

物 性 物 理 学 C

担当：北畑 裕之（2号館402号室）

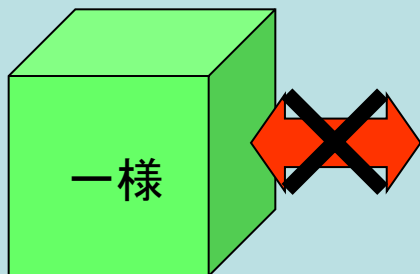
e-mail: kitahata@physics.s.chiba-u.ac.jp

URL: <http://cu.phys.s.chiba-u.ac.jp/lecture/busseiC/index.html>

平衡系の熱力学、統計力学の拡張として、平衡系からわずかにずれた線形非平衡領域で成り立つ理論について学ぶ。次に、平衡系から大きくずれた非線形非平衡領域ではじめて見られる秩序構造に関して、どのような取扱いが可能であるか学ぶ。

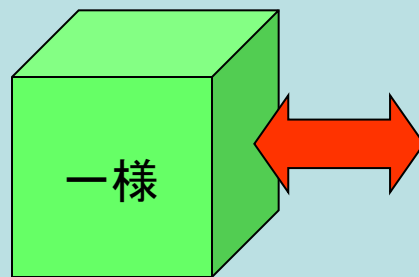
平衡系

閉鎖系



外界
(熱浴)

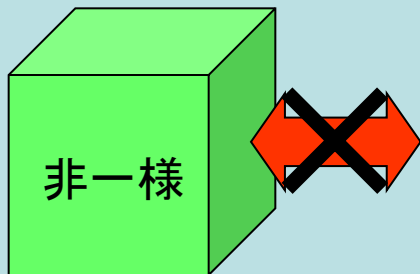
平衡開放系



外界
(熱浴)

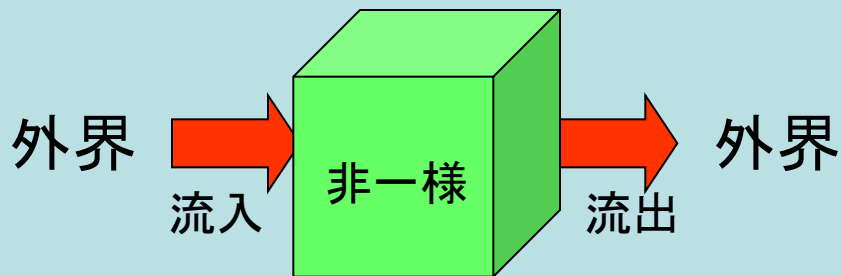
非平衡系

緩和過程



外界
(熱浴)

非平衡開放系



外界

平衡系

閉鎖系(平衡系)では...

熱力学第二法則:「孤立系ではエントロピーは増大する」

エントロピーが極大の状態に移行する

||

平衡状態

平衡開放系では...

たとえば、等温定圧系では、Gibbsの自由エネルギー G が
最小の状態に移行する

||

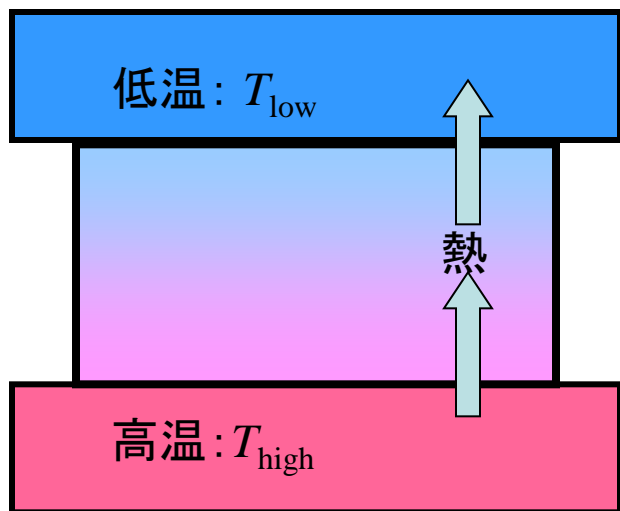
平衡状態

非平衡系

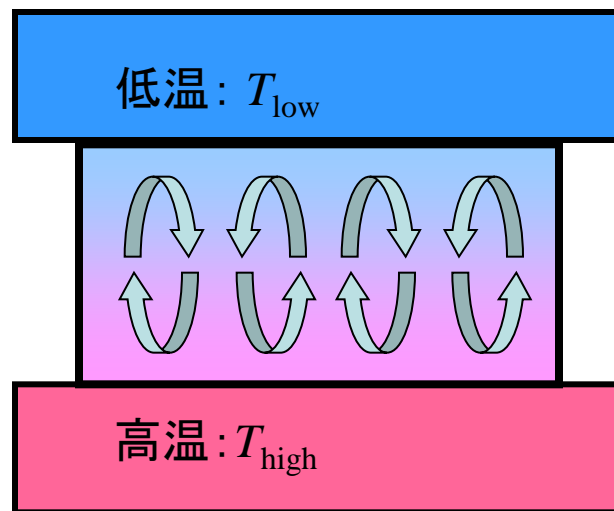
非平衡開放系では・・・

平衡状態が存在しない

・ 定常状態



・ 非定常状態 (リズム・パターン)



“Benard対流”

・ カオス状態 (もっと乱れた状態)



何がおもしろい?～パターン形成に潜む物理



熱帯魚の体表模様



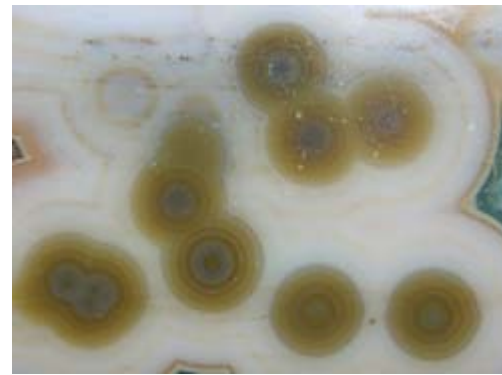
花の並び



雲



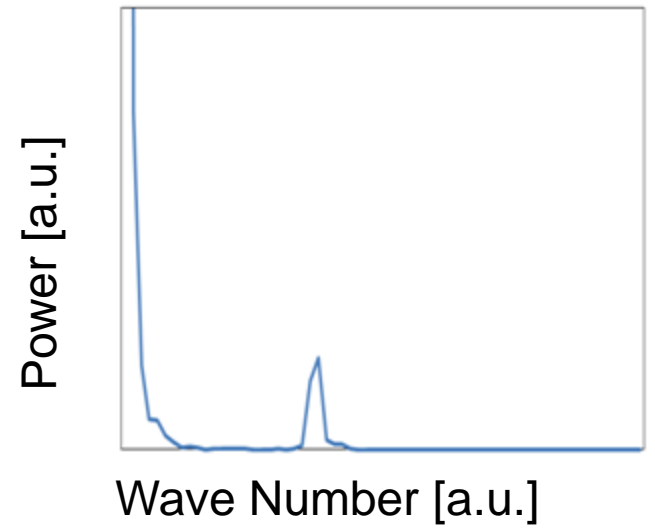
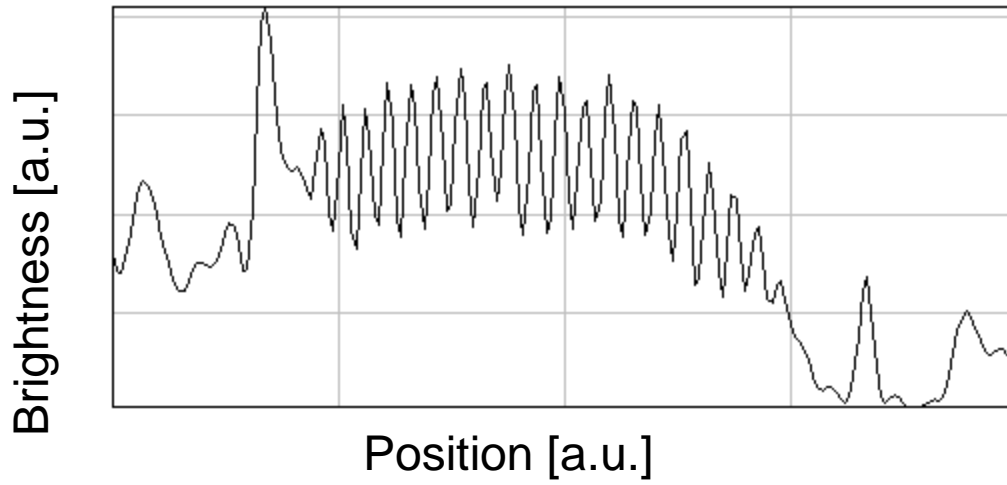
砂丘の風紋



岩石(ジャスパー)の断面



フーリエ変換



"時空間"パターン

「パターン」といった場合、空間形状のみを指すことが多い

→ **時間軸**の"パターン"も考えることができる

(時間的に見たときに**規則性**があればよい)

例: 時間的に変化していく空間パターン、周期的なリズム etc.

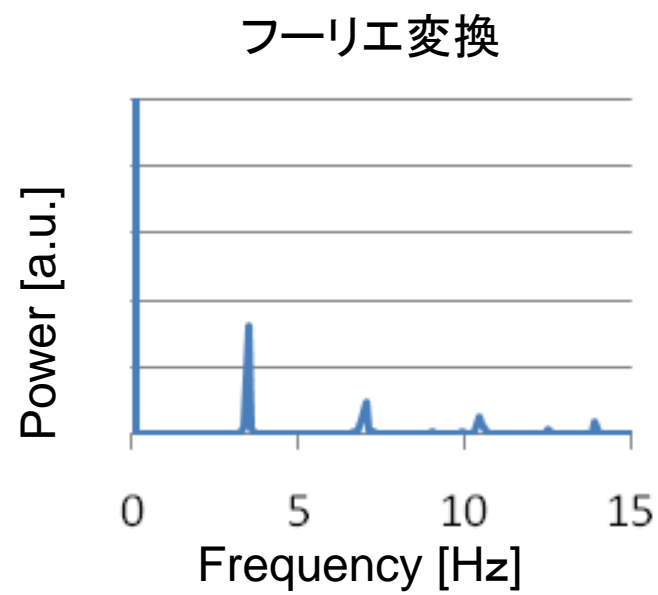
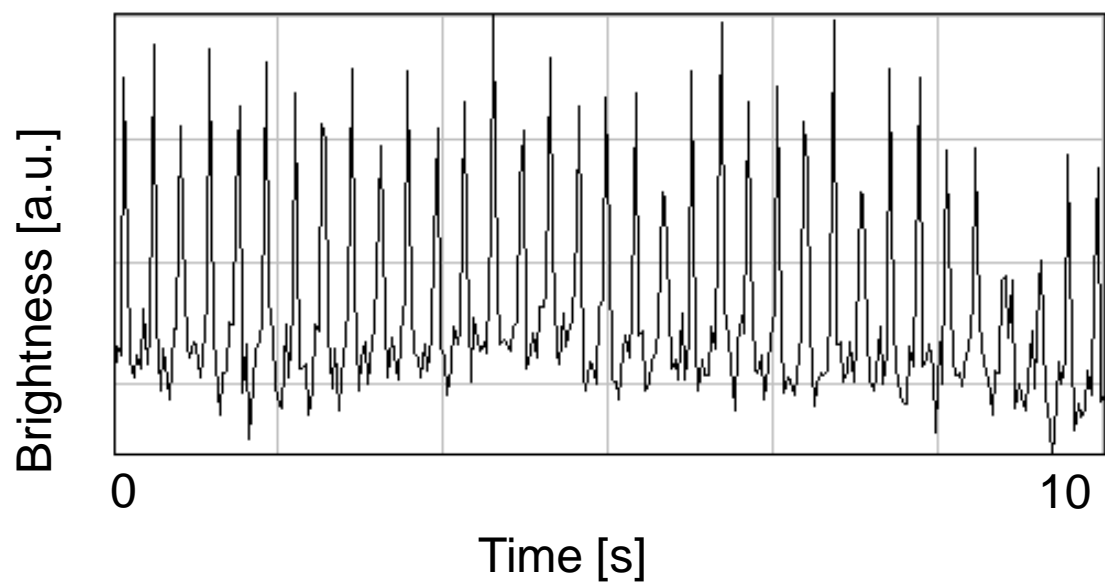
ビデオは著作権の関係で公開できません。
必要なら直接、北畑までご連絡ください。

NHK 地球に乾杯「黄金の樹を見た
～ホタル一万匹の大発光～」

ビデオは著作権の関係で公開できません。
必要なら直接、北畑までご連絡ください。

ラット心筋細胞

提供： 原田崇広氏



時空間パターンのでき方

- 人為的なもの

染物の模様(デザイン)
タイル貼り
区画整備された街
時計
etc.



京都の町並み

(google map)

- 自発的に生成するもの

体表模様
地層
木の年輪
結晶
心臓の拍動
etc.

パターンが生成するメカニズムが明らかなもの



明らかでない(自明でない)もの

自発的な時空間パターン形成

自発的パターン形成: ある"形"、秩序構造が自然にできあがっていくこと

「時空間自己組織化」

- メカニズムが自明でない
= 「全体」を見てパターンを作るわけではない

全体を見て、時空間パターンを作るだけならおもしろくない

- 個々の要素は全体を"見る"ことができない
(隣接する要素、場の量を見ることができる)
- 全体としては、ある種の"規則性"ができる

問題意識:

→ なぜ**自発的に**時空間パターンができるのか?

" 鴨川等間隔の法則 "



町並み

なぜ等間隔なのか？

Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応

攪拌した系で



1 cm

空間勾配 はなし

Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応

a) Target Pattern



(4倍速)

3 mm

b) Spiral Pattern

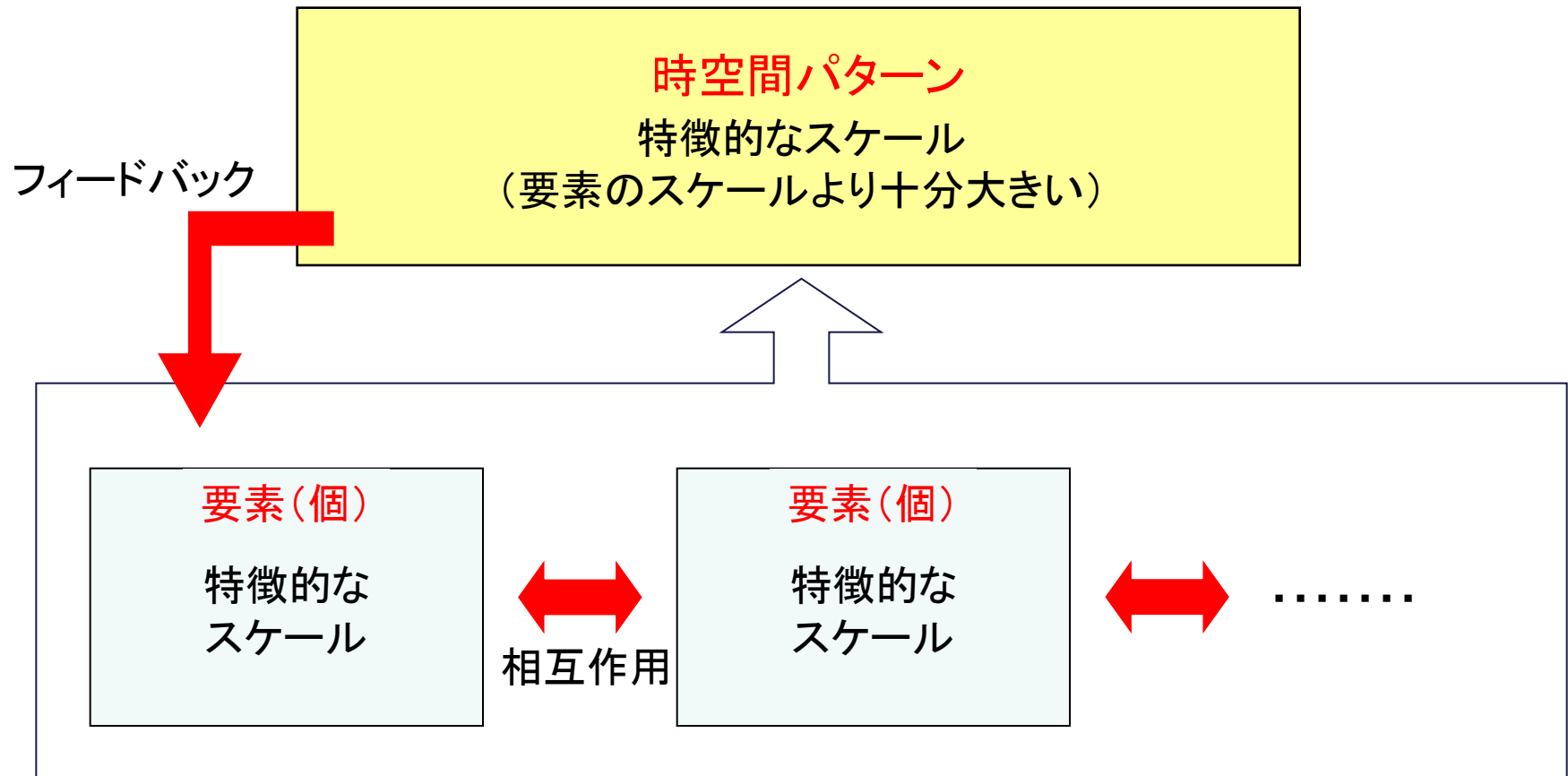


(4倍速)

3 mm

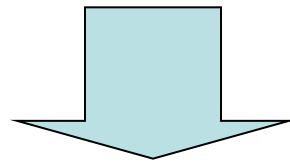
要素(個)と全体

自発的に時空間パターンが生成されるとき、要素と全体の空間(時間)スケールが異なっている場合が多い。個々の相互作用が全体を作る。全体のパターンが個々にフィードバックをかけることもある。



生命現象をはじめとする自然現象は非常に複雑

- 複雑であるからこそのおもしろさ、美しさ
- **複雑なものの中にあるシンプルなおもしろさ、美しさ**
複雑なパターンを、要素の特徴・要素間の相互作用のみでとらえる



化学反応系、流体など、シンプルで制御しやすい系を用いる
実験・モデル化・理論的考察を通して一般化を目指す

キーワード： 非平衡開放系