

風車模型回転装置の製作

松島, 啓二
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/7375873>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 7, pp.37-39, 2025-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :



風車模型回転装置の製作

松島 啓二

要 旨

風車間の干渉を解明する研究への技術支援として、風車模型をヨー回転させながら各種の計測・観察ができる模型回転装置を製作した。本装置は、既存の手動式回転ステージにモーター制御機構を組み込んで、ヨー角度・ヨー回転速度をコンピューター制御するものである。本装置によって、動的にヨー回転する風車の下流側に生じる流れの計測や、当該流れの影響を受ける下流側風車の特性試験等が可能となった。

キーワード

Arduino ステッピングモーター 模型回転装置 ヨーステアリング Flet

1. はじめに

脱炭素化に向けた有力なエネルギー生産手段として注目されるウィンドファームは、風車を密集させることでメンテナンスや送電に係るコストの低減を企図した形式の風力発電所である。風車の密集化は、一方で、上流側の風車ウエイク（風車の下流側に発生する風速欠損領域）が下流側風車群の発電量やハードウェア寿命に悪影響を与える可能性を懸念させるものである。この風車ウエイクの干渉問題を解決する手段の一つとして、欧州を中心にヨーステアリング（Wake Steering）手法^[1-2]が提唱されている。これは、上流側風車をあえてヨー状態（ヨー角度を与えて風に正対させない状態）にすることで、ウエイクに偏向を生じさせ、下流側風車への影響を低減する方法である。本手法の実用化に向けて、ヨー状態で運転する風車のウエイクに係る研究が進められている。

応用力学研究所の境界層風洞では、風車のヨー角度に対するウエイクの挙動や、ウエイクが下流側風車に及ぼす影響を調査する実験研究が行われている。その際、風車のヨー角度設定には、手動式回転ステージ（図 1）を用いた静的な方法が用いられてきた。人が供試体に接触して手作業でヨー角度調整を行うこの方法は、多数のヨー角度での計測に時間と手間を要する上、ヨー角度変更中の動的な気流計測に不向きであった。

そこで、回転ステージにステッピングモーター

を組み込んで、風車模型のヨー角度を制御できる模型回転装置を製作したので、ここに紹介する。

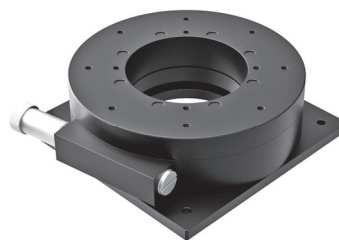


図 1 手動式回転ステージ^[3]

2. モーターおよび制御用マイコン

目的の装置は、回転ステージのつまみをモーターの駆動力で回すものである。モーターとしては、実験で要求されるヨー回転の角速度、回転ステージのつまみを十分に回せるトルク、ヨー角度の微調整が可能なステップ角等の条件から、山洋電気社製のステッピングモーター103H5210-5240を選定した。モーターの制御には、ドライバーモジュール A4988 およびマイコンボード Arduino Uno R3（図 2）を使用した。他に、モーターと同じメーカー製のドライバーシステムによる制御という選択肢があったものの、高額である上、実験で行いたい制御は、自作のプログラムと豊富で便利な Arduino ライブラリで実現可能と判断し、この選択となった。

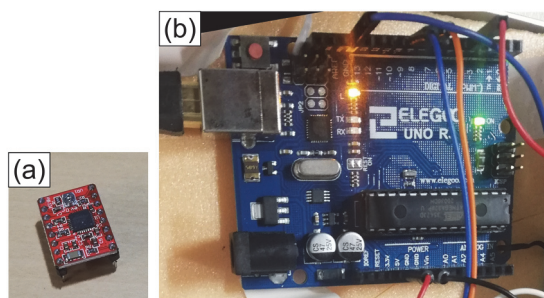


図2 A4988(a)および Arduino Uno R3(b)

3. 風車模型回転装置

図3に製作した風車模型回転装置を示す。アルミ板を加工した台座に、回転ステージとモーターを固定し、モーターに送る信号線を風洞の外まで引き伸ばせるようにした構成である。

UIに関して、簡素な CUI 方式とし、実験で必要となるコマンドのセットを定義した。使用者は、PC から Serial 通信 (USB 接続) にて、カンマ区切りのコマンド文を標準入力して使用する。例えば、時計回りに 10° 回転させる場合は「10」、 10° 回転した後に3秒待機して回転速度を $4^\circ/\text{sec}$ に変えてから反時計回りに 10° 回転させる場合は「10, t3000, dps4, -10」と入力する。動作完了後、現在ヨー角度や設定されている回転速度等の情報が標準出力される。

本装置は、予定通りヨーステアリングに係る実験研究等に使用されている。

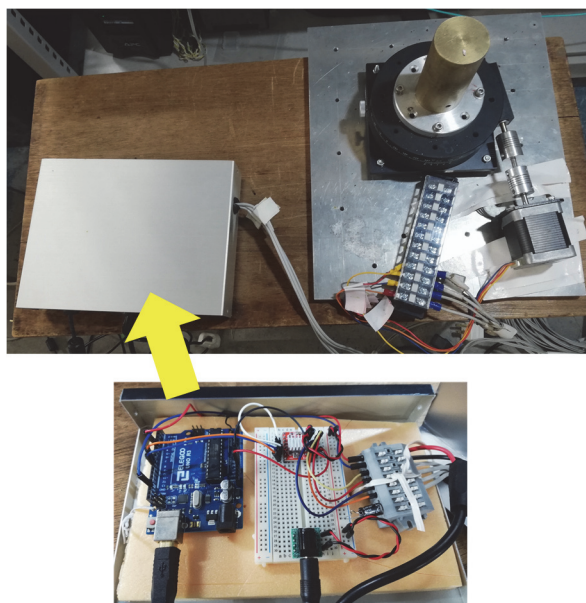


図3 風車模型回転装置

4. マルチ化

その後、複数の風車模型をヨー回転させる実験が計画され、風車模型回転装置のマルチ化を行うこととなった。各風車のヨー制御を同時に開始できるようにする必要があったため、各モーターシステムとそれらを統括する主システムという構成となるよう、装置に改良を加えた。

各モーター制御用マイコンと主システム用マイコンには、Arduino 互換ボードである Seeed Studio 社製 XIAO ESP32C3 (図4)を採用した。Arduino Uno よりも安価・省スペースであることと、Bluetooth チップが搭載されていてマイコン間通信の簡素化が期待できることが理由である。

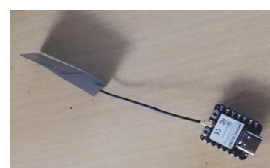


図4 XIAO ESP32C3

図5に試作した風車模型回転装置 (マルチ版)を示す。使用者は、主システムを PC に USB 接続し、従来の単体版同様に Serial 通信でモーターごとのコマンド文を送信する。主システムが、コマンド文を各モーターシステムに順次送信してから全体に始動トリガー信号を送ると、各モーターシステムは、制御運転を一斉開始する。主システムと各モーターシステム間の通信には、BLE (Bluetooth Low Energy) を使用しており、コマンド文や状態情報の送受信が行われる。各システム間を完全に無線化したいところではあったが、安定的な一斉始動のために、始動トリガーだけは有線の信号を用いている。

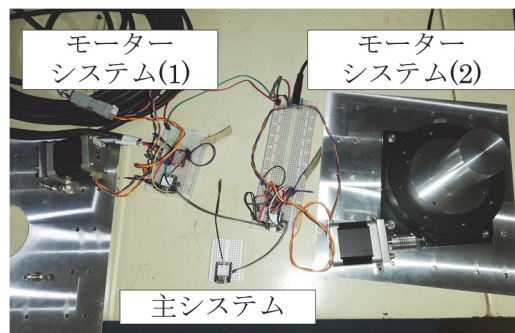


図5 風車模型回転装置 (マルチ版)

5. 簡易 GUI アプリケーション作成

複数のモーターシステムそれぞれにコマンド文を作成する場合、CUI だけでは使いづらいので、Python と Flet を用いて簡易的な GUI アプリケーションを作成した。Flet は、GUI アプリを開発するための Python フレームワークであり、手軽に GUI が作成できる反面、複雑な GUI や大規模な処理を行うアプリには向かないといった評判がある[4-5]。実際、一画面だけでちょっとした入出力を行う程度の GUI なら、比較的短期間で作成できた。

図 6 に作成したアプリ画面を示す。このアプリは、CUI で使用していたコマンド文が数字入力とボタンクリックで生成できて、Submit ボタンで送信できるというものである。コマンド文を直接貼り付けて Submit することも可能になっている。



図 6 簡易 GUI アプリケーション画面

6. おわりに

ヨー回転する風車のウエイクに係る各種実験を行うための風車模型回転装置を製作した。最初に製作した単体版を使用した実験の様子を図 7 に示す。複数風車の実験に向けたマルチ版は、近々使用予定であるものの、通信の安定性に若干不安

が残るので、実運用までに動作テストと必要に応じた改修を重ねたいところである。



図 7 風車模型回転装置を使用した実験

参考文献

- [1] Paul Fleming, et al. : Full-Scale Field Test of Wake Steering, J. Phys.: Conf. Ser., 854, 2017.
- [2] <https://www.21stcentech.com/wind-turbines-learn-trick-called-wake-adapt/>
- [3] <https://www.optosigma.com/>
- [4] https://zenn.dev/egg_glass/books/flet-development-practical/viewer/introduction
- [5] <https://qiita.com/ForestMountain1234/item/s/b5cc9ca1364b178fedc6>

謝辞

本業務の実施に関して、日頃よりご指導・ご協力頂いている洋上風力エネルギー高度利用分野の内田孝紀教授に厚くお礼申し上げます。

また、マイコンボードに係る助言を頂いた技術室の野田穰士朗氏にお礼申し上げます。