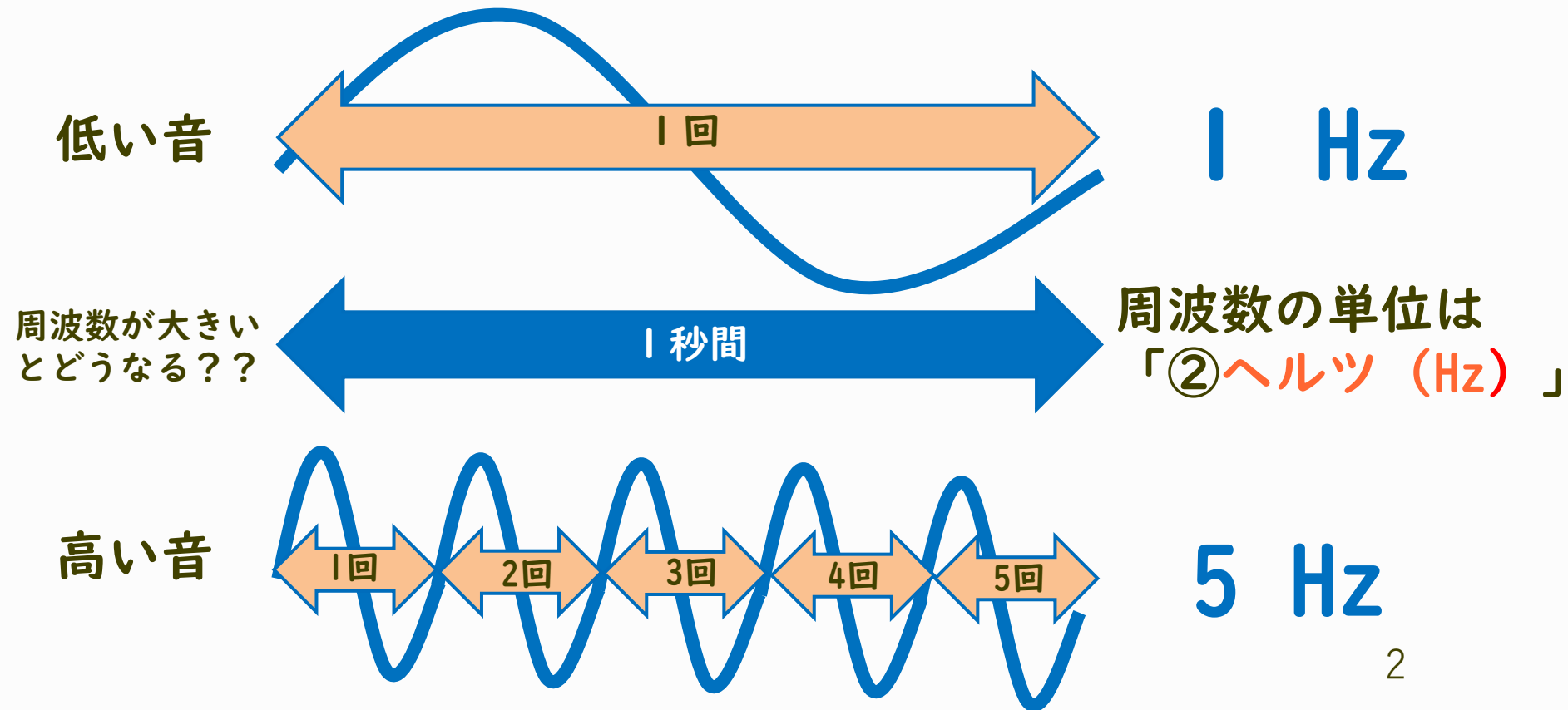




音のデジタル化

1 年情報

① **周波数** ・ ・ ・ 音が一秒間に何回振動しているか（振動数）を表現したもの（1秒間に繰り返される波の回数）



周波数が大きいとどうなる？

3

●周波数を聞き比べてみよう

①周波数が8000Hz ②周波数が16000Hz ③周波数が44100Hz



●では、人が聞くことができる音の範囲はどこまででしょう？

ヒント：人の声の周波数の範囲は概ね100Hz～1000Hzです。

●男性の話声→500Hz、女性の話声→1000Hz

●蟬の鳴き声→4000Hz

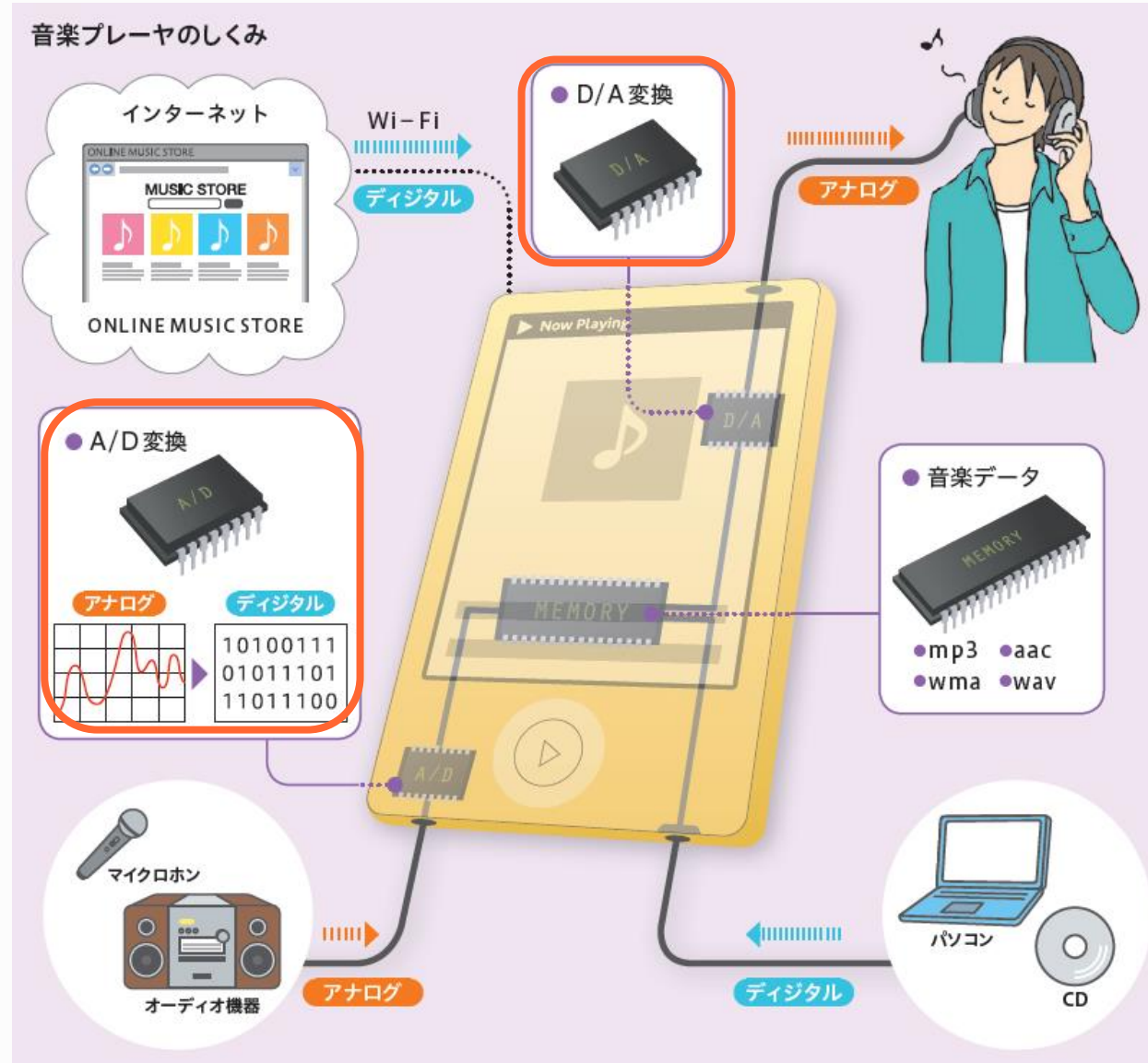
今からいくつかの音を流しますので、
聞こえるか試してみてください。

人間が聞くことができるのは約20,000Hzまで
と言われています。

ちなみに、電話の音声周波数帯域は0.3~3.4kHz
つまり、3400Hz以上の音は電話で通話できない！！

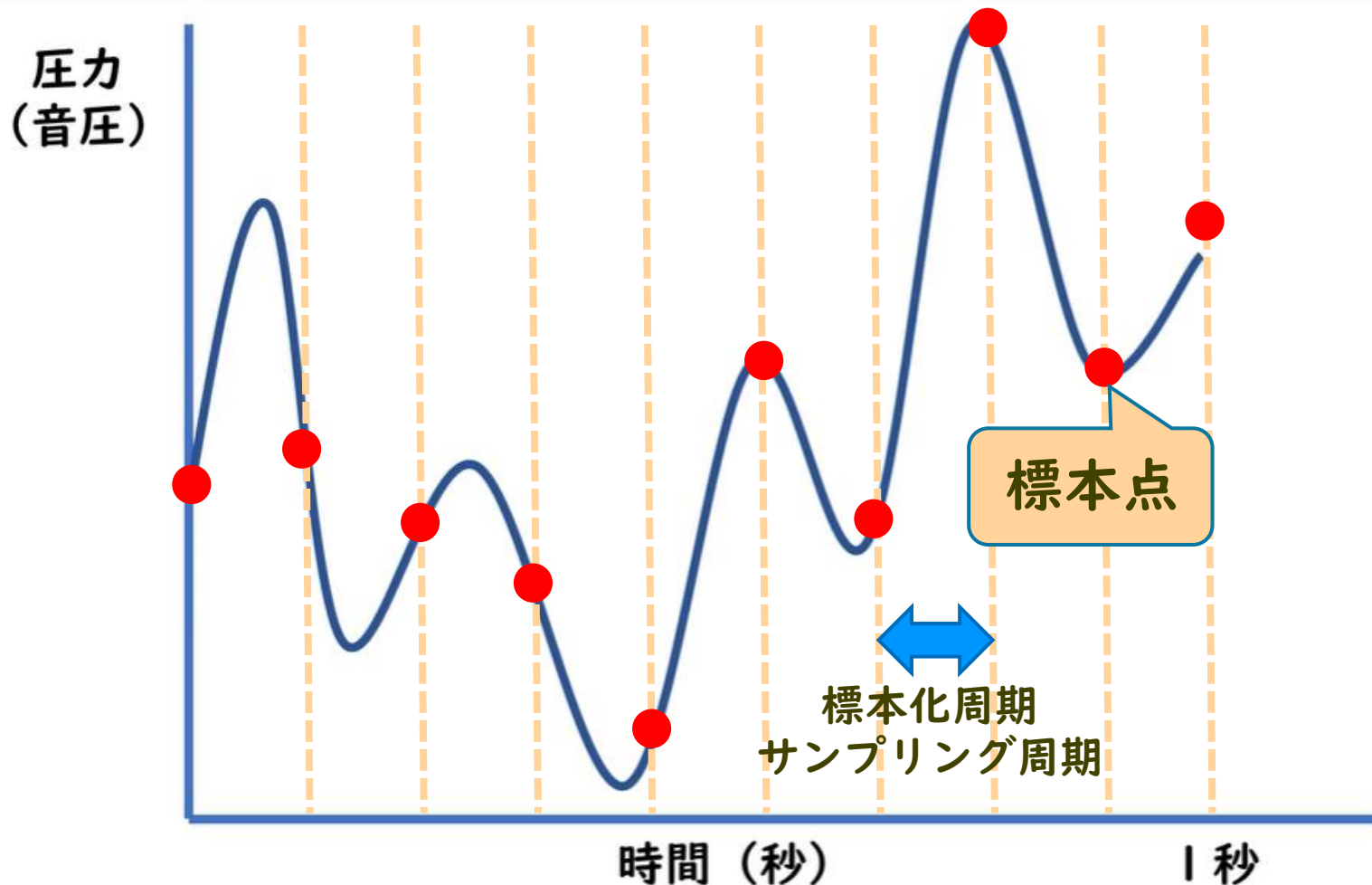
音楽プレーヤーの仕組み

6



① 標本化 (サンプリング)

アナログデータを一定の時間間隔で区切り、その時間ごとの信号レベルを標本として抽出する処理



(②サンプリング周波数)

標本化周波数

1秒当たりのサンプリング数

単位：ヘルツ (Hz)

今回
1秒に10回サンプリング



③ 10Hz

音楽CD

44,100Hz



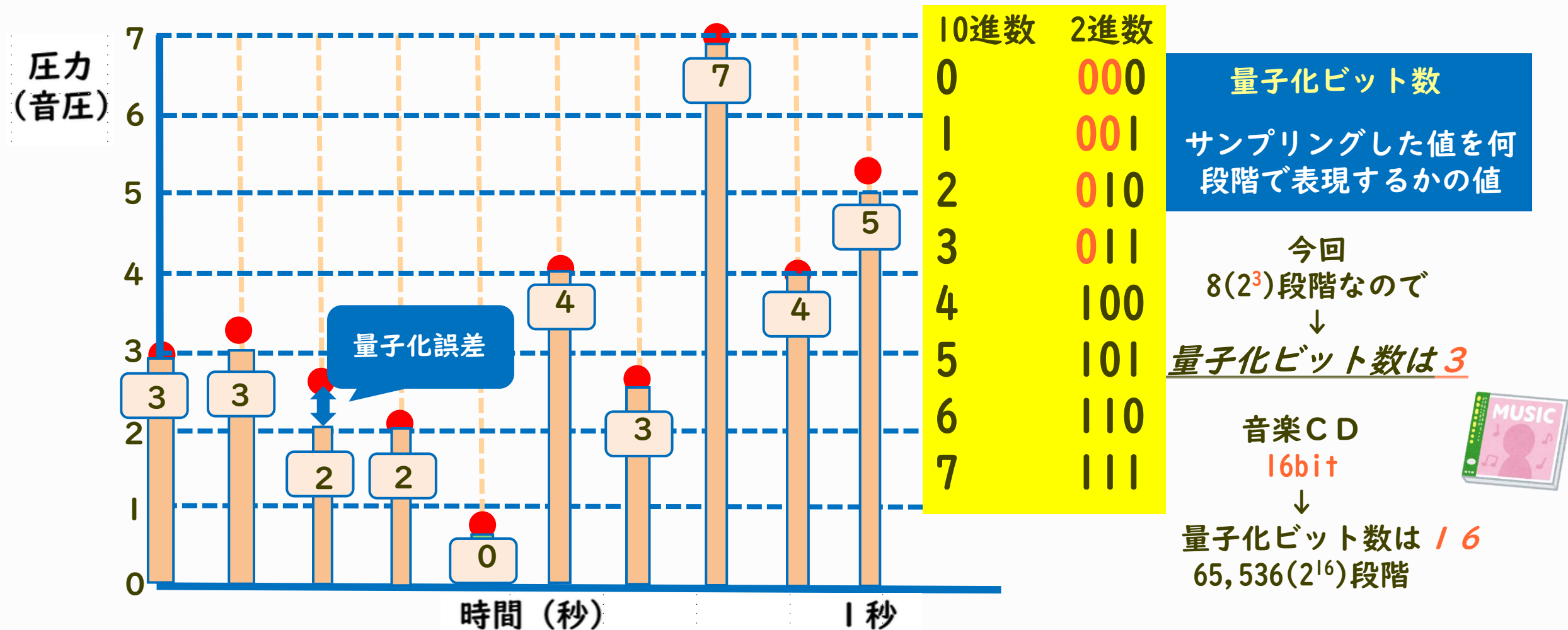
1秒間に44,100回
サンプリング



●この点の間隔が細かいと
より元の音を再現できる

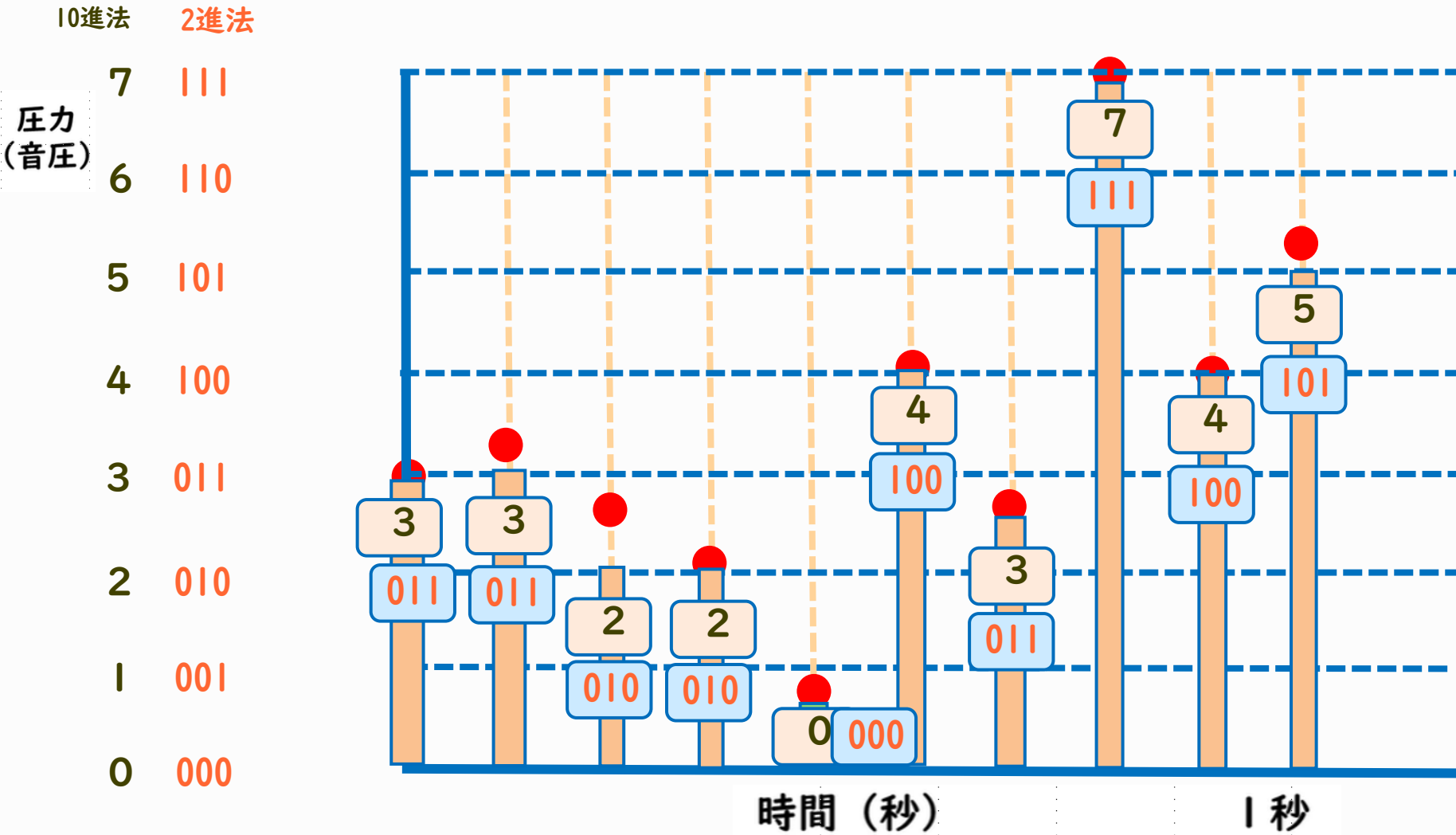
②量子化

信号レベルを何段階で表現するかを定めて、標本化したデータをその段階数にはめて整数値に置き換える処理

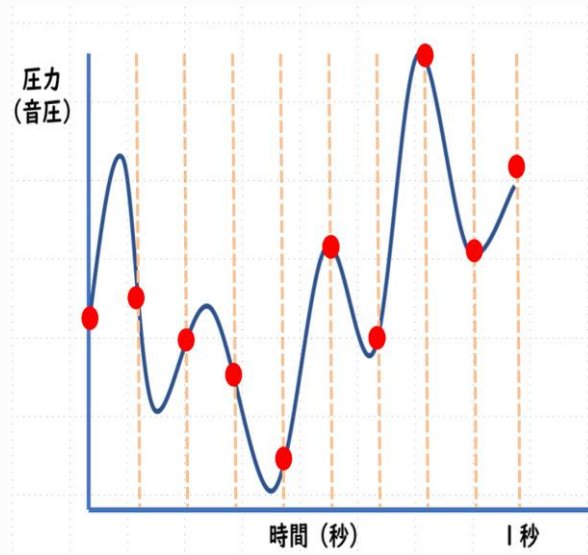


③ 符号化

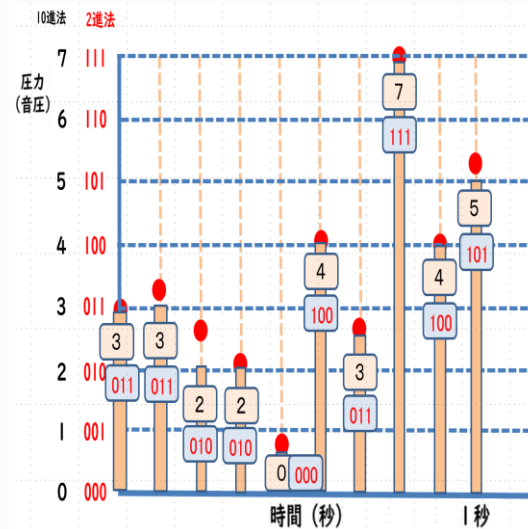
量子化した値を2進法で表現する



標本化 (サンプリング)



量子化



符号化

0 1 1 0 1 1
0 1 0 0 1 0
0 0 0 1 0 0
0 1 1 1 1 1
1 0 0 1 0 1

④PCM (パルス符号変調) 方式

アナログ信号を標本化、量子化、符号化でデジタル信号に変換する方法

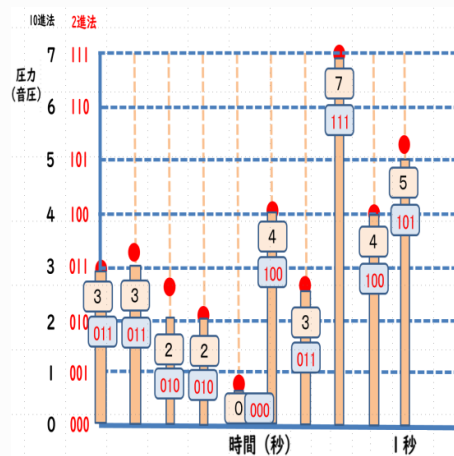
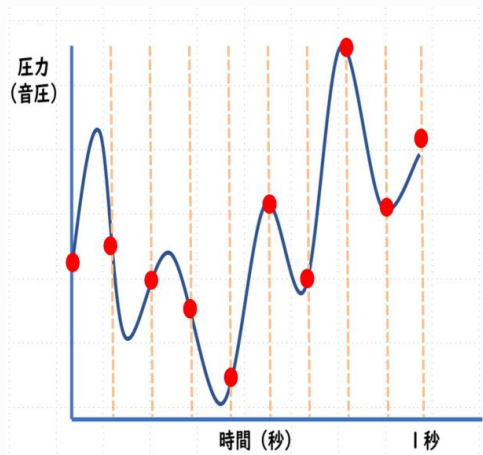
音のデジタル化 | 計算



データ量の計算

サンプリング周波数 (Hz) × 量子化ビット数

1秒間の音のデータ量



0 1 1 0 1 1
0 1 0 0 1 0
0 0 0 1 0 0
0 1 1 1 1 1
1 0 0 1 0 1

$$10 \text{ Hz} \times 3 \text{ bit} = 30 \text{ bit}$$

$$30 \div 8 = 3.75 \text{ B} \quad \times 1 \text{ B (バイト)} = 8 \text{ bit}$$

10分間の音のデータ量

$$3.75 \text{ B} \times (10 \times 60) \text{ 秒} = 2,250 \text{ B}$$

- 1秒間のハイレゾステレオ音源（2チャンネル）を
サンプリング周波数96,000Hz、量子化ビット数24ビットでデジタル化
したときのデータ量がいくらかになるか計算しなさい。
単位はキロバイト（KB）で小数点以下を四捨五入すること。
- ハイレゾステレオ音源とはCD音源をより細かくした音源。
CD音源より細かいのでより元の音に近い音を再現することができる。
- ちなみにハイレゾステレオ音源のようにサンプリング周波数をより細かくとれば元
の音に近い音を再現できるが、アナログからデジタル化したときに完全には元の音
は再現できない

データ容量の計算 解答編)

1秒間のハイレゾステレオ音源（2チャンネル）をサンプリング周波数96,000Hz、量子化ビット数24ビットでデジタル化したときのデータ量がいくらになるか計算しなさい。単位はキロバイト（KB）で小数点以下を四捨五入すること。

① $24\text{ビット} = 3\text{バイト}$ ※ $1\text{バイト} = 8\text{ビット}$

② ステレオ音源のためスピーカーの左右それぞれの音が必要で、データ量は

①の2倍、すなわち $3\text{バイト} \times 2 = 6\text{バイト}$

1秒間のデータ量

サンプリング周波数 (Hz) \times 量子化ビット数



③ $96,000\text{ (Hz)} \times 6\text{ (バイト)} = 576,000\text{ バイト}$

④ $1\text{キロバイト (KB)} = 1024\text{バイト (B)}$ なので、
 $576,000 \div 1,024 = 562.5$

答え 563 KB

〈アナログの画像をデジタル化する手順〉

① 標本化（サンプリング）

- アナログ画像を等間隔のマス目に区切る
- マス目の 1 点を画素の色とする

画素（ピクセル）

② 量子化

- 色の情報を整数などのとびとびの値（デジタル情報）にする

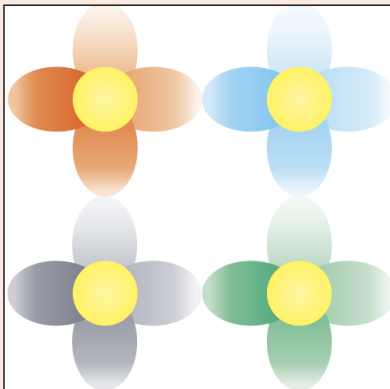
③ 符号化（コード化）

- 左上から順に並べて2進法の数値に変換する

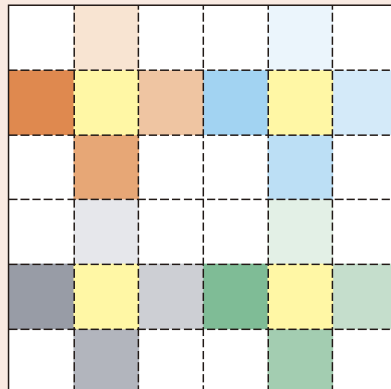


図14 デジタル画像
画素の集まりで
表現された
デジタル画像

(a) アナログ画像



(b) 標本化



(c) 量子化

0	2	0	0	3	0
2	5	2	3	5	3
0	2	0	0	3	0
0	1	0	0	4	0
1	5	1	4	5	4
0	1	0	0	4	0

(d) 符号化

02003...

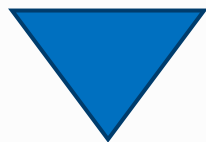


000 010 000 000
011...

図15
画像のデジタル化

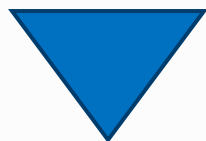
ア 周波数・・・音が一秒間に何回振動しているか（振動数）を表現したもの（1秒間に繰り返される波の回数）

- 50回抽出（標本化）したものと100回抽出（標本化）したものでは100回の方が点を取る間隔が狭い（細かい）



答え ④図4と図4

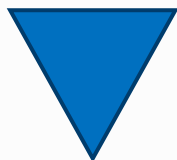
- 量子化ビット数が3ビットなので3ビットで表現できるのは何通り（何段階）あるか考え、段階値がそれに近いものを選ぶ



2^3 で8通り（8段階）表現できる

答え ③図2と図4

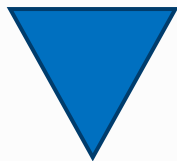
- 分割した回数が多いと点の数が増える
- 点の数が増えるとそれぞれの間隔もせまくなる
- これによりサンプリング周波数の値は増加する



- 結果としてデータ量が増える

答え 0

- 量子化ビット数が多いほど、
表現できる段階が増えるため音の強弱が滑らかに表現できる

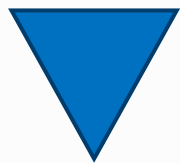


- しかし結果としてデータ量が増える

答え

②

- 図3、図4における0.07秒値の段階値を見る
- 段階値は四捨五入して整数値にする



カ 図3は段階値が1

ク 図4は段階値が3

- 最後にそれぞれ $\div 2$ をして2進数になおす

答え

キ①01

ケ④011

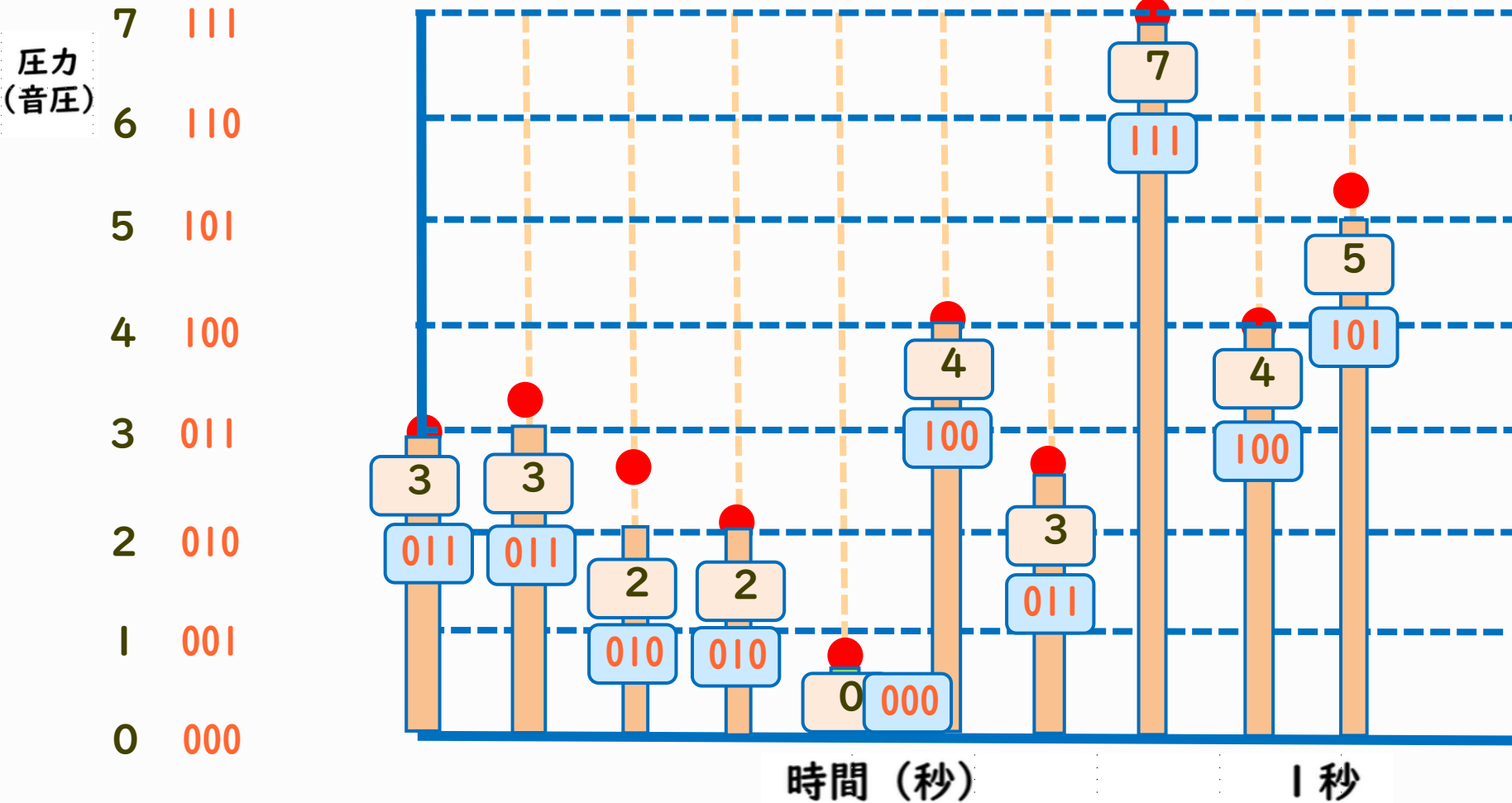
コ

⑤符号化

量子化した値を2進法で表現する

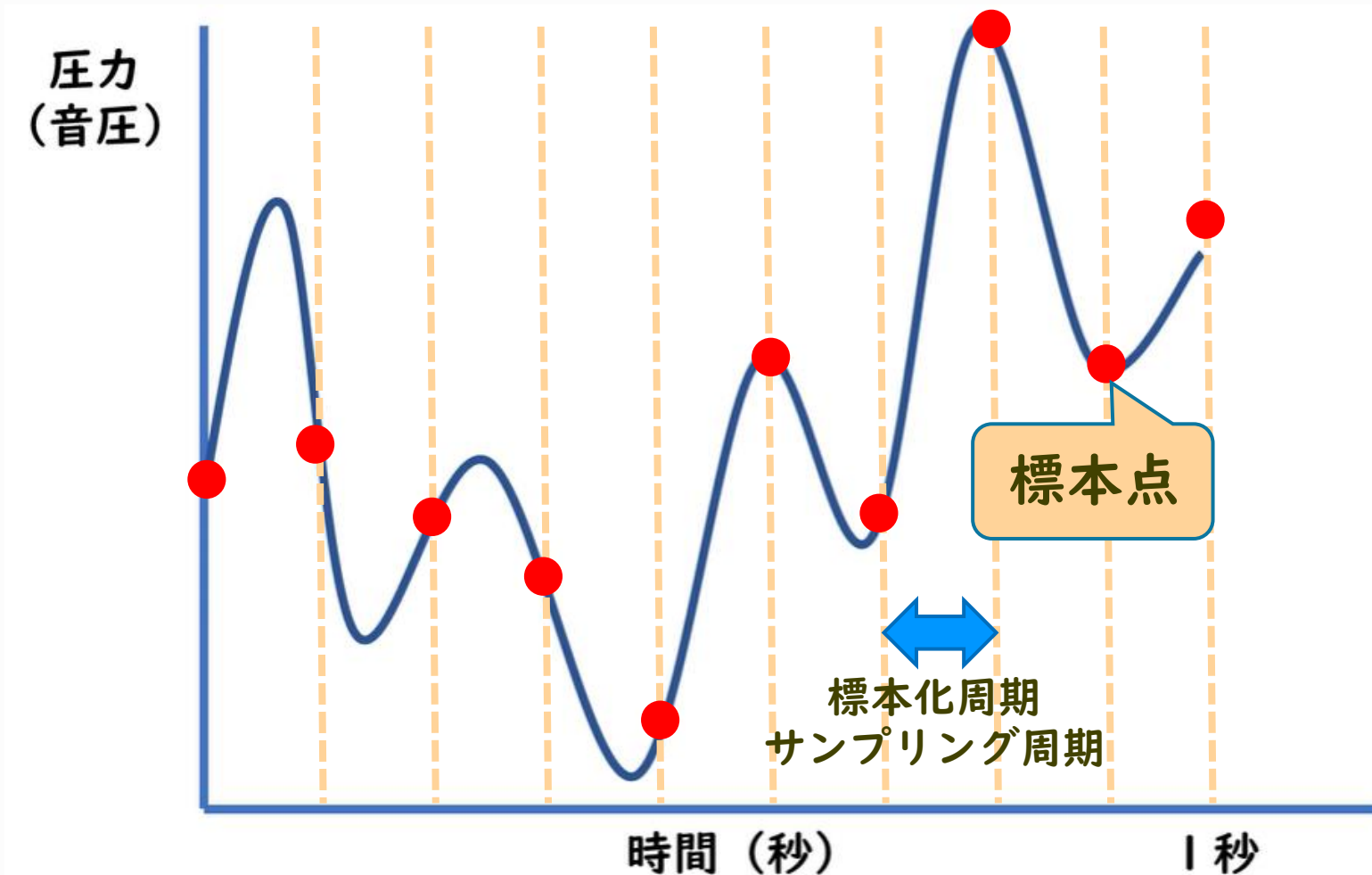
10進法

2進法



ス ④標本化（サンプリング）

アナログデータを一定の時間間隔で区切り、その時間ごとの信号レベルを標本として抽出する処理



(②サンプリング周波数)

標本化周波数

1秒当たりのサンプリング数

単位：ヘルツ (Hz)

今回
1秒に10回サンプリング

③ 10Hz

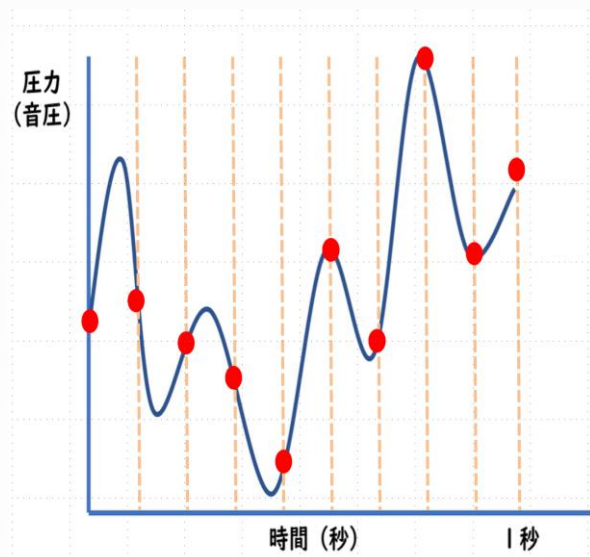
音楽CD

44,100Hz

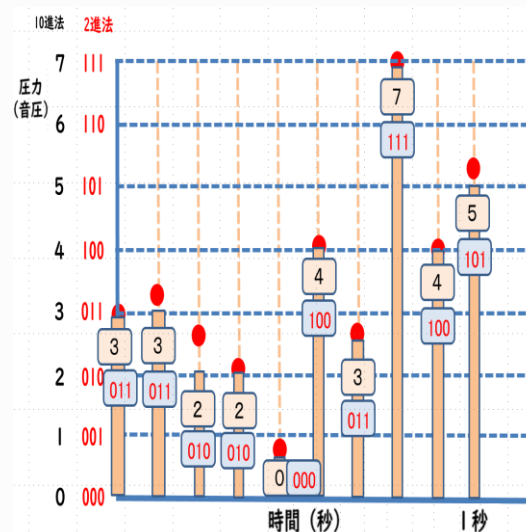
1秒間に44,100回
サンプリング



標本化 (サンプリング)



量子化



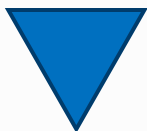
符号化

0 1 1 0 1 1
0 1 0 0 1 0
0 0 0 1 0 0
0 1 1 1 1 1
1 0 0 1 0 1

セ ⑤PCM (パルス符号変調) 方式

アナログ信号を標本化、量子化、符号化でデジタル信号に変換する方法

- 量子化ビット数が16ビットなので16ビットで何通り（何段階）表現できるかを考える。



$$2^{16} = \underline{65536} \text{通り}$$

答え

⑧65536

- 人間が聞き取れる領域の限界が20000HZ
- 音楽CDは44100HZ



- 人間が聞

ここに演奏時間が1分の楽曲がある。この曲を演奏し，コンピュータを使って録音することにした。1秒間を44100に分割して音のデータを測定し，量子化ビット数は16ビット，PCM形式，ステレオ（2チャンネル）でデジタル化する場合のデータ容量を計算する。データ容量の値として最も近いものを，次の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし，1Mバイト＝1000kバイト，1kバイト＝1000バイトとする。

手順① 16ビット = 2バイト ※1バイト = 8ビット

手順② ステレオ音源のためスピーカーの左右それぞれの音が必要で、データ量は
①の2倍、すなわち2バイト × 2 = 4バイト

1秒間のデータ量＝サンプリング周波数（Hz） × 量子化ビット数



手順③ 44100（Hz） × 4（バイト） = 1764000バイト

●これは1秒当たりのデータ量なので ④1764000バイト×60秒＝10584000バイト（1分当たり）

⑤ 1kバイト（KB）＝ 1000バイト（B）なので、
10584000 ÷ 1000 ＝10584キロバイト

⑥ 1Mバイト（KB）＝ 1000kバイト（B）なので、
10584 ÷ 1000 ＝10.584メガバイト

答え

⑥10Mバイト

- 0 圧縮音楽は圧縮によりデータ量を減らした音楽データのこと
- ① オーディオデバイスはイヤホンやマイクのような機器のこと
- ② サラウンドは聞き手の周囲を3つ以上のスピーカで囲んでいる状態
- ③ サウンドエフェクトは音響効果のこと
- ④ ローレゾはハイレゾの反対で低解像度を示す
- ⑥ ワイヤレスオーディオは音声データを無線で送受信するオーディオシステムのこと
- ⑦ ワイヤレスサウンドは、無線で受信したオーディオデータのこと

答え ⑤ハイレゾオーディオ

- ② アーティストには著作権隣接権が与えられる
- ① 作詞家や作曲家には著作権が与えられる
- ③ 原曲をアレンジしたカラオケ会社には著作権や著作権隣接権が与えられる

答え

②

A 音の波の高さを一定の時間間隔で測定し、観測された値を記録する

ウ 標本化

B 記録した値を整数などの段階値で近似させる

エ 量子化

C 近似させた値を2進法で表現する

ア 符号化

答え ⑤

- ハイレゾステレオ音源とはCD音源をより細かくした音源。
CD音源より細かいのでより元の音に近い音を再現することができる。

答え 0

●CD規格の60秒のデータ量は

1秒間のデータ量=サンプリング周波数 (Hz) × 量子化ビット数

$$\underline{44.1 \times 16 \times 60 = 42.336 \text{ ビット}}$$

●ハイレゾ1秒のデータ量は

$$\underline{88.2 \times 24 = 2.1168 \text{ ビット}}$$

●2.1168に何をかけると42.336になるか？

答え

②20秒

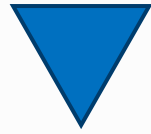
- ハイレゾステレオ音源とはCD音源をより細かくした音源。
CD音源より細かいのでより元の音に近い音を再現することができる。



- 周波数が高くなるほど波の感覚が狭くなり、音の波形の再現が難しい
ハイレゾはCD規格より、より細かく点を取り標本化することが可能
そのためCD規格より高い音を再現でき、より元の音に近い音を
再現できる

答え ①

①1秒間に22000回 (22KHz) サンプルングを行う



22000Hz

②バイトで計算した方がいいので16ビットをバイトになおす

③①と②を計算 $\text{1秒間のデータ量} = \text{サンプルング周波数 (Hz)} \times \text{量子化ビット数}$

④聞かれているのは 660×10^6 バイトのCDに③のデータがどれだけ入るかなので、 660×10^6 バイト \div ③

⑤④で出た答えは1秒当たりで求めているので秒で出てくる。

最後にそれを分にする

ア ⑤標本化

イ ①量子化

ウ ③符号化

問2 | エ オ カ

37

音声のサンプリングを1秒間に22000回行い（22KHz）、サンプリングした値をそれぞれ16ビットの段階値データとしてCDに記録する。このとき 660×10^6 バイトの容量を持つCDに記録できる音声の長さは最大何分になるか。

手順① 16ビット = 2バイト ※ 1バイト = 8ビット

1秒間のデータ量 = サンプリング周波数 (Hz) × 量子化ビット数

手順② $22000 \text{ (Hz)} \times 2 \text{ (バイト)} = 44000 \text{ バイト } (44 \times 10^3 \text{ バイト})$

CDに記録できる長さ = CDの容量 ÷ 音声のデータ量



手順③ $660 \times 10^6 \div 44 \times 10^3 = 15000$
● これは秒で計算しているので15000秒

手順④ $15000 \div 60 = 250 \text{ 分}$

答え

250分

ビットレート (bps) = サンプル周波数 (Hz) × 量子化ビット数 × チャンネル数

- 音楽のCDはサンプリング周波数44100Hz
- 量子化ビット数16



計算式： $44100 \times 16 \times 2 = 1411200$ (bps)

- 答えはKbpsで出さないといけない
- 1Kbps=1000bpsと書いてくれている
- バイトに直したりするとダメ



$1411200 \text{ (bps)} \div 1000 = 1411.2$



答え ①1411.2

ク 圧縮前のファイルを元に戻せないのは非可逆圧縮

ケ デジタル化する中で必ず劣化は起こる。
元の音を完璧に元に戻すこともできないが
サンプリング周波数の間隔を狭めて取る点を多くして、
量子化ビット数を多くして表現できる段階値を大きくすれば
元に近い音は再現できる。

答え ク② ケ①