

安価な風洞をめざして

宮城県仙台第三高等学校

私たち人間の現代の生活は、航空機や自動車などの技術によって支えられている。私たちはそれらの技術を支えている風洞装置について関心を持ち、研究を始めた。なお、本研究は本校56回生の課題研究「安価な風洞の制作に向けて」¹⁾を引き継いだものである。先行研究では簡易的な風洞の製作には至り整流器の最適な再現方法を模索していた。しかしながら、製作した風洞自体の有用性や正確性がどれほど優れていたものであったかという点は客観的に不透明でありまだまだ研究の余地があると思われた。そこで、私たちは先行研究の風洞をもとにして製作・改良を重ねて性能を高め、その有用性を計り、製作した安価な風洞の実用化に向けて研究を始めた。課題研究をはじめとする学校の授業内や部活の研究活動での活用、科学館への展示を経た教育の場・一般の人々の科学技術の関心を高めること、風洞実験の場を今までよりも広く提供することを本研究の社会的意義として活動を行った。製作・検証の結果として、実際に使われているものに近い構造の風洞装置を製作することができた。また風洞の性能の検証方法を見直し、より明確にした。装置の精度の検証を行うことで客観的にその有用性を示すことができた。

1 背景

風洞とは、人工的に気流を装置の内部に発生させることで対象物にかかる力やその対象物の周辺の空気の流れを調べるものだ。風洞装置の基本的な構造は、送風機、縮流部、整流部、測定部からなる。本来、自動車や航空機、高層ビルなどの風の影響を受けやすいものを対象とした実験に用いられる。そのため風洞実験では、風洞内部に渦やうねりのない真っ直ぐな風が流れることが求められる。また、風洞装置は極めて大きく高価なため、使用できる施設や団体が非常に限られている。机上で使える小型のものであっても装置は高価であり、金額は五十万円以上するものがほとんどである。そこで、風洞を使用できる環境や条件の厳しさを克服し、多くの人に風洞実験を提供するため、安価で精度の高い風洞を製作することを目指した。その際、製作した風洞が高精度であるとみなせるよ

うに、検証も行うことにした。



写真1 実際の風洞の様子

2 材料と方法

・風洞装置の製作

風洞に求められる渦やうねりのない真っ直ぐな風は整流部の風の制御が重要である。整流部は風の乱れ(渦やうねり)を整えるため、整流部が風洞の精度に大きく関わる要素と考え、製作に力を入れた。実際の風洞には、ハニカム構造が最も多く使われていることがわかった。正六角形は平面上に合同な図形を敷き詰めることのできる正多角形の中で最も円に近い図形であ

る。そのため、整流器として風を制御するのに一番適しているとされている。しかし、身近なもので細かい正六角形の筒を再現できず、先行研究と「安価な風洞の製作」を目指す我々の理念に基づいてストローを重ねる構造を採用した。²⁾風洞の大きさは、全長約60cm、断面を一边9cmの正方形となるように製作した。風洞を使用する際は、風洞がすべての方向から空気を一様に取り込むことができるように台を利用した。(写真1下部)机上にそのまま置いた場合、風洞の入口部分の下側が塞がれてしまうからである。また、送風機は全体に風を行き渡らせるために吸い込む形で使用した。

・装置の材料

- ストロー
- 小型のプレート型電動送風機
- クリアファイル
- プラスチックダンボール



写真2 製作した風洞装置

・風洞装置の検証

風洞の測定部に通る気流の鉛直断面(写真1の糸が張られた断面)を9つに分け、各場所に設置した紙の傾きを観察することで風の乱れを測定した。写真1のように、測定部は透明なクリアファイルによって作られているため横から動画を撮影することができる。短い動画を撮影して一定時間ごとに各場所の傾きの平均を取り比較した。この検証では、風洞内部の風の強弱の違

いを調べることができる。紙が振り切れない大きさの一定の電流(30A)を送風機に流し、ストローの整流器の数と間隔を一定にした。

3 結果と考察

・結果

整流器なしの場合、紙の傾きは22~35度となった。視覚でも明らかに感じられるほど紙がブレていた。ストローによる整流器を用いた場合、紙の傾きは18~25度となり、紙の傾きのばらつきは非常に小さくなった。この結果からストローによる整流器は風を制御し、風の乱れやブレを補正する効果が確かめられた。

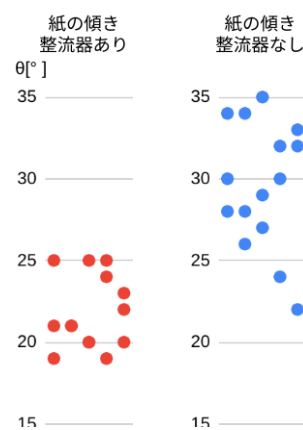


図1 紙の傾き

・考察

整流器は風洞内部を通過する風の向きを水平方向に真っ直ぐに制御した。

整流器を用いた場合、紙の傾きが全体的に小さくなった。このことは、速度が減少したことを示している。整流器を設置したことで風が通過できる風洞内部の面積が小さくなったことが原因であると考えた。そこで私たちは、風洞内部の風の速度に注目して、製作した簡易的な風洞にはなかった構造である縮流器に興味を持った。

4 風洞の縮流部の製作

前述の通り、私たちは縮流装置の製作に取り組んだ。縮流装置とは、風洞の入口部分の幅が狭くなっていく部分である。気流断面が小さくなっていくことで、風洞に入り込む風の速度が大きくなる。水平方向への速度が大きくなることによって、相対的に鉛直方向へのブレが小さくなり、風洞内部の風の向きが水平一直線に近づき、より真っ直ぐな風になるという仕組みである。

また、縮流装置がない風洞は内部に入り込む風が、大きい入射角で入り込むため、風同士がぶつかり合って作用し、乱れを生じる。(図2上 整流器なし)

縮流装置はこの入射角を小さく、水平方向に近づけるため、風の乱れ(渦やうねり)が小さくなる。

(図2下 整流器あり)

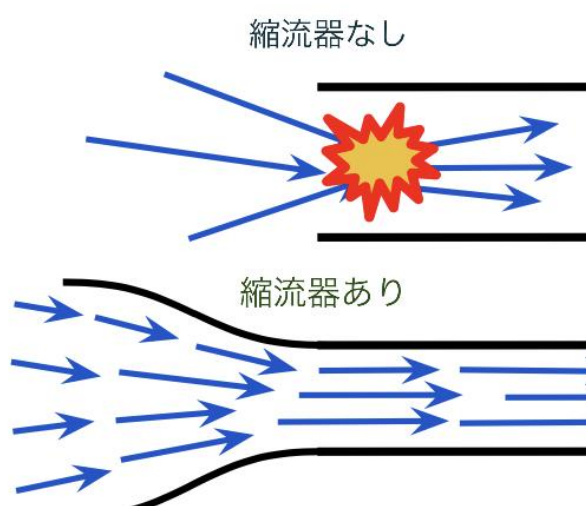


図2 縮流装置の有無による風洞の入口部分の風の干渉の違い

私たちは一般的に使われている風洞の縮流比1:20を模して、縮流装置の入り込む断面積を $40\text{cm}\times 40\text{cm}=1600\text{cm}^2$ と設計・製作した。さらに、風洞内部に入り込む風が通過する断面積

は縮流器の手前で $9\text{cm}\times 9\text{cm}=81\text{cm}^2$ まで縮流されて整流器を通過する。このことで風洞内部の風の速度を大きくすることが可能である。(図3)

また、検証を行った際には紙が振り切れない一定の大きさ(30A)の電流を送風機に加えたが、風洞を使った実際に対象物の流れ場を観測する実験では電流を100Aまで大きくすることでより風の速度を大きくすることができ、測定部を通過する風はさらに一様になると推測される。

縮流器の構造について研究された文献³⁾より、縮流部の曲線はcos曲線を用いることで風洞に取り込まれる風の速度や向きが他の曲線よりも一様になることが分かり、cos曲線を用いた。材料は安価で再現できるプラスチックダンボールを用いた。

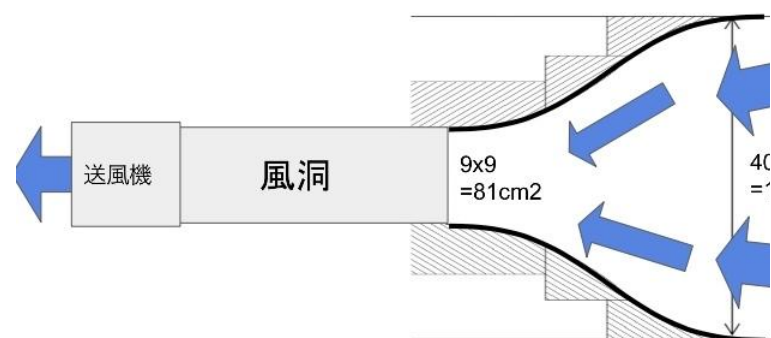


図3 風洞の縮流装置

5 まとめ

製作したストローを使った整流器は確かに風の向きを整え、測定部に一様な風を再現することができた。風洞の検証を重ねることでその有用性を示すことができ、風の速度を高める縮流装置を再現することで実際的な風洞の製作をした。今回の製作費用は2000円ほどであった。一般的な小型風洞の価格に比べて非常に少ない金額で、再現することができた。今回の研究活動

では、安価な簡易的小型風洞の実用化に一步近づいた。

6 今後の展望

製作した縮流装置を用いた風洞の検証までは至らず、縮流装置自体の効果がどれほどであるかは確認することができなかった。風速計で計測して風速という要素を比較することもできておらず、今後さらに研究を深めたいと考えている。

実際に対象物を測定部に置いて検証を行っておらず、流動パラフィンなどの煙を使った流れ場の可視化をした風洞実験をしたいと考えている。

また、本研究の目的のため、今回製作した風洞の製作図を体系化したいと考えている。製作図を公開することで、材料さえ揃えば簡単に簡易的な風洞実験ができる環境を作り、風洞の利用者の増加や一般の人々の関心の向上に貢献したい。

7 参考文献

1安価な風洞の制作に向けて

宮城県仙台第三高等学校56回生

課題研究05班,令和2年度

2空気の流れを見てみましょう,国立大学55工学系学部HP,長崎大学大学院工学研究科 総合実践教育研究支援センター,2013.1.9

3二次元縮流筒の研究,

明治大学工学部 伊藤光,1974年

4特集「風洞」JAXA航空技術部門,2019年,

<https://www.aero.jaxa.jp/spsite/>

wind-tunnel/

5微速風の観測が可能な簡易卓上型小型風洞の

開発,豊橋技術科学大学 中村裕二,n.d.