

R364(4)

精密測定器の歴史 ノギスの起こりと変遷



Mitutoyo

目次

1. ノギスとは.....	1
2. キャリパとは.....	2
3. ノギスの名称の起り及びバーニヤ目盛.....	4
4. 最も古い滑り挟み尺:ノギス.....	8
5. 19世紀半ばまでの鞘箱型滑り挟み尺.....	9
6. 現存する世界最古に当たるバーニヤ目盛付滑り挟み尺のノギス.....	11
7. バーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺であるノギス発祥のアメリカ説.....	12
8. 欧米における1945年頃(第二次世界大戦終了)までのノギス.....	13
8.1. バーニヤ目盛のない滑り挟み尺:簡易ノギス.....	14
8.2. ダイアゴナル目盛をもつ滑り挟み尺:ノギス.....	18
8.3. バーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺:ノギス.....	19
9. デプスゲージとハイトゲージ.....	26
10. 日本におけるノギスの始まり.....	28
11. 日本におけるノギスの工業的生産開始及び普及.....	36
12. 第二次世界大戦後のノギスの動き,日本工業規格 JIS 制定.....	39
13. 日本におけるハイトゲージの発展.....	45
14. デジタルノギス*2の開発と発展.....	47
15. むすび・謝辞.....	53
文献.....	55

注*1: 本冊子は精密工学会 精密工学基礎講座「精密測定の歴史」第3回ノギスの起りと変遷(2012年12月26日Website版)の記事を基に一部加筆して纏めたものです。
注*2: 一般的にデジタルを用いることが少なくないと思われませんが、本稿では学術用語、JIS用語であるデジタルを用いています。

1. ノギスとは

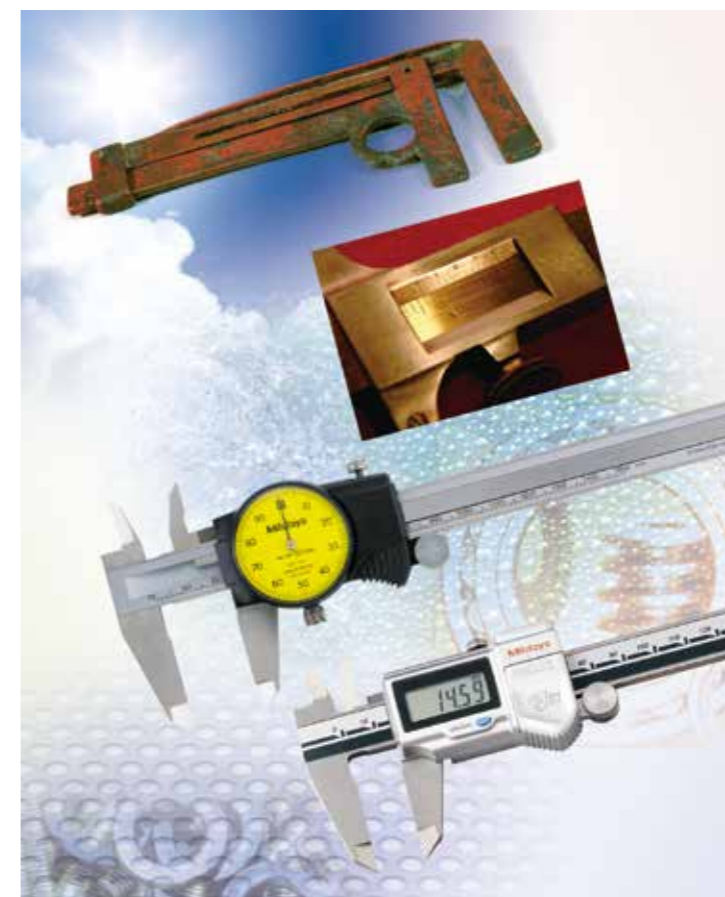
ノギスは、「手で持って測ることのできる滑り挟み方式の寸法測定工具である」ということが一般の認識です。言い換えれば、物差の上を走るジョウの移動距離を物差で測って「もの」の大きさを求めることのできる挟み尺と言え、簡単には、物差とパスとを組合せたものと言えます。

機械工場と名がつけば、どんな工場でも、例えば従業員1人、旋盤1台の小さい工場でもノギスは必ず使われています。また、自分で自動車等の手入れをするような人も持っているでしょう。

物差(Scale)の歴史は、西は紀元前5000年の古代エジプト、東は紀元前1500年殷時代の中国から明らかにされていますが、工業用の長さ計については、はっきりしないことが多く、特に代表的なノギスであるバー

ニヤ目盛をもつ滑り挟み尺についての歴史は、はっきりしないと云えます。滑り挟み尺は、古くから用いられている物差の発展のなかにあることから、ジョウで物を挟むことによる測定の便利さに基づいて作られてきたものでしょう。日本の度量衡法では、ノギスは物差の一種として取り扱われてきており、1945(昭和20)年1月に物差から独立してノギスとして扱われるようになった経緯があります。

ここでは、はっきりしていないとは言え、滑り挟み尺としてのノギスについて、現在までに知られていることを中心に、その起り、あるいは早い時代から使用していると思われるものについて述べ、我国ではいつごろから作られ、使用されてきたか、そして、どのように現在に至ったかについてご紹介します。



「Calliper とは」を先ず述べておかなければなりません。それは、2010年12月にISO/DIS (International Organization for Standardization / Draft of International Standard) 13385-2.2と言う規格原案を見たからです。その上この案は、恥ずかしいことに、9ヵ月後の2011年に成立してしまったのです¹⁾。その規格原案名称が Geometrical product specifications (GPS)—Dimensional measuring equipment — Part 2 : Calliper depth gauges — Design and metrological requirements とありました。問題は Calliper depth gauges という名称です。この規格内容は明らかにデプスゲージであり、名称に Calliper という余計な用語がついており、内容を表していないのです。このことは各国ISO/TC213の測定担当委員である専門家といわれる人達が、Calliper が何であるか分からなくなっていると思われるので、ここで取り上げることになりました。

また、その裏づけとして、マイクロメータの ISO 3611 1978 規格の改定作業をほぼ同時に行っており、そのタイトルを Micrometer Callipers for external measurement から Micrometers for external measurement²⁾へと、Calliperを取って、範囲を広げた意味の形に変えてしまっていることです。

「キャリパとは2点で挟んで直径、厚さ等寸法を求める測定工具」です。従って上の表題の Calliper depth gauges は Calliper を取って Depth gauges とすべきなのです。Calliper をつけたのはスライド部分をもっているからという理由であると聞きました。これはノギスが Vernier Calliperとして極めて広く普及しており、その影響をうけていると思われます。

約10年前にデンマークから Calliper height gauges という規格原案が提出されたことがありました。当時、筆者は委員としてその会議に出席していたので、理由を述べて訂正を提案したところ、直ぐ多くの出席委員の賛同をえて、直したことがありました。この委員会に、この会議の少々前からイギリス規格協会BSI (British Standard Institute) の委員が欠席するようになったことも原因としてあげることができると思います。上記 Calliper depth gaugeは ISO規格として成立してしまいましたが、2010年12月に提出した筆者の意見によって、5年後の見直しにおいて訂正するとの報告を頂いています。

2点で挟む測定工具すなわち Calliper には多くの種類があり、歴史的経過もありますが、主なものを示すと図1の通りです。図題名に参考のため英語名も記しておきます³⁾。

キャリパとして、まず図1 (a) (b) に示すパスをあげなければなりません。これも英語では Calliperです。昭和の始め頃まで、ある部門においては第二次世界大戦中まで、我が国ではパスで測定物を軽く挟んで、あるいは測定物へ測定子の接触の程度を手に感じつつ通過させて、その間隔を直尺から求める方法をとることも少なくなかったのです。この時代にノギスが増えてきたことは間違いありませんが、両方式が共存した時代でもありました。

その後パスに代わって、図1 (c) に示すノギスが用いられるようになり、極めて能率よく、かつ精度よく加工物の寸法を求めることができるようになりました。最近では、ノギスが広く用いられるようになって、パスはアメリカなど一部の企業において使用しているところもありますが、殆ど使われなくなってきています。このようなノギスの広い範囲における普及によって、スライドである滑り部分をもつ器具が Calliper であるようになってきて、本来の意味である2点で挟むという重要な概念が除かれてしまってきているのが上記ISO規格の名称です。

また、ノギスより細かい値であるマイクロメートルのオーダで読取ることのできるキャリパが図1 (d) に示すマイクロメータです。ノギスとの関係によって、マイクロメータが Calliper の一種ではないと思われるようになってきていることも既に述べました。マイクロメータの英語での正式名は Micrometer Calliper で Micrometer は省略しての通称です。

図1 (f) に示すようなダイヤルゲージを用いた厚さ計の一つであるダイヤルシクネスゲージや、図1 (g) (h) に示す内外側ダイヤルキャリパ、及び図1 (e) のダイヤルノギス等が、ダイヤルキャリパに属する測定工具です。最近では、図1 (i) (j) に示すデジタルノギス及びデジタルマイクロメータ、またデジタルインジケータを図1 (f) のダイヤルゲージの代わりに用いた厚み計が広く使われるようになっており、それらもキャリパに属します。

上記のような各種キャリパが、歴史的に機械工業に果たしてきている役割の大きさが分かる時になっていきます。

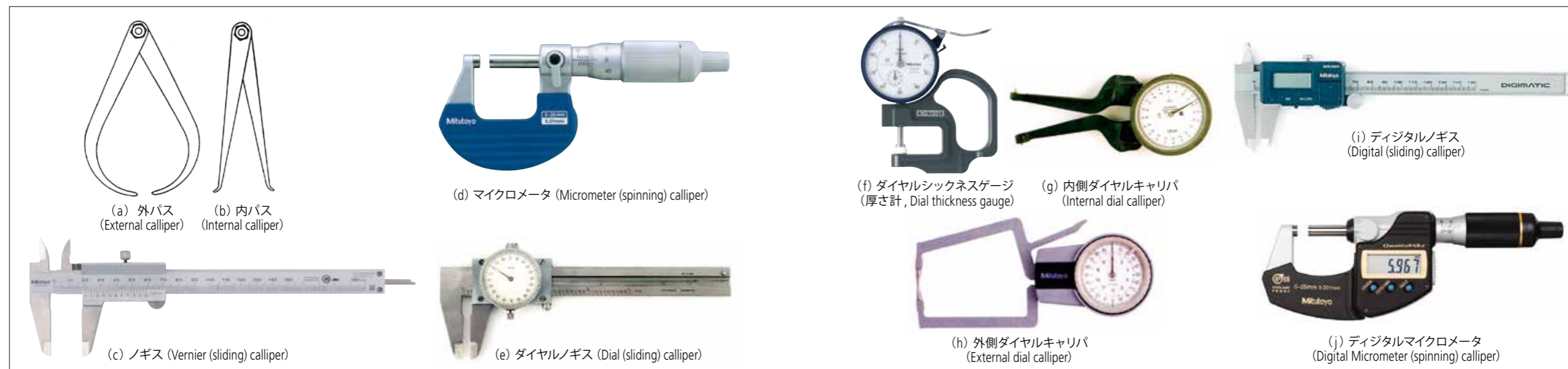


図1 各種キャリパ (Callipers)^{*3}

図1 各種キャリパ (Callipers)^{*3}

注*3: Calliperは英語、Caliperは米語です。ISO規格では英語表示を用いています。接触測定の方法を括弧内に英文名を入れました。分解能向上が必要になってきました。

ノギスという言葉は一見外国語のようですが、日本語であって、外国では通用しない言葉です。英語では Vernier Calliper (バーニヤキャリパ)、フランス語で Pied à Coulisse (ピア・コーリス)、ドイツ語で Schieblehre (シープレーレ)、または Messschieber (メスシーバ)、スペイン語で Calibres pie de rey (カリプレス・ピエ・デレイ) です。それぞれ特徴のある用語が用いられてきています。

日本語のノギスは、ドイツ語の Nonius (ノニウス: 副尺あるいは一目を細かく分割して読む目盛の意) から転訛³⁾⁴⁾したと信じられています。ドイツ語から日本語に転訛した言葉も少なくないので、そのようなことであつたのでしょう。また、ドイツ語系に属するオランダ語の Nonius から転訛したのかも知れません。しかし、機械工場の言葉で日本語化された言葉は英語が極めて多いのです。後述しますが、機械工作法が伝来したのは、江戸幕府が近代的造船所として建設した長崎製鉄所と横須賀製鉄所の2箇所からです。長崎製鉄所にはオランダの技師、横須賀製鉄所にはフランスの技師が来日し、日本人に機械工作法を教えていて、このことから、明治・大正・昭和の戦前までは、オランダ語とフランス語から転訛した言葉が少なくなかったと言えます。以下に実例を若干あげておきます。

「トースカン」は、英語は Surface gauge であり、ドイツ語は Parallelreisser であって発音は全く違います。フランス語は Trousequin (トルウスカン) で、トースカンとよく似ています。トースカンはこのようにフランス語から転訛したものです。また戦前は、旋盤を「ダライバン」、平削り盤を「シカルバン」と現場でよく言っていました。ともにオランダ語のドライバンク (Draaibank)、シカフバンク (Schafbank) から出ている言葉です。切屑を「ダライ粉」、工作機械を「盤コ」というのは、これをさらに発展させたアイノコの合成語です。

Nonius は現在のオランダ語では副尺の用語で、ノギスは Schuifmaten (スカイフマーテン) と呼んでいます。ドイツ語でのノギスは前述しましたが Schieblehre (シープレーレ、シープはスライドとか滑動、レーレはゲージとか尺の意味で滑り尺をいいます)、または Messschieber (メスシーパー、メスは測る、シーパーは滑る、滑り測定具と言えます) が該当する語であり、Nonius は副尺のことです。ちなみに、フランス語のピエ (pied) は尺、クーリス (coulis) は滑動溝、従って滑り尺です。

これらの結果ノギスの語源はドイツかオランダかは別として副尺を意味する Nonius に求めるしかありません。長崎製鉄所にて、ノギスが入っていて用いられていたならば、ノギスの示す値の読取りにあたり、ノニウスという言葉をししばしば聞いて、それがノニスになり、ノギスの名称になっていったとも考えられます。

このノギスの語源である Nonius は人の名前です。ポルトガル人であるペドロ・ヌネシュ (Pedro Nunez) と言い、1492年に生まれ、1577年に亡くなっています。ヌネシュが、1542年に図2に示すような4分円の分割法の一つで、90度の最外円を90等分し、次の内側の円を89分割、その次を88, 87, 86・・・とつぎつぎと分割とした目盛を作っておき、指針が何処と合うかで、角度を知る方法を発明した記録が残されています⁵⁾。そこでは直角を分割することであり、少々違っているとも言えますが、直角を1目の量として考えると分量法の一つと言えます。

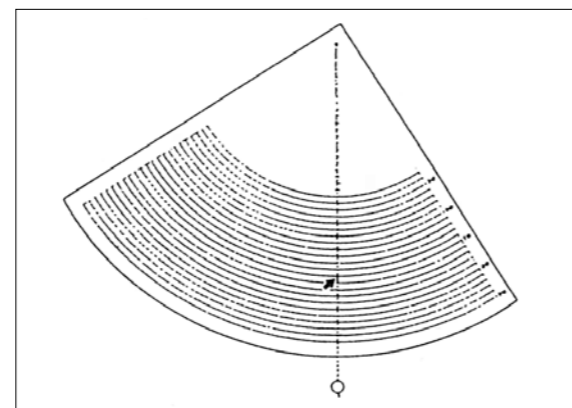


図2 ヌネシュ目盛

ドイツでは、フランス人バーニヤがバーニヤ目盛を発明したにもかかわらず、この分割の先祖の Nunez の名前をドイツ語流に発音化して Nonius とし、副尺の言葉としたのです。4分円の分割法のなかのことで近いと言えるかもしれませんが、ドイツ語の辞書には、副尺はみな Nonius と書いてあります。あえてバーニヤの語を抹殺したのは歴史的事情により、ドイツとして、フランス人の名前を品物の名称にたくない国民的感情があつたのではないのでしょうか。

一般に、バーニヤ目盛の発明はフランス人ピエール・バーニヤ (Pierre Vernier (1580~1637)) と言われています。彼は数学者で有名でしたが、本職は地方官吏でした。1631年にブラッセルで発行した数学書「新4分円の構成、利用と特性」の中に、バーニヤ目盛を記したので、副尺であるバーニヤ目盛の発明者と書かれるようになりました。あるところでは、それが更に進み、ノギスを発明したことにもなっています³⁾⁴⁾。しかし、彼の発明したバーニヤ目盛をもつたノギスそのものは今日では見つかりません。はたして実際に作ったのだろうか、疑問が残ります。愛国心の強いフランス人が、古い機器を所蔵しているパリの工芸技術博物館 (Conservatoire National des Arts et Metiers) に、もし作っているなら展示しているであろうと思われるが、保存展示はされていません。また、なぜその時代頃の古いノギスが保存展示されていないのかもわかりません。

マイクロメータをその自国フランスの発明者であるパルメ (J. L. Palmer, 俗にパーマー) の名前と呼んでいたフランスが、なぜノギスの発明者と言われるバーニヤが自国人なのに、ノギスをバーニヤと呼ばずピア・コーリスと別の名前でのうのでしょうか。おそらくバーニヤが発明したのはノギスでなくバーニヤ目盛で、書籍の中に記したのではなかったかと思われるし、また、滑り挟み尺は既に使われており、バーニヤ目盛を

もっている滑り挟み尺を作ったのでもなかったと思われる。従って、いくら愛国心の強いフランス人でも、ノギスをバーニヤとは言わなかったのでしょう。

欧州で古い産業用機器類を所蔵しているのはロンドンの科学博物館 (The Science Museum at South Kensington)、ミュンヘンのドイツ科学技術博物館 (Munich Science and Technology Museum, Germany) とこのパリの工芸技術博物館です。そのいずれにも、古いマイクロメータは展示されているにもかかわらず、古いノギスが陳列されていないのは誠に不思議なことです。ノギスの発生はアメリカだという人がいることも下記7章の記述により否定しえなくなっていると思います。

ノギスの語源の副尺であるバーニヤ目盛について、日本工業規格 JIS (Japanese Industrial Standard) ノギスに示されている例を示すと図3の通りです⁶⁾。本尺の目量が 1 mm において 19 mm 及び 39 mm を 20 等分するものと 49 mm を 50 等分するものが多く用いられています。以前には、本尺目量が 10 等分する (a) や (b) も使われていましたが、今日のノギスでは少なくなっています。バーニヤ目盛は本尺目盛に沿って滑り移動するようになっています。

ノギスの目盛において

$n-1$: 本尺目盛数

n : バーニヤの目盛数

S : 本尺目盛間隔

V : バーニヤ目盛間隔

α : 整数、多くは 1 又は 2

p : 目盛読みの端数

とすると、本尺の $\alpha n-1$ 目盛をバーニヤ目盛 n 目盛にすれば、本尺目盛間隔 S とバーニヤ目盛間隔 V との関係は、

$$(\alpha n - 1)S = nV \quad (1)$$

です。そこでバーニヤ目盛の第 m 番目が本尺の目盛

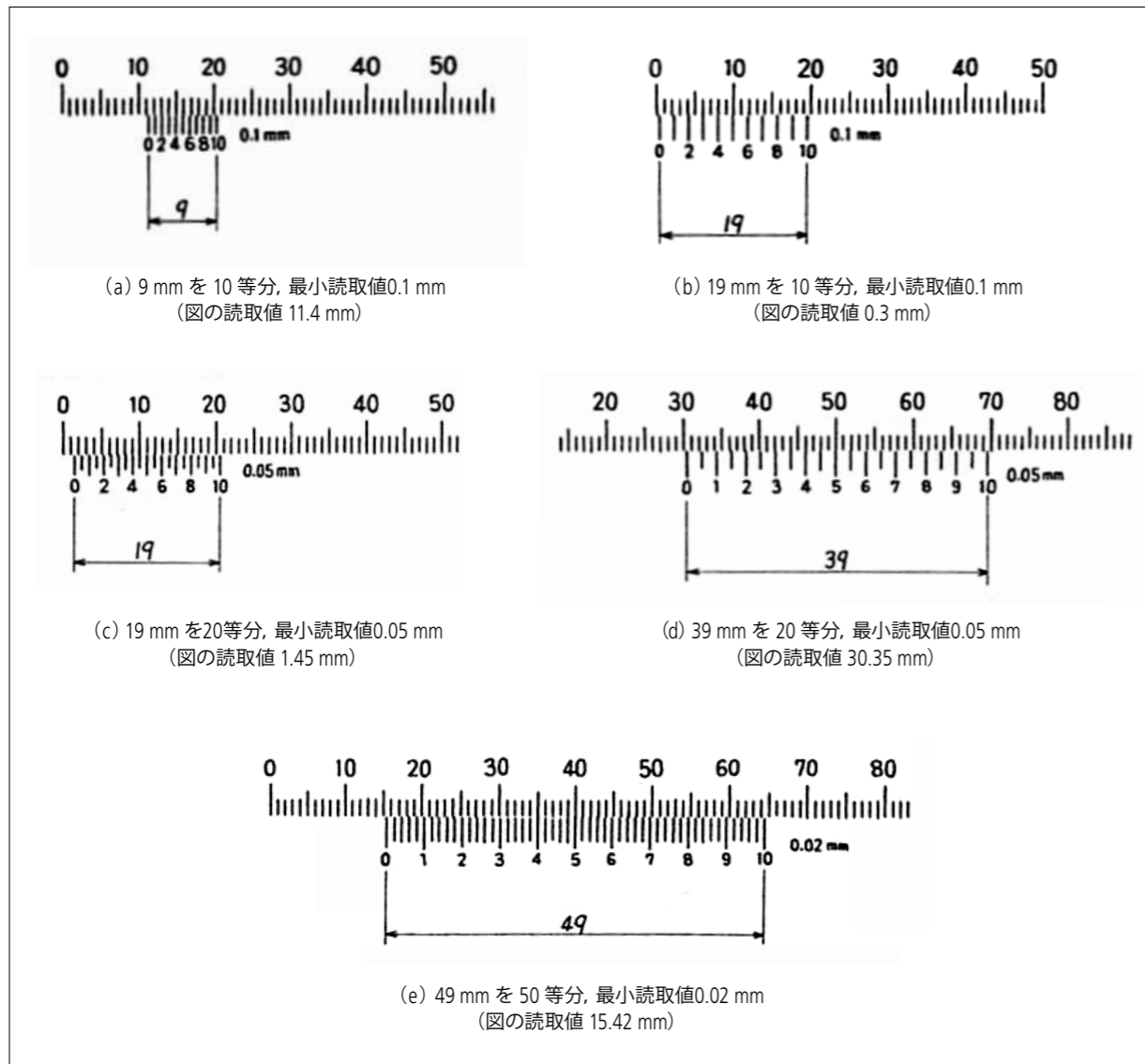


図3 バーニヤ目盛とその読取り例

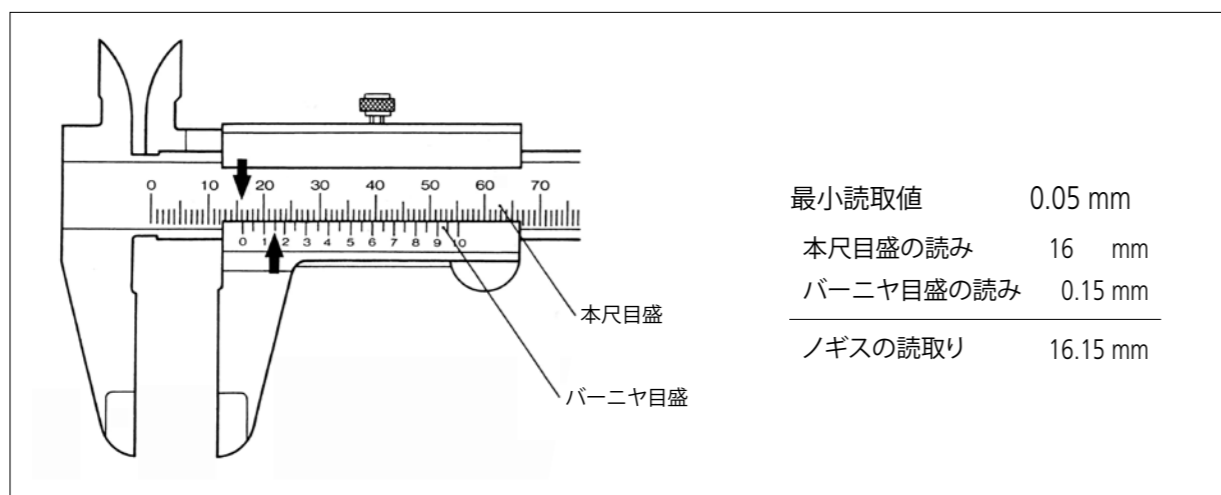


図4 バーニヤ目盛の読取り方法

と一致しているとすると、本尺目盛間隔とバーニヤ目盛間隔との関係から、目盛読みの端数 p は、

$$Sp = m(\alpha S - V) = Sm/n \quad (2)$$

となります。

いま、図3(d)において式(2)に当てはめて見ると、本尺39目盛をバーニヤ目盛の20目盛としており、 $S=1$ mm、 $(\alpha=2)$ 、 $n=20$ 、 $m=7$ であるから端数 p は式(2)から、

$$1 \times 7 \div 20 = 0.35 \text{ (mm)}$$

であり、従って、読取り値は $30 + 0.35 = 30.35$ mm になります。

ノギスに用いられているバーニヤ目盛は、図3に示されているように本尺の目盛と同方向に進んでおり、この場合、順バーニヤと呼びます。このほか(1)式左辺を $(\alpha n + 1)$ で与えるとき、同じような関係が成り立ち、この場合、バーニヤ目盛は本尺目盛と逆方向になり、逆バーニヤと言います。目盛の進む方向が反対になるので使われることが少ないのです。

図4はバーニヤ目盛の読取り方法の例です。図中の矢印で用いる目盛を示しています。バーニヤ目盛のゼロが本尺の、二つの目盛の間にあり、その右側においてバーニヤ目盛と本尺目盛とが合致する点を見つけ出し値を求めます。

本尺目盛とバーニヤ目盛の組み合わせで、読取れる値は次第に小さくなっています。しかし、目盛の合致を人間の目で見分けることができる分解能に当たる分割目盛間隔には限界があります。図2の49 mmを50等分した0.02 mm位がよいところです。

ノギスという日本語に対して、バーニヤ目盛を持った挟み尺の英語は Vernier Calliper ですから、バーニヤ目盛をもたないデジタル表示のノギスに、バーニヤ目盛にあたる用語 Vernier を除いた Calliper のみをとって、キャリパという用語を当てているものがあります。

日本語のみでは良いと言えるかもしれませんが、海外との交流が頻繁な今日、キャリパというと、その音声は英語の Calliper です。図1に示したように、ノギス、マイクロメータ等が該当していることになり、キャリパという用語は適した用語とは言えません。この Calliper という用語は、2点で挟んで厚さ、直径などの寸法を求める測定工具のことを言っているのであることを認識しておかなければなりません。最近の測定器の発展によって、デジタルキャリパというのみではデジタルノギス及びデジタルマイクロメータを指すことになり、

バーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺を既にわれわれ日本においてはノギスと称しており、起こりはドイツ語あるいはオランダ語における副尺のノニウスであったとしても、ノギスは発音、形を含めて、滑り挟み尺そのものをいう用語になっているとすべきでしょう。また、この言葉の音そのものは、今では外国の言葉と直接関係がなくなっています。従って、デジタルキャリパでなく、デジタルノギスの方が適した用語であると言えます。本稿では、バーニヤ目盛を持っている場合、持っていない場合においても滑り挟み尺のことをノギスと呼びます。

マイクロメータ及び滑り挟み尺であるノギスの両者ともに、今日ではマイクロメートルが読めるデジタル測定工具も現れてきている状況です。そこで、ちなみにマイクロメートルを読取ることのできるデジタルノギスとデジタルマイクロメータを英語で仮に表すとすると、図1に既に示しましたが、前者デジタルノギスは Digital micrometer sliding Calliper であり、後者デジタルマイクロメータは Digital micrometer spinning Calliper とでもいうことになるでしょう。

4. 最も古い滑り挟み尺：ノギス

古代中国の殷より前の時代に使われた目盛尺はマンモスの骨、牙や角とか、玉石で作られています。殷の時代になり、1400 B.C.頃になると青銅器時代になっており、更に500 B.C.頃から鉄が使われ始める時代でした。時代にそくして骨類から青銅製になった目盛尺も使われるようになり、その後目盛尺は竹製、木製、鉄製に変わっていきます。

目盛尺である物差を対象物に当てて、丸物の直径や長さを測ることはできますが、その場合、物差の当て方によって値が左右されることが多く、すき見や方向を覗き見ることをするなどひと工夫が必要です。そこで、物差にジョウ（脚）を付けて、その二つのジョウの間に測定物を挟んで測定すると、便利に寸法を求めることができます。

これにかなう挟み尺が、北京の国家博物館の青銅器文物陳列品の中に見ることができます。図5に示すものがこれです。銅製の固定本尺とその本尺に刻まれている溝に沿って滑り動く滑動尺に、それぞれジョウをもつ滑り挟み尺です。西暦8年に、新と称する国を作った王莽が、国設立1年後のA.D. 9に作らせた玉尺とよばれる滑り挟み尺です^{7)~9)}。図の右の固定尺の下側にあたる点でつぶした部分は、右側を頭とした魚のひれの部分の形をした綺麗なつくりになっています。王莽は即位後すぐに、中国度量衡制度の体系的整備を行っており、その中において、この滑り挟み尺も製作させていました。主に印璽、玉や宝石の大きさ等をジョウの間に挟んで測ったということです。これに対する記述は、清末に書かれた呉大澂の「権衡度量実験考」に初めて現れ、続いて中国の諸家が記述しています⁷⁾。

これは、現存する世界で最も古い滑り挟み尺、即ちバーニヤ目盛のないノギスです。しかし、このような滑り挟み尺は、この王莽より前の時代、漢や秦の時代に作られて使っていたかも知れないと考えても不思議ではありません。尺の基準を決めるに当たって使われた黄鐘律管が漢の時代にあらわれていた^{10)~12)}ことは、その時代に科学が進歩していた¹³⁾と思えるからです。

この後1500年あるいはそれ以上の長い間、滑り挟み尺であるノギスのことは明らかではありません。しかし、しばらくの間、図5のL形の尺が滑る形式の構造のノギスが続いたことであろうと想像します。

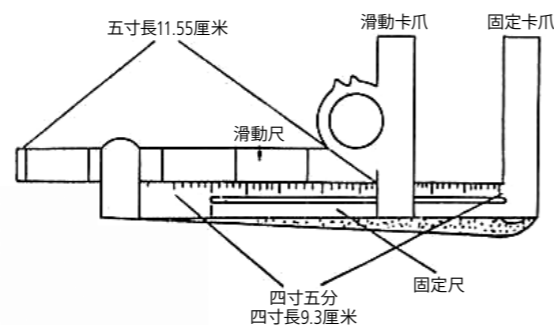


図5 新王莽銅製滑り挟み尺 (中国) 西暦9年

5. 19世紀半ばまでの鞞箱型滑り挟み尺

イギリスの産業革命の時代になって、ジョウをもつ鞞に、他のジョウをもった目盛付本尺が刀身のように出入りする形式の鞞箱型滑り挟み尺が現れてきます。その二つのジョウの間に測定物を挟み、鞞口で測定値を読取るようになっていきます。図6はその概念図です。ここでは簡易ノギスと呼びます。

パリの工芸技術博物館には、1887年のPieds à Coulisse (ピア・クーリス)、言い換えると滑り挟み尺又は挟みかねと言われる簡易型ノギス数点が展示されています。これらは図7のように、ジョウが出ていて、一方のジョウは移動し、そのジョウについた目盛付本尺が他のジョウのついた鞞から抜け出せるようになっています³⁾。二つのジョウの間に測定物を挟み、測定物の値は鞞口のエッジで読取ります。また鞞の表面にも目盛が刻まれており、その目盛は普通目盛尺として用いることができます。本尺目盛と鞞尺目盛との値を加えて本尺のほぼ2倍の長さまでのものの長さの測定ができる物差の形にもなっています。また、一方のジョウの部分を下にして立てて、高さ計としても用いることもできます。

図8は、図7より古い1840年頃にフランスで作られた簡易ノギスであり、ミットヨ博物館に展示されているものです¹⁴⁾。図7と同じように鞞から出る本尺にある目盛によって測るもので、ミリメートル目盛と裏にそれ以前にフランスにおいて使われていた単位のプース (pouce) 目盛を持った鞞箱型滑り挟み尺です。この簡易ノギスの本尺の幅は12 mm、厚さ2 mm、測定範囲140 mm、ジョウの断面は細長二等辺三角形に近く、その測定面は、ほぼ5 mm×50 mm、本尺及びジョウの材質は鉄系です。また、鞞の幅は15 mm、厚さ5 mm、長さ180 mmの黄銅製です。本尺裏に刻まれているプース目盛は、1/12すなわち1リーニュ (ligne) 目盛及び1/24目盛 (=5 point, ポアン) の2種類をもっています。

鞞表面部分には1ミリメートル目盛が、裏面に1リーニュ目盛が刻まれ、図7と同様に、本尺目盛と鞞尺目盛を加えた物差として、30 mmを越えるまでの長さや、高さも測定できるようになっています。この1プースは27.07 mmで、インチに近い長さです。1840年以降、フランスではメートル単位以外の単位は使用禁止になっています¹⁵⁾。このノギスには両単位目盛があることも加わり、1840年頃作られた測定具と推定されています。

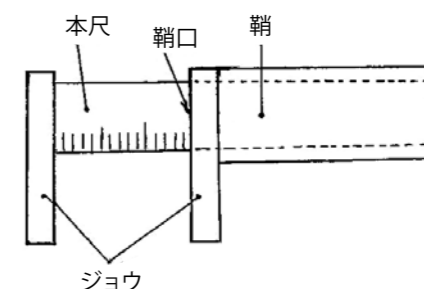


図6 鞞箱型滑り挟み尺, 簡易ノギス概念図



図7 鞞箱型滑り挟み尺, 簡易ノギス (フランス製) 1887年



図8 鞞箱型滑り挟み尺, 簡易ノギス (ミリメートル及びプース目盛) (フランス製) 1840年頃



図9 鞞箱型滑り挟み尺, 簡易ノギス (インチ及びミリメートル目盛) (フランス製) 1870年頃

これと同じ型式で、ほぼ同じ大きさのインチ目盛とミリメートル目盛とを表裏に持つ簡易ノギスも作られています。図9はフランス製でアメリカにて使われていた測定範囲5 in、120 mmの簡易ノギスです。この鞞に入る本尺の目盛は4種類刻まれ、ミリメートル目盛及び1/10、1/12、1/16 in目量のインチ目盛3種類です。このノギスはよく使われたようで、鞞のミリメートル目盛はすり消え、その痕跡が見える程度のものでした。そのころのノギスのジョウは長いものや短いものなどいろいろの長さのものが作られていました。

ジョウをつけて、その間に測定物を挟んで測定する測定具には、1639年頃、イギリスのガスコイン (Gascoign) が作った図10に示すような世界で初めてのねじによる測定具のマイクロメータがあります^{16)~19)}。

これら図7~9に示したノギスには、副尺であるバーニヤ目盛はどこにも付いていません。その名の通り滑り挟み尺です。このように、バーニヤは1631年にバーニヤ目盛について著書に記しはしましたが、実際には作らなかったとしか考えられません。

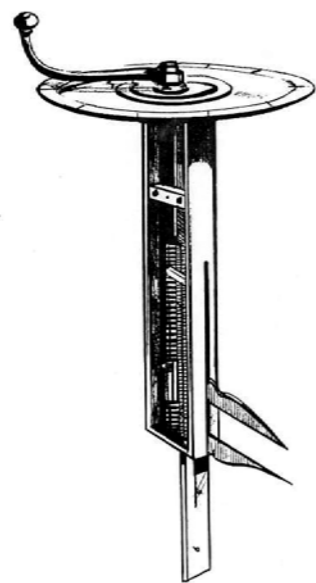


図10 ガスコイン (イギリス) のねじ使用挟み式測長器 1639年

6. 現存する世界最古に当たるバーニヤ目盛付滑り挟み尺のノギス

図8に示した簡易ノギスが作られたと同じ1840 (天保11) 年頃、フランスの陸軍の砲兵隊王立工場において作られ、使われていたと言われる図11に示すようなバーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺であるノギスが、三重県四日市中野町、三岐線の保々駅近くにある秤乃館 (小林健蔵館長) に保管されています。

このノギスの全長は 650 mm、本尺の幅 25.4 mm、厚さ 7.13 mm、測定範囲は 530 mmであって、ミリメートル目盛が表に、プース目盛が裏にあります。表のバーニヤ目盛 (図11(a)) は、1ミリメートル目盛の9目盛を10等分して、0.1 mmまで読取ることができ、裏のバーニヤ目盛 (図11(b)) は、1プースを12等分した1リーニュの11目盛を12等分して、1ポアン¹⁾の細かさまで読取ることができるようになっています。フランスの1837年7月4日の法律で、1840年以降にメートル以前の単位プース等は罰則付きにて使用を禁止していますから、表面のミリメートル目盛に対して裏面に以前からのプース目盛のをせ、メートル単位の大きさを容易に分かるようにしています。従って、このノギスの製作は法律ができた1837~1840年ではないかと思われます。

このノギスの測定精度を調べるため、最近のミットヨ製ノギスを用い同じ測定物の長さを測って比較することを、東洋大学の大網功教授他が2009年に行っています²⁰⁾。79.00 mmから 400.00 mmまでの大きさの異なる4種の測定物の長さを測って²¹⁾、図12のような結果を得ています。その図の縦軸はフランスノギスの値からミットヨノギスの値を引いた測定値を表しており、メートル目盛の測定値を●点で、プース目盛の値を×点で示しています。

論文では個々の測定物の値において、それぞれの測定物の長さからプースの値を求め、プースの平均値を求めることを目的としていました。しかし、この図ではプースの値を、1 pouce = 27.07 mmとして換算した値

を用いて表しています。このノギスの値は平均的には 0.05 %の差で合値していることができ、極めてよい精度をもっていると言えます。

このフランス軍の工場製であるノギスが、日本にあって、フランスの工芸技術博物館にないということは、なぜでしょうか。これはかなり以前のことですから、その後整備されたかも知れません。



(a) ミリメートル目盛面



(b) プース単位目盛のバーニヤ目盛部

図11 フランス陸軍砲兵隊王立工場製作し使用されていたノギス (1840年頃製)

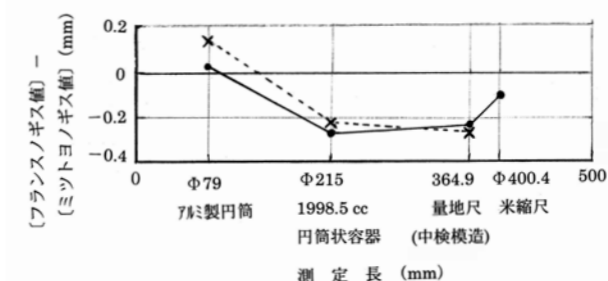


図12 フランス製ノギス (図11) の精度 (●点は表面メートル目盛の読み、×点は裏面プース目盛の読みであり原著ではプースの値を求めていましたが、筆者がその平均値 1 pouce = 27.07 mm で換算した値で示しています)

7. バーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺であるノギス発祥のアメリカ説

前項のフランス陸軍製ノギスがあることに対し、それを知らなかったであろうアメリカの工作機械の歴史の権威者であるロー(J. W. Roe)は1916年発行の著書「イギリス・アメリカの工作機械メーカ」の中において、バーニヤ目盛をもつノギスはアメリカのブラウン・シャープ社(Brown & Sharpe Mfg. Co.)が初めて製作したものであると言っており、その由来を次のように記しています³⁾。

ブラウン・シャープ社の創立者で優れた機械師ブラウン(J. R. Brown)が、1850年に物差の目盛作業用に自動式直線目盛機(補正装置付)を発明し、製作しました。この目盛機を使って、翌1851(嘉永4)年に1/1000 in(0.025 mm)読みのノギス第1号を作ったのです。彼は大いに自負して、1/1000 inが読める精密な測定具が、どの機械師でも入手できるようになったことは真に画期的であると、快哉を叫んだと言われています。それに従って、ブラウン・シャープ社のカタログには、しばらくの間 Jos. R. Brown が発明したと書かれています²²⁾。

ブラウンの製作したノギスの外観は、図13に示す通りです。バーニヤ目盛部はスライダと接続しており、それが鞘箱型滑り挟み尺における刀身の一部として、中央部に作られたあり溝(Dovetail groove)に沿って移動します。鞘に本尺目盛が刻まれ、その本尺目盛は最大目盛値6 inまで目量1/32 inで刻まれています。図13から明確ではありませんが、本尺目盛1 inに近い目盛の31目盛を32等分するバーニヤ目盛を用いていたとすると、1/1024 となり、1/1000 inの細かさで読取ることができることになります。その目盛数が10や20ではないので、あまり適当とは思えません。その後のブラウン・シャープ社のノギスにおいては、本尺目盛において1 inを40等分し、その24目盛



図13 ブラウン製作のノギス(アメリカ) 1851年

を25等分したバーニヤ目盛が多く使われていました²²⁾。

マイクロメータの特許が初めてフランスで出されたのがこの3年前の1848年で、ヨーロッパでは大した商品にならなかった当時ですから、このノギスはまさに画期的な測定工具に違いありません。長い範囲にわたって、等間隔に正しく目盛を刻線することは、容易ではない技術ですから、直線目盛機械の開発は、評価すべき技術です。

しかし、このようなすばらしいノギスでも当初は人気がなく、最初の年には4個しか作らず、3年後にどうやら売れ始めたとのことでした³⁾。つまり、正確な物差を作るために目盛機が発明されて、その活用としてノギスができ上がり、これが徐々に普及するようになったのです。少々年月が経過していますが、ブラウン・シャープ社はノギスの普及を図るために、1877年アメリカンマシニストが創刊されたその創刊号である11月号に、精密機械、ミシンをタイトルとして、工具、ゲージなどとともに図14に示すような広告をのせています。その中にノギス及び直尺等の名が見られます。

このように、バーニヤ目盛を持ったノギスの製作をブラウン・シャープ社が始めて行ったとすると、原理はヨーロッパでおこり、製作と普及はアメリカで行われたという様相パターンは、マイクロメータと同様なこととなります。情報の伝達が十分でなかった時代で、バーニヤ目盛付きの滑り挟み尺であるノギスは姿形も欧州には出なかったようであったと思われる状況ではなおさらのことです。

このアメリカにおける記述が、広まっていることは事実であって、そう信じられている様子がみられます⁸⁾。しかし、上述したように、秤乃館が所蔵する1840年頃のフランス製のバーニヤ目盛付メートル目盛とプース目盛をもつノギスがあり、その後のノギスの様相から、バーニヤの国のフランスが先に製作していたと言えます。

8. 欧米における1945年頃(第二次世界大戦終了)までのノギス

1840年頃から1950年頃あるいは第二次世界大戦直後くらいまでのノギスは、2種類の型式のノギスが普及し、目的に沿った選択によって使用されていたものと思われます。その一つは鞘箱型滑り挟み尺の系統で、本尺目盛をスライダの指標で読取るもの、すなわち簡易ノギスであり、他はバーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺で、本来のノギスの系統です。それぞれ目的に沿った使用がなされ、長い期間を経てバーニヤ目盛をもつノギスへ移行したと言えるようです。

前者は前5章に述べましたが、かなり古くから使われていたと思われる滑り挟み尺すなわち簡易ノギスで、物差の一種として使われたものです。後者のバーニヤ目盛を備えた滑り挟み尺すなわちノギスは、少なくとも1840年頃あるいはそれより前にフランスか他のヨーロッパの国から始まったと思われる測定具です。



図14 ブラウン・シャープ社のアメリカンマシニスト(American Machinist)創刊号Vol.1 No.1(1877)の広告

測定物を挟み、その寸法をバーニヤ目盛を使い、より正しく読取る利点を持って、機械工業に適用されてきています。

ミットヨ博物館のノギスの展示品を見ると、簡易ノギスとバーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺であるノギスが、1950年頃まで並列して現れてきています²³⁾。この展示によると、既に第6章に述べたノギスの裏付けとなるかと思われるように、フランス製のノギスにバーニヤ目盛付きのものが早い時代から現れています。

1851年というかなり早い時期に、バーニヤ目盛を備えたノギスを作ったブラウン・シャープ社の1924年から1935年及びその後のカタログ^{24)~28)}や、1927年及び1930年のスターレット社(The L. S. Starrett Company)のカタログ²⁹⁾³⁰⁾には、この両方のノギスが、それぞれかなりのスペースをとって記述されています。またそれらよりかなり新しい1979年のスターレット社カタログにもバーニヤ目盛をもつノギスのほか、ポケット型滑り挟み尺としての簡易ノギスに3頁をさいています³¹⁾。これは両者ともに目的に従って使われていたという状態であったと言えます。

更に、これらに先だつ1905年発行のドイツ工具商のアドルフ・ファイファー社(Adolf Pfeiffer, Mannheim)のカタログ³²⁾、第二次世界大戦後のアメリカ、カナダのラフキン社(The Lufkin Rule Co.)の1958年のカタログ³³⁾においても同様なことがみられます。1920年のスタンレー・ルール・レベル社(Staley Rule & Level Co.)のカタログの中に、挟み尺をも取り入れた物差³⁴⁾があります。ここでは以上の資料中に見られる器械を主な例として述べます。

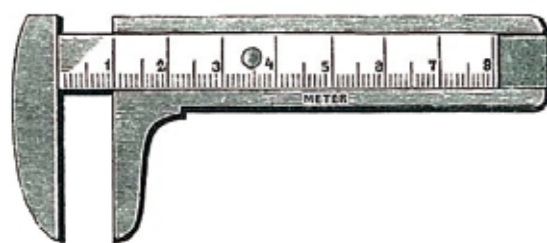


図15 アドルフ・ファイファー商社(ドイツ)簡易ノギス
(最大目盛値80 mm) 1905年

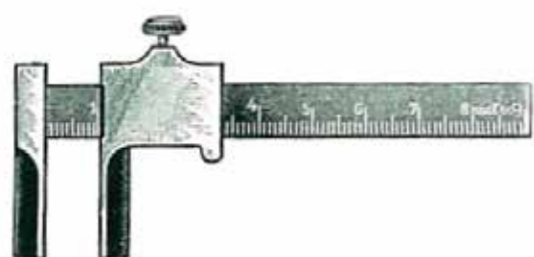


図16 アドルフ・ファイファー商社簡易ノギス
(測定範囲65 mm) 1905年



図17 ブラウン・シャープ社(アメリカ)簡易ノギス
(最大目盛値4 in, 目量1/32, 1/64 in) 1924年



図18 ブラウン・シャープ社(アメリカ)簡易ノギス
(最大目盛値3 in, 目量1/32 in) 1924年



図19 スターレット社(アメリカ)サムスライダ付直尺
(最大目盛値6 in, 目量1/8, 1/16 in) 1927年

8. 1. バーニヤ目盛のない滑り挟み尺:簡易ノギス

簡易ノギスは図6の形から進歩し、鞘の一面を取り除き、本尺と鞘部分の接触案内をあり溝で構成し、本尺面と鞘部の面位置がほぼ同じ面になるようにすることにより、精度を向上することができます。この形式で、1905年頃ドイツで使われていたミリメートル目盛の簡易ノギスを図15に示します³²⁾。最大目盛値は80 mmで、測るべき寸法値はスライダジョウの端面のかどにおいて読取ります。同じ時期に、図16のような鞘でないジョウを持つスライダの簡易ノギスも使われており、スライダの端面のエッジにて測定値を読取る簡易ノギスで、最大目盛値は90 mm、測定範囲は65 mmです。

アメリカにおいても同じような簡易ノギスが使われています。図17はブラウン・シャープ社の簡易ノギスで、刀身にあたる本尺を送り易いように送りノブがつけられています²⁴⁾。測定値は、鞘の部分に矢印に近い形の切り掛け突部を指標として読取ります。また、鞘にも目量1/32, 1/64 inで目盛られており、3 in又は4 inの直尺としても使うことができます。図17は1924年のブラウン・シャープ社カタログから引用しましたが、ブラウン・シャープ社は1833年創業で、工具類を製作していたほか、上述したようにノギスを1851年に製作していますから、このような簡易ノギスはすくなくとも1850年以前から製作し、販売していたものでしょう。

この図17に示す本尺目盛の見える型式のはさみ尺は、同じ頃に、スターレット社においても、製造販売されていました²⁹⁾³⁰⁾。スターレット社の創業は1880年であり、ブラウン・シャープ社と共にマイクロメータで競っていた上に、両社共に直尺や簡易ノギス及びノギスを作り、19世紀の終わりにはマイクロメータと共に、かなり普及させていたものと思われる。

図18は、図13と同様に本尺目盛が見える構造で、ブラウン・シャープ社製です²⁴⁾²⁵⁾。刀身の本尺は目量1/64 inで、2.5 inまで測定することができます。その図

では裏側も示しており、ジョウを閉じ、ジョウの端から3 inまで目量1/32 in目盛が刻まれた直尺として使用できることが分かります。

使用者がやや違うのでしょうか、これらと同様に使われたと思われる図19に示すような指で操作し易いようにしたスライダ指標を備えた直尺があります。直尺の目量は下目盛1/8 in、上目盛1/16 inで、スライダは本尺中央に切られている細い溝で案内されて移動するようになっています。それに対して図20に示すような調節可能なフックを物差の末端に取り付けた直尺(下目盛目量1/64 in、下1/32 in)や、このフックを片側のみの固定的に備えた図21に見られる直尺(下目盛目量1/8 in、上1/16 in)なども作られていました。これら両者を、すなわち図20を図19に加えた構成にすると、一つの滑り挟み尺になりますが、その一例として図22に示すような形のものも作られていました。図17から図22までの測定器具は、ブラウン・シャープ社とスターレット社ともに、それぞれのカatalogに示されており、製作販売をしていたことが分かります^{24)~26)29)30)}。

図23はブラウン・シャープ社1910年製簡易ノギスです。本尺の目量は1/32 inで、3 inまで測定できます。スライダ側ジョウの目盛読取り部分に外側測定目盛及び内側測定目盛のための標線が刻まれています。スライダ側のジョウは調節可能であり、そのスライダの微動装置も備え精度を保つ構造になっています。これはミットヨ博物館に展示されています。これと同じ型式の簡易ノギスは1924年のカタログで見ることができ、測定範囲が同じ4 inのほか、6及び9 inに広げ、目量は細かくし表面1/64 in、裏面1/100 inで、ジョウは測定の接触を考慮し、焼入れされており、微動部分がやや強固に作られています。

これと同じ型式の簡易ノギスが、スターレット社においても作られており、図24に示すとおりです。このノギスでは内外側測定用の指標が本尺の上側についてい



図20 スターレット社(アメリカ)調節可能フック付直尺
(最大目盛値6~48 in, 目量1/32, 1/64 in) 1927年



図21 ブラウン・シャープ社(アメリカ)フック付直尺
(最大目盛値4~36 in, 目量1/8, 1/16 in) 1924年



図22 ブラウン・シャープ社(アメリカ)滑り挟み尺
(最大目盛値4 in, 目量1/32 in) 1924年



図23 ブラウン・シャープ社(アメリカ)簡易ノギス
(測定範囲3 in, 目量1/32 in) 1910年, 同型1924年

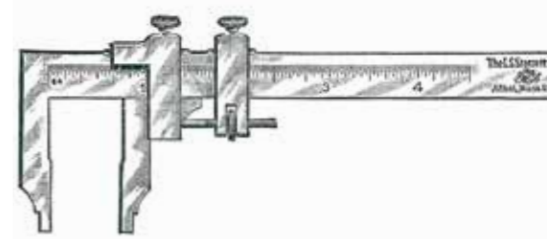


図24 スターレット社(アメリカ)簡易ノギス
(測定範囲3, 4, 6 in, 目量1/64 in, 裏1/100 in) 1927年

ます。この図24は1927年頃の製作のもので、目量が表面1/64、裏面1/100 in、測定範囲は3、4、6 inの3種があります。

図25は1890年にスターレット社にて作られた測定範囲3 in、目量1/64、1/100 in、測定範囲6 in目量1/64 inの簡易ノギスです。両者ともにミットヨ博物館に展示されています²³⁾。同じ型式のものが、1927年の同社のカタログにも掲載されています。その固定側ジョウは、対象物にあわせて移動した後、固定し、スライダ側ジョウとの間に測定物を挟み、ときにより微動調節することによって測定します。この同じ型式のものもブラウン・シャープ社においても作られています。

スターレット社の簡易ノギスでは両ジョウの先端に図26に示すように、先端をとがらせたピンを取り付けるねじを備え、車のタイヤ溝等の金型における測定や、図右下のように外側パスと内側パスの間隔セットゲージとして、時により硬い野書き針を取りつけて使用で



図25 スターレット社（アメリカ）滑り挟み尺
（測定範囲3~6 in、目量1/64、1/100 in）1890年、1927年

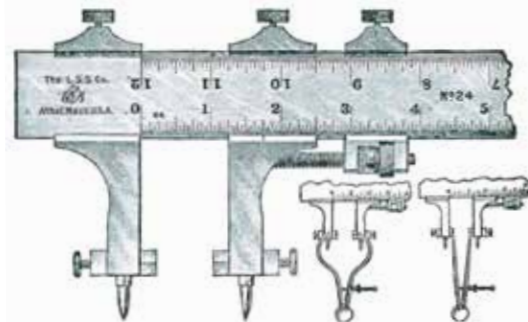


図26 スターレット社（アメリカ）タイヤ金型等多目的用簡易ノギス
（目量1/32 in、上逆方向目盛）1927年



図27 スターレット社（アメリカ）ポケット型簡易ノギス
（測定範囲4 in、下目量1/32 in、上円周目量1/64 in、1960年）

きるようにもなっている多目的簡易ノギスです。そのため本尺の幅1・1/4 in、厚さ0.85 in、測定範囲は12~48 inにおける5種、目量1/8、1/16、1/32、1/64 inと多様に使えるようになっています。

図27はスターレット社1960（昭和45）年製のポケット型簡易ノギスであり、ミットヨ博物館に展示されているものです。丸物部品の直径を下側目盛で1/32 inの細かさで測定でき、その円周を上目盛で1/16 inの細かさで求めることができます。本尺送り用ノブ、クランプ機構がついています。この簡易ノギスはスターレット社の1979年創立100周年カタログにも示されています³¹⁾。このように近代まで適用されていたのです。同様に直径と円周長とを測る同種の簡易ノギスは他社でも作っており、例としてラフキン社の1958年のものを図28に示します³³⁾。ラフキン社は1869年創業ですから、19世紀の後半から、1960年過ぎ位まで生産していたと思われます。



図28 ラフキン社（アメリカ）ポケット型簡易ノギス
（下目盛目量1/32 in、上円周目量1/16 in）1958年



図29 木製滑り挟み尺（フランス製、上直径用目盛 目量1 cm
最大25 cm 下円周用目盛目量2.5 cm 最大80 cm）1930年

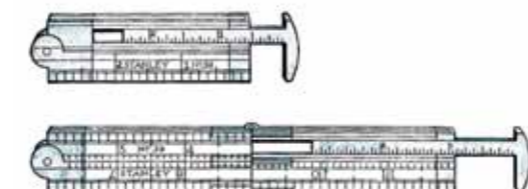


図30 スタンレー・ルール・レベル社（アメリカ）簡易ノギス付
たたみ尺（木、牙又は角製、目量1/16 in、たたみ尺目量
1/10、1/8 in）1920年

このような丸物の直径を測ると同時に円周長を求めるための簡易ノギスには、上記のものより早い時代の1930年にフランスにて作られた図29に示すような木立測定用の木製簡易ノギスがあり、ミットヨ博物館に展示されています²³⁾。なお、木製といえば、物差の一端に簡易ノギスを備えた物差がアメリカ、ヨーロッパにあり、図30に滑り挟み尺を備えたたたみ尺（折尺とも言う）を示します³⁴⁾。木製のほか、動物の角、牙などで作られており、いろいろな長さ測定に適用できる便利さを備えています。図31はアメリカのダンラップ社（Danlop Co.）の1920年製ノギスで、本尺は薄い素材ですが、現代のノギスの形に近くっており、内側測定子はナイフエッジ型で、上部にもっています。またスライダ送り機構とその固定ノブをも備えています。

これまで主としてアメリカにおける状態を述べてきましたが、ドイツのメーカーの図15、16に示したものに



図31 ダンラップ社（アメリカ）簡易ノギス
（測定範囲5 in、目量1/16 及び1/32 in）1920年



図32 チェスターマン・シェフィールド社（イギリス）簡易ノギス
（測定範囲4 in、120 mm、目量1/32 in、0.5 mm）1900年



図33 パーカー社（イギリス）簡易ノギス
（測定範囲5 in、130 mm、目量1/32 in、1 mm）1920年

続き、ヨーロッパにおいても同じ傾向が見られます。図32~36にミットヨ博物館に展示しているイギリス及びドイツ製簡易ノギスを示します。ミリメートル目盛、インチ目盛併用のものが多いです。図16、図32、図33はジョウ付スライダが滑り移動する形式であり、スライダの左エッジで測定値を読取る構造です。特に図31、33は上側にくちばし測定子を備え、内側など穴の測定物に対応しています。

図36は本尺目盛がみえる一般のノギスの形ですがバーニヤ目盛のない形式です²³⁾。製作年代が1950年で近い時代のものでそのような構造になったものでしょう。もしこれから製作されるとすれば、このような形式のものになるでしょう。

このように簡易ノギスは、1850年以前から100年を越える期間使われてきているのです。



図34 ラボン・ソン社（イギリス）簡易ノギス
（測定範囲3 in、80 mm、目量1/32 in、1 mm）1920年



図35 コッテリル社（ドイツ）簡易ノギス
（測定範囲2 in、50 mm、目量1/16 in、1 mm）1930年



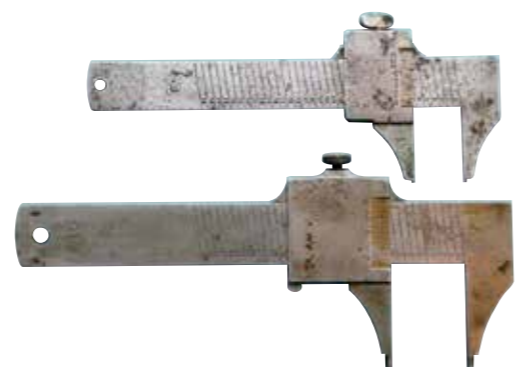
図36 シェフィールド社（イギリス）簡易ノギス
（測定範囲5 in、13 cm、目量1/32 in、0.5 mm）1950年

8.2. ダイアゴナル目盛をもつ滑り挟み尺：ノギス

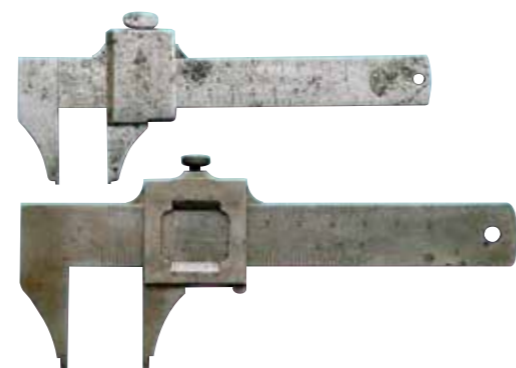
ダイアゴナル目盛は直角三角形の短辺を相対する斜辺の長さに展開し細分化を容易にした目盛で、対角線目盛とも言われています。14世紀に、ヘブライ（古代イスラエル）のレビ・ベン・ゲルソン（Levi ben Gerson）が発明したとされています⁵⁾。従って、バーニヤ目盛より2世紀も古いのです。航海用のヤコブ・スタッフ（Jacob's Staff、距離測定機御器）や羅針盤、六分儀などに使われました。デンマークの天文学者のティコブラーエ（Tycho Brahe）が1576年にフヴェン（Heveen）島に観測所を作った時に、半径2 mのダイアゴナル目盛をもつ壁面四分儀を作っていて⁵⁾、観測の精度をあげたことは良く知られたことです。このような天文や測量機器に用いられていることから、ノギスの副尺としての使用があっても不思議ではありません。しかし、そのダイアゴナル目盛を副尺として用いたノギスは世界的に余り残っていませんから、珍しいノギスです。

図37はダイアゴナル目盛をもつノギスで、フランスのテッド・クロム（Ted Crum）コレクションに納められているものです^{35)注*4}。1850年から1890年に作られていたと推定されています。用いている単位はミリメートルとプースです。1840年以降、フランスは罰則付きでメートル単位に切替えていた時です。その時代を過ぎているものですから、問題のある推定製作年代です。しかし、光学におけるレンズの焦点距離を含めレンズの厚さなどで、プース単位表現が用いられていたようですから、光学レンズ測定用に作られたかも知れません。またナポレオンIII世が王政を復活させ、1850年前後に度量衡規制を緩和したかも知れないというあいまいさがあったようで、上記年代が推定されたようである。

注*4: ダイアゴナル目盛ノギスの存在の有無を諸外国数十人の計測研究者に問合わせたところ、アメリカのProf. Dr. Robert J. Hocken (The University of North Carolina at Charlotte, USA) 一人から The Ted Crum Collection, France をご紹介頂きました。



(a) 表面; ダイアゴナル (1リーニユ) 目盛



(b) 裏面; 下: 1/10バーニヤ目盛, 上: 細分無

図37 ダイアゴナル目盛を持つノギス
(フランス, テッド・クロム コレクション) 1850年~1890年

図37の上部のノギスは(a)に見られるようにメートル以前のフランスで使用されていたプースのダイアゴナル目盛のみであり、他面は(b)から分かるようにミリメートル目盛を上部に、下部にプース目盛をもつもので、一目以下をダイアゴナル目盛のみで、細分化しています。下部に見られるノギスは(a)から分かりますように一面にプースのダイアゴナル目盛を、他の面には(b)から分かるようにミリメートルとプース目盛との両目盛を上部と下部にもち、それぞれをバーニヤ目盛で読取るノギスです。下部の目量は1/24プース(= 0.5リーニユ)で、そのダイアゴナル目盛は1/12プースとなる1リーニユを用い、その1/12(= 1ポアン)を容易に読取ることができるようスライダの右エッジに縦方向に12目盛を刻んでいます。

下部のノギスのバーニヤ目盛は、下部のプース目盛においては0.5リーニユの11目を12分割し、1ポアンを読取ることができるようになっていて、ダイアゴナル

目盛の読取りに合わせてみると見ることができます。上部のミリメートル目盛では1/10目盛を読取ることができるようになっています。このダイアゴナル目盛とバーニヤ目盛をもつ下部のノギスは実用より別目的で作られたかもしれない。

プース単位とダイアゴナル目盛の使用状況から考えて、筆者は図37の上側のノギスは1940年以前のものではないだろうかと思惟したいが許されるであろうか。日本では、大野弥三郎規行（大野規行）が上記より早い時代の1840年代に作った図76に示すダイアゴナル目盛ノギスがありますが、これについては後述しますので、そちらを参照してください。

8.3. バーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺：ノギス

「バーニヤ目盛をもつ滑り挟み尺」すなわちノギスの現存する最古のものが、1840年頃にフランスで作られたことは既に第6章で述べました。ミットヨ博物館に展示されている1890年代のノギスを図38~42に示します²³⁾。現存最古のノギスと同様に全てフランス製であり、バーニヤ目盛を持つノギスの普及についてはフランスが先行していたという傾向が見られます。

図38の形は現在のフランス ロック社のノギスの形になっており、測定範囲は150 mm、バーニヤ目盛は9目盛を10等分して、最小読取値は0.1 mmとしています。ジョウの先の部分に内側用測定面を持ち10 mmを越える大きさの内径にも対応できるようになっています。またスライダのクランプ機構をも備えています。

図39のノギスは図38のノギスと良く似ており、測定範囲も図38と同じ150 mmですが、本尺やジョウの大きさがやや大きくできています。また図39のノギスは、最小読取値を0.05 mmとしており、図38のノギスよりも細かい読取りを可能にし、精度を向上させて、現在のノギスと同等な精度で測定できるようになっています。



図38 ノギス (フランス製)
(測定範囲150 mm, 9 mmを10等分し最小読取値 0.1 mm) 1890年頃



図39 ノギス (フランス製)
(測定範囲150 mm, 19 mmを20等分し最小読取値0.05 mm) 1890年頃



図40 ノギス (フランス製)
(測定範囲100 mm, 最小読取値0.1 mm) 1890年頃



図41 丸ジョウ付ノギス (フランス製)
(測定範囲150 mm, 最小読取値0.1 mm) 1890年頃

最小読取値を0.05 mmとしていることは、0.1 mmが多く使われていた当時としては、極めて早かったと言えます。図40はやや小型ですがフランス製で、測定範囲100 mm、最小読取値は0.1 mmのノギスです。

図41のノギスでは一般の内外側測定のジョウのほか、管類や淵のある測定物の淵部分を避けて厚さ等が測定できる形の丸口ジョウを図の上部に備え、ある程度深い部分の厚さ測定が可能です。最小読取値は0.1 mmで、測定範囲150 mmです。同じ1900年頃ドイツ

のヘリオス社(Helios Co.)が図38に近いノギスを販売しています。

図42はイギリスのローコ社(Rawco Co.)の1900年頃のノギスです。デプスバーを備え、内外及び深さ、段差等が測定できるように多機能化が図られて、現在のノギスに近い構造です。更にスライダを微動する機構を備えて、細かいジョウのセットによって、測定精度の向上を図ることができるようになっていました。測定範囲は100 mm、4 inであり、最小読取値は0.1 mm、インチのバーニヤ目盛は目量1/16 inの7目盛を8等分し、1/128 inです。後述するコロンプスノギスに通じます。

図43はアドルフ・ファイファー商社取扱いの1905年製精密ノギスで³²⁾、図41と同じような淵を避けて管類の厚さを測定するジョウを図の上部に備えています。その部分をナイフエッジ測定子にし、薄い測定物や細かい測定物に対応することのできるようになっています。またスライダ微動装置を備えており、微動装置によってジョウを精密に測定物に接触できるようにしています。この微動装置の中に目盛の刻まれているものもあります。本尺上目盛にミリメートル



図42 ローコ社(イギリス) 多目的ノギス
(デプスバー備、下最大目盛値120 mm, 上目盛5 in, 測定範囲100 mm, 4 in 最小読取値0.1 mm, 1/128 in(1/16 inの7目盛を8分割)) 1900年



図43 アドルフ・ファイファー商社(ドイツ)
精密丸口ジョウ付ノギス
(上最大目盛値200 mm, 下目盛8 zoll, 測定範囲150 mm, 6 zoll, 最小読取値0.1 mm, 1/128 zoll(目盛1/16 zoll 8の7目盛を8分割)) 1905年

ル目盛をもち、9 mmを10分割したバーニヤ目盛を採用し0.1 mmを求めることができるとともに、下目盛はドイツ(プロイセン)のメートル単位以前の単位ツォル(1 zoll=26.1 mm)の1/16 zoll目盛で、その7目盛を8分割して1/128 zollの細かさで読取れるようになっています。単位変更時には、このように新旧両単位で値を求めることができるように便利さを図っています。図43の下目盛ツォルにはバーニヤ目盛を採用しているものと採用していないものとが作られています。また、ツォルの代わりにインチ目盛のものも作られていました。現在、ノギスのインチ目盛をツォル目盛とドイツでは称しています。測定範囲は200, 250, 300 mmと3種類があり、大きさによりジョウの長さも変わっています。

一般用として、アドルフ・ファイファー商社は図44のようなノギスも用意していました。上側測定子の先端をポイントとし、溝等に対応した測定に備えたもの、またその部分がないもの等が同時に用意されていました。本尺目盛は図43と同様ミリメートルとツォルで、最小読取値は0.1 mm、1/128 zollです。

図45は同じアドルフ・ファイファー商社が1905年頃にコロンプスノギスと称して販売したものです³²⁾。



図44 アドルフ・ファイファー商社ノギス(ドイツ)
(測定範囲 150 mm, 6 zoll, 最小読取値0.1 mm, 1/128 zoll) 1905年



図45 アドルフ・ファイファー商社多目的ノギス(ドイツ)
(デプスバーを備え、コロンプスノギスと名付く、測定範囲100 mm, 4 zoll, 最小読取値0.1 mm, 1/128 zoll) 1905年

本尺目盛はミリメートル目盛とツォル目盛(1/16 zoll)、又はインチ目盛(1/16 in)など、2目盛が備わっています。外側ジョウと内側ジョウを分け、更にデプスバーをも備え、深さ、段差等も測ることのできる多目的ノギスとしています。デプスバーを備えた初めてのノギスに属します。それによって、コロンプスの卵を思い出させるような名称としたのでしょう。当時としては、図42のローコ社のノギスと同様に進んだ構造をしており、今日のノギスと同様な測定機能をもっています。

図42のローコ社のノギスは1900年頃作られたものです。一方、図45のアドルフ・ファイファー商社のノギスは1905年のカタログに載っていたものであり、デプスバー付きノギスとしては図42ローコ社のノギスのほうが古いこととなります。しかし、アドルフ・ファイファー商社の「コロンプスノギス」(図45)という名称は、先人が思いつかなかった新機能を有することを連想させるものであって、アドルフ・ファイファー商社のほうがローコ社より先にデプスバー付きノギスを発売していた可能性もあります。但し、アドルフ・ファイファー商社とローコ社のどちらが先かを明らかにする明確な資料はありません。

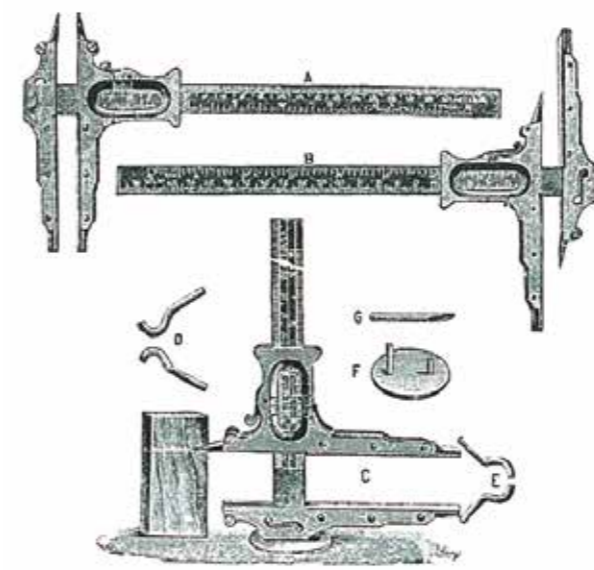


図46 アドルフ・ファイファー商社作業用ノギス(ドイツ)の使用例
1905年



図47 ロシア製ノギス
測定範囲150 mm, 最小読取値0.05 mm(39 mmを20等分) 1910年



図48 ブラウン・シャープ社(アメリカ)
(測定範囲5 in, 最小読取値0.001 in) 1910年

1922(大正14)年発行の精密機械、工具の輸入業者である近常商店(Kintsune Shoten、東京市京橋区銀座二丁目所在)のカタログには、スターレット社及び国産のノギスとともに、内外径、深さの3種を測定できる図42のローコ社や図45のアドルフ・ファイファー商社のノギスに近い構造のノギスが「ヘンリーポッカー社製コロンプスキャリパ」として掲載されていました³⁶⁾。当時、3機能をもつノギスをコロンプスノギスと呼んでいたようです。

図46は同じアドルフ・ファイファー商社の1905年頃の作業用ノギスです³²⁾。一般ノギスの固定側ジョウの部分を、図に見られるように、逆さまにはめ変えることによって、測定対象に合わせた測定に対応し、またジョウの他端を野書き用とし用いることができるように作られていました。固定ジョウのはめ変えに用いるために、ジョウの穴案内に本尺の突出ピンを当てはめることによってジョウを固定し、ハイトゲージの使用を可能にしている、図46では野書きをしている状況を示しています。

図47はロシア製のノギスで、図の下側に一般の形をした測定ジョウがあり、上側はポイント的になっていて狭い部分をもつ測定物に接触することができるようにしています。ミツトヨ博物館展示品で²³⁾、日露戦争に近い1910年頃の製品のひとつです。ミリメートル目盛

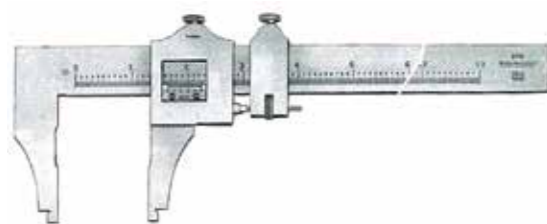


図49 ブラウン・シャープ社（アメリカ）
（最小読取値0.001 in, 測定範囲6, 12, 24, 36 in）1935年



図50 スターレット社ノギス（本尺目量1/40 inをジョウ移動調節ねじ1回転25等分目盛による最小読取値1/1000 in）1900年頃

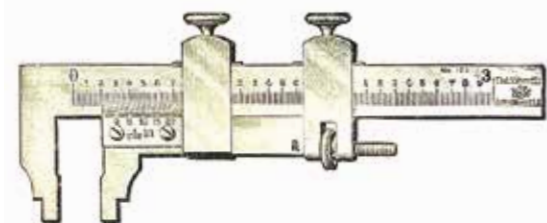


図51 スターレット社ポケットノギス（アメリカ）
（測定範囲1 1/2 in）1927年

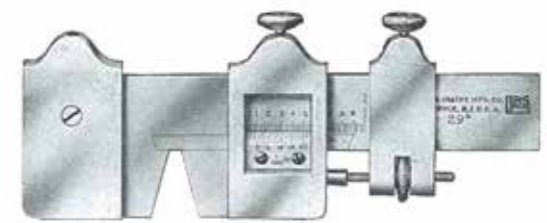


図52 ブラウン・シャープ社ねじ用ノギス（アメリカ）
（ねじ山角60° 55° 29' 用あり, 山にあわせてセットし, ピッチ等測定）1924年

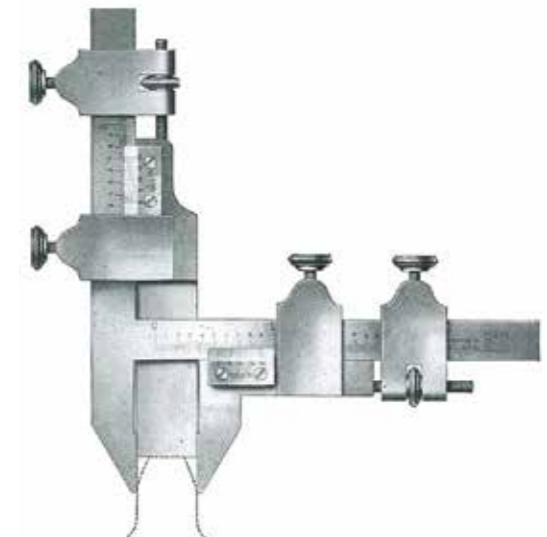


図53 ブラウン・シャープ社歯厚ノギス（アメリカ）
（モジュール1/4~12（円周ピッチ20~2 in）
最小読取値1/1000 in）1924年

のみであって、その最小読取値は 0.05 mm、測定範囲は 150 mm です。スライダは箱形で、バーニヤ目盛を綺麗におさめています。

図48はミットヨ博物館の展示品であるブラウン・シャープ社の1910年製ノギスであり、測定範囲は5 in、バーニヤ目盛は、第7章において述べたように、1/40 in目盛の24目盛を25等分して、最小読取値を1/1000 inとしています。これと同じ仕様のノギスとして図49に示すノギスの写真が1924年のブラウン・シャープ社のカタログに掲載されています²⁴。測定範囲は6, 12, 24, 36 inと拡大しており、それに相当する測定範囲のミリメートル単位すなわち 150, 300, 600, 900 mm のノギスも用意されていました。

図50はスターレット社のバーニヤ目盛を使わないで、最小読取値1/1000 inを読取ることができるようにしているマイクロメータノギス^{29,30}と称する1900年頃のノギスで、ミットヨ博物館展示品です²³。本尺目盛は目量1/40 in、測定範囲6 inで、その一目を本尺下にある移動ジョウ調節ねじの1回転に相当させ、その1回転を25分割して、雌ねじ円周に目盛を刻んでいます。マイクロメータねじと組み合わせて、1/40 x 1/25 として1/1000 in読取りを実現しています。珍しいノギスの一つです。図50の6 inのほか、測定範囲4及び12 inのノギスも供給していました。1/40 in目量以下の分割量の読取りが、やや面倒な操作を必要としているものです。30年を越えるほどの期間使われていたと思われるノギスでもあります。

スターレット社1930年頃の一般のノギスは、図51とともに、ブラウン・シャープ社の図48と同じ構造のノギスを作って販売していました。測定範囲が4, 6, 9, 12, 24, 36, 48 inと、かなり大きい測定物を測定することができるノギスまで作っていました。なおメートル系の最も大きいノギスは、最大24 inに相当する600 mmでした。最小読取値は、ブラウン・シャープ社のノギスと同様に、本尺目量1/40 inの24目盛を25等分し、1/1000 inにしています。

ブラウン・シャープ社では、この測定範囲の大きさに対抗したのでしょうか、1935年になって測定範囲48 inのノギスを作るようになっていきます²⁶。別にスターレット社では図48と同様な構造をしたノギスと別に図51に示すような、箱型スライダ面ではなくジョウの元に目盛専用の板を取り付けた型式のノギスも製造していました²⁹。その測定範囲は1 1/2 in、40 mm、最小読取値は1/1000 in、0.02 mmです。

これらに加えてブラウン・シャープ社では、ねじ工具の異なったピッチや山角の山形のチェック用ノギス（図52）や、歯車の歯厚測定用のノギス（図53）も作り始めています²⁴。図52のねじ用のノギスはねじ山に必要なピッチの幅にセットし、1/1000 inで検査することができます。図53の歯厚ノギスは現在のものとほぼ同様です。またスターレット社においても、歯厚ノギスを作ると共に図54に示すような あり溝測定用ノギスを出しています²⁹。そのノギスでは測定子にころを用い、



図54 スターレット社あり溝ノギス（アメリカ）
（あり角度45, 55, 60度, 測定範囲0~12 in, 最小読取値 1/1000 in）
1927年



図55 ブラウン・シャープ社マイクロメータヘッド付ノギス（アメリカ）
（測定範囲最大12 in）1920年



図56 スターレット社可動マイクロメータヘッド付ノギス（アメリカ）
（測定範囲最大6 in）1920年

そのころによって、あり溝に接触して、あり溝幅や形を求めらるものです。このように測定対象を明確に決めたノギスが1900年過ぎ頃から作られ、用いられてきています。

図55、56はマイクロメータと合体したものです。マイクロメータの測定範囲を、ノギスを用いて6 inや12 inに拡大しています。図50に比べ使い易いと思われます。

このように、1920年頃になると、測定子を測定物に対応したものが現れてきて、用途が広がってきていることが分かります。

図57は1920年頃のオランダ製外側ノギスで、ミットヨ博物館展示品です²³。このノギスはスライダの移動のための指掛け及びクランプを備えており、ミリメートル目盛及び1/16 in目盛を備え、最小読取値0.1 mm、1/128 inです。また測定面はねじでジョウに取り付けられており、交換可能な構造です。

図58、59はドイツのヘリオス社（Helios Co.）の1920年頃及び1940年頃に作られたノギスで、ミットヨ博物館の



図57 外側ノギス（オランダ）
（測定範囲6 in, 120 mm, 最小読取値1/128 in, 0.1 mm）1920年



図58 ヘリオス社（ドイツ）ノギス
（測定範囲120 mm, 4 in, 最小読取値0.1 mm, 1/128 in）1920年



図59 ヘリオス社（ドイツ）スィベルジョウノギス
（測定範囲5 in, 最小読取値1/128, 1/1000 in）1940年

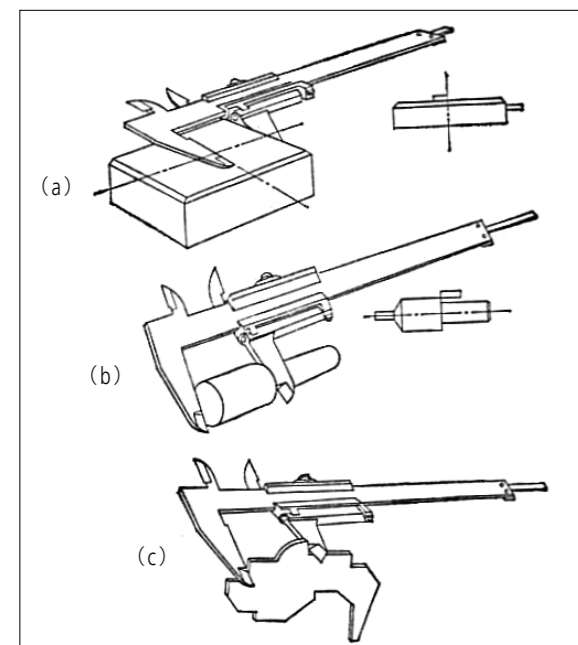


図60 スライダジョウが回転するスベルジョウノギスの測定例

展示品です²³⁾。ヘリオス社は1910年創業であり、創業期の製品と更に発展させた製品です。これらは図32や図34に示した簡易ノギスに似た形で、バーニヤ目盛があるものです。1920年製のノギスは、測定範囲が120 mm及び4 in、最小読取値0.1 mm及び1/128 inで、デプスバーをもっていませんが、レバー型のスライダのクランプと指かけをもっています。後者の1940年のものは、スライダ側ジョウが測定軸に対して回転移動するようになっているスベルジョウ型であり、複雑な測定物の測定に対応できるようになっています。

図60に測定軸のずれたもの、段差のあるもの等の測定の便利さを示す例をあげました。このようにジョウの形や動きによって、測定物の範囲がかなり拡大できることが分かります。このノギスはインチ目盛のみであり、最小読取値1/1000 in（本尺目量1/40 in、24目盛 25分割）、及び1/128 in（本尺目量1/16 in、7目盛8分割）であって、アメリカ用に作られたものです。1920年頃のノギスはスライダのクランプがレバー型ですが、1940年のノギスではねじクランプに改まって現在の形になっていると共に、内外側、深さ等の測定ができる構造です。

図61はイギリスのマイクロ・プレジジョン・バーニヤ社（Micro-Precision Vernier Co.）製作のノギスで、1929年頃に使われていたものです³⁷⁾。図51のスターレット社のノギスの構造、最小読取値などと良く似ています。

図62はドイツのカール・マール社（Carl Mahr Esslingen a. N.）のノギスです³⁸⁾。現在のJISのM型ノギスに似ています。目盛長は下段160 mm及び上段6 inであり、最小読取値は0.05 mm、及び1/128 in、内外側及び深さ等の測定ができます。この一般用のポケットノギスに対して、図63に示すようなノギスを長尺用として用意しており、200 mmから1000 mmまでの長さに対応し、最小読取値は0.1 mm、0.05 mmであり、インチ目盛では



図61 マイクロ・プレジジョン・バーニヤ社（イギリス）ノギス（測定範囲5 in、最小読取値1/1000 in）1929年



図62 カール・マール社（ドイツ）ポケットノギス（測定範囲120 mm、5 in、最小読取値0.05 mm、1/128 in）1931年



図63 カール・マール社ノギス（ドイツ）（測定範囲400、500、1000 mm、最小読取値0.1 mm）1931年

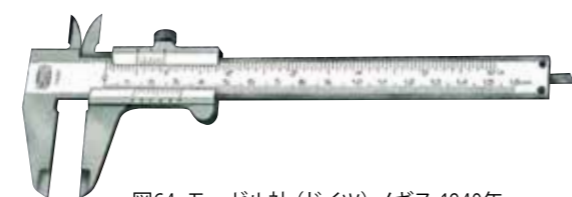


図64 モーゼル社（ドイツ）ノギス 1940年

最小読取値1/128 in用と1/1000 in用があります^{38) 39)}。この形は図38のフランス製あるいは図48のブラウン・シャープ社のノギスに似ています。

図64はドイツのモーゼル社（Mauser-Messzeug GmbH）のノギスで1940年頃の製品です⁴⁰⁾。図62の形に良く似ており³⁸⁾、1920年代からのものと思われます。目盛はミリメートル及びインチで、最大目盛値は160 mm、測定範囲は135 mm、最小読取値は0.1 mm用と0.05 mmがあり、1/128 inです。古いノギスではミリメートル及びツォル目盛のものも用意されていました。図62や図64のように、1900年の始め頃はドイツではこのような形のノギスが広く使われてきていたと推定できます。

図65はカール・マール社の歯厚ノギスで、図53のブラウン・シャープ社のものと同様な機能をもっています。モジュールが1から17（円周ピッチ25～1.5）と5から35（円周ピッチ5～0.75）に対応しています。

図66はブランドロゴのCSEのみで製造者が明確でないがドイツ製であって、1940年頃に作られたインチ目盛のみのノギスです²³⁾。測定範囲は5 in、最小読取値は1/1000 inであり、外側用バーニヤ目盛がスライダの下側に目盛られ、内側用が上側に目盛られています。また薄いもの測定用のナイフエッジ式測定子を上部に、またスライダの微動装置も備え、精度を保つようになっています。

以上で概観したように、1900～1930年頃までに、欧米におけるノギスは、機能、形ともにほぼ完成したものになっていたことがわかります。

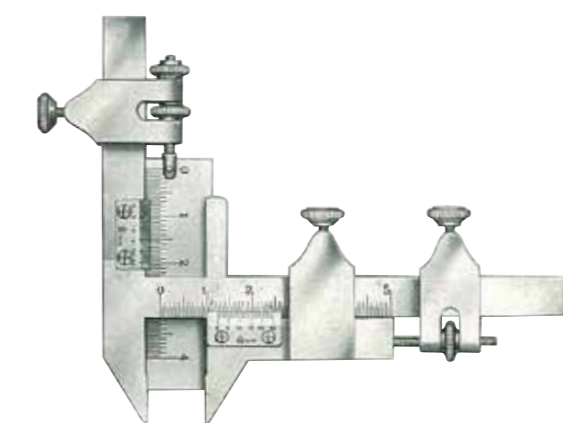


図65 カール・マール社歯厚ノギス（ドイツ）（モジュール1~17（円周ピッチ25~1.5）、最小読取値0.02 mm、1/1000 in）1931年



図66 ブランドロゴ CSE印製（ドイツ）ノギス（測定範囲5 in、最小読取値1/1000 in）1940年

9. デプスゲージとハイトゲージ

ノギスに近い滑り部分をもつ形式、すなわち、測定物を挟みはしませんが、本尺、又は本尺上に沿ってスライダを滑らして、測定物に接触する形式の測定器に、デプスゲージとハイトゲージがあります。1850年頃には鞘箱型滑り挟み尺の簡易ノギスにおいて、ジョウと本尺及び鞘の目盛を使い高さの測定を行ったことについては、第5章において述べました。また、図46に見られるように、ノギスの使用のなかで、一種のハイトゲージの使い方をしていたことについても述べました。このようなことをもとに深さや高さを測ることができたので、それが発展してデプスゲージ及びハイトゲージが作られたと想像できますが、いつごろ開発され、使い始められたかについて、確定したことは不明です。しかし、ドイツのアドルフ・ファイファー商社の1905年のカタログやブラウン・シャープ等の1924年頃のカatalogから推定すると、1900年ころにはデプスゲージが、1910年頃にハイトゲージができ、使われ始めたと思われる。ここでは、その頃に現れた機器について述べます。



図69 ブラウン・シャープ社デプスゲージ (アメリカ) (測定範囲4.5 in, 目量1/32, 1/64 in) 1924年



図70 ブラウン・シャープ社デプスゲージ (アメリカ) (測定範囲3 1/2 in, 88 mm, 最小読取値1/64, 1/1000 in, 0.02 mm) 1924年

ドイツで1905年頃に使われたバーニヤ目盛のないデプスゲージを図67に、バーニヤ目盛を備えたデプスゲージを図68に示します³²⁾。図67は、測定範囲が100 mmから300 mmのものがあり、図68では測定子が細く、10 mmまで0.1 mmで読取することができます。少々年月が過ぎますが、1924年のブラウン・シャープ社のデプスゲージを図69、70に示します²⁴⁾。図69はバーニヤ目盛をもたない簡易デプスゲージで6 inの長さの本尺を持って、ほぼ 3 1/2 in までの測定を可能にしています。図70の本尺は、6 inまたは12 inの長さで、メートル及びインチ目盛をそれぞれもつものと両目盛をもつものがあり、その最小読取値は0.02 mm、及び1/1000 inです。

スターレット社においても図69、70に相当するほぼ同様な機能のデプスゲージをつくっています²⁹⁾。図68相当品に近いデプスゲージでは、デプス角度ゲージと称して、本尺を±60度傾けることができるようになっているものもあります。図71は図68相当品よりも古いデプスゲージで、本尺の位置を図の左に移動できるもので、本尺の長さが4及び6 inで、ベースとするストックの長さが3~10 inの簡易デプスゲージも作られています。本尺は図の左端に移動でき、測定対象に合わせて用いることができます。

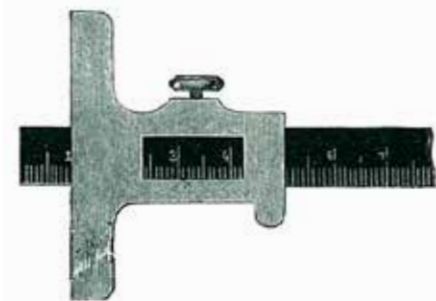


図67 アドルフ・ファイファー商社デプスゲージ (ドイツ) (測定範囲100~300 mm) 1905年

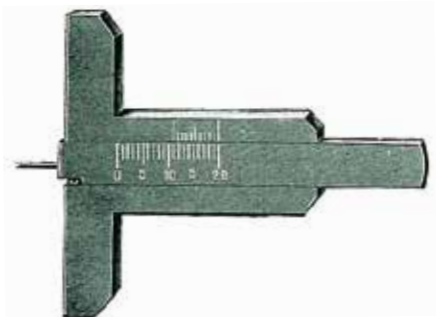


図68 アドルフ・ファイファー商社デプスゲージ (ドイツ) (測定範囲10 mm, 最小読取値0.1 mm) 1905年

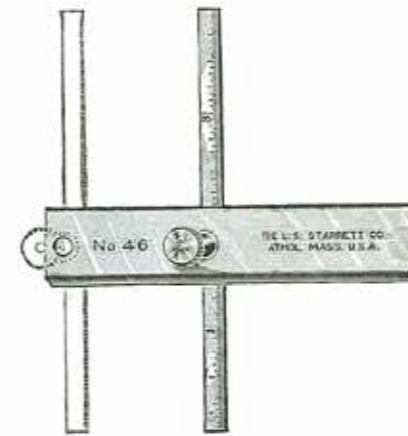


図71 スターレット社デプスゲージ (アメリカ) (目量1/32, 1/64 in, 本尺長4及び6 in) 1924年

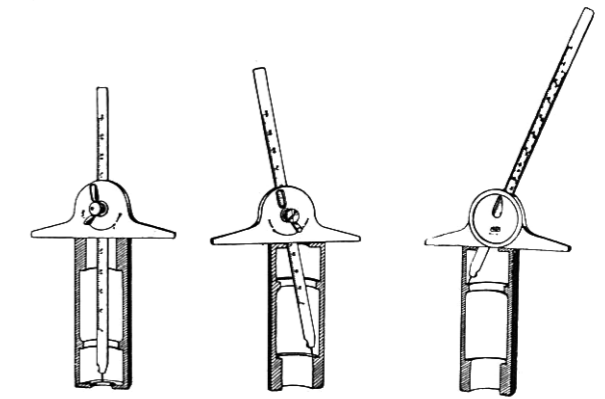


図72 カール・ツァイス社万能デプスゲージ (ドイツ) (本尺長 6 in, 160 mm, 最小読取値1/64 in, 0.1 mm) 1928年



図73 アドルフ・ファイファー商社 (ドイツ) トースカン 1905年



図74 ブラウン・シャープ社18 inハイトゲージ (アメリカ) (最小読取値1/1000 in) 1924年

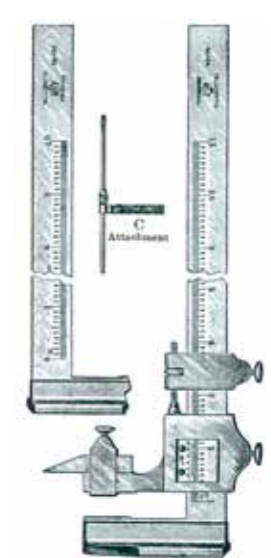


図75 スターレット社10 inハイトゲージ (アメリカ) (左上裏面, C付属品, 最小読取値1/1000 in) 1924年

図72はカール・ツァイス社 (Carl Zeiss) のアジャスタブルデプスゲージで、傾斜角 θ を読取り、目盛値に $\cos \theta$ を掛け、深さを求めるものです⁴¹⁾⁴²⁾。カール・ツァイス社はデプスマイクロメータを作っていたことは知られていますが、デプスゲージを供給していたことは、他の機器と比べてみると珍しいことです。デプスゲージはインチ単位のものが中心であったようです。本尺が6 in, 160 mm, 最小読取値1/64 in, 0.1 mmです。この図のデプスゲージの他、本尺を垂直に移動するもの、決まった角度のものが用意されていました。垂直移動のものは目量1/40 inで、バーニヤ目盛により、最小読取値は1/1000 inとしていました。

ハイトゲージについてはアドルフ・ファイファー商社の1905年のカタログには見られませんが、図73のように、トースカンのスタンドの柱にスケールの添付が見られ、

これと図46の使用法とが結びつき、ハイトゲージへと発展していったものではないかと思われます。

図74にブラウン・シャープ社の18 inハイトゲージ、図75にスターレット社の10 inハイトゲージを示します。ブラウン・シャープ社も10 inハイトゲージを作っていたように、スターレット社と共に、同じ仕様のハイトゲージを作っています。10 inハイトゲージの裏面もスケール目盛をもっており、その目盛は高さ1 inから11 inまで刻まれています。図75の裏面図のように、ベース基準面から1 inの高さをゼロ位とした目盛、すなわち、表面の1 inの位置をゼロにしたものをも示して、使用者の便を図っています。また、図75のCのような付属品も用意し、縁のある測定物等に対応することも試みられています。

10. 日本におけるノギスの始まり

日本におけるノギス使用の始まりはどうかであったのか。残念ながら、誰が、いつ使い出したかはっきりと判っていない状況です。一般的には、輸入されたのが始まりだと思いますが、通説では大正年間に初めて輸入されたと言われています。しかし、わが国で工作機械が輸入され、それがはじめて使われたのは幕末ですから、明治よりはもっと古いと考えられます。

日本に工作機械が輸入され、いわゆる機械工作法が伝来した時代をみますと、江戸幕府が近代的造船・造機工場として1857(安政4)年にオランダの指導による長崎製鉄所を設立したこと⁴³⁾⁴⁴⁾に始まったと言えます。1853(嘉永6)年アメリカ使節ペリーが黒船で浦賀に来航し、日本の開国を要求しました。この年にはニューヨークにて第2回万国博覧会が開催されていました。この数年前(1844及び1847年)から開国の助言を受けていたオランダに、長崎製鉄所へのオランダ人技師の来日を依頼して、1856(安政3)年に技師の来日を得ました。

長崎製鉄所の第一期完成が1861(文久元)年、1871(明治4)年に工部省配下長崎造船所となり、そして1888(明治20)年に払い下げになって、現在の三菱重工業株式会社 長崎造船所となりました。またフランスの指導による浦賀造船所は1857(安政4)年起工、1859(安政6)年日本初のドライドッグとして完成し、咸臨丸の整備を行いました。その後、1865(慶応元)年に設立した横須賀造船所(第二次世界大戦までの横須賀海軍工廠)へ浦賀造船所の艦艇建造が移り、浦賀造船所は1868(明治元)年に閉鎖されました。その間、横須賀製鉄所へのフランス人技師の来日は1866(慶應2)年でした。

長崎製鉄所は、招聘したオランダ海軍教師が幕府、諸藩から集めた研修生に海軍伝習を行った1855(安政2)年設立の幕府海軍伝習所に始まり、オランダの提案で、長崎製鉄所を造船所として1857(安政4)年設立

したのです。オランダに製作を依頼した軍艦ヤパン号(咸臨丸)とともに1856(安政3)年に、オランダのアムステルダム製工作機械十数台がプラント輸入されました^{42)~44)}。

製鉄所では溶解炉による铸造、スチームハンマを用いた鍛造、工作機械による切削加工、鉄板や銅板を用いた製罐(ボイラ製造)等が行われました。このような機械で物を作るには測定器が必要で、工作機械と同時にミリメートル目盛の物差やノギスが輸入されたのではないだろうかと思像します。後者の浦賀造船所には1861年フランスからプラント輸入されています。同様にフランスからのわが国の長さ測定器への寄与が少なくなかったであろうと思像します。しかし、長崎造船所に工作機械に関する記述は残っていますが、ノギスや測定器具については残念ながら記録がありません⁴⁵⁾。

1862(文久2)年に幕府はオランダへ留学生として武士・技術者15名を送っています。各藩が密かに送った留学生もいましたが、1866(慶応2)年には幕府は通達を出し海外留学を認めました。これによって鎖国体制は終わり、オランダへの留学より、アメリカ、イギリス、フランス、ドイツへ向かう留学生が多くなりました。

ちなみに、近代技術のはじまりになる反射炉を日本で最も早く築造したのは佐賀藩で、1850(嘉永3)年に、オランダの技術書をもとに自らの力で作り上げており、ついで1852(嘉永5)年に幕府が伊豆の韮山に、更に同年薩摩藩が、1853年には水戸藩(那珂湊)等が築造し、鉄製や青銅製の大型を铸造しました。オランダはメートル法を1821年に全面的に導入していたことから、技術書図面はメートル単位で書かれているはずですが、フランスは1840年にメートル単位に移っていました⁴⁶⁾⁴⁷⁾。従って、反射炉はメートル単位を用いて建設されていたのです。オランダ製工作機械とフランス製工作機械

がわが国に入ってきて、それぞれの国の機械技術者が来日し、日本人に機械工作法を教えたのですから⁴³⁾⁴⁴⁾、そこで用いた単位はメートルでした。

このような事実から考え、ノギスの米国での始まりが1851年であって、かつその製作数が限られていたから、欧州経由によって、アメリカで開発されたノギスが、日本の幕末に入ったとは考えられません。ノギスはフランス及びオランダ両国からの輸入と考えたほうが適していると思いますが、明らかではありません。

これらとは全く別に、幕末、幕府の大老にあたる政治総裁職に就任した松平春嶽は、自藩の福井藩に登用した大野弥三郎規周(のりちか)が作った玉尺と称するノギスを持っていたのです。それが福井市立郷土歴史博物館に寄贈されたことにより、同館に保存されています。そのノギスを図76に示します。

そのノギスには大野弥三郎規周の銘の刻印が施されています(図76(d))。この刻印は、大野規周のものであるということ、及びこのノギスの製作年代は大野規周がオランダに留学する前の1855~1861(安政2~文久1)年であると産業考古学者で尺・長さ測定具収集家である梶原利夫が推定しています⁴⁸⁾。従って、これが現存する日本最古のバーニヤ目盛をもった滑り挟み尺、すなわちノギスです。上記製鉄所、造船所の設立とは別に独立して製作されていたのです。

アメリカのブラウン・シャープ社がノギスを初めて作ったのが、1851年である³⁾ことに対して、大野規周の製作が1858年前後であって、かつ後述する父、大野規行のダイアゴナル目盛ノギスは1843(天保14)年頃の製作であることを考慮すると、世界に全く遅れることなく日本でノギスが作られていたと言えます。

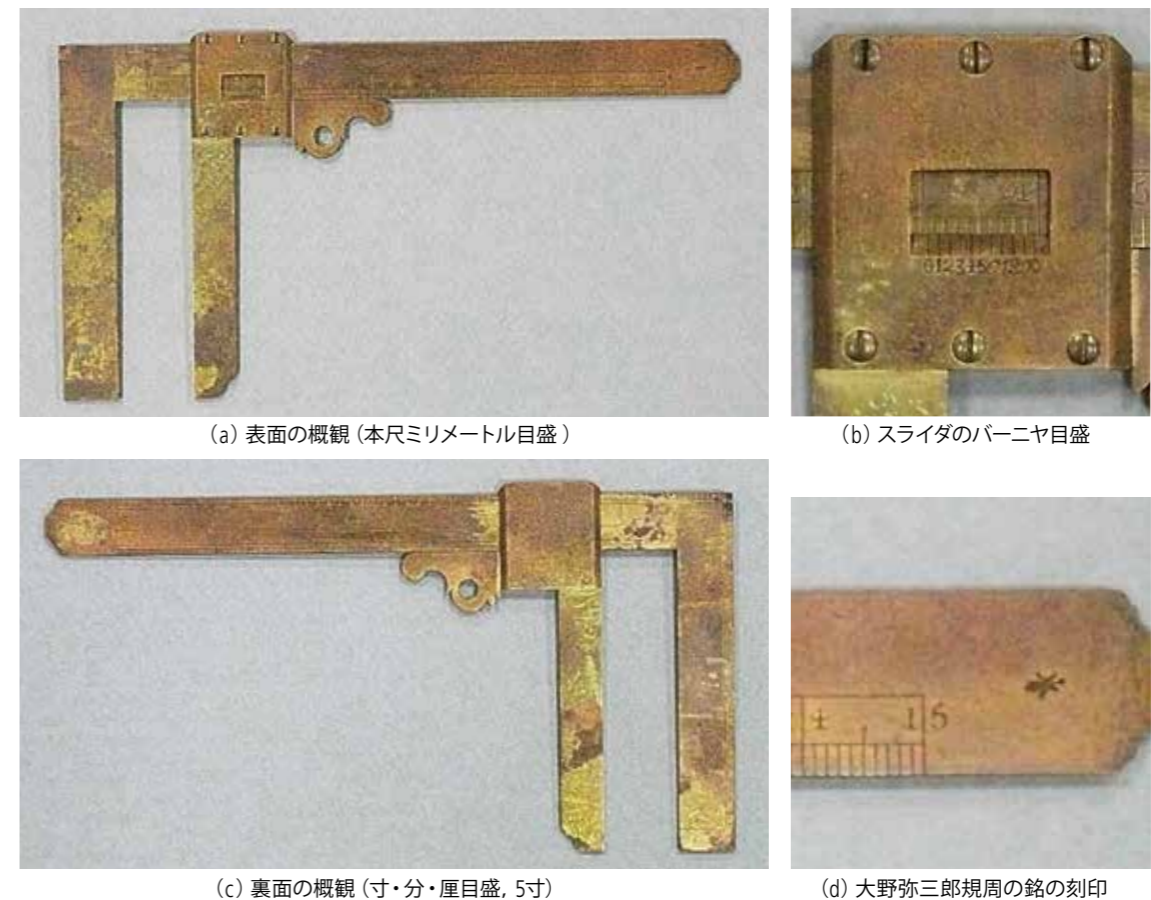


図76 松平春嶽が所持していた大野弥三郎規周製作の玉尺と称するノギス最大目盛値150mm(測定範囲130mm、裏面目盛は主目量5厘で測定範囲5寸5分) 1855~62年頃(安政年間)製作、福井市立郷土歴史博物館所蔵

大野規周は、祖父大野弥五郎規貞、父大野弥三郎規行が2代続けて江戸幕府の歴局御用時計師となっている天文測器を製作する器械製作術に長けた家に生まれまして、その3代目に当たります。また祖父大野則貞と父大野規行は伊能忠敬が地図を作ることに使用した測量機器の一部を製作していたという一家でもありました。大野規周は1855(安政2)年に越前藩松平春嶽から藩士に器械製作術を教授するために招かれました。

図76に示すノギスの表面の本尺目盛はミリメートル目盛で、最大目盛値150 mm、測定範囲130 mm、スライダの窓に刻まれたバーニヤ目盛は9 mmを10分割して最少読取値0.1 mmとしています。そのバーニヤ目盛のゼロ位はスライダ測定面から約10 mmの位置に作られています。裏面は尺・分目盛で、下段目盛は固定ジョウ測定面側から4寸まで2厘刻み、更に先端部5寸までの1寸の間1厘刻み、上段目盛は固定ジョウの角から5厘刻みで、5寸5分まであり、バーニヤ目盛はなく物差として用いることができます。材質は黄銅で、本尺の幅は15 mm(5寸)、厚さ2.2 mm、本尺側ジョウの幅約15 mm、スライダ側のジョウの幅11.5 mm、ジョウの長さ80 mmであり、スライダ部分を除いた全幅97 mmスライダを含めるとほぼ100 mmです。

大野規周の父、大野規行もダイヤゴナル目盛をもつ滑り挟み尺、すなわちノギスを製作しており、そのノギス

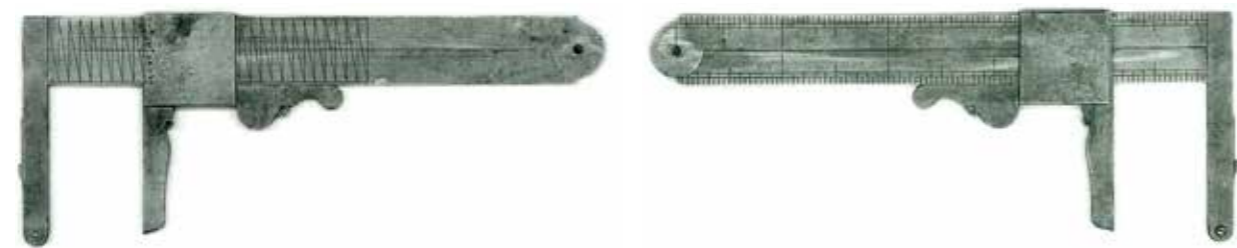


図77 大野弥三郎規行のダイヤゴナル目盛ノギス、スライダを外し本尺下部を回して裏面目盛を用いれば1尺の物差 1840(天保11)年代前半

は図77に示す通りです。このノギスは黄銅製で、図77(a)に見られるように、目量1分に従ったダイヤゴナル目盛によって、3寸まで刻まれています。ダイヤゴナル目盛の斜辺に対して、スライダのエッジとの交点で読取り易いように、0から10までの目盛がスライダのエッジに沿って縦に刻まれて、厘単位にて読取ることができます。裏面は目量が5厘で、5寸まで刻まれ、スライダを取り外し、本尺下部目盛部分を回して伸ばすことにより、1尺の目盛尺として用いることができる構造です。この滑り挟み尺は、大野規行の生涯から1840年代前半までに作られていたと思われるもので、前述した梶原利夫が製作年を推定し、保存しています。フランスのテッド・クロム・コレクションのダイヤゴナル目盛ノギスは8.2節 図37において述べましたが、その他世界における現存状況は不明です。この大野規行のノギスは日本国内の博物館に不完全なものを含めて数台が残されているようで、特記すべきノギスです。また前述した大野規周のノギスに対し目盛分割方式が異なりますが、目量の1/10まで読めることで、これが現存する日本最古のノギスと言えます。

図76のノギスの形はこの図77の形に良く似ており、大野規周は父大野規行のノギスの形をまねて製作したと思われる。更に遡り、このような形にしたことは、そのもとは大野規行が考案したものであるか、あるいはどこかそのもとなるものがあったのでしょうか。

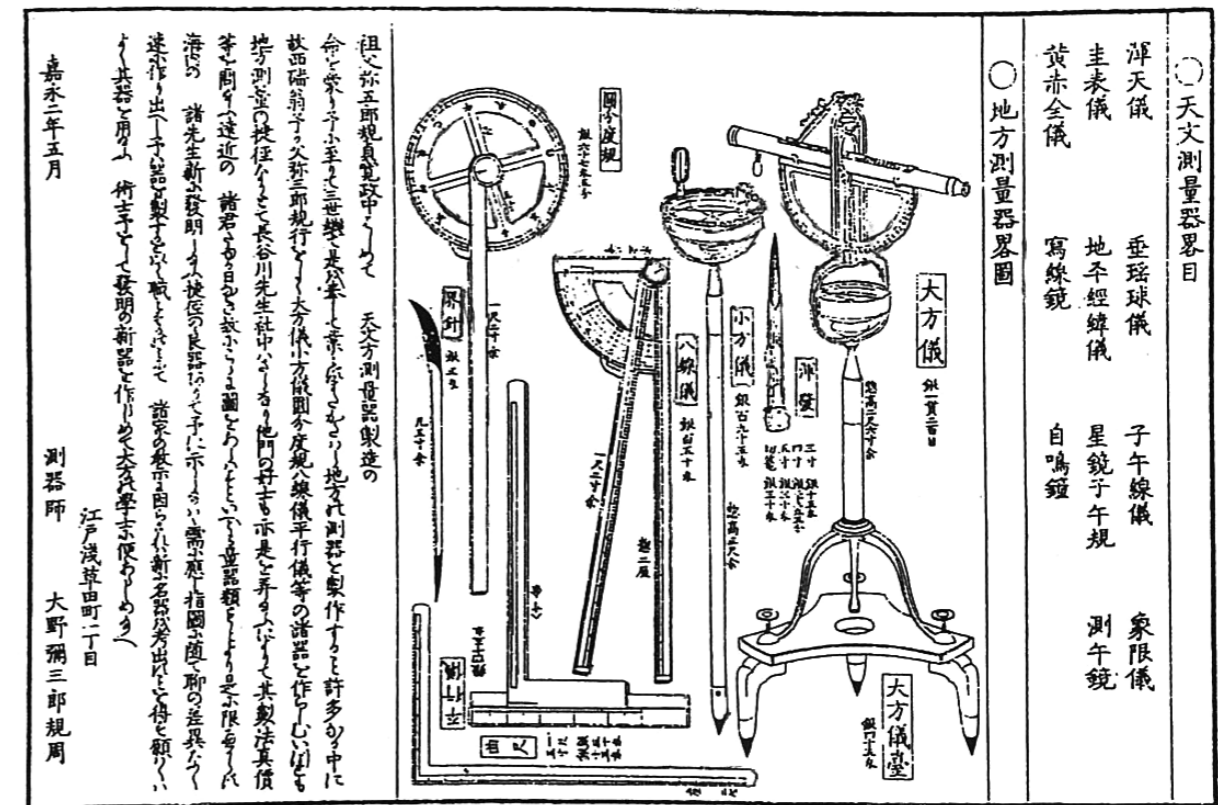


図78 大野弥三郎規周の1849(嘉永2)年発行の引札

現在のところ不明です。しかし寛永(1624~1643年)通宝をもとに作られた足袋の文尺には、粗い目盛ですが先細ジョウを使用していることから、考案したとも考えられます。

図78は大野規周が1849(嘉永2)年に発行した引札(広告ビラ)です。これによると、天文測量機器、地方測量機器などを製作していることが分かり、その中の八線儀、円分度規、平行儀にバーニヤ目盛がのっています。その口上に長谷川寛がバーニヤ目盛の理論やダイヤゴナル目盛などを父大野規行に教えた云々というようなことが書かれているようです。

バーニヤ目盛の理論については、1783(天明3)年に出された本木良永の翻訳による「象限儀用法」の中にあり、長崎に伝えられていたと言います⁴⁹⁾。また、それらを裏付けるようにオランダやフランスから望遠鏡、測量機器、天体観測機器などが幕府に献上されており、

その目盛にバーニヤ目盛などが刻まれていました。例えばバーニヤ目盛を備えた八分儀が1791(寛政3)年にオランダから幕府に献上され、その使用法が分からないで、長い期間放置されていたこともあったと言われています。大野親子はそれらの機器を見ていたことでしょうか。我が国で最も古いバーニヤ目盛については、1793(寛政5)年に大阪の間重富が養成した者の手になるのでしょうか、象限観星鏡作られておりまして、現在神戸市立博物館に保存されています。次いで1806(文化3)年に讃岐の久米榮左衛門通費(みちかた)がバーニヤ目盛付地平儀を製作し、更にバーニヤ目盛付八分儀及び象限儀等を製作していました。後述する大阪の大谷の家は1838(天保9)年に創業し物差を作っておりまして、バーニヤ目盛以前のダイヤゴナル目盛を使用していたと記している文献があるようです⁵⁰⁾。長谷川寛の意により、大野規行はバーニヤ目盛付平行儀

や分度器を作っています。また伊能忠敬は測地においてはダイヤゴナル目盛を使用していたということを記している文献もあります⁵⁰⁾。従って、大野規周が作っても不思議でない状況が整っていたと言えます。

当時、大砲や溶鉱炉などのオランダからの図面がメートル単位にて記されていたことから、ノギスにミリメートル目盛を用いても不思議でない状況であったでしょう。また、江戸両国横山町三丁目(現在の両国橋西詰付近)にあった玉屋吉次郎店から1852(嘉永5)年に測量機器販売用の引札が出されており、機器の製作者として測器師 大野弥三郎規周の名が記されていて、天文測量機器と地方測量機器の絵図が記載されています。測量機器は、農政のための地方量地測量に用いていた機器です⁵¹⁾。

図76に示す大野規周のノギスの目盛は全体に良い刻線と見られますが、バーニヤ目盛の2、7、8目盛が

やや太く刻まれています。このノギスを使って、筆者が図79に示す同軸異径円柱測定試料及び板状段差平面測定試料並びにブロックゲージを測定し、表1、2の結果を得ました⁵²⁾。測定は5回の繰返しによって求め、表の測定結果には測定値としてその範囲と平均値を示しています。基準値は、ミットヨ測定室の測長器にてマイクロメートルの値まで求めています。ノギスの測定値にあわせた値に丸めています。測定の平均値が基準値に合値していれば、正しい値を読取ることが出来たことを示しています。また、ジョウの元及び先で測った場合の測定値の変化も見ましたが、0.1 mm以内の違いでしかありませんでした。

測定時の室温は25.5~26.7℃であったので、それによる鋼と黄銅の熱膨張係数の差による影響は、測定する長さの平均が25 mmとして求めると0.001 mmですから、無視できる値です。全体に測定値は良く合っている

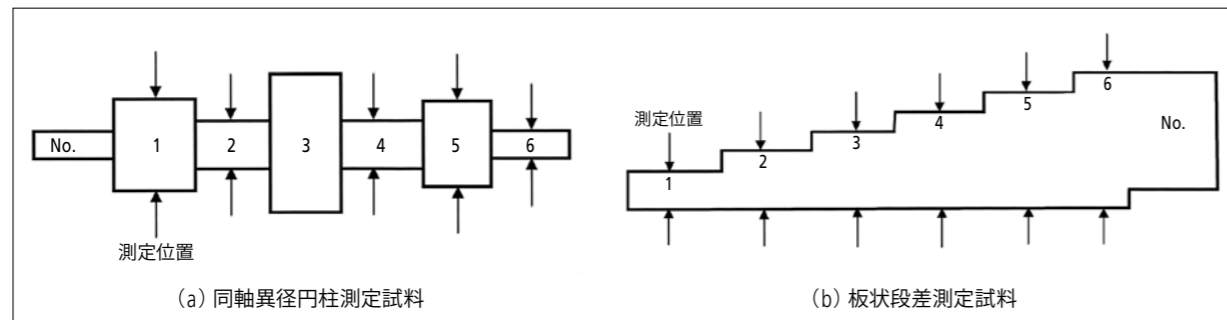


図79 測定試料の形状(丸軸及び平面)と測定位置

表1 円柱試料の測定結果(測定時の気温25.5~26.7℃)

単位:mm

測定位置	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6
基準値	15.97	13.92	24.94	13.76	18.02	11.96
測定値	15.9~16.0	13.9	24.9~25.0	13.7~13.8	18.0~18.1	11.9~12.0
測定平均値	15.9 ₆	13.9 ₀	24.9 ₈	13.7 ₈	18.0 ₂	11.9 ₈

表2 板状試料2面間及びブロックゲージ(G.B.)の測定結果(測定時の気温25.5~26.7℃)

単位:mm

測定位置	位置 1	位置 2	位置 3	位置 4	位置 5	位置 6	G.B. 1	G.B. 2	G.B. 3
基準値	6.34	9.59	14.54	18.22	22.10	24.16	30.000	75.000	105.000
測定値	6.3~4	9.6	14.5~6	18.2~3	22.1	24.2	30.0	74.9~75.0	104.9
平均値	6.3 ₈	9.6 ₀	14.5 ₄	18.2 ₄	22.1 ₀	24.2 ₀	30.0 ₀	74.9 ₄	104.9 ₀



図80 黄銅製簡易ノギス, 江戸時代後期



図81 滋賀, 長浜, 国友九兵衛家伝黄銅製滑り挟み尺



図82 滋賀, 長浜, 国友藤八作黄銅製滑り挟み尺 (トヨタテクノミュージアム 産業技術記念館 トヨタコレクション) 1855年

結果でした。このノギスの測定の拡張測定不確かさは0.08 mmであり、バーニヤの状況を考慮すれば、現在のノギスに劣らない精度を持っていると言えます。なお、70 mmより大きいところの目盛がやや伸びているようで、小さめの値を得る傾向があります。いずれにしろ良い測定性能をもっています。

その頃に作られたバーニヤ目盛のない滑り挟み尺、すなわち簡易ノギスの一つとして図80に示すものは、スライダをスロットにて案内して測定する構造になっている黄銅製の簡易ノギスです。これは図77のノギスと共に梶原利夫が所持しておられ、はっきりした製作者名及び製作年は不明です。本尺目盛は目量2厘刻みで4寸まで、スライダ側目盛は目量1分で5寸まで刻まれていて、物差として用いることもできます。また裏側目盛は5寸5分まで目量2厘です。この目盛は均等性に欠けているようです。スロット仕様のノギスは図5の最も古い中国の挟み尺に準じています。尺の大きさの変化が、150年位中国に遅れて生じていること¹³⁾⁵³⁾⁵⁴⁾や貨幣が伝わってきていたこと等を考えますと、何時の時代か分かりませんが、かなり遅れた時代に滑り挟み尺が日本へ入っていたかもしれないと想像させる構造です。

これと同形式の簡易ノギスと共に、図81に示す簡易ノギスが、織田信長に火縄銃を大量に作り納めた鉄砲鍛冶である近江、現在の滋賀県長浜市の国友九兵衛の家に伝えられてきています⁵⁵⁾。国友の鉄砲鍛冶は戦国時代から、豊臣、徳川と仕事を行って来ていますが、その何時から簡易ノギスを使用するようになったかは不明です。また、図82は国友藤八製作の黄銅製滑り挟み尺であり、トヨタテクノミュージアム 産業技術記念館 トヨタコレクションに保存されている簡易ノギスです⁵⁶⁾。この簡易ノギスは1855(安政2)年に河内国狭山藩北条家の家臣で物頭であった林外守が近江の飛地に勤めていた安政年間に納入されていたものと言われている測定具ですから、大野規周製作のノギスと同時代の作になります。

これらの独自にノギスを製作した大野規行や大野規周、国友鍛冶師と違い、江戸時代末に長崎や浦賀に入った、あるいは明治時代初期に入ってきたと思われる簡易ノギスを模倣し、木製の簡易ノギスが作られてきています。三重県にある、先に述べたフランスの古いノギスを所蔵している秤乃館が、所持している簡易ノギスのいくつかを図83から図87に示します。木製及び黄銅製で、このほとんどがバーニヤ目盛を



図83 木製簡易ノギス(玉尺) 明治時代



図84 木製簡易ノギス(玉尺) 明治時代



図85 木製簡易ノギス(玉尺) 明治時代

もっていない滑り挟み尺であり、製作の多くは明治時代のものであると言えます。木製の図83～85はアメリカのブラウン・シャープ社やスターレット社の図18や図22の簡易ノギスに似ていると見ることもできます。図86はたとえば真珠、玉や宝石、図87はやや大きな特定の品物のためのノギスとしてつくられたものです。欧米と同じように日本でもバーニヤ目盛のない滑り挟み尺である簡易ノギスとバーニヤ目盛のあるノギスとが共存していた時代があったと言えます。

わが国でノギスの工業的使用記録の最も古いとされているものは、1903(明治36)年8月東京高等工業学校(現東京工業大学)に招聘されたフランス教授(W. C. A. Francis、プラットアンドホイットニー社技師)が米国から持参した測定具の中にノギスがあったことです³⁾。従って、同校ではこの時からノギスが使用されていたことは事実です。もし、この時初めて日本に紹介されたとしたら、名前はバーニヤキャリパから



図86 金属製小型簡易ノギス(玉尺) 明治時代



図87 黄銅製長ジョウ簡易ノギス, 明治時代

転訛したものになり、ドイツ語やオランダ語から転訛したノギスとは言わなかったのではないのでしょうか。

1903(明治36)年、大阪で開かれた第5回内国勲業博覧会に、大阪市南区順慶町の大谷が鋼製と真鍮製のノギスを出品した記録があります³⁾。それは1840年のフランスのノギスから約60年後、またアメリカのブラウンがノギスを作ってから52年後、大野規周の製作から45年後のことです。博覧会に、ノギスと同時に、内外径用パス、コンパス、スコヤ、ストレッチを出品していますから、大谷は測定工具のメーカーであったでしょう。またその頃既にノギスという名称が普及していたのであろうとも言えます。大野規周のノギスが伝わって作られたものとか、わが国で別に創作されることもないでしょうから、おそらく1903年以前に輸入されていたのをまねしたものと思われる。あるいは、明治初期のお雇いドイツ人技師が持参されたのが基ではなかろうかとも言われています。

1905(明治38)年、池貝鉄工所が東京高等工業学校の注文で、ブラッドフォード形14インチ旋盤2台を製作した時、当時の機械メーカーはパスと物差で寸法測定をし、ノギスもマイクロメータも使いませんでした。しかし、この2台の旋盤の受入検査にはフランス教授持参の測定具が使用されたため、なかなか合格せず、手直しに苦しめられ、特に測定工具の差は検査以前の問題でした³⁾。つまりノギスはこの頃までは、わが国では特定のところ以外ほとんど使用されていなかったと見るべきでしょう。それにしても、大阪のメーカーがその2年前に博覧会に出品しているのは、関西では若干使われていたのではないのでしょうか。当時、工作機械の一流メーカーである池貝鉄工所でも使っていませんでしたから、理解に苦しむところです。なお1907(明治40)年発行の呉海軍工廠造機部機械工場の見習工用教科書として園池製作所一代表の池田辰衛著「実地工作術」にはVernier Calliper(俗にノギス)と明記してあります。図にはブラウン・シャープ社の形が掲げられています³⁾。

11. 日本におけるノギスの工業的生産開始及び普及

わが国でノギスが本格的に使われたのは、大正の初期にイギリスから輸入された並型ノギスからであると言われてます³⁾⁵⁷⁾。この形のノギスは、イギリスから輸入されたので、イギリス型ノギスとも言われています。図88はそれを模倣し日本で作った並型ノギスで、製造者が明確ではありませんが、「東京の印」のある1935年頃の製品で、ミットヨ博物館に展示されているものです²³⁾。そのノギスの表面はインチ目盛で、目量1/8 in、最小読取値1/64 in、測定範囲1 ftであり、裏面にはミリメートル及び寸・分の目盛が刻まれ、目量1 mm及び1分、最小読取値0.05 mm、及び1厘、測定範囲300 mm、1尺です。また、1944年に杉浦商店がほぼ同じではありませんが、インチ目盛を1/128 inの最小読取値で12 inまでのものを作っています。また本尺を板状にし丸棒型にした図89のような特殊な形のノギスも作られています。板状の本尺は曲がり等変形しやすいのですが、丸棒状であるとその恐れは少ない特徴をもっています。測定範囲150 mmで、最小読取値は49 mmを50等分して0.02 mmにしています。また固定ジョウの位置は5 mm移動可能であり、両ジョウ部分の取替えが出来る構造で、便利に使えるようになっています。

同じ時代のノギスで図90に示す測定範囲1 mのNIIGATA 三角山の下にサと書かれた印の並型ノギスがミットヨ博物館に展示されています²³⁾。そのノギスの表面は40 inまで測定できる目盛を持ち、下段目盛の目量1/16 in、最小読取値1/128 in、上段目盛目量1/20 in、最小読取値1/200 in、裏面は1000 mmと3寸3分までの目盛で、最小読取値それぞれ0.05 mm、5毛です。当時としては1 mまでの目盛が良く刻まれているノギスです。

当時の並型ノギスには上段にインチ目盛、下段にミリメートル目盛があるものが多くあります。表面はインチ目盛ですが、その上段は1/100 in、下は1/128 inの最小読取値のための目盛、裏面にミリメートルと寸・分目盛が上下に目盛られているものも少なくありません。当時のノギスの中には、三国四段目盛と称し⁵⁷⁾、表側はミリメートルとインチの目盛、裏側にインチと寸分の目盛を付けたものであり、測定範囲300 mmまでのノギスに適用されました。それより長いノギスには、二国四段目盛といい、表裏にインチとミリメートルの目盛をもち、最小読取値は1/128 in、0.05 mmのものが存在しました。第二次世界大戦中まで、このタイプが良く使用されました。



図88 東京の印製 (日本) 並型ノギス 1935年



図89 忍研製 (日本) 丸棒型ノギス 1940年



図90 新潟ヤマサ印1 m 並型ノギス 1935年

この並型ノギスのジョウを長くした図91に示すような長口ジョウ並型ノギスがあり⁵⁷⁾、これらは一般に測定範囲300 mmまでのノギスに備えられていて、直径160 mmまでの鋼管を測ることができるようになっています。また第二次世界大戦中の1944年には、図41や図43にならってジョウを丸口形にした図92のような丸口ジョウ並型ノギスや、図93のようにジョウを丸角口形にして、鋼管や淵のある物の厚さの測定に適したノギスも作られました。並型ノギスのジョウの形からみているような形のものが作りやすい特長をもち、それが適用されていたと言えます。

アメリカ製ノギスが日本で普及したのは、イギリスより遙かに遅れ、昭和の初期にブラウン・シャープ社製とスターレット社製ノギスが輸入され、両者ともによく使われました。これらは図49にみられるようにスライダが箱形で、ジョウの先端に内側測定用の測定子を備えている形です。図94はブラウン・シャープ社を模して1944年に作られたノギスでミットヨ博物館に展示

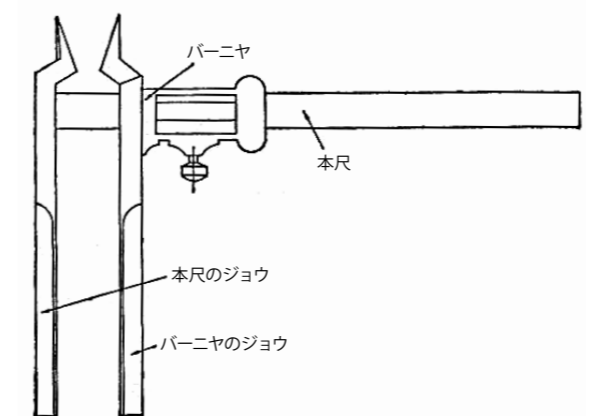


図91 長口(ロングジョウ) 並型ノギス 日本昭和初期

されています。

ドイツ製ノギスは昭和4、5年頃にモーゼル社 (Mauser-Messzeug GmbH) 製が輸入され、この形のノギスは極めて広く普及した模様です。この形はイギリスのラウコ社 (図42)、ドイツのアドルフ・ファイファー商社 (図45)、カール・マール社 (図62)、モーゼル社 (図64) 等に見られるようにヨーロッパ系、特にドイツ系の形であると言えます。従って、戦後に決められたJISにその形が適用されました。国産のノギスはこのドイツ系の特にモーゼル型と呼ばれるものの模倣から出発したものが多いのです。

これらのアメリカ、ドイツ製品を区別するために、わが国ではアメリカ製品の形状 (後述のJISのCB形) のノギスを「キャリパ」と呼び、ドイツ製品の形状 (JISのM形) のノギスを「ノギス」と、それぞれ言い方を変えていた時代もありました。

ともかく、1930(昭和5)年頃までは外国品のみが市場の需要を握り、国産では前記した大谷の明治年代の製品

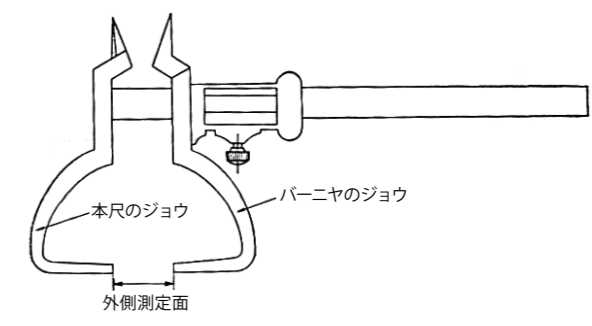


図93 丸角口ジョウ並型ノギス(厚肉用) 日本 昭和初期



図92 (株) 藤山製作所丸口ジョウ並型ノギス 1944年



図94 岡田安吉店(日本) ブラウン・シャープ型ノギス 1944年

があったとしても、商品の工業的生産に入った企業は1930(昭和5)年にノギスを出した田島製作所です^{58)~60)}。当時、田島製作所は、松雄製作所と称して長さの基準器メーカーとして活躍しており、図95に示すようなスイスのSIP社(Societ Genevoise d'Instruments de Physique)の直線目盛機械⁶¹⁾をもって、ノギスの目盛をつくっていました。この目盛機械は、図95(b)に見られるようなねじの酔歩、リード誤差の補正板機構を備え、本尺をセットしたテーブルの送りの正確さを実現しています⁶²⁾。

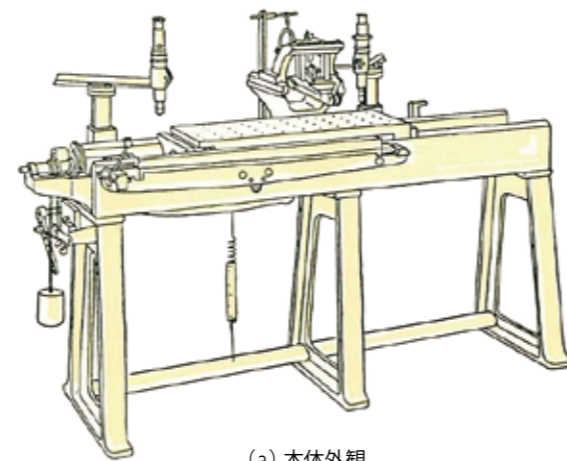
次にノギスの製造を始めたのは中村製作所で、1938(昭和13)年のこと⁵⁸⁾。中村岩夫は人のすすめにより、ノギスの製品化を目標に、カノンノギス研究所と称して創業し、光学目盛技術の研究を行いつつ、モーゼル型ノギスを完成させました。生産能力は始め月産100丁くらいであって、カノンノギスと命名して販売しました。カノンとはラテン語で、規範・基準を意味しています。1943(昭和18)年に社名を中村製作所に改めました。ノギスの目盛を、刃物で等間隔に正しく刻線することが容易でないことは、アメリカのブラウン・シャープ社のノギスの製作を説明したところにおいて述べましたが、中村製作所は光学的目盛の作製技術の研究開発をすすめ、写真焼き付け腐食による写真蝕刻方式の目盛作製法を作り上げることに成功しました⁵⁷⁾。これにより、ノギスの量産を可能にし、1943(昭和18)年から量産を始め、需要に対応しました。第二次世界大戦中にノギスの使用が増えて、かなりの普及をみせました。

第二次世界大戦の終わりまでのノギスの製造所、言い換えて、主として戦時中の製造所は、多数のノギスが必要とされ、製造業者が増えています。田島製作所(昭和15年まで松尾度器)のほか、杉浦商店、シチズン時計、高山精密、建林宰亮(個人)、竹内製作所、玉屋商店、戸越精機、中村製作所、日本精測器、松浦製作所、ヤマヨ

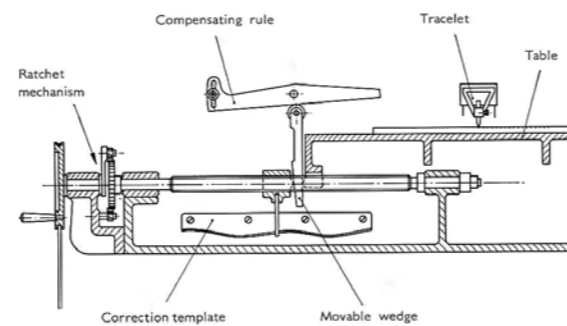
測定機(昭和39年まで鴨下)などの東京の製造所⁶³⁾のほか、新潟、岐阜、大阪などの業者が多く存在しました。

当時ノギスは直尺の一つとして扱われ、度量衡法によって製造許可をもっている業者が作りました。個々の製品は、国又は代行できる都道府県検定所の検査検定を受けて合格したノギスのみが、検定証の刻印を受け市場にでていました。器差は検定の精度によっていたと言えます。

第二次世界大戦の戦局が厳しくなりつつあった1945(昭和20)年勅令第222号により、ノギスは同年1月1日より、直尺の一種から、新たな度器の一つとして検定公差も決められて、独立して取扱われることになりました⁶⁴⁾。また歯厚ノギスは特殊度器として加えられました。しかし、ほどなく終戦を迎え、器械製造業の休止にともないノギス等測定具の製作の中断となりました。



(a) 本体外観



(b) リード誤差の補正機構
図95 SIP社直線目盛機械

12. 第二次世界大戦後のノギスの動き,日本工業規格 JIS 制定

戦後、欧米においては、基本的な形式のノギスの製作と同時に、応用製品も作られています。ミットヨ博物館に展示されているものの中から取上げて述べます²³⁾。

図96はイギリスのゼウス社(Zeus)のノギスで、内外側のほか、線や点の位置間隔用の測定子を備え、スライダは指掛けをレバーによって固定することにも使えるようになっています。

また図97はドイツ製のコンパスノギスです。点間測定やコンパス的使用及び罫書きに使えるもので、1/1000 inで6 inまでの大きさに対応できるものです。ドイツでは日本に比べ戦後早く工業が立ち上がっている様子が伺えます。

図98はドイツのマルチプロ社(Multipro Inc.)のノギスで、固定側のジョウを0.1 mm読みバーニヤ目盛にて移動固定できるようになっており、段差のあるものに対応しています。本尺最小読取値0.02 mmにて250 mmまで、上目盛はインチで1/128 in読みにて10 inまで測定できるようになっています。



図96 ゼウス社(イギリス)ノギス
(測定範囲140 mm, 5 in, 最小読取値0.02 mm, 0.001 in) 1950年



図97 コンパスノギス(ドイツ)
(測定設定長6 in, 最小読取値0.001 in) 1950年



図98 マルチプロ社(ドイツ) オフセットノギス 1967年

図99はスイスのエタロン社(Etalon)のノギスで、面取りされていたり、厚い端部をもっているものや溝部の測定に適するよう固く細い測定子を上部に備えています⁶⁵⁾。そのピンの長さ0.4 inで、長さ10 inと250 mmまで目盛られ、1/1000 in又は0.02 mmで読取ることが出来ます。

図100はモーゼル社の内側測定専用ノギスで、内溝の測定にも使用できる測定子を備えています。下目盛は最小読取値0.05 mmで、140 mmの長さまで、上目盛1/128 in細かさで5 in位の長さまで測定できます⁶⁶⁾。図101は薄物の幅や穴の中の段差等を0.05 mmで測定できるモーゼル社の丸棒本尺のノギスで、ボーリング、端脚ノギスの一種⁶⁶⁾。

これらの欧米に対し、我が国では、田島製作所及び中村製作所が早くも1946(昭和21)年に生産を再開しました⁵⁸⁾。次いで三豊製作所が1949(昭和24)年に試作を開始し、同11月度量衡法に基づく製造許可を得て生産を始めました。ミットヨにおけるノギスの目盛の



図99 エタロン社(スイス)ノギス 1956年



図100 モーゼル社(ドイツ)内側溝ノギス 1961年



図101 モーゼル社(ドイツ)薄物・穴中段差ノギス 1961年

刻線は、多くの他社と同様に始め手作業でした。バーニヤ目盛の刻線を1954年から機械送り刻線法に改め、本尺目盛は1955(昭和30)年頭初から太陽光線による写真焼付腐食刻線法に移って製造しました。更に1958年から太陽光方式から水銀灯による目盛の写真焼付腐食刻線法に発展させて⁵⁸⁾⁶⁷⁾、量産に入っています。

1950(昭和25)年6月に朝鮮戦争が始まり、その特需により、日本の機械工業が動き始めました。このような時代になって再びノギスの需用が高まり、産業界からの要請によって、ノギスの日本工業規格であるJISが1954年3月に制定されました⁶⁸⁾。当時、連合軍の占領によって、かなりの産業分野においてヤード・ポンド法が使われ、日本のメートル法へ努力が薄れる動向が現れましたが、連合軍司令部経済科学局の指示もあり、メートル法による度量衡法化への努力が再開されました。1951年9月サンフランシスコ対日講和条約が結ばれ、その少し前の1951(昭和26)年6月度量衡法が改定されて計量法として成立し、翌1952年3月から施行されました。そして、1959(昭和34)年1月1日からメートル法に統一されました。これによって、前述した二国四段目盛ノギスなどメートル単位以外のノギスは1958年12月で製造取りやめになりました。続いて、計量器の検定

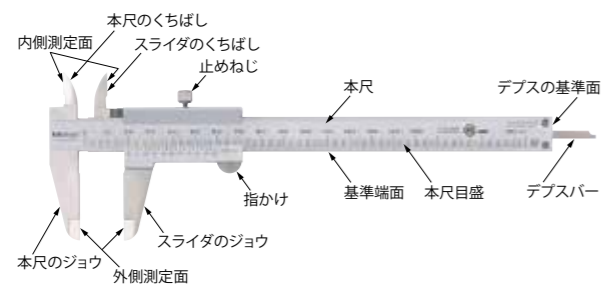


図102 JIS M 1型ノギス 1954年

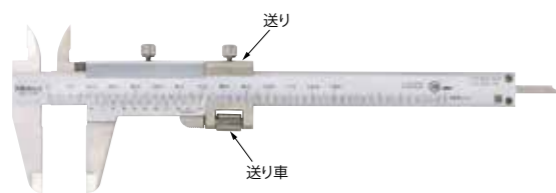


図103 JIS M 2型ノギス 1954年

について検討が行われ、1953年8月、国による検定から、順次都道府県へ委譲され、新潟県、徳島県で同年9月から検定が始まりました。その後、ノギスは計量法による検定からはずされ、JISに基づくことへ移行していきました。

1954(昭和29)年に制定されたJISに採用された型式は、M型、CM型、CB型です⁶⁸⁾。前11章に述べた大正の初期に輸入され作られた並型ノギスは、精度や量産などの考慮の結果、JISに採用されませんでした。そのため次第に使われなくなり、姿を消してしまっています。また、これはメートル法に統一された社会状況にもよります。

M型ノギスはドイツのモーゼル社(Mauser)の形を採用したもので、その頭文字をとって名付けられたものです⁵⁷⁾。図102及び図103に示すとおり、外側、内側、深さの測定等多種類の測定に使用することのできる機構で、最も一般的に使用されているノギスです。またデプス付ともいいました。このM型にはM1型(図102)とM2型(図103)とがあり、両者共にスライダが溝形で内側用のくちばしを上部に備えており、前者はスライダ微動装置をもたず、後者はスライダ微動装置を持っていることが違ってきます。

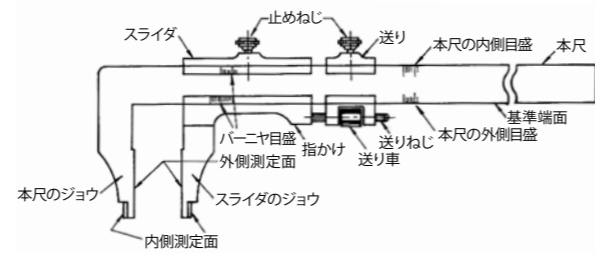


図104 JIS CM型ノギス 1954年

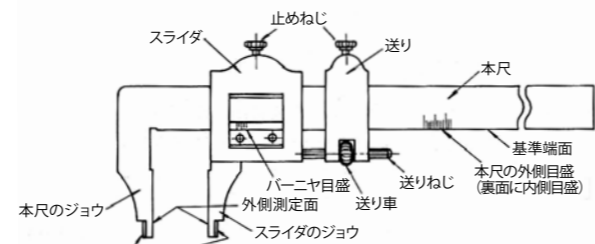


図105 JIS CB型ノギス 1954年

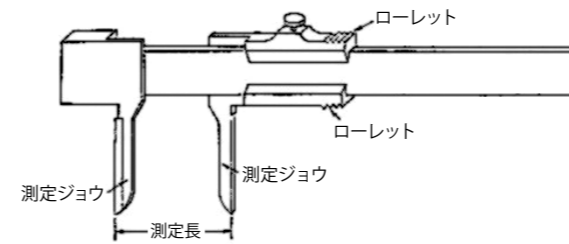


図106 内側用ノギス 1960年頃

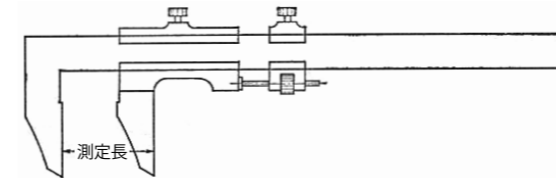


図107 ローラチェーンピッチ測定ノギス 1962年頃

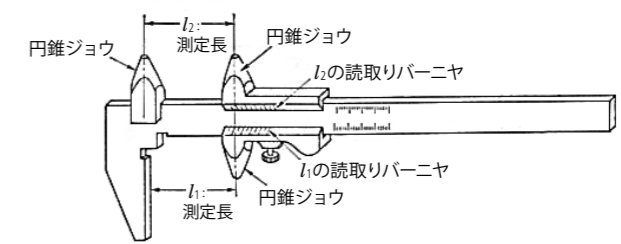


図108 丸穴中心距離測定ノギス 1960年頃

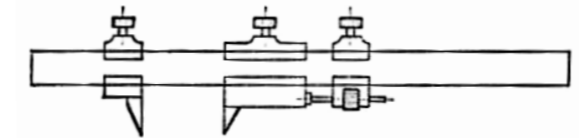


図109 ビームトランメル(野書き用)ノギス 1960年

CM型ノギスは図104に示す構造で、バーニヤ目盛をもつスライダの微動送りができますので、精密な測定ができる特徴を持っています。CM型ノギスはM形と同様にスライダが溝形であり、M型ノギスと違い、外側測定ジョウの先端部に内側用測定子を備えていて、デプスバーを持たないノギスです⁶⁸⁾。また、長尺測定用のノギスは、このCM型ノギスが多いです。型名CMのCはキャリパ(Calliper)、Mはドイツのモーゼル社のMです。その国名をとり、ドイツ型と言われたこともあります。

CB型ノギスはブラウン・シャープ社(Brown & Sharpe)のBとCalliperのCをとりCB型と命名されており、図105に示すとおりです⁵⁷⁾。スターレット型ともいわれたこともあります。内側測定面はCM型と同様に外側測定面の先端部分についています。スライダが箱形であって、箱の大きさに制限されてバーニヤ目盛が短い傾向があります。スライダの裏面は窓開きになって、目盛を付けることが出来る構造です。そのため、中には表面は外側目盛、裏面は内側目盛を施したのものもあります。またM型及びCM型と違い指掛けがない構造です。そのため、スライダの頭部の曲線部がその代わりに使われます。スライダが微動送りすることのできる構造です。

このJIS制定から40年を経て、現在のJISでは、M型ノギスとCM型ノギスを規定してCB型をはずしています。

1955(昭和30)年に中村製作所がJIS表示許可工場に認定され、他社もそれに追従して、指定を受けました。日本測定工具は1961年にノギスの製作を始め、1964年にJIS表示許可を受け、またスワン社が鋼板コイル外径測定用の特殊ノギスを1966年に製品としています。JISの制定によって、わが国のノギスの品質が向上すると共に、材料はステンレス鋼が使われ、総焼入れ研削仕上げを行い、目盛は写真蝕刻方式フォトリソで製造されて、精度、耐久性が向上し、欧米へ輸出されていきました。

このような状況において、図96から図101に示したようなジョウの形を対象にあわせて作った特殊ノギスに準じる応用したノギスが日本でも作られています。それらの代表としていくつかを図106から図113に示します⁵⁷⁾⁶⁹⁾。図106は内側測定専用のノギス、図107はスライダジョウを一般のものに対して逆さまに付けた形のローラチェーンのピッチ間隔測定用ノギス、図108は円錐状にしたジョウを丸穴に挿入するだけで丸穴の中心位置を直接得ることができる丸穴中心距離測定用ノギス、図109はビームトランメルノギスと称して、野書きに用いることができ、また不定形な狭い部分に挿入し測定できるポイントを備えたノギス、図110は管内に固定円柱ジョウを差し入れ、管の厚さを測定す



図110 ミットヨ 管用ノギス 1970年



図111 ミットヨ フックノギス 1974年

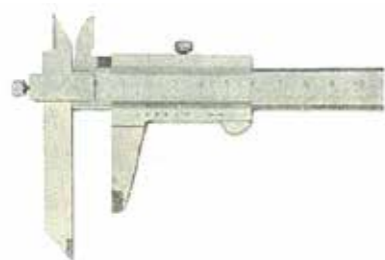


図112 ミットヨ オフセットノギス 1960年



図113 ミットヨ ユニバーサルノギス 1970年



図114 モーゼル社 (ドイツ) ダイアルノギス 1960年

図115 ヘリオス社 (ドイツ) インチ・ミリメートル値同時表示
ダイアルノギス 1960年

るノギス、図111は薄いもの、段差、内側距離の測定に用いるフックノギス、図112は段違いがある測定物に対応し、元にあるジョウを移動できるオフセットノギスであって、同様に図59に示したスライダジョウを回転して、測定軸から離れた面間にある段違いを測定できるスイベルノギスも多く作られるようになりました。図113は本尺が円筒構成で、1967年製作のパイプノギスを改良した内側、外側、深さ、高さ、段違い物、角度、円の野書きなど万能に使えるユニバーサルノギスです。また特殊目盛 $1 \times \operatorname{cosec} \theta$ で本尺目盛を刻み、ジョウを図93のような丸角口で点測定子とし、電機における整流子の銅セグメントの締付溝測定用のノギスも作られました。

戦後も終わったと言われる頃の1960(昭和35)年に、モーゼル社は図114に示すようなダイアルノギスを主としてアメリカ向けに開発しました⁶⁶⁾。ドイツのヘリオス社もほぼ同じ時期に作り始めています。図115にミットヨ博物館に展示されているヘリオス社のダイアルノギスを示します²³⁾。これら2社において、どちらが先行して製作したか現在のところ不明です。

モーゼル社の図114のダイアルノギスのダイアル指示計では、中2針大きい指針によって外側目盛 $1/1000$ inの細かさで半回転 $1/10$ in、小指針の内側目盛は目量 $1/10$ in、1回転 6 inまで読取ることができます。メートル単位ノギスでは、中2針によって外側目盛で目量 0.05 mm、内側目盛1回転 100 mmで読取ることができる構造になっています。このような指示計を備えることによって、視差の解消、パーニヤ読取りからの開放、またインチの分数の読取りに対して、小数で表した値により、インチ系の能率よい測定が可能になりました。

ヘリオス社の図115のダイアルノギスは中2針ですが、その指針に対応した直径の異なる大小二つの表示単位の異なるダイアル目盛を持っています。大きい外側黒目盛はインチ単位目盛で、目量 $1/1000$ in、半回転



図116 スターレット社 (アメリカ) ダイアルノギス 1970年



図117 ミットヨ ダイアルノギス 1962年

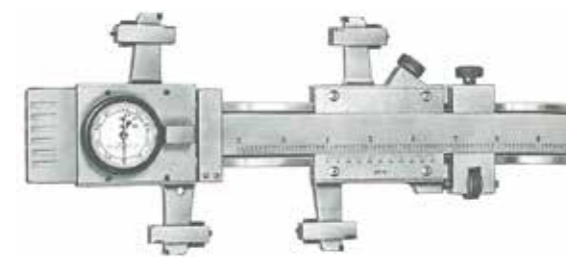
図118 スターレット社 (アメリカ) ダイアルインジケータノギス
1979年

図119 ミットヨ 定圧ノギス 1965年

$1/10$ in、内側赤目盛はミリメートル単位目盛で、目量 0.1 mm、1回転 10 mmで、同時にインチ単位とミリメートル単位の両方の値を読取ることができる構造になっています。それらに対応した本尺の下側目盛がインチ目盛で、最大 7 inまで、上側目盛がミリメートル目盛で、最大 175 mmまで刻まれています。一つのダイアルノギスで、インチ単位とミリメートル単位の値を同時に読取ることのできる便利さを持っています。このようなダイアルノギスとは別にヘリオス社では他社と同じようなインチ目盛のみの、及びミリメートル目盛のみのダイアルノギスも供給しています。

アメリカのスターレット社、ブラウン・シャープ社、モダンツール社、スイスのテサ社 (TESA S. A.) 等がモーゼル社に続いて1965年位までにダイアルノギスを開発し、順次製造販売を行うようになりました。アメリカの例として、1979年に製作したスターレット社のダイアルノギスを図116に示します³¹⁾。

このようなアメリカの動向から、ミットヨは1962(昭和37)年にダイアルノギスを開発し、翌年から販売を始めました⁵⁸⁾⁵⁹⁾。

図117はミットヨのダイアルノギスであり、目量 $1/1000$ in、測定範囲 5 in、メートル系は 0.05 mm、測定範囲 130 mmです。それらに続いて尾崎製作所が1967年にダイアルノギスを製造し、日本測定工具等も製造販売するようになりました⁵⁸⁾⁵⁹⁾。

ダイアル指示計を用いているものとして、図118にノギスの上にダイアルゲージを備えたスターレット社の応用製品を示します³¹⁾。この測定具によって、内外径を $1/1000$ in単位で読取ることができます。そして、そのままの状態でダイアルゲージによって目量 $1/100$ in又は $1/1000$ in、あるいは $1/10000$ inの細かさで真円度をも測ることができ、また同じ細かさで内外径の最大、最小、及びその差を求めることができます。ノギスと他の測定具の合体によって、長さ測定における便利さを

作り出しています。

一般にノギスの測定力は操作者によって $0.1 \sim 11$ N くらいの間にはばらついています⁷⁰⁾⁷¹⁾。その中で 15 Nという大きい力で押し測定される方もおり、また同じ人であっても毎回異なることが知られています⁷⁰⁾⁷¹⁾。このようなことは金属機械部品であればあまり問題はありませんが、合成樹脂機械部品においては押し込まれて変形し、その寸法値に大差が生じます。そのために測定力が低く一定なノギスが望まれます。

図119はミットヨの定圧ノギスで、 $0.5 \sim 1$ N の中で選択し、又は使用者の望む測定力を設定することが出来るようになっているノギスです⁷²⁾。これによって、合成樹脂機械部品の安定した測定が可能になりま

した。図120は定圧ダイヤルノギスで、左の指示器が測定力をさす指針で、その測定力は基本の0.5~1 Nに設定されており、右側のダイヤル指示計が測定物の寸法を表すものです⁷²⁾⁷³⁾。

それに準じて、ダイヤルゲージをスライダジョウに取り付けて用いるノギスがあります⁷²⁾⁷³⁾。図121はミットヨ製のダイヤルゲージ指示のリミットゲージ用ノギスです。多数の同じ寸法の機械部品の測定に便利です。また本尺の長さによって、いろいろな長さにおける測定物に対応できる形式で、基準器を選べばかなりな



図120 ミットヨ 定圧プラスチック用ダイヤルノギス 1973年

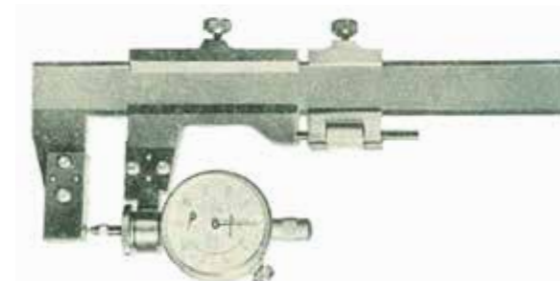


図121 ミットヨ リミットゲージ用ノギス 1970年



図122 ミットヨ マイクロメータヘッド付ノギス 1962年



図123 ミットヨ カウントダイヤルノギス 測定範囲135, 190, 300 mm 1980年



図124 ミットヨ カウントダイヤルノギス 測定範囲300~600 mm用 1980年

長尺物の測定を容易に行うことができます。このダイヤルゲージを電気マイクロメータに変えて使っているところもあります。

同様に、ダイヤルゲージをマイクロメータにしたものも作られており、図122は1962年にミットヨが作りマイクロ付ノギスの名称で販売したノギスです⁷⁴⁾。マイクロメータの測定範囲25 mmに対してその5倍を超える長いものの測定が、マイクロメータの目量0.01 mmにて行うことができる長所をもっています。しかし、ねじピッチ0.5 mmで100 mmを越える移動時間のことなど使用上の問題、他の測定具との併用との関連の上からの必要性、精度及び価格の問題からでしょう、早くに、カタログから消えています。

図123は測定範囲300 mm以下用カウントダイヤルノギスで、図124はそれ以上600 mmまでの測定範囲に適用するカウントダイヤルノギスです⁷³⁾。カウンタの値はミリメートル単位、ダイヤルは目量0.02 mmで読取り、両者の組合せで、測定値となります。

このように、標準形のノギスばかりでなく測定物に対応した各種のノギスが作られ、ユーザの要求に応えた供給ができるようになり、かつ品質的にも極めて向上しました。材料は真鍮製、鉄鋼からステンレス鋼に移行し、総焼入れ研削仕上げを行うようになりました。目盛刻線はフォトエッチングによる写真蝕刻転写目盛方式になり、精度及び耐久性ともに向上しました⁵⁹⁾⁶⁷⁾。これらにより1965年頃には欧米製品に劣らず、同等、むしろそれを越えるものと認められて、アメリカ、ヨーロッパを始め広く海外各国に輸出されるようになりました。更に目盛作製も、転写式からレーザ刻線加工方式となっていき、技術的進歩が明らかでした。このように日本のメーカーは、それぞれ市場開拓を行い、日本のみならず世界で使用され、1985年位には世界の70%が日本製となるまでに成長していきました。

13. 日本におけるハイトゲージの発展

日本において大正時代に入り機械工業の発展とともに、スケール立とトースカンを図125のようにしたものを定盤上において用い、高さを測ったり、ケガキを行ったりする作業が、頻繁に行われるようになりました。そのようなことから、それらを一体にしたものであるハイトゲージが、大正の中期にアメリカ³⁶⁾及びドイツから輸入されるようになりました⁵⁹⁾⁶⁰⁾。また、それとほぼ同じ時期にデプスゲージも輸入されるようになりました。それらに対応し、昭和に入ってから、バーニヤ目盛を用いたハイトゲージやデプスゲージが、ノギスの製造業者によって作られるようになりました。

第二次世界大戦後、ノギスに6年遅れて、1960(昭和35)年にハイトゲージ及びデプスゲージのJISが制定されました⁷⁵⁾⁷⁶⁾。ハイトゲージに採用された型式は、HM型、HB型、HT型の3種であり、デプスゲージに採用された型式は、DM型、DB型、DS型の3種です⁵⁷⁾。

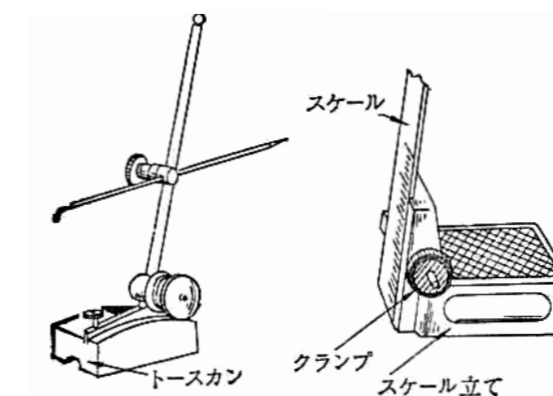


図125 トースカンとスケール立て

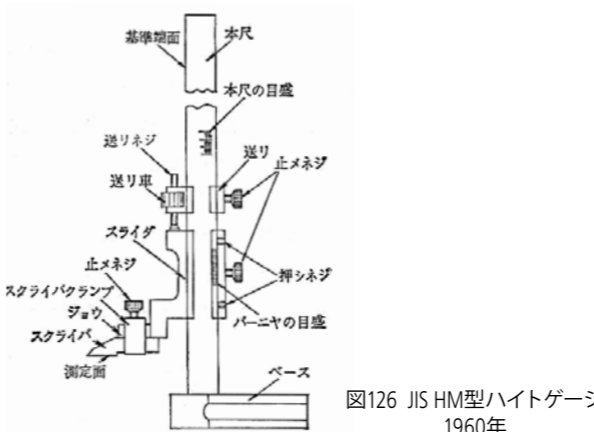


図126 JIS HM型ハイトゲージ 1960年

それらハイトゲージを図126から図128に、デプスゲージを図129から図131に示します。

ノギスと同様、HM型ハイトゲージ、及びDM型デプスゲージはドイツのモーゼル社の形を、HB型ハイトゲージ、及びDB型デプスゲージはアメリカのブラウン・シャープ社の形を、それぞれ採用したものです。従って、当初HM型はモーゼル型のほか、ドイツ型とかカール・マール型ともよばれ、HB型はブラウン・シャープ型とか

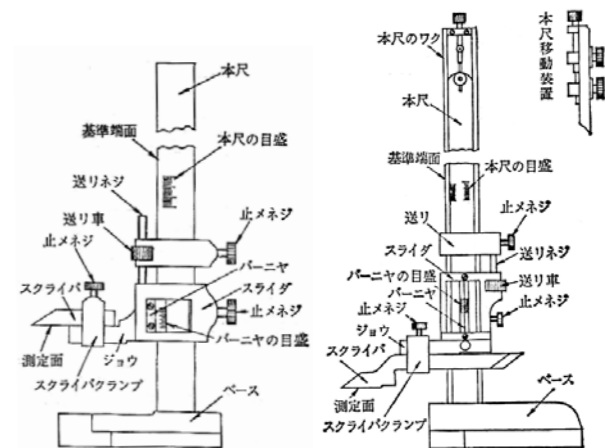


図127 JIS HB型ハイトゲージ 1960年 図128 JIS HT型ハイトゲージ 1960年

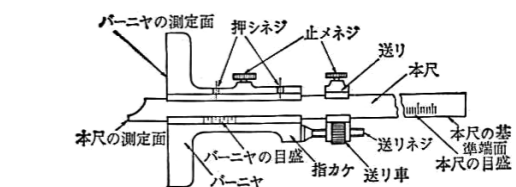


図129 JIS DM型デプスゲージ 1960年

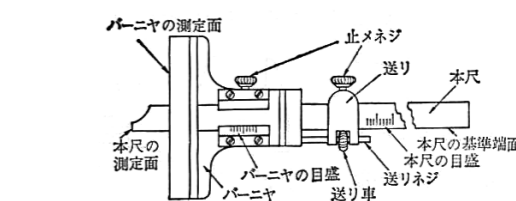


図130 JIS DB型デプスゲージ 1960年

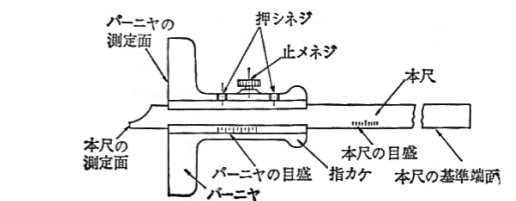


図131 JIS DS型デプスゲージ 1960年

スターレット型ともよばれました。HT型ハイトゲージは本尺が調節のために移動できるようにしたもので、高山式ハイトゲージと戦前から呼ばれていたもので、高山の頭文字のTを取ってつけられました。

DM型デプスゲージは深さの基準にするスライダの測定面とバーニヤの測定面バーニヤ目盛を付しているスライダを微動できるようにしているものです。DS型デプスゲージは微動送り装置が付いていない簡単な形式のデプスゲージであって、DM型デプスゲージの簡易型をDS型と称しているものです。

その後、JISの改正が行われてきており、今日ではハイトゲージではHM型、デプスゲージではDM型とDS型を中心としています。そのほか使い易さの考慮のもと図132のようなカウンタ表示ダイヤル目盛⁷⁷⁾から図133のようなデジタル表示⁷⁸⁾になってきている状況です。デジタルハイトゲージの歴史的状況はノギスへのデジタル方式の適用に準じていますから、次章で見えてはめて頂くことにしまして、ここでは適用された外観を示すのみにします。

更にデジタルハイトゲージは光電式エンコーダによるスケールを装備し、座標測定器の影響もあって得られたデジタル値のデータ処理によって、高さ値のみでなく、最大最小測定、補正付寸法測定など図134のように多機能精密高さ測定器となってきています⁷⁹⁾。各種形状の測定子などの付属素子が用意されておりまして、内径、外径、ピッチなどを0.1 μm単位で読取ることができるように発展してきています。



図132 ミットヨ カウントダイヤルハイトゲージ
目量0.01 mm 測定範囲300mm 1970年



図133 ミットヨ デジタルハイトゲージ
最小表示量0.01 mm 測定範囲300mm 1982年



図134 ミットヨ デジタルハイトゲージ (リニアハイト LH)
最小表示量0.001 mm ストローク600 mm 1998年

14. デジタルノギスの開発と発展

日本において1956年に差動変圧器利用の電気マイクロメータの開発が行われましたが、そのデジタル表示も直ちに実現されました⁸⁰⁾。この傾向は各種長さ測定機器に適用されていきました。アナログ変位検出による電圧をAD変換する方法、エンコーダの開発によるデジタル測定による方法等が長さ測定に適用されてデジタル表示や処理が実現されていきました。その状況の中で、スイスのシルバック社 (Sylvac Co.) の社長メイヤー (H. U. Meyer) は静電容量式電気マイクロメータを開発し販売しました⁸¹⁾。

その変位検出器には、静電容量平板対向距離変換方式でなく、円筒形検出器内で、円筒軸方向に変位する測定スピンドル上に接続された検出円柱に対する同軸の検出円筒との重なり面積に対応する静電容量電送方式を用いていました。それを軸方向の平面に開いた形に展開させ、数枚の平板に対し、他の平板を平行に移動する検出装置を1972年に考案し、次いで1980年に、長い変位の移動距離検出を可能にしました⁸²⁾⁸³⁾。それに更なる検出法を噛合せた図135に示す相対的位置測定方法を、スウェーデン王立研究所のアンデルモ (I. Andermo) が、1977年に考案しています⁸⁴⁾。

それは、スライダ上の三つの供給電極に、それぞれ位相の順次異なる交流電圧を印加し、その三つの供給電極に対応しているピッチで、スケール上に絶縁された検出電極を配置します。その上を供給電極が通過し、

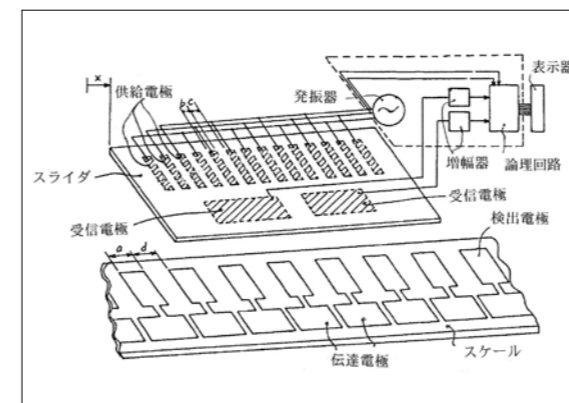


図135 静電容量式インクリメンタル相対位置測定方法の概要

その供給電極の電圧が検出電極に供給されます。その検出電圧と位相を伝達電極からスライダの受信電極に伝え、測定回路において、測定信号の位相を分析し、移動量を決める測定方式です。位相分析によることは検出の安定性を図ることに効果を発揮していることとなります。メイヤーは自社のシルバック社から、アンデルモはスウェーデンのヨハンソン社 (A. B. C. E. Johansson) から、それぞれノギスに適用して、最小表示量0.01 mmのインクリメンタルデジタルノギスとして製品化を行い、1980年頃から販売を始めました。

それらよりやや早くから欧米において使われていたデジタルノギスの多くは、光電式エンコーダによるデジタル方式でした。図136にはその一例としてミットヨ博物館に展示しているテサ社のデジタルノギスを示しています⁸⁵⁾。ノギスは手持ちにて使用するため、小型ランプの光源用電池はその容量の関係から頻りに交換する必要があったのです。光電式に対して、静電容量式は使用電力が少なく、小さい電池で十分な使用時間を保つことができるようになりました。このようなことからスイス及びスウェーデンを始めとして世界中に広まっていきました。

ミットヨは技術提携を結び、その特許使用権を得て、図137に示すような最小表示量0.01 mmインクリメンタルデジタルノギスを1983年に開発しました。



図136 テサ社(スイス) インクリメンタルデジタルノギス (光電式) 1978年



図137 ミットヨ インクリメンタルデジタルノギス 1983年



図138 テサ社 インクリメンタルデジタルノギス 1987年



図139 ミットヨ 本尺目盛入デジタルノギス 1987年



図140 ミットヨ 太陽電池式(ソーラ)デジタルノギス 1988年

スライダ移動における測定の問題点を克服し、安定し、かつ安価なノギスを供給するようになり、1984年8月までに10万個を製造し、普及させています。またスエーデン王立研究所との関係になるヨハンソン社との提携においては、主としてヨーロッパ向けにドイツにおいてデジタルノギスを作り供給しました。それを基にした王立研究所及びヨハンソン社、ミットヨとの共同開発も実行されました。その半ばにおいて、ヨハンソン社の経営が傾き、ミットヨのみにて王立研究所との仕事が進められました。

欧米における例として、図138にテサ社の1987年のデジタルノギスを示します⁸⁶⁾。これをシルバック社との技術提携によって実現しています。最小表示量と性能はほぼ同様です。

その後、スエーデン王立研究所のデジタルノギスの発明者アンデルモが独立することになり、ミットヨの援助によって、アメリカ、ワシントン州シアトル市の郊外カーランドにマイクロエンコーダ研究所(Micro Encoder Inc.)が1987年に設立されました。そこにおいて、主としてミットヨのデジタルノギスの更なる発展



図141 ミットヨ 家庭用デジタルノギス(デジパ) 1994年



図142 ミットヨ システム手帳用デジタルノギス(デジパミニ) 1995年



図143 ミットヨ 体脂肪計 1998年

の基礎が作られていきました。

1987年には図139に示すとおり、ミットヨのデジタルノギス本尺の灰色部分に目盛をもうけ、1 mm単位の概略寸法が分かり、使いやすくしています。続いて1988年には小型電池に代わって太陽電池を採用した図140に示すような太陽電池式(ソーラ)デジタルノギスが開発され、電池交換のわずらわしさから解放されました⁸⁷⁾。また450 mmとか600 mmというように長尺になると重くなるので、カーボンファイバ強化プラスチックに材質を変えたデジタルノギスが供給されるようになりました。続いて、1992年に測定値表示部を大きくしたノギスが作られ読み取りやすくなってきています⁸⁸⁾。このようなことは各社においても準じ行われてきています。

ミットヨでは一般家庭用として、DIY(Do it yourself, ドゥ・イット・ユアセルフ)の店において取り扱う本体合成樹脂製デジパと称する最小表示量0.1 mmのデジタルノギス(図141)を1994年から供給すると共に、ビジネス用のシステム手帳に収まるデジパミニと称するデジタルノギス(図142)を1995年に製品とし、普及を図りました。更に、体脂肪計として図143に示す



図144 ミットヨ アbsoluteデジタルノギス 1993年

デジタルノギスを1994年に開発しました。肩甲骨付近の皮下脂肪測定に医院で使われますが、それまで、機械加工用ノギスが使われていたものでして、それに代わって、体に接し皮膚下脂肪の測定に適合するようにジョウの形、材質が変更されるとともに必要な測定のスイッチボタン等が付けられて機能を果たしています。また健康維持のために、一般家庭用としても使われています。

余談になりますが、開発時、都会、農村、漁村において、皮下脂肪との関係にて、歩行の多寡などの状況調査も行われました。モータリゼーションの影響で、農漁村では100 mという短距離においても車を使用していることに対し、都会に住む人々の方が公共交通機関の利用により、より多く歩行していることも判明しました。

中国においてもノギスが作られるようになって、極めて安価にて供給されるようになりました。1979年に中国とアメリカとの国交正常化が成立し、精密測定機器の製造技術を得た中国は、アメリカを始めヨーロッパに多く輸出するようになり、更にデジタルノギスも1985年頃から製造し、海外に販売するようになりました。その初め頃には、日本のメーカー品をまねたものも現れ、JISマークまで付いたノギスも現れたことがありました。このように、アメリカに多数輸出されるようになって、日本を始め各国の測定工具メーカーに打撃を与えることになりました。

ヨーロッパのメーカーにおいては中国製品の一部をOEMとして取り上げて出しているところもあります。

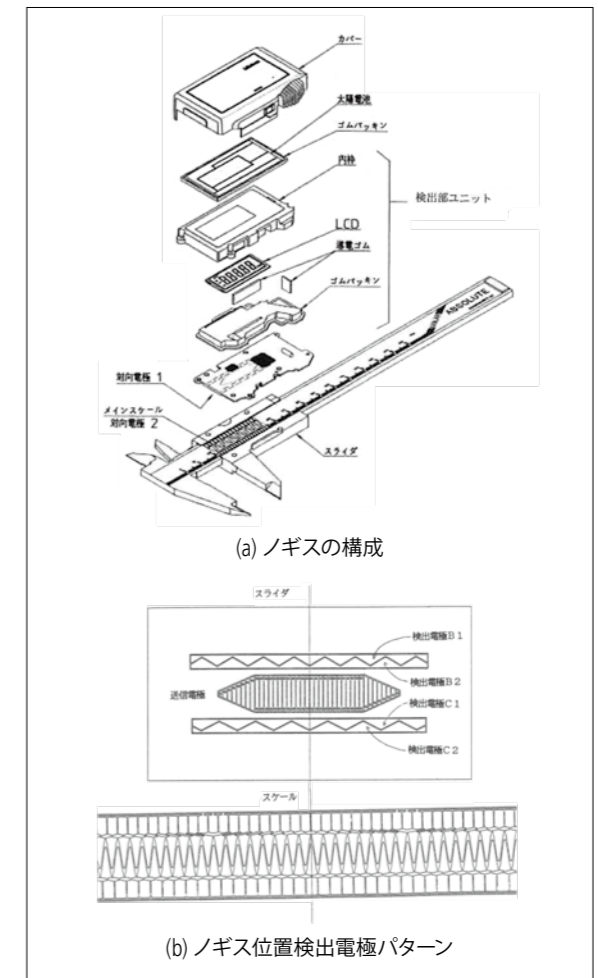


図145 ミットヨ 静電容量式Absoluteエンコーダ位置検出方式の概要 1991年

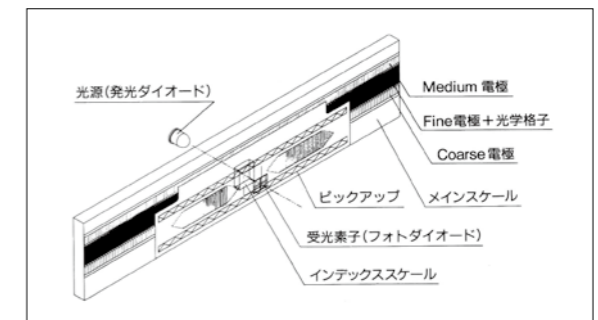


図146 ミットヨ 静電容量光電方式Absoluteエンコーダ位置検出方式の概要 1991年

このようなことから、ブラウン・シャープ社、テサ社などが2001年にスエーデンのヘキサゴン社(Hexagon)の傘下に入るようになりました。日本においても日本測定工具が撤退し、中村製作所、ミットヨの2社がノギス製造を続けている状態になりました。

上に述べたデジタルノギスはインクリメンタル式でしたが、1993年にアブソリュート式のデジタルノギスが開発されました。図144は最小表示量0.01 mmのミツトヨ製アブソリュートデジタルノギスです⁸⁸⁾。

そこに使われた検出方式は、図146に示すようになっています⁹⁰⁾。この方式と同様な方式で、1 μm表示のアブソリュートリニヤスケールも同時に開発されました^{89)~92)}。図147に示すように、粗中細を与える3トラックの静電容量電極スケールと、発光ダイオードLED光源による光学格子の1トラックのスケールから成り立っています^{89)~92)}。光学格子は細密な静電容量電極トラックと同トラック上に作られて使われています。アブソリュートデジタルノギスは、従来からの機械式ノギスと同じ読取りになっているため、利用が広まっています。ソーラタイプアブソリュートデジタルノギスも遅れることなく製品となりました。このノギスと同様な方式で、分解能を1桁上げて1 μm表示のアブソリュートリニヤスケールとして使うことができるような構成で^{89)~92)}、工作機械のスケールとして、インクリメンタルスケール

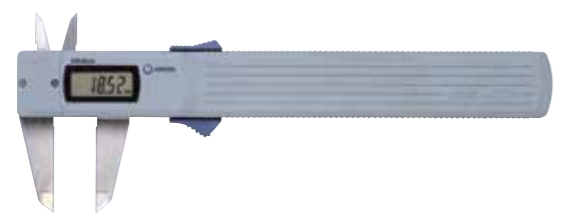


図147 ミツトヨ IP54 防水型静電容量式アブソリュートデジタルノギス 1997年

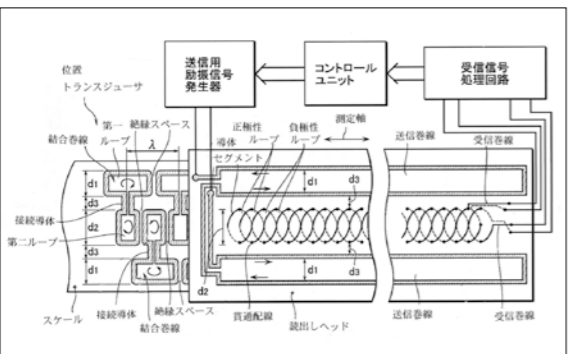


図148 電磁誘導式アブソリュートデジタルノギス検出方式の概要 1997年

とは違い、位置の保持に有効に使われています。

機械加工現場においては、工具や工作物にかけられるクーラントが飛散しており、時にはクーラントの中で寸法測定が行われることもあります。そのため機械式のノギスが活躍してきていますが、デジタルノギスにおいても、その現場の中で使用できれば便利です。静電容量式ノギスでは困難なことでしたが、その要望が極めて高いこともあって、1997年に図147に示すような防水型アブソリュートデジタルノギスが開発されました。そこでは閉じられた中での検出方式で実現しようとしたものです。

この保護等級は、IP54で一般的には充分使用することができますが、多くのクーラントが使用され、現場に飛散しているような場合においては、次第に影響を受けるようになり、やや不十分でした。

そのため、変位検出方式において、静電容量検出方式と同様な効果をもつ図148に示すような電磁誘導式検出方式⁹³⁾に改めることによって、実現したデジタルノギスが図149で、2000年に開発されました⁹⁴⁾。



図149 ミツトヨ IP65 クーラントプルーフアブソリュートデジタルノギス 2000年



図150 ミツトヨ IP67 クーラントプルーフアブソリュートデジタルノギス 2002年



図151 エー・アンド・デイ社 IP54防滴デジタルノギス 2007年



図152 テサ社 (スタンダードゲージ) IP54 クーラントプルーフアブソリュートデジタルノギス 2010年頃



図153 テサ社 IP67 クーラントプルーフアブソリュートデジタルノギス 2012年



図154 シルバック社 IP67 クーラントプルーフアブソリュートデジタルノギス 2011年



図155 シルバック社 IP67 クーラントプルーフマイクロメータアブソリュートデジタルノギス (商品名: マイクロノギス) 2012年

図148において、スライダ内の読出しヘッドにある励振信号発生器から送信巻線を経て、本尺のスケール上の絶縁された結合巻線の第一ループから順次並べられた第二ループに電圧が励起されます。スケール上を移動する読出しヘッドでは、重なったスケール巻線から励起された電圧を受信巻線が受けます。その受信巻線からの信号の処理を経て、移動位置が求められるようになっています。この図149に示すアブソリュートデジタルノギスはIP65でしたが、更に改良が行われIP67になったものが図150です⁹⁵⁾。

このように機械加工現場の要求に応えるアブソリュートデジタルノギスが今日活用されています。欧米においても防水型デジタルノギスが作られていますが、その防水効果は図149のノギスの水準に達していないと思われる状況がしばらく続いていました。図148に示した検出方式は分解能を上げて、マイクロメートルの検出のできるデジタルスケールとしても利用できるようにもなっています。

その後、2007年になって、日本のエー・アンド・デイ社が、防滴デジタルステンレスノギスと呼ぶ図151に示すようなインクリメンタルデジタルノギスを作り販売を始めました⁹⁶⁾。その防水の程度はIP54相当とありますから、使用場所や使用方法において、注意をし

なければならない場合がありますが、一般的な状況において使用できることを示しています。更に、同じ機能をもつステンレス製やプラスチック製のインクリメンタルデジタルノギスも供給しています。また安価なデジタルノギスも用意されています。これによって、ノギスのメーカーが、日本において3社に増えたこととなります。

ヨーロッパのシルバック社やヘキサゴングループのテサ社などは、防水性能がIP54で例えば図152に示すものに近いアブソリュートデジタルノギス⁹⁷⁾を供給していたことは先に述べましたが、2012年になって、テサ社はスタンダードゲージと称するIP54の防水性能をもつ図152に示すようなノギスの方式を改良し、ミツトヨに対抗する図153に示すような、電磁誘導方式にした数字表示が大きいIP67アブソリュートクーラントプルーフデジタルノギスを開発し、数種の測定範囲の機種を販売し始めました⁹⁸⁾。

また、シルバック社は、それらと同等な電磁誘導方式のノギスである図154をそれらより早く、ヨーロッパで2005年頃より、日本においては2011年頃に販売を始めていましたが、更に図155に示すような、マイクロメートル単位で測定できる意味を付したマイクロノギスと称するIP67の防水保護をもったクーラントプルーフ



図156 ミットヨアブソリュートデジタルノギス 2013年

アブソリュートノギスを開発し、販売を始めました⁹⁹⁾。その繰返し精度は、分解能の3倍である3 μmですが、器差を含めたノギスとしての最大許容誤差は測定範囲100 mmまで20 μm、150 mmまで30 μmであって、一般の0.01 mm読みデジタルノギスと同等な精度であり、分解能を上げたのみで、そのノギスの読みに合った精度になっていません。ノギスの形状から精度を向上させることは難しいことを示しています。例えば図89、図101や図113に示した本尺を円柱にするなど曲り、変形に強い構造が望まれるものと思われる。

最近におけるミットヨのデジタルノギスは、電磁誘導式アブソリュートデジタルノギスとなっており、防水保護性能の向上と共に、環境保護に対応したデジタルノギスとなっている。ソーラ方式の採用と共に、各部品の性能向上を図り、一般用アブソリュートノギスでは一般的使用状況であれば、電池交換に3.5年くらい維持できる図156に示すようなアブソリュートデジタルノギスとなって、広く使われている。特にデータ出力端子付の機種においては、統計的工程管理システムや計量管理システムなどに機能を発揮している。

ノギスの世界標準規格ISOの審議機関の国際標準化機構においては、1980年頃より、ノギス規格を作るべく議論を重ねてきました。1980年代初期においては最小読取り値0.02 mmノギスは、本体の板状形状からして精度維持が難しいので、ISOから外すことが良いとの状態におかれていました。その後、1980年代中期にデジタルノギスが現れ、更に1990年代には中国のノギスが現れたことにより、ノギスの精度に対する議論が変わりました。それは、安価な中国製を厳しい許容

値のもとにおいて使用するという傾向に移って行ったためです。前述図152のスタンダードゲージはその一つの例であると思います。これらの議論を経て、原案が成案に近くになっていたものが、技術委員長及び原案作成作業グループの主査の交代等によって、幾度か規格原案の破棄がなされ、無駄な年月を要してきていた状態でした。

以上の経過後2011年に数度目の規格案が成立し、国際規格ISO 13385-1:2011となりました¹⁰⁰⁾。規格名がCallipers とありますが、内容はノギス (Vernier sliding Calliper)、ダイヤルノギス (Dial sliding Calliper)、デジタルノギス (Digital sliding Calliper) の、言い換えるとノギス、英語名では Sliding Callipers の規格であって、図1に述べたCallipersの一部の規格となっています。許容値はメーカーが示すことになっていますが、その規制部分はノギスの性能が細かく規定され、誤差因子ではありませんが、測定精度においては無視できる内容も記されています、日本工業規格JISとして1954(昭和29)年に作った頃のノギス規格の記述に近いものになっています。それらは測定誤差の要因を知らしめるには良いことです。その規格では許容値は示されてなく、その基準値はメーカーが示すことになっていますから、規格というよりも教科書(テキスト)の一種になっていると言えます。

一般の使用者には、ある要因が他の要因に含まれることを知る必要も起こります。その誤差も許容値が示されていませんが、JISにおいては、参考付属書として許容基準値が示されることになるでしょう。これに従った日本工業規格 JISは、近いうちにまとめられる状況になっています。

この記述が規格に始まり、規格に終わるようになったことは、何かそのような工業的な情勢に置かれていたのかも知れません。

15. むすび・謝辞

ノギスに先立つ滑り挟み尺の起こり、バーニヤ目盛を備えた滑り挟み尺であるノギスの発祥から、デジタルノギスに至る変遷について述べました。この変遷について、主な社会の情勢をも加えて、纏めますと表3のようになります。

現在残っている最古の西暦9年製である中国の新しい王莽滑り挟み尺の構造は、かなり長い間その形を維持して、使われてきているのであろうと思われる。それが東西に伝ったのではないのでしょうか。全く形跡があるわけではありませんが、その中のあるものが、わが国へ伝えられたかもしれないという想像も許されるのではないのでしょうか。目盛尺との関連が深いであろう物差としての鞘箱型滑り挟み尺、そしてバーニヤ目盛を付すことにより測定精度を向上させたノギス、さらにダイヤルノギスからカウントノギス、そしてデジタルノギスへ発展してきたことについて見てまいりました。その発展過程において、ハイトゲージ及びデプスゲージが生じたことについても触れました。ノギスは工業製品の大きさなどの維持、はめ合わされる機械部品の関係など工業の近代化の礎としての役割をマイクロメータと共に果たしてきています。

我が国においてのノギスは、欧米に遅れることなく江戸時代末に加賀の大野規周が開発し、またその父大野規行がダイヤゴナル目盛ノギスを開発して、用いられてきたことについては誇れることです。バーニヤ目盛がないとしても滑り挟み尺が鉄砲鍛冶において伝えられ使われてきていたことも合わせて見てきました。バーニヤ目盛については江戸時代後期に入った頃に、その目盛を備えた測量・観測機器を讃岐の久米通賢が実現したことも知ることができました。それらが個々の匠の技としての伝承とも絡み、ノギスの広い普及には、国自体の近代化との関連が必要であったことも知りました。社会におけるニーズの如何が測定機器の発展における大きな要素であることは、マイクロメータの発展の歴史に照合されることであります。

現在においては、中国の生産との関係を十分考慮した対応が必要になっている時期です。ここに述べたことが、精密測定を始め機械工業に何らかのお役に立てれば幸いです。

謝辞

ノギスに関する用語の問題及びブラウン・シャープ社によるアメリカ初の製作についての関連した記述においては、元ミットヨ顧問 宮崎正吉氏の記述を借引用させて頂くことについて、御遺族の御好意ある御許可を頂きました。フランスの初めてのノギスについては三重県四日市市 秤乃館 小林健蔵館長の御好意により、また、その写真撮影については元ミットヨ社員 柴山敏伸氏の助けによります。日本の初めての滑り挟み尺及びノギスに関しては、測長具収集家である梶原利夫産業考古学者から教えを頂きました。大野規周のノギスを用いた測定については、福井市立郷土歴史博物館 西村英之副館長、高瀬裕美学芸員にお世話になりました。鉄砲鍛冶国友藤八の滑り挟み尺に関しては、トヨタ テクノミュージアム産業技術記念館 学芸企画グループ 藤山徹氏にお世話になりました。フランスのダイヤゴナル目盛ノギスについてはアメリカのノース・カロライナ大学シャーロット校の精密工学 ホッケン教授 (Prof. Dr. Robert J. Hocken, The University of

North Carolina at Charlotte, USA) の御世話になりました。主としてアメリカのノギス及び古い時代のカタログに関してはMitutoyo America Corporation (アメリカミットヨ) の顧問 須賀信夫氏によるところが大きいものがあります。ここに記して各位に深く感謝いたします。

表3 ノギスの起こりと発展並びに関連事項の推移

西暦年	事 項
0009年	中国(新)王莽 滑り挟み尺(歴史博物館, 胡宮博物館所蔵)開発
1542年	ヌネッシュ(Pedro Nunez, ボルトガル) 目盛細分化の一方法の提案
1631年	バーニヤ(Pierre Vernier, 仏) 副尺バーニヤ目盛の発明
1783(天明3)年	本木良永 象限儀用法(含バーニヤ理論)を日本語に翻訳
1791(寛政3)年	オランダ 八分儀(備バーニヤ目盛)を幕府に献上
1806(文化3)年	讃岐の久米榮左衛門通賢 バーニヤ目盛付地平儀製作, 続いてバーニヤ目盛付八分儀象限儀製作
1833年	ブラウン・シャープ社(Brown & Sharpe Mfg.Co.,米)創業(Steel Rules & Tools 製作)
1840年	フランス 砲兵工場 表ミリメートル単位, 裏プース単位のバーニヤ目盛付滑り挟み尺であるノギス開発(Vernier calliper, 秤乃館所蔵)し, 使用. その頃 フランス 鞞箱型滑り挟み尺(簡易ノギス)も作成
1843(天保14)年頃	加賀の大野弥三郎規行 ダイアゴナル目盛最小読取値0.1mm, 測定範囲5寸, 本尺展開により1尺物差となるノギス開発
1848年	パーマ(L. J. Palmer, 仏) マイクロメータ(Micrometer calliper) 発明
1851年	ブラウン・シャープ社 0.001 in 読みノギス開発
1853年	アメリカ使節ペリー浦賀に来る
1855(安政2)年	長浜の国友藤八 黄銅滑り挟み尺を製作し河内国狭山藩北条家近江物頭林外守に納入
1857年	長崎製鉄所 オランダ指導により建設, オランダより工作機械十数台 長崎製鉄所へ輸入
1858(安政5)年頃	加賀の大野弥三郎規周 バーニヤ目盛により最小読取値0.1mm 最大目盛値150mm 測定範囲130mm ノギス(裏面寸・分目盛)開発
1861年	カール・マール社(Carl Mahr Esslingen a.N.独) 創業
1862年	シッパ社(Societe Genevoise d'Instruments de Physique, スイス) 創業
1867年	大政奉還 王政復古明治に入る, パリ万国博覧会開催(パーマのマイクロメータをブラウン・シャープ社持帰る)
1880年	スターレット社(L.S.Starrett Co.,米) 創業, (Steel Rules & Tools, 滑り挟み尺及びノギス開発)
1883年	ローガン(John Logan, 米) ダイアルゲージ発明
1890(明治23)年	日本国メートル原器到着, 翌年度量衡法(メートル原器を基にした尺貫法(尺単位の確定))公布
1896年	モーゼル社(Mauser, 独), エタロン社(Etalon, スイス) 創業, ヨハンソン ブロックゲージ発明
1900年頃	ローコ社(Rawco Co.英)及びアドルフ・ファイファー商社(Adolf Pfeiffer, 独) 内外深多目的コロンプスノギス開発取扱
1903(明治36)年	第5回内国勲業博覧会(於大阪天王寺)にブロックゲージ, マイクロメータ, ノギス等欧米より持込来展 大谷(大阪市南区順慶町) 同内国勲業博覧会にノギスを製作しパスヤスコヤなど工具と共に展示 東京高等工業高校(現東京工業大学)で米国人フランシス教授がノギス使用
1905年頃	アドルフ・ファイファー商社 デプスゲージ及び罫書きハイトゲージ販売
1911年	ヨハンソン社(AB C.E.Johansson, スウェーデン) 創業(ブロックゲージ発明1896年)
1917年	(株)園池製作所 マイクロメータ開発, 1914~1918年 第一次世界大戦
1920年頃	ブラウン・シャープ社 歯厚ノギス開発
1930(昭和5)年	(株)田島製作所(当時 松尾度器)ノギス開発
1934年	(株)三豊製作所(現ミットヨ)創業
1937年	日中戦争始まる
1938年	(株)中村製作所 ほかノギス開発
1941年	太平洋戦争(第二次世界大戦) 始まる
1945年	日本度量衡法において直尺の一種として扱っていた滑り挟み尺を独立させノギスとして認定, 第二次世界大戦終結
1949年	(株)三豊製作所 ノギス開発し, 溝の口工場生産開始('52年宇都宮生産)
1951(昭和26)年	度量衡法改正計量法となる(1959年1月1日よりメートル法に統一) サンフランシスコ講和条約締結
1954年	日本工業規格JIS B 7507: ノギス制定
1960年	モーゼル社(Mauser-messzeug, 独)ヘリオス社(Helios Co.独) ダイアルノギス開発, 日本工業規格JIS B7517ハイトゲージ, JIS B 7518 デプスゲージ制定
1962年	(株)三豊製作所 ダイアルノギス開発
1977年	テサ社(スイス, Tesa) インクリメンタルデジタルノギス(光電式)開発 スウェーデン王立研究所アンデルモ(Ingvar Andermo 静電容量式インクリメンタルデジタルノギス発明, ヨハンソン社商品化)
1978年	シルバック社(Silvac Co., スイス) インクリメンタルデジタルノギス独自に開発し, 販売
1983年	(株)ミットヨ インクリメンタルデジタルノギス開発, 生産開始
1986年	米国にMicro Encoder Inc. (社長 Ingvar Andermo) ミットヨにより設立
1988年	(株)ミットヨ ソーラ式インクリメンタルデジタルノギス開発
1993年	(株)ミットヨ アブソリュートデジタルノギス開発
1997年	アンデルモ, マツレリ(I. Andermo, K. Mazreliet) 電磁誘導式位置検出装置発明, (株)ミットヨ IP54クーラントブルーアブソリュートデジタルノギス開発
2000年	(株)ミットヨ IP65 クーラントブルーアブソリュートデジタルノギス開発
2001年	ブラウン・シャープ社, テサ社はヘキサゴン社(Hexagon, スウェーデン)の傘下に入る
2002年	(株)ミットヨ IP67 クーラントブルーアブソリュートデジタルノギス開発
2011年	ISO13385-1 GPS Dimens.meas.equip.Part 1: Callipers-Design and metrological characteristics制定
2012年	シルバック社 IP67 クーラントブルーマイクロメータ アブソリュートデジタルノギス販売

文 献

- ISO 13385-2 : Geometrical product specifications (DPS) — Dimensional measuring equipment — Part 2 : Calliper depth gauges – Design and metrological characteristics, 2011-07-15
- ISO/FDIS 3611 Geometrical product specifications (DPS) — Dimensional measuring equipment — Micrometers for External measurement – Design and metrological requirements
- 宮崎正吉: 測定器のルーツをたずねて—ノギス、機械と工具、(1979-10), 14; 同、(株)ミットヨ、ミットヨ博物館、(1990), 8
- JIS B 7507:1979、ノギス、解説
- 松本榮壽: 細密読み取りダイアゴナル目盛の歴史、計量史研究、26-1(2004), 61
- JIS B 7507:1993 ノギス、4
- 丘光明編著: 中国歴代度量衡考、科学出版社、北京、(1992)、見開グラビア及び20
- 唐肇川著、加島淳一郎訳: ノギスの発展の推移、計量史研究、27-1(2005), 43
- 上野滋: 長さ測定器の歴史2、ノギス、ツールエンジニア、1982-08号、70
- 小泉袈裟勝: 度量衡の歴史、工業技術院中央計量検定所、(1961), 7
- 丘光明、コンラッドヘルマン著、松本榮壽訳: 中国古代度量衡における黄鐘律管と累黍、計量史研究、28-1(2006), 37
- Qiu G. and K. Herrmann: The role of the Huangzhong standard pipes and of millet grains in the metrology of ancient China、計量史研究、28-1(2006), 91
- 沢辺雅二: 精密測定の世界 1、長さの単位と標準の変遷、精密工学会精密工学基礎講座(Web)、2009-11-24, 6
- (株)ミットヨ ミットヨ博物館: 箱形ノギス、ミットヨコレクション改訂3版、(2007), 2
- 小泉袈裟勝: 度量衡の歴史、工業技術院中央計量検定所、(株)コロナ社、(1961),
- 宮崎正吉: マイクロメータの歴史、日本機械学会誌、85-769(1982), 1358
- 宮崎正吉: 測定器のルーツをたずねて—マイクロメータ、機械と工具、(1979-7), 81、及び同、(株)ミットヨ ミットヨ博物館、(1990), 1
- 上野滋: 測長用精密測定機器の変遷、日本機械学会誌、85-764(1982), 752
- 沢辺雅二: 精密測定の世界 2、マイクロメータの起こりと変遷、精密工学会精密工学基礎講座(Web)、(2010-11-16), 3
- 高田誠二、坂手弘明、小宮勤一、大綱功: 明治以後の桁の容量の整合化過程、計量史研究、33-1(2011), 29
- 大綱功 文献20)に関連しているがデータは私信による
- Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.31A (1929), 112
- (株)ミットヨ ミットヨ博物館: ミットヨコレクション改訂3版、(2007), 7~52
- Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.29 (1924), 84, 89~92, 123~133
- Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.31A (1929), 68, 73~76, 108~113
- Brown & Sharpe Mfg. Co.: Small Tools Catalog, No.32 (1935), 80, 85~88, 122~126
- Brown & Sharpe Mfg. Co.: The Shop Tool Manual, No.2 (1964), 45, 54~57
- Brown & Sharpe Mfg. Co.: The Shop Tool Manual, No.76 (1976), 86~93
- L. S. Starrett Co.: Fine Mechanical Tools, Catalog, No.24 (1927), 22~26, 106~123
- L. S. Starrett Co.: Fine Mechanical Tools, Catalog, No.25 (1930), 26~30, 111~119
- L. S. Starrett Co.: Precision Tools, Gage and Saws, No. 28 (1979), 93~99, 121~123
- Adolf Pfeiffer, Mannheim: Werkzeuge und Werkzeug-Kaschinen, Hauptkatalog, B III (1905), 34
- Lufkin Rule Co.: General Catalog No.14, (1958), 84, 85,
- Stanley Rule & Level Co.: Stanley Tools Catalogue No.34 (1920), 15
- Ted Crum Collection. France.
- 近常商店(Kintsune Shouten): Fine Mechanical Tools & Watch Materials, (1922), 19, 20
- F. H. Rolt: Gauges and Fine Measurements. Vol.2, Mechanical and Co., Ltd. London, (1929), 69
- Fujita Masaru Co. Tokyo: Carl Mahr G.m.b.H.. High Class Precision Tools, Gauges. Catalog, (1931), 5
- Carl Mahr G.m.b.H.: Feinmesszeuge Katalog, 52 M, (1935), 7~31
- Mauser-Messzeug G.m.b.H.: Feinmesszeug Katalog, (1961), 4~15
- Schuchardt & Schutte A. G., Berlin: Zeiss Measuring Instruments, C920 (1928), 47
- 青木保: 精密測定及計測機器、丸善(株)、(1937), 29
- 日本機械学会編: 新・機械技術史、日本機械学会、(2010-12), 382
- 前田清志: 日本の機械遺産、オーム社、(2000-12), 2
- 楠本寿一: 長崎製鉄所—日本近代工業の創始、中公新書、中央公論社、(1990)
- 沢辺雅二: 精密測定の世界、長さの単位と標準の変遷、精密工学会精密工学基礎講座(Web記載)、(2009-11-24), 15
- 小泉袈裟勝、度量衡の歴史、工業技術院中央計量検定所、(株)コロナ社、(1961), 164
- 梶原利夫: 松平春嶽のノギス、産業考古学会第25回(2001年度)総会研究発表講演論文集、(2011), 33
- 矢島祐利: 本邦に於ける初期の物理学的研究、科学史研究、第2号(1942-06)
- 小泉袈裟勝、度量衡の歴史、工業技術院中央計量検定所、(株)コロナ社、(1961), 37
- 土田康秀、山田研治、唐沢進太郎、小川博: 大野弥三郎規行・大野弥三郎規周系尺度の研究—真田宝物館所蔵の尺度(第2報)一、日本計量史学会大会2011講演予稿集(2011), 57
- 沢辺雅二: 大野弥三郎規周製作のノギスの性能、計量史研究、34-1(2012), 113
- 岩田重雄: 中国における尺度の変化、計量史研究、1-2(1979), 1

- 54) 岩田重雄:中国・朝鮮・日本の長さ標準(第1報) 300B.C.-A.D.1700.計量史研究,16-1(1994),43
- 55) 国立歴史民族博物館:歴史の中の鉄砲伝来,(2006-10),74
- 56) トヨタテクノミュージアム産業技術記念館:トヨタコレクション,113 測量器具・図引用具,(2010),76
- 57) 西田八郎:ノギス,朝永良夫編集委員長;工場測定器講座(1),日刊工業新聞社,(1962),11
- 58) 日本精密測定機器工業会:未久路,創立20周年記念誌,(1974),34
- 59) 日本精密測定機器工業会:未久路,創立30周年記念誌,(1984),20
- 60) 日本精密測定機器工業会:未久路,創立50周年記念誌,(2004),22
- 61) Societe Genevoise d'Instruments de Physique:As Eighty Years Went By...,History of the Societe Genevoise d'Instruments de Physique,(1946),29~37
- 62) Societe Genevoise d'Instruments de Physique: SIP History 1862-1962,(1962),10
- 63) 東京都計量検定所:東京の計量100年,東京の計量器製造,修理業者,(1976)
- 64) 工業技術院中央計量検定所:中央計量検定所50年史,コロナ社,(1961),56
- 65) Etalon, Switzerland, Precision Measuring Tools, Catalog, No.155 (1956),7
- 66) Mauser-Masseug G.m.b.H.:Feinmesszeuge,(1961),14
- 67) (株)三豊製作所:50年史,(1985),173
- 68) JIS B 7507:1954 ノギス
- 69) 五十嵐明:ノギス,測定誤差はなぜでるか,1。ラインにおける寸法測定,ジャパンマシニスト社,(1971),41
- 70) 今津,矢野:プラスチック製品のノギスによる寸法測定,合成樹脂,18-9(1972),4
- 71) 沢辺雅二:プラスチック部品の寸法形状の精密測定法について,国立機関技術開発研究事業成果普及発表会テキスト,プラスチック成形部品の寸法・形状測定に関する研究,中小企業庁,昭和48年11月(1973),131
- 72) (株)三豊製作所:プラスチック製品専用測定器カタログ, No.4039, 1973, 2
- 73) (株)三豊製作所:三豊ノギス・ハイトゲージカタログ, No.23, 9版 (1980), 12, 21
- 74) (株)三豊製作所:マイクロ付ノギス,カタログ, No.10203,(1962),1
- 75) JIS B 7517:1960 ハイトゲージ
- 76) JIS B 7518:1960 デプスゲージ
- 77) (株)三豊製作所:三豊直読ハイトゲージカタログ, No.192-101(1971),1
- 78) (株)三豊製作所:デジマチックハイトゲージHDカタログ(1982),3;新製品ニュース,強力形デジマチックハイトゲージHDD30(1982),1
- 79) (株)ミツトヨ:精密測定機器・総合カタログ, No.13-34 (2000), 190
- 80) 松代正三、遠藤大海、沢辺雅二、下田靖雄、五十嵐正裕:差動変圧器を利用したデジタルマイクロメータ,中央計量検定所報告,5-4(1956),337
- 81) (株)三豊製作所,三豊シルバック10,総合カタログ, No.13-17,(1982),97
- 82) Hans U. Meyer:測定装置,CH4241/72 (1972-03-22),特許公報昭56-23090 (1981-05-29)
- 83) Hans U. Meyer:容量製の長さ及び角度測定方法,CH8600/ 80-0 (1980-11-21),特許公報平2-41685 (1990-09-19)
- 84) Ingvar Andermo:可動部品の相対的位置測定装置,SE7714010-1 (1977-12-09),特許公報昭64-11883 (1989-02-27)
- 85) (株)ミツトヨ ミツトヨ博物館:ミツトヨコレクション改訂4版,(2012),68
- 86) テサ精密(株):Instruments and systems for quality assurance, Doc.No.103.012.8610(J),(1988)1.1
- 87) (株)ミツトヨ:精密測定機器・総合カタログ, No.13-28 (1990), 247
- 88) (株)ミツトヨ:精密測定機器・総合カタログ, No.13-30 (1993), 118
- 89) Ingvar Andermo, Tracy Hanley:光と容量を合わせた絶対位置検出装置,US07/661840(1991-02-26),特許第2809545号(1998-07-31)
- 90) 下村俊隆雄,佐々木康二,Ingvar Andermo,玉口康夫:アブソリュートリニアエンコーダの開発,精密工学会誌,61(1995),1405
- 91) 桐山哲郎,下村俊隆,Ingvar Andermo,山口康夫:アブソリュートリニアエンコーダの開発,精密工学会誌,61-10(1995),1405
- 92) I. Andermo, T. Shimomura, T. Kiriya, Y. Yamaguchi: An Absolute Linear Encoder Utilizing a Combination of Capacitive and Optical Encoder Technology, Int. J. of Japan Soc. Prec. Engg., 29-1 (1995), 14
- 93) Ingvar Andermo, Karl Mazreliet:誘導型位置検出装置,US08/834432 (1997-04-16),特許第3366855号(2002-11-01)
- 94) (株)ミツトヨ:精密測定機器・総合カタログ, No.13-35 (2001), 118
- 95) (株)ミツトヨ:精密測定機器・総合カタログ, No.13-36 (2004), 120
- 96) (株)イー・アンド・デイ:総合カタログ,電子計量計測機器ライフ,(2007)
- 97) テサ精密(株):Hexagon Metrology, TESA, ;スタンダード・ゲージ,精密測定機器カタログ;Standard Gage Catalog, (April 2012), 10
- 98) テサ精密(株):テサカタログ,デジタルノギス製品情報;TESA Technology, (2012), 1
- 99) 石田プレジジョン(株):シルバック社カタログ-12;Sylvac SA, Catalogue-12, (2012), 8 & 10
- 100) ISO 13385-1:2011 Geometrical product specification (GPS) — Dimensional measuring equipment — Part 1:Callipers — Design and metrological characteristics

本稿受付:2013年6月3日
 執筆者:株式会社ミツトヨ
 顧問 工学博士 沢辺 雅二

マイクロメータ進化の歴史、ゲージブロック物語の紹介

マイクロメータ進化の歴史

R257



ゲージブロック物語

Catalog No. 12016





株式会社ミットヨ

本社 川崎市高津区坂戸 1-20-1 〒213-8533 ホームページアドレス <https://www.mitutoyo.co.jp>

仙台営業所(022)231-6881	郡山営業所(024)931-4331	宇都宮営業所(028)660-6240	水戸営業所(029)303-5371
伊勢崎営業所(0270)21-5471	さいたま営業所(048)667-1431	新潟営業所(025)281-4360	川崎営業所(044)813-1611
東京営業所(03)3452-0481	厚木営業所(046)226-1020	諏訪営業所(0266)53-6414	浜松営業所(053)464-1451
安城営業所(0566)98-7070	中部オートモーティブ営業所(0566)98-7070	名古屋営業所(052)741-0382	岐阜営業所(052)741-0382
金沢営業所(076)222-1160	大阪営業所(06)6613-8801	神戸営業所(078)924-4560	京滋営業所(077)569-4171
岡山営業所(086)242-5625	広島営業所(082)427-1161	福岡営業所(092)411-2911	
センシング営業課(044)813-8236	地震機器課(044)455-5021		
カスタマーサポートセンタ(0570)073214			

2021年12月第4版発行
発行：株式会社ミットヨ

弊社商品は外国為替及び外国貿易法に基づき、日本政府の輸出許可の取得を必要とする場合があります。製品の輸出や技術情報を非居住者に提供する場合は最寄りの営業所へご相談ください。