

구개상의 형태 변화가 발음에 미치는 영향에 관한 음향학적 연구

- /s/을 중심으로한 컴퓨터 분석 -

경희대학교 치과대학 치과보철학교실

최창규 · 우이형 · 박남수

- 목 차 -

- I. 서 론
- II. 연구자료 및 방법
- III. 연구성적
- IV. 총괄 및 고안
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

음성은 언어 활동의 총체중에서 가장 중요한 부분의 하나로서 음향학, 언어학 뿐만 아니라 인체의 기질적 기능적 변화에 의한 발음의 변화 및 개선을 위하여 의학, 치의학의 제분야에서 중요한 연구 대상으로 대두되고 있다¹⁻¹⁴⁾.

구강은 음성 발생기관의 한 부분으로서 부정교합으로 인한 치아 배열 및 악간 관계의 이상이나, 구강 조직의 변형이나, 치아의 상실등으로 인하여 발음의 변화가 나타날 수 있으며 특히 보철물의 장착은 저작, 심미성의 개선 및 발음의 회복에 그 목적이 있으나, 저작, 심미성의 개선에 관한 연구에 비하여 발음의 회복

에 관한 연구는 비교적 적은 상태이다.

음성 발생은 혀가 치아, 치조제 및 경, 연구개등에 접촉하여 발생되므로 이 부위가 소실되거나 의치등에 의해 피개 또는 대치되는 경우에는 감각 수용 정보의 변화와 공명강 크기의 변화에 의하여 발음의 변화가 나타날 것으로 생각된다. 이와같은 감각 수용정보는 자연치아가 존재할 경우에는 식별이 가능 하나 상실되면 방해를 받아 정상 조음이 어렵게 된다고 하였다¹⁵⁾. 그러나, 임상적으로 대부분의 환자는 보철물 장착 기간이 증가되면 발음은 정상으로 회복되는 것으로 인식되고 있으며 Boucher¹⁶⁾, Allen¹⁷⁾은 장착 후 즉시 발음의 개선이 이루어진다고 보고하였다.

그러나, Troffer와 Beder¹⁸⁾는 즉시 의치를 장착하고 수주를 지나도 발음 개선이 없었다고 하였다.

비록 대부분의 환자가 적절한 발음을 위하여 여러 보상방법을 이용하나 정확한 것은 아직도 잘 모르며 조음의 방법이나 위치의 차이가 있는 경우에도 정상으로 발음되는 것으로 인식되지만 아직 정확한 이유는 모르고 있는 상태이다.

Chaney¹⁹⁾는 /s/는 무성 설치조 마찰음으로서 가장 잘못 발음되기 쉬운 음이라고 하였고,

Silvermann²⁰⁾은 교합 고경의 부정확한 회복이나, 전치의 배열이 부적절하면 /s/가 /th/로 잘못 발음된다고 하였고 Tanaka²¹⁾는 의치 장착 후 시간 경과에 따라서 대부분의 음은 정상 발음으로 회복되거나 치찰음은 구개부와 관련이 있으며 특히 구개 전방부의 형태에 따라서 발음 회복에 영향이 크다고 보고하였고 특히 Pound²²⁻²⁴⁾, Allen¹⁷⁾은 /s/, /sh/의 개선을 위하여는 전방부위의 형태를 정상적으로 회복하여야 한다고 보고하였다.

Martone²⁵⁾은 전설모음이 후설모음보다, 자음이 모음보다 2배 정도로 변화가 크게 나타나며 그 변화는 구개부의 두께에 비례하며 특히 구개 전방부의 두께에 큰 영향을 받는다고 보고하였다.

이러한 치과치료와 음성간 관계에 관한 연구는 그 대상이 상당히 제한되어 있으며 대부분이 구강외과 수술 전후의 발음에 관한 포만트(Formant)의 비교에 관한 연구이다.²⁶⁻³²⁾

보철물에 의한 발음 변화에 관한 보고는 대부분이 외국어에 관한 것이었으며 한국어에 대한 연구로는 의치상 후경과 모음 변화에 관한 김³³⁾의 연구와 의치 형태에 따른 발음 차이에 관한 성³⁴⁾의 연구와 palatal bar와 한국어 모음 및 경구개음의 변화에 관한 이³⁵⁾의 연구등이 보고되었고 이는 Sonagram을 이용하여 포만트 변화를 분석 보고한 것이었다.

음성의 연구 방법은 청각을 이용한 음성인식 방법과 명료도 검사표를 이용한 방법, 구개도를 이용한 조음 위치의 분석, X-ray 영화법, 술자의 관찰, 환자의 호소등을 이용한 방법등이 있으나 이런 방법의 대부분은 주관적인 방법으로서 분석상의 오류를 일으킬 가능성이 있으므로 보다 객관적인 분석이 필요하며 그중에서는 주로 포만트의 분석이 많이 보고되고 있다.³²⁻³⁵⁾

그러나 Doddington⁹⁾은 포만트 분석에서는 동일 발음 제공자가 동일 발음을 할 때의 시간, 환경에 따라서 포만트의 변화가 크게 나타나기도 하고, 다른음이 같은 포만트를 보이기도 하고 포만트의 위치를 정확하게 판독하기 어려운 경우도 많다고 하였다. 또한 자음은 포

만트가 나타나지 않으므로 후속 모음의 변화에 의한 유추 분석만이 가능하므로 포만트를 이용한 자음의 분석은 곤란하여 실제적으로 발음의 정확한 분석이 어렵다고 하였다⁹⁾.

Fallside와 Wood¹⁰⁾는 보다 객관적인 방법을 위하여 컴퓨터를 이용한 자동음성인식의 중요성을 강조하였다. 이 방법의 가장 중요한 특징은 Pattern matching으로서 어느 한음을 기준음(reference voice)으로 하여 또다른 음(testing voice)을 동일 조건으로 비교하여 음의 특징적 변화를 수치적으로 비교 분석하는 방법으로서 이를 이용한 방법으로는 선형 예측 분석(Linear Prediction Correlation, LPC), Cepstrum, Log Area Ratio, Area Function 등의 방법이 있으며 Atal⁸⁾은 이중에서 선형 예측 분석 방법이 가장 신뢰성이 있는 방법이라고 보고하였으나 Flanagan¹¹⁾은 자동인식 방법 중에서 어느 하나에 의한 분석보다는 여러 방법을 이용한 분석을 주장하였다.

치과 분야에서는 Petrovic³⁶⁾에 의한 이와 유사한 자동음성 인식을 이용하여 구개상의 두께와 발음의 변화를 수치적으로 비교한 보고가 있으며 한국어에 관한 연구로는 우등^{37,38)}의 구개상의 형태에 따른 자음의 변화에 관한 선형 예측과 이등³⁹⁾의 모음 변화에 관한 선형 예측 및 Log Area Ratio 연구보고가 있으나 이들의 연구는 자동음성 인식방법중의 일부만을 이용한 분석이었으며 자음의 분석은 후속모음으로서 비교적 영향이 적은 /아/만을 이용한 분석으로 후속 모음의 변화에 의한 동일 자음의 변화에 관한 연구는 보고되지 않았다.

이에 저자는 자동인식 방법중에서 선형 예측 분석, Cepstrum(Weighted, Euclidian), Log Area Ratio등을 이용하여 후속 모음의 변화에 따른 동일 자음의 변화 및 구강내 용적의 변화를 상호 비교 분석하기 위하여 한국어 자음중 의치에 의한 장애가 큰 음으로 알려진 /s/을 후속 모음으로 /t, ʃ, ɳ, ɲ, ɳ, ɳ, ɳ, ɳ/와 함께 발음하여 구개상의 형태가 발음에 미치는 영향을 분석하여 다소의 흥미있는 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구 자료

A. 분석 대상음의 선정

한국어 치음중에서 마찰음에 속하는 /ㅅ/이 구개상 형태에 따른 변화를 분석하기 위하여 후속 단모음으로 /ㅏ, ㅑ, ㅓ, ㅕ, ㅗ, ㅛ, ㅜ, ㅠ/를 이용하여 /ㅅ/의 변화를 분석하였다.

B. 분석 대상자

분석을 위하여 서울 태생으로 표준말을 사용하며 교합이 정상이고 교정 치료의 경험이 없고 발음 기관 및 청력의 장애가 없는 K대학교 남학생 3명, 여학생 1명(평균 24세)을 대상으로 하였고 이들을 편의상 각각 X, Y, Z, W로 명하고 분석음의 녹음시에 혀, 성도, 구강 점막의 질환이 없는 상태를 확인하고 온도에 대한 Allergy가 없는 자를 선정하였다.

C. 분석용 구개상의 제작

분석 대상자를 알지네이트로 상악 인상을 각각 3개씩 채득하여 통법에 따라서 모형틀을 제작하고 자가온성 중합 합성수지를 이용하여 구개부의 형태가 총의치의 구개부와 유사한 형태로 제작하였다. 각 분석 대상자 마다 각각 전체의 두께가 약 1mm의 균일한 두께의 것과, 2.5mm의 두께, 그리고 치경부로 부터 약 10mm 부위는 2.5mm로 그외의 부위는 약 1.0mm의 3종류를 제작하였고 유지를 위하여 양쪽 제2소

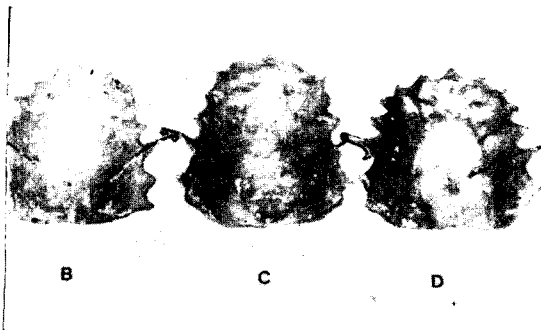


Fig. 1. A sample of the plate.

구치와 제일 대구치 사이에 Ball Clasp을 장착하였다(Fig.1). 분석의 편의상 구개상 장착 전을 A, 각 구개상 장착 후를 각각 B, C, D로 명하였다.

2. 연구 방법

분석을 위한 음의 컴퓨터 입력을 위하여 다음과 같은 순서와 방법으로 시행하였다(Fig. 2).

A. 녹 음

검사 대상자에게 검사의 성격을 인지 시키지 않은 상태에서 구개상의 적합 유무만을 검사한 후에 방음 시설이 된 녹음실에서 녹음을 시행하였다.

녹음 직전에 발음을 시켜서 일정한 길이로 발음이 되도록 하였고 마이크로부터 약 25cm의 거리에서 동일음을 구개상의 장착 전과 각 구개상의 장착 후 각각 3회씩 총 12회의 발음을 시켰으며 녹음된 상태를 확인한 후 불량한 음은 재녹음을 하였다. 발음시간은 정오경을 택하여 하였고 녹음테이프는 고음질의 자기 테이프를 이용하였다.

B. Sampling rates

Spectral aliasing을 위하여 성인 여자의 최대 주파수인 3.5KHz의 약 2배 크기보다 큰 16KHz로 sampling하였고 7.7KHz로 Low Pass Filter로 (Kronhite Co., U.S.A.) anti-aliasing을 위하여 filtering을 시행하였다.

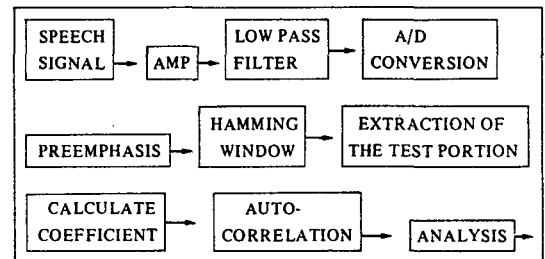


Fig. 2. Block diagram of the analysis procedure.

C. A/D Conversion

음성 아날로그 신호를 컴퓨터 분석 신호인 디지털로 변환 하기 위하여 A/D 변환기 (Signal Technology Inc., U.S.A.)에 통과 시켜서 digitized signal을 IBM PC/AT에 ILS/PC1 Software(Signal Technology Inc., U.S.A.)를 이용하여 음성 부분만을 입력하고 Waveform Display와 삼차원 Spectrum으로 추출된 음성 부분의 정확한 입력 여부를 확인 하고 각각 음을 ILS의 CST(Compute statistics command)명령으로 서로 다른 물리적 성질을 표준화하였다.

D. Analysis parameter 추출

음성 부분을 본 연구를 위하여 특별히 제작한 프로그램으로 ASCII(American Standard Code II) data로 전환 시켜서 ILS를 이용하여 각음을 waveform display로 나타낸후 자음의 시작부에서 부터 모음 시작부의 10 Frames까지를 분리하여서 이를 분석용 파라미터로 정하였다(Fig.3, 4, 5, 6).

E. Hamming Window

20ms씩을 Hamming Window로 하여 분석하였다.

Hamming Window는 다음의 공식을 이용하여 취하였다.

$$w(n) = \{ .054 - 0.46\cos(2n/(N-1)) \} \quad (0 \leq n \leq N-1)$$

F. Preemphasis

glottal waveform과 lip radiation 특성의 영향 없이 vocal tract의 spectral properties를 측정하기 위하여 시행하였으며 이는 다음 방법에 의하여 얻었다.

$$\mu = R \times (1) / R \times (0), \quad \{R \times (n)\} = \text{autocorrelation sequence of the data}$$

G. 분석

분석을 위한 프로그램을 제작하여서 LPC, Log Area Function, Cepstrum을 위한

coefficient를 우선 각각 구하였으며 각각 3회씩 발음 하였으므로 상호 교차 비교한 평균을 값으로 하였다.

1) Cepstrum분석

Cepstrum은아래의 각 계수를 입력하여 분석 구간 전체를 균일하게 비교하는 방법과 전방부를 중점적으로 분석하는 2가지의 방법으로 구개상 장착전(A)에 대한 각 구개상 장착후(B, C, D) 파라미터를 입력하여 각각의 값을 구하였고 이를 각각 Euclidian, Weighted Cepstrum이라고 명하였다¹⁰⁻¹²⁾.

INPUT :

TEST : COEF, OF TEST PATTERN
REF : COEF, OF REFERENCE PATTERN
IMAX : MAXIMUM INDEX OF TEST PATTERN
JMAX : MAXIMUM INDEX OF REFERENCE PATTERN
ISEL : INDEX FOR DISTANCE MEASURE

2 for weighted cepstral distance

IPAR : PARAMETER NUMBER
DEIST(TEST, IMAX, REF, JMAX) : CALCULATES EUCLIDIAN DISTANCE

2) Log Area Ratio

성문에서 입술 까지의 발음의 진행에 따른 각 부위와 시간의 변화에 따른 성도의 변화를 LPC계수를 이용하여 아래와 같이 Wakita 방법으로 구개상 장착전의 상태(A)에 대한 각 구개상 장착 후의 상태를 (B, C, D)분석하였다.

3) LPC분석

ITAKURA-SAITO 방법 중 Systematic loglikelihood¹⁰⁻¹²⁾를 이용하여 reference pattern(A)에 대한 test pattern(B, C, D)를 각각 12개씩의 파라미터로 분석하였다. 분석방법은 아래와 같다.

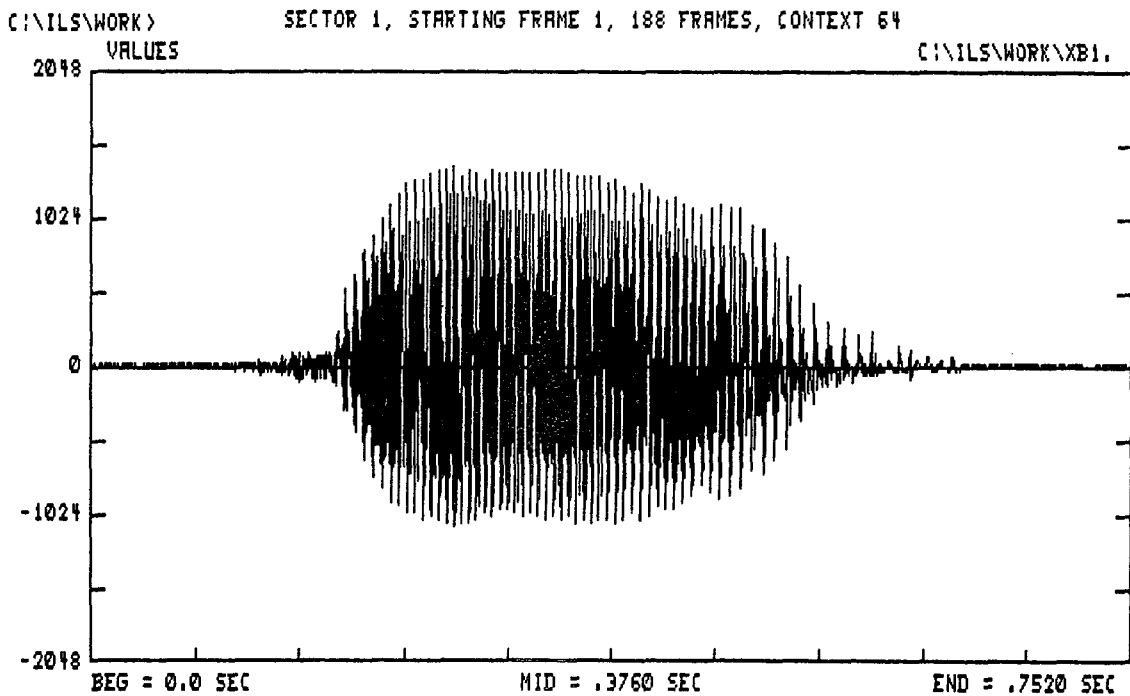


Fig. 3-a. An example of the waveform display without plate. (Informant: X, sound: / (ʌ)/sa)

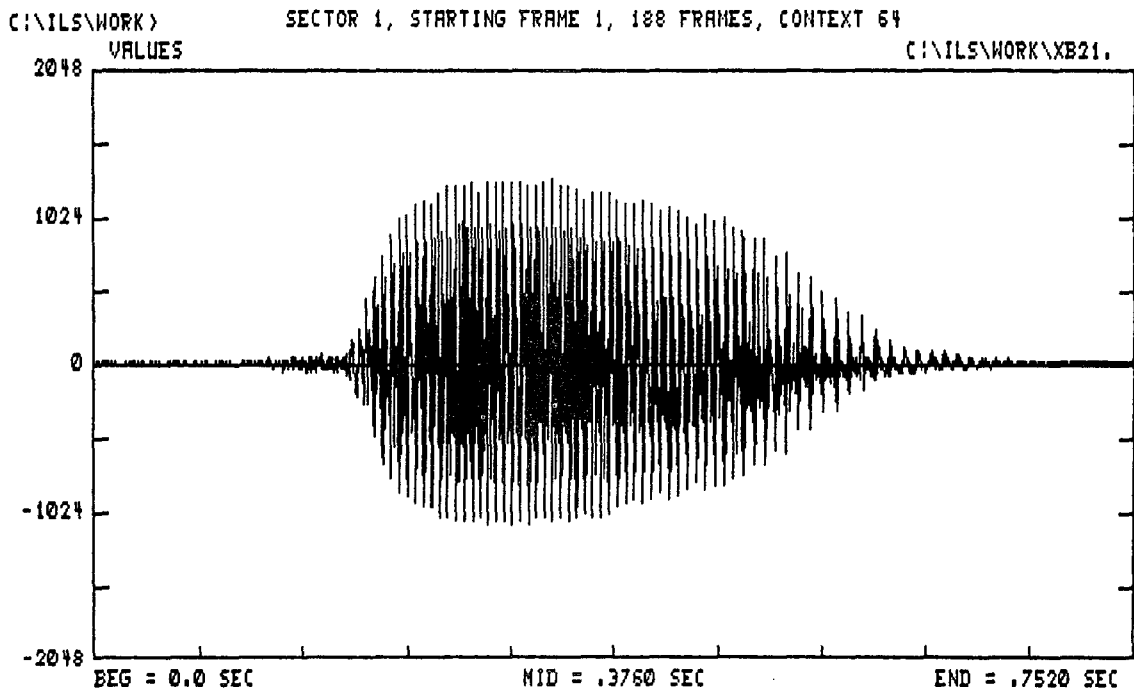


Fig. 3-b. An example of the waveform display with B-type plate. (Informant: X, sound: (ʌ)/sa/)

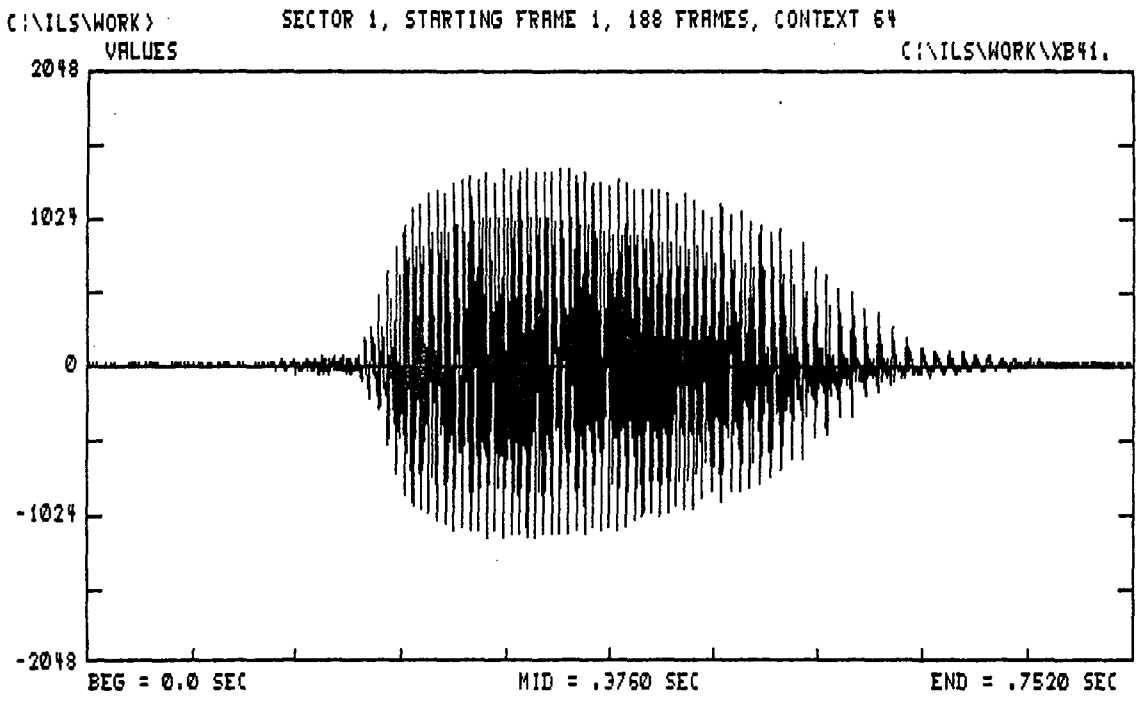


Fig. 3-c. An example of the waveform display with C-type plate. (Informant: X, sound: (사)/sa/)

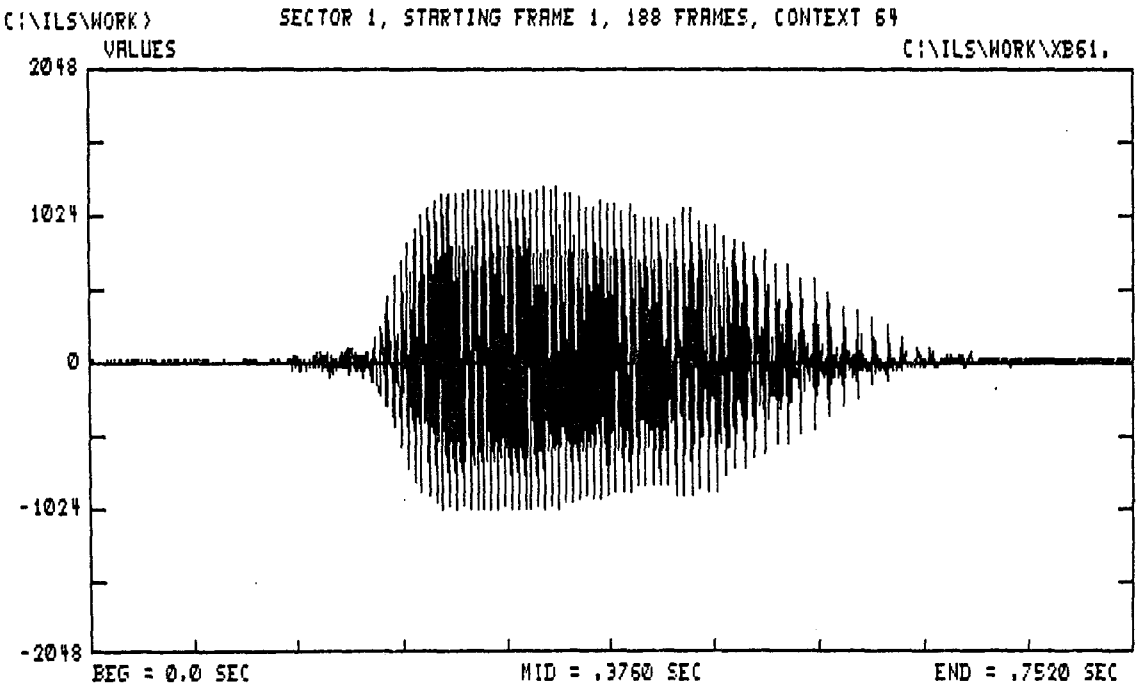


Fig. 3-d. An example of the waveform display with D-type plate. (Informant: X, sound: (사)/sa/)

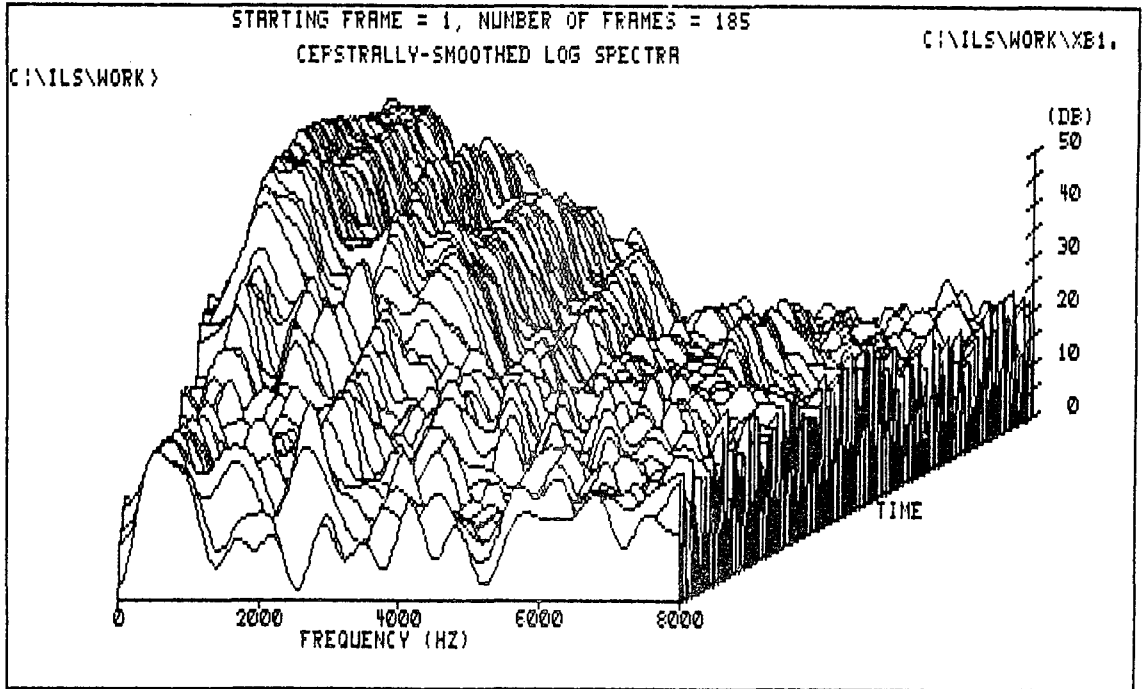


Fig. 4. An example of the 3-Dimensional spectrum of the tested sound. (Informant : X, Sound. (♂) /sa)

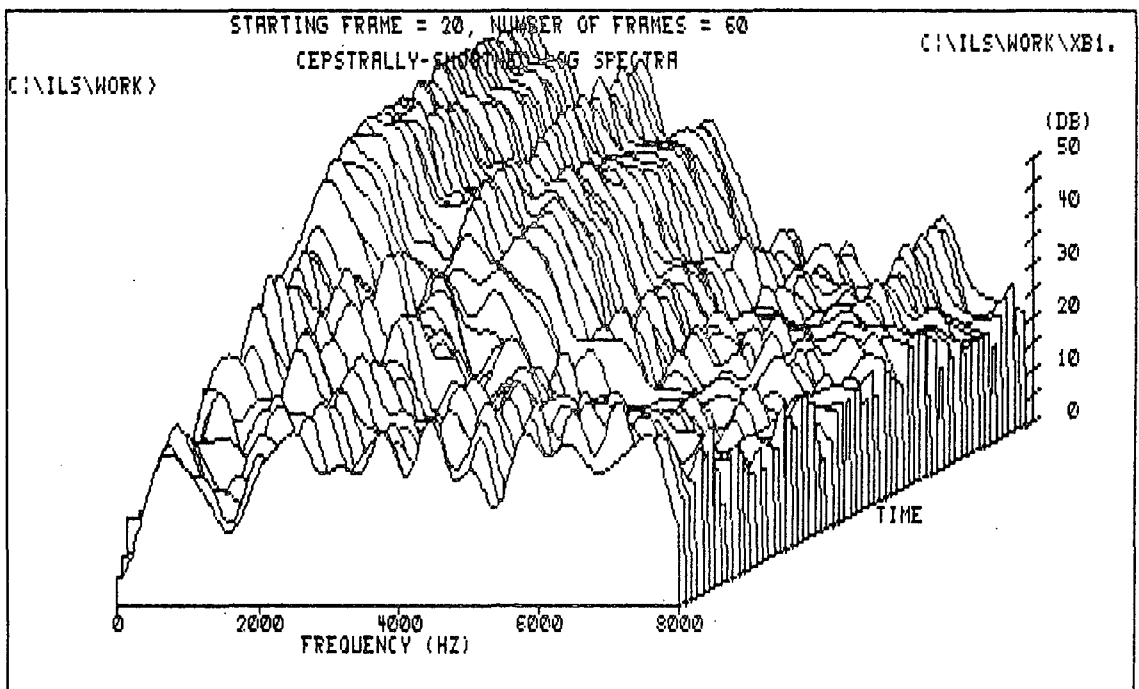


Fig. 5-a. A 3-dimensional spectrum of the tested portion without plate. (Informant: X, Sound: (♂)/sa)

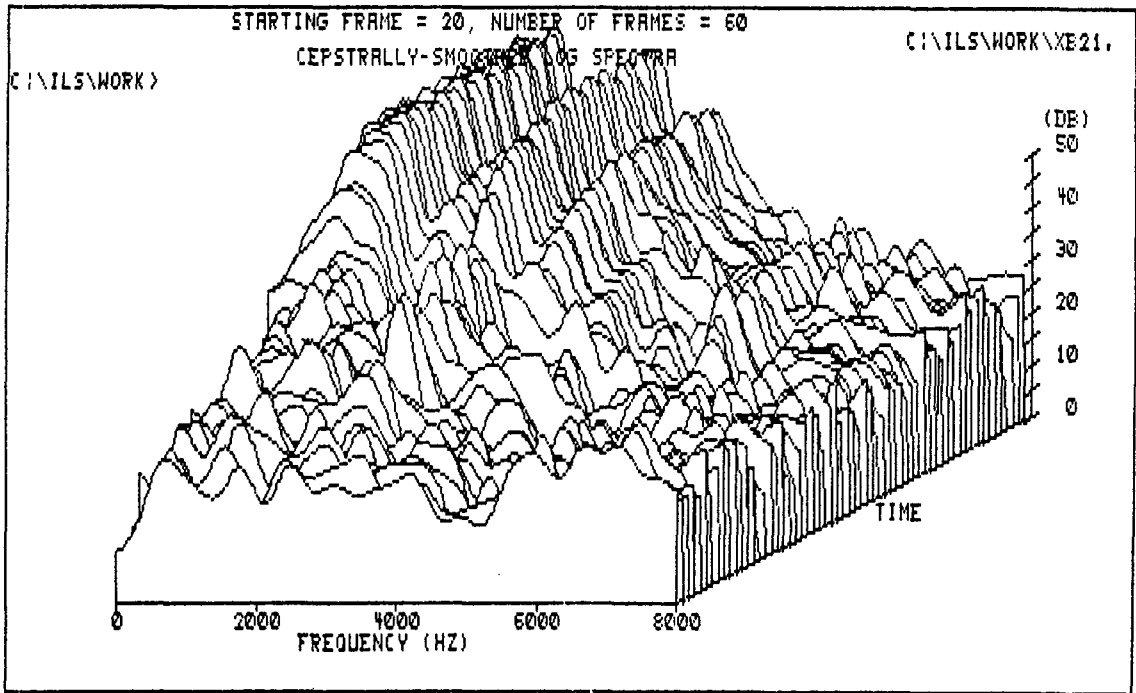


Fig. 5-b. A 3-dimensional spectrum of the tested portion with B-type plate. (Informant: X, Sound: (사)/sa)

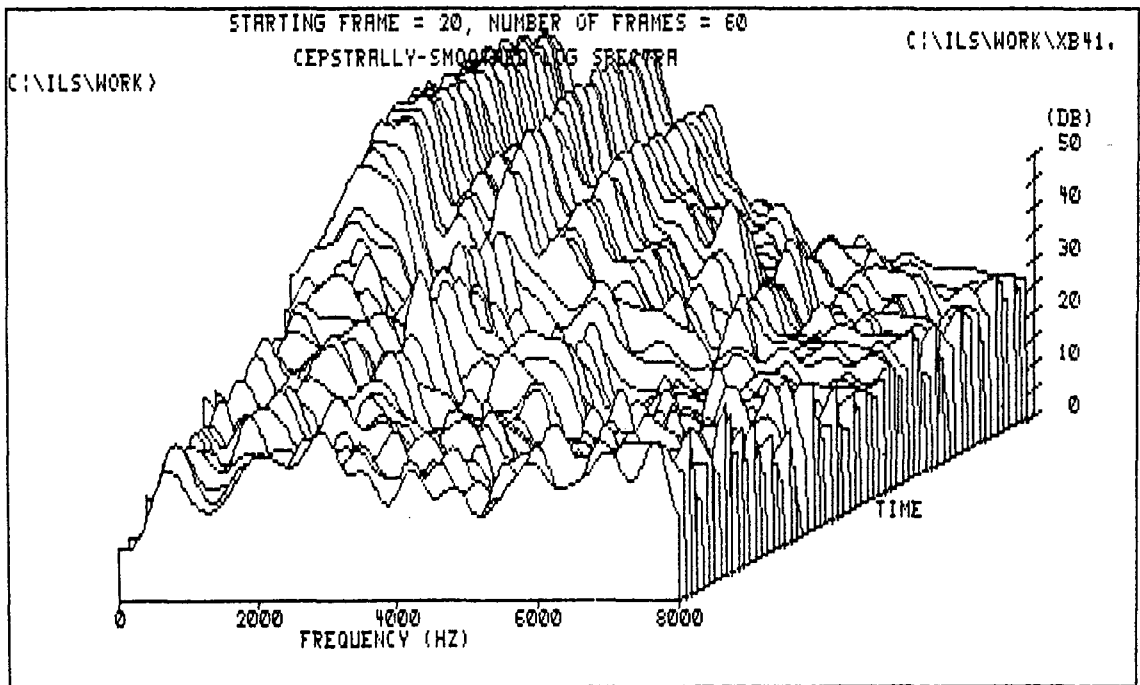


Fig. 5-c. A 3-dimensional spectrum of the tested portion with C-type plate. (Informant: X, Sound: (사)/sa)

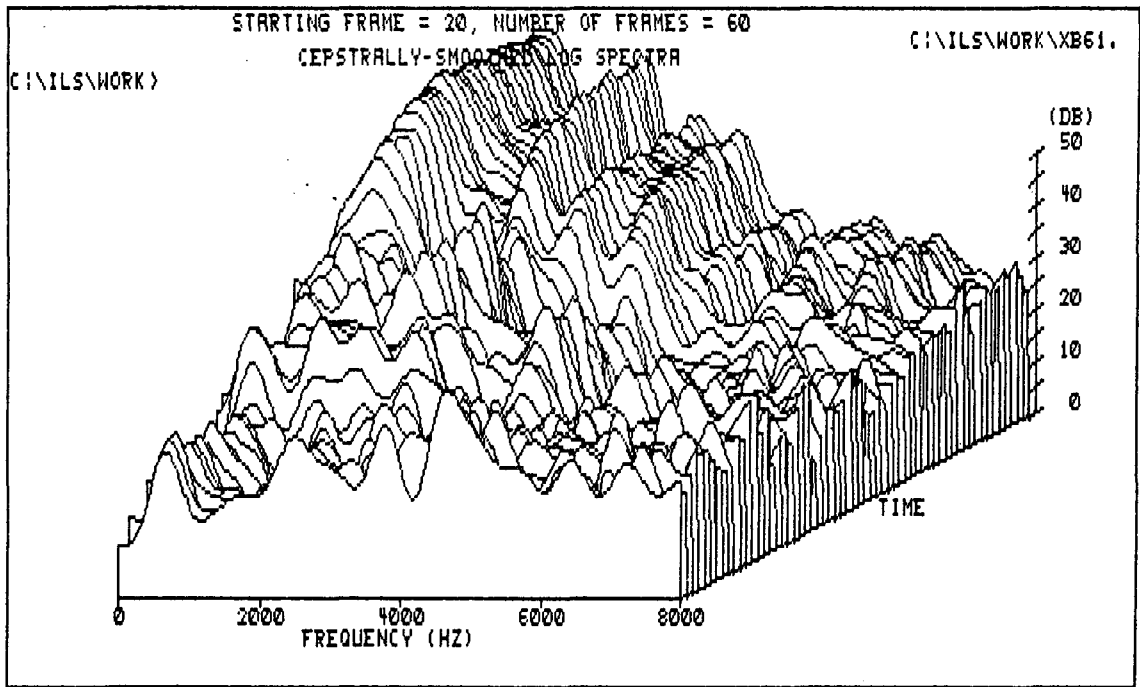


Fig. 5-d. A 3-dimensional spectrum of the tested portion with D-type plate. (Informant: X, Sound: (사)/sa)

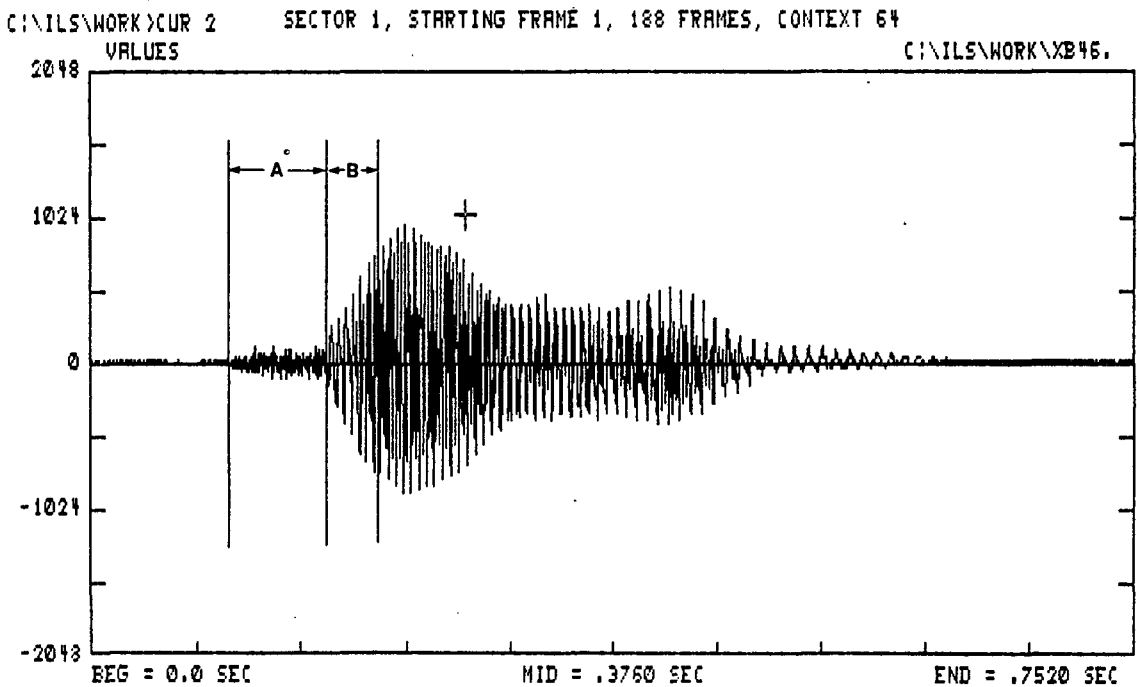


Fig. 6. A view of the extraction of the test portion.
 A: Consonant portion B: 10 Frames of the vowel portion

$$\text{DIST} = \text{Log} \frac{\left| \begin{array}{cc} \text{Ar} * \text{RMt} * \text{Ar}' & \text{At} * \text{RMr} * \text{At}' \\ \text{At} * \text{RMt} * \text{At}' & \text{Ar} * \text{RMr} * \text{Ar}' \end{array} \right|}{\left| \begin{array}{cc} \text{Ar} * \text{RMt} * \text{Ar}' & \text{At} * \text{RMr} * \text{At}' \\ \text{At} * \text{RMt} * \text{At}' & \text{Ar} * \text{RMr} * \text{Ar}' \end{array} \right|}$$

At=LPC coefficient of test pattern
 Ar=LPC coefficient of reference pattern
 Rt=Autocorrelation coefficient of test pattern
 Rr=Autocorrelation coefficient of reference pattern
 RMt=Autocorrelation matrix of At
 RMr=Autocorrelation matrix of Ar
 At * RMt * At'=Residual error of test pattern
 Ar * RMr * Ar'=Residual error of reference pattern

III. 연구성적

/s/음의 구개부 형태 변화에 따른 발음의 변화를 분석하고자 전체가 약 1mm의 구개상(B), 2.5mm(C), 치경부는 약 2.5mm이고 그외의 부위는 약 1mm(D)의 구개상을 제작하여 구개상 장착 전(A)에 대한 각 구개상 장착 후의 변화를 후속 모음으로 /a, ɪ, ɔ, ʌ, ɪ/와 같이 발음시켜서 /s/의 후속 모음에 따른 변화를 분석한 결과 /사, 소/가 비교적 적은 변화를 나타냈고, /시/가 가장 큰 변화를 보였으나 각 음간의 변화의 차는 적었으며 Weighted, Euclidian Cepstrum과 Log Area Ratio는 비교적 유사한 변화를 보였고 LPC는 이들과 약간 다른 변화 양상을 나타냈다(Table. 1, 2). 각 분석 방법에 따른 각음의 변화는 다음과 같다.

1. Weighted Cepstrum분석

a. 피검자 X :

전반적으로 /시/가 가장 큰 변화를 보였고 그다음은 /스/가 큰 변화를 보였으며 그외의 음의 변화는 유사한 크기의 변화를 하였고 C, D에서 큰 변화를 보였으나 /시/는 B에서 현저하게 큰 변화를 나타냈고 /사, 서/도 B에서 큰 변화를 보였다. 가장 적은 변화는 /소/였고 /

스/는 C, D에서의 변화가 B에서 보다 현저하게 큰 변화를 보였다.

b. 피검자 Y :

/수, 시/가 가장 큰 변화를 보였고 /스/가 가장 적게 변화되었으며 informant X에서와 같이 /시/가 B에서 가장 큰 변화를 보였다. /사, 서, 수/는 3 형태간의 변화가 적었고 /소/는 C에서 큰 변화를 /스/는 D에서 큰 변화를 보였다.

c. 피검자 Z :

/시/가 가장 큰 변화를 보였고 informants X, Y와는 달리 C에서 가장 크게 변하였고 그외의 음의 변화의 전체적 크기는 X, Y보다 현저하게 적었고 각 형태간의 차이도 적었다. /사, 서/는 다른 제공자와 유사하게 B에서의 변화가 비교적 컸다.

d. 피검자 W :

/수, 스, 시/가 전반적으로 큰 변화를 보였고 전체적으로 C, D에서의 변화가 B에서의 변화보다는 컸다. 또한 /소, 스/는 C, D의 크기가 B에 비하여 현저하게 변화되었다.

2. Euclidian Cepstrum분석

a. 피검자 X :

전제적인 변화의 양상은 Weighted cepstral distance의 변화와 유사하여 /시/가 가장 큰 변화를 하였고 그 중에서도 B에서 크게 변하였다. 역시 각 구개상간의 변화의 양상은 불규칙적인 양상이었다. /소/가 가장 적게 변하였고 /스/는 B에서 C, D로 점차적으로 현저하게 큰 변화를 보였다.

b. 피검자 Y :

역시 변화의 양상은 Weighted Cepstrum과 유사하여 /수, 시/에서 가장 큰 변화를 보였고 /시/는 3 구개상중에서 가장 적은 변화를 보였다. /소/는 C에서의 변화가 B, D보다 현저하게 컸고 /스/는 D에서의 변화가 B의 약 2배 이상의 큰 변화를 보였다.

Table 1. 4 Coefficient distances of the tested sound in 4 conditions

1) WEIGHTED CEPSTRUM

Informant	X			Y			Z			W					
	plate	sound		B	C	D	B	C	D	B	C	D			
사 서 소 수 스 시				155	84	133	139	101	116	65	40	66	54	70	56
				148	91	111	109	121	109	60	36	42	65	122	92
				78	106	109	83	155	92	66	49	27	37	66	130
				71	118	125	201	201	209	56	55	72	149	175	206
				55	124	213	59	73	148	86	74	92	83	220	194
			387	157	111	225	220	146	164	278	134	116	250	248	

2) EUCLIDIAN CEPSTRUM

Informant	X			Y			Z			W					
	plate	sound		B	C	D	B	C	D	B	C	D			
사 서 소 수 스 시				69	44	66	60	48	51	29	18	29	21	28	23
				60	42	48	53	58	54	29	18	21	27	67	47
				37	49	49	32	62	34	37	19	13	16	32	37
				33	49	55	92	92	98	24	24	33	58	73	98
				24	55	91	28	34	58	32	31	36	38	89	86
			114	72	48	81	82	56	78	167	60	58	113	127	

3) Log Area Ratio

Informant	X			Y			Z			W					
	plate	sound		B	C	D	B	C	D	B	C	D			
사 서 소 수 스 시				32	22	27	23	26	24	15	10	13	12	15	9
				27	18	21	24	23	26	16	9	11	19	27	20
				22	27	28	13	32	17	29	10	11	9	19	21
				16	29	30	54	63	48	15	14	20	26	33	50
				10	24	31	15	17	26	19	17	20	19	49	42
			56	46	35	31	31	26	47	77	41	34	47	52	

4) LPC

Informant	X			Y			Z			W					
	plate	sound		B	C	D	B	C	D	B	C	D			
사 서 소 수 스 시				66	22	58	28	41	45	43	23	31	30	44	39
				25	54	31	52	55	56	23	33	45	24	14	19
				27	31	37	45	58	49	43	55	40	26	35	34
				34	37	34	52	51	74	34	39	39	55	61	86
				44	89	68	71	74	80	23	60	60	67	58	95
			82	105	84	74	72	79	169	113	138	102	130	103	

Table 2. Differences of the each coefficient distance

1) Weighted Cepstrum

	X			Y			Z			W		
	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C
사	-71	-22	49	-38	-23	15	-15	1	16	16	2	14
서	-57	-37	20	12	0	-12	-24	-18	6	57	27	30
소	28	31	3	72	9	-63	-17	-39	-22	29	97	64
수	47	54	7	0	8	8	-1	16	17	26	57	31
스	69	158	89	14	89	75	-12	6	18	137	111	-26
시	-230	-276	-46	-5	-79	-74	114	-30	-144	134	132	-2

2) Euclidian Cepstrum

	X			Y			Z			W		
	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C
사	-25	-3	22	-12	-9	3	-11	0	11	7	2	-5
서	-18	-12	6	5	1	-4	-11	-8	3	40	20	-20
소	12	12	0	30	2	-28	-18	-24	-6	16	21	5
수	16	22	6	0	6	6	0	9	9	15	40	25
스	31	67	36	6	30	24	-1	4	5	61	48	-3
시	-42	-66	-24	1	-25	-26	89	-2	-107	55	69	14

3) Log Area Ratio

	X			Y			Z			W		
	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C
사	-10	-5	5	3	1	-2	-5	-2	3	3	-3	-6
서	-11	-6	3	-1	2	3	-7	-5	2	8	1	-7
소	5	6	1	9	4	-15	-19	-18	1	10	12	3
수	13	14	1	9	-6	-15	-1	5	6	7	24	17
스	14	21	7	2	11	9	-2	1	3	30	23	-7
시	-10	-21	-11	0	-5	-5	30	-6	-24	10	18	5

4) LPC

	X			Y			Z			W		
	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C	C-B	D-B	D-C
사	-44	-8	36	13	23	4	-20	-8	8	14	9	-5
서	29	6	-23	3	4	1	10	22	12	-10	-5	5
소	4	10	6	13	4	-9	12	-3	-15	9	8	-1
수	4	0	-3	-1	22	23	5	5	0	6	31	27
스	45	24	-21	3	9	6	37	37	0	-9	28	27
시	23	2	-21	-2	5	7	-56	-31	25	28	1	-27

c. 피검자 Z :

전체적으로 X, Y에 비하여 적은 변화를 보였고 각 구개상 간의 차이는 거의 없었으나 /시/는 전체적으로 큰 변화를 보였고 C, D의 값이 B의 값의 약 2배 이상의 변화를 보였다. /사, 서/는 C에서 /소/는 D에서 가장 적은 변화를 보였다.

d. 피검자 W :

비교적 C, D의 값이 B값보다 컸으며 /시/가 가장 큰 변화를 보였고 C, D값이 B보다 약 2배 이상이 컸다. /수, 스/도 비교적 큰 변화를 보였다.

3. Log Area Ratio분석

a. 피검자 X :

B의 /시/에서 가장 크게 변화였고 동일 구개상에서 /스/가 가장 적게 변화하였으며 전체적으로 각 구개상간에 또한 각 발음 간의 변화는 비교적 적었다.

b. 피검자 Y :

/수/가 가장 크게 변화였고 /소, 스/가 가장 적게 변화하였고 각 구개상 간의 차이는 적었으며 일정한 변화 양상을 보이지 않았으나 /소, 수/는 C값이 B, D보다 컸다.

c. 피검자 Z :

전체적으로 A, B보다 적은 변화를 보였으나 /시/는 A, B보다 현저히 큰 변화를 보였고 특히 C에서 가장 큰 값을 나타냈고 /소/가 가장 적은 값을 나타냈다.

d. 피검자 W :

전체적인 변화는 A, B와 비슷하였고 /시/가 가장 큰 값을 보였고 전체적으로 B보다 C, D가 큰 양상을 나타냈다.

4. 선형 예측 분석

a. 피검자 X :

/사/는 C에서 가장 적은 값을, /소, 수/는 각 구개상 간의 차이가 거의 없었고 그 외의 음은 C에서 가장 크고 B에서 가장 적게 변화되었다.

b. 피검자 Y :

/사/가 B에서 가장 적은 변화를 보인 것 이외에는 전체적으로 각 구개상 간의 차이는 거의 없었고 /스, 시/가 가장 크게 변화였고 /수/는 B, C에 비해 D가 가장 컸다.

c. 피검자 Z :

/시/의 값이 다른 음에 비해 현저하게 컸고 전체적인 변화는 위의 방법의 변화와 유사하였다.

d. 피검자 W :

/소, 수/가 가장 컸고 /서/가 가장 적었으며 /시/가 다른 분석 방법에 의하여 비교적 낮은 변화를 보였고 /서/가 가장 적게 변화하였다.

IV. 총괄 및 고안

치과보철의 목적은 저작기능 및 심미성의 회복과 더불어 발음의 회복에 그 목적이 있다. 그러나 의치등에 의한 구강 상태의 변화는 발음의 개선에 앞서 발음 장애를 초래하기도 한다.

발음의 장애는 음의 생략, 다른 음으로의 발음 또는 불명확등으로 나타나며 보철치료에 의한 장애는 불명확한 것이 특징이며 이는 구강 용적의 변화에 의한 것으로 알려져 있다.

이는 주로 환자의 청각에 의한 주관적인 호소에 의한 것으로서 불명확의 정도를 정확하게 표현하기는 곤란하며 청각 기능이 정상이거나 비교적 젊은 사람은 곧 정상발음으로 회복되지만 회복의 정도를 정확하고 객관적으로 표현하기는 어렵다. 또한 명료도표를 이용하여서 명료율을 표현하기도 하나 이 방법을 위하여는

잘 훈련된 언어 병리학자나 표준화된 명료도 표를 이용하여야 하지만 한국어의 표준 명료도가 없기 때문에 각 명료도 검사간의 상호 비교가 곤란하다^{2,4,5}).

따라서 각종 기기를 이용한 객관적인 분석이 이용되고 있으며 그 중에서 최근까지 가장 많이 보고된 방법은 sonagram을 이용한 포만트의 비교 분석이다^{7,10-12}).

포만트는 음의 특정 부위의 주파수가 강조되는 것으로서 주로 모음에 나타나므로 자음의 분석은 곤란하고 동일 모음도 조건의 변화에 따라서 다른 포만트를 나타낼 수도 있고 다른 음이 동일한 포만트를 나타낼 수도 있으며, 또한 포만트의 변화가 곧 발음변화를 의미하는지 또는 변화의 정도가 어느 정도인지를 정확하게 표현하기도 어렵다. 포만트 중에서 가장 음성 인식에 필요한 포만트는 제2포만트이며 여러 경우에서 제2,3포만트가 거의 같은 위치에 나타나서 정확하게 이를 sonagram상에서 분리 판독하기도 어려운 경우가 많다^{9,10}.

포만트 이외에 수치적으로 음성 변화의 양을 표시 할 수 있는 방법은 여러 가지가 있으나 어느 한 방법으로는 각각의 분석 방법 자체의 제한성으로 인하여 정확하게 발음의 특성을 나타낼 수는 없다.

Markel과 Gray¹²)는 가장 성공적인 방법으로서 시간변화에 따른 각각의 파라미터를 이용한 분석을 보고하였고 최근에는 좀더 발달된 파라미터 분석이 소개되었다. 이 방법은 linear mathematics에 의하여 쉽게 얻어지는 음성 파라미터 중에서 분석에 필요한 특별한 성분만을 추출하여 비교하는 방법이다.

이런 자동인식의 특징은 기준음에 대한 분석음을 동일 조건하에서 동일 파라미터를 구하여 이를 상호 비교하는 것으로서 이 분석의 특징은 음의 변화 유무 및 변화의 크기를 수치적으로 표현할 수 있는 특징이 있으며 이의 분석 방법으로는 선형 예측 분석, Cepstrum, Log Area Ratio, Area Function등이 있다.

Atal⁸)은 이 중에서 선형 예측 분석이 가장 신뢰성이 있는 분석이라고 하였으나 Flanagan²¹)은 어느 한 방법에 의한 오류를 줄이기

위하여 여러 방법을 이용한 상호 비교분석을 주장하였다.

본 연구에서 구개상은 우등^{37,38}), 이등³⁹)의 방법과 동일한 형태로 금속상과 유사한 약 1 mm 두께(B), 합성 수지상과 유사한 약 2.5 mm(C)와 치경부는 B, 그와는 C와 같은 두께의(D)의 3 형태의 장착 후의 발음의 변화를 구개상 장착전의(A) 발음을 기준으로 하여 비교 분석 하였다.

우등^{37,38})은 선형 예측 분석을 이용하여 3 형태의 구개상(B, C, D) 장착 후의 발음의 변화를 비교하였으며 이 중에서 C, D형태가 B보다 큰 변화를 보이는 것으로 보고하였고, 또한 이등³⁹)은 우등과 동일한 구개상 장착 후의 변화를 선형 예측 분석, Log Area Ratio등으로 분석을 통하여 유사한 변화를 발표하였다.

즉, 우등, 이등의 연구에서는 B보다 C, D에서 큰 변화를 보였고 본 연구에서도 C, D가 B보다는 약간 큰 변화를 보였으나 그 차이는 전체적으로 적었다.

Flanagan¹¹), Markel과 Gray¹²)는 음성은 source(성대와 입술)와 system(성도)의 양 요소에 의하여 발음의 차이가 나타나므로 발음의 변화는 2가지 요소에 의하여 각 요소의 특성을 분리하여 분석하기 위하여는 직접 선상 비교방법이나 용적의 변화를 비교하는 것으로는 정확한 분석이 어려우므로 각각 요소의 특성을 변형시키지 않고 분석하는 방법으로는 Cepstrum 방법이 더욱 정확하다고 하였다.

음성 인식은 음성의 분석과 합성이 있으며 선형 예측 분석과 Area Function은 합성에, Cepstrum과 Log Area Ratio등은 분석에 더욱 효과적인 방법으로 알려져 있으므로 본 연구에서는 4가지 방법을 이용하여 분석을 하였으며 이 중에서 선형 예측 분석을 제외한 3 방법에서는 거의 유사한 변화를 보여서 Flanagan¹¹)의 보고와 유사한 양상을 나타냈고, 치과 분야에서의 음성 연구는 주로 음의 변화에 관한 분석이 대부분이므로 선형 예측 분석보다는 Cepstrum과 Log Area Ratio가 더욱 효과적일 것으로 사료된다.

Log Area Ratio는 불균일한 성도의 각 부분

Table 3. Each distance of the (사)/sa/, (자)/za/.

a: Weighted Cepstrum

피검자	X			Y			Z			W		
	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD
자	254	311	291	94	162	226	112	142	112	139	158	171
차	296	242	292	122	134	151	144	131	173	377	177	201

b: Euclidian Cepstrum

피검자	X			Y			Z			W		
	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD
자	163	190	188	36	63	83	46	65	90	76	87	89
차	146	136	153	46	65	98	66	64	86	185	75	95

c: Log area ratio

피검자	X			Y			Z			W		
	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD
자	62	67	67	23	27	41	28	35	35	32	36	34
차	60	60	65	27	31	43	33	31	37	45	36	36

d: Lpc

피검자	X			Y			Z			W		
	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD	AB	AC	AD
자	28	35	42	91	59	60	37	69	50	82	90	77
차	92	52	75	65	91	84	76	81	54	74	63	91

의치를 장착하였을 때 더욱 정확한 발음이 된다고 하였다. 본 연구에서는 정상교합을 갖은 성인 남자를 대상으로 하였기 때문에 비교적 B, C, D에서 고른 변화를 보인 것으로 사료되며 피검자 X, Y에서 /사/음이 B에서 비교적 큰 변화를 하였는데 이는 발음자의 발음 습관이나 감각 수용기의 차이에 의한 것으로 사료된다.

Petrovic³⁶⁾은 1.2mm이상의 구개상에서는

발음의 변화가 크게 나타나지만 정상 청력을 갖은 경우는 곧 정상으로 회복된다고 하였다. 본 연구에서도 정상 청력자를 선정하여 발음을 분석 하였으므로 비교적 구개상의 차이가 적은 것으로 사료된다.

O'Shaughnessy¹³⁾는 발음은 시간이나 환경의 차이에 의하여 상이한 물리적 특성을 나타낼 수 있다고 하였고 Garret과 Healen⁴⁵⁾은 정오경의 발음이 가장 안정된다고 보고하였기에 본

연구에서도 정오경을 녹음 시간으로 택하였다.

의치에 의한 발음의 장애는 비교적 시간 경과에 따라서 정상으로 환원되는 것으로 알려져 있으므로 장착 시간의 차이에 의한 분석의 오류를 배제하기 위하여 장착 즉시 녹음을 시행하였다.

녹음은 일정한 크기로 일정한 길이로 발음하도록 지시하였으나 발음시마다 약간의 차이가 나타날 수 있으므로 컴퓨터상에서 각 음의 크기를 일정한 비율로 보정하여 각 음간의 녹음상의 오류를 배제시켰다. 각 음의 장착 기간에 따른 개선 및 불명확도를 확인하기 위하여는 장착 후의 시간 경과에 따른 변화에 대한 장기간의 연구가 필요하리라 사료된다.

Fallside와 Woods¹⁰⁾는 여자는 주파수가 남자 보다 높고 주변 환경의 영향을 많이 받으므로 객관성이 비교적 적다고 하였으나 본 연구에서는 비교적 남자들의 변화와 유사한 변화를 나타냈다.

분석 부분은 자음의 시작부에서 부터 자음을 모두 포함시키고 모든 시작부 약 10 Frames 부위까지를 포함시켰으며 이는 우등³⁸⁾의 연구에서 자음, 모음의 이행부가 자음의 시작부보다 큰 변화를 하는 것으로 보고 되었기에 모음 부분을 포함시켰다.

음성 분석은 주로 화자내의 분석만이 가능하고 화자간 분석은 아직 어려운 형편이며 지문에 비교하여 성문이라고 하기도 하나 아직은 성문을 이용한 화자의 식별은 큰 오차를 보이고 있다⁴⁶⁾.

본 연구를 통하여 Cepstrum, Log Area Ratio를 이용하여 구개 형태에 의한 발음의 변화를 확인 하였으며 본 프로그램을 이용하여 장착 기간의 차이나 의치의 형태에 따른 변화 및 구강외과, 교정 치료 전후의 발음의 분석이 가능하리라 사료된다.

V. 결 론

저자는 한국어 자음 중 /s/의 후속 모음 (/t, ʃ, ɹ, ɳ, ɰ, ɱ, ɯ, ɥ/)에 따른 변화를 분석하기 위하여 K대학교 재학생 중 정상 청력 및 교합

을 갖은 서울 태생의 남자 3명, 여자 1명을(평균 24세) 대상으로 전체의 두께가 약 1.0mm인 구개상(B), 약 2.5mm두께의 구개상(C), 치경부 약 10mm까지는 2.5mm 그외 부위는 약 1.0mm(D)의 3 형태를 제작하여 구개상 장착전(A)을 기준으로 하여 각 구개상 장착 전후의 발음 변화의 정도를 컴퓨터를 이용하여 자음부와 모음의 시작부를 추출하고 Cepstrum (Weighted, Euclidian), Log Area Ratio, 선형 예측 분석등의 4가지 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일 자음 /s/이 후속 모음의 종류에 따라 발음 변화가 크게 나타남을 확인하였다.

2. 전 분석 방법에서 /시/가 가장 큰 변화로 보였고 /사, 소/가 가장 적은 변화를 보였다.

3. 구개상 형태에 따른 /s/음의 발음 변화에는 유의성이 없었고 각 피검자에서 변화되는 양상은 다양하고 일정하지 않았다.

4. Cepstrum (Weighted, Euclidian), Log Area Ratio 분석 방법에서는 피검자 및 구개상 간에 상호 유사한 변화의 양상을 보였으나 선형 예측 방법은 이들의 변화와는 약간 다른 양상을 나타냈다.

參 考 文 獻

1. 차일보 : 우리말 단음절의 구성과 출현 빈도 및 방언 상용자의 발음 명료도와 오청상에 관한 연구. 고대의대지 10 : 17-43, 1973.
2. 김종민 : 어음명료도 검사를 위한 우리말 어음표의 규격화에 대한 연구. 한이인지, 18 : 29-36, 1975.
3. 김영명, 최생이, 강대형, 심윤주 : 어음 청력 검사 단음절표의 규격화에 대한 연구. ...정상인에 있어서... 한이인지, 21 : 831-835, 1978.
4. 이종원 : 음성장애에 대한 음성검사의 고찰. 한이인지, 23 : 408-412, 1980.
5. 김희남, 박인용, 김기령, 심상열, 최홍식 : 한국어 어음에 관한 음성언어학적연

- 구. 한이인지, 23 : 53-69, 1980.
6. 이현복, 안수길 : 음성을 이용한 computer 입력장치의 개발에 관한 연구. 말소리, 5 : 36-48, 1982.
 7. Lee, H.B. and Zhi, M.J.: A spectrographic study of korean vowels. 말소리 6:4-12, 1983.
 8. Atal, B.S.: Effectiveness of linear prediction characteristics of the speech wave for automatic speaker identification and verification. J. Acoust. Soc. Am., 55:1304-1312, 1974.
 9. Doddington, G.R.: Speaker recognition-Identifying people by their voices. Proceedings of the IEEE, 73:1651-1664, 1985.
 10. Fallside, F., and Woods, W.A.: Computer speech processing. Prentice Hall International, 1983.
 11. Flanagan, J.L.: Speech analysis synthesis and perception. Second ed. Springer-Verlag, 1972.
 12. Markel, J.D., and Gray, A.H.Jr.: Linear prediction of speech. Springer-Verlag, 1976.
 13. O'Shaughnessy, D.: Speaker recognition. IEEE ASSP Magazine Oct. pp. 4-17, 1986.
 14. Rex Dixon, N., and Martin, T.B.: Automatic speech & speaker recognition. IEEE Press, 1979.
 15. Graber, S.R., Speidal, T.M., and Marse, G.: The effects on speech of surgical premaxillary ostectomy. Am. J. Orthod., 79: 54-62, 1981.
 16. Boucher, C.O.: Boucher's prosthodontic treatment for edentulous patients. 8th ed. pp. 382-387, 1980, The C.V. Mosby Company.
 17. Allen, L.R.: Improved phonetics in denture construction. J. Pros. Dent. 8:753-763, 1958.
 18. Troffer, C., and Beder, O.: Immediate dentures and speech defects. Dental Progress 1:264, 1961. (cited from 19)
 19. Chaney, S.A., Moller, K.T., and Goodkind, R.J.: Effects of immediate dentures on certain structural and perceptual parameters of speech. J. Pros. Dent., 40:8-12, 1978.
 20. Silverman, M.M.: The whistle and swish sound in denture patients. J. Pros. Dent. 17:144-148, 1967.
 21. Tanaka, H.: Speech patterns of edentulous patients and morphology of the palate in relation to phonetics. J. Pros. End. 29:16-28, 1973.
 22. Pound, E.: Esthetic dentures and their phonetic values. J. Pros. Dent. 1:98-111, 1951.
 23. Pound, E.: Let /S/ be your guide. J. Pros. Dent. 38:482-489, 1977.
 24. Pound, E.: Controlling anomalies of vertical dimension and speech. J. Pros. Dent. 36:124-135, 1976.
 25. Martone, A.L.: Clinical applications of concepts of functional anatomy and speech science to complete denture prosthodontics: Part VIII. The final phase of denture consideration. J. Pros. Dent. 13:204-208, 1963.
 26. Hamamura, Y., Nishino, J., Matsuya, T., Goto, T., Motomura, T., Inoue, K., Fukuda, T., and Miyazaki, T.: Facilitation of velopharyngeal movement by palatal lift prosthesis. 24:253-260, 1978.
 27. Kobayashi, T.: Clinical studies on speech improvement of cleft palate patients by speech aid. 39:383-431, 1972.
 28. Motomura, T., Minura, T., Goto, T., Buki, K., Fukuda, T., Hamamura, K., and Miyazaki, T.: A longitudinal study of the palatopharyngeal sphincter's mechanism after

- the resection of the soft palate. 3:90-94, 1978.
29. Gillis, R.E., and Leonard, R.J.: Prosthetic treatment for speech & swallowing in patients with total glossectomy. *J. Pros. Dent.*, 50:808-814, 1983.
 30. Hamlet, S.A.: Speech adaptation: An aerodynamic study of adults with childhood history of articulation defects. *J. Pros. Dent.*, 53:553-557, 1985.
 31. Davis, J.W., Lazarus, C., Logemann, J. and Hurst, P.S.: Effect of a maxillary glossectomy prosthesis on articulation & swallowing. *J. Pros. Dent.*, 57:715-719, 1987.
 32. Groetsema, W.R.: An overview of the maxillofacial prosthesis as a speech rehabilitation aid. *J. Pros. Dent.*, 57:204-208, 1987.
 33. 김지수 : Sonagraph에 의한 의치상 후경과 한국어 모음에 관한 실험적 연구. *최신의학*, 13 : 401-409, 1970.
 34. 성영환 : 총의치장착환자에 있어서 후경별로 본 한국어음에 관한 실험적 연구. *대치협회지*, 11 : 801-809, 1973.
 35. 이철훈 : Palatal bar의 위치가 한국어 모음 및 경구개음에 미치는 영향에 관한 실험적연구. *최신의학*, 16 : 107-117, 1973.
 36. Petrovic, A.: Speech sound distortions caused by changes in complete denture morphology. *J. Oral Rehab.* 12:69-79, 1985.
 37. 우이형, 최대균, 최부병 : 구개상의 두께에 의한 한국어 자음의 발음 변화에 관한 컴퓨터 분석. *경희치대논문집*, 9 : 143-166, 1988.
 38. 우이형, 최대균, 박남수, 최부병 : 구개상이 발음에 미치는 영향에 관한 컴퓨터 분석. *경희의학*, 4 : 34-41, 1988.
 39. 이정만, 최대균, 박남수, 최부병 : 구개상의 두께가 한국어 단모음 발음에 미치는 영향에 관한 연구. *경희치대논문집*, 10 : 153-171, 1989.
 40. Tobey, E.A., and Finger, I.M.: Active versus passive adaptation: An acoustic study of vowels produced with and without dentures. *J. Pros. Dent.* 49:314-320, 1973.
 41. Harley, W.T.: Dynamic palatography-A study of linguopalatal contacts during the production of selected consonant sounds. *J. Pros. Dent.* 27:367-376, 1972.
 42. Martone, A.L., and Black, J.W.: The phenomenon of function in complete denture prosthodontics: An approach to prosthodontics through speech science: Part IV. Speech science research of prosthodontic significance. *J. Pros. Dent.* 12:409-419, 1962.
 43. Martone, A.L., and Black, J.W.: An approach to prosthodontics through speech science: Part V. Speech science research of prosthodontic significance. *J. Pros. Dent.* 12:629-636, 1962.
 44. Ghi, H., and McGivney, G.P.: Influence of tooth proprioception on speech articulation. *J. Pros. Dent.*, 42:609-613, 1979.
 45. Garrett, K.L., and Healey, E.C.: An acoustic analysis of fluctuations in the voices of normal adult speakers across three times of day. *J. Acoust. Soc. Am.*, 82:58-62, 1987.
 46. Stevens, K.N.: Speaker authentication and identification: A comparison of spectrographic and auditory presentations of speech material. *J. Acoust. Soc. Am.*, 44: 1596-1607, 1968.

– Abstract –

AN ACOUSTIC STUDY IN RELATION TO THE SOUND DISTORTION
BY THE ALTERATION OF PALATAL PLATE
– FOCUSED ON / ʌ (s) / BY COMPUTER ANALYSIS –

Chang Kyu Choi, D.D.S., m.S.D., Y.H. Woo, D.D.S., Ph.D., Nam Soo Park., D.D.S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry,
Kyung Hee University.*

This study was done to analyze the sound distortion, before and after insertion of the palatal palates.

For this study, 4 healthy subjects (3 males and 1 female, each 24-year-old), who were born in Seoul were recruited from K university, and 3 type palatal plates were fabricated, each palatal thickness being 1.0mm, 2.5mm, dentoalveolar portion 2.5mm and elsewhere 1.0mm, named B,C,D-type respectively, and informants's sounds of / ʌ (sa), ʌ (sə), ʌ (so), ʌ (su), ʌ (sʰ), ʌ (si) / were recorded, without plate, and with palatal plates of different types, in succession.

A series of analysis were administered through a 16 Bit IBM PC/AT using linear combination methods.

These experiments were analyzed by the Cepstrum (Weighted and Euclidian), Log Area Ratio, Linear prediction correlation methods

The findings led to the following conclusions:

1. It was confirmed that the same consonant, / ʌ (s) /, variously distorted by the following vowel.
2. By and large, ʌ (sʰ) was the most distorted in all conditions, and ʌ (sa), ʌ (so) were the least distorted in each condition.
3. There were no persistent correlation of the palatal plate types, and sound distortions of each informant were diverse with no regularities.
4. There were persistent correlation to the Cepstrum (Weighted, Euclidian), Log Area Ratio. However, Linear prediction correlation has a different alteration pattern.