

聴覚障害者における母音生成の音響音声学的研究

加藤 靖佳* 吉野 公喜 江口 実美

聴覚障害者の連母音発語時における日本語5母音の音響音声学の解析を試みた。3発語条件(条件1 /ieaou/, 条件2 /uoaei/, 条件3 /aiueo/)について、フォルマント周波数(F_1 , F_2)の相対変動値を各母音ごとに測定した。条件2, 3, 1の順に大きい相対変動値を示した。日本語5母音では、聴覚障害者の F_1 の相対変動値は/a/において健聴者の2倍を示し、 F_2 の相対変動値は/i/, /u/において健聴者に比べて3.4倍, 2.6倍であった。一方、健聴者の音声言語の力動性は、フォルマントピークの動きが各母音に対応して顕著な力動性を示したが、聴覚障害者では連続性が単調であり、力動性が低下していることが確かめられた。

キーワード: 聴覚障害 母音生成 フォルマント 力動性

1. はじめに

聴覚障害者は、正しい音声言語を習得、発達させる上で、最も重要な聴覚フィードバック機構の確立が十分にできない結果として音声言語の障害が現れるとされている。聴覚障害者の多くは、健聴者とは著しく異なった発声や調音を余儀なくされており、音声言語の明瞭度を低くしている。

聴覚障害者にみられる音声言語の特徴は、あいまい音(neutralization)、二重母音化(diphthongization)、鼻音化(nasalization)、抑揚の減少、発話速度の低下などが報告されている(House & Fairbanks, 1953; Angellocci, 1964; 粕谷英樹他, 1968; 鏡隆左衛門他, 1975; Nickerson, 1975; Smith, 1975; 加藤他, 1985; 吉野, 1985)。

従来の聴覚障害者の音声言語研究において、検査語音は単音節のものがほとんどであった。音素にはそれぞれ固有の音響的特徴があり、音素の同定と物理的関連量との間には、対象を単独に発語した単音節に限るならば、1対1に近い対応をみつけることができる。しかし、我々が日常用いている会話語音のような通常の連続語音中の音素に対しては、この関係は必ずしも保たれていない。これは発声器官の働きに制約があるために起こる

もので、とくに聴覚障害者にはそれが著しい。

2. 目的

本研究では、構音の基本となる母音構音を取上げ、その健聴者と聴覚障害者の連母音発語時の母音フォルマント周波数を測定し、また、各発語条件下での語音音響パターンの連続的3次元表示を行って力動性を求め、その構音の不完全性について比較検討をする。

3. 方法

(1) 被験者

聴覚障害者は、男2名、女3名、計5名であった。各被験者の平均聴力レベル(4分法による)は、95-109dBであった。健聴者は、男4名、女1名、計5名であった。

(2) 実験手続き

検査語音は、日本語5母音(/a/, /i/, /u/, /e/, /o/)について行った。各被験者は検査語音である連母音発語、条件1 /ieaou/, 条件2 /uoaei/, 条件3 /aiueo/の3発語条件について発語するように教示され、発語語音は音声サンプルとして録音された。3発語条件はカード(128mm×181mm)に書かれ被験者に提示された。実験は同一発語を5回録音した。

* 心身障害学研究科

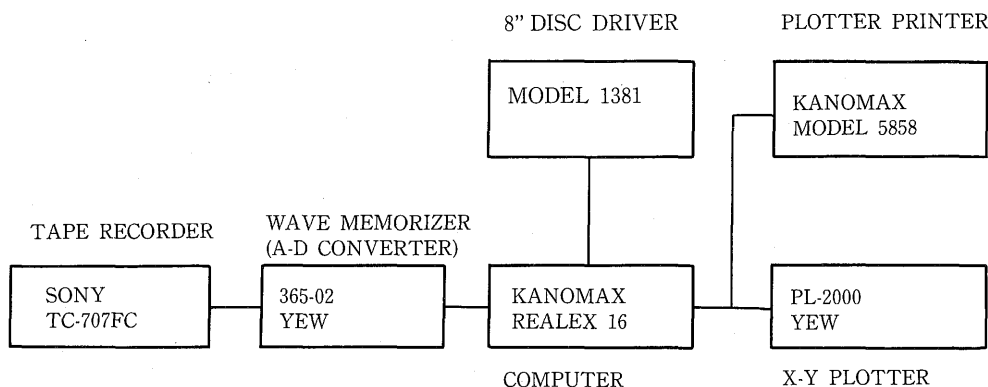


Fig. 1. 語音サンプル音響分析実験装置のブロックダイアグラム

(3) 分析方法

録音された被験者の発語語音は、その再生語音について、まずウェーブメモライザ(YEW 3652-02)によって、A-D変換され、サンプリング時間50 μ s で切り出し、それぞれについて自己相関法による基本周波数抽出と LPC 分析によるフォルマント周波数抽出を行い、そのスペクトルを音声の開始から終わりまでを時間軸に並べて3次元表示として、X-Yプロッタ (YEW PL-2000) および、プリンタ・プロッタ (KANOMAX 5858) に出力した。Fig. 1 に音声分析実験装置のブロックダイアグラムを示す。また一方では、3発語条件下の語音サンプルについて、サウンドスペクトログラフ (リオン SG-07) によってソナグラムを作成し、発語語音パタンのうちで、母音フォルマントが安定している部位から、セクションを作成し、このセクションについて第1フォルマント周波数と第2フォルマント周波数(以下 F_1 , F_2 とする) が測定された。測定された各被験者の各発語条件下における母音フォルマント周波数を加算平均し、その中心周波数と標準偏差を算出した。標準偏差

をその中心周波数で除し、100倍したものを発語機能の個体内変動性を示す値とし、これを相対変動値とした。

4. 結果及び考察

(1) 各条件における母音フォルマント中心周波数の相対変動値について

各条件における母音別フォルマント周波数の相対変動値を Fig. 2—Fig. 5, Table 1, Table 2 に示す。

健聴者についてみると、各発語条件ともに F_1 の相対変動値より F_2 の相対変動値のほうが大きい値を示した。条件2の相対変動値は、 F_1 , F_2 ともに大きい値を示した。聴覚障害者についてみると、各発語条件ともに、大きい相対変動値を示した。特に F_2 の相対変動値については、母音/u//o/の値が大であった。健聴者と聴覚障害者を比較すると、 F_1 においては、発語条件1, 3で大きい値を示した。発語条件2の相対変動値は、健聴者とほぼ同じ値を示した。 F_2 においては、各発語条件ともに大きい相対変動値を示した。健聴者と聴覚障害者

Table 1. 健聴者の相対変動値 (%)

		/i/	/e/	/a/	/o/	/u/
F_1	条件1	7.2	4.4	5.3	11.3	12.2
	条件2	7.8	15.1	8.7	18.6	6.6
	条件3	6.7	11.5	5.1	4.6	7.1
F_2	条件1	2.6	4.9	5.0	5.2	6.6
	条件2	4.0	5.3	5.7	13.1	11.4
	条件3	2.9	7.6	6.4	8.0	4.5

Table 2. 聴覚障害者の相対変動値 (%)

		/i/	/e/	/a/	/o/	/u/
F_1	条件1	11.0	21.0	10.4	18.1	11.6
	条件2	7.9	13.9	12.8	12.4	9.2
	条件3	8.6	17.2	14.9	23.8	13.9
F_2	条件1	11.9	7.8	13.5	17.6	11.5
	条件2	9.4	13.2	6.1	26.1	23.6
	条件3	11.8	11.4	13.9	8.6	23.5

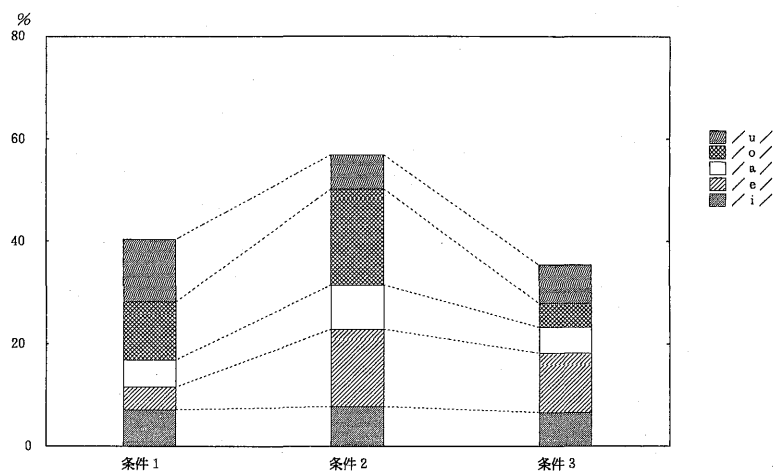


Fig. 2. 健聴者におけるF1の相対変動値

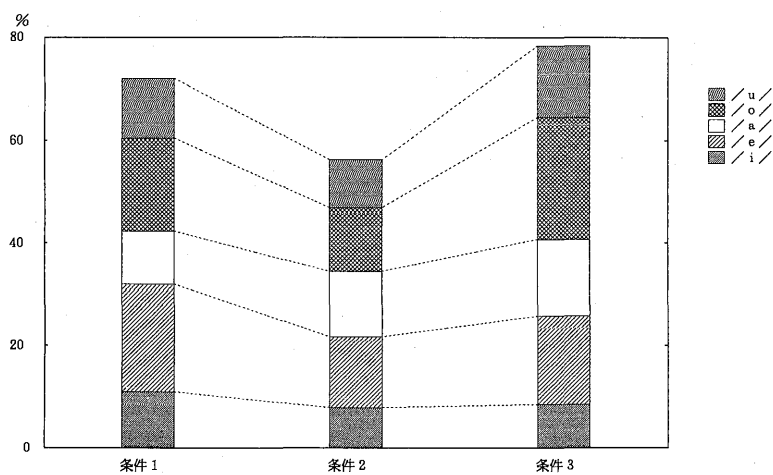


Fig. 3. 聴覚障害者におけるF1の相対変動値

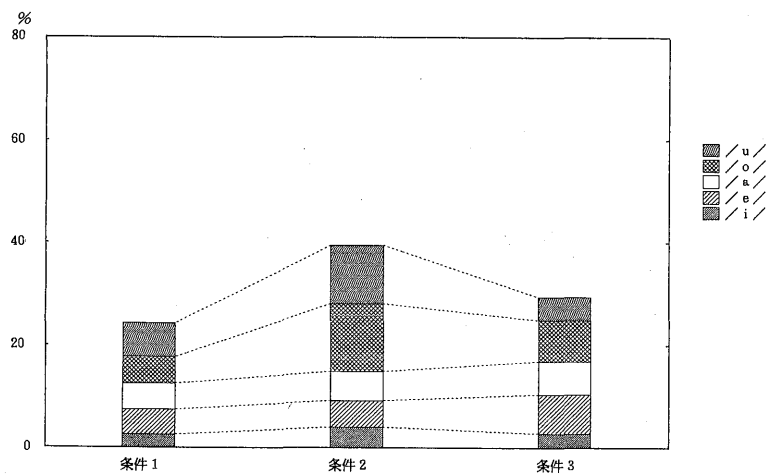


Fig. 4. 健聴者におけるF2の相対変動値

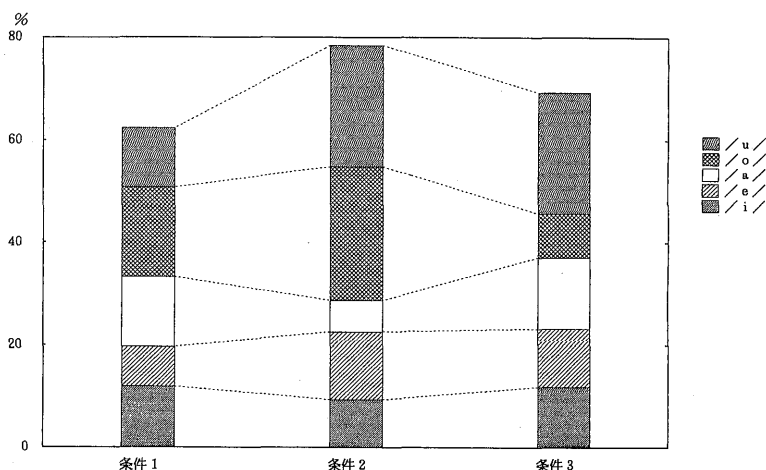


Fig. 5. 聴覚障害者におけるF2の相対変動値

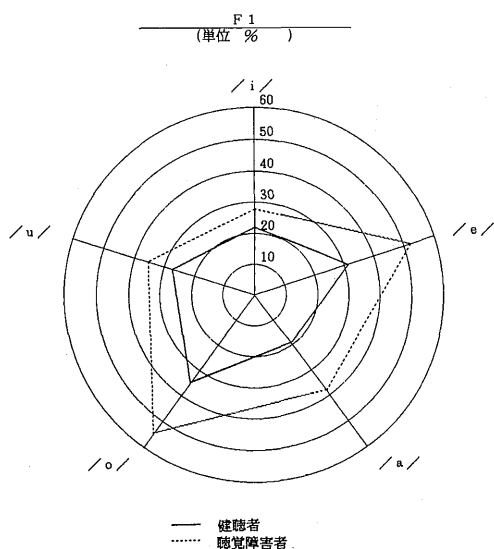


Fig. 6. 母音別F1の相対変動値

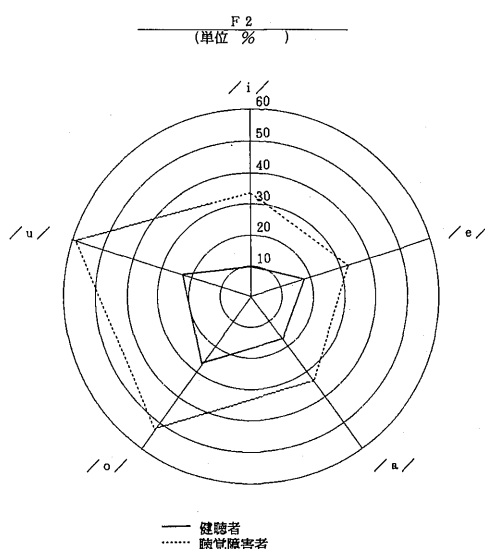


Fig. 7. 母音別F2の相対変動値

を比較すると、発語条件1では2.6倍、発語条件2では2倍、発語条件3では2.4倍の値であった。このように、母音構音の相対変動値が大きいことは、聴覚的フィードバックを欠くがために、舌の動きに再現性が低く、母音の構音に必要な正しい共鳴腔の形成ができないことになり、健聴者と異なった構音になると考えられる。

(2) 各母音別における母音フォルマント中心周波数の相対変動値について

Fig. 6—Fig. 7は母音別フォルマント中心周波数の相対変動値を示す。健聴者と聴覚障害者を比

較すると、 F_1 においては、すべての母音において聴覚障害者のほうが大きい値を示した。5母音のなかで/e//a//o/の相対変動値がそれぞれ1.7倍、2倍、1.6倍と健聴者より大きい値を示した。 F_2 においては、 F_1 同様すべての母音において聴覚障害者のほうが大きい値を示した。健聴者と比較して/i/では3.4倍、/e/では1.8倍、/a/では2倍、/o/では2倍、/u/では2.6倍の相対変動値であった。特に/i/と/u/では、その値が大きかった。聴覚障害者においては、/i/、/a/、/u/に発語の困難性がみられた。これら3母音は、舌の異動を大とするもので

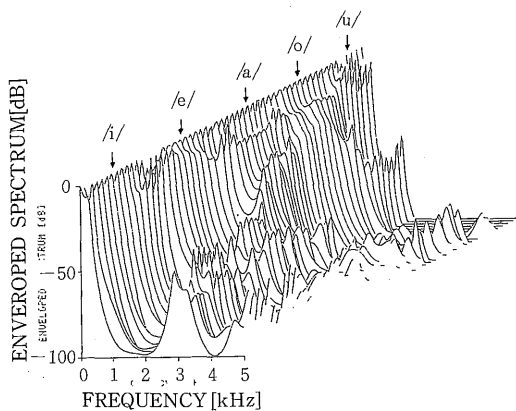


Fig. 8. 条件 I (/ieaou/) における健聴者の音声サンプルの 3 次元表示

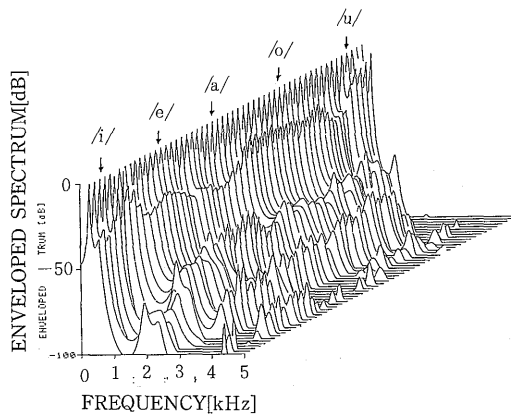


Fig. 9. 条件 I (/ieaou/) における聴覚障害者の音声サンプルの 3 次元表示

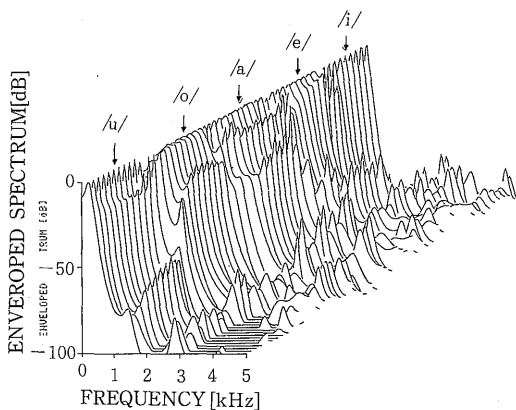


Fig. 10. 条件 II (/uoaiei/) における健聴者の音声サンプルの 3 次元表示

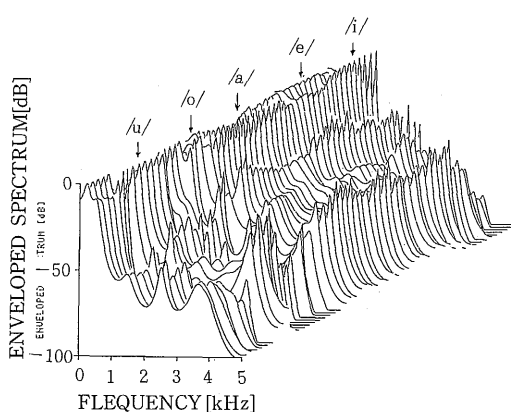


Fig. 11. 条件 II (/uoaiei/) における聴覚障害者の音声サンプルの 3 次元表示

あり、舌の巧みな運動の習得ができなかったために、発語機能が不安定であると考えられる。

(3) 連母音発語の力動性について

Fig. 8—Fig. 13は、自己相関法、ならびに LPC 分析によって得られた 3 次元表示の結果のサンプルを示す。健聴者と聴覚障害者の 3 次元表示についてみると、健聴者では、各発語順序条件下でのフォルマントピークの動きは、各母音に対応して顕著な力動性を示すのに反し、聴覚障害者では、フォルマントピークの連続性が単調である。聴覚障害者の F_1 , F_2 ともにフォルマントピークは /a/, /i/, /u/, /o/ の 4 母音において /e/ の周波数域に近似しており母音の中性化 (vowel neutralization) がみられる。および発語条件 3 で

は、不整ピークを示し、断裂部の介在など、たぐみな力動性が低下している。これは、発語条件 1, 2 と比べて連続したものではなく、声道の中で前後への舌の移動を強いられるからであると推測される。これは、聴覚障害者にとって、筋感覚、触感覚などのフィードバックによる母音構音動作の舌の調節が困難であるためと思われる。Monsen ら (1978, 1979) は、聴覚障害児の言語訓練では、適切な呼吸、正確な舌の位置とその移動、口の開きを指導することが重要であるとしている。今後、音声言語の明瞭性を改善するために、分節的特徴 (音素、音節) のみならず、超分節的特徴 (音韻的特徴: ピッチ、強さ、速度) の改善の指導が重要であるといえよう。

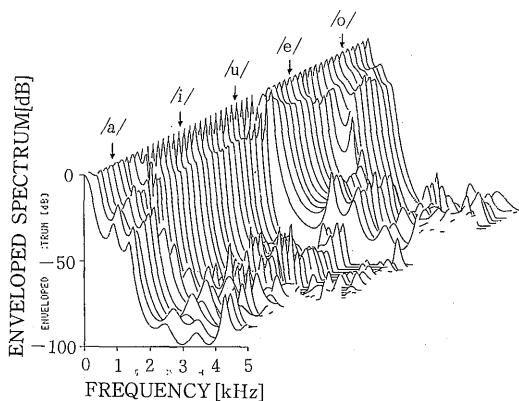


Fig. 12. 条件III (/aiueo/)における健聴者の音声サンプルの3次元表示

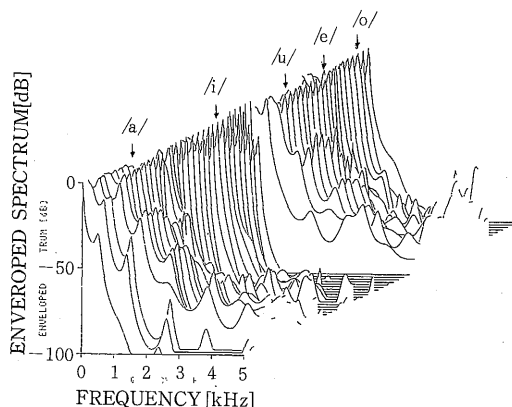


Fig. 13. 条件III (/aiueo/)における聴覚障害者の音声サンプルの3次元表示

5. まとめ

聴覚障害者5名、健聴者5名による連母音発語時 (/ieaou/, /uoei/, /aiueo/) のフォルマント周波数 (F_1 , F_2) の変動性について検討した。

(1) 発語条件にみられる特徴

聴覚障害者と健聴者とを比較すると条件2 /uoei/, 条件3 /aiueo/, 条件1 /ieaou/の順に相対変動値が大きかった。条件2の F_1 の相対変動値は、聴覚障害者及び健聴者ともほぼ同じ値を示した。

(2) 5母音にみられる特徴

F_1 の相対変動値は、聴覚障害者及び健聴者と比較して、/a/が最高値を示し健聴者の約2倍であった。 F_2 では、/i//u/の相対変動値が大きく、それぞれ健聴者の3.4倍、2.6倍であった。 F_2 の相対変動値は、どの母音も健聴者の1.8倍～3.4倍と大きい値を示した。

(3) 連母音発語の力動性について

健聴者では各発語条件でのフォルマントピークの動きは、顕著な力動性を示すのに反し、聴覚障害者では、フォルマントピークの力動性が低下していた。従って音声言語は単調になり、あいまい母音化していることが示された。

文 献

- 1) Angellocci, A. A., Kopp, G. A., and Holbrook, A. (1964): The vowel formant of deaf and normal hearing eleven-to fourteenyears old boys. J. Speech Hearing Dis., 29, 156-170.

- 2) House, A. S. and Fairbanks, G. (1953): The influence of consonant environment upon the secondary acoustical characteristics of vowels, in Lehist, I. Ed. Readings in Acoustics, 1967, The MIT Press, 128-136.
- 3) 鏡隆左衛門他 (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.
- 4) 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.
- 5) 加藤靖佳他 (1985): 聴覚障害者の音声産出における音響音声学的研究, 一連母音における第2フォルマント変移について一. 日本特殊教育学会第23回大会発表論文集, 94-95.
- 6) Monsen, R. B. et al (1978): Improvement in vowel articulation of deaf children. Journal of Communication Disorders, 11, 417-424.
- 7) Monsen, R. B. (1979): Acoustic qualities of phonation in hearing impaired children. Journal of the Acoustical Society of America, 22, 270-288.
- 8) Nickerson, R. S. (1975): Characteristics of the speech of deaf persons, The Volta Review, 77, 342-362.
- 9) Smith, C.: Residual hearing and speech production in deaf children. J. Speech Hearing Res., 18, 795-811.
- 10) 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.

本研究の目的は、聴覚障害者における母音育成の特徴を分析することである。被験者は聴覚障害者 5 名、健聴者 5 名であった。被験者によって発声された音声サンプルは、/ieaou/, /uoaei/, /aiueo/ であった。これらのサンプルは録音され、ソナグラフ及び音声情報処理システムによって分析された。結果は以下の通りである。

1) 条件の特徴

三つの発語条件 (1 : /ieaou/, 2 : /uoaei/, 3 : /aiueo/) における五つの母音の変動値が測定された。すべての条件の相対変動値は、健聴者のものより高かった。条件 2 の F_1 は健聴者と同じであった。

2) 母音の特徴

F_1 にみられる /a/ の相対変動値は、他の 4 母音よりも高かった。一方 F_2 における /i/, /u/ の相対変動値は他の 3 母音よりも高い値を示した。

3) 力 動 性

健聴者におけるすべての条件でのフォルマントピークには力動性がみられた。しかし、聴覚障害者の力動性は健聴者のものより低かった。このことは、聴覚障害者の発話は、単調なイントネーションや母音の中性化のためと考えられる。

Summary

Acoustic-Phonetic Characteristics of Vowel Production in Hearing Impaired Persons

Yasuyoshi Kato Tomoyoshi Yoshino Sanetomi Eguchi

The aim of the present study was to analyze characteristics of vowel production of hearing impaired speakers. Subjects were five hearing impaired adults and five normal hearing persons. The samples uttered by subjects were /ieaou/, /uoaei/, /aiueo/. These samples were recorded and analyzed by Sonagraph (RION SG—07) and speech sound analyzing system (YEW 3652—02, KANOMAX REALEX 16, KANOMAX MODEL 5858). The results were as follows.

1) Condition characteristics

The formant of fluctuations of five vowels in three speech conditions (1 : /ieaou/, 2 : /uoaei/, 3 : /aiueo/) were measured. The formant fluctuation ratios of all conditions were higher than in hearing speakers. The first formant of condition 2 was similar to that of normal speakers.

2) Vowel characteristics

The formant fluctuation ratios of /a/ in F_1 were higher than those of other vowels, while the formant fluctuation ratios of /i/, /u/ in F_2 were higher than those of other vowels.

3) Dynamics

The movements of the formant peaks of all conditions in the normal hearing speakers showed dynamics, as in the hearing impaired speakers, the degree of the dynamics were lower than the normal speakers. The above results that the speech of the hearing impaired speakers have a monotonous intonation together with a vowel neutralization.

Key word: hearing impaired, vowel production, formant, dynamics