

〔論 文〕

1 m × 1 m 風洞における空気力計測*

イユジョン^{*2}, 清水 健太^{*2}, 田原 久雄^{*3}, 中山 周一^{*4}

Aerodynamic Force Measurement in the NBU 1 m × 1 m Wind Tunnel*

Lee YOOJOUNG^{*2}, Kenta SHIMIZU^{*2}, Hisao TAHARA^{*3}, Shuichi NAKAYAMA^{*4}^{*2,*3,*4}Department of Aerospace Engineering, School of Engineering, Nippon Bunri University

Abstract

This paper describes the aerodynamic force measurements system in the NBU 1 m × 1 m wind tunnel as of Japan Fiscal Year 2021 and its test trial results in JFY 2021. Although the sting type six component force measurement system was introduced in JFY 1998 (1999/3), its data recording PC and servo motor to change pitch angle were found to be inoperative in JFY 2021. In order to make the force measurement system operational, a state-of-the-art data logger was introduced and a sting pitch angle deflection system was modified to a simple manual jack up system.

キーワード：風洞試験, 6 分力

Keywords : wind tunnel testing, six component aerodynamic force

1. はじめに

本報告では、2021年度に実施した1 m × 1 m 風洞での力計測結果を報告する。本学の1 m × 1 m 風洞は、2021年度時点、学生実験(航空工学実験1での圧力分布計測)や卒業研究(フラッター関連)で用いられているが、力計測については2003年の吉永らの紀要報告¹⁾以降の記録がない。

2021年度に著者の一人である中山が着任後、吉永らの

紀要報告で用いられた1 m × 1 m 風洞のスティンク型力計測装置の状況を確認したところ、データ記録に使われたと思われるパソコンは起動できたものの、データ収録に使われたはずのプログラム/ソフトウェアを確認することができなかった。また、試験模型を支持するスティンクの変角装置は制御器にエラーコードが表示され、作動不能状態であった。

このように非稼働状態にあった力計測装置を稼働状態に戻すために実施した調査検討と復旧後の試計測結果について報告する。

*2022年6月15日受理

*2 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 学部生

*3 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 技術員

*4 日本文理大学工学部航空宇宙工学科 教授

吉永らの報告¹⁾の参考文献には「紀要投稿予定」として「低速風洞用6分力試験装置」が列挙されているが、未投稿である。今回の現況調査では、以前の具体的研究状況がよくわからず苦慮したところが多々あり、この「低速風洞用6分力試験装置」が紀要投稿されていれば、状況は改善できたのではないと思われる。この教訓から「低速風洞用6分力試験装置」に記載されていたであろう、具体的な設備状況も本報告に記載することとした。

2. スティングカート・6分力計測装置

吉永ら¹⁾が力計測に用いたスティングカートを図1に示す。同カートの製造者は、三菱重工系の中菱エンジニアリング株式会社である。

スティングの先端には図2に示す6分力天秤が装着されている。天秤は3軸の力とモーメントのいわゆる6分力についてブリッジ回路を構成している。



図1. スティングカート全景

ブリッジ回路の端子間の抵抗を、図1に示すカートのコネクタ部にて、テスターで計測した結果、Ch6(Fz)以外は、一般的な120[Ω]のゲージとして正常な抵抗値が確認できた。入力同士、出力同士を計測した場合は「120[Ω]×2の並列」で120[Ω]、入力と出力を計測した場合は「120[Ω]×3と120[Ω]の並列」の90[Ω]となる。

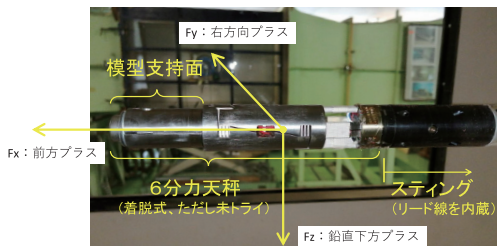
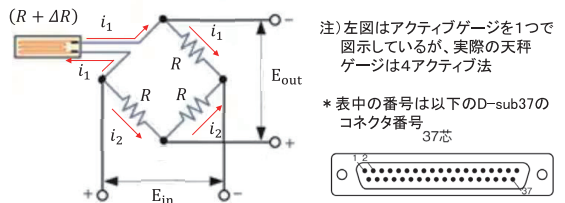


図2. 6分力天秤



CH1(FX)	1*	2*	20*	21*	CH4(MX)	7*	8*	26*	27*
1*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω	7*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω
2*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω	8*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω
20*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω	26*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω
21*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—	27*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—
CH2(FY)	3*	4*	22*	23*	CH5(MY)	9*	10*	28*	29*
3*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω	9*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω
4*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω	8*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω
22*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω	28*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω
23*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—	29*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—
CH2(FZ)	5*	6*	24*	25*	CH6(MZ)	11*	12*	30*	31*
5*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω	11*	—	120 Ω	90 Ω	90 Ω
6*	120 Ω	—	90 Ω	90 Ω	12*	120 Ω	—	100 Ω	100 Ω
24*	90 Ω	90 Ω	—	120 Ω	30*	90 Ω	100 Ω	—	120 Ω
25*	90 Ω	90 Ω	120 Ω	—	31*	90 Ω	100 Ω	120 Ω	—

図3. 天秤端子間抵抗計測結果

実際のゲージは4アクティブゲージであるが、ブリッジ回路の4つの抵抗のうち、1つが荷重の作用により、抵抗値が $R + \Delta R$ に変化した場合について考える。2つの入力側経路のうち、抵抗変化が発生した側の経路を流れる電流を i_1 、反対側を i_2 とすると、入力電圧は、

$$E_{in} = i_1(R + \Delta R) + i_1 R = i_2 R + i_2 R$$

で表される。これから i_1 、 i_2 を求めると、

$$i_1 = \frac{E_{in}}{2R + \Delta R}, \quad i_2 = \frac{E_{in}}{2R}$$

となる。一方、 i_1 、 i_2 により出力電圧は

$$E_{out} = i_2 R - i_1 R = -i_2 R + i_1(R + \Delta R)$$

と表されるので、抵抗変化が発生していない経路を表す最初の式に i_1 、 i_2 を代入すると、

$$E_{out} = \frac{E_{in}}{2R} R - \frac{E_{in}}{2R + \Delta R} R = \frac{\Delta R}{2(2R + \Delta R)} E_{in}$$

が得られる（反対側の経路について計算しても同じ結果となる）。荷重作用によるわずかな抵抗変化をとらえるとの意図から、 $\Delta R \ll R$ を仮定し、

$$E_{out} = \frac{\Delta R}{4R} E_{in}$$

とする。このようにブリッジ回路により抵抗変化 ΔR に比例した出力電圧が得られる。後述するシグナルコンディショナがブリッジ回路に印加電圧 $E_{in} = 4[V]$ を供給し、同時に出力電圧 E_{out} を取り込んでいる。

各軸方向に単位荷重を作用した時の出力電圧はゲージ

が貼付されているエレメントの剛性により異なり、単位荷重に対する電圧の比率は天秤検定により取得される。今回天秤検定は行わず、付録Bに示すカート導入時の天秤検定データを用いることにした。ただし、シグナルコンディショナを接続した状態で、天秤に3分力方向の力を手で加え、 F_x は風洞上流方向がプラス、 F_y は機体右方向がプラス、 F_z は鉛直下向きがプラスであることを確認している。

天秤はスティングに固定されているので、計測される力は風軸²⁾での揚力や抗力ではなく、風洞模型の機体軸²⁾での6分力である。

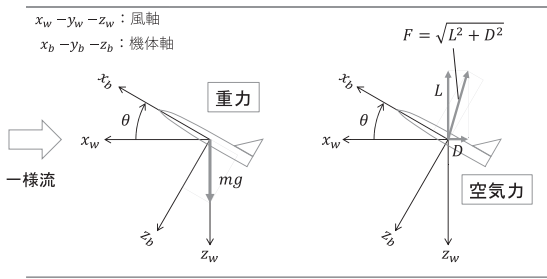


図4. 計測座標系

頭上げをピッチ角プラスとすると、自重は

$$\begin{cases} F_z = mg \cos \theta \\ F_x = -mg \sin \theta \end{cases}$$

となり、風軸の揚力と抗力で表した空気力は

$$\begin{cases} F_z = -L \cos \theta - D \sin \theta \\ F_x = -D \cos \theta + L \sin \theta \end{cases}$$

となる。天秤には重力と空気力の両方が計測されるので、揚力や抗力を評価するためには、模型に加わる重力をテアロード²⁾として差し引いたうえで、機体軸から風軸へ座標変換する必要がある。

カートのコネクタ部からD-subケーブルが計測室内に引き込まれ6個の共和電業製シグナルコンディショナ（CDV-700A）に接続されていた。1つのCDV-700Aが6分力のうちの1分力に対応している。シグナルコンディショナの出力は、図5に示すBNC端子台につながり、このBNC端子台がデスクトップPCの拡張ボードに繋がっていた。したがって、このデスクトップPCでデータ処理を行っていたはずである。ただし、このPCは起動できOSはWindows98であることは確認できたものの、風洞試験データ処理に使われたプログラム類は確認することができなかった。

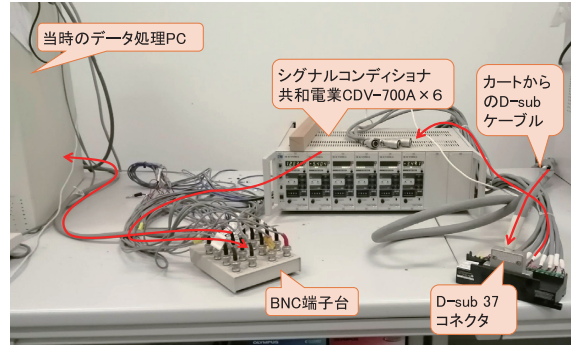


図5. 吉永らによるデータ記録系

以上から、導入当時のデスクトップPCに代わるデータ記録装置が必要となる。導入時と同様な専用プログラムを実装したパソコンを手当する場合、費用が高額になる他にも難点があると考えた。本学では数年ごとに交代する教員が多いという事情がある。専用設備化された実験装置は、導入当時の教員が退職すると使用頻度が下がる、もしくは使用されなくなることが懸念される。吉永以降、力計測の記録がないのはこのような事情の影響が大きいと思われる。使用頻度が下がることは、実験装置は死蔵化・休眠化につながり、休眠期間が長くなると、使用不能な事態に陥りやすい。

そこで、データ記録装置は1 m × 1 m 風洞の力計測用専用設備とするのではなく、他の用途にも使える汎用のデータロガーとしてキーエンス製NR-Xシリーズを選定した。他用途も含め同じデータロガーを使うことで、使用頻度が高くなり実験活動が活性化することが期待される。他の案として、パソコン上にLabviewによるデータ記録システムを構築する案も検討したが、Labviewをプログラミングする必要がある「すぐに使える」ためにはデータロガーの方がよいと考えた。

試験を支持するスティングの変角装置について述べる。図6は、スティング角度変更に用いられるカート上部のサーボモータとボールスクリューである。モータ軸の歯車がボールスクリュー側の歯車を回転させてストラットが上下に変位しストラットに取り付けられたアームとリンクを動かすことで、風洞計測部の模型上下位置を保持したままスティングを傾斜させる仕組みとなっている。その仕組みを図7に示す。ストラットの上下変位を拘束する固定ピンがカート上部のガイド部にあり、水平以外のスティング角度に変角する際には、固定ピンを外す必要がある。駆動モータは、意図した角度に合わせ

ることができ、その角度で保持できる機能を持ったサーボモータが使われている。

ただし、付録 A に示すようにサーボモータは作動不能状態であり、吉永らの当時状況を復元するには100万円以上の経費が必要であることが判明したため、安価に代替する手段を検討した。

サーボモータを外してアームを油圧ジャッキで上下させる方法を試したところ、問題なく動かすことができたので本方式を採用した。この状態で次項に示す試計測に臨んだ。スティング角度を計測するポテンシオメータのラインはモータ制御装置のラインと一体化されているようなので今回は故障探求を行わなかった。ピン固定時のスティング角度は水平であることは確認されていたが、水平以外の角度に動かした場合に、その角度が何度になっているか計測する手段はなかった。

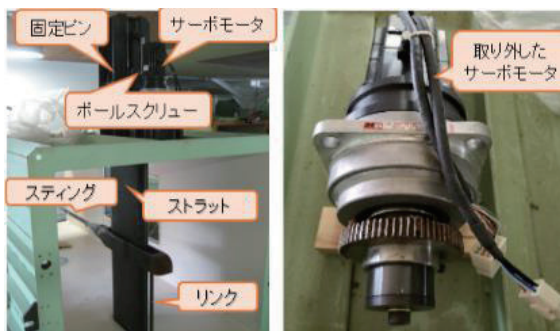


図6. サーボモーターとボールスクリュー

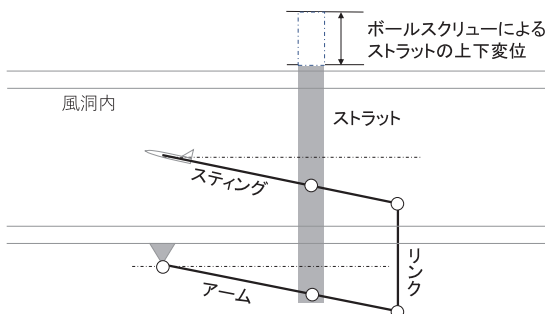


図7. 変角装置の仕組み

試計測の後に行ったスティングの角度の測定方法の検討結果について述べる。図8に示す分度器をアームに取り付けスティングの角度を読みとる方法を採用した。カートの図面から、スティングとアームが平行になっていることを確認し、アームの角度を測定することでス

ティングの角度も測定することができる。水準器をアームに置き水平になっていることを確認し、分度器の90度の位置に重りを付けたタコ糸が一致するように分度器をアームに取り付けた。

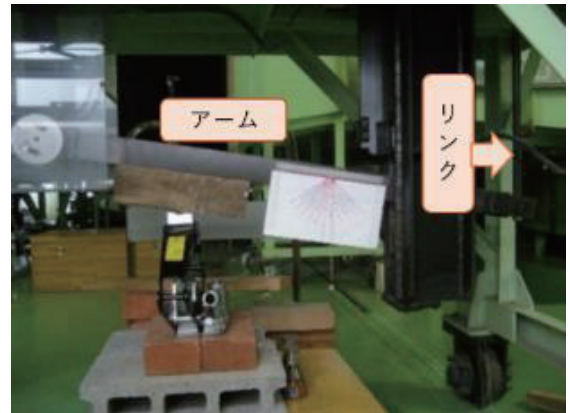


図8. ジャッキによる変角と角度計測

3. 風洞試験模型

試験模型は1 m × 1 m 風洞に保管されていた図9に示す SST (SuperSonic Transport, 超音速機) 模型を用いた。本模型の重量は4.4[kgf]で、6分力天秤に装着可能となっており、その際に天秤位置は、本模型の縦方向重心位置辺りになる。本報告では空力係数への変換等を行わないため、翼面積等の諸元は省略する。

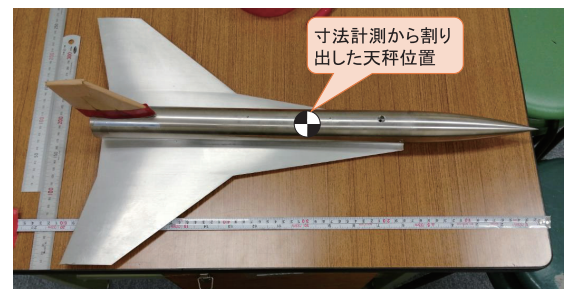


図9. 風洞試験模型

4. 試計測結果

2022/02/16に実施した最初の試計測の状況を図10に示す。

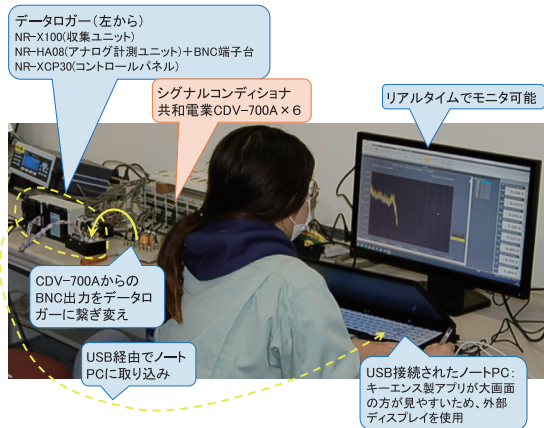


図10. データロガー使用状況

マニュアル等を事前に勉強することなく試計測に臨んだが、図10に示すようにUSB接続したパソコンからキーエンス製アプリを使うことで特に問題なくデータロガーの操作を行えた。

データロガーへの接続は、図5に示す吉永らの状態を踏襲し、シグナルコンディショナ (CDV-700A) の出力をアナログ計測ユニット (NR-HA08) に取り込んだ。その理由は不明であるが、吉永らの計測ではシグナルコンディショナ (CDV-700A) からBNC端子台に接続する段階で、ひとつの分力チャンネルがHとLに分岐されている。今回もそれを踏襲しチャンネル配置は表1とした。そのほか、シグナルコンディショナ (CDV-700A) の設定は変更しておらず、吉永らの計測当時のまとなっている。データロガーのデータ取り込み設定は、全チャンネル、レンジ±5[V]、サンプリングレートは100[ms]である。

表1. チャンネル設定

NR-HA08	BNCケーブルのマーキング
Ch1	CH0L (Fx-L)
Ch2	CH0H (Fx-H)
Ch3	CH1L (Fy-L)
Ch4	CH1H (Fy-H)
Ch5	CH2L (Fz-L)
Ch6	CH2H (Fz-H)
Ch7	CH3L (Mx-L)
Ch8	CH3H (Mx-H)

csvフォーマットで書き出した試験結果をexcelでグラフ化したデータロガーに記録された電圧値の計測結果

を図11に示す。

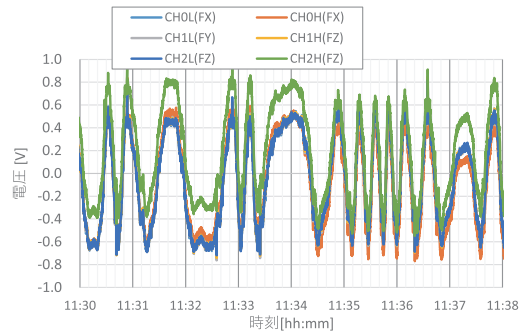


図11. 試計測結果 (電圧値)

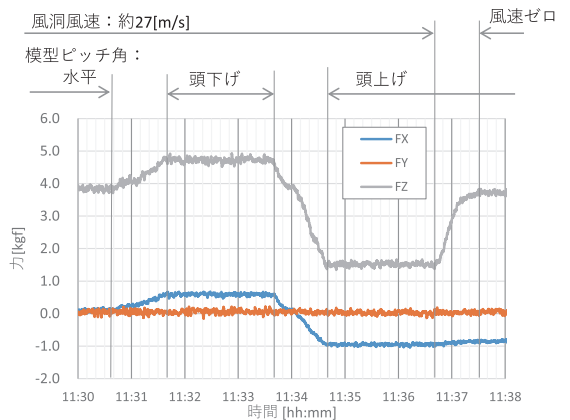


図12. 試計測結果 (3分力)

図11に示す電圧値において、各チャンネルの“H”と“L”の差分をとるとノイズが大きかったため、電圧値1[s]間隔で移動平均をとった後に“H”と“L”の差分を取り、導入時に取得された天秤検定による天秤係数により物理量(力)に変換した結果を図12に示す。天秤検定結果を付録Bに示す。

風速データ、姿勢角データはオンライン化されておらず、データロガーには取り込まれていない。風洞風速は風洞に設置されたピトー管の差圧 Δp をベンツ型マンオメータで読み取った。

$$\Delta p = \rho_w g \Delta h = \frac{1}{2} \rho V^2$$

Δh は表2に示すマンオメータの読み、 ρ_w は水の密度(998[kg/m³])、 g は重力加速度である。空気密度は、空気の気体定数 $R=287$ [J/Kg-K]と状態方程式から次のように求められるので、

$$p = \rho RT \rightarrow \rho = \frac{p}{RT}$$

上記2式から風洞風速は

$$V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{2\rho_w g \Delta h \left(\frac{RT}{p}\right)}$$

にて計算される。当日の試験記録としてマノメータの読みは記録したものの、気温と気圧を記録し忘れたので、代替手段として気象庁による2022/02/16の11:30頃の大分市の気温6.9[℃]と気圧 $p = 1018$ [hPa]を代入し約27[m/s]を得る。

図8に示す分度器による姿勢角計測は試計測時点未実施であったため、正確な姿勢角は不明であり、 $\theta_1 < 0$ (頭下げ)、 $\theta_2 > 0$ (頭上げ)と表記している。データ取得時の模型の状況を図13に示す。

表2. 試験条件

時刻	マノメータ読み	姿勢角
11:28:30	47.0[mm]	水平
~11:30:40	—	水平
~11:31:40	—	水平→ θ_1
~11:33:40	—	θ_1 保持
~11:34:40	—	$\theta_1 \rightarrow \theta_2$
~11:36:40	—	θ_2 保持
~11:34:40	46.8[mm]→風洞停止	同上
~11:37:30	停止	同上



図13. 試計測時のピッチ角

図12の計測結果は、模型に加わる重力と空気力の両方を含んでいる。本来は、重力のみを計測した結果により、空気力だけを表すようテアロード処理²⁾をおこなうべきだが、今回は未実施である。左右対称の模型形状から、 F_y は終始ほぼ0[kgf]となっていることが確認できる。 F_x と F_z の計測結果について、時間順に以下にのべる。

初期状態から11:31:40までは、ピッチ角はゼロである

ことから空気力は小さく重力が支配的になると考えられ、 F_z は模型自重4.4[kgf]に近い値を示している。

11:30:40から11:31:40までの頭下げ変化(風洞風速一定)により、鉛直下向きの空気力(揚力)が発生するとともに、自重成分の内訳が変化する。 F_z に対する自重の変化は余弦(cos)成分となるため小さく、 F_z の約1[kgf]増加は主に空気力の寄与によるものと考えられる。逆に、 F_x に対する自重の変化は正弦(sin)成分となるので、 F_x の約0.8[kgf]増加は主に自重成分が前向きによるもので、空気力(抗力)の寄与は小さいと考えられる。

11:33:40から11:34:40までの頭上げ変化(風洞風速一定)は頭下げ変化の逆となり、 F_z の約3.5[kgf]減少は鉛直上向きの空気力変化、 F_x の約1.9[kgf]減少は自重の後ろ向き成分によるものと考えられる。

11:36:40から11:37:40まで風洞運転停止(姿勢角は頭上げで一定)では自重成分には変化がなく空気力だけが変化する。 F_z の2.5[kgf]増加は鉛直上向き(F_z としてはマイナス成分)の揚力がなくなった効果、 F_x の0.1[kgf]増加は後ろ向きの抗力(F_x としてはマイナス成分)が無くなった効果によるものと考えられる。

5. まとめ

今回の試計測の結果、模型ピッチ角の変化、風洞風速の変化に対し整合する力計測結果が得られており、力計測の本格再稼働に向けた最初の段階をクリアできた。

新たに導入したデータロガーは、マニュアル等を事前に勉強することなく学生でもすぐに使えた。専用設備ではなく汎用性の高い実験設備により、休眠化・死蔵化を回避するとの意図は達成されたと考える。

ただし、空気力計測による研究活動を本格化させるためには、数多くの要検討事項が残っている。主要な検討課題を列挙しておく。

- ・天秤ブリッジ回路の抵抗計測結果からch6(Mz)は壊れている可能性が疑われ、ch6(Mz)の計測データの精査が必要
- ・重力のみのデータ取得とテアロード処理
- ・機体座標系ではなく、風洞軸に変換(揚力・抗力)したうえで評価
- ・風洞風速、スティング角度のデータロガーへの取り込み等

参考文献

- 1) 吉永崇, 森健, 矢ヶ部純一, 短い回転楕円体鈍頭円柱の空力特性, 日本文理大学紀要 vol. 31, no. 2 (2003. 10)
- 2) 進藤章二郎, 低速風洞実験法, コロナ社, 1992, pp. 17-19, p. 54
- 3) 気象庁過去の気象データ <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

サーボモータ

現行品: SGMP-04AWJ46B

相当品: SGM7P-04A7AH76C

サーボパック

現行品: SGDA-04AP

相当品: SGD7S-2R8A00A

ただし、サーボモータの取付互換性なし、エンコーダ分解能が24bitに向上、保持ブレーキ電圧がDC24Vへ変更されている。相当品の見積価格は約50万円であり、設置工事及び付属品を考慮すると100万円を超過するのは間違いない。

付録 A. スティング変角装置の現況調査結果

スティング角度は、図14に示す変角装置制御盤で制御することとなっており、サーボモータ及びサーボパック（制御器）は安川電機製である。今回の調査では、この制御盤からモータを作動させることはできなかった。

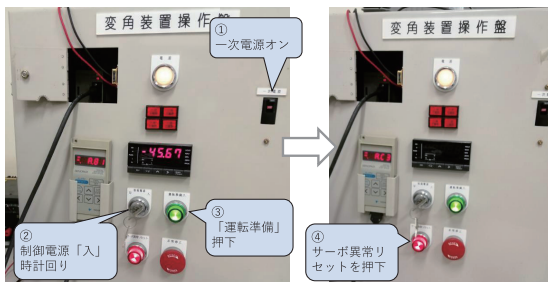


図14. スティング変角装置現況

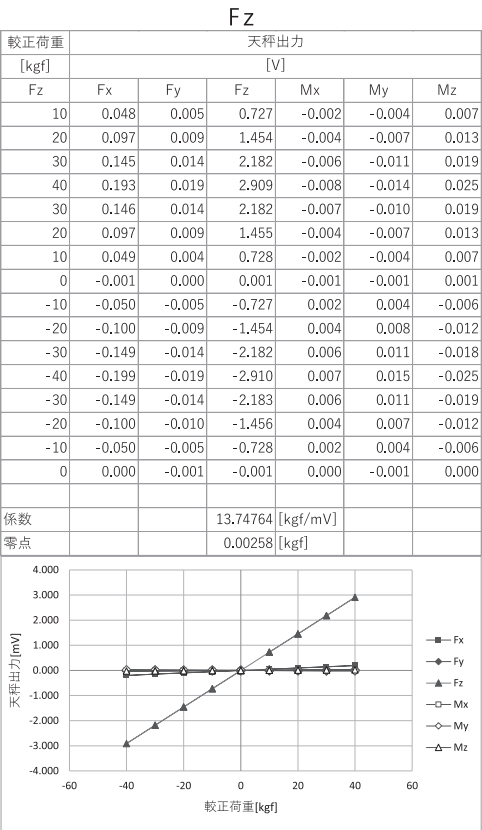
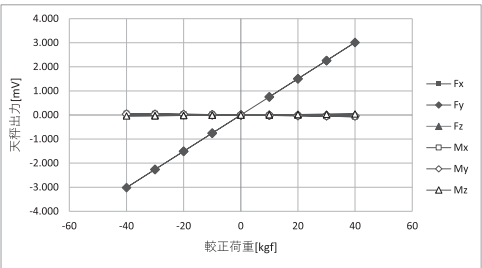
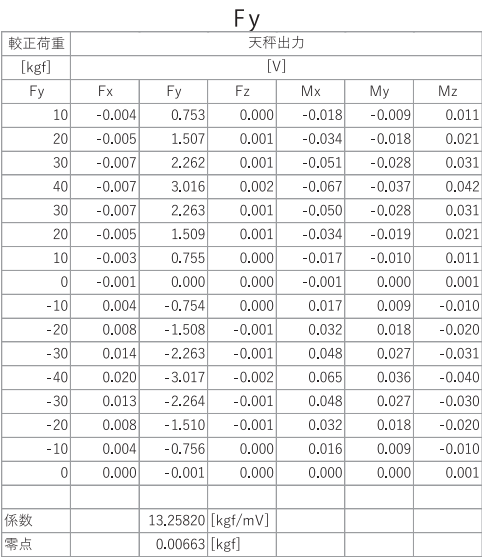
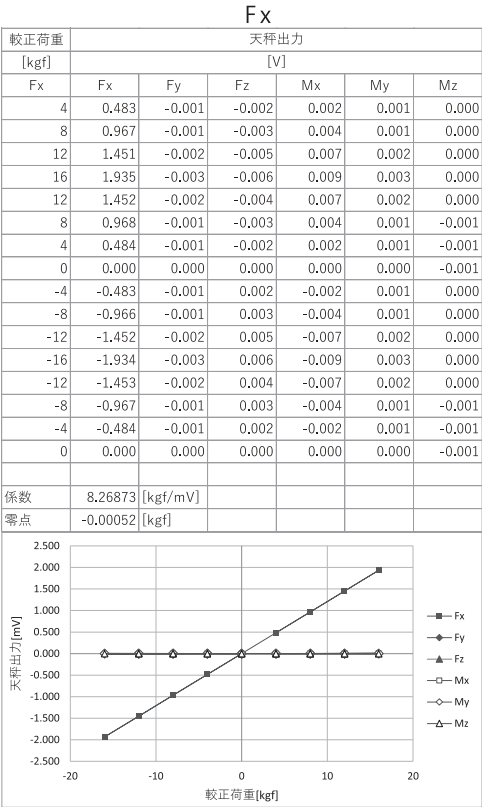
「一次電源：オン」→「一次電源：入」→「制御電源：オン」→「運転準備」により「A. 81」表示、「サーボ異常リセット」が点灯（赤）となる。その状態から「サーボ異常リセット」を「押下」操作すると、表示が「A. 81」から「A.C 3」に変わる。

TS-S800-15E(シリーズ SGM □ / SGDA ユーザーズマニュアル)によると「A. 81」「AC. 3」共にエンコーダに関するエラーで、同じく TS-S800-15E にあったエンコーダ用の電池の交換とエンコーダの「初期化」を実施するも、前記症状は変わらなかった。

この状況を安川電機の代理店に相談したところ、サーボモータとサーボ制御器（サーボパック）の更新を推奨された。ただし、同一品は現在入手不可であり、安川電機のコンタクトセンターから情報提供を受けた相当品は次となる。

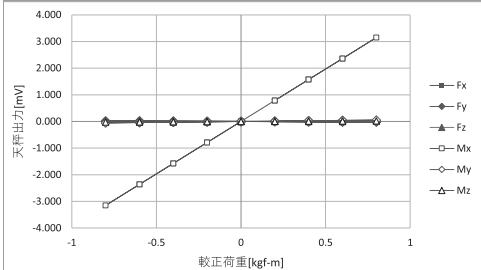
付録 B. 天秤係数

導入当時の天秤検定結果を収録しておく。



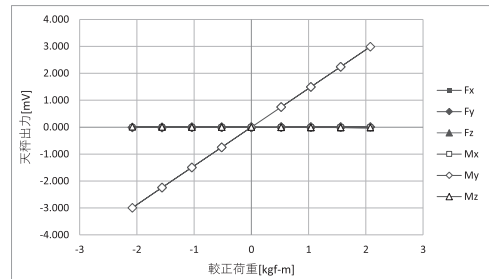
Mx

校正荷重	天秤出力					
[kgf·m]	[V]					
Mx	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz
0.2	-0.008	-0.006	0.001	0.787	0.013	0.006
0.4	-0.016	-0.012	0.002	1.574	0.027	0.012
0.6	-0.026	-0.018	0.003	2.361	0.040	0.017
0.8	-0.036	-0.024	0.004	3.149	0.053	0.023
0.6	-0.026	-0.018	0.003	2.362	0.040	0.018
0.4	-0.017	-0.012	0.002	1.576	0.026	0.012
0.2	-0.008	-0.006	0.001	0.788	0.013	0.006
0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
-0.2	0.007	0.006	-0.001	-0.787	-0.013	-0.006
-0.4	0.012	0.012	-0.002	-1.574	-0.027	-0.011
-0.6	0.018	0.018	-0.004	-2.363	-0.040	-0.017
-0.8	0.022	0.024	-0.005	-3.149	-0.054	-0.022
-0.6	0.017	0.018	-0.004	-2.362	-0.040	-0.017
-0.4	0.012	0.012	-0.002	-1.577	-0.027	-0.011
-0.2	0.006	0.006	-0.002	-0.789	-0.014	-0.005
0	-0.001	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
係数				0.25401	[kgf/mV]	
零点				0.00006	[kgf]	



My

校正荷重		天秤出力					
[kgf-m]		[V]					
My	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
0.52	-0.003	0.002	-0.006	0.001	0.748	-0.003	
1.04	-0.007	0.004	-0.011	0.001	1.496	-0.005	
1.56	-0.012	0.006	-0.016	0.002	2.244	-0.008	
2.08	-0.018	0.008	-0.022	0.003	2.992	-0.010	
1.56	-0.012	0.006	-0.016	0.002	2.244	-0.008	
1.04	-0.007	0.004	-0.011	0.001	1.496	-0.005	
0.52	-0.003	0.002	-0.006	0.001	0.748	-0.002	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.001	
-0.52	0.002	-0.002	0.005	-0.001	-0.747	0.003	
-1.04	0.004	-0.004	0.011	-0.002	-1.496	0.006	
-1.56	0.004	-0.006	0.016	-0.003	-2.244	0.009	
-2.08	0.003	-0.008	0.022	-0.004	-2.993	0.012	
-1.56	0.004	-0.006	0.017	-0.003	-2.244	0.009	
-1.04	0.004	-0.004	0.011	-0.002	-1.496	0.006	
-0.52	0.002	-0.002	0.006	-0.001	-0.748	0.004	
0	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.001	0.001	
係数	[kgf-m/mV]				0.69516		
零点	[kgf-m]				0.00000		



Mz

校正荷重		天秤出力					
[kgf-m]		[V]					
Mz	Fx	Fy	Fz	Mx	My	Mz	
0.52	0.007	-0.007	0.000	0.059	0.009	0.740	
1.04	0.014	-0.013	0.001	0.119	0.017	1.481	
1.56	0.022	-0.020	0.001	0.178	0.026	2.221	
2.08	0.029	-0.026	0.001	0.238	0.035	2.961	
1.56	0.021	-0.020	0.001	0.178	0.026	2.221	
1.04	0.014	-0.013	0.001	0.119	0.017	1.481	
0.52	0.007	-0.006	0.000	0.060	0.009	0.741	
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
-0.52	-0.007	0.007	0.000	-0.058	-0.009	-0.740	
-1.04	-0.013	0.013	-0.001	-0.118	-0.018	-1.481	
-1.56	-0.018	0.020	-0.002	-0.178	-0.026	-2.222	
-2.08	-0.024	0.026	-0.003	-0.237	-0.035	-2.963	
-1.56	-0.019	0.020	-0.002	-0.178	-0.026	-2.222	
-1.04	-0.013	0.013	-0.001	-0.119	-0.018	-1.481	
-0.52	-0.006	0.007	-0.001	-0.059	-0.009	-0.741	
0	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	-0.001	
係数	[kgf-m/mV]					0.70223	
零点	[kgf-m]					0.00022	

