

Part A: つるまきパネ<sup>1</sup>の幾何学パラメーターの決定

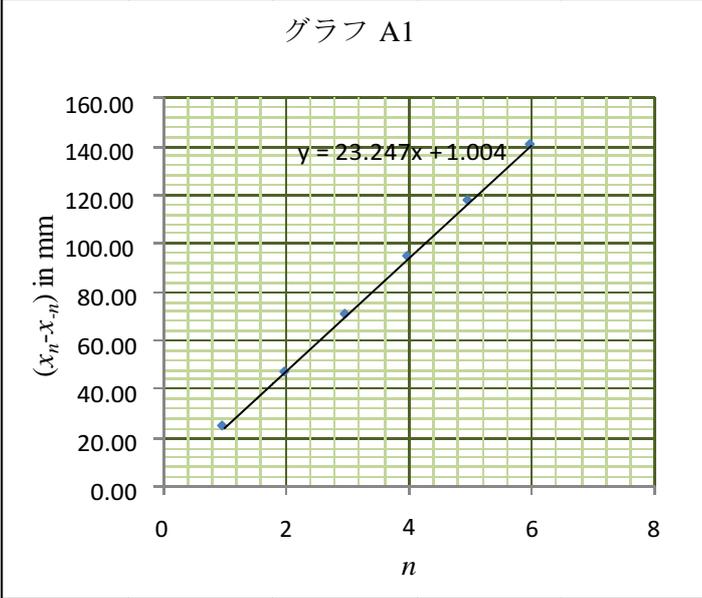
課題	解 説	配点																					
A1	PartA で使用する回折パターン記録シートの枚数： 2 枚以上それぞれ P1, P2, ... と記入すること.	0.7																					
A2	<p style="text-align: center;">表 A1 : パターン P1 を用いた測定</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Sr. No.</th> <th>次数 <math>n</math></th> <th><math>x_n - x_{-n}</math> (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>24.40</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>47.24</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>70.69</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>94.08</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>117.53</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>140.28</td></tr> </tbody> </table>	Sr. No.	次数 $n$	$x_n - x_{-n}$ (mm)	1	1	24.40	2	2	47.24	3	3	70.69	4	4	94.08	5	5	117.53	6	6	140.28	0.5
Sr. No.	次数 $n$	$x_n - x_{-n}$ (mm)																					
1	1	24.40																					
2	2	47.24																					
3	3	70.69																					
4	4	94.08																					
5	5	117.53																					
6	6	140.28																					
A3	<p style="text-align: center;">グラフ A1</p>  <p><math>a_1</math> を決定するためのグラフ A1 : 横軸 <math>n</math>, 縦軸 <math>(x_n - x_{-n})</math>        グラフ A1 の傾き = 23.25 mm  <math>a_1</math> の計算 :  <math display="block">a_1 = 2 \times \lambda \times \frac{D}{(\text{グラフ A1 の傾き})} = 2 \times 0.000635 \times \frac{2770}{23.25}</math> <math display="block">a_1 = 0.151 \text{ mm}</math></p>	0.7																					

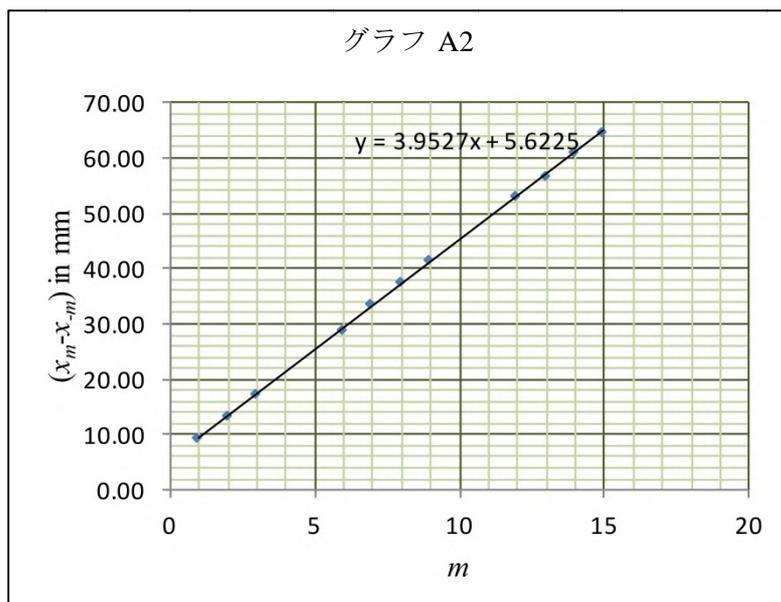
表 A2 : パターン P1 を用いた測定

Sr. No.	次数 $m$	$x_m - x_m$ (mm)
1	1	9.39
2	2	13.43
3	3	17.53
4	6	28.98
5	7	33.53
6	8	37.66
7	9	41.61
8	12	52.93
9	13	56.76
10	14	61.03
11	15	64.74

A4

0.8

グラフ A2



A5

0.6

$d_1$  を決定するためのグラフ A2 : 横軸  $m$ , 縦軸  $(x_m - x_m)$

グラフ A2 の傾き = 3.95 mm

$d_1$  の計算 :

$$d_1 = 2 \times \lambda \times \frac{D}{(\text{グラフ A2 の傾き})} = 2 \times 0.000635 \times \frac{2770}{3.95} = 0.89 \text{ mm}$$

A6

$$a_1 = 10.96^\circ$$

0.2

A7

$d_1$  と  $a_1$  を用いた  $P$  の表式 :

$$P = \frac{d_1}{\cos a_1} = \frac{0.89}{\cos 10.96^\circ}$$

$$P = 0.91 \text{ mm}$$

0.2

A8	$P$ と $\alpha_1$ を用いた $R$ の表式 : $\tan \alpha_1 = \frac{P}{2\pi R}$ $R = \frac{0.91}{2 \times \pi \times \tan \alpha_1} = \frac{0.91}{2 \times \pi \times \tan 10.96^\circ}$ $P = 0.75 \text{ mm}$	0.2
<b>合計</b>		<b>3.9</b>

Part B: 二重らせん構造の幾何学的パラメーターの決定																							
課題	解 説	配点																					
B1	パート B で使用する回折パターン記録シートの枚数 : 2 枚以上 表 B1 : パターン P3 を用いた測定	1.1																					
B2	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Sr. No.</th> <th style="width: 15%;">次数 <math>n</math></th> <th style="width: 70%;"><math>x_n - x_{-n}</math> (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">21.24</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">41.12</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">62.41</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">84.40</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">104.41</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">124.25</td></tr> </tbody> </table>	Sr. No.	次数 $n$	$x_n - x_{-n}$ (mm)	1	1	21.24	2	2	41.12	3	3	62.41	4	4	84.40	5	5	104.41	6	6	124.25	0.5
Sr. No.	次数 $n$	$x_n - x_{-n}$ (mm)																					
1	1	21.24																					
2	2	41.12																					
3	3	62.41																					
4	4	84.40																					
5	5	104.41																					
6	6	124.25																					

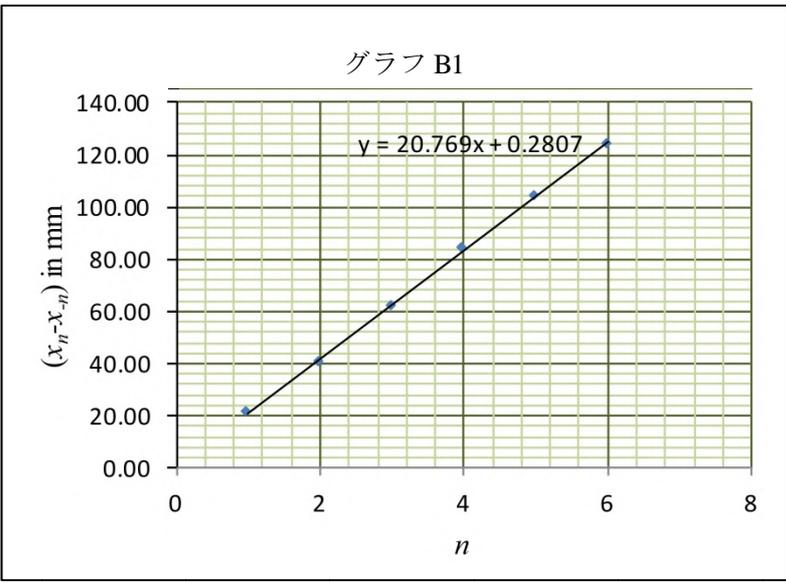
B3	 <p style="text-align: center;">グラフ B1</p>	0.5
$a_2$ を決定するためのグラフ B1 : 横軸 $n$ , 縦軸 $(x_n - x_{-n})$ $a_2$ の計算 : $a_2 = 2 \times \lambda \times \frac{D}{(\text{グラフ B1 の傾き})} = 2 \times 0.000635 \times \frac{795}{20.8} \quad a_2 = 0.049 \text{ mm}$		

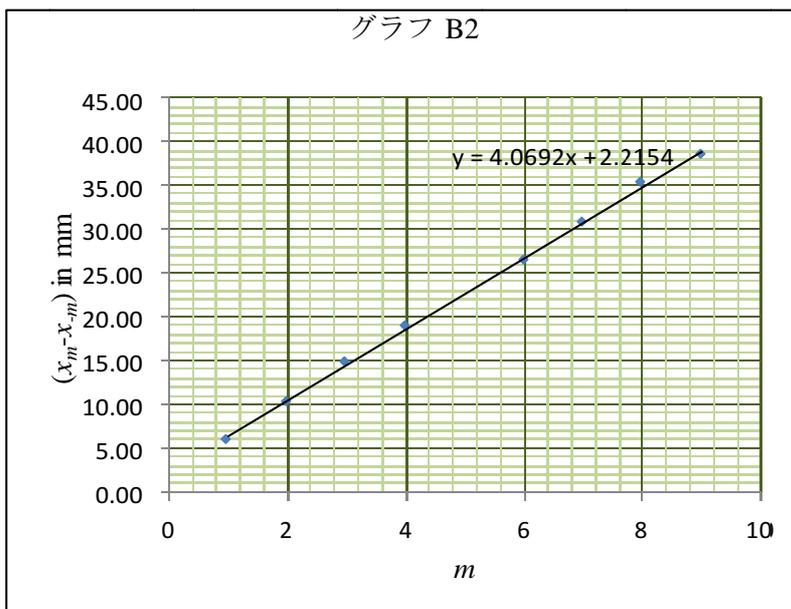
表 B2 : パターン P3を用いた測定

Sr. No.	次数 $m$	$x_m - x_{-m}$ (mm)
1	1	5.84
2	2	10.29
3	3	14.83
4	4	18.84
5	6	26.44
6	7	30.65
7	8	35.26
8	9	38.34

B4

1.2

グラフ B2



B5

0.5

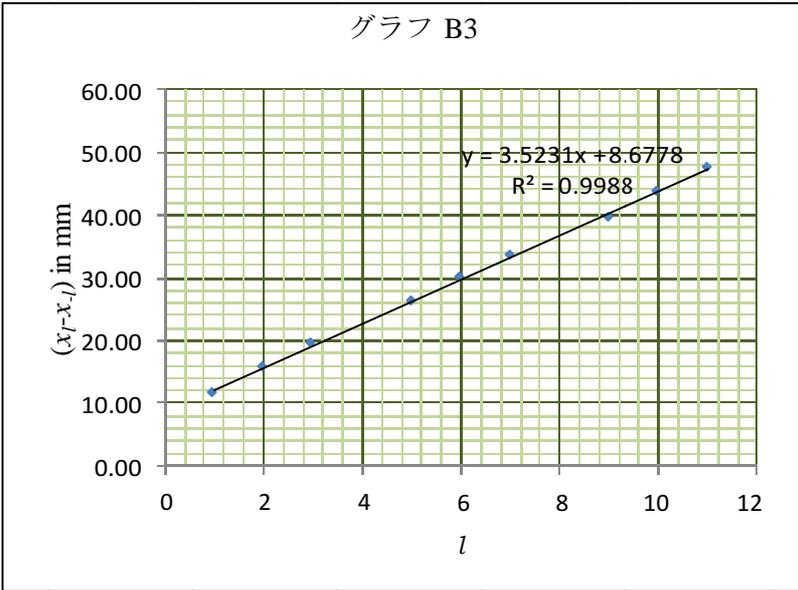
$s$ を決定するためのグラフ B2 : 横軸  $m$ , 縦軸  $(x_m - x_{-m})$

$s$ の計算 :

$$s = 2 \times \lambda \times \frac{D}{(\text{グラフ B2 の傾き})} = 2 \times 0.000635 \times \frac{795}{4.07}$$

$$s = 0.248 \text{ mm}$$

B6	表 B3 : パターン P4 を用いた測定	1.6																														
	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Sr. No.</th> <th style="padding: 5px;">次数 <math>l</math></th> <th style="padding: 5px;"><math>x_l - x_{-l}</math> (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">11.64</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">15.77</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">19.71</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">26.33</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">30.14</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">33.69</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">7</td><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">39.62</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td style="text-align: center;">10</td><td style="text-align: center;">43.70</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">9</td><td style="text-align: center;">11</td><td style="text-align: center;">47.75</td></tr> </tbody> </table>		Sr. No.	次数 $l$	$x_l - x_{-l}$ (mm)	1	1	11.64	2	2	15.77	3	3	19.71	4	5	26.33	5	6	30.14	6	7	33.69	7	9	39.62	8	10	43.70	9	11	47.75
	Sr. No.		次数 $l$	$x_l - x_{-l}$ (mm)																												
	1		1	11.64																												
	2		2	15.77																												
	3		3	19.71																												
	4		5	26.33																												
	5		6	30.14																												
	6		7	33.69																												
	7		9	39.62																												
8	10	43.70																														
9	11	47.75																														

B7	<p>グラフ B3</p> 	0.5
	<p> <math>d_2</math>を決定するためのグラフ B3 : 横軸 <math>l</math>, 縦軸 <math>(x_l - x_{-l})</math>            (グラフ B3 の傾き) = 3.52 mm  <math>d_2</math>の計算 :  <math display="block">d_2 = 2 \times \lambda \times \frac{D}{(\text{グラフ B3 の傾き})} = 2 \times 0.000635 \times \frac{2770}{3.52} \quad d_2 = 1.00 \text{ mm}</math> </p>	
B8	$\alpha_2 = 9.88^\circ$	0.2

合計		6.1
----	--	-----

Pattern P-1



パターン P1 (DD = 2770 mm)

Pattern P-2

$$\tan 2\alpha_1 = \frac{42.43}{105.40^\circ}$$

$$\alpha_1 = 10.96^\circ$$



パターン P2

Pattern P-3

$$\tan 2\alpha_2 = \frac{36.67}{102.04}$$

$$\alpha_2 = 9.88^\circ$$



パターン P3 (DD = 795 mm)

Pattern P-4



パターン P4 (DD = 2770 mm)

水面の表面張力波による光の回折<sup>1</sup>

**Part C: 反射角 $\theta$ の測定**

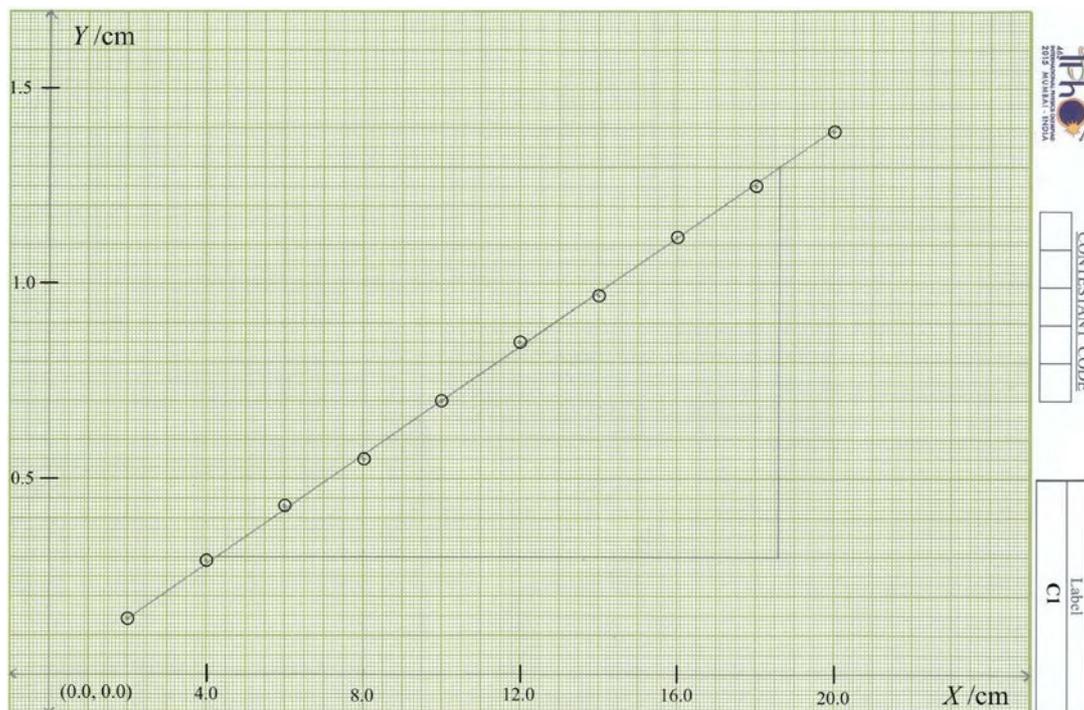
[C1]

表 C1

Obs. no.	X /cm	Y /cm
1	2.0	0.136
2	4.0	0.285
3	6.0	0.425
4	8.0	0.549
5	10.0	0.703
6	12.0	0.846
7	14.0	0.965
8	16.0	1.124
9	18.0	1.251
10	20.0	1.390

[C2]

グラフ C1 :  $\theta$ を求めるグラフ C1: 横軸 X 縦軸 Y



傾き = 0.0699

$\theta = 4.0^\circ$

<sup>1</sup> Shirish Pathare (HBCSE, Mumbai) と K G M Nair (CMI, Chennai) がこの問題の主な作問者である。the Academic Committee、Academic Development Group と the International Board の協力に感謝する。

Part D: 水の表面張力の測定

[D1]:

$$l_1 = 98.5 \text{ cm}$$

$$l_2 = 5.5 \text{ cm}$$

$$L = 1.04 \text{ m}$$

[D2]:

表 D1

Obs. no.	$f$ /Hz	$2x_2$ /cm	$x_1$ /cm	$x_1$ /m
1	60	0.782	0.196	0.00196
2	70	0.880	0.220	0.00220
3	80	0.966	0.242	0.00242
4	90	1.030	0.258	0.00258
5	100	1.096	0.274	0.00274
6	110	1.184	0.296	0.00296
7	120	1.253	0.313	0.00313
8	130	1.336	0.334	0.00334
9	140	1.415	0.354	0.00354
10	150	1.489	0.372	0.00372
11	160	1.545	0.386	0.00386

[D3]:

$$\omega^2 = \frac{\sigma}{\rho} k^q$$

$$f^2 = \frac{1}{4\pi^2} \frac{\sigma}{\rho} \left( \frac{2\pi \sin \theta}{\lambda L} \right)^q (x_1)^q$$

$$\ln f = \frac{1}{2} \ln \left[ \frac{1}{4\pi^2} \frac{\sigma}{\rho} \left( \frac{2\pi \sin \theta}{\lambda L} \right)^q \right] + \frac{q}{2} \ln x_1$$

グラフ  $q$ を求めるグラフ: 横軸  $\ln f$  縦軸  $\ln x_1$

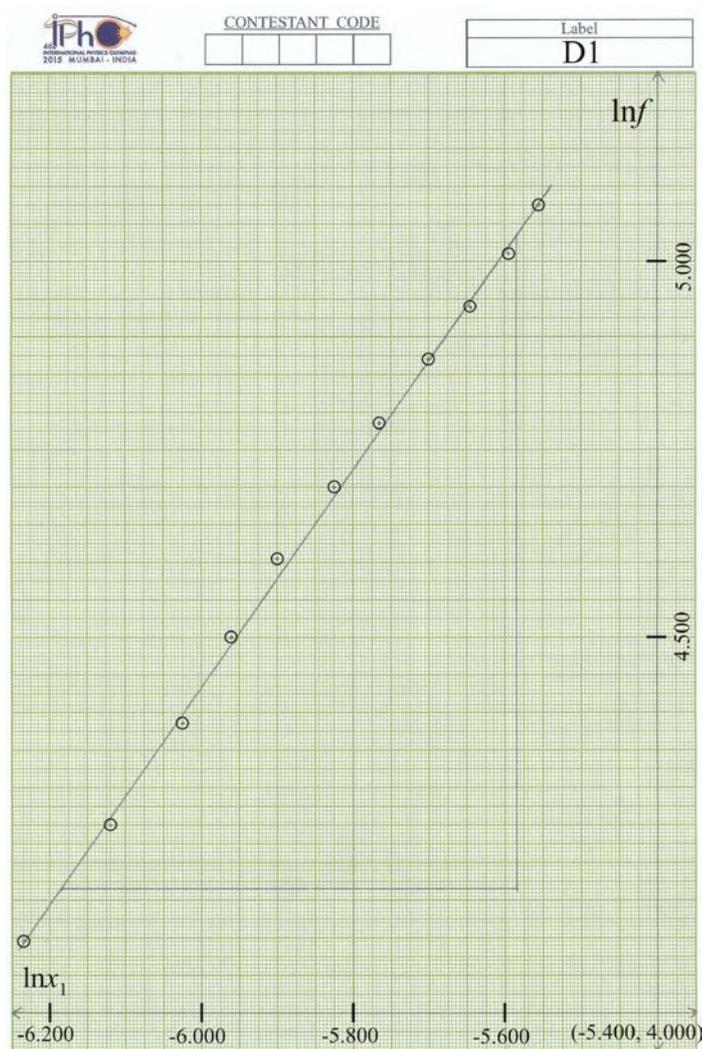


表 D2

Obs. No.	$\ln x_1$	$\ln f$
1	-6.235	4.094
2	-6.119	4.248
3	-6.024	4.382
4	-5.960	4.500
5	-5.900	4.605
6	-5.823	4.700
7	-5.767	4.787
8	-5.702	4.868
9	-5.644	4.942
10	-5.594	5.011
11	-5.557	5.075

傾き = 1.45

$q = \underline{2.90}$

表面張力の決定:

式 2:

$$\omega^2 = \frac{\sigma}{\rho} k^3$$

[D4]:

$\sigma$ を求めるグラフ: 横軸  $f^2$  縦軸  $x_1^3$

表 D3

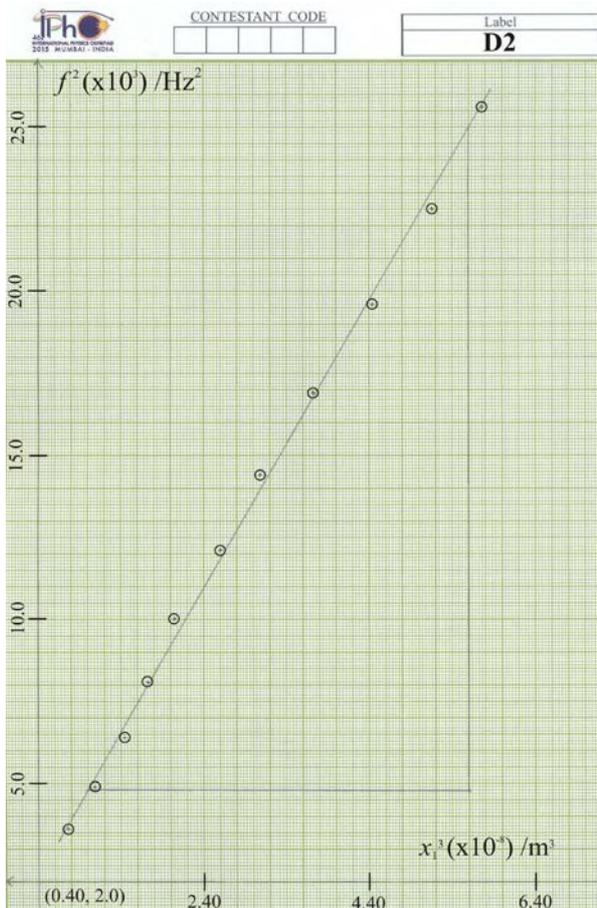
Obs. No.	$f^2(\times 10^3)$ /Hz <sup>2</sup>	$x_1^3(\times 10^{-8})$ /m <sup>3</sup>
1	3.6	0.75
2	4.9	1.07
3	6.4	1.42
4	8.1	1.72
5	10.0	2.06
6	12.1	2.59
7	14.4	3.07
8	16.9	3.73
9	19.6	4.44
10	22.5	5.15
11	25.6	5.75

表面張力:

$$\omega^2 = \frac{\sigma}{\rho} k^3$$

$$f^2 = \frac{\sigma 2\pi \sin^3 \theta}{\rho \lambda^3 L^3} (x_1)^3$$

計算:



$$\text{Slope} = 4.39 \times 10^{11} \text{ Hz}^2/\text{m}^3$$

$$\therefore \text{Slope} = \frac{\sigma 2\pi \sin^3 \theta}{\rho \lambda^3 L^3} = \frac{\sigma}{1000} \times \frac{2 \times 3.14}{(635 \times 10^{-9})^3} \frac{(0.0698)^3}{(1.04)^3}$$

$$\therefore \frac{\sigma}{1000} \times 7.415 \times 10^{15} = 4.39 \times 10^{11}$$

$$\therefore \sigma = 59.2 \text{ mN/m}$$

Part E: 水の粘性係数の測定

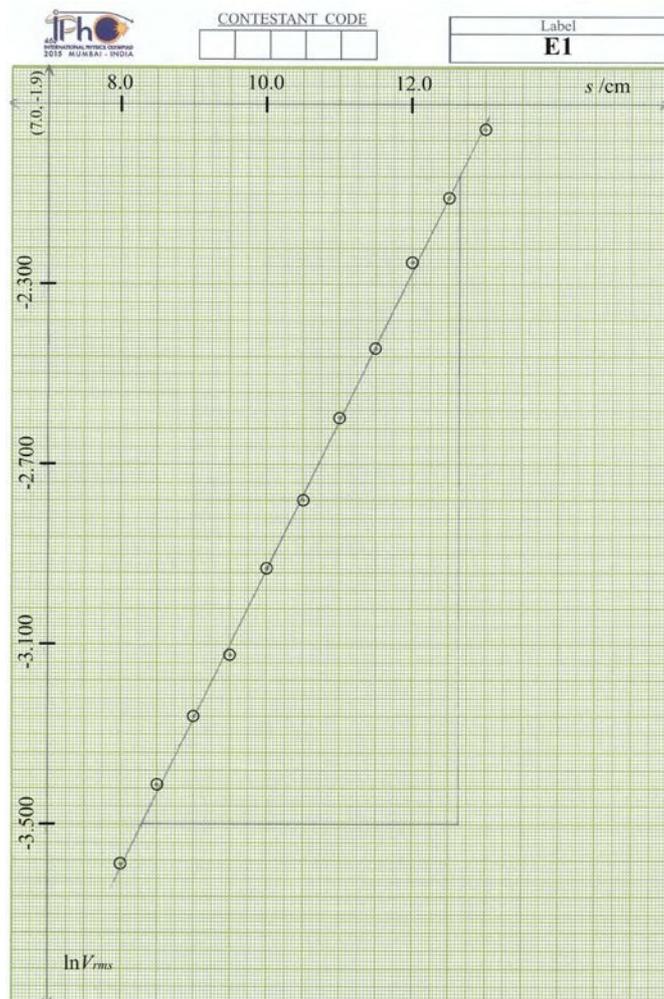
[E1]: 振動子の周波数 = 100 Hz

表 E1

Obs. No.	$s$ /cm	$V_{rms}$ /V	$\ln(V_{rms})$
1	8.0	0.0276	-3.590
2	8.5	0.0330	-3.411
3	9.0	0.0385	-3.257
4	9.5	0.0441	-3.121
5	10.0	0.0534	-2.930
6	10.5	0.0622	-2.777
7	11.0	0.0745	-2.597
8	11.5	0.0870	-2.442
9	12.0	0.1050	-2.254
10	12.5	0.1215	-2.108
11	13.0	0.1412	-1.958

[E2]:

$\delta$ を求めるグラフ: 横軸  $\ln V_{rms}$  縦軸  $s$



$$\text{Slope} = 0.331 \text{ cm}^{-1}$$

$$\therefore \delta = 0.4 \times 0.3310 = 0.1324 \text{ cm}^{-1}$$

$$\delta = 13.2 \text{ m}^{-1}$$

[E3]:

粘性係数 $\eta$ の決定:

$$\delta = \frac{8}{3} \frac{\pi \eta f}{\sigma}$$

$$\eta = \frac{3}{8} \frac{\delta \sigma}{\pi f} = \frac{3}{8} \times \frac{13.2 \times 59.2 \times 10^{-3}}{3.14 \times 100} = 0.933 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$

$$\eta = 0.93 \text{ mPa}\cdot\text{s}$$