

筑波大学

朝永振一郎記念

第 14 回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ0296

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : シングルリード楽器における吹奏音の研究

学校名 : 城山中学校

学年 : 2 年生

代表者名 : 矢野祐奈

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

シングルリード楽器における 吹奏音の研究

坂戸市立城山中学校

2年 矢野祐奈

研究動機

私は吹奏楽部に所属し、アルトサックスを吹いている。アルトサックスはマウスピースに一枚のリードを取り付けて吹く管楽器である。きれいな音を出すためには、マウスピースのくわえ方、息の入れ方、舌の使い方などいろいろなことに気を付けなければならない。管楽器、特に一枚のリードを使う管楽器が、どのような仕組みで音を出すのか知りたく、そして、それを理解することで、上達の手助けとしたい。



研究概要

研究 1：形状を変化させたストロー笛を作り、その吹奏音と形状の関係を調べる。

変化させた条件：管の長さ、管の太さ、リードの大きさ、リードの硬さ、吹き口の形、管の形状

研究 2：ストロー笛の発音の仕組みを探る。

「吹奏音を決めるものは空気の流速である」と仮説を立てて検証し、ストロー笛が鳴る機構を考察する。

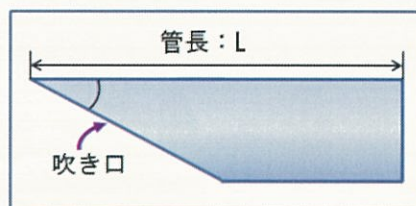
研究 3：研究 2 で分かった発音の仕組みを用いて、ストロー笛のリードの形状や実際の楽器について考察する。

実験方法

ストロー笛の作り方

①笛、本体を作る。

ストローを図のように吹き口が斜めになるように切る。
ストローの一番長い部分の長さを管の長さ (L) とする。



②リードをつくる。

セロハンテープを 2 枚張り合わせたものを吹き口よりも 1 mm 程度大きいサイズに切る。
いつも同じ大きさのリードを作れるように型紙を用意しておく。



③リードを笛に取り付ける。

リードをセロハンテープでストローに取り付ける。
この時、リードの端が吹き口の先端にかぶり、すき間がないように貼る。



ストロー笛の吹奏音の測定手順

①ストローより 2 周り大きいサイズのゴム管に笛を入れ、空気が漏れないように間をゴム管でつなぐ。ゴム管のサイズが合わないときは、セロハンテープを巻いて調節する。リードがゴム管に触れないようにストローの位置を確認する。



②ゴム管に風船を取り付け、吹き口の反対側から空気を入れる。風船をいつも同じ大きさに膨らませられるように、φ180 mm の円をくりぬいた厚紙を写真のように用いる。



③風船がストロー笛に空気を送り込み、それによって鳴る音をオシロスコープソフトに読み込み、波形と周波数を測定する。音が鳴り出してから 1 秒後の結果を記録する。3 回測定し、平均する。

研究 1 ストロー笛の形状と吹奏音の関係

1-1 予備実験

1-1-1 音を可視化する

実験方法 楽器の演奏音を測定する。音が鳴っている間、チューナーで音名を確認する。

結果

オシロスコープで測定した周波数を音が低い順に 3 つとチューナーで測定した音名を表に示す。基準ピッチを A4=440Hz としたときの音名周波数対応表※1 を右に示す。

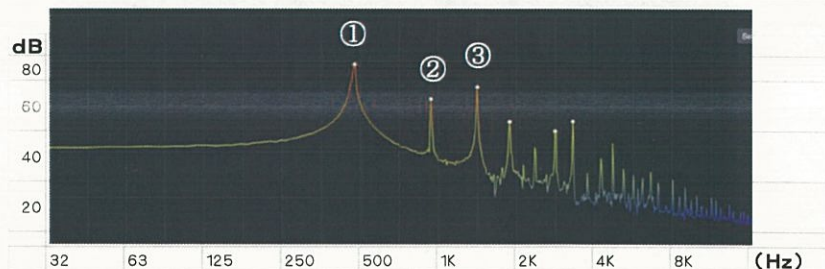
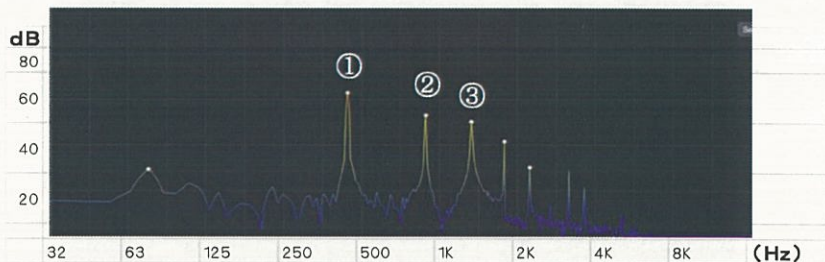
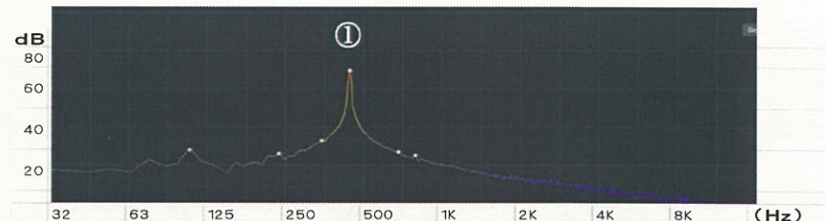
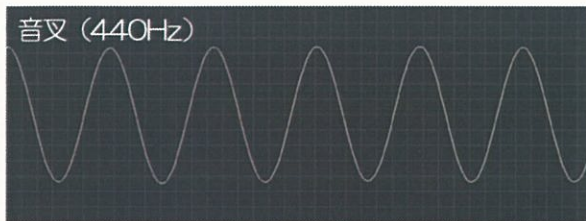
(ただし、Bb4 については普段部活で使っている基準ピッチ A4=442Hz を用いて計算した値である。)

測定した楽器	オシロスコープで測定した周波数 (Hz)			チューナーで測定した音名
	①	②	③	
音叉	440.0	-	-	A4
ピアノ	441.5	884.7	1328.7	A4
アルトサクソ	468.3	937.9	1406.6	Bb4

音名	周波数 (Hz)
A4	440.0
Bb4	468.3
C#4	277.2

波形

周波数と音量のグラフ



考察

どの楽器の音も波形は、ある一定の形の繰り返しで出来ていることが分かった。また、音叉の単純な波形とちがいで、楽器の音は複雑な形をしていた。この複雑な形は、楽器によって変化することも確認できた。この波形のちがいが楽器の音色のちがいを決めることが知られている。※2

また、周波数と音量のグラフから音叉が 440Hz という 1 つの周波数の音が鳴っているのに対し、楽器は異なる複数の周波数の音が発生していることが分かった。チューナーで測定した音名と同じ周波数のピークは、一番周波数が小さいピークだった。また、この一番小さい周波数の値を 2 倍 3 倍すると、②の周波数③の周波数とほぼ等しくなっていた。これらのピークは、一番小さい周波数のものから順に基音、2 倍音、3 倍音という。※3 つまり楽器を演奏すると、様々な高さの音がまじりあって発生するが、聞こえてくる音が一番低い基音であると言える。

1-1-2 ストロー笛の吹奏音を測定する

ストロー笛の条件 $\phi 5\text{ mm}$ L:70 mm

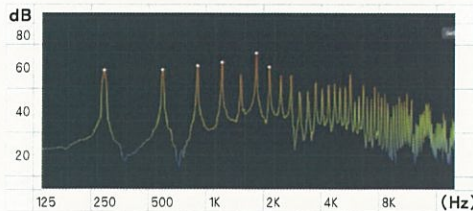
結果 チューナーで測定した音名 C#4

波形



基音の周波数 268.8Hz

周波数と音量のグラフ



倍音 (n)	測定値 [Hz]	基音×n [Hz]
1	268.8	268.8
2	537.4	537.6
3	807.0	806.4
4	1075.3	1075.2
5	1343.5	1344.0
6	1612.7	1612.8
7	1882.1	1881.6
8	2154.0	2150.4
9	2436.3	2419.2
10	2681.1	2688.0

考察

ストロー笛の波形でも 1-1-1 で測定した楽器の波形と同じように繰り返しの波が観察できた。また、測定した周波数と基音の整数倍の値がほぼ等しかったので、周波数と音量のグラフにおける多くのピークは倍音であることが分かった。作成したストロー笛の吹奏音が 1-1-1 で測定した楽器の演奏音と特徴が一致したので、ストロー笛を楽器としてみなすことができ、その基音の測定が管楽器の形と音の高さの関係を調べるのに有効であると考えた。

1-2 管の長さや太さを変える

笛と呼ばれる楽器に穴が開いていて、それを指で押さえることで音程を変化させることができることから、ストロー笛の管の長さを変えると鳴る音が変わるであろうことは容易に想像できる。そこで、ストロー笛の長さ及び太さと吹奏音の関係を調べて確認することにした。

ストロー笛の条件

$\phi 4, 5, 6, 8, 10\text{ mm}$

L:70 mm~140 mm

結果

$\phi 4, 10\text{ mm}$ は鳴らなかった。

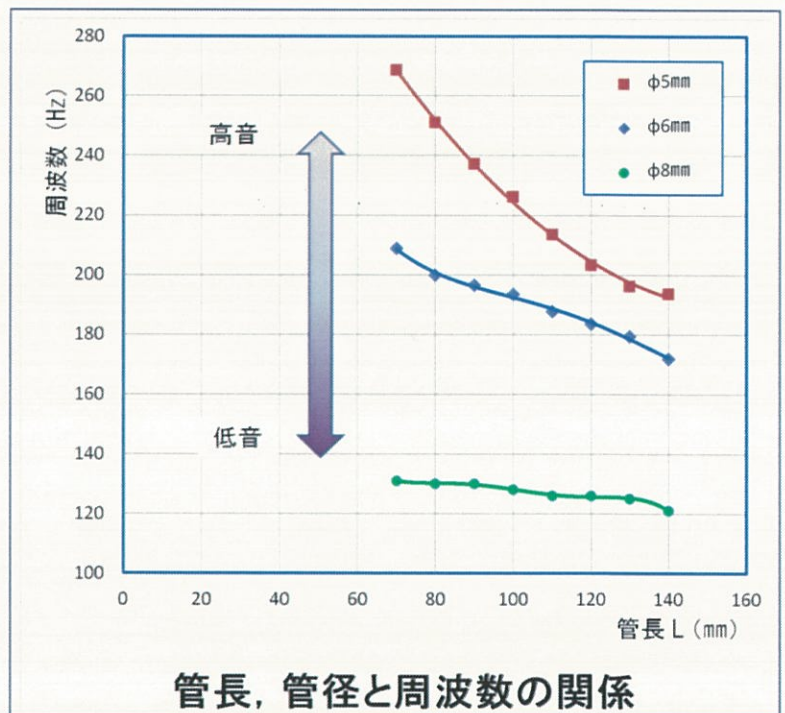
鳴らすことができた、 $\phi 5\text{--}8\text{ mm}$ での結果をグラフにした。

考察

ストローの管長が長くなるほど、管径が太くなるほど低い音が鳴り、周波数が小さくなることが分かった。また、管径が太くなるほど管長に対する周波数の変化はゆるやかになった。このことは管楽器の運指や楽器の形を考えてみると同じであることが分かる。

低い音を出すときはトーンホールを下の方まで押さえて吹く。アルトサクソよりテナーサクソ、バリトンサクソのほうが大きい楽器である。つまり、管径が太い楽器ほど低音が鳴り、トーンホールの間隔が広く作られているということである。

ストローは細すぎても太すぎても鳴らなかった。鳴らなかった $\phi 4\text{ mm}$ 、 10 mm の笛を口で吹いてみたところ、鳴らすことができた。 $\phi 4\text{ mm}$ の笛は強く、 $\phi 10\text{ mm}$ の笛は弱く吹くと鳴らすことができた。この実験では風船から空気を送っているのだから、ある一定の強さで吹いていることになる。今回用いた風船で送られる空気の強さでは $\phi 5\text{--}8\text{ mm}$ の笛を鳴らすことができた。これにより、笛の断面積の大きさによって吹奏可能な空気の強さが異なると考えられる。



管長、管径と周波数の関係

1-3 リードや吹き口の形状を変える

サクスを吹くときにいつも気を付けることは、リードの調節である。リードが欠けていたり、薄くなっていたりしないか確認し、マウスピースに取り付ける位置を調節する。これがうまくいかないと思い通りの音が出ないのである。そこで、リードの形や硬さ、吹き口の角度を変化させると吹奏音が変わると考え、調べてみることにした。

1-3-1 リードの大きさを調える

ストロー笛の条件 $\phi 5\text{ mm}$ L:70 mm 吹き口の角度:30度

リードの大きさ A 吹き口より1 mm大きい形 (実験1-2と同様)
B 縦に5 mm長くした形



結果 リードが大きくなると、低音になる。

	リードA(小)	リードB(大)
周波数	267Hz	161Hz

1-3-2 リードの硬さを調える

ストロー笛の条件 $\phi 8\text{ mm}$ L:70 mm 吹き口の角度:30度

リードの作成方法 A セロハンテープ 2重 (実験1-2と同様) B セロハンテープ 3重

結果 リードが硬くなると、高音になる。

	リードA (軟)	リードB (硬)
周波数	156Hz	188Hz

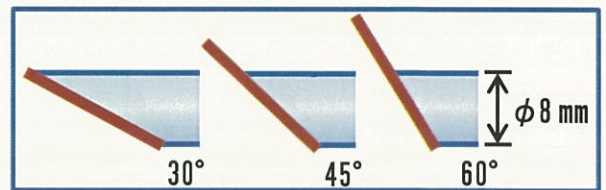
セロハンテープを重ねてリードを作ると、厚みが増すほどリードが硬くなった。

1-3-3 吹き口の角度を変える

ストロー笛の条件

$\phi 8\text{ mm}$ L:70 mm 吹き口の角度:30度, 45度, 60度

リードの大きさ 共通



結果 吹き口の角度が大きくなるほど低音が鳴る。

吹き口の角度	30度	45度	60度
周波数	156Hz	135Hz	130Hz

リードの大きさを調えると吹奏音が変わってしまうので、吹き口の角度30度で使用したリードを45度, 60度でも共通して使用した。

1-3 考察

リードの大きさ、硬さ、吹き口の角度を変化させて吹奏音を測定した。その結果、リード周辺の形状は吹奏音に影響を与える要因の一つであることが分かった。このことから、管楽器の発音にはリードが重要な役割を果たしていると考えられる。

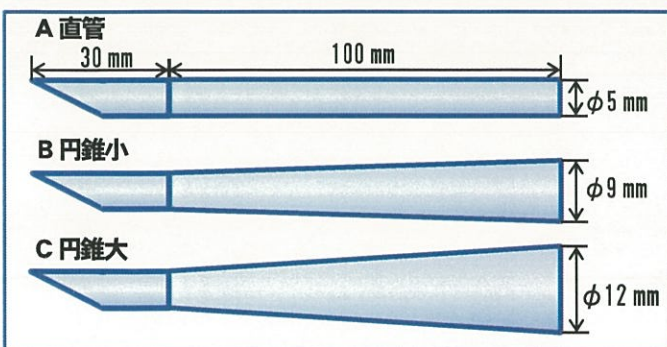
1-4 管の形状を変える

シングルリード楽器の主なものとしてクラリネットとサクスがある。両者は管の形に違いがある。クラリネットはまっすぐな管をしており、サクスは下に行くほど径が太くなるように作られている。*4 そこで、管の形状と吹奏音の関係に興味があり、調べてみることにした。

ストロー笛の条件

実験方法

$\phi 12\text{ mm}$ のストローを縦に切り開き、台形に切る。それを丸めて筒にしてセロハンテープで留める。できた筒に $\phi 5\text{ mm}$ L:30 mmのストロー笛をつなぐ。



結果

	A(直管)	B(円錐小)	C(円錐大)
周波数	184Hz	215Hz	236Hz

考察

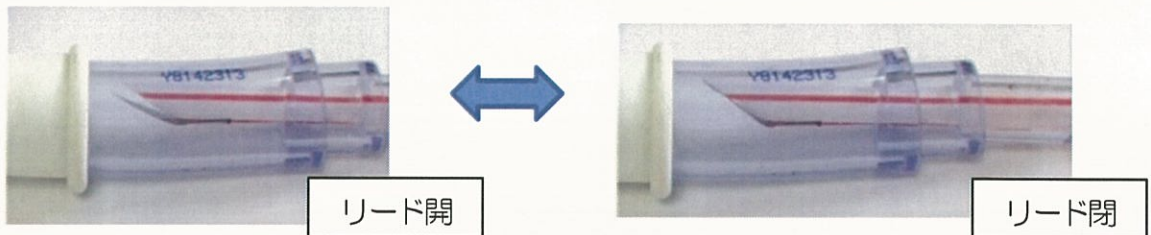
同じ長さの直管と広がり方を変えた2つの円錐管では、管の角度が広い方が高音が鳴ることが分かった。このことから、管の形状も吹奏音に影響を与える要因の一つであると言える。

研究2 管楽器の発音の仕組みの解明

2-1 音の高さを決めるものは何か

2-1-1 リードの動きを観る

音が鳴るといことは空気が振動しているということである。ストロー笛を観察すると、音が鳴っている時リードが動いているのが分かる。ストロー笛が鳴っている様子をビデオ撮影して確認すると、リードが吹き口にピタッと張り付いたり開いたりをくり返しているのが見えた。音を鳴らすための空気の振動は、リードが開閉することにより作り出されていると考えた。リードの動きがどのように周波数に関係するのだろうか。



2-1-2 リードが動く速度を調べる

口でストロー笛を吹いてみると、短い笛のほうが唇に伝わる振動は細かく感じた。リードの開閉速度が音の高さに関係しているのではと考えた。そこで、管長の異なる2本の笛でリードが動く速さを調べてみることにした。

実験方法

風船を用いてストロー笛を鳴らし、タイマーといっしょにビデオ撮影する。ビデオをスローモーションで再生し、その画面を撮影する。そのビデオをさらにスローモーションで再生し、リードが1秒間に何回振動していたか数える。3回測定し、平均を求める。



結果

管長	602mm	1000mm
1秒間の振動数	52回	35回
発生した音の周波数	53Hz	35Hz

考察 リードが1秒間に振動する回数と測定した音の周波数が等しかった。周波数は1秒間に空気が振動する回数を表している。だから、ストロー笛はリードの振動によって音が鳴り、リードが動く速度によって音の高さが変化することが分かった。

2-2 リードが動く速さを決めるものは何か

ストロー笛を口で吹いた時、強く吹くと音が高くなった。吹く息の強さを変えると、ストローの中を通る空気の流れる速度が変わる。このことがリードの動く速さに関係するのではないかと考えた。そこで、次のような仮説をたてた。

仮説① 「リードが動く速さを決めるものは、ストローを通る空気の流速である。それがストロー笛の形状の変化と周波数の関係に影響を与えている」

検証①-1 管を通る空気の流速と鳴る音の周波数の関係を調べる

ストロー笛の条件 $\phi 5\text{mm}$ L:70mm

実験方法

ストロー笛に風船を付けて鳴らし、風船を両側から手で強く押すことで、空気を送り込む圧力を高くする。



結果

圧力を高くしない		圧力を高くする	
周波数	風船がしぼむまでの時間	周波数	風船がしぼむまでの時間
267Hz	15秒	280Hz	13秒

考察 同じ大きさの風船を用いて実験を行ったので、しぼむまでの時間が短いほど空気の流速は速くなる。風船を手で強く押すことで、風船がしぼむまでの時間を短くすることができたので、ストローを通る空気の流速が速くなったと言える。ストローを通る空気の流速が速い方が周波数が大きいことが分かった。空気の流れが速いとリードを押す力が強くなり、リードが素早く動くのではないかと考えられる。

検証④-2 ストローの長さや管を通る空気の流速の関係を調べる

実験方法 風船にリードのない筒だけのストロー(φ5mm)を取り付け、風船がしぼむまでの時間を調べる。

結果

管長 L	880mm	70mm
風船がしぼむまでの時間	11秒	5秒
リードを付けて鳴らしたときの周波数	30Hz	270Hz

考察

ストローが長い方が空気の流速は遅かった。ストローを吹く時、ストロー中の空気を押し出す必要がある。だから、ストローが長いとその分押し出す空気の量も増え、重くなり、流速が遅くなるのではないかと考えられる。流速が速くなる短いストローで作った笛の方が周波数が大きくなった。

検証④-3 ストローの太さや管を通る空気の流速の関係を調べる

実験方法 実験 1-4 で使用した円錐型のストロー笛でリードを取り外し、筒だけにし、風船がしぼむまでの時間を調べる。

結果

管の形状	A(直管)	B(円錐小)	C(円錐大)
風船がしぼむまでの時間	6秒	5秒	4秒
リードを付けて鳴らしたときの周波数	184Hz	215Hz	236Hz

考察

実験 1-2 の管径を変化させたストロー笛は、リードの大きさが異なっている。リードの大きさも周波数に影響を与えるため(1-3-1 より)、空気の流速と周波数の関係を求めることはできない。そのため、リードと吹き口が共通で管径が異なる実験 1-4 のストロー笛で空気の流速を調べた。管の広がり方が大きいほど空気の流速は速くなった。管が広がっていることで、ストロー中の押されていた空気が広がることができ、軽くなり、流速が速くなるのではないかと考えられる。流速が速くなる大きく広がった管で作った笛の方が、周波数が大きくなった。

1, 2, 3 の検証により、「リードが動く速さを決めるのは、ストローを通る空気の流速である」という仮説が正しいことが証明され、流速が速いと周波数が大きくなることが分かった。

2-3 リードに働く力は何か

2-3-1 ストロー笛のまわりに働く力を考える

実験 1-2 において管径が細すぎたり、太すぎたりすると音が鳴らなかった。鳴らなかったストロー笛のリードが、空気が通っている間、どのような動きをしているのかビデオ撮影して観察した。



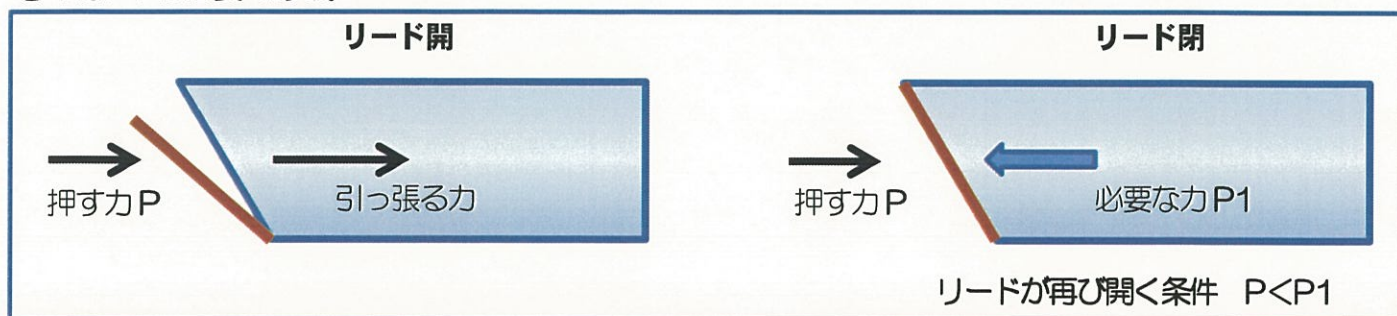
φ4 mm



φ10 mm

すると、管径が細すぎたリードは閉まることなく動かなかった。管径が太すぎたリードは閉まったまま開くことがなかった。

そこで、リードの動きを空気の流れに着目して考えてみた。リードが開いている状態で空気が管に流れると、空気の流れに巻き込まれてリードは閉まる。この時、笛の外側ではリードを押す力、内側ではリードを引っ張る力が働く。リードが閉まると、空気の流れは止まる。笛を吹き続けているので、押す力はなくなりますが、引っ張る力はなくなる。再びリードが開くには、空気がリードを押す力 P よりも大きな逆向きの力 P_1 が必要である。



ふつう楽器のリードは葦などの植物の茎で出来ている。*4 触ってみるとかなり硬い。リードが閉まるときは、空気の流れによってリードが曲がり、開くときにリードはその弾性によってまっすぐに戻る。*6 しかし、ストロー笛のリードはやわらかい。リードを触ると簡単に曲がってしまう。まっすぐに戻ろうとする力は必要な力 P_1 には足りないと思われる。つまり、再びリードが開いた状態になるためには、内側から吹き口に向かって何か別の力が必要であるといえる。

2-3-2 リードを内側から押す力はあるのか

アルトサックスをフォルティッシモで吹くと、喉の奥に振動を感じることもある。これは、『管の一方から内側の空気に振動を与えると管の端で一部の振動が反射し、戻ってくる。』*7 という現象によるものである。この管の端で反射して戻ってくる振動がリードを内側から押す力になっていると考えた。ストロー笛においても、この戻ってくる振動が存在するのか確かめた。

実験方法

風船をつけてストロー笛を鳴らし、写真のように手で振動を確かめる。ストローの振動が直接、風船のゴムに伝わらないように風船の根元を指で押さえる。



結果と考察

音が鳴っている間、風船に着けた手のひらに振動を感じた。これにより、ストロー笛はリードで発生した振動がストローを通り、管の端で反射し、戻ってくると言える。

2-4 管の端で反射して戻ってくる振動と管の長さの関係

風船で鳴らすことができなかつた $\phi 10 \text{ mm}$ $L: 70 \text{ mm}$ のストロー笛は、管長 L を 400 mm にすると鳴らすことができた。これにより、リードが閉まったまま開かなかつた笛は、管長を長くすることで、反射して戻ってくる振動が強くなり、リードを内側から押す十分な力を得てリードを振動させることができるようになったと考えた。そこで、次のような仮説をたてた。

仮説② 「管長が長くなると、管の端で反射して戻ってくる振動が強くなる」

検証②-1 管長が長くなると空気を伝える振動が強くなるのか

実験方法 ベルの近くにくるように風船を持ち、アルトサックスを吹く。

B \flat 3 (234.1 Hz) と F5 (701.6 Hz) で風船の振動を比べる。

結果と考察 楽器を吹くと持っていた風船が震え、手に振動を感じた。F5 を吹いた時よりもトーンホールを下の方まで押さえ、管長を長くした B \flat 3 を吹いた時のほうが強い振動を感じた。これにより、高音より管長が長くなる低音のほうが強い振動であることが分かった。



検証②-2 管長が長くなると反射して戻ってくる振動が強くなるのか

実験方法 アルトサックスをフォルティッシモで吹く。音の高さを変えて喉の奥に感じる反射して戻ってくる振動の強さを確かめる。

結果と考察

F3 (175.4Hz), F4 (350.8Hz), F5 (701.6Hz) で吹いて確かめたところ、一番低音であるF3 が反射した振動を強く感じた。これにより、反射して戻ってくる振動は、管長が長くなるほど強くなることが分かった。

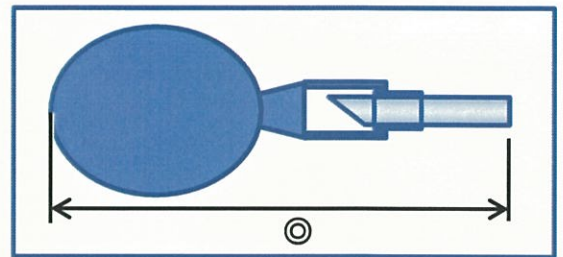
検証 1, 2 より、管長が長くなるストロー笛ほど管の端で反射して戻ってくる振動は強くなると言える。

しかし、管の端で反射して戻ってくる振動が強くなったのは、管長が長くなったためではなく、低音で鳴っていたためだったかもしれないと考えた。そこで、ストロー笛を風船で鳴らした時を思い出した。風船が縮むにつれて発生する音は高くなっていった。

これは次のように考えられる。

風船が縮むと風船の底からストロー笛の端までの長さ①が短くなる。すると、反射し戻ってくる振動が弱くなり、リードが開く方向に働く力が弱くなる。よって、リードが閉まる速度が速くなることで、発生する音が高くなる。

これにより、管の長さが管の端で反射して戻ってくる振動の強さに関係していると言える。



研究 2 のまとめ

管楽器の発音の仕組みを探るために、鳴っている笛や鳴らなかった笛を観察した。その結果、リードの開閉する速度が音の高さを決めることが分かった。リードは、管を通る空気の流れや、管の端で反射して戻ってくる振動から影響を受け、開閉する速度が変化することが分かった。

研究 3 管楽器の形状が吹奏音に与える影響の考察

3-1 リードや吹き口の形状とリードの動きの関係

実験方法 実験 1-3 と同様の条件でストロー笛を鳴らし、ビデオ撮影してリードの動きを確認する。

研究 2 で分かった発音の仕組みを用いて、なぜ吹奏音が異なるのかを考える。

3-1-1 リードの大きさを変えたとき

実験したストロー笛の条件

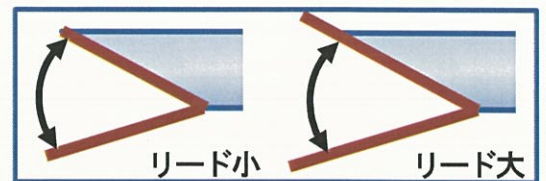
φ5 mm L:70 mm

実験 1-3 の結果

リード小-高音, リード大-低音

結果

リードが動く範囲は変わらず、リードが動く速度だけ違っていた。



考察 空気の流速は同じなので、リードに加えられる力は変わらない。リードを振り子とみなすと、振り子の長さが長くなる大きいリードのほうが、ゆっくり動くことになる。リードの動く速度が遅いので、振動数が少なくなり、吹奏音が低くなる。

3-1-2 リードの硬さを変えたとき

実験したストロー笛の条件

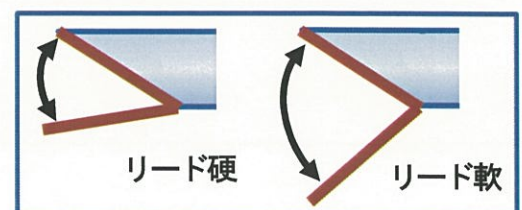
φ8 mm L:70 mm

実験 1-3 の結果

リード硬-高音, リード軟-低音

結果

リードが動く速度は変わらないが、リードが動く範囲はリードが軟らかい方が広がった。



考察

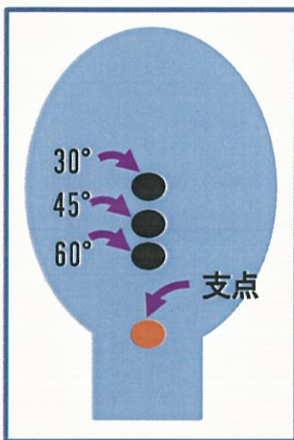
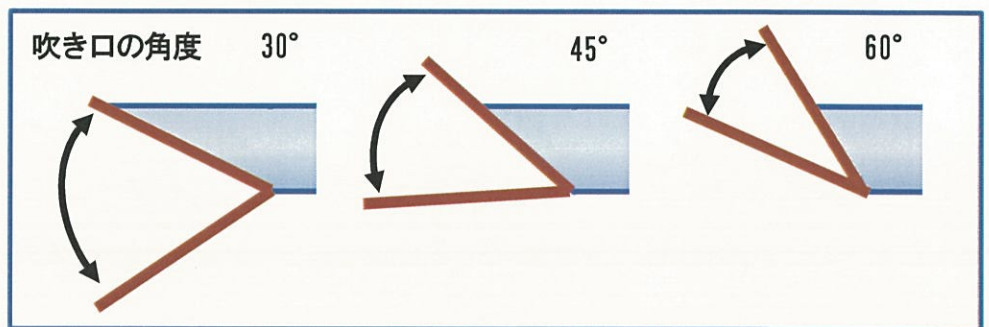
管長が同じなので戻ってくる振動の強さは同じである。だから、柔らかいリードの方がより広い範囲を動くと考えられる。リードは動く速度が変わらないので、動く距離が長い方が振動数が少なく、吹奏音が低くなる。

硬いリードではφ5 mmのストロー笛を鳴らすことはできなかった。これは、管径が細い方が管を通る空気の流速が遅くなり、リードを閉じる力が足りなかったためと考えられる。つまり、リードを硬くするとリードを閉じさせるためのより強い力が必要であるということである。よって管楽器において、硬いリードを使用する場合は、力強く吹く必要があるということになる。

3-1-3 吹き口の角度を変えたとき

実験したストロー笛の条件
φ8 mm L:70 mm
リードの大きさ 共通
実験 1-3 の結果
30度-高音, 45度-低音

結果 リードは吹き口の角度が直角に近づくほど動く範囲は狭くなっていったが、動く速度の違いはわからなかった。



考察

リードが開閉するときを受ける力の中心であるストローの中心位置を図に書き込んだ。リードがストローに接着している部分を支点と考えると、吹き口の角度が鋭角になるほど、リードが力を受ける中心点は遠くなった。てこの原理を考えると、支点から遠い方が力は効率よく伝わる。よって吹き口の角度 30 度の笛が一番、リードに働く力が大きくなる。これにより、振動数が増し、吹奏音が高くなる。

3-2 楽器を用いて笛の形状と吹奏音の関係を確かめる

3-2-1 楽器のリードはストロー笛のリードと同じように動くのか

楽器のリードはストロー笛のものとは比べるととても硬い。息の力でリードをしならせてマウスピースにピタッと張り付き、空気の流れを止めることができるのだろうか。研究 2 で考えたリードの動きが、楽器においても同じと考えてもよいか調べてみた。

実験方法

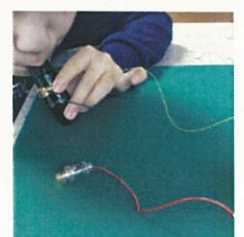
マウスピースとリードの先端にそれぞれアルミ箔を貼り、電池と豆電球をつなぐ。マウスピースをくわえて音を鳴らし、豆電球がつくか確認する。

結果

音が鳴っている間、豆電球が点灯した。

考察

音が鳴っているとき、豆電球が点灯したので、回路に電気が流れたということである。つまり、リードとマウスピースは息の力でピタッとくっつくということであり、ストロー笛のリードと同様の動きをすることが分かった。



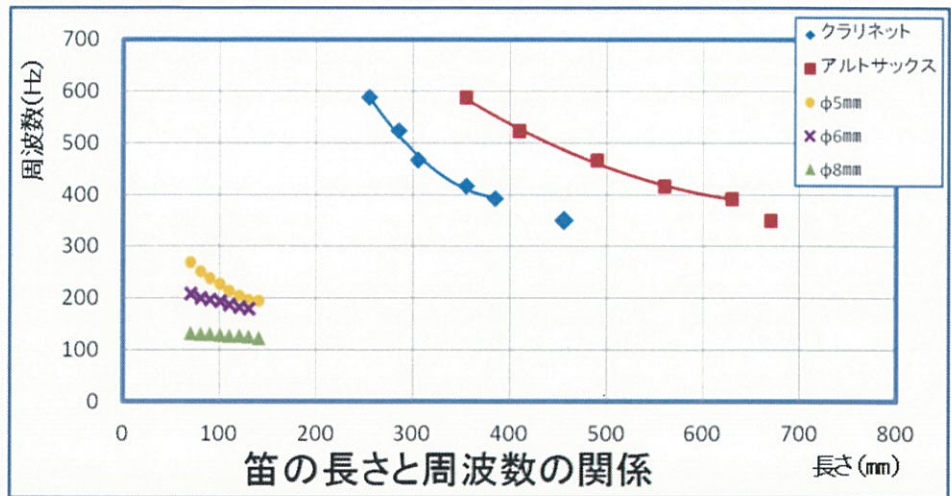
3-2-1 楽器の長さや吹奏音の関係を求める

実験方法

クラリネットとアルトサックスを用いて、上から順番にトーンホールを塞いで音を鳴らす。その時のリードから穴までの長さをメジャーで測る。



結果



考察

管長と吹奏音は実際の楽器においても、ストロー笛と同様な関係を示していた。クラリネットやアルトサックスはストロー笛よりも管径が太いのに吹奏音が高いのは、リードが硬いこと、吹き口の角度が鋭角であることなどが理由として考えられる。

研究のまとめ

ストロー笛の形状を変化させて、吹奏音を測定した。その結果、笛の長さや変化することで吹奏音が変わるのは分かっていたが、その他にも笛の太さ、リードの形や管の形など様々な条件で吹奏音や変化することが分かった。

ストロー笛の形状が変化すると、なぜ吹奏音や変化するのかを解明するために、鳴っている笛を観察した。その結果、リードの開閉速度が吹奏音の周波数にや関係していることが分かった。リードが動く速度はストローを通る空気や流速に依存することが分かった。また、リードは管の端で反射して戻ってくる振動にも影響を受けて、速度や変化することも分かった。

感想

ストロー笛の中には鳴らないものもあり、多くの種類を試さなければいけなかったので大変だった。でも、発音の仕組みが分かりアルトサックスやクラリネットなどの楽器を様々な視点で見ることができるようになった。また、うるさいほど鳴りすぎるストロー笛もあった。このように、よく共鳴する形しない形があるようだった。つぎは、この共鳴する形について研究したいと思う。

参考資料

- ※1 Wikipedia 音名
- ※2 中学理科の物理 福地孝宏/著 誠文堂新光社
- ※3 波動と波 福田義一/著 評論社
- ※4 オーケストラ・吹奏楽が楽しくわかる楽器の図鑑2 佐伯茂樹/著 小峰書店
- ※5 音のすがたをみつけよう 杉本優子/著 ポプラ社
- ※6 風の音—管楽器のしくみ 繁下和雄/著 岩崎書店
- ※7 音のなんでも小辞典 日本音響学会/編 講談社

オシロスコープソフト iAnalyzer