

## 問題 1

正しいのはどれか。2つ選べ。

- a 生体内では縦波より横波のほうが伝搬速度は速い。
- b 生体軟部組織の音響インピーダンスは水よりもはるかに大きい。
- c 超音波装置は音速を一定として表示している。
- d 生体内で吸収された超音波のエネルギーは熱に変換される。
- e 生体内での減衰は吸収と拡散によって起こる。

## 問題 1 の解答・解説

解答 c, d

正しいのはどれか。2つ選べ。

a (誤) 生体内では縦波より横波のほうが伝搬速度は速い。

生体内では横波の伝搬速度は縦波と比較して著しく遅い。

横波: 1~10m/s 縦波: 1500m/s

b (誤) 生体軟部組織の音響インピーダンスは水よりもはるかに大きい。

生体軟部組織と水の音響インピーダンスはほぼ同じ。

c (正) 超音波装置は音速を一定として表示している。

臨床用の超音波装置では、音速を一律に 1540 m/s と仮定して画像を構築している。

これは、軟部組織の平均的な音速に基づいている。ただし、特殊なアプリケーションでは、組織特性に応じて音速を変更できる機種もある。

d (正) 生体内で吸収された超音波のエネルギーは熱に変換される。

超音波が生体内で吸収されると、そのエネルギーは主に熱エネルギーに変換される。

これが超音波による温熱効果の基盤である。

e (誤) 生体内的減衰は吸収と拡散によって起こる。

減衰は吸収、散乱、反射などによって起こる。拡散は不適切。

## 問題 2

異なる 2 つの媒質の境界に超音波が入射したときの説明として正しいのはどれか。2 つ選べ。

- a 音響特性インピーダンスが等しくても、音速が異なれば超音波は屈折する。
- b 音響特性インピーダンスが等しくても、音速が異なれば超音波は反射する。
- c 音響特性インピーダンスが異なっていれば、音速が等しくても超音波は反射する。
- d 音響特性インピーダンスが異なっていれば、音速が等しくても超音波は屈折する。
- e 音響特性インピーダンスが等しく、音速が等しくても超音波は屈折する。

## 問題 2 の解答・解説

解答 a, c

異なる 2 つの媒質の境界に超音波が入射したときの説明として正しいのはどれか。2 つ選べ。

- a (正) 音響特性インピーダンスが等しくても、音速が異なれば超音波は屈折する。  
超音波は音速の異なる境界で屈折する。インピーダンスが等しくても、音速が異なればスネルの法則に従って進行方向が変わる。
- b (誤) 音響特性インピーダンスが等しくても、音速が異なれば超音波は反射する。  
反射は音響特性インピーダンス差によって起こるので、インピーダンスが等しければ反射は起こらない。音速が違っても、反射はしない。
- c (正) 音響特性インピーダンスが異なっていれば、音速が等しくても超音波は反射する。  
超音波は音響特性インピーダンスが異なる領域で反射する。
- d (誤) 音響特性インピーダンスが異なっていれば、音速が等しくても超音波は屈折する。  
屈折は音速の違いによって起こる。音速が等しければ屈折は起こらない。
- e (誤) 音響特性インピーダンスが等しく、音速が等しくても超音波は屈折する。  
両方等しければ、屈折も反射も起こらず、直進する。

### 問題 3

音速を決定しているのはどれか。2つ選べ。

- a 媒質の単位体積当たりの質量
- b 媒質に加える圧力と体積変化の比の値
- c 媒質の温度上昇と単位体積当たりに加える熱量の比の値
- d 媒質の温度の上昇によって体積が膨張する割合
- e 媒質が常圧で液体から気体に変わる温度

### 問題3の解答・解説

解答 a, b

音速を決定しているのはどれか。2つ選べ。

a (正) 媒質の単位体積当たりの質量

音速は、媒質の密度 ( $\rho$ ) と体積弾性率 (K) によって決定される。

単位体積当たりの質量は密度 ( $\rho$ ) を意味している。

音速  $c$  は  $c = \sqrt{K/\rho}$  の式で表される。密度が大きいほど音速は遅くなる。

b (正) 媒質に加える圧力と体積変化の比の値

音速は、媒質の密度と体積弾性率によって決定される。

「媒質に加える圧力と体積変化の比の値」は体積弾性率 (K) の定義。媒質の硬さを表し、音速に直接関係する。K が大きいほど音速は速くなる。

c (誤) 媒質の温度上昇と単位体積当たりに加える熱量の比の値

これは熱容量の説明であり、音速とは直接の関係はない。

d (誤) 媒質の温度の上昇によって体積が膨張する割合

これは熱膨張係数の説明であり、音速とは直接の関係はない。

e (誤) 媒質が常圧で液体から気体に変わる温度

これは沸点の説明であり、音速とは無関係。

#### 問題4

正しいのはどれか。2つ選べ。

- a 一般に、連続波超音波はパルス超音波に比べ周波数帯域が広い。
- b 超音波パルス送信繰返し周期が大きい方が観察可能深度は大きい。
- c 中心周波数が異なっても、比帯域が同じであれば周波数帯域幅は同じである。
- d 超音波の周波数が同じでも、伝搬速度が異なれば波長は異なる。
- e パルス超音波のデューティー比が大きくなると中心周波数は高くなる。

#### 問題4 の解答・解説

解答 b, d

正しいのはどれか。2つ選べ。

a (誤) 一般に、連続波超音波はパルス超音波に比べ周波数帯域が広い。

連続波は單一周波数成分で構成されるため、帯域幅は狭い（理想的にはゼロ）。パルス波の方が短時間に複数の周波数成分を含むため、帯域が広くなる。

b (正) 超音波パルス送信繰返し周期が大きい方が観察可能深度は大きい。

繰返し周期が長い=送信と送信の間隔が長いということ。これは、深部からのエコーが返ってくるのを待てるという意味なので、観察可能な深さが大きくなる。

c (誤) 中心周波数が異なっても、比帯域が同じであれば周波数帯域幅は同じである。

比帯域とは、中心周波数に対する帯域幅の割合である。

中心周波数に帯域をかけると、帯域幅となる。中心周波数が異なれば帯域幅は異なる。

例えば

中心周波数 5 MHz、比帯域 50% → 帯域幅 2.5 MHz

中心周波数 10 MHz、比帯域 50% → 帯域幅 5 MHz

d (正) 超音波の周波数が同じでも、伝搬速度が異なれば波長は異なる。

波長 ( $\lambda$ ) は、 $\lambda=c/f$  なので周波数 (f) が同じでも、音速 (c) が異なれば波長は変わる。

e (誤) パルス超音波のデューティー比が大きくなると中心周波数は高くなる。

デューティー比とは超音波が出力されている時間の割合で、中心周波数とは関係ない。

## 問題 5

プローブから放射される超音波に関して正しいのはどれか。ただし、伝搬媒質の減衰と非線形効果は無視できるほど小さいものとする。

- a 周波数は、プローブと伝搬媒質により決まる。
- b 周期は、プローブと伝搬媒質により決まる。
- c 波長は、プローブと伝搬媒質により決まる。
- d 伝搬速度は、プローブと伝搬媒質により決まる。
- e 超音波パルスの送信繰り返し周期は、プローブと伝搬媒質により決まる。

## 問題 5 の解答・解説

解答 c

プローブから放射される超音波に関して正しいのはどれか。ただし、伝搬媒質の減衰と非線形効果は無視できるほど小さいものとする。

a (誤) 周波数は、プローブと伝搬媒質により決まる。

周波数はプローブ側で決定されるもので、媒質には依存しない。媒質が変わっても周波数は変わらず、波長が変わるだけ。

b (誤) 周期は、プローブと伝搬媒質により決まる。

周期は周波数の逆数なので、プローブの設定だけで決まる。

c (正) 波長は、プローブと伝搬媒質により決まる。

波長は、プローブの送信周波数と伝搬媒質の超音波伝搬速度により決まる。

波長  $\lambda$  は、 $\lambda = c/f$  であり プローブが決める周波数 (f) と媒質の音速 (c) の両方に依存する。

d (誤) 伝搬速度は、プローブと伝搬媒質により決まる。

伝搬速度は媒質の物理特性（密度と弾性率）によって決まり、プローブには依存しない。

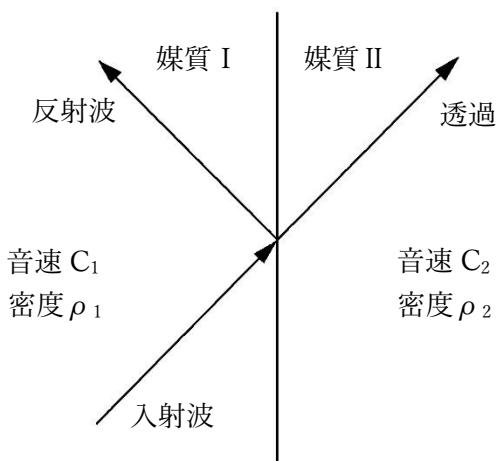
e (誤) 超音波パルスの送信繰り返し周期は、プローブと伝搬媒質により決まる。

送信繰り返し周期 (PRP) は装置の設定であり、プローブや媒質には直接関係しない。

## 問題 6

図のように媒質 I から媒質 II に超音波が入射した。媒質 I の音速  $C_1$  が  $1500\text{m/s}$ , 密度  $\rho_1$  が  $1.0\text{g/cm}^3$  であるとした場合に、以下の文章のうち正しいのはどれか。

- a 媒質 II の音速  $C_2$  が  $3000\text{m/s}$ , 密度  $\rho_2$  が  $0.5\text{ g/cm}^3$  であるとき、媒質 I と媒質 II の境界で反射波が発生する。
- b 媒質 II の音速  $C_2$  が  $3000\text{m/s}$ , 密度  $\rho_2$  が  $0.5\text{g/cm}^3$  であるとき、媒質 I と媒質 II の境界に入射しても、屈折しない。
- c 媒質 II の音速  $C_2$  が  $1500\text{m/s}$ , 密度  $\rho_2$  が  $0.5\text{g/cm}^3$  であるとき、媒質 I と媒質 II の境界で反射波が発生する。
- d 媒質 II の音速  $C_2$  が  $1500\text{m/s}$ , 密度  $\rho_2$  が  $0.5\text{g/cm}^3$  であるとき、媒質 I と媒質 II の境界に入射すると、屈折する。
- e 媒質 II の音速  $C_2$  が  $750\text{m/s}$ , 密度  $\rho_2$  が  $1.0\text{g/cm}^3$  であるとき、媒質 I と媒質 II の境界で反射波が発生しない。

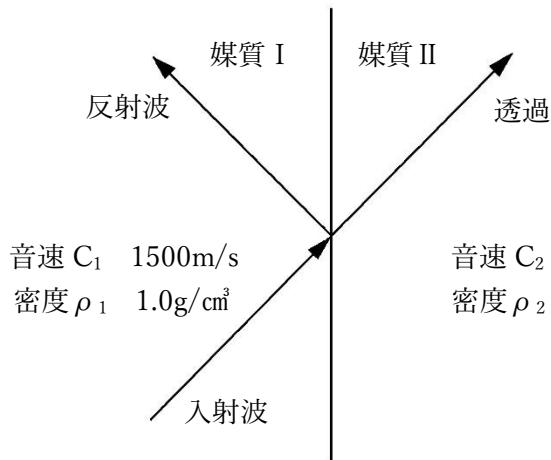


## 問題 6 の解答・解説

解答 c

図のように媒質 I から媒質 II に超音波が入射した。媒質 I の音速  $C_1$  が 1500m/s、密度  $\rho_1$  が 1.0g/cm<sup>3</sup>であるとした場合に、以下の文章のうち正しいのはどれか。

- a (誤) 媒質 II の音速  $C_2$  が 3000m/s、密度  $\rho_2$  が 0.5 g/cm<sup>3</sup>であるとき、媒質 I と媒質 II の境界で反射波が発生する。
- b (誤) 媒質 II の音速  $C_2$  が 3000m/s、密度  $\rho_2$  が 0.5g/cm<sup>3</sup>であるとき、媒質 I と媒質 II の境界に入射しても、屈折しない。
- c (正) 媒質 II の音速  $C_2$  が 1500m/s、密度  $\rho_2$  が 0.5g/cm<sup>3</sup>であるとき、媒質 I と媒質 II の境界で反射波が発生する。
- d (誤) 媒質 II の音速  $C_2$  が 1500m/s、密度  $\rho_2$  が 0.5g/cm<sup>3</sup>であるとき、媒質 I と媒質 II の境界に入射すると、屈折する。
- e (誤) 媒質 II の音速  $C_2$  が 750m/s、密度  $\rho_2$  が 1.0g/cm<sup>3</sup>であるとき、媒質 I と媒質 II の境界で反射波が発生しない。



解説 媒質 I の音速  $C_1$  と媒質 II の音速  $C_2$  が異なる場合、媒質 I から媒質 II に入射すると、その境界で屈折する。

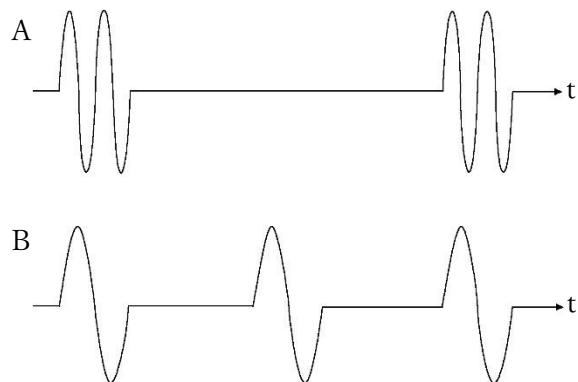
媒質 I の音響特性インピーダンスと、媒質 II の音響特性インピーダンスが異なる場合、媒質 I と媒質 II の境界で反射する。

媒質 I の音響インピーダンス（音速×密度）は  $1500\text{m/s} \times 1.0 \text{ g/cm}^3$  であり、媒質 II の音響インピーダンスは  $1500\text{m/s} \times 0.5 \text{ g/cm}^3$  で、両者の音響インピーダンスは異なる。したがって、反射が発生する。

問題 7

図 (A) と (B) のような送信パルスがあったとき正しいのはどれか.

- a パルス繰返し周波数は (B) の方が低い.
- b パルス繰返し周期は (A) の方が長い.
- c パルスの中心周波数は (B) の方が高い.
- d パルス幅は (A) の方が長い.
- e デューティー比は (A) の方が大きい.



### 問題7の解答・解説

解答 b

図(1)と(2)のような送信パルスがあったとき正しいのはどれか.

a(誤) パルス繰返し周波数は(B)の方が低い.

パルス繰返し周波数は(A)  $1/T_a < (B) 1/T_c$  (B)の方がPRF高い

b(正) パルス繰返し周期は(A)の方が長い.

パルス繰返し周期は(A)  $T_a > (B) T_c$  (A)の方が長い

c(誤) パルスの中心周波数は(B)の方が高い.

パルスの中心周波数は(A)  $2/T_b = (B) 1/T_b$  両者とも同じ

d(誤) パルス幅は(A)の方が長い.

パルス幅は(A)  $T_b = (B) T_b$  両者とも同じ

e(誤) デューティー比は(A)の方が大きい.

デューティー比は(A)  $T_b/T_a < (B) T_b/T_c$  (B)が大きい

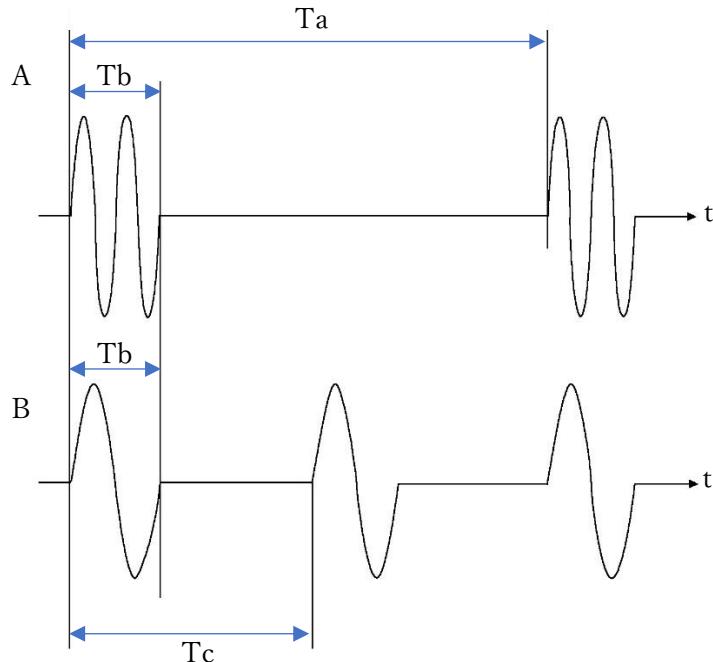
### 解説

送信パルス(A)のパルス繰返し周期は  $T_a$ , パルス繰返し周波数は  $1/T_a$ ,

パルス幅は  $T_b$ , 中心周波数は  $1/T_b$ , デューティー比は  $T_b/T_a$ である.

送信パルス(B)のパルス繰返し周期は  $T_c$ , パルス繰返し周波数は  $1/T_c$ ,

パルス幅は  $T_b$ , 中心周波数は  $1/T_b$ , デューティー比は  $T_b/T_c$ である.



### 問題 8

生体内の音速を決める要因として正しいのはどれか。2つ選べ。

a 周波数帯域幅

b 密度

c 体積弾性率

d Q ファクタ

e 中心周波数

## 問題 8 の解答・解説

解答 b, c

生体内の音速を決める要因として正しいのはどれか。2つ選べ。

a (誤) 周波数帯域幅

帯域幅はパルスの時間的性質や減衰特性に関係するが、音速とは無関係。

b (正) 密度

音速  $c$  は体積弾性率  $K$  と密度  $\rho$  で決まる。

c (正) 体積弾性率

音速  $c$  は体積弾性率  $K$  と密度  $\rho$  で決まる。

d (誤) Q ファクタ

$Q$  ファクタは減衰の鋭さを表す指標で、音速の決定には関与しない。

高  $Q$  プローブ：周波数がシャープで、感度は高いが分解能は低め。

低  $Q$  プローブ：帯域が広く、分解能が高いが感度はやや低め。

つまり、 $Q$  ファクタは「どれだけ波が減衰せずに続くか」を示す。

e (誤) 中心周波数

周波数はプローブが決めるもので、音速は媒質の性質（密度と弾性率）で決まる。周波数が変わっても音速は変わらない。

## 解説

音速  $c$  は体積弾性率  $K$  と密度  $\rho$  で決まり  $c = \sqrt{K/\rho}$  である。

中心周波数や周波数帯域には依存せず、これらの比である  $Q$  ファクタにも依存しない。

### 問題 9

正しいのはどれか。2つ選べ。

- a 生体軟組織をパルス超音波が伝搬するとき、拡散減衰は生じない。
- b 送信周波数を変えると、スペックルパターンが変化する。
- c 骨の音響特性インピーダンスは、生体軟組織の音響特性インピーダンスより小さい。
- d 脂肪の音速は、他の生体軟組織の平均音速よりも大きい。
- e 生体軟組織を伝搬する超音波の減衰は、超音波の周波数によって異なる。

## 問題9の解答・解説

解答 b, e

正しいのはどれか。2つ選べ。

a (誤) 生体軟組織をパルス超音波が伝搬するとき、拡散減衰は生じない。

生体軟組織をパルス超音波が伝搬するときも、拡散（散乱）減衰は生じる。

b (正) 送信周波数を変えると、スペックルパターンが変化する。

スペックルパターンは組織と1対1に対応していないが、スペックルの大きさなどは周波数や、ビームの太さなどにほぼ比例している。

スペックルは干渉によって生じるランダムな模様で、波長（＝周波数）に依存する。周波数を変えると波長が変わる → 干渉パターンも変わる → スペックルも変化する。

c (誤) 骨の音響特性インピーダンスは、生体軟組織の音響特性インピーダンスより小さい。

骨は密度も弾性率も高いため、音響インピーダンスは軟部組織よりはるかに大きい。

d (誤) 脂肪の音速は、他の生体軟組織の平均音速よりも大きい。

脂肪の音速は約 1450 m/s で、軟部組織の平均 1540 m/s より遅い。

e (正) 生体軟組織を伝搬する超音波の減衰は、超音波の周波数によって異なる。

減衰 (dB) = 減衰係数 (dB/cm · MHz) × 周波数 (MHz) × 距離 (cm) であり、

減衰はほぼ距離と周波数に依存する。

高周波ほど減衰が大きくなる。つまり、高周波は高解像度だけど、深部まで届きにくい。

減衰は距離に比例して蓄積される。だから、深部になるほどエコーが弱くなり、画像が暗くなる。

## 問題 10

生体組織の減衰係数は  $\text{dB}/\text{cm}/\text{MHz}$  (あるいは  $\text{dB}\text{cm}^{-1}\text{MHz}^{-1}$ ) で表される。この意味として正しいのはどれか。2つ選べ。

- a 周波数が高くなると伝搬距離が増す。
- b 伝搬距離が増えると減衰量が増す。
- c 伝搬距離が増えると周波数が増す。
- d 周波数が高くなると減衰量が増す。
- e 音響パワーを上げると減衰量が増す。

## 問題 10 の解答・解説

解答 b, d

生体組織の減衰係数は  $\text{dB}/\text{cm}/\text{MHz}$  (あるいは  $\text{dB}\text{cm}^{-1}\text{MHz}^{-1}$ ) で表される。この意味として正しいのはどれか。2つ選べ。

a (誤) 周波数が高くなると伝搬距離が増す。

高周波は減衰が大きくなるので、むしろ伝搬距離は短くなる。

b (正) 伝搬距離が増えると減衰量が増す。

減衰量は距離に比例する。たとえば、減衰係数が  $0.5 \text{ dB}/\text{cm}/\text{MHz}$  で、周波数が  $5 \text{ MHz}$  なら、 $1 \text{ cm}$  進むごとに  $0.5 \times 5 = 2.5 \text{ dB}$  減衰する。距離が2倍になれば、減衰量も2倍になる。

c (誤) 伝搬距離が増えると周波数が増す。

周波数はプローブで決まるので、距離が変わっても周波数は変わらない。

d (正) 周波数が高くなると減衰量が増す。

減衰量は周波数に比例する。

e (誤) 音響パワーを上げると減衰量が増す。

音響パワーを上げても、減衰の割合 ( $\text{dB}/\text{cm}/\text{MHz}$ ) は変わらない。

## 解説

減衰係数が単位  $\text{dB}/\text{cm}/\text{MHz}$  を有するということは、減衰量 (dB) を距離 (cm) と周波数 (MHz) で割った商がほぼ一定ということを意味する。したがって、減衰量 (dB) は、減衰係数 ( $\text{dB}/\text{cm}/\text{MHz}$ ) に距離 (cm) と周波数 (MHz) を掛けた量となる。

減衰量 = 減衰係数 × 距離 × 周波数 である。

したがって、

距離が増えると減衰量が増す。

周波数が高くなると減衰量が増す。

### 問題 11

減衰係数が  $0.5 \text{dBcm}^{-1}\text{MHz}^{-1}$  (あるいは  $0.5 \text{dB/cm/MHz}$ ) である媒質に  $8\text{MHz}$  の平面連続超音波を送信した。 $5\text{cm}$  伝搬後の振幅は送信時と比較し何倍となるか。

a 20 倍

b 10 倍

c  $1/10$  倍

d  $1/20$  倍

e  $1/100$  倍

## 問題 11 の解答・解説

解答 c

減衰係数が  $0.5 \text{dBcm}^{-1}\text{MHz}^{-1}$  (あるいは  $0.5 \text{dB/cm/MHz}$ ) である媒質に  $8\text{MHz}$  の平面連続超音波を送信した。 $5\text{cm}$  伝搬後の振幅は送信時と比較し何倍となるか。

a (誤) 20 倍

b (誤) 10 倍

c (正)  $1/10$  倍

d (誤)  $1/20$  倍

e (誤)  $1/100$  倍

解説

減衰の単位が  $\text{dB/cm/MHz}$  という意味は、

減衰 = 減衰係数 (dB) × 伝搬距離 (cm) × 周波数 (MHz) である。

従って、 $5\text{cm}$  伝搬したときの減衰は  $0.5\text{dB} \times 5\text{cm} \times 8\text{MHz} = 20\text{dB}$  となる。

利得が  $20\text{dB}$  というときは振幅が 10 倍になることを意味するが、減衰が  $20\text{dB}$  というときは振幅が  $1/10$  倍になることを意味する。

設問は減衰を求めているので  $1/10$  倍となる。

ポイント :  $20\text{dB} = 10$  倍,  $6\text{dB} = 2$  倍と覚えておこう。

dB 値	振幅比 ( $20 \log$ )	パワー比 ( $10 \log$ )
6 dB	約 2 倍	約 4 倍
20 dB	10 倍	100 倍
-20 dB	$1/10$ 倍	$1/100$ 倍

## 問題 12

アーチファクトについて正しいのはどれか.

- a グレーティングロープは隣り合う素子の Q ファクタが異なるために起こる.
- b サイドロープはパルス繰返し周波数を変えると改善する場合がある.
- c 多重反射は周波数を変えると改善することがある.
- d 基準音速を 1530m/s に設定しているため基本的に像の歪みは起こらない.
- e 鏡面現象はビームに対して強い反射体が斜面を形成するときに起きる.

## 問題 12 の解答・解説

解答 e

アーチファクトについて正しいのはどれか.

- a (誤) グレーティングロープは隣り合う素子の Q ファクタが異なるために起こる.  
配列型振動子でメインロープ以外に波面が合成されるために起こる.
- b (誤) サイドロープはパルス繰返し周波数を変えると改善する場合がある.  
サイドロープとパルス繰返し周波数 (PRF) は関係しない.
- c (誤) 多重反射は周波数を変えると改善することがある.  
多重反射の出現は周波数とは関係しない.
- d (誤) 基準音速を 1530m/s に設定しているため基本的に像の歪みは起こらない.  
基準音速より速い物体は薄く、遅い物体は厚く描出されるため像の歪みは生ずる.
- e (正) 鏡面現象はビームに対して強い反射体が斜面を形成するときに起きる.  
これは鏡面現象の定義そのもの.

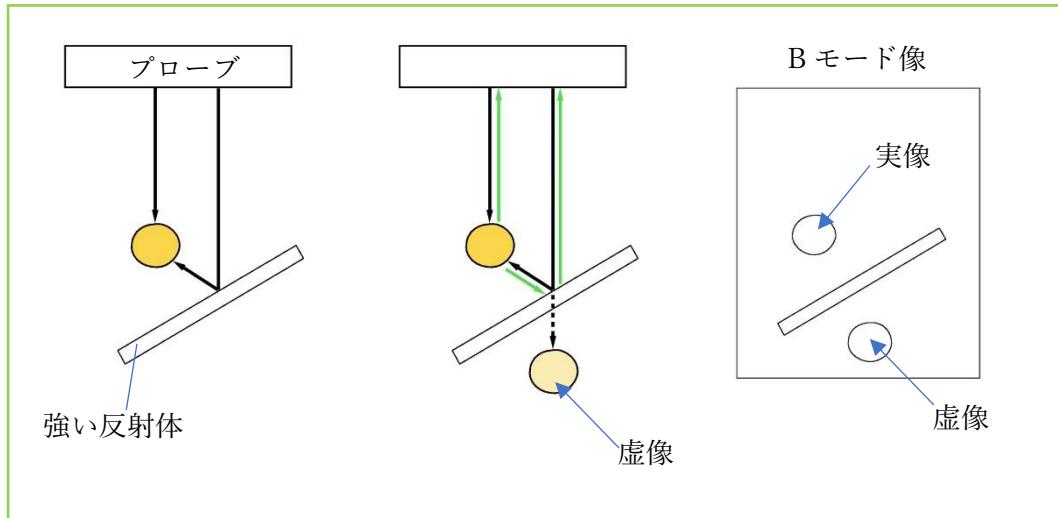


図 鏡面現象

これ以降を閲覧するには  
お申し込みください