

線形FEM解析でできるゴム製品非線形特性予測

-線形解析で防振ゴム開発をおこなう-

2022. 10. 17. 寺子屋 萩本

寺子屋/CAE解援隊

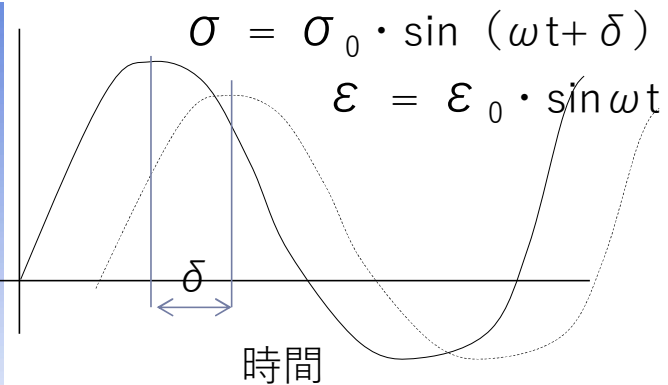
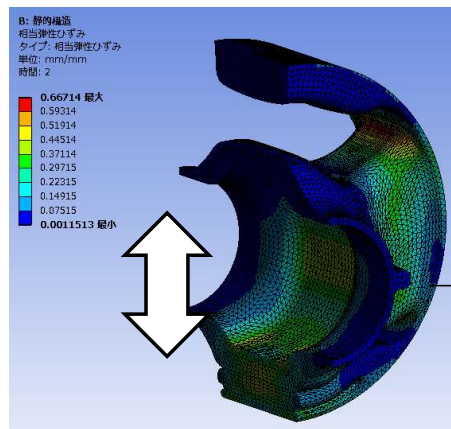
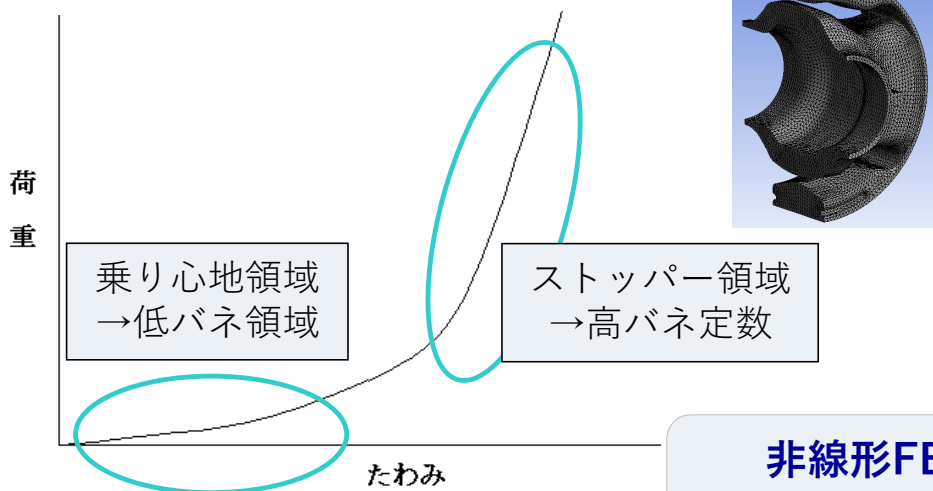
URL <https://terakoya2018.com>

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

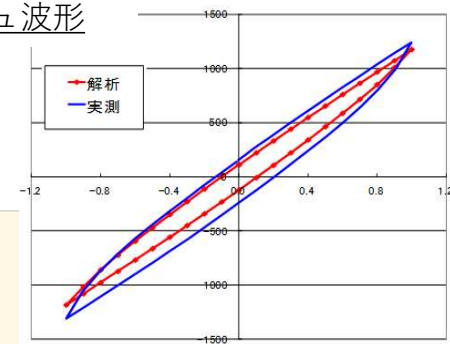


ゴムの解析

防振ゴム特性の特徴



リサージュ波形

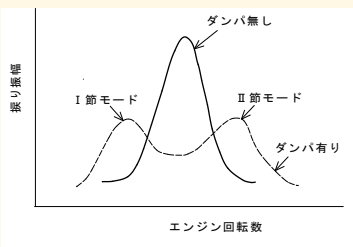


非線形FEM解析で適切な解析を行えば
十分な予測、設計が可能です。

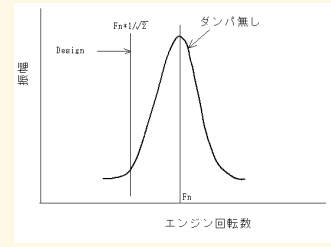
いずれにしても固有値が重要

固有値を求めることが重要で、
本来は、静ばねよりも
動ばねを求めることが重要。
静ばねから静動比を乗じて求める。

ラバーダンパー型



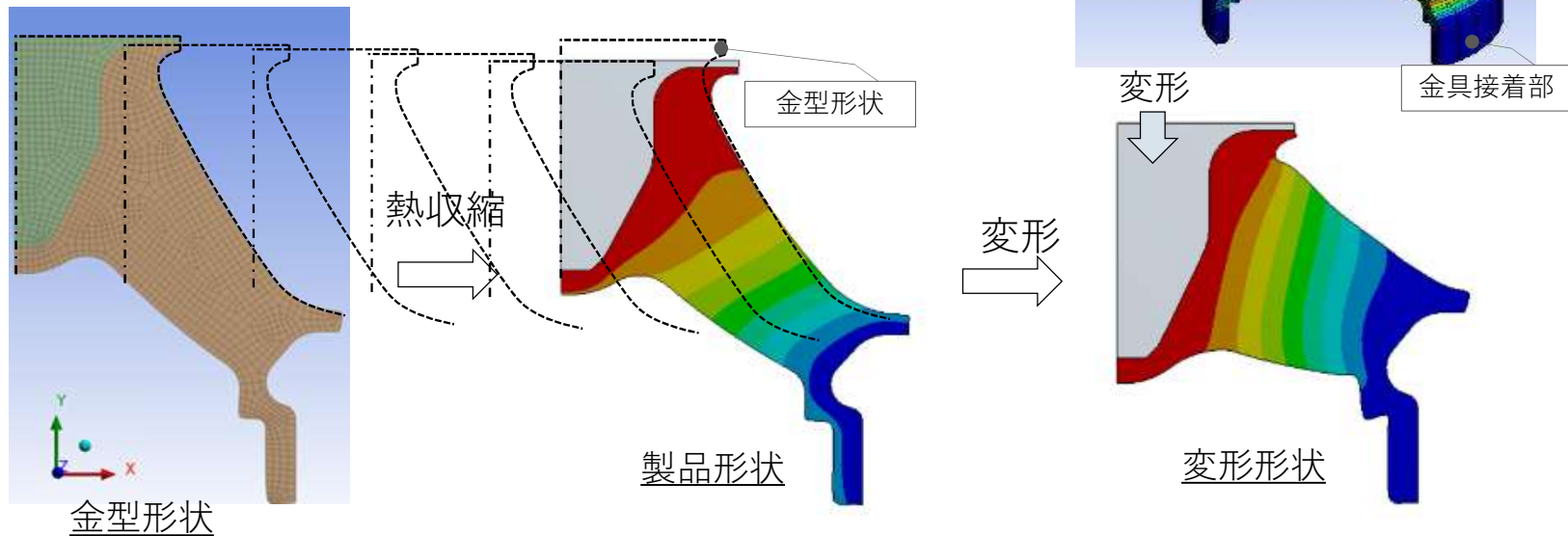
エンジンマウント型



ゴムの F E M解析 - 静ばね解析基本フロー -

非線形解析であれば適切に、正確に静ばねを求められる。

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。



線形解析ソフトは、CADと一体で普及が進んでいます。
しかし、非線形、特にゴムの解析ソフトは高価であり導入が難しいものです。

諦めていませんか？



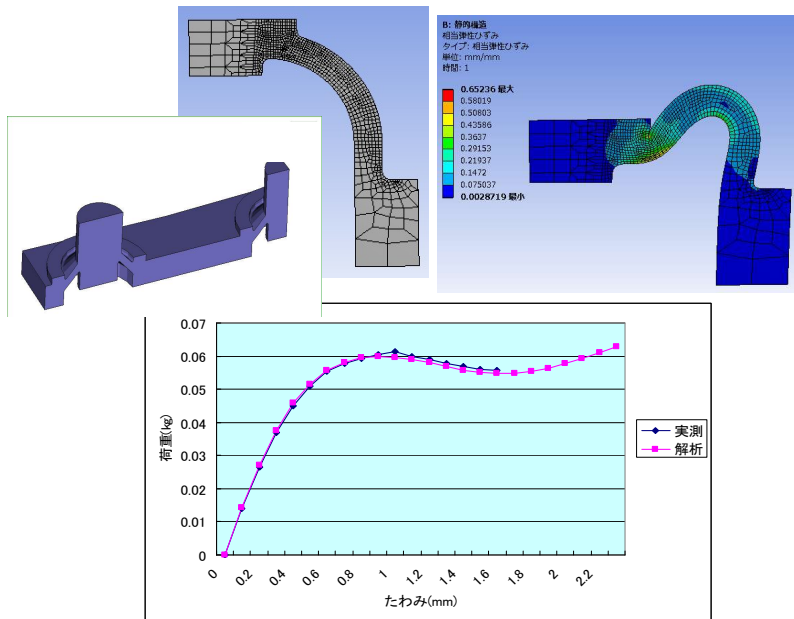
防振ゴム等のばねをFEM解析で予測する方法

方法1：公共機関での解析

MARCに限らず、工業試験場で解析ソフトが使えます。1時間2千円程度と安価です。

MARC解析とすれば、

- ①自動化推進/仕組み作り ②材料データ構築 ③解析の修得 ④結果の見方



メッシュが切れれば
ほとんど解析できます。

材料データの準備

事前打ち合わせから
MARC現地解析

・マニュアル準備
・自動化で次にはそのまま解析
(ひな型でも...)

公共機関で解析覚えませんか



MARC/MENTATマニュアル一部

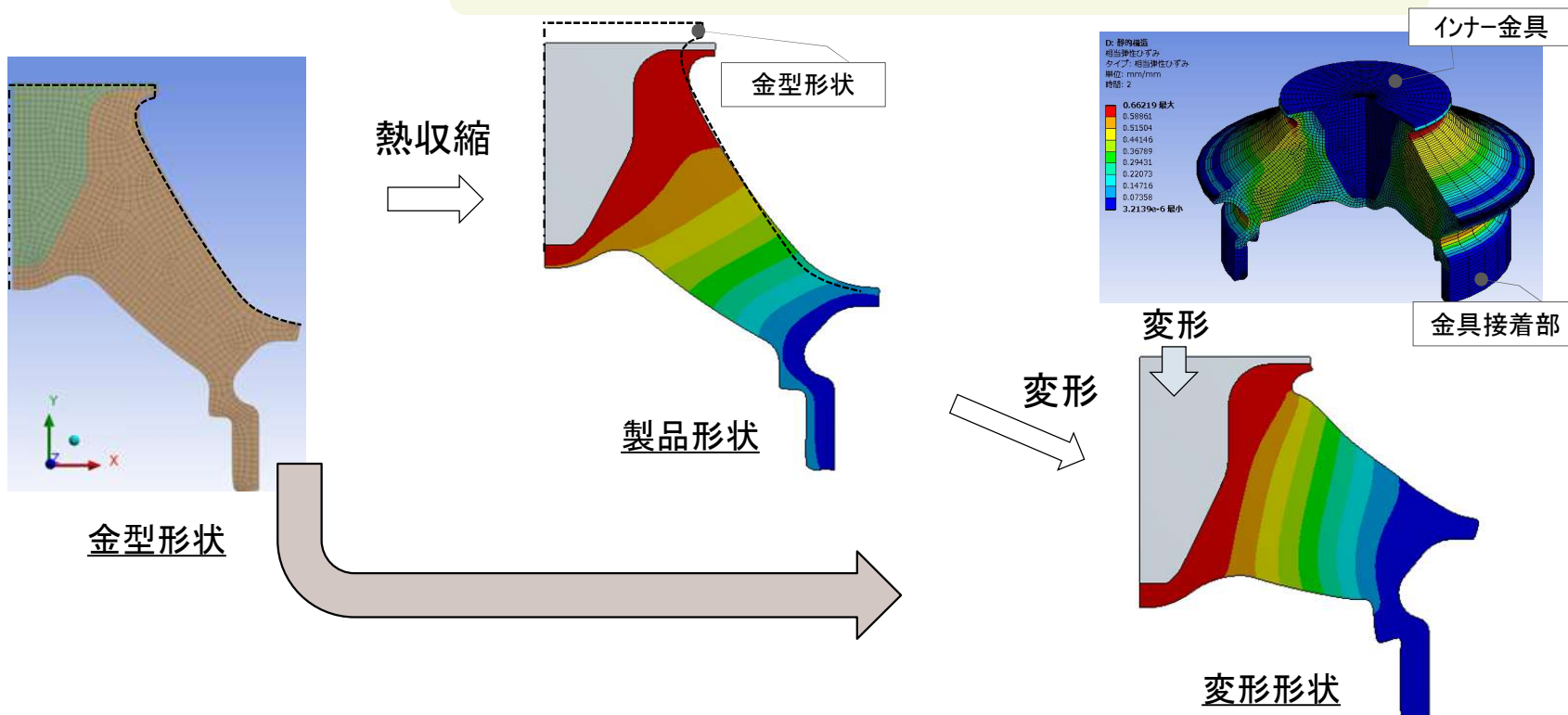
2 使用要素

要素番号	要素名	要素名
10	2次元(平面)	82
11	3次元(体積)	90
12	4次元(体積)	94
13	5次元(体積)	98
14	6次元(体積)	102
15	7次元(体積)	106
16	8次元(体積)	110
17	9次元(体積)	114
18	10次元(体積)	118
19	11次元(体積)	122
20	12次元(体積)	126
21	13次元(体積)	130
22	14次元(体積)	134
23	15次元(体積)	138
24	16次元(体積)	142
25	17次元(体積)	146
26	18次元(体積)	150
27	19次元(体積)	154
28	20次元(体積)	158
29	21次元(体積)	162
30	22次元(体積)	166
31	23次元(体積)	170
32	24次元(体積)	174
33	25次元(体積)	178
34	26次元(体積)	182
35	27次元(体積)	186
36	28次元(体積)	190
37	29次元(体積)	194
38	30次元(体積)	198
39	31次元(体積)	202
40	32次元(体積)	206
41	33次元(体積)	210
42	34次元(体積)	214
43	35次元(体積)	218
44	36次元(体積)	222
45	37次元(体積)	226
46	38次元(体積)	230
47	39次元(体積)	234
48	40次元(体積)	238
49	41次元(体積)	242
50	42次元(体積)	246
51	43次元(体積)	250
52	44次元(体積)	254
53	45次元(体積)	258
54	46次元(体積)	262
55	47次元(体積)	266
56	48次元(体積)	270
57	49次元(体積)	274
58	50次元(体積)	278
59	51次元(体積)	282
60	52次元(体積)	286
61	53次元(体積)	290
62	54次元(体積)	294
63	55次元(体積)	298
64	56次元(体積)	302
65	57次元(体積)	306
66	58次元(体積)	310
67	59次元(体積)	314
68	60次元(体積)	318
69	61次元(体積)	322
70	62次元(体積)	326
71	63次元(体積)	330
72	64次元(体積)	334
73	65次元(体積)	338
74	66次元(体積)	342
75	67次元(体積)	346
76	68次元(体積)	350
77	69次元(体積)	354
78	70次元(体積)	358
79	71次元(体積)	362
80	72次元(体積)	366
81	73次元(体積)	370
82	74次元(体積)	374
83	75次元(体積)	378
84	76次元(体積)	382
85	77次元(体積)	386
86	78次元(体積)	390
87	79次元(体積)	394
88	80次元(体積)	398
89	81次元(体積)	402
90	82次元(体積)	406
91	83次元(体積)	410
92	84次元(体積)	414
93	85次元(体積)	418
94	86次元(体積)	422
95	87次元(体積)	426
96	88次元(体積)	430
97	89次元(体積)	434
98	90次元(体積)	438
99	91次元(体積)	442
100	92次元(体積)	446
101	93次元(体積)	450
102	94次元(体積)	454
103	95次元(体積)	458
104	96次元(体積)	462
105	97次元(体積)	466
106	98次元(体積)	470
107	99次元(体積)	474
108	100次元(体積)	478
109	101次元(体積)	482
110	102次元(体積)	486
111	103次元(体積)	490
112	104次元(体積)	494
113	105次元(体積)	498
114	106次元(体積)	502
115	107次元(体積)	506
116	108次元(体積)	510
117	109次元(体積)	514
118	110次元(体積)	518
119	111次元(体積)	522
120	112次元(体積)	526
121	113次元(体積)	530
122	114次元(体積)	534
123	115次元(体積)	538
124	116次元(体積)	542
125	117次元(体積)	546
126	118次元(体積)	550
127	119次元(体積)	554
128	120次元(体積)	558
129	121次元(体積)	562
130	122次元(体積)	566
131	123次元(体積)	570
132	124次元(体積)	574
133	125次元(体積)	578
134	126次元(体積)	582
135	127次元(体積)	586
136	128次元(体積)	590
137	129次元(体積)	594
138	130次元(体積)	598
139	131次元(体積)	602
140	132次元(体積)	606
141	133次元(体積)	610
142	134次元(体積)	614
143	135次元(体積)	618
144	136次元(体積)	622
145	137次元(体積)	626
146	138次元(体積)	630
147	139次元(体積)	634
148	140次元(体積)	638
149	141次元(体積)	642
150	142次元(体積)	646
151	143次元(体積)	650
152	144次元(体積)	654
153	145次元(体積)	658
154	146次元(体積)	662
155	147次元(体積)	666
156	148次元(体積)	670
157	149次元(体積)	674
158	150次元(体積)	678
159	151次元(体積)	682
160	152次元(体積)	686
161	153次元(体積)	690
162	154次元(体積)	694
163	155次元(体積)	698
164	156次元(体積)	702
165	157次元(体積)	706
166	158次元(体積)	710
167	159次元(体積)	714
168	160次元(体積)	718
169	161次元(体積)	722
170	162次元(体積)	726
171	163次元(体積)	730
172	164次元(体積)	734
173	165次元(体積)	738
174	166次元(体積)	742
175	167次元(体積)	746
176	168次元(体積)	750
177	169次元(体積)	754
178	170次元(体積)	758
179	171次元(体積)	762
180	172次元(体積)	766
181	173次元(体積)	770
182	174次元(体積)	774
183	175次元(体積)	778
184	176次元(体積)	782
185	177次元(体積)	786
186	178次元(体積)	790
187	179次元(体積)	794
188	180次元(体積)	798
189	181次元(体積)	802
190	182次元(体積)	806
191	183次元(体積)	810
192	184次元(体積)	814
193	185次元(体積)	818
194	186次元(体積)	822
195	187次元(体積)	826
196	188次元(体積)	830
197	189次元(体積)	834
198	190次元(体積)	838
199	191次元(体積)	842
200	192次元(体積)	846
201	193次元(体積)	850
202	194次元(体積)	854
203	195次元(体積)	858
204	196次元(体積)	862
205	197次元(体積)	866
206	198次元(体積)	870
207	199次元(体積)	874
208	200次元(体積)	878
209	201次元(体積)	882
210	202次元(体積)	886
211	203次元(体積)	890
212	204次元(体積)	894
213	205次元(体積)	898
214	206次元(体積)	902
215	207次元(体積)	906
216	208次元(体積)	910
217	209次元(体積)	914
218	210次元(体積)	918
219	211次元(体積)	922
220	212次元(体積)	926
221	213次元(体積)	930
222	214次元(体積)	934
223	215次元(体積)	938
224	216次元(体積)	942
225	217次元(体積)	946
226	218次元(体積)	950
227	219次元(体積)	954
228	220次元(体積)	958
229	221次元(体積)	962
230	222次元(体積)	966
231	223次元(体積)	970
232	224次元(体積)	974
233	225次元(体積)	978
234	226次元(体積)	982
235	227次元(体積)	986
236	228次元(体積)	990
237	229次元(体積)	994
238	230次元(体積)	998
239	231次元(体積)	1002
240	232次元(体積)	1006
241	233次元(体積)	1010
242	234次元(体積)	1014
243	235次元(体積)	1018
244	236次元(体積)	1022
245	237次元(体積)	1026
246	238次元(体積)	1030
247	239次元(体積)	1034
248	240次元(体積)	1038
249	241次元(体積)	1042
250	242次元(体積)	1046
251	243次元(体積)	1050
252	244次元(体積)	1054
253	245次元(体積)	1058
254	246次元(体積)	1062
255	247次元(体積)	1066
256	248次元(体積)	1070
257	249次元(体積)	1074
258	250次元(体積)	1078
259	251次元(体積)	1082
260	252次元(体積)	1086
261	253次元(体積)	1090
262	254次元(体積)	1094
263	255次元(体積)	1098
264	256次元(体積)	1102
265	257次元(体積)	1106
266	258次元(体積)	1110
267	259次元(体積)	1114
268	260次元(体積)	1118
269	261次元(体積)	1122
270	262次元(体積)	1126
271	263次元(体積)	1130
272	264次元(体積)	1134
273	265次元(体積)	1138
274	266次元(体積)	1142
275	267次元(体積)	1146
276	268次元(体積)	1150
277	269次元(体積)	1154
278	270次元(体積)	1158
279	271次元(体積)	1162
280	272次元(体積)	1166
281	273次元(体積)	1170
282	274次元(体積)	1174
283	275次元(体積)	1178
284	276次元(体積)	1182
285	277次元(体積)	1186
286	278次元(体積)	1190
287	279次元(体積)	1194
288	280次元(体積)	1198
289	281次元(体積)	1202
290	282次元(体積)	1206
291	283次元(体積)	1210
292	284次元(体積)	1214
293	285次元(体積)	1218
294	286次元(体積)	1222
295	287次元(体積)	1226
296	288次元(体積)	1230
297	289次元(体積)	1234
298	290次元(体積)	1238
299	291次元(体積)	1242
300	292次元(体積)	1246
301	293次元(体積)	1250
302	294次元(体積)	1254
303	295次元(体積)	1258
304	296次元(体積)	1262
305	297次元(体積)	1266
306	298次元(体積)	1270
307	299次元(体積)	1274
308	300次元(体積)	1278
309	301次元(体積)	1282
310	302次元(体積)	1286
311	303次元(体積)	1290
312	304次元(体積)	1294
313	305次元(体積)	1298
314	306次元(体積)	1302
315	307次元(体積)	1306
316	308次元(体積)	1310
317	309次元(体積)	1314
318	310次元(体積)	1318
319	311次元(体積)	1322
320	312次元(体積)	1326
321	313次元(体積)	1330
322	314次元(体積)	1334
323	315次元(体積)	1338
324	316次元(体積)	1342
325	317次元(体積)	1346
326	318次元(体積)	1350
327	319次元(体積)	1354
328	320次元(体積)	1358
329	321次元(体積)	1362
330	322次元(体積)	1366
331	323次元(体積)	1370
332	324次元(体積)	1374
333	325次元(体積)	1378
334		

防振ゴム等のばねをFEM解析で予測する方法

方法 2 : 線形FEM解析の利用

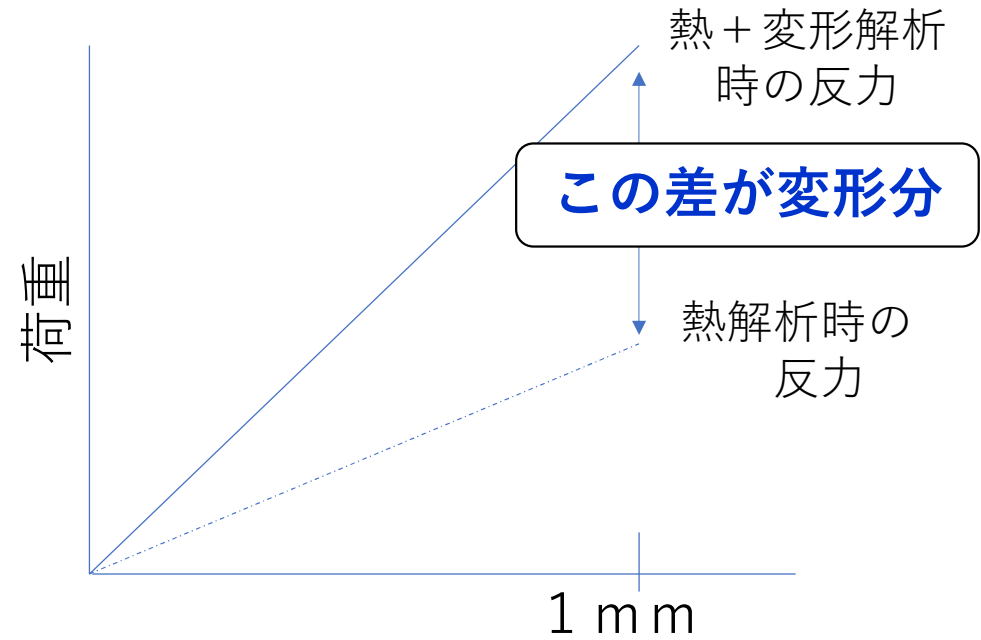
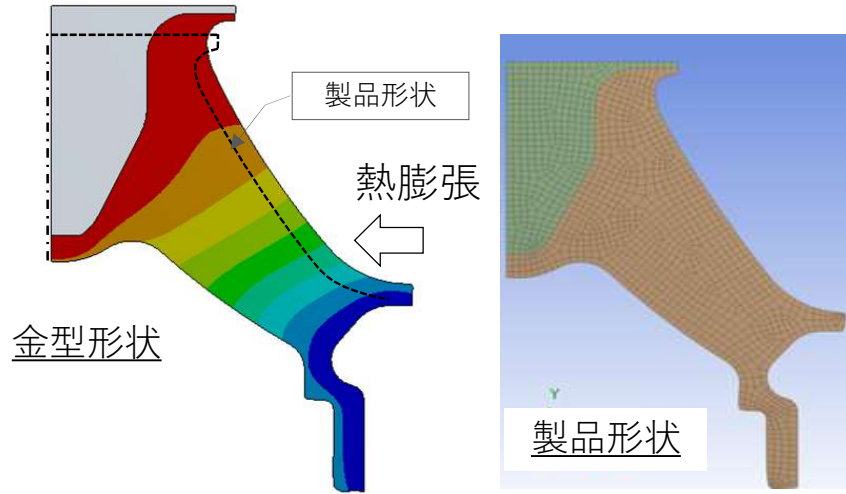
熱 + 変形解析 = 非線形解析



多段階の解析が必要な非線形解析を、**1段階で差分でばねを確認すれば線形で十分。**
また、**ゴムの特性のお話し**(YouTube)で紹介、大変形も予測可能。(ここでは省略可)

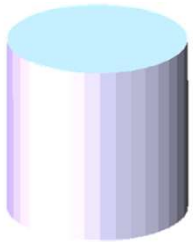


金具接着タイプは基本として熱膨張 ⇒ひずみキャンセル

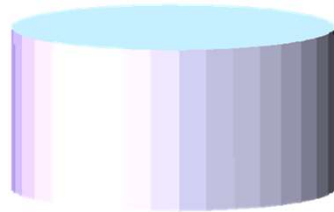


ゴム単体製品はそのまま解析

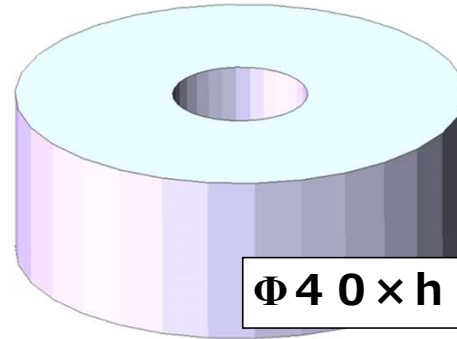
他の条件が入っても、この差ができるよう条件付け



$\Phi 10 \times h 10 \text{ mm}^3$



$\Phi 29 \times h 12.7 \text{ mm}^3$



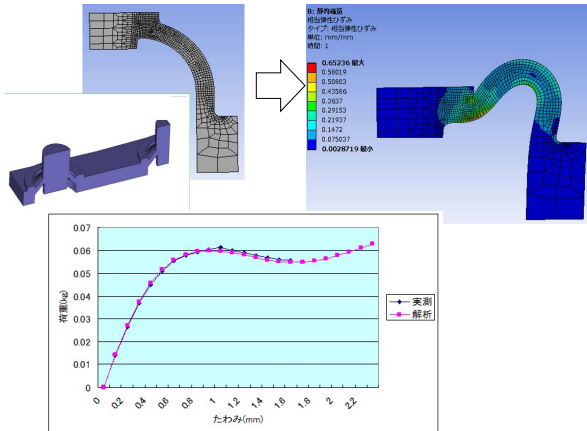
$\Phi 40 \times h 15 \text{ mm}^3$



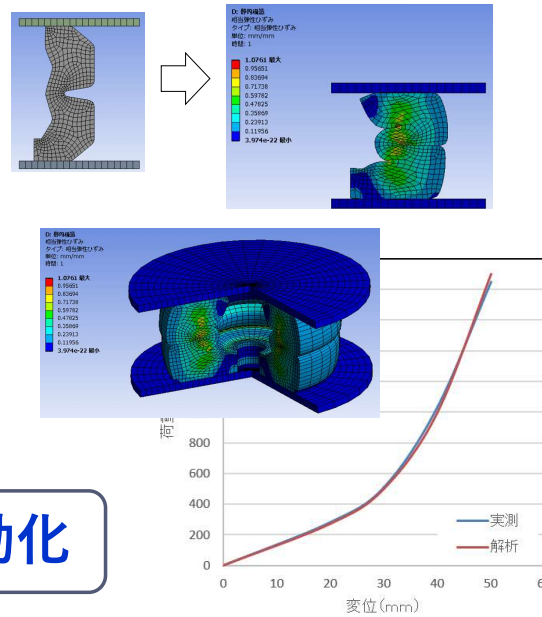
情報

①ゴムのFEM解析基礎

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

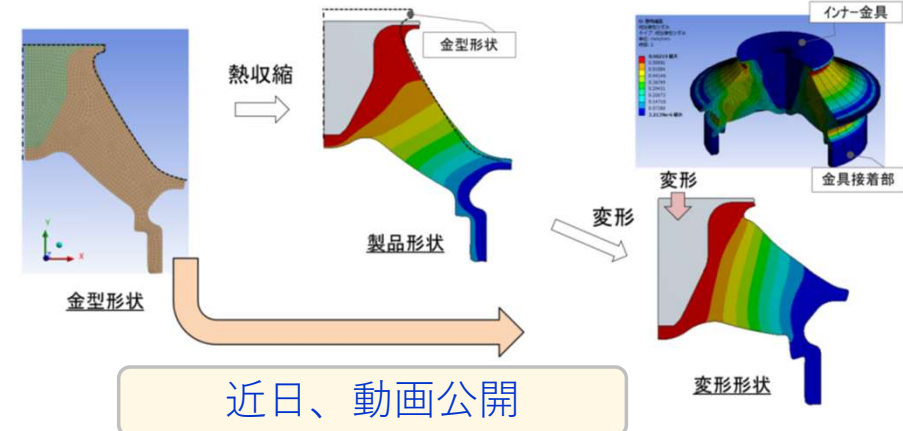


③FEM解析の自動化

お手伝いします、ご相談ください。

②線形FEM解析で防振ゴム設計

線形解析ソフトでの 熱+変形解析=非線形解析



③CADの自動化（自動描画）

④業務の効率化



セミナーのご案内

無料セミナーはご招待いただき開催も検討

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

コトカタムス社



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@terakoya2018.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。-

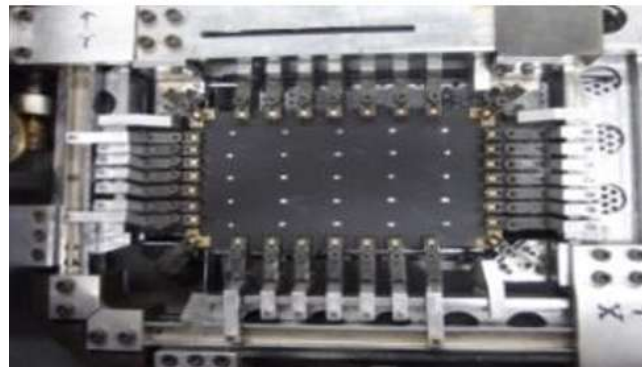
二軸伸張試験実施 ⇒ひずみエネルギー密度関数(Mooney, Ogden等回帰、係数算出。 25万円～複数割あり

$$W=C10(I1-3)+C01(I2-3)+C11(I1-3)(I2-3)+C20(I2-3)^2+C30(I2-3)^3$$

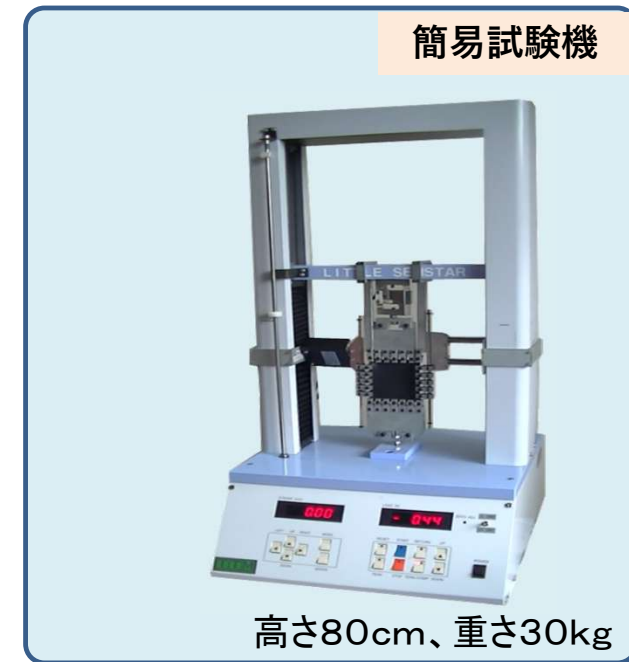
Ogden定義も可能です。



- ・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



サンプル取り付け部



高さ80cm、重さ30kg

現地（富山）の二軸試験機

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

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。

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。

富山県 産業技術研究開発センター
Google 検索
WWW を検索 センター内を検索
リンク お問い合わせ

HOME 技術支援 センター概要 お知らせ 主要設備 刊行物 研究開発 産業財産権
Program About News Facility Publication Development Industrial property rights

ホーム > 概要 > 組織・研究職員 > 生活工学研究所

概要・沿革 組織・研究職員 交通案内

生活工学研究所

「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。

〒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)

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。

ゴムのFEM解析を中心としたお手伝い

解析用材料定義から予測精度の向上

セミナー開催・お役立ち情報の発信

ゴムの疲労寿命・
耐久性予測

CAD、FEM解析の効率化・自動化

ご不明な点があれば何なりとお問合せください。
メールでの対応はどこまでも無料です。

寺子屋 検索：ゴムのFEM解析 寺子屋

<https://terakoya2018.com/>

MAIL : hagi@terakoya2018.com



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) 販売完了

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@terakoya2018.com



講師の履歴書 youtubekワード ゴムの解析 寺子屋 自己紹介

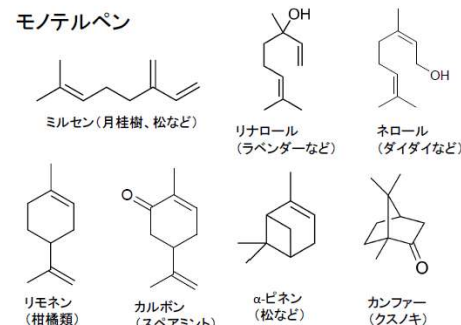


進学校の予定が
推薦入学で
オリンピックめざし
インターハイまで

中学 ⇒ 高校

大学

物理が苦手な化学専攻
香水の合成



快い香りのものが多い

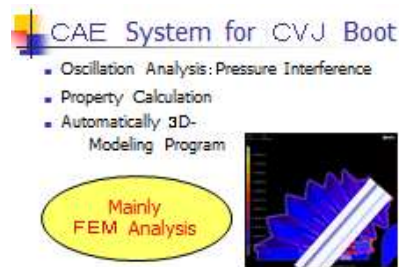
英語勉強せず
(化学と数学で突破)

ちょっとしたこと
推薦でなく受験

就職

防振ゴムの設計/物理系

1991年～ FEM解析
主担当・海外研修
解析マニュアル全て英語



英語での講師 2000年ころ
海外からの研修・講師

現在

物理系
FEM解析での仕事

化学系出身でもこの程度できます。

寺子屋代表 自己紹介YouTube ご覧ください

https://www.youtube.com/watch?v=fpEvkk_wow8&t=17s