



Title	Universal H-Meterによる立体写真測定法と立体写真の価値について
Author(s)	高橋, 喜久雄
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1953, 13(7), p. 449-455
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18241
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Universal H-Meter による立體寫眞測定法と 立體寫眞の價値について

東京大學教養學部物理學教室 放射線物理研究室

高橋喜久雄

(昭和28年4月23日受付)

序 説

従來人體の内部に存在する被檢點の深さを決定する場合、断面寫眞法は立體寫眞法よりも優れたものと信ぜられて來た。その理由の主なものもを挙げると次の二つであると考えられる。

一般にX線による立體寫眞には、光の立體寫眞と異つて、表面の存在を認めうるに充分な要素の表現が乏しく、更に多くの像が重なり合つているために、立體感を把握するまでに可成熟練を要したこと、又更に根本的には高さ又は深さを測る適當な測定器がなく、立體寫眞を唯觀察する程度に止められ、断面寫眞のように的確に深さの數値を定め得なかつたことに基く。

このために立體寫眞は断面寫眞には見られない幾多の特色をもちながら、數量的測定の困難なものとして捨て去られ、断面寫眞にその優位を譲つてきたのである。然し、立體寫眞が、組織相互の相對的位置の展望可能な點では断面寫眞を遙かに凌ぎ、更にフィルム材料消費量の小さい點や、1人の患者に要する撮影時間及び患者のうけるX線量の著しい差に於て確かに有利であるから、立體測定用の便利な計器の出現は一般からも永く待望されていた。勿論従來とても、立體測定は全然不可能なことではなく、一對の立體寫眞が示す視差の増加を精密測定すれば、深さ又は高さの測定ができる理論及び方法も一般に知れていたのであるが、多數の點につき々々計算を行う煩雜さに耐えかねて、事實上實行は不可能であるという状態におかれていた譯である。

筆者はこの點を改善して立體解析を機械化して、一切の計算を除外し、被檢點の空間的位置を

表示するような計測原理を探究し、今回充分にその目的に適する計器を完成し得たので次に之を報告し、併せて立體寫眞が今後断面寫眞とどのように關連をもち、又どこまで断面寫眞の代用を果し又断面寫眞を有効に生かすため、その缺陷を補正することに役立つかにつき、相互の比較検討をしたいと思う。豫めお断りしておきたいのは、今回の論文で主張したいことは、立體寫眞の機械による物理測定の可能性に基き之と断面寫眞とを有機的に結合し、夫等の長所と短所を互に是正して、より正しい、そしてより効果的なX線検査法を樹立することにあるのであつて、それだけで醫學上の診斷學的價値の大小を討論しようとするものではない。之に對しては他日他の著者を煩わしたく考へている。誤解の虞なき様申添えておく。

測定原理の概要

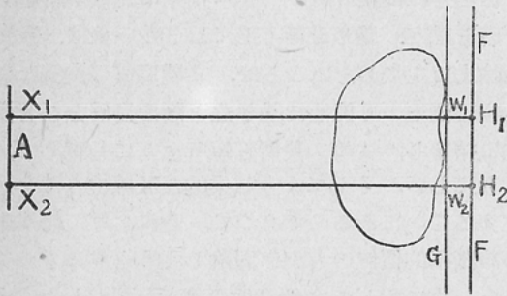
1. 主軸、副軸、座標線

立體觀察の目的だけで立體撮影するときには、2個の放射點の位置、人體やフィルムの位置などは従來の方法で充分で、それ程嚴重な条件を必要としなかつたが、いざ立體測定を試みようとなると、寫眞上の僅かな視差の相違も實際には相當に大きく響くから、兩寫眞の擴大率を嚴密に等しくする必要があり、寫眞撮影の際に將來測定に不可欠な諸條件を被寫體と同時にX線により焼付けておかなければならぬ。もし之を怠ると計測を混亂に陥れ、その計測を無意味ならしめる結果となる。

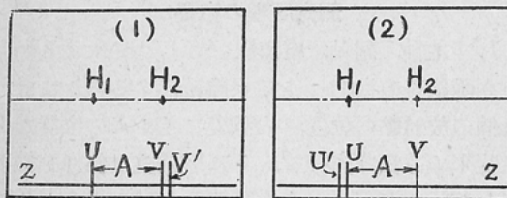
撮影條件として新に追加導入されるものは放射中心距離 A と焦點フィルム距離 D 及び主點及び主軸の記入である。

この四種の條件はすべて撮影臺及び管球スタンドの機械的な問題であるから、目盛の記入及び座標線の追加等従来の立體撮影装置に多少の改造を要する。後の記述の便をはかり、用語の使い方を二、三定めておきたい。放射中心 X_1 及び X_2 からフィルム面 F におろした法線の足を主點 H_1, H_2 と呼び、フィルム面上で H_1H_2 を立體寫眞の主軸という(第1圖及び第2圖)。勿論兩寫眞の倍率を等しく合わせるためには $X_1H_1 = X_2H_2 = D$ とする必要があるから、X線管の焦點はフィルム面と平行に移動されなければならぬ。この場合X線管を水平に移動させても鉛直に移動させても差支ない。

第 1 圖



第 2 圖



一對のX線立體寫眞上で主軸 H_1H_2 に平行な軸 ZZ を副軸と定義しよう。又、副軸に垂直にとられ、主點 H_1H_2 を貫くような二直線 U, V の位置を座標線と定義しておく。従つて兩座標線間隔は寫眞の上で A を保ち、立體觀察を行えば、この二直線は寫眞に撮つているすべての像の中で最も低い點として見える。こゝを高さの原點零の位置と定めよう。

寫眞の縁に副軸及び座標線をあらわしても差支えないから、全體の寫眞効果を傷けないように、

撮影臺 G の縁に近く針金を主軸に平行に張り、二本の短い針金をそれに垂直に固定した場合には、一對の立體寫眞上では座標線は UV' 及び $U'V$ (第2圖)の如く出る。之を觀察するとフィルム面から浮上つて見えるから、之をフィルム面に密着して見えるように修正しなければならぬ。このためには X_1 より放射した寫眞(1)では座標 U から A だけ右に、又 X_2 より放射した寫眞(2)では V から A だけ測つて正しい座標線を記入すれば立體觀察によりそれが最低の位置に見られるようになる。故に一對の立體寫眞を並べたとき視差零の兩座標の間隔 $S = UU'$ 及び VV' を定め、他の被檢點の像間の距離はこの S からのずれ ΔS を以てその點の視差の大きさとすれば、フィルム面から高さ h にある點の視差の増加量は一般に

$$\Delta S = \frac{hA}{D-h} \quad (1)$$

でこれから

$$h = \frac{\Delta S \cdot D}{A + \Delta S} \quad (2)$$

が得られる。(1)及び(2)は立體寫眞解析の基礎の方程式である。

2. 断面寫眞と立體寫眞の關係

いま(1)を次のように書き換えて考えよう。

$$\frac{\Delta S}{A} = \frac{h}{D-h} \quad (3)$$

(3)式の右邊は定まつた D の値に對し、唯一つの變數 h のみにより決定される量と與えるから、立體寫眞は断面寫眞の重なり合つたものと見做しうる。即ち換言すれば ΔS は一つの h に對し定まるので、立體寫眞の上で ΔS の等しい點を悉く探し出してその集合を作つたと考えるならば、それは直ちに断面像に外ならぬ。たゞ各断面の像の大きさが、トモグラフなどでは等倍率であるのに反し、立體寫眞では倍率が高さ h と共に増大することが異なるのみである。

この様な點に注目して考えると、 ΔS を h に轉換する計器の實現性に思いあたるわけで、筆者の最初のヒントもこゝにあつたのである。更に D を固定して A だけを A_0 に變更した立體寫眞の組が示す視差の増加量を ΔS_0 と記號すれば當然

$$\frac{\Delta S_0}{A_0} = \frac{\Delta S}{A} = \frac{h}{D-h} \quad (4)$$

が成立つから、この二つの立體寫眞の組につき空間の同一點の視差の増加量の間には常に

$$\Delta S_0 = \frac{A_0}{A} \Delta S = r \Delta S \quad (5)$$

$$\text{但し } r = \frac{A_0}{A} \quad (6)$$

なる關係を得るから、 A_0 をある特定な値に選び、すべての立體X線寫眞のもつ視差を A_0 に關する標準視差 ΔS_0 に換算し、これを一つの計器に送つて h を表示せしめうる。Universal H-Meterはこの原理に従つて作られ、一定の D をもつすべての立體寫眞につき、マイクロメーターねじで ΔS を補償し終つたとき指針が ΔS に對應する高さ h を與える如く設計され、その間に計器は $\Delta S \rightarrow \Delta S_0$ 及び $\Delta S_0 \rightarrow h$ の二段の轉換作業を純粹に機械的に且つ自動的に遂行するもので、恰もものさしで高さのよみをよむために二點の間隔を合わせたときダイヤルゲージ上に高さを得られるのと類似している。Universal H-Meterの原理を式であらわすと次の如くなる。

$$\begin{aligned} h &= \frac{\Delta S \cdot D}{A + \Delta S} \\ &= \frac{\frac{A}{A_0} \cdot \Delta S_0 \cdot D}{A + \frac{A}{A_0} \cdot \Delta S_0} = \frac{\Delta S_0 \cdot D}{A_0 + \Delta S_0} \quad (7) \end{aligned}$$

第5圖は作られた計器の外観で主要部は二つの要素から成り、下方の方形の函の中には第一段の比例變換装置が納められ、又上方の圓い容器には第二段の高さの變換装置が設けられ、指針Nは高さの目盛盤Hの上を廻轉する。以下に各部分の原理的構造を記載して本器の動作を説明しよう。

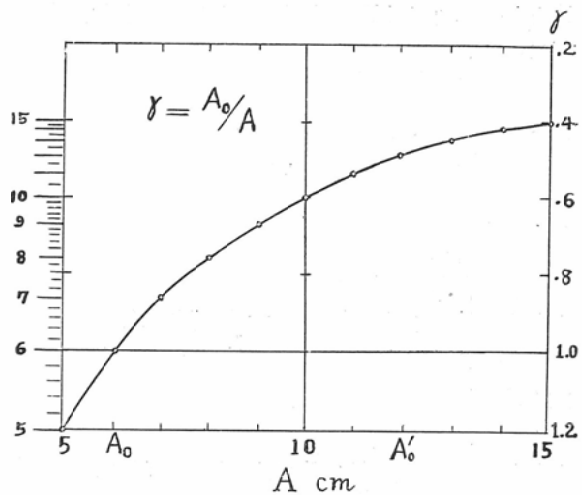
計器の要素の1, A目盛

はじめに比率 $r = A_0/A$ の値を A の種々の値につきしらべるため、實用上の便を考え、 $A_0 = 6 \text{ cm}$ 、 A を $5 \sim 10 \text{ cm}$ ととり、次に同じ比率を用いて測定範圍を擴大するために $A'_0 = 12 \text{ cm}$ ととり A を $10 \sim 20 \text{ cm}$ と選んだ。

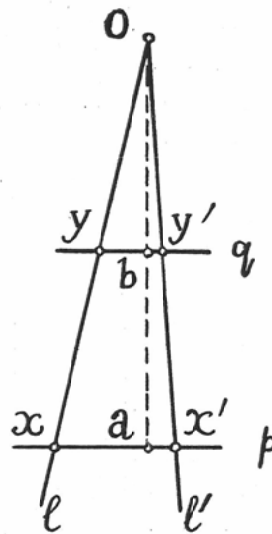
焦點とフィルムの間隔 D と、放射中心の間隔 A は撮影者の好み及び被寫體内の被檢點の深さに應じて色々要求があり、現在のところまだ統一された結論もないので、 D については $1 \text{ m} \sim 2 \text{ m}$ 、 A については $5 \sim 20 \text{ cm}$ の甚だ廣い範圍の調整を許

さなければならぬ、Universal H-Meter(第5圖参照)の設計基準をどこにとるのかについては色々考えさせられたが、結局上記の如く二段に分離して A_0 を二種とすれば計器が丁度手頃の大ききとなり、且つ充分な精度が得られることに氣付いた。例えば第3圖の如く $A_0 = 6 \text{ cm}$ で作つた r の値の變化は A の増大と共に狭くなり、目盛の設定の際の誤差は $A > 10 \text{ cm}$ に對して割合に大きく響いてくることになる。圖の曲線の上の各點を左方に移して誘導された比率の尺度をA目盛と呼ぶ。之はそ

第 3 圖



第 4 圖



の上にAの値が記入されていて、この目盛を指標I(第5圖)と結合すれば、放射中心距離Aで撮られた寫眞がA₀=6cmの撮影に轉換されてゲージに送り込まれるからである。

なお上記の如く二種のA₀の値を使つた結果得られた利益は非常に短いA目盛で事がすみA₀'に對しては同時に距離Dを増大することを行えば、實用上不要なAとDの組合せは自然に除かれる。

比例換算の原理は第4圖に示す如くレバー1の廻轉軸OからOa及びObの距離に二直線p,qを主軸に平行に引き、レバーを少し廻轉した位置をI'とし、p,qとII'の交點が作る二つの相似三角形につき、

$$\frac{xx'}{yy'} = \frac{Ox}{Oy} \quad (8)$$

が成立ち、もしp,qと軸Oの間隔を

$$\frac{Oa}{Ob} = \frac{A}{A_0} \quad (\text{但し } Oa = \text{一定長}) \quad (9)$$

にとるならば

$$\frac{Ox}{Oy} = \frac{A}{A_0} \quad (10)$$

となり、直線p上の切斷片xx'を視差ΔSに等しからしめたとすれば、同時に直線q上の切斷片yy'は丁度

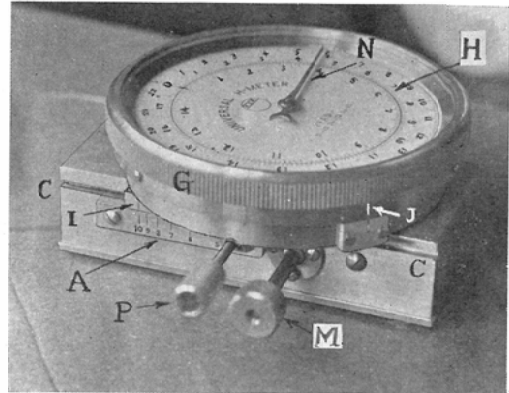
$$yy' = \Delta S_0 \quad (11)$$

となる。これで實際の寫眞上の視差の増分ΔSを標準寫眞の視差の増分ΔS₀に變換したことになる。實際の計器ではOaを正しく40mmに作つておき又pを固定軸螺旋とし、qを溝道ccに沿うて移動させ得るようにしてある。従つてr=1、A=A₀のときにはp,qは空間的には上下であるが重なつた結果を示し、r>1即ちA<A₀のときにqはpを超えてOより遠ざかつた位置に来る。第1表

第1表 A目盛の構造

Acm	xmm	Acm	xmm	Acm	xmm
5	0.0	6.8	12.7	8.4	19.5
5.2	1.8	7	13.7	8.6	20.1
5.4	3.5	7.2	14.7	8.8	20.7
5.6	5.1	7.4	15.6	9	21.3
5.8	6.6	7.6	16.4	9.2	21.9
6	8.0	7.8	17.2	9.4	22.5
6.2	9.3	8	18.0	6.6	23.0
6.4	10.5	8.2	18.8	9.8	23.5
6.6	11.6			10	24.0

第5圖



- M: マイクロメーターねじの頭
- P: A目盛變更用ピオン軸
- A: A目盛
- I: 同指標
- cc: 溝道
- J: A目變更時の標準線(これを合わせるとrの變更に對し指針は不感となる。)
- G: 歸零装置
- H: ダイヤル目盛
- N: ダイヤル指針

はA目盛の構造を示す。

要素の2, H目盛

前段の動作によりΔSがΔS₀に變換された上はΔS₀をhに換算すればよい。この目的に對して精密なラックピオン装置を使い、固有のDの値の各々に對し高さの刻みH目盛を施した。H目盛上のよみhはDの變化により常に

$$\frac{h_1}{D_1} = \frac{h_2}{D_2} = \frac{h_3}{D_3} \quad (12)$$

の關係にある。そのうちD₁=1m, D₂=1.2m, D₃=1.5mと選んであるから、等しい廻轉角に對

して目盛の比はどこでも10:12:15の比をもつ。いまD₁についてhの最大値を15cmと選びその最大視差を求めるとΔS₀=10.588mmとなるから、之に對しダイヤルの全圓周をカバーさせたのが第2表の目盛表である。他の目盛はこの基準目盛に對し上記の連比を以て與えてある。こゝで注目すべきことはH目盛も亦一様な目盛でなく、hの増大につれて指針の廻轉角の増加率は漸次大きくなり、高さの差1cmについてhの小さい所では約21°であるがhの大きい部分では約28°にな

第2表 H目盛 (5 ≤ A ≤ 10cm, D = 1m, A₀ = 6cm)

h	θ°	h	θ°	h	θ°
0.5	10.28	5.5	118.73	10.5	239.33
1.0	20.61	6.0	130.21	11.0	252.14
1.5	31.07	6.5	141.82	11.5	265.09
2.0	41.63	7.0	153.55	12.0	278.19
2.5	52.31	7.5	165.41	12.5	291.43
3.0	63.09	8.0	177.38	13.0	304.84
3.5	73.99	8.5	189.51	13.5	318.39
4.0	85.00	9.0	201.76	14.0	332.08
4.5	96.13	9.5	214.15	14.5	345.97
5.0	107.37	10.0	226.63	15.0	360.00

つている。又 D = 2m の立體寫眞でも A ≤ 10cm ならば D = 1m に關する目盛の読みを ×2 して読めばよろしい。

A > 10cm, D = 2m の場合の取扱

次に D = 2m の遠隔立體撮影で A を 10cm より大きくした場合の特殊な取扱い方について附言しよう。この場合には A₀ = 12cm, A を 10~20cm にとるならば、同一計器を用いてたゞ A 目盛のよみを 2 倍し且つ D = 2m に關する H 目盛上で測定をすればよい。その理由は、いま同時に D 及び h を 2 倍して考えると (4) 式の右邊はそのまゝ變らないで残るから高さ h' = 2h, D' = 2D とし A₀' = 2A₀ = 12cm と考えると容易に

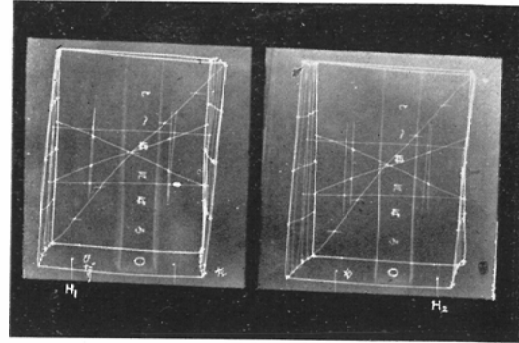
$$\Delta S_0' = 2 \Delta S_0 \quad (13)$$

となる。この關係は D = 1m, A₀ = 6cm に關する第2表の指針の廻轉角 θ をそのまゝ 2 倍して h の代りに 2h の目盛を施せばよいことがわかり、D 及び A を同時に大きくした實驗に對しても同一計器が使われ、(A 目盛を 2 倍して読むことを忘

れてはならぬ。) r は共通でよい。

次に二、三の實驗資料につき本計器の效果を實驗したものを報告したい。

第 6 圖



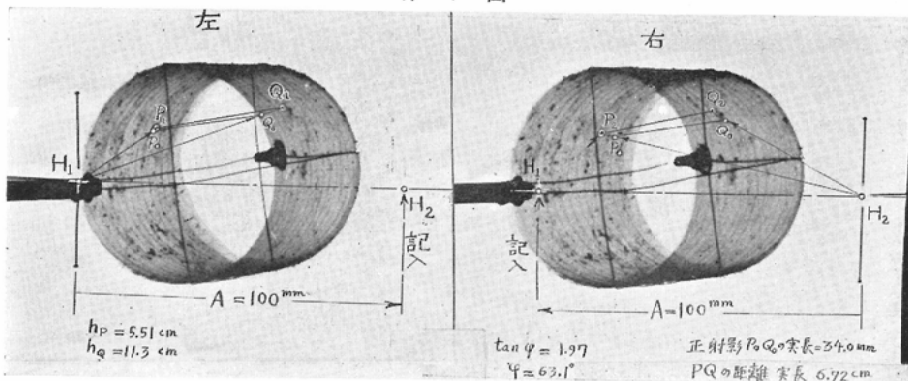
實驗資料 I

第6圖は全然表面のない極端な資料で、中央の O 及び平假名の文字は紙製の階段上に載せられている。O が一番高く浮上つて居り、とがが一番低い。又第7圖は表面のよく見える X 線立體寫眞の例で圓筒の側面に硫酸バリウムの粉末が撒布してあるが、P 及び Q 二點間の空間直線の測定をした實例で、P₀ 及び Q₀ は夫等の點をフィルム面に正射影でおろした點を立體寫眞で與えたもので、主點 H₁, H₂ と共に最低のフィルム面に密着してみえる。圖上に記入された數値は PQ の實長、PQ のフィルム面に對する傾斜角を立體測定から計算した結果である。(文獻 5 参照)

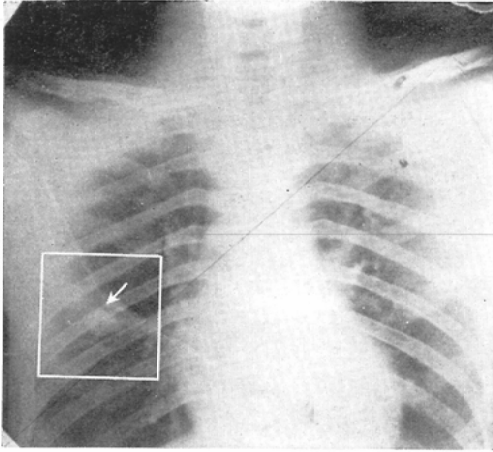
實驗資料 II

仰けに横臥した患者の胸部に發見した石灰化し

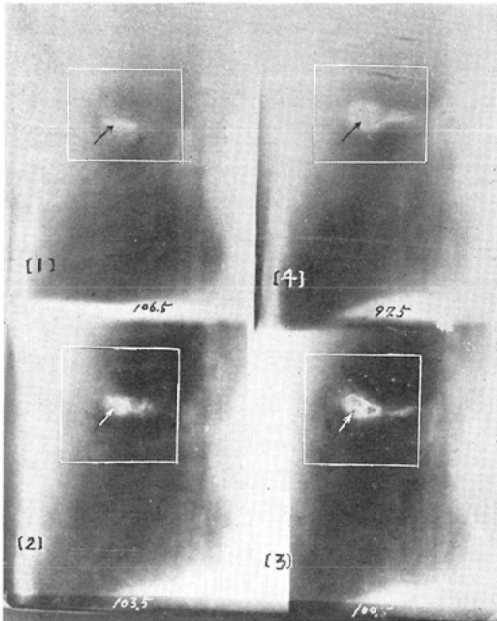
第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖



断面の位置背面より

- | | |
|-------------|-------------|
| [1] 106.5mm | [2] 103.5mm |
| [3] 100.5mm | [4] 97.5mm |

た塊について立體寫眞をとつたもの(第8圖)に關し Universal H-Meter で測つて患者の背面より約 100.5mm と檢出したものを更にトモグラフにより切斷した4枚の寫眞を第9圖に示した。トモグラフでは97.5mmの點で最大切斷面に遭遇している。患者の身體の動きを考慮し且つ被檢出部分

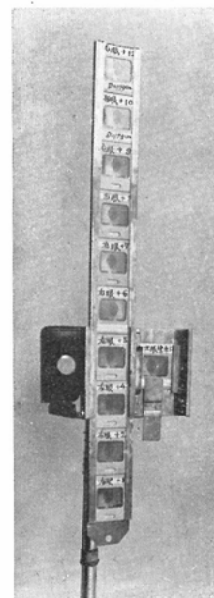
の寸法の大きさを思うと上記の数値は立體寫眞のそれと全く一致しているといつてよい。

實驗資料 III

こゝで A と D の最適値をどう選ぶべきかに關し觸れてみたい。この問題は立體觀察に慣れた人と不慣れの人で可成隔りがあつて、前者は A の値を小さくともよいし、後者では一般に過大の A をとる必要がある。この點について實驗データを綜合するために一々大きい X 線フィルムを使うことは經濟上許さぬので、ライカ版で光の寫眞をとつて實驗した。

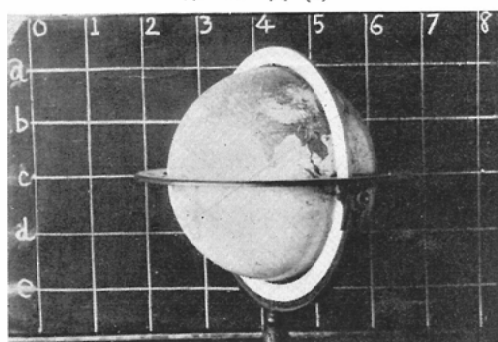
D を一定に保ち A を 0 から D の約 20% 位まで移動させた實驗として、地球儀の球及び排球の球に網をかけたもの等を資料として實驗し、多數の未熟練者(學生)を對照に、彼等の心理作用を調査し統計を試みている。近いうちにこの結果を整理して發表する考である。實體鏡による觀察時の感じを云うと過小の A に對しては球は前後軸の厚み感が乏しく、過大の A に對してはラグビーの球の様に歪み、こゝに理想的球面としての認識をうるような最適値が各人につき存在する。特に排球の球では過小の A では球が軟く感ぜられ、又過大の A では球の内部の壓力が著しく大きくなつて張り切

第 10 圖 (a)



立體感比較實驗裝置
圖の寫眞は地球儀をレンズと方眼面間隔 $D=175$ cm. 左眼圖を標準とし、 $A=0$ より 23cm に至る。圖 (b) にはその一部をのせた。

第 10 圖 (b)



第 3 表 H 目盛 ($10 \leq A \leq 20\text{cm}$, $D' = 2\text{m}$, $A_0' = 12\text{cm}$)

$h' = 2h\text{cm}$	$\theta' = 2\theta^\circ$	$h' = 2h\text{cm}$	$\theta' = 2\theta^\circ$
1	20.56	10	214.74
2	41.22	12	250.42
4	83.26	14	307.10
6	126.18	16	354.76
8	170.00		

つた様な感じを受ける。第10圖はこの実験に用いている実験装置で、レンズ式の實體鏡をライカ版専用に改作し寫眞を順次交換できるようにしてある。左眼のみる像を一つ定め、之に對し右眼寫眞では A を變更したものが長い枠 R に入れてあり、觀察者の最も正しいと思う寫眞の番號を云わせる。左の寫眞 L はホルダーをつけて小さく動かしようのようにし摩擦で支えられる。寫眞の立體視を容易にするため、背景となる平面 (X 線フィルムが存在する面に相當) を圖の如く 10cm の網目をもつ方眼であらわしてある。

勿論本計器としてはこの A の値の大小は計測上問題はないのであつて、何等議論はないけれども、實體視の際不自然な感じをうけることは好ましくないという意味で申添えたわけである。更に志賀達雄先生の言われる如く h の小さい被檢體に對しては A を大きくとり又 h の大きい場合には A をそれ程増加する必要はないであろう。この意味でも Universal H-Meter の如く A を自由に變更しうることは是非とも必要で、それがたとえ立體

像が不自然な形に見えても精度向上のためにはむしろ歓迎すべきことであろう。

結 尾

以上立體計測を中心問題として立體寫眞の効果を種々論じて來たが、實驗資料の II でみた如く、トモグラフのフィルム材消費を極力制限し、患部の實相を把握するための準備段階として立體寫眞を輕便に計測することは極めて大切であり、又立體寫眞をトモグラフ寫眞の重ね合せという見地から見るとある程度は立體寫眞だけで断面寫眞を省略しうる場合も相當に多くなる筈で、最近またトモグラフも厚切りが要望される現状であつて、必ずしも薄く切ることばかりが最善でない傾向を示しているから、立體測定を實地に利用して戴き、之をトモグラフで實證する多くの實驗を得たいと念願するものである。

なお本研究はその經費の一部を文部省科研費に負い、先輩木本氏房氏、志賀達雄氏の御指導を仰いだこと、試作機の工作に協力を戴いた小泉菊太氏の諸氏に厚く感謝の意を表する。

追加：前述の議論は總て立體寫眞を線 X 管の側から觀測した場合であるが、リーダー撮影器型の立體寫眞法ではフィルムの裏面から觀測するためにフィルム面が胸の面に近く、背面はフィルムより遠くあられ寫眞の倍率が大である。従つてフィルムを裏返し、左右逆轉した像について同じ計器を使用し得るから、その臨床的實驗の場合注意を要す。

参考文献

- 1) 志賀達雄：60 耗立體間接撮影について、Fuji X-Ray 研究, Vol. 1, No. 6, 4 (1951).—2) 江藤秀雄：科學寫眞便覽, 應用篇 976 ページ, 丸善 (昭和 25 年).—3) 木本氏房：航空測量, 白水社 (昭和 20 年).—4) O. Lacmann: Die Photogrammetrie in ihrer Anwendung auf nicht topographischen Gebieten.—5) 高橋喜久雄, 中村堅一：X 線ステレオ寫眞解析法の擴張, 東大理工研報告, 第 6 卷第 2 號, 57 (1952).—6) 高橋喜久雄, 中村堅一：第 12 回日本醫學放射線學會講演 (1952).—7) 高橋喜久雄, 中村堅一：第 13 回日本醫學放射線學會講演 (1953).