

周波数スペクトルを用いたトランペットのマウスピースによる音色の違いの比較

目的・問題意識

トランペットの音色を決定するものの一つにマウスピースがある。内径が小さくカップの浅いものほど高音域を強調した煌びやかな音、内径が大きくカップが深いものほど低音が豊かな暖かい音になると言われている。本実験では大きさの異なる4つのマウスピースを用意し、それぞれの音色の違いをスペクトルという形で分析する。それにより「煌びやか」や「暖かい」などの言葉が指すものを定量的に表現し、求める音楽にマッチした音色のマウスピースを選ぶ際に、スペクトル分析を選択肢として活用することを可能にするためこのテーマを選んだ。

探求方法

一本のトランペットに各々のマウスピースを装着し、B♭3、F3、B♭4、F4、B♭5の音を鳴らす。その音をスペクトル解析し、記録、比較する。

結果はどのような形で表現するか

それぞれの周波数スペクトルを比較することで、各音域で各マウスピースを特徴付ける周波数帯を特定する。

必要なもの・借りたいもの

トランペット Yamaha YTR8335RGS(私物)
PLAYTECH (プレイテック) / TPM1HC トランペットマウスピース 1-1/2C
PLAYTECH (プレイテック) / TPM3C トランペットマウスピース 3C
PLAYTECH (プレイテック) / TPM5C トランペットマウスピース 5C
PLAYTECH (プレイテック) / TPM7C トランペットマウスピース 7C
PC(私物)

スケジュール

日付	内容
～12月10日	サウンドハウスで必要物資を購入する
～12月15日	実験の実施及びデータ収集
～12月20日	スペクトルを比較、各マウスピースを特徴付ける周波数帯を特定する

予想できる問題・質問・アドバイスがほしいこと

名前:名古誠

周波数スペクトルを用いたトランペットのマウスピースによる音色の違いの比較

目的・問題意識・原理

トランペットの音色を決定するものの一つにマウスピースがある。トランペットのマウスピースは以下のような形状をしており(図1)、その断面図と各部の名称を以下に示す(島村楽器のホームページより引用)(図2)。



図1、トランペットのマウスピース

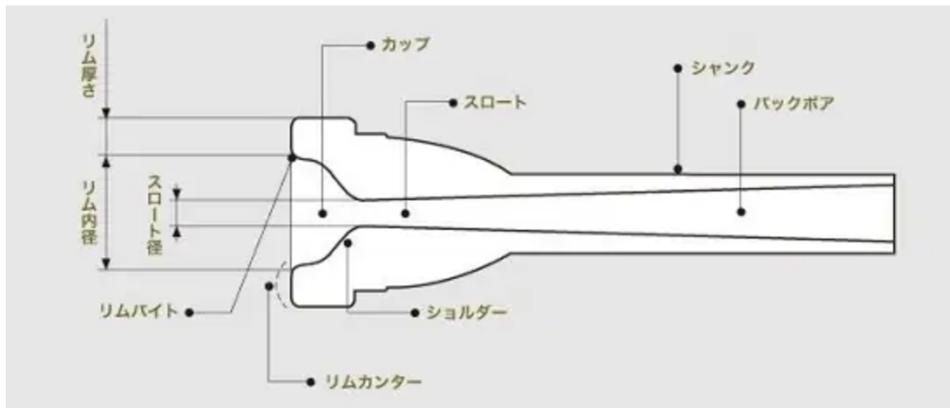


図2、トランペットのマウスピースの断面図と各部名称

マウスピースの各部が音に与える影響は以下のように述べられる(株式会社ヤマハミュージッククリテイティングによる)。リップ内径が小さいものは高音域の演奏が容易だが音量は小さくなる。大きいものは低音域が安定し、音量が大きくなる。浅いカップは明るい音色で高音域の演奏が容易になるが音量は小さくなる。深いカップは暗めの音色で低音域が出しやすく、音量が大きくなる。細く長いスロートは抵抗が強く、スピード感のある明るい音色になる。太く短いスロートは暗めの音色で大音量が得られるが、抵抗が少なく疲れやすくなる傾向がある。

本実験ではリップ内径の異なる4つのマウスピースを用意し、それぞれの音色の違いを複数の音の高さでスペクトルという形で分析する。それにより「明るい」や「暗い」などの言葉が指すものを定量的に表現し、求める音楽にマッチした音色のマウスピースを選ぶ際に、スペクトル分析を選択肢として活用することを本実験の目的とした。

方法

1、使用機材

- ・トランペット Yamaha YTR8335RGS 製造番号458474(図3)
 - ・PLAYTECH / TPM1HC トランペットマウスピース 1-1/2C リム内径17.00mm
 - ・PLAYTECH / TPM3C トランペットマウスピース 3C リム内径16.30mm
 - ・PLAYTECH / TPM5C トランペットマウスピース 5C リム内径16.25mm
 - ・PLAYTECH / TPM7C トランペットマウスピース 7C リム内径16.20mm
- スロート径はいずれも3.66mm
(図4)
- ・パソコン MacBook Air (Retina, 13-inch, 2019)
 - ・音シミュレーション <https://kaduo.jp/sound-simulation/>



図3、トランペット Yamaha YTR8335RGS 製造番号458474



図4、マウスピース 左から1-1/2C、3C、5C、7C

2、測定条件

測定場所: 名古誠自宅書斎

日時: 2020年12月23日 15時43分～

室温: 23.6℃

湿度: 42%

3、手順

1. トランペット Yamaha YTR8335RGSにマウスピース(1-1/2C)を装着しB♭3の音を鳴らした。

2. その音を周波数スペクトルで測定し、その画像を記録した。

3. マウスピースを3C、5C、7Cに変更し、その各々についてB♭3の音を鳴らして周波数スペクトルで測定し、その画像を記録した。

4. 1～3と同様の手順でF3の音を4つのマウスピースを用いて鳴らして周波数スペクトルで測定し、その画像を記録した。

5. B♭4、F4、B♭5の音についても同様に測定し、画像を記録した。

6. 各々のマウスピースで各々の音を出した時の聴感を妹に聞き、メモした。

7. 以上5つの音を4種類のマウスピースで発音した20通りの結果画像を比較した。同じ音の高さを出した時に各マウスピースの間でどのような違いが周波数スペクトルに生じるかを比較した。

8. 6でメモした聴感と7で比較した周波数スペクトルから、トランペットの音色を特徴付ける周波数帯を特定し、考察した。

結果

以下に計20回の周波数帯スペクトルの結果を示す。

1、B♭3

音のスペクトル

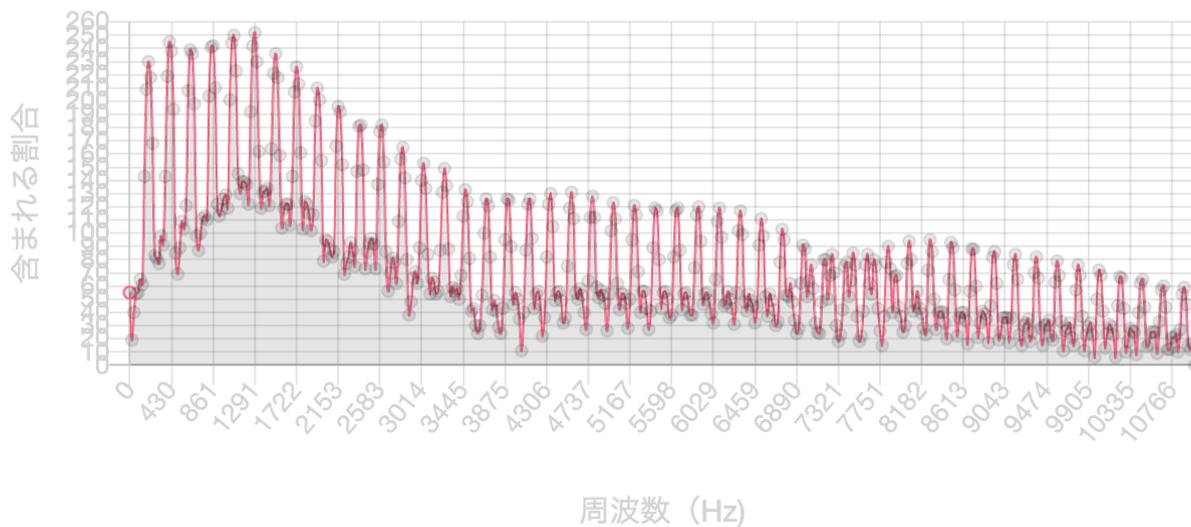


図5、1-1/2C

音のスペクトル

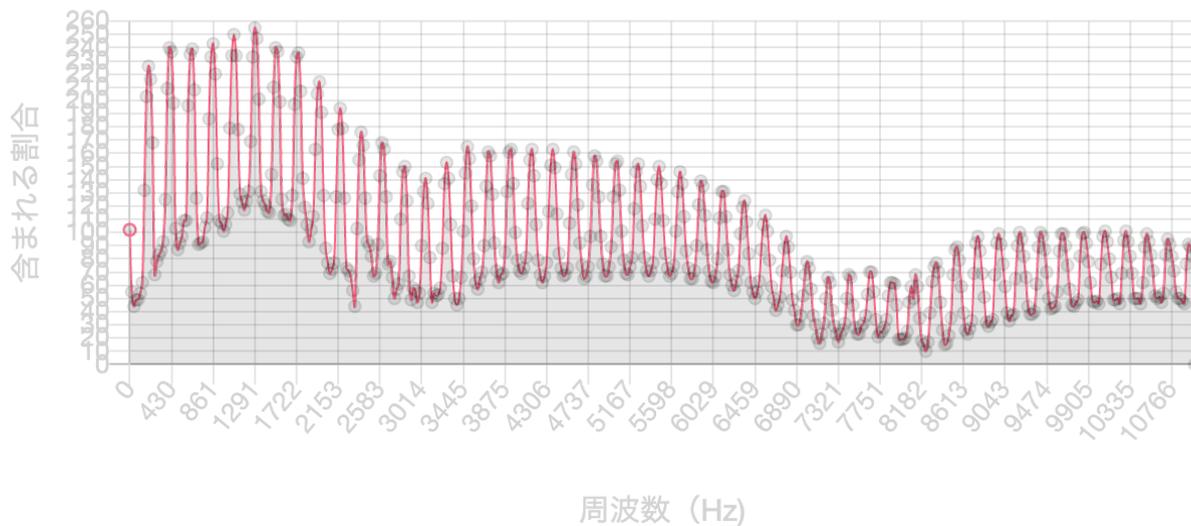


図6、3C

音のスペクトル



図7.5C

音のスペクトル

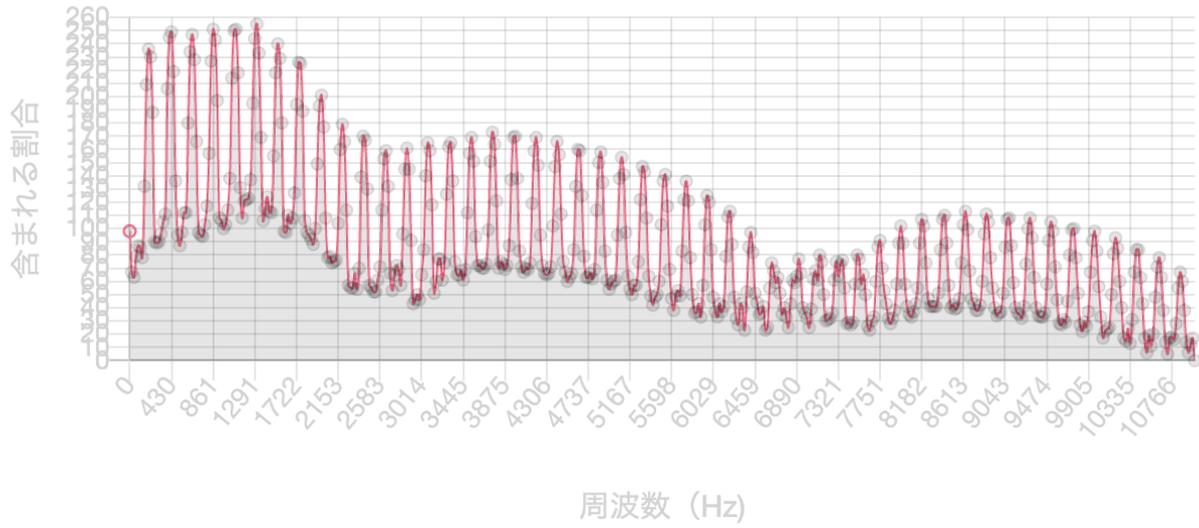


図8.7C

2、F3

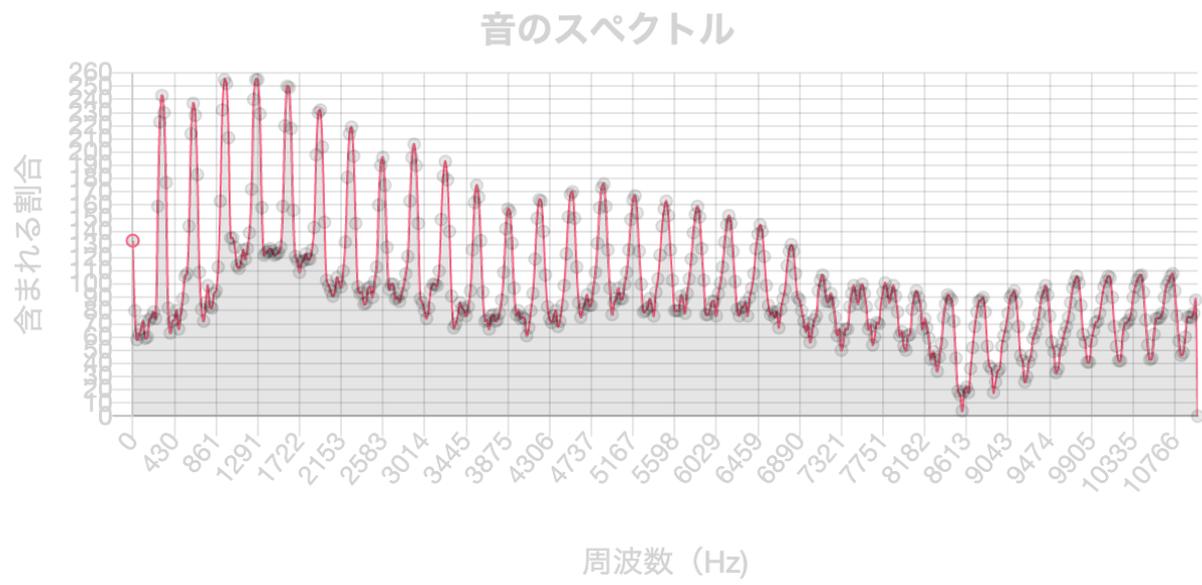


図9、1-1/2C

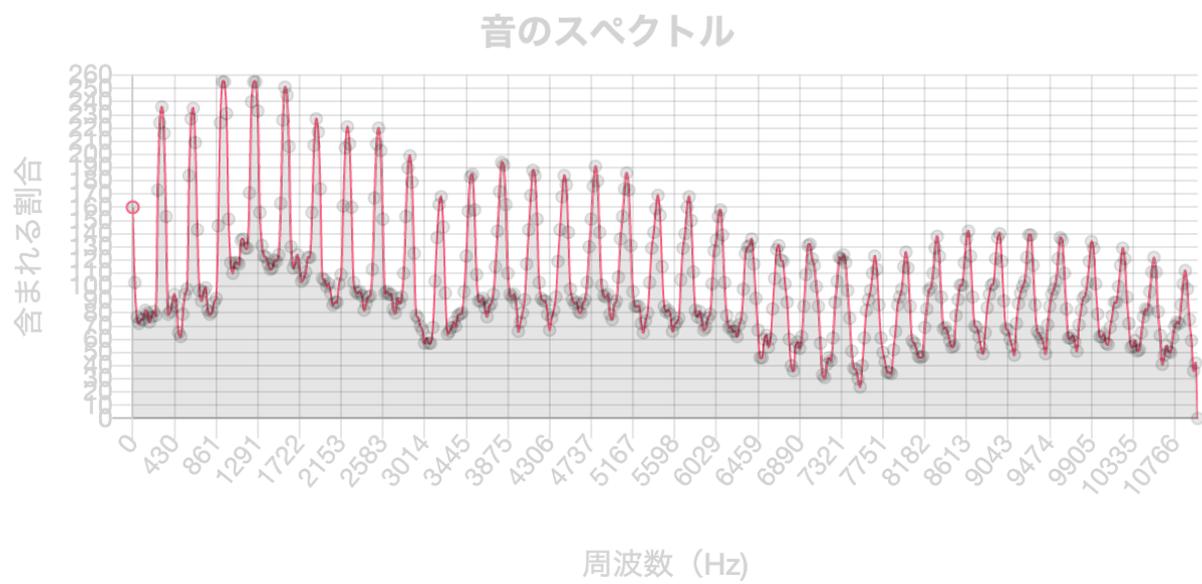


図10、3C

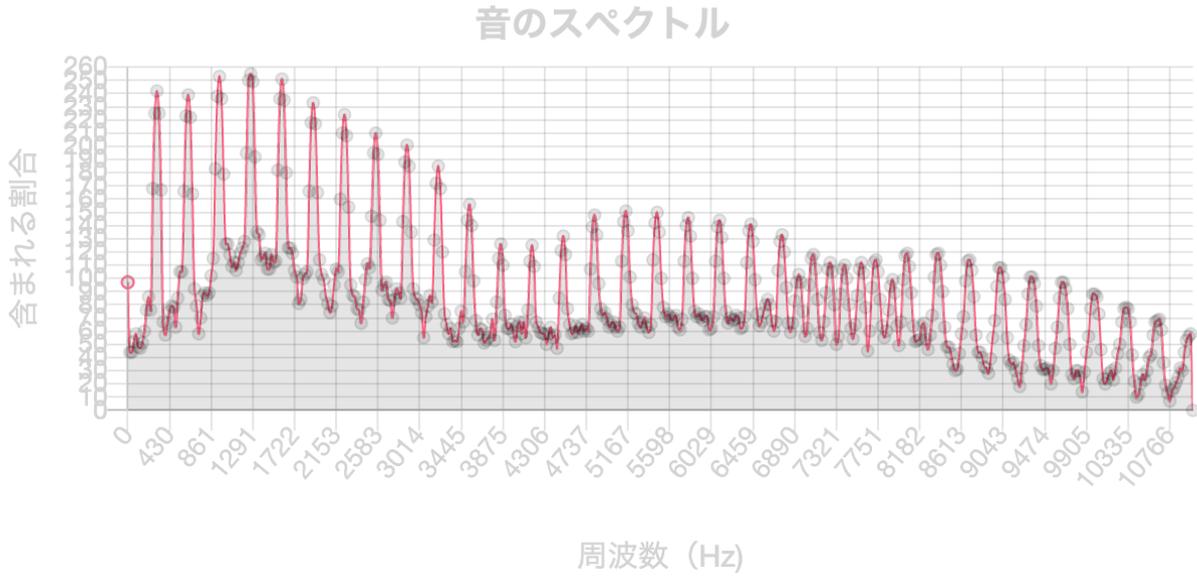


図11、5C

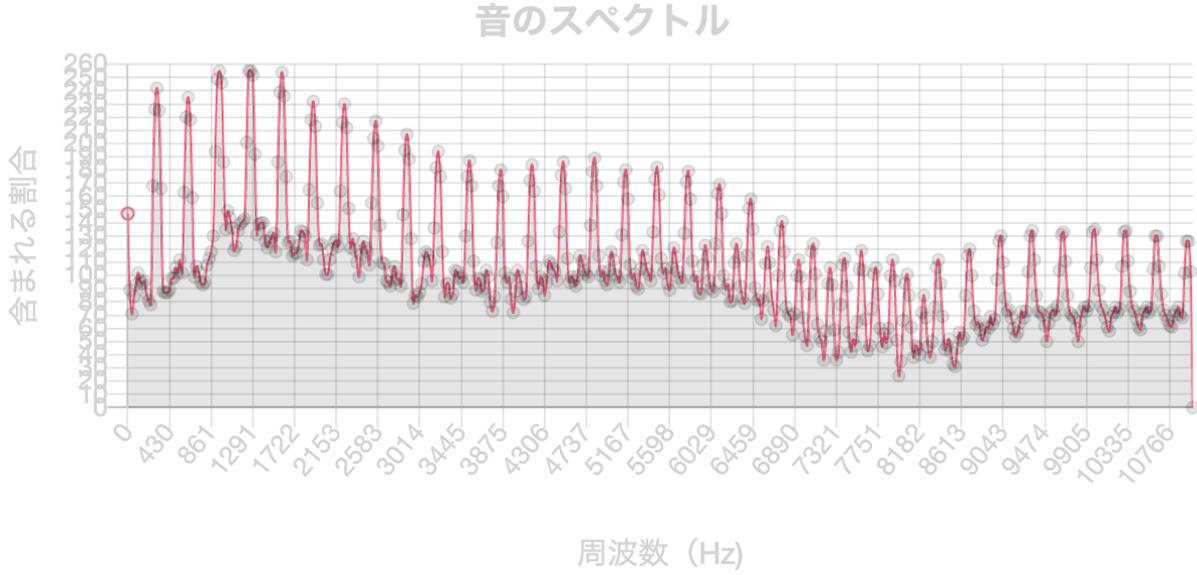


図12、7C

3、B ♭ 4

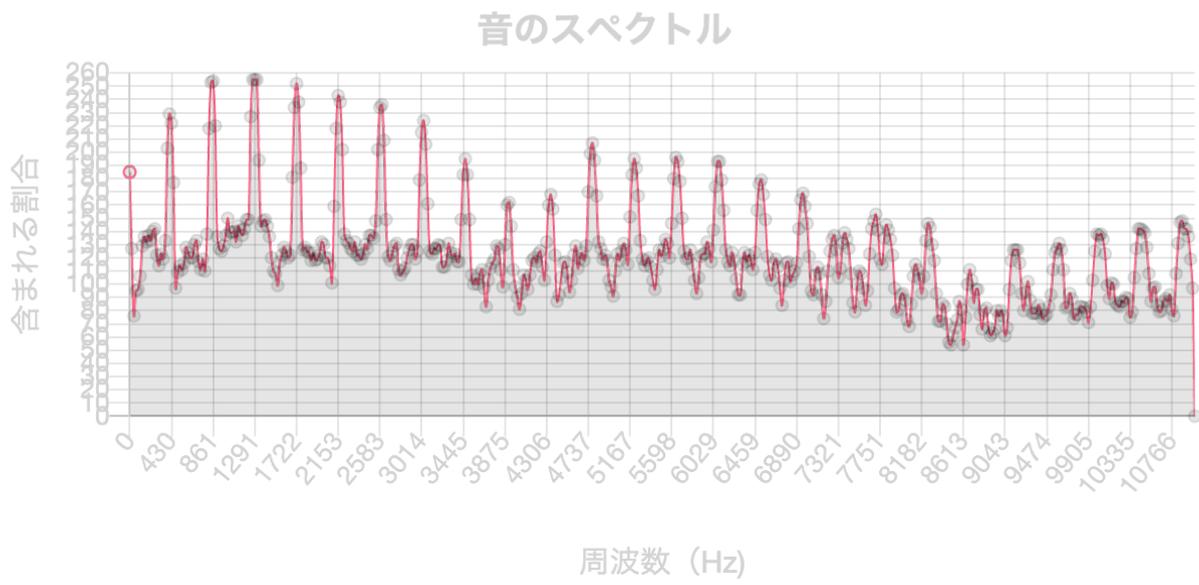


図13、1-1/2C

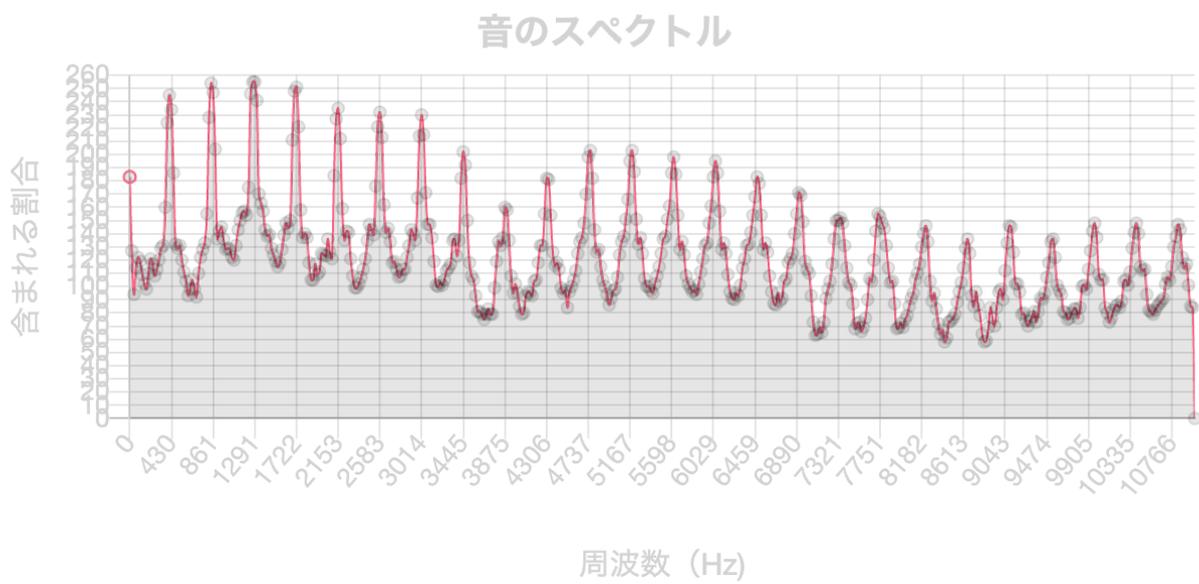


図14、3C

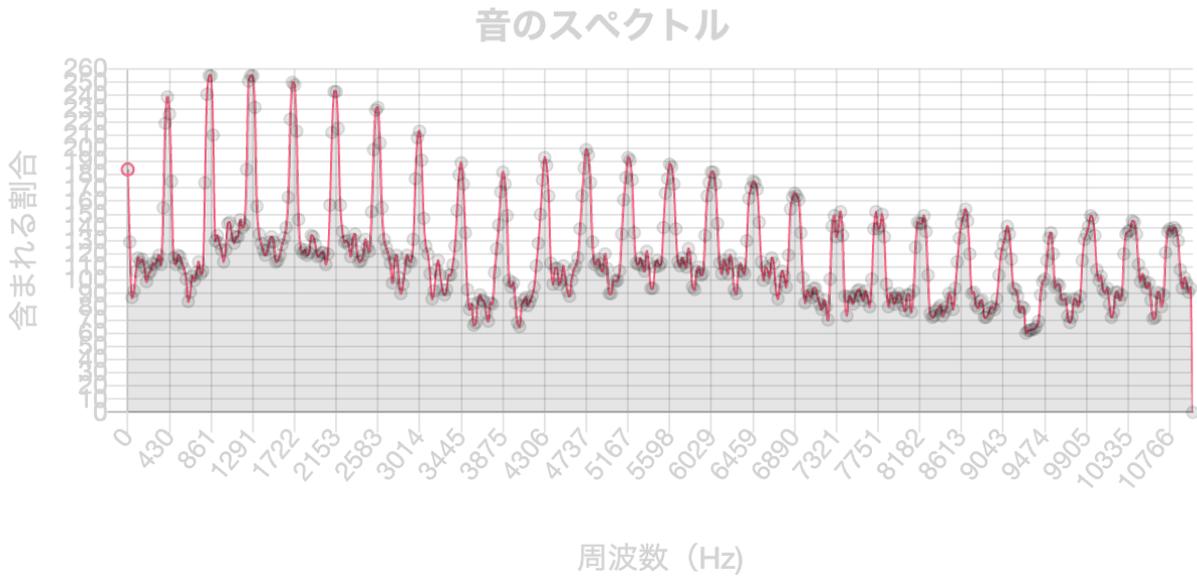


図15、5C



図16、7C

4、F4



図17、1-1/2C

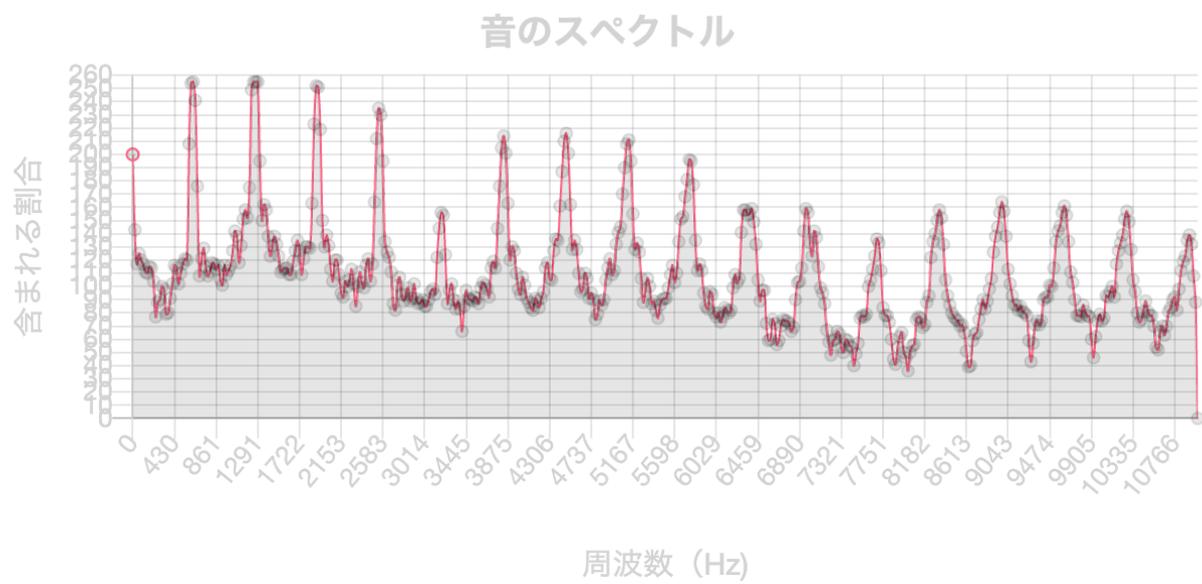


図18、3C

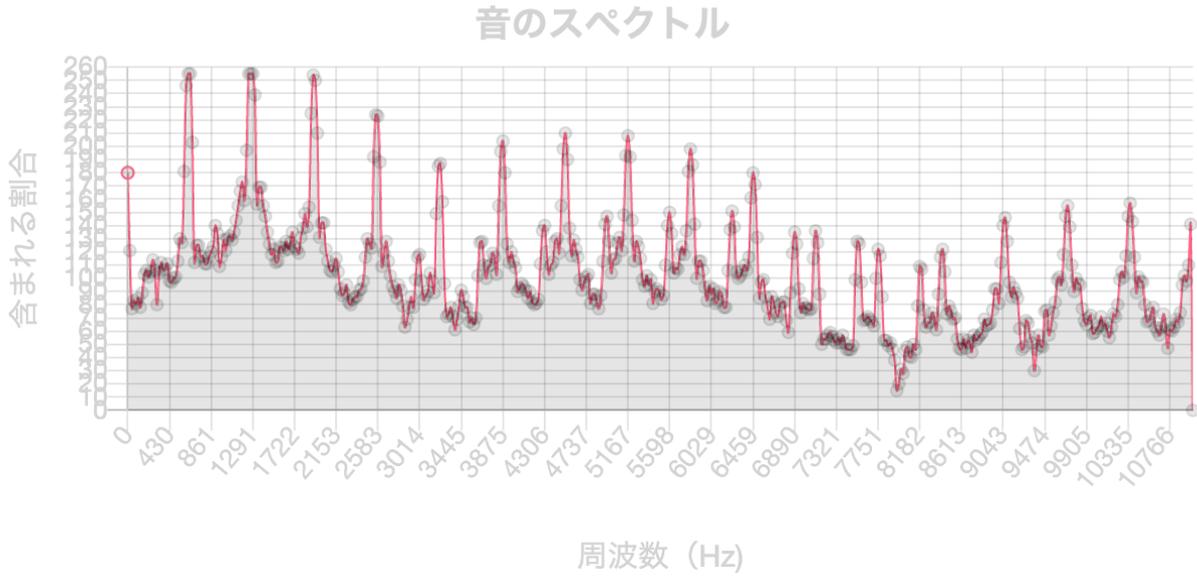


図19、5C



図20、7C

5、B b 5

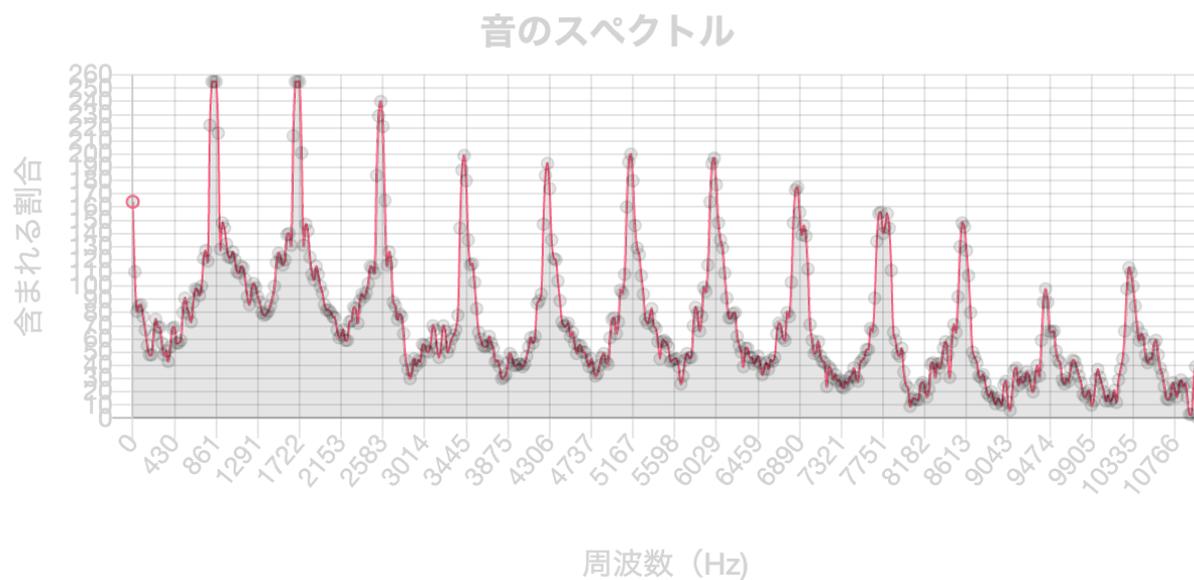


図21、1-1/2C



図22、3C

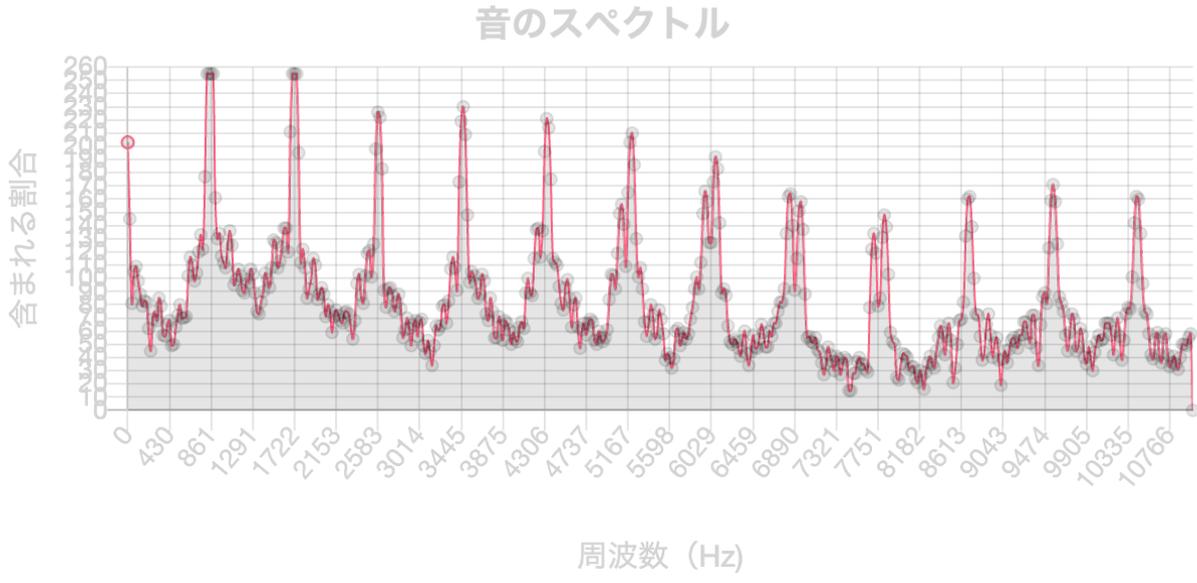


図23、5C



図24、7C

聴感上のメモ

楽器の演奏を聞くとき通常はベルと向かい合う方向に居るということを考慮し、また、演奏の容易さとの混同や、実際に演奏する自分の先入観による判断を避けるため、各音を妹の前方(距離3m)で演奏し、それぞれの音について感想を聞いた。

・B♭3

1-1/2C: ダントツで豊かな響きに感じられた。太い。
3C: 豊かさはあるが少し明るめに感じられた。
5C: 1-1/2Cや3Cと比べると締まった音に感じられた。
7C: よく言えばスッキリとした、悪く言えば量感のない音。

・F3

1-1/2C: 柔らかい響きを感じられた。木管楽器にも通じる、甘く、キンキンしない音。
3C: 1-1/2Cと聴感上の大きな差は感じられなかった。
5C: 1-1/2Cや3Cと比べてキンキンとした金属っぽさを強く感じた。決して細いというわけではない。
7C: 5Cと概ね似たような傾向。キンキンした感じというよりはその上の帯域と思しき、チリチリとした聴感。

・B♭4

1-1/2C: 一番身体に響く音。低い音が多く鳴っているように感じる。こもった音ではない。
3C: 1-1/2Cほど太くはないが少しチリチリした感じ。
5C: チリチリしないが通る音。耳障りな感じはしない。
7C: チリチリとした高域と鼓膜を押しするようなパワー感を兼ね備えた音。悪く言えばうるさい。

・F4

1-1/2C: 音域が高くて太さを感じる。しかしエッジが効いてないようにも思われる。
3C: 1-1/2Cの余分な太さをカットしてチリチリとしたエッジ感を持たせた音。
5C: 3Cの太さが少し不足した感じの音。あまり目立った聴感上の特徴がない。
7C: 鼓膜を押しされる感じの音圧感が強い。身体に響くというより鼓膜を突くような音。

・B♭5

1-1/2C: 音がこもっている感じはしないが野太い。顕著に音の立ち上がりが遅い。声が低い人が無理矢理高い声を出しているよう。
3C: 1-1/2Cの立ち上がりの遅さが改善された音。野太いとまで言わないが量感のある音。
5C: 3Cをスッキリさせた音。太いわけでもなく鋭いわけでもない。他の音域でもそうだったが特徴的なものの中間にあるせいか、よく言えば中庸、悪く言えば無個性に感じる。
7C: 音の立ち上がりが一番速い。よく言えば鋭く、悪く言えば細い。

考察・結論

周波数帯スペクトルと聴感上のメモを照らし合わせて、音色を表す時によく用いられた「太さ」「明るさ」「キンキン」「チリチリ」「鼓膜を押し」という表現が、どの帯域を指しているのか考察した。

トランペットの音域

まずトランペットの音域を確認しておく。岩宮によると一般的なトランペットの最低音はF2(174.61Hz)である(p.199)。倍音も含まれるため、F2以上の周波数帯域に対して周波数の高低を考えることにする。その上で「明るい」「キンキン」「チリチリ」などの言葉がどの帯域の音によるものかを考察し、定量的に表現する。

「太さ」

B♭3の音を出した時の1-1/2Cと、B♭4およびF4、B♭5の音を出した時の3Cで、1-1/2Cとの対比で述べられた。1-1/2Cで出ている3Cで出していない帯域は2500～3400Hz付近の音である。この帯域の音がトランペットにおける音の「太さ」を出すと考えた。

「明るさ」

B♭3の音を出した時の3Cで1-1/2Cとの対比の中で述べられた。3Cにおいて1-1/2Cより出ている帯域は9000Hz以上の音である。この帯域の音がトランペットにおける音の「明るさ」を出すと考えた。

「キンキン」

F3の音を出した時の5Cと7Cで述べられた。5Cに特に顕著であった。5Cと7Cにしか顕著に見られないのは6459～8182Hzで山が1-1/2C及び3Cよりも密集していることである。この帯域の音がトランペットにおける音の「キンキン」具合を出すと考えた。

「チリチリ」

F3の音を出した時の7CおよびB♭4の音を出した時の3C、5C、7C、またF4の音を出した時の3Cで述べられた。観測者の体感から「キンキン」した音よりも上の帯域がこの感覚をもたらすと考えた。1-1/2Cになく、それ以外のサイズに存在する特徴を探したが顕著な違いを見出せず、どの帯域がトランペットの「チリチリ」した音の感覚をもたらすかは特定できなかった。

「鼓膜を押し/突く」

B♭4、F4の音を出した時の7Cで述べられた。この時7Cのスペクトルで見受けられた特徴は6459～8182Hzで山が密集していることである。この帯域の音がトランペットにおける音の「鼓膜を押し/突く」感覚を出すと考えた。

「鋭い」

B♭5の音を出した時の7Cで述べられた。7Cにのみ顕著に突出した帯域はなかったが、1-1/2Cと3C、5Cと7Cで違いが見受けられたのは9000Hz以上の帯域である。1-1/2Cではこの帯域の伸びが弱い。この帯域が聴感上の鋭さの原因であると考察したが、鋭いという表現が7Cにしか用いられなかった。

この理由は、ある音を鳴らした時に別の音が鳴っていると、聞きたい音の聴覚閾値が上昇するマスキング効果によるものと考察する。7Cのスペクトルにおいて特徴的なのは5167～6890Hzの帯域が3Cおよび5Cに比べて出していないところにある。吉田によるとマスキー(マスキングされる音)とマスカ(マスクする音)の周波数域の成分が離れているとマスキング量が小さくなる(p132)。7Cでのみ聴感上の鋭さが感じられたのは、9000Hz以上の音が5167～6890Hzの帯域によってマスキングされていないことに起因すると考えた。

結論

トランペットにおいて音の「太さ」を出す帯域は2500～3400Hzである。
トランペットにおいて音の「明るさ」を出す帯域は9000Hz以上の帯域である。
トランペットにおいて音の「キンキン」具合を出す帯域は6459～8182Hzである。
トランペットにおいて音の「チリチリ」した音の感覚をもたらす帯域は特定できなかった。
トランペットにおいて音の「鼓膜を押し/突く」感覚をもたらす帯域は6459～8182Hzである。
トランペットにおいて音の「鋭さ」を出すのは9000Hz以上の音(5167～6890Hzの帯域によってマスキングされていない)である。

「キンキン」した音と「鼓膜を押し/突く」音は同じ帯域に由来する。
「鋭い」音は、「キンキン」した音や「鼓膜を押し/突く」音とややトレードオフの関係にある？

課題

- ・自分の演奏レベルに起因する音の不安定さがあるので、それを排除すべく熟練した奏者の協力のもと実験をしてみたい。
- ・観測者が一人だけなので偏った感覚であることも考えうる。複数人の観測者に頼んで実験をしたい。
- ・マウスピースの内径のみを測定したが、マウスピース内部の3次元構造をうまく表示する方法が思いつかなかった。
- ・内径のみを変化させて比較実験を行ったが、内径が一定で深さが異なる条件下での実験も行ってみたい。
- ・同様に、スロート径やカップ形状、バックボアの太さを変更した実験を行いたい。
- ・あまり現実的ではないかもしれないが、内径、深さ、スロート径、カップ形状、バックボアの太さ、これら5つ全ての条件を組み合わせ比べてみたい。
- ・「鋭い」音と、「キンキン」した音や「鼓膜を押し/突く」音がトレードオフの関係にあるのではないか、という仮説を立ててそれを検証したい。
- ・3次元的なマウスピース内部形状の違いが息の流れにどのような変化をもたらし、それにより唇の振動がどのように変化して、出てくる音の帯域にどう変化をもたらすかを突き止めたい。それを観察するのにどのような機材でどのような手順を踏めばいいのかを相談したい。

参考文献、参考URL

ヤマハ銀座店 金管楽器マウスピース選びのポイント

<https://www.yamahamusic.jp/shop/ginza/special/brass_mouthpiece_choose.html>

2020年12月23日アクセス。

【トランペット】マウスピースの選び方 徹底解説♪

<<https://www.shimamura.co.jp/shop/fujimi/winds-strings/20180418/890>>

2020年12月23日アクセス.

岩宮眞一郎『図解入門よくわかる最新音響の基本と応用 (How-nual Visual Guide Book)』秀和システム,2011

吉田友敬『言語聴覚士の音響学入門 2訂版』海文堂出版,2020