

東京混声合唱団制作の歌唱用マスクの音響特性の調査
2020年6月
池畑光浩、山脇卓也
早稲田大学名誉教授・山崎芳男研究グループ

もくじ

分析その1-1 20200630 REW測定	2
分析その1-2 数種類のマスクのREW	7
REW測定の所見	10
分析その2 20200619録音の分析	13
録音ファイル分析、全体の所見：	21
録音分析の結論 2020年6月28日 池畑	23



分析その1-1 20200630 REW測定

20～20,000Hzの正弦波スイープ音を2回測定（この後の分析その1-2では4回で測定する）

測定者：山脇卓也

測定日：20200630

測定場所：山脇卓也自宅

実験環境諸元：マイクロホン FIFINE K669B

<https://fifinemicrophone.com/collections/microphones/products/usb-microphone-with-volume-control-k669-669b>

スピーカ BOSE Companion 2 Series II、MacbookPro 2018、REW 5.19



写真1-1 測定風景



写真1-2 各種マスク（左からbrown、green、hade、poly）



写真1-3 マスクの開いた形状

測定時の設定

Make a measurement

SPL Impedance

No timing reference

Measure using 2 512k log sweeps 20 Hz to 20,000 Hz at -12.0 dB taking 23.8 s

Start Freq (Hz)	End Freq (Hz)	Level (dBFS)	Length	Sweeps	Total Time
20	20,000	-12.0	512k	2	23.8s

Output
Default Output R

Input
Default Input L

Check Levels Start Measuring 取消

Start Delay (s) 0 SPL limit (dB) 100

☐ Abort above SPL limit

☒ Abort if excessive clipping occurs

Ready to measure...

0%

Out In Ref In

0 -10 -20 -30 -40 -50 -60 dBFS

-99.0 -99.0

図1-1-0 測定時の設定

REW測定結果：

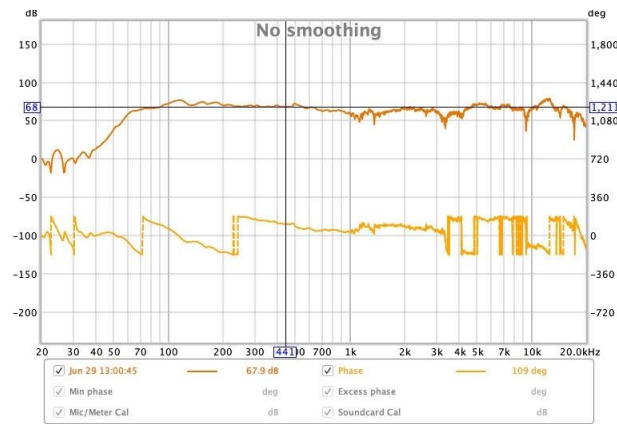


図1-1-1 マスクなし

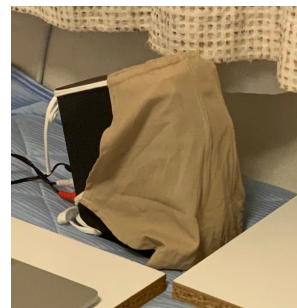
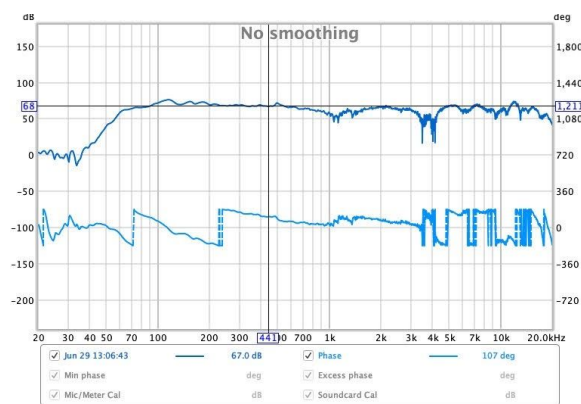


図1-1-2 brownマスクあり

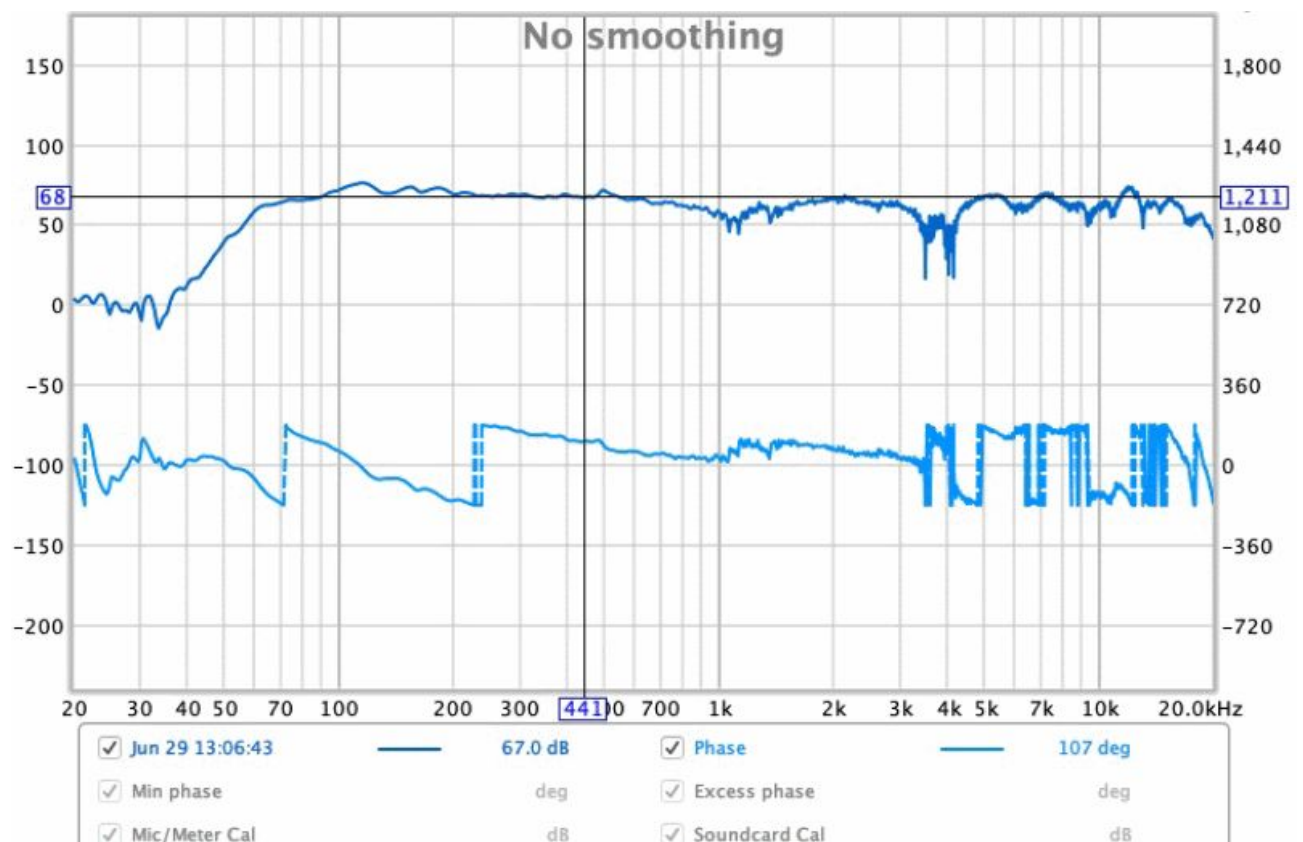


図1-1-3 (図1-1-1と1-1-2を重ねたアニメーション)



図1-1-4 (図1-1-1と1-1-2を重ねたもの)

分析その1-2 数種類のマスクのREW

20～20,000Hzの正弦波スイープ音を4回測定（分析その1-1では2回であった）

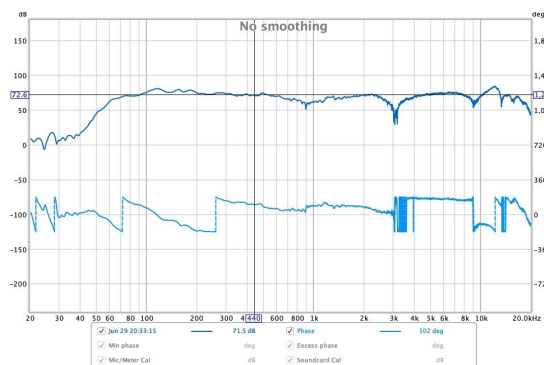


図1-2-1 マスクなし

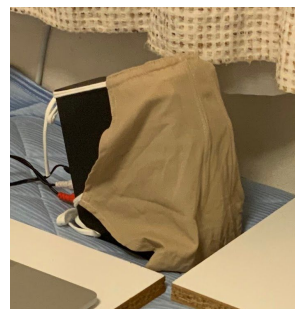
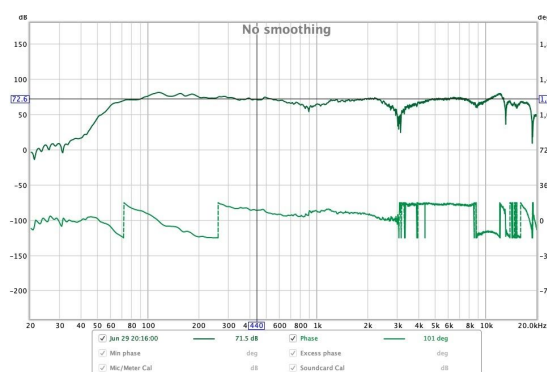


図1-2-2 brownmask

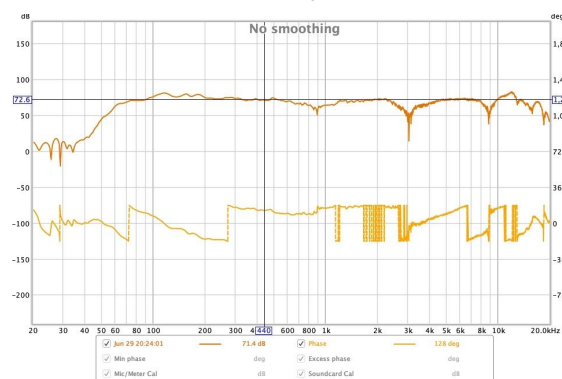


図1-2-3 greenmask

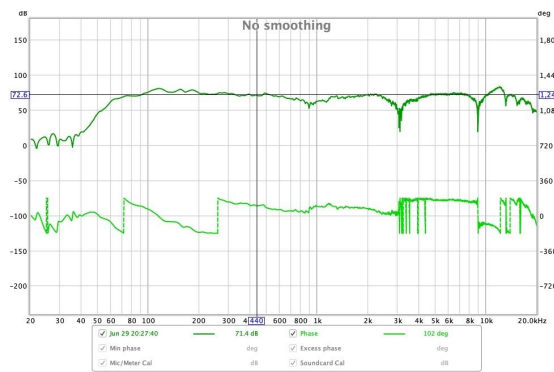


図1-2-4 hademask

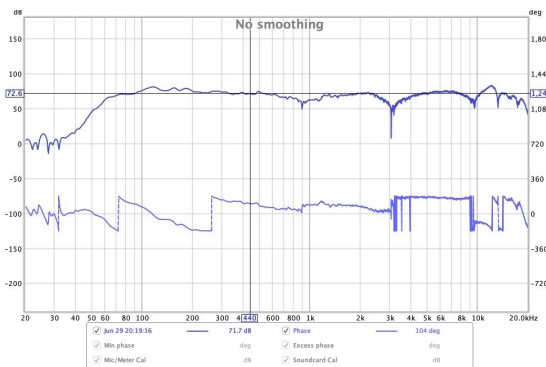


図1-2-5 polymask

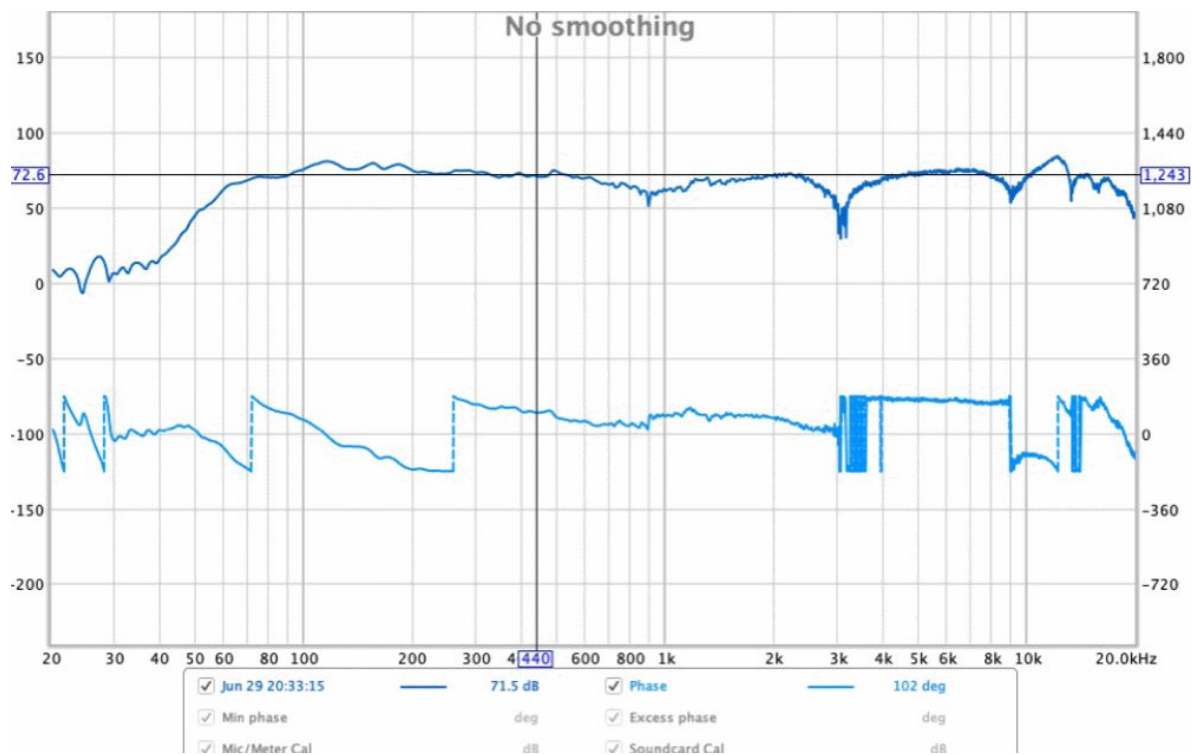


図1-2-6 マスクなし～各種マスクの比較

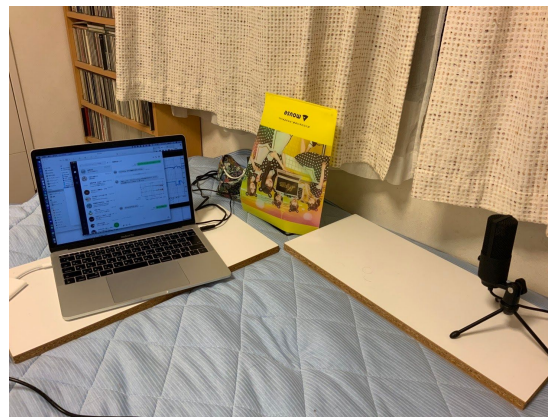
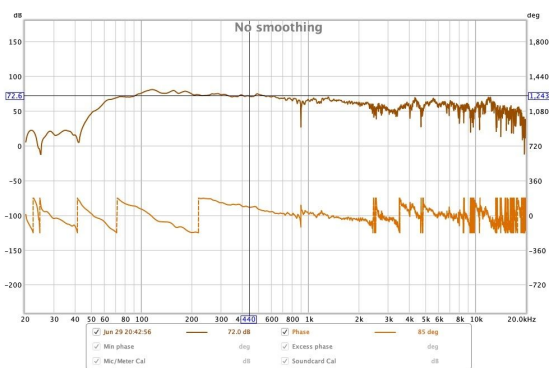


図1-2-7 プラスティックのクリアファイル

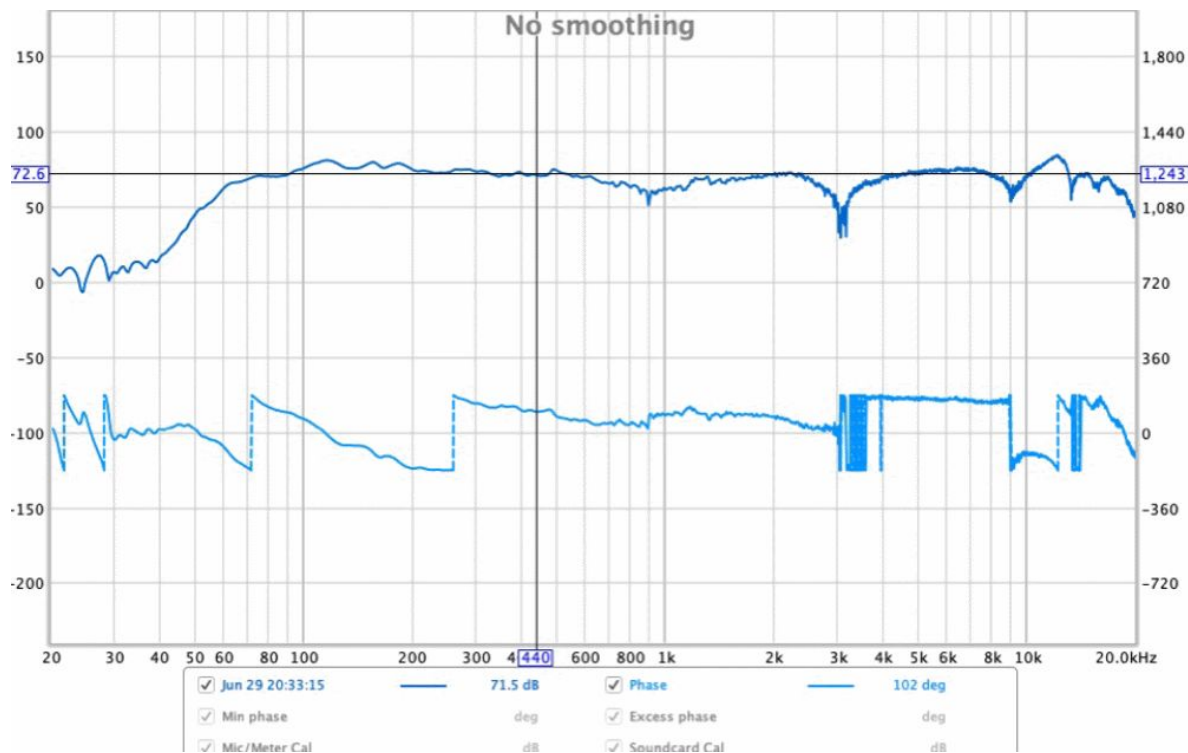


図1-2-8 マスクなし(青の線)→プラスチックのクリアファイルの比較

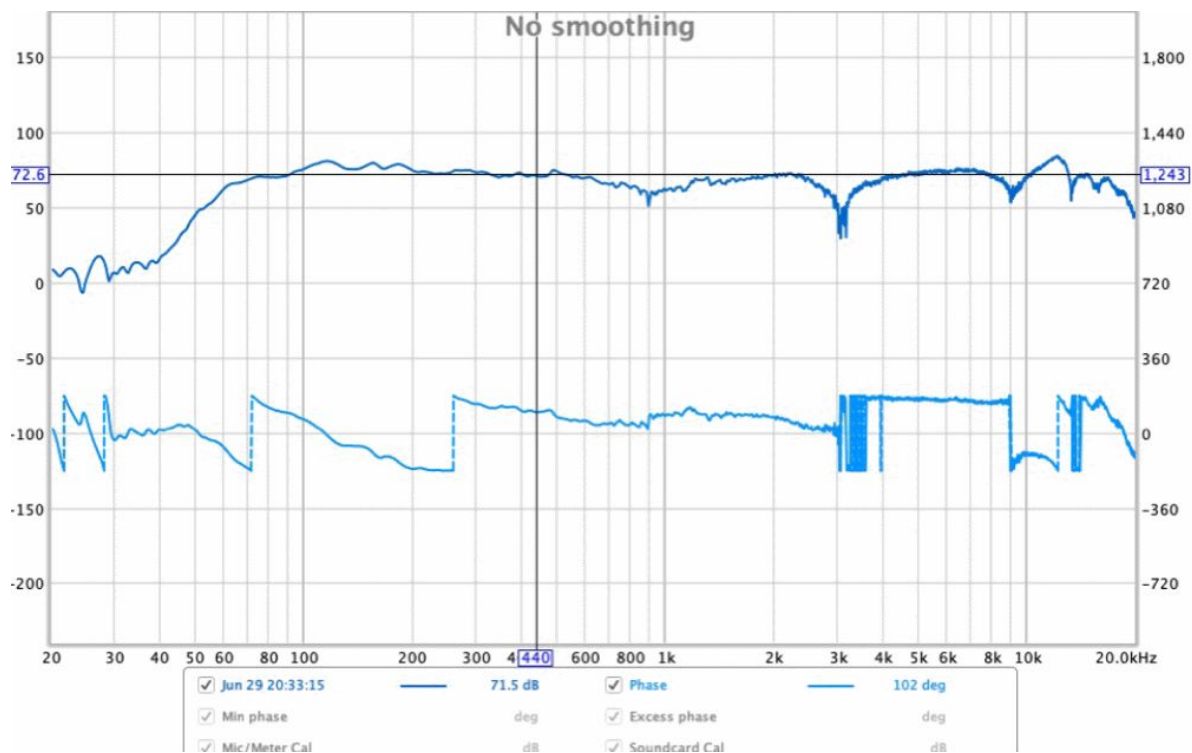


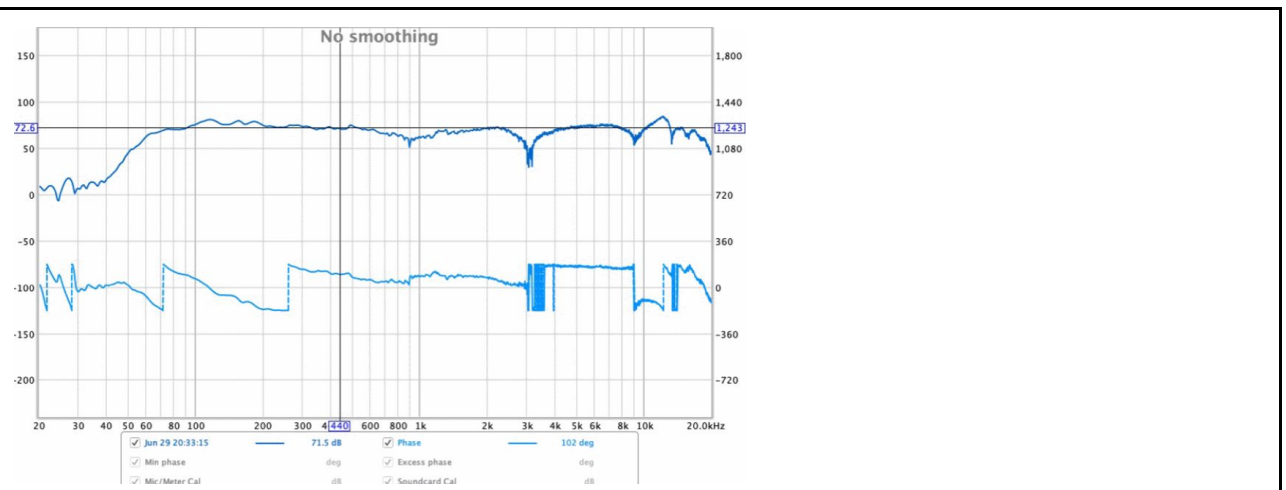
図1-2-9 マスクなし(青の線)→hademask→プレスティックのクリアファイルの比較

REW測定の所見

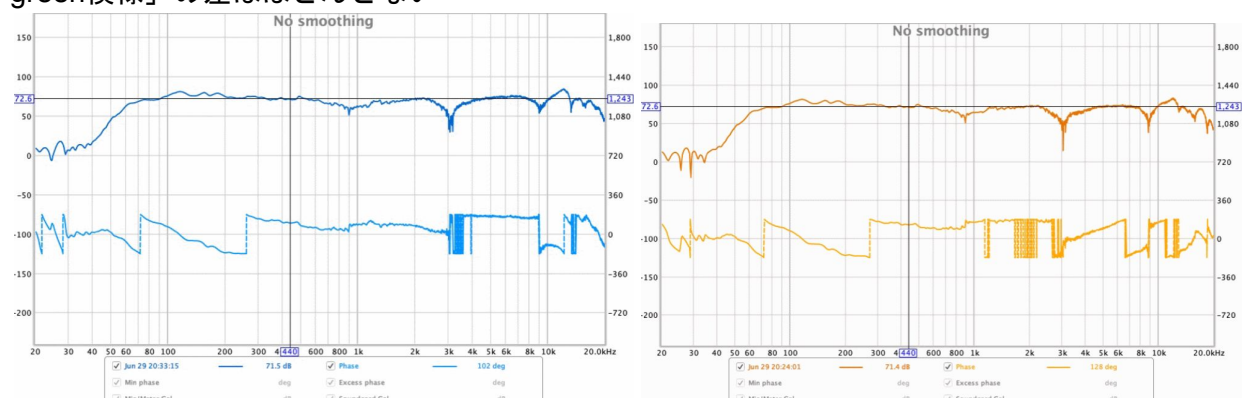
「brown無地」「派手」「green模様」「poly」の4種類のマスク、および、フェイルシールドに見立てた「プラスチックのシート」を比較した結果、

- ・「プラスチックのシート」は約1.2KHzより高い帯域の減衰が見られ、それより低い帯域では少し上昇している（図1-2-8）

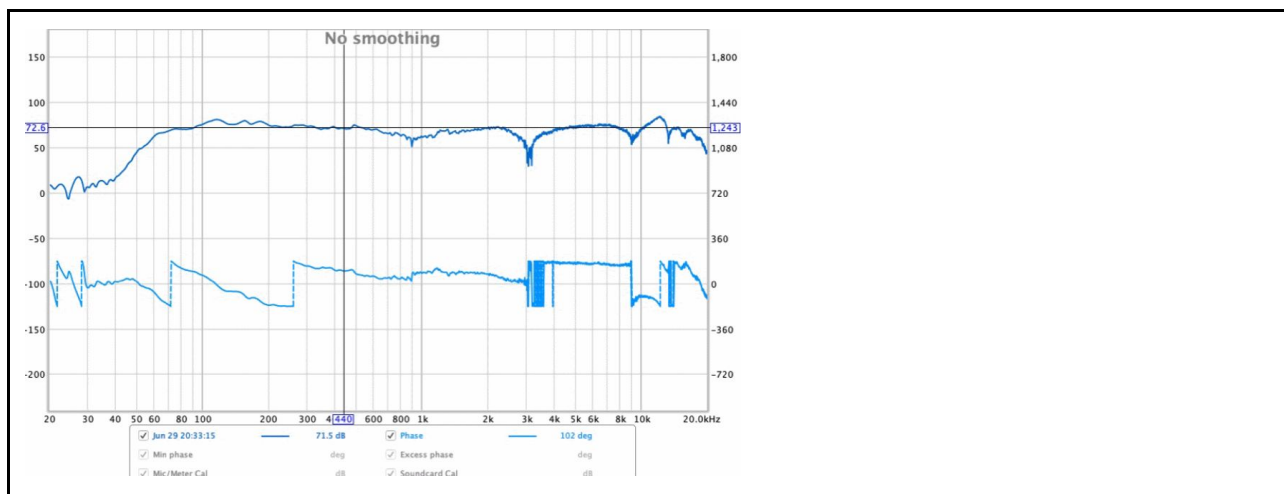
- ・「poly」と「マスクなし」はほとんど変化がない。スピーカへの装着が全面ではないためだろうか



- ・「派手」「green模様」の2つは「マスクなし」よりもやや減衰が見られる。「派手」「green模様」の差はほとんどない



- ・「brown無地」は「派手」「green模様」よりも高帯域において減衰が見られた。生地がほかよりも厚手でしっかりしているようだ





分析その2 20200619録音の分析

全ての画像に共通して、画像の横軸は周波数（Hz）、縦軸が音圧（dB）となっています。画像が小さくてメモリが見つらいですが、横軸の真ん中付近が1kHz（1000Hz）で、それより左の低い音が、楽譜上の音程として見られる範囲（基本周波数）、数kHz付近は音が母音として認識される特徴を持つ範囲（母音フォルマント）、10kHzを超えると一部の無声子音（声帯を音源としない子音）の帯域と言えると思います。

対象ファイル：東混測定_マスクなしあり長子音.wav

周波数分析

分析範囲 1：最初の子音（sh-）の周波数分析（図- 1、図- 2）

赤：マスクなし

黄色：マスクあり

所見：マスクありの場合、200Hz付近にピークが発生、また、10kHzより高い音はやや減衰している（約6～8dB）

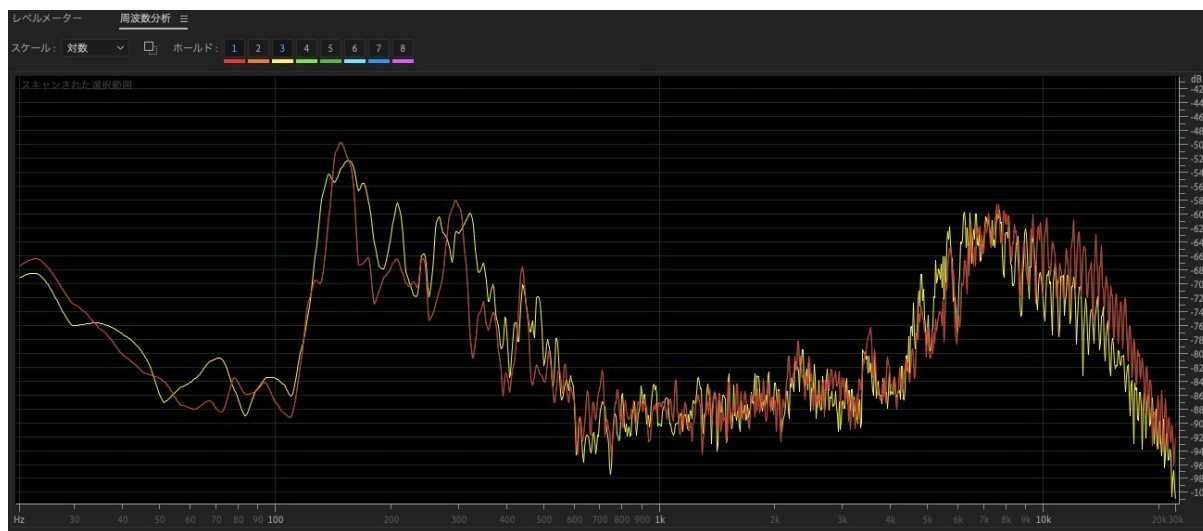


図- 1

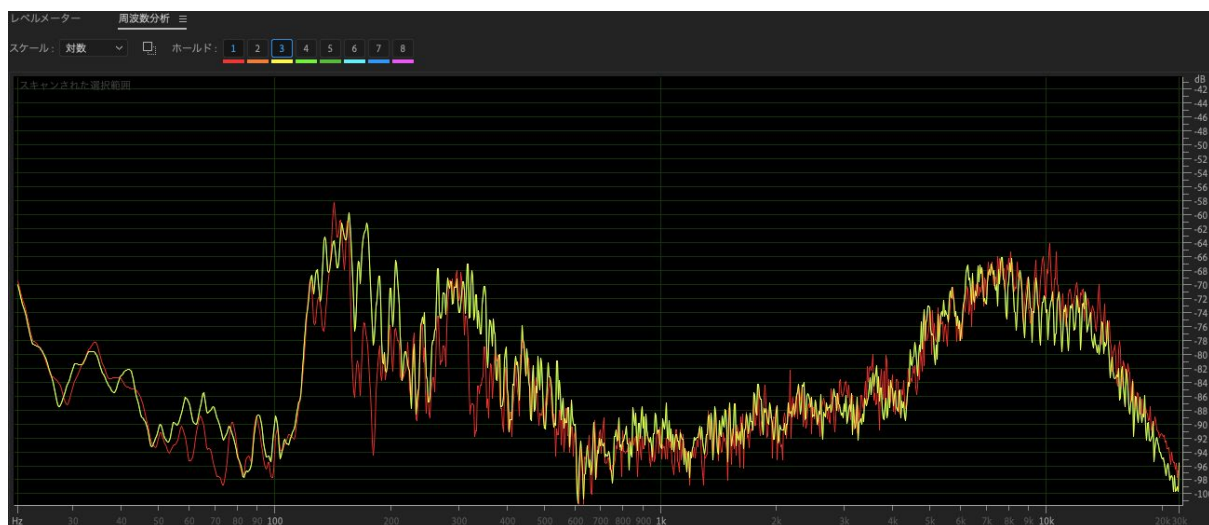


図-2

(図-1はFFTサイズ8192、図-2はFFTサイズ16384)

分析範囲 2：最初の子音（fの子音？）の周波数分析（図-3）

赤：マスクなし 黄色：マスクあり

所見：マスクありの場合、150Hz付近と、10kHz付近の音の減衰が見られる（やはり6～8dB）

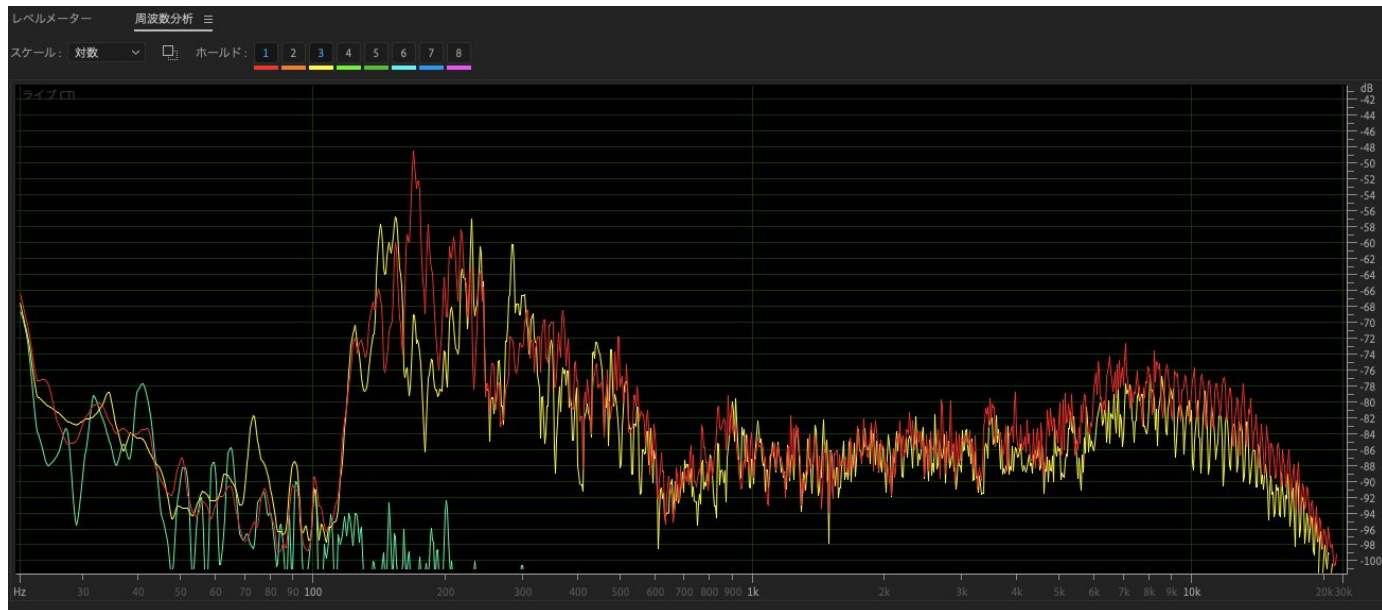


図-3

対象ファイル：東混測定_薄いマスクありなし独唱、厚いマスクありなし独唱.wav
厚手のマスク

分析範囲 1：男性歌唱部分の周波数分析（図-4）

赤：マスクなし 黄色：マスクあり

所見：マスクにより、100Hz付近での減衰1kHz以上の帯域でもやや減衰が見られる

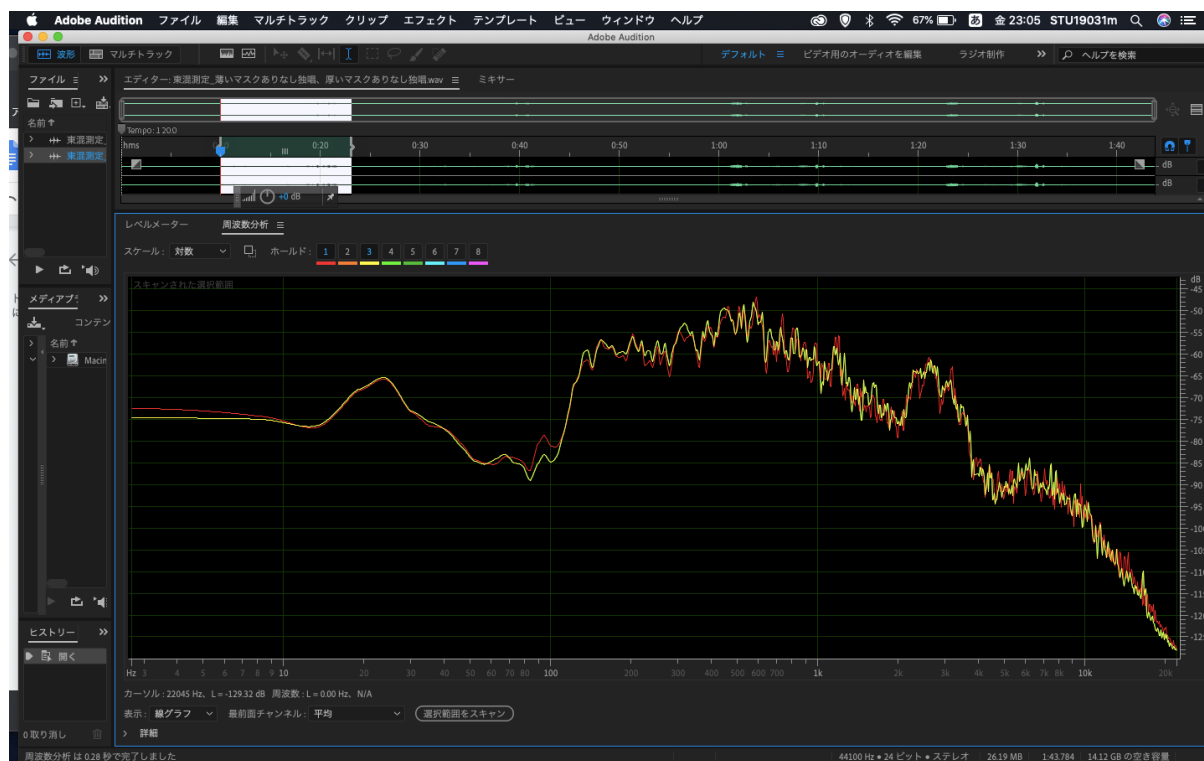


図-4 男性歌唱

分析範囲 2：女性歌唱部分の周波数分析（図-5）

赤：マスクなし 黄色：マスクあり

所見：マスクにより、1kHz以上の帯域でやや減衰が見られる（男声で見られた100Hz付近の音の減衰は見られないのは、そもそも女声の帯域ではないからであると考えられる）

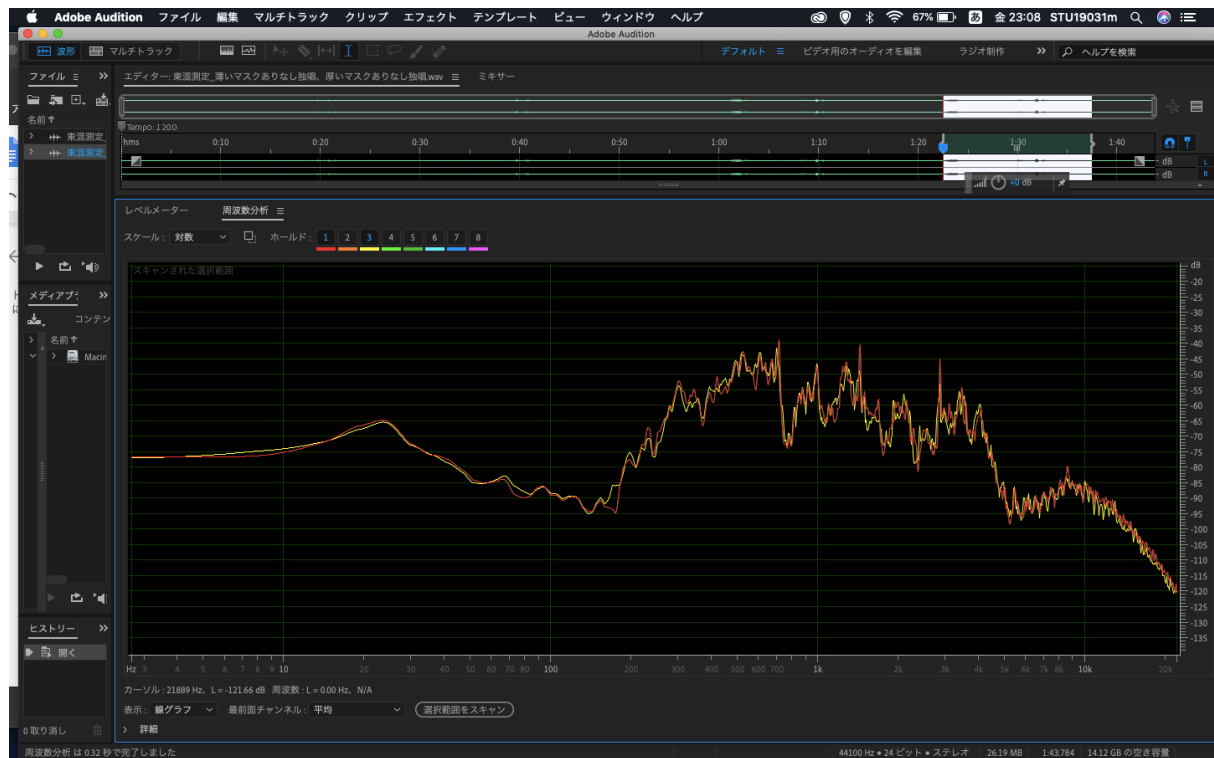


図-5 女性歌唱

対象ファイル：東混測定_マスクありなし「第九」
対象範囲：通常の速さの歌唱部分全体（図-6）
対象範囲：ゆっくりの速さの歌唱部分全体（図-7）

所見：歌唱部分全体の周波数をスキャンした結果、いずれの速さによる歌唱も、大きな違いが見られなかった。（図-6の100Hzより低い部分に見られる音は測定誤差と見ています。そのような低い音がマスクでこれほど影響するとは考えにくいからです）

赤：マスクなし 黄色：マスクあり



図-6 通常の速さの歌唱部分全体



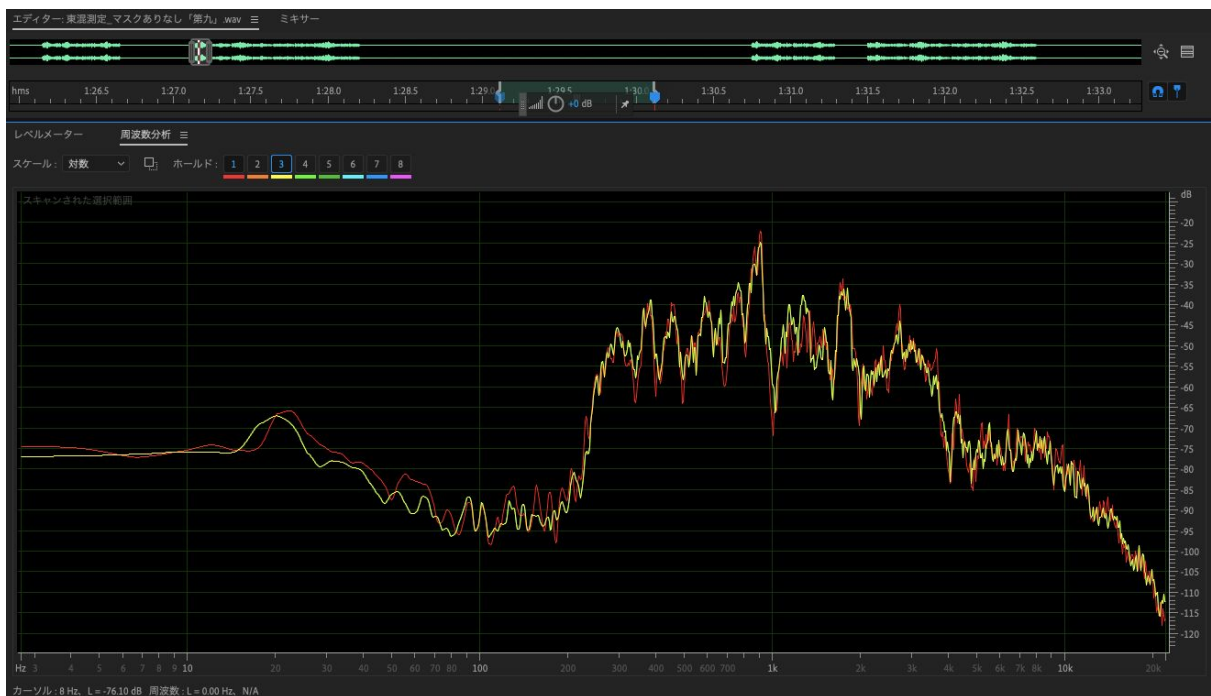
図一七 ゆっくりの速さの歌唱部分全体

対象部分：歌詞「Freude, schöner」の「ner」の「e」の部分（もっとも音量が大きかった部分）（図－8）

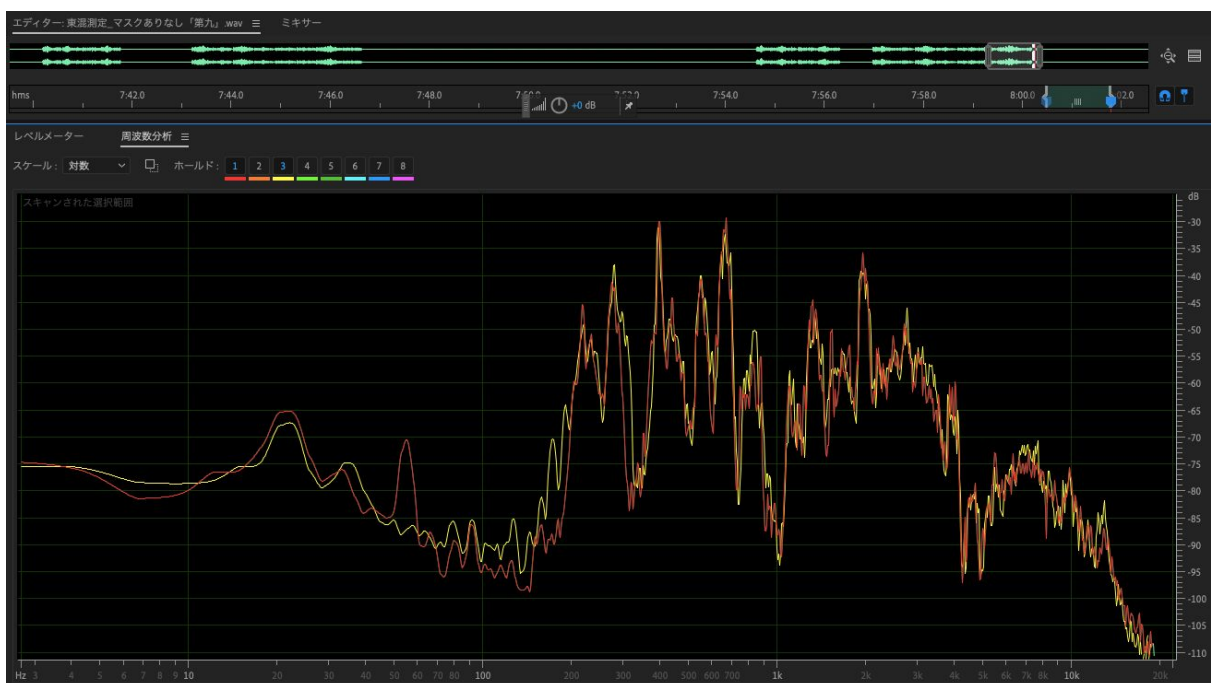
対象部分：後半、歌詞「Flügel weit」の「Flü」の「ü」の部分（図－9）

所見：いずれも、マスクによってやや減衰が見られるが、近くするには難しいレベルである（数dB）。逆にマスクありのほうが増幅している部分も見られるが、同様に、誤差の範囲であるとも考えられる

赤：マスクなし 黄色：マスクあり



図－8 歌詞「Freude, schöner」の「ner」の「e」の部分



図－9 後半、歌詞「Flügel weit」の「Flü」の「ü」の部分

録音ファイル分析、全体の所見：

全体の所見：

特定の子音を持続的に出してもらった物に関しての分析では、その子音の帯域において6～8dBでの音の減衰が見られたが、曲の全体をスキャンしてでの分析結果としては、非常に微量なもの（数dB）でありました。これについてはその”数dB”というものを評価する必要（一体聴衆にとってどの程度の影響があるのか）について、このあと、池畑周辺の音響学者にも意見を求める予定です。

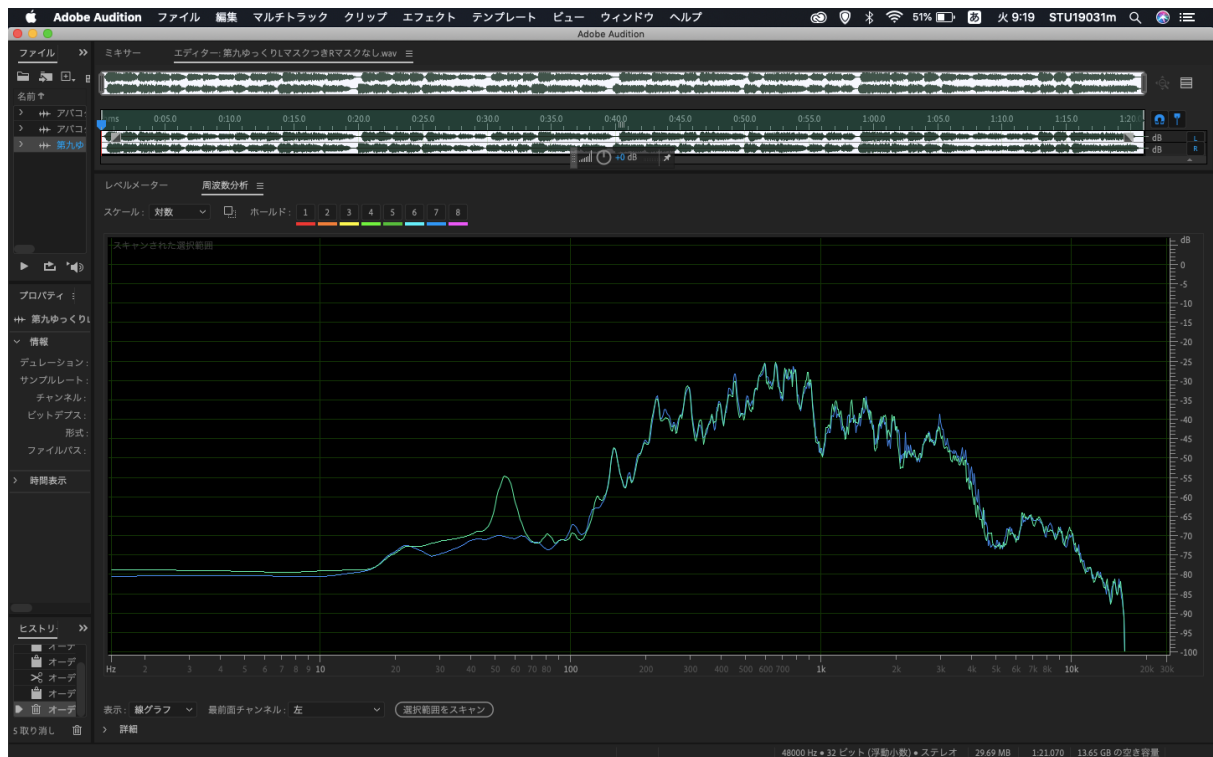
つまり、マスクによって音の減衰があることは分かりました。ただし、その減衰の程度は音楽聴取の過程で、人間が大きく知覚できるものなのかというと、それは微妙なものなのではないかと池畑は考えています。

今後、REW(Room-EQ Wizard)による分析を行うことで、歌い手の意識を完全に排除した分析を、人間の発声できる母音と子音の全ての周波数帯域で行うことができ、またマスクの違いについても評価することができると考えます。

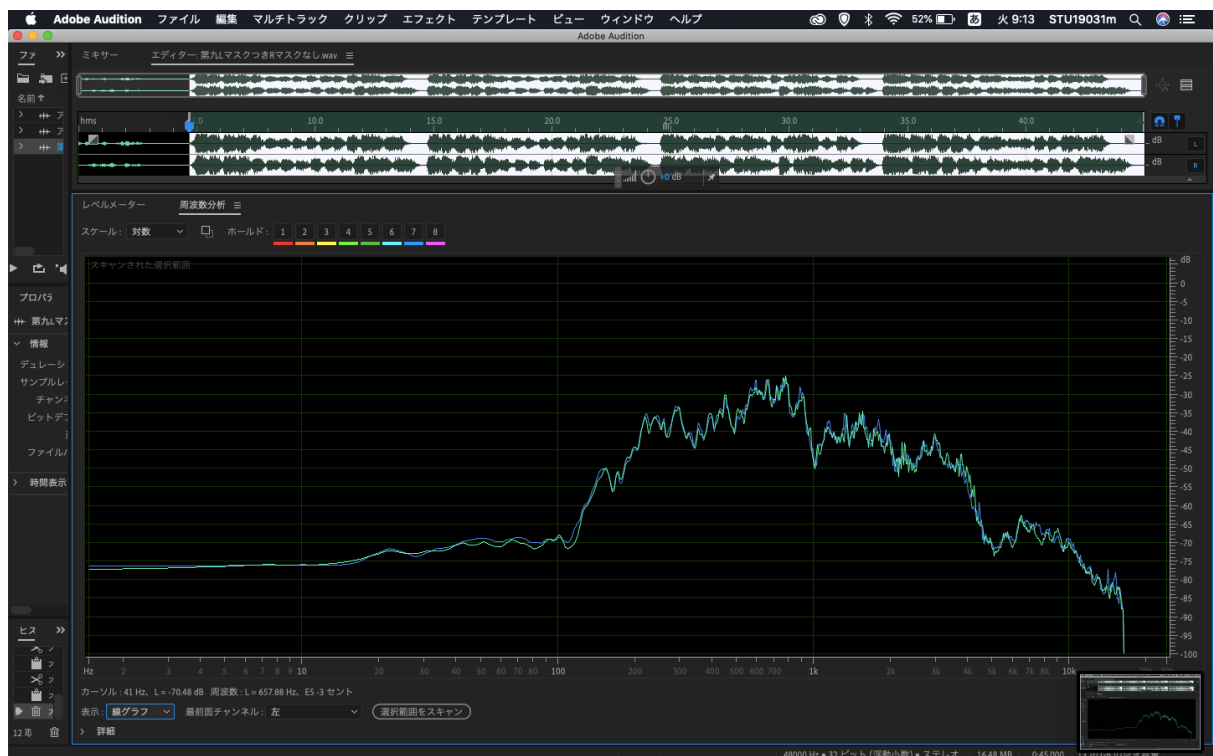
また、別の装置で録音したものも届き次第、分析をしてみます。

6/19 pm23:58

追加分析 歌唱「第九M」2種類（図一10、11）、子音、男声歌唱、女声歌唱もほぼ、6/19での分析とほぼ同じ結果であった。周波数の時間変化を動画にしたものを作成した。サイズが大きいためYouTubeに「限定公開」で配置した → <https://youtu.be/BZFDdZXFBB>



図一10 第九ゆっくりLマスクつきRマスクなし



図一11 第九LマスクつきRマスクなし

結論

東京混声合唱団の録音を、音響学者である山崎芳男・早稲田大学名誉教授のグループの池畑光浩を中心に分析し、以下のように判断した。

- ・マスクをすることで音量の減衰が見られるが、周波数帯域によって減衰の程度の違いがあり、特に10KHzの高帯域（注1）では4～6dB（注2）の差が見られたものの、それより低い帯域での減衰はさらにごく僅か（注2）なものである
- ・一方で、マスクによる母音をはじめとする音色の変化はほとんどないと言える。
- ・総合的に考えると、マスクによる音響的な差は、聴衆が知覚できる差としては非常に僅かであると言え（注3）る。

（注1） 10KHzの広帯域は、声帯の振動を音源としない気流の唇付近による摩擦音などの一部の子音として知覚できる周波数帯域

（注2） マスクありの音がマスクなしの音の大きさを超えることはなかったが、差があったとしてもそれは1～2dBの差であり、ほとんど無視できるものである

（注3） 「差としては非常に僅かであると言え、」に続き「歌い手のテクニックや、さらなるマスクの形状の改良などで解決できると考えられる」と書いてもよいことであると考えてる

2020年6月28日 池畑

追記

音響上の数値としては数デシベルの差は「無視できない」が、人間の聴覚の側面と、発音器官の特性（10kHz付近を担う発音はごく一部である）を加味し、歌唱録音と、REWによる測定の両方の結果を総合して、上記の結論とする。

2020年7月1日 池畑