

ウクレレの弦の波が作る音

～ ドレミを探せ！ 3 ～

益城町立益城中央小学校 6年 柴里 結衣

1 研究の目的

去年、ハワイのお土産におもちゃのウクレレをもらった。これまでの自由研究で、音の研究をしてきた。4年生の時は、定規を弾いて長さを変えることで音階を見付ける実験を行った。5年生では、管の長さで吹いた時に鳴る音の周波数を調べた。今年は、弦の出す音にはどんな関係があるのかを調べる。

2 研究の方法・結果（その1）弦を引っ張る力と周波数の関係

（方法）正しい音階に合わせる時、ペグを回して弦の張り方を調節する。弦を強く張ると音が高くなり、緩めると音は低くなる。ペグで弦を巻いている時はどのくらい力がかかっているのか分からないので、ペットボトルの重さを利用して弦を引っ張り、力の大きさが分かるようにし、弦を引っ張る力と音の周波数の関係を調べる。

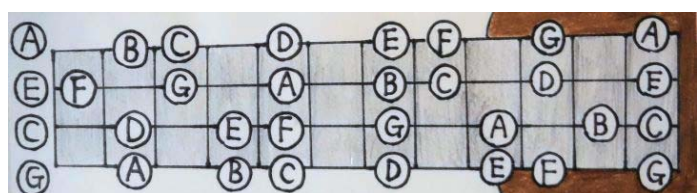
（結果）どの弦も引っ張る力が強くなるほど音（周波数）が高くなった。弦を下から順にA B C Dと名付けた。弦の直径は、Dが一番細く0.622 mm、次にAで0.652 mm、次にCで0.742 mm、一番太いのがBで0.926 mmだった。直径はノギスで5回測って平均をとった。同じ重さの時は、一番細い弦Dが一番周波数が高く、A、C、Bの順番で周波数が低くなった。予想どおり弦が細いほど周波数が高く、太いほど低くなった。弦を引っ張る力と周波数の関係は、ペットボトルが軽い場合は直線的だったが、徐々にグラフの傾きは緩やかにカーブした。ペットボトルの重さの平方根を横軸に周波数を縦軸にグラフを書いた。引っ張る力が大きくなっても直線的な関係となった。弦の引っ張る力の平方根と周波数は比例の関係にあることが分かった。

3 研究の方法・結果（その2）弦の長さと周波数の関係

（方法）ウクレレを演奏する時、フレットの近くを指で押さえて音階を変える。そこで、フレットを押さえて音を鳴らした時の弦の長さと周波数の関係を調べた。

（結果）弦の長さを横軸に、周波数を縦軸にグラフを描いた。フレットを押さえて弦が短く鳴ると周波数が高くなった。弦の長さと周波数の関係は反比例のカーブとなった。次にチューナーに出た音階を右図に示す。予想通りフレットが一つずつずれると半音上がった。しかし弦Bの4.5フレットは予想とずれていた。緑で色をつけたところは音階が正確で±5 cent に収まっており、赤で色を付けたところは音階が±5 cent 以上ずれていることを表している。ウクレレの音階と比べると、弦Bの4.5フレット以外は合っていることが分かった。ただし、音階は合っていても音のずれは結構多かつ

フレット	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
弦D(音階) 920g	A, B [♯]	B, C	C, C [♯]	D, E	E, F	F, F [♯]	G, A	A, A [♯]	B, B [♯]	C, C [♯]	D, E	E, F	F, G
弦C(音階) 863g	E, F	F, F [♯]	G, A	A, B	B, B [♯]	C, C [♯]	D, E	E, F	F, F [♯]	G, A	A, B	B, B [♯]	C, C [♯]
弦B(音階) 829g	C, C [♯]	D, E	E, F	F, F [♯]	G, A	A, B	B, B [♯]	C, C [♯]	D, E	E, F	F, F [♯]	G, A	A, B
弦A(音階) 905g	G, A	A, B	B, B [♯]	C, C [♯]	D, E	E, F	F, F [♯]	G, A	A, B	B, B [♯]	C, C [♯]	D, E	E, F



た。使用した物がおもちゃのウクレレでちゃんとした楽器でなかったせいかもしれない。また、フレットを押さえないときの弦の長さが 35 cm、12 番フレットを押さえた時の長さが 17.5 cm で、半分の長さとなり、1 オクターブ上がった重さは変えずに弦 D の長さだけを変えて A 5 の音が出るようにした時の長さは、8.6 cm で A 4 の約 4 分の 1 になった。長さが半分になると 1 オクターブ上がる。

4 研究の方法・結果（その 3）周波数と弦の関係

（方法）音が鳴る時、弦はどのように揺れているのだろうか。音を鳴らしながら、シャッタースピード 1/15 で撮影し、揺れている時の弦の形を観察する。弦 D が A 3（220Hz）となるようにおもりの重さを調整する。1 秒に 1000 枚の画像でとれるカメラで動画を撮影し、指が弦から離れてからの弦の往復回数とフレーム数を記録する。

（結果）縄跳びをしている時のように、弦の中央が上下に大きく揺れていて、端のナットとサドルのところは揺れていなかった。またフレットを押さえた時はサドルと押さえたフレットの間だけ弦が揺れていることが確認できた。弦から離れてすぐの一番上にある状態を 0 フレームとして 1000 フレームまでの往復回数を数えた。1 回目はチューナーに 219.2Hz と表示され、動画 1000 フレーム（1 秒）弦の往復回数は 219 回だった。2 回目はチューナーに 219.4Hz と表示され、1000 フレーム目の弦の往復回数は 220 回だった。3 回目はチューナーに 219.7Hz と表示され、1000 フレーム目の弦の往復回数は 220.5 回だった。実験より、1 秒間の弦の往復回数と周波数はほぼ同じだった。これを確認するために周波数を A 2（110Hz）となるように弦を引っ張るおもりの重さを調整し、追加の実験をした。チューナーの表示が 110.2Hz の時、弦が 109.5Hz の時 107.5 回、110.0Hz の時 109.5 回となり、弦の往復回数と周波数が一致することが分かった。



A 2（110Hz）にチューニングした時の弦の波 1000 フレームで 109.5 回往復（3 回目）

5 研究のまとめ

ウクレレの音は 2 つの方法で調整できることが分かった。一つめは弦を引っ張る力で、強く引っ張ると音は高くなり、緩めると音は低くなる。高音にするほど大きな引っ張り力が必要になる。二つめは、フレットを押さえて弦の揺れる部分の長さを短くすることで、音を高くすることができる。演奏中にすばやく正しい音階に合わせられるように、弦を押さえるフレットというバーが指板にあり、1 フレットごとに半音ずつ高くなっている。弦の長さと音の周波数は反比例し、高音になるほどフレットの間隔が狭くなった。12 フレットで弦の長さは半分になり、どの弦も 1 オクターブ高くなる。3 年間自由研究で音の研究を行った。定規、管、弦どれも短くなると音の周波数は高くなったが、長さと周波数の間には、特別な関係があった。弦は引っ張る力も関係していて弦の往復回数が周波数と等しいことが分かった。