

下敷き変形時における音の発生原理

— 空飛ぶ下敷き現象から見た真理 —

愛媛県立松山南高等学校 したじき班／指導教諭 川井 亮祐



日本学生科学賞

●どんな研究なの？

下敷きを曲げると「ポワッ」という不思議な音が鳴ります。この音がどのように発生し、形状によってどのような音に変化するかを調べました。

●研究（実験）の方法

- (1)下敷き（幅 300 mm×長さ 450 mm×厚さ 1.5 mm）を手で持って曲げて、「ポワッ」と聞こえる音を発生させます。その様子を撮影し、音声と映像の解析を Wave Spectra というアプリを用いて行います。
- (2)(1)で得た平らな状態での振動数を振動スピーカーでカラーサウンドをまいた下敷きを振動させ、クラドニ図形を作成します。また平らな条件下での下敷きの 3D モデルを AUTODESK Fusion というアプリを用いて作成し、振動分布を比較します。
- (3)図4のように、すずらんテープを用いて下敷きが曲がった状態で固定し、高いところですずらんテープを切り、下敷きを空中で運動させます。その様子を撮影し、音声と映像を解析します。また、同様に厚さ・長さ・幅をそれぞれ変えながら行います。

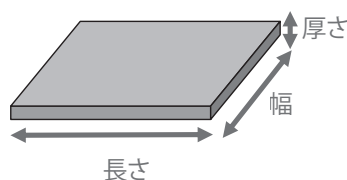


図1 下敷きの寸法



図2 下敷きから音を発生させる様子

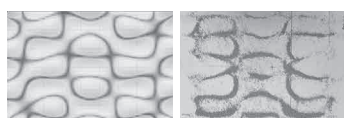


図3 シミュレーション344.2Hz(左)
クラドニ図形344.2Hz(右)



図4 「空飛ぶ下敷き現象」の様子

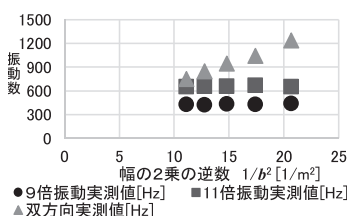


図5 幅と振動数の関係

●研究（実験）の結果

- (1)下敷きが曲がった状態から平らになった瞬間に音波が発生し、下敷きが曲がるにしたがって振動数が上昇しました。
- (2)図3のように、クラドニ図形とシミュレーション、それぞれで格子状の節が見られ、模様が一致しました。
- (3)図4のように、下敷きが空中で飛ばたような運動をし、下敷きの曲率が徐々に小さくなりながら音が発生しました。また、運動終了直前では、幅に平行な節のみの振動モードとなり、振動数は梁の振動理論に従いました。運動開始直後では、格子状の節を持つ振動モードとなり、振動数は厚さに比例しました。しかし、長さ・幅、それぞれの2乗の逆数と振動数は、図5のような一次関数関係となりました。

●研究の結論

下敷きが平らの形状になった瞬間に音が発生し、下敷きが曲がるにしたがって振動数が上昇します。また、振動モードは固定の影響で格子状の節を持ち、下敷きの運動の影響で節に平行な方向のみの節を持つ振動モードへと変化しました。また、振動数は下敷きの振動モードの節の方向からみた板の振動数の理論式と一致しました。

●研究のアピールポイント／今後について

「空飛ぶ下敷き現象」という私たちが新たに発見した現象を解析することで下敷きの振動を分析し、運動終了直前において発生音の振動数は梁の振動理論に従うということが分かりました。今後は下敷きが湾曲した状態の振動分布を調べたり、下敷きの寸法と振動数の関係から固有振動数を定式化したりしたいと考えています。