

## 2. 基本的な粘弾性力学の専門用語

株式会社メカニカルデザイン

<http://www.mech-da.co.jp>  
comm@mech-da.co.jp

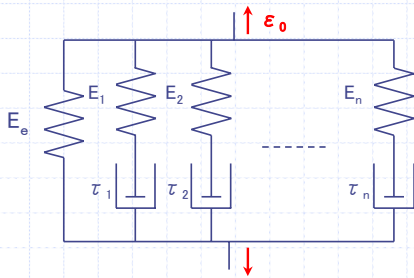
### 粘弾性力学の専門用語

1. 応力緩和弾性率:  $E_r(t)$
2. 一般化マクスウェルモデル
3. Prony級数近似
4. 動的粘弾性試験
5. 貯蔵・損失弾性率:  $E'(\omega)$ ,  $E''(\omega)$
6. 熱レオロジー的に単純な材料
7. マスター曲線
8. 時間・温度換算因子:  $a$
9. W.L.F.式

\*ABAQUS, MARCにおける入力方法の基礎

### 一般化Maxwellモデル

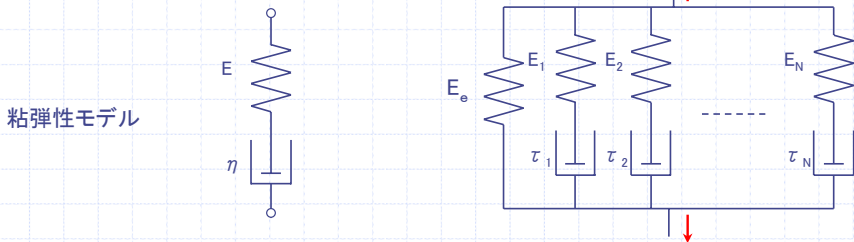
- ◆ 前頁まででは、2要素マクスウェルモデルについて紹介しました。しかし、弾性係数  $E$  とダッシュポットの粘性係数  $\eta$  (もしくは緩和時間  $\tau_M$ ) の2つのみであった為、一般の複雑な粘弾性現象を定量的に表現することは困難です。
- ◆ 一般化マクスウェルモデルと呼ばれるもので  $N$  個の2要素マクスウェルモデルと長時間後の弾性を表現する為の単独バネ要素を並列に並べたものです。



一般化マクスウェルモデル

次ページでは、この一般化マクスウェルモデルより得られる緩和弾性率を導出します

### 一般化Maxwellモデル

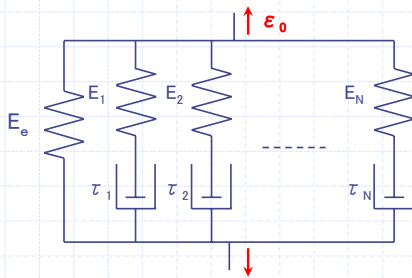


(2.13) - (2.16)

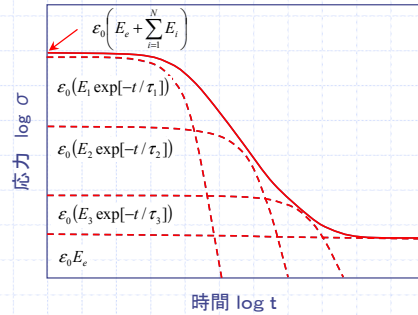
ステップひずみ入力 ( $t > 0$ とします)	$\epsilon_1(t) = \epsilon_0$	→	$\epsilon(t) = \epsilon_1(t) = \epsilon_2(t) = \dots = \epsilon_N(t) = \epsilon_0$
応力応答	$\sigma_1(t)$	→	$\sigma(t) = \sigma_1(t) + \sigma_2(t) + \dots + \sigma_N(t) + \sigma_e$
応力とひずみ関係 (ステップひずみ入力)	$\sigma_1(t) = \epsilon_1(t) E_1 e^{-t/\tau_1}$	→	$\sigma(t) = \epsilon(t) \sum_{i=1}^N E_i e^{-t/\tau_i} + \epsilon(t) E_e$
緩和弾性率	$E_r(t) = E_1 e^{-t/\tau_1}$	→	$E_r(t) = E_e + \sum_{i=1}^N E_i e^{-t/\tau_i}$

## 一般化Maxwellモデル

- ◆ ここでは、一般化マクスウェルモデルに、単位ステップひずみを入力した時の、応力応答（緩和弾性率応答）について考察します。



一般化Maxwellモデル



一般化Maxwellモデルの単位ステップひずみに対する応力応答例

## Prony級数近似

- ◆ 以上まで、最も一般的な粘弾性モデルである緩和弾性率  $E_r(t)$  の概要についてまとめました。そして、その数式モデルに多く採用されている一般化マクスウェルモデルの数式及び概要について紹介しました。
- ◆ この中で、粘弾性材料の材料定数として定義すべきパラメータは、 $E_0$ 、 $E_i$ 、 $\tau_i$  になります。ABAQUSやMarcの入力形式は以下の様な形となっています。（ABAQUSでは若干形式が変わっています）

$$E_r(t) = \underline{E_e} + \sum_{i=1}^N \underline{E_i} \cdot \exp\left(-\frac{t}{\underline{\tau_i}}\right) \quad (2.17)$$

- ◆ 粘弾性材料計測試験（動的粘弾性試験、応力緩和試験、クリープ試験など全て）から、上の式へ数式近似することを、総称して「Prony級数近似」と呼びます。（すなわち、上の式がProny級数と呼ばれます）。