

ミュートがバイオリンに与える影響

Effect of mute on the violin

1w173137-6 横尾 玲奈 指導教員 及川 靖広 教授

YOKOO Reina

Prof. OIKAWA Yasuhiro

概要：近年練習時の騒音対策として消音を目的としたミュートの利用機会が格段に増えているが、ミュートを装着すると音量が小さくなると共に演奏の感覚が変わってしまうためミュートを装着した練習はミュート非装着時と比べて練習効果が下がると言われている。本研究ではミュート装着による楽器演奏練習への影響を調べる基礎検討として音、駒の振動、音の放射指向特性などの観点からミュートがバイオリンに与える影響を調査した。異なる種類のミュートの装着によって異なる倍音の音圧レベルを下げる効果があること、どのミュートも高帯域の音圧レベルを全体的に下げること、ミュートの種類に関わらず低周波数帯では指向性の向きは変わらず大きさが小さくなること、そして高周波数帯では大きさをあまり変えずに向きが変化し強い指向性を持つ角度が変化することが確認できた。

キーワード：バイオリン、ミュート、スペクトル、指向性

Keywords: violin, mute, spectrum, directivity

1. ま え が き

近年は集合住宅に住む人も多く、深夜時間帯の練習等の騒音対策として消音を目的としたミュートの利用機会が格段に増えている。ミュートは、弦の振動を伝える役割をしている駒に装着することで振動を強制的に抑える道具であり筐体への共鳴を低減することでバイオリンの音量を下げる効果があるが、同時に演奏の感覚も変えてしまう。そのためミュートを装着した練習はミュート非装着時と比べて練習効果が下がると言われているが、これは演奏者の経験談でありミュート装着時の具体的な練習への影響は明らかになっていない。そこで本論文ではマイクを2本用いた従来よりも簡易的な指向性計測方法を提案した上で、ミュート装着時における楽器演奏練習への問題を明らかにするための基礎検討として音や駒の振動、音の放射指向特性などの観点からミュートがバイオリンに与える影響を調査する。

2. バイオリンの振動

2.1 実験方法

ミュートなし、演奏用ミュートあり、練習用ミュートありの3パターンについてそれぞれ左から3番目の弦(A線)を弓で擦った際の放射音及び駒弦の振動を計測した。放射音はバイオリンのf字孔上部5cmに設置したマイクロホンで計測した。駒の振動は非接触に振動を計測可能なレーザドプラ振動計(LDV)を用いて駒の水平方向の振動を計測した。弦の振動は弦楽器の計測に広く用いられている高速度カメラを用いてA線の振幅が最も大きくなる弦の中心部分を撮影した。

2.2 実験結果

図-1にマイクロホンで計測した音とLDVで計測した駒の振動のスペクトルを示す。音のスペクトルに着目

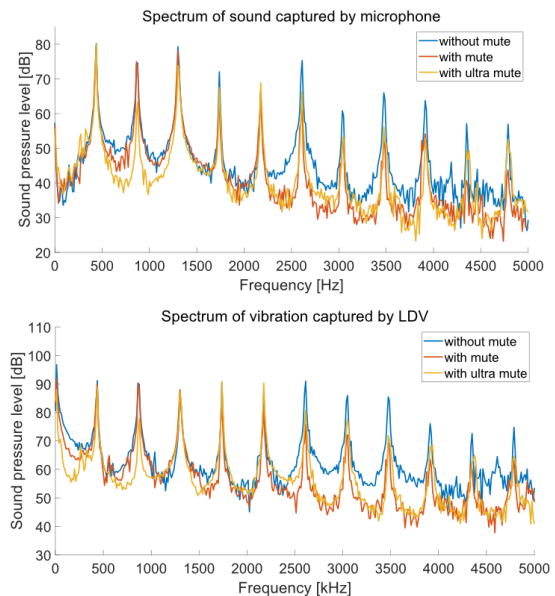


図-1 音のスペクトル(上)と駒の振動のスペクトル(下)

すると高周波数帯 [2250 Hz, 5000 Hz] においてミュート装着時の音圧レベルが下がっていることがわかる。各ピークの値を比較すると、ミュートなしに対して演奏用ミュートでは平均 8.8 dB、練習用ミュートでは平均 11.1 dB 下がっていた。また低周波数帯 [0 Hz, 2250 Hz] において、2倍音の音圧レベルは練習用ミュート装着時に 11.1 dB 減少していた一方で、4倍音の音圧レベルは演奏用ミュート装着時に 9.3 dB 減少していた。このことから、練習用ミュートは2倍音を、演奏用ミュートは4倍音の音圧レベルを特に減少させる効果あることが確認された。また駒の振動のスペクトルにおいても同様の特徴が見られ、これによってミュートによる駒の振動の変化が放射音にも反映されることが確認された。

3. 音の放射指向性

3.1 提案手法

マイクロホンの本数を従来より減らし、演奏者の演奏中の向き変化に対応するため演奏者をマイクロホンで取り囲むのではなく固定されたマイクロホンに対して演奏者が向きを変えることで指向性を計測する方法を提案する。まずマイクロホンを2本用意し、音源に対して近くの位置と遠くの位置に1本ずつ設置する。室内における音圧分布について、残響音によるエネルギーは音源からの距離に関わらず一定であり直接音によるエネルギーは距離に比例して減衰するため、音源に近いマイクロホンでは直接音と残響音の両方が、音源から十分に遠いマイクロホンでは残響音のみが得られると考えられる。音圧レベル p に対して $p^2 = \rho c^2 E$ が成り立つため、近くのマイクで得られた音圧を p_{near} 、遠くのマイクで得られた音圧を p_{far} とし直接音によるエネルギー密度 E_D 、及び残響音によるエネルギー密度 E_R について

$$E_D = \frac{p_{near}^2 - p_{far}^2}{\rho c^2} \quad (1)$$

$$E_R = \frac{p_{far}^2}{\rho c^2} \quad (2)$$

の式が成り立つ。ここで、拡散音場における定常状態において直接音と残響音を含んだ室内の全平均のエネルギー密度は $\frac{4W}{cA}$ であり、単位時間に全表面に吸収されるエネルギー $cE_R 4S\bar{\alpha}$ と単位時間に供給されるエネルギー $W(1 - \bar{\alpha})$ が等しいと考えられるため、(1)(2) から音響エネルギー密度について以下の式が成り立ち指向係数 Q を得ることができる。

$$Q = \frac{16\pi r^2(1 - \bar{\alpha})(p_{near}^2 - p_{far}^2)}{S\bar{\alpha}p^2} \quad (3)$$

ただし W は音源の音響パワー、 r は近い方に設置したマイクロホンと音源間の距離、 c は音速、 S は室の表面積、 $\bar{\alpha}$ は平均吸音率、 R は室定数である。

3.2 実験方法

ミュートなし、演奏用ミュートあり、練習用ミュートありの3パターンについてそれぞれ左から1番目の弦(G線)を弓で擦った際の音をマイクロホンに対して演奏者が水平方向に10度ずつ回転しながら計測した。角度の測定は演奏中の体に対するバイオリンの角度が変わらないこと、左足を軸に立って演奏した際に肩及びバイオリンが左足の真上に来ることを前提に左足のかかと内側と母指球横に張り付けた印を床上の拡大分度器に合わせることで行った。

3.3 実験結果

マイクロホンで計測した音から算出された指向係数 Q を図-2に示す。これらはマイクロホンで計測した音に対

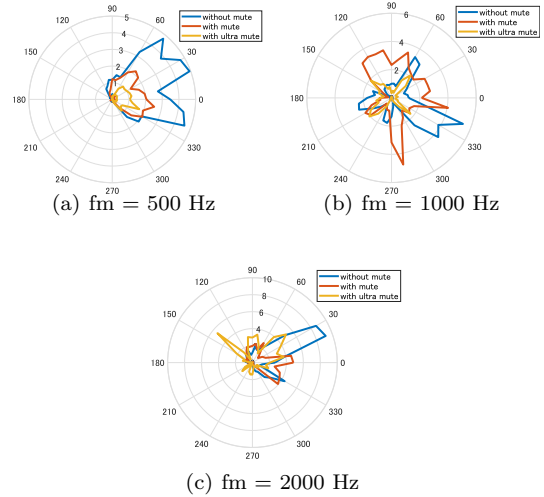


図-2 ミュート装着条件別バイオリン演奏音の指向係数

して中心周波数 500, 1000, 2000 Hz においてオクターブバンドパスフィルタを通し式 (3) を用いて算出した。周波数帯による違いに着目すると、中心周波数 500 Hz の低周波数帯では比較的突起の少なく円に近い形が得られており全指向性に近い一方、中心周波数 1000 Hz 及び 2000 Hz の高周波数帯では低周波数帯に比べて角度ごとの指向係数の差が大きく指向性が強く表れていることがわかる。ミュートの着用による変化に着目すると、演奏用ミュート装着時には特に中心周波数 1000 Hz において 120 度と 280 度の方向に強い指向性を持ち、練習用ミュート装着時には特に中心周波数 2000 Hz において 140 度の方向に特徴的な指向性を持つことが確認された。

4. むすび

本研究ではマイクロホン2本のみを用いて従来より簡易的な指向性計測方法を提案した上で音、駒の振動、及び音の指向性などについてミュート装着時と非装着時の違いについて調査した。今後はより実際の演奏に近い状況でのミュートによる影響を調べて、ミュートと練習効果の関係性について調べていく。また将来的には提案手法を発展させ演奏をしながら自動的に指向性計測を可能とすることを旨とする。

参考文献

- [1] 牧勝弘, 安藤繁, “楽器演奏者の空間放射特性の計測: 奏者の熟練度と名器の特徴”, 第60回自動制御連合講演会, vol.60, pp.FrHa1-2, 東京, Nov. 2017.
- [2] N.H. Fletcher, and T.D. Rossing, The Physics of Musical Instruments, Springer-Verlag, New York, 1991.
- [3] M. Vorländer, Auralization, Springer-Verlag, Berlin, 2008.
- [4] N.R. Shabtai, G. Behler, M. Vorländer, and S. Weinzierl, “Generation and analysis of an acoustic radiation pattern database for forty-one musical instruments,” J. Acoust. Soc. Am., vol.141, no.2692, pp.2692-2703, February 2017.
- [5] F. Otondo, and J.H. Rindel, “The influence of the directivity of musical instruments in a room,” Acta Acustica united with Acustica, vol.90, no.6, pp.1178-1184, November 2004.