

音声信号に間欠的にホワイトノイズを 挿入したときの明瞭度について

石原 学・白滝 順・家入 勝吾

Relationships Between White Noise and Intelligibility of Japanese Speech Signals

Manabu ISHIHARA, Jun SHIRATAKI and Shogo IEIRI

Abstract

Relationships between white noise and intelligibility of Japanese speech wave are discussed in this paper.

In our experiments, a segment of Japanese speech wave is intermittently eliminated and white noise is inserted in that portion instead. Ratios of mixture between speech wave and white noise in words of one syllable are varied from 10:90 to 90:10 every 20 percent. Listening tests for evaluating the composite sounds have been carried out by fifteen male students aged from 21 to 25 years.

Experimental results show that the intelligibility for the composite tones is reduced linearly to a lower level as the ratio of mixing white noise in speech wave is increased to 70 percent or more.

1. はじめに

音声波の持つ特徴については現在までに各種の研究が行われてきている¹⁾。音声波自身は、波形処理された場合でもある程度までは十分に聞きとることができると^{2),3),4)}。音声を聞きとるときには音声波の持つスペクトルのローカルピーク値の重要性が指摘されている⁵⁾。また、音声にノイズを加えたときの聞きとりに対する性質についても、マスキング等の研究として聴覚との関係から報告されている^{6),7),8)}。

音声波は、言語情報として聞きとることが出来て人間対人間のコミュニケーションに役立つものであり、また、その機能を機械に持たせることにより人間対機械間の有効なコミュニケーションができると思われる。そのためには、音声自身に対する各種のアプローチが必要であると考えられる。

本論文は、単音節音声波の一部を一定の時間間隔毎に削除し、その削除された部分にホワイトノイズを混入させて、その音声波とノイズとの合成波を人間がど

のように聞きとるかについて行った実験の報告である。

単音節音声を時間的に分割し、この分割された部分を削除し、その部分に音声波の代わりにホワイトノイズを混入した。そのとき、音声波とホワイトノイズの割合を1:9から9:1の間に変化させて実験を行った。その結果、明瞭度が直線的に低下することがわかった。さらに、音声波とホワイトノイズの分割比が、3:7(音声波:ホワイトノイズ)を境にして、ホワイトノイズの割合が多くなると、単音節明瞭度が著しく低下することを確かめた。

また、合成波ごとに音声を受聴するとき、子音によってそれぞれ聞きとれる範囲が違うことがわかった。例えば、/k/, /ky/, /my/ 等では、合成比9:1ですでに明瞭度の低下がみられるが、その他の子音では、ほぼ単音節明瞭度が50%以上得られている。

2. 実 験

本実験の回路構成をFig.1に示す。まず、音声をテープで入力し、バンドパスフィルタ(300~5000 Hz、

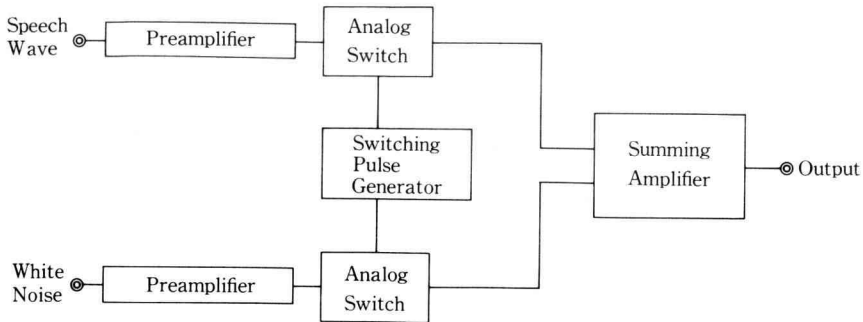


Fig. 1. Block diagram of System.

48 db/oct)を通した後、この音声信号を、波形処理できる範囲まで増幅する。その後、アナログスイッチを利用して、音声を一定の時間間隔で削除する。

また、ホワイトノイズを他の端子から入力し、ホワイトノイズも一定の間隔で削除する。

そして、音声とホワイトノイズが交互に合成されるように回路上設計されている。この2つを合成することによって音声信号として出力し、その音声信号を被験者が聞きとる。

本実験では、時間間隔は $50 \mu\text{s}$ として、分割削除を行うことにした。したがって、音声が削除された区間にホワイトノイズを挿入し、合成音声として出力することになる。音声とホワイトノイズを合成する比率は、10%ごとに0~100%まで可変できる。今回の実験では、10, 30, 50, 70, 90%と設定した。

さらに、音声とホワイトノイズの合成の割合を変化させるだけでなく、一つの分割比に対して、それぞれ音声波とホワイトノイズの電圧レベルの比を6通りに変化させて合成した。ホワイトノイズの出力が、音声出力と等しい場合を0 dbと設定し、ホワイトノイズが信号波より大きい、+5, +10, +15 dbの場合、およびホワイトノイズが信号波より小さい、-5, -10 dbの場合について、それぞれ実験を行った。

実験に用いた音声資料⁹⁾としては、NHKアナウンサーによる100単音節の発声テープを利用し、被験者は21歳から25歳までの健康な男性15名である。明瞭度の測定は、ランダムに並び変えられた単音節を被験者が聞きとり、被験者が解答表に記入する方式で行った。単音節あたり1%として、100単音節すべて正解のとき100%である。

本実験回路で音声信号とホワイトノイズを合成したときの様子を、Fig. 2に示す。ただし、Fig. 2において

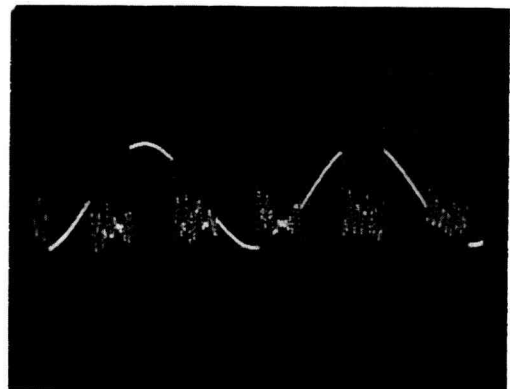


Fig. 2(a) Composite Signal of Sine Wave and White Noise (0.1 ms/div).

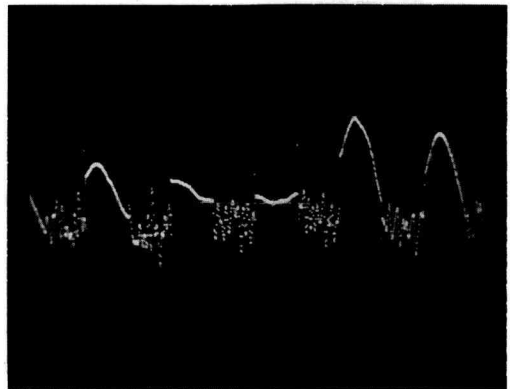


Fig. 2(b) Composite Signal of Speech Wave and White Noise (0.1 ms/div).

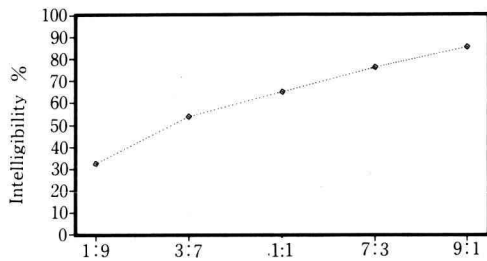
は、分割削除される時間の間隔は0.1 msとした。Fig. 2(a)に、Sine波とホワイトノイズを合成した場合を示す。この例では、音声とホワイトノイズの合成比は

1:1である。また、母音 /a/ を一定間隔の間削除して、その削除された区間にホワイトノイズを加えたときの様子を Fig. 2(b) に示す。

3. 結果および考察

3.1 音声とホワイトノイズとの分割比による明瞭度の比較

音声とホワイトノイズの合成比をそれぞれ5通りに変化させたときの分割比と明瞭度の関係を Fig. 3 に示す。ここで、音声:ホワイトノイズの合成比は1:9, 3:7, 1:1, 7:3, 9:1の5通りである。Fig. 3 からわかるように、ホワイトノイズの占める割合が多くなるに従って明瞭度が低下する。この結果はノイズが増加するための影響と考えられ、経験的にも理解できる。そのときの明瞭度の低下は、ほぼ直線的な傾向にあると



音声信号とホワイトノイズとの分割比

Fig. 3. Relation between intelligibility of speech signal and mixing ratio of white noise.

考えられる。しかし、ホワイトノイズを混入させる割合が3:7以上になると、明瞭度の低下が著しい。したがって、音声とホワイトノイズとの合成音声を聞きとるときに、この程度の値が聴覚に対して影響を及ぼすと考えられる。

Fig. 3 は、音声に加えるホワイトノイズの大きさを -10, -5, 0, +5, +10, +15 db と変化させたときに、各被験者によって得られた明瞭度の平均値を表している。すべての条件において、ほぼ同様な傾向がみられた。

3.2 音声に合成されるホワイトノイズの大きさと明瞭度の関係について

音声にホワイトノイズを加えた場合の明瞭度を Fig. 4 に示す。

ホワイトノイズが音声に加わる割合が少ないほど高い明瞭度が得られる。このことは、音声の情報が多く含まれるほど高い明瞭度が得られると考えられ、当然の結果である。

しかし、音声:ホワイトノイズの割合が1:9のときには、音声が+10 dB で測定が不可能となり、また、3:7のときには音声が+15 dB で測定不可能になった。音声を聞きとるときにホワイトノイズの影響がこの部分以降に強く出ているものと考えられる。

また、異聴について各単音節を調べてみると、明瞭度の低下が著しい3:7から、異聴の傾向が異なっている。このことから、分割比3:7は音声の特徴を崩す境ではないかと考えられる。

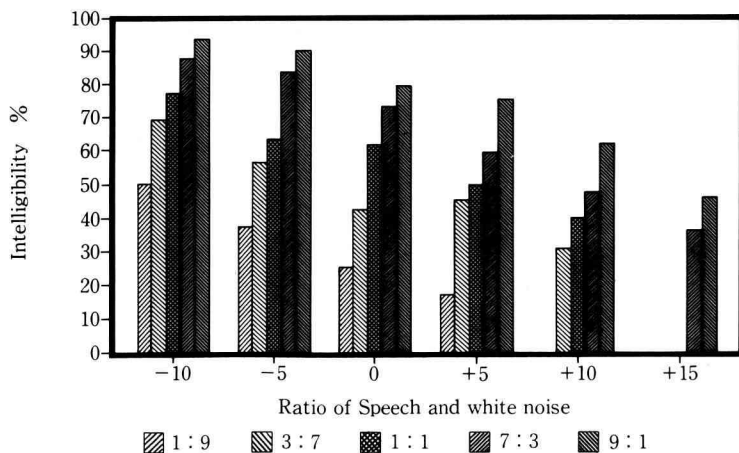


Fig. 4. Relation between intelligibility of speech signal and white noise.

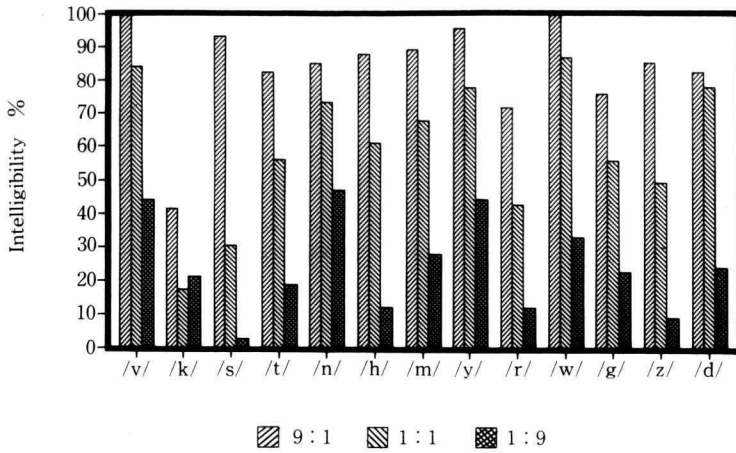


Fig. 5(a) Articulation score of consonants (case of -5dB).

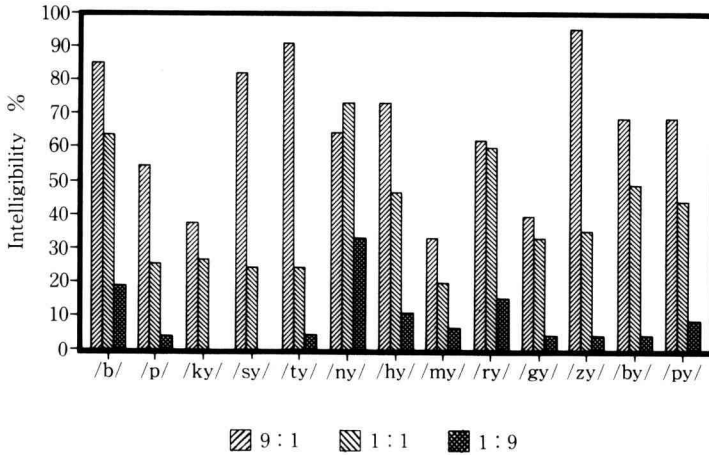


Fig. 5(b) Articulation score of consonants (case of -5dB).

また、種々の子音について音声波とホワイトノイズを合成した場合の明瞭度と合成比の関係を Fig. 5 に示す。ただし、このときの合成比は-5 db の実験をもとにしている。Fig. 5 からわかるように、合成波を受聴するときに子音によってそれぞれ聞きとれる範囲が違ってくる。例えば、/k/, /ky/, /my/ 等は、合成比 9:1 ですでに明瞭度の低下がみられる。その他の子音では、明瞭度はほぼ 50% 以上得られている。しかし、明瞭度の高かった /s/, /sy/, /zy/ 等も分割比が 1:1 の場合には明瞭度の急激な低下がみられた。

4. む す び

本実験データに基づいて、音声とホワイトノイズを合成して受聴した場合の特徴について検討した。音声とホワイトノイズを合成波として受聴したときの明瞭度は、各実験条件においてほぼ直線的に低下すること、ならびに音声の特徴は 3:7 の分割比から著しく低下することを明らかにした。また、合成波の割合が 3:7 のときには、異聴の傾向も異なることが実験よりわかった。

また、合成波ごとに音声を受聴するとき、子音によってそれぞれ聞きとれる範囲が違ってくることもわかった。

/k/, /ky/, /my/ 等は, 合成比 9:1 ですでに明瞭度の低下がみられる。その他の子音では, 明瞭度がほぼ 50% 以上得られている。

謝 辞

本実験の被験者各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 例えば, 三浦種敏監修: “新版 聴覚と音声”, 電子通信学会編 (昭和 57 年).
- 2) Licklider, J.C.R and Pollack, I: “Effects of Differentiation, Integration, and Infinite Peak Clipping upon the Intelligibility of Speech”, J. Acoust. Soc. Am., 20, pp. 42—51 (1948).
- 3) 重永 実: “日本語音声の零交差波時系列 I. 測定方法および母音, II. 無声子音”, 音響学会誌, 17 (1), pp. 77~92 (1961).
- 4) 石原 学, 白滝 順: “音声波のスライスレベルと明瞭度の関係について”, 人間工学, 23, (4), pp. 241~245 (1987)
- 5) 松岡教栄, 城戸健一: “音声スペクトルのローカルピークの静特性のもつ音韻情報に関する検討”, 音響学会誌, 32, (1), pp. 12~23 (1976).
- 6) 例えば, 樋渡涓二編著: “視聴覚情報処理概論”, pp. 115~121, 昭晃堂 (1987)
- 7) 石原 学, 白滝 順, 家入勝吾, 志方 泰: “単音節音声に混入されたノイズと明瞭度の関係について”, 第 4 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 321~324 (1988)
- 8) 石原 学, 白滝 順, 家入勝吾, 志方 泰: “日本語単音節に合成されたノイズと明瞭度の関係について”, 第 31 回自動制御連合講演会前刷, pp. 415~416 (1988)
- 9) 日本音響学会編: “明瞭度試験法の基準” および “明瞭度試験用テープ” (昭和 33 年)