

定常波による水の重さの不思議

要旨

我々は、水が入った水槽を運ぶ際に波が立つと運びにくく感じることを体験した。そこで、先行研究で調査したところ、波の振動数と水槽の重さの振動数が一致しないことを発見し、本研究では、そのメカニズムを解明し、日常生活の応用へ発展させることを目的とした。測定結果から、現象のメカニズムは『**水槽の重さの振動数=定常波の振動数×2**』であることを発見した。また、波形が水平の時に水槽の重さは最大、山・谷の時に最小となることや、どの波長においても規則性に従って重さが増減することを突き止めた。今後は、より詳細なデータを集めて精度を高めたり、液体を運ぶトラックの問題の解決につなげたりして社会に還元していきたい。

1 動機及び目的

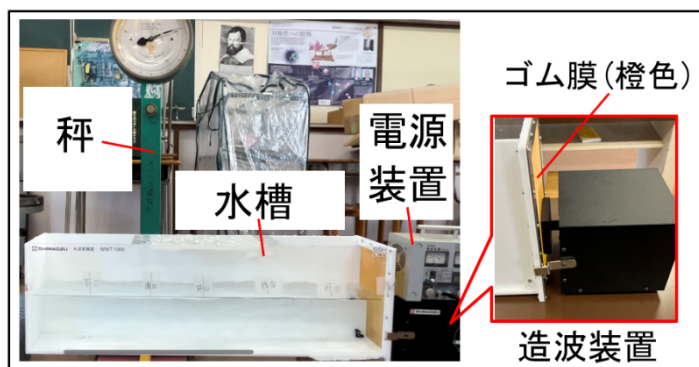
水が入った水槽を運ぶ際、波が起こると手に周期的な負担がかかり、運びにくくなることを体験した。そこで、先行研究で調査したところ、波の振動数と水槽の重さの振動数が一致しないことを発見した。本研究では、その現象のメカニズムを解明すると共に、日常生活や社会に還元することも目的とした。



【図1】液肥を運ぶトラックのタンクの水面波の様子

2 方法

準備物



- ・水(20L)
- ・水波実験器
- ・秤(デジタル体重計)
- ・電源装置
- ・水槽を一点で支える木

予備実験

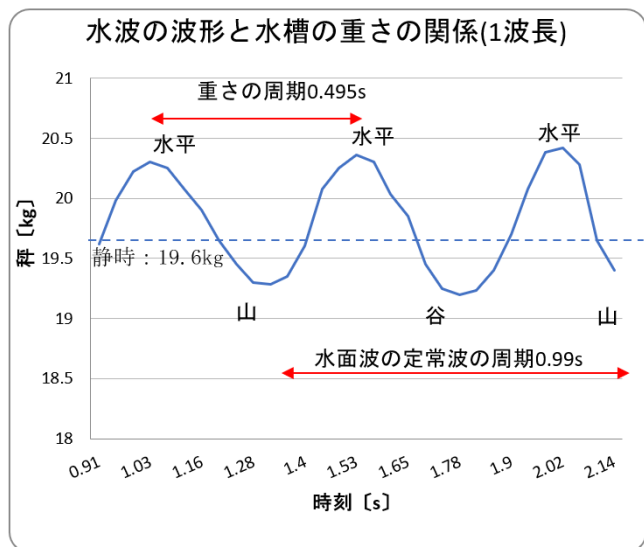
定常波の腹、節のどこの位置を支柱で支えて測定しても、針は同じ動きをしていることが確認できた。

本研究の課題

定常波の波長の長さを変化(1波長, 1.5波長, 2波長, 2.5波長)させたときの、水槽の重さとの周期的な関係性を調べる。

3 結果

1波長($\lambda = 1.0\text{m}$)のときは以下の結果が得られた。



【図3】波形と水槽の重さの関係(1波長のとき)
波形が“水平”になったとき、水槽の重さが最大になっている。

時刻t[s]	11.8	11.83	11.86	11.9	11.93	11.96	12	12.03	12.07	12.1	12.13
重さ[kg]	19.9	20.2	20.6	21.2	22	22.2	21.8	21.2	20.3	19.8	19.5

時刻t[s]	12.16	12.2	12.23	12.27	12.3	12.33	12.36	12.4	12.43	12.46	12.5
重さ[kg]	19.5	19.8	20.4	21.2	22	22.1	21.9	21.4	20.6	20	19.6

時刻t[s]	12.53	12.57	12.6	12.63	12.66	12.7	12.73	12.76	12.8
重さ[kg]	19.7	20.5	21.2	21.8	22.2	22	21.2	20.5	20.2

4 考察 【表1】時刻tにおける秤の読み(1波長)

まず、周期性を調べた。

1波長の水面波の周期 $T_1 = 0.990\text{s}$

IIのときの秤の針の周期 $T'_1 = 0.495\text{s}$

針の振れの周期は、水面波の周期の2倍であることが分かった。

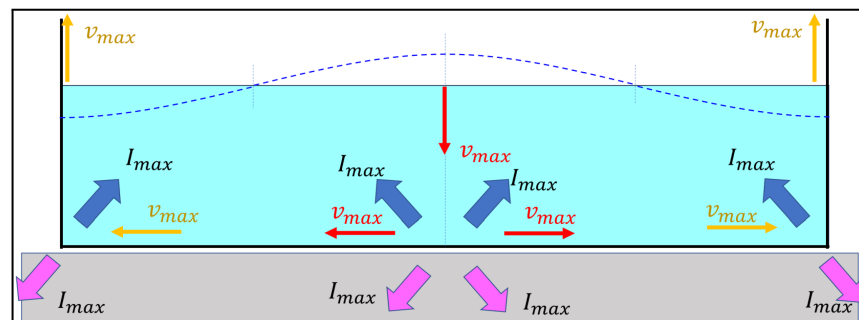
$$\text{水槽の重さの振動数} = \text{定常波の振動数} \times 2$$

次に、秤に及ぼす力の増加(α)及び、減少(β)の割合を調べた。

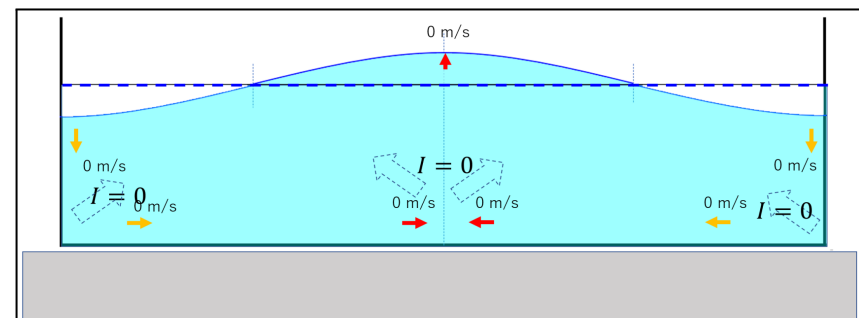
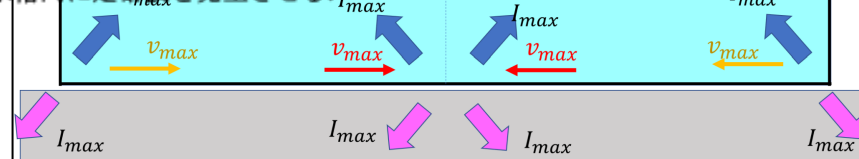
< 1波長(静時19.6kg)の増加・減少割合(最大) >

$$\alpha_1 = \frac{20.36 - 19.6}{19.6} = 3.9\% \quad \beta_1 = \frac{19.6 - 19.2}{19.6} = 2.0\%$$

$\alpha > \beta$ となり、平均的に水面が振動しているときは、常に重量が増大することを示している。



【図2】水面波の定常波をつくる水波実験器
作りたい波長に合わせて電圧を調整、造波装置でゴム膜を一定間隔で押し、水槽内に定常波を発生させる。



<上段図>

水の流れは最大⇒水の運動量は最大となる。このとき、水流は左右、および上部に向かって曲げられるため、水は水槽から力積(青矢印)を受け、その反作用の力積(ピンク矢印)が秤にかかることができる。

<中段図>

上段図と同様、水の運動量は最大で、水流は中央、および上部に向かって曲げられるため、力積が発生。

<下段図>

水の流れは瞬間的に0⇒水が水槽から受ける力積は0となり、秤にかかる力積も0となる。また、静時ラインを超える水は一瞬、無重量状態となるため、水槽の重量が最小となると考えられる。

5 反省と課題

より詳細なデータを集めることでより精度を高めたい。また、トラックなどが液体を運ぶ際の負荷の参考データとして、還元したい。

6 参考文献

[1] 東京書籍 改訂 物理(教科書) p87