単軸試験でも、へたり考慮で十分予測精度アップ

正しいヤング率を測定できれば、ある程度
解析予測精度は上がります。

ひずみエネルギー密度関数定義

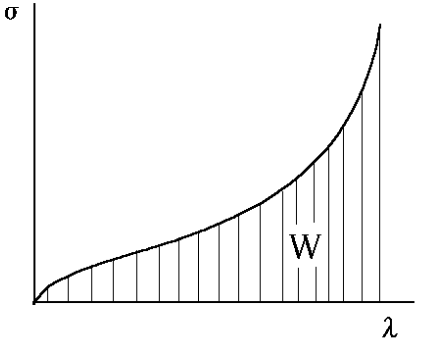
ひずみエネルギー密度関数の表現式

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

$I_1 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2$ ［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］



1） Neo-Hookeanモデル

$$W = C_{10}(I_1 - 3)$$ ・・・ 最も単純な材料表現

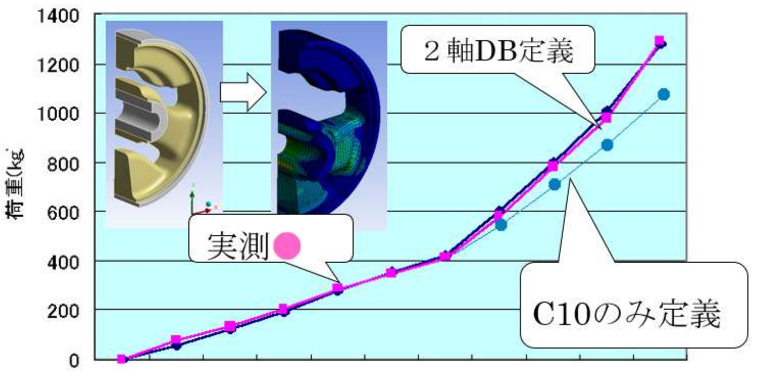
$C_{10} = E/6$ の関係

エネルギー関数定義すると
非常に精度上がりますが、

基本のヤング率=$6C_{10}$でも
ある程度の精度アップします。

勿論、二軸試験からエネルギー定義で
大変形まで精度よく予測可能です。

ハの字型マウントの特性予測解析



ひずみエネルギー密度関数定義

定義方法

基本式

$W=W(I_1, I_2, I_3)$　　**伸張比 $\lambda = 1+\varepsilon$　として表現**

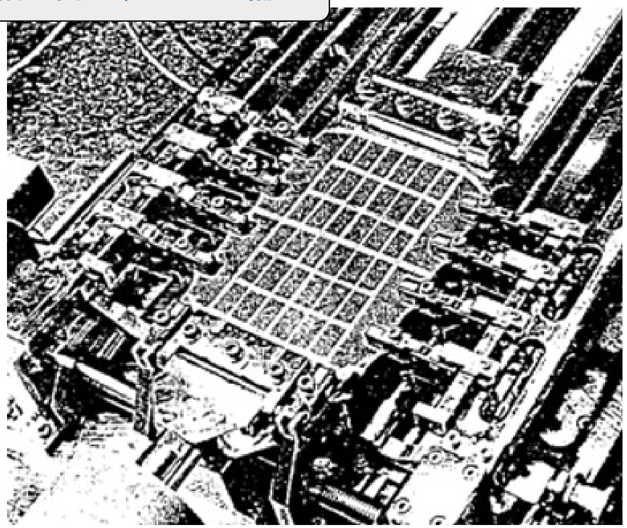
テンソルとして、

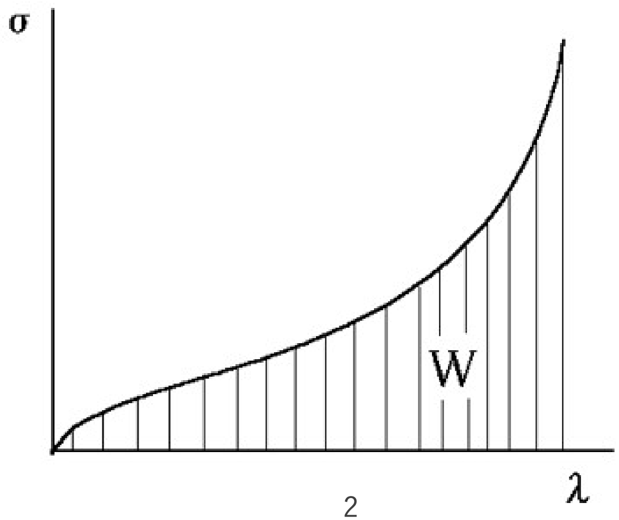
$I_1=\lambda_1^2+\lambda_2^2+\lambda_3^2$　［対角線効果］

$I_2=\lambda_1^2\lambda_2^2+\lambda_2^2\lambda_3^2+\lambda_3^2\lambda_1^2$　［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定義

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

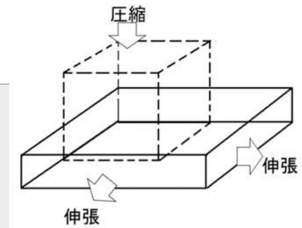
$$W=C_{10}(I_1-3)+C_{01}(I_2-3)$$

$I_1=\lambda_1^2+\lambda_2^2+\lambda_3^2$　［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）



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

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

5）Arruda-Boyce

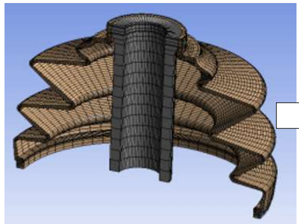
$$W=nk\theta\left[\frac{1}{2}(I_1-3)+\frac{1}{20N}\left(I_1^2-9\right)+\frac{11}{1050N^2}\left(I_1^3-27\right)+\frac{19}{7000N^3}\left(I_1^4-81\right)+\frac{519}{673750N^4}\left(I_1^5-243\right)\right]$$

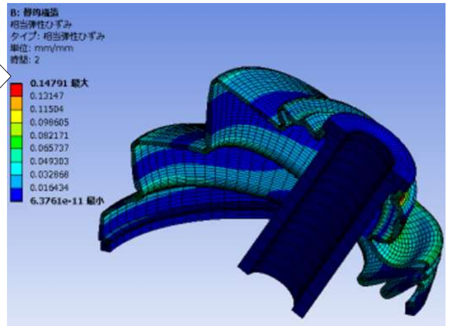
一般的にこれら定義で
解析予測精度が良いと言われる。

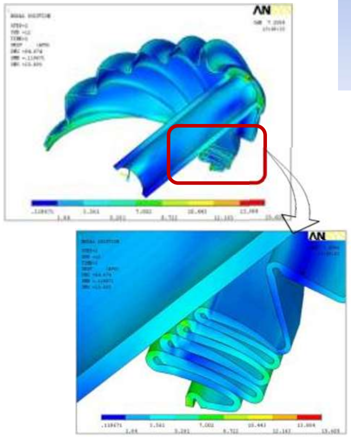
ゴム製品の解析例

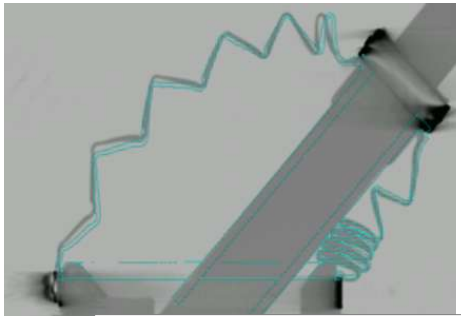
定義及び解析の注意点を守れば簡単に精度がアップする

ブーツの揺動変形解析

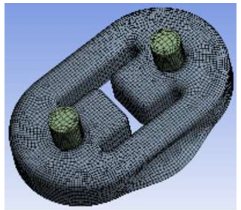


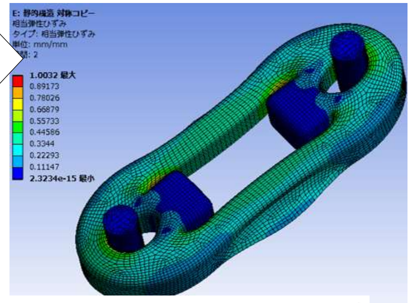


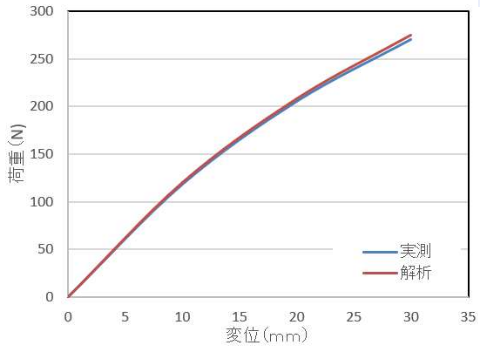




マフラーマウントの変形解析





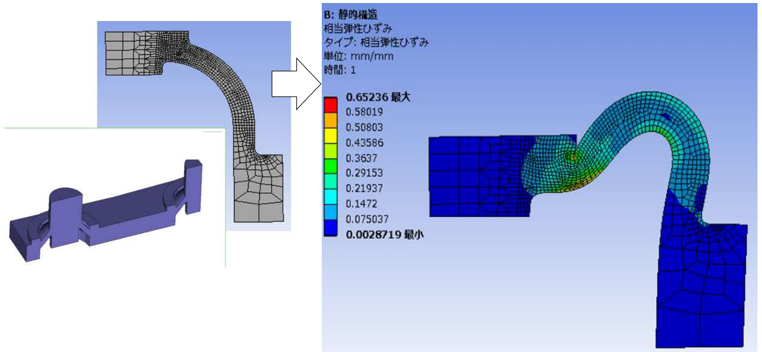


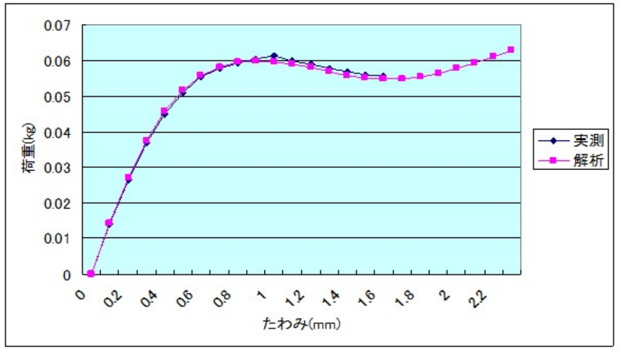
実測と解析予測が良く一致(良好)

ゴム製品の解析例

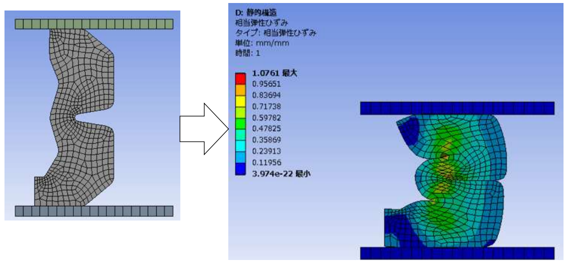
定義及び解析の注意点を守れば簡単に精度がアップする

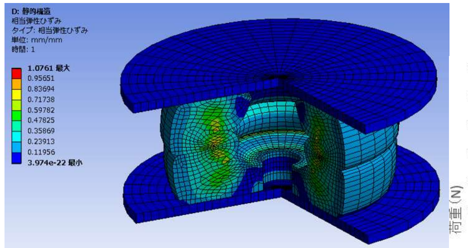
ラバーコンタクト変形解析

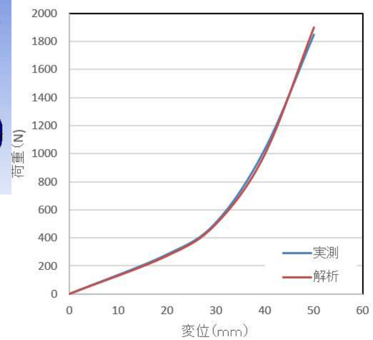




ラバースプリングの変形解析





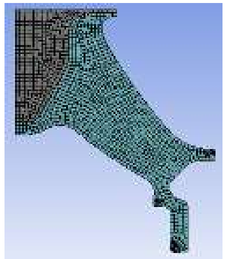


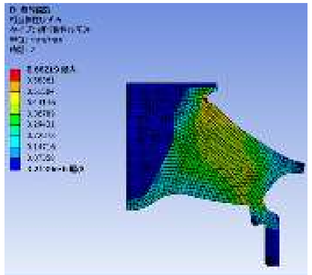
実測と解析予測が良く一致(良好)

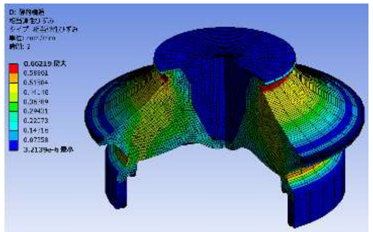
ゴム製品の解析例

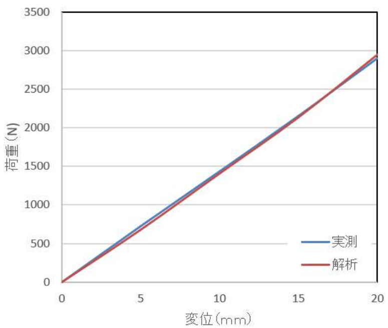
定義及び解析の注意点を守れば簡単に精度がアップする

円錐型マウント変形解析

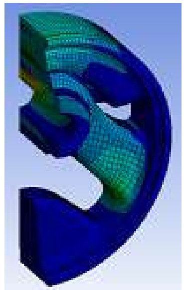


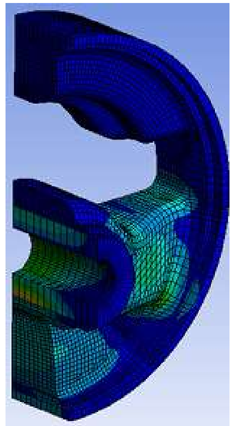


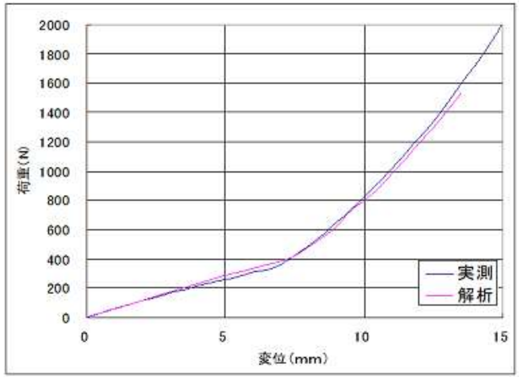




ハの字型マウント変形解析







実測と解析予測が良く一致(良好)

試験片　ダンベルと短冊での見かけ上ヤング率の違い

それぞれヤング率を算出と･･･

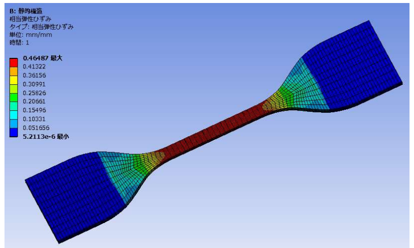
・ひずみε=変位／チャック間距離　・応力σ=荷重／断面積

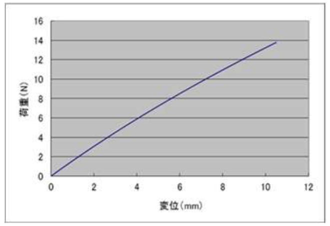
⇒ E=σ／ε（理論式）は、試験片に依存します。

真のヤング率E=1.0で試験、もしくは解析すると

ダンベル

線図からのヤング率E=1.27**となり 不一致**



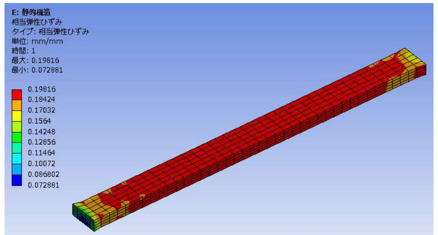


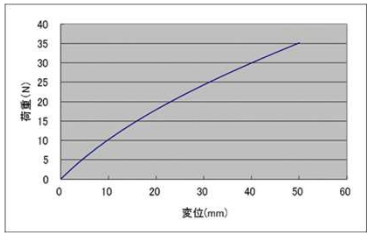
参考：標線間1.05

正しいヤング率は
求められない。

短冊

線図からのヤング率**E=0.98、ほぼ同等**





短冊であれば、
ほぼ正確なヤング率

ゴムのJIS等は、解析を目的として書かれていない。
見かけ上のヤング率と真のヤング率を区別する。

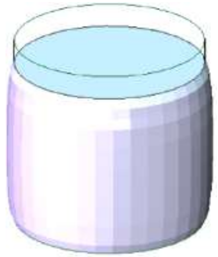
正しいヤング率を求めて

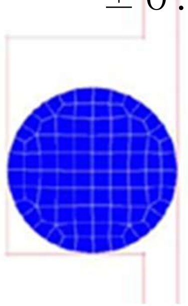
寸法公差・剛性公差

解析予測精度が上がらないのは
このようなものです。勘違いです、

寸法公差は精度の投球があり１～３級があります。

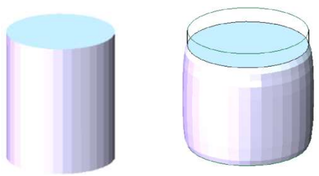
寸法	公差・１級	２級	３級[単位：ｍｍ]
３ｍｍ以下	±０．２	±０．３	±０．４
３～６ｍｍ	±０．２	±０．４	±０．５





&硬度

剛性と硬度の関係



ディスク変形

ヤング率Eは？

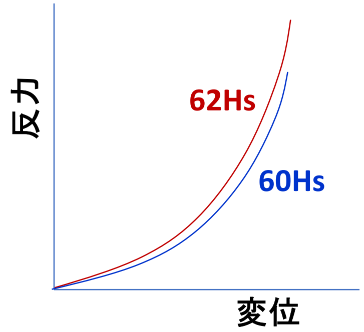
例えば60Hs

⇒　せん断弾性率G　１．0N/mm²

E＝3G　から、ヤング率は3．0N/mm²

６２Hs　のときヤング率は　３．3N/mm²

1Hs　5%の差になり、一般的には
±2or3Hs（±10～15%）の幅を持ちます。



ゴムは寸法公差、硬度（中心±3Hsなど）差が大きい。
解析が合ってないと考えることも多い。⇒実際は合っている。