

## ひずみエネルギー密度関数回帰

(EXCELシート使用して特に二軸データは200行以下にする)

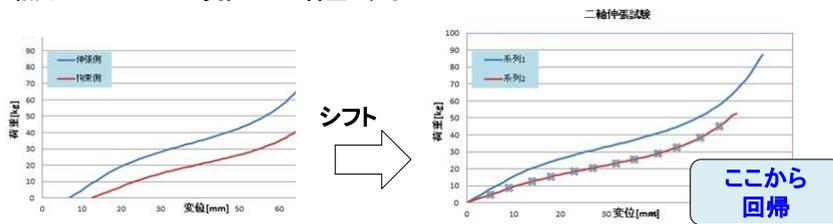
①間引き: 処理を楽にするため、データを10分の1に間引く  
基本EXCELファイルに測定データをコピー、データ削減する

記録: 3回 30秒での往き、戻り繰り返し4000行のデータ(参考)

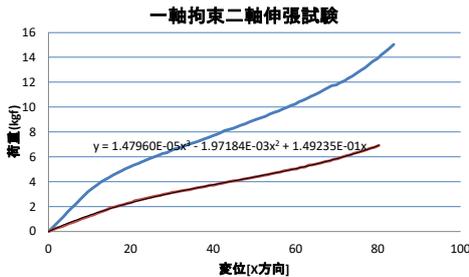
②不要データの削除: 1回目データ、若しくは3回目データのみ残す  
必要なデータ以外削除する。

③ゼロ点補正 & シフト: ダレ等いの処理を行い、ゼロ点を求める

単軸、二軸共にシフトしてゼロ変位vsゼロ荷重とする



EXCEL回帰式を求め、同じ変位に対するX方向荷重(既存データ)及びY方向荷重を式から求める。



富山工業技術センター、生活工学研究所  
2軸引張試験機をつかみ具にゴムシートを固定し、引張る  
2軸引張試験、1軸固定1軸引張試験(Y軸固定し、X軸を引張った)  
1.0mm/s  
①1回目 事前の予備引張等は行わず、組み付け後、即測定を行った。  
②1回目、2回目と同じ伸張量で3回目の身長測定を行った。  
引張試験結果シートに記載  
距離[mm]はクロス間ヘッド距離の増加分を示す。  
荷重は引張荷重[kg]  
装置引張限界は200mm。

ひな形シートに張り付け回帰

X変位に対する  
X及びY荷重を求め、右に代入

これが目的です。  
では実作業...

サンプル値  
ヤング率 1.102286 N/mm<sup>2</sup>

試験片	厚さ(mm)	1	2	変位X	λ 1	σx [N/mm <sup>2</sup> ]	σy [N/mm <sup>2</sup> ]
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
2	1.0000	1.0000	0.5000	1.0000	1.0100	0.1307	1.0000
3	2.0000	2.0000	1.0000	2.0000	1.0200	0.2613	1.0000
4	3.0000	3.0000	1.5000	3.0000	1.0300	0.3920	1.0000
5	4.0000	4.0000	2.0000	4.0000	1.0400	0.5227	1.0000
6	5.0000	5.0000	2.5000	5.0000	1.0500	0.6533	1.0000
7	6.0000	6.0000	3.0000	6.0000	1.0600	0.7840	1.0000
8	7.0000	7.0000	3.5000	7.0000	1.0700	0.9147	1.0000
9	8.0000	8.0000	4.0000	8.0000	1.0800	1.0453	1.0000
0	9.0000	9.0000	4.5000	9.0000	1.0900	1.1760	1.0000
1	10.0000	10.0000	5.0000	0.0000	1.1000	1.3067	1.0000
2	11.0000	11.0000	5.5000	1.0000	1.1100	1.4373	1.0000
3	12.0000	12.0000	6.0000	2.0000	1.1200	1.5680	1.0000
4	13.0000	13.0000	6.5000	3.0000	1.1300	1.6987	1.0000
5	14.0000	14.0000	7.0000	4.0000	1.1400	1.8293	1.0000
6	15.0000	15.0000	7.5000	5.0000	1.1500	1.9600	1.0000
7	16.0000	16.0000	8.0000	6.0000	1.1600	2.0907	1.0000
8	17.0000	17.0000	8.5000	7.0000	1.1700	2.2213	1.0000
9	18.0000	18.0000	9.0000	8.0000	1.1800	2.3520	1.0000
20	19.0000	19.0000	9.5000	19.0000	1.1900	2.4827	1.0000
21	20.0000	20.0000	10.0000	20.0000	1.2000	2.6133	1.0000

★Wひな形EXCEL-簡易二軸試験機版2020.xlsm を開き、試験条件を必要に応じて記入。

試験装置 富山工業技術センター、生活工学研究所  
 試験方法 2軸引張試験機のみみ具にコムシー  
 試験内容 2軸引張試験、1軸固定1軸引張試験  
 引張速度 1.0mm/s  
 予備引張 ①1回目 事前の予備引張等は行わず  
 ②1回目、2回目と同じ伸張量で3回目  
 試験結果 引張試験結果シートに記載  
 距離[mm]はクロス間ヘッド距離の増加分を示す。  
 荷重は引張荷重[kg]  
 その他 装置引張限界は200mm。

このシートの色に  
 入力すると他は自動計算される

【測定結果】

サンプル厚さ 1.2 [mm] ヤング率 1.02235 N/mm<sup>2</sup> 入力 コピー

試験片 No.1	厚さ[mm]	変位 [mm]	荷重 [kgf]	荷重Y [kgf]	変位X [mm]	伸長比	$\sigma_x$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	1.0000	1.0000	0.5000	1.0000	1.0100	1.0100	0.4925	0.9768
3	2.0000	2.0000	1.0000	2.0000	1.0200	1.0200	0.9850	1.9536
4	3.0000	3.0000	1.5000	3.0000	1.0300	1.0300	1.4775	2.9304
5	4.0000	4.0000	2.0000	4.0000	1.0400	1.0400	1.9700	3.9072
6	5.0000	5.0000	2.5000	5.0000	1.0500	1.0500	2.4625	4.8840
7	6.0000	6.0000	3.0000	6.0000	1.0600	1.0600	2.9550	5.8608
8	7.0000	7.0000	3.5000	7.0000	1.0700	1.0700	3.4475	6.8376
9	8.0000	8.0000	4.0000	8.0000	1.0800	1.0800	3.9400	7.8144
10	9.0000	9.0000	4.5000	9.0000	1.0900	1.0900	4.4325	8.7912
11	10.0000	10.0000	5.0000	10.0000	1.1000	1.1000	4.9250	9.7680
12	11.0000	11.0000	5.5000	11.0000	1.1100	1.1100	5.4175	10.7448
13	12.0000	12.0000	6.0000	12.0000	1.1200	1.1200	5.9100	11.7216
14	13.0000	13.0000	6.5000	13.0000	1.1300	1.1300	6.4025	12.6984
15	14.0000	14.0000	7.0000	14.0000	1.1400	1.1400	6.8950	13.6752
16	15.0000	15.0000	7.5000	15.0000	1.1500	1.1500	7.3875	14.6520
17	16.0000	16.0000	8.0000	16.0000	1.1600	1.1600	7.8800	15.6288
18	17.0000	17.0000	8.5000	17.0000	1.1700	1.1700	8.3725	16.6056
19	18.0000	18.0000	9.0000	18.0000	1.1800	1.1800	8.8650	17.5824
20	19.0000	19.0000	9.5000	19.0000	1.1900	1.1900	9.3575	18.5592
21	20.0000	20.0000	10.0000	20.0000	1.2000	1.2000	9.8500	19.5360

1) 応力計算を行うため  
 シート厚みを入力する

X補正変位とX荷重、Y荷重の  
 データをコピーして回帰シートへ数値貼り付け

3) 拘束側荷重は  
 先に近似した式で入力

2) 伸張側コピーで  
 値を張り付け

200行用のシートのため、  
 それ以下に調整

開発 ⇒ マクロ ⇒ エラー行削除  
 不要なものが消去可能

② ★Wひな形EXCEL(最新) ひな形Excelシート-空欄行削除 [英語モード]

サンプル厚さ 1.2 [mm] ヤング率 3.50 N/mm<sup>2</sup> 入力 コピー

試験片 No.1	厚さ[mm]	変位 [mm]	荷重 [kgf]	荷重Y [kgf]	変位X [mm]	伸長比	$\sigma_x$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_y$ [N/mm <sup>2</sup> ]
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
2	3.6000	1.2600	0.5400	3.6000	1.0350	1.0350	0.1950	0.9768
3	4.5000	1.5740	0.6750	4.5000	1.0455	1.0455	0.2467	0.9883
4	5.5400	1.8818	0.8116	5.5400	1.0554	1.0554	0.2458	1.0000
5	6.6500	2.2301	0.9566	6.6500	1.0653	1.0653	0.2883	1.0000
6	7.5900	2.4784	1.0800	7.5900	1.0758	1.0758	0.3240	1.0000
7	8.5400	2.7362	1.1988	8.5400	1.0859	1.0859	0.3540	1.0000
8	9.5100	3.0061	1.3258	9.5100	1.0956	1.0956	0.3790	1.0000
9	10.5000	3.2576	1.4428	10.5000	1.1050	1.1050	0.4000	1.0000
10	11.6500	3.5188	1.5581	11.6500	1.1141	1.1141	0.4172	1.0000
11	12.8000	3.7378	1.6740	12.8000	1.1229	1.1229	0.4300	1.0000
12	13.9199	3.9628	1.7846	13.9199	1.1314	1.1314	0.4383	1.0000
13	14.0100	4.1722	1.8889	14.0100	1.1396	1.1396	0.4425	1.0000
14	15.5699	4.3970	1.9972	15.5699	1.1475	1.1475	0.4438	1.0000
15	16.9599	4.5938	2.0957	16.9599	1.1551	1.1551	0.4411	1.0000
16	17.6500	4.7641	2.1811	17.6500	1.1624	1.1624	0.4350	1.0000
17	18.5400	4.9184	2.2544	18.5400	1.1694	1.1694	0.4263	1.0000
18	19.5100	5.0576	2.3168	19.5100	1.1761	1.1761	0.4150	1.0000
19	20.5800	5.1818	2.3689	20.5800	1.1825	1.1825	0.4025	1.0000
20	21.7500	5.2910	2.4107	21.7500	1.1886	1.1886	0.3890	1.0000
21	23.0000	5.3850	2.4420	23.0000	1.1944	1.1944	0.3738	1.0000
22	24.4500	5.4638	2.4638	24.4500	1.2000	1.2000	0.3573	1.0000
23	26.0000	5.5273	2.4763	26.0000	1.2053	1.2053	0.3398	1.0000
24	27.7500	5.5755	2.4795	27.7500	1.2104	1.2104	0.3215	1.0000
25	29.7000	5.6084	2.4734	29.7000	1.2152	1.2152	0.2928	1.0000
26	31.8500	5.6260	2.4580	31.8500	1.2197	1.2197	0.2638	1.0000
27	34.2000	5.6282	2.4332	34.2000	1.2239	1.2239	0.2348	1.0000
28	36.7500	5.6150	2.3890	36.7500	1.2278	1.2278	0.2060	1.0000
29	39.5000	5.5864	2.3256	39.5000	1.2314	1.2314	0.1775	1.0000
30	42.4500	5.5425	2.2431	42.4500	1.2347	1.2347	0.1495	1.0000
31	45.6000	5.4842	2.1416	45.6000	1.2377	1.2377	0.1220	1.0000
32	48.9500	5.4115	2.0211	48.9500	1.2404	1.2404	0.0950	1.0000
33	52.5000	5.3254	1.8816	52.5000	1.2428	1.2428	0.0685	1.0000
34	56.2500	5.2258	1.7231	56.2500	1.2449	1.2449	0.0425	1.0000
35	60.3000	5.1127	1.5456	60.3000	1.2467	1.2467	0.0170	1.0000
36	64.6500	4.9870	1.3491	64.6500	1.2482	1.2482	0.0010	1.0000
37	69.3000	4.8588	1.1336	69.3000	1.2494	1.2494	-0.0145	1.0000
38	74.2500	4.7280	0.8991	74.2500	1.2503	1.2503	-0.0295	1.0000
39	79.5000	4.5945	0.6456	79.5000	1.2509	1.2509	-0.0448	1.0000
40	85.0500	4.4584	0.3731	85.0500	1.2512	1.2512	-0.0603	1.0000
41	90.9000	4.3197	0.0816	90.9000	1.2512	1.2512	-0.0760	1.0000
42	97.0500	4.1784	-0.2279	97.0500	1.2509	1.2509	-0.0918	1.0000
43	103.5000	4.0345	-0.5330	103.5000	1.2503	1.2503	-0.1076	1.0000
44	110.2500	3.8880	-0.8275	110.2500	1.2494	1.2494	-0.1233	1.0000
45	117.3000	3.7389	-1.1114	117.3000	1.2482	1.2482	-0.1388	1.0000
46	124.6500	3.5872	-1.3847	124.6500	1.2467	1.2467	-0.1540	1.0000
47	132.3000	3.4330	-1.6474	132.3000	1.2449	1.2449	-0.1688	1.0000
48	140.2500	3.2763	-1.8995	140.2500	1.2428	1.2428	-0.1832	1.0000
49	148.5000	3.1181	-2.1410	148.5000	1.2404	1.2404	-0.1971	1.0000
50	157.0500	2.9584	-2.3719	157.0500	1.2377	1.2377	-0.2105	1.0000
51	165.9000	2.7972	-2.5922	165.9000	1.2347	1.2347	-0.2233	1.0000
52	175.0500	2.6345	-2.8019	175.0500	1.2314	1.2314	-0.2355	1.0000
53	184.5000	2.4703	-3.0010	184.5000	1.2278	1.2278	-0.2471	1.0000
54	194.2500	2.3046	-3.1895	194.2500	1.2239	1.2239	-0.2581	1.0000
55	204.3000	2.1374	-3.3674	204.3000	1.2197	1.2197	-0.2685	1.0000
56	214.6500	1.9687	-3.5347	214.6500	1.2152	1.2152	-0.2783	1.0000
57	225.3000	1.7985	-3.6914	225.3000	1.2104	1.2104	-0.2875	1.0000
58	236.2500	1.6268	-3.8375	236.2500	1.2053	1.2053	-0.2961	1.0000
59	247.5000	1.4536	-3.9730	247.5000	1.2000	1.2000	-0.3041	1.0000
60	259.0500	1.2789	-4.0979	259.0500	1.1944	1.1944	-0.3115	1.0000
61	270.9000	1.1027	-4.2122	270.9000	1.1886	1.1886	-0.3183	1.0000
62	283.0500	0.9250	-4.3159	283.0500	1.1825	1.1825	-0.3245	1.0000
63	295.5000	0.7458	-4.4090	295.5000	1.1761	1.1761	-0.3300	1.0000
64	308.2500	0.5651	-4.4915	308.2500	1.1694	1.1694	-0.3348	1.0000
65	321.3000	0.3829	-4.5634	321.3000	1.1624	1.1624	-0.3389	1.0000
66	334.6500	0.1992	-4.6247	334.6500	1.1551	1.1551	-0.3423	1.0000
67	348.3000	0.0140	-4.6754	348.3000	1.1475	1.1475	-0.3450	1.0000
68	362.2500	-0.1717	-4.7155	362.2500	1.1396	1.1396	-0.3470	1.0000
69	376.5000	-0.3510	-4.7450	376.5000	1.1314	1.1314	-0.3483	1.0000
70	391.0500	-0.5318	-4.7639	391.0500	1.1229	1.1229	-0.3488	1.0000
71	405.9000	-0.7141	-4.7722	405.9000	1.1141	1.1141	-0.3485	1.0000
72	421.0500	-0.8978	-4.7700	421.0500	1.1050	1.1050	-0.3473	1.0000
73	436.5000	-1.0829	-4.7573	436.5000	1.0956	1.0956	-0.3452	1.0000
74	452.2500	-1.2693	-4.7341	452.2500	1.0859	1.0859	-0.3423	1.0000
75	468.3000	-1.4569	-4.6994	468.3000	1.0758	1.0758	-0.3385	1.0000
76	484.6500	-1.6457	-4.6542	484.6500	1.0653	1.0653	-0.3338	1.0000
77	501.3000	-1.8356	-4.5985	501.3000	1.0544	1.0544	-0.3282	1.0000
78	518.2500	-2.0265	-4.5323	518.2500	1.0431	1.0431	-0.3217	1.0000
79	535.5000	-2.2183	-4.4556	535.5000	1.0314	1.0314	-0.3143	1.0000
80	553.0500	-2.4110	-4.3684	553.0500	1.0194	1.0194	-0.3060	1.0000
81	570.9000	-2.6045	-4.2707	570.9000	1.0070	1.0070	-0.2968	1.0000
82	589.0500	-2.7988	-4.1625	589.0500	0.9943	0.9943	-0.2867	1.0000
83	607.5000	-2.9938	-4.0438	607.5000	0.9813	0.9813	-0.2757	1.0000
84	626.2500	-3.1894	-3.9146	626.2500	0.9680	0.9680	-0.2638	1.0000
85	645.3000	-3.3855	-3.7749	645.3000	0.9544	0.9544	-0.2510	1.0000
86	664.6500	-3.5820	-3.6247	664.6500	0.9405	0.9405	-0.2373	1.0000
87	684.3000	-3.7788	-3.4640	684.3000	0.9263	0.9263	-0.2228	1.0000
88	704.2500	-3.9758	-3.2928	704.2500	0.9118	0.9118	-0.2075	1.0000
89</								

入力(貼り付け)シートの隣  
シート“(4)元データ確認(軸引張1軸固定)” 余分なデータを削除

シート(4)元データ確認(軸引張1軸固定)

1軸引張1軸固定(X軸引張、Y軸固定)

No.1		No.2	
$\lambda$	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\lambda$	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	1.00000	0.00000	1.00000
2	1.05810	0.02384	1.00000
3	1.08940	0.02755	1.00000
4	1.07800	0.03110	1.00000
5	1.08810	0.03447	1.00000
6	1.09240	0.03853	1.00000
7	1.09950	0.04202	1.00000
8	1.11880	0.04531	1.00000
9	1.12900	0.04878	1.00000
10	1.14000	0.05248	1.00000
11	1.14990	0.05546	1.00000
12	1.15940	0.05874	1.00000
13	1.16860	0.06188	1.00000
14	1.17950	0.06502	1.00000
15	1.18910	0.06794	1.00000
16	1.19960	0.07107	1.00000
17	1.20920	0.07357	1.00000
18	1.21980	0.07652	1.00000
19	1.22930	0.07959	1.00000
20	1.23920	0.08251	1.00000

開発 ⇒ マクロ ⇒ エラー行削除  
不要なものが消去可能

3) 測定データ以外のひな形データが残っているため  
測定データでないものを削除する。

回帰データ

W=C<sub>0</sub>(t<sub>1</sub>-3)+C<sub>1</sub>(t<sub>1</sub>-3)+C<sub>2</sub>(t<sub>1</sub>-3)<sup>2</sup>+C<sub>3</sub>(t<sub>1</sub>-3)+C<sub>4</sub>(t<sub>1</sub>-3)<sup>2</sup>+C<sub>5</sub>(t<sub>1</sub>-3)<sup>3</sup>

II-3、II-2で微分すると、次のようになる。

$dW/dt=C_1+2C_2(t_1-3)+3C_3(t_1-3)^2$

$dW/dt=C_{11}+C_{12}(t_1-3)$

求める係数

$dW/dt_1$	$(t_1-3)$	$(t_1-3)^2$	$C_{11}$	$C_{12}$
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
152.4267	0.0004	0.0000	114.2610	0.0004
114.2267	0.0007	0.0000	110.4261	0.0007
91.7193	0.0011	0.0000	107.1193	0.0011
70.0890	0.0015	0.0000	104.0890	0.0015
70.7108	0.0020	0.0000	101.7108	0.0020
69.9459	0.0024	0.0000	99.9459	0.0024
58.0166	0.0028	0.0000	95.0166	0.0028
53.7449	0.0043	0.0000	89.7449	0.0043
50.5472	0.0051	0.0000	84.5472	0.0051
47.5151	0.0061	0.0000	79.5151	0.0061
44.4785	0.0072	0.0001	74.4785	0.0072
42.3144	0.0083	0.0001	69.3144	0.0083
40.2413	0.0095	0.0001	64.2413	0.0095
38.0191	0.0102	0.0001	59.0191	0.0102
36.0885	0.0122	0.0001	53.0885	0.0122
34.2821	0.0137	0.0002	48.2821	0.0137
32.7545	0.0152	0.0002	43.7545	0.0152
31.1400	0.0168	0.0003	39.1400	0.0168
29.6479	0.0185	0.0003	34.6479	0.0185

データ数 49

データ数を入力

開発 ⇒ マクロ ⇒ 回帰前データ整理[実行]

不要データ削除

2. 係数回帰 シート から回帰を行う。

POINT: I1-3=0.1以上での回帰とする

回帰の方法が不明な方は次ページへ

EXCEL アドインで分析をONとする。

回帰方法は、EXCELの回帰方法  
(次ページ記載参照)

$dW/dI_1 = C_{10} + C_{11}(I_1-3) + 2C_{20}(I_1-3)^2 + 3C_{30}(I_1-3)^3$

	A	B	C	D	E	F
10	分散分析表					
11		自由度	変動	分散	残された分散	有意 F
12	回帰	2	0.031026	0.015513	29.46771	1.06E-06
13	残差	20	0.010529	0.000526		
14	合計	22	0.041554			

	A	B	C	D	E	F
16		係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%
17	切片	2.151574	0.030846	69.75169	2.33E-25	2.08723
18	X 値 1	-0.94913	0.153868	-6.16649	5.01E-06	-1.27009
19	X 値 2	1.169312	0.170196	6.870367	1.13E-06	0.814288

回帰手順

シート“(7)係数回帰”にて  
データ ⇒ データ分析

データ分析

回帰分析

### I 1での微分

$$dW/dI_1 = C_{10} + C_{11}(I_1-3) + 2C_{20} + 3C_{30}(I_1-3)^2$$

C10, C11+2C20, 3C30を求める

dW/dI1	I1-3	(I1-3) <sup>2</sup>	求める係数	dW/dI2	I1-3
1.6537	0.0004	0.0000	C <sub>10</sub>	0.0041	0.0004
1.6740	0.0016	0.0000	C <sub>11</sub> +2C <sub>20</sub>	0.0082	0.0016
			→ 3C <sub>30</sub>		

POINT: I1-3=0.1以上での回帰とする

dW/dI1	I1-3	(I1-3) <sup>2</sup>	dW/dI2	I1-3
1.7742	0.0183	0.0003	0.0285	0.0183
1.7939	0.0237	0.0006	0.0325	0.0237
1.8136	0.0298	0.0009	0.0365	0.0298
1.8331	0.0364	0.0013	0.0406	0.0364
1.8526	0.0437	0.0019	0.0446	0.0437
1.8720	0.0516	0.0027	0.0485	0.0516
1.8913	0.0600	0.0036	0.0525	0.0600
1.9105	0.0691	0.0048	0.0564	0.0691
1.9296	0.0786	0.0062	0.0604	0.0786
1.9485	0.0888	0.0079	0.0643	0.0888
1.9674	0.0994	0.0099	0.0681	0.0994
1.9862	0.1106	0.0122	0.0720	0.1106
2.0049	0.1223	0.0149	0.0758	0.1223
2.0235	0.1344	0.0181	0.0797	0.1344
2.0419	0.1471	0.0216	0.0835	0.1471
2.0603	0.1603	0.0257	0.0872	0.1603
2.0786	0.1739	0.0302	0.0910	0.1739
2.0968	0.1880	0.0353	0.0947	0.1880
2.1148	0.2025	0.0410	0.0984	0.2025
2.1328	0.2175	0.0473	0.1020	0.2175
2.1506	0.2329	0.0542	0.1057	0.2329

元データ: 試験条件 (4)元データ確認(軸1張1軸固定) (6)すみエネギ計算表 (7)係数回帰 (8)係数の換算 (4)エネ

### I 2での微分

$$dW/dI_2 = C_{01} + C_{11}(I_1-3)$$

C01, C11を求める

dW/dI1	I1-3	(I1-3) <sup>2</sup>	求める係数	dW/dI2	I1-3
1.6537	0.0004	0.0000	C <sub>10</sub>	0.0041	0.0004
1.6740	0.0016	0.0000	C <sub>11</sub> +2C <sub>20</sub>	0.0082	0.0016
			→ 3C <sub>30</sub>		

POINT: I1-3=0.1以上での回帰とする

dW/dI1	I1-3	(I1-3) <sup>2</sup>	dW/dI2	I1-3
1.7742	0.0183	0.0003	0.0285	0.0183
1.7939	0.0237	0.0006	0.0325	0.0237
1.8136	0.0298	0.0009	0.0365	0.0298
1.8331	0.0364	0.0013	0.0406	0.0364
1.8526	0.0437	0.0019	0.0446	0.0437
1.8720	0.0516	0.0027	0.0485	0.0516
1.8913	0.0600	0.0036	0.0525	0.0600
1.9105	0.0691	0.0048	0.0564	0.0691
1.9296	0.0786	0.0062	0.0604	0.0786
1.9485	0.0888	0.0079	0.0643	0.0888
1.9674	0.0994	0.0099	0.0681	0.0994
1.9862	0.1106	0.0122	0.0720	0.1106
2.0049	0.1223	0.0149	0.0758	0.1223
2.0235	0.1344	0.0181	0.0797	0.1344
2.0419	0.1471	0.0216	0.0835	0.1471
2.0603	0.1603	0.0257	0.0872	0.1603
2.0786	0.1739	0.0302	0.0910	0.1739
2.0968	0.1880	0.0353	0.0947	0.1880
2.1148	0.2025	0.0410	0.0984	0.2025
2.1328	0.2175	0.0473	0.1020	0.2175
2.1506	0.2329	0.0542	0.1057	0.2329

元データ: 試験条件 (4)元データ確認(軸1張1軸固定) (6)すみエネギ計算表 (7)係数回帰 (8)係数の換算 (4)エネ

$dW/dI_1 = C_{10} + C_{11}(I_1-3) + 2C_{20}(I_1-3) + 3C_{30}(I_1-3)^2$

A	B	C	D	E	F
10	分散分析表				
11	自由度	変動	分散	割られた分散	有意 F
12	回帰	2	0.031026	0.015513	29.46771 1.09E-06
13	残差	20	0.010529	0.000526	
14	合計	22	0.041554		

3) 係数検証 シートへ移動  
を回帰した係数から参照

$dW/dI_2 = C_{01} + C_{11}(I_1-3)$

それぞれの回帰係数を参照

最終結果

最後に二軸試験の都合から単軸で求めた真のヤング率を確認

真ヤング率  
算出ヤング率(下軸)  
入力

3.5

単位: N/mm<sup>2</sup>

応力(N/mm<sup>2</sup>)

伸張比

ひずみエネルギー勾配確認 シート でおかしくないか確認

図) ★W ひな形EXCEL(最新) ひずみエネルギー-密度係数導出 [互換モード]

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	エネルギー-関数																				
2	$W=C_{10}(I_1-3)+C_{01}(I_2-3)+C_{11}(I_1-3)(I_2-3)$																				
3	$+C_{20}(I_1-3)^2+C_{21}(I_1-3)(I_2-3)^2$																				
4	上記の式において、エネルギーが正しいか確認する。																				
5	$I_1=\lambda_1^2+\lambda_2^2+\lambda_3^2$																				
6	$I_2=\lambda_1^{-2}+\lambda_2^{-2}+\lambda_3^{-2}$																				
7	各係数を入力																				
8	$C_{10}$	0.2456000																			
9	$C_{01}$	0.0256000																			
10	$C_{11}$	0.7247815																			
11	$C_{20}$	-0.3623657																			
12	$C_{21}$	0.0000000																			

問題なければこれで完了

ひずみエネルギー

ひずみエネルギー密度

λ1 伸張比

λ2 伸張比

寺子屋/CAE解援隊  
URL <https://terakoys2018.com>  
連絡先 [haj@terakoys2018.com](mailto:haj@terakoys2018.com)  
080-2230-8785