

楽器 (ヴァイオリン・エレキギター) の音の解析

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学技術部 公開日: 2024-03-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 太田, 諭之, 芦澤, 雅人 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/0002000247

楽器（ヴァイオリン・エレキギター）の音の解析

太田諭之¹・芦澤雅人²

¹情報部門・²教育研究第一部門

1. はじめに

技術研修「楽器（ヴァイオリン・エレキギター）の音の解析」を、2023年9月12日に実施した。本研修の目的として、弦楽器（擦弦楽器）の一つヴァイオリンと弦の振動を電気に変えるエレキギターの音をオシロスコープで測定する方法を参加者に体験して頂くものである。また、楽器から音が出る仕組みも参加者に実際に弾くなど体験して頂き、物理現象（特に波と振動、音）について目に見える形で学び今後学生実験などに活かすことが目的である。

座学では、ヴァイオリンとエレキギターの楽器についての概要、音の三要素（音の振動数・音の強度・音色）、音（波）の性質、オシロスコープ（概要、解析画面の見方など）について説明を行った。

2. 研修前のアンケートより

「本研修に参加された理由」の質問に、「楽器の音に興味がある」、「面白そう」、「新たな知識の習得」などがあった。「“音”と聞いて思い浮かべたこと」の質問に、「周波数」、「波」、「生活音（雨・車など）」、「生活の中にあるもの」などがあった。

3. ヴァイオリンとエレキギターについて

ヴァイオリンとは、ニューグローブ世界音楽大事典によると、「ヴァイオリン属の高音域用楽器。同属の弦楽器には、ヴィオラとチェロがある、どんなヴァイオリンでもある程度の音量を出す潜在能力を持っているが、実際の音は弦の種類とその張力、ブリッジの型、演奏者が弓にかける圧力の度合い、また弓で奏する速さに左右される」とある。エレキギターとは、日本語国語大辞典によると、「胴にマイクを取り付け、アンプによって音を増幅させるギター。1930年代にアメリカで発明された」とある。



図 1：研修の様子

4. 本研修の内容

4.1 音の三要素について

音の「振動数」は、我々の耳に聞こえる音の特性を表すものとして音の高低（Pitch）がある。音楽の旋律には高いソプラノから低いバスの音まで、いろいろな音の高低の組み合わせがある。音の「高低」は音波の振動数（Frequency）に対応している。音の「強度」は、音の大きさ（Loudness）である。音波により運ばれる音のエネルギー、つまり、単位時間、単位面積を流れるエネルギーの流れは音の強度（Intensity）という。「音色」は、楽器の同じ高さの音は基本の振動数は同じであるが、楽器によりその波形が異なっている。楽音の場合には、基本の振動数のほかに2倍、3倍、4倍の振動数の音（Overtone）が含まれている。その割合が楽器の音色を特徴づけている。参加者より持参頂いた楽器を参加者が実際に音を鳴

らして頂いた。

4.2 オシロスコープの解析について

オシロスコープについての説明を行った。オシロスコープとは、電位差を波形として表示する装置であり、楽器の音をマイクで音を取り込み電気信号に変えて表示する。波形の解析方法については、複数の周波数を含む時間軸の波形を見ても、どのような周波数で構成されているのか分からないため、フーリエ変換によって周波数軸の波形に変換する。つまり、時間軸から周波数軸へ変換するのである。標本化定理は、サンプリングされたデータから元の信号を完全に再現するには、元の波形に含まれる最大の周波数の2倍のサンプリング周波数でサンプリングする必要があることに留意する。

ヴァイオリン、エレキギター、参加者より持ち込み頂いた楽器（一例：小型のおもちゃの木製のシロフォン、カリンバ、電子楽器 など）の音の解析を行った。楽器の音をオシロスコープ（Tektronix¹ TBS1052C）へマイク（オシロスコープ専用マイク OSM2）を通じて取り込み、各自のノートパソコンへ Microsoft Excel（以下”Excel”と表記）上でデータの取り込みを行った。Excel では、取得した電圧データのうち2のべき乗個のデータに対してFFT（Fast Fourier Transform²）を行い、離散化グラフでそれぞれの音の周波数特性を可視化した。Excel では分析ツールというアドインを追加している。

データは Sample Interval 間隔 Δt [s] でサンプリングされているため、 $T = \Delta t \times N$ となる。N はデータの数である。周波数 f [Hz] と周期 T [s] の関係は $f = 1/T$ であることから、単位 Sample Interval 当たりの周波数は $1/(\Delta t \times N)$ と表されるため、 n 番目のデータの周波数は $n/(\Delta t \times N)$ で求めることができる。

2	No.	時間	電圧	周波数	フーリエ変換	絶対値	パワースペクトル
1	Model	TBS1052C					
2	Firmware	v2015-08-04-prequal4ch70_v1.3					
3	Point Form Y						
4	Horizontal S						
5	Horizontal	0.02					
6	Sample In	0.00016					
7	Filter Freq	2.00E+08					
8	Record Le	2000					
9	Gating	0.0% to 100.0%					
10	Probe Att	10					
11	Vertical U/V						
12	Vertical O	0					
13	Vertical Sc	0.02					
14	Label						

2	No.	時間	電圧	周波数	フーリエ変換	絶対値	パワースペクトル
3	0	3.20E-04	-0.0108	0	1.6896	1.6896	2.85474816
4	1	6.40E-04	0.0028	6.103515625	8.80130613168899E-002+4.89924599930611E-002i	0.100730135	0.01014656
5	2	9.60E-04	-0.01	12.20703125	-6.74903976692423E-002+5.89477000948365E-002i	0.089609068	0.008029785
6	3	1.28E-03	0.0204	18.31054688	1.03453354795971E-002+3.59306459249334E-002i	0.037390337	0.001398037
7	4	1.60E-03	0.006	24.4140625	1.88190253542286E-003+1.64044235800172E-002i	0.016512016	0.000272647
8	5	1.92E-03	0.0132	30.51757813	6.84395373416023E-002-7.39253584296479E-002i	0.100746514	0.01014966
9	6	2.24E-03	-0.0012	36.62109375	-1.76039451480912E-002+7.88679817209165E-003i	0.019289906	0.0003721
10	7	2.56E-03	-0.0028	42.72460938	-5.4339700016382E-002-4.65859845721542E-002i	0.071575533	0.005123057
11	8	2.88E-03	-0.0132	48.828125	-6.0789487991233E-002-4.61759649252579E-002i	0.048615856	0.002363501
12	9	3.20E-03	-0.0132	54.93164063	-6.0788975141985E-002+7.68153485453421E-003i	0.061272388	0.003754305
13	10	3.52E-03	-0.0116	61.03515625	-6.0789487991233E-002-4.61759649252579E-002i	0.064819835	0.004201611
14	11	3.84E-03	-0.0068	67.13867188	8.47325646099149E-002+4.46144010780347E-002i	0.09576039	0.009170052
15	12	4.16E-03	-0.0092	73.2421875	4.44379978718402E-002-5.23441493926653E-003i	0.04474522	0.002002135
16	13	4.48E-03	0.0044	79.34570313	-1.41103038841805E-002+5.77135932480893E-002i	0.059413462	0.00352996
17	14	4.80E-03	-0.0108	85.44921875	4.1417272522852E-002+1.71432061908705E-002i	0.047353792	0.00224382
18	15	5.12E-03	0.002	91.55273438	-1.47980175094207E-002+2.26030523691609E-003i	0.014966646	0.00022409
19	16	5.44E-03	-0.0068	97.65625	2.90962463016327E-003+4.43307898020693E-004i	0.002943202	8.66244E-06
20	17	5.76E-03	0.0212	103.7597656	4.26964017718513E-002+2.05205429948444E-002i	0.047371673	0.002244075
21	18	6.08E-03	0.0084	109.8632813	5.01786802942379E-002+1.73161590422722E-002i	0.053082477	0.002817749

図 2：ヴァイオリン音の CSV ファイル（左）と FFT 処理画面

図 2 はオシロスコープの波形を USB で画像と CSV ファイル解析データを Excel にデータを表示させたところである。Horizontal Units（横軸）単位は s（秒）、Sample Interval（データ取得間隔）、Vertical Units（縦軸）単位は V（電圧）、Vertical Scale（縦軸スケール）などのデータが表示されている。図 2 の FFT 処理画面では、必要なセル「データ No.」、「周波数（横軸）」、「電圧」、「フーリエ解析結果」、「絶対値」、「パワースペクトル（縦軸）」を用意する。電圧データをフーリエ変換する（Excel ではデータタブで「データ分析」→「フーリエ変換」を選択）。フーリエ変換後のデータを IMABS 関数で絶対値に変換した後、絶対値を 2 乗して、周波数（横軸）-パワースペクトル（縦軸）としてグラフに表示する。

¹ Tektronix, Inc. (テクトロニクス) <https://www.tek.com/> (2024/1/22 現在)

² 高速フーリエ変換の意味で信号を幾つかの周波数成分に分けること

5. 音叉と主な楽器の音の波形と周波数分布

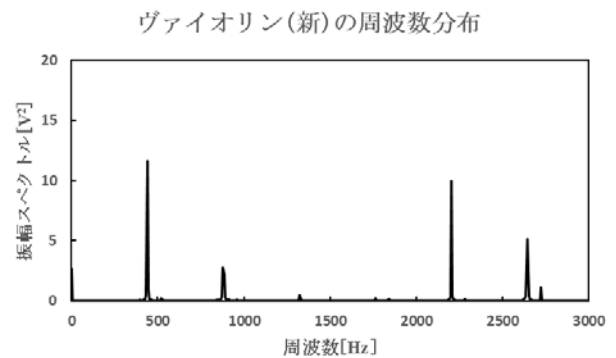
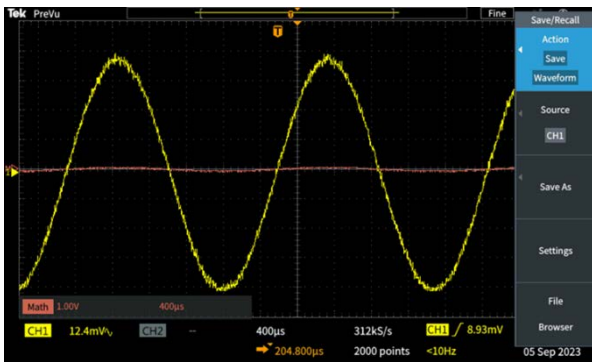
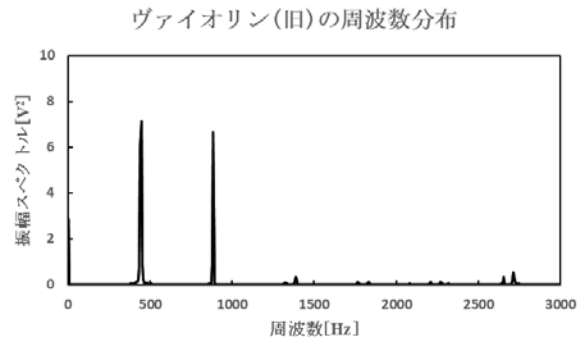
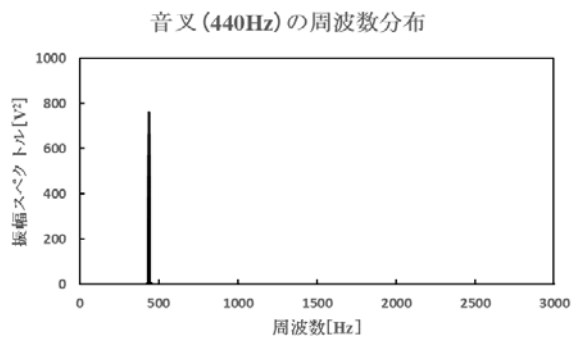


図 3：音叉の周波数分布と波形

図 4：ヴァイオリン(旧・新)の周波数分布

図 3は、音叉 (440Hz) の周波数分布と波形である。音叉の波形は、きれいな正弦波であることがわかる。また、図 4 に新しく製作されたヴァイオリンと古い年代 (およそ 100 年前) に製作されたヴァイオリンの周波数分布を示す。

6. まとめ

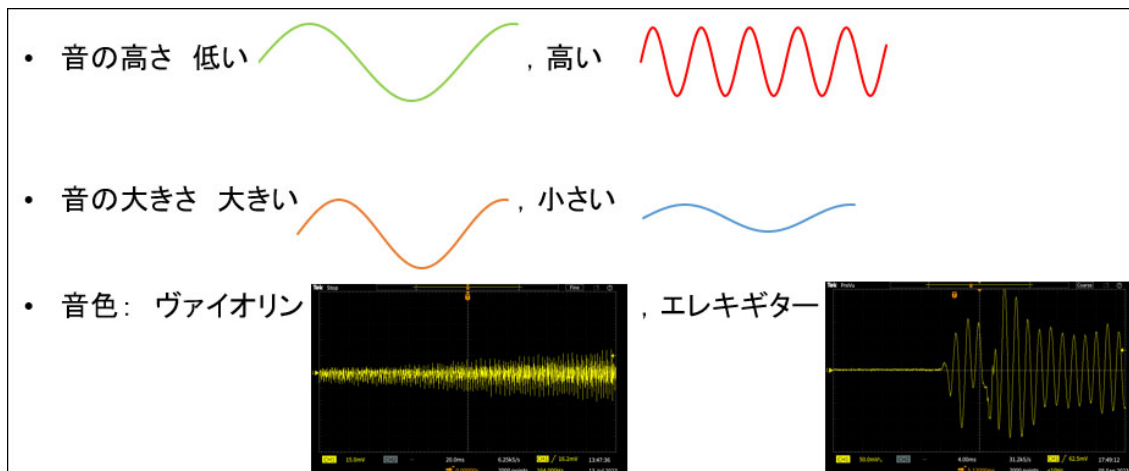


図 5：音の三要素 (音色は”Tektronix TBS1052C”で解析した実際の楽器音の波形)

研修終了後、製作された時期が比較的新しいヴァイオリンと古いヴァイオリンの音の違いを、参加者から楽器が見えないように音を出して実施した。全員参加者が古いヴァイオリンの音を当てることができた事が印象的だった。人によって心地よい音など、音の周波数組成の解析及び音圧レベルの解析だけではまだ分からないこともあると感じた。

7. 研修後のアンケート結果

【研修は皆様のお役に立ちましたか？】の質問に、全員「はい」と回答があった。その理由として、「音の解析方法について知ることができた」、「今後同様の研修を行う際の参考になった」、「エクセルでのフーリエ変換やそのグラフの見方など知らないことを知ることができた」、「新しい経験をすることができた。仕事ではあまりなじみのない音の解析が面白かった」、「オシロスコープの使い方、エクセルでのFFTのやり方など音の解析以外の場面でも役立ちそうな知識が身につきました」などがあった。

【この研修について印象に残った点】の質問に、「ヴァイオリン、ギターの他にも色々な楽器をフーリエ変換したが、違いがあって面白かった」、「倍音という概念、同じ「ラ」の音（ひとつの楽器から出した「ラ」の音）でも倍々の周波数の音が入り混じっていることが印象的だった」、「聞こえている音を波長にすることで、いろいろな音が混じっているのを視覚的に見ることができた」、「オシロスコープの使い方、エクセルでのFFTのやり方など、音の解析以外の場面でも役立ちそうな知識が身についた」などがあった。

【今回の研修をご自身の職場でどう生かしたいですか？】の質問に、「ロータリーポンプの振動など実験内のノイズが測定結果に乗っていないか周期を解析して調べたい」、「土壌中の作物をエコーのように音の反響で健康状態や収穫量の診断が出来たら面白い」とあった。

8. 研修の様子

当日の研修の様子を写真にて示す。



図 6：オシロスコープについての説明



図 7：エレキギターの音を解析している様子

9. 謝辞

研修に参加頂きました、機器分析部門 三宅 亜紀様、清水 ひかる様、教育研究第二部門 稲葉 俊介様、伊藤 由希子様へ感謝申し上げます。

研修のサポートを教育研究第一部門 芦澤 雅人様より頂きました。感謝申し上げます。

引用文献

- [1] 「日本語国語大辞典 第二版」小学館（2000）.
- [2] Stanley Sadie Et al. 柴田南雄ら訳：「ニューグローブ世界音楽大事典」講談社（1994）.
- [3] 小杉正男：「振動・波動」裳書房（1999）.
- [4] 小泉宣夫：「基礎 音響オーディオ学」コロナ社（2005）.
- [5] 吉川茂・鈴木英男 編著：「音楽と楽器の音響測定」コロナ社（2007）.
- [6] Fletcher, N. H./T.D. Rossing, 岸憲史 ら訳：「楽器の物理学」シュプリンガー・フェアラーク東京（2006）.
- [7] 小野昱郎：「波動—音波・光波」森北出版（2012）.