スペクトル距離を用いた音声聴取時の 外来雑音に対するうるささの心理的応答予測

○為末 隆弘 (長野高専), 佐伯 徹郎, 山口 静馬 (山口大学), 老松 建成 (海上保安大学校)

Method of predicting psychological impressions for random noise
based on spectral distance

Takahiro Tamesue (Nagano National College of Technology),
Tetsuro Saeki, Shizuma Yamaguchi (Yamaguchi University) and
Kensei Oimatsu (Japan Coast Guard Academy)

1. はじめに

情報伝達の最も基本的な手段の一つに音声信号の直接的な伝達がある。この場合、聴取者が雑音に悩まされることなく、音声聴取に専念できる快適な音場を実現することが重要である。そのためには、音声信号と外来雑音の各パワースペクトル形状に関する相対的関係とそのときに生じる雑音に対する心理的印象との関連性を定量的に事前に把握しておくことが重要となる。他方、上記の関係を定量化するとき、聴取者が示す雑音に対する心理的印象はあくまで人間の主観的判断に基づいたものであり、感覚的応答に対する言語表現そのもののあいまいさや、人間の主観的判断に不可避免地付随するあいまいさを考慮することが必要となろう。

このような観点から本研究では、講演や放送などの音声聴取といった精神活動を行っている人間に対し、無意味ランダム雑音がどのような心理的影響を与えるかをファジイ理論を用いて考察する。具体的には、音声信号と外来雑音の振幅・周波数特性に関する相対的関係を考慮したスペクトル距離¹⁾を台とする“うるささ”²⁾に関する心理的印象のメンバシップ関数をまず設定している。次いで、このメンバシップ関数を用いて、様々な周波数スペクトル形状を有する男性や女性の音声信号を聴取している場合に、任意のパワースペクトル形状の無意味ランダム外来雑音が侵入してきたとき、この雑音に対して聴取者がどのような心理的応答を示すかをファジイ確率の形で予測し、室内心理実験による実測データから求めた実測値との比較を行っている。

2. 音声聴取心理実験の概要

実験 I

[I-A] 被験者

聴力正常な 20 歳代の男性 3 名と女性 2 名。

[I-B] 提示音

(I-B-1) 音声信号 市販の男性講演テープを用いた。時間平均音圧レベルを約 63 [dB] に設定した。

(I-B-2) 外来雑音 白色雑音をオクターブ帯域フィルタに通した後、これを一様分布に従うランダム変数によって増幅・減衰(継続時間: 10 秒)して作成した。オクターブ帯域フィルタの中心周波数は 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 [Hz] の 8 種類である。上記の 8 種類の不規則変動雑音のレベル変動幅が約 43 ~ 93 [dB] となるようにゲイン調整を行った。

[I-C] 測定方法

被験者は音声信号と外来雑音を同時に聞き、雑音に対する心理的印象 (F_1 : 全く気にならない, F_2 : 気にならない, F_3 : あまり気にならない, F_4 : 少しうるさい, F_5 : うるさい, F_6 : かなりうるさい, F_7 : 非常にうるさい)²⁾を 10 秒ごとに判断した。上記の判断を 5 分間連続して行い、1 種類の雑音条件に対して 8 回繰り返した。

実験 II

[II-A] 被験者

実験 I とは異なる聴力正常な 20 歳代の男性 6 名と女性 2 名。

[II-B] 提示音

(II-B-1) 音声信号 4 種類の男性講演テープと 3 種類の女性講演テープを用いた。時間平均音圧レベルを約 63 [dB] に設定した。

(II-B-2) 外来雑音 異なる中心周波数をもつ 2 種類のオクターブ帯域制限白色雑音をパワー比 1 対 1 で合成した後、一様分布に従うランダム変数によって増幅・減衰(継続時間: 10 秒)して作成した。雑音の音圧レベル変動幅が約 40 ~ 90 [dB] となるようにゲイン調整を行った。合成したオクターブ帯域雑音の中心周波数の組合せは (63, 125), (125, 250), (250, 500), (500, 1000), (1000,

Fig.1: うるささに関するメンバシップ関数

2000), (2000, 4000), (4000, 8000) [Hz] の 7 種類である。

[II-C] 測定方法

実験 I と同様である。

3. メンバシップ関数の設定

既発表¹⁾で導入した次のスペクトル距離に着目する。

$$S = \sum_{i=1}^8 a_i [L_S(f_i) - L_N(f_i)] \quad (1)$$

$$\begin{aligned} a_1 &= 0.000000 & a_2 &= 0.000000 \\ a_3 &= 0.063794 & a_4 &= 0.140096 \\ a_5 &= 0.226255 & a_6 &= 0.319855 \\ a_7 &= 0.227360 & a_8 &= 0.022640 \end{aligned}$$

ここに $L_S(f_i)$ と $L_N(f_i)$ は中心周波数 f_i ($f_1 = 63, f_2 = 125, \dots, f_8 = 8000$ [Hz]) のオクターブ帯域における音声と雑音の音圧レベル値である。スペクトル距離を台としたメンバシップ関数を以下の手順により作成する。

Step.1 スペクトル距離の値ごとに、心理的印象の出現頻度を求める。

Step.2 各心理的印象の出現頻度を累積する。

Step.3 各心理的印象の累積度数にロジスティック関数をフィッティングする。

Step.4 ロジスティック関数の差分を取り、メンバシップ関数のグレードとする。

実験 I で得られた実測データを用いて作成したうるささに関するメンバシップ関数を図 1 に示す。

4. 心理的印象の予測

実験 II の各雑音条件ごとに、うるささに関するファジィ確率の組を次式により予測して実測値との比較を行った。

Fig.2: ファジィ確率に対する予測値と実測値の比較

Fig.3: うるささに対する予測値と実測値の比較

$$P(F_i | a \leq S < b)$$

$$= \int \mu_{F_i}(S | a \leq S < b) p(S | a \leq S < b) dS \quad (2)$$

その結果の一例として、中心周波数が 500, 1000 [Hz] のオクターブ帯域雑音の合成音の場合を図 2 に示す。図 3 は各雑音条件ごとに平均的な心理的印象を次式により予測して実測値と比較した結果である。

$$\langle F | a \leq S < b \rangle = \sum_{i=1}^7 i P(F_i | a \leq S < b) \quad (3)$$

謝辞

本研究に多大の援助を頂いた古川友博、平田龍一の両氏に深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 為末隆弘, 山口静馬, 佐伯徹郎, 加藤裕一, 信学論, Vol. J85-A, No. 2, pp. 258-265, 2002.
- 2) 降旗建治, 柳沢武三郎, 音響誌, Vol. 45, No. 8, pp. 577-582, 1989.

連絡先: 為末 隆弘 〒 381-8550 長野県長野市徳間 716
TEL: 026-295-7090 Email: tamesue@ei.nagano-nct.ac.jp