

機能的矯正装置による乳歯列反対咬合の

治療効果の三次元的評価

ほんだけんてつ

本田 顕 哲

本論文の要旨は，第158回朝日大学大学院歯学
研究科発表会（2014年7月22日、岐阜）において
発表した．

緒 言

乳歯列期における反対咬合や交叉咬合を早期に改善することは、神経・筋機構の異常や、将来の永久歯列における不正咬合を予防する上で重要であることから¹⁻⁵⁾、第一期治療として不正咬合の原因・誘因となる因子を早期に発見し抑制する、いわゆる抑制矯正(interceptive orthodontics)が適応されるようになってきた⁶⁻¹²⁾。また治療に際しては、安定した歯列・咬合と口腔内外の機能との間には密接な関係があることがわかってきて、不正咬合に対する治療もこれら機能を重視した方法の重要性が指摘されている¹³⁻¹⁶⁾。このような観点から、アクチバトール、ビムラーの装置、バイオネーター、フランクルの装置などの様々な機能的矯正装置が考えられてきた¹⁷⁾。しかしこれらは一般的には混合歯列期以降のⅡ級不正咬合に適用されることが多く、また床本体の他にワイヤーなどの補助装置を組み合わせ、歯・歯列・顎に力を働かせることも少なくない。そこで近年では、機能的矯正装置はスプリングやエラスティックなどの機械的要素を利用する従来の装置のように歯に対して働きかけるのではなく、自然の力、すなわち筋肉の活動、成長または萌出などの力を伝達、排除、誘導し、発育中の不正咬合における好ましくない

環境因子を除去し，新しい平衡位置を保つための装置と考えられている^{18,19)}．しかし，乳歯列期反対咬合に対する早期治療の有効性については，まだEBMが不足しているとの指摘もある^{20,21)}．

このような機能的矯正装置の中で，乳歯列期の反対咬合小児に適応でき，なおかつ発達期における口腔機能を重視した装置として，機能的矯正装置ムーシールドが考案され適用されている⁶⁻⁹⁾．中原ら⁶⁾は，機能的矯正装置ムーシールドについて臨床統計的に検討し，有効性を確認した．その中で，歯列弓長径は上顎が増大し下顎は短縮すること，また乳犬歯間幅径は上顎が増大し下顎は短縮すること，下顎の後下方への回転によるⅢ級傾向の改善と上顎前歯の唇側傾斜と下顎前歯の舌側傾斜による被蓋改善が認められたことを報告していた．しかし，個々の歯において，これらの変化がどのように生じ，その効果を発現しているのか，いわゆる個々の歯の変化のベクトルについて検討した報告はない．

本研究では，乳歯列期反対咬合小児に対して機能的矯正装置ムーシールドによる治療を行い，その臨床的有効性について，上顎歯列の変化を個々の歯の移動方向と移動距離から三次元的に検討することを目的とした．

対象および方法

1 被検者

被検者は、乳歯列期前歯反対咬合小児で、機能的矯正装置ムーシールドによる治療を行い、被蓋が改善されたと判定した20名（女児13名、男児7名）を対象とした。治療開始時の平均年齢は4歳6か月（3歳9か月～5歳11か月）であり、前歯被蓋と咬合の改善時までの期間は平均7か月であり、また治療後の模型採得時期は平均10か月であった。

反対咬合部位及び歯数は、構成咬合位から最大嵌合位に至った時点で、上顎左右乳側切歯と下顎左右乳犬歯の計10歯の反対咬合を示す者が17名、上下顎の左側あるいは右側が側切歯までで、反対側は乳犬歯までの計10歯が反対咬合を示す者が2名、上下顎とも左右乳犬歯までの計12歯の反対咬合を示す者が1名であった。

治療は、中原の方法⁶⁾に従い、治療開始にあたっては、あらかじめカウンセリングを行い、患児の生育環境、両親親族に於ける遺伝的資質、および治療の要求度を確認した。そして本装置装着に関しては、本人と保護者が一体となって治療に臨み、また周囲の親族がそれを見守ることができる環境にするように努力する必要があるということの説明し承諾を得た後に治療を開始した。

2 模型分析装置および計測点

治療開始時と被蓋と咬合改善後に考究用模型を作製した。模型外形は、永石の方法²²⁾に従い、非接触型三次元計測装置（ユニスン社 VMS-100F, 大阪）により、上顎模型を計測角度 0, 45, 315 度の 3 方向で、それぞれ左右方向 0.1 mm 間隔、前後方向 0.25 mm 間隔でサンプリングしたデータをコンピュータ上で立体画像に再構築し、計測対象とした。なお本装置の計測誤差は 0.05 mm で、ソフトウェアには SURFACER（Imageware 社製、Boeme, USA）を用いて解析を行った。

1) 基準平面

本研究における三次元的原点の位置は、上顎左右第二乳臼歯の口蓋側遠心隅角部（LE, RE）を結んだ線上へ切歯乳頭部から下ろした垂線との交点 $E(x=0, y=0, z=0)$ とした（図 1）。

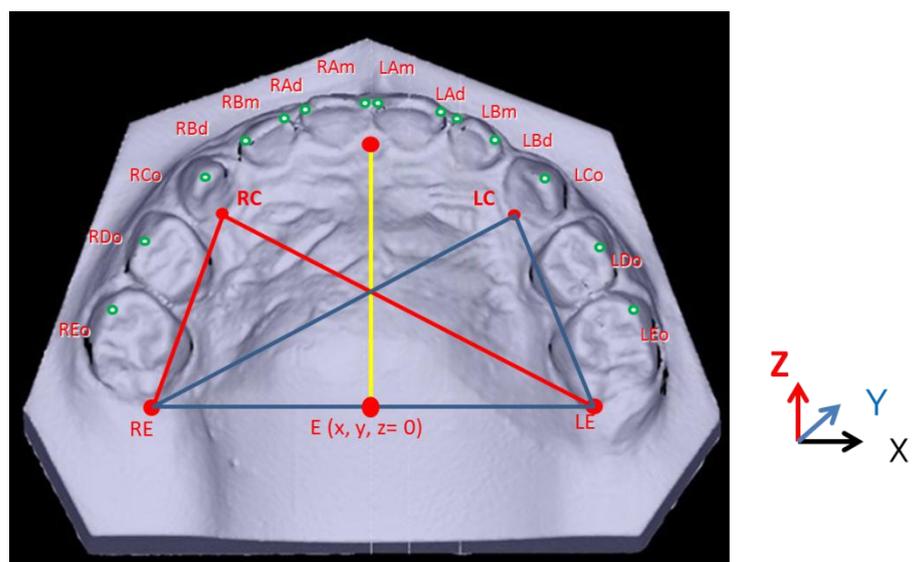


図 1 計測点と基準平面

座標は左手直行座標系で，水平方向に x 軸（左側方向に+），前後方向に y 軸（前方に+），垂直方向を z 軸（上方向に+）とした．基準面は，上顎左右第二乳臼歯口蓋側遠心隅角部（ LE ， RE ）と右側または左側の乳犬歯舌側歯肉の最陥凹点（ RC または LC ）の3点で構成される平面を基準平面とした．なお， LC か RC の基準点決定には治療前後の咬合模型を参照し，治療前後で特に上顎乳犬歯の位置で変化の少なかった側の乳犬歯を基準点とした．

2) 計測点

計測点は，上顎歯を対象に左右の第二乳臼歯近心頬側咬頭頂をそれぞれ LEo ， REo ，左右第一乳臼歯頬側咬頭頂をそれぞれ LDo ， RDo とし，左右乳犬歯尖頭をそれぞれ LCo ， RCo とした．また乳前歯は近心および遠心切端隅角部の2点に計測点を設け，左右乳中切歯近心点と遠心点はそれぞれ LAm ， LAd ， RAm ， RAd とし，同様に左右乳側切歯はそれぞれ LBm ， LBd ， RBm ， RBd とした．総計14の計測点を設け，原点 E からの三次元座標を求めた．

3 計測項目

1) 原点 $E(x=0, y=0, z=0)$ と基準平面を中心に，各被検者の重ね合わせを行い，治療前後における14計測点の三次元座標の変化を計測した．

治療前後における各計測点の変化は，変化量

(mm)と変化方向(rad)で検討した。

① x, y, z の各座標変化量(mm)

図2に示すように個々の座標の変化量(r)は,
 $\Delta x = x_2$ (治療後) - x_1 (治療前), $\Delta y = y_2 - y_1$,
 $\Delta z = z_2 - z_1$ で求めた。

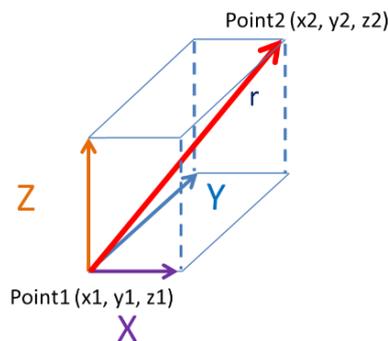


図2 x, y, z の座標変化量(mm)

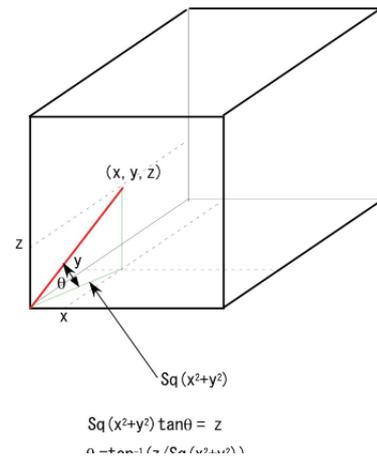


図3 変化方向の求め方

② 総変化量(mm)は, $r = \text{Sq}(\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2)$ で求めた。

③ 変化方向(rad)は, θ_x と θ_z の2方向の角度で定義づけ, 図3に示すように,

$$\theta_x = \text{ATAN}^{-1}(x / \text{Sq}(y^2 + z^2)) \quad \text{および}$$

$$\theta_z = \text{ATAN}^{-1}(z / \text{Sq}(x^2 + y^2))$$

で各変化角度を求めた。

① ~ ③により各点の変化を三次元空間における変化の量と方向とで位置づけることが可能となった。

2) 治療前後における模型計測結果とセファロ分析結果との相関

治療前と咬合改善後において側面頭部 X 線規格写真（セファロ）を採得し，角度分析を行った．そして，今回上顎の歯列歯槽部の変化を検討したため，上顎右側の Am，Co，Eo の計測点 x，y，z 座標，総変化量 (r) および変化方向 (rad) と，セファロ分析項目も上顎に関係した計測項目に限定し， $\angle FH-MP$ ， $\angle FH-Occ$ ，SNA， $\angle Ua-SN$ との関係について検討した．

4 統計処理

統計処理は二元配置分散分析 (ANOVA) と，分散分析で有意差が認められた場合は，さらに Tukey-Kramer 法による多重比較検定を行い，危険率 5% 未満を有意と判定した．

また各計測点の座標変化，変化量，変化方向およびセファロ分析結果との関係については，Pearson の相関係数で検討した．

なお本研究は，朝日大学歯学部倫理委員会の承認 (第 25147 号) を得て実施した．

結 果

1 治療前後の模型再構築

図 4 に原点と規準面を中心とした治療前後の重ね合わせ像の一例を示す．全症例において，治療前後における模型の重ね合わせ像をコンピュータ上に再構築し，三次元画像を得ることができた．これによりどの方向からも歯列変化を確認できるようになった．

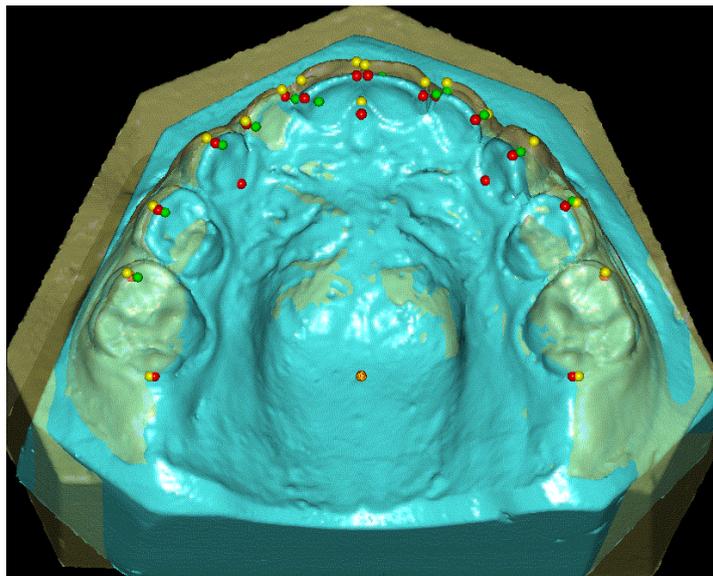


図 4 治療前後の重ね合わせ例（症例 No.20）

模型の青色は治療前，緑色は治療後を示す．また赤丸小球は治療前，黄色小球は治療後の計測点を示す．

2 x, y, z 座標の変化（移動）量について

図 5 に上顎 14 計測点の治療前後における三次元座標 (x, y, z) 値の平均変化量（上段，治療前後の差

mm)と総変化量(下段, mm)のそれぞれの値を示す.

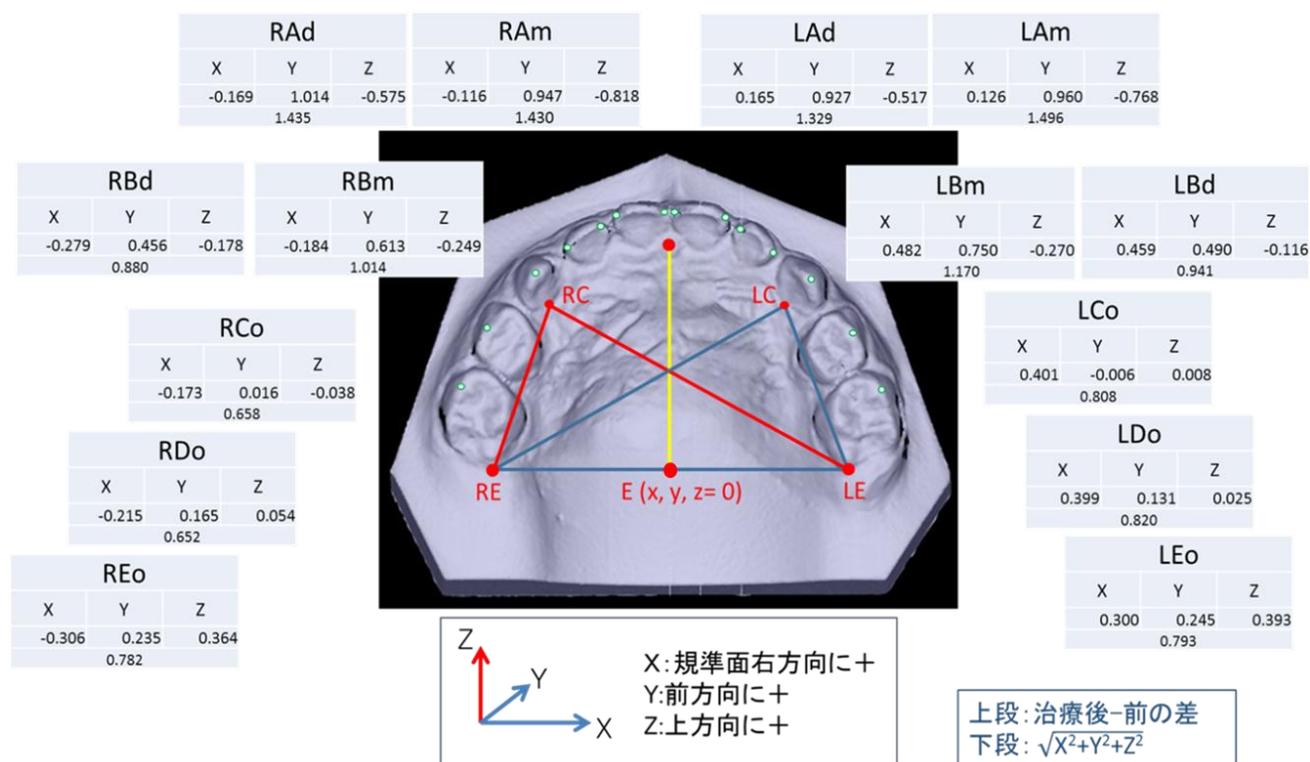


図 5 各計測点における三次元座標(x, y, z)値
治療前後の座標変化量(上段, 治療前後の差; mm)と総
変化量(下段, mm)

1) x 座標変化量

x 座標変化を図 6 に, 分析結果を表 1 に示す. 各計測点の x 座標の変化量は 0.1 mm ~ 0.4 mm で変動し, 計測点間に差は認められなかった. しかし, 有意な列間変動が認められ, 左方向が大きい値を示した ($p < 0.001$). 水平方向の座標変化は左右とも, それぞれ拡大する方向で変化していたが, 量的には計測点間で差は認められなかった.

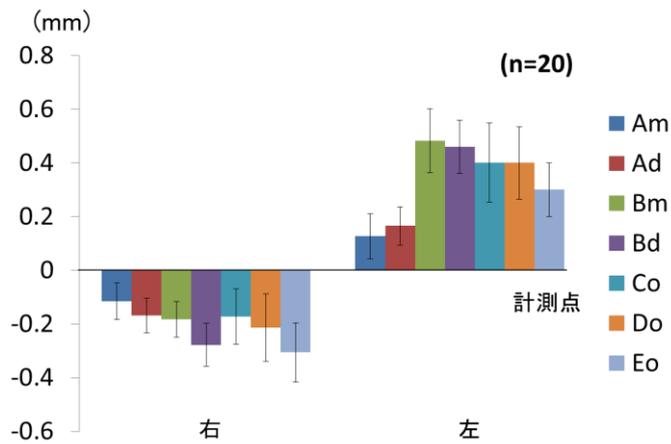


図 6 x 座標の治療前後の各計測点変化量の平均値と標準誤差

表 1 x 座標の二元配置分散分析表

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値	F(0.95)
全変動	77.906	279				
行間変動	0.941	6	0.157	0.763	0.600	2.133
列間変動	20.333	1	20.333	98.945	0.000	3.877
交互作用	1.970	6	0.328	1.597	0.148	2.133
誤差変動	54.663	266	0.205			

2) y 座標変化量

図 7 に示すように，y 座標の治療前後における各計測点の平均変化量についてみると，前歯部の方が大きい変化を示していた．y 座標は，有意な計測点間差が認められ ($p < 0.001$)，左右差は認められなかった．つまり前方方向への有意な変化が認められ，変化は前歯部ほど著明で，乳犬歯が最も小さい変化を示した．多重比較検定の結果，y 座標は

主に前歯対乳犬歯，前歯対第一乳臼歯，前歯対第二乳臼歯間に有意差が認められた（表 2）。

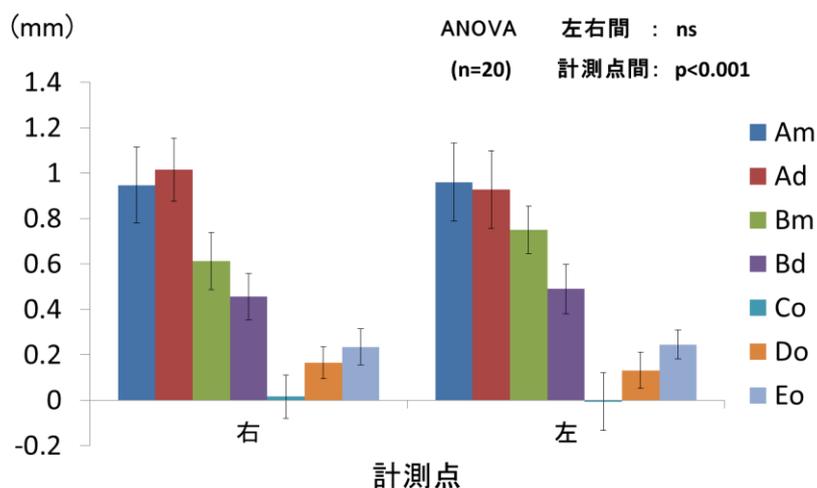


図 7 y 座標の治療前後の各計測点変化量の平均値と標準誤差

表 2 y 座標の多重比較検定結果

	Am	Ad	Bm	Bd	Co	Do
Ad	-					
Bm	-	-				
Bd	**	**	-			
Co	**	**	**	**		
Do	**	**	**	-	-	
Eo	**	**	**	-	-	-

- : ns, **: p<0.01

3) z 座標変化量

z 座標は図 8 に示すように，乳切歯 Am 点で -0.8 mm と上方へ変化し，乳犬歯は変化なく，第二乳臼歯 Eo 点は +0.4 mm と，挺出する方向の変化を示していた。つまり前歯は z 軸の負方向へ有意に変化し (p<0.001)，臼歯は z 軸の正方向に有意に変

化していた ($p < 0.001$)。一方，左右差は認められなかった。

また多重比較検定の結果，表 3 に示すように多くの計測点間で有意差が認められ，特に Am，Ad，Bm，Bd はほぼ全比較で，Eo もほぼ全比較で有意差が認められたのが特徴的であった。

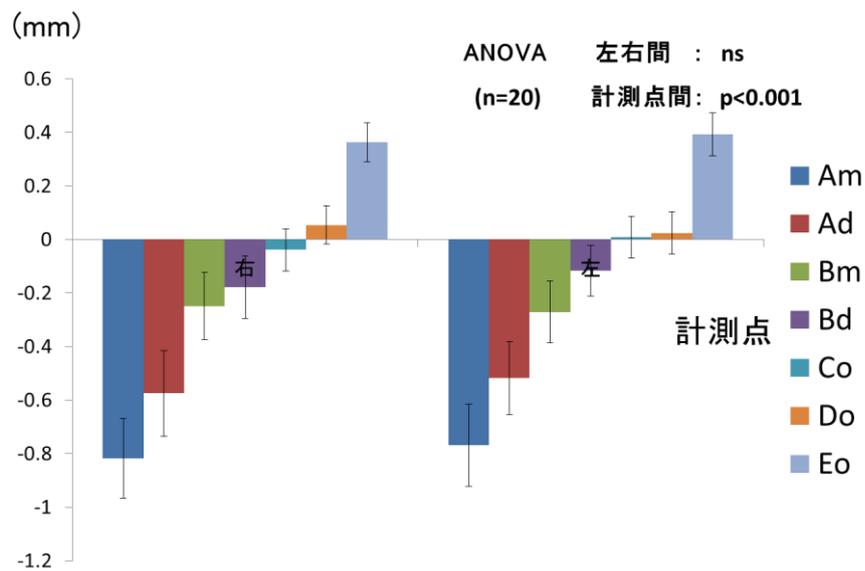


図 8 z 座標の治療前後の各計測点変化量の平均値と標準誤差

表 3 z 座標の各計測点変化量の多重比較検定結果

	Am	Ad	Bm	Bd	Co	Do
Ad	-					
Bm	**	-				
Bd	**	**	-			
Co	**	**	**	-		
Do	**	**	**	**	-	
Eo	**	**	**	**	**	*

-: ns, *: p<0.05, **: p<0.01

3 x, z の変化方向（角度）について

1) 角度 θ_x ($\text{PI}/2 \sim -\text{PI}/2$ rad)

θ_x の変化を図 9 に，その分散分析結果を表 4 に示す．

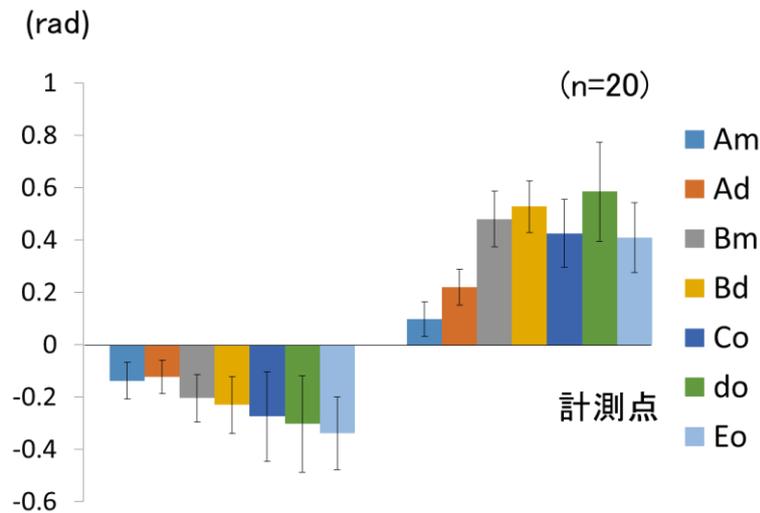


図 9 角度 θ_x の治療前後の各計測点変化量の平均値と標準誤差

表 4 角度 θ_x の二元配置分散分析表

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値	F(0.95)
全変動	112.486	279				
行間変動	0.993	6	0.166	0.544	0.774	2.133
列間変動	27.092	1	27.092	89.012	0.000	3.877
交互作用	3.438	6	0.573	1.883	0.084	2.133
誤差変動	80.962	266	0.304			

θ_x は x 方向の角度であるから歯列が側方拡大すると左右側で相反する方向に有意に側方変化する．全体的には左右差があり，歯種間では臼歯部の変化が大きい傾向を示したが有意差はなく，そ

れ故変化方向 θ_x は有意な左右差はみられなかった。

2) 角度 θ_z ($PI/2 \sim -PI/2$ rad)

θ_z の変化を図 10 に，その分散分析結果を表 5 に示す。

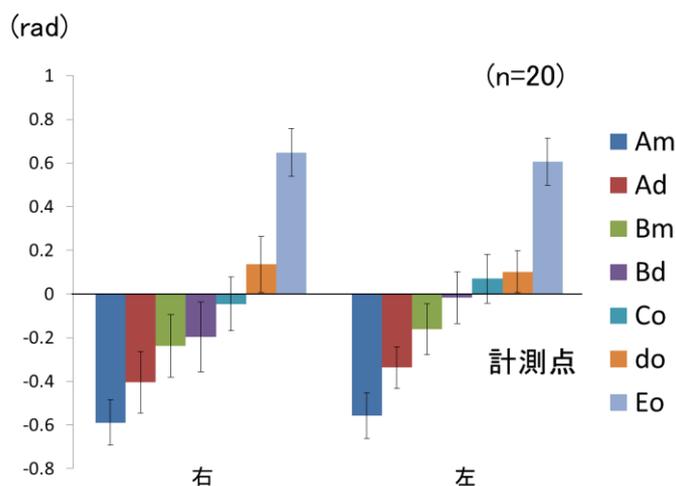


図 10 角度 θ_z の治療前後の各計測点変化量の平均値と標準誤差

表 4 角度 θ_z の二元配置分散分析表

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値	F(0.95)
全変動	112.790	279				
行間変動	35.600	6	5.933	20.608	0.000	2.133
列間変動	0.225	1	0.225	0.783	0.377	3.877
交互作用	0.380	6	0.063	0.220	0.970	2.133
誤差変動	76.584	266	0.288			

θ_z は，左右差はみられなかったが，有意な計測点間の差が認められた ($p < 0.001$)。つまり Am での平均 -0.6 rad，乳犬歯部では 0 に近い値，さらに Eo での $+0.6$ rad への角度変化し，乳切歯から乳臼

歯まで，比較的一定方向で有意な変化が認められた。多重比較検定の結果，各計測点間において，有意差が認められた。

4 総変化量について

総変化量 (r) の変化を図 11 と，その分散分析結果を表 5 に示す。総変化量 (r) は，左右とも Am 点が最も大きく平均 1.4 mm であり，臼歯部 Do, Eo 点が平均 0.7 mm と臼歯部で比較的小さい総変化量を示していた ($p < 0.001$)。つまり前歯部ほど総変化量は大きく臼歯部ほど小さくなっていった。

また総変化量に左右差はみられなかった。

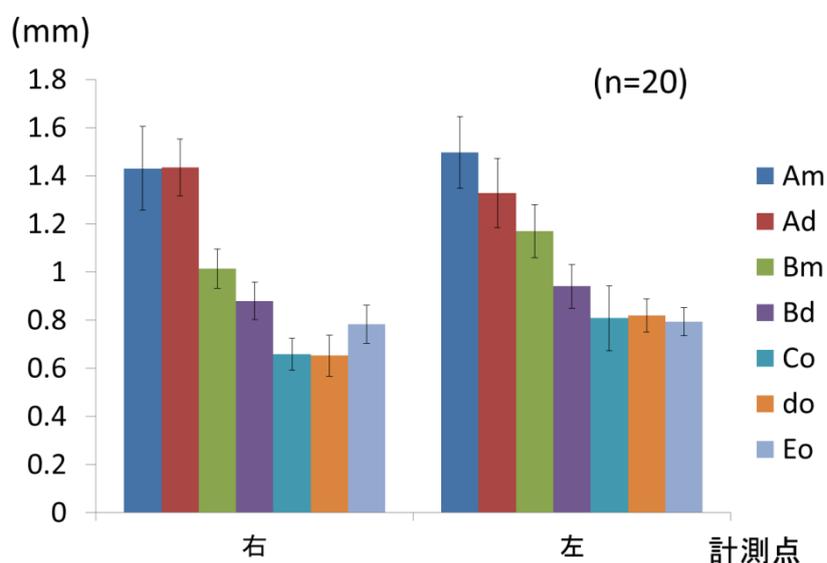


図 11 総変化量の治療前後の各計測点の変化量
平均値と標準誤差

表 5 総変化量の二元配置分散分析

変動要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F値	P値	F(0.95)
全変動	86.158	279				
行間変動	22.446	6	3.741	15.854	0.000	2.133
列間変動	0.365	1	0.365	1.547	0.215	3.877
交互作用	0.580	6	0.097	0.409	0.873	2.133
誤差変動	62.767	266	0.236			

表 6 総変化量の多重比較検定結果

	Am	Ad	Bm	Bd	Co	Do
Ad	-					
Bm	*	-				
Bd	**	**	-			
Co	**	**	*	-		
Do	**	**	*	-	-	
Eo	**	**	-	-	-	-

- : ns, *: p<0.05, **: p<0.01

5 治療前後における歯の平均移動方向及び総変化量の合成図

各計測点における総変化量および変化方向を表7に示す。また、これらデータを元にコンピュータ上の模型に重ね合わせることにより、治療前後における各計測点の三次元的移動方向と総変化量を視覚的に確認できる合成図を作成することができた(図12)。正中に近い部位ほど近遠心の振れは小さく前方と前上方へ、第二乳臼歯は変化が小さく外側へ、また挺出する方向へ変化していた。

表 7 各計測点における総変化量および変化方向

計測点	Am			Ad			Bm			Bd			Co			Do			Eo		
	r	θ_x	θ_z	r	θ_x	θ_z															
右側	1.430	-0.137	-0.589	1.435	-0.123	-0.405	1.014	-0.204	-0.237	0.880	-0.231	-0.197	0.658	-0.275	-0.046	0.652	-0.303	0.136	0.7821	-0.338	0.648
SE	0.779	0.311	0.468	0.525	0.286	0.627	0.362	0.403	0.639	0.352	0.490	0.718	0.300	0.769	0.551	0.386	0.825	0.570	0.352	0.621	0.488
左側	1.496	0.097	-0.557	1.329	0.219	-0.337	1.170	0.480	-0.161	0.941	0.528	-0.016	0.808	0.426	0.070	0.820	0.585	0.102	0.7930	0.409	0.606
SE	0.672	0.296	0.468	0.643	0.308	0.431	0.493	0.474	0.519	0.408	0.441	0.530	0.605	0.581	0.504	0.306	0.851	0.423	0.259	0.602	0.488

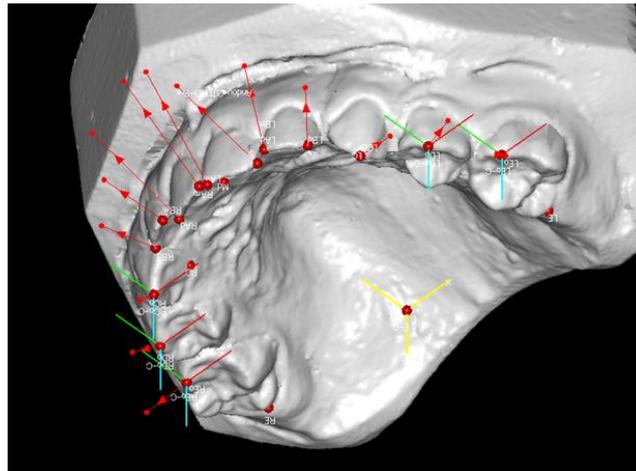


図 12 各計測点の治療前に比較した治療後の平均変化方向及び平均変化量

赤矢印は変化のベクトルを示す．水色と黄色線は傾きの基準．総変化量 r は実測値の 10 倍表示．

6 治療前後の x, y, z 座標の変化量，総変化量および変化方向と，セファロ分析結果との関係

歯列上の $R A m$ ， $R C o$ および $R E o$ の 3 計測点の三次元座標値と総変化量および θ_x ， θ_z の変化方向と， $\angle F H - M P$ ， $\angle F H - O c c$ ， $S N A$ ， $\angle U a - S N$ との相関係数について検討した．

その結果，特徴的な変化として $\angle F H - O c c$ と $R E o$ 点の総変化量および θ_x との間に，それぞれ

$r = -0.482$, $r = -0.502$ の負の相関が認められ, REo の変化が大きいと咬合平面角は小さくなっていた.

表 10 相関係数マトリックス

三次元分析		RAm						RCo						REo					
		x	y	z	r	θ_x	θ_z	x	y	z	r	θ_x	θ_z	x	y	z	r	θ_x	θ_z
セファロ分析	Mandibular plane	-0.129	-0.222	-0.041	-0.038	0.298	-0.295	-0.224	-0.332	-0.142	0.265	0.092	0.138	0.151	-0.402	0.317	-0.207	-0.200	0.260
	Occlusal plane	-0.223	-0.160	0.004	-0.062	-0.088	-0.151	0.133	-0.252	-0.133	0.154	-0.052	0.326	0.181	-0.368	-0.006	-0.482	-0.502	0.074
	SNA	0.249	-0.101	-0.214	0.046	-0.382	0.033	0.152	0.106	0.078	-0.070	-0.079	-0.372	-0.028	-0.032	0.112	0.300	-0.156	-0.163
	U-A to SN plane	0.185	0.099	-0.109	0.119	-0.274	0.280	0.140	0.232	0.317	0.249	0.296	0.126	-0.007	-0.068	0.132	0.004	-0.018	0.235

考 察

機能性反対咬合は，早期接触によって下顎が誘導され，咬頭斜面を滑走するような偏位が側方成分も含め近心方向に生じるもので，閉口時の咬合位は本来の中心咬合位と一致しない場合をいう¹⁻⁴⁾．**Proffit**¹³⁾は歯の位置に影響を及ぼす主要な要因として，内因力（舌と口唇・頬の力），外因力（指しゃぶりなどの口腔習癖，矯正装置），咬合力，歯根膜からの力（萌出力）の4つの基本的要因を挙げ，それぞれ拮抗する力が働いており，その力の均衡が崩れると歯の位置も正常な位置から外れ，不正咬合を来すとした均衡理論を提唱した．第二の要因として二次的な内因力も関係していると考えられる．つまり上顎前歯は逆被蓋のため上顎歯列弓長径や歯列弓周長は短縮しており，上口唇からの圧力は普段から上顎前歯が正常な位置に移動する障害となっていることが考えられ，さらに乳歯反対咬合が継続することにより上顎口蓋の容積も狭くなり⁶⁾，舌は普段から高位を取りにくくなっている⁹⁾ことも考えられた．**Bunro**¹⁶⁾は，ファンクショナルマトリックス¹⁵⁾と不正咬合との相互作用について，ファンクションと不正咬合のどちらが始めの原因であろうと，共に歯列治療においては大きな問題であるとして抑制治療の観点から

初期治療として機能的矯正装置を使用し、臨床的有効性を報告している。

機能的矯正装置ムーシールドを乳歯列反対咬合に適用した際の歯列弓長径に及ぼす影響について、上顎歯列弓長径は増大することが報告されている⁶⁻⁹⁾。対象とした乳歯列期小児の成長による変化について、Baum^{23,24)}は、乳歯列期においては上下顎歯列弓長径も幅径もほぼ一定であり変化しないことを、また Moorrees²⁵⁾も乳歯列期では歯列変化は安定しており、ただ第一大臼歯萌出直前に一時的に短縮する傾向を報告している。同様の研究を日本人小児で行った加藤²⁶⁾も、正常咬合児の3歳から5歳の期間においては、上顎の前方発育がほとんど見られなかったと報告している。また、上顎歯列弓長径の成長変化に及ぼす因子として上顎骨の成長も考えられる。この点について Enlow²⁷⁾は詳細に観察しており、上顎骨口蓋側における骨の吸収と唇側面における骨の添加と吸収が生じ、成長による変化が起こることを挙げているが、これら変化が著明に起こるのは、乳歯から永久歯への歯の交換期、つまり永久切歯の萌出と関連した混合歯列期以降であり、3～5歳の乳歯列期間では安定していることが知られている。

一方、ムーシールドにより歯列弓長の増大がどこの部位で起こるかについて検討した中原ら⁶⁾は、

乳中切歯－乳犬歯間の増大が最も大きく，また，上顎模型を正中から乳側切歯までの口蓋断面でも検討し，乳側切歯に比べ正中断面と乳中切歯断面で有意な増大を示したことから，歯列の改善に伴い三次元的な変化も生じている可能性を示唆していた．

そこで本研究では，上顎歯列の本装置による歯列・咬合の改善効果を上顎歯の三次元的な歯の移動（変化量および方向）に着目して解析したものである．そのため計測点を乳中切歯と乳側切歯には切端から近心と遠心面に至る隅角部に各歯2点ずつ計8点を，乳犬歯から第二乳臼歯までは尖頭部あるいは近心頬側咬頭部左右計6点の総計14点について，各点の三次元的変化を調べた．その際，重ね合わせを行う基準平面が重要となる．本方法では原点を中心として，上顎左右第二乳臼歯口蓋側遠心隅角部（LE，RE）と右側または左側の乳犬歯舌側歯肉の最陥凹点（RCまたはLC）の3点で構成される平面を，またLCかRCの基準点の決定には治療前後の咬合模型を参照し，治療前後で特に上顎乳犬歯の位置で変化の少なかった側の乳犬歯を基準点とし，基準平面とした．本方法により個々の歯の垂直方向の変化も明瞭に測定することが可能になったと考える．その結果，乳前歯，乳犬歯および乳臼歯部の歯の部位で変化の様相が異

なることが明らかになった。つまり，上顎乳前歯は前上方へ変化しながら側方にも拡大していた。前上方への変化は乳側切歯よりも乳中切歯が大きく，側方への変化は乳中切歯よりも乳側切歯の方が大きい傾向を示した。また，乳犬歯は外側方向へ変化していたが，前後的・上下的变化は少ないことも明らかになった。中原ら⁶⁾も，治療後においては，上顎乳犬歯間幅径は側方に拡大し，乳犬歯から前方の歯列弓長が増大すること，また下顎の時計方向の変化が認められていたが，今回の結果から，ムーシールドを装着すると，さらに上顎前歯の切端は前上方へ変化しながら，側方に拡大し，乳犬歯は垂直的にはあまり変化せず側方へ拡大し，また臼歯部は外側へ拡大しながら挺出する方向へと変化することが明らかとなった。その変化方向を角度 θ_z で見ると，Amで -0.6rad ，つまり規準平面に対し約 34° も歯頸側寄りに，またEoも $+0.6\text{rad}$ ，約 34° の挺出する方向の変化が確認できた。この点について，乳歯列期の反対咬合をチンキヤップおよび舌側弧線装置(LA)を併用して治療を行い，三次元的に治療効果を評価したKaiharaら²⁸⁾は，本研究と共通する結果として，歯列弓長径と乳犬歯以後の幅径の増大があったが，乳臼歯部では，その位置はほとんど変化していなかった。この違いは治療方法の違いによると考えられ，

つまり、機能的矯正装置を装着し、歯・歯列に対し、直接的な力は全く加えていなかった本研究に対し、Kaiharara²⁸⁾は、チンキャップとLAを併用することにより上顎第二乳臼歯の動きを水平的・垂直的に抑制した状態にあったことが考えられた。また、乳前歯、特に乳側切歯が前上方へ変化しながら側方へも拡大していたことについては、上顎前歯は、本治療が開始されるまで下顎によってインターロックされていた状態にあり、咬合が挙上された結果、スプリント効果（水平的咬合位の変化、咬合力の再配分、下顎位の変化）が出現し⁶⁾、またインターロックの解除により、成長抑制を受けていた上顎前歯の前方への移動（成長）が再び開始されたこと、また併せて犬歯間距離が拡大したことも理由として考えられた。ただし、このときの長径の増大は、これまで報告されてきた $\angle Ua-FH$ の増大および咬合平面の平坦化^{6,9)}に加えて本研究結果を考え合わせると、乳歯根尖付近に回転の中心軸を持つ、前述した歯の位置の均衡理論¹³⁾の要因の内、内因性、咬合力および歯根膜（萌出力）が関係し、前上方・側方への傾斜移動が生じたものと考えられた。

一方、セファロ分析結果との関係で、歯列・咬合の改善に伴って下顎の後方への変化と、下顎の時計方向への変化が生じていることも報告されて

いた⁶⁾。そこで本研究では、上顎の変化を検討し、またほとんど計測値の左右差を認めなかったため、上顎右側の Am, Co, Eo の x, y, z 座標、総変化量および変化方向と、上顎に関係したセファロ分析項目の $\angle FH-MP$, $\angle FH-Occ$, SNA, $\angle Ua-SN$ との間の相関について検討した。その結果、 $\angle FH-MP$, SNA, $\angle Ua-SN$ との間には有意な相関は認められなかったが、 $\angle FH-Occ$ と Eo の総変化量および θx との間には有意な負の相関が認められた。これは Eo における挺出と外側への拡大による咬合変化と、乳中切歯切端部の前上方への変化が $\angle FH-Occ$ 咬合平面角の減少と、それに伴い負の相関を認めたものと考えられた。この点は小野寺ら⁹⁾も、 $\angle FH-MP$ は治療前後で有意な変化を認めておらず、この点は、さらなる検証も必要と考える。

以上より、乳歯列期反対咬合に対する機能的矯正装置ムーシールドによる治療効果について、上顎歯を三次元的に評価した結果、個々の歯の変化量と方向とを定量的に分析できるだけでなく、変化の様相を三次元的に可視化することが可能となった。本方法により、上顎乳前歯は前上方へ変化しながら側方にも拡大し、乳犬歯は外側へ、また臼歯部は外側へ拡大しながら挺出する方向へと変化している様相を明示できた。

結 論

機能的矯正装置により乳歯列反対咬合の治療を行い、治療前後における上顎歯列の変化を個々の歯の移動方向と移動距離から三次元的に評価し、次の結論を得た。

1 三次元座標の変化について

1) x座標は、左右差が認められたが、測定点間差は認められなかった。水平方向の座標変化は左右とも拡大する方向で変化していたが、量的には計測点間で差はなかった。

2) y座標は、計測点間差が認められ、左右差は認められなかった。前方方向の有意な変化が認められ、前歯部ほど変化が大きかった。

3) z座標は、計測点間差が認められ、左右差は認められなかった。上下方向の変化は乳前歯部で上方へ、乳犬歯は変化なく、乳臼歯は挺出する方向への変化を示していた。

2 変化方向について

1) θ_x は、有意な左右差が認められたが、計測点間に差はみられなかった。

2) θ_z は、Am点での -0.6rad の角度変化（歯頸側方向）から乳犬歯部での0に近い値、さらにEo点での $+0.6\text{rad}$ の角度変化（挺出する方向）まで、

一定方向の有意な変化が認められた。

3 総変化量は，Am 点が最も大きく平均 1.4 mm であり，臼歯部 Do，Eo 点が平均 0.7 mm と臼歯部での総変化量は小さかった。

4 各計測点とセファロ分析結果との相関では， $\angle FH-Occ$ と REo 点の総変化量および θx との間に，それぞれ $r = -0.482$ ， $r = -0.502$ の負の相関が認められ，Eo の変化と咬合平面角との間に負の相関があることが明らかとなった。

以上より，機能的矯正装置ムーシールドによる乳歯列反対咬合に対する治療効果を，上顎歯の個々の変化を三次元的に評価した結果，上顎乳前歯は前上方へ変化しながら側方にも拡大し，乳犬歯は外側へ，また臼歯部は外側へ拡大しながら挺出する方向へと変化していることが明らかとなった。

引用文献

- 1) Ingervall B and Thilander B. Activity of temporal and masseter muscles in children with a lateral forced bite. *Angle Orthodo.* 1975;45:249-258.
- 2) 岡本圭一，長谷川信乃，高柳英司，松下 繁，田村康夫，吉田定宏．“Occlusogram”を用いた機能的反対咬合小児の治療前後における咬合変化の評価．小児歯誌．1993;31:485-495.
- 3) 松田成彦，長谷川信乃，篠田圭司，田村康夫．閉口時の咬合偏位が小児咀嚼筋非対称性指数に及ぼす影響．小児歯誌．1997;35:706-714.
- 4) 篠田圭司，松田成彦，仲岡佳彦，長谷川信乃，田村康夫．機能的反対咬合を有する小児における咀嚼筋活動の特徴．小児歯誌．1996;34:641-649.
- 5) 永原邦茂，飯塚哲夫．乳歯反対咬合者の咬合推移，－乳歯反対咬合の自然治癒を中心として－．愛院大歯誌．1992;30:223-229.
- 6) 中原弘美，多賀谷正俊，西田宜弘，近藤亜子，田村康夫．機能的矯正装置ムーシールドによる反対咬合小児の治療効果と歯列・歯槽部の形態的变化．小児歯誌，2013;51:429-439.

- 7) 柳 沢 宗 光 . 小 児 の 反 対 咬 合 治 療 の 開 始 時 期 に つ
い て . デ ン タ ル ダ イ ヤ モ ン ド . 1994;19:186-189.
- 8) 柳 沢 宗 光 . 機 能 的 矯 正 装 置 に よ る II A ~ II C 期 反
対 咬 合 , 交 叉 咬 合 小 児 の 治 療 成 績 に つ い て , 幼
児 期 , 成 長 期 反 対 咬 合 の 治 療 に つ い て . 矯 正 臨 床
ジ ャ ー ナ ル . 1996;12:57-76.
- 9) 小 野 寺 妃 枝 子 , 加 藤 め ぐ み , 村 田 紀 子 , 小 林 慶
一 , 中 島 一 郎 , 赤 坂 守 人 . 乳 歯 列 反 対 咬 合 に お け
る 治 療 前 後 の 顎 顔 面 形 態 お よ び 舌 位 の 変 化 , ム
ー シ ー ル ド と チ ン キ ャ ッ プ と の 比 較 . 小 児 歯 誌 .
2003;41:880-886.
- 10) Alami S, Aghoutan H, Quars FE, Diouny S and
Bourgui F. Early treatment of anterior crossbite
relating to functional class III. *INTECH*.
2015;341-361.
- 11) Vadiakas G and Viazis AD. Anterior crossbite
correction in the early deciduous dentition. *Am J
Orthod Dentofacial Orthop*. 1992;102:160-162.
- 12) Franchi L and Baccetti T. Splint therapy for
skeletal class III malocclusion in the primary
dentition. *J Clin Pediatr Dent*. 1998;22:93-98.
- 13) Proffit WR. Equilibrium theory revisited:
Factors influencing position of the teeth.
Angle Orthod. 1978;48:175-186.
- 14) Howland JP and Brodie AG. Pressures

- exerted by the buccinator muscle. *Angle Orthod.* 1966;36:1-12.
- 15) Moss ML. The functional matrix hypothesis revisited. No1.-No.4. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112:8-11, 221-226, 338-342, 410-417.
- 16) Bruno, F. The functional Matrix—そのとらえ方と筋機能装置 Multi Family を用いた実際的な解決法. *J Orthod Pract.* 2011;3:91-97.
- 17) 里見 優. 機能的矯正装置の特徴と作用機序. 小児歯科臨床. 2011;16:20-27.
- 18) Graber TM, Rakosi T and Petrovic AG: *Dentofacial Orthodontics with Functional Appliances.* Mosby, St. Louis, 1985.
- 19) Clark WJ. The Twin Block Technique: a functional orthodontic appliance system. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1998;93:1-18.
- 20) 田村康夫. 機能的矯正装置ムーシールドの効果を検証する, 小児歯誌, 2012;50:60-61.
- 21) Borrie F and Bearn D. Early correction of anterior crossbites: A systematic review. *J Orthod.* 2011;38:175-184.
- 22) 永石恵子, 小倉英稔, 西田宜弘, 近藤亜子, 田村康夫. 無歯期乳児の口蓋形態の特徴および成長による変化. 小児歯誌. 2011;49:439-451.

- 23) Baume LJ. Physiological tooth migration and its significance for the development of occlusion: I . The Biogenesis course of the deciduous dentition. *J Dent Res.* 1950;29:123-132.
- 24) Baume LJ. Physiological tooth migration and its significance for the development of occlusion: II . The Biogenesis of accessional dentition. *J Dent Res.* 1950;29:331-337.
- 25) Moorrees CFA. Normal variation in dental development with reference to tooth eruption status. *J Dent Res.* 1950;44:161-173.
- 26) 加藤 敬介 . 日本人小児における歯列弓の成長発育に関する研究 -3歳児乳歯列より永久歯列に至る経年石膏模型による検討-. 歯科学報 . 1979;79:991-1027.
- 27) Enlow DH and Hans MG. Essentials of facial growth. WB Saunders Co. Philadelphia, 1996;79-98.
- 28) Kaihara Y, Amano H, Miura K and Kozai K. Three-dimensional analysis of the effects of the treatment on anterior crossbite in the primary dentition. *Ped Dent J.* 2005;15:20-27.

