

論文

「近代日本の計量関係実物資料の成立過程の研究」* —伊能忠敬基準尺の再実測—

大 網 功**、高 田 誠 二***、
仙 田 修****、小 宮 勤 一*****

1 総括

1. 1 はじめに

我々は、伊能忠敬が全国測量を行ったとき使用したと考えられる基準尺2本を実測する機会に恵まれた。以下、その実測の経過と結果について報告する。

我々は、独立法人国立科学博物館、佐々木勝浩氏を代表とする特定領域研究(1)「我が国の科学技術黎明期資料の体系化に関する調査・研究」(略称「江戸のモノづくり」)の計画研究の一つ、「近代日本の計量関係実物資料の成立過程の研究」を担当することになり、平成14年度から具体的な研究を進めている。

国立科学博物館では、平成9(1997)年より行われた産業技術史調査研究計画の一環として平成11(1999)年に「計量関係資料調査委員会」が設置され、計量関係の歴史的実物資料の調査研究が開始された。この研究は、日本計量史学会前会長、岩田重雄氏および現理事、高田誠二(北大名誉教授、現久米美術館参事)が同学会をバックに進めてきたものである¹⁾。

本研究は、この研究の後を受けて計量関係の実物資料のさらなる調査と実物資料を三次元座標測定機や音響式体積計、精密天秤などを用い

て実測し、この実測結果による研究と諸外国の計量関係資料との比較研究によって尺貫法からメートル法に至る歴史的経緯の一端を明らかにすることを目的としている。

特定領域研究(1)による研究の体制が成立して以来、国立科学博物館理工学研究部の配慮のもとに、同部の資料収蔵室の一部に実測のためのスペースが用意されて、実質的な活動が開始された。本報は、その第一段階について述べるものである。

この論文は4節からなっており、平成15年10月18日に江戸東京博物館で発表した4人の報告者によってそれぞれまとめられたものである。各節の担当者は次の通りである。

- | | |
|-------------|-----------------------------|
| 1. 総括 | 大網 功 |
| 2. 測定装置と測定法 | 小宮勤一 |
| 3. 測定結果 | 故 仙田 修
(没後、高田によってまとめられた) |
| 4. 考察 | 高田誠二 |

1. 2 伊能尺について

佐原市の伊能忠敬記念館には、伊能が測量に際し基準にしたと考えられる物指(以後、伊能尺と呼ぶ)2本が保管されている。この物指は日

* 原稿受付 2004年2月25日 本稿は計量史をさぐる会2003(平成15年10月18日 江戸東京博物館)での研究報告を基に補足し、整理したものである。

** 会員 〒365-0078 埼玉県鴻巣市加美 2-8-3

*** 会員 〒168-0065 東京都杉並区浜田山 4-17-7

**** 会員 〒341-0003 埼玉県三郷市彦成 3-8-1-301

***** 会員 203-0023 東京都東久留米市南沢 2-11-2

本近代の「尺」の起源に関わるとされてきた。本研究の一環として、我々は伊能尺2本を同館の好意により借り出し、測定することができた。これらの物指は2002（平成14）年12月25日記念館から国立科学博物館新宿分館へ運ばれた。そして直ちに伊能尺は測定機の盤上に横たえられ、温度平衡に達するよう安置された。翌26日、6時間にわたって慎重に測定が行われた。測定機はミットヨ製の三次元座標測定機を用いた。この測定機の測定範囲はXYZ3軸それぞれ300mmまで、最小表示量は $0.5\mu\text{m}$ である。

測定は2つの方法で行った。それは我々が線幅法および十字法と呼んでいるものである（詳細は2.で述べる）。この三次元測定機では15～30℃での測定値は資料の線膨張率を読み込ませておけば、自動的に20℃に換算されるようになっている。測定者は仙田、小宮、高田の3名である。

この伊能尺の2本の物指は真鍮製で、1本は田中丹柳の銘があり、他は無銘である。田中製は端から直ちに目盛りされており、1尺の目盛り線で終わっている。しかもその端のエッジがすり減っていた。無銘尺の方は基準線から目盛りされた1尺の長さの線尺である。両尺とも最小目盛りは1分であるが、各目盛りに垂直に平行線が入っており、目盛り線と目盛り線との間に斜めに線が引かれ、遊尺を有している。この遊尺を使って斜めの線と平行線との交点を読むことによって1厘まで測定できるようになっている。

この両尺とも顕微鏡で見ると目盛り線は幅が広くかつ不均等である²⁾。この伊能尺を、先に紹介した2つの方法で測定した（詳細は、3.で示す）。

1. 3 大蔵省度量衡改正掛蒐集の古尺群

ここで、伊能尺と関連のある幕末の物指について述べる。

江戸時代において杓と秤は座によって統一されていたが、尺度の方は統一されなかった。明治政府は度量衡を統一すべく明治3年大蔵省に度量衡改正掛を置いた。今回は、伊能尺の測定に先立って、度量衡改正掛が蒐集した古尺の内、特に明治初期、基準尺1尺の長さを統一するのに関わった内田五観所有の物指、すなわち享保尺、又四郎尺および折衷尺も測定した。これらの古尺は明治期、度制が敷かれるとき、重要参考品とされた。そして1910（明治43）年農商務省、1941（昭和16）年天野清と今回と3回にわたって測定がなされている^{3), 4)}。これらの測定値を見るとほぼ同じ値を示している（測定結果については3.で述べる）。

内田五観によると、享保尺は徳川吉宗が吹上の庭に圭表儀を設けるときに用いた由緒正しい物指で、紀州熊野神社の古尺を模して作られたという。そして又四郎尺より4厘長いとされている⁴⁾。

又四郎尺については小泉袈裟勝によれば、建築・工作用に使われていた金属製の物指が又四

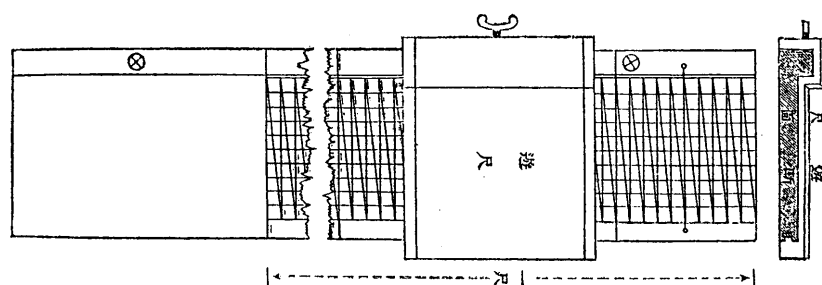


図 1. 1 伊能尺
(大谷亮吉著「伊能忠敬」より転載)

郎尺または木匠尺と呼ばれていたという⁵⁾。内田五観所有の又四郎尺（木匠尺）は大野規行の作である。

折衷尺は内田によれば、伊能が全国測量に際し、享保尺と又四郎尺と長さの異なった物指があつてどちらを使うか困り、享保尺と又四郎尺とを折衷して折衷尺を新たに作り、測量の基準尺として用いたという⁴⁾。すなわち、折衷尺は又四郎尺より2厘長い物指である。小泉によれば、明治政府が尺度を統一するときに、紆余曲折を重ねた結果、折衷尺一つで尺度の統一が図られた。そして、その1尺は10/33メートルとされた⁶⁾。

ここでは、伊能が全国測量に基準尺として使った物指が内田のいう折衷尺であったかどうか、伊能尺を実測した結果から報告する。この課題に対して、過去に大谷亮吉と天野清によって研究がなされていた。

以下に、彼らの研究成果を要約しておく。

1. 4 大谷亮吉による研究

彼の大著「伊能忠敬」において、主に次の2点から、伊能の使った物指が折衷尺でないと述べられている³⁾。

- (1) 伊能の小図に書かれた高橋景保の序文に、当時のフランス基準尺、1 トワズの長さを6尺4寸2分としている。この比較は伊能所用の物指との比較と考えられる。この比較に5厘の誤差を許したとしても、これから換算する1尺の値は

1 トワズ = 1.94904 m とすれば、

1 尺 = 303.35 ~ 303.82mm

となる。五観の折衷尺(15℃で、303.05mm 1910年測定)と較べて1厘以上の違いがある。

- (2) 2本の伊能尺は彼の測量の基準とした物指と考えられる。その長さは15℃で、303.25mmと303.36mm(1909年測定)である。これは折衷尺の長さと異なる。

以上より、伊能使用の基準尺は折衷尺でない。

1. 5 天野清による研究

天野は大蔵省度量衡改正掛蒐集の古尺群を測定して、主に次の3点から、伊能が用いた物指が折衷尺でないとは必ずしもいえないと述べている⁴⁾。

- (1) 伊能の測量器械を製作した人物と‘伊能が全国測量の際、使用した’といわれている内田所伝の折衷尺を作った人物とは同一で、大野弥三郎規行であった。

また、大野規行の子、大野規周が制作した比例尺において、測量尺(寛政年間、日本海岸絵図を作るために制作)は内田所伝の折衷尺に殆ど一致し、又四郎尺との差が1尺につき2厘と考へて作られている。この寸法は伊能測量製図の基本とした物指と一致する可能性が否定されない。

- (2) トワズの換算については、景保が実測した模様もない。伊能の基準尺と結びつけることは必ずしも確実ではない。

- (3) 伊能尺の田中丹柳作は9寸の寸法から1尺を割り出しているが、9寸9分の箇所についての観察によれば、現行の曲尺によるものときわめて近い。故に、伊能尺の1本は内田の折衷尺と本質的に違ふとは軽々しく断定し得ない。

以上より、大谷の結論に全面的に従うのは尚早であるとしている。

1. 6 総括

伊能尺について1. 4、5で述べたように、過去、大谷および天野によって研究がなされてきた。我々は実測の結果から伊能尺について総括してみたいと考える。(詳細は3.4で述べる) トワズとの比較については、メートル条約関係の情報の範囲の考察を、4.で述べる。古尺について実測した結果は3.で詳しく述べるが、先取りして総括すれば、表1.1の通りである。

表 1. 1 実測した古尺 1 尺の値*

20℃での値

尺	測定値(mm)
伊能尺 無銘	303.39 ₆
田中製	303.32 ₉
[端面から 10 寸までの 実測値]	303.22 ₁
享保尺(吉明)	303.68 ₂
折衷尺(規行)	303.10 ₅
又四郎尺(規周)	302.61 ₂
新発田藩測量尺	303.37 ₂

* この表に示す値は、測定機の測定範囲は 300mm であるが、測微顕微鏡の視野の中で観測できる範囲内で得られたものである。

この結果から次のことがいえる。

- (1) 実測の結果、伊能尺は折衷尺とかなりずれた値を示し、享保尺と折衷尺の中間の値を示している。内田のいう伊能が用いた物指の値とは異なる。実測の結果からすれば、これら 2 本の伊能尺は折衷尺ではないといえる。しかも、新発田藩が測量で用いた物指は実測の結果、伊能尺の実測値とかなり一致した値を示している。
- (2) 天野がいつている伊能尺の 1 つ、田中丹柳作の物指について、今回は端面から 10 寸までの長さも実測している。その結果、303.22₁ mm であって、折衷尺からかなりずれている。これから見ると天野がいつている「9 寸 9 分の箇所では現行の曲尺に依るものときわめて近い」という箇所⁴⁾は、天野が簡便な方法で実測して認めた局所的な判断にすぎないと考えられる。

2. 測定装置と測定法^{7), 8)}

物指の目盛りの測定には三次元座標測定機を使用した。

2. 1 三次元座標測定機

精密測定の対象になる機械部品の多くは三次元的な形状を持っているが、従来はこれらの部品の測定・評価をおこなうには、一次元の測定・評価に限定し、それを二次元、三次元的に複合して行われてきた。これに対して三次元測定機は図 2. 1 に示す様に、プローブと呼ぶ接触子の三次元空間 (XYZ 空間) での座標が光学スケールやレーザ干渉計などによって測定できるようにした装置である。

三次元測定機の構造形式は多数あるが、今回使用したのは カンチレバー Y 軸移動型と呼ばれる形式である。測定者に対して前後方向に Y 軸があり、カンチレバーの X 軸が左右方向に置かれる。Z 軸はカンチレバーに取りつけられた垂直軸になる。

駆動方式は空気軸受けを用いた方式で、手動によって簡単にプローブを移動する事が出来る構造である。また各軸にはマイクロメータ方式の微動装置がついていて、微小距離の移動が容易になっている。プローブの種類が多くあるが、今回の測定は物指の目盛り間隔、および目盛り線の太さの測定が目的なので、標準品のプローブを変更し、替わりに測微顕微鏡 (倍率 30) を取りつけた。又、この目的のためにカウンタウエイトの調整など標準の仕様に対して若干の変更が必要であった。各軸の移動量測定にはモアレスケール、磁気スケールなどが用いられているが、本装置では、光学的なリニアエンコーダが用いられている。

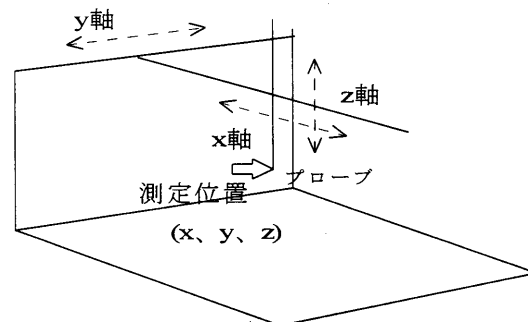


図 2. 1 三次元測定機

図 2. 2 にその原理を示す。本装置で使用しているのはガラスを用いた光学格子（メインスケール）である。メインスケールの格子間隔は数 μm で、測定軸に固定され、その軸の移動のときに一体となって動く事になる。インデックススケールはメインスケールと同一のピッチで格子が刻まれていて、A、B は互いに $1/4$ ピッチだけずれている。インデックススケール、二つの光電素子 A、B 及びメインスケールの後方から平行光線を照射する光源は固定されている。

光源とインデックススケールの間をメインスケールが移動する事を考える。メインスケール、インデックススケール A を通過し光電素子 A によって検出される光の強度は、メインスケールの移動に伴って正弦波状に変化する。B の光電素子にも同じ空間周波数の正弦波が検出される。但し両者の信号は互いに $1/4$ 波長の位相差があり、この二つの信号を利用するとメインスケールがどちらの方向に移動しているかを判断する事が出来る。

さらにこの二つの信号をデジタル処理する事によって 1 ピッチの $1/4$ 分割の信号を得ることができる。すなわち分解能を $1/4$ にする事ができる。

又、この二つの信号、及び A の信号から得られる $1/2$ ピッチ位相の違う信号の 3 つの信号から得られる電圧を抵抗によって分割し、 $1/8$ の分解能を得ることも可能である。

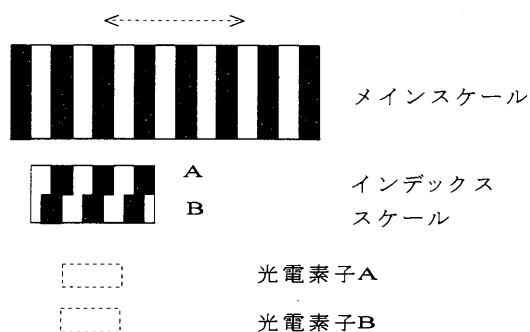


図 2. 2 リニアエンコーダ

2. 2 三次元測定機とコンピュータ

三次元測定機に付属しているコンピュータの役割は、測定データの処理と、各軸の駆動制御である。しかし、本装置においては駆動が手動で行われているので、コンピュータの機能はもっぱら測定データの処理に用いられる。

三次元測定機の機能として、形状測定、長さ測定、中点測定、角度測定など多数の測定におけるデータ処理機能を持っているが、ここで使用したのはあとで述べる様に、長さ測定だけであるので、それに関係した機能だけを述べる。

温度補償：測定物体の熱膨張係数を入力する事により、ある基準温度における長さを表示する事が出来る。この目的の用いられる温度センサ二個を有する。

測定データの記憶：測定データを 100 個の範囲で記憶する事が出来る。

2. 3 使用した三次元測定機の測定精度

測定範囲：X, Y, Z 軸 各軸 300mm

測定精度：指示誤差 $(3 + 4L/1000) \mu\text{m}$ 従って 300mm の測定で $4.2 \mu\text{m}$

表示：デジタル mm 単位で小数点以下 4 けた

最小表示量：0.0005mm

（測定のデータとして小数点以下 4 桁目を四捨五入して小数以下 3 桁を採用している。この理由は測定対象が目盛幅 数十 μm の目盛り線である事、及び測定機の設置条件を考慮した結果である。）

2. 4 測定方法

今回の測定の対象は一次元の物指である。従って三次元測定機の一軸のみを使用する。今回は Y 軸に平行に物指を置いて目盛りを読み取った。又、物指の設置は X、Z の値がそれぞれゼロに近い位置とした。X、Z の値がゼロから離れた場合の測定に与える影響、及び高さの影響が考えられるが、予備実験においてその大きさは

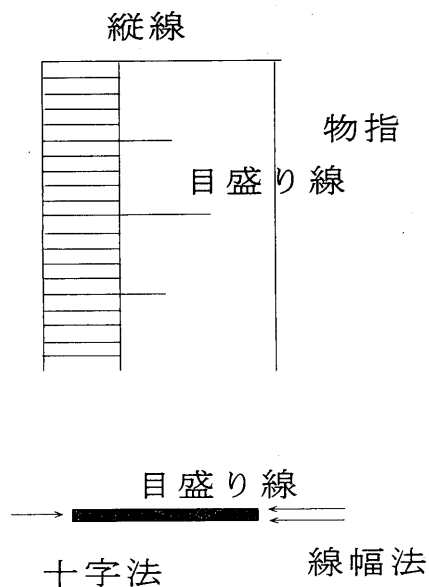


図 2. 3 目盛り線のあわせ方

問題にする測定の精度には影響しない事を確かめてある。又温度の影響は測定機の温度補正の機能を利用しているので、温度の設定条件を頻繁にチェックする事で除かれている。

- 1) 測定対象の物指の目盛りに直角に切られている直線を1つ選び、Y軸に平行になるように物指を設置する。
- 2) 各目盛り線の幅の中心線を想定して、そこに直接測微顕微鏡の十字線を合わせて位置を測定する。測定の間隔は1寸、2.5寸等である。この測定をここでは“十字法”と呼ぶことにする。
- 3) 各目盛り線の両縁の位置を測定して、線幅の中心点を出し、その中心点から中心点まで測定する方法を“線幅法”と呼ぶことにする。十字法、線幅法の何れかを選択して測定を行う。
- 4) 1本の物指について、最初、左目盛りで設定し、“線幅法”と“十字法”で測定する。さらに、物指を180度回転して目盛りを右目盛りとし、同様の測定を行う。

3. 測定結果

3. 1 はじめに

「物指」は、構造が簡単であり取り扱いも容易なので、古来、長さ計として用いられてきたが、物指自体の精密さは、それが作られた時代、材質、技術などで異なる。

我々は、伊能忠敬が測量の基準としたとされる物指（本節では伊能尺と呼ぶ）の現代的な再測定（三次元測定機による測定）に先立ち、現時点で国立科学博物館に保管されかつ過去（ただし明治以降）に既に測長されている複数の物指についての再測定を試み、新旧測定値を比較した。それは、幕末期ないし明治初期の物指を現代の測定機で測定するという作業の経験を積むために、また、この種の作業に伴い得る誤差の程度を評価するために行ったものである。実際には、表 3. 1 と表 3. 2 に列挙する古い物指を対象とし、過去になされた測定の結果^{3), 4)}を参照値とみなし、当時の測定値と、今回あらたに得られた値とを比較検討した。結果は 3. 2 後半に述べる。

次に、今回の主対象である伊能尺2本の測定を行ない、その結果と、同対象について1909(明治42)になされた測定の結果³⁾とを比較検討した。結果は 3. 3 に述べる。

更に、伊能尺との関連が予想されしかも現時点で国立科学博物館での測定の対象として利用できる物指2本についても測定と検討を行った。結果は 3. 4 に述べる。

なお、今回の測定値は20℃での値に自動補正されたが、旧測定値との比較の場合に必要な温度補正に関しては、測定対象の物指の材質がすべて真鍮なので、温度膨張係数としては次の文献値³⁾を採用した。

$$18.3 \times 10^{-6} / \text{K}$$

以下、測定結果を示す表において、標準偏差を($\sigma = \dots$)で、新旧差すなわち[新測定値 - 旧測定値]を[D = $\dots$]で示す。

表 3. 1 代表的な古尺の測定結果と新旧差 (単位: mm)

名称	刻字その他	今回の測定値 (σ : 標準偏差)	参考[新旧差]		質量 (単位: g)
			1941年	1909年	
享保尺	詳證館 吉明 ^ㄝ	303.68 (0.006)	303.66 [0.02]	303.68 [0.00]	95
折衷尺	詳證館 二厘長規行 ^ㄝ	303.10 (0.005)	303.07 [0.04]	303.08 [0.03]	100
又四郎尺	裏面墨書 大野氏製又四郎尺	302.61 (0.005)	302.61 [0.00]		100
木匠尺	詳證館 規行 ^ㄝ	302.44 (0.016)	302.40 [0.04]	302.40 [0.04]	—

- 注 1. 今回の測定では、基本的に線幅法・十字法と「右」置き・「左」置きとの組み合わせ毎に各 5 回の観測を行い (前節 2 を参照), 2 人の観測者が交代反覆した後に平均と標準偏差を求めた。
2. 今回の測定値は, すべて温度 20°C に自動的に補正されている。
3. 参考値は温度 15°C に整理されているので, 温度膨張係数 $18.3 \times 10^{-6} / \text{K}$ で 20°C に換算した。
4. 今回の測定値は, 2002 年 10 月上旬から 2003 年 3 月上旬の間に行われた。

表 3. 2 他の古尺の測定結果と新旧差 (単位: mm)

名称	刻字その他	今回の測定値 (σ : 標準偏差)	参考		質量 (単位: g)
			1941年	[D:新旧差]	
比例尺 裏面刻印規周	念仏尺	303.75	303.78	-0.02	310
	享保尺	304.11	304.12	0.00	
	曲尺 (又四郎)	302.54	302.47	+0.07	
	測量尺	303.00	303.00	0.00	
	地球一億三千二百万分の一	303.26	303.29	-0.03	
日本尺原器	藤島常興製	303.03 (0.003)	303.02	+0.01	825
量地尺		303.68 (0.005)	303.72	-0.04	—

差の平均値 = $[0.01 \pm 0.03]$ $n=14$

注 1. ~ 4. すべて表 3. 1 と同じ。

3. 2 古尺の測定

表 3. 1 の「名称」欄には、現時点で国立科学博物館に保管されている物指のうち今回の測定の対象とした古尺の称呼を示す。「刻字その他」欄は、判読し得た限りの情報を示す。続いて今回の測定値およびその標準偏差 (σ) を示す。

これらの古尺については 1910 (明治 43) 年秋に当時の農商務省中央度量衡器検定所 (現、産業技術総合研究所) で測定された結果³⁾ の 20°C 換算値と新旧差 D とを、表 3. 1 の「参考」欄に示した。

更に、これらの古尺は、1941 (昭和 16) 年に、

同所 (名称は商工省中央度量衡検定所と変更されていた) の職員であった天野清によっても測定された⁴⁾ので、その結果の 20°C 換算値と新旧差 D とを、表 3. 1 の「参考」欄に併記した。

また、表 3. 2 は、上述の天野が同じ時期に測定した他の古尺についての、当時の結果と今回の結果との比較である。

さて、新旧差 D は、表 3. 1 と表 3. 2 とを通じて総括すれば、表 3. 2 の下の欄外に示すように

$$[0.01 \pm 0.03] \text{ mm}$$

の程度であった。この数値と、今回の測定の標

準偏差 (σ) の値とを総合的に考慮して、古尺の固有の精度は、

10 μ m (マイクロメートル)

の程度と判断された。したがって、mm (ミリメートル) 単位で表した値の、小数点以下3桁目の表記は、下つきの数字とした。

3. 3 伊能尺の測定

伊能忠敬が測量の基準としたと思われる2本の真鍮製の直尺(いずれも公称1尺)が明治後半に伊能家で発見され³⁾、現在、佐原市の伊能忠敬記念館に保管されている。

我々は、本研究の一環として、記念館の配慮のもとに、これを借用し、2002(平成12)年12月26日に測定することができた。

これら2本の物指は、測定の前日の午後に関係者によって記念館から国立科学博物館新宿分館へ運ばれ、温度平衡に達するように測定室におかれ、翌日、6時間にわたって測定され、夕方に返還された。

2本の物指の一つは、田中丹柳という銘をもち、図1-1に示したような形をしている。他方の物指は、無銘である。

両者は、形状・機能の上で、明らかに異なっている。無銘のほうは、両側に目盛り線のある、一般的な標準尺の形であり、目盛り区間と両端面との間には、目盛りのない部分がある。ところが田中銘のほうは、一方の端面が目盛り区間の一端をなす形で、一種の端面基準の働きもする。

共に、全長は350mm前後であり、短冊状の盤(真鍮製)に、1分(約3mm)間隔に縦長1寸(約30mm)の線が、平行に全長(約1尺すなわち約300mm)にわたって目盛り線として刻まれ、その縦長の目盛り線は、長手方向に平行に刻まれた線群で10分割されている。更に、1分毎に対角斜線を施し、平行線群とこれら斜線との交点に1厘ごとの分割点を設け、遊尺で1「分」より細かい読み取りをすることができる。

両者の目盛り線の傷みの程度は明らかに異な

り、田中銘のほうが著しかった。使用頻度の多さによるものであろう。

これら2本の物指は1909(明治42)年に東京帝国大学理科大学で測定された³⁾。表3.3に、今回の測定値とその標準偏差(σ)を示し、参考欄に旧測定値と新旧差Dとを記す。より詳しくは、表3.5と表3.6も参照されたい。

3. 4 関連する尺の測定

3. 4. 1 新発田(しばた)藩尺

伊能尺に直結することの証拠はないのだが、越後の新発田藩の所蔵であったとされる江戸期の測量器具箱(鈴木一義氏の私蔵)に含まれている物指を一資料として取り上げ、実長を測定した。測定を許された同氏の配慮に深謝する。

この物指は、両方の端面の間に1尺を形成するものである。通常、物指の目盛り面は平面をなすが、この尺では曲面をなしている。最小目盛りは、1分を4等分した2.5厘であり、目盛り線の先端は、肉眼では気が付かないほど小さな「くぼみ」をなしている。物指自体はきれいで、余り使用されてこなかったもののように見受けられた。測定結果は、表3.4上段に示すように伊能尺の結果(表3.3)に近い。新発田藩のこの物指が伊能尺と同じ系に属すると見られるのは興味深い。

ただし標準偏差(σ)がやや大きいのは、室温が13℃から15℃程度に変化する環境で測定がなされたため、温度補正に多少の不備があったためと解される。

3. 4. 2 伊能用尺

以上のほか、国立科学博物館新宿分館所蔵の、伊能が使用したと伝えられる測量器具箱の中の直尺(1尺)1本を、測定の対象に加えた(以下、伊能用尺と呼ぶ)。これは、典型的な平型の物指で、裏面に「矩行作全二厘目盛」と刻まれている。測定結果は、表3.4下段に示すように

302.65mm

で、これは又四郎尺ないし木匠尺の系統に属す

表 3. 3 伊能尺の測定結果 (単位: mm)

[2002 年 12 月 26 日]

名称	今回の測定値 と標準偏差	参考値 (1909年) と新旧差	質量 (単位: g)	備考
無銘	303.39 ₆ ($\sigma=0.005$)	303.38 ₇ [0.009]	650	参考値は 文献 ³⁾ p. 281
田中銘	303.32 ₉ ($\sigma=0.007$)	303.27 ₇ [0.049]	650	の値を 20° Cに換算

表 3. 4 伊能尺に関連する尺の測定結果 (単位: mm)

名称	今回の測定値 と標準偏差	質量 (単位: g)	備考
しげた 新発田尺	303.37 ($\sigma=0.012$)	270	新発田藩所蔵の測量器具中の直尺. 鈴木一義氏所蔵
伊能用尺	302.64 ($\sigma=0.011$)	80	伊能使用と伝えられる直尺. 刻字『規行 作全二厘目盛』, 墨書『江府規行六十五才』

表 3. 5 伊能尺 (無銘) 測定結果の検討 (単位: mm)

測定様式	目盛の位置	今回の測定値	標準偏差 σ	参考値
線幅法	右	303.39 ₅	(0.013)	1909年 303.38 ₇ 文献 ³⁾ p. 281の値を 20° Cに換算
十字法	右	303.39 ₉	(0.013)	
十字法	右	303.39 ₀	(0.015)	
十字法	左	303.40 ₀	(0.005)	
平均		303.39 ₆	(0.005)	新旧差D=[0.009]

表 3. 6 伊能尺 (田中銘) 測定結果の検討

(設定されたゼロ線からの隔たり。 単位: mm)

測定 様式	物指 の 置き方	端 面 の 読み	ゼロ線 の 設 定	9 寸線 の 読み	10 寸の長さ	
					端面で	10 寸線で
線幅	右	—	0 寸線	272.98 ₈		
十字	右	—	0 寸線	—	303.24 ₂	
十字	右	—	0 寸線	273.00 ₄	303.23 ₈	
十字	左	-30.21 ₃	1 寸線	272.99 ₆		303.20 ₉
十字	左	-30.20 ₆	1 寸線	272.99 ₆		303.20 ₂
十字	左	-30.20 ₉	1 寸線	273.00 ₃		303.21 ₂
平均		-30.20 ₉		272.99 ₆ *	303.22 ₁	
標準偏差 σ		0.004		0.007	0.018	

*から1寸は : $272.99_6 \div 9 = 30.33_3^{**}$ * と**とから1尺は : $272.99_6 + 30.33_3 = 303.32_9^{***}$ *** に対する参考値 (文献³⁾ p. 281 の値を 20° Cに換算) = 303.27₇

るものと判断された。

なお、物指の保護を兼ねた紙製の鞘には「江戸府規行六十五才」の墨書があった。文献⁹⁾には大野弥三郎規行(嘉永元年没)とあり、これは1848年にあたる。

これだけでは没年が不明であるが、墨書の六十五才は、彼の晩年であろう。

伊能が蝦夷地測量を幕府から命じられたのが寛政12(1800)年であり、この物指が伊能の測量に利用されたとは思われないが、参考までに記した。

3. 5 測定結果の一覧図

図3.1に全測定結果を示す。

伊能尺については、1909年に得られた値を、今回の値の右に点線の+で示す。新旧差Dは3.6で詳説する。

伊能尺の群と新発田藩尺とが同じ系に属することは、この図から明らかである。

3. 6 測定結果の検討

伊能尺測定にあたり、温度環境には特に注意した。図3.2に、当時の測定室の温度の記録を示す。測定に用いた三次元測定機(ミットヨQM-333)では、測定対象の両端で温度センサーが機能し、15℃～30℃の環境下で高精度測定が保証されており、温度補正係数を入れて設定すれば、その時点での室温(被測定体と周囲2箇所の温度の平均)と標準温度すなわち20℃との差が検出され、自動補正が行なわれる。室温はゆるやかに変化したので、ほぼ30minおきに再設定すれば足りた。

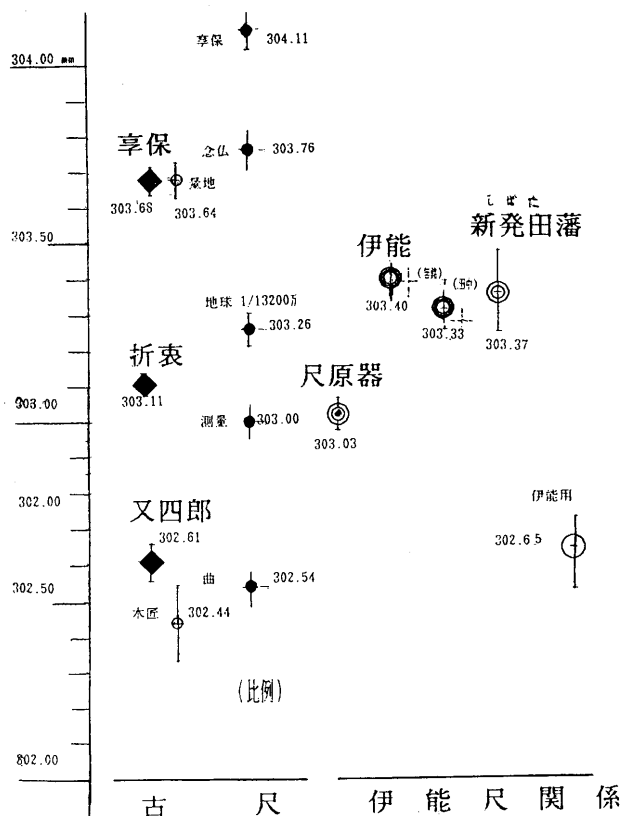


図3.1 伊能尺その他の古尺の1尺の実長
(単位: mm、温度は20℃に統一)

記録紙のデータによれば、測定の前夜は約14℃であったが、当日の朝からは空調が実行された結果、測定の進行時には15℃～18℃の安定した温度条件が確保された。

以下の表で、「測定の様式」とは、2.4で述べた「十字法」と「線幅法」との区別を指し、「物指の置き方」とは、2.4で述べた様に、「視野内で物指の目盛り線が左側に見えるか右側に見えるか」の区別を示す。

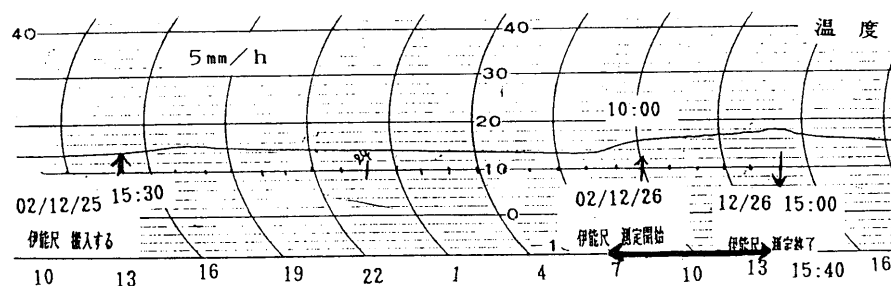


図3.2 伊能尺測定時の室温記録 (°C)

表 3. 5 に、伊能無銘尺に関する諸条件下での測定の詳細を示す。総合評価としては、既に表 3. 3 で示したように、1909 年の測定値との差 D(増分)は 0.009mm に過ぎず、よい一致と判定された。

ところが、田中銘のほうは、一方が端面基準をなす形式の特殊な物指であり、その点は、先行研究³⁾でも重視されて、次のように処理されていた。

田中丹柳作の尺度は其制異様なる為め検定上十分の精密さを保し難きを以て校測として更に其九寸間につきこれを線尺として比較を行ひ一尺の長さを算出したるに全尺の直接比較値と相等しき値を得たり。

ただし、合致の度合いは不詳である。

そこで今回は、既報³⁾に準じて 9 寸の値に留意し、表 3. 6 に示すような諸条件を設定して慎重に測定を進めた。

結果として 0~9 寸の目盛り線間隔の平均は 272.99_6 mm となり、その $(1/9)$ すなわち 1 寸は 30.33_3 mm となる。

一方、この物指の全長(端面から最終目盛線まで)は 303.22_1 mm なので、引き算すれば、端末の 1 寸は 30.22_5 mm となり、上記の 9 寸の $(1/9)$ である 1 寸 = 30.33_3 mm に比し 0.1mm ほど短い。

これは端面の異常変形の結果であろう。

そこで我々は、この端末の 1 寸の値を捨て、目盛線間距離 9 寸に相当する上記の 272.99_6 mm とその $(1/9)$ に当たる 30.33_3 mm を足した 303.32_9 mm を 1 尺とし(表 3. 3)、旧測定値との差 D(増分)は 0.05_2 mm と評価した。

なお、今回の結果から求めた線間 9 寸は

無銘 : $303.396 \times 0.9 = 273.056 \approx 273.06$

田中銘 : $272.996 \approx 273.00$

となる(mm 単位)。これは、両者が同じ系統に属することの有力な証拠となろう。

また、新発田藩尺の全長は、上述二者の全長の間にあり、これも同一の系統に属すると判断できる。

以上に述べた伊能尺再実測の結果によれば、伊能が測量の基準としたと言われる物指の 1 尺の実長は、当時の日本に流布していた物指の中の、いわゆる「明治度制の起原」⁴⁾関連で話題にされた享保尺、折衷尺、又四郎尺のどの系統とも異なると解釈される。この解釈は、今後、新発田藩尺のような物指が見出されるならば、更に強く支持されるであろう。

4. 考察

4. 1 本研究の歴史的背景

歴史的計量器の機能を現代の手法で再評価することの背景と問題点については、先行研究中にもすぐれた考察があり、特に測量史の面では大谷³⁾が、また計量史の面では天野⁴⁾が、鋭い論評を残している。例えば我々が扱った伊能尺その他の古尺の問題の政治的な本質は、次の一節に、余す所なく語られていると言えよう。

元来、封建制度の政治的構成そのものが度量衡の完全な統一に対する大きな障害である。度量衡の統一は封建的遺制の撤廃と新しい統一国家の成立を前提し、逆に亦、新たに誕生した国家はその統一の実を挙げる為に度量衡の統一を必要とすること一七九〇年代のフランスの如く、一八七〇年代のドイツの如くである。明治維新は度量衡統一の問題に於ても正にこの新しい時代の開幕であった⁴⁾。

我々は、先人の科学的歴史認識に励まされつつ、後の計量史研究とくにオランダやトルコ¹⁰⁾におけるメートル法導入の経緯の分析も参照して、実証的な研究を進めている。

今ここで、我々の測定結果を、引用中の「度量衡統一」過程の一例とみなし、社会事象の様態としての特徴を考察すれば、長さの単位としての「尺」の江戸期後半における《拡散》の様態から、(メートル系単位への暗黙の整合化を含意した)明治の「尺」への《収束》の様態と解することができる。その点については、別の機会¹¹⁾に、我々の図 3. 1 を素材とする試論を述べた。

4. 2 現代計測論の立場から

以下、視点を変えて、この研究に直結する現代計測論上の問題を考察する。

「近代日本計量関係実物資料の成立過程」の狙いの一つは、《歴史的計量器の機能を現代の国際単位系(SI)の単位で測り直す》ことにあるとも言えるであろう²⁾。物指について言えば、旧単位「尺、寸、分…」等の目盛線の位置を SI 単位「m, cm, mm」で測ることが主要な課題となる。現に、その目的でこのたび整備された三次元測定機は 2. で述べたように、SI 単位「メートル」にトレーサブルな精密測長を可能にしてくれる。とはいえ、測定の対象である物指を三次元測定機の台の上に載せるだけで目的が達せられるものではない。例えば、2. と 3. で触れたとおり、物指を載せる位置と向き、その場所の温度条件などの影響は、綿密に確かめておく必要がある。対象の物指の目盛線を顕微鏡で見定める方法、担当する測定者個人の習性の差への対応なども、偏りの生じないように取り決めておくべきである。

一方、対象の物指の細部、とくに目盛線の形状や配列は千差万別で、例えば、目盛線配列の間隔は、曲尺系か鯨尺系かなどの差に直結しているし、線そのものの鋭さ・鈍さは、刻線技術の水準差を象徴している。何に着目し何をどう測るかという選択が、測定以前になされていなければならない。

測定に先行すべきこの種の選択は、経験ゆたかな測定者にとっては常識的ないし本能的に遂行できるものとも言われるが、全く新しい対象については、改めて検討すべき事柄も含んでいる筈である。

一方、古典的な測定論の立場では、考察すべき諸項目はすべて洩らさず綿密に調べ上げるべきものとされていた。

しかし、近年、推測統計・実験計画の思想が深められ、かつ手法が実用化されて、少数のデータからの、確率論的に意味のある推論が可能になった。その思想は天野¹²⁾にも紹介されていたが、具体的な手法は近年たとえば矢野宏の諸

著¹³⁾によって初めて汎用されるようになったのである。

我々の場合、研究協力者・川村正晃がこの思想と手法の適用が試みているので、研究会資料から一端を紹介する。

又四郎尺の 4 分割実測データ

M 1) 又四郎尺の 1 寸、2.5 寸、5 寸、7.5 寸、10 寸の目盛線の三次元測定機による実測データを信号因子として、二元配置の回帰分析を行った。

M 2) 三次元測定機の台の上に物指を置く位置の影響は小さい。

M 3) 比例回帰式と一次回帰式を適用した。誤差分散は一次式のほうが小さいが、対象が物指なので、一次式適用は疑問である。

M 4) 又四郎尺の目盛が等間隔でないので、回帰分析結果の残差はかなり大きい。

数種の古尺の 10 寸の長さの実測データ

L 1) 伊能尺ほか 4 種の古尺の 10 寸の実測データについて一元配置で回帰分析した。

L 2) 古尺の目盛は必ずしも等間隔でなく、変動の仕方には共通性が認められない。

L 3) 10 寸の長さに関し、又四郎尺と伊能尺とでは有意差は認められない。

L 4) 10 寸の長さに関し、折衷尺と日本尺原器とでは、有意差が認められた。

以上の各項のうち M 2)は、2. に述べた測定条件設定を裏付けるものと言える。

対象諸尺度相互間の有意差の判定結果は、本研究の主要な成果となろう。川村の試行は適正に機能していると考えられる。

さて、川村の分析結果のうち特に注目すべき事項は、対象尺度の大半に認められる「目盛間隔の不整」(M 4、L 2)である。

古い研究例に立ち返れば、伊能尺(田 中銘)に関する大谷の 9 寸(前出 3. 6)、天野の 9.9 寸(前出 1. 5)の件も「目盛間隔の不整」にかかわっていると考えられる。

そこで改めて本研究の趣旨を再考してみると、「古い尺度を SI のメートル単位で測り直す」こ

との、もう一つのヴァージョンに思い至らざるを得ない。

我々は、古尺の 2.5 寸、5 寸、7.5 寸などの目盛線の位置を顕微鏡の視野の中で見定め、線の幅を 2 分する架空の線に顕微鏡の十字線を合わせる(十字法)か、または、線の両縁に顕微鏡の十字線を合わせて求めた線幅を 2 分する(線幅法)か、いずれにしても、対象の目盛線に狙いを付けた上で、三次元測定機の値(Y 値)を求めてきた。

これは確かに「古い物指を SI のメートル単位で測る」趣旨にかなっている。しかし、古尺を用いて物体たとえば紙の幅を求める場合、紙の一端には古尺の目盛線を合わせるにしても、他端は一般に目盛線に合わず、2 本の目盛線の間に見れることになる。

つまり古尺「で」紙幅などを測る人は、古尺の 2 本の目盛線の間に見れる線の位置を、目分量で分割しつつ「読み取る」操作を行なっているのである。そこには、「分割しつつ読む」ことの細かさ・正しさ、あるいは逆に粗さ・誤りが関与する。

そこで「歴史的計量器の機能を SI 単位で測り直す」仕事を再考すれば、古い計量器の側で「分割しつつ読む」機能も問われるべきかと思われる。粗な目盛線で構成された古尺では、「分割しつつ読む」機能もまた低劣であるに違いない。その点を、現代の我々が評価するためには、上述のとは違ったスタイルの測定が必要ではないのか。

以下、曲尺系の尺度を対象とする場合を考える。資料を三次元測定機の台に載せ、顕微鏡の視野で目盛を観測する所までは従来どおりでよいが、そのあとに、次のようなスタイルの観測を実行する。

顕微鏡の十字線を移動して資料の物指の目盛線に合わせるのではなく、十字線は既知の、例えば 7.6cm といった位置に固定しておき、その位置を古尺の目盛で「分割しつつ読む」。それを反覆すれば、結果として 2 寸 5 分 3 厘、

2 寸 5 分 0 厘、2 寸 5 分 2 厘等の値が得られる。次に、これも既知の、例えば 15.2cm といった位置に十字線を固定し直し、その位置を古尺目盛で分割しつつ読めば、5 寸 0 分 1 厘、5 寸 0 分 4 厘…が得られる。以下、22.8cm、30.3cm 等へ進む。

このスタイルによる一連の観測結果を分散分析すれば、信号因子の等間隔性を始め、従来とは一味ちがう解釈が期待されよう。また、十字線を古尺の目盛で「分割しつつ読む」ことの効果が、どう現れるか、興味は尽きない。ただし、古尺の 2 つ以上の目盛線を同一の視野に入れて観測するためには、顕微鏡の倍率を下げる必要があるので、実行は次年度となろう。

4. 3 測量と計量—まとめに代えて

伊能の話に戻るが、伊能の師・高橋至時はフランスの天文学者ラランドの著¹⁴⁾のオランダ語訳を通じて、地球が楕円体であること、また、フランス・パリの単位 1 トワズ(Toise、高橋は竿と訳した)が我が六尺四寸二分許に当たることを知った。伊能は地球楕円体説を知りながら、計算上、地球が球であるとの前提を採用した³⁾。

さて、伊能が測量の結果を整理して

地球緯度 1 度の長さ = 28.2 里

を得たとの記述は諸文献にあるが、その算出経過は単純ではない。例えば測量した 2 地点の距離を緯度差で割った値³⁾を見る限り、27.07 里もあり 28.76 里もある[単純平均は 28.13 里]が、緯度差による加重平均は 28.21 里。楕円体としての計算で、ラランドに依拠する試算(大谷)から緯度 35° で 28.206 里、40° で 28.246 里となる。

以下、今後の考察のための素材を列挙する。

メートル原器制定直後の 1895 年にオーソライズされて国際度量衡総会の議事録に記載された値は、次のとおり：

1 トワズ = 1.949037m

フランス単位「トワズ」の語義上の起源については、詳しいサーベイがなされた¹⁵⁾。

ラランド天文書蘭訳の間重富による邦訳の原

稿(大阪歴史博物館所蔵)は「江戸大博覧会(2003)」に展示されていた。

B. Hobson(中国名、合信)著『博物新篇』(1855=安政2年、上海)の記載は

地球緯度1度の長さ=242.2(中国)里。

また、山田研治氏の教示による蘭学者・橋本左内の手帳の記載は

緯度1度は28里2分半。

大谷³⁾は、伊能の功を「天測による決定と測地的な決定とを対照校訂して精度を高めた」所に見、緯度1度の長さに関し「忠敬の得たる最後の結果は28里20によほど近きものなりしならん」と、4桁を提示した³⁾。

尺度の話に戻れば、3.2に述べたとおり303mmについて±0.01mmすなわち相対的に±(1/30000)の精度が確保されていた。他方、28里20のほうは、辛うじて4桁まで確保され得たと見られる。天体観測を伴う広域「測量」という作業での精度確保の困難さが、桁数の上にリアルに反映している。フィールドでの仕事から測定ラボでの仕事へというトレーサビリティ階層の史上例としても、意義深い。

伊能に先行した著名な例は、メートル単位の最初の決定のためになされた大規模測量すなわちドラムブルとメシェンによるバルセロナーダンケルク間の地球子午線長の実測である¹⁶⁾。詳細が兩人の手で書き留められている¹⁷⁾が、従来ドイツ語抄訳しか利用できなかった¹⁵⁾ので、全文閲読の機を得たい。

[文献]

- 1) 高田誠二：「国立科学博物館収蔵の歴史的計量計測機器」『計量史研究』24(No.25)、2002、pp. 29 - 34.
- 2) 高田誠二：「史上の尺度・桁をSI単位で測り直す」『日本物理学会誌』58, No. 6, 2003、pp. 444 - 445.
- 3) 大谷亮吉編著、長岡半太郎監修：『伊能忠敬』、帝国学士院蔵版、岩波書店、1917.
- 4) 天野清：「明治度制の起原」、『科学史研究』、1(No. 1), 1941, pp. 131 - 146.
- 5) 小泉袈裟勝：『歴史の中の単位』、総合科学出版、1975, pp. 305 - 306.
- 6) 小泉袈裟勝：『ものさし』、法政大学出版局、1991, pp. 229 - 252.
- 7) 日本機械学会編：『超精密形状計測技術』コロナ社、1986.
- 8) 森村：『機械量のセンシング技術』、コロナ社、1986.
- 9) 天野清：「度量衡史話(1)」、『日本度量衡協会会誌『計測』、No. 20, 1942, pp. 42 - 51.
- 10) F.ギュネルギュン・多賀谷宏訳：「オスマン・トルコへのメートル法導入史」、『計量史研究』、21 No. 1, 1999, pp. 63 - 79.; F.ギュネルギュン・多賀谷 宏 訳：「オスマン帝国末期からトルコ共和国発足期までのメートル法導入史」、『計量史研究』、22, No. 1, 2000, pp. 97 - 109.
- 11) 高田誠二：「江戸期『計量』の日欧相互交流」、第2回「江戸のモノづくり」国際シンポジウム、2003年7月6日、特定領域研究「江戸のモノづくり」総括班。2004, pp. 22 - 26.
- 12) 天野清：「測定及び製作誤差論」、『精密機械の基礎』、最新精密機械工学大系、誠文堂新光社、1944, pp. 183 - 385.
- 13) 矢野宏：『計測管理工学入門』、工業調査会、1984. とくに「目盛の誤差と校正による回帰式」(pp. 39 - 49)。
- 14) J.-J. Le F. de Lalande (1732~1807): *Traité d'Astronomie*, 1764, パリ
- 15) 高田・小柳：「身長と尋とトワズー三者の相関の様態」、『計量史研究』、24、2001、pp. 37 - 45.
- 16) 高田誠二：『単位の進化』、講談社、1970. 同：電子版(講談社、2002年)。
- 17) P. F. A. Méchain et J.B.J. Delambre : *Base du Système Métrique, ou Mesure d'Arc du Méridien compris entre les Parallèles de Dunkerque et Barcelona*, Baudoin et Garnery, Paris, 1806-10.

A New Measurement on the Length of Scale
Used as the Standard Measure by Tadataka INO
in his Survey throughout the Country

Isao OHAMI, Seiji TAKATA, Osamu SENDA,
and Kinichi KOMIYA

Summary

Since 2002, we have taken a new measurement on surviving weights and measures in view of their historical development toward metric system in Japan.

We measured newly in 2002 each length on two scales used as the standard measure by Tadataka INO in his survey throughout the country. We called these scales INO-jaku as generic name in this paper. Moreover, we measured newly in 2002 and 2003 each length on the old scales considered as standard in early years of Meiji-era, namely Kyoho-jaku, Matashiro-jaku, and Setchu-jaku.

The length of Setchu-jaku was said that it was so constructed as to average the length of Kyoho-jaku and that of Matashiro-jaku. INO-jaku was said that it had the same length as the length of Setchu-jaku.

This paper is the report on the length of INO-jaku measured by us.

Values at 20°C measured by us for the length of 1 shaku (1 尺) on the old scales are as follows:

- (1) The length of INO-jaku (an unsigned scale) is 303.39₆ mm.
- (2) The length of INO-jaku (a scale with Tanaka's inscription) is 303.32₉ mm.
- (3) The length of Kyoho-jaku is 303.68₂ mm.
- (4) The length of Setchu-jaku is 303.10₅ mm.
- (5) The length of Matashiro-jaku is 302.61₂ mm.
- (6) The length of a scale used in the survey of the fief of Shibata is 303.37₂ mm.

From this new measurement, the length of INO-jaku is different from that of Setchu-jaku, while it is intermediate between the length of Kyoho-jaku and that of Setchu-jaku. Moreover, the length of INO-jaku is almost near to the length of the scale used in the survey of the fief of Shibata.

From the above, we would like to conclude as follows:

- (1) The length of INO-jaku is different from any groups of Kyoho-jaku, Setchu-jaku, and Matashiro-jaku which were said to be considered standard scales in early years of Meiji-era, and the length of INO-jaku was determined on a basis other than the 3 groups mentioned here.
- (2) The length of the scale used in the survey of the fief of Shibata belongs to the group of the length of INO-jaku.