

災害等非常時屋外拡声システム性能確保のための ASJ 技術規準 (略称:ASJ 屋外拡声規準)

2019 年 3 月 29 日第 1.1 版

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

目次

1. 背景	1
2. 適用範囲と想定するシステム	2
3. 用語の定義.....	3
4. 屋外拡声システムの性能確認	5
4. 1 音源系に関する確認.....	5
4. 1. 1 音源系の出力.....	6
4. 2 信号伝送系に関する確認.....	8
4. 2. 1 信号伝送系の出力信号	8
4. 3 音響出力系に関する確認.....	10
4. 3. 1 パワーアンプの出力信号.....	10
4. 3. 2 スピーカ	10
4. 4 音響伝搬系に関する確認.....	12
4. 4. 1 評価地点	12
4. 4. 2 SN 比.....	12
4. 4. 3 聴取試験	13
5. 性能確認実施の記録保持.....	19
参考文献	21
改訂履歴	22

注記：本文書内において地の文が規準本文であり，箱で囲われた部分はそれを実施する際の参考として示す解説部分である。また，内容に関しては今後の研究の進捗状況を踏まえ学会の判断により変更する場合がある。

<ご案内>

本書の著作権は一般社団法人日本音響学会にあります。本書より著書・論文等への引用・転載にあたっては必ず本会の許諾を得てください。

1. 背景

2011年3月11日の東日本大震災をきっかけとして、大災害に備え、屋外拡声システムや携帯メール、エリアワンセグTV放送等、多様な通信手段によって、情報が伝えられるよう研究開発と社会実装が進んでいる。その中でスピーカからの拡声音は、受け手が特別な装置を必要とせずデジタルディバイドの問題もないという点で大変有効な情報伝達手段である。そのため、防災、減災を目的とした音情報の提供手段として屋外拡声システムがこれまで多くの自治体で整備されており、今後も多様な情報伝達手段のなかで一つの重要な手段として活用されていくことは確実である。

しかし、東日本大震災後の社会調査では、20%もの市民が防災行政無線の屋外拡声装置からの拡声音をよく聞き取れなかったことが明らかになっている。これは、屋外拡声システム高度化のための研究開発と社会実装を推進することの重要性を示すものである。また、同時にこれは、屋外拡声システムにおける無線伝送については種々の規準が制定されている一方、音の明瞭性の観点からの規準は存在しないことも一因であると考えられる。

このような規準の策定には、音伝搬の物理、音響計測、音声知覚を始めとする広汎な音響学の知見を総合した検討が必須である。そのような総合的検討の担い手には、音響学全般に関する研究の促進と社会への寄与を目的としている日本音響学会（以下、本学会もしくはASJ）こそがふさわしいと自覚し、2013年1月1日に「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」（以下、本委員会）を設置し検討を進めて来た。

本規準は、そこでの調査結果および研究成果に基づき、屋外拡声システムの性能確認と向上を図るための技術的要件として、現時点で社会に実施を求める十分な合理性があると考え得るものを技術規準としてまとめ公表するものである。

本規準に先立ち2015年3月31日に公開した「災害等非常時屋外拡声システム性能確保のための規準案（第1版）」では、システムの施工、改修を行う上で参考になる設計目標を示すには検討が不足しているとして、屋外拡声システムの望ましいあり方を実現するために、システムの施工または改修後に確認が必要な事項を「規準案」として提案した。これは、それまでの研究成果だけでは設計目標を示すには不確定要素が多く、そのような手順を提示する段階には至っていないと判断したためである。すなわち、その文書はあくまで案であり、現場実業においてシステムの施工、改修を行うに際し、そこで示された手順通りではなくとも、その規準案を参考に各々の事情に合わせる形で改変したうえで文書化された手順に従って作業が進められれば、従来に比べ大きな進歩が望めると考えたのであった。

しかし、その後の検討が進んだことから、今回は、新たにシステムの施工、改修を行う上で参考となる設計目標を与える項目の追加を行った。そこで、名称から「案」を削除し、発行主体が本学会であることを明示すべく「災害等非常時屋外拡声システム性能確保のためのASJ技術規準（第1版）」としたものである。

本規準は、屋外拡声システムの望ましいあり方を実現するために、システムの施工または

改修にあたって確認が必要な事項と目標値、および施工後あるいは回収後に確認が必要な事項を示すものである。現場実業においてシステムの施工、改修を行うに際しては、本規準に示された手順に従って作業を進めることが望まれる。それにより、設計および評価の関連性および評価データの蓄積が促進され、技術の普及促進と社会的資本としてのシステムのあり方の基盤構築が可能となるものと考えられる。また、その評価データは、将来更に進んだ規準の提案を可能とするための重要な基盤になるであろう。なお、もし何らかの理由により本規準どおりに進めることができないと考えられる場合には、この規準に基づきつつも、関係者の合意のうえ各々の事情に合わせる形で改変して運用することも否定していない。ただし、その場合には、改変したものを文書化することが求められる。

今後本学会では学術研究の進歩に合わせ本規準の検討を深め、改訂を進めていく所存である。

2. 適用範囲と想定するシステム

2. 1 適用範囲

本規準は屋外拡声システムが施工（または改修）されたのち明瞭な拡声音となっているかを確認し、改善の対策またはシステムの運用に寄与するための文書である。設計時に考慮すべき項目及び設計目標の設定の参考にはなることは期待されているが、設計規準としての文書ではない。

屋外拡声システムは通常ある範囲内における住民等への情報伝達を行うと想定されているが、本規準では受聴者はその範囲内の屋外にいることを想定している。

なお、現状の技術で明確にできない不確定要素が多く存在するため、数値目標の設定を目的とせず、確認の手段および方法ならびにそのプロセスの記録の実施を推進することを目的とする。

2. 2 想定する屋外拡声システム

本規準で対象としている屋外拡声システムは、音源系、信号伝送系、音響出力系、音響伝搬系¹という4つの系から構成されている（図1）。音源系は親局の音源入力に係わる音響機器群からなる系であり、信号伝送系は親局から子局へ信号を伝送する系、音響出力系は子局で受信した信号を音として出力する音響機器群からなる系である。さらに屋外のスピーカから出力された音が聴取者の耳元に届くまでの音響伝搬系は、地形や建造物による反射、暗騒音、気象等の影響を受ける複雑な系である。以下、音源系側を上流、音響伝搬系に向かってを下流と表現する。

¹ 「系」と「システム」は多くの場合同義語として用いられるが、本解説では主に屋外拡声システム全体に「システム」、それを構成する4つの要素としてのシステムに「系」を用いている。

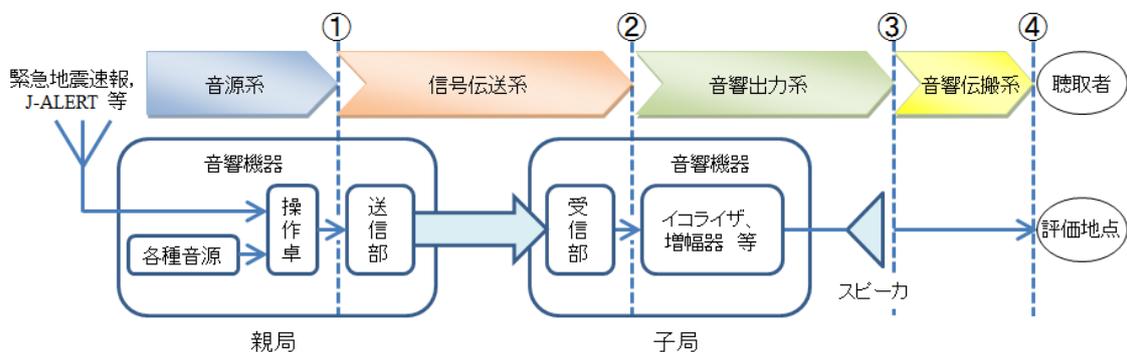


図 1 屋外拡声システムの構成モデル図

これまで、いわゆる「防災無線」と呼ばれる無線システムが信号伝送系として多く用いられてきたことから、音響伝搬系より上流の3系（音源系、信号伝送系、音響出力系）、もしくは、特に外見上目立つタワーに取り付けられた屋外スピーカのことを「防災無線」と呼ぶのだと誤解されている場合がある。しかし防災無線（防災行政無線）は伝送手段の一つであり、伝送手段の多様化の観点から無線以外（IP ネットワークなど）も使われる場合があることから、本規準では、全体を屋外拡声システムと呼称し、上述の4つの系から構成されるという立場をとっている。

ただし、実際に納入されているシステムでは、親局の音響機器群と送信部、または、子局の受信部と音響機器群が、それぞれ一体化した機器が使用されることもあり、系の境界①や②が外見上明確でないことがある。その場合、音響信号の処理など拡声に係わる機能と信号の伝送に係わる機能との間に仮想的な境界を置き、便宜的に系の境界①や②を考慮することとする。

3. 用語の定義

3. 1 屋外拡声システム

屋外の想定される範囲に存在する人々に音声情報を伝送し行動または判断を促すためのシステム。下記の音源系(3.4)、信号伝送系(3.5)、音響出力系(3.6)、音響伝搬系(3.7)により構成される。

3. 2 親局

拡声する信号を地域に送り出す拠点。一般に自治体の本庁、支所、消防局などに置かれている。

3. 3 子局

親局から送られてきた信号を音に変換し拡声する拠点。

3. 4 音源系

屋外拡声システムを構成する4つの系の第1の系であり、親局の各種音源から送信部入力端までの系。親局の送信部入力端に各種の音源を供給する。

3. 5 信号伝送系

屋外拡声システムを構成する4つの系の第2の系であり、親局の送信部入力端から子局の受信部出力端までの系。無線やIPネットワーク等により拡声する信号を親局から子局へ伝送する。

3. 6 音響出力系

屋外拡声システムを構成する4つの系の第3の系であり、子局の受信部出力端から屋外スピーカ出力までの系。親局から伝送されてきた信号を音として拡声する。

3. 7 音響伝搬系

屋外拡声システムを構成する4つの系の第4の系であり、スピーカ出力が聴取者に届くまでの系。

3. 8 サービスエリア

設置者が設定する、屋外拡声システムにより情報を伝達しようとする範囲。

注) 計測等でサービスエリアの確認を実施し、性能が不十分であった場合等はサービスエリアを再検討することが想定される。

注2) 数値シミュレーション等による予測に基づいて設定される場合がある。

3. 9 評価地点

スピーカからの拡声音を評価する地点。

3. 10 確認用音源

子局及び評価地点において確認する音源。

注) 親局のすべての音源を確認することが理想であるが、品質がそろっていればどれか一つで代表させてもよい。

注2) 確認用音源は音源を入力する系の定格値に基づき仕様を定めることが望ましい。

注3) 評価地点での確認用に特別な音源を用意することもある。

3. 1 1 ロングパスエコー

直接音と反射音が分離して聞こえるエコーのうち、時間の遅れの大きい反射音によるもの。音声の明瞭性を低下させることがある。また、ある子局からの直接音に対して、時間遅れを伴って到来する隣接子局からの直接音も、ロングパスエコーの一種と考える。

3. 1 2 信号対雑音比 (SN 比)

雑音 (N) に対する信号 (S) の強度比を dB で表した値。ここで雑音は信号の伝送を妨害する音全般のことである。

4. 屋外拡声システムの性能確認

屋外拡声システムが対象と想定している住民等に対して伝えるべき音声情報を確実に届けるためには、音源系、信号伝送系、音響出力系、音響伝搬系の、それぞれ下記の点について性能を確認する必要がある。

- 音源系
 - 音源の品質に問題がないこと
- 信号伝送系
 - 親局から子局までの信号伝送経路に問題がないこと
- 音響出力系
 - 機器の設置が間違いなく実施されていること
 - パワーアンプの出力信号の電圧が適正であること
- 音響伝搬系
 - 聴取位置での拡声音の品質に問題がないこと
 - 確実に音声情報を届けなければならない地点または地域（または聞こえない地域）を明確にすること

さらに運用時には、ロングパスエコーなどの周辺環境による音響障害を内包するシステムであることを考慮する必要がある。

また、最終的な評価点・地域による性能確認において問題が生じてから対処するのではなく、全ての系についてははじめからリスク要因を考慮し、可能な限り対処しておくことが効率的な問題解決につながることを意識すべきである。

4. 1 音源系に関する確認

音源系の品質が確保されない場合、以降の系の品質が優れていても、品質が悪い音声情報が受聴者に届くことになる。したがって、音源系の品質確保は極めて重要である。

なお、親局から送出される音源の種類が複数ある場合、それぞれの品質がそろっていない

い可能性があり、すべての種類において個別に確認することが望ましい。しかし、事情により確認できなかったものがあれば、どの音源を確認していないか明確にしておくこととする。

4. 1. 1 音源系の出力

電圧確認

音源の電圧を確認する。定格値に基づき予め定めた規定範囲内であること。

聴取確認

音源を聴取し確認する。

注) 定格値とは、機器に関して連続動作させて異常を生じない値。主に製造者が定める。

注2) 規定範囲とは、様々な機器により構成されるシステムが運用上受け入れることができる範囲として、システムを構成するそれぞれの機器の定格値に基づきシステム納入に責任を持つ者及び運用主体が協議のうえ定める範囲。

音源系は図2に示すよう親局に含まれる。拡声用に様々な仕様で音源が用意されており、まず初めに、これら音源の品質を確認しておかねばならない。

以下に、代表的な音源を示す。

屋外拡声システム外部から到来する信号の例：

- ・ J-ALERT (全国瞬時警報システム) [5]の音声、
- ・ 緊急地震速報[6]、
- ・ 別の親局からの信号。

音源系内で再生・生成する信号の例：

- ・ 定型放送 (音声ファイル装置, PC, CD, カセットテープ等の記録媒体からの音声再生)、
- ・ 音声合成による音声 (テキスト読み上げ text-to-speech, TTS)、
- ・ マイクロホン入力 (アナウンサーリアルタイムに発話)、
- ・ 事前録音音声 (アナウンサーが放送に先立って録音したもの)。

多くの屋外拡声システムでは、音源は操作卓又は放送統合制御装置などと呼ばれるミキサ機能を備えた装置に入力される。信号レベル (電圧) が調整され、もし複数の信号が同時に現れた場合、予め設定された優先順位に従い優先されるべき信号が選択されたのち、信号伝送系に送られる[7][8]。その他、操作卓を経ずに独自のレベル調整ののち信号伝送系に直接入力される音源や、マイクロホン信号を操作卓内部の記録装置などに一旦記録 (録音) した音源もある。通常、信号伝送系の入力規定点は 1 つであることから、どんな音源であっても操作卓からの出力電圧をほぼ同じとし、伝送部の入力規定点の緒元に合わせる必要がある。これを怠ると、音源ごとに品質の異なる拡声となり明瞭性を劣化させる可能性がある。

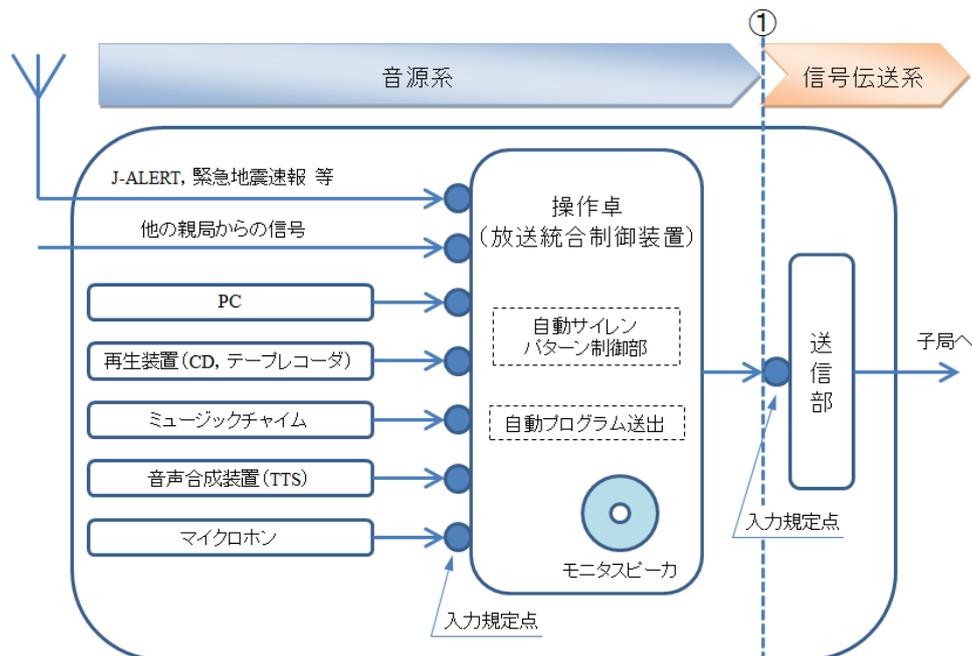


図 2 親局系統図の例

このように複数の音源がある場合、それぞれの品質不ぞろいを見逃さぬよう、全ての音源について個別に確認することが望まれる。しかし、J-ALERT や緊急地震速報など、音源系よりも更に上流からいつ送られてくるかも分からないような信号まで全て確認することは困難である。よって、音源系から送出される全音源を確認できない場合は、どの音源を確認していないか明確に記録しておくこととしているものである。

音源系出力電圧の確認

各音源を再生したときの系の境界①（操作卓出力、即ち信号伝送系入力）における電圧を測定する。事情により再生できず確認できない音源があれば、その音源種類を記録しておく。確認結果の可否基準は、送信部の入力規定点の仕様に基づき、屋外拡声システムの設置・運用主体とシステム設計・構築業者（施工者、コンサルタント等）が協議して決定しておく。ただし、以降の系による劣化の可能性に鑑み、波形が歪まない範囲で充分大きな電圧が信号伝送系に入力される基準にする必要がある。また、出力電圧に加え、下流の系の仕様（伝送可能な周波数帯域など）に応じた充分広帯域な音源であることを確認することを推奨する。

操作卓内でデジタル信号に変換され、操作卓出力としてアナログ信号を確認することができない場合は、操作卓へ入力される各音源装置の出力電圧を個別に測定することとする。この時の可否基準は、操作卓の入力規定点の仕様を満足しているかによる。

音源を再生しているときだけでなく、再生していない時の操作卓出力電圧を測定し、ノイズの有無を確認する。

根拠資料の例：電圧値の記録、音源のサンプリング周波数、音源のスペクトル等の記録

聴取確認

各音源を再生し、音源系の出力信号（操作卓から送信部への出力信号）を適切な音響機器（スピーカ、イヤホンなど）に接続し鳴動させ聴取する。操作卓のモニタスピーカで聴取してもよい。また、操作卓のモニタ出力端子を適切な音響機器に接続し鳴動させ確認してもよい。事情により再生できず確認できない音源があれば、その種類を記録しておく。確認結果の合否基準は、屋外拡声システムの設置・運用主体とシステム設計・構築業者（施工者、コンサルタント等）が協議して決定しておくが、その際、音源が歪んでないこと、ノイズが少ないこと、音声の話速や文節間の無音区間（ポーズ）が適切であること、などの観点を考慮すること。また、十分な明瞭性を有することも確認することを推奨する。

音源系の内部でデジタル信号に変換され、操作卓出力などとして音源系出力をアナログ信号として確認することができない場合は、操作卓へ入力される各音源装置を個別に鳴動させ確認する。

根拠資料例：聴取評価記録、再生時の録音データ、波形（オシロスコープ画面）画像、等。

無停電電源装置の確認

屋外拡声システムは、いつも安定な商用電源により稼働できるとは限らないため、非常電源に切り替わるまでの瞬断対策として無停電電源装置（UPS）を備えていることが多い。適切な音響信号を得るための大前提として適切に電力が供給されている必要がある。規準本文には含めていないが、音響信号の確認以前に無停電電源装置を確認しておくことを推奨する。

4. 2 信号伝送系に関する確認

音源系から確実な品質の信号が出力されている前提下、信号伝送系の役割は伝送された信号を劣化無く次の系に伝送することである。

4. 2. 1 信号伝送系の出力信号

電圧確認

信号伝送系の出力電圧を確認する。親局から確認用音源を送出し、各子局の受信部出力電圧を測定する。定格値に基づき予め定めた規定範囲内であることを確認する。

聴取確認

親局から確認用音源を送出し、各子局の受信部出力を聴取確認する。

注) 子局の受信部と音響出力系のパワーアンプが一体化している等で受信部の出力が取り出せない場合、本項の確認は省略することができる。

音源系から送られてきた信号は、信号伝送系に入力される。その初段は親局の送信部であり、無線やインターネット等さまざまな手段で子局に伝えられ、その受信部で復調され音響出力系に入力される。そこでこの信号伝送系出力（系の境界②）信号が、予め定められた品質を保っているかを確認する。親局の音源を再生し、系の境界②における信号、即ち受信部出力（＝音響出力系へ入力される信号）を確認する。ただし、子局内において信号伝送系（受信部）と音響出力系が明確に分離できない一体型で、受信部出力を取り出せない場合、本項確認は省略可とする。

(a) 信号伝送系出力電圧の確認

音源系から送出されてきた音源を再生し、系の境界②における信号（即ち音響出力系へ入力される信号）の電圧を確認する。確認結果の合否基準は、音響出力系の仕様にに基づき屋外拡声システムの設置・運用主体とシステム設計・構築業者（施工者、コンサルタント等）が協議して決定しておく。事情により再生できず確認できない音源があれば、その音源種類を記録しておく。音源系において全音源を個別に再生して確認することを基本とするが、境界①の電圧が設定した基準を満たしており、かつ、音源によらずほぼ同電圧であれば、全音源を再生せずとも任意の 1 音源又は正弦波、帯域ノイズ等を確認用音源として再生し、そのときの系の境界②における電圧測定をもって確認を代表させてもよい。ここで、正弦波又は帯域ノイズ等を確認用音源とした場合、その音源系における電圧は他の音源とほぼ同一とする。

なお、信号伝送系と音響出力系の仕様によっては、どのような電圧を測定し確認すべきか注意を要することがある。例えば、パワーアンプの定格入力電圧が平衡 1V（平衡 0 dB）であることは音響機器業界では普通だが、業界習慣の違いから定格電圧として不平衡 0.775V（不平衡 0 dB）が受信部から出力されることがある。平衡 1V は実質的に 2V（HOT-COLD 間電圧）であるので、このまま 0.775V が接続されると、パワーアンプに必要な定格入力電圧 2V に対して $0.775/2 = 38.8\%$ （ $= -8.2$ dB）の入力となり、パワーアンプからは定格出力[W]の $0.388^2 = 15\%$ しか出力されなくなってしまう。よって、屋外拡声システムの設置・運用主体とシステム設計・構築業者の協議では、必要とされる電圧を充分吟味して合否判定基準を決定する必要がある。

根拠資料例：電圧値の記録

(b) 聴取確認

親局の音源を再生し、系の境界②における信号（即ち音響出力系へ入力される信号）を適切な音響機器（スピーカ、イヤホンなど）に接続し鳴動させ聴取する。確認結果の合否基準は、音響出力系の仕様にに基づき施主と業者（施工者、コンサルタント等）が協議して決定しておく。事情により再生できず確認できない音源があれば、その音源種類を記録しておく。親局において全音源を個別に再生して確認することを基本とするが、親局での聴取確認において各音源の聴取確認がすべて合格であれば、全音源を再生せずとも任意の 1

音源を確認用音源として再生し，系の境界②の信号の聴取で以って確認を代表させてもよい。

根拠資料例：聴取評価記録，再生時の録音データ，波形（オシロスコープ画面）画像，等

4. 3 音響出力系に関する確認

4. 3. 1 パワーアンプの出力信号

電圧確認

パワーアンプ出力電圧を確認する。音響出力系に確認用音源を入力し，パワーアンプ出力電圧を測定する。定格値に基づき予め定めた規定範囲内であること。

注) 子局の受信部と音響出力系のパワーアンプが一体化している等で音響出力系に確認用音源を入力できない場合，親局から確認用音源を送出し，各子局のパワーアンプ出力電圧を測定する。

4. 3. 2 スピーカ

インピーダンス

パワーアンプ出力端からスピーカを見たインピーダンスを測定する。予め定めた規定範囲内であること。

極性

スピーカ極性が正しく接続されているか確認する。

子局のパワーアンプの出力，すなわちスピーカへの入力信号を確認する。本来なら系の境界③であるスピーカ出力音を確認すべきところであるが，確認試験中は何度も確認を繰り返すことが想定され，たとえ確認試験のためであっても大音量でサービスエリアに向けて拡声すること極力避けるべきであろう。よって，スピーカを鳴動せずに確認できる屋外拡声システムの終端，即ちパワーアンプの出力を確認することを推奨するとした。また，パワーアンプ出力の確認以外にもスピーカ及びその他音響機器の確認が必要である。

(c) パワーアンプ出力電圧の確認

「4.2 信号伝送系における確認」において電圧に問題がないことが確認されていることを前提に，音響出力系に確認用音源を入力し，パワーアンプ出力電圧（＝スピーカ入力電圧）を測定する。入力する確認用音源の電圧は，定格値に基づく規定範囲内の電圧である。確認結果の合否基準は，音響出力系の仕様に基づき施主と業者（施工者，コンサルタント等）が協議して決定しておく。

子局における信号伝送系（受信部）と音響出力系が明確に分離できない一体型構成の子局など，音響出力系に確認用音源を入力できない（即ち，「4.2 信号伝送系における確認」ができていない）場合は，音源系で確認用音源を再生し音響出力系のパワーアンプ出力電

圧を測定する。再生する確認用音源は、音源系で用意されている音源、又は正弦波、帯域ノイズ等とする。ここで、正弦波又は帯域ノイズ等を確認用音源とした場合、親局での電圧は他の音源と同様に定格値に基づく規定範囲内の電圧とする。

根拠資料例：電圧値の記録

注意：パワーアンプとスピーカがハイ・インピーダンス接続の場合（100V ラインの場合）、正弦波のパワーアンプ出力がピーク電圧で 141 V にまで達することから、電圧測定の際は注意が必要である。

(d) スピーカ外観、取り付け構造、設置状態の確認

スピーカの取り付けに緩みがあると仕様どおりの音響出力とならず不足することがある。スピーカが強固に取り付けられていることを確認する。その他、取り付け構造等に間違いが無い確認する。

根拠資料例：取り付け構造部の写真、等。

(e) スピーカインピーダンスの確認

スピーカのインピーダンスを測定し、定格インピーダンスの許容範囲内であることを確認する。スピーカによってはインピーダンスを選択できるものがあるため、設計どおりに設定されているか確認する。インピーダンスが正しくないと音響出力の不足、歪やノイズの原因となる。インピーダンスの測定はインピーダンスメータの利用を推奨する。

根拠資料例：インピーダンス測定値の記録

(f) スピーカ極性の確認

音響出力系に複数のスピーカが設置されることがある。その場合、意図的に極性を合わせていない場合を除き、それらの極性がそろっていないと、子局全体としての音響出力の低下や意図しない指向性を生じることがある。スピーカの極性が正しく接続されているか目視で、又は極性確認用試験音を出力し極性チェッカを用いて極性を確認する。

根拠資料例：接続部の写真、極性チェッカによる確認記録、等。

(g) イコライザの確認

拡声音は室内の音伝搬とは異なり大気や気象に大きく影響されて伝搬する。特に風や気温勾配により音響伝搬路が大きく偏向され、到達する音圧が著しく変化することが想定されるが、現状ではそれを正確に予測する手段が限られており、屋外拡声システム側で実用的な対策を施すことは一般に困難である。一方、大気による空気吸収は工業規格[9]として利用しやすい形で情報提供されており、高い周波数領域で大きく減衰するといった周波数ごとの音圧減衰を推定することが比較的容易である。よって、空気吸収による高い周波数の減衰を補償することが望まれ、最近ではイコライザ回路又は装置を取り付けることが多い。

イコライザ特性の確認は周波数特性を測定することによる。また、正弦波信号を用いていくつかの周波数におけるイコライザのゲインを測定することでも代用可能である。しかし、周波数特性や正弦波による測定が難しい場合は、イコライザの仕様書を確認し、その写しを根拠資料としてもよい。なお、イコライザ特性の記録の際には、ターゲットとなる聴取点の距離も明記し、その距離での特性を正しく補正できていることを確認する。
根拠資料例：周波数特性グラフ、周波数を変えてイコライザへ入力した正弦波の電圧とイコライザからの出力電圧の測定値記録、イコライザの仕様書の写し、など。

(h) 無停電電源装置の確認

音源系、信号伝送系と同様、音響出力系も常に商用電源が使える環境とは限らず、停電時でも必要な時間拡声するため、自家発電装置又は蓄電池が備えられていることが多い。十分な発電量が確保されなければ電圧が不足し拡声音が歪み、最大音量による拡声ができないことにもつながるため、音響信号以前の明瞭性確認の根本として、電源の確認を推奨する。

4. 4 音響伝搬系に関する確認

空間に放射された拡声音は空間における気象、地形、建物などの諸因子により影響を受ける。これらの影響は技術的には現状でもある程度予測可能ではあるものの、財政的、労力的な問題で実用に至っているとは言えない。したがって最終的な確認は評価地点においてSN比の測定および聴取試験を行い、拡声音の明瞭性を確認する。SN比のみによる拡声音の明瞭性確認は行わない。また、SN比よりも聴取試験による明瞭性の確認結果を優先する。

4. 4. 1 評価地点

原則としてサービスエリア内において地理的、社会的、および防災の観点から評価地点を選定する。また、選定の際には、サービスエリアの確認状況と、想定される問題点が明らかになるように、選定した地点ごとに選定した理由を文書化することが望ましい。

注) 想定される問題点の解決のためにサービスエリア外から評価地点を選定する場合もあり得る。

4. 4. 2 SN比

通常の運用と同様に各子局から確認用音源を同時に拡声し、各評価地点においてSN比を測定する。各評価地点におけるSN比は、信号(S)を拡声音、雑音(N)を暗騒音とし、拡声音の音圧レベルから暗騒音の音圧レベルを減ずることにより求める。測定したSN比が設置・運用主体及び専門家との協議により決定した判定基準を満たしていることを確認する。

4. 4. 3 聴取試験

各評価地点において拡声音を聴取し明瞭性を確認する。

スピーカから出力され音響伝搬系を経て評価地点に到達した拡声音（音響伝搬系の出力）が、予め想定された品質を保っているか確認する。なお、想定すべき品質については、システム構築時にどのような評価指標で判断するかを含めて、設置・運用主体及び専門家と十分に検討しておく必要がある。音響伝搬系は他の系とは異なり、気象（温度勾配、風など）の影響を大きく受け定常なシステムではない。また、その影響を正しく把握することは現状の学術的知見は存在するものの実用的な観点からは困難である。よって、確認の結果、合格と判定されたとしても、常にその品質が維持されているとは限らないことに注意する必要がある。

(i) 評価地点の選定

評価地点の選定に当たっては、屋外拡声システムの設置・運用主体及び専門家により合意されたサービスエリア内に設定することを原則とする。したがって、その妥当性を確認するためにも両者が合意の上で選定すべきである。ただし、選定に際しては、個々の評価地点がどのような理由で選択されたのかを明記すべきである。なお、本規準でいうサービスエリアとは音声情報によって情報を伝達できるであろうと推定されたエリアであり、音声が必要な明瞭性をもって聞こえることを保証するために設定されるわけではないことに注意が必要である。

また、建物の影の地点においてどの程度聞き取れないのかなど、想定される問題点の把握や解決のため、サービスエリア外から評価地点を選定する場合もあり得る。さらに、スピーカ直下付近で過度の大音量となっていないかを確認するという視点も重要である。

以下に選定理由の例を列挙する：

- ・リスクアセスメントとしての観点により設定（サービスしたい地点ではあるが聞こえないかもしれないため確認するもの）、
- ・必ず聞こえると設計したところの性能確認のために設定、
- ・まず聞いてみて、想定外の性能減少がありそうなところで重要そうな地域、
- ・サービスエリア内の任意の点で聞こえるべきと考えランダムに設定、
- ・スピーカの指向エリア外において同時に2つのスピーカから音が到達することに起因する問題点を把握し可能な対応策を立案するため、推定サービスエリア外で音圧レベルが不十分な可能性がある地域
- ・音量が大きすぎて通常放送のたびに生活に支障が生じていないか心配される地域（スピーカ直下など）。

(j) SN 比の位置付け

SN 比は音声の明瞭性と相関がある物理指標として古くから用いられている。その一方で、屋外拡声の現場では、慣習的に、拡声音の音圧レベルによりサービスエリアを規定することが多かった。しかし、実際の各評価地点では周囲の環境により暗騒音の音圧レベルが異なることから、拡声音の音圧レベルだけでなく SN 比も考慮してサービスエリアを規定することの方が明瞭性との対応の観点から有益である。測定方法や判定基準は、音響伝搬系に関する確認を実施する前に屋外拡声システムの設置・運用主体と専門家との間で協議の上決定しておく。その協議にあたり、必要十分なシステムの構成や、設定する SN 比の判定基準の実現可能性を判断するために、設計段階で評価地点における暗騒音の音圧レベルを測定あるいは何らかの方法で予測することが望ましい。

(k) SN 比の測定

< 拡声音の音圧レベルの測定 >

親局から音源を再生し、評価地点での拡声音の音圧レベルを確認する。音源系出力や信号伝送系の電圧確認と同様、全音源を再生することが理想であるが、いたずらに緊張感をあおる拡声音を用いることはできるだけ避けるべきである。そこで、音源系の音源のうちあまり緊張感をあおらないもの、若しくは確認用に特別に制作した音源（例えば「ただ今、拡声システムの試験中です」など）、または後述の聴取試験用の音源（単語音声）を確認用音源として再生することを推奨する。ただし、特別に制作した音源及び聴取試験用音源を用いる場合、他の音源と同様、信号伝送系への入力電圧（音源系の出力電圧）が基準を満たしていることを確認しておく。

音圧レベルは、原則として確認用音源の継続時間を実測時間 T とした JIS Z 8731:1999 に規定された等価騒音レベル ($L_{Aeq,T}$) として測定する。確認用音源に非音声区間が含まれない場合は JIS に準拠し測定を行う。他方、確認用音源に非音声区間が含まれる場合は、非音声区間を除いた時間を T として測定する。言い換えれば、非音声区間を除いた離散的な音声区間 (T_i) の合計 ($\sum_{i=1}^n T_i$) を T として A 特性音圧レベルのエネルギー平均値を測定する。ここで、非音声区間は音声信号が 200ms 以上に渡って存在しない区間とする。音声信号の有無は、確認用音源を聴取して主観的に判断するか、ITU-T G.729 Annex B 等の音声区間検出アルゴリズムを用いて決定する。なお、評価地点では非音声区間でも反射音等により拡声音が聞こえる場合があるが、そのような区間は非音声区間としてエネルギー平均を行う際に含めない。簡易的には、騒音計の時間重み特性を S として測定した A 特性音圧レベルの最大値を求め、近似的な測定値とすることも可能である。また、現地で拡声音の音圧レベルを測定する際には、拡声音と暗騒音を切り分けることができないため、拡声音のエネルギーからその評価地点の暗騒音のエネルギーを減じる補正（暗騒音補正、JIS Z 8731:1999 附属書 2 参照）が必要である。複数の拡声音が聞こえる評価地点では、どの方向からの音が大きく聞こえたか等の記録を残しておく。

<暗騒音の音圧レベルの測定>

評価地点での暗騒音の音圧レベルを測定し、上述した拡声音の音圧レベルの暗騒音補正を行うとともに SN 比を求める。音圧レベルは、原則として $L_{Aeq,T}$ を測定する。測定中に突発音が発生した場合は改めて測定する。

拡声音の音圧レベルの暗騒音補正に用いる暗騒音の音圧レベルについては、拡声音の測定の直前あるいは直後に、適切な実測時間で測定する。

SN 比の算出には、評価地点を代表する暗騒音の音圧レベルを用いるものとする。拡声している比較的短い時間の暗騒音が評価地点を代表する暗騒音の音圧レベルとは限らないため、暗騒音の音圧レベルが相対的に高い基準時間帯（1つの音圧レベルの値を代表値として適用し得る時間帯のこと）において、適切な実測時間で測定することを推奨する。

設計段階など事前に暗騒音の音圧レベルを測定する場合も上記と同様の方法とする。

<気象条件の影響について>

拡声音と暗騒音の音圧レベルの両者について気象条件が影響するため、測定時の気象条件に関する観察結果を記録に残す。

<測定値の判定基準（設計目標）の参考値>

音響伝搬系以外の系に問題が無く、ロングパスエコーによる明瞭性の著しい低下が無いことが前提であるが、本調査委員会における検討の結果、現時点では SN 比がおよそ 6 dB 以上あれば明瞭性は良好と考えられる。上記に加えて、避災行動開始のキューとしての役割を考慮し、拡声音の音圧レベルは注意喚起を促すに足る 60 dB 以上を推奨する[14]。

<根拠資料の例>

測定年月日、測定開始および終了時間、拡声音と暗騒音の音圧レベルおよびその種類、複数の方向から拡声音が聞こえたか、気象条件等の周囲の状況

(l) 聴取試験の方法

聴取による明瞭性の確認には単音節明瞭度、単語了解度、文章了解度など、いくつかの方法が存在する。ここでは、音声理解度の把握性能と所要時間のバランスに優れた推奨確認方法として、単語了解度を測定する手法を紹介する。

(m) 試験用音源

次の試験用音源を推奨する：

- ・親密度の高い単語をランダムに 3, ないし 4 つ連結した音源（連単語）、

緊急時の音声情報は短く、簡潔に、かつ単語親密度の高い語を用いてデザインされるべきである。その一方で、残響音やエコーの影響を確認するためには、ある程度の時間長が必要である。連単語の使用を推奨するのは、以上の条件を近似的に満たすと考えるためである。また試験用音源の準備にあたっては、確認者がすべての試験用音源を記憶しているような状況を避けうるだけの種類の音源を準備する必要がある。

提示される音声の了解度と SN 比の関係については、かなりの知見が既に存在する[例えば 10]。了解度は提示される音声の難易度に大きく影響されるため、難易度の統制が容易な

音声刺激として単語を用いることを推奨するものである。また、難易度の指標としては、日本語のほぼ全単語について求められており、指標として優れた特性を持つことが知られている親密度を用いることを推奨する。図3は、SN比が単語理解度に及ぼす影響を親密度別に示したものである。この図を見るとわかるとおり、親密度の高い単語はSN比の変化に比較的頑健で低いSN比まで高い理解度を保っている。なお、このデータでは、SN比が-3 dBで理解度が80%以上となり高い理解度が得られているが、これは孤立単語を実験室で聴取したものであり、実環境でより長い音声で十分な理解度が得られるためには、さらに高いSN比が要求される。

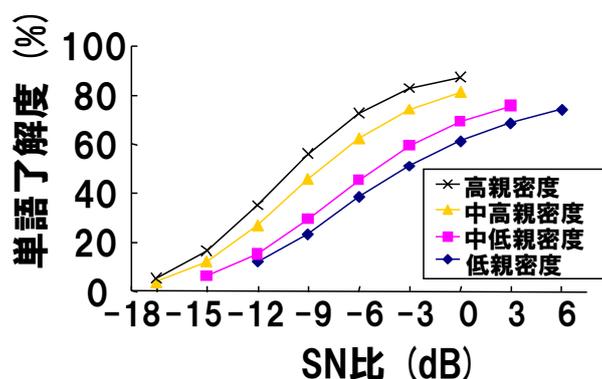


図3 SN比と単語理解度の関係[10]

残響音やエコーが存在する環境での理解度を把握するためには、ある程度の長さの音声を用いる必要がある。そこで本規準では、複数の単語を連ねて刺激の時間長を伸ばすことを推奨しているものである。連ねる単語の個数は、短すぎると残響音やエコーの影響が過小評価され、逆に長すぎると把握すべき理解度に記憶の影響が加わって理解度が低く見積もられてしまう可能性がある。

このように連単語の単語数が聴取試験結果に影響を及ぼすことに注意する必要がある。例えば図4は、同一聴取環境 (SN比 3 dB, 残響時間 0.9s, 話速 4.8 モーラ/s) において、無関連な 4 モーラ単語の個数をパラメータとして理解度試験を行った結果である[11]。図4より若齢者および高齢者ともに 4 語程度を上回ると聴取試験結果は低下し始めることがわかる。したがって、3~4つの単語を連ねた連単語を用いることが望ましい。

ちなみに、ここで記していない考慮すべきパラメータとして、音声刺激の発話速度、音声刺激間のポーズ長などが挙げられる。一般的には、発話速度については遅く、ポーズ長については長くするほど、特に音響伝搬系における残響音やロングパスエコーの影響を受けにくくなるが、過度に遅くあるいは長くすると不自然さが増して聴き取りにくくなる。しかし、必要な情報を迅速に伝える必要があることを考えると、聴き取りを考慮しつつ最適な発話速度やポーズ長を決めることが重要となるため、今後の研究が待たれる。

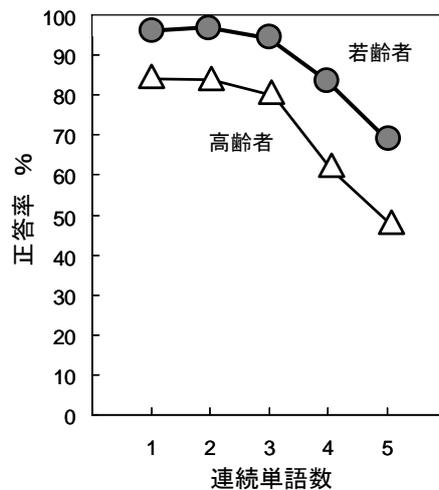


図 4 提示した連続単語数と正答率の関係 ([11]から抜粋)

無関連な 4 モーラ単語を 4 つ連ねた 4 連単語を用いて屋外における単語了解度の様相を調査した報告を紹介する。図 5 に親密度の高い単語を 4 つ連ねた場合の単語了解度試験の結果を示す。この実験では、直接音と同じ大きさの音（後続音）をある時間遅れで重畳することで、エコーを模擬している。なお、条件として、エコーなし、直接音と同じ音圧のエコーが遅れ時間約 750 ms に 1 つ、直接音と同じ音圧のエコーが遅れ時間が約 750 ms および約 1,500 ms に 2 つの環境を用意して実験を行った。図 5 を見ると、エコーが存在しない条件の了解度に比べ、エコーが存在する条件では、おしなべて了解度が低下している。さらに、エコーの数が 2 つとなった条件では、エコーの数が 1 つの条件に比べ、了解度は低くなっている。これらのことは、エコーが存在することにより、音声の聴き取りが阻害されることを意味している。拡声システムは情報を伝達することが最重要役割であることを考えると、純音やノイズなどの無意味な刺激ではなく、実際に意味のある音声刺激を用いてシステムの評価を行うことが重要であることを示した結果である。

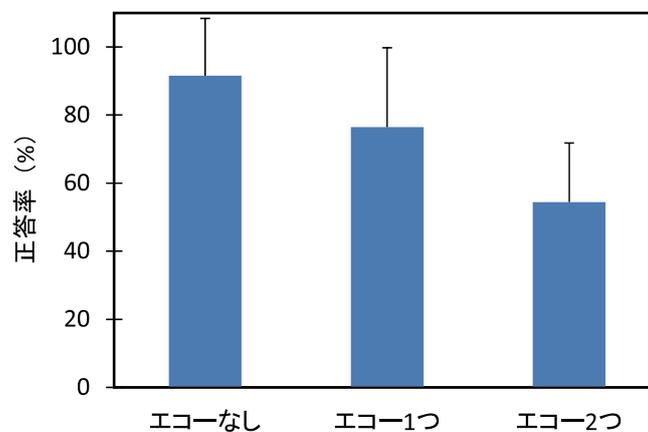


図 5 4 連単語を用いた単語了解度試験結果 ([12]から抜粋)

なお、ここでは、信号伝送系から、音響出力系、音響伝搬系までの確認を行うことを想定し、信号伝送系に試験用音源を直接入力することを考える。ただし、実態に合わせた確認を行うために、音源系で行われる処理を予め施した試験用音源を作成して用いることを推奨する。

(n) 確認者

聴取による確認を依頼する者には、聴力の衰えに対する自覚症状が無いことを確認する。試験用音源に対する親密度および回答方法に対する熟練度統制の観点から、試験用音源の言語の能力が十分に高い者を充てる。また、試験用音源を事前に確認者に知らせることの無いようにする。

(o) 試験方法

子局に設置された拡声スピーカから試験用音源を再生し、確認地点において聴こえた通りに書き取る試験を行う。再生音圧レベルは、緊急時設定（最大音圧レベル）とする。

気象が聴取試験に大きな影響を及ぼす状況、例えば降雨、降雪、強風といった状況はできるだけ避ける。ただし、海陸風のような恒常性のある気象条件の場合は、屋外拡声システムの設置・運用主体および聴取試験実施者との間で合意の上で実施することができる。

暗騒音については、その評価地点において想定した暗騒音レベルにできるだけ近い条件を選んで試験を実施するのが望ましい。試験中に突発的な強い暗騒音が生じた場合は、その場では試験用音源の提示数を増やす等の対策を取ること。

試験中は同時に確認者に近い位置で録音を実施して確認記録として保存することが望ましい。

(p) 確認方法

連単語について、単語単位ですべての音節が正しく書き取れたかどうかを採点する。すべての確認者のデータをまとめ、正答率を算出する。人数×単語数が10以上になるように、試験用音源と確認者の数を確保する。正答率が8割以上であれば良好であると言える。

以上、主に聴取試験による確認方法を解説した。上記による確認は

1) スピーカから放射される音に関しての音源系から音響出力系における性能の確認

2) 音響伝搬系に存在する明瞭性阻害要因の確認

の2点に大別される。2)の音響伝搬系に存在する主な阻害要因としては

2a) 環境騒音

2b) 地形に起因する反射音

2c) スピーカ配置に起因する反射音

2d) 気象変動に由来する要因

の4点がある。

これらのうち 2a)の環境騒音については災害時に確実に情報が伝達できるように適切な配慮を行う必要がある。

2b)地形に起因する反射音および 2c)スピーカ配置に起因する反射音についてはスピーカの指向性、スピーカの数と配置および出力バランスなどにより調整することができるが、聴取点における音の到来方向の影響を考慮する必要がある。しかし、音の到来方向の影響については研究の途上にあるため、現時点で定量的な評価を実施することは難しい。現状では聴取時の観察結果を記録に残し、今後の検討材料とすることとした。

2d)気象の変動については、その影響が大きいことがこれまでの研究[13]により示されているが、気象変動の影響を定量的に把握し予測することは現時点実用レベルに至っていない。現状では聴取時の観察結果を記録に残し、今後の検討材料とすることとした。

今後、反射音の方向性の影響や、気象変動の影響の実態解明と予測法などの研究が進んだ段階で、より定量的な問題点の確認と解決方法を取り入れる必要があろう。それまでの間は、上述及び次項 5 の(8)に記すように、できる限り現状を観測し記録に残すことをまず実現していき、今後の検討と確認用データを蓄積していく必要があると考える。

5. 性能確認実施の記録保持

性能確認を行った手順、方法、および適用した評価基準または考え方および測定値等の評価結果について記録し、文書化することにより、システムの維持、管理および運用のために適切な情報を残すことができる。したがって、これらの記録を作成し、運用の主体となる組織などにより文書を管理し、また、変更が生じた場合などに記録すべきである。さらには確認した波形情報などを録音等により保存しておくことが望ましい、

具体的には以下の事項を取りまとめ、資料として記録することとする。

- (1) 測定点の位置
- (2) 気象条件（測定者の所見）
- (3) 暗騒音の状況（測定者の所見）
- (4) 確認者数
- (5) 試験中の音声および暗騒音の騒音レベル
- (6) 確認結果（正答率等）
- (7) 試験用音源および確認地点における試験中の録音のデジタルデータ
- (8) 聴取時の観察結果（反射音についての印象：強さや方向等、直接音の音質など）

これらのうち(7)の録音デバイスの設定の際には、オートゲインコントロールを解除すること、フォーマットは非圧縮の WAV ファイルなどとし、サンプリング周波数は 44.1 kHz 以上とし、チャンネルあたり 16 bit 以上の量子化ビット数とし、に留意すること。

なお、運用時においても災害発生時にシステムが確実に動作することを確認し、記録に残すべきである。確実な動作とは必要な情報をシステムが想定しているエリアにいつでも伝達できることである。なお、確認の際には近隣の騒音にならないように配慮することが望ましい。

参考文献

- [1] 日本建築学会環境基準 AIJES-S0002-2001, 都市・建築空間における音声伝送性能評価規準・同解説
- [2] 戸井田義徳, 屋外音場における明瞭度, 日本音響学会誌, 43(7), 519-525, 1987.
- [3] 戸井田義徳, 長大なディレイタイムのエコーによる音声聴取妨害ー防災用野外スピーカーの事例についてー, 聴覚研究会資料 H-90-9 (又は建築音響研究会資料 AA-90-5), 1990.
- [4] 稲垣實, 松原美之, 屋外防災スピーカー・システムにおける時間差放送の音声明瞭度, 消防研究所報告, no. 78, pp. 34-41, 1994.
- [5] 全国瞬時警報システム(J-ALERT), 総務省消防庁国民保護室・国民保護運用室ウェブサイト, http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/fieldList2_1.html (2014年5月現在)
- [6] 廣瀬拓央, 栗栖清浩, 緊急地震速報とは, 騒音制御, 32(4), 197-200, 2008.
- [7] 栗栖清浩, 井上真志, 山口康紀, 防災用広域拡声システムの設計とその現状, 日本音響学会建築音響研究会資料 AA2011-44 (又は騒音・振動研究会資料 N-2011-51), 2011.
- [8] 井上真志, 山口康紀, 栗栖清浩, 自治体向け緊急情報伝達システムの構築とその現状, 日本騒音制御工学会研究発表講演論文集, 2010 春季, pp. 73-76, 2010.
- [9] JIS Z 8738: 1999, 屋外の音の伝搬における空気吸収の計算 (ISO 9613-1: 1993, Acoustics-Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere)
- [10] Shigeaki Amano, Shuichi Sakamoto, Tadahisa Kondo and Yôiti Suzuki, "Development of familiarity-controlled word lists 2003 (FW03) to assess spoken word intelligibility in Japanese," *Speech Communication*, 51(1), 76-82, 2009.
- [11] 佐藤洋, 残響騒音下において一度に提示する単語数と話速が単語理解度と「聴き取りにくさ」に及ぼす影響, 日本建築学会学術講演梗概集, D-I, 273-276, 2008.
- [12] 崔正烈, 森本政之, 佐藤逸人, 坂本修一, 岩谷幸雄, 齋藤文孝, 鈴木陽一, 屋外拡声系による音声理解度の評価とサイン音の開発ー災害情報の屋外音声伝達性能の向上に関する技術開発ー, 電子情報通信学会技術報告, SP2013-45, 83-88, 2013.
- [13] 川瀬康彰, 篠原直明, 大島俊也, 防災無線定時放送音の長期観測結果を利用した音波伝搬における気象影響の検討, 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集, 201-204, 2014.
- [14] 東北大学電気通信研究所, 多様な通信・放送手段を連携させた多層的な災害情報伝達システムの研究開発 災害情報の屋外音声伝達性能の向上に関する技術開発 報告書, pp. 78, 2013.

改訂履歴

版数	発行日	改定内容
1	2017/07/25	初版発行
1.1	2019/03/29	表紙に著作権に関する記述を追記
		「改定履歴」を追記
		「問い合わせ先」を追記

災害等非常時屋外拡声システム性能確保のための ASJ 技術規準

© 一般社団法人 日本音響学会

2017 年 7 月 25 日第 1 版

2019 年 3 月 29 日第 1.1 版

<著作権・本書の内容・本書に係る技術に関するお問い合わせ>

一般社団法人 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

E-mail: asj-msscom-sec@acoustics.jp
