

核密度近傍の核物質のいろいろな相と
 pasta 原子核
～不安定核の質量と半径との関係～

愛知淑徳大学 現代社会学部

メディアプロデュースコース 親松和浩

まえおき

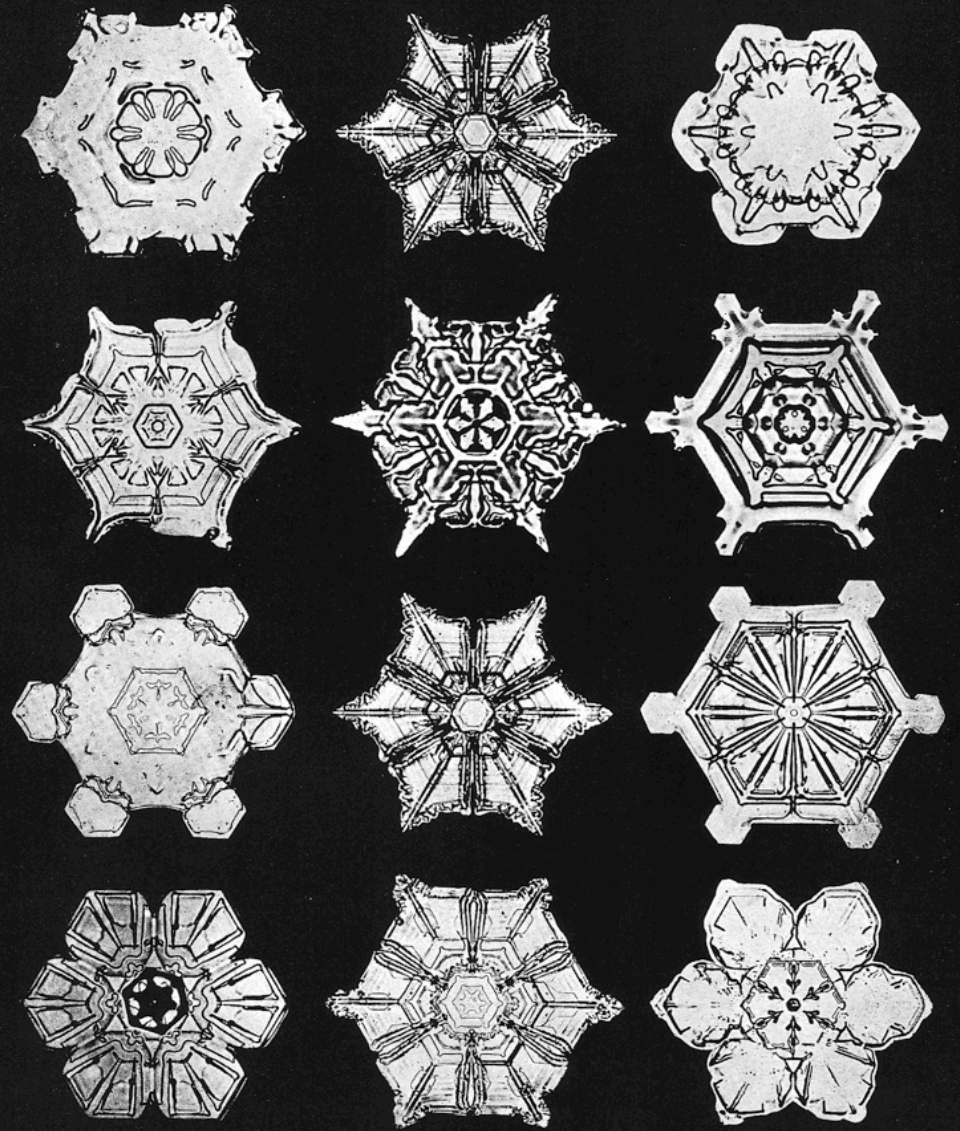
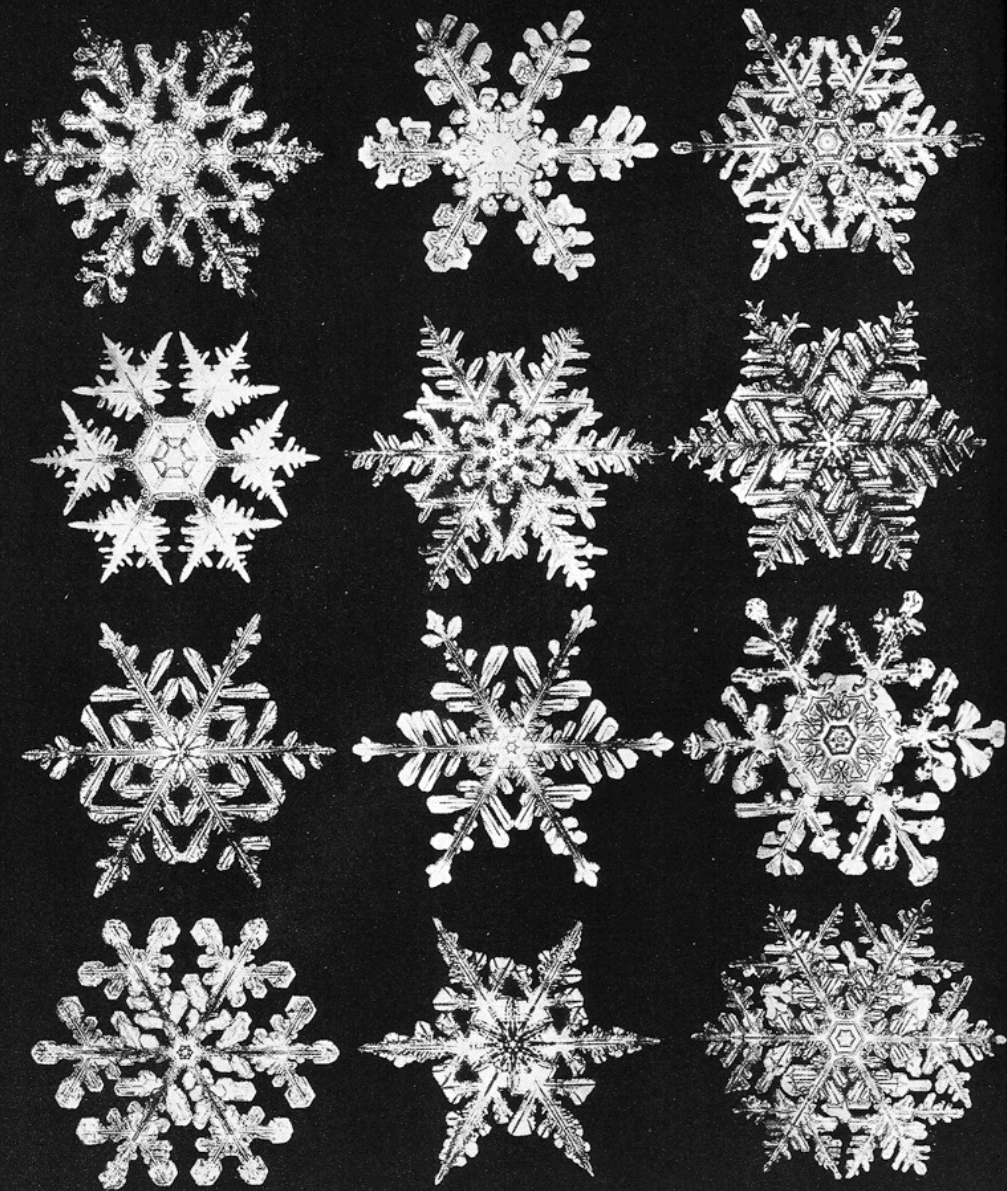
- 電子が主役となる様々な物質構造

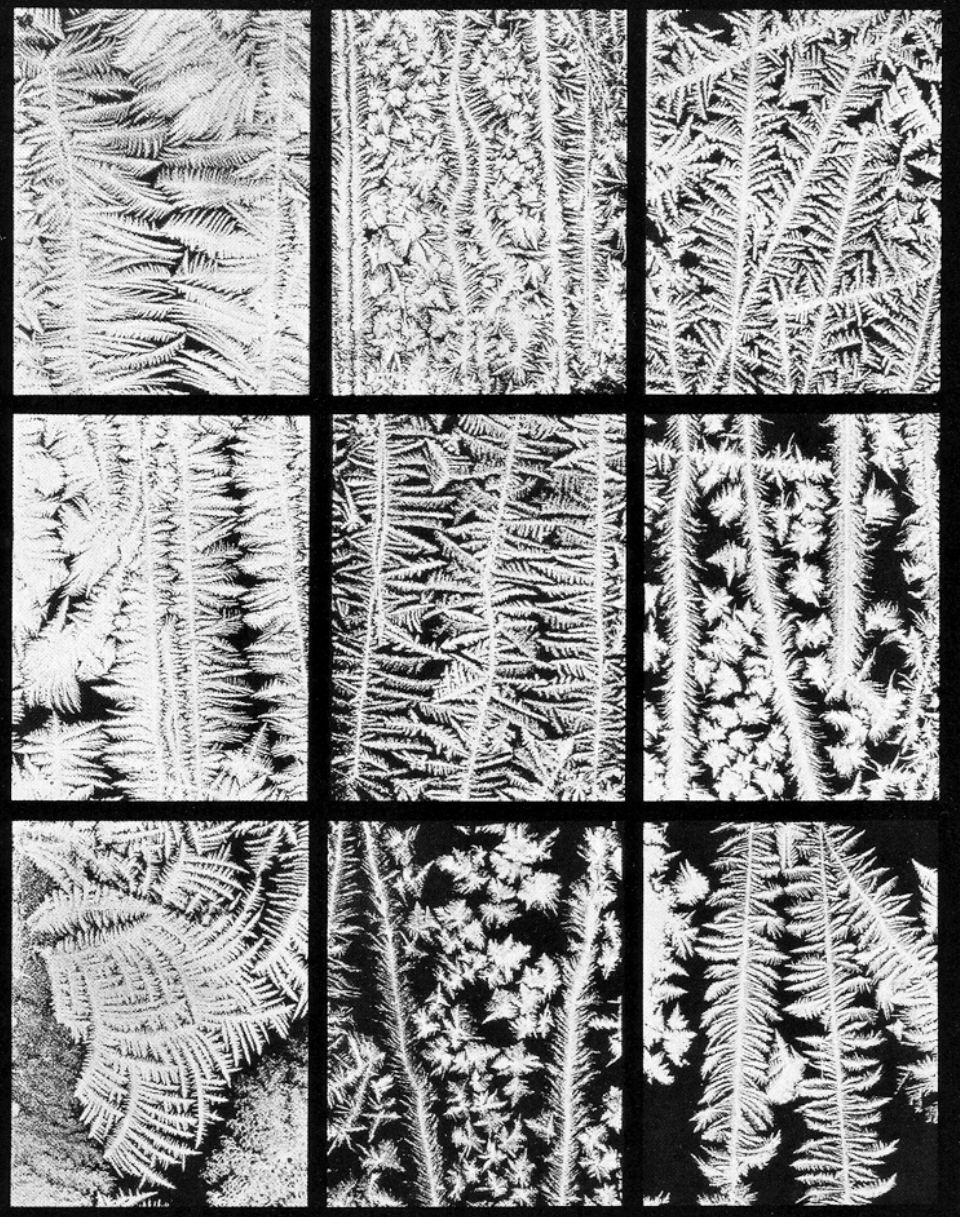
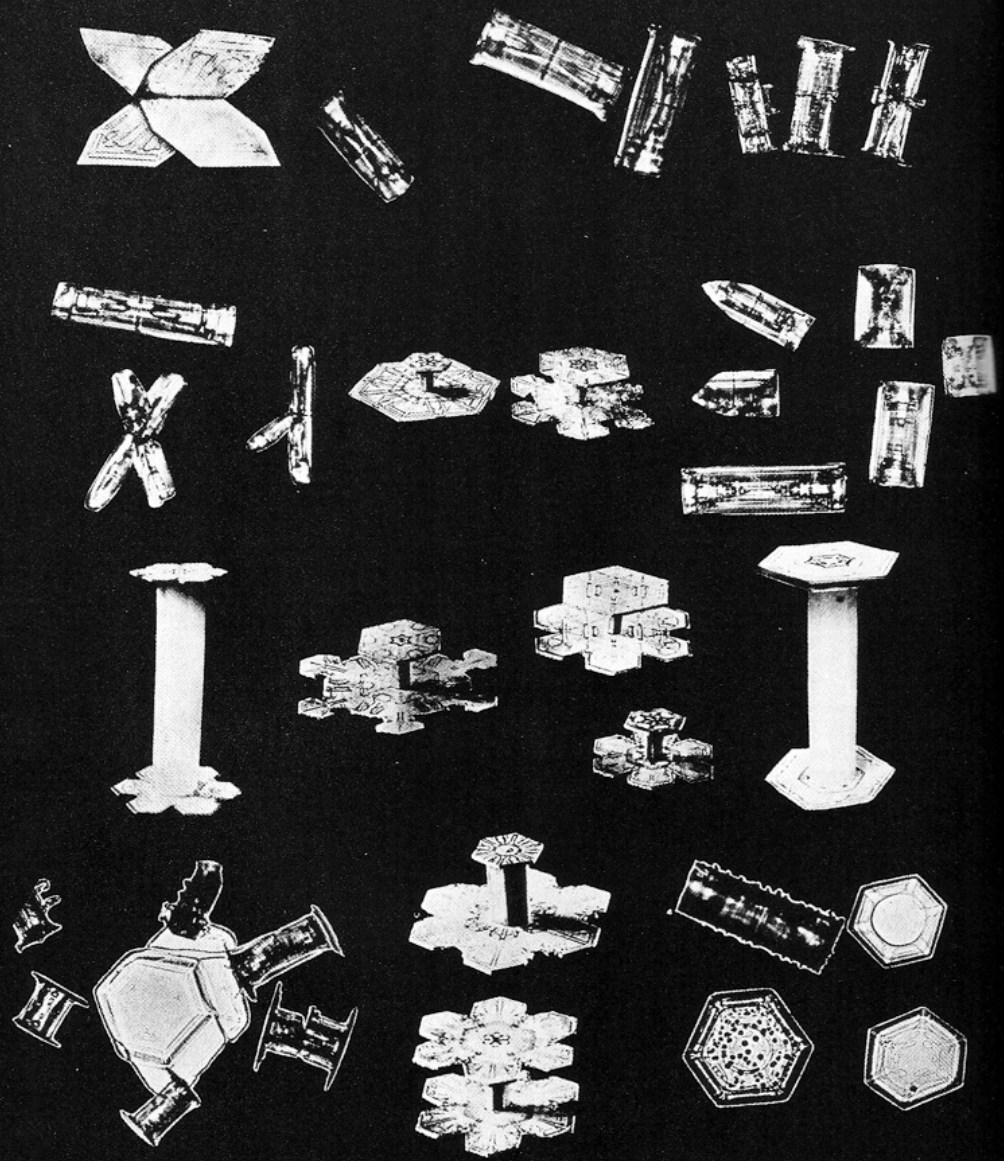
電子：様々な物質構造

- 雪の結晶
- 中谷宇吉郎
- アマチュア写真家Bentleyの写真集(1931年)
- Snow Crystals, Dover



W. A. BENTLEY PHOTOGRAPHING SNOW CRYSTALS





高分子が作る構造

- 高分子が作り出すアルキメデスタイリング
 - 堂寺知成：日本物理学会誌2006年8月号
- 複数の異なる高分子ブロックを化学結合させたブロック重合体を作り出す構造のこと
- サイズは10～100nm (100～1000Å)

日本物理学会誌

- レプトンの異常磁気能率と量子電気力学
- ミューオンの異常磁気能率と新しい物理の探索
- 「観測的 2 体問題」の進展

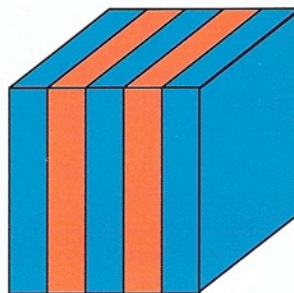
BUTSURI

第61巻 第8号(通巻 666号) ISSN 0029-0181
昭和30年6月13日 第3種郵便物認可
平成18年8月5日発行 毎月5日発行

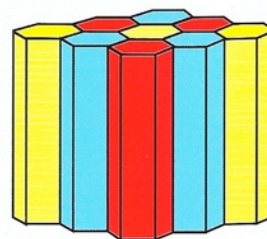
2006 VOL. 61 NO.

8

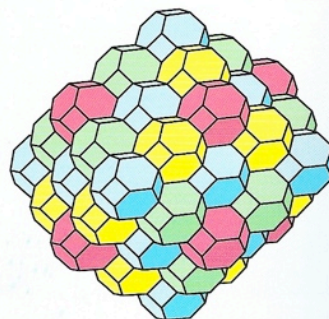
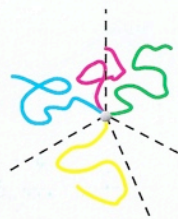
d=1: AB



d=2: ABC



d=3: ABCD

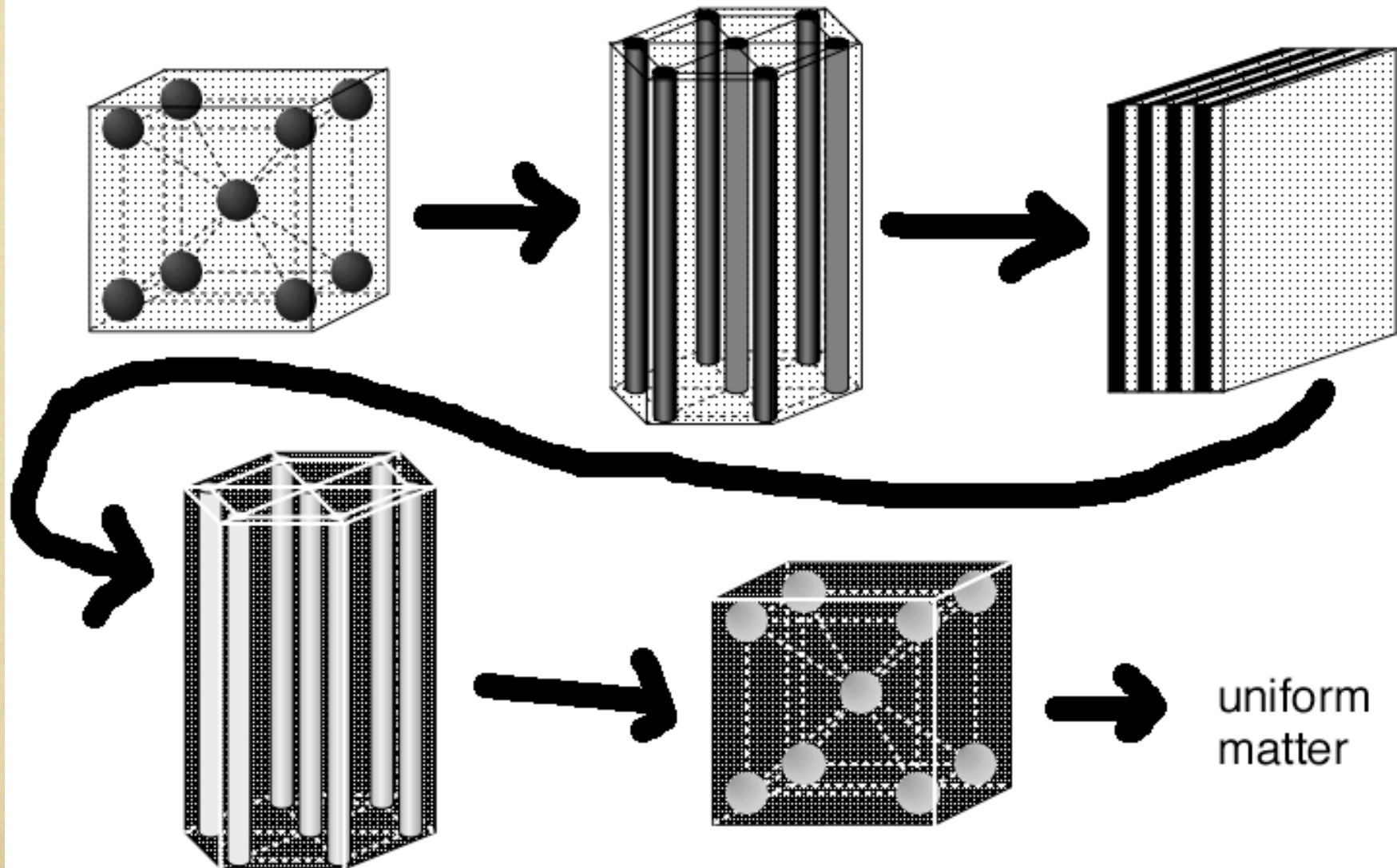


核子が主役の系のお話

- 核密度程度以下の超新星物質と中性子星物質
- 陽子、中性子、電子（、ニュートリノ）

核子系でもある！

spherical nuclei and pasta nuclei

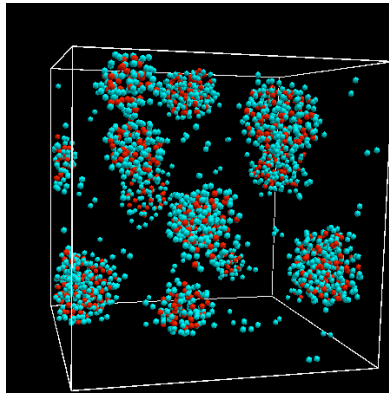


ゼロ温度での Pasta 相

2048 核子、陽子の割合 $x=0.3$ 、周期的境界条件
摩擦緩和法：高温核物質 → 温度ゼロに冷却

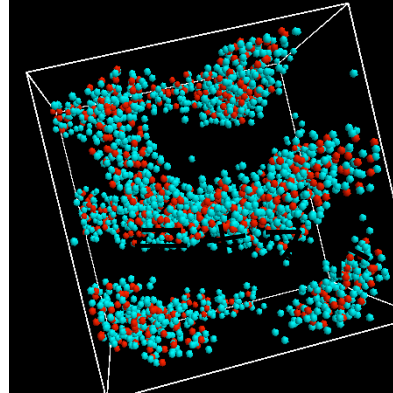
球

$0.100 \rho_0$



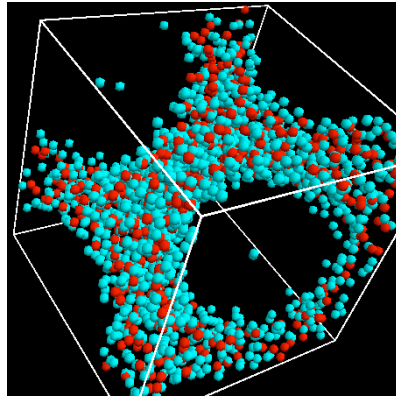
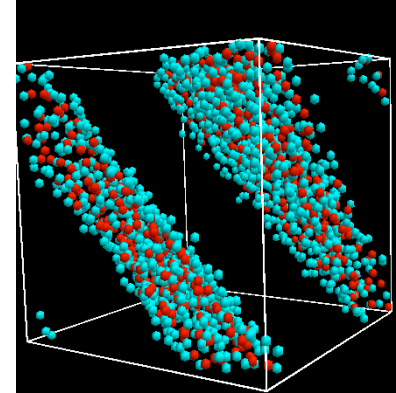
棒

$0.200 \rho_0$

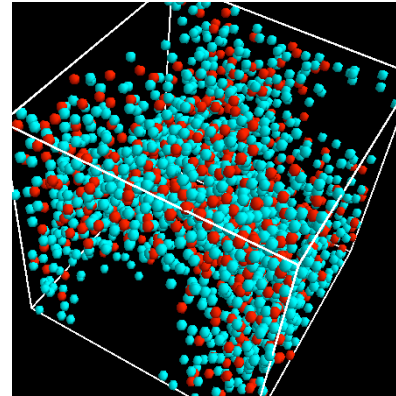


板

$0.393 \rho_0$



棒状バブル $0.49 \rho_0$



球状バブル $0.57 \rho_0$

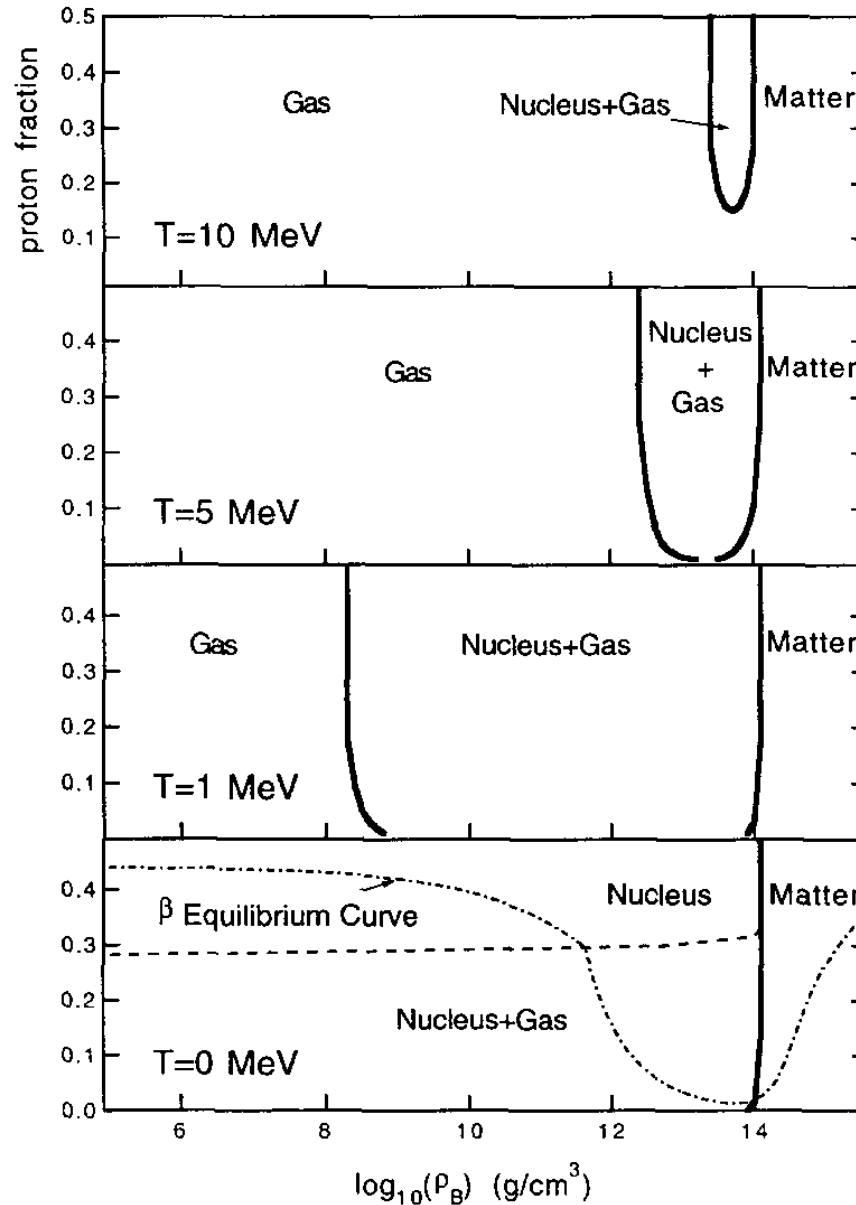
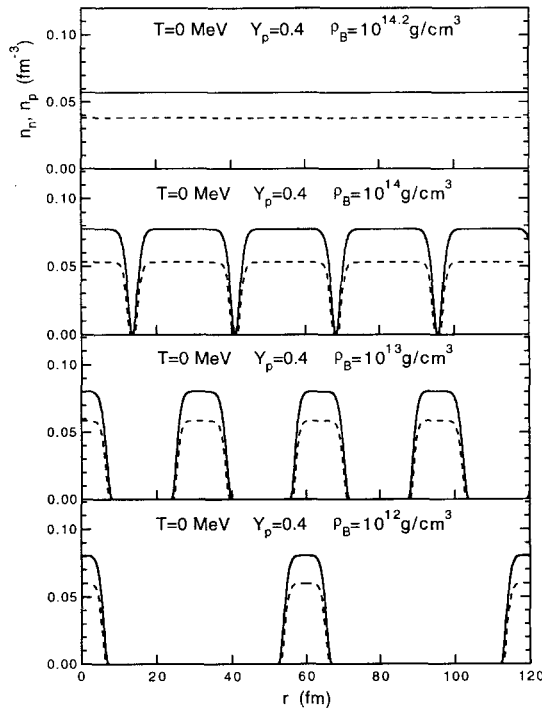
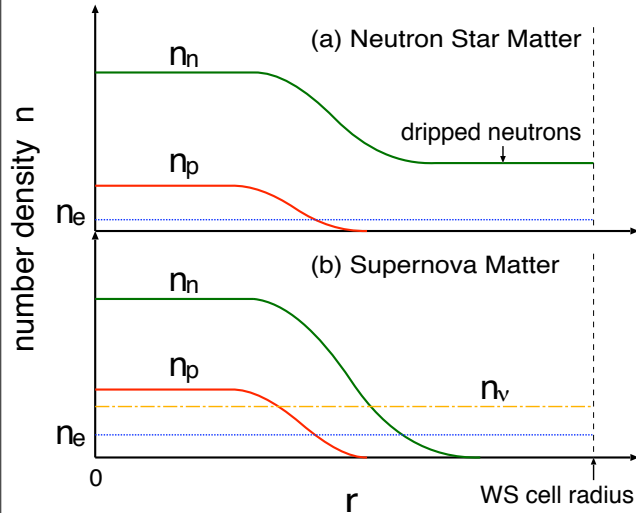
赤：陽子
青：中性子

$\rho_0 = 0.168 \text{ fm}^{-3}$
(核子の数密度)

核密度以下の物質相

H. Shen et al. / Nuclear Physics A 637 (1998) 435-450

443



Gas: ほぼ理想気体
nucleon(と α 粒子)

Matter: 核力が支配
 n, p の一様物質

$\rho_0 = 3 \times 10^{14} \text{ (g/cm}^3\text{)}$

Compressible Liquid Dropモデル

もっとも簡単な場合

$$E_{\text{tot}} = \begin{cases} uw_{\text{bulk}} + w_{\text{surf}} + w_{\text{C+L}} + E_e & (\text{nuclei}), \\ (1-u)w_{\text{bulk}} + w_{\text{surf}} + w_{\text{C+L}} + E_e & (\text{bubbles}), \end{cases}$$

セルの大きさについて E_{tot} を最小にする条件

$$w_{\text{surf}} = 2w_{\text{C+L}} \cdot$$

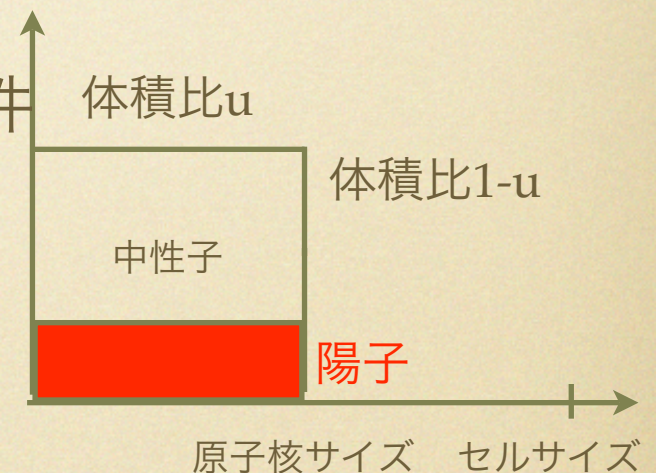
核子分布に依存する

表面エネルギー w_{surf} と

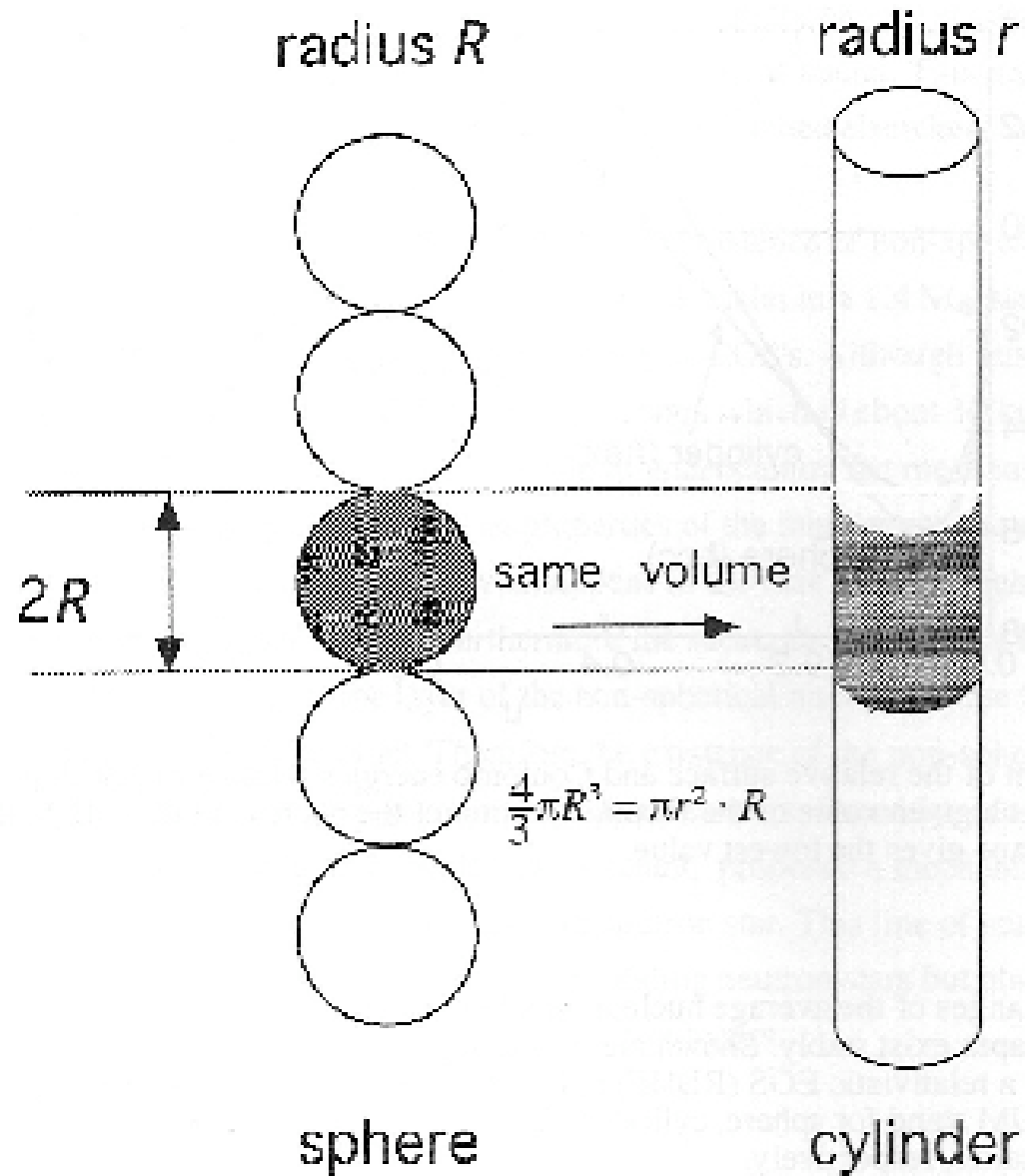
クーロン+格子エネルギー (電子も含む) $w_{\text{C+L}}$

のバランスをとる必要がある

表面エネルギーが支配的



表面積を小さくすればよい

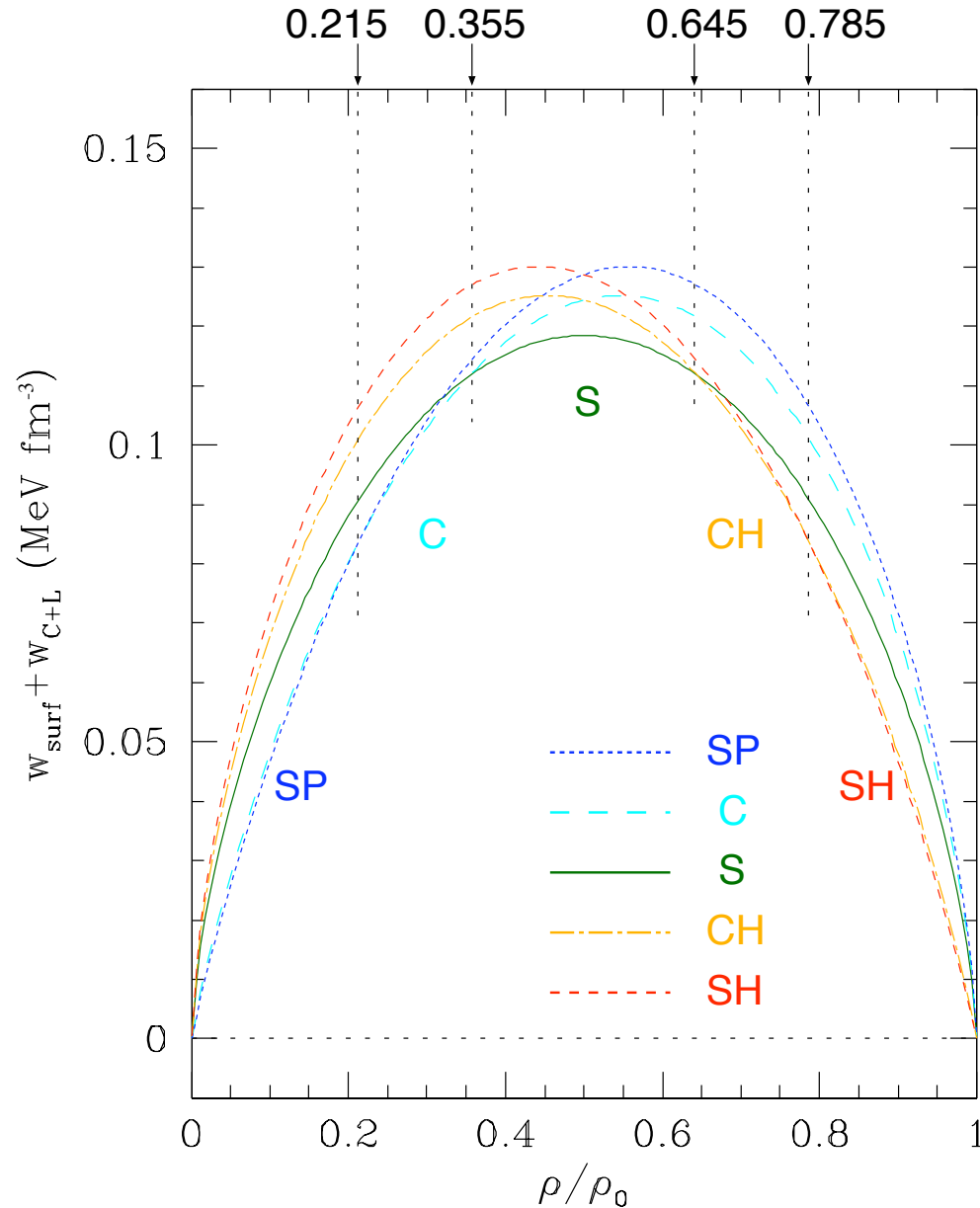


$$(\text{ratio of surface area}) = \frac{\text{cylinder}}{\text{sphere}} = \frac{2\pi r \cdot 2R}{4\pi R^2} = \frac{r}{R} = \sqrt{\frac{2}{3}} < 1.$$

Fig. 7. Comparison of surface areas of spheres and a cylinder.

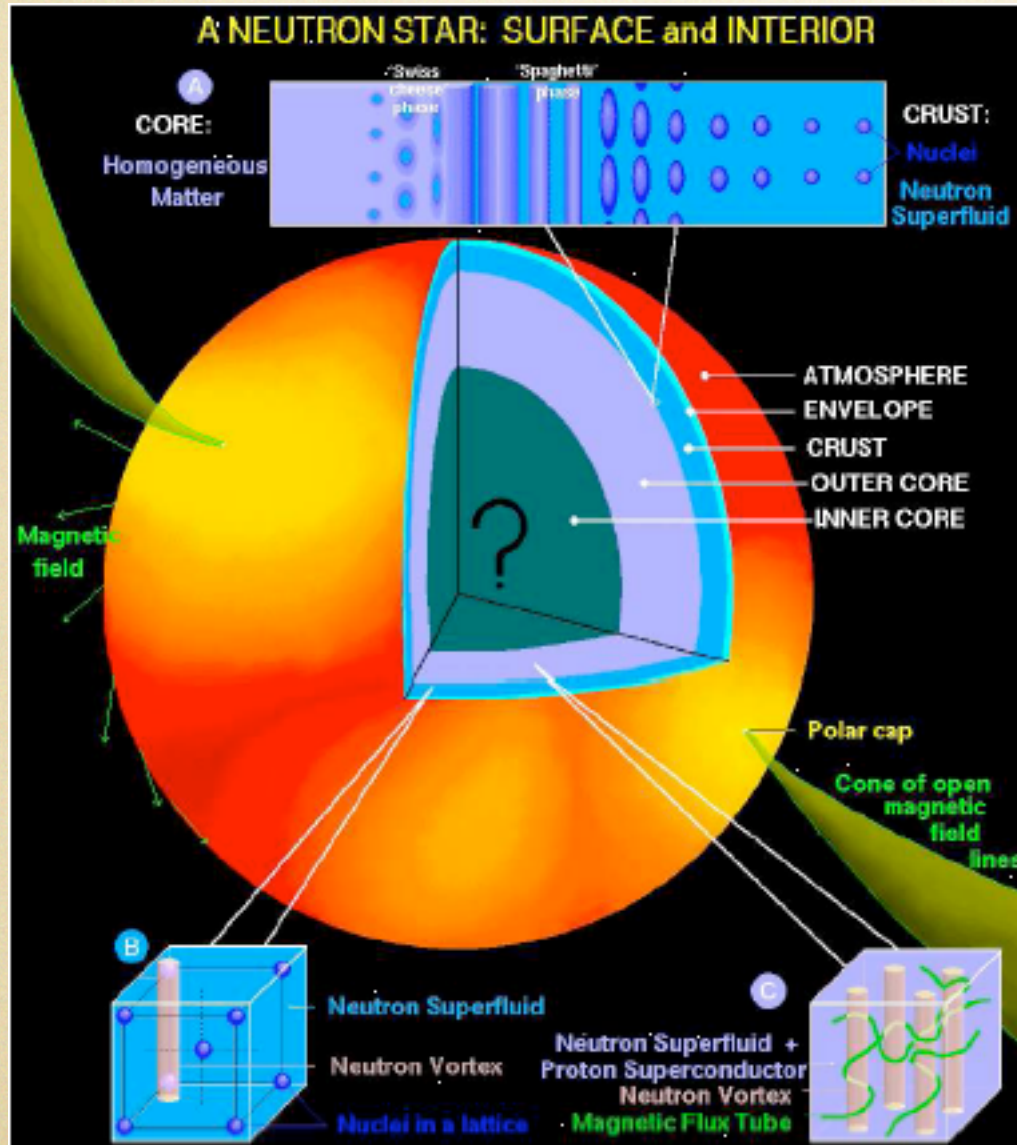
非一様物質 => 一様核物質

核子分布の幾何学的構造は大きく変化



パスタ原子核と
非対称核物質の状態方程式の話

中性子星物質に話を限る



パスタ原子核の存在可能性

(球=>一様となつたらなくなる)

非対称核物質の状態方程式が支配といわれてきた

パスタ原子核が存在するというモデル計算

Compressible liquid-drop model

FPS interaction (fitted to FP EOS)

Lorenz, Ravenhall and Pethick, PRL70(1993)

μ_p と表面張力の不定性を考慮

Watanabe, Iida and Sato, NPA676(2000)

Thomas-Fermi model

oya1-4 (fitted to masses and sizes of stable nuclei and FP EOS)

K.Oyamatsu, NPA561(1993)

DBHF EOS

Sumiyoshi, Oyamatsu and Toki, NPA595(1995)

存在しないというモデル計算

Compressible liquid-drop model (SKM interaction)

SKM interaction (Lorenz, Ravenhall and Pethick, PRL70(1993))

SLy4, SLy7 (Douchin, Haensel and Meyer, NPA665(2000))

Relativistic Thomas-Fermi model (Euler-Lagrange Eq.)

RMF Lagrangian (Cheng, Yao and Dai, PRC55(1997))

文献

- パスタ原子核等のレビュー
 - C.J. Pethick and D.G. Ravenhall, *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.* **45**, 429 (1995).
 - G. Watanabe and H. Sonoda, *cond-mat/0502515*.
- パスタ原子核と状態方程式
 - K. Oyamatsu and K. Iida, *nucl-th/0609040*