



第18回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ1027

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : 揺れる音「ビブラート音」の研究ー吹奏楽器のビブラートは何が揺れているのか?ー

学校名 : 東京都 国立筑波大学附属中学校

学年 : 2年生

代表者名 : 丸山 紗凜

※ 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。

揺れる音「ビブラート」の研究

—吹奏楽器のビブラート音は何が揺れているのか?—



筑波大学附属中学校2年
丸山紗楽

研究の動機

私はフルートを習っていて、きれいにビブラートをかける練習をしている。ビブラートとは、音を細かく上下に揺らす演奏技法で、フルートなどの吹奏楽器の場合は、音量を揺らして、つまり吹き込む息の量を増減させて強弱をつけることで出す。まだうまくできないが、先生のようにきれいなビブラートがかけられるようになりたいと思って練習している。

ところが、中学校の吹奏楽部では、「ビブラートをかけて演奏してはいけない」と言われている。その理由は、ビブラート音で合奏すると、音が揺れて不協和音になってしまうからだそうだ。

私はこれを疑問に思っていた。というのも、吹奏楽器のビブラート音は音量が揺れるだけだとすれば、音程は一定なので、合奏をしても不協和音にならないはずだからだ。

吹奏楽器のビブラート音は、本当に音量の増減によって出ているのだろうか？そのとき音程は変わらないのだろうか？ビブラートをかけて合奏すると、本当に不協和音になってしまうのだろうか？私は、これらの疑問を解くために、吹奏楽器のビブラート音が実際にどのような音なのか、またどのように音が揺れているのかを詳しく調べたいと考えた。

研究の目的

さまざまな楽器のビブラート音を耳だけで正確に聴き分けることはできないので、音声解析アプリを使って鳴り方や変化を分析する。

- 吹奏楽器のビブラート音は、どのような音か？
- 吹奏楽器のビブラート音は、何がどのように揺れているのか？
- ビブラート音は、楽器によって鳴り方が異なるのか？
- 吹奏楽器のビブラート音は、合奏すると不協和音になるのか？

実験に使うもの

- マイク[図 1]: RODE Microphones VMGOII

なるべく雑音を入れずに楽器音を録音するために、単一指向性のコンデンサーマイクを使用する。

- 楽器の音源:

フルートやピアノなど所有している楽器はその音を録音する。その他の楽器音は、「RWC 研究用音楽データベース: 楽器音データベース」の音源を使用する。

- チューナー[図 2]: KORG TM-40

楽器音の音程を確認する。



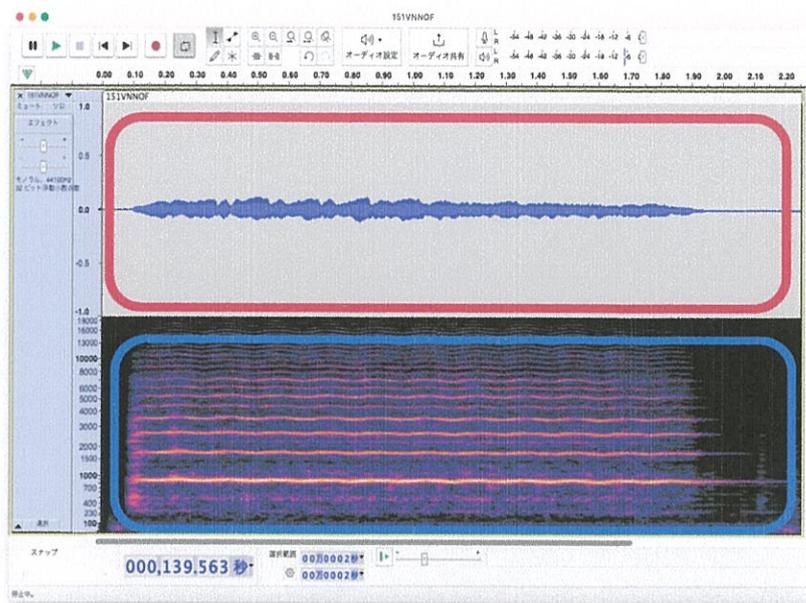
[図 1] コンデンサーマイク



[図 2] チューナー

● 音声解析をアプリ: Audacity [図 3]

音源を取り込んで分析することができるアプリ。音量の変化は波形ビュー①、音程の変化はスペクトラムビュー②で確認することができる



① 音量の変化を見る

② 音に含まれる周波数の強さとその変化を見る

図 3 音声解析アプリ: Audacity

実験方法

- ① コンデンサーマイクで楽器音を録音する。
- 録音した楽器音のファイルを音声解析アプリ「Audacity」に読み込む。楽器音を録音できないものは、RWCデータベースの音源を使用する。
- ② それぞれの楽器音の波形とスペクトログラムを観察し、分析する。



実験 1 ビブラート音はストレート音とどう違うのか？

目的

フルートのビブラート音はどのような特徴を持つのか調べる。

方法

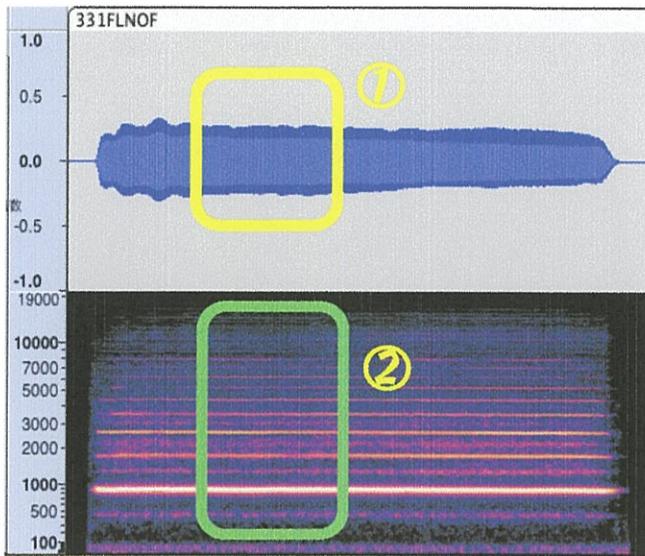
フルートでストレート音とビブラート音を吹いて録音し、アプリで解析して比較する。

予想

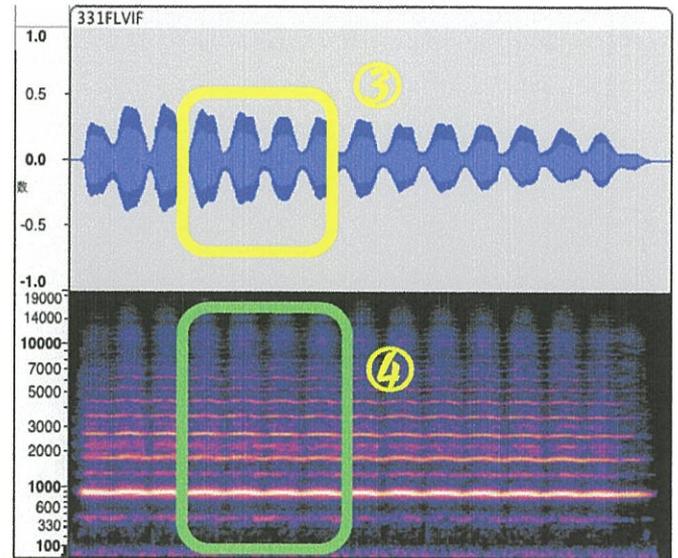
ビブラート音は息を吹き込む量の増減を繰り返すので、音量が上下するが、ストレート音は音量が一定。両者とも音程は一定。

結果

音	音量(振幅)	音量の変化	音程(基音の周波数)	音程(基音)の変化
ラ(ストレート)	0.2dB-0.3dB	最大 0.1dB	890Hz	なし
ラ(ビブラート)	0.03dB-0.3dB	最大 0.27dB	890-895Hz	ほぼ一定



ラ(第2オクターブ)ストレート音



ラ(第2オクターブ)ビブラート音

- フルートのスペクトログラムには、横筋がたくさんある(②④)。その中で一番色が明るい横筋が基音(第2オクターブのラ)で、それより上の周波数の横筋が倍音である。倍音は7つ見える。倍音の間には紫色のモヤモヤがあり、倍音と倍音の間の周波数の音も弱く鳴っていることがわかる。
- ストレート音の音量は、吹き始め以外にほとんど変化はなく(①)、音程も変化しない(②)。
- ビブラート音は、音量の上下が激しく、最低音量の10倍以上に変化している(③)。
- ビブラート音の基音の音程はほとんど変わっていないが、わずかに波打っているようにも見える。基音よりも音程の高い倍音の方が揺れているように見える。

考察

フルートのストレート音とビブラート音を比較すると、ビブラート音は音量が大きく揺れ、音程はほとんど変化しないことが確認できた。やはり、フルートのビブラートは、音量の強弱によってかけていることが分かった。

また、基音や倍音の間にモヤモヤがあり、とても興味を持った。ビブラート音では基音は一定だが、倍音とモヤモヤが不安定に見える。

フルートの同じ音程でのストレート音とビブラート音の違いはわかったが、音程によってビブラート音が異なるかもしれない。次は、音程の違うビブラート音を分析する。

実験2 ビブラート音は音程によって変わるか？

目的

フルートのビブラート音は、音程によって違いがあるかどうかを調べる。

方法

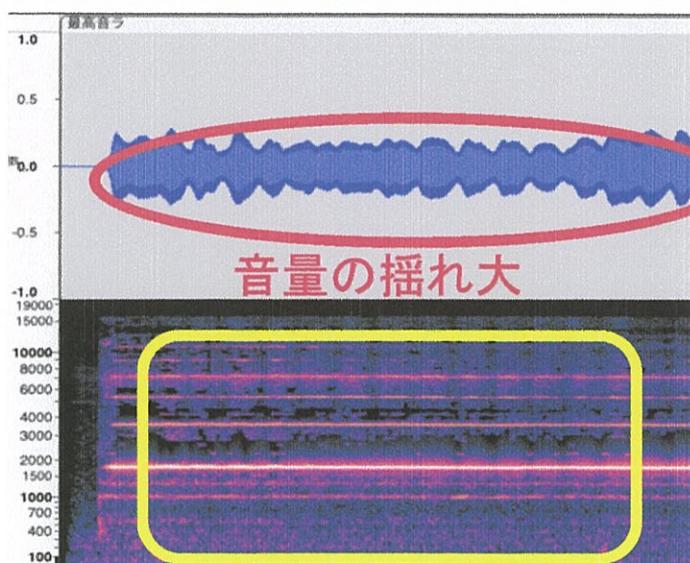
フルートでビブラートをかけて吹いた異なる音程のラ音をアプリで解析し、違いがあるかどうかを確認する。

予想

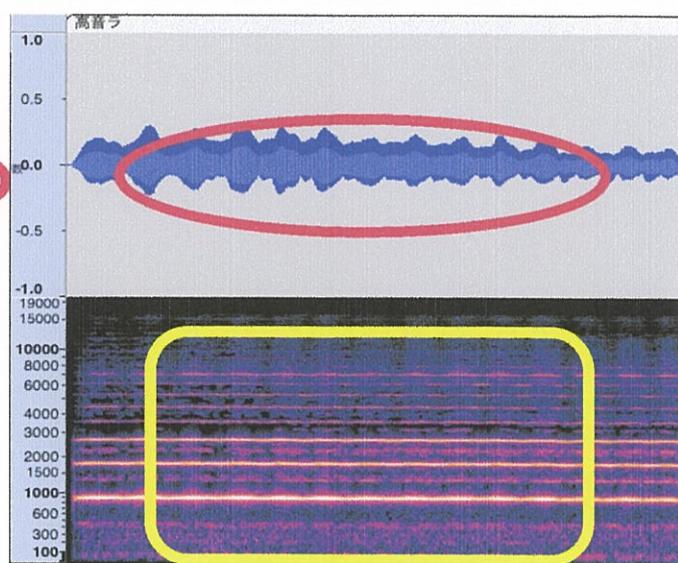
耳で聞く限り、音程の異なるビブラート音に違いは感じられないので、音程による違いはないと思う。

結果

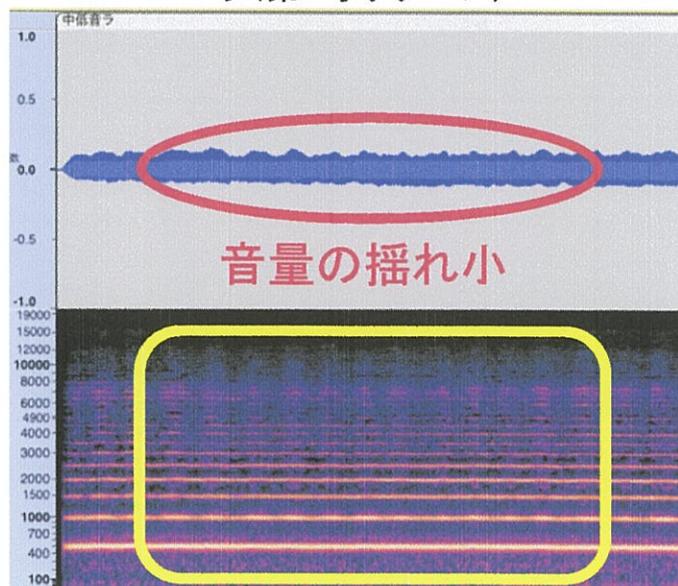
音	音量(振幅)	音量の変化	音程(基音の周波数)	音程(基音)の変化
ラ(第3オクターブ)	0.05dB-0.3dB	最大 0.25dB	1795-1800Hz	ほぼ一定
ラ(第2オクターブ)	0.15dB-0.3dB	最大 0.15dB	890-895Hz	ほぼ一定
ラ(第1オクターブ)	0.15dB-0.3dB	最大 0.1dB	440-445Hz	ほぼ一定



ラ(第3オクターブ)



ラ(第2オクターブ)



ラ(第1オクターブ)

- どの音程のビブラートも、音量が揺れて、音程はほとんど変化しない。
- 音程が高いほど、音量の揺れ(強弱差)が大きくなっている。
- 倍音とその間のモヤモヤも、音量の変化に合わせて揺れているように見える。
- 倍音とモヤモヤは、基音から離れたものの方が揺れているように見える。

考察

フルートのビブラート音は、音量が増減して音程は変化しないという特徴は、どの音程でも見られた。同じように、どの音程でも、倍音とその間のモヤモヤは少し揺れているように見える。特に基音よりも離れた周波数の方が、その揺れが目立つようだ。

これらの特徴は、フルート以外の吹奏楽器のビブラート音にも見られるだろうか？次は、ほかの吹奏楽器のビブラート音を調べてみよう。

実験3 吹奏楽器のビブラート音はどのように揺れているのか？

目的

フルート以外の吹奏楽器のビブラート音は、それぞれどのように揺れているのかを確認する。

方法

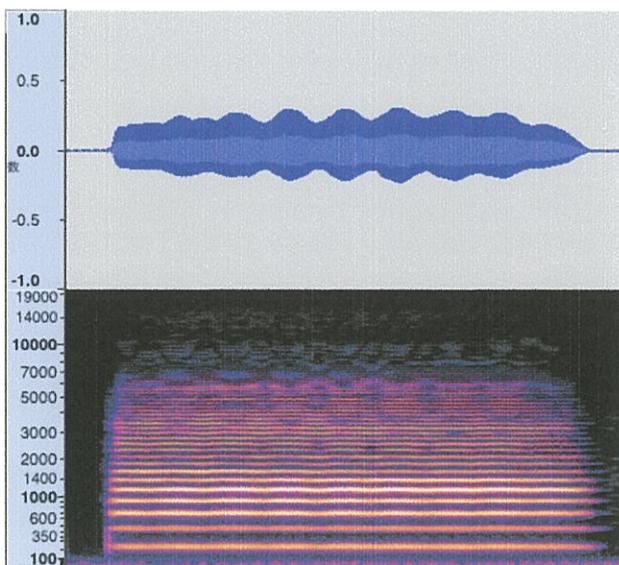
リードの形式が異なる3種類の吹奏楽器(シングルリード=クラリネット、ダブルリード=オーボエ、リップリード=トランペット)のビブラート音を音声解析して比較する。

予想

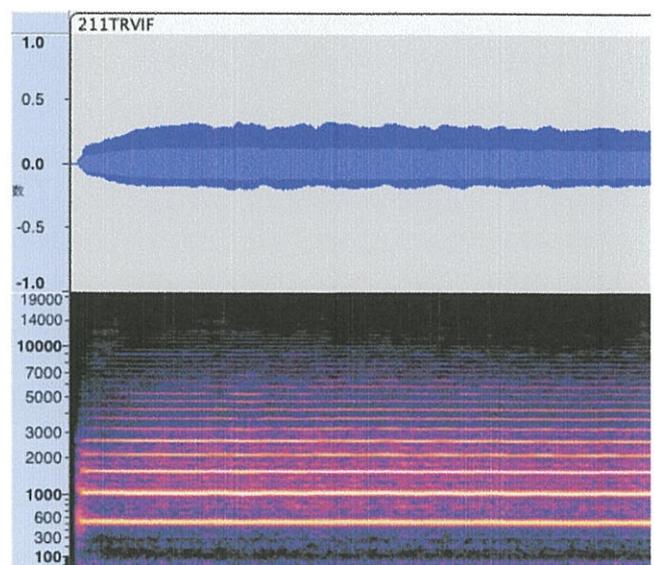
吹奏楽器はみな音量差(吹き込む息の量の違い)でビブラートをかけるので、同じだと思う。

結果

音	音量(振幅)	音量の変化	音程(基音の周波数)	音程(基音)の変化
クラリネット	0.2~0.4dB	最大 0.2dB	883~889Hz	ほぼ一定
トランペット	0.25dB~0.3dB	最大 0.05dB	889~899Hz	ほぼ一定
オーボエ	0.08dB~0.2dB	最大 0.12dB	883~890Hz	ほぼ一定

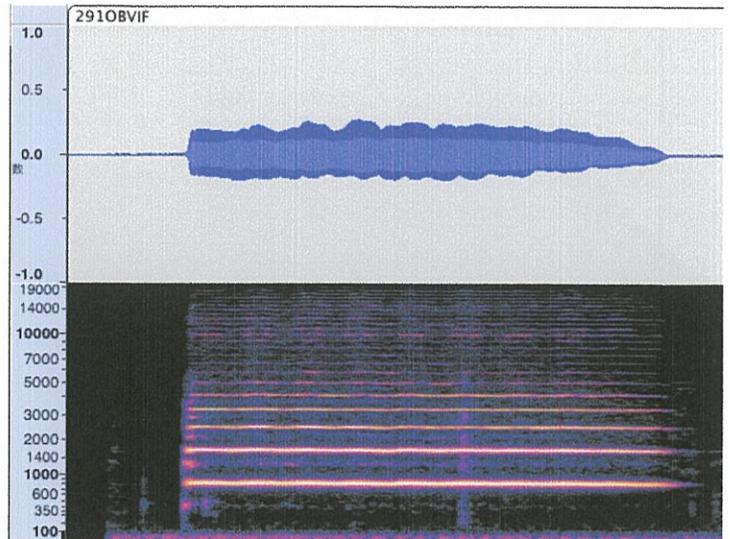


クラリネットのビブラート音



トランペットのビブラート音

- クラリネット: 音量が揺れている。基音の音程は揺れていない。倍音の周波が少し揺れているように見える。
- トランペット: 音量が細かく揺れている。基音の音程は揺れていない。倍音の周波がごく僅かに揺れている。
- オーボエ: 音量が揺れている。基音の音程は揺れていない。倍音の周波がごく僅かに揺れている。



オーボエのビブラート音

考察

クラリネット、トランペット、オーボエのビブラート音は、いずれも「音量が揺れている」「基音の音程は揺れていない」という特徴を示していた。これらは、フルートとのビブラート音とも共通している。リードの形式が異なる吹奏楽器を選んだが、吹奏楽器のビブラートは、基本的に同じ特徴を持つと考えてよさそうだ。ただし、音量の変化は、フルートは激しく、トランペットは少ないなど、楽器による特徴もみられた。この点は、もう少し掘り下げてみたいと思った。

また、フルートも含めた4つの吹奏楽器ともに基音以外の倍音とモヤモヤがあった。倍音はあまり安定せず、周波数が高くなるほど揺れているように見えた。合奏した時に、これらが影響を与えるのかどうか気になる。

吹奏楽器のビブラート音は同じような特徴を持つことがわかったが、これは吹奏楽器特有のものだろうか？次は吹奏楽器以外のビブラート音を比較しよう。

実験4 管楽器以外のビブラート音はどのように揺れているか？

目的

吹管楽器のビブラート音とそれ以外の楽器のビブラート音は異なるのかを確認する。

方法

ピアノとヴァイオリンのビブラート音の波形をアプリで解析して、吹奏楽器と比較する。。

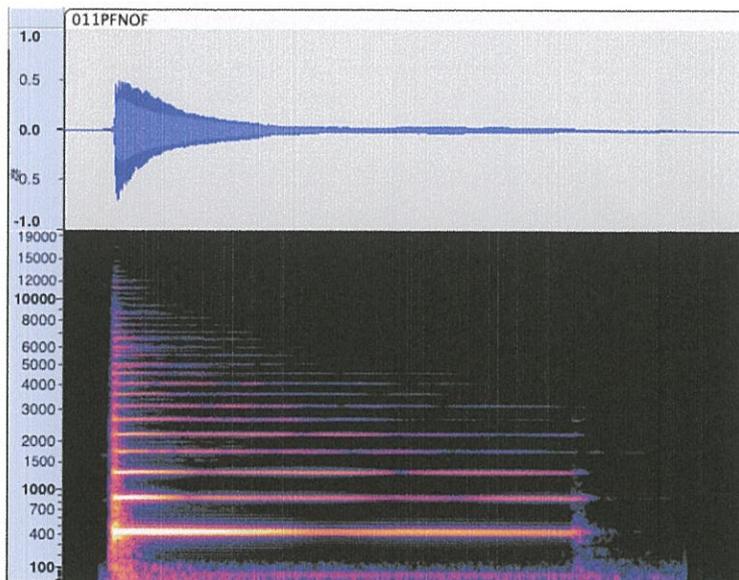
予想

ピアノ・ヴァイオリンは、吹奏楽器と仕組みが全く違う。ピアノは、一度音を出したらその音を操作することはできないのでビブラートをかけられない。ヴァイオリンは、弦の押さえる指を揺らしてビブラートをかけるので、音程が揺れて音量は揺れない。

結果

音	音量(振幅)	音量の変化	音程(基音)	音程(基音)の変化
ピアノ	0.5→0.05	音の鳴り始めは大きく、その後、音量が減っていく。	443Hz	なし
ヴァイオリン	0.02dB~0.2dB	最大 0.18dB	850~900Hz	50Hz

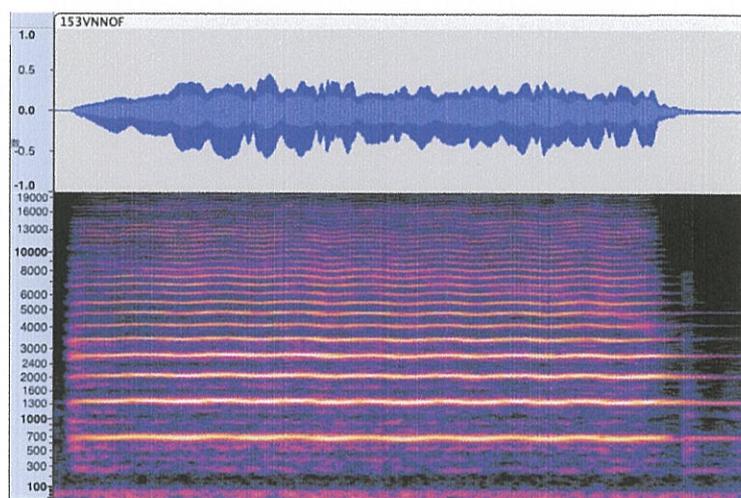
- ピアノの鍵盤を叩いた後は、音程も音量も揺らすことができないので、ビブラートをかけることができない。
- ピアノの音は、鳴り始めの音量が最大で、その後すぐに減っていく。音量の増減の繰り返しは無い。音程は一定で変化しない。
- ヴァイオリンのビブラート音は、音量が激しく細かく増減していた。
- また、ヴァイオリンのビブラート音は、音程もはっきりと揺れた。基音も倍音も波打つように揺れているが、倍音の揺れの方が大きいように見える。



ピアノの音

考察

ピアノはビブラートをかけて弾くことができない。これは、ピアノが音を出す仕組みが、鍵盤を押すとハンマーが弦をたたいて音を出すので、その後、弦に触ったりできないからだ。ドラムなどの打楽器も同じで、一度叩いて音を出したら、その後音量はどんどん下がり、音程を変えられない。今回の実験には入れなかったが、ピアノのペダルを踏むと音がのびるが、同時に音がウワンウワン響いているように聴こえるので、他の楽器のビブラートと比べたらおもしろいかもしれない。



ヴァイオリンのビブラート音

ヴァイオリンは弦を押さえている指を揺らしてビブラートをかける。音程を決める弦の押さえを揺らすので、音程が揺れるのは予想通りだったが、音量も大きく揺れていることが意外だった。ヴァイオリンの弦を押さえる指と共に弦の動きにも注目すべきだと思った。

楽器は音を出す仕組みによってビブラート音が異なることがわかった。では、同じような仕組みの楽器のビブラート音を重ねるとどうなるだろうか？複数の吹奏楽器のビブラート音を合奏させて確認したい。

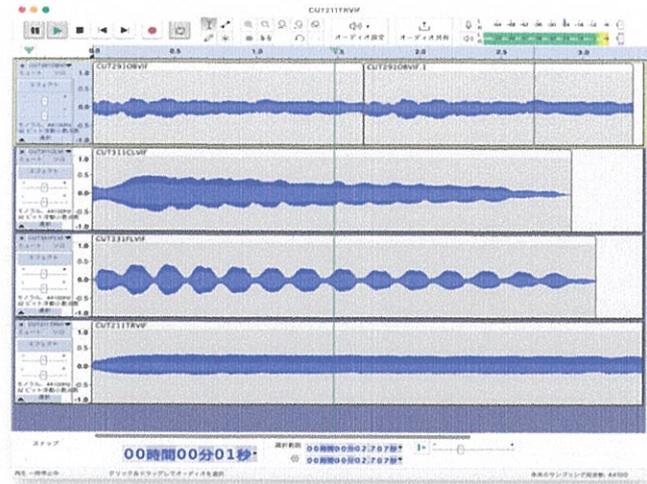
実験5 吹奏楽器を合奏は不協和音になるのか？

目的

吹奏楽器のビブラート音の合奏が、本当に不協和音になるのかを確認する。

方法

吹奏楽器(クラリネット・トランペット・オーガエ・フルート)の合奏音を分析する。そのために、それぞれの楽器の音源を Audacity に読み込んで同時に音が出るよう設定し、合奏音として鳴らす。



クラリネット・トランペット・オーボエ・フルートのビブラート音を同時に鳴らす

予想

吹奏楽器のビブラート音の合奏は不協和音になると言われているが、個々の楽器のビブラート音は、音量は揺れるが音程は一定なので、協和音になるはずだ。

結果

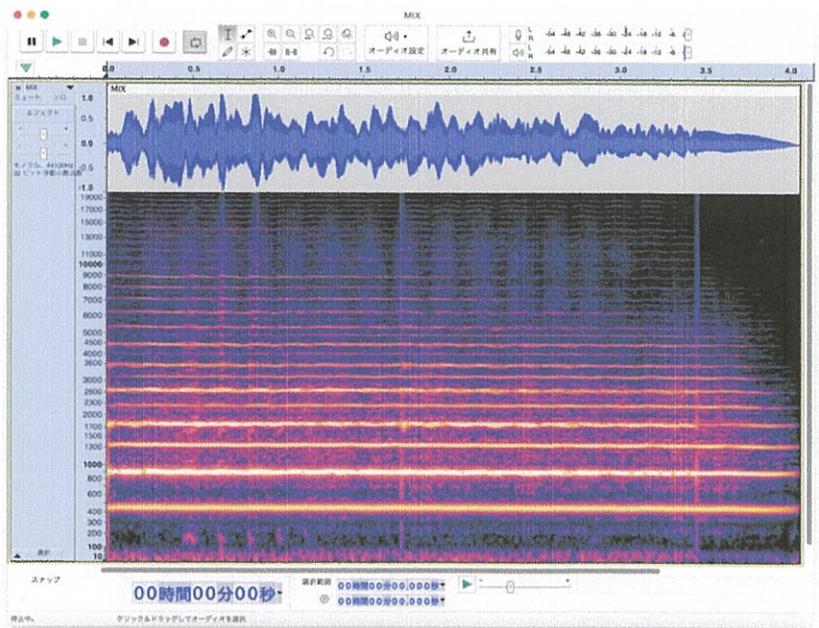
- 音量の揺れは、激しく細かい。
- 基音の周波数は安定しているが、倍音は、少し乱れて揺れている。
- 合奏した音は、澄んだ調和した音には聴こえない。

考察

音量の揺れが細かいのは、4つの楽器の揺れが合わさっているからだろう。

倍音がギザギザしているのは、楽器単体でも倍音が揺れていたからだろうか？音が不協和音のように聞こえるのは、倍音の揺れに関係があるのではないかな？

予想としては、澄んだ音になるかと思っていたが、実際に耳で聴くと少し濁っているように感じた。その濁りが、スペクトログラムのどこに関わっているのか知りたいので、音についての勉強をもっとしたいと思った。



吹奏楽器4つのビブラート音の合奏

実験のまとめと考察

実験のまとめと考察

ビブラートとは音を細かく上下に揺らす演奏技法だが、吹奏楽器のビブラート音がどんな音で、何が揺れているのかを音声解析アプリを利用して分析した。また、吹奏楽器をビブラート音で合奏すると、実際に不協和音になるのかどうかの実験を、アプリでビブラート音を合奏させることで試みた。それらを通してわかったことや考察したことは以下である。

- ビブラート音は、楽器によって異なる。たとえばヴァイオリンは音程も音量も揺れるが、音程や音量が揺れるかどうか、またその揺れ方は、楽器ごとに特徴がある。また、ピアノなど、ビブラート音を出すことができない楽器もある。
- 吹奏楽器のビブラート音は、音量が揺れて変動するが、基音の音程は安定して殆ど変動しない。
- しかし吹奏楽器のビブラート音も、音量の変化の仕方が異なるなど、楽器ごとに特徴がある。
- また、吹奏楽器のビブラート音は、基音の周期数は安定しているが、倍音とその間でモヤモヤと現れている部分の周期数は不安定で少し揺れている。その揺れは周波数が高くなるほど大きいように見える。
- 吹奏楽器はビブラート音の音程は一定なので、ビブラート音で合奏しても協和音が出ると思っていたが、澄んだ協和音には聞こえなかった。音が濁ったのは、それぞれの楽器の基音は安定しているが、倍音の部分で音程が揺れていたことと関わりがあるかもしれない。

感想と今後の課題

音声解析アプリを通して、自分が普段吹いているフルートの音のビブラート音がどういう音なのか、その一部を知ることができた。

吹奏楽器のビブラート音については、音量が揺れて音程が安定している点は予想と合致していた。しかし、吹奏楽器のビブラート音の合奏が予想に反して不協和音のように聴こえたことは驚いた。「音が揺れて不協和音になってしまうからビブラート音を出してはいけない」と言われているのは、実際の音を聴くと間違いとはいえないと思った。不協和音になってしまったのは、個々の楽器のビブラート音の倍音が揺れているように見えたことに関係がありそうだったので、この点を詳しく調べたいと思った。

また吹奏楽では「不協和音になってしまうからビブラート音を出してはいけない」と言われるが、オーケストラの演奏はビブラートをかけて演奏する。演奏形態によるビブラート音の使い方や協和音・不協和音に対する考え方が異なる点にも興味が湧いた。

そのほか、ヴァイオリンのビブラート音は耳で聴いた場合、音程は揺れるが音量が揺れているように感じないが、実際には音程と音量もはっきり揺れていた点も気になった。耳で聴こえる音と実際に鳴っている音の違いや、その違いの仕組みを知りたいと思った。

参考文献

大蔵康義『目で見る楽器の音 by FFT Analysis』国書刊行会、2004年

「RWC 研究用音楽データベース:楽器音データベース」技術研究組合 新情報処理開発機構