

しかし、この SF の効果は物理的なものであるのか、それとも心理物理的な要因によるのか。次の節ではこの問題を取りあげる。

3. 考察

この節では、歌声のスペクトルの減衰傾向について考察する。また、SF のある歌声の、音の大きさに関する心理物理的な要因について検討する。

3.1 スペクトルの減衰

スペクトルの減衰傾向を調べるため、次式により算出される一次のケプストラム係数 c_1 を求めた。

$$c_1 = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \log |X(k)| e^{j2\pi k/N} \quad (2)$$

N はフレーム長であり、 $X(k)$ はフーリエ変換である。 c_1 はスペクトル包絡の傾斜を表し、正の値であればスペクトルの低域は上がり、高域は下がっている。 c_1 の算出は、標準音と被験者の座席付近で録音しておいた -35dB 音で行った。

結果として、標準音の c_1 の値は大きく、座席付近の音のものは小さい傾向が見られた。このことは Flanagan が示した [4] ように、スピーカから被験者までの音声の伝播において、低周波数成分が大きく減衰するという意味する。

しかしながら、歌声と話し声との間の c_1 の上記の傾向の違いはそう大きなものではなかった。これは、SF (2.7kHz) が 10kHz サンプルでほぼ中央 (2.5kHz) に存在したためである。そこで、録音された -35dB 音に対し式 (1) で定義されるパワーを計算した。その結果を図 3 に示す。この図から、話し声よりも SF のある歌声の方が大きいという傾向がわかる。これにより、伝播した音声のパワーに関する Flanagan の説を確認することができる。

3.2 心理物理的な音の大きさ

SF のある歌声の大きさについて聴覚特性との関係を検討するため、各刺激音の心理物理的な音の大きさを求めた。

心理物理的な大きさは、音声の周波数軸をメル・スケールで、振幅をゾーン・スケールで表したメル・ゾーン・スペクトル [5] により求める。メル・ゾーン・スペクトルの 20 個の値の合計を心理物理的な音の大きさとする。

録音した -35dB の各音声の心理物理的な音の大きさを図 4 に示す。聴取実験の結果 (図 2) とパワー (図 3) および心理物理的な音の大きさ (図 4) との類似度を定量的に検討するため、各グラフのパターンを 20 次元ベクトルとみなし、次式によりベクトル成分を正規化し、パター

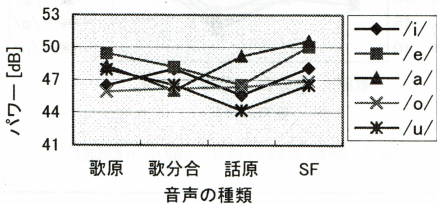


図 3. 式(1)によるパワー

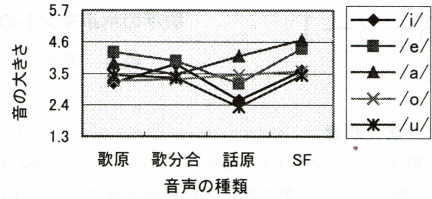


図 4. 心理物理的な音の大きさ

表 1. 聴取実験の結果との類似性 (距離)

パワー	4.24
心理物理的な音の大きさ	3.98

ン間のユークリッド距離を算出した。

$$x'_i = (x_i - m) / \sigma \quad (3)$$

ここで、 m はベクトル成分の平均値であり、 σ は標準偏差である。

聴取実験の結果のパターンとパワーおよび音の大きさとの間のベクトル間距離を表 1 に示す。これによると、パワーのパターンよりも、わずかであるが心理物理的な音の大きさのパターンの方が距離が小さく、より聴取実験の結果のパターンに似ていると言える。したがって、歌手のホルマントの音の大きさに対する効果は、聴覚の心理物理的特性にも一部起因していると考えられる。

4. むすび

歌手のホルマントのある歌声の音の大きさを検討するため、聴取実験を行った。実験の結果、歌声の方が話し声よりも、より遠くまで届くということ、そしてその要因は、歌手のホルマントにあることが示された。

また、スペクトルの減衰の傾向を見るため、一次のケプストラム係数およびパワーを比較し、音声の伝播では低域成分の減衰が高域よりも大きいことを確認した。

さらに、歌手のホルマントのある歌声の音の大きさについて、聴覚の特性との関係を検討するため、メル・ゾーン・スペクトルを用いて心理物理的な音の大きさを算出した。これにより、歌手のホルマントの効果は、聴覚の心理物理的な特性の一部関係していることを示した。

参考文献

- [1] Sundberg, J., "Articulatory interpretation of 'singer's formant'", Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 55, pp.838-844 (1974).
- [2] Hollien, H., Keister, F., and Hollien, P.A., "Experimental data on 'singer's formant'", Journal of the Acoustical Society of America, Supplement 1, Vol. 64, S171 (Abstract) (1978).
- [3] J スンドベリ, "歌声と歌唱の知覚", D ドイツェ編「音楽の心理学(上)」西村書店, pp. 85-87, (1987).
- [4] Flanagan, J. L., "Speech analysis, synthesis and perception (2ed expanded ed.)", Springer-Verlag, Berlin and New York, pp.38-41 (1972).
- [5] 高良 富夫, 今井 聖, "メル・ゾーン・スペクトルを用いる母音識別", 電子通信学会論文誌, J65-A, 8, pp.818-825 (1982-8).