

琉球大学学術リポジトリ

鉛直液柱表面の表面張力波の観測

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学文理学部 公開日: 2011-11-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 宮城, 健, Miyagi, Ken メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/22190

鉛直液柱表面の表面張力波の観測

宮 城 健

Observation of the Capillary Waves on the Surface of the Column of Liquid

Ken MIYAGI

Standing capillary waves were produced on the surface of the column of water mercury, and their wave-lengths and velocities were measured. The observation used wave-lengths ranging from 0.22cm to 0.028cm.

A comparison of the observation with Kelvin's formula without gravitational term showed a good agreement in a wave-length region lying between 0.1cm and 0.03 cm. An experimental formula was given in a form of modified Kelvin's formula.

§ 1. 緒 言

これまでの表面張力波の観測は殆んどが液体の自由表面に短波長の波をつくつてなされてい
筆者は液体の鉛直面に容易に現はれる表面張力波の観測を行つた。

長い硝子管から鉛直下方に流出する液柱を固体面又は液体面で受けると、図1と2に示した
静止波形が液柱表面に見られる。この静止波形は表面張力波の伝播速度と媒質の速度が互
に消し合つて生ずる⁽¹⁾。それで本測定では媒質の速度を表面張力波の速度とした。

§ 2. 実験装置と測定法

1. 水 柱

一定の水位を保つ様に装置した直径 50cm, 高さ 10cm の円筒状水槽の測面に底から数箇はなし
一個の孔を設け、それを内径 Dcm の鉛直に固定した硝子管に、流量調整用のコツクを通してゴ

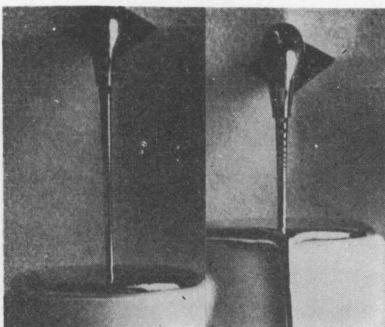


Fig. 1 Standing capillary waves on the surface of the column of mercury.

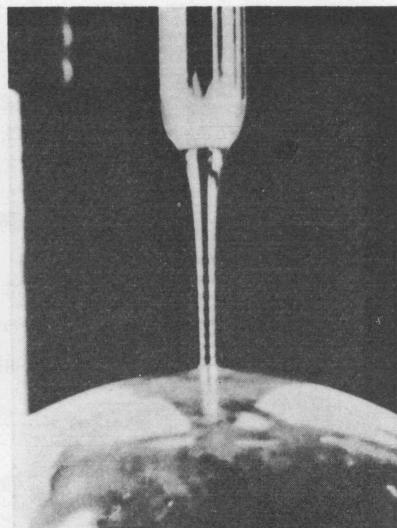


Fig. 2 Standing capillary waves on the surface of the column of water.

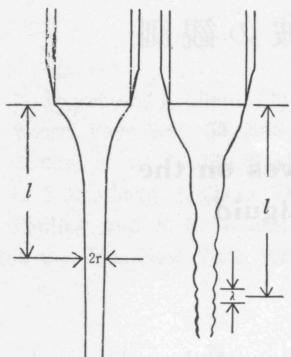


Fig. 3 Diagram of the column.

ム管で連結して水柱実験用装置とした。用いた硝子管の内径は0.79cmと0.59cmで、内径0.79cmの硝子管では流量を202cc/min及び105cc/minにし、内径0.59cmの硝子管では流量を150cc/minにして測定を行つた。又測定時の水温は28°Cであつた。

先ず水柱の速度を求めるために写真を撮り、図3に示した様に、水柱の直径 $2r$ と硝子管の下端の流出口からの距離 l を1/1000mmの桁まで測定した。

次に伏せた蒸発皿の底部で水柱を受けて表面張力波をつくり、写真によつて波長入と距離 l を測定した。

B. 水銀柱

水銀柱の表面に現はれる表面張力波の実験装置を図4に示した。図の中央にある内径5.2cmの水銀槽の下端をビニール管を通して内径0.27cmの流出口に連結し、先づ流出口を塞いでから水銀槽に水銀を入れ、槽中の水銀面が静止してから流出口を開いて水銀柱をつくる。

水銀柱の速度を求めるために、流出口から水銀の流出が止んだ瞬間、即ち槽中の水銀面の下降速度が零になつた瞬間の面の位置 S_0 を読取顕微鏡の十字線に精確に合はせ、次に顕微鏡を S cm丈上方に移動後固定して、再び水銀柱をつくり、顕微鏡をのぞいて、槽内の水銀面が十字線を過ぎる瞬間の水銀柱の写真を撮り、水柱の場合同様 l と $2r$ 及び波長入と l の測定を行つた。実験のときの水銀の温度は28°Cで、 S は0.5cmと0.3cmにした。

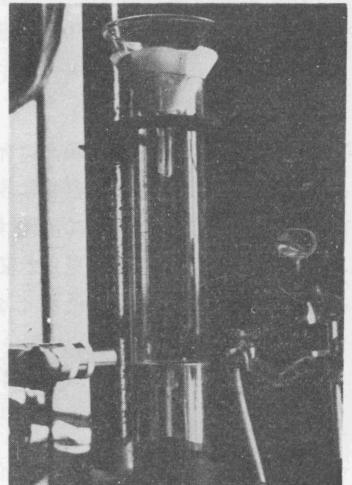


Fig. 4 Apparatus for mercury waves.

§ 3. 測 定 結 果

水柱についての測定値を表1及び2に、水銀柱についての測定値は表3及び4に示した。速度 v は、水柱の場合は流量と水柱の断面積から計算で求め、水銀柱の場合は流出口の速度を(1)式で与え、これと水銀柱の断面積から求めた。

$$v^2 = 2gs \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

液柱表面の曲率の大きい流出口近くの速度は、上記方法で求めると精度が落ちるので、求めなかつた。

図5に表面張力波の波長の逆数 $1/\lambda$ と速度の自乗 v^2 の関係を示した。これを描くのに液柱の速度が必要であつたので、 l と v^2 の関係曲線も同時に示した。

Table 1 Measurements of l and $2r$ of the column of water.

$l \text{ cm}$	$2r \text{ cm}$	$v^2 \text{ cm}^2/\text{sec}^2$	Remark
1.55	$\times 10^{-1}$ 2.97	$\times 10^2$ 23.7	
2.28	2.63	38.4	D=0.79cm
3.02	2.43	52.9	
3.75	2.29	66.8	Q=202cc/min
4.49	2.19	79.8	
5.22	2.10	94.5	Curve c in Fig. 5
5.96	2.02	111	
1.55	2.32	17.2	
2.28	2.01	30.5	D=0.79cm
3.02	1.82	45.3	
3.75	1.72	58.2	Q=105cc/min
4.49	1.62	72.0	
5.22	1.55	86.1	Curve d in Fig. 5
5.96	1.48	103	
1.55	2.60	22.2	
2.28	2.28	37.6	
3.02	2.12	50.2	D=0.59cm
3.75	2.00	63.4	
4.49	1.88	81.4	Q=150cc/min
5.22	1.81	94.5	
5.92	1.75	108	

Table 2 Measurements of l and λ of the capillary waves of water.

$l \text{ cm}$	$\lambda \text{ cm}$	$1/\lambda \text{ cm}^{-1}$	Remark
1.39	$\times 10^{-1}$ 2.06	4.85	
2.24	1.15	8.69	D=0.79cm
3.38	0.75	13.3	
4.54	0.54	18.5	Q=202cc/min
5.72	0.43	23.2	
1.92	1.61	6.21	
2.88	0.98	10.2	D=0.79cm
4.47	0.60	16.7	
5.95	0.44	22.7	Q=105cc/min
1.20	2.23	4.48	
3.34	0.75	13.3	D=0.59cm
4.12	0.61	16.4	
5.49	0.45	22.2	Q=150cc/min

Table 3 Measurements of l and $2r$ of the column of mercury.

$l \text{ cm}$	$2r \text{ cm}$	$v^2 \text{ cm}^2/\text{sec}^2$	Remark
0.74	$\times 10^{-1}$ 2.23	$\times 10^2$ 22.4	
1.48	1.98	35.8	
2.22	1.83	49.2	s=0.5cm
2.96	1.70	66.2	
3.75	1.63	78.3	Curve a in Fig. 5
4.45	1.56	95.7	
5.19	1.51	106	
0.84	2.05	18.8	
16.8	1.75	35.4	
25.2	1.60	50.5	s=0.3cm
33.5	1.50	65.5	
41.9	1.41	84.0	Curve b in Fig. 5
50.3	1.35	99.8	

Table 4 Measurements of l and λ of mercury waves.

$l \text{ cm}$	$\lambda \text{ cm}$	$1/\lambda \text{ cm}^{-1}$	Remark
0.70	$\times 10^{-1}$ 1.03	9.71	
1.62	0.57	17.5	
2.12	0.47	21.3	s=0.5cm
3.14	0.32	31.3	
0.85	1.12	8.93	
1.45	0.70	14.3	
1.52	0.67	14.9	
2.23	0.49	20.4	s=0.3cm
2.80	0.39	25.6	
3.97	0.28	35.7	

§ 4. 測定結果の検討

図5の曲線e, f中実線は Kelvin の式から重力項を除いた(2)式に下記の値⁽²⁾を代入して求めた結果である。

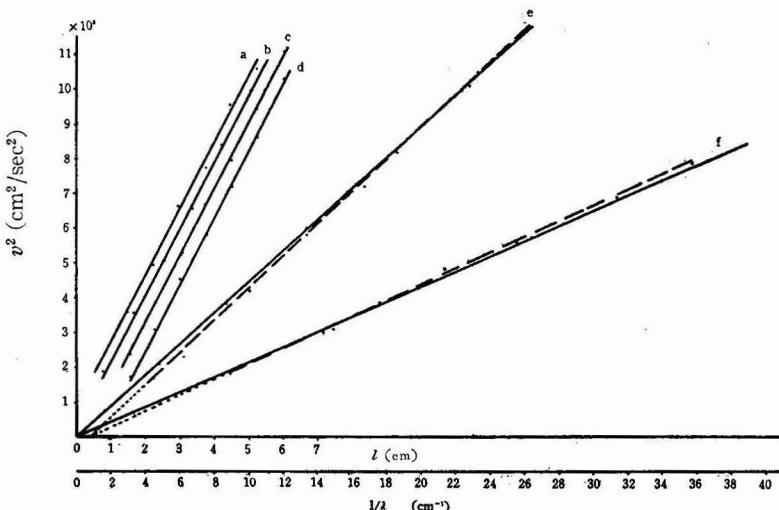


Fig. 5 a and b are velocity curves of the column of mercury,
and c and d are those of water.
Curve e represents the relationship between v^2 and $1/\lambda$
of mercury waves, and f that of water.
Solid lines: calculational
Broken lines: experimental

$$v^2 = \frac{2\pi T}{\rho \lambda} \quad \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$T_{Hg} = 469 \text{ dyn/cm}, \quad \rho_{Hg} = 13.53 \text{ gr/cm}^3 \\ T_{H_2O} = 71.3 \text{ dyn/cm}, \quad \rho_{H_2O} = 1.00 \text{ gr/cm}^3$$

破線は測定の結果得られた曲線で、計算によつて求めた曲線と僅かに勾配を異にし、又原点を僅かに外れている。両者の外れの傾向が水柱と水銀柱の場合よく似ている。

測定結果を表はす式は(3)のようになる。

$$v^2 = \alpha \frac{2\pi T}{\rho \lambda} - \beta \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

但し、

$$\alpha_{Hg} = 1.07, \quad \alpha_{H_2O} = 1.04 \\ \beta_{Hg} = 167 \text{ cm}^2/\text{sec}^2, \quad \beta_{H_2O} = 346 \text{ cm}^2/\text{sec}^2$$

α , β は液体の性質を示す量と関係があるので更に検討を続けたい。

§ 6. 文 献

(1) LORD RAYLEIGH: *Theory of Sound II*

(2) 芝 龜吉: 物理常数表。