

駒の駆動脚を表板を介在せずに裏板に直結したバイオリンについて

幸田 学、竹内 康人*
作曲家 (無所属)、*鹿児島大学工学部情報工学科
y.takeuchi@ieee.org

あらまし： バイオリンの基本構造の中の最も重要な点の1つは、駒の上の弦の水平運動を、駒が、その左脚の接地点の直下にある表板の裏のブスバーの与える剛性を根拠に、その接地点を回転中心とした回転運動に変換し、さらにこの回転運動がその右脚においてこれを垂直運動として見えるのを、最終放射手段である裏板に、表板、魂柱という経路でもって伝える、という点である。これはバイオリン族が開關以来基本的に踏襲して来た点である。しかしながら今回の研究においてはかかるモード変換・伝達・放射の経路上において表板は強いローカットフィルタの作用をしていると考えられ、それは結局の所、効率の良い放射のためには、特に低音域においては、かえって邪魔をしているのではないかという考えを持ち、それを若干の改造研究により証明せんとし、一定の成果を得たので報告する。

A Modified Violin with Driving Foot Directly Coupled to Back Plate Without Touching to the Front Plate

M. Koda and Y. Takeuchi*
Music Composer (independent), *Kagoshima Univ. Faculty of Engineering
y.takeuchi@ieee.org

Abstract: The basic mechanism of violin family bowed string instrument is that the horizontal movement of string at bridge is converted to vertical movement of its driving foot, by means of pivoting at another foot resting on bus-bar-sustained part of front plate. Driving foot movement is transmitted to back plate via soundpost and front plate. Here the front plate may work as strong high-pass filter across the transmission channel to disturb the radiation, especially at lower frequency. Our short research presented here showed that it is true. An experimental bypass-holed violin and its alias emit much more power than normal (=traditional) structure ones.

研究の概要

バイオリンの基本構造の中の最も重要な点の1つは、駒の上の弦の水平運動を、駒が、その左脚の接地点の直下にある表板の裏のブスバーの与える剛性を根拠に、その接地点を回転中心とした回転運動に変換し、さらにこの回転運動がその右脚においてこれを垂直運動として見えるのを、最終放射手段である裏板に、表板、魂柱という経路でもって伝える、という点である(1)。しかし別な説によれば高周波と低周波で状況は異なり、低周波では逆に魂柱の側が回転中心になりブスバーの側を振動させているとも言われる(2)。これらはバイオリン族が開關以来基本的に踏襲して来た設計思想であるが、必ずしも明確に、ないし顕示的に語られたまたは研究されては来なかったと考えられる。一方で同じ用弓弦楽器（擦弦楽器とも言う）であってもこのような振動モードの変換という思想をもたない胡弓や二胡（板胡も含む）においては水平方向に弓を動かしてもまともには鳴らないという用弓上の制約を承知で演奏する（二胡、胡弓）とか、駒の構造の工夫（段つき駒とか）により角度をつけた用弓による弦の垂直運動成分を放射膜へ直接伝える（三弦板胡）とかの工夫が必要であった。著者らの一連の“コキョリン”の開発、実用化の試みも思想の一端はこの点にあり、それにおいてはブスバーに相当する“堅い”構造物により駒の一方の脚（固定脚）を支え、この支持点を回転中心として上記のように弦の振動をモード変換した結果を他方の脚（駆動脚）により放射膜に伝達する。しかしながら今回の研究においてはバイオリン自身の構造上の暗黙智を多少敷衍もしくは挿擲する結果になるが、バイオリンの伝統的構造において、表板はかかるモード変換・伝達・放射の経路上において強いローカットフィルタの作用をしている、言い換えるところの意味では“邪魔をしている”のではないかという点に着眼し、それを一連の実験により検証し、一定の知見を得た。その結果によると、駒の駆動脚を表板に穴を穿ってバイパスしてサウンドポスト（いわゆる魂柱）經由裏板に直結したバイオリンおよび駒の脚の間において表板にみぞを切って分離したバイオリンは、比較用の同一銘柄のバイオリンに比較して高い放射効率を示す事がわかった。

実験機の概要

市販されている入門者用の安価な量産品のバイオリン3台を入手した。これらは同一銘柄の同一ロットの物であり、いわゆるポリウッド（合板）の熱間プレス加工により出来ている物で、胴体において削り出し工程は用いていないと推察される。内1台を比較用に保存し、2台を以下のように改造して実験の用に供した。

(1) “穴あきバイオリン”： 図1に示すように、駒の右脚の所で表板に穴をあけ、これを表板に触れさせる事なくサウンドポストに載せて裏板を駆動するようにした。サウンドポストは常識的な位置（駒の脚の直下ではなく僅かに手前にある）とは異なり駒の客の直下にある事になり、またももとの表板の厚みの分だけ延長する必要がある。本研究では裏板に接する側に円盤型の台座を噛ませる事により対応した。また駒の左脚はピボット接点である事をより明確化するため、靴状の面接触を廃し、楔状に加工して線接触とした。

(2) “みぞ切りバイオリン” 図2に示すように、駒の脚の間において表板に長いみぞを切り、このみぞを境に左右がなるべく独立した動作をするように設定した。このモデルにおいては、駒およびサウンドポストは改造前の状態から本質的に変更されていないが、左脚の接触部は図1の場合と同様に楔状にしている。

実験過程の概要

表板および裏板の各部の振動を観測せんとして、微小な寸法（および負荷質量）のコンタクトマイクロホンを試作した。図3にその概要を示す。約5mm角のPZT板に若干の背面質量を負荷し、その厚み振動すなわちいわゆる33結合を利用する物であり、目的地点にはホットメルトや粘着材、両面接着テープ等で“仮接着”ないし“係留”する。負荷質量は100mg内外である。これにより観測された各部の振動波形は全体的な状況を良く物語る物であったが、これは以下のような理由で現段階では正式には採用出来なかった。

- (1) 可能な仮接着の手段手法を含めての校正を行う事が困難である。
- (2) 可能な仮接着の手段手法が安定な計測に適する程には安定かつ再現性が良いとは言いがたい。
- (3) またケーブルが太すぎて負荷質量に貢献し、またそれを介しての音響ノイズの混入が避けられない。
- (4) バイオリンに関しては、主観的ではあるが、この軽さでも発音に影響が感ぜられる。

そこで図4に示すタイピンマイクで至近距離から観測する事にした。これを表板ないし裏板から2cmの位置に係留し、放射されている空中音を至近距離から観測する。G線開放弦の音を、なるべく同じ弾き方で弾いて収録し、比較した。この“なるべく同じ弾き方で”という点は正直に申して未だ管理されておらず、主観に頼っているの、機械化ないし入力エネルギーの計測など今後の改良を要する。

出力パワーの比較の概要

各機の G 線開放弦の音響出力の相対比較を区間切り出した音響信号を図5に示す。また周波数スペクトラムも図6に示す。図5の信号の全サンプルの自乗和をもってパワーを代弁させると以下のとおりである。

穴あきモデル：	1.4313
みぞ切りモデル：	0.9584
比較用（加工なし）：	0.4531

また周波数スペクトラムから基本波および低次高調波のレベルを相対比較すると以下の通りである。

	基本波	2次高調波	3次高調波	4次高調波	5次高調波
穴あきモデル：	42dB	54dB	36dB	32dB	30dB
みぞ切りモデル：	38dB	54dB	38dB	45dB	43dB
比較用（加工なし）：	35dB	38dB	49dB	33dB	31dB

これより予想した通り、表板を回避する（穴あきモデル）とは出力増大に貢献する事が推察された。また回避の代りに拘束の緩慢化（みぞ切りモデル）でも効果がある事が推察された。

今後の課題や展望など

主観を排除するために奏鳴の機械装置化、ないし弓から弦へ伝達されている機械エネルギーを計測出来るようにする事が課題である。また表裏の板の振動の計測ないしいわゆる“見える化”も必要であるが、それにはドプラインメージングなどの大掛かりな方式装置もさる事ながら、超軽量コンタクトマイクロホンの開発が1つの要であり得ると考えられる。バイオリン族の構造、設計主旨、動き方ないし働き方に関しては未だにミステリーないし陋習が多々あると考えられ、科学的に説明しようとするあらゆる伝統的なしきたりが、各々がごく基本的な事に還元されると大して意味がないとされかねない状況であり(2)、そういう風向きの動きは伝統を守ろうとする向きには一定の痛みを伴う。しかしながら今回の簡素な評価実験でバイオリンなどの用弓弦楽器における新たなパワーアップの方法が確認出来たと考えられるので、実用的な実施の試みを継続したいと考えている。

参考文献

- (1) 著者ら、本研究会資料 MA2008-59(2008.11), MA2008-4(2008.5), MA2004-10(2004.6)
- (2) James Beament, "The Violin Explained" (単行本) Oxford University Press, 1997. ISBN 0-19-816739-3

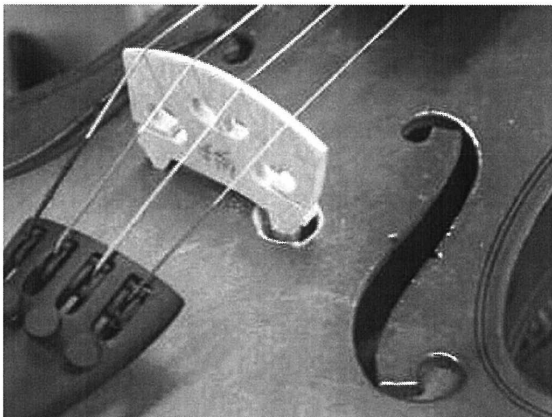


Fig. 1 穴あきモデル

駒の右脚を表板に穴をあけて直接サウンドポストに載せ、裏板をじかにドライブするようにしている。左脚は表板にべったりではなくとがらせて楔の頂点の一線で表板に接し、ピボットの動作を確保している。

Fig.2 みぞ切りモデル

駒の右脚の接触部（駆動部）を、表板に切り込んだ長いみぞでもって左脚とプスパーの区画から切り離し、なるべく拘束を減らすようになっている。左脚は Fig.1 の場合と同様に楔状にしている。

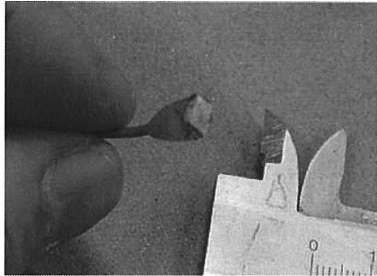
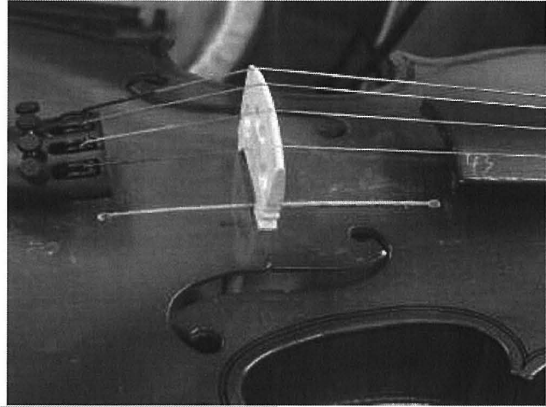


Fig.3 (左) 微小径コンタクトマイクロホン(不採用)

Fig.4 (右) タイピンマイクロホン(採用)

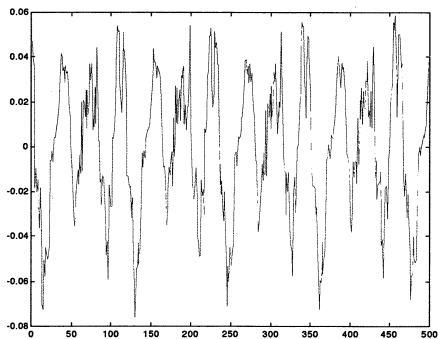
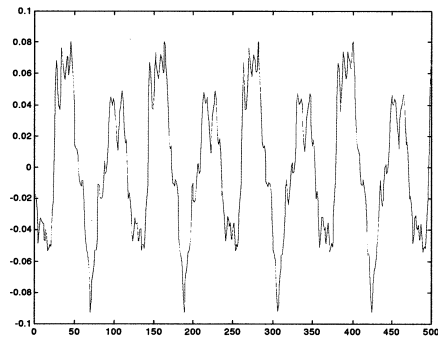
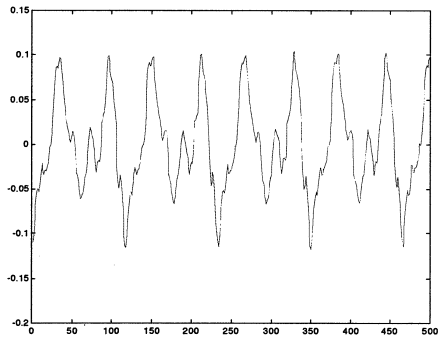


Fig. 5: G 線開放弦の音響出力を裏板から 2 cm の位置にて空中でタイピンマイクにより採録した波形。サンプリング周波数は 22.1KHz, 500 サンプル分の区間データ。相対比較のための任意目盛り。

上左: 穴あきモデル、天地は+0.15~0.2。

上右: みぞ切りモデル、グラフの天地は+0.1~0.1。

左: 比較用の無加工の物: 天地は+0.06~0.08。

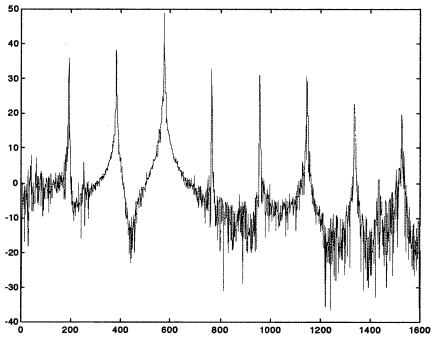
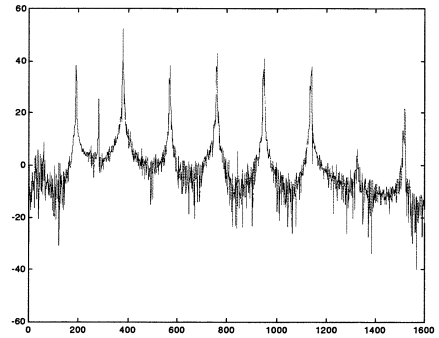
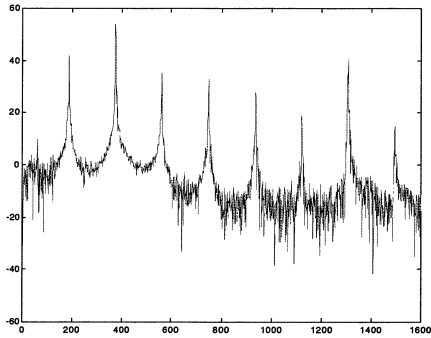


Fig.6: 各々の周波数スペクトラム
 縦軸はデシベル、横軸は周波数で0~1.6KHz相当。
 上左：穴あきモデル
 上右：みぞ切りモデル
 左：比較用の無加工の物