

研究会報告（その1）

「光学兵器とカメラ 1」

会員番号0809 林田 吉弘



写真1 三笠艦橋の図（三笠記念艦ホームページの全景図から切取）
中央の東郷元帥の後で測距係が覗いているのがバーアンドストラウド測距儀
東郷元帥はツァイスの変倍（5倍と10倍）双眼鏡持っている。

光学兵器には測距儀や照準器、索敵用望遠鏡、双眼鏡などがあり、発表では言及した。しかし本会報では紙面の関係で測距儀とカメラの距離計のみ取り上げることとする。

他の光学兵器は次号以降紙面に余裕があるとき報告することにした。

測距儀

写真1は三笠艦橋の図（東城鉦太郎画）から一部を切り取った図である。ここに描かれた主要な光学兵器は東郷元帥後方で測距係が覗いているバーアンドストラウド(Barr & Stroud)社製F.A.2型測距儀、東郷元帥の持つツァイスのプリズム双眼鏡等である。中でも軍艦として極めて重要な光学兵器は測距儀である。

測距儀は、三角測量法を利用した装置で、離れた二つの観測点から標的が見える角度の違い(偏角 θ -図1)で標的までの距離を知る装置である。

戦艦三笠は英国イングランド北部のバロー・イン・ファーネスのヴィッカーズ社の造船所で作られた。搭載された測距儀はその

少し北側のスコットランドのグラスゴーにあったバーアンドストラウド社で作られたものである。三笠の竣工した1902年当時、測距儀製作の第一人者である。当時、ドイツではカール・ツァイスやゲルツ、米国ではボッシュロムなどが各種の測距儀を作っていた。

このバーアンドストラウド社F.A.2型測距儀の英国特許の図を図2に、またこの測距儀の測距方法を図3に示す。

この測距儀は基線長4.5フィート、倍率26倍で、有効基線長35.7m、測距限度は60kmを超える。しかし肉眼の測定誤差を0.25分とする5km先の標的の測距誤差は±50mとなり充分とはいえない。精度を上げるためには戦艦大和の測距儀のように基線長を15.5m、倍率30倍として有効基線長を465mと長くし、2連装、3連装として複数の測距儀とする等の工夫が必要となる(表1)。

戦艦大和の距離計は基線長15.72mと15.28m、倍率30倍の単眼上下像合致式各1基と精度向上を意図した倒分像立体視(図4)式の3連装測距儀であるが、これでも50km先の標的の測距誤差は±300mぐらいいは覚悟し

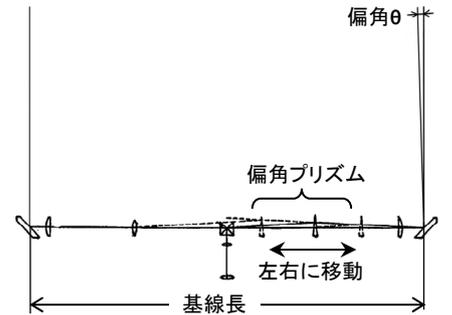


図1 測距儀の一般原理
基本は三角測量。左右のミラーからの画像が合致するまで、光路にある偏角プリズムを移動し、その移動量(位置)により標的までの距離を知る。

なければならない。特に遠距離の場合は陽炎等のノイズが大きく、精度は更に落ちる。

艦船のように比較的低速で移動する標的や陸上構築物などのように動かないものは、上下像合致式、倒分像合致式、倒分像立体視式などを使い、かつ複数で測距することで何とかするが、第一次大戦で実用化され、第二次大戦で急速に発達した航空機は、高速で移動する多数の標的を測距することになる

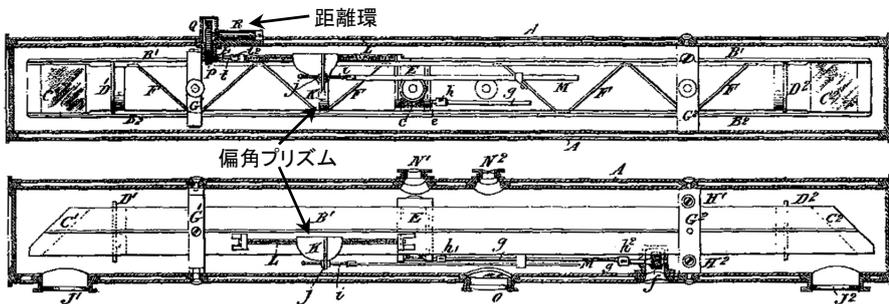


図2 Barr & Stroud社の英国特許 No.13,507(1894年登録)の図(上縦断面図、下横断面図)

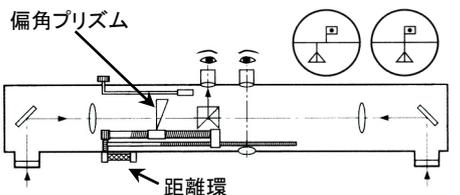


図3 Barr & Stroud F.A.2測距儀の測距法
距離環を回転させて偏角プリズムを左右に移動し、上下像を合致させたところ(右上図)で、距離計の左目接眼部で距離指標を読み取る。

(小倉警夫著「カメラと戦争」13ページから筆者加工)

表 1 大和と三笠の測距儀諸元

項目	大和	三笠
基線長	15.50 m	1.37 m
倍率	30 倍	26 倍
有効基線長	465.0m	35.7m
最短測距距離	5 km	686m

大和の測距儀は上段に倒分像立体視式、下段に単眼合致式2組の三連装測距儀

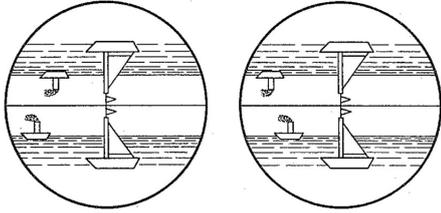


図 4 倒分像立体視の画像説明図

平行視(左の図を左目、右の図を右目)で見ると左の小さな汽船が奥と手前に、中央のヨットの倒立上下像は前後中央位置に見える。

ツァイス米特許No.1,148,222(1915年登録)から

ので、今までのような測距儀では対応が難しい。このため高射砲等に用いる測距儀には更に工夫がある。その一例が図5~7に示すツァイスが1908年に特許出願した遊標立体視式測距儀(Stereoscopic Telemeter with Traveling Mark)である。遊標(Traveling Mark)は主標と副標からなり、立体視すると、副標は主標を中心に前方から後方にクロスして見える。目標の飛行機が主標の位置に来る迄片方の遊標をダイヤルでスライドさせると、その移動量で目標までの距離が分かる(図6)。この方式の利点は素早く測距できるといことに加え、副標により砲弾が目標に当たらず炸裂した時、その位置と目標とのズレ量が読めることである。この様に距離計は遠距離を如何に正確且つ素早く測ると言う目的で進化してきている。しかし近距離の測定は実用上意味がないので、例えば三笠搭載のパーアンドストラウド F.A.2型測距儀の最短測距距離は750ヤード(686m)、大和搭載の15.5m測距儀のそれは5kmである(表1参照)。

カメラの距離計

カメラの距離計は基本的には近距離測定用であり、後述するレンズの過焦点距離以上

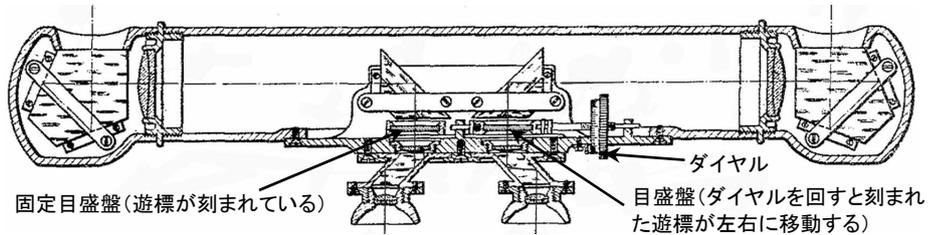
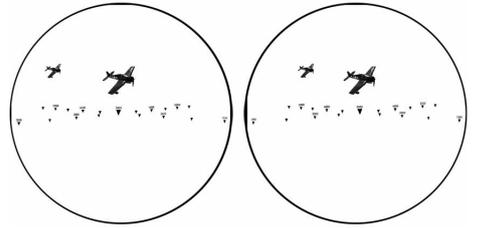


図 5 遊標立体視式測距儀(ツァイス米特許No.934,916(1909年登録)から



図 6 目盛盤に刻まれた遊標(Traveling Mark)

図 7(右図) 遊標立体視式測距儀の測距法 中央の飛行機の立体的位置に主標が来るように遊標を動かして示された距離を読む(平行視で見ると標的位置に主標が来ているのが分かる)。



の距離は無遠として扱い正確に求める必要はない。と言うことは光学兵器としての測距儀とは構造は似ているが基本的に目的を異にする。

カメラ用距離計には単独距離計や、カメラ搭載の非連動距離計と連動距離計があるが、ここでは連動距離計を対象とする。

史上初の連動距離計付カメラは1916年に発売された3Aオートグラフィックコダックススペシャルである(写真3、図7)。米国特許は1916年8月16日に申請され1918年2月26日に1,275,648号で登録されている。基線長57mm、等倍ではあるが、ミラーの間に偏角プリズムを用い、ファインダー内両端と中央の画像の分像を一致させる方式は測距儀と同様の方式である。ファインダー画像は小さく、しかも撮影方向に対し直角の方向から見るので実用上かなり使い難かったものと思われる。

その後1930年に偏角プリズムを用いたアグファスタンダードや望遠鏡式距離計を用いたエンルデなどの連動距離計機がでたが、市場を賑わすこともなく終わった。

連動距離計が脚光を浴びたのは1932年登場のライカII型であろう(写真4)。ライカの距離計は、図9に示すようなハーフミラーと、レンズの動きにより回転して光軸を偏けるプリズムで構成した二重像合致型で、有効基線長38.1mm、測距儀に比べるとかなりプリミティブなものであったが、90mm F2.8のレンズまでは充分な測距性能を有していたと考える。

このライカの距離計とよく似た構成の測距儀の1902年出願の英国特許No.14,840(図10)がある。この測距儀は上下像合致式なのでライカの二重像合致式よりは精度は高そうだが、いずれにせよパーアンドストラウド社の測距儀とはレベルが違い、あまり遠くを測るものではなさそうである。

ライカII型と同じ1932年にフォクトレンダーからスプリングカメラの連動距離計付カメラプロミネントが発売された。距離計はボディ上部中央にアイピースを設けた上下像合致式の測距儀型で、基線長90mm(実物を覗くと倍率がかかっているが倍率は不明で、有効基線長は分からない)。レンズの前後移動をリンク機構で片方の反射ミラー(プリズム)へ伝え距離を測る方式である(写真4、図11)。その形から“戦艦”とも“花魁”とも呼ばれた。がっちりとした鋳物構造で“花魁”はともかく、いかにもそうだと思わせるものがある。

1941年発売のエクストラ(写真5、図12)は基線長104.8mm(4¹/₈in.)、倍率:2.2で有効基線長230.5mm、上下像合致式で200mmを超える望遠レンズまで対応できる連動距離計を組み込んだとしている。距離計とは別に設けたズームファインダーには254mmの目盛りが刻んであり更に回転できるので300mmまでは考えていたかもしれない。実際に販売された交換レンズは、50mm F1.9、50mm F3.5、35mm F3.3、90mm F3.5、135mm F3.8、153mm F4.5の6本のみで、254mmは作られなかった。

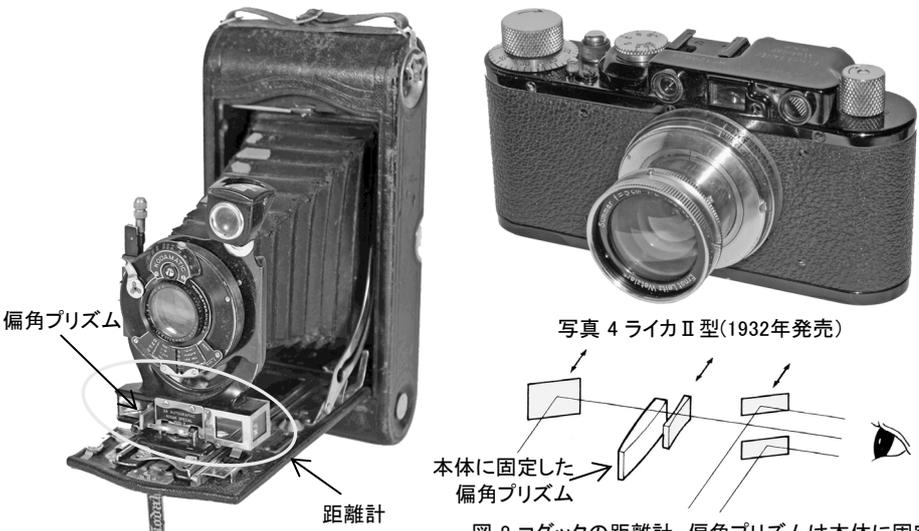


写真 4 ライカII型(1932年発売)

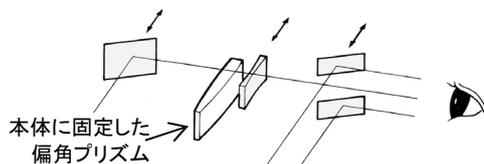


図 8 コダクの距離計、偏角プリズムは本体に固定され、両端ミラーと中央凹レンズがレンズと共に移動する。(野間俊夫著「距離計付カメラの変遷」から)

写真 3 No.3Aオートグラフィックコダックススペシャル

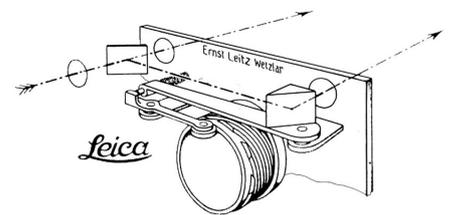


図 9 ライカII型の距離計

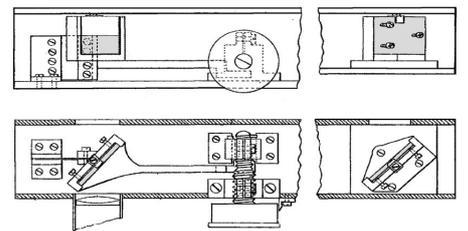


図 10 ライカの距離計に近い測距儀の特許 中央の差動ネジで左のミラー(右ミラーに比べ半分、灰色部分)を回転させる構造。



写真 4 プロミネント(1932年発売)

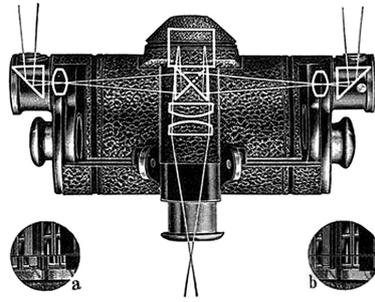


図 11 プロミネントの距離計構造



写真 5 エクトラ(1941年発売)

この特許図ではビューファインダーと距離計ファインダーの接眼レンズは共通となっており、ビューファインダーは固定視野である。しかし実物はビューファインダーは別の光学系で50mm~254mmのズームファインダーとなっている。しかも距離計、ビューファインダーが別々に視度調節も可能となっている複雑な光学系である。

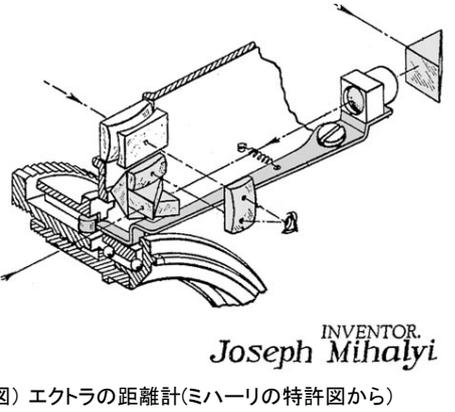


図 12(下図) エクトラの距離計(ミハーリの特許図から)

INVENTOR
Joseph Mihalyi

ライカは1935年にテリート200mm F4.5を発売した時ミラーレフレックスハウジングPLOOTを発売、距離計連動をあきらめた。連動距離計は長焦点レンズとの相性は良くない。これはカメラに装着可能な距離計の測距限界とレンズの特性をよく調べれば分かる。距離計の測距限度距離は、その有効基線長と肉眼の分解能(視力)に関わっている。測距限度距離 R_L は、有効基線長 L_E 、肉眼の分解能を θ とすると、 $R_L=L_E \times \cos \theta$ で表される。

距離計連動の各種カメラを計算した結果を表2に示す。一方レンズの特性を見るとレンズの過焦点距離と言うものを考える必要がある。過焦点距離とはこの距離の半分から無限遠までが被写界深度に入る距離を指す。過焦点距離を D_H 、レンズの焦点距離、レンズのF値をF、許容ボケの直径をdと置くと、

$$D_H = f^2 \div (F \times d) \text{ で表される。}$$

計算結果を表3に示す。この結果から言えることは、測距限度距離が、そのレンズの開放絞り時の過焦点距離よりも長ければ実用上焦点合わせはきちんとできると言うことである。安全率を1.5倍として、一番有効基線長の短いキヤノンS IIであっても、50mm F1.4の標準レンズの焦点合わせに問題は無いのである。しかし有効基線長の長大なエクトラでも254mm F4のレンズが限界であることが分かる。計算式は示さないがスプリットイメージウェッジのついた一眼レフと距離計式カメラの有効基線長比較を図13に示す。レンズ交換式カメラが一眼レフ化したことはこの表で一目瞭然であろう。

結論を言うと光学兵器としての測距儀は極めて遠方を正確に素早く測定することを目的としたものだが、カメラの連動距離計は極近距離を手軽に測れる簡便な機構が望ましい。エクトラの測距儀もどきの距離計、ライカM3の複雑な実像式距離計などはカメラ用としては邪道である。

その後測距儀はレーダー等の電子兵器の発達で、距離計はオートフォーカスや、デジタルカメラの登場で消え去ることになった。

図13 距離計式カメラとSLRライカの有効基線長比較

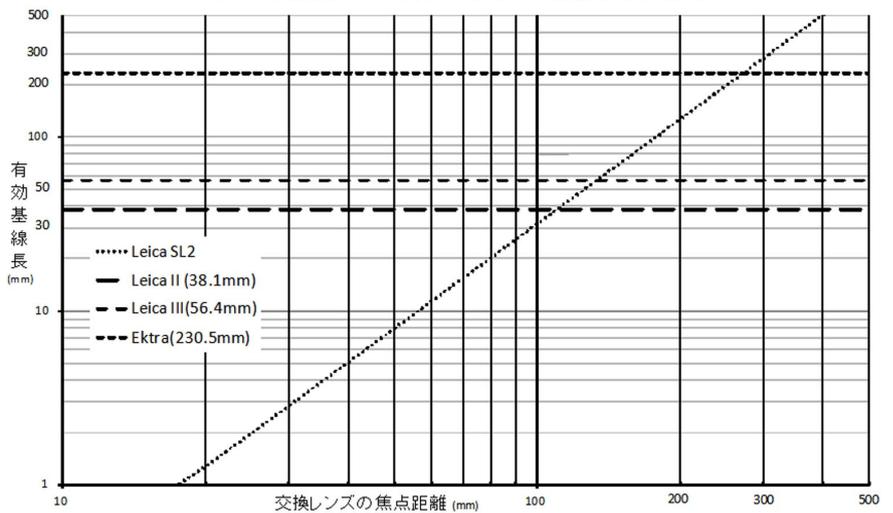


表 3 過焦点距離表 (D) (許容ボケ1/30mm) 単位m
(過焦点距離:この距離の2分の1から無限遠までが被写界深度に入る距離)

表 2 距離計の測距限度表
(分解能の逆数が裸眼視力を表す、即ち分解能1'は視力1.0)

カメラ名	有効基線長 (mm)	距離計の測距限度 (m)		
		理論値	安全率(1.5倍と2倍)	
		分解能 1'	分解能 1.5'	分解能 2'
Canon SII	23.1	79m	53m	40m
Leica II	38.1	131m	87m	65m
Contax IIa	43.6	150m	100m	75m
Leica III	56.4	194m	129m	97m
Leica M3	62.3	214m	143m	107m
Contax II	63.0	217m	144m	108m
Contax I Ver.6	93.0	320m	213m	160m
Contax I Ver.1	101.7	350m	233m	175m
Ektra	230.5	792m	528m	396m

明さ	焦点距離								
	28 mm	35 mm	50 mm	70 mm	90 mm	100 mm	135 mm	153 mm	254 mm
1	23.5	36.8	75						
1.4	16.8	26.3	54						
2	11.8	18.4	38	74					
2.8	8.4	13.1	27	53	87				
3.5	6.7	10.5	21	42	69	86	156	201	553
4	5.9	9.2	19	37	61	75	137	176	484
4.5	5.2	8.2	17	33	54	67	122	156	430
5.6	4.2	6.6	13	26	43	54	98	125	346
8	2.9	4.6	9	18	30	38	68	88	242
11	2.1	3.3	7	13	22	27	50	64	176
16	1.5	2.3	5	9	15	19	34	44	121
22	1.1	1.7	3	7	11	14	25	32	88