

# 物 性 物 理 学 C

担当：北畑 裕之（2号館402号室）

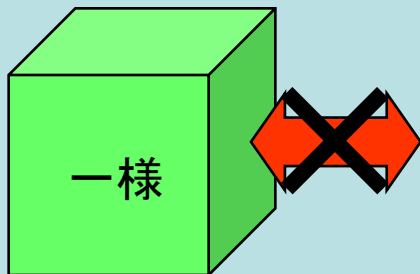
e-mail: [kitahata@physics.s.chiba-u.ac.jp](mailto:kitahata@physics.s.chiba-u.ac.jp)

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。

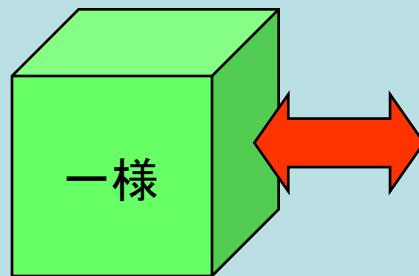
## 平衡系

閉鎖系



外界  
(熱浴)

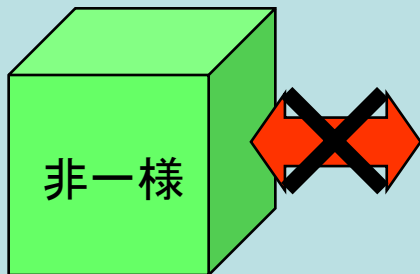
平衡開放系



外界  
(熱浴)

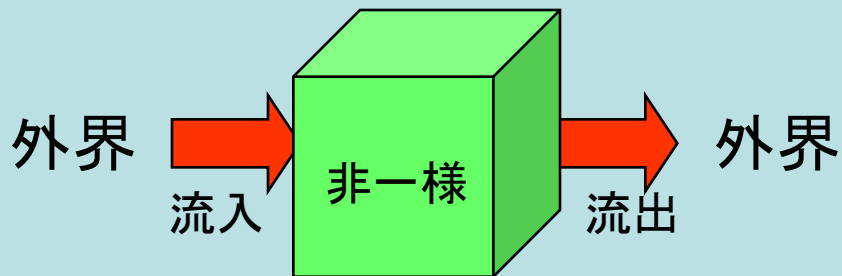
## 非平衡系

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

||

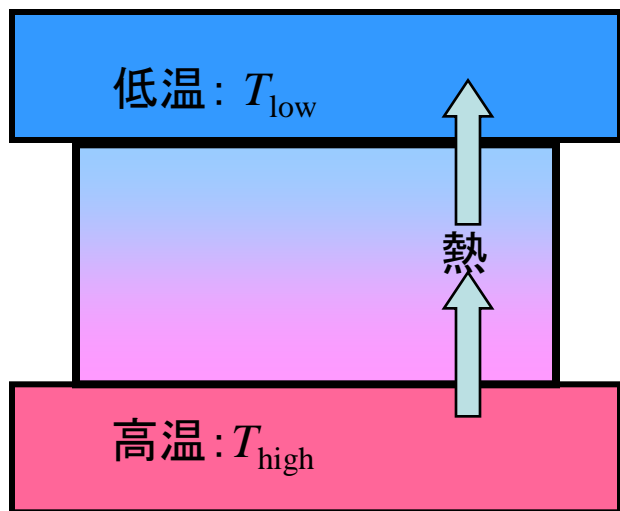
平衡状態

# 非平衡系

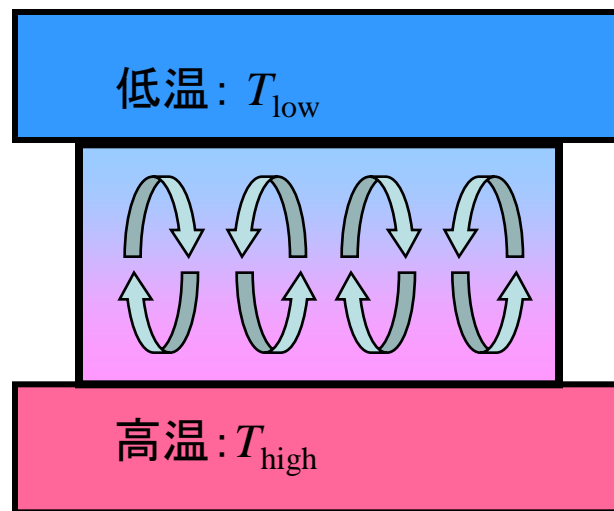
非平衡開放系では・・・

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)





著作権の関係で、動画・画像の一部は公開していません。

(ホタルの同期、心筋細胞の同期、アルコール液滴、油滴の運動、  
自然界のパターンの写真など)

必要でしたら、北畑までご連絡ください。

# 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

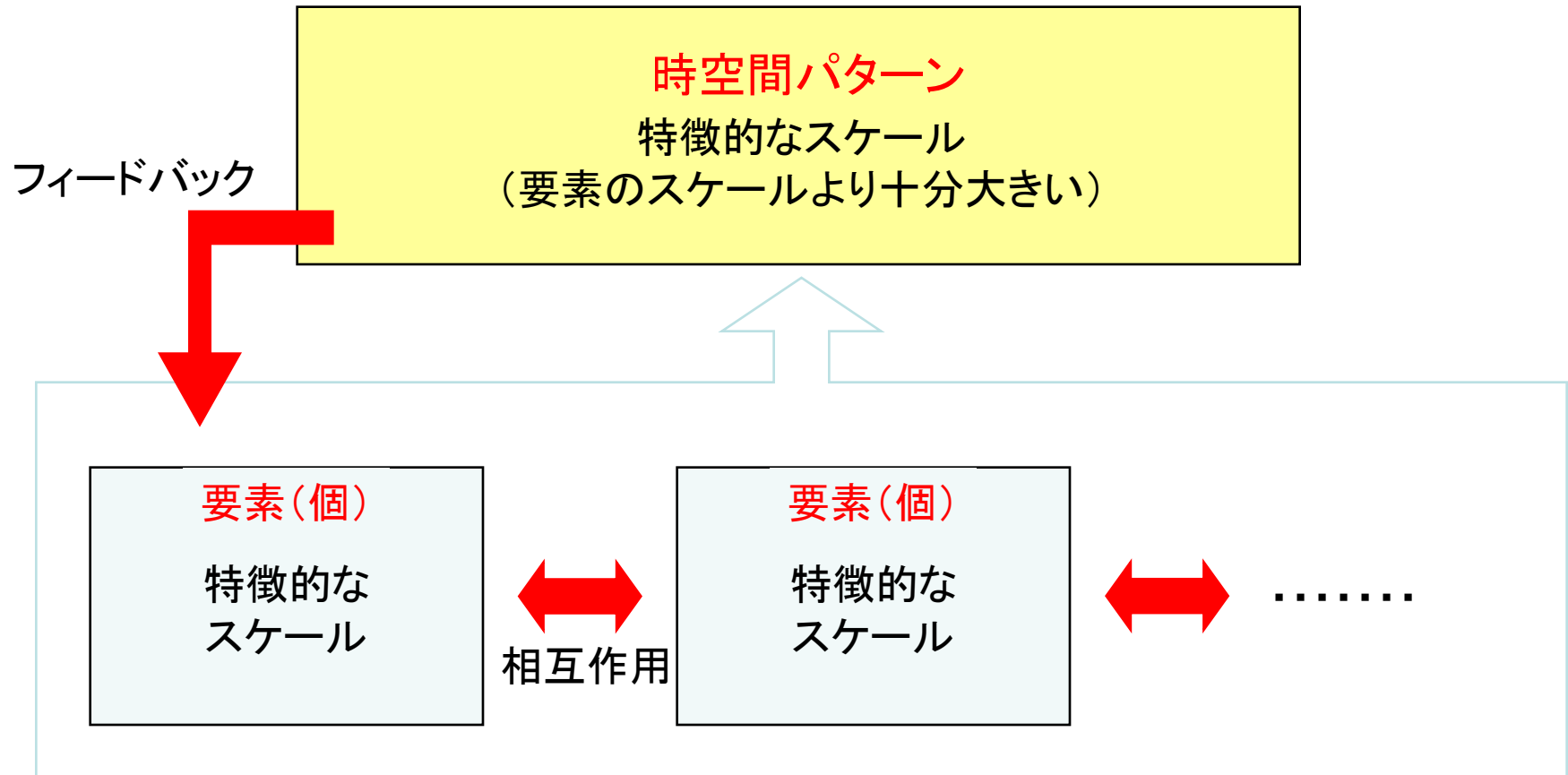


(4倍速)

3 mm

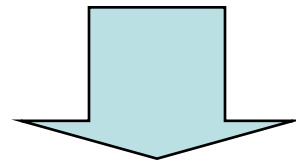
# 要素(個)と全体

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**

# 予定

10月6日(火)	イントロダクション
10月13日(火)	平衡と非平衡・エントロピーとは
10月20日(火)	ランダムウォークとブラウン運動
10月27日(火)	揺らぎと散逸の関係
11月10日(火)	非平衡系のさまざまな取扱いI
11月17日(火)	非平衡系のさまざまな取扱いII
11月24日(火)	最近の研究紹介など
12月1日(火)	安定性解析・非線形振動
12月8日(火)	力学系での分岐理論
12月15日(火)	同期現象とその解析
12月22日(火)	反応拡散系とパターン形成
1月12日(火)	フラクタル、カオス
1月19日(火)	最近の研究紹介など
1月26日(火)	予備日
2月2日(火)	予備日

# 評価

出席とレポート(2回を予定)の内容を含めて総合的に評価する。  
(レポート提出と半分より多くの出席)

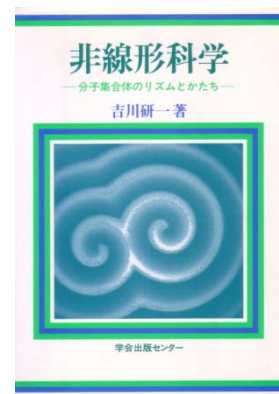
## 参考書籍



「非平衡系の統計力学」  
(岩波基礎物理シリーズ8)  
北原和夫著 岩波書店



「非平衡系の物理学」  
太田隆夫著  
裳華房



「非線形科学」  
吉川研一著  
学会出版センター



「非線形科学」  
蔵本由紀著  
集英社新書