
実験レポート

実験テーマ：金属の微小ひずみの力学

実験日：8月7日

実験者：松下千穂里

1. 実験の目的

棒の歪みの大きさが重りの重さに比例することを調べる。

2. 実験の原理及び方法

(原理)

ひずみセンサーが細かい金属線でできているため、重りを乗せることによってその金属線が引き伸ばされた。すると、線の断面積が狭くなったため、電気抵抗が大きくなり、流れる電流が小さくなった。それを測定したことによって、ひずみがどれだけあるかを計算で出した。

(実験方法)

支持台(2台)、ひずみセンサー付きアルミ棒、おもり(10円玉10枚)、電池ボックス(2個)、ひずみ測定回路、テスター

[1]二つの支持台を300mmの間隔でおいた。

[2]ひずみセンサーが下になるように支持台の中央にアルミでできた棒を取り付けた。

[3]ひずみセンサーから伸びている配線の先にあるコネクタを、ひずみ測定回路のaコネクタに適切な向きに差し込んだ。

[4]電池ボックスから伸びている配線の先にあるコネクタを、ひずみ測定回路のbとcコネクタに適切な向きに差し込んだ。

[5]テスターのCOM端子に黒のテストリードを差し、VΩmA端子の赤のテストリードを差しこんだ。テスターの回転スイッチを回し、直流電圧・2000mVの測定モード・レンジを選んだ。

[6]テスターの赤と黒のテストリードの先端部分(テストピン)を、それぞれ、ひずみ測定回路の赤(プラス)と黒(マイナス)のテストピン・ジャックに差し込んだ。

[7]2つの電池ボックス、ひずみ測定回路、テスターの電源を入れて、20分ほど待った。

3. 実験結果

表1 支持台の間隔 30cm

10円玉の枚数 (n枚)	棒の長さ (m)	10円玉を乗せてい く時 テスターの読み (Vout/mv)	10円玉を下ろして いく時 テスターの読み (Vout/mv)	重りの質量 (g)
0	0.3	-33	-35	0
1	0.3	-36	-38	4.5
2	0.3	-39	-40	9.0
3	0.3	-41	-43	13.5
4	0.3	-44	-46	18.0
5	0.3	-47	-48	22.5
6	0.3	-49	-51	27.0
7	0.3	-52	-53	31.5
8	0.3	-55	-56	36.0
9	0.3	-57	-58	40.5
10	0.3	-60	測定していない	45.0

表2 20cm

10円玉の枚数 (n枚)	棒の長さ (m)	10円玉を乗せてい く時 テスターの読み (Vout/mv)	10円玉を下ろして いく時 テスターの読み (Vout/mv)	重りの質量 (g)
0	0.2	-30	-34	0
1	0.2	-32	-35	5
2	0.2	-35	-37	10
3	0.2	-37	-38	15
4	0.2	-38	-40	20
5	0.2	-40	-41	25
6	0.2	-42	-43	30
7	0.2	-44	-44	35
8	0.2	-45	-46	40

10円玉の枚数 (n枚)	棒の長さ (m)	10円玉を乗せていく時 テスターの読み (Vout/mv)	10円玉を下ろしていく時 テスターの読み (Vout/mv)	重りの質量 (g)
9	0.2	-47	-47	45
10	0.2	-49	測定していない	50

表3 15cm

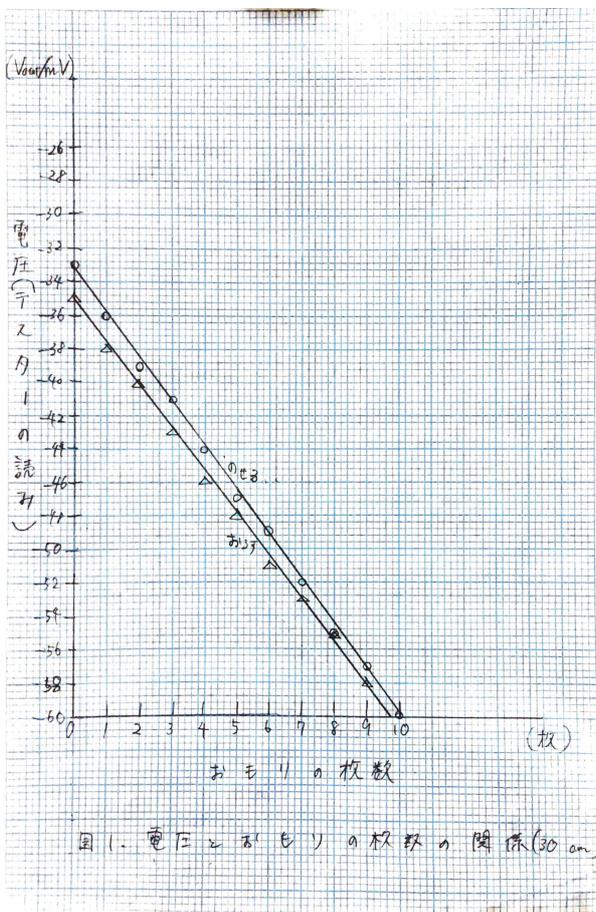
10円玉の枚数 (n枚)	棒の長さ (m)	10円玉を乗せていく時 テスターの読み (Vout/mv)	10円玉を下ろしていく時 テスターの読み (Vout/mv)	重りの質量 (g)
0	0.15	-21	-24	0
1	0.15	-22	-25	5
2	0.15	-23	-27	10
3	0.15	-25	-28	15
4	0.15	-26	-29	20
5	0.15	-27	-30	25
6	0.15	-28	-31	30
7	0.15	-29	-32	35
8	0.15	-30	-33	40
9	0.15	-32	-33	45
10	0.15	-33	測定していない	50

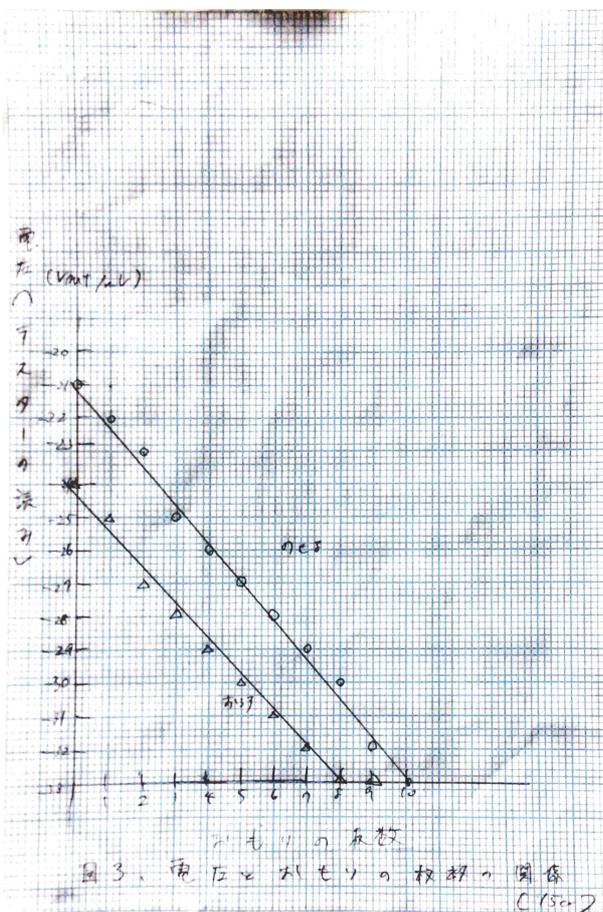
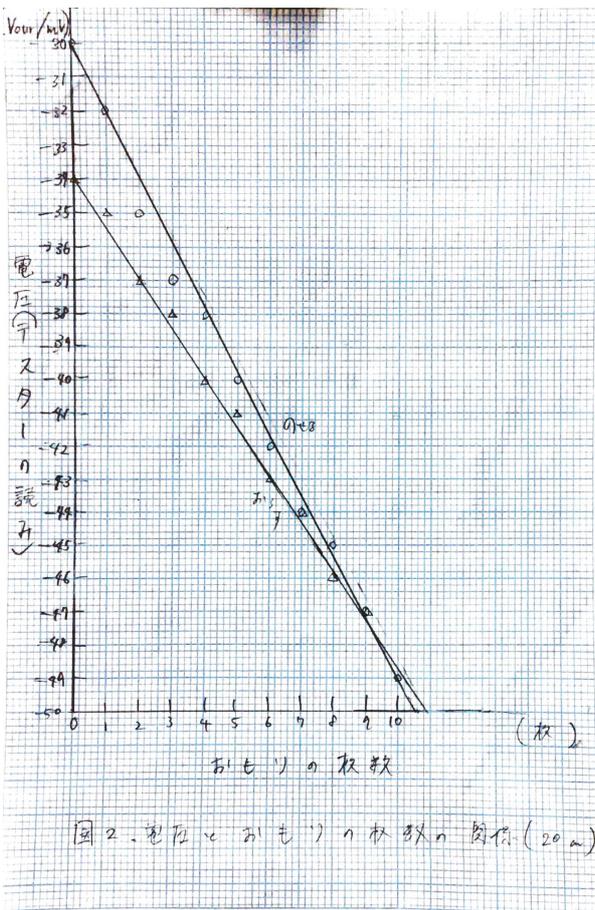
表4 30cm うら

10円玉の枚数 (n枚)	棒の長さ (m)	10円玉を乗せていく時 テスターの読み (Vout/mv)	10円玉を下ろしていく時 テスターの読み (Vout/mv)	重りの質量 (g)
0	0.3	-24	-23	0
1	0.3	-22	-21	5
2	0.3	-19	-19	10
3	0.3	-16	-16	15
4	0.3	-14	-13	20
5	0.3	-11	-10	25

10円玉の枚数 (n枚)	棒の長さ (m)	10円玉を乗せていく時 テスターの読み (Vout/mv)	10円玉を下ろしていく時 テスターの読み (Vout/mv)	重りの質量 (g)
6	0.3	-8	-8	30
7	0.3	-6	-5	35
8	0.3	-3	-3	40
9	0.3	0	-1	45
10	0.3	2	測定していない	50

以下に表1、2、3の重りの枚数を横軸に、電圧を縦軸にしてプロットした表を示す。





実験結果から、ひずみの大きさとのび、ひずみの理論値を計算した。

$$\Delta s = (-s \times V_m) \div (3 \times 10^1)$$

$$\varepsilon = \Delta s / s$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 3gs / 2 \times 6.96E10 \times 0.01 \times 0.02 \times 0.02 \\ &= 3gs / 8 \times 6.96E4 \end{aligned}$$

表5 30cm

10円玉の枚数 (n枚)	電圧変化、 乗せていく とき (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ (ε)	電圧変化、 おろしてい く時 (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ(ε)	理論値 ひ ずみの大き さ (ε)
0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	-0.002	1.32E-06	6.60E-06	-0.001	6.60E-07	9.90E-06	7.27E-06
2	-0.005	3.30E-06	1.65E-05	-0.003	1.98E-06	1.65E-05	1.45E-05
3	-0.007	4.62E-06	2.31E-05	-0.004	2.64E-06	2.64E-05	2.18E-05
4	-0.01	6.60E-06	3.30E-05	-0.006	3.96E-06	3.63E-05	2.91E-05
5	-0.011	7.26E-06	3.63E-05	-0.007	4.62E-06	4.29E-05	3.64E-05
6	-0.013	8.58E-06	4.29E-05	-0.009	5.94E-06	5.28E-05	4.36E-05
7	-0.014	9.24E-06	4.62E-05	-0.01	6.60E-06	5.94E-05	5.09E-05
8	-0.016	1.06E-05	5.28E-05	-0.012	7.92E-06	6.93E-05	5.82E-05
9	-0.017	1.12E-05	5.61E-05	-0.013	8.58E-06	7.59E-05	6.55E-05
10	-0.019	1.25E-05	6.27E-05	値なし	値なし		7.27E-05

表6 20cm

10円玉の枚数 (n枚)	電圧変化、 乗せていく とき (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ (ε)	電圧変化、 おろしてい く時 (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ(ε)	理論値 ひ ずみの大き さ (ε)
0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	-0.002	1.32E-06	6.60E-06	-0.001	6.60E-07	3.30E-06	5.39E-06
2	-0.005	3.30E-06	1.65E-05	-0.003	1.98E-06	9.90E-06	1.08E-05

10円玉の枚数 (n枚)	電圧変化、 乗せていく とき (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ (ϵ)	電圧変化、 おろしてい く時 (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ(ϵ)	理論値 ひ ずみの大き さ (ϵ)
3	-0.007	4.62E-06	2.31E-05	-0.004	2.64E-06	1.32E-05	1.62E-05
4	-0.01	6.60E-06	3.30E-05	-0.006	3.96E-06	1.98E-05	2.16E-05
5	-0.011	7.26E-06	3.63E-05	-0.007	4.62E-06	2.31E-05	2.69E-05
6	-0.013	8.58E-06	4.29E-05	-0.009	5.94E-06	2.97E-05	3.23E-05
7	-0.014	9.24E-06	4.62E-05	-0.01	6.60E-06	3.30E-05	3.77E-05
8	-0.016	1.06E-05	5.28E-05	-0.012	7.92E-06	3.96E-05	4.31E-05
9	-0.017	1.12E-05	5.61E-05	-0.013	8.58E-06	4.29E-05	4.85E-05
10	-0.019	1.25E-05	6.27E-05	値なし	値なし	値なし	5.39E-05

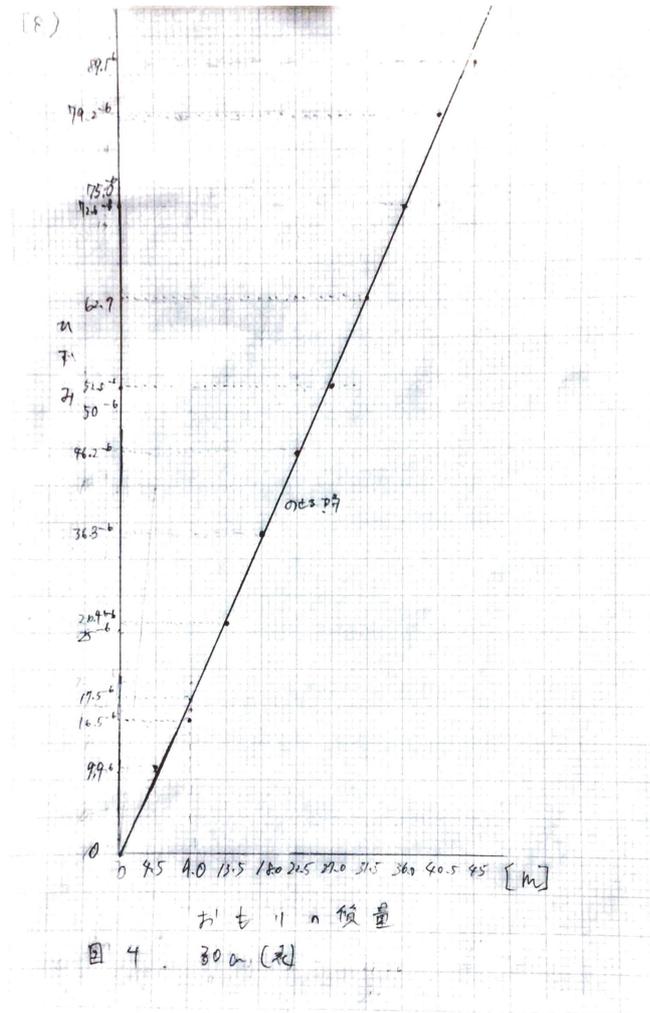
表7 15cm

10円玉の枚数 (n枚)	電圧変化、 乗せていく とき (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ (ϵ)	電圧変化、 おろしてい く時 (Vout/v)	のび $\Delta s/m$	ひずみの大 きさ(ϵ)	理論値 ひ ずみの大き さ (ϵ)
0	0	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
1	-0.001	4.95E-07	3.30E-06	-0.001	4.95E-07	3.30E-06	4.04E-06
2	-0.002	9.90E-07	6.60E-06	-0.003	1.49E-06	9.90E-06	8.08E-06
3	-0.004	1.98E-06	1.32E-05	-0.004	1.98E-06	1.32E-05	1.21E-05
4	-0.005	2.48E-06	1.65E-05	-0.005	2.48E-06	1.65E-05	1.62E-05
5	-0.006	2.97E-06	1.98E-05	-0.006	2.97E-06	1.98E-05	2.02E-05
6	-0.007	3.47E-06	2.31E-05	-0.007	3.47E-06	2.31E-05	2.42E-05
7	-0.008	3.96E-06	2.64E-05	-0.008	3.96E-06	2.64E-05	2.83E-05
8	-0.009	4.46E-06	2.97E-05	-0.009	4.46E-06	2.97E-05	3.23E-05
9	-0.011	5.45E-06	3.63E-05	-0.009	4.46E-06	2.97E-05	3.64E-05
10	-0.012	5.94E-06	3.96E-05	値なし	値なし	値なし	4.04E-05

ひずみの理論値と実際のひずみの値には約 $\pm 1E-05$ の誤差があった。

下の図4より、ヤング率を求める

$$SL = 17.5 / 9.0 = 1.94 \times 10^{-6} \quad E = 3gs / 2wd \times d \times SL = 3 \times 9.8 \times 0.3 / 2 \times 0.01 \times 0.02 \times 0.02 \times 1.94 = 56.8 \text{ GPa}$$



4. 考察

4-1. 実験から考えたこと

なぜ乗せていく時とおろしていくときに電圧の違いが出るのか

- ・30cmを測定した際、表1、2、3を測定した時とは違い、値が乗せていく時よりおろしていくときの方が大きかった。そのため、その原因は棒の表裏が関係すると考えられる。
- ・時間経過により変形するという可能性は、表1より、近い時間間隔で測った9枚の乗せていく時とおろしていく時の差と間が長く空いた2枚の時の乗せていく時とおろしていく時の数値の差が同じなので、ないと考えられる。つまり、これによって、ひずみセンサーの自重によって差が出ているわけではないと考えられる。
- ・電流が流れることで、アルミ棒が加熱され、それによってわずかに膨張し、それが歪みセンサーに反応している可能性も考えられる。またその中でも、アルミ棒がすぐに熱を奪われる場合と、熱が蓄積する場合が考えられる。しかし、1つめはその値を測る時の測定の誤差の原因とはなっても、一様に、乗せていく時よりおろしていく時の方が値が小さいという原因にはならない。2つめは、先ほど書いたように、時間変化によって変形した可能性はないため、こちらも原因とは言えない。
- ・実験者の動作（持ち上げる、下ろす）が関係する可能性もあるが、動作から時間を置いて、テスターの数値を記録していたので、この可能性は低いと考えられる。
- ・以上より、重りによって棒に不可逆的な変化が起きたと考えられる。

4-2実験からわかったこと

- ・表1、2、3より棒の間隔を狭くすることによって、ひずみの大きさを小さくすることが可能である。
- これは、短い棒の方が同じ力をかけても曲がりにくいことを意味すると考えられる。
- ・棒を裏返すことで、重りを増やすと電圧が小さくなった。これは、歪センサーが縮められ、電気抵抗が小さくなったからだと考えられる。
 - ・ヤング率の理論値とのずれは、ひずみの値の誤差が原因だと考えられる。

5. 結論

図4より、歪と重りの質量は比例することがわかる。