全口蓋床を基準とした床設計への 適応性に関する音響学的考察

小塩 博司

An Acoustico-Phonetic Observation Concerning An Adaptability to the Plate Designing Based on Full Palatal Plates

Hiroshi Koshio

緒 言

歯科補綴临床上、各種補綴装置が患者の発声標本に与える種々の影響について多数^{1)~8)}報告されてきたが、その影響は、しばしば患者個体の内的条件によって声道断面面積の面積関数に変動を与える要因^{9)~11)}となっている。

この内的条件は音声現象の物理的記述段階として、波形、周波数スペクトル、調音の3段階で論じられる^{12)~16)}が、歯科学的領域としては患者個人の口蓋形態^{17)~22)}、調音方法^{23)~32)}など生理学的条件の他に、補綴装置に対する順応の程度という心理学的条件^{33),34)}が混在し、音声現象に有意義な変化を表している。

また、最近の話者認識システムの飛躍的な発達により、近い将来、補綴装置による音声の変化を定常化する方向への補綴学的難題に取り組まなければならないと思われる。

今回、著者は、補綴装置による個人音声への影響を追求するために、2種類の実験的補綴装置を用いて日本語5母音音素についてそれぞれの影響の度合から起こり得る個人特性について検索し、各個人内での音響学的基準を設定し、全口蓋床の適応性から考慮した床設計を可能にすることを目的として本実験を行った。

実験方法および装置

1. 被験者 (Table 1)

被験者は年齢 20~24 歳の本学男子学生 10 名で、出身地は主に関西方面であり、比較的方言の少ないこと、および発声器官、聴覚器官に異常がないことを条件とした。また、口腔内の条件として、上下顎とも歯の欠損、補綴物がなく個性正常咬合を有しているものとした。以下、これらの被験者を A~J のアルファベット記号にて略記する。

2. 実験的補綴装置

アルギン酸印象材を用いて各被験者の上顎を印象採得した石膏模型上で、臨床における一般的な床設計にもとづき、つぎの2種類の実験的補綴装置を作製した。

a. 実験的全口蓋床 (Fig. 1)

総義歯を想定した装置で、Bioster 社製 Universal

Table 1 Present history of subjects

Subjects	Age	Sex	Born
A	23	Male	Hiroshima
B	23	Male	Kyoto
C	20	Male	Kobe
D	23	Male	Osaka
E	22	Male	Kyoto
F	23	Male	Gifu
G	20	Male	Kobe
H	22	Male	Kyoto
I	23	Male	Kobe
J	24	Male	Kyoto

岐阜歯科大学歯科補綴学第2講座（主任：山田早苗教授）
指導：藤井輝久教授（岐阜歯科大学歯科補綴学第3講座）
The Second Department of Prosthetic Dentistry, Gifu
College of Dentistry (Chief: Prof. Sanae Yamada)
Director: Prof. Teruhisa Fujii (The Third Department
of Prosthetic Dentistry, Gifu College of Dentistry)
昭和59年12月14日受付

Fig. 1 Full palatal plate

Fig. 2 Molar partial plate

Pressure Moulding Machine を使用して Elkodent 社製 ELKOPLAST を軟化圧接し厚みは 1.5 mm とし、床外形の後縁は 7|7 の遠心を結んだ線で自然移行させた。また、歯頸縁はすべての歯の舌側歯頸縁に沿うようにトリミングし作製した。以下、この装置を F.P. (Full palatal plate) と略記する。

b. 実験的局部床 (Fig. 2)

片側臼歯部遊離端義歯を想定した装置で、即時重合レジン (G-C 社製, Uni Fast) を使用して厚さ 1.5 mm とし、床外形は 6|6 の近心面を結ぶ線から 7|7 の遠心面を結ぶ線と、その右側 1/4 の点を結ぶ線の範囲とし床縁は自然移行させた。歯頸縁は 7|6 の舌面に接触させた。また、床の維持には瞬間接着剤 (Aron alpha) を用い歯面に接着させた。以下、この装置を M.P. (Molar partial plate) と略記する。

3. 検査語表および検査音音

日本語の標準母音 (V 型) 5 語と標準子音 (C.V. 型) 62 語を対象とし、それらをアトランダムに配列した単音マトリックスを数種類使用し検査語表とした。また、検査音音は、これらのうち出力の安定した母音 5 語と子音

Table 2 Speech materials

a	i	u	e	o
Pa	Pi	Pu	Pe	Po
Ba	Bi	Bu	Be	Bo
Ka	Ki	Ku	Ke	Ko
Ga	Gi	Gu	Ge	Go
Ma	Mi	Mu	Me	Mo
Na	Ni	Nu	Ne	No
Sa		Su	Se	So
Za		Zu	Ze	Zo
Ta			Te	To
Da			De	Do

44 語からセグメント化した母音の計 49 語 (Table 2) を対象とした。

4. 録音装置および方法

a. 録音装置

- ・マイクロフォン: SONY 社製バック・エレクトレット・コンデンサーマイクロフォン ECM-56 A
- ・テープレコーダー: SONY 社製 TC-K8B
- ・テープ: SONY 社製, Fe-Cr デュアード・カセットテープ

以上の装置を使用した。

b. 録音方法

防音室内にて被験者を口唇とマイクロフォンが 30 cm になるようにリラックスな状態で椅子に座らせ、検査語表を 1 音節ずつ約 2 秒の間隔で発声させテープレコーダーの V・U メーターの指針が 0 dB を越えないように一定レベルのもとにカセットテープに入力し、録音した。

5. 音声分析装置および方法

KAY 社製サウンドスペクトログラム・6061 B 型を使用し、テープレコーダーからの音声波出力を録音レベルが 0 dB を越えないように入力した。分析には再生レベルが -3 dB となるように調整し、80~8,000 Hz 帯域の Line Scale で, Aught Gain Control 0.5, Mark Level を 2 として、帯域幅 300 Hz の広帯域フィルターを通してサウンドスペクトログラムを得た。また、同時に最大振幅が 40 dB を越えないように Cross Section を描記した。

採得したサウンドスペクトログラムから、第 1, 第 2, 第 3 フォルマントの中心周波数を計測し音声標本とした。

Table 3 Sample means of formant frequencies

/ a /		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
OFF	F1	659	704	698	684	694	701	703	620	779	755
	F2	1,265	1,243	1,328	1,274	1,300	1,281	1,267	1,199	1,244	1,310
	F3	2,405	2,310	2,483	2,466	2,460	2,516	2,522	2,266	2,353	2,566
F.P.	F1	769	700	747	688	765	720	732	688	765	728
	F2	1,393	1,211	1,327	1,309	1,322	1,281	1,218	1,271	1,277	1,349
	F3	2,493	2,267	2,483	2,553	2,534	2,595	2,397	2,272	2,414	2,282
M.P.	F1	681	705	740	780	784	707	700	669	743	755
	F2	1,307	1,235	1,366	1,391	1,374	1,271	1,262	1,212	1,330	1,359
	F3	2,332	2,236	2,489	2,510	2,503	2,594	2,591	2,263	2,397	2,402

(Hz)

Table 4 Sample means of formant frequencies

/ i /		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
OFF	F1	358	372	389	298	311	333	346	344	349	377
	F2	1,969	2,140	2,239	2,311	2,285	2,167	2,115	2,137	2,262	2,298
	F3	3,184	2,869	3,051	3,067	3,061	2,775	2,822	2,848	3,080	3,080
F.P.	F1	393	295	369	292	373	337	391	360	377	384
	F2	2,169	1,650	1,640	1,603	1,692	2,071	2,008	1,978	1,959	1,717
	F3	2,914	2,468	2,547	2,306	2,588	2,686	2,574	2,699	2,821	2,407
M.P.	F1	368	329	371	354	374	349	427	373	384	406
	F2	2,082	2,149	2,208	2,079	2,033	2,216	2,287	1,933	2,161	2,292
	F3	3,074	2,717	3,077	2,656	2,775	2,779	3,019	2,826	3,013	3,120

(Hz)

Table 5 Sample means of formant frequencies

/ u /		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
OFF	F1	367	427	412	390	404	438	373	296	377	369
	F2	1,081	1,136	1,225	1,288	1,175	1,289	1,036	1,093	1,259	1,207
	F3	2,168	2,233	2,451	2,378	2,517	2,259	2,071	1,824	2,081	2,073
F.P.	F1	395	359	428	362	430	411	358	333	400	364
	F2	1,153	1,103	1,230	1,283	1,137	1,271	957	1,032	1,094	1,033
	F3	2,279	2,213	2,361	2,341	2,398	2,361	2,116	1,829	2,158	1,756
M.P.	F1	318	343	447	382	470	459	416	335	417	408
	F2	1,052	1,154	1,277	1,272	1,184	1,260	1,179	1,056	1,204	1,149
	F3	2,198	2,208	2,509	2,438	2,456	2,329	2,270	2,021	2,190	2,240

(Hz)

実験成績

1. 各装置装着時のフォルマント周波数の変動について

Table 3~7 は、各被験者における検査語音の 5 母音および子音を語頭にもつ後続母音の未装着時（以下、これを OFF と略記する）と、F.P., M.P. 装着時での第 1, 第 2, 第 3 フォルマント平均周波数（以下、これを F_1 ,

F_2 , F_3 と略記する）を示した。

F.P., M.P. 装着時の各フォルマント周波数判定の基準として、OFF のフォルマント周波数の標準偏差（以下、これを S.D. と略記する）から OFF と F.P., および M.P. 装着時の変動値（Table 3~7）を求め、その変化の有無、大きさ、および特徴について各装置別に観察した。

Table 6 Sample means of formant frequencies

/e/		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
OFF	F1	449	556	487	490	517	556	466	405	476	580
	F2	1,874	1,815	1,944	1,889	1,947	1,837	1,857	1,815	1,925	1,858
	F3	2,505	2,452	2,581	2,638	2,644	2,506	2,602	2,512	2,591	2,649
F.P.	F1	556	519	541	625	483	585	503	443	507	580
	F2	1,908	1,776	1,970	2,114	1,890	1,845	1,714	1,760	2,012	1,600
	F3	2,550	2,408	2,617	2,750	2,650	2,546	2,537	2,514	2,707	2,399
M.P.	F1	442	557	546	631	564	602	491	419	515	583
	F2	1,806	1,777	1,990	2,012	1,984	1,878	1,874	1,796	1,970	1,879
	F3	2,528	2,400	2,630	2,672	2,698	2,551	2,686	2,506	2,657	2,686

(Hz)

Table 7 Sample means of formant frequencies

/o/		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
OFF	F1	476	522	502	499	533	609	444	465	485	519
	F2	868	983	971	962	937	1,052	819	848	865	927
	F3	2,426	2,357	2,565	2,550	2,508	2,505	2,122	1,827	2,218	2,263
F.P.	F1	541	456	531	590	516	567	501	425	496	523
	F2	983	998	1,032	1,049	956	1,021	870	857	940	991
	F3	2,544	2,338	2,618	2,636	2,660	2,604	2,285	1,890	2,428	1,721
M.P.	F1	482	485	541	601	559	597	468	434	537	500
	F2	910	972	1,041	1,069	1,088	1,034	898	887	1,071	1,034
	F3	2,275	2,302	2,578	2,579	2,522	2,631	2,045	2,041	2,318	2,125

(Hz)

a. F.P. 音響相の多元的観察

i) F_1 , F_2 の様態

/a/ : F_1 で S.D. 43 Hz よりも大きな変動を示したものは、被験者 A の OFF 時 651 Hz が F.P. 装着時 769 Hz となり、その周波数差が 118 Hz であるのが最大で、ついで被験者 E の OFF 時 694~765 Hz でその差 71 Hz、被験者 H の OFF 時 620~688 Hz でその差 68 Hz、被験者 C の 698~747 Hz でその差 49 Hz の順にフォルマント周波数に変動を示した。また、被験者 B, D, F, G, I, J は OFF との間の周波数差は S.D. 以下の値を示し、特に被験者 B の OFF 時 704~700 Hz、被験者 D の OFF 時 684~688 Hz の周波数変動で、その差は 4 Hz と最小値を示した。

以後、OFF 時と F.P. 装着時の変動した周波数差だけについて記述する。 F_2 では、被験者 A が 128 Hz で、全被験者中最も大きな数値を示し、ついで被験者 H の 72 Hz、被験者 G の 49 Hz、被験者 J の 39 Hz の順となり、ともに F_2 の S.D. 35 Hz よりも大きな周波数差を示した。

/i/ : F_1 の S.D. は 27 Hz であり、これよりも大きな周

波数差を示したものは、被験者 B の 77 Hz が最大で、ついで被験者 E の 62 Hz、被験者 G の 45 Hz、被験者 A の 35 Hz、被験者 I の 28 Hz の順であった。

F_2 では、S.D. は 102 Hz であり、被験者 D は 708 Hz の周波数差で最も大きな周波数変動を示した。また、他の被験者にも大きな周波数差がみられ、被験者 C-E-J の順で、それぞれの周波数差は 599 Hz, 593 Hz, 581 Hz であった。また、被験者 F は S.D. より小さい変動であった。

/u/ : F_1 の S.D. は 38 Hz であり、被験者 B が 68 Hz の周波数差で、他の被験者は S.D. 以下の小さな値を示した。 F_2 については、S.D. 85 Hz であり、被験者 J と I がそれぞれ、周波数差 174 Hz, 165 Hz と、他の被験者と比べ特に大きな周波数変動を生じた。

/e/ : F_1 の S.D. は 52 Hz であり、被験者 D が 135 Hz、被験者 A が 107 Hz、被験者 C が 54 Hz の順であった。 F_2 では、被験者 D, E, G, H, I, J が、S.D. 47 Hz よりも大きな周波数変動を示し、その中でも特に、被験者 J は周波数差 258 Hz、被験者 D が 225 Hz と大きな周波数差を示した。

/o/ : F₁ の S.D. は 43 Hz であり, 被験者 D, B, A, G がそれぞれ 91 Hz, 66 Hz, 65 Hz, 57 Hz と S.D. の値を越える周波数差であった。F₂ については, 被験者 A の 115 Hz が最大で, ついで被験者 D の 87 Hz, 被験者 I の 75 Hz に, S.D. 69 Hz 以上の周波数変動を示した。

ii) F₃ の様態

/a/ : 被験者 G と J の 2 名が S.D. 92 Hz よりも大きな周波数変動を示したが, 他の 8 名の被験者には大きな周波数変動を示すものはなかった。

/i/ : S.D. 133 Hz であり, 被験者 F のみ S.D. 以下の周波数差で, 他の 9 名の被験者はすべて大きな周波数変動を示した。特に, 被験者 D の 761 Hz, 被験者 J の 673 Hz, 被験者 C の 504 Hz は, ともに S.D. よりも大きな周波数差を示した。

/u/ : S.D. 197 Hz であり, 被験者 J のみ 317 Hz と大きく, 他の 9 名の被験者には S.D. 以上の周波数差を示すものは 1 名もなかった。

/e/ : 被験者 D と I と J が, それぞれ 112 Hz, 116 Hz, 250 Hz と, S.D. 66 Hz 以上を示し, 特に, 被験者 J の 250 Hz の周波数変動は顕著であった。

/o/ : 被験者 J を除く, 9 名の被験者が S.D. 221 Hz 以下の変動であったが, 被験者 J については 542 Hz と大きく変動した。

b. M.P. 音響相の多角的観察

i) F₁, F₂ の様態

/a/ : F₁ では, 被験者 D, E, H が, それぞれの周波数差 96, 90, 49 Hz と, S.D. 以上の周波数変動を示した。F₂ では, 被験者 A, C, D, E, I, J の 6 名が S.D. 以上の周波数変動を示し, その値の最大は被験者 D の 117 Hz で, 最小は被験者 C の 38 Hz であった。

/i/ : F₁ では, 被験者 A, C, D を除く 7 名の被験者が S.D. 以上の周波数差を示し, 特に被験者 G の周波数差 81 Hz が大きい変動であった。F₂ では, 被験者 A, D, E, G, H が S.D. 以上の周波数差を示し, 252 Hz を示した被験者 E が最大であった。

/u/ : F₁ では, 被験者 C, D, F を除く 7 名の被験者が S.D. 以上の値を示し, そのうち, 被験者 B の 84 Hz が最大であった。F₂ では, 被験者 G のみ 143 Hz と S.D. 以上の変動を示し, 他の被験者はすべて S.D. 以下であった。

/e/ : F₁ では, 被験者 C および D の 2 名だけに S.D. 以上の周波数変動がみられた。F₂ では, 被験者 D, A の 2 名がそれぞれ 123, 68 Hz と S.D. 以上の変動を示した。

/o/ : F₁ では, 被験者 D が 102 Hz と特に大きな周波数差を示し, 被験者 I が 52 Hz であった他は S.D. 以上の周波数変動を示すものはなかった。F₂ では, 被験者 C, D, E, G, I, J の 6 名の被験者が S.D. 以上の周波数差を示し, そのうち被験者 I が 206 Hz と最大であった。

ii) F₃ の様態

/a/ : 被験者 J の周波数差 164 Hz が S.D. 以上の周波数差を示し, 他は特に大きな変動を示したものはなかった。

/i/ : 被験者 B, D, E, G の 4 名が, S.D. 以上の周波数差を示し, 他の 4 母音と比べて変動した被験者が多くみられた。特に, 被験者 D の 411 Hz, 被験者 E の 286 Hz が大きな値であった。

/u/ : 被験者 G, H の 2 名がそれぞれ 199, 197 Hz と, 他の被験者に比べて大きな周波数変動を示した。

/e/ : 被験者 G と I の 2 名の他には, S.D. 以上の周波数差を示すものはなかった。

/o/ : 10 名の被験者すべてが S.D. 以下の値であった。

2. 各被験者にみられる 5 母音の音響学的特徴

(Table 8, 9)

各被験者の F₁, F₂, F₃ フォルマント周波数が, OFF 時と比較して変動した母音のみ抽出して Table 8, 9 を作成した。

Table 8 は OFF 時と F.P. 装着時を, Table 9 は OFF 時と M.P. 装着時を比較したもので, F.P. と M.P. を同時に比較してその変化様式が共通する母音には* (アスタリスク) を付した。

a. フォルマントに変動を示す母音について

各被験者について F₁, F₂, F₃ における変化様式の特徴を検討した。

・被験者 A : F₁ では, F.P. において変動したものは /a/, /i/, /e/, /o/ であったがこの 4 母音は M.P. では変動を示さず, 逆に F.P. で変動がなかった /u/ は M.P. で変動した。F₂ においては, F.P., M.P. とも, /a/ と /i/ がともに共通して変動したが, /o/ は F.P. で /e/ は M.P. でのみ変動を示した。F₃ においては, F.P. の /i/ のみ変動がみられた。

・被験者 B : F₁ では /i/ と /u/ が共通して変動し, /o/ は F.P. でのみ変動した。F₂, F₃ については, /i/ が F.P. で F₂, F₃ の両方で変動したが, M.P. では F₃ のみ共通した変動を示した。

・被験者 C : F₁ においては, /e/ が両装置間で変動が共通し, /a/ は F.P. のみに変動を示した。F₂ においては,

Table 8 Acoustic features of the vowel formant deformation in the subjects (F.P.)

	F ₁	F ₂	F ₃	0	1	2	3
A	aieo	^{**} aio	i	u	[*] e	ao	i
B	^{**} iuo	i	[*] i	^{**} ae	^{**} uo	—	i
C	[*] ae	i	i	[*] uo	^{**} ae	i	—
D	^{**} eo	^{**} aieo	[*] ie	[*] u	a	[*] io	e
E	^{**} ai	[*] ie	[*] i	uo	ae	—	[*] i
F	—	—	—	^{**} [*] [*] [*] [*] [*] aiueo	—	—	—
G	[*] io	aie	[*] ai	u	^{**} eo	a	[*] i
H	[*] a	aie	i	[*] uo	e	[*] ai	—
I	[*] i	^{**} iu ^{**}	[*] ie	a	[*] uo	[*] e	i
J	—	[*] aiue	[*] aiueo	—	[*] o	[*] aiue	—

Table 9 Acoustic features of the vowel formant deformation in the subjects (M.P.)

	F ₁	F ₂	F ₃	0	1	2	3
A	u	^{**} aie	—	o	[*] aiue	—	—
B	^{**} iu	—	[*] i	^{**} aeo	[*] u	i	—
C	[*] e	ao	—	[*] iu	^{**} aeo	—	—
D	^{**} aieo	^{**} aieo	[*] i	[*] u	—	[*] aeo	i
E	^{**} aiu	[*] aio	[*] i	e	uo	a	[*] i
F	—	—	—	^{**} [*] [*] [*] [*] [*] aiueo	—	—	—
G	[*] iu	[*] iuo	[*] iue	a	^{**} eo	—	[*] iu
H	[*] aiu	[*] i	u	[*] eo	a	[*] iu	—
I	[*] iuo	^{**} aueo	[*] e	—	[*] aiu	[*] eo	—
J	[*] iu	[*] ao	[*] a	e	[*] iuo	[*] a	—

F.P. で /i/, M.P. で /a/, /o/ が変動し、共通する母音はみられなかった。F₃ では、F.P. の /i/ のみ変動がみられた。

・被験者 D: F₁ の /e/, /o/, F₂ の /a/, /i/, /e/, /o/, F₃ の /i/ が両装置とも同じ変動を示し、F.P. では F₃ の /e/, M.P. では F₁ の /a/ と /i/ が変動した。

・被験者 E: F₁ の /a/ と /i/, F₂ の /i/, F₃ の /i/ が共通した変動を示し、F₁ では M.P. の /u/, F₂ では F.P. の /e/, M.P. の /a/ と /o/ がそれぞれ単独に変動を示した。

・被験者 F: F₁, F₂, F₃ とも変動を示す母音はみられなかった。

・被験者 G: /i/ は F.P., M.P. とも F₁, F₂, F₃ のすべてが変動した他は F₁ では F.P. の /o/, M.P. の /u/, F₂ では F.P. の /a/ と /e/, M.P. の /u/ と /o/, F₃ では F.P.

の /a/, M.P. の /u/ と /e/ がそれぞれ異なった変動様式を示した。

・被験者 H: F₁ の /a/, F₂ の /i/ が共通した変動を示し、その他は F₁ の /i/ と /u/ が M.P. のみ変動し、F₂ の /a/ と /e/ は F.P. のみ変動した。F₃ においては、F.P. の /i/ と M.P. の /u/ がそれぞれ変動を示した。

・被験者 I: F₁ の /i/, F₂ の /u/, /e/, /o/, F₃ の /e/ が共通した変動を示し、F₁ では M.P. の /u/ と /o/, F₂ では F.P. の /i/, M.P. の /a/, F₃ では F.P. の /i/ がそれぞれ変動した。

・被験者 J: 共通して変動がみられるのは F₂ と F₃ の /a/ のみであり、F.P. では F₂ の /i/, /u/, /e/, F₃ の /i/, /u/, /e/, /o/, M.P. では F₁ の /i/ と /u/, F₂ の /o/ が個有の変動を示した。

Table 10 Pattern of formant deformation in the subjects

/a/

c : changed

u : unchanged

F.P.

M.P.

F₁

OFF

c : A, C, E, H

c : E, H

u : A, C

u : B, D, F, G, I,
J

c : D

u : B, F, G, I, J

F₂

OFF

c : A, D, G, H, J

c : A, D, J

u : G, H

u : B, C, E, F, I

c : C, E, I

u : B, F

F₃

OFF

c : G, J

c : J

u : G

u : A, B, C, D, E,
F, H, I

c : —

u : A, B, C, D, E,
F, H, I

b. 変動を示すフォルマント個数について

Table 8, 9 の右に集計した母音のうち, F.P. と M.P. 間で共通してフォルマント周波数が変動した母音について検索した.

0 個, すなわち全くフォルマント周波数に変動がなかった母音は, 被験者 B の /a/ と /e/, 被験者 C の /u/, 被験者 D の /u/, 被験者 H の /o/ で特に被験者 F は 5 母音すべてに両装置とも変動がなかった. 1 個変動したものは, 被験者 A の /e/, 被験者 B の /u/, 被験者 C の /a/ と /e/, 被験者 G の /e/ と /o/, 被験者 I の /u/, 被験者 J の /o/, 2 個変動したものは, 被験者 D の /o/, 被験者 H の /i/, 被験者 I の /e/, 被験者 J の /a/ であり, 3 個変動したものは, 被験者 E と被験者 G の /i/ であった.

以上記述したように, OFF と比較した F.P. と M.P. の 2 種類の装置の間に同じ変動をする母音と異なった変動をする母音があり, また各被験者間においてもその変化様式は多様性をきわめていた.

3. 両装置間での変化様式 (Table 10~14)

各被験者の両装置装着による 5 母音音素のフォルマン

ト周波数変動に対してそれらを総括的にみた類似点を求め, それぞれの特徴を可及的に把握したグループに分類することが可能かどうかを検討した結果が Table 10~14 である.

表に示す F₁ F₂, F₃ は各フォルマントを意味し, OFF 時と比較して, まず F.P. 装着時での各フォルマント周波数の変化の有無を, 変化あり (changed), 変化なし (unchanged) の categorie に区分し, さらに, そのおのおのについて M.P. 装着時での変化の有無により 10 名の被験者を item に細分した. この類別基準は, 各被験者の F.P., M.P. 装着時に 5 母音の F₁, F₂, F₃ フォルマント周波数上での変化に対して, 各装置間における関係を対応づけ, また, 変化の形式を類別する基準として林^{35, 36)}, 鮑戸³⁷⁾などの数量化理論に基づいた.

この類別基準によれば, 各被験者は各母音の各フォルマント周波数において, つぎの 4 つのクラスに分類することができる.

- ① : F.P. で変化があり, M.P. でも変化をするもの
- ② : F.P. で変化があり, M.P. では変化のないもの
- ③ : F.P. で変化がなく, M.P. では変化をするもの

Table 11 Pattern of formant deformation in the subjects

/ i /		c : changed u : unchanged	
F.P.		M.P.	
F ₁	OFF —	c : A, B, E, G, I	c : B, E, G, I
	—	u : C, D, F, H, J	u : A
F ₂	OFF —	c : A, B, C, D, E, G, H, I, J	c : D, H, J
	—	u : F	u : C, F
F ₃	OFF —	c : A, B, C, D, E, G, H, I, J	c : A, D, E, G, H
	—	u : F	u : B, C, I, J
	OFF —	c : A, B, C, D, E, G, H, I, J	c : —
	—	u : F	u : F
	OFF —	c : A, B, C, D, E, G, H, I, J	c : B, D, E, G
	—	u : F	u : A, C, H, I, J
	OFF —	c : A, B, C, D, E, G, H, I, J	c : —
	—	u : F	u : F

④ : F.P. で変化がなく, M.P. でも変化のないもの

Table 10 の /a/ の F₁ の右端の M.P. の下に列挙された上から changed の被験者 E と H は①のクラス, unchanged の被験者 A と C は②のクラス, changed の被験者 D は③のクラス, unchanged の被験者 B, F, G, I, J は④のクラスにそれぞれ分類されたことを表している。

ここで, さらに, これらの要因を含んだ各クラスを臨床における発音を考慮した難易性から検討して, 柳井ら³⁰⁾による順位尺度の得点付けを行った。その内容は Table 15 に示す通りである。

4. 変化様式の特徴と Flexibility Score による分類

Table 15 に示した得点付けから, 10 名の被験者の得た各母音での各フォルマントの点数を示したものが Table 16 である。

合計数が最高の値を示したものは, 被験者 J で 47 点, 以下, 45 点の被験者 G, 41 点の被験者 A の 3 名が 40 点以上であり, つぎに被験者 I が 37 点, 被験者 H が 35 点, 被験者 C, D, E が 31 点と同点を示し, 被験者 B は 24 点で, 最小点は被験者 F の 15 点であった。

さらに, この表をもとに, 最も難易性の高いと思われる 4 点を示したもののみについて観察するために, 各母音のもつ 3 つのフォルマントの中で 4 点を示すものが 1 つもないものを難易度 0, 1 個あるものを難易度 1, 2 個のものを難易度 2, 3 個のものを難易度 3 とし, 集計したものが Table 17 である。

右隅の Flexibility Score は, 難易度 1 は 1 倍, 難易度 2 は 2 倍, 難易度 3 は 3 倍して数量化したもので, その特性をより顕著に表すことによって難易性を比較する目安とした。

最も高い数値を示したものは被験者 J で 10 点, ついで被験者 G が 9 点, 被験者 A が 8 点と高い得点を示し, 被験者 H と I が 6 点, 以下被験者 C が 5 点, 被験者 E が 4 点, 被験者 D が 3 点, 被験者 B が 2 点となり, 被験者 F は得点 0 であった。

つぎに, Flexibility Score を得点別に 3 分割し, つぎの 3 つのグループに大別した。

- ・第 1 グループ : 床設計が容易と思われるもの
- ・第 2 グループ : 床設計がやや困難と思われるもの
- ・第 3 グループ : 床設計が特に困難と思われるもの

Table 12 Pattern of formant deformation in the subjects

/u/		c : changed u : unchanged	
F.P.		M.P.	
F ₁	OFF — c : B	— c : B u : —	c : A, E, G, H, I, J u : C, D, F
	— u : A, C, D, E, F, G, H, I, J		
F ₂	OFF — c : I, J	— c : — u : I, J	c : G u : A, B, C, D, E, F, H
	— u : A, B, C, D, E, F, G, H		
F ₃	OFF — c : J	— c : — u : J	c : G, H u : A, B, C, D, E, F, I
	— u : A, B, C, D, E, F, G, H, I		

以上の 3 グループに被験者を該当させると、Table 18 に示すように、Flexibility Score 0~4 の比較的低い得点を示した被験者 B, D, E, F が第 1 グループに該当し、Flexibility Score 5~7 の中間の得点を示した被験者 C, H, I が第 2 グループ、Flexibility Score 8~10 の高得点を示した被験者 A, G, J が第 3 グループに該当した。

考 察

1. 音響学的基準設定

a. 音声パターン（フォルマント周波数）変動の数量化による類別

各被験者の OFF 時と、2 種類の実験的補綴装置装着時の 5 母音の音声標本の第 1, 第 2, 第 3 フォルマント周波数の変化の関係を対応づけ、また、それらを類別する基準としてつぎの 4 つのクラスに分類し、さらにそれらのクラスには臨床における難易性を考慮して点数によるランク付けを行った。

i) F.P. で変化があり、M.P. でも変化をするもの（2 点）

一般的に、床の設計の基準の 1 つとして床面積が大きければ、声道断面積の一部である口腔内容積の減少すなわち共鳴腔が縮小する。したがって、床面積を小さくすることによって音響管の容積変化^{29, 39, 40)}に影響を与えないような考慮が必要であるとされているが、このクラスは、床面積の大小にかかわらず発音に変化を受けやすく、口蓋床の形態の変化がそのまま発音に対する影響度として表れないものと考えられる。

ii) F.P. で変化があり、M.P. では変化のないもの（4 点）

このクラスは従来の調音音声学の観点から考えれば、発音の変化に対する影響度はごく一般的^{29, 40, 41)}である。臨床において、床設計時に床面積の可及的な縮小が発音への影響度を少なくできるクラスと考えられる。

iii) F.P. で変化がなく、M.P. では変化をするもの（4 点）

このクラスは音声学上、調音音声学で説明のつかない

Table 13 Pattern of formant deformation in the subjects

/ e /		c : changed u : unchanged
	F.P.	M.P.
F ₁	OFF — c : A, C, D u : B, E, F, G, H, I, J	— c : C, D u : A
F ₂	OFF — c : D, E, G, H, I, J u : A, B, C, F	— c : — u : B, E, F, G, H, I, J — c : D, I u : E, G, H, J
F ₃	OFF — c : D, I, J u : A, B, C, E, F, G, H	— c : I u : D, J — c : G u : A, B, C, E, F, H

クラス^{20, 40~44})であり、床面積による口腔内容積の減少が、大きいものよりも小さいものの方が発音の変化を受けやすいという特異的な性質を表している。これは音声学上、調音的にも、音響的にも予知できない要素⁴⁵⁾が含まれていると考えられるが、床設計時に片側性の欠損補綴ではできるだけ口蓋全体を総体的に被覆するよう考慮すれば影響を受けにくくなるのではなかろうかとも考えられる。これもまた、床設計に際して細心の注意が必要なクラスである。

iv) F.P. で変化がなく、M.P. でも変化のないもの (1点)

このクラスは臨床上特に問題がなく、床面積の影響をあまり考慮する必要がないと考えられる。

以上のように4つのクラスに分類し、また、それぞれを点数にてランク付けを行った。その結果は実験成績の Table 16 に示した通りである。

b. Flexibility Score による類別基準

a. の類別にもとづいて、さらに臨床上難易性の高いと思われる床面積の大小によって、それらのフォルマント

周波数に変動を受けやすいもの (4点を示すもの) について論究する。

各母音の F₁, F₂, F₃ の3つのフォルマントの中で4点を示すものが、1個あるものを難易度1、2個あるものを難易度2、3個あるものを難易度3とし、さらに難易度の2乗として数量化したものの合計点数を難易得点 (Flexibility Score) として、その得点数により3つのグループに大別した。

・第1グループ：

(被験者) (Flexibility Score)

F — 0点

B — 2点

D — 3点

E — 4点

これらの被験者は Flexibility Score が低い点数を示しており、臨床において床外形による発音への影響が少ないものと考えられ、床設計が比較的容易と思われる。

・第2グループ：

(被験者) (Flexibility Score)

Table 14 Pattern of formant deformation in the subjects

/ o /		c : changed u : unchanged	
		F.P.	M.P.
F ₁	OFF	c : A, B, D, G	c : D
		u : C, E, F, H, I, J	u : A, B, G
F ₂	OFF	c : A, D, I	c : I
		u : B, C, E, F, G, H, J	u : C, E, F, H, J
F ₃	OFF	c : J	c : D, I
		u : A, B, C, D, E, F, G, H, I	u : A
			c : C, E, G, J
			u : B, F, H
			c : —
			u : J
			c : —
			u : A, B, C, D, E, F, G, H, I

C——5点

H——6点

I——6点

これらの被験者は Flexibility Score が中間の点数を示しており、臨床において床外形による発音への影響がやや多いと考えられ、床設計が比較的困難なものと推測される。

・第3グループ：

(被験者) (Flexibility Score)

A——8点

G——9点

J——10点

これらの被験者は Flexibility Score が高得点を示しており、臨床において床外形による発音への影響度は特に強いと考えられ、床設計が困難であると推測される。

2. 各グループについての特徴とグループ間での相違点および類別される要点基準

3つのグループの分類を定義づけるために、各グループ内での被験者の特徴と被験者間の類似点について、

Table 15 Formant deformation categories and scores

- 1) F.P.で変化があり、M.P.でも変化をするもの……2点
- 2) F.P.で変化があり、M.P.では変化のないもの……4点
- 3) F.P.で変化がなく、M.P.では変化をするもの……4点
- 4) F.P.で変化がなく、M.P.でも変化のないもの……1点

OFF 時に対応する F.P., M.P. との間のフォルマント周波数の変化様式と、Flexibility Score の2つの観点から考察した。

a. 5母音音素の各フォルマントの変化様式からの類別基準 (Table 19)

Table 19 は、前述の Table 16 を変換したもので、△○◎×はランク付けの点数を記号にて置換したものであり、OFF 時と比較して、△は F.P. で変化があり M.P. でも変化をするもの、○は F.P. で変化があり M.P. では変化のないもの、◎は F.P. で変化がなく M.P. では変化をするもの、×は F.P. で変化がなく M.P. でも変化のないものを示している。また、それぞれの記号を横に F₁-F₂-F₃ の順に並べた。

Table 16 Formant deformation scores of five vowels

	a			i			u			e			o			Total
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	F ₁	F ₂	F ₃	
A	4	2	1	4	2	4	4	1	1	4	4	1	4	4	1	41
B	1	1	1	2	4	2	2	1	1	1	1	1	4	1	1	24
C	4	4	1	1	4	4	1	1	1	2	1	1	1	4	1	31
D	4	2	1	4	2	2	1	1	1	2	2	4	2	2	1	31
E	2	4	1	2	2	2	4	1	1	1	4	1	1	4	1	31
F	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	15
G	1	4	4	2	2	2	4	4	4	1	4	4	4	4	1	45
H	2	4	1	4	2	4	4	1	4	1	4	1	1	1	1	35
I	1	4	1	2	4	4	4	4	1	1	2	2	4	2	1	37
J	1	2	2	4	4	4	4	4	4	1	4	4	1	4	4	47

Table 17 Acoustic flexibility

	Flex.1	Flex.2	Flex.3	Flex.Score
A	2	3	—	8
B	2	—	—	2
C	1	2	—	5
D	3	—	—	3
E	4	—	—	4
F	—	—	—	0
G	—	3	1	9
H	2	2	—	6
I	2	2	—	6
J	—	2	2	10

Table 18 Acoustico-phonetic categories of the subjects to flexibility

第1グループ：床設計が容易と思われるもの（0～4） BDEF
第2グループ：床設計がやや困難と思われるもの（5～7） CHI
第3グループ：床設計が特に困難と思われるもの（8～10） AGJ

フォルマントの変化様式については F₁, F₂ に関して各グループの類別基準としての傾向は多少認められたが、各被験者の個々の特異性が強く複雑さが含まれていた。

しかし、F₃ についてはその変化様式が母音によって統一的な結果が出ており、グループの類別基準の1つとして適用できるのではないと思われる。すなわち、/i/ を除いた母音では、大半が F.P., M.P. ともに変化がないという変化様式をとっているが、第1グループでは /a/ と /u/ と /o/ はすべての被験者がその変化様式をとっており、また、第2グループはこれから /u/ を除いた /a/

と /o/ が同様の变化様式を示していた。また、/i/ については、被験者 F を除くすべての被験者に二様の变化様式が示されており、第1グループは F.P., M.P. ともに変化をする変化様式、第2グループ全員の被験者と被験者 G を除く第3グループが F.P. で変化があり、M.P. で変化がないという変化様式をとっていることが特徴的である。

b. 難易度を示す母音からの類別基準 (Table 20)

Table 20 に各グループの被験者が有するそれぞれ難易度1, 難易度2, 難易度3を示した母音を表した。

i) 第1グループの特徴

被験者 B の /i/ と /o/, 被験者 D の /a/ と /i/ と /e/, 被験者 E の /a/ と /u/ と /e/ と /o/ は難易度1を示し、被験者 F は難易度を示す母音はなかった。このグループは第2, 第3グループと比較して難易度2, 3を示すものがなく、Flexibility Score から臨床床設計が容易なグループと思われる。

ii) 第2グループの特徴

第1グループと比較して、このグループは難易度2を示す母音がある。被験者 C が /a/ と /i/, 被験者 H が /i/ と /u/, 被験者 I が /i/ と /u/ で、それぞれ2母音ずつあり、/i/ はすべてに共通する難易性を示しているのが特徴的である。Flexibility Score から臨床床設計がやや困難なグループと思われる。

iii) 第3グループの特徴

このグループは、難易度2および難易度3を示す母音が3個もしくは4個あり、その内容は被験者 A が難易度2の母音 /i/ と /e/ と /o/, 被験者 G が難易度2の母音 /a/ と /e/ と /o/, 難易度3の母音 /u/, 被験者 J が難易度2の母音 /e/ と /o/, 難易度3の母音 /i/ と /u/ をそれぞれ有しており、特に難易度2の母音では /e/ と /o/ が共

Table 19 Pattern formation to the vowels of the subjects

		/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
		F1-F2-F3	F1-F2-F3	F1-F2-F3	F1-F2-F3	F1-F2-F3
1st group	B	X-X-X	△-○-△	△-X-X	X-X-X	○-X-X
	D	◎-△-X	◎-△-△	X-X-X	△-△-○	△-△-X
	E	△-◎-X	△-△-△	◎-X-X	X-○-X	X-◎-X
	F	X-X-X	X-X-X	X-X-X	X-X-X	X-X-X
2nd group	C	○-◎-X	X-○-○	X-X-X	△-X-X	X-◎-X
	H	△-○-X	◎-△-○	◎-X-◎	X-○-X	X-X-X
	I	X-◎-X	△-○-○	◎-○-X	X-△-△	◎-△-X
3rd group	A	○-△-X	○-△-○	◎-X-X	○-◎-X	○-○-X
	G	X-○-○	△-△-△	◎-◎-◎	X-○-◎	○-◎-X
	J	X-△-△	◎-○-○	◎-○-○	X-○-○	X-◎-○

△ : F.P. -C
 M.P. -C
◎ : F.P. -U
 M.P. -C
○ : F.P. -C
 M.P. -U
× : F.P. -U
 M.P. -U
(C- Changed
 U- Unchanged)

Table 20 Vowel distribution on flexibility degree

		Flex. 1	Flex. 2	Flex. 3
1st group	B	/ i / / o /		
	D	/ a / / i / / e /		
	E	/ a / / u / / e / / o /		
	F			
2nd group	C	/ o / / a / / i /		
	H	/ a / / e / / i / / u /		
	I	/ a / / o / / i / / u /		
3rd group	A	/ a / / u / / i / / e / / o /		
	G	/ a / / e / / o / / u /		
	J	/ e / / o / / i / / u /		

通した難易性を示しているのが特徴的であった。Flexibility Score からこのグループは臨床上床設計が特に困難なグループと推察される。

総 括

被験者 A~J について、F.P., M.P. の 2 種類の装置を用いて OFF 時と比較したフォルマント周波数の変化の

発現に対して変化様式を区別し検討を重ねた。

この変化様式から、さらに、数量化された 難 易 得 点 (Flexibility Score) により、これを最終的類別基準としてグループ分けを行った。この結果、臨床上床設計が容易と思われるもの (第 1 グループ: 被験者 B, D, E, F), やや困難と思われるもの (第 2 グループ: 被験者 C, H, I), 特に困難と思われるもの (第 3 グループ: 被験者 A, G, J) の 3 つのグループに大別された。

CHI:2nd group**
AGJ:3rd group***

Fig.3 Symmetrical arrangement of flexibility

第1グループは各母音とも強い難易性を示さなかった。ここで、第2、第3グループについて、グループ内での各被験者の有する高い難易性を示した母音を、Jones, 橋本など⁴⁶⁻⁵²⁾の母音体系と関連させて、それらの特徴を考察してみた (Fig. 3)。

顎の開きの観点からでは、第2グループは狭母音 /i/ と /u/ の一方もしくは両方に高い難易性を示したが、半広母音 /e/ と /o/ には高い難易性を示さなかった。第3グループは狭母音 /i/ と /u/ の一方もしくは両方に難易性が高く、また、半広母音 /e/ と /o/ の両方でも難易性が高かった。なお、広母音 /a/ に高い難易性を示した被験者は第2グループの被験者 C, 第3グループの被験者 G のみであった。

つぎに、声道の狭めの位置から考察してみると、前舌母音 /i/ と /e/ のうち、/i/ には第2グループ全員と第3グループの被験者 A と J, /e/ には第2グループにはなく第3グループの被験者全員が高い難易性を示していた。また、後舌母音 /o/ に難易性の高い被験者は第3グループの被験者全員であった。

今回の実験から、補綴装置による音響学的変化様式の複雑さが関与する個人特性を、全口蓋床 F.P. を基準とした音声標本から算出した床設計の基準設定により分類した。この分類により臨床における発音での適応性という概念から、これにもとづいた床設計の指標になるものと思われる。

結 論

1. 実験的全口蓋床 (F.P.) と局部床 (M.P.) は、被験者毎で異なった母音のフォルマントに影響を与えた。
2. 全口蓋床 (F.P.) による音響学的変化を2つに類別すると、F.P. で影響を受けるもの受けないものは、さらに下位分類されて、M.P. の影響を受けるもの受けないものに細分された。
3. 音響学的類別基準として難易得点 (Flexibility Score) を設定すると、被験者は床設計が容易と思われるもの、やや困難と思われるもの、特に困難と思われるものの3つのグループに分かれた。
4. 予測が特に困難と考えられるグループに共通して、著しいフォルマント変化様式を示した母音は半広母音 /e/ と /o/ であった。

稿を終るにあたり、終始ご指導を賜り、また本論文のご校閲をいただいた本学歯科補綴学第3講座、藤井輝久教授ならびにご指導、ご鞭撻を賜りました本講座、倉知正和助教授、第3講座、丸井義仁助教授、前田式郎講師に深甚の謝意を表します。また本研究にご協力下さいました教室員各位に感謝いたします。

本論文の要旨の一部は第70回日本補綴歯科学会学術大会 (1983年10月15日、千葉)、および、第40回岐阜歯科学会例会 (1984年2月18日、岐阜) において発表した。

文 献

- 1) 林都志夫, 他: 義歯と発音, 日本歯科医師会雑誌, 16(3): 3~13, 1963.
- 2) 倉知正和, 他: 語明度の変化要因と補綴物, 第1報, 顎欠損患者について, 補綴誌, 24 (3): 410~417, 1980.
- 3) 桑原 勉, 他: 語明度の変化要因と補綴物, 第2報, スピーチエイドについて, 補綴誌, 24 (3): 418~424, 1980.
- 4) 岡原和信, 他: 語明度の変化要因と補綴物, 第3報, 唇裂, 口蓋裂患者について, 補綴誌, 24 (3): 425~431, 1980.
- 5) 関根 弘, 他: 義歯の音声学的研究, 第1報, 口蓋床による調音障害について, 補綴誌, 5: 175~182, 1961.
- 6) 友松英美: 義歯の発音に及ぼす影響について, 歯科学報, 31 (3): 295~329, 1959.
- 7) 松木教夫: 全部床義歯患者の発音の研究, (その2), 他覚的障害について, 口病誌, 38 (3): 333~362, 1971.
- 8) 山縣健佑, 他: 補綴処置の発音に及ぼす影響について, 第2報, 前歯部の補綴例, 補綴誌, 10: 205~213, 1966.
- 9) 三浦種敏, 他: 新版聴覚と音声, 259~275, コロナ社, 東京, 1980.
- 10) 倉知正和: 日本語5母音の補綴学的分析, 歧歯学誌, 9(2): 322~348, 1981.
- 11) 丸井義仁: 上顎局部床義歯設計に伴う母音音響相について, 補綴誌, 27 (4): 61~78, 1983.
- 12) Fant, G.: Acoustic Theory of Speech Production, 93~204, Mouton & CO. USA, 1961.
- 13) Flanagan, J.L.: Speech Analysis Synthesis and Perception (Second, Expanded Ed.) Springer-Verlag, New York, 1972.
- 14) Markel, J.D., Gray, A.H. Jr.: Linear Prediction of Speech, 音声の線形予測, 鈴木久喜 (訳), 71~92, コロナ社, 東京, 1980.
- 15) Fant, G.: Acoustic Theory of Speech Production, 15~21, Mouton, The University of Chicago Press, 1970.
- 16) 兼子尚道: 発音における下顎, 唇及び舌運動の研究, 音声の研究 (母音の部), 日本音声学会創立満30年記念論文集: 1~18, 1957.
- 17) 森田啓一: 正常者のパトグラム, 口病誌, 34(4): 279~309, 1967.
- 18) 伊藤秀美, 他: 電気的パトグラムによる舌の調音と口蓋形態に関する基礎的研究, 補綴誌, 22 (3): 580~598, 1978.
- 19) 懸田克躬: 日本語の構音に関する考察, 第一: 日本語の口蓋図ならびに舌図について, 口病誌, 11: 2, 136~145, 第二: 語音の発音に及ぼす人工口蓋および前歯面舌の厚さの影響, 口病誌, 11: 3, 195~205, 1937.
- 20) 吉川 弥: 全口蓋床が破裂音構音に及ぼす影響, 歯科医学, 28 (3): 167~207, 1965.
- 21) 藤井輝久, 他: 口蓋の形態と語明度との関連性について, 歧歯学誌, 4 (3): 388~391, 1976.
- 22) 桜井和人, 他: 口蓋床の発音に及ぼす影響について, 歯科学報, 58 (9): 417~423, 1958.
- 23) 関根 弘: 調音時の下顎運動に関する研究, 第1報, 調音時の下顎の意義について, 第2報, 日本語調音時の下顎運動について, 歯科学報, 59: 1249~1274, 1959.
- 24) 三谷 卓: 両唇音と歯音ならびに母音発語の下顎切歯点矢状面運動について, 歯科医学, 30 (5): 1081~1116, 1967.
- 25) 日比野勉: 日本語構音に関する「レ」線の研究, 第1篇, 正常人の構音時に於ける発音器官並びに所謂附属管腔の断面写真, 第2篇, 正常人の構音時に於ける発音器官並びに所謂附属管腔の系統的観察, 阪大歯誌, 1: 189~215, 1956.
- 26) 和田卓郎: X線映画法による構音運動の解析 (特に正常者ならびに口蓋裂術後患者について), 阪大歯誌, 13: 105~122, 1958.
- 27) 虫本和彦: 語音発声時の顔面筋活動に関する研究, 第1報, 両唇の調音機構について, 補綴誌, 21 (3): 495~500, 1977.
- 28) 奥田貫之, 山下 敦, 井上 宏, 藤田孝之, 太田 宏: 日本語単音のダイナミックパトグラフィーについて, 補綴誌, 18 (2): 143~151, 1974.
- 29) 藤田孝之: 実験的局部口蓋床に対する発音の適応について, 歯科医学, 40 (2): 219~238, 1977.
- 30) 弘田仁哉: ソナグラフによる発音の研究, 第1報, 正常音声の生理学的観察に就て, 歯科学報, 56 (5): 180~189, 1956.
- 31) 関根 弘, 阿部 勤: 音声の可視的描写とその補綴学的応用, 補綴誌, 2 (2): 172~178, 1958.
- 32) 清水健吾: 日本語子音の発語明瞭度とソナグラム, 口病誌, 38 (4): 496~518, 1971.
- 33) Richard, F., Thompson et al Habituation: A Model Phenomenon for the Study of Neuronal Substrates of Behavior Psychological Review, 73 (1): 16~43, 1966.
- 34) Philip, M., Groves et al Habituation: A Dual-Process Theory Psychological Review, 77 (5): 419~450, 1970.
- 35) 林知己夫: 比較日本人論, 日本とハワイの調査から, 75~122, 中公新書, 東京, 1973.
- 36) 林知己夫: 数量化的方法, 1~136, 東洋経済新報社, 東京, 1974.
- 37) 鮑戸 弘: 数量化理論の適用一現状と問題点一, 特集・数量化理論, 数理科学, 6: 9~14, サイエンス社, 東京,

- 1980.
- 38) 柳井晴夫, 岩坪秀一: 複雑さに挑む科学, 多変量解析入門, 201~252, 講談社, 東京, 1979.
- 39) Jakobson, R., Fant, G. and Halle, M.: Preliminaries to Speech Analysis, 音声分析序説, 竹村 滋, 藤村 靖 (訳), 初版, 1~69, 研究社, 東京, 1965.
- 40) 奥田貫之: 実験的局部口蓋床の発音に及ぼす影響, 補綴誌, 16 (2): 362~380, 1972.
- 41) 椎貝敏夫: 義歯床口蓋板の大小が発音に及ぼす影響に就て, 歯科学報, 46: 213~225, 1941.
- 42) Jespersen, O.: Lehrbuch der Phonetik, Verlag von B.G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1913.
- 43) 服部四郎, 他: 日本語の母音, 小林理学研究所報告, 7 (1): 69~79, 1957.
- 44) 服部四郎: 音声学, 初版, 147~167, 岩波書店, 東京, 1974.
- 45) Merlean, Maurice Ponty: La structure du Comportement, 行動の構造, 滝浦静雄, 木田 元 (訳), 33~38, みすず書房, 東京, 1975.
- 46) Jones, D.: An Outline of English Phonetics, 9th ed. 31, Maruzen, Tokyo, 1960.
- 47) Ladefoged, P.: A Course in Phonetics, 194, Harcourt Brace Jorand Inc., New York, 1975.
- 48) Brosnahan, L.F. and Malmberg, B.: Introduction to Phonetics, 85, Cambridge University Press, New York, 1970.
- 49) Chomsky, N., Halle, M.: The Sound Pattern of English, Harper & Row, Publishers, New York, 1968.
- 50) Dell, F.: Generative Phonology, Cambridge University Press, New York, 1980.
- 51) Schane, S.A.: Generative Phonology, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1973.
- 52) 橋本萬太郎, 他: 日本語 (5), 音韻, 120~126, 岩波書店, 東京, 1978.