

解析診断、材料診断から精度・効率化アップ実現

だれでもできる解析・C A Dの自動化/効率化
これとの組み合わせで1日でも解析は修得可能です。

自動化手法・ゴムの二軸伸張試験～エネルギー密度関数回帰
修得できます。

各社様カスタマイズして最適プログラム作成します。
年間契約、スポット契約可能です。

問合せはこちらから
<https://terakoya2018.com/question>

寺子屋/CAE解援隊

連絡先 hagi@terakoya2018.com



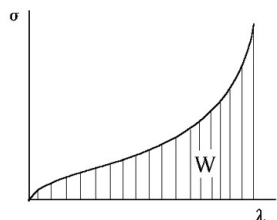
サポートの考え方 例) 超弾性解析の実用化の考え方 50万円~/年 機密保持等ご相談ください

実用化

解析用材料定義

ゴムの超弾性体定義

基本式 $W = W(I_1, I_2, I_3)$ 伸張比 $\lambda = 1 + \varepsilon$ として二軸試験から定義



二軸試験概要

① Mooney型

$$W = \sum C_{ij} (I_1 - 3)^i (I_2 - 3)^j$$

② Ogden型

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

方法1 測定及び回帰実習からの自力定義

富山工業試験場での実習(6ページ)から測定、回帰の修得
順次必要な材料の定義 費用: 20万円～
※メールでのサポートは恒久的に必ずさせていただきます。

方法2 委託測定試験から定義

寺子屋への測定依頼 1材料 29.8万円(複数割あり)

注意) 基本Mooney型定義ですので、Ogden等オプションになります。

解析方法の確立

Step1 解析方法の診断

材料、解析設定、現状の確認

Step2 解析方法の確立

次ページに示すような、ゴム独特の解析
予測精度の向上を適用する。

Step3 標準化、解析収束性の改善

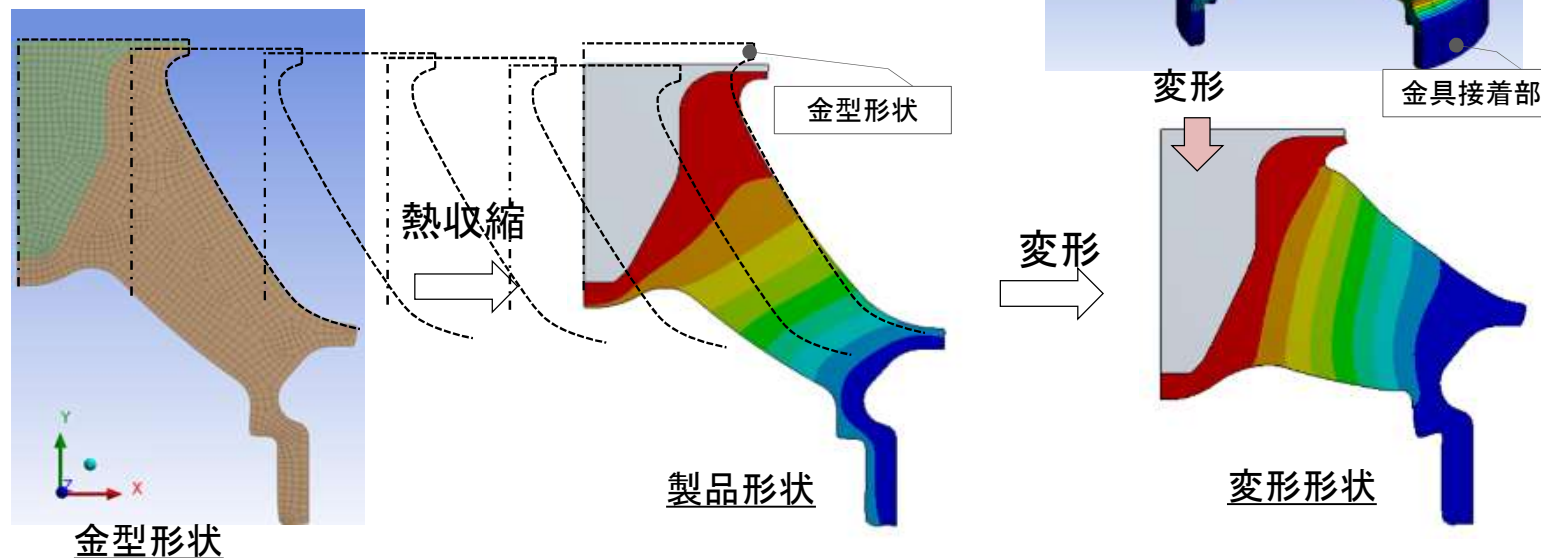
社内基準、標準的な解析方法の確立した
ものを社内展開方法等お手伝い

材料定義は精度アップに直結しますが、**解析方法を共に改善しないと、十分ではありません。**
(コンサルタントの場合、座学にて解析の注意点を
含めて全て説明させていただきます。)

メールでのサポートは行いますが、タイムリーに進めるには**費用面を考慮して全体としてのコンサルを推奨**

ゴムの F E M解析 基本フローと解析誤差要因

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。



左記、初期ひずみのみではなく

残留ひずみの考慮意外に

- 1) ゴムの寸法公差
金属に比べて非常に大きい
小さい部品ほど、寸法差が大きい
- 2) ゴム硬度差
ゴム製品は60Hs製品でも±3Hs
程度ばらつきます。(1Hs5%変化)
- 3) その他
摩擦、製造工程の違いによるばらつきなど、確認させていただきます。

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 の手順を守することで、

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。

ゴムの解析のお基本、材料定義の基本など、座学にて解析の間違えやすい定義を線形から順次理解頂きます。

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

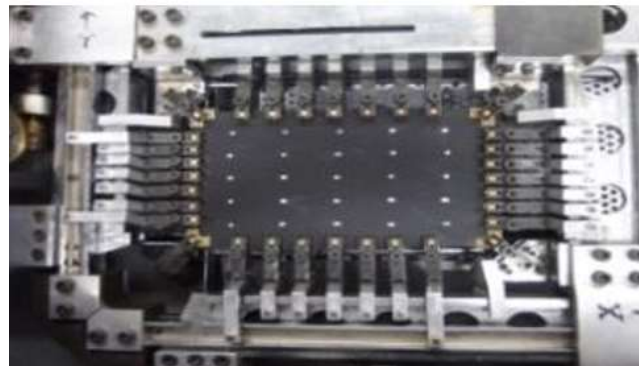
$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3) + C_{20}(I_2 - 3)^2 + C_{30}(I_2 - 3)^3$$

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。

お問い合わせリンク
<https://terakoya2018.com/question>

- 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。

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 photo of the building, there is a text block describing the center's focus on research and development for products related to daily life, specifically mentioning '衣' (clothing), '住' (housing), and '遊' (leisure). To the right is a large photograph of the modern, two-story research building. At the bottom, contact information is provided: 〒939-1503 富山県南砺市岩武新35-1, TEL: 0763-22-2141, FAX: 0763-22-4604.

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

連絡先 hagi@terakoya2018.com
080-2230-8785

[富山県産業技術研究開発センター \(pref.toyama.jp\)](http://pref.toyama.jp)

M A R C 解析を公共機関で修得しませんか

だれでもできる解析・C A Dの自動化/効率化
これとの組み合わせで1日で修得可能です。

20名程度、
1時間程度の実習で修得しています。

問合せはこちらから
<https://terakoya2018.com/question>

寺子屋/CAE解援隊

連絡先 hagi@terakoya2018.com



1 日でFEM/MARC-ゴム製品の解析を修得 –タイムスケジュール

週末を利用して、神戸・秋田でMARCを1日で修得しませんか。講習後は、バックアップ万全です。

開発・設計業務にゴムのCAEを効果的に活用するため基礎理論とFEM解析技術を展開

理論、実習面

1. 解析の基礎 理論及び実習

- 1) メッシュの作成からモデル化：平面ひずみ、平面応力、軸対称要素の説明と解析
- 2) メッシングの基本実践と理論：ご要望により調整、解析モデル持ち込み可
メッシュ作成の基本から解析まで簡単なモデル、若しくはお持ち込みモデルでの解析
- 3) 解析結果の見方：ひずみ、応力、荷重たわみ特性、面圧、その他
ゴムの基本として応力評価してはいけない/理論説明含めて

2. 解析応用 2D～3次元への展開

- 1) モデリング手法/拡張
- 2) 解析条件設定
- 3) 結果の見方と結果を簡単に出力する仕組み
- 2) 解析の自動化～CAD自動化への展開
- 3) 熱膨張及び収縮解析

ここまでAM/実習中心・理論は補助

3. 解析の便利機能

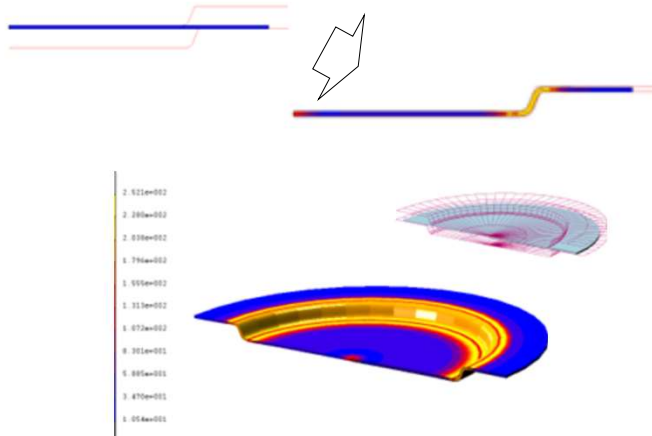
- 1) スムージング解析（回転体など）
- 2) ズーミング解析：局所の詳細解析への展開
- 3) 線形解析でも陥りやすいポイント、改善方法

※理論：ゴムのFE解析[書籍]プレゼント、詳細の説明あり。また、オペレーションのみではなく、
順次、**解析の基礎及び注意すべきポイント、ゴムの解析用材料データの構築について説明。**

導入検討・即開発適用、25万円+税ですぐに2次元（平面、軸対称）から3次元展開まで使えるようになります。

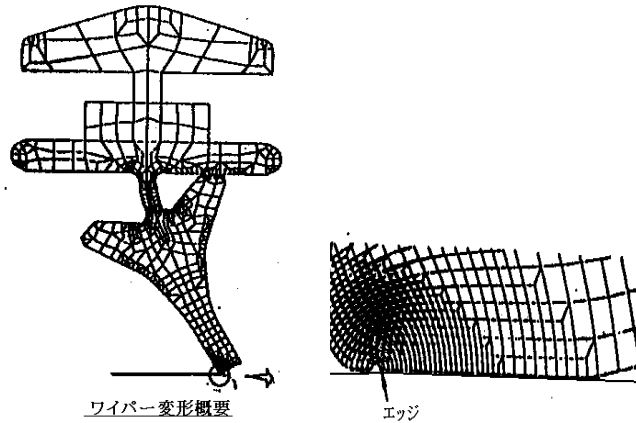
板金の塑性解析

2D解析を3D出力する方法



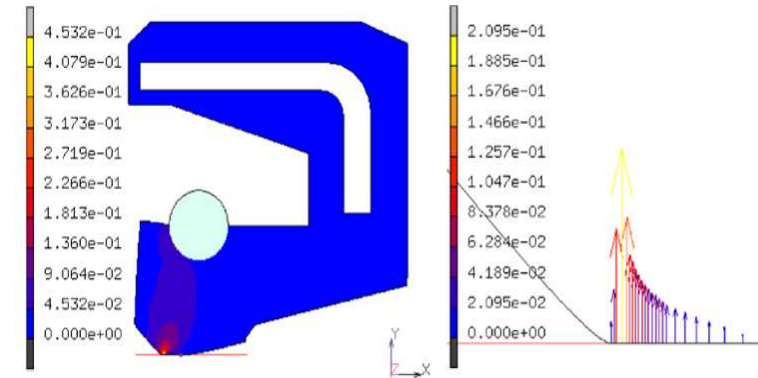
ゴムの平面2D解析

ワイパー断面のリップ詳細解析



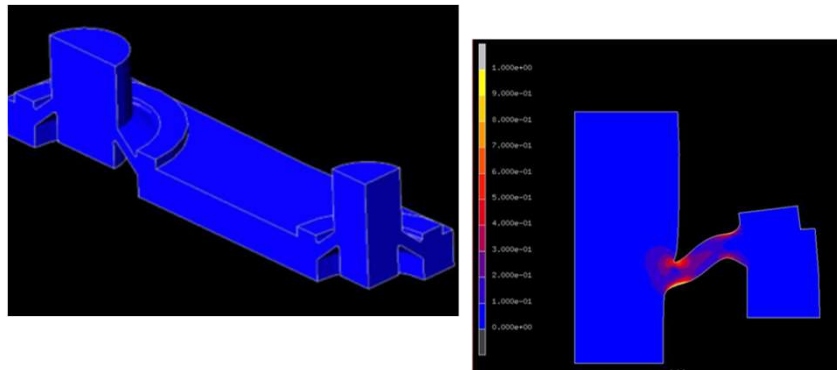
ゴムの軸対称2D解析

シールの面圧解析



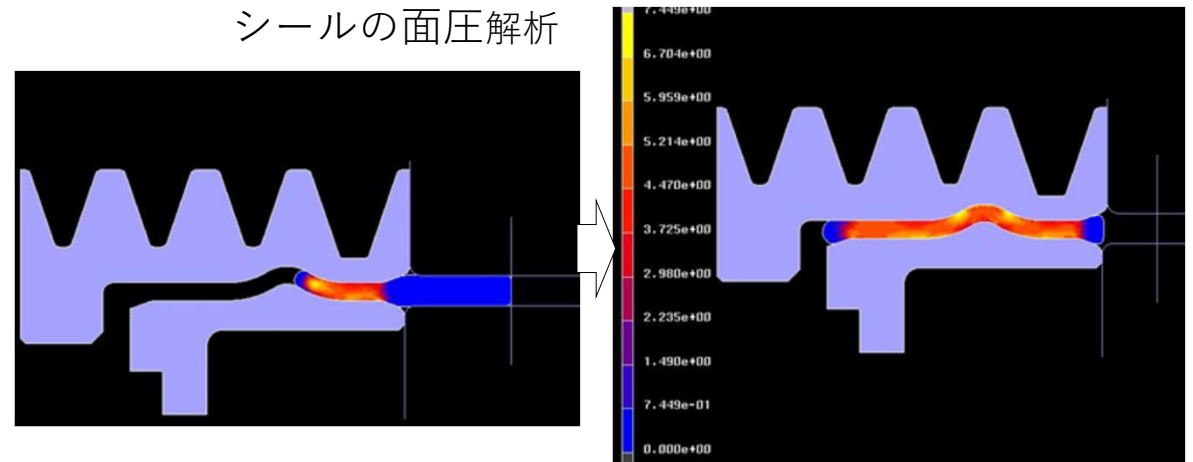
断面の軸対称2D解析

クリック反力解析



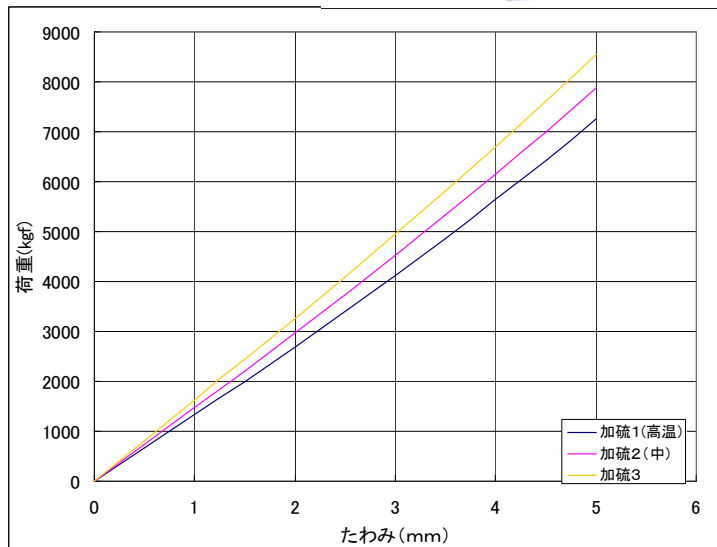
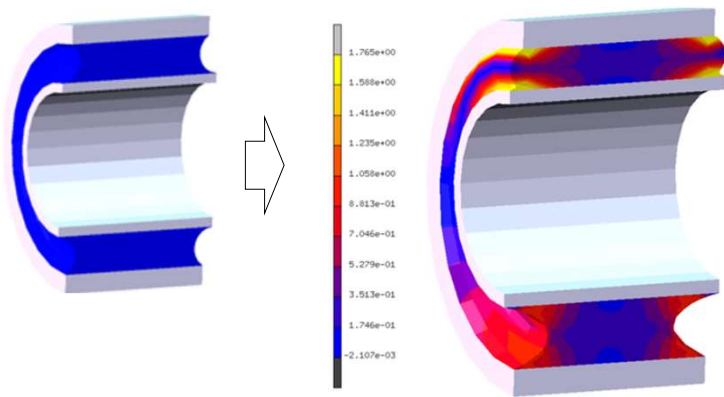
軸対称モデル-ゴムの圧入接触解析

シールの面圧解析



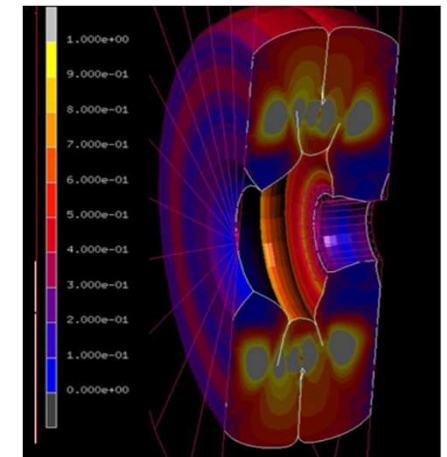
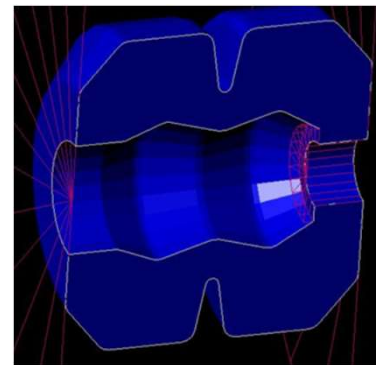
ゴムブッシュの3D解析

変形反力

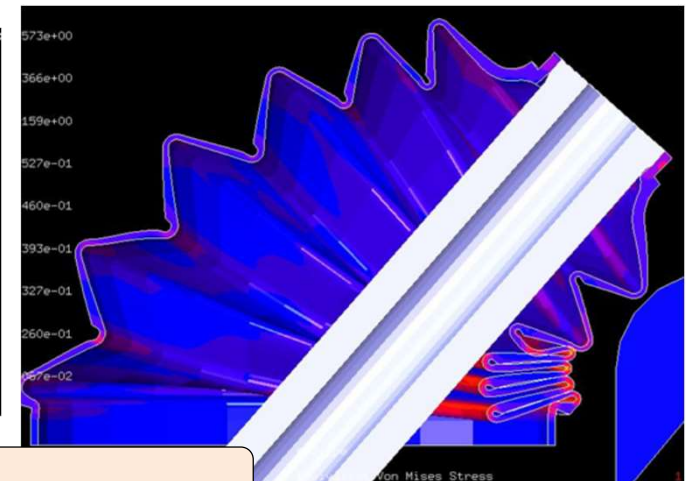
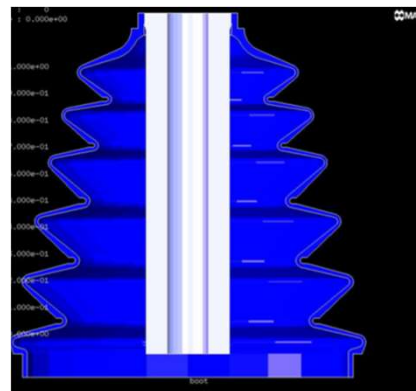


ゴムクッション2D解析～3D展開

変形反力



ブーツの揺動変形解析



自動化を取り入れて短期間で修得できます。

自動化・手順書絡めて

要素分割は、本プログラムの解析時間に最も影響を与える因子である為、詳しく説明する。
分割数は極力、下記説明の小さい方を採用のこと。

大径シール側

R部1〜2分割で十分

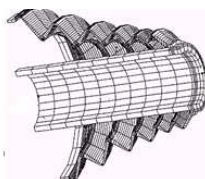
R部5〜6分割

ヒンジストリート部
2〜3分割で十分

ヒンジR部10分割

山-谷ストリート部
8〜10分割

1.
PLACEMENT.
ADD.
_node_list: 1/2断面の
DEを全て選択する。
ファイル cvj30-2.mxd 保存)



2 (プロシジャーウ) を実行する。

→PROCEDURE ECECUTE→

iter_Proc_File_Name: /disk2/user/cvj30-12.proc..

H 解析用ファイルの保存。

MARC形式: FILES→MARC WRITE.

→ Enter File Name: FILE_NAME.dar (OKTO Create? Y)

MENTAT形式: FILES→MODEL SAVE_AS.

→ Enter File Name: FILE_NAME (OKTO Create? Y)

タによる解析用ファイルの調整。

剛体としてカップ等は、定義済みなでカップ等のマージは不要。

解析ファイルの調整を参照にマージを調える。

解析の実行。

marck2003 -rid file_name -b n.

(注) バージョンを MARC2003 とすること。

[実際に作る・・・]

EXCELに実施した履歴をコピー

3D化

入力すべき項目を赤字で追記

材料
入力

ブーツ材料

要素のコピー
番号付け
元に戻して
節点共有

開発者の簡易解析の為
正式なメッシングではない

隣の出力用シートに反映

お問い合わせリンク

<https://terakoya2018.com/question>

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。

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://terakoya2018.com>

連絡先 hagi@terakoya2018.com

080-2230-8785

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 a navigation menu with links for HOME, 技術支援 (Technical Support), センター概要 (Center Overview), お知らせ (Notice), 主要設備 (Main Equipment), 刊行物 (Publications), 研究開発 (Research and Development), and 産業財産権 (Industrial Property Rights). Below the menu, there 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 photo of the building, 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。 To the right of the text is a large photo of the building. At the bottom, there is a footer with contact information: 〒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)

- プログラム（案） -

1. ゴムの測定からデータのまとめ方、注意点（最重要）と概要 10:00～10:20

1-1. 短冊、ダンベルでの単軸伸張試験の注意点

実習で行う単軸試験でのセット時のへたり補正方法について説明し、単軸試験でのゴムの挙動を確認します。

1-2. 見かけ上のヤング率について

サンプルの選定、測定方法で本当の剛性が求められないことがあります。

速度依存性を気にする方もいますが、そこはほとんど影響ありません。明確に説明します。

※お問い合わせいただければ資料で説明します。

※ゴム製造メーカーへの上手な問い合わせ方法を提案します。

1-3. 二軸理論と実習前の試験機の操作概要と注意点

ネオフックからムーニー高次関数、またオグデンでの定式化を説明します。

1-4. 試験時にやってはいけない注意点のみ説明します。

2. 単軸試験実習及び二軸試験実習

10:25～14:50

昼食休憩 (12:00～13:00)

4. 単軸及び二軸試験のまとめ

15:00～16:00

EXCELひな形を使って、回帰からエネルギー関数を定義します。

その際に、二軸試験機の制約から正確なヤング率が取れていないので、補正を行います。

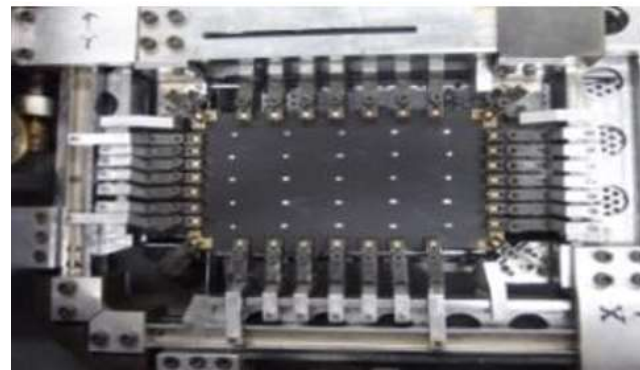
費用：1名20万円、1名追加＋2万円/税別 お弁当をご用意します。

現地の二軸試験機



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

※適用の構成則は、元のデータが同じならば
Ogden、Mooney、どれを選んでも同じ精度です。



サンプル取り付け部

動画Youtube:
一軸拘束二軸伸張

<https://youtu.be/k4d9Rw9KEv0>

動画Youtube:
均等二軸伸張

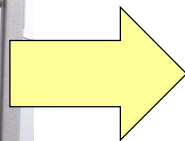
<https://youtu.be/NKkxhFv2--k>

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。

操作手順:一例

測定手順 STEP2:試験条件設定

順番に操作できる
手順書完備



注意) X及びY方向位置合わせ、4か所は触らない
こと(試験場職員のみ設定可能)

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。

ひずみエネルギー密度関数 様々な表現式

5) Mooney高次式

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

今回この係数を求める

6) Ogden

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

7) Arruda-Boyce

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

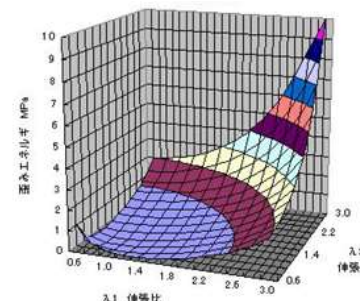
二軸用シートが用意できない方

そんな時、二軸データサンプルの提供

Mooney 3次 ひずみエネルギー密度関数

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

※注意) 必ずしも硬度と剛性に比例関係はありません。最低限、
単軸試験から剛性(ヤング率)確認をお勧めします。



提供の方法

- 1) お試しサンプル：無償提供
 - 2) 短冊の測定を基にマッチした材料提供
ヤング率からマッチしたデータ検索
 - 3) 短冊もご用意できない方
⇒製品測定と、それを模した解析から推定
- いろいろな方法があります。ご相談ください。

ニトリルゴムのサンプル例)

【NBR材】N系(回帰)					N/mm2
Gs	C10	C01	C11	C20	C30
40Hs	2.48981E-01	2.75767E-02	-4.30145E-03	#####	#####
50Hs	2.86538E-01	3.33478E-02	-4.55062E-03	#####	#####
60Hs	4.13081E-01	5.65268E-02	-5.58853E-03	#####	#####
70Hs	6.18743E-01	1.06498E-01	-7.92785E-03	#####	#####

ご用意可能な材料種と対応硬度

- | | |
|------------------------|------------------------|
| ①天然ゴム(NR)[35－80Hs] | ②スチレンゴム(SBR)[35－80Hs] |
| ③ニトリルゴム(NBR)[35－80Hs] | ④クロロプレンゴム(CR)[48－75Hs] |
| ⑤エチレン・プロピレンゴム[50－80Hs] | ⑥フッ素ゴム[55－80Hs] |
| | ⑦シリコン[35－60Hs] |

他材料、この範囲外の硬度のご相談ください。

Ogden係数の提供もありますが、どの形でも予測精度は同じです。
(Ogdenの場合、変換の手数料を頂きます)

二軸伸張試験、無料・有料(4万円～、複数割あり)の解析用データを提供します。

お問い合わせ先

ホームページに

解析の失敗しない方法、材料定義、効率化・自動化の資料多数
不足分・ご要望に応じて作成します。
お問い合わせください。

寺子屋 問合せ <https://terakoya2018.com/question>

<https://terakoya2018.com/>

TEL : 080-2230-8785

MAIL : hagi@terakoya2018.com