

■プログラム

第1章 応力とひずみ

1.1 力学について, 1.2 材料について, 1.3 フックの法則, 1.4 許容応力と安全率

第2章 引張りと圧縮

2.1 軸力, 応力の計算, 2.2 ひずみ・伸び(縮み)の計算,
2.3 引張りと圧縮の不静定問題, 2.4 熱応力, 2.5 自重の影響を考慮する場合,
2.6 内圧を受ける薄肉円筒, 2.7 応力集中, 質疑応答

第3章 はりの曲げ

3.1 はり, 3.2 支点反力と固定モーメントの計算,
3.3 せん断力と曲げモーメントの計算, 3.4 せん断力図と曲げモーメント図

第4章 はりの曲げ応力

4.1 はりの曲げ応力, 4.2 断面二次モーメント, 4.3 はりのたわみ, 質疑応答

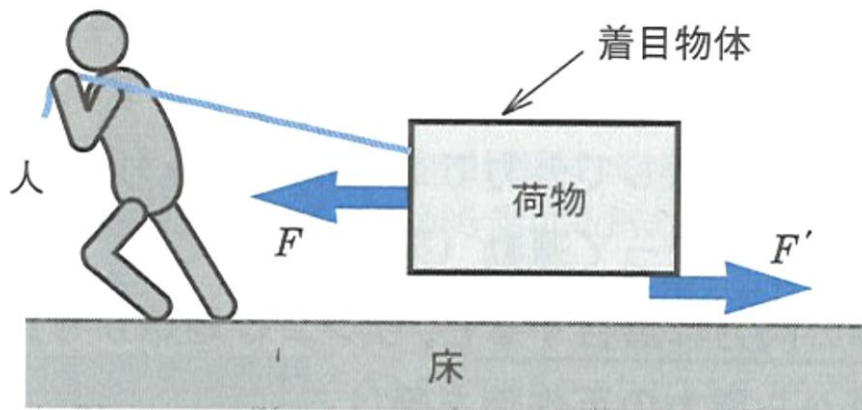
第5章 軸のねじり

5.1 丸棒のねじり, 5.2 円形以外の断面形状をもつ棒のねじり, 5.3 伝動軸,
質疑応答

第6章 応力テンソル・ひずみテンソル

6.1 傾斜面に生じる応力, 6.2 モールの応力円, 6.3 曲げとねじりを受ける軸,
6.4 応力テンソル, 6.5 ひずみテンソル, 6.6 テンソルに関するコラム,
演習・質疑応答

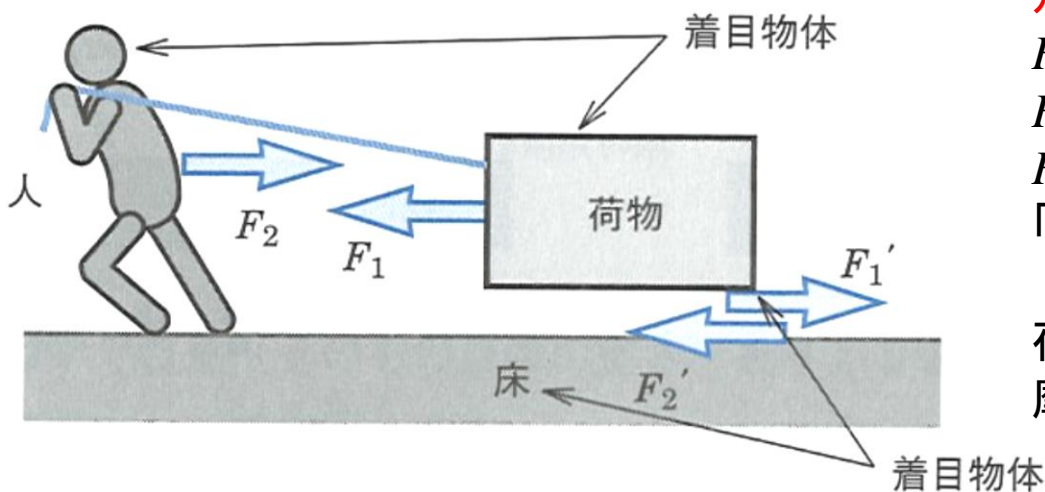
つりあい (外力に関係) と 作用反作用 (内力に関係) との違い



着目物体: 荷物 1つ

(1) F と F' とが同じ大きさなら(外力)は「つりあっている」.

(2) $F > F'$ ならば荷物は動く.



着目物体: (人+荷物) 2つ

F_1 : 荷物が人に引かれる力

F_2 : 人が荷物に引かれる力

F_1 と F_2 向きが逆で大きさが等しい
「作用反作用の関係」

荷物と床とに着目

摩擦力 F_1' と F_2' 「作用反作用の関係」

1つの着目物体に作用する力を論ずるとき、「つりあい」かどうか問題

2つの着目物体の間での力のやりとりを論ずるのが「作用反作用の関係」

「何に着目するか」が重要

1.3 フックの法則

垂直応力 σ と垂直ひずみ ε の関係

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1.6)$$

E : 縦弾性係数

せん断応力 τ とせん断ひずみ γ の関係

$$\tau = G\gamma \quad (1.7)$$

G : せん断弾性係数

縦ひずみ ε と横ひずみ ε' の 関係

$$\nu = \frac{1}{m} = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad (1.8)$$

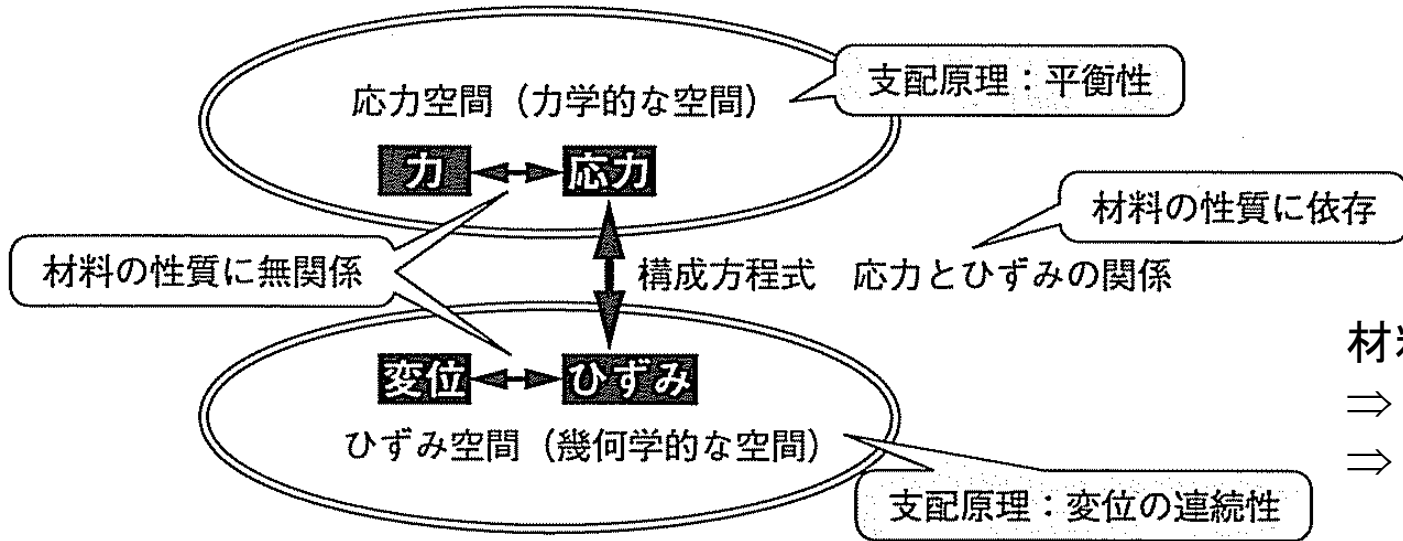
ν : ポアソン比, m : ポアソン数

応力空間

力学的な物理量で平衡が条件

ひずみ空間

幾何学的な物理量で、「変形後も連続体になる」ことが条件



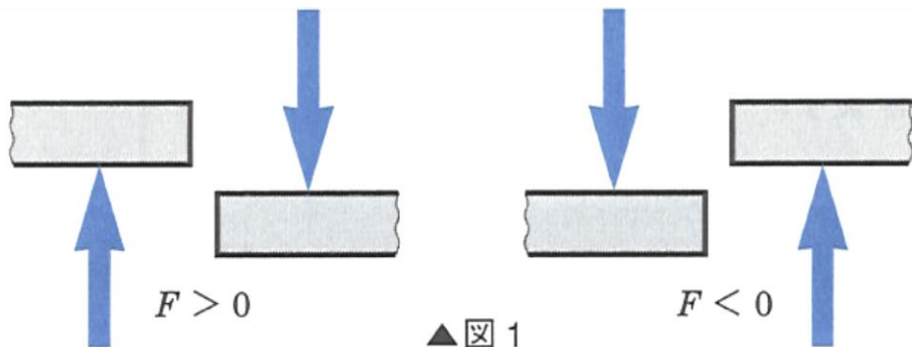
材料定数を含む関係式

⇒ 実験式

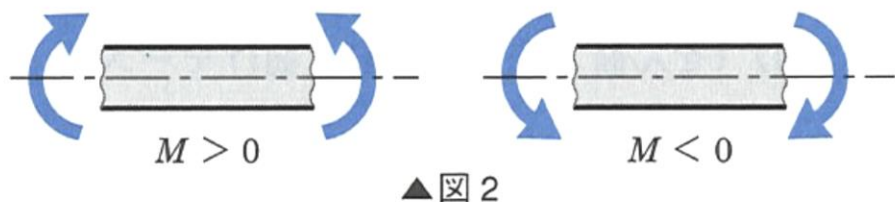
⇒ 近似式

応力空間とひずみ空間

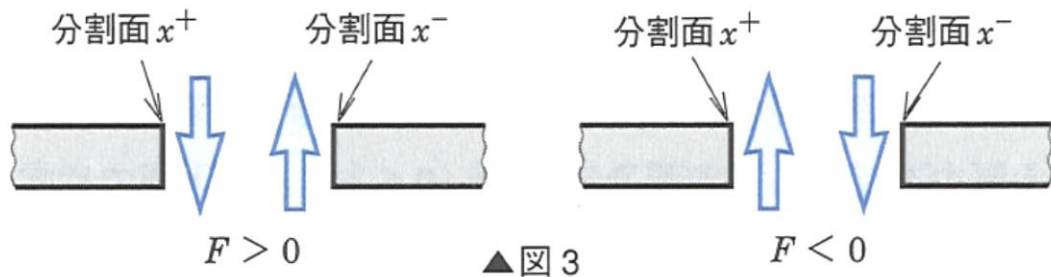
材料力学のテキストにおけるせん断力, 曲げモーメントの図示方法



外力による図示

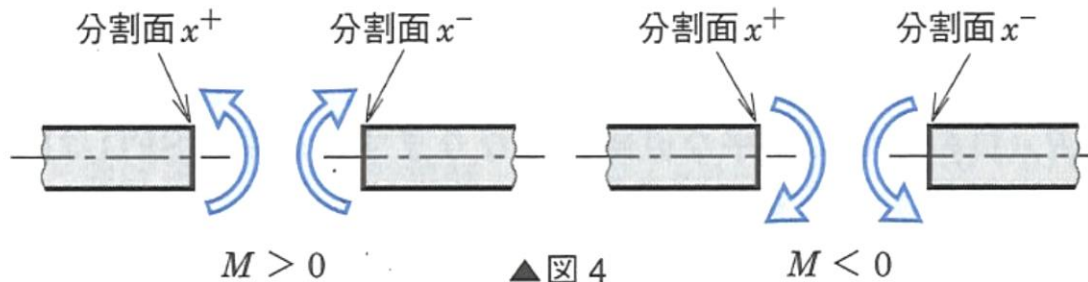


外モーメントによる図示



分割面に生じる力とモーメントを考えると理解しやすい

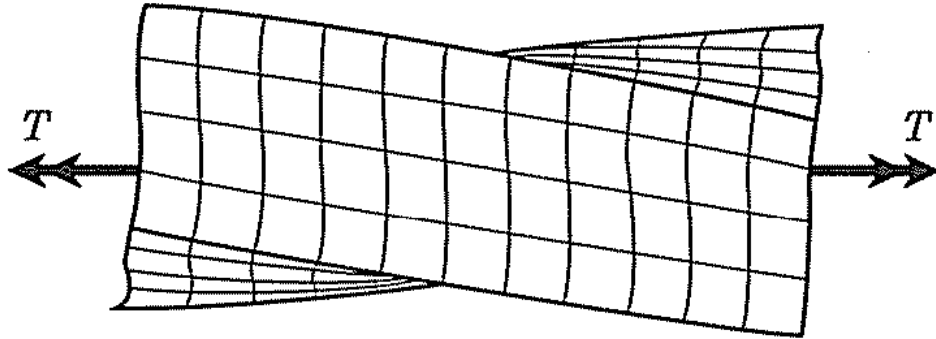
内力による図示



内モーメントによる図示

5.2 円形以外の断面形状をもつ棒のねじり

そりが生じる場合 → 最大せん断応力は中心から最も離れた位置とは限らない



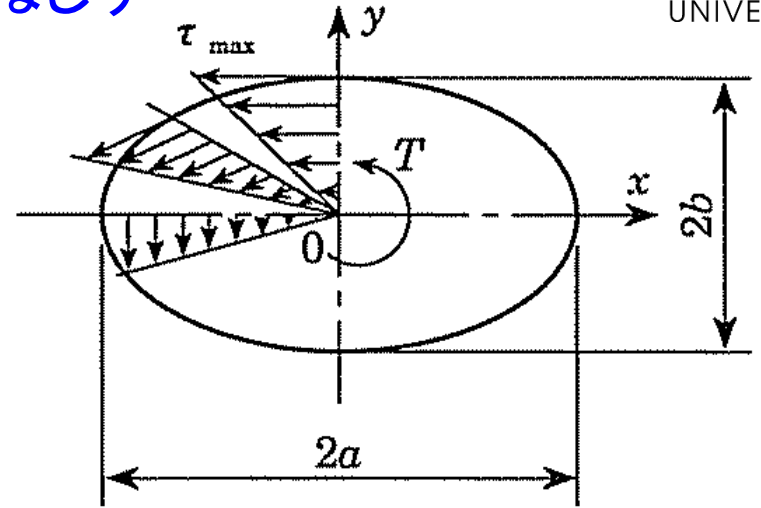
正方形断面棒のねじり

楕円形断面におけるねじり応力の分布

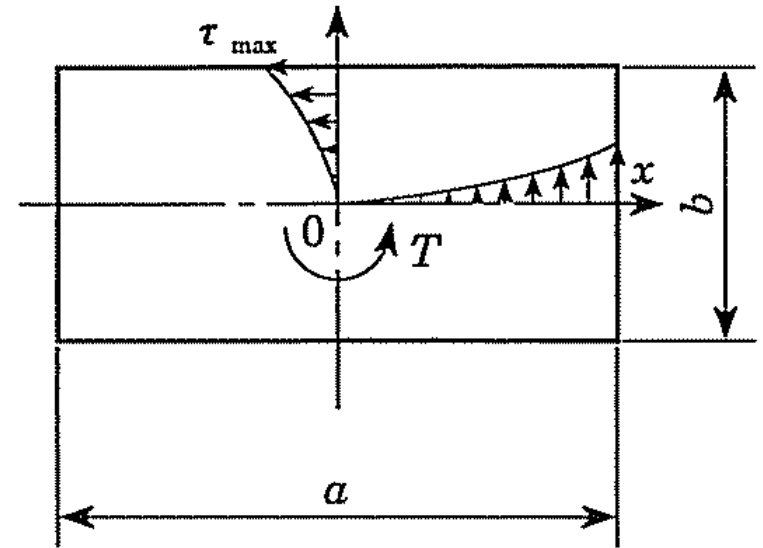
$$\tau = \frac{2 T}{\pi a b} \sqrt{\frac{x^2}{a^4} + \frac{y^2}{b^4}} \quad (5.21)$$

最大せん断応力は楕円の短軸 ($x = 0, y = \pm b$) に生じる

$$\tau_{\max} = \frac{2 T}{\pi a b^2} \quad (5.22)$$



楕円形断面のねじり



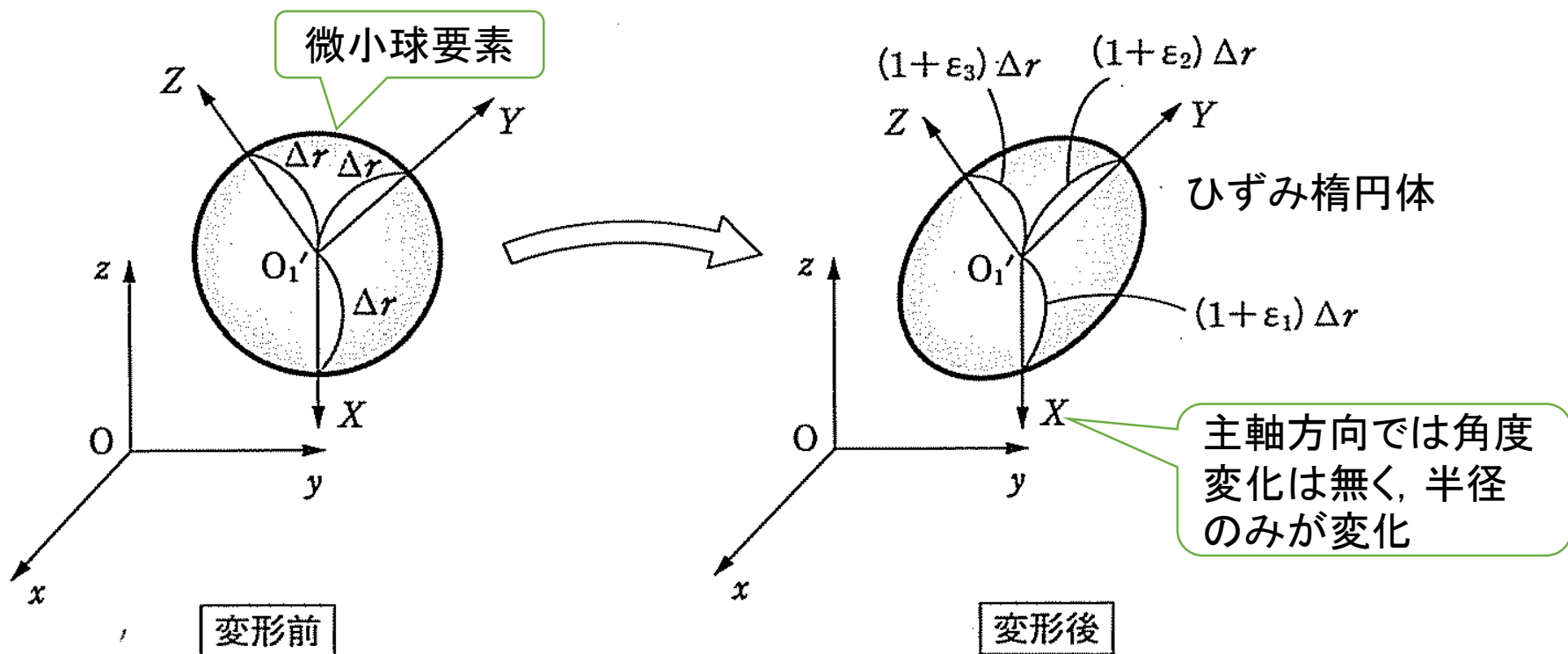
長方形断面のねじり

$$\begin{bmatrix} \epsilon_{xx} & \epsilon_{xy} & \epsilon_{xz} \\ \epsilon_{xy} & \epsilon_{yy} & \epsilon_{yz} \\ \epsilon_{xz} & \epsilon_{yz} & \epsilon_{zz} \end{bmatrix} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \epsilon_1 & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_2 & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_3 \end{bmatrix}$$

座標変換

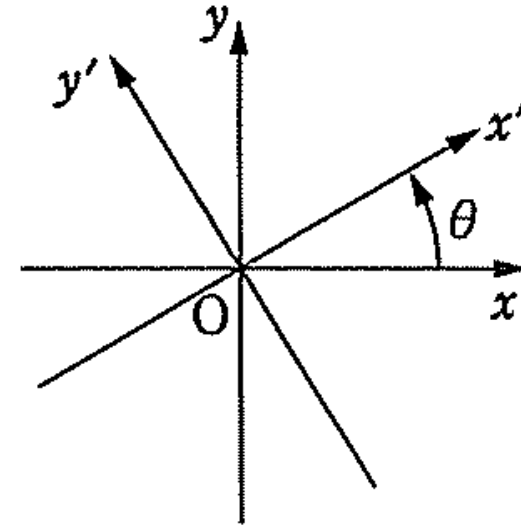
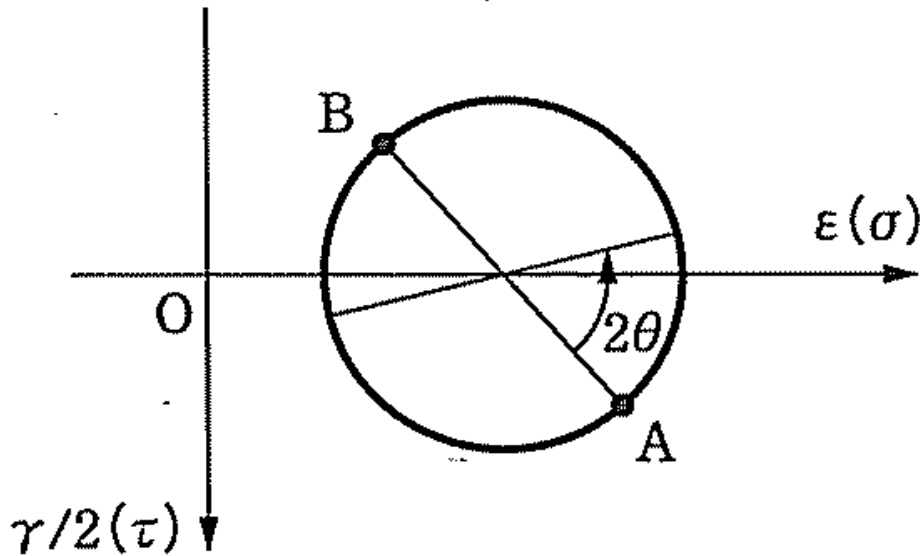
主ひずみ

主ひずみを求めることは座標変化により行列を対角化することに相当



モールの図的解法の描き方には3種類ある.

モールの図的解析法(1)



(a)

ひずみ円

下向きに $\gamma/2$ を正

$A(\varepsilon_{xx}, \gamma_{xy}/2)$

$B(\varepsilon_{yy}, -\gamma_{xy}/2)$

反時計回りに 2θ

応力円

下向きに τ を正

$A(\sigma_{xx}, \tau_{xy}(=\sigma_{xy}))$

$B(\sigma_{yy}, -\tau_{xy})$

反時計回りに 2θ

縦軸

円の端点A

円の端点B

モールの円上の回転

縦軸の下向きを正とすることに注意を要する.

演習問題

1. 主応力が $\sigma_1 = 100$ [MPa], $\sigma_2 = -60$ [MPa] のとき, 次の問いに答えよ.
 - 1) 最大せん断応力とその方向を求めよ.
 - 2) 垂直応力が作用しない面の方向とその面でのせん断応力を求めよ.
 - 3) σ_1 が作用する面から時計回りに 30° 傾いた面での垂直応力とせん断応力を求めよ.

2. 図のようにベルトに張力を与えてベルト車を回転させる. このとき, 軸径 d を求めよ. ただし, 許容引張り応力を $\sigma_a = 50$ [MPa], 許容せん断応力を $\tau_a = 35$ [MPa] とする.

