

- ゴムの解析が難しいと言われる所以 -

ゴムの解析を理解する **合っているのに間違っているという解釈**

2022.9.20. 寺子屋

寺子屋/CAE解援隊

連絡先 hagi@terakoya2018.com

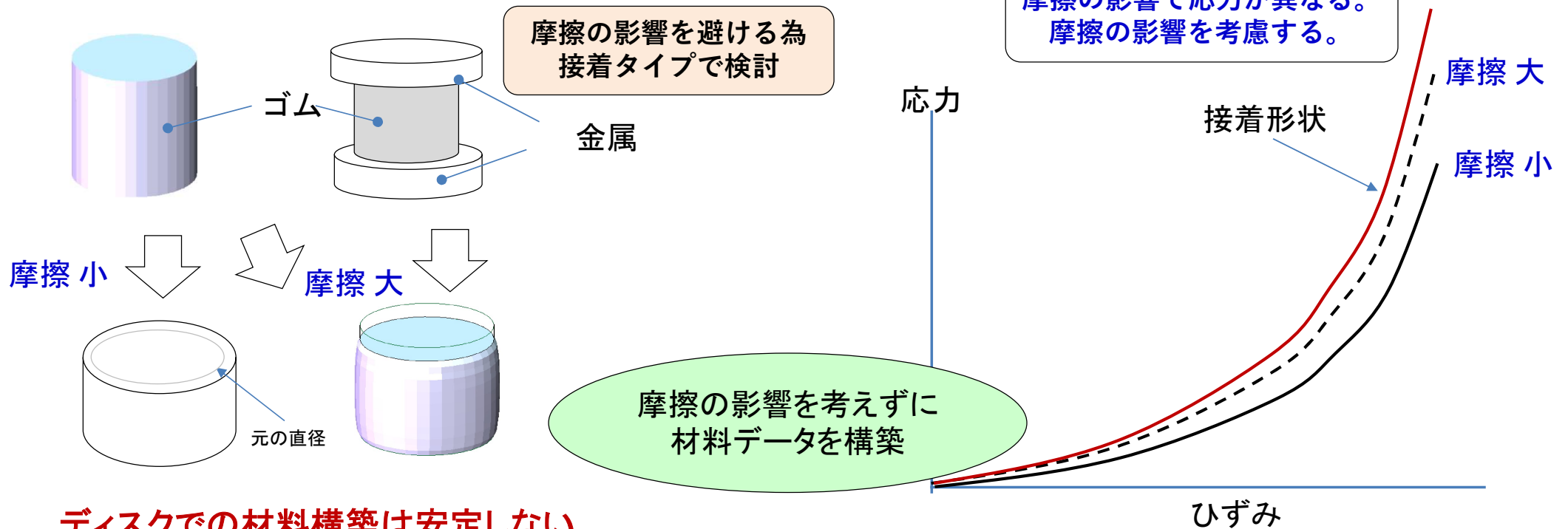
1



単純なディスクの解析で

ディスクの変形状態

ゴムの変形において、摩擦が非常に影響します。



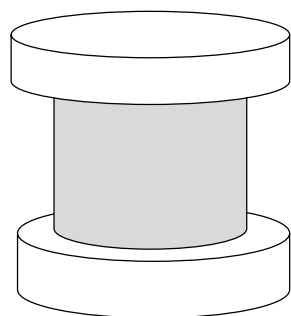
ディスクでの材料構築は安定しない。

一般的には短冊の伸張試験が良好、さらに二軸試験を実施して精度を向上する。



摩擦の影響意外に・・・

荷重、反力に影響するものは、主に



摩擦

硬度

寸法公差

があります。

硬度について

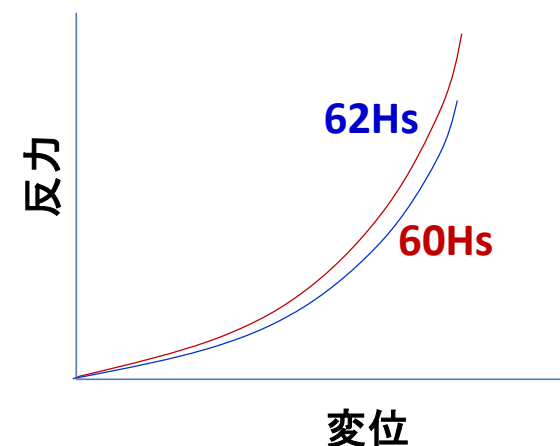
60Hsのゴム製品を製造しても**60Hsとは限りません**。

製造能力の面から一般的に、 60 ± 2 Hsの製品です。

解析用の材料データを60Hs、製品が62Hsということは良くあります。

1Hs補正する場合、5%を考慮します。

つまり、 ± 2 Hsとは、 $-10 \sim +10\%$ の変化、レンジで20%異なります。



製品の硬度が必ずしも解析用データと一致していない場合もあり、硬度の確認が必要です。

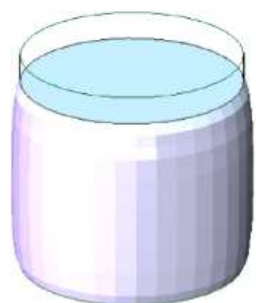


摩擦・硬度以外に大きな影響に 寸法公差 があります。

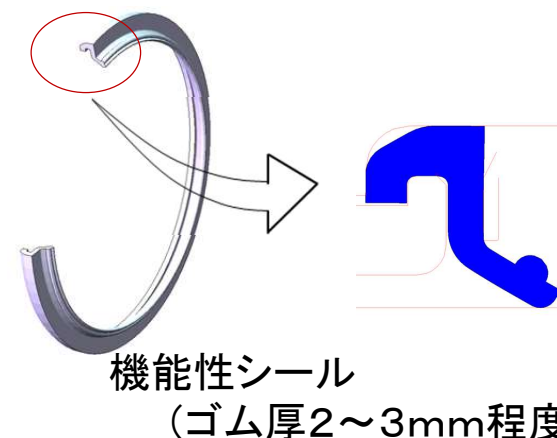
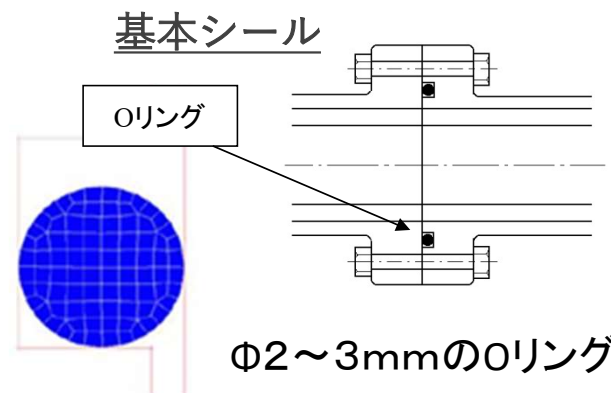
寸法公差は精度の等級があり 1 ～ 3 級があります。

寸法公差

寸法	1 級	2 級	3 級	[単位: mm]
3 mm以下	± 0.2	± 0.3	± 0.4	
3 ～ 6	± 0.2	± 0.4	± 0.5	
10 ～ 18	± 0.3	± 0.6	± 0.8	



Φ10～20mmの
ディスク



2 級公差が一般的です。Oリング Φ 3 mm の製品は、 ± 0.3 mm (つまり Φ 2.7 ～ 3.3 mm) となり寸法が Φ 3 mm の 10 % 変化する、**結果として荷重、反力がレンジで 20 % 以上変化**する。

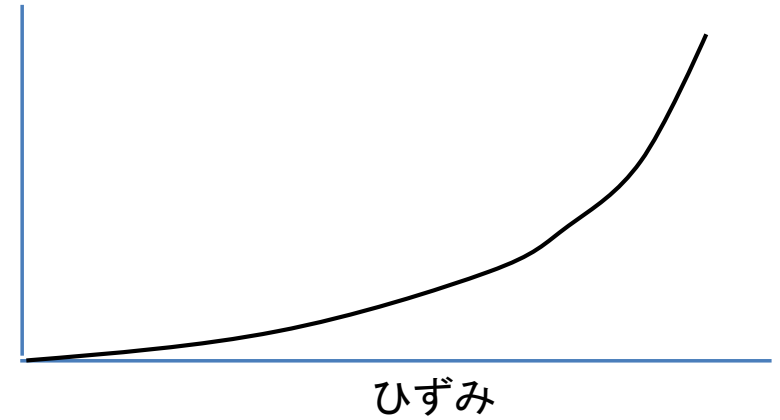
製品の硬度が必ずしも解析用データと一致していない場合もあり、硬度の確認が必要です。

複合的要因



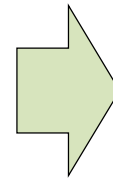
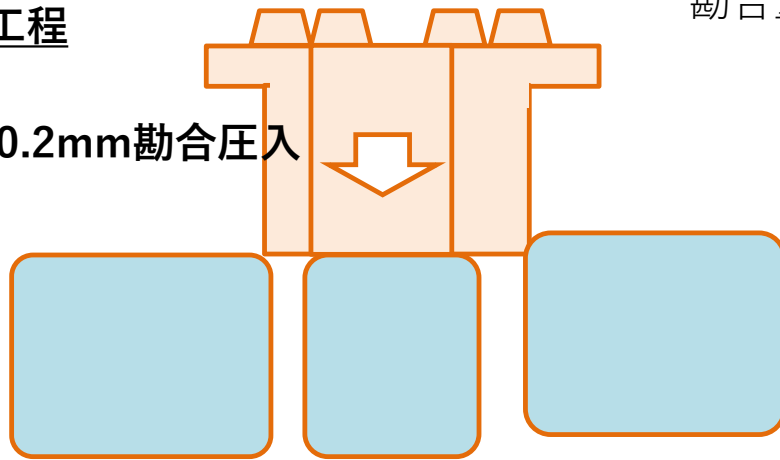
製品形状

応力

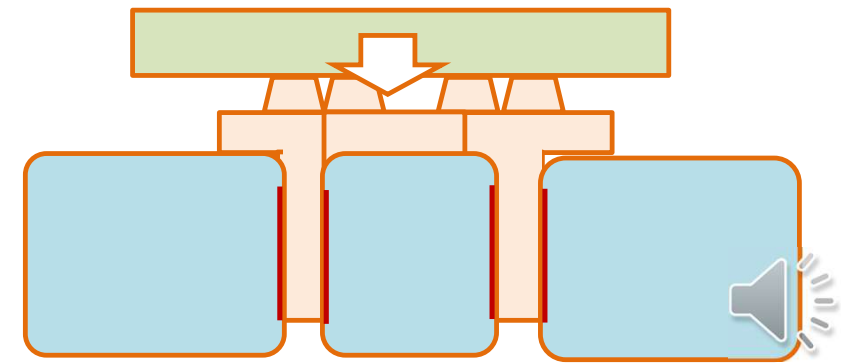


圧入工程

0.2mm勘合圧入



圧縮時の荷重

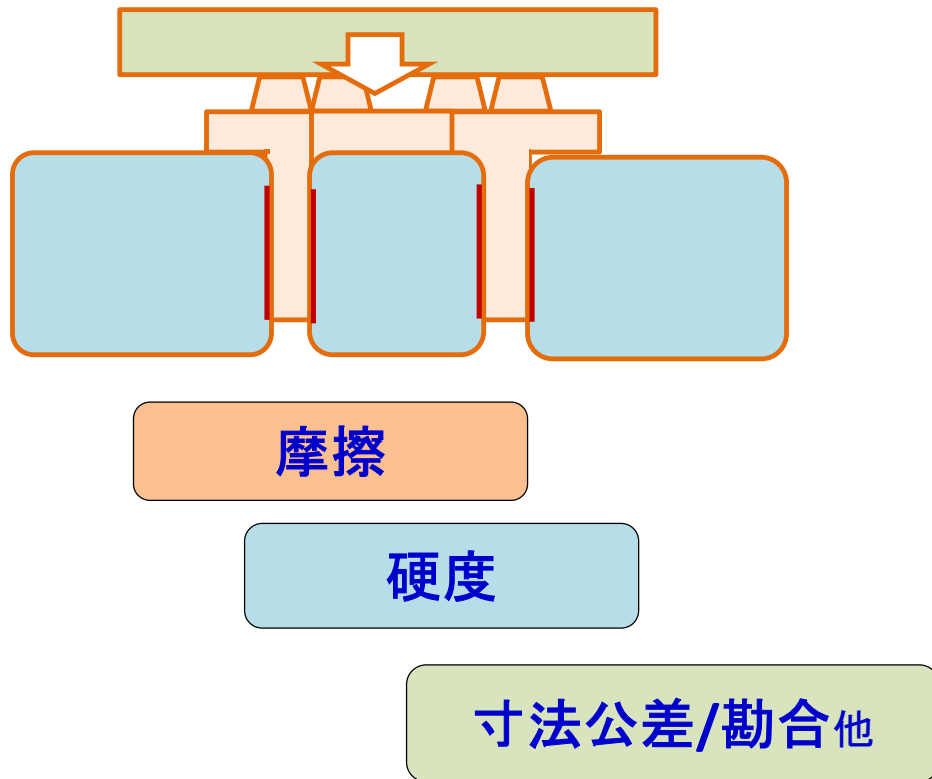


部勘合による摩擦抵抗が発生。

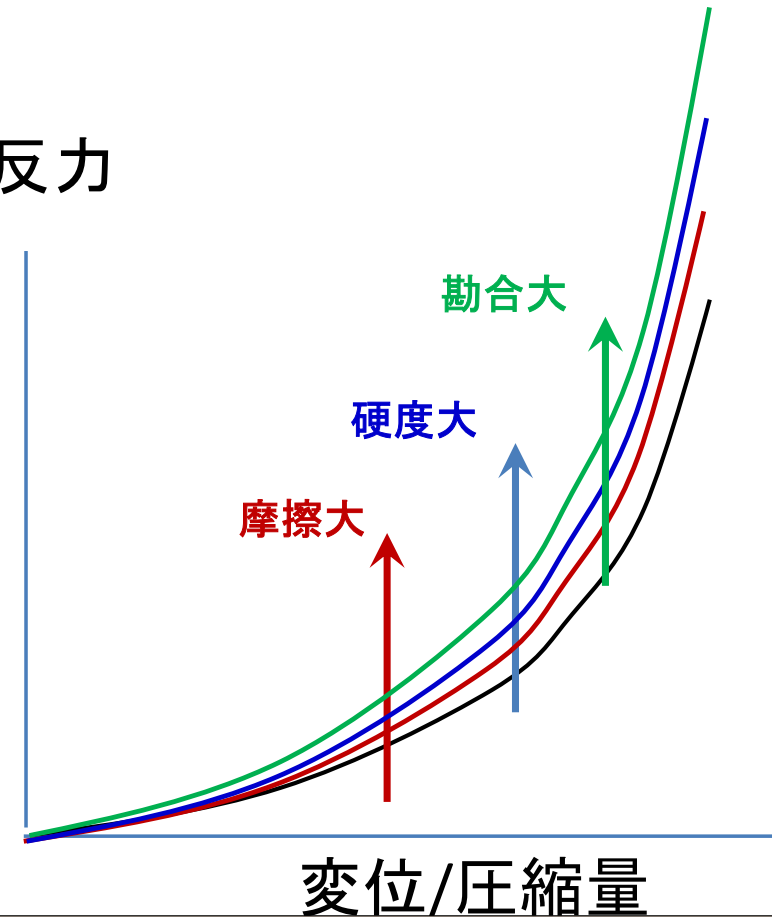
勘合量（寸法公差による変化等）× 摩擦係数での**変化が激しい。**

複合的要因

圧縮時の荷重



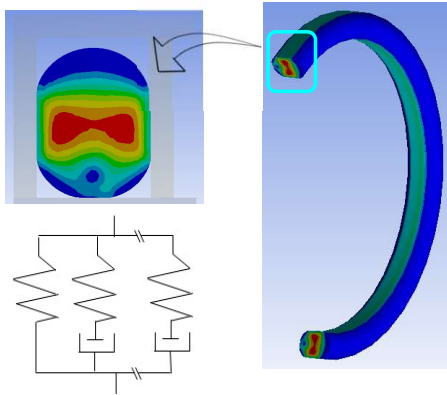
反力



ゴムの様々なばらつきから安定品質の難しさ

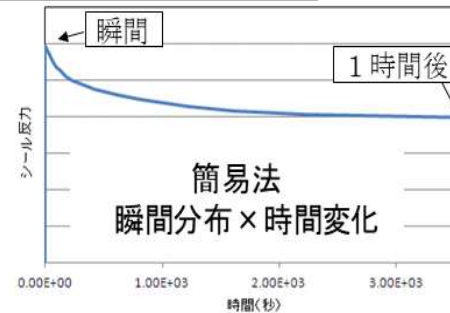
その他の要因・へたり

シール等もう1つの解析工夫

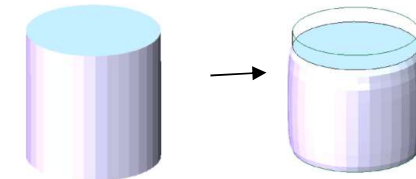


$$\sigma(t) = \varepsilon(t) \sum_{i=1}^N E_i e^{-t/\tau_i} + \varepsilon(t) \sum E_e$$

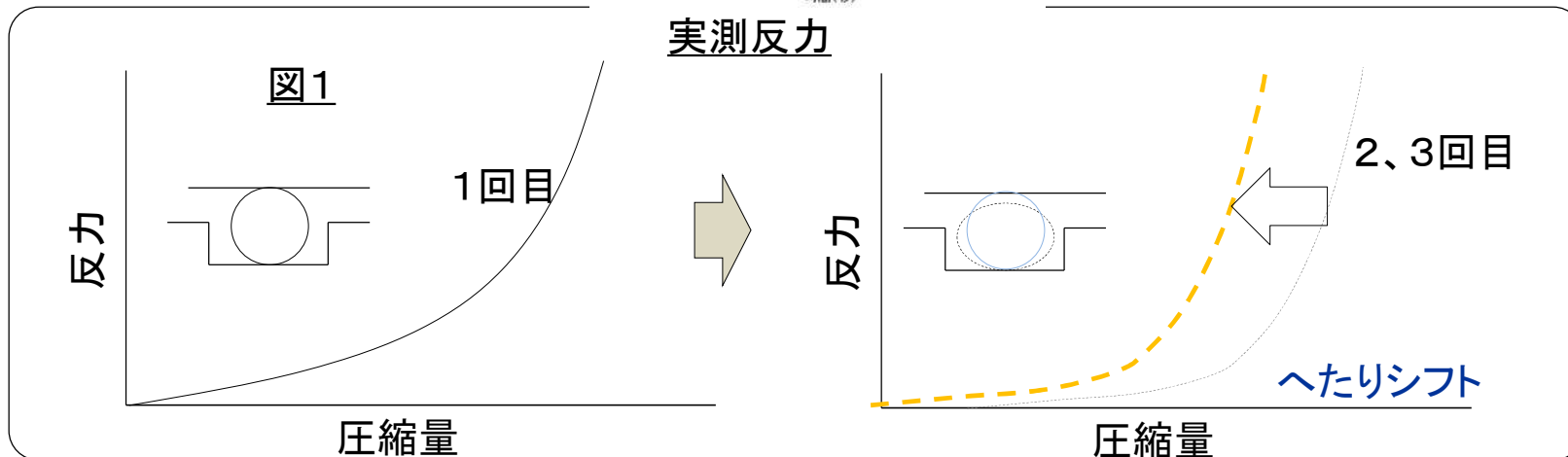
粘弾性定義しなくとも



同様にディスク等でも

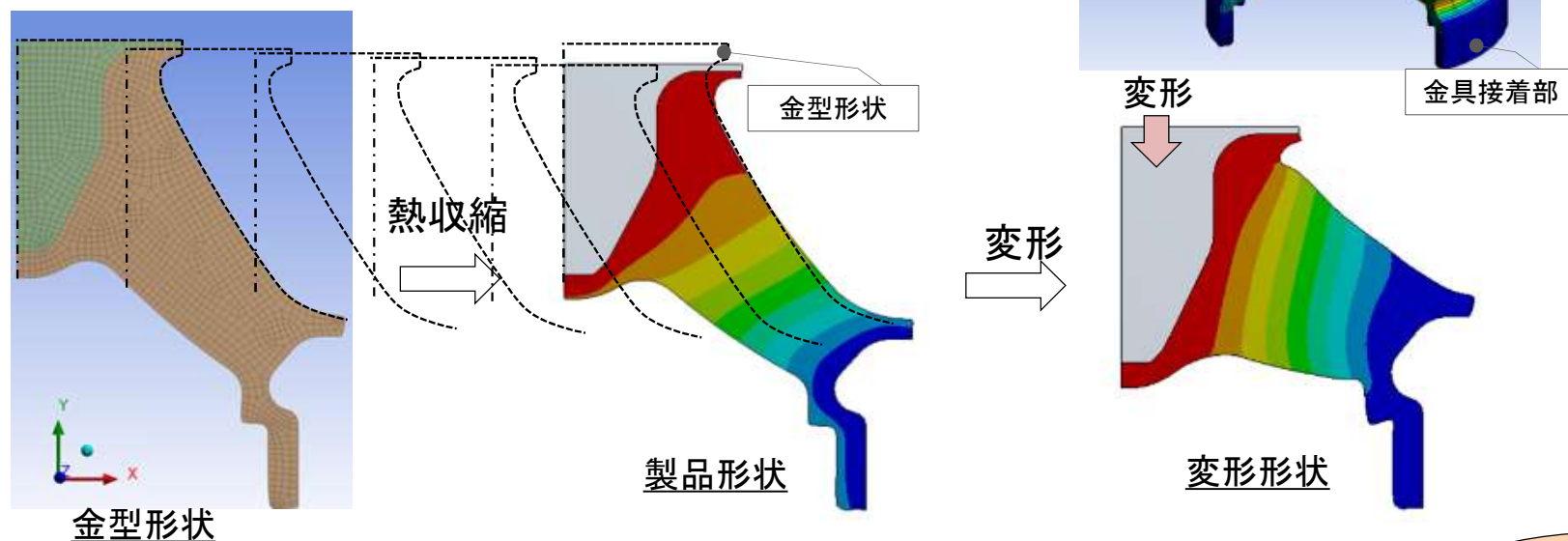


圧縮変形概要



ゴムのFEM解析 基本フロー

ゴム単製品は、そのまま変形解析を行えばいいですが、
金具接着タイプは、熱収縮解析が必須だと考えます。

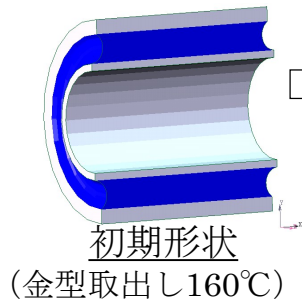


製品の加工工程を考慮することは、ゴム製品のみではなくすべての製品に当てはまります。
金型形状 ⇒ (熱履歴)熱収縮 ⇒ 変形解析 の手順を守ること、
解析による**予測精度を格段に向上**させることができます。

別途、
熱膨張解析必要

ゴム製品の解析では、

BUSH



室温冷却形状
(室温放置25℃)

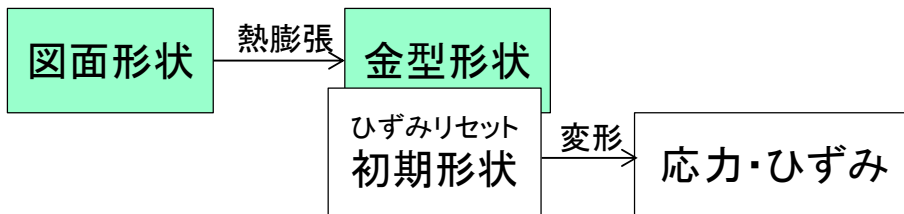
絞り形状
(25℃、ひずみ緩和)

1) 軸方向と半径方向の特性
大小が逆転

2) 材料定義では補正できない

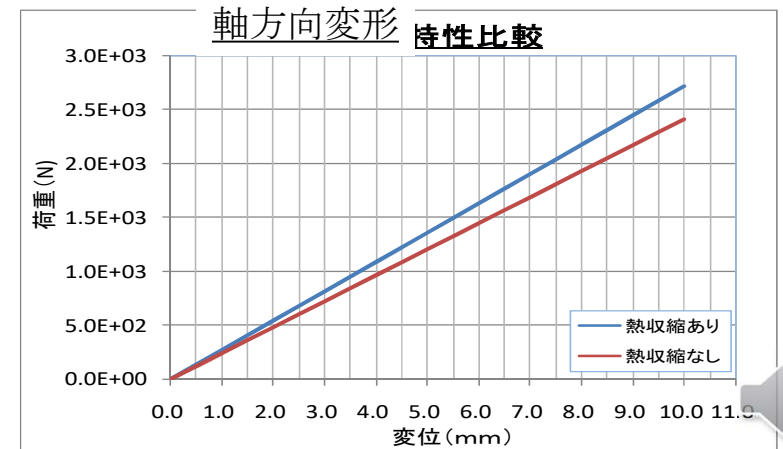
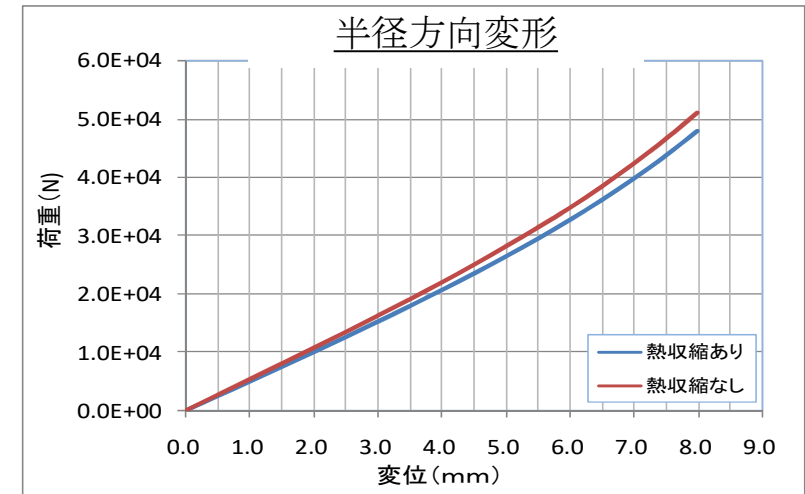
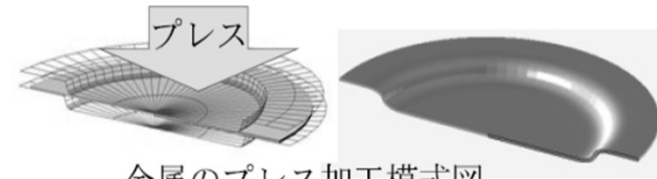
軸方向+5%補正、
半径方向はよりかい離が激しくなる。

[具体的手順]



金型形状を初期形状として、熱収縮から
変形解析への熱-応力連成解析とすることが基本。

精度が格段に向上



広 告

検索：ゴムの解析 寺子屋 2018

解析のお手伝い

ゴムの解析用データ構築
超弾性・粘弾性～耐久まで

ゴムの各種測定

二軸伸張試験

セミナーの開催

基礎の無料セミナー

解析自動化・効率化

予測精度向上

オンサイトサポート

お客様向け有料セミナー

ご要望に合わせてカスタマイズ

解析立ち上げ

解析実用化

全体をまとめた書籍

初心者のための
ゴムの有限要素法解析
Finite element analysis of rubber
for beginners
—基礎から学ぶFEM解析の基礎—

萩本光広 著

寺子屋は発展するCAEと一緒に学びながら成長していく会社です。

寺子屋/CAE解援隊

連絡先 hagi@terakoya2018.com

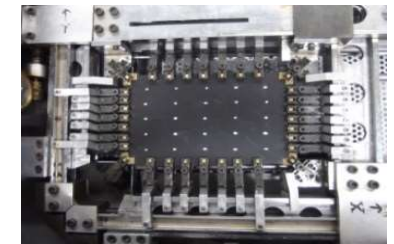


ゴムの材料データ構築

二軸伸張試験/簡易試験機(現状)



二軸伸張試験/富山工業試験場



サンプル取り付け部

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



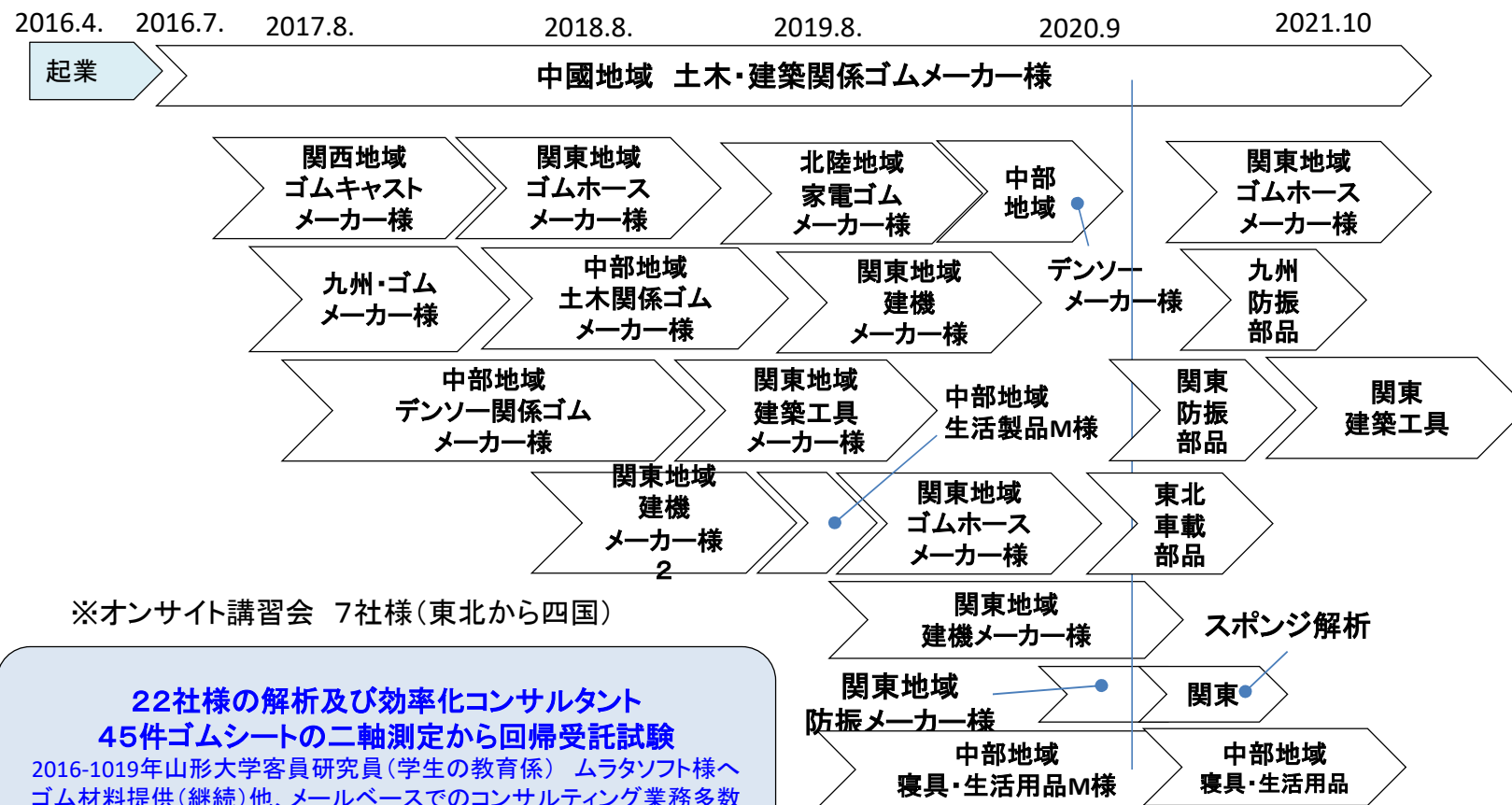
無料セミナー項目及びメニュー

メニューHP公開中

- | | | | | |
|-----|--|-----------------------|--------------------------|------------------------------|
| I | <u>FEM解析の基本と効率化及び自動化</u> | プログラム | PDF (近日) | YouTube (近日) |
| II | <u>ゴムの解析の基本</u>
ひずみエネルギー密度関数定義、二軸測定からの定義方法など材料定義から解析の基本 | プログラム | PDF (近日) | YouTube (近日) |
| III | <u>ゴムの解析の応用 熱・粘弾性(緩和/クリープ)・疲労寿命について</u> | プログラム | PDF (近日) | YouTube (近日) |
| IV | <u>FEM解析のモデル化の基本と陥りやすい失敗点</u> | プログラム | PDF (近日) | YouTube (近日) |
| V | <u>防振ゴム設計の基礎から動解析</u> | プログラム | PDF (近日) | YouTube (近日) |
| VI | <u>シール設計の基礎からゴム型設計について</u> | プログラム | PDF (近日) | YouTube (近日) |



2016年独立からのコンサルタント業務



本年も5社様以上決まっていますが、お客様の例(承諾が得られたもの)を紹介します。

代表の個人的な 実 績

二軸伸張試験からFEM解析予測精度の向上

1991年から同志社大学坂口一彦教授のもと
ひずみエネルギー密度関数研究をスタート（社会人4年目）

・ゴム材料定義 ノウハウ含めて2000年MSCソフトウェアで発表
最優秀事例発表賞を受賞 社内でも評価上がる

・解析条件の定義方法及び材料定義確立から、2005年会社を移り
ゴム製品製造の会社、2社で解析予測精度の向上
自動化による解析工数の80%カットを行い2016年起業

[主な事業内容]

線形から非線形解析全般

・解析初心者のご指導

・セミナー開催、育成サポート

・CAD自動化、効率化のお手伝い

・ゴムの二軸伸張試験からのエネルギー関数定義、動的、熱、疲労寿命まで

全てノウハウからご提供します。社内技術構築にもお役立てください。

寺子屋/CAE解援隊

連絡先 hagi@terakoya2013.com



寺子屋 サポート概要

ノウハウを提供する会社です。自立して頂く・・・

ゴムのお困りごと、何でも相談ください。

CAE適用

立ち上げお手伝い

・セミナー、育成サポート（座学）

・解析初心者ご指導

・ゴム材料定義

・解析条件の定義方法、見直し/間違え易い定義

・結果の見方、処理

実用化・運用

線形～大変形解析

・クリープ～応力緩和解析

・動解析

・熱・金型設計

・衝撃、落下解析

・疲労寿命/耐久性予測

効率化

・CAD自動化

・解析自動化/条件設定、結果処理

・リバースエンジニアリング
変形状態のCAD化、Assy組み込み

品質管理

・不良原因解明

・原因の可視化

・工程改善

知識集約情報発信
標準化はCAEの役割です

寺子屋/CAE解援隊

連絡先 hagi@terakoya2013.com

1991年から同志社大学で坂口教授のもとで研究スタート、今も勉強中

ゴムの二軸伸張試験、承ります。 -ゴムの専門家として解析適用までサポートします。-

二軸伸張試験実施 ⇒ ひずみエネルギー密度関数 (Mooney, Ogden等回帰、係数算出。 25万円～複数割あり

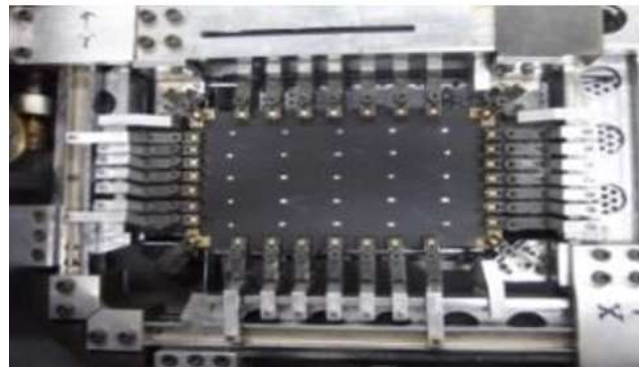
$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3) + C_{20}(I_2 - 3)^2 + C_{30}(I_2 - 3)^3$$

Ogden定義も可能です。

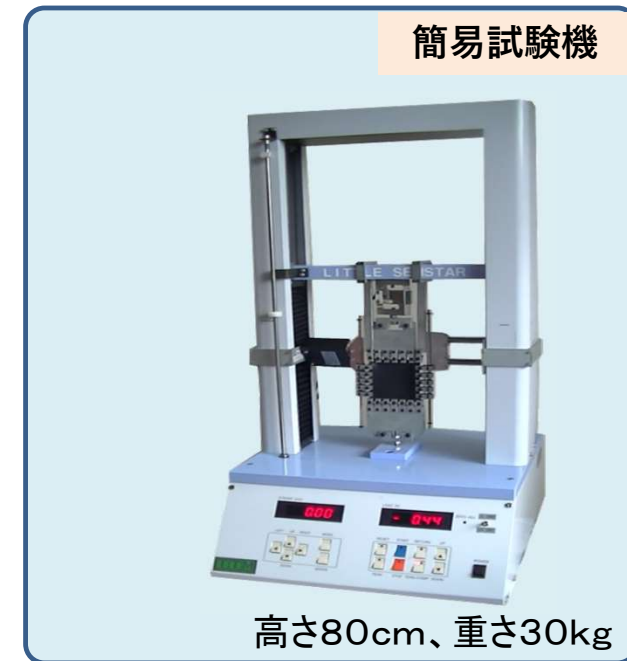
- ・エネルギー関数の真実、注意すべき点
- ・ゴムの解析への適用方法
- ・線形解析での間違いやすい点、その他サポート



現地（富山）の二軸試験機



サンプル取り付け部



簡易試験機
高さ80cm、重さ30kg

従来の試験機は、横置き型・大型 非常に高価 旧型、富山工業試験場、昭和生まれですがまだまだ現役です。

材料定義をご自身で修得

公共試験場を利用して ゴムの解析用ひずみエネルギーを構築しませんか。

- 候補日をいただければ調整します。1社4名様くらいまで -

1. 富山県でご希望の日程で、6時間程度で修得できます。
操作は簡単で、ひな型を使って回帰も簡単です。

※ひな型販売もしています。

2. 公共試験場ですので、安価に、（修得すれば）いつでも
ご利用いただけます。

アフターフォローも万全です、問い合わせに回答します。

現在、現役の試験機ですが何分、昭和生まれですので・・・
使えるうちに覚えましょう。

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

連絡先 hagi@terakoya2018.com

080-2230-8785

お問い合わせリンク

<https://terakoya2018.com/question>

The screenshot shows the homepage of the Toyama Prefectural Industrial Technology Research and Development Center. At the top, there is a Google search bar and navigation links for 'HOME', '技術支援 (Program)', 'センター概要 (About)', 'お知らせ (News)', '主要設備 (Facility)', '刊行物 (Publication)', '研究開発 (Development)', and '産業財産権 (Industrial property rights)'. Below this is a breadcrumb trail: ホーム > 概要 > 組織・研究職員 > 生活工学研究所. The main heading is '生活工学研究所'. To the left of a large building photo, there is a text block describing the center's mission: 「衣」、「住」、「遊」といった人間生活に係る産業製品の開発や生産を支援するための研究指導を行っています。特に、感覚、生理あるいは動作等人間特性の計測評価をとおして人間適合型の生活関連製品の開発、生産を促進するための研究に重点を置いています。 The building photo shows a modern, two-story industrial-style building with a blue roof and white walls. At the bottom, contact information is listed: 〒939-1503 富山県南砺市岩武新35-1 TEL:0763-22-2141 FAX:0763-22-4604.

富山県産業技術研究開発センター (pref.toyama.jp)

解析に使用する材料データの定義方法

寺子屋 サポート費用の考え方

材料定義から予測精度の向上

材料定義

- ・ 富山での修得、自力定義 20万円～
※自力で定義することにより追加材料費用は試験機使用料のみ。
- ・ 委託定義 2材料程度 35万円～
粘弾性、スポンジなどは別途追加費用

解析の見直し

- ・ ゴムの解析基本修得
- ・ 条件見直し
- ・ 誤差原因の確認
- ・ 収束性向上

結果の見方

- ・ ゴムの結果の見方
- ・ 誤解の排除、ソフトのン癖etc.
合っているのに合っていないと勘違い

1案件 ～90万円

※お客様が実施分、費用圧縮させていただきます。

※※スポンジゴムの解析をメールのやり取りのみで実用化したお客様も。

効率化・実用化

効率化・自動化

適用

動的・固有値

緩和・クリープ

熱・型設計

疲労・老化

材料再定義など

リバースエンジニアリング

設計・開発者への展開

結果のみでなくノウハウまで提供 ～200万円

●メールでの対応はどんなことでも無償対応です。●web会議招待いただければお困りごとに対応します。●費用は圧縮できます。

セミナーのご案内

ホームページに無料・有料セミナー順次更新

ゴムの解析基礎・応用

防振ゴム設計・解析基礎
応用

シール設計・解析基礎
応用

ゴムの粘弾性から耐久性

解析・CAD自動化

解析実習
1日でMARC習得

ひずみエネルギー密度関数
サンプル無料プレゼント

第2弾ゴムタイムス社様から発売中
アマゾンからも購入可
第1弾(超弾性部のみ)プレゼント

問い合わせの方 第1弾(超弾性部のみ)ゴムのFEM解析 まもなく完売
メール: hagi@terakoya2018.com

初心者のための
ゴムの有限要素法解析

萩本光広 著

ゴムタイムス社