

バイオリン演奏ロボットの フィンガリング用ワイヤ駆動 ハンドの開発

石本 浩之

Hiroyuki ISHIMOTO

機械システム工学専攻修士課程 1年

1. はじめに

2016年6月8日から11日にかけてパシフィコ横浜で行われたロボティクス・メカトロニクス講演会2016に参加し「バイオリン演奏ロボットのフィンガリング用ワイヤ駆動ハンドの開発」というタイトルで発表した。

2. 研究内容

2.1 緒言

近年のロボットは、人間とのスムーズなインタラクションを実現させるため、その表現能力の向上が求められている。例えば音楽においては、「愛情をこめて」という「*affettuoso*」や、「表情豊かに」という「*expressive*」という表情記号が多数ある。演奏者はこれらを自身の感性を通じて音に変換し、聴衆に様々な印象を与えることができる。本研究では、具体的な対象としてバイオリン演奏を取り上げている。これは、バイオリンが西洋音楽における中心的な位置を占めており、その表現能力が大きいと予想されること、またロボットでの演奏が困難であることからハードウェアの開発自体が、ロボット工学に大きな貢献をすると考えたからである。そして、バイオリン演奏ロボットによる演奏の開発を通して、ロボットの表現力の向上させることを研究目的としている。

2.2 研究背景

本研究では現在、左右のアームおよびハンドの開発を行っている。これまでに開発した左ハンドは、アクチュエータとしてラジコンサーボを用いてお

り、これにより4小節の短い曲の演奏に成功している。しかし、質量が大きく、ビブラートをかけるために左アームを振動させることが難しかった。また、ハイポジションと呼ばれる、より駒に近い場所で弦を押さえることは困難であった。そこで、今回、人間型のフィンガリング用左ハンド開発の第一歩として、ワイヤ駆動の左ハンド1指を新たに設計・製作した。本稿では、その設計および製作と、簡単な評価実験について述べる。

2.3 指の設計・制作

通常バイオリンのフィンガリングは拇指を除く4指で行う。このためロボットにおいても4指が望ましいが、研究の第一段階としてまず1指の製作を行った。

バイオリンの演奏における左ハンドの役割は、弦を押さえる「打弦」と押さえる弦を選択する「移弦」の2つがある。これは、1指につき独立した2自由度が必要であることを意味する。このため、アクチュエータをハンド内に固定するとどうしてもハンドの質量が大きくなるという問題があった。そこで今回は左ハンドを軽量化するため、ワイヤ駆動方式を採用することとした。ワイヤで駆動する能動関節は、PIPとMPの2個の関節とした。ワイヤはDCモータで駆動する。DIP関節は、ねじりバネを用いた受動関節とした。

初期姿勢は、指を伸ばして各リンクが一直線になった姿勢である。PIPおよびMP関節はワイヤにより屈曲させる。初期姿勢への復元は、各関節にねじりばねを組み込むことで実現した。各関節とワイヤの概略図を図1に示す。

指先について打弦をする際、指の腹に力が加わるとその力が加わった方向へ動く機構を設計した。力が加わっていない際はバネの復元力により動かない。第一関節は制御しないので、他の各関節が動いても指の腹に力が加わらない限り初期位置のまま第一関節は動かない。

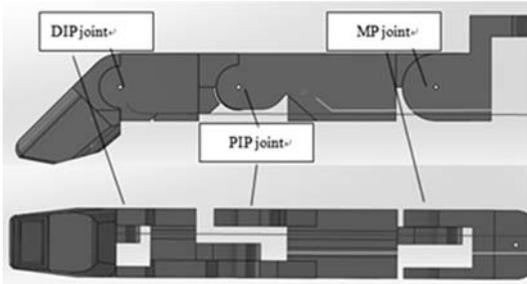


Fig. 1 Wires and joints

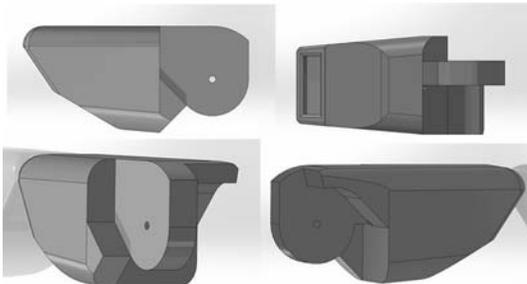


Fig. 2 CAD images of a fingertip

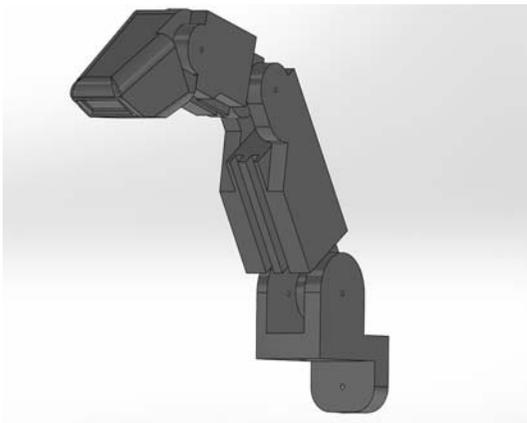


Fig. 3 CAD images of developed finger

2.4 実験

バイオリンの指板における横幅は、一番広い場所でおおよそ 34 mm である。そして、指板の端から弦

までの距離はおおよそ 5 mm である。このことから、G 弦と E 弦の間の距離は、最大 24 mm である。また、バイオリン演奏の際に、中指の根元と指板との間は、おおよそ 15 mm 空いている。よって演奏に必要な指先の可動範囲は、指の根元からおおよそ 20 mm から 44 mm である。今回設計した指先の可動範囲は、15 mm から 80 mm であるので、上記の範囲を超えているので、演奏に必要な可動範囲を満たしているといえる。

次に、弦を押さえつける力、すなわち打弦力を計測した。ひずみゲージを貼り付けた金属片を指が押さえるような実験装置を用いた。金属片には 4 本の弦の位置に印がついており、その位置に指先が来るように指を駆動し、打弦力を計測した。今回の実験では、重力の影響を除くため、指先は水平に動くようにした。

弦を押さえる際に求められる力は、各弦でばらばらであるがおおよそ 2[N] である。製作した指で弦を押さえる力を測定した結果、演奏に必要な力と比べ、E 線が 1.1 N、A 線は 0.42 N、D 線は 0.65 N、G 線は 0.26 N 大きいことが分かった。これより今回製作した指により、打弦に必要な力を出すことが可能であることがわかった。

3. おわりに

今回、学会に参加して、自分には無い様々な視点・考え方をもつ方々との質疑応答などとても貴重な経験をする事ができた。また、自分の研究に対しての改善点を再確認することができ、周りの発表から得られるものがたくさんあった。この学会から得られた経験をすぐに研究に活かしていこうと考えさせられた。