

## 目 次

超音波とは	5
縦波と横波	5
パルス波	6
周波数と周期	7
反射	10
音速	11
音響インピーダンスと反射強度	13
臨界角	13
音響インピーダンスと音圧反射率	14
干渉	15
探触子の音響整合層と反射波の位相	15
散乱	16
スペックルパターン	16
屈折	19
スネルの法則	19
減衰	23
音場	26
近距離音場と遠距離音場	26
焦点距離と焦点深度	29
指向性	29
分解能	29
距離分解能	30
方位分解能	30
周波数分析	32
連続波とパレス波	34
帯域幅 ( $\Delta F$ )	35
周波数依存減衰	36
試験対策のポイント	37
ハーモニックイメージング	38
ハーモニックイメージングの種類	38
ティッシュハーモニックイメージングの特徴	38
フックの法則 (線形と非線形)	38
非線形現象	39
高調波の発生	39
位相反転法	40
高調波と帯域幅	40
コントラストハーモニックイメージングの特徴	41
フィルタ法	41

音圧と音響パワー	42
パルス反射法	44
パルス幅	45
デューティー比	45
バースト波	46
超音波の表示法	47
A モード表示	47
B モード表示	47
M モード表示	47
B モード法の走査線 (ラスター)	48
リアルタイム B モード表示	48
B モード表示のフレームレートを上げる方法	49
リニア電子走査	50
スイッチドアレイ方式	51
セクタ電子走査	51
フェーズドアレイ方式	51
セクタ電子走査の遅延時間	52
走査線とフレーム数	53
電子フォーカス	54
送信多段フォーカス	55
受診ダイナミックフォーカス	56
アーチファクト	57
サイドローブ	57
リニア電子走査のサイドローブ	58
コンベックス電子走査のサイドローブ	59
セクタ電子走査のサイドローブ	60
グレーティングローブ	61
多重反射	63
残留多重反射	64
音響陰影	65
後方エコーの増強	66
側方陰影 (外側陰影)	67
レンズ効果 (屈折によるもの)	68
スライス幅によるアーチファクト	69
鏡面現象	70
ドプラシフト (ドプラ偏移)	72
折り返し現象 (エイリアシング)	74
ゼロシフト	76

視野速度 (見かけの血流速度) . . . . .	77
角度補正 . . . . .	77
血流の方向 . . . . .	78
ドプラ波形の意味 . . . . .	78
連続波ドプラ法とパルスドプラ法 . . . . .	79
最大検出可能流速 . . . . .	80
HPRF (High Pulse Repetition Frequency) ドプラ . . . . .	81
ミラー効果 . . . . .	82
カラードプラ法 . . . . .	82
カラードプラ法の最低検出可能流速 . . . . .	84
パワードプラ法 . . . . .	85
ウォールフィルタ . . . . .	85
サンプルボリューム . . . . .	86
プローブ (探触子) . . . . .	88
音響吸収材 (バッキング材) . . . . .	88
振動子 (圧電振動子) . . . . .	88
圧電効果 . . . . .	89
音響整合層 (マッチング層) . . . . .	89
音響レンズ . . . . .	90
配列型探触子の音響レンズ . . . . .	90
アレイプローブ . . . . .	91
プローブの取り扱い . . . . .	91
データ・画像処理 . . . . .	92
対数増幅 . . . . .	92
ゲイン (GAIN) . . . . .	93
ダイナミックレンジ . . . . .	94
STC . . . . .	95
エコーベンハス . . . . .	98
ガンマ特性 . . . . .	99
包絡線検波 . . . . .	100
リジェクション . . . . .	100
S/N 比 . . . . .	101
超音波診断装置の構成 . . . . .	102
超音波診断装置の運用 . . . . .	103
カップリングメディア . . . . .	103
画像の通信・保存 . . . . .	103
音響出力測定 . . . . .	104
超音波診断装置と周辺機器の接続 . . . . .	104

安全性・保守管理	105
超音波診断装置使用前の点検項目	105
超音波の生体作用	105
音響強度と安全性	106
超音波診断装置の電気的安全性	107
マクロショック・ミクロショック	108
プローブの消毒・滅菌	108

## 超音波とは

超音波とは、聞くことを目的としない高い周波数の音波をいう。

人間の可聴音域は約 20~20000Hz (20 kHz) である。

## 縦波と横波

超音波の伝わり方は縦波である。

超音波には縦波と横波がある。気体や液体中では縦波しか伝搬しないが、固体中では縦波と横波が伝搬する。

生体軟組織では横波はわずかに伝搬するが減衰が大きいので、縦波の方が遠距離まで伝搬する。

横波：波の伝わる方向と振動（ゆれ）の方向が直角である。

媒質の運動方向と波の伝搬方向が直交している波

（例）長いロープの端をつかんで上下に振ると波が伝わって行く。このときロープの振動方向は上下方向で、伝わる方向は横方向である。

縦波：波の伝わる方向と振動（ゆれ）の方向が同じ（疎密波）である。

媒質の運動方向と波の伝搬方向が同じ波

（例）コイルバネの両端を固定し、端をはじくとバネの間隔が疎になる部分と密になる部分が伝わって行く。このときバネの振動方向と伝わる方向は同じである。

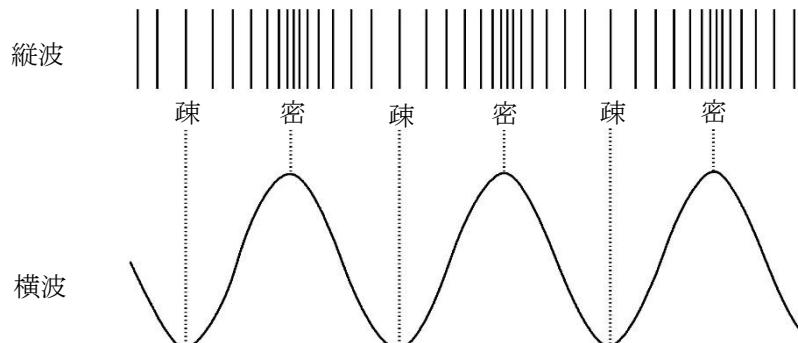


図 1 縦波と横波

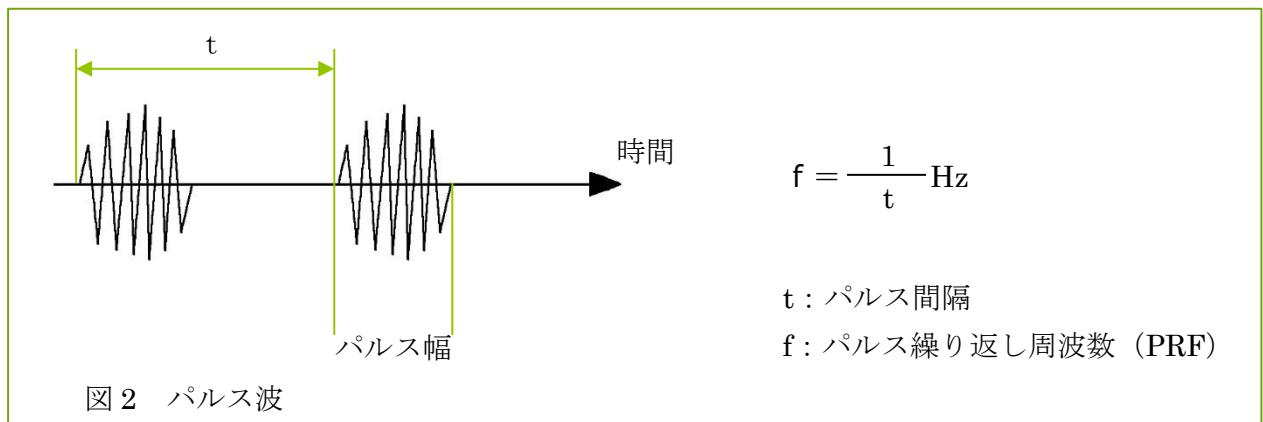
超音波は縦波であるが横波に置き換えて説明される。

液体中を伝搬するのは縦波である。

生体軟組織中を伝搬するのは、ほとんどが縦波であり、横波はわずかに伝搬する。

## パルス波

パルス波はある間隔で繰り返す波



## 周波数と周期

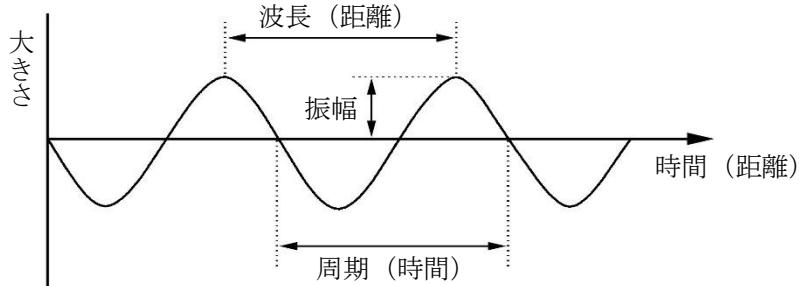


図3 波の周期

周波数 (F) とは 1秒間の振動数 (波の数) である。 単位は  $\text{MHz} = 10^6 \text{Hz}$   
 周期 (T) とは、1振動に要する時間である。 単位は  $\mu\text{s} = 10^{-6}\text{s}$

$$F = 1/T \quad (\text{Hz}) \quad F: \text{周波数} \quad T: \text{周期}$$

$$\text{周期 (T)} = \frac{1}{\text{周波数 (F)}} \quad \text{周波数 (F)} \times \text{周期 (T)} = 1$$

周波数が決まれば周期は決まる。

周波数が  $2.0\text{MHz}$  のとき周期は  $0.5\mu\text{s}$

周波数が  $2.5\text{MHz}$  のとき周期は  $0.4\mu\text{s}$

周波数が  $5.0\text{MHz}$  のとき周期は  $0.2\mu\text{s}$

周波数が  $10\text{MHz}$  のとき周期は  $0.1\mu\text{s}$

## 波長

波長とは、1波の長さをいう。

波長はその物質固有の音速により決まる。

周波数が同じでも媒質の音速が異なれば波長は変わる。

たとえば、 $5\text{MHz}$  の場合 音速が  $1000\text{m/s}$  の波長は  $0.2\text{mm}$  である。

音速が  $1500\text{m/s}$  の波長は  $0.3\text{mm}$  である。

$$\text{波長} (\lambda) = \frac{\text{音速 (C)}}{\text{周波数 (F)}} \quad \text{波長} (\lambda) = \text{周期 (T)} \times \text{音速 (C)}$$

速度が速いほど波長は長くなる。

周波数が高いほど波長は短くなる。

問題1 周波数 10MHz の水中での波長は？ ただし、水中の音速は 1500m/s とする。

解答と解説

$$10 \text{ MHz} = 10 \times 10^6 \text{ Hz} \quad \text{水中の音速} = 1500 \text{ m/s} = 1500000 \text{ mm/s} = 1.5 \times 10^6 \text{ mm/s}$$

単位を Hz、 mm/s、 mm に合わせる。

$$\lambda = \frac{C}{F} = \frac{1.5 \times 10^6 \text{ mm/s}}{10 \times 10^6 \text{ Hz}} = 0.15 \text{ mm}$$

波長は 0.15 mm

試験対策のポイント

単純な公式の答えを覚えておこう。

波長と周波数

$$\lambda = \frac{C}{F} \quad \lambda : \text{波長} \quad C : \text{音速} \quad F : \text{周波数}$$

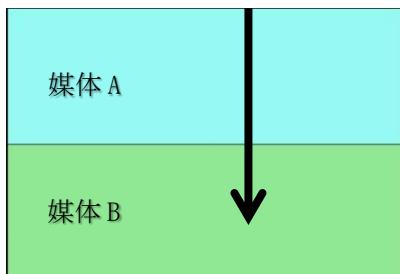
試験における音速の設定は 1500m/s か 1530m/s が多い。

表1 周波数と波長

周波数 (MHz)	波長 (mm)	
	1500m/s	1530m/s
3.5	0.43	0.44
5.0	0.30	0.31
7.5	0.20	0.21
10.0	0.15	0.15

試験に合格する人は、周波数と波長の値を知っている。例えば、超音波検査で多く用いられている 3.5~10MHz の波長は約 0.4~0.1mm の間であることを知っている。これだけで、周波数 5MHz の波長が 3.0mm や 0.03mm はあり得ないことがわかる。計算することなく答えがわかることもあるし、計算間違いや、単位を揃える過程での誤りがあっても気づくことができる。

問題2 図のように媒体Aと媒体Bがあり、音速は媒体A<媒体Bである。超音波が媒体A・Bを通過するとき正しいのはどれか。



1. 周波数は変わらない、波長は変わらない
2. 周波数は変わらない、波長は長くなる
3. 周波数は変わらない、波長は短くなる
4. 周波数は大きくなり、波長は変わらない

#### 解答と解説

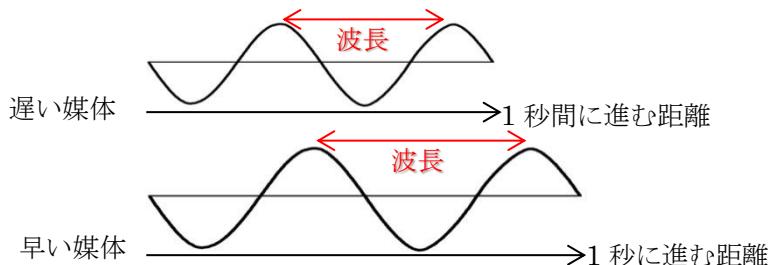
異なる媒体を通過しても周波数は変化しない。

超音波はドップラ効果以外で周波数が変化することはない。

$$C = F \lambda$$

$$\text{音速} = \text{周波数} \times \text{波長}$$

$$(\text{媒体Bの} C) > (\text{媒体Aの} C)$$



媒体A、Bで周波数は同じである。遅い媒体Aの波長は短く、早い媒体Bの波長は長い。

従って、正解は 2. 周波数は変わらない、波長は長くなる。

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。

周波数を高くすると、一般には減衰が大きくなり、到達深度は小さくなる。

波長は周波数を高くすると小さくなる。

## 反射

### 音響特性インピーダンスと反射強度

音波は、媒質の音響インピーダンスの異なる境界で一部が反射し、残りは透過する。

音響インピーダンスに関する式

$$Z = \rho \times C \quad Z = \frac{P}{V} \quad Z = \frac{K}{C}$$

Z : 音響インピーダンス  $\rho$  : 物質の密度 C : 物質固有の音速

P : 音圧 V : 粒子速度 K : 体積弾性率

### 試験対策のポイント

公式を覚えるだけでなく、さらに文章化して覚える。公式で文章問題を解く。

このフレーズは覚えておこう

- ・音響特性インピーダンスは媒質の密度と音速の積である。  
したがって、密度が大きいほど、また音速が大きいほど音響特性インピーダンスは大きくなる。
- ・音響特性インピーダンスは音圧と粒子速度の比である。
- ・音響特性インピーダンスは体積弾性率と音速の比である。

### 音速・減衰係数・音響インピーダンス

表 2 生体各部の音速・減衰係数・音響インピーダンス

	音速 (m/s)	1MHz の減衰係数 (dB/cm)	音響インピーダンス (kg/m <sup>2</sup> · s)
空気	330	12	0.004
血液	1570	0.2	1.62
脳	1540	0.2	1.60
脂肪	1450	0.8	1.35
軟部組織 (平均)	1540	1.0	—
腎臓	1560	0.9	1.62
頭蓋骨	4080	13	7.80
水	1480	0.002	1.52

これらの値はおよその目安である。

空気や骨は他の音響インピーダンスと大きく異なり、その境界で音波がほとんど反射してしまう。

空気、骨は減衰係数が大きい。1MHz の減衰係数は 2MHz になると 2 倍になる。

## 音速

音速とは1秒間に音波がどれだけの距離を伝搬するかを表す量である。

音速は密度分の体積弾性率で決まる。

密度は単位体積当たりの質量。

体積弾性率は媒質の加える圧力と体積変化の比の値。

生体の体積弾性率Kが大きいと音速は大きくなる。

また密度ρが小さいほど音速は大きくなる。

音速は媒質の温度に依存する。

$$C = \sqrt{K/\rho}$$

C: 音速      K: 体積弾性率      ρ: 密度

・脂肪の音速は、他の生体軟組織の平均音速よりも小さい。

・脂肪の音速が水の音速に比べ遅い理由。

脂肪は水より密度（比重）が小さい。密度が小さいことは音速が速くなる因子であるが、密度が小さいにもかかわらず音速が遅いのは、脂肪は水より体積弾性率が低いからである。

$$\text{音速 (C)} = \text{周波数 (F)} \times \text{波長 (\lambda)}$$

音速は、周波数（1秒間に生じる圧力変動のサイクル数）と、波長（圧力変動1サイクルの伝搬媒質中の長さ）の積から求められる。

周波数が同じなら、音速が大きいほど波長は大きい。

媒質の音響特性インピーダンスは、音速と密度の積で表されるので、密度を定数とみなせば音速に比例する。

生体軟組織の音速は水の音速に近く、空気中の音速よりも大きい。生体軟組織の音速は一定ではないので屈折が生じ、直進するとは限らない。

音速は、個体では大きく、気体では小さく、液体ではその中間の値となる。

生体軟組織の音速は水に近く、部位による音速の違いは小さい。ただし、脂肪組織だけは、他の生体軟組織よりも際立って音速が小さい。

- 空気中の音速は約 340m/s である。超音波装置では、生体の中の音速を 1530m/s や 1540m/s などに設定している。昔、JIS 規格で 1530m/s と決められていたが今はない。現在の装置では 1540m/s が多いといわれている。また音速を調整できるものもある。

### 問題 3

生体内で音波が 1cm を往復するのに必要な時間を求めなさい。

音速 = 1530m/s とすると、1cm 進には

$$\frac{1 \text{ cm}}{1530 \text{ m/s}} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.530 \times 10^3 \text{ m/s}} = \frac{10}{1.530} \times 10^{-6} \text{ s} \\ \approx 6.5 \times 10^{-6} \text{ s} = 6.5 \mu \text{ s}$$

往復なので

$$6.5 \mu \text{ s} \times 2 \approx 13 \mu \text{ s}$$

生体内で超音波が 1cm を往復する時間は約 13μs である ・・・・・これは覚えておこう。

大きな量や小さな量を表すのに用いる接頭語を以下に整理しておく。

$$k \text{ (キロ)} : 10^3 \quad M \text{ (メガ)} : 10^6 \quad m \text{ (ミリ)} : 10^{-3} \quad \mu \text{ (マイクロ)} : 10^{-6}$$

## 音響インピーダンスと反射強度

音波が2つの異なる音響インピーダンスの媒質間に、垂直に入射した場合、その反射強度  $R_i$  と透過強度  $T_i$  は次式で表される。

$$\text{反射強度 } R_i = \left[ \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right]^2$$

$$\text{透過強度 } T_i = 1 - R$$

$Z$  : 音響インピーダンス

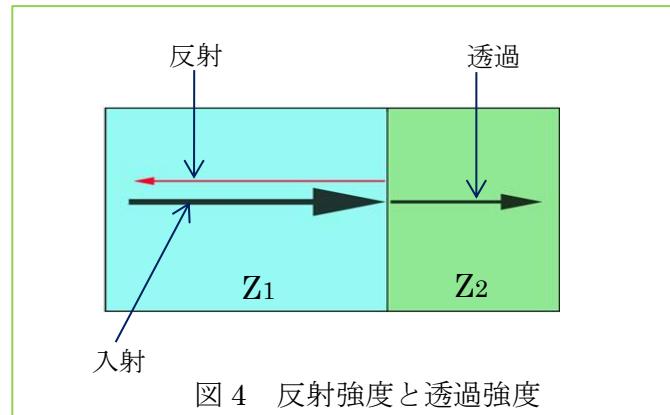


図4 反射強度と透過強度

音波が境界面に斜めに入射した場合

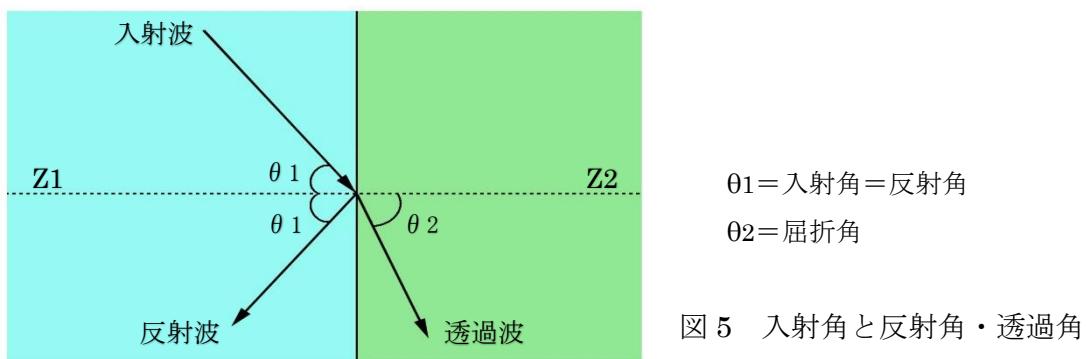


図5 入射角と反射角・透過角

入射角と反射角は等しい。入射角と屈折角はスネルの法則 (P19) に従う

## 臨界角

入射角が大きくなると、ある角度以上では反射角が  $90^\circ$  となることがある。このときの角度を臨界角という。このとき、透過する波はなく、全てが反射波となる (全反射)。

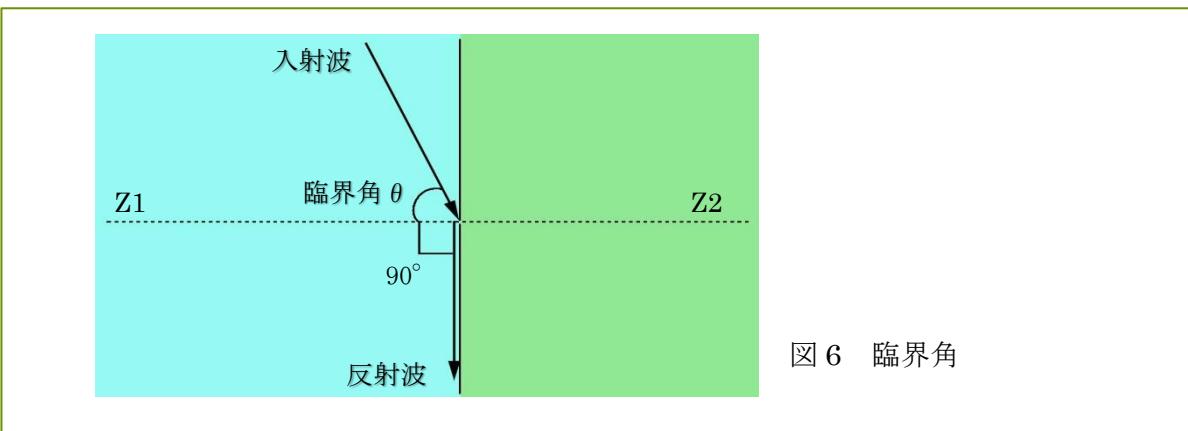


図6 臨界角

## 音響インピーダンスと音圧反射率

$$\text{音圧反射率 } R_p = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad Z : \text{音響インピーダンス}$$

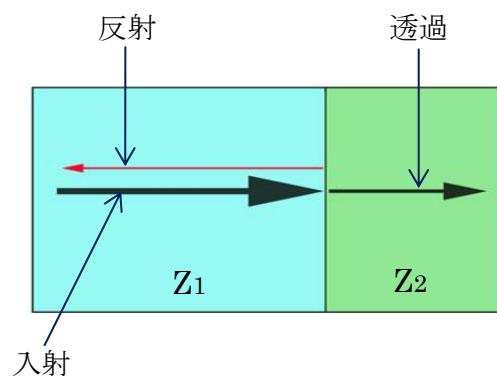


図 7 音響インピーダンスと音圧反射率

## 干涉

干涉とは、個々の波がいくつか重なり合わさることによって合成波を生じることをいう。

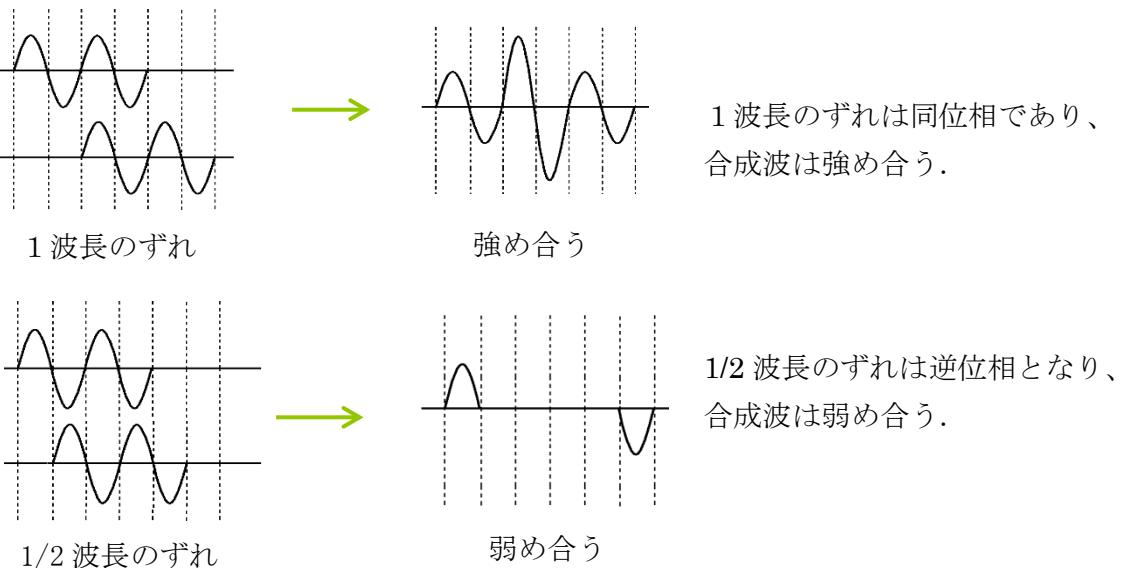


図 8 位相と波長が同じ波の干渉

## 探触子の音響整合層と反射波の位相

探触子の音響整合層の厚さは  $\lambda/4$  で作られている。音波が音響整合層を往復する間に  $1/2$  波長ずれることにより逆位相になり、反射波は弱め合う。

## プローブ



振動子>整合層>音響レンズ  
反射波の位相はそれぞれ反転している

音響整合層の厚さは  $\lambda/4$  で作られている。音波が音響整合層を往復する間に  $1/2$  波長ずれることにより逆位相になり、反射波は弱め合う。

## 散乱

散乱とは、超音波が不規則な境界面あるいは微小反射体に当たると四方八方に広がる現象をいう。

これまででは、波長に対して境界面が十分に広く平坦な場合の反射であり、これを正反射という。

生体内では細胞組織のような不均一で波長より小さなものの集合体により反射や散乱が起こる。これをレイリー散乱という。この場合、生体に入射した音波と反対方向の成分を後方散乱という。

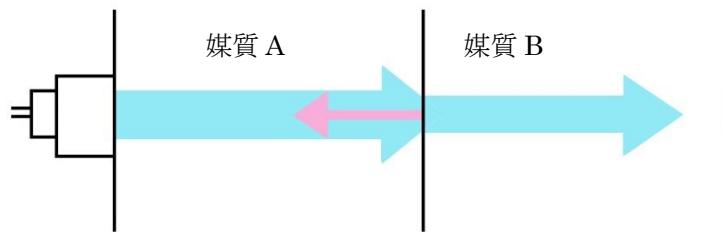
## スペックルパターン

波長より小さな無数の反射体が集合している場合は、それぞれから生じる反射波や散乱波が互いに干渉して、白い点状の反射エコーを生じる。この点状のエコー信号は1対1に組織と対応しているものではない。これをスペックルパターンまたはスペックルノイズという。スペックルパターンは超音波の干渉により生じ、重なり合った超音波がたまたま強め合った場合に明るく表示され、組織構造とは無相関である。スペックルパターンは、組織と1対1に対応していないものの、1つひとつの点の大きさなどはプローブの周波数や、ビームの太さなどにはほぼ比例して変化する。

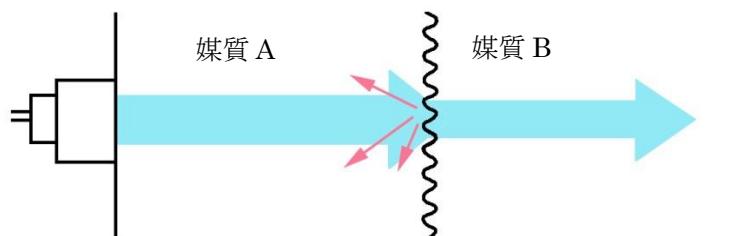
## スペックルパターンが変化する操作

- エコーが干渉により強めあったり弱めあったりする場所が変われば、スペックルパターンが変化する。
- 周波数が変われば波長も変わるので、干渉の形態が変化し、スペックルパターンも変化する。
- 超音波の入射方向が変われば、送信器から見た散乱体配置が換わるので干渉の形態が変化する。

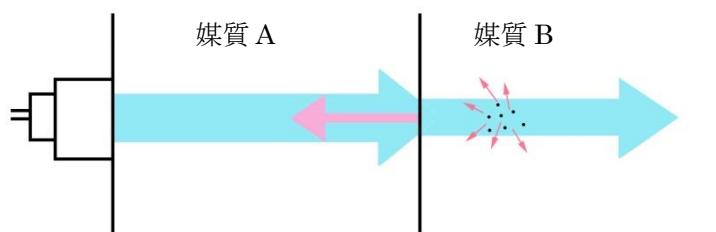
(1) 正反射：境界面が波長に対し十分に広く平坦な場合に起こる。



(2) 散乱：超音波が四方八方へ散らばる現象をいう。



(3) レイリー散乱：波長より小さい反射体による散乱をいう。



(4) 後方散乱：音波が散乱して音源方向（プローブ）に戻る成分をいう。

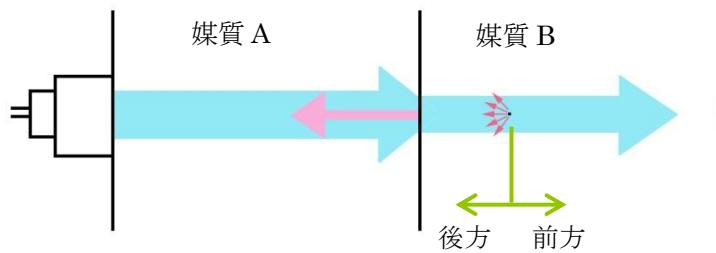


図9 正反射と散乱

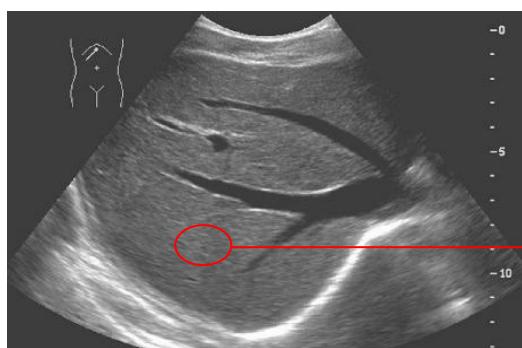


図 10 スペックルパターン

試験対策のポイント このフレーズは覚えておこう.

- ・スペックルパターンは装置の空間分解能によって変化する.
- ・スペックルパターンは生体組織の構造を反映していない.
- ・送信電圧を変えてもスペックルパターンは変化しない.

・スペックルパターンが変化する要因

波長（周波数）

プローブの特性（超音波波形）

ビーム幅

散乱体群の性状、密度

焦点からの距離

## 屈折

屈折は、反射と異なりそれぞれの媒質の音速のみに関係し、密度には関係しない。

音響インピーダンスが異なっても、音速が同じであれば屈折はしない。

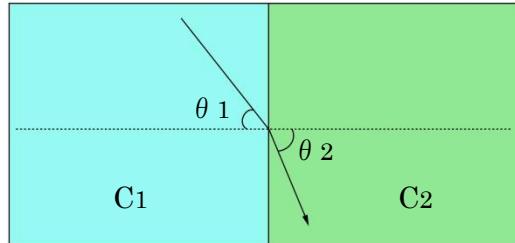
### スネル (Snell) の法則

音波は、音速の異なる媒質の境界に斜めに入射した場合に屈折する。このときの入射角と屈折角の関係は、次式である。

Snell の法則

$$\frac{\sin \theta_1}{C_1} = \frac{\sin \theta_2}{C_2}$$

$C$  : 物質固有の音速



$\theta_1$  : 反射角

$\theta_2$  : 屈折角

図 11 スネル (Snell) の法則

屈折による曲る方向を知る。

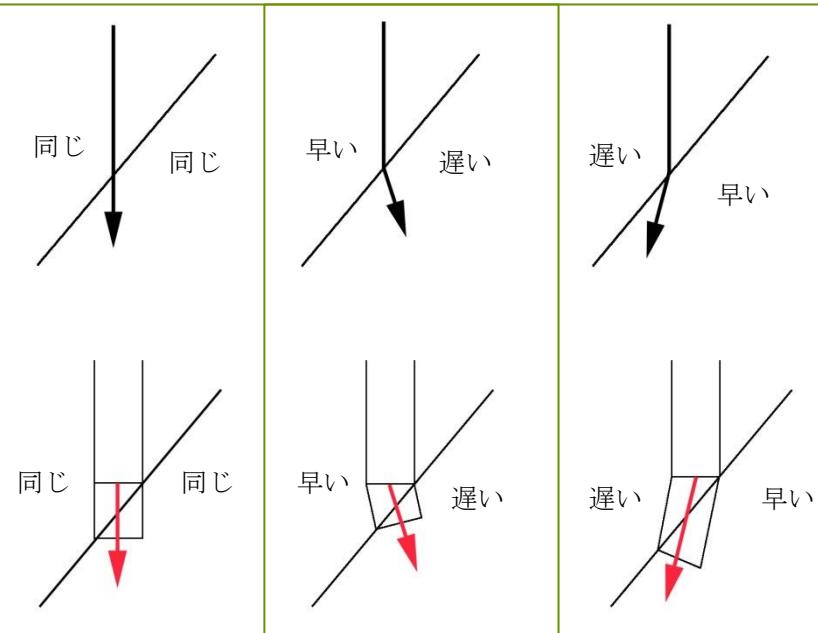


図 12 屈折による曲がる方向

ビームを太いものとして考える。ビームは遅い方に曲がる。

ビームの曲がる方向を考えるとき、運動会の競技（数人が横に並んでお互いの片足を結び、一緒に走る競技）のように内側は遅く、外側は速く進むと内側（遅い側）へと曲がる。

問題4 図1に示す水の中（音速：C1）の物質Aを超音波で描出した。次に図2のように平らな板（音速：C2）を入れ物質Aを描出したとき図1の像と比べ、図2はどのように変化するか。但し  $C1 > C2$  である。

左

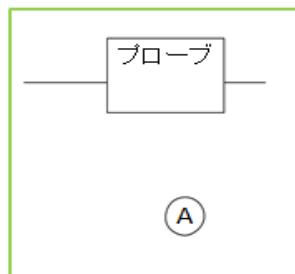


図1

右

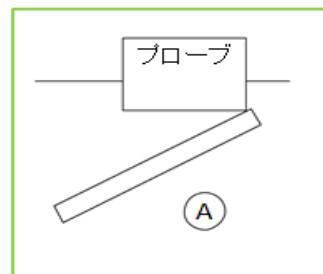
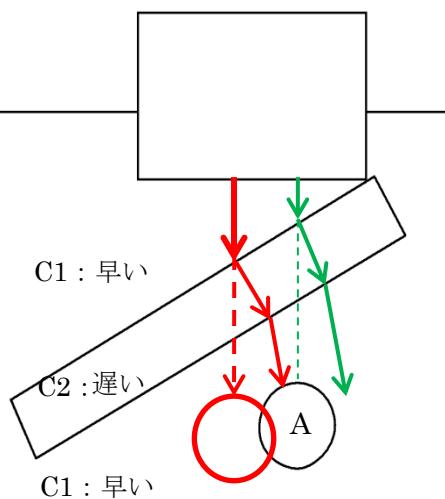


図2

1. 右に見える 2. 左に見える 3. 横長に見える 4. 縦長に見える 5. 変わらない

解答



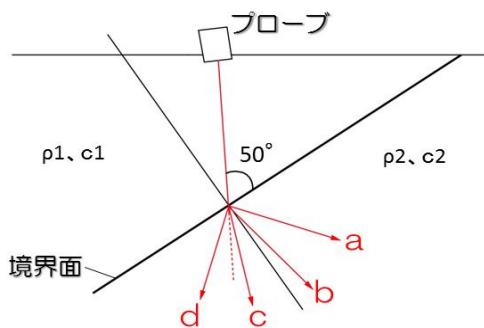
正解は2. 左に見える

A物体に真直ぐ進む音波は、遅い板を置くと右に屈折し、Aの物体には当たらない。  
左側の音波は屈折し、A物体に当たる。  
装置は音波が真直ぐ進むとして像を描くため、A物体は実際よりも左やや下に像が描かれる。

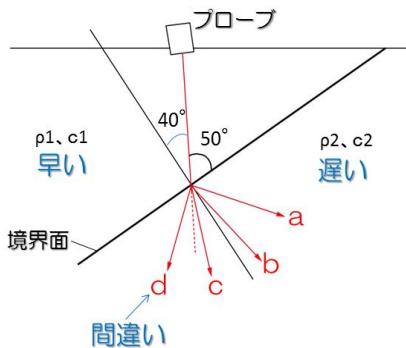
問題5 異なる媒体の境界面に対して50度の角度で超音波が入射した場合、超音波の進む方向はa、b、c、dのどれか。

$$\rho_1 = 1.0 \text{ g/cm} \quad c_1 = 1500 \text{ m/s}$$

$$\rho_2 = 2.0 \text{ g/cm} \quad c_2 = 1125 \text{ m/s}$$



解説



ビームは遅い媒体方向に向かうのでdではないことがわかる。

Snellの法則に当てはめて計算すると。  $\sin \theta_1 = 40$   $C_1 = 1500$   $C_2 = 1125$

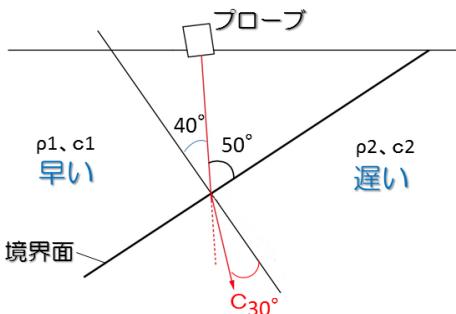
$$\frac{\sin \theta_1}{C_1} = \frac{\sin \theta_2}{C_2} \Rightarrow \frac{40}{1500} = \frac{\sin \theta_2}{1125}$$

$$\frac{40}{1500} \times 1125 = \sin \theta_2 \Rightarrow 1500 \times \sin \theta_2 = 40 \times 1125$$

$\sin \theta_2 =$  の式にするため = の両方を 1500 で ÷ と

$$\frac{1500 \times \sin \theta_2}{1500} = \frac{40 \times 1125}{1500} \Rightarrow \frac{\cancel{1500} \times \sin \theta_2}{\cancel{1500}} = \frac{40 \times 1125}{1500}$$

$$\sin \theta_2 = \frac{40 \times 1125}{1500} = 30 \Rightarrow \sin \theta_2 = \sin 30^\circ$$



$\sin \theta_1 = \sin 40^\circ$  を 40 としたので

正解は C

## 問題 5 の他の解き方

### 解説

異なる媒体の境界面に対して 50 度の角度で超音波が入射した場合、超音波の進む方向は a、b、c、d のどれか。

$$\rho_1 = 1.0 \text{g/cm} \quad , \quad c_1 = 1500 \text{m/s}$$

$$\rho_2 = 2.0 \text{g/cm} \quad , \quad c_2 = 1125 \text{m/s}$$

$$\frac{\sin \theta_1}{c_1} = \frac{\sin \theta_2}{c_2}$$

の意味は、角度の差の割合は、速度の差の割合に比例する。

$$\text{速度の差の割合は} \quad 1500 - 1125 = 375 \quad 375 / 1500 \times 100 = 25 \text{ (%)}$$

$$40^\circ \text{ の } 25\% \text{ は } 10^\circ \quad \text{したがって} \quad 40 + 10 = 50^\circ \quad \text{または} \quad 40 - 10 = 30^\circ$$

C1 に対し C2 の速度の差は 25% である。40° に対し 25% 異なる角度は 50° か 30° である。

$\sin \theta_2 = \sin 50^\circ$  の方向は d の方向であり、間違いである。

即ち  $\sin \theta_2 = \sin 30^\circ$  の C が正解である。

## 減衰

超音波は生体内を進むにつれ、次第に音圧が減少する。この超音波の伝搬に伴う超音波の振幅低下を減衰という。

減衰は吸収、反射、散乱、屈折、干渉などによりおこる。

超音波検査において、減衰はほぼ距離と周波数に依存する。

$$\text{減衰 (dB)} = \text{減衰係数 (dB/cm · MHz)} \times \text{周波数 (MHz)} \times \text{距離 (cm)}$$

### 吸収減衰

- ・超音波は生体内の組織等に吸収されて減衰する。
- ・吸収された超音波は主に熱エネルギーに変換される。

### 散乱減衰

- ・散乱は超音波が四方八方へ散らばる現象。波長に比べて十分に小さい物体に当たった場合に起こる散乱をレイリー散乱という。超音波は散乱によっても減衰する。

### 拡散減衰

- ・球面波の音圧は、呼吸減衰と散乱減衰がない場合も伝搬距離とともに低下する。これを拡散減衰という。
- ・拡散減衰は超音波の広がりによるエネルギー低下のことである。
- ・点音源では超音波が四方八方へ広がってしまい、音源の2乗に反比例して音源が減少する。これを防ぐために口径を大きくするわけだが、それでも遠距離音場（フラウンホーファーゾーン）では超音波が拡散してしまう。
- ・生体軟組織をパルス超音波が伝搬するときも、拡散減衰は生じる。

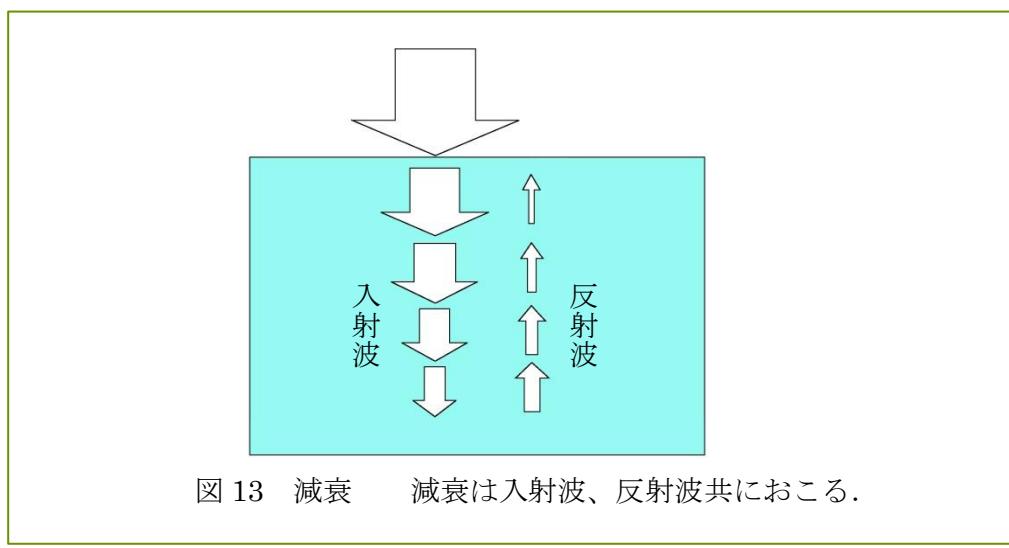


表3 生体各部の音速・減衰係数・音響インピーダンス

	音速 (m/s)	1MHz の減衰係数 (dB/cm)	音響インピーダンス (kg/m <sup>2</sup> ・s)
空気	330	12	0.004
血液	1570	0.2	1.62
脳	1540	0.2	1.60
脂肪	1450	0.8	1.35
軟部組織 (平均)	1540	1.0	—
腎臓	1560	0.9	1.62
頭蓋骨	4080	13	7.80
水	1480	0.002	1.52

1MHz の減衰係数は 2MHz になると 2 倍になる

空気、頭蓋骨は減衰係数が大きい

軟部組織での減衰係数は  $1 \text{ dB/cm} \cdot \text{MHz}$

#### 問題 6

媒質中で超音波の減衰定数が  $0.2 \text{ dB/cm/MHz}$  であったとき、周波数  $3 \text{ MHz}$  を用いたときの深さ  $5 \text{ cm}$  の減衰はいくらになるか。

#### 解説

このとき  $\text{dB/cm} \cdot \text{MHz}$  と  $\text{dB/cm/MHz}$  は同じ

まず減衰なので (ー) がつく

$-0.2 \text{ dB/cm} \cdot \text{MHz}$  は  $1 \text{ cm}$  進むごとに  $0.2 \text{ dB}$  減衰する

$1 \text{ MHz}$  高くなるごとに  $0.2 \text{ dB}$  減衰する

$$-0.2 \text{ dB/cm/MHz} \times 3 \text{ MHz} \times 5 \text{ cm} = -3 \text{ dB}$$

解答 :  $3 \text{ dB}$  減衰する

## 試験対策のポイント

このフレーズは覚えておこう.

- ・周波数が高く距離が長いほど減衰する. (減衰は周波数と距離に比例する)

- ・生体軟部組織での減衰係数は  $1 \text{ dB/cm} \cdot \text{MHz}$  である.

- ・空気、頭蓋骨は減衰係数が大きい.

- ・ $1\text{MHz}$  の減衰係数は  $2\text{MHz}$  になると 2 倍になる.

- ・反射波では、通過距離は深度の 2 倍になる.

- ・生体軟部組織での減衰は、主として散乱減衰と吸収減衰である.

散乱減衰、吸収減衰は平面波で起こる減衰である.

- ・拡散減衰は球面波で起こる減衰である.

- ・生体では吸収減衰が著しい.

- ・吸収された音波のエネルギーは熱に変換される.

- ・高い周波数成分ほど減衰が多くなるため、遠距離からのエコー信号は低周波側にシフトする.

こんな文章にまどわされるな. (×誤 ○正)

×深部領域が減衰するのは、その組織の反射が大きいためである.

○減衰量は通過距離に比例する (深部ほど減衰する) .

×減衰は減衰率と周波数と組織の音速に依存する.

○減衰は組織の音速に依存しない.

×波長が長い超音波ほど減衰が著しい.

○波長が長い=周波数が低い 波長が短い (周波数が高い) ほど減衰が著しい.

これ以降を閲覧するには  
お申し込みください