

補助事業番号 2023M-274

補助事業名 2023年度 小型可変多翼送風機の技術開発 補助事業

補助事業者名 法政大学理工学部機械工学科流体機械研究室 平野利幸

1 研究の概要

多翼送風機をはじめ、多くの送風機では運転範囲が低流量域から高流量域まで幅広い範囲で使用されている。そのため、一般的な送風機を使用する場合、非設計点の流量では、効率が低くなってしまう。そこで傾斜角を変更できる可変送風機を採用し、各流量において傾斜角を最適にすることで非設計点の流量域での効率を向上できる可能性がある。

本研究では羽根車の傾斜角を変更できる可変送風機の設計指針の確立するために、傾斜角を変更した小型多翼送風機を設計し、性能試験および数値解析を行った。得られた実験結果および数値解析結果から傾斜角がファン効率に及ぼす影響を検証した。

2 研究の目的と背景

現在、地球温暖化対策として120以上の国と地域がパリ協定に則り、2050年までに温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させ、全体としての排出をゼロにするカーボンニュートラルを目指している。カーボンニュートラルを達成する上ではCO₂の排出削減を進めるだけでなく、すでに存在する大気中のCO₂を除去するCDR(Carbon Dioxide Removal)技術の1つとしてDAC(Direct Air Capture)という技術が注目されている。DACは大気中の空気を送風機により収集し、吸収液や吸着材にCO₂を吸収、吸着させ、後工程でCO₂を分離、回収する技術である。DACに使用される送風機では運転範囲が低流量域から高流量域まで幅広い範囲で使用されている。そのため、一般的な送風機を使用する場合、非設計点の流量では、効率が低くなってしまう。そこで傾斜角を変更できる可変送風機をDACに採用し、各流量において傾斜角を最適にすることで非設計点の流量域での効率を向上できる可能性がある。

DACに使用される送風機は軸流送風機が多いが、本研究では適用できる送風機の羽根車の傾斜角を変更できる可変送風機の設計指針の確立するために、傾斜角を変更した多翼送風機を設計し、性能試験および数値解析を行った。得られた実験結果および数値解析結果から傾斜角がファン効率に及ぼす影響を検証した。

3 研究内容(<https://fluidmachinelab.web.fc2.com/fml54.html>)

(1) 小型可変多翼送風機の技術開発

① 羽根車の設計

本研究ではオリエンタルモーター株式会社製のACシロッコファン(MB10V-B)を参考に供試ファンを設計した。図1に供試ファンの概略図を示す。図中のLEおよびTEは翼の前縁および後縁、PSおよびSSは圧力面および負圧面を示す。図1に示すように傾斜角とは翼弦とファンの半径方向のなす角である。Wは翼幅、Zはハブ面を基準として翼軸方向の位置である。回転角 θ は舌部

を基準とした周方向位置であり、ファンの回転方向を正とした。Lは翼弦長、Xは前縁を基準とした翼弦方向の位置である。供試ファンの外径は100 mm、翼厚さは0.8 mm、翼枚数は22枚である。本研究ではBase fanの傾斜角 $\alpha = 26 \text{ deg.}$ から4 deg. ずつ小さくした5種類の羽根車とBase fanの傾斜角 $\alpha = 26 \text{ deg.}$ から4 deg. ずつ大きくした5種類の羽根車の合計10種類の羽根車を設計、製作した。可変ファンを製作することを踏まえ傾斜角を変更する際、後縁を中心に翼を回転させた。表1に設計したファンの主な寸法を示す。

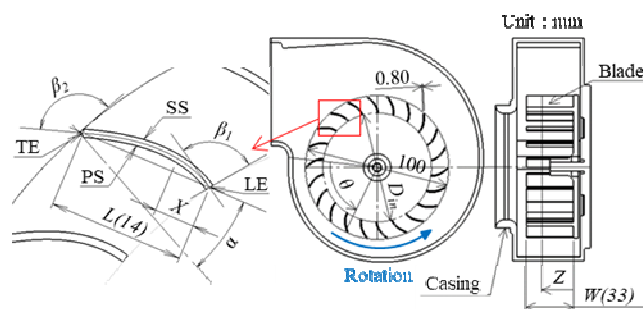


図1 設計した羽根車

表1 羽根車の主な仕様

Name	Inclination angle α [deg.]	Inlet angle β_1 [deg.]	Outlet angle β_2 [deg.]	Fan internal diameter D_{in} [mm]
Type01	46	62	154	82.9
Type02	42	67	150	81.3
Type03	38	72	146	79.8
Type04	34	77	142	78.5
Type05	30	82	138	77.2
Base fan	26	87	134	76.1
Type06	22	92	130	75.0
Type07	18	97	126	74.2
Type08	14	103	122	73.5
Type09	10	108	118	73.0
Type10	6	113	114	72.6

②試験装置の設計

本研究で使用した実験装置はJIS B 8330を参考に製作した。図2に本研究で設計した実験装置の概略図を示す。実験装置は主に供試ファン、吸込ノズル、吐出管、絞り装置で構成される。

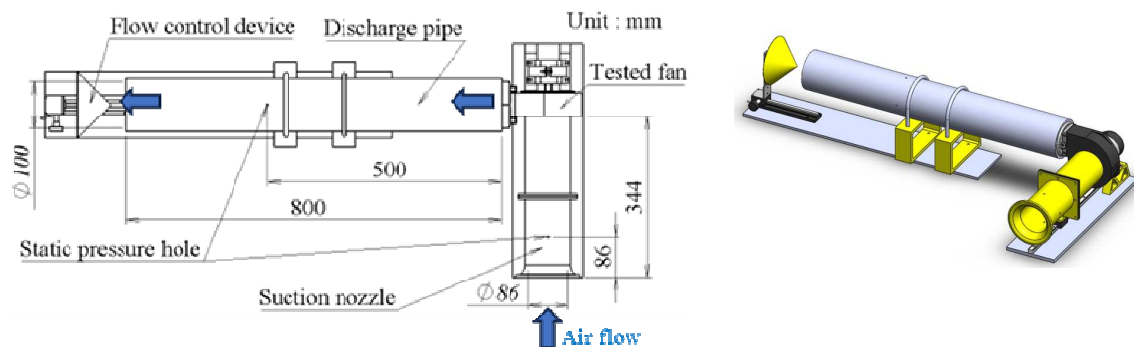


図2 性能試験装置の概略図

③羽根車の製作

供試ファンは3Dプリンター（ANYCUBIC Kobra 3）を用いて製作した。材料には ANYCUBIC製のPLAフィラメントを用いた。図3に製作したBase fanの外観を示す。

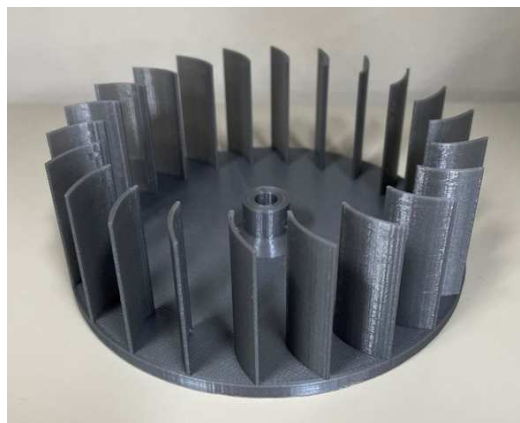


図3 製作した羽根車の一例

④性能試験装置の製作

設計した試験装置をベースに材料を発注し製作した。性能試験では段階的に設定した静圧における流量を測定する際、従来の装置では出口配管から大気へ排出される際、流れが乱れやすいことを考慮に入れ、流量調整機構で軸対称に空気が流れるようになったことで安定した測定が可能になった。図4に試験装置の写真を示す。

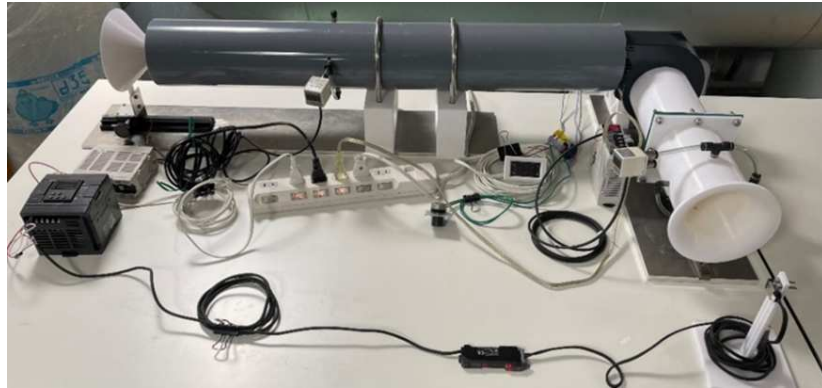


図4 本研究で使用した性能試験装置

⑤性能試験

流量は吸込ノズル壁面で測定した入口静圧から算出し、絞り装置を用いて調整した。回転数は2900 rpm程である。性能試験の結果、本研究で製作したBase fanは、メーカー（基準とした羽根車）の性能試験結果と同様の結果を得ることができた。Base fanを含む11種類の羽根車の性能試験結果から最大流量、効率を比較した。実験結果から高流量域では傾斜角を小さくすることで羽根車効率が向上した。図5に実験による性能試験結果を示す。

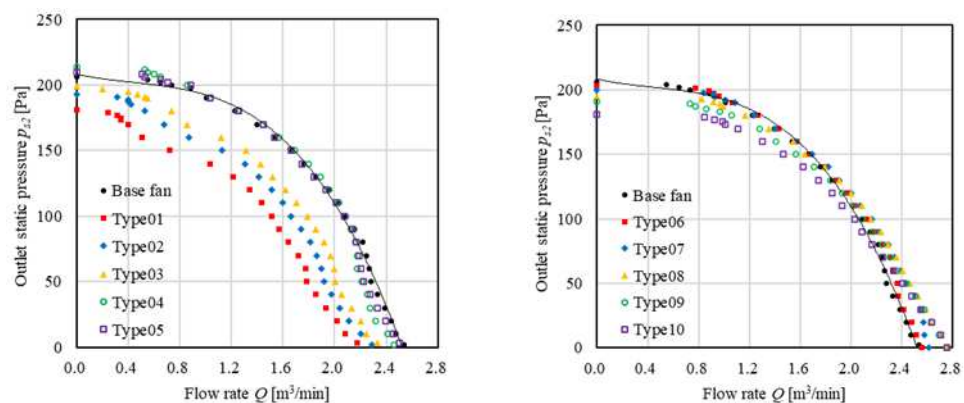


図5 性能特性の結果例（実験結果）

⑥流体解析

製作した羽根車の性能試験と同様の流れ場を再現し流体解析を行った。定常解析を行った結果、本研究で行った小型多翼送風機は解析結果と実験結果を比較して全流量域で定性的に良く似た傾向を捉えることができた。図6にBase fanの実験結果と数

値解析結果を示す。

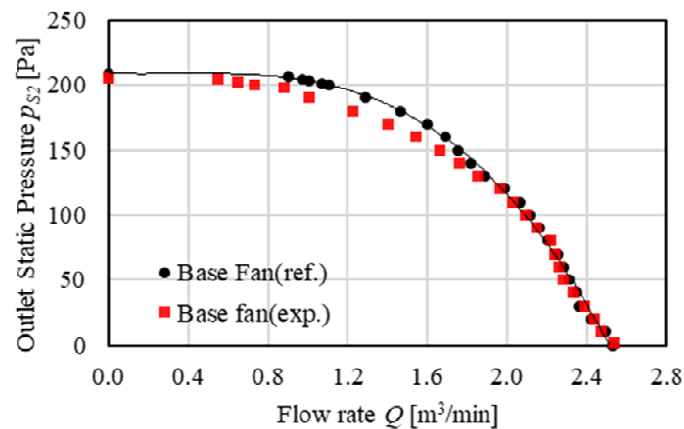


図6 Base fan性能特性の結果例（実験結果および解析結果）

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

研究成果を踏まえ、小型多翼送風機のさらなる性能向上を目指し、設計パラメータの各性能への相関関係の探求、羽根車入口流れのさらなる改善、送風機のケーシングの改良を施すことによって、小型多翼送風機の新たな設計指針の確立に向けてその成果が期待できると考える。今後も引き続き小型多翼送風機の性能向上を模索しながら日々の研究に邁進していきたいと考えている。また、詳細に流れ場を解明するために必要な圧力変動および速度変動成分の測定についても引き続き検討しながら測定システムの確立を目指していく。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでターボ機械の性能に関する研究において、送風機において、軸流ファン、遠心ファンなどを対象に性能試験および数値解析等を行ってきた。今回は新たな試みとして多翼送風機の性能向上に挑戦した。これまで培ってきた技術をベースに可変多翼送風機の実現可能性を探るために実験および数値解析から比較、検討することで有用な結果を得ることができたと考える。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

なし

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

(国内学会予稿)

- 神戸智裕，平野利幸，シロッコファンの傾斜角の違いが効率に及ぼす影響
(http://fluidmachinelab.web.fc2.com/JSDE_2023_fall_paper.pdf), 日本設計工学会
2023 年度春季研究発表講演会.
- 平野利幸，神戸智裕，大高敏男，シロッコファンの性能に関する研究-傾斜角の違いが
性能特性に及ぼす影響-
(http://fluidmachinelab.web.fc2.com/JSDE_2023_tokai_paper.pdf), 日本設計工学会
東海支部 令和5年度研究発表講演会.

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 法政大学 (ホウセイダイガク)

住 所: 〒184-8584

東京都小金井市梶野町3-7-2

担 当 者: 平野利幸 (ヒラノトシユキ)

担 当 部 署: 理工学部 機械工学科 流体機械研究室 (リコウガクブ キカイコウガッカ
リュウタイキカイケンキュウシツ)

E - m a i l: thirano@hosei.ac.jp

U R L: <https://fluidmachinelab.web.fc2.com/>