

防災行政無線の発声者の違いによる了解度の検証

向井陽†¹ 川合康央†¹

概要: 本研究では、防災行政無線において、発声者の違いが音声の了解度に及ぼす影響を検証することを目的とした。VOICEVOX を用いた合成音声と音響効果の再現により、男声、女声、子供の声、特徴的な声の4種類の音声を用いた質問文の聴取実験を実施した。結果として、男声が最も高い了解度を示し、女声がそれに続いた。一方、子供の声や特徴的な声は低い了解度を示す傾向があった。また、質問文によっては、了解度の差や優劣の逆転が見られることが判明した。この研究は、防災行政無線の音声設計における発声者選択の重要性を示しており、さらなる実践的条件下での検証が求められる。

1. はじめに

日本では、地震や台風、豪雨、火山噴火などの自然災害のリスクが高い。災害発生時には、災害状況の把握、防災関係者間の連絡、住民への災害関連情報の迅速かつ確実な伝達が必要となる。そのため、情報伝達手段として防災行政無線は重要である[1]。

しかし、防災行政無線には、了解度の低下という課題が存在する[2]。この課題の重要性は、東日本大震災時の内閣府調査結果からも指摘されており、防災行政無線の有用性と、その明瞭度向上の重要性が示されている[3]。

防災行政無線の文章了解度に関する研究は、主に騒音や残響下の条件で進められてきた[4]。また、発声者の違いが音声の了解度に及ぼす影響についても研究が行われている[5]。しかし、防災行政無線において、発声者の違いが了解度に及ぼす影響については、十分な検討がなされていない。

本研究では、防災行政無線において、発声者の違いが了解度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、防災行政無線の音声を再現するため、実験用音声を作成した。実験では、合成音声技術を用いて作成した音声に、防災行政無線特有の音響効果を付加したものを用意した。

2.1 音声合成

実験に使用する質問を読み上げる音声の生成には、VOICEVOX を使用した。VOICEVOX は、オープンソースのテキスト読み上げ用音声合成ソフトウェアであり、入力したテキストをもとに、人工音声を生成し、出力することが可能なものである。システムに、AI によるディープラーニングを組み込んでおり、文字単位での細かなイントネーションの調整が可能な点が特徴となっている。話す速度や音程、アクセント、単語の区切り方などを設定することによって、多彩な表現が可能となる。今回の実験では、男声

として、安心感のある落ち着いた声の特徴の剣崎雄のライブラリを、女声として、包容力のある大人の声の特徴である後鬼のライブラリを採用した。さらに、子供の声として、子供っぽい高めの声の特徴のずんだもののライブラリを、特徴的な声として、慎ましやかで電子的な声の特徴である Voidoll のライブラリを使用した。

2.2 音声加工

防災行政無線は、災害が発生した際、災害の規模や避難の情報など、いち早く正確な災害情報を地域住民などに伝達するものである。しかし、地形や周囲の状況により、放送音が反響する場合などがあり、また、スピーカーの設置位置が近く、その中間に位置しているような場所では、両方の音声が重なり、スピーカーごとにタイムラグがあり、反響音のようになって、うまく聴き取れない場合がある。

今回は、防災行政無線の音声反響を再現するため、Python のライブラリを用いて、音声の加工を行った。

表 1 Pyroomacoustics で使用したパラメータ

項目	値
部屋の幅, 奥行き, 高さ(メートル)	50, 50, 20
材質	コンクリート
音源の位置	25, 25, 15
聴き取り位置	25, 10, 1.5

音声加工は、2つの加工を順に適用した。

- scipy.signal:300Hz-3000Hz の強調 (300Hz 以下と3000Hz 以上のカット)
- Pyroomacoustics:表 1 に示すパラメータを使用

これらの加工を施し、最終的な実験用音声として書き出した。この処理により、実際の防災行政無線に近い音響特性を持つ音声サンプルを作成することができた。この音声作成手法により、発声者の違いによる了解度の差異を検証するための実験環境を整えることとした。

†1 文教大学

2.3 実験方法

本研究では、発声者の違いが防災行政無線の了解度に及ぼす影響を調査するため、Web 上でのオンライン実験を実施した。実験環境は、Google Forms を用いて用意した。被験者として、日本語を母語とする 10 代から 40 代の男女 24 名が参加した。被験者は、4 つのグループに分けられ、それぞれ異なる音声で読み上げられた同一の質問文を聞き取ることとした。実験に使用した質問文は、先行研究[6]で用いられた文章理解度音表を参考に作成して使用し、48 文を用意した。

表 2 グループごとの聴取音声

番号				
音声	グループ 1	グループ 2	グループ 3	グループ 4
1~12	男声	女声	子供の声	特徴的な声
13~24	女声	子供の声	特徴的な声	男声
25~36	子供の声	特徴的な声	男声	女声
37~48	特徴的な声	男声	女声	子供の声

各グループは表 2 に対応する質問文と声を聴取することとした。被験者は、各音声を聴取後、聞き取った質問文に対する回答を Google Forms から文字入力で行うこととした。

本研究では、防災行政無線の音声了解度を定量的に評価するため、以下の式を用いて了解度を算出した：了解度 = (正しく意味の伝わった文章数) / (全文章数) ここで、「正しく意味の伝わった文章数」の判定基準として、質問に対する回答の正確性そのものではなく、質問の内容理解に重点を置いた。すなわち、質問で何を聞かれているかを正確に把握し、適切に表現できている場合は、誤答であっても正答とした。この基準により、被験者の既有知識や記憶力などの外的要因による影響を最小限に抑えた音声了解度の測定を目指した。この方法により、発声者の性別による了解度の差異を定量的に評価することが可能となった。

3. 結果と考察

実験の結果、表 3 に示すように、発声者の種類によって了解度に差が見られた。

表 3 発声者の声の種類ごとの了解度

	男性	女性	子供	特徴
平均了解度	0.857	0.829	0.802	0.771
標準偏差	0.350	0.376	0.398	0.420

t 検定を実施した結果、表 4 に示すように、男声と子供の声、男声と特徴的な声、女性と特徴的な声で実施した場合に統計的有意差が検出された。

表 4 発声者の声の種類ごとの t 検定の結果

音声タイプ A	音声タイプ B	t 値	p 値
男性	女性	0.853	0.197
男性	子供	1.720	0.043
男性	特徴	2.640	0.004
女性	子供	0.804	0.211
女性	特徴	1.712	0.044
子供	特徴	0.991	0.161

次に、設問ごとの正答率について見てみると、図 1、表 5 に示すように差が見られ、男声の質問音声に対する回答が全体的に高い正答率を示した。

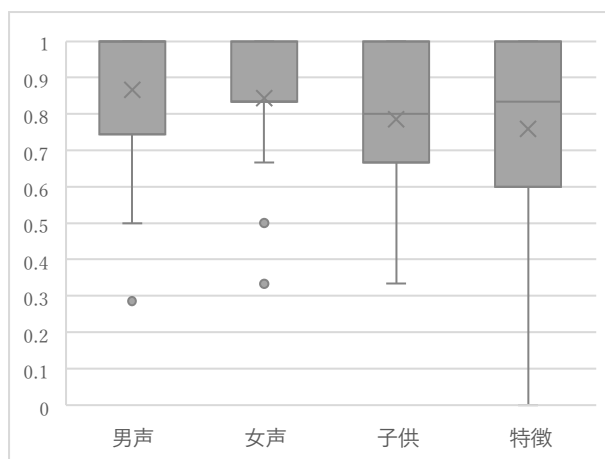


図 1 4 種類の音声の設問ごとの正答率

表 5 4 種類の音声の設問ごとの正答率

	男声	女声	子供	特徴
平均了解度	0.866	0.844	0.786	0.758
標準偏差	0.186	0.188	0.187	0.253

t 検定を実施した結果、表 6 に示すように、男声と子供の声、男声と特徴的な声、女性と特徴的な声で実施した場合に統計的有意差が検出された。また、設問ごとの設問文ごとの 4 種類の音声の正答率を表 7 に示す。

表 6 4 種類の音声の設問ごとの t 検定の結果

音声タイプ A	音声タイプ B	t 値	p 値
男性	女性	0.579	0.282
男性	子供	2.077	0.020
男性	特徴	2.349	0.010
女性	子供	1.493	0.069
女性	特徴	1.858	0.033
子供	特徴	0.605	0.273

表 7 設問文ごとの 4 種類の音声の正答率

設問	男声	女声	子供の声	特徴的な声
音声 1	1	0.67	0.6	0
音声 2	1	0.83	0.4	0.43
音声 3	1	1	0.8	0.71
音声 4	1	0.83	1	0.86
音声 5	1	0.67	0.6	0.86
音声 6	1	0.83	0.8	0.71
音声 7	1	1	1	0.71
音声 8	1	1	1	0.86
音声 9	1	0.67	0.8	0.57
音声 10	1	0.83	1	0.86
音声 11	1	1	0.8	0.86
音声 12	0.83	1	0.8	0.57
音声 13	0.86	0.83	0.67	1
音声 14	0.71	1	0.5	0.4
音声 15	0.57	0.33	0.67	0.2
音声 16	0.86	0.83	0.83	0.6
音声 17	0.57	0.33	0.67	0.6
音声 18	0.86	0.83	1	0.8
音声 19	0.71	1	0.67	1
音声 20	0.86	1	0.83	1
音声 21	0.71	1	1	1
音声 22	0.71	1	1	0.8
音声 23	0.29	1	0.83	0.6
音声 24	0.86	1	1	1
音声 25	0.5	0.83	0.7	0.5
音声 26	1	0.83	0.6	0.83
音声 27	1	0.5	1	1
音声 28	1	0.83	1	0.83
音声 29	1	0.83	0.8	1
音声 30	1	0.67	1	0.83
音声 31	1	0.83	1	1
音声 32	0.5	0.5	0.7	0
音声 33	1	0.83	1	0.5
音声 34	1	0.83	1	0.83
音声 35	0.5	0.83	1	1
音声 36	1	0.67	1	0.67
音声 37	1	1	0.67	0.7
音声 38	1	1	0.5	0.9
音声 39	1	1	0.67	0.9
音声 40	0.83	1	0.67	1
音声 41	1	0.5	0.83	1
音声 42	0.5	1	0.83	1
音声 43	0.83	0.5	0.33	0.8
音声 44	1	1	0.67	1
音声 45	1	1	0.5	0.4
音声 46	1	1	0.83	1
音声 47	0.83	1	0.5	0.9
音声 48	0.67	1	0.67	0.8

男声の正答率は多くの設問で高く、100%近い値を示した。女声は概ね高い正答率を示したが、男声よりも低い場合があった。この 2 種類の声では設問によって多少のばらつきがあるものの、比較的高い正答率を持つこととなった。子

供の声は他の声に比べて正答率が低めである設問が観察された。特徴的な声は、設問によってばらつきが大きく安定していない。一方、質問音声 14,23 では、男声が最も低く、女声や他の音声が高い正答率を示した。質問音声 32 では、特徴的な声が 0%と極端に低い一方で、子供の声が高い正答率を示した。質問音声 1,2 では、男声が圧倒的に高い正答率を示し、特徴的な声は非常に低い正答率を示した。

これらの結果から、防災行政無線などの重要な情報伝達には、安定して高い正答率を示した男声や女声の採用が有効である可能性が考えられる。一方で、特定の設問ごとに異なる音声の種類が優劣を示すため、質問文の内容によって、声の種類が正答率に与える影響が異なることが示唆された。特に、正答率の優劣に極端に差がつく、逆転する設問については、質問文の特徴や音響的特性との関連を分析する必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、防災行政無線における発声者の違いが了解度に与える影響を明らかにすることを目的として、音声加工を施した 4 種類の声による質問に対する回答実験を実施した。

実験の結果、全体的な傾向として、男声が最も聞き取りやすく、高い了解度を示し、女声も次いで高いが、質問文によって男声に劣る場合がある。子供の声や特徴的な声は低い了解度を示した。また、特定の質問項目では、4 種類の声の間で顕著な了解度の差や優劣の逆転が観察された。

これらの結果は、防災行政無線システムの設計において、発声者の違いが重要な考慮事項となる可能性を示している。

一方で、本研究の課題として、音声合成の特性の課題がある。今回は、防災行政無線特有の特徴を持たせた音声加工を行ったが、実際の屋外環境や様々な騒音条件下での実験を行い、より実践的な状況での了解度を評価する必要がある。

本研究は、防災行政無線における発声者の違いが、音声の了解度に与える影響について検証した。この結果は、より効果的な防災行政無線システムの開発に活かされる可能性がある。しかし、上記の課題を考慮し、さらなる検証を行う必要がある。防災行政無線システムについて研究を進めることによって、災害時における情報伝達の正確性や、それに伴う人命救助に役立てることが期待される。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP 23K11728 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 成富琢二. 防災行政無線による地震対策. 電気設備学会誌. 2008, vol. 28, no. 7, p. 436-440.
- [2] 後藤浩, 竹澤三雄. 沿岸地域集落における防災行政無線放送

に関する考察. 海洋開発論文集. 2010, vol. 26, p. 879-884.

- [3] 内閣府. 平成 23 年東日本大震災における避難行動等に関する面接調査（住民）分析結果；東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会第 7 回会合. 2011, p 16.
- [4] Sakamoto, S., Cui, Z., Miyashita, T., Morimoto, M., Suzuki, Y. and Sato, H.. Effects of inter-word pauses on speech intelligibility under long-path echo conditions. *Applied Acoustics*. 2018, vol. 140, p. 263-274.
- [5] 小林まおり, 倉片憲治. 音声の聞き取りやすさに関わる性別による音響特徴の違い. 情報処理学会研究報告. 2021, vol. 2021-SLP-138, no. 15, p. 1-6.
- [6] 戸井田義徳. エコーとノイズが文章理解度に及ぼす影響について：野外拡声装置の明瞭度改善に関する研究その 2. 日本建築学会論文報告集. 1984, vol. 346, p. 112-123.