原 著

歯・顎顔面頭蓋形態における遺伝的および環境的特徴

——中南米での海外学術調査資料を用いて——

三 浦 不二夫 相 馬 邦 道 黒 木 健 広

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学第1講座（主任：三浦不二夫教授）

（1990年12月20日 受付）

Genetic and Environmental Characteristics in Dento-craniofacial Morphology

——Using Materials from Survey on Latin American Indians——

Fujio Miura, Kunimichi Soma and Takehiro Kuroki

The First Department of Orthodontics, Faculty of Dentistry,
Tokyo Medical and Dental University
(Director : Prof. Fujio Miura)

Most previous researches of hereditary characteristics of the craniofacial skeleton have used the twin-study method. In this study, dental anthropological materials were used to clarify genetic and environmental characteristics of the dento-craniofacial morphology.

The sample consisted of four groups including Mexican Indians (N=71), Peruvian Indians (N=41) and their ancient ancestors : skulls of Mexican Indians (N=33) and Peruvian Indians (N=34). These groups shared the common origin of the Mongoloid race.

Morphological similarity and difference among these groups were examined by principal component analysis and Student t-test using the dento-craniofacial data based on roentgenographic cephalograms and dental casts.

The morphological similarity means the genetic characteristics which maintained during time differences between ancient and present times and throughout regional differences between Mexico and Peru. The morphological difference means the environmental characteristics which produced during the time differences and throughout the regional differences.

Results were as follows :

(1) The genetic morphological characteristics were found predominantly in the anterior cranial base, the dental arch form and to a certain extent in the basal portion of the mandible and the vertical dimension of the naso-maxillary complex.

(2) The environmental characteristics were found predominantly in the muscular portion of the mandible, the alveolar portions of the maxilla and the mandible, the length of the dental arch and to a certain extent in the antero-posterior dimension of the maxilla.

I. はじめに

歯科矯正の臨床において、顎顔面頭蓋形態の特徴を遺伝的および環境的観点から明確にすることは、不正咬合の診断ならびに治療方針の決定を行ううえで重要な課題である。

顎顔面頭蓋形態は、連続的な変異をもつ量的形質が複合されたものと考えられきており¹⁾、従来より、種々の計測値を用いることにより、形態への遺伝と環境の関与性が検討されてきた。これには、双生児を対象に、それらの間の形態類似性や形態相違性を基に統計処理した多くの報告が認められる²⁻⁵⁾。一方、検討対象をこのような双生児に求めず、時間的にも空間的にも、より広範囲な一般的な集団を対象にした研究により、顎顔面頭蓋形態に対する遺伝と環境の課題を解明してゆく方法も考えられよう。

著者らは、文部省科学研究費助成により、1982年南米ペルー、また、1987年中米メキシコにおいて、古代と現代のペルーインディオならびに中米インディオを対象として歯科人類学的調査を行ってきた⁶⁻⁷⁾。これらの集団の祖先は、Greenberg, Turner, Zegura⁸⁾により、言語学、人類学および人類遺伝学の立場から、15,000年前頃より3回にわたりアジア大陸から、ベーリング海峡を経てアメリカ大陸に移動してきたモンゴロイドとされている。

そこで、本研究では、モンゴロイドとしての共通の祖先を有する上記の四つのインディオの集団を対象として、(1)古代と現代との少なくとも450年以上の長期間にわたる時代差の間および赤道を隔てて位置するメキシコとペルーとの地域差の間において認められる歯列・顎顔面頭蓋の形態類似性や形態相違性を詳細に検討すること、加えて、(2)得られた形態類似性と形態相違性から歯列・顎顔面頭蓋形態に対する遺伝的および環境的関与性を考察することを目的とした。

II. 資 料

資料は、メキシコ国、メキシコシティ市の国立

人類学博物館に所蔵されたプレ・コロンビア期(紀元1532年以前)の古代中米インディオ頭骨女性33体(推定年齢21~55歳)とユカタン半島のオシュクシュカブ地区に居住する現代中米インディオ女性71名(20歳2カ月~48歳3カ月;平均年齢29歳9カ月)ならびに、ペルー国、リマ市の国立人類考古学博物館と天野博物館に所蔵されたプレ・コロンビア期の古代ペルーインディオ頭骨女性34体(推定年齢26~50歳)とアンデス山脈のラウアパンパ地区に居住する現代ペルーインディオ女性41名(20歳5カ月~49歳9カ月;平均年齢32歳2カ月)より採取された側貌頭部X線規格写真および上下顎歯列模型である。

III. 方 法

現代と古代との時代差間およびメキシコとペルーとの地域差間において認められる歯列・顎顔面頭蓋の形態類似性(以後、類似性と略す)と形態相違性(以後、相違性と略す)を以下に述べる1. 前処理と、2. 検討手順により評価した。

1. 前処理

1) 顎顔面頭蓋形態の数量化

各個体の側貌頭部X線規格写真上に Riolo ら⁹⁾

図1 側貌頭部X線規格写真上の計測点(Riolo ら⁹⁾の方法に準じる)

の方法に準じて57計測点を設定し、それらをx, y座標値化した(図1)。ついで、それらの座標点の組合せにより算出された105個の計測値(角度項目35, 距離項目70)を変数とした。さらに、これらの変数を頭蓋底部, 鼻上顎部, 下顎骨部, 上顎歯槽部および下顎歯槽部の五つの部位の変数群に区分した(表1)。

2) 歯列弓形態の数量化

各個体の咬合平面基準の歯列模型原寸大写真上に、岩林¹⁰⁾の方法に準じて上下顎それぞれ、中切歯から第二大臼歯までの左右各歯の切縁部あるいは頬側部を代表する14計測点を設定し、それらをx, y座標値化した。ついで、それらの座標点の組合せによって算出された26個の計測値(上下顎左右同名歯間距離項目14, 上下顎歯列弓長径項目12)を変数とした。また、上下顎それぞれの14計

表1 顎顔面頭蓋形態の計測項目

[頭蓋底部]		
SE-N(36-38)	SE-FMN(36-39)	S-FMN(35-39)
S-N(35-38)	S-SE(35-36)	S-SOS(35-34)
S-Ba(35-30)	Ba-SOS(30-34)	Ba-N(30-38)
Ba-Op(30-29)		
[鼻上顎部]		
PNS-ANS(45-10)	PNS-A(45-9)	Ptm-ANS(43-10)
Ptm-A(43-9)	A ⊥ Ptm-SE(9 ⊥ 43-36)	ANS ⊥ Ptm-SE(10 ⊥ 43-36)
SE-PNS(36-45)	Or ⊥ PNS-ANS(40 ⊥ 45-10)	ANS-N(10-38)
S-N-ANS(35-38-10)	S-N-A(35-38-9)	S-N/Or-Po(35-38/40-49)
S-N/Or-Co(35-38/40-33)	S-N/PNS-ANS(35-38/45-10)	S-N/Ptm-SE(35-38/43-36)
N-ANS/Or-Po(38-10/40-49)	N-A/Or-Po(38-9/40-49)	Or-Po/Or-Co(40-33/40-49)
Or-Po/Ptm-SE(40-49/43-36)	N-ANS/Or-Co(38-10/40-33)	N-A/Or-Co(38-9/40-33)
Or-Co/Ptm-SE(40-33/43-36)	N-ANS/PNS-ANS(38-10/45-10)	N-A/PNS-ANS(38-9/45-10)
Ptm-SE/PNS-ANS(43-36/45-10)		
[下顎骨部]		
Co-B(33-4)	Co-Pg(33-3)	Co-Gn(33-2)
Co-Me(33-1)	Co-Go(33-27)	Ar-B(31-4)
Ar-Pg(31-3)	Ar-Gn(31-2)	Ar-Me(31-1)
Ar-Go(31-27)	Go-B(27-4)	Go-Pg(27-3)
Go-Gn(27-2)	Go-Me(27-1)	Ab-Pb(52-51)
Co ⊥ Me-Goi(33 ⊥ 1-28)	Cp ⊥ Me-Goi(44 ⊥ 1-28)	Pg-SYMP(3-16)
Pg ⊥ N-B(3 ⊥ 38-4)		
S-N-B(35-38-4)	S-N-Pg(35-38-3)	S-N-Gn(35-38-2)
S-N/Gn-Go(35-38/27-2)	S-N/Me-Goi(35-38/1-28)	S-N/Goi-Ar(35-38/28-31)
N-S-Gn(38-35-2)	N-B/Or-Po(38-4/40-49)	N-Pg/Or-Po(38-3/40-49)
Or-Po/Me-Goi(40-49/1-28)	Or-Po/Goi-Ar(40-49/28-31)	Or-Po/Gn-S(40-49/2-35)
B-N/Or-Co(4-38/40-33)	Me-Goi/Or-Co(1-28/40-33)	Goi-Ar/Or-Co(28-31/40-33)
Gn-S/Or-Co(2-35/40-33)	N-Pg/Me-Goi(38-3/1-28)	Ar-Goi-Me(31-28-1)
N-Ba/Gn-S(38-30/2-35)		
[上顎歯槽部]		
PNS-SD(45-8)	PNS-UIE(45-7)	Ptm-SD(43-8)
Ptm-UIE(43-7)	UIE ⊥ Ptm-SE(7 ⊥ 43-36)	SD ⊥ Ptm-SE(8 ⊥ 43-36)
ANS-UIE(10-7)	ANS-SD(10-8)	SD ⊥ ANS-PNS(8 ⊥ 10-45)
UIE ⊥ ANS-PNS(7 ⊥ 10-45)	UMJ ⊥ ANS-PNS(20 ⊥ 10-45)	UMT ⊥ ANS-PNS(19 ⊥ 10-45)
SD-UMJ(8-20)	UIE-UMC(7-55)	UIE-UMC.occ(7-55)
UIE-UDC(7-22)	UIE ⊥ A-Pg(7 ⊥ 9-3)	
[下顎歯槽部]		
LMT ⊥ Me-Goi(18 ⊥ 1-28)	LMJ ⊥ Me-Goi(17 ⊥ 1-28)	LIB ⊥ Me-Goi(14 ⊥ 1-28)
LIE ⊥ Me-Goi(6 ⊥ 1-28)	ID ⊥ Me-Goi(5 ⊥ 1-28)	ID-Me(5-1)
LIE-Me(6-1)	LIE ⊥ N-B(6 ⊥ 38-4)	LIE ⊥ N-B(Pg)(6 ⊥ 38-4(3))
ID-LMJ(5-17)	LIE-LMC(6-54)	LIE-LMC.occ(6-54)
LIE-LDC(6-25)	LIE ⊥ N-Pg(6 ⊥ 38-3)	LIE ⊥ A-Pg(6 ⊥ 9-3)

()内は計測点の番号を示す

.occは咬合平面(56と57を結ぶ直線)に投影した距離を示す

N-B (Pg) は Pg を通りN-Bと平行な直線を示す

測点の座標値を4次多項式曲線で近似し、それらの曲線上で、図2に示すように等間隔のX座標値に対応した56個のY座標値を算出し、変数として加えた。さらに、これら82個の変数を上顎歯列弓部と下顎歯列弓部の二つの部位の変数群に区分した(表2)。

2. 検討手順

まず、古代と現代の中米インディオおよびペルーインディオの四つの集団の間で、古代中米インディオと現代中米インディオの間の時代差(以後、時代差 t と略す)、古代ペルーインディオと現代ペルーインディオの間の時代差(以後、時代

a) 岩林¹⁰⁾の方法に準じた14計測点
MUはU7とU8の中点
MLはL7とL8の中点である

b) 4次多項式曲線上の28座標点
14計測点を近似した4次多項式
曲線とY軸に平行な2mm間隔の
直線との交点を歯列弓形状を表す
座標点とした

図2 上下顎歯列模型写真上の計測点

表2 歯列弓形態の計測項目

[上顎歯列弓部]			
U1-U14	U2-U13	U3-U12	U4-U11
U5-U10	U6-U9	U7-U8	
MU $\perp$ U1-U14	MU $\perp$ U2-U13	MU $\perp$ U3-U12	MU $\perp$ U4-U11
MU $\perp$ U5-U10	MU $\perp$ U6-U9		
Y(1), Y(2), , Y(28)			
[下顎歯列弓部]			
L1-L14	L2-L13	L3-L12	L4-L11
L5-L10	L6-L9	L7-L8	
ML $\perp$ L1-L14	ML $\perp$ L2-L13	ML $\perp$ L3-L12	ML $\perp$ L4-L11
ML $\perp$ L5-L10	ML $\perp$ L6-L9		
Y(1'), Y(2'), , Y(28')			

Y()は()内の座標点のY座標値を示す

差 t' と略す), ならびに, 現代中米インディオと現代ペルーインディオの間の地域差 (以後, 地域差 r と略す) を設定した。

ついで, これらの時代差間および地域差間で, 主成分分析と平均値の差の検定 (t 検定) を行い, 集団間での形態の類似性と相違性を判別した。

なお, 古代インディオにおいて歯の脱落が多かったため, 時代差 t の間での検討は, 上下顎歯列弓部については行わず, 頭蓋底部, 鼻上顎部, 下顎骨部および上下顎歯槽部についてのみ行った。また, 時代差 t' の間での検討は上下顎歯槽部と上下顎歯列弓部については行わず, 頭蓋底部, 鼻上顎部および下顎骨部についてのみ行った。

1) 主成分分析

時代差 t , 時代差 t' および地域差 r の集団間で, 部位ごとに, 主成分分析を行った。通法に従い, 寄与率の高い主成分を基にして, 集団間の類似性および相違性を判別した。

判別の基準は, ほとんど類似しているもの ($s++$), 比較的類似しているもの ($s+$), 差異のあるもの ($d+$), 全く異なっているもの ($d++$) とした。

2) 平均値の差の検定 (t 検定)

時代差 t , 時代差 t' および地域差 r の集団間で, 個々の変数について, 平均値の差の検定 (t 検定) を行った。得られた検定値の有意差の有無から, 集団間の類似性および相違性を判断した。

その基準は, 有意差がなく類似しているもの (ns), 5% の危険率で有意差があり相違しているもの ($d*$), 1% の危険率で有意差がありきわめて相違しているもの ($d**$) とした。

3) 総合評価

主成分分析と t 検定の両者の結果を照合して, 類似性と相違性を総合評価した。

その評価は, 部位ごとの各主成分別に, ($s++$) と (ns) の組合せの場合を類似性が著明なもの ($S**$), ($s+$) と (ns) の組合せの場合を類似性が比較的強いもの ($S*$), ($d++$) と ($d*$), ($d+$) と ($d*$) および ($d+$) と ($d**$) の組合せ

の場合を相違性が比較的強いもの ($D*$), また, ($d++$) と ($d**$) の組合せの場合を相違性が著明なもの ($D**$) とした。なお, 上記以外の組合せ ($s+$) と ($d*$) や ($d+$) と (ns) の場合には相違性の変異と考え ($D*$) とすることにし, また, ($s++$) と ($d**$), ($s++$) と ($d*$), ($s+$) と ($d**$) および ($d++$) と (ns) の場合には判別できないものとした。

IV. 結 果

1. 主成分分析

時代差 t の間, 時代差 t' の間および地域差 r の間で, 部位ごとに算出された第一, 第二, 第三主成分の寄与率, 累積寄与率ならびに固有ベクトルを顎顔面頭蓋形態 (表 3-1) と歯列弓形態 (表 3-2) に分けて示した。第三主成分までの累積寄与率は 67.7~93.7% と高く, 三つの主成分は各部位の形態を充分に表現していた。つぎに, 寄与率の大きい第一, 第二, 第三主成分に対応した各個体の成分得点を集団別に三次元座標上にプロットし, その散布状態より判別された主成分別の類似性と相違性の結果を表 4 に示し, 主成分の解釈も加えた。その結果は以下のように要約された。

1) 顎顔面頭蓋形態

時代差 t あるいは時代差 t' と地域差 r の間で, 共通の所見として, (1) 類似性は前頭蓋底長, 鼻上顎部の高径および下顎骨体長に認められ, その程度は前頭蓋底長が高いこと, また, (2) 相違性は鼻上顎部の前後径, 下顎枝の傾斜と顎角部, 上下顎歯槽部の高径と中切歯・大臼歯間距離, 上顎歯槽部の前後径および下顎中切歯の軸傾斜に認められ, その程度は顎角部と上顎歯槽部の前後径が高いことが確認された。

一方, 時代差間と地域差間で差異のあった所見として, 後頭蓋底長は時代差 t および t' の間で相違性を示したのに対し, 地域差 r の間で類似性を示していた。

ここで, 類似性と相違性の代表的な例として, 時代差 t の間での頭蓋底部と地域差 r の間での上顎歯槽部における各個人の成分得点の散布状態を

表 3-1 時代差 t , 時代差 t' および地域差 r 間での顎顔面頭蓋形態の主成分分析結果

	時代差 t 古代中米インディオ —現代中米インディオ			時代差 t' 古代ヘルーインディオ —現代ヘルーインディオ			地域差 r 現代中米インディオ —現代ヘルーインディオ		
	寄与率 (累積寄与率)	変数	固有 ベクトル	寄与率 (累積寄与率)	変数	固有 ベクトル	寄与率 (累積寄与率)	変数	固有 ベクトル
[頭蓋底部]									
第一主成分	0.428 (0.428)	Ba-N SE-N	0.431 0.424	0.560 (0.560)	Ba-N S-N	0.399 0.384	0.397 (0.397)	Ba-N S-N	0.449 0.432
第二主成分	0.176 (0.604)	S-N Ba-SOS	0.415 0.484	0.156 (0.716)	SE-N Ba-SOS	0.350 0.691	0.187 (0.584)	SE-N S-Ba	0.423 0.527
第三主成分	0.155 (0.759)	S-SE S-SOS Ba-SOS Ba-Op	0.367 0.430 0.780 -0.516 -0.319	0.149 (0.865)	S-SE S-SOS S-Ba Ba-Op	-0.293 0.709 0.345 0.255	0.151 (0.735)	S-SE Ba-SOS S-SOS Ba-SOS Ba-Op	-0.494 0.429 0.833 -0.484 -0.167
[鼻上顎部]									
第一主成分	0.359 (0.359)	S-N-ANS Ptm-A A $\perp$ Ptm-SE Ptm-ANS S-N-A	0.265 0.261 0.256 0.255 0.254	0.342 (0.342)	N-ANS/Or-Co N-A/Or-Co N-A/Or-Po PNS-ANS PNS-A	0.307 0.296 0.266 0.200 0.194	0.373 (0.373)	S-N-ANS S-N-A Ptm-ANS Ptm-A A $\perp$ Ptm-SE	0.277 0.268 0.268 0.267 0.254
第二主成分	0.201 (0.560)	ANS-N Or $\perp$ PNS-ANS S-N/PNS-ANS	0.289 0.270 0.254	0.252 (0.594)	S-N/Or-Po Or $\perp$ PNS-ANS S-N $\perp$ PNS-ANS	0.277 0.258 0.175	0.196 (0.569)	S-N/Or-Po S-N/PNS-ANS ANS-N	0.468 0.375 0.372
第三主成分	0.117 (0.677)	S-N/Or-Co S-N/Or-Po Or $\perp$ PNS-ANS	0.534 0.521 -0.221	0.130 (0.724)	ANS-N SE-PNS S-N/Or-Co	0.307 0.161 0.160	0.126 (0.695)	S-N/Or-Co SE-PNS Or $\perp$ PNS-ANS	0.324 -0.311 -0.162
[下顎骨部]									
第一主成分	0.478 (0.478)	Ar-Me Ar-Gn Co-Me N-P/Or-Po	0.202 0.201 -0.198 0.188	0.498 (0.498)	S-N-P S-N-Gn S-N-B Ar-Me	0.224 0.223 0.223 0.155	0.471 (0.471)	Ar-B Ar-Me Ar-Gn N-P/Or-Co	0.200 0.197 0.197 0.185
第二主成分	0.175 (0.153)	N-S/Goi-Ar Or-Po/Goi-Ar Cp $\perp$ Me-Goi	0.285 0.259 0.224	0.246 (0.744)	Ar-Go Go-Pg Cp $\perp$ Me-Goi	0.283 0.272 0.201	0.178 (0.649)	Or-Po/Goi-Ar N-S/Goi-Ar Cp $\perp$ Me-Goi	0.286 0.279 0.196
第三主成分	0.121 (0.774)	Ar-Goi-Me Or-Po/Me-Goi Co $\perp$ Me-Goi	0.373 0.262 -0.208	0.071 (0.815)	Cp $\perp$ Me-Goi Me-Goi/Or-Co Go-Gn	-0.381 0.286 0.216	0.109 (0.758)	Ar-Goi-Me Or-Po/Me-Goi Cp $\perp$ Me-Goi	-0.379 -0.250 0.196
[上顎歯槽部]									
第一主成分	0.435 (0.435)	PNS-UIE PNS-SD Ptm-UIE	0.321 0.304 0.292				0.410 (0.410)	Ptm-UIE PNS-UIE Ptm-SD	0.340 0.330 0.329
第二主成分	0.273 (0.708)	UMJ $\perp$ PNS-ANS SD $\perp$ PNS-ANS UMT $\perp$ PNS-ANS	0.312 0.302 0.287				0.334 (0.744)	UIE $\perp$ PNS-ANS SD $\perp$ PNS-ANS UMJ $\perp$ PNS-ANS	0.382 0.381 0.365
第三主成分	0.119 (0.827)	UIE $\perp$ PNS-ANS UIE-UDC UIE-UMC.occ UIE-UMC	0.272 -0.338 -0.336 -0.334				0.104 (0.848)	UMT $\perp$ PNS-ANS UIE-UDC.occ UIE-UMC UIE-UDC	0.359 -0.378 -0.373 -0.344
[下顎歯槽部]									
第一主成分	0.469 (0.469)	LIB $\perp$ Me-Goi LIE $\perp$ Me-Goi LIE-Me ID $\perp$ Me-Goi	0.360 0.357 0.355 0.346				0.519 (0.519)	LIB $\perp$ Me-Goi LIE $\perp$ Me-Goi LIE-Me ID $\perp$ Me-Goi	0.329 0.328 0.316 0.310
第二主成分	0.301 (0.770)	LIE-LMC.occ LIE-LMC LIE-LDC	0.409 0.403 0.381				0.289 (0.808)	LIE-LMC.occ LIE-LMC LIE-LDC	0.411 0.408 0.390
第三主成分	0.167 (0.937)	LIE $\perp$ A-Pg LIE $\perp$ N-Pg LIE $\perp$ N-B	0.400 0.378 0.355				0.128 (0.936)	LIE $\perp$ A-Pg LIE $\perp$ N-Pg LIE $\perp$ N-B	0.415 0.368 0.353

表 3-2 地域差 r 間での歯列弓形態の主成分分析結果

地域差 r <現代中米インディオ-現代ペルーインディオ>							
	寄与率 (累積寄与率)	変 数	固有 ベクトル		寄与率 (累積寄与率)	変 数	固有 ベクトル
[上顎歯列弓部] 第一主成分	0.449	Y(24)	0.222	[下顎歯列弓部] 第一主成分	0.390	Y(6')	0.226
	(0.449)	Y(4)	0.221		(0.390)	Y(25')	0.224
		Y(25)	0.216			Y(5')	0.213
		Y(3)	0.204			Y(26')	0.209
第二主成分	0.187	MU ⊥ U5-U10	0.275	第二主成分	0.193	ML ⊥ L2-L13	0.281
	(0.636)	MU ⊥ U4-U11	0.267		(0.583)	ML ⊥ L3-L12	0.276
		MU ⊥ U3-U12	0.261			ML ⊥ L4-L11	0.251
		MU ⊥ U2-U13	0.253			ML ⊥ L5-L10	0.216
第三主成分	0.172	Y(14)	-0.283	第三主成分	0.155	Y(14')	-0.323
	(0.808)	Y(15)	0.241		(0.738)	Y(13')	-0.298
		Y(16)	0.194			Y(12')	-0.267

表 4 主成分分析による形態類似性と形態相違性の判別結果

主 成 分	時代差 t	時代差 t'	地域差 r
[頭蓋底部]			
前頭蓋底長	s ++	s ++	s ++
後頭蓋底長	d ++	d +	s +
後頭蓋底	d +	d ++	s +
[鼻上顎部]			
前後径	d +	d +	d +
後方部の高径	s +	s +	s +
前方部の高径	s +	s +	s +
[下顎骨部]			
下顎骨体長	s +	s +	s +
下顎枝の傾斜, 高径	d +	d +	d ++
顎角, 下顎下縁平面角	d ++	d ++	d ++
[上顎歯槽部]			
前後径	d ++		d ++
高径	d +		d ++
1 ~ 6 間距離	d +		d ++
[下顎歯槽部]			
前方部の高径	d ++		d +
1 ~ 6 間距離	d +		d ++
中切歯の軸傾斜	d +		d ++
[上顎歯列弓部]			
4 から 7 までの彎曲			s ++
歯列弓長径			d ++
1 から 3 までの彎曲			s ++
[下顎歯列弓部]			
4 から 7 までの彎曲			s ++
歯列弓長径			d ++
1 から 3 までの彎曲			s ++

s ++ : ほとんど類似しているもの, s + : 比較的類似しているもの
d ++ : 全く異なっているもの, d + : 差異のあるもの

a) 形態類似性を示す例 (頭蓋底部)
淡黒色の球が現代中米インディオの個体を、
白色の球が古代中米インディオの個体を表して
いる

b) 形態相違性を示す例 (上顎歯槽部)
淡黒色の球が現代中米インディオの個体を、
白色の球が現代ペルーインディオの個体を表し
ている

図3 各個体の第一、第二および第三主成分の成分得点の散布状態
(P1, P2, P3 はそれぞれ第一、第二、第三主成分軸を表す)

図3に示した。

2) 歯列弓形態

類似性は上下顎歯列弓部の前歯から臼歯にかけての彎曲に認められ、相違性は上下顎歯列弓長径に認められた。

2. 平均値の差の検定 (t 検定)

時代差 t の間、時代差 t' の間および地域差 r の間で t 検定値から判別された類似性と相違性の結果を、顎顔面頭蓋形態 (表 5-1) と歯列弓形態 (表 5-2) に分けて示した。

1) 顎顔面頭蓋形態

時代差 t あるいは時代差 t' と地域差 r の間で、共通の所見として、(1) 類似性は前頭蓋底長 (SE-N, S-N, S-SE), 鼻上顎部の高径 (ANS-N, SE-PNS, S-N/Or-Co など) および下顎骨体長 (Ar-Me, Ar-Gn, S-N-P など) に認められ、また、(2) 相違性は下顎枝部 (Ar-Go, Or-Po/Goi-Ar, Co-Me-Goi など), 顎角部 (Ar-Goi-Me), 鼻上顎部の前後径 (Ptm-A, A-Ptm-SE), 上顎歯槽部の前後径 (PNS-UIE, Ptm-UIE, PNS-SD) と高径 (UIE-PNS-ANS, UMT-PNS-ANS など) および下顎歯槽部の中切歯・大臼歯間距離 (LIE-LMC, LIE-LDC など) に認められた。

一方、時代差間と地域差間で差異のあった所見として、(1) 後頭蓋底長 (S-Ba, Ba-SOS など)

および下顎歯槽部の高径 (LIB-Me-Goi, LIE-Me-Goi など) は時代差間で相違性を示したが、地域差間では類似性を示し、また、(2) 鼻上顎部の前後径 (Ptm-ANS, S-N-ANS) および上顎歯槽部の中切歯・大臼歯間距離 (UIE-UMC, UIE-UMC. occ) において、時代差間で類似性を示したが、地域差間では相違性を示したことが確認された。

2) 歯列弓形態

類似性は上下顎歯列弓部の前歯から臼歯にかけての彎曲 (Y (14), Y (24), Y (14'), Y (25') など) に認められ、相違性は上下顎歯列弓長径 (MU-U2-U13, ML-L2-L13 など) に認められた。

3. 総合評価

上項 1, 2 の結果に基づき、類似性および相違性について、総合的に評価した結果を以下に要約した (表 6)。

a) 頭蓋底部において、前頭蓋底長は著明な類似性を示し、後頭蓋底長は時代差間において相違性を、地域差間において類似性を示している形態であった。

b) 鼻上顎部において、前方および後方の高径は類似性を呈し、これに対して前後径は相違性を示した。

c) 下顎骨部において、下顎骨体長は類似性を

表 5-1 時代差 t, 時代差 t' および地域差 r 間での顎顔面頭蓋形態の t 検定結果

変数	時代差 t	時代差 t'	地域差 r
[頭蓋底部]			
SE-N	ns	ns	ns
S-N	ns	ns	ns
S-SE	ns	ns	ns
Ba-N	d**	ns	ns
S-Ba	d**	ns	ns
Ba-SOS	d**	d**	ns
S-SOS	ns	d**	ns
Ba-Op	ns	d**	ns
[鼻上顎部]			
Ptm-A	d*	d*	d*
A ⊥ Ptm-SE	d*	d**	d*
Ptm-ANS	ns	ns	d**
S-N-ANS	ns	ns	d**
S-N-A	ns	d*	d*
N-ANS/Co-Po	ns	d**	d*
N-A/Co-Po	ns	d**	d*
ANS-N	ns	ns	ns
SE-PNS	ns	ns	ns
Or ⊥ PNS-ANS	ns	ns	ns
S-N/PNS-ANS	ns	ns	ns
S-N/Or-Po	ns	ns	ns
S-N/Or-Co	ns	ns	ns
[下顎骨部]			
Ar-Me	ns	ns	ns
Ar-Gn	ns	ns	ns
Ar-B	ns	ns	ns
N-Pg/Or-Po	ns	ns	ns
S-N-B	ns	ns	ns
S-N-P	ns	ns	ns
S-N-Gn	ns	ns	ns
Ar-Go	d**	d*	d*
Go-B	d**	d*	d*
N-S/Goi-Ar	ns	d*	d**
Or-Po/Goi-Ar	d*	d*	d**
Cp ⊥ Me-Goi	d**	d*	d*
Co ⊥ Me-Goi	d**	d**	d**
Ar-Goi-Me	d**	d*	d**
Or-Po/Me-Goi	d**	d*	d**
Or-Co/Me-Goi	d**	d*	d*
[上顎歯槽部]			
PNS-UIE	d**		d**
Ptm-UIE	d**		d**
PNS-SD	d**	d*	d*
Ptm-SD	ns	d*	d**
UMJ ⊥ PNS-ANS	d*	d**	d**
SD ⊥ PNS-ANS	ns	d**	d**
UMT ⊥ PNS-ANS	d**	d*	d**
UIE ⊥ PNS-ANS	d*		d**
UIE-UDC	d*		d**
UIE-UMC. occ	ns		d**
UIE-UMC	ns		d**
[下顎歯槽部]			
LIB ⊥ Me-Goi	d**	d*	ns
LIE ⊥ Me-Goi	d**		ns
LIE-Me	d**		ns
ID ⊥ Me-Goi	d**	d**	ns
ID-LMJ	ns		d**
LIE-LMC	d**		d**
LIE-LMC. occ	d*		d**
LIE-LDC	d**		d**
LIE ⊥ A-Pg	d*		d**

表 5-2 地域差 r 間での歯列弓形態の t 検定結果

変数	地域差 r	変数	地域差 r
[上顎歯列弓部]		[下顎歯列弓部]	
Y (24)	ns	Y (6')	ns
Y (4)	ns	Y (25')	ns
Y (25)	ns	Y (5')	ns
Y (3)	ns	Y (26')	ns
MU ⊥ U5-U10	d**	ML ⊥ L2-L13	d**
MU ⊥ U4-U11	d**	ML ⊥ L3-L12	d**
MU ⊥ U3-U12	d**	ML ⊥ L4-L11	d**
MU ⊥ U2-U13	d**	ML ⊥ L5-L10	d*
Y (14)	ns	Y (14')	ns
Y (15)	ns	Y (13')	ns
Y (16)	d*	Y (12')	ns

ns : 有意差がなく類似

d* : 5 % の危険率で有意差があり相違

d** : 1 % の危険率で有意差がありきわめて相違

示し、下顎枝部や顎角部は著明な相違性を示していた。

d) 上顎歯槽部において、前後径、高径および中切歯・大臼歯間距離は著明な相違性を示した。

e) 下顎歯槽部においても、高径、中切歯・大臼歯間距離および中切歯の軸傾斜が著明な相違性を示した。

f) 上下顎歯列弓部において、前歯から臼歯にかけての彎曲形状は著明な類似性を示したのに対し、歯列弓長径は著明な相違性を示した。

V. 考 察

1. 歯列・顎顔面頭蓋の遺伝的および環境的特徴形態の検討

モンゴロイドとしての共通の人類学的起源を有する集団において認められた形態類似性は、時代や地域の違いにもかかわらず保持されているものの、いい換えれば遺伝的特徴形態と、一方、形態相違性は、時代や地域の違いにより生じてきたものの、いい換えれば環境的特徴形態と解釈されよう。

この観点から、本項では、新たに古代中米インディオと古代ペルーインディオの間の地域差（以下、地域差 r' と略す）での検討を行い、前項の結果と比較することにより、顎顔面頭蓋形態への遺伝的および環境的関与性を考察してみた。

まず、地域差 r' の間で、方法の項で述べた顎顔面頭蓋形態の 105 個の変数に対して、それぞれ

表 6 形態類似性と形態相違性の総合評価

	時代差 t	時代差 t'	地域差 r
【頭蓋底部】			
前頭蓋底長	S**	S**	S**
後頭蓋底長	D**	D*	S*
後頭蓋底	D*	D**	S*
【鼻上顎部】			
前後径	D*	D*	D*
後方部の高径	S*	S*	S*
前方部の高径	S*	S*	S*
【下顎骨部】			
下顎骨体長	S*	S*	S*
下顎枝の傾斜, 高径	D*	D*	D**
顎角, 下顎下縁平面角	D**	D**	D**
【上顎歯槽部】			
前後径	D**		D**
高径	D*		D**
1 ~ 6 間距離	D*		D**
【下顎歯槽部】			
前方部の高径	D**		D*
1 ~ 6 間距離	D**		D**
中切歯の軸傾斜	D*		D**
【上顎歯列弓部】			
4 から 7 までの彎曲			S**
歯列弓長径			D**
1 から 3 までの彎曲			S*
【下顎歯列弓部】			
4 から 7 までの彎曲			S**
歯列弓長径			D**
1 から 3 までの彎曲			S**

S** : 形態類似性が著明なもの, S* : 形態類似性が比較的強いもの
D** : 形態相違性が著明なもの, D* : 形態相違性が比較的強いもの

平均値の差の検定 (t 検定) を行った。ついで、得られた t 検定結果を時代差 t, 時代差 t' および地域差 r のそれと比較し、代表的な変数について表 7 に示した。その結果から、遺伝的および環境的特徴形態を以下のように考察した。

1) 遺伝的特徴形態

前頭蓋底長 (SE-N, S-N, S-SE), 鼻上顎部の高径 (ANS-N, SE-PNS など) および下顎骨体長 (Ar-B, N-Pg/Or-Po) は地域差 r' の間で有意差

は認められず、また、時代差 t, 時代差 t' および地域差 r の間でも有意差は認められなかった。したがって、これらの形態は時代差間および地域差間で類似性が認められ、時代差や地域差にもかかわらず、保持されてきた遺伝的特徴形態であることが確認された。

2) 環境的特徴形態

a) 鼻上顎部の前後径 (Ptm-A, A ⊥ Ptm-SE), 下顎枝部と顎角部 (Cp ⊥ Me-Goi, Ar-Goi-Me な

表7 地域差 r' 間での t 検定値と時代差 t , 時代差 t' および
地域差 r 間での t 検定値の比較

変数	t 検定値			
	地域差 r'	時代差 t	時代差 t'	地域差 r
【頭蓋底部】				
SE-N	0.12	-1.47	-0.53	-1.44
S-N	0.82	-1.02	-0.07	-1.19
S-SE	1.16	-1.23	1.03	0.09
Ba-N	2.47*	-6.43**	-1.51	-1.67
S-Ba	2.29*	-6.16**	-0.87	-0.96
S-SOS	5.85**	-0.77	-6.38**	0.91
【鼻上顎部】				
Ptm-A	0.01	-2.01*	-2.59*	2.03*
A $\perp$ Ptm-SE	0.56	-2.37*	-2.68**	2.28*
S-N-ANS	0.21	0.30	-1.80	2.74**
S-N-A	-0.81	-0.67	-2.61**	2.53*
ANS-N	1.04	0.96	0.55	0.04
SE-PNS	0.56	-0.80	0.38	-1.51
Or $\perp$ PNS-ANS	0.87	1.30	0.99	-0.85
S-N/PNS-ANS	0.37	1.79	0.02	0.40
S-N/Or-Po	-1.21	-1.88	-0.82	-1.61
【下顎骨部】				
Ar-B	1.55	0.19	0.31	0.75
N-Pg/Or-Po	-1.14	-0.20	-1.69	-0.21
N-S/Goi-Ar	-0.53	-1.71	1.96*	-3.22**
Or-Po/Goi-Ar	-0.94	-2.93**	-2.37*	-2.85**
Cp $\perp$ Me-Goi	0.62	-3.35**	-3.01**	-2.36*
Ar-Goi-Me	1.07	6.05**	2.36*	4.41**
Or-Po/Me-Goi	0.18	5.05**	2.06*	2.92**
【上顎歯槽部】				
PNS-SD	2.57*	-4.18**	-2.35*	-2.21*
Ptm-SD	2.79**	-0.42	-2.24*	3.80**
UMJ $\perp$ PNS-ANS	1.89	-2.29*	3.56**	-3.13**
SD $\perp$ PNS-ANS	-0.59	-0.89	3.20**	-3.42**
UMT $\perp$ PNS-ANS	1.61	-2.67*	2.62*	-2.95**
【下顎歯槽部】				
LIB $\perp$ Me-Goi	2.94**	-5.50**	-1.93	-0.19
ID $\perp$ Me-Goi	2.74**	-5.23**	-1.73	-1.35
LMT $\perp$ Me-Goi	2.20*	-4.14**	-3.99**	-1.69
ID-LMJ	2.48*	-1.04		3.16**
LIE $\perp$ A-Pg	2.39*	2.41*		3.82**

*: 5%の危険率で有意差のあるもの

**: 1%の危険率で有意差のあるもの

ど) および上顎歯槽部の高径(UMJ $\perp$ PNS-ANS, UMT $\perp$ PNS-ANS) は地域差 r' の間で有意差がないにもかかわらず, 時代差 t , 時代差 t' および地域差 r の間において有意差が認められた。したがって, これらの形態は地域差 r' の間で類似性を示したのに対して, 時代差や地域差とともに相違性を生じてきた環境的特徴形態であることが確認された。

b) 上顎歯槽部の前後径(PNS-SD) は地域差

r' の間で有意差が認められ, また, 時代差 t , 時代差 t' および地域差 r の間でもともに有意差が認められたことから, 時代差間および地域差間でもともに相違性を示す環境的特徴形態であることが確認された。

c) 鼻上顎部の前後径(S-N-ANS, S-N-A), 下顎枝部(N-S/Goi-Ar), 上顎歯槽部(Ptm-SD, SD $\perp$ PNS-ANS) および下顎歯槽部の中切歯の軸傾斜(LIE $\perp$ A-Pg) は地域差 r' と地域差 r との

間において有意差の程度に差異が認められ、その t 検定値は地域差 r のほうが高い値を呈していた。この程度差はプレ・コロンビア期から現代にいたる少なくとも 450 年以上の時代差や地域差の環境的影響がより反映されたものであると推察されることから、これらの形態は環境的特徴形態であると考察された。

d) 後頭蓋底部 (Ba-N, S-Ba など) および下顎歯槽部の高径 (LIB $\perp$ Me-Goi, LMT $\perp$ Me-Goi など) は地域差 r' の間で有意差が認められ、時代差 t あるいは時代差 t' の間で少なくともいずれかに有意差があるにもかかわらず、地域差 r においては有意差はなかった。この点については、これらの形態が地域差 r の一時点においてのみ類似性を示したにすぎず、全体的には相違性を示しており、環境的関与性をもつ形態と解釈するのが妥当と思われた。

以上の検討と結果の項で示した各部位の形態類似性と形態相違性に基づいて、遺伝的特徴と環境的特徴を評価した結果、(1) 遺伝的特徴は、前頭蓋底長において著明であり、下顎骨体長、鼻上顎部高径にも認められること、一方、(2) 環境的特徴は、下顎枝と顎角部、上下顎の歯槽部において著明であり、上顎の前後径にも認められることが再確認された。加えて、歯列弓形態については、地域差間での形態類似性と形態相違性から、歯列弓形状は遺伝的関与性が高く、歯列弓長径は環境的関与性が高いことが推察された。

2. 遺伝的および環境的特徴形態の文献的考察

本項においては、まず、前項で得られた遺伝的および環境的特徴形態の結果を従来のコーカソイドおよびモンゴロイドの報告と比較し考察した。

はじめに、コーカソイドの双生児を対象とした Horowitz²⁾, Hunter³⁾, Watnick⁴⁾ の研究結果と比較したところ、前頭蓋底長、下顎骨体長、鼻上顎部の高径が遺伝的特徴形態である点ならびに上顎部の前後径、下顎枝や顎角部、上下顎歯槽部の前後径が環境的特徴形態である点については同様の結果であった。興味ある点として、本研究において、モンゴロイドの上下顎歯槽部の高径は環境

的特徴を示したのに対して、コーカソイドでは遺伝的特徴とされていることがあげられ、これは人種的な相違とも考えられた。

また、モンゴロイドの双生児や親子を対象とした中田⁵⁾、石黒¹¹⁾、本橋¹²⁾の研究と比較したところ、前頭蓋底長、下顎骨体長が遺伝的特徴形態であり、上顎骨の前後径が環境的特徴形態である点については同様の結果であった。しかしながら、中田⁵⁾は顎角部において遺伝的関与性が高いことを報告しており、本研究結果と異なっていた。この点については、彼の用いた研究対象が幼児期の双生児であり、その顎顔面頭蓋形態は成長発育によって成人まで変化してゆくものであり、環境的影響を十分に反映していないことによると思われた。加えて、新しい知見として、歯列弓形態において、歯列弓長径は環境的関与性が高いのに対して、歯列弓形状は遺伝的関与性が高いことが示唆された。

つぎに、以上に述べた従来の結果は顎顔面頭蓋形態の限られた数十の変数に対して、統計処理あるいは多変量解析のいずれかを用いて得られたものであり、顎顔面頭蓋形態の遺伝および環境的特徴を詳細に扱えたものとはいいがたい点に問題があった。このような観点から、本研究の方法についても考察してみた。

本研究では、可及的に多くの 105 個の変数を用いて、まず、主成分分析法により、顎顔面頭蓋形態を表す主成分の類似性と相違性を定性的に判別し、あわせて、平均値の差の検定も行い、個々の形態の類似性および相違性を定量的に評価することにより、遺伝的および環境的特徴形態を総合的に考察した。したがって、本研究結果は、歯列・顎顔面頭蓋形態の遺伝的および環境的特徴について、多くの変数を用いて、定性的にも定量的にも検討した点から、従来の報告と比較して、より信頼性の高いものと考えられよう。

さらに、得られた遺伝的および環境的特徴形態は、矯正臨床の立場からは、それぞれ、矯正力に容易に反応しない安定した構造のものと矯正力に応答しやすい構造のものと考えられ、この知見は

モンゴロイドの不正咬合の診断や治療方針の決定に活用されるものと考えられた。

VI. ま と め

モンゴロイドとしての共通の祖先を有する古代中米インディオ頭骨33体, 古代ペルーインディオ34体, 現代中米インディオ71名および現代ペルーインディオ41名を対象として側貌頭部X線規格写真ならびに上下顎歯列模型の資料を基に, 古代と現代との時代差間およびメキシコとペルーとの地域差間において認められる形態類似性と形態相違性から, 歯列・顎顔面頭蓋形態に対する遺伝的および環境的関与性を検討し, 以下の結果を得た。

1) 遺伝的特徴は, 前頭蓋底部, 上下顎歯列弓形状において著明であり, また, 下顎骨体長, 鼻上顎部高径にも認められた。

2) 環境的特徴は, 下顎枝と顎角部, 上下顎の歯槽部, 上下顎歯列弓長径において著明であり, また, 上顎の前後径にも認められた。

本研究に用いた資料は, 昭和57年度および昭和62年度文部省科学研究費海外学術調査 No. 57041014, No. 62041027 (研究代表者, 三浦不二夫) により, 東京医科歯科大学, 北海道大学, 新潟大学, ペルー国立サンマルコス大学, メキシコ国立自治大学, 各歯学部との協力のもとに採取されたものである。

なお, 本研究の一部は第67回 International Association for Dental Research 総会, 第59回 American Association of Physical Anthropologists 総会において発表したものである。

文 献

- 1) 古庄敏行: 量的形質の遺伝分析法. 古畑種基, 勝沼精蔵監修, 遺伝医学, 東京, 1960, 金原出版, 145-174.
- 2) Horowitz, S. L., et al.: A cephalometric study of craniofacial variation in adult twins. *Angle Orthod.* 30: 1-5, 1960.
- 3) Hunter, W. S.: A study of the inheritance of craniofacial characteristics as seen in lateral cephalograms of 72 like-sexed twins. *J. Europ. Orthod. Soc.* 41: 59-70, 1965.
- 4) Watnick, S. S.: Inheritance of craniofacial morphology. *Angle Orthod.* 42: 339-351, 1972.
- 5) 中田 稔: 双生児法による幼児の顔面頭蓋形態に関する遺伝的研究. *口病誌* 34: 376-392, 1957.
- 6) 三浦不二夫, 他: ペルーインディオの歯科人類学的研究—海外学術調査報告—. *口病誌* 55: 540-569, 1988.
- 7) 三浦不二夫, 他: 中米インディオの歯科人類学的研究—海外学術調査報告—. *口病誌* 56: 409-428, 1989.
- 8) Greenberg, J. H., Turner II, C. G. and Zegura, S. L.: The settlement of the Americas: Comparison of the linguistic, dental, and genetic evidence. *Current Anthropology* 27: 477-497, 1986.
- 9) Riolo, M. L., et al.: An atlas of craniofacial growth. Ann Arbor, 1974, Center of human growth and development, The University of Michigan.
- 10) 岩林幹雄: 曲線適合による歯列弓形状の検討. *口病誌* 44: 57-71, 1977.
- 11) 石黒慶一: 多変量解析法による下顎前突の遺伝学的研究 第1報 因子分析法による検討. *口病誌* 37: 359-385, 1970.
- 12) 本橋信義: 親子間における顎態パターン類似性の経年変化に関する研究. *口病誌* 44: 453-470, 1977.