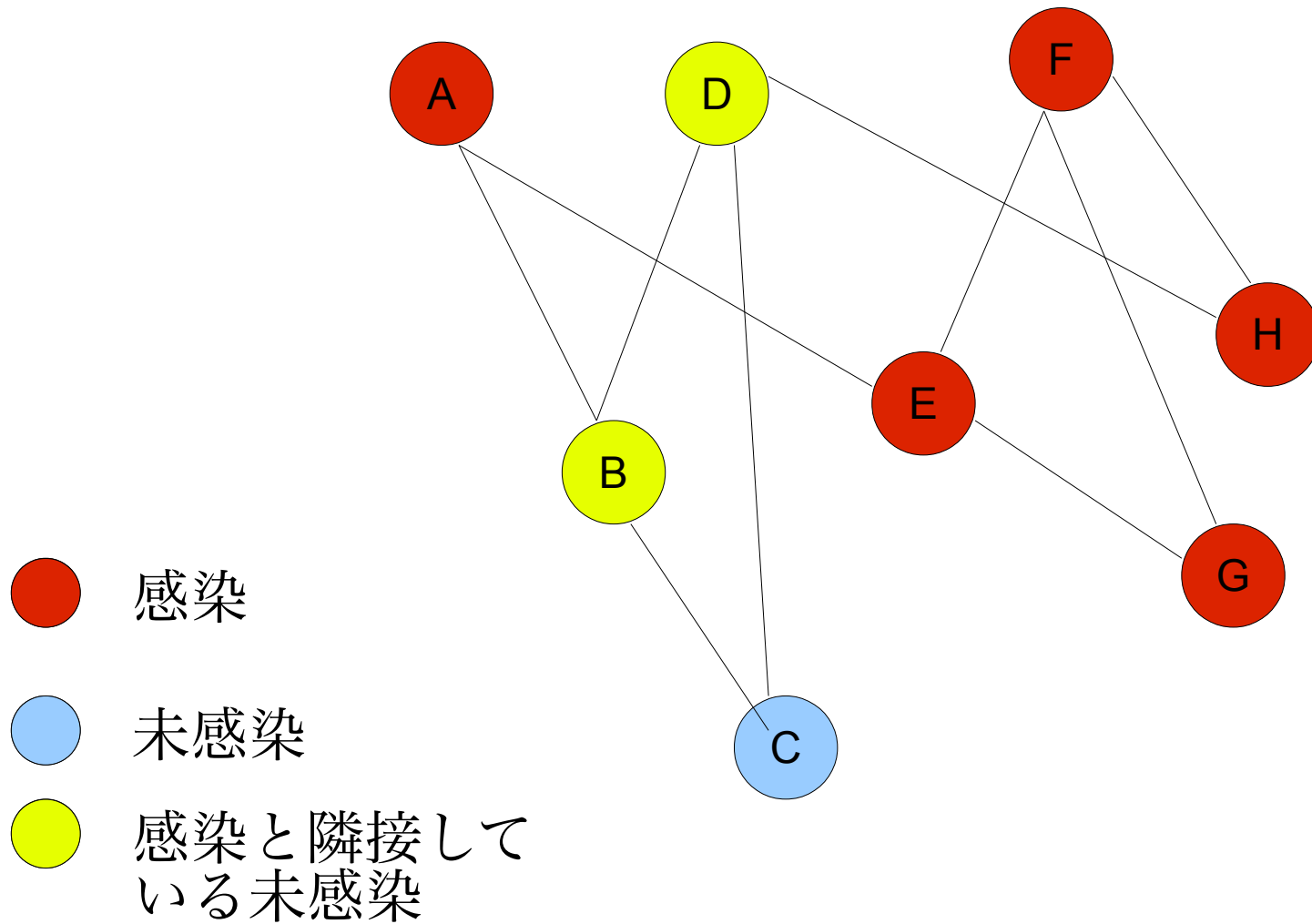
背景(6)



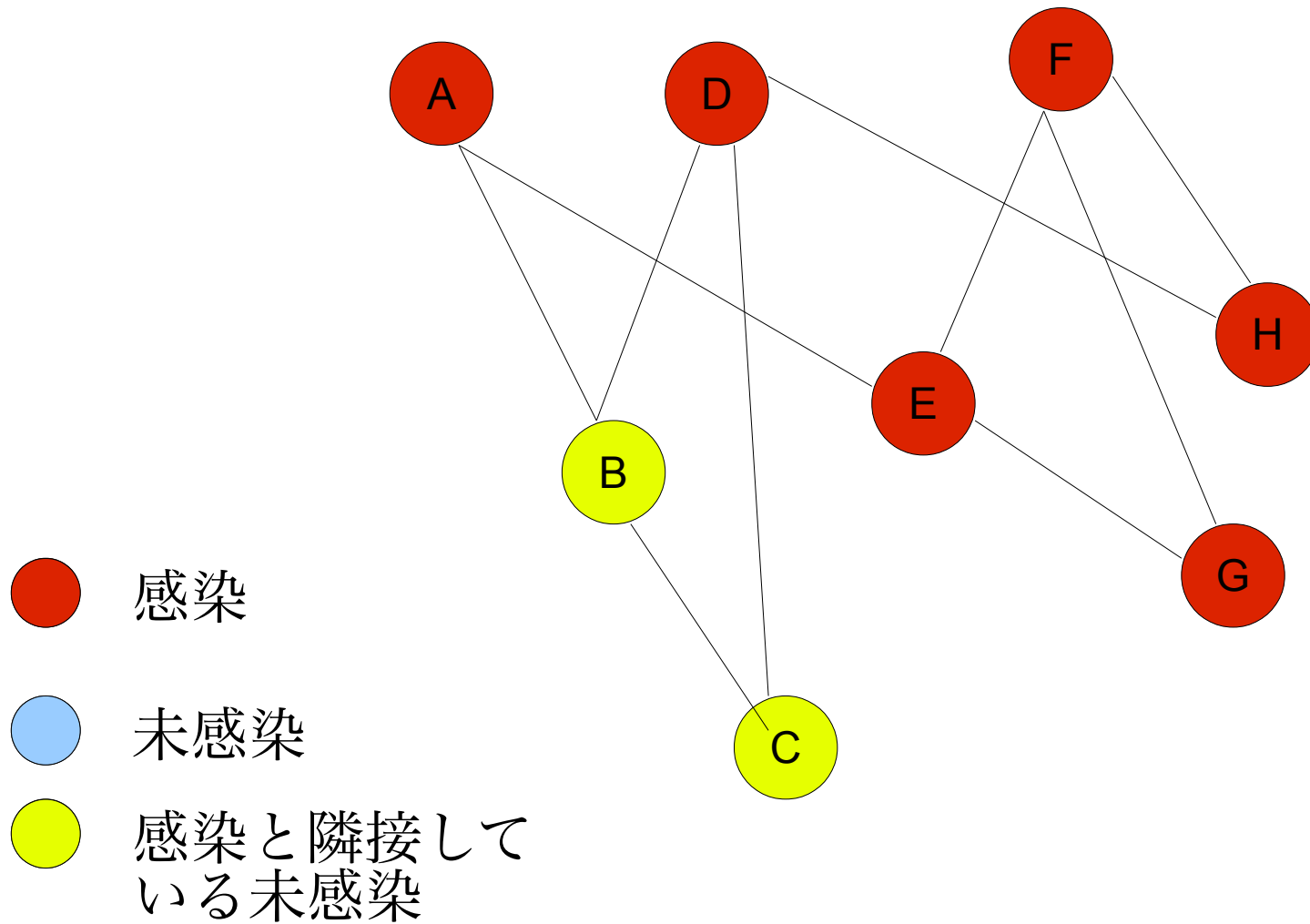
背景(7)



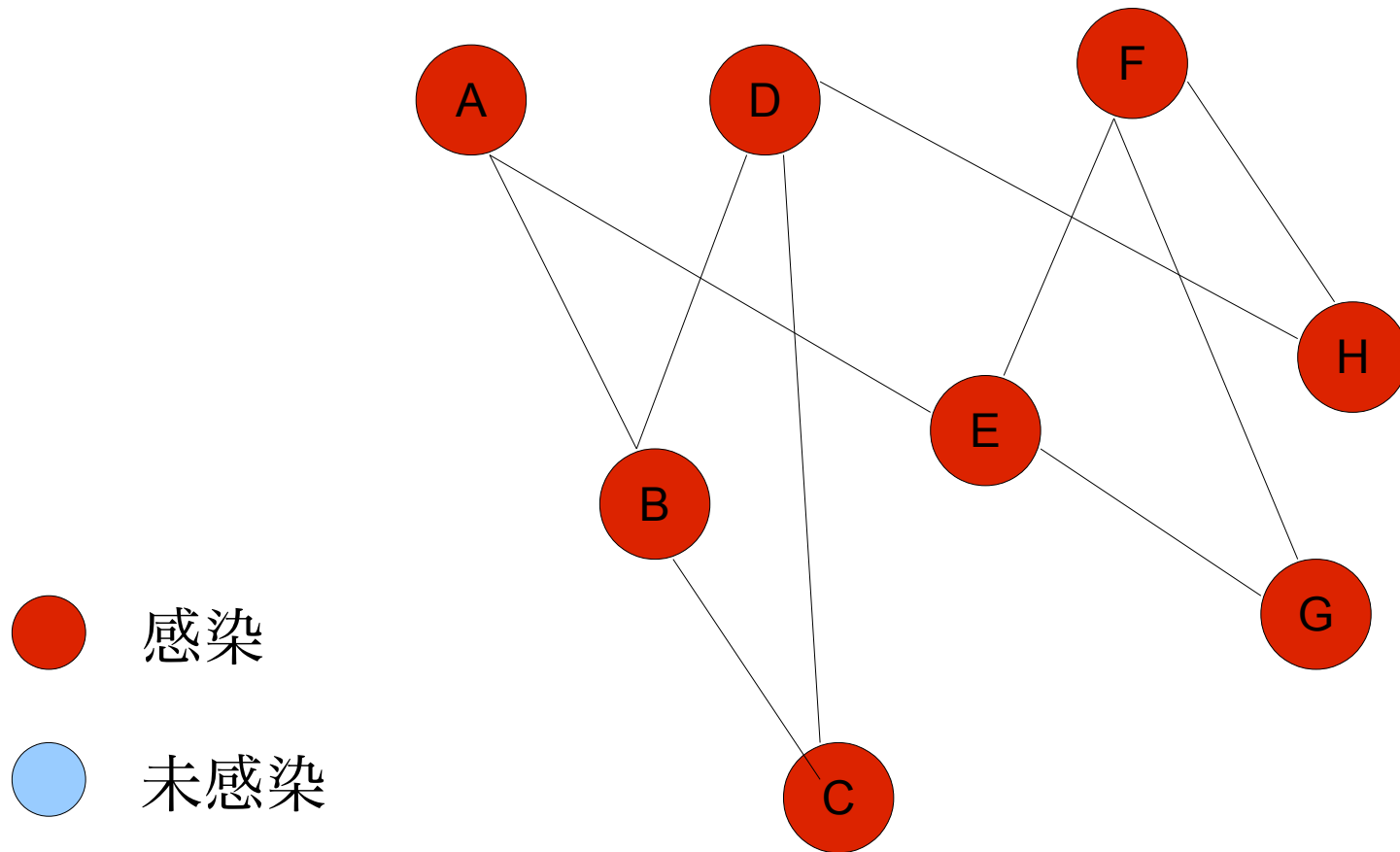
背景(8)



背景(9)



背景(10)



2.技術革新とは(1)

技術革新について

- 技術革新とは新たな技術のこと
- 技術革新は必ずしも取り入れられる訳ではない
- 技術革新の例
LED,ソーラーパネル,ブルーレイ

2.技術革新とは(2)

技術革新の採用について

- 技術革新の採用の例

ソーラーパネルは開発当初は値段が高く、性能も悪かった。しかし、近年では大量生産や技術の向上により値段も下がり、性能も上がっている
よって、家にソーラーパネルを採用する家庭も増えてきている

2.技術革新とは(3)

- 技術革新の採用の要因は
値段, 実用性, 必要性, 将来性, 周囲からの
影響などがある
- 今回は技術革新の採用の要因を周囲からの影響
に限定してモデル化する

ゲーム理論を用いた技術革新の伝播

技術革新の伝播をゲーム理論を用いたモデル化
(On the Spread of Innovations in Social Network,
Andrea Montanari and Amin Saberi, 2010)

ゲーム理論を用いることで各ノードが周囲のノードの影響を受けて戦略を決めることができる

3. ゲーム理論とは(1)

ある特定の条件下において、お互いに影響を与え合う複数のプレイヤーの間で生じる戦略的な相互関係を研究する数学の一分野

3. ゲーム理論とは(2)

ゲーム理論におけるゲームの定義

1. ゲームを支配するルール
2. ゲームにおける目的達成のための戦略の意思決定をおこなうプレイヤー
3. プレイヤーが選択可能な戦略
4. プレイヤーの意思決定を左右する情報

ゲーム理論とは(3)

ゲーム理論の目的と特徴

戦略的な状況における未来の行動を予測したり、
過去の行動を客観的に評価すること

各プレイヤーの戦略が相互の利害に影響するため
相手の戦略を考慮して自分の戦略を決定しなければならぬ

4. ゲーム理論を用いた伝搬(1)

技術革新の周囲からの影響を受けた伝播

- 技術革新の周囲からの影響を受けた伝播の例
クラスの1人が新しいテレビゲームを購入する
その友人は同じテレビゲームで遊びたいため購入する．周囲の友人が購入すればするほど自分も一緒に遊びたいため購入していく．

4. ゲーム理論を用いた伝搬(2)

- 技術革新の周囲からの影響を受けた伝播について
- ゲーム理論を用いることで各ノードは周囲のノードの戦略に影響を受けて戦略を決定できその結果がまた次の時間で各ノードに影響を与え広がっていく.

利得の説明1

定義①

- 各ノード*i*がとりうる戦略{+1,-1}
- 利得行列*A*は2×2の行列
- *N(i)*は隣り合うノード
- *i*は隣り合うノードと同じ戦略を取ればより高い利得を得るように、 $a > d, b > c$ と仮定する

$i \setminus N(i)$	+	-
+	a	c
-	d	b

利得の説明2

- i に隣接するノード $N(i)$ が $+1$ をとる場合 $N+(i)$
 $N(i)$ が -1 をとる場合 $N-(i)$ とする。
- i のとり戦略 x_i は
 $(a-d)N+(i) \geq (b-c)N-(i)$ となるとき $+1$,
それ以外のときは -1 となる。

利得の説明3

- 実際に利得を決めたときの例

$a=100, b=30, c=20, d=10$ として

$$(a-b)\alpha - (c-d)(1-\alpha) \geq 0$$

$$\alpha \geq 0.1$$

- 周囲のノードの10%以上が+1だったとき
ノードiが戦略+1をとることになる

ノイズの説明

定義②

- 人間は感情や環境で人間がとる戦略も変化していくため自分の利得を最大に得ようという最適行動戦略に反して戦略を決定してしまうことも推測される。
- ノイズは β と表す ($0 \leq \beta$)
- $\beta = \infty$ のとき、ノイズフリー
- $\beta = 0$ のとき、ノイズ最大
(ノイズ最大の場合は周囲に影響されずランダムで戦略を決定する)

式[1](On the Spread of Innovations in Social Network)

- 【式①】 戦略 y_i をとる確率

$$p_i^\beta(y_i | x_{N(i)}) =$$

$$\frac{e^{\beta y_i (h_i + \sum_{j \in N(i)} x_j)}}{e^{\beta (h_i + \sum_{j \in N(i)} x_j)} + e^{-\beta (h_i + \sum_{j \in N(i)} x_j)}}$$

$$e^{\beta (h_i + \sum_{j \in N(i)} x_j)} + e^{-\beta (h_i + \sum_{j \in N(i)} x_j)}$$

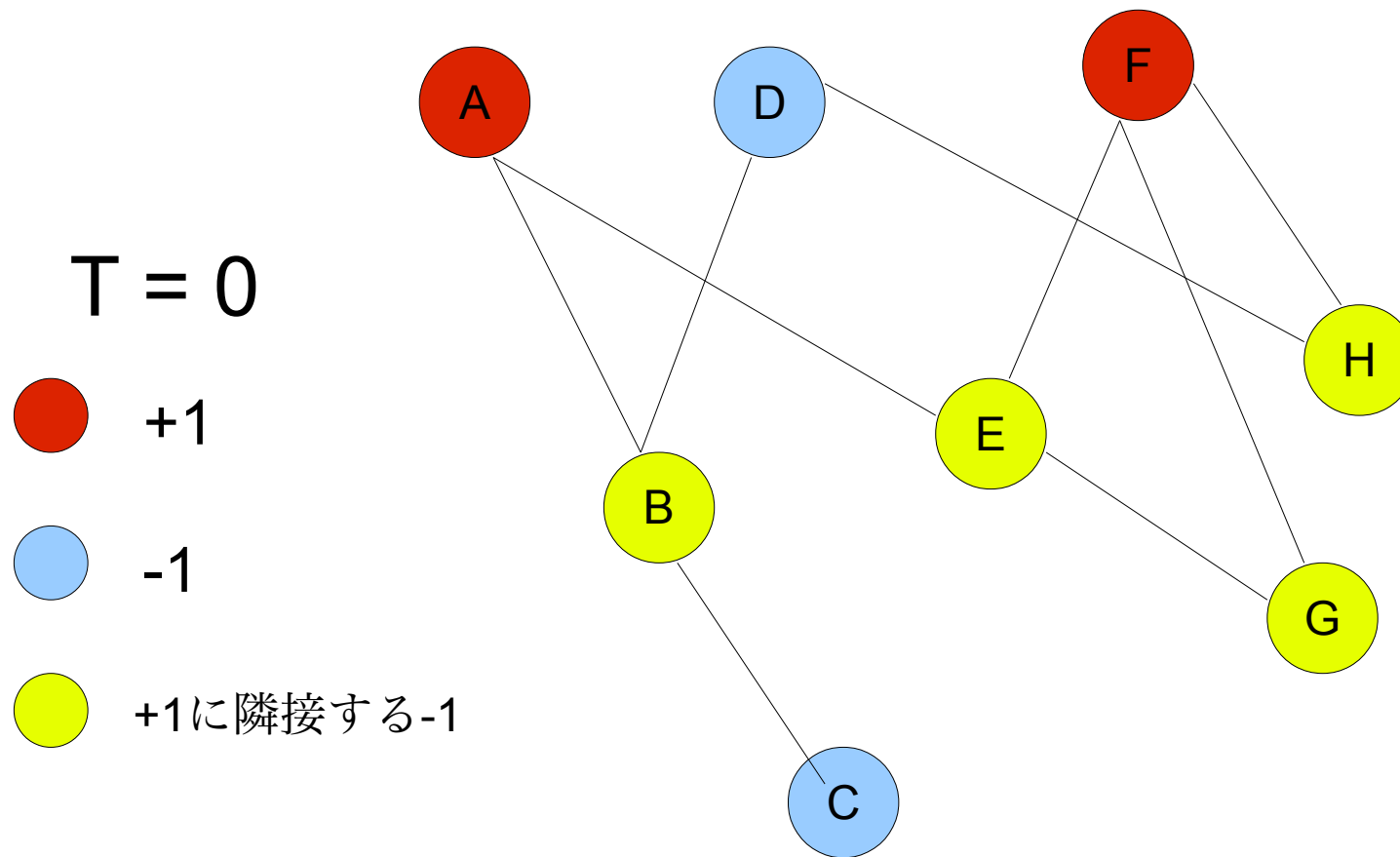
$\beta = 0$ の時, 上式 = $1 / 2$

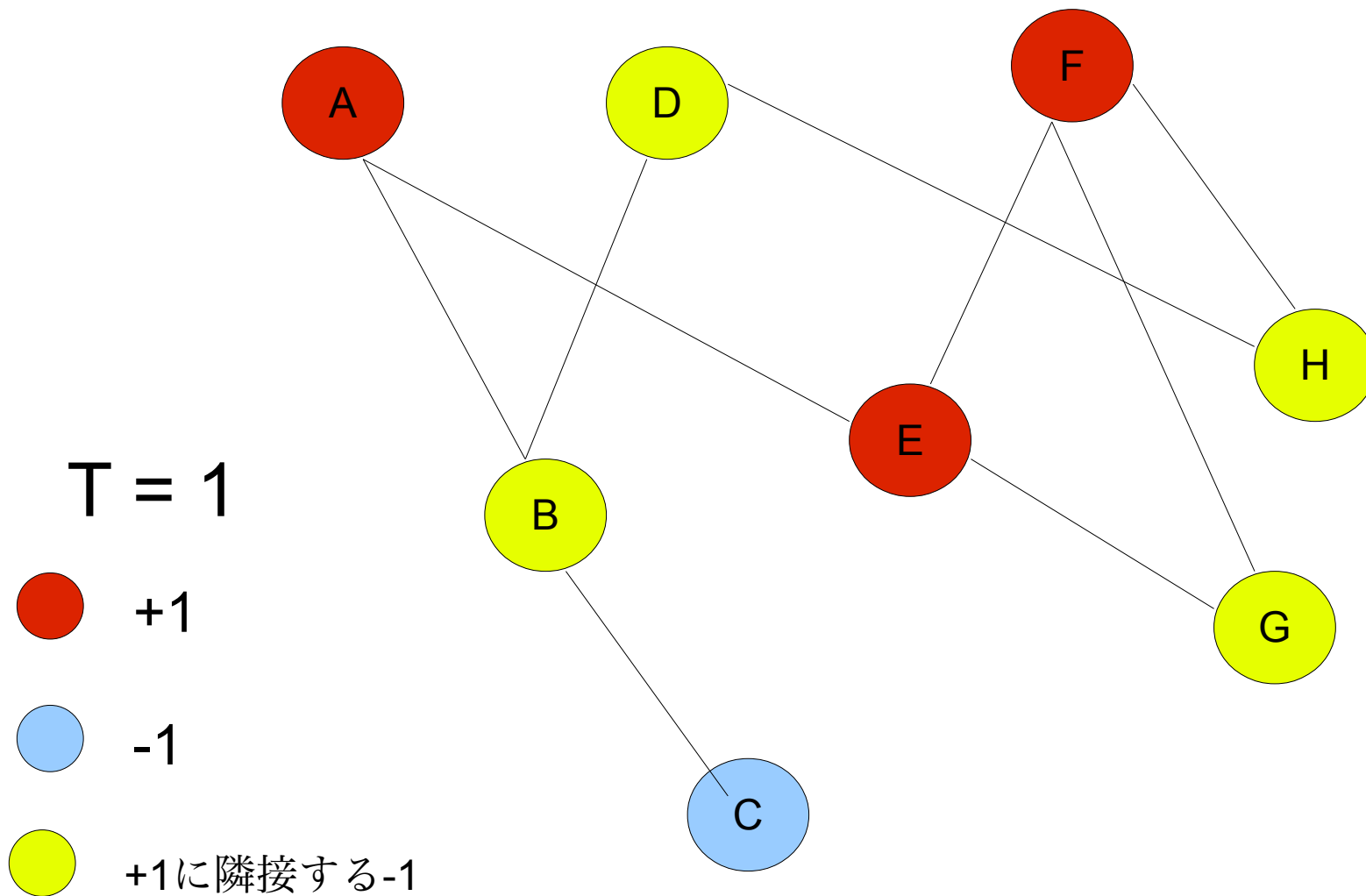
$\beta = \infty$ の時, 上式 = 1

となるので, 確率は $1/2 \sim 1$ となる

技術革新の伝播規則にゲーム理論を用いた例

- 始点：A $\beta = 0 \leq x, \beta \neq \infty$
- 伝播規則：隣接するノードの戦略を見て、自分がより高い利得を得る戦略を取る（式①に基づいた確率で戦略を取る）



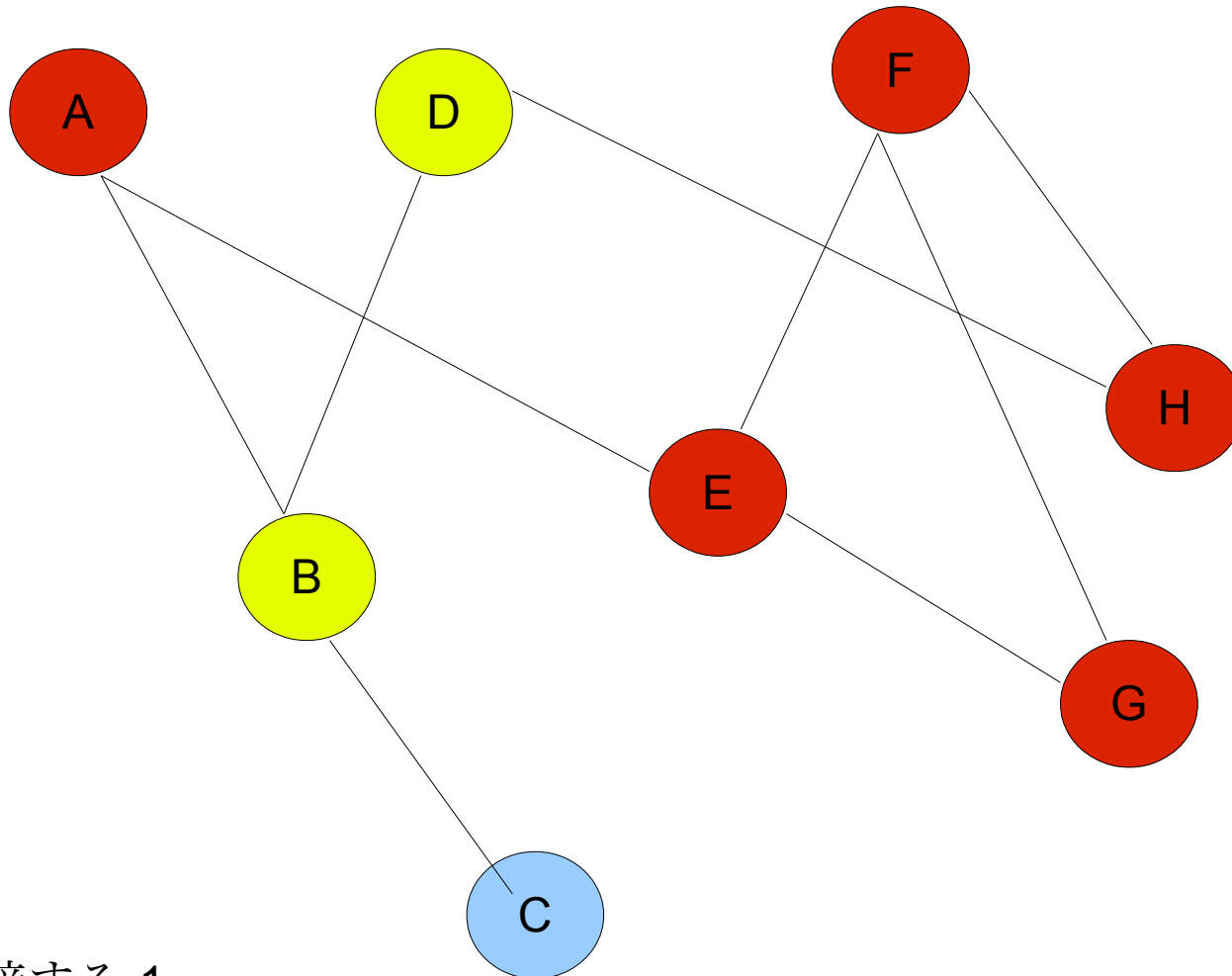


$T = 2$

● +1

● -1

● +1に隣接する-1

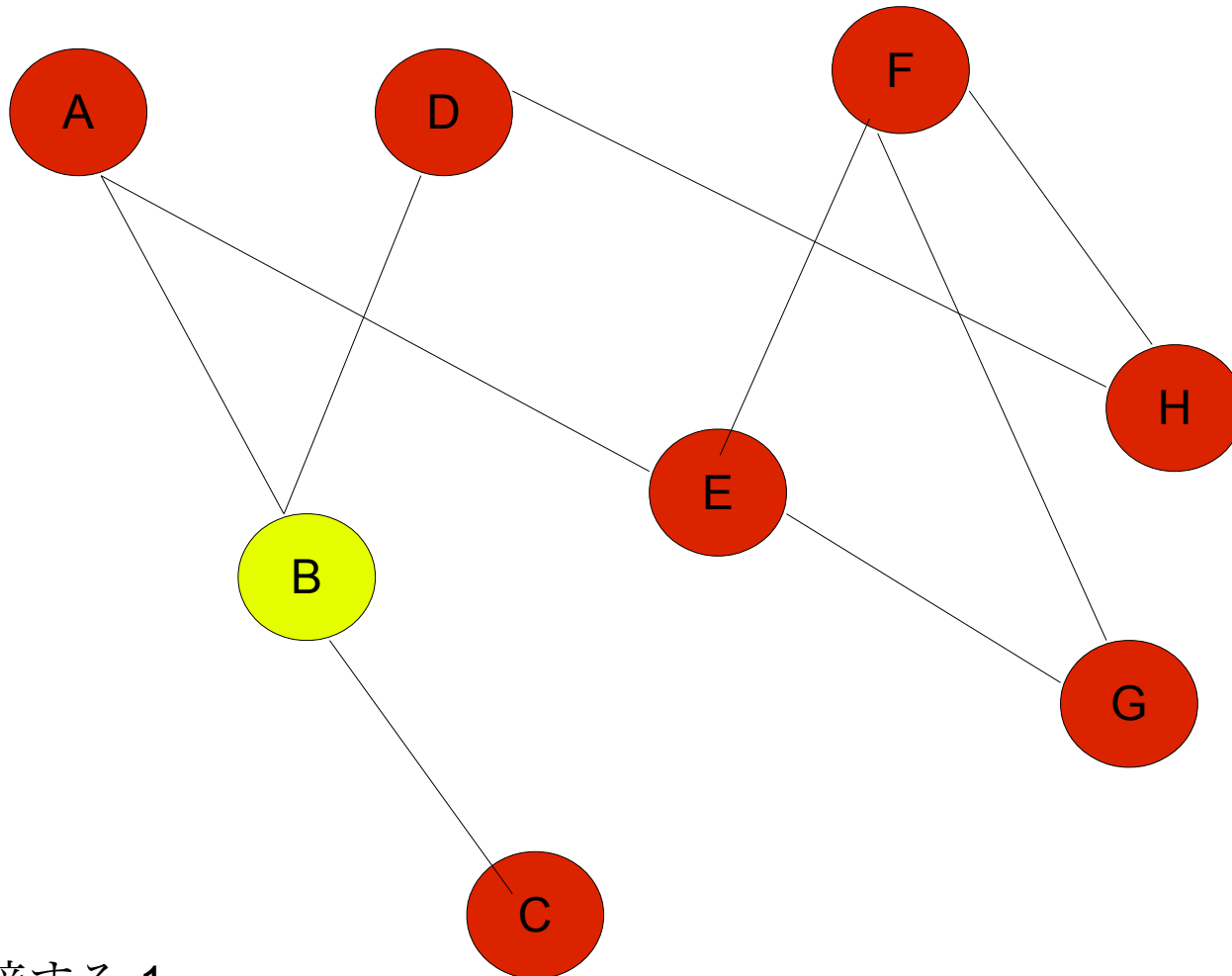


$T = 3$

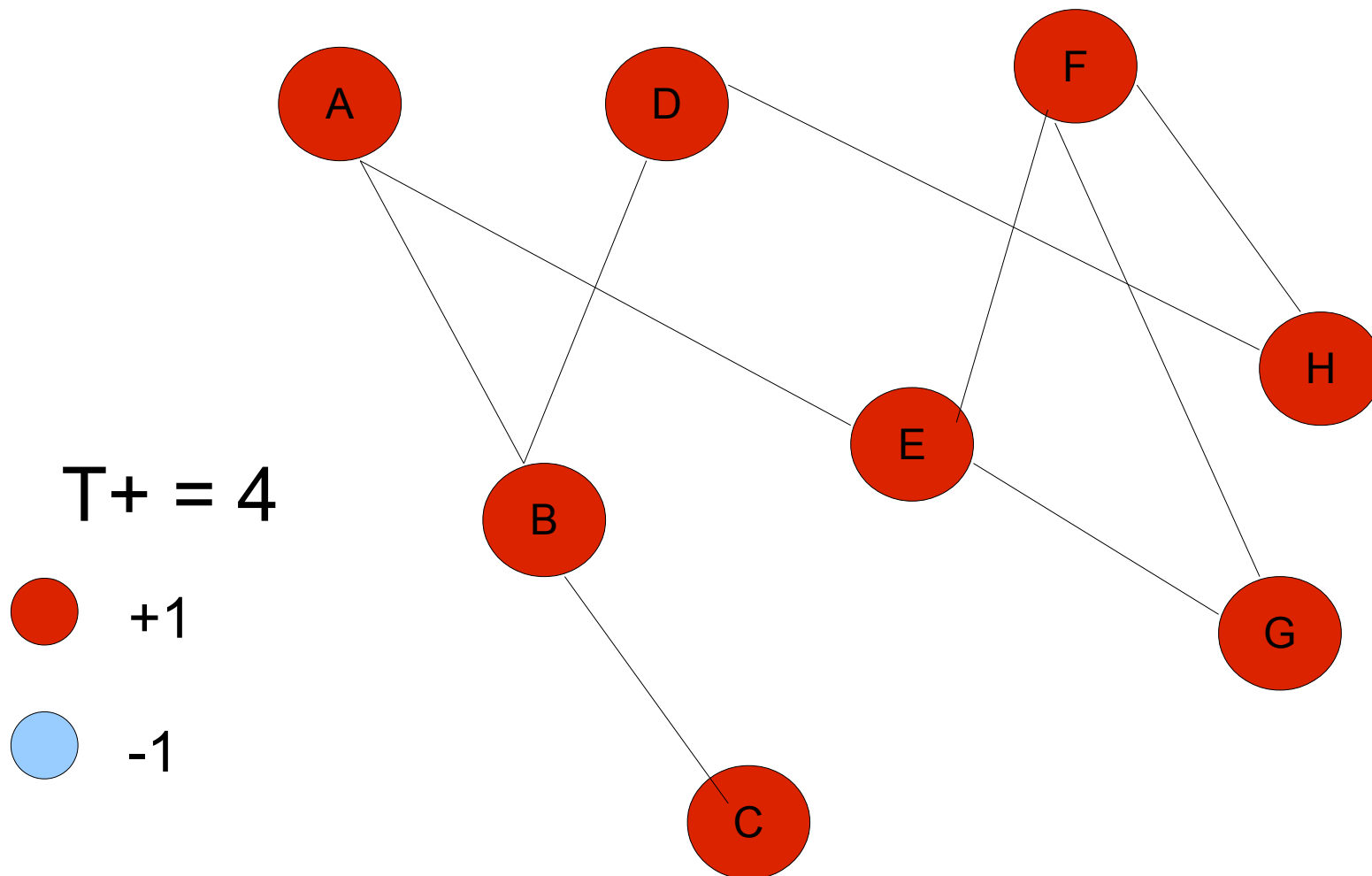
● +1

● -1

● +1に隣接する-1



T+ : 全てのノードが+1になった時の時間



5.実験内容(1)

- 谷研究室蔡延安氏作成のスケールフリーグラフ生成プログラムを使用してノード10万のグラフを100個作成する

(スケールフリー性は人間関係と同様にエッジが集中したノードとエッジが少ないノードが
できやすいため)

5.実験内容(2)

- 始めに技術革新+1をもつノードはランダムで16%のノードに配置する
- β と利得を変更してそれぞれ100回ずつ試行してT+を求める

5.実験内容(3)

- 利得A

$$a=100$$

$$b=30$$

$$c=20$$

$$b=5$$

$$\beta=4, 3.37, 2.84$$

- 利得B

$$a=100$$

$$b=30$$

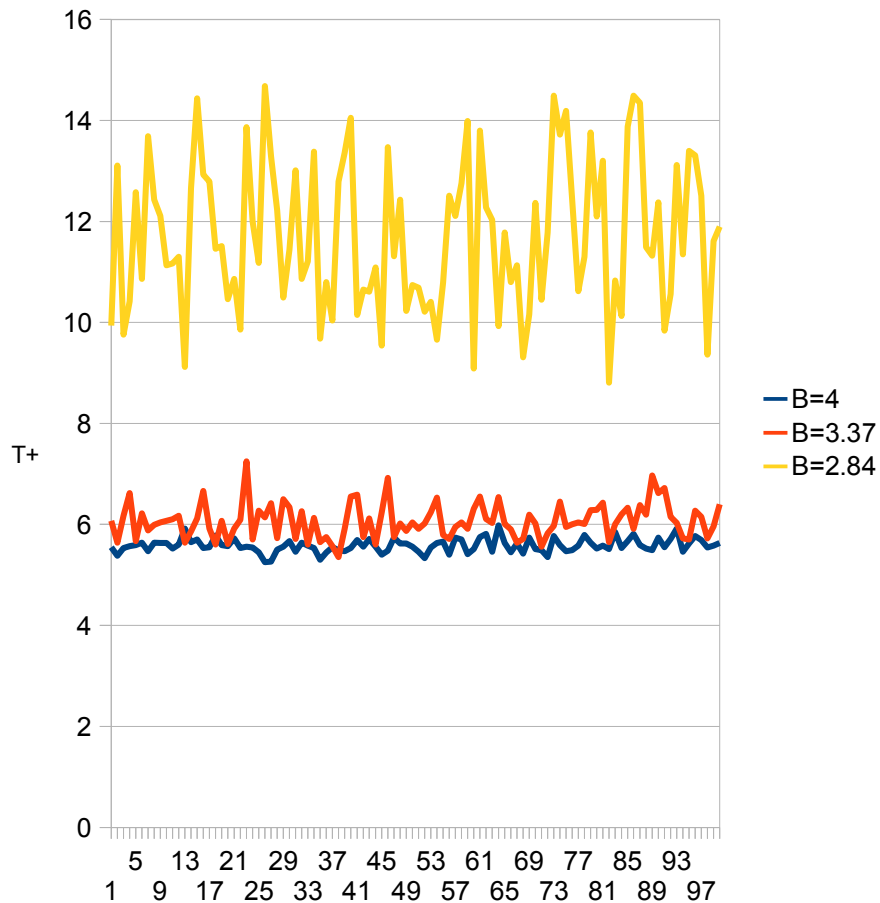
$$c=20$$

$$b=15$$

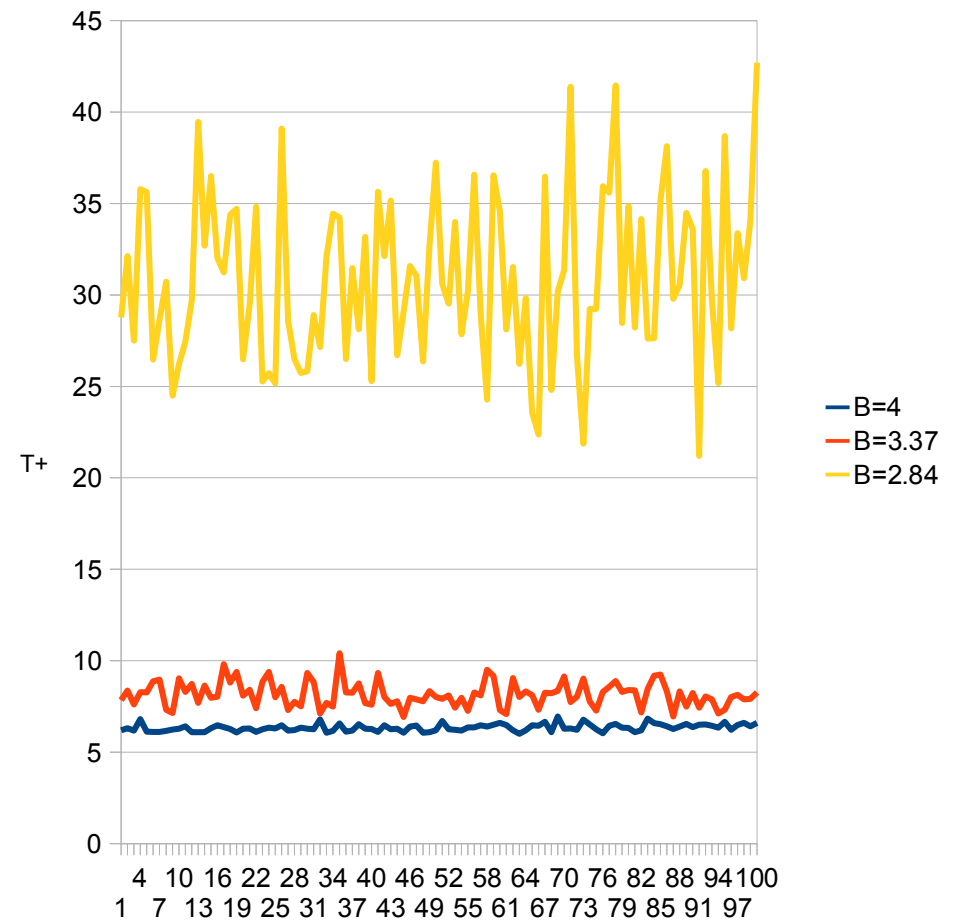
$$\beta=4, 3.37, 2.84$$

6.実験結果(1)

- 利得A, T+の平均

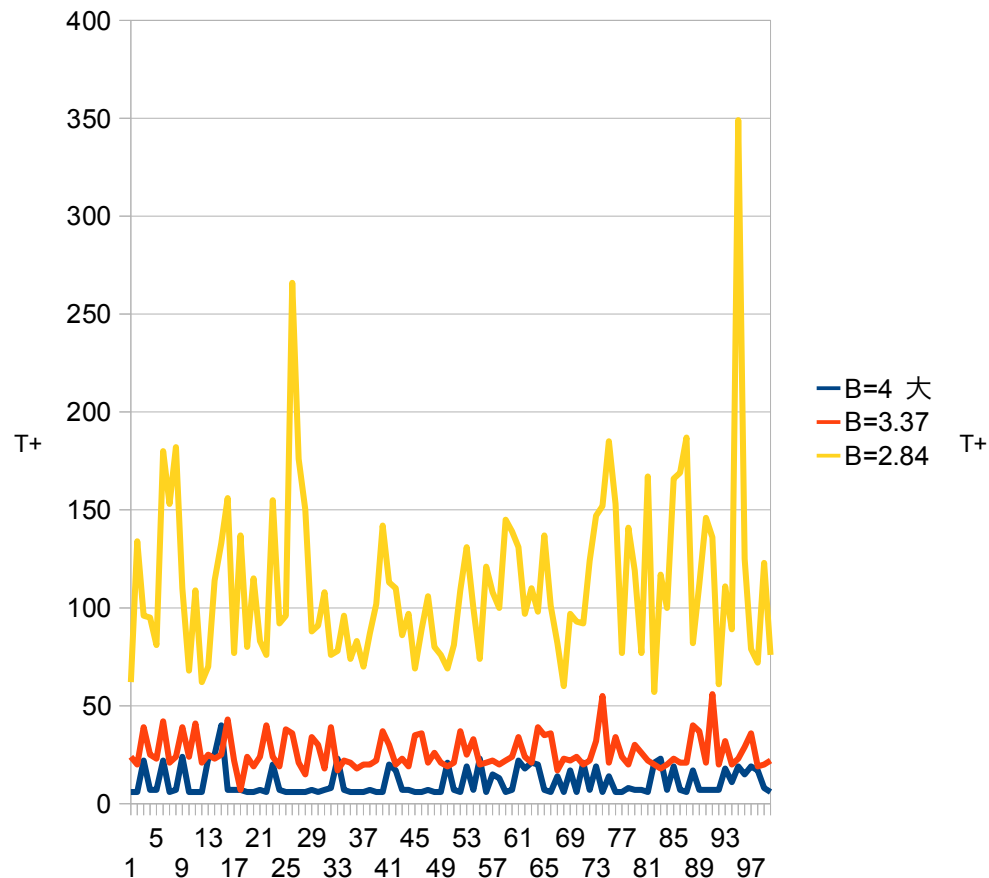


- 利得B, T+の平均

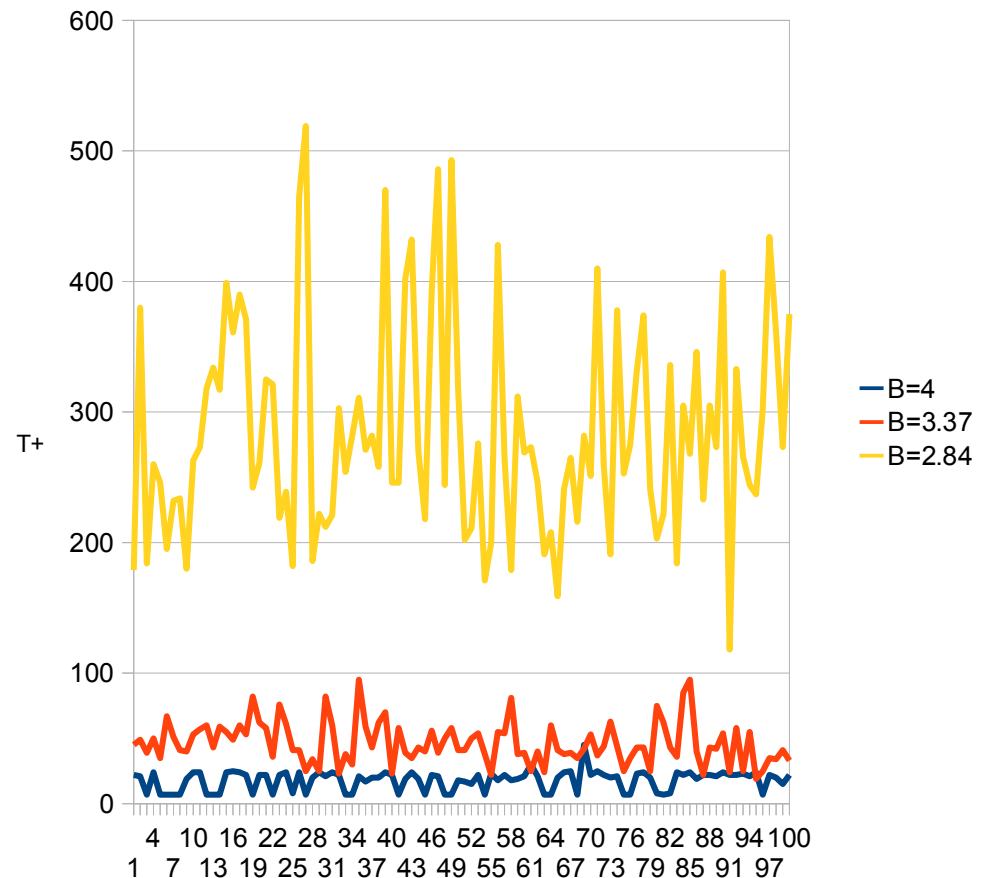


6.実験結果(2)

- 利得A, $T+$ の最大値



- 利得B, $T+$ の最大値



6.実験結果(3)

- 考察1

利得aとbの差が大きいほうがT+は小さくなり

利得aとbの差が小さいほうがT+は大きくなる

戦略+1をとるための周囲のノードの+1の割合が
少なくてすむため利得の差が大きいほうがT+も
小さくなると推測できる

6.実験結果(4)

- 考察 2

β の値が大きいほど $T+$ は小さくなる

β の値が小さいほど $T+$ は大きくなる

ノイズはすべてのノードに影響するため

+1になったノードも影響され

$T+$ は大きくなると推測できる