



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	舊 Wigand 型視程計の使用について
Author(s)	中山, 久子
Citation	低温科学, 2, 147-157
Issue Date	1949-10-20
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17411
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p147-157.pdf



舊 Wigand 型視程計の使用について*

中山 久子**

§ 1. 緒 言

A. Wigand は 1919 年一種の零位法の原理によつて視程計を製作した⁽¹⁾。此の視程計の根幹をなす曇りガラスは濃度が階段的に變化して居たが、後次第に改良を加へ、絞りを附けた型を経て遂に濃度を連続的に變化せしめた光學的楔を有する視程計を作つた⁽²⁾。今回使用した大田計器製作所製視程計は Wigand の最初の型の階段狀視程計である。Wigand の視程計及其の使用法は従來屢々 Wigand 自身によつて、又他の人々によつて批判されて居る如く色々な缺點を有し、殊にその舊型階段狀視程計に缺點の多い事は勿論であるが、現有の此の型の視程計によつても視程の觀測がどの程度の精度で行はれるか、此の視程計によつて最も良い結果を得るには如何にすればよいかを實驗した。

§ 2. 舊 Wigand 型階段狀視程計の構造

階段的に濃度の次第に變化した曇りガラス 7 枚を順次に嵌め込んだ小さい丸窓と、1 つの素通しの窓を 1 枚の圓板に配列し、濃度番號を 0, 2, 4, …… , 14 とする。此の圓板を廻轉して各々の窓が眼の前に來得る様にし、更に細い調節の爲に別の内側の圓板に濃度番號“1”の曇りガラスを付け、之も廻轉により眼前に當てたり外したり出来る様にしてある。従つてこの兩者を組合せると 0, 1, 2, 3, …… , 15 の曇りの段階が得られる。Wigand は任意の或一定の濃度を“1”と定め“1”を 2 枚重ねた濃度を“2”とし、“3”以上順次かくの如く直線的に増加せしめた。そして最も濃

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 40 號。

** 低溫科學研究所。

- (1) A. Wigand: Phys. ZS., 20 (1919), 151.
Ann. Hydr. marit. Meteor., 47 (1919), 134.
Meteor. Z., 36 (1919), 342.
- (2) A. Wigand: Phys. ZS., 22 (1921), 484.
Wetter, 39 (1922), 54.
Meteor. Z., 41 (1924), 216.
Z. Instrumentenkunde, 45 (1925), 411.
- (3) A. Wigand: Phys. ZS., 23 (1922), 277; 25 (1924), 212.
F. Dannmeyer: Ann. Hydr. marit. meteor., 52 (1924), 108.
K. Bender: Wetter, 48 (1931), 33, 65, 97, 129.
L. W. Pollak, W. Gerlich: Gerl. Beitr. Geophys., 37 (1932), 271
H. Sebastian: Gerl. Beitr. Geophys., 46 (1936), 152.

い霧から最も透明な空気迄の全測定範圍をこのガラスの各々の濃度に應じ、かゝる 15 の段階に分配する事を適當と認めたのである。“2”のガラスは擦度を“1”よりも増す事によつて作り、最初は 4, 6, ……の偶數番號は“2”を 2 枚, 3 枚, ……重ねて作つたが、後にはやはり擦度を變化して 1 枚のガラスで作る様にした。

觀測は片眼で行ひ、その爲曇りガラスの窓は右眼にも左眼にも任意に持ち來し得る様になつて居る。又側方から來る邪魔な光を遮る爲に顔に合ふ覆ひを附け、全體を一本の柄で持つ様にしてある。

§ 3. 觀測方法

人は物體と背景との明るさの差によつて物體の存在を認める事が出来るが、此の明るさの差が小さくなつて物體の存在が將に認められなくなる。或は物體の存在が將に認められる限界距離が所謂視程である。明るさの差は空氣の濁濁度によつて影響せられる。Wigand 型視程計は此の現存する空氣の濁濁に曇りガラスによる人工的濁濁を加へて、丁度物體の存在を認め得なくなる様にし、加へた人工的濁濁の度で視程の良否を表はさうとするものである。

測定をなす際は視程計を眼の前にびつたり當て目標を視野の中心に入れ、0, 2, 4, ……、14 の曇りガラスを有する外の圓板を、薄い方から順次に目標が消える迄廻轉する。それから一階段だけ戻して、内側の“1”のガラスを加へ目標が認められるか否かを試す。若し認められれば初めの偶數番號を、認められなければ後の奇數番號を測定値として採る。熟練により此の中間の端數を読み取る事が出来れば尙良い。視程良好で非常に遠方の目標をとりたい場合には、眼と視程計の間に望遠鏡を用ひればよいが、今回の實驗では主として霧の場合に用ひ視程は小であつた爲凡て肉眼のみによつた。

読み取つた曇りガラス番號から視程を出すには Wigand により次⁽⁴⁾の計算を行ふ。

V : 視程

α : 読み取つた曇りガラスの度數

α_m : 最良の視程に對する α の値。器械によつてきまる常數

l : 目標と觀測者の距離

σ : 大氣の状態に關した常數

とすると

$$V = Cl \left(\frac{1}{\alpha_m - \alpha} - \sigma \right) \quad (1)$$

但し

$$C = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_m - 1} - \sigma}$$

(4) A. Wigand: Phys. ZS., 23 (1922), 277; 25 (1924), 212.

σ の値は 2 つの目標の観測によつて $(a_1, l_1), (a_2, l_2)$ を求めれば次式によつて計算出来る。

$$\sigma = \frac{l_2 \frac{a_m - a_2}{a_m - a_1} - l_1}{l_2 - l_1} \quad (2)$$

§ 4. 使用せる國産視程計の器差

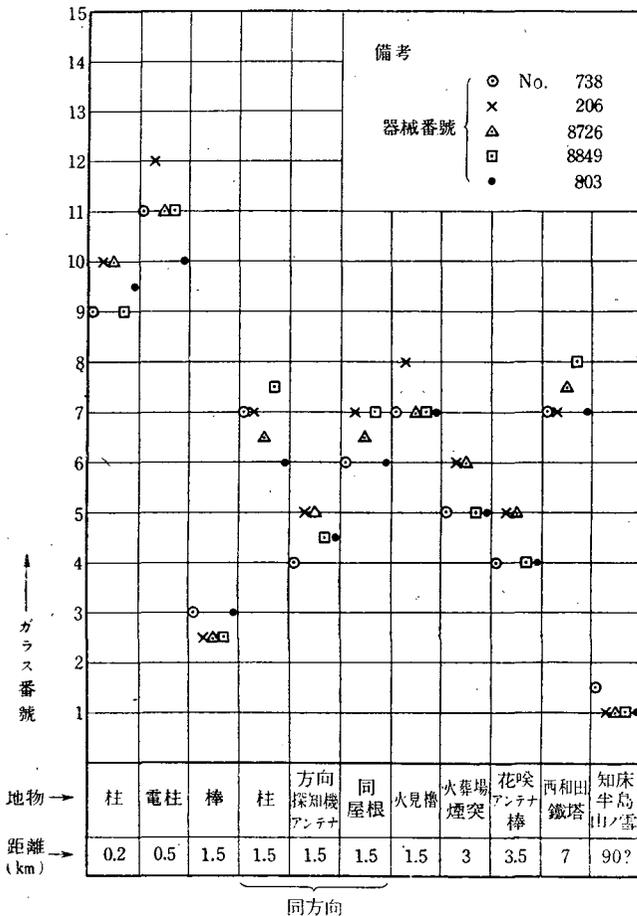
Wigand は標準となる曇りガラスを定め、之と比較しつゝ數多くの器械を製作せしめたが、特殊技能の發達と嚴密な検査によつて、器械の一様性、不變性は保證出來ると述べて居る。我國製の此の型の器械は、恐らくかゝる Wigand の視程計と比較して作つたのであらう。偶數番號の窓はガラス 1 枚から成るものも、2 枚を持つものもあり、各器械によつても色々で濃度の不足を

適宜に補つたものと思はれる。

しかし濃度變化が正しく出來て居ない箇處のある事は、空氣の溼濁度が一様で且つ變化の無い様な場合に、同一目標を順次ガラス番號を變へて覗き、見えなくなる距離を出してみると、距離の變化が逆轉さへする場合があります事によつて明らかである。

a_m は最良の視程の場合に必要な曇りガラスの度數であるから、單位にとつた曇りの度によつて、従つて器械によつてきまゐる常數で、Wigand は 14.3 として居るが、今回使用したものの場合は 15 とするのが適當であつた。

此の視程計の器差の程度を知る爲に、空氣の溼濁度其の他の條件があまり變動しない時に、1 つの目標を 5 個の視程計によ



第 1 表

り次々に短時間に覗いたが、第 1 表に示す様に a の値に 1 乃至 2 の差を生じた。 a_m 及 σ の

値を Wigand により 14.3 及 0.06⁽¹⁾ として、此の α の値の差が視程 V にどれ位に利いて來るかを實際計算してみると、最大 37% ($l=500$ m, $a_1=12$, $a_2=10$)、普通 18% 以下の差を生ずる。實驗によると第 1 表でも分る様に α の小さい方が器差は小である。又小電球を一定電壓で暗い屋内に點じ、その見えなくなる距離を各視程計の同一番號に就て測定した結果は第 2 表の様で

第 2 表

a	No. 206	No. 738	No. 803	No. 8726	No. 8849
1					
2	928 cm	1033 cm	1102 cm	1075 cm	1193.5 cm
3	696	744	657.5	582	691
4	462	556.5	518	633	623
5	381	490	435.5	502	418.5
6	285.5	343	279.5	398.5	468
7	260	274	205	239	251.5
8	259	165	238	242.5	237.5
9	205	203	220	222	181
10	187	172.5	170	245	219
11	106.5	106	105	148	145.5
12	136	103	96.5	145.5	121
13	110.5	71	85	114	96
14	38.5	39	35.5	54	49
15	18	29.5	22	46	38

ある。距離の開きの最大は 25% に及び各番號に就ての平均は 16.6% である。

§ 5. 個人差

2 人の觀測者が同時に同一目標を覗き、器差を除く爲に器械を交換して再び觀測した。觀測状態に變化の無い事を確めて同一器械に就て調べると、第 3 表の様に α の値の差が 2 になる事は稀

第 3 表

	目標距離	a (No. 206)		a (No. 738)	
		甲	乙	甲	乙
I	156 m	8	6	7.5	8
	104	8	8	8	8
	72	9	8.5	8	8.5
	51	9	6	8.5	9.5
II	193			5	7
	143			7	8
	104			8.5	8.5
	75			9	9
	53			9	9.5
III	417	3	3	4	4
	313	5	5	4.5	5
	210	7	6.5	5	7
	155	8.5	7	6	8.5

でなく、最大は 2.5 に及んだ。

此の實驗例によると、 V の計算結果には最大 30% の差を生じ 20% 以上のことも多い。

§ 6. 使用上の注意

前に注意した様に舊型視程計には缺點多く、前掲の實驗例によつても、器差や個人差による 20~30% 程度の測定誤差を生ずる事が分つた。同一人が同一器械を使用しても色々な誤差の原因がある。

(1) A. Wigand: Phys. ZS., 25 (1924), 212.

- i) 曇りガラスの濃度變化が連続的ではなく階段的である爲端數の読み取りが困難である。
- ii) 濃度變化が正しく直線的でない。
- iii) 窓の濃度を廻轉によつて變化させる時、一々黒い枠に邪魔されて目標が視界から奪はれる爲、目標が消えかゝつて居る場合には、再び視野の中に捉へる事が非常に困難で消えて了つたと誤認し易い。
- iv) かゝる誤認をしない爲には、相當時間かけて眼を慣らす必要があり、その結果眼の疲労が増して、正確な判断が難しくなる。
- v) 長時間中には大氣の状態の變化も起り、測定は益々困難となる。

以上の様な諸理由から測定誤差はかなり大きいのである。

しかし此の視程計も使ひ方によつては相當良い結果が得られる事が分つた。先づ觀測者は正常眼であるべきで、軽度の近視眼でも、今回の試験によると眼鏡を掛けたまゝ測定した方がよい事が分つた。⁽¹⁾ 次に目標の選擇が重要な問題である。水平方向の視程の觀測に於て地物を利用する場合は、空を背景として高く突き出たもの、例へば塔、煙突、電柱、立木等で、しかも距離が少くとも 3% の正確さで分つて居るものを探らねばならない。目標の背景が空である事は大切な條件である。又目標の視角を考へねばならない。目標の認識は目標と背景との明るさの差によつてきめられる事は前述したが、今背景と目標との明るさを夫々 H , H_1 とし人の認め得る $\frac{H-H_1}{H}$ の最小を ϵ とすると、 ϵ は目標の視角が約 2° より大きい場合には角度によつて變化する事がな⁽²⁾い。かゝる視角を持つ目標を選ぶ事は最も望ましい。しかし實際問題としてかゝる大きな適當な地物を見つける事は困難であり、新しく目標を作る場合にも、200 m の距離で 7 m の長さになるので一寸困る。今度の經驗により、又 Wigand の示す所によつても、視角は約 $30'$ を適當と認める。

一定の觀測地で目標を新設する様な場合（視程板と呼ぶ）には以上の他更に次の如き諸點を注意すべきであるが、之は自然の地物を利用する際にも考慮されるべき事である。即ち視程計はガラス番號の小さい所で使用出来る方が大きい所で使用するより、觀測距離と實際の視程との開きが小さい爲に誤差が小さいので、大體 8 以下で使へる様な遠距離に置き度い。その地の霧其他の狀況の許す限り遠い方がよいわけである。此の事は前述の様に器差が少いと云ふ事からも望ましい。形は任意にしてよいが、最も普通に簡単に作るには、正方形の板にするのがよい。普通視程板に色は附けず、明るさのみの對比をとる様に、即ち黒く塗つて背景の空との明るさの對比で觀測するのがよい。視程計の曇りガラスに太陽の直射光が當る様な方向に置くのはいけない。

(1) A. Wigand: Phys. ZS., 25 (1924), 212.

(2) W.E.K. Middleton: Visibility in Meteorology.

地物或は視程板の目標がきまつたならば、次の様な観測法をとるのが良い。Wigand は曇りガラスによる人工的の濁濁度と自然の大氣の濁濁度とが異なる法則によつて支配される爲に必要となつて來る補正項 σ を、大氣状態の凡ての場合に對して大體 0.06 ときめて差支へないといふ實驗結果を得て居る。之は彼も述べて居る様に目標の視角が約 0.34 の場合であつて、⁽¹⁾ 前述の ϵ が一定値に達しない視角の範圍に於ては、視角の變化は σ の測定値に影響を及ぼし、従つて (2) 式で分る様に σ の値を變化せしめる。然るに實際の観測に當つて常に視角が 2° 以上である事は不可能であり、又或一定値である事も容易には望まれない。其の上 (1) 式に於て a の小さい時は $\frac{a}{a_m - a}$ が 0.06 と同程度の大きさになるので、大氣の状態、視角の大きさなどによる 0.06 の値の少しの變動も V の計算値に大きく影響し、又 Wigand の最初に提出した (1) の中の σ を含まない式と (1) とを比べると、 a が大きい時は σ は單なる補正項の意味よりずつと大きく利いて來る項である事が分る。故に少くとも二點の観測によりその都度 σ を求める方法を採用する。

§ 7. 最も良い使用法

I. 目標と観測者との距離を任意に變化し得る場合

曇りガラスの大體 8 以下の番號の部分を使用し得る様目標から適當な距離に位置し、適當な度数 a で視野中に目標を捉へ、之を見つめつゝ次第に目標から遠ざかつて、目標の將に消失する距離 l を測る。逆に目標に段々近づいて見え始める距離を求める事は困難で誤差を大きくする。又距離の變化により視角の變る事に注意しなければならず、前述した約 $30'$ より非常に小さくならぬ内に観測を終る様にしなければならない。

かゝる観測を二通り行つて (a_1, l_1) , (a_2, l_2) を求め (2) 式から σ を算出した後、 a, l のいづれかの一組を用ひて (1) 式から V を出す。之が最も誤差の少い方法である。

II. 目標と観測者との距離を少ししか變化し得ない場合

例へば観測點から 100 m と 200 m の距離に視程板を立てたとする。此の場合には大氣の状態によつて、I の様に必ず 8 以下の曇りガラスを使用出来るとは限らないが、I と同様に度数 σ に對する l を測り二組の (a, l) から V を計算する。

しかし此の様に視程板の距離が一定して居る時は、一々計算する面倒を避ける爲に、後掲の様な豫め計算した表を作つて置き、先づ l が 100 m より少し近くなつた (a, l) の一組の測定値と、少し遠くなつた (a, l) の一組の測定値から、方眼紙により或は比例の計算により $(a_1, l_1=100)$ を求め、同様に 200 m の前後の (a, l) の二組から $(a_2, l_2=200)$ を求めて、

(1) A. Wigand: Phys. ZS., 25 (1924), 212.

表より直ちに V を知る事が出来る。例へば ($a=4$, $l=113$ m), ($a'=5$, $l'=92$ m) ならば $a_1=4.6$ となり、同様の手段で a_2 を求めるのである。

III. 目標と観測者との距離を變化し得ない場合

之は最も普通の場合で階段状視程計では誤差を小さくする事はなかなか難しい。しかし観測者が常に同一器械を専用し、その器械の缺點を知り、且つ熟練によつて a の端數の読み取りが出来る様にすればかなり良い結果が得られる様になる。

此の際も距離變化の時と同様に先づ薄い曇りガラスを通して目標を見、次第に度を増して見えなくなる所を探すべきで逆に見え始める所を探す様にするのはいけない。

2 つの目標に對する読み a_1 , a_2 で II と同様豫め計算して作つた表から直ちに V を読み取る。

§ 8. 視程表の製作及びその使用法

視程の観測範圍を 100 m~300 m; 200 m~1500 m; 500 m~3000 m の 3 つに分け、視程板を夫々 50 m, 100 m; 100 m, 200 m; 200 m, 500 m に立て、観測するのを適當と認め、かゝる 3 つの場合について (V , a_1 , a_2) の表を作つた。

即ち附表第 1 は $l_1=50$ m, $l_2=100$ m.

使用範圍視程約 100 m~300 m.

附表第 2 は $l_1=100$ m, $l_2=200$ m.

使用範圍視程約 200 m~1500 m.

附表第 3 は $l_1=200$ m, $l_2=500$ m.

使用範圍視程約 500 m~3000 m.

である。

例へば常駐の軍隊などの場合、適當の地域に 50 m, 100 m, 200 m, 500 m の距離で、前述の様な注意の下に視程板を立て、状況に應じ適當な視程板に就て a_1 , a_2 の観測を行ひ、此の表を見れば直ちに視程が得られる。最も使用度の多いと思はれる附表第 2 は a の間隔を 0.2 とし、他は 0.5 とした。此の中間は大體の値を読み取つても實際上殆ど差支へない。

視程 100 m 以下の場合は視程計を用ひず直接肉眼で測定する方がよい。50 m 及 100 m の視程板を利用すれば多くとも 25 m 歩く事によつて正確な値が得られる。

實測の 1 例を擧げ、且つ表によつて得られる視程と實際その時の肉眼による視程とを比較する。

附表 第 1

單位: m

 $l_1=50\text{ m}$, $l_2=100\text{ m}$ 使用範圍 100m~300 m

$a_1 \backslash a_2$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0
1.0		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100											
1.5				200	150	130	122	116	113	110	109	107	106	105	104										
2.0						250	175	150	135	126	122	118	114	112	110	108									
2.5							550	248	182	156	141	130	124	120	117	114									
3.0									340	220	175	152	140	132	125	120									
3.5											300	207	173	152	140	132	125								
4.0												386	243	191	163	145	135	128							
4.5													497	272	200	169	150	138							
5.0															308	126	176	155	140						
5.5																327	222	177	156						
6.0																	351	230	182	156					
6.5																		377	235	282					
7.0																			358	223	175				
7.5																				330	210				
8.0																					306	200			
8.5																						269			
9.0																						518	238		
9.5																							378		
10.0																								280	
10.5																								660	
11.0																									350

附表 第 3

單位: m

$l_1=200$ m, $l_2=500$ m

使用範圍 500 m~3000 m

$a_1 \backslash a_2$	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	
1.0		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500									
1.5					1000	729	645	618	588	577	564	549	540	535	529	526	525	522								
2.0							1200	905	730	724	671	628	608	588	579	561	555	546								
2.5									1360	1051	868	753	714	660	637	606	592	576	560							
3.0										2465	1341	1056	876	764	716	662	636	611	591							
3.5											2030	1401	1029	885	773	718	673	638								
4.0													1752	1230	955	840	755	695	650							
4.5														2002	1240	1000	853	761	696							
5.0															2570	1482	1088	897	780	700						
5.5																2940	1508	1090	886	770						
6.0																	3370	1560	1088	877						
6.5																		3384	1574	1074	863					
7.0																			2948	1392	996					
7.5																				2441	1275	925				
8.0																					1993	1153				
8.5																							1655			
9.0																							3650	1295		
9.5																									2082	
10.0																										1400
10.5																										2722

Wigand 型融程計の使用について

(例) 昭 19. VII. 27.

肉眼視程 320 m.

測定法 a を固定し目標との位置を移動す.

結 果	a	l
	1	275 m
	2	250
	3	225 C
	4	180 D
	5	152
	6	130
	7	103 A
	8	95 B
	9	67
	10	43
	11	8

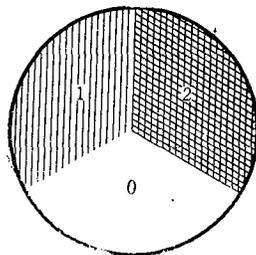
使用附表 第 2

表の読み A, B より ($a=7.4, l=100$)C, D より ($a=3.6, l=200$)

故に読みは 325 m.

§ 9. 改 良 案

目標と観測者との距離を變化しつゝ観測の出来る場合は極く稀である。従つて舊 Wigand 型視程計はたとへその製作が完全であつても、前述の様に濃度變化が不連続である事、濃度を變へる時その都度視界が遮斷される事は非常に不都合である。新しい Wigand の楔状視程計は此の缺點を兩方共除いてあるので、かゝる型を用ひる事は最も望ましく、又變化は不連続でも視界の遮斷を無くする様に作り得れば大變好い。しかし現存の器械を生かしても少し使ひ良くする爲に次の様に改良してはどうかと思ふ。



第 1 圖

今の内側の圓板に嵌められた濃度“1”の曇りガラスの代りに第 1 圖の様に 3 通りの濃度“0”, “1”, “2”に擦り分けられた曇りガラスを入れる。そして外側圓板のみを廻轉して使へば、外側圓板の 0, 2, 4, …, 14 の偶數番號に對應して (0, 1, 2), (2, 3, 4), (4, 5, 6), …, (14, 15, 16) と三段階づつが一度に得られるから a の判定は非常に樂になる。従つて測定誤差も減少すると思はれる。

今回の実験は水平視程のみを取扱ひ、視程計を用ひての垂直視程観測は行はなかつた。又主として霧中で使用したが、所謂霧雨の場合は水滴がガラス面に着き測定は殆ど不可能であつた。之を防ぐ爲に前方に長さ 11.5 cm のブリキ筒で覆ひを付けてみたが、常に風が強かつた爲目的を十分に達する事は出来なかつた。尙此の筒を付ける事が測定結果に影響を及ぼすか否かを霧雨でない場合に調べたが、此の長さでは他の原因による測定誤差に包含される程度の誤差を生ずるに過ぎない。霧雨の場合水滴の附着を完全に除く事は是非とも必要である。又各色の filter を曇りガラスの前に付けて効果を調べたが、黄色は善悪の効果無く、他色は悪効果を生ずる事が分つた。

此の試験に當つて御懇篤な御指導をいただいた中谷教授、古市助教授、井上助教授に深く御禮申上げる。