メカノマイクロ工学基礎学第一

フロンティア創造共同研究センター
准教授　秦　誠一
（メカノマイクロ工学専攻　メカノフロンティア講座）

第２回　内　容

１．前回問題の解説
２．Tension, Compression, and Shear
３．次回予告

2. Tension, Compression, and Shear

0. Technical terms (1)

mechanics of materials　材料力学
tension　張力
compression　圧縮
shear　せん断
stress　応力
strain　ひずみ
prismatic bar　角柱棒
structural member　構造部材
axial force　軸力
cross section　断面
normal stress　垂直応力
sign convention　符号規約
unit　単位

centroid　重心・図心
stress concentrations　応力集中
tensile strain　引張ひずみ
compressive strain　圧縮ひずみ
normal stain　垂直ひずみ
dimensionless quantity　無次元量
homogeneous　均質の
uniaxial stress　一軸（単軸）応力
mechanical behavior　機械（力学）的挙動
tensile-test machine　引張試験機
tensile-test specimen　引張試験片
extensometer　伸び計
gage length　ゲージ長

0. Technical terms (2)

static (dynamic) test　静的（動的）試験
compression test　圧縮試験
nominal stress (strain)　公称応力（ひずみ）
true stress (strain)　真応力（ひずみ）
stress-strain diagram　応力ーひずみ線図
proportional limit　比例限〔度〕
modulus of elasticity　弾性係数
yielding　降伏
yield point　降伏点
yield stress　降伏応力
perfectly plastic　完全塑性
strain harden　ひずみ硬化
ultimate stress　極限応力
yield strength　降伏強さ（強度）
ultimate strength　極限強さ
lateral contraction　横収縮
necking　ネッキング（くびれ）
true stress-strain curve　真応力-ひずみ曲線
ductile　延性
offset (method) オフセット（法）
elongation　伸び
brittle(ness)　脆性
filament-reinforced material　繊維強化材料
residual strain　残留ひずみ
permanent set　永久変形
partially elastic　部分弾性

0. Technical terms (3)

elastic limit　弾性限〔度〕
plasticity　塑性
plastic flow　塑性流動
reloaded　再荷重
creep　クリープ
relaxation　緩和
camber　反り
linearly elastic　線形弾性
modulus of elasticity　弾性係数
Hooke's low　フックの法則
lateral strain　横ひずみ
Poisson's ratio　ポアソン比
isotropic　等方性

anisotropic (aeolotropic)　異方性
shear stress (strain)　せん断応力（ひずみ）
bearing　ベアリング，軸受
bearing stress　軸受応力，接触応力
bearing area　軸受面積
double shear　二面せん断
single shear　一面せん断
friction　摩擦
direct shear　直接せん断
pure shear　純せん断
distortion　ゆがみ（せん断ひずみ）
shear modulus of elasticity
せん断弾性係数

0. Technical terms (4)

factor of safety　安全率

margin of safety　安全裕度

allowable stress (load)　許容応力（荷重）

net area　有効面積

stiffness　剛性

stability　安定，安定性

optimization　最適化

free-body diagrams　自由体図

0. Technical terms (3)

意外と知らない（発音できない）材料の英語

アルミ　Al　Aluminum

真ちゅう（黄銅）　CuZn　Brass

ブロンズ（青銅）　CuSn　Bronze

鉄　Fe　Iron

ニッケル　Ni　Nickel

チタン　Ti　Titanium

タングステン　W　Tungsten

1.2 Normal stress and strain

外力(external force)

（作用形式）

- 外力
  - 質量力（物体力）：自重，慣性力（加速力，遠心力）
  - 面力
    - 集中荷重
    - モーメント荷重
    - 分布荷重

（時間的変化）

- 外力 ── 面力
  - 静荷重
  - 動荷重
    - 変動荷重
    - 衝撃荷重

（作用する方向）

- 軸荷重
- 横荷重
- 曲げ［モーメント］荷重
- ねじり［モーメント］荷重

1.2 Normal Stress and Strain

内力(internal force)

物体内部の仮想的な面を介して互いに作用しあう力

垂直応力(normal stress)

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4P}{\pi d^2}$$

シグマ

単位は（N/m^2）= Pa
1平方ミリメートルに1 kgfの荷重がかかると，
1 kgf = 9.8Nだから，

9.8/(1x10^{-3})^2≒10×10^6 Pa＝10 MPa

この式が成り立つためには，以下の条件が必要

① 応力が均一に分布していること
② 力が図心を通って作用してること

1.2 Normal Stress and Strain

垂直ひずみ(normal strain)

デルタ

$$\varepsilon = \frac{\delta}{L}$$

イプシロン

単位は無い
（無次元量： dimensionless quantity ）

1.2 Normal Stress and Strain

外力，内力，応力とひずみの解析

自由体図(free-body diagram)，切断法(method of section)を用いる

(a) free-body diagram of a segment of the bar

(b) segment of the bar before loading,

著作権のため非表示

(c) segment of the bar after loading

(d) normal stresses in the bar

ちゃんと「切って」考えることが重要

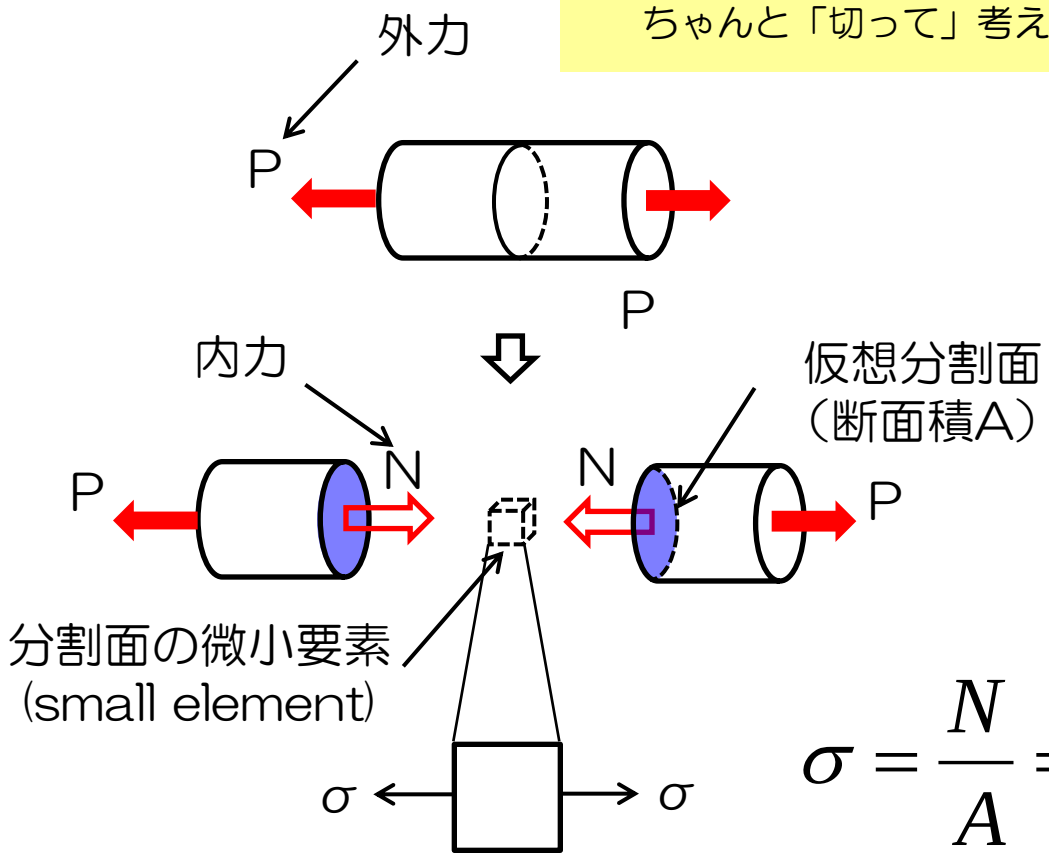
FIG. 1-2
Prismatic bar in tension:

1.2 Normal Stress and Strain

外力，内力，応力とひずみの解析

自由体図(free-body diagram)，切断法(method of section)を用いる

ちゃんと「切って」考えてみる



$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P}{A}$$

1.3 Mechanical Properties of Materials

引張試験(tensile test)と応力ーひずみ線図(stress-strain diagram)

鉄，ステンレスなどを引張試験した場合の応力ーひずみ線図

著作権のため非表示

1.3 Mechanical Properties of Materials

引張試験(tensile test)と応力ーひずみ線図(stress-strain diagram)

アルミなどのじん性材料の応力ーひずみ線図

著作権のため非表示

明確な降伏(yielding)を示さない材料は，２%の永久ひずみを生じさせる応力を降伏応力(yield stress)とする.
→オフセット法（offset method）

1.4 Elasticity, Plasticity, and Creep

弾性(elasticity)と塑性(plasticity)

著作権のため非表示

FIG. 1-18 Stress-strain diagrams illustrating (a) elastic behavior, and (b) partially elastic behavior

1.4 Elasticity, Plasticity, and Creep

クリープ（creep）

著作権のため非表示

FIG. 1-20 Creep in a bar under constant load

1.5 Linear Elasticity, Hooke's Law, and Poisson's Ratio

フックの法則（Hooke's law）

$$\sigma = E\varepsilon$$

応力σは，ひずみεに比例する.
（比例定数 E：縦弾性係数）

ポアソン比（Poisson's ratio）

横ひずみ

$$\nu = -\frac{\text{lateral strain}}{\text{axial strain}} = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}$$

ニュー

軸（縦）ひずみ

著作権のため非表示

FIG. 1-22 Axial elongation and lateral contraction of a prismatic bar in tension:
(a) bar before loading, and (b) bar after loading. (The deformations of the bar are highly exaggerated.)

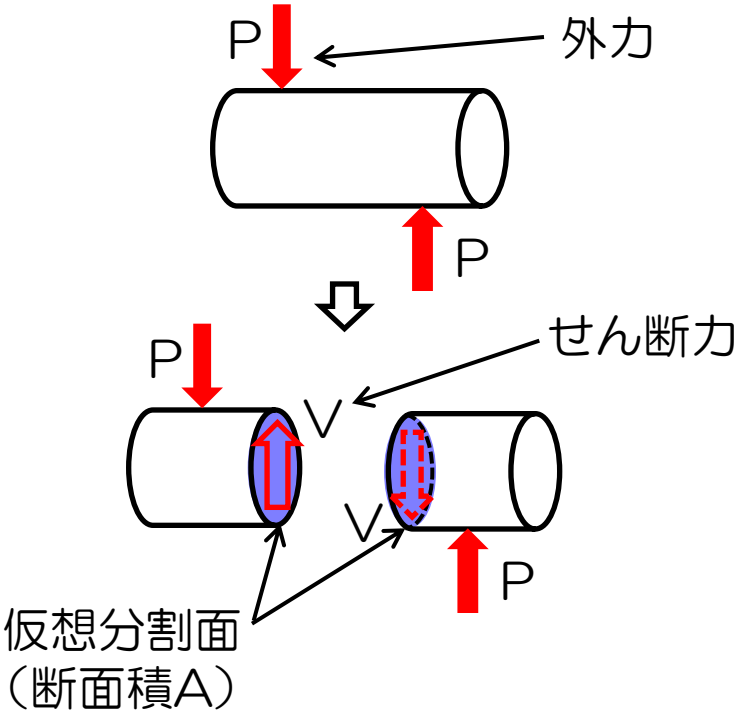
1.6 Shear Stress and Strain

せん断応力(shear stress)

図のように物体の断面をずらすような荷重（せん断荷重 shear load）が作用すると，仮想分割面には平行な内力Vが生じる.
この内力Vを，せん断力(shear force)という.
せん断力Vを断面積Aで割った値を，せん断応力 τ (shear stress)という.

$$\tau = \frac{V}{A}$$

タウ

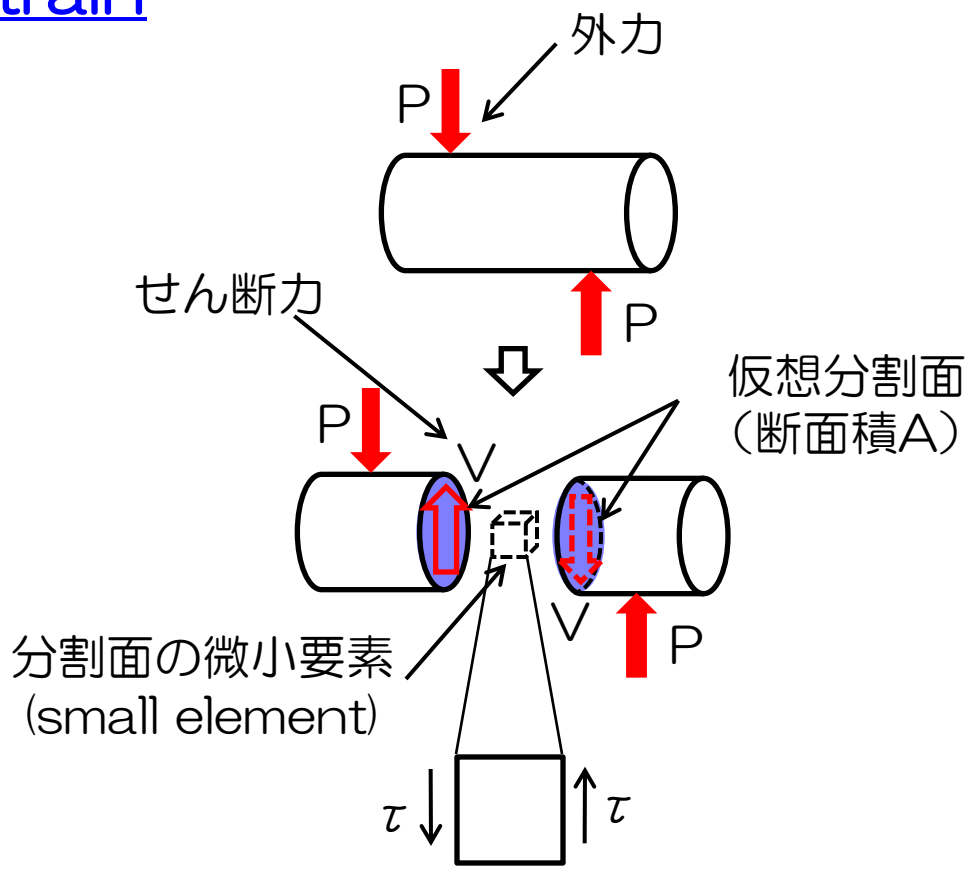


1.6 Shear Stress and Strain

せん断応力(shear stress)

図のように物体の断面をずらすような荷重P（せん断荷重 shear load）が作用すると，仮想分割面には平行な内力Vが生じる．

この内力Vを，せん断力(shear force)という．せん断力Vを断面積Aで割った値を，せん断応力 τ (shear stress)という．



$$\tau = \frac{V}{A}$$

タウ

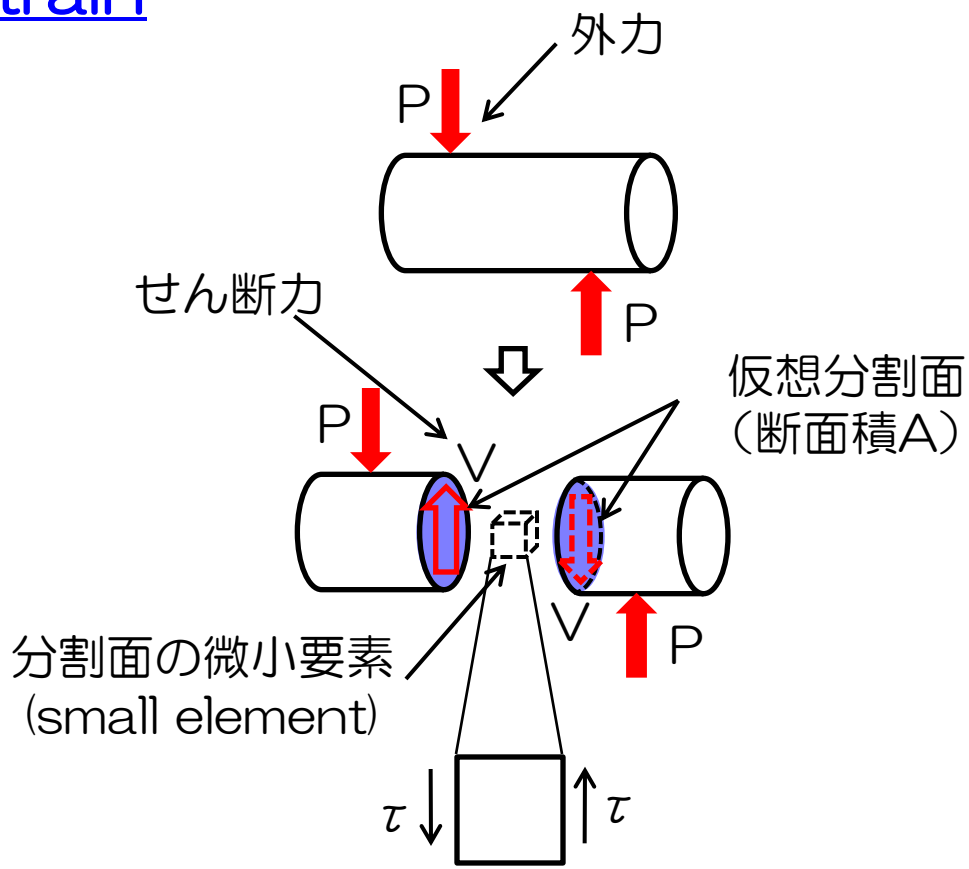
せん断応力の方向に注意．内力Vとは逆になる．（この表現は実は正確ではないが・・・）
垂直応力の場合を考えてみると，この理由はよくわかる．

1.6 Shear Stress and Strain

せん断応力(shear stress)

図のように物体の断面をずらすような荷重P（せん断荷重 shear load）が作用すると，仮想分割面には平行な内力Vが生じる．

この内力Vを，せん断力(shear force)という．せん断力Vを断面積Aで割った値を，せん断応力 τ (shear stress)という．



$$\tau = \frac{V}{A}$$

タウ

せん断応力の方向に注意．内力Vとは逆になる．（この表現は実は正確ではないが・・・）
垂直応力の場合を考えてみると，この理由はよくわかる．

さらに言えば，この微小要素のせん断応力の書き方も正しくない．なぜか？

1.6 Shear Stress and Strain

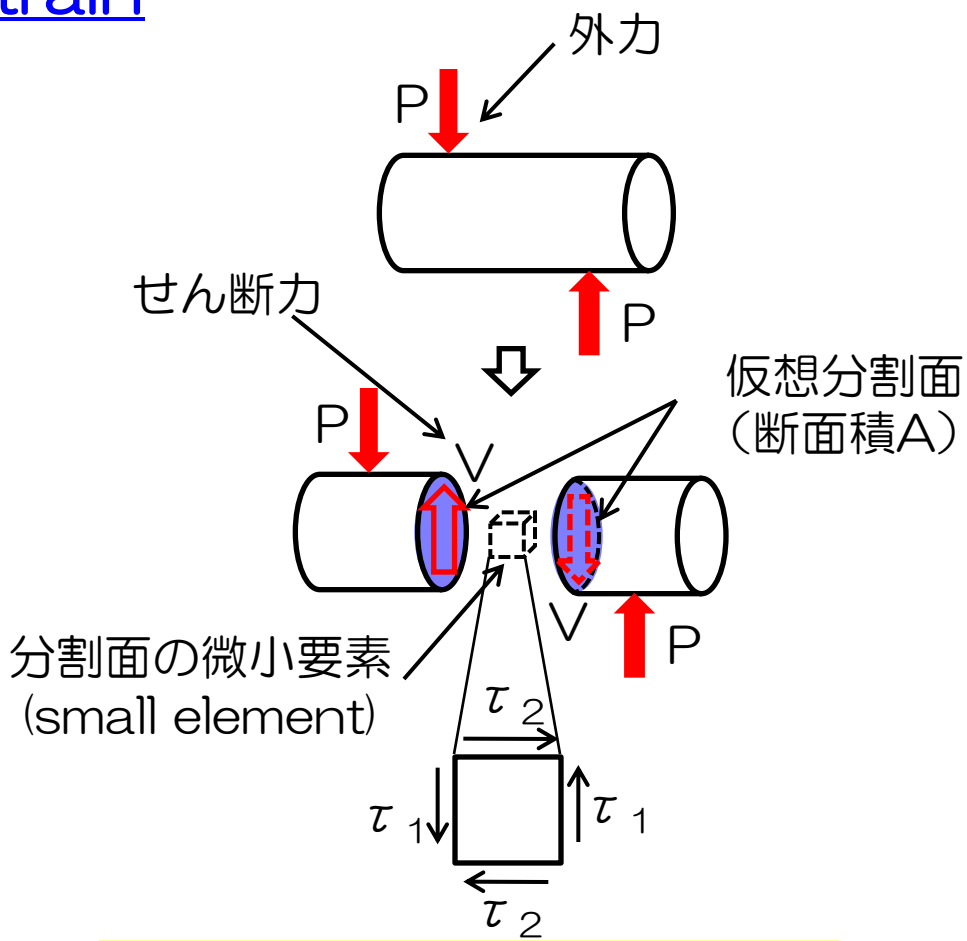
せん断応力(shear stress)

図のように物体の断面をずらすような荷重P（せん断荷重 shear load）が作用すると，仮想分割面には平行な内力Vが生じる.

この内力Vを，せん断力(shear force)という.
せん断力Vを断面積Aで割った値を，せん断応力 τ (shear stress)という.

$$\tau = \frac{V}{A}$$

タウ



このままでは，微小要素が反時計回りに回転してしまう．これを防ぐせん断応力 τ_2がなければならない！
これを共役（きょうやく）せん断応力（conjugate shearing stress）という

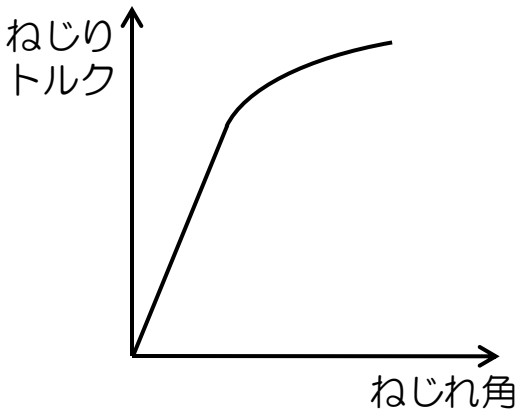
1.6 Shear Stress and Strain

せん断でのフックの法則（Hooke's law in shear）

$$\tau = G\gamma$$

ガンマ

せん断応力 τ は，せん断ひずみ γ に比例する．
（比例定数 G：せん断弾性係数または横弾性係数）



せん断弾性係数と縦弾性係数の関係

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

どうしてこうなるかは，後のお楽しみ．

3．次回予告

5月7日

1．ミニテストの解答

2．Chapter 2　Axially Loaded Members

特に，以下のセクションを見てくること．

Section 2.3　Changes in Lengths Under Nonuniform Conditions
2.4　Statically Indeterminate Structures
2.5　Thermal Effects, Misfits, and Prestrains
2.7　Strain Energy
2.10　Stress Concentrations