

無隔膜駆動部を有する衝撃風洞の構築と性能試験

Experiment of shock wind tunnel characteristics with a diaphragmless driver section

学生氏名：長谷 佳紀

指導教員：廣瀬 裕介

1) 所属先：サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 航空宇宙システム研究室

キーワード：流体力学, 超音速, 衝撃波

1. 緒言

超音速旅客機などの超音速で飛行する機体の開発が活発である。しかし、超音速流という現象は条件を指定した上で発生させるのは難しいことが知られている[1]。最近では、隔膜／無隔膜駆動部により超音速流を発生させる衝撃風洞が実験で多く使われている。しかし、隔膜により超音速流を発生させた場合、隔膜が同時に流動することが原因で、管内で一様に流れが発生しにくいなど、欠点があった。

本研究では上記の欠点を克服した無隔膜駆動部を有する衝撃風洞の高圧部を再構築し、導入されて以来測定されてこなかった基本特性を計測することを目的とする。特に、高圧部と低圧部の圧力差をパラメータとした速度計測実験を実施し、理論値と比較することを目的とする。

本稿では衝撃風洞の構築と計測装置、そして圧力差とマッハ数の関係式から得られる理論マッハ数を計算し、実験に備えることを目的とする。

2. 理論

衝撃風洞は図1の通り、高圧部と低圧部から構成される。両者間の隔膜を取り除くことにより高圧部から低圧部に気流が発生し、その圧力差により気流速度を制御する。圧力差とマッハ数の関係を以下に記す。

$$\frac{p_0}{p} = \left[1 + \frac{1}{2}(\gamma - 1)M^2\right]^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad (1)$$

p は低圧部圧力, p_0 は高圧部圧力, γ は比熱比, M はマッハ数を示している[2].

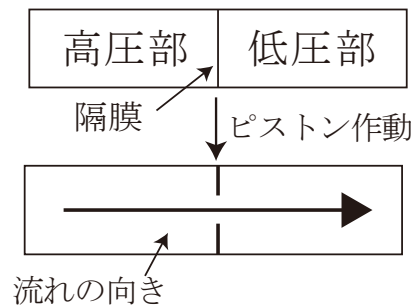


図1 動作原理

3. 実験装置

図2に実験装置の概略図を示す。本実験装置は高圧部、低圧部、コンプレッサ、電磁弁、圧力センサ、オシロスコープから構成される。高圧部はステンレス製であり、内部にはピストンが内蔵されている。ピストン背後にコンプレッサからの圧縮空気を流入させることによりピストンが低圧部側に移動し、それが隔膜の役割を担っている。電磁弁を開くことにより高圧部内の圧縮空気が低圧部に流れ込む。低圧部は塩ビパイプ製であり、圧力センサ設置な孔が4つある。その間隔は500 mmであり、一度の実験に対して、一つの穴を利用す

るため、使用しない他の孔は塞ぐ必要がある。この圧力センサからの信号はオシロスコープにて記録され、そのオシロスコープには電磁弁開閉の信号も記録できるように構築した。

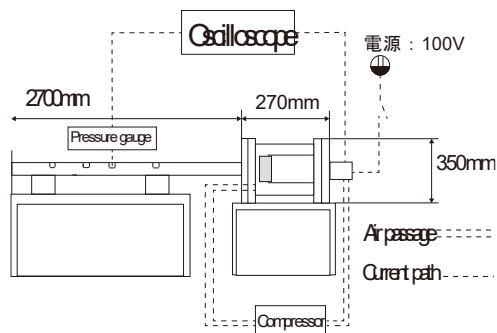


図 2 実験装置

4. 実験条件

本研究では、高圧部圧力をパラメータとして実験を実施する高圧部圧力 p_0 は 0.3 MPaG, 0.4 MPaG, 0.5 MPaG, 0.7 MPaG, 低圧部の圧力は 0.1 MPaG (大気圧) とする。

5. 実験方法

まず、圧力センサと電磁弁の信号ケーブルをオシロスコープに接続する。その後、コンプレッサにより圧縮空気を高圧部とピストン背後に流入させる。また、低圧部は大気圧のため、コンプレッサによる圧力調整は行わない。電磁弁の電源を入れることによりピストン背後の圧縮空気が大気開放され、その信号がオシロスコープにより記録される同時に、ピストンが図 2 の左から右へ移動することにより、高圧部の圧縮空気が低圧部に流入する。低圧部に流入した圧縮空気が圧力センサの設置場所に到達した際にオシロスコープに信号が記録される。

電磁弁の電源を入れた(ピストンが動き出した)時間を t_1 、圧力センサから出力された信号を記録した時間を t_2 とし、低圧部入口(高圧部出口)と圧力センサまでの距離を L とすると、その間の速度 v は、

$$v = \frac{L}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

と表せる。計測は同条件に 10 回実施し、その平均値を実験結果として示す。

6. 結果

まず、衝撃風洞を構築し、高圧部に設置されている無隔膜駆動部の動作に成功した。

図 3 は式(1)から計算した圧力比とマッハ数の関係である。図 4 より、圧力比が退化する、つまり、高圧部と低圧部の差が大きくなるにつれて発生するマッハ数が増加することが予想できる。

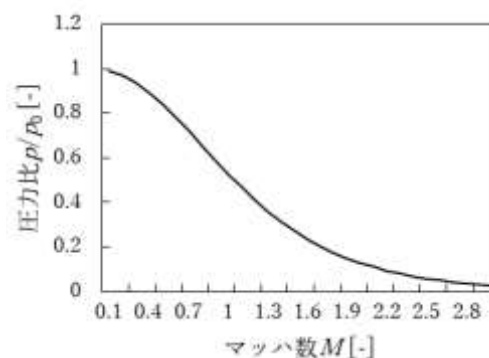


図 3 圧力比とマッハ数

7. 結論と今後の予定

導入されて以来測定されてこなかった基本性能を計測するために衝撃風洞の高圧部を再構築した。また、実験系を検討し、圧力比と理論マッハ数の関係を具体的に示した。

今後、3. 実験にて示した実験装置を用いて本研究の目的である、音速(マッハ数が 1)の状態でチョークしているのか確認と圧力差と必要な加速区間長さの関係取得に着目した実験を実施する。その結果は発表にて示す予定である。

8. 参考文献

- [1]西野友貴, 廣瀬裕介, 宇田川真介, 「無隔膜駆動部を有する反射型衝撃風洞のピート管による全圧測定」, 産業技術高専卒業論文
- [2] 中村佳朗, 「圧縮性流体力学」, 中部大学, 中村佳朗研究室,
https://www3.chubu.ac.jp/faculty/Nakamura_yosiaki, 2014, p17, (2021/10/17)