発音のメカニズムに関する研究

第1報 正常有歯顎者

松本 直之 多田 芳雄 佐藤 修斎
市川 哲雄 河野 文昭 羽田 勝

Studies on Mechanism of Speech

Part 1. Normal Subjects

Naoyuki Matsumoto, Yoshio Tada, Shusai Sato

Tetsuo Ichikawa, Fumiaki Kawano and Masaru Hada

I. 緒 言

舌は、発話時、舌全体としての上下および前後方向への移動と、舌尖部における形態変化とによって口腔の形を変え、種々の語音を規定する働きをしている。そのため、義歯装着などによって口腔環境が大幅に変化し、舌機能に混乱が生じた場合、当然、発音にもその影響が及ぶため、従来より人工歯の排列位置や口蓋形態の適否を診査する目的でパラトグラム法が応用されてきた^{1,2)}。しかしながら、このパラトグラム法は、発音時における静的な舌の接触像から義歯形態の適否を判定する方法であり、1音につき1回だけの記録であるため、調音時の舌の動的な接触状態を観察することはできない。

一方、発話時の舌は、上記のような形態変化とともに、ある一定のリズムをもって調音点である口蓋や歯などと接触、離開をくり返し、特定の言語音を規定しているが、もしも口蓋形態に異常が認められれば、当然、舌の接触像のほかに、調音運動にも変化が現れてくることになる。このことは、義歯床形態の適否や義歯装着時に起こる発音障害を調音運動の変化としてある程度数学的に判定可能となるわけで、そのためには、まず、正常有歯顎者の発話時における舌の経時的な動きを把握する必

要がある³⁻⁷⁾。

そこで、われわれは、調音時の舌の動的な接触像を観察できるエレクトロパラトグラフを用い、義歯装着時の発音障害音として比較的多く現れるサ行音を正常有歯顎者に単音節および連続音節として発音させ、そのときの舌の口蓋への接触像と音声波形との時間関係から正常者の発音メカニズムを検討したところ、興味ある結果が得られたので報告する。

II. 実験方法

1. 被 験 者

被験者は徳島大学歯学部補綴学教室員男子9名で、第3大臼歯を除く全歯列に欠損がなく、発音機能、顎機能にも異常の認められない25~30歳までの正常有歯顎者である。

2. 被験音ならびに録音

被験音は表1に示すようにサ行音単音節5音ならびにサ行音に先行母音を加えた連続音節25音、計30音であり、録音に際しては、装着した人工口蓋板に慣れるまで十分発音練習させたあと、上記被験音を各3回ずつ発音させ、データーレコーダー（ソニー社製、Model DFR-3915）上に、テープ速度38 cm/secで収録した。

3. パラトグラムの記録

ダイナミックパラトグラムは、63個の電極を有する厚

徳島大学歯学部補綴学第一講座（主任：松本直之教授）

1st Department of Prosthetic Dentistry, Tokushima University, School of Dentistry (Chief: Prof. Naoyuki Matsumoto)

昭和59年4月27日受付

さ約1mmの人工口蓋板（リオン社製 SP-01）を通じてエレクトロパトグラフ（リオン社製, DP-01, 以下 EPG と略す）上に収録した。また各被験音発音終了と同時に EPG に組込まれたモリススイッチを押し、音声との同期信号をデーターレコーダー上に記録するとともに、EPG グラフィックプリンターを用いて図形化した（図1）。

4. 分析方法および分析項目

データーレコーダーを1/20に減速したのち、音声波形、同期信号をペン書きオシログラフ（渡辺測器社製、リニアコーダー Mark III WTR 331, ペーパー速度500 mm/min）で再生記録するとともに、S 発音時点をより正確に判定するために、記録されている音声をサウンドスペクトログラフ（リオン社製 SG-07）に導入し、周波数分析を行い照合した。

分析項目は、音声波形とパトグラムを模式的に表現

表1 被験音表

サ	シ	ス	セ	ソ
アサ	アシ	アス	アセ	アソ
イサ	イシ	イス	イセ	イソ
ウサ	ウシ	ウス	ウセ	ウソ
エサ	エシ	エス	エセ	エソ
オサ	オシ	オス	オセ	オソ

した図2からも判るように、① 先行子音出現時点 (V_1) から後続母音出現時点 (V_2) までの先行子音継続時間 (V_1-V_2) ② 後続母音出現時点 (V_2) から後続母音終了時点 (V_3) までの後続母音継続時間 (V_2-V_3) ③ 舌の口蓋接触開始時点 (P_0) から、先行子音出現時点 (V_1) までの時間 (P_0-V_1) ④ 先行子音出現時点 (V_1) から、いわゆる標準的なパトグラムが出現する時点 (P_1) までの時間 (V_1-P_1) の4項目である。なお、標準的なパトグラム出現時点は、本研究では、正常者の S.f のパトグラムを参考にしながら、前方への狭めが最大となった時点をもって出現時点と判定した。

図1 実験方法のブロックダイアグラム

図2 音声波形とパトグラムの分析時点

表 2 先行子音継続時間 (V₁-V₂)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	mean	S.D.
サ	186	154	152	118	152	132	94	126	148	139.3	27.9
ア サ	101	128	118	118	110	126	86	100	100	110.9	14.4
イ サ	104	124	116	104	112	126	86	104	98	109.5	13.0
ウ サ	104	138	118	104	112	108	92	108	92	110.5	13.4
エ サ	100	144	108	102	110	114	86	102	106	108.3	16.7
オ サ	102	132	116	94	106	122	88	102	92	107.8	14.7
シ	183	192	126	130	154	168	82	146	188	147.6	35.4
ア シ	123	144	130	126	154	140	114	122	192	131.6	13.3
イ シ	123	154	144	104	128	138	104	142	196	129.6	18.5
ウ シ	118	162	114	118	132	122	96	120	184	122.8	18.8
エ シ	122	146	140	116	124	130	116	124	224	127.3	10.8
オ シ	127	160	122	112	132	138	120	122	234	129.1	14.7
ス	180	134	162	140	168	140	116	134	166	146.8	21.2
ア ス	123	146	136	130	152	142	124	132	200	135.6	10.4
イ ス	125	146	122	122	126	152	108	116	198	127.1	14.7
ウ ス	119	146	120	114	140	132	112	114	172	124.6	13.0
エ ス	122	170	132	122	132	138	124	128	230	133.5	15.8
オ ス	131	150	136	122	150	138	128	124	208	134.9	10.8
セ	167	156	122	116	160	142	100	112	148	134.4	25.1
ア セ	103	134	114	106	140	122	92	100	92	113.9	16.9
イ セ	101	126	112	102	102	112	90	104	110	106.1	10.6
ウ セ	103	138	106	106	118	118	86	98	110	109.1	15.6
エ セ	101	138	106	98	120	128	84	98	108	109.1	18.0
オ セ	101	134	108	98	122	120	90	102	104	109.4	14.7
ソ	176	156	166	126	144	148	110	146	142	146.5	21.1
ア ソ	105	132	122	112	126	114	100	102	106	114.1	11.7
イ ソ	107	132	120	118	110	118	92	98	106	111.9	12.9
ウ ソ	107	134	128	94	118	116	92	108	106	112.1	14.9
エ ソ	103	134	122	98	120	118	82	102	112	109.9	16.6
オ ソ	106	120	128	94	112	134	86	100	90	110.0	16.7

mean, S.D. は症例 I を除外した残り 8 名についてのものである

(m sec)

III. 結 果

1. 先行子音継続時間 (V₁-V₂)

各被験者のサ行音各音における先行子音継続時間ならびに、平均値、標準偏差値について表 2 に示した。ただし、症例 I は、母音の無声化傾向が強く、特に連続音節の後続音が「シ」・「ス」の場合に無声化し、その結果、子音発音時間が異常に長くなることが判明したため、平均値および標準偏差値を求めるときはこれを除外し、残り 8 名について算出した。

その結果、サ行音単音節発音時と、それに先行母音を加えた連続音節発音時の子音発音時間は、単音節の平均が 134.4 (セ)~147.6 (シ) msec であるのに対して、連

続音節では、すべての被験音で大幅な減少傾向を示し、平均値で比較した場合、「サ」で 29~32 msec, 「シ」で 16~25 msec, 「ス」で 11~22 msec, 「セ」で 21~28 msec, 「ソ」で 32~37 msec 減少していた。

しかし、母音の無声化傾向にある症例 I については、子音発音時は、減少する音(サ, セ, ソ)と、増加する音(シ, ス)とに分かれ、無声化した場合、一般に、子音発音時は増大するようであった。

2. 後続母音継続時間 (V₂-V₃)

各被験者のサ行音発音時における後続母音継続時間ならびに平均値、標準偏差値について表 3 に示した。ただし、症例 I については、後続母音が無声化傾向にあるため、平均値、標準偏差値からは除外した。

表 3 後続母音継続時間 (V_2-V_3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	mean	S.D.
サ	192	148	196	158	120	152	152	166	168	160.5	24.6
ア サ	147	128	158	100	120	112	116	156	95	129.6	21.6
イ サ	151	132	174	118	120	110	150	144	100	137.4	21.3
ウ サ	154	146	172	148	130	110	152	146	104	144.8	18.2
エ サ	150	140	176	158	114	116	134	152	94	142.5	21.1
オ サ	158	136	172	178	116	114	154	172	112	150.0	25.3
シ	177	142	176	128	102	120	172	178	114	149.4	30.3
ア シ	133	134	140	86	92	102	152	140	—	122.4	25.1
イ シ	134	138	136	112	96	98	158	144	—	127.0	22.4
ウ シ	136	136	166	122	104	102	136	154	—	132.0	22.3
エ シ	139	126	152	130	98	104	106	134	—	123.6	19.1
オ シ	129	130	146	96	88	110	172	164	—	129.4	30.5
ス	191	190	244	150	116	144	142	194	132	171.4	40.8
ア ス	127	120	144	94	98	96	101	144	—	115.5	21.2
イ ス	146	128	180	114	96	92	138	150	—	130.5	29.5
ウ ス	146	130	184	138	110	104	146	158	—	139.5	25.7
エ ス	144	112	147	106	102	88	138	158	—	124.4	25.4
オ ス	126	126	146	114	92	110	146	160	—	127.5	22.3
セ	200	150	202	152	134	154	152	176	130	165.0	25.0
ア セ	148	142	164	112	120	112	130	152	100	135.0	19.5
イ セ	159	146	160	124	102	118	138	146	96	136.6	20.5
ウ セ	153	148	168	154	102	122	154	142	104	142.9	21.1
エ セ	154	148	176	170	100	116	150	144	94	144.8	25.5
オ セ	148	132	174	152	108	116	146	164	106	142.5	22.6
ソ	194	138	198	154	122	138	172	184	132	162.5	28.6
ア ソ	140	126	164	120	120	98	148	164	88	135.0	23.2
イ ソ	146	144	160	110	114	114	176	148	90	139.0	24.1
ウ ソ	141	122	172	144	112	122	132	154	86	137.4	19.6
エ ソ	148	126	188	136	108	118	148	170	94	142.8	26.7
オ ソ	143	124	170	114	106	104	142	144	72	130.9	22.8

mean ならびに S.D. は症例 I を除外した残り 8 名についてのものである

(m sec)

後続母音発現時間は、単音節の場合、平均値で 149.4 (シ)~171.4 (ス) msec であるのに対して、連続音節では、すべての被験音で減少傾向が認められ、平均値で比較した場合、「サ」で 10~31 msec, 「シ」で 17~27 msec, 「ス」で 32~56 msec, 「セ」で 21~30 msec, 「ソ」で 20~32 msec ほど減少していた。これは、先行子音継続時間 (V_1-V_2) と比較した場合、スが 2 倍ほど減少する以外は同様の減少傾向を示し、両者は協調するようであった。

3. 舌の口蓋接触開始から先行子音出現までの時間 (P_0-V_1)

サ行音単音節発音時および連続音節発音時の舌の口蓋への接触開始時点 (P_0) から先行子音出現時点 (V_1) ま

での時間 (P_0-V_1), ならびに平均値, 標準偏差値を表 4 に示した。なお, 表中のマイナス記号は, 舌の口蓋接触が認められる前に先行子音の音声波形が現れたことを意味する。

単音節発音時の (P_0-V_1) は, 被験者 C の「ス」発音時 1 例を除いて, すべての被験音でプラスとなり, 平均値でみた場合, 44.0 (ス)~84.2 (シ) msec となっているが, 標準偏差値は大きく, ばらつくようであった。

一方, 連続音節については, 単音節と比較した場合, 先行母音として「ア」, 「オ」を加えた被験音では 8.0 (アソ, オソ)~21.1 (オシ) msec と大幅に減少し, 逆に, 先行母音としてイ, ウ, エを加えた被験音の場合, イが最も長く, 233.6 (イス)~264.0 (イサ) msec, ついで「エ」の 196.4 (エス)~230.1 (エシ) msec, 最

表 4 舌接触開始時点 (P₀) から先行子音出現時点 (V₁) までの時間

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	mean	S.D.
サ	10	101	46	42	5	66	28	195	112	67.2	60.5
ア サ	-2	14	18	-3	15	27	17	-1	14	11.0	10.5
イ サ	197	324	211	240	385	259	266	203	291	264.0	61.8
ウ サ	75	260	112	199	245	247	99	109	227	174.8	74.7
エ サ	224	230	183	167	342	186	157	43	263	199.4	81.9
オ サ	-4	22	12	3	1	4	13	13	14	8.7	8.1
シ	14	70	55	64	71	45	33	156	250	84.2	73.6
ア シ	16	23	17	15	29	33	28	8	16	20.6	8.1
イ シ	210	224	212	251	264	266	336	223	241	247.4	39.2
ウ シ	62	230	129	260	230	261	142	187	227	192.0	67.9
エ シ	238	243	232	245	310	194	228	59	322	230.1	75.7
オ シ	8	27	15	18	33	28	21	29	11	21.1	8.7
ス	20	58	-5	38	5	37	44	133	66	44.0	40.6
ア ス	9	17	10	-18	26	34	19	13	-3	11.9	15.4
イ ス	210	270	214	190	265	272	184	200	297	233.6	42.2
ウ ス	72	188	173	187	172	306	91	200	221	178.9	68.7
エ ス	252	210	241	164	294	83	154	32	338	196.4	98.5
オ ス	3	19	6	2	8	-5	24	21	18	10.7	10.1
セ	17	161	96	40	44	15	78	210	90	83.4	66.0
ア セ	1	11	12	-7	14	32	17	0	22	11.3	12.0
イ セ	190	256	250	229	264	249	171	245	311	240.6	41.0
ウ セ	67	177	117	149	192	275	84	183	170	157.1	62.7
エ セ	224	216	221	240	289	246	174	124	278	223.6	50.6
オ セ	-1	30	12	2	7	2	30	15	17	12.7	11.6
ソ	17	74	66	27	3	31	47	174	77	57.3	50.8
ア ソ	-2	26	9	-7	-4	8	2	21	19	8.0	11.8
イ ソ	185	262	187	227	344	247	204	220	254	236.7	48.9
ウ ソ	68	287	135	261	212	272	76	208	221	193.3	82.0
エ ソ	224	209	196	220	286	301	210	26	319	221.2	86.0
オ ソ	-2	26	9	-7	-4	8	2	21	19	8.0	11.8

(m sec)

も短い「ウ」でも 157.1 (ウセ)~193.3 (ウソ) msec というように大幅に増加していた。

4. 先行子音出現時点から、いわゆる標準的なパラトグラム出現時点までの時間 (V₁-P₁)

サ行音発音時の先行子音出現時点 (V₁) から、いわゆる標準的なパラトグラム出現時点 (P₁) までの時間 (V₁-P₁)、ならびに平均値、標準偏差値を表5に示した。なお、被験者Hの「シ」「ス」「ソ」においてマイナスになったが、これは、標準的なパラトグラムが出現したあとに先行子音の音声波形が現れたものであり、先の (P₀-V₁) で認められたマイナスとは全く逆の現象である。

単音節発音時の (V₁-P₁) は、連続音節発音時と比較した場合、これまでの計測結果において指摘されたよう

な大幅な時間差は認められなかった。しかし、両者の差を平均値でもって比較した場合、ほとんど差が認められないもの (先行母音として「ア」「オ」を加えた連続音節) と、時間差に多少の変動はあるが、ある程度減少するもの (先行母音として「イ」「ウ」「エ」を加えた連続音節) とに分けることができそうであった。

また、標準的なパラトグラムが出現したあとに先行子音が発現する、いわゆるマイナス現象は、被験者Hの「シ」「ス」「ソ」の3単音節でのみ見受けられるところから、この被験者特有の発音習慣であると考えられる。

IV. 考 察

S・J 発音時の舌は、摩擦音形成のために調音点である

表 5 先行子音出現時点 (V_1) からいわゆる標準的パルトグラム出現時点 (P_1) までの時間

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	mean	S.D.
サ	59	51	70	22	75	51	40	11	31	46.0	20.3
ア サ	56	55	51	30	28	62	20	38	31	41.0	14.1
イ サ	23	20	22	29	17	16	30	25	37	24.3	6.4
ウ サ	23	84	15	13	24	27	7	38	32	29.2	22.7
エ サ	38	64	15	29	34	35	22	47	44	37.0	14.9
オ サ	58	53	41	39	36	29	34	34	44	41.0	9.4
シ	57	63	35	15	45	93	51	—29	25	39.0	34.3
ア シ	81	40	36	42	29	46	35	50	21	42.0	17.0
イ シ	23	4	4	24	0	24	45	3	29	17.0	15.3
ウ シ	30	49	34	22	29	40	17	29	22	30.0	9.8
エ シ	56	32	75	20	23	39	32	41	37	39.0	17.0
オ シ	52	42	48	46	15	96	48	24	47	46.0	22.3
ス	85	143	69	36	101	48	61	—17	29	62.0	45.9
ア ス	60	57	48	49	38	30	33	56	78	50.0	15.0
イ ス	49	36	8	37	53	45	17	27	4	30.0	17.8
ウ ス	35	65	12	30	3	59	26	32	75	37.0	20.0
エ ス	56	48	45	37	29	44	26	36	6	36.3	14.7
オ ス	49	65	26	51	55	101	23	38	58	52.0	23.3
セ	64	82	31	15	68	53	28	12	37	43.3	24.6
ア セ	63	44	52	44	29	37	31	58	41	44.0	11.6
イ セ	32	35	46	57	32	5	4	41	27	31.0	17.5
ウ セ	30	72	41	36	20	42	16	34	32	36.0	16.0
エ セ	46	42	32	30	60	22	27	50	34	38.0	12.2
オ セ	53	55	31	46	26	48	34	37	41	41.0	10.0
ソ	86	80	72	42	60	59	38	—26	7	46.4	36.4
ア ソ	50	48	38	34	45	38	38	55	31	42.0	8.0
イ ソ	25	13	9	17	26	2	24	41	16	19.2	11.4
ウ ソ	25	40	34	24	26	45	14	40	11	28.8	11.8
エ ソ	46	40	46	28	47	51	28	59	41	31.1	13.0
オ ソ	48	43	38	39	57	73	45	32	34	45.4	12.8

(m sec)

口蓋側歯槽部と接触して声道をせばめ、強い呼気流を供給するといった調音運動を行っているが^{8,9)}、この調音運動も、発音運動という1つの過程からみれば、舌の口蓋への接触開始—先行子音発現—標準的なパルトグラムの出現—後続母音発現といった時間系列でもって表現することが可能である。

しかも、この発音運動は、正常者ならば正常者としての時間関係が、全部床義歯装着者ならば全部床義歯装着者としての時間関係が存在するはずであるし、また逆に、異常音には異常音なりの時間関係が現れてくるものと考えられる。その意味においては、まずは、正常者群の時間関係から、いわゆる正常者群の発音のメカニズムを検討することが先決問題であり、以下のような考察を行った。

1. 各出現時点の確認について

1) 先行子音出現時点の確認について

すでに分析方法の項で述べたごとく、本研究の場合、音声波形は、データーレコーダーを1/20に減速したのち、ペン書きオシログラフでもって再生記録する方法をとっている。しかし、今回使用したペン書きオシログラフは、周波数特性が0~60 Hz程度であり、いかにデーターレコーダーのテープスピードを1/20に減速して入力しても1,200 Hz程度までが限度で、S音のもつ3,000~6,000 Hzにはとても追従することはできない。このことは、振動波形から先行子音発現時点を確認することは不可能であることを意味する。

そこで、本実験では、8,000 Hzまで識別可能なサウンドスペクトログラフを用い、音声をソナグラムとして表

すことによって先行子音の立ち上りならびに母音との区分をより明確なものにするとともに、オシログラフとの時間関係については、E.P.G.に内蔵されたメモリスイッチから送られる同期信号によって両者を同期させる方法¹⁰⁾をとり、問題解決を図った。

2) 標準的パラトグラム出現時点の確認について

もともと、パラトグラムそのものは隣接音によって変化する非常に不安定なものであり、また、個人差があつて、すべての症例に標準的な形態のパラトグラムを要求することは不可能に近い。桐谷のX線マイクロビーム法による観察^{11,12)}によれば、子音調音時の舌の位置は、先行母音と後続母音の両方に影響を受け、その変化は、先行母音より後続母音による影響の方が大きいと報告している。

しかし、S 発音時の舌尖の位置は隣接母音の影響を受けず、ほぼ所定の位置に固定され、影響を受けるのは舌後部だけであるとの報告¹³⁾からも、パラトグラム全体としての形態から標準的パラトグラム出現時点を決するよりは、本実験のように舌尖部で呼気流供給のためのトンネル形成時に現れる、いわゆる前方への狭めが最大となった時点をもって標準的パラトグラム出現時点とする方がより合理的であると考えられる。

3) 後続母音の無声化について

後続母音の無声化は、母音を発音するとき、調音体である舌ならびに口腔を変化させず、ただ単に息を出すだけで、声を出さない場合に起こる現象であり、日本語では、無声子音に挟まれた狭母音「イ」「ウ」が、また、発語の最後が「イ」「ウ」で、その直前に無声音をもつものが無声化する傾向にあるといわれている^{14,15)}。

本研究においても、症例Ⅰが無声化傾向にあり、なかでも、後続音節が「シ」「ス」のときに後続母音は完全に無声化した。その結果、「シ」「ス」においては先行子音継続時間 (V_1-V_2) が平均値よりも大幅に増大し、その他の「サ」「セ」「ソ」においては、逆に、後続母音継続時間が平均値より減少した。このことは、無声化した場合、先行子音継続時間の中に無声化した後続母音継続時間が含まれ、それがために、全体として大幅な増大をみたものと考えられる。

このように後続母音が無声化傾向または無声化する場合は、先行子音継続時間ならびに後続母音継続時間は大きく変化するため、他の被験者との比較において使用することはできても、同一資料として取り扱うことに問題があった。そこで、本実験では症例Ⅰは別グループとして平均化することから除外した。

2. 単音節発現時間と連続音節発音時間の差について

被験音は、表1に示すように、全部床義歯装着者にとって比較的発音が困難で、自覚的にも他覚的にも発音障害が認められやすいという S・ʃ を中心に、単音節では、サ行音5語音を、連続音節では、サ行音各音にそれぞれ先行母音を加えた25語音を選び、それぞれ50音順に発音させた¹⁶⁾。これは、松木のいう Order 法¹⁷⁾に相当する配列法であり、つぎの音を予測し、無意識のうちに自然な発音ができるため、調音運動を観察するうえでは良い方法であると考えられる。

しかし、単音節発音時と連続音節発音時における各計測値を比較した場合、明らかに単音節発音時の方が時間的にも長く、ばらつきも大きくなって精度的に問題が多かった。これは、発音時、被験者の舌が最初から口蓋に接触することを避けて、ある程度開口した不自然な状態から発音させたため、発音位に達するまでの下顎運動に余分な時間がかかったことと、舌のとまどいによる調音運動の乱れがばらつきとして現れてきたものと考えられる。

このことは、発音時、舌の口蓋への接触が認められない「ア」「オ」を先行母音としてサ行音各音に加え、連続音節として発音させたときの舌接触時間 (P_0-P_1) の平均値 (「ア」が 56.7 msec, 「オ」が 57.1 msec) と、サ行音各音の単音節発音時の平均値 (111.1 msec) とを比較することによって、また、子音発音時間 (V_1-V_2) の平均値 (「ア」が 121.2 msec, 「オ」が 118.2 msec) と、サ行音各音の単音節発音時の平均値 (142.9 msec) とを比較することによって明らかとなろう。

いずれにせよ、より自然に近い状態での発音運動を解明しようとするときは、単音節発音時よりは連続音節発音時の方がより有効であり^{10,18)}、また、調音結合による発音の変化を検討することも発音研究にとって重要なことであると考えられる。

3. 全発音時間に占める先行子音継続時間の比率について

音声波形から区分される先行子音継続時間 (V_1-V_2) と後続母音継続時間 (V_2-V_3) は、ともにばらつきが大きく、平均値のみで正常範囲を決定することは危険である。しかし、被験者別にみた場合、先行子音継続時間が長い被験者はすべての音節においても長く、継続時間が短い症例はすべての音節においても短いといったある種の発音傾向が認められ、後続母音継続時間についても同様の傾向が認められた。

図 3 全発音時間に占める先行子音継続時間の比率

しかし、先行子音継続時間が長いものは後続母音継続時間も長くなるといった共通傾向はなく、むしろ被験者によってある決まった時間関係が存在するものと推測された。そこで、全発音時間に対する先行子音継続時間の占める割合 $(V_1 - V_2) / (V_1 - V_3) \times 100$ を算出し、被験者ごとの発音習慣として比較検討した（図3）。

その結果、連続音節発音時では、各被験者ともサ行音各音をある一定の比率でもって発音しており、それぞれ発音習慣のあることが判明した。しかし、症例Dのように各音ともばらつきが著しく一定傾向が認められないものもあり、その原因については、今後より詳細な検討が加えられる必要があろう。しかし、一般的な傾向としては、2つのグループ、すなわち先行子音継続時間の占める割合が40%前後と比較的低い比率のグループ（症

例、A,C,G,H）と、それより10%前後比率の高いグループ（症例、B,E,F）の2つに大別することが可能であった。

また、これらの比率は、各被験者とも、被験音「サ」「セ」「ソ」よりも被験音「シ」「ス」の方が常に5%前後高い値を示し、また、ばらつきも比較的大きいようであった。これは、後続母音継続時間よりも先行子音継続時間の延長に起因しており、子音発音時間の長さは、S単音節発音時、後続母音の開口度によって変化するという山縣の報告¹⁹⁾、つまり、「サ」のように閉口位のSから大開き母音のaに連なる場合は、舌の運動範囲は大きく、摩擦音の持続時間が短くなるのに対して、「シ」「ス」の場合は、先行子音と後続母音との調音運動差は少なく、摩擦音は比較的長く持続するという報告、ならびに、連

図4 被験者別にみた舌の口蓋接触開始時点から先行子音出現時点までの時間 (P_0-V_1) の代表的なパターン

続音節発音時の先行子音発音時間は、先行母音より後続母音の影響が大きいという桐谷の報告¹¹⁾とも一致し、子音継続時間は後続母音の種類によっても分類する必要があると考えられる。

4. 舌の口蓋への接触時間について

舌の口蓋接触開始から先行子音出現時点までの時間 (P_0-V_1), ならびに、先行子音出現時点から標準的なパトグラム出現時点までの時間 (V_1-P_1) は、発音時間同様、個人差や調音結合によって影響を受けるものと考えられ、これらについても比較検討を行った。

1) (P_0-V_1) について

表4の計測値を調音結合別にみた場合、先行母音として「ア」「オ」を加えた場合と、「イ」「ウ」「エ」を加えた場合とでは、両者の間に大きな開きが生じた。また、「イ」「ウ」「エ」の中では「ウ」が多少とも低い値を示した。

これは、先行母音としての「ア」が大開き母音、「オ」が半開き母音であり、かつ、発音時、舌の口蓋への接触が認められないため、そのあとに続く子音を発音するときに、舌の口蓋への接触が多少ともおくれで発現するものと考えられ^{20,21)}、事実、舌接触以前に先行子音が発現する例も数例見受けられた。

先行母音「イ」「ウ」「エ」については、「イ」「ウ」が小開き母音、「エ」が半開き母音であり、しかも「イ」「エ」の場合、発音時、舌は口蓋接触することから、S音発音時には、その接触位置より舌の調音運動が開始され、その結果として、舌の接触時間が増大するものと考えられる。しかし、「ウ」は、単音節発音時、口蓋への

舌接触が認められないにしても、もともと小開き母音であり^{6,22)}、開口度の少ない顎位で発音されることから、S音発音時には、舌はより近い位置からより早く調音運動するようになり、舌接触のある「イ」「エ」よりは多少とも遅れるが、「ア」「オ」よりは数段早くなるものと考えられる。

一方、被験者別にみた場合、口蓋接触の長い被験者は、被験者すべてにおいて長くなるとか、短い被験者は、すべて短くなるといった一定傾向は認められなかったが、症例の中には全体としての傾向が似通ったものもあり、それらを大別すると3型に、すなわち、図4-Aのように2つの山形が描かれるもの(被験者 A,C,E,G,I)と、先行母音「ウ」にばらつきが認められ、1つの山形になったもの(被験者 B,D,F)と、先行母音「エ」の接触時間が極端に短くなったもの(被験者 H)とに分類することができる。ただし、これらの型は、どれが正常でどれが異常であるか、また、練習によってばらつきが少なくなり、すべて被験者 A のような山形を描くようになるかについては今後の検討を待たなければならない。

2) (V_1-P_1) について

表5の計測値を調音結合別にみた場合、(V_1-P_1) は、後続母音別よりは先行母音別に区分する方がまとまる傾向にあり、その中では、先行母音「イ」のグループが時間的に最も短く、ついで「ウ」「エ」、最後に「ア」「オ」の順に長くなっていた。

これは、先行母音「イ」「ウ」「エ」にくらべ「ア」「オ」が、子音発音時、舌の口蓋接触が認められない、ある程度開口した状態から調音運動が行われるために舌の接触開始がその分だけおくれ²³⁾、その結果、標準的なパト

図 5 被験者別の 90% 信頼楕円

図 7 後続母音別の 90% 信頼楕円

図 6 先行母音別の 90% 信頼楕円

図 8 3 種類の信頼楕円による被験音の検定

グラムの出現がおくれたものと考えられる。

一方、後続母音による影響は、先行母音別にみた場合ほどははっきりした傾向は認められないものの、各グループの中では、比較的「ス」発音時に (V_1-P_1) は長くなり、後続母音「ウ」による影響が示唆されたが、各グループの中では有意な差は認められなかった。

同様に、被験者別にみた場合においても、症例 F のように、先行母音「オ」で平均値より大幅に増大し、「イ」で減少するといったように被験音によって幅広く変化する症例（被験者 B, F）と、比較的变化幅の少ない症例（被

験者 D, H, G）とがあり、先行子音継続時間 (V_1-V_2) のように、長い症例はすべての音節においても長くなるといった一定傾向は見当らなかった。

5. 子音継続時間と舌接触時間 (V_1-P_1) からみた発音方法の比較について

連続音節発音時、各被験者によって調音方法が異なることは、これまでの検討結果からも明らかであり、より総合的な判断基準を求める必要上、先行子音継続時間 (V_1-V_2) と先行子音発現時点から標準的のパラトグラム出現時点までの時間 (V_1-P_1) とから 90% の信頼楕円を描記し²⁴⁾、その分布範囲から被験者ごとの発音方法を比較

表 6 90% 信頼楕円で棄却された被験音

	被験者別	先行母音別					後続母音別				
		ア	イ	ウ	エ	オ	サ	シ	ス	セ	ソ
A	ア シ	アシ						アシ			
B	イ シ エ ス		イシ		エス			イシ	エス		
C	イ シ エ シ				エシ						
D											
E											
F	イ ス オ ス		イス			オス			オス		
G											
H	ア ス イ シ										
計	9	1	2	0	2	1	0	2	2	0	0

検討した (図5).

被験者ごとの信頼楕円は、図5に示すように位置ならびに方向、大きさがそれぞれ異なり、下方に被験者 G が、上方に被験者 B が、長径の最も長いものに被験者 F といったように被験者ごとの特長が表現された。しかも、それぞれの信頼楕円の中では、一般に、楕円の下方に、後続母音が「ア」「エ」「オ」すなわち「サ」「セ」「ソ」発音時の連続音節が、上方に、後続母音が「イ」「ウ」すなわち「シ」「ス」発音時の連続音節が位置し、ある程度、各個人においても連続音節の占める位置が決まっているようであった。

そこで、被験者ごとの調音分布についても2つの方向から、すなわち、連続音節を先行母音別に分類したときの90%信頼楕円と、後続母音別に分類したときの90%信頼楕円 (図6, 7) とを作製し、この両楕円と各被験者ごとの信頼楕円とを重ね合わせることによってより多角的に発音運動を検討することとした。これは、各被験者ごとの信頼楕円からはみでた被験音を先行母音別信頼楕円と後続母音別信頼楕円の両方から再度検定し、その発音運動が異常であるか否かの判定のための1つの指標として用いてみようという考え方からきたものである (図8)。

その結果、被験者ごとの信頼楕円からはみでた連続音節は、表6に示すとおり、被験者、B, C, F, H で各2音、

被験者 A で1音、合計9音となり、しかも、後続母音が「イ」のつく連続音節が5音、後続母音が「ウ」のつく連続音節が4音と、特定の後続母音に集中する傾向がみられた。

そこで、さらに、これらの9音節を先行母音別信頼楕円と後続母音別信頼楕円でもって再度検定し、それぞれの楕円からはみ出る音節をリストアップしたところ、3つの楕円すべてで棄却される音節は、被験者 B, F が各2音、被験者 A, C が各1音となり、被験者ごとの信頼楕円からはみでた9音と比較した場合、約半分に減少していた。これら棄却された原因は、先行子音継続時間に起因するものもあれば、反対に、舌の接触時間 (V_1-P_1) に起因するものもあり、その原因は検討を要するが、比較的、後続母音「イ」「ウ」に多く見受けられることと、後続母音「イ」「ウ」が無声化傾向になりやすいということとも考え合わせ、今後、発音検査するときの留意事項となろう。

V. 結 論

正常有歯顎者の S・f 発音時における舌の口蓋への接触状態と音声波形から、正常者における発音のメカニズムを検討し、以下のような結論を得た。

- 1) 単音節発音時と連続音節発音時における舌の接触時間 (P_0-P_1) ならびに先行子音継続時間 (V_1-V_2) を比較した場合、明らかに単音節発音時の方が時間的にも長く、ばらつきも大きかった。このことも含めて、より自然に近い状態での発音運動を検討するときは、連続音節を使用するようにすべきであると考えられる。
- 2) 先行子音継続時間 (V_1-V_2) と後続母音継続時間 (V_2-V_3) を合せた全発音時間に対する先行子音継続時間の比率は、連続音節発音時では、各被験者ともサ行音各音をある一定の比率でもって発音しており、発音習慣があることが判った。
- 3) 舌の口蓋への接触開始から先行子音発現までの時間 (P_0-V_1) は、先行母音として「ア」「オ」を加えた場合と、「イ」「ウ」「エ」を加えた場合とで大きな差が生じた。これは先行母音発音時の下顎位ならびに舌の口蓋への接触の有無が関係することであるが、これらを被験者別にみた場合、計測値のばらつき傾向から3型に分類することができ、発音メカニズムを検討するうえで、1つの指標となるものと考えられる。
- 4) 先行子音出現時点から標準的パトグラム出現までの時間 (V_1-P_1) は、後続母音別よりは先行母音別に

区分する方がまとまる傾向にあるが、有意な差は認められなかった。同様に、被験者別にみた場合でも、すべての被験音で長くなるとか、逆に、短くなるといった一定傾向はなく、ばらつきも大きかった。

5) 子音継続時間 (V_1-V_2) と舌接触時間 (V_1-P_1) とから、各被験者ごとの 90% 信頼楕円と、連続音節を先行母音別と後続母音別に分類したときのそれぞれの 90% 信頼楕円を作製し、それらを重ね合わせることによってより総合的に発音運動を診査するための方法を考案し、臨床にも応用できる確信が得られた。

6) 正常有歯顎者の S・f 発音時における調音運動から、発音のメカニズムを検討するうえで必要ないくつかの指標を試作した。これらは、現在のところ被験者数も少なく、異常音検出のための指標とするにはまだまだ不十分であるが、今後、被験者数を増すことによってより精度の高い指標が作られるものと思われる。

文 献

- 1) Oakley Coles, J.: Transaction of the odontological society of Great Britain, 1871 (Studia Linguistica より).
- 2) 荒井賢一: パラトグラムによる日本語調音の生理学的研究, 歯科学報, 58: 1~19, 1958.
- 3) Kydd, W.L. and Belt, D.A.: Continuous palatography, Journal of Speech and Hearing Disorders, 29: 489~491, 1964.
- 4) Harley, W.T.: Dynamic Palatography—A study of linguopalatal contacts during the production of selected consonant sounds, J. Prosthet. Dent., 27: 364~376, 1972.
- 5) 奥田貫之, 他: 日本語単音のダイナミック・パラトグラフィーについて, 補綴誌, 18: 143~151, 1974.
- 6) 伊藤秀美, 他: 電気的パラトグラフによる舌の調音と口蓋形態に関する基礎的研究—単音節について—, 補綴誌, 22: 580~598, 1978.
- 7) 伊藤秀美: 電気的パラトグラフによる舌の調音と口蓋形態に関する基礎的研究—「桜の花が、咲きました。」—, 補綴誌, 27: 593~607, 1983.
- 8) 大泉充郎, 他: 音声科学, 東京大学出版会, 東京, 1972.
- 9) 電子通信学会編: 聴覚と音声, 電子通信学会, 東京, 1976.
- 10) 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: 628~646, 1980.
- 11) 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.
- 12) Berti, F.B. and Harris, K.S.: Some Aspects of Coarticulation, Haskins Laboratories, St. Rep. Speech. Res., SR—45/46, 1976.
- 13) 問田直幹, 他編: 新生理学 5 版 上巻, 26 編 発音と言語, 1056~1068, 医学書院, 東京, 1982.
- 14) 日本音声学会編: 音声学大辞典, 三修社, 東京, 1976.
- 15) 中島隆之, 他: 調音特徴に基づく母音体系化と連続音声への適用, 日本音響学会音声研究会資料, S 78—49, 1978.
- 16) 松木教夫: 全部床義歯患者の発音の研究, (その 1) 自覚的障害について, 口病誌, 38: 252~265, 1971.
- 17) 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: 333~362, 1971.
- 18) 坂東永一: 下顎位のテレメータリングによる経時的観察, 補綴誌, 14: 183~203, 1970.
- 19) 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.
- 20) 園田頼信: 磁界による舌の運動の動的観測, 信学大全, 1247, 1973.
- 21) 園田頼信: 日本語音の発話時における舌および下顎の運動特性, 電子通信学会論文集 (A), 555~562, 1979.
- 22) 森田啓一: 正常者のパラトグラム, 口病誌, 34: 279~309, 1967.
- 23) 三谷 卓: 両唇音と歯音ならびに母音発音時の下顎切歯点矢状面運動について, 歯科医学, 30: 1081~1116, 1967.
- 24) 駒沢 勉, 他: 現代人の統計, Vol. 1, 2, 7, 朝倉書店, 東京, 1979.