下顎前歯部排列位置の変化が発音に及ぼす影響

九州歯科大学大学院歯学研究科歯科補綴学第1専攻(指導:豊田静夫教授)

桃 谷 泰 蔵

昭和62年10月23日受付

Effect of the Changes in the Artificial Tooth Position in the Lower Anterior Region on Articulation

Taizou Momotani

1st Department of Prosthetic Dentistry (Director: Prof. Shizuo Toyoda)
Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

The oral cavity with such articulatory organs as the lips, tongue, uvula, and soft palate which are very versatile in mobility plays an important role of articulatory function in producing various sounds by changing their forms. When many teeth are lost by surgery or periodontosis, it is well known by experience that the articulatory function of the oral cavity is greatly impaired and speech impediment is induced.

In practice in prosthodontics, therefore, it is very important to restore the articulatory function, as well as esthetic and occlusion, by carrying out a prosthetic treatment at the region with a tooth-loss. In view of the articulatory function, it is important to examine the relation between artificial tooth position and articulation.

Four types of experimental dentures with over bite and over jet varied were therefore prepared for the cases of a tooth-loss at the lower anterior region. Five syllables of "S" followed by a vowel in Japanese (Sa, Si, Su, Se, So) were designated as the target syllables and analyses of "S" position on Mandibular Kinesiograph and of the voice on a sound spectrograph were made. Then, the effect of the changes in the artificial tooth position in the lower anterior tooth region on articulation was examined in detail.

The results were as follows:

1. With the standard-type experimental denture with over bite at 2mm and over jet at 2mm, no positional changes in the anteroposterior "S" position were found in any of the "S" syllables.
2. The up-down "S" positions differed among the target syllables. The positions for "So" showed the greatest difference in comparison with other syllables.
3. The effect of increase in over jet on the anteroposterior "S" position was greater in comparison with the up-down "S" position, and the anteroposterior "S" position tended to be displaced forward. However, with the experimental denture with over bite at 4mm and over jet at 6mm, the tendency toward forward displacement of the anteroposterior "S" position decreased.

4. The effect of increase in over jet on the up-down “S” position was rather small, and no fixed patterns were seen in the displacement direction of the up-down “S” position.

5. The consonant duration differed among the target syllables. It was comparatively long for “Si” and “Su” and was the shortest for “Sa”.

6. The effect of the artificial tooth position in the lower anterior region on the consonant duration was small.

7. The average amplitude differed among the target syllables. It was comparatively large for “Si” and “Su” and was the smallest for “Sa”.

8. The effect of increase in over jet on the average amplitude was very marked. Although the average amplitude showed a decreasing tendency, the experimental denture with over bite at 4mm and over jet at 6mm, showed a decline in the rate of decrease.

9. Analyses of frequency showed that the energy level tended to decline in the high frequency range from 4,500~5,000Hz to 9,500~10,000Hz for all target syllables of “S” with an increase in over jet. However with the experimental denture with over bite at 4mm and over jet at 6mm, the declining tendency of energy level decreased.

Key words : *Full denture / Speech / Pronunciation / Sound spectrograph*

結 言

語音は、喉頭、咽頭、鼻腔、口腔の総合的な協調作業によって形成される。これらの調音器官のうち口唇、舌、口蓋垂、軟口蓋などの運動性に富む調音体をもつ口腔は、発音時にその形態を変化させ、さまざまな語音を作りだすうえで、発音機能に重要な役割を果たしている。しかし外科的処置や歯周疾患により多数の歯牙が欠損すると口腔の発音機能は著しい障害を受け、発音障害が引き起こされることは経験的に広く知られている。そこで補綴臨床において、歯牙が欠損した部位に補綴処置を施し審美、咬合とともに発音機能の回復をはかることは非常に重要な問題である。しかし一方では、補綴物が各個人特有の複雑な調音運動と調和しない場合は各種の発音障害を引き起こすことも事実である。

従来より義歯の発音障害に関する報告は数多くみうけられ、被験者の自覚的障害の検査¹⁾、聴覚を利用した発音明瞭度の検査²⁻¹⁰⁾、パラトグラフ、リンググラフ、X線による発音時の舌の動態の観察^{5,8,11-18)}、マンディブラーネジオグラフ、X線映画法によるS発音位の観察^{12,14,15,19-25)}、オシログラフ、サウンドスペクトログラフによる音声スペクトルの分析などの方法^{3,4,19-24,26-36)}により、バラタルバー、咬合高径、口蓋部の厚さや形態、人工歯の排列位置などが発音機能に及ぼす

影響について詳細な検討がくわえられている。特に摩擦音などの前歯部付近に調音点をもつ語音においては前歯部の排列位置が最も重要であり、それが習慣的な発音時の機能運動と調和しない場合は、種々の発音障害をもたらすことになる。そこで人工歯の排列位置は発音機能に直接影響を及ぼす重要な因子であることに着目し、Silverman (1951, 1956)^{37,38)}、Pound (1966, 1971)^{39,40)}らはS発音位を利用して下顎前歯を排列し、発音機能に調和した義歯を作製する方法を提唱した。しかし上顎については主として審美性が重要視され顔貌と調和する位置に排列しなければならず、発音機能を最優先させて排列するというわけにはいかない。したがって発音機能において下顎前歯部の排列位置の果たす役割は大きく、下顎前歯部の排列位置と発音との関係を検討することは非常に重要であり、発音改善のための一つの指標となりうるはずである。そこで著者は下顎前歯部を含む欠損症例に対してオーバージェット、オーバーバイトを変化させた4種の実験用義歯を作製し、マンディブラーネジオグラフによるS発音位の分析およびサウンドスペクトログラフによる音声の分析を行い、下顎前歯部排列位置の変化が発音に及ぼす影響を詳細に検討したところ、興味ある知見を得たので報告する。

実験方法

下顎前歯部の排列位置が発音に及ぼす影響を検討するため、下顎前歯部を含む欠損症例に対し、被蓋の異なる4種の実験用義歯を作製し、サ行音発音時の切歯点の位置をマイオトロニクス社製マンディブラーキネジオグラフ K 5 型（以下 M・K・G. と略す）で記録するとともに、同時に録音した被験音をリオン社製サウンドスペクトログラフ SG-09 で分析した。

I. 被験者

被験者は九州歯科大学付属病院に義歯作製を希望して来院した患者のうち、下顎前歯部を含む欠損症例で、局部床義歯を新しく作製した年齢38～72歳、平均52歳の男性12名、女性8名、計20名であった。なお、被験者は、以下の基準に従って選択した。

- 1) 下顎前歯が連続5歯以上欠損しているもの。
- 2) 下顎臼歯部に骨植堅固な天然歯が残存しているもの。
- 3) 維持、安定が良好な下顎局部床義歯を1カ月以上装着しているもの。
- 4) 上顎は健全な天然歯であるか、維持安定が良好な局部床義歯を装着しているもの。
- 5) とくに方言がなく、自覚的、他覚的発音障害がないもの。
- 6) 顎形態、口腔周辺の筋、神経および顎関節に異常がないもの。

II. 実験用義歯

実験用義歯作製のために、下顎についてはポリサルファイドラバー印象材、レギュラータイプで、また対合歯である上顎はアルジネート印象材で印象採得し、咬合採得後、平均値付着板を使用して上下顎模型を坪根式咬合器に付着した。つぎにトレー用レジンで作製した基礎床の維持安定を増強するため常温重合型レジンでリライニングを行った。前歯部を除く欠損部位は常温重合型レジンを用いて人工歯および床研磨面を筆積み法で形成し、形態修正を行った。さらに、口腔内で可及的に動揺しないように臼歯部に強固な維持装置を付与した。なおこの義歯の唇側床研磨面の下部には、S発音位を測定するため M・K・G. のマグネットを下唇の動きを阻害しないように完全に埋め込んだ。実験用義歯の前歯相当部には、被蓋条件が異なる4種類の義歯を想定して、オーバーバイト2mm・オーバージェット2mm、オーバーバイト2mm・オーバージェット4mm、オーバーバイト2mm・オーバージェット6mm、およびオーバーバイト4mm

・オーバージェット6mmになるようにワックスブロックを築盛した。以後、これら義歯を順に D(2,2), D(2,4), D(2,6), D(4,6) と呼ぶ（図1）。

図1 実験用義歯の被蓋関係

III. 被験語ならびに録音方法

被験語としては前歯の排列位置と関連の深いサ行5音を用い、サシスセソを1サイクルとし、被験者にそれぞれの義歯を装着し10回練習させた後、D(2,2), D(2,4), D(2,6)の順に日常会話程度の速さ、大ききで5回ずつ連続して発音させ録音した。ただし、10人の被験者においては、この実験の後D(4,6)義歯を装着させて同様の実験を行った。録音は、雑音の入らない静かな室内で、呼気の影響を防ぐため、患者の口と指向性のマイクロホン（アイワ社製DM-H5）との距離を30cmに保つように注意して行った。なおテープレコーダーはアカイ社製CS-MO1A、録音テープはソニーHF-PROを使用した。

IV. 分析方法ならびに分析項目

A. S発音位の分析

S発音位の測定には下顎運動の三次元測定装置である M・K・G. を使用した。まず実験用義歯を被験者に装着させ、中心咬合位で咬合させ、通法に従いセンサーアレイを装着し、調整した後、下顎の調音運動を M・K・G. のブラウン管上に表示した。また下顎の動きを明確にとらえるため、M・K・G. に理化電気社製2ペンレコーダーR202を接続し、調音運動の上下成分、前後成分を掃引記録した。なお、下顎はS発音位時にも連続的に運動しているが、Silverman (1951, 1956)^{37, 38)}の closest speaking space の定義に従って、下顎が中心咬合位に最も接近した位置をS発音位とし、中心咬合位に対する位置を上下成分ならびに前後成分にわけて測定した。

B. 音声分析

音声分析には周波数分析装置であるサウンドスペクト

ロググラフを使用した。サウンドスペクトログラフは過渡的な音声信号を時間、周波数、レベル（エネルギーの強弱）の三次元で分析し、分析結果をパターン、セクション、アンプリテュードディスプレイ、カンターディスプレイの4種類のサウンドスペクトログラムで表すことができる。本研究では、被験語に前歯部の排列位置と関係の深いサ行音を用いたが、特にその影響を受けやすい子音部に注目し、パターン分析より子音継続時間を、アンプリテュードディスプレイ分析より音圧エネルギーを、セクション分析より各周波数成分のレベルを測定した。設定した周波数レンジは0から10,000Hz、選択したフィルターは300 Hzの広帯域フィルター、録音時間は2.4秒とした。また、録音した被験音の再生レベルは、レベルメータの針が-3 dBになるように調整し、オーバーロードによる音声の歪を避けた。

1. 子音継続時間

子音継続時間の測定にはパターン分析により得られたサウンドスペクトログラムを用いた。子音継続時間はサウンドスペクトログラム上における先行子音の起始部から後続母音の第一フォルマント起始部までとして、子音と母音の移行部を含めて測定した。

2. 平均振幅

音圧エネルギーの指標である平均振幅の測定には、アンプリテュードディスプレイ法により得られたサウンドスペクトログラムを使用した。アンプリテュードディスプレイ曲線において、子音中央部の最高値を子音のエネルギーレベル、後続母音中央部の最高値を母音のエネルギーレベルとし、母音のエネルギーレベルに対する子音のエネルギーレベルを百分率で求めた。

3. 周波数分析

周波数分析にはセクション分析によるサウンドスペクトログラムを用いた。あらかじめパターン分析の結果より決定した各被験音の子音中央部の時刻をサウンドスペクトログラフにエンタリーし、0から10,000Hzまで500 Hzごとに各周波数成分におけるそれぞれのエネルギーレベルを測定した。

実験結果

I. S発音位の分析結果

A. 上下のS発音位

各実験用義歯の上下のS発音位（中心咬合位を基準とするS発音位の上下成分）の平均値と標準偏差を被験語ごとに求め表1に示した。D(2,2)において、上下のS発音位が最も下方にあったのはソ音（ $-1.7 \pm 1.2\text{mm}$ ）、最も上方にあったのはセ音（ $-0.9 \pm 0.8\text{mm}$ ）であった。D(2,4)では、最も下方にあったのはセ音（ $-1.7 \pm 1.4\text{mm}$ ）、最も上方にあったのはセ音（ $-0.9 \pm 0.9\text{mm}$ ）であった。D(2,6)では、最も下方にあったのはソ音（ $-1.6 \pm 1.3\text{mm}$ ）、最も上方にあったのはセ音（ $-0.8 \pm 0.7\text{mm}$ ）であった。またD(4,6)では、最も下方にあったのはソ音（ $-1.3 \pm 0.9\text{mm}$ ）、最も上方にあったのはセ音（ $-0.8 \pm 0.7\text{mm}$ ）であった。どの実験用義歯においても上下のS発音位は、ソ音が最も下方にあり、セ音が最も上方にあった。またサ行5音の上下的S発音位の平均と標準偏差を各実験用義歯ごとに比較すると、D(2,2)では $-1.2 \pm 1.1\text{mm}$ 、D(2,4)では $-1.2 \pm 1.2\text{mm}$ 、D(2,6)では $-1.1 \pm 1.1\text{mm}$ 、D(4,6)では $-1.1 \pm 0.9\text{mm}$ であり、どの実験用義歯においても上下的S発音位の平均値はほぼ同じ値を示した。D(2,2)を基準としD(2,2)・D(2,4)間、D(2,2)・D(2,6)間、D

表1 上下的S発音位

被験語 実験用義歯	サ	シ	ス	セ	ソ	平均値
D(2,2) 平均値	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-1.7	-1.2
D(2,2) 標準偏差	1.1	1.0	0.9	0.8	1.2	1.1
D(2,4) 平均値	-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-1.7	-1.2
D(2,4) 標準偏差	1.3	1.0	1.0	0.9	1.4	1.2
D(2,6) 平均値	-1.2	-1.1	-1.0	-0.8	-1.6	-1.1
D(2,6) 標準偏差	1.2	0.9	0.9	0.7	1.3	1.1
D(4,6) 平均値	-1.1	-1.1	-1.1	-0.8	-1.3	-1.1
D(4,6) 標準偏差	0.9	0.9	0.9	0.7	0.9	0.9

—は中心咬合位より下方にあることを示す。

(単位 mm)

(2,2)・D(4,6) 間において上下的S発音位に関する平均値の差の検定を行い、有意差があった被験語数を被験語ごとに表2に示した。どの実験用義歯の対応関係においても有意差があった被験語数は、被験語間で差は小さくほぼ同じであった。有意差があった被験語数の合計を全被験語数に対する割合として求めると、D(2,2)・D(2,4) 間で14%、D(2,2)・D(2,6) 間で38%であり、オーバージェクトの増加にともない、それが上下的S発音位に及ぼす影響も増加した。またD(2,2)・D(4,6) 間で有意差があった被験語数の割合は50%であり、D(2,2)・D(2,6) 間と比較するとその割合はやや増加した。

各実験用義歯間における上下的S発音位の平均値の差の検定結果より、有意差があった被験語数を被験者ごとに求め表3に示した。D(2,2)・D(2,4) 間ではどの被験者においても有意差があった被験語数は少なかった。D(2,2)・D(2,6) 間およびD(2,2)・D(4,6) 間では有意差があった被験語数は増加したが、被験者間のばらつきが大きく被験者間の差も大きかった。

B. 前後的S発音位

表2 各実験用義歯間の上下的S発音位の分析結果（被験語別）

被験語 対応	サ	シ	ス	セ	ソ	被験語数	割合(%)
D(2,2)～ D(2,4)	2	3	2	3	4	100	14
D(2,2)～ D(2,6)	8	7	8	7	8	100	38
D(2,2)～ D(4,6)	6	5	5	5	4	50	50

数字は平均値の差の検定（危険率5%）より有意差があった被験語数を示す。

各実験用義歯の前後的S発音位（中心咬合位を基準とするS発音位の前後成分）の平均値と標準偏差を被験語ごとに求め表4に示した。どの実験用義歯においても各被験語はほぼ同じ値であり、被験語間の差は小さかった。サ行5音の前後的S発音位の平均値と標準偏差を実験用義歯ごとに比較すると、D(2,2)では -0.1 ± 0.5 mm、D(2,4)では 0.1 ± 0.5 mm、D(2,6)では 0.3 ± 0.6 mm、D(4,6)では -0.1 ± 0.5 mmであった。D(2,

表3 各実験用義歯間の上下的S発音位の分析結果（被験者別）

被験者 対 応	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
D(2,2)～D(2,4)	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	1	0	2	0
D(2,2)～D(2,6)	0	5	1	0	3	0	0	0	0	5	5	5	1	0	2	2	3	0	5	1
D(2,2)～D(4,6)	2	5	5	1	0	1	4	1	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

数字は平均値の差の検定（危険率5%）より有意差があった被験語数を示す。

表4 前 後 的 S 発 音 位

実験用義歯	被験語	サ	シ	ス	セ	ソ	平均値
D(2,2)	平均値	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	-0.1
	標準偏差	0.5	0.5	0.5	0.4	0.6	0.5
D(2,4)	平均値	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
	標準偏差	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5
D(2,6)	平均値	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	標準偏差	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6
D(4,6)	平均値	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1
	標準偏差	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5

+は前方にあることを示す。

(単位mm)

-は後方にあることを示す。

表5 各実験用義歯間の前後のS発音位の分析結果
(被験語別)

被験語 対応	サ	シ	ス	セ	ソ	被験語数	割合(%)
D(2,2)~ D(2,4)	7	6	6	6	9	100	34
D(2,2)~ D(2,6)	15	14	19	16	17	100	81
D(2,2)~ D(4,6)	5	7	6	6	5	50	58

数字は平均値の差の検定(危険率5%)より有意差があった被験語数を示す。

2), D(2,4), D(4,6) の前後のS発音位はほぼ同じ位置にあり, D(2,6) の前後の発音位はやや前方に位置する傾向を示した。つぎにD(2,2) を基準とし, D(2,2)・D(2,4) 間, D(2,2)・D(2,6) 間, D(2,2)・D(4,6) 間において前後のS発音位に関する平均値の差の検定を行い, 有意差があった被験語数を被験語ごとに表5に示した。どの実験用義歯の対応関係においても有意差があった被験語数は, 被験語間で差は小さくほぼ同じであった。有意差があった被験語数の合計を全被験語数に対す

る割合として求めると, D(2,2)・D(2,4) 間で34%, D(2,2)・D(2,6) 間で81%, D(2,2)・D(4,6) 間で58%であり, オーバージェットが増加にともないそれが前後のS発音位に及ぼす影響も増加した。ただし, D(2,2)・D(4,6) 間では, 有意差があった被験語数の割合は減少しており, オーバージェットを4mm増加させオーバーバイトを2mm増加させた場合は, 被蓋度が前後のS発音位に及ぼす影響は減少した。

各実験用義歯間における前後のS発音位の平均値の差の検定結果より, 有意差があった被験語数を被験者ごとに求め表6に示した。D(2,2)・D(2,4) 間およびD(2,2)・D(4,6) 間では有意差があった被験語数は被験者間でばらつきが大きく, 被験者間の差が大きかった。D(2,2)・D(2,6) 間ではサ行5音全てに有意差があった被験者は12人, 5音中4音に有意差があった被験者は2人, 5音中3音に有意差があった被験者は2人であり, ほとんどの被験者にオーバージェットが増加した影響が認められた。

Ⅱ. 周波数分析結果

A. 子音継続時間

各実験用義歯における各サ行音別の子音継続時間の平

表6 各実験用義歯間の前後のS発音位の分析結果(被験者別)

被験者 対応	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
D(2,2)~D(2,4)	5	0	1	1	1	0	1	0	2	5	1	5	0	0	4	5	0	2	0	1
D(2,2)~D(2,6)	5	2	5	2	4	5	3	5	3	5	5	5	5	2	5	5	4	5	1	5
D(2,2)~D(4,6)	3	1	1	5	1	5	4	4	0	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

数字は平均値の差の検定(危険率5%)より有意差があった被験語数を示す。

表7 子音継続時間

実験用義歯 被験語	サ	シ	ス	セ	ソ	平均値
D(2,2) 平均値	124	145	142	140	138	138
D(2,2) 標準偏差	27	33	27	33	28	30
D(2,4) 平均値	124	145	144	141	139	139
D(2,4) 標準偏差	28	38	30	39	33	34
D(2,6) 平均値	125	145	142	141	139	138
D(2,6) 標準偏差	35	41	35	39	35	37
D(4,6) 平均値	128	149	148	146	146	143
D(4,6) 標準偏差	33	38	37	44	37	39

(単位 msec)

均値と標準偏差を被験語ごとに求め表7に示した。D(2,2)において、子音継続時間が最も長かったのはシ音(145±33msec)、最も短かったのはサ音(124±27msec)であった。D(2,4)では、最も長かったのはシ音(145±38msec)、最も短かったのはサ音(124±28msec)であった。D(2,6)では、最も長かったのはシ音(145±41msec)、最も短かったのはサ音(125±35msec)であった。またD(4,6)では、最も長かったのはシ音(149±38msec)、最も短かったのはサ音(128±33msec)であった。どの実験用義歯においても子音継続時間は、シ音が最も長くサ音が最も短かった。またサ行5音の子音継続時間の平均値と標準偏差を実験用義歯ごとに比較すると、D(2,2)では138±30±msec、D(2,4)では139±34msec、D(2,6)では138±37msecであり、D(4,6)では143±39msecでありオーバーシェットの増加が子音継続時間に及ぼす影響はほとんど認められなかった。D(2,2)を基準とし、D(2,2)・D(2,4)間、D(2,2)・D(2,6)間、D(2,2)・D(4,6)間において子音継続時間に関する平均値の差の検定を行い、有意差があった被験語数を被験語ごとに求め表8に示した。どの実験用義歯の対応関係においても有意差があった被験語数は、被験語間で差は小さくほぼ同じであった。有意差があった被

表8 各実験用義歯間の子音継続時間の分析結果
(被験語別)

被験語 対応	サ	シ	ス	セ	ソ	被験語数	割合(%)
D(2,2)～ D(2,4)	4	4	2	2	3	100	15
D(2,2)～ D(2,6)	1	4	1	3	4	100	13
D(2,2)～ D(4,6)	2	3	2	2	2	50	22

数字は平均値の差の検定(危険率5%)より有意差があった被験語数を示す。

験語数の合計を全被験語数に対する割合として求めるとD(2,2)・D(2,4)間で15%、D(2,2)・D(2,6)間で13%、D(2,2)・D(4,6)間で22%であり、被蓋度の変化が子音継続時間に及ぼす影響はほとんど認められなかった。

各実験用義歯間における子音継続時間の平均値の差の検定結果より、有意差があった被験語数を被験者ごとに求め表9に示した。どの実験用義歯の対応関係においても、Eの被験者を除けば被蓋度の変化が子音継続時間に及ぼす影響は小さかった。

B. 平均振幅

各実験用義歯間における各サ行音別の平均振幅の平均値と標準偏差を被験語ごとに求め表10に示した。D(2,2)において、平均振幅が最も大きかったのはス音(108.3±26.8%)、が最も小さかったのはサ音(80.5±24.8%)であった。D(2,4)では、最も大きかったのはシ音(97.6±22.6%)、が最も小さかったのはサ音(68.6±22.7%)であった。D(2,6)では、最も大きかったのはス音(82.4±18.1%)、最も小さかったのはサ音(58.2±20.1%)であった。またD(4,6)では、最も大きかったのはス音(94.5±27.6%)、最も小さかったのはサ音(71.1±19.4%)であった。どの実験用義歯においても平均振幅は、シ音あるいはス音が大き値を示し、サ音が最も小さかった。またサ行5音の平均振幅の平均と標準偏差を実験用義歯ごとに比較すると、D(2,2)では95.2±29.0%、D(2,4)では84.1±26.6%、D(2,6)では72.0±21.9%、D(4,6)では84.0±24.3%であり、D(2,2)を基準とすると、平均振幅はD(2,4)では11.1%、D(2,6)では23.2%、D(4,6)では11.2%減少した。オーバーシェットの増加にともない平均振幅は減少したが、D(4,6)で示すようにオーバーシェットを4mm増加させオーバーバイトを2mm増加させた場合は、平均振幅の減少率が低下した。

D(2,2)を基準とし、D(2,2)・D(2,4)間、D(2,2)・D(2,6)間、D(2,2)・D(4,6)間において平均振幅

表9 各実験用義歯間の子音継続時間の分析結果(被験者別)

被験者 対応	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
D(2,2)～D(2,4)	0	0	0	0	4	1	0	0	2	0	0	1	0	2	1	0	2	0	2	0
D(2,2)～D(2,6)	0	1	0	0	5	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
D(2,2)～D(4,6)	0	2	2	0	5	0	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

数字は平均値の差の検定(危険率5%)より有意差があった被験語数を示す。

表10 平均振幅

被験語 実験用義歯	サ	シ	ス	セ	ソ	平均値
D(2,2) 平均値	80.5	104.2	108.3	95.3	87.5	95.2
標準偏差	24.8	27.7	26.8	28.7	27.8	29.0
D(2,4) 平均値	68.6	97.6	93.1	82.6	78.4	84.1
標準偏差	22.7	22.6	24.4	29.2	23.3	26.6
D(2,6) 平均値	58.2	81.1	82.4	71.4	66.9	72.0
標準偏差	20.1	21.1	18.1	21.3	19.6	21.9
D(4,6) 平均値	71.1	92.8	94.5	83.5	78.0	84.0
標準偏差	19.4	22.8	27.6	25.1	17.8	24.3

(単位 %)

表11 各実験用義歯間の平均振幅の分析結果
(被験語別)

被験語 対応	サ	シ	ス	セ	ソ	被験語数	割合(%)
D(2,2)~ D(2,4)	10	6	14	10	10	100	50
D(2,2)~ D(2,6)	16	13	19	18	15	100	81
D(2,2)~ D(4,6)	7	8	7	10	8	50	80

数字は平均値の差の検定(危険率5%)より有意差があった被験語数を示す。

に関する平均値の差の検定を行い、有意差があった被験語数を被験語ごとに求め表11に示した。D(2,2)・D(2,4)間、およびD(2,2)・D(2,6)間において、有意差があった被験語数はシ音で最も少なかったことを除けば、どの実験用義歯の対応関係においても被験語間の差は小さかった。また有意差があった被験語数の合計を全被験語数に対する割合として求めるとD(2,2)・D(2,4)間で50%、D(2,2)・D(2,6)間で81%、D(2,2)・D(4,6)

間で80%であり、オーバージェクトの増加にともない、それが平均振幅に及ぼす影響も増加した。

各義歯間における平均振幅の平均値の差の検定結果より、有意差があった被験語数を被験者ごとに求め表12に示した。D(2,2)・D(2,4)間では有意差があった被験語数のばらつきが大きく、被験語間の差は大きかった。D(2,2)・D(2,6)間ではサ行5音中5音全てに有意差があった被験者は8人、5音中4音に有意差があった被験者は6人、5音中3音に有意差があった被験者は5人であり、ほとんどの被験者にオーバージェクトが増加した影響が認められた。D(2,2)・D(4,6)間も、D(2,2)・D(2,6)間と同様な傾向を示し、ほとんどの被験者で被蓋度が増加した影響が認められた。

C. 周波数分析

サ行5音の周波数分析の結果を順に図2から図6に示した。縦軸にエネルギーレベル(dB)を、横軸に周波数(Hz)を表した。D(2,2)を基準とした場合、D(2,4)ではサ行5音全てにおいて、4,000~4,500Hzから9,500~10,000Hzまでの高周波数域でエネルギーレベルは減少した。D(2,6)でも、ほぼ同じ周波数域でサ行5音全てにおいてエネルギーレベルは減少したが、D(2,4)と

表12 各実験用義歯間の平均振幅の分析結果(被験者別)

被験者 対応	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
D(2,2)~D(2,4)	5	2	2	3	2	1	0	3	0	5	2	1	4	4	2	3	4	1	1	5
D(2,2)~D(2,6)	5	3	5	3	4	4	2	5	5	5	3	4	3	4	3	5	4	5	4	5
D(2,2)~D(4,6)	4	4	4	3	5	5	3	5	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

数字は平均値の差の検定(危険率5%)より有意差があった被験語数を示す。

図2 周波数分析

図6 周波数分析

図3 周波数分析

図4 周波数分析

図5 周波数分析

比較すると減少傾向はさらに増加した。D(4,6)においても、ほぼ同じ周波数域でサ行5音全てにおいてエネルギーレベルは減少したが、減少傾向はD(2,4)とほぼ同じ程度であった。

サ行5音の周波数分析の結果より、各語音別における実験用義歯ごとの強調点（エネルギーレベルが最大である周波数）の周波数を求め、表13に示した。D(2,2)で

表13 強調点の周波数

被験語	サ	シ	ス	セ	ソ	平均値
実験用義歯						
D(2,2)	5500	5500	5500	5500	5500	5500
D(2,4)	5000	5500	5500	5000	5000	5200
D(2,6)	4500	4500	4500	4500	4500	4500
D(4,6)	5000	5000	5000	5000	5000	5000

(単位 Hz)

は強調点の周波数はサ行5音全てが5,500Hzで、D(2,4)では最高5,500Hz、最低5,000Hz、D(2,6)ではサ行5音全てが4,500Hz、D(4,6)ではサ行5音全てが5,000Hzであり、どの実験用義歯においても被験語間の差は小さかった。また、サ行5音の強調点の周波数の平均を各実験用義歯ごとと比較すると、D(2,2)では5,500Hz、D(2,4)では、5,200Hz、D(2,6)では、4,500Hz、D(2,6)では、5,000Hzであり、オーバージェクトの増加にともない強調点は下降傾向を示した。しかしD(4,6)で示すようにオーバージェクトを4mm増加させオーバーバイトが2mm増加させた場合は、強調点の下降傾向は減少した。

各実験用義歯ごとの強調点のエネルギーレベルを各被験語別に表14に示した。強調点のエネルギーレベルはD

表14 強調点のエネルギーレベル

被験語	サ	シ	ス	セ	ソ	平均値
実験用義歯						
D(2,2)	14.1	20.1	20.9	18.0	17.7	18.2
D(2,4)	12.1	18.5	17.7	15.5	14.9	15.7
D(2,6)	10.2	15.3	15.9	14.3	13.5	13.8
D(4,6)	13.0	18.9	21.8	16.4	16.0	17.2

(単位 dB)

(2,2) では最大のものがス音 (20.9dB), 最小のものがサ音 (14.1dB), D(2,4) では最大のものがシ音 (18.5dB), 最小のものがサ音 (12.1dB), D(2,6) では最大のものがス音 (15.9dB), 最小のものがサ音 (10.2dB), D(4,6) では最大のものがス音 (21.8dB), 最小のものがサ音 (13.0dB) であった. どの実験用義歯においても強調点のエネルギーレベルはシ音およびス音が大きく, サ音が最も小さかった. またサ行5音の強調点のエネルギーレベルの平均を実験用義歯ごとに比較すると, D(2,2) では18.2dB, D(2,4) では15.7dB, D(2,6) では13.8dB, D(4,6) では17.2dBでありオーバージェクトの増加にともない, 強調点のエネルギーレベルは低下傾向を示した. しかし, D(4,6) で示すようにオーバージェクトを4mm増加させオーバーバイトを2mm増加させた場合は, 強調点のエネルギーレベルの低下傾向は減少した.

Ⅲ. 各実験項目間の単相関分析

各実験項目において, D(2,2)・D(2,4) 間, D(2,2)・D(2,6) 間, D(2,2)・D(4,6) 間で平均値の差の検定を行い, 有意差があった被験語数を各被験者ごとに求め表3, 6, 9, 12に示したが, この被験者ごとで有意差があった被験語数を変量として, 各実験項目間の単相関分析を行った. 上下的S発音位と前後的S発音位の間, 上下的S発音位と子音継続時間の間, 上下的S発音位と平均振幅の間, 前後的S発音位と子音継続時間の間, 子音継続時間と平均振幅の間には, どの実験用義歯の対応関係においても, 有意の相関は認められなかった. しかし, 前後的S発音位と平均振幅の間では, D(2,2)・D(2,6) 間の相関係数は0.37であり, 危険率1%で有意に正の相関が認められた. その散布図および回帰直線を図7に示した. またD(2,2)・D(4,6) 間の相関係数は0.32であり, 危険率5%で有意に正の相関が認められた. その散布図および回帰直線を図8に示した.

D(2,2)・D(2,6) 間で平均値の差の検定を行い有意差があった被験語数を各被験者ごとに求め変量とした.

図7 前後的S発音位と平均振幅の相関図

D(2,2)・D(4,6) 間で平均値の差の検定を行い有意差があった被験語数を各被験者ごとに求め変量とした.

図8 前後的S発音位と平均振幅の相関図

考 察

補綴臨床において発音と前歯部排列位置との関係は従来より重要視されており, 前歯部排列位置が調音運動と調和しない場合は種々の発音障害を引き起こすことが知られている. 特に発音障害は摩擦音であるS音で著明であり, 発音明瞭度の低下や誤聴傾向の増加などが報告されている^{14,15,20,32,36)}. そこで本実験でも最も影響を受けやすいS音を対象とし, 比較的自然に近い調音運動が可能なサ行5音の連続音節を被験語とした.

また, 一般にS音は上顎前歯舌側面と舌尖が調音点となり形成されるため, 上顎前歯の排列位置が問題とされる. したがって無歯顎者を対象とし上顎前歯の排列位置

を変えた実験用義歯を作製し発音への影響を検討した Ariffin (1982)³⁶⁾ の報告や、左右の上顎中切歯が欠損している被験者を対象に実験用ポンティックを作製し、前歯被蓋度の変化が発音機能に及ぼす変化を観察した田中 (1986)¹⁵⁾ の報告などのように、上顎前歯部の排列位置を扱ったものは多いが、下顎前歯の排列位置に関する報告は少ない。しかし下顎前歯部をあまり舌側に排列しすぎると、舌の運動範囲が狭まり舌の調音運動に障害をきたすおそれが十分あり、下顎前歯の排列位置と発音との関係を検索することは非常に重要である。そこで本実験では下顎前歯部を含む欠損症例に対してオーバージェットおよびオーバーバイトを変化させた4種類の実験用義歯を作製し、M.K.G.によるS発音位の分析およびサウンドスペクトログラフによる音声の分析を行い、下顎前歯部排列位置の変化が発音に及ぼす影響を詳細に検討した。

I. S発音位

Silverman (1951, 1956)^{37), 38)} はS発音時に下顎は上顎に最も接近することから、この顎位と中心咬合位との垂直距離を **closest speaking space** と呼んだ。これは個人差が大きいが同一個人では生涯不変のものであるので、有歯顎時に **closest speaking space** を記録しておき、義歯作製時の咬合高径の決定に利用する方法を提唱した。また Pound (1966, 1971)^{39), 40)} はS音発音時の下顎の位置をS発音位と呼び、S発音位は比較的再現性に富む安定した顎位であることから、これを利用して発音時の下顎運動に調和するように下顎前歯を排列し、さらにこの被蓋関係を基準として咬合高径を求める術式を確立した。

しかし日本語の場合、S音は単独で発音されることはなく、常に母音と結合した形で発音されるので一定の顎位を持続することはい。このような特徴を持つ日本語のS発音位に関して、田中 (1980)²¹⁾ は有歯顎者を対象として、また桜井 (1980)¹²⁾、牟田ら (1982)²³⁾ は無歯顎者を対象として詳細な検討を行っている。

本実験では、下顎前歯部が欠損している被験者に対して4種類の実験用義歯を作製し、それらの義歯を装着してサ行音を発音させ、S発音位について検討した。その結果、オーバージェットを2mm、オーバーバイトを2mmとした標準型実験用義歯D(2,2)では、どのサ行音においても前後的S発音位の位置的变化はないことがわかった。一方上下的S発音位には被験語間に差が認められた。すなわち、サ、シ、ス、セの4音の上下的S発音位は近似していたが、ソ音のS発音位は他の被験者と比

較して最も下方に位置していた。また前後的S発音位にしろ上下的S発音位にしろ全被験者を対象とすると標準偏差は大きな値であり個人差が大きかったが、同一個人の同一被験語に限ればS発音位は比較的再現性の高い安定した顎位であった(表1)。

一般に摩擦音であるS音は、舌の側方部が小臼歯部および大臼歯部に接触し、舌尖が上顎前歯舌側面付近に位置することにより、形成された幅の狭い前後に長いトンネル状の通路を通った呼気が、前歯に吹き付けられて生じる。このS音を形成するための調音運動は0.1~0.2秒程度の瞬間的なものであり、即座に後続母音のための調音運動に移行しなければならない。本実験ではサ行5音の連続音を被験音として用いたため、比較的開口量の大きい隣接母音を持つソ音で **closest speaking space** が最も大きく、後続母音および先行する隣接母音の調音運動の影響を受けたものと思われる。すなわち、隣接母音発音時の下顎位、舌の位置、口唇の位置などがS発音位に微妙に影響を及ぼしたのではないかと推察される。これはM.K.G.を使用してS音発音時の下顎の連続的な運動を観察し、サ行のS発音位は特に後続母音の影響を大きく受けると述べている田中 (1980)²¹⁾ の報告と一致した。

また、S発音位は個人差が大きく、特に上下的S発音位においては被験語間の差も認められたが、同一個人の同一被験語に限っていえば、S発音位のばらつきは非常に小さくS発音位は比較的再現性の高い下顎位であった。したがって発音条件を一定にすれば安定した下顎位を十分再現することができ、咬合高径を決定する方法として利用価値が高いと思われる。

しかし、同一の発音条件でも口腔内環境が変化すればS発音位も変わる。牟田ら (1982)²³⁾ は全部床義歯装着時と非装着時では明らかにS発音位は異なり、有歯顎時代の習慣的な下顎位が歯牙欠損後にも再現されることは期待すべきではないと述べている。桜井 (1980)¹²⁾ は正常有歯顎者を対象として全口蓋床がS発音位に及ぼす影響を検討し、全口蓋床の厚径の増加にともなって開口量は有意に増加すると報告している。また前歯部被害度とS発音位との関係について、立石 (1978)²⁰⁾ は正常有歯顎者の咬合高径を増加させることにより前歯の被蓋度を変化させ、S音発音時の上下前歯の位置関係を分析し、S音発音時の下顎前歯の移動量は被験者によって異なっており、しかも被蓋度との直接的関連もみられなかったと述べている。さらに田中 (1986)¹⁵⁾ は左右の上顎中切歯が欠損している被験者を対象にして水平被蓋を変化さ

せ、S音発音時の下顎切歯点の運動をM.K.G.でとらえ、S発音位は個人差が大きく被蓋度とS発音位に一定の相関関係は認められなかったと報告している。

本実験では下顎前歯部を含む欠損症例を対象としてオーバージェット、オーバーバイトを変化させた4種類の実験用義歯を作製し、下顎前歯部の排列位置の変化がS発音位に及ぼす影響について詳細に検討した。D(2,2)を基準とし、D(2,2)・D(2,4)間、D(2,2)・D(2,6)間、D(2,2)・D(4,6)間において上下のS発音位に関する平均値の差の検定を行ったところ、全被験語数に対して有意差があった被験語数が示す割合は、それぞれ14, 38, 50%であったが、変位を示した上下的S発音位の移動方向には一定のパターンはみられなかった(表2)。前後のS発音位に関しては、全被験語数に対して有意差があった被験語数の示す割合は、それぞれ34, 81, 58%であり、オーバージェットの増加による影響は、上下的S発音位よりも前後のS発音位の方に顕著に認められた(表5)。またオーバージェットの増加による影響を受けて前後のS発音位は前方移動傾向を示したが、D(4,6)のようにオーバージェットを4mm増加させオーバーバイトを2mm増加させた場合は、前後のS発音位の前方移動傾向は減少した(表4, 表5)。

摩擦音は上顎前歯舌面と舌の間に狭めを形成し呼吸を前歯に吹き付けることによって生じるが、下顎の排列位置を変えてオーバージェットを増加させると調音点は後方に下がり、舌の摩擦音形成のための調音運動は大きく障害を受ける。音の変化が聴覚で感知されるとただちにフィードバック機構が働き、調音運動の調整が行われる。一般に摩擦音の主な調音運動は舌によるものであり、下顎は従役的役割をしており、補正的な調音運動は最も運動に富む舌の担うところが大きく、下顎は舌が適切な調音運動を行う際の補助的な役割をすると思われる。本実験においてオーバージェットの増加にともない前後のS発音位は前方に移動する傾向を示したが、前後のS発音位の前方移動量は増大した上下顎前歯間の間隙を補償できるほどのものではなかったのであろう。またオーバージェットの増加が上下的S発音位に及ぼす影響は比較的小さく、変位を示した上下的S発音位にも一定の傾向は認められず、田中(1986)¹⁵⁾、古屋(1971)²²⁾らの水平被蓋が大きくなると上下的な下顎位のばらつきも大きくなるという報告とも一致した。

D(4,6)のようにオーバージェットを4mm増加させオーバージェットを2mm増加させた場合は、オーバージェットのみを4mm増加させたD(2,6)と比較する

と、前後のS発音位の前方移動傾向はやや減少しており、オーバーバイトの増加により舌の補正的調音運動の負担が減り、口蓋と舌による狭めの形成が容易になったとも推察できる。しかし本実験のような矢状面におけるS発音位の観察結果だけでは結論は得られず、パラトグラフ、リンググラフ、X線などにより舌の動態を観察し、舌と下顎の相互関係を検討する必要がある。

II. 子音継続時間

子音継続時間は同一個人においても常に一定ではなく発音条件によって変化する。子音継続時間を左右する要因としては、声の大小、発音の速さなどが挙げられるが、単音が連続音かということも重要な要因であり、単音で発音する場合は単文などの連続音で発音する場合により子音継続時間が延長することは周知の事実である。さらに連続音節を発音する場合は隣接する母音の影響も考慮しなければならない。

本実験ではサ行音を連続して発音させ各サ行音の分析をしたが、その結果オーバージェット2mm、オーバーバイト2mmである標準型実験用義歯D(2,2)において子音継続時間が最も長かったのはシ音(145±33msec)、ついでス音(142±27msec)、セ音(140±33msec)、ソ音(138±28msec)の順で、最も短かったのはサ音(124±27msec)であった(表7)。これは桐谷(1978)⁴¹⁾が連続音節発音時の先行子音発音時間は後続母音の影響が大きいと述べているように、後続母音の開口量の違いによるものと思われる。すなわち後続母音の開口量が最も小さいシ音で子音継続時間は最も長く、後続母音の開口量が最も大きいサ音で最も短かった。このことは、サのように開口位のSから大開き母音のaに連なる場合は舌の運動範囲が大きく摩擦音の持続は短くなるが、逆にス、シでは先行子音と後続母音(小開き母音)の調音運動の差が少ないため、摩擦音が比較的長く持続するという山縣(1964)⁴²⁾の報告ともほぼ一致した。

また発音条件の変化だけでなく、口腔内環境が変化しても子音継続時間は影響を受ける可能性がある。しかし下顎前歯部の排列位置を変え被蓋度を変化させて子音継続時間への影響をみた本実験においては、表8で示すように全被験語数に対して有意差があった被験語数が示す割合はD(2,2)・D(2,4)間で15%、D(2,2)・D(2,6)間で13%、D(2,2)・D(4,6)間で22%であり、1人の被験者を除けばどの実験用義歯の対応関係においても特異な傾向は認められず、下顎前歯部の排列位置が子音継続時間に及ぼす影響は小さかった。一般に義歯を装着しない場合や前歯が多数欠損した場合のような劣悪な口腔

内環境において調音運動が著しく阻害されると、子音継続時間に影響が出ることが知られているが、本実験のように下顎前歯部の排列位置を変化させた場合は、子音継続時間を乱すほど調音運動を阻害するわけではなく、被験者のフィードバック機能の働きで比較的適切な発音ができるのではないかと推察される。

Ⅲ．平均振幅

摩擦音は口蓋と舌によって形成された狭い通路を気流が摩擦しながら流れて発生する持続的な雑音であり、平均振幅はこの音圧エネルギーを相対的に示すものである。オーバージェット 2 mm、オーバーバイト 2 mm である標準型実験用義歯 D(2,2) では、平均振幅は明らかに被験語間に差があり、シ音およびス音が大きくサ音が最も小さかった（表10）。前述の子音継続時間の分析において、シ音およびス音の子音継続時間は比較的長く、サ音の子音継続時間は最も短かったが、この子音継続時間が平均振幅の大きさを決定する一要因であると推測される。つまり子音継続時間が長いシ音およびス音では、口蓋と舌によって形成された狭めが持続する時間が長く、そこを通過する呼気の総量が大きくなり、必然的に音圧エネルギーが増大し相対的に平均振幅が大きくなるのに対し、逆に子音継続時間が短いサ音では、狭めが形成される時間が短く、通過する呼気の総量が小さくなるので平均振幅も小さくなったと思われる。

下顎前歯部の排列位置の変化が平均振幅に及ぼす影響について被験語間、被験者間で詳細な検討を行った結果、表10、表11からわかるようにオーバージェットの増加にともない平均振幅は減少傾向を示した。有意差があった被験語数が示す割合は、D(2,2)・D(2,4) 間では50%であったが、D(2,2)・D(2,6) 間では81%であり、またほとんどの被験者においてオーバージェットが増加した影響が顕著に認められた（表12）。

これはオーバージェットの増加により阻害された通常の S 音発生機構に対する調音器官の代償的調音運動が、完全ではないことを示している。すなわちオーバージェットの増加により下顎前歯が相対的に上顎前歯より後退するので、それにつれて舌が後退を強いられ、呼気が放出される部位である調音点も後退するので、口蓋と舌による狭めの形成が困難になったものと思われる。また通常の S 音は、上顎舌側面と舌尖より放出された気流が上顎前歯に吹き付けられることにより一層摩擦音としての性質を強めるが、調音点が後退すると狭めを通過した気流が自由に放出されるために、平均振幅は小さくなったとも考えられる。また表10より平均振幅の平均値を実験

用義歯ごとにみると、D(2,2) は95.2%、D(2,4) は84.1%、D(2,6) は72.0%であり、オーバージェットの増加にともない平均振幅は減少したが、オーバーバイトを2 mm増加させたD(4,6) は84.0%であり、D(2,6) と比較すると平均振幅はやや増加した。つまりオーバージェットを増加させると平均振幅に影響が認められるが、オーバージェットを増加させてもオーバーバイトを同時に増加させると、舌の補正的調音運動の負担が軽くなり狭めの形成が容易になり、平均振幅への影響が減少したものと考えられる。

Ⅳ．周波数分析

サウンドスペクトログラムによる周波数分析は時間軸上の特定の時点の周波数とエネルギーレベルの関係を二次元的に分析するものであるが、一般に周波数分析を行った実験では強調点のエネルギーレベルを測定したものが多く、しかしサウンドスペクトログラム上の強調点は1つとは限らず、同程度のエネルギーレベルを示す周波数がいくつか存在することも多く、強調点の測定が困難な場合も多々ある。そこで本実験では0から10,000Hzまで500Hzごとに各周波数成分におけるそれぞれのエネルギーレベルを測定し、5回の被験音の平均を求め、その値が最大である周波数を強調点の周波数とした。その結果、強調点だけでなく全周波数域においててもエネルギーレベルの比較が可能になった。周波数分析の結果、オーバージェットの増加にともない、サ行5音全てにおいて4,500～5,000Hzから9,500～10,000Hzまでの高周波数域でエネルギーレベルは低下傾向を示した（図2～図6）。また同様に強調点のエネルギーレベルもオーバージェットの増加にともない低下傾向を示した（表13）。オーバージェットの増加にともないエネルギーレベルが低下したのは（表14）、平均振幅の項で述べたように補正的調音運動が完全ではないことが原因と思われるが、特定の周波数域のエネルギーレベルのみが低下するのではなく、4,500～5,000Hzから9,500～10,000Hzまでの比較的広い周波数域のどの周波数においてもエネルギーレベルは同程度低下することがわかった。このように比較的高周波数域でエネルギーレベルが減少したことについては、口蓋と舌で形成される狭めの形態が関係しているものと思われる。つまり音の音響学的特徴として気流が横切る管状の通路が狭ければ狭いほど高周波数域のエネルギーレベルが大きくなることが知られており⁴³⁾、舌の補正的調音運動によって形成された狭めは通常の狭めより広いことが推測される。またD(4,6)の周波数分析の結果、サ行5音全てにおいてエネルギーレベルの低

下傾向は減少し、同様に強調点のエネルギーレベルも少した。さらに強調点の周波数の低下傾向も減少しており、D(4,6)の場合はエネルギーレベルが比較的回復することがわかった(図2～図6, 表13, 14)。つまりオーバージェットを4mm増加させオーバーバイトを2mm増加させた場合は、舌の補正的調運動の負担が軽くなり、比較的正常な狭めの形成ができたということが間接的に想像される。

V. 各実験項目間の関係について

各実験項目間の単相関分析を行った結果、変量が前後のS発音位、平均振幅である場合のD(2,2)・D(2,6)間およびD(2,2)・D(2,4)間に有意に正の相関関係が認められた。(図7, 8)これは、S発音位の項で述べたように聴覚がエネルギーレベルの低下を知覚し、フィードバック機構が作動した結果、補正的調音運動の一環として前後のS発音位にも影響が及ぶことを裏付けるものである。

以上の考察により総合的に結論すると、下顎前歯部の排列位置を変えオーバージェットを増加させた場合は明らかにS音形成に悪影響が認められ、特にエネルギーレベルの減少傾向が顕著であった。またオーバージェットを増加させてもオーバーバイトを同時に増加させた場合は、エネルギーレベルの減少傾向は低下した。すなわち人工歯を排列する場合は発音を考慮して下顎前歯部の排列位置に十分留意する必要がある。

結 論

発音機能において下顎前歯部の排列位置が果たす役割は大きく、下顎前歯部の排列位置と発音との関係を検討することは非常に重要なことである。そこで本実験では下顎前歯部を含む欠損症例に対してオーバージェット、オーバーバイトを変化させた4種類の実験用義歯を作製し、M.K.G.によるS発音位の分析およびサウンドスペクトログラフによる音声の分析を行い、下顎前歯部排列位置の変化が発音に及ぼす影響を詳細に検討したところ、以下の結果を得た。

1. オーバージェット2mm, オーバーバイト2mmとした標準型実験用義歯では、全てのサ行音において前

後のS発音位に位置的变化はなかった。

2. 一方上下のS発音位は被験語間に差が認められ、サ, シ, ス, セの4音は近似していたが、ソ音は他の被験者と比較して最も下方にあった。

3. オーバージェットの増加が前後のS発音位に及ぼす影響は比較的大きく、前後のS発音位は前方移動傾向を示した。しかしオーバージェット6mm, オーバーバイト4mmとした実験用義歯では、前後のS発音位の前方移動傾向は減少した。

4. オーバージェットの増加が上下のS発音位に及ぼす影響は比較的小さく、上下のS発音位の移動方向にも一定のパターンはみられなかった。

5. 子音継続時間は被験語間に差が認められ、シ音およびス音が比較的長くサ音が最も短かった。

6. 下顎前歯部の排列位置が子音継続時間に及ぼす影響は小さかった。

7. 平均振幅は被験語間に差が認められ、シ音およびス音が比較的大きくサ音が最も小さかった。

8. オーバージェットの増加が平均振幅に及ぼす影響は顕著であり、平均振幅は減少傾向を示したが、オーバージェット6mm, オーバーバイト4mmとした実験用義歯では減少率は低下した。

9. 周波数分析の結果、オーバージェットの増加にともない、サ行5音全てにおいて4,500～5,000Hzから9,500～10,000Hzまでの高周波数域でエネルギーレベルは低下傾向を示した。しかしオーバージェット6mm, オーバーバイト4mmとした実験用義歯ではエネルギーレベルの低下傾向は減少した。

稿を終るにあたり、本研究に終始御懇篤な御指導と御校閲を賜った恩師豊田静夫教授に対し、深甚なる感謝の意を表すとともに、数多くの御援助、御助言をいただいた九州歯科大学歯科補綴学第2講座内田康也教授、九州歯科大学生理学教室中原敏教授、ならびに本教室三宅茂樹講師に衷心より謝意を捧げます。

また本研究に御協力いただきました補綴学教室の皆様ならびに被験者の方々に心から感謝致します。

引 用 文 献

- 1) 松本教夫：全部床義歯患者の発音の研究(その1) 自覚障害について。口病誌 38:252—265, 1971.
- 2) 奥田貫之：実験的局部口蓋床の発音に及ぼす影響。補綴誌 16:362—380, 1972.
- 3) 桑原 勉：義歯口蓋形態が音声に及ぼす影響について。岐歯学誌 9:231—247, 1981.

- 4) 清水健吾：日本語子音の発語明瞭度とソナグラム．口病誌 38：496—517, 1971.
- 5) 積田正和：咬合高径の変化がパラトグラムと発音明瞭度に及ぼす影響．補綴誌 27：1—19, 1983.
- 6) 山縣健佑・森田啓一・松本教夫・清水健吾・古屋紀一：補綴処置の発音に及ぼす影響について 第3報 口蓋板により発音を回復した一症例．補綴誌 13：193—203, 1969.
- 7) 吉川 弥：全口蓋床が破裂音構成に及ぼす影響．歯科医学 28：167—206, 1965.
- 8) 園田秀明：発音明瞭度とパラトグラム．補綴誌 20：633—650, 1976.
- 9) Goyal, B.K. : Functional contouring of the palatal vault for improving speech with complete dentures, *J. Prosthet. Dent.* 48 : 640—646, 1982.
- 10) Palmer, J.M. : Analysis of speech in prosthodontic practice, *J. Prosthet. Dent.* 31 : 605—614, 1974.
- 11) 市川哲雄：S発音時の舌の動態に関する研究．補綴誌 31：740—752, 1987.
- 12) 桜井克守：サ行調音時の下顎運動の実験的研究—全口蓋床の影響について—．補綴誌 24：486—496, 1980.
- 13) 佐藤修斎：発音のメカニズムに関する研究 第2報 全部床義歯装着者．補綴誌 31：389—402, 1987.
- 14) 田中 収・山縣健佑・坂口邦彦：前歯部完全自浄型 ボンティックが発音機能に及ぼす影響．補綴誌 30：169—178, 1986.
- 15) 田中 収・高相利次・山縣健佑・坂口邦彦：前歯部被蓋度の変化が発音機能に及ぼす影響．補綴誌 30：1114—1121, 1986.
- 16) Harley, W.T. : Dynamic palatography-A study of linguopalatal contact during the production of selected consonant sound, *J. Prosthet. Dent.* 27 : 364—376, 1970.
- 17) Allen, L.R. : Improved phonetics in denture construction, *J. Prosthet. Dent.* 19 : 753—753, 1958.
- 18) 森田啓一・安部修平・矢島洋子・関 秀孝・山本幸雄：構音からみた口蓋形態について．補綴誌 12：115—125, 1986.
- 19) 関谷俊治・牟田吾朗・井田博久・渡辺信行・中広哲也・竹内敏郎・山縣健佑：有歯顎者および義歯装着者の発音時の下顎運動．補綴誌 24：689—702, 1980.
- 20) 立岩達治：前歯部被蓋度と発音との関係．補綴誌 22：113—134, 1978.
- 21) 田中 収：日本語S発音時の下顎運動に関する研究．補綴誌 24：628—645, 1980.
- 22) 古屋紀一：X線映画法による発音時の下顎位に関する研究．補綴誌 15：221—236, 1971.
- 23) 牟田吾朗・関谷俊治・戸高勝之・高林成日己・土田 裕・清水玲子・竹内敏郎・積田正和・山縣健佑：義歯装着時下顎運動に関する研究．補綴誌 26：697—709, 1982.
- 24) 山縣健佑・高林成日己・土田 裕・清水玲子・関谷俊治・竹内敏郎・積田正和・田中 収：義歯の咬合高径の変化が発音時下顎位に及ぼす影響．補綴誌 26：1108—1117, 1982.
- 25) Chaney, S.A. Moller, K.T. and Goodkind, R.J. : Effect of immediate dentures on certain structural and perceptual parameters of speech, *J. Prosthet. Dent.* 40 : 8—13, 1978.
- 26) 釜本安敏：Sona Graph について．耳鼻咽喉科臨床 49：785—790, 1956.
- 27) 釜本安敏：日本語母音特性の Sona Graph による研究．耳鼻咽喉科臨床 50：28—35, 1957.
- 28) 河辺清治：口蓋樑の調音に及ぼす影響について (その1)．歯科学報 59：1—7, 1959.
- 29) 河辺清治：口蓋樑の調音に及ぼす影響について (完)．歯科学報 59：95—99, 1959.
- 30) 小塩博司：全口蓋床を基準として床設計への適応性に関する音響学的考察．補綴誌 29：560—575, 1985.
- 31) 小林 豊：ソナグラフ Sona-Graph. 日本音響学会雑誌 11：57—64, 1955.
- 32) 櫻井和人・荒井賢一・吉沢典男：Sona-graph による発音の研究 第4報 総義歯における前歯部欠損並びに移動による発音の変化特にサ行について．歯科学報 58：1—4, 1958.
- 33) 佐藤利男：日本語子音の周波数スペクトル．学士院紀要 14：113—121, 1956.
- 34) 友松英美：義歯の発音に及ぼす影響に就いて．歯科学報 31：295—330, 1959.

- 35) 山縣健佑・松本教夫・森田啓一・高橋 衛：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.
- 36) Ariffin, Y.T. : Sonographic analysis of speech sounds with varying positions of the upper anterior teeth, *J. Dentistry*. 10 : 17—27, 1982.
- 37) Silverman, M.M. : Accurate measurement of vertical dimension by phonetics and the speaking centric space, *Dent. Digest*. 57 : 261—265, 308—311, 1951.
- 38) Silverman, M.M. : Determination of vertical dimension by phonetics. *J. Prosthet. Dent*. 6 : 465—471, 1956.
- 39) Pound, E. : The mandibular movements of speech and their seven related values, *J. Prosthet. Dent*. 16 : 835—843, 1966.
- 40) Pound, E. : An introduction to denture simplification, *J. Prosthet. Dent*. 26 : 570—581, 1971.
- 41) 桐谷 滋：日本語母音・子音調音の隣接音の影響による変動．日本音響学会誌 34 : 132—139, 1978.
- 42) 山縣健佑：発音試験用標準日本語彙に関する研究．補綴誌 8 : 173—217, 1964.
- 43) Schubiger, M. 小泉 保訳：新版音声学入門．大修館65, 1985.