代用音声の母音音圧変動に関する一知見

津村 滋・高橋 宏明・吉田 政雄

坂本 好治・山崎 隆

Study on the Sound Pressure of Vowels in Esophageal
Speech and Artificial Larynx

Shigeru Tsumura, Hiroaki Takahashi, Masao Yoshida,

Koji Sakamoto and Takashi Yamasaki

(Osaka Med. College)

To investigate the prosodic feature of artificial voice in cases of laryngectomy, the sound pressures and variances of five Japanese vowels in esophageal speech and an artificial larynx were measured and compared with same during normal speech. We found that the average pressure of the five vowels uttered by light phonation was the largest in normal speech. The pressure was smaller in cases of an artificial larynx, and smallest in esophageal speech. When uttered by subjectively rated equal loudness, the pressure variances of the same vowel in the artificial larynx were as small as in normal speech, while the variances were large in esophageal speech. The average pressure difference among the five vowels in artificial larynx was similar to that of normal speech, and was in order of /a/, /o/, /e/, /u/, and /i/. In esophageal speech, however, almost no pressure difference was observed among the five vowels. These results show that from the standpoint of sound pressure, the artificial larynx is more favorable than esophageal speech.

I 緒 言

標準日本語には5つの母音があり、それぞれ口の構えの相異により、共鳴腔インピーダンスおよび放射インピーダンスが異なる。声門音源のエネルギーが等しい場合には、インピーダンスの高い母音ほど口前音の音圧は小さくなる。事実われわれは主観的に同じ大ききで5母音を発声する事が可能であり、その調節機構は声門下圧を一定にする事であると理解されているが、この際には口前音の音圧は、アオエウイの順に弱くなる。他人が漠然とこれを聴くとその音圧差がわかりにくい。が、paired comparisonを用いた研究によれば、聴覚的な loudness はやはり音圧の順に小さくなる。(高橋等¹⁾)

会話中に出現する母音は多種多様な基本周波数や強さを有するが、平均すればやはり上述のような音圧関係が成立していると考えられ、したがってわれわれは母音間のこのような音圧差を無意識のうちに会話の「自然性」として、聴いている筈である。

さて喉摘者が主として用いる代用音声は、食道発声と人工喉頭である。

この両者の音声学的評価や喉摘者の使用状況などについては多くの研究があり、沢田²⁾、佐藤(昭)³⁾、佐藤(武)⁴⁾、仁瓶⁹⁾、降矢¹³⁾、朔¹⁴⁾は発語明瞭度について、高藤^{5) 6)}、宮野⁷⁾、降矢¹³⁾、浅井¹⁵⁾は音圧について報告し、また、持続時間に関しては高藤^{5) 6)}、浅井¹⁵⁾、音域については沢田²⁾、高藤⁸⁾、菅野^{10) 11)}、広戸¹²⁾が報告している。

これらを総合すると、大体の結論としては次のようになる。①食道音声は器具を必要としない点において、人工喉頭よりも圧倒的にすぐれている。②食道音声は習得に努力を要し、発声不能な患者もあるが、人工喉頭使用は簡単である。③発語明瞭度には大差ないが平均すると人工喉頭がややすぐれている。④音圧、音声の持続時間、音域においては人工喉頭がすぐれている。⑤このように一長一短があることから両者を使いわけることが望ましいが、喉摘後まず人工喉頭を用いると食道発声習得の意欲を失うので、まず食道発声の習得を行うべきである。

ところで、代用音声においては **intelligibility** の高いことが要求されるのは論を待たないが、同時に自然性にもすぐれていることが望ましい。

会話の自然性には種々の要素があるが、その1つとして上述したごとく5母音の音圧には差が存在するのが自然である。そこで代用音声においてこの関係がどうかを知るために次のような研究を行った。

Ⅱ 研究 方 法

1. 発声者

a. 喉摘者：表1に示す9名。このうち5名は人工喉頭のみ、1名は食道発声のみ、他の3名は両種を使用したの、結局人工喉頭音声8種、食道音声4種の計12種である。患者の年齢は49才から75才にわたる。また9名中8名はいずれも術後3年以上を経過しており、他の1名（発声者 No.9）は、術後半年であるが、日常会話の機会が多いためその人工喉頭音声は極めて優秀である。すなわち発声者全員が日常他人との意志疎通に不自由がない。

b. 正常者：正常男性4名

2. 発声内容および発声法

5母音を10個ずつ計50個をランダムに並べたリストを掲示し、発声者はマイクの前方30cmの位置で、2～3秒間隔で1音節ずつを読み上げた。この際、自然な高さおよび大きさとし、また50個を主観的に同じ大きさで発声するように指示した。

3. 音圧記録および測定法

表 1

発声者	使用代用音声	年齢	術後年数(年)
No. 1	食・人	49	3
2	食・人	55	7
3	食・人	68	4
4	食	69	6
5	人	71	6
6	人	75	3
7	人	66	3
8	人	67	3
9	人	53	0.5

〔註〕食：食道発声，人：人工喉頭

音声をマイクから RION. NA-51 精密騒音計を通して high speed level recorder LR-01E に記録した。この際、騒音計の特性は、20Hz 特性とし、level recorder の paper speed は 10mm/s, pen speed は 200 mm/s とした。読みとり方は、各々の peak 値を読みとった。

Ⅲ 研究結果

1. 正常音声

4名の発声者について5母音各10個の音圧平均およびその変動係数を表2に示す。表3は5母音各40個の音圧平均および変動係数である。また図Ⅰには表2,3の音圧を図示した。すなわち個人差はあるが、正常音声においては5母音の音圧平均は約83dBでアオエウイの順に小さく、最大の/ア/と最小の/イ/との間には6.5dBの差がある。また変動係数平均は1.27である。

2. 人工喉頭音声

表4、5および図Ⅱに結果を示す。すなわち5母音の音圧平均は約79.8dBで、正常音声と同様にア、オ、エ、ウ、イの順に小さくなり、最大の/ア/と最小の/イ/の差は5.3dBである。変動係数平均は1.51で、正常音声に近い。

図Ⅰ 正常音声

表2

発声者		ア	オ	エ	ウ	イ
No.	1	86.7 (0.77)	84.5 (0.88)	83.5 (1.03)	81.1 (0.55)	80.4 (1.12)
	2	83.3 (2.18)	81.4 (1.25)	80.7 (1.85)	81.0 (2.27)	79.5 (1.60)
	3	86.6 (1.34)	83.1 (1.03)	81.6 (1.23)	82.1 (1.19)	78.4 (0.83)
	4	88.9 (1.02)	89.0 (0.79)	87.7 (1.31)	82.0 (1.34)	80.0 (1.05)

表3

		ア	オ	エ	ウ	イ
平均		86.4	84.5	83.4	81.6	79.9
C V		1.52	0.94	1.37	1.34	1.15

表4

発声者		ア	オ	エ	ウ	イ
No.	1	78.4 (1.28)	80.3 (0.78)	77.5 (1.17)	75.0 (0.73)	71.3 (1.20)
	2	87.4 (2.08)	83.0 (1.51)	82.2 (1.62)	78.6 (2.76)	79.2 (1.02)
	3	80.9 (1.29)	80.0 (1.96)	76.2 (0.68)	76.3 (2.50)	72.4 (2.40)
	4	82.4 (1.66)	82.5 (1.77)	83.0 (1.59)	82.9 (1.05)	81.5 (1.04)
	5	80.0 (1.25)	79.4 (1.78)	78.2 (1.85)	75.3 (1.26)	75.6 (2.62)
	6	77.2 (1.22)	77.6 (1.49)	77.9 (1.41)	77.1 (1.02)	77.3 (2.11)
	7	85.8 (1.99)	87.0 (2.25)	85.2 (1.91)	81.9 (0.94)	81.1 (1.65)
	8	86.2 (0.72)	81.6 (0.72)	81.1 (1.06)	78.9 (1.04)	77.4 (1.09)

表 5

	ア	オ	エ	ウ	イ
平 均	82.3	81.4	80.2	78.3	77.0
C V	1.44	1.53	1.53	1.41	1.64

表 6

発 声 者	ア	オ	エ	ウ	イ
No. 1	69.3 (1.83)	70.6 (1.72)	69.9 (1.43)	69.6 (1.09)	70.1 (1.52)
2	82.4 (2.10)	82.5 (1.14)	80.8 (2.48)	80.1 (1.51)	78.8 (1.69)
3	74.6 (4.41)	72.8 (1.69)	74.5 (2.47)	73.2 (2.20)	73.6 (3.42)
4	70.9 (3.88)	71.4 (5.74)	72.8 (2.84)	73.6 (1.70)	74.2 (3.02)

表 7

	ア	オ	エ	ウ	イ
平 均	74.3	74.3	74.5	74.1	74.1
C V	3.05	2.57	2.56	1.63	2.41

3. 食道音声

表 6, 7 および図 II に結果を示す. 5 母音の音圧平均は約 74dB で, 正常音声および人工喉頭音声よりもかなり低い. ただし図 II に見るごとく, 発声者 No.2 のように人工喉頭と同様の音圧を有する例外もある. 5 母音間の音圧差はほとんど見られない. さらに, 変動係数平均は 2.44 で, 同一母音発声時の音圧変動が大きいことを示す.

図 II 代用音声 (食道音声・人工喉頭音声)

IV 考

人工喉頭音声は呼吸を用いてゴム膜を振動せしめ, この音を前方から口腔内に導くことによって成立する. これに対して食道音声は食道内に吸引あるいは嚥下した空気を吐出する際に下咽頭粘膜による代用声門を振動させることによって生ずる音を下方から共鳴腔に導くものである. 本研究の結果からこの発声機構の差が母音の音圧におよぼす影響は, 次のようにまとめら

按

れる.

音圧平均

自然な大きさでの発声では, 食道音声は人工喉頭よりも音圧がかなり低く, 多人数に対して語りかける際, あるいは騒音下の会話においては不利である. 食道内に貯えうる空気の量はかなり制限されており, 吐出時の加圧に困難を伴うことが主因であろう. これに対して人工喉頭

音声は、容積の大きい肺からの呼吸を用いる点で有利なことは自明である。

発声時音圧変動

正常音声においては、呼吸調節および喉頭調節により主観的に同じ大ききで発声することが可能であり、この結果同一母音の場合には繰り返して発声してもほぼ等しい音圧となる。勿論熟練するほどその傾向が強い。たとえば、本研究における正常発声者 No.1 の5母音別の変動係数は 0.55から 1.12の間であり、平均0.87と低く、最も変動の少ない/ウ/においては、最大が 81.5dB, 最小が 80.0dB で差は 1.5dB に過ぎない。

人工喉頭音声では喉頭調節にあたる機構が失われているが、一定の張力に固定したゴム膜の振動であるから、振動はかなり安定している。他方呼吸調節機構は正常である。したがって **mouth piece** を口にくわえるための上下顎間距離の制限以外は比較的正常音声に近い状態であり、同一母音発声時の音圧変動は少ない。

ところが食道発声では吐気圧調節および代用

声門の調節の両者ともに困難であり、このための音圧変動が大きい。

5 母音音圧差

正常音声において、主観的に同じ大ききで発声した時に、5母音間に音圧差を生ずることは緒言でも述べたごとくであり、また本研究の結果からも明らかである。

人工喉頭音声においては、5母音の音圧関係は正常音声に近い。上述の呼吸調節とともに共鳴腔形態も安定していることによるものであろう。

これに反して食道音声では5母音の音圧にはほとんど差が見られない。吐気の調節および代用声門調節が困難であると同時に、代用声門形成のために舌運動も多少制限され、共鳴腔形態が不安定なことによると考えられる。会話中における母音音圧が不安定であっても発語明瞭度に影響は少ないが、この要素に関する会話の自然性については、人工喉頭音声の方が正常音声に近いと言える。

V 結 論

正常音声4種、人工喉頭音声8種、食道音声4種について、5母音発声時の音圧、およびその変動を測定比較した。

その結果は次のごとくである。

1. 自然な大ききで発声した場合の音圧平均は正常音声、人工喉頭音声、食道音声の順に小さい。
2. 主観的に同じ大ききで発声した場合、同一母音における音圧変動は、人工喉頭音声では正常音声に近く変動は少ないのに反し、食道音声では変動が大きい。
3. 5母音間の音圧差は人工喉頭音声では正常音声と同様にアオエウイの順に小さくなるが、食道音声ではほとんど差がない。

武田一雄教授の御校閲を深謝する

本論文の要旨は昭和51年11月9日、第21回日本音声言語医学会学術講演会および昭和52年5月22日第78回日本耳鼻咽喉科学会総会学術講演会において発表した。

引 用 文 献

- 1) 高橋宏明, 他 : 母音勢力と loudness の関係— Paired comparison による研究—. *Audiology* 19: 168~172, 1976.
- 2) 沢田公平: 無喉頭者の発音に関する実験的研究. *耳鼻臨床* 52: 42~72, 1959.
- 3) 佐藤昭美: 人工喉頭に関する研究. *耳鼻臨床*

- 53 : 1018~1155, 1960.
- 4) 佐藤武男: 人工喉頭, 総合臨床 13 : 1177~1181, 1964.
- 5) 高藤次夫: 無喉頭音声の臨床と生理, 気食学会第 12 回総会シンポジウム要旨 1960.
- 6) 高藤次夫: 無喉頭音声の発声機構に関する実験的研究, 日耳鼻 56 : 29~39, 1953.
- 7) 宮野和夫: 人工喉頭の分析的研究, 耳喉 33 : 443~445, 1961.
- 8) 高藤次夫: 無喉頭音声の音響並びに振動学的考察, 日耳鼻 56 : 39~45, 1953.
- 9) 仁瓶誠五, 他: 喉摘者食道音声の語音発語明瞭度 (語明度) について, 気食会報 23 : 157~163, 1972.
- 10) 菅野正雄: 食道発声の研究, 気食会報 13 : 135~151, 1962.
- 11) 菅野正雄: 無喉頭音声, ダイジェスト 3 : 104~110, 1960.
- 12) 広戸幾一郎, 他: 無喉頭者の音声リハビリテーションに関する基礎的研究, 耳臨 : 20 : 362~364, 1974.
- 13) 降矢宜成: 言語障害の語音発語明瞭度 (語明度) に関する研究, 日耳鼻 61 : 1923~1948, 1958.
- 14) 朔義一: 人工喉頭の統計的観察及びその周波数分析的研究, 耳臨 5 : 17~32, 1959.
- 15) 浅井昭三: 耳鼻咽喉科悪性腫瘍に関する研究, 日耳鼻 61 : 152~156, 1958.

原稿到着: 昭和54年 2 月 9 日
別刷請求先: 津村滋
〒569 大阪府高槻市大学町 2-7
大阪医科大学耳鼻咽喉科学教室