絹鳴りの機構に関する研究

(第1報) 繊維束交叉摩擦による絹鳴りの測定法について

奈良女子大学家政学部 諸 岡 英 雄 (会員)

“ 古 里 孝 吉 (“)

Mechanism of Scrooping Sound of Silk

Part 1 : A Method for Scrooping Sound Measurement by Rubbing

Two Fiber Bundles under Intersecting at Right Angles.

Hideo Morooka and Kokichi Furusato,

Department of Clothing Science, Nara Women's University, Nara.

Abstract

This study intends to investigate the mechanism of scrooping sound of silk. Part 1 describes a method to measure the scrooping sound of silk and describes the source of its measured sound. Further, an attempt has been made to clear the source of scrooping sound of silk.

The following results are obtained :

- (1) A generating apparatus of frictional sound has been developed by rubbing two fiber bundles under intersecting at right angles just as violin strings, and an effective frictional sound has been generated.
- (2) It is able to ignore the influence of the mechanical and outside noise.
- (3) The measured sound is intermittent, and it is related to stick-slip vibration of friction.
- (4) The intermittent vibration contains sounds of string transverse vibration and vibration sounds of about 8 KHz frequency whose source is now unknown.
- (5) The scrooping sound of silk also contains an intermittent vibration which is almost about 8 KHz in frequency.

(Received January 16, 1976)

摘 要

目 的 絹鳴りの機構を解明することを目的とし本報では、絹鳴り測定の一方法とそれによる測定音の振動源について述べ、そして絹鳴りの振動を明らかにしようとする。

- 成 果**
- 1) 2本の繊維束をバイオリン弦のような直交交叉摩擦による摩擦音発生器を試作し摩擦音を発生させた。
 - 2) 本装置は、機械および外部騒音の影響を無視できた。
 - 3) 測定音は間欠振動で、摩擦のスティックスリップ振動であることを明らかにした。
 - 4) 間欠振動には、弦の横振動に基因する振動音と、現在、振動源の不明な約8 KHzの振動音が存在する。
 - 5) 絹鳴りにも間欠振動があり、それには約8 KHzの振動音が最も多く存在する。

(昭和51年1月16日受理)

1. 緒 言

従来、絹鳴りの測定方法に関する研究は少なく、沢路¹⁾²⁾らによるスティックスリップ摩擦測定装置による絹鳴りの良否判定方法があるが、Handlingによって絹鳴りを発生させているのが現状で、直接、音響振動を対象とした客観的計測法はないと考える。その客観的計測の実現を困難にしている理由としては、次の2つがあげ

られる。

① 絹鳴りは、微弱音(耳もとで、約85~95 dB)であるため、計測器に付随する機械騒音の防音対策がむずかしい。

② Handling中の絹糸運動が捕えにくい。以上のことを考え、かつ“摩擦音”という観点に立ち、2本の繊維束を交叉摩擦する装置を試作し、発生した摩擦音を究

明することにより、絹鳴りの発音機構を解明しようとするものである。

2. 装 置

2.1 装置の概要

図1が装置の概要図で、図2が試料の配置図、図3が実際の摩擦音発生器を表わす。装置は、防音箱、摩擦音発生器、モータ回転制御器、録音装置、音響分析装置より構成されている。

摩擦音発生器は、試料である2本の繊維束 L_1 , L_2 , 周囲を綿繊維で厚く巻いてモータ騒音を無視できるほど小さくした巻取モータ (W)、試料 L_2 の弦長を任意の長さに固定する弦長固定器 J_1 , J_2 , 交叉角度調整器 (H) 滑らかな回転をし、かつ測定中騒音を出さない滑車 G_1 , G_2 , G_3 より成り立つ。

試料の配置は、図2および図3のように、試料 L_2 が弦長固定器 J_1 , J_2 および荷重 T_2 により弦長 l , 張力

図1 装置の概要図

図2 試料の配置

L_1 , L_2 : 試料 T_1 , T_2 : 荷重
 H : 交叉角度調整器 W : 巻取モータ
 J_1 , J_2 : 弦長調整器 M : マイクロフォン

図3 摩擦音発生器

T_2 で取り付けられる。試料 L_1 は、その一端には、荷重 T_1 が吊るされ、他端は滑車 G_1 を通り、 L_2 とその $l/2$ の位置で直交しかつ、下側を通り、交叉角 θ で滑車 G_3 に至り巻取モータの巻取口に付いている。巻取モータは、防音箱外よりモータ回転制御器で操作可能で、試料 L_1 を一定速度 V_0 で巻きあげる。この時、試料 L_1 と L_2 の交叉部分から摩擦音が発生する。それをマイクロフォンで検出し、いったん、テープレコーダに録音した後、分析を行う。

防音箱は、その大きさが縦 1m × 横 1m × 奥行 1m で、内部には厚さ約 5cm に綿繊維吸音材がきっちりとはられ、更にその内側に厚さ 5mm の吸音板を張り、更に厚い毛布をはり防音効果を高めている。

また、滑車 G_1 , G_2 , G_3 はその中央に幅 1mm , 深さ 1mm の溝があり、試料 L_1 の横すべりを防いでいる。

2.2 録音および分析装置

録音に使用したマイクロフォンは SONY-ECM22P で有効周波数は、 $16\text{Hz} \sim 20\text{KHz}$, 録音器は、TEAC 社の A-2300 S (有効周波数 $30\text{Hz} \sim 22\text{KHz}$) を用い、それらを組合せた場合の周波数特性を図4に示す。これより我々人間が感じる絹鳴りの検出、測定には適当であることがわかる。

音響分析装置は、B&K 社のヘテロダイン方式の周波数分析により周波数分析を試みたが、減衰の速い間欠的

図4 録音装置 (マイクとレコーダ) の周波数特性

音響振動に対しては有効ではなかったので、いったん、TEAC社のデータレコーダ(位相平坦特性DC~20KHz)に録音し直し、再生速度を録音速度の1/20に低下させて、横河電機社製、電磁オシログラフ(位相平坦特性DC~1KHz)により波形を記録し、それより周波数を測定した。なお、音圧測定には、B & K社の騒音計2608型を使用した。

3. 試料および実験条件

3.1 試料

試料は、1973年春、山梨産、春嶺×鐘月、21dの生糸を使用し、下記の方法で精練を行った。石けんによる精練を行い絹糸重量の50倍量の0.5%石けん水溶液で30min間、95~97°Cで処理し、更に液を新しく変えて、同様の30min間処理を行い、水洗後、1%炭酸ソーダ水溶液に10min間浸漬し、更に1%の酸水溶液に浸漬し、後、風乾し供用試料とした。酸は酒石酸 $C_2H_2(OH)_2(COOH)_2$ および乳酸 $CH_3CH(OH)COOH$ の2種類を用いた。練減率は21.5%、単糸の断面積は、約 $0.558 \times 10^{-4} mm^2$ (日立明石製MINI SEMにより測定)

比重は1.345 (密度勾配管法により測定)

3.2 実験条件

モータの巻取速度 $V_0 = 140 mm/min$ 、交叉角度 $\theta = 45^\circ$ 、録音テープ速度 $19 cm/sec$ を用いた。試料 L_1 の本数は200本で、試料 L_2 は、190本、300本、1200本の3種について測定した。 L_2 の弦長および荷重については種々変化させて実験した。測定は、20°C、65% RHの恒温恒湿室中で行った。

4. 結果および考察

4.1 波形について

測定された摩擦音の波形は図5のような間欠振動であった。これをA振動とする。また、この波形の時間軸を拡大すると、図6のBおよびC振動が顕著に見られた。図7は2500 Hzに、遮断周波数を持つハイパスフ

図5 測定音の波形 (A振動)

図6 時間軸を拡大した測定音の波形 (B, C振動)

図7 ハイパスフィルタを通した後の測定音の波形 (C振動)

ルタを用いて、C振動成分を記録したものである。以上のような3つの振動が顕著に見られた。次いで、A、B、Cの各々について、その振動源を究明するための実験を行った。

4.2 A振動について

本測定器は、バイオリンの弦振動発生機構と同様と考えられるので、A振動は、Helmholtz³⁾の振動論のスティックスリップ振動に相当するのではないかと考え、巻取モータの代わりに、図8のようなUーゲージを乗せた水平引張器を用いて、摩擦を測定したところ、図9のようなスティックスリップ現象が測定され、その振動数

W: モータ U: U-ゲージ, L_1 : 試料

図8 水平引張器 (摩擦測定器)

図9 摩擦の記録図

図10 A振動とスティックスリップ振動の比較

とA振動数とを比較検討した。図10は、酒石酸処理をした練絹を用いて、試料 L_2 の弦長とその振動数との関係を音響測定結果 (○印) と、摩擦測定結果 (●印) とを比較した図で、両者はよく一致した。ただし、摩擦測定において、試料 L_2 の弦長が5 cm 以下の場合には、記録計のペン速度の関係で測定できなかった。その測定条件は

試料 L_1 の本数200本、荷重 $T_1=42.8\text{ g}$ 、巻取速度 $V_0=140\text{ mm/min}$ である。

以上より、A振動は、“間欠である”という点と、“摩擦のスティックスリップ振動数との一致”から、スティックスリップ振動であることがわかった。

4.3 B振動について

上述のように、本装置は、バイオリンの弦振動発生機構と同様と考えられるから、弦の横振動の発生が最も起こりやすいと考えられる。一般に、弦の横振動数は次式で表わされる。

$$f = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{\rho}} \dots\dots\dots (1)$$

f : 振動数 (Hz), l : 弦長 (cm)

T : 張力 (dyn) ρ : 線密度 (g/cm)

n : 1, 2, 3, ……

n は、弦の幾何学的形状によって決定されるのであるが本装置の場合、弦中央に交叉圧が加わっているため、それにより弦の幾何学的形状は、複雑に変化すると思われるが、おおよそ、 $n=3$ に近い振動数の発生があると考えられる。

図11は、酒石酸処理試料を、試料 L_1 の本数200本、荷重 $T_1=42.8\text{ g}$ 、試料 L_2 の本数1200本、荷重 $T_2=124\text{ g}$ 、交叉角度 $\theta=45^\circ$ 、巻取速度 $V_0=140\text{ mm/min}$ の実験条件で、試料 L_2 の弦長とB振動数との関係を求めた結果である。○印は、測定値で、実線は、横振動の理論値では $n=3$ の振動数と一致した。また、図12は、乳酸処理試料 (×印) と酒石酸処理試料 (○印) の試料

図11 L_2 の長さ と B 振動数の関係

図12 L_2 の長さ と B 振動数の関係

L_2 の弦長と B 振動数との関係を求めた実験結果である。測定条件は両者ともまったく同一である。その結果乳酸と酒石酸の酸処理による相異は見られず、まったく同一結果が得られ、 $n=3$ の理論値とほぼ一致した。

図11と12の結果をまとめると、

- 1) 試料 L_2 の弦本数を変えても、弦の横振動の理論値の $n=3$ に近い振動数が得られた。
- 2) 試料 L_2 の弦長を変化させると、弦の横振動の理論値 $n=3$ に近い振動数が得られた。
- 3) 酸による違いは認められず、同一結果が得られた。

以上より、B 振動は、弦の横振動に基因する振動音と考えられる。

図13 L_2 の長さ と C 振動数の関係

4.4 C 振動について

ここでは、ハイパスフィルタを用いて、測定音から B 振動をカットし、C 振動数を求めた。図13は、図11の測定音の C 振動に関する測定結果である。これより試料 L_2 の弦長にはほぼ関係なく、約 8 KHz の高域振動音を得られた。また図14は、試料 L_2 の荷重 T_2 を変化した場合の C 振動数の測定結果である。この場合も、約 8 KHz の高域振動音が張力に関係なく得られた。なお、その測定条件は、試料 L_1 の本数200本、荷重 $T_1=62.8g$ 、試料 L_2 の本数190本、弦長 $l=10cm$ 、交叉角度 $\theta=45^\circ$ 、巻取速度 $V_0=140 mm/min$ である。

以上、C 振動は、弦長や、張力にほぼ無関係な約 8 KHz の高域振動音であった。この振動源については、現在検討を進めている。

図14 L_2 の荷重 と C 振動数の関係 図15 L_2 の長さ と 音圧 の関係

4.5 音圧について

図15は、図11の測定音の試料 L_2 の弦長と音圧との測定結果であるが、全音圧はほぼ 83 dB、C 振動は、約 58 dB であった。図12の結果も同様の値であった。

また、暗騒音は、約 50 dB で機械および外部騒音の影響は無視できた。

4.6 Handling による絹鳴りとの関連

図16は、酒石酸処理をした試料(約15g)を Handling し たときの一握り全体の振動波形で間欠振動の発生がみられる。その振動数分布が図17で、50 Hz~60Hz の振動が

図16 絹鳴りの波形 (一握り全体)

図17 間欠振動の振動数分布

図18 絹鳴りの波形 (1個の間欠振動)

図19 間欠振動に含まれる振動数分布

最も多く測定された。この間欠振動は、本測定法の A 振動に対応すると考えることができ、したがって Handling 中に、絹糸相互間にスチックスリップ振動が発生していると考えられる。

さらに、1個の間欠振動の波形の時間軸を拡大した波形が図18で、それを構成している振動数分布を求めてみると図19のように、約 8 KHz の高域振動音が最も多く含まれていた。沢路氏⁴⁾も、絹鳴りの波形から 7 KHz 前後の振動音を絹鳴りの特徴音であろうとしているがやはり同様の結果を得たと考えられる。弦長および張力にほぼ関係なく、約 8 KHz の振動音を発する C 振動が絹鳴りの主たる振動ではないかと考え検討を進めている。

5. 結 語

以上のことから、次の結果が得られた。

- 1) 絹鳴りの客観的計測法として、2本の繊維束を交叉摩擦する摩擦音発生器を試作した。
- 2) その摩擦音には、間欠振動がみられ、それは摩擦測定結果と比較したところ、スチックスリップ振動であることがわかった。
- 3) 間欠振動の1個には、弦の横振動音(B振動)と、約 8 KHz の C 振動音が含まれていた。
- 4) C 振動は、試料 L_2 の弦長、張力を変えても、ほぼ 8 KHz であった。これについては現在検討中である。
- 5) Handling による絹鳴りにも間欠振動がみられ、本測定法による A 振動と比較したところ、それはスチックスリップ振動と考えられる。
- 6) 絹鳴りの間欠振動の1個には、種々の振動音が含まれていたが、約 8 KHz の振動音が多くみられた。そ

れが絹鳴りの特徴音と考えられるが、その振動源については目下検討を進めている。

7) 本測定器では、機械騒音を無視できた。

6. あとがき

本研究を進めるにあたって多大のご援助をいただいた京都大学工学部佐藤進助教授、中井幹雄講師、博士課程の横井雅之氏および実験に協力された奈良女子大四回生、金山真知子、塩見早代子の両嬢に厚く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 沢路，川口，乾；日本繊維機械学会第20回年次大会講演前刷 p.202 (1967)
- 2) 沢路，諸岡；製糸絹研究発表集録， p.107 (1970)
- 3) H. V. Helmholtz；「Die Lehre von dem Tonempfindungen」 Braunschweig, 1973.
- 4) 沢路；絹鳴りとその計測，繊維と工業，31，p-317 (1975)