

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 12 日現在

機関番号：33921

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12494

研究課題名(和文) 荒天時における拡声音の情報伝達特性の解明

研究課題名(英文) Characteristics of transmitting information by loudspeaker in a bad weather condition.

研究代表者

天野 成昭 (Amano, Shigeaki)

愛知淑徳大学・人間情報学部・教授

研究者番号：90396119

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：大雨・嵐・吹雪等の荒天による悪条件下において拡声音を用いた災害情報・避難情報等の伝達を確実にするための科学的知見を得ること、およびその知見に基づいた拡声音の改善の提案によって防災へ寄与することを目的とし、拡声音の音源音声、伝達環境、音声知覚の観点から研究を行った。その結果、屋外の拡声音における音声知覚の主たる妨害要因は複数のスピーカから送出された直接音の時間遅延重畳であること、特に100～200msの遅延時間においてその影響が強いことが明らかとなった。また音素の聞き取り難さおよび単語のなじみの程度の観点から、現状の拡声放送で使用されている単語よりも聞き取りやすい代替単語の提案を行った。

研究成果の概要(英文)：To improve speech intelligibility of a loudspeaker announcement in noisy outdoor conditions such as a heavy rain and a snow storm, characteristics of announcement words, sound transmission, and speech perception were investigated. It was revealed that speech perception is degraded mainly by a time-delayed overlap of announcement caused by multi-loudspeakers' output especially with 100ms to 200ms time delay. Easy words for an intelligible announcement were proposed from the perspective of phoneme's noise tolerance and word familiarity.

研究分野：言語心理学

キーワード：拡声音 音声知覚 情報伝達

1. 研究開始当初の背景

自然災害が発生あるいは予期される場合、その規模・範囲・時間などの情報を、正確かつ迅速に地域住民等に伝達して、一次・二次被害を未然に防ぎ、安全と人命を確保する必要がある。その情報伝達手段の1つとして、防災用無線による拡声システムがある。その全市町村における整備率は、1984年の31.0%から年々増加し2013年には77.1%に到達している[1]。この拡声システムの性能を向上させるために、科学的基礎研究[2]、工学的開発研究[3,4]、設計指針の提言[5]などが行われ、一定の成果を挙げつつある。しかし既存の拡声システムでは、反射音の重畳や不適切な音量設定によって、音声の聞き取りが困難となり、十分な情報伝達が達成されていない場合も多い。これは防災を目的とする拡声システムとしては極めて深刻かつ重大な問題である。さらに災害情報・避難情報が、大雨・嵐・吹雪などの荒天による悪条件下で伝達される場合がほとんどであるにもかかわらず、荒天時の拡声音の情報伝達に関する科学的知見の蓄積が根本的に不足しているために、合理的・科学的根拠に基づいた拡声システムを構築できておらず、荒天時における災害情報・避難情報の確実な伝達が困難な状況にある。

[1] 総務省 電波利用ホームページ

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/system/trunk/disaster/change/>

[2] 濱貴宏・田辺祥章・降旗建治・柳沢武三郎(1996) スキー場における拡声音の心理評価, 日本音響学会研究発表会講演論文集, 827-828.

[3] 戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)地域 ICT 振興型研究開発「防災・減災情報を効果的に伝送するメッシュネットワーク型インテリジェント拡声システムの研究開発」(2013年-2014年, 研究代表 菅木禎史)

[4] 公開特許「地域防災無線システムにおける屋外拡声装置の時差放送方式」(特開2004-56646)

[5] 日本音響学会「災害等非常時屋外拡声システムのあり方に関する技術調査研究委員会」

2. 研究の目的

本研究は、大雨・嵐・吹雪などの荒天による悪条件下において、拡声音による災害情報・避難情報等の伝達を確実にするための科学的知見を得ること、および、その知見に基づいた拡声音の情報伝達の改善の提案によって、防災へ寄与することを目的とする。そのために、拡声音の音源音声、伝達環境、音声知覚の各特性を定量化・定式化し、さらにそれらを統合することにより、荒天時における拡声音の情報伝達特性の包括的解明と、荒天時においても高い了解度が得られる単語等

の提言を目指す。

3. 研究の方法

本研究では音源音声、伝達環境、音声知覚に関する3つの研究項目を並行して進めた。

研究項目では音源音声の特性の解析を目的とした。拡声システムで実際に使用されている音源音声を調査・収集するために、北海道の旭川周辺およびニセコ周辺の15箇所のスキー場の協力を得て、スキー場における拡声音による場内放送の実態調査を行った。そこで得られた放送内容の原稿データを形態素解析し、音源音声の音素・音節・単語の種類と出現頻度を解析した。解析で得られた単語群から、「危険・禁止・閉鎖」等の安全・防災に関する単語、かつ出現頻度の高い単語、かつ/p/, /t/, /k/, /h/, /s/, /sh/等の聞き取り難い音素を含む単語を抽出した。これらは安全・防災に関わる情報を担う重要な頻出単語であるにもかかわらず、聞き取り難い音素を含むために、正確に聴取できない可能性がある単語である。これを改善するために、その単語とほぼ同じ意味を持ち、聞き取り難い音素が少なく、かつ単語のなじみの程度が高い単語を単語親密度データベース(天野・近藤, 1999)から抽出し、代替単語とした。

研究項目では拡声音の減衰・回折・反射などの伝搬特性および背景雑音特性の解析を目的とした。解析データを得るために北海道虻田郡喜茂別町の中山峠スキー場の協力を得た。当スキー場内の鉄塔に設置された複数の拡声スピーカから送出したTSP信号(Time Stretched Pulse)を、拡声スピーカから25m, 50m, 100mの地点にて、実耳に装着したイヤーマイク(Roland, CS-10EM)を使用して、48kHz, 16bitで録音をした。ただし、実環境における聴取状態を再現するために、イヤーマイクの上にヘルメットまたはニット帽を装着した状態で録音した。積雪の影響を検討するために、録音を積雪時(2月)および非積雪時(6月)の2回実施した。録音したTSP信号からインパルス応答を計算し、周波数応答特性を分析した。また録音した波形から時間応答特性を分析した。

研究項目では音声知覚に対する反射音・直接音の時間遅延重畳や背景雑音の影響の解析、および音素・単語親密度等の言語的特性の影響の解析を目的とした。

時間遅延重畳および背景雑音の影響を明らかにするために、これらを要因とする音声知覚実験を実施した。刺激として「これはだとおもいます」のに様々な単語を当てはめた音声を用いた。時間遅延は0ms~400msの範囲とし、背景雑音はピンクノイズを用い

た。実験参加者に刺激をヘッドホンで呈示し、聞こえた単語を答えさせた。そのデータから単語了解度を求めた。

研究項目 で得られた代替単語による聞き取りやすさの向上を検証するために、現状の場内放送で使用されている単語 13 語と代替単語 13 語を刺激とした知覚実験を実施し、単語了解度を測定した。悪天候での聞き取り難さを模擬するために背景雑音としてピンクノイズを重畳した条件と、統制条件としてピンクノイズを重畳しない条件を設けた。実験参加者に刺激をヘッドホンで呈示し、聞こえた単語を答えさせた。そのデータから単語了解度を求めた。なお、いずれの知覚実験も愛知淑徳大学の防音室(約 40 平米)にて行った。

4. 研究成果

研究項目 : 当該研究項目では、現状の拡声放送で使用されている単語に対し、音素の聞き取りやすさおよび単語のなじみの程度の観点から代替単語を案出した。この代替単語を用いた場合の聞き取りやすさの向上を検証するために音声知覚実験を実施したところ、元の単語よりも代替単語の単語了解度の平均値が高いことが分かった。これは元の単語よりも代替単語のほうが聞き取りやすいことを示している。よって「危険 危ない」「禁止 禁じる」「閉鎖 閉じる」等の代替を行った聞き取りやすい単語を用いることを本研究の成果として提案する(表 1)。

研究項目 : 拡声スピーカから送出された TSP 信号を解析した結果、山林の木々による反射音はエネルギーが小さいためほとんど観測されず、複数スピーカからの直接音の時間遅延重畳が観測された。さらに解析の結果、非積雪時に比べて積雪時では信号強度が約 20dB 減衰すること、スピーカ自体に付着した

表 1 元単語および提案する代替単語

元単語	代替単語
終了(する)	終わる
滑走(する)	滑る
開始(する)	始める
発生(する)	起きる
中止(する)	止める
停止(する)	停める
禁止(する)	禁じる
閉鎖(する)	閉める
強風	強い風
悪天候	悪い天候
危険	危ない
視界(不良)	見え(にくい)

雪による減衰が生じること、スピーカ近傍の金属フレームが雪で覆われている場合、その反射音の影響が消失することなども明らかになった。これらの結果は、スキー場等の実環境における拡声スピーカから送出された音声の劣化が多くの要因に影響されることを示しているものの、主たる要因は直接音の時間遅延重畳であることを示唆している。

研究項目 : 時間遅延重畳および背景雑音を要因とする音声知覚実験を実施したところ、背景雑音を付加しない条件では時間遅延重畳が音声知覚に及ぼす影響はあまり大きく無いこと、しかし背景雑音を付加した条件では時間遅延重畳が音声知覚に阻害的影響を及ぼし、特に 100ms ~ 200ms の遅延時間においてその影響が強いことが明らかになった。この結果は、2 つのスピーカからの距離の差が約 34m ~ 64m であるエリアにおいて、当該の時間遅延重畳が生じ、特に荒天時に音声知覚が困難になることを強く示唆している。屋外スピーカから送出された拡声音の聴取において、このような距離差の範囲はかなり広い面積を占める。従って広範囲に音声知覚の阻害が生じる可能性があると言える。このエリアの音声知覚を容易にするためには、スピーカ配置の工夫や、時間差をつけた音声送出を行うなどの方法で 100ms ~ 200ms の時間遅れを回避すれば良いと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

山川仁子・天野成昭, 2018, 非日本語母語話者における拡声音声の単語の難易度解析, 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, (2018 年 3 月), 日本工業大学, 2-P-17, 1333-1334.

天野成昭・山川仁子, 2017, 拡声音声情報伝達における音素および単語親密度を考慮した単語の選定, 日本災害情報学会第 19 回学会大会予稿集, (2017 年 10 月), 京都大学, 262-263.

牧勝弘・榊原健一・山川仁子・天野成昭, 2016, 降雪時および非降雪時における屋外拡声システムの音響伝搬特性, 日本音響学会秋季研究発表会講演論文集, (2016 年 9 月), 富山大学, 2-7-8, 1289-1290.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

天野 成昭 (AMANO, Shigeaki)
愛知淑徳大学・人間情報学部・教授
研究者番号: 90396119

(2) 研究分担者

牧 勝弘 (MAKI, Katsuhiko)
愛知淑徳大学・人間情報学部・教授
研究者番号: 50447033

榊原 健一 (SAKAKIBARA, Kenichi)
北海道医療大学・リハビリテーション科学
部・准教授
研究者番号： 80396168

山川 仁子 (YAMAKAWA, Kimiko)
尚絅大学・文化言語学部・准教授
研究者番号： 80455196