

# 期末試験

令和7年1月8日 C303室 13:00 - 14:00

出題問題 選択問題 100問

講義ホームページのスライドに載っている問題 +  $\alpha$

マスクを着用して受験して下さい。

病欠等で受験できない人は、  
試験前までに、メールで連絡を下さい。  
1月15日(水)に追試を実施します。

安全について正しいのはどれか。

1. ミクロショックによる心室細動は  $10 \mu A$  で発生する。
2. 心臓に直接適用する機器はCF形を用いる。
3. クラスII機器はアースを保護手段としている。
4. 人体は高周波ほど感電しやすい。
5. 漏れ電流の測定には  $100 k \Omega$  の人体等価抵抗を用いる。

# 医用電気機器の分類

患者や術者への電流(漏れ電流)を抑制する保護手段。

**基礎絶縁** 装置内の回路が周囲の構造物と絶縁している。  
**全ての医用機器に必要な保護手段。**

## 追加保護手段

**保護接地** 基礎絶縁が破壊しても、漏れ電流がアースに流れるように、アース線(保護接地線)を伴う  
**3P電源コード**を使用。

**補強絶縁** 基礎絶縁が破壊しても周囲との絶縁が保たれる**2重構造**になっている。

**内部電源** 電源にバッテリー、電池を使用  
(ただし充電中は内部電源機器とは扱わない)。

# クラス I 機器 基礎絶縁 および 保護接地

3Pコンセントによる接地を行って使用する。

# クラス II 機器 基礎絶縁 および 補強絶縁

接地は不要。

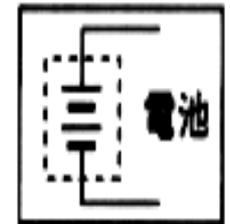
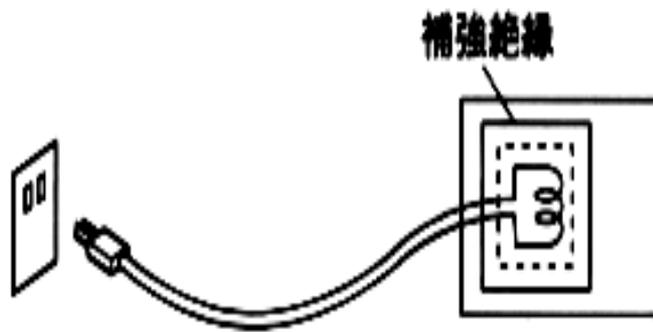
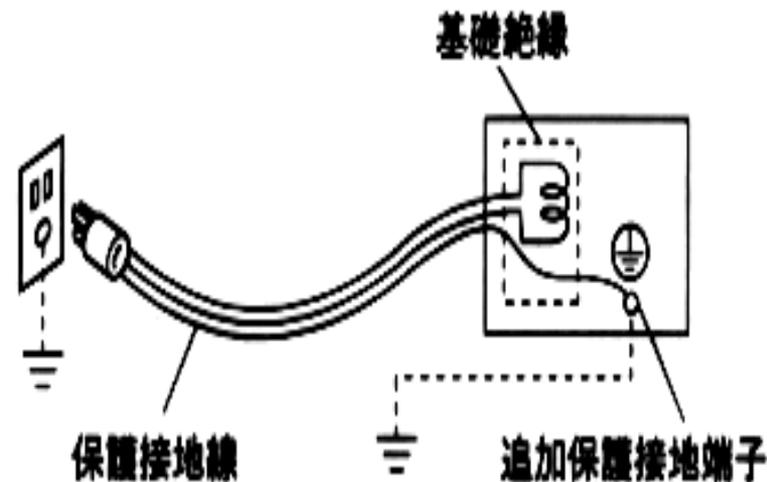
# 内部電源機器 基礎絶縁 および 内部電源

充電中は、クラス I か II の使用法に従う。

クラス I 機器 — 保護接地を必要とする

クラス II 機器 — 保護接地に依存しない

内部電源機器



電池電源で  
フローティングする（ただし  
充電しながら使用できる機器  
は対象とならない）

## 問題 81 2005年 国家試験

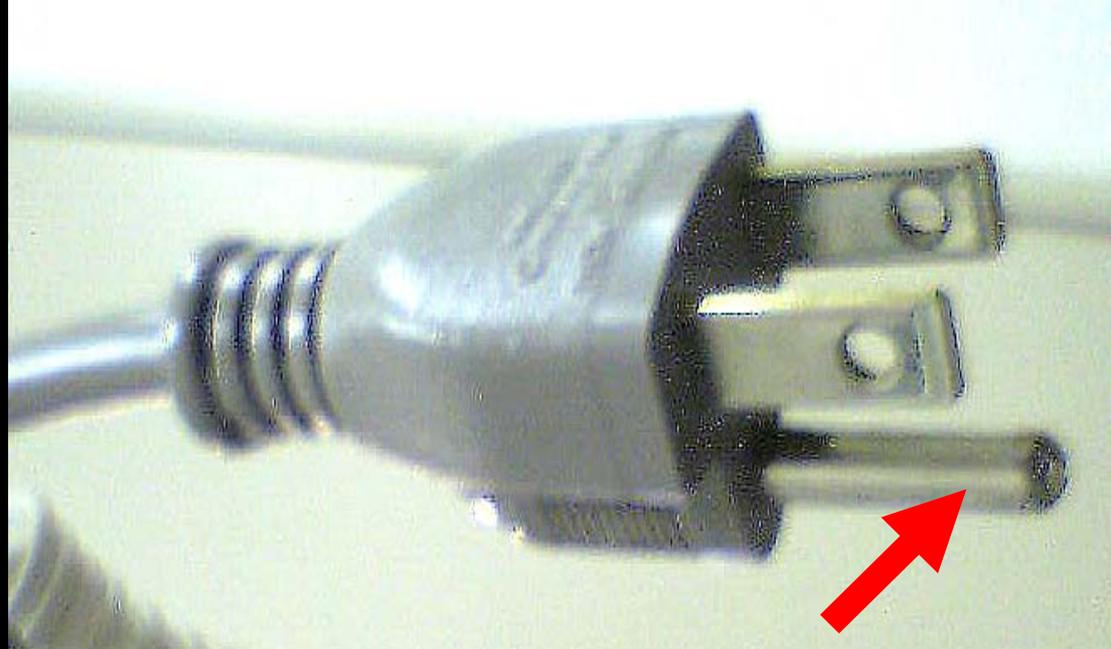
電撃を防ぐのに有効な手段として誤っているのはどれか。

1. 患者漏れ電流を小さくする。
2. 患者と大地の間の抵抗を小さくする。
3. アース線を一点に集中させて接地する。
4. 装置の外装を電氣的に絶縁する。
5. 三線式電源プラグを使用する。 解答2

**クラス I ME機器の  
3Pプラグ**

(三線式電源プラグ)

**保護接地線**がある。

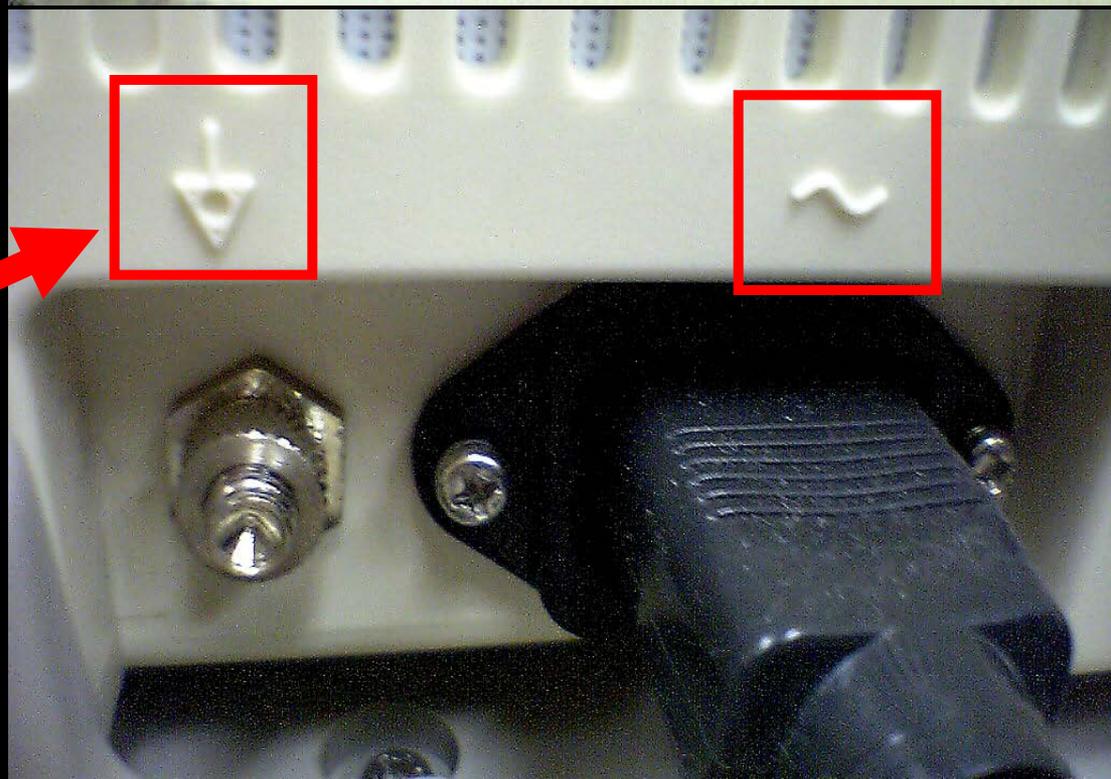


**クラス I ME機器の背面**

**等電位化接地**の記号

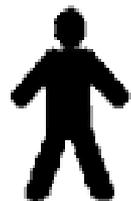
(EPRシステム)

~ は、商用交流の記号



# ME図記号

## 漏れ電流による 装着部の分類



B形機器



BF形機器



CF形機器

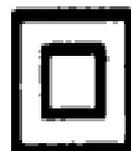
## 医用機器のクラス別分類



保護接地 (大地)

クラスⅠ機器の

3Pコンセントによる接地



クラスⅡ機器

補強絶縁

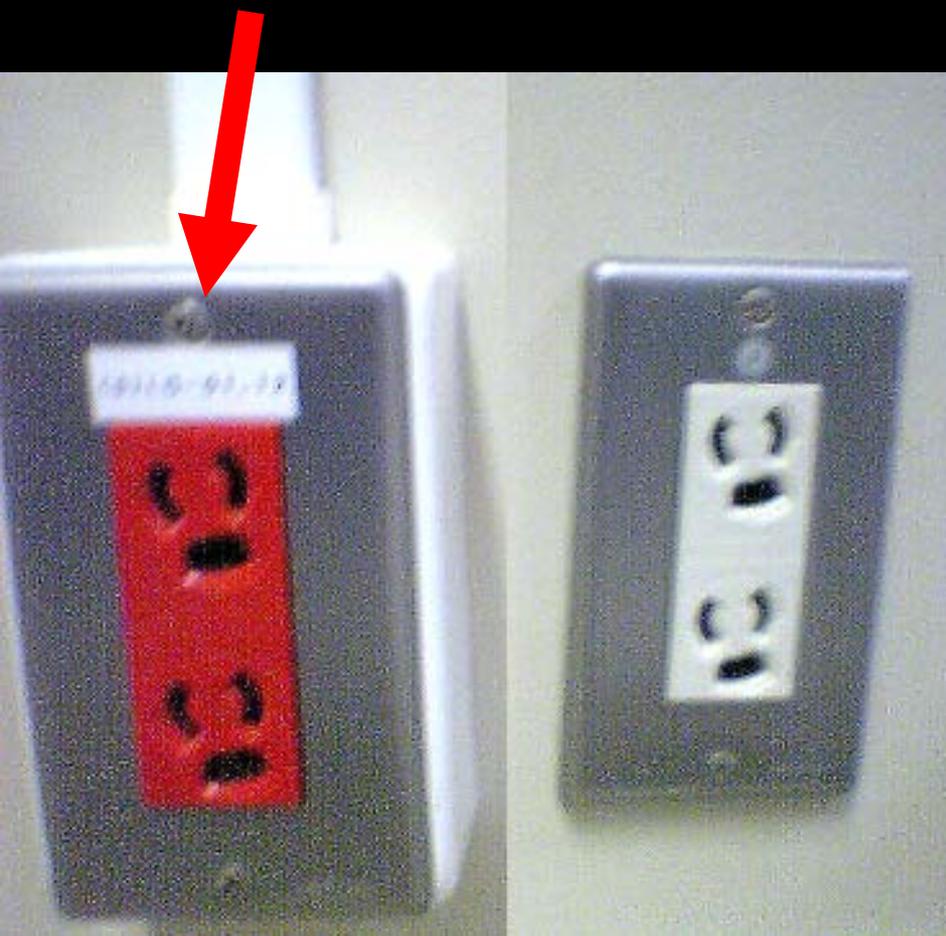


等電位化

EPR(等電位化接地)

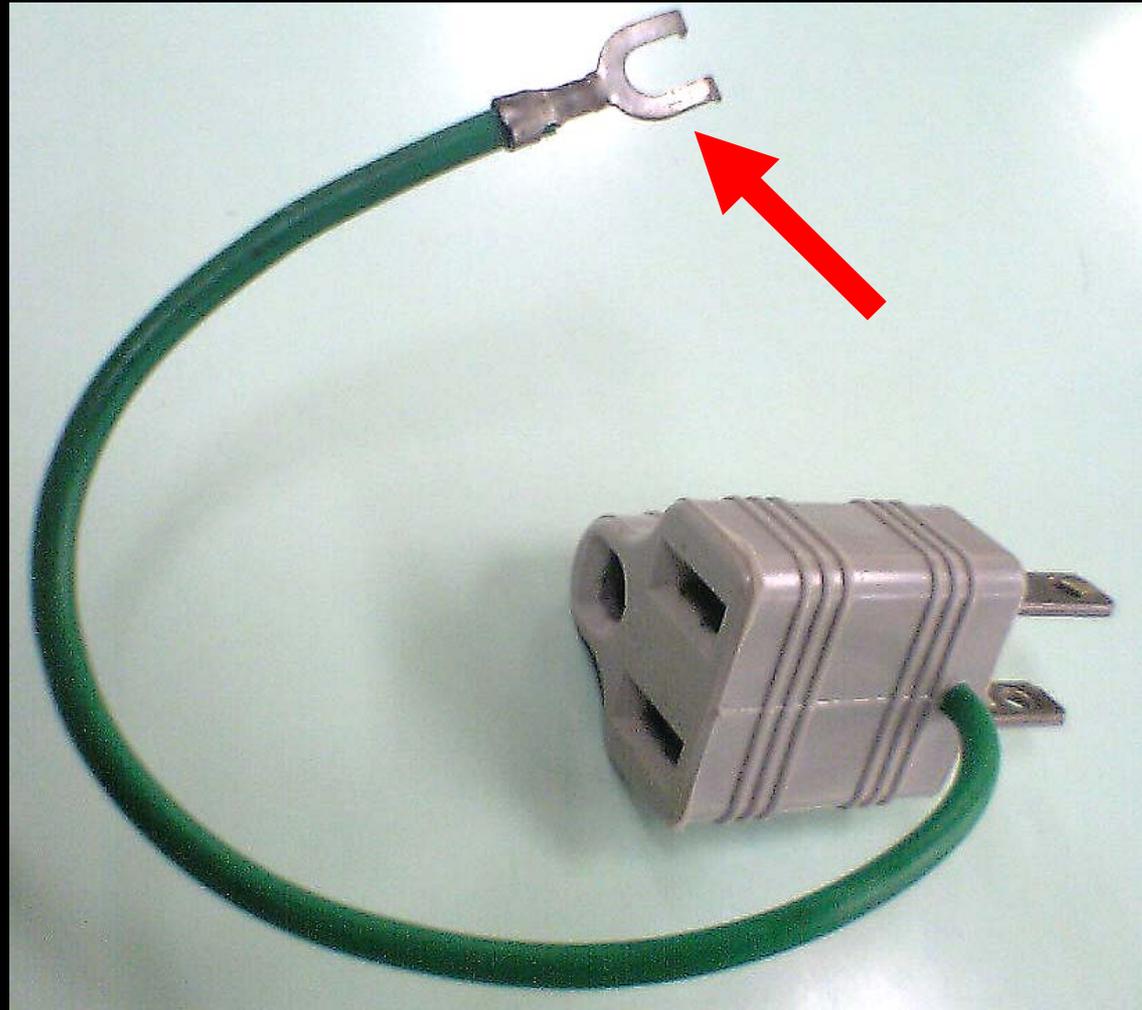
システムの接地端子

**保護接地端子**を備えた  
病院内の3Pコンセント  
赤いコンセントは停電時にも  
電源が確保される。



3Pコンセントがない場所で、クラス I ME機器の3Pプラグを  
通常のコンセントにつなぐためのアダプタ。

保護接地線があるので、この線をアースにつなぐ。



医用電気機器の電気安全で正しいのはどれか。

- a 心臓に直接適用できる機器はCF形機器である。
- b クラスⅡ機器の追加保護手段は保護接地である。
- c 人体の商用交流に対する最小感知電流は約 $10\mu\text{A}$ である。
- d 電流値が同じならば高周波ほど電撃反応は激しくなる。
- e 等電位接地システムはマイクロショック対策設備である。

- 1. a, b      2. a, e      3. b, c
- 4. c, d      5. d, e

CF形の装着部をもつ心電計でフローティングの目的はどれか。

1. 商用交流雑音を低減させる。
2. 電極の分極の影響を低減させる。
3. 停電時でも機器を使用できるようにする。
4. 使用中に除細動装置の動作を行えるようにする。
5. 患者に対するマイクロショックを防ぐ。 **■ 5**

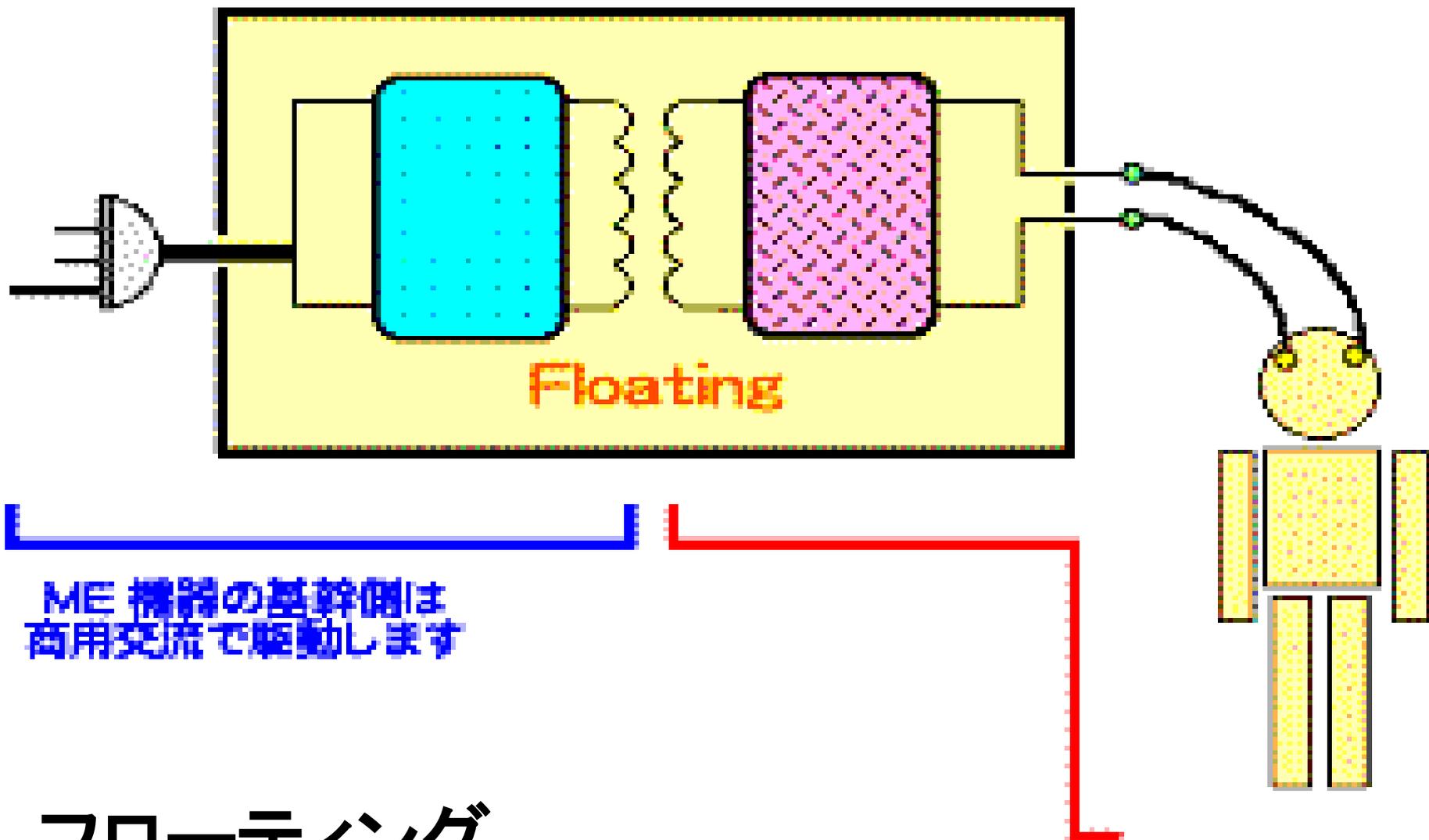
## フローティング Floating

電源回路から増幅回路(特に、患者に接触する電極端子と直結している前置増幅回路)に供給する電力を、  
トランス(絶縁トランス)を介して渡す絶縁方法。

これを、フローティングという。電氣的に浮いた状態を示す。

電源に、電池やバッテリーを使うのも有効なフローティング。

# ME 機器



ME 機器の基幹側は  
商用交流で駆動します

## フローティング

被験者側は商用交流から  
アイソレーションされています

# 電極(装着部)からの漏れ電流の程度による分類

## B形 装着部 ( Body 形 )

漏れ電流  $100\mu A$  以下 フローティング回路なし。

体表にのみ使用。心電図電極など。

## BF形 装着部 ( Body 形 & Floating )

漏れ電流  $100\mu A$  以下 フローティング回路あり。

体表にのみ使用。エコーのプローブ(探触子)など。

## CF形 装着部 ( Cor (心臓)形 & Floating )

漏れ電流  $10\mu A$  以下 フローティング回路あり。

直接心臓に使用可。カテーテル電極など。

# 電極の分極電圧

体表に電極を付ける場合、ペースト(電極のり)を塗る。  
ペーストは、電子を通す必要があり**電解液**(主成分は **NaCl**)  
が入っている。

測定装置から電極に電流が多く流れると、金属電極から  
ペースト内に電子が流れる。

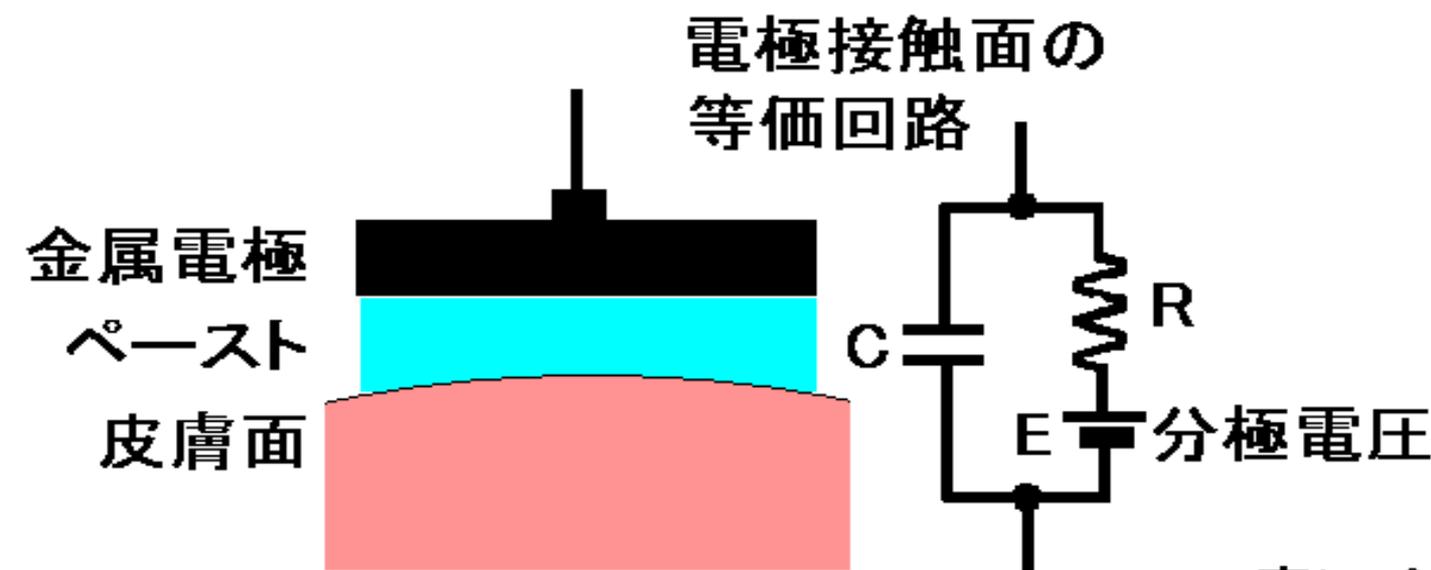
ペーストは電気抵抗(**電極インピーダンス**)  $R$  を持つので  
電圧が発生する。

また、電極自体に**イオン化傾向**の異なる部位があると  
(一部分が錆びているなど)、ペーストを介して電極の  
局所間で電圧が発生する。

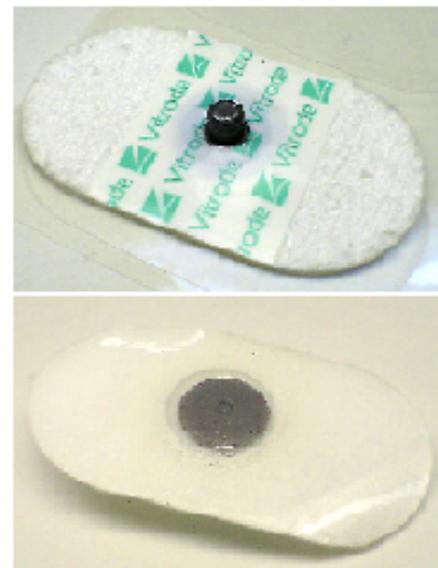
これらの**電極接触面に生じる電圧を、分極電圧**という。

接触皮膚面と金属電極の間の電解質に、電子(電荷)がたまるので、静電容量(コンデンサ)と等価の状態にもなり、CR結合回路のように、入力信号が変動すると検出電圧の変動が生じる。

電極接触面の抵抗  $R$ 、静電容量  $C$ 、分極電圧  $E$  は、測定値を不正確にするので、小さいほうが望ましい。



心電図用の電極



裏にペーストが付いている

電極接触面の、抵抗値(電極インピーダンス)を下げるには、

ペーストを厚く塗らない。

ペーストが厚いとペーストの厚さが呼吸運動で変動する  
不都合も生じ、ドリフトノイズが増加する。

電極接触面の、静電容量を下げるためには、

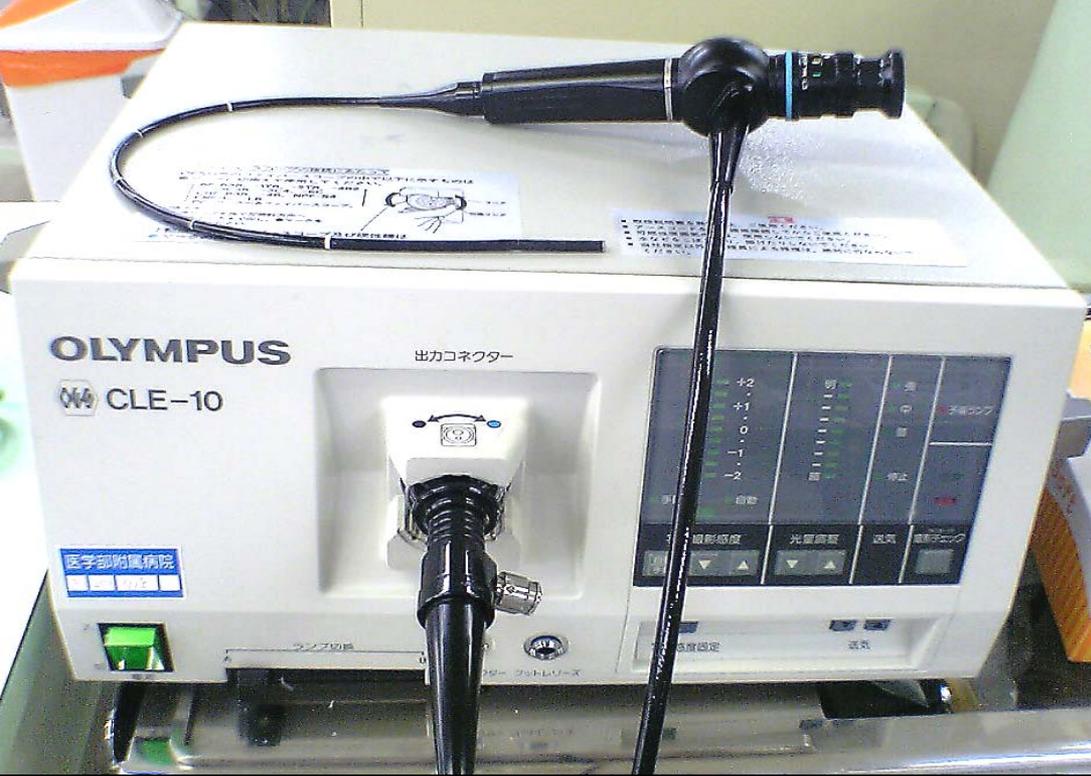
面積の小さい電極を使う。被検者の汗を良く拭き取る。

接触面の汗が多いと、皮膚面側のコンデンサ電極に  
相当する面積が大きくなる。

BF形

光ファイバースコープ

(喉頭ファイバー)



OES HALOGEN LIGHT SOURCE  
MODEL CLE-10  
INPUT V~  
50/60Hz  
3A  
No. 577727  
OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.  
MADE IN JAPAN



BF形





産婦人科検診台固定型  
DG-360-III-F

製造番号

BAR070472

許可番号

25BZ0035

定格電源電圧 100V・～・

50/60Hz 7.3 / 5.4 A

クラス1 ⚡ B形 最大動作時間1分

大阪府中央区東心斎橋2丁目1-1

アールベール株式会社

B形 クラスI 診察台

# クラス I、BF形 自動血圧計



## 自動血圧計



測定範囲

10~300mmHg

282301

断続指示間隔

1mmHg

電撃防護形式

1級 BF形

電源定格

AC100V 50/60Hz 70VA

製造番号

型式承認番号

医療用具承認番号

製造者

第Q8817号

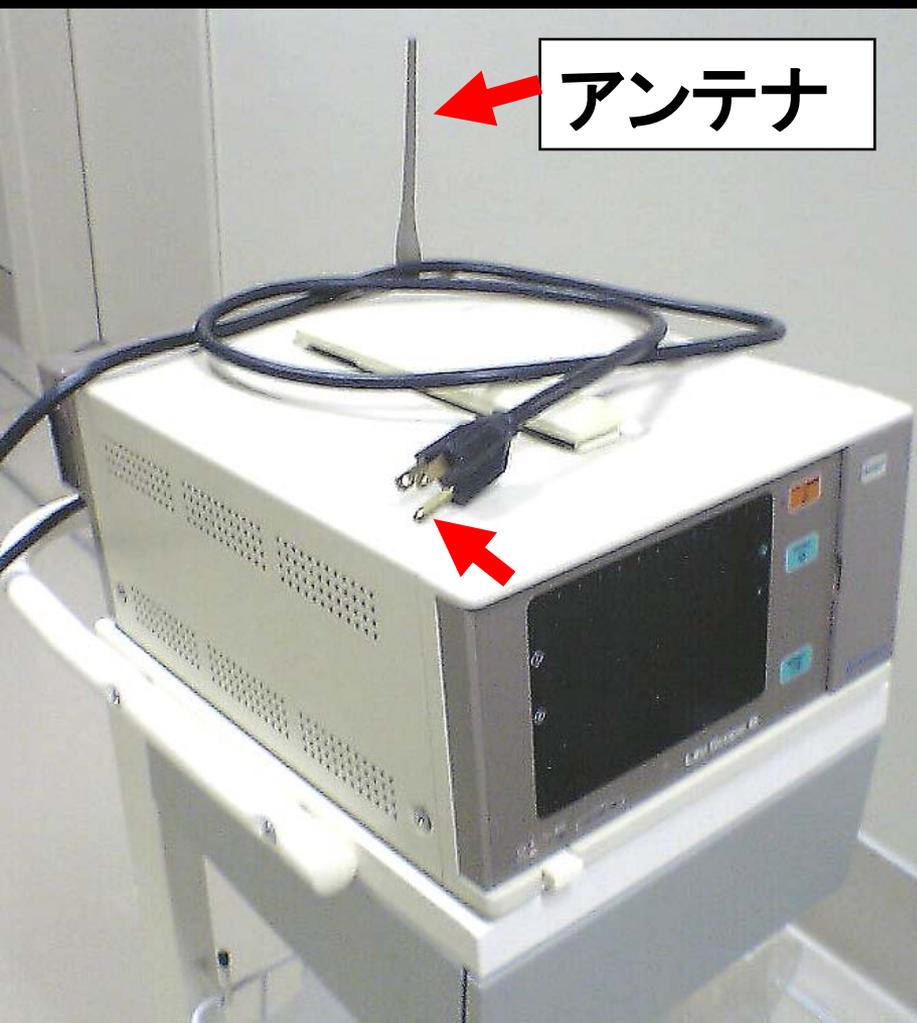
62B第1450号

日本コーリン株式会社

愛知県小牧市林2007-1

# クラス I 心電計 (3Pプラグ)

テレメータ機能付き(心電図をFM電波で送信する)



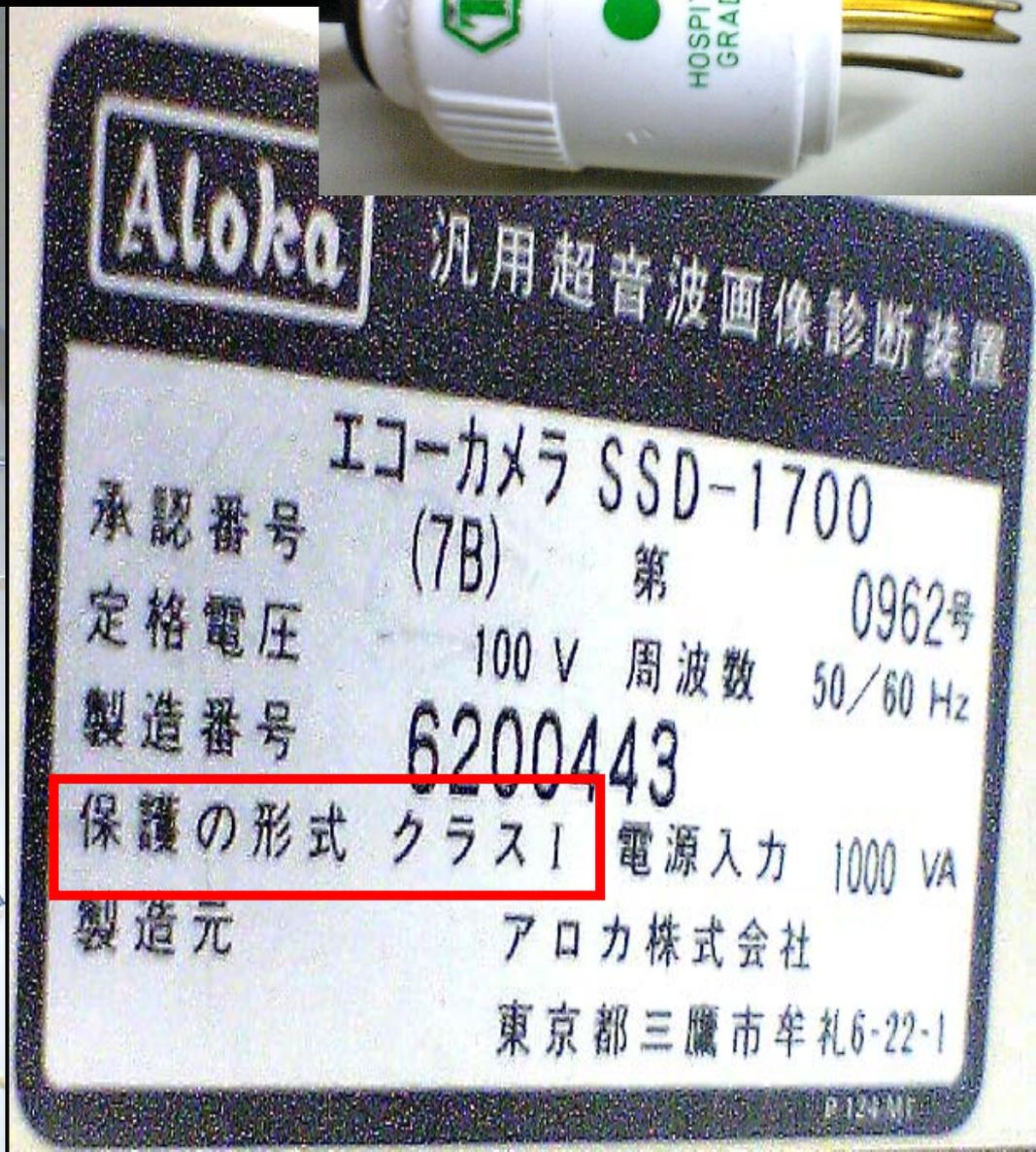
ME機器の電源スイッチは、

ON が I (In)

OFF が O (Out) と表示



# クラス I BF形 超音波装置



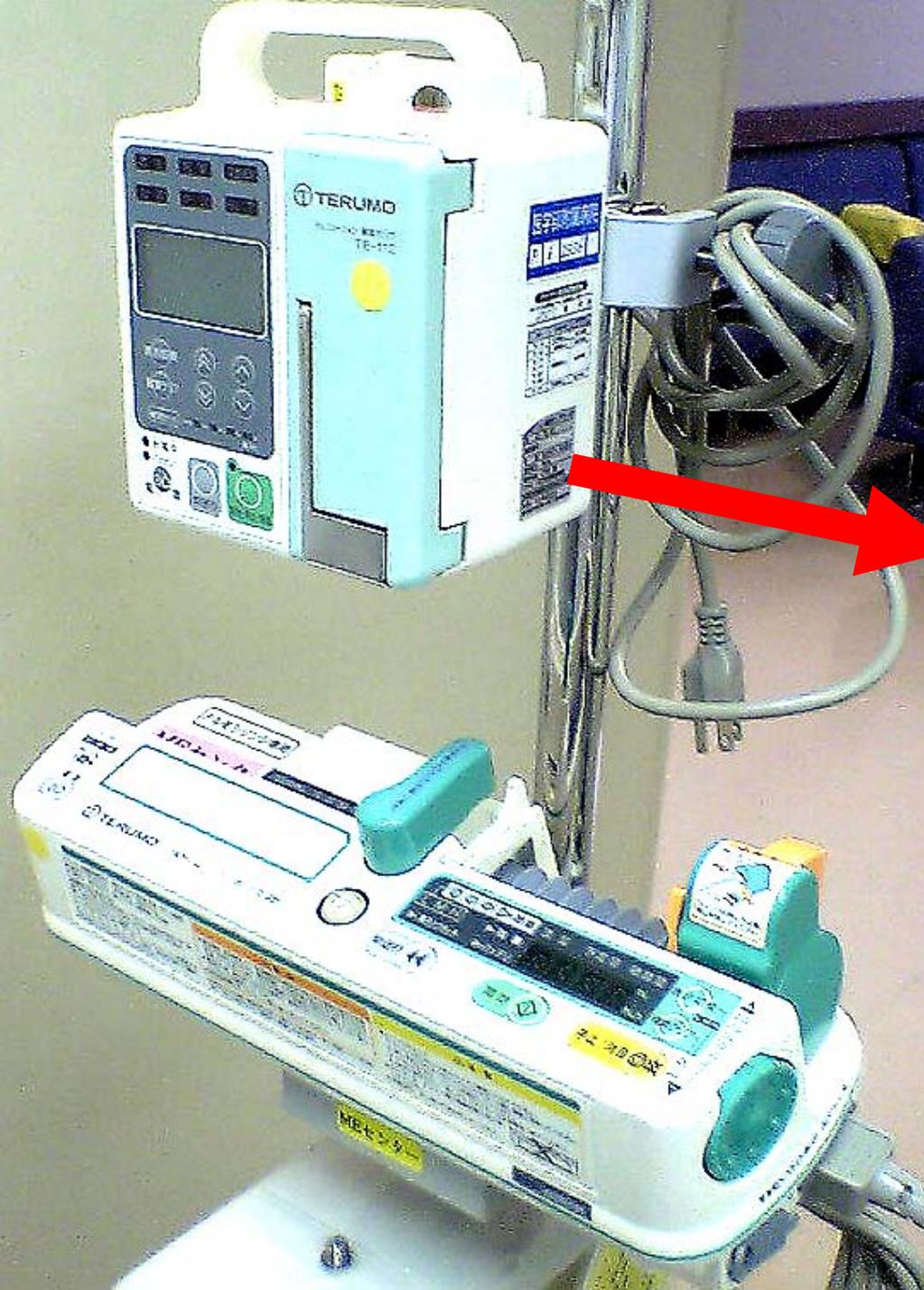
エコープローブ(探触子)

接続部位の記号

プローブは、BF形

注意、附属文書を参照  
という意味の記号





CF形 クラス I

輸液ポンプ、シリンジポンプ

点滴、注射の注入速度を

一定に保つ装置。

テルフュージョン輸液ポンプTE-112

型 式：TE-112

製造番号：

電 源：100VAC $\sim$  50/60Hz

消費電力：16VA

電撃保護：CF形   
クラス I 及び内部電源機器

医療用具承認番号20800BZZ00693

製造元：テルモ株式会社  
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目44番1号

下図の記号は何を意味しているか。

1. BF形機器で安全を特に強調した機器。
2. CF形機器で電気メス併用可の機器。
3. BF形機器で電気メス併用不可の機器。
4. CF形機器で除細動器の併用可の機器。
5. CF形機器で除細動器の併用不可の機器。



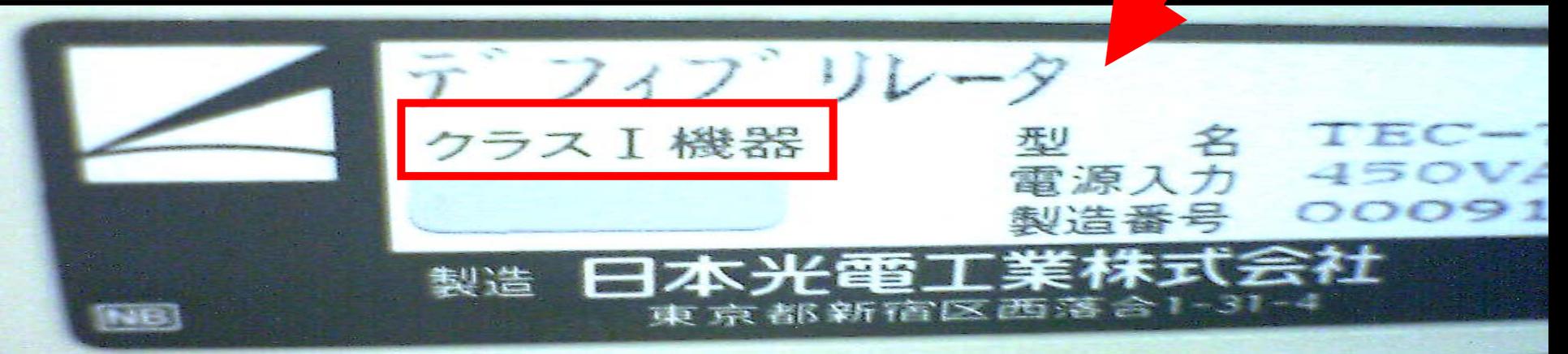
機器の形記号に、**除細動器電極(パドル)**の記号が付くと、**除細動器を使用しながら使っても壊れない機器**を示す。

# 除細動器 (デフibrレータ) 数千Vの高電圧で心室細動を止める装置

fibril【名】〔医〕(心臓の) 細動 ; 攣縮



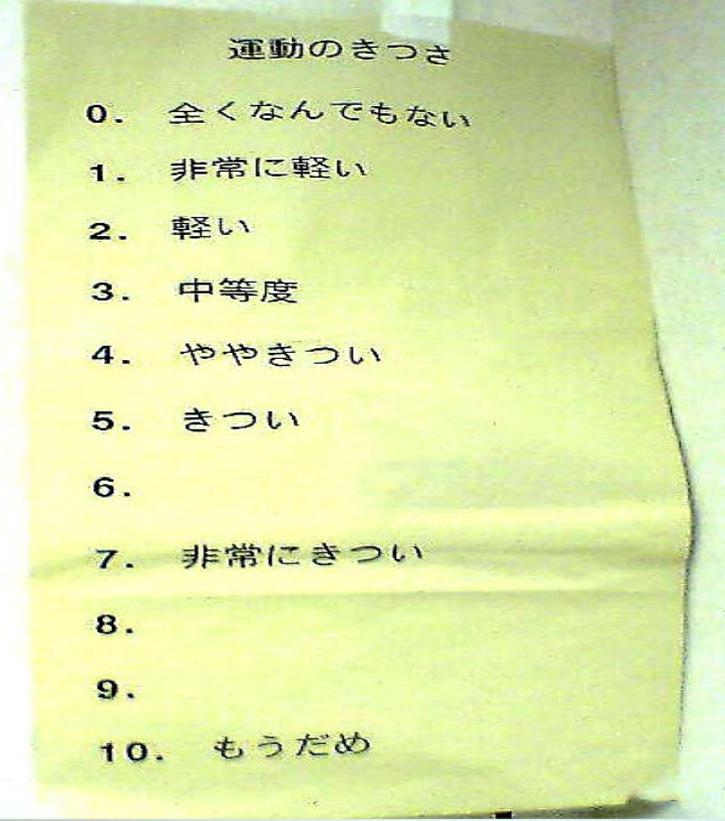
除細動器電極をパドルという。



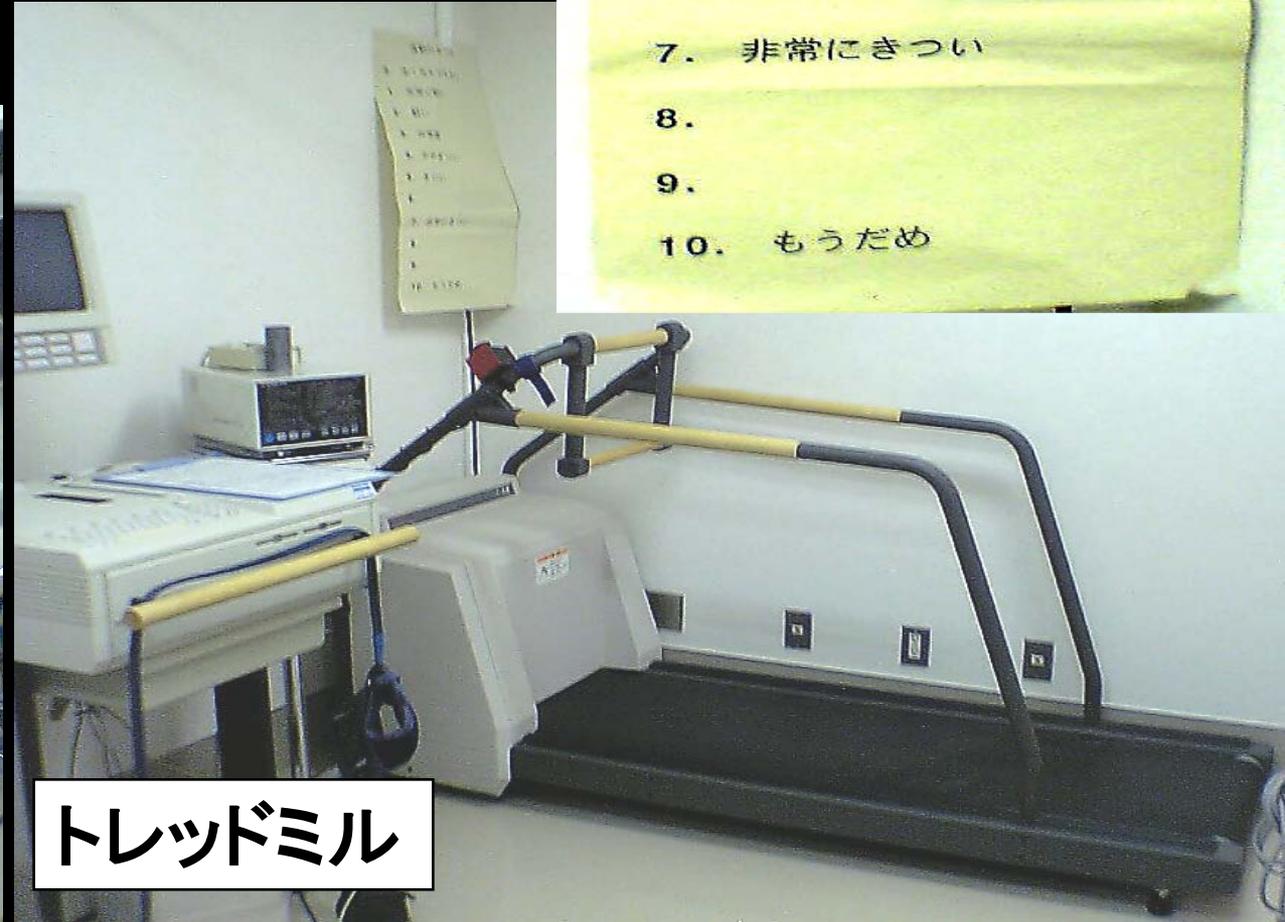
# 運動負荷室 狭心症の誘発



負荷室



除細動器



トレッドミル



**AED** 自動体外式除細動器

**Automated External Defibrillator**

心停止に対する救命器具

受付機



これはAED (自動体外式除細動器) です。  
扉を開けるとアラームが鳴ります。

緊急連絡先・即急に応答・依頼先

1. 電話する
  - 5736 (救急部) 5006
  - 5996 (ICU治療室) 500
  - 5997 (ICUナースステーション)

2. 指示内容
  - 「緊急事態です。」
  - 「すぐ応答にしてください」
  - 「ここは、外来ホールです」
  - 「患者さんは (大人・子ども) です」

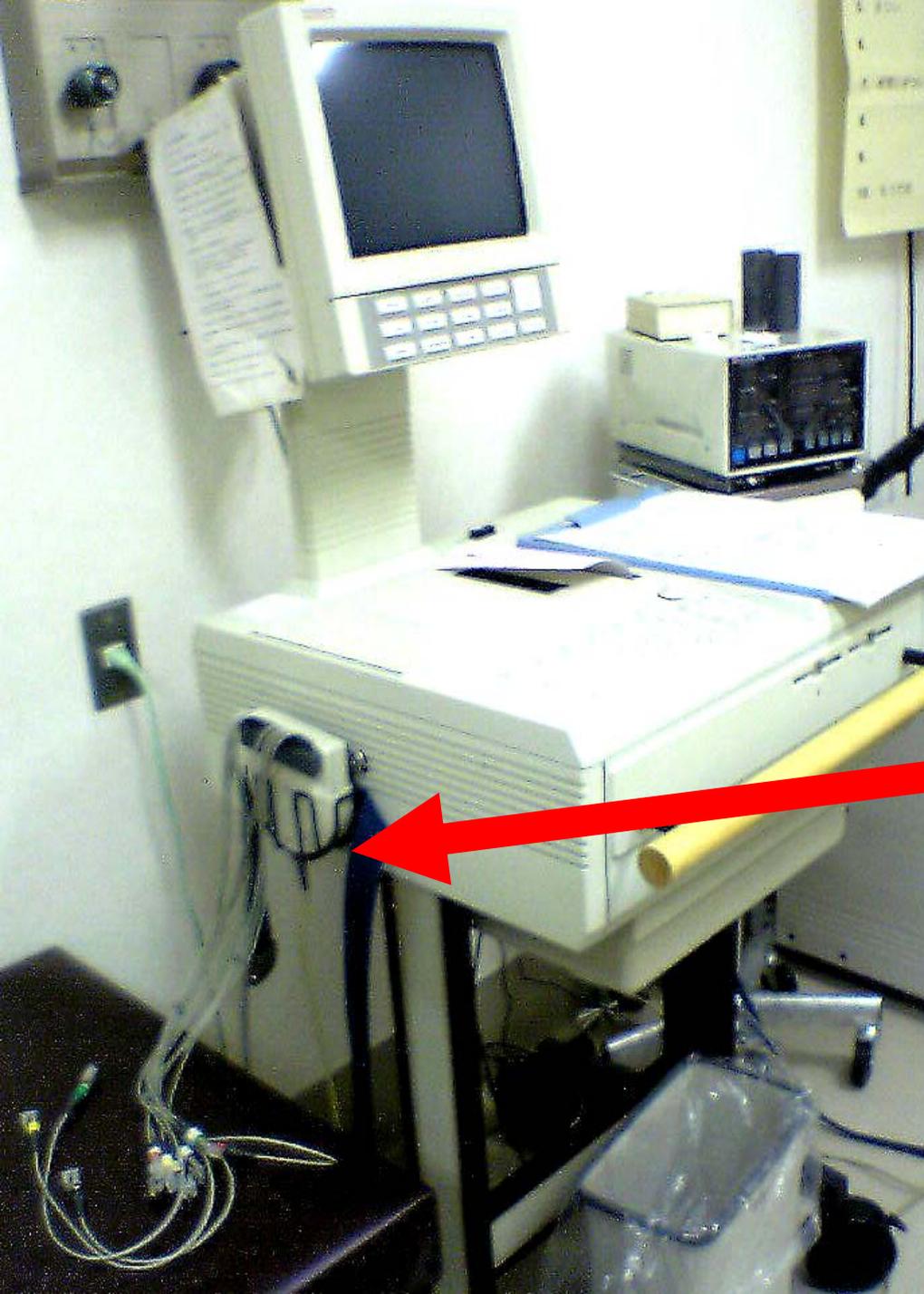
緊急連絡先  
5736 (救急部) 5006  
5996 (ICU治療室) 500  
5997 (ICUナースステーション)

DEFIBRILLATOR



これはAED (自動体外式除細動器) です。  
扉を開けるとアラームが鳴ります。

除細動器を使っても  
壊れないことを保障した  
BF形心電計



## 問題 80 2005年 国家試験

生体信号の記録について正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 自動平衡型記録計は筋電図の記録に適している。
2. 電磁オシログラフはインクを吹き付けて記録する。
3. 熱ペン式記録計が心電図の記録に使われる。
4. ペン圧の制動過大はオーバーシュージングを起こす。
5. サーマルアレイレコーダでは信号をデジタル変換している。

解答 3, 5

## 記録器、記録表示装置 RCD Recorder

測定器が出力した**生体信号情報**を表示、**記録**する装置。

生体信号には、**数字**だけの情報または**波形**の情報がある。

波形の情報には、**周波数が低い**もの（波形が緩やか）、

**周波数が高い**もの（波形が細かい）がある。

それぞれの生体情報を**正確に表示**できる記録装置が必要。

現在では、コンピュータを介した**液晶画面表示**、

**プリンタ出力**が主流。

# 記録器の種類と特性、用途

記録または表示装置	応答周波数	代表的な用途
自動平衡記録計	DC ~ 1 Hz	体温
インク式記録計	DC ~ 100 Hz	脳波, 呼吸曲線
熱ペン式記録計	DC ~ 100 Hz	心電図
インクジェット式記録計	DC ~ 600 Hz	心音図, HIS束心電図
サーマルアレイ・レコーダ	DC ~ 10 kHz	筋電図, 脳誘発電位, 超音波
電磁オシログラフ	DC ~ 3 kHz	筋電図, 眼振図
ブラウン管オシロスコープ	DC ~ 500 kHz	多用途モニター
データレコーダ	DC ~ 20 kHz	患者監視用・長時間モニター
デジタルメモリ	DC ~ 30 kHz	患者監視用・長時間モニター

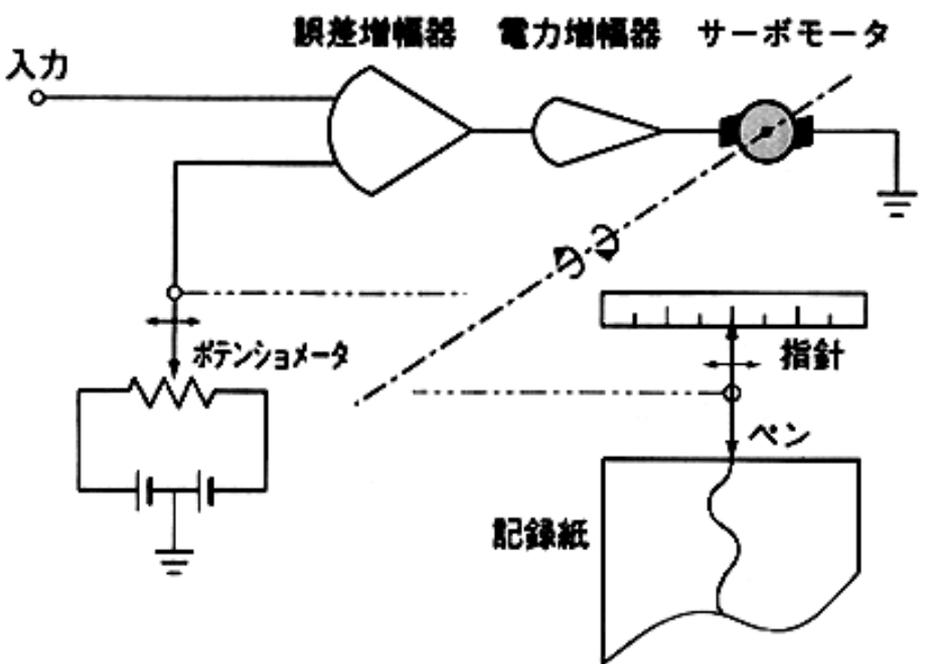
# 自動平衡型記録計

モータ(サーボモータ;回転角度をパルス電圧で調節できるモータ)で、**記録ペンを直線方向に動かして**送り出される紙に波形データを記録。

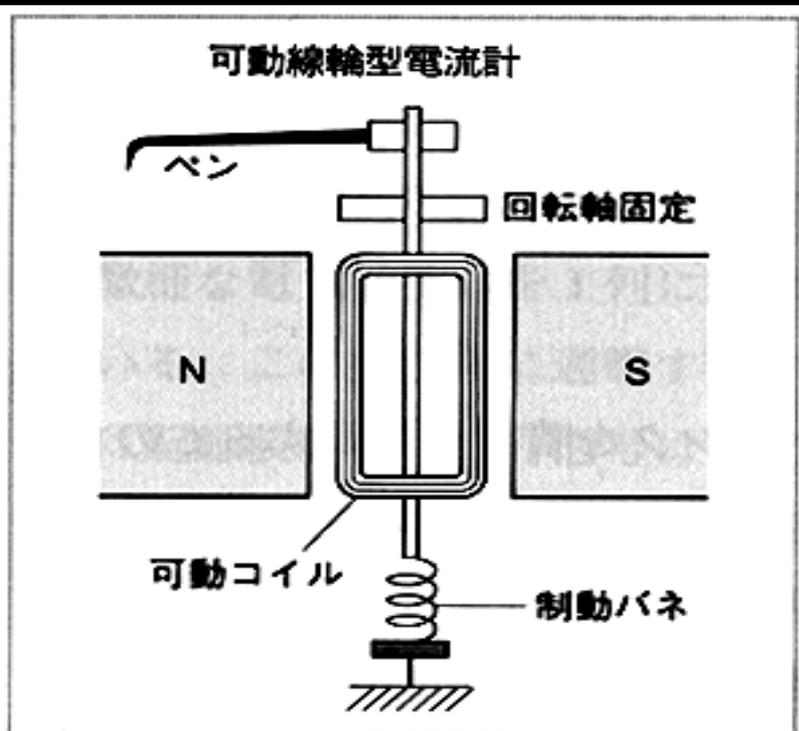
細かい波形は記録できない。**記録上限周波数は 1Hz。**

体温や血中酸素飽和度(SpO2)の日内変動などの、**緩やかな数値変化の長時間記録**に適する。

自動平衡型記録計の原理



- ペン式記録計** ペンを可動コイルで動かして記録する。  
上限周波数は 100Hz 程度。  
脳波 (0.5~60Hz)、心電図 (0.05~200Hz)
- インク式 (インク書き式)** インクの補充が必要。
- 熱ペン式** インクは不要だが、感熱紙 (加熱するとインクが浮き出る紙) が記録紙として必要。

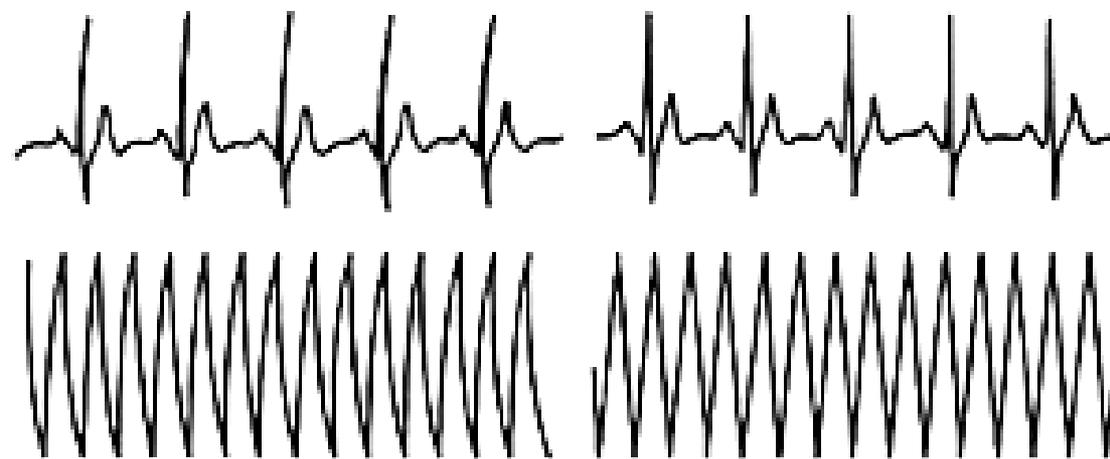


# ペン式記録計の欠点

ペン圧が低いとペン先が振り切れて**オーバーシュート**を生じる。

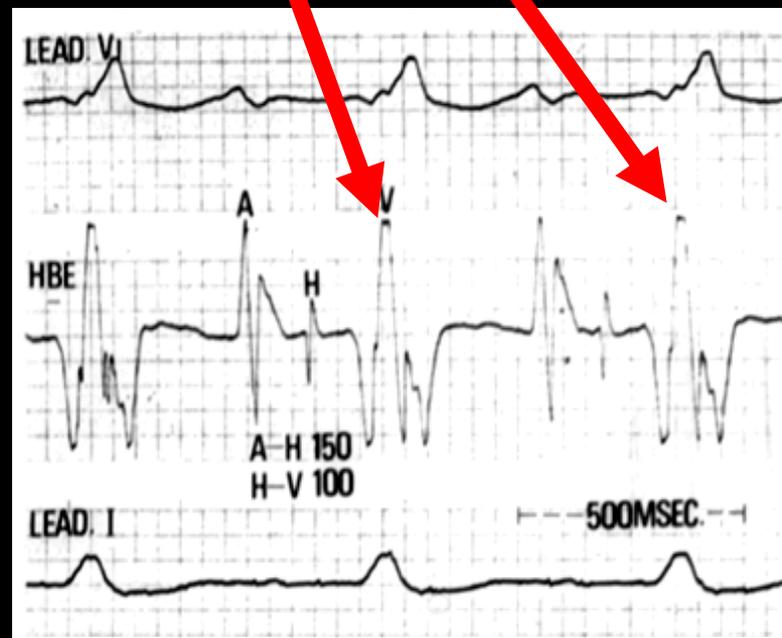
波形が円弧を描くので歪む。

正弦波と心電図の記録状態

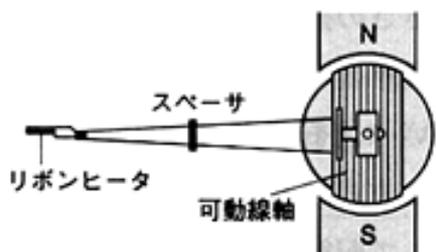


a: 円弧書き

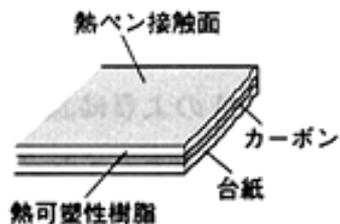
b: 直線書き



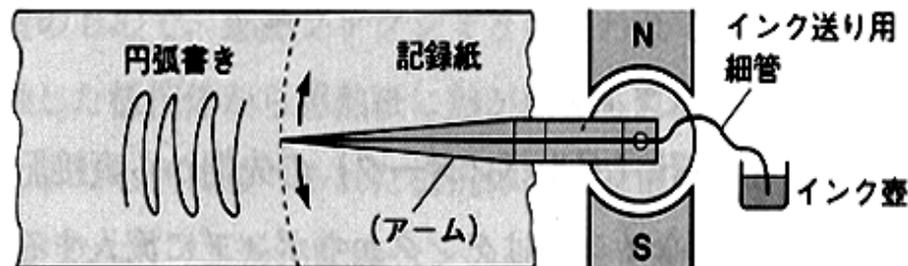
熱ペン式記録装置



## 感熱紙



## インク書きオシログラフ インク式記録計



サーマルアレイ方式レコーダについて誤っているものはどれか。

1. デジタル化された信号を印刷する。
2. 記録紙は普通紙を用いる。
3. 1 kHzの生体信号をリアルタイムに記録できる。
4. 微小発熱素子の密度は8 dots/mmである。
5. コメントと波形を同時に印刷できる。 ■ 2

# サーマルアレイレコーダ

(熱転写プリンタ)

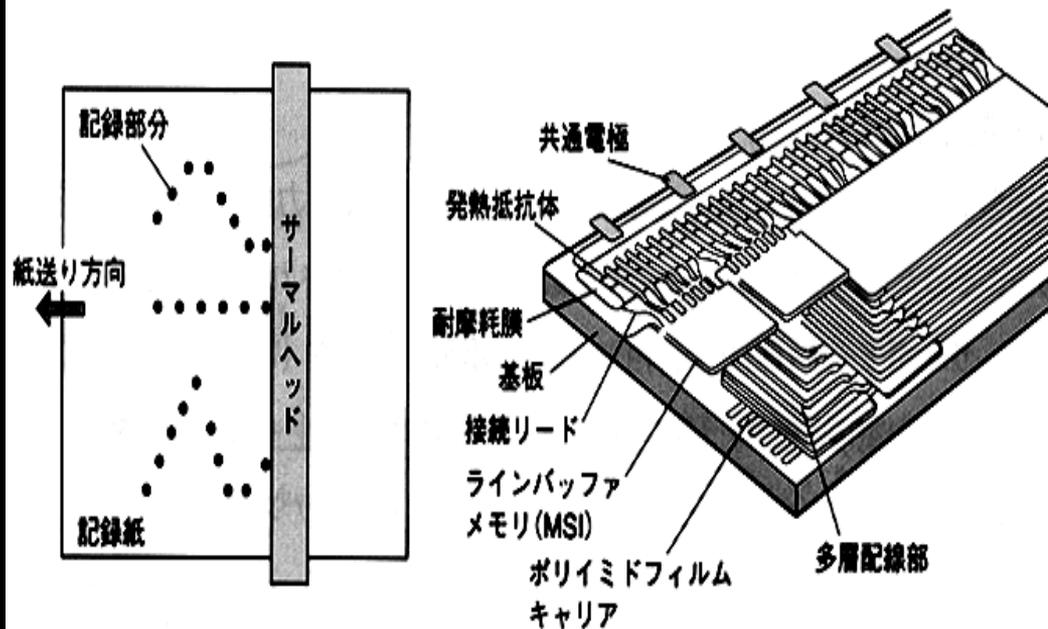
信号をデジタル変換して  
(AD変換)、感熱紙に記録。  
1mm間隔に8~16ドット  
の細かい描画が可能。

上限周波数は 10kHz.

筋電図 (5~2kHz) の記録  
など。



サーマルアレイ方式の原理とヘッド部分



**〔注解〕** 1. デジタル化された信号をそのままサーマルプリントヘッド上に高密度に配列された微小発熱素子に送り、印字ヘッドを熱発色紙(感熱紙)に押し付け、通電することで印刷する方式のプリンタである。

2. 熱を加えると発色する特殊な熱発色紙(感熱紙)を用いる。

3. 数kHz程度までの信号はリアルタイムに記録できる。

4. サーマルプリントヘッド上の微小発熱素子は  
8～16 dots/mm程度のドット密度で配列されている。

5. デジタル信号を用いるため、罫線やコメント、グラフ、写真、イラストを、例えば脳波波形と同時に印刷できる。

サーマルアレイ式記録器で誤っているのはどれか。

1. 記録に感光紙を使用する。
2. 信号をデジタル変換している。
3. 波形と同時に目盛りも記録できる。
4. 数 kHz 程度までリアルタイム記録できる。
5. サーマル素子の密度は 8 個/mm 程度である。

データの記録・表示装置で応答上限周波数が最も低いのはどれか。

1. 自動平衡型記録計
2. インク書き記録計
3. 熱ペン式記録計
4. ブラウン管オシロスコープ
5. サーマルアレイレコーダ

1

## オシロスコープ CRO

Oscillation 【名】〔物〕振幅,振動.

Oscilloscope 【名】信号電圧の波形観測装置

直流電圧から数十MHzまでの高周波信号まで測定、表示が可能な装置。表示画面はブラウン管式と液晶式がある。



RLC 直列回路のインピーダンス [ $\Omega$ ] はどれか。

ただし、抵抗器の抵抗値は  $4 \Omega$ 、

誘導性リアクタンスは  $7 \Omega$ 、

容量性リアクタンスは  $4 \Omega$  とする。

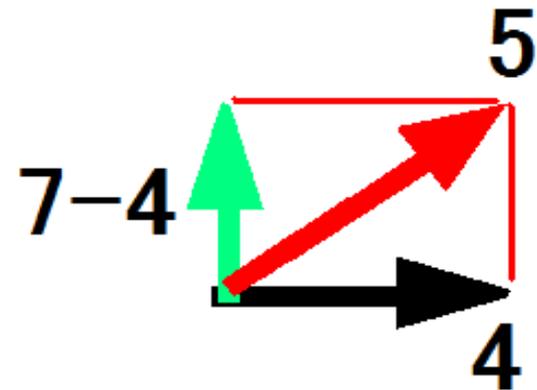
1. 2                      3. 7                      5. 15

2. 5                      4. 11

交流(角速度  $\omega$  (周波数  $f = \omega/2\pi$ ))に対する  
コンデンサのインピーダンス(容量性リアクタンス)は、  
 $1/\omega C$  (この問題では、 $1/\omega C = 4$ )  
コイルのインピーダンス(誘導性リアクタンス)は、  
 $\omega L$  (この問題では、 $\omega L = 7$ )  
抵抗のインピーダンス  $R$  は 周波数と無関係。  $R = 4$

LCR直列回路のインピーダンス  $Z$  は、

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$
$$= \sqrt{4^2 + (7 - 4)^2} = 5$$



入力交流信号  $E$  (周波数  $f$ , 角速度  $\omega=2\pi f$ ) が加わると、  
 $L$ 、 $C$ 、 $R$  の各素子は直列なので、等しい電流  $I$  が  
各素子に流れる ( $I=I_L=I_C=I_R$ ) が、  
各素子に発生する電圧  $E_L$ 、 $E_C$ 、 $E_R$  は位相が異なる。

$E_L$  の大きさは  $I X_L = I \omega L$

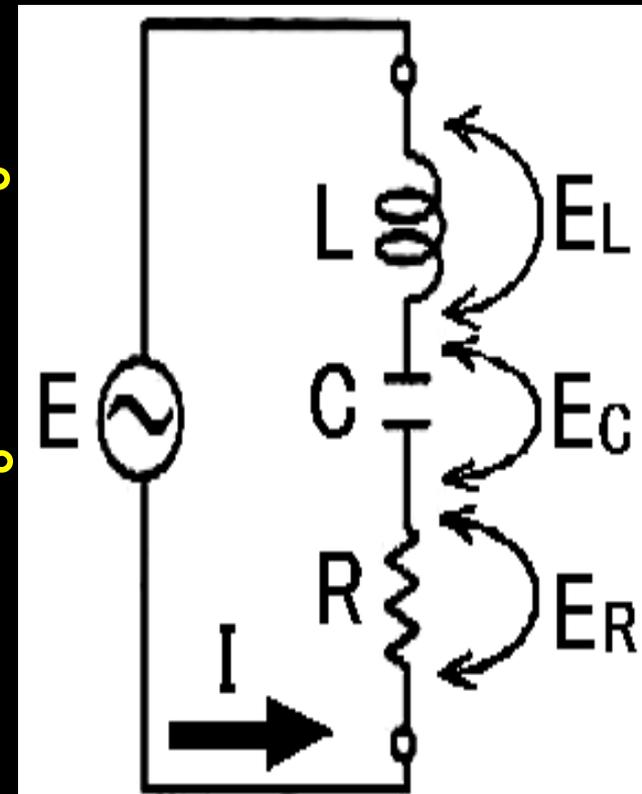
位相は電流より  $\pi/2 (90^\circ)$  進んでいる。

$E_C$  の大きさは  $I X_C = I / \omega C$

位相は電流より  $\pi/2 (90^\circ)$  遅れている。

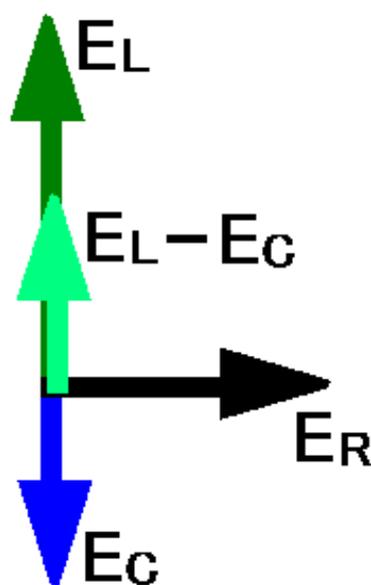
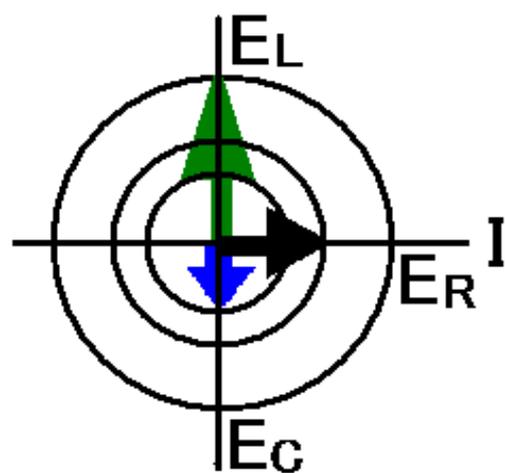
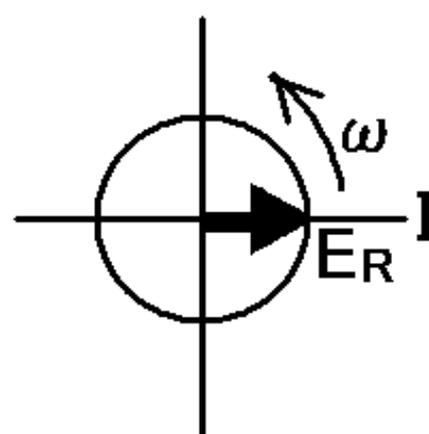
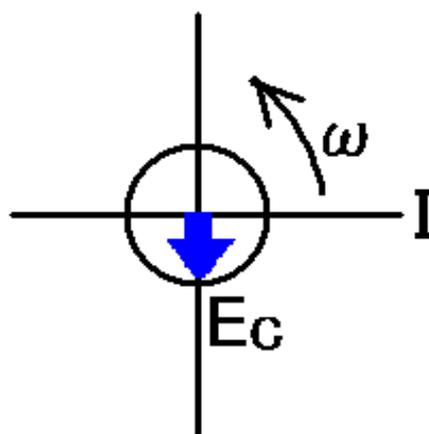
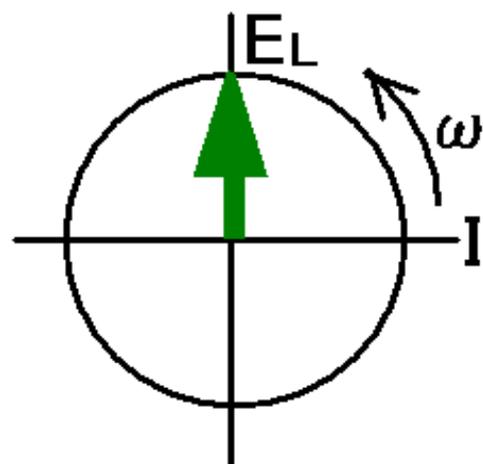
$E_R$  の大きさは  $I R$

位相は、電流と同じ。



LCR直列回路に流れる交流電流  $I$  を、円運動の射影と考えると、

$E_L$  は  $90^\circ$  進んでいる。  $E_C$  は  $90^\circ$  遅れている。  $E_R$  は電流と同じ位相。

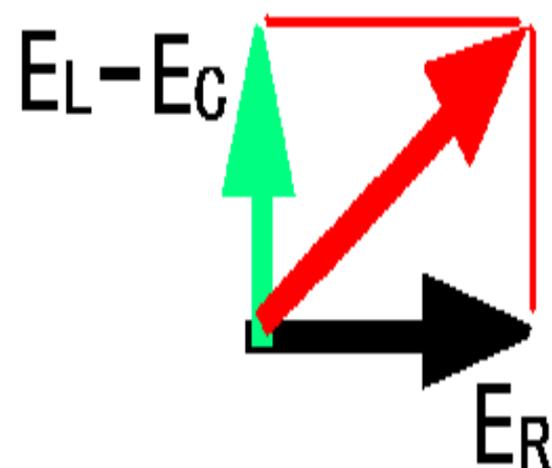


電圧のベクトル和

$$\sqrt{E_R^2 + (E_L - E_C)^2}$$

## 電圧のベクトル和

$$\sqrt{E_R^2 + (E_L - E_C)^2}$$



$$E_R = I R$$

$$E_L = I \omega L$$

$E_C = I / \omega C$  を代入すると

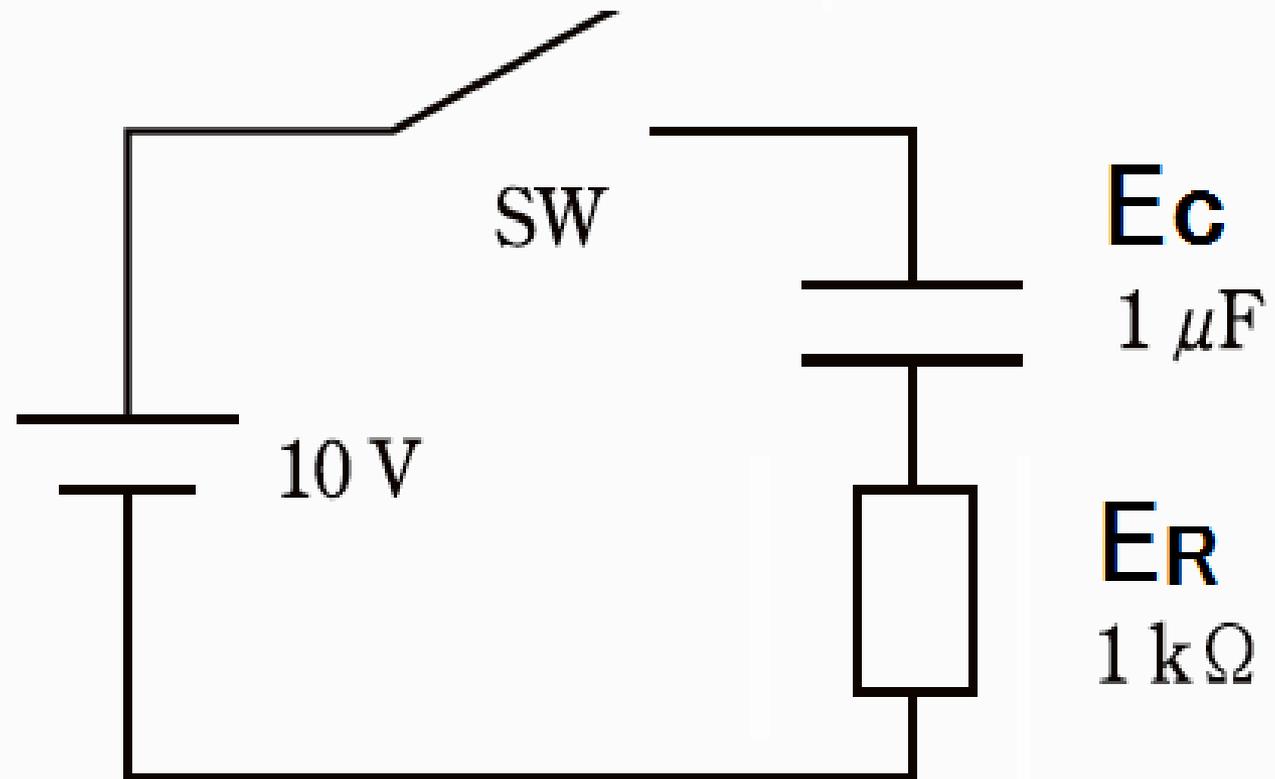
$$E = I \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

LCR直列回路のインピーダンス  $Z$  は、

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

図のような CR 直列回路がある。SW を閉じた瞬間から 2.0 ms 後に回路を流れる電流 [mA] はおよそいくらか。ただし、初期状態でのコンデンサ両端電圧は 0V とし、自然対数の底  $e$  の逆数を 0.37 とする。

- 1) 0.63
- 2) 0.74
- 3) 1.4
- 4) 2.1
- 5) 3.7



CR回路の時定数  $\tau$  は  $1 \mu F \times 1k\Omega = 1(ms)$

スイッチを閉じると抵抗およびコンデンサの両端電圧は上昇する。

スイッチを閉じた瞬間の抵抗電圧は  $10(V)$

$2ms$ 後の抵抗電圧  $E_R$ は  $10 \times 0.37 \times 0.37 = 1.369(V)$

抵抗電流は  $1.369(V) / 1000(\Omega) \doteq 1.4(mA)$

