



## 天びんの選定と精密計量の注意点 ～ポイントはここだ！！～

Choosing the Right Balance and Precision Weighing Tips –  
Here's What to Focus On! !

For JASIS 2024 New Technology Presentation

# 目次

## ● 天びんの選定

- ・ 天びんの選定 .....P4
- ・ 最小表示の決め方 .....P5
- ・ 天びんの精度（標準偏差） .....P6
- ・ 最小計量値 .....P7
- ・ 天びんの測定における注意点、誤差要因 .....P9

## ● 精密計量の注意点（誤差要因）

- ・ 誤差要因と対策（静電気、風、対流、振動、傾斜、温度、重力） .....P13
- ・ その他 測定のコツ .....P28
- ・ BA-Tシリーズ 日常点検機能のご紹介 .....P29



# 天びんの選定

## 天びんの選定

1. 被計量物の重さや大きさはどの位でしょうか。
2. そのために必要なひょう量はいくつでしょうか。
3. 必要な最小表示はいくつでしょうか。
4. その他(計量皿の大きさ、風防、除電機能など)

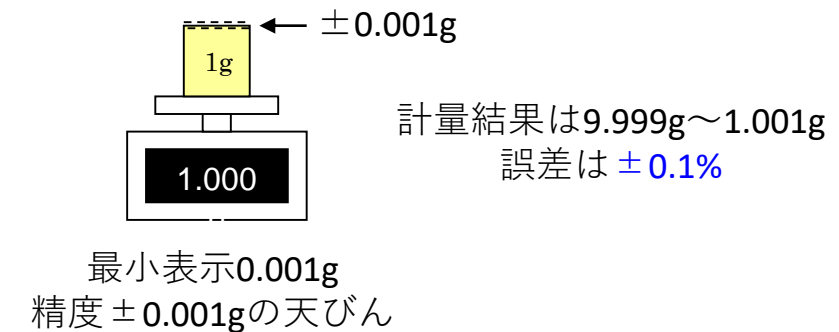
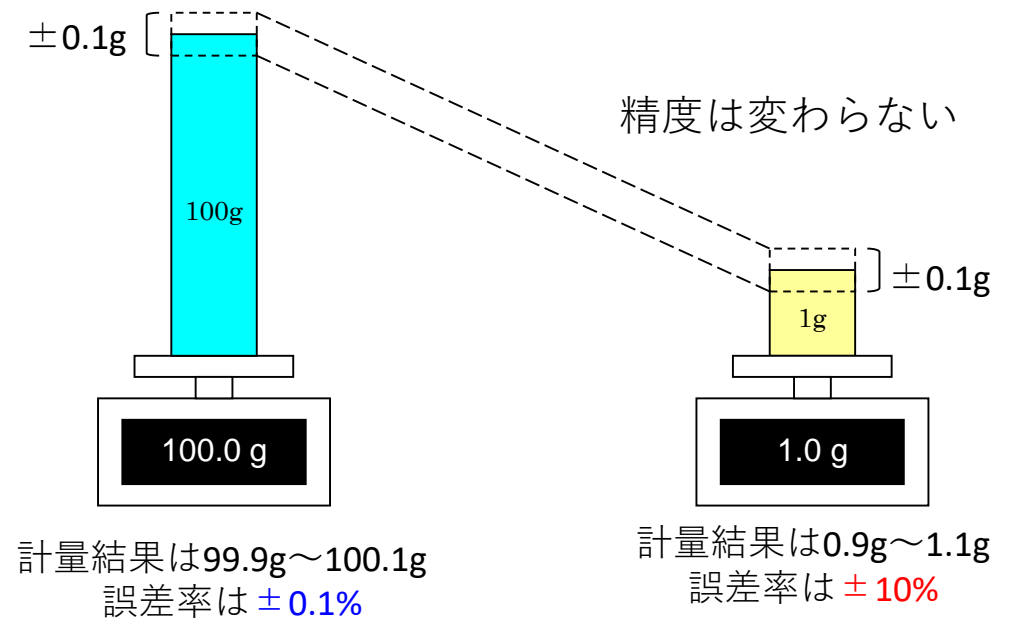
# 天びんの選定 最小表示の決め方

○最小表示0.1g、精度 $\pm 0.1g$ の天びんで、  
100gと1gを計量する場合。

同じ精度でも計量物が軽いと、  
誤差率は相対的に大きくなります。

そのため、軽い計量物で誤差率を小さくしたい場合、  
最小表示の小さい天びんを使用する必要があります。

例えば、1gの計量物を誤差 $\pm 0.1\%$ で計量したい場合、  
最小表示1mg、精度 $\pm 1mg$ の天びんが必要です。



# 天びんの選定 天びんの精度（標準偏差）

- 電子天びんの性能は、

**繰返し測定による標準偏差**で表されます。



10回の載せ降ろしを行い、  
測定値にどれだけバラつきがあるか（繰返し性）

## BA-6TE の仕様

ひょう量 6.2g × 目量 0.001mg (= 1 $\mu$ g)

繰返し性  $\sigma=0.0010$ mg (= 1.0 $\mu$ g) \*

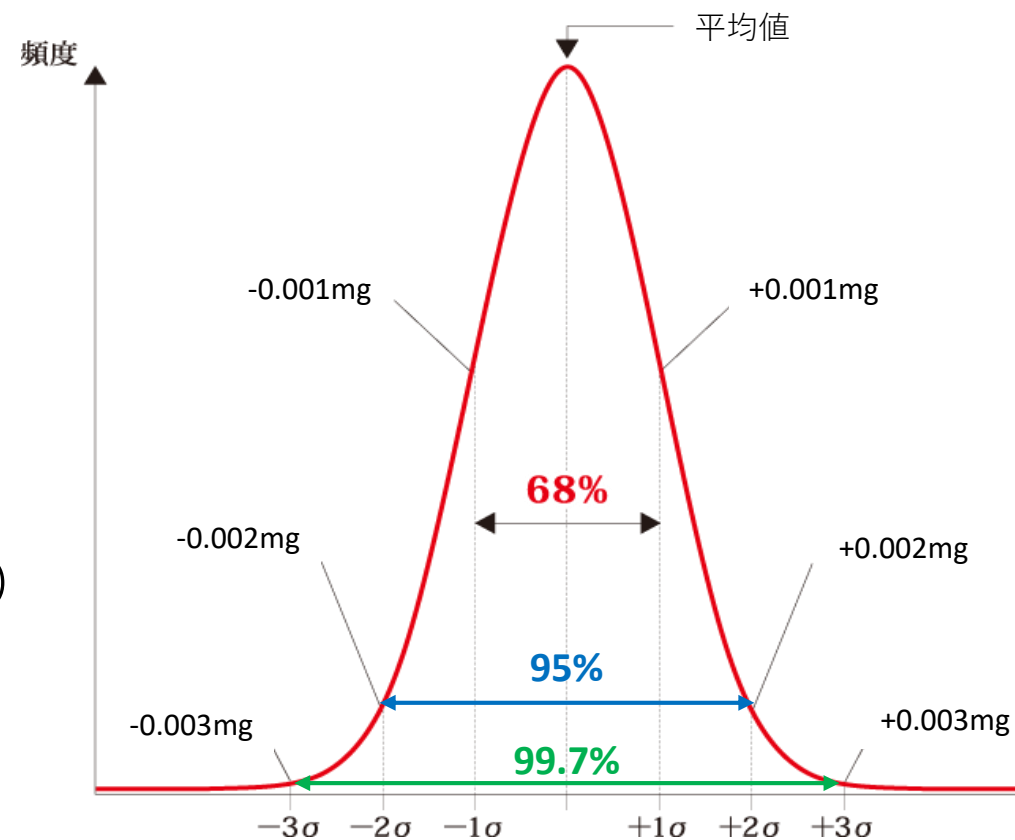
\* 1g分銅測定時

$2\sigma$  (約95%の信頼区間\*\*) =  $\pm 2.0\mu$ g

→  **$\pm 2.0\mu$ g  $\leq 10\mu$ g**

\*\* バラつきの想定範囲は $2\sigma$ とするのが一般的です。

(例：拡張不確かさ、最小計量値、等)



### USP U.S.Pharmacopeia (米国薬局方) 医薬品の品質の適正を図るための規格

#### USP Chapter 41 Balances

特に明記しない限り、分析にて物質が正確に計量されなければならない場合、測定の不確かさ(偶発および系統誤差)が読み値の0.1%を超えない計量機器で計量が行わなければならない。

測定の不確かさは、少なくとも10回の繰返し計量した標準偏差 $\sigma$ の2倍を計量値で割った値が0.001 (0.1%) を超えないこと。

## 天びんの選定 最小計量値

測定の不確かさは、少なくとも10回繰返し計量した標準偏差 $\sigma$ の2倍を計量値で割った値が、0.001（0.1%）を超えないこと。

$$\frac{2\sigma}{\text{計量値}} \leq 0.001$$
$$2\sigma \times 1000 \leq \text{計量値}$$

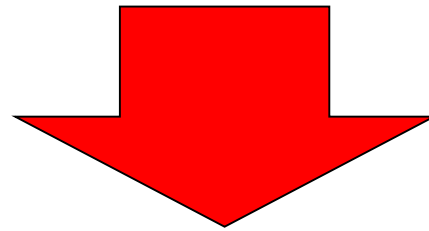
$$\text{最小計量値} = 2000 \times \sigma$$

そのため、使用する天びんの最小計量値を知るには、その天びんで繰返し性( $\sigma$ )を求める必要があります。



## 天びんの測定における注意点

使用する天びんの最小計量値を知るには、実際に繰返し性を求める必要があります。  
⇒10回の載せ降ろしを行い、繰返し性を算出します。



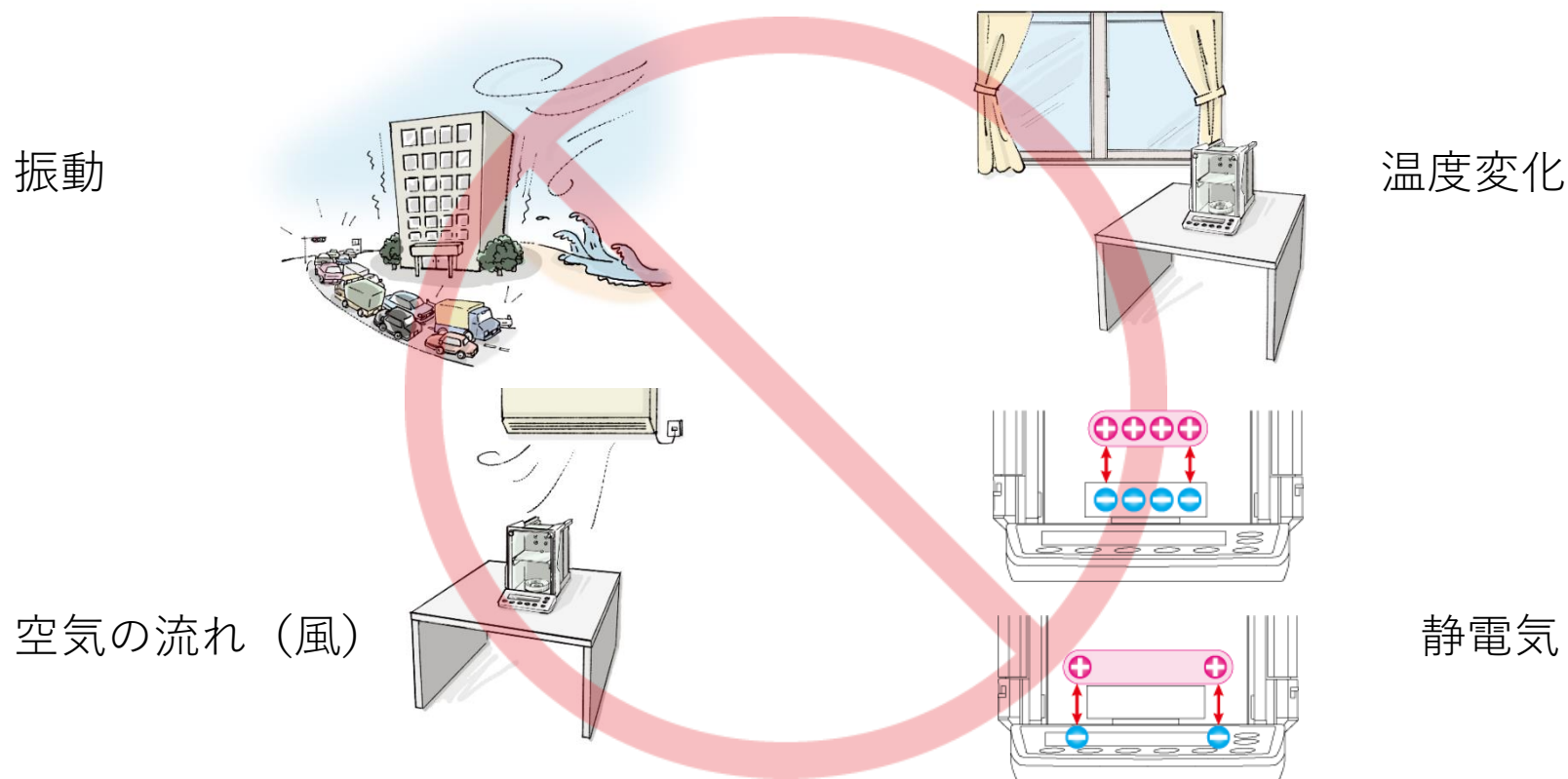
繰返し性は、設置環境により大きく変化する可能性があります。

**特に微小量の測定では環境を整えることが重要です。**

(取扱説明書等に記載されているスペックは、設置環境が整っている前提の値)

# 誤差要因

特に分析天びんにおいては、微小な外乱で正確さや精度に影響が出ます。



次のスライドからは、これら誤差要因とその対策について詳しくご説明致します。

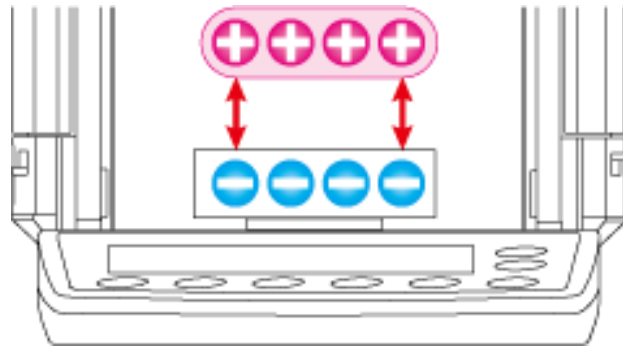
## 注目すべき誤差要因の種類

1. 静電気（帯電物）による影響
2. 風（空気の流れ）による影響
3. 対流による影響
4. 振動による影響
5. 傾斜による誤差
6. 温度による誤差
7. 重力による誤差

# 精密計量の注意点（誤差要因）

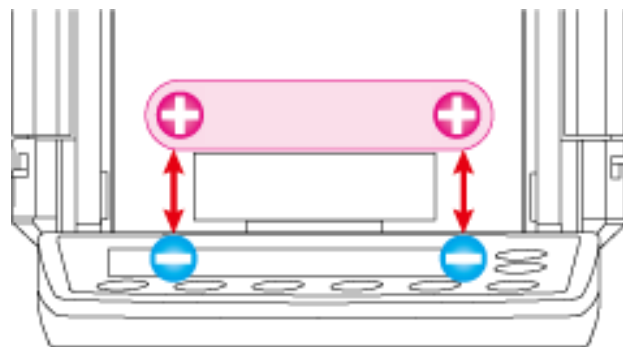
# 静電気（帯電物）による影響

## 静電気の影響



### 帯電物が近づいたとき

静電誘導によって+と-が引き合い、皿が持ち上げられるため、計量値がマイナス方向にドリフトします。



### 帯電物を測定したとき

帯電物が皿よりはみ出ると、はみ出た部分が筐体と引き合うことにより、皿が押されるため、計量値はプラスになります。

# 静電気（帯電物）による影響

## 静電気が発生しやすい条件

### ●帯電しやすい物

樹脂製品、ガラス、粉、フィルム、紙などの絶縁物

例) フィルター、薬包紙、樹脂製マイクロチューブ、など

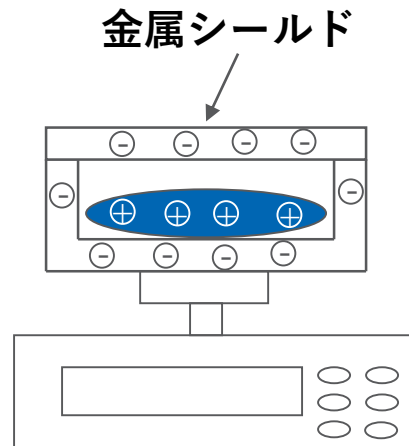
### ●帯電しやすい場所・環境

ベルトコンベアや動きのある製造ライン、空気が乾燥した場所（特に冬場）

# 静電気（帯電物）による影響

## 静電気の対策

(1)被計量物を金属のシールドで覆う



シールド例

(2)除電器で静電気を取り除く



除電器  
AD1683A



除電器  
AD1683



静電気測定器  
AD1684A

## 静電気（帯電物）による影響



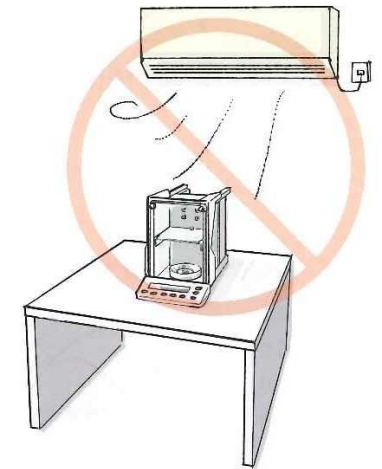
[https://www.aandd.co.jp/products/balance/ba\\_function\\_video.html](https://www.aandd.co.jp/products/balance/ba_function_video.html)



# 風（空気の流れ）による影響

## 風の影響

風が計量皿に当たると計量値が不安定になります。  
電子天びんは、人間が感知しにくい弱い風でも表示が不安定になる場合があります。



## 風への対策

- (1) 風の影響を受けにくい場所に設置してください。  
(エアコンの吹き出し口、部屋の出入り口、人が往来する通路などは避ける)
- (2) 風防を付けて、**風が直接当たらない**ようにしてください。  
特に天びんの横方向からの風を防ぐと効果があります。



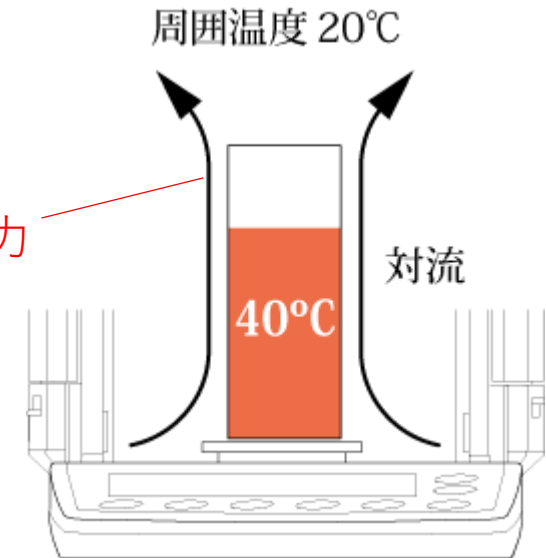
卓上風防(M) AD-1676

# 対流による影響

## 対流による計量値の変動

被計量物の温度が周囲温度と異なると、  
被計量物の周囲の温度が変化し対流を起こします。

皿を持ち上げる力  
計量値は軽く表示される



## 対流の対策

- (1) 被計量物や風袋は事前に周囲温度になじませてください。
- (2) 被計量物や風袋は直接手で持たず、ピンセットなどで操作し、体温の伝達を防いでください。また、ひょう量室に手を入れないようにしてください。
- (3) 温度変化のある場所に天びんを設置せず、特に窓や直射日光の当る場所などを避けて設置してください。

# 振動による影響

## 振動の影響

天びんに振動が伝わると、計量値が不安定になります。  
特に低周波（1Hz以下）の振動には、注意が必要です。



## 振動源の例

強風、海岸沿いの高潮や波、近くの人や台車・フォークリフトの移動、  
近くを走る電車や自動車、周辺にある他の機器類など、振動源は様々です。

## 振動の対策

- 天びんの内部設定で、計量スピード（Response設定）を遅くしてください。
- 比較的揺れの少ない1階の壁沿いに天びんを設置してください。
- 除振台を使用してください。



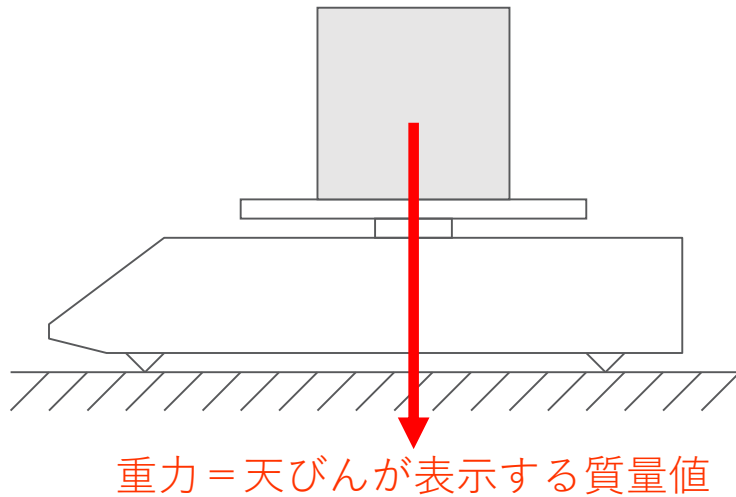
天びん用除振台 AD1671



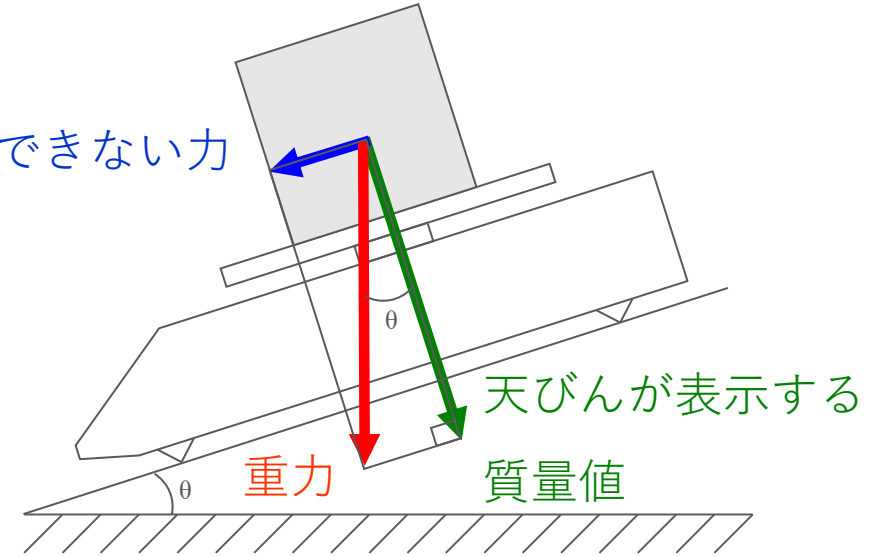
防振天びん台 AD1674

# 傾斜による誤差

## 傾斜の影響



天びんが検出できない力



天びんが傾くと・・・力の方向が変化してしまう

## 傾斜の対策

水平玉と水平調整機構を使用して、電子天びん本体を水平に設置します。

# 温度による誤差（感度ドリフト）

## 感度ドリフトとは

電子天びん本体の温度が変化すると、測定値も変化します。  
変化量は「**感度ドリフト**」というスペックで規定されています。

感度ドリフトとは、同じものを温度変化させて測定したときに、  
測定値がどれだけ変化するかを表した値です。

変化量の割合はppm（Parts Per Million：百万分率）で表します。

例) BM-252

感度ドリフトのスペック：**±2ppm/°C**

これは温度が1°C変化することで感度が最大で「**±100万分の2**」変化  
する可能性があることを示しています。

# 温度による誤差（感度ドリフト）

## 感度ドリフトの計算例

BM-252において25°Cで200.00000gとなるように感度調整を行いました。  
その後に周囲温度が26°Cになった場合、感度ドリフトによる測定値の誤差はいくらか？

$$\begin{aligned} & 200.00000(\text{g}) \times \{\pm 2(\text{ppm}/^\circ\text{C})\} \times \{26(^\circ\text{C}) - 25(^\circ\text{C})\} \\ &= 200.00000 \times \frac{\pm 2}{1000000} \times 1 \\ &= \pm 0.00040(\text{g}) \\ &= \pm 0.40(\text{mg}) \end{aligned}$$

1°Cの変化によって200.00000gに対し、  
最大±0.40mg（199.99960g～200.00040g）変化する可能性があることを示しています。

# 温度による誤差（感度ドリフト）

## 対策

(1)使用する場所で温度変化があった際は、**感度調整**を行なってください。  
(天びんによっては、温度変化を感知し、自動で感度調整を行う機種もあります。)

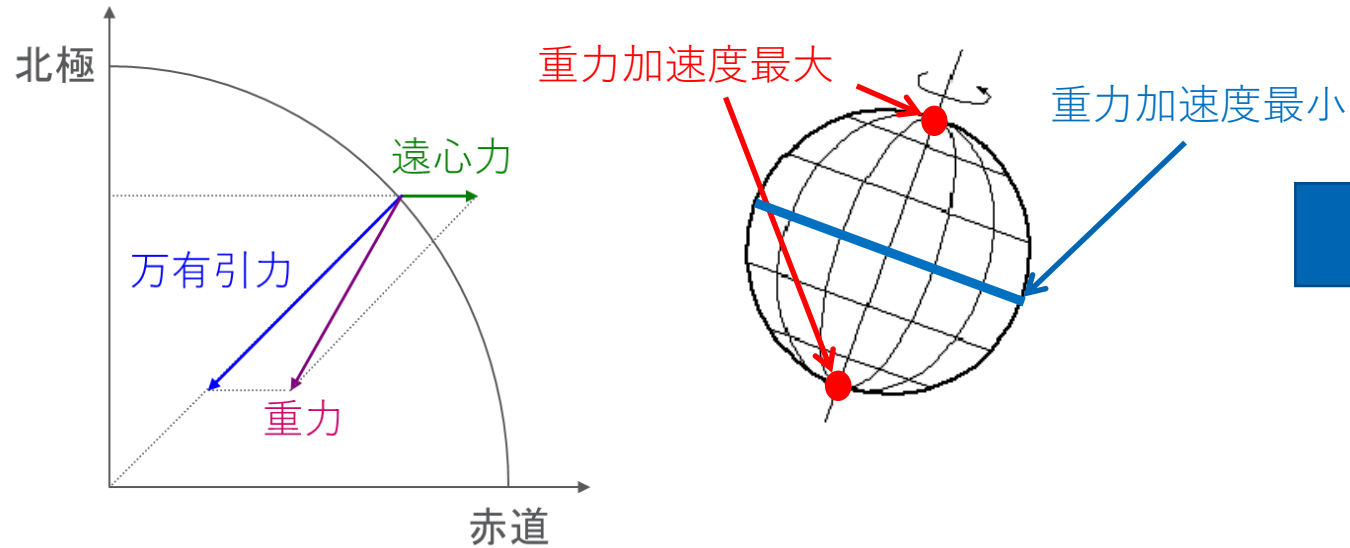
(2)**温度や湿度等**ができるだけ一定になるよう環境を保つことが大切です。  
また、**電源投入直後は天びん内部の温度が変化するため、使用は避けましょう。**





# 重力による誤差

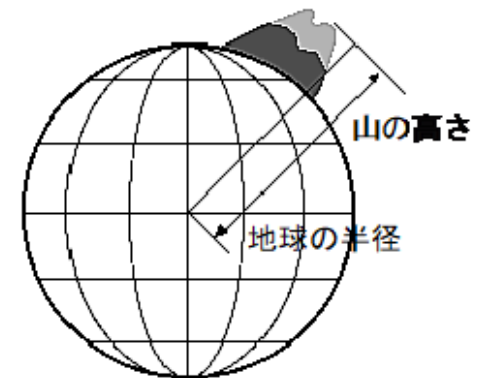
## (1) 緯度による重力加速度の変化



北海道の重力加速度の方が  
沖縄の重力加速度より大きい。

## (2) 標高による重力加速度の変化

標高が低い場所の重力 > 標高が高い場所の重力



# 重力による誤差

製造拠点（茨城）にて、100.00gの分銅で感度調整をした天びんを各都市に持って行き、同じ分銅を測定するとどうなるでしょう。

場所	重力加速度 ( $m/sec^2$ )	分銅の測定値 (g)	製造拠点との差分 (g)
札幌	9.805	100.05	+0.05
仙台	9.801	100.01	+0.01
茨城（製造拠点）	<b>9.800</b>	<b>100.00</b>	<b>0.00</b>
東京	9.798	99.98	-0.02
名古屋	9.797	99.97	-0.03
大阪	9.797	99.97	-0.03
福岡	9.796	99.96	-0.04
那覇	9.791	99.91	-0.09

（※理科年表より）

重力による誤差を無くすために、天びんは**使用する現地で感度調整**を行う必要があります。

# 注目すべき誤差要因の対策まとめ

1. 静電気（帯電物）による影響 → 遮蔽、除電する
2. 風（空気の流れ）による影響 → 設置環境に注意する、風防を設置する
3. 対流による影響 → 被計量物の温度に注意する
4. 振動による影響 → 設置環境に注意する、除振台に設置する
5. 傾斜による誤差 → 水平調整をする
6. 温度による誤差 → 分銅による感度調整をする
7. 重力による誤差 → 分銅による感度調整をする

※感度調整はお手持ちの**校正用分銅**を使用して頂くか、内蔵分銅付きの天びんの場合は**内蔵分銅**を使用して行なってください。

## その他 測定のコツ

- いきなり計量を始めるのではなく、天秤は十分にウォームアップ（通電）し、最初に予備荷重を行いましょう。
- 風防のドアはできるだけ小さく開閉しましょう。
- 天びんは定期的に感度調整をしましょう。

# BA-Tシリーズ 日常点検機能の紹介



## 計量環境の表示

日常点検 USB PC Bluetooth

### 計量環境

温度	20.0	°C
湿度	50.0	%
気圧	1013	hPa
ウォームアップ時間	9999	h

← ● ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ →  
次へ

## 水平調整のアシスト

水平調整方法 USB PC Bluetooth

### 気泡の位置

### 足コマを回す方向

- **天びんの選定**

被計量物から、ひょう量や最小表示、繰返し性を考慮しましょう。

- **精密計量の注意点**

設置環境に十分注意し、外乱をできるだけ無くしましょう。

ご清聴ありがとうございました。