


放送大学面接授業4② 粘菌の知性 編

## 変形菌が見せる知性

変形菌は  
迷路を解き  
記憶をする



中垣教授がイグノーベル賞を受賞した  
変形菌の迷路実験



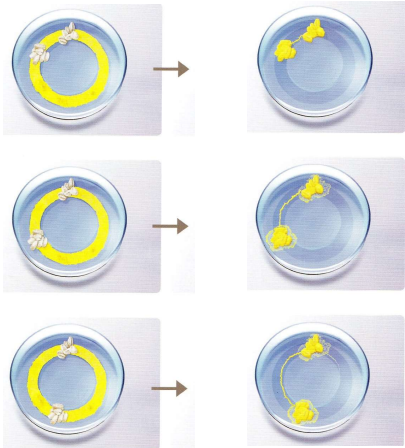
### 変形菌はエサが二つあるとどうする？

- ① 一度に二つとも手に入れる
- ② 初めは片方にゆく

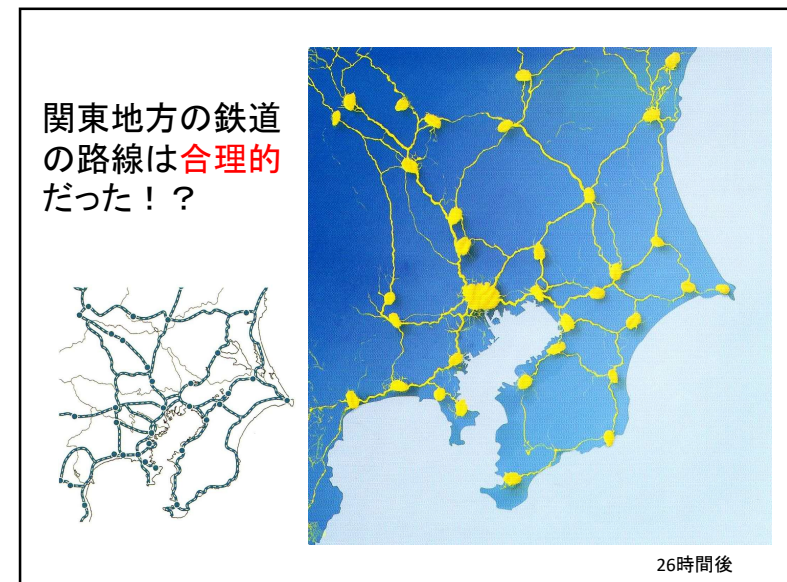
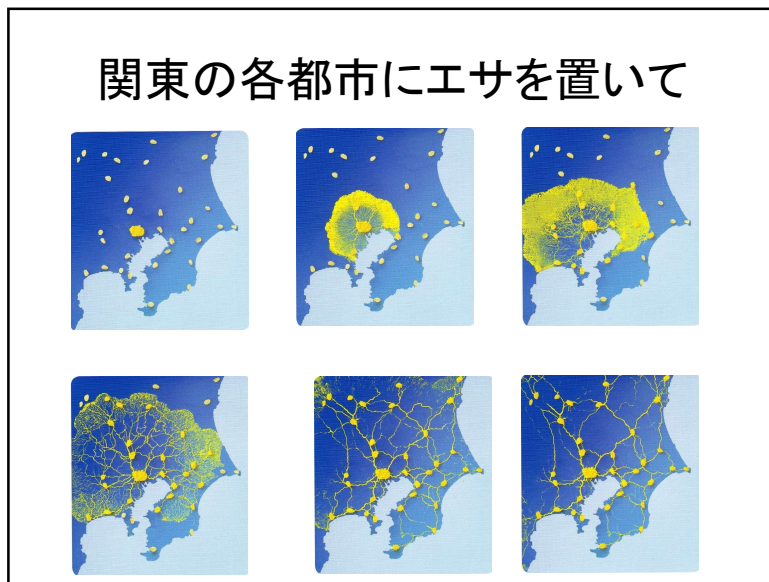
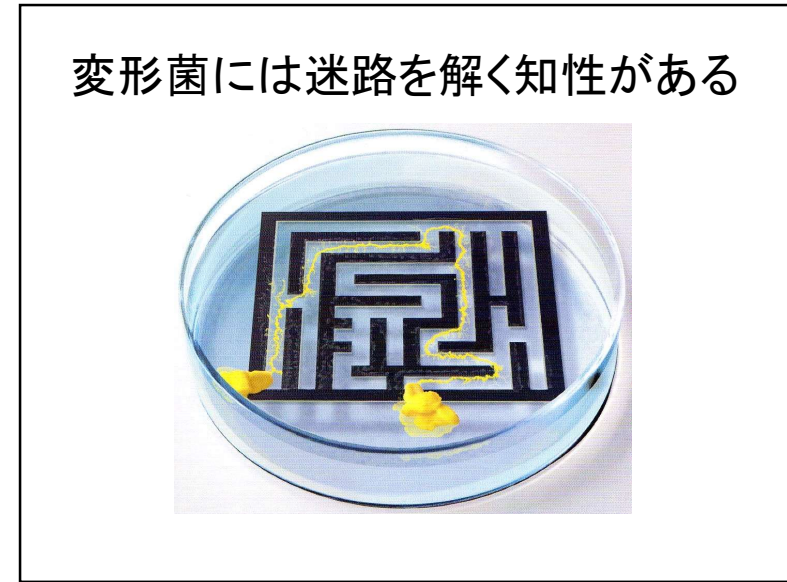
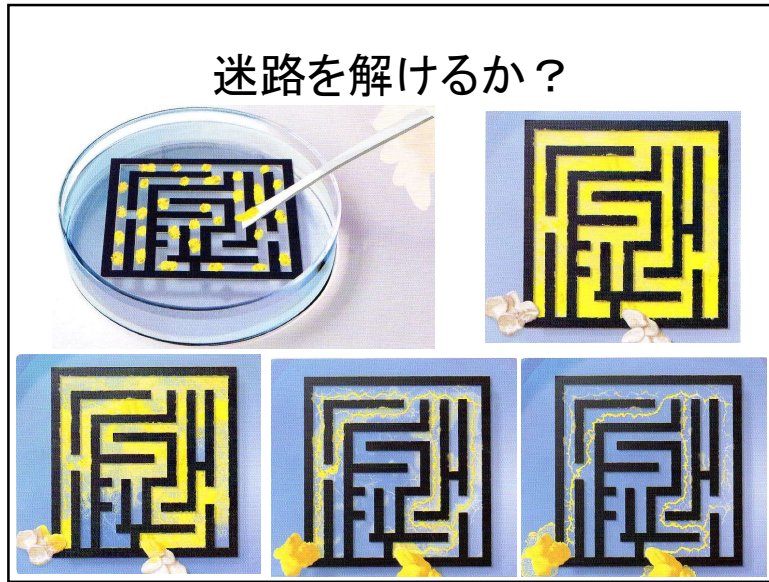


### この場合は？

粘菌は短い方を判断できた



粘菌は最短距離を選んだ





## 変形菌は自律分散システム

粘菌の管の内 **最短のものだけが残る**のは  
 流れが**活発な管ほど太く** 流れが**弱い管**  
 ほど**細くなる**という単純なしくみ  
 中枢を持たずそれぞれが**自律的**に行動

この水道管が粘菌の管として

水の流れが違う場合

水道管が太くなる

太くなるとますます流れ

さらに太く

水道管が細くなる

細くなると流れなくなり

ついには消える

## よく使う道は太くなる

アリの道は自分たちのフェロモンが道しるべとなる

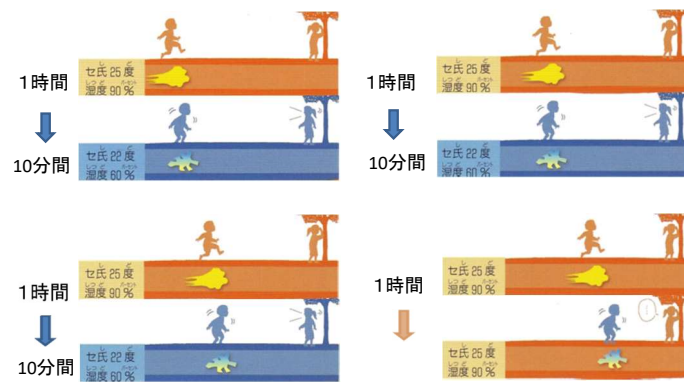
芝生のハゲた近道ほどよく使われ

最短距離ほどよく使われ  
道はますます**太く**なる

## 粘菌が予測や記憶をする

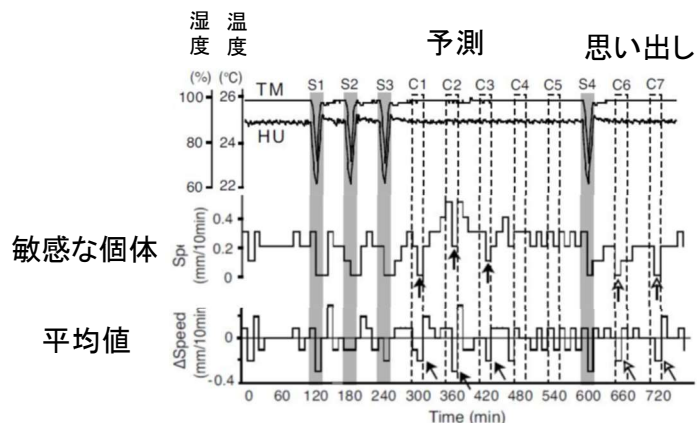


## 時間を記憶する単細胞



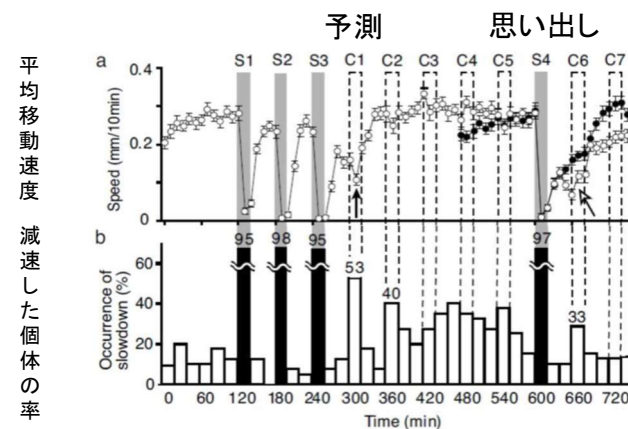
1時間に1回(10分)悪環境に置くことを3回繰り返すと4回目のタイミングで止まる 粘菌は時間が**予測**ができた

## 周期的環境変動の**予測**と**思い出**し



Saigusa, T., Tero, A., Nakagaki, T., & Kuramoto, Y. (2008). Amoebae anticipate periodic events. *Physical review letters*, 100(1), 018101.

## 平均移動速度と**減速**個体の率



## 変形体が定期的な出来事を**予測**

以前に経験した周期的な変化を  
予測できる

粘菌は **学習能力**を備えた単純な  
細胞内時計をもっている？

これも合理的な**システム**で  
説明できるのか？

## 変形菌の不思議さは **非線形科学**と**自己組織化**で



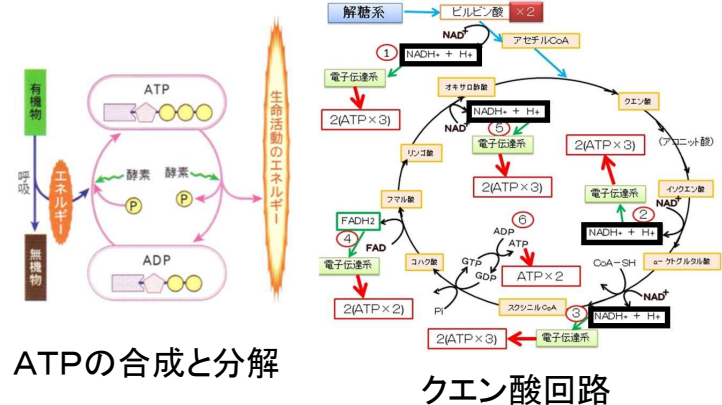
## 時間記憶のからくりは**リズム**

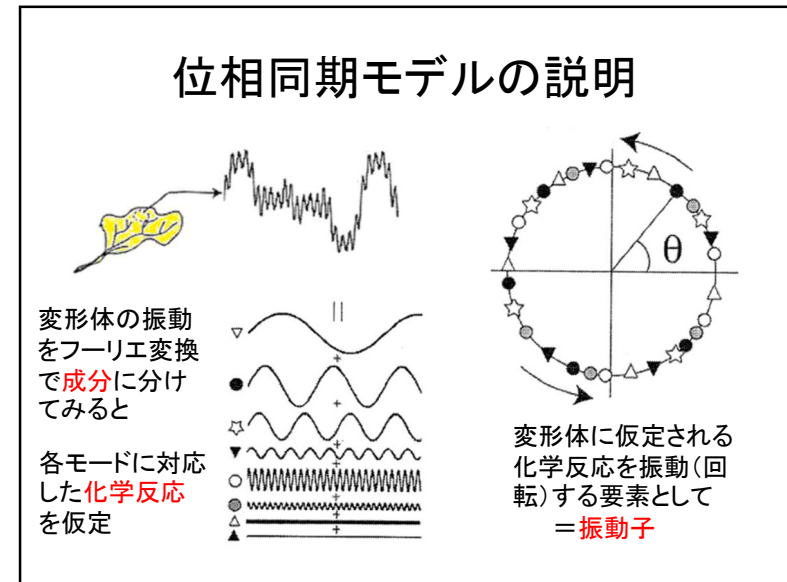
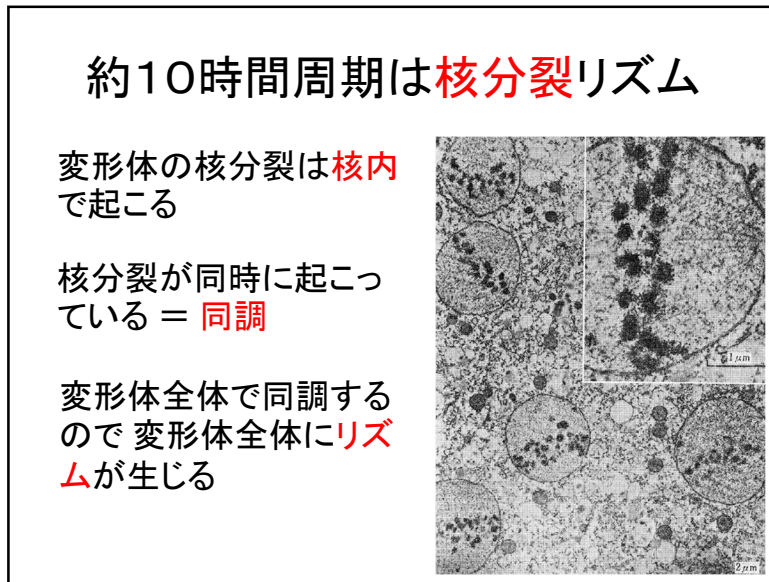
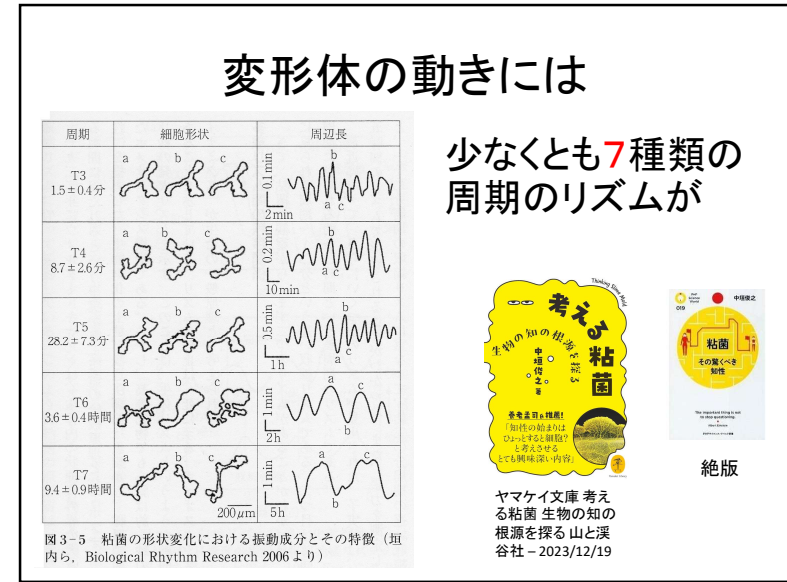
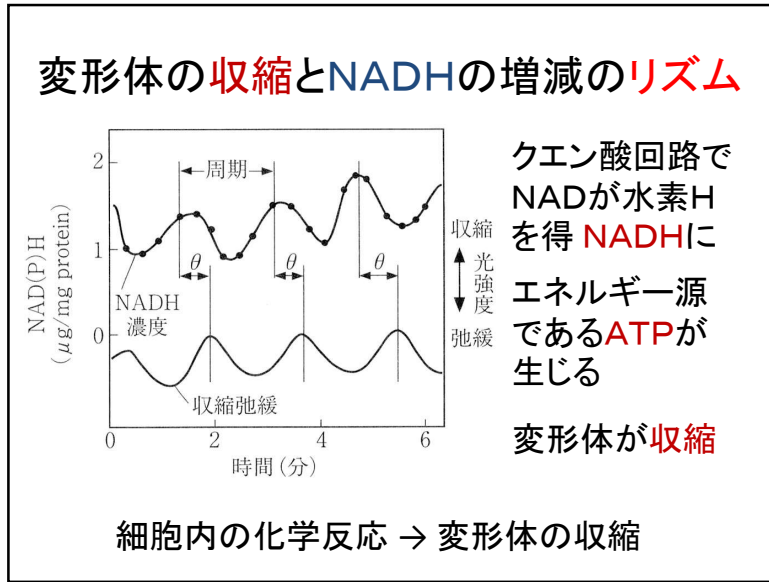
細胞の内部ではさまざまな**化学反応**が  
それぞれの一定の**周期**をもって起こっ  
ている

目立つのは **原形質流動**の往復運動  
(周期は約 1~2分)

ほかにも 1日周期の反応や  
秒単位の反応も  
それらが**混ざって**起こっている

## 細胞内のエネルギーに関する化学反応





### モデルの振る舞いの概略図

b1: 多くの化学反応が **それぞれの速度** で起こっている

b2: すべての化学反応が **☆と□の振動周期** で押されたときこの**2つの化学反応が同期**する

b3: この同期は **☆と□の各周波数** で観察され **明確な周期的変動**を示す

### 分かりやすい**振り子モデル**で説明

変形体の周期的運動は  
振動数の異なる化学反応の多重周期性  
(1~2分周期のものが目立つが)

棒を上下に動かし  
ある長さの振り子だけ  
を振動させる  
= **共振**



### 振り子モデルでの説明

長さ(周期)の違う一連の振り子

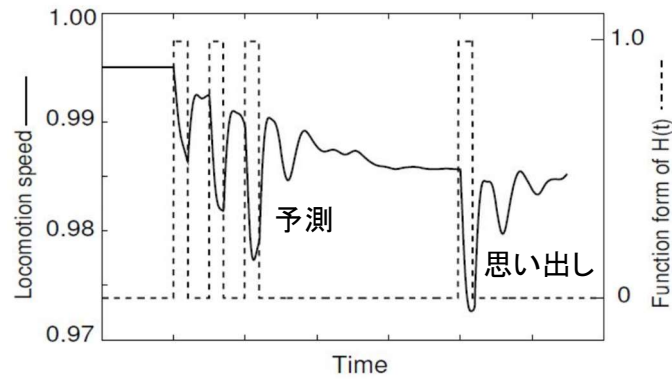
ランダムな位相で小さく揺れている  
↓  
強風を送る

周期的に3回強風を送る  
↓  
■と★が同期

しばらく経過し周期が乱れた

一定の振動数で3回 風を送る  
→ それに近い振動数の振り子が大きく揺れる(**共振**)

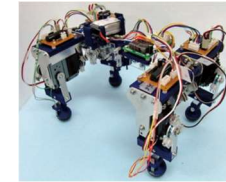
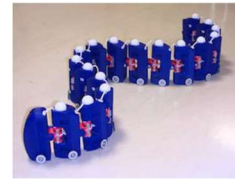
## これをコンピュータでシミュレーション



## 粘菌が持つ知性とは？

粘菌の示す知的(に見える)行動は生物学よりむしろ物理学・数学 → 非線形科学的に説明

粘菌の情報処理の方法は長い進化の過程で獲得したシンプルだが巧妙な方法



歩行や走行は比較的素朴な構造・システムで可能