

## 高度・重度聴覚障害者の母音/i/における鼻音化の音響的特徴

加藤 靖 佳

本研究は音響学的な分析手法を用いて、高度・重度聴覚障害者の音声の鼻音化特徴をスペクトル上で確認するとともに、母音の鼻音化の定量的な評価方法を検討し、スペクトルからみた鼻音性情報の特徴について分析した。被験者は、良聴耳の平均聴力レベルが86~128 dB以上(HL)の両側感音難聴者20名(18~19歳、男性9名、女性11名)と、健聴者6名(21~29歳、男性3名、女性3名)の計26名であった。音響分析には、リフトードスペクトルを用いた。その結果、高度・重度聴覚障害者音声の鼻音化成分が母音/i/のスペクトルで約1 kHzに顕著に認められた。1 kHz付近のピークが鼻音化成分であり、鼻腔の共振周波数もほぼこのあたりであることが示唆された。また、鼻音化成分の指数(FX)と聴力レベル(HL)との関係は、負の相関があり、聴力レベルが大きくなるにつれて、鼻音化成分は第1ホルマント周波数よりになる傾向にあることが示された。

キー・ワード：鼻音化 母音 音響的特徴 聴覚障害

### I. はじめに

高度・重度聴覚障害者の音声は、多くの場合明瞭性が低く聴き手にとって理解しにくい面がある。一般的に、音声生成の情報の欠如を補うために触知覚のフィードバックに頼っている。この触知覚から聴覚へのmodalityのシフトは高度・重度聴覚障害者にとって、典型的な音声エラーの原因となっている。明瞭な音声を習得するためには、聴覚的フィードバックの欠如を補うことが必要である。現在、音声習得のための発声・発語訓練装置が開発されている<sup>5)</sup>。これらの装置を用いて訓練する場合、聴覚障害者の残存聴力を最大限に利用することが重要である。しかし、特に高度・重度聴覚障害者にとっては、それだけでは不十分であり、視覚表示を用いたり、振動触覚を用いたりすることが効果をあげることになる。これらの聴覚以外の感覚を利用することによって、音声情報の一部を伝

達したり、あるいは音響的特徴を把握したりして、自分の音声のコントロールに役立てることができる。

視覚表示を用いた発声・発語訓練には、サウンドスペクトログラフがある(Potter, Kopp and Kopp, 1966<sup>12)</sup>; Stark, Gullen and Chase, 1968<sup>13)</sup>)。正常の聴力をもった子供が、ことばを覚える過程では、自分の音声器官が出している音を聴くことが重要である。しかし、高度・重度聴覚障害者においては、聴覚における制限のため、聴覚フィードバックが困難である。それを補うために、自分自身や他人のことばを映し出すスペクトログラムの助けを借りて、音声の推移を知ることができる。そして、正常聴力をもつ人々がつくり出したスペクトログラムのパターンと、自分自身の音声器官がつくったパターンとを比較して、明瞭な音声言語を発語することを学ぶことができる。例えば、母音の音響的特徴は、声道の伝達関数の低次の極すなわちホルマント周波数で表わされるから、これを音声波

形から抽出してして視覚化すれば、生のスペクトルより読みやすい。ケプストラムの原理を利用して音声波形を視覚化する装置 (Cohen, 1968)<sup>2)</sup>、スペクトル分析 (Angelocci, Kopp, and Holbrook, 1964<sup>1)</sup>; Monsen, 1978)<sup>10)</sup>、LPC 分析 (Osberger, Levitt and Slosberg, 1979<sup>11)</sup>; 加藤・吉野・江口, 1987 a<sup>7)</sup>、リフタードスペクトル分析 (加藤・吉野: 1987 b<sup>6)</sup>) などがある。

母音生成に関する誤りのひとつに母音の不適切な鼻音化によるもの (Stevens, Nickerson, Boothroyd and Rollins, 1976<sup>14)</sup>) がある。鼻音性を音声波から検出することは、かなり難しいことである。しかし、音声は音である以上、高度・重度聴覚障害者によって発語された音声は鼻音化音声として聴取されるならば、その情報は音声波のもつスペクトル情報の中に存在していることは確かである。

## II. 目的

高度・重度聴覚障害者の音声は、鼻咽腔の機能的閉鎖が不全になるため、母音が鼻音化する傾向にある。高度・重度聴覚障害者の発音の鼻音化の評価は、発声・発語指導を行なう教師の聴覚的な判断に頼っているのが現状である。

本研究は音響学的な分析手法を用いて、高度・重度聴覚障害者の鼻咽腔閉鎖の不全による音声の鼻音化特徴をスペクトル上で確認するとともに、母音の鼻音化の定量的な評価方法を検討し、スペクトルからみた鼻音性情報の特徴について、発声・発語訓練装置の利用に役立てる資料を得ることを目的とする。

## III. 方法

### 1. 被験者

被験者は、良聴耳の平均聴力レベルが 86~128 dB 以上 (HL) の両側感音難聴者 20 名 (18~19 歳、男性 9 名、女性 11 名) と、発声・発語に異常のない建聴者 6 名 (21~29 歳、男性 3 名、女性 3 名) の計 26 名であった。高度・重度聴覚障害者の聴力レベルを Table 1 に示す。

### 2. 検査語音

検査語音は、日本語の持続発声単母音/i/であった。

### 3. 録音方法

被験者は防音室内で楽な姿勢で椅子に座り、検査語音を発語した。音声は被験者の口前約 15 cm に置かれたマイクロホン (SONY ECM290E) 及びデジタルオーディオプロセッサ (SONY PCM-F1) を通してビデオカセットレコーダ (SONY SL-B5) に録音された。検査語音 (持続発声単母音/i/) は、カード (128 mm × 181 mm) に書かれ、被験者に呈示された。被験者に検査語音を 3 回発語させ、3 回目のものを音声資料とした。

### 4. 分析方法

高度・重度聴覚障害者の音声資料は、聴覚障害児教育にたずさわる教師 3 名による聴覚的な評価を行ない、鼻音化した母音であると評価された音声を資料として分析した。Fig. 1 に実験装置のブロックダイアグラムを示す。録音された被験者の検査語音はそ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、その定常母音部分/v/が切り出された。各母音は音声情報処理システム (TSUKUBA-FM; Dual Channel Signal Analyzer (B & K 2032), Computer (HP216)) によって分析され、ホルマント周波数抽出がなされた。B & K 2032 による分析条件は、取り込み時間 125 ms、分析周波数 6.4 KHz、サンプリング時間 61.0  $\mu$ s であった。ホルマント周波数抽出には、ケプストラム及びリフタードスペクトラム分析が用いられた。分析された音響パラメータは、鼻音化成分 (FN) であった。FN 成分とは、第 1 ホルマント周波数と第 2 ホルマント周波数の間に存在するピークのことである。本研究は、FN 成分に着目して分析を行なった。鼻音化成分の周波数を FN、鼻音化成分のレベルを LN (算出方法は、今井・中村・平原・伊福部 (1985)<sup>4)</sup> による)、鼻音化成分の指数を FX とする。FX は、第 1 ホルマント周波数 (以下  $F_1$  とする) と第 2 ホルマント周波数 (以下  $F_2$  とする) の中間周波数からのずれを示す。Fig. 2 に FN 成分、Fig. 3 に LN 成

高度・重度聴覚障害者の母音/i/における鼻音化の音響的特徴

Table. 1 高度・重度聴覚障害者の聴力レベル

S	SEX	AGE	MEAN		125	250	500	1000	2000	4000	8000(Hz)
1.	M	17	R	115	NR	105	115	115	115	125	NR
			L	114	NR	105	110	110	125	NR	NR
2.	F	17	R	104	70	75	115	110	110	125	NR
			L	111	75	95	105	115	110	130	NR
3.	F	17	R	99	90	100	90	110	105	90	115
			L	106	90	95	95	95	120	125	NR
4.	F	17	R	106	75	85	95	105	120	115	NR
			L	96	70	75	75	105	110	120	NR
5.	F	17	R	121	80	85	115	120	130	120	NR
			L	119	NR	110	115	115	130	120	NR
6.	M	17	R	95	80	80	75	95	115	105	115
			L	99	85	85	85	100	110	105	110
7.	M	17	R	110	80	80	95	110	125	NR	NR
			L	111	80	90	95	115	120	120	NR
8.	M	17	R	111	85	105	100	110	110	120	125
			L	113	80	95	100	110	120	NR	NR
9.	F	17	R	100	75	75	85	100	115	100	NR
			L	103	80	80	85	105	115	110	NR
10.	M	17	R	86	65	75	85	90	80	90	105
			L	90	65	70	80	95	90	80	120
11.	M	17	R	93	70	75	80	90	110	110	NR
			L	91	80	80	80	90	105	120	NR
12.	F	18	R	103	80	75	85	105	115	120	NR
			L	106	85	80	90	110	115	125	NR
13.	F	18	R	126	↓	85	115	115	130	NR	NR
			L	125	↓	85	100	110	130	NR	NR
14.	F	18	R	118	65	90	110	120	120	115	125
			L	124	80	105	120	125	125	120	NR
15.	F	18	R	104	NR	95	95	105	110	115	120
			L	104	85	95	95	105	110	110	NR
16.	M	18	R	106	75	85	95	105	120	115	NR
			L	103	80	80	85	105	115	110	NR
17.	M	18	R	130	↓	85	110	NR	NR	NR	NR
			L	128	↓	85	110	120	NR	NR	NR
18.	F	18	e	100	75	75	90	100	110	110	NR
			L	98	65	75	90	95	110	115	110
19.	M	19	R	88	85	85	85	90	85	100	NR
			L	115	65	85	110	115	120	110	OR
20.	F	19	R	99	80	75	80	100	115	110	110
			L	104	70	75	85	105	110	110	110

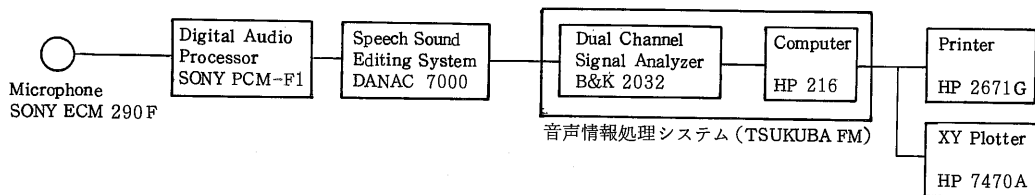


Fig. 1 実験装置のブロックダイアグラム

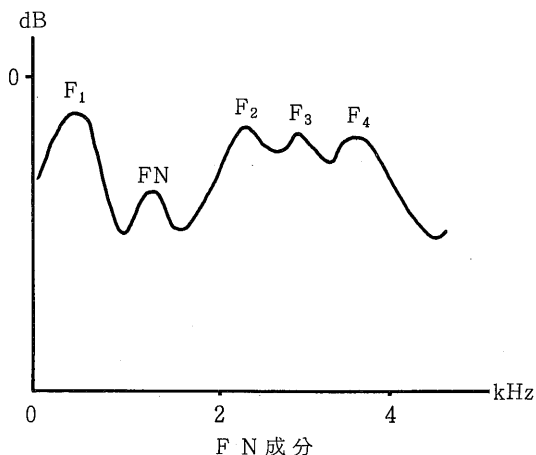


Fig. 2 FN成分

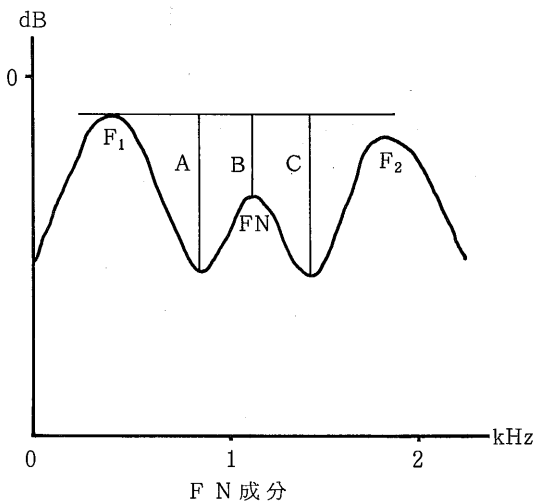


Fig. 3 LN成分

分を図示する。それぞれの算出方法は、下記のとおりである。

鼻音化成分のレベル

$$LN = (A + C) / 2 - B$$

鼻音化成分の指数

$$FX = (F_1 + F_2) / 2 - FN$$

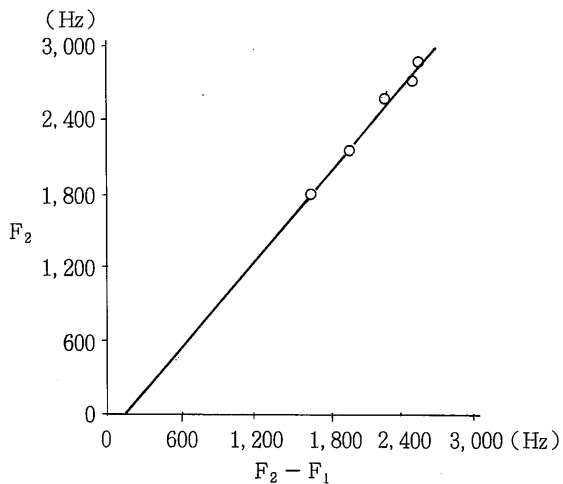
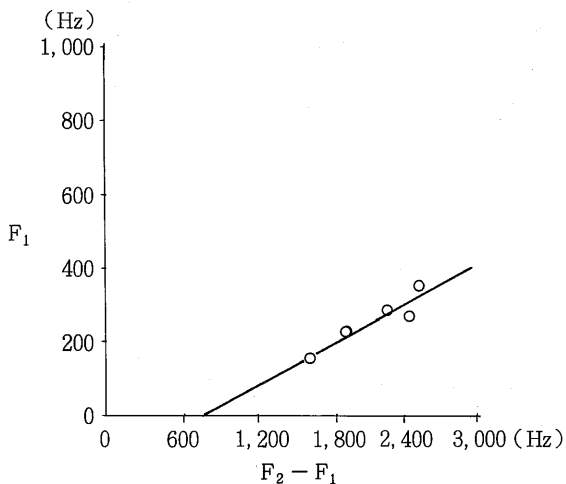
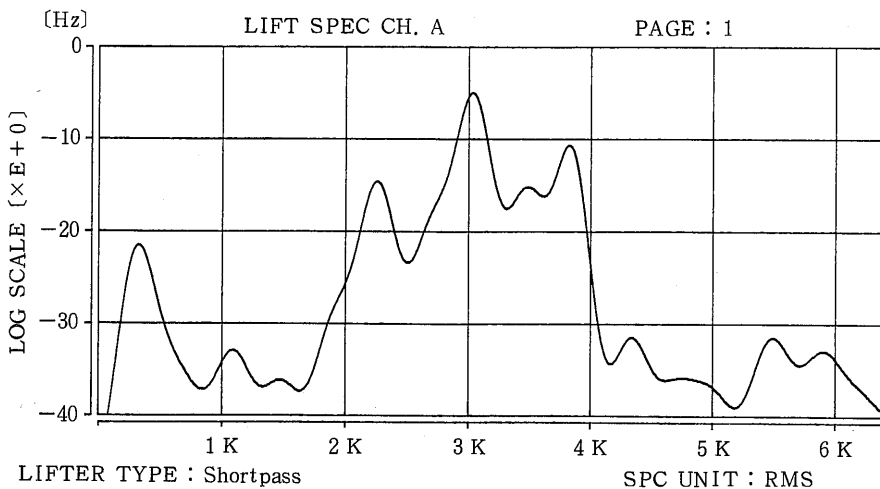
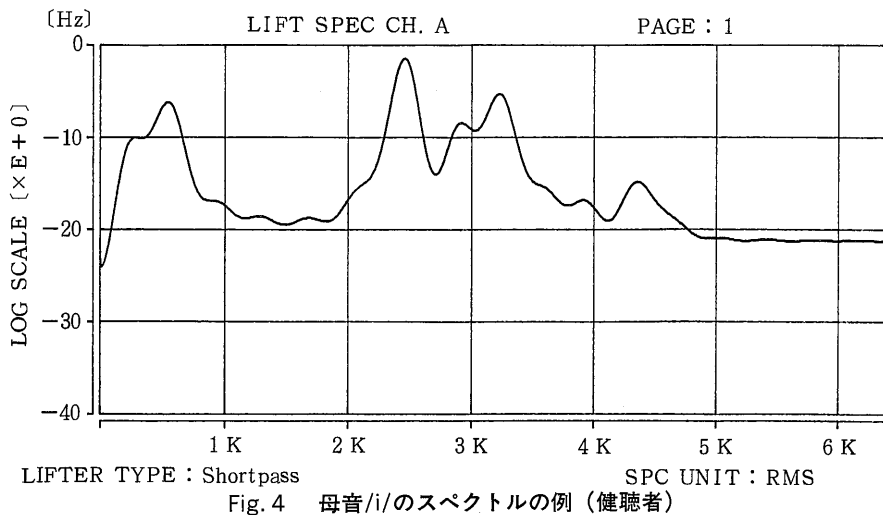
#### IV. 結果及び考察

Fig. 4、Fig. 5 に母音/i/のスペクトルの例を示す。Fig. 6、Fig. 7 に母音/i/にみられる  $F_2 - F_1$  と  $F_1$  の関係及び  $F_2 - F_1$  と  $F_2$  の関係を示す。 $F_2 - F_1$  は、第2ホルマント周波数から第1ホルマント周波数を差引いた値、すなわち、 $F_2$  と  $F_1$  の相対的な距離を周波数で示したものである。健聴者の  $F_1$  は、回帰直線の傾きが正 (0.19) であり、高度・重度聴覚障害者の  $F_1$  は、傾きが負 (-0.20) であった。次に、 $F_2$  についてみると、健聴者にみられる  $F_2$  は、傾きが正 (1.19) であり、高度・重度聴覚障害者にみられる  $F_2$  も傾きが正 (0.80) であった。Table 2 に回帰直線の傾きと相関係数を示す。

回帰直線の相関係数は、健聴者の  $F_1$  が  $r = 0.93$ 、 $F_2$  は  $r = 0.99$  であり、それぞれ  $F_2 - F_1$  との間に有意に正の相関がみられた。高度・重度聴覚障害者の場合、 $F_2$  は  $r = 0.93$  で、 $F_2 - F_1$  との間に有意に正の相関がみられたが、 $F_1$  は、 $r = -0.52$  であった。すなわち、健聴者の/i/においては、 $F_2 - F_1$  の値が高くなるにつれて、それぞれのホルマント周波数は、高くなっている。しかし聴覚障害者にとっては  $F_2 - F_1$  の増加に伴い、 $F_2$  は健聴者同様、正の相関があり周波数が高くなっているものの、 $F_1$  は健聴者のそれとは反対に負の相関があり、 $F_2 - F_1$  の値が高くなるにつれて減少している。この  $F_1$  の減少は、 $F_2$  と  $F_1$  の相対的距離が離れるほど  $F_1$  が低周波域へ変化していることを示している。

Fig. 8 に鼻音化成分の指数 (FX) と鼻音化成

高度・重度聴覚障害者の母音/i/における鼻音化の音響的特徴



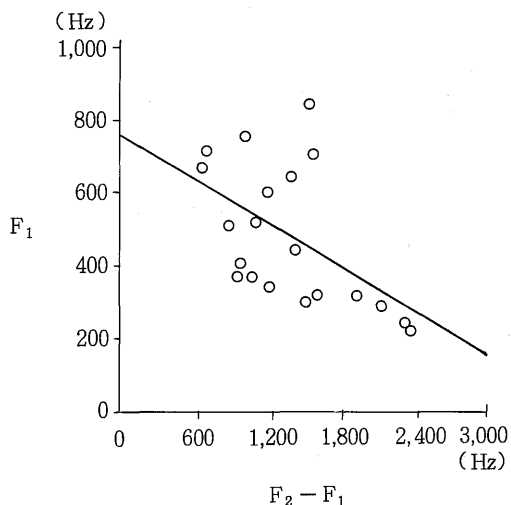


Fig. 7-1  $F_2-F_1$ と $F_1$ の関係 (高度・重度聴覚障害者)

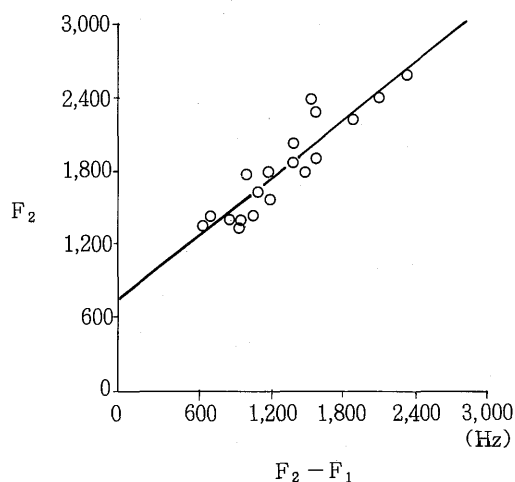


Fig. 8 鼻音化成分の指数とレベル

Table. 2 母音/i/における $F_1$ 及び $F_2$ にみられる回帰直線の傾きと相関係数

	健聴者	高度・重度聴覚障害者
$F_1$	0.19 ( $r=0.93$ )	-0.20 ( $r=-0.52$ )
$F_2$	1.19 ( $r=0.99$ )	0.80 ( $r=0.93$ )

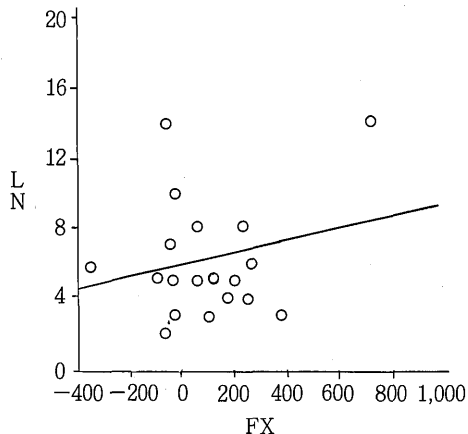


Fig. 7-2  $F_2-F_1$ と $F_2$ の関係 (高度・重度聴覚障害者)

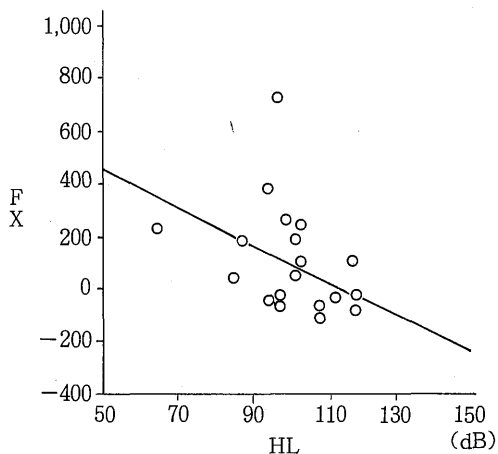


Fig. 9 聴カレベルと鼻音化成分の指数

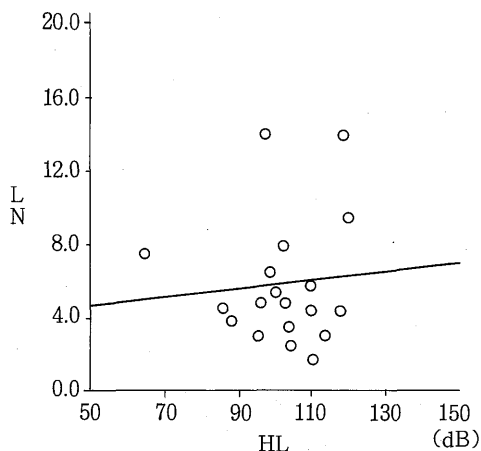


Fig. 10 聴カレベルと鼻音化成分のレベル

分のレベル(LN)の関係を示す。両者の関係は、 $r=0.23$ であり、相関は認められなかった。

Fig. 9 に聴力レベル (HL) と鼻音化成分の指数 (FX) の関係を示す。両者の関係は、 $r=0.69$ であり、HL 及び FX の間に相関がみられた。すなわち、聴力レベルが大きくなるにつれて鼻音化成分の指数が、第 1 ホルマントより現われる傾向にある。

Fig. 10 に聴力レベル (HL) と鼻音化成分のレベル (LN) との関係を示した。この関係は  $r=0.03$  であり、相関は認められなかった。

従来の母音の鼻音化に関する研究では、鼻音化の音響学的特徴として、低次ホルマントの変動をあげている。すなわち、鼻音化による 1 kHz 付近の成分以外のスペクトル変化についての報告である。第 1 ホルマントの帯域幅の拡大 (竹内・粕谷・城戸、1975)<sup>15)</sup>、250~300 Hz 付近のエネルギー増強 (Potter, Kopp and Kopp, 1966)<sup>12)</sup>、高音域エネルギーの変化 (Dickson, 1962<sup>3)</sup>; Potter, Kopp and Kopp, 1966<sup>12)</sup>)、などが報告されている。

菰口 (1972)<sup>9)</sup> は、聴覚的な鼻音化度と鼻咽腔閉鎖度との関係を調べ、鼻音化度が、母音の種類により異なり、そして鼻咽腔間隙が一定の場合には、高舌及び前舌母音 (/i/, /u/, /e/) は低舌及び後舌母音 (/o/, /a/) と比較し、より強く鼻音化される傾向にあることを報告している。

鼻音化の音声は、声道すなわち音響管が並列に並んでいるモデルで説明ができる。従って鼻音化音声は、鼻腔からの成分を口腔からの成分が加算されたスペクトルになる。このことにより鼻咽腔閉鎖が不完全であると鼻腔への呼気が大となり、音声の明瞭性が悪くなる。

本研究では、主に母音/i/の 1 kHz 付近におけるスペクトルの成分に着目した。母音/i/のスペクトルパターンは他の母音に比べて、第 1 ホルマント周波数 (約 300 Hz) と第 2 ホルマント周波数 (約 2 kHz) とが相対的に離れており、しかも 1 kHz 付近の鼻音化成分はちょうど両ホルマント周波数の谷の部分に現われるためである。今井ら (1985)<sup>4)</sup> は、口蓋裂音声の鼻音性の

定量的評価に 1 kHz 周辺におけるスペクトル成分のピークをあげている。本研究においても、高度・重度聴覚障害者音声の鼻音化成分が母音/i/のスペクトルで約 1 kHz に顕著に認められた。また、鼻音化成分の指数 (FX) と聴力レベル (HL) との関係は、負の相関があり、聴力レベルが大きくなるにつれて、鼻音化成分は第 1 ホルマント周波数よりになる傾向にあることが示された。

## V. まとめ

高度・重度聴覚障害者の音声は、母音が鼻音化する傾向にある。本研究は音響学的な分析手法を用いて、高度・重度聴覚障害者の音声の鼻音化特徴をスペクトル上で確認するとともに、母音の鼻音化の定量的な評価方法を検討し、スペクトルからみた鼻音性情報の特徴について、発声・発語訓練装置の利用に役立てる資料を得ることを目的とした。被験者は、良聴耳の平均聴力レベルが 86~128 dB 以上 (HL) の両側感音難聴者 20 名 (18~19 歳、男性 9 名、女性 11 名) と、健聴者 6 名 (21~29 歳、男性 3 名、女性 3 名) の計 26 名であった。リフトードスペクトル分析の結果、高度・重度聴覚障害者音声の鼻音化成分が母音/i/のスペクトルで約 1 kHz に顕著に認められた。1 kHz 付近のピークが鼻音化成分であり鼻腔の共振周波数もほぼこのあたりであると考えられる。また、鼻音化成分の指数 (FX) と聴力レベル (HL) との関係は、負の相関があり、聴力レベルが大きくなるにつれて、鼻音化成分は第 1 ホルマント周波数よりになる傾向にあることが示された。従って、スペクトル情報から音声の鼻音化成分を視覚的に表示することによって、より明確にそして客観的な発声・発語訓練が可能となることが考えられる。

## 文 献

- 1) Angelocci, A., Kopp, G., and Holbrook, A. (1964): The vowel formants of deaf and normal-hearing eleven to fourteen-year-old

- boys. *J. Speech Hear. Disord.*, 29, 2, 156-170.
- 2) Cohen, M. L. (1968): The ADL sustained phoneme analyzer. *Am. Ann. Deaf*, 113, 2.
  - 3) Dickson, D. (1962): An acoustic study of nasality. *J. Speech Hear. Res.*, 5, 2, 103-111.
  - 4) 今井 徹・中村進治・平原達也・伊福部達 (1985): 口蓋裂音声の鼻音化の定量的評価. *日本音響学会誌*, 41, 2, 69-76.
  - 5) 医療福祉機器研究所 (1984): 言語障害者用発声発語訓練装置, 医療福祉機器技術研究開発成果報告.
  - 6) 粕谷英樹 (1984): 鼻音化母音の知覚関連量, *音響学会音声研究資料*, S84-41.
  - 7) 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.
  - 8) 加藤靖佳・吉野公喜 (1987b): 聴覚障害者における VCV 音節発語の音響音声学的研究. *心身障害学研究*, 12 (1), 7-17.
  - 9) 菰口英夫 (1972): 母音の鼻音化に関する実験的研究. *日本耳鼻咽喉科学*, 75, 809-819.
  - 10) Monsen, R. B. (1978): Toward measuring how well hearing-impaired children speak. *J. Speech Hear. Res.*, 22, 270-288.
  - 11) Osberger, M. J., Levitt, H., and Slosberg, R. (1979): Acoustic characteristic of correctly produced vowels. *J. Acoust. Soc. Am.*, 66, suppl., 13.
  - 12) Potter, R. K., Kopp, B. A., and Kopp, H. C. (1966): *Visible Speech*. D. Van Nostrand Co. Inc.
  - 13) Stark, R., Gullen, J., and Chase, R. (1968): Preliminary work the new bell telephone visible speech translator. *Am. Ann. Deaf*, 113, 2, 205-214.
  - 14) Stevens, K. N., Nickerson, R. S., Boothroyd, A., and Rollings, A. M. (1976): Assessment of nasalization in the speech of deaf children. *J. speech Hear. Res.*, 19, 393-416.
  - 15) 竹内章司・粕谷英樹・城戸健一 (1975): 鼻音性の音響関連量について. *日本音響学会誌*, 31, 298-309.



## **Acoustic Characteristics of Nazalization on the Vowel /i/ in Adolescents with Severe and Profound Hearing Impairments**

**Yasuyoshi KATO**

The purpose of the present study was to analyze the characteristics of the speech of adolescents with severe and profound hearing impairments. This formed part of a broad study on nazalization of the speech in adolescents with severe and profound hearing impairments. The test word consisted of Japanese vowel/i/. In order to evaluate their nazality Japanese vowel/i/ pronounced by 20 hearing impaired persons and 6 normal hearings. Parameters of acoustic analysis were formant frequency and the component of nazalization. Samples were recorded by Digital Audio Processor (SONY PCM-F1) and analyzed by Dual Channel Signal Analyzer (B & K 2032). From the results of this study the following findings were observed.

From the spectrum analysis of the vowel/i/, a distinct peak of spectral envelope is found in the frequency range between the first formant and the second formant, which will be referred to as the component of nazalization. Two parameters (LN, FX) are calculated from this component for the purpose of evaluating the nazalization. FX parameters have positive correlation with nazalization. It is concluded that the nazalization extracted by spectrum analysis methods will provide a sound basis for speech training in adolescents with severe and profound hearing impairments.

**Key Words :** Nazalization, Vowel, Acoustic characteristics, Hearing impaired