

# 分子集合論

## ーソフトマターの集合組織と物性

資料は<http://takahara.ifoc.kyushu-u.ac.jp>  
に掲載予定。

- はじめに

ソフトマターとは、分子間力、自己組織化、相転移

- 高分子

高分子の溶液、非晶性高分子、結晶性高分子、  
高分子ブレンド、ブロック共重合体

- コロイド

コロイドの物理化学、ゾル、ゲル、粘土、  
エマルション

- ミセルと分子膜

界面活性、単分子膜とLB膜、ミセル、二分子膜

# 1. はじめに

## 1.1 ソフトマテリアルとは

### ソフトマター、ソフトマテリアル

#### ー複雑液体(Complex fluid)

高分子、コロイド、両親媒性物質(amphiphiles)、界面活性剤、液晶、液体金属

- 非共有結合で高次構造を形成(自己組織化)
- 結晶性固体と単純な分子液体と中間的な構造とダイナミクスを示す

工業的には

塗料、プラスチック、洗剤、化粧品、食品、液晶表示素子

自然界

タンパク質、生体膜、粘土

## 1.2 ソフトマターの特徴

### 1) 集合組織形成の駆動力

#### 分子間力

多くのソフトマテリアルは外力で容易に流動する  
- 3次元での長距離秩序性は存在しない。

- ソフトマテリアルの分子のKEはkT付近
- ハードマテリアル KE ≪ kT

#### ソフトマテリアルの分子間相互作用

	エネルギー	ポテンシャル の距離依存性	方向依存性	媒質依存性
1 ファンデルワールス力 すべての分子間に働く 引力は分散力の寄与が大 斥力はパウリの原理による	< 1 kJ/mol	$V = -\frac{a}{r^6} + \frac{b}{r^{12}}$	ない	ない (分散力)
2 クーロン力 点電荷間に働く 異符号は引力, 同符号は斥力	10 ~ 30 kJ/mol	$V = -\frac{1}{r}$	ない	ある ( $V \propto \frac{1}{\epsilon}$ )
3 水素結合 電氣的に陽性な水素と 陰性な原子の間に働く	10 ~ 30 kJ/mol		ある	水中では弱くなる
4 CH/ $\pi$ 相互作用 CH基と $\pi$ 電子系の間に働く	2 ~ 3 kJ/mol		ある	水中でも働く

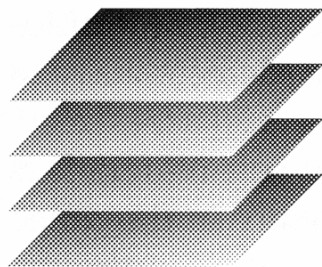
## 2) ソフトマテリアルの集合組織

液晶  
ミセル  
ブロックコポリマー  
に共通

Nematic

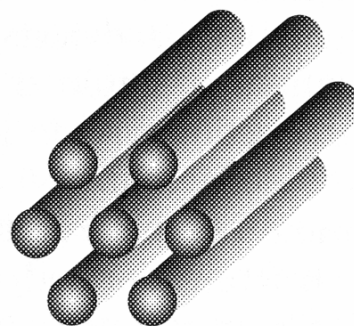


長距離の並進秩序性は  
無いが配向秩序性有り



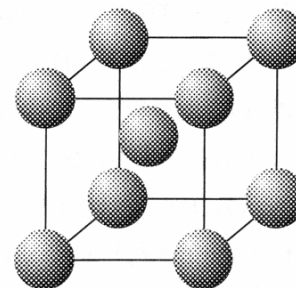
Lamellar

並進秩序性 一次元



Hexagonal

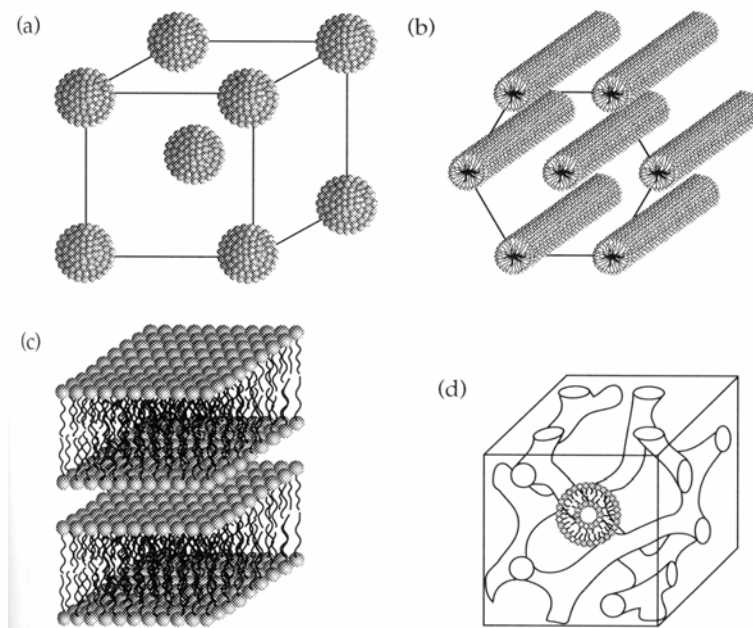
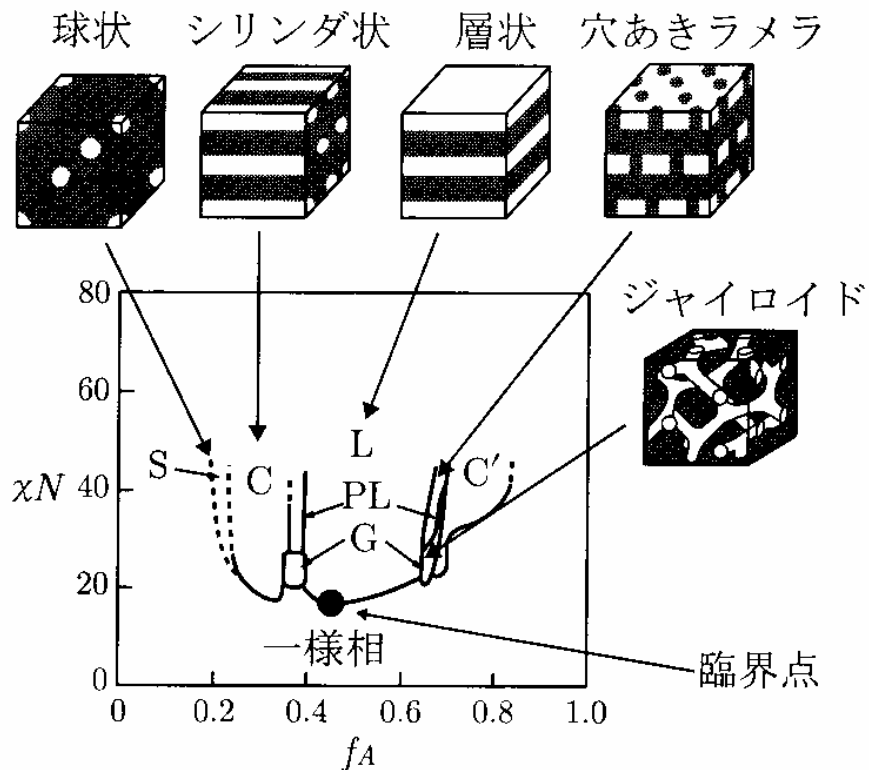
二次元



Cubic

三次元

# ソフトマテリアルで観察される共通の構造



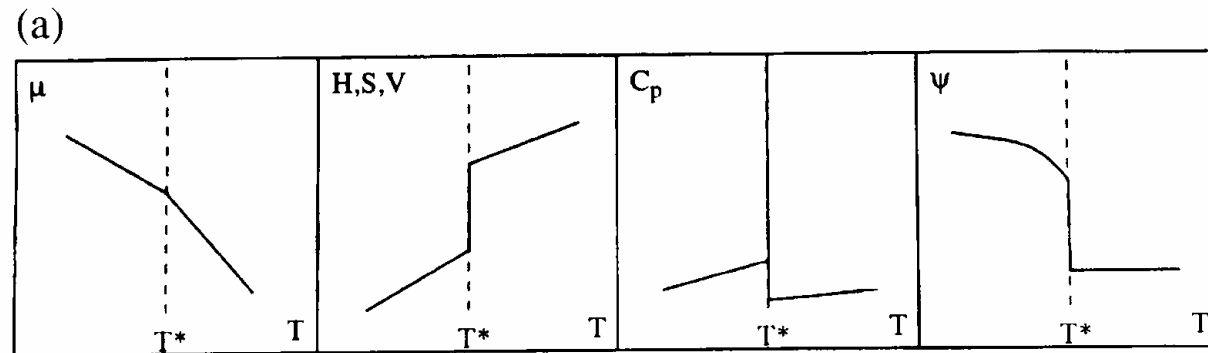
A-Bブロック共重合体  
 $\chi$ : 相互作用パラメータ  
 N: 重合度  
 $f_A$  Aブロックの分率

ミセル

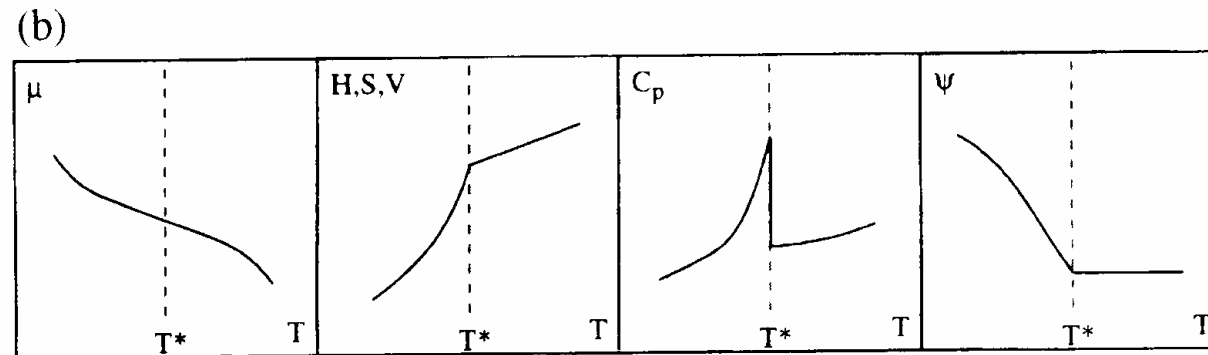
### 3) 相転移

ソフトマテリアルの構造と物性変化  
分子の秩序性と密接に関連

一次の相転移  
融点、沸点



二次の相転移



#### 4) スケーリング則

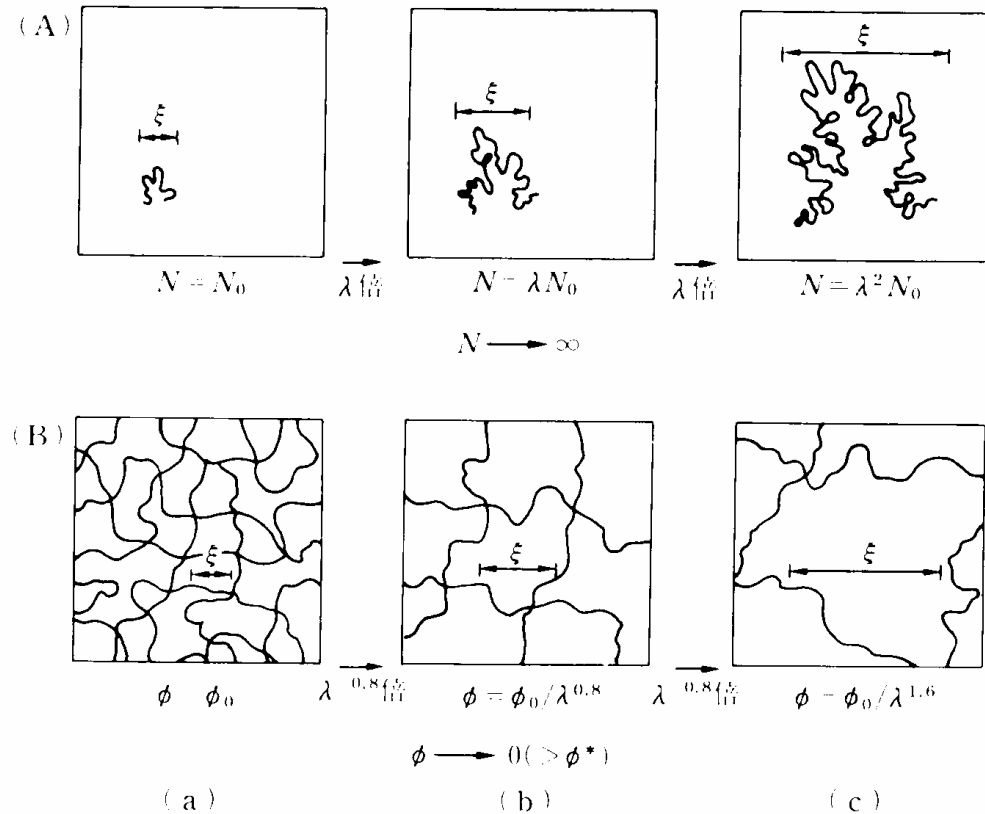
$$x \sim y^z$$

高分子鎖の末端間距離

$$\langle r^2 \rangle^{1/2} \sim N^\nu$$

$$\langle r_1^2 \rangle^{1/2} \sim (\lambda N)^\nu \sim \lambda^\nu \langle r^2 \rangle^{1/2}$$

分子間力  $f \sim r^\nu$



#### 5) サイズの多分散性

重合度—高分子鎖

会合度—ミセル

## ソフトマテリアルに関する参考書

1) I. W. Hamley, Introduction to Soft Matter, Jon Wiley(2000).

日本語訳有

1) R. A. L. Jones, Soft Condensed Matter, Oxford (2002).