

令和3年度12月第4週報告書

報告書 NO.08 - 4 2021/12/23 来代 勝胤

報告内容

1. 進捗状況
2. 再実験の実施
3. 理論値の算出
4. FFT の適用
5. 位相角の算出

1 進捗状況

今週は、測定したデータ処理を行うプログラムの作成を行った。また、FFT を適用し位相角を求めるため、再度実験を行いそのデータと理論値との差異を算出した。

2 再実験の実施

FFT を用いるためにデータ数を2の乗数に合わせなければならぬことから、前回行った実験と同様の手法で再実験を行うこととした。

2.1 実験結果

今回は、22.5 度刻みの計 16 方向からひずみセンサおよびロードセルの出力電圧の測定を行った。実験結果を以下の Fig.1, Fig.2 及び Table 1 に示す。

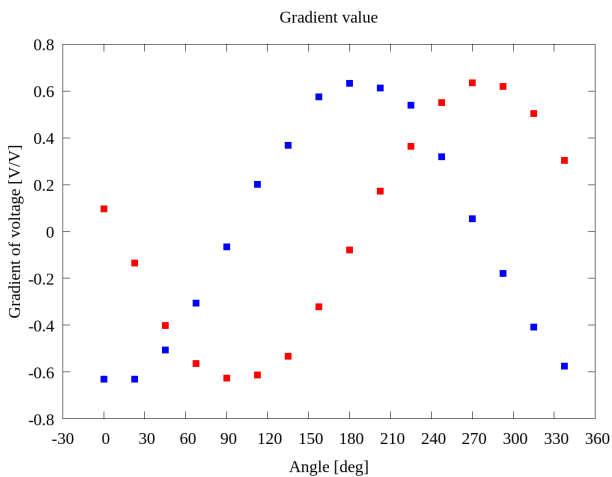


Fig.1 Summary of gradient value

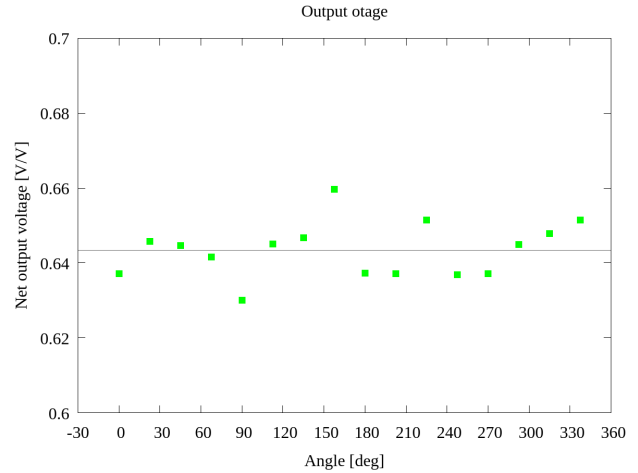


Fig.2 Summary of net voltage value

Table 1 Result summary

Angle [deg]	Drag [V/V]	Lift [V/V]	Net [V/V]
0.0	-0.629891	0.096225	0.637198
22.5	-0.631390	-0.135281	0.645720
45.0	-0.505268	-0.400433	0.644703
67.5	-0.305154	-0.564455	0.641660
90.0	-0.065062	-0.626712	0.630080
112.5	0.200668	-0.613089	0.645094
135.0	0.368146	-0.531723	0.646731
157.5	0.575943	-0.321693	0.659694
180.0	0.632274	-0.079331	0.637231
202.5	0.613635	0.171695	0.637203
225.0	0.539625	0.364962	0.651454
247.5	0.319874	0.550715	0.636873
270.0	0.053645	0.634929	0.637191
292.5	-0.179625	0.619397	0.644917
315.0	-0.407471	0.503615	0.647812
337.5	-0.575843	0.304549	0.651418
Average	0.000257	-0.001664	0.643436

2.2 標準偏差の評価

実験結果から算出した正味出力電圧の分散及び標準偏差を以下の Table 2 に示す．

Table 2

分散	0.000051
標準偏差	0.007133

ここで，Table 1 の平均値と Table 2 の標準偏差を比較すると，標準偏差は平均値の 1% 程度の範囲を示していることがわかる．

■ 平均値に対する標準偏差の割合

$$\frac{0.007133}{0.643436} \times 100 \approx 1.11[\%]$$

したがって，標準偏差は平均値に対して十分小さい値であるといえ，正味出力電圧は一定であると判断できると考える．

3 理論値の算出

電圧の測定実験において，抗力および揚力の出力電圧は正弦波の位相がそれぞれ $-\pi/2, \pi$ だけ進んだ波形になると考えられる．

■ 抗力・揚力における出力電圧の理論式

$$(\text{Drag voltage}) = A \sin \left(\omega t + \frac{3}{2} \pi \right) = A \cos (\omega t + \pi)$$

$$(\text{Lift voltage}) = A \sin (\omega t + \pi) = A \cos \left(\omega t + \frac{1}{2} \pi \right)$$

ここで，Table 1 の正味の出力電圧の平均値を振幅とし，抗力および揚力についてそれぞれ位相が進んだ正弦波を作成した．その算出結果と実験結果を重ねた図を以下の Fig.3 に示す．

Fig.3 をみると，実験結果は理論値に比べて抗力・揚力ともに位相が遅れていることがわかる．ここで，この結果から理論値との位相差を算出することを目的としてデータの処理を行うこととした．

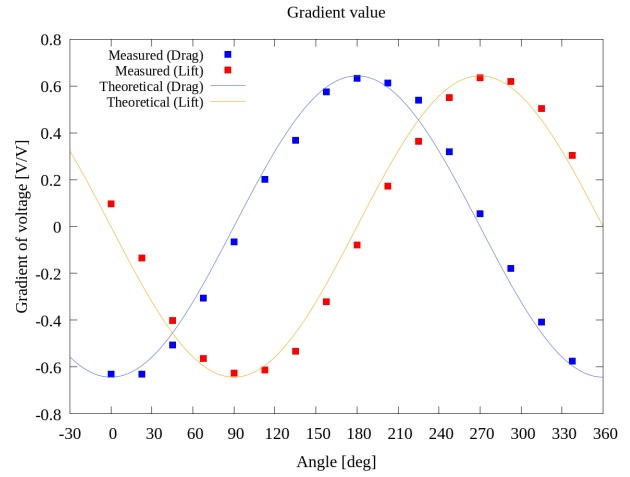


Fig.3 theoretical Value

4 FFT の適用

実験結果及び理論値について FFT を適用した．その結果を以下の Fig.4，Fig.5 に示す．

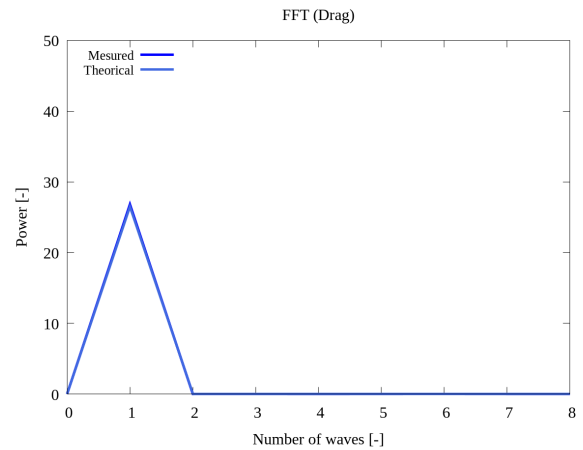


Fig.4 FFT Result [Drag]

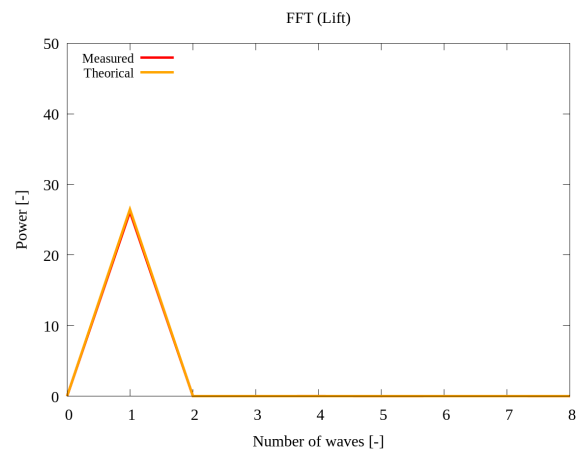


Fig.5 FFT Result [Lift]

また，Table 3 に波数 1 について，それぞれの結果を以下に示す．

Table 3 FFT result

	Re	Im	Power
Measured [Drag]	-5.148544	0.570901	26.833436
Measured [Lift]	0.706293	5.061030	26.112873
Theory [Drag]	-5.147490	0.000000	26.496654
Theory [Lift]	0.000000	5.147490	26.496654

Fig.4，Fig.5 をみると，実験結果と理論値のピークは一致していることがわかる．また，Table 3 をみると，パワースペクトル値は 4 つの条件に関しておおそ一致していることがわかる．したがって，FFT によって波の特徴を正しく捉えられており，抗力側及び揚力側に取り付けられているひずみセンサに大きな個体差はないと考えられる．

5 位相角の算出

ここで，Table 3 の結果から以下の式をもとに位相角 ϕ を算出した．抗力及び揚力方向の位相角をそれぞれ ϕ_x ， ϕ_y として，その算出結果を以下の Table 4 に示す．

■ 位相角 ϕ の算出

$$\phi [\text{deg}] = \arctan \left(\frac{Im}{Re} \right) \times \frac{180}{\pi}$$

位相角 ϕ は，FFT の性質上，余弦波に対する位相角を示している．

Table 4 Phase angle

	ϕ_x [deg]	ϕ_y [deg]
Measured	173.672554	82.055387
Theory	180.000000	90.000000
Difference	-6.327446	-7.944613

Table 4 をみると，実験で使用した回転台の回転座標を基準として，実験装置に取付けられたひずみセンサは理論値に対して，抗力方向は約 -6.33 度，揚力方向は約 -7.94 度進んでいることを示している．

また，実験結果における抗力・揚力方向の位相角の差を取ることでひずみセンサの取付角度が算出できる．

■ 抗力・揚力方向のひずみセンサの取付角度 ϕ

$$\begin{aligned} \phi &= |\phi_x - \phi_y| \\ &= |173.672554 - 82.055387| \\ &\approx 91.6 [\text{deg}] \end{aligned}$$

したがって，回流水槽での作用力測定の際に，実際に加わる作用力の方向と測定装置の設置角度に差異が存在している可能性があることがわかった．また，抗力・揚力方向のひずみセンサについてはおおそ直角に貼付けられており今回の実験装置については重大な課題ではないと考える．