

聴覚障害者における VCV 音節発語の音響音声学的研究 —音声環境と音響パラメータ—

加藤 靖佳* 吉野 公喜*

感音難聴者 5 名, 健聴者 5 名を対象に, VCV 音節の検査語音を用いて, 被験者の音声録音した。これらの音声サンプルを音声情報処理システム, 及び Visi-Pitch によって分析し, 検査語音の音響パラメータ (第 1 ホルマントと第 2 ホルマントの相対変動値, 基本周波数, 基本周波数のゆらぎ, 持続時間, 声の強さ) を測定した。聴覚障害者の各音響パラメータの平均値は, 基本周波数のゆらぎ以外, すべて高い値を示した。一方, 聴覚障害者の音声言語を特徴づけている音響パラメータは, 持続時間と声の強さが有効であることが認められた。

キーワード: 音響音声学 VCV 音節 聴覚障害 音声環境 音響パラメータ

1. はじめに

聴覚障害者の発声発語は健聴者のものとは異なっており, 分節的特徴あるいは超分節的特徴に現れている。分節的特徴は, 話し手の音素組織であり, 超分節的特徴は, 話す速さ, 休止, 持続時間, ストレス, イントネーションである。音声言語を音響的に分析し, 音響パラメータを抽出すると前者はホルマント (第 1 ホルマント, 第 2 ホルマント: 以下 F_1 , F_2 とする) 後者は, 基本周波数, 基本周波数のゆらぎ, 持続時間, 声の強さ等に対応している。著者らは, これらの音響パラメータを指標にして, 音声言語を客観的に測定し, 聴覚障害者の音声言語の不明瞭性の一端を明らかにしてきた (吉野, 1985; 吉野, 1987; 加藤他, 1987a; 加藤他, 1987b)。①聴覚障害者の母音調音は連母音発語時において, /i/, /e/ の F_2 の下降と F_1 の上昇による母音の中性化が生じ, 力動性が著しく低下していることが認められた。また, ② VCV 音節発語の時間構造では, 聴覚障害者の発語において, 前後の母音の持続時間が延長していた。しかしここで用いられた音響パラメータは, F_1 , F_2 , それに持続時間であった。未だにどの音響パラメータが聴覚障害者の音声言語を特徴づけているのかは明らかになっていない。そこで今回, 特定の音声環境の発語, すなわち VCV 音節発語

を用いて, 各音響パラメータの有効性を調べた。

2. 目的

本研究では, 聴覚障害者がもつ音声言語の不明瞭性の原因を明らかにするために, 音声環境の異なった VCV 構造の音節をもちいて, 分節的特徴である F_1 及び F_2 の相対変動値, 超分節的特徴である平均基本周波数, 基本周波数のゆらぎ, 持続時間, 音圧のどの音響パラメータが聴覚障害者の音声の特徴づけているのかを音響音声学的に分析することを目的とする。

3. 方法

(1) 被験者

聴覚障害者群は, 生来性感音難聴で平均聴力レベル 90dB 以上, 18-19 歳の男性 5 名であった。健聴者群は発声発語に異常のない, 22-29 歳の男性 5 名であった。Table 1 に, 聴覚障害者の聴力レベルを示す。

(2) 検査語音

音声環境の異なる VCV 音節構造をもつ検査語音が用いられた。V は前舌母音 /i/, 中舌母音 /a/, 後舌母音 /u/ の 3 語であった。C は, 両唇音 /p/, /b/, 軟口蓋音 /k/, /g/ (有声音 /b/, /g/, 無声音 /p/, /k/) の 4 語であった。合計 12 語の検査語音が用いられた。Table 2 に全検査語音を示す。

* 心身障害学研究科, 心身障害学系

Table 1. 聴覚障害者の聴力レベル (dB)

S.	AGE	SEX		125	250	500	1000	2000	4000	8000	M	(Hz)
HI .1	18	M	R	70	75	80	90	110	110	125	93	
			L	80	80	85	90	110	120	125	94	
HI .2	18	M	R	65	75	90	90	90	90	115	90	
			L	60	75	85	95	90	80	120	91	
HI .3	19	M	R	75	75	90	100	110	120	125	100	
			L	65	75	90	95	110	115	110	98	
HI .4	18	M	R	80	80	75	95	115	105	115	95	
			L	85	85	85	100	110	105	110	99	
HI .5	18	M	R	70	75	80	90	110	110	125	93	
			L	80	80	80	90	110	120	125	93	

Table 2. 検査語音

/ a p a /,	/ i p i /,	/ u p u /
/ a b a /,	/ i b i /,	/ u b u /
/ a k a /,	/ i k i /,	/ u k u /
/ a g a /,	/ i g i /,	/ u g u /

(3) 録音手続き

各被験者は楽な姿勢で椅子に座り、各検査語音について、マイクロホン入力がおおよそ60dB SPLになるように発語させた。録音の前に、各被験者が検査の内容と方法を理解したことを、確認し練習を行った。被験者の口前約15cmにおかれたマイクロホン (SONY ECM-290F) を通してテープレコーダ (SONY PCM-1) の VU メータが 0 になるように音声録音された。

各検査語音は、カード (128mm×181mm) に書かれ、被験者に提示された。各検査語音を 5 回録音し、3 回目の音声サンプルとして分析された。

(4) 分析方法

録音された被験者の再生語音について、まず音声切り出し編集装置 (DANAC 7000) によって VCV 音節の後続母音部分が切りだされた。各母音は音声情報処理システム (Dual Channel Signal Analyzer (B/K 2032), Computer (HP 216)) によって分析された。B/K 2032 による分析条件は取込み時間125ms, サンプリング時間61.0 μ s, 分析周波数6.4KHzで A/D 変換された。音声時系列データをコンピュータ内部メモリ (HP 216) に取込み、75%のアレー重複を施し、1アレーずつシリアルに B/K 2032側でリフタリング処理後、リフタードスペクトラムをコンピュータに取込み、ホルマント周波数 (F_1 , F_2) はリフタードスペクトラム分析で、それぞれの周波数が抽出された。

また、一方では各検査語音について、Visi-Pitch (KAY 6095) によって基本周波数、基本周波数のゆらぎ、声の強さ、持続時間が測定された。

以上、検査語音の後続母音について、 F_1 , F_2 ,

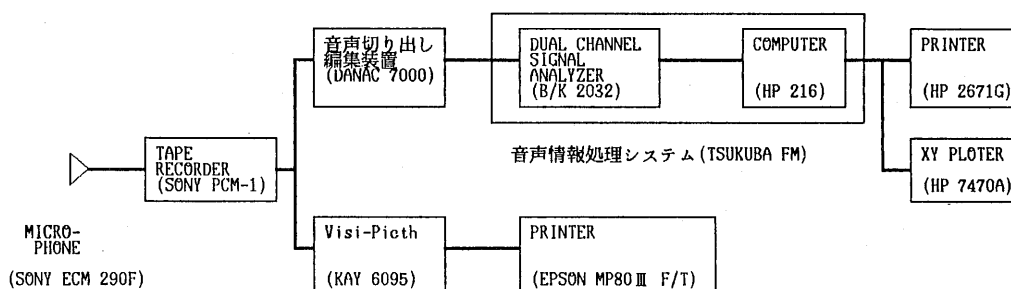


Fig. 1. 実験装置のブロックダイアグラム

基本周波数, 基本周波数のゆらぎ, 声の強さ, 持続時間の各音響パラメータが測定された。

実験装置のブロックダイアグラムを Fig. 1 に示す。

1 回の発語について, 各母音の F_1 , F_2 は, 250ms 毎に 5 アレー抽出された。5 アレーの平均値と標準偏差をもとめ, 標準偏差を各被験者の各平均ホルマント周波数で除した値を F_1 , F_2 の相対変動値とした。

Visi-Pitch によって測定された基本周波数は, 測定区間の平均基本周波数であり, 音圧は 30—90 dB の範囲であった。

統計処理するにあたり, 基本周波数と持続時間の数値は対数変換された。

4. 結果と考察

(1) 音声環境と音響パラメータの関係

2 (被験者群) × 2 (子音の有声性: 有声対無声) × 3 (母音) について分散分析を行った。その結果, F_1 の相対変動値においては被験者群間 ($F(1, 119) = 36.16$, $P < .01$), 子音の有声性 ($F(1, 119) = 4.35$, $P < .05$), 母音間 ($F(2, 119) = 9.70$, $P < .01$), が有意であった。母音を Tukey 法により下位検定した結果, F_1 の相対変動値では聴覚障害者群において /a—/i/ 間と /a—/u/ 間に 5% 水準で有意な差が認められた。このことから, 聴覚障害者の発声する中舌母音 /a/ は大変安定しているが, 前舌母音 /i/ と後舌母音 /u/ については F_1 の変動が大きい。子音の有声性については, 聴覚障害者群において無声音 /p/, /k/ の F_1 の変動値が大きい。 F_2 の相対変動値についてみると, 被験者群間 ($F(1, 119) = 8.67$, $P < .01$), 母音間 ($F(2, 119) = 3.44$, $P < .05$) が有意であった。母音を Tukey 法により, 下位検定した結果, F_2 の相対変動値では聴覚障害者群において /a—/u/ 間に 5% 水準で有意な差が認められた。/a—/i/ 間と /i—/u/ 間には差がなかった。このことから, F_2 の相対変動値は /a—/i/ 間では比較的安定している。特に中舌母音 /a/ においては F_1 の相対変動値同様, かなり安定している。しかし, 後舌母音 /u/ は中舌母音 /a/ に比べて, F_2 の相対変動値が大きい。なお, 健聴者群の F_1 および F_2 の相対変動値には有意差がなく, 母音間の違いはみられなかった。従って, 中舌母音 /a/, 前舌母音 /i/, 後舌母音 /u/ すべてにおいて安定した調音

運動が行われていると考えられる。基本周波数については, 被験者群間 ($F(1, 119) = 22.27$, $P < .01$) のみが有意であった。従って先行する子音の影響はなかった。基本周波数のゆらぎについては有意差はみられなかった。次に持続時間について考えると, 被験者群間 ($F(1, 119) = 3.04$, $P < .10$), 子音の有声性 ($F(1, 119) = 6.32$, $P < .05$) が有意であった。聴覚障害者群では, 全ての母音において, 持続時間が長い値を示した。House and Fairbanks (1953) は, 基本周波数, 持続時間及び強さの音響的要因について詳しく調べている。母音の調音における口腔形状の変化は口腔内を通過する気流の量, その圧力及び声門上・下圧に影響を与えると報告している。母音の持続時間は, 口の広がりに関係しており, 広がりが大きくなれば, 持続時間は長くなる。更に舌の高さと逆比例の関係にあり, 高母音 /i/, /u/ であれば, 持続時間は短くなる。また声の強さについては, 低母音 /a/, 高母音 /i/ では声の強さは小さく, 高母音 /u/ では比較的大きいとしている。本研究では, 声の強さに関し, 高母音 /i/ が最も小さく, /a/, /u/ が, ともに大きい値を示した。

(a) F_1 及び F_2 の相対変動値にみられる特徴

F_1 と F_2 に関する従来の研究は数多くなされている。比企静雄他 (1975), 鏡隆左衛門他 (1975) Angelocci, et al. (1964) は, 各母音の F_1 , F_2 の分布が聴覚障害者群においてはかなり限定されていると報告している。/i/ では標準的な領域からのずれが最も著しく, F_1 は増加し, F_2 は減少している。/a/ では比較的ずれが少なく, /u/ では F_1 が増加し, F_2 が減少している。しかし, 聴覚障害者の F_1 , F_2 の標準的な値からのずれだけでは調音運動の不完全さとの関係を調べるには不十分である。したがって, F_1 , F_2 の時間的変化を変数に入れて, 調音運動を力動的に調べた。その変数として F_1 , F_2 の相対変動値が用いられた。

本研究では, VCV 音節構造をもつ Final vowel について F_1 及び F_2 の相対変動値が測定された。相対変動値は, 各母音の F_1 , F_2 は, 250ms 毎に 5 アレー抽出し, その平均と標準偏差を求め, 標準偏差を各被験者の各平均ホルマント周波数で除した値を F_1 , F_2 の相対変動値とした。その相対変動値を用いて先行する子音による影響と母音間の違いについて検討された。Table 3 に子音別にみた F_1 の相対変動値を示す。 F_1 について, 先行する子

Table 3. 子音別にみたF₁の相対変動値 (%)

	M	SD
/p/	4.1	2.1
	14.9	9.5
/b/	4.4	1.7
	9.0	6.6
/k/	4.0	2.6
	11.0	10.3
/g/	5.3	2.6
	7.0	5.7
両唇音/p, b/	4.2	1.9
	12.0	8.6
軟口蓋音/k, g/	4.7	2.6
	9.0	8.4
無声音/p, k/	4.1	0.4
	13.4	1.8
有声音/b, g/	4.8	2.2
	8.0	6.1

M:平均 SD:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

音別にみると、/p/による影響が聴覚障害者群においては最も大きい値を示した。その相対変動値は、14.9%であった。次に大きかったのは、/k/で、11.0%であった。健聴者群の相対変動値が/p/, /b/, /k/, /g/において、約4~5%台であることから考えると、全体的にかなり大きな値を示している。両唇音/p/, /b/と軟口蓋音/k/, /g/を比較してみると、聴覚障害者群においては両唇音/p/, /b/の相対変動値が大きく、12%であった。健聴者群においては、両唇音/p/, /b/と軟口蓋音/k/, /g/の値は約4%であった。有声音/b/, /g/と無声音/p/, /k/の相対変動値を比較してみると、健聴者群では相対変動値が約4%であった。聴覚障害者群では無声音/p/, /k/の相対変動値が大きく13.5%であった。従って、先行する子音の影響は無声音/p/, /k/のときにかかなり大きくなることが認められた。

次に、母音別にみたF₁の相対変動値をTable 4に示す。F₁の相対変動値について母音別にみると、聴覚障害者群では前舌母音/i/と後舌母音/u/ともに大きい変動値を示している。中舌母音/a/においては、両被験者群ともに小さい変動値を示している。また、母音を高母音/i/, /u/と低母音/a/にわけて考えると、低母音/a/につい

Table 4. 母音別にみたF₁の相対変動値 (%)

	M	SD
/a/	3.7	1.6
	5.1	4.2
/i/	4.5	2.2
	12.5	10.1
/u/	5.1	2.7
	13.8	7.6
高舌母音/i, u/	4.8	2.5
	13.2	8.8
低舌母音/a/	3.7	1.6
	5.1	4.6

M:平均 SD:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

ては両被験者群において差がなく、安定していることがわかる。高母音/i/, /u/では、聴覚障害者群と健聴者群の相対変動値の差が大きく、2.8倍であった。したがって、調音運動の際、舌の動きが大きくなる高母音/i/, /u/のF₁の相対変動値が大きくなると考えられる。

F₂の相対変動値においては、先行する子音別にみると、聴覚障害者群と健聴者群ともに差がなく、/p/, /b/, /k/, /g/の相対変動値はほぼ同じ

Table 5. 子音別にみたF₂の相対変動値 (%)

	M	SD
/p/	2.3	2.5
	4.0	3.8
/b/	1.4	0.7
	2.7	1.6
/k/	1.7	1.4
	2.8	1.8
/g/	2.2	2.1
	3.0	3.0
両唇音/p, b/	1.8	1.9
	3.2	2.9
軟口蓋音/k, g/	1.9	1.7
	2.9	2.4
無声音/p, k/	2.0	2.0
	3.4	3.0
有声音/b, g/	1.8	1.6
	2.8	2.4

M:平均 SD:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

Table 6. 母音別にみたF₂の相対変動値 (%)

	M	SD
/ a /	2.4	1.9
	2.2	1.4
/ i /	1.1	0.6
	2.8	2.1
/ u /	2.1	2.3
	4.3	3.7
高舌母音 / i, u /	1.6	1.8
	3.5	3.0
低舌母音 / a /	2.4	1.9
	2.2	1.4

M: 平均 SD: 標準偏差

上段: 健聴者群 下段: 聴覚障害者群

値を示していた。Table 5~6に、F₂の相対変動値を示す。両唇音/p/, /b/と軟口蓋音/k/, /g/を比較すると、両被験者群の差はなかった。有声音/b/, /g/と無声音/p/, /k/の比較も同様であった。したがって、F₂の相対変動値における子音の影響は両群ともないと考えられる。次に母音別にみると、3母音とも小さい相対変動値であることがわかる。低母音/a/においては両群ともに相対変動値に差がなかった。高母音/i/, /u/においては聴覚障害者群の相対変動値は、健聴者群の2倍以上であった。

以上のことから、先行する子音による影響はF₁の相対変動値が大きく、その中でも無声両唇音/p/が最も大きい影響を受けていることが認められる。母音別にみると、同様にF₁の相対変動値が大きく、3母音の中でも高母音/i/, /u/が子音の影響を受けやすいと考えられる。このことは、母音調音における舌運動の平滑化や声道形成に困難のあることを示している。

(b) 基本周波数数及び基本周波数のゆらぎにみられる特徴

従来の研究では聴覚障害児の基本周波数に関する研究は数多くなされている。Nickerson (1975)は正常児の基本周波数よりも聴覚障害児の基本周波数のほうが高いと報告している。また、抑揚については基本周波数の変動が減少することによって発語が単調になることや、基本周波数の過剰な変動による異常がみられることを報告している。広田ら (1985)は、聴覚障害児における基本周波数の障害としては、基本周波数の変動幅の減少が

著しく、抑揚が平坦化していることを認めている。基本周波数の変化は超分節的な情報を伝達するのに重要である。聴覚障害児の基本周波数の過剰な変動については、Nickerson (1975), Willemain (1971)の研究がある。広田ら (1985)は、正常児の範囲を越えた抑揚の変動を示した聴覚障害児の例を認めなかったが、特定の母音の産生時に基本周波数を変化させている症例を認めている。聴力レベル110dBの聴覚障害児では、母音/i/において一貫して基本周波数の上昇が認められた。寺澤ら (1984)は、正常成人男女各30名の基本周波数についての正常域を測定した。男性においては、平均値は121Hz、棄却限界の上限は166Hz、下限は87Hzとし、女性においては、平均値は238Hz、棄却限界の上限が277Hz、下限は205Hzとしている。

本研究では、音声環境の違いによる基本周波数の変化について調べた。Table 7~8に基本周波数を示す。VCV構造におけるfinal vowel (/a/, /i/, /u/)について比較された。健聴者群及び聴覚障害者群において低母音/a/よりも高母音/i/, /u/の基本周波数が高いことが認められた。このことは、House, A. S. and Fairbanks, G.の報告 (1953)と一致している。健聴者群と聴覚障害者群の基本周波数を比較すると、母音/a/, /i/, /u/について有意差が認められた。高母音

Table 7. 子音別にみた基本周波数 (Hz)

	M	SD
/ p /	123.2	31.8
	164.2	55.0
/ b /	128.7	32.0
	153.0	41.0
/ k /	123.4	33.1
	162.1	47.1
/ g /	130.1	32.9
	161.4	57.4
両唇音 / p, b /	126.0	31.5
	158.6	48.0
軟口蓋音 / k, g /	126.8	32.6
	161.8	51.6
無声音 / p, k /	123.3	31.9
	163.2	50.4
有声音 / b, g /	129.4	31.9
	157.2	49.2

M: 平均 SD: 標準偏差

上段: 健聴者群 下段: 聴覚障害者群

Table 8. 母音別にみた基本周波数

	(Hz)	
	M	S D
/ a /	124.5	28.4
	145.7	34.8
/ i /	127.6	33.0
	170.0	55.7
/ u /	127.1	35.1
	164.9	54.2
高舌母音 / i, u /	127.3	33.7
	167.4	54.3
低舌母音 / a /	124.5	28.4
	145.7	34.8

M: 平均 S D: 標準偏差

上段: 健聴者群 下段: 聴覚障害者群

及び低母音の基本周波数についてもこの両群の間に有意差が認められた。聴覚障害者群の基本周波数は、健聴者群の基本周波数と比べて高いことが認められた。基本周波数について子音別にみると、聴覚障害者群では / p /, / k / の基本周波数が高く、健聴者群では / b /, / g / の基本周波数が高い値を示している。また、/ p /, / b /, / k /, / g / すべてにおいて、聴覚障害者群の基本周波数が高い値を示した。両唇音 / p /, / b / と軟口蓋音 / k /, / g / を比較すると、健聴者群は差がなかったが、聴覚障害者群では軟口蓋音 / k /, / g / の基本周波数がやや高い値を示した。有声音 / b /, / g / と無声音 / p /, / k / を比較すると、健聴者群は基本周波数が有声音 / b /, / g / のときに高く、聴覚障害者群では無声音 / p /, / k / のときに高い値を示した。このことから、子音による基本周波数の影響は、健聴者群において有声音 / b /, / g / のときに高くなるのに反して、聴覚障害者群は低くなっている。

基本周波数のゆらぎは、音声障害の程度を定量的に評価する方法としてしばしば用いられている。佐々木他 (1985) は、サウンドスペクトログラムの測定値とコンピュータを用いた測定値の信頼性を検証した。サウンドスペクトログラムからの測定値は、平均値2.7%, SD1.0%であり、正常声の95%は4.2%以下のゆらぎ幅を示す。コンピュータからの正常男声の瞬時周波数の最大変化幅の平均値は、2.7%, SD0.9%であり、正常声の95%は4.2%以下のゆらぎ幅を示す。そして、正常男声の基本周波数瞬時変動値の平均値は、0.41%, SD0.11%であり、正常男声の95%は0.59%以下、正常

女声の95%は0.76%以下であると報告している。

本研究では、子音の影響による基本周波数のゆらぎは、健聴者群では0.83%から0.95%であった。聴覚障害者群では0.51%から0.88%であった。Table 9~10に基本周波数のゆらぎを示す。両唇音 / p /, / b / と軟口蓋音 / k /, / g / を比較すると、両群ともに軟口蓋音 / k /, / g / の方がやや大きい値を示した。健聴者群と聴覚障害者群を比較すると、健聴者群の方が小さい値を示した。次に、高母音 / i /, / u / と低母音 / a / を比較すると、両群

Table 9. 子音別にみた基本周波数のゆらぎ (%)

	M	S D
/ p /	0.83	0.53
	0.88	0.37
/ b /	0.94	0.68
	0.51	0.21
/ k /	0.91	0.54
	0.77	0.59
/ g /	0.95	0.66
	0.81	0.99
両唇音 / p, b /	0.89	0.60
	0.70	0.35
軟口蓋音 / k, g /	0.93	0.59
	0.79	0.80
無声音 / p, k /	0.87	0.52
	0.82	0.49
有声音 / b, g /	0.94	0.66
	0.66	0.72

M: 平均 S D: 標準偏差

上段: 健聴者群 下段: 聴覚障害者群

Table 10. 母音別にみた基本周波数のゆらぎ (%)

	M	S D
/ a /	0.82	0.56
	0.90	0.88
/ i /	0.75	0.45
	0.64	0.39
/ u /	1.16	0.69
	0.68	0.46
高舌母音 / i, u /	0.95	0.61
	0.66	0.42
低舌母音 / a /	0.82	0.56
	0.90	0.88

M: 平均 S D: 標準偏差

上段: 健聴者群 下段: 聴覚障害者群

ともに高母音 /i/, /u/の方が高い基本周波数のゆらぎの値を示している。健聴者群と聴覚障害者群を比較すると、聴覚障害者群の方が低い値を示した。以上のことから、子音による影響及び母音別に基本周波数のゆらぎの値をみても、全体的に聴覚障害者群のほうが高い値を示している。佐々木他 (1985) の結果と比べると、本研究での基本周波数のゆらぎの値は一貫して低い値を示した。これは、分析時間の相違に起因すると考えられる。VCV 音節での Final vowel での持続時間は200ms前後であり、前者の研究は持続発声母音/a/について600msの時間で分析していることによるものと考えられる。

(c) 持続時間及び声の強さにみられる特徴

本研究では、VCV 音節構造を持つ final vowel について持続時間及び声の強さが測定された。Table 11~12に持続時間を示す。測定装置はVisi-pitch (KAY 6095)であり、声の強さは30-90dBの範囲であった。

聴覚障害者の持続時間の研究では、Voelker (1935)が聴覚障害児の発語速度が健聴児の約2倍かかると報告している。John (1965), Colton (1968), Fletcher (1976), Monsen (1974) は聴覚障害児の発話速度について同様な結果を報告している。Nickerson (1975)は聴覚障害児の発話速度が遅くなる結果、発話の明瞭性が著しく低下することを報告している。Angelocci (1964)はストレスに伴う音節の持続時間の調整が困難であるとし、母音の持続時間が有意に延長していたことを述べている。またBoone (1966)は、聴覚障害児が発話中の音節時に休止が入るために全体的な発話時間が長くなるとしている。

持続時間について先行する子音別にみると、両被験者群共に先行する子音が/g/のときに持続時間が一番長かった。次に/b/, /k/, /p/の順であった。4つの子音全てにおいて、健聴者群より聴覚障害者群のほうが高かった。このことは両唇音/p/, /b/対軟口蓋音/k/, /g/についても同様であった。次に母音別にみると、中舌母音/a/については、聴覚障害者群の持続時間がかなり長い値を示している。前舌母音/i/及び後舌母音/u/については、ほぼ同じ持続時間であった。中舌母音/a/について、聴覚障害者群の持続時間がかなり長いのは、声道の形状が最も作りやすく、安定した発声が行われるためである。

Table 11. 子音別にみた持続時間 (ms)

	M	S D
/p/	174.9	29.3
	178.1	89.7
/b/	212.8	67.9
	234.6	89.6
/k/	216.5	48.2
	219.6	111.8
/g/	241.0	33.6
	248.5	112.4
両唇音/p, b/	195.5	59.7
	204.7	89.8
軟口蓋音/k, g/	228.8	43.4
	234.1	110.8
無声音/p, k/	197.2	45.3
	197.3	101.5
有声音/b, g/	226.9	53.1
	241.6	100.9

M:平均 S D:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

Table 12. 母音別にみた持続時間 (ms)

	M	S D
/a/	210.4	49.3
	235.2	102.9
/i/	212.7	59.5
	217.6	104.5
/u/	208.4	51.2
	210.3	101.8
高舌母音/i, u/	211.5	54.3
	213.0	102.0
低舌母音/a/	210.4	49.3
	235.2	102.9

M:平均 S D:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

声の強さに関しては Monsen (1975, 1979) が聴覚障害児の音声言語の音質、基本周波数、強さについて検討しており、呼気の使いかたが不正確であると報告している。

本研究での声の強さについてみると、/p/, /b/, /k/, /g/全ての子音において、健聴者群より聴覚障害者群のほうが高い値を示した。Table 13~14に声の強さを示す。健聴者群での声の強さは45dBから48dBであった。聴覚障害者群では52dBから55dBであった。両唇音/p/, /b/

Table 13. 子音別にみた音圧

	(dB)	
	M	S D
/p/	46.0	9.0
	52.4	8.2
/b/	48.0	8.2
	52.7	7.7
/k/	45.0	7.9
	55.3	7.6
/g/	47.1	7.6
	55.0	8.2
両唇音/p, b/	47.0	8.5
	52.6	7.8
軟口蓋音/k, g/	46.0	7.7
	55.2	7.7
無声音/p, k/	45.5	8.3
	53.8	7.8
有声音/b, g/	47.5	7.8
	53.9	7.9

M:平均 S D:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

Table 14. 母音別にみた音圧

	(dB)	
	M	S D
/a/	47.7	9.6
	52.2	8.8
/i/	44.6	6.5
	53.2	7.0
/u/	47.3	7.8
	54.1	7.9
高舌母音/i, u/	46.0	7.2
	53.7	7.4
低舌母音/a/	47.7	9.7
	54.2	8.8

M:平均 S D:標準偏差

上段:健聴者群 下段:聴覚障害者群

と軟口蓋音/k/, /g/の比較においても、また同様に有声音/b/, /g/と無声音/p/, /k/との比較においても聴覚障害者群のほうがかなり大きい値を示した。次に母音別にみると、3母音全て健聴者群より聴覚障害者群のほうが大きい値であった。聴覚障害者群において、/a/, /i/, /u/の順に声の強さが大きくなった。一方健聴者群においては、中舌母音/a/が最も大きい声の強さを示した。聴覚障害者群において、後舌母音/u/の声の強さが一番大きくなったのは/u/の調音にお

る舌の動きが呼気に影響を及ぼしたためと考えられる。

(2) 聴覚障害者の音声言語に特徴的な音響パラメータ

本研究で測定された各音響パラメータは、 F_1 及び F_2 の相対変動値、基本周波数、基本周波数のゆらぎ、持続時間、声の強さである。このパラメータについて判別分析が行われた。Fig. 2に各音響パラメータの判別結果を示す。聴覚障害者群を特徴づける音響パラメータは、上記の内、どれが有力であるのか検討された。健聴者群においては、 F_1 の相対変動値が健聴者群を健聴者群と判別する割合が92%と一番高かった。次に F_2 の相対変動値、声の強さであり、それぞれ85%、80%であった。持続時間は判別率が60%であった。最も判別率が低いのは基本周波数のゆらぎであり、43%であった。このことから、 F_1 の相対変動値は健聴者群を判別するのに有効な音響パラメータであると考えられる。聴覚障害者群においては、持続時間が聴覚障害者群を聴覚障害者群と判別する割合が、83%と一番高かった。次に声の強さが78%であった。最も判別率が低いのは、 F_2 の相対変動値であり、30%であった。このことから、聴覚障害者群を判別するのに有効な音響パラメータは持続時間であると考えられる。次に声の強さである。聴覚障害者群を聴覚障害者群と判別した割合と、健聴者群を健聴者群と判別した割合の合計が一番高いのは、声の強さであった。次に F_1 の相対変動値、持続時間の順であった。ただし、 F_1 の相対変動値については聴覚障害者群を聴覚障害者群と判別する割合が50%であり、有効なパラメータとは言えない。従って聴覚障害者群を聴覚障害者群と判別する音響パラメータは、声の強さか、持続時間が重要な要因になることが明らかになった。

5. 全体的考察

音声言語には、音素や音節にみられる分節的特徴とアクセントやイントネーション、休止などにみられる超分節的特徴とがある。音響分析による言語の分節的な情報は、周波数スペクトルの微細な特徴やホルマントの変化によって伝達される。超分節的な情報は、基本周波数、声の強さ、持続時間の変化によって伝達される。

本研究は、VCV音節の音声環境が音響パラメータにどのような影響を及ぼしているのか、そ

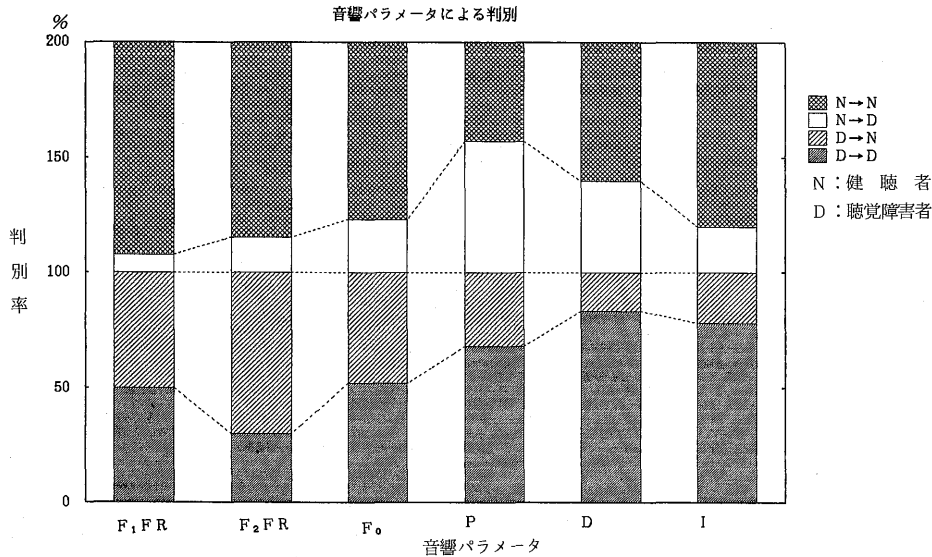


Fig. 2. 音響パラメータによる判別率

F_1FR : 第1ホルマントの相対変動値
 F_2FR : 第2ホルマントの相対変動値
 F_0 : 基本周波数 P: 基本周波数のゆらぎ
D: 持続時間 I: 声の強さ

して、これらの音響パラメータのうち、どのパラメータが聴覚障害者の音声を特徴づけているのかを検討したものである。VCV音節において、先行する子音の影響は、子音が有声音/g/, /b/であるときに、後続母音の持続時間が長く、子音が無声音/k/, /p/であるときは、後続母音の持続時間が短くなる。VCV音節全体の持続時間は、聴覚障害者の場合、かなり延長することが認められた。これは、舌の運動に制約があり、持続時間の調整が困難であるためと考えられる。舌の運動の制約は、音響パラメータの中でもホルマントに顕著に現れる。著者ら(1987a)は、LPC分析によってホルマントを抽出し、母音スペクトルの3次元表示を行って、舌運動の力動性を調べた。聴覚障害者の音声は、 F_1 , F_2 の動きが平坦であることを示した。また、本実験では、定常母音部分の F_1 , F_2 の相対変動値を算出し、母音による違いを調べた。健聴者の母音の相対変動値は、/a/, /i/, /u/の3母音ともに、安定して発話されている。聴覚障害者の母音の相対変動値は、低母音/a/が比較的安定しているのに対し、高母音/i/, /u/では、変動が大であり、発話の困難性を示した。聴覚障害者の声の強さは、どの検査語音においても、大きい値を示した。呼気の使用が不正確であるため

と考えられる。以上、聴覚障害者の音声言語は、VCV音節の音声環境において、発声、調音ともに、母音/a/が安定していた。次に、これら音響パラメータの中で、聴覚障害者の音声を特徴づけているものは、持続時間と声の強さであることが認められた。

聴覚障害者は、聴覚的なフィードバックが不十分であるために、発語の習得が不完全になり、音声によるコミュニケーションに大きな支障をきたしている。言語指導において分節的特徴の訓練には、口形を習得する手掛りとして、視覚的または触覚的方法がある。しかし、超分節的特徴の訓練については、効果的な方法が確立されていない。本実験の結果から、超分節的特徴を表す音響パラメータのうち、持続時間と声の強さが、聴覚障害者の音声を顕著に特徴づけており、超分節的特徴の改善が、聴覚障害者の音声の明瞭性を向上させる有効な手段であると考えられる。しかし、これらの音響パラメータが、単独で存在するのではなく、複雑に影響しあっている。従って、今後、聴覚障害者の音声の不明瞭性を改善するために、超分節的特徴であるアクセントやイントネーションを中心に、聴覚障害者の発話の実態や改善方法について、さらに検討する必要がある。

文 献

- 1) Angelocci, A. (1964): Some observations on the speech of the deaf. *Volta Review*, 64, 403—405.
- 2) Angelocci, A., Kopp, G., and Holbrook, A. (1964): The vowel formants of deaf and normal-hearing eleven-to fourteen-year-old boys. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 29, 2 156—170.
- 3) Boone, D. R. (1966): Modification of the voices of deaf children. *Volta Review*, 68, 686—694.
- 4) Colton, R. H., and Cooker, H. S. (1968): Perceived nasality in the speech of the deaf. *Journal of Speech and Hearing Research*, 11, 553—559.
- 5) Fletcher, S. G., and Daly, D. A. (1976): Nasalance in utterances of hearing impaired speakers. *Journal of Communication Disorders*, 9, 63—73.
- 6) 比企静雄・鏡隆左衛門 (1975): ろう・難聴児の母音のホルマント周波数の性質. *日本音響学会誌*, 31, 163—169.
- 7) 広田栄子・工藤多賀・田中美郷 (1985): 聴覚障害児における発話のピッチ・速度, 音声強度の検討. *音声言語医学*, 26, 3, 199—208.
- 8) House, A. S., and Fairbanks, G. (1953): The influence of consonant environment upon the secondary acoustical characteristics of vowels. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 25, 105—113.
- 9) John, J. E. J., and Howarth, J. M. (1965): The effect of time distortions on the intelligibility of deaf children's speech. *Language and Speech* 8, 127—134.
- 10) 加藤靖佳, 吉野公喜, 江口実美 (1987a): 聴覚障害者における母音生成の音響音声学的研究. *心身障害学研究*, 11(1), 21—28.
- 11) 加藤靖佳, 吉野公喜, 太田富雄, 佐藤正幸, 杉田栄美 (1987b): 聴覚障害者の発声・発語の機能について —VCV 音節の持続時間を中心に—. *電子通信学会*, SP86—100, 17—24.
- 12) 鏡隆左衛門, 比企静雄 (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.
- 13) Monsen, R. B. (1974): Durational aspects of vowel production in the speech of deaf children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 17, 3, 386—398.
- 14) Monsen, R. B. and Leiter, E. R. (1975): A comparison of pitch and duration control with intelligibility in the speech of deaf children. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 57, Supplement S69.
- 15) Mosen, R. B. (1979): Acoustic qualities of phonation in young hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 22, 270—288.
- 16) Nickerson, R. S. (1975): Characteristics of the speech of deaf persons. *The Volta Review*, Sept., 342—358.
- 17) 佐々木裕美・湯本英二・丘村熙 (1985): サウンドスペクトログラフを用いた嗄声の音響分析. *音声言語医学*, 26, 4, 289—295.
- 18) 寺澤り子・垣田有紀・平野実 (1984): 平均呼気流率, 声の基本周波数および声の強さの同時測定. *音声言語医学*, 25, 3, 189—207.
- 20) Voelker, C. H. (1935): A preliminary stroboscopic study of the speech of the deaf. *American Annals of the Deaf*, 80, 243—259.
- 21) Willemain, T. R., and Lee, F. F. (1971): Tactile pitch feedback for deaf speakers. *Volta Review*, 73, 541—554.
- 22) 吉野公喜 (1985): 聴覚障害者の発語に関する音響音声学的検討. *心身障害学研究*, 10(1), 9—18.
- 23) 吉野公喜 (1987): 聴覚障害者の発語に関する音響音声学的研究 (第二報). *心身障害学研究*, 11(1), 1—9.

Summary

Acoustic Phonetics of the Speech of VCV Syllables in the Hearing-Impairment —Phonetic Environment and Acoustic Parameters—

Yasuyoshi Kato Tomoyosi Yoshino

The purpose of the present study was to analyze acoustic parameters of VCV syllables in the hearing-impairment. Acoustic parameters were first formant fluctuation ratios, second formant fluctuation ratios, fundamental frequency, perturbation, duration and intensity. Subjects were five hearing impaired adults and five normal hearing persons. The samples were VCV syllables. These samples were recorded and analyzed by speech analyzing system (DANAC7000, B/K2032, HP216, HP2671G) and Visi-Pict (KAY 6095). The results were as follows.

1) Phonetic environment and acoustic parameters

Mean values of five acoustic parameters of the speech in the hearing-impairment were higher than those of normal speakers. Five acoustic parameters were first formant fluctuation ratios, second formant fluctuation ratios, fundamental frequency, duration and intensity. Perturbation was lower for the hearing-impairment than for the normal speakers.

2) Acoustic parameters of the speech hearing-impairment

Acoustic characteristics of the speech in deaf persons were duration and intensity.

Key word: acoustic phonetics, VCV syllable, hearing-impairment, phonetic environment, acoustic parameters