立体写真による顔面並びに顎の研究

(第1回報告)

羽 賀 通 夫 浮 谷 実 懸 田 利 孝
梅 原 正 年 清 水 堅 三 高 梨 恒 一*

Studies on the Face and the Jaw Using Stereograph

(Part 1.)

Michio Haga, Makoto Ukiya, Toshitaka Kaketa, Masatoshi Umehara,
Kenzo Shimizu, Koichi Takanashi

1. 序 論

加齢と共に次第に歯牙を喪失してくると、顔貌に変化が現われてくる。いわゆる老人性顔貌といわれるものである。臼歯部の喪失は主として頬部に、前歯部の喪失は鼻下、口唇の部分に影響を及ぼす。そしてついに咬合關係を失うか又は強度の咬耗の結果、顎間距離の低下をおこして、顔貌の変化に更に老人性の度を加えることとなる。こうした変化は、歯列弓そのものが顔の外形の骨格となつていことを裏書きしているのであろう。その他顔の老人性変化として考えられるところのものは、身体他の部分の場合と同じように、表皮そのものの変化であつて、皺贅の増加、色調の変化、メラニンの沈着等がある。又皮下脂肪の増減も顔貌においては大きな役割をもっている。

ところでわれわれが、歯牙の喪失したところへ義歯を調製することの主たる目的の一つとして、咀嚼能率の恢復、調音の恢復と共に、顔貌変化の恢復をあげることが出来る。殊に前歯部においてそのことが一層顯著である。従つて顔貌の種々相、増齡的变化、歯列弓との關係、義歯の顔貌に及ぼす変化というような問題は、われわれの深く関心をよせるところのものである。

顔に関する研究は、非常に多数の人々によつて、又いろいろな方面から研究されている。解剖学は勿論のこと、美術学、人類学、整形外科学、そしてまた歯科補綴学、歯科矯正学においても古くから関心を持たれてきて

いる。その研究方法も各立場に応じて様々であるが、しかしそれを歯科補綴学の立場から見ると、今日までの成果では必ずしも満足しえないものがある。それは思うに、顔の研究そのものの複雑性から由来しているのではなからうか。補綴学の立場からその二、三の例に触れてみよう。

1) たとえ極く小さい部分の差であつても、顔貌の与える感じが非常にちがつてくる場合もあろうし、その逆に或る部分が大きく異つていてもそれ程の差を感じさせない部分もあろう。このことから顔の研究では、微少部分の変化も捉えられるような方法が要求されるわけである。殊に補綴物との關係を觀察する場合には欠くことの出来ない要素である。

2) 表情は瞬間的なものである。ということは常に顔は方向や外形を変化させているために、たとえば二点間の距離を測定する場合等には誤差を伴い易い。しかも被測定物が軟組織であるため、測定精度をあげにくいという困難がある。そしてこれが生体觀察となると、測定時間に長時間を費しえないため一層困難となる。

3) 次に被測定物が三次元的なものであるために、或る面への投影が必要になる場合が多く、したがつてある規準面の設定と同時に頭部の固定の必要が生じる。これも測定の対象が生体である場合には時間的に制限がある。又研究目的に応じて規準面を変化出来なければならない。

4) 補綴学、矯正学あるいは整形外科学のような臨床的な立場からは、測定が臨床においても利用出来るような方法であることが望ましい。

およそ上に列挙したような見地に立つて、それら

* Depart. of Prosthetic Dentistry, Tokyo Dental College (Director; Prof. K. Kitamura)
東京歯科大学補綴学教室 (指導 北村勝徳教授)

の条件も満足出来るような顔面及び顎の測定方法について、われわれは探索を続け、且ついろいろな方法について検討を加えていたが、その結果として、立体写真による測定方法によつて、われわれの欲求するところに近づくことが出来ることを確認した。

単なる規格写真による測定方法は、顔についても早くから用いられてきたが、立体写真を応用した写真測量又は測定は、従来もつばら航空写真による地形測量の分野において研究発達を重ね、次第にその精度を増し、現在では地形測量の大部分がこの方法に依存している状態であり、又最近になつて小物体についてもこの方法の可能なが確認されるようになった。次にその原理の概略と、この方法の特質とを述べる。

2. 原 理

われわれが物体の立体感あるいは二つの点の遠近の差を感じるには、いろいろの手段によつてゐる。先づ物体の大小が遠近感を助ける。又物体の陰影も立体感を生じさせる一つの要素である。しかし最も重要な手掛りは、われわれが両眼で一つの物体を見るということにある。今図1のように、遠近の差のある2点 P_1, P_2 を両眼で見るとき、両眼と物体上の点とを結んで得られる角 $\angle \gamma_1$ 及び $\angle \gamma_2$ (収束角) に差が生じる。又網膜に写つた像の大きさにも差を生じる (視差)。これによつて2点の遠近の判断がなされるわけである。

以上は自然の実体観であるけれども、物体の代りに2

図 1

枚の写真から立体感をおこさせることが出来る。すなわち、ある間隔 (基線) をおいて同時に同一物体を撮つた2枚の写真と並べ、これを同時に別々の眼で見るとき、その像は重なり、且つ写真に写っている物体の各点について異つた視差をおこさせるために、写真の中の物体に遠近感が生じる。これを図解してみると、図2において左図が撮影の状態であり、右図はこれを実体視するときの状態である。今2つの写真機で撮影された2枚の写真I及びIIを、両眼 O_1, O_2 で別々に見るときに、 A' と A'' 、 B' と B'' 、 C' と C'' は夫々視差を異にしているために、あたかも A' と A'' とは A に、 B' と B'' とは B に、 C' と C'' とは C にあるごとく感じさせて、 A, B, C 点に遠近感をおこさせる。これが立体写真とよばれるものの原理の概略である。

図 2

1901年に、C. Pullich は地形を立体写真によつて測定する原理をとり入れた実体写真測定機 (Stereocomparator) を完成し、写真測量の精度を著しく高めた。更に1919年、同氏によつて精密図化機が創案されてから、各国ともそれに準じたものが多数考案され、進んで1923年に O.v. Gruber によつて写真装置が簡易化され、以後次第にその精度を高めて今日に至つてゐる。

現在、地形の撮影から図化までを次のように体系づけておこなつてゐる。

- 1) 基点の設置及びその実測。
- 2) 写真撮影。
- 3) 写真作業、すなわち引き伸し並びに偏歪の修正。
- 4) 標定、すなわち伸率又は縮尺の決定、水準面の決

定、位置の決定。

5) 測定及び図化。

こうして図化されたものは、地形の水平面に対する投影図であり、且つ地物の存在位置の明示と共に、高さが一定間隔の等高線をもつて表現される。したがって一枚の図の上に三次元的なものを表現することができ、同時に図の上で測定が可能である。又この等高線図より、その物の容積を計算することも可能である。したがって以上の方法と全く同一の方法によつて、小物体に対する等高線図化をおこない、ある断面についての形態の比較、容積の比較、投影面上における測定値の比較等が可能になつてくるわけである。

小物体、殊に人体に応用した例についてみると、1944年、Thalmann-Dengen, Paula. は顎の整形に際して、その診断の手段としてこの等高線法を顔面に試みている。又1946年 Perey Tham, D. は顎の石膏模型に、一定の規準平面を定め、同様に口蓋並びに歯牙に1 mm 間隔の等高線を画いている。

等高線図法による人体の形態学的研究方法を概観すると、次の3方法が採られている。

1. 機械的方法によつて、等高線を直接被測定物に記入する方法であつて、口蓋あるいは死体顔面の印象から得た石膏模型上に用いる。

2. 平行光線を等間隔且つ平行な細隙に通し、これを被測定物に投射する。そして光軸と直角方向から観察することによつて、物体そのものに等高線を描くことができる。

3. 立体写真により測定をおこなう方法は上に述べてきた通りである。

これらはそれぞれに特徴をもっているが、機械的方法は直接生体を利用する場合、印象採得の可能な範囲を出ることができず、且つ動体の瞬間的な形を測定することができない。次の平行光線法は、光の投射方向と観察方向とがことなるために、光の投射方向から見て影になつた部分は等高線を欠くこととなる。したがって顔面のような凸形のものについては有利で、左右より同時に同じ高さに光を投射すれば、ほど完全な等高線模様を得られると共に、動体においても或る瞬間に写真に撮れば、その時の等高線の変化を固定観察することができる。しかし一方凹陷した口蓋の模型等には困難である。それに対して立体写真による等高線図化の方法は次のような特徴がある。

1) 瞬間的な動きを固定して、その形態的な特徴を観察することが可能である。

2) 局所的な形態的变化を把握することができる。

3) 測定規準平面を適当に選ぶことができる。そして被測定物を必要とする方向に固定することが不可能な場合には、写真上で測定面の変換が可能である。

4) 写真上で間接測定であるため、被測定物の固定時間が短時間で済む、したがって生体についても測定が可能であり、臨床上にも利用することができる。

5) 基点並びに撮影条件を厳密にすることによつて精度を上げることができる。

6) 撮影条件を変えることによつて、いかなる大きさの物体でも測定が可能である。

7) 一般には撮影方向Z軸に対して直交するXY平面に対する等高線を画かせることとなるが、Z軸方向に対して添窩に相当する部分は測定することが不可能である。その場合にはX軸あるいはY軸方向からの写真によつて、前者と同様なXY平面に対する等高線を描くことにより、添窩部分の測定も可能である（航空写真に対する地上写真による原理）。しかし簡単な図化機では、このような装置をもっていないため、添窩部分の測定は不可能である。

8) 立体写真機と連続撮影機構とを組み合わせることによつて、物体の運動の追跡も可能であろう。

以上のような特質に対して次のような欠点がある。

9) 生体における場合は、固定基準平面上の基点並びに撮影方向に対する深さを決定するための基点を含んだ、頭部固定装置を必要とする。

10) 撮影装置は精度を高めるために、少くとも6 cm × 6 cm 以上の大きさの乾板若しくはフィルムを必要とし、したがって使用カメラもそれに準ずると共に、レンズ収差の極力少ないものが望ましい。そしてその大きさの立体写真機、又はそれに類した装置をもつ写真機を必要とする。

11) 立体写真用の装置を有しなくても、カメラを移動して2ヶ所で同一物体を撮影しても目的は達せられるが、その場合には撮影開始より終了迄に時間を要するため、動体に対しては応用できない。

12) 普通写真機を2箇所用いて2ヶ所に装置し、同一物体を同時に撮影することによつても立体写真が得られるが、その場合2箇の写真機の性能は同一でなければならない。

13) 測定対象物の大きさがいろいろある時は、その度に撮影間隔（基線長）を変えなければならない不便さがある。

14) 撮影後の偏歪修正以下、標定並びに図化に至る迄

の作業には、特殊な装置と技術とを必要とする。

15) 被測定物が純白であつて、着色不可能なものに対する測定には誤差を生じ易い。

立体写真による測定には、大体以上のような長所と欠点とをもっているが、その欠点といえども決定的なものではない。

3. 精 度

地形写真測量の精度は別として、小物体の写真測定の精度を吟味する目的で、われわれは小型の普通カメラを用い、クラモナグラフで図化した場合の精度を測定した。

1) 測定対象模型 (図3)

試験物は石膏で、薄く赤色に着色し、大きさは高さ約5 cm、底面8 cm 平方のもので、次の2種類である。そして試験物には精度を調べるための任意の点を十字にマークしてある。そして各マーク間の実長と、写真測定値との比較、同じく底面からの高さの実測値と、写真測定値との比較をおこなつた。

モデルⅠ：台頭円錐体

モデルⅡ：台頭四角錐

図 3

2) 写真測定用基点

基点には写真上にその位置がわかるように明確なマークを記す。その配置は写真上に標定の際もつとも適当な位置に写るようにしなければならない。今回とつた基準点の設置の状態は次の通りである。

i) 縮尺決定のための基点：一平面上に最少4点を必要とする。今回はプラスチック製透明板上に5 cm 間隔の格子を画いた基準板を敷き、その上にモデルを置いた。

ii) 高さ決定のための基点：被写体の高さよりも若干高いもの1点を必要とするが、今回はあらかじめ長さを

測定した石膏円柱を4箇立てた。

3) 写真撮影 (図4)

写真機：マミヤフレックス (プロフエツシヨナル)

C II. 6 × 6 cm

焦点距離：80 mm

紋り：11

シャッタースピード：1/25秒

撮影距離：103 cm (被写体底面よりフィルム膜面迄の距離)

基線長 (カメラの撮影位置間隔)：13.7 cm

基線比 (基線長対撮影距離)：1 対 7.5

図 4

今回は床上に静置した被写体 (基準点と試験物) に対して、カメラをその真上に設置し、光軸が規準面に垂直になるようにした。そして次のような条件でカメラを移動して、同一物体を2ヶ所から撮影した (立体撮影)。撮影の際の一般的条件は次の通りである。

(a) 2ヶ所で撮影する場合の両光軸を平行にし、且つ被写体の縦に対してはなるべく中央を光軸が通るようにし、被写体の斜面が左右両写真上に写し撮れるように基線長を決定し、且つなるべく長くすることが望ましい。

(b) 両写真の主点 (レンズの中心) が各被写体の外側に僅かに離すこと。

(c) 両写真とも被写体の基準面に対し、その光軸を直角に向けること。

(d) 被写体の縦巾が画面上の80%以下であること。

(e) 被写体の横巾が画面上の主点の外方約40%であること。

(f) 以上の各項を参照し、被写体をなるべく大きく写すこと。

(g) 被写体に対して、焦点深度をなるべく深くすること。

等である。

4) 偏歪修正

図5に示したのが偏歪修正機である。これは精密な大型の写真引伸機であつて、倍率を変えることの他に、投影板の傾斜も自由に変わることができる。すなわち前後への傾斜、左右への傾斜、前後及び左右への移動がハンドルによつておこなえる機構になつている。先づ適当な縮尺（又は倍率）で4箇の基点を紙の上に展開し、その紙を投影板の上にのせる。今回のような小物体撮影の時は、撮影の際に基点を記入したプラスチックの板をそのまま使用することもできる。そして撮影した写真陰画を

図 5

この機械にかけ、写真上の対応する4点が丁度その板上にある4点の位置にくるように投影板を調整してあわせれば、その時他の点もすべて正しい位置にきている。しかしこの4点の外側は誤差が大きくなるため、被写体はなるべくこの4辺形の中におくべきである。このようにして、撮影時のカメラの傾き、あるいは2枚の写真の間のカメラと被写体との距離の変動等を修正することができたわけである。ただし図化の際、今回のようにクロモチグラフを使用した時は、写真を裏焼きにしなければならない。

5) 標定、測定及び図化

この場合われわれはクロモチグラフ図6を用いた。クロモチグラフは次のような機構をもっている。

(a) 傾きの標定機構を除くことによつて、機構を簡易

図 6

化した図化機である。そのため装定する写真は原則として、光軸が被写体の基準面に直角であることが必要であるが、傾いて撮影された写真は偏歪修正をおこなつて、垂直に撮つたものと等しい写真として使用できる。但し偏歪修正が残留したわづかの傾きを標定するための機構は附属している。

(b) 焦点距離のことなつたあらゆるカメラで撮影された写真の図化処置に適応せしめてある。

(c) 撮影距離差の標定機構を有している。

(d) 撮影高度柱及び標高柱を設けてあり、標高柱には円板目盛を附して測定度を高めてある。

(e) 装定用印画の大きさは46×46cmの半面が立体観測できる。これより小さい場合は測角中心（主点又は鉛直点）を含んでいる必要がある。

偏歪修正をおこなつた写真は、図化に適応した大きさに拡大した印画にして用いる。この場合、理想としては伸縮のないコレクタット（アルミニウムの薄板をもつて貼り合わせた印画紙）を用いるとよい。印画紙の伸縮を許容する場合は普通の印画紙を用いても差支えない。

拡大された写真は、クロモチグラフ上に正確に挿てんし、基点（図根点）によつて対地標定および縮尺を決定し、標高目盛をあわせる。こうして実際と同一の三次元像が一定の縮尺で再現される。こゝではじめて測定をおこなうことができる。

次いで描画器の測標（光点）を駆馳して、図紙上に図

図 7

図 8

化をおこなう。

測定の結果及び実測との比較は表1～表6に示し、平均誤差を算出した。それによると、小型普通カメラとクラモチグラフとの組合わせによる写真測定の精度は、標高測定で0.30～0.52mmの誤差、辺長測定で0.40～0.70mmの誤差であった。

6) 応 用

模型Ⅰ及びⅡにおいて測定した誤差の許容度をもつて小型カメラ及びクラモチグラフの組合わせから、小物体の写真測定が可能である。序論において述べたように、われわれはこの方法を顔面並びに顎石膏模型に応用した。その実際例を図9～12に示した。

図9は顔面正貌の立体写真及び前額断面に平行した等高線図化例である。図10は同一人の側貌立体写真で、矢状断面に平行した等高線図化をおこなった。等高線間隔

は2mmである。

この方法に基いて、顔型の分類を定量的におこなうことが可能であり、歯列弓、唇面形態その他各部の形態的比較研究ができると共に、顔面の生長線の追求、不正排列と側貌との関連、鼻部その他の局所的な形態学、歯牙喪失に伴う顔貌の変化、顔貌の恢復、腫瘍その他の疾病による腫脹の形態的变化、及びそれらの外科的処置後の変化、あるいは整形手術前後の比較等、範囲を顔面のみに止めても応用範囲は極めて広い。

図11、12は夫々有歯顎、無歯顎の石膏上顎の模型を図化したもので、等高線は模型基底面に平行であり、この場合は特に解剖的基準面によつていない。等高線間隔は2mmである。この例についての応用も、顔面の場合と同様で口蓋穹の形態的研究、歯列弓、歯槽弓の分類、抜歯後の形態的变化等の研究が可能である。

表 1

モデル I 格子板測定誤差 1960-3-22

	0	1	2	3	4		摘 要
1	0.0	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	ΔX	0 1 の欄は基準点 1 全じく 3 1 は 31
	+0.5	0.0	+0.3	0.0	-0.6	ΔY	
	+0.6	+0.4	0.0	-0.4	-0.2	ΔH	
2	-0.1	0.0	-0.3	-0.3	-0.2	ΔX	0 2 の欄は基準点 2 以下同じ
	+0.5	+0.2	0.0	+0.5	-0.1	ΔY	
	-0.8	+0.2	0.0	0.0	-0.4	ΔH	
3	-0.5	0.0	—	0.0	-0.5	ΔX	
	-0.3	0.0	—	+0.3	+0.2	ΔY	
	-1.6	-0.6	—	+0.2	-2.0	ΔH	
4	+0.2	-0.2	—	+0.1	+0.1	ΔX	
	0.0	+0.2	—	+0.7	+0.7	ΔY	
	+0.4	0.0	—	0.0	-2.6	ΔH	
5	+0.3	+0.2	+0.4	+0.6	+0.3	ΔX	
	0.0	+0.3	+0.3	+0.6	+0.8	ΔX	
	+2.6	0.0	-1.2	-1.6	-4.2	ΔH	
6	+0.0	0.0	+0.5	+0.4	+0.3	ΔX	+ Y
	-0.2	0.0	+0.5	+0.5	+0.1	ΔY	
	+1.6	-0.8	-2.8	-4.2	-6.2	ΔH	
7	←		測定せず		→		— + X

上は各基準点に対する各点の誤差 ΔX ΔY ΔH を表わす。

表 2

モデル I 1960-3-22

点 名	読定値 1	2	平均値	実測高	差	摘 要
A	mm 80.0	79.8	79.9	80.2	-0.3	
B	79.2	79.4	79.3	79.8	-0.5	
C	80.2	80.0	80.1	79.5	+0.6	
D	39.7	40.2	40.0	39.6	+0.4	
					$\frac{m}{m}$ 0.45	…標高決定平均誤差
0						
1	33.0	32.8	32.9	33.27	-0.4	
2	33.1	33.3	33.2	33.03	+0.2	
3	33.4	—	33.4	33.00	+0.4	
4	33.5	33.9	33.7	33.23	+0.5	
1''	56.0	56.2	56.1	55.87	+0.2	
2''	56.1	55.9	56.0	55.93	+0.1	
3''	55.8		55.8	55.70	+0.1	
4''	56.3	56.5	56.4	55.90	+0.5	
					$\frac{m}{m}$ 0.30	…標高測定平均誤差

表 3

モデル I

辺 長	写 測	実 測	差	辺 長	写 測	実 測	差
1 ~ 2	60.8	60.3	+0.5	1' ~ 2'	74.6	74.4	+0.2
2 ~ 3	59.3	58.7	+0.6	2' ~ 3'	71.6	71.6	0.0
3 ~ 4	63.4	63.0	+0.4	3' ~ 4'	77.1	77.0	+0.1
4 ~ 1	46.0	45.8	+0.2	4' ~ 1'	56.5	56.2	+0.3

辺長測定平均誤差..... +0.4 ‰ //+0.15‰

但し 辺長1 ~ 2, 3 ~ 4は斜距離であるがその差が測定誤差に較べて微少である
ので水平距離と見做してよい。

表 4

モデル II

格子板 測定 誤 差

1960-3-24

	0	1	2	3	4		
1	-0.5	-0.2	-0.1	0.0	-0.8	△X	
	+1.1	+0.8	+0.2	+0.2	-0.5	Y	
	0.0	+0.1	0.0	-0.1	-0.1	H	
2	-0.6	-0.1	0.0	+0.1	-0.9	△X	
	+1.1	+0.9	+0.9	+0.6	+0.2	Y	
	+0.1	+0.9	+0.4	-0.6	+0.9	H	
3	-0.6	-0.2	0.0	0.0	-0.5	△X	
	+0.4	+0.3	+0.4	+0.4	+0.4	Y	
	+1.9	+0.7	0.0	-0.6	+1.0	H	
4	-0.5	-0.2		+0.1	-0.6	△X	
	-0.5	-0.1		+0.1	+0.4	Y	
	+2.2	+1.0		-0.6	+0.7	H	
5	-0.7	+0.4	0.0	+0.1	-0.6	△X	
	-1.0	-1.0	-0.5	-0.4	+0.3	Y	
	+2.1	+1.5	+0.6	-0.6	+0.9	H	
6	-0.6	-0.4	0.0	+0.2	-0.4	△X	
	-1.6	-1.7	-0.6	-0.4	+0.1	Y	
	+2.1	+1.5	0.0	-0.6	+0.3	H	
7	-0.6	-0.5	0.0	+0.2	-0.5	△X	
	-1.7	-1.9	-1.1	-0.8	+0.2	Y	
	+1.8	+0.7	+0.3	-0.7	-0.9	H	

表 5

モデル II

1960-3-24

点 名	読定値 1	2	平 均	実 高	差	摘 要
A	此の欄はモデル1 に同じ		80.4	80.2	+0.2	
B			78.2	79.8	-1.6	
C			80.6	79.5	+1.1	
D			40.1	39.6	+0.5	
					‰ 0.85	標高決定平均誤差

点 名	読定値 1	2	平 均	実 高	差	摘 要
1	43.3	43.2	43.25	41.9	+1.4	
2	42.0	42.0	42.00	42.4	-0.4	
3	42.4	42.1	42.25	42.1	+0.2	
4	43.3	42.7	42.00	42.00	0.0	
1'	1.8	1.5	1.65	0.0	+1.6	
2'	-0.6	-0.6	-0.60	0.0	-0.6	
3'	-0.6	-0.7	-0.65	0.0	-0.6	
4'	-0.9	-0.9	-0.90	0.0	-0.9	
0	75.1	75.4	75.25	75.7	-0.4	
					$0.52 \frac{m}{m}$	標高測定平均誤差

表 6

モデルⅡ

辺 長	写 測	実 測	差	辺 長	写 測	実 測	差
1 ~ 2	32.6	32.3	+0.3	1' ~ 2'	83.4	82.5	+0.9
2 ~ 3	33.8	33.7	+0.1	2' ~ 3'	79.5	79.2	+0.3
3 ~ 4	34.5	34.0	+0.5	3' ~ 4'	86.2	85.3	+0.9
4 ~ 1	33.5	33.3	+0.2	4' ~ 1'	79.0	78.2	+0.8

辺長測定平均誤差..... $0.3 \frac{m}{m}$ // $0.7 \frac{m}{m}$

図 9

図 10

図 11

図 12

第1回報告の稿を終るにあたり、御指導、御校閲を賜った北村教授を初め、本研究に積極的な御協力を下さった東大生産技術研究所の丸安隆和教授、大島太市氏、アジア航空測量株式会社の金沢正治氏、西尾元充氏、小原純男氏、ならびに補綴学教室員諸氏に深く感謝の意を表する次第である。

(本論文の要旨は昭和35年2月20日、第150回東京歯科大学学会で発表した。)

参 考 文 献

- 1) Perey Tham: "Photogrammetric Application in Dentistry", Photogrammetric Engineering Vol. XIX, No. 4, p. 668 (1953).
- 2) Dr. M. Zeller, (Translated from the German Original by E.A. Miskin and R. Powell) "Text Book of Photogrammetry" p. 98 (1952) London.
- 3) 尾崎幸男: 写真測量, p. 22 (昭34) 東京.
- 4) 木本氏房: 航空写真測量, p. 3 (昭32) 東京.
- 5) 片山宏: 咬合, 齒列弓, 口蓋の形態学的研究, 齒科学報 58巻1号, 附録 p. 1 (昭33).