

モーターを用いた擦弦デバイス “Gizmoviolon”

清水 久見^{1,a)} 城 一裕^{2,b)}

概要: 本研究では弓でのボウイングに代わりモーターの駆動によって発音する擦弦デバイス “Gizmoviolon” を開発した。擦弦楽器の演奏法の拡張を目的として、弓を用いるがゆえに生じる演奏上の制約の解消を試みた。制作したデバイスを用いた演奏、弓による演奏との音色の比較、および奏者に対するインタビューを行い、目的の達成度合いを検証した。

キーワード: ヴァイオリン, 擦弦楽器, モーター, ボウイング

“Gizmoviolon” :Electric Motored Bowing Device for Stringed Instruments

SHIMIZU HISAMI^{1,a)} JO KAZUHIRO^{2,b)}

1. はじめに

クラシック音楽を中心に用いられているヴァイオリンやヴィオラなどの擦弦楽器においては、演奏に弓を使う故の奏法上の制約がある。たとえば、3音以上の和音を演奏する場合、実際には同時に発音出来る音は2音までであり、楽譜の記述に反して一部の音は瞬時的にしか演奏されていない [1]。

本研究では、これら擦弦楽器の演奏法を拡張することを目的として、弓でのボウイングに代わりモーターの駆動によって発音する擦弦デバイス “Gizmoviolon” [10] を開発し、ボウイング、移弦、重音奏法、運指の4つの観点から、演奏に弓を用いるがゆえに生じる各種の制約を解決する。

2. 背景

2.1 擦弦楽器

Sachs は、楽器をその発音の原理から5種類に分類した [9]。その中では、ヴァイオリンやヴィオラなど弦の振動



図 1 Gizmoviolon.

によって音を出す楽器は弦鳴楽器、またエレキギターのように最終的には電磁気を用いて発音あるいは音の増幅を行

¹ 九州大学大学院芸術工学府
Graduate School of Design, Kyushu University

² 九州大学芸術工学研究院
Faculty of Design, Kyushu University

a) simizuhisami.0702@gmail.com

b) jo@design.kyushu-u.ac.jp

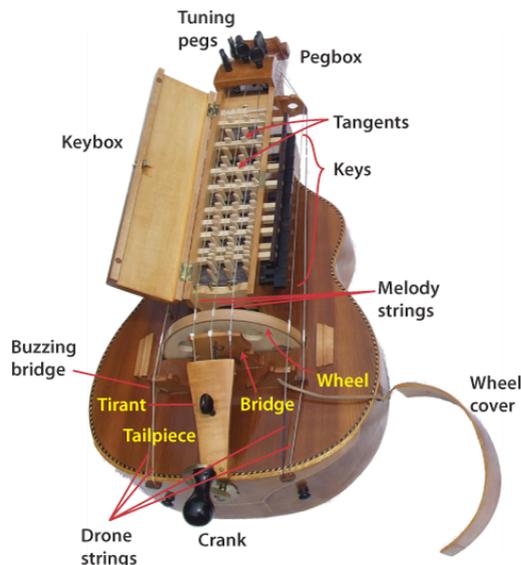


図 2 ハーディ・ガーディ. 出典: Wikimedia Commons

う楽器は電鳴楽器, として分類されている. 一方, 本論文ではそれら楽器の奏法に着目し, 弦を擦って音を出す擦弦楽器という観点から, その演奏法の拡張を実現するデバイスとして“Gizmoviolon”の開発をおこなった.

2.2 ヴァイオリン属

以下, 擦弦楽器の一つであるヴァイオリン属の基本的な演奏法についてまとめる.

ボウイング 弓によって弦を擦る奏法をボウイングという. 対して, 指で弦をはじく奏法をピッチカートという. 弓には松脂を塗った毛が張られている.

移弦 演奏する弦を変える(移る)事を移弦という. 演奏上の基礎技術とされているが, 腕, 肘, 手首, 指の複合的な動きが要求される.

重音奏法 複数の弦を同時に弾くことで2つ以上の音をだす奏法を重音奏法という.

運指 運指においては, 左手の指で弦を指板に押さえつけ, 音程を作る. 指板を押さえたまま左手を動かすことでヴィブラートを掛けることが出来る.

2.3 その他の擦弦楽器

2.3.1 ハーディ・ガーディ

ハーディ・ガーディは弓の代わりに木製のホイールを用いる擦弦楽器である. 松脂を塗ったホイールを回転させ, 弦を擦ることで音を出す. キーを左手で操作することで, 音程を作る [6], [9].

2.3.2 ギター用エフェクター Gizmotron

Gizmotron は, Gizmotron LLC によって開発されたモーターで回転するローラーにより繰り返し弦をはじいて音を出すギター/ベース用デバイスである (図 3)[5]. 既存のギターないしはベースに取り付け, そのサステインを無限に



図 3 Gizmotron 2.0. (<http://www.gizmotron.com/videos>)

することで, ヴァイオリン属の有機的な音を再現し, ポリフォニックなコードの演奏を可能とする. ただし弦を弾いて音を出しているため, 擦弦デバイスと呼んでいいかは疑問が残る.

3. Gizmoviolon の開発

3.1 開発の目的

Gizmoviolon は, 弓でのボウイングに代わりモーターの駆動によって発音する擦弦デバイスである. 先述したギター用デバイス“Gizmotron”に着想を得て, 弦鳴楽器と電鳴楽器のハイブリットであるサイレントヴィオラに対して, 駆動用モータ, ホイール, キーを追加した. 本デバイスにより, ヴァイオリン属の演奏法を拡張することで, 新たな音楽表現の可能性を探るとともに, 演奏技術の習得の助けとすることを狙いとしている. 以下, ヴァイオリン属の基本的な演奏法に沿って, 開発の目的を記す.

ボウイング

- キーを押すだけで簡単に音が出ること.
- 十分な長さの安定したロングトーンが出せるようにすること.
- ボウイングからピッチカートへの迅速な持ち替えが出来るようにすること.

移弦

- 移弦を容易とすること.

重音奏法

- 3重以上の重音の同時発音ができること.
- 1本以上弦を飛ばしての重音奏法ができること. 例:A線とC線のみの駆動

運指

- 指板による音程構造はそのまま採用し, ヴィブラートやポルタメントなどを可能とすること.
- 右手と左手を分離した練習を可能とすること.

3.2 プロトタイプ

開発にあたり, 楽器として望ましい音が出せるかどうかを試すためプロトタイプを作成した.

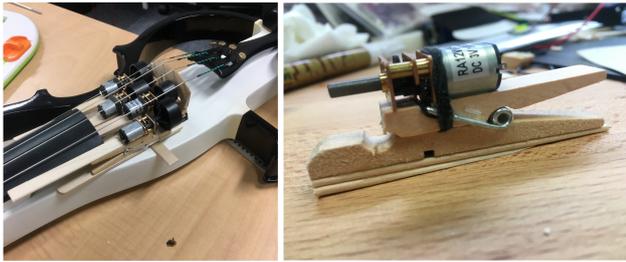


図 4 プロトタイプのシーソー機構.

3.2.1 弦の駆動方式

弓による撥弦楽器の発音では弓圧と弓速とのバランスが重要となる [4]. 素材と方法の検討を行った上で、本プロトタイプでは前述のハーディ・ガーディから着想を得て、松脂を塗ったプラスチックのホイール（タミヤミニ四駆）をモーターで回転させて弦を擦ることで発音を可能とした。

3.2.2 駆動用モーター

ホイールを回転させて発音させる上では、適切な角速度が求められる。検討の後、本プロトタイプでは、ギア比 134:1 100rpm のギアドモーター（ダイセン電子 ギヤモーターミニ RA12W0134-SY6801）を採用した。

3.2.3 キー

発音を制御する上で、ホイールを弦に接触させるための機構が必要となる。本プロトタイプでは、モータの角速度及び回転方向の制御は行わず、キーにより回転させたホイールを弦に触れさせることとした。試作として、既成品の木製洗濯バサミを用いたシーソー型の機構 (図 4) を作成した。この機構では、つまみを押すことでモーターが持ち上がるが、演奏に際しての十分な強度と精度を確保出来なかったため、改良の余地が残る結果となった。

3.3 Gizmoviolon

以下、プロトタイプからの改良点を述べる。

3.3.1 弦の駆動方式

発音させる際に、弦の適切な場所を擦る必要があるため、薄くコンパクトなホイールとして、レーザーカッターで円盤状に切り出した厚さ 3mm のアクリル板を紙やすりで磨き、松脂を塗ったものを使用した (図 6)。

3.3.2 駆動用モーター

試作の結果、細い（高い音程を担う）弦は、他の弦と比較して圧力をかけられない、ということがわかったため、最高音の A 線のみより角速度を上げるべく ギヤ比 60:1 230rpm のモータ（ダイセン電子 ギヤモーターミニ RA12W0060-SY6800）を用いることとした。この改良により明瞭な音が出るようになったほか、弦の応答が良くなった。

3.3.3 キー

シーソーの機構を改良し、指で押した力が直接ホイール

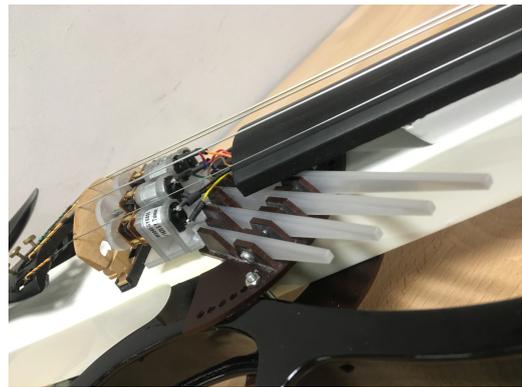


図 5 Gizmoviolon のキー.

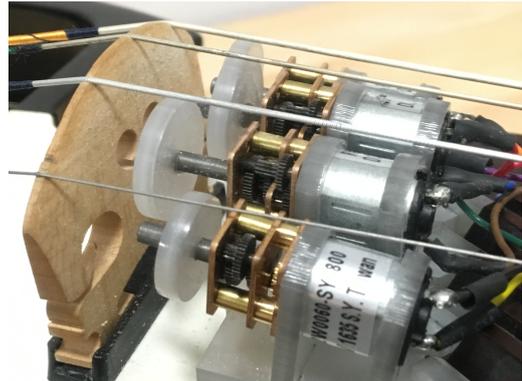


図 6 Gizmoviolon のホイール.

にかかる構造とすることで、強度と精度を確保した (図 5)。

4. 実験

制作した Gizmoviolon を用い、実験 1 として著者の一人の演奏による検証、実験 2 として弓と Gizmoviolon、それぞれの演奏の録音波形を用いた音色の比較、および実験 3 として楽器経験者 4 名によるインタビューを行い、演奏法の拡張という目的の達成度合いを確かめた。

4.1 実験 1-演奏による検証

4.1.1 目的

本実験では、著者の一人が自身で Gizmoviolon を取り付けたサイレントヴィオラを演奏し、開発の目的を達成できたかどうかを検証する。

4.1.2 方法

スケール、簡単な音型、ヴィブラート、ポルタメント及び Violin Partita No.2 in D minor, BWV 1004 (Bach J.S.) のヴィオラ用編曲 [2] の冒頭 8 小節の演奏を行った。

4.1.3 実験条件

著者の一人は、ヴィオラ 18 歳～現在 22 歳（4 年）の楽器経験を持ち、現在大学の学生オーケストラで週 15 時間程度練習し、2 年目から年度毎に 2 回行われる演奏会に出演している。その他ピアノ 10 歳～16 歳（6 年）の楽器経験がある。

4.1.4 結果

3.1 で述べた開発の目的に沿って以下に結果を記す。

ボウイング

- キーを押すだけで簡単に擦弦で音が出せるようになった。一方で音の立ち上がりが弱く歯切れの悪い音になり、音量や音色の制御は非常に難しくなった。また、高速のパッセージやハイポジションなどで音が出ないことがあった。
- Gizmoviolon で最も安定して音が出る C 線で、ロングトーンを鳴らせる持続時間を調べた。10 分以上のロングトーンを達成した。
- ボウイングからピッチカートへの持ち替えが容易になり、同一の弦でピッチカートとボウイングを同時に演奏可能となった。

移弦

- 隣のキーを滑らかに押し直すことが難しいので移弦の技術は従来とは異なるものになり、弓を用いた移弦とは別の練習が必要になった。

重音奏法

- 3 重以上の重音の同時発音は可能であった。
- 1 本以上弦を飛ばしての重音は可能となった。

運指

- ヴィブラートやボルタメントをかけることはできた。
- 右手を押しただままにして音階やヴィブラートなどの練習ができたので、左手を分離した基礎練習が可能になった。一方移弦などの困難から滑らかに曲を演奏することは難しかった。

4.2 実験 2-音色の比較

4.2.1 目的

弓と Gizmoviolon, それぞれの演奏の録音波形を視覚的に観察し、両者の、音の安定性、ヴィブラート、立ち上がりの鋭さについて考察する。

4.2.2 方法

弓と Gizmoviolon, それぞれの演奏を録音し、“音の安定性”, “ヴィブラート”, “立ち上がりの鋭さ” の 3 つの項目について波形を比較した。

4.2.3 実験条件

Gizmoviolon を取り付けたサイレントヴィオラはピエゾピックアップとプリアンプを内蔵しているため、その出力を PC に接続して、弓と Gizmoviolon 双方の演奏を録音した。波形の観察には Audacity を用いた。

4.2.4 結果

音の安定性

弓と Gizmoviolon 双方のロングトーンを演奏した際の波形 (図 7) を観察したところ、弓による演奏では、弓と弦との接触部位がその先端に近づくにつれて音量が減衰している。また、波形の包絡線に不安定なふらつ

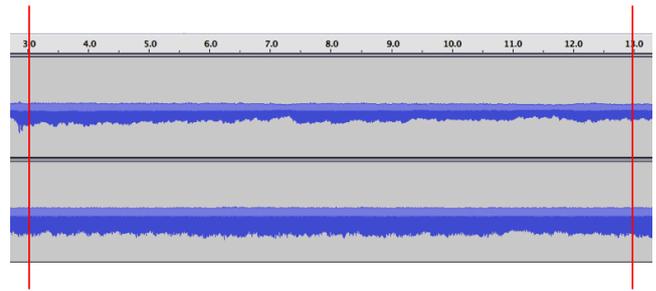


図 7 上: 弓での演奏によるロングトーン。
下: Gizmoviolon での演奏によるロングトーン。

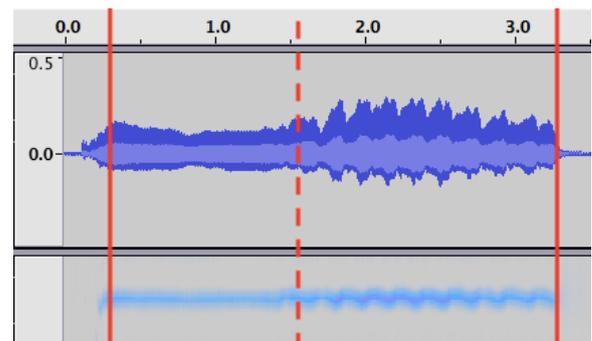


図 8 弓での演奏におけるヴィブラート。

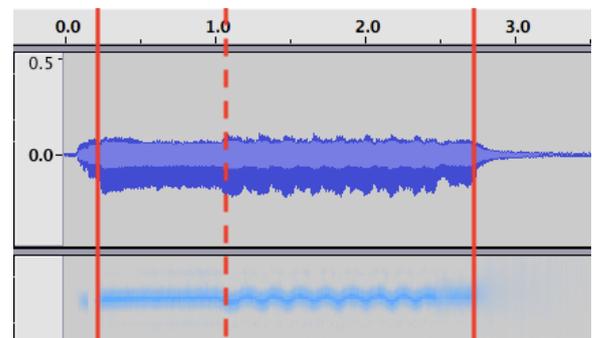


図 9 Gizmoviolon での演奏におけるヴィブラート。

きが見られた。Gizmoviolon による演奏では、音量の減衰はなく、包絡線のふらつきも小さく、周期的である。

ヴィブラート

A 線第 1 ポジションの D 音にヴィブラートをかけてその波形を比較した (図 8, 9)。図中央の点線より右側がヴィブラートをかけた部分である。上段に通常の波形 (振幅), 下段にピッチ (音程) の変動を記している。両者の波形からは、ピッチの変動はほぼ同程度の場合でも、音量については Gizmoviolon による演奏の変動が少ない、ということがわかる。

立ち上がりの鋭さ

C 線の開放弦を弾いた際の音の立ち上がり波形を比較

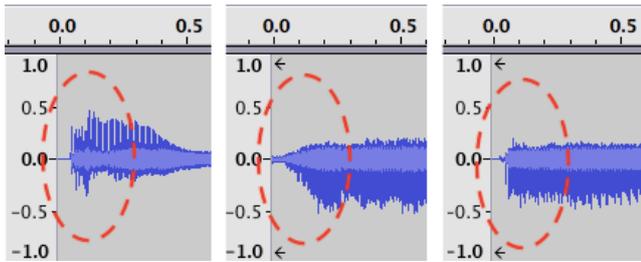


図 10 左：弓での演奏。
中央：Gizmoviolon の電源を入れてからキィを押した演奏。
右：Gizmoviolon のキィを押してから電源を入れた演奏。

した (図 10)。比較に際し、Gizmoviolon のモーターそのものの立ち上がりの影響を検証するため、弓での演奏に加えて、Gizmoviolon の電源を入れてからキィを押した演奏と、キィを押してから電源を入れた演奏、の 3 者を比較した。結果として、弓での演奏で観察された音の立ち上がりに対して、Gizmoviolon で電源を入れてからキィを押した際の音の立ち上がりは鈍く、キィを押してから電源を入れた際の音の立ち上がりは弓での演奏と同等なものとなっている。

4.3 実験 3-インタビュー

4.3.1 目的

楽器経験者による Gizmoviolon を取り付けたサイレントヴィオラの試奏とその後のインタビューを通じて、演奏法の拡張という目的の達成度合いを確認する。

4.3.2 方法

4 名の実験参加者による試奏とインタビューを行った。

4.3.3 実験条件

4 名はそれぞれチェロ (11 年)、コントラバス (4 年)、フルート (5 年)、ホルン (11 年) の楽器経験がある。

4.3.4 結果

弓以外のものでこすっていることに特殊奏法らしさを感じる、という楽器の演奏感覚に対する意見や、ポジションを覚えるための練習やトリルの練習がしやすい、という用途に関する意見が得られたほか、キィと指板をまとめて押すことで、発音と運指を片手で同時に行う奏法のような、Gizmoviolon ならではの新しい奏法が生まれたが、楽器が重い、キィの押さえ間違いをしやすい、モーターがうるさいという否定的な意見も得られた。

5. 考察

以下、実験の結果を踏まえ、Gizmoviolon について、“演奏法の拡張”、“音色”、“楽器”、“演奏技術習得の補助”の 4 つの点から検討する。

5.1 演奏法の拡張

演奏法の拡張について以下、ヴァイオリン属の基本的な

演奏法に沿って考察する。

ボウイング

Gizmoviolon の実装により、ボウイングに対応する演奏動作は大きく変わった。弓のストロークは一切不要になり、キィを押すだけで従来よりも容易に音が出せるようになったが、体の動きは音楽に反映されにくくなった。また、Gizmoviolon による演奏ではキィを押さえた手の余った指で弾くことが出来るので、ピッチカートへの持ち替えが容易になっただけでなく、練習次第で持続音の合間にも自由にピッチカートを入れることが出来るようになった。

移弦

Gizmoviolon における移弦は、腕、肘、手首、指の複合的な動きは要求されなくなったものの、キィが不安定で操作しにくいと、依然として難しい技術となった。

重音奏法

重音の演奏においては演奏感覚が大きく変わった。4 弦すべてを発音したときの感触はオルガンにも近かった。重音の多い曲を記譜どおり演奏できるようになり拍子や和声の流れが把握しやすくなった。一方で重音と単音がまじる演奏では、移弦と同じく演奏が難しかった。また、一度には押さえにくい重音も同時に押さえなければならないということにもなった。なお、弓の竿と毛の間に楽器を通すようにして、4 重音を演奏する奏法もある [8]。筆者もこれを試したが、弓を使うことにより、Gizmoviolon よりも立ち上がりや音色に優れていた一方、2 重音や単音を出すことはできなかった。

運指

左手の技術や運指に大きな変化はなく従来通り運指を行うことができたため、ヴィオラに慣れた筆者は簡単に適応できた。左手のみに集中して演奏できる様になり、弓を動かす動作がなくなったことから右手でも指板を押さえることが出来るようになった。

5.2 音色

現状の Gizmoviolon を用いた演奏からは、コンサート等での実際の演奏に使用できるほどの音色と音の安定性を得ることはできない。特に弓での演奏と比較した場合には音の立ち上がりが弱い。一方で、長時間の安定したロングトーンや音程のみの独特なヴィブラートを実現することができた。なお、このヴィブラートの原因としては、弓で演奏する際には、ヴィブラートによる楽器の揺れが、弓圧に変化をもたらすため音量も同時に変化するが、Gizmoviolon での演奏では、デバイスが楽器本体に固定されているため、弦にかかる圧力が一定となり音量に変化をもたらさない、ということが考えられる。将来的には、ホイールの素材を変更することで音色と安定性を改善できる可能性がある。

5.3 楽器

Gizmoviolon を楽器に取り付けるデバイスとして考察した場合、重量の増加、キィの圧力の調整、構造上連符の演奏が困難、ホイール接触時の雑音、松脂の高頻度での塗布という問題がある。今後、各弦ごとにモーターの駆動を制御し、回転方向を切り替えられるようにすることで、特に音色や音の立ち上がりに改善が期待できる。また、サイレントヴィオラではなく、通常のアコースティックなヴィオラに取り付けられるよう、構造を検討する必要がある。

5.4 演奏技術習得の補助

インタビュー時に指摘のあった、左手に集中できる、音階練習に向いているという意見を踏まえると、弓で弾く擦弦楽器の演奏技術習得の補助、という観点からは、音階やヴィブラートの演奏を練習するためのデバイスとしても位置づけることが出来る。

6. まとめ

本研究では、擦弦楽器の演奏法の拡張を目的として、弓でのボウイングに代わりモーターの駆動によって発音する擦弦デバイス Gizmoviolon の開発を行った。開発の結果、従来の弓では演奏できなかった重音の発音、容易な弓の持ち替えを達成し、キィによる容易な発音を可能とした。また、実験参加者による試奏において、様々な奏法が生み出された。一方で、既存のヴィオラと比較した場合、音色と音の安定性には改善すべき点があり、楽器に取り付けるデバイスとしては、重量の増加、キィの圧力の調整、構造上連符の演奏が困難、ホイール接触時の雑音、松脂の高頻度での塗布、という問題がある。ただし、音色に関しては、コンサート用の楽器として扱える質にすることは叶わなかったものの、従来よりも遥かに長く安定したロングトーンを達成し、弓による演奏では得られなかった音程のみのヴィブラートを掛けることができた。この音色は楽器において最も重要な要素であると筆者は考えている。今後前述の問題を解決し、1つの特有の美しい音色を持った楽器として、Gizmoviolon を完成させたい。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科研費・若手研究(A)ポストデジタル以降の音を生み出す構造の構築 [17H04772] の助成を受け実施されている。開発のアイデア、工作機械の使用法に関して様々な助言や貴重な意見を賜りました工作工房の津田三朗様、伊藤慎一郎様に心からお礼申し上げます。また、ゼミなどを通じて制作、研究に関する助言やご指摘をいただきました城研究室の皆様、谷川穂高様、実験に快く参加して下さり、制作、研究に関する様々なご意見をいただきました実験参加者の池田浩巳様、加藤菖様、佐藤広隆様、山下英吾様、本当にありがとうございます。

した。

参考文献

- [1] Berlioz. H, Strauss R.; 小鍛冶邦隆監修, 広瀬大介訳: 管弦楽法, 音楽之友社 (2006).
- [2] Consolini A.: *6 Violin Sonatas and Partitas, BWV 1001-1006 (Bach, Johann Sebastian)*, Bologna: D.Mattiuzzi & F.Biancani, n.d. (ca.1910).
- [3] Dörffel A.: *Violin Partita No.2 in D minor, BWV 1004 (Bach, Johann Sebastian)*, Bach-Gesellschaft Ausgabe, Band 27 Leipzig: Breitkopf und Härtel, 1879. Plate B.W.XXVII.
- [4] Fletcher N.H., T.D.Rossing; 岸憲史, 久保田秀美, 吉川茂訳: 楽器の物理学, シュプリンガー・フェアラーク東京 (2002).
- [5] Gizmotron LLC: 公式ウェブページ, <http://www.gizmotron.com/videos>, (参照 2018.01.31).
- [6] Hayes G.R.: *Musical Instruments and Their Music 1500-1750 vols.1&2*, oxford university press (1930).
- [7] 川合左余子: 今さら聞けないヴァイオリンの常識, 音楽之友社 (2014).
- [8] Plattes J. (YouTube): *Unusual violin technique, polyphonic playing. 3 & 4 notes played at the same time.*, https://www.youtube.com/watch?v=XDFJFhaG_p0 (2008) (参照 2018年1月31日).
- [9] Sachs C.; 柿木吾郎訳: 楽器の歴史(下), 全音楽譜出版社 (上巻 1965, 下巻 1966).
- [10] 清水久見: モーターを用いた弦楽器の弓に代わる演奏用デバイス “Gizmoviolon” の開発, 九州大学芸術工学部 平成 29 年度後期 卒業論文 (2018).
- [11] Uitti F.: *Two Bows*, <http://www.uitti.org/Two%20Bows.html> (参照 2018年1月31日).
- [12] 著者不明: 弓の持ち替えに苦戦する、シシリエンヌ, <http://kukuloblog3.fc2.com/blog-entry-538.html> (参照 2018年1月31日).