

蛾の羽をモチーフにした新たな吸音構造を考える

概要

蛾は鱗翅目の昆虫のうち、チョウ類を除いたもの総称であり、主に夜間に活動する。コウモリは、蛾などの獲物をあたりが暗い中で探すために、超音波を発生しその反射を受けとることで可能にしている。(エコーロケーション)
長い歴史の中で一部の蛾はコウモリに食されるのを防ぐために、**羽に吸音の効果を持つ**とされている。本研究では、羽の様々な要素の中で構造に着目して吸音性の検証を行っている。

実験Ⅰ 吸音率の測定

実験装置(ブザーのスピーカー部分とストローを組み合わせたもの)の先に4種類の条件を加え、ブザーから出る音量が変わるかを各条件で5回ずつ行い、平均値を計算する。(ストローの先とdB計測器の距離は10cmに統一)

表1: 各条件の吸音率(%)

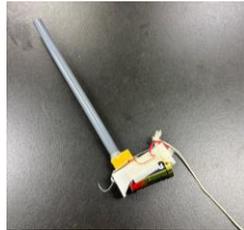
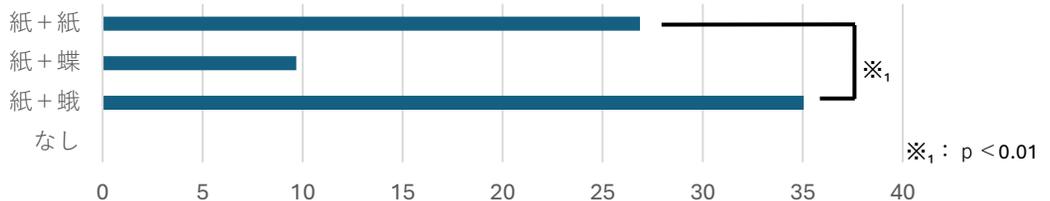


図1: 実験装置

《結果・考察》

4つの条件の中で「紙+蛾」が最も吸音率が高く、「紙+紙」と対応のない2標本T検定を行い、優位水準1%($p < 0.01$)において、優位性があるといえることが確認された。

⇒蛾の表面構造は、音を吸収する効果があると考えられる。

実験Ⅱ 電子顕微鏡を用いた観察

(i) 表面全体、(ii) 網目部分 (iii) 股部分の3つの視点から蛾の特徴を同じ鱗翅目の蝶と比較して実験を行った。

※試料: ナカアオフトメイガ(蛾) キンボシヒョウモン(蝶)

(i) 表面全体

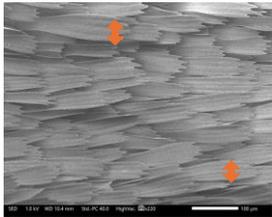


図2: 蛾の表面画像(230倍)

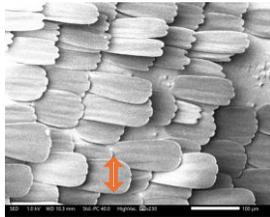


図3: 蝶の表面画像(230倍)

(ii) 網目部分

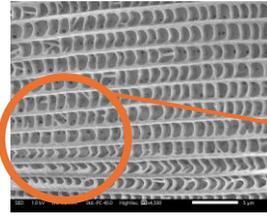
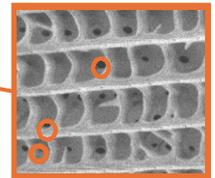


図4: 蛾の網目構造(4500倍)



⇒蛾の羽の鱗粉は大きさがばらばらであり、幅が狭い

⇒蛾の羽の鱗粉の網目部分には穴が開いている

(iii) 股部分

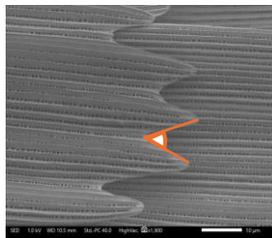


図5: 蛾の鱗粉の股部分(1900倍)

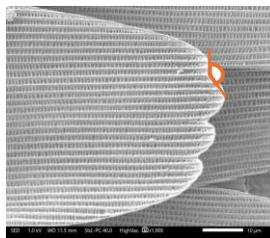


図6: 蝶の鱗粉の股部分(1900倍)

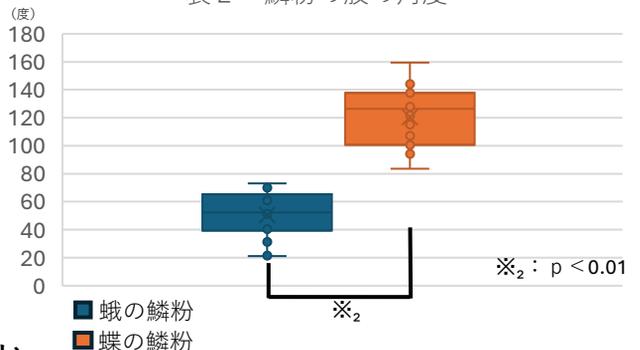
※股・股の角度の定義

股: 鱗粉の先端の分かれている部分

股の角度: 隣り合う山の最高点と谷の最低点を結んだ角

⇒蛾の羽の鱗粉は股の部分の切れ込みが深く、角度が大きい

表2: 鱗粉の股の角度



《考察》

(i) 大きさのランダム性⇒様々な周波数に対応する

(ii) 穴の開いた構造・(iii) 鱗粉の切れ込みによる表面積の増加⇒音波と触れ合う面積が増え、振動が熱に変換される

以上のことから、蛾の羽には吸音材の要素があると考えられる。(音の拡散・エネルギー変換)

今後の展望

今後はモデル実験に移行していく予定。

①判明した条件(特に股の深さ、角度の大きさの観点)を具体的な数値で分析したうえで3DモデルをCADで作成する

②①を用いた物理実験(音波を当てた時の吸音係数の測定)

③シミュレーションによる実験を通して理論的にも蛾の羽の構造が吸音することを証明する

参考文献: Thomas R. Neil, Zhiyuan Shena, Daniel Robert, Bruce W. Drinkwater, and Marc W. Holderied "Moth wings are acoustic metamaterials"

謝辞: 電子顕微鏡を利用させていただいた日本電子株式会社の谷口様をはじめ様々な方にお世話になりました。深く御礼申し上げます。