2025年度回転翼解析技術交流会
2026年2月19日 @石垣島

超軽量材料によるプロペラ騒音低減の基礎検討

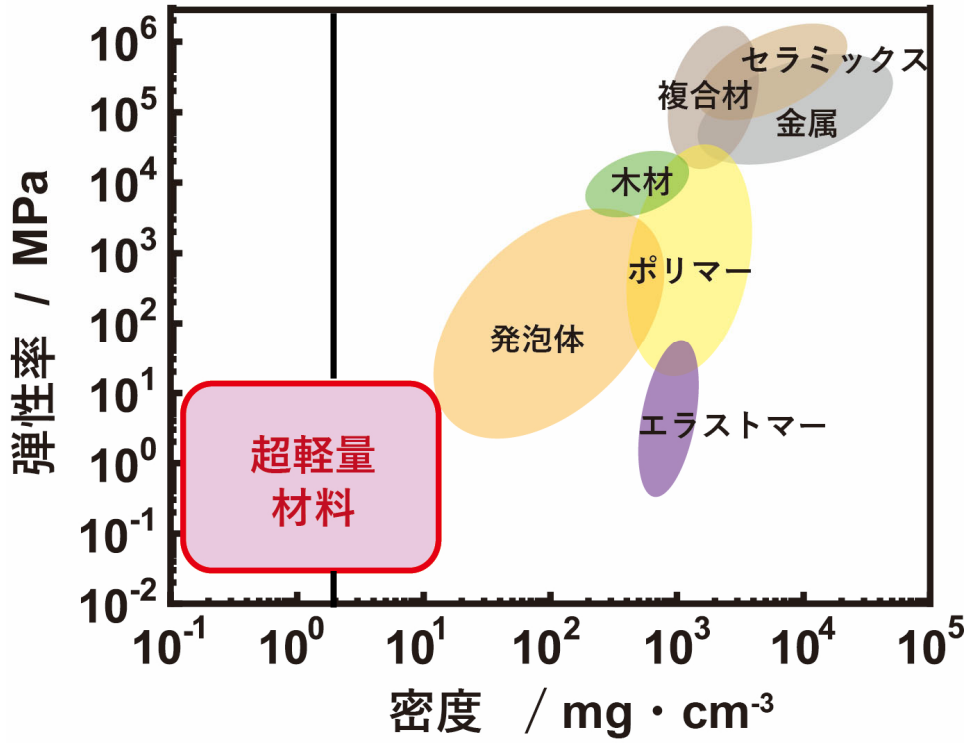
東海国立大学機構
名古屋大学
大学院工学研究科化学システム工学専攻

上野智永

宇宙・空に貢献しうる未開拓材料領域は？

空気密度

0 °C ,1 atm
1.293 mg/cm³



超軽量領域 (10 mg･cm⁻³以下)に挑戦

目的

究極の超軽量材料で, ソラ(宇宙・空)の新時代を切り拓く

2013年～



超軽量材料の構造

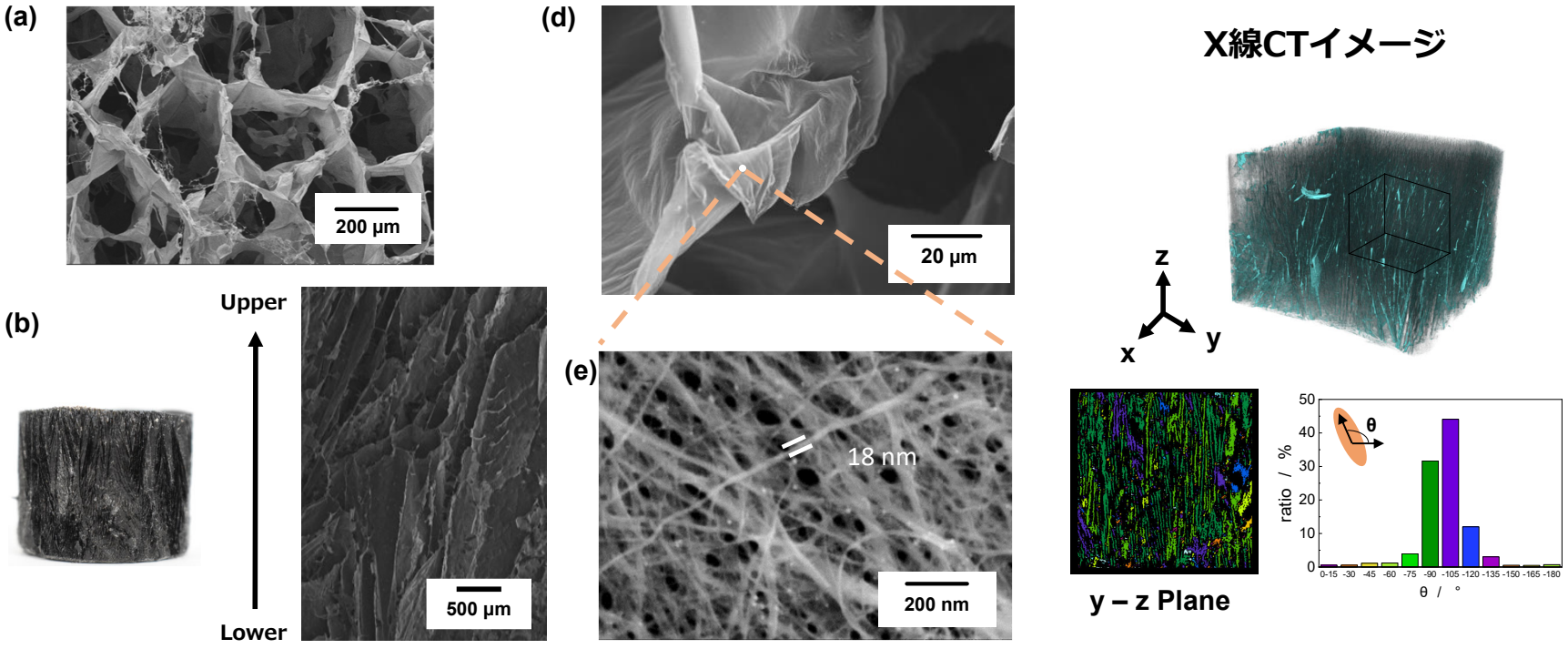
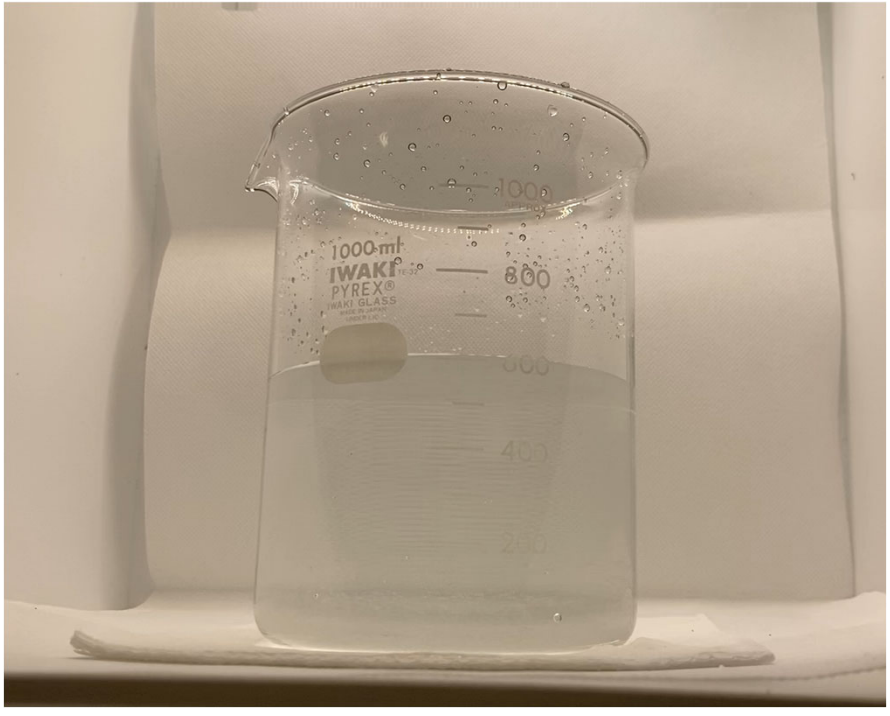


図 超軽量材料 (a)上部のSEM像, (b)外観および内部の断面SEM像, (d)(e)SWCNT/CMC壁面のSEM像

耐水性

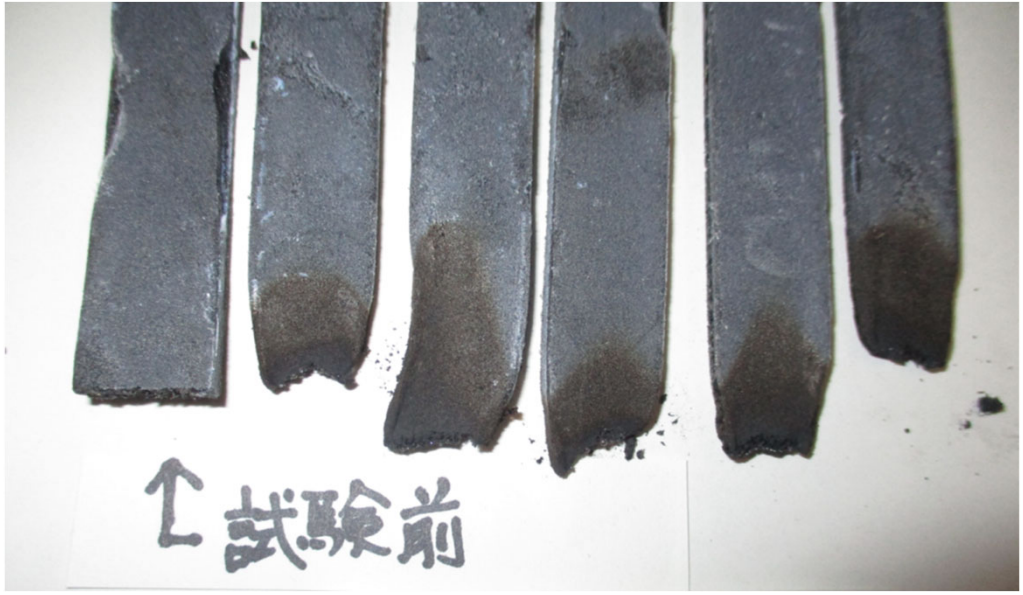




表面処理により十分な耐水性を付与できる

難燃性

UL94試験



UL94垂直燃焼試験

V-0 評価

難燃性も付与できる
耐火材にもなりえる

スケールアップ



30 cm×45 cm ×1 cm

図　試作したサンプル

アプリケーション

項目	音	電磁波	熱
特徴	最軽量 吸音材	5G/6G対応 電磁波吸収材	軽量 断熱材
適用先	空モビリティ 航空機 自動車	人工衛星 ドローン	ロケット 航空機
支援	2021 ～：NEDO先導研究 2022～: JAXA航空イノベーションチャレンジ	2020～JAXA宇宙探査ハブ	2018～JAXA宇宙探査ハブ

超軽量吸音材

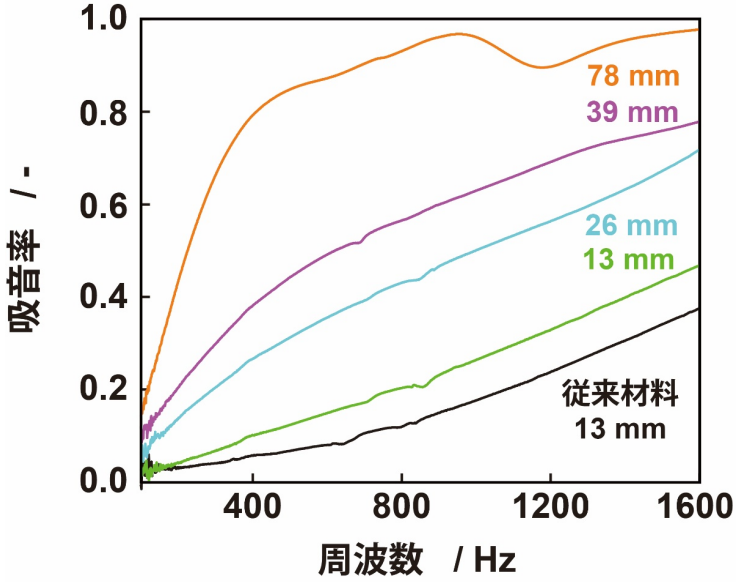
超軽量材料の吸音性能

垂直入射吸音率測定

100～1600 Hz

開発材料　：密度　5 mg/cm³

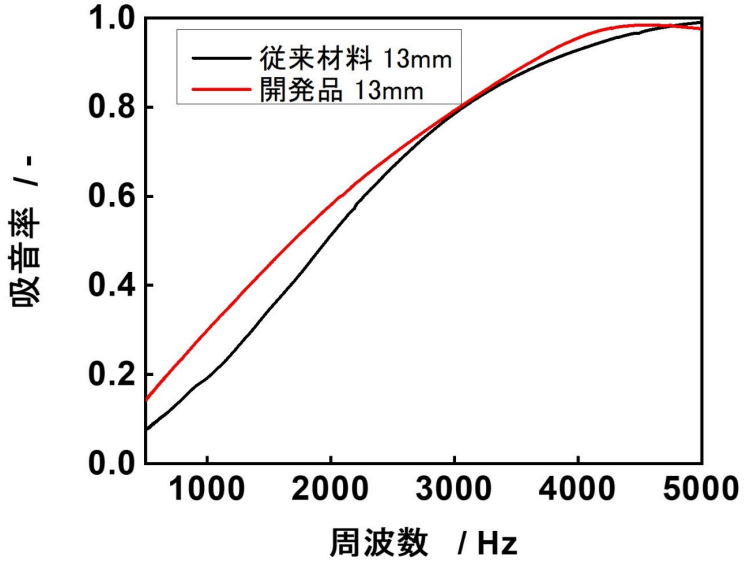
従来材料　：密度 15 mg/cm³



～5000Hz

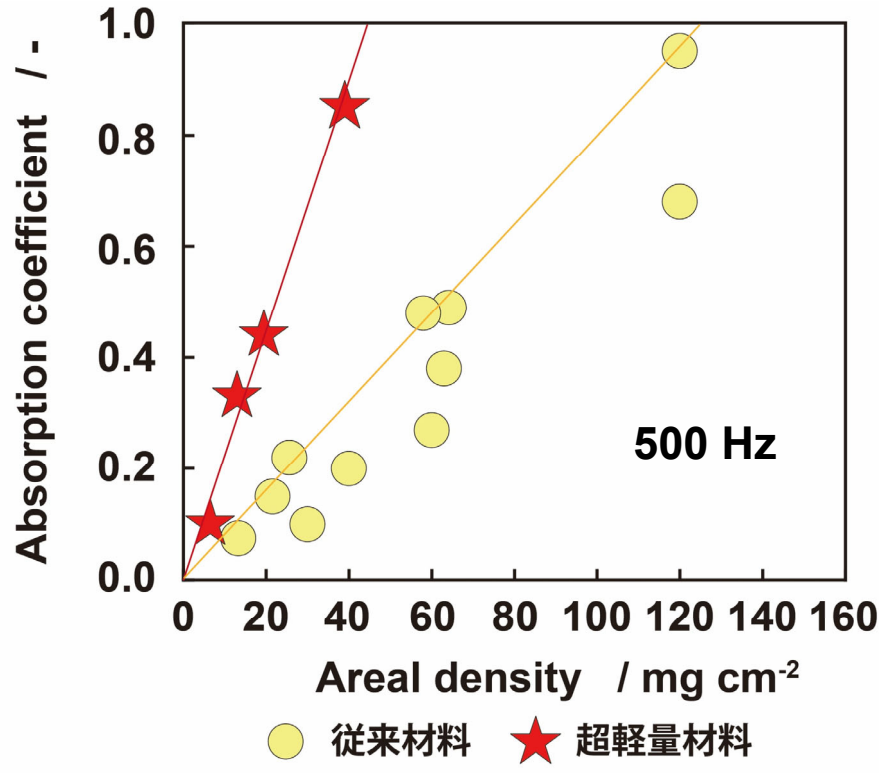
開発材料：密度　2.5 mg/cm³

従来材料：密度　15 mg/cm³

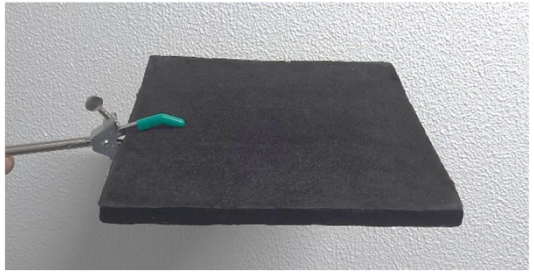


軽量かつ高い吸音率．特に100Hz以下での高い吸音率に特徴がある

既存材料との吸音率比較およびその他性能



世界最軽量かつ**500Hz周辺の音に対し高い吸音率**を示す。





ハンドリング性

超軽量材料によるプロペラ騒音低減の基礎検討

共同研究者

名古屋大学

馬渕 晴 さん
修士2年

JAXA 航空技術部門

保江 かな子 氏
浦 弘樹　氏
菅原 瑛明　氏
小澤 雄太　氏
萩原 秀志　氏

2022年8月-2023年3月　JAXA航空イノベーションチャレンジ2022 powered by DBJ
2023年10月-2026年3月 JAXA航空イノベーションチャレンジ　共同研究フェーズ

次世代空モビリティの普及と社会受容性の確保

普及にあたり**社会受容性の確保**が課題となる

『内』『外』の騒音問題

『外部』	プロペラやモーターから発する音による『周囲』への騒音問題
『内部』	プロペラから発する音による『乗客』への騒音問題



社会的受容性確保のため外部への騒音対策が不可欠
コックピット内部への騒音対策も必要

ダクテッドプロペラの騒音低減効果

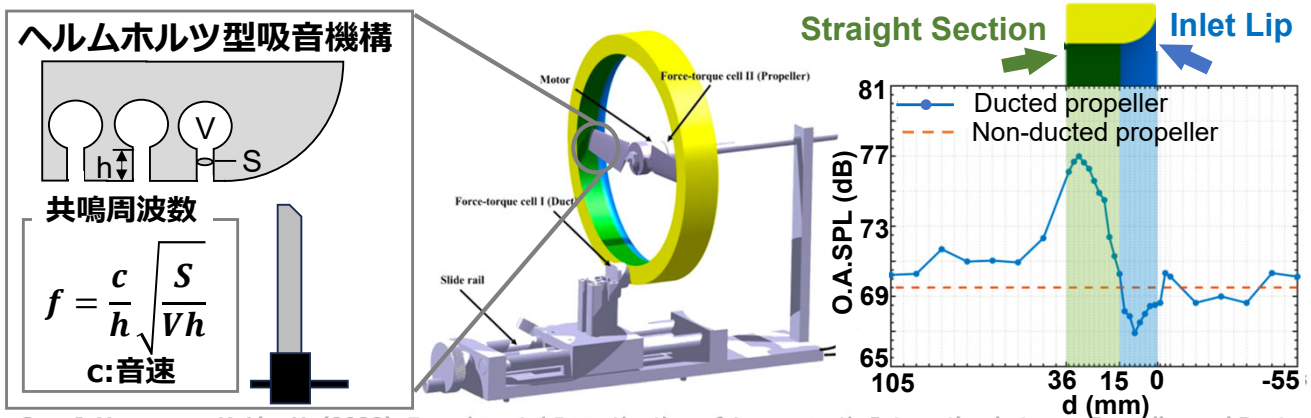
ダクテッドプロペラとは？

プロペラ周囲をリング状構造「ダクト」で囲い,推進効率や安全性を高める仕組み

先行研究

・ヘルムホルツ型吸音機構を組み込み,リップ構造を有した
ダクテッドプロペラが騒音に及ぼす影響を評価

・プロペラがリップ部分に位置するとき騒音低減効果を確認



Sun, J. Yonezawa, K. Liu, H. (2022). Experimental Investigation of Aeroacoustic Interaction between Propeller and Duct.

研究目的

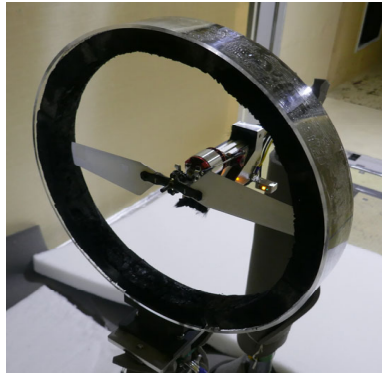
超軽量材料から作製したダクトで

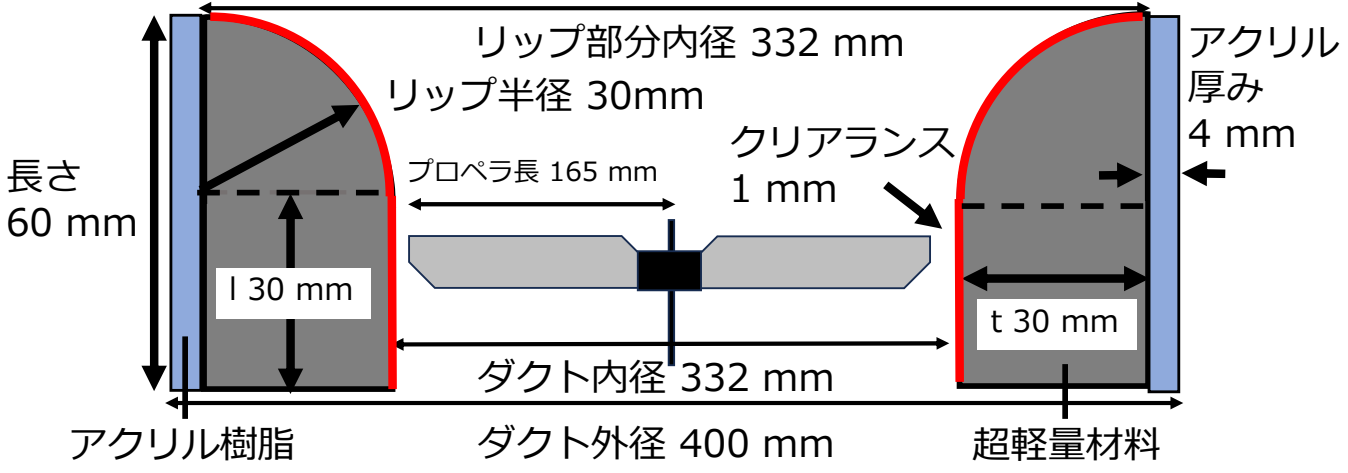
プロペラから発生する騒音を低減する

実験方法.1　吸音材ダクトの作製

<吸音材ダクト>

- アクリル円筒内壁に超軽量材料を貼り付けて作製した。
- 吸音材部分の全質量：約 9 g
- 形状は先行研究に基づき決定した。

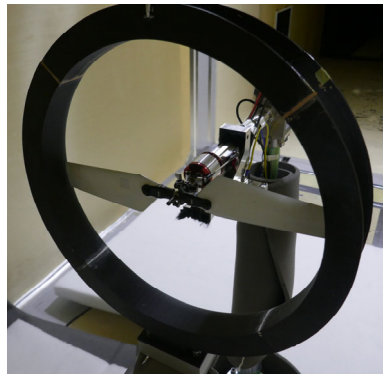


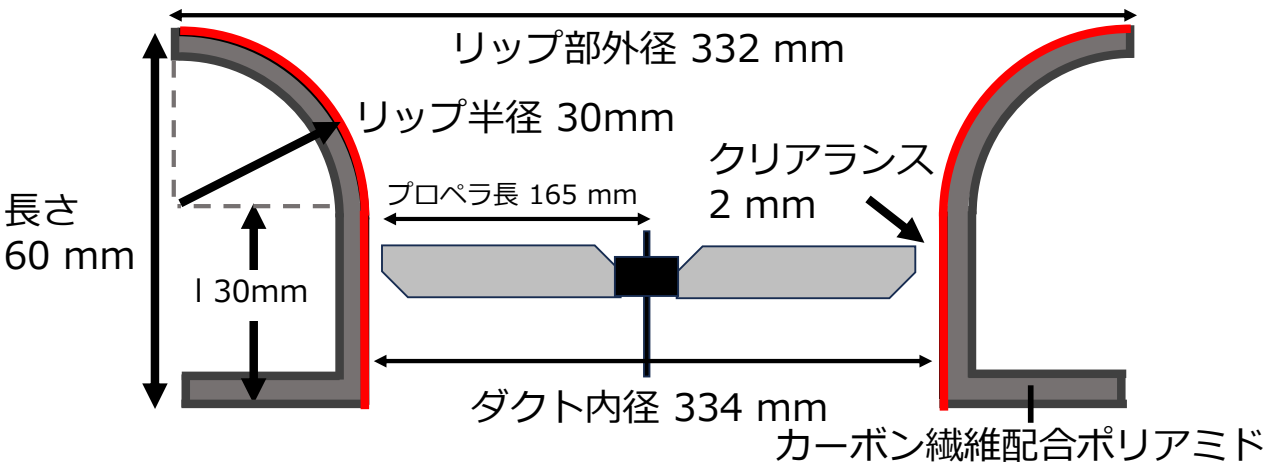


実験方法.1　ソリッドダクトの作製

<ソリッドダクト>

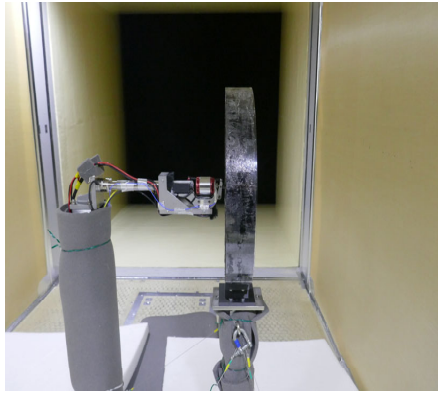
- カーボンファイバー複合ポリアミドを原料に3Dプリンターで作製
- 吸音材ダクトと同じ内壁構造
- 作製後表面を削り滑らかに加工

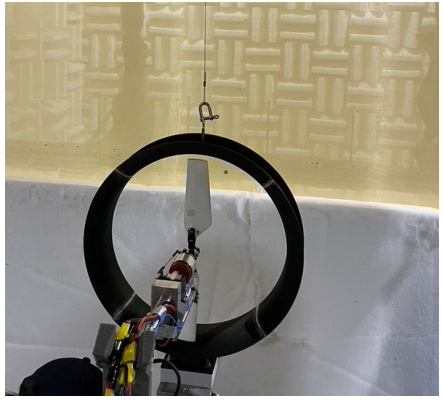


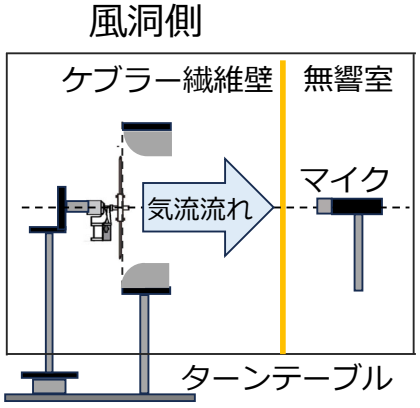


実験方法.2　騒音計測セットアップ (1)

測定場所：JAXA 2m × 2m 低速風洞





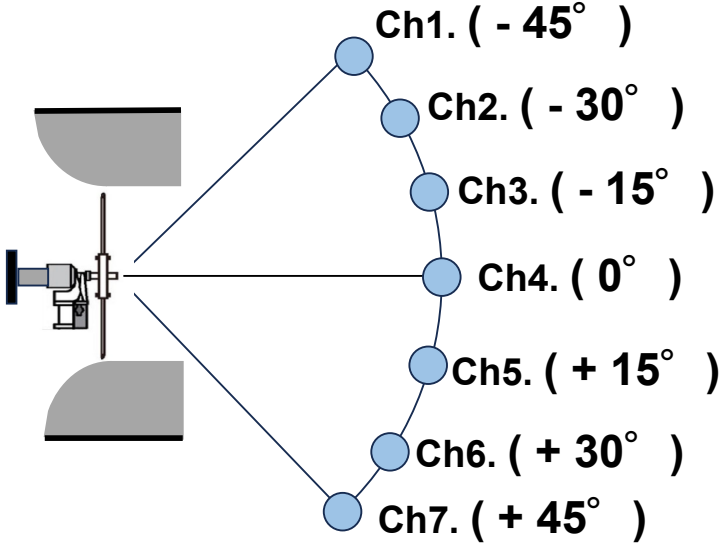


・プロペラとダクトを設置後，ケブラー壁を挟んだ反対側にある無響室にマイクを設置した.

実験方法.2　騒音計測セットアップ (2)

<セットアップ>



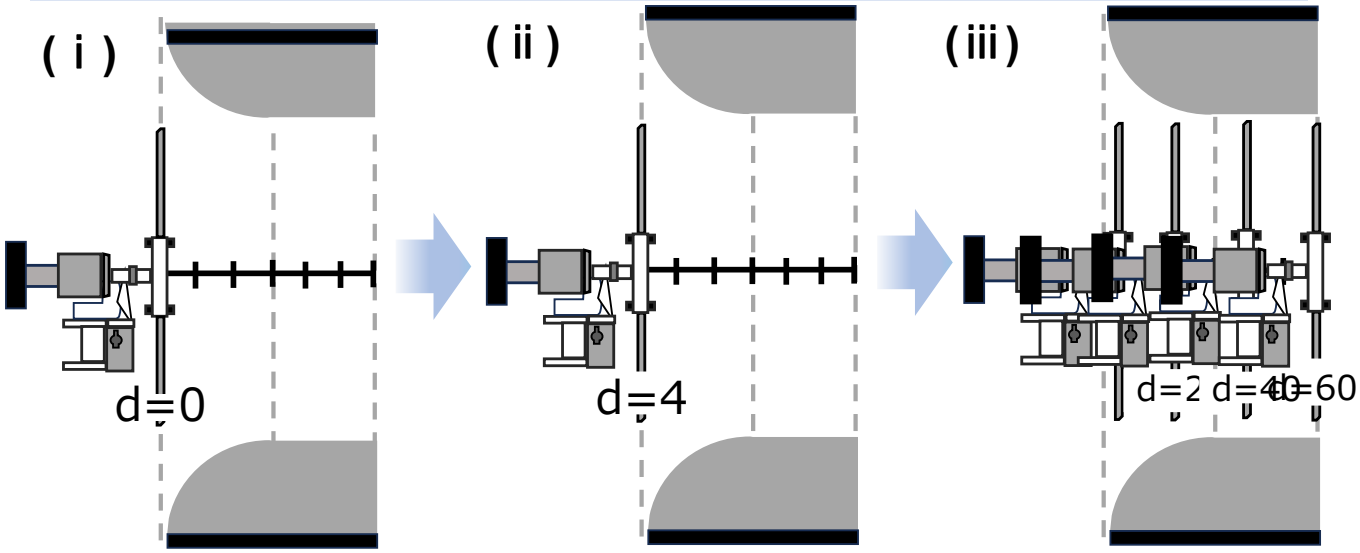


・プロペラの特性値と回転条件

ブレード数：2 枚	ブレード半径：165 mm
ルート弦　：65 mm	翼端弦　　：35 mm
回転速度　：5000 rpm	ピッチ角（翼の傾き）：10°

実験方法.2　　ダクト位置dについて

ダクトとプロペラの位置関係が騒音に及ぼす影響を評価する



(i) ダクト入口とプロペラ回転面の距離を d (mm)と定義する。
　　プロペラ回転面がダクトリップ入口にある場合を d = 0 mm とする

(ii) ダクトをスライドしプロペラを4 mm 内部に進行, d = 4 mm での騒音を計測する。

(iii) 同様の作業を d = 0 mm から 60 mm までの合計16点で計測を行った

計測結果解析方法

各ダクト位置d, 方位角における**ΔO.A.SPL**を比較する.

O.A.SPL：全周波数を一つの騒音として評価した音圧レベル

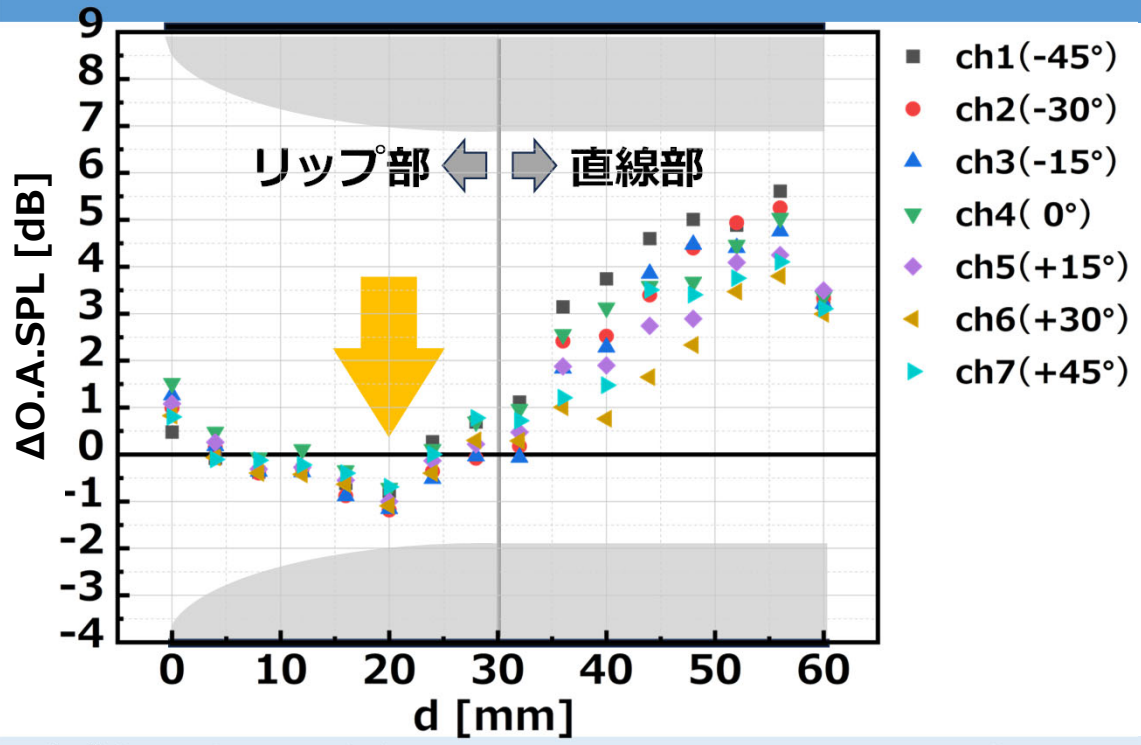
※O.A.SPL : Overall Sound Pressure Level

ΔO.A.SPL ＝
(ダクト有りO.A.SPL)ー(ダクト無しO.A.SPL)

- 負の値 → ダクト無しのケースより騒音が**低減**
- 正の値 → ダクト無しのケースより騒音が**増大**

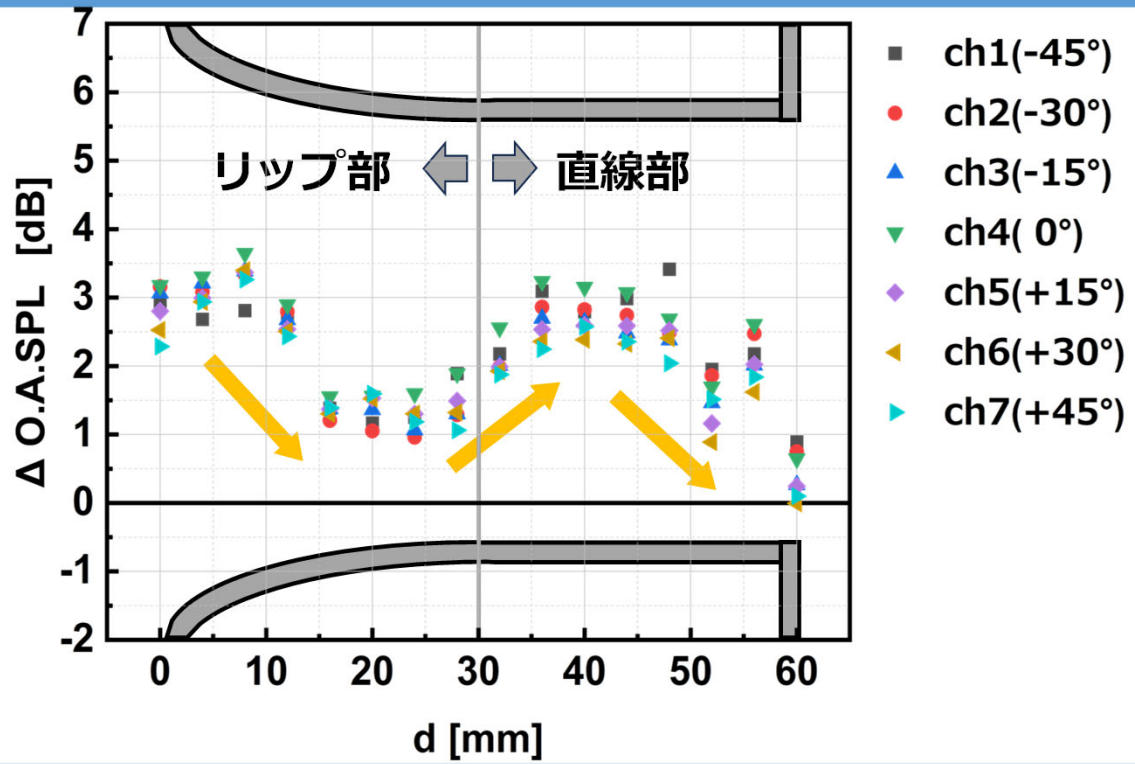
・続く「結果と考察」では, 横軸にダクト位置dを縦軸にΔO.A.SPLを記載したグラフを示す.

吸音材ダクトの騒音計測結果



・プロペラがダクト内部に進行するにつれてΔO.A.SPLは減少する.
・全方位角においてd = 20 mmで最小値となる約 1 dBの低減する.
・dが 20 mmより大きくなると騒音はかえって増大する.

ソリッドダクトの騒音計測結果

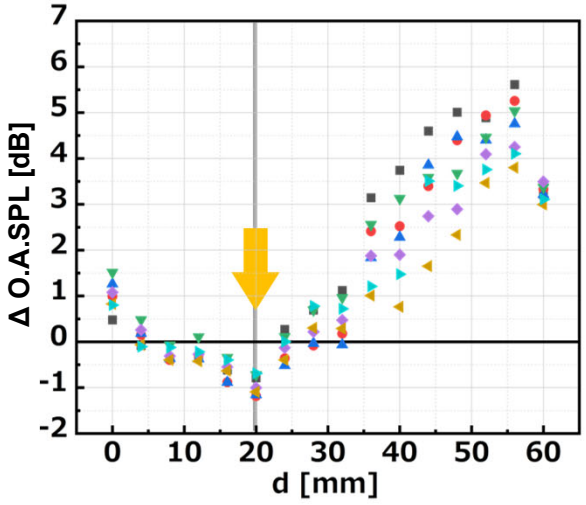


・全ての計測点で騒音はかえって増大.

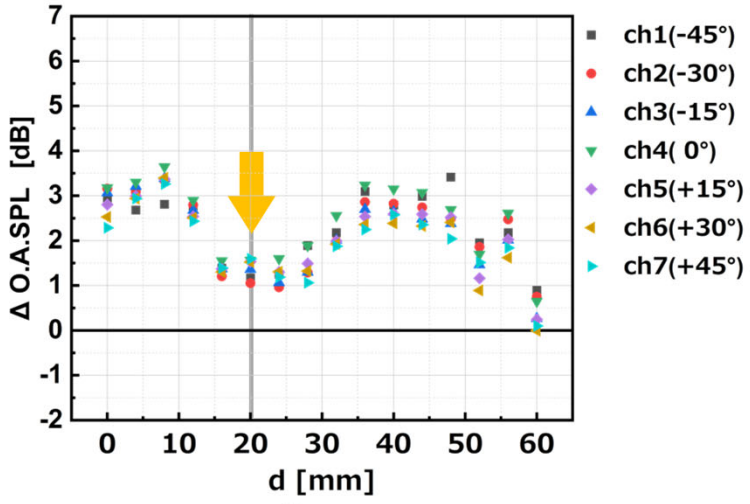
・相対位置によりΔO.A.SPLは増減し、d=20 mm付近では減少傾向.

ΔO.A.SPLの結果比較

Q. 吸音材ダクトとソリッドダクトの比較から言えることは？



吸音材ダクト測定結果



ソリッドダクト測定結果

d = 20 mmにおいて, ダクト形状に起因する騒音抑制に加え,
吸音材特有の効果が相乗的に作用していると言える.

d = 20mmでのSPL比較

d = 20 mmにおける騒音低減の原因解明を目指す.

⇩

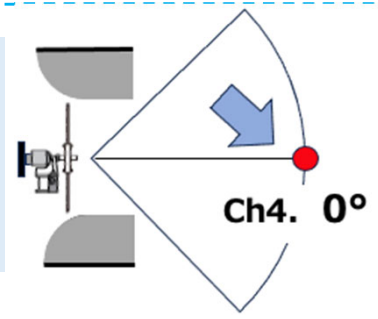
得られた測定データの周波数解析を行なう.

解析方法

1. ダクトの有無による各周波数における騒音(SPL)を比較する.
2. ダクト有りのSPLを1/3オクターブバンドに変換,
   ダクト無しのSPLから差し引いたΔSPLを求める.
   →騒音低減に必要な要素を検討する

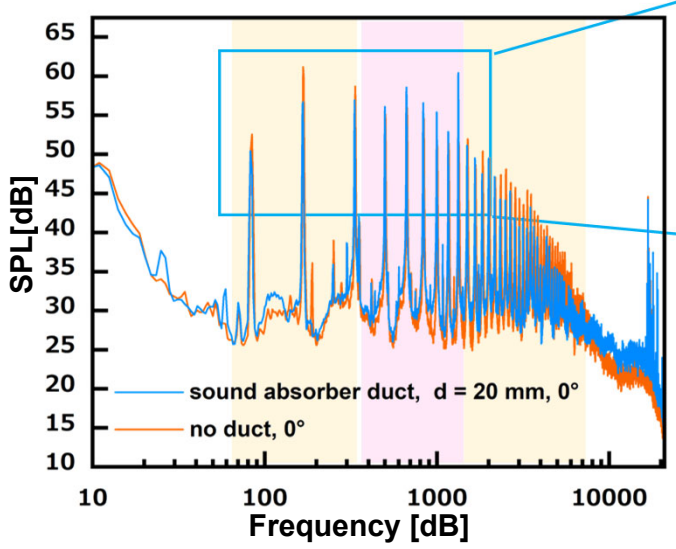
※1/3オクターブバンド表記：人間の耳の感じ方に合わせた評価法

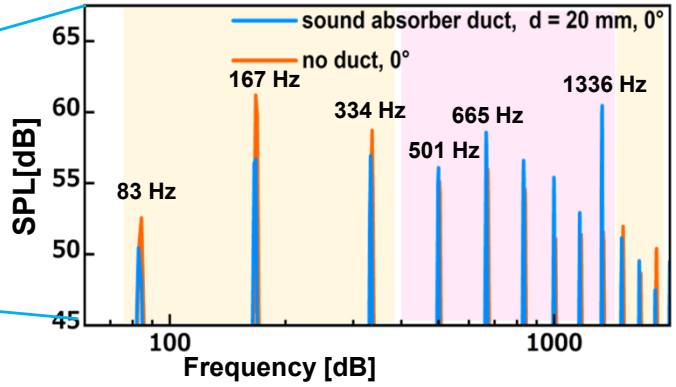
解析点:
・吸音材ダクト　：d = 20 mm, 排気直下0°
・ソリッドダクト：d = 20 mm, 排気直下0°
合計2点



吸音材ダクトのSPL解析結果

吸音材ダクト : d = 20 mm, 0°





主な騒音ピーク

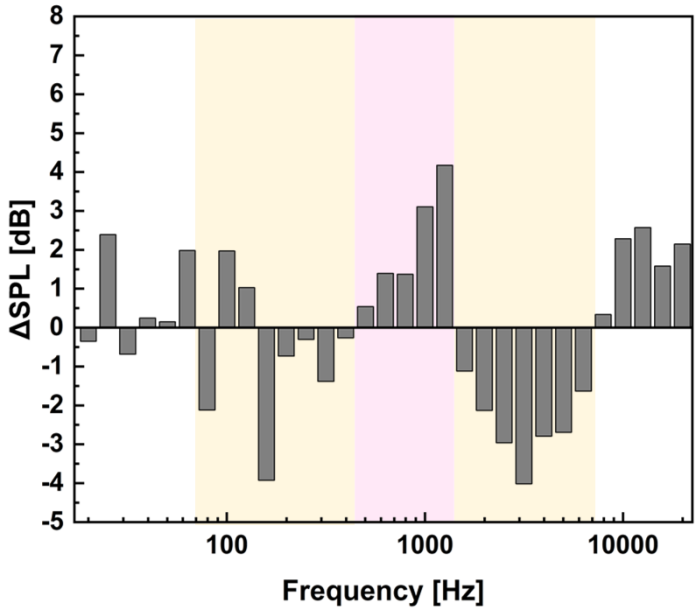
周波数[Hz]	83	167	334	501	665	1336
吸音材ダクト	50.4	56.6	56.9	56.1	58.6	60.5
	∧	∧	∧	∨	∨	∨
ダクト無し	52.6	61.2	58.7	55.1	56.0	51.6

- ピーク騒音は, 80 Hz – 400 Hz および 1400 Hz以上で低減する.
- 逆に400 Hz – 1400 Hz の領域では増大する.
- ブロードバンドノイズはダクト無しのケースよりわずかに増大

吸音材ダクトの1/3オクターブバンド

吸音材ダクト：d = 20 mm, 0°

ΔSPL = (ダクト有りのSPL) – (ダクト無しのSPL)

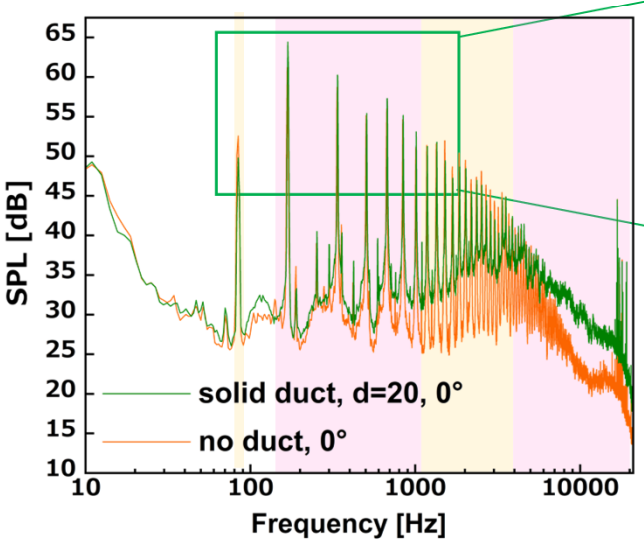


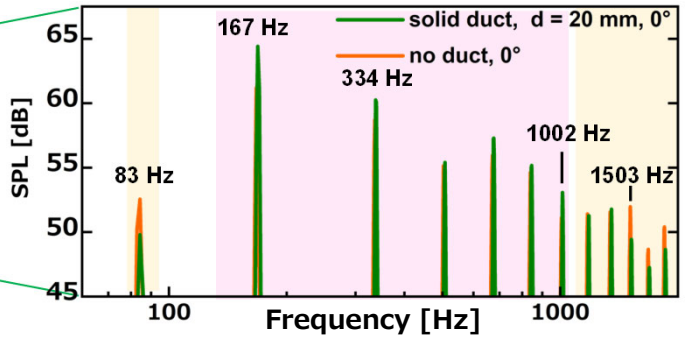
・騒音ピークの増減に対応して, ΔSPLも値が増減した.

→騒音を低減するためには, ピーク騒音の低減が必須.

ソリッドダクトのSPL解析結果

ソリッドダクト : d = 20 mm, 0°





主な騒音ピーク

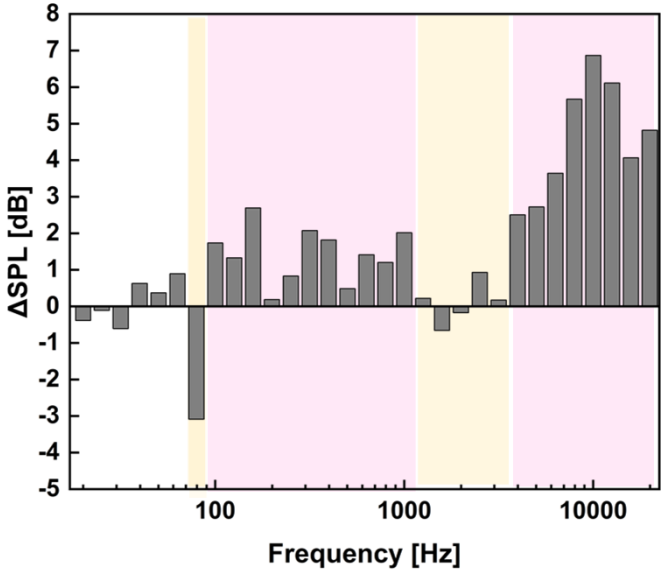
周波数[Hz]	83	167	334	1002	1169	1503
ソリッドダクト	49.8	64.4	60.3	55.4	51.2	49.4
	∧	∨	∨	∨	∧	∧
ダクト無し	52.6	61.2	58.7	51.1	51.4	52.0

- 83 Hzのピークは低減, 以降1100 Hzまでピークは増大する.
- 1100 Hz以上のピークは, ダクト無しのケースと差がほぼ無い or 低減した.
- ブロードバンドノイズはダクト無しのケースより顕著に増大した.

ソリッドダクトの1/3オクターブバンド

ソリッドダクト：d = 20 mm, 0°

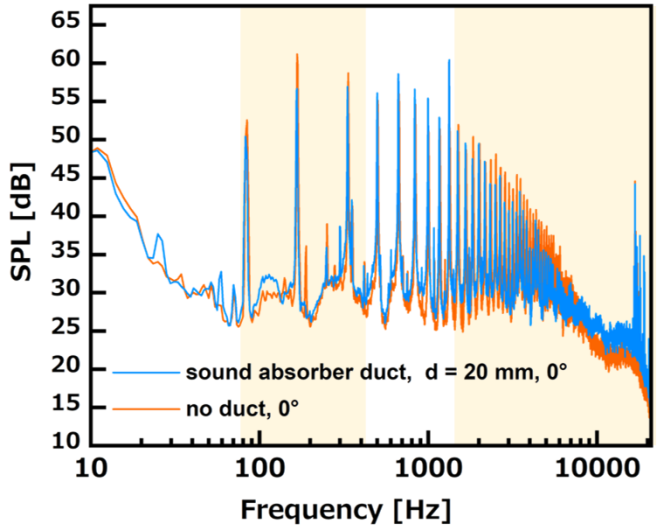
ΔSPL = (ダクト有りのSPL) ー (ダクト無しのSPL)

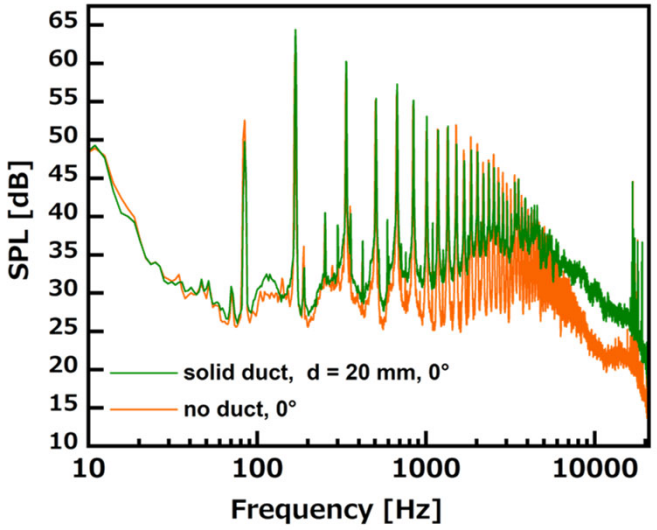


- ピークの低減が確認された80 Hz付近で，ΔSPLも低減した.
- ダクト有無でピークの差が少なかった1100 – 4000 HzではΔSPLもほぼ0となった.

d = 20 mmでのSPL比較

Q.吸音材ダクトの騒音低減への効果は？





1. 400 Hz以下の周波数帯→ピーク騒音にのみ影響あり.
   多孔質構造により圧力変動を抑制, **発生する衝撃騒音を低減**.
2. 1400 Hz以上の周波数帯→ダクトの設置により騒音は増大するが、**吸音作用により増大を抑制**できている.

まとめ

研究目的

・超軽量材料で作製したダクトで、プロペラ騒音を低減する.

実施内容

・超軽量材料を用いてダクト構造を作製し,
プロペラから発生する騒音の低減が可能か評価した.

・ダクト-プロペラ間の相対位置が騒音に及ぼす影響を評価した.

結果

・プロペラ回転面が吸音材ダクトのリップ部に位置するとき,
プロペラ排気直下方向の約 1 dBの騒音低減効果が確認された.

・吸音材ダクトの設置により400 Hzまでに存在する
騒音ピークの値が低減することが確認された.

謝辞

・プロペラを貸与いただいた名古屋大学工学研究科
航空宇宙工学専攻砂田茂教授に感謝申し上げます.

・本研究は以下のプロジェクトにて実施した。ここに謝意を表す

・ 知の拠点あいち重点研究プロジェクト　V期 (2025-2027)
・ JAXA航空イノベーションチャレンジ　共同研究フェーズ(2023～2026)
・ JAXA航空イノベーションチャレンジ2022 powered by DBJ (2022)
・ NEDO先導研究開発プロジェクト (2021)