

# サウンド・デザイン

福岡女学院大学 2021年度 前期 木曜2限 第1週

講師：松浦知也

[teach@matsuuratomoya.com](mailto:teach@matsuuratomoya.com)

[teach.matsuuratomoya.com](http://teach.matsuuratomoya.com)

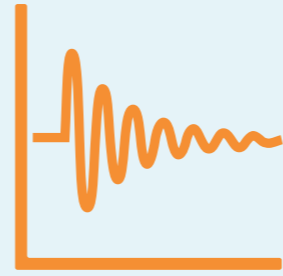


音と知覚

# 音のスケールと聴く仕組み

- 自分の意図した通りの音を聴かせるには、  
**その音が人にどう聞こえているか？**を考える必要がある
- その為には、**自分がまず音をどう聞いているのか？**  
について考えて、人と共有できるようにすることが大事
-

# 今日考えるところ



量的な共有  
Quantitative

統計的な共有  
Statistical



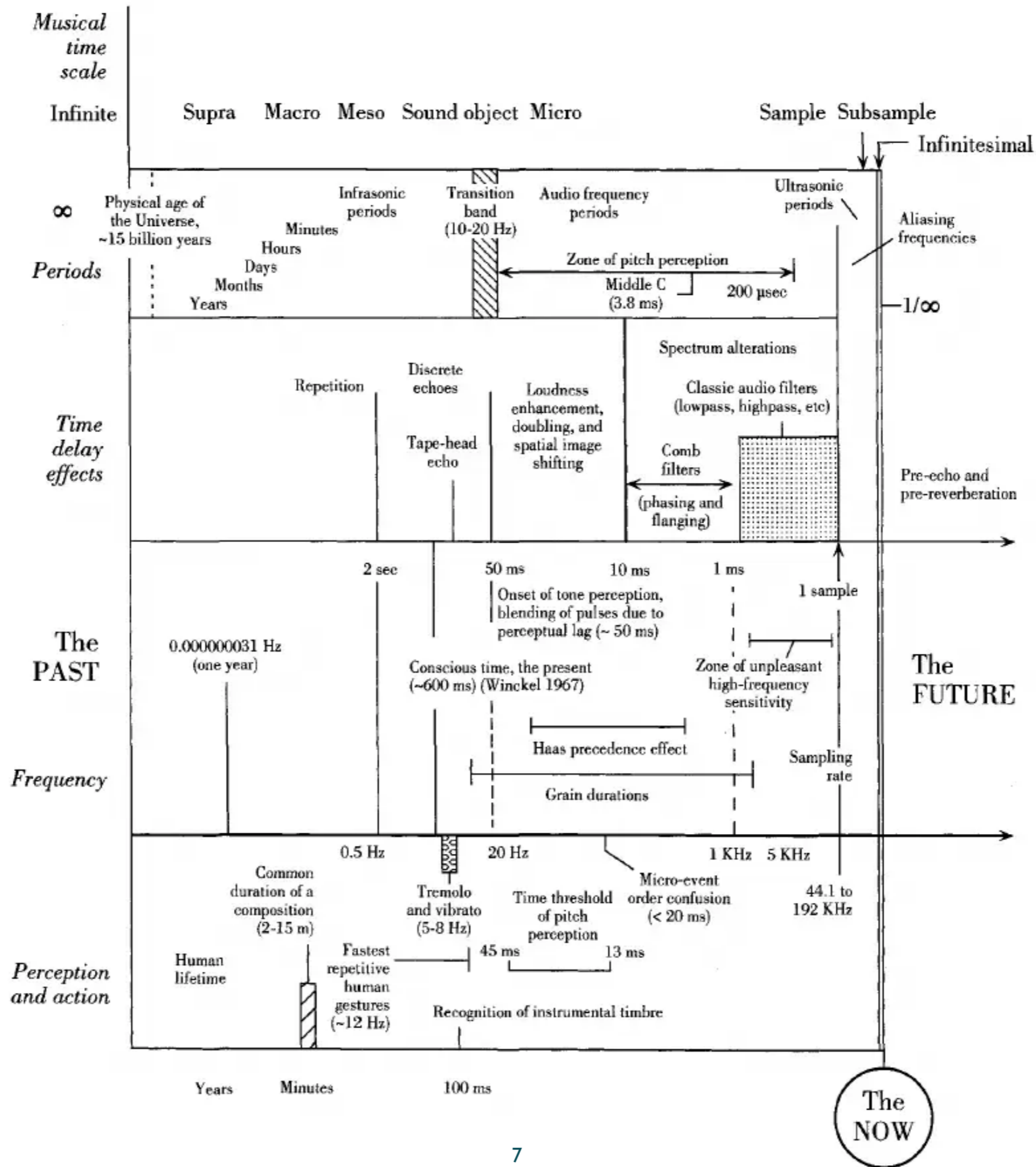
質的な共有  
Qualitative



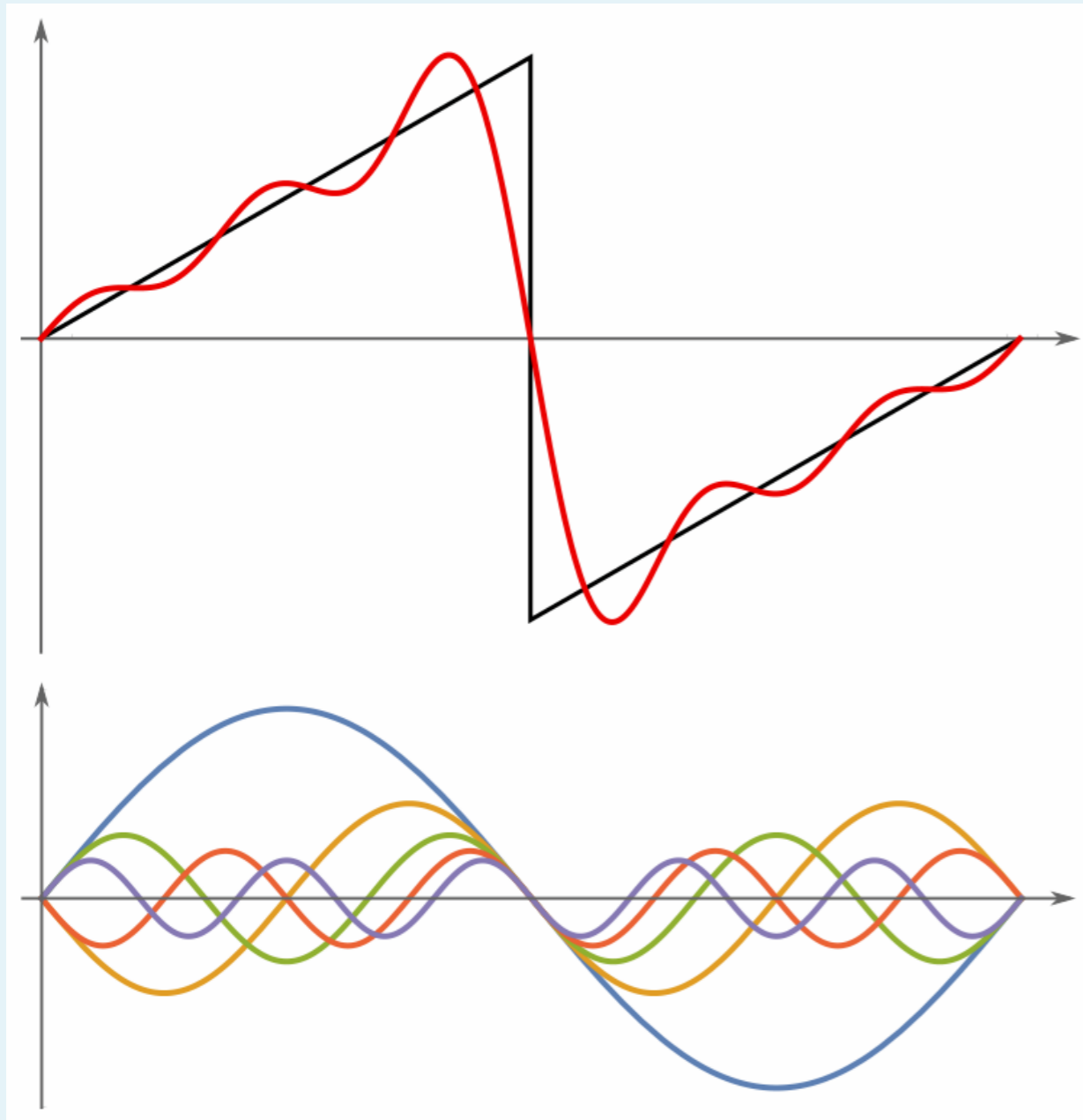
# 周波数とデシベル で音楽を聴く

# 周波数(Hz)

- $N(\text{Hz})$  : 1秒あたりN回
- 人間が音程として知覚できるのは20Hz~20000Hz
- ピアノのラ(A4) = 440Hz 1オクターブ上がるごとにx2(880,1760...)



# 周波数成分

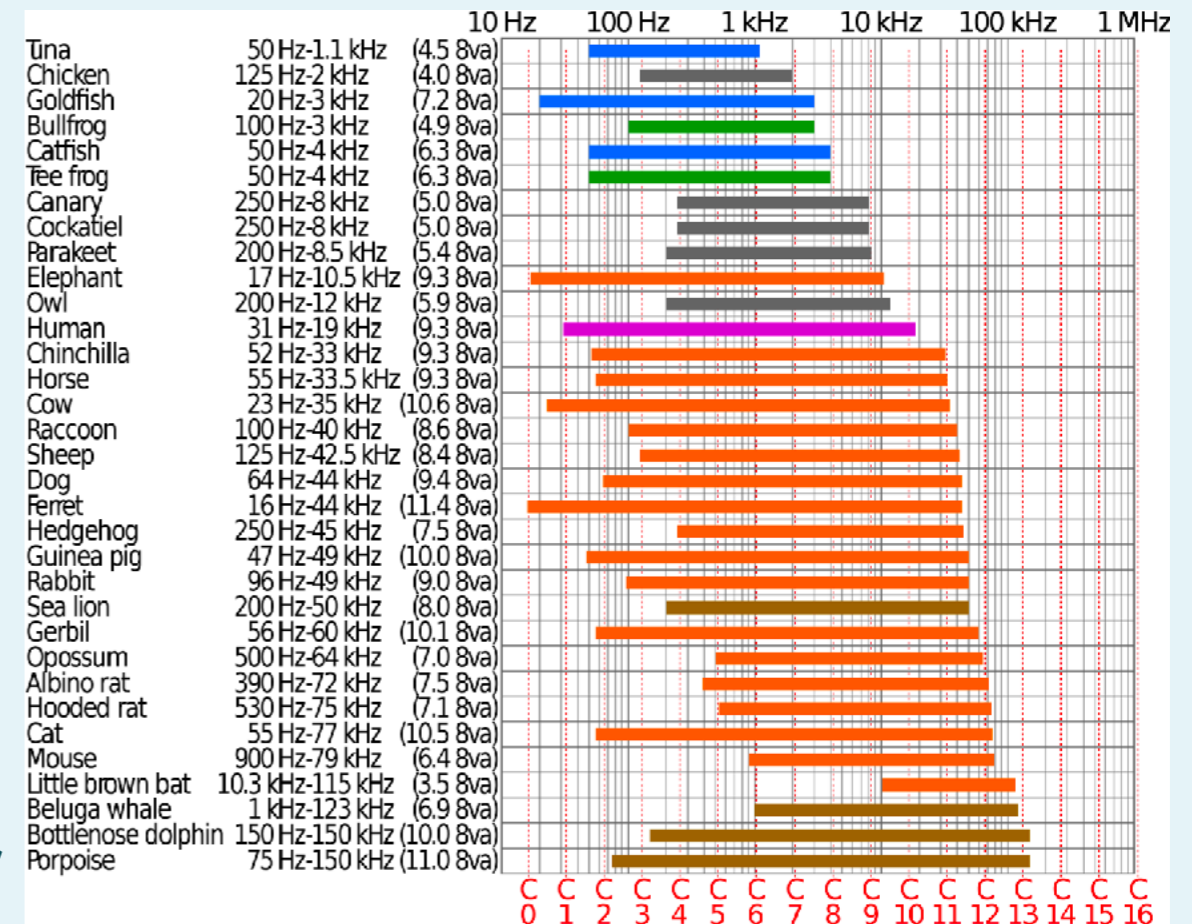


- 全ての音はいろんな周波数の正弦波の足し算で表せる
- ややこしいけど、ラ(440Hz)のピアノの音には440Hz以上の音も入っている：**倍音**と呼ばれるのもその一部
- オーケストラの合奏もバンド演奏も正弦波に分解できる

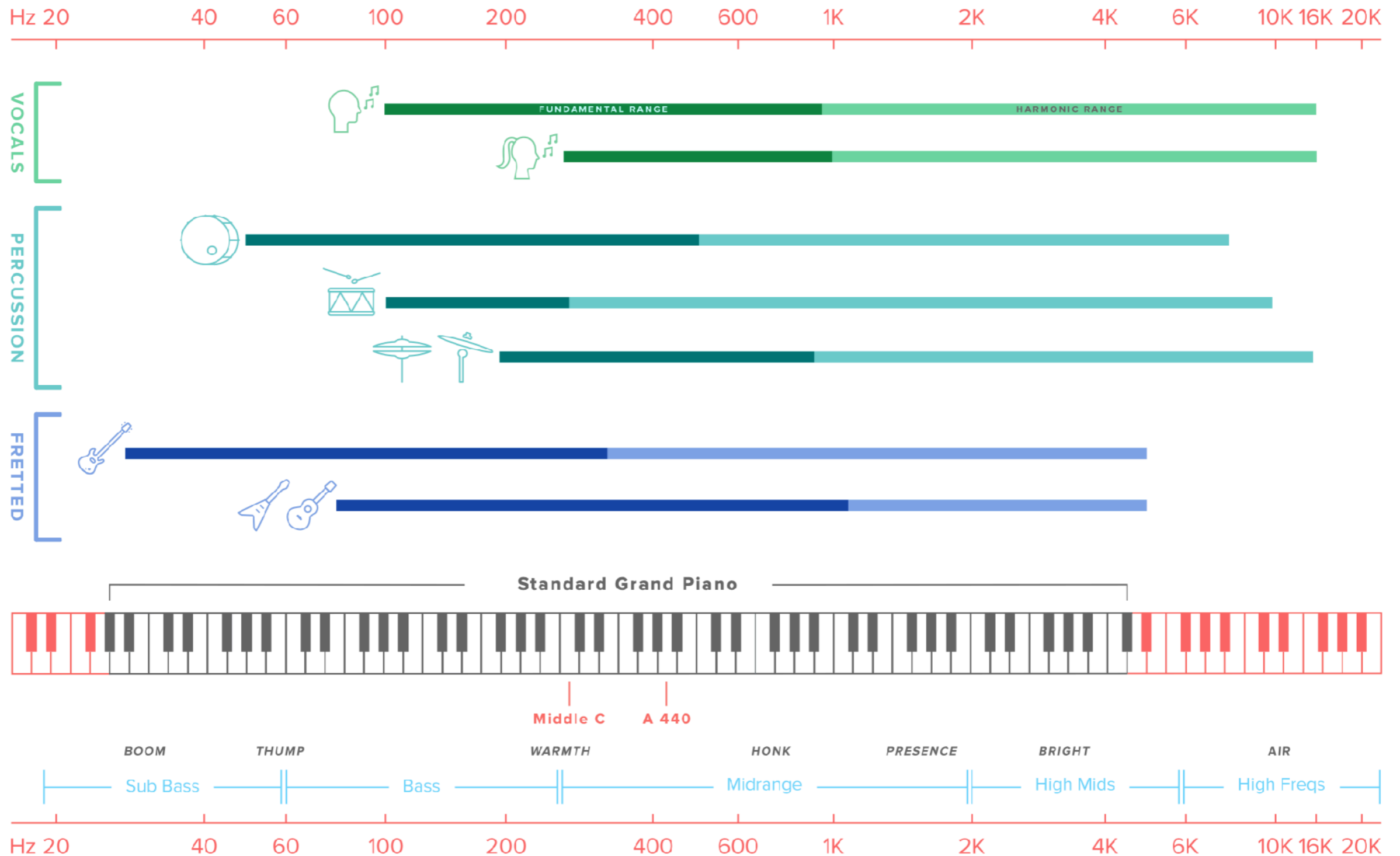


# 可聴域

- 20Hz~20000Hz
- 歳を取ると高域は聞こえなくなっていく
- CDの収録可能帯域は22.05kHz
- パルス波を低いところから上げていくと、20Hz以上からは音程として聞こえてくるようになる

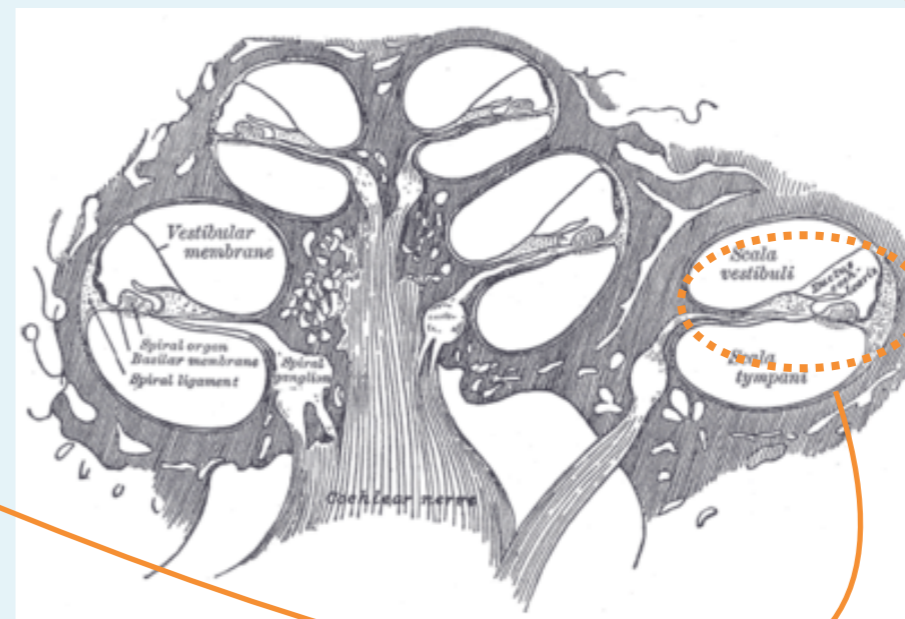
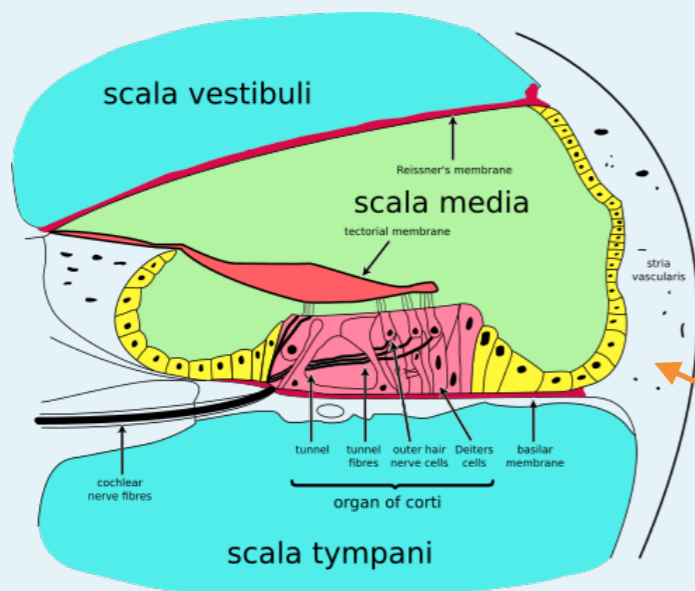
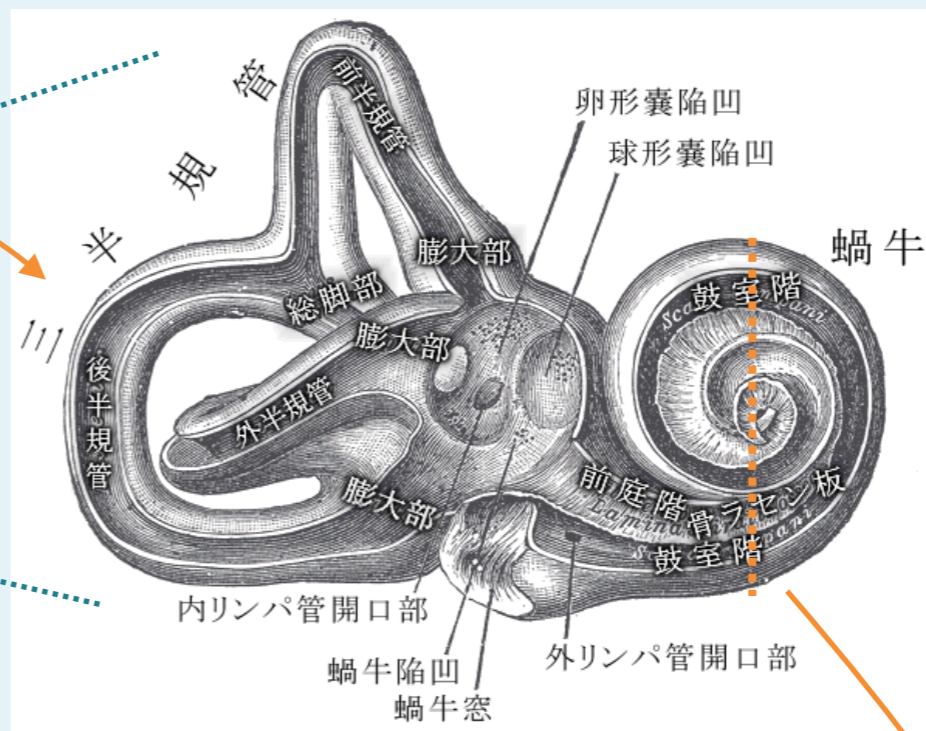
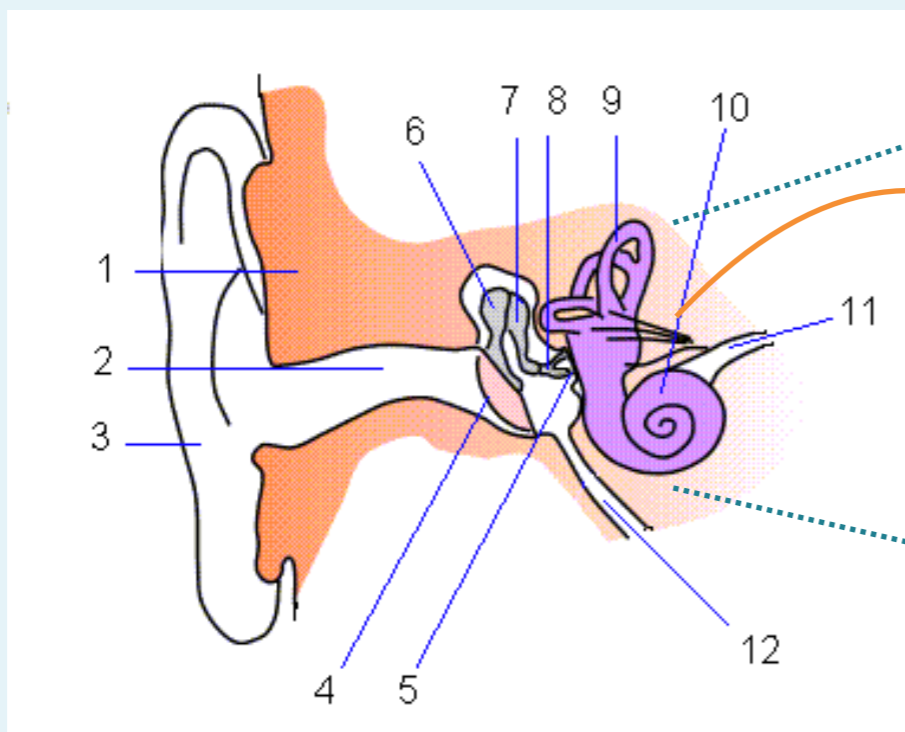


# izotope | Musical Frequency Chart



<https://pae.izotope.com/doc/frequency-chart-print.pdf>

# 耳の構造




# BellのEar Phonautograph(1876)

- 音波を書き取る(phon-auto-graph)装置
- 本物の人間の中耳を切り取って作っている
- 誰の体から切り取られたのかはっきりとした記録が残っていない...



Canada Science and Technology Museum in Ottawaによる復元[1]

# 耳で覚える周波数帯域

sample\_xxxHz\_12dB\_q2.wav 

## 音楽から特定の周波数を強調してみる



250Hz(ク)

500Hz(コ)

1000Hz(カ)

2000Hz(ケ)

4000Hz(キ)

# デシベル(dB)

- 音の大きさを表すのに使われる単位、、、**では無い!**(正確には)
- 一口にデシベルと言ってもいっぱいある
- dB, dBSPL, dBa, dBc, dBm, dBV, dBu, dBFS,,,,,
- 何故こんなに沢山ある！？
  - 音の形態(空気圧/電気/デジタル)
  - 基準の値

**dB:比較の単位**

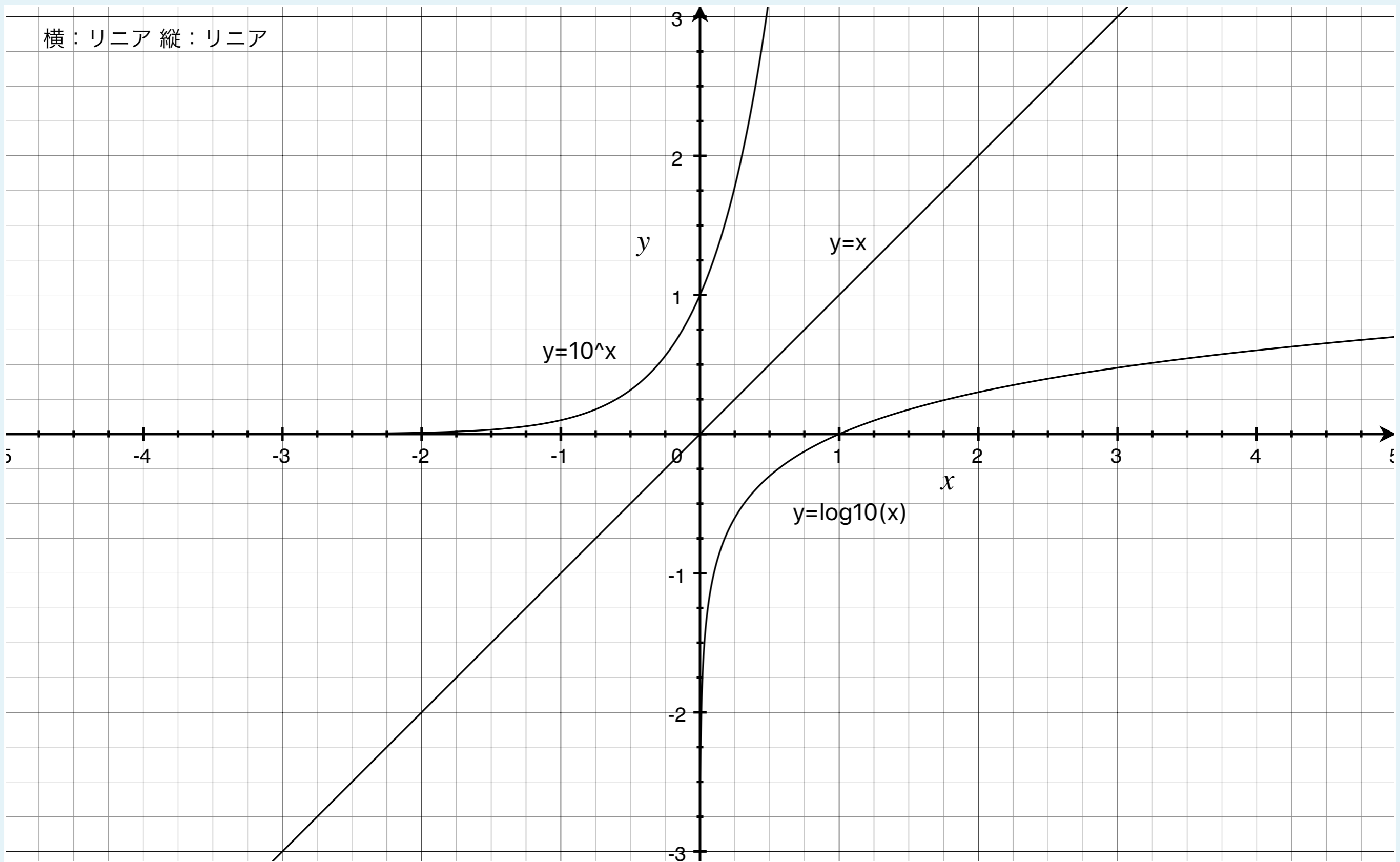
$\times 2 : +6.02 \text{ dB}$

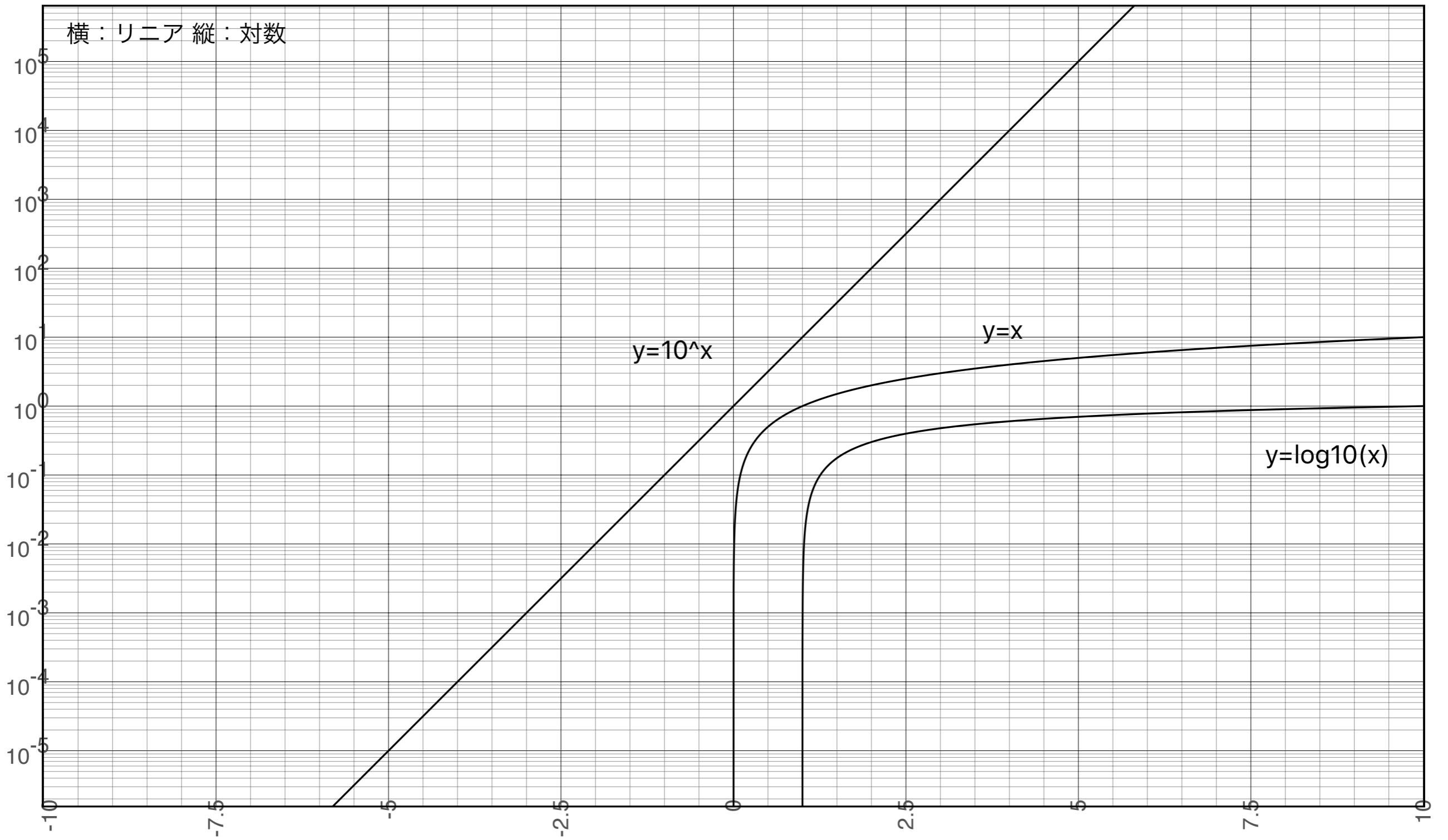
$\div 2 : -6.02 \text{ dB}$

これだけ覚えて帰って欲しい

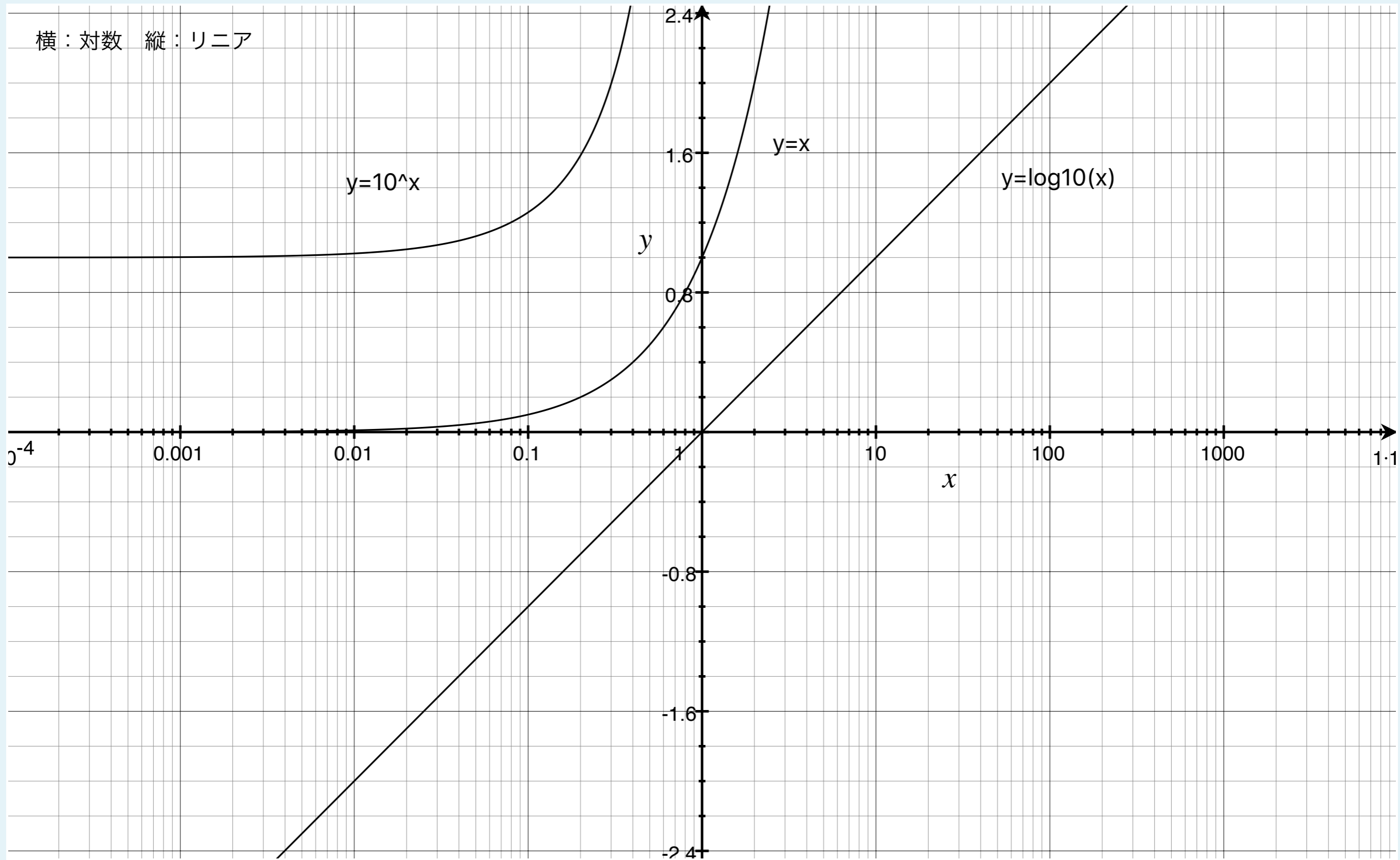


横：リニア 縦：リニア





横：対数 縦：リニア



# もうちょっと真面目にdB

$$L_A[dB] = 20 \log_{10} \frac{A}{R}$$

- 基本の定義はこれ
- **R**：比較する基準値によっていろんな単位に変化する

# もうちょっと真面目にdB

- **空気圧**：基準は人間に聞こえる一番小さな音圧の $20\mu\text{Pa}$

$$L_A[dBSPL] = 20 \log_{10} \frac{A}{p_0} (p_0 = 20\mu\text{Pa})$$

- **電気**：基準は $1\text{V}$ (dBV)とか、 $0.775\text{V}$ (dBu,dBv,dBs)とか

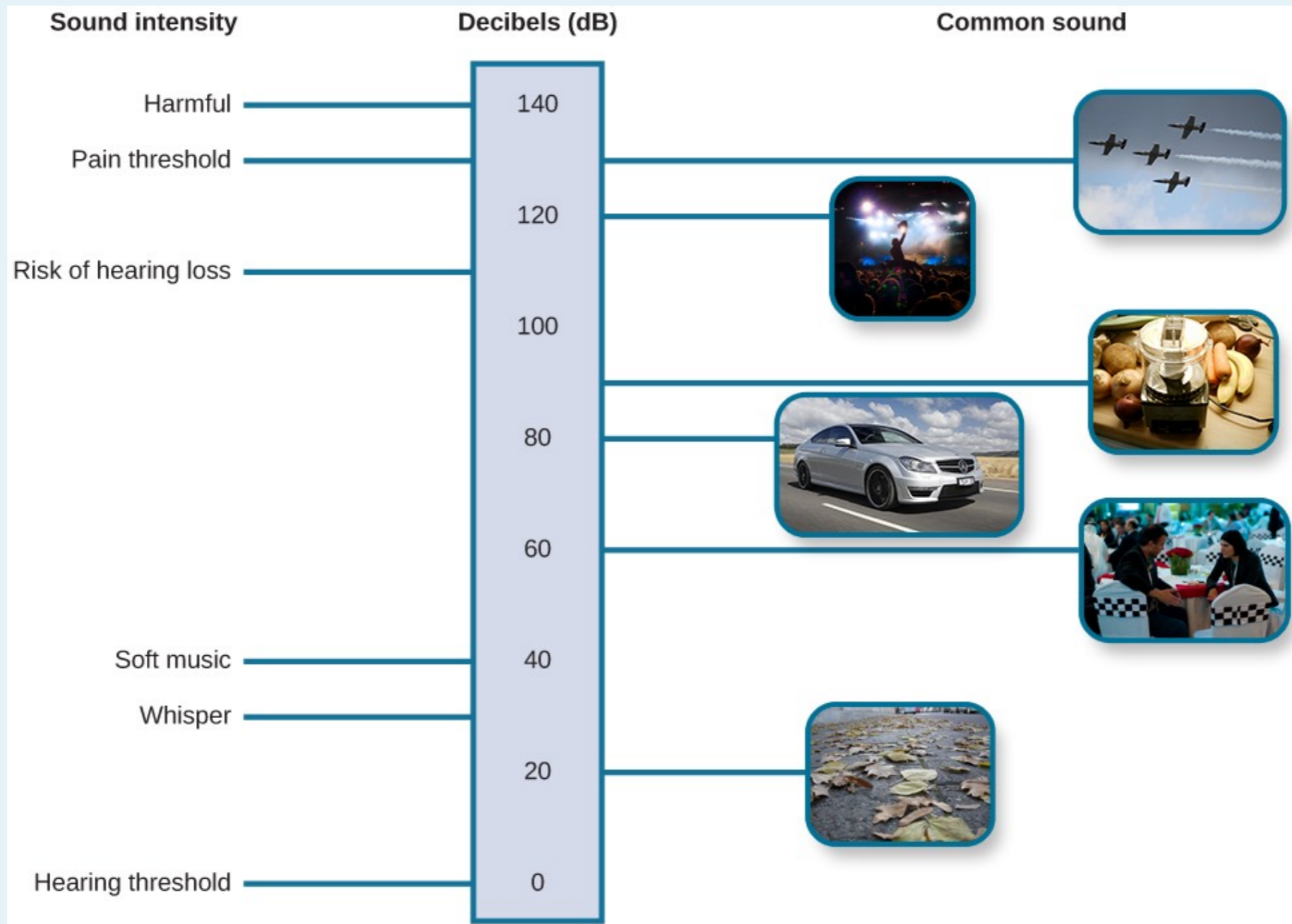
$$L_A[dBV] = 20 \log_{10} \frac{A}{v_0} (v_0 = 1\text{V})$$

$$L_A[dBu] = 20 \log_{10} \frac{A}{v_0} (v_0 = 0.775\text{V})$$

- **デジタル**：基準は $1.0$ (dBFS)

$$L_A[dBFS] = 20 \log_{10} \frac{A}{1.0}$$

# dB SPL (Sound Pressure Level)



[5]

- 単にdBとだけ書かれてる場合はこれを指すことが多い

# dBA / dBC : 聴感上の音量

- 人間の耳は高周波/低周波の聞き分けが鈍い
- 同じdBSPLだけど聞こえる音量が違うことがある
- どの帯域の音でもおおよそ同じ聞こえの音量になるよう調整
  - 周波数カーブの種類(A,B,C)によって名前が変わる
  - 騒音計で使われる単位はdBAやdBCが多い

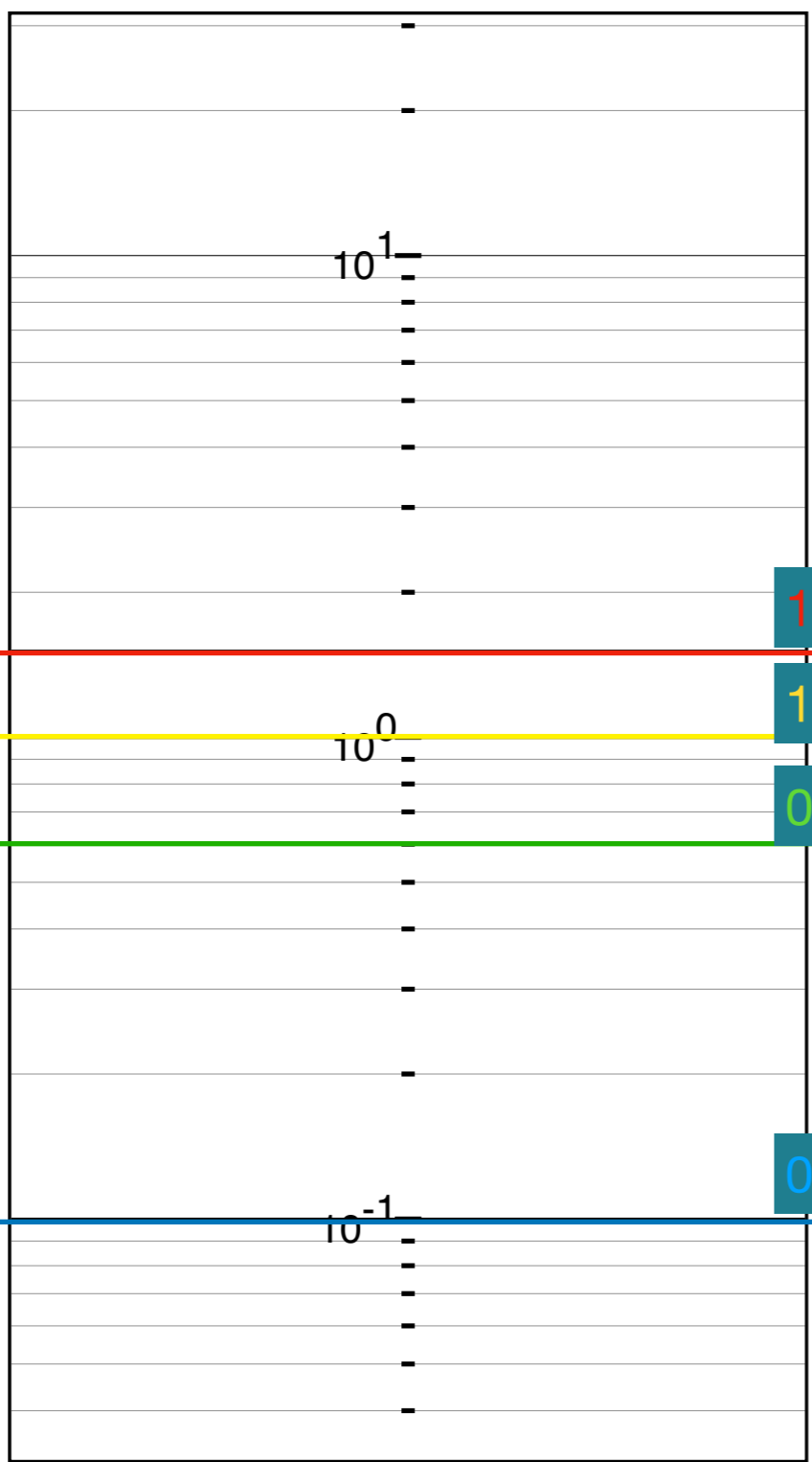
業務用

4dBu

2.2dBu

0dBu

-7.78dBu

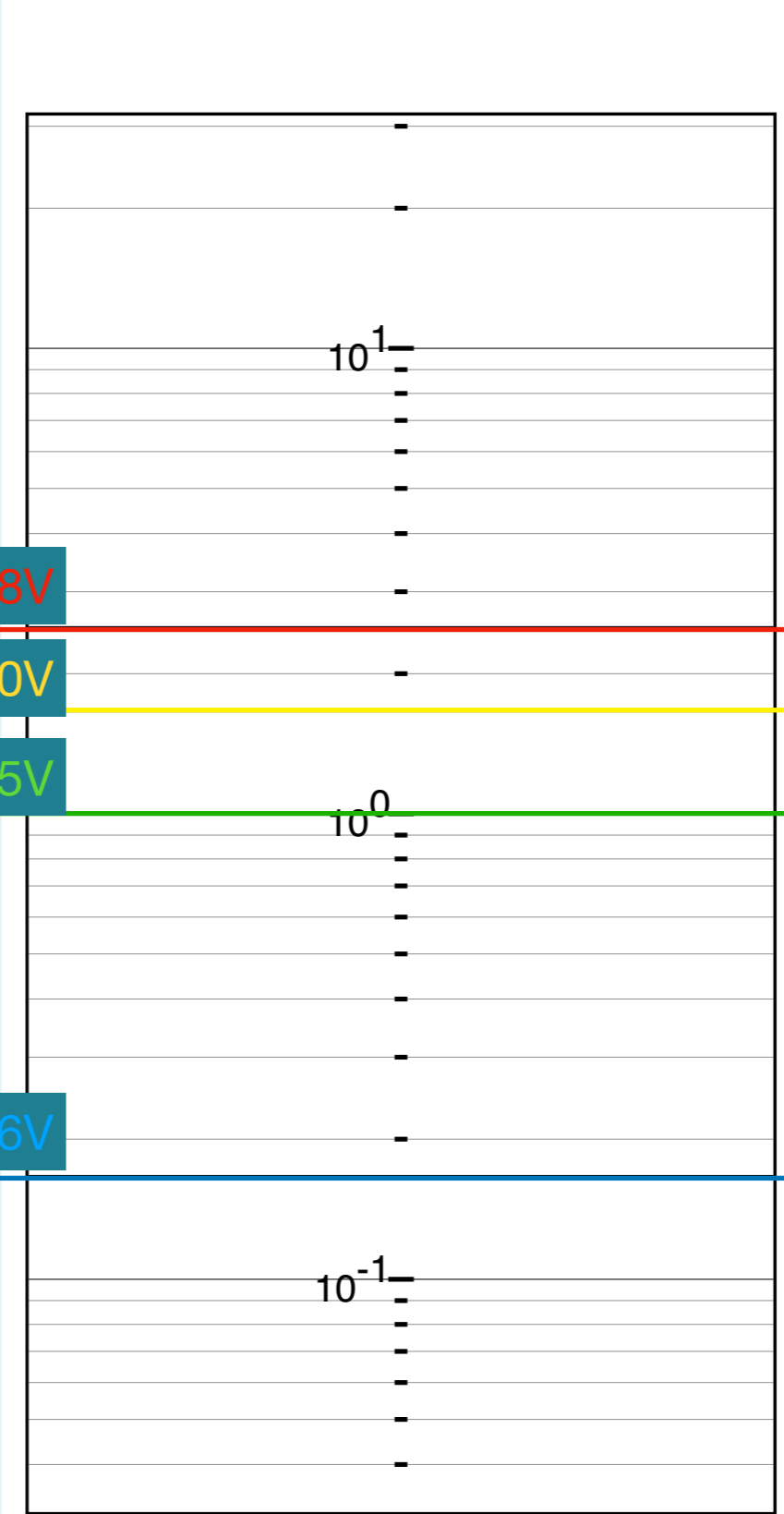


1.228V

1.000V

0.775V

0.316V



1.78dBV

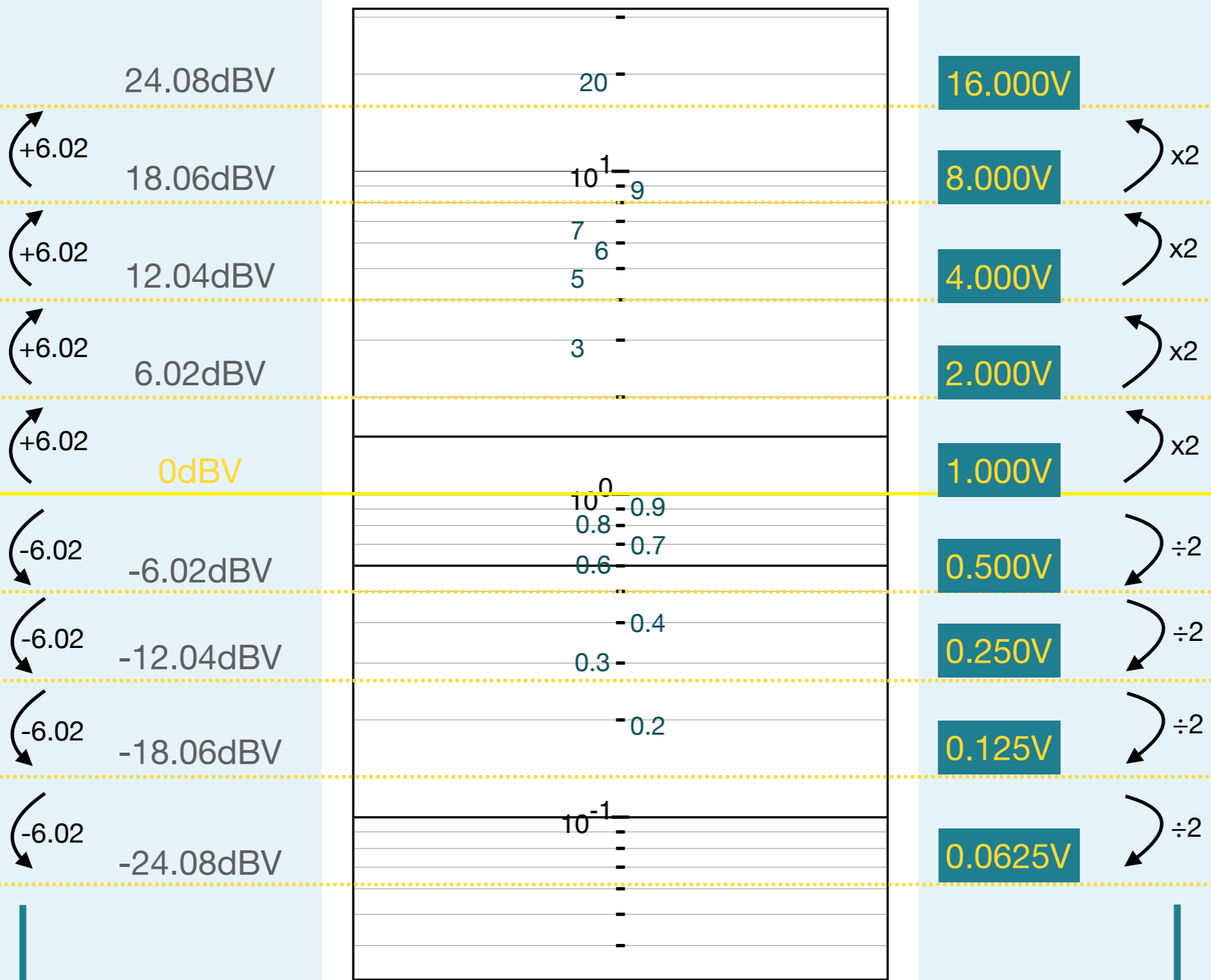
0dBV

-2.2dBV

-10dBV

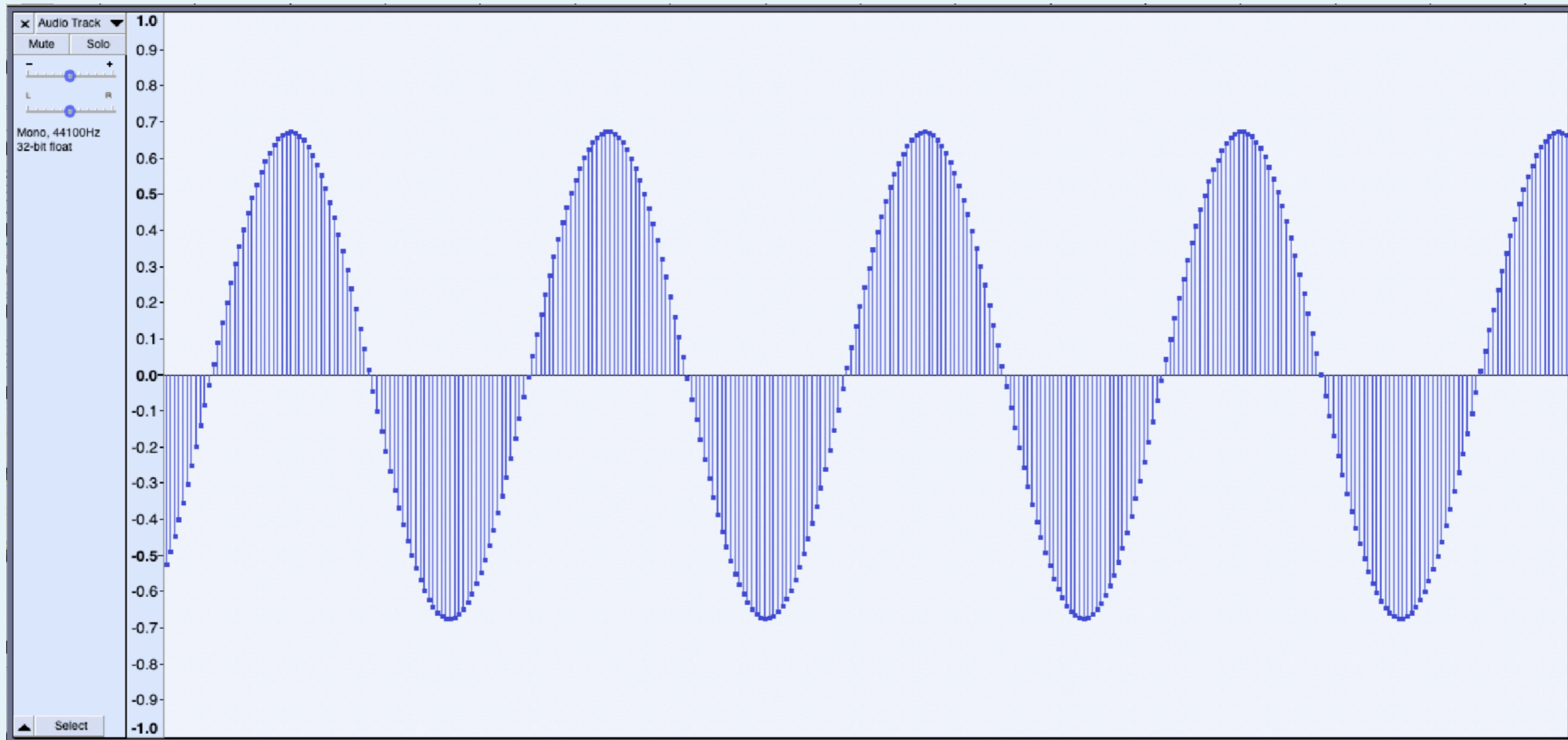
民生品





この関係はどの単位でも同じ

# dBFS:デジタル

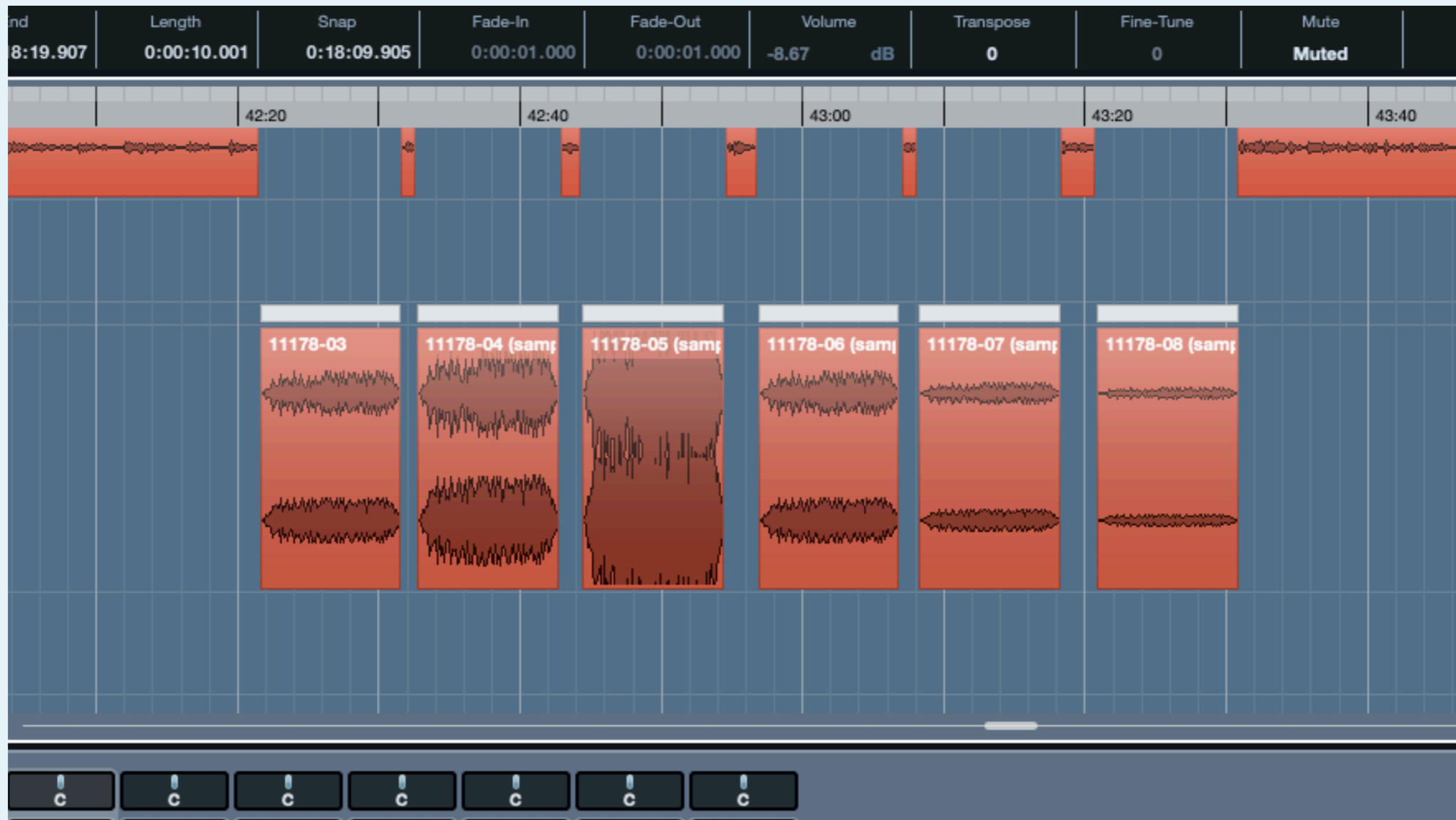


- デジタルの音声では1.0~-1.0を基準の範囲とすることが普通
- 1.0の時0dBFS(Full-Scaleの略)

# ともあれ体感してみる

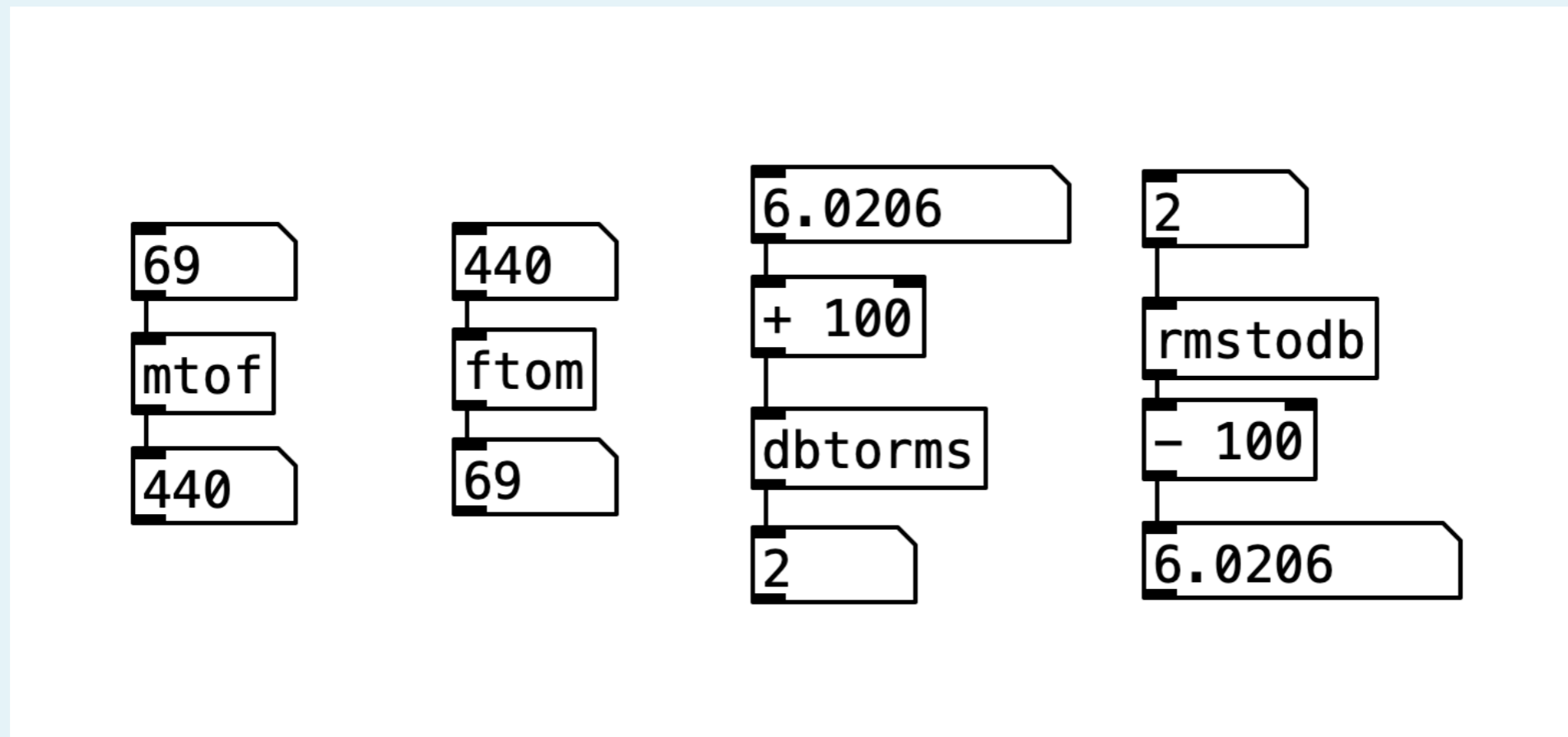
sample\_gain\_xxxdB.wav 

## 6dBずつ音量を変えて聴く



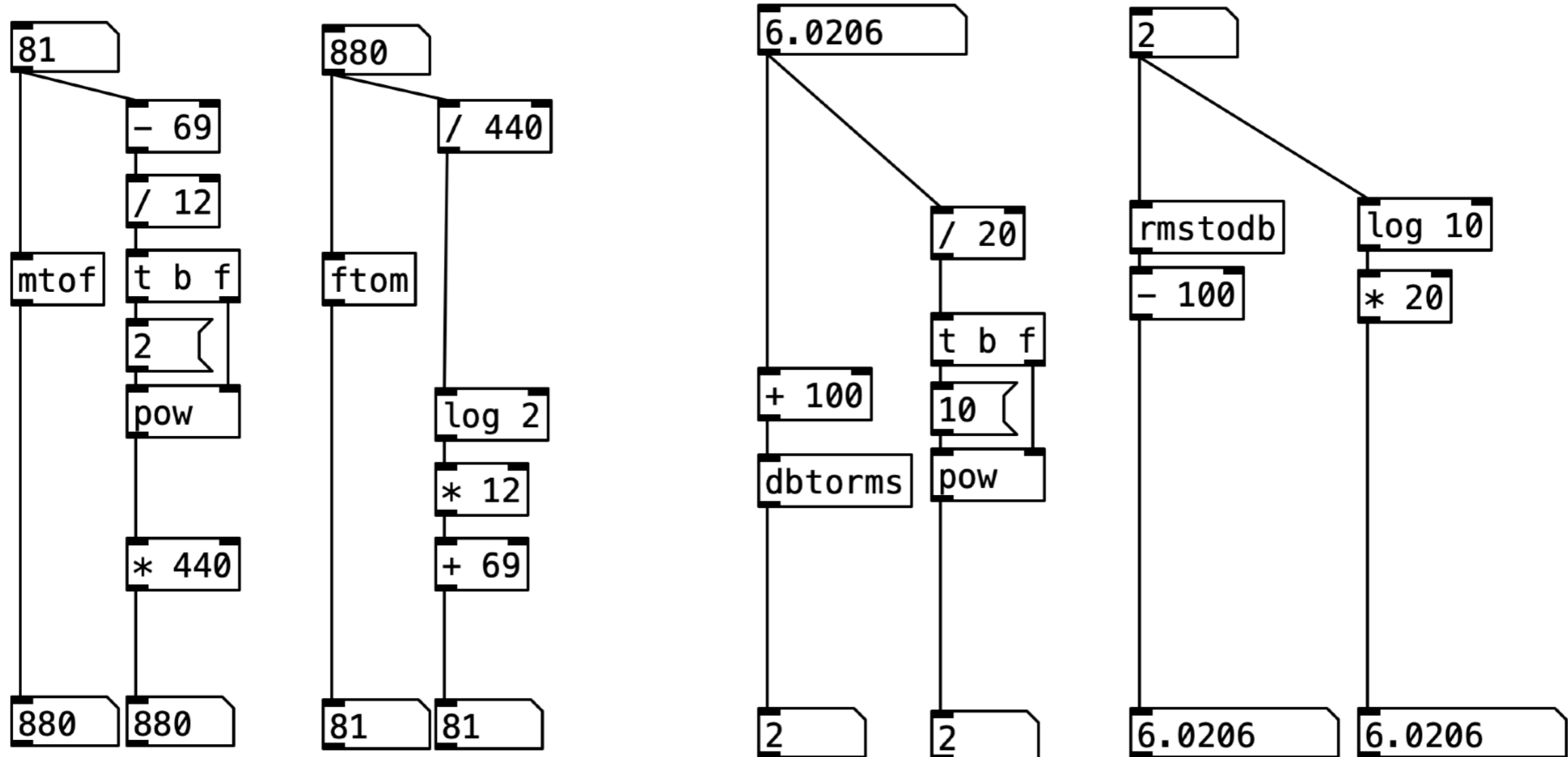
0dB → +6dB → +12dB → 0dB → -6dB → -12dB

# Pdでもlogは使う



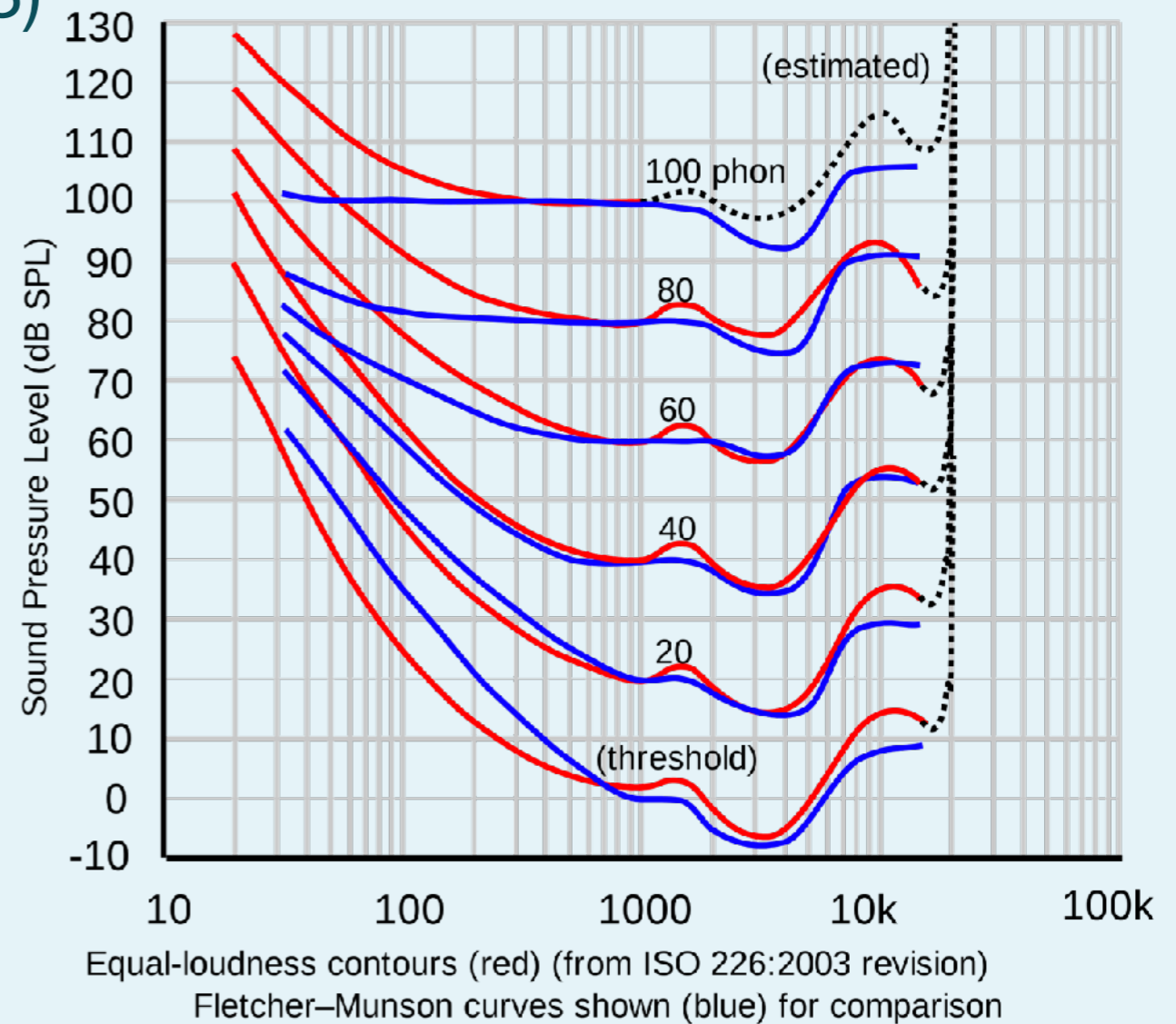
- mtofとftomの対応関係を考えてみよう
- 基準は**69番の時440Hz**
- 1オクターブ上がる = +12半音した81番の時、2倍の880Hzになる
- $\text{mtof}(\text{note}) = 2^{((\text{note}-69)/12)*440}$
- $\text{ftom}(\text{freq}) = \log_2(\text{freq}/440)*12+69$
- Pdのrmstodb、dbtormsは1.0ではなく100が基準になってる  
(やめてほしい) ので注意

# mtofとかを自分で作ってみる



# 音量 - ラウドネス曲線

- 青:Fletcher-Munson Curves(1933)
- 赤:2003年改訂版(ISO 226:2003)



Sound Pressure Level

音圧：物理的指標

音量：心理的指標

Loudness

(日本ではしばしば用法が逆転する)



表1：等ラウドネス曲線の研究とそれらの主な実験条件

| Year | Researchers                  | Listening condition         | Number of subjects(age)    | Method             | Ref. tone freq. (level) | Test tone freq. |
|------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------|
| 1927 | Kingsbury[4]                 | Earphone                    | 22<br>(unspecified)        | MA                 | 700 Hz (fix)            | 60-4000 Hz      |
| 1933 | Fletcher-Munson[3]           | Earphone with FF correction | 11<br>(unspecified)        | CS                 | 1 kHz (variable)        | 62-16000 Hz     |
| 1937 | Churcher-King[5]             | FF                          | 10<br>(unspecified)        | CS                 | 1 kHz (fix)             | 54-9000Hz       |
| 1955 | Zwicker-Feldtkeller[6]       | Earphone with FF equalizer  | 8<br>(unspecified)         | Modified Békésy    | 1 kHz (fix)             | 50-16000Hz      |
| 1956 | Robinson-Dadson[1]           | FF                          | 90(16-63)/<br>30 (ave. 30) | CS                 | 1 kHz (variable)        | 25-15000Hz      |
| 1972 | Whittle <i>et al.</i> [7]    | PF                          | 20<br>(ave. 20)            | CS                 | higher freq (fix)       | 3.15-50 Hz      |
| 1983 | Kirk[8]                      | PF                          | 14 (18-25)                 | RMLSP              | 63 Hz (fix)             | 2-63 Hz         |
| 1984 | Møller-Andresen[9]           | PF                          | 20 (18-25)                 | RMLSP              | 63 Hz (fix)             | 2-63 Hz         |
| 1989 | Betke-Mellert[10]            | FF                          | 13-49 (17-25)              | CS                 | 1 kHz (fix)             | 50-12500Hz      |
| 1989 | Suzuki <i>et al.</i> [11]    | FF                          | 9-32 (19-25)               | CS                 | 1 kHz (fix)             | 31.5-16000Hz    |
| 1990 | Fastl <i>et al.</i> [12]     | FF                          | 12 (21-25)                 | CS                 | 1 kHz (fix)             | 100-1000Hz      |
| 1990 | Watanabe-Møller[13]          | FF                          | 10-12 (18-30)              | Bracketing         | 1 kHz (fix)             | 25-1000Hz       |
| 1994 | Müller-Fichtl[14]            | Open headphones             | 8(21-25)                   | CP                 | -----                   | 62.5-10000Hz    |
| 1994 | Poulsen-Thøgersen[15]        | FF                          | 29 (18-25)                 | Bracketing         | 1 kHz (fix)             | 1000-16000Hz    |
| 1997 | Lydolf-Møller[16]            | FF                          | 27 (19-25)                 | RMLSP              | 1 kHz (fix)             | 50-1000Hz       |
|      |                              | PF                          | 27 (19-25)                 | RMLSP              | 100 Hz (fix)            | 20-100 Hz       |
| 1997 | Takeshima <i>et al.</i> [17] | FF                          | 9-30 (19-25)               | CS                 | 1 kHz (fix)             | 31.5-12500Hz    |
| 1999 | Bellmann <i>et al.</i> [18]  | FF                          | 12<br>(unspecified)        | Adaptive 1up-1down | 1 kHz (fix)             | 100-1000Hz      |
|      |                              | PF                          | 12<br>(unspecified)        | Adaptive 1up-1down | 100 Hz (fix)            | 16-160 Hz       |
| 2001 | Takeshima <i>et al.</i> [19] | FF                          | 7-32 (18-25)               | RMLSP              | 1 kHz (fix)             | 50-16000Hz      |
| 2002 | Takeshima <i>et al.</i> [20] | FF                          | 21 (20-25)                 | RMLSP              | 1 kHz (fix)             | 1000-12500Hz    |

FF: Free Field, PF: Pressure Field, MA: Method of Adjustment, CS: method of Constant Stimuli, RMLSP: Randomized Maximum Likelihood Sequential Procedure [19], CP: Category Partitioning procedure

2次元等ラウドネス曲線の全聴野精密決定, 鈴木 陽一 et al., 2003

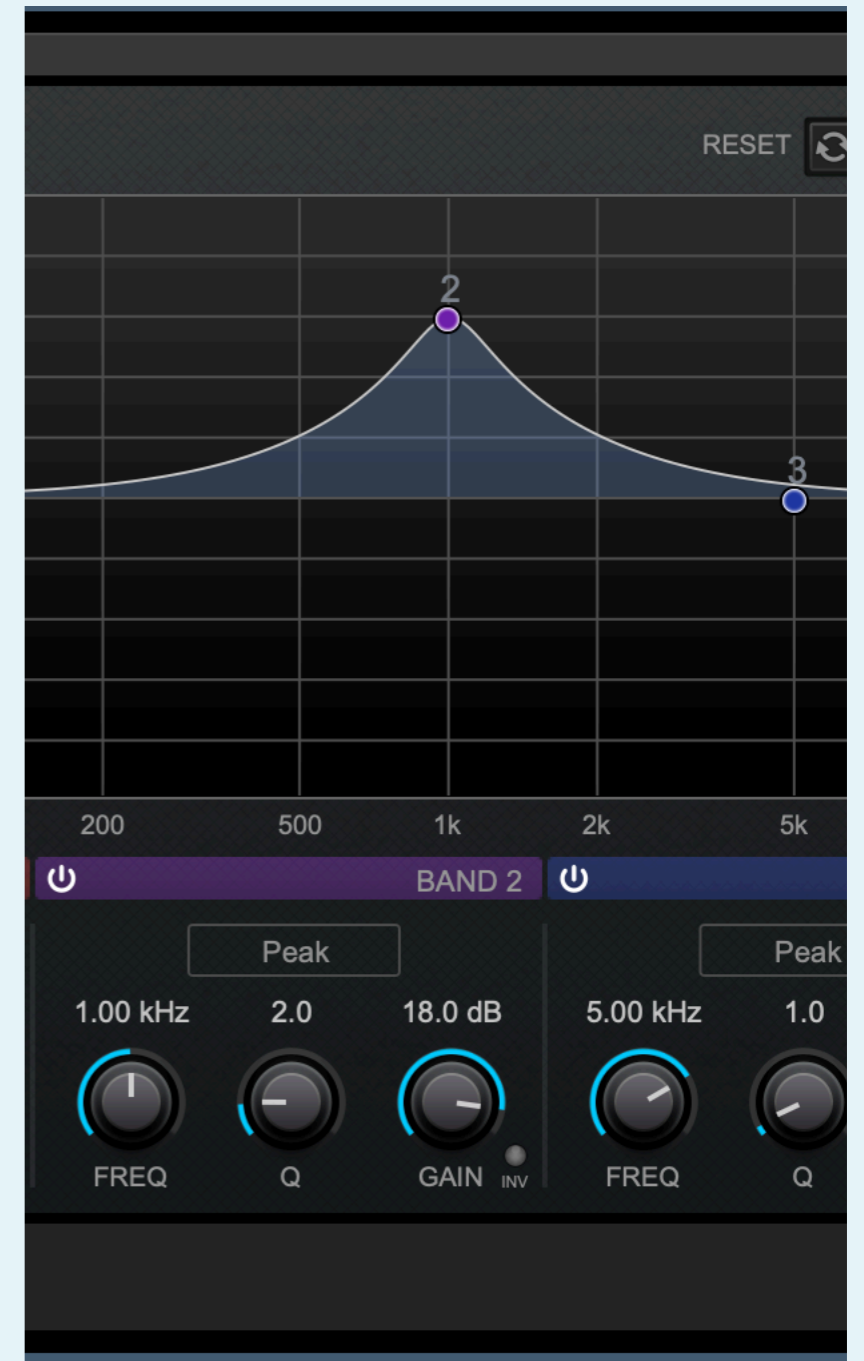
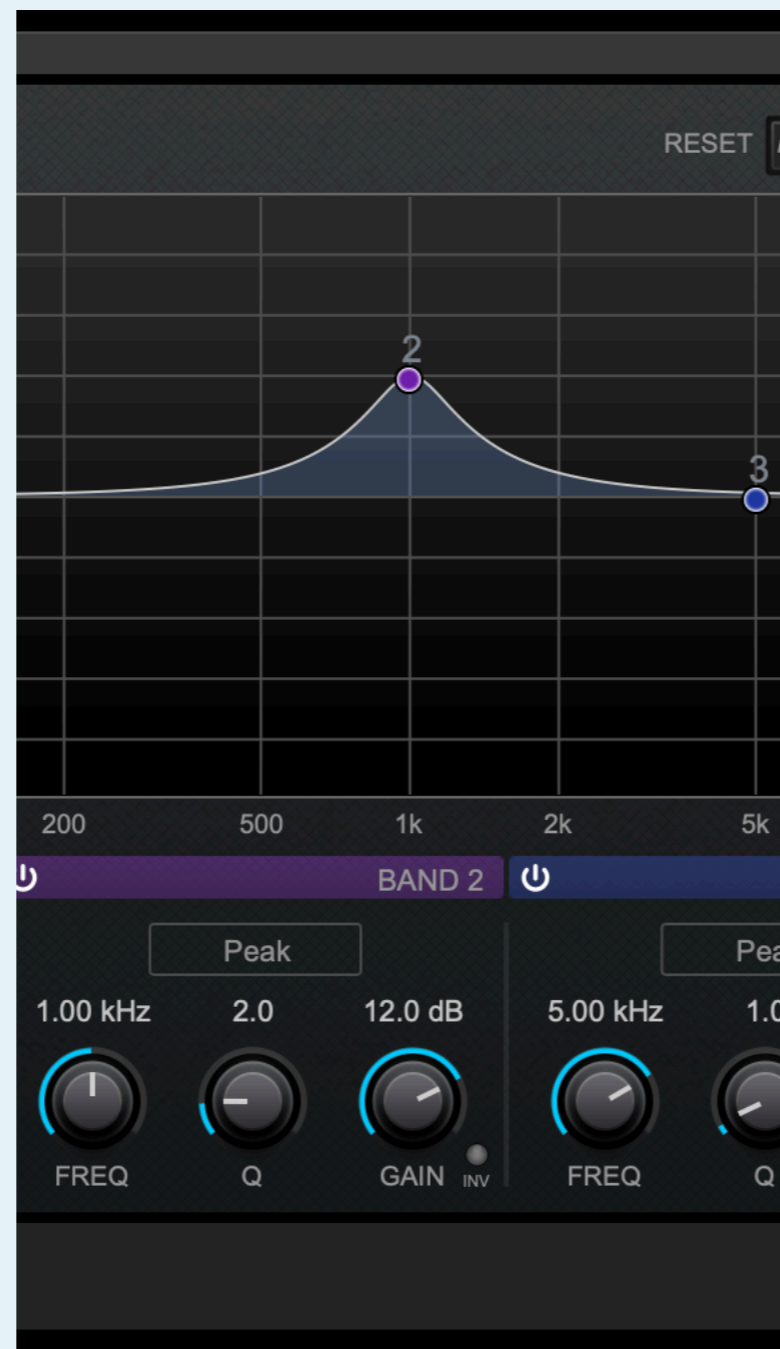
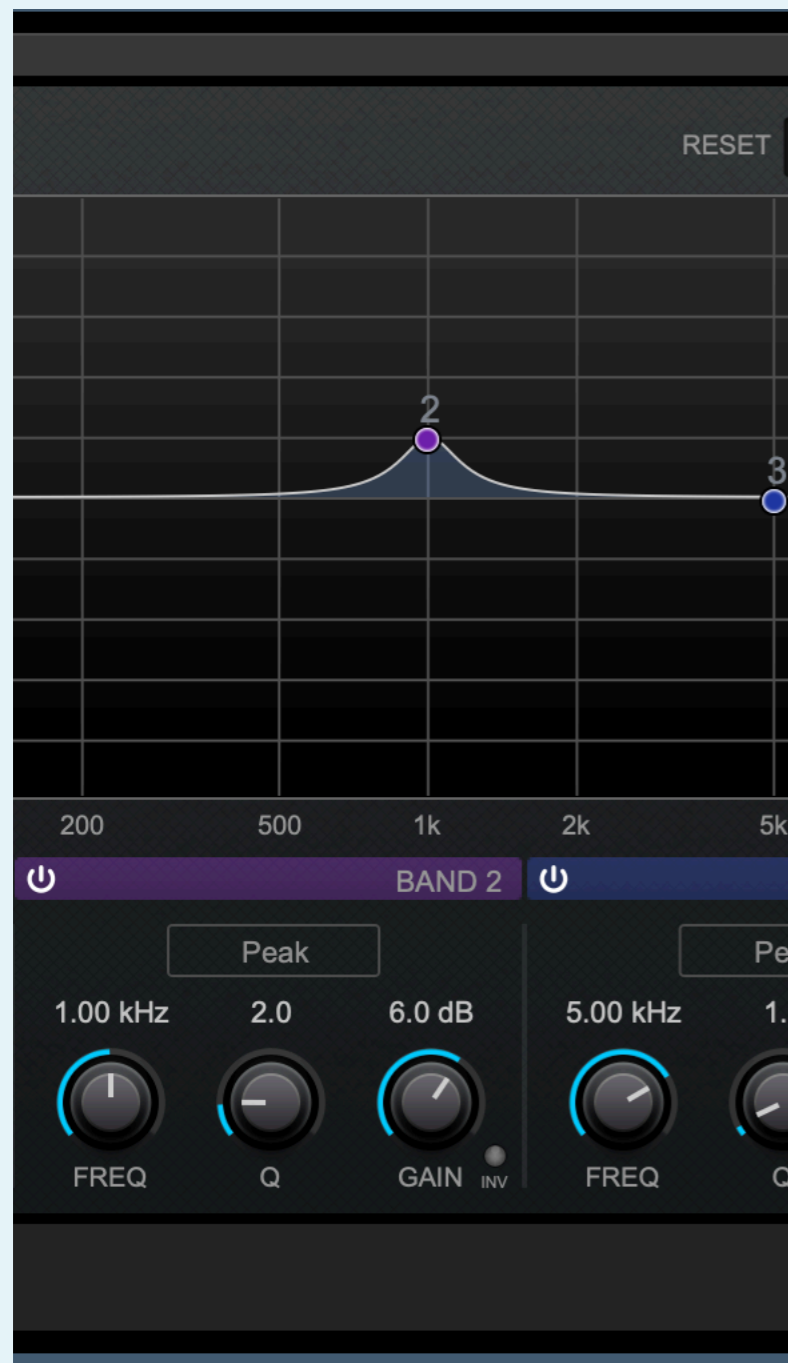
<https://www.nedo.go.jp/content/100084730.pdf>

因果関係はともかく、  
相関はわかる

# ともあれ体感してみる


sample\_1kHz\_xxxdB\_q2.wav 


## フィルターの音量を6dBずつ変えてみる



# ともあれ体感してみる:クイズ

## 何Hzを何dBブーストしたでしょう？

sample\_quiz1.wav 

sample\_quiz2.wav 

- 周波数は250,500,1000,2000,4000Hzのいずれか
- dBは+6,+12,+18dBのいずれか
- 今日のアンケートに記入してみてください（間違えても減点とかしませんので）

# Critical Listening

周波数や音量、音響的側面に着目

# Analytical Listening

歌詞やメロディ、音の内容に着目

# CriticalとAnalytical

- 直訳するとCritical:批評的/Analytical:分析的なので、日本語のイメージからすると逆では？とも思えるが、、、
- クラシックの音楽理論とかだとメロディの構造分析をアナリゼと言ったりするので、そういう歴史的な流れもあるかも
- カタカナでクリティカル・リスニングと調べるとビジネス用語で全然違う話が出てくるので注意

# Webブラウザで試せるトレーニング

The screenshot shows the iZotope website interface. At the top, there is a navigation bar with the iZotope logo, a home icon, and menu items for "Equalization", "Compression", and "Digital Audio Basics". On the right side of the navigation bar, there are links for "Contact" and a user profile for "tomoya".

On the left side, there is a vertical sidebar with four icons and labels: "Learn" (head with gear), "Explore" (gears), "Practice" (target), and "Challenge" (medal).

The main content area displays a grid of seven training items:

- A Word About EQ**: To produce great sounding music, it's important to know how to use EQ effectively. This video introduces EQ and explains its importance in music production.
- Understanding Frequency**: What do hertz (Hz) and kiloHertz (kHz) mean? What is the frequency spectrum of sound? This video will help you understand frequency and EQ.
- Connecting EQ to Musical Sound**: How does EQ relate to pitch and musical sound? This video explores how EQ can affect the sounds of individual instruments as well as multi-track recordings.
- Amplitude, Levels and Loudness**: What is amplitude? What do the terms "dBFS," "Peak Level," and "RMS" mean? This video explains amplitude and the terms associated with amplitude when recording.
- Types of EQ**: Different types of EQ can be used to bring out different aspects of a recording. This video explains some basic types of EQ and what each type is best for.
- How to Use the EQ Practice Tool**: Get better-sounding recordings by building your EQ IQ! This video will show you how to use the Pro Audio Essentials EQ Practice tool so you can achieve better recording results.
- iZotope Musical Frequency Chart**: See the iZotope Musical Frequency Chart detailing where common instruments feature in the audible frequency range. [Printer Friendly Version.](#)

<https://pae.izotope.com/>

# まとめ

- 客観的単位 (HzやdB) と聴感上の感覚を結びつけよう
- Hzは2倍すると+1オクターブ
- 空気圧/電圧は2倍すると+6.02dB
- 音楽をCritical Listeningしてみよう
- しばらくやらないとすぐ忘れるけど、何度もやってれば勘を取り戻すのも早くなる (筋トレみたいなもん)



# Image Credit

[1]Ingenium - Canada's Museums of Science and Innovation, CC-BY, <http://dx.doi.org/10.15180/191206/020>

[2]By !Original: OarihVector: Fred the Oyster - Own work based on: Cochlea-crosssection.png, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9851471>

[3]Iain - own-work (kopie engelse wiki : I made this myself - Iain 05:45 29 Jun 2003 (UTC))original upload at <https://nl.wikipedia.org/wiki/Image:Ear-anatomy-notext-small.png> (9KB, MIME type: image/png), adapted: arrows and numbering, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=361651>

[4] By Svjo - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=64983590>

[5]By Lumen Learning - <https://courses.lumenlearning.com/wsu-sandbox/chapter/waves-and-wavelengths/>, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=77124499>