

1 音の性質

1.1 音の大きさ

いろいろな音の大きさ

講義の声	60dBspl
エアコンの音	45dBspl
電車の騒音	50dBspl
無人の教室	30dBspl

チャイム	60dBspl
教室の騒音	55dBspl
ロックコンサート	100dBspl
実験室	5~15dBspl

$$L_p = 10 \log \frac{I}{I_0} = 20 \log \frac{p}{p_0} [\text{dB}_{\text{SPL}}]$$

$$I_0 = 10^{-12} [\text{W}/\text{m}^2], \quad p_0 = 2 \times 10^{-5} [\text{Pa}]$$

つまり、振幅が10倍になると音のエネルギーは100倍になり、dBは20dBアップする。

また音のエネルギーはあまり大きくない。日にあるとあたたかいが、音を受けてもそうではない→エネルギーはたいしたことはない。ロックコンサートでも $0.01 [\text{W}/\text{m}^2]$

1.2 音の合成,減衰

2つの音波が1点に到達すると…波形(空気圧のパターン)は、和になる。

50dB SPLのsin波2つが1点に到達すると4倍のエネルギー=+6dBになる。

異なる波形の音波が1点に集まると、エネルギーは2倍、音量は3dB増加する。

球面波の音のエネルギーは中心からの距離の2乗に反比例する

1mの距離で100dBsplの場合、10mの距離では $1/100 = 20\text{dB}$ 下がり80dBsplになる。

1.3 sin波の振幅、位相と音

sin波を単独で聞いている場合、普通人間は振幅と周波数だけを感じる。位相は感じない。

1.4 sin波の合成

(1) 同じ周波数のsin波を重ねると位相により打ち消しあうか2倍の振幅になる。

(2) 異なる周波数 f_1, f_2 のsin波を重ねると $(f_1 - f_2)$ の「うねり」を生じる

(3) うねりの間隔が短ければそれは、定常的なうねりとして感じる。ある程度うねりの周期が長くなればそれはうねりではなく、音の強弱の変化として感じる。

1.5 sin 波の伝達と歪

sin 波が「線形の系」を伝達しても、sin 波のままで位相と振幅だけが変化する。

以下のものはだいたい線形

空気, 電線, コイル, マイクロホン, ある程度よいアンプ, AD/DA コンバータ

以下のものは非線形である場合がある

スピーカー, 安物のアンプ

入力と出力の関係をテイラー展開して、

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \dots$$

とあらわせる場合、 $a_2 \dots$ が0であれば線形で、0でないものがあれば非線形ということになる。

さて、このときが a_2 が0でない場合、

$$\begin{aligned} \sin(\omega t)^2 &= \frac{\operatorname{Re}(e^{j\omega t}) \cdot \operatorname{Re}(e^{j\omega t})}{2} \cdot \frac{\operatorname{Im}(e^{j\omega t}) \cdot \operatorname{Im}(e^{j\omega t})}{2} \\ &= \frac{e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}}{2} \cdot \frac{e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}}{2} \cdot \frac{e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}}{2} \cdot \frac{e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}}{2} \\ &= \frac{e^{2j\omega t} + e^0 + e^0 + e^{-2j\omega t}}{4} \cdot \frac{e^{2j\omega t} - e^0 - e^0 + e^{-2j\omega t}}{4} \\ &= \frac{\sin(2\omega t)}{2} + \frac{1}{2} \quad \frac{\cos(2\omega t)}{2} - \frac{1}{2} \end{aligned}$$

というわけで、2倍の周波数が生じる。このように、波形がひずむと周波数分布としては元の波形に含まれていた周波数の2倍の周波数が生じることにより、歪が生じる。

1.6 音階と周波数

音階は整数比の周波数をベースとして、それに近い対数スケールの音階が用いられている。

整数比の音階はピタゴラス音階と呼ばれる

		ピタゴラス			平均律	$12(\log_2 f - \log_2 440)$
ド	C3	1	1	260.7	262.6	-9
レ	D3	$f_{G3} \times \frac{3}{2} \times \frac{1}{2}$	$\frac{9}{8}$	293.3	293.7	-7
ミ	E3	$f_{A4} \times \frac{3}{2}$	$\frac{81}{64}$	330	329.6	-5
ファ	F3	$f_{C3} \times \frac{2}{3}$	$\frac{4}{3}$	391.19	349.2	-4
ソ	G3	$f_{C3} \times \frac{3}{2}$	$\frac{3}{2}$	391.1	392.0	-2
ラ	A4	$f_{D3} \times \frac{9}{8}$	$\frac{27}{16}$	440	440	0
シ	B4	$f_{E3} \times \frac{3}{2}$	$\frac{243}{128}$	495	493.9	2
ド	C4	$f_{C3} \times 2$	2	521.5	523.3	3

現在用いられているのは平均律だが、音楽のベースになっているのはピタゴラス音階だ。

参考:

http://homepage2.nifty.com/norihiro1612/frame_on.htm

1.7 ピアノの音色は演奏で変わる?

平均律はピタゴラス音階からは微妙にずれているため、和音を鳴らすと微妙に「うねり」が生じる。このうねりを目立たなくし、かつ平均律からもあまりずれないようにするのが、調律の腕のみせどころ。有名なピアニストは専属の調律師を雇ったりする。

2 音声の特性

P1	1.1.1 マルチメディアとは
P12	1.2.1 音声の基本特性

重要: ホルマントとピッチの違い。

ここで切り取って
提出して下さい

音声と音の応用

P24	1.3.1 音によるコミュニケーション
P26	1.3.2 音環境技術の変遷
P28	1.3.3 シームレスな音環境を実現する技術
P158~165	3.1 未来通信を目指したオーディオ・音響技術
P193~217	3.3 オーディオ再生技術

答2
答1

小テスト

第1問 100人で合唱を行うと1人の場合に比べだいたい音量は何dB増加するか?

- (a) 2dB (b) 10dB (c) 20dB (d) 100dB

第2問 以下の歌い方のうちホルマントがあまり変化しないのはどれか?

- (a) ハミングで歌う (b) 一定の音(全部ドの音で歌う)
(c) 一定の大きさの声で歌う (d) ひそひそ声で歌う

予習 (第3回 音のデジタル化)

以下の章はよく読んで、理解しておいてください

P4	1.1.2 音声・オーディオ信号のデジタル化
P12	1.2.1 音声の基本特性

以下はざっと読んでおいてください	
P24	1.3.1 音によるコミュニケーション
P26	1.3.2 音環境技術の変遷
P28	1.3.3 シームレスな音環境を実現する技術
P158~165	3.1 未来通信を目指したオーディオ・音響技術
P193~217	3.3 オーディオ再生技術

成績のつけかた(予定です)

- a =小テストを毎回前回やった内容から2題出題。1問1点。計24点
- b =出席点は1回2点(遅刻は1点) 計24点
- c =期末試験では小テストから12題出題, 計12点
- $(a+b) < 32$ かつ $c < 8$ は不可。それ以外は $\max(a+b, 4c)$ により A~D

氏名
学籍番号
学年
学科

遅刻した人はこの角が切り取られています

