

計器の目盛に関する統計的研究

(第 1 報)

—目盛位置と目測誤差の関係について—

市 川 誠*

信州大学工学部 機械工学教室

(昭和33年10月20日受理)

1 序

計器の示度をより正確に知るためには最小目盛間の指針の位置を目測で正しく決定しなければならない。この場合、目測に誤差を生ずるが、その誤差の原因となるものは、目盛位置、目盛線間隔、目盛線および指針の巾等をはじめ、個人誤差、視差等非常に多い。

いままで、目盛の目測に関する実験研究は⁽¹⁾かなり行われているが、これらはほとんどが実際に目盛を目測する場合と相当異つた条件下で行われ、かつ上に挙げた誤差におよぼす諸因についての系統的なデータは皆無の状態である。

そこで、筆者は、これらの諸因と目測誤差の関係を知らうとして一連の実験を進めているが、本報においては、目盛位置と目測誤差の関係をしらべた実験⁽²⁾について報告する。

なお、ここでは目測誤差を、目測平値の真値とのズレ（正確度）と目測平値における標準偏差（精密度）によつて表わされる目測精度と、それから導かれる目測誤差範囲についてしらべ、各目盛位置の目測におよぼす影響を比較した。

2 実 験

この実験は、実際の計器を取扱う状態に近い条件下で行うことに主眼をおいた。

2.1 目 盛

計器の目盛の種類は多いが、原則として中心に指針を有する円周目盛を考えた。したがつて、目盛位置を第1図の如く、縦位置（目盛が横方向）、斜位置および横位置（縦方向）の3目盛で代表させ、縦、横は指針軸を中心として真上および真横に直角をなし、斜はその間にあつてそれらと45度をなす。実験に使用する目盛は1枚の原目盛を作図して⁽³⁾同じ条件下で3枚写真作成した。その結果指針を含めて目盛部は次の如くなつた。

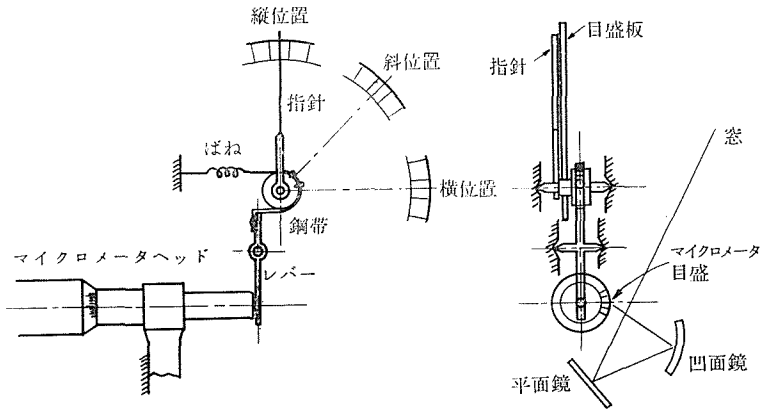
目盛線間隔 2.00mm

* 信州大学助手

目盛線巾	0.15mm
指針巾	0.12mm

2.2 装 置

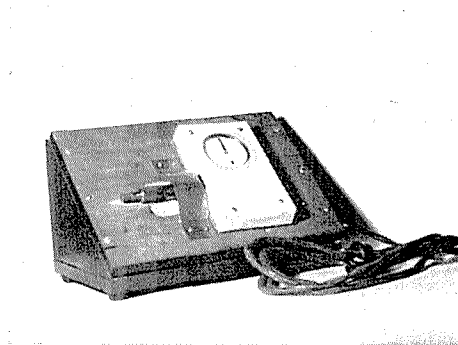
上の目盛を第1図の如き構造を有する装置に縦，斜，横の位置に正しく取りつけた。



第1図 目測実験装置の構造

この構造は、マイクロメータ・ヘッドを利用したもので、その測定面にレバーの一端が正しく接触を保つように薄鋼帯を介してばねで他端を引張り、鋼帯は指針軸と直接に接触しているので、マイクロメータを廻すことによつてその動きに応じて指針を回転させることができる。

そして、指針を1目盛間移動させるためにマイクロメータは約60目盛（縦，横，斜によつていくらか異なる）動くようにしたので、指針の位置は1目盛間隔の少くも約1/60単位に正しく知ることができる。



第2図 目測実験装置

これを第2図写真の如く目盛面が45度の傾斜をもつように箱におさめた。この箱の裏側には窓をあけてマイクロメータの目盛を読みとれるようにしたが、このマイクロメータ目盛を確実によみうるように第1図の如く凹面鏡や平面鏡を取りつけて拡大し、さらに、内部を明るくするため小電球をつけた。

また、指針は磷青銅の薄片を用い、視差の影響を少なくするために目盛面にできるだけ近接させた。

2.3 方 法

この実験は、指示者と目測者によつて行われる。

まず、目測者はこの装置に正面してマイクロメータ（勿論、マイクロメータの目盛は目測者にわからないように第2図写真の如く覆いをしておく。）を廻し指示された位置へ指針を目測で移動させる。指示者は反対側から装置の窓を通して、目測者がきめた指針の位置をマイクロメータ目盛で正しく記録する。

目測者が指示によつて目測すべき位置は、最初縦位置目盛において1目盛間隔の10等分箇所を0, 0.2, 0.5, 0.9, 0.7, 0.4, 0.1, 0.3, 0.6, 0.8, 1の順に11箇所、ついで斜位置において同様にし、さらに横位置と進む。つぎには、前と反対に横位置から始め、その10等分箇所も1, 0.8, 0.6, ……0.2, 0と逆にとつて（ただし、目盛増加の方向は前と変らない。）斜位置、横位置と進むようにした。

これで一人につき1回66箇所の目測ができることになる。

上の場合、10等分箇所の順序は、等間隔が続かないように、又進行に便利なようにきめたのである。

3 実験結果およびその考察

上述の如き方法によつて、各目盛について11箇所、計33箇所の目測実験を200回行つた結果をまとめ各目盛の目測に対する影響をみるわけであるが、このような場合、目測の精度は一義的に論ずることが難しいので、すでに述べた如く正確度と精密度に分けて考え、更にもその両者から誤差の範囲を導いて比較した。

3.1 各目盛に対する目測の正確度

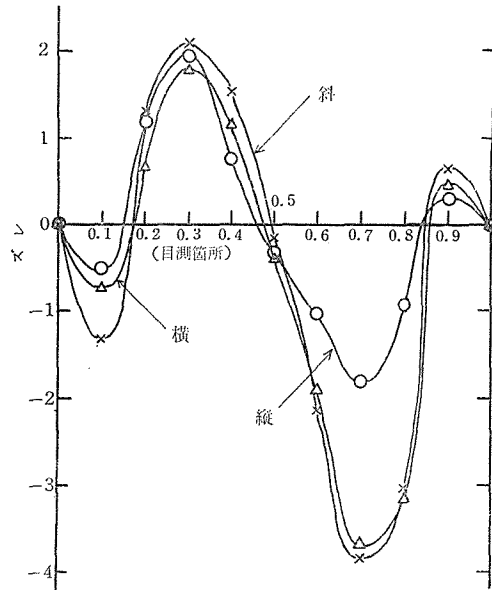
目測の正確度を各目盛について、10等分の目測箇所におけるズレ、すなわち、〔目測平均値—真値〕で求めると第1表の如くなる。

第1表 目測平均値の直値とのズレ

目測箇所 目盛位置	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	S
縦	0	-0.53	1.20	1.95	0.75	-0.34	-1.02	-1.82	-0.96	0.30	0	8.90
斜	0	-1.32	1.29	2.08	1.53	-0.16	-2.13	-3.86	-3.07	0.65	0	16.08
横	0	-0.74	0.65	1.77	1.16	-0.38	-1.92	-3.80	-3.21	0.36	0	14.00

第1表の最上欄は10等分の目測箇所を示し、ズレは1目盛間隔の1/100を1とした値である。

さらに、これを縦軸にズレの大きさ、横軸に目測箇所をとつて図示すると第3図の如くなる。



第3図 目測平均値の真値とのズレ

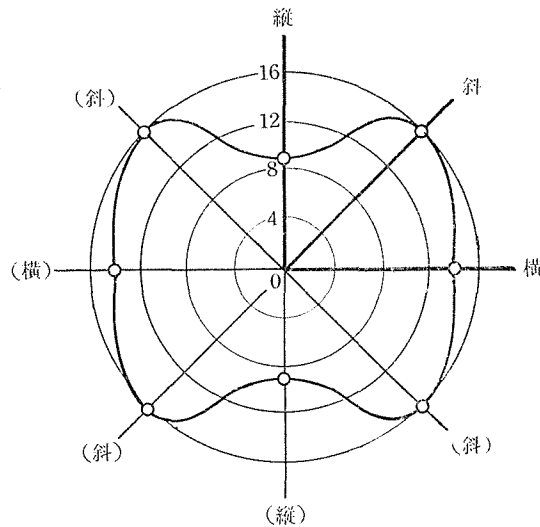
目測の傾向および大きさ等を示すこれらの結果（後述する標準偏差等も含めて）は、いままで発表された多くの実験結果と良く一致しており、筆者の実験が200回という比較的少ない実験回数より得たものであるにもかかわらず、統計的に目測の性質を充分表わしていると言うことができる。この結果については各観点からすでにしばしば詳細に述べられており、この実験目的と直接関係がないからここでは触れない。

さて、この実験の目的とする各目盛とその目測正確度の全体的性質の関係についてみると、目盛位置によつて多少の差異あることが認められる。

これをより判然とさせるために、各目盛についてズレの絶対値の総和をとつて比較すると第1表最右欄の如くなり、縦位置が一番少く、つぎに横位置、斜位置の順に僅かずつではあるが多くなるので、目測の正確度は縦位置が一番よく、次に横位置となり斜位置が一番悪いことになる。

なお、この実験は便宜上、円周目盛の1/4につき第1象限において行つたのであるが、これと対称な位置にある他の3象限においてもほぼ同様なことが言えるものと思われる。また、この実験で代表された3位置が円周の全位置における目測の正確度を論ずる上に充分である、すなわち、斜が一番悪く、その中間は縦および横に向つて順次よくな

るものと仮定すれば、やや乱暴な推測であるが、目測の正確度は全円周位置について第4図の如くなる。この図では、半径方向にズレの絶対値の総和をとつたので各位置においては、半径方向の長さが小さい程目測の正確度はよい。



第4図 全円周目盛について、各位置における目測平均値の真値とのズレの平均的大きさ

しかし、第1象限に対して、他の象限においては、目盛増加の方向が円周の左右、上下によつて逆になるので左右勝手も逆になり、その影響等が入つて来るので実際は多少異つた結果となるであろう。

3.2 各目盛に対する目測の精密度

目測の精密度を目測値のバラッキ、すなわち目測平均値における標準偏差であらわすと、各目盛について10等分の目測箇所第2表のようになり、図示すると第5図のようになる。ここで標準偏差は1目盛間隔の1/100を1とした値である。

目測値のバラッキは、第5図をみると、縦位置と横位置は殆んど変わらないが斜位置が特に悪いことがわかる。縦位置と横位置については、3.1と同様にその総和を求めて比較すると第2表最右欄のようになつて縦位置がやや少い。ゆえに、目測の精密度も縦位置が横位置より僅か良く、斜位置が最も悪いといえる。

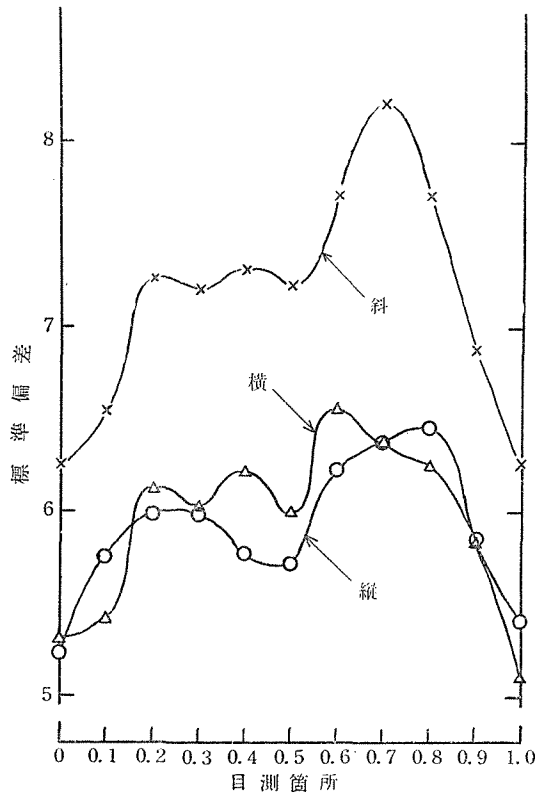
目測の精密度についても、正確度と同様な推測ができるとすれば全円周目盛について第6図の如くなる。

3.3 各目盛に対する目測誤差の範囲

所謂目測誤差については、3.1、3.2で述べたことで充分であり、特にこの実験の結論

第2表 目測平均値における標準偏差

目測箇所 目盛位置	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	S
縦	5.23	5.75	5.98	5.96	5.76	5.71	6.23	6.37	6.42	5.85	5.41	64.67
斜	6.25	6.55	7.28	7.22	7.31	7.24	7.73	8.21	7.72	6.89	6.27	78.67
横	5.27	5.40	6.13	6.00	6.21	5.99	6.56	6.37	6.25	5.83	5.08	65.08



第5図 目測平均値における標準偏差

を下す上にも条件は揃つたと思われるのであるが、さらに不完全ながら各目盛をなるべく一義的なもので比較するため誤差範囲をとると次の如くなる。

すなわち、目測実験値が正規分布しているものとみなせば目測値の大部分は

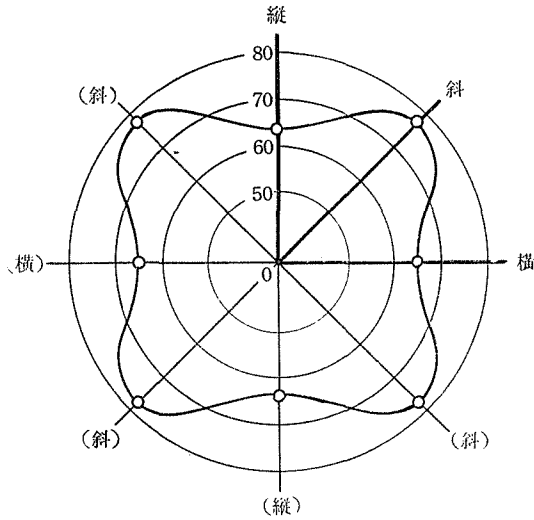
$$M \pm 2\sigma$$

ただし、 M は目測平均値

σ は目測平均値における標準偏差

の範囲内にある。

したがつて、真値に対して目測値は次の範囲内にある。



第6図 全円周目盛について、各位置の目測平均値における標準偏差の平均的大きさ

$$(M \pm 2\sigma) - T$$

ただし、Tは真値

上式は

$$(M - T) \pm 2\sigma$$

となり、第1項は目測平均値の真値とのズレを表わすので第1表から、第2項は目測平均値における標準偏差の2倍であるから第2表からそれぞれ得られるので容易にその範囲を知ることができる。いまその平均的値をとると第3表に示すようになる。

第3表 誤差範囲

誤差範囲 目盛位置	$(M - T) \pm 2\sigma$	誤差範囲
縦	$-0.81 \pm 2 \times 5.88$	$-12.57 \sim +10.95$ (23.52)
斜	$-1.55 \pm 2 \times 7.15$	$-15.85 \sim +12.75$ (28.60)
横	$-1.27 \pm 2 \times 5.91$	$-13.09 \sim +10.55$ (23.64)

これによると、目測がどの程度まで信頼できるかという問題も解決できるが、目測の信頼度はこの誤差範囲と反対の関係にあるから、第3表から縦位置における目測が一番信頼できるというる。

4 結 び

3.1, 3.2, 3.3 において詳細に述べた如く, 目測する場合, その精度, 信頼度等は縦位置が最もよい結果を与え, 僅か劣るが横位置がこれにつき, 斜位置が特に悪い。

したがって, 計器の目盛部の設計および計器の使用に当つては, なるべく縦位置目盛を多く取り入れるべきであり, 構造上やむを得ないものは横位置にしてもよいが, 斜位置は極力避ける方がよい。

参 考 文 献

- (1) 例えば, 米田麟吉; 電気試験所彙報 (第1部), 6(2), 9/22, 昭6.6
戸塚武彦; 科学, 3(3), 124/126, 昭8.3
- (2) 市川 誠; 精密機械, 24(8), 23, 昭33.8
- (3) 市川 誠; 信州大学工学部紀要, 5, 41/52, 昭30.11
- (4) 市川 誠; 計測, 6(4), 16/22, 昭31.4
- (5) 例えば, 工藤, 佐田; 応用物理, 17(6), 29/32, 昭23.6
浅野 徹; 応用物理, 19(7~8), 14/16, 昭25.12
- (6) 例えば, 篠田, 平田; 応用物理, 18(6~7), 57/58, 昭24.7

Summary**Statistical Method of Scale of Measuring Instrument****(1st Report)**

—Effect of error caused by position of scale in eye-measurement—

Makoto ICHIKAWA

(Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering)

Out of a series of experiments to clear up what causes the error in eye-measurement of the scale which often gives to discussion in instrument technology, in this paper, the effect attributed to the position of scale is described.

The experiment was carried out in placing the scale in different three positions: right above (horizontal direction), oblique and right side (vertical direction) against the centre of circular scale, under the same condition as in actual employment of instrument by using a particular experimental apparatus made by the author.

In consequence, it has been cleared up that the right above is the best, the right side next and the oblique is the worst in the eye-measurement.

Besides, eye-measurement error was investigated about following articles:

- (1) Discrepancy between mean value of eye-measurement and real value.
- (2) Standard deviation in mean value of eye-measurement.
- (3) Limit of error of eye-measurement.