語音発声時の鼻内音圧に関する実験的研究

平 野 実**・竹 内 義 夫*

Experimental Studies on Sound Pressure in the Nasal Cavity during Phonation of Speech Sounds

M. Hirano & Y. Takeuchi

Institution for Phonetic Sciences, Kyoto University

Sound pressure in the nasal cavity during phonation of speech sounds was measured by a probe tube microphone in eight normal adults (four males and four females). Simultaneously, the sounds in the nasal cavity were recorded by a tape-recorder and analysed by a Sonagraph. The measurements of the sound pressure was made about sixty-seven japanese mono-syllable speech sounds. The results are as follows :

(1) The sound pressure in the nasal cavity differs in compliance with individuals ; generally, in the individuals with soft and beautiful voice the sound pressure is larger.

(2) Difference of the sound pressure in the nasal cavity are observed also in compliance with vowels and consonants.

(3) In vowels, generally, an order as follow is observed ;

$$I > U > E > A, O$$

in each individual, however, some different orders are revealed.

(4) Concerning consonants, the sound pressures of nasal-syllables are extremely larger than the others. In the others, vowel-, glide-, voicedconsonant- and [h]-syllables reveals larger sound pressures than voicelessconsonant-syllables.

(5) In nasal consonant waves and preceding waves of the voicedconsonant-syllables, a marked rise of sound pressure in the nasal cavity is observed compared with at the front of the mouth.

目 次

I. 緒 言	V. 個人間の差について
II. 実験方法	VI. 母音間の差について
1. 実験装置	VII. 子音間の差について
2. 実験対象	VIII. Sonagram による検討
3. 測定方法	IX. 総括並びに考按
III. 測定値の統計学的処理	X. 結 語
IV. 分散分析表	

I. 緒 言

語音発声に鼻腔がいかに関与するかは、鼻咽腔閉鎖運動および口腔の音響 impedance と密接な関係がある。この発声に対する鼻腔の関与性については、構音器官の内眼的或いはレ線の観察、経鼻漏出呼気量の測定、鼻腔壁振動の測定、軟口蓋筋電図の誘導、音声の分析、electrical vocal tract analog による実験等種々の方法で研究が行われている。

近時 electronics の発展により電気音響学は著しい進歩を遂げている。私は probe tube を附した

* 京都大学音声科学研究部 (部長 後藤光治教授) ** 久留米大学耳鼻咽喉科教室 (主任 広戸幾一郎教授)

microphone 即ち probe tube microphone を用いて直接鼻腔内の音圧を測定し、併せて鼻内音の録音および sonagram による分析を行つて若干の知見を得たので報告する。

II 実験方法

1. 実験装置

本研究に用いた実験装置を列挙すると次の如くである。

a. 鼻内音圧測定および録音用装置

東京理工製 condenser microphone MR-103 および前置増巾器

同製 probe tube (内径2.5mm, 長さ10cm) attenuator

Sony 製 tape recorder FT-1

b. 口前音圧測定および録音用装置

Sony 製 dynamic microphone FP-1

東通工業製 tape recorder KP-3

c. 音声分析用装置

Kay Electric Co. 製 Sona-graph

本研究に用いた probe tube microphone は東京理工に特注作製せしめたものでその全容は第1図に示す。

又、probe tube microphone および前置増巾器の周波数特性は第2図の如くである。

2. 実験対象

鼻腔に病変を認めず、語音を明瞭に発する正常成人男女各4名。

3. 測定方法

第1図 Probe tube microphone

上段は Probe tube を取り外した時。
下段はこれを取りつけた時の図

第2図 Probe tube microphone および前置増巾器の周波数特性

第3図 Block Diagram

測定方法の block diagram は第3図の如くである。

被検者には座位をとらせ頭部を固定した。probe tube microphone の先端を鼻腔内に挿入し、前置増巾器、attenuator、tape recorder (FT-1) に連結した。probe tube の先端は外鼻孔上縁より2cmの位置に一定した。これ以上深く挿入するには表面麻酔を要し、且つ麻酔を施しても被検者には若干の苦痛があるため自然な発語が障害されたり、鼻汁が tube 内に流入して microphone の感度が低下したりする。一方口の前方25cmの位置に別の microphone (FP-1) を置き tape recorder (KP-3) に連結して普通の音声（以下これを口前音、その音圧を口前音圧と称する）の測定、録音に供した。かくして被検者に発語せしめ、鼻内音および口前音の音圧をそれぞれの attenuator の目盛および VU計の振れによって測定し、同時にその音声を録音した。又、録音したそれぞれの音声は Sona-graph により分析、検討した。

検査語音は拗音、促音を除く日本語単音節67語音とし同一被検者について各1回宛測定したが、後に述べる統計的処理に際しては、語音数の不揃いなダ行、ヤ行、ワ行を除き60語音とした。

発語は被検者の最も楽な高さおよび大きさの声で行

わしめた。

予備実験において、鼻内音圧は口前音圧に比例して変化することを確かめたので、鼻内音圧を個人間或いは語音間で比較するには口前音圧が一定となる様換算せねばならない。そこで鼻内音圧の絶対値÷口前音圧の

絶対値を鼻内音圧とここでは称することにし、実験成績の検討は総てこの値によつた。測定値はdb単位であるからこの値は

鼻内音圧の絶対値(db SPL) - 口前音圧の絶対値(db SPL) として計算できる。

Ⅲ. 測定値の統計学的処理

日本語の音節は子音 + 母音の組合せによつてできている。本実験に用いた67語音は15種の子音（母音々節は子音なしと考える。又厳密には後続母音が異ると子音が異なる場合もあるが本実験では同じ行の子音は一応同種として取扱つた）と5種の母音の組合せによつてできている（第1表）。したがつて数の不揃いなダ行、ヤ行、ワ行を除くと、個人間、母音間、子音間における鼻内音圧の比較が分散分析法によつてなされるのである。

そこで先ず、全測定値について個人、母音、子音を要因とした分散分析を、次に各個人毎に母音および子音を要因とした分散分析を行つた。前者は繰り返しのない三元配置法、後者は繰り返しのない二元配置法によつた。

第1表 検査語音表

	母音	A	I	U	E	O
	子音					
母音々節	なし(V)*	あ	い	う	え	お
半母音節	Y**	や		ゆ		よ
	W**	わ				
鼻音々節	N	な	に	ぬ	ね	の
	M	ま	み	む	め	も
滑音々節	R	ら	り	る	れ	ろ
有声子音節	Z	ざ	じ	ず	ぜ	ぞ
	G	が	ぎ	ぐ	げ	ご
	D**	だ			で	ど
	B	ば	び	ぶ	べ	ぼ
無声子音節	H	は	ひ	ふ	へ	ほ
	S	さ	し	す	せ	そ
	K	か	き	く	け	こ
	T	た	ち	つ	て	と
	P	ぱ	ぴ	ぷ	ぺ	ぽ

* 母音音節は子音Vと表わすことにする。
** 語音数不揃いのため統計学的処理の際除外する。

Ⅳ. 分散分析表

要因A：個人(k=8)、B：母音(l=5)、C：子音(m=12)として全測定値について行つた分散分析表は第2表の如くである。すなわち鼻内音圧は個人によつても母音によつてもまた子音によつても有意の差があることが解る。また、個人と母音の間には交互作用が認められるが、個人と子音、母音と子音の間には交互

作用は認められない。
次に8名の各被検者毎に要因A：母音(k=5)、B：子音(l=12)として行つた分散分析の結果は第3表に示す如くである。全被検者において鼻内音圧は母音によつても子音によつても有意の差が認められる。

Ⅴ. 個人間の差について

各被検者の鼻内音圧の、60語音の平均値は第4表の如くである。表中、上4名は男性、下4名は女性である。かなりの個人差が、男女無関係にみられるが、その差の有意性を式

$$|T_1 - T_2| > \sqrt{2Nv^2F(5\% \text{ or } 1\%)}$$

により検定すると第5表の如くで、殆どが有意差となる。この差は発声習慣に基くものと思われるが、一般に声の美しく柔い人は鼻内音圧が大である。

第2表 分散分析表 (測定値全体について)

要因	変動	自由度	不偏分散	不偏分散比	$F(5\%)$ $F(1\%)$	判定
A. 個人	5622.07	7	803.15	95.16	2.05 2.73	* *
B. 母音	6883.66	4	1720.92	203.90	2.41 3.41	* *
C. 子音	14654.82	11	1332.26	157.85	1.38 2.34	* *
A × B	1808.24	28	64.58	7.65	1.57 1.88	* *
A × C	167.48	77	2.18	0.26	1.35 1.53	—
B × C	356.74	44	8.11	0.96	1.45 1.69	—
誤差	2598.96	308	8.44			
全変動	32091.97	479				

第3表 分散分析表 (個人毎について)

(1) XXXXXXXXXX

要因	変動	自由度	不偏分散	不偏分散比	$F(5\%)$ $F(1\%)$	判定
母音	382.4	4	95.6	3.90	2.58 3.78	* *
子音	841.5	11	76.5	3.12	2.01 2.68	* *
誤差	1076.8	44	24.5			
全変動	2300.7	59				

(2) XXXXXXXXXX

要因	変動	自由度	不偏分散	不偏分散比	$F(5\%)$ $F(1\%)$	判定
母音	893.5	4	223.4	32.38	2.58 3.78	* *
子音	2237.0	11	203.4	29.48	2.01 2.68	* *
誤差	302.5	44	6.9			
全変動	3433.0	59				

(3) XXXXXXXXXX

要因	変動	自由度	不偏分散	不偏分散比	$F(5\%)$ $F(1\%)$	判定
母音	2035.2	4	508.8	53.56	2.58 3.78	* *
子音	1848.9	11	168.1	17.69	2.01 2.68	* *
誤差	416.8	44	9.5			
全変動	4300.9	59				

(4) XXXXXXXXXX

要 因	変 動	自 由 度	不 偏 分 散	不 偏 分 散 比	F (5 %) F (1 %)	判 定
母 音	1099.8	4	275.0	67.07	2.58 3.78	* *
子 音	2095.7	11	190.5	46.46	2.01 2.68	* *
誤 差	179.8	44	4.1			
全 変 動	3375.3	59				

(5) XXXXXXXXXX

要 因	変 動	自 由 度	不 偏 分 散	不 偏 分 散 比	F (5 %) F (1 %)	判 定
母 音	383.2	4	95.8	23.95	2.58 3.78	* *
子 音	1256.4	11	114.2	28.80	2.01 2.68	* *
誤 差	178.0	44	4.0			
全 変 動	1817.6	59				

(6) XXXXXXXXXX

要 因	変 動	自 由 度	不 偏 分 散	不 偏 分 散 比	F (5 %) F (1 %)	判 定
母 音	1343.4	4	335.9	63.38	2.58 3.78	* *
子 音	1841.7	11	167.4	31.58	2.01 2.68	* *
誤 差	234.6	44	5.3			
全 変 動	3419.7	59				

(7) XXXXXXXXXX

要 因	変 動	自 由 度	不 偏 分 散	不 偏 分 散 比	F (5 %) F (1 %)	判 定
母 音	1832.1	4	458.0	51.46	2.58 3.78	* *
子 音	2477.9	11	225.3	25.31	2.01 2.68	* *
誤 差	390.3	44	8.9			
全 変 動	4700.3	59				

(8) XXXXXXXXXX

要 因	変 動	自 由 度	不 偏 分 散	不 偏 分 散 比	F (5 %) F (1 %)	判 定
母 音	721.6	4	180.4	45.10	2.58 3.78	* *
子 音	2223.0	11	202.1	50.53	2.01 2.68	* *
誤 差	177.6	44	4.0			
全 変 動	3122.2	59				

第4表 鼻内音圧の個人別平均値

個	人	音	圧 (db)
[redacted]	○		31.8
	○		25.2
	○		21.5
	○		23.7
	○		30.7
	○		23.1
	○		24.2
	○		26.8

第5表 個人間の差の有意性検定

	T	[redacted]						
[redacted]	○ 1906	67*	299**	397**	456**	486**	522**	618**
	○ 1839		232**	330**	389**	419**	455**	551**
	○ 1607			98**	157**	187**	223**	319**
	○ 1509				59	89**	125**	221**
	○ 1450					30	66*	162**
	○ 1420						36	132**
	○ 1384							96**
	○ 1288							

$\sqrt{2Nv^2F(5\%)}=63$
 $\sqrt{2Nv^2F(1\%)}=183$
** 危険率1%以下で有意。 * 危険率5%以下で有意 (以後の表も同様)

VI. 母音間の差について

被検者全体についての後続母音別平均値は第6表の如くで、母音間の差の有意性を検定すると第7表の如くなる。すなわち鼻内音圧はIで最も大きく、以下U, E, A, Oの順である。しかしこれを個人毎にみると、その平均値ならびに差の有意性は第8表および第9表の如くで、順位は一樣でなく、まとめてみると次の様になる。

(1) Iは第1例(IとAの間に有意差なし)を除くと常に他の総ての母音より大きい。

(2) Iに次いでUの大きいもの5名(第2,3,4,6,7例), Eの大きいもの1名(第8例), 残り4つの母音に著明な差の認められないもの1名(第1例)である。

(3) 3番目に大きい母音がEであるもの2名(第3,7例), Aであるもの1名(第4例), EおよびOであるもの1名(第6例), UとEが有意差なく2,3位を占めるもの1名(第8例), 3番目以下の差が不著明の

第7表 母音間の差の有意性検定

	T	I	U	E	A	O
I	3109		439**	702**	905**	1015**
U	2670			263**	466**	576**
E	2407				203**	313**
A	2204					110**
O	2094					

$\sqrt{2N'v^2F(5\%)}=80$
 $\sqrt{2N'v^2F(1\%)}=105$

第6表 鼻内音圧の後続母音別平均値

母	音	音	圧 (db)
	A		23.0
	I		32.4
	U		27.8
	E		25.1
	O		21.8

もの3名(第1, 2, 5例)である。

(4) 鼻内音圧が最小の母音が、OおよびAであるもの3名(第3, 7, 8例), OおよびEであるもの1名(第4例), Aであるもの1名(第6例)で、残り3名は3

番目以下の差が不著明である。

以上より鼻内音圧の母音間差を一般的に示せば、 $I > U > E > A, O$ となるが、この順位は個人差が大である。

第8表 鼻内音圧の個人別母音別平均値 (単位はdb)

母音	個人								
A	33.3	23.3	15.9	23.1	27.9	17.4	19.0	23.8	
I	35.9	32.5	30.1	30.7	34.6	30.3	32.5	32.6	
U	31.0	29.3	26.0	25.8	28.7	26.8	27.3	27.8	
E	29.2	25.3	20.4	20.0	32.6	21.3	24.8	27.1	
O	29.5	22.1	14.9	18.8	29.5	19.7	17.3	22.8	

第9表 個人毎にみた母音間の差の有意性検定

(1) ■■■■

	T	I	A	U	O	E
I	431		32	59**	77**	81**
A	399			27	45	49*
U	372				18	22
O	354					4
E	350					

$\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(5\%)} = 49$
 $\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(1\%)} = 66$

(2) ■■■■

	T	I	U	E	A	O
I	390		39**	86**	110**	125**
U	351			47**	71**	86**
E	304				24	39**
A	280					15
O	265					

$\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(5\%)} = 27$
 $\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(1\%)} = 35$

(3) ■■■■

	T	I	U	E	A	O
I	361		49**	116**	170**	182**
U	312			67**	121**	133**
E	245				54**	66**
A	191					12
O	179					

$\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(5\%)} = 31$
 $\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(1\%)} = 41$

(4) ■■■■

	T	I	U	A	E	O
I	368		58**	91**	128**	143**
U	310			33**	70**	85**
A	277				37**	52**
E	240					15
O	225					

$\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(5\%)} = 20$
 $\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(1\%)} = 27$

(5) ■■■■

	T	I	E	O	U	A
I	415		24*	61**	71**	80**
E	391			37**	47**	56**
O	354				10	19
U	344					9
A	335					

$\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(5\%)} = 20$
 $\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(1\%)} = 27$

(6) ■■■■

	T	I	U	E	O	A
I	363		42**	108**	127**	154**
U	321			66**	85**	112**
E	255				19	46**
O	236					27*
A	209					

$\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(5\%)} = 23$
 $\sqrt{2N'\sqrt{v^2F}(1\%)} = 31$

(7) XXXXXXXXXX

	T	I	U	E	A	O
I	390		63**	93**	162**	182**
U	327			30*	99**	119**
E	297				69**	89**
A	228					20
O	208					

$$\sqrt{2N'\sqrt{2}F(5\%)} = 30$$
$$\sqrt{2N'\sqrt{2}F(1\%)} = 40$$

(8) XXXXXXXXXX

	T	I	U	E	A	O
I	391		58**	66**	106**	118**
U	333			8	48**	60**
E	325				40**	50**
A	285					12
O	273					

$$\sqrt{2N'\sqrt{2}F(5\%)} = 20$$
$$\sqrt{2N'\sqrt{2}F(1\%)} = 27$$

Ⅶ. 子音間の差について

全被検者の先行子音別平均値は第10表に子音間の差は有意性は第11表に示す。鼻音々節 (N, M) は他の全てよりも大きく、鼻音々節を除くと母音、滑音、有声子音およびハ行音節が、ハ行を除く無声子音々節より一般に大である。特に同一構音部位の有声子音々節と無声子音音節 (G と K, Z と S, B と P) を比較すると常に有声子音々節の方が大である。また、有声子音間、無声子音 (除ハ行) 間では構音部位が後方のもの程大きい値を示すが、K と P の間以外では有意差とはならない。

個人毎に検討すると、平均値は第12表、差の有意性は第13表の如くなる。個人によつて、順位ならびに差の有意性には差異が認められるが、次のようにまとめられる。

- (1) 鼻音々節は全例において他の語音より著明に大きい値を示す。
- (2) 鼻音々節以外で子音間に差の認められないものは2名(第1,3例)で、他の6名では差が認められる。
- (3) 差の認められる場合は、母音、滑音、有声子音、ハ行の各音節が無声子音々節より大となるのが通常で、この逆は第8例でS>Vの関係が1つ認められるのみである。また、これら二群のそれぞれの内における差は無声子音々節 (除ハ行) 間では認められるものがなく、母音、滑音、有声子音およびハ行音節間では差の認められるものもある。しかしその順位には一定の傾向を認めない。

以上を要するに、先行子音についての鼻内音圧の面

から単音節語音を次の3群に大別できる。

- (1) 鼻音々節
 - (2) 母音、滑音、有声子音およびハ行音節
 - (3) 無声子音々節 (除ハ行)
- (1)は(2), (3)より常に著明に大きく、(2)と(3)を比較すると(2)の方が大きい場合は多いがその逆は例外的であり、また、各群とも群内の差はないか、あるにしても一定の順位は認め難い。

第10表 鼻内音圧の先行子音別平均値

	子 音	音 圧 (db)
母 音 々 節	V	25.0
	N	38.0
鼻 音 々 節	M	38.3
	R	24.5
有 声 子 音 音 節	Z	24.8
	G	24.9
	B	23.7
無 声 子 音 音 節	H	23.8
	S	22.5
	K	23.0
音 節	T	22.2
	P	21.5

Ⅷ. Sonagram による検討

以上述べた音圧はその測定法からすれば、syllabic power を表わすものである。日本語単音節は前述の如く子音+母音より成り、これを sonagram で観ると先

行波、子音波、移行部、母音波等によつて構成されていることが解る。そこでこれら諸成分が鼻内音ではいかなる態度を示すかを sonagram で検討する。

第11表 子音間の差の有意性検定

	T	N	M	V	G	Z	R	H	B	K	S	T	P
N	1530		10	530**	533**	538**	551**	578**	583**	611**	629**	642**	671**
M	1520			520**	523**	528**	541**	568**	573**	601**	619**	632**	661**
V	1000				3	8	21	48	53*	81**	99**	112**	141**
G	997					5	18	45	50	78**	96**	109**	138**
Z	992						13	40	45	73**	91**	104**	133**
R	979							27	32	60*	78**	91**	120**
H	952								5	33	51	64*	93**
B	947									28	46	59*	88**
K	919										18	31	60*
S	901											13	42
T	888												29
P	859												

$\sqrt{2N'}v^2F(5\%) = 52$
 $\sqrt{2N'}v^2F(1\%) = 68$

第12表 鼻内音圧の個人別子音別平均値 (単位はdb)

	個人								
	子音								
母音々節	V	33.2	26.8	18.8	23.0	33.0	19.2	24.4	21.6
	N	43.4	39.0	33.6	36.0	39.6	35.4	39.0	40.0
鼻音々節	M	42.8	38.4	34.0	37.4	39.2	35.0	37.2	40.0
	R	28.0	24.2	19.2	21.8	32.4	21.8	22.4	26.0
滑音々節	Z	29.2	26.8	20.0	21.8	31.0	21.2	22.6	25.8
	G	28.8	28.6	20.0	22.2	31.2	20.8	22.2	25.6
	B	28.0	27.6	18.8	20.2	27.0	22.2	20.0	25.6
有声子音節	H	31.2	22.2	18.4	20.4	28.8	22.6	22.4	24.4
	S	29.8	21.6	19.0	19.8	26.4	19.6	19.8	24.2
	K	29.8	22.0	19.0	20.4	26.2	20.4	21.4	24.0
無声子音節	T	28.4	21.2	18.4	21.0	26.6	19.6	20.2	22.2
	P	28.6	19.6	17.8	20.0	26.4	19.0	18.4	22.0

第4図Aは鼻音々節、Bは滑音々節、Cは有声子音々節、Dは無声子音々節の口前音および鼻内音のsonagramである。

鼻音々節の鼻内音では鼻子音波が母音波より強い音圧を有している。時に移行部で一過性の音圧上昇を認めるものもある。因みに口前音では母音波の方が強い。滑音々節では先行波様部分が、口前音では母音波に比べて弱いのに、鼻内音では母音波に匹敵する程の音圧を示している。有声子音々節においても鼻内音の先行波は著明で音圧が著しく大である。子音波は不著明で音圧もここで一時下降し、母音波に入つて再び上昇する。無声子音々節ではサ行以外は子音波明瞭で、特に低音部が強く現われる。しかしその音圧は、口前音同様母音波の音圧と比較すると弱い。また移行部では鼻内音も口前音と同様に音圧は低下する。サ行は鼻内音の子音波が不明瞭なこと、無声子音波の低音部が強い

第13表 個人毎にみた子音間の差の有意性検定

(1)

	T	N	M	V	H	K	S	Z	G	P	T	B	R
N	217		3	51**	61**	68**	68**	71**	73**	74**	75**	77**	77**
M	214			48**	58**	65**	65**	68**	70**	71**	72**	74**	74**
V	166				10	17	17	20	22	23	24	26	26
H	156					7	7	10	12	13	14	16	16
K	149						0	3	5	6	7	9	9
S	149							3	5	6	7	9	9
Z	146								2	3	4	6	6
G	144									1	2	4	4
P	143										1	3	3
T	142											2	2
B	140												0
R	140												

$$\sqrt{2N'v^2F(5\%)} = 32$$

$$\sqrt{2N'v^2F(1\%)} = 43$$

(2)

	T	N	M	G	B	V	Z	R	H	K	S	T	P
N	195		3	52**	57**	61**	61**	74**	84**	85**	87**	89**	97**
M	192			49**	54**	58**	58**	71**	81**	82**	84**	86**	94**
G	143				5	9	9	22*	32**	33**	35**	37**	45**
B	138					4	4	17*	27**	28**	30**	32**	40**
V	134						0	13	23**	24**	26**	28**	36**
Z	134							13	23**	24**	26**	28**	36**
R	121								10	11	13	15	23**
H	111									1	3	5	13
K	110										2	4	12
S	108											2	10
T	106												8
P	98												

$$\sqrt{2N'v^2F(5\%)} = 17$$

$$\sqrt{2N'v^2F(1\%)} = 23$$

ことは実験に用いた probe tube microphone の周波数特性による影響も考えられる。

以上より、口前音に比し鼻内音で特に音圧の著明に

大きいのは鼻子音波と有声子音々節の先行波であることが解る。

IX. 総括ならびに考按

語音発声に際しては、特殊な語音を除けば一般に鼻咽腔の閉鎖運動が起る。本実験で測定された鼻内音圧は、喉頭・咽頭・口腔等で発せられた音が主として鼻咽腔および口蓋を伝わって鼻腔内に達するものである。鼻咽腔に比し口蓋は定常的なものであるから、個

人或いは語音による鼻内音圧の差は主として鼻咽腔閉鎖度および口腔の音響 impedance の差によるものと考えられる。

白岩⁵⁾ はレ線写真により、発声時の鼻咽腔閉鎖度に個人差があることを認め、梅野¹³⁾ も高圧レ線映画によ

(3) XXXXXXXXXX

	T	M	N	G	Z	K	R	S	V	B	H	T	P
M	170		2	70**	70**	72**	74**	75**	76**	76**	78**	78**	81**
N	168			68**	68**	70**	72**	73**	74**	74**	76**	76**	79**
G	100				0	2	4	5	6	6	8	8	11
Z	100					2	4	5	6	6	8	8	11
K	98						2	3	4	4	6	6	9
R	96							1	2	2	4	4	7
S	95								1	1	3	3	6
V	94									0	2	2	5
B	94										2	2	5
H	92											0	3
T	92												3
P	89												

$\sqrt{2N'\sqrt{2}F(5\%)}=20$
 $\sqrt{2N'\sqrt{2}F(1\%)}=27$

(4) XXXXXXXXXX

	T	M	N	V	G	Z	R	T	H	K	B	P	S
M	187		7	72**	76**	78**	78**	82**	85**	85**	86**	87**	88**
N	180			65**	69**	71**	71**	75**	78**	78**	79**	80**	81**
V	115				4	6	6	10	13*	13*	14*	15*	16*
G	111					2	2	6	9	9	10	11	12
Z	109						0	4	7	7	8	9	10
R	109							4	7	7	8	9	10
T	105								3	3	4	5	6
H	102									0	1	2	3
K	102										1	2	3
B	101											1	2
P	100												1
S	99												

$\sqrt{2N'\sqrt{2}F(5\%)}=13$
 $\sqrt{2N'\sqrt{2}F(1\%)}=18$

り同様の事実を確認している。また菅原⁷⁾は鼻背部の振動を測定して、鼻調の柔い音声では振巾大、声質の硬いものでは振巾が小であると報告している。私の成績においても、鼻内音圧は個人間に有意差があり、一般に声の美しく柔かい人は鼻内音圧が大きい。極度に鼻調を帯びた声は不快の念を起させるが、鼻咽腔閉鎖をやや弱め適度に鼻腔共鳴を附加した声は美しく聴えるといえる。

母音によつて鼻咽腔閉鎖度が異なることは、Scher-
ier¹⁾, Handek²⁾, Gutzmann³⁾, 杉⁴⁾, 白岩⁵⁾その他多く

の研究者がレ線写真によつて認め、梅野¹³⁾は高压レ線映画によりこれを観察している。これらの報告をみると軟口蓋挙上度は一般的にはIで最高、次いでU, E, O, Aの順となるものが多いが、この順位は報告者により、また同一報告者でも被検者によつて異なつてい
る。一方菅原⁷⁾は鼻背部振動の振巾の平均値はI>U>E, O>Aであると述べている。私の成績では鼻内音圧は一般的にはI>U>E>A, Oとなるが、順位に相当の個人差が認められる。

さて、もし口腔の音響 impedance が同じならば、鼻

(5) XXXXXXXXXX

	T	N	M	V	R	G	Z	H	B	T	S	P	K
N	198		2	33**	36**	42**	43**	54**	63**	65**	67**	67**	68**
M	196			31**	34**	40**	41**	52**	61**	63**	64**	64**	65**
V	165				3	9	10	21**	30**	32**	33**	33**	34**
R	162					6	7	18**	27**	29**	30**	30**	31**
G	156						1	12	21**	23**	24**	24**	25**
Z	155							11	20**	22**	23**	23**	24**
^Δ H	144								9	11	12	12	13*
B	135									2	3	3	4
T	133										1	1	2
S	132											0	1
P	132												1
K	131												

$\sqrt{2N'v^2F} \text{ (5\%)} = 13$
 $\sqrt{2N'v^2F} \text{ (1\%)} = 18$

(6) XXXXXXXXXX

	T	N	M	H	B	R	Z	G	K	S	T	V	P
N	177		2	64**	66**	68**	71**	73**	75**	79**	79**	81**	82**
M	175			62**	64**	66**	69**	71**	73**	77**	77**	79**	80**
H	113				2	4	7	9	11	15*	15*	17*	18*
B	111					2	5	7	9	13	13	15*	16*
R	109						3	5	7	11	11	13	14
Z	106							2	4	8	8	10	11
G	104								2	6	6	8	9
K	102									4	4	6	7
S	98										0	2	3
T	98											2	3
V	96												1
P	95												

$\sqrt{2N'v^2F} \text{ (5\%)} = 15$
 $\sqrt{2N'v^2F} \text{ (1\%)} = 20$

内音圧或いはこれと略比例的な鼻背部振動の振巾は、鼻咽腔閉鎖が強い程小となる筈である。換言すれば、軟口蓋が高く挙上する母音程鼻内音圧は小とならねばならない。しかし上記の成績を対比すると、却つて逆の関係が認められる。このことは鼻内音圧の母音間の差は、口腔の音響 impedance の差によることを示している。House & Stevens⁸⁾ は electrical vocal tract analog によりこの impedance を測定し、I, U>E, O>A という大きさの関係を示している。これは私の鼻内音圧の測定結果とほぼ近似している。しからば、口腔の音響

impedance の大きい母音程鼻咽腔閉鎖が強いということは何を意味するのであろうか。House & Stevens⁸⁾ によると口腔の音響 impedance が大きい母音は鼻咽腔に僅かな開通を作るだけで鼻音化し、impedance の小さい母音はかなり大きな開通を作らねば鼻音化しないことを立証している。すなわち鼻咽腔閉鎖が同程度であれば母音によつて鼻音化度もしくは鼻調度が異なってくるのである。このようなことを防止するために口腔の音響 impedance の大きい母音程鼻咽腔閉鎖が強いのである、と考える。しかしこの mechanism には個人差

(7) XXXXXXXXXX

	T	N	M	V	Z	R	H	G	K	T	B	S	P
N	195		9	73**	82**	83**	83**	84**	88**	94**	95**	96**	103**
M	186			64**	73**	74**	74**	75**	79**	85**	86**	87**	94**
V	122				9	10	10	11	15	21*	22*	23*	30**
Z	113					1	1	2	6	12	13	14	21*
R	112						0	1	5	11	12	13	20*
H	112							1	5	11	12	13	20*
G	111								4	10	11	12	19
K	107									6	7	8	15
T	101										1	2	9
B	100											1	8
S	99												7
P	92												

$\sqrt{2N'v^2F(5\%)} = 20$

$\sqrt{2N'v^2F(1\%)} = 26$

(8) XXXXXXXXXX

	T	N	M	R	Z	G	B	H	S	K	T	P	V
N	200		0	70**	71**	72**	72**	78**	79**	80**	89**	90**	92**
M	200			70**	71**	72**	72**	78**	79**	80**	89**	90**	92**
R	130				1	2	2	8	9	10	19**	20**	22**
Z	129					1	1	7	8	9	18**	19**	21**
G	128						0	6	7	8	17*	18**	20**
B	128							6	7	8	17*	18**	20**
H	122								1	2	11	12	14*
S	121									1	10	11	13*
K	120										9	10	12
T	111											1	3
P	110												2
V	108												

$\sqrt{2N'v^2F(5\%)} = 13$

$\sqrt{2N'v^2F(1\%)} = 18$

があり、母音間差の個人差として表われている。

子音々節発声時の鼻内音圧は各構成々分について検討する必要がある。本実験において測定された音圧は syllabic power、すなわち mean power の最高値である。この最高の mean power が各音節のどの部分に相当するかを、sonagram の amplitude display によつて検討すると、鼻音々節では鼻子音波、滑音および有声音々節では母音波あるいは時に先行波、無声音々節では母音波である。

鼻内音圧の最も大きいのは鼻音々節である。鼻子音

発声時には口腔は両口唇間、あるいは舌先部と歯茎部との間で閉鎖され、音響 impedance は大となる。かつ白岩⁵⁾、堀口⁶⁾、梅野¹³⁾等がレ線的に、また、広戸等¹⁴⁾が筋電図的に証明した如く鼻咽腔は広く開通している。従つて鼻内音圧が最強となるのも当然である。
母音、滑音、有声音音および行音節が無声音音々節(除へ行)より大なる鼻内音圧を示すのは上述の最大 mean power の位置からすると、後続母音における音圧差によると考えられる。これは後続母音発声時の口腔の形態、換言すれば口腔の音響 impedance の差に

第4図 口前音および鼻内音の Songram

よるものか、鼻咽腔閉鎖度の差によるものかは断定し難い。ところで、鼻音節の後続母音が発せられるとき軟口蓋の挙上が不十分であることは梅野¹³⁾の高圧レ線映画、広戸等¹⁴⁾の節電図、高橋¹⁶⁾等の映画等による観察で明らかである。このことは後続母音の軟口蓋挙上度は先行子音のその影響を受けることを示している。一方広戸等¹⁵⁾は構音帯圧を測定し、無声子音発声時の方が有声子音発声時より大きいことを認め、無声子音発声時には構音帯および鼻咽腔が強く閉鎖することを暗示している。これ等の事実から推定するに、上述の鼻内音圧の差に鼻咽腔閉鎖度が関係あると考える。すなわちハ行以外の無声子音々節発声時には鼻咽腔閉鎖は特に強いのである。

先行波の鼻内音圧が著明に大きいことを本実験は明らかにした。先行波は子音波が発せられる前に構音帯が狭窄ないし閉鎖した状態で発せられるものであり、その時の口腔の音響 impedance は大である。一方また、この時期には鼻咽腔閉鎖が未だ不十分ではないか、と考えられる。この点に関する研究は乏しく、ただ、梅野¹³⁾の高圧レ線映画では有声子音々節発声に先立つて軟口蓋挙上は完了している。しかし、鼻咽腔閉鎖の強さは矢状面の形態をレ線的に観察することのみでは解らないのであり、恐らく鼻内音圧の推移から考えると先行波では咽頭後壁に軟口蓋が接しているが鼻咽腔閉鎖の力は未だ弱く、子音波の直前において鼻咽腔括約筋群がさらに強く収縮するものと推定される。

X. 結 語

正常者8名につき、日本語単音節発声時の鼻内音圧を probe tube microphone を用いて測定、同

時に録音した音声を sonagram により検討して次の結果を得た。

- (1) 鼻内音圧は個人差が著明で、声の美しく柔い人程大である、
 - (2) 鼻内音圧は後続母音によつて異り、一般的には $I > U > E > A, O$ の関係を認めるが、大きさの順位は個人によつてかなりの差がある。
 - (3) 先行子音別に比較すると鼻内音圧は鼻音々節で著明に大きく最大となり、母音、滑音、有声子音およびハ行音節では無声子音々節（除ハ行）より大である。
 - (4) 口前音に比し鼻内音で特に著明なのは、鼻子音波および先行波の音圧が大なることである。
- 以上の事実に対し構音機構の面から考按を加えた。

稿を終るに臨み恩師後藤光治教授、広戸幾一郎教授の御懇篤なる御指導御校閲に衷心より謝意を捧げます。また、本研究に御協力戴いた京都大学耳鼻咽喉科教室の各位に感謝します。

本論文の要旨は第55回日本耳鼻咽喉科学会 関西地方会（昭36.2.25.）、第22回近畿耳鼻咽喉科学会（昭36.6.24.）、第6回日本音声言語医学会（昭36.11.3.）、第293回日本耳鼻咽喉科学会 九州地方会（昭37.6.24.）において口演した。

文

献

- 1) Scheier : Arch. f. Laryng **22** : 175. 1909.
13) より引用.
- 2) Handek : Arch. f. Laryng. **24** : 319. 1911.
13) より引用.
- 3) Gutzmann : Fortschritt Geb. Röntgenstrahlen
41 : 392. 1930. 12) より引用.
- 4) 杉 : 東北医誌 **27** : 582. 1940. 12) より引用.
- 5) 白岩 : 日耳鼻 **48** : 4, 419. 1942.
- 6) 堀口 : 日耳鼻 **49** : 6, 551. 1943.
- 7) 菅原 : 日耳鼻 **57** : 1, 7. 1954.
- 8) House and Stevens : J. of Speech and Hearing
Disorders **21** : 2, 218. 1956.
- 9) 釜木 : 耳鼻臨床 **51** : 6, 536. 1958.
- 10) Luchsinger u. Arnold : Lehrbuch d. Stimm-
u. Sprachheilkunde 1959.
- 11) 古屋他 : 医学統計法 1961. 金原出版K.K.
- 12) 東 : 耳鼻臨床 **55** : 5, 191. 1962.
- 13) 梅野 : 耳鼻臨床 **55** : 8, 305. 1962.
- 14) 広戸他 : 音声言語医学 **3** : 1, 14. 1962.
- 15) 広戸他 : 音声言語医学 **3** : 1, 16. 1962.
- 16) 高橋他 : 音声言語医学 **3** : 1, 23. 1962.