

## バイオリン演奏ロボットの研究

— 熟練者の音量変化の分析とロボット指設計 —

西村友之

Tomoyuki NISHIMURA

機械システム工学専攻修士課程 2年

### 1. はじめに

2018年6月2日から5日にかけて北九州国際コンベンションゾーンで行われたロボティクス・メカトロニクス講演会2018に参加し「バイオリン演奏ロボットの研究 熟練者の音量変化の分析とロボット指の設計」というタイトルで発表した。

### 2. 諸言

本稿では音量の変化でどのように、「明るい」や「暗い」の音色を表現するのか、その分析結果について述べ、また、バイオリンの演奏表現技法として最も用いられるものの一つである「ビブラート」の再現のための左ハンドの設計についても紹介する。

#### 2.1 演奏調査

##### 2.1.1 目的と実験方法

人間の演奏家が、「明るい」と「暗い」の音色をつけ弾き分けようとすることを「表情付け」と呼ぶ。そして、一つの楽曲の中でどのように音量を変化させて表情付けを行っているのかわかることを目的に、被験者による演奏実験を行った。この結果を基に、ロボットの表情付けを行おうと考えている。被験者は、バイオリンを専門とする音楽大生1名とした。実験に用いる楽曲は、初心者向けで易しく、かつよく知られた曲である、「Go Tell Aunt Rhody」と「Long Long Ago」を選択した。

被験者には、上記2曲に対して、「表情付なしの通常」「明るい」「暗い」の3パターンの演奏してもらった。後2者については、音量変化のみで表情付けした場合と、テンポなど音量以外も全て含めた自由な表情付けした場合の2パターンを演奏してもらった。また演奏調査に加え、演奏者に対するイン

タビューを行った。

#### 2.2 実験結果

##### 2.2.1 曲のはじめと終わりの音量変化

実験結果の分析に当たっては、インタビューより得られた演奏者の意図、自分で聴いた際の音の印象の2点に着目し、それらのデータ上における特徴を抽出した。特に、平均音量・音量変化の傾き・データの分散に着目し、考察を行った。

まず、曲の出だしと終わりにおける音量変化の傾きに注目した。これは、音量を緩やかに変えるか急激に変えるかに注目したものである。その結果と、曲の出だしにおける音量変化を表1・図1に示す。

これらから、演奏開始時の傾きは「通常」と「明るい」が急であるのに対し、「暗い」が緩やかに上昇する特徴があり、終了時の傾きは「通常」が最も急であり、「暗い」が最も緩やかになる傾向がある。

##### 2.2.2 フレーズ間の音量

インタビューとアンケートより4小節を1つのフレーズとして演奏設計を行っていることが明らかになった。そのフレーズの合間に「明るい」は弓が弦から離れていることが確認できた。「通常」と「暗い」は弓を離さずフレーズが変わっても区切らず続

Table 1 Slope of volume change

	At the beginning [dB/s]	At the end [dB/s]
normal	170.1	-94.7
bright	165.8	-62.7
dark	39.0	-40.3

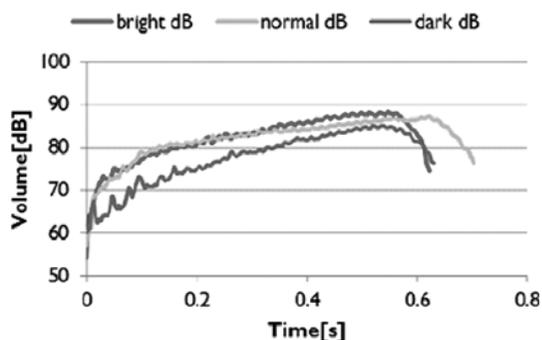


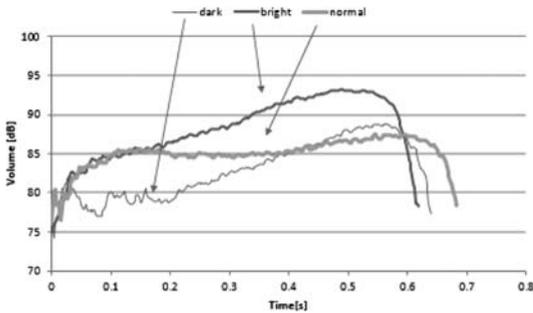
Fig. 1 Volume change at beginning of musical piece

**Table 2 Variance values of volume**

Normal [dB]	Bright [dB]	Dark [dB]
7.3	60.7	19.3

**Table 3 Average volume**

	Normal [dB]	bright [dB]	dark [dB]
all	83.6	83.9	80.8
First phrase	84.5	82.4	81.3
Second phrase	82	82.9	79.5
Third phrase	84.8	88	81.1



**Fig. 2 Volume change of a one tone**

けて演奏する傾向にあることが分かった。フレーズ間の音量変化の度合いを求めるために分散を求めた。その結果を表2に示す。「明るい」は、分散の値が大きく、フレーズの終わりに音量が急低下し、急上昇する傾向があることがわかった。

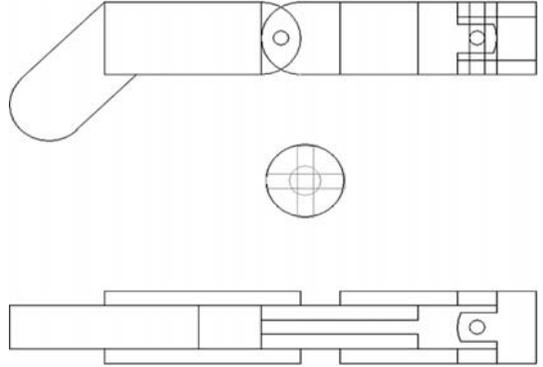
### 2.2.3 フレーズと楽曲全体の音量

次に、フレーズと楽曲全体の音量の平均値を求めた。その結果を表3に示す。暗いは、音量が小さいことが多い為、平均の値も小さくなっている。明るいのは音量が大きいが平均は通常と差があまりない。平均が小さくなった要因に考えられるのが、音量の上下が頻繁に行われていることである。またこれから、音量の変化が表情付けに対して重要な役割であることがわかった。

### 2.2.4 フレーズと楽曲全体の音量

曲全体、フレーズ毎だけでなく音符毎にも音量変化の特徴があることが明らかになった。その音量変化のパターンを図2に示す。

「通常は大きな音から始める」、「明るい」は通常よ



**Fig. 3 Drawing of finger of left hand**

り少し大きな音から始める」、「暗い」は緩やかに音量を上昇させる。」といった音量変化のパターンである。これらのパターンが音符毎に関しても確認することができた。

## 3. ビブラート演奏可能な左ハンドの設計

ビブラートは打弦位置を高速に微小に変化させることで音に「揺らぎ」を発生させる技法である。

能動稼働関節は3つで指の付け根に直交関節を置き、現に対して垂直な軸を設けることで打弦位置をずらすことのできる指を設計している。直交軸は他の関節の動力源であるモータではなくソレノイドによる駆動を考えている。また、打弦位置の変化の大きさについては昨年度の研究において5mmの変化量でビブラートが発生することが判明している。このことから指の根元の変動角を発生させるソレノイドのストローク調整はこれに合わせて行うことがよいと考えられる。

## 4. 結論

本稿では、被験者の演奏を分析し、「明るい」や「暗い」の音色の特徴を解明した。また音量変化に着目しロボットの演奏で表現する方法を、明らかにした。また、ロボットによるビブラート演奏を目指し、その指の設計について紹介した。今後は、テンポなど他のパラメータの影響を調べ、ロボットの演奏につなげたいと考えている。