

法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-12-31

楽器演奏時における動作の解析と評価

HIRAI, Rie / 平井, 理恵

(発行年 / Year)

2013-03-24

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2013-03-24

(学位名 / Degree Name)

修士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

2012年度 修士論文

楽器演奏時における動作の解析と評価

指導教員 渡辺嘉二郎 教授

法政大学大学院 工学研究科
システム工学専攻 修士課程

11R6146

平井 理恵

ANALYSIS OF OPERATION AND EVALUATION AT THE TIME OF A MUSICAL INSTRUMENT PERFORMANCE

Abstract: As for the violin, the tone is different according to years after it is manufactured, materials, and making. Therefore, the musical instrument which we play is difficult for judging objective what kind of impression it is. Then, its attention was paid to the violin. The impression which a tone gives is searched for from some parameters. This paper is aimed how the impression of sound changes, if a player's a motion (how to use a bow) changes. Using violin instrument, the difference in a motion (how to use a bow) of an arm is investigated, and the impression of sound is evaluated.

Key Words: *impression of sound, motion (how to use a bow)*

目次

Abstract	2
1 はじめに	4
2 研究目的	5
3 研究概要	6
3.1 楽器について	6
3.2 システム	9
3.3 SD法について	11
4 実験1	12
4.1 実験目的	12
4.2 実験方法	12
4.3 実験結果	13
4.4 考察	17
5 実験2	18
4.1 実験目的	18
4.2 実験方法	18
4.3 実験結果	19
4.4 考察	27
6 おわりに	30
参考文献	31
謝辞	32

1 はじめに

バイオリンは弦楽器の一種であり，その中でも最も有名な楽器である．独奏，合奏楽器として重要な役割を果たし，オーケストラでは弦楽器の中の最高音域を受け持っている．その音色は人間の声に近い楽器とも言われ，人の耳にもっともなじみやすく，長時間聴いても飽きない音を持っている．ごく小さい音から大きい音まで音の強弱が自由自在であり，速いパッセージを演奏できる．音域は4オクターブ以上と広く，長く音を続けることができ，自由自在に音が出せる楽器である．

バイオリンの音色は，楽器ごとの材質や作り，製造されてからの年数などによって異なり，演奏する楽器や弾く人によっても変化する．自由に音が変わる楽器であるため，自分の演奏する楽器がどのような印象を与えるかを客観的に判断することは困難であり，自分の思うような音を出すことは難しい．

そこで，音の印象の決定に関わる要素である弓の扱い方，ボーイングに着目した．ボーイングは，音の長さ，音質，他の音との連結の仕方，音の感情などを表現する重要な要素である．しなやかなボーイングをするためには，腕，肘，手首，指を柔らかく使い，弓を直線運動させなければならない．初心者のうちは，腕を体の周りに回転させるよう動かしてしまい，均一な音でボーイングすることが困難である．上達のためには，正しい弾き方を身につけ，自分の出したい音によって演奏の仕方を変化させる必要がある．また，演奏者の腕の動きの特徴を調べることで，自分の音色と腕の動きの関係を客観的に判断できるようにする．

2 研究目的

本研究では角速度センサを用いて、楽器経験者・未経験者それぞれの演奏時の右手の動き（バイオリンの弓の使い方）の特徴を調べ、それぞれの演奏方法の違いを検証する。楽器経験者と未経験者の特徴の違いを明確にすることで、練習時の演奏向上に役立つようにする。

次に、楽器経験者の演奏時の手首の動きの特徴を比較する。演奏方法の違いと音色の関係について検証する。

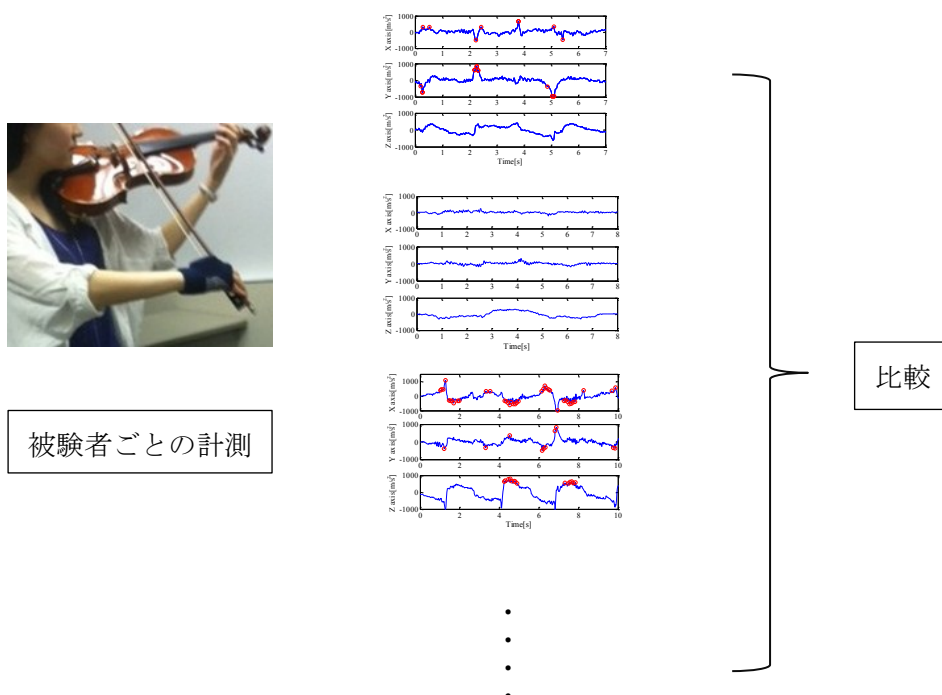


Fig.1 研究の概要

3 研究概要

3. 1 楽器について

バイオリン本体

バイオリンは4本の弦があり、音の高い方から順にE線、A線、D線、G線の順に並んでいる。

弦はペグによってつながれており、駒で支えられている。指板上で弦を押さえることにより、音の高さを決定する。

胴体内には魂柱と呼ばれる円柱が立てられている。魂柱は駒から表板に乗った振幅を裏板に伝え、両板の振幅を適切に引き出して音色・音量を決定する役割を果たす。

駒・魂柱・ペグ・エンドピン以外の各部位はニワカによって接着される。この接着された木材は蒸気を当てることで剥離することができるため、バイオリンは分解修理や部材の交換が可能である。

ペグを回すことで調弦を行うが、E線はペグによる音程の微調整が困難である。そのため、アジャスターと呼ばれるテールピースに取り付けられた小さなネジを回すことによって調弦する。



Fig.2 バイオリン本体各部の名称

弓

弓は、木製の竿（スティック）と毛（馬の尾）からなっており、ネジを巻くことでフロッグが移動し、毛の張力を調節することが可能である。

スティックにはフェルナンブコ材、ブラジルウッド材などが使われる。

毛に松脂を塗って摩擦力を生じさせることで音が出る。松脂は弦との摩擦による熱で毛に溶けつき適度な粘りを生じる。これを塗ってしばらく弾き、その粉末が適度に溶けつくことで音色が安定する。

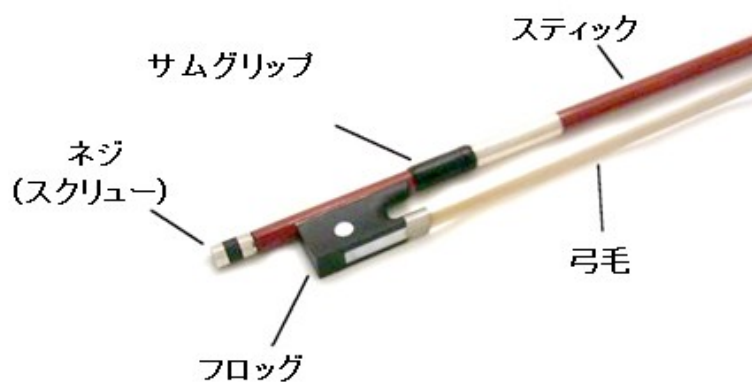


Fig.3 バイオリン弓各部の名称

ボーイング

バイオリンなどの弦楽器における弓の使い方、音の長さ、音質、他の音との連結の仕方、音の感情などを表現する重要な要素である。ボーイングには、弓先から始まる運動であるアップボウと、手元から始まる運動であるダウンボウがある。



Fig.4 ボーイング

3. 2 システム

本研究では、小型無線加速度・角速度センサを使用する。

Table1 センサの仕様

項目	対象	性能
	加速度(X,Y)	+/-70G
検出範囲	加速度 (Y)	+/-35G
	角速度(X,Y,Z)	4000dps
サンプリング	加速度・角速度	2ms
周波数	共通	(500Hz)



Fig.5 センサの取り付け

音の採取にはフリーウェアの Sound Engine Free を用いる。

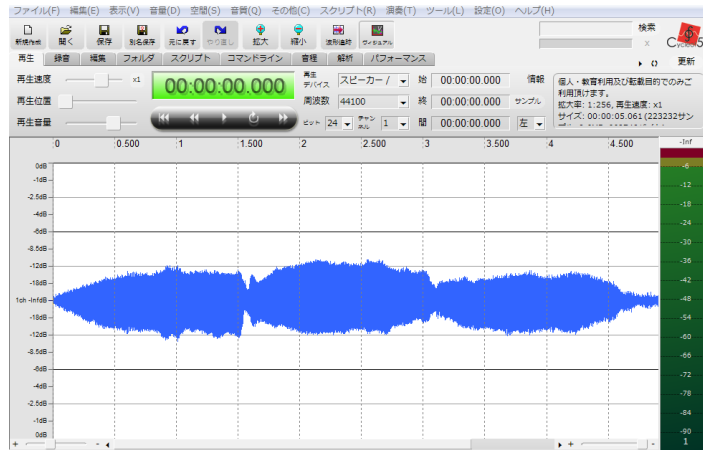


Fig .6 Sound Engine Free

3.3 SD法について

SD法とは、アメリカの心理学者オズグッド・C・Eが、内包的意味の一種である情動的意味を定量的に測定し、意味構造のモデルを構成するために開発した尺度法のことである。言葉・音・形・色などの組み合わせをコンセプトと呼び、正反対の意味を持つ形容詞（好き—嫌い，高い—低いなど）で定義される複数の尺度で判定する。

対立する形容詞を両極とし、これらの項目につきどの程度当てはまるかを5段階や7段階などの複数の段階で評価してもらう。

今回の実験では音質に関する4項目の質問に5段階評価で判断してもらうこととする。

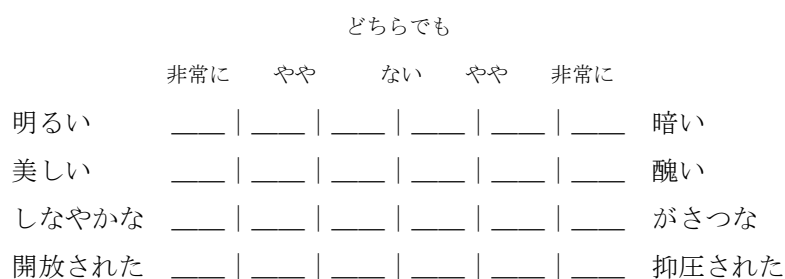


Fig.7 実験で使用したアンケート

4 実験1

4.1 実験目的

被験者の楽器演奏時の右手の動き（バイオリンの弓の使い方）を解析する。楽器経験者・未経験者にどのような特徴があるのかを調べる。

4.2 実験方法

被験者の右手に加速度センサをつけ、演奏を行う。

演奏する音は、A線開放弦（442Hz）をダウンボウ（弓の元から先へ弾く方法）から行い、続けて3回弾いたものを使用する。

被験者は楽器経験者4名、楽器未経験者3名である。



Fig.8 実験1の概要

4.3 実験結果

それぞれの被験者の計測したデータを以下に示す.

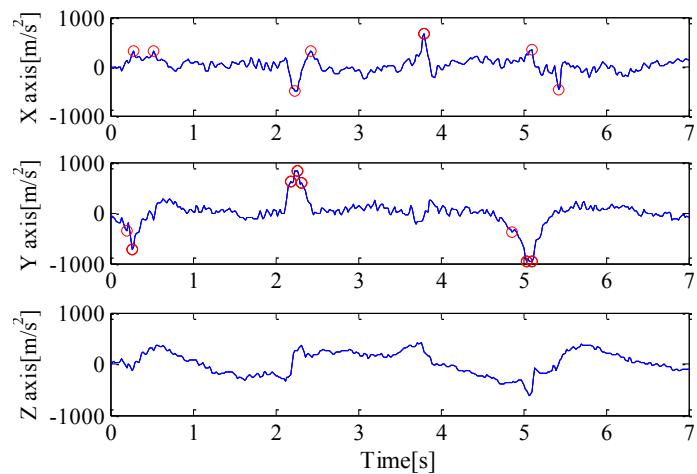


Fig.9 経験者 A

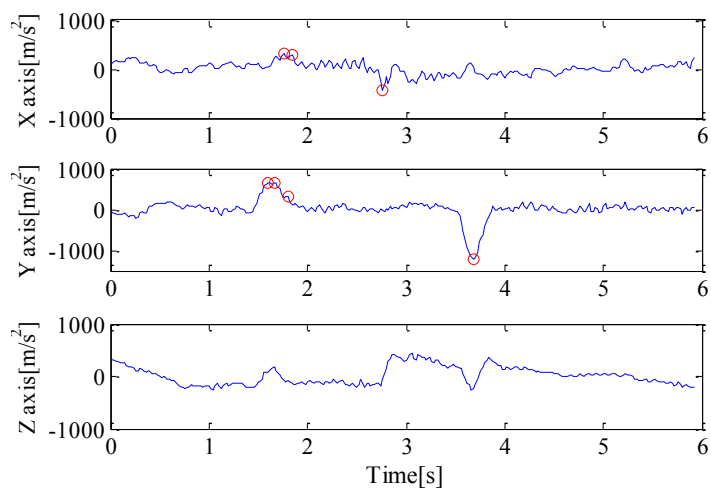


Fig.10 経験者 B

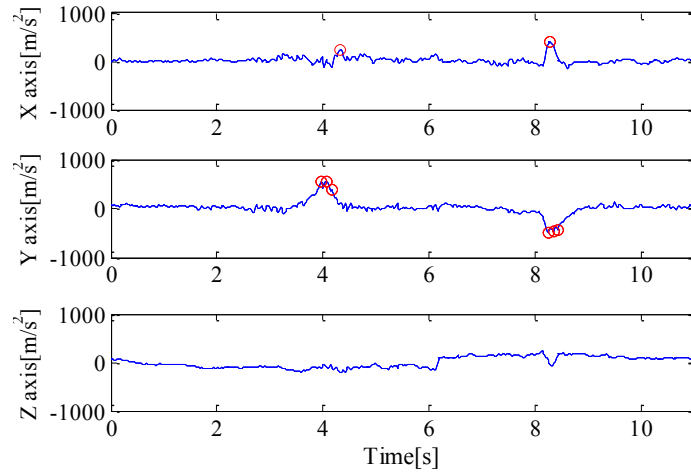


Fig .11 経験者 C

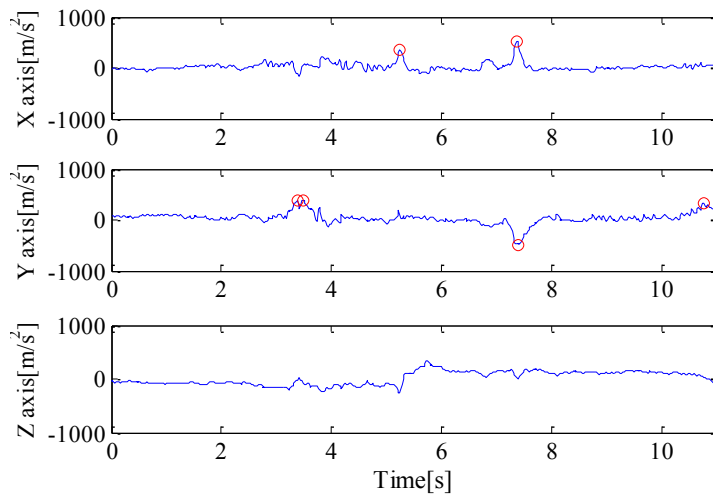


Fig .12 経験者 D

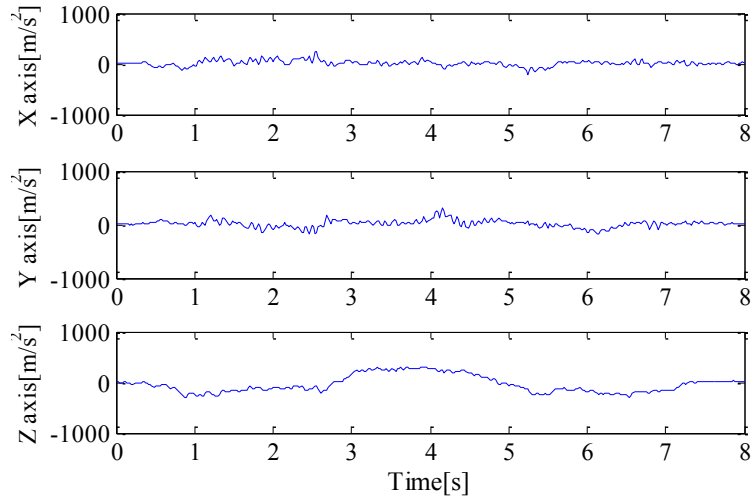


Fig .13 未経験者 A

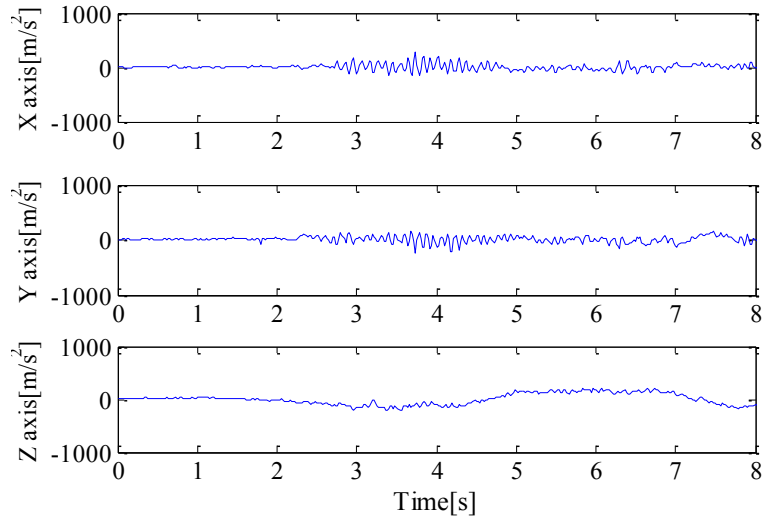


Fig .14 未経験者 B

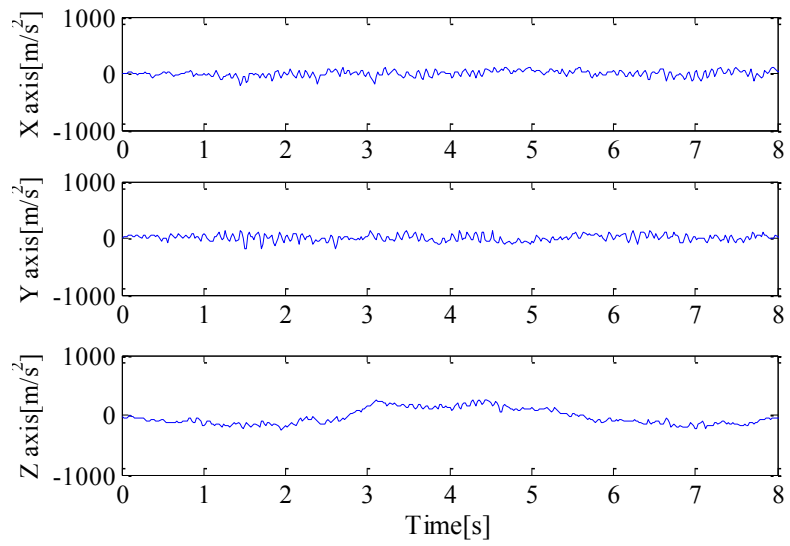


Fig .15 未経験者 C

4. 4 考察

ボーイング時の経験者と未経験者の特徴は、経験者では、弓を返す時（弓のアップとダウンの切り替え時）の x 軸, y 軸の波形が検出できた. 対照的に、未経験者はほぼ一定になっている.

このことから、経験者は弓を返す瞬間に手首を動かしているのに対し、未経験者は手首を固定したまま弾いていることが分かる. 以下に経験者・未経験者それぞれの、弓を返す時の数値をまとめた. 数値からも、未経験者の腕の動きがごく小さいことが分かる.

Table2 経験者の x 軸 y 軸の値

経験者	x軸	y軸
A	491	835
	471	965
B	389	851
	329	913
C	239	552
	400	475
D	388	394
	527	481

Table3 未経験者の x 軸 y 軸の値

未経験者	x軸	y軸
A	15	110
	52	80
B	87	51
	77	98
C	89	101
	56	49

また経験者の中では、x 軸の波形が特に大きく出るものや y 軸の波形がほとんど同じものなど、様々な特徴が見られた. これらの違いが音の特徴に影響しているものだと考えられる.

5 実験2

5.1 実験目的

次に腕の動きの特徴を調べるため、経験者に感性評価の項目についてイメージしながら弾いてもらう。感性評価の項目には、音の特徴が出やすい4項目を使用した。それぞれの項目と腕の動きにどのような関連があるか調べる。

5.2 実験方法

実験1と同様に、被験者の右手に加速度センサをつけ、演奏を行う。感性評価の項目には、音の特徴が出やすい4項目（明るい、美しい、しなやかな、開放された）を使用し、それぞれの項目について音の特徴をイメージしながら演奏してもらう。

演奏する音源は、音の特徴を分かりやすくするために音階を弾いたものを使用する。

被験者は楽器経験者2名である。

それぞれの経験者の音の印象を調べるため、各項目に対し、楽器経験者10名に印象評価を行う。音の採取は Sound Engine Free を用いる。

採取した音データをスペクトログラムで表示する。

5.3 実験結果

経験者 A の計測データを以下に示す.

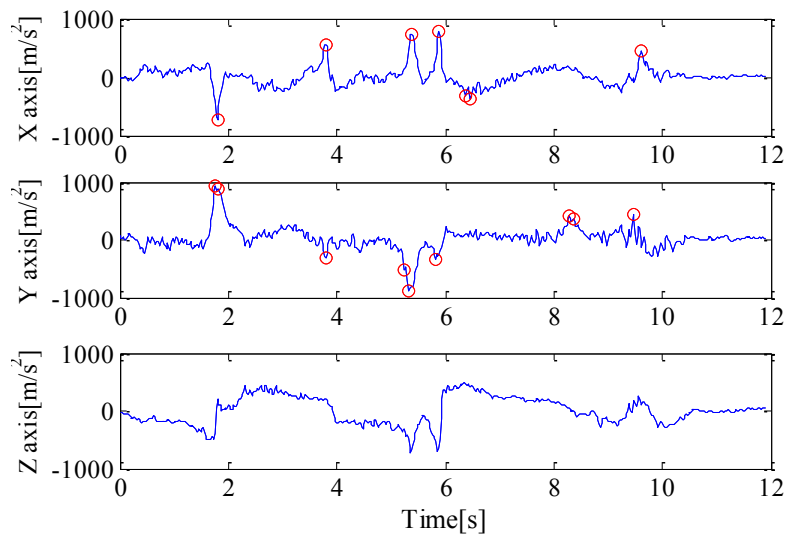


Fig.16 明るい

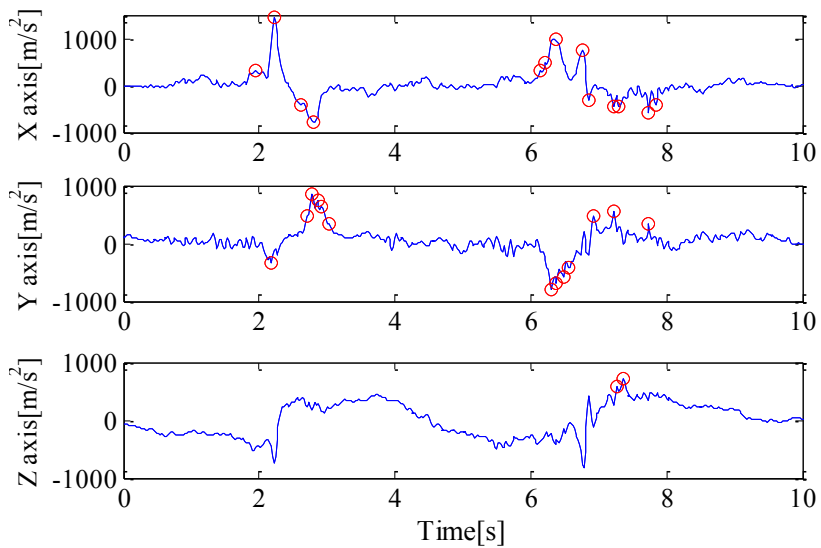


Fig.17 美しい

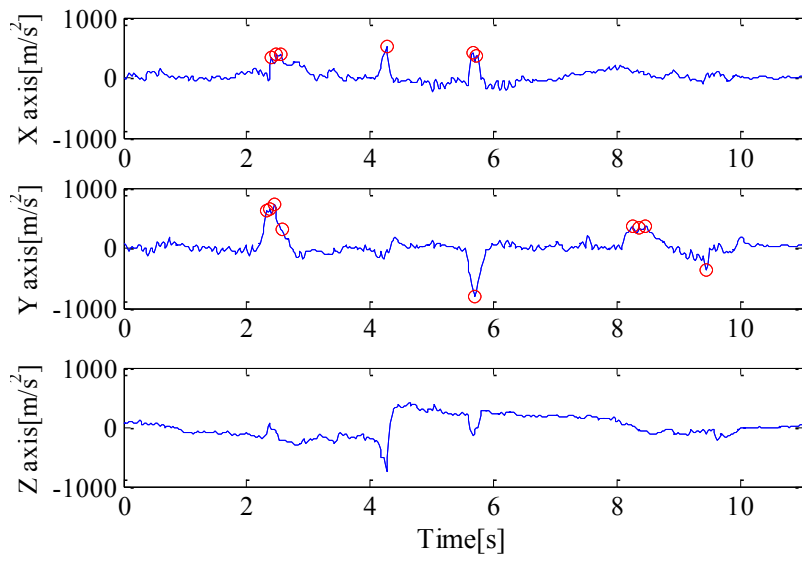


Fig.18 しなやかな

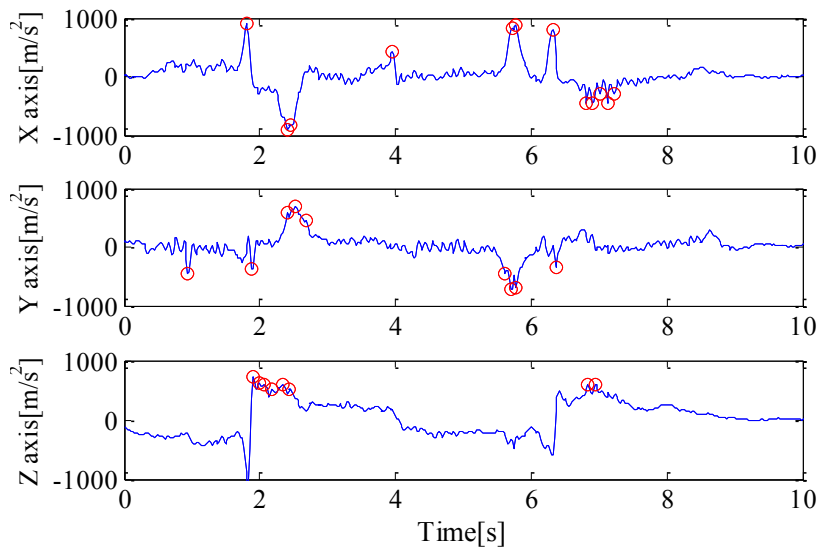


Fig.19 開放された

経験者 B の計測データを以下に示す

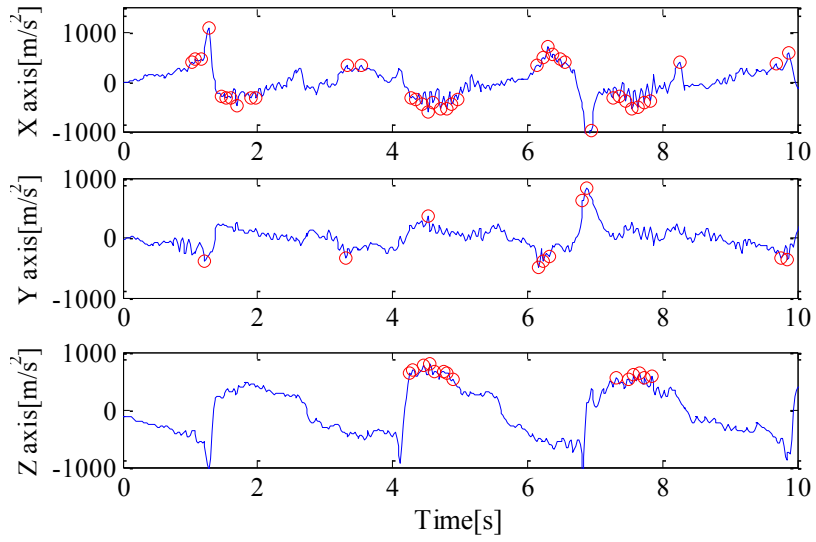


Fig .20 明るい

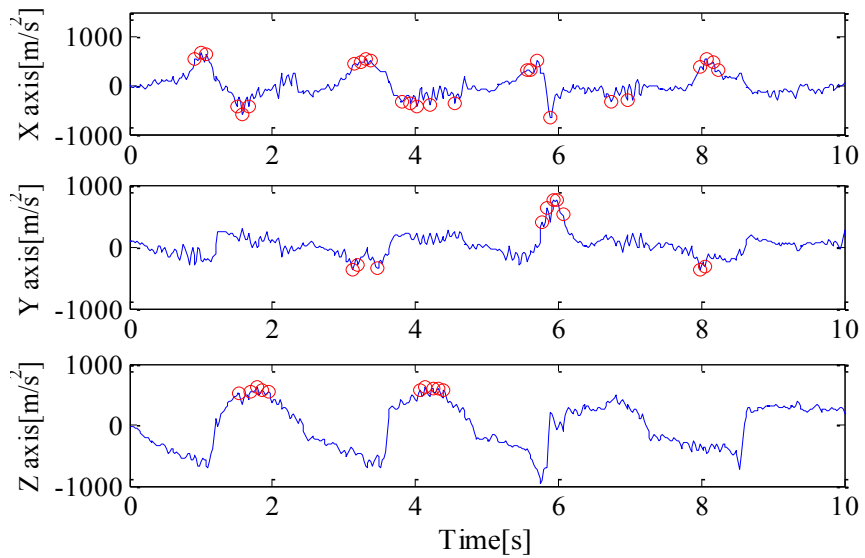


Fig .21 美しい

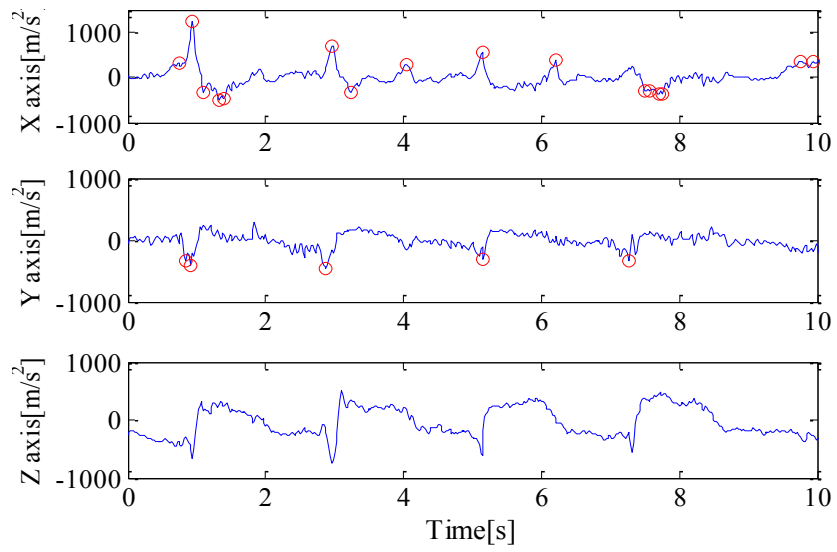


Fig .22 しなやかな

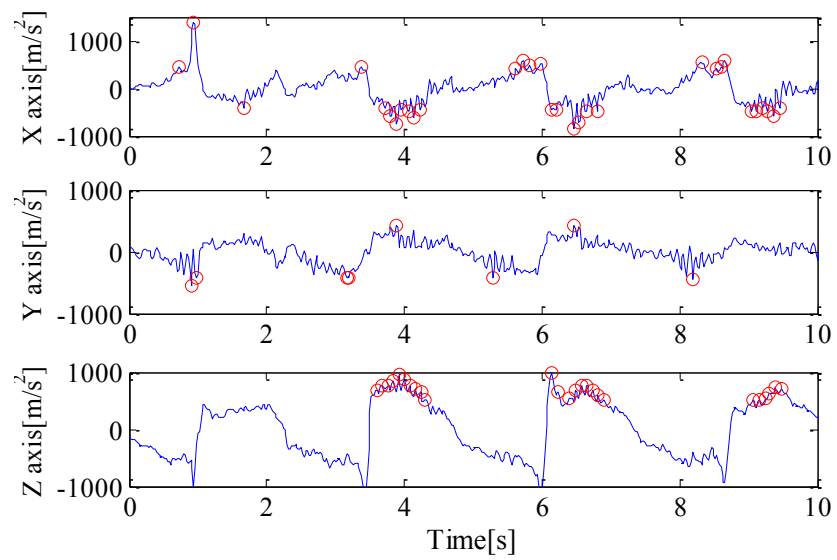


Fig .23 開放された

次に、それぞれの被験者のスペクトル解析を行う。

被験者Aのスペクトログラム

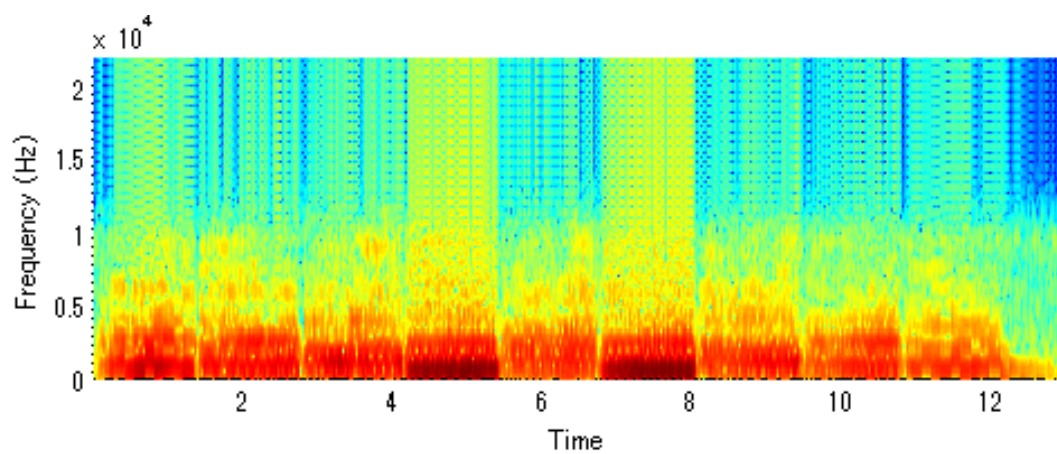


Fig.24 明るい

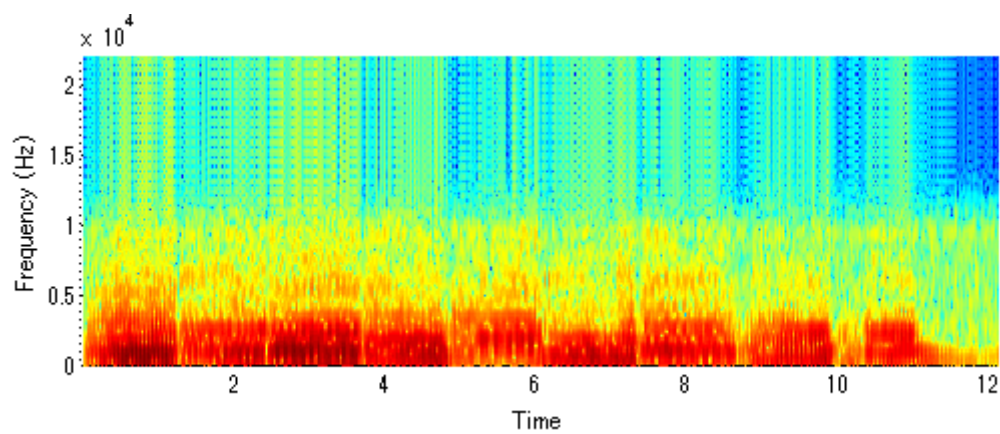


Fig.25 美しい

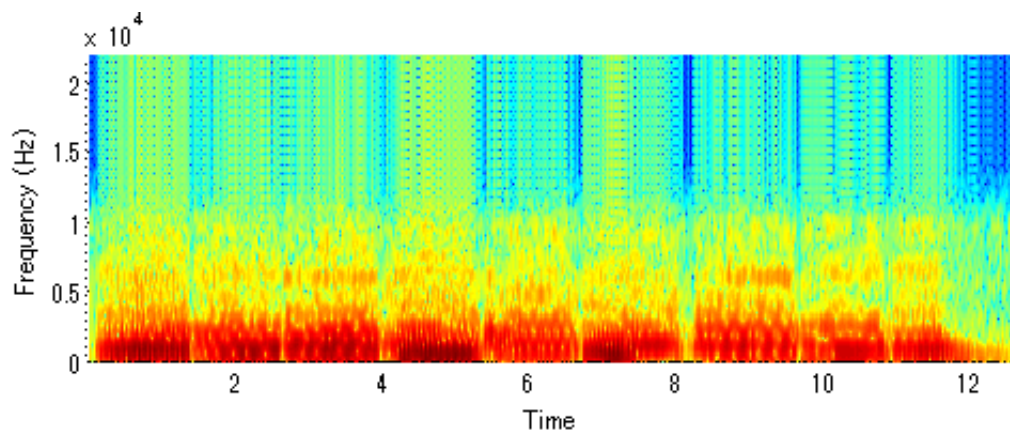


Fig .26 しなやかな

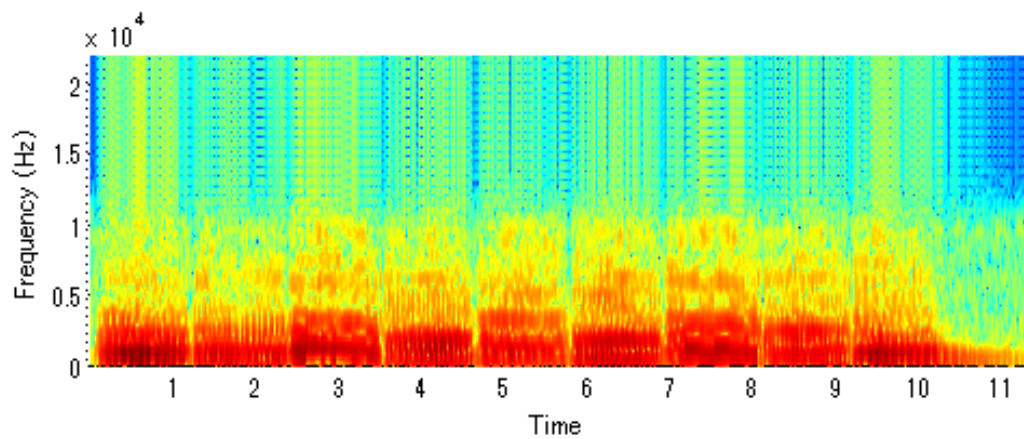


Fig .27 開放された

被験者Bのスペクトログラム

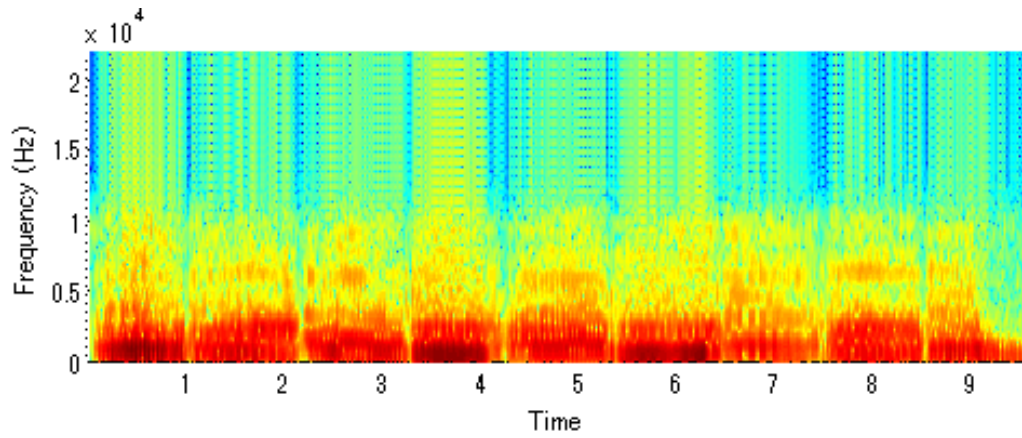


Fig .28 明るい

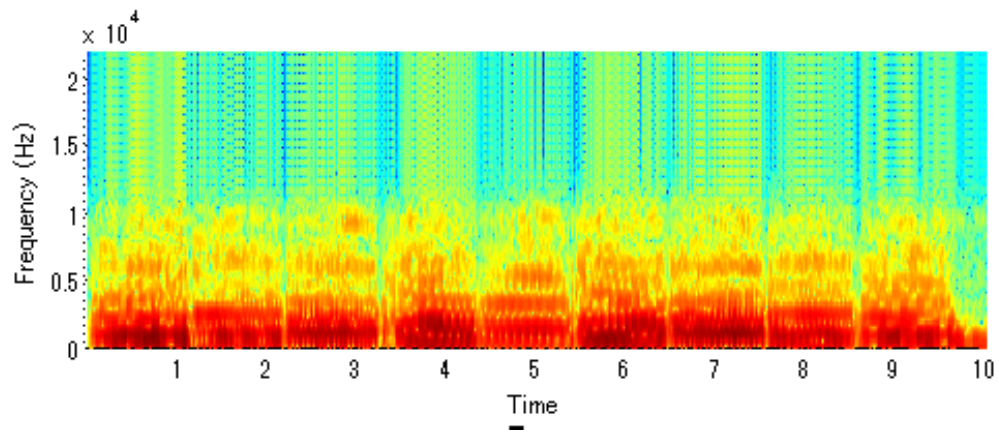


Fig .29 美しい

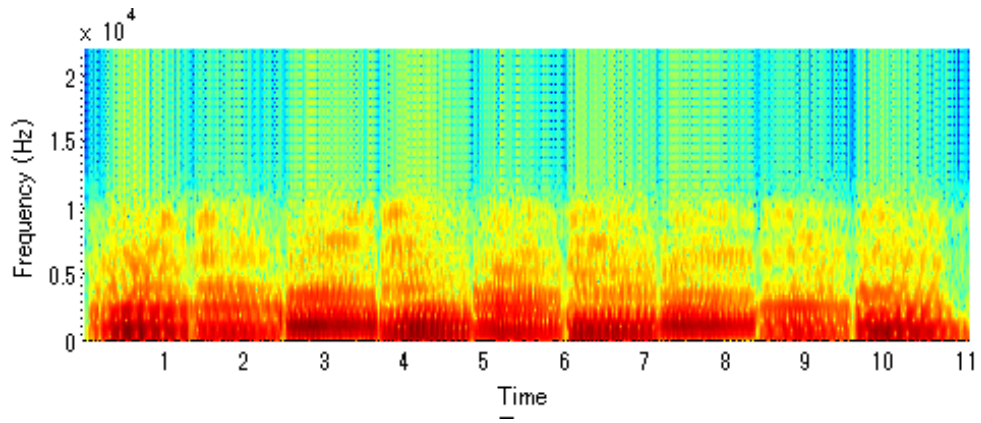


Fig .30 しなやかな

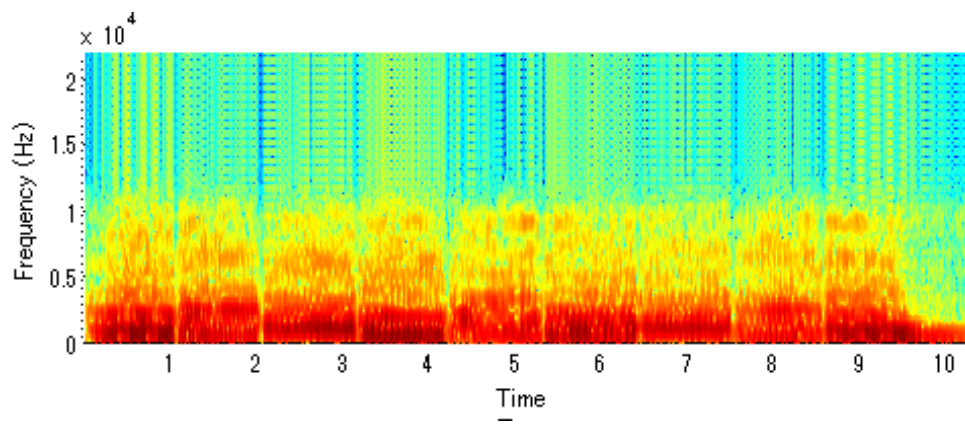


Fig .31 開放された

5. 4 考察

それぞれの経験者の共通の特徴として、「明るい」と「美しい」の波形はよく似ていることが分かった。

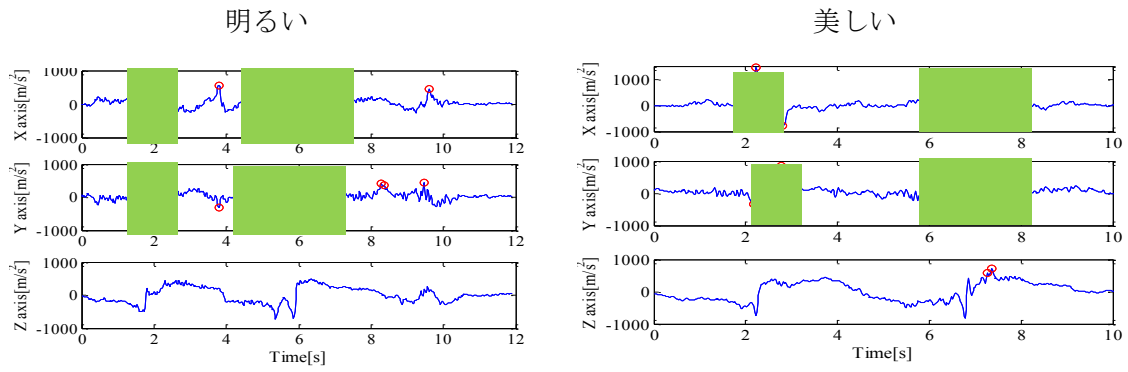


Fig .32 経験者 A の比較

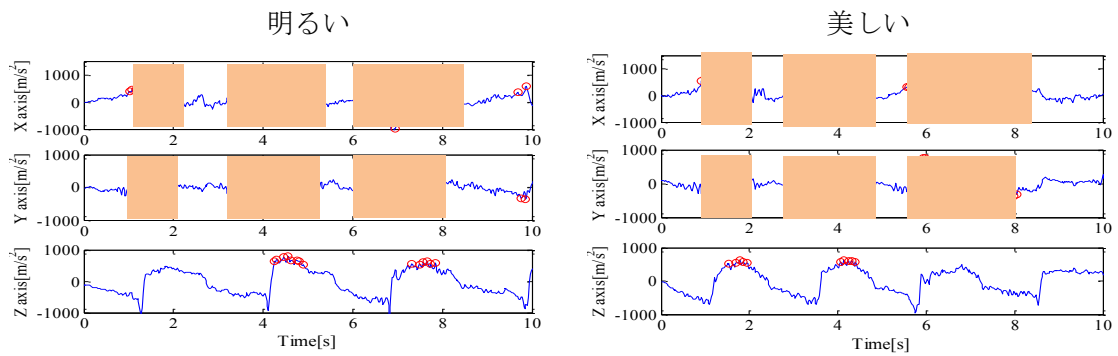


Fig .33 経験者 B の比較

対照的に「しなやかな」と「開放された」の波形には共通して大きな違いが見られた。両者とも「しなやかな」項目については手首の返しを小さくするよう意識しており、音にアクセントが付かないようz軸方向に大きく動かないようにしていることが分かる。「開放された」項目に関しては、手首の返しに加え音により特徴をつけるため、弓を返す時（アップボウとダウンボウの切り替え時）にz軸方向にやや大きく動いていることが分かる。

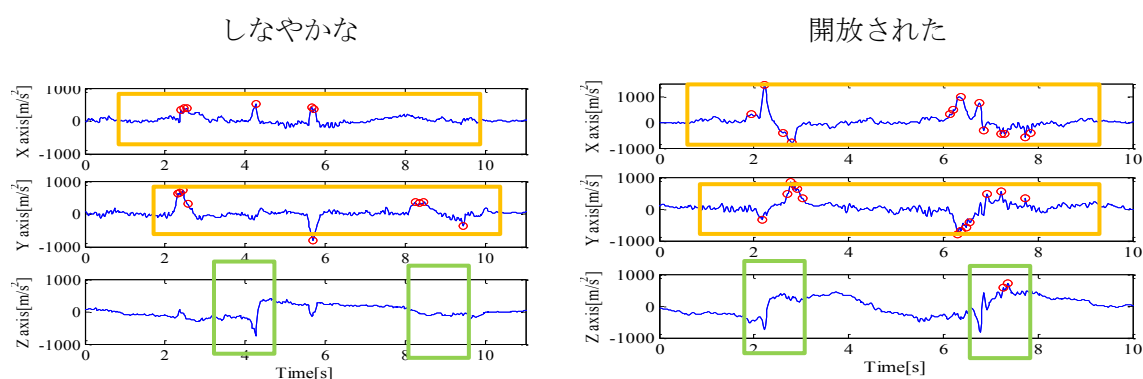


Fig.34 経験者 A の比較

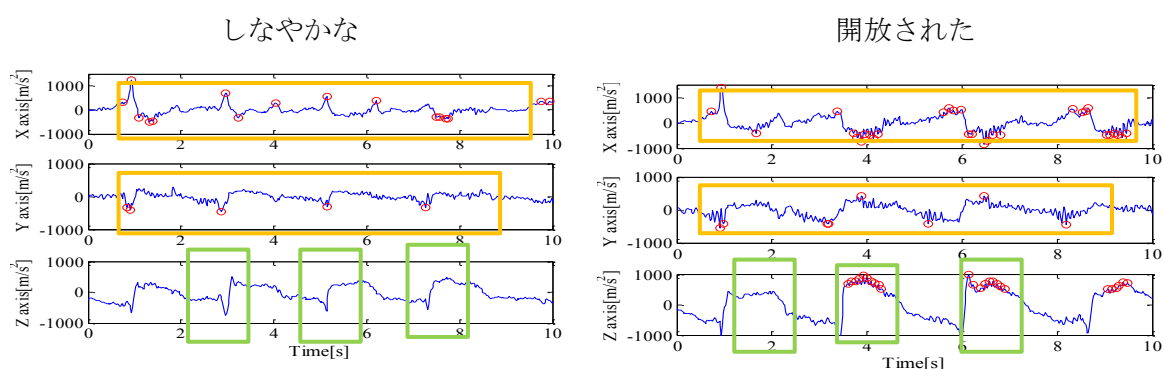


Fig.35 経験者 B の比較

経験者ごとの特徴としては、経験者 A は B に比べて全体的に手首の動かし方が小さいことが分かる。「美しい」項目について、経験者 B は「明るい」項目より丁寧に弾いており、「開放された」項目では手首の返しを「明るい」項目よりさらに大きくしていることが分かる。これらから、経験者 B は経験者 A に比べ、各項目の違いがはっきりと音に表れたのではないかと考えられる。

次に、それぞれの経験者の音の印象評価を示す。10 人に行った印象の平均値をとったものである。印象は 5 段階評価で行い、5 に近いほどその項目の印象が強いと言える。

Table4 経験者 A,B の印象評価の平均値

印象項目	経験者A	経験者B
明るい	3	3.8
美しい	3.6	3.2
しなやかな	3.3	3.2
開放された	2.4	3.8

「明るい」「開放された」の項目に違いが見られ、特に「開放された」の違いが大きい。z 軸の波形が経験者 B の方が大きいため、はっきりとした音に聞こえたと考えられる。両者のスペクトログラムを比較すると、経験者 B の方が基本音（実際に弾いている音）、倍音共に、経験者 A よりよく出ていることが分かる。このことから、経験者 B の音がはっきりと出ていることが分かり、「開放された」印象を強く与えたのではないかと考えられる。

経験者 B の方が弓を返す時の動きが大きいため、「明るい」項目にも差が出ている。

「美しい」項目では経験者 A の方が動きが小さいため、音の移動がスムーズになり、評価が良くなったと考えられる。

6 おわりに

今回の実験から、演奏者の腕の動きと音の印象の特徴について調べることが出来た。経験者と未経験者の間では、腕の動きの大きな違いがみられた。また、経験者の間でも腕の動きの違いが見られ、弾き方の違いが音の印象に大きく関わっていることが分かった。楽器の弾き方と印象の関連についてより明確になるよう調べることができた。

参考文献

- 1) 小林一行, “最新 MATLAB ハンドブック”, 秀和システム
- 2) 吉川茂, 鈴木英男, “音楽と楽器の音響測定”, 日本音響学会
- 3) アレクサンダー・ウッド, “音楽の物理学”, 音楽之友社

謝辞

大学院の2年間、研究を進めるにあたって、全面的な支援と的確なアドバイスをしていただいた渡辺嘉二郎教授、小林一行教授、実験を手伝ってくれた研究室・交響楽団のメンバーに心より感謝申し上げます。最後に、大学院まで進学させてくれた両親をはじめ家族全員に感謝します。本当にありがとうございました。