

# ちよつと変わった 物理学

東京電機大学理工学部  
小田垣 孝

東京電機大学  
平成23年度卒業生懇親会  
2011年11月26日

# 今日の話

1. はじめに
2. 協力現象と社会現象
  - フームは何故起きるか
  - 階級社会は何故生まれるのか
3. ネットワークとつながり
  - 世の中狭いですね
  - 流行は4.5人で作られる
4. 飴細工は何故できるのか
  - 流れる固体
5. おわりに

**1. はじめに**

**—自己紹介を兼ねて**

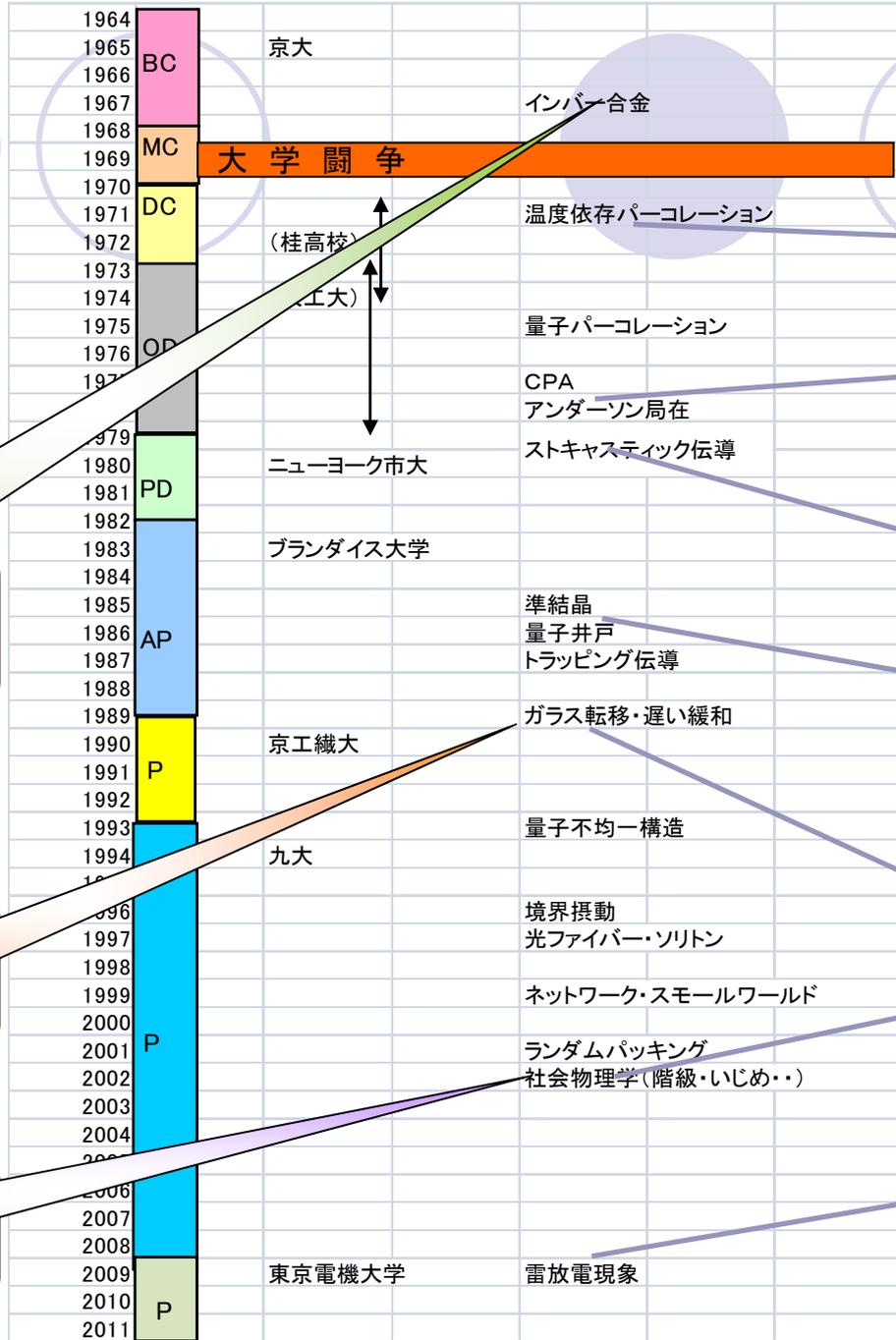
# キャリアー



## 不規則系

## 非平衡系

## 複雑系



学会デビュー

パーコレーション

アンダーソン局在  
ノーベル賞(1977)

ストキャスティック  
伝導

準結晶  
ノーベル賞(2011)

ガラス転移

社会物理学

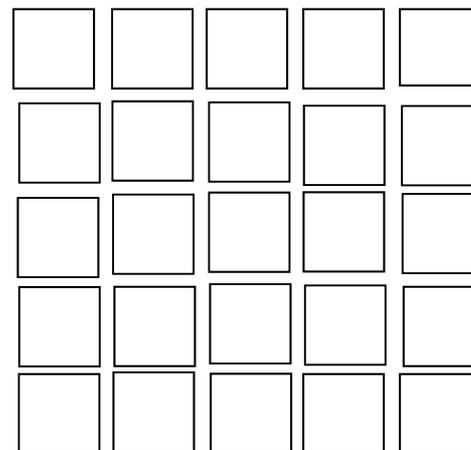
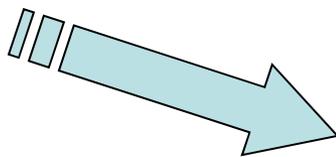
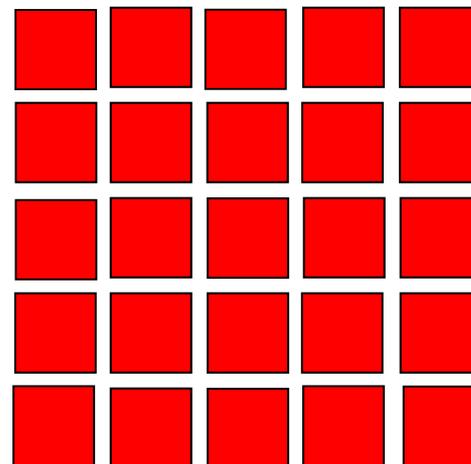
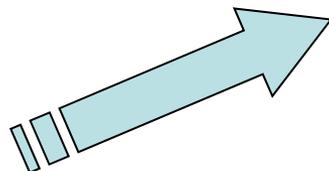
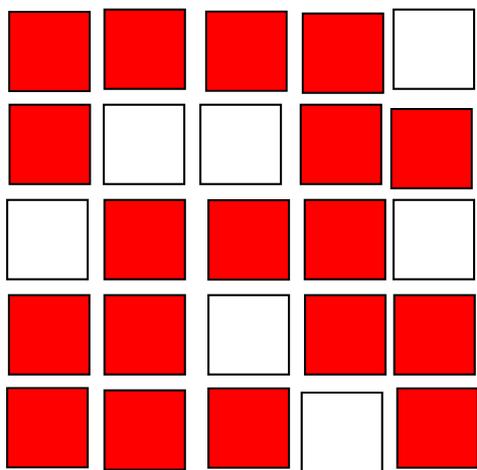
雷放電

## **2. 協力現象と社会現象 —フレームと階級**

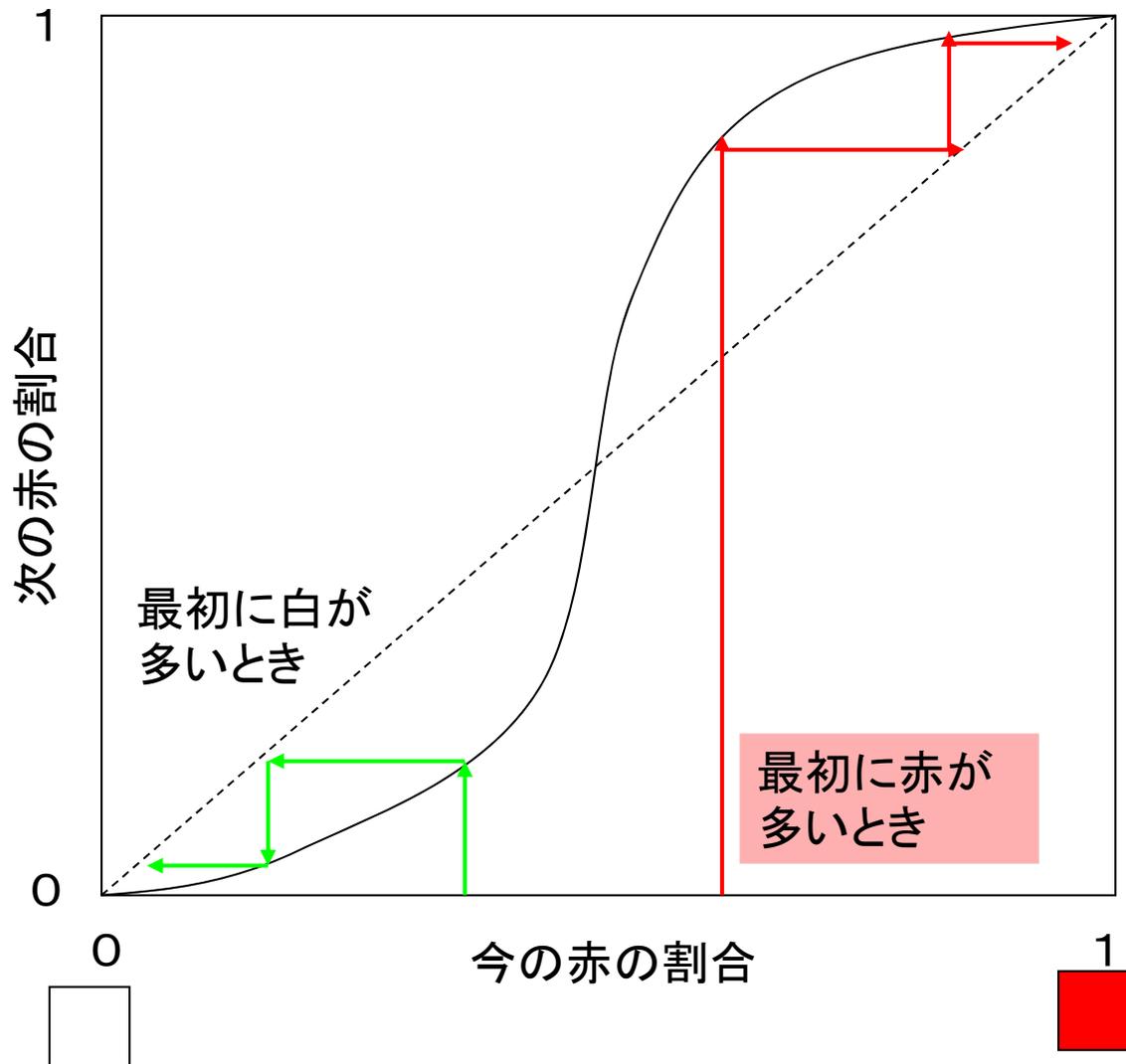
# 一つの実験



1. 好きな色のカードを上げる
2. 回りに合わせて色を変える



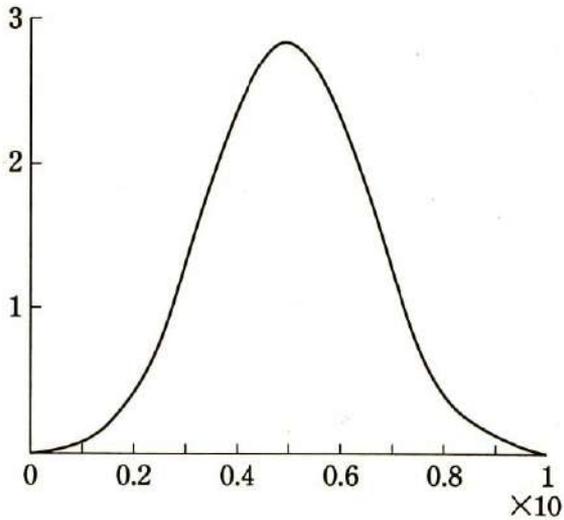
# 協力現象



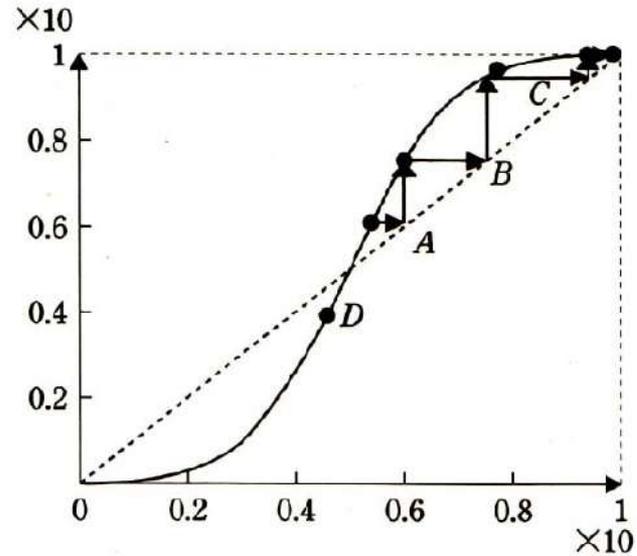
同様の現象:

- ・磁石の相転移
- ・液体の臨界点
- ・暴動、いじめ  
など

# ブームは何故起こるか？



どれ位の人がやっていたら自分も参加するか



今参加している人の割合が次に参加する人を決める

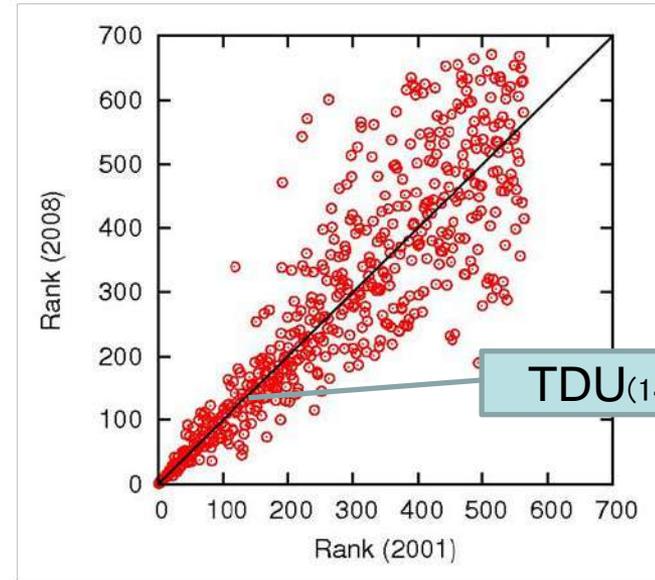
- ☆なでしこリーグ
- ☆99%のデモ
- ☆ゴミ持ち帰り運動
- ☆いじめ

# 階級社会の発生 行動が転移を引き起こす



(キアシナガバチの優位行動)

- 昆虫類、魚類、哺乳類などの階級
  - ニワトリのつつき行動
  - アシナガバチにおける順位制



- 研究資金獲得における大学間格差
  - 高順位のランクの固定化
  - 安定な分布

普遍性をいかに理解するかが課題

# 勝ち組・負け組ができるわけ

- ☆ランダムに移動する二人が出会うと戦う
- ☆富の大きい方が勝ち易い
- ☆勝者の富は増え、敗者の富は減る
- ☆戦いがないと富や負債は減少する

E. Bonabeau, Physica A 217, 373 (1995)

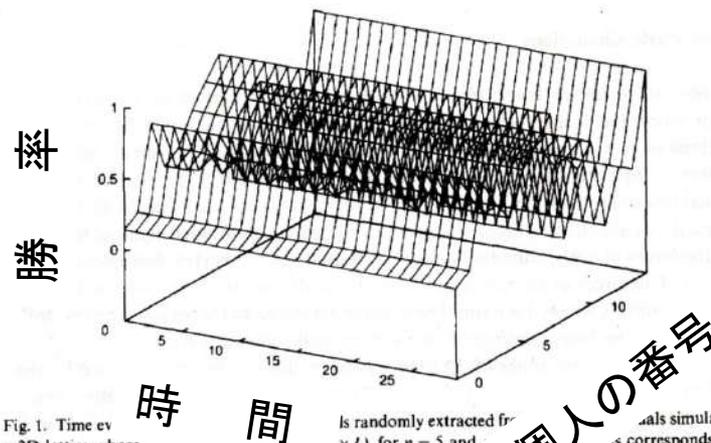
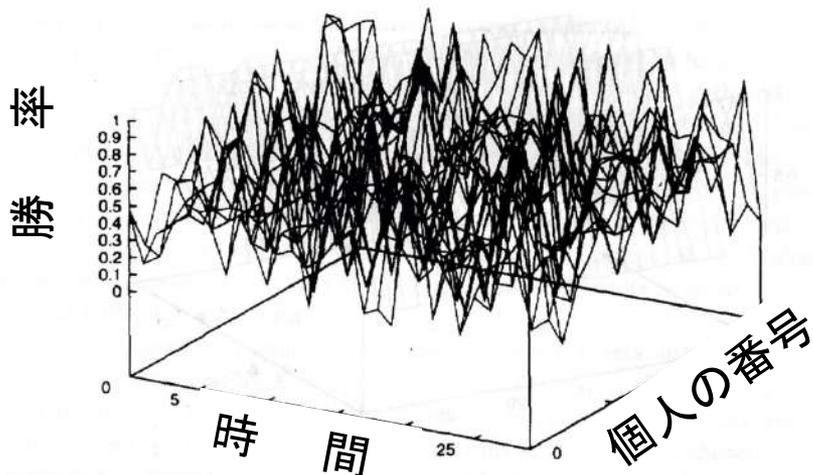


Fig. 1. Time evolution of the average wealth  $\langle P_i \rangle$  is randomly extracted from simulations simulated on a 2D lattice whose size is  $100 \times 100$ , for  $\eta = 5$  and  $\rho = 0.1$ . The z-axis corresponds to the individuals (numbered from 0 to 149), the x-axis corresponds to time  $t$  (ranging from 0 to  $30 \times 10^3$  time steps; the first  $10^6$  steps of the simulation have been discarded); the y-axis represents  $\langle P_i \rangle$  (ranges from 0 to 1). Here,  $\rho \gg \rho_c \approx 0.1$ ; individuals rapidly reach their asymptotic  $\langle P_i \rangle$ ; fluctuations are rare.

Fig. 4. Same as Figs. 1, 2, and 3, for a lattice of size  $100 \times 100$ . Here,  $\rho$  is less than  $\rho_c$ . The evolution of the  $\langle P_i \rangle$ 's is erratic.

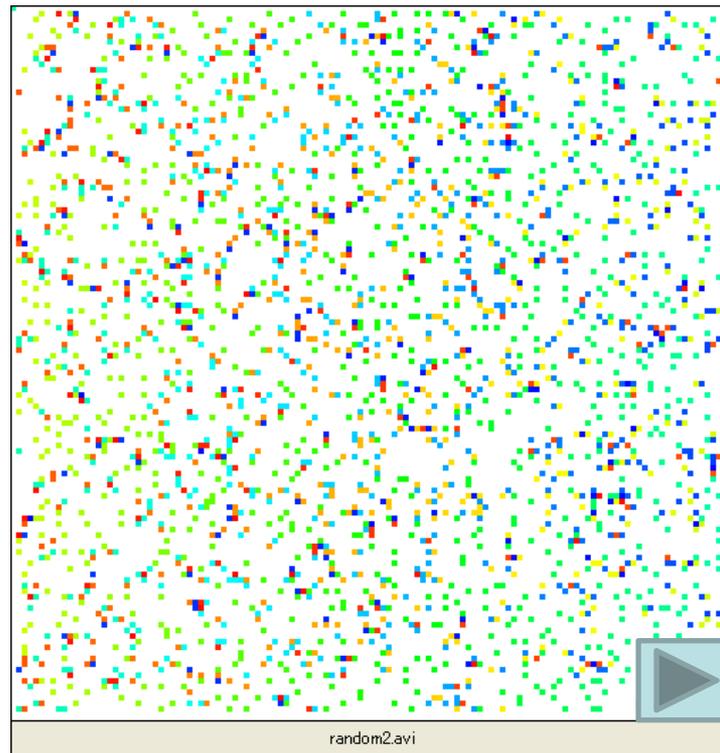
戦う頻度が少ないとき

戦う頻度が多いとき

# プルトノミーの自己組織化

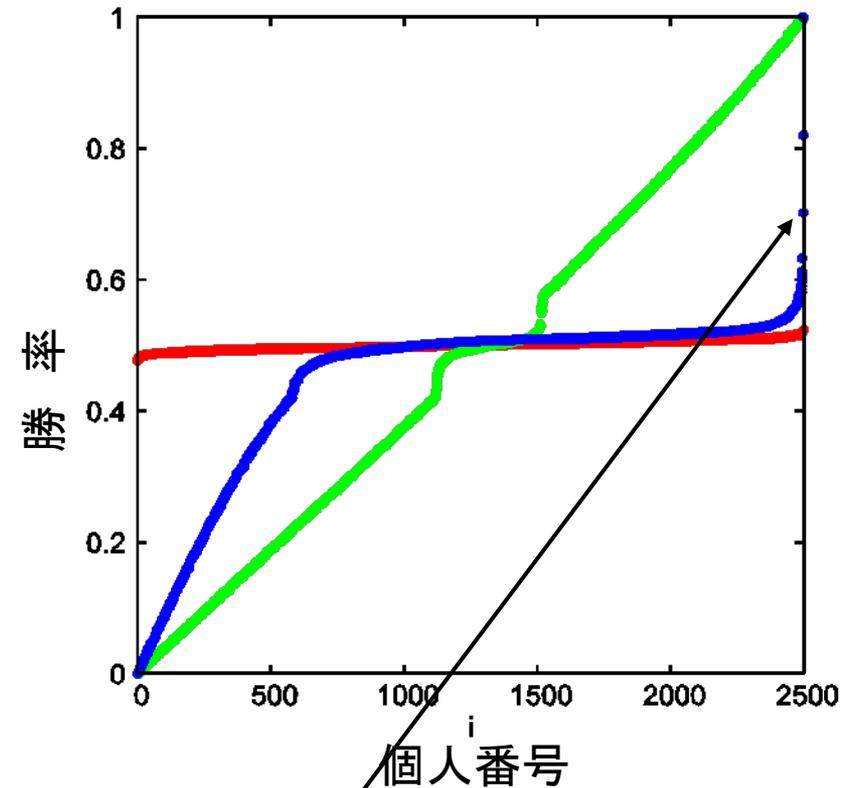
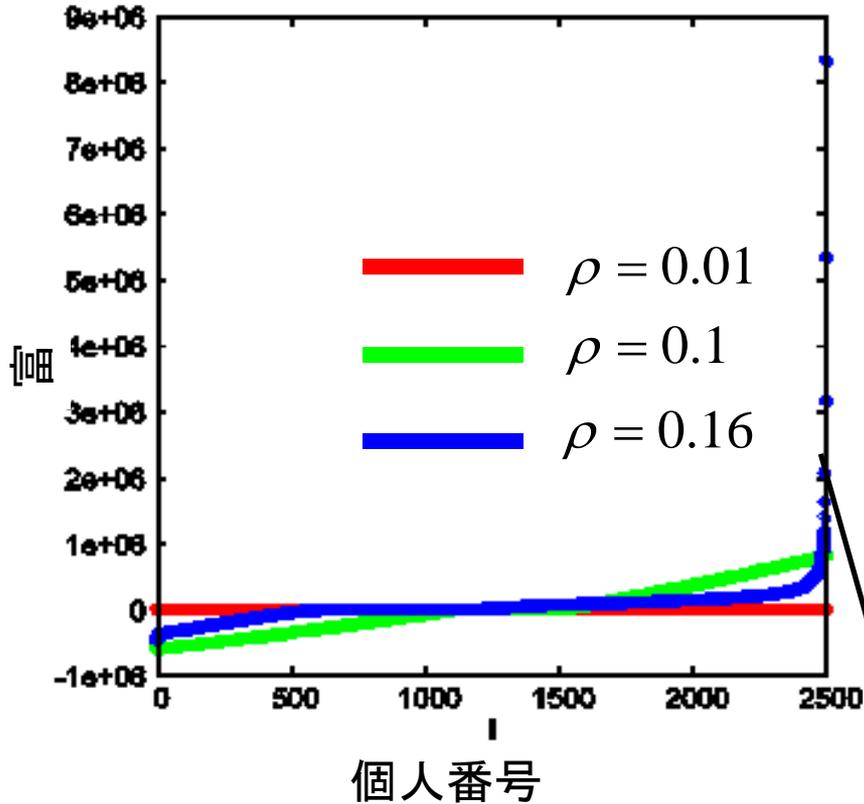
R. Fujie and T. Odagaki: Physica A 389, 1471 (2010)

- ☆ チャレンジ精神が高く、強い人に挑戦
- ☆ すべての人が同じ権利を持つ
- ☆ 同じ相手とは連続しては戦わない



競争社会

# 富の集中



少数の勝ち組

平等な競争社会はプルトノミーになる

# 3. ネットワークとつながり

# Annegret とHiro の40年ぶりの再会



2010年9月11日



# S. ミルグラムの実験(1967)

カンサス／ネブラスカの296人からボストン在住の特定の人に、よく知っている人のみを介して、手紙を転送するように依頼

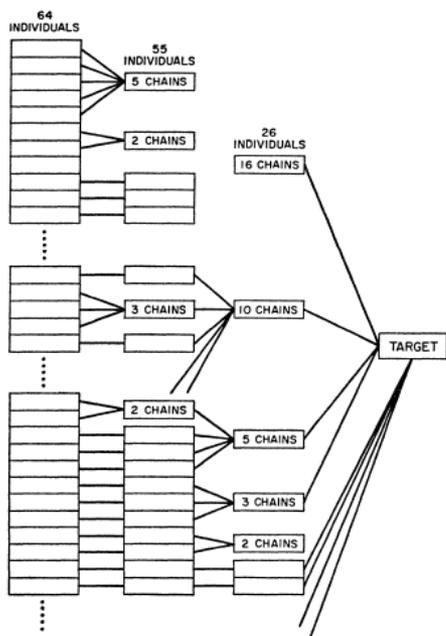


FIGURE 3

Common Paths Appear as Chains Con

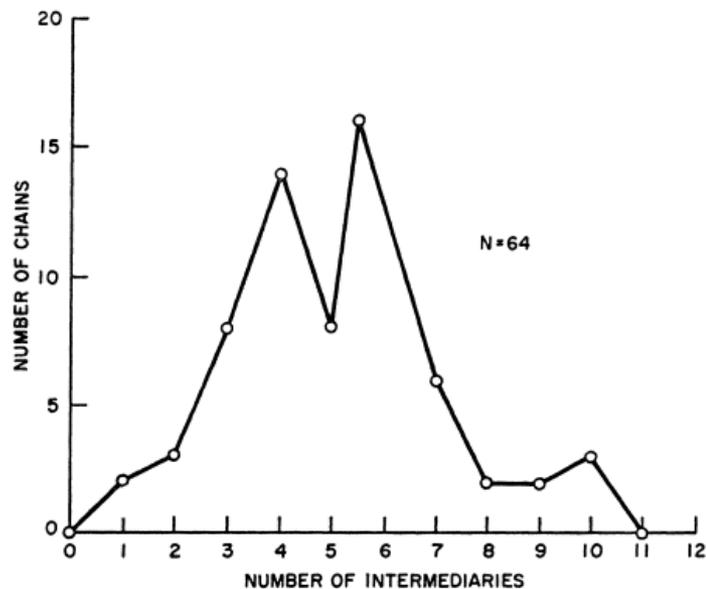


FIGURE 1

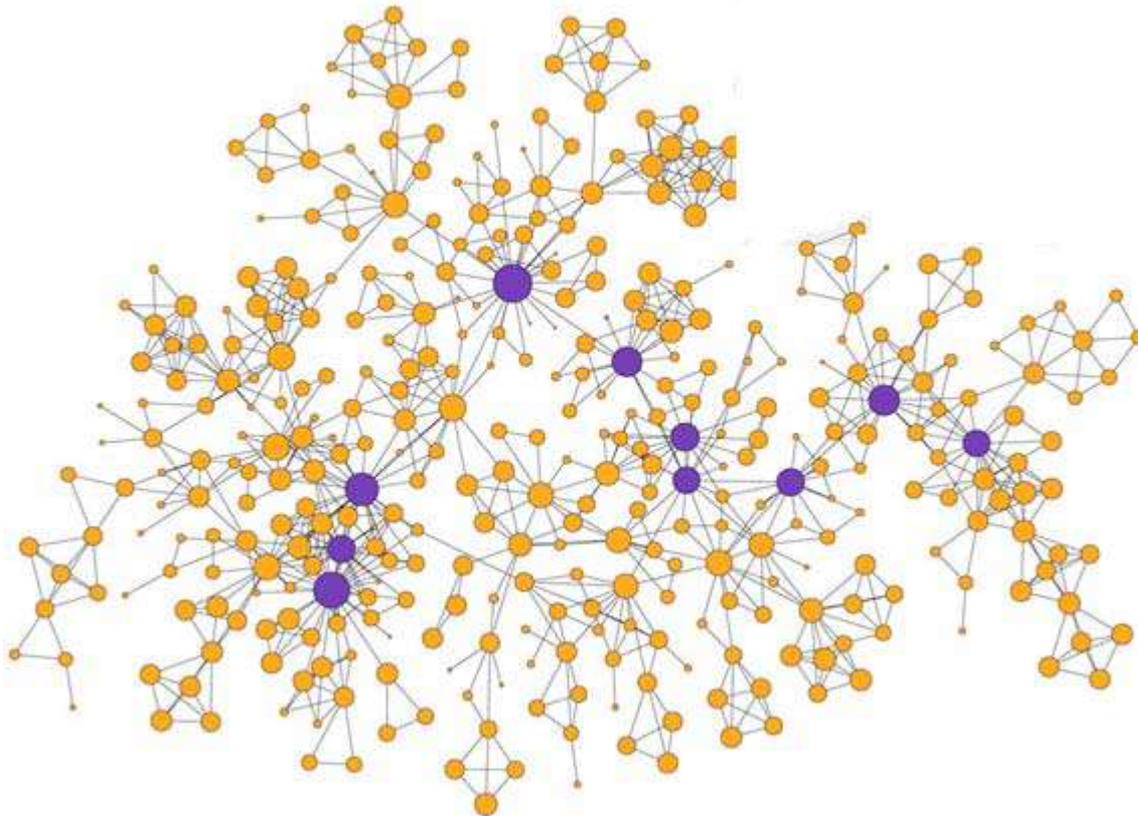
Number of Chains

平均6ステップで到達

マルコーニ数 5.83

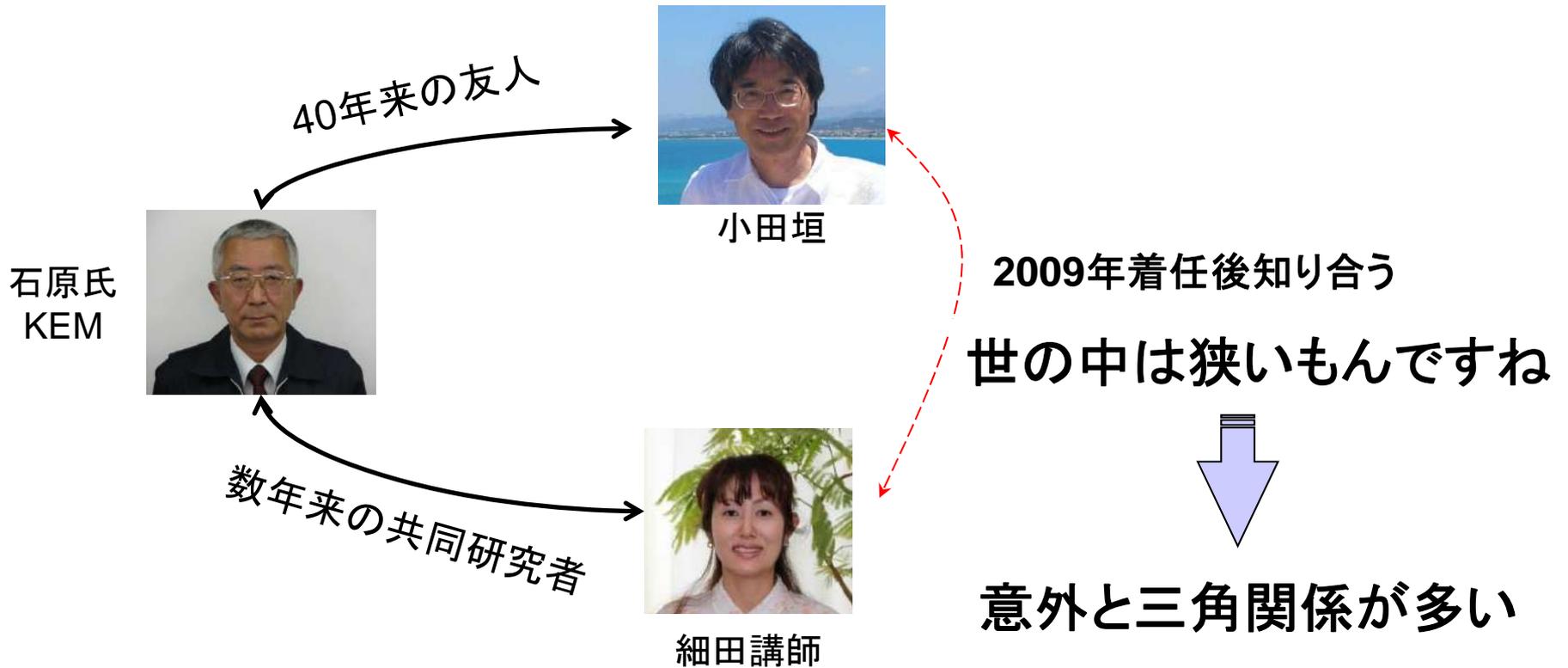
(Guglielmo Marconi, in the 1909 Nobel speech)

# 知り合いのネットワーク



知り合い関係を線で結ぶと一つのネットワークになる

# 「世の中は狭いもんですね」



スモールワールド:短い平均経路長  
多い三角関係

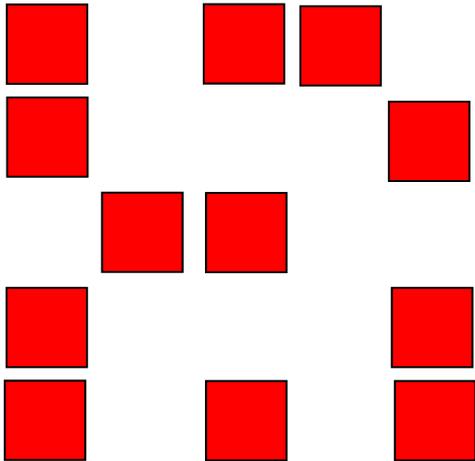
# 様々なスモールワールド

ネットワーク	ノード	リンク	平均経路長	三角関係
WWW	ウェブページ	ハイパーリンク	3.1/3.35	0.1/0.0002
インターネット	ルーター	物理的結合	3.7/6.36	0.18/0.001
共演ネット	タレント	共演	3.15/2.99	0.79/0.0003
医学共同研究	科学者	共著論文	4.6/4.91	0.066/0.00001
細胞内反応	化学物質	化学反応	2.62/1.98	0.59/0.09
エコロジーネット	種	捕食・被食関係	3.40/3.23	0.15/0.03
言語のネット	単語	近接使用	2.67/3.03	0.437/0.0001
電力線	変電所	電線	18.7/12.4	0.08/0.005

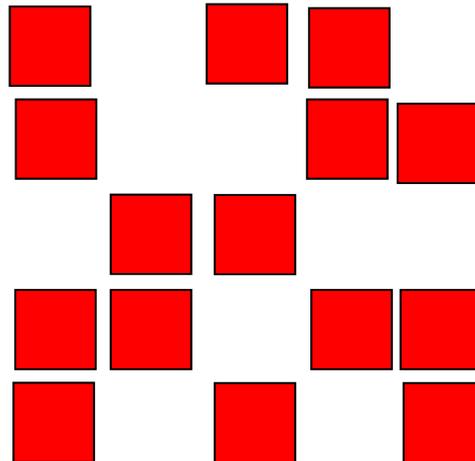
互いに数ステップでつながり、ランダムなものに  
較べて三角関係が多い

# つながりの実験

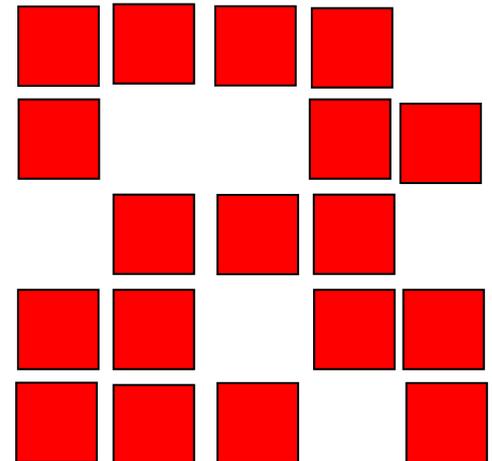
- 1から10の間の好きな数字を思い浮かべて、覚えておいてください。
- これから指示に従って、赤いカード  を上げてください。



少ない

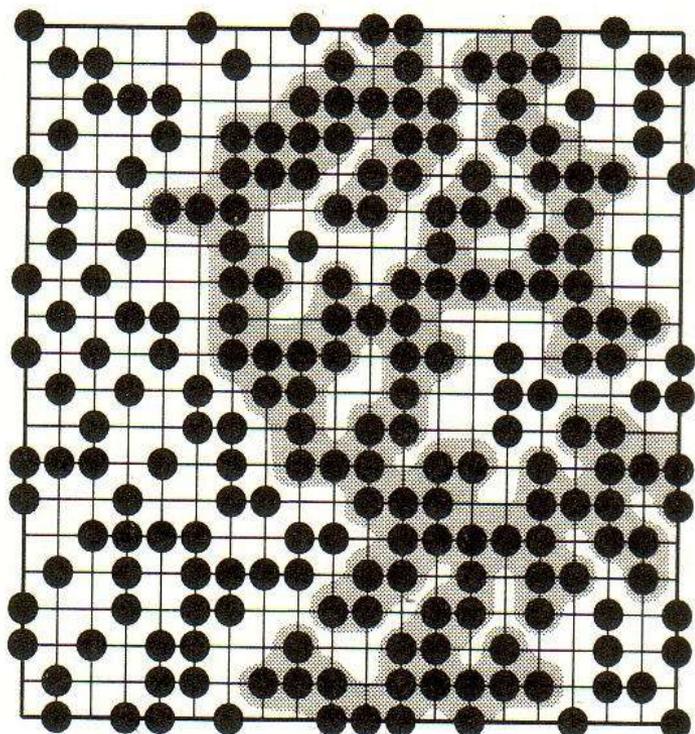


増していくと

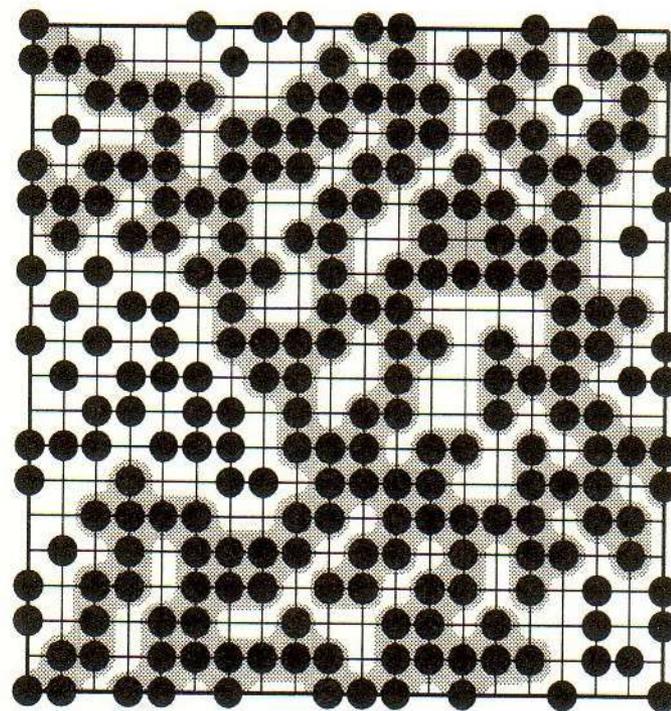


さらに増すと赤  
の道筋ができる

# 黒石の数を増していくと



$p = 0.545$



$p = 0.6$

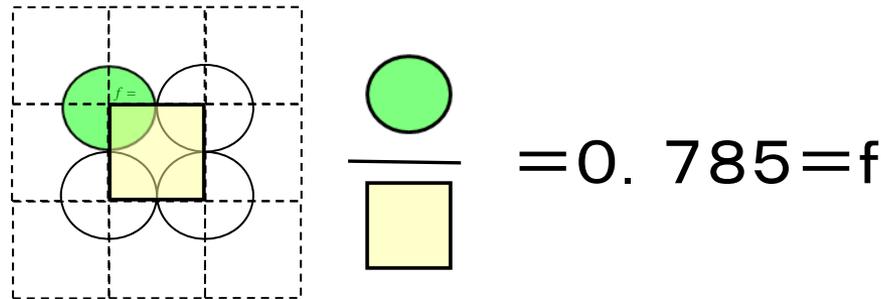
つながりが無限に広がるぎりぎりの割合が存在

$$p_c \approx 59.3\%$$

点の割合が59.3%を越えると  
全体につながる

$$p_c \approx 59.3\% \quad (\text{碁盤の臨界浸透確率})$$

碁石の占める面積が45%を越えると  
全体につながる



$$A_c = fp_c \approx 45\% \quad (\text{平面の臨界面積分率})$$

# つながりの世界

## ビンゴ



☆ビンゴの時に空いている穴の数は？

☆引いた数ごとにビンゴになる人の数は？



共におよそ60%でピークを持つ

# つながりの世界

森林火災 !!

全体に延焼させないためにはどれくらいの密度で植林すべきか

伝染病も同様に理解できる

# つながりの世界

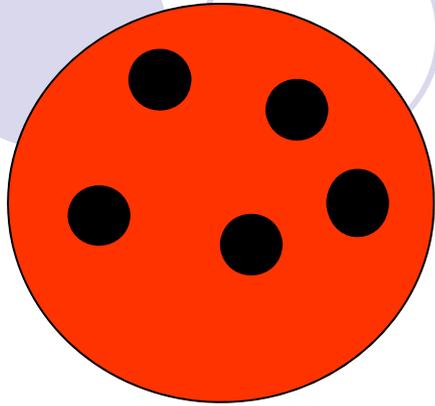
## 天道虫



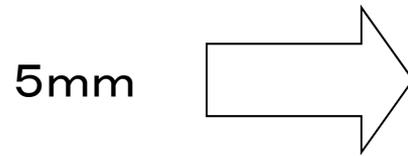
Ladybug

地色が黄色から黒色に変わる  
のは何個の点の時か？

# ☆天道虫



$$\frac{\text{●} \times N}{\text{○}} \leq 0.45$$

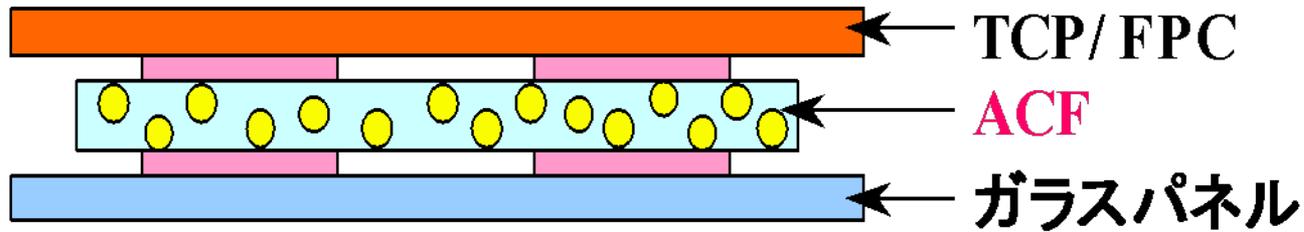


$$N \leq 12$$

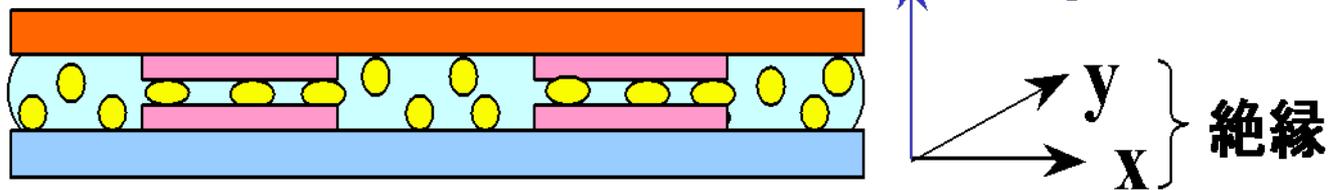
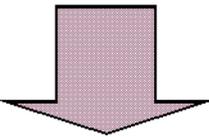


十二星てんとう虫

# 異方性導電フィルム (ACF)

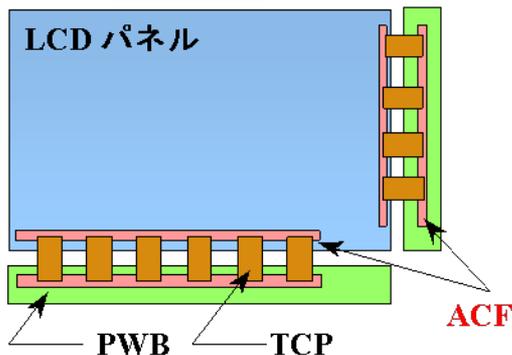


圧着(加熱、加圧)



[LCD]

大型、中型

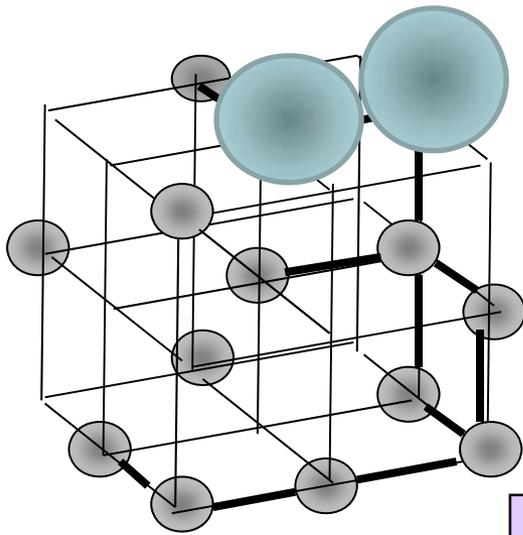


☆上下方向はつながって、横方向はつながらない構造が必要

[アニソルム] 日立化成工業株式会社など

TCP(Tape Carrier package)  
FPC(Flexible printed circuits)  
PWB(Printed wiring board)

# 3次元的なつながり



単純立方格子

$$P_C \approx 31.2\%$$

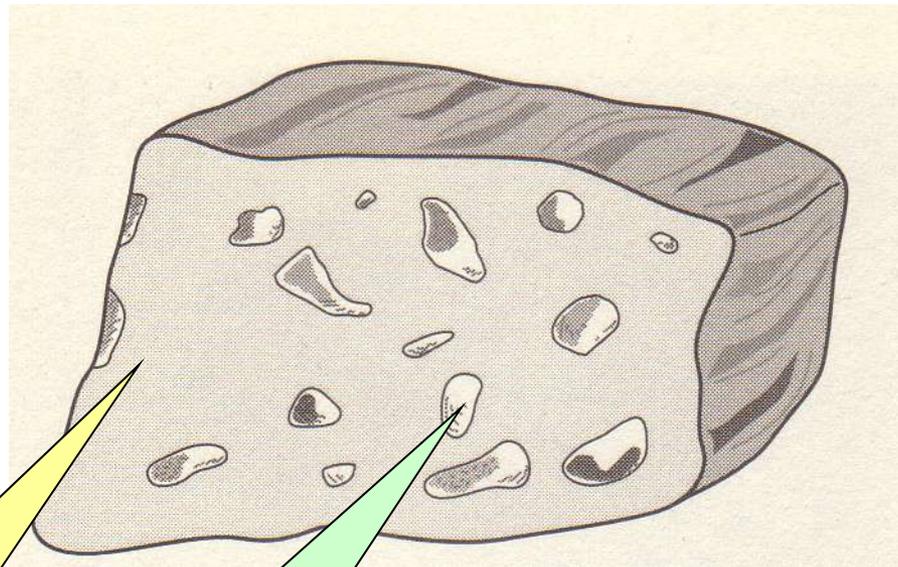
$$V_C = fp_C \approx 16\%$$

球の占める体積が16%を越え  
ると全体につながる

# 3次元空間における双連結構造

体積分率が  $V_c = 0.16$  以上のものは全体に広がる

$$V_c (= 0.16) \leq V \leq 1 - V_c (= 0.84)$$



こちらも

こちらも

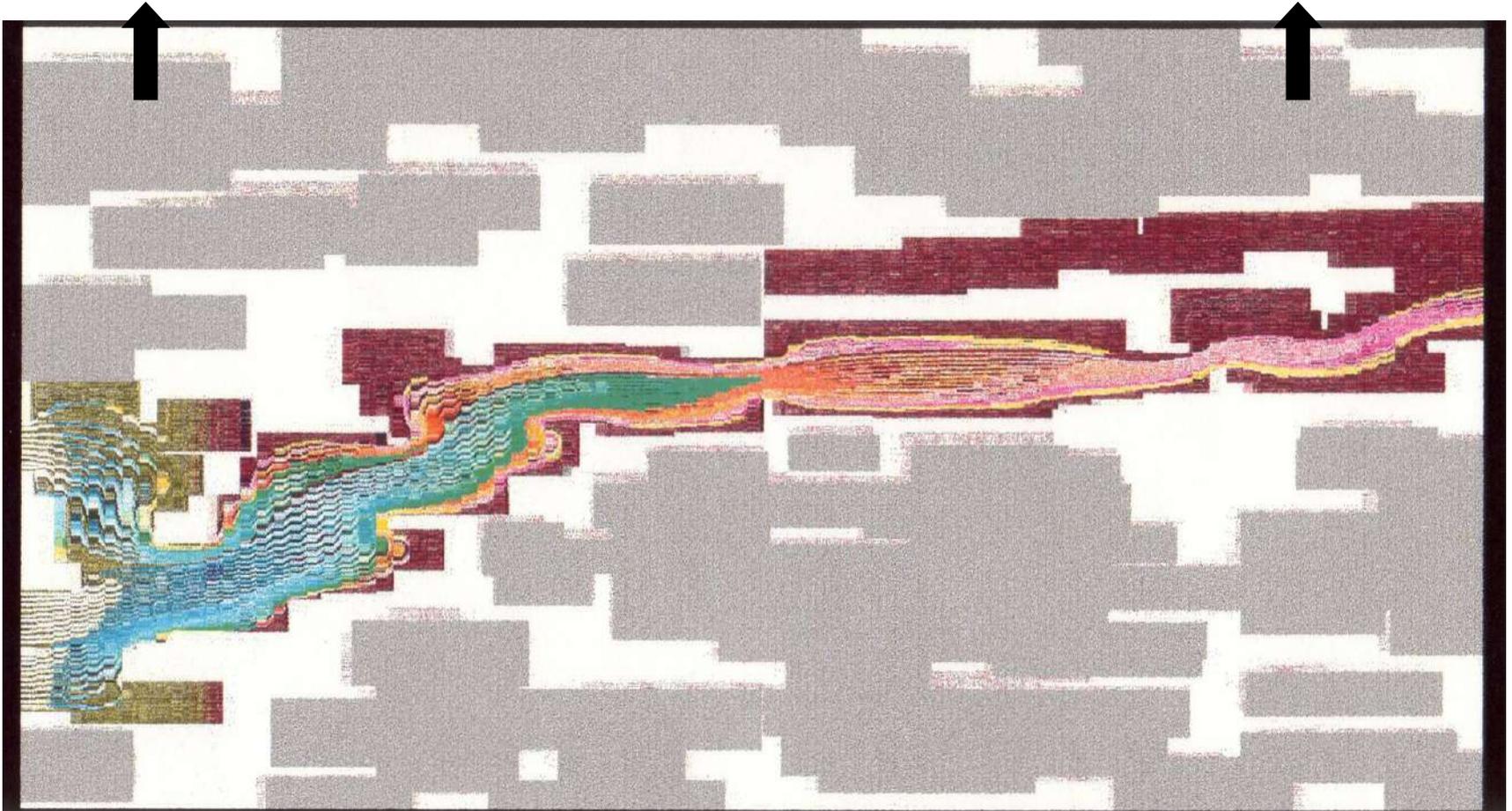
共に無限につながることができる

材料設計や自然界で多くの例が見られる

# 石油掘削

注入井

採油井

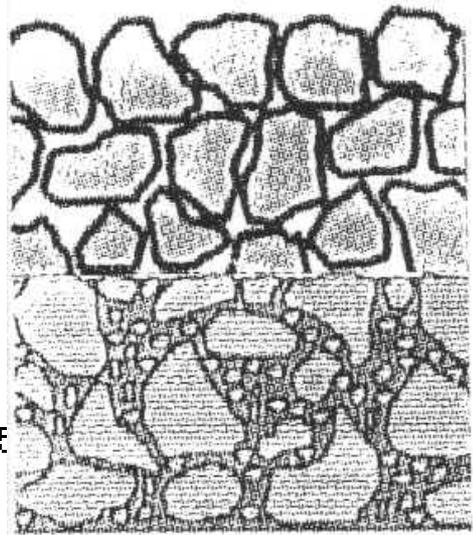
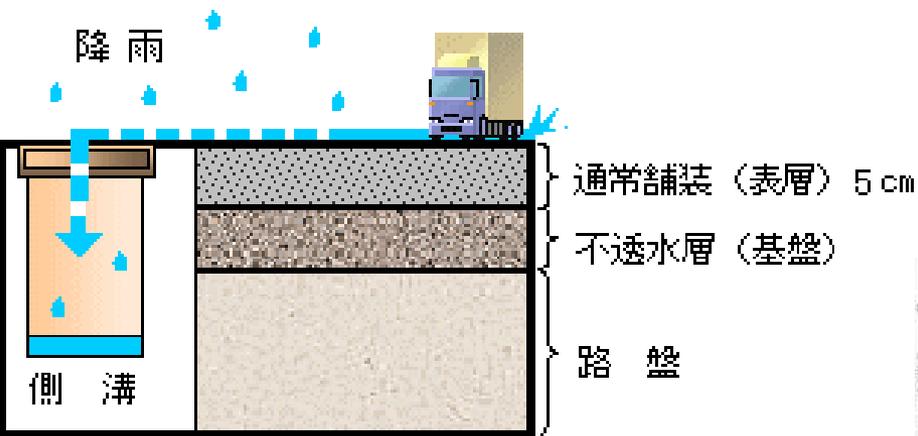


砂層の割合 30%

BP: Dr. P. King

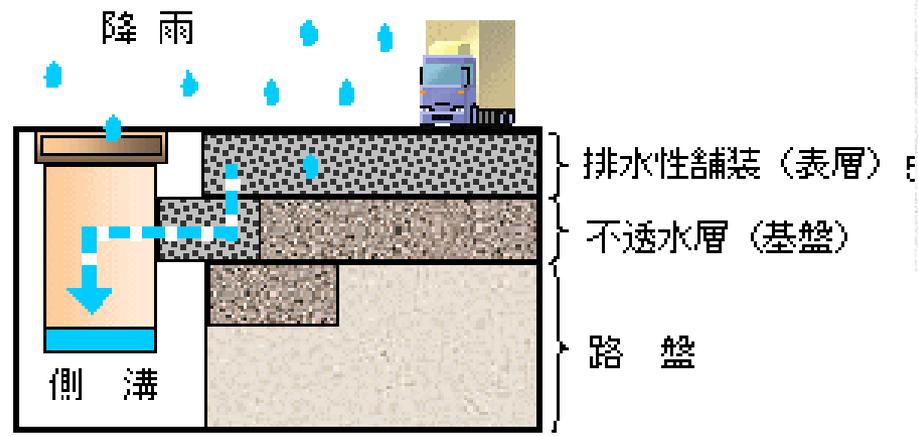
残留石油の推定などに応用

# 排水性舗装

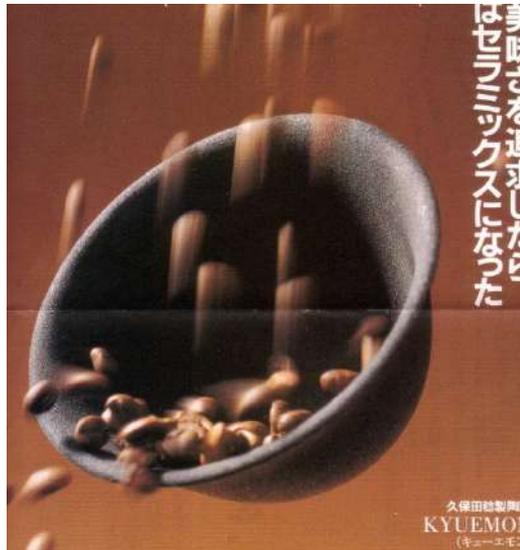


排水性混合物

通常のアスファルト混合物



# セラミックスフィルター： キューエモン

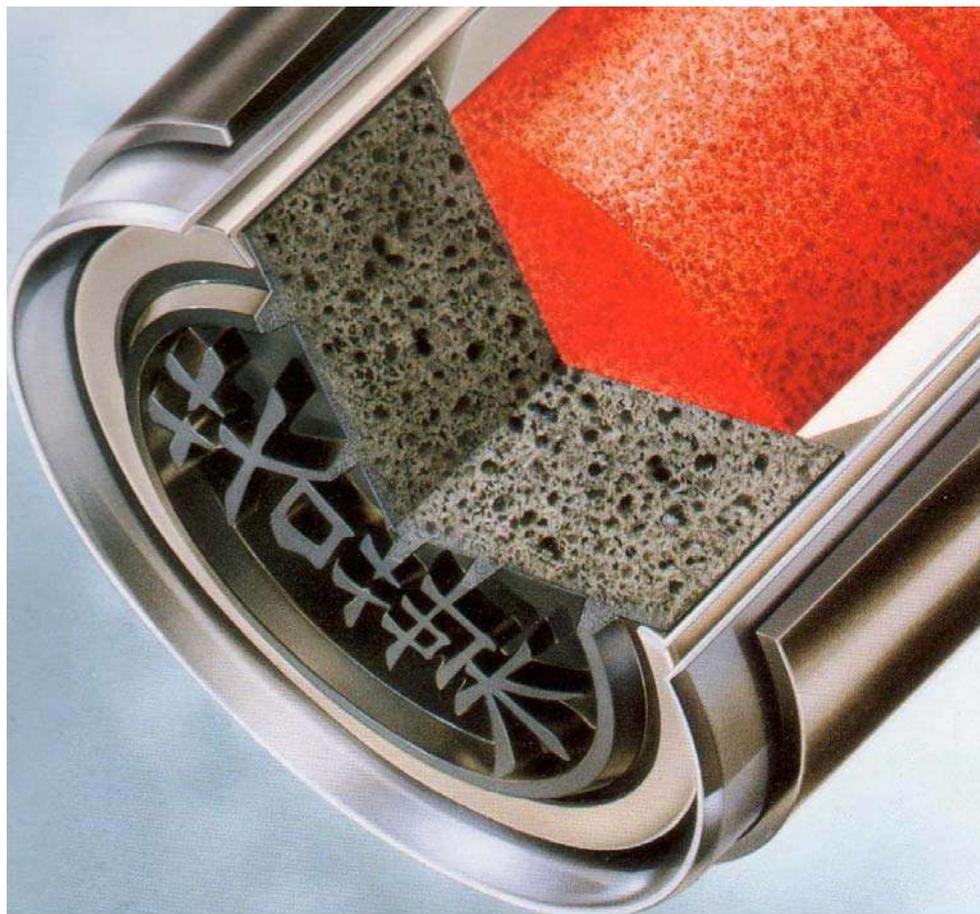


特殊セラックスが  
コーヒーをおいしくする  
ミクロの穴のスーパーフィルター



久保田稔製陶所

# スタンプのいらなはいはんこ

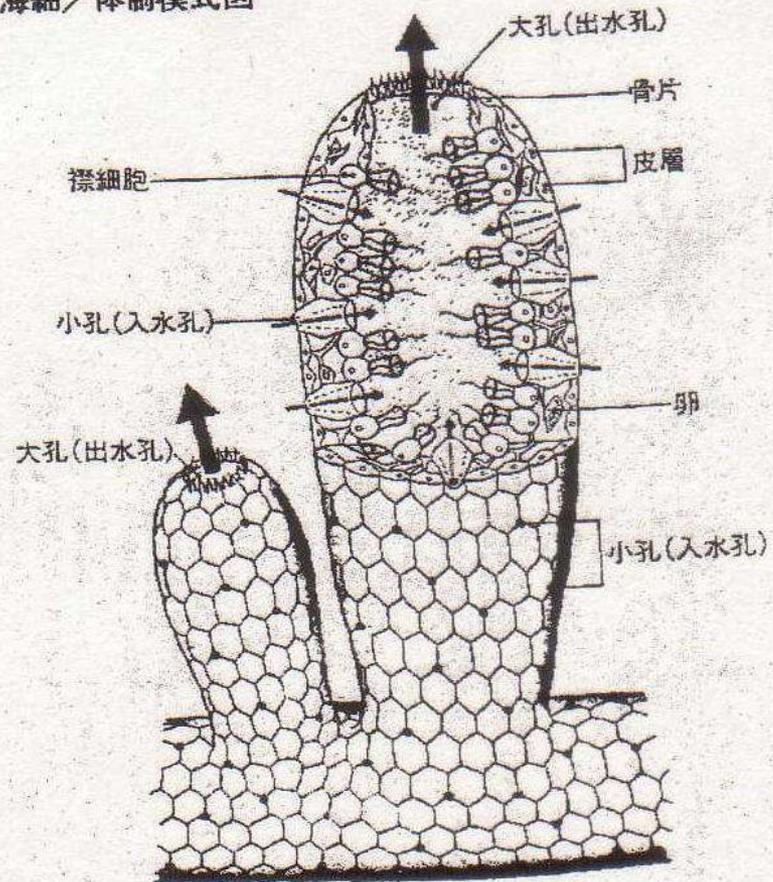


シャチハタ印

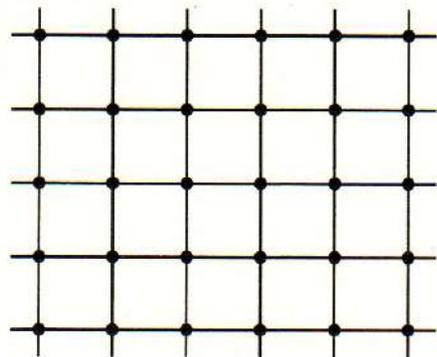
# 海綿



海綿／体制模式圖

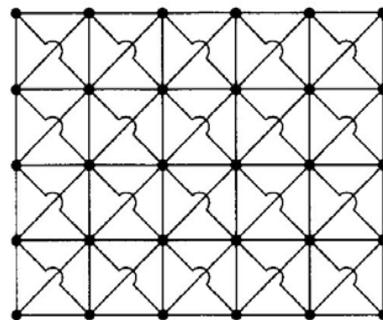


# 遠距離の結合がある場合



$$q = z = 4$$

$$p_C = 0.59$$



$$q = 8$$

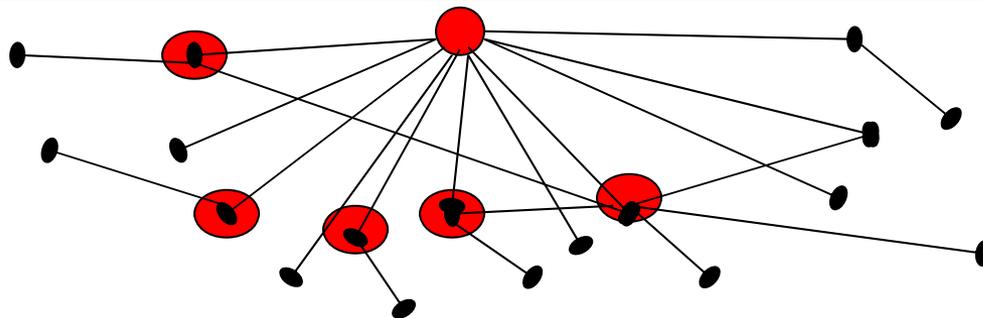
$$p_C = 0.41$$

.....



$$qP_C \approx 4.5$$

4. 5本のつながりがあれば、全体に広がる



# ゴシップ



Norman Rockwell:  
The Gossip

# 流行は4.5人で作られる

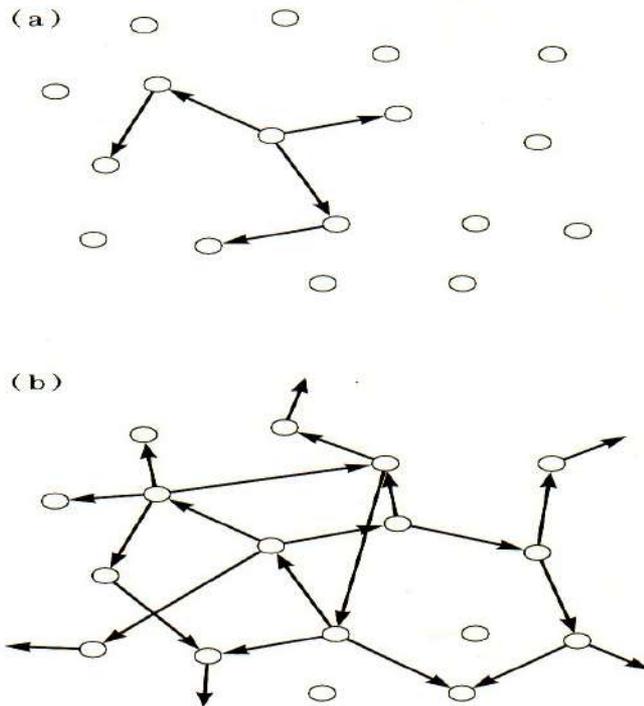


図7 (a) 一人の人があまり多くの人に情報を伝えないと、情報は遠くには伝わらない。  
(b) 一人の人が平均4.5人以上の人に情報を伝えると、情報は遠くまで伝わる。



口コミ宣伝法

ステルスマーケティング？

$$b_c = 4.5 \quad (2d)$$

# 4. 飽細工一流れる固体

# 京都祇園祭の夜店で

飴細工



綿菓子



## 氷の彫刻



K. Hirata

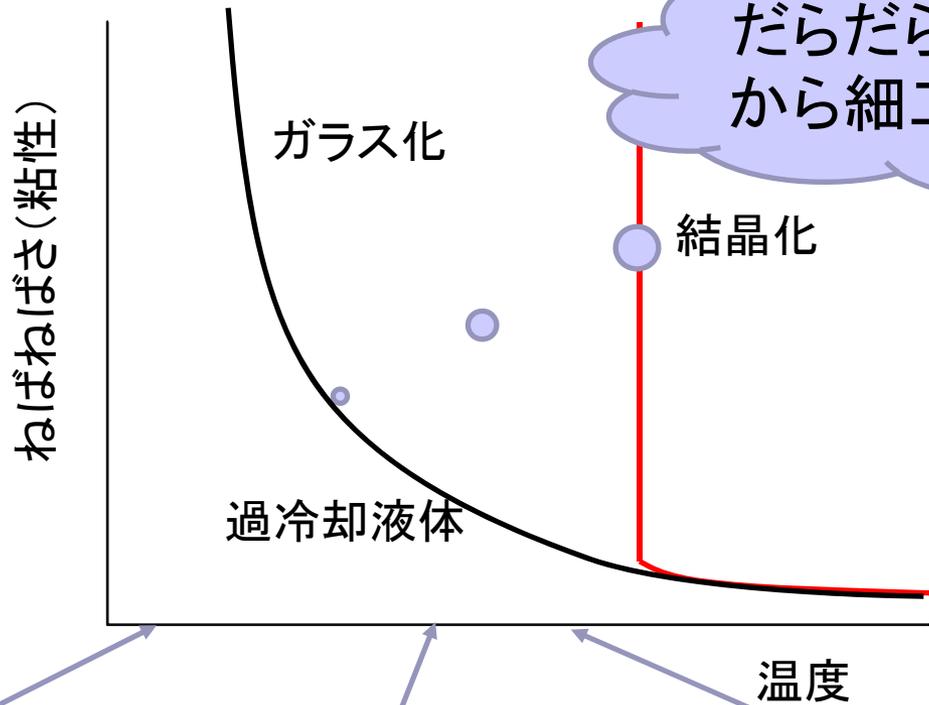


## ガラス細工



粹工房

# 液体を冷やす



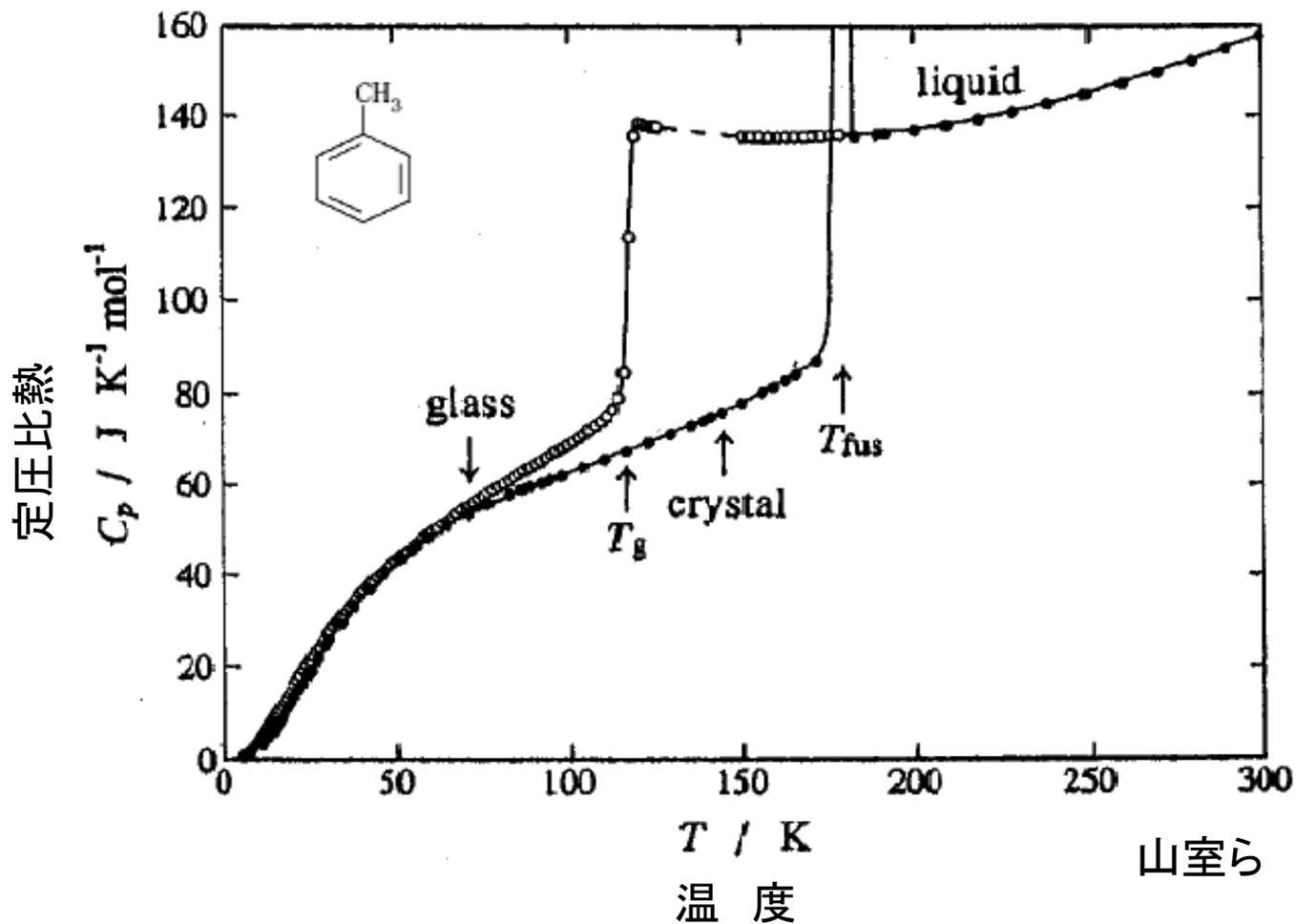
だらだら変化するから細工ができる

粘性の発散

比熱の跳び

原子の運動が固体的に

# 比熱の跳び



# 三つの提案:どれが正しい物理か？

## 液体の運動が止まる

ドイツ+フランス+アメリカ+日本

- ☆液体の運動を密度と流れで記述する。
- ☆運動が止まるところが理想的なガラス転移。
- ☆比熱の異常は、見かけ上のこと。

## なり損ないの結晶

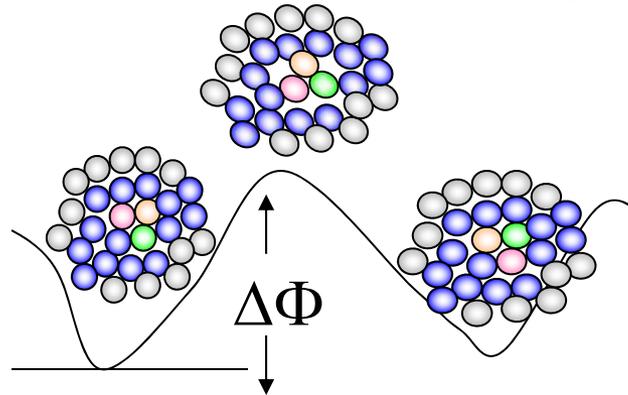
イタリア+フランス

- ☆なり損ないの結晶で、沢山状態がある。
- ☆でも転移は熱力学的に理解できる。
- ☆比熱の異常は、粘性の発散と同時に起こる。

# 自由エネルギーランドスケープ理論

小田垣

T.O. PRL(1995)



☆多くの準安定な構造間の遷移に着目。

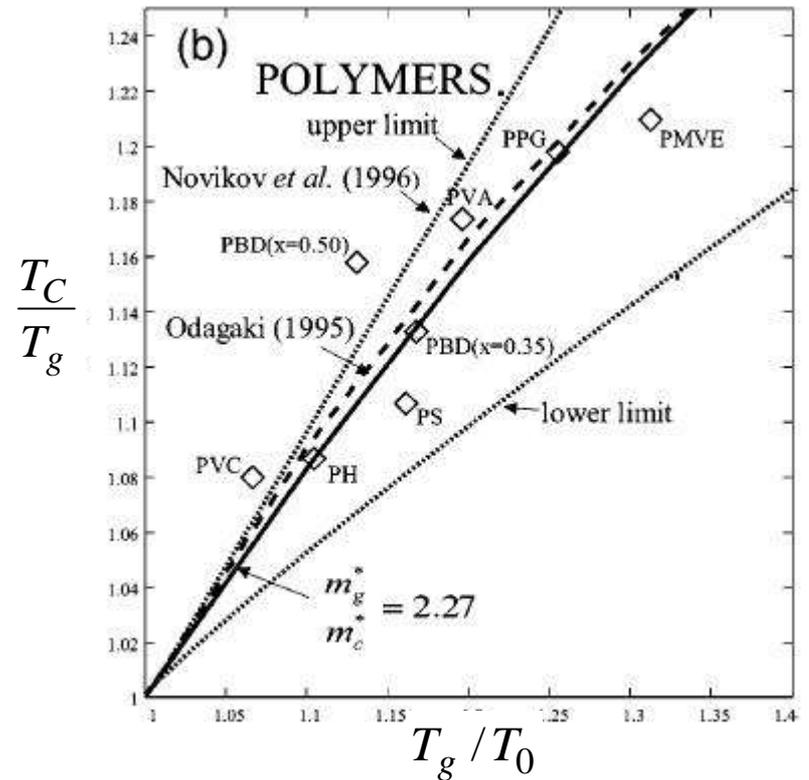
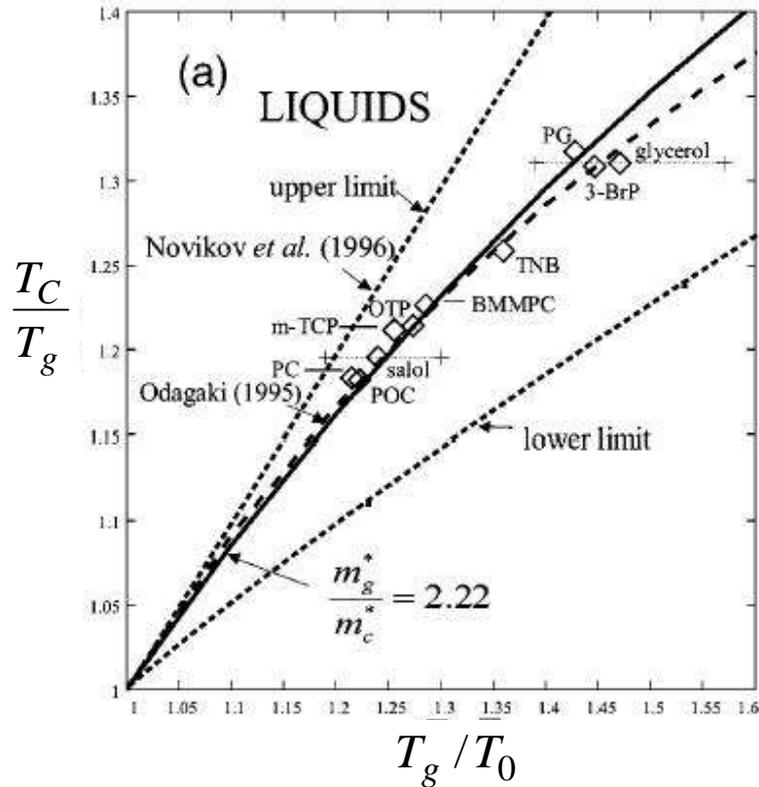
☆遷移までの待ち時間が長くなるところでガラス転移。

☆粘性の発散する温度 $T_0$ 、比熱の跳ぶ温度 $T_g$ 、クロスオーバー温度 $T_x$ を同時に説明する。

特性温度の関係  $T_x + T_0 \approx 2T_g$

# 特性温度関係式

$$T_x/T_g = 2 - (T_g/T_0)^{-1}$$



# ガラスは日本でも古代から使われていた



黒曜石鏃(縄文時代)



勾玉(弥生時代)(輸入?)



正倉院白瑠璃椀(8c)

## 遣隋使(600~614)

## 遣唐使 (630~894)

### 『延喜式（大蔵省式）』

#### 四等官より下の構成員

- (1) 史生（ししょう、書記官）、雑使（ぞうし）、僉人（けんじん、使節の従者）
- (2) 訳語（やくご、通訳）、新羅・奄美等訳語、主神（神主）、医師、陰陽師（易占、天文観測）、卜部（うらべ、占い師）、射手（いて）、音声長（おんじょうちょう、楽長）
- (3) 知乗船事（ちじょうせんじ、船団管理者）、船師（船長）、船匠（船大工）、舵師（かじし、操舵長）、挟抄（かじとり、操舵手）、水手長（かこおさ）
- (4) 留学生（るがくしょう、長期留学生）、学問僧（長期留学僧）、請益生（しょうやくしょう、短期留学生）、還学僧（げんがくそう、短期留学僧）
- (5) 音声生（おんじょうしょう、楽師）、**玉生（ぎょくしょう、ガラス工人）**、鍛生（たんしょう、鍛冶鍛金工）、鑄生（ちゅうしょう、鑄物師）、細工生（さいくしょう、木工工人）

# ガラス状態を食べる

飴



糖＋水のガラス

鰹節



タンパク質＋水  
のガラス

アイスク  
リーム



糖＋脂質＋タン  
パク質＋水の  
ガラス

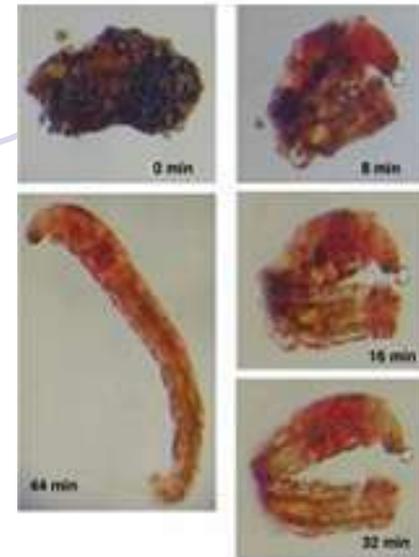
# 過去・現在・未来



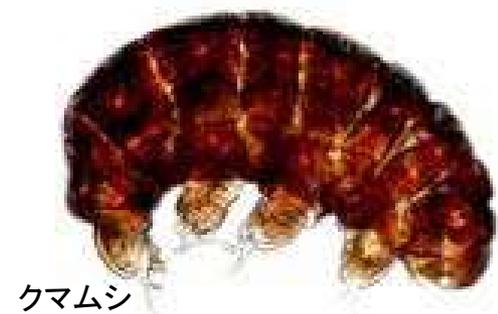
過去



現在



ネムリユスリカ



未来

クリプトバイオシス:トレハロース+水系のガラス化

# 5. おわりに

# 物理学とは？

川本幸民「気海観瀾広義」(1855)

**単純な原理から自然  
を読み解く  
＝物理をする**

☆その枠組みは、「普遍性」、「予言性」をもち、  
「単純」でなければならない。

☆対象は、宇宙や物質に限らず人間、社会に及ぶ。

**ご静聴有りがとうございました**