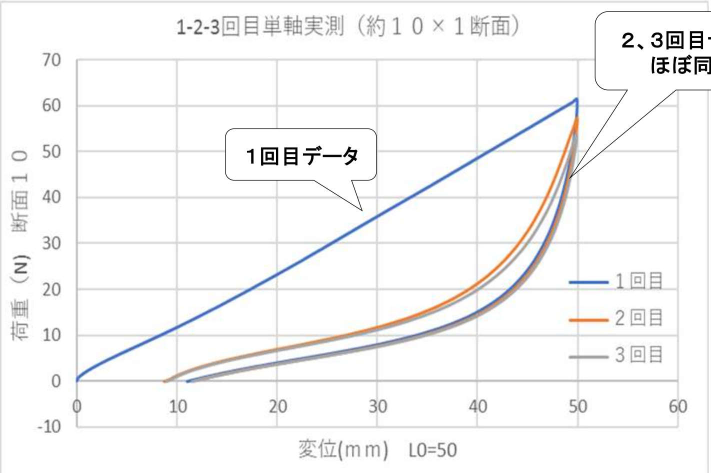
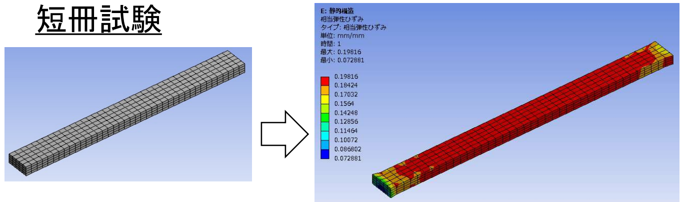
そしてヤング率は1材料で1つです。

ゴム材料の基本知識：何回目のデータを使うか

単軸試験から正確なヤング率を求めること。



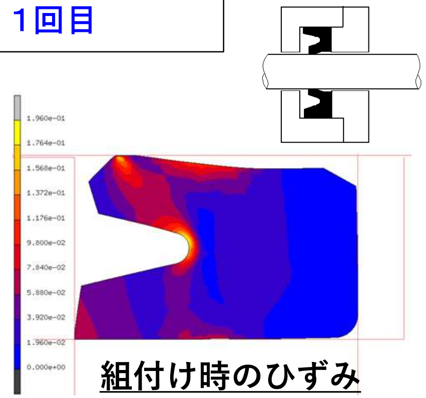
短冊試験



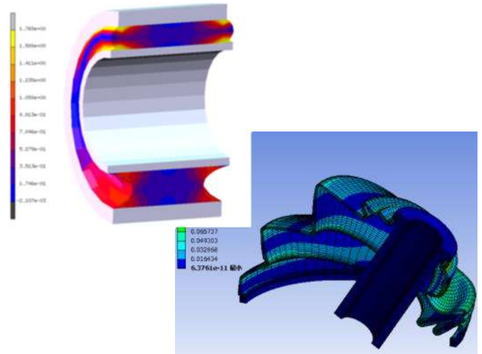
１回目と2回目は大きく異なり、
２回目と3回目は少し異なります。

3回目以降はほぼ重なります。

シールの組付けなど
１回目



防振ゴムなど
繰り返し3回目



ゴムの3回の伸張データは、上記のように安定性から “3回目のデータとJISでは規定”しています。
しかし、それだけでは解析に使うことが難しいです。/JISは解析用に定義されていません。

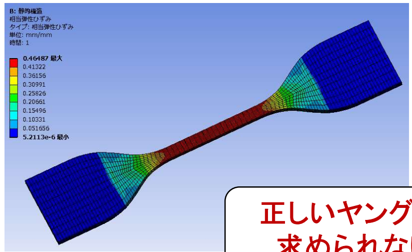
へたりは必ず発生します。どう扱うか・・

単軸の測定方法

ヤング率E = 応力 σ /ひずみ ε　　・・・どんな試験でも同じになるとは限らない、**試験片に依存**

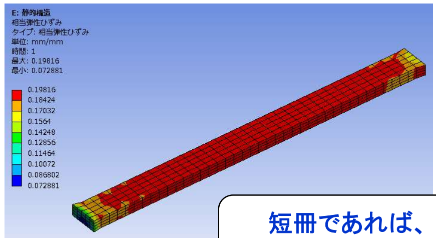
ひずみε=変位／チャック間距離　　応力σ=荷重／断面積

ダンベル



正しいヤング率は
求められない。

短冊

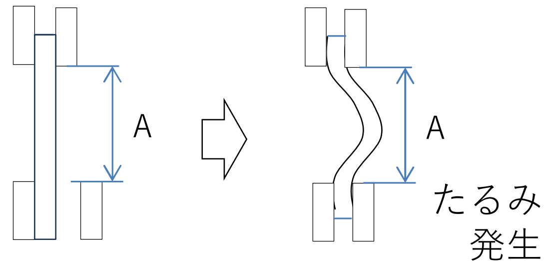


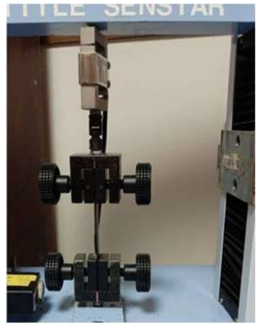
短冊であれば、
ほぼ正確なヤング率

証明は簡単です。
解析で入力と出力ヤング率が同じになればいい。

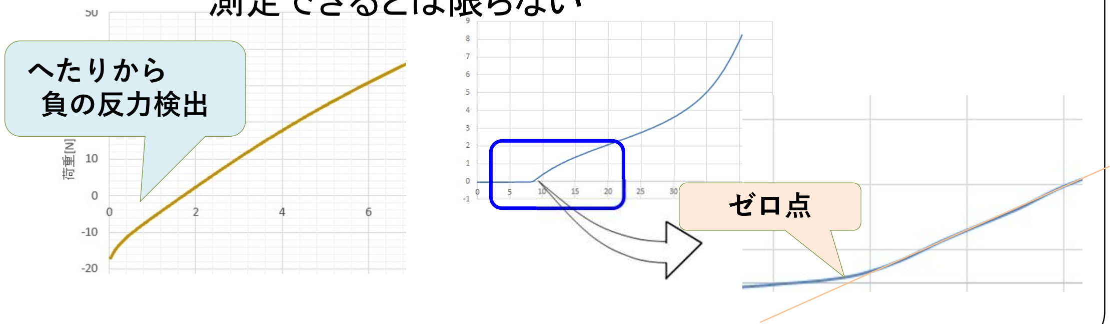
短冊測定

上からチャック　　下をチャック





きれいにゼロ点から始まり
測定できるとは限らない



ひずみエネルギー密度関数定義

基本式

$W = W(I_1, I_2, I_3)$

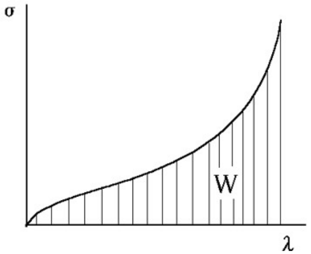
伸張比 $\lambda = 1 + \varepsilon$　として表現

テンソルとして、

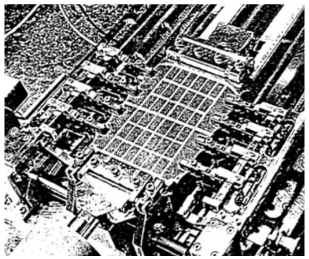
$I_1 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2$　［対角線効果］

$I_2 = \lambda_1^2\lambda_2^2 + \lambda_2^2\lambda_3^2 + \lambda_3^2\lambda_1^2$　［面積効果］

$I_3 = \lambda_1^2\lambda_2^2\lambda_3^2 = 1$　［体積効果］



基本は単軸と同じ、へたり補正



ひずみエネルギー密度関数　様々な表現式

1）Neo-Hookeanモデル

$$W = C_{10}(I_1 - 3)$$

2）Mooney−Rivlin

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3)$$

3）Mooney高次式

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3) + C_{20}(I_1 - 3)^2 + C_{30}(I_1 - 3)^3$$

4）Ｏｇｄｅｎ

$$W = \Sigma \frac{\mu_i}{\alpha_i} \left(\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 3 \right)$$

5）Arruda-Boyce

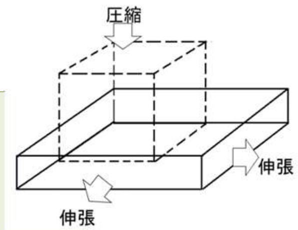
$$W = nk\theta\left[\frac{1}{2}(I_1 - 3) + \frac{1}{20N}\left(I_1^2 - 9\right) + \frac{11}{1050N^2}\left(I_1^3 - 27\right) + \frac{19}{7000N^3}\left(I_1^4 - 81\right) + \frac{519}{673750N^4}\left(I_1^5 - 243\right)\right]$$

$I_1 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2$　［対角線効果］

$I_2 = \lambda_1^2\lambda_2^2 + \lambda_2^2\lambda_3^2 + \lambda_3^2\lambda_1^2$　［面積効果］

$I_3 = \lambda_1^2\lambda_2^2\lambda_3^2 = 1$　［体積効果］

※I3=1は非圧縮性
最近、紛らわしい論文（圧縮性を示す誤り）

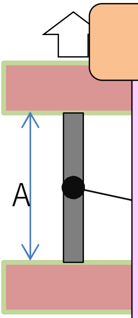


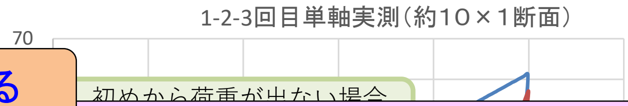
一般的にこれら定義で
解析予測精度が良いと言われる。

ゴム材料の基本知識

Point:本当のヤング率

単軸試験手順：重要ポイント





単軸より係数を最終補正する

ヤング率E＝応力σ/ひずみε

10%伸張時で算出

たひずみ算出

間A=50＋へたりB）

回帰係数とヤング率の関係

$$E = 6(C_{10}+C_{01}) = (3/2)\,\Sigma\,\alpha_i\,\mu_i$$

、ゴムではへたりの影響で難しい

形性から10%と仮定

、この値で短冊の解析、出力一致

へたりを考慮して10%伸張で算出、真のヤング率と同じ

ひずみエネルギー密度関数係数とヤング率の関係

Mooney高次式　$W=C_{10}(I_1-3)+C_{01}(I_2-3)+C_{11}(I_1-3)(I_2-3)+C_{20}(I_1-3)^2+C_{30}(I_1-3)^3$

Ogden式

$$W=\sum_{i=1}^{n}\frac{\mu_i}{\alpha_i}\left(\lambda_1^{\alpha_i}+\lambda_2^{\alpha_i}+\lambda_3^{\alpha_i}-3\right)$$

n=5～7程度

本当のヤング率は１つであり、エネルギー関数との整合を採ることが必須

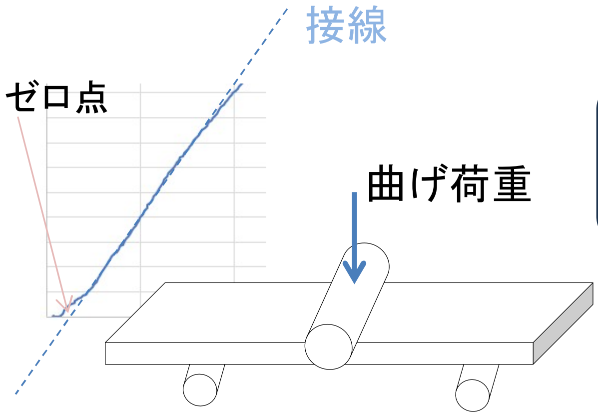
剛性の高い材料もゴムの試験機で測定可能

材料定義の方法

直接伸張による定義方法

伸張用JISダンベル

伸張方法による誤差



なぜ、丸棒
治具を使うか？

片当たりによる
測定誤差を避けるため

片当たりの補正が必用

ゴムの試験機で十分金属のヤング率が想定可能。解析で表現して形状依存性を取り除く。