優賞

糸電話が教えてくれた音の世界

氷川町及び八代市中学校組合立氷川中学校　1年　井上　友愛

1、研究の目的

小学2年生から6年生まで研究してきた最高の糸電話が音ばかりの紙コップとたこ糸の組合せだったということが科学的に分析できた。実際にポリコップ、紙コップ、水、今度は4種のコップ（受話器）と毛糸、たこ糸、水糸、釣り糸、針金、5種の糸との組合せで自分の耳で聞いてみた。さらには姿はおいてあった音、ノートパソコンを持ち出して、周波数特性を解析した。音叉見るとやっぱりはっきり音が可視化できた。時は流れた。そこで各組合せによって何かが違う。周波数というものがあるということに気づいた。人間の声はおよそ1000Hzくらいで、1秒間に1000回振動している波で音を発生させている。その周波数帯域の中を成長など伝えることができる糸電話の最高の組合せは、ポリコップと水糸、釣り糸、針金は広範囲の周波数帯域を伝えることができてもだめ。逆にハード成分を取り出しにくく、雑音まで拾ってしまうようになってしまう。すって糸電話にはボツ。振動を伝えやすいのは紙コップとたこ糸の組合せだ。紙コップとたこ糸の組合せは、適度に雑音をカットし、反響を増幅する。とても話やすくていい。携帯電話にも今ではまったく別になったが、聞こえなくてもいい、むしろ聞こえないほうがいい周波数帯域の音をカットするテクノロジー（ノイズリダクション）というものがある。糸電話がもとりを構っていないのを教えない。なぜ？に紙コップ（はっぷ）のせ？が反響（てもい）、やや聞こえが悪くなった。紙コップの大きさは16cm過ぎはサイズ"ボツ"あるわけだ。

今回は音についても、やる問いて対策に見った。音には3つの要素があり、音の大きさ（音圧）、音域（周波数）、音色（波形）で音が決まる。人の手も楽器の音も自然界にある有るすべての音はこの3つの要素で構成されている。

まず、音の大きさについて。音の大きさ（音圧）は騒音計などを用いて数値化することができる。単位はデシベル［dB］。0～120 dB の範囲で数値が定められている。一般生活における音圧の数値の範囲が40～60dBとなっている。また この数値は高校数学で学習する対数関数［log₁₀x（log）］という特殊関数を用いている。dB 数値の1dBがいくらかというと、単に10dB が 20dB と数値が2倍になったら、音圧も2倍ということにはならない。20dB の差で10倍。40dBの差で100倍の音圧レベルとパワー数値の幅がどうなっが人きさい指標としては40dBが幅の一つ分は解説。80dBは耐えがたい騒音。さらに100 dB はオートバイ、ライブハウスの大音量。上限の120dB は飛行機のジェットエンジンの至近距離の爆音となる。

次に音程について。音程は高いものほど数値が大きくなる。単位はヘルツ［Hz］コーン部分が1秒間に振動する回数を示した数値だ。人間の可聴範囲である周波数は20～20000Hzである。その代表値はかりがえることはなかなかコンマ（Am 220.5～1760.5 Hz［$220.500000 \sim 1760.000000$Hz］）、FM ラジオ（76.0MHz［$76000000 \sim 76.000000$Hz］）、テレビ（VHF 90～108MHz［$90000000 \sim 108000000$Hz］）、携帯電話（4G 3.6GHz［$3600000000$Hz］）、次代規格の次世代通信（5G 3.7GHz～4.2GHz［$3700000000 \sim 4200000000$Hz］）なども使用されている。

最後に音色について。音色（波形）は各楽器の持つ特性を表示したものだ。基礎はきれいな波である正弦波、ノコギリ状のノコギリ波、カクカクの矩形波などがあり、いろんな波が複雑にまじりあって音を奏でている。身近の テレビ放送 ボタンのカラーバーとそれに流れるピーポーという音、映画 食のビーチ 音は正弦波という何も混ざっていない純粋音である。

いろいろ調べていくうちに、前回の研究で用いたソフトは波形と周波数と音の3要素の2つを見ることができるので、自分の声や今回の楽器で検証してみたいと思った。

2、研究の方法①

材料：ノートパソコン、マイク、リコーダー、ハルボルハーモニカ、家にあるピアノ

マイクとパソコンを用いて音を数値化する。マイクから入った音をパソコンの画面上でグラフ化。グラフの横軸を周波数（低→高）、縦軸を音量（小→大）とする。さらに波形も表示されるので、こちらも確認する。検証を行うのは、人の声、リコーダー、ハルボルハーモニカ、ピアノ。人の声で音階を確実に出すのは不可能なので「あいうえお」の母音の発声を検証する。ついでに声の音色の検証をする。その他の楽器はドレミファソラシドとオクターブ分を演奏し、その周波数及び波形を確認する。

3、研究の結果①

	人の声		リコーダー		ハルボルハーモニカ		ピアノ	
あ	225.1Hz 山が多い	ド	1096.7Hz さざなみ		1582.7Hz 強弱をくりかえす		258.7Hz 大きな波	
い	258.4Hz 不規則な波	レ	532.2Hz さざなみ		1476.5Hz ゆるやかな強弱をくりかえす		290.7Hz 大きな波	
う	473.7Hz 強弱をくりかえす	ミ	656.8Hz さざなみ		1324.0Hz ゆるやかな強弱をくりかえす		333.8Hz 一定の山形	
え	506.0Hz 一定の山形	ファ	633.8Hz さざなみ		2261.0Hz こまざみな波		679.8Hz 一定の山形	
お	484.5Hz きれいな波	ソ	775.0Hz きれいな波		1134.3Hz こまざみな波		1189.3Hz 不規則な波	
高	1324.3Hz 大きくこまざみな波	ラ	882.8Hz きれいな波		1324.3Hz 一定の山形		441.4Hz 大きな波	
中	1130.5Hz 一定の山形	シ	990.5Hz きれいな波		1496.6Hz 一定の山形		985.3Hz きれいな波	
低	712.4Hz 不規則な波	ド	1055.1Hz きれいな波		1571.9Hz ほぼ正しい波		527.6Hz 一定の山形	

4、研究でわかったこと①

人の声は 300～1000 Hz で発生していることがわかった。また「あいうえお」の母音でも周波数が異なり、波形に関しては顕著に違った。声の高低に関しては、「あ」のみの発音であったにもかかわらず周波数、波形ともに違うものはないがあった。次に楽器に関して。まずはリコーダー。波形に大きな差がある。基本的な波形はほぼ同じとなる。周波数もドレ」から音階が上がるとともに周波数も上がっていた。ただ低いド（ド）だけは異なっていたが、ほぼ同じくらいの音を鳴らせなかったためか、1000Hz 以上高い数値を示した。次にハルボルハーモニカ。波形がリコーダーと同じくこまざみはあるがきれいな波（ほぼ同じ）しかしリコーダーとは違った。周波数については、音階順に高くなっていたが、ピアノ。音階（ド～ド）で基本的な波形を示した。また周波数も「ファ」とピアノのみ形が似ており高い数値を示した。その他はほぼ音階順で、「ラ」以上では基本的周波数であるものは他の近似値、ずれているものは不規則な波形だった。

今回の実験では完璧なものにアイウ エ オを区別 できず、いろんな雑音を拾ってしまった。完璧な加工 ができなかったのが残念だ。

人の声や楽器（ハルボルハ）は音のたらなかったり、ずれていたりは周波数の音、（リコーダ）は音が波形の音が綺麗で音楽というべきもの。ハーモニカを気にしているのがなかった。音というのは科学的でも芸術的でもある。音の世界は実に興味深い。

芸術的という言葉で思い出した。前回の実験で行ったボール紙にビニールを張ってアジンスを張って声で振動させたらきれいな模様ができた。これについても調べてみた。「ウッドに固まりとしっかりの今にいっぱいイメ」の特徴を学習 ワンだ二博士が実験した 手段の 振動によりメイ広まるもの のさい 自分模様のこモ ヒ ッ ク。声の周波数によりビニールの振動する部分がいろいろ変化し模様が変化する。今回 実験 に参加 で感動 を 与えた。ということは 実験 がうまくいかなかった 人 は 模様 をうまくやれなかったのかもしれない。それは 波形の音 の違 と の 違 から 波 の 音 、 聴 き 比 べ 模様 の 違 を 比 較 し ・ ・ を 試 せ ば 「 きれいな 模様 ができるかもしれない」 と 考 え 実 験 に 挑 戦 した。

5、研究の方法②

材料：ノートパソコン、スピーカー、アンプ、無料ダウンロード音源、厚い天然で使用した黒いビニールを張ったステンレスボール、厚手スポーツ、厚手スポーツ、アクリル板、まず ノートパソコン、アンプ、スピーカ を つなぎ、スピーカー を上向きにおくの上に ボールを置く。その上に黒いビニールを張ったステンレスボールを置く。黒いビニールの特徴 を 利用するため 厚手スポーツ を 張る。が、制約 ( ) を 強くし、ボールを 強くし、ボールを 強くし、ボールを