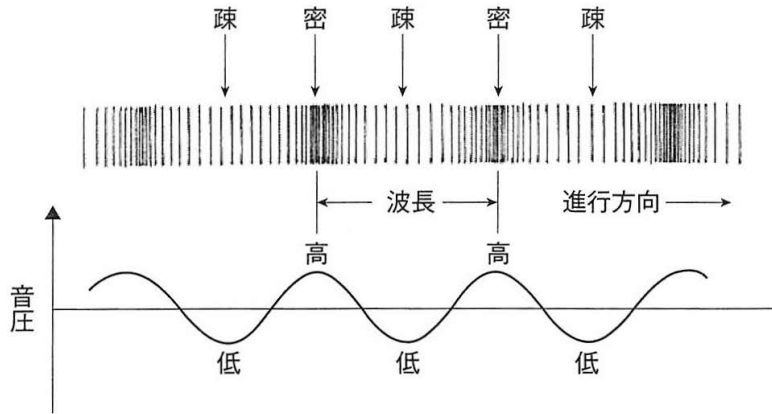


「聴覚系」

1. 音と聴覚

音の定義

音波またはそれによって起こされる聴覚的感覚



空気の疎密波の様子

物理的性質

音の強さ

$$\alpha = 10 \log_{10}(I/I_0) \quad \text{強さのレベル}$$

$$= 20 \log_{10}(p/p_0) \quad \text{音圧レベル (SPL) 単位はデシベル (dB)}$$

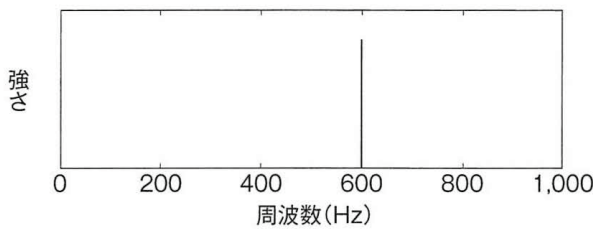
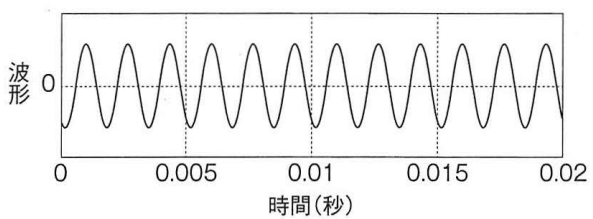
基準の強さ:  $I_0 = 10^{-12} \text{W/m}^2$ , 基準の音圧:  $p_0 = 20 \mu \text{Pa}$   
 (1000Hz 正弦波の最小可聴値にほぼ対応)

周波数

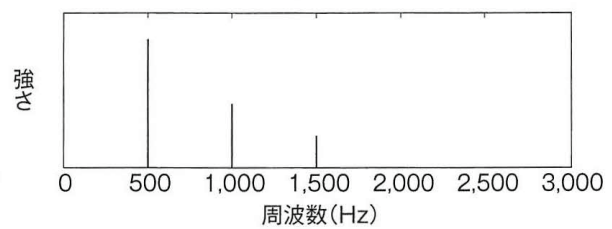
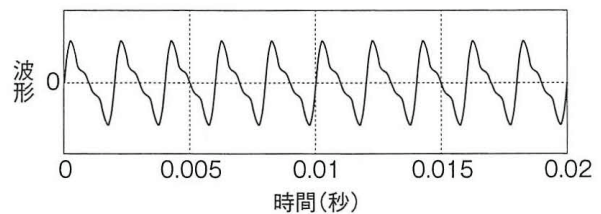
周期的現象が毎秒繰り返される回数

純音: 正弦波

複合音: 基本波とその n 倍の高調波 (組み合わせがスペクトル)

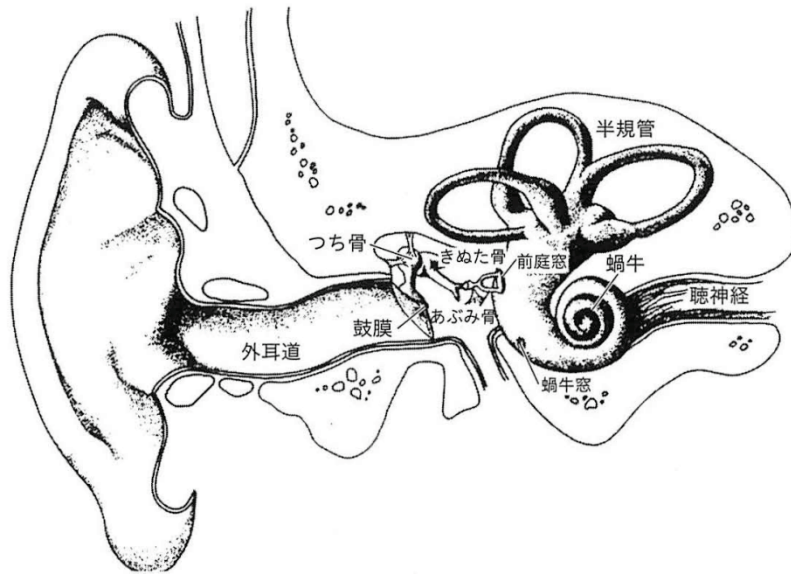


600 Hz 純音の波形とスペクトル



周期複合音の波形とスペクトル

# 耳の構造

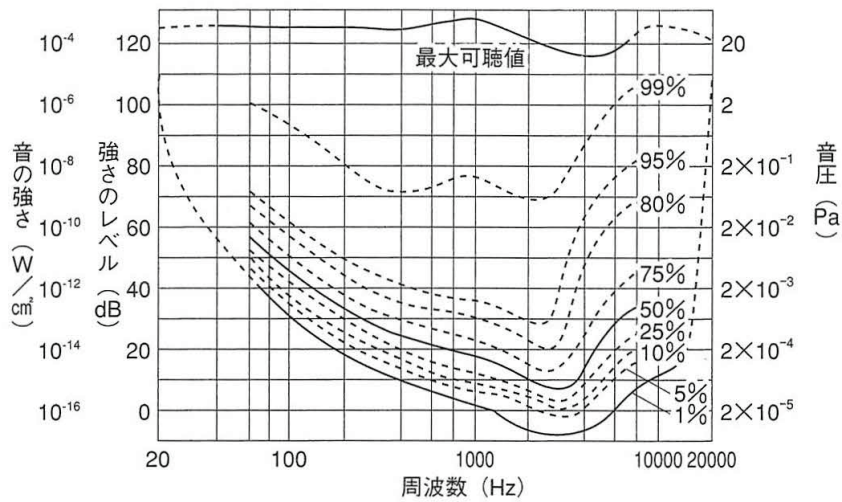


外耳，中耳及び内耳

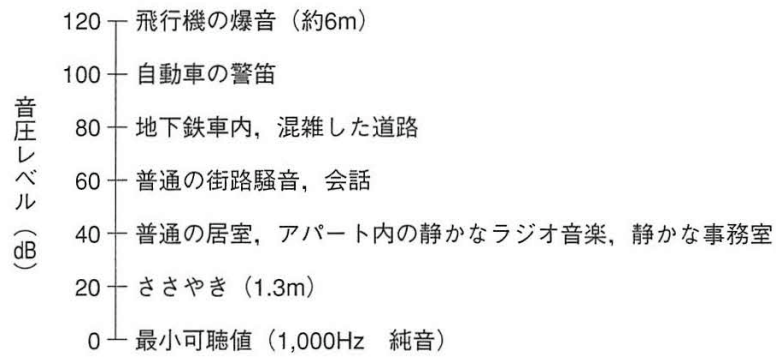
## 聴覚の基本的特性

可聴周波数範囲：20～20,000Hz

音圧レベルの範囲：0～120dB (20 μ Pa～20Pa)



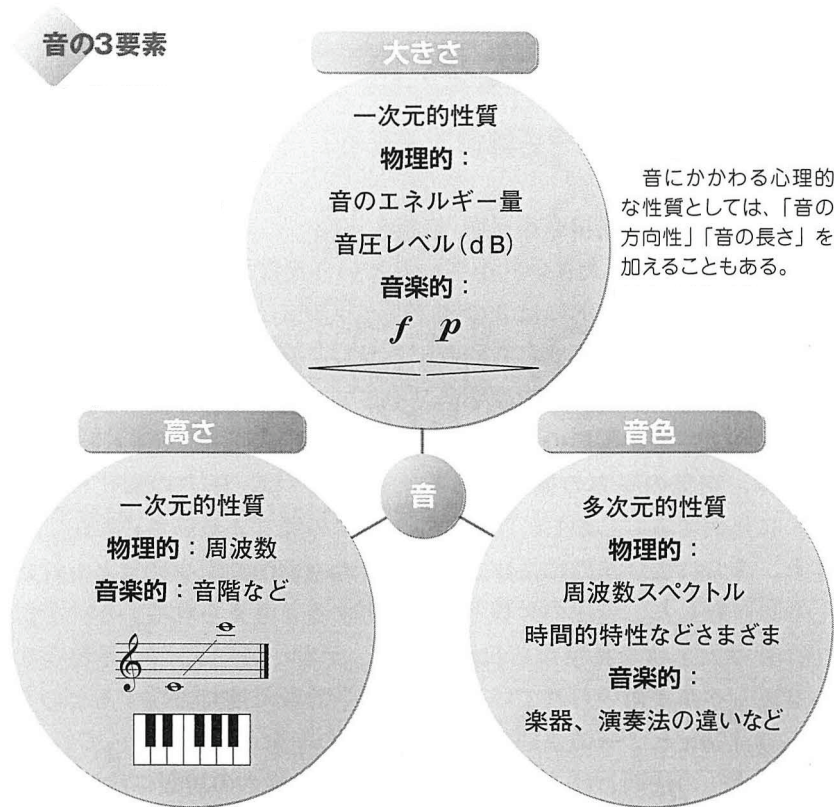
可聴範囲



日常生活におけるいろいろな音の大きさ

## 2. 音の心理的3要素

大きさ (波形の振幅), 高さ (波形の周期), 音色 (波形)



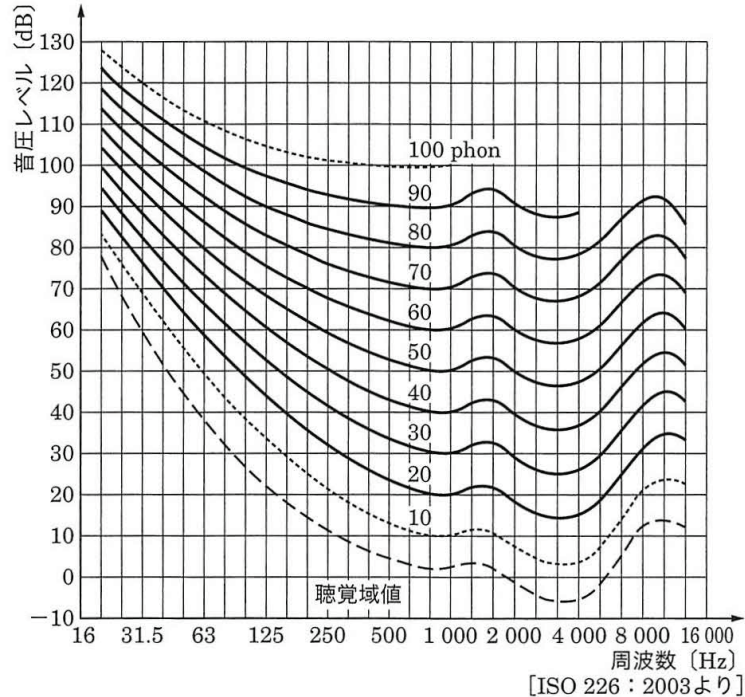
## 音の大きさ

音の強さに関する聴覚上の属性，単位ソーン

## 音の大きさのレベル

1000Hz の音を基準音として，他の周波数の音が基準音と同じ大きさに感じられる音圧レベル  
単位ホン

→音の大きさの等感曲線



等ラウドネス曲線

## 音の高さ

### 1 次元の性質

「低い」から「高い」まで1次元的に変化する性質

音の高さの単位：メル (1000Hz の倍に感じるのは，3000Hz 付近)

### 循環的性質

1 オクターブごとに類似した音が循環的に現れる性質

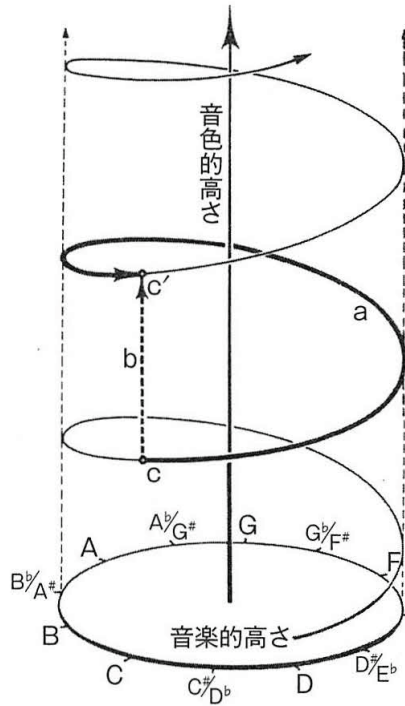
4～5 kHz まで

### 無限音階

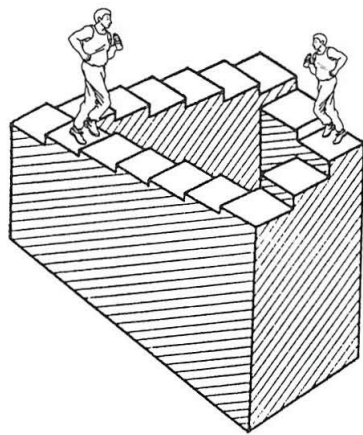
1 次元の性質はなく，循環的性質だけを感じさせる

## 音色

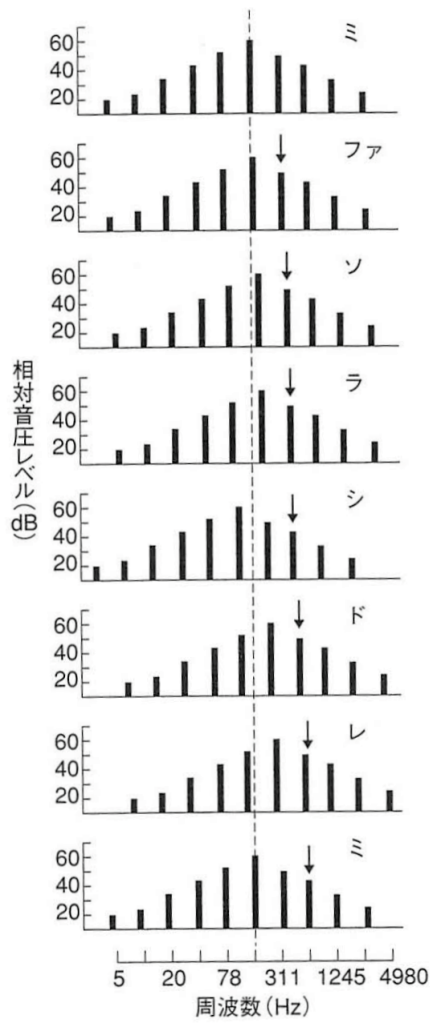
「明るさ」，「きれいさ」，「豊かさ」など，多次元的であり，1つの尺度では表現できない  
物理的には，周波数スペクトルや様々な時間的特性が影響する



トーン・ハイトとトーン・クロマの螺旋モデル



無限階段の錯視



無限音階

### 3. 聴覚情報の処理（参考）※授業での説明は省略

#### 生理学的対応

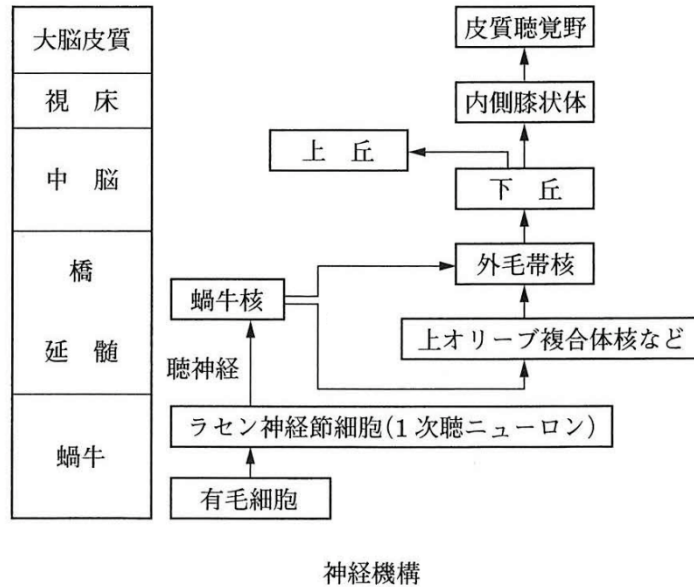
##### 1 次元的性質

基底膜の場所（周波数）に対応して音の高さが決定されている

##### 循環的性質

周波数がオクターブだけ異なる 2 音に対するパルスの時間間隔は一致する

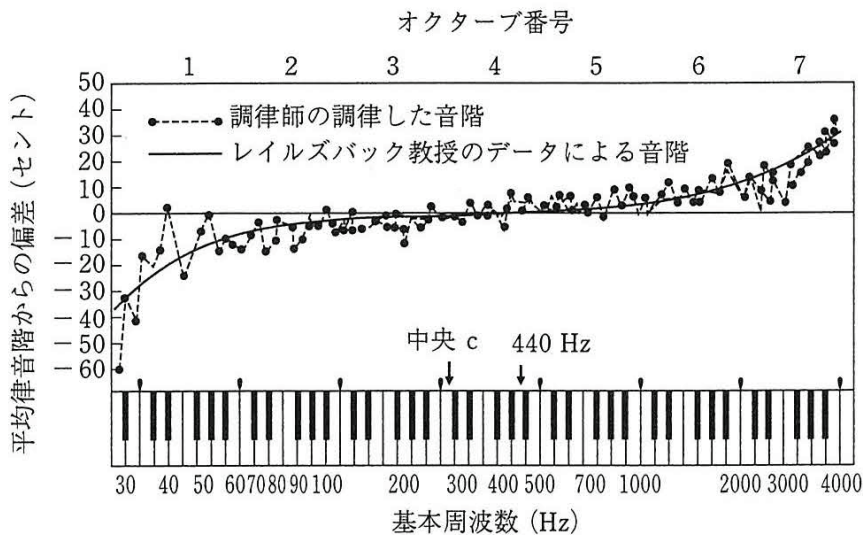
#### 大脳皮質の聴覚野への経路



### 4. 聴覚心理

#### 心理的オクターブの伸長現象

オクターブに対応する 2 つの音の周波数比は 2 よりもわずかに大きい

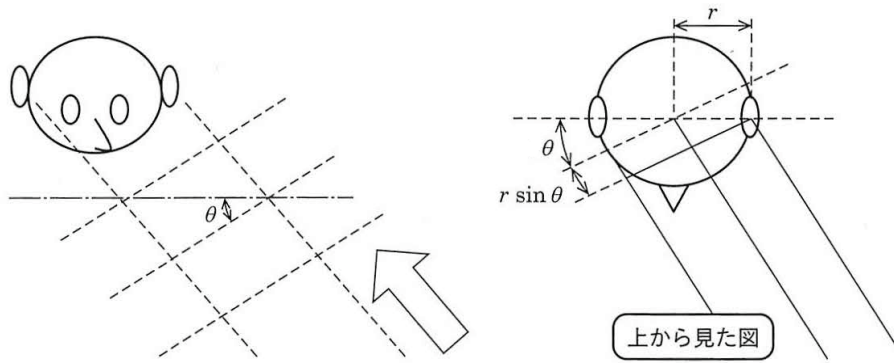


#### ピアノの調律状態

セントは音楽の上で用いられる周波数比の単位で、12 平均律の半音を 100 セントとする。したがって、1 オクターブは 1200 セントである。

## 方向定位

音源の方向によって、左右の耳に加わる音響信号の時間差、強度差が生じる  
このことにより、音源の方向を知ることができる



遠い音源からの音波の到来

## カクテルパーティー効果

パーティーなどの席で、大勢の人の話声の中から特定の人の話を聞き分けることができる現象  
→高次中枢の働きも関与

## 5. 音楽の三要素

音楽の三要素：メロディ（旋律）、ハーモニー（和音）、リズム（律動）

メロディ：音の高さ（ピッチ）の上下で構成される

ハーモニー：ある音に別の音を同時に重ねることで作られる

リズム：音の時間的パターンの繰り返して生じる

群化（体制化）：人間は様々な情報をまとまり（ゲシュタルト）のある事象として知覚しようとする

ゲシュタルト要因：近接の要因、類同の要因、閉合の要因、良い連続の要因など

聴覚においても群化が生じる

スキーマと呼ばれる枠組みにより、メロディ、ハーモニー、リズムを感じる

## メロディ

ピッチの変化をメロディとして理解するためには、調性やリズムの枠組みを必要とする

(a) 時間的近接性：時間的に連続した音、タイミングの近い音どうしがグループを形成する



(b) 類同性：音の特徴が類似しているものどうしがグループを形成する

〈音域・高さの類同（近接）〉 〈音の長さの類同〉 〈ニュアンスの類同〉 〈音の大きさの類同〉



点線は知覚されるグループを表す。

## 時系列方向の楽音の群化

## 音階

### メロディを構成する音のセット

西洋音楽では7音階が一般的、民族音楽などでは5音階もある

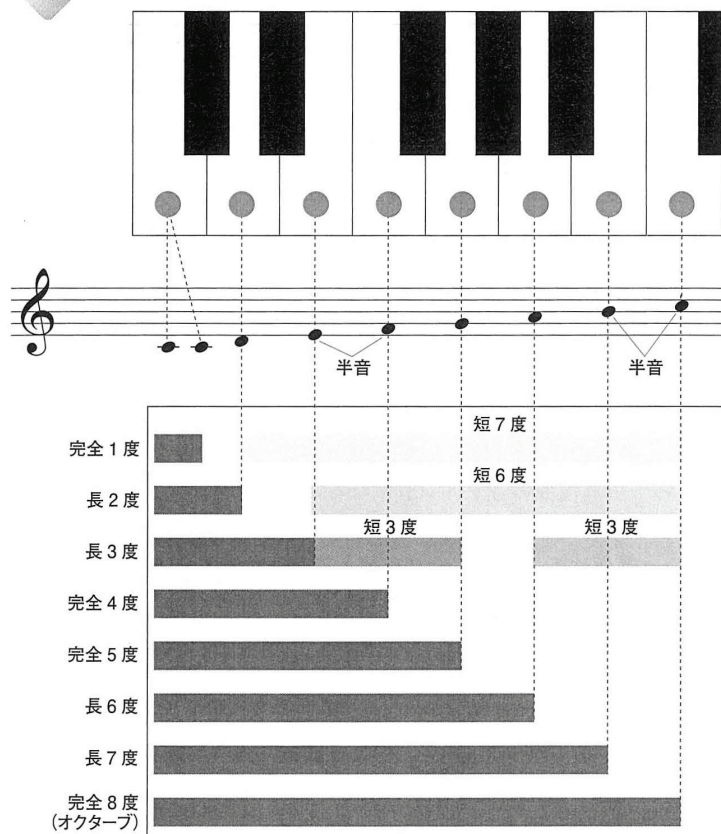
自然発生的に生まれたメロディのピッチから音階が次第に定まってきた

階名：相対的なピッチ「ド レ ミ ファ ソ ラ シ」

音名：絶対的なピッチ「ハ ニ ホ ヘ ト イ ロ」あるいはドイツ語の「C D E …」

## 音程

### 音律の基礎は音程関係



## 音律

音階の構成音にどのような周波数をあてはめるかを決めたもの

### ピタゴラス音律

完全5度が美しく響く ※長3度の音程の響きが美しい

### 純正律

単純な周波数比の音程により、美しく響く ※転調に対応できない場合がある

### 平均律

すべて均一の周波数比で構成し、どの調でも同じように響くようにした（転調が可能）

隣接する2音の周波数比は $2^{1/12}$ （2の12分の1乗）

オクターブだけが2倍という単純な整数比になる



## ハーモニー

演奏する音を2以上重ねたものを和音という  
協和と不協和の概念は変化し、協和音の範囲は広がった

## 三和音

3度の和音を3つ重ねたもの

|           |          |      |     |
|-----------|----------|------|-----|
| 協音程       | a. 完全協音程 | 完全1度 | 1:1 |
|           |          | 完全8度 | 2:1 |
| b. 不完全協音程 |          | 完全4度 | 4:3 |
|           |          | 完全5度 | 3:2 |
|           |          | 長3度  | 5:4 |
|           |          | 短3度  | 6:5 |
|           |          | 長6度  | 5:3 |
|           |          | 短6度  | 8:5 |



|      |   |     |       |     |       |
|------|---|-----|-------|-----|-------|
| 不協音程 | } | 長2度 | 9:8   | 長7度 | 15:8  |
|      |   | 短2度 | 16:15 | 短7度 | 16:9  |
|      |   | 増4度 | 45:32 | 減5度 | 64:45 |



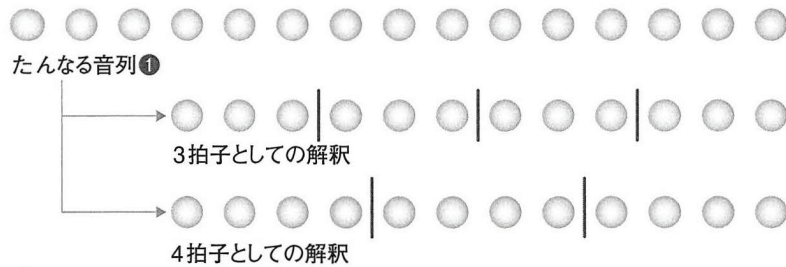
(短7度は、今日の音楽では、不協音程と感ぜられていないが、多少不安定であり、独立感がない。)

協音程と不協音程

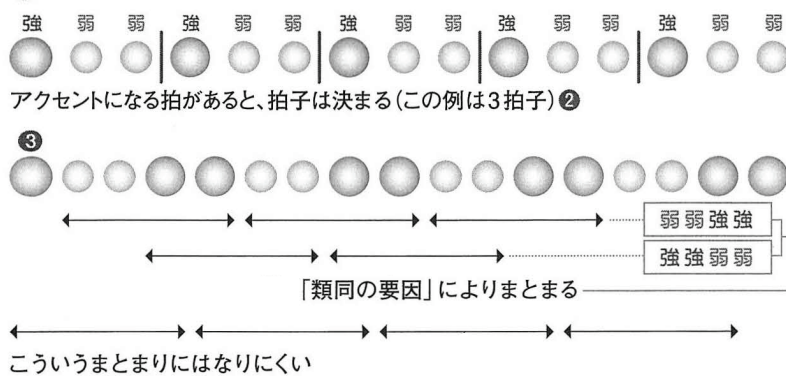
## リズム

リズムのスキーマもゲシュタルトの原理に基づいている

### 音の連なりから拍のリズムへ



### リズムのスキーマによる音のまとまり方



## 参考書

- 樋渡 涓二編著：視聴覚情報概論（昭晃堂）
- 川人 光男 他：岩波講座・認知科学3・視覚と聴覚（岩波書店）
- 福田 忠彦：生体情報システム論（産業図書）
- 福田 忠彦：生体情報論（朝倉書店）
- 岩宮 眞一郎：音響の基本と仕組み（秀和システム）
- 岩宮 眞一郎：音楽の科学がよくわかる本（秀和システム）
- 岩宮 眞一郎：CDでわかる音楽の科学（ナツメ社）
- 重野 純：音の世界の心理学（第2版）（ナカニシヤ出版）