

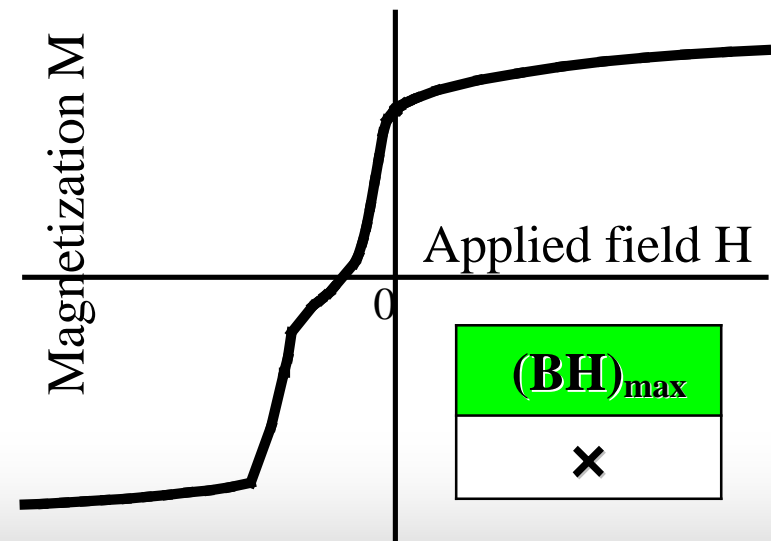
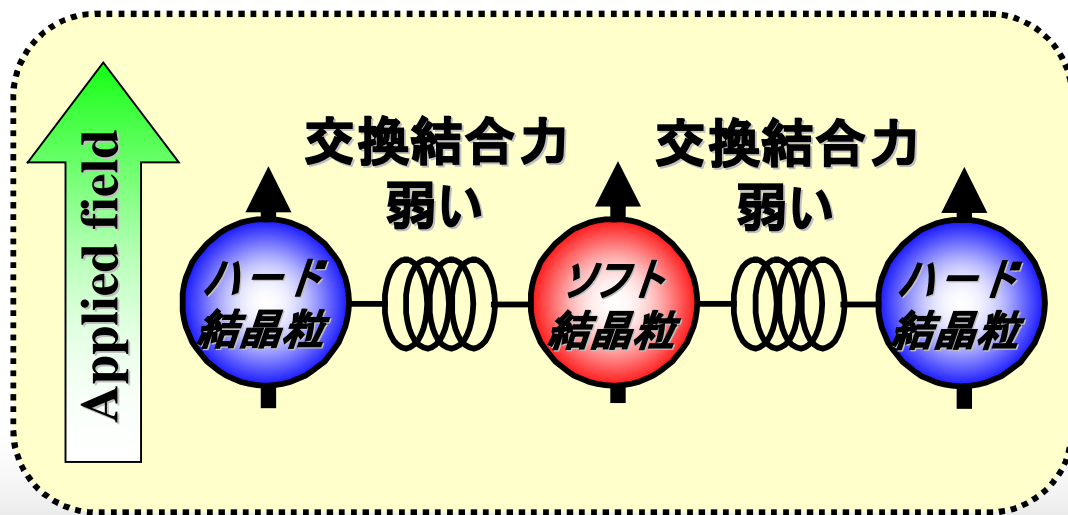
研究背景 - ナノコンポジット磁石 -

ナノコンポジット磁石 (交換スプリング磁石)

ソフト磁性材料とハード磁性材料がナノオーダーで混在 \Rightarrow 交換相互作用が働く

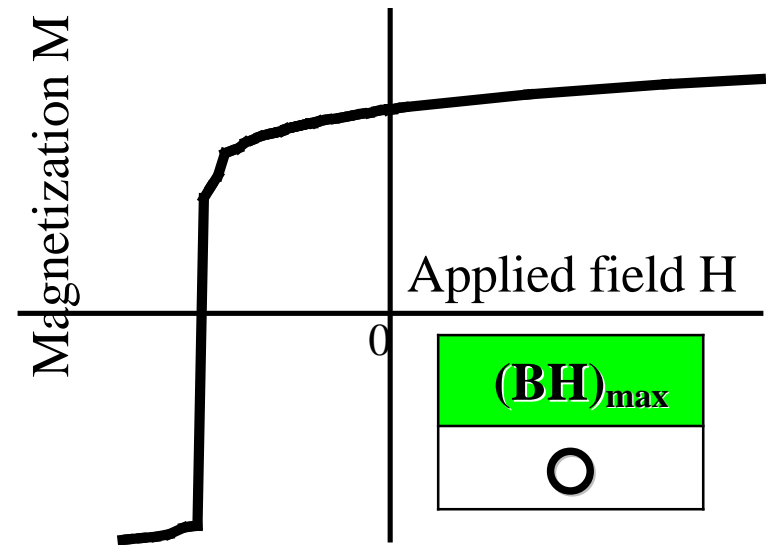
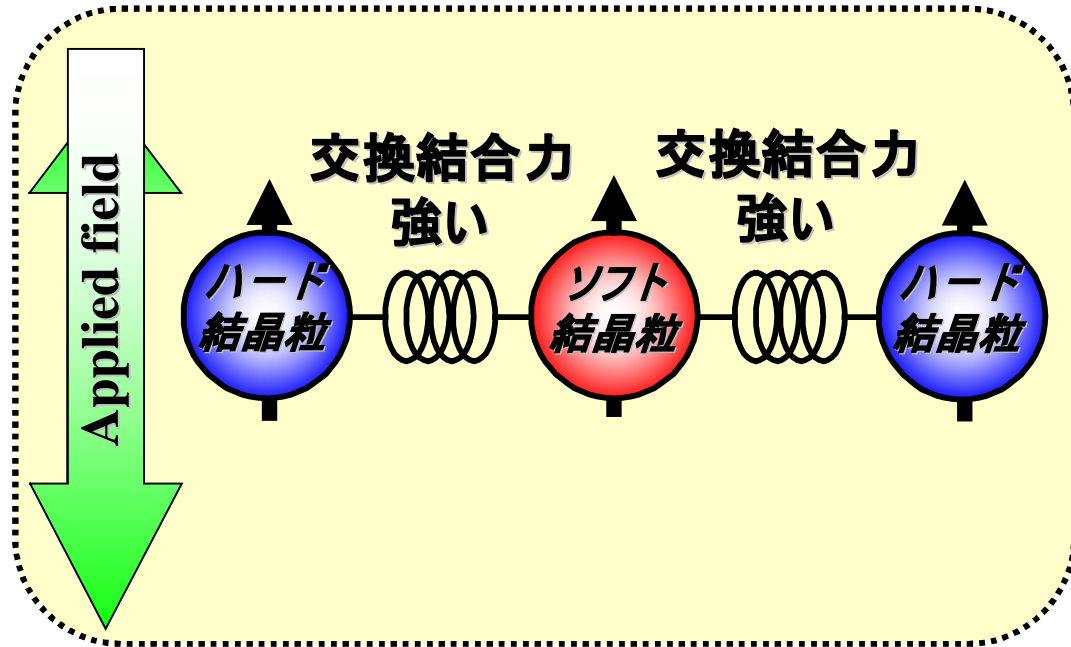
ソフト磁性材料の低逆磁場での磁化反転をハード磁性材料が抑制

① 交換相互作用: **弱い** \Rightarrow ソフト相が安易に磁化反転、ループ形状悪



研究背景 - ナノコンポジット磁石 -

② 交換相互作用: **強い** → ソフト相とハード共に磁化反転、ループ形状良



福永氏^[1]や Schrefl 氏^[2]らは計算機解析において

等方性 α -Fe / $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ナノコンポジット磁石

の磁気特性を報告

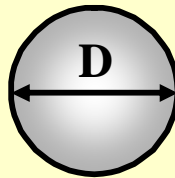
[1] H. Fukunaga et al: *Materials Trans.*, 37, No.4 (1996) 864.

[2] T. Shrefl et al: *Phys. Rev.*, B49 (1994) 6100.

① 交換相互作用によるソフト相の磁化反転抑制効果

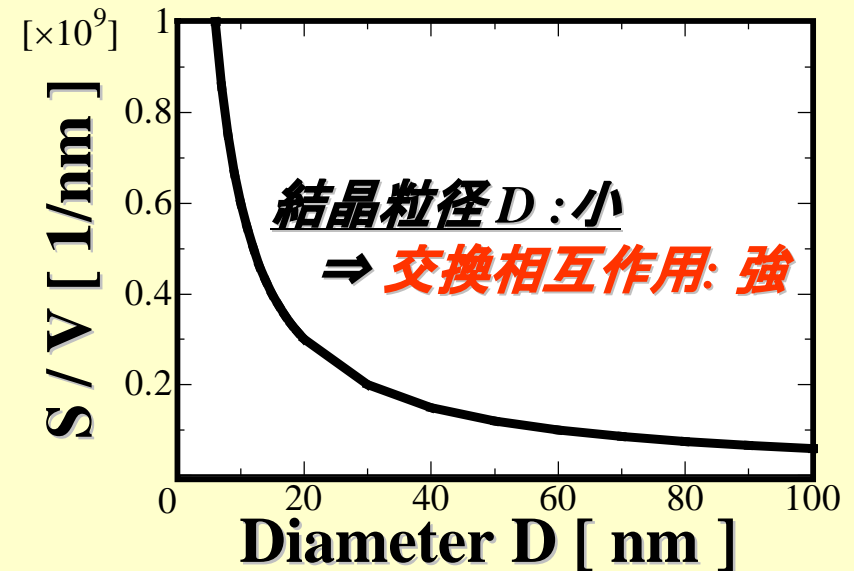
⇒ 結晶粒の表面積Sと体積V比、S/Vに比例

粒径Dの結晶粒の場合



$$\text{交換相互作用} \propto \frac{S}{V} = \frac{6}{D}$$

S:surface
V:volume



② 高い $(BH)_{max}$ を得るためには磁化の増加が有効

⇒ 飽和磁化の高いソフト相を混入

ソフト相を混入

減少 ↘

保磁力

増加 ↗

残留磁化

増加 ↗

$(BH)_{max}$

ソフト相を過度に混入

急減 ↘

保磁力

増加 ↗

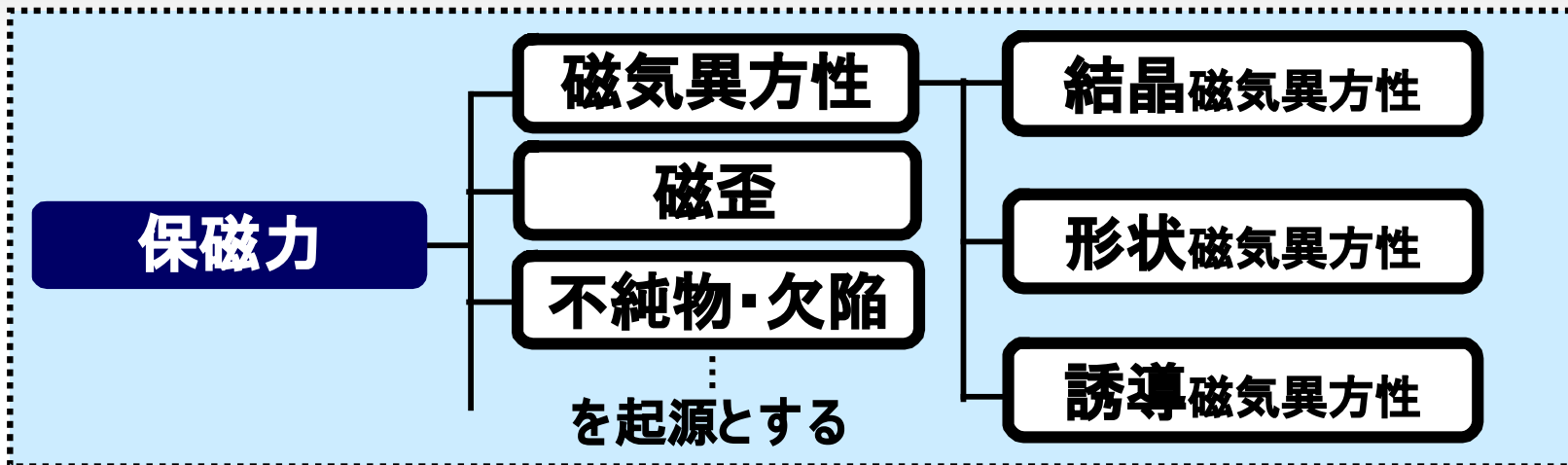
残留磁化

減少 ↘

$(BH)_{max}$

研究背景

- 磁気異方性 -



磁気異方性 磁気特性が方向によって異なる
(磁化し易い方向・磁化し難い方向が存在)

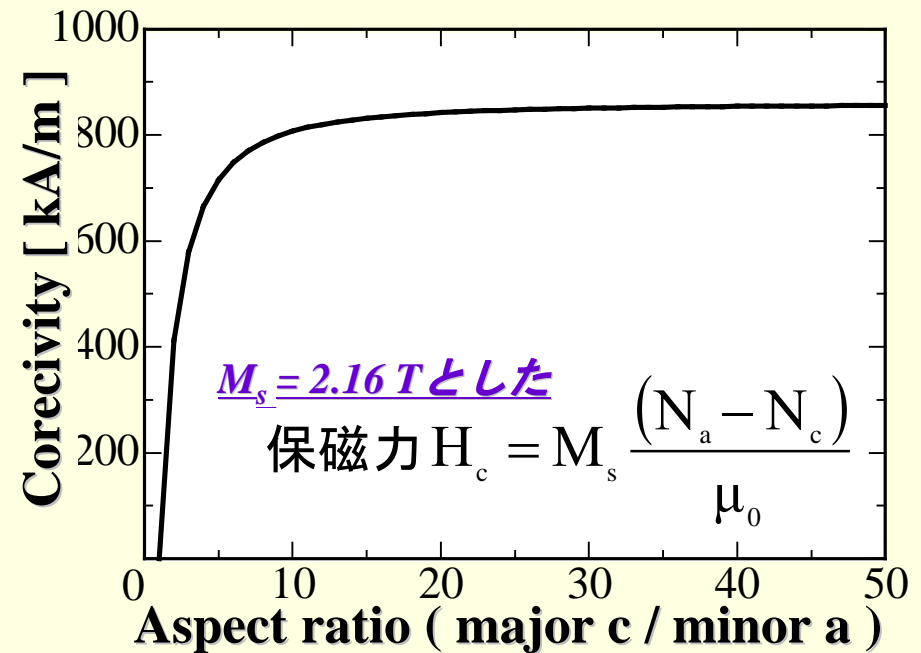
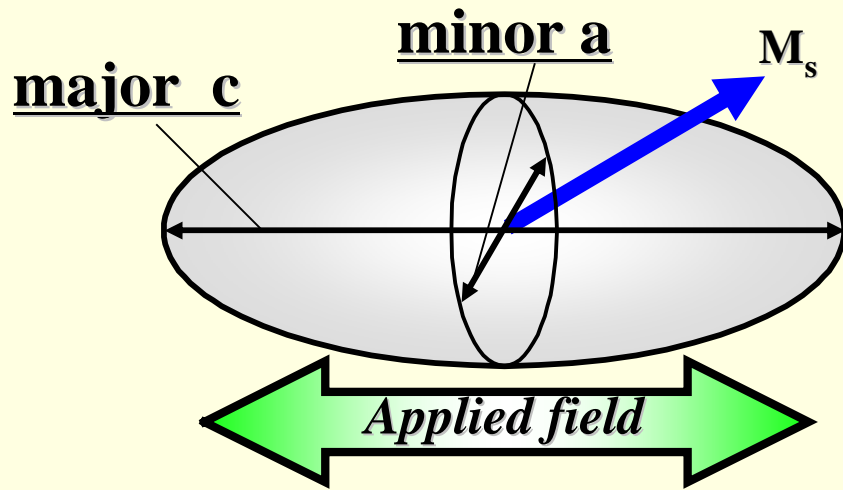
磁気異方性定数 大 ⇒ 保磁力 大

α -Fe / $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ ナノコンポジット磁石

結晶 磁気異方性	小	⇒ 保磁力 小
形状 磁気異方性	付与	⇒ 保磁力 改善? 磁化 増加?

研究背景・目的

回転楕円体の単磁区結晶

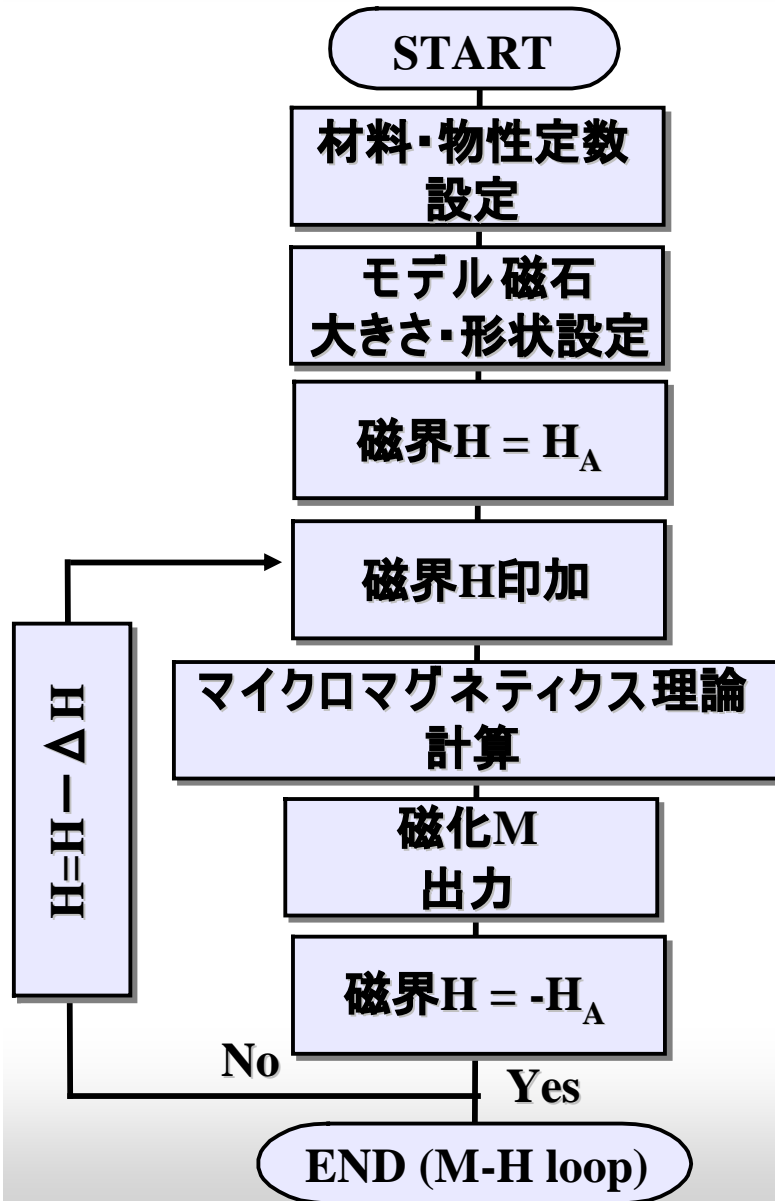


回転楕円体のアスペクト比を大きくすることで保磁力大

本研究の目的

計算機解析を用いて
 α -Feのアスペクト比を変化させ $(BH)_{\max}$ の改善を明らかにする

フローチャート



材料設定

解析対象磁石

⇒ α -Fe / $Nd_2Fe_{14}B$ ナノコンポジット磁石

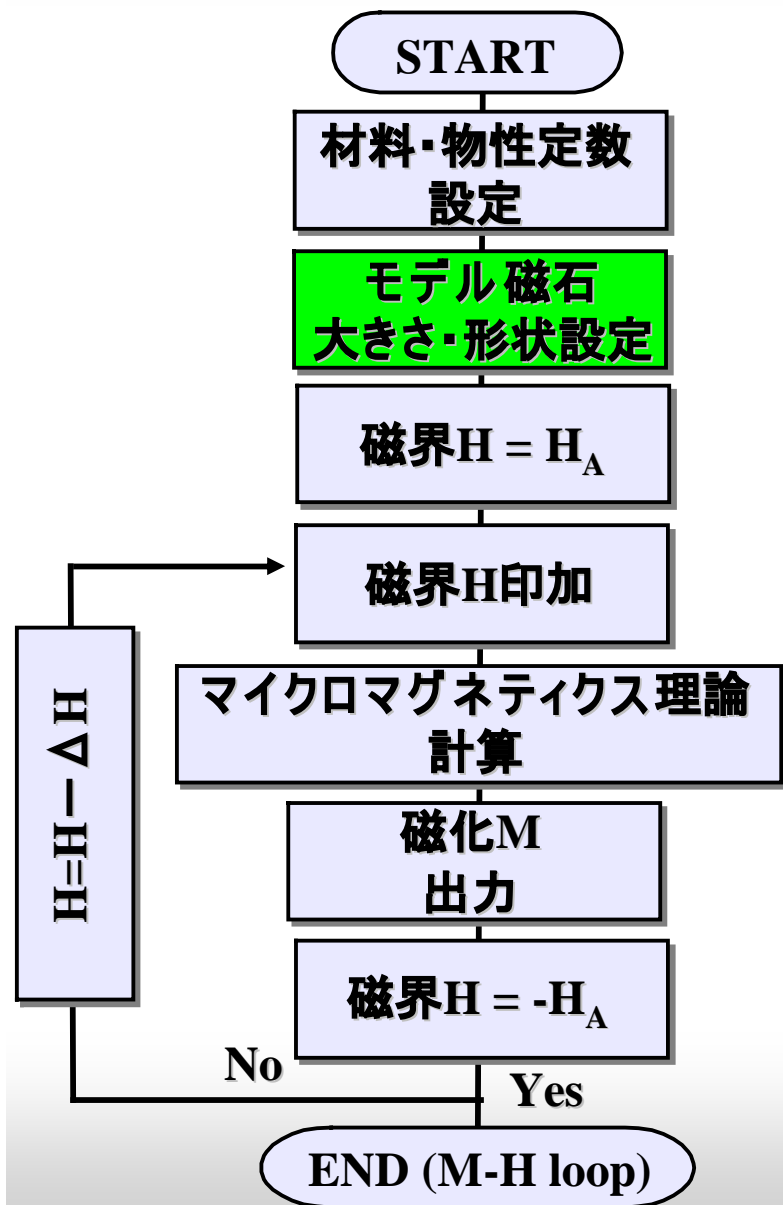
ハード材料	ソフト材料
$Nd_2Fe_{14}B$	α -Fe

物性定数設定

Table.1 Material parameters used in calculation

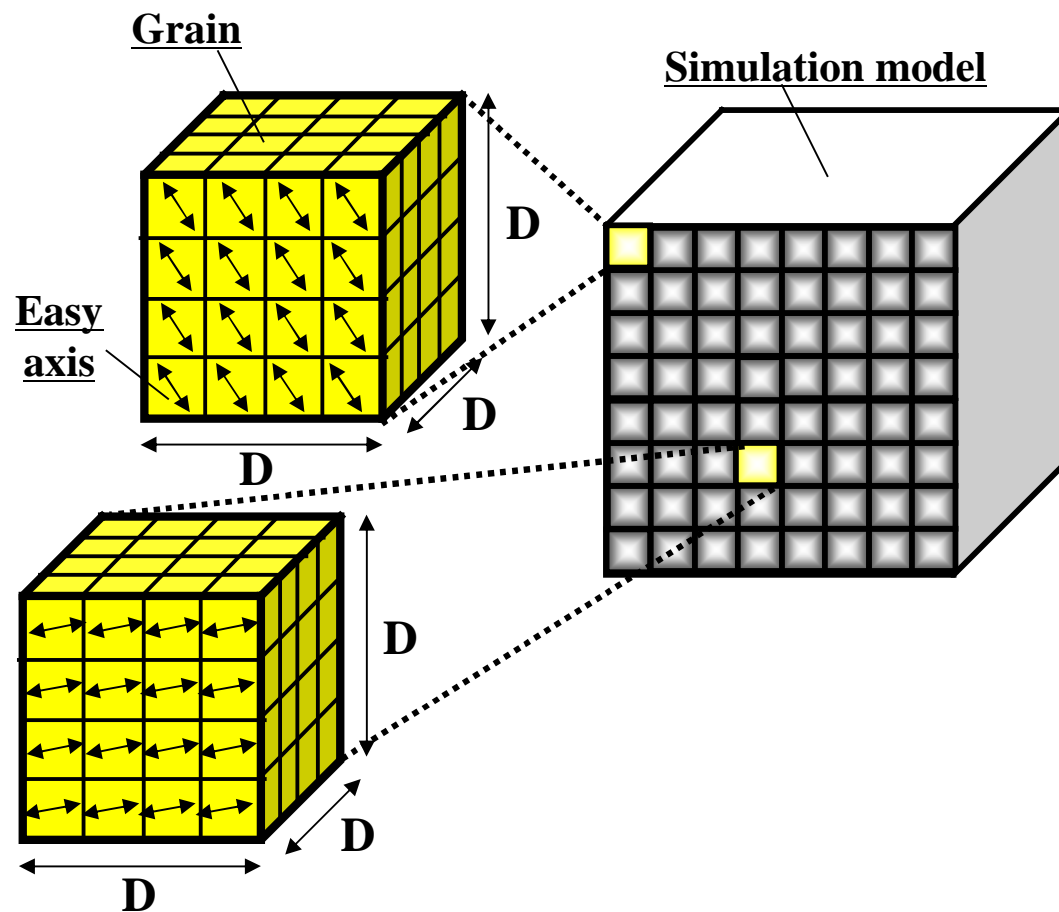
材料定数		$Nd_2Fe_{14}B$	α -Fe
結晶磁気異方性定数	K_u [J / m ³]	4.5×10^6	0
飽和磁化	M_s [T]	1.61	2.16

フローチャート



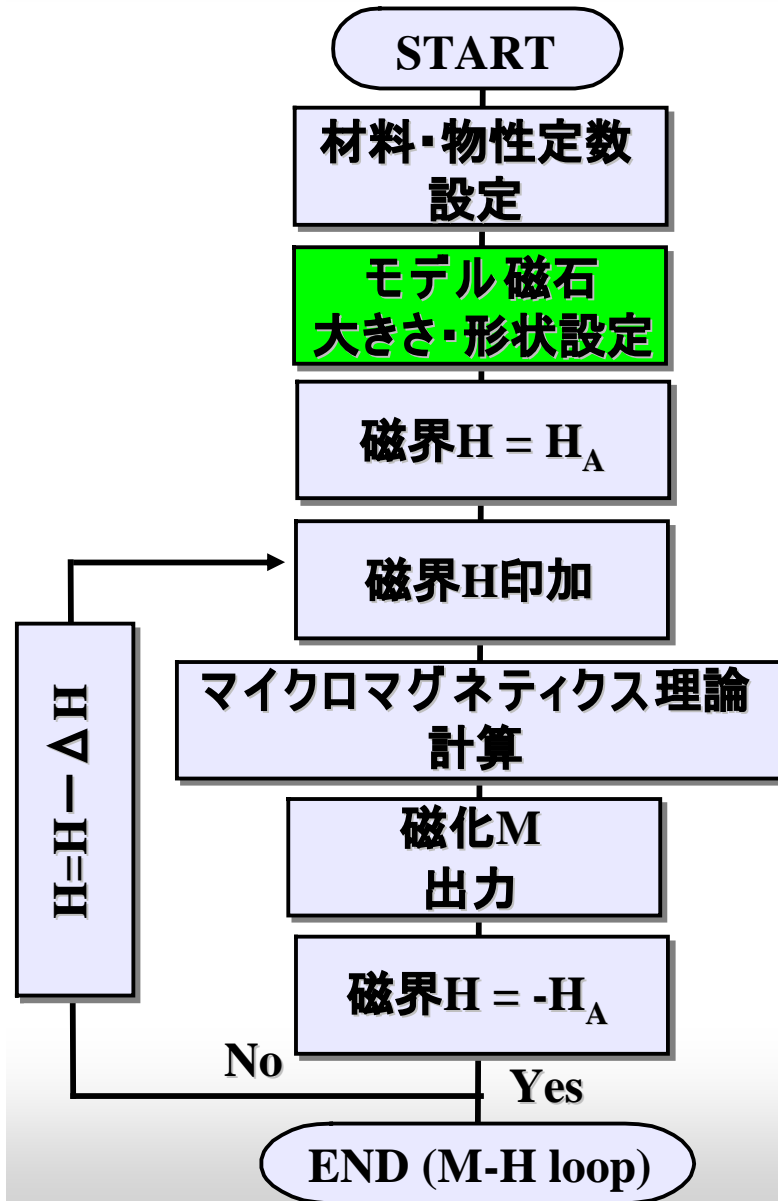
モデル磁石の大きさ・形状設定

- ⇒ 立方体結晶粒の集合体 (8*8*8 個)
- ⇒ 周期境界条件を用いた無限に大きなモデル磁石



結晶粒内の磁化容易軸は全て同一方向

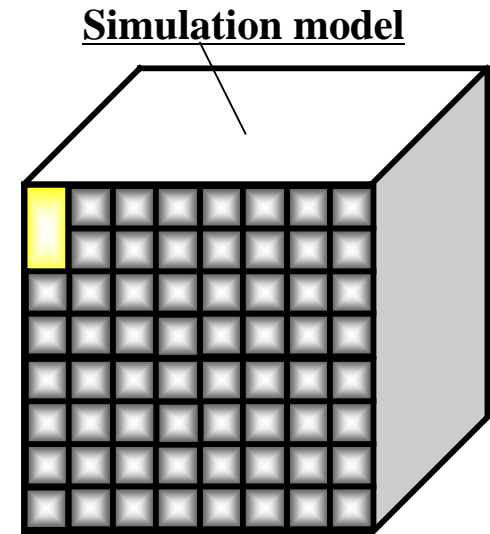
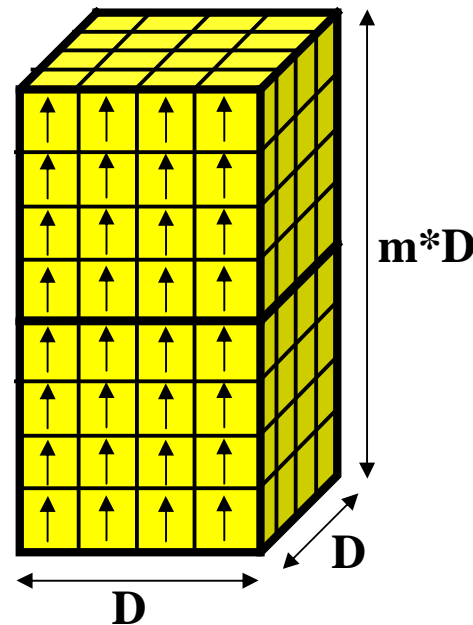
フローチャート



アスペクト比 m の粒子

⇒ 立方体粒子が m 個連続したもの

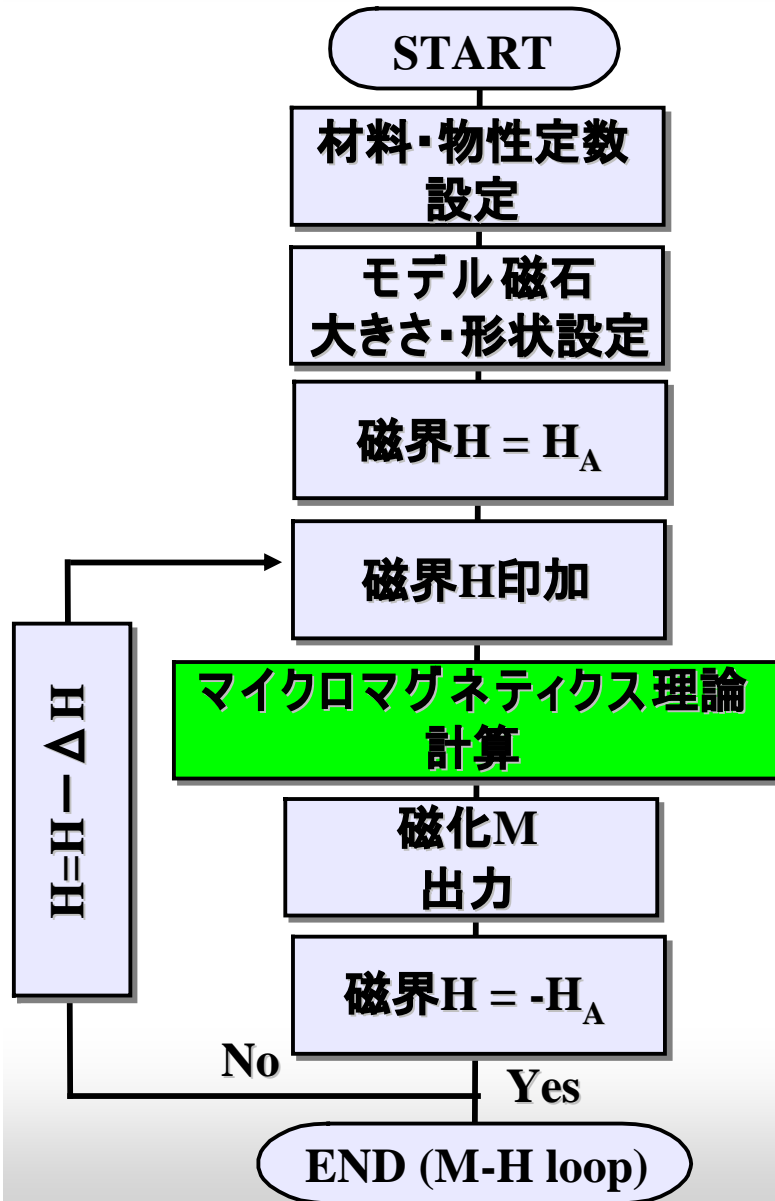
⇒ 結晶内部を $m*(4*4*4)$ 個の要素に分割



アスペクト比 $m \Rightarrow$ 最大 8

周期境界条件のため、無限に長い針状粒子と同等

フローチャート



マイクロマグネティクス理論

⇒ 磁気エネルギーが極小となるよう
磁化の向きを決定する

モデル磁石内の磁気エネルギー W

$$W = W_{ex} + W_z + W_k + W_m$$

W_{ex} : 交換 エネルギー

W_z : 印加磁界による エネルギー

W_k : 異方性 エネルギー

W_m : 静磁気 エネルギー

$$\frac{\partial W_{total}}{\partial \mathbf{m}_i} = 0$$