

# ギター弦の基本振動と含まれる倍音の関係

大塚航平 岡田健汰  
才見僚 坂田暖彦

## 【概要】

もともと音について興味を持ち、調べていると、班員の一人からギターの音は弾く位置によって音が違って聞こえるということを知った。また、1年生のとき、物理基礎で学習した弦楽器の音は弦の振動に含まれる倍音によって決まるということを知り出し、弦の振動の様子を物理基礎で習った知識を生かして説明することができないかと考え、研究することにした。

今回の研究で、まず、実験1では1～6弦について弾く位置を弦の中央～1/6と変えていき、弾く位置と含まれる倍音の割合の関係を調べた。その結果、弾いた位置が腹となる倍音が多く含まれ、節となる倍音はほとんど含まれなかった。また、線密度の小さい1・2弦（スチール弦）では基本振動が最も大きく含まれ、3～6弦（巻き弦）でも線密度の小さい3弦が基本振動大きく含まれていた。

次に実験2では、すべての弦の音の速さを同じにして、同様の実験をおこなった。その結果、含まれる倍音の割合には、線密度より弦を伝わる波の速さが大きく影響していることが分かった。

次に実験3では、弦の張力を変えて、弦の中央を弾き基本振動を1としたときの3倍振動の大きさを測定し平均値を求め、含まれる倍音の割合と波の速さの関係を調べた。その結果、波の速さが小さいほど、含まれる倍音の割合が大きくなることが分かった。

次に実験4では、弦の長さ（フレットを押さえた場合）と含まれる倍音の関係を調べた。その結果、フレットを押さえた弦（波長）が短くなるほど含まれる倍音の割合が小さいことが分かった。

We started to research characteristics of guitar sounds because we were interested in sound.

First, we focused on overtones of guitars. We measured the ratio of the overtones. We found that there is relationship between position of where you plucked and ratio of overtone. For example, when we plucked at a position 1/3 of the way down the string, the first overtone appeared large than the fundamental, but the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> appeared smaller.

For all strings, if the string waves had the same speed, the ratio of overtones contained did not change. From this result, we found that the ratio of the overtones contained is related to the wave speed rather than the line density.

Also, when the string length is shortened, the ratio of the overtones contained is small.

## 【研究動機・目的】

弦楽器の弦は弾く位置によって音が違って聞こえる。物理基礎の教科書にもこの現象は弦の振動に含まれる倍音の含まれ方の違いによって説明できると書かれていて、各倍音が混ざる比率は楽器の種類によって異なるということを知った。そこで、班員の一人がギターを演奏していた

ため、ギター弦でこのことを研究しようと思った。また、先行研究を調べると理論的な研究が多く理解するのが難しかったため、実際のギターを用いてギター弦の振動の特性を明らかにすることにした。

### 【仮説】

物理基礎で弦楽器の音色は振動に含まれる倍音の割合で決定されると載っていたことから、(B)

ギター弦(1~6弦)の基本振動に含まれる倍音に違いがあり、弦の種類と太さが関係していると考えた。

### 【実験器具】

- ・振駆郎(オシロスコープ)
- ・WaveSpectra(フーリエ解析ソフト)
- ・マイク
- ・アコースティックギター

### 【実験方法】

#### 〈実験Ⅰ〉

ギターの1~6弦の長さの中央~1/6の位置を弾き、フーリエ解析ソフトにより含まれる振動数とその大きさを測った。(測定回数は3回)

基本振動の大きさを1とし、他の振動数の音の大きさを求め、弾く位置による関係を調べた。

※1・2弦はスチール弦、3~6弦は巻き弦

#### 〈実験Ⅱ〉

1~6弦の弦を伝わる波の速さを同じにし、同様の実験を行った。

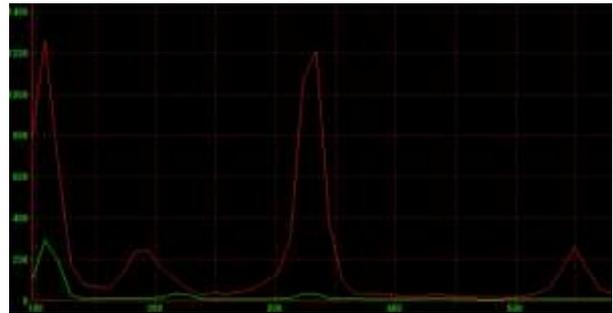
#### 〈実験Ⅲ〉

弦の張力を変えて、弦の中央を弾き基本振動を1としたときの3倍振動の大きさを測定し平均値を求め、含まれる倍音の割合と波の速さの関係を調べた。

#### 〈実験Ⅳ〉

弦の長さ(フレットを押さえた場合)と含まれる倍音の関係を調べた。  
(測定回数は各5回)

図1 5弦の中央を弾いたときの音をフーリエ解析ソフトで読み取ったもの



(Hz)

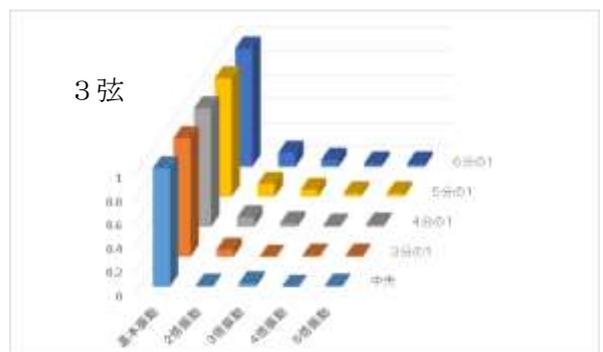
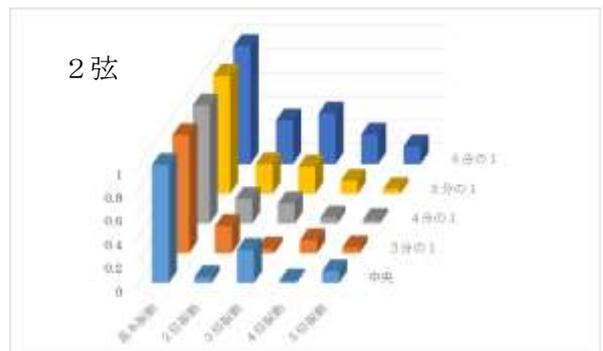
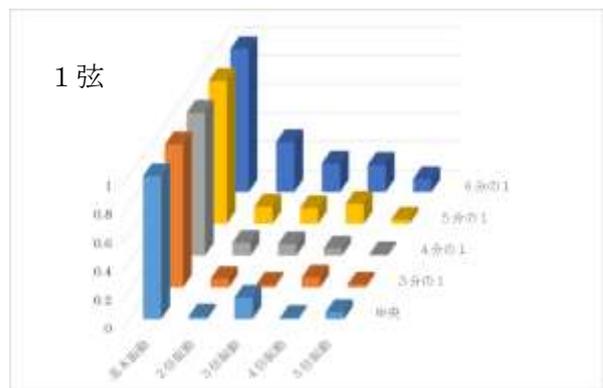
上図より110Hzと330Hzが大きな値を示している

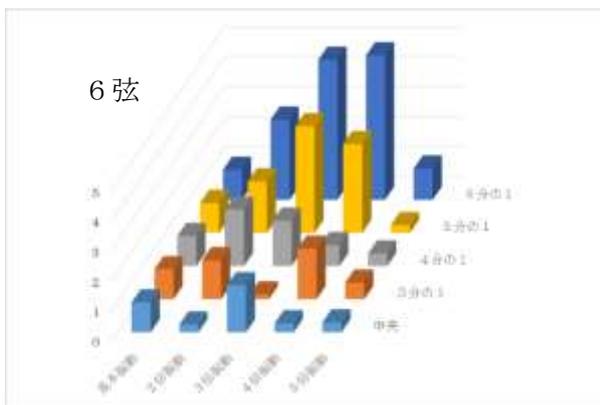
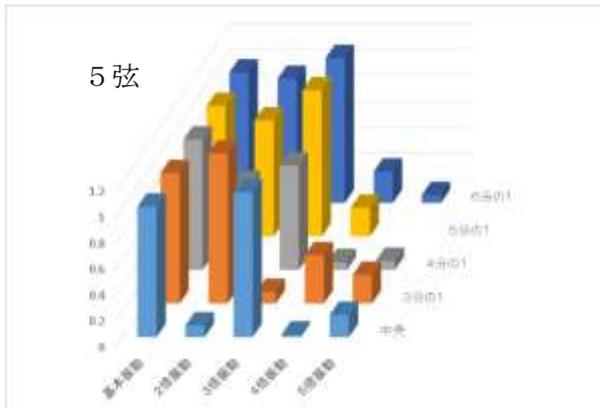
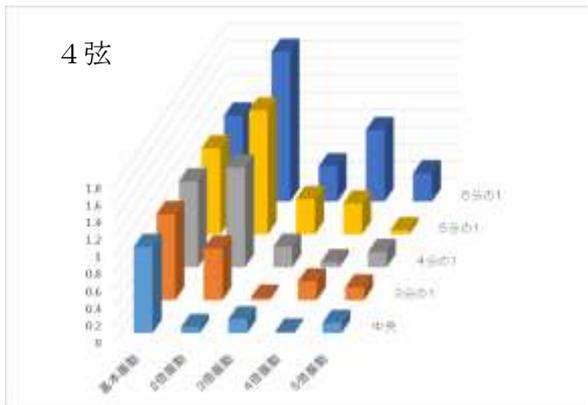
### 【実験結果】

#### 〈実験Ⅰ〉

図2

各弦における弾く位置と含まれる倍音の割合

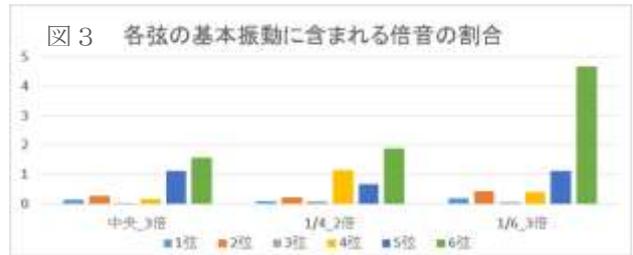




どの弦でも、中央を弾くと3倍振動が最も大きく含まれ、2倍振動、4倍振動はほとんど含まれていないことが分かった。このことより、ある倍振動の腹となるところを弾くと、その倍振動はほとんど含まれないことが考察できた。このことはどの弦でも同じ結果となっている。このことは、先行研究で見つけた理論に確かに当てはまっていることが確認できた。

1弦・2弦はスチール弦であり、巻き弦と比較すると基本振動が大きく含まれていて、2倍振動以降はほとんど含まれていなかった。また、線密度の大きい2弦の方が含まれる倍音が多かった。3弦～6弦は巻き弦であり、線密度が大きくなるにつれて含まれる倍音が多くなっ

ていた。特に、3弦では基本振動が最も大きく現れ、逆に6弦では2倍振動以降の振動が多く含まれていた。

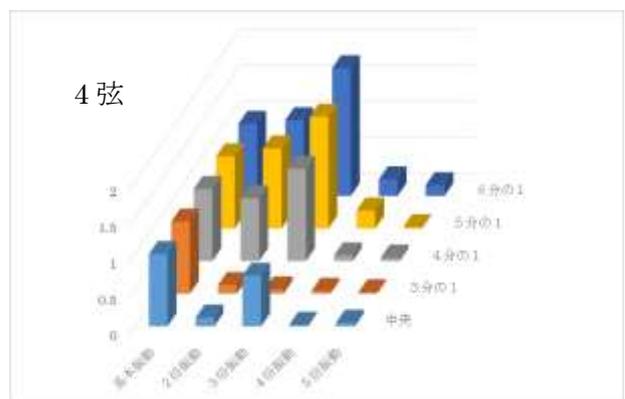
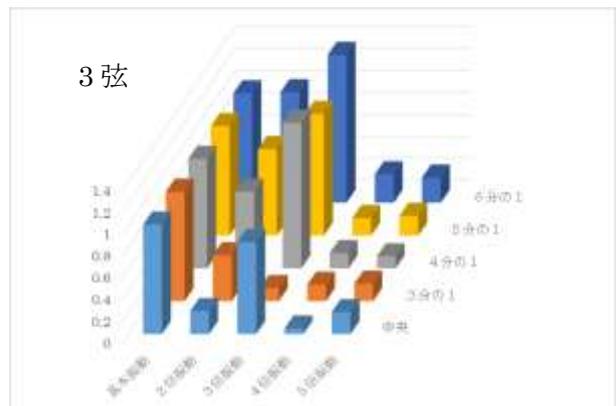


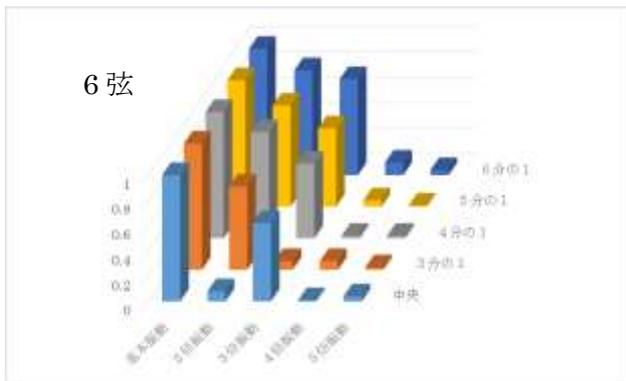
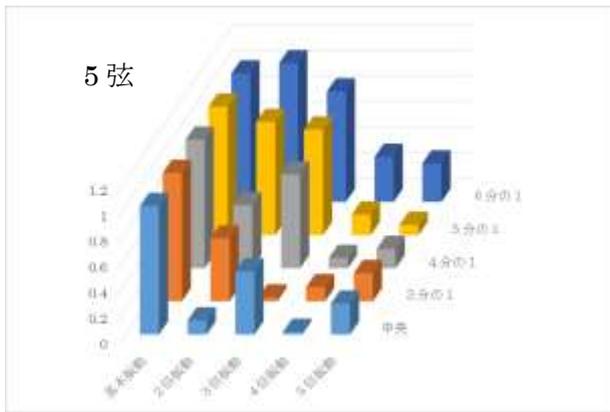
左下図より、弦の種類が同じ場合、線密度が大きいほど含まれる倍音の割合が大きいたことが分かった。

しかし、実験1の結果だけでは含まれる倍音の割合を決定しているのが、線密度か弦を伝わる波の速さなのか分からないため、実験2を行った。

#### 〈実験II〉

図4 各弦を110Hzに合わせたもの





3～6弦の張力を5弦の110Hzに合わせると、含まれる倍音と弦を伝わる波の速さの関係を調べると、これらのグラフを比較すると分かるようにどのグラフも同じような倍音の含まれ方をしていることから倍音の含まれ方は線密度よりも、弦を伝わる波の速さが大きく関係していることが分かった。

〈実験Ⅲ・Ⅳ〉

図5 各弦の波の速さと含まれる倍音の割合

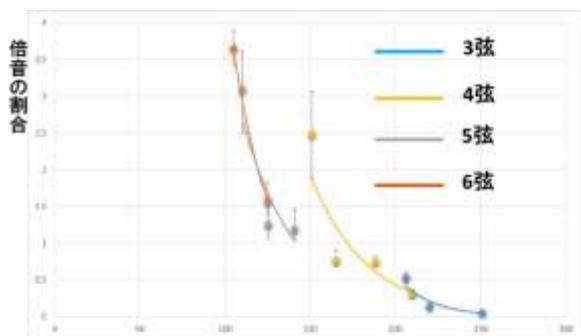
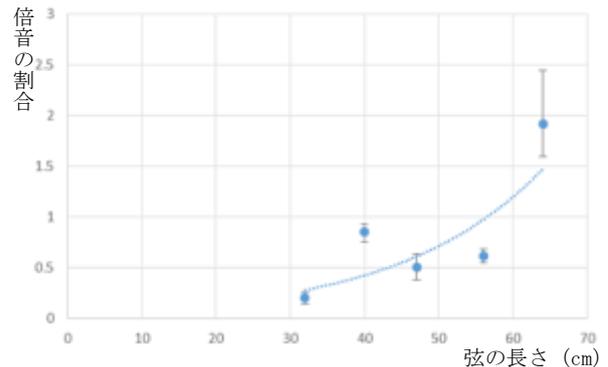


図6 弦の長さに含まれる倍音の関係



弦の種類が同じ場合、線密度による倍音の含まれ方への影響はすくないことが分かり、ギター弦の倍音の含まれ方には弦を伝わる波の速さが大きく影響していて、波の速さが小さいほど含まれる倍音の割合が大きいことが分かった。また、フレットを押さえて弦を弾くと、弦（波長）が短くなるほど含まれる倍音の割合が小さくなることが分かった。

【考察】

ギター音の倍音の含まれ方には線密度よりも、弦を伝わる波の速さのほうが大きく関係していて、速さが速いほど含まれる倍音の割合が小さいことが分かった。また、弦を弾いたとき、その位置が腹となる倍音が大きく現れ、逆にその位置が節となる倍音はあまり現れないことが分かった。

【参考文献】

- ・ 振動と波動 発行 東京大学出版会
- ・ 文部科学省検定済教科書 物理基礎 発行 数研出版株式会社

【感想】

私たちはこの研究を通して、いろいろなことを経験し、学ぶことができました。まずやはり、今回の実験のテーマである基本振動と含まれる倍音の割合など、「音」というものについての知識が深まったということ

である。今回の実験では、すでに知られている先行研究の確認からスタートし、「弦を伝わる波の速さと含まれる倍音の関係」、「弦の長さに含まれる割合」について自分たちで定めたテーマに関して研究した。その過程で、音が伝わる際に発生する波について、教科書には載っていない知識を得ることができた。

そして次に、実験を自分たちが主体となっ  
て行うという経験ができたこと  
である。先生方に教えていただきながら計画を立てて実験し、課題を見つけ、それを受けて実験方法を改善する。課題研究ということを通してこそ得ることのできる、貴重な経験をする  
ことができた。

課題研究を通して、高校を卒業したあとも  
普段の生活に役立つ知識を得ることができた。  
この経験を生かして今後の勉学に生かしてい  
きたい。