NMIJ法定計量セミナー2026

メートル成立までの長さの単位の変遷

日本計量史学会
山崎 敬則

2026年 9月18日
東京ビックサイトにて

長さの由来

▶人体の部位の大きさに基づいた単位

▶植物の種子から導かれた単位

▶地球の大きさに基づく単位，密接に関係するのが特定の地点(重力場)で振動する振り子の長さ

▶理論的長さと等価にすることができないため，恣意的(arbitrary)と呼ぶべき重要な長さ

自然由来は科学者の悲願

Herbert Arthur Klein：The Science of Measurement −A Historical Survey−, 1988
黒須茂：メートル法以前の“長さ”の単位の変遷, 2009

人体の部位

B.C.
535-475

ヘラクレイトス：万物は火である
万物は流転する
Heraclitus



Wiki: PDM



B.C.
480-421

プロタゴラス：人間は万物の尺度である
Protagoras

inch：親指の幅
古英語(450～1150)のunch, yncheが由来
これらはラテン語で1/12を意味するunicaから

feet：足の大きさ= 12×inch
男性12名で調査．足の大きさはおおむね12倍

大日本図書：https://www.dainippon-tosho.co.jp/unit/list/in.html

植物の種子



Wiki: PDM

1284
1327

エドワード２世
Edward II (英)

３粒の大麦(barleycorn)を縦に並べた長さを1 inchと定義

1 barleycorn= 1 line, 12 lines= 1 inch

※バーリーコーンは，現在でも靴のサイズ表記に使われている

1 barleycorn＝8.47 mm

1154
1399

プランタジネット王朝
Plantagenet (英)

質量の定義にも植物が用いられた

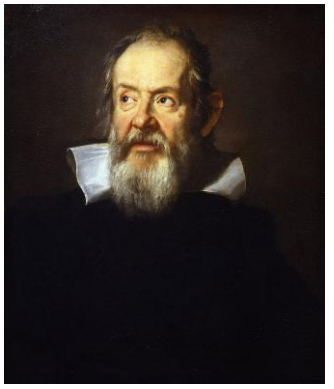
1 pennyweight= 32 wheat corn (seeds)

※小麦(wheat seed) 1 粒の質量は，平均で48.6 mgとの記述

黒須茂：メートル法以前の“長さ”の単位の変遷, 2009

自然由来の礎

自然：秒振り子



Wiki: PDM

1583 ガリレオ：振り子の等時性を発見
Galileo Galilei (伊)

まだ学生!!

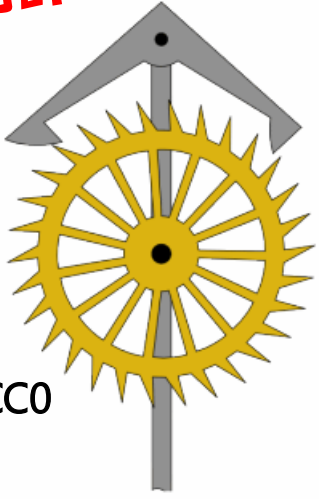
教会の天井に吊り下げられたランプがゆれているのを見て，
揺れの大きさにかかわらず，１往復する時間は同じ，と気付く．

1637 ガリレオ：等時性を活用した振り子時計を考案も，未完成

1656 ホイヘンス：等時性を持つ振り子はサイクロイドに沿う
Christiaan Huygens (蘭)

振幅を制限する当て板を設置 ➡日差10～15秒

ホイヘンスの振り子時計



Wiki: CC0

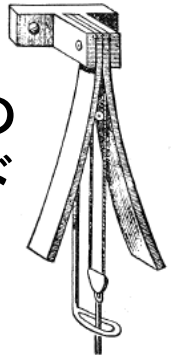
1670 クレメント：フックのアンクル脱進機を改良
William Clement (英), Robert Hooke (英)

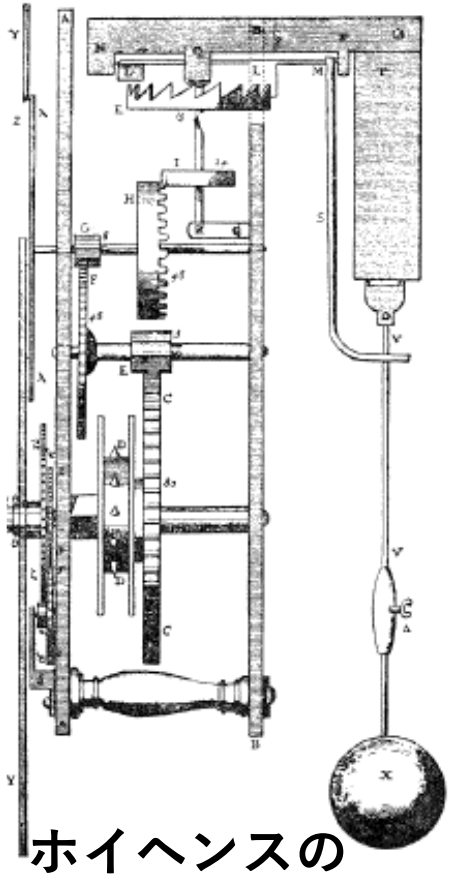
ビックベンなどに設置

土屋健治：機械式時計の歴史1, 2017

自然：秒振り子

ホイヘンスの
サイクロイド
振り子





ホイヘンスの
振り子時計



振り子式塔時計
（ビッグベンのレプリカ）

単振り子　　秒振り子 $T=2\,\mathrm{s}$

$$T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \qquad L=\frac{g}{\pi^2}$$

パリ: $g=9.809\ \mathrm{m/s^2}$ ➡ $L=0.9939\ \mathrm{m}$
東京: $g=9.798\ \mathrm{m/s^2}$ ➡ $L=0.9927\ \mathrm{m}$

$$g=\pi^2=9.8698$$

○。。

ダンネマン，安田徳太郎訳：大自然科学史 5 , 1980
振り子時計の誕生：https://museum.seiko.co.jp/knowledge/MechanicalTimepieces03

自然：子午線



Wiki: PDM

1615 スネル：初の三角測量による測量
Willebrord Snell (蘭)
緯度差1度に対する子午線弧長を107 kmと測量

1669 ピカール：望遠鏡付の経緯儀を使って測量
Jean-Felix Picard (仏)
緯度差1度の子午線弧長を112.2 kmと測量，現代と0.3%程度の差異

フランスは3回測量！

地球は真球と考えられていた

1670 ムートン：緯度差1分相当の子午線長を標準単位とする提案
Gabriel Mouton (仏)
短い長さを天体観測から精度よく求めることは困難，秒振り子支持

1713 カッシーニ：ダンケルクーペルピニャン間(8度30分)を測量
Jacques Cassini (仏)　地球は南北に長い回転楕円体(長球)と提唱

1739 ラカイユ：再測量により地球の扁球を確認
Louis de Lacaille (仏)

黒須茂：メートル法以前の“長さ”の単位の変遷, 2009

度量衡統一の動機

18世紀のフランス：　1トワーズ＝864リーニュ

700～800もの異なる名称，同名称でも大きさの異なる尺度が使われていた

コンダミーヌ：尺度の不当な混乱を排するよう提案(1747)
Charles Marie de La Condamine (仏)

ミラー：尺度の混乱は，悪党や詐欺師を利するだけ
John Riggs Miller (英, 議員)

改革者(Reformers)の主張

- 専横的な単位，特にking's footによってはならない
- 原型が失われても，簡単に再現できるものでなくてはならない
- 自然から導かれて，すべての国に受け入れられる普遍的なものでなければならない
- 一般の人々が通常備えている以上の計算能力を必要とすべきでない

Tore Frängsmyr, et al.：The Quantifying Spirit in the 18th Century, 1990

国民議会



Wiki: PDM

1789.7 **フランス革命始まる**

バスティーユ牢獄襲撃

1790.3 **タレーラン：国民議会で演説**

Charles Maurice de Talleyrand-Périgord (仏, 議員)

議会は，歴史や王の布告に基づく度量衡を採用するのではなく，全人類共通の財産である自然をもとに，その基準となる度量衡を決めるべきである． (中略)

なぜなら，その度量衡を実際の形に表すために人間が作成した基準器が歳月を経て劣化した際に，これを作り直すことができるのは，度量衡が自然を基準にしたものである場合だけだからだ．

コンドルセの助言

秒振り子の長さを念頭

ケン・オールダー，吉田三知世訳：万物の尺度を求めて, 2006

国民議会

タレーラン：振り子実験，英米の協力を仰ぐ
北極と赤道の中間 ➡ 北緯45度の地点
海抜ゼロで擾乱をもたらす山などがない ➡ ボルドー郊外

ミラー：ロンドンでの実験を主張
John Riggs Miller (英, 議員)

ジェファーソン：アメリカの中央緯度，北緯38度を主張
Thomas Jefferson (米, 国務長官)

1790.5

国民議会：タレーランの議案を承認
振り子の実験は北緯45度，あるいは，
その他望ましいと思われる緯度で実施で行う

科学アカデミー(Académie des sciences)に諮問
ボルダ，ラグランジェ，ラボアジェ，ティレ，コンドルセ
Borda(仏), Lagrange(伊), Lavoisier(仏), Tillet(仏), Condorcet(仏)

ケン・オールダー，吉田三知世訳：万物の尺度を求めて, 2006

国民議会

1790.10 国民議会：科学アカデミーに３案の検討を依頼

(1) 秒振り子の長さ
(2) 地球の赤道の長さ
(3) 地球の子午線の長さの1/4

ボルダ，ラグランジェ，ラプラス，モンジュ，コンドルセ
Borda(仏), Lagrange(伊), Laplace(仏), Monge(仏), Condorcet(仏)

1791.3 国民議会：答申により子午線を採用

十進法移行の影響も

基本単位(１メートルの長さ)が，別の単位(１秒という時間)に依存することになる ➡ 時間が変化したらどうなるか？(ボルダ)

北緯45度地点の重力加速度に基づくことは，公平の見地から望ましくない．この点，子午線は全地球を蔽っている．

世界の度量衡統一のような大事業には，相応の大掛かりな仕事をして世界の注目と驚嘆を集める必要がある．

土岐光：国際単位系(SI)よもやまばなし, 1988

子午線計測

1792.6



Wiki:
PDM



ドランブル：
Jean-Baptiste Joseph Delambre(仏)

ダンケルクーロデーズ間を担当

測量用の塔を建てていたところ，
地元住民に反革命者と指摘される
➡ 公安委員会命令で測量から解任

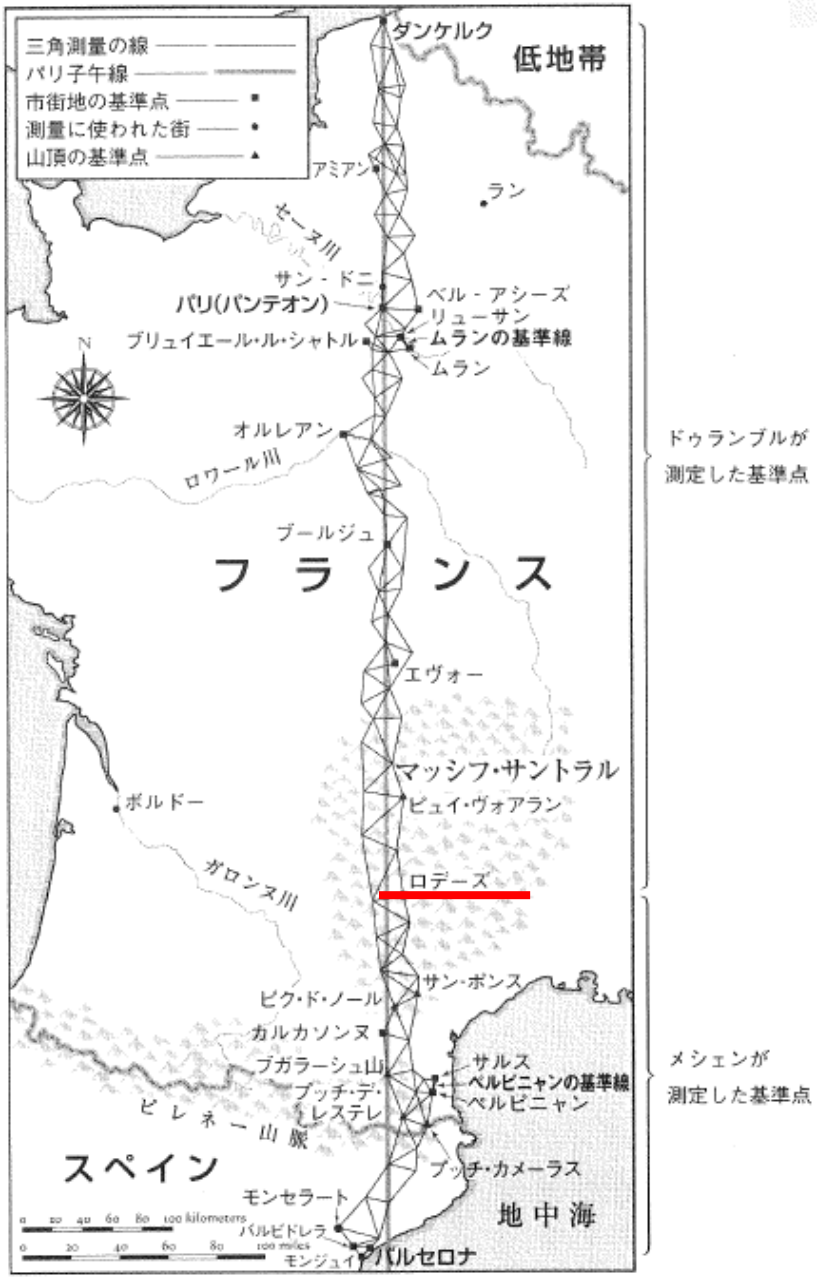
メシェン：
Pierre François André Méchain(仏)

バルセロナーロデーズ間を担当

測地学のデータがフランス革命軍に
利用されることを恐れ出国不可
さらに，バルセロナの銀行口座凍結

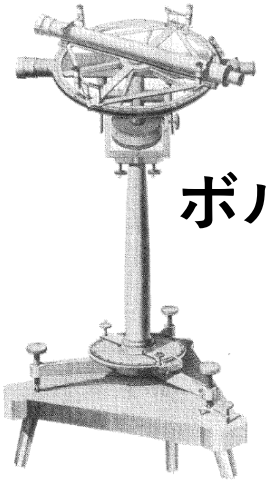
1798.6

6年の歳月を経て測量完了



ケン・オールダー，吉田三知世訳：万物の尺度を求めて, 2006

子午線計測



ボルダの測角器
反復法により
測定精度
1.5秒以内

メシェンとドランブルの測量

地球は，回転楕円体ですらないことが判明

そもそも，短い子午線測量をもとに
全体の長さを求めてよいのか？

ダンケルクーバルセロナ間　：偏心度 1/150

ラップランドーエクアドル間：偏心度 1/334
(フィンランド北端) セルシウス：
Anders Celsius(瑞典)



地球の子午線(ダンケルク～バルセロナ)

1799

国際委員会：苦渋の決定

フランス主導，オランダ，デンマーク，
スペイン，イタリアから委員

1/150 ➡ 443.44　リーニュ(ligne)

1/334 ➡ 443.296 リーニュ(ligne)　0.144 ligne = 0.325 mm

＝1 m

短くなった

計量のひろば, 2024

ケン・オールダー，吉田三知世訳：万物の尺度を求めて, 2006

メートル成立まで


Wiki: CC BY-SA 4.0

1799.6 **国際委員会：ルノワールに依頼**

アルシーブ原器(Mètre des Archives)

材料は白金，原器4本が製作された．
25.3×4 mmの矩形断面，最も真値に近いものを確定原器とした

1799.9 **パリ周辺地域でメートル義務化**

1801.9 **フランス全土でメートル義務化するも普及進まず**

当時のフランス，人口2500万 ➡ 50万本の定規が必要とされた
やっと手に入れた定規 ➡ 同じ店で買っても 1 mm 以上のばらつき

砲兵局：数学的に正確に決められた砲弾の重さと口径の比が狂う
➡ メートルを拒否

1812 **ナポレオン：**

高田誠二，単位の進化, 2007
ケン・オールダー，吉田三知世訳：万物の尺度を求めて, 2006

メートル成立まで

1820　オランダ，ベルギー，ルクセンブルクで義務化

1835　スイス12州で義務化，1851 全土に

1840　フランス，再度義務化

1852　スペイン，ポルトガル

1861　イタリア，1870ドイツ

どの国も一進一退

1848　ラテンアメリカ

1848 チリ，1853 コロンビア，1857 メキシコ，1862 ブラジル
1862 ペルー，1863 アルゼンチン，1863 エクアドル

1875　メートル条約批准：17カ国

1884 イギリス，1885 日本

米，アルゼンチン，伊，オーストリア，スイス，スウェーデン，
スペイン，デンマーク，独，ノルウェー，ハンガリー，仏，
ベネゼエラ，ペルー，ベルギー，ポルトガル，露

ケン・オールダー，吉田三知世訳：万物の尺度を求めて, 2006

おわりに

17～18世紀のフランス

名だたる科学者が揃った黄金時代

自然から導かれる単位を構築

- ✓ 専横的な単位，特にking's footによってはならない
- ✓ 原型が失われても，簡単に再現できるものでなくてはならない
- ✓ 自然から導かれて，すべての国に受け入れられる普遍的なものでなければならない
- △ 一般の人々が通常備えている以上の計算能力を必要とすべきでない

Tore Frängsmyr, et al.：The Quantifying Spirit in the 18th Century, 1990