



# Voice be Chord ～眠れぬ森のケルベロス～

Voice be chord Sleeping Cerberus

ドーナツホール

藤間南々子<sup>1)</sup>, 岩崎陽生<sup>1)</sup>, 高田濤<sup>1)</sup>

Nanako FUJIMA, Haruki IWASAKI, Mio TAKADA

1) 多摩大学 経営情報学部 (〒206-0022 東京都多摩市聖ヶ丘 4-1-1)

概要：本企画では、正確で綺麗な和音から生まれる"倍音現象"を体験者の声で作りに出す体験を提供する。倍音現象には、厳密に正しい音程が求められるため、合唱経験者であっても体験することは難しい。ギリシャ神話のケルベロスを眠らせることを設定上の目的とし、VR 空間内に表示されるインジケータで声の高さを調整する。体験者の声の周波数が、求める周波数と厳密に一致していない場合でも、一定範囲の周波数成分の合計を強度とし、出力することで、「倍音現象」を誰でも体験できる。体験者にそれぞれ自身の声を使って倍音が聞こえた嬉しさと和音の心地良さを感じてもらうことを目指す。

キーワード：倍音現象、和音の心地よさ、聴覚

## 1. はじめに

### 1.1 目的

本企画では音楽経験のない人にも「倍音現象」を作り出す体験をしてもらう。

中学高校六年間吹奏楽部だった私には、一つ忘れられない練習がある。その練習では、3人それぞれが「まー」と長く大きく発声する。このとき、全てのグループが正確な音程で声を出すと、単に響きの良い「和音」が聞こえるだけではなく、その3つの音以外の高い音が響いてくる。この現象を合唱の世界では「倍音」と呼んでいる。工学的な意味での「倍音」と区別するため、本稿ではこれを「倍音現象」と記述する。その練習を続けていたところ、ある日確かに、誰も発していないはずの高い音が聞こえてきた。そのときの「音が聞こえた嬉しさ」と、「和音の心地よさ」を今でも覚えている。私は、この企画を通してその気持ちよさを皆さんに体験していただきたい。

### 1.2 設定

あなたは特別な音楽の力を持つ選ばれし者。冥界の門を守る三つの頭を持つ巨大な犬、ケルベロスが長年の守護の役割からくる疲労とストレスで、安らぎと癒しを必要としていることを知る。

ケルベロスはオルフェウスの奏でる堅琴の美しい音色で眠ることができるが、オルフェウスのメンテナンス不足により堅琴の弦が切れてしまった。そこで、あなたは

オルフェウスにケルベロスを眠らせるように頼まれた。あなたの特別な声でケルベロスに安らぎを与えよう。しかし、ケルベロスは疲れ果てていて機嫌が悪いため、盾を持って気を付けて行こう。

### 1.3 ユーザ体験

ユーザの目の前には、長い間冥界の門を守り疲れ果てている大きなケルベロスが立っている。ケルベロスは、綺麗な和音を奏でることで眠らせることができる。そこでユーザは、ケルベロスを長年の門番の仕事から解放し、安らぎを与えるために眠らせる。

ユーザの前には2つの音程の声が出力されており、音程インジケータが表示されている（図1）。

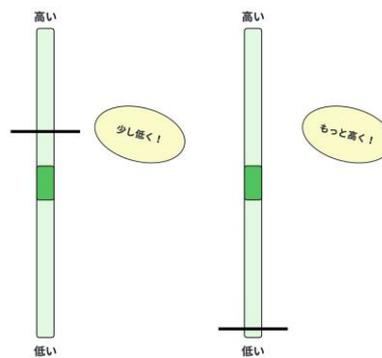


図1：インジケータ概要

ユーザは、この 2 つの声に対して綺麗な長三和音と倍音を作り出し、ケルベロスを眠らせようとする。綺麗な和音を作り出すためには、表示されたインジケータの指示に従い、ユーザが自身の声の音程を調整する必要がある。ユーザが綺麗な長三和音を出すことができれば、その後聞こえてくる倍音と共にケルベロス眠らせることができる (図 2)。

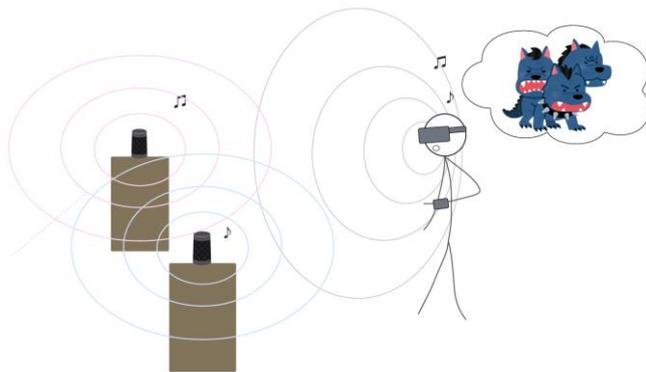


図 2 : 制作物の概要

2. システム構成・使用機材

2.1 倍音現象の分析

和音とは高さが異なる三音以上の楽音が同時に響く音のことである。三つの音からなる和音を「三和音」、四つの音からなる和音を「四和音」と呼ぶ。【1】

協和和音とは協和している和音のことで、聞き手にリラックス感と心地よさをもたらす。逆に不協和和音は不協和音程を含む和音のことで、聞き手に緊張感や切迫感、恐怖感を引き起こす。【2】

平均律とは、音程を等しい周波数比で分割した音律である。また、半音が 10 の 12 乗根の比率になっている。平均律においては、1 オクターブ離れた音以外は単純な整数比になっていないため、きれいな和音にならない。これに対し純正律は、完全 5 度と長 3 度の単純な整数の周波数比を用いて作られている。そのため、共通倍音が生じやすく、和音が美しく響く。その中でも C (ド) -E (ミ) -G (ソ) の三和音、F (ファ) -A (ラ) -C (ド) の三和音、G (ソ) -B (シ) -D (レ) の三和音は、4:5:6 の比率で三和音として最も単純な比であり、共通倍音が生じやすくなる。本企画では、和音の心地よさを体験者に感じてもらうため、純正律を採用する。

高瀬らによれば、「Major を含む進行に対してのみ左眼窩前頭皮質(BA47)での賦活が見られた。minor と Tension による進行では賦活が確認できなかったことから、Major のもつ特異性が示された。」【3】とされている。つまり、長三和音を含むコード進行のみが左眼窩前頭皮質を活性化させ、他のコード進行よりも強い印象を与えることがわかる。本企画では長三和音を採用する。

倍音現象は習練を積んだ合唱経験者であっても、実体

験することが難しい。実際に私も、倍音の練習を始めてから一年間は聞くことができなかった。

国際式表記の C5 のドの周波数 523.251[Hz]に対して、長 3 度のミの周波数は 5/4 倍の 654.063[Hz]、完全 5 度のソの周波数は 3/2 倍 784.876[Hz]である。周波数の整数倍である倍音は本来聞こえにくい音であるが、最低 2 つの周波数の公倍数である周波数は倍音が重なっているため、その周波数だけ聞こえやすくなる (表 1)。

表 1 : 周波数比

	倍音				
ド	fc	2fc	3fc	4fc	5fc
ミ	5/4fc	10/4fc	15/4fc	20/4(5)fc	25/4fc
ソ	3/2fc	6/2fc	9/2fc	12/2fc	15/2fc

我々はその音を「共通倍音」と名づける。図 3 に示すとおり、ド(青)とソ(赤)の共通倍音である周波数 1569.75[Hz]でドとソの倍音が重なっていることが分かる。一方、ド(青)とミ(緑)の共通倍音である周波数 2616.25[Hz]を見ると倍音の重なりがずれている。このように、倍音現象があらわれるためには、基音の 5 倍程度の周波数においてその値が正確に一致することが必要となる (図 4, 図 5)。これが、倍音現象が稀であることの原因であると考えられる。

本企画では、共通倍音の周波数が厳密に一致していない場合でも、その前後の一定範囲の周波数スペクトルの合計を共通倍音の強度として採用し、出力する。それにより、体験者は自らの声で共通倍音を作り出したという体験ができる。

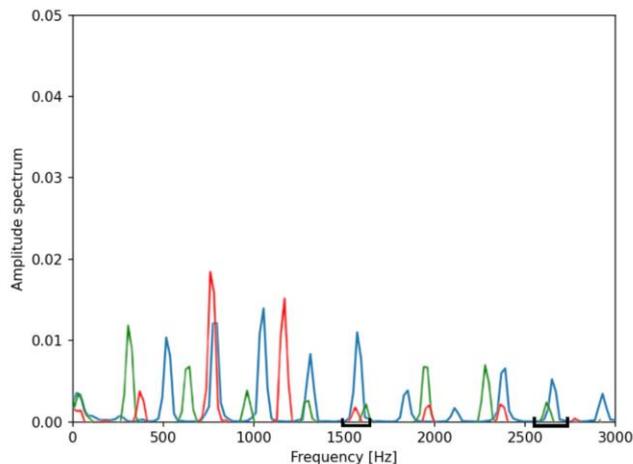


図 3 : 周波数スペクトル

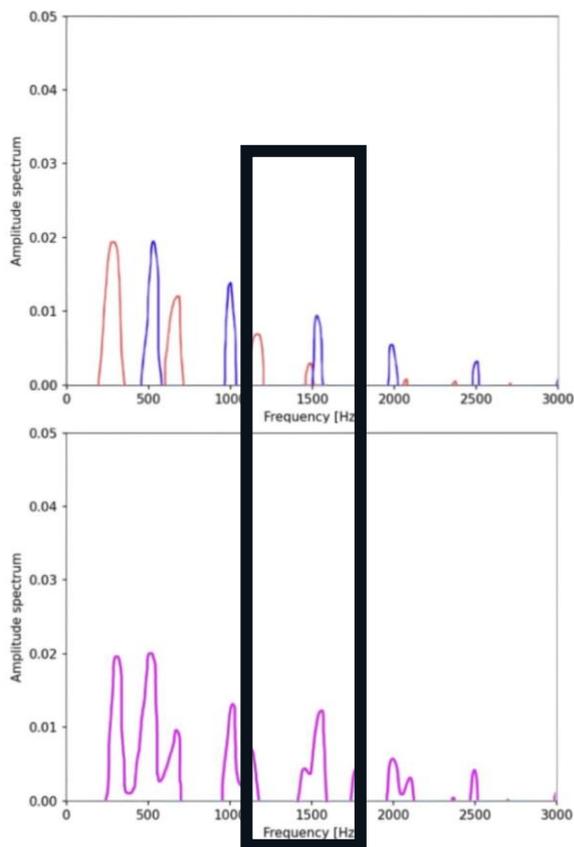


図 4：倍音現象なしの周波数スペクトル

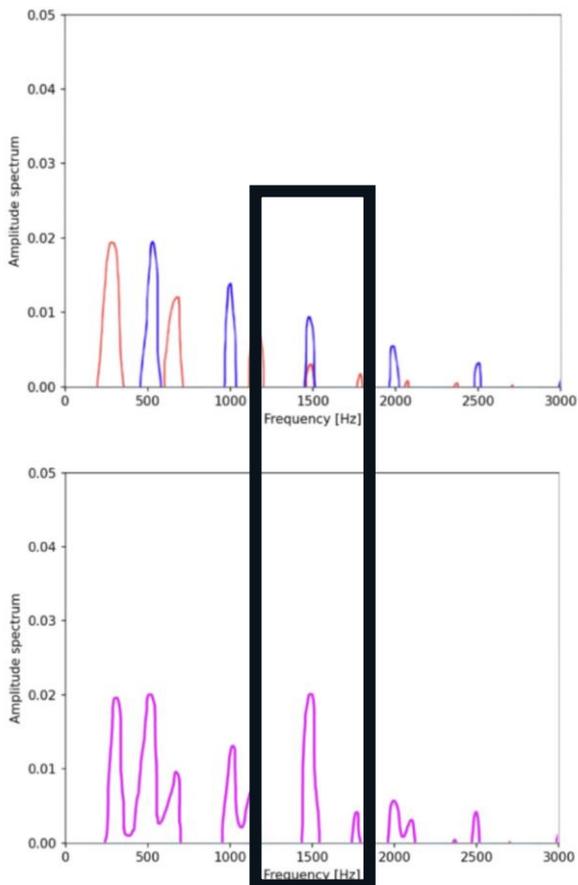


図 5：倍音現象ありの周波数スペクトル

### 2.2 システム構成

本体験のシステム構成を図 6 に示す。和音の基音と基音の完全 5 度の音は PC からスピーカを通して出力する。ユーザはディスプレイに表示されたインジケータの指示に従い、自身の声を調整しながら発声する。ユーザの声を Python のライブラリの PyAudio に入力する。それを FFT 解析し、入力に応じた信号を視覚呈示装置と力覚呈示装置へ渡す。視覚呈示装置は受けた信号に応じた映像を HMD へ入力し、ユーザへ視覚の呈示を行う。盾となる力覚呈示装置について、2 つの案を考えている。1 つ目は、二重モータの制動によるジャイロ効果を利用する方法であり、2 つ目は振動モータを使用する方法である。ジャイロ効果を利用する方法は、直交する 2 つのモータを急制動することによって生じる力覚を利用して、盾を持つユーザーにリアルな引っ掻き感覚を再現するものである。一方、振動モータを使用する方法では、盾となる装置の両端に設置する複数の振動モータを、タイミングをずらして振動させる。この振動のタイミングと強度を調整することで、引っ掻きの深さや速度の感覚を変化させることができると考える。また、振動モータによる方法は、構造がシンプルでデバイスの軽量化が実現できる。

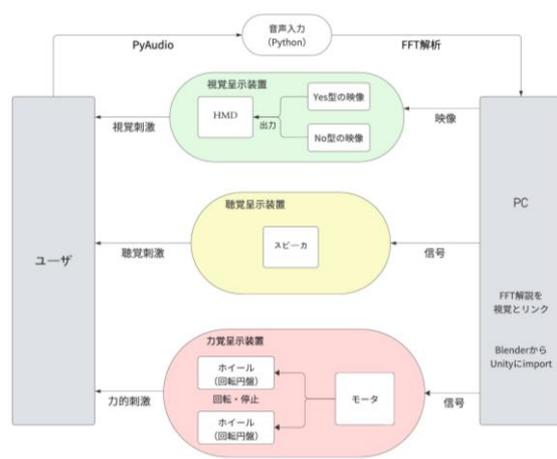


図 6：システム構成

### 3. むすび

本システムでは、VR 空間内のインジケータをユーザが声を調整することで、ユーザ自身が倍音を作り出す感覚を提示する。この体験を通し、ユーザに倍音を出せたことの嬉しさや和音の心地よさを感じてもらうことを期待する。

#### 参考文献

- [1] 和音. (2023 年 4 月 25 日). Wikipedia. <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%92%8C%E9%9F%B3>
- [2] 協和音と不協和音. (2022 年 6 月 6 日). Wikipedia. <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%94%E5%92%8C%E9%9F%B3%E3%81%A8%E4%B8%8D%E5%8D%94%E5%92%8C%E9%9F%B3>

- [3] 高瀬雅良, 饗庭絵里子, 田中里弥, 藤澤隆史, 赤塚諭, 下斗米貴之, 長田典子, (2012), 和音進行聴取における脳機能計測および印象評価」, 日本認知心理学会発表論文集 2021 巻:p132, (2024 年 5 月 29 日

取得,

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/cogpsy/2012/0/2012\\_132/article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/cogpsy/2012/0/2012_132/article/-char/ja/)