

# 1. さまざまなネットワークとその現状

## 要点

- 通信ネットワークにはコンピュータ・ネットワーク, 電話網など, さまざまある.
- さまざまなネットワークを抽象化して数学的に理論化されている.
  - ◆ コンピュータや通信のネットワーク以外にも, 人間関係や交通・物流など, さまざまなネットワークがある.
  - ◆ 最近, 複雑ネットワークの理論が発展している.
  - ◆ 古典的な理論として, ネットワーク最適化の理論, ネットワーク・フローの理論などがある.

# コンピュータ・ネットワーク

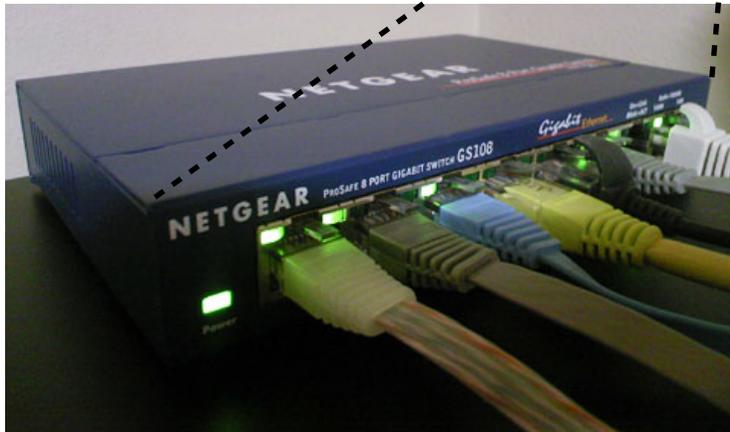
## ■ コンピュータ・ネットワークの構成要素は 3 種類

- ◆ リンク: 端末とノード, ノードどうしをむすぶ電線 (通信回線).
- ◆ 端末: 基本的に 1 本のリンクでノードに結合される (PC, サーバ, プリンタ, ...).
- ◆ ノード: 結節点 (ルータ, スイッチ, ...).

第4章で説明する「ハブ (ヒータハブ)」という装置は、箱状の外観でケーブルのように「つなぐもの」には見えませんがリンクに分類されます。詳しくは4.12項で。

(C) 井戸伸彦 2007

図1-6 簡単なコンピュータネットワークでの3要素

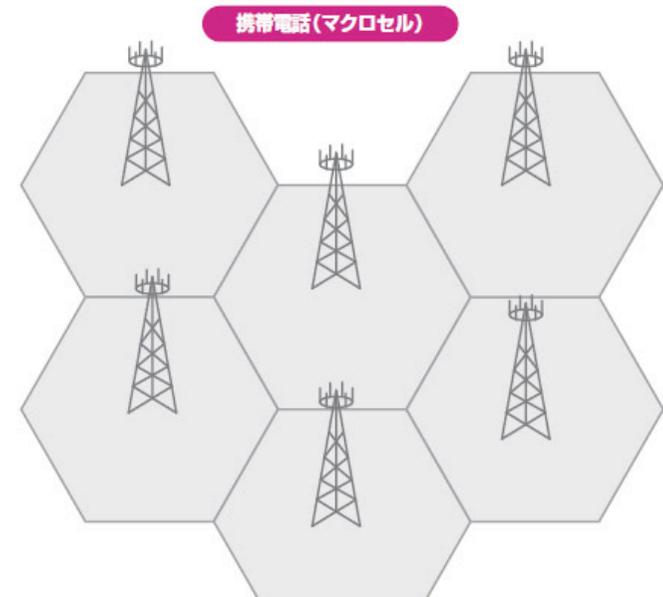


アラクサラ社のルータ AX7804R

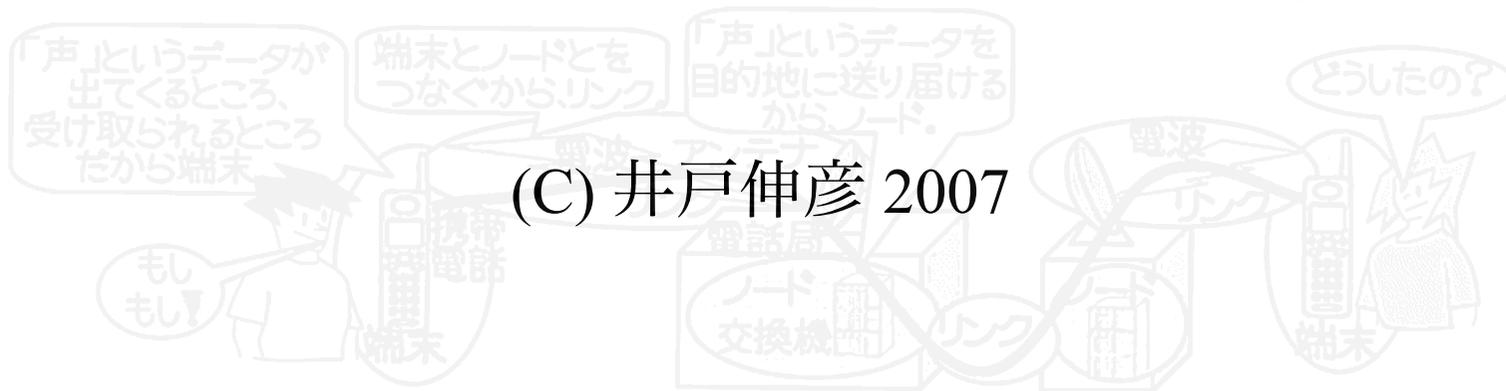
# 携帯電話のネットワーク



基地局の例



携帯電話 = cellular phone  
セル半径500m~20km  
(cell = 細胞)



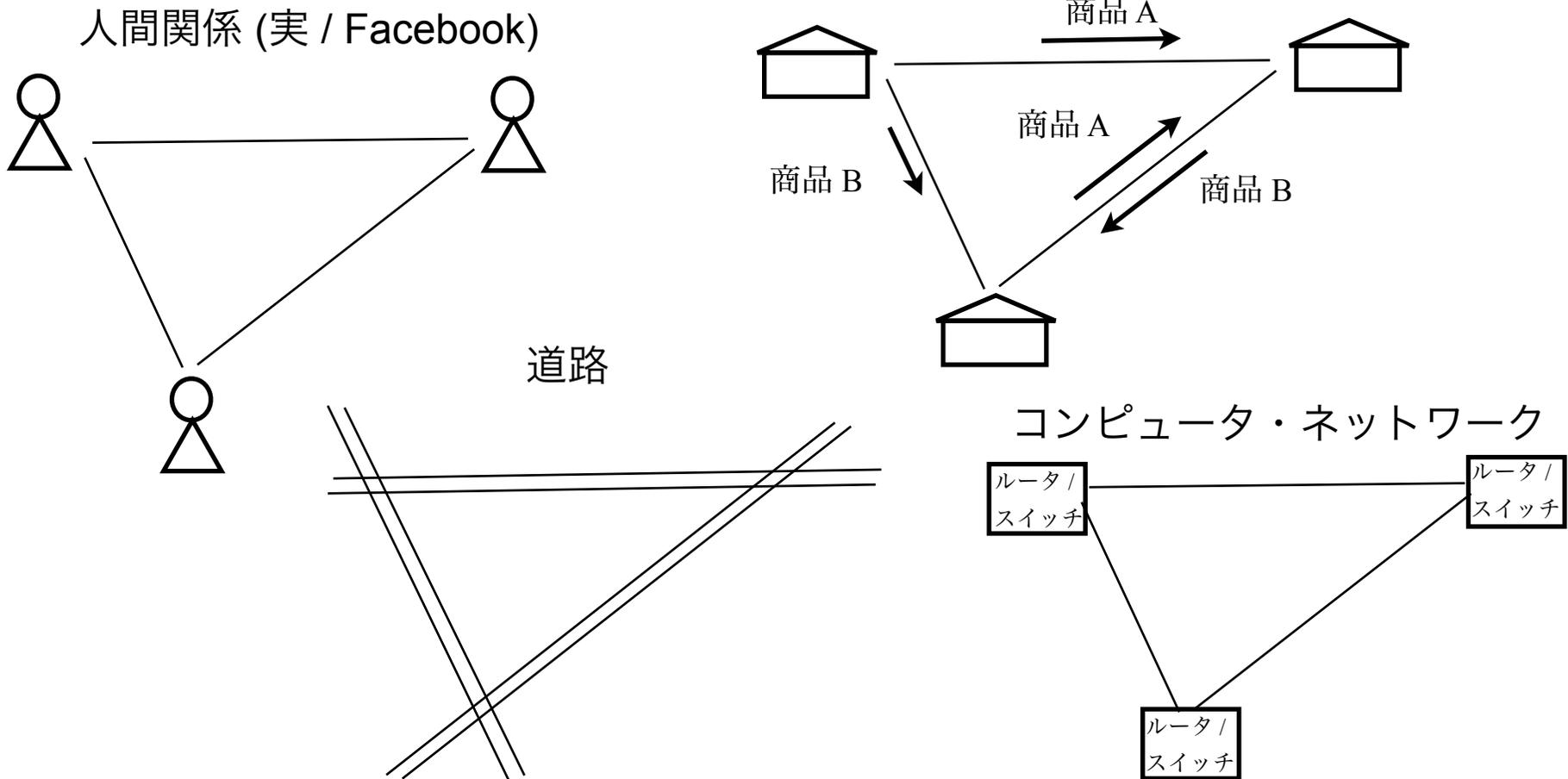
(C) 井戸伸彦 2007

図1.7 携帯電話ネットワークでの通信の3要素

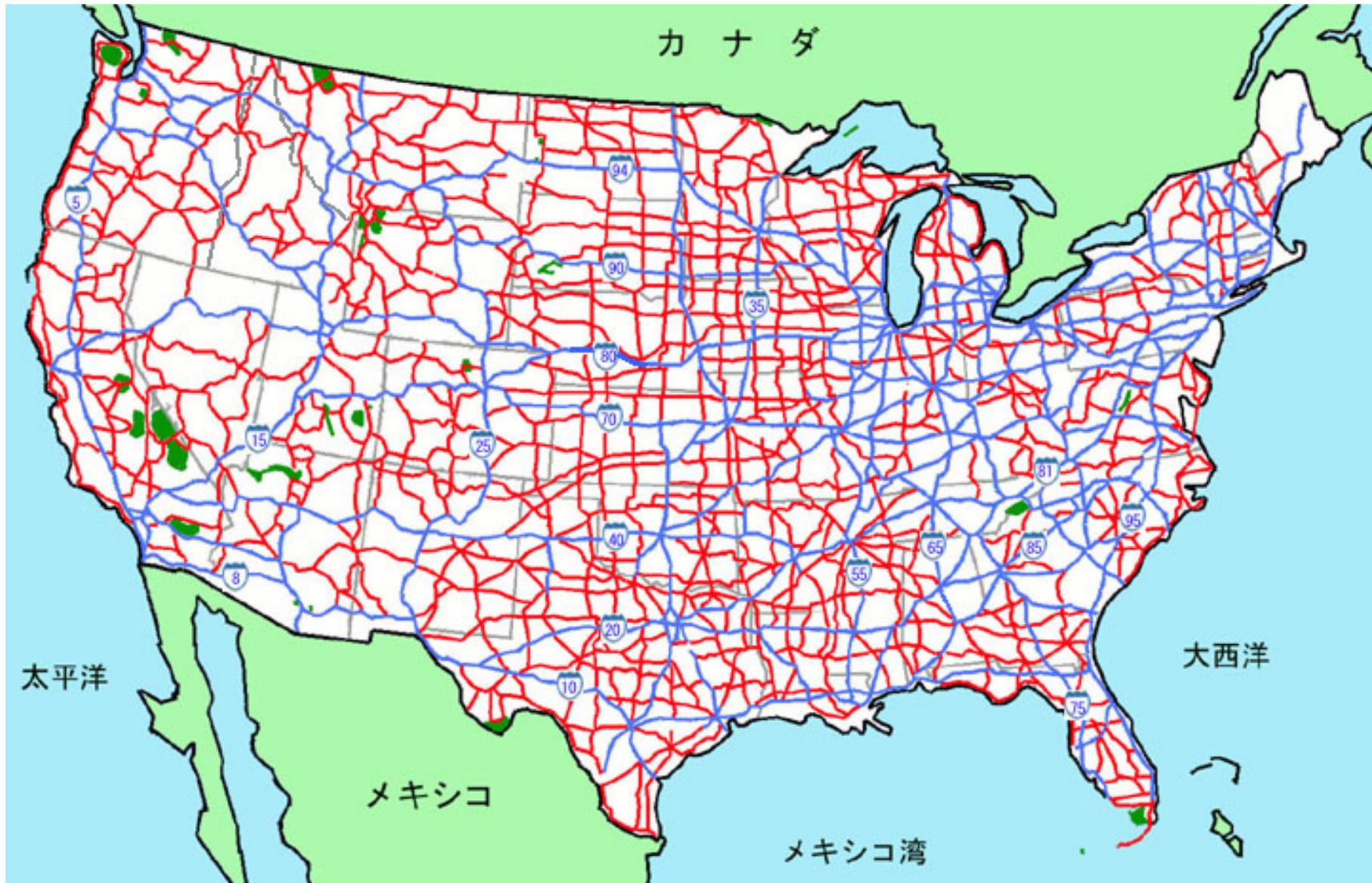
# さまざまなネットワーク

## ■ ひとのつながりもネットワーク

- ◆ コンピュータ・ネットワークもひとのネットワークも「ネットワークの理論」であつかわれる.

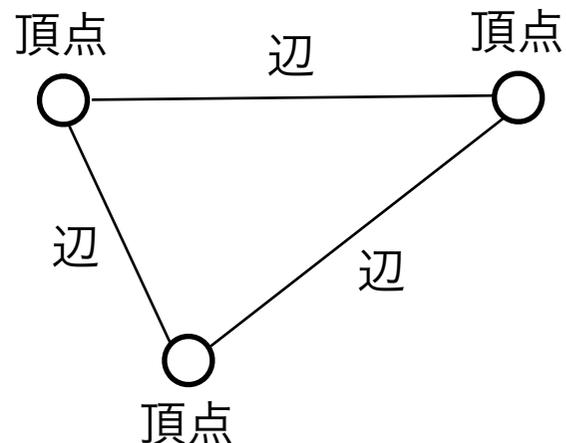


# さまざまなネットワーク (つづき)



# ネットワークの抽象化

- さまざまな種類のネットワークを頂点と辺からなるグラフに抽象化する.
- グラフの辺や頂点に属性値 (距離など) をあたえたものが (抽象的な) ネットワーク.
- 抽象的なグラフやネットワークの数学的理論を実際のネットワークに適用する.



# ネットワークの理論

---

## ■ ネットワークの数学的な理論は (すくなくとも) 2 つある

### ◆ 複雑ネットワークの理論

- 最近発展した.

### ◆ ネットワークの最適化, とくにネットワーク・フローの最適化

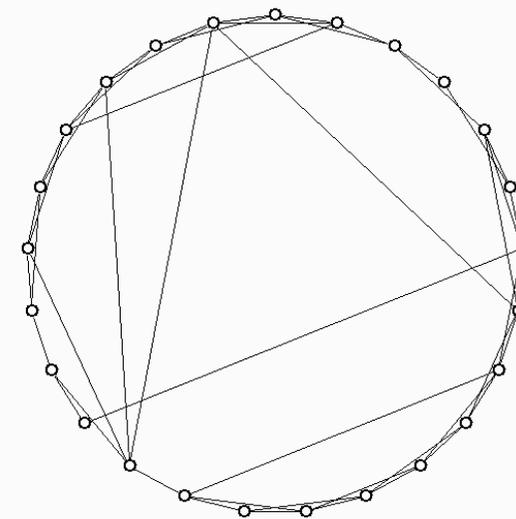
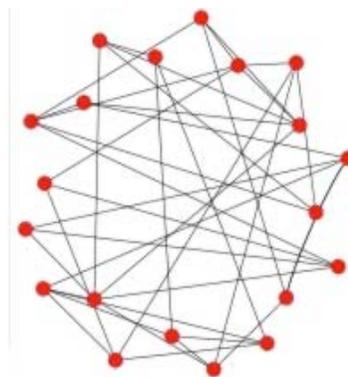
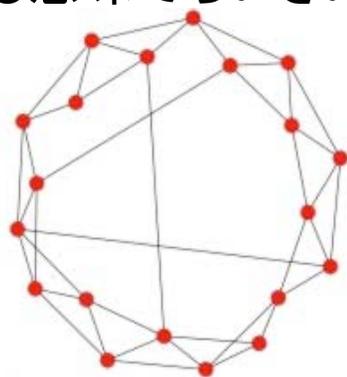
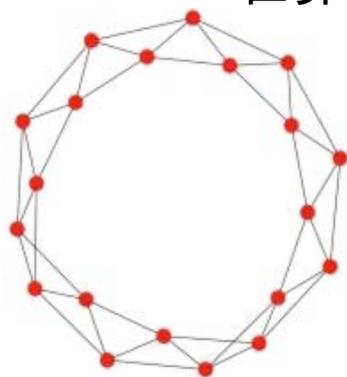
- 歴史がある.

## ■ 経済学・経営学なども複雑ネットワークの理論などに影響を受けている.

# 複雑ネットワークの理論: スモールワールド

## ■ スモールワールド・ネットワークの理論が比較的最近, 発展

- ◆ 社会心理学者スタンレー・ミルグラムによる実験 (1967): 送信相手を知り合いに限定した手紙が何回めに目的の相手にとどくかをしらべる.
  - 6 回めにとどいた.
- ◆ その後のメールなどによる実験でも「世界の誰とでも 6 人 (程度) でつながる」ことがたしかめられた
  - 世界はある意味でちいさい.



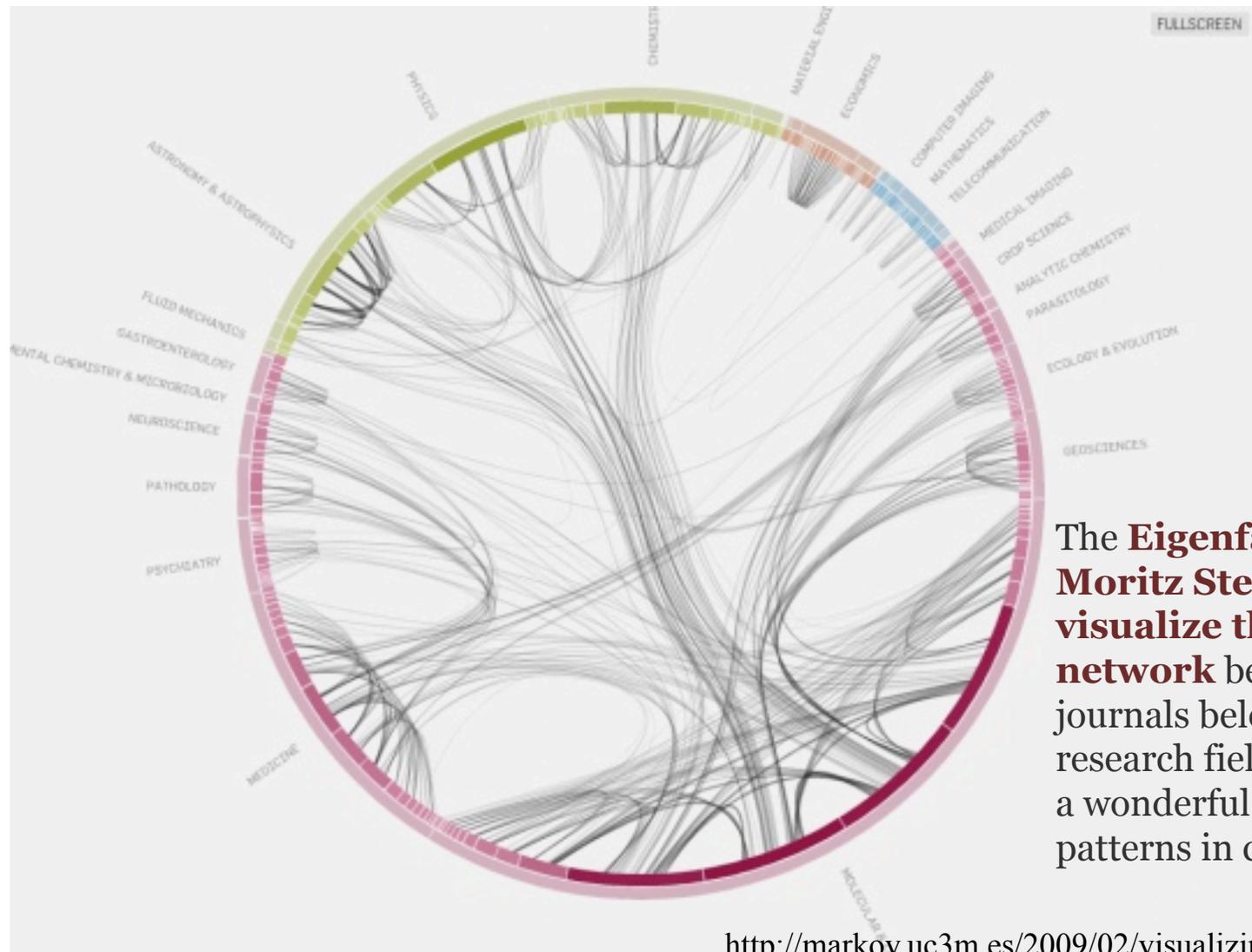
0

Randomness

1

# スモールワールド・ネットワークの例

## ■ 論文誌の論文間の参照関係



The **Eigenfactor Project** and **Moritz Stefaner** join efforts to **visualize the citation network** between different journals belonging to different research fields. It is amazing and a wonderful way to explore patterns in citation networks

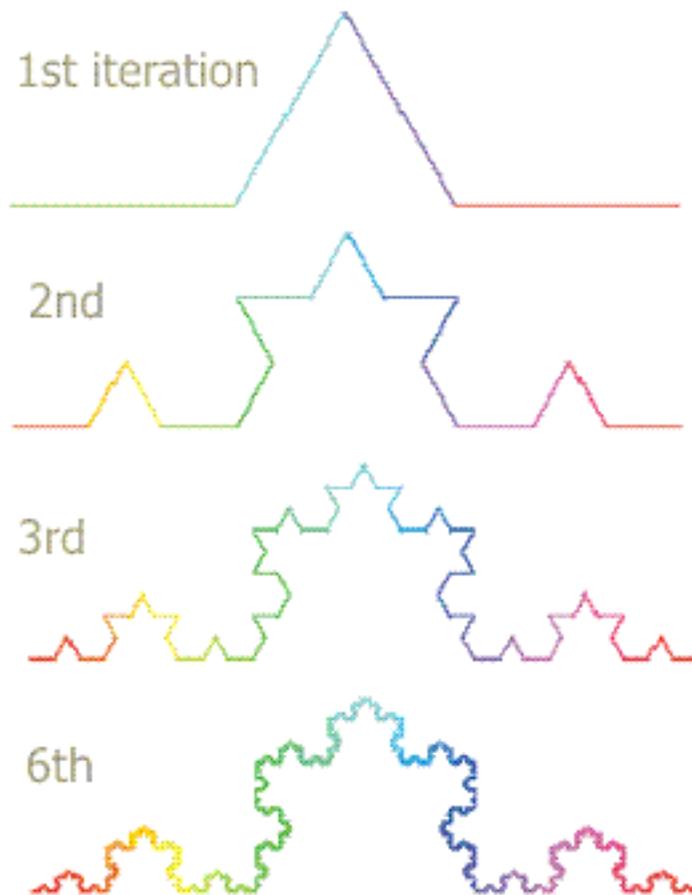
<http://markov.uc3m.es/2009/02/visualizing-citation-networks/>

# 複雑ネットワークの理論: スケールフリー

## ■ スケールフリーとは?

◆ 拡大してもおなじようにみえること.

fractal Koch curve

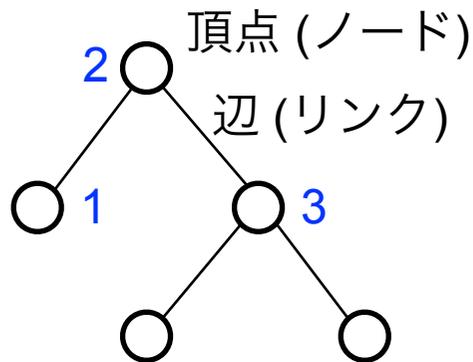


[http://www.dichotomistic.com/hierarchies\\_fractals.html](http://www.dichotomistic.com/hierarchies_fractals.html)

# 複雑ネットワークの理論: スケールフリー (つづき)

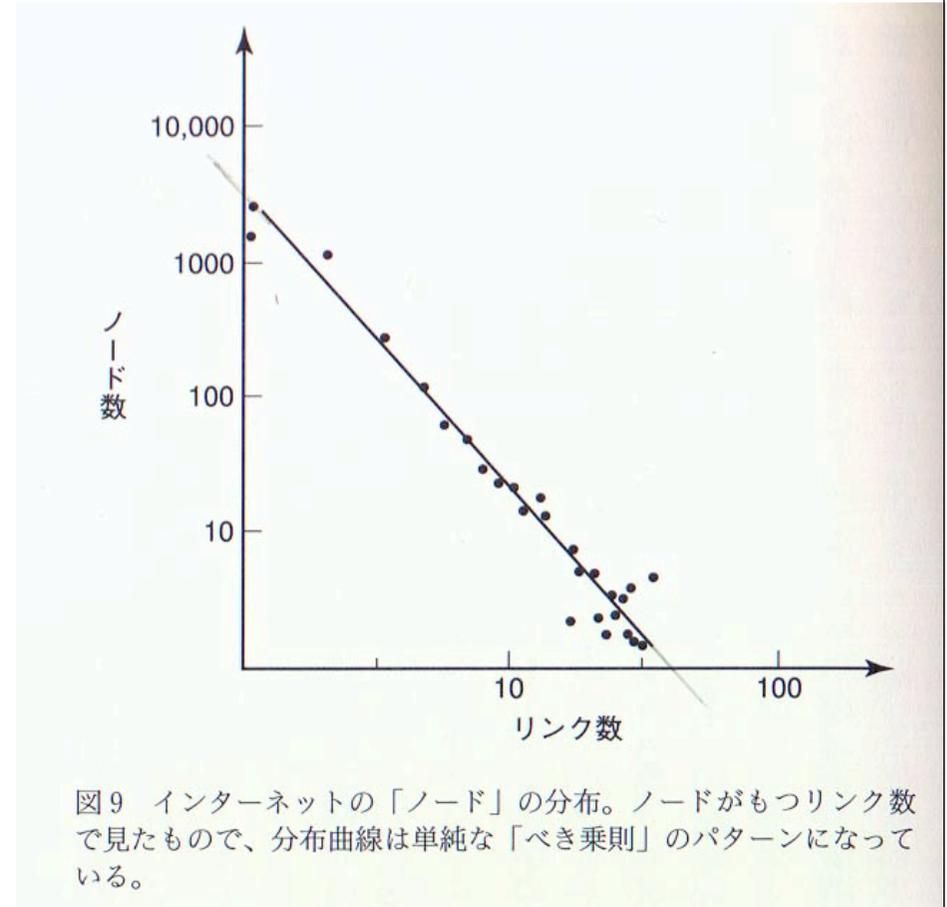
## ■ スケールフリー・ネットワーク

- ◆ 拡大してみてもおなじように見えるネットワークを「スケールフリー・ネットワーク」という。
- ◆ スケールフリー・ネットワークはべき乗則に支配されている。⇒
- ◆ 多くの現実のネットワークはスケール・フリーである。
- ◆ インターネットもスケールフリーである。

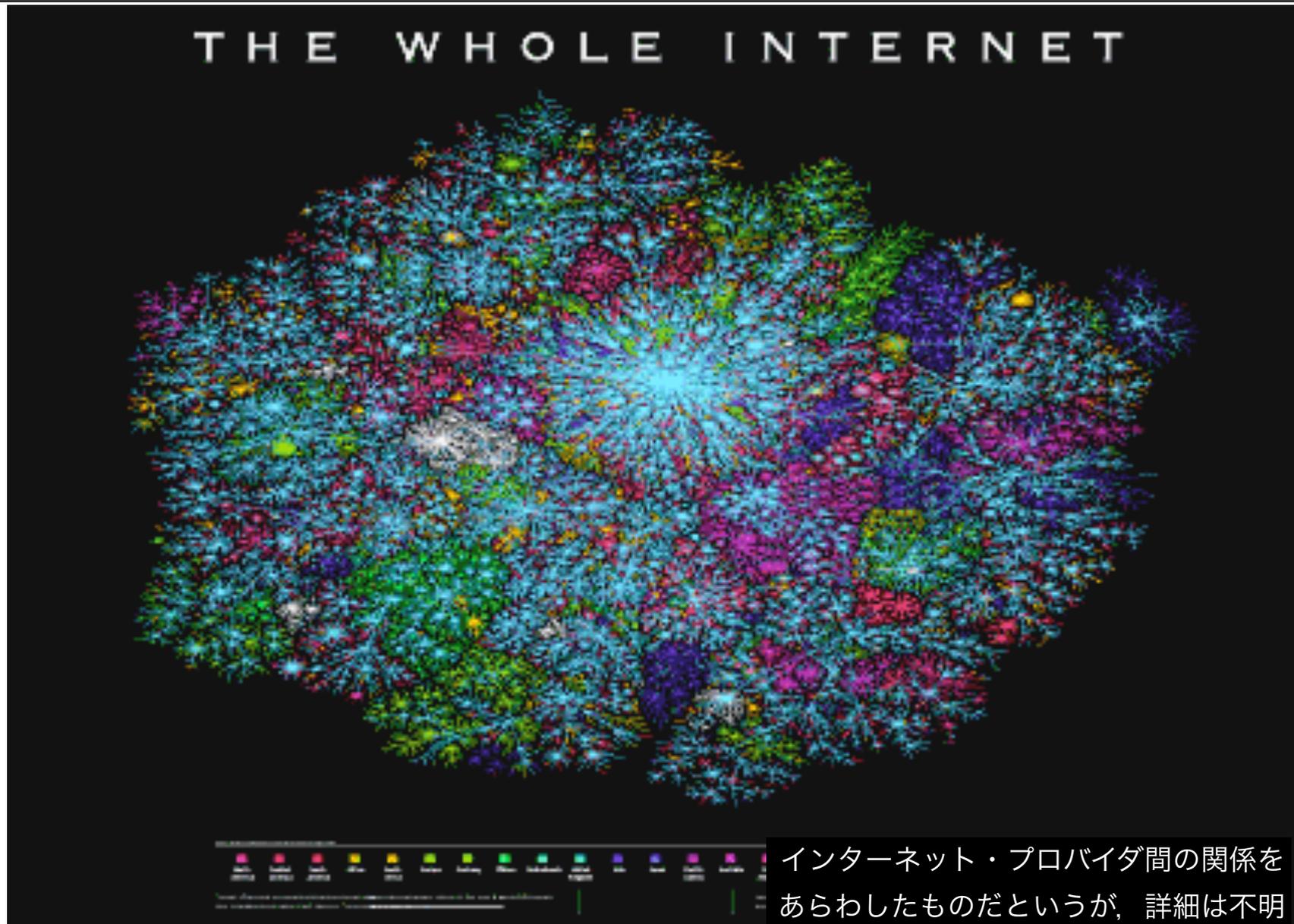


## ■ 参考書

- ◆ バラバシ「新ネットワーク思考」, NHK 出版
- ◆ ブキャナン「複雑な世界, 単純な法則」, 草思社



# インターネット全体 (?!)

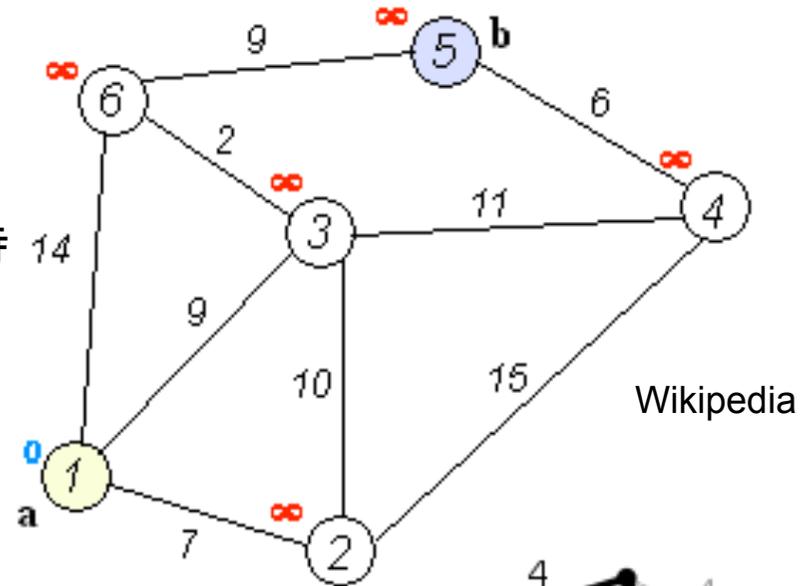


# ネットワークの最適化

## ■ さまざまな最適化問題がある.

### ◆ 最短路問題

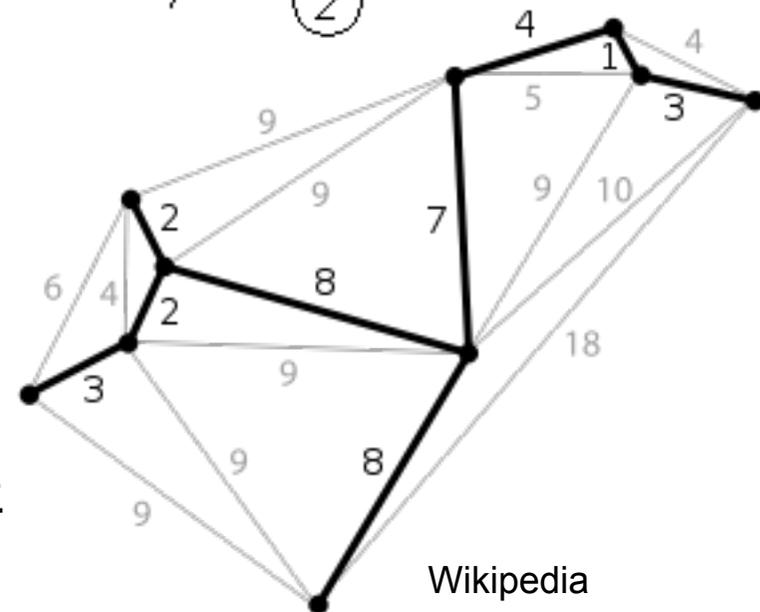
- 与えられた重み付きグラフの 2 つの頂点間を結ぶ辺の中で、最小の重みを持つ経路を求める問題



Wikipedia

### ◆ 最小木問題

- 各辺に重みを与えられたグラフにおいて、そのグラフ上に存在する全張木 (全域木) の中で辺の重みの総和が最小になるものを見出す問題



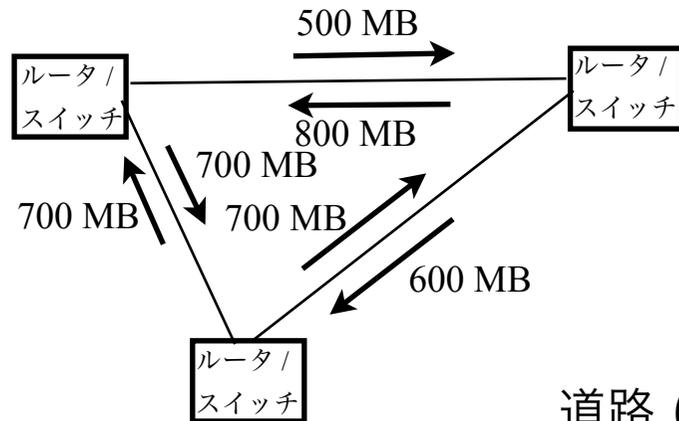
Wikipedia

# ネットワーク・フローの理論

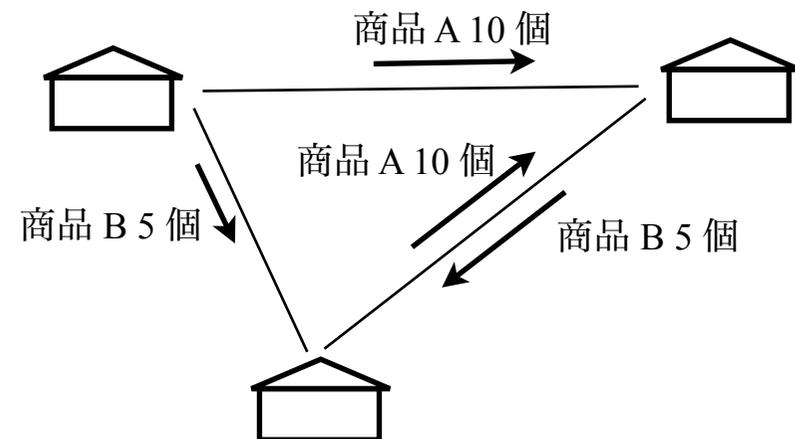
■ ネットワークをながれるトラフィック量（流量）を最適化.

◆ 代表的な最適化問題は最大流問題（流量を最大化する）.

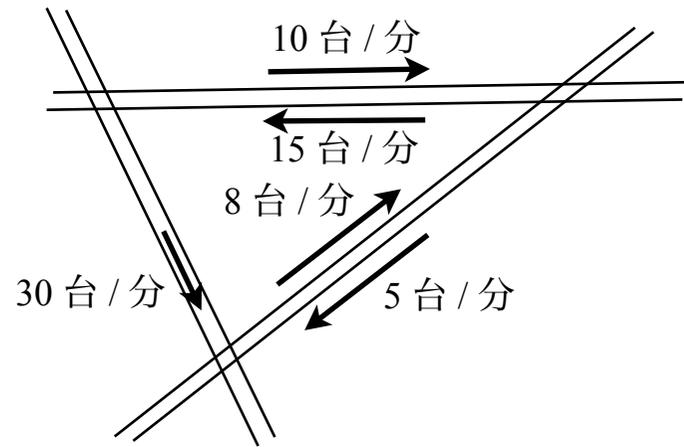
コンピュータ・ネットワーク



輸送量



道路 (交通量)



# さまざまなネットワークとその現状のまとめ

---

- 通信ネットワークにはコンピュータ・ネットワーク, 電話網など, さまざまある.
- さまざまなネットワークを抽象化して数学的に理論化されている.
  - ◆ コンピュータや通信のネットワーク以外にも, 人間関係や交通・物流など, さまざまなネットワークがある.
  - ◆ 最近, 複雑ネットワークの理論が発展している.
  - ◆ 古典的な理論として, ネットワーク最適化の理論, ネットワーク・フローの理論などがある.