

## 口蓋裂患者の顎顔面構造と開鼻声の音響特徴の関連について

金野 吉晃, 八木 實, 亀谷 哲也, 石川 富士郎,  
湊 祐廣\*, 奈良 卓\*, 三輪 譲二\*\*

岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座

(主任: 石川 富士郎 教授)

岩手医科大学医学部形成外科学講座\*

(主任: 奈良 卓 教授)

岩手大学工学部情報工学科\*\*

(主任: 高浪 五男 教授)

(受付: 1997年2月17日)

(受理: 1997年4月14日)

**Abstract :** Nasalization of vowels is observed frequently in the post-palatoplasty cleft palate patients. Velopharyngeal incompetence is known as the main cause of this speech disorder. The correlation between the maxillofacial structures of cleft palate patients and the formant analysis of their nasalized vowels was investigated. The following results were obtained.

Subjects were 45 cleft palate patients (23 male patients and 22 female patients) and 18 female adults as the control. Lateral cephalograms of the occlusal position and speech position of vowels were taken and measured by the cephalometric procedure. The shape of the soft palate was measured as to the thickness and the length from the cephalograms. Formant frequencies of isolated vowels were analyzed with a SH-10 speech analyzer (RION company, Japan). Subjects were classified into 6 groups by their degree of velopharyngeal incompetence and sex. All variables were compared and examined statistically.

1. Skeletal class III tendency was related to the severity of the nasalized vowel.

2. Various irregularities of the spectral analysis were observed in most of the cleft palate patients' speech; the descending of /i/ 2nd formant frequency, abnormal formants, hoarseness, instability of fundamental frequency, and the probability of anti-formants.

3. An inverse correlation between the upper facial height and 2nd formant frequency of /i/ was observed in the female mild incompetent group.

**Key words :** cleft palate, nasalized vowel, cephalometry, formant frequency

---

The acoustical and physical correlation between the nasalized vowels and the cephalometric analysis of the post-palatoplasty cleft palate patients.

Yoshiaki KINNO, Minoru YAGI, Tetsuya KAMEGAI, Fujiro ISHIKAWA,  
Sukehiro MINATO\*, Taku NARA\*, Jouji MIWA\*\*.

(Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka, 020 Japan,  
\*Department of Plastic Surgery, School of Medicine, Iwate Medical University, Morioka, 020 Japan,  
\*\*Department of Computer and Information Science, Faculty of Engineering, Iwate University, Morioka, 020 Japan)

## 緒 言

口蓋裂患者の治療に際しては、審美的、形態的、機能的回復を目標とする。口蓋形成術後の軟口蓋における構音時の動態は一般に不良で鼻咽腔閉鎖不全を起こし、これによる開鼻声が頻発する<sup>1,2)</sup>。従来、構音改善のために指導訓練の他、スピーチエイドの装着、さらに咽頭弁形成術などが行われてきた。しかし、訓練によって改善された患者、あるいは聴覚的にほとんど開鼻声を認めない患者でも音声分析上では異常を認めることがある<sup>3)</sup>。これは軟口蓋の運動性低下を主とする鼻咽腔閉鎖不全だけでは十分に説明できず、口蓋形成後の患者の構音を特徴づける問題が存在するためと考えられる。

本研究では、その原因を口蓋形成術後の鼻上顎複合体の発育不全、すなわち上顎歯列の狭窄、顕著な反対咬合などの構造的の問題との間に密接な関係があると考え、フォルマント周波数を主にした音声分析と頭部 X 線規格写真による顎顔面構造の分析によって、数量的に検討したので報告する。

## 材料と方法

### 1. 対象

岩手医科大学歯学部矯正歯科と医学部形成外科で治療中の口蓋裂患者、男性 23 名、女性 22 名の合計 45 名である。

聴覚的に判断して開鼻声を認めない群（非開鼻声群）の成人女子 10 名と明らかに開鼻声を有する群（開鼻声群）の成人女子 9 名に分け、対照群として顎顔面発育や構音に異常を認めない成人女子 18 名を選び比較検討した（Table 1）。

次に母音単音節発声時の X 線写真から、軟口蓋後方が咽頭後壁に接触して鼻腔への呼気の流出を閉鎖する鼻咽腔閉鎖機能の程度により、不全、中間、良好の 3 段階で評価した（Fig.1）。対象は鼻咽腔閉鎖の程度 3 段階と性別から 6 群に分けて分析した。各群の人数を口蓋裂の裂型、年齢とともに表に示した（Table 2）。

Table 1. Subjects classified by nasality.

Group	Age ( $\pm$ 1SD)	Type	n
No nasality	18y 0m (3y 5m)	UCLP	5
		BCLP	3
		CP	2
		SPC	0
Nasality	16y 7m (2y 9m)	UCLP	4
		BCLP	4
		CP	1
		SPC	0
Control	23y 5m (2y 6m)		18

UCLP (Unilateral cleft lip and plate)  
BCLP (Bilateral cleft lip and plate)  
CP (Cleft plate)  
SPC (Soft plate cleft)  
Control (Normal female adult)

Table 2. Subjects classified by velopharyngeal closure.

Group	Sex	UCLP	BCLP	CP	SPC	Age ( $\pm$ 1SD)
Poor	male	4	2	0	0	20y 11m (7y 2m)
	female	6	0	2	1	17y 7m (4y 6m)
Fair	male	5	4	1	0	17y 8m (3y 2m)
	female	4	5	0	1	14y 3m (3y 0m)
Good	male	4	3	0	0	15y 8m (2y 2m)
	female	2	1	0	0	16y 2m (5y 6m)

### 2. 資料

(1) 咬合時および母音 (/a/, /i/) 発声時の頭部 X 線規格写真（対照群は発声時の撮影はしていない）

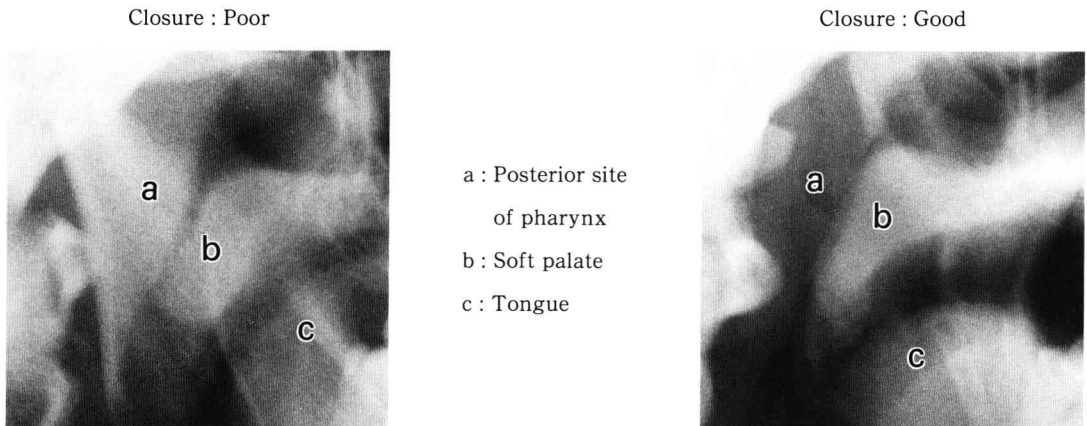
(2) 母音単音節発声による音声記録

(3) 口腔内所見（咬合状態、歯列弓形態、蓋形態、発声時軟口蓋所見）

### 3. 顎顔面構造の分析法と音声分析法

(1) 咬合位の頭部 X 線規格写真による計測

a) 顎顔面形態の骨格分析は矯正歯科学的に一般的に用いられる計測項目のうち、Y 軸角 (Y-axis), 上顎歯槽堤前方限界 (SNA), 下顎歯槽堤前方限界 (SNB), 下顎下縁平面角 (mandibular plane



Fair closure cases were classified by the following conditions ; cases with different closures for each vowel, cases with clear nasality in spite of the roentgenographic closure figure, or cases with very slight contacts between the soft palate and the posterior site of pharynx.

Fig.1. The assessment of the velopharyngeal closure at vowel speech by the cephalogram.

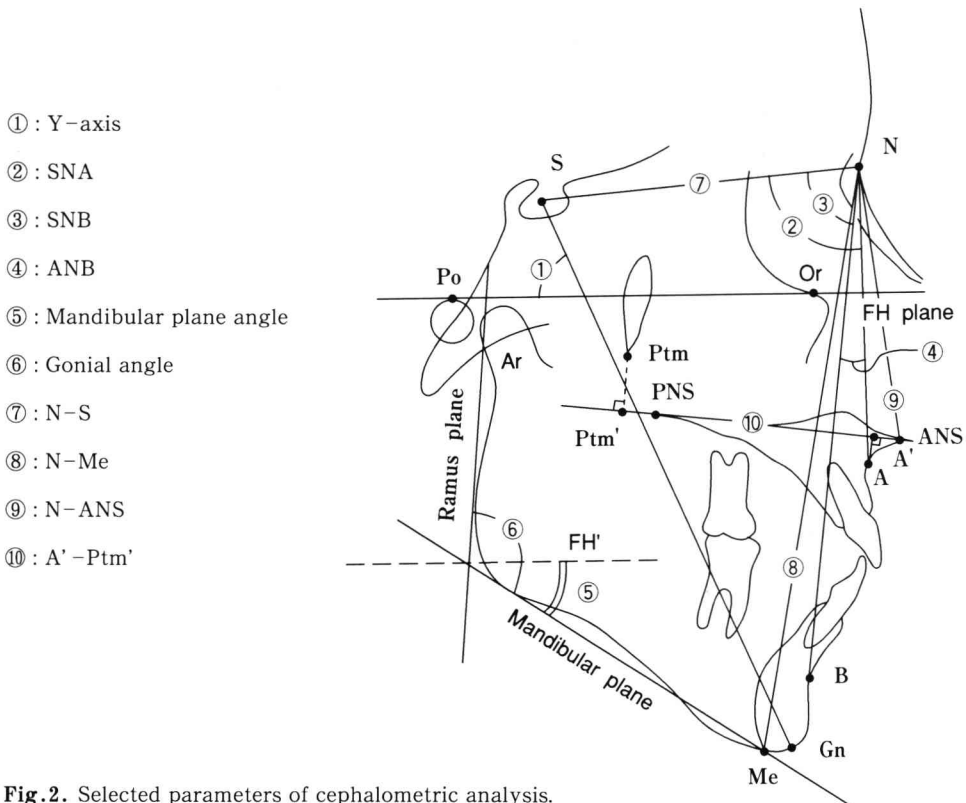
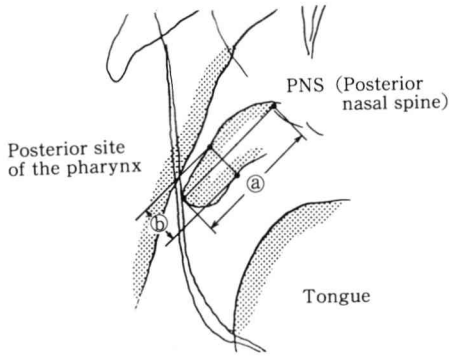


Fig.2. Selected parameters of cephalometric analysis.



Ⓐ : Length of the soft palate.  
 Ⓑ : Thickness of the soft palate.

Fig.3. The measurement of the soft palate.

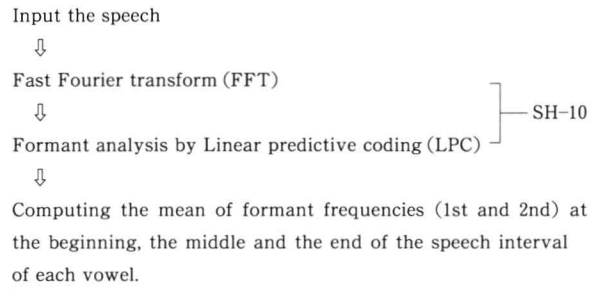


Fig.4. The process of the speech analysis.

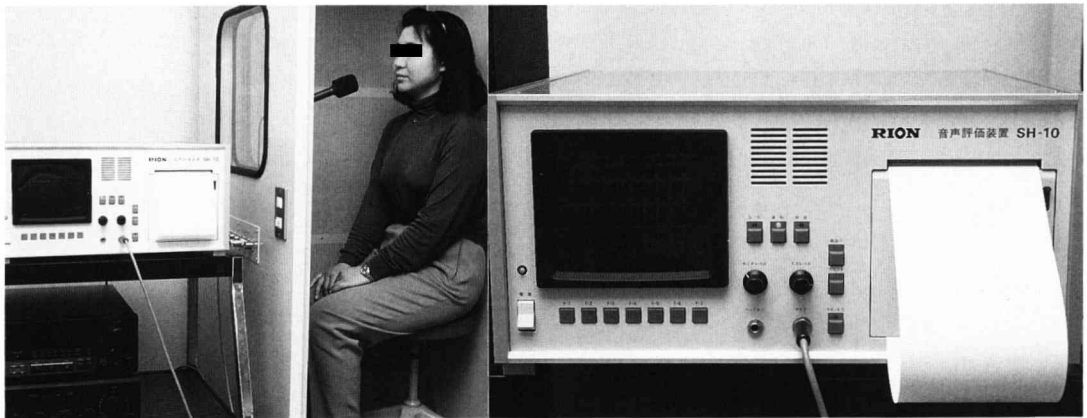


Fig.5. SH-10 the speech analyzer (RION company) and the view of examination with the isolated chamber.

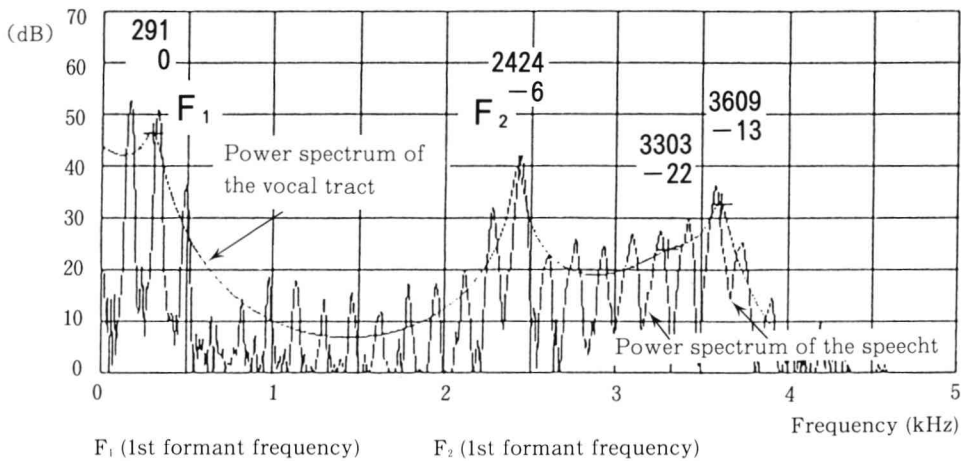


Fig.6. Power spectrum of the speech and the vocal tract on the output of SH-10.

angle), 下顎角 (gonial angle), 前頭蓋底長 (S-N), 前顔面高 (N-Me), 上顔面高 (N-ANS), 上顎骨長 (A'-Ptm') を計測した (Fig.2)。

b) 咬合位の頭部 X 線規格写真による軟口蓋の形態計測 (Fig.3)。

㊶ 軟口蓋長さ (後鼻棘から軟口蓋後端までの X 線写真上の長さ)

㊷ 軟口蓋厚さ (㊶の計測線に垂直に計られた軟口蓋の最厚部の X 線写真上の厚さ)

(2) 音声評価装置 (SH-10, リオン社製) による音声分析

音声サンプルは直接 SH-10 に入力して即時に解析した。分析の為のサンプリング周波数は 10 kHz である (Fig.4)。対象者は密閉した音声分析室で、5 母音を単音節発声させた (Fig.5)。線形予測法によってスペクトル包絡が自動的に描記され、そのピーク周波数がフォルマント周波数となる。これを低い方から、F<sub>1</sub> (第 1 フォルマント周波数), F<sub>2</sub> (第 2 フォルマント周波数) とした (Fig.6)。

(3) 計測値の平均値の差と計測項目間の相関係数の検定

各群間の平均値の比較における検定は、分散に差がない場合は t 検定で、差がある場合は Welch の方法で有意差を判断した。各群内では全項目の単回帰分析を行い、回帰直線の相関係数の検定を行った。

## 結 果

1. 非開鼻声群, 開鼻声群と対照群の顎顔面構造の比較 (Table 3)

開鼻声群, 非開鼻声群ともに対照群と比較して, 骨格型要因の反対咬合パターンを示しているが, 特に開鼻声群はその傾向が強かった。

2. 非開鼻声群, 開鼻声群と対照群の 5 母音の音声分析による比較 (Table 4)

各母音の第 1 フォルマント周波数 (F<sub>1</sub>), 第 2 フォルマント周波数 (F<sub>2</sub>) を 3 群間で比較し

**Table 3.** The comparison of the cephalometric analysis among the no nasality group, the nasality group, and the control.

Parameters	No nasality n=10	Nasality n=9	Control n=18
Y-axis (°)	72.9	68.9	66.7
SNA (°)	75.7	76.0	81.9
SNB (°)	73.8	77.6	78.6
Mand. pl. angle (°)	36.2	37.5	32.4
Gonial angle (°)	125.3	136.5	125.8
N-S (mm)	67.7	65.7	67.8
N-Me (mm)	123.0	120.9	124.7
N-ANS (mm)	53.4	54.0	56.7
A'-Ptm' (mm)	43.6	42.3	48.3
Soft palate length (mm)	11.6	10.4	9.8
thickness (mm)	32.7	30.9	34.1

\* : p<0.05    \*\* : p<0.01

た結果, 非開鼻声群, 開鼻声群ともに対照群よりも /i/ 音 F<sub>2</sub> の低下が明らかであった。

3. 口蓋裂群間の計測項目の差について

(1) 頭部 X 線規格写真

各群間で明らかな有意差を認めた計測項目はなかった。

(2) 軟口蓋形態

明らかな有意の差が認められた項目はなかった。

軟口蓋の長さ対厚さの比 (㊶/㊷) では, 女子中間群が女子良好群よりも大きな値を示

**Table 4.** The comparison of formants of each vowel among the no nasality group, the nasality group, and the control.

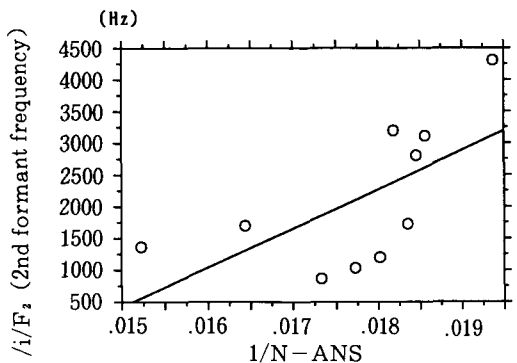
Groups	/ a /		/ i /		/ u /		/ e /		/ o /	
	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub> (Hz)
No nasality (n=10)	1009	1517	365	2250	419	1569	587	2255	557	978
Nasality (n=9)	934	1528	358	1875	431	1686	563	2306	535	923
Controls (n=18)	1010	1529	378	3013	423	1660	545	2456	527	929

F<sub>1</sub> (1st formant frequency)
F<sub>2</sub> (2nd formant frequency)
\*\* : p < 0.01

**Table 5.** The comparison of the measurement of the soft palate, the cephalometric analysis, and vowel formants among the good closure group, the fair closure group, and the poor closure group.

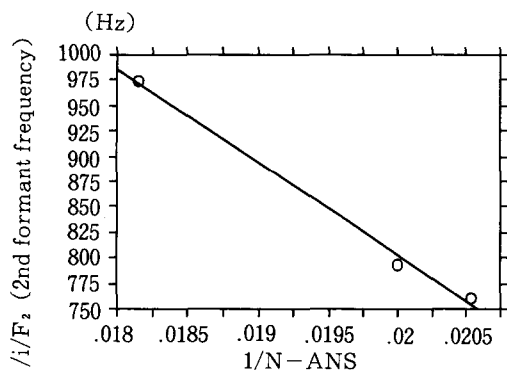
Palameters	Male			Female		
	Good	Fair	Poor	Good	Fair	Poor
Ⓐ (mm)	24.5	25.5	30.1	23.9	25.5	29.6
Ⓑ (mm)	9.7	9.1	11.0	13.0	8.2	6.9
Ⓐ/Ⓑ	2.6	3.1	3.1	2.0	3.2	4.6
ANB (°)	-3.25	-0.96	-0.34	0.23	1.72	-0.90
1 / N-ANS	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
/ a / F <sub>1</sub> (Hz)	752	700	691	925	790	598
/ a / F <sub>2</sub> (Hz)	1200	1258	1202	1565	1526	1372
/ i / F <sub>1</sub> (Hz)	337	313	380	353	402	345
/ i / F <sub>2</sub> (Hz)	2060	2129	2496	843	2126	1643

\* : p < 0.05



1/N-ANS means the invers number of the upper facial height.

Fig.7. The correlation between the upper facial height and F<sub>2</sub> of /i/ in the female fair closure group.



1/N-ANS means the invers number of the upper facial height.

Fig.8. The correlation between the upper facial height and F<sub>2</sub> of /i/ in the female good closure group.

した ( $p < 0.05$ , Table 8)。

(3) 音声分析

/i/ 音 F<sub>2</sub> は、男子良好群が男子不全群よりも高い値を示した ( $p < 0.05$ , Table 5)。

/i/ 音 F<sub>1</sub> は、男子良好群が男子中間群よりも高い値を示した ( $p < 0.05$ , Table 5)。

5. 口蓋裂群毎の計測項目間の相関について

(1) 女子閉鎖不全群 (n = 9)

上下顎関係において下顎前突傾向の高い症例

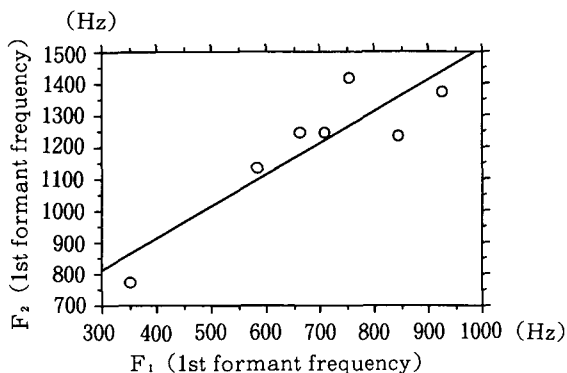


Fig.9. The correlation between F<sub>1</sub> of /a/ and F<sub>2</sub> of /a/ in the female good closure group.

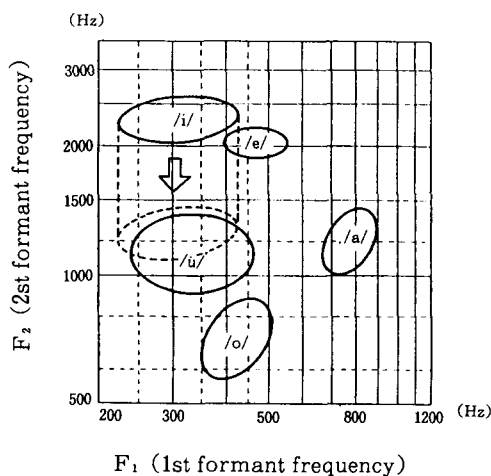


Fig.10. The effect of F<sub>2</sub> of /i/ descending on the F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> plane.

は、/a/ 音 F<sub>2</sub> が低下して /o/ のスペクトル分布に似ていた。

(2) 男子閉鎖不全群 (n = 6)

上顔面高 (N-ANS) が大きい症例は、/a/ 音 F<sub>2</sub> が低下する傾向にあった。

(3) 女子中間群 (n = 10)

上顔面高 (N-ANS) が大きい症例は、/a/ 音 F<sub>1</sub> が低下する傾向にあった。

上顔面高の逆数 (1/N-ANS) と /i/ 音 F<sub>2</sub> に正の相関を認めた ( $r = 0.636$ ,  $p < 0.05$ , Fig.7)。

(4) 男子中間群 (n = 10)

軟口蓋厚さ⑥が大きい症例は、/i/ 音 F<sub>1</sub>

が上昇している傾向にあった。

(5) 女子良好群 (n = 3)

上顔面高の逆数 (1/N-ANS) と /i/ 音  $F_2$  に負の相関を認めた ( $r = -0.998$ ,  $p < 0.01$ , Fig. 8)。

(6) 男子良好群 (n = 7)

/a/ 音  $F_1$  と /a/ 音  $F_2$  の間に正の相関を認めた ( $r = 0.892$ ,  $p < 0.01$ , Fig. 9)。

## 考 察

### 1. フォルマント分析と開鼻声について

母音は、各母音発声時の声帯 (声門) から口唇までの声道における共振周波数、すなわち、フォルマント周波数によって識別される。フォルマント周波数とは声道断面積で決る声道伝達関数の極の周波数であり、低い方から順に第1, 第2, 第nフォルマント周波数と呼んでいる。各母音の第1, 第2フォルマント周波数は異った数値になり、個人差, 年齢差, 性差によって変動するが、第1, 第2フォルマント周波数を対数変換して、x, y軸にとると、母音毎にある特定の分布域にある (Fig. 10)<sup>4)</sup>。

声帯の振動エネルギーは、音響管である声道の各部の断面積に依存した共鳴によって強められたり、弱められたりする。フォルマント周波数は、この時の声道の共鳴による共振周波数である。周波数 (Hz) を x 軸に、振動エネルギー (dB) を y 軸にとると、音声の周波数特性は変化の激しいスペクトル特性を示し、声道の周波数特性は滑らかなスペクトル包絡を示す。この声道周波数のパワースペクトルのピーク値がフォルマント周波数となる (Fig. 6)<sup>5)</sup>。

以上のことから母音のフォルマント周波数は、声道の最も狭まった位置、すなわち調音点によって変化することが分るが、鼻腔による共振がある場合にも変化が生じる。これは声道に鼻腔というもう一つの音響管が接続されるためである。この状態を音声学的には鼻音と呼び、軟口蓋が下がって鼻腔と咽頭が連絡した発声様式である。鼻音は正常な音素であるが、健常者の母音の単独発声では生じにくい。

しかし、健常者でも軟口蓋の挙上が弱い /a/ の発声では出現することがある<sup>6, 7)</sup>。口蓋裂患者では軟口蓋短小化や運動不全により鼻咽腔閉鎖不全が頻発するが、これによる母音の鼻音化が開鼻声という構音異常として認識される。

母音の鼻音化 (開鼻声) が起こると、声道の反共振が生じて、音声スペクトルにはフォルマントの分割や併合現象が生じる。このためフォルマント周波数にも変化が起き、聴覚的に判別の困難な発音として認知される<sup>8, 9)</sup>。

### 2. 口蓋裂患者の開鼻声の音声分析上の特徴

開鼻声におけるフォルマント周波数の異常については、 $F_1$  の上昇や帯域幅の拡大を主とするという見解<sup>10)</sup>や、/i/ 音の  $F_1$ ,  $F_2$  間のスペクトル上のピークまたは減衰こそ開鼻声特有のパターンとする報告<sup>11, 12)</sup>などがある。本研究の分析でも、対照群との比較で口蓋裂群は /i/ 音の  $F_2$  が低く、鼻咽腔閉鎖不全群や中間群は良好群に比べて /i/ 音の  $F_2$  が低かった。音声スペクトルの  $F_1, F_2$  の変化で見ると /i/ は /u/ の分布に類似した偏位を示した (Fig. 10)。

/i/ 音  $F_2$  低下の原因として、音声スペクトル上の 1,300 Hz, 2,200 Hz 付近に存在すると推定される反共振が、本来の  $F_2$  を低域に移動させたと考えられる。しかし、低下の原因となるアンチフォルマント周波数の推定は線形予測法では困難であった。

また、音声スペクトルの周期性の乱れを認めたが、これは正常構音では殆ど認められない現象である<sup>13)</sup>。この現象は口蓋裂全群に認め、中間群、不全群により頻繁に認めた。

さらに声帯振動数の不安定が多くの例で認められた。これは聴覚的には嗄声として聴こえる。嗄声が口蓋裂患者に頻発することについては報告されているが<sup>14, 15)</sup>原因は明確でない。

### 3. 顎顔面形態および発育と鼻咽腔閉鎖不全の程度との関係について

対照群と比較して、口蓋裂患者は明らかに骨格型反対咬合の傾向を示し、その特徴は上顎の劣成長を主としている。開鼻声の認められる群はこの傾向が顕著であった (Table 3)。しかし、



鼻咽腔閉鎖度から判別した3群間においては明らかな差を認めず、鼻咽腔閉鎖度と顎顔面形態には関連がないと思われた。

4. 鼻咽腔閉鎖不全の程度と顎顔面形態、軟口蓋形態、フォルマント周波数の関係について  
鼻咽腔閉鎖の度合と顎顔面形態、軟口蓋形態の間に明らかな関係は見出せなかった。

男子良好群の /i/ 音の  $F_1, F_2$  は不全群、中間群に比較して高い値を示した。これは鼻咽腔閉鎖が良好であれば、開鼻声の頻度は低下し、異常なフォルマントの出現、 $F_2$  の低下が起こりにくくなることで説明できる。女子の場合は基本周波数（声帯振動数）の不安定な例が多かったため、群間で  $F_1, F_2$  の差が認められなかった。

5. フォルマント分析と顎顔面形態の関係について

共鳴周波数は音響管である声道の長さとは反比例するため、統計処理するにあたって、頭部X線規格写真の距離計測値は逆数にした。

/i/ 音では、 $F_1, F_2$  の相関性がないことから、 $F_2$  の低下は  $F_1$  の変動とは独立した要素に影響されていると考えられる。また、基本周波数（声帯振動数）に群間の差が無かったことから、声道が鼻腔へ通じる度合が大きいことが /i/ 音の  $F_2$  低下に影響していると考えられる。

女子の鼻咽腔閉鎖中間群で、上顔面高の大きさと /i/ 音の  $F_2$  の高さにも負の相関を認めたことから、上顎複合体発育とフォルマント異常は関係があり、垂直的発育が小さい場合の方が（開鼻声を認めやすい母音とされる）/i/ 音については正常に近く構音されると解釈できる。

一般に口蓋形成術後の口蓋裂症例では上顎後方の垂直的発育が悪く<sup>16)</sup>、完全な硬軟口蓋裂症例は鼻中隔湾曲、鼻孔、気道の非対称な変形が多く見られ、狭窄による鼻閉傾向もある。こうした上顎複合体の変化は分岐した声道の共鳴に影響し、フォルマント異常を招くと考えられる。したがって上顎の発育が垂直的に強い症例ほど鼻腔、副鼻腔の変形が強いことが推測できる。この推論を確定するためには、MRI による

声道断面積の連続的变化を計測することが必要である。

顎顔面形態とフォルマント異常の関係が男子よりも女子に認められた理由として、一般に健康者であっても女子の鼻咽腔閉鎖は男子より弱く、鼻声化しやすいため明瞭に関係が現れたと考えられる。しかし、女子でも鼻咽腔閉鎖不全群でこの傾向が明瞭でなかったことについては、この群の軟口蓋の運動が非常に低下しており常に鼻咽腔が開放していること、鼻閉傾向が高いことなどから別の要素が関与していることが考えられるが、口蓋挙上筋群の運動神経障害もそのひとつである<sup>9,17)</sup>。

女子鼻咽腔閉鎖良好群では /i/ 音  $F_2$  と上顔面高が正の相関を示しており、声道の分岐がなければ声質は顔面の発育とともに良好になることが示唆された。

すなわち、鼻咽腔閉鎖が充分でない場合、特に /i/ 音での鼻声化は起こりやすく、その程度は上顔面の発育によって影響を受けることが分かった。

6. フォルマント分析結果と軟口蓋形態の関連について

開鼻声の特徴である /i/ 音  $F_2$  低下について、今回の分析では軟口蓋の厚さとの間に負の相関性を認めたが、計測方法が側方からの投影像であるため判断はできなかった。

## 結 語

口蓋形成術後の口蓋裂患者の母音のフォルマント分析を行い、頭部X線規格写真より顎顔面と軟口蓋の計測を行った。その結果、以下の知見を得た。

1. 開鼻声の強い症例では骨格型反対咬合の傾向あった。
2. 多くの対象で、音声スペクトル上の異常を認めた。
3. 女子の一部で /i/ 音第2フォルマント周波数の低下を認め、上顔面の垂直的発育と関連すると思われる結果を得た。

本研究は、平成3年度、4年度の文部省科学

研究費補助金(奨励研究 A 03771640, 同 04771830)のもとに行った。本論文の要旨の一部は第 16 回日本口蓋裂学会学術集会(平成 4 年 7 月, 金沢), 第 52 会日本矯正歯科学会学術大会(平成 5 年 11 月, 鹿児島)において発表した。

## 文 献

- 1) McWilliams, B. J., Morris, H., and Shelton, R.; 和田 建, 館村 卓 訳, 口蓋裂 言語障害の病理・診断・治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 71-72 ページ, 1995 : Cleft palate speech; 2nd ed., B. C. Decker Inc., Philadelphia, 1990.
- 2) 吉岡博英: 音声・言語障害の概念, 小児内科, 20: 1509-1513, 1988.
- 3) Krakow, R. A., Beddor, P. S., and Goldstein L. M.: Coarticulatory influences on the perceived height of nasal vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 83: 1146-1158, 1988.
- 4) 城戸健一: 音声の合成と認識, 第 1 版, オーム社, 東京, 10-14 ページ, 1986.
- 5) 三輪讓二: パソコン音声処理, 第 1 版, 昭晃堂, 東京, 80 ページ, 1991.
- 6) 西尾順太郎: 口蓋の解剖と鼻咽腔閉鎖機構の生理, 宮崎 正 編集: 口蓋裂 その基礎と臨床, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 97 ページ, 1982.
- 7) McWilliams, B. J., Morris, H., and Shelton, R.; 和田 建, 館村 卓 訳, 口蓋裂言語障害の病理・診断・治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 215 ページ, 1995 : Cleft palate speech; 2nd ed., B. C. Decker Inc., Philadelphia, 1990.
- 8) 三輪讓二: パソコン音声処理, 第 1 版, 昭晃堂, 東京, 78 ページ, 1991.
- 9) McWilliams, B. J., Morris, H., and Shelton, R.; 和田 建, 館村 卓 訳, 口蓋裂 言語障害の病理・診断・治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 294-295 ページ, 1995 : Cleft palate speech; 2nd ed., B. C. Decker Inc., Philadelphia, 1990.
- 10) 平野 実, 竹内義夫: 鼻音化母音の音響学的特長について, 耳鼻臨床, 57: 77-82, 1964.
- 11) 片岡竜太: 開鼻声の定量的評価法に関する研究 - 周波数特性と主観評価量との関連について, 日口蓋誌, 13: 204-216, 1988.
- 12) McWilliams, B. J., Morris, H., and Shelton, R.; 和田 建, 館村 卓 訳, 口蓋裂言語障害の病理・診断・治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 274-276 ページ, 1995 : Cleft palate speech; 2nd ed., B. C. Decker Inc., Philadelphia, 1990.
- 13) 今井 徹: 口蓋裂者発声音の鼻音化の解析, 日矯歯誌, 43: 185-199, 1984.
- 14) McWilliams, B. J., Morris, H., and Shelton, R.; 和田 建, 館村 卓 訳, 口蓋裂言語障害の病理・診断・治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 262-265 ページ, 1995 : Cleft palate speech; 2nd ed., B. C. Decker Inc., Philadelphia, 1990.
- 15) Stengelhofen, J., ed.: 森 壽子, 中川皓文, 森口隆彦, 佐藤康守 訳, チーム医療ですすめる口蓋裂の言語治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 23-24 ページ, 1992.
- 16) 林 薫: 片側性完全唇・顎・口蓋裂者の顎顔面頭蓋の成長 - 頭部 X 線規格写真法による研究, 日矯歯誌, 34: 33-65, 1975.
- 17) Stengelhofen, J., ed.: 森 壽子, 中川皓文, 森口隆彦, 佐藤康守 訳, チーム医療ですすめる口蓋裂の言語治療, 第 1 版, 医歯薬出版, 東京, 96-98 ページ, 1992.