

聴覚障害児および健聴児の母音表出様式について

須藤 正彦* 草薙 進郎

聾学校に在籍する児童21名と健聴児180名による日本語5母音の持続発声時音声ピッチと音声ピッチの変動性について検討した。聴覚障害児の音声ピッチは、一般に同一年齢の健聴児と比較すると高い値を示したが、各母音発生時の音声ピッチとその変動性の様相には健聴児と聴覚障害児に共通性も見られた。音声ピッチの変動を示す相対変動値($foSD/fo$)を求めると健聴児においては男女ともに11, 12歳で安定する傾向が示された。一方、聴覚障害児の音声ピッチの相対変動値は、健聴児の示した値の約2倍で、それらの値は年齢的要因よりも、低音域の聴力の良否により規定されうることが推測された。聴覚障害児の音声言語動態の一側面を捉える一視点として音声ピッチの微小かつ経時的変化について述べた。

キーワード：聴覚障害児 健聴児 母音表出 音声ピッチ

はじめに

通常、我々の音声の特徴づけると考えられる要因として、呼気量、発声のタイミング、声門下圧、声帯筋の筋緊張と構音動作およびこれらの協同作用が挙げられよう。これらの諸機能は音声言語産生プロセスにおいて発声・構音の基礎となる重要な要因であり、その音響的表現型としての音声ピッチ（基本周波数）、音声の強さ（intensity）、呼気流量（flow rate）、フォルマント周波数が求められる。

ところで性別、年齢および身体の発育とともに発声・構音器官は形態的にも変化し¹⁾、その結果、各音響パラメーターも変化することが報告されている⁶⁾¹¹⁾。これらの音響パラメーター値が、男女、成人、幼児において交錯する領域が存在するにもかかわらず、聞き手は話し手の音響音声的パラメーターに基づいて、性別や年齢を弁別している。この事実は、これら音響パラメーターが音声識別において相対的、相互的に機能しあっていることを示すと思われる。

聴覚障害児・者の音声の特徴として、音声ピッチ、強さの変動が健聴児・者より一般に大である

こと、又その明瞭度が低いこと、不自然な韻律の様相を呈し、これらが一定のパタンを示すことが少ないことが挙げられる^{2)~5),7),13),14),17)}。従来、聴覚障害児の音声を端的に表わす用語として“聾児声”が頻用されているが、その定義が明確でないのはこのためであろう。“聾児声”を総括するならば、頭声、爆発的起声音、吸気による吸破音、鼻声化音等に特徴づけられると思われる。これらの特徴的な音声表出上の機能的障害が聴覚障害児・者の発声・構音といった一連の円滑な動作機能を低下させていると考えられる。

本報告では、聴覚障害児および健聴児が母音を持続発声した際示した音声ピッチとその変動を母音別に検討し、母音構音動作の一端を明らかにすることを目的とする。

方 法

1) 被験児：聴覚、発語に障害のない7歳から12歳のT小学校児童、各年齢男女15名、計180名と7歳から12歳のK聾学校児童男児11名、女児10名の計21名である。

2) 音声サンプルの録音と音声ピッチの測定：被験児には座位、自然な発声状態にて、日本語5母音を母音毎に3～5秒間、5回ずつ安定して発声するように指示した。

* Washington University, Central Institute for the Deaf

一般に単母音の発声は不慣れであるため、各被験児の録音に先だって実験者が検査の実際を示し、各被験児が検査の内容と方法を理解したことを確認し、10数回練習した後、ピッチが安定した頃その音声を録音した。録音した音声サンプルの再生音声からピッチメーター（ダイアメディカル製）により音声ピッチを抽出し、X-Yレコーダー（三栄測器）に記録した。その記録から音声の起声時と終声時約200msecは音声ピッチの変動が大きいため測定対象外とし、安定持続発声部位の2秒間について50msec毎に音声を測定した。Fig. 1に本報告における音声ピッチの計測例を示す。1回の発声について40個の音声ピッチ測定値の平均値を各回の音声ピッチとし、5回の発声トライアルにおける値の平均値を各被験児の音声ピッチとした。さらに各回における40の測定値の音声ピッチの不偏分散を求め、その標準偏差値を各被験児の平均音声ピッチで除した値、すなわち $foSD/fo$ を音声ピッチの変動のパラメーター、相対変動値と規定した。音声ピッチの変動について検討する際、変動値のみを用いると、ピッチの高い年少児、聴覚障害児で変動値が年長健聴児より大となり¹²⁾、各年齢間、男女間、健聴児と聴覚障害児間の比較が困難となるため、本報告においては上記した変動係数を求めて検討したものである。

結 果

(1) 5母音の音声ピッチについて

本研究における聴覚障害児の音声ピッチと相対変動値ならびに低音域 ($\frac{250\text{Hz}+500\text{Hz}}{2}$) の平均聴力レベル (HL) を Table 1 に示す。併せて、健聴児の音声ピッチと相対変動値を Table 2 に示す。

Table 1, 2, Fig. 2 のように聴覚障害児の半数以上が同一年齢健聴児の平均音声ピッチより高い値を示し、健聴児が示した音声ピッチの年齢に伴う低下傾向ほど明確ではないが、年少の聴覚障害児が年長の聴覚障害児より高い平均音声ピッチを示した。また起声時から安定持続発声部までのピッチの上昇パターンは、健聴児においては年長児ほど、聴覚障害児においては、安定した持続発声が可能なる者ほど漸次的であった。

年齢に伴う音声ピッチの低下は Fig. 2 のように健聴児においては12歳前後にその端緒が認められた。

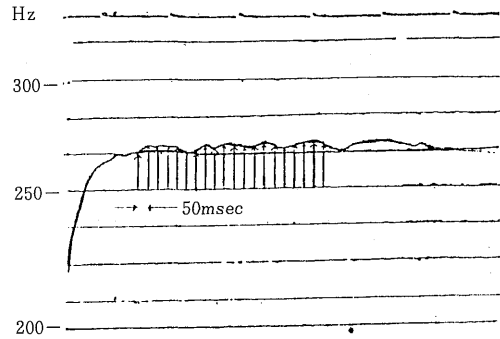


Fig. 1. 音声ピッチ計測方法

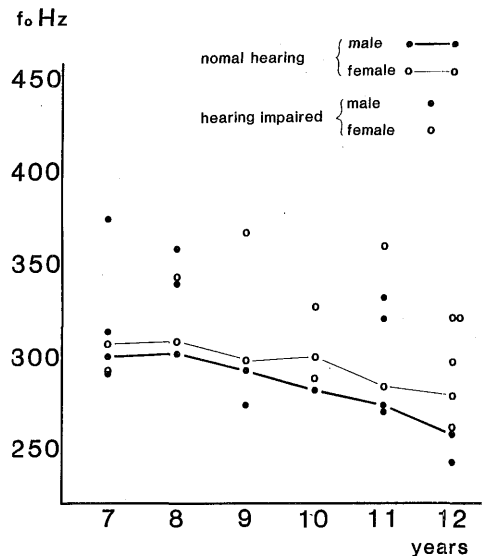


Fig. 2. 聴覚障害児健聴児の年齢別音声ピッチ

聴覚障害児、健聴児の各母音ごとの音声ピッチをそれぞれ Fig. 3, 4, Fig. 5, 6 に示す。健聴児では男女ともに/a/が最も低い値を示し、/a/の平均音声ピッチを基準にすると/u/, /i/では約5%高い値を示した。聴覚障害児では/e/の平均音声ピッチが最も低く、逆に/i/, /u/において/e/より5~9%高い最高値が男女に共通して認められた。分散分析の結果、健聴児、聴覚障害児のいずれにも5母音間の音声ピッチに有意差はみられなかった。(P>.05)

(2) 5母音の音声ピッチの変動性について

聴覚障害児、健聴児の5母音別音声ピッチの平均相対変動値を Fig. 7, 8, Fig. 9, 10 に示す。

Table 1. 聴覚障害児の音声ピッチと相対変動値ならびに聴力レベル

subject			HL		/a/		/i/		/u/		/e/		/o/		mean	
male	age	dB	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo
1	7	80	298	1.78	306	2.98	292	1.95	285	1.50	297	2.12	295	2.06		
2	7	85	321	3.43	431	3.51	415	3.48	382	2.12	346	2.48	379	3.00		
3	7	90	342	2.68	318	2.04	320	2.63	301	3.07	312	1.21	318	2.32		
4	8	60	261	1.18	289	0.99	447	0.71	280	1.36	438	0.80	343	1.00		
5	8	72.5	368	1.24	398	0.85	362	2.01	345	1.92	340	2.23	362	1.65		
6	9	82.5	262	2.42	342	2.21	268	1.80	243	1.21	276	1.45	278	1.81		
7	10	75	282	2.04	311	1.87	315	2.05	312	1.27	281	2.02	300	1.85		
8	11	60	262	2.38	289	3.04	283	3.21	267	2.12	272	1.81	274	2.51		
9	11	67.5	348	1.87	341	1.82	321	1.45	310	1.21	303	1.70	324	1.61		
10	11	37.5	328	1.05	347	0.68	329	0.79	331	1.24	342	0.87	335	0.92		
11	12	80	249	1.68	252	2.76	254	2.31	242	2.40	241	2.11	247	2.25		
			301	1.98	329	2.06	327	2.03	299	1.76	313	1.77				
female																
1	7	87.5	304	1.28	306	1.71	297	1.98	285	1.48	289	1.21	296	1.53		
2	8	85	348	2.41	354	3.01	342	2.23	343	1.98	343	2.28	346	2.38		
3	9	92.5	339	1.68	387	3.87	383	3.52	336	2.41	391	2.21	367	2.73		
4	10	55	309	2.08	289	1.88	293	1.30	282	2.96	289	0.96	292	1.83		
5	10	70	310	1.23	348	1.38	343	1.52	336	1.78	329	1.52	333	1.48		
6	11	65	388	0.98	366	1.23	355	0.91	353	0.68	341	0.82	360	0.92		
7	12	65	331	1.68	341	1.83	308	2.12	319	2.08	322	1.92	324	1.92		
8	12	55	305	1.03	328	1.21	329	1.36	323	0.62	338	0.98	324	1.04		
9	12	75	281	3.21	315	2.25	316	1.86	295	1.48	300	1.21	301	2.00		
10	12	65	268	1.30	263	1.40	269	0.92	265	1.18	267	0.62	266	1.08		
			318	1.68	329	1.97	323	1.77	313	1.66	321	1.37				

Table 2 健聴児の音声ピッチと相対変動値

age	/a/		/i/		/ɪ/		/e/		/o/		mean	
	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo
7	298	0.88	310	0.83	308	0.92	304	0.88	301	0.92	304	0.88
8	301	0.70	309	0.72	314	0.94	302	0.98	304	0.86	306	0.84
9	281	0.82	301	0.71	307	0.78	299	0.92	297	0.83	297	0.81
10	279	0.65	288	0.63	295	0.72	286	0.73	282	0.72	286	0.69
11	268	0.61	277	0.52	286	0.68	278	0.56	284	0.59	278	0.59
12	251	0.53	263	0.55	273	0.60	258	0.64	264	0.61	261	0.58
	279	0.69	291	0.66	297	0.77	287	0.78	288	0.75		

男 児

age	/a/		/i/		/u/		/e/		/o/		mean	
	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo	fo	SD/fo
7	304	0.78	315	0.62	315	0.84	309	0.80	312	0.98	311	0.80
8	307	0.82	316	0.60	318	0.90	310	0.92	311	0.81	312	0.81
9	295	0.60	304	0.57	305	0.72	301	0.94	302	0.56	301	0.68
10	292	0.62	306	0.58	317	0.55	299	0.62	301	0.60	303	0.59
11	281	0.52	293	0.55	293	0.51	287	0.52	289	0.51	288	0.52
12	272	0.57	288	0.48	295	0.48	277	0.54	279	0.58	282	0.53
	291	0.65	303	0.56	307	0.66	297	0.72	299	0.67		

女 児

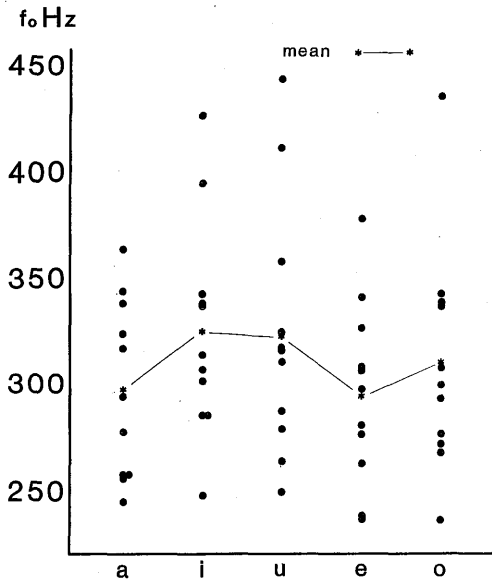


Fig. 3. 聴覚障害男児の母音別音声ピッチ

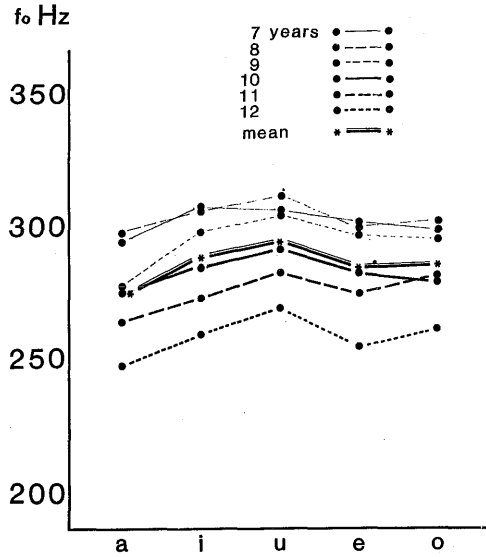


Fig. 5. 健聴男児の母音別音声ピッチ

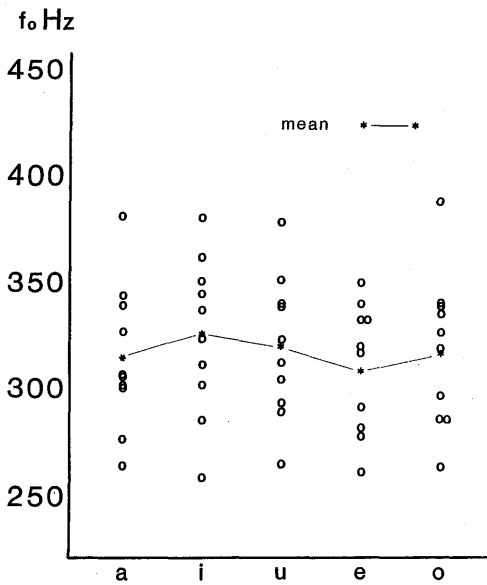


Fig. 4. 聴覚障害女児の母音別音声ピッチ

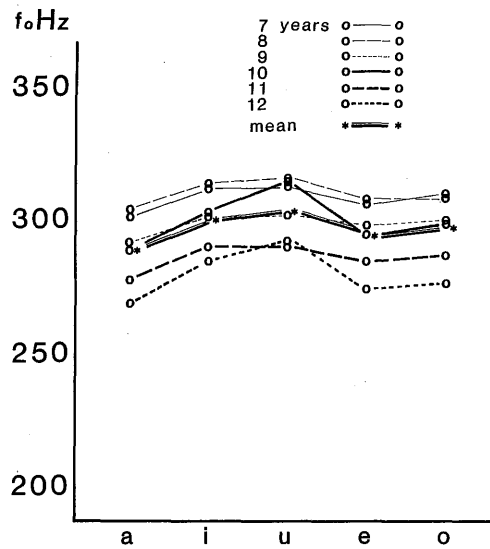


Fig. 6. 健聴女児の母音別音声ピッチ

健聴児では男女共に/i/で最小値、/e/で最大値を示した。一方、聴覚障害児では/i/で最大値、/o/で最小値が男女共通に得られた。分散分析の結果、健聴児、聴覚障害児いずれにも5母音間の音声ピッチ相対変動値に有意差はみられなかった ($P > .05$)。

また Table 2 に示すように健聴児の平均相対変動値は年齢に伴って減少する傾向を示した。聴覚障害児の相対変動値は年齢の要因に加え、低音域の聴力レベルとに正の相関が認められた ($\gamma = +0.67$)。Fig. 11 に聴覚障害児の平均音声ピッチ相対変動値と聴力レベルを示す。

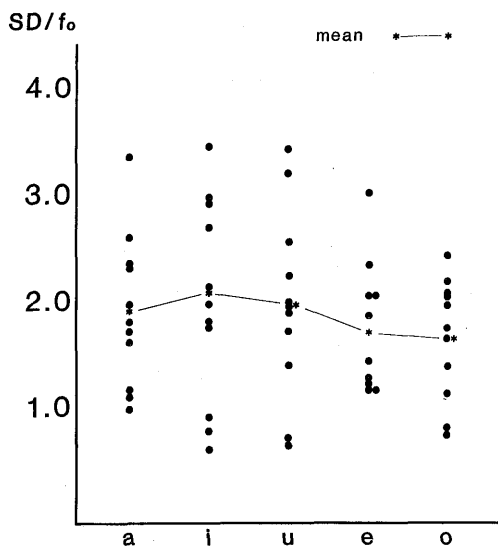


Fig. 7. 聴覚障害男児の母音別相対変動値

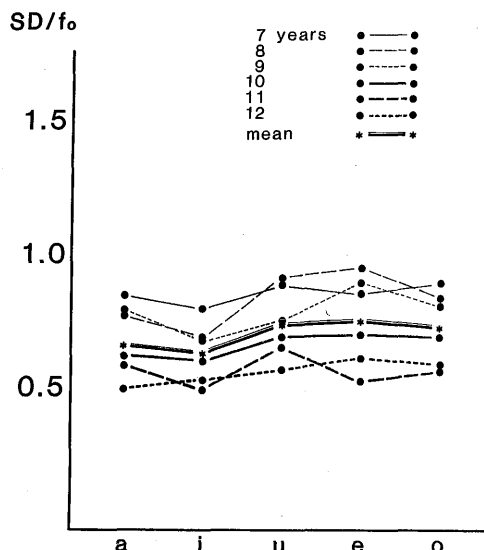


Fig. 9. 健聴男児の母音別相対変動値

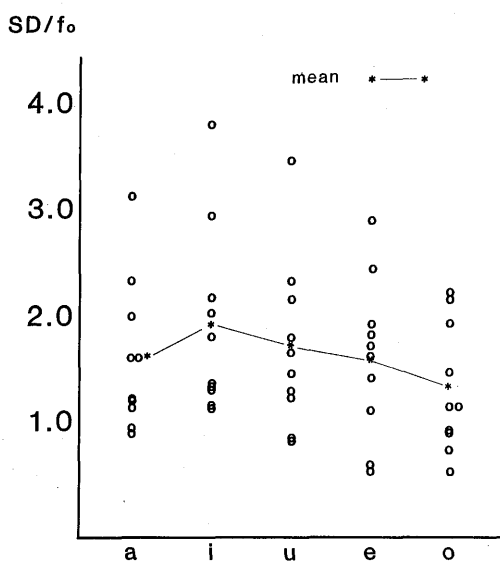


Fig. 8. 聴覚障害女児の母音別相対変動値

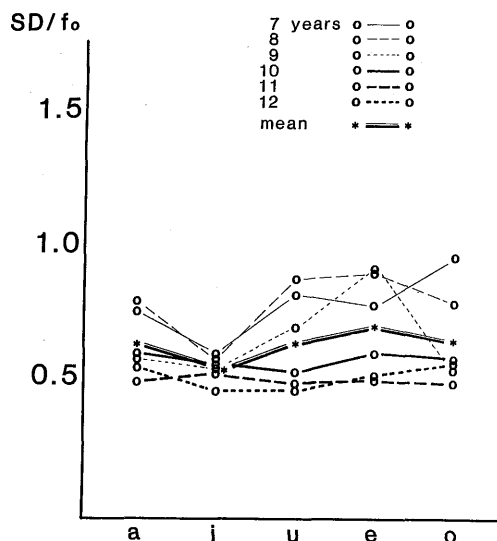


Fig. 10. 健聴女児の母音別相対変動値

考 察

一般に聴覚障害児の発声は音声ピッチが異常に高くなったり⁵⁾, mono tone であったりと言われるが, これは聴覚障害児にとって自己聴覚および構音器官の筋感覚(kinesthetic), 触感覚(tactile)等の自己受容感覚(proprioception)のフィードバックにより音声ピッチや強度を適切に調節す

ること, また音声の超分節的要素を完全に習得することが困難であるためと思われる。

本研究での音声ピッチに着目すると, 半数以上の聴覚障害児が同一年齢健聴児の平均音声ピッチより高い値を示した。健聴児男児においては12歳頃より音声ピッチの低下が認められ, 女児の加齢に伴う音声ピッチの低下傾向は男児ほど顕著ではないが男児にやや先んじて11, 12歳時にその端緒

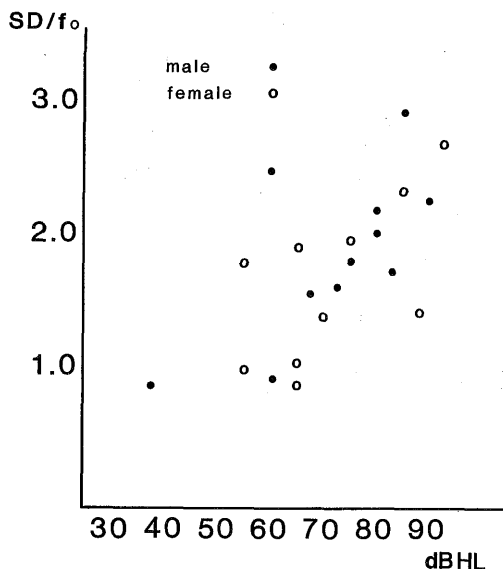


Fig.11. 聴覚障害児の聴力レベルと音声ピッチの平均相対変動値

がうかがわれた。粕谷ら⁶⁾は7歳から18歳の男女と20歳代の成人男女の音声ピッチを測定し、本研究結果と同様の値を報告している。さらに7歳から12歳の間での男女差は約1オクターブで男児が変声期を過ぎるとピッチは0.8オクターブ低くなり、15歳頃より安定、女性では11、12歳以降で僅かに音声ピッチが変化し、変声期の存在は認められるとも述べている。これらは、本研究における健聴児の11、12歳児の個人差を説明しようと思われる。この年齢に伴う音声ピッチの低下や変化をmyoelastic-aerodynamic theoryに従って捉えるならば、声帯の弾性(elasticity)、質量(mass, length & thickness)、声帯筋の縦方向(longitudinal)の伸長度、声門下圧(subglottal pressure)等が声帯振動系の定数を変化させるためと解釈できよう。

聴覚障害児の音声ピッチに着眼すると同一年齢健聴児の平均音声ピッチを超える児童と下まわる児童の両者が認められ、顕著ではないが、年齢に伴う音声ピッチの低下が推測され、聴覚障害児の年齢に伴う音声ピッチの低下は切替ら⁷⁾によっても報告されており、藤田ら³⁾は、変声期前後は声帯長変化の割合は小さく、変声期の約1年前に顕著に変化すると報告している。

本研究において5母音の平均音声ピッチには統

計的有意差は認められなかったが、健聴児、聴覚障害児共に高舌母音/i/, /u/で低舌母音/a/よりやや高いピッチを示す傾向がうかがわれた。

従来、母音別の音声ピッチについて報告した研究は少なく Peterson ら¹¹⁾の成人男女と児童による英語10母音の音声ピッチの測定程度である。その結果と本研究結果を比較することは困難であるが、両報告では僅かながら各母音間に音声ピッチの差が認められる。これは各母音の構音様式に伴う顎、口腔の開閉、舌、舌骨、甲状軟骨の位置変化ならびに内外喉頭筋、声門下圧等、発声生理の機序の差異によるものと推論される。すなわち、/i/, /u/構音時の音声ピッチが/a/等の他の母音構音時の音声ピッチより若干高い値を示すのは、/i/, /u/の構音に特徴的な口型の変化、相対的な舌の挙上、喉頭の上昇、これらに伴う二次的な内喉頭筋の緊張度の増加¹⁵⁾に基づくと思われる。聴覚障害児の中には男児 sub. 2, 4. 女児 sub. 3のように母音間に大きな音声ピッチの差を示す者が認められる。その原因として推測されるのは、これらの聴覚障害児にとって自己聴覚、自己受容感覚にて構音様式、音声ピッチ差を調整・補正することが健聴児や安定した発声・構音を示した他の聴覚障害児よりも困難又は未習熟であったことである。しかし、こうした聴覚障害児を除く聴覚障害児の母音別平均音声ピッチの高低と健聴児のパターンには共通性がうかがわれたことから、全体として各被験児は各自の発声・構音様式に従って母音構音を弁別していたものと思われる。

母音別の音声ピッチの弁別の意義としては音韻とその明瞭度が喉頭原音の音響的特質に依存していることであろう。梅田ら¹⁶⁾は声道シミュレーションから声道の長さや断面積を変化させた際の音韻の変化を弁別閾として捉え、ピッチ周波数も音韻規定の一要因であることを確認している。

音声ピッチの変動性について、健聴児と聴覚障害児の5母音間音声ピッチ相対変動値にはやや異なった様相もうかがわれた。聴覚障害児の中には男児 sub. 2, 女児 sub. 3のように高ピッチを示した/i/, /u/時に大きい相対変動値を示す者がおり、それらは学習した母音構音様式を弁別する際、口型、顎の開き等、視覚的情報に多くを依存し、その結果、当該構音様式が強調され、最適自己音声区を越えた不安定な発声になったことが予測される。一方、健聴児と比較的小さな相対変動値を

示した男児 sub. 4, 10や女児 sub. 6等の聴覚障害児においては音声ピッチと変動値にこうした関係はみられない。

全体として音声ピッチの変動性については、健聴児では一般に女児の方がより安定した発声調整が可能であること、男女とも11, 12歳で相対変動値が安定することが本研究にて示された。聴覚障害児の音声ピッチの相対変動値は2, 3名の児童を除いて健聴児の約2倍の値を示し、その値は年齢的要因に加えて自己音声の聴取に関わる低音域の聴力レベルにより規定されることが推論される。以上のことから、安定した持続発声を得るには各自の最適音声区内にて自己聴覚および自己受容感覚フィードバックによる音声調整機能の習得がその基礎となることが結論づけられよう。

聴覚障害児の音声ピッチの相対変動幅を検討した切替⁷⁾ら、増田⁸⁾の報告によるとその値は4～15%であり、本研究結果と若干の差が認められる。これは被験児の年齢、聴能・言語指導歴の差異に加え、増田らが音声ピッチの変動をその変動幅で捉えた方法論上の相違に起因すると考えられる。音声ピッチの変動性を捉えるには瞬時の音声ピッチの影響を受けず、微小時間単位における継続的な音声ピッチの頻回の測定が有効であると考ええる。

Monsen⁹⁾¹⁰⁾らは音声ピッチ、強さの安定、過度の緊張の除去、音質の向上といった視点から聴覚障害児の母音構音能力の向上を試みている。その結果、各母音の第2フォルマント周波数のレンジが拡大し、母音間の交錯領域が縮少したこと、さらにその原因として舌のコントロールの習熟を挙げ、聴覚障害児の言語訓練において適切な呼吸、正確な舌の位置と移動、適切な口腔の開きを教示することの重要性を強調している。近年パラトグラム、超音波断層法により連続音声中の舌の動態が観測可能となった。聴覚障害児の言語指導は古くから新しい課題であるが、こうした視覚的表示器の活用により、適切な構音点、構音様式、舌の位置、形状の変化の指導とこれらを聴覚障害児自身の自己運動・接触感覚に対応づける指導が望まれよう。加えて各人の音質を特徴づける音声ピッチ、強度、口・鼻腔からの呼気量等の発声レベルでの聴覚障害児の問題の検討と有効な残存聴力領域に共有しうる韻律情報の習熟、各自の最適音声区での安定発声機能の指導が問題解決の基礎となると

思われる。

謝 辞

実験に御協力下さった寺尾中央小学校、栃本第5小学校、霞ヶ浦聾学校の方々に深く感謝致します。

文 献

- 1) 東文生 (1966): 構音機能の年齢的発達に関する資料. 耳鼻と臨床, 59, 105—131.
- 2) 江口実美他 (1964): 難聴児の Speech sound についての観察. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 67, 992—998.
- 3) 藤田馨一他 (1951): 聾啞児の音声. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 54, 121—122.
- 4) Gulian, E. et al (1983): Vowel-learning and the vowel system of deaf children. Journal of Communication Disorders, 16, 449—469.
- 5) 鏡隆佐衛門他 (1975): ろう・難聴児の音声の基本周波数と強度の変化の特性. 日本音響学会誌, 31(3), 155—162.
- 6) 粕谷英樹他 (1968): 年齢、性別による日本語5母音のピッチ周波数とホルマント周波数の変化. 日本音響学会誌, 24(6), 355—364.
- 7) 切替一郎他 (1964): 音声の動揺に関する実験的研究. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 68, 364—374.
- 8) 増田胤次他 (1942): 聾啞の音声学的研究. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 48, 1423—1424.
- 9) Monsen, R.B. et al (1978): Improvement in vowel articulation of deaf children. Journal of Communication Disorders, 11, 417—424.
- 10) Monsen, R. B. (1979): Acoustic qualities of phonation in hearing impaired children. Journal of the Acoustical Society of America, 22, 270—288.
- 11) Peterson, G. et al (1952): Control methods used in a study of the vowel. Journal of the Acoustical Society of America, 24, 175—184.
- 12) 斉藤収三他 (1958): 音声の基本周波数について. 日本音響学会誌, 14, 111—116.
- 13) 芝野忠夫 (1963): ろう児の発語明瞭度とそれに及ぼす影響について. 日本耳鼻咽喉科学会会報, 66, 829—858.
- 14) 須藤正彦他 (1983): 聴覚と音声の関連. 日本音響学会資料, 16 (83—66), 1—4.
- 15) 須藤正彦他 (1984): 音声ピッチ調整の音響心理学的・筋電図学的研究. 日本音声言語医学,

- 27, 1.
- 16) 梅田規子他 (1966) : 声の韻質と声質. 日本音響学会誌, 22(4), 195—203.
- 17) 渡辺亮他 (1975) : ピッチインテンシティの2次元表示器による聴覚障害児の発声訓練の効果. 日本音響学会誌, 31, 179—188.

Summary

A Study on the Manners of Vowel Production for Hearing Impaired and Normal Hearing Children

Masahiko Suto Shinro Kusanagi

The pitch fluctuations of sustained voices of five Japanese vowels produced by hearing impaired and normal hearing children were measured and analyzed.

The subjects were 21 hearing impaired children and 180 normal hearing children. Their sustained vowel productions of 3-5 seconds were recorded and measured with a pitch meter.

The pitch of sustained vowels produced by hearing impaired children was generally higher than that of normal hearing children. Decreases in the pitch of normal hearing children as a function of age was seen around 12 years.

Small differences in vowel pitch across the Japanese vowels were shown both in the normal hearing children and in the hearing impaired children. However, the ordering of these differences was not the same for both groups, suggesting different vowel producing manners.

The pitch fluctuation ratios (f_{SD}/f_0) of hearing impaired children ranged from 0.92 to 3.00, while those of normal hearing children were about 0.83 at 7, 8 years and about 0.55 at 11, 12 years showing the decrease of the pitch fluctuation ratios with age. A moderate correlation of hearing level at lower frequencies ($\frac{250\text{Hz}+500\text{Hz}}{2}$) with pitch fluctuation of hearing impaired children was shown.

Normal hearing and hearing impaired children showed a small different pitch fluctuation ratios among five vowels in a different pattern. This suggests that they have similar difficulties in sustaining vowel production in different ways.

Key word: hearing impaired, normal hearing, vowel production, pitch of speech