

文化財の写真記録 (II)

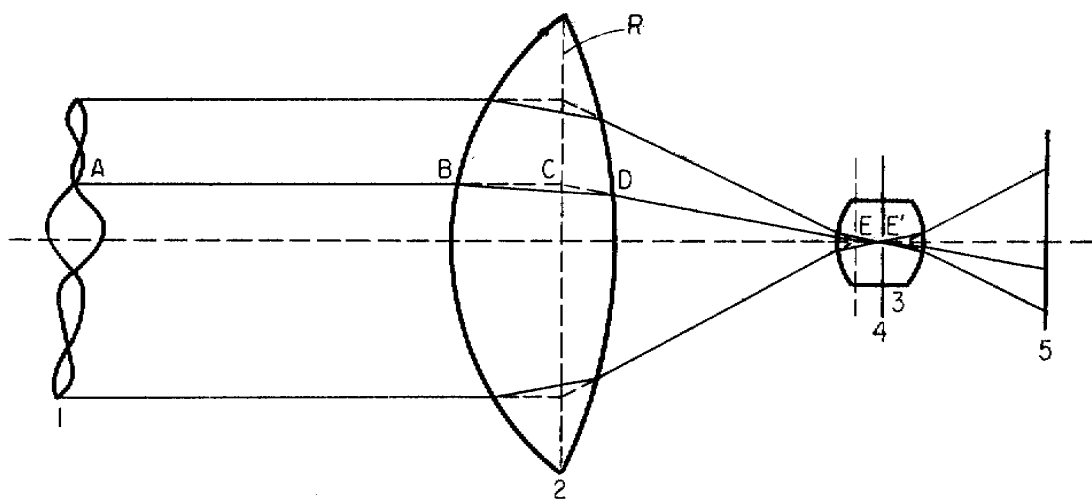
オーソカメラと等高線正射投影写真

登 石 健 三

第一報に於いて、立体的な文化財の記録に現在普通写真が用いられているけれども、普通写真は大きさや寸法の正確な記録としては落第であること、このためこれと平行して可測の図が必要であること、この図に相当するものを写真撮影で得ることも出来ることなど述べた。今回はその方法の紹介をしよう。

オーソカメラ

前報写真6に不完全乍らこの方法で写した影像を示した。要するに被写体の影像を投影的に写すことがその主旨であり、原理は次の如きものである。



第1図

1は被写体、2はこのカメラの特徴である特殊レンズ、3はカメラレンズ、4は絞り、5は写真乾板である。今被写体上の一点Aから出て、レンズ2へその光軸に平行に当る光線ABを考え、Bはレンズへの入射点であるが、ここで光線は屈折を受けレンズ中をBDと進み、表面の点Dで更に屈折され空中に出て焦点Eに向う。光路直線AB、DEはレンズ光軸を含む一平面上にあるから、AB、EDを延長してやると一点Cで相交る筈である。A点は任意の点であると考え、その位置が変わると従ってC点も変わる。このC点の動き得る軌跡は一つの面Rを形成することは明らかであるが、これは一般のレンズでは単純な形ではない。しかしレンズの表面を球面でなく、或特殊な形に設計するならば面Rは平面とすることが出来る。レンズ2はこうにして作られた特殊レンズで、正確に言えばその二表面は非球面に磨かねばならないのであるが、近似的には曲率の小さい平凸レンズで代用することが出来るとされている。さてE点は光軸に平行な何れの光線にも共通の点で光軸上に存在するが、この点に絞り4をセットする。但しこ

の焦点 E にはカメラレンズ 3 の前方節点を一致させて置くことになるので、光軸平行光線が実際に光軸上で一点に収斂するのは図中の E 点とはやや異った点となり、絞り 4 もやはりこの実際の収斂点を絞るようにしなくてはならない。この絞りの作用によってカメラレンズ 3 を通過する光線は被写体から光軸に平行に進む光及びこれに極めて近いものだけとなる。しかもカメラレンズ 3 を通過して後方に進む光の中心光線は後方節点 E' から入射光と平行に進むことになるので、カメラレンズ後方に写真乾板をおけば写る影像は全く被写体の平面 R 上への投影像と相似形となる。勿論乾板 5 はレンズ 2 及びカメラレンズ 3 が作る被写体 1 の結像位置に置かなければならないことは明らかであろう。もしカメラレンズ 3 が理想的な像歪のないレンズであるならその前方節点を E 点に置くことは必ずしも必要でない。要するに R 平面上の C 点がカメラレンズ 3 によって歪まない位置に写されればそれでよいのである。この説明で判るであろうように、特殊レンズ 2 はその光軸に平行に被写体から来る光を全部受けとめなければならない。受けられなかった部分は写真には写らないということなのである。言い換えれば特殊レンズ 2 は被写体を十分にカバーするだけの大きさ、すなわち被写体よりは大きくないといけないのである。このことはこの方法の致命的な欠点であり、口径の大きいレンズを非球面に磨き上げねばならないという技術上の困難に遭遇することとなる。前号に引用した文献によるとその著者等は口径 70 cm までのレンズを作っているようである。しかしこれでもまだ物足りないので、被写体の前面でこのカメラ全体を縦横に移動しなめてゆく scanning 方式を行なっている。これも scanning の枠を含めたものをカメラの大きさとする結局は被写体より大きいカメラがいるということには変りはない。平行光線で撮影する以上致し方ないことである。筆者は曲率の小さく口径の大きい拋物鏡でこの平行光線を受けて焦点を絞り、更にこの絞りを通った光束を曲率の大きく口径の小さい拋物鏡で平行光線に直してやれば特殊レンズの口径は小さくてよく、大口径の拋物鏡は望遠鏡のお下りでも利用出来るかという案を持ったが、未だ実行してはいない。(特許第 438802 号)。

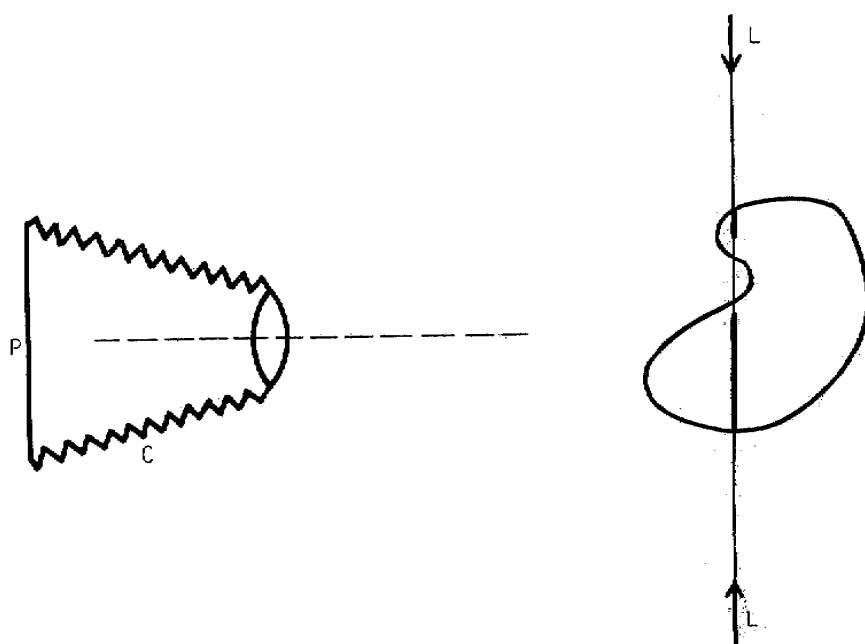
オーソカメラによる写像は投影像である。従って被写体をこれで直角に交る異なる方向から写しておけば可測像の記録として充分間に合うことは明らかであろう。

等高線図を写真で得る方法

地形の場合等高線で現わした一枚の地図が地形の実態実測を与えていることは周知の通りである。地形の場合はこのように高さの一定の線で現わすことが地形の把握に最も適しているのであるが、立体的文化財の場合はそれよりも奥行き等の等しい等奥行線で現わした方がより納得が容易であろう。文化財の場合この等奥行線のことを等高線と仮称することとしよう。この等高線群はやはり投影的に現わされなければ実寸を与える記録とはならない。例えば被写体を等高の場所だけ幾段にも照明して一度に一つのカメラで写しても、カメラから遠い等高線はより小さく縮小されて写っているので、投影像ではなく、勿論撮影のくわしいデーターが加えてない限り実寸の割り出しようはない。実寸を与え得る等高線投影像はどうすれば写すことが出来るであろうか。次にこれについての一、二の案を示そう。

1. 一平面照射光による撮影

第 2 図のように L, L' (幾らあってもよい) の光源から一平面上に光を送り、照射平面を作る。これを LL' 面と名づける。これに対向するカメラの方の条件を丁度 LL' 面が鮮鋭像として写るように調節する。照射光は L, L', ……以外には無いような暗黒の中で、被写体をカメラ



第2図

の前方に置きこの或部分が LL' 面で切られるようにすると、その上の被照射部は一つの等高線を与え、その写像は鮮鋭像であり、これ以外の場所は照射を受けないから全く写らないことは自明のことであろう。これで被写体上の一つの等高線が撮影される。カメラと照明光はそのまゝとし被写体をカメラレンズ軸方向に移動して同様に同じ乾板上に撮影を行なえば、別の等高線が重ね撮りされる。この操作をくり返すと被写体上の等高線群が一つの乾板上に写されるが、このとき被写体の移動は常にカメラレンズ軸方向であり、撮影面の位置はきまっているので各等高線の倍率は皆同じとなる。すなわちカメラレンズ軸方向への投影図となり遠近法は入って来ない。別法として被写体の両脇に前後に等距離に並んで細い柱を立てこの柱と被写体を固定して(平面照明光はつけたまま)カメラレンズ軸方向に移動してやってもよいであろう。そうすれば被写体の投影像に等奥行に黒線の入った像が得られる筈である。

勿論この方法では被写体表面に凹所があって、真横からの照明光が及ばない場所が存在すれば写らない。すなわち利用可能の範囲は大幅に制限されるわけで、一般の文化財に対しては役に立たないであろう。立体的な文化財といえは一般には例えば彫刻仏像のように腕が開いていればもう脇下は凹所となるように、必ずといってよい位凹凸のあるものと考えねばならないからである(写真1)。

2. 可撮影条件の直線で被写体の等奥行面を切截する方法

この方法は1よりは少々面倒ではあるが、大体前方から見て中まで見えるような凹みがあっても、その部分の等高線が撮れるという方法である。しかし例えば壺の内壁のようにのぞき込んでも全面は見えないというような凹所は写せる筈がなくて、その点については写真測量など他の方法でも同じことであろう。従ってこの方法の応用範囲は1に比べて非常に拡大されて、大ていの立体的文化財には用いることが出来る。

第3図にその原理を示す。Oは被写体、Cはこれに対向し撮影を行なうカメラである。勿論カメラCはこのままで被写体Oを写しうるような位置に置かれているものとする。扱て今必要条件としてOは彫刻の如き動かないものであること、環境としては全く暗黒に出来ることを前

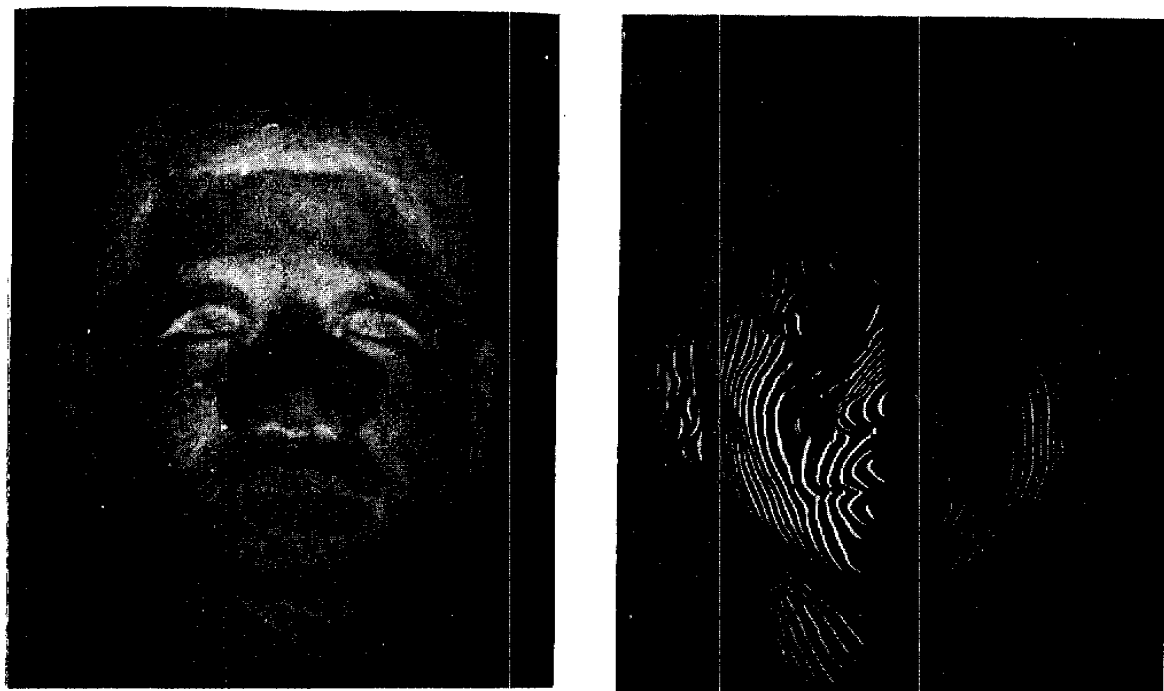


写真 1 群馬工業高等専門学校呉屋充庸助教授提供

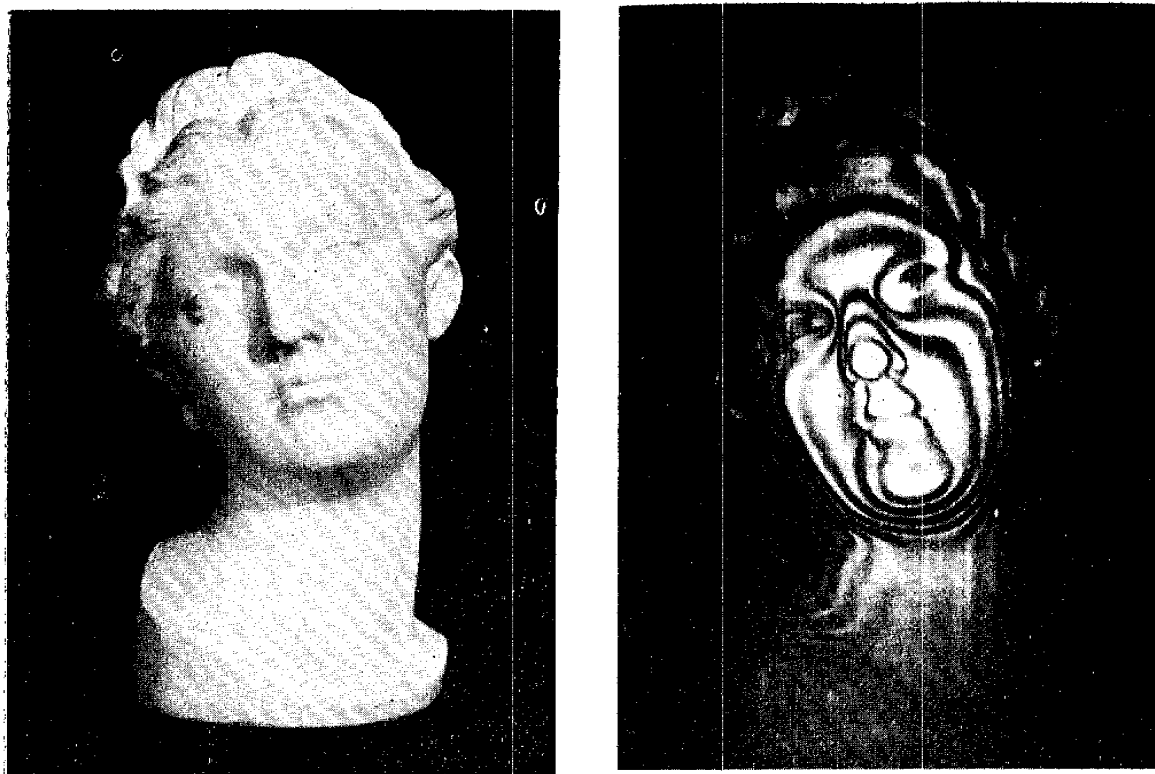
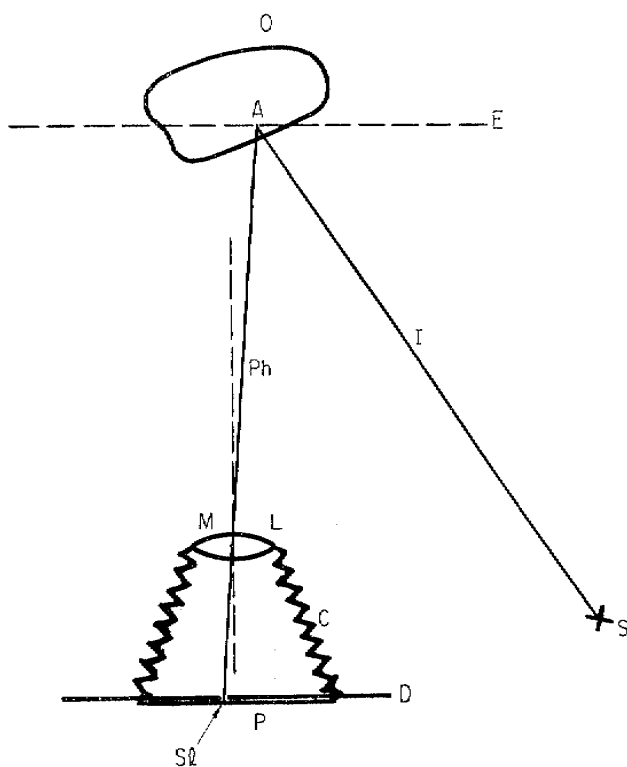


写真 2



第3図

提とする。図中被写体として O を示したが、今暫くこれが無いものとして、代りにカメラ C が鮮鋭に結像し得る平面 E を考える。いい代えればこの平面 E とカメラ中に納められた乾板 P とはカメラレンズ L について共軛の関係にある。この平面 E は仮想的に考えただけの面であるが、カメラ脇の光源 S から図面に直角な平面中にある平面光 I を送ってやることにすると、 E 面上でこれに照されるのは図面に直角な直線 A であることは明らかである。扱て簡単のため——すなわちカメラレンズの節点を考慮に入れることを省くため—— L は薄肉であるとし、その中心を M としよう。更に乾板の直前に隔板 D を設けこれに図面に直角なスリット Sl を備えておく。このことによってこのカメラ C が鮮鋭像として捕え得るのは Sl と M とで規定される面 Ph 上にあり、しかも P の共軛面 E 上にあるもののみということになる。先の被照射線 A の条件としてこれを当て嵌める。すなわち A は光線 I により照らされる直線であるが、 A, M, Sl は一平面上に存在すること、更に換言すれば光線 I は Sl の共軛直線のみを照らすように方向づけることが必要条件である。次にこの条件を保ったまま直線 A を E 面中で移動させる。これは比較的簡単なことであって照射面 I を S のまわりに廻転さすのに連動させて隔板 D を乾板直前で横に移動させればよい。この連動はカムによってもよいし、又はそれぞれ I と Ph をになう腕を直線 A 上で交叉させその交点を定める軸を平面 E 中で横に移動させて行なうことも出来る。このように A 線を E 面上に走査さすことにより、 E 面上の点はすべて乾板上に写るけれども、 E 以外の奥行にある他の面は全く乾板 P 上には写されない。他の奥行では I により照射されるという条件をかなえれば既に撮影面 Ph から外れており、 Ph 上にあれば照射はされないことになるからである。次に今仮想的に考えた平面 E を含むように、実際の被写体 O を置く。このようにしても別段先の理窟が変わるわけではなくて、この被写体表面の内仮想平面 E によって切られる輪廓線は一回の走査で乾板上に記録されるが、他の奥行にある点は一点も記録されな

い。すなわち一回の走査で被写体表面から一本の等高線が抽出され、乾板上に写されることになる。その倍率は $\overline{MP}/\overline{EM}$ の比で定まっており一定であることは言うを待たないであろう。他の等高線を同一乾板上に写し重ねてゆくのは 1 の場合と同様に被写体をカメラレンズ光軸方向に僅かに移動させて同様に走査を行ない、これを繰り返せばよいのである。以上は簡単のため照明光は一平面上にあるとして説明したが、実際は一光源に限ったことではなく E 面上の一直線 A をすべて照すようにすれば何個光源があってもよい。そのようにして凹所も何れの光源かで照らされるようにすればよいのである。又実際上は照射光としては光量の少い平面光である必要はなく E 平面上で直線 A に収斂するようにレンズで集めた光束であってよいのである。これは先の説明で撮影面 A-M-SI と言い乍ら実際はレンズ L を中心を通る鉛直線に絞らず、開放のままで説明したのでよいのと同じことである。(特許第 483368 号)。

この方法で撮ったダイアナの首の石膏像の等高線投影写像を示す(写真 2)。この段階に於いて等高線はまだまだ sharp さが足りないことを否定することは出来ない。尤もたまたま等高線の一本が走る位置が丁度広い等高面である場合は当然その面全体が写って巾の広いものとなるのはあたり前であるが、この写真はそれ以外に光学的な面と、連続機構などの機械的な面との不精密さが線のボケとなって現われているのであって、これらの面で精度を上げてやれば等高線はもっと sharp なものとなることは充分に見込の立つことなのである。

以上述べたことで自から分かるであろうように、この方法には色々良い点悪い点が存在するのでこれを列記してみよう。よい点としては

カメラは歪のない限り特殊なものが必要でないこと、大きさも普通のものでよいこと。

普通の場合不自由でない程度に被写体の凹所も cover 出来ること。

一枚の写真をとればそれがそのまま寸法記録を与え、他の操作を必要としないこと。

などであり。悪い面としては

撮影にやや時間と手間をとること、そのため静物にしか応用出来ないこと。

カメラレンズから見えない場所は死角となること、例えば完全球体の真横の等高線は投影図には書かれるべきものであるが、この方法を有限位置から行なえばその等高線は写しようがない。

周囲を暗黒にせねばならないこと。

などを掲げることが出来る。尤もこれらを悪い面としてあげたが、手間をとるのは普通写真に比べてのことであり、写真測量で撮影後図化の操作の手間のことを考えると、むしろ手間はかゝらないというべきかもしれない。又死角が出来ることは写真測量に於いても同様なのであって、特にこの方法にだけ結びつける必要もあるまい。文化財に利用する限りではあまり目立った欠点というものはない。

次にこの方法だけに限らないが、等高線で現わされた像では模型作りに大へん便利であるということに一寸触れておき度い。地形の模型を等高線地図から作るやり方はかなり周知のことであるが、実際の等高面間隔から丁度横の縮小率だけ縮小された厚さの板を各等高線の輪廓通りに切って、等高線図と同じように配置して貼り重ね、これで出来る段々の凹所を充填材料で埋めればなめらかにすればよいのである。これと全く同じ方法で文化財の模型も出来るわけで、こうすれば文化財自体には全く手を触れずして模型を作ることが出来るのである。但し未だ実行はしていない。

Résumé

Kenzo TOISHI: Photographic Recording of Solid Art Objects II

It was emphasized in the previous paper that to record precise dimensions of a solid art object for the purpose of conservation, a special method different from usual photography must be adopted.

In this part three photographic methods which give us measurable images of the object are explained. One is the ortho-camera method, which is accompanied by an intrinsic handicap which limits the size of applicable objects. The second method is carried out by illuminating the object with plane lights which are all in a fixed plane conjugate with the photographic plate set in the camera, and shifting the object by a constant distance in the direction of the axis of the camera lens to give different contours successively on a single photographic plate. This method is, however, greatly limited in its application because it yields no contour curve for concave parts of the object. In order to get a contour curve by the third method we cut the object at the plane conjugate with the photographic plate with an imaginary straight line which fulfils the condition to be photographed all by itself and is practically decided by direction of the plane illuminating light and position of a slit set just in front of the photographic plate. This method seems to be most promising as a handy means of giving measurable photographic records for solid art objects.

Physical Section