

悪性腫瘍切除後の機能的再建外科に対する
コンピュータ支援手術法の新規開発

課題番号 07807118

平成9年度文部省科学研究費補助金（基盤研究（C））
研究成果報告書



平成10年2月

研究代表者 野崎 幹弘
(東京女子医科大学・医学部・教授)

平成9年度文部省科学研究費補助金（基盤研究（C））研究成果報告書

研究課題

悪性腫瘍切除後の機能的再建外科に対するコンピュータ支援手術法の
新規開発

課題番号 07807118

研究組織

研究代表者 野崎 幹弘（東京女子医科大学・医学部・教授）
研究分担者 寺田 伸一（東京女子医科大学・医学部・助手）
竹内 正樹（東京女子医科大学・医学部・助手）
下田 勝巳（東京女子医科大学・医学部・助手）

研究経費

平成7年度	700千円
平成8年後	600千円
平成9年度	800千円
合計	2100千円

研究発表

(1)学会誌等

寺田伸一・河野太郎・野崎幹弘・佐々木健司、三次元レーザースキャナーによる立体形状計測の実際と注意点、形成外科、第41巻第1号（pp55-63）、1998年1月

(2)口頭発表

寺田伸一・佐々木健司・片平次郎・野崎幹弘、三次元レーザースキャナーによるFacial Contourの定量評価と臨床応用、第40回日本形成外科学会学術集会、大阪、1997年4月9-11日

研究成果

緒言

悪性腫瘍切除術後の再建外科が一般的な手術手技として認められ、確立されつつある。体表面あるいはその近傍の悪性腫瘍は顔面、副鼻腔、口腔、咽喉頭、乳房、会陰部、全身の皮膚、皮下組織、筋肉等が発生母床となりうる。このような悪性腫瘍に対する手術療法はときに重篤な機能欠損を伴う広範囲の組織欠損を招来する。このような症例に対しては従来身体他部位より遊離組織移植術が行われてきた。しかし、組織欠損に対する被覆が主な目的であり、失われた機能を回復するまでにはいたらないことが多い。しかも、欠損部が被覆されただけで、失意の底にある患者の精神的負担を軽減するには及ばない状況である。また、重要な機能損失が残存したまま、再手術を余儀なくされる症例も散見される。そこで、悪性腫瘍切除後の患者のQOL向上のために、機能的再建法を確立することが急務である。

本研究では形態学および機能学的な再建を最も効率よく行うために、コンピュータを用いた身体軟部組織の形態および機能的定量評価法を確立するための基礎的研究を行ってきたので、報告する。

材料および方法

(1)測定装置

レーザー光を利用した三次元曲面形状計測装置（ボクセラン、浜野エンジニアリング）（図1）を用いた¹⁾。これは三角測量の原理を応用し、スリットレーザー光によって検出ヘッドから測定対象までの距離を3次元的に計測し、測定対象の立体形状をデジタル化する装置である。スリットレーザー光を2本使用することにより（図2）、より高精度な計測が可能であることと、1台の装置でも交換レンズにより160mm視野と370mm視野の双方に対応することができ、測定対象の選択範囲が広いことが特徴である。本研究ではさらに標準型（HEV250S）および広角型（HEV300M）の2機種を使用した（図

3)。

(2)測定精度

三次元曲面形状計測装置によって得られた三次元データの精度、および空間角度および表面積の精度を検討した。

i) 三次元データの精度

計測機器の前方のリニアステージにつや消し塗装を施したハニカム板（基準板）を平行に設置し、標準型では80mm毎、広角型では100mm毎の間隔で繰り返し計測し、基準板までの距離を算出した（図4）。

ii) 空間角度の精度

上記と同様の基準板を計測機器の前方、一定距離を離して設置し、 -80 度から $+80$ 度まで 10 度間隔で回転させながら計測し、基準板の傾斜角度を算出した（図5）。

iii) 表面積の精度

計測機器から一定距離離して、 1 cm 間隔の方眼紙を設置し、これを計測し、 1 cm^2 を三次元解析ソフト上で繰り返し求めた（図6）。

(3)臨床応用

i) 外鼻形状解析

外鼻の水平断面が山形を呈し、高さの変化率すなわち微分が漸増、漸減する3次関数を示すことに着目した。3次関数には変曲点が存在するので、外鼻の水平断面での変曲点を左右で求めた。この点での傾斜角度がこの水平断面での傾斜の最大値になる。約 0.5 mm 毎に外鼻の水平断面の最大鼻背傾斜角度を自動的に求めることができるプログラムを作成した（図7）。本プログラムを用いて同一被検者の外鼻を5回ずつ計測し、最大鼻背傾斜角度の再現性を検討した。また、腫瘍によって外鼻変形を来した患者や外傷によって鼻骨骨折などを来した患者を対象に外鼻三次元解析報告書を作成した。これには鼻梁線と変曲点を画像上に表示し、鼻梁線の顔面の中心線からのずれの平

均値および左右鼻背での最大鼻背傾斜角度の平均値と左右差を一覧表に作成した。

ii) 顔面形態解析

顔面を正面から三次元計測する場合、頬部の曲面が欠落することが判明したため、第1斜位および第2斜位から計測した。左右顔面の対称性を検討するために、左右顔面画像のスーパーインポーズ（重ね合わせ）によるマッチング解析を開発した。これにより左右顔面の高さの差とその範囲が等高線状に視覚的に定量化される。また、左右顔面の高さの差をより正確に求めるために、頬部の曲面に沿った法線距離を算出できるようにプログラムを改良した。

悪性腫瘍によって頬部欠損や前額部変形を生じた患者や外傷による頬骨骨折を来した患者を対象に顔面形態解析報告書を作成した。

iii) 顔面運動解析

顔面のランドマークの三次元座標データを記録し、顔面表情筋の運動量を計測した。顔面の表情の中で、とくに口唇の動きが最も重要であるので、口唇運動を解析した。まず、安静時の口唇を三次元的記録したのち、いーと発声したときの口唇を再計測した。そして、安静時と運動時の左右口角点とキューピッド弓の中心点の三次元座標を求め、口角の三次元的運動量と方向性を求めた。

悪性腫瘍などによって顔面神経麻痺を生じた患者を対象に顔面運動解析報告書を作成した。

結果

(1)測定精度

i) 三次元データの精度

三次元曲面形状計測装置の標準型では平均2乗誤差が0.387画素

(n=54466)、広角型では0.411画素(n=76800)であった(図8)。

ii) 空間角度の精度

三次元データから算出した傾斜角度を示した(図9)。基準板の回転角度との誤差は 0.538 ± 0.45 度(n=1584)であった(図10)。

iii) 表面積の精度

1 cm間隔の方眼紙の三次元データから算出した 1 cm^2 の測定値は $1.067 \pm 0.096 \text{ cm}^2$ (n=40)であった。平均2乗誤差は 0.115 cm^2 であった(図11)。

(2)臨床応用

i) 外鼻形状解析

鼻背の変曲点を各水平断面でプロットした図を示した(図12)。同一被検者の最大鼻背傾斜角度の再現性は三次元曲面形状計測装置の標準型が左 57.5 ± 0.5 度、右 59.0 ± 0.6 度であり、広角型では左 57.9 ± 5.6 度、右 58.2 ± 1.2 度であった(図13)。最大鼻背傾斜角度の再現性は良好であった。

外鼻形態解析報告書の一症例を示した(図14)。外傷で鼻部打撲を受傷した患者で、左に斜鼻を認めた。鼻梁線は中心線から $3.0 \pm 0.9 \text{ mm}$ もずれ、鼻背傾斜角度も左右差が 13.1 ± 6.0 度もあった。

ii) 顔面形態解析(図15)

左の症例は左前額部皮膚欠損に対して植皮術を受けた患者であり、三次元計測から患側前額部が健側と比較し、 $2 - 4 \text{ mm}$ 陥凹していることがわかった。また、顔面神経の側頭枝の麻痺も認められたため、遊離筋肉移植を行う予定である。

右の症例は右顔面リンパ管腫の患者である。三次元計測による術前、術後の比較では $12 \times 14 \text{ cm}$ の範囲で最大 12 mm の厚みが改善していることがわかった。

iii) 顔面運動解析(図16)

左口角の右方変位を主訴に来院した患者である。顔面神経の部分麻痺を疑い、三次元計測を行った。安静時といーと発声したときの口角の運動量の差は 0.4 mm であり、顔面神経麻痺は認められなかったが、右口角から中心線までの距離が 31.9 mm であるのに対し、左口角から中心線までが 27.7 mm と右へ

4.2mm変位していることがわかった。

結語

身体軟部組織の立体形状を三次元曲面形状計測装置を用いてコンピュータ内にデジタル化した。三次元形状データの精度を空間角度、表面積から検討し、十分な精度で三次元形状が再現されることが確認された。

また、形態的、機能的定量評価法として、三次元曲面での変曲点から最大傾斜角度を求める方法、左右画像を重ね合わせるマッチング法、ランドマークの三次元座標から運動を解析する方法を検討し、その有用性を認めた。

参考文献

1) Uesugi, M; Three-dimensional curved shape measuring system using image encoder. J. Robotics Mechatronics 3: 190-195, 1991

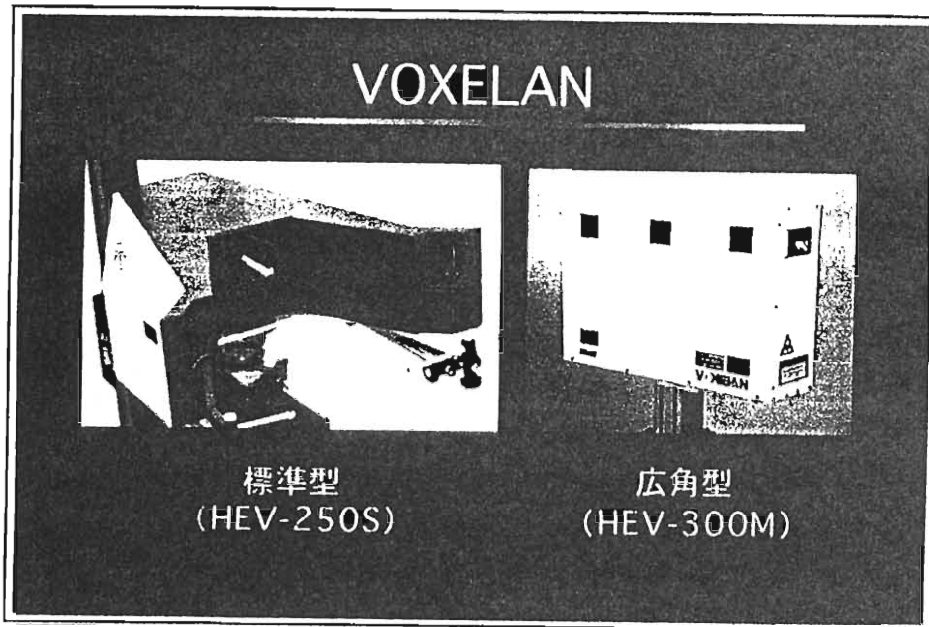


図1 三次元曲面形状計測装置（ボクセラン）の外観
（左：標準型、右：広角型）

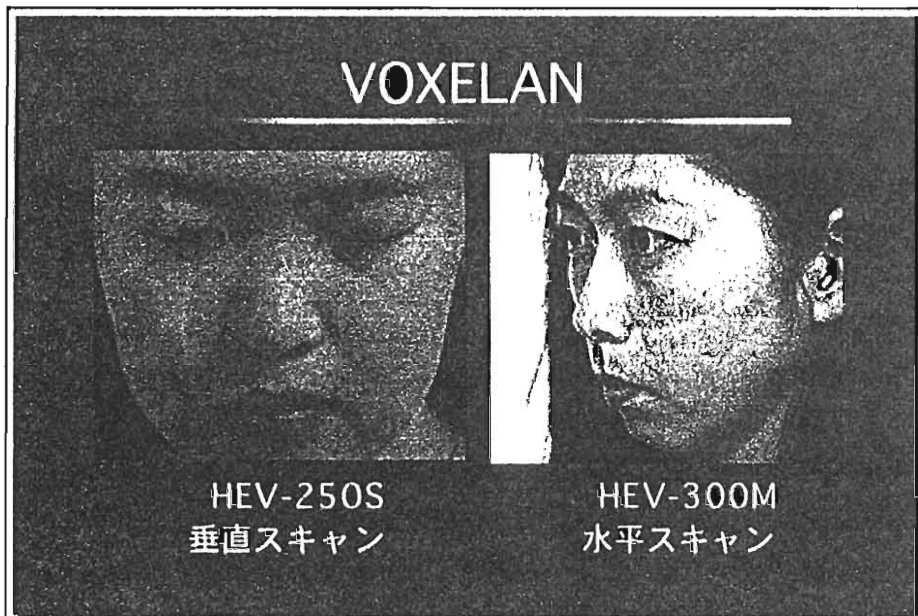


図2 スリットレーザー光を用いたスキャン
（左：標準型、右：広角型）

入力機器

三次元曲面形状計測装置 (VOXELAN)

標準型 (HEV-250S)
 100X100mm (0.392mm), 370X370mm (1.456mm)
 垂直スキャン方式
 アナログ方式=ガルバノスキャナメーター

広角型 (HEV-300M)
 160X160mm (0.627mm), 300X300mm (0.920mm)
 水平スキャン方式
 デジタル方式=ステッピングモーター

図3 三次元曲面形状計測装置 (ボクセラン) の標準型と広角型の比較

基準板計測

HEV-250S
垂直スキャン

HEV-300M
水平スキャン

図4 基準板を用いた三次元データの精度計測
 (左:標準型、右:広角型)

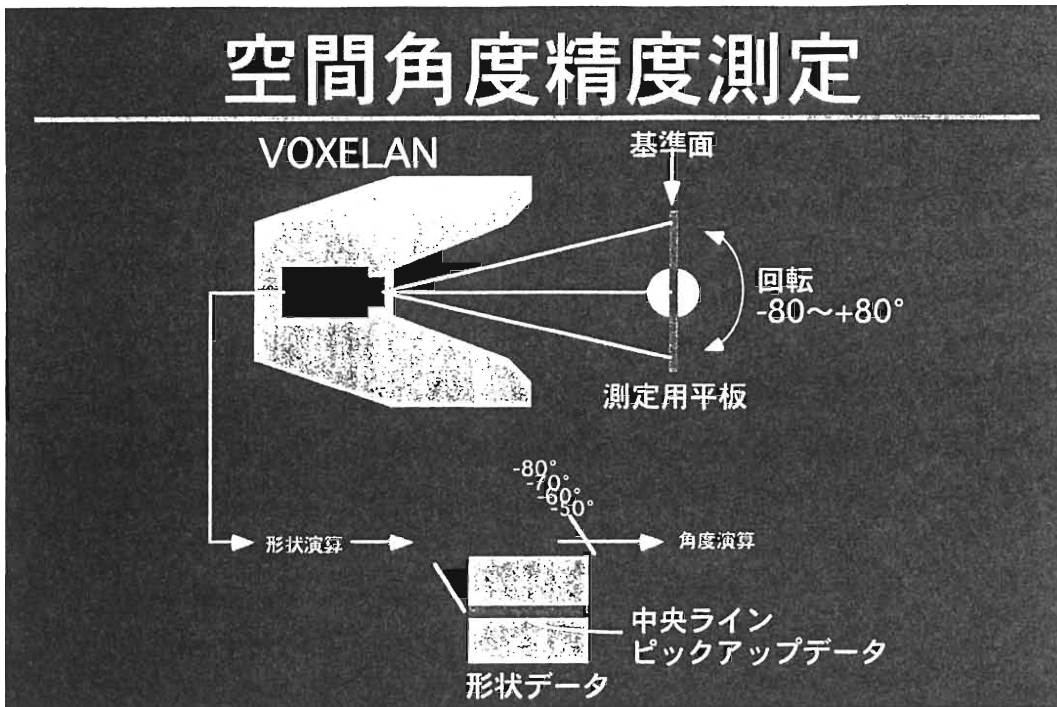


図5 空間角度の精度計測

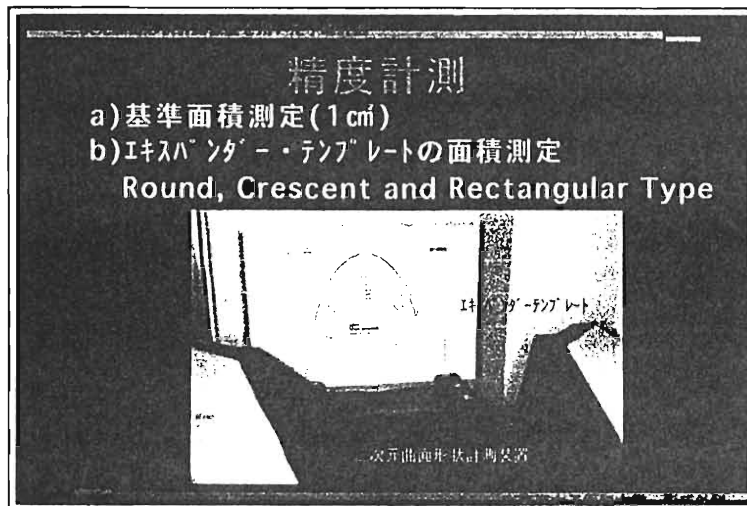


図6 1 cm間隔の方眼紙の計測

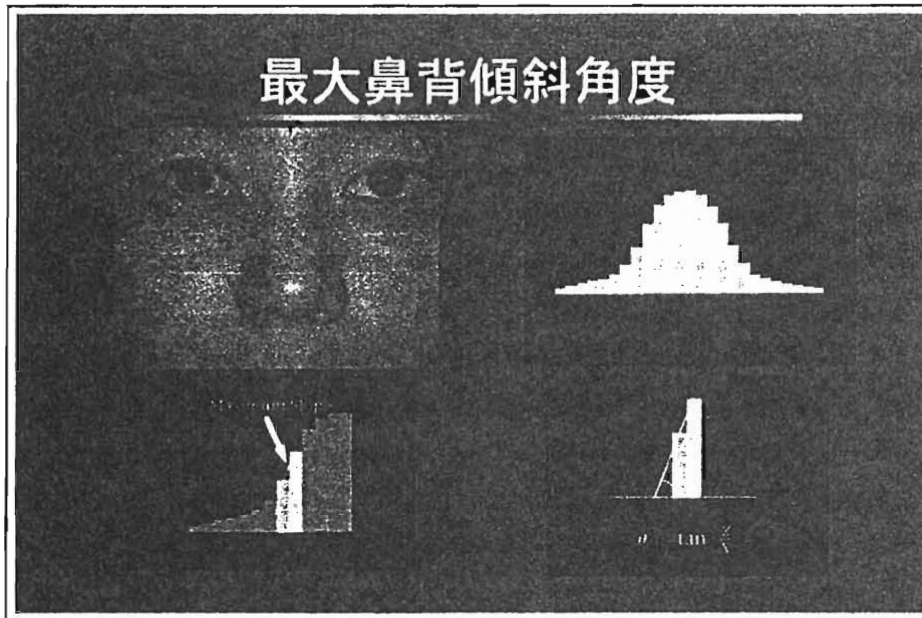


図7 外鼻の最大傾斜角度算出原理

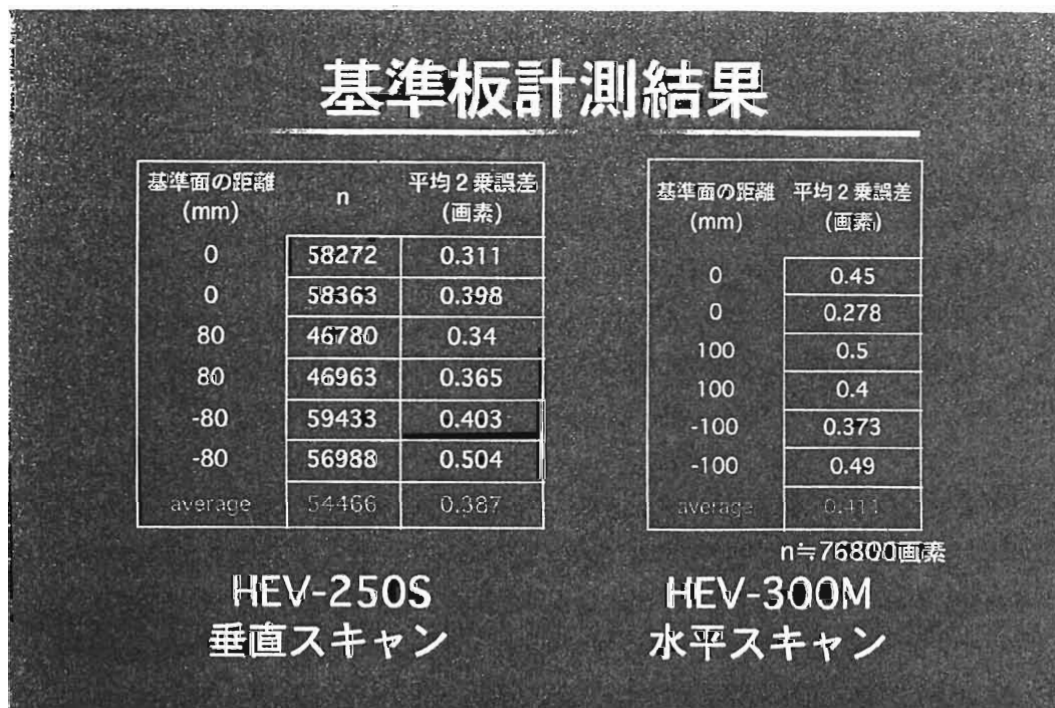


図8 三次元データ精度計測結果

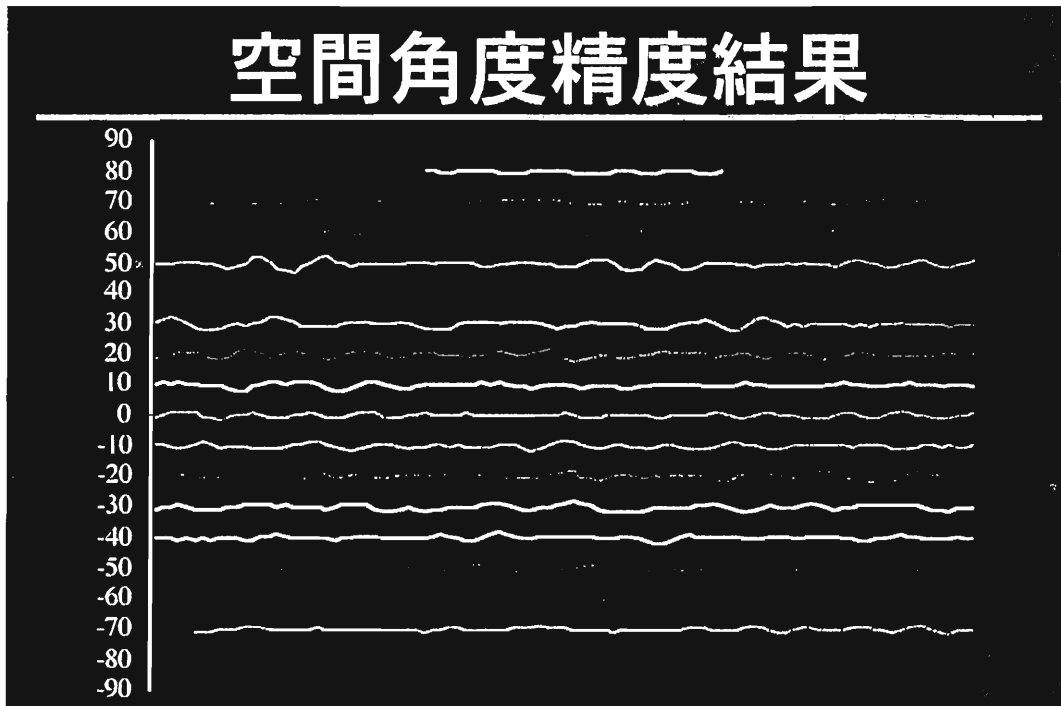


図9 基準板の空間角度の計測結果

空間角度精度結果

演算角度				設定角度と演算角度の誤差			
	n	mean	S.D.		n	mean	S.D.
-80	46	-79.913	0.25	-80	46	0.192	0.18
-70	96	-69.973	0.503	-70	96	0.382	0.32
-60	101	-59.966	0.76	-60	101	0.611	0.44
-50	101	-49.981	0.751	-50	101	0.607	0.43
-40	101	-39.889	0.611	-40	101	0.463	0.41
-30	101	-29.899	0.777	-30	101	0.614	0.48
-20	101	-19.916	0.781	-20	101	0.589	0.51
-10	101	-9.944	0.719	-10	101	0.579	0.42
0	101	-0.02	0.52	0	101	0.401	0.32
10	101	9.929	0.712	10	101	0.578	0.41
20	101	19.923	0.821	20	101	0.644	0.51
30	101	29.945	0.922	30	101	0.708	0.58
40	101	39.955	0.7	40	101	0.565	0.41
50	101	49.888	0.913	50	101	0.695	0.59
60	101	59.963	0.623	60	101	0.485	0.39
70	92	69.997	0.534	70	92	0.428	0.31
80	37	80.064	0.22	80	37	0.184	0.13
	158			total	1584	0.538	0.45

図10 空間角度の精度計測結果

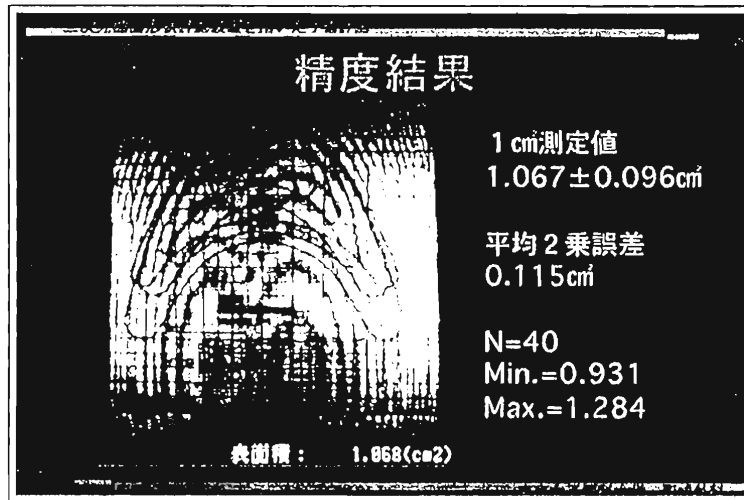


図1 1 表面積精度計測結果

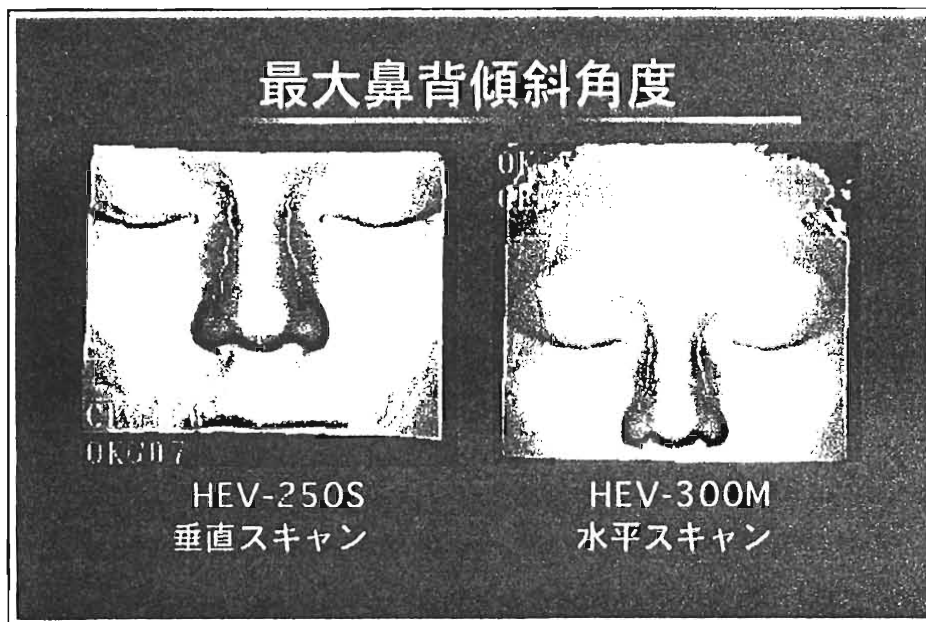


図1 2 鼻背での最大傾斜を示す変曲点

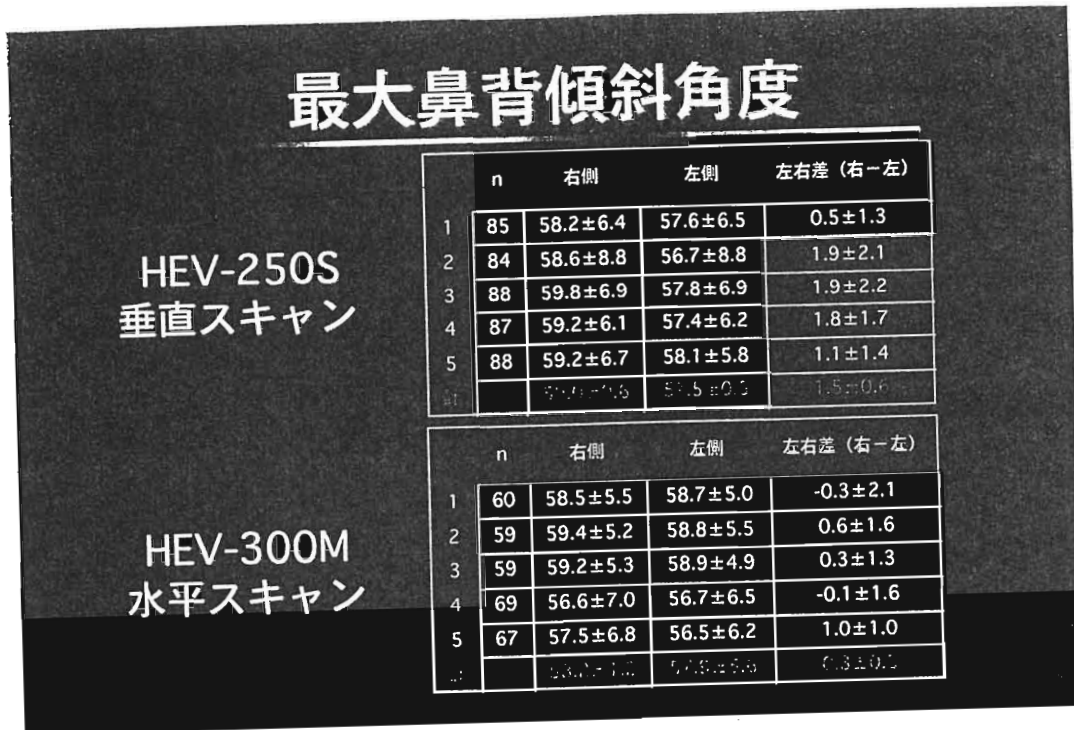


図 1 3 最大鼻背傾斜角度の再現性

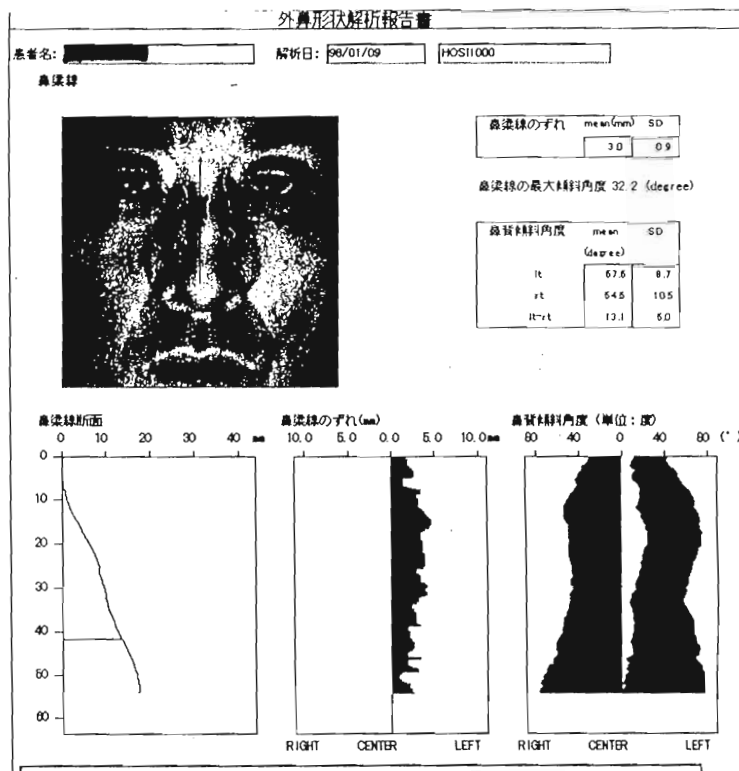
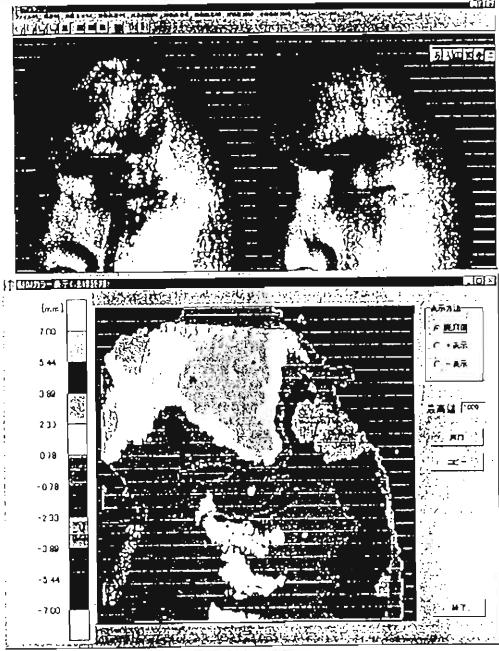


図 1 4 外鼻形態解析報告書

三次元形態解析報告

東京女子医科大学形成外科

カルテ番号 [] 患者氏名 [] 施行日 []



三次元形態解析報告

東京女子医科大学形成外科

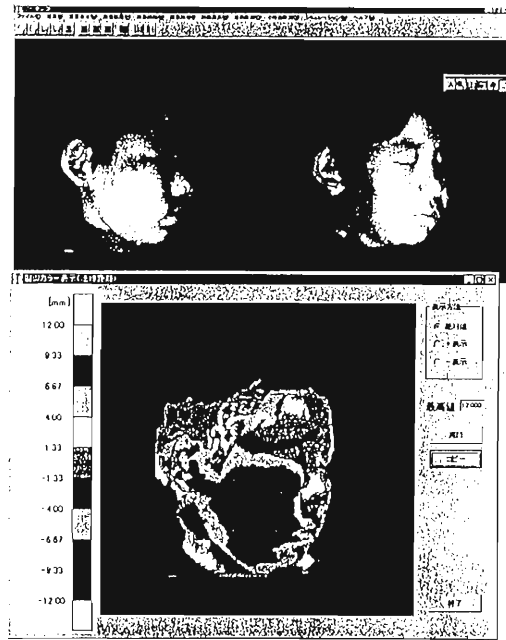
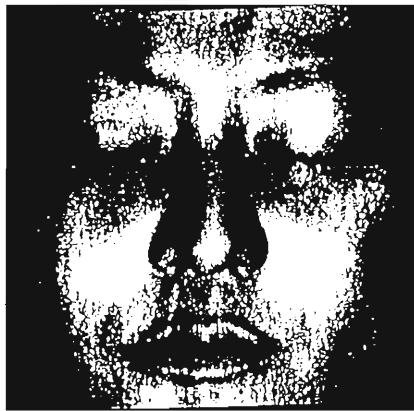


図 1 5 顔面形態解析報告書

三次元形態解析報告

東京女子医科大学形成外科

カルテ番号 [] 患者氏名 [] 施行日 []

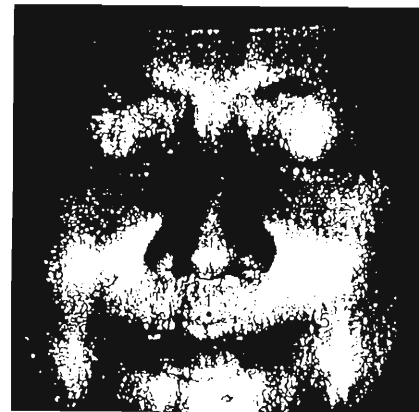


項目	値	単位
右口角	62476	mm
左口角	97765	mm
中心線	21130	mm
右口角-中心線	48610	mm
左口角-中心線	43120	mm
右口角-中心線	76195	mm
左口角-中心線	42876	mm
右口角-中心線	31730	mm
左口角-中心線	107310	mm
右口角-中心線	83545	mm
左口角-中心線	107655	mm
右口角-中心線	4876	mm

基準点(0)は左上角
 中心線のX座標は62.5mmである。
 左右の口角の位置はほぼ同じ。
 一方、右口角のX座標は37.7mm。
 左口角のX座標は83.5mmである。
 これより中心線は右口角までの距離は
 右口角-中心線=24.8mm
 左口角-中心線=21.0mm
 左右口角の位置の差X座標で3.6mm
 Y座標はほぼ同じ
 Z座標では左が右より1.5mm高い、筋力がある。

三次元形態解析報告

東京女子医科大学形成外科



項目	値	単位
右口角	61496	mm
左口角	99716	mm
中心線	18266	mm
右口角-中心線	47776	mm
左口角-中心線	44836	mm
右口角-中心線	74726	mm
左口角-中心線	44346	mm
右口角-中心線	29846	mm
左口角-中心線	97765	mm
右口角-中心線	89180	mm
左口角-中心線	97265	mm
右口角-中心線	-4664	mm
左口角-中心線	-0387	mm

いーと発声時の画像
 右口角-中心線=31.9mm
 左口角-中心線=27.7mm
 左右差=4.2mm
 安静時と比較した口角の運動量
 右口角=7.1mm
 左口角=6.7mm
 左右差=0.4mm
 麻痺または運動障害は認められない

図 1 6 顔面運動解析報告書 (1)