

機械式センサ 機械的拡大

ME2208 高橋尚太郎

発表構成

- はじめに
- 基本原理(3つ)
- 測定機器への応用例

はじめに

- センサって何？
- センサで大事な事？
- ここで取り扱う内容

機械的拡大=センサの機能を機械的に拡大させる方法
測量誤差を減らす工夫について

基本原理

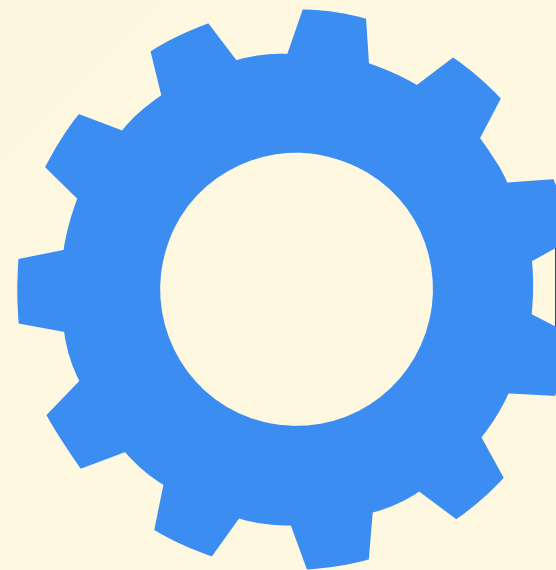
歯車による拡大

原軸歯車の歯数、回転数： Z_1, N_1

従軸歯車の歯数、回転数： Z_2, N_2

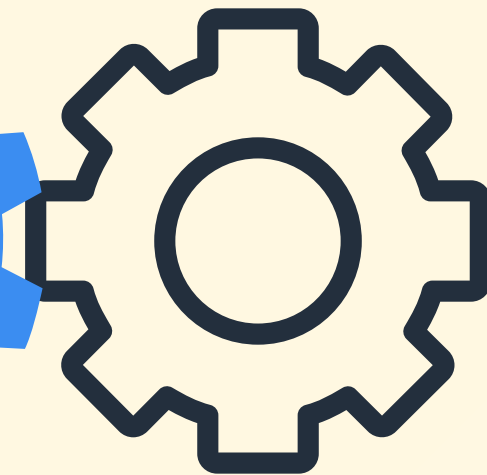
$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad (1)$$

原軸歯車



$Z_1 = 11$ (定数)
 $N_1 = 8$ (変数)

従軸歯車



$Z_2 = 8$ (定数)
 $N_2 = 11$ (変数)

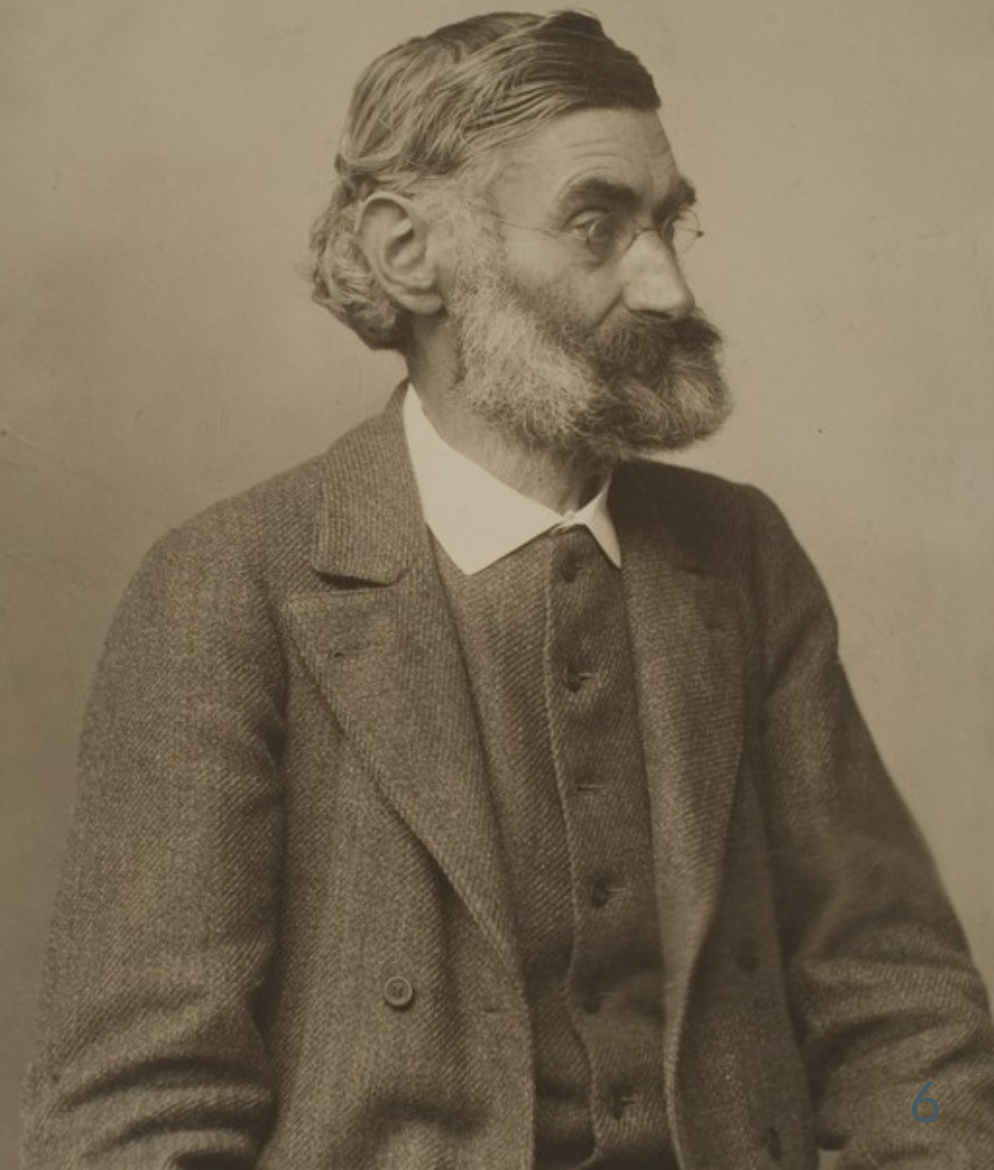
アッペの原理

直接測定する場合、
測定対象物と目盛りの位置関係が大事

→測定誤差を軽減するために
測定機器に施す工夫(精度1~2桁)

- 測定対象物と目盛りが同軸上にない
- 測定対象物と目盛りが同軸上にある

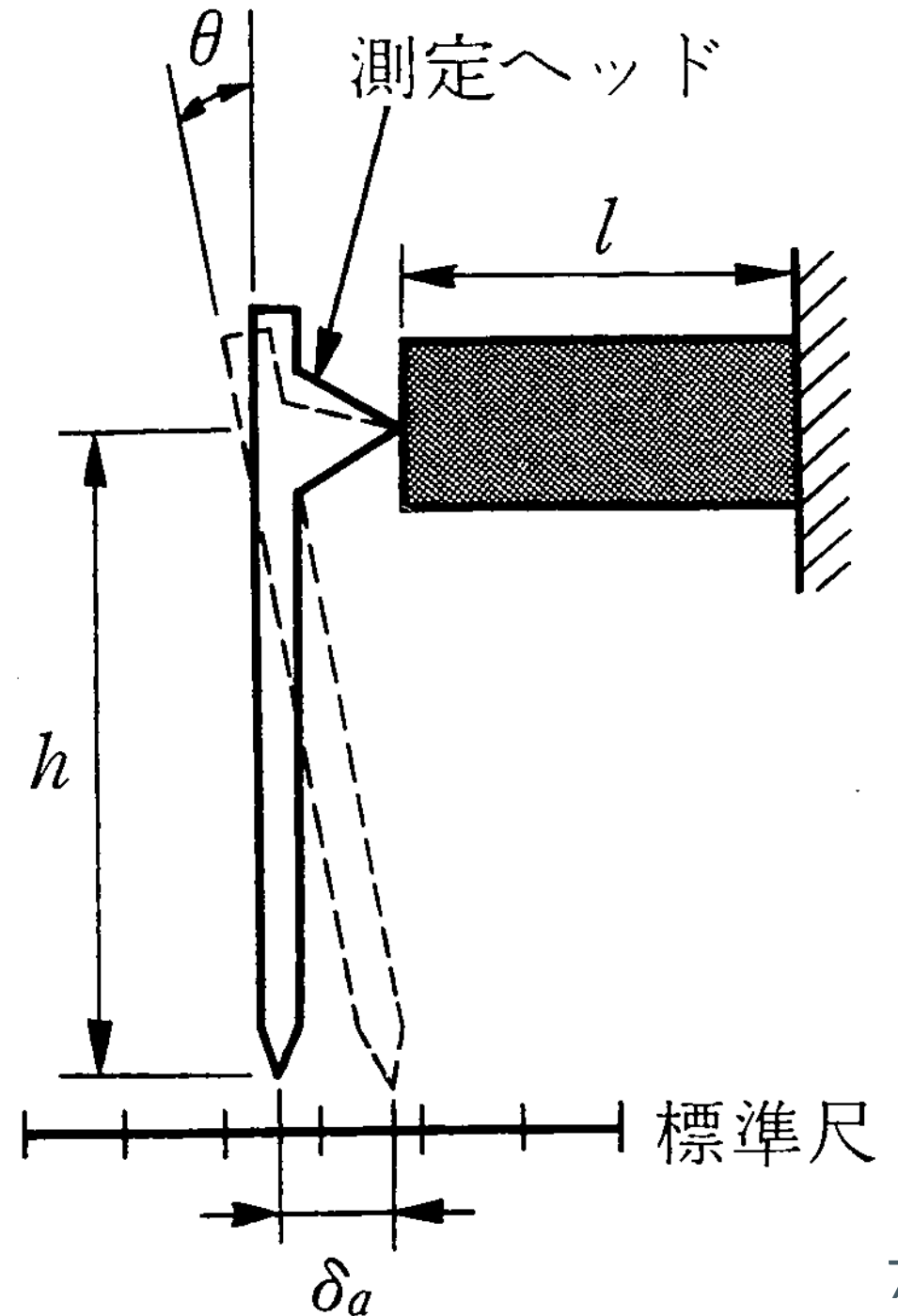
エルンスト・アッベ (1840~1905)

引用元：[wikipedia](#)

測定対象物と目盛りが 同軸上でない場合

測定ヘッドが測定方向に対して
垂直な場合、
測定ヘッドの傾き θ による
幾何学的誤差 δ_a

$$\delta_a = h \tan \theta \cong h\theta \quad (2)$$

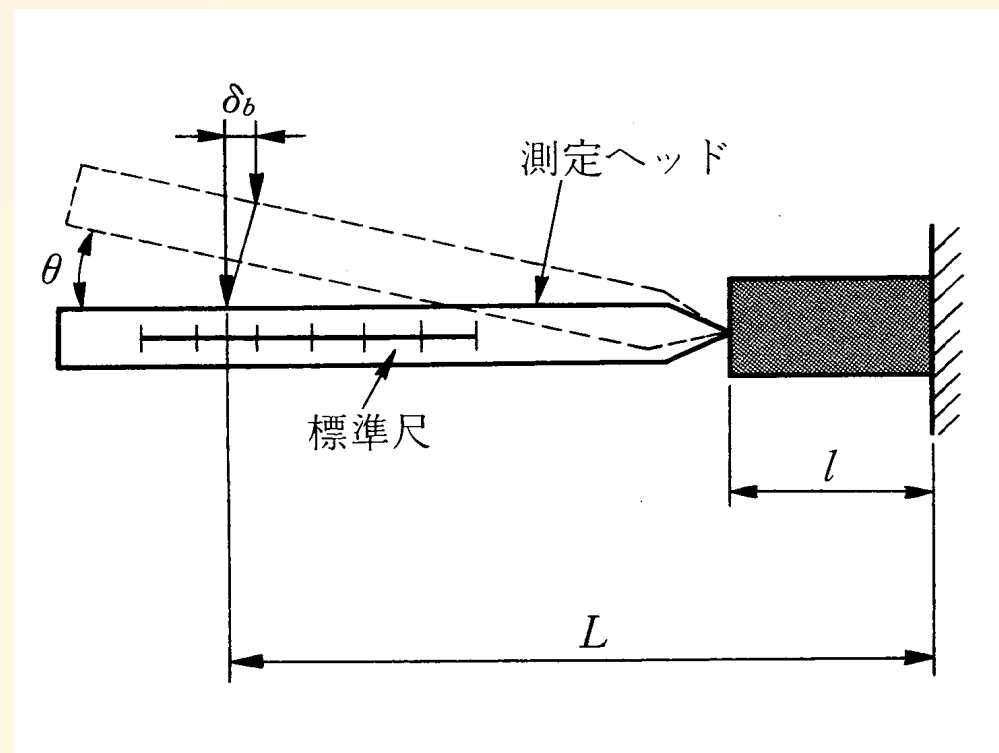


測定対象物と目盛りが 同軸上にある場合

測定ヘッドが測定方向に対して
同一直線上である場合、
測定ヘッドの傾き θ による
幾何学的誤差 δ_b

$$\begin{aligned}\delta_b &= (L - l)(1 - \cos \theta) \\ &\cong \frac{L - l}{2} \theta^2\end{aligned}\quad (3)$$

引用元：教科書 p.108



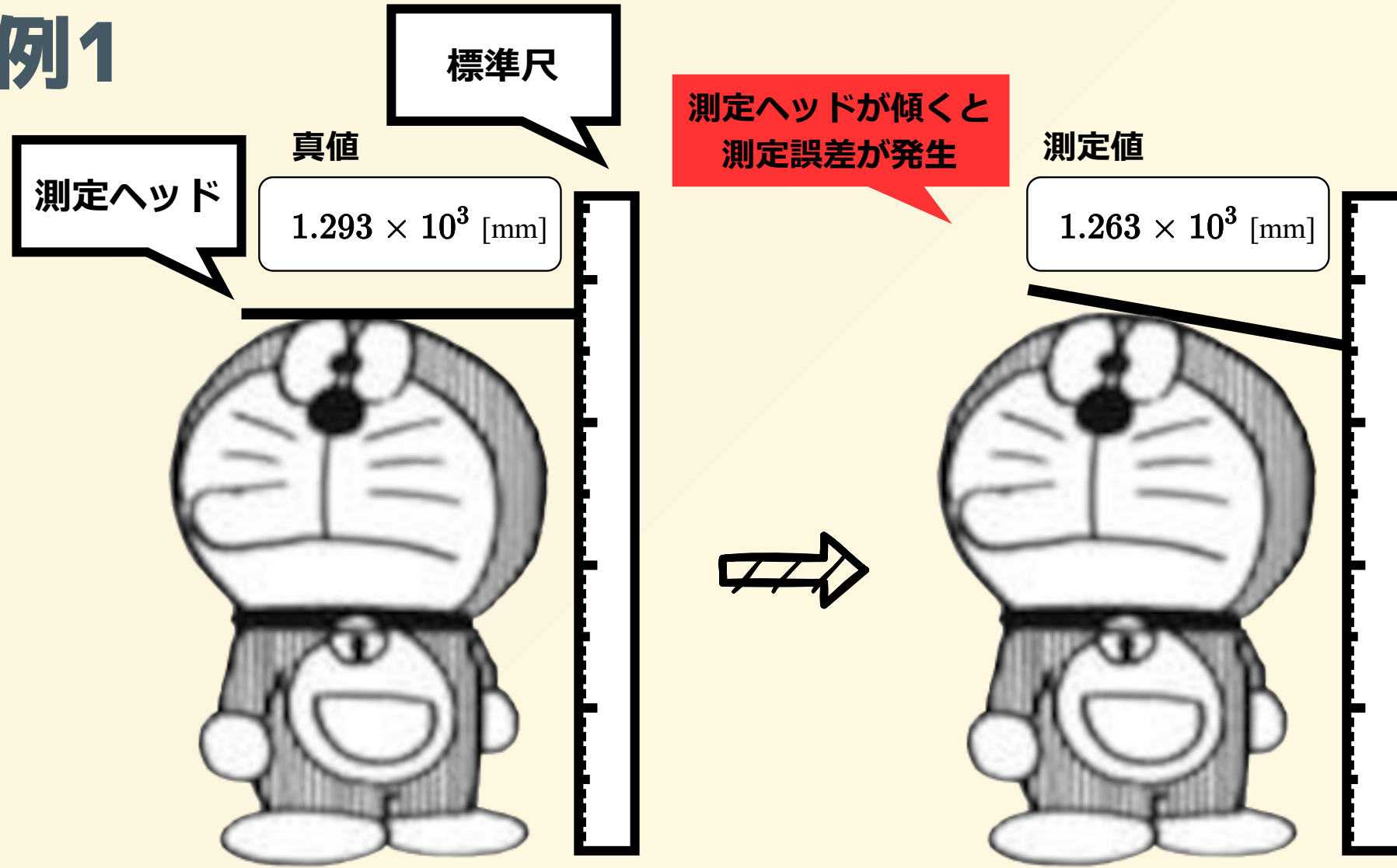
実例

ドラえもんの身長を計る

図の引用元：[quora](#)



測定例1

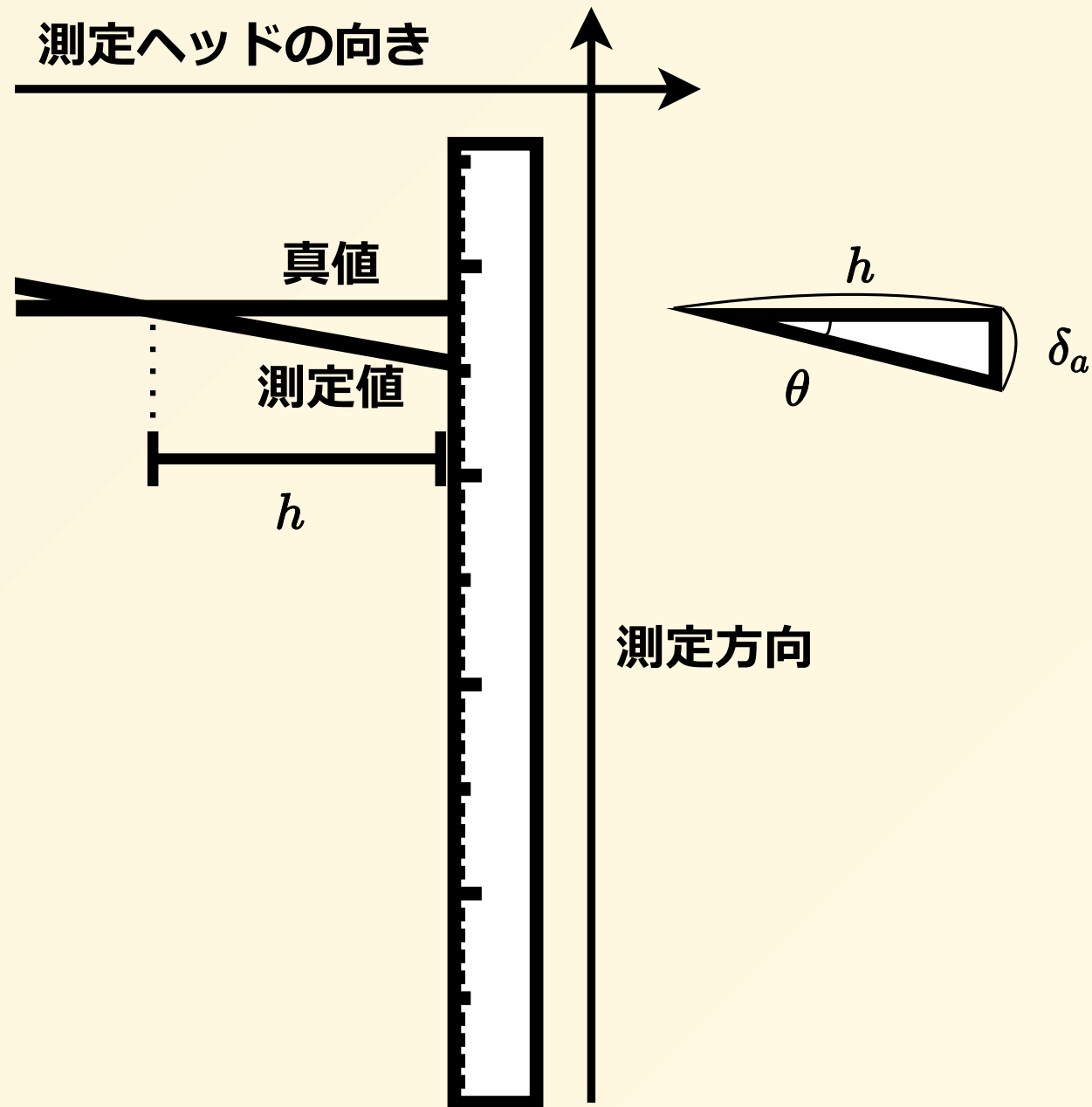


測定誤差の計算

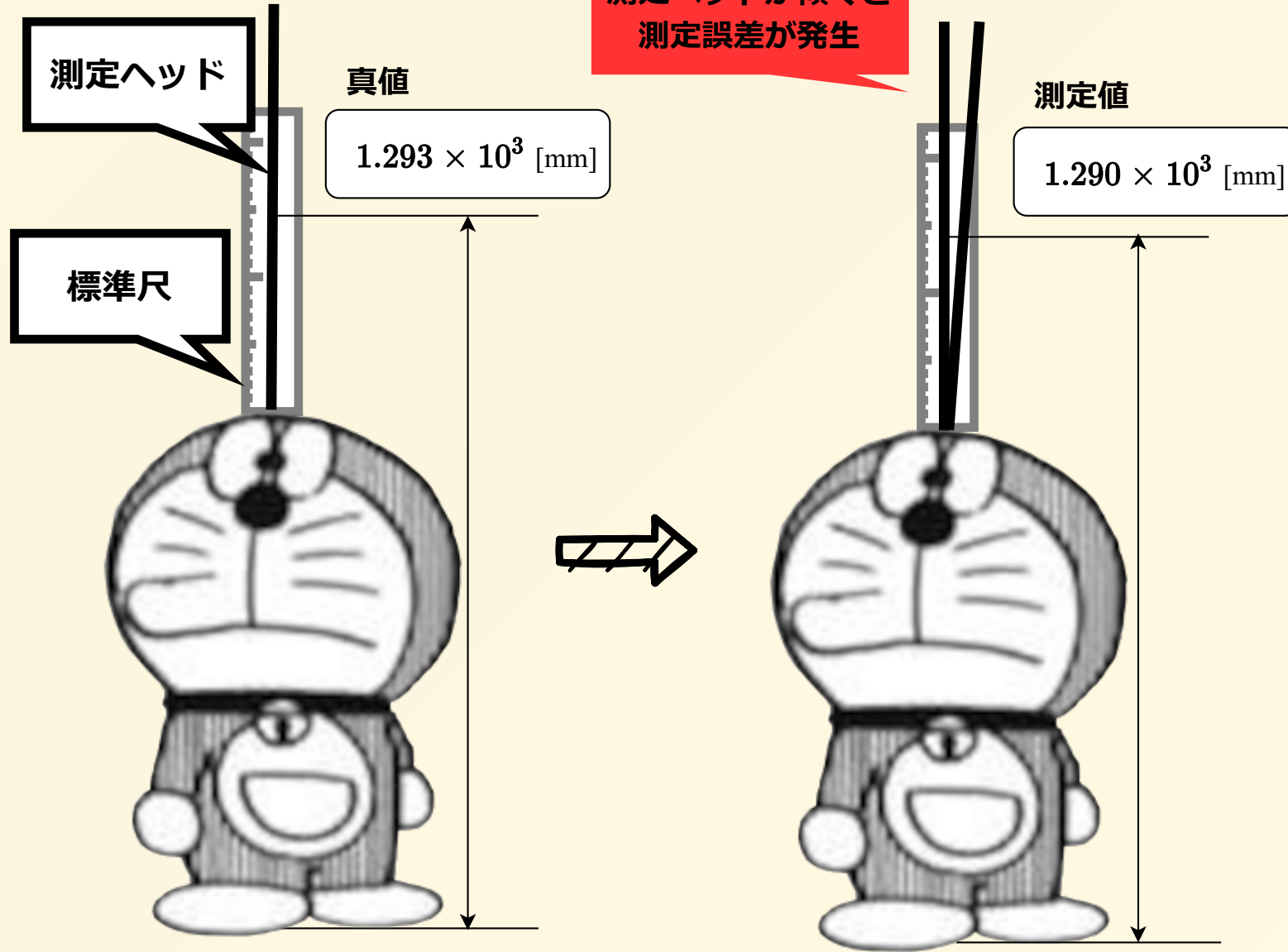
測定ヘッドが測定方向に垂直

測定ヘッドの傾き θ による
幾何学的誤差 δ_a

$$\delta_a = h \tan \theta \cong h\theta$$



測定例2

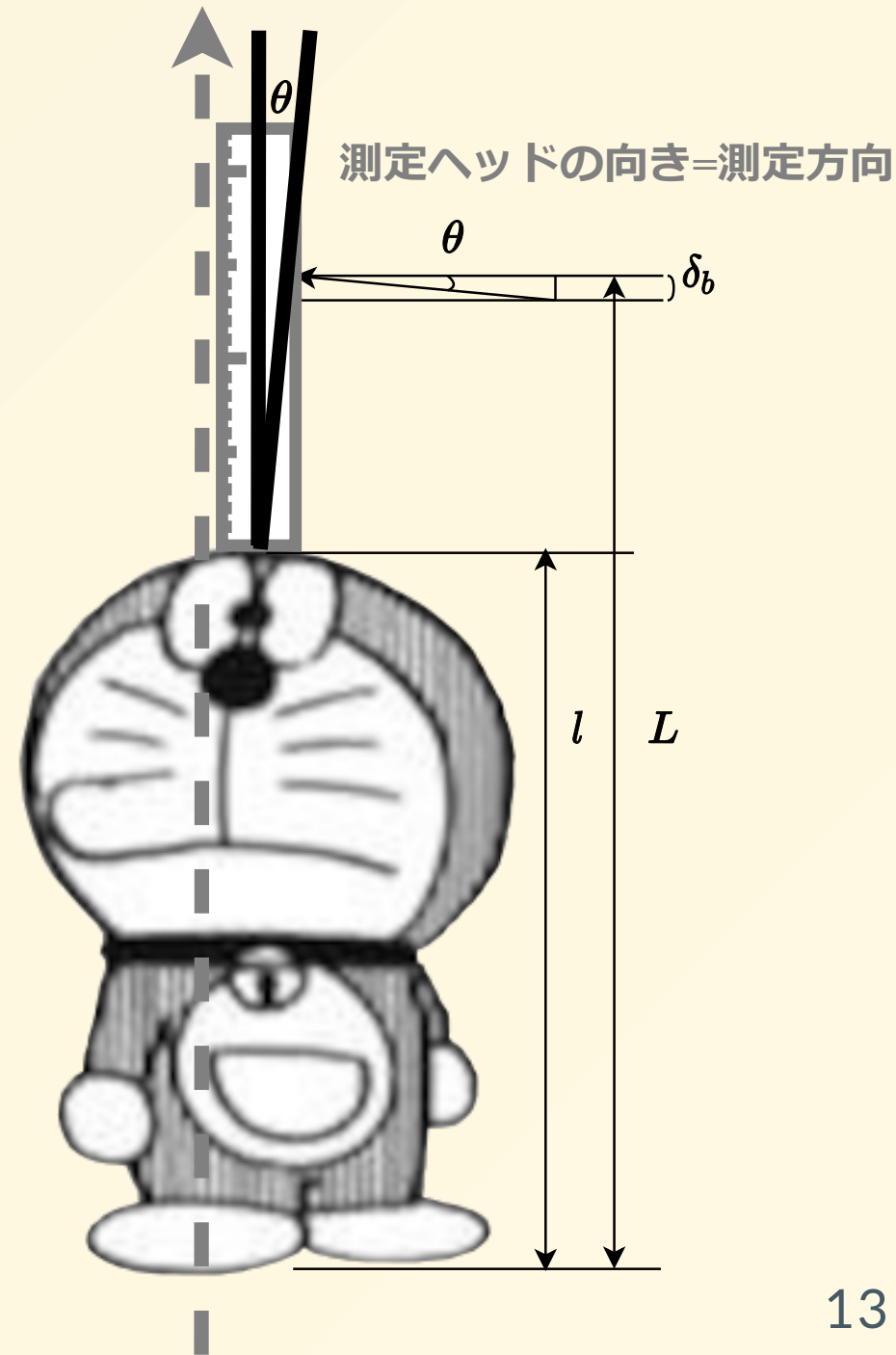


測定誤差の計算

測定ヘッドが測定方向と
同一直線上

測定ヘッドの傾き θ による
幾何学的誤差 δ_b

$$\begin{aligned}\delta_b &= (L - l)(1 - \cos \theta) \\ &\approx \frac{L - l}{2} \theta^2\end{aligned}$$



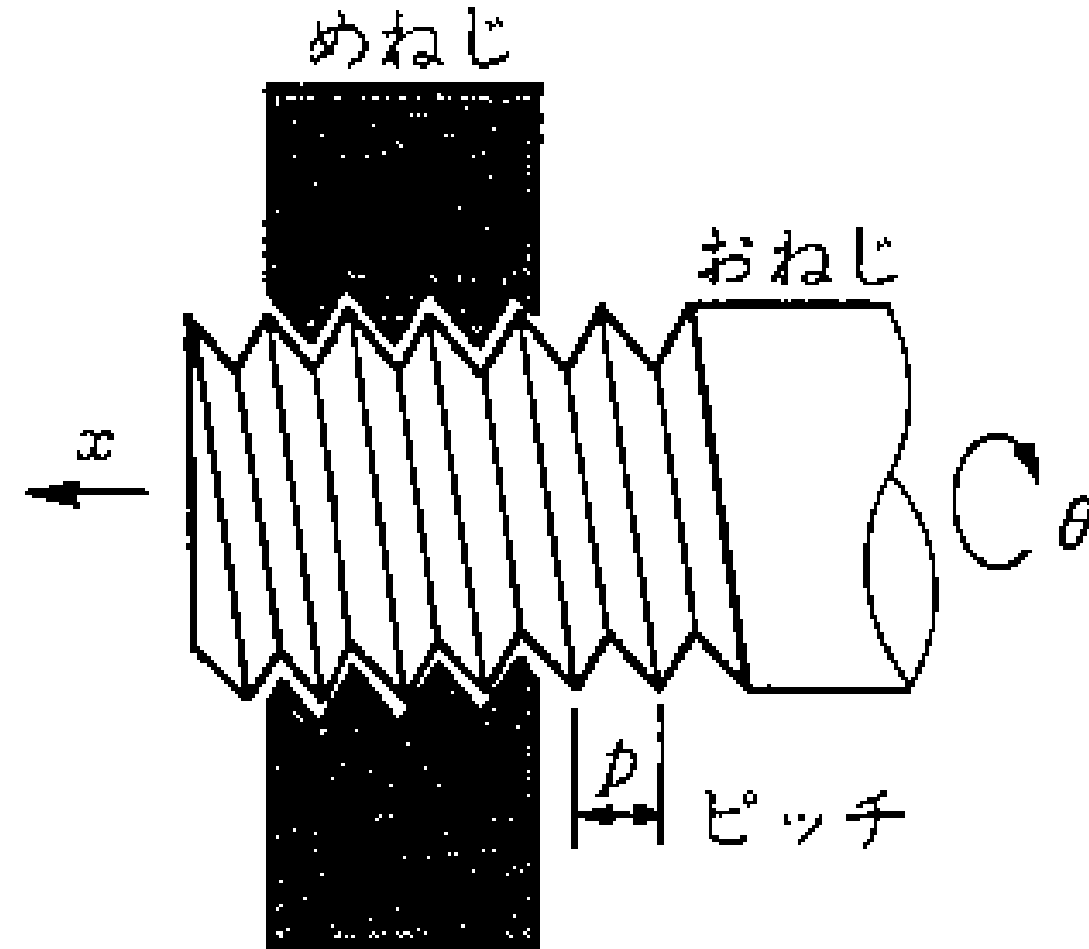
ねじによる拡大

ねじの移動量 x と回転角 θ の関係

$$\theta = \frac{2\pi}{p}x \quad (2)$$

p はねじのピッチ

- 補足： $\frac{\theta}{2\pi} = \frac{x}{p}$ を変形
(1周に対する角度比, ピッチ比)
図の引用元：教科書 p.109

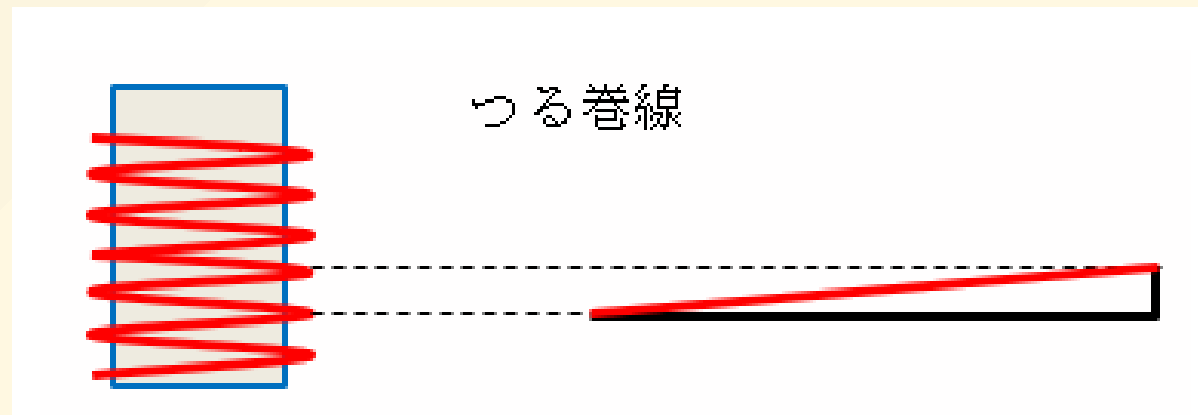


2条ねじ

- さっきまでは1条ねじの話、
リード=ピッチ($L = p$)
- リード：1回転で進む距離
- 2本のつる巻き線なので、
リードは1条ねじの2倍
 $L = 2p$
- n 条ねじは、 $L = np$

図の引用元：

[ものづくりウェブ](#)

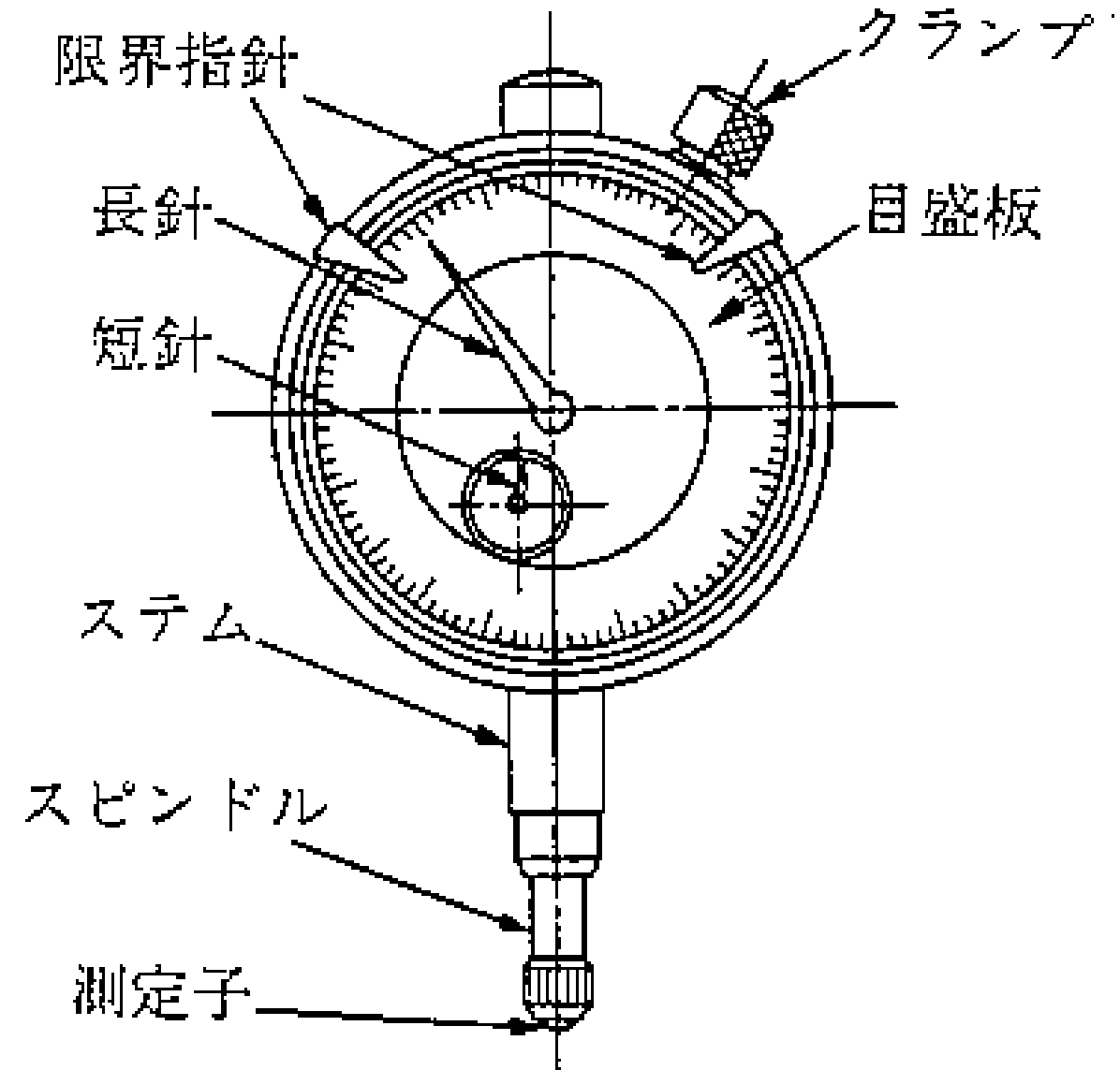


測定機器への応用例

ダイヤルゲージ

- 歯車を用いた比較測長器
- スピンドルの直線運動を
ピニオンの回転運動に変換
- アッベの原理に基づいて
作られていない。

図の引用元：教科書 p.109

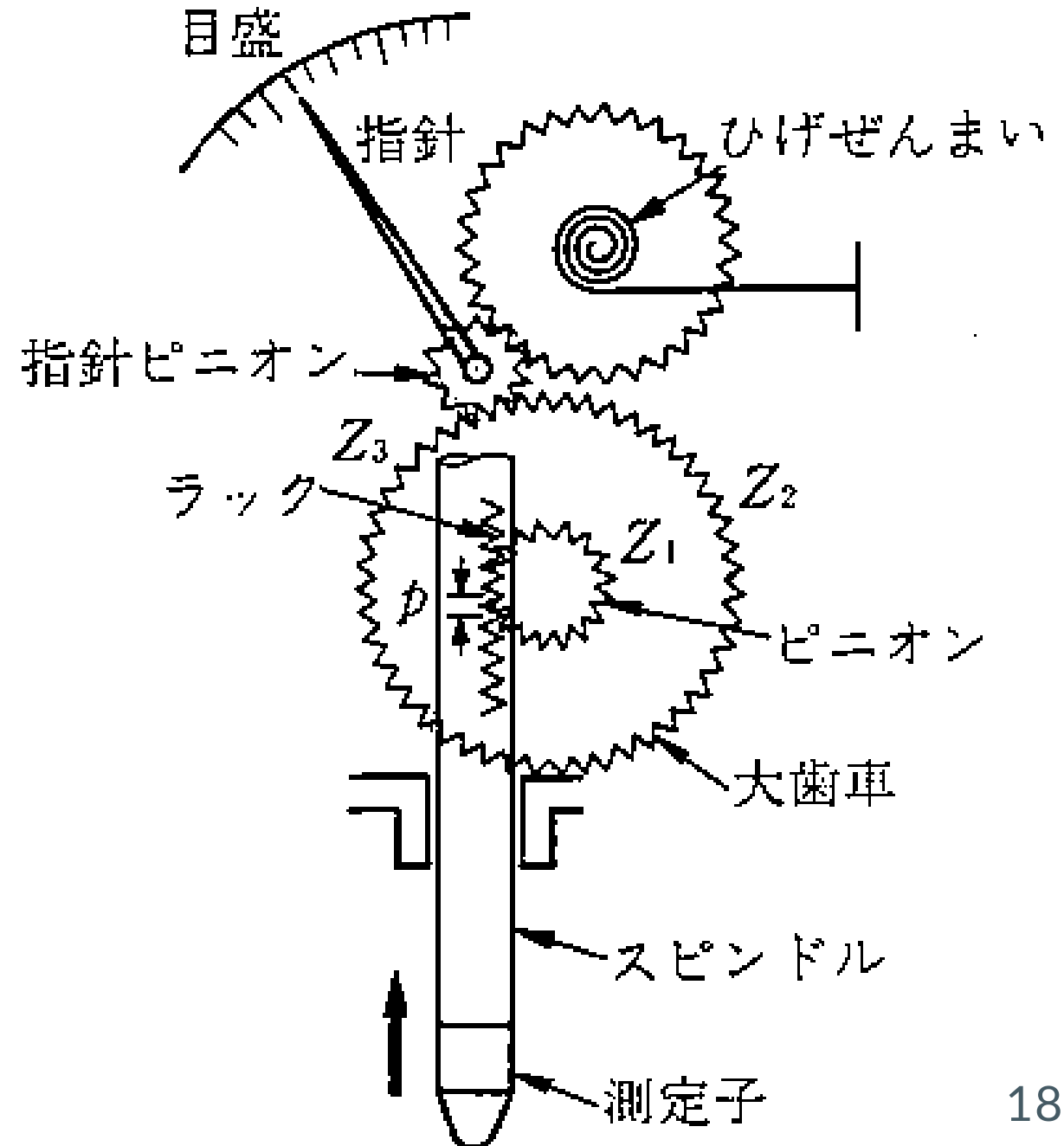


(JIS B 7503)

ダイヤルゲージ原理

- スピンドルのラック(ピッチ p)がピニオン(歯数 Z_1)と噛み合う
- Z_2 から Z_3 に回転が拡大して伝えられる ($N_2 < N_3$) **歯車による拡大**

図の引用元：教科書 p.109



原理続き

ダイヤルゲージの目量(目盛りに対応する測定量の大きさ) s

$$s = \frac{pZ_1}{M(Z_2/Z_3)} \quad (3)$$

M は目盛り板の目盛り数

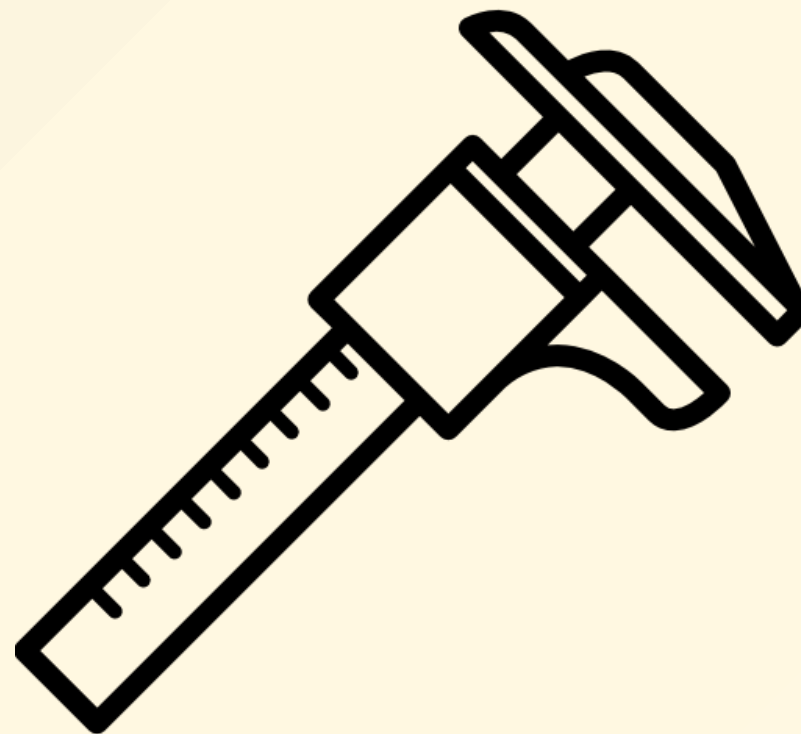
- ひげぜんまいによりスピンドルが戻る方向にトルクを作用し、歯車のバックラッシを除いている。
- 歯車の製作誤差、軸受の遊びなどのため精度(確度)はよくない。

ノギス

- 対象の厚さ、径などを測定
- 本尺とスライドする副尺
- $\frac{5}{100}$ mm 単位までの精密な長さの測定が可能
- 目盛りと測定位置が離れているので、アッベの原理に従っていない。

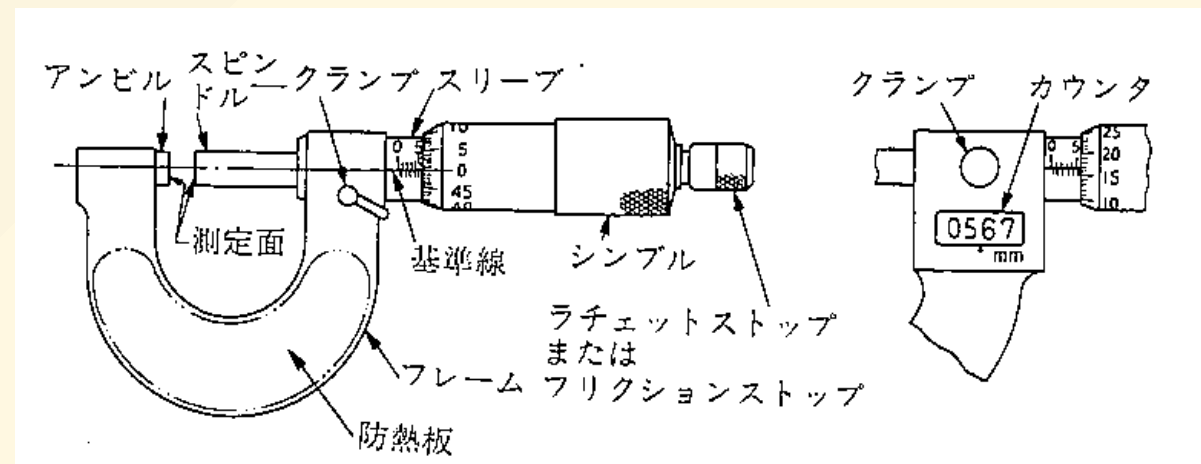
文章引用元：

[キーエンス測定器ナビ](#)



マイクロメータ

- スピンドルとアンビルの間に被測定物を挟んで測定
- 測定方向と測定ヘッド(スピンドル)が同一直線上
→ **アッベの原理を満たす**
- $x \propto \theta$ より、
 θ から x を導出可能
→ **ねじによる拡大**



図の引用元：教科書 p.110

最後に

アッベの原理と工作機械について

- 直交座標型工作機械：加工点や測定点を、測長ユニット・駆動ユニットの上に配置することが困難→**アッベの原理を満たせない**
→出力点の位置決め精度が誤差の影響を受けやすかった。
- 空間3自由度パラレルメカニズムを用いた三次元座標測定器の研究
最も測定誤差が小さくなる

引用元：大岩孝彰, 玉木雅人, 「6自由度パラレルメカニズムにおけるアッベの原理に関する研究」, 日本機械学会論文集 C編, vol. 69, no. 678, pp. 472–477, 2003