

響板の形状と音の増幅の関係について

佐賀県立佐賀西高等学校サイエンス部物理班

2年 蘭鈴加 梅崎莉一 瀬戸口爽子 札ノ内丞太郎 1年 音成真恕

1 研究動機及び目的

響板とは、弦楽器やピアノなどの発音機構または、音が小さい楽器において音を増幅するための装置である。私たちは、最も音を増幅する響板の形状の発見することを最終目的に置き研究を行っている。昨年度までは響板の形状による音の増幅量を調べていた。その結果、正多角形の響板の中では正方形と正六角形の響板が比較的音を増幅させることが分かった。しかし、響板を固定する向きや、響板の木目の向きが結果に影響を与える可能性を考慮できていなかった。

そこで今年は、響板を固定する向きと、響板の木目の向きを変えた時の音の増幅量の変化を調べることを目標に研究を行った。

2 研究方法

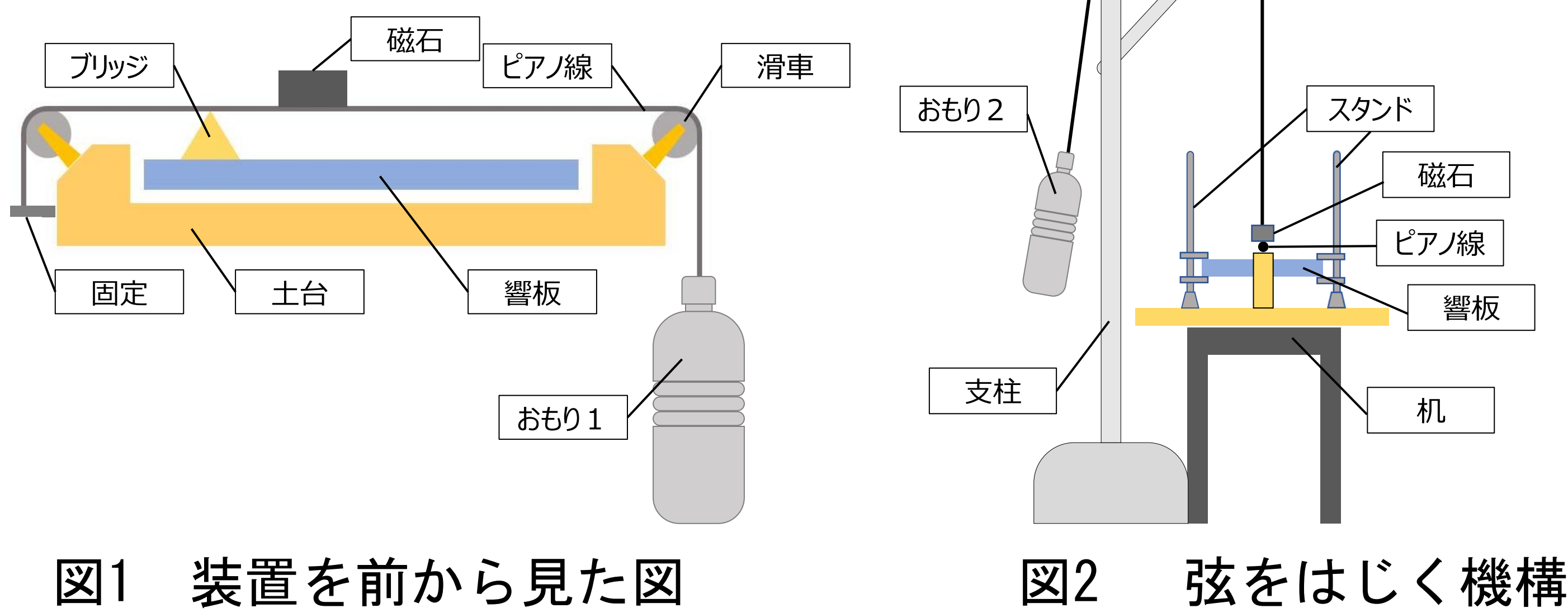


図1 装置を前から見た図

図2 弦をはじく機構

装置の各部	各部の詳細
響板	<ul style="list-style-type: none"> ・ファルカタ集成材 ・厚さ13mm・面積$1.3 \times 10^3 \text{ cm}^2$
ピアノ線	<ul style="list-style-type: none"> ・線密度$1.9 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$ ・長さ445mm ・基本振動数105Hz
おもり1	・質量1.5kg
おもり2	・質量0.5kg

【実験手順】

- 図1, 2のように装置を組み立てる。この時おもり2は手で持っておく。
- 周囲に物音が立っておらず、音圧レベルが一定の値を取るときを環境音とする。次に、おもり2を落下させて弦をはじき、再び環境音の音圧レベルに戻るまでの変化を計測する。なお、測定にはAoki™ データロガー騒音計のリアルタイム測定を用いた。
- ピアノ線とマイク間の距離を、マイクと響板間の距離は変えずに図3のように4cm、8cm、12cmと変える。それぞれの位置で10回ずつ計測を行う。

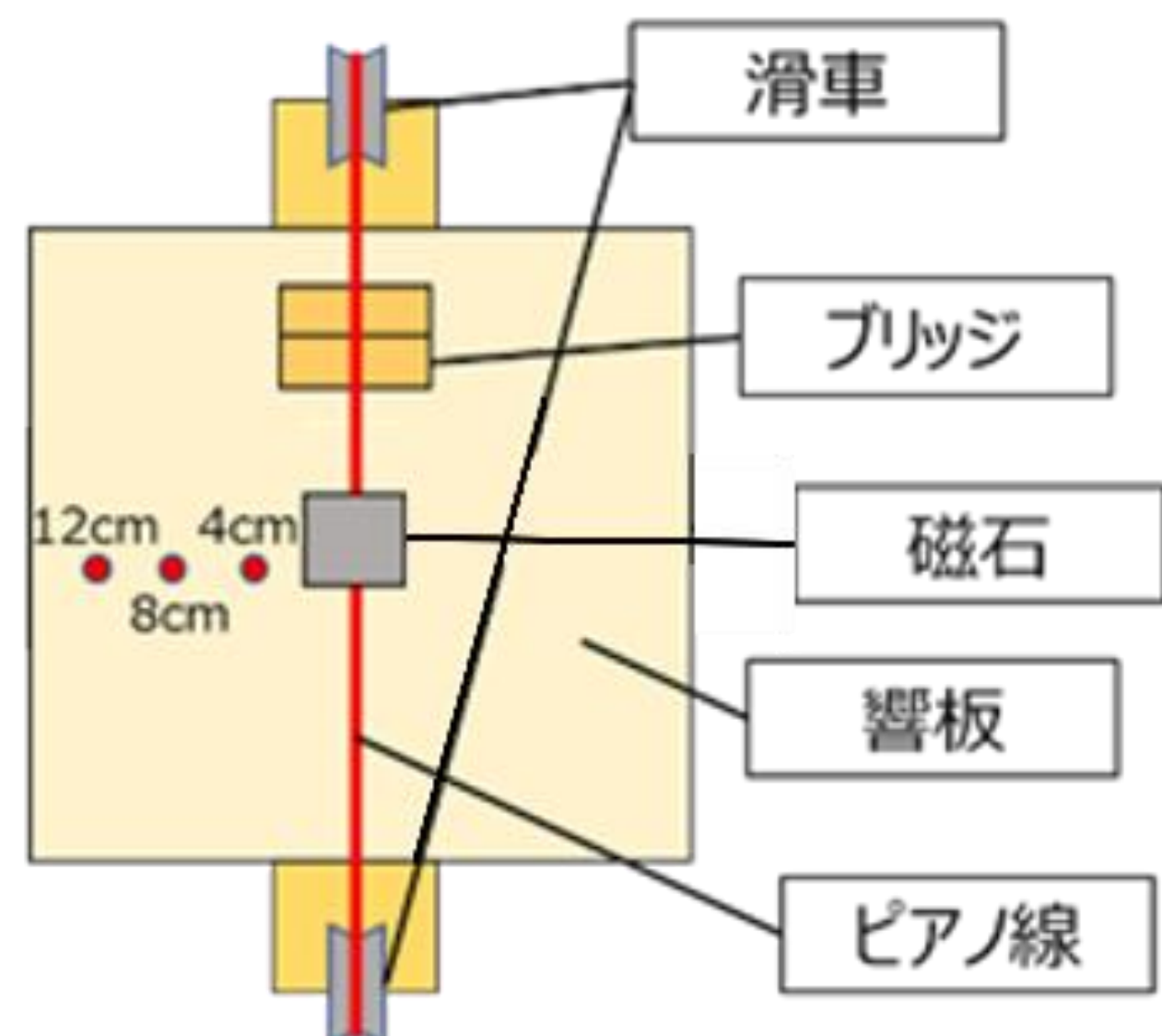


図3 測定位置(図1の装置を上から見た図)

【実験データの処理方法】

音圧レベルの増幅量 ΔL について

一般に、音圧 p [Pa]の音圧レベル L [dB]は、次の式(1)で表される。

$$L = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad p_0 (= 2 \times 10^{-5} \text{ [Pa]}): \text{基準音圧} \quad \dots (1)$$

今回の実験では、測定した音圧レベルの最大値 L' [dB]から環境音の音圧レベル L_1 [dB]を補正した値を音圧レベルの増幅量 ΔL [dB]とした。算出方法は以下のとおりである。

$$L' = 20 \log \frac{p'}{p_0} \quad p': \text{測定音圧} \quad \dots (2)$$

$$L_1 = 20 \log \frac{p_1}{p_0} \quad p_1: \text{環境音の音圧} \quad \dots (3)$$

(2),(3)より、

$$\Delta L = 20 \log \frac{p'}{p_1} = L' - L_1$$

3 実験内容と結果・考察

3-1. 実験① 正方形の響板での検証

響板を固定する向きと木目の向きを変えた4種類の響板(図4)を用いて実験を行った。また、ブリッジがない場合についても同様の4種類の響板を用いて実験を行った。実験には、条件の違いにより、増幅の差が顕著に表れると考え、正方形の響板を用いた。

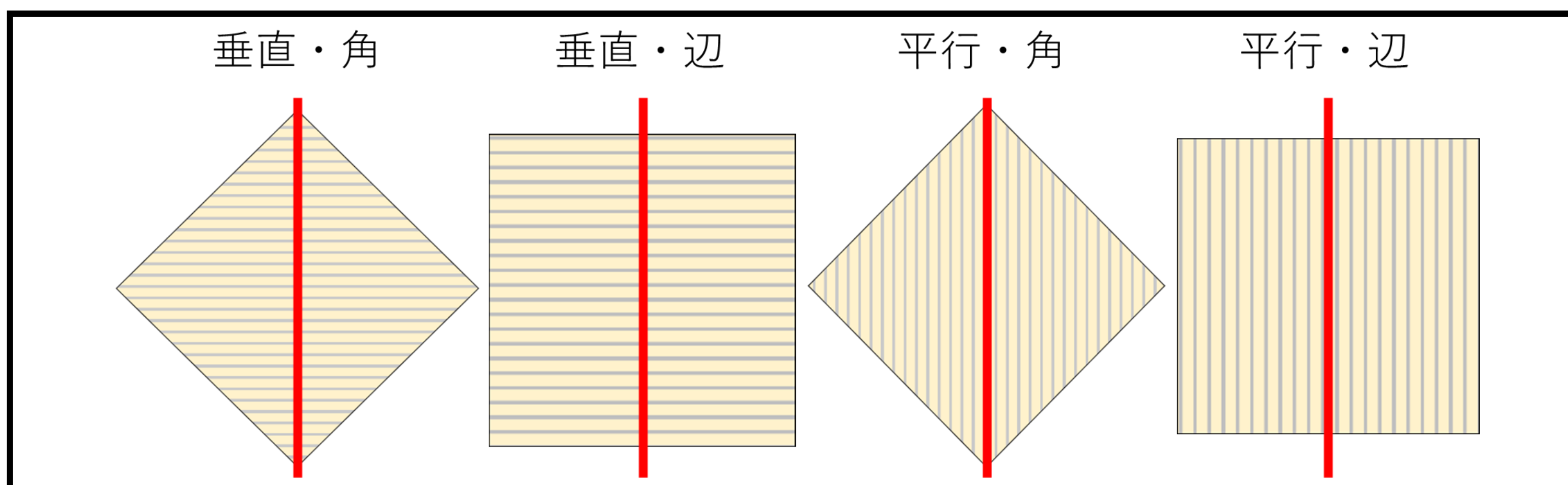


図4 実験①に用いた響板

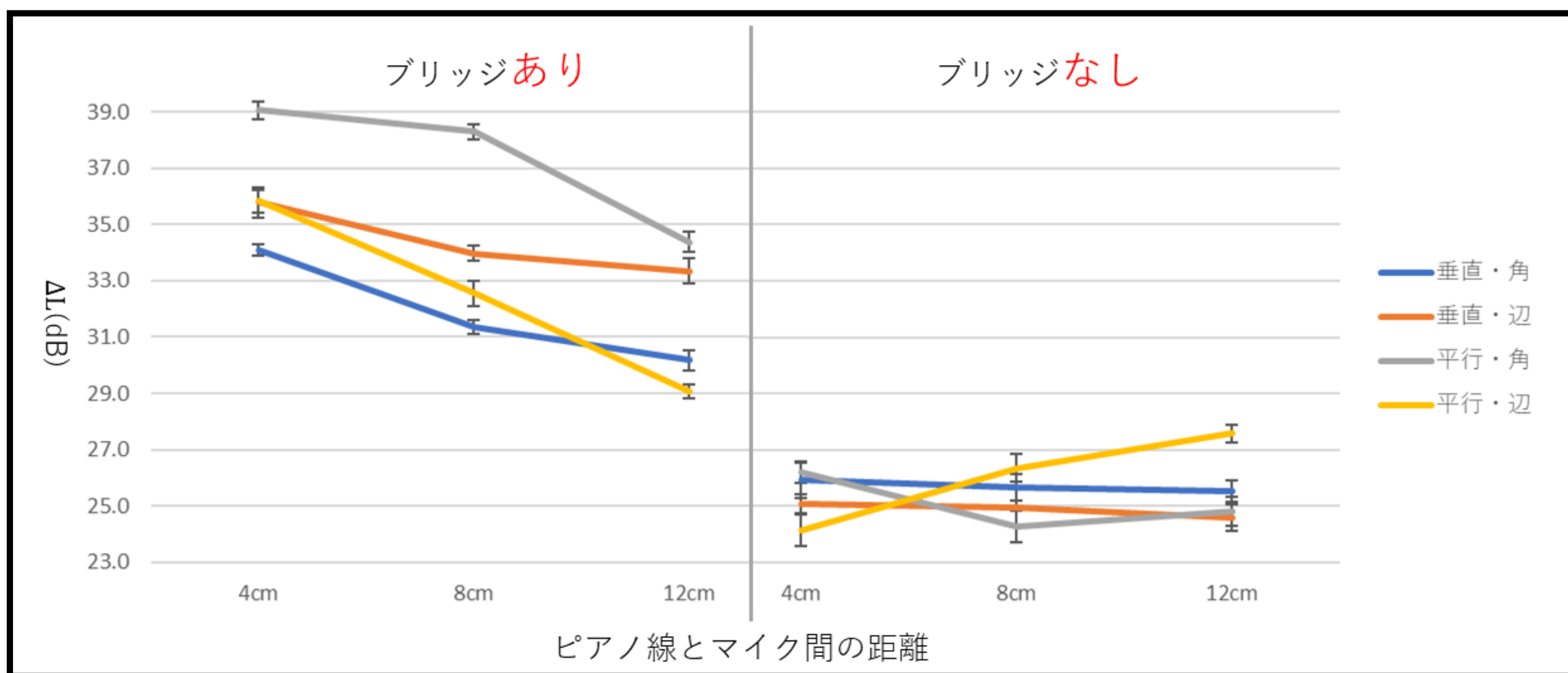


図5 実験①の結果

○ブリッジがある響板のほうがブリッジがない響板よりも ΔL の値が大きくなった。

ブリッジを通して響板に振動が伝わっている。

○ブリッジがある響板では、固定の仕方や木目の向きによって ΔL の値に差がある。

固定の仕方や木目の向きは音の増幅に関係する。

3-2. 実験② 長方形の響板での検証

昨年度までの実験では正多角形以外の響板を用いていなかったため、長方形の響板を用いて検証を行った。

図6のような長方形の響板を用い、響板の面積を750cm²にそろえ、横の長さを25,30,35,40,45cmと変えて実験した。実験は木目がピアノ線に平行な場合と垂直な場合の2通り行った。

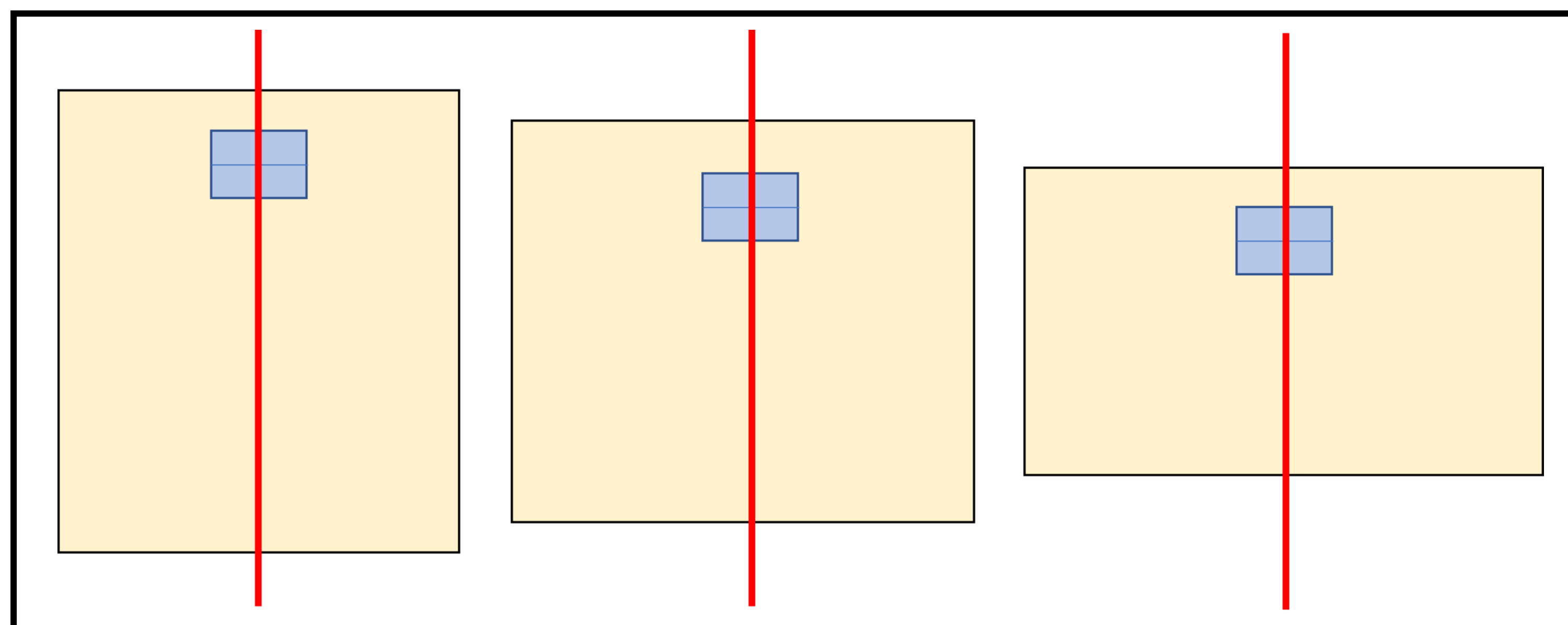


図6 実験②に用いた響板の例

この原因は、「振動は木目に垂直な方向に伝わりやすい」という性質にあるのではないかと考えた。

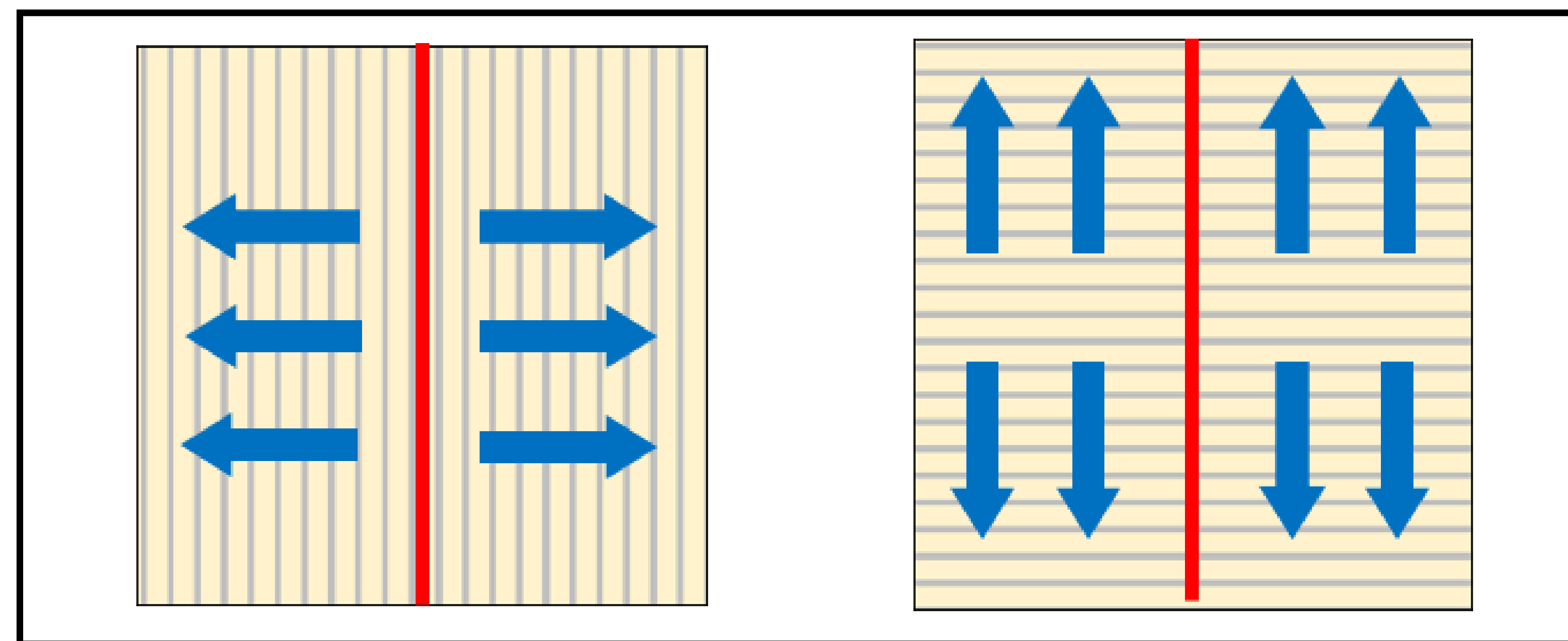


図8 振動が伝わりやすい方向

この性質より、

- ・木目がピアノ線に垂直な時、横の長さが40cmの時のぞいて、横の長さによらず ΔL の値がほとんど一定になる。
 - ・木目がピアノ線に平行な時、響板の横の長さによつて ΔL が異なる値をとる。
- と考えられる。

4 まとめ

- ・ブリッジは確かに振動を響板に伝えていると分かった。
- ・響板を固定する向きや木目の向きは音の増幅に影響を与えてることが分かった。
- ・「振動は木目に垂直な方向に伝わりやすい」という性質が音の増幅に大きく影響していると考えた。

5 反省と課題

響板の固定の仕方や木目の向きが ΔL に影響を与える原因は、響板の振動モードに違いにあると考えた。そこで、響板の振動を視覚的に検証することができるクラドニ図形(図9)を用いた検証を行いたいと考えている。

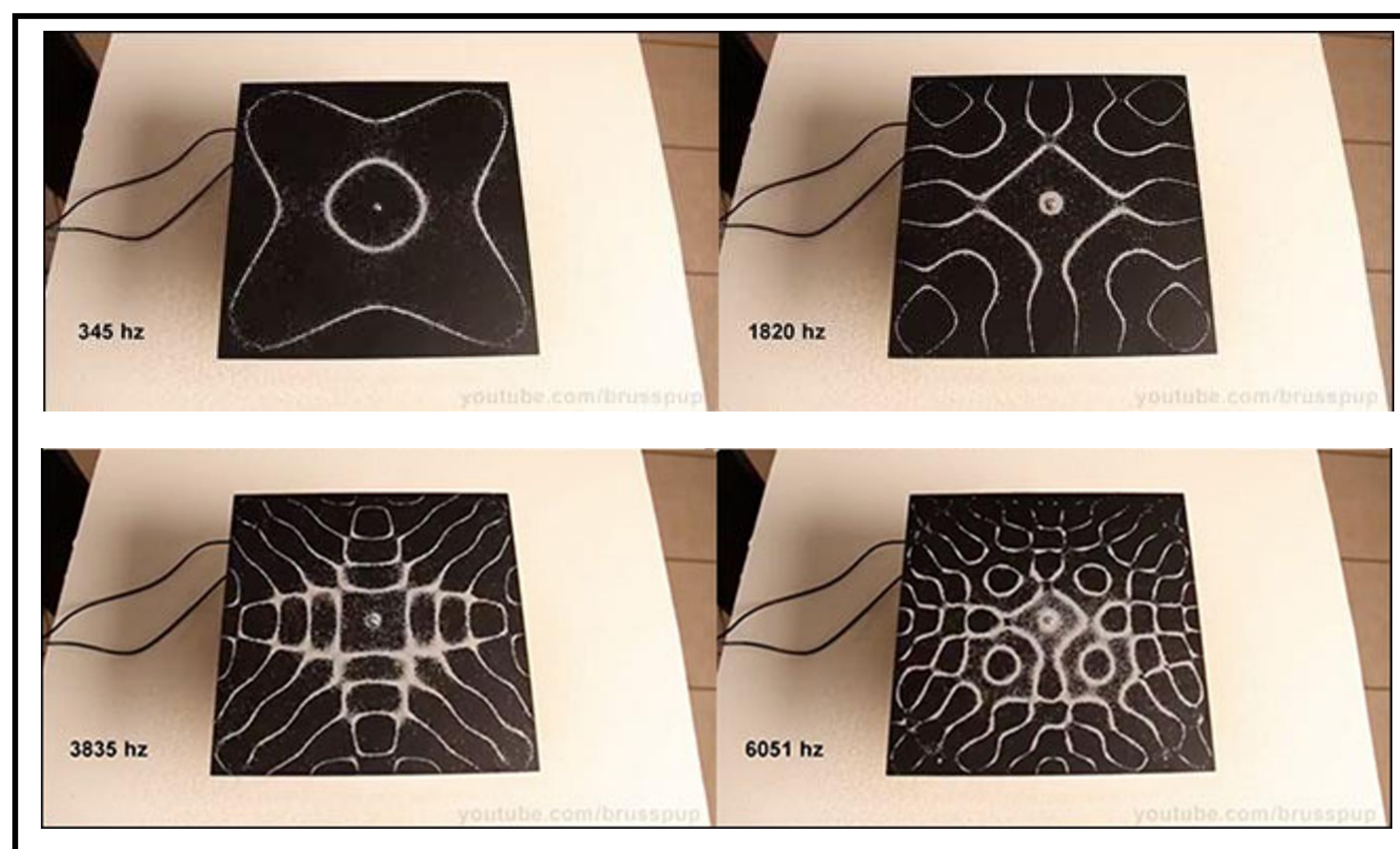


図9 クラドニ図形の写真

6 参考文献

- ①技法堂出版 音響学ABC 久野和宏ら(2009)
- ②数研出版 改訂版物理基礎
- ③音が形を作る瞬間、振動が形作る神秘的な幾何学模様「クラドニ図形」の映像
HP名 : DNA
URL : <https://dailynewsagency.com/2023/06/10/amazing-resonance-experiment-g7j/>

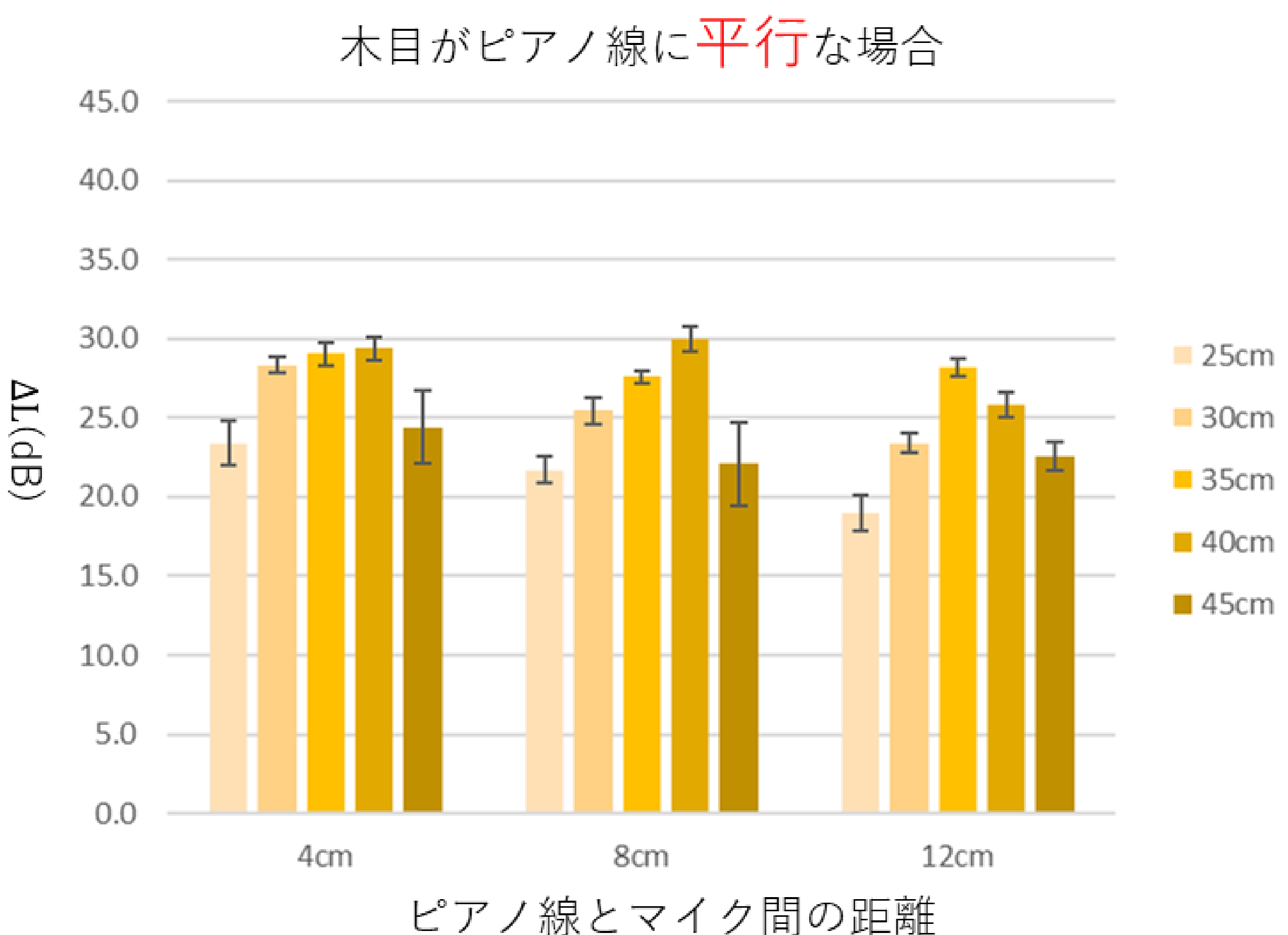
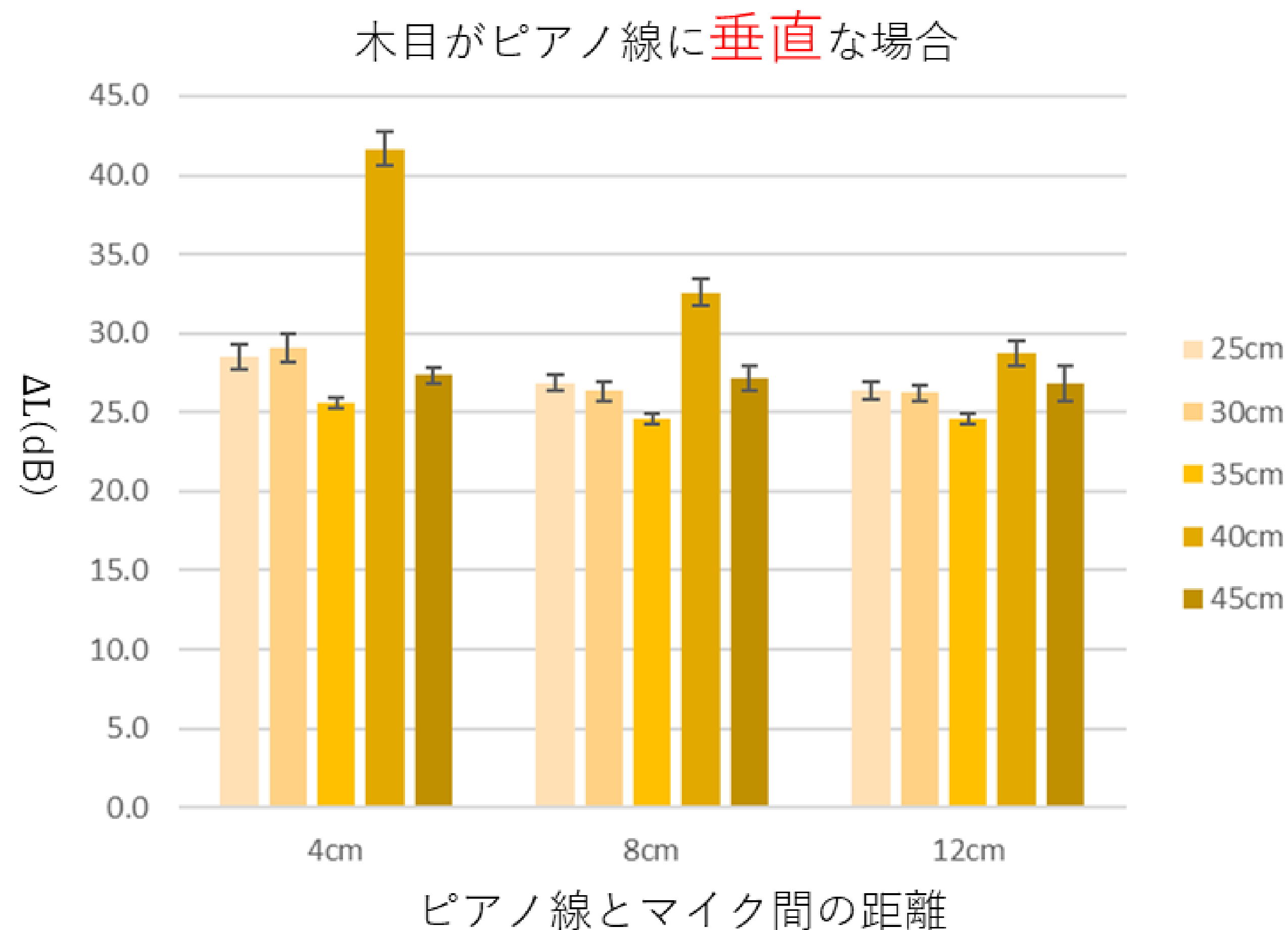
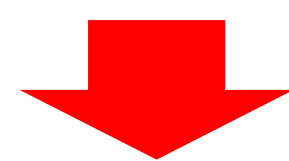


図7 実験②の結果

○木目がピアノ線に垂直な時、響板の横の長さ40cmの時に ΔL の値が最も大きくなった。

木目がピアノ線に平行な時、響板の横の長さが長くなるほど ΔL の値も大きくなったが、横の長さが最も長い45cmの響板では ΔL の値が比較的小さくなった。



木目の向きによって音の増幅の傾向に違いがある。