音声信号中の間欠的に削除された部分へ白色雑音を
挿入した場合の文章理解度正員 石原 学 (職業能力開発大)
非会員 白滝 順 (神奈川工科大)

Text Intelligibility of Speech Waves Intermittently Replaced by White Noise

Manabu Ishihara, Member (Polytechnic University), Jun Shirataki, Non-member (Kanagawa Institute of Technology)

キーワード：削除音声信号，白色雑音，文章理解度，音韻修復

1. はじめに

音声は人間にとって最も重要で簡単な通信の手段であり，ヒューマンインタフェースのうえからも有効な手法である。そのため，音声信号のも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⁾。例えば，日本語単音節の構造を研究するために語頭を切り取った場合の特徴についての研究⁽²⁾や，音声信号の一部を間欠的に削除した場合の，削除部分と明りょう度の関係について研究が行われている^{(3)~(5)}。また，一定区間で削除された音声信号の削除部分に白色雑音を挿入した場合の単音節明りょう度特性が報告されている⁽⁶⁾。また，音韻修復現象を明らかにするために，単語音声の一部が雑音に置き換えられた場合の特徴についての研究が行われている⁽⁷⁾。しかしそれらは，単音節や単語について検討されたものであり，文章を聞き取った場合の特徴については明らかにされていない。そこで，本研究では削除された部分に白色雑音を挿入したときの文章理解度⁽⁸⁾を基に報告する。

2. 実験

本実験システムの構成を簡単に述べる。本実験では，音声信号をDAT (DTC-1000 ES, SONY 社) から入力し，帯域フィルタ (300-3,500 Hz, 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，音声信号を一定の時間間隔で削除する。この削除された音声信号の部分に白色雑音を挿入して，被験者はオーディオアンプ (テクニクス社, SU-CO 1, SE-CO 1) を通してヘッドホン (パイオニア社, SE-M 70) にて聞き取り，解答表に記入する方法で行った。被験者は21才から24才までの聴覚正常な男子大学生5名 (延べ約500名) である。そのときのオーディオアンプの出力レベルは，被験者の各個人が一番聞き取りやすい値としている。また，室内は静かな3m四方の部屋を利用した。音声資料としては，NHKアナウンサー (男性) によるNHKニュースをDATに録音して利用し

た。ニュースの内容は天気予報や実験日の近くで何度も報道されるような頻度の高いものを除き，ローカルニュース的なもので，更に一般の大学生や社会人の知識レベルで理解ができるニュースを選定した。ニュースの長さは，時間的には3~5分程度とし，含まれる単音節数は350~550単音節程度で，意味の途切れない部分で区切った。また，上記の設定のニュースを1文節から3文節程度ごとに5秒程度の時間をあけ，書き写す時間を設定した。また，聞き直しは認めず，すべて1回しか聞くことはできない。更に，聞こえたとおりに記述するように指示した。文章例を図1に示す。

理解度の測定では，NHKニュースをいかに正確に聞き取ることができたかで評価した。聞き取りの評価として，被験者は聞き取った文章を解答表に記入する。文章中で1単音節ごとに正解すると+1点を与え，間違えると0点とし，文章が全部正解で100%とした。また，聞き取れないものも0点とした。以下に，計算式を記述する。

$$\text{文章理解度} = \frac{\text{正解の単音節数}}{\text{全文章の単音節数}} \times 100\%$$

削除して白色雑音を挿入する部分は，各時間間隔を周期とする部分 (ここでは，削除周期と呼ぶ) を，更に10%から90%までに分割する方法で行った (以下，白色雑音区間と呼ぶ；本レターでは%で表示する)。また，削除周期=白色雑音区間+音声区間とし，音声区間とは音声信号

ろうどうしょうは／ここのかまで
に／こうきょうしょくぎょう／く
んれんしせつを／がいこくじんけ
んしゅうせいに／かいほうするこ
とをはしらとした／ようもうをまと

図1 文章の例
Fig. 1. Japanese text data.

① 音声区間, ② 白色雑音区間, ③ 削除周期

図 2 音声波形の概要と削除部分の関係
Fig. 2. Schematic illustration of speech waves.

図 3 文章了解度特性

Fig. 3. Intelligibility score of speech waves intermittently replaced by white noise.

の残っている部分である。

このときの波形の概形について図 2 に示す。本実験での削除周期は $50 \mu\text{s}$ とし、削除区間については 10~90% の間の 10% ごと、または 5% ごとに測定を行った。このときの削除周期の設定は、白色雑音の挿入がない場合に明瞭度が 90% 以上得られていることによる⁽³⁾。更に、挿入される白色雑音の大きさは -10, -5 (音声信号 > 白色雑音), 0 (音声信号 = 白色雑音), +5 (音声信号 < 白色雑音) dB の条件とした。

挿入された音声信号は、特別な波形処理を施さずに聞き取ることとした。

3. 実験結果および考察

実験結果を図 3 に示す。

実験より、削除区間の大きな場合に了解度の低下が著しいのがわかる。しかしこれは、削除された部分が大いのであるから経験的にも理解できる。しかし、削除周期が $50 \mu\text{s}$ の場合には、削除区間が 90% の場合でも単音節明りょう度は 90% 程度得られている⁽³⁾。このことから、白色雑音を挿入したための影響と考えることができる。

挿入する白色雑音の大きさが、0 dB よりも小さい場合は、削除区間が 60~50% までは文章了解度が 90% 以上得

られている。この場合の単音節明りょう度は、50~60% 程度であることから⁽⁶⁾、30% 以上の了解度の向上が見られた。削除区間が 50% を超える部分から、文章了解度が急峻に低下していくが、これが白色雑音を挿入したときの影響と考えることができる。今回の実験で利用した文章データは、一般の大学生程度の知識レベルを想定していることや、聞こえたとおりに記述することを指示していることから、これらの知識レベルを有している者の聞取りの限界を表していると考えられる。

更に、音声の一部に白色雑音を入れ換えた場合の音韻修復時の基礎データとして有用であり、聴覚・音声の資料として有効であると考えている。今後、削除周期を可変させて雑音を挿入した場合について明らかにする予定である。

最後に、被験者の各位に感謝いたします。

(平成 6 年 5 月 9 日受付)

文 献

- (1) 例えば、三浦監修 電子通信学会編：新版 聴覚と音声 (昭 57)
- (2) 桑原・境：「連続音声の切り出し母音および音節の音韻知覚」, 音響学誌, 28, No. 5, 225 (昭 47)
- (3) 石原・白滝・家入・志方：「音声信号の一部を削除した場合の明瞭度に関する実験的研究」, 機械学論 C, 56, No. 529, 2410 (平 2)
- (4) 石原・白滝：「音声信号を一定間隔で削除した場合の了解度とその応用」, 電学論 C, 114, 491 (平 6-4)
- (5) J. Shirataki & M. Ishihara: "Perception of Intermittently Eliminated Speech Waves", J. Robotics & Mechatronics, 6, No. 1, 87 (1994)
- (6) 石原・白滝：「単音節を一定間隔で削除し白色雑音を挿入した場合の明りょう度特性」, 電学論 C, 114, 850 (平 6-7/8)
- (7) 津崎・加藤・田中：「音韻修復時における時間長知覚について」, 音響学会聴覚研究, H-93-68 (平 5)
- (8) 石原・白滝：「間欠的に削除された音声部分に白色雑音を挿入した場合の文章了解度特性」, 人間工学会第 23 回関東大, IC-05, p. 56 (平 5)

石 原 学 (正員) 1981 年幾徳工業大学電気工学科卒業。

1987 年明星大学大学院博士課程修了(電気工学専攻)。現在、職業能力開発大学校(電子工学科)専任講師。主として、音声情報処理の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会、日本音響学会、IEEE 会員。

白 滝 順 (非会員) 1971 年工学院大学電気工学科卒業。

現在、神奈川工科大学電気工学科助手。主として、音声情報処理の研究に従事。電子情報通信学会、日本音響学会、IEEE 会員。