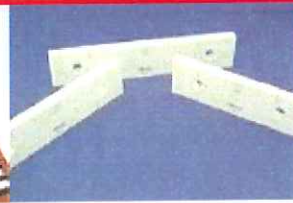


Catalog No. 12016

ゲージブロック物語 *The history of gauge block*



Mitutoyo

目次

目次.....	1
はじめに.....	2
I章 ゲージブロックの誕生.....	3
ゲージブロックの誕生.....	3
II章 日本におけるゲージブロックの製造.....	8
III章 ミットヨのゲージブロック生産.....	9
蒲田工場でのゲージブロックの試作.....	9
溝ノ口工場での社内用生産.....	9
宇都宮工場での販売用ゲージブロックの生産.....	10
沼田研究所の建設とゲージブロックの本格生産.....	12
商品開発及び技術開発の経過.....	14
宮崎工場での発展.....	16
商品開発及び技術開発の経過.....	18
おわりに.....	21

はじめに

長さが光速度で定義され、レーザ測長器などが数多く使用されている現在でも、環境変化に強く、取り扱いが容易なことから、ゲージブロック (gauge block 又はブロックゲージ block gauge) は実用的な長さ基準器として各種測定機器の校正や寸法基準などに使用され、トレーサビリティを支える重要なアイテムとして世界中の企業・大学・研究機関等に広く普及しています。

ものづくりの現場や研究機関などにおいて使用されているマイクロメータ、ノギス及びダイヤルゲージなどの小形の測定工具 (スモールツール、small tools) はもとより、三次元測定機などの大形の測定機器に至るまで、それらの日常点検や校正の際には、測定機器でゲージブロックを直接測ることによって、それらの誤差を知ることができます。

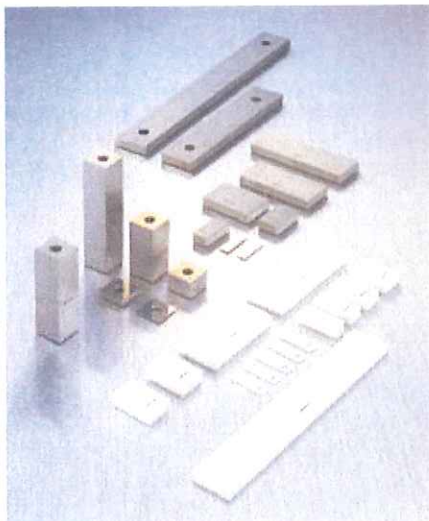
ゲージブロックは、平行かつ平坦に仕上げられた鏡面仕上げされた両端面 (測定面) をもち、その二面間の距離はその呼び寸法に極めて近くなるように精密に造られています。その特長は、適当な寸法のものをも何個か組合せて、互いに密着 (リングング、Wringing) させることによって、個々のゲージの寸法の和に等しい

任意の寸法を得られる点にあります。但し、密着を前提にしているため、ゲージブロックの寸法は同一材料の同一表面状態の基準平面へ密着した状態で定義され、密着層の厚さを含んでいます。ゲージブロックに要求される要件として、寸法が正確であること、密着すること、経年変化が少ないこと (寸法の安定性)、硬く、耐磨耗性に優れていること、熱膨張係数が適当であること (測定物と同程度)、錆びにくいことなどがあげられます。

標準的なゲージブロックは0.5mmから1mまでの寸法が製作されていますが、その精度はISO (JIS) 規格では4等級、ASME 規格では5等級に分かれており、最高精度の寸法許容差はISO (JIS) 規格で100mmの場合 $\pm 0.3 \mu\text{m}$ 、1mで $\pm 2 \mu\text{m}$ です。その値付けの不確かさは、光波干渉測定の場合1mで約 $0.2 \mu\text{m}$ です。これは陸上競技トラック一周400mに対し、毛髪一本の太さに相当します。

なお、長さを具現した基準器 (実量器 material measure) としては、二つのタイプが知られています。日常使用される「物差し」をはじめ、高精度な目盛をもつ「標準尺」や「国際メートル原器 (X断面、現在は長さの国際標準の役目は終えている)」のような目盛をもつ基準器は「線度器 (line standard、line measure)」と呼ばれています。一方、ゲージブロックや「はさみゲージ」などの端面を基準にしたものは、「端度器 (end standard、end measure)」と呼ばれています。なお、メートル原器の初期形である確定メートル原器は (1799年、メートル・デ・アルシーブ Meter de Archives)、ゲージブロックに似た25.3mm×4mmの長方形断面の端度器でした。¹⁾

ここでは、ゲージブロックの誕生の歴史と我国における国産化の歴史、並びにミットヨにおけるゲージブロックの歴史について概説します。



ゲージブロック

I章 ゲージブロックの誕生

ゲージブロックの誕生

ゲージブロックは1896年(明治29年)スウェーデンのヨハンソン(Carl Edvard Johansson, 1864-1943)(写真-1)により発明され、その歴史は既に1世紀を越えています。

写真-2は、1917年にヨハンソンがストックホルムの機械学会でゲージブロックのデモンストレーションを行った時のものです。密着したゲージブロックには200ポンド(90.72kg)もの錘が釣り下げられています。単位面積当たり33気圧もの密着力でありました。通常はこのような密着力は得られないので、密着後に長時間放置して密着力を高めた可能性が高いです。²⁾

ここでは、ヨハンソンの日記に基づく著書「ザ・マスター・オブ・メジャーメント」を、ヨハンソン社の許可を得て須賀信夫(元米国ミットヨ副社長)が邦訳、ミットヨ社内報『アプローチ』に連載した「測定の達人-カール・E・ヨハンソン」³⁾をもとにゲージブロックの開発の歴史を追ってみましょう。

ヨハンソンは、地元のエスキルスツーナ(Eskilstuna)にある銃器工場(カール・グスタフ・スタッド・ライフル工場)でレミントン銃の製造の「兵器インスペク

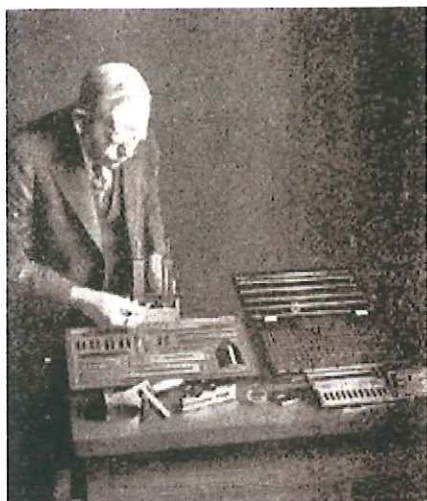


写真-1 ヨハンソンとゲージブロック

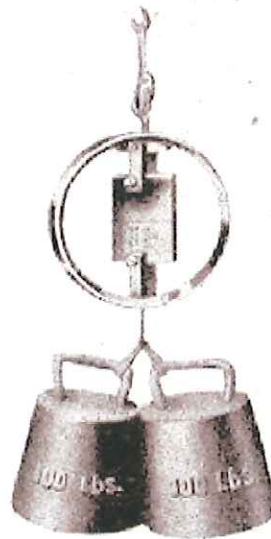


写真-2 ヨハンソンによる同学会での実験(密着力33気圧)

ター」(armoury inspector)として働いていました。(写真-3)

ヨハンソンの記録では、製造現場で使用される様々な形状の多数の限界ゲージを総称して「ゲージブロック」と呼んでいたといわれています。

現在ではマイクロメータをゲージブロックで校正しますが、当時の工場の最上位の基準は、ブラウン・シャープ社製のマイクロメータであり、それを用いてゲージは測定されていました。ゲージブロックとマイクロメータの地位が逆転するのは1906年前後、ゲージブロックの精度がサブミクロンの領域になって以降のことと思われます。

銃の部品検査に使用する限界ゲージは部品に合わせて専用に製造されており、新形銃の生産や部品変更などの度に造り替えねばならず、ヨハンソンが見学したモーゼル銃で有名なドイツのマウザー社では、数千個が使用されていました。

そこでヨハンソンは、「より少ないゲージでより多くの寸法を得ることができないか」というゲージの最



写真-3 銃器工場でのヨハンソン(前列左端)

小の組合せを考えていました。

そして苦心の末、102個のブロックの組合せを考え出して、1mmから201mmまで0.01mmとびに2万種の異なる寸法を得ることに成功しました。

そして、このセットに「コンビネーション・ゲージブロック・セット」と名付けました。その組合せは、1.01mmから1.49mmまで0.01mm飛びに49個、0.5mmから24.5mmまで0.5mm飛びに49個、25、50、75、100mmの4個です。

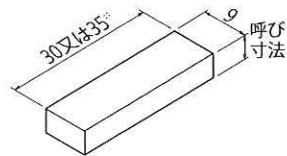
尚、最小の組合せで多くの寸法を組み立てるアイデアは、当時のアメリカにもありました。

ヨハンソンは、「アメリカン・マシニスト」の紙上に「サイズブロック」と称する製品の紹介記事を見つけました。これは16個組で、1/16から1インチまで1/16インチのピッチで構成されており、1/16、1/8(=2/16)、3/16、1/4(=4/16)、5/16、3/8(=6/16)・・・7/8(=14/16)、1インチの組合せでした。ヨハンソンはこれを見て特許の取得を急ぎました。

ゲージブロックの特許は1898年に申請したものの、政府にはなかなか理解してもらえず、王室への上訴にまで発展し、ようやく1908年に成立しました。但し、特許には厚さの異なるいくつかのブロックを「置き重ねて」任意の長さにして使う方法とされており、特許としては「密着(リングング)」という言葉は使わず、寸法の組合せのアイデアとして認められています。



写真-4 密着の例



※呼び寸法によって決まります。
10mmを超える寸法 : 35mm
(10mmについては含まず)
10mm以下の寸法 : 30mm

写真-5 ヨハンソンタイプ(レクタングラタイプ)

密着については既にイギリスのティンドール(J. Tyndall, 1820-1893)により、「よく磨かれた鋼板は互いに密着し、その力は大気圧よりも高い」こと、また真空中でも密着の現象が起こることが示されており(写真-4)、1875年(明治8年)に王立学会にて公開実験が行われています。ヨハンソンが密着を体験したのは1900年であり、ラップされたゲージを偶然落下させたときに二つのゲージがしっかりとくっ付いて外れない事を見出した時でした。

ゲージブロックの特許申請は1898年とその二年前であること、また、特許には密着については述べられていないことから、ゲージブロックの特長である「密着により任意の寸法を造り出す」という着想は、特許出願以降、ラッピング品質の向上の過程で高い密着力が得られるようになってからのことと思われます。

密着の原理については多くの研究が行われていますが、主に分子間力と空気中の水分又は密着の際に使用する僅かな油分の表面張力や凝集力、大気圧などが加わるといわれており、ゲージブロックの密着力は平面度、表面粗さ及び使用する液体などで変化することが知られています。尚、正しい密着を行え



写真-6 ヨハンソンの家

ば、密着誤差は $0.01\ \mu\text{m}$ (10nm) 以下になることが知られています。

ヨハンソンのゲージブロックは断面が $9 \times 28\text{mm}$ の長方形でした。(現在は 9×30 及び 35mm)これはライフル工場で使用していたゲージ用鋼材の素材の厚みが 10mm であった事に起因しています。この長方形のゲージブロックはヨハンソンタイプ、又は、レクタングュラタイプと呼ばれています。(写真-5)

試作には成功したものの多くの問題を抱えており、その生産が軌道に乗って政府の要求するレベルに達したのは2年後(1900年)でした。当時の販売価格に定価は無く、 $500 \sim 700$ クローナで販売され、納期は長く一年になることもありました。ヨハンソンはライフル工場に入社後、工業知識の必要性を痛感、工業学校の夜学に長年をかけて通い卒業しました。それと同時に「見習い兵器インスペクター」に昇格しましたが、当時年俸は 600 クローナであったことから、今の検査係長が課長クラスの年俸とゲージブロックの価格が同程度ということになるのでしょうか。

当時は平面研削までを工場で行い、熱処理・ラップ・検査は秘密裏に自宅で行ったといわれています。(写

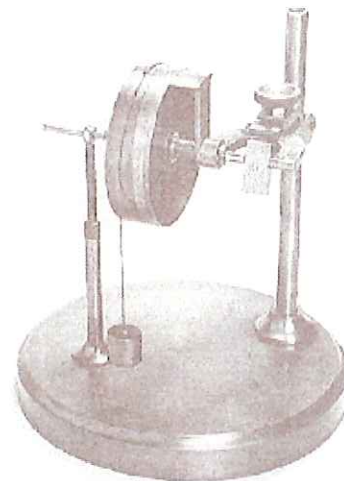


写真-7 マイクロメータを改造したゲージブロック測定器

真-6)ラップにはミシンを改造したもの、検査にはブラウンシャープ(Brown & Sharpe)社製のマイクロメータを一目が 1 マイクロメートルになるようシンプルを直径 150mm に改造、測定力が一定になるようデッドウエイト(錘)を取り付けたものが使われていました。(写真-7)

古くからヴァイキングの活躍で知られるスウェーデンは、「鉄の国」と呼ばれています。鉄鉱石が採れ、スウェーデン鋼と呼ばれる良質の鉄鋼を産する国です。ゲージブロックに使用された炭素鋼も、ヨハンソンがウイックマンズ製鉄所の所長タオリンの協力を得て厳選されたものが用いられ、その熱処理技術についても多くの協力を得たといわれています。

当時、温度の国際規格は 0°C でしたが、ヨハンソンは工場の温度が $15 \sim 25^\circ\text{C}$ の範囲であることから、その中央値の 20°C を測定標準温度に決めてゲージブロックを製作しました。工業的長さ測定の標準温度は、1931年の国際度量衡委員会、次いで翌年の国際標準化機構のISO規格で 20°C と決められました。現在の長さの標準温度のルーツがここにあります。尚、ヨハンソンの工場の温度は、冬季に暖房を使用して実現

した温度と考えられます。⁴⁾

この頃のゲージブロックの精度はどの程度であったのか、興味のあるところですが、ヨハンソンは精度を尋ねられると「ミクロン(0.001mm)の単位」と答えています。

ヨハンソンは1903年に20℃で丁度100mmになる丸棒基準器を製作し、パリの国際度量衡局に測定を依頼、正しく100mmになるときの温度の調査を依頼しています。そして、その結果は20.63℃でした。つまり、この基準器が20℃で約0.7μmの誤差であることがわかりました。⁵⁾

尚、1889年に制定された国際メートル原器は国際度量衡局に保管され、1mは0℃における長さで定義されていました。1908年の時点で、ヨハンソンのゲージブロックは100mm以内の寸法を密着して組立てた時の精度は、±1μm以内であったといえます。

その後、ヨハンソンは100mm、50mm、25mmのゲージブロックを製作して、再度、国際度量衡局に測定を依頼し、1912年にそれらが0.1μm以内であるという結果を受け取りました。この時点で、ヨハンソンは国際度量衡局と非常に高いレベルでトレーサブルなゲージブロックを所有することになりました。



写真-8 ヨハンソン製103個組セット
(1899年に使用,ヨハンソン社蔵)



写真-9 米国製ヨハンソンゲージ

1909年から国際度量衡局においてもゲージブロックの科学的な調査が行われ、セルフチェックが可能で高い信頼性が報告され、ゲージブロックが広く世界に紹介されました。

ゲージブロックのセットは、当初の102個組に加え1.005mmの寸法が加わり103個組となっていました(写真-8)、1909年には、1.001mmから1.009mmまでのマイクロメートル単位の9枚の寸法が追加され、112個組が完成しています。これにより、1マイクロメートルのステップで20万通りの寸法を得られるようになりました。

ヨハンソンは1911年に独立し、C.E. Johansson 社を設立しました。その後第一次世界大戦が勃発、兵器の需要は大きく増加しヨハンソンのゲージブロックは世界中の企業450社以上で使用され、敵味方の双方に供給されていました。

当時、インチは英国とアメリカでは微妙に定義が異なり、測定温度や長さに差が生じていました。

英国は「インペリアル・スタンダード・ヤード」と呼ばれ、華氏62度(16.67℃)が基準温度で、メートル原器との比較で1インチは25.399977mmでした。一

方、アメリカでは華氏68度(20℃)で25.4000508mmと定められていました。(1866年の議会決定)

ヨハンソンはインチのゲージブロックを製造するに当たり、1インチを20℃で25.4mm丁度に製作しました。その後、アメリカ、イギリスがインチの定義を統一することになった際、既にヨハンソンのゲージブロックは兵器産業界に広く浸透しており、ヨハンソンの定義に統一せざるを得ず、結果的にヨハンソンは現在のインチの定義を決定付けた仕掛人といえます。

ヨハンソンのゲージブロックは米国標準局(NBS)でも戦略物資として使用され、1929年までに百万個(11,000セット)が製造されました。ヨハンソンはその後アメリカに渡り、ヘンリー・フォード(Henry Ford, 1863-1947)の協力を得て米国での生産を始め、C.E.JohanssonとFordが併記されたゲージブロックを生産しました。(写真-9)

ゲージブロックはヨハンソンに続き、1918年頃NPL(英国国立物理研究所)が試作に成功、ピッターゲージ精密工具社が製造を開始しました。また、ホンメル社などからも販売されました。

米国では、1917年にホーク(W.E.Hoke, NBS: U.S. National Bureau of Standards米国度量衡局)が円形(後に正方形)で中央に穴のあるタイプを発明しました。これは密着の後に締結ロッドとねじにより固定して使えるゲージブロックで、ホークゲージ又はスケヤゲージ(SGB)と呼ばれます(写真-10)。これは現在でも米国

を中心に使用され(写真-11、12)、日本では1982年(昭和57年)にミットヨで製造・販売を開始しました。

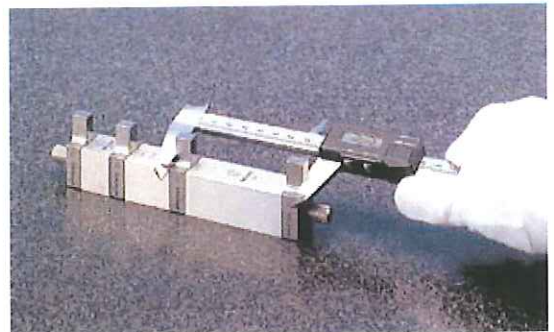


写真-11 スケヤゲージブロックによる使用例-1

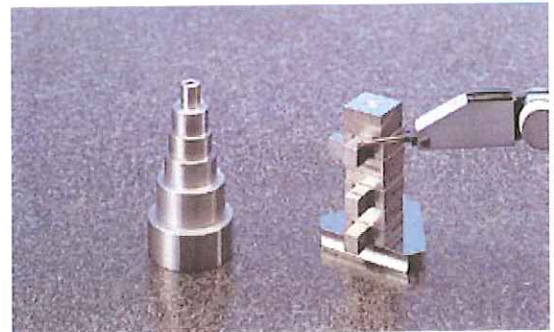


写真-12 スケヤゲージブロックによる使用例-2

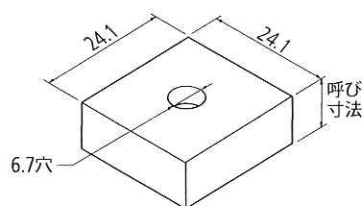


写真-10 ホークゲージ(スケヤタイプ)

写真-1、写真-2の出典：「青木保著 精密測定及び計測機器(丸善)」
写真-3～写真-9の出典：「ザ・マスター・オブ・メジャーメント」

Ⅱ章 日本におけるゲージブロックの製造

日本で最初にゲージブロックの製造・販売を行ったのは津上退助(1893－1974)でした。^{6) 7)}

津上退助は1923年(大正12年)に国産化の研究に着手、1928年(昭和3年)には(株)津上製作所(後の東洋精機(株)、現三井精機工業(株))を設立、商工省から一万円の工業奨励金を交付され、恒温・恒湿室の建設とツアイスの光波干渉計、シップのジグボアなど当時世界最高といわれる設備を設置しました。

そして1931年(昭和6年)に試作に成功し、1934年(昭和9年)に三井精機工業ブランドでゲージブロックの製造・販売を開始しました。

津上退助は自社製ゲージブロックの品質に自信を持っていましたが、国産というだけで信用してもらえないことを残念に思っていました。当時、世界最高のものとされているヨハンソン製ゲージブロックを陸海軍の工廠は保有していました。津上退助はそのゲージブロックを借り出して寸法安定性についての調査を行い、1932年(昭和7年)に論文を英国の技術誌「エンジニアリング」に発表しました。一方、ヨハンソンも「精密協会会誌」で津上製ゲージブロックの調査結果を発表、3年間に渡り論争が行われました。

その後、ゲージブロックの生産は三井精機工業の他、1937年(昭和12年)に津上退助が新潟県長岡市に設立した(株)津上製作所(現(株)ツガミ、東洋精機(株)を吸収)でも本格的に行われました。

津上退助に続いて(株)黒田狭範製作所(現黒田精工(株))の創業者、黒田三郎⁸⁾も(株)園池製作所(現(株)アマダ)を退社して独立し1934年(昭和9年)にゲージブロックの開発に成功、1935年(昭和10年)より生産を開始しました。

尚、ゲージブロックの国産化には軍も熱心で、1934年(昭和9年)頃には生産が開始されていたようで、陸軍小倉造兵廠には50数名が要員として働いていたと

いうことです。又、呉海軍工廠でも技術開発が行われており、1935年(昭和10年)には東洋工業(株)が同工廠の技術を導入して製造・販売を開始しました。

1937年(昭和12年)には(株)不二越が、翌年には関工範製作所(現(有)関工範)が生産を開始しました。その後、1955年(昭和30年)に(株)三豊製作所(現ミットヨ)が販売を開始、1965年(昭和40年)には広島(株)昭和精工所が本格的販売を開始しました。⁹⁾

Ⅲ章 ミットヨのゲージブロック生産



写真-13 ミットヨ創業者 沼田恵範

ミットヨでのゲージブロックの製造はマイクロメータの国産化と共に始まりました。¹⁰⁾

当時、内閣資源局統計官の職にあった(株)三豊製作所(現ミットヨ)の創業者沼田恵範(1897 - 1994)(写真-13)は仏教の布教活動の資金を得る目的で事業を起こすことを発願、1934年(昭和9年)に東京・武蔵新田に研究所を建てて人を雇い、当時輸入品であったマイクロメータの国産化に着手しました。しかし成果は思うように上がらず、1936年(昭和11年)には事業に専念するために役人の職を辞し、東京・蒲田に工場を建設、社名を三豊製作所としました(写真-15)。そして試作・評価を繰り返し、同年12月ようやくマイクロメータの製造に成功、翌年の1937年(昭和12年)より販売を開始しました(写真-14)。

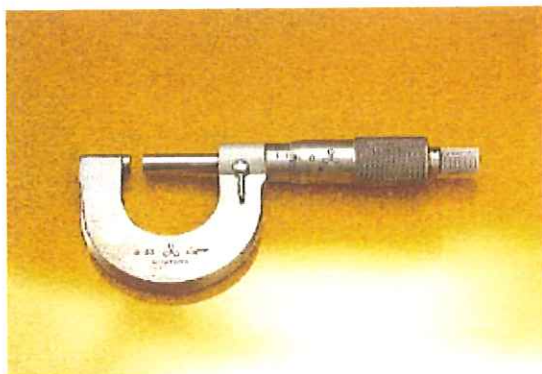


写真-14 ミットヨ初のマイクロメータ 1937年(昭和12年)



写真-15 蒲田工場の模型(製作：工芸舎 森岡太郎)

蒲田工場でのゲージブロックの試作

当時、マイクロメータの検査にはヨハンソンのゲージブロックを用いていましたが、内製化すべく蒲田工場ではゲージブロックの研究も開始され、1941年(昭和16年)に試作に成功しました。

溝ノ口工場での社内用生産

1940年(昭和15年)にはマイクロメータの量産のため、神奈川県川崎市の溝ノ口工場(写真-16)が操業を開始し、マイクロメータの生産は月産1,000個に達しました。

ミットヨがゲージブロックの生産を開始したのは溝ノ口工場において、1942年(昭和17年)からで、社内にマイクロメータの検査用として量産を行いました。

当時ゲージブロックの検査に使用されたのはツアイスのウルトラオブチメータや水平オブチメータなどでしたが、翌年には自社製の静電容量式電気マイクロメータの試作に成功しました。



写真-16 溝ノ口工場

宇都宮工場での販売用ゲージブロックの生産

1944年(昭和19年)には新たに宇都宮工場(写真-17)が操業を開始、ゲージブロックは宇都宮に製造が移管されました。1945年(昭和20年)に蒲田工場が戦災により消失、溝ノ口工場も一時閉鎖されました。

終戦で国内市場が崩壊し、測定器の需要が無くなって生産は立ち行かず、宇都宮工場のみ存続されていました。しかし、宇都宮工場においても従業員の生活維持のため電熱器、バリカン及び包丁などの日常品の生産を行いました。その後、紡績用のチーズ木管やキャラメル・ガム・味の素・ゴルフボールなどの自動計量機や自動計量選別機の生産を行って、工場経営の建て直しを図りました。



写真-17 宇都宮工場

但し、マイクロメータの生産は技術保存のために溝ノ口工場で僅かな生産を継続し、更に1947年(昭和22年)に創業者の出身地である広島県志和村に設立した広島研究所にて復員社員などにより生産が始められました。

1949年(昭和24年)に至り、再び測定器の製造の初心を貫徹すべく、溝ノ口工場ではマイクロメータの生産が再開されると共に宇都宮工場でもノギスやハイトゲージの生産が開始されました。

ミットヨがゲージブロックの販売を開始したのは、1955年(昭和30年)であり、マイクロメータ検査用8個組セット(写真-18)を宇都宮工場で生産しました。

ゲージブロックの生産には最高精度の測定器が不可欠であり、ゲージブロックの生産と高精度な測定器の開発は相前後して行われてきました。

それらの測定器の例としては、1957年(昭和32年)宇都宮工場にて製作され国立の中央計量検定所に納入された恒温水槽内用ブロックゲージ測定装置のブロックゲージ傾き調整装置や、1958年(昭和33年)及び1960年(昭和35年)に中央計量検定所で開発された光波干渉式標準気圧計の光波干渉測長部の製造などがあります。尚、この気圧計の改良第2号機は、1964年(昭和39年)より我国の気圧計の標準器に採用されています。

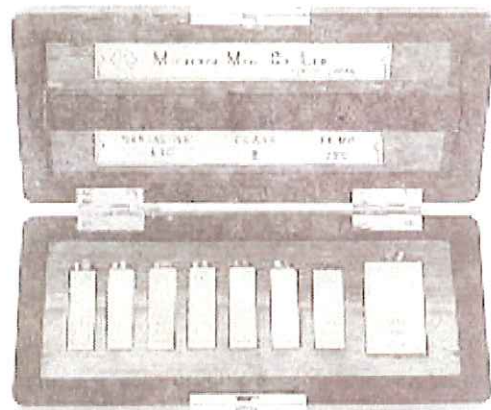


写真-18 マイクロメータ検査用ゲージブロック



写真-19 光波干渉計

1958年(昭和33年)には理研型光波干渉計(比較測定用)(写真-19)の試作、及び目量 $1\mu\text{m}$ の指針測微器などの生産を行いました。1961年(昭和36年)には差動変圧器を用いた電気測微指示計が宇都宮工場にて開発され、1962年(昭和37年)には拡大倍率24,000倍と高精度な大越式超粗さ測定機AA-2が開発されました。1963年(昭和38年)にはストレインゲージの原理を用いた目量 $0.01\mu\text{m}$ のウルトラコンパレータ(写真-20)が溝ノ口工場が開発されました。これは翌年、日刊工業新聞社10大新製品を受賞しました。

尚、1957年(昭和32年)には、溝ノ口工場でゲージブロックを応用したハイトチェックマイクロメータ(高さ基準器、後にハイトマスタと改称)(写真-21)の生産

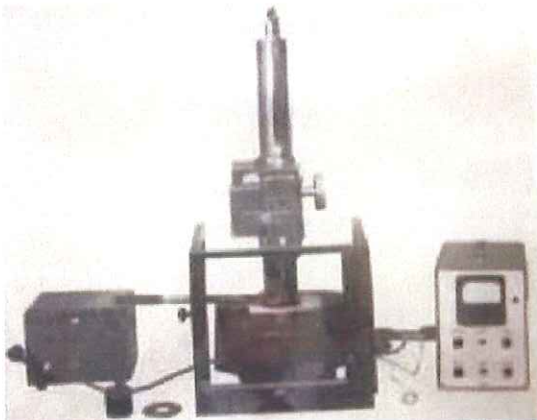


写真-20 ウルトラコンパレータ

も開始されました。このハイトマスタはその後、何度か設計変更がされましたが、息の長い商品として半世紀を越えた現在でもお客様に愛用されています(写真-22、23、24)。



写真-21 初期のハイトマスタ
(ハイトチェックマイクロメータ)



写真-22 現在のハイトマスタ(アナログタイプ)



写真-23 現在のハイトマスタ(デジタルタイプ)



写真-24 現在のチェックマスタ

沼田研究所の建設とゲージブロックの本格生産

後にゲージブロックの専門工場となる沼田研究所(写真-25)は1940年(昭和15年)に湘南の地、神奈川県茅ヶ崎市(最寄駅は東海道線辻堂駅)に測定器の研究開発を目的に建設されました。しかし、第二次世界大戦の影響でドイツに発注した機械の輸入が困難となり、研究所の建物は従業員の保養所として使用されました。その後1961年(昭和36年)に再開業され、マイクロメータ、マイクロメータヘッド及びパス式内側マイクロメータなどの生産が行われました。

初代には創業者の長男である沼田智秀所長(現ミットヨ相談役、1932-)と佐々木寛工場長(元ミットヨ副社長)がその運営に当たりました。

当時の国内のゲージブロックの販売状況について通産省の統計資料で見ると、昭和37年には津上、黒田精工、東洋工業、不二越の4社合計の販売高は年間1億4千万円で、昭和40年には昭和精工所が新たに加わり年間2億5千万円、昭和42年には年間2億9千万円と5年で2倍に達しています。各社の中で大手ユーザでは8割近くを津上が占めているものの、全体では黒田精工が国内販売高の4割を占めており、高いシェアを獲得していました。ミットヨも昭和30年以来マイクロメータ検査用ゲージブロックの販売を



写真-25 操業を開始した沼田研究所(昭和36年)

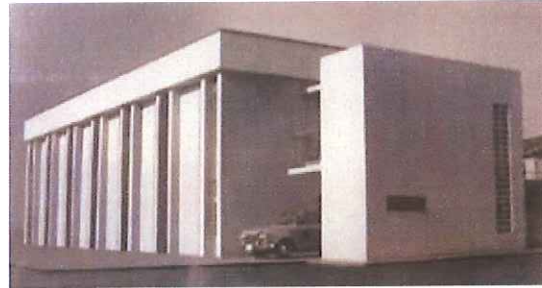


写真-26 沼田研究所新工場(昭和41年)

行っていたものの、品種が限定されていて、この時点の販売高は他社に比べ僅かであり、本格的な販売とは言えない状況でした。

1967年(昭和42年)には、ミットヨブランドのゲージブロックが本格的に市場へ参入しました。

沼田研究所はゲージブロックの専門工場として生まれ変わり、前年には恒温室をもつ断熱性の高いコンクリートブロック造りの二階建ての新工場(写真-26)が完成しました。

同年宇都宮工場からゲージブロックの生産が移管され、機械加工設備や熱処理設備の移管・新設と熱処理室の建設が行われました。また、溝ノ口工場で開発されたラッピングマシンの導入も行われました。

ミットヨのゲージブロックの本格参入の背景にはMTI Corporation(ミットヨの米国販売会社、1963年設立)からの早期市場投入への要請があり、米国規格及び国内規格(ドイツ規格も同様)への適合を前提とした製品を製造することで、当初より世界市場を視野に製造が計画されました。

まず、単体ゲージブロック、続いて81個組セット(インチ)の生産が開始され、初年度は月産千個、翌年には月産1万個の生産を達成しました。

ゲージブロックのラッピング(写真-27)は熟練を要し、長年ハンドラッピングにより行われてきましたが、専門工場の建設にあたり、当初からマシンラッピ



写真-27 ラッピング風景(1966年)

ングの導入による量産を開始しました。それはマシンラッピングによって、熟練工に頼らず高い平面度・平行度の実現とばらつきの少ない品質の物を低コストでつくることが可能と考えたからです。尚、国内他社メーカーも当時マシンラッピングへの移行をはかっています。

検査設備としては自社製の電気測微指示計や光波干渉式平面度測定器の他、先に導入されていた旧東ドイツのカール・ツァイス・イエナ社製(CARL ZEISS JENA) ケスター光波干渉計(Interference Comparator)



写真-28 ケスター光波干渉計
(CARL ZEISS JENA製)

(写真-28)の移設とオブチメータ(Projektions-Optimeter)(写真-29)の導入を行いました。また、技術習得の目的で宇都宮工場にラッピング及び機械加工の研修、通産省工業技術院計量研究所には光波干渉測定技術習得に若手社員を外向させました。また、宇都宮工場からはベテラン社員3名も転勤しました。

尚、標準ゲージブロックのほか、ハイトマスタ組込用ゲージブロックの生産も行いました。同年、ミットヨ初のデジタル商品となるカウンタ別置タイプの「デジタルハイトマスタ」も販売されました。

1968年(昭和43年)からは計量研究所主催によるゲージブロック持ち回り測定(昭和30年より開始された光波干渉計を持つメーカー・研究機関・大手ユーザー間の測定技能比較)にも毎回参加し、トレーサビリティの維持と計測技術の向上を図っています。



写真-29 検査風景(1966年)

商品開発及び技術開発の経過

以下、時系列で商品開発及び技術開発の経過を紹介します。

1970年(昭和45年)

セットの品揃えを充実させ、市場への本格的な参入を果たしました。(ミリ系では103・76・56・47・32・18・9個組、マイクロメータ検査用10個組セット等)この年、製造番号の刻印をパンタグラフによる文字書きから写真フィルムによる転写方法に改善し、他社に先駆けて文字の鮮明化を図りました。(写真-30)

1972年(昭和47年)

2mmベースのゲージブロックセット生産開始。このセットはベース寸法を1mmからソリの小さい2mmにすることで、密着作業を容易にするために考えられたものです。月産3万個を達成。

1973年(昭和48年)

超硬製保護ゲージブロックの生産を開始。
弊社初のゲージブロック自動検査機(写真-31)の開発。
これにより超精密なゲージブロックの測定を熟

練を要せずに高能率に行うことが可能になりました。これは差動変圧型の高精度センサーとカム式位置決め装置及び、コンピュータによる自動演算・等級判定・エラー判定機能を持つ画期的なもので、後には大手ユーザへの一部外販も行いました。月産4万個を達成。

1974年(昭和49年)

長尺ゲージブロック(写真-32)8個組セット、マイクロメータ検査用の全超硬製ゲージブロック10個組セットの開発。



写真-31 自動検査機による検査風景(1978年)



写真-32 長尺ゲージブロック



写真-30 103個組ゲージブロックセット(ミットヨ製)

1975年(昭和50年)

600mmから1000mmまでの長尺ゲージブロックの生産を開始。世界初となる0.1mmなどの極薄ゲージブロック(断面形状9×30)(写真-33)の開発に成功。



写真-33 極薄ゲージブロックセット

1981年(昭和56年)

沼田研究所での生産開始20周年。累計生産500万個。

1982年(昭和57年)

米国での需要に応え、スケヤゲージブロック(SGB、Hokeタイプ)(写真-34)の生産を開始。溝ノ口工場敷地内に計測技術研究所が設立され、ゲージブロックの絶対測定に利用されるレーザー波長校正業務を開始、翌年にはレーザー波長校正装置も開発され、ミットヨの標準供給体制が整いました。

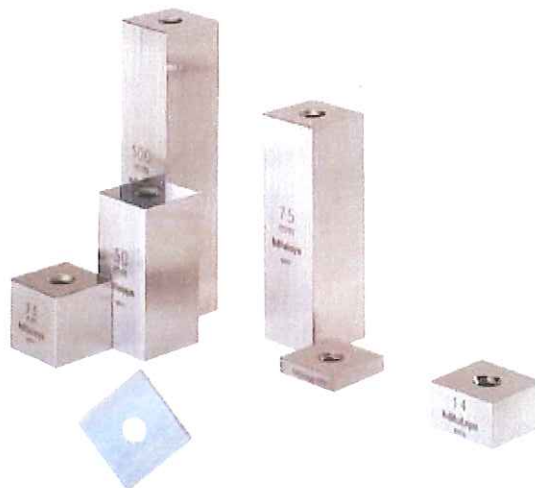


写真-34 スケヤゲージブロック

1984年(昭和59年)

計測技術研究所で開発された長尺ゲージブロック光波干渉計(写真-35)が沼田研究所に導入され、1000mmまでの長尺ゲージブロックの絶対測定が可能になりました。尚、この長尺用光波干渉計は1957年(昭和32年)に工業技術院中央計量検定所(後の計量研究所)において1mの光波干渉計を試作した際、弊社で保持部の製作を担当した技術が活かされています。これは国内においては、公的研究機関である独立行政法人産業総合研究所(AIST、元計量研究所)と弊社のみ保有しています。この頃にはゲージブロックの生産も増加し、沼田研究所での生産設備増強には敷地が手狭になっていました。また、宮崎県からの強い企業誘致もあ



写真-35 長尺ゲージブロック光波干渉計

り、宮崎県に工場開設の話が浮上、この年の暮れにゲージブロックの製造が宮崎県に移管されることが決定しました。

1980年代から工業材料としてファインセラミックスの実用化が進み、鋼製に比べ硬さが高く、磨耗しにくく、錆びない特徴があり、ゲージブロックにも応用できる可能性が見出されました。沼田研究所においてもセラミックス製ゲージブロックの開発に着手しています。各種のセラミックス材料を用いたゲージブロックの試作・評価を行った結果、ジルコニアが有力であるとの結論に達しました。1985年(昭和60年)にはジルコニアセラミックス製の1mm及び2mmの保護ゲージブロックの試作品を製作し、個展で参考出品しました。商品化に当たっては、いくつかの技術的課題のほか、材料コストの低減が必要でした。(写真-36)



写真-36 ゲージブロック(ミットヨ製)鋼製(奥)及びセラミックス製(手前)

宮崎工場での発展



写真-37 (株)宮崎三豊プレジジョン(現(株)ミットヨ 宮崎工場)

1985年(昭和60年)の10月にゲージブロックの生産は湘南の沼田研究所から南国、宮崎(宮崎県田野町築地原工業団地)に移りました。

国内12番目の工場となる宮崎工場(写真-37)は、地下5.5mに本格的な精密測定室をもつ最新鋭のゲージブロック専門工場です。このとき宇都宮事業所で生産されていたハイトマスタ類(チェックマスタ含む)も移管されました。翌年には長尺スケヤゲージブロック(SGB)の生産を開始しました。

尚、宮崎工場は、当初ミットヨの関連会社(株)宮崎三豊プレジジョン宮崎工場として創業、5年後に(株)宮崎ミットヨに名称変更、1993年(平成5年)からは(株)ミットヨ広島事業所宮崎工場となりました。その後、広島事業所宮崎製造部となり、2009年(平成21年)4月から宮崎工場となりました。

ここで、鋼製ゲージブロックが具備すべき性能と製造方法について簡単に紹介します。まず、密着などの使用による磨耗で寸法が変化しないことが求められます。ゲージブロックはビッカース硬さ(HV)で800以上が求められ、使用する鋼には焼入(quenching、加熱後急冷)(写真-38)で硬化する炭素鋼が使用されます。市販の材料としては炭素工具鋼や合金工具鋼などが使用されます。これらの材料を、刀などの焼き入れと



写真-38 熱処理ライン

同様に、高温に加熱後、水又は油の中に投入して急冷（焼入れ）すると硬い組織に変化します。その後、焼戻し（tempering）を含む各種の組織の安定化処理を行います。ゲージブロックに要求される寸法安定性（許容される経年変化量）は非常に小さいことが要求され、国際規格（ISO3650）ではK及び0級のゲージブロックで、100mm当たり年間 $0.045\ \mu\text{m}$ 以下、1m当たり年間 $0.27\ \mu\text{m}$ 以下となっています。各ゲージブロックメーカーは、特別な熱処理の工夫と加工応力の緩和方法などを工夫することで、経年変化を抑える努力を行っています。

1988年（昭和63年）世界初の純白のジルコニアセラミックス製ゲージブロック「セラブロック」（レクタンギュラタイプ）（写真-39）の本格生産・販売を開始しました。

「セラブロック」は鋼製ゲージブロックの弱点で



写真-39 「セラブロック」



写真-40 セラミックス焼成・成形ライン

あった前述の耐磨耗性・耐錆性・経年変化などの問題を一挙に解決する性能を有し、鋼製ゲージブロックに近い熱膨張係数であり、鋼製ゲージブロックに置き換えが可能なゲージブロックとして誕生しました。

それまでの耐磨耗性の高いゲージブロックとして市販されていた超硬合金（タングステンカーバイド）は、熱膨張係数が鋼の半分と小さく、弾性係数が鋼と異なるため、鋼製部品の比較測定において寸法誤差が発生しやすい弱点を持っていました。「セラブロック」の耐磨耗性は、少なくとも鋼の10倍、経年変化は光波干渉測定の不確かさ以下であり、観測が難しいレベルです。

さらに、セラミックスは欠けやすいという一般ユーザーの心配を払拭して、万全な品質を確保するため、翌年にはセラミックスの焼成・成形プラント工場を建設、緻密な焼成を行う高温高圧焼成炉の導入などを行い、素材からの一貫生産を行うことで、品質保証の強化とコスト低減を実現しています（写真-40）。

それに先駆け、セラミックスの焼成・成形技術を習得すべく、大学の窯業科の新卒者採用と名古屋のファイナセラミックスセンターへの研修生の派遣などを行いました。

これらにより、発売以来、欠け・割れの苦情は皆無

に等しいです。

その後、ジルコニアを用いたゲージブロックは国内・海外の他社メーカーでも販売されるようになりましたが、「セラブロック」はセラミックス製ゲージブロックの代名詞として、寿命が長く、錆びない、磨耗しないなどの多くの特徴から、世界中で愛用されています。

商品開発及び技術開発の経過

以下、時系列で商品開発及び技術開発の経過を紹介します。

1990年(平成2年)

500mmまでの長尺セラブロック(写真-41)の生産開始。

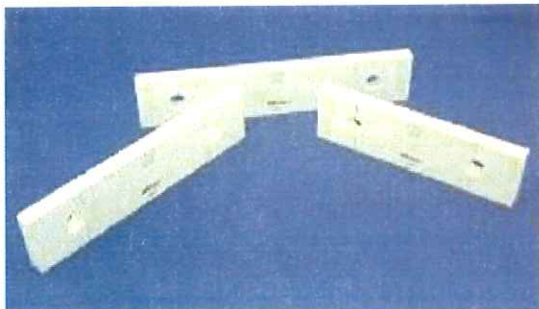


写真-41 長尺セラブロック

1991年(平成3年)

スケヤタイプのセラブロックの生産開始。

1992年(平成4年)

宮崎工場での生産累計が500万個を達成。

1993年(平成5年)

川崎研究開発本部(MKC)で開発された自動光波干渉計(GBI)(写真-42)が導入されました。これは、干

渉縞の読取を自動で行う事ができ、光波干渉測定精度の向上と能率向上を兼ね備えたものです。尚、それまでは、長年にわたりツアイス製光波干渉計を使用してきました。



写真-42 自動光波干渉計(GBI)

1994年(平成6年)

川崎研究開発本部(MKC)で開発された二点式の演算形ゲージブロック自動検査機(写真-43)を導入し、比較測定の精度向上を図りました。

ゲージブロック校正で計量法に基づく初のJCSS(日本校正サービスシステム)認定事業者を取得、つくば研究所でもレーザ波長校正のJCSS認定事業者を取得しました。

宮崎工場でミットヨ国内で初となるISO9002(国際標準化機構の規格の品質システム)の認証を取得しました。



写真-43 演算形ゲージブロック自動検査機

1995年(平成7年)

ゲージブロック校正について、ISO/IEC 17025(国際標準化機構で策定された、試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項)に適合した校正機関として、RvA NKO(オランダ キャリブレーション協会/オランダ認定機関)から認証を取得しました。

尚、弊社の発行するゲージブロックのJCSS校正証明書は、APLAC(アジア太平洋試験所認定協力機構)及びILAC(国際試験所認定協力機構)とのMRA認定(相互承認協定、Mutual Recognition Arrangement, MRA)を取得しており、これらに所属する各国(欧米及びアジア諸国)でも有効です。二台目の自動光波干渉計(GBI)の導入とその二波長化を図りました。

1998年(平成10年)

世界初の低膨張ガラス製ゲージブロックの生産を開始、三次元測定機の高精度化に対応した基準器として利用されています(写真-44)。

背景には広く普及してきた三次元測定機の高精度化に伴い、測定物や測定機の温度を測定して熱膨張の補正を行うことが行われてきており、その校正の不確かさを小さくするためには熱膨張の非常に小さいゲージブロックが要求されてきたためです。

セラブロックが販売されて10年目に当たるこの年、欧州で開催された国際光工学会(SPIE)のシンポジウムにおいて、弊社の首藤俊二(宮崎工場副工場長兼品質管理課長)が《セラブロックの位相補正》についての研究発表を行いました。

その内容は、広く普及したセラブロックの光波干渉測定における信頼性についての報告です。

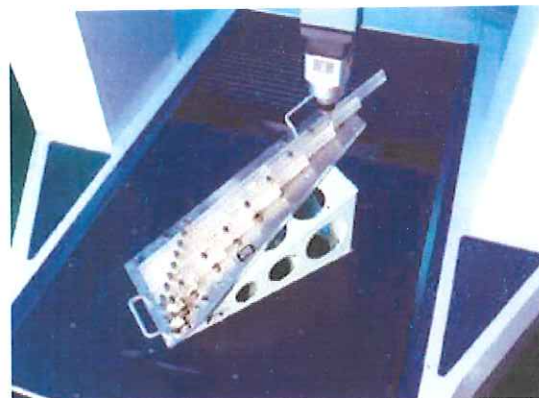


写真-44 低膨張ガラス製ゲージブロックによる高精度三次元測定機の校正風景

2000年(平成12年)

ゲージブロックの個数が最多となる122個組セットを発売。

2002年(平成14年)

特殊寸法(顧客指定寸法)のゲージブロックを一個で加工する技術開発を実施。

特殊寸法ゲージブロックの受注への短納期化を図り、多くの顧客を獲得。

2003年(平成15年)

鋼製とセラブロックの混合セットを発表し、使用頻度の多い寸法をセラブロックとすることで耐摩耗製を高めたセットを発売、低価格化の要求に対応。

2004年(平成16年)

JCSS認定事業者のゲージブロック光波干渉測定能力で世界最高水準を達成。

(不確かさ0.03 $\mu\text{m}/100\text{mm}$)

2005年(平成17年)

ゲージブロックの熱膨張係数を高精度で測定できる自製の非密着形の光波干渉計を開発。

2006年(平成18年)

世界初の熱膨張係数の実測値付ゲージブロック(スチール・セラブロック)(写真-45)の販売を開始。



写真-45 熱膨張係数付ゲージブロック

2009年(平成21年)

熱膨張係数がほぼゼロの、世界初の黒いセラミック製ゲージブロック「ゼロセラブロック」(写真-46)を開発。

大学・研究機関や大手顧客などで使用され、三次元測定機の校正の研究などに使用されています。



写真-46 ゼロセラブロック



写真-47 マイクチェックゲージブロックホルダ(2002年開発)



写真-48 122個数のゲージブロック(1999年開発)

おわりに

ミットヨがゲージブロックの生産を開始して、2012年で70年になりました。本格的な市場参入が開始された沼田研究所以来、ミットヨのゲージブロックの生産は45年で累計2,300万個を超え、世界中で使用されています。長年にわたり培われた高い加工技術と、計測技術の研究・開発。これらを基に生み出される世界に先駆けた新商品や各種のゲージブロック用測定器。これらに裏付けられた高い信頼性と世界中に張られたきめの細かい販売・サービス網が世界のものづくりの一端を支えています。

執筆者 宮崎工場 工場長 小須田 哲雄



写真-49 (株)ミットヨ 宮崎工場

《ゲージブロック物語》

初版発行 2012年10月

非売品

発行 株式会社ミットヨ

参考資料：

- 1) 小泉袈裟勝：度量衡の歴史（昭和36年 工業技術院中央計量検定所）
- 2) 青木保：精密測定及計測機器（昭和18年 丸善）
- 3) 須賀信夫：「測定の達人-カール・E・ヨハンソン」(株)ミットヨ社内報「アプローチ」連載(1992-8,11,1993-4,7,10,12,1994-3号)
・・・Carl Edward Johansson：「ザ・マスター・オブ・メジャーメント」(ヨハンソン社)の邦訳
- 4) 沢辺雅二：工業測定における標準温度—設定の経緯とその問題点—機械の研究 第53巻第7号(2001)
- 5) Ted Doiron：20 °C -A Short History of the Standard Reference Temperature for Industrial Dimensional Measurements Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology. 112, 1-23 (2007)
- 6) 津上退助：ゲージブロックと私(日本精密測定機器工業会 30年誌)
- 7) 津上研蔵：工場測定器講座8「ブロックゲージ」(昭和37年 日刊工業新聞社)
- 8) 黒田精工70年誌
- 9) 未久路 日本精密測定機器工業会 創立20周年記念誌(昭和53年)
- 10) 以下の(株)ミットヨの文献・資料
 - ・ 宮崎正吉 測定器のルーツをたずねて マイクロメータ ノギス ゲージブロック(ミットヨ博物館)
 - ・ ミットヨの歴史—沼田記念館案内—(ミットヨ沼田記念館)
 - ・ 佐々木寛講話録 ミットヨのゲージブロック50年(平成10年)
 - ・ ミットヨ沼田記念館
 - ・ ミットヨ博物館所蔵設備及び資料
 - ・ ミットヨ50年誌
 - ・ ミットヨ溝ノ口工場50年誌
 - ・ ミットヨ宇都宮事業所50年誌
 - ・ ミットヨ宮崎工場10年誌
 - ・ ミットヨのカタログ及びホームページ

※本書の内容は法律で保護されています。許可なく、複製・転載・引用・改変はご遠慮ください。