# 第2章　ディジタル・マルチメータによる諸量の測定

## 2.1　目的

組み立てたディジタル・マルチメータ (DMM) を用いて、直流電圧、交流電圧、抵抗、および静電容量を測定し、誤差と確度範囲を習得する。

## 2.2　理論

### 2.2.1　誤差

誤差率 ε は被試験器の表示値 M(本器の読み値) から真の値 T(標準器の読み値、複数回測定した平均値) を差し引いた値と、真の値 T との比を 100 分率で表示する。

$$\epsilon = \frac{M - T}{T} \times 100 \quad (\%) \tag{2.1}$$

### 2.2.2　確度範囲

確度は一定の環境、測定条件下にて「測定器の表示値 (測定値) に対して一定の割合の±の%値 rdg(reading) と、一定の±のカウント数 dgt(digit) との和」で表示する。

## 2.3　方法

### 2.3.1　直流電圧測定

直流電圧測定の測定対象は、電池や装置の直流回路の電圧である。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチを V=/〜(デジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書 5 ページ参照) に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し、表示器左上に=(直流) を表示させる。
3. テストピンを測定対象に当て表示を読み取る。

となる。
測定上の注意

- 電圧測定は必ず測定対象 (電源など) と並列接続にする。

- 入力端子に 750V 以上の過電圧を加えても OL 表示をしないので注意する。
- 測定端子に+、－が逆極性の電圧で加わると－ (マイナス) 付きの表示となる。
- オートレンジの場合はテストリード開放時に表示が変動しますが正常である。

### 2.3.2　交流電圧測定

交流電圧測定の測定対象は、電灯線の電圧や、小型トランスのタップ電圧などの正弦波交流電圧である。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチを V=/～(デジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書 6 ページ参照) に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し、表示器左上方に～(交流) を表示させる。
3. テストピンを測定対象に当て表示を読み取る。

となる。
被測定物は

1. 単巻き変圧器 (トランス) の出力電圧を測定する。
2. テストピンを実験台のコンセントに接続し商用交流の電圧を読み取る。

とする。
測定上の注意

- 電圧測定は必ず測定対象 (電源など) と並列接続にする。
- 入力端子に 750V 以上の過電圧を加えても OL 表示をしないので注意する。
- 平均値動作式のため正弦波以外の波形の電圧では測定誤差を生じる。
- 周波数が 40～400Hz の範囲内で確度は保証されまる。
- 0V 入力時に、AC4V レンジでは、3 カウント程度の数字が残るが正常である。
- マニュアルレンジで 400mV レンジに設定できますが確度は不確定である。

### 2.3.3　抵抗測定

抵抗測定の測定対象は、抵抗器や回路、回路部品の抵抗値測定である。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチをΩ (デジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書 7 ページ参照) に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し表示器の右上に M Ωを表示させる。
3. テストピンを測定対象に当て表示を読み取る。

となる。
測定上の注意

- 電圧の加わっている部分の測定は出来ないばかりではなく危険である。
- テストピンに指を触れて測定すると誤差を生じる。
- テストピンに何も接続してない時にはOLを表示する。
- 測定端子開放電圧は0.4Vである。従って、ダイオードやトランジスタのチェックは出来ない。

### 2.3.4 静電容量測定

静電容量測定の測定対象は、主にコンデンサで、その静電容量を測定する。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチを ”静電容量 ”(デジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書8ページ参照) に合わせます。
2. セレクトスイッチを押し表示を00.00nFにします (表示器右上に“ REL”が表示される)。
3. テストピンをコンデンサの端子に当て、表示が安定してから測定値を読み取ります。

となる。
測定上の注意

- 安全上、コンデンサに充電された電荷は測定前に必ず放電させる。
- 静電容量測定ファンクションはオートレンジのみである。
- 静電容量が大きくなると測定時間が長くなる。
  (例)10 μ F で2〜4秒、100 μ F で13〜16秒である。
- 有極性コンデンサ (+、−の有るコンデンサ) の測定では、コンデンサの+側が赤のテストピン (+側の測定端子) となるように接続する。

## 2.4 結果

測定では、同じ被測定物に対して3回以上測定し、平均値を求める。
誤差εは、式2.1の真の値Tを平均値に置き換えて求める。

### 2.4.1 直流電圧測定結果

| 直流電圧<br>測定番号 | 直流電源電圧<br>$V_{Ds}$(V) | DMMによる<br>直流電圧$V_{Dx}$(V) | 平　均　値<br>$V_{Dave}$(V) | 誤　差<br>$\epsilon_D$(%) | 確度範囲<br>$V_{Dr}$(V) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

### 2.4.2　交流電圧測定結果

| 交流電圧<br>測定番号 | 交流電源電圧<br>$V_{As}$(V) | DMM による<br>交流電圧 $V_{Ax}$(V) | 平　均　値<br>$V_{Aave}$(V) | 誤　差<br>$\epsilon_A$(%) | 確度範囲<br>$V_{Ar}$(V) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

### 2.4.3　抵抗測定結果

| 抵抗の<br>測定番号 | カラー抵抗<br>$R_c(\Omega)$ | DMM による<br>抵抗 $R_x(\Omega)$ | 平　均　値<br>$R_{ave}(\Omega)$ | 誤　差<br>$\epsilon_R$(%) | 確度範囲<br>$R_r(\Omega)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

### 2.4.4　静電容量測定結果

| 静電容量<br>測定番号 | カラー静電容量<br>$C_c(\mu F)$ | DMM による<br>静電容量 $C_x(\mu F)$ | 平　均　値<br>$C_{ave}(\mu F)$ | 誤　差<br>$\epsilon_C$(%) | 確度範囲<br>$C_r(\mu F)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

## 2.5　注意

### 2.5.1　誤差の計算例

式 2.1 の誤差を求めるときの真値 T として、平均値を使用する。

平均値の求め方は、第 0.5.7 項の「収集データを整理するときの平均値と有効数字」を参照する。

### 2.5.2　確度の計算例

計算例

ある標準電圧 (真の値) を PCTK(以下、PCTK を本器と言う) の AC400V レンジで測定したとき、表示値が 106.6V であった場合の確度を調べる。

本器の AC400V レンジの確度は± (1.5 % rdg+5dgt) である。400V レンジの場合の 1dgt は 0.1V に相当しますから (± 1.5 %× 106.6V)+(± 0.1V × 5)=(± 1.6V)+(± 0･5V)=± 2.1V、従って真の値は 106.6V ± 2.1V=104.5〜108.7V の範囲内に存在する (ただし、確度保証温度、湿度範囲以内であり、交流の場合は 40〜400Hz 以内の正弦波交流の時)。

この範囲内に真の値が含まれない場合は、本器の表示が規格から外れていることになる。

## 2.6 問題

抵抗の種類とコンデンサーの種類を調べよ。

## 2.7 実験装置・規格

### 2.7.1 直流電源

#### 2.7.1.1 1.7.1-A 直流電源の表示名称と機能

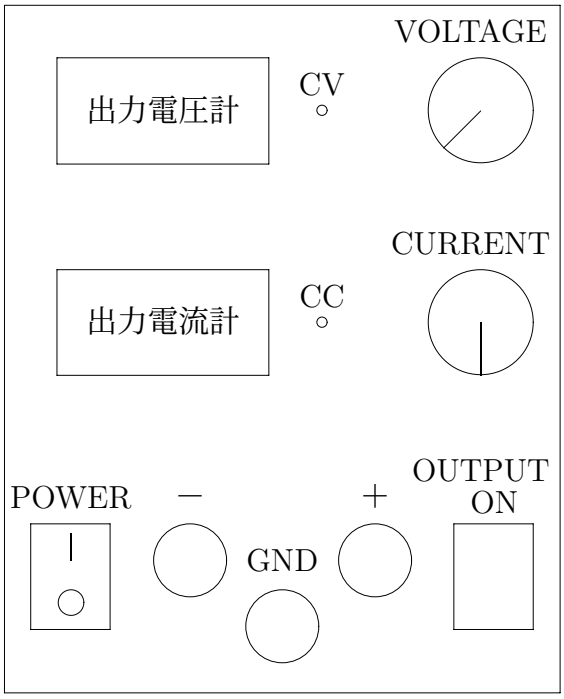



図 2.1: 直流電源

直流電源の表示名称と機能は、次のようである (図 2.1 参照)。

- POWER ： 電源スイッチ (○を押すと電源切、｜を押すと電源入)
- − ： 出力端子
- ＋ ： 出力端子
- GND ： グランド端子
- VOLTAGE ： 電圧調整つまみ
- CURRENT ： 電流調整つまみ
- CV ： 動作モード表示ランプ (電圧調整用)
- CC ： 動作モード表示ランプ (電流調整用)
- OUTPUT ： 出力スイッチ

#### 2.7.1.2　1.7.1-B　直流電源の使い方

直流電源の使い方は、

- 直流電源の出力端子 (＋と－ ) に何も接続しない。
- 電源入力コードを AC100(V) に接続して、電源スイッチ (POWER) を ON にする。
- 電流調整つまみ (CURRENT) を時計方向一杯に回転する。このとき、動作モード表示ランプ (電流調整用 CC) が消灯していることを確認する。
- 出力スイッチ (OUTPUT) を ON にし、電圧調整つまみ (VOLTAGE) を回して出力電圧を零 (V) にする。このとき、動作モード表示ランプ (電圧調整用 CV) が点灯していることを確認する。
- 出力スイッチ (OUTPUT) を OFF にし、負荷を接続 (結線を終了) する。
- 負荷を接続するときには、出力端子－とグランド端子 GND を付属の短絡バーで接続する。
- 再び出力スイッチ (OUTPUT) を ON にして測定する。
- 直流電源の出力スイッチ (OUTPUT) を OFF にするときは、電圧調整つまみ (VOLTAGE) を回して出力電圧を零 (V) にしてから操作すること。

となる。

### 2.7.2 JIS カラーコードの基準

定格値を表示するカラーコードの基準は、表 2.1 のとおりである。12 種類の色はそれぞれ 0 から 9 までの数字、10 の累乗、許容差および定格電圧である。

表 2.1: 色と数字の関係

| 色　　名 | 数字 | 10 の累乗 | | 許容差 (%) | 定格電圧値 |
|---|---|---|---|---|---|
| く　　ろ | 0 | $10^0=$ | 1 | ±20 | 500 |
| ちゃいろ | 1 | $10^1=$ | 10 | ±1 | 100 |
| あ　　か | 2 | $10^2=$ | 100 | ±2 | 200 |
| だいだい | 3 | $10^3=$ | 1,000 | ±3 | 300 |
| き | 4 | $10^4=$ | 10,000 | ±4 | 400 |
| みどり | 5 | $10^5=$ | 100,000 | ±5 | 500 |
| あ　　お | 6 | $10^6=$ | 1,000,000 | ±6 | 600 |
| むらさき | 7 | $10^7=$ | 10,000,000 | ±7 | 700 |
| はいいろ | 8 | $10^8=$ | 100,000,000 | ±8 | 800 |
| し　　ろ | 9 | $10^9=$ | 1,000,000,000 | ±9 | 900 |
| 金　　色 | — | $10^{-1}=$ | 0.1 | ±5 | 1000 |
| 銀　　色 | | $10^{-2}=$ | 0.01 | ±10 | — |
| — | | — | — | ±20 | 500 |

### 2.7.3 固定抵抗器のカラーコード

固定抵抗器のカラーコードは

- 第 1 色帯はオームを単位とする定格抵抗値の第一数字である。
- 第 2 色帯はオームを単位とする定格抵抗値の第二数字である。
- 第三色帯は 10 の累乗である。
- 第四色帯は許容誤差である。

である (2.2 図参照)。

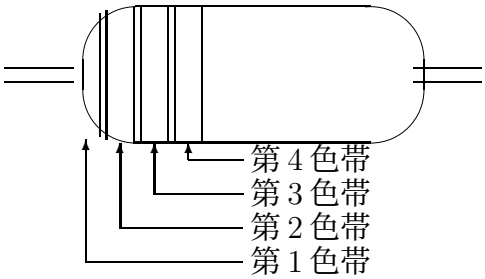



図 2.2: 固定抵抗器のカラーコード

固定抵抗器のカラーコード表示例 (2.3 図参照) で

- 第 1 色帯：だいだい
- 第 2 色帯：あか
- 第 3 色帯：ちゃいろ
- 第 4 色帯：金色

の場合は、抵抗値は $32\times10^1\,[\Omega]$ で抵抗値許容誤差が $\pm5$ %となる。

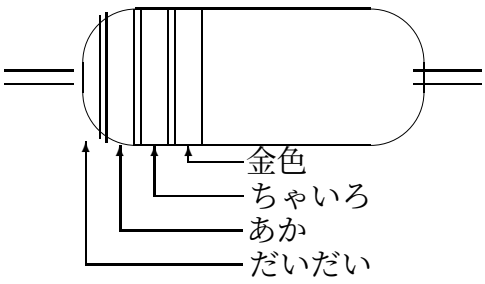


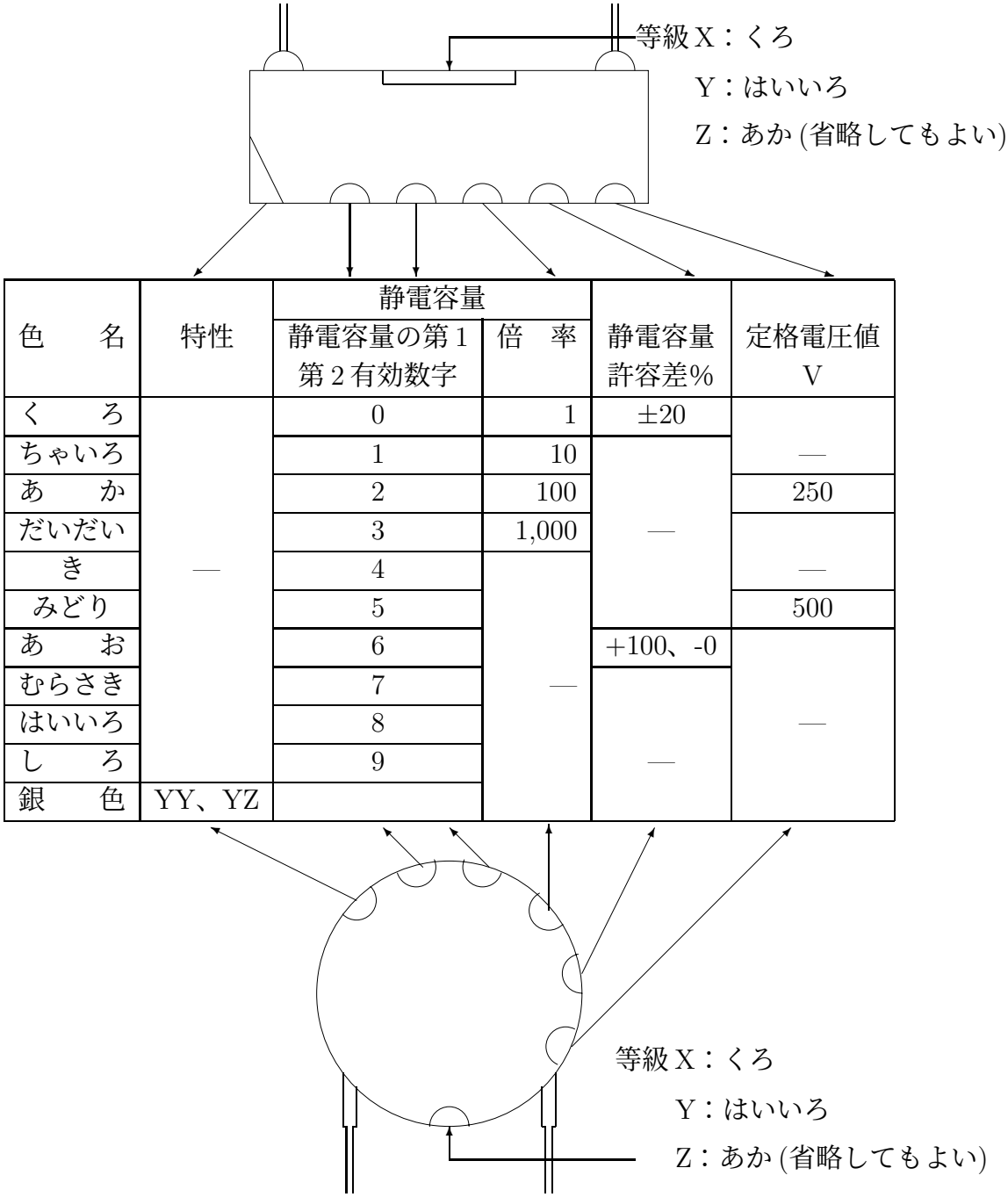

図 2.3: 固定抵抗器のカラーコード表示例

### 2.7.4　高誘電率磁器コンデンサのカラーコード

2.4 図は、高誘電率磁器コンデンサのカラーコードで、

- 静電容量 (第 1 有効数字、第 2 有効数字、倍率)
- 静電容量許容差

などを示し、静電容量の単位は pF である。




| 色　　名 | 特性 | 静電容量 | | 静電容量許容差% | 定格電圧値 V |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 静電容量の第 1 第 2 有効数字 | 倍　率 | | |
| く　　ろ | — | 0 | 1 | ±20 | — |
| ちゃいろ | | 1 | 10 | — | |
| あ　　か | | 2 | 100 | | 250 |
| だいだい | | 3 | 1,000 | | — |
| き | | 4 | — | | |
| みどり | | 5 | | | 500 |
| あ　　お | | 6 | | +100、-0 | — |
| むらさき | | 7 | | — | |
| はいいろ | | 8 | | | |
| し　　ろ | | 9 | | | |
| 銀　　色 | YY、YZ | | | | |

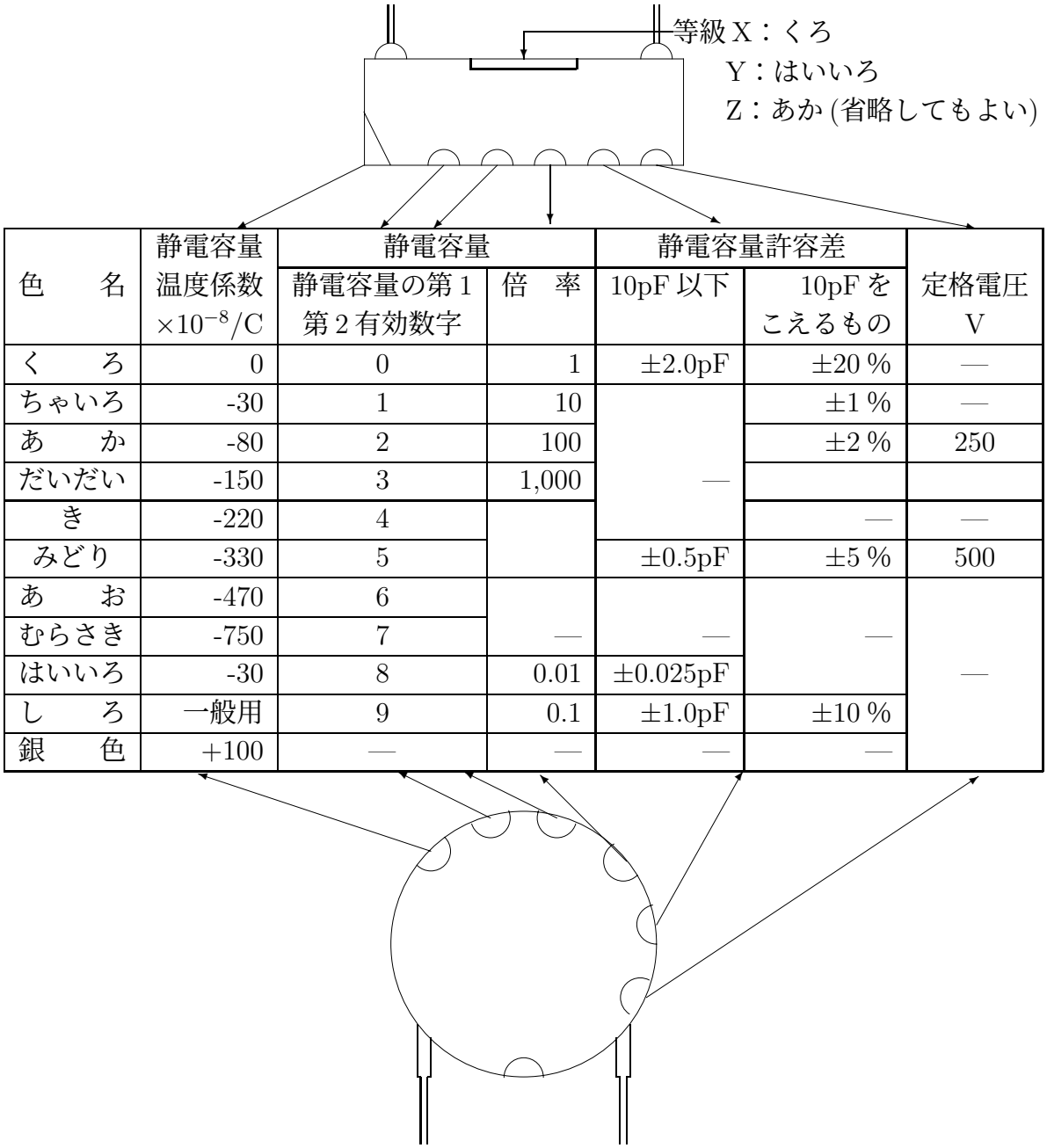
図 2.4: 高誘電率磁器コンデンサのカラーコード

### 2.7.5　温度補償用磁器コンデンサのカラーコード

2.5 図は、温度補償用磁器コンデンサのカラーコードで、

- 静電容量温度係数
- 静電容量 (第 1 有効数字、第 2 有効数字、倍率、
- 静電容量許容差

などを示し、静電容量の単位は pF である。




| 色　　名 | 静電容量温度係数 $\times 10^{-8}$/C | 静電容量 | | 静電容量許容差 | | 定格電圧 V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 静電容量の第 1 第 2 有効数字 | 倍　率 | 10pF 以下 | 10pF をこえるもの | |
| く　　ろ | 0 | 0 | 1 | ±2.0pF | ±20 % | — |
| ちゃいろ | -30 | 1 | 10 | | ±1 % | — |
| あ　　か | -80 | 2 | 100 | | ±2 % | 250 |
| だいだい | -150 | 3 | 1,000 | — | | |
| き | -220 | 4 | | | — | — |
| みどり | -330 | 5 | | ±0.5pF | ±5 % | 500 |
| あ　　お | -470 | 6 | | | | |
| むらさき | -750 | 7 | — | — | — | |
| はいいろ | -30 | 8 | 0.01 | ±0.025pF | | — |
| し　　ろ | 一般用 | 9 | 0.1 | ±1.0pF | ±10 % | |
| 銀　　色 | +100 | — | — | — | — | |

図 2.5: 温度補償用磁器コンデンサのカラーコード

### 2.7.6　マイカコンデンサのカラーコード

2.6 図は、温度補償用磁器コンデンサのカラーコードで、

- 静電容量温度係数
- 静電容量 (第 1 有効数字、第 2 有効数字、倍率)
- 静電容量許容差

などを示し、静電容量の単位は pF である。

| 色　名 | 等　級 | 特　性 | 静電容量 有効数字 | 静電容量 乗数 | 静電容量許容差 (%) | 定格電圧 V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| く　ろ | X | A | 0 | 1 | ±20(M) | — |
| ちゃいろ | — | B | 1 | 10 | — | |
| あ　か | Z | C | 2 | 100 | ±2(G) | |
| 1-4 だいだい | — | D | 3 | 1,000 | — | 300 |
| き | | E | 4 | 10,000 | | — |
| みどり | | F | 5 | — | ±5(J) | 500 |
| あ　お | | | 6 | | — | — |
| むらさき | | | 7 | | | |
| はいいろ | Y | | 8 | | | |
| し　ろ | — | | 9 | | | 1,000 |
| 金　色 | | | — | | ±10(K) | — |
| 銀　色 | | | | | | |

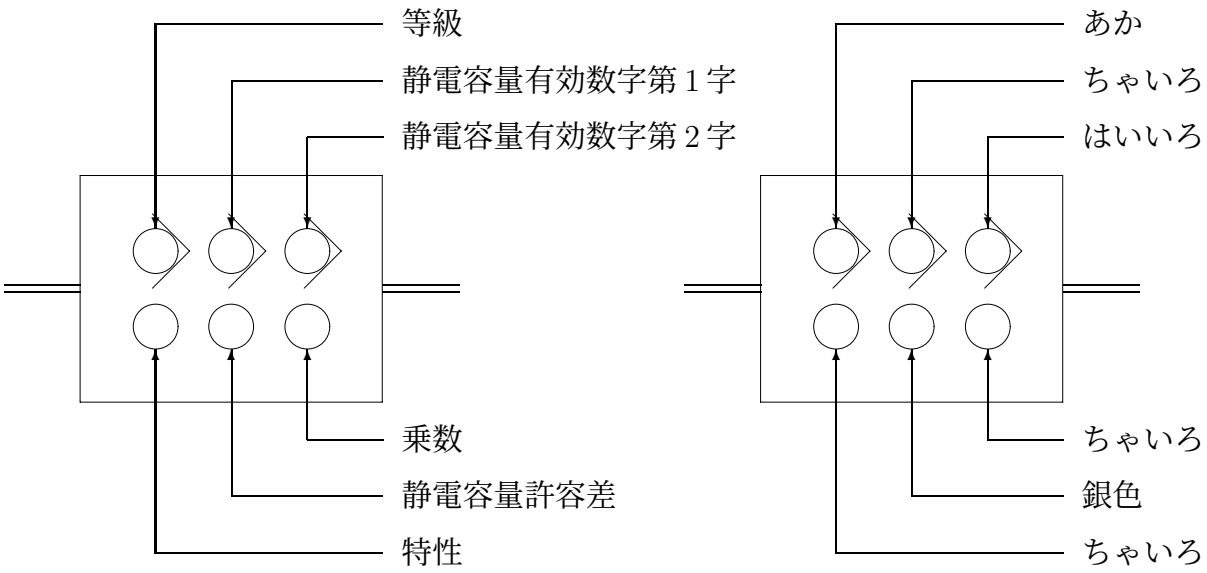



図 2.6: マイカコンデンサのカラーコード

マイカコンデンサのカラーコード表示 (2.6 参照) が

- 等級：あか
- 静電容量有効数字第 1 字：ちゃいろ
- 静電容量有効数字第 2 字：はいいろ
- 特性：ちゃいろ
- 静電容量許容差：銀色
- 乗数：ちゃいろ

のコンデンサは、

- 等級：Z
- 静電容量：180pF
- 特性：B
- 静電容量許容差：±10 %

の規格となる。

### 2.7.7 マイラコンデンサの値表示

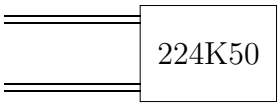



図 2.7: マイラコンデンサの値表示

図 2.7 のマイラコンデンサに表示されている 224K50 の意味は、

- 第 1 文字と第 2 文字は有効数字
- 第 3 文字はべき乗値
- 第 4 文字は
- 第 5 文字と第 6 文字は

です。

224K50 と表示されているマイラコンデンサの値は

$$\begin{aligned} 224k50 &= 22 \times 10^4 \times 10^{-12}[F] \\ &= 22 \times 10^{-8}[F] \\ &= 220 \times 10^{-9}[F] \\ &= 220[nF] \end{aligned} \tag{2.2}$$

となります。