

実証実験について

目次

1. 実験の目的と方針	2
2. 解決に取り組む課題	3
2.1. 評価者の属性	3
2.2. 屋外スピーカーの種類	4
2.3. 季節・天候等への対応	4
3. 実験概要	5
3.1. 実験①	5
3.1.1. 事前実験（実験①-1）	5
3.1.2. 本実験（実験①-2）	6
3.1.3. 実験①の実施にあたって	7
3.1.3.1. 実験の工夫	7
3.1.3.2. 実験に向けての留意事項	7
3.2. 実験②	8
4. 改善施策の詳細	9
4.1. 親卓・親局の改善施策	9
4.2. 子局の改善施策	10
5. 見込まれる成果	11
6. 実施計画（案）	11
7. 机上検討	12
7.1. 検討①（温度、湿度の影響）	12
7.2. 検討②（音達バルーンへの影響）	12

1. 実験の目的と方針

防災行政無線の屋外スピーカーからの放送は、気象条件や地形、建物内外等の環境により聞こえにくい場合があります。整備促進を図るためにも屋外スピーカーの音達向上が求められています。

特に、防災行政無線については、音の明瞭度より「何を言っているか」が分かる「了解度」が重要となります。

このため、了解度を測る手段として良く用いられている物理評価指標の「SII【Speech Intelligibility Index】」（各周波数の暗騒音・残響音・聴覚器官を考慮した貢献度の総和）を用いて、各種環境条件に対して SII の改善施策を検討します。また、検討した各種改善施策について、実際に聴感試験を実施し、真に拡声放送の音達を改善させる施策を検討します。

【評価手法について】

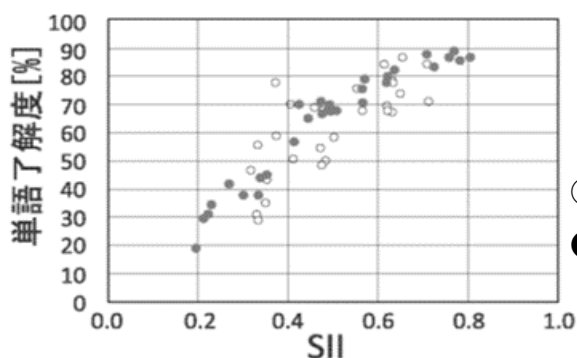
心理評価法（了解度）と物理評価法（SII）の双方で、測定結果を数値化することにより、真に音達を改善させる施策について検討します。

①心理評価法:被験者が言葉を聞き取れた正解率→評価の真値＝了解度



図 1 心理評価法イメージ

②物理評価法:物理評価指標であるSII(Speech Intelligibility Index)より算出 SII＝各周波数帯ごとの暗騒音・残響音・聴感器官を考慮した貢献度の総和



SIIが大きい音源は了解度向上

- ストレートホンなどの点音源スピーカー
- ラインスピーカーなどの高機能線音源スピーカー

(株) 富士通ゼネラル屋外評価結果(2021 年度)より

図 2 物理評価法イメージ

2. 解決に取り組む課題

本実証実験において解決に取り組む、屋外スピーカーの音達に関する課題は下記のとおりです。

表 1 課題と取り組み

No	課題	取り組み
1	「聞こえ方」は感覚的で、聞こえにくさや改善すべき程度が表現できない。	実験①
2	エリア内でも地形や建物等の影響で、聞き取りづらい場所がある。	実験①
3	屋内で聞き取りづらい。	実験①
4	費用最小限で改善する手段はないか。	実験①
5	年齢により、聞こえ方に違いが出る。	実験①
6	放送が聞こえなくともサイレンで気づきを与えられないか。	実験①
7	スピーカーの選択基準が分からない。	実験①
8	降雨や風、温湿度等の気象条件により、聞き取りづらくなる。	実験②
9	季節により、聞こえ方に違いが出る。	検討①
10	スピーカーの最適配置が分からない。スピーカー（子局）を削減したい。	検討②

特に以下の要因に着目して、屋外スピーカーの音達改善施策を検討します。

2.1. 評価者の属性

人の聴覚特性や加齢による聴覚の衰えによる、聞こえ方の違いについて着目する必要があります。本実験では、以下の①②におけるラウドネス曲線の違いを考慮した改善施策について検討します。

①正常聴覚者（成人）

②高齢者

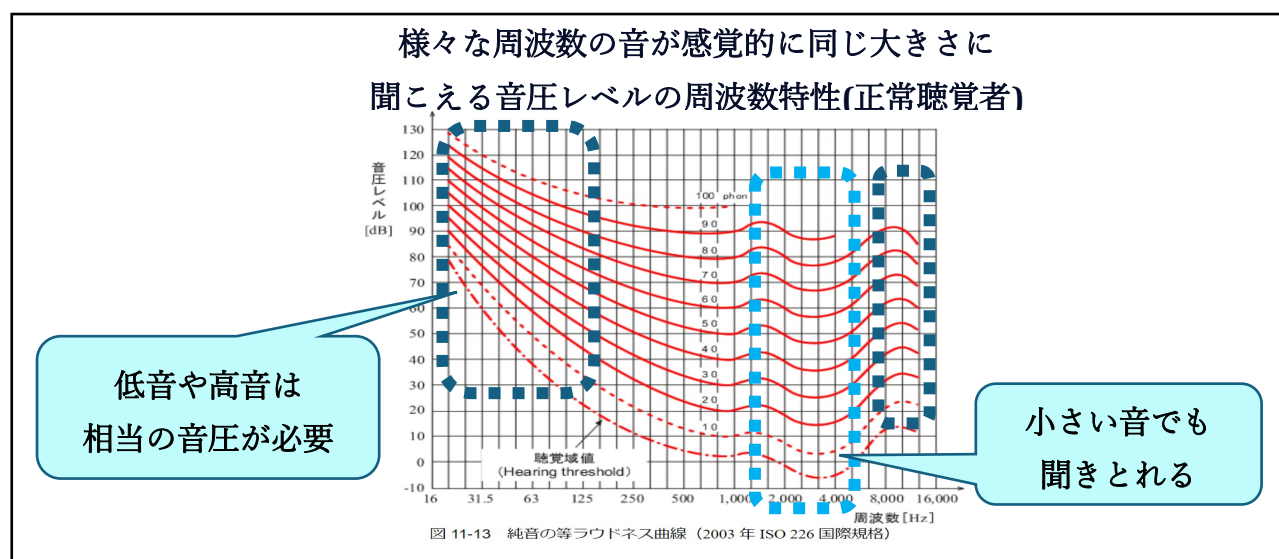


図 3 ラウドネス曲線

2.2. 屋外スピーカーの種類

スピーカー毎に音声の伝搬特性、周波数特性が異なるため、それらを考慮した改善施策について検討します。

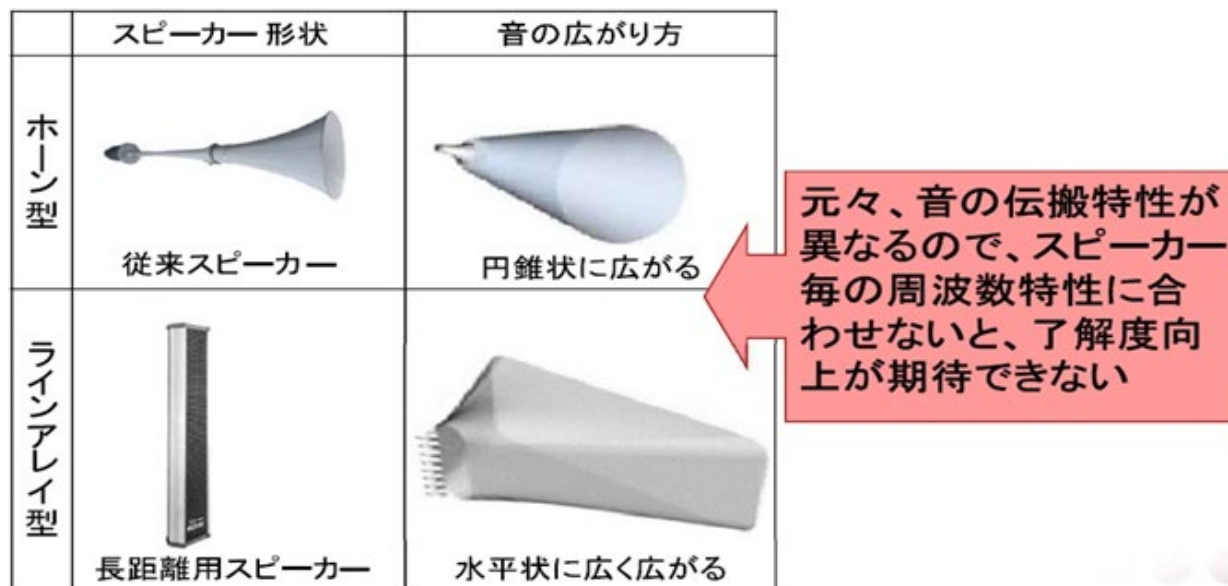


図 4 スピーカーの種類と特性（例）

2.3. 季節・天候等への対応

降雨などの暗騒音影響を考慮した改善施策について検討します。

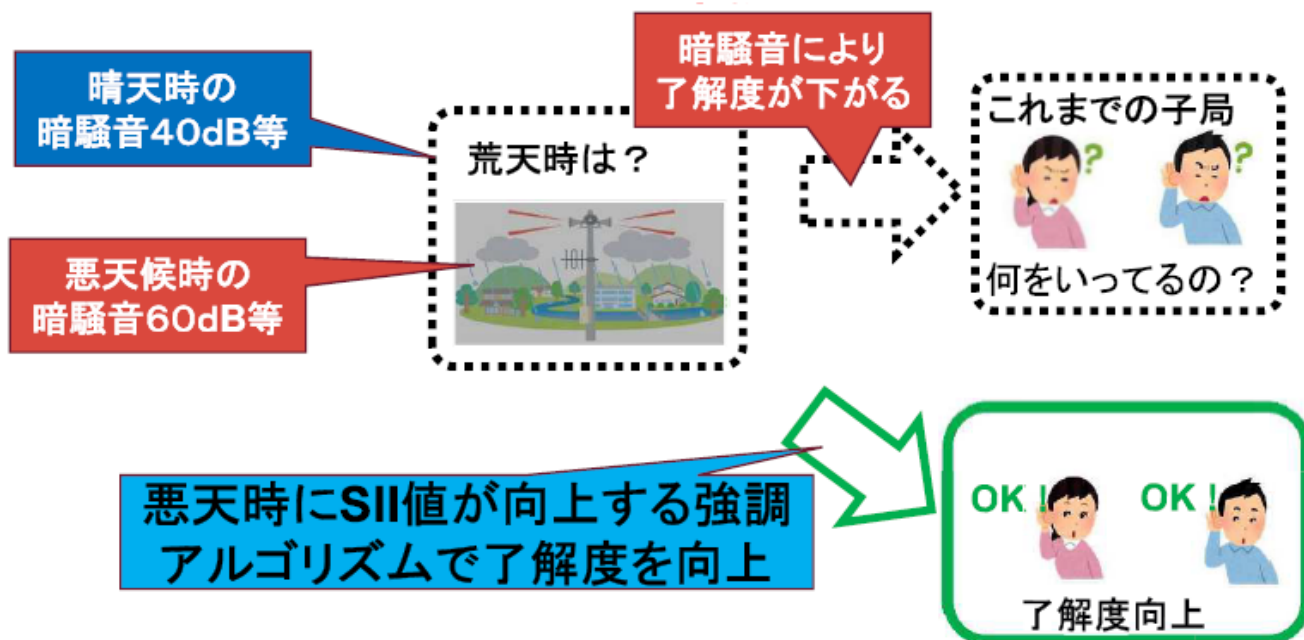


図 5 悪天候時の暗騒音に対する改善イメージ

3. 実験概要

3.1. 実験①

実験①は、事前実験（実験①-1）と本実験（実験①-2）の2回に分けて実施します。

3.1.1. 事前実験（実験①-1）

事前に実証実験現場で Swept-Sine による音場測定を行い、スピーカー種毎に地形や遮蔽物の影響調査を実施します。

この音場測定で、各測定点の SII を算出し、実験①-2 時の各種改善施策（詳細は 4.を参照、以下同様）の適用効果を事前に推定します。

ア Swept-Sine とは：20Hz～20KHz など、周波数を上げていく音の信号のこと。

測定点で各周波数到達等を計測する。

イ Swept-Sine の音場測定方法：高所作業車上の各種スピーカーより信号を送出し、各測定点で騒音計録音する。

ウ 得られた録音データから、各測定点での SII を算出する。その後、机上で各種改善施策を適用した場合の SII を計算し、実験①-2 時の各種改善施策の効果を推定する。

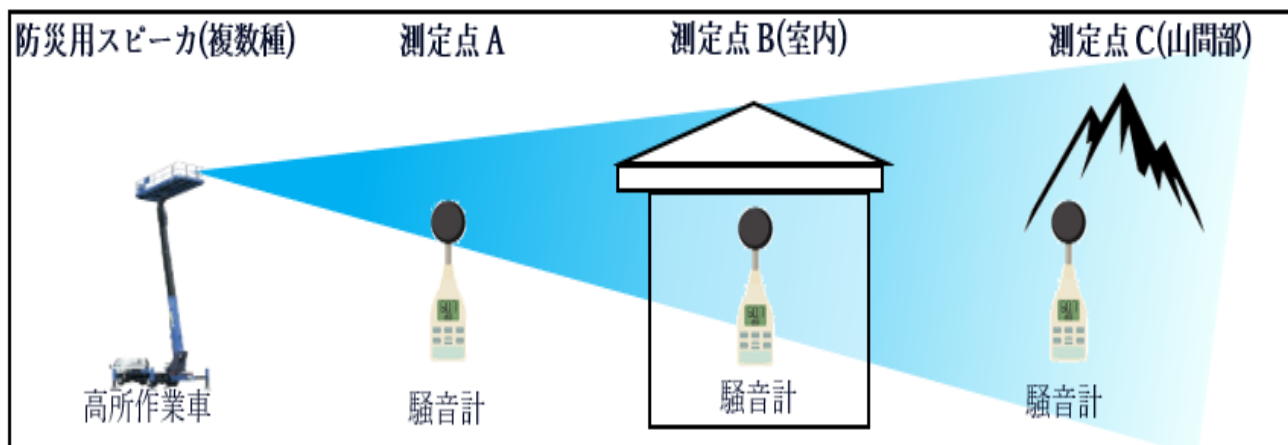


図 6 実験①-1 の実施イメージ

3.1.2. 本実験（実験①-2）

実験①-1 と同一の市町村、同一測定点にて、改善施策の有無別に放送を行い、複数名の被験者により聴感評価を実施します。本実験は、心理評価法（各種改善施策の有無による相対的了解度の差を記録）を用い、実験①-1 で事前に算出した物理評価法（SII）の結果比較も行います。

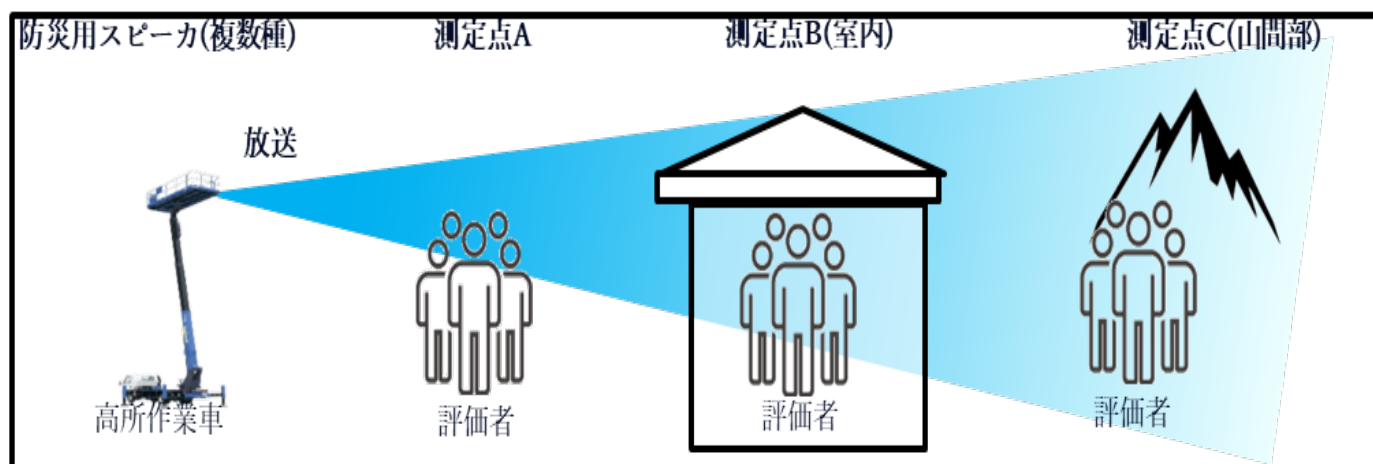


図 7 実験①-2 の実施イメージ

検討を行う範囲と注目する要因は下記のとおりです。

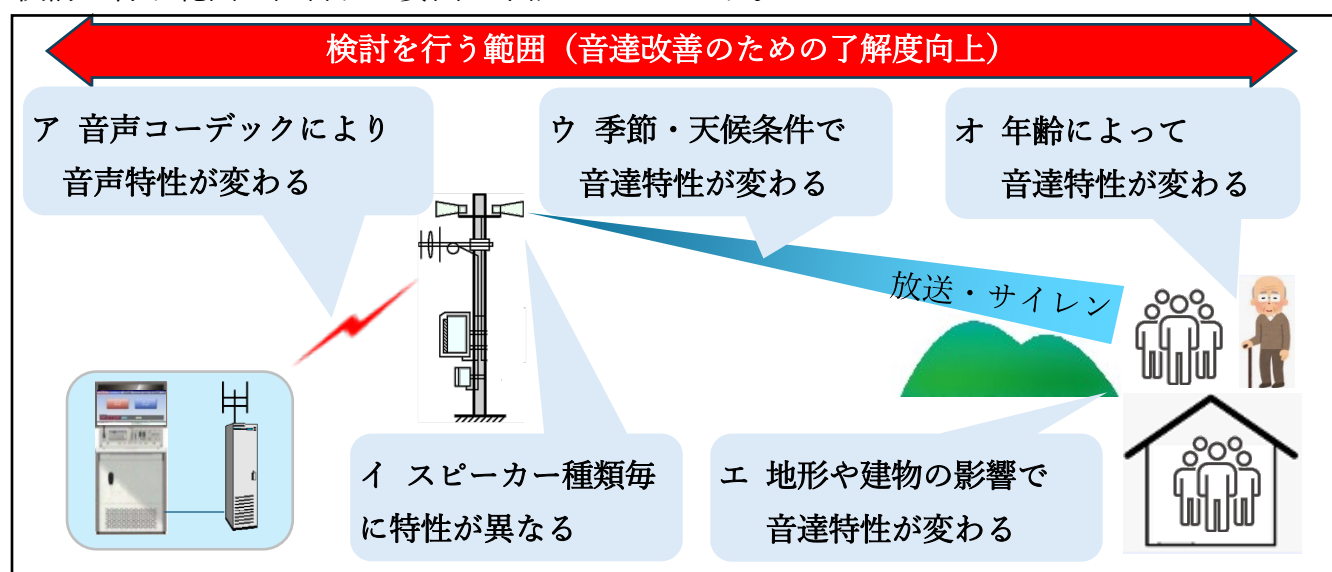


図 8 音達影響要因のイメージ

表 2 音達影響要因と概要

音達影響要因	ア	音声コーデック影響	音声データ圧縮により高音減衰などが発生する。
	イ	スピーカー種類影響	ストレートスピーカーとラインスピーカーで周波数特性が異なる。
	ウ	季節・天候条件	温度・湿度・雨量・風速で、音達は大きく影響を受ける。
	エ	地形・建物影響	地形や建物、室内か室外かで、音達は大きく影響を受ける。
	オ	年齢条件	年齢が進むと徐々に聞こえにくくなる。

3.1.3. 実験①の実施にあたって

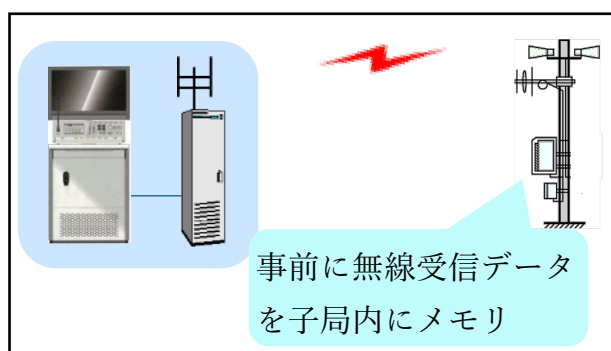
3.1.3.1. 実験の工夫

防災無線の音達の評価を行うにあたり、設備が大掛かりになり、搬送などでのトラブルも予想されるため、下記の工夫を行います。

- 事前に親卓から放送された無線音声データを子局に録音
※親卓・親局での元音源改善も事前適用可能
- 実証実験現場では子局とスピーカーのみで実験を実施

【事前準備】

事前に無線受信音源を子局内にメモリ



【現地実証実験】

子局と高所作業車で必要な高さまで上げたスピーカーのみで可聴実験を実施

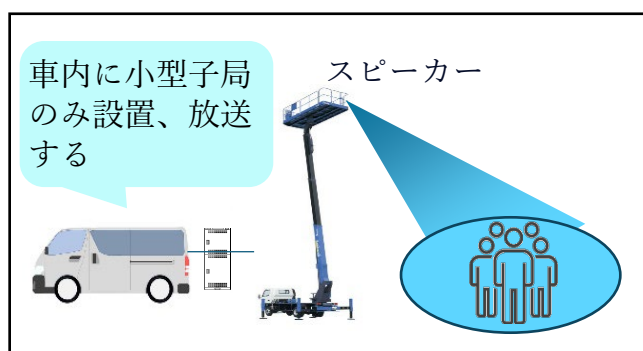


図 9 実験の工夫イメージ

3.1.3.2. 実験に向けての留意事項

実験実施にあたって留意すべき事項は以下のとおりです。

表 3 実験に向けての留意事項

No	留意事項	詳細と対策
1	Swept-Sine 信号を市町村で放送可能か？	Swept-Sine 信号測定時は、試験である旨を事前に放送し実施するが、「ビュー」という機械音（周波数スイープ音）が 30 秒ほど続く。また、スピーカー種を変えつつ複数回実施する必要がある。 対策：市町村での実証実験時は、近隣住民への事前説明・周知を行う。
2	放送音声の内容	統計的に信頼できる音声了解度の評価を行うには、音声コーパスを用いて親密度が統一された単語を聞き取り、その結果を評価する単語了解度測定が有用である。しかし、長時間の放送を必要とするため、市町村での実証実験を行う場合、近隣住民への影響が大きい。 対策：拡声する音声は一般的なテスト文言とする。
3	高齢評価者の確保	高齢者の聴感を考慮する必要がある。 対策：正常聴覚者に加えて高齢者を被験者とする。市町村での招集が困難な場合は、エキストラも採用する。

3.2. 実験②

音達に影響する様々な気象条件のうち、今回の実証実験では、特に影響が大きい要因である降雨の影響とそれを踏まえた改善施策を検討するための実験を実施します。無響室に疑似的な豪雨による暗騒音環境(別スピーカー)を構築し、各種改善施策による了解度向上について聴感評価を実施します。



図 10 無響室イメージ

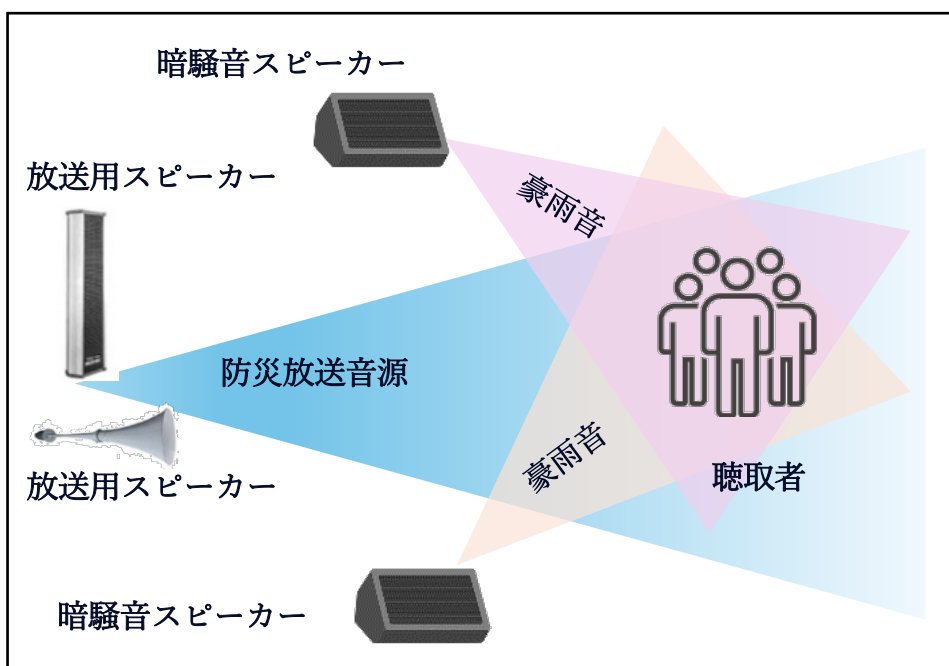


図 11 無響室での降雨環境再現イメージ

4. 改善施策の詳細

4.1. 親卓・親局の改善施策

親卓からの音源の種類による了解度差異を、様々な環境下や、高齢者を含めた聴取者で確認することにより、親局による音達改善施策を検討します。親卓・親局音源の改善は既設システムやJ-ALERT受信機にも適用でき、防災行政無線を整備済の自治体でも音達を改善することが可能になります。

表 4 本部音源側改善施策

No	本部音源の改善施策	詳細
1	肉声(男女)	一般的には男性より女性の方が、了解度の貢献度が高い周波数が多く、その影響を確認する。
2	音声合成 (標準/強調)	一般的な音声合成と、了解度向上機能を有した音声合成での効果を確認する。
3	サイレン	非常時は住民に気づきを与えるだけでも屋外拡声は価値があるとの観点から、放送は聞こえなくても、サイレンだけは伝達できるか、という点に着目した評価を行う。

本部音源において、「図 3 ラウドネス曲線」に示す、人が聞き取りやすい周波数域を強調することにより、了解度を改善させることができます。

また、一般的に女性の声の方が倍音を含めて周波数が高く、人が聞き取りやすい周波数域を多く含みます。音声合成の例文について、男女でそれぞれ発生する場合のSIIを計算すると、女性の方がSIIの数値が高く、特定周波数の強調を行った場合でも同様の結果が得られます。

このことを踏まえ、No1では聴感確認を含めて、男女の声の了解度の差を確認し、最適な音源選択について検証します。

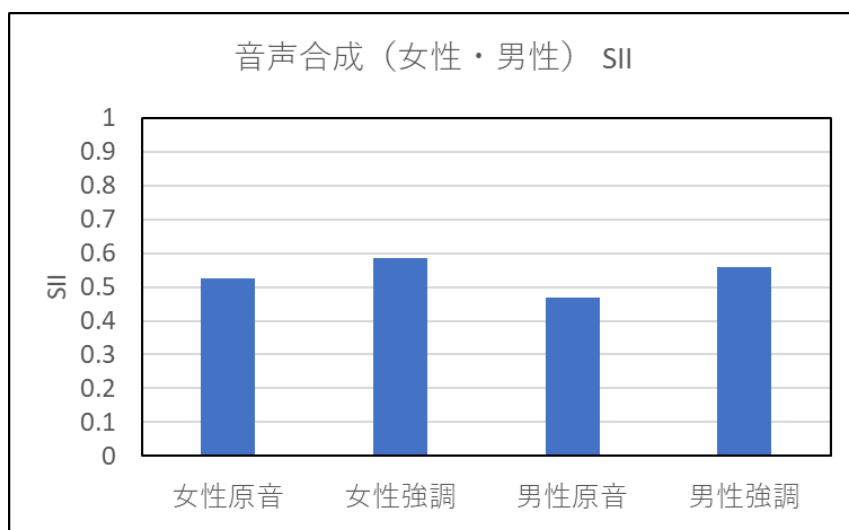


図 12 子局側改善イメージ

また、No2 においては、本部側の音声合成に子局側で実施する改善施策と同様の周波数強調を適用することで、了解度改善の効果を測定します。更に、本部側での改善と子局側の改善の両方を合わせて実施することで、子局だけの対策以上の改善を図れないか検証します。

No3 においては、放送が聞きづらい地点・聴取者であってもサイレンを聞き取ることができるかに注目し、災害時に住民に気づきを与える方法としてのサイレンの効果を測定します。

4.2. 子局の改善施策

子局の音声出力において、様々な周囲条件を考慮して特定周波数域（人が聞き取りやすい箇所）を強調することにより、了解度を改善させることができます。

一例として、か・さ・た行の子音は無声子音であり、レベルも小さく、周波数も高めです。周波数の高い音は距離減衰も大きいため、周波数の高い音を強調することで聴取点での了解度改善が見込まれます。

実験①-1 で算出した SII が様々な環境下で最大化となるように強調方法を決定し、実験①-2 でその効果を測定します。

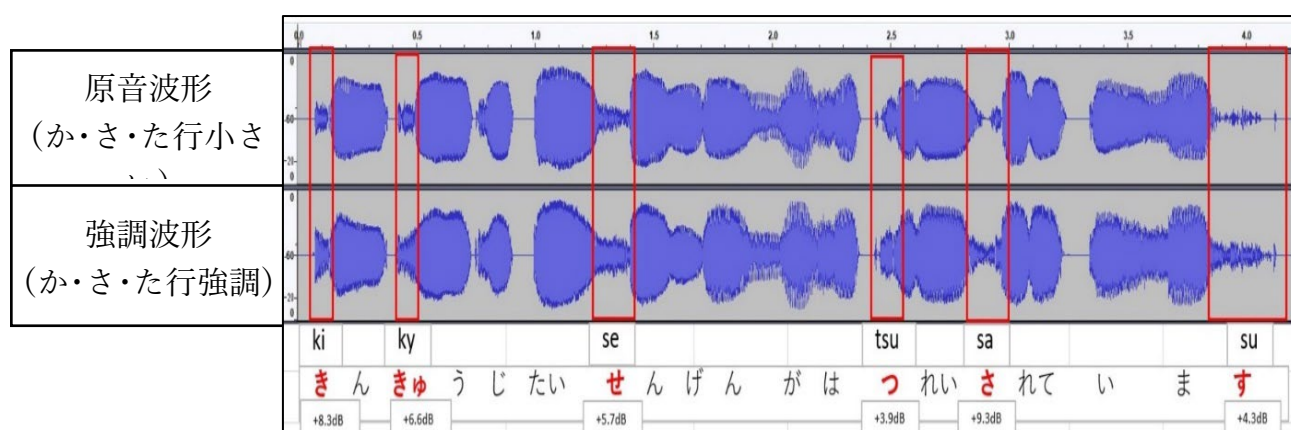


図 13 子局側改善イメージ

5. 見込まれる成果

本実験では、以下のとおり様々な条件下での各種改善施策の効果を検討します。

表 5 見込まれる成果

No	概要
1	操作卓元音源への改善施策実施有無による了解度比較
2	子局での音声出力への改善施策実施有無による了解度比較
3	複数種のスピーカーで改善施策実施有無による了解度比較
4	年齢層別に改善施策実施有無による了解度比較
5	場所別(屋内、屋外、街中、山)に改善施策実施有無による了解度比較
6	放送とサイレンの認知(気づき)比較

6. 実施計画（案）

実験計画（案）を下表に示します。

実験の実施月、順番や実験①の間隔については、今後の調整・検討の中で変更となる可能性があります。

項目	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
検討会	第1回(9/2) ▲	第2回 ▲				第3回 ▲	第4回 ▲
資料作成	実験概要 ↔	計画書 ↔			結果まとめ ↔	報告書 ↔	
実験			実験①-1 ▲	実験② ▲	実験①-2 ▲		
検討				検討①② ↔			

図 14 実施計画（案）

7. 机上検討

屋外スピーカーの音達向上に向けて、下記について別途机上検討を行います。

7.1. 検討①（温度、湿度の影響）

冬(気温が低く、湿度が低い)になると、下記図(4KHz の例) のとおり高音は遠くへ届かなくなります。これを踏まえてアルゴリズムによる SII の改善について机上検討を行います。

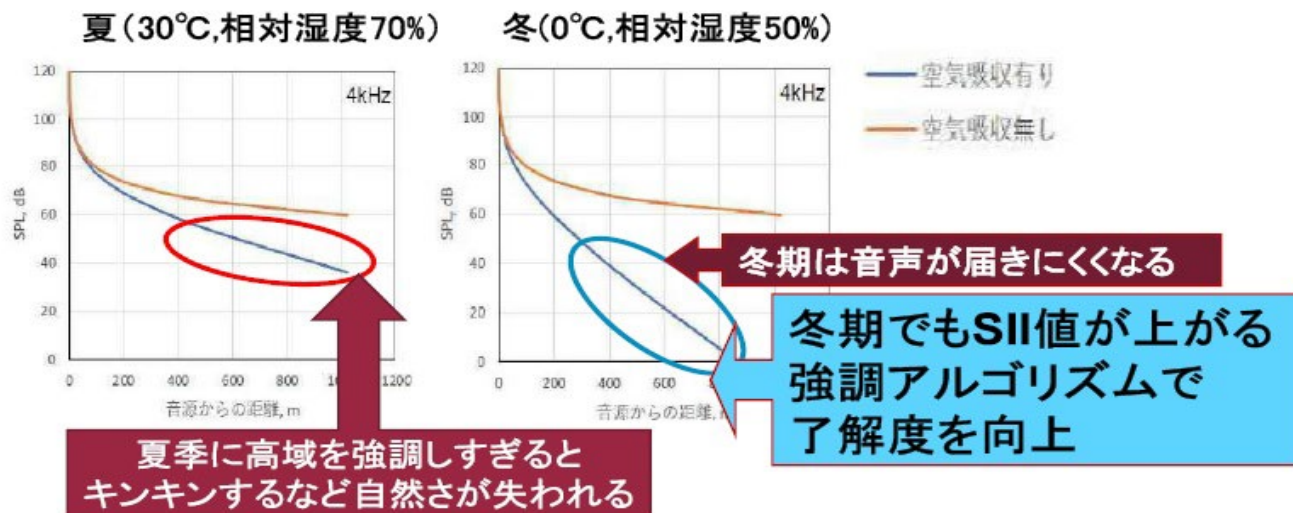


図 15 季節による音声到達距離変化の例

7.2. 検討②（音達バルーンへの影響）

音達バルーンを大きくすることにより、子局配置数の削減につながる可能性があります。各種改善施策により、各スピーカーの音達バルーンを大きくできるかについて、SII を用いた机上検討を行います。

【スピーカー音達バルーンの机上検討】

ア 親卓の改善施策、子局の改善施策の効果を考慮したスピーカーの周波数特性を算出

イ アのデータを元に、音達バルーン（音声到達目安）の算出を試み、音達バルーンについても改善が期待できるかを机上検討

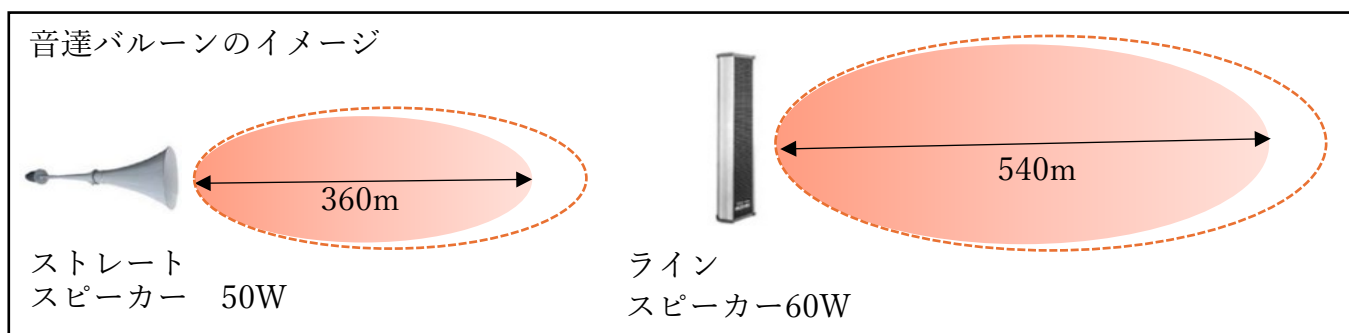


図 16 音達バルーンの改善イメージ

以上