資料３－２

防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する実証実験報告書(案)

2025 年 2 月 3 日

資料３－２

目次

資料３－２

1. はじめに

防災行政無線等は、PUSH 型の一斉同報手段であり、スマートフォン等を持たない住民へも情報を伝達することができるなどの特長を持つことから、災害時の主たる情報伝達手段として、消防庁ではその整備を推進しています。一方で、防災行政無線等の屋外スピーカーからの放送は、広域をカバーするために多数の設備が必要となることや、気象条件等によっては聞き取りにくい場合があるなど、全国の自治体で整備を推進する上で様々な課題が存在します。

このような状況を踏まえ、音達範囲や音源などの改良によって、災害情報を一つの屋外スピーカーでより広域かつ明瞭に伝達できるようにし、防災行政無線等の更なる整備促進を図ることを目的として、「防災行政無線等の屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する検討会」（以下「検討会」という。）が開催されました。

検討会での検討の一環として、前記課題解決のために実証実験を実施し、各種改善効果の確認を行いました。本報告書では、実証実験の結果について報告します。

2. 屋外スピーカーの音達範囲向上等に関する実証実験について

2.1. 実証実験の概要

2.1.1. 用語について

本報告書で使用する用語について下記にまとめます。

表 1　用語解説

用語	用語意味
音達（距離）	屋外スピーカーからの音声等が、どの程度の範囲まで届くか。
明瞭度	「あ」や「か」など無意味な単音や音節を用いた放送について、聴取者が聞き取れた割合。
了解度	意味のある単語や文章を用いた放送について、聴取者が聞き取れた割合。 明瞭度が高くなるほど了解度も良くなるが、単語や文章中に聞き取れない音節があってもある程度推定できるため、明瞭度が多少低下しても了解度は変わらない。
SII	Speech Intelligibility Index（SII）：音声の了解度を示す指数。 SII は 0 から 1 までの値をとり大きくなるほど了解度は高い。 （SII<0.45 で Poor 、SII>0.75 で Good） マスキング効果（同じ周波数の音が重なると、一方の音が聞こえにくくなる現象）や話者の発話強度の影響など聴覚心理学上の特性を考慮に入れたもので、了解度を測る手段としてよく用いられる。
STI	Speech Transmission Index（STI）：音の残響や雑音による音声波形の変化を表す指数。音声波形の包絡線が受音位置でどれだけ保存されているかを表し、建物の音響設計・評価や通信での評価などによく用いられる。 STI は 0 から 1 までの値をとり大きくなるほど明瞭度は高い。具体的な方法は異なるが、マスキング効果を考慮し算出するという考え方は SII と同じであり、STI と SII の相関は高い。ただし、STI が 0.7 以上になると SII の値が変化しにくくなるという報告がある。
Swept-Sine	室内音響測定等で良く用いられる試験信号で、ある時間内に連続的に周波数を変化させたもの。（今回の実験では約 3.5 秒間かけて約 400Hz～7kHz に周波数を変化させた）

音声コーデック	アナログの音声をデジタル化して、聴感上影響のない範囲でデータを削減・圧縮し、データ量を減らすことで、保存メモリの容量削減や、低ビットレートでの音声データ伝送が可能となる。 一般的に元音源に対して音質は劣化し、T115 方式防災無線で使用している AMBE-WB+は高域が減衰する。

2.1.2. 実証実験の目的

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、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、防災行政無線においては、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。

そこで、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、各種環境条件下での SII 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。

2.1.3. 実証実験実施内容検討

2.1.3.1. 実施条件検討

実験の実施にあたっては、主に下記の「音達影響要因」について検証を行います。

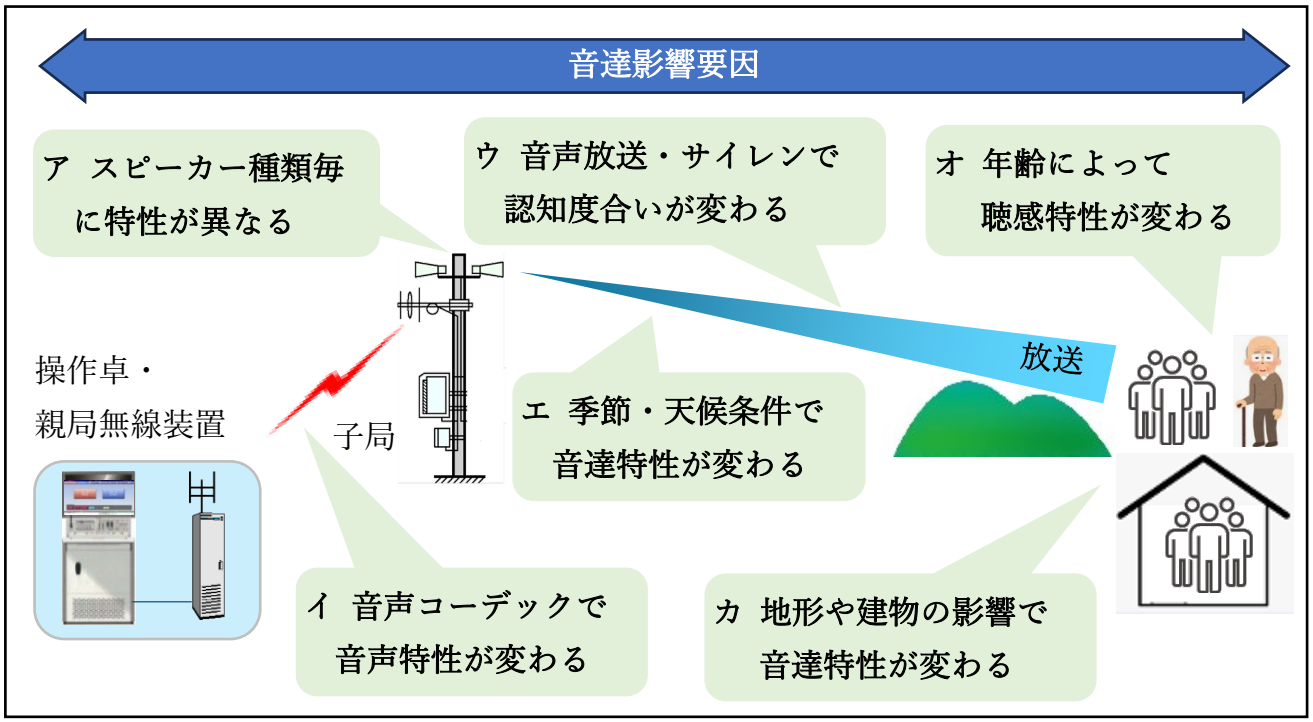


図 1　音達影響要因イメージ

各要因の詳細は下表の通りです。

表 2　音達影響要因

音達影響要因		
ア	スピーカー種類影響	従来型スピーカー（ストレートホーン等）と高性能スピーカー（ソノコラム、ホーンアレイ等）で音圧や周波数特性等の仕様が異なり、音達・了解度に影響する。 スピーカー種の違いや、各スピーカーに改善施策を適用した場合の効果について確認する。
イ	音声コーデック影響	音声コーデックによるデータ圧縮で、高周波成分の減衰などが発生し、音達・了解度に影響する。 これを補うことで、了解度が改善するかを確認する。
ウ	音声放送・サイレンの違い	放送の内容について理解できなくても、気づきを与えるだけでも防災放送としては効果があり、「電子サイレン」が音声放送にくらべ認識しやすいか否かを確認する。
エ	季節・天候条件	温度・湿度・雨量・風速により、音達は大きく影響を受ける。今回の実験においては、これらのうち季節（温度・湿度）と豪雨騒音の影響について、無響室でのシミュレーションで検証する。 スピーカー種や改善施策の効果を確認する。
オ	年齢条件	年齢が高くなると徐々に小さな音や高い周波数の音が聞こえにくくなる。 今回の実験では 70 代前半の高齢者に参加いただき、成人との違いを確認する。
カ	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。今回の実験では、街中や山間部において音達に対する影響を確認する。また室内での試験も実施し、屋外との違いや改善施策の効果を確認する。

併せて、検討会にて委員の皆様よりいただいたご意見についても実施内容に取り入れました。

表 3　検討会でのご意見

実施内容に取り入れた検討会ご意見		
1	話者の違い	現場では、男性の声の方が好まれる事例があった。机上論議と現場意見とで差異がある。
		⇒話者として、音声合成の男性、女性を用いて、了解度の違いを確認する。
2	波音の影響	海岸線は非常に音が伝わりにくく、考慮してほしい。
		⇒無響室試験での暗騒音に、豪雨だけでなく波音も追加し確認する。
3	スピーカーについて	複数メーカーのスピーカーで検証をお願いしたい。
		⇒スピーカーメーカー2社から異なるスピーカーをお借りし、確認を行う。
4	複数スピーカーの影響	1か所に複数のスピーカーが設置されていることを考慮し、複数スピーカーで干渉等の相互影響の確認が必要ではないか。
		⇒1か所に2つのスピーカーが取り付けられた場合の影響について、山間住宅地（寄自然休養村）における実験で確認を行う。
5	聴感評価方法について	放送する文章が同じである場合、1回目よりも2回目の方が聞いている人の脳による補正があるため、聴取者はより聞こえやすく感じる。単純に 改善無しの放送→改善有りの放送の2回、同じ文章を放送して聞き取るだけでは、改善施策の効果を正確に測れないのではないか。
		⇒放送する文章は、実験説明会や実験説明資料で評価者に事前に把握していただき、決められた文章の内容をどれくらい聞き取れたかという観点での評価を実施する。

2.1.3.2. 改善施策

屋外スピーカーの数を増やさずに広範囲に音を届ける施策として、「スピーカーの音量を上げる」という施策が考えられます。しかし、単純に音量を上げた場合、音声アンプやスピーカーに対して過大な入力となり、音声が歪むため逆に聞き取りにくくなります。また、音声アンプやスピーカーの故障や寿命低下の原因となる場合があります。

上記問題を回避し、広範囲に音を届ける施策として、「周波数強調」を採用します。

2.1.3.2.1. 周波数強調

了解度を改善する手法として、SII を改善する施策を採用します。具体的には、「ANSI/ASA S3.5-1997　Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index」の「Table 4」に記載されている「Band Importance（SII 算出で用いる音声の周波数バンド毎の貢献度)」が高い周波数域を強調することで、SII（了解度）の改善を図ります。

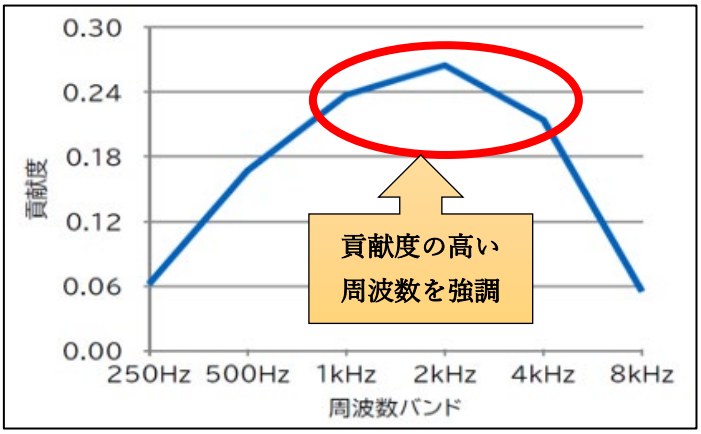


図 2　周波数バンドと SII への貢献度の関係

「か」・「さ」・「た」行の子音は無声子音と呼ばれ、2kHz～4kHz という高い周波数域で振幅(音の大きさ)も小さい音ですが、音声の聞き取りやすさに大きく貢献します。しかし、高い周波数の音は空気吸収で大きく減衰するため、スピーカーから離れると無声子音が小さくなり了解度が低下します。上記周波数強調を適用することで全体の音量を大きく上げることなく、無声子音が強調され、聴取点での了解度改善が見込まれます。

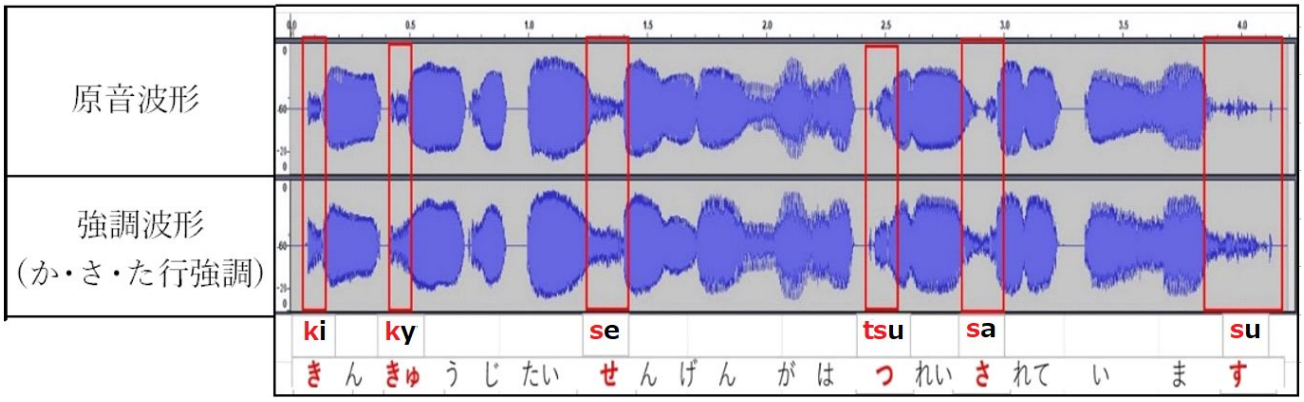


図 3　無声音強調イメージ

2.1.3.2.2. 音合強調と子局強調

SII を改善するための周波数強調を操作卓側の音声合成音源に適用（**音合強調**）すると、了解度が明確に改善します。しかし、防災無線は無線区間の音声コーデック（AMR-WB+等）の影響で、高域周波数が若干減衰し了解度の劣化要因となります。そこで子局設備側でも周波数強調を適用（**子局強調**）し、両方に強調（**子局/音合強調**）を加えることで、より高い了解度改善が見込まれます。

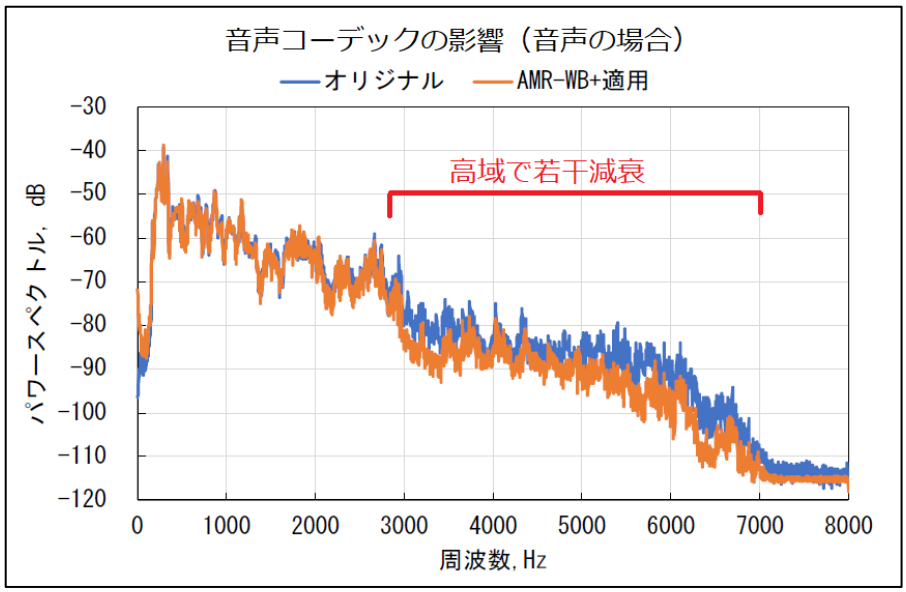


図 4　音声コーデックによる高域減衰の例

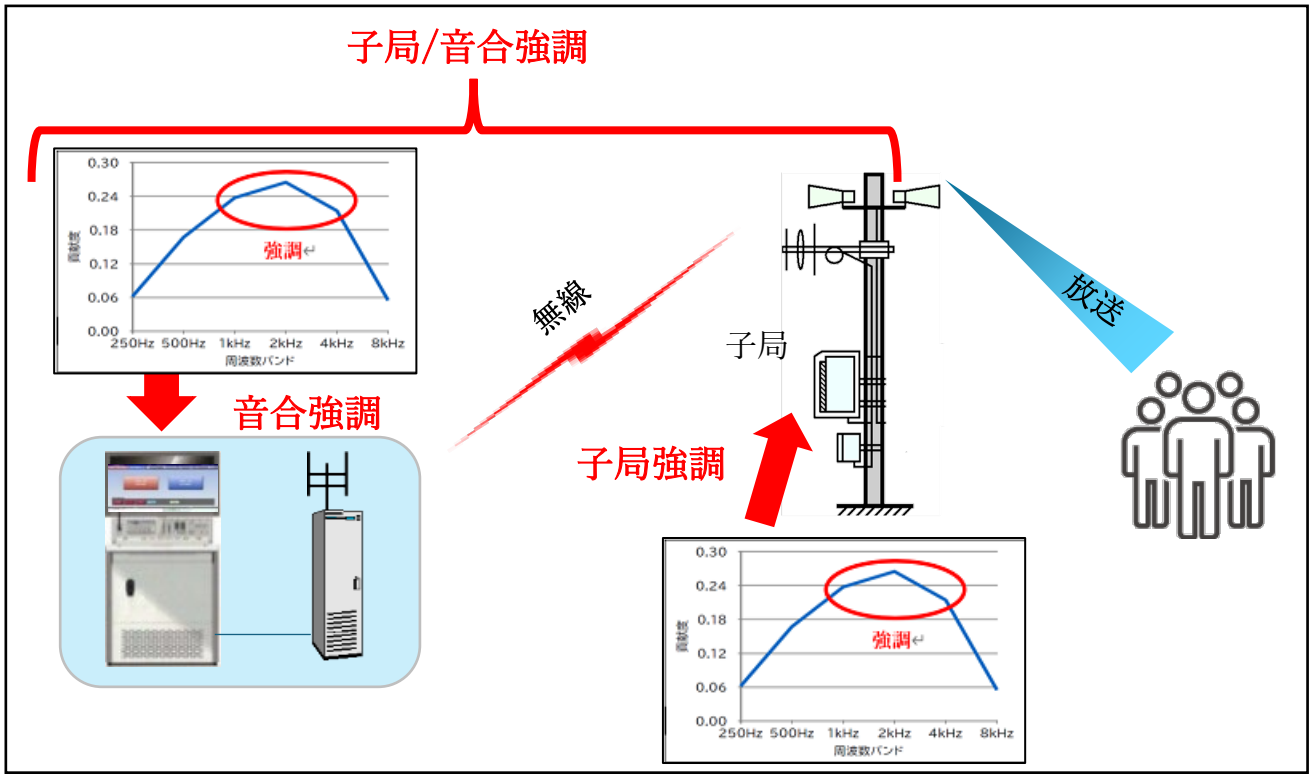


図 5　音合強調、子局強調、子局/音合強調のイメージ

2.1.4. 検証項目と実験等の対応

検証項目に対する、実験・机上検討等との対応を下表に示します。

表 4　検証項目と実験等の対応

		検証項目	第一回 無響室 実験	第二回 事前 実験	第三回 本実験	机上 検討	今後の 課題
事前検証		Swept-Sine信号による SII算出（改善効果予測）	－	○	－	－	－
音達改善	元音源改善	男女の差（聞こえやすい音とは）	○	－	○	－	－
		標準音声合成と音合強調の比較	○	－	○	－	－
		サイレンによる気づき	－	－	○	－	－
		放送に適した文言や話速	－	－	－	－	○
	子局音声改善	子局強調の有無による比較	○	－	○	－	－
	音達バルーン	各種改善の 音達バルーンへの影響	－	－	－	○	－
各種条件	可聴場所	環境影響（雨・波）	○	－	－	－	－
		環境影響（風）	－	－	－	－	○
		一般住宅地域	－	○	○	－	－
		山間地域	－	○	○	－	－
		屋内	－	○	○	－	－
		エコーの影響	－	○	○	－	－
		複数子局干渉	－	－	－	－	○
	聴取者	20代～60代	○	○	○	－	－
		70代	－	－	○	－	－
	スピーカー種	スピーカー種による 音達・了解度差異	○	－	○	－	－
		複数スピーカーの相互影響	－	－	○	－	－
	気象条件	季節（温度・湿度等）による 適切な音声強調	－	－	－	○	－
	サイレン種	サイレンと モーターサイレンの比較	－	－	－	－	○

2.1.5. 各実証実験の概要

第一回～第三回の実証実験及び机上検討の概要を示します。

2.1.5.1. 第一回実証実験概要

表 5　第一回実証実験概要

第一回実証実験	
目的	暗騒音下での各種改善施策やスピーカー種の違いによる了解度比較
実施日	2024 年 10 月 24～25 日
場所	無響室(UNIPEX 社)
評価者	12 名（UNIPEX：4 名、FG：8 名）
実験概要	無響室で放送用スピーカー（3 種）から放送文言を放送し、暗騒音スピーカーから豪雨音・波の音の暗騒音を鳴らし、暗騒音下での聴感評価を行う。 放送スピーカーから聴取者までの距離は 350m を想定し、音声レベルを調整し、シミュレーション試験を実施した。 【放送用スピーカー】レフレックスホーン、ソノコラム、ホーンアレイ 【暗騒音】豪雨（65dB、70dB、75dB）、波（60dB、70dB） 【環境条件】夏、冬　　【放送話者】男性、女性 【音声改善】改善無し、音合強調、子局/音合強調 【評価方法】5 段階評価（了解度、自然さ、聞き取りにくさ）
実験結果	**①豪雨下での了解度改善** ・従来型スピーカー（レフレックス）と高性能スピーカー（ソノコラム、ホーンアレイ）の両方で、豪雨騒音下での音声改善施策（音合強調、子局/音合強調）の効果が確認できた。 ・操作卓側の音合強調だけでも改善効果はあるが、子局/音合強調の方が、より高い改善効果が得られた。 ・高性能スピーカーは、従来型スピーカーより高い「了解度」が得られた。 ・高性能スピーカーと改善施策を組み合わせると、「了解度」はさらに改善し、非常に効果的である。 **②季節（夏・冬）、話者（女性、男性）の影響** ・夏に比べて冬の方が、了解度が低下する傾向が見られ、暗騒音レベルが高い場合に顕著に表れた。 ・男性話者より女性話者の方が、「了解度」が高い傾向が見られ、暗騒音レベルが高い場合に、その傾向はより顕著に表れた。 ・季節や話者の影響があっても、改善施策は全ての場合で「了解度」向上に効果があった。

①豪雨下での了解度改善

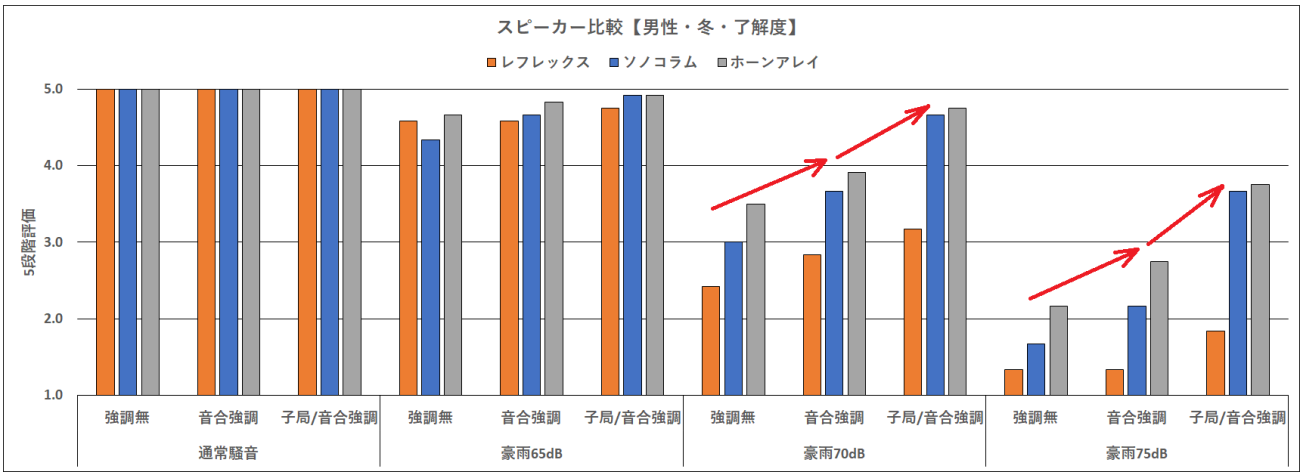


図 6　豪雨下（冬）での了解度改善

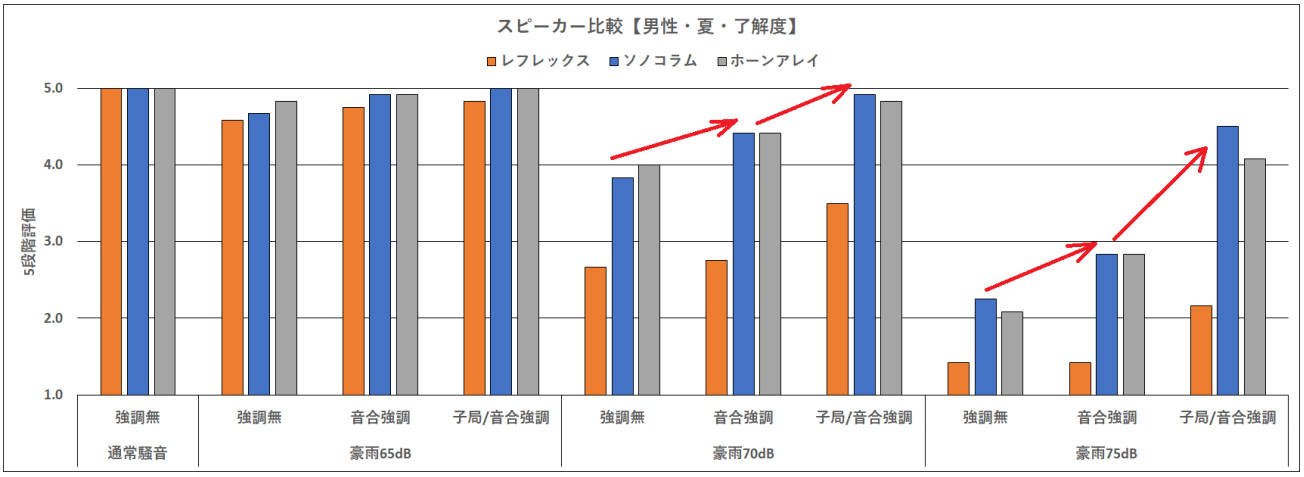


図 7　豪雨下（夏）での了解度改善

②季節（夏・冬）、話者（女性、男性）の影響

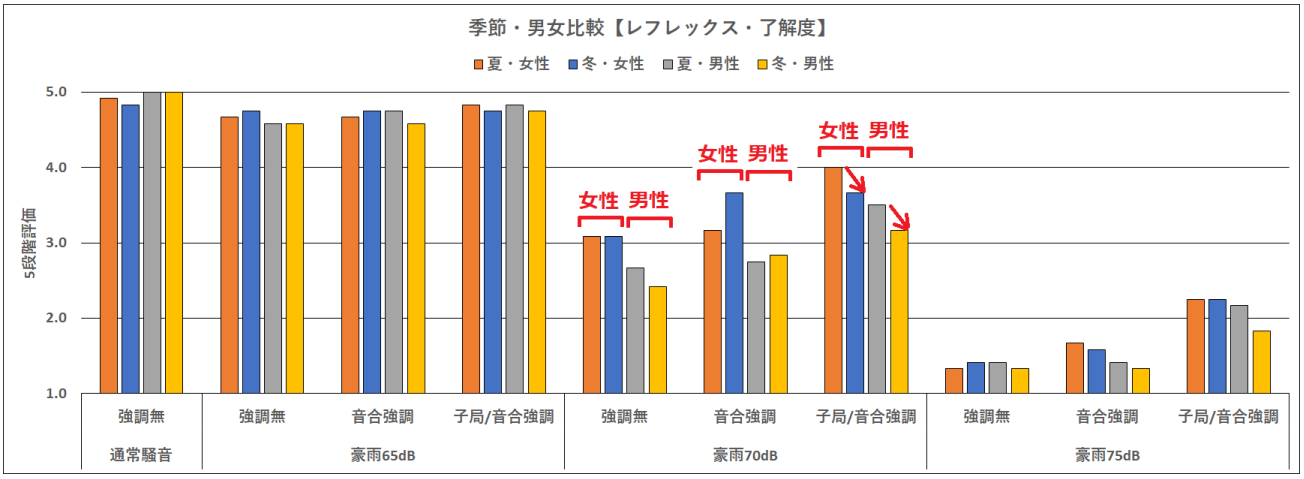


図 8　季節・男女比較【了解度、レフレックス】

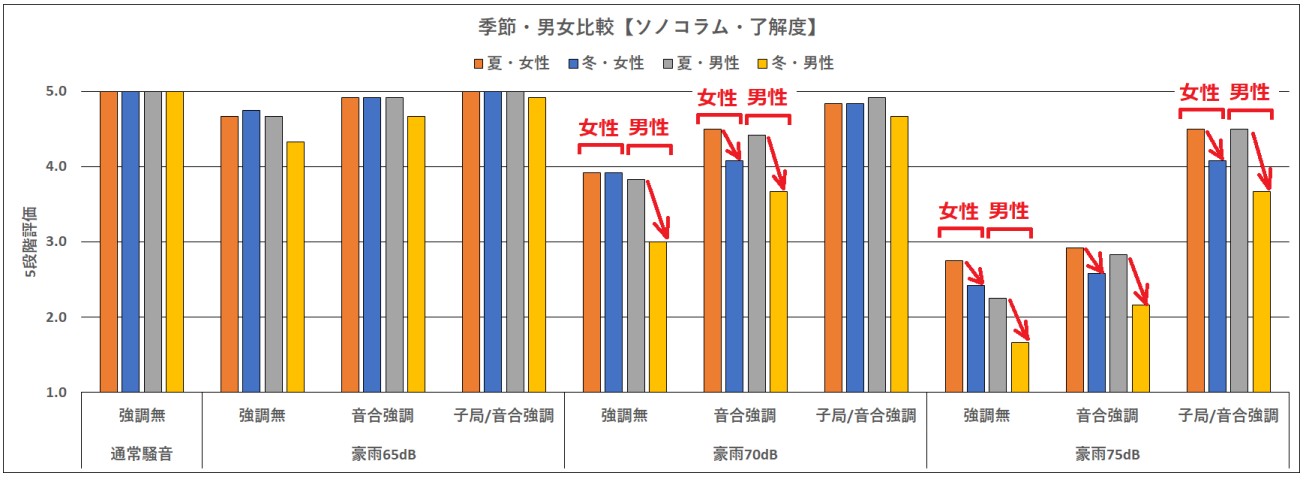


図 9　季節・男女比較【了解度、ソノコラム】

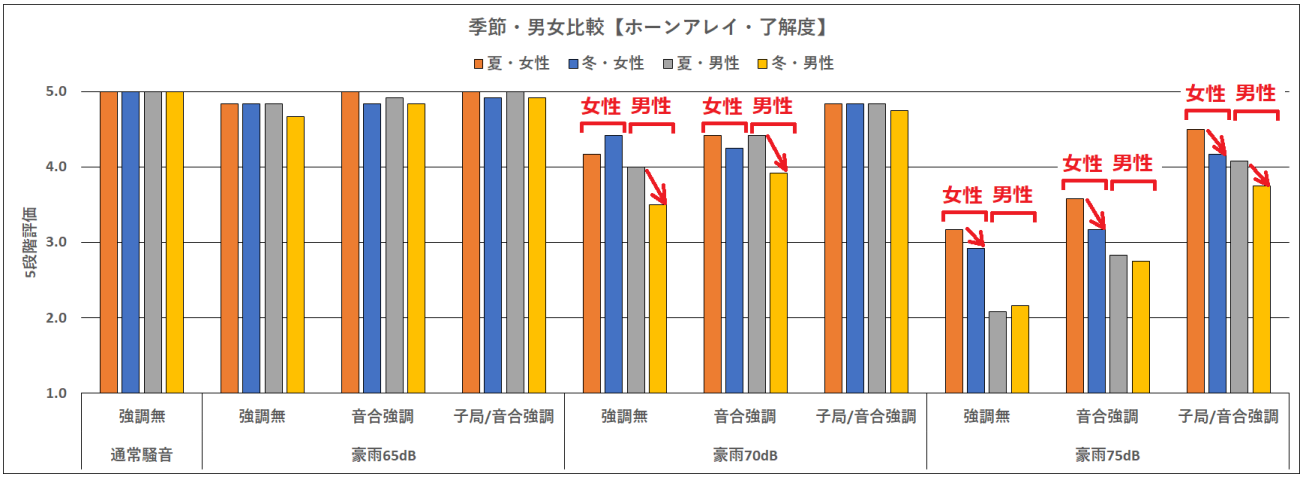


図 10　季節・男女比較【了解度、ホーンアレイ】

2.1.5.2. 第二回実証実験概要

表 6　第二回実証実験概要

第二回実証実験	
目的	第三回実証実験の実施場所の音場測定と、聴感評価の事前確認
実施日	2024 年 11 月 7 日
場所	神奈川県松田町
評価者	8 名（FG：8 名）
実験概要	Swept-Sine による音場測定を行い、SII を算出し、第三回実証実験のための効果の事前確認を行う。併せて評価場所選定も兼ねて、少人数ではあるが事前聴感評価も実施する。 【放送用スピーカー】ストレートホーン、ソノコラム、ホーンアレイ 【放送話者】女性 【音声改善】改善無し、音合強調、子局/音合強調 【評価方法】5 段階評価（了解度、自然さ、聞き取りにくさ、音量）
実験結果	**①既設操作卓の音合改善** ・既設操作卓に導入が容易な音合強調の改善施策を施し、実際の屋外子局で評価実施。遠方や屋内では「了解度」が改善した。 **②SII を計算し了解度改善を確認** ・Swept-Sine 及び放送音声から SII を算出し、各種音声改善施策の効果を事前確認できた。導入が容易な音合強調だけでも改善が見込めるが、子局/音合強調を行うとさらに改善が見込めることが分かった。 ・SII と了解度に相関があった。SII の測定計算で「了解度」の改善が定量的に検討できる。

①既設操作卓の音合改善

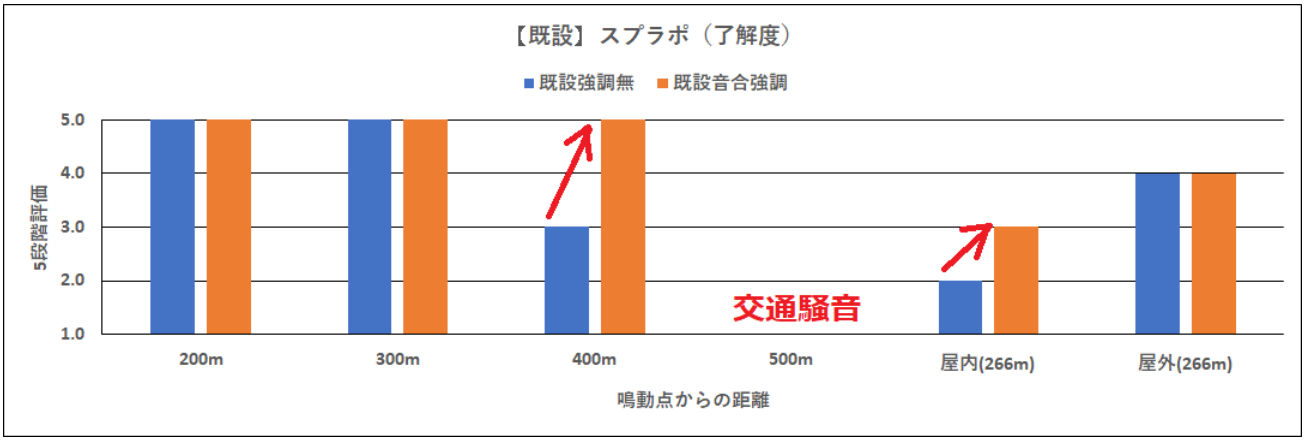


図 11　既設操作卓での音合改善【了解度、スプラポ】

②SII を計算し了解度改善を確認

第三回実験と同じ場所で、高所作業車でスピーカーを上げ放送し、Swept-Sine の録音と放送音声の録音を行いました。録音したデータから、SII を計算し、各種音声施策の効果（SII）改善を事前に確認しました。併せて、少人数ですが、第三回実験に向けて聴感事前確認も行い、測定地点が適切であるかどうか確認を行いました。

聴感評価と SII の計算結果をグラフに纏めると相関がみられ、SII が低いと了解度も悪く、SII が改善するにつれて了解度も向上し、ある程度の SII に達すると了解度は平衡に達します。SII から了解度を推定することが可能であることが示されました。

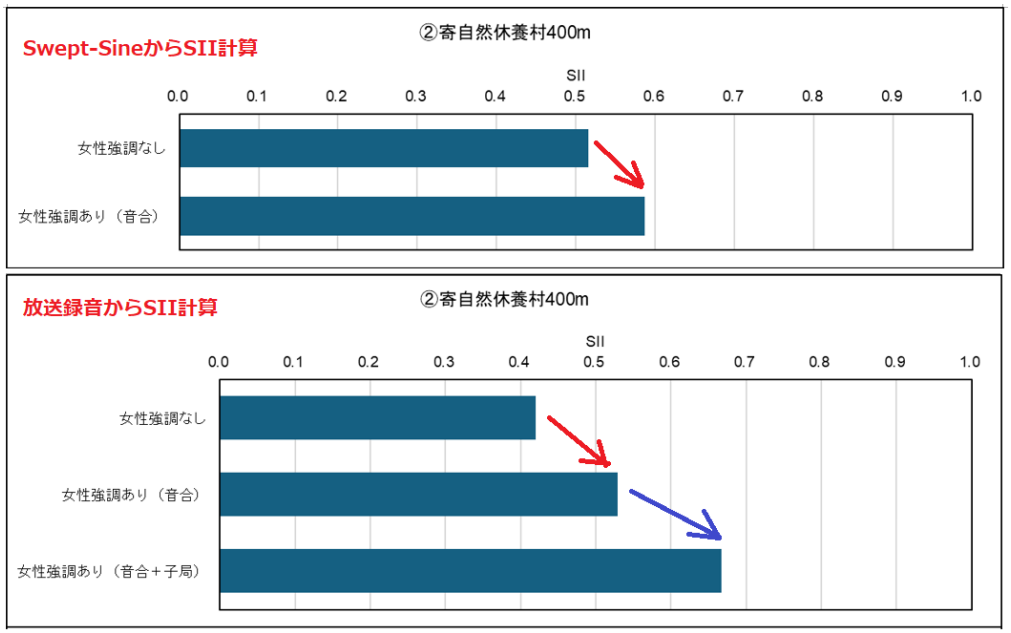


図 12　Swept-Sine 及び放送音声から音声改善施策適用後の SII 算出

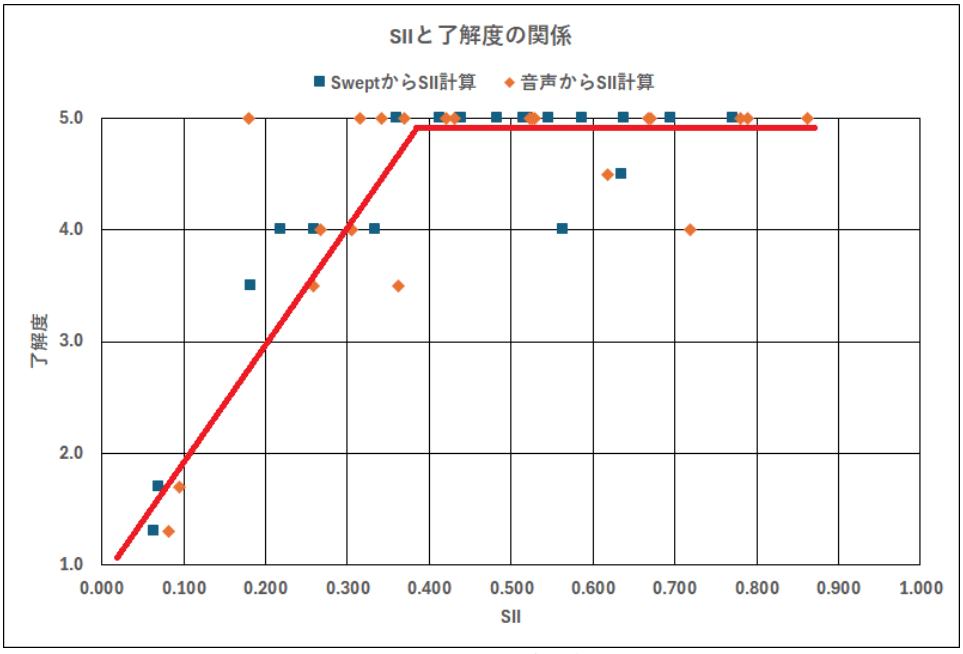


図 13　SII と了解度の関係

2.1.5.3. 第三回実証実験概要

表 7　第三回実証実験概要

第三回実証実験	
目的	各種改善施策やスピーカー種の違い等の影響を評価者による聴感評価で確認
実施日	2024 年 12 月 5 日（スプラポ）、6 日（稲郷、寄）
場所	神奈川県松田町
評価者	56 名（消防庁：3 名、検討委員：4 名、UNIPEX：8 名、TOA：4 名 AI：4 名、学生：3 名、高齢者：9 名、FG：21 名）
実験概要	3 箇所（スプラポ、稲郷、寄）で実験実施。複数箇所に評価者を配置し、音声改善施策やスピーカーの組合せ等の影響について、聴感評価を行う。 【スピーカー】ストレート、ソノコラム、ホーンアレイ、ホーンコラム 【放送話者】男性、女性、電子サイレン音 【音声改善】改善無し、音合強調、子局/音合強調 【スピーカー方向】1 方向、2 方向 【評価場所】屋外（街中、山間部、山間住宅部）、屋内 【聴取者】成人（20～60 代）、高齢者（70 代） 【評価方法】5 段階評価（了解度、自然さ、聞き取りにくさ、音量）
実験結果	① <u>各種スピーカーに対する音声改善施策の効果</u> ・全スピーカーで改善施策の効果が確認できた。 ・改善施策を適用すると近距離（～300m）では「自然さ」が劣化する。 ・音量レベルは大きく変わらないが、聴感上の「音の大きさ」は改善する。 <u>②スピーカー種の違い</u> ・従来型スピーカーより、高性能スピーカーの方が良好な結果が得られた。 <u>③話者比較</u> ・話者は女性の方が男性より「了解度」が高いことが分かった。 ・改善施策は男性・女性両方の話者に効果があった。 <u>④成人と高齢者比較</u> ・300～400ｍまではあまり差が無かったが、遠距離や室内など音量が低くなる状況では、高齢者は急激に「了解度」が低下することが分かった。 <u>⑤放送とサイレンの比較</u> ・放送（男性話者）に比べ、サイレン音の方が大きく聞こえた。 <u>⑥SII と了解度の関係</u> ・放送音声録音データから SII を算出。改善施策によって SII も改善した。また、「了解度」との関連性も確認できた。

①各種スピーカーに対する音声改善施策の効果

改善施策による改善効果は、卓側の「音合」に周波数強調を加える「音合強調」と、その音合に子局側でも周波数強調を加える「子局/音合強調」で「了解度」を確認しました。

ストレートホーンでは、200m 以内の近距離ではあまり変わりませんが、300m 以上離れると各種改善の効果が見られます。音合強調だけでも改善は見られますが、子局/音合強調を適用することでより改善します。

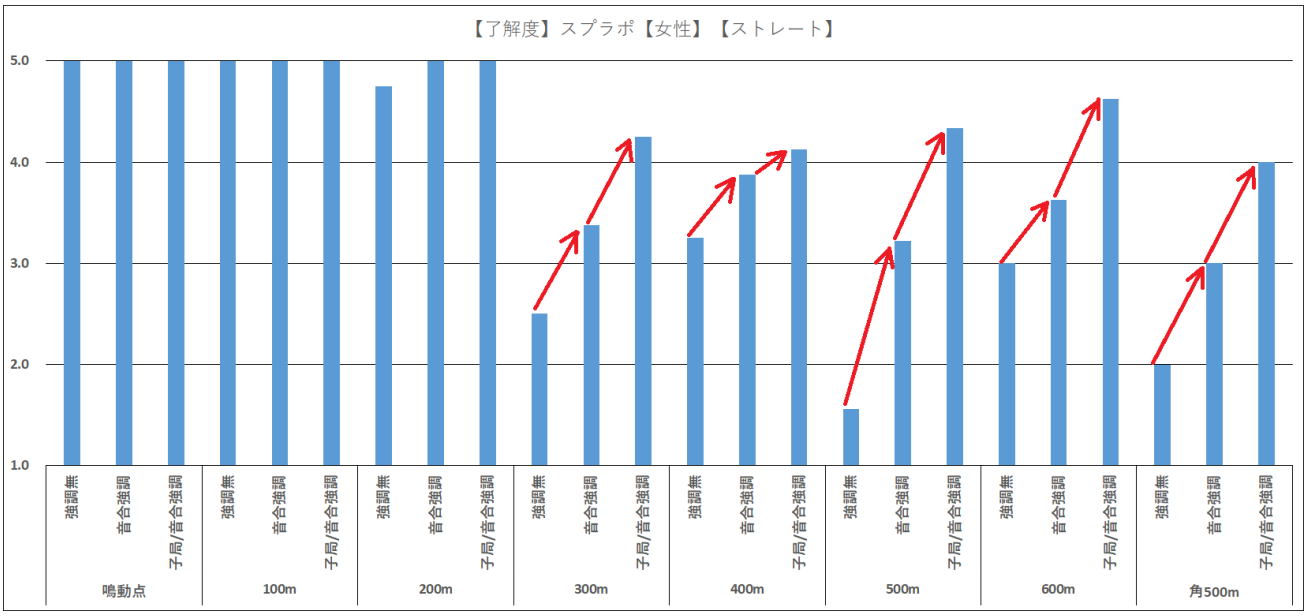


図 14　了解度【スプラポ、話者女性、ストレートホーン】

ソノコラム（高性能スピーカー）は改善施策無しでも従来型スピーカーより高い「了解度」が得られますが、改善施策を適用すると更に良い「了解度」が得られます。

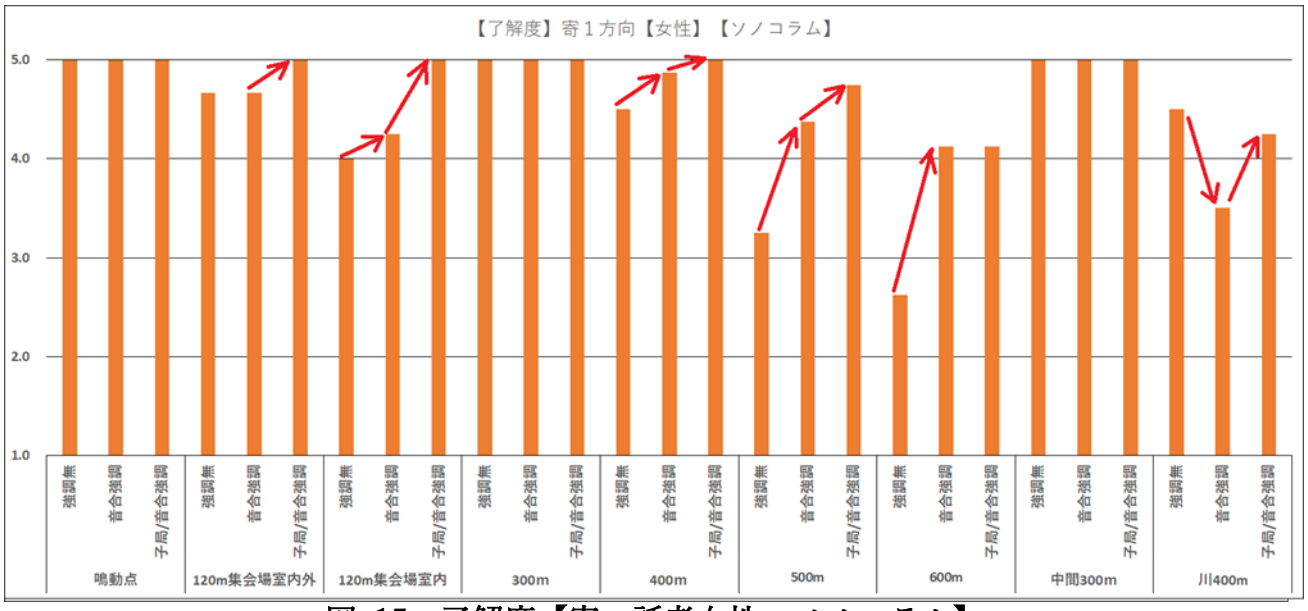


図 15　了解度【寄、話者女性、ソノコラム】

ホーンアレイ（高性能スピーカー）も改善施策無しでも従来型スピーカーより高い「了解度」が得られますが、改善施策を適用すると、更に良い「了解度」が得られます。
※500m～800m については、バイク通過の騒音の影響で了解度が低く計測されています。

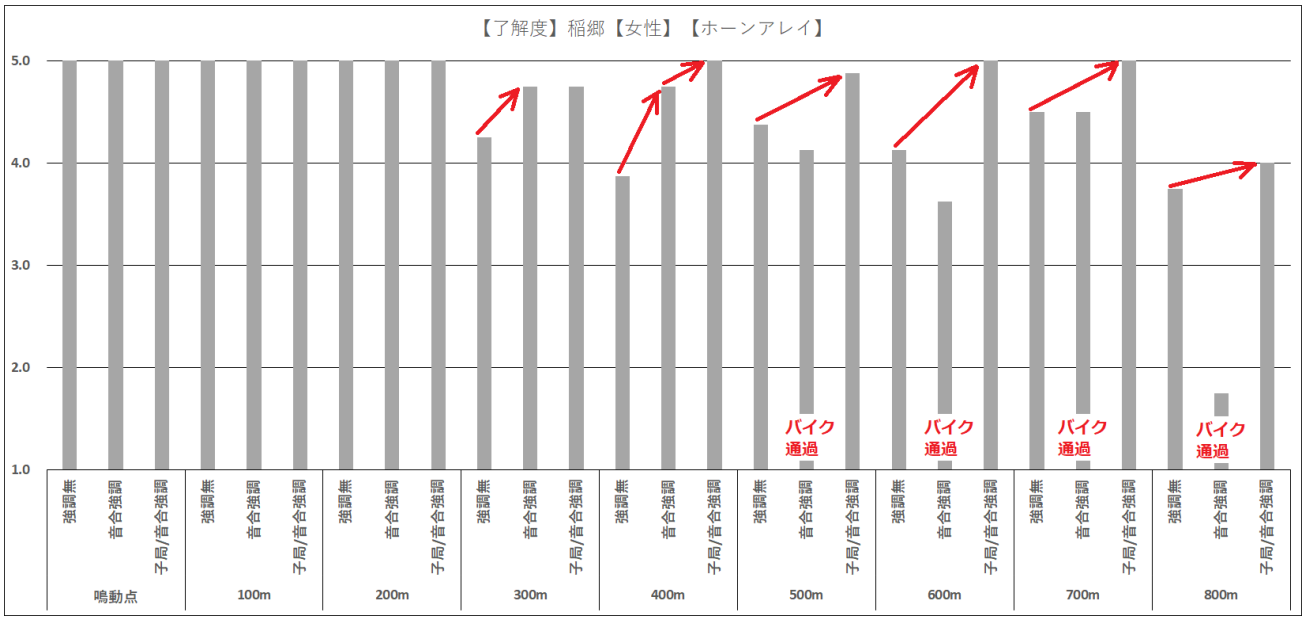


図 16　了解度【寄、話者女性、ホーンアレイ】

子局強調により近距離での「自然さ」が若干劣化しますが、300m 以上ではその違いは見られなくなります。

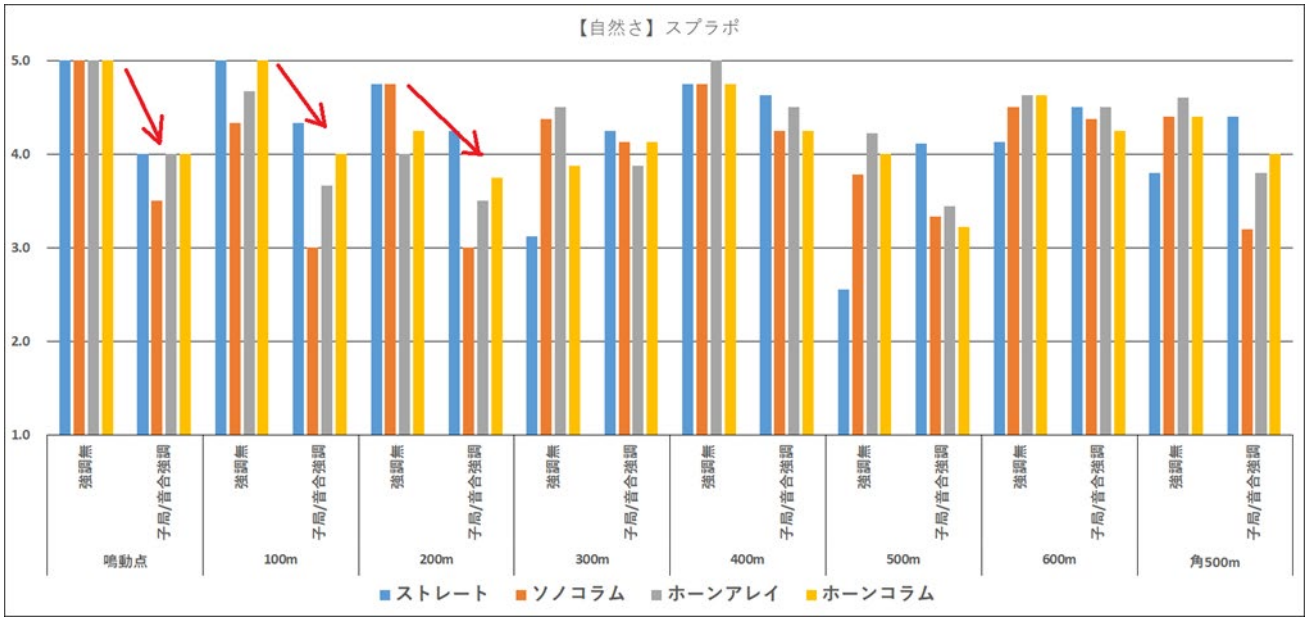


図 17　強調有無での自然さ【スプラポ、話者女性、全スピーカー】

放送する音量レベルは、ストレートホーンより高性能スピーカーの方が大きい傾向にあります。また、特に高性能スピーカーは子局/音合強調を適用しても音量レベルは大きく変わりませんが、聴感評価の「音の大きさ」では、強調無しより若干改善がみられます。

また、ストレートホーンは放送する音量レベルが同等であっても、聴感評価では「音の大きさ」が小さいと評価される傾向が見られました。

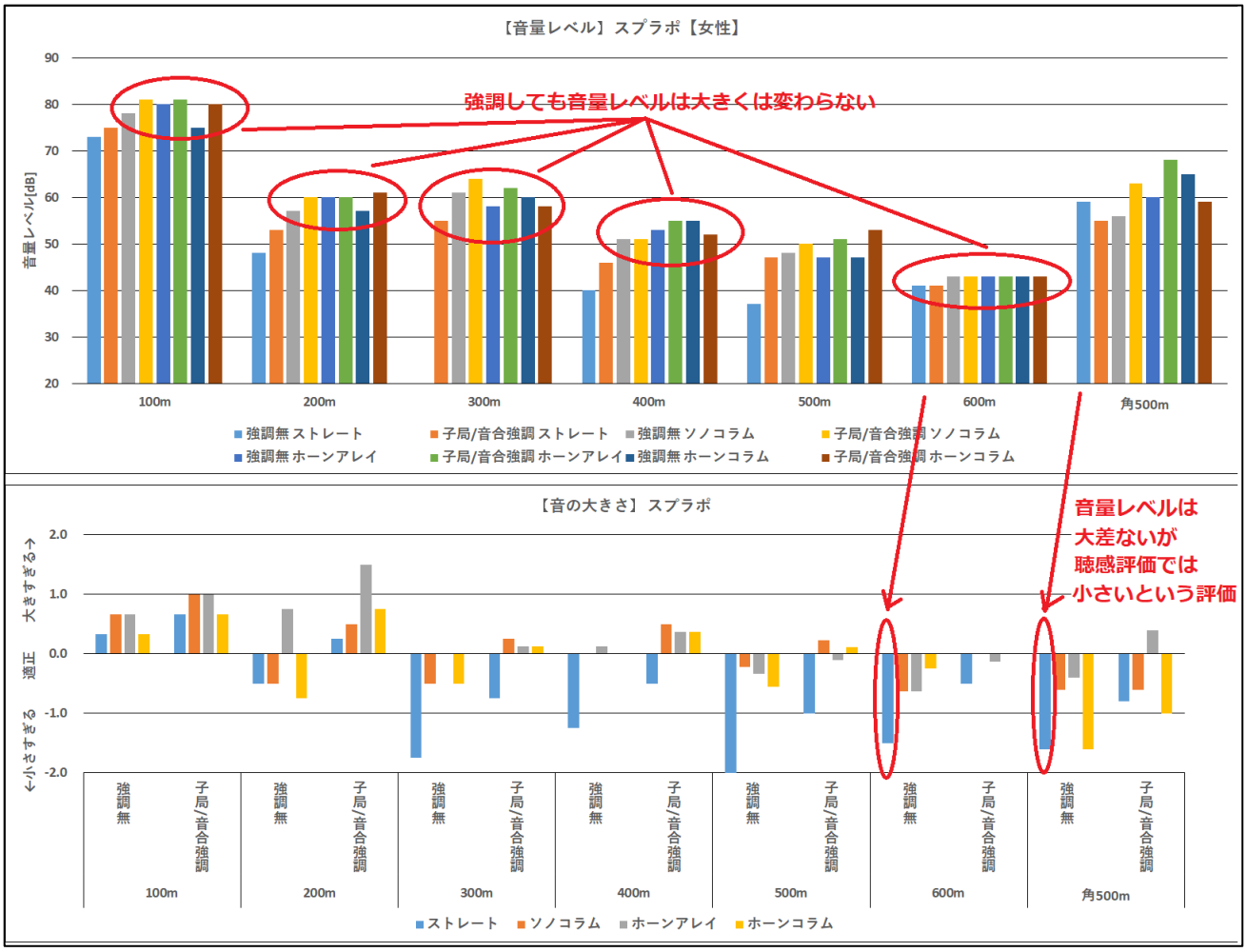


図 18　音量レベルと音の大きさ評価の関係【スプラポ、話者女性】

②スピーカー種の違い

従来型スピーカー（ストレートホーン）に対して、高性能スピーカー（ソノコラム、ホーンアレイ、ホーンコラム）は、音声改善施策無しでも高い「了解度」が得られます。改善施策（音合強調、子局/音合強調）を適用するとさらに了解度は向上します。

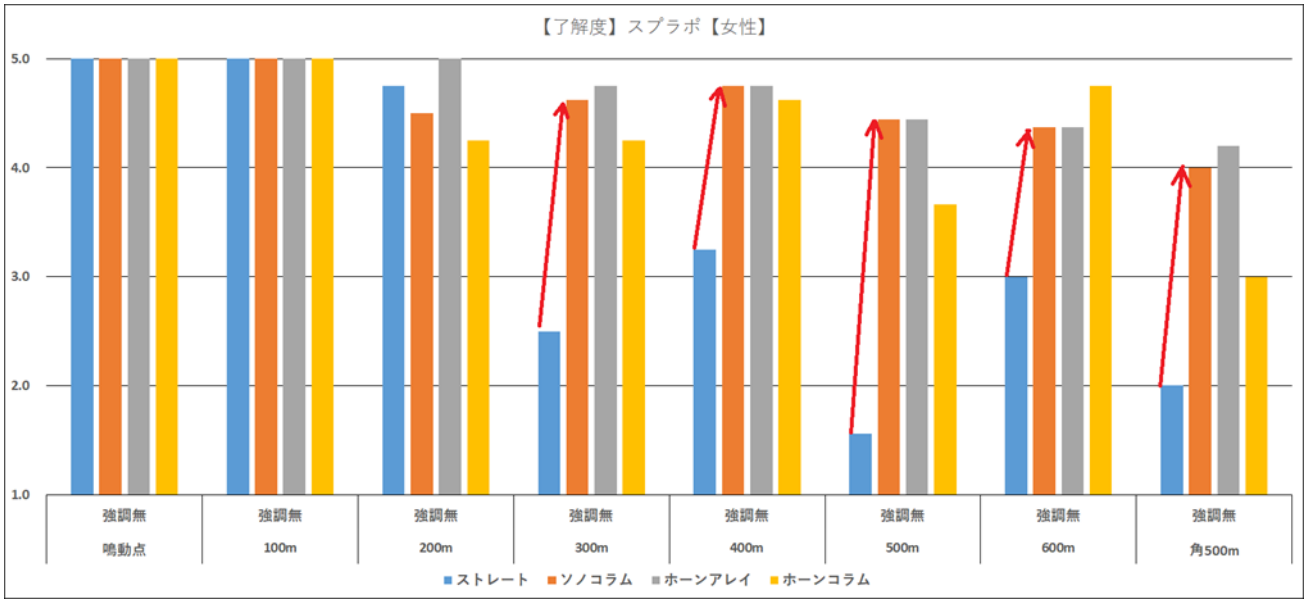


図 19　スピーカー比較【了解度、スプラポ、話者女性、音声改善施策無しで比較】

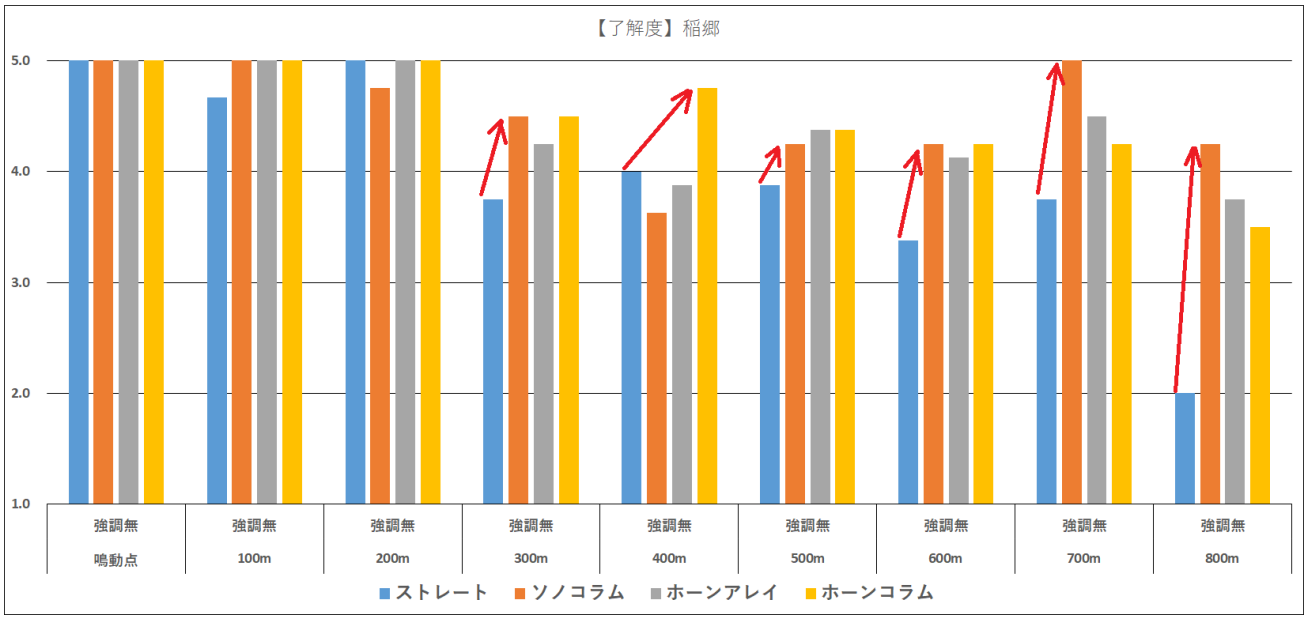


図 20　スピーカー比較【了解度、稲郷、話者女性、音声改善施策無しで比較】

③話者比較

今回の実験では、女性話者の方が男性話者より高い「了解度」が得られました。

（※400m 地点において了解度の逆転が見られますが原因は不明です。評価者に聴取すると女性の方が良かったとの回答でした。）

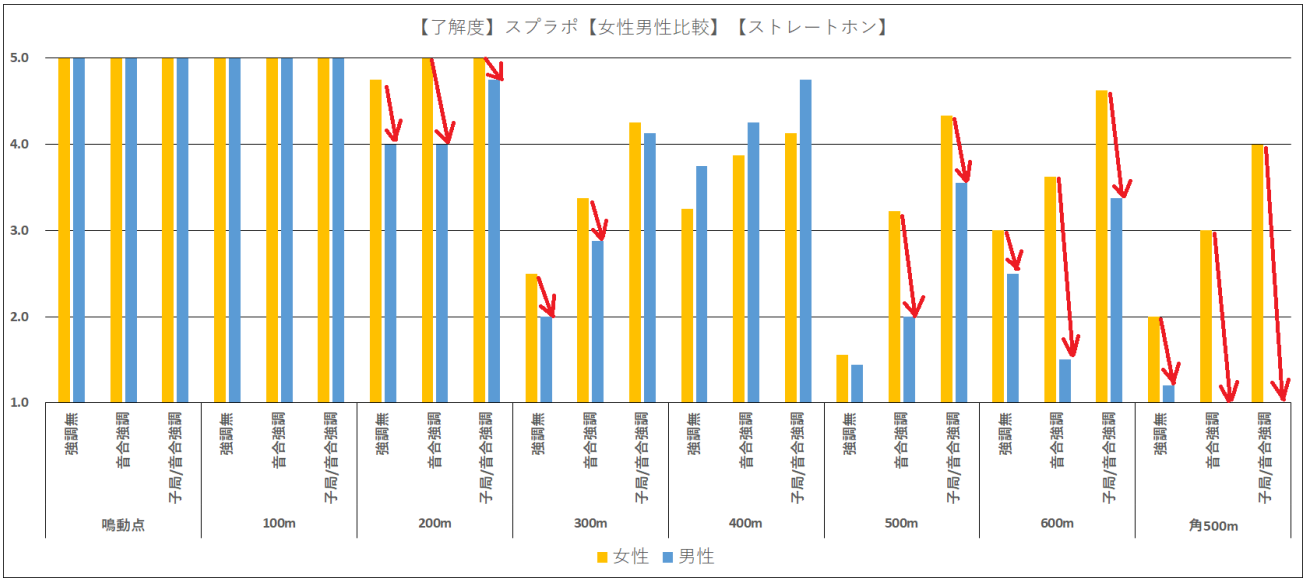


図 21　話者（女性男性）比較【了解度、スプラポ、ストレートホーン】

④成人と高齢者比較

近距離では成人も高齢者も同等の了解度が得られますが、遠距離になると高齢者の了解度が低下します。音声改善施策を適用すると、その低下度合いは若干改善します。

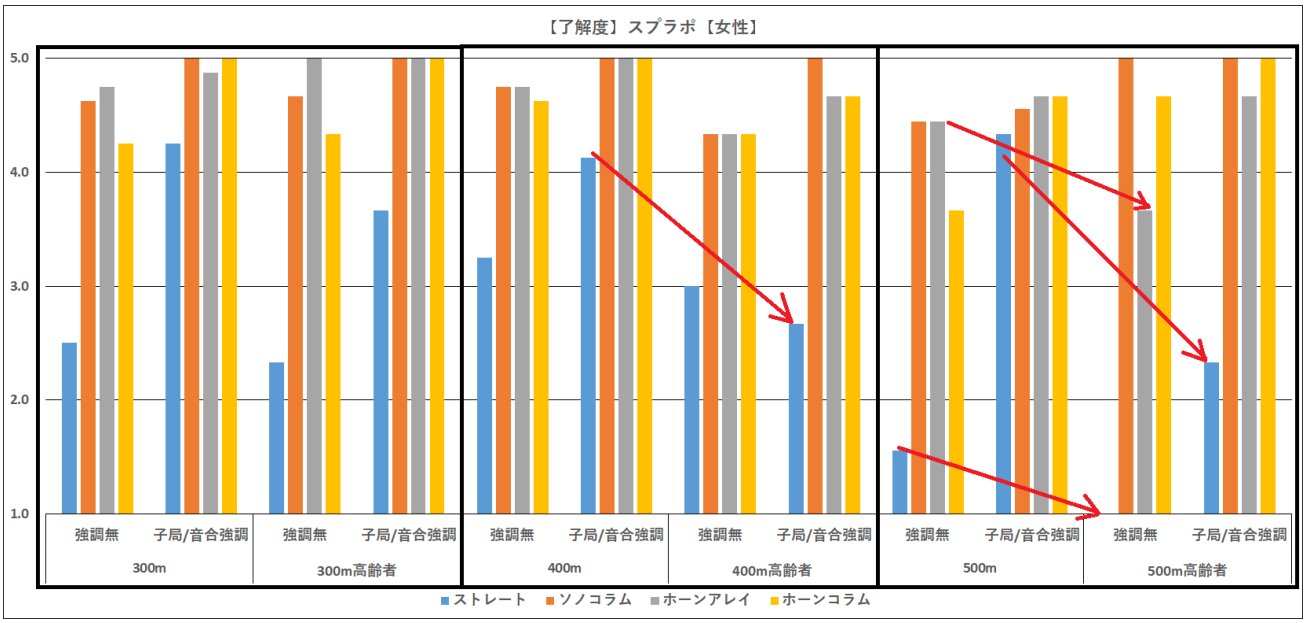


図 22　成人高齢者比較【了解度、スプラポ、女性話者】

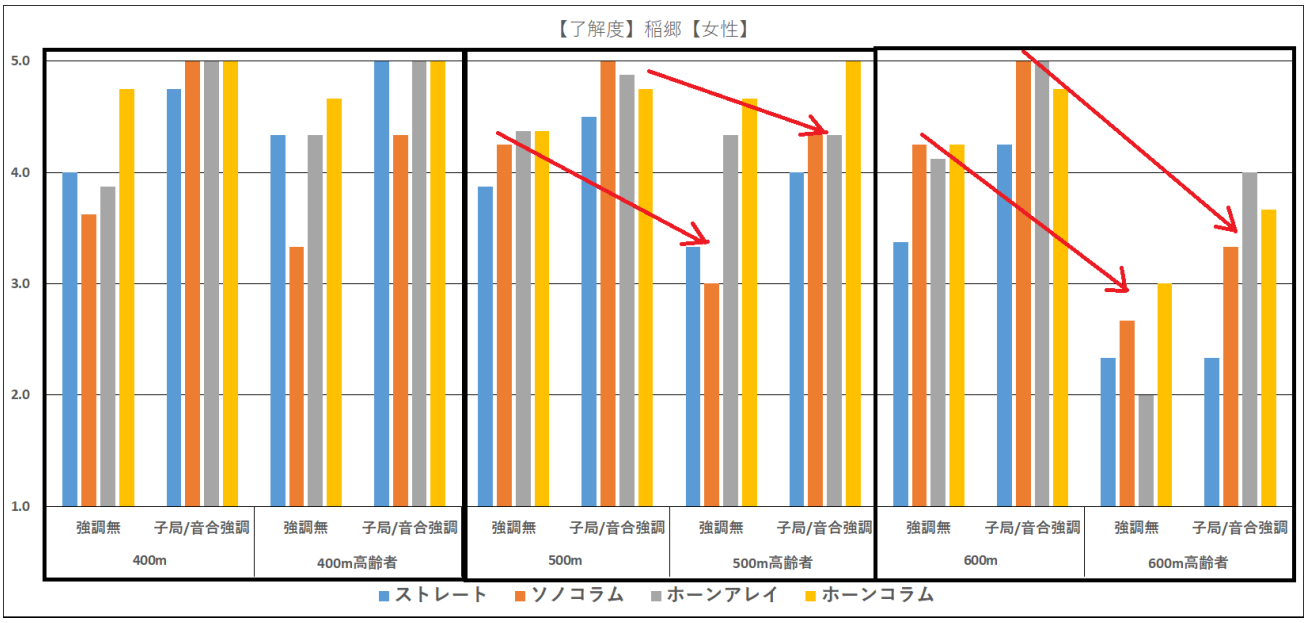


図 23　成人高齢者比較【了解度、稲郷、女性話者】

屋内試験では成人と高齢者の間で「了解度」に顕著な差が見られました。成人の「了解度」は良好であるにもかかわらず、高齢者では極端に低下しています。S/N 比は同程度であるため、建物内で音量が下がったことが原因と考えられます。一定レベル以下まで音量が下がると、高齢者にとっては非常に聞こえづらくなる可能性があります。

【音量レベル】集会場屋外：50～60dB、集会場屋内：35～40dB

【騒音レベル】集会場屋外：41dB、集会場屋内：22dB

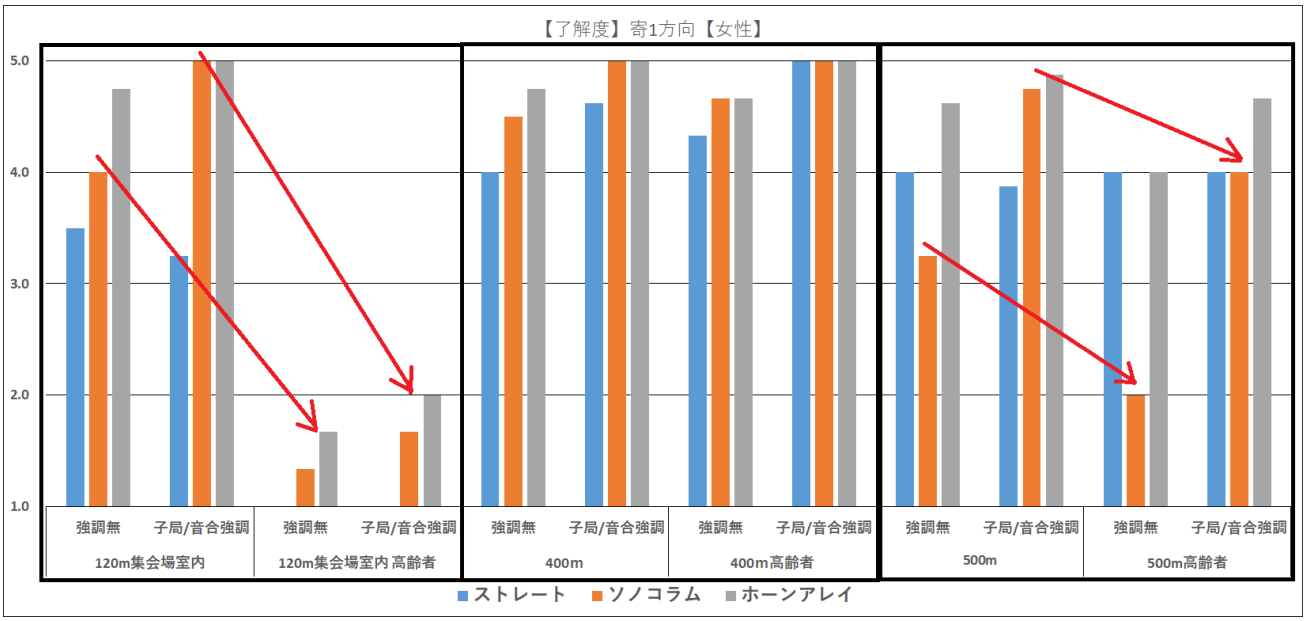


図 24　成人高齢者比較【了解度、寄、女性話者】

⑤放送音声とサイレンの比較

放送音声（男性）と電子サイレン音（5 秒間）で気づき（音の大きさ）の比較を行いました。試験で使用した音源波形は下記の通りです。

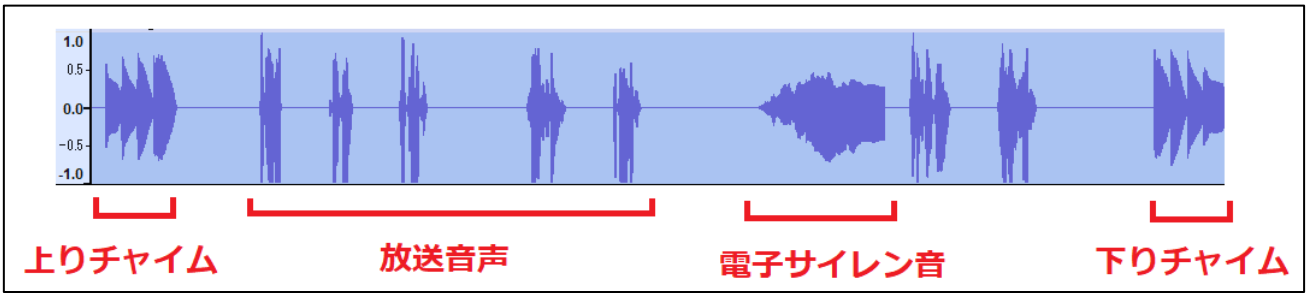


図 25　サイレン放送波形

電子サイレン音の波形の最大振幅は放送音声の最大振幅より小さいが、屋外評価では、男性の音声よりサイレン音の方が「音の大きさ」は大きいという評価で、サイレン音の方が聞き取りやすいことが分かりました。なお、今回のサイレン音源はやや小さいレベルでしたが、サイレン音源音量を上げることで、さらに聞き取りやすくなると考えられます。

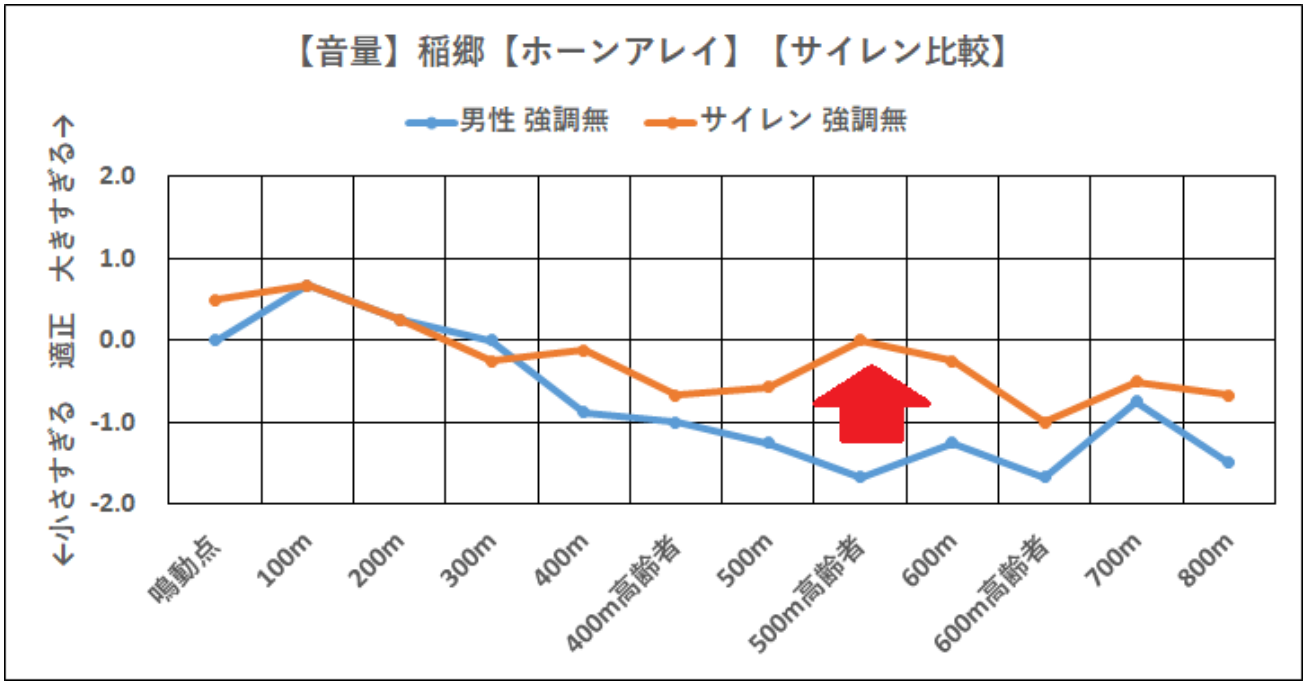


図 26　放送音声とサイレン音の比較【音の大きさ】

⑥SII と了解度の関係

改善施策の適用も含めて、放送音声を各地点で録音し、SII を算出しました。SII の観点でも、改善施策による効果が確認できました。800m 地点は遠距離のため空気吸収による減衰が大きく、差が見えなくなった可能性があります。

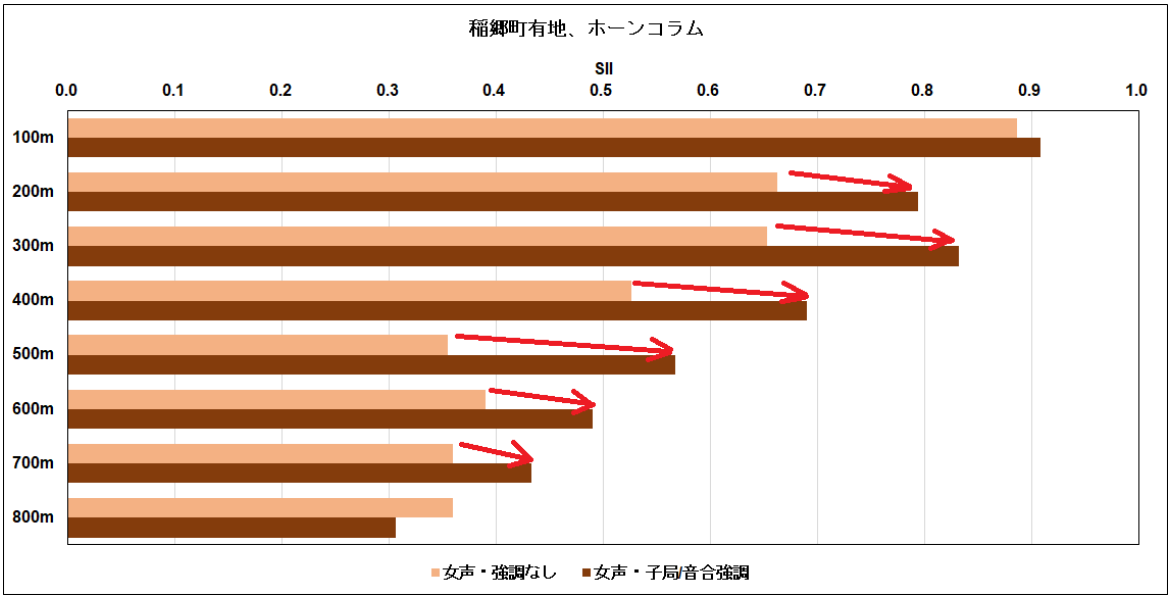


図 27　SII の改善例

SII と了解度の関係は、SII が良くなるほど了解度が高くなり、相関がみられました。SII の測定・計算を実施すれば、了解度がある程度定量的に推定できると考えられます。

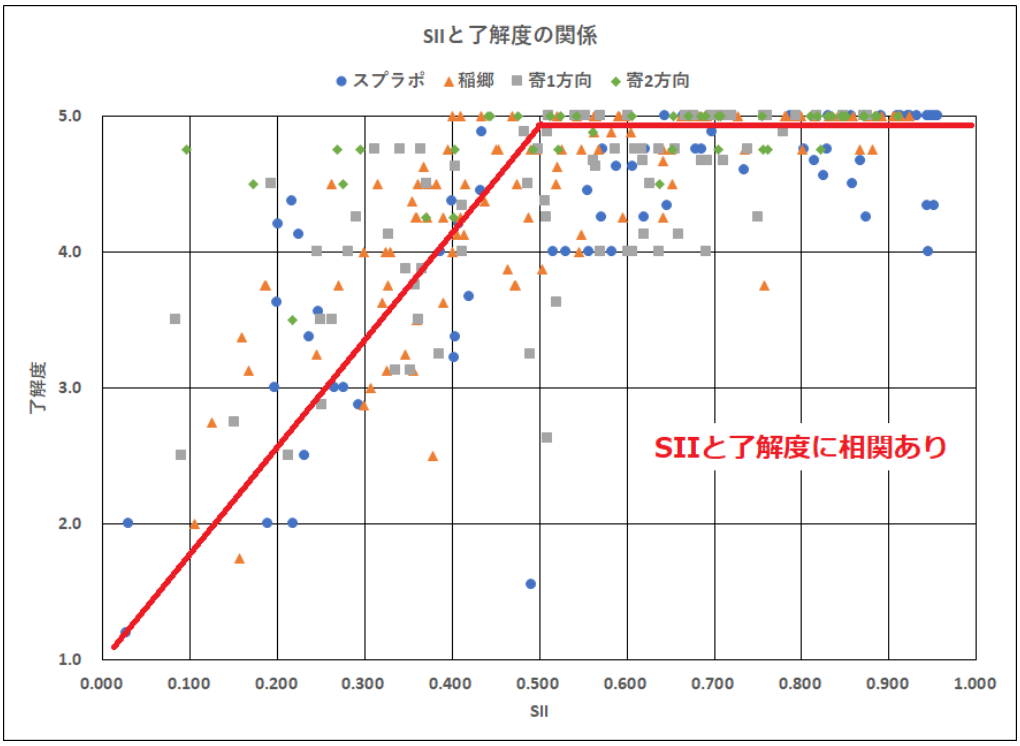


図 28　SII と了解度の関係

2.1.5.4. 机上検討【了解度バルーン】概要

表 8　机上検討【了解度バルーン】概要

机上検討【了解度バルーン】	
目的	各種改善施策による音達バルーンへの影響を検討
検討概要	【検討①】置局設計時に参考にされる音達バルーンの沿面の SII 値を計算することで、新たに「了解度バルーン」を算出する。改善施策を適用した場合、了解度バルーンが拡張されるか否か検討する。 【検討②】ノイズ環境下で SII=0.6 となる了解度バルーンを算出し、改善施策により置局設計時に参考にされる音達バルーンに近づくか否か検討する。 【放送用スピーカー】ストレートホーン、ソノコラム、ホーンアレイ 【音声改善】改善無し、子局強調
検討結果	**【検討①】** ・子局強調を施すことで、スピーカー種に関わらず、了解度バルーンが、正面方向距離で約 1.4 倍、面積で約 2 倍の改善が見られた。 **【検討②】** ・ノイズ環境下で縮小した了解度バルーンが、子局強調により、元の音達バルーンと同程度となる改善が見られた。 ・改善施策を通常は OFF とし、環境条件が悪化した際に ON する運用を行う場合は、通常時の音達範囲を様々な環境下でも極力維持することが重視され、【検討②】の考え方が適切である。

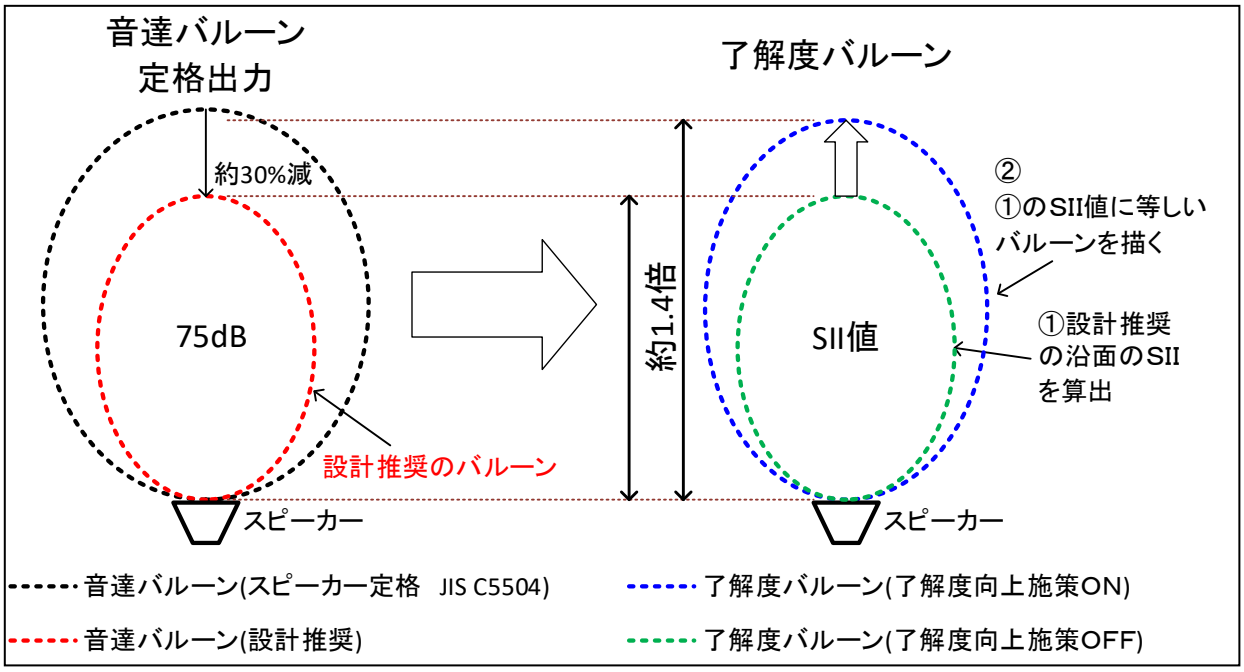


図 29　検討①了解度バルーンイメージ

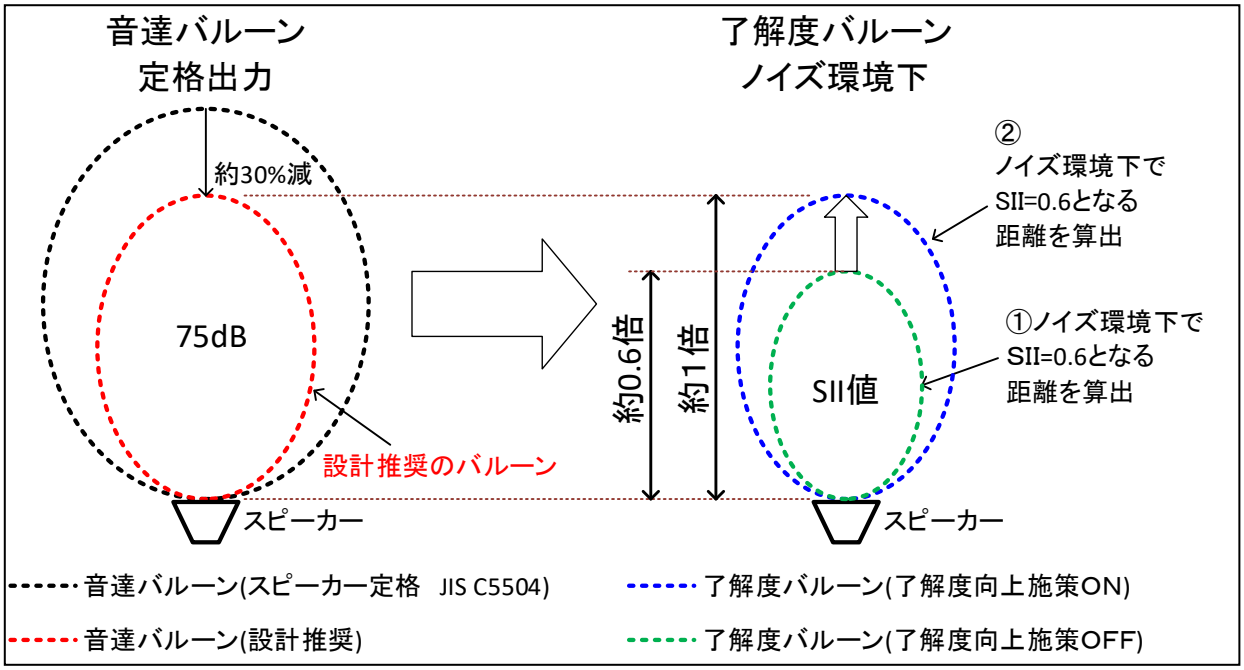


図 30　検討②ノイズ環境下の了解度バルーンイメージ

了解度バルーンの検討は、計算の都合から子局強調のみで実施しました。音合強調でも同様の効果が得られると思われますが、確認については今後の課題となります。

2.1.5.5. 机上検討【気象条件】概要

表 9　机上検討【気象条件】概要

机上検討【気象条件】	
目的	夏と冬の季節の違いによる音達の影響について整理
検討概要	夏と冬で、音達が異なることが知られている。 ここでは、その一例を試算し、その特徴を示す。
検討結果	東京都の 2019 年～2023 年の 5 年間の 1 月と 8 月の平均気温、平均湿度で試算を行う。 【1 月】・・・温度：5.7℃、湿度：56% 【8 月】・・・温度：28.3℃、湿度：78.6% 冬の方が、2000Hz 以上の周波数の減衰量が増加し、高域が伝達しづらく、了解度が低下する。冬には高域の減衰を補うような周波数強調が有効であると考えられる。

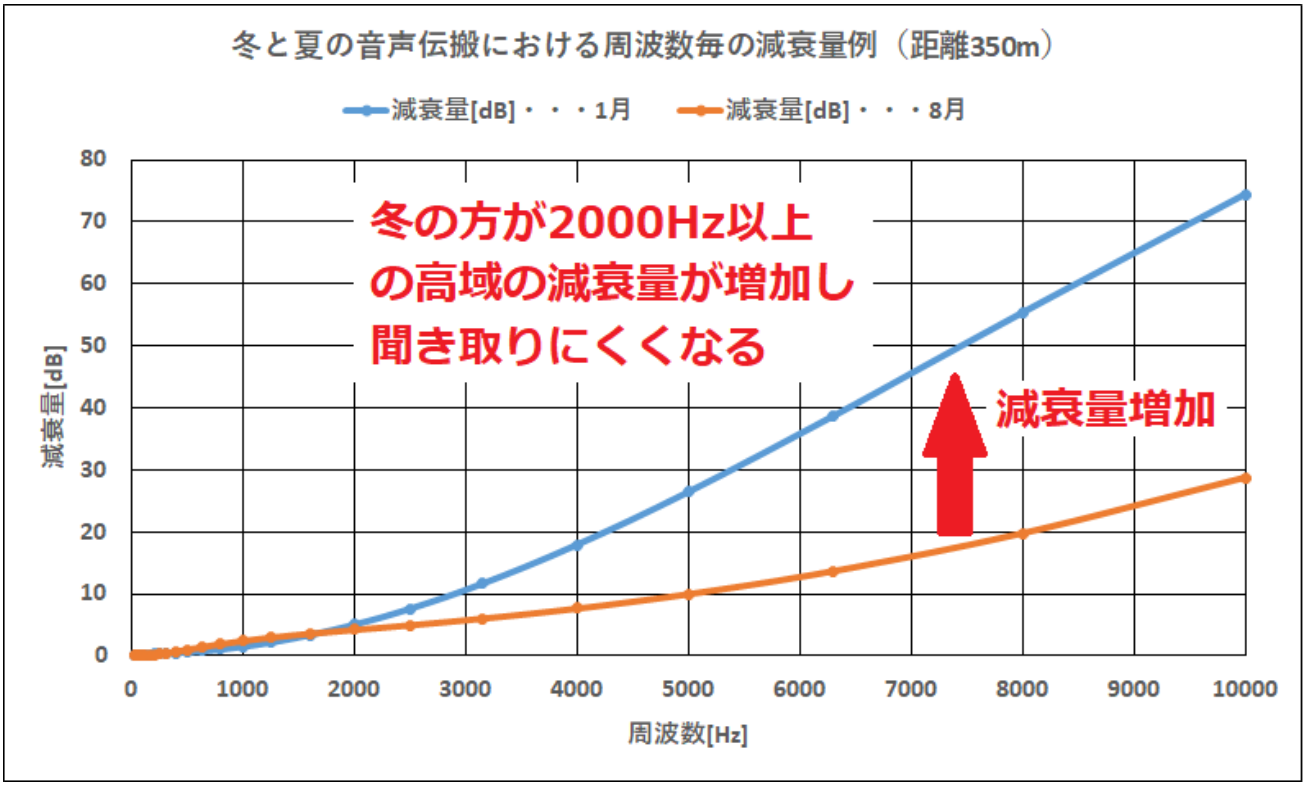


図 31　冬と夏の音声伝搬の周波数特性

2.1.6. 実験結果概要

実験全体を通して得られた結果概要について下記に整理します。

表 10　実験結果概要

No	実験結果概要
1	**従来型スピーカーに比べ、高性能スピーカーは、高い了解度が得られた。** ①鳴動点からの距離が 200m 位までは差がないが、300m 以上では了解度に差が表れる。 ・強調無し時：了解度が約 0.5～1 高い ・子局音合強調時：了解度が約 1.5～2 高い ②騒音環境下（豪雨等）では、騒音レベルが上がるほど、了解度に差が表れる。
	⇒高性能スピーカーの導入は音達範囲向上に効果的である。
2	**本実験の改善施策は、スピーカー全種の了解度改善に効果があった。** ①暗騒音評価及び屋外評価のいずれにおいても、既設への導入が容易な音合強調のみでも改善効果があった。 （松田町の既設操作卓の音合に音合強調を適用し改善を確認した。） 子局/音合強調を行うと、音合強調のみよりさらに高い改善効果がみられた。 ②ストレートホーンに改善施策を適用すると大幅な改善がみられた。 高性能スピーカーは強調無しでも了解度が比較的高いが、改善施策を適用するとさらなる改善がみられた。 ③ソノコラムは子局/音合強調を掛けると、出力音圧の高いホーンアレイとほぼ同等の了解度が得られ、高性能スピーカーにおいても改善施策の適用は有効である。 ④強調（SII 改善に貢献度の高い周波数域を強調）の有無で、聴取点での音量レベルに大きな差は無いが、聴感上の「音の大きさ」は若干改善し、了解度も改善した。
	⇒了解度改善（周波数強調）機能を有する音声合成は、既設の操作卓にも比較的導入しやすく、音達範囲向上に効果的である。 **⇒子局で周波数強調を行うと、音声コーデックの周波数特性（高域減衰）を補うことができ、音合強調のみよりさらに効果的である。** **⇒基本性能が高い高性能スピーカーに対しても、音合強調、子局強調はいずれも効果的である。** **⇒スピーカーの種類に応じて、改善施策を細かく調整すると更に効果的である。**

No	実験結果概要
3	**男性話者と女性話者では、女性話者の方が高い了解度が得られた。** ①暗騒音評価及び屋外評価のいずれにおいても、女性話者の方が高い了解度が得られた。その傾向は、「暗騒音のノイズレベルが高くなるほど」また、「聴取点の距離が鳴動点から遠くなるほど」顕著に表れる。 低ノイズ時や近距離時には差はみられない。
	⇒今回使用した音声合成では、比較的近距離および環境ノイズが低い場合では、話者の男女差はみられないが、中距離～遠距離、豪雨等のノイズがある環境の場合は、女性話者のほうが音達範囲向上に効果的であった。
4	**高齢者は音量レベルが下がると、急激に了解度が低下する。** ①鳴動点からの距離が 300～400m 位までは、成人と高齢者（70 代前半）の了解度に大きな差はみられなかったが、400m 以降になると高齢者の了解度低下がみられた。また、屋内評価は鳴動点から約 120m と比較的近距離の場所で実施し、成人は良好な了解度であったが、高齢者は非常に低い了解度となった。音量が下がると、極端に了解度が低下するものと思われる。 【音量レベル】集会場屋外：50～60dB、集会場屋内：35～40dB 【騒音レベル】集会場屋外：41dB、集会場屋内：22dB
	⇒屋内や鳴動点から距離がある場合、音量の低下は避けられない。戸別受信機等の伝達手段との併用が効果的である。
5	**改善施策を適用すると、近距離において放送音声の自然さが低下する。** ①改善施策は高域の周波数を強調するため、近距離では音声の自然さが若干損なわれる。今回の屋外評価では、近距離（～300m）で「自然さ」が劣化するという結果が得られた。
	⇒常時改善施策を適用するのではなく、状況（環境条件や放送内容）に応じて改善施策を ON-OFF するなど、運用上の工夫も必要となる。
6	**夏よりも冬の方が、了解度が低下する。** ①夏に比べ冬の方が、2000Hz 以上の周波数域の伝搬減衰量が増加し、高域が伝達しづらくなることで了解度が低下する。無響室評価でも冬の方が、了解度が低いという結果であった。無響室評価では、子局/音合強調で大きな改善がみられた。
	⇒冬には高域の減衰を補うような周波数強調が有効である。

No	実験結果概要
7	**了解度バルーンは改善施策で拡張するが、拡張するというより、騒音環境下でのバルーン縮小を補償する手段と捉えたほうが良い。** ①音達バルーンに相当する了解度バルーンを計算し、改善施策を適用すると領域が拡張するという計算結果となる。ただし、現在の音達バルーンによる置局設計では、環境条件によって聞こえない場合があり、悪条件下での実際の音達エリアは音達バルーンより狭くなる可能性がある。 了解度バルーン拡張の効果は、現在のバルーンから広がるというより、様々な環境条件下でも改善施策を併用することで、元の音達バルーン相当の音達エリアに近づける手段という見方が妥当である。
8	**電子サイレン音の方が大きく聞こえる。** ①電子サイレン波形の最大振幅は音声より低いが、屋外評価では電子サイレン音の方が男性の声より大きく聞こえ、気づきを与えやすい。
9	**放送音声録音から SII を算出し、改善施策による SII 改善が確認できた。** ①複数の聴取点で改善施策を含めた放送音声を録音したデータから、SII を計算し、改善施策の効果が表れていることが確認できた。 SII と「了解度」との関係を確認すると、相関がみられる。
	⇒改善施策有無を含めた放送を録音し、SII を計算すると、大勢の聴取者を集めなくても、了解度改善効果がある程度定量的に推定できる。

2.2. 実証実験の詳細

2.2.1. 第一回実証実験詳細

2.2.1.1. 実験目的

音達に影響する様々な環境条件のうち、「降雨の暗騒音」、「波の暗騒音」、「季節の違い」の影響について、各種改善施策やスピーカー種による了解度の違いを調査します。

2.2.1.2. 実験日程

日時：2024 年 10 月 24 日 13:30～17:20
　　2024 年 10 月 25 日　9:00～15:20
場所：無響室(ユニペックス株式会社)

2.2.1.3. 評価者

聴感評価は 12 名（UNIPEX：4 名、FG：8 名）で実施しました。
年齢構成は、20 代：3 名、40 代：2 名、50 代：6 名、60 代：1 名です。

2.2.1.4. 実験詳細

2.2.1.4.1. 実験概要

無響室にて放送用スピーカーから放送文言を放送し、暗騒音スピーカーから豪雨音・波の音の暗騒音を出力し、暗騒音下での聴感評価を行います。

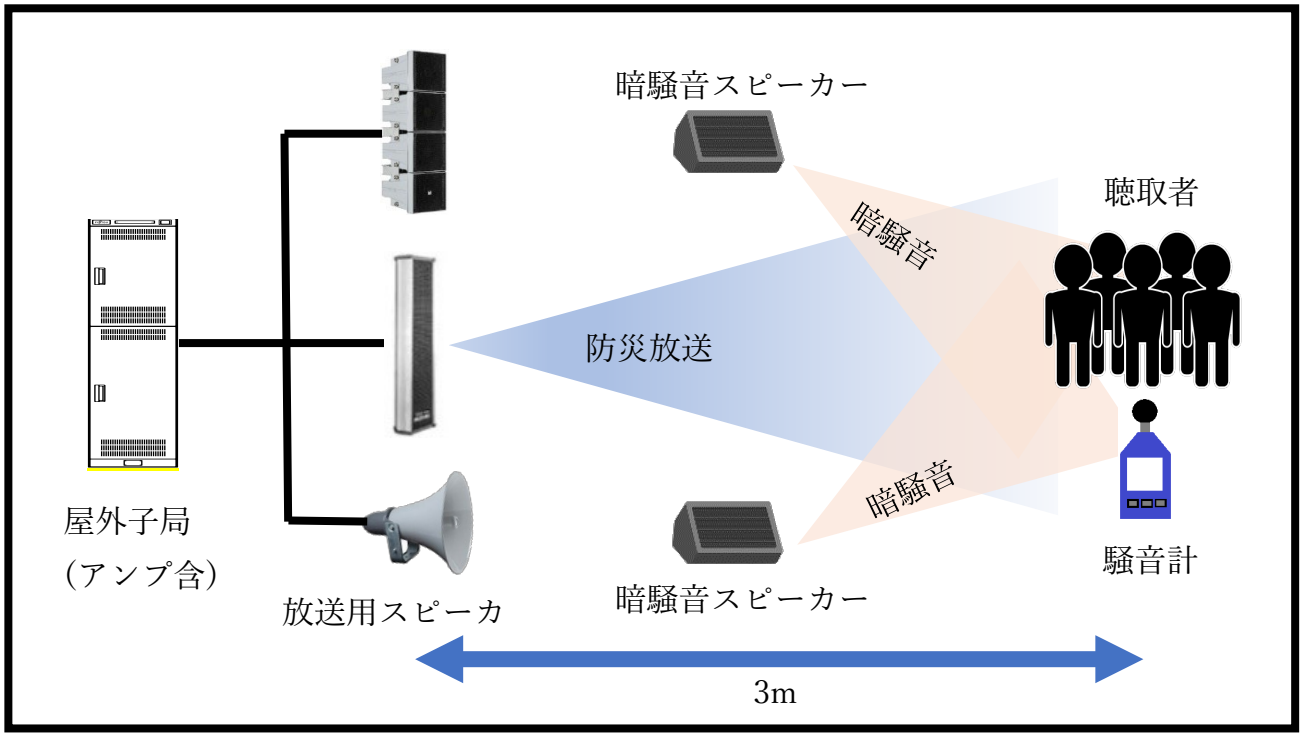


図 32　第一回実証実験試験環境イメージ

2.2.1.4.2. 実験環境

2.2.1.4.2.1. 無響室

実験で使用した無響室の使用を下記に示します。

表 11　無響室設備仕様

対応規格 1	対応規格 2	計測精度	有効寸法	測定環境	校正日
JIS Z 8732	ISO 3745	JIS Grade1 (精密)	6,600×5,400× 6,000(mm)	無響室 (浮床)	2024'03 (毎年)

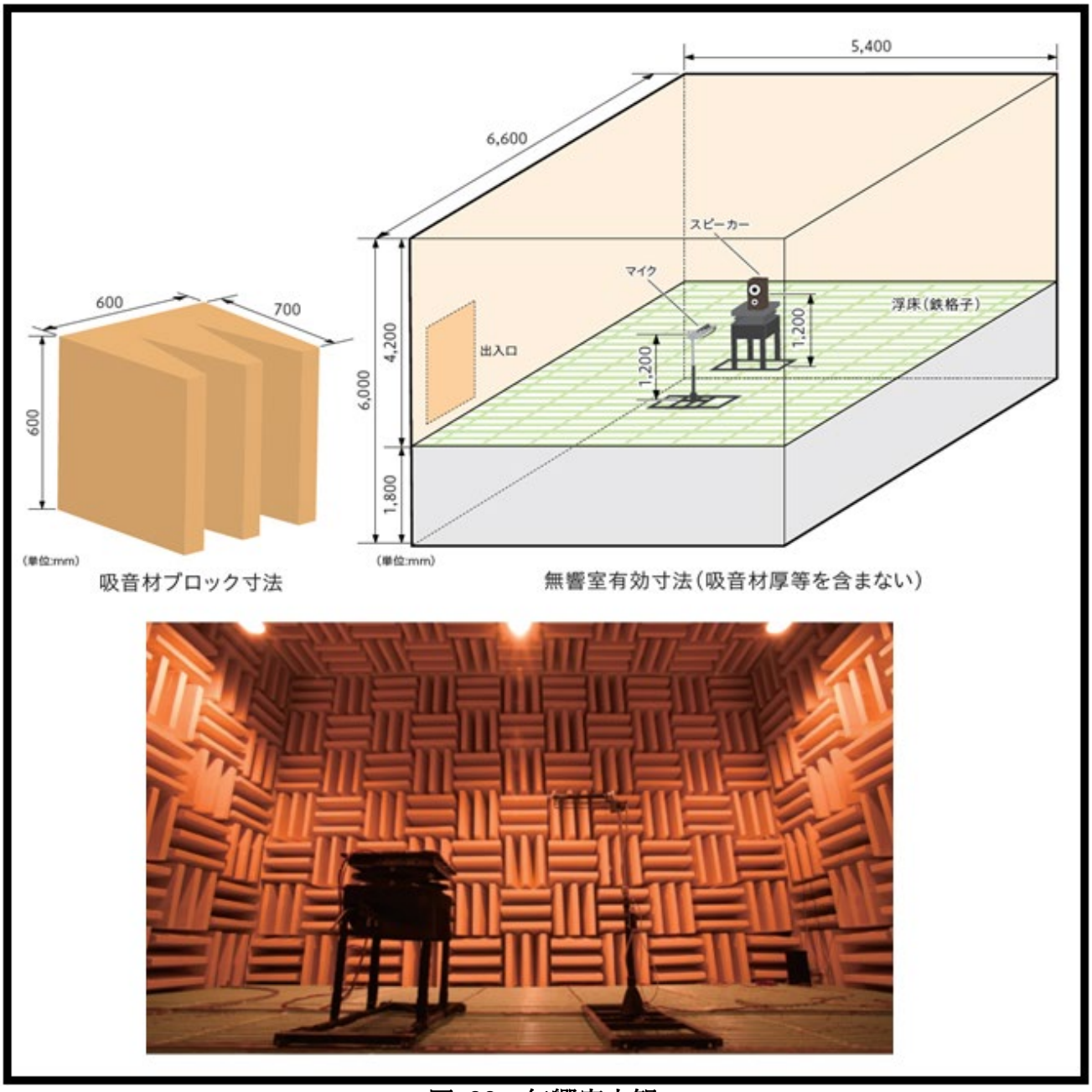


図 33　無響室内観

2.2.1.4.2.2. 放送用スピーカー

放送用スピーカーは下記の３種を使用しました。

無響室のサイズの関係で、ストレートホーンの代わりに、レフレックスホーンを使用しました。

表 12　放送用スピーカー仕様

No.	名称 （型番）	定格	出力音圧レベル （1W,1m 換算値）	指向角(2kHz)		再生周波数特性(Hz)
				水平	垂直	
1	レフレックスホーン （H-510M/30T）	30W	110dB 以上	70°	70°	180~6,000
2	ソノコラム （SC-B30）	30W	116dB	85°	20°	450~8,000
3	ホーンアレイ （HA-2040MK2）	30W	119dB	90°	15°	300~9,000

レフレックスホーン	ソノコラム	ホーンアレイ
		

図 34　試験スピーカー外観

2.2.1.4.2.3. 暗騒音用スピーカー

表 13　暗騒音用スピーカー仕様

No.	名称 （型番）	定格	出力音圧レベル (1W,1m 換算値)	指向角(2kHz)		再生周波数 特性(Hz)
				水平	垂直	
1	暗騒音スピーカー （SX-300）	300W	99dB	65°	65°	50~20,000

暗騒音スピーカー

図 35　暗騒音スピーカー外観

2.2.1.4.2.4. その他設備

No.	名称	メーカー	型番	備考
1	屋外子局	富士通ゼネラル	CR604EFJ	放送用
2	拡声アンプ	富士通ゼネラル	EA-168	放送用
3	音声アンプ	ユニペックス	CGA-200DA	暗騒音
4	騒音計	Nti	XL2	録音・STI 測定

2.2.1.4.2.5. 機器セッティング

無響室での各機器の配置は下図の通りです。

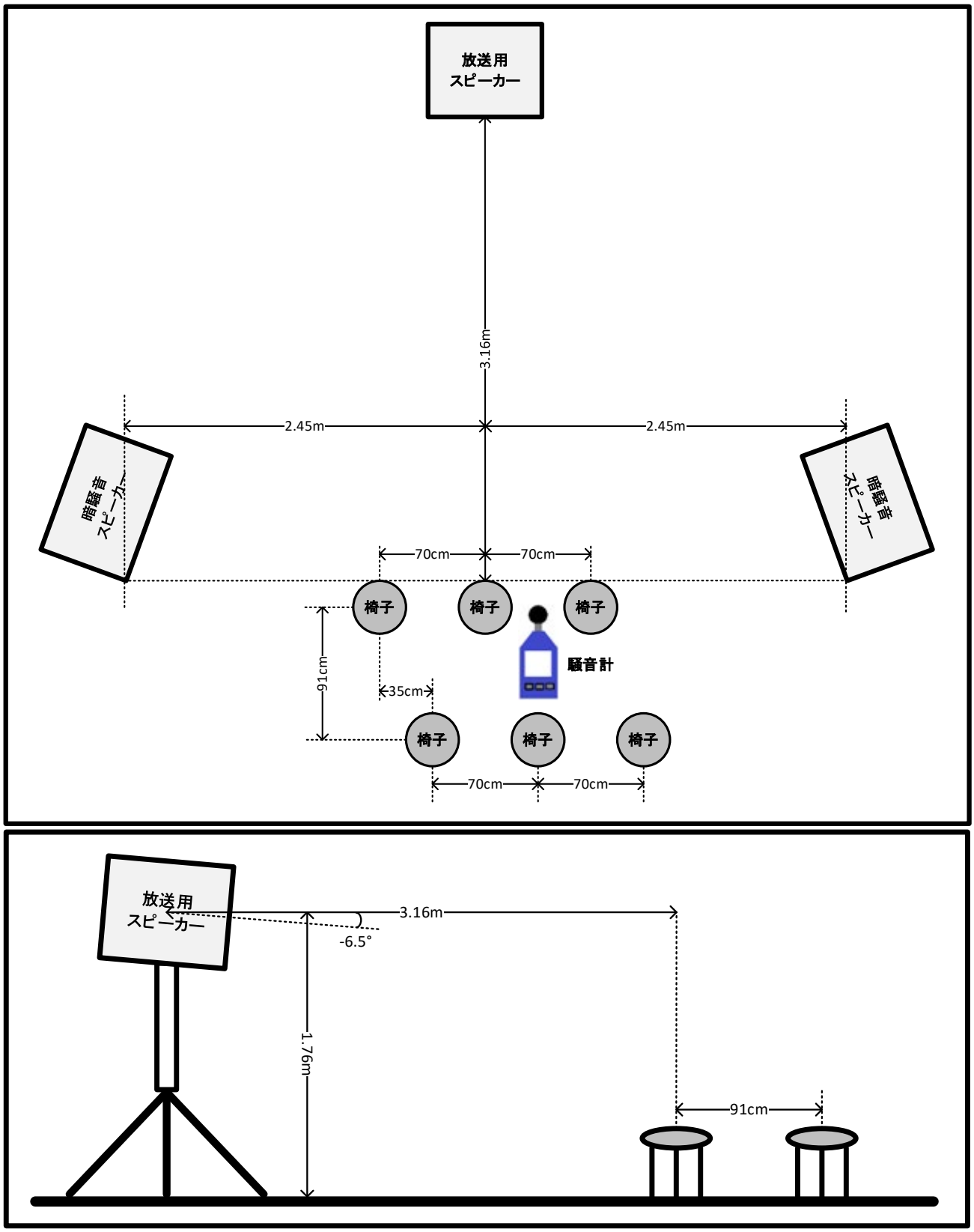


図 36　機器セッティング

2.2.1.4.3. 実験音声

以下の合成音声で実験を行いました。

2.2.1.4.3.1. 放送話者

音声合成（AI 社）：男性：せいじ、女性：のぞみ

2.2.1.4.3.2. 音声合成放送文面

表 14　音声合成放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	（上りチャイム）	3 秒
2	こちらは防災松田です。	15 秒
3	試験放送を行っております。	9 秒
4	試験放送を終了します。	10 秒
5	（下りチャイム）	3 秒
合計		40 秒

2.2.1.4.3.3. 暗騒音

表 15　暗騒音

種類	内容	騒音設定値	実測値
通常暗騒音	ブラウニアンノイズ	50dB	50dB
豪雨音	雨が降る 1_自然の中で録音	65dB	65.2dB
	街を襲う集中豪雨_台風直撃で土砂降り	70dB 75dB	70dB 75dB
波の音	カモメが鳴くビーチ_リゾート地	60dB 70dB	60.5dB 70.2dB

2.2.1.4.3.4. 季節・距離補正

屋外でスピーカーから 30W で放送し 350m離れの地点で聴取することを想定し、その音声レベルを無響室で再現するため、試験音源に補正（距離減衰）を行いました。

また、季節（夏・冬）による周波数特性も試験音源に反映させ、試験を実施しました。

表 16　無響室での距離減衰再現

No	スピーカー種	能率 [1W/1m]	距離減衰 (350m)[dB]	聴取点 音圧計算値	無響室での 音圧測定値
1	レフレックスホーン	114.7	50.9dB	78.6dB	81.7dB
2	ソノコラム	114.1	50.9dB	78.0dB	78.9dB
3	ラインアレイ	119.5	50.9dB	83.4dB	82.7dB

季節の影響については、東京都の過去５年の気温と湿度の平均を使用しました。

【冬】１月の過去５年の気温、湿度の平均　＝　5.7℃、56%

【夏】８月の過去５年の気温、湿度の平均　＝　28.3℃、78.6%

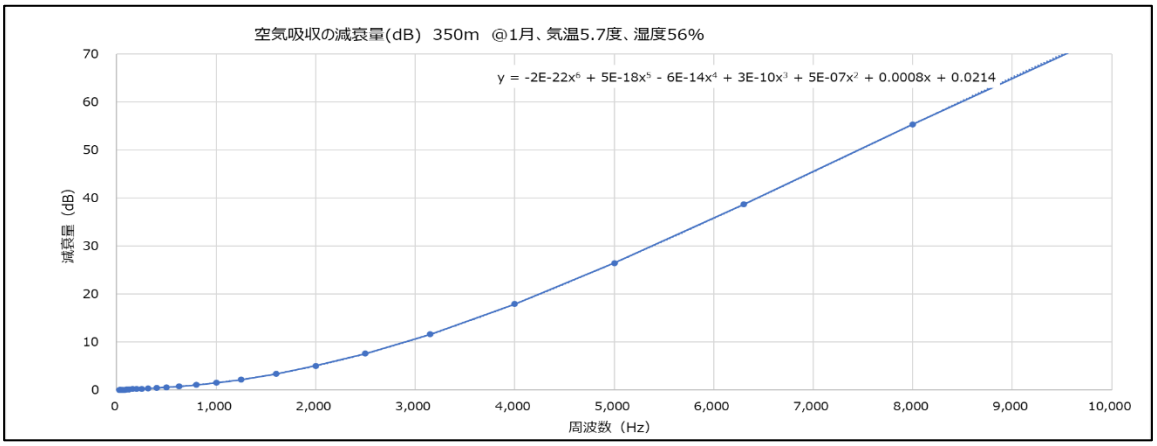


図 37　１月の空気吸収減衰量

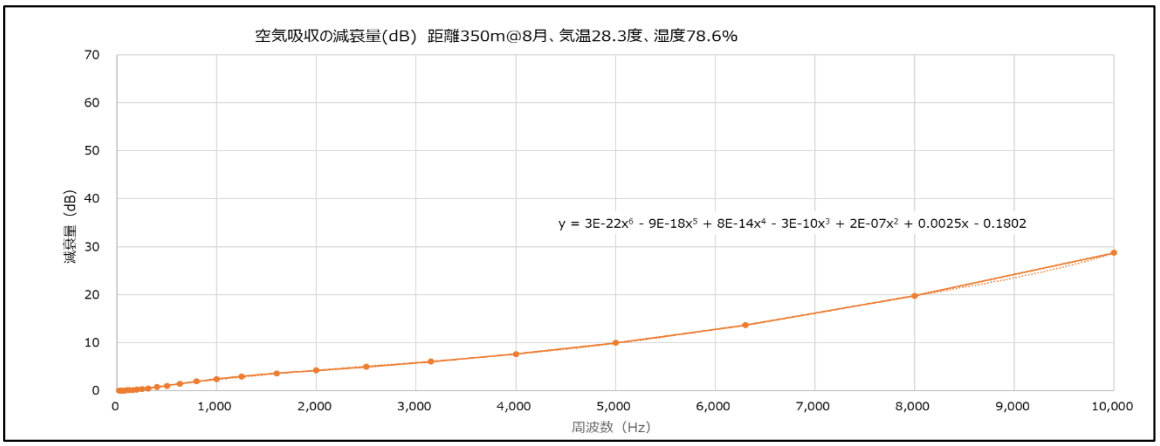


図 38　８月の空気吸収減衰量

2.2.1.4.4. 実験内容

評価は、聴取者による主観評価と、テスト信号を用いた STI 測定を実施しました。

2.2.1.4.4.1. 主観評価

2.2.1.4.4.1.1. 実験パターン

話者が 2 種、スピーカーが 3 種の全組合せに対して「改善施策の有無」と「暗騒音の種類」と「季節の違い」による以下の試験を実施しました。

（男女 2 種×スピーカー3 種×音声改善・暗騒音 27 パターン＝合計 162 パターン実施）

表 17　実験パターン

No	話者(2種)		スピーカー種類(3種)			音声改善			暗騒音								
	女性	男性	レフレックスホーン	ソノコラム	ホーンアレイ	なし	音合強調	音合子局強調	通常	豪雨【夏】			豪雨【冬】			波【冬】	
									50dB	65dB	70dB	75dB	65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	○	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
2	○	○	○	○	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-
3	○	○	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-
4	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-
5	○	○	○	○	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-
6	○	○	○	○	○	-	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-
7	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
8	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-
9	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-
10	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
11	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-
12	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-
13	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
14	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-
15	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	○	-	-	-	-
16	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-
17	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-
18	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-
19	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
20	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
21	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-
22	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
23	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-
24	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-
25	○	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
26	○	○	○	○	○	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○
27	○	○	○	○	○	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	○

2.2.1.4.4.1.2. 評価方法

実験パターンの各放送に対して、下表の評価基準で採点を行いました。

表 18　評価基準

評点	了解度	自然さ	聴き取りにくさ
5	すべての音節が 聞き取れる	自然	聴き取りにくくはない
4	8 割程度の音節が 聞き取れる	それほど 不自然ではない	それほど 聴き取りにくくはない
3	5 割程度の音節が 聞き取れる	多少不自然	多少 聴き取りにくい
2	2 割程度の音節が 聞き取れる	かなり不自然	かなり 聴き取りにくい
1	ほとんどの音節が 聞き取れない	非常に不自然	非常に 聴き取りにくい

2.2.1.4.4.2. STI 測定

2.2.1.4.4.2.1. 測定パターン

STI 測定は下記のパターンで実施しました。

表 19　STI 測定パターン

No	スピーカー種	音声改善	通常	豪雨			波	
			騒音	65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	レフレックス	なし	○	○	○	○	○	○
2	ホーン	子局強調	○	○	○	○	○	○
3	ソノコラム	なし	○	○	○	○	○	○
4		子局強調	○	○	○	○	○	○
5	ホーンアレイ	なし	○	○	○	○	○	○
6		子局強調	○	○	○	○	○	○

2.2.1.4.4.2.2. 測定手順

STI 測定は聴感試験と同様に無響室で実施します。

放送用スピーカーと暗騒音スピーカーと騒音計の位置関係は、聴感評価と同じです。

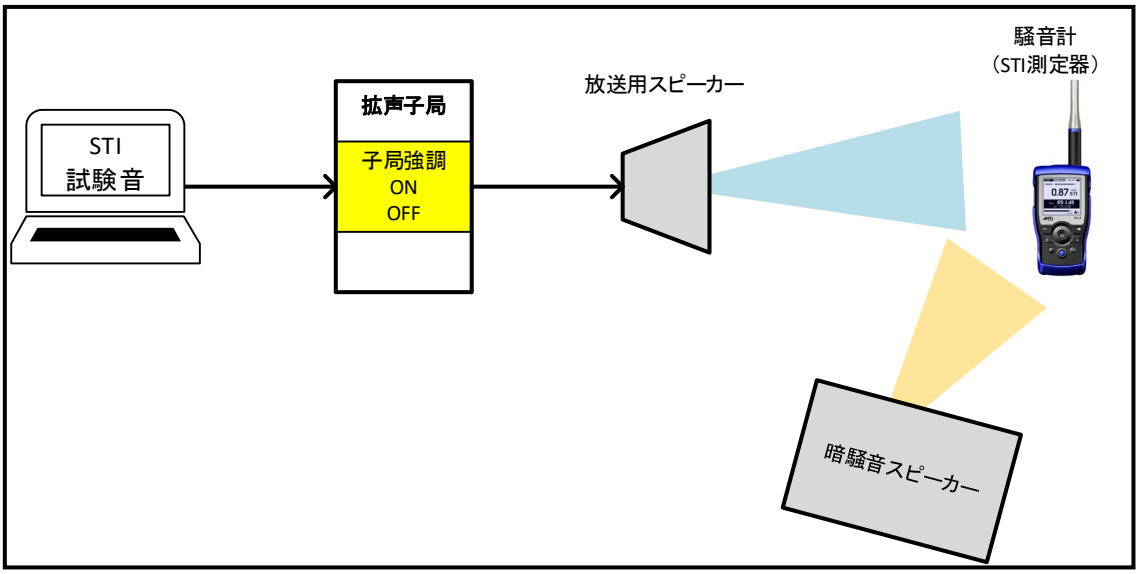


図 39　STI 測定系

STI 測定のフローを下記に示します。

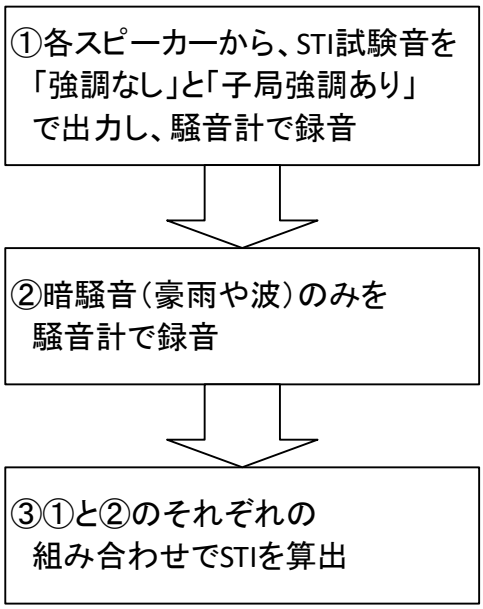


図 40　STI 測定フロー

2.2.1.4.5. 実験結果

2.2.1.4.5.1. 主観評価結果

聴感評価の結果を以下に示します。

2.2.1.4.5.1.1. スピーカー種による違い【了解度】

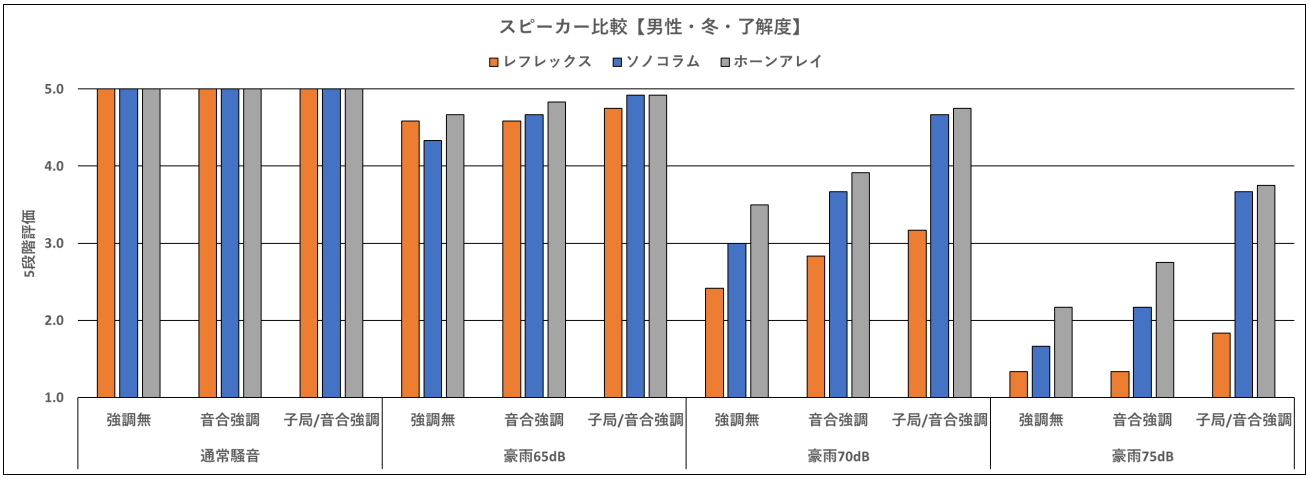


図 41　スピーカー比較【男性・冬・了解度・豪雨】

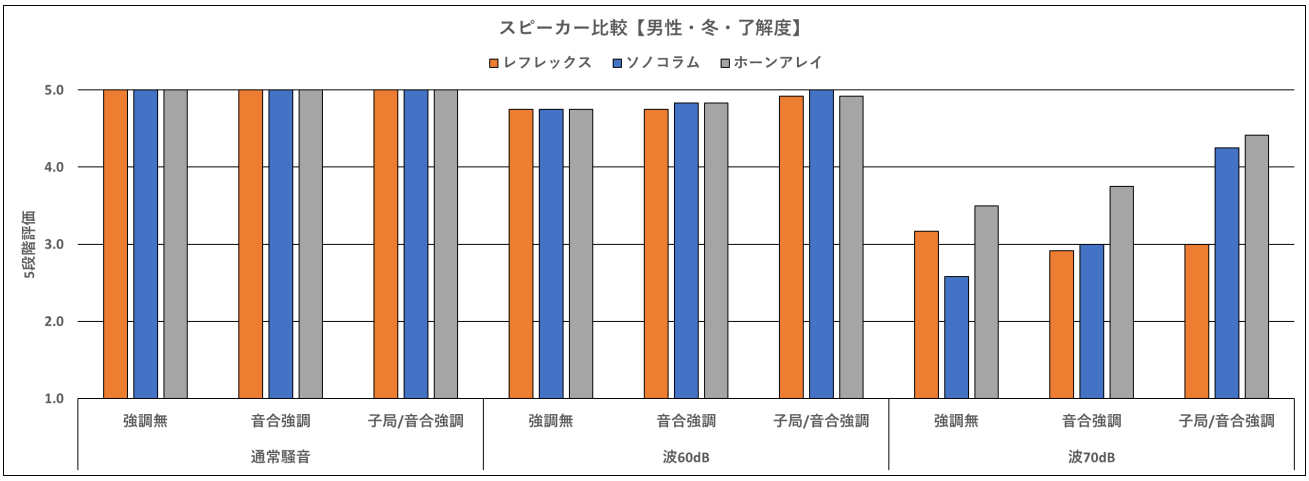


図 42　スピーカー比較【男性・冬・了解度・波】

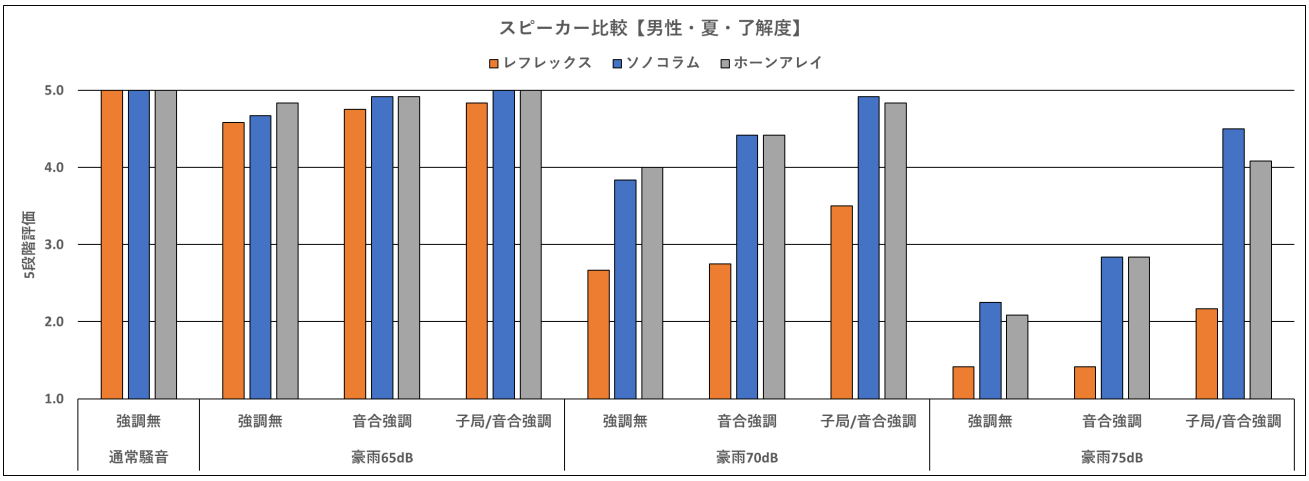


図 43　スピーカー比較【男性・夏・了解度・豪雨】

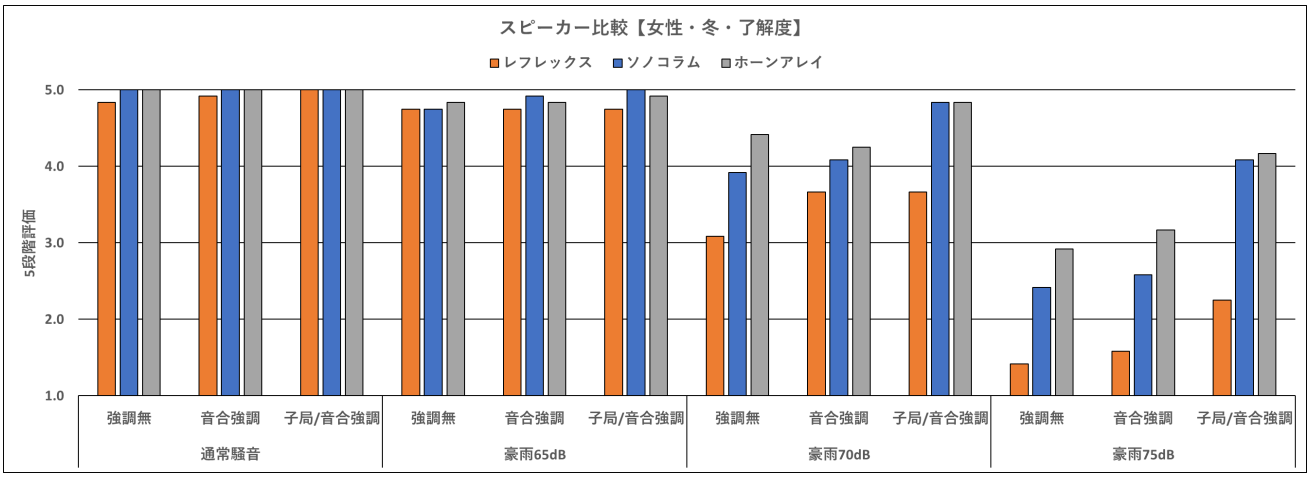


図 44　スピーカー比較【女性・冬・了解度・豪雨】

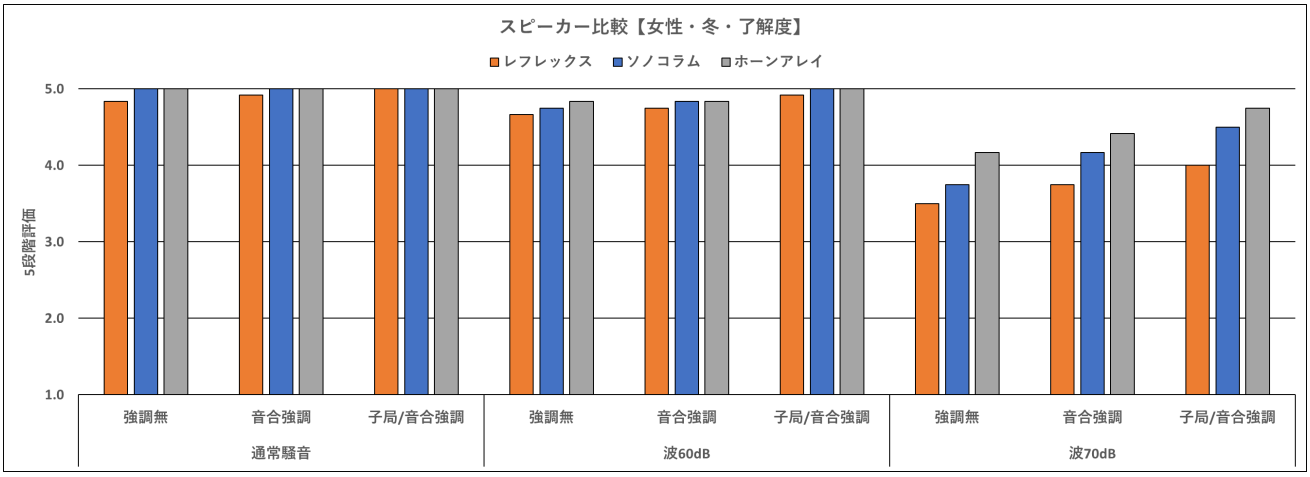


図 45　スピーカー比較【女性・冬・了解度・波】

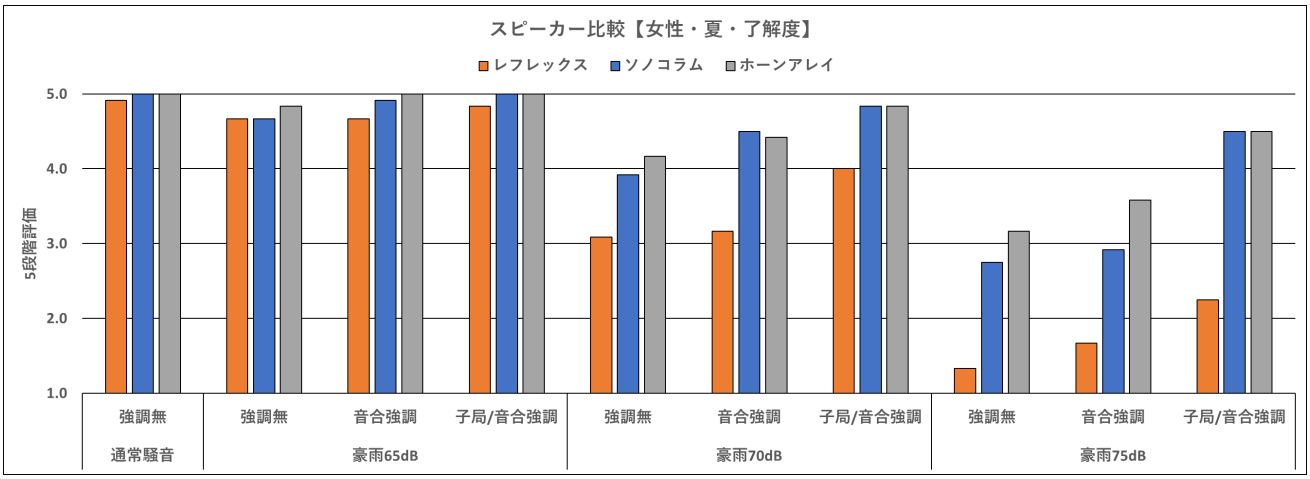


図 46　スピーカー比較【女性・夏・了解度・豪雨】

2.2.1.4.5.1.2. スピーカー種による違い【自然さ】

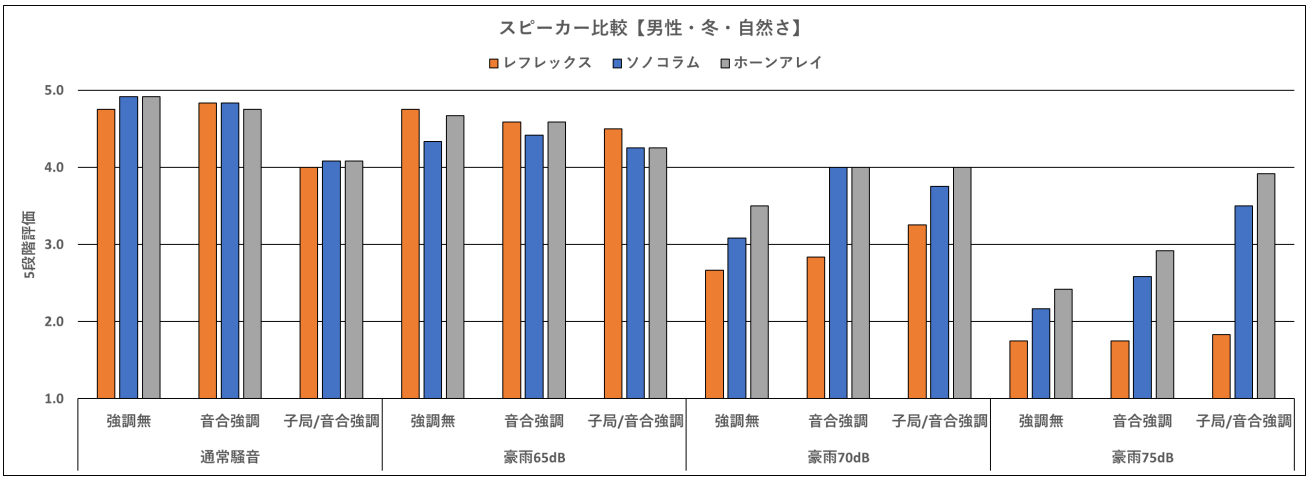


図 47　スピーカー比較【男性・冬・自然さ・豪雨】

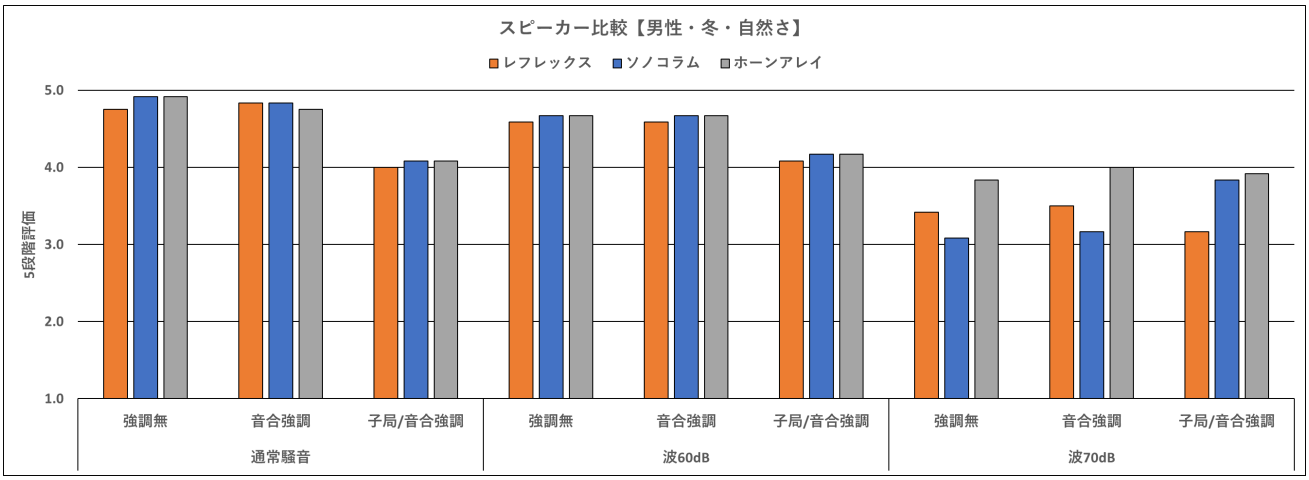


図 48　スピーカー比較【男性・冬・自然さ・波】

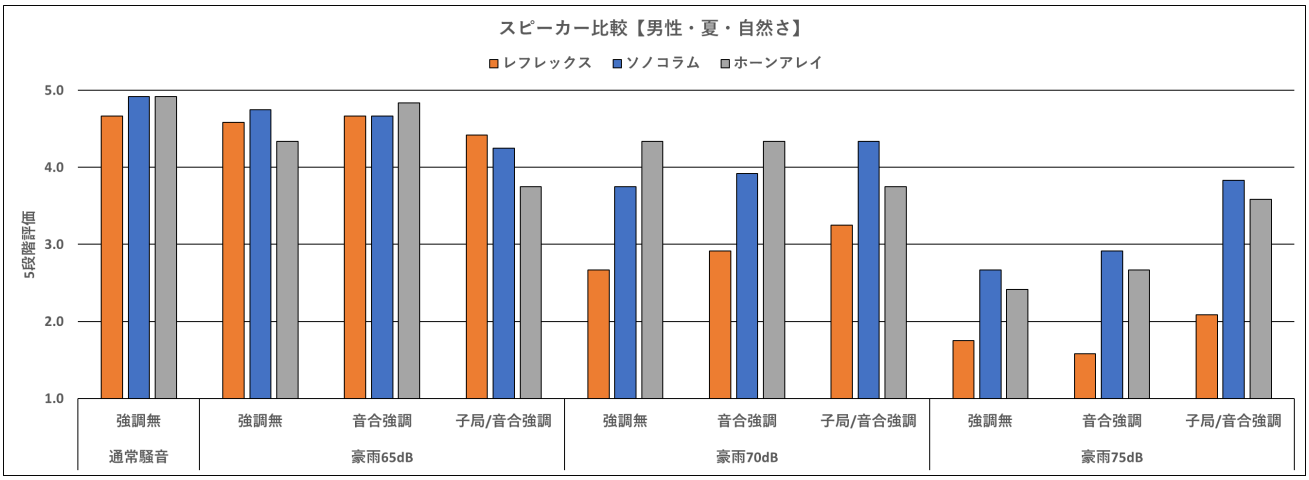


図 49　スピーカー比較【男性・夏・自然さ・豪雨】

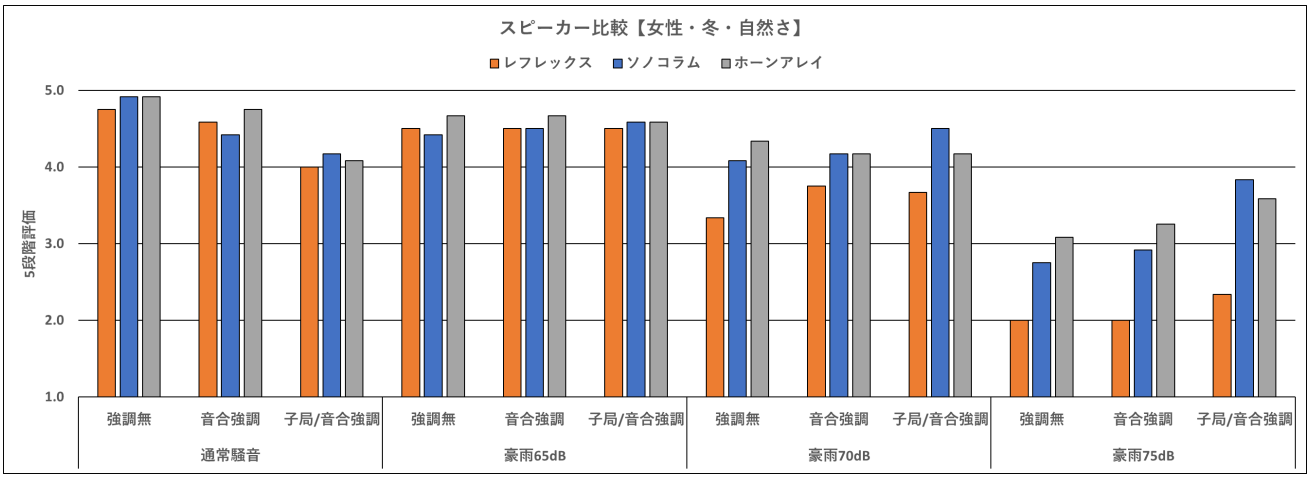


図 50　スピーカー比較【女性・冬・自然さ・豪雨】

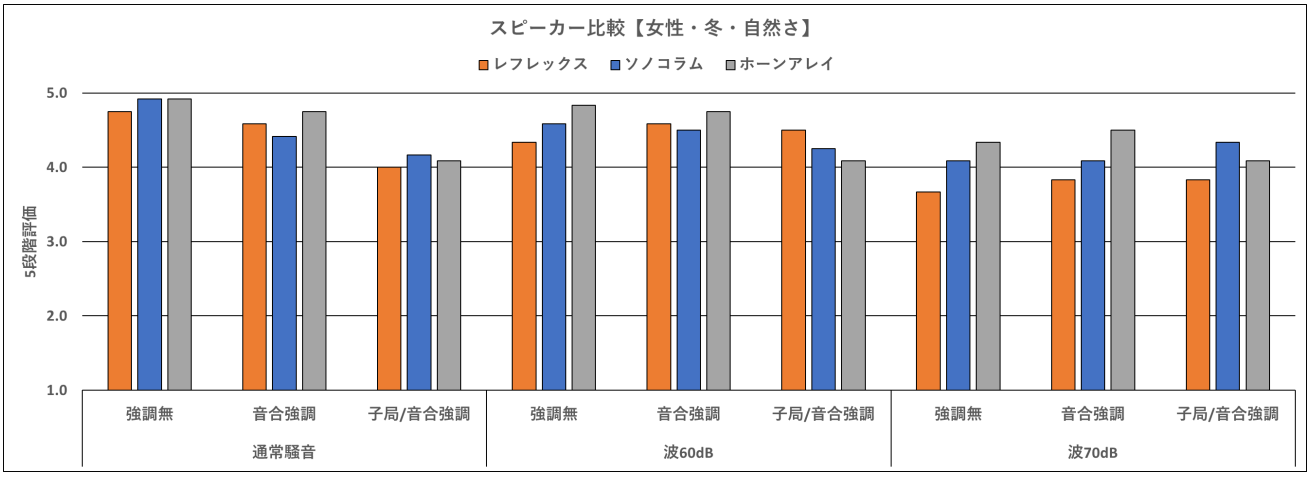


図 51　スピーカー比較【女性・冬・自然さ・波】

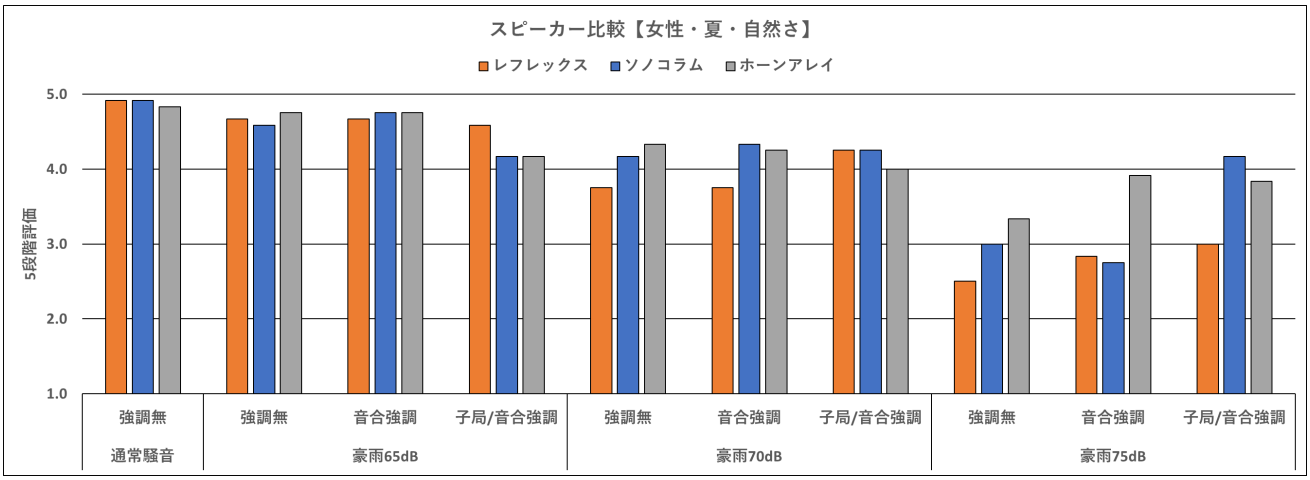


図 52　スピーカー比較【女性・夏・自然さ・豪雨】

2.2.1.4.5.1.3. スピーカー種による違い【聞き取りにくさ】

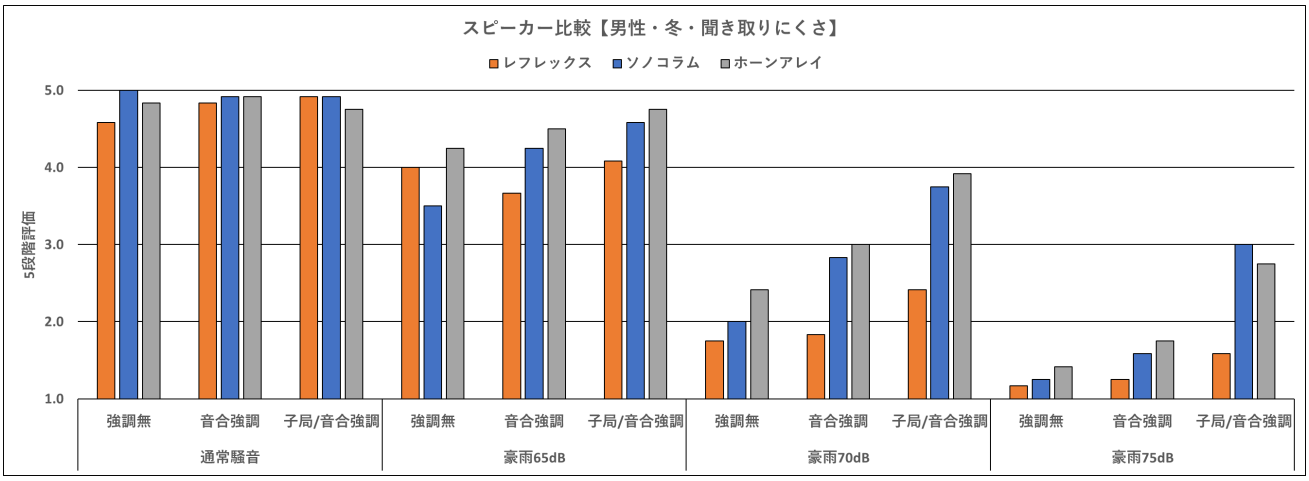


図 53　スピーカー比較【男性・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

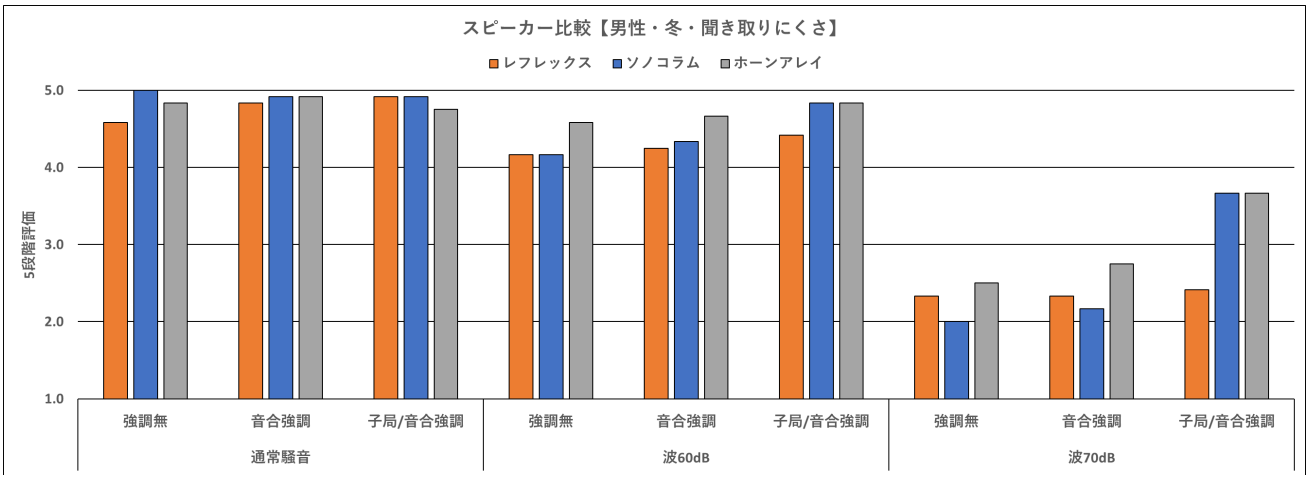


図 54　スピーカー比較【男性・冬・聞き取りにくさ・波】

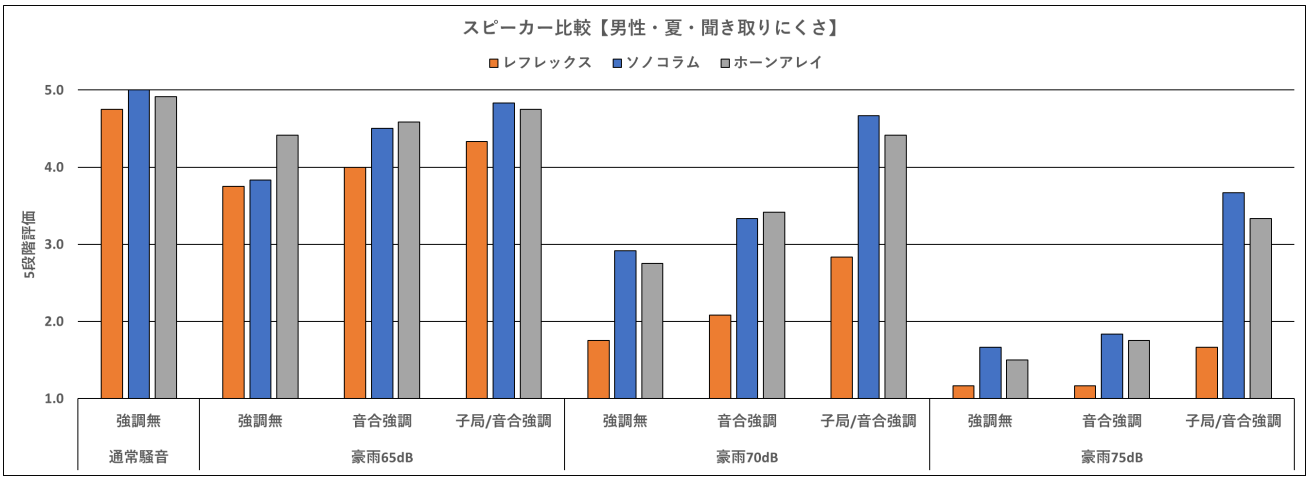


図 55　スピーカー比較【男性・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

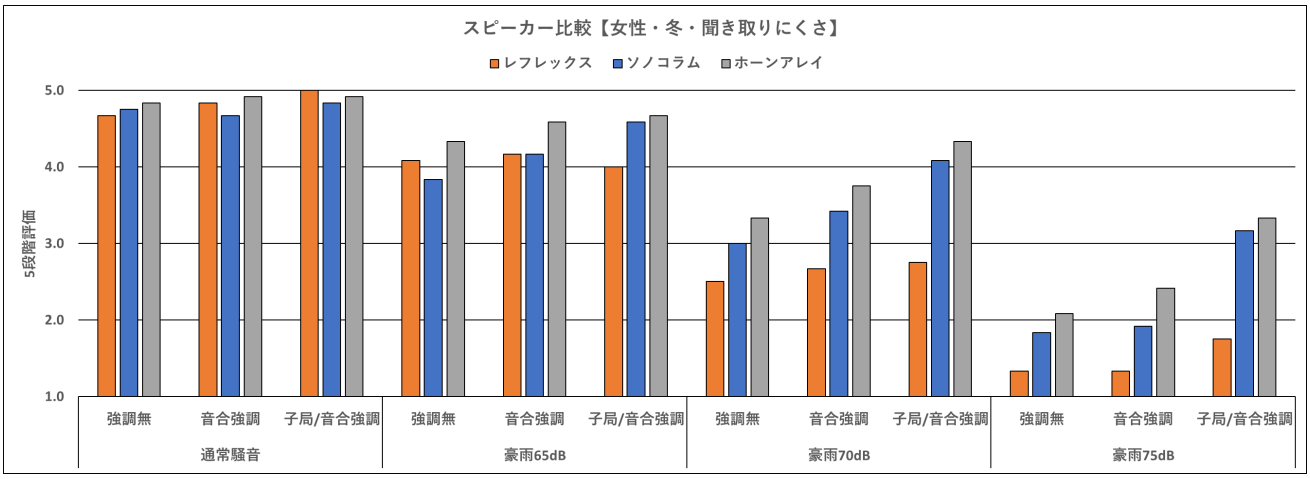


図 56　スピーカー比較【女性・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

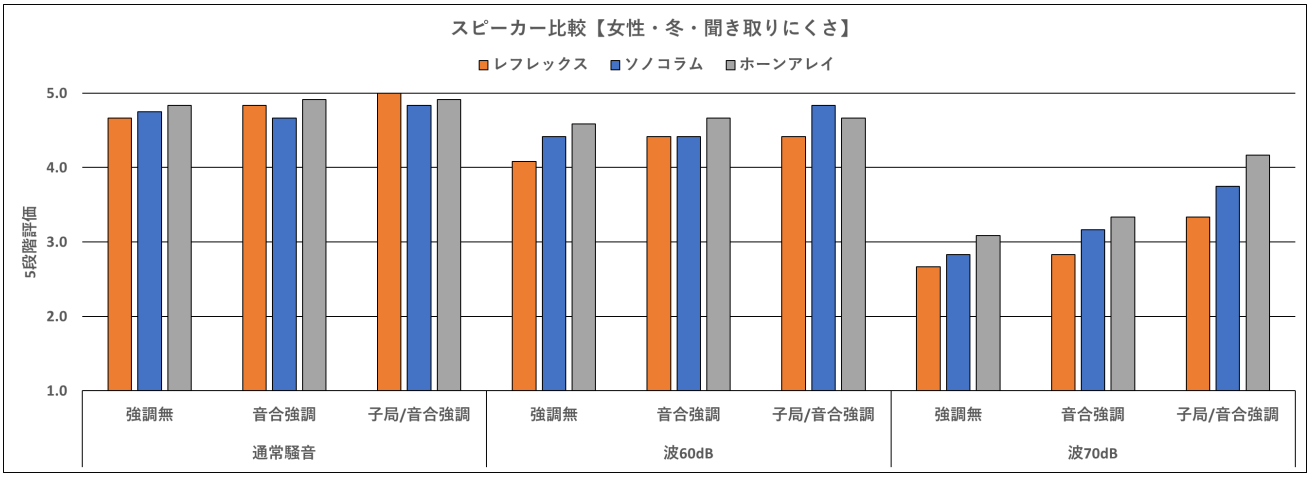


図 57　スピーカー比較【女性・冬・聞き取りにくさ・波】

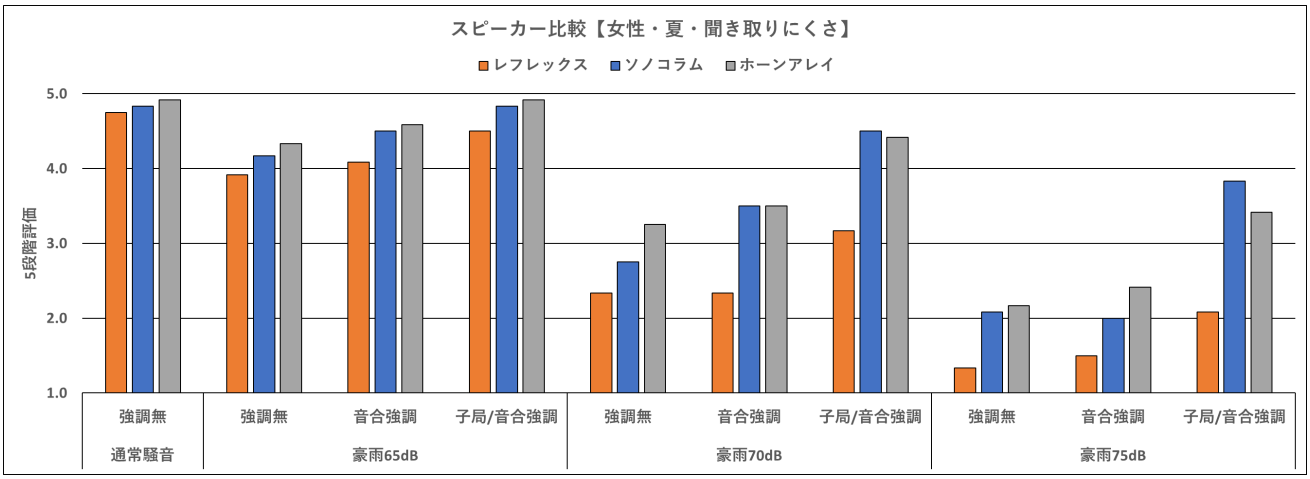


図 58　スピーカー比較【女性・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

2.2.1.4.5.1.4. 話者（男女）による違い【了解度】

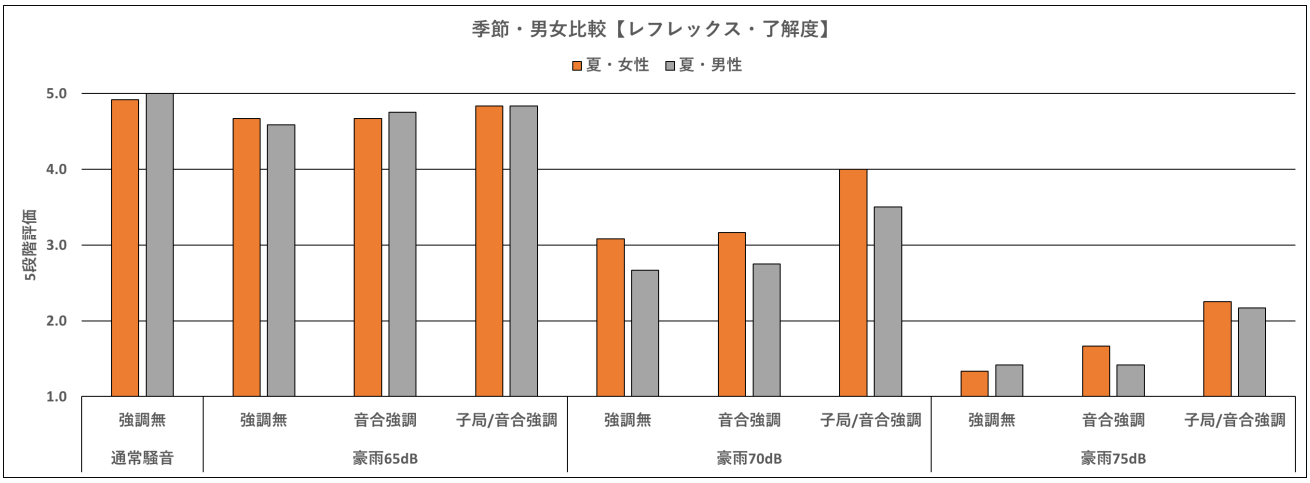


図 59　話者（男女）比較【レフレックス・夏・了解度・豪雨】

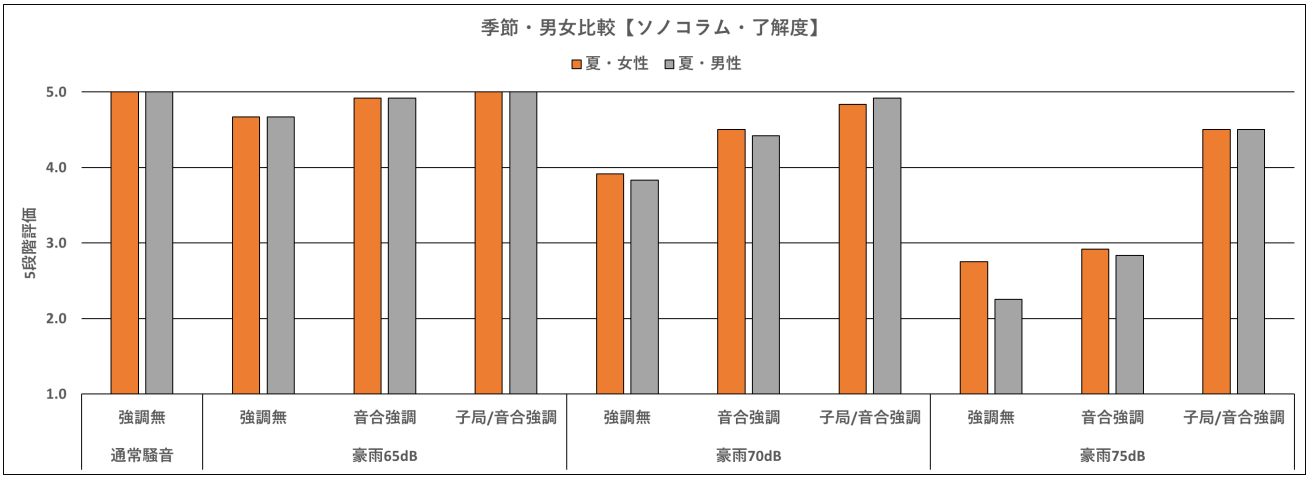


図 60　話者（男女）比較【ソノコラム・夏・了解度・豪雨】

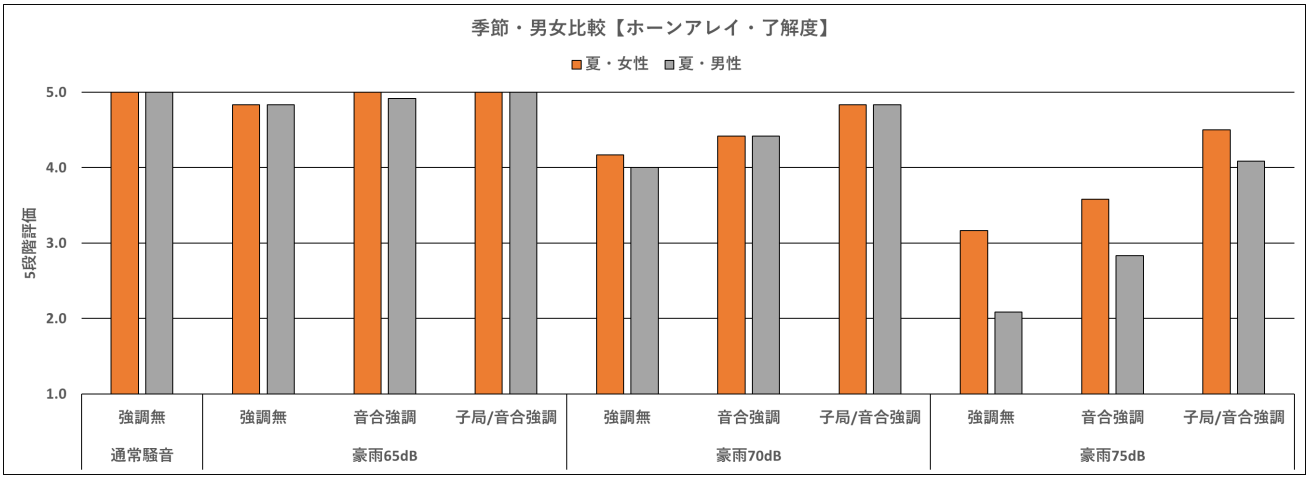


図 61　話者（男女）比較【ホーンアレイ・夏・了解度・豪雨】

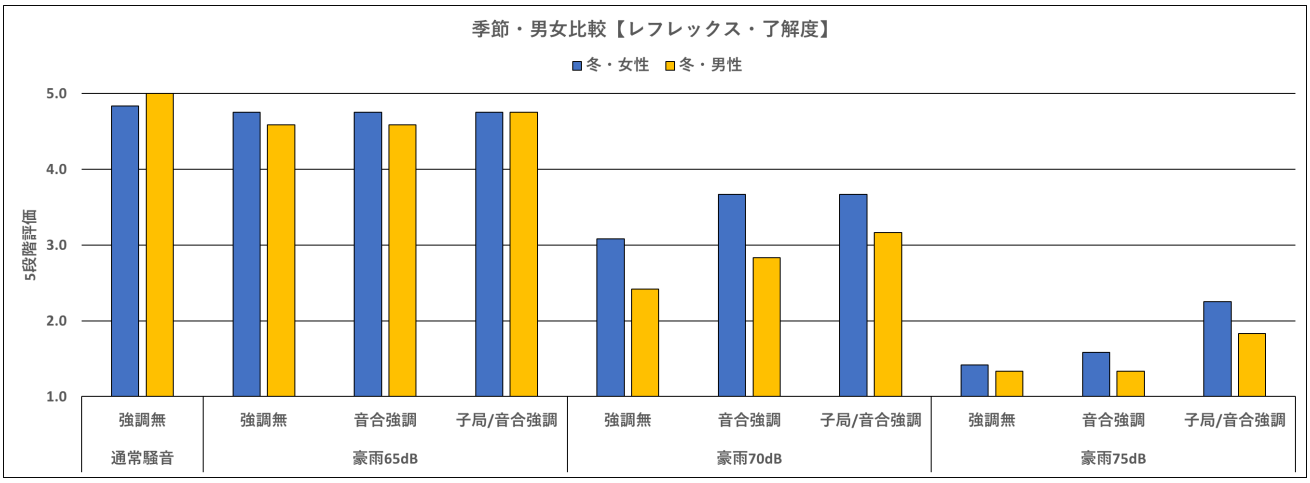


図 62　話者（男女）比較【レフレックス・冬・了解度・豪雨】

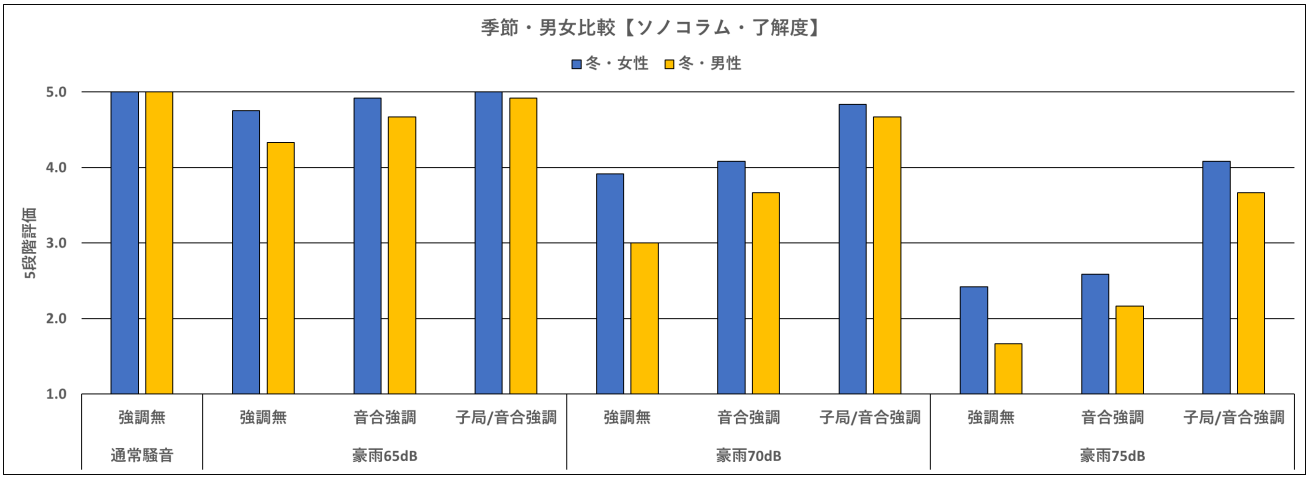


図 63　話者（男女）比較【ソノコラム・冬・了解度・豪雨】

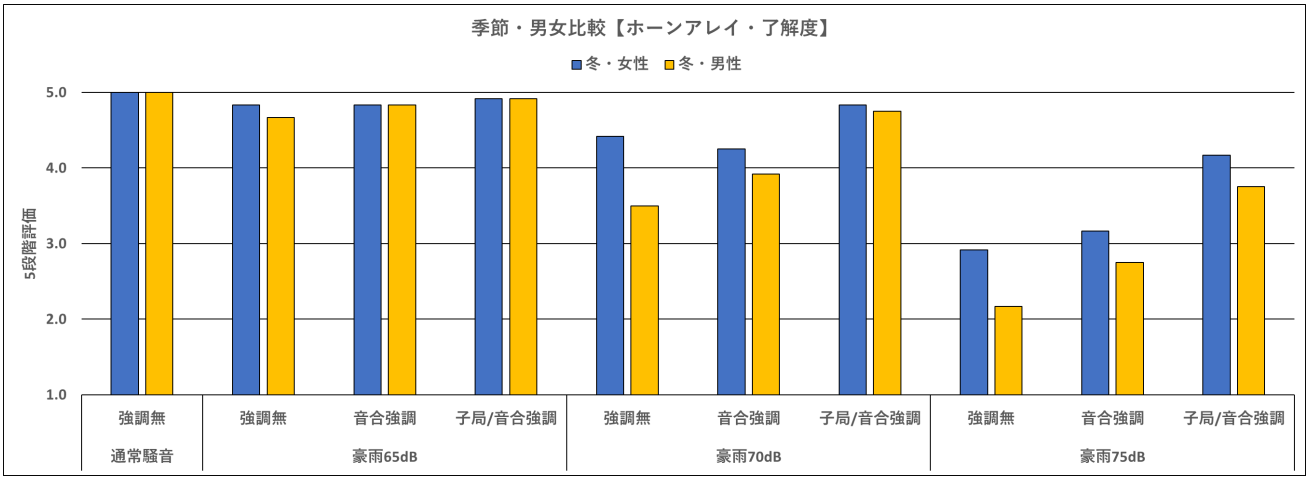


図 64　話者（男女）比較【ホーンアレイ・冬・了解度・豪雨】

2.2.1.4.5.1.5. 話者（男女）による違い【自然さ】

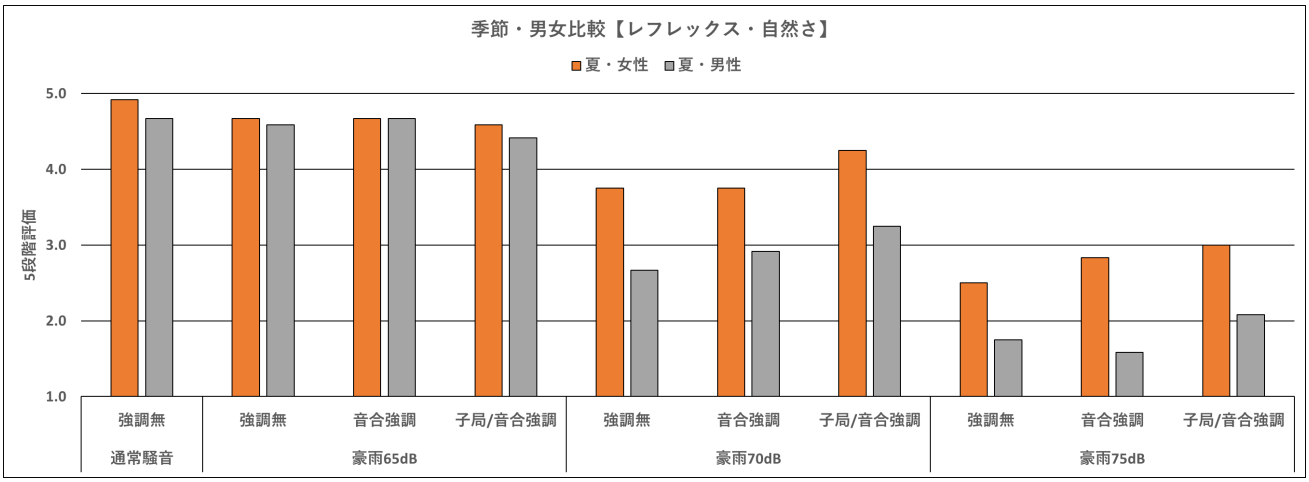


図 65　話者（男女）比較【レフレックス・夏・自然さ・豪雨】

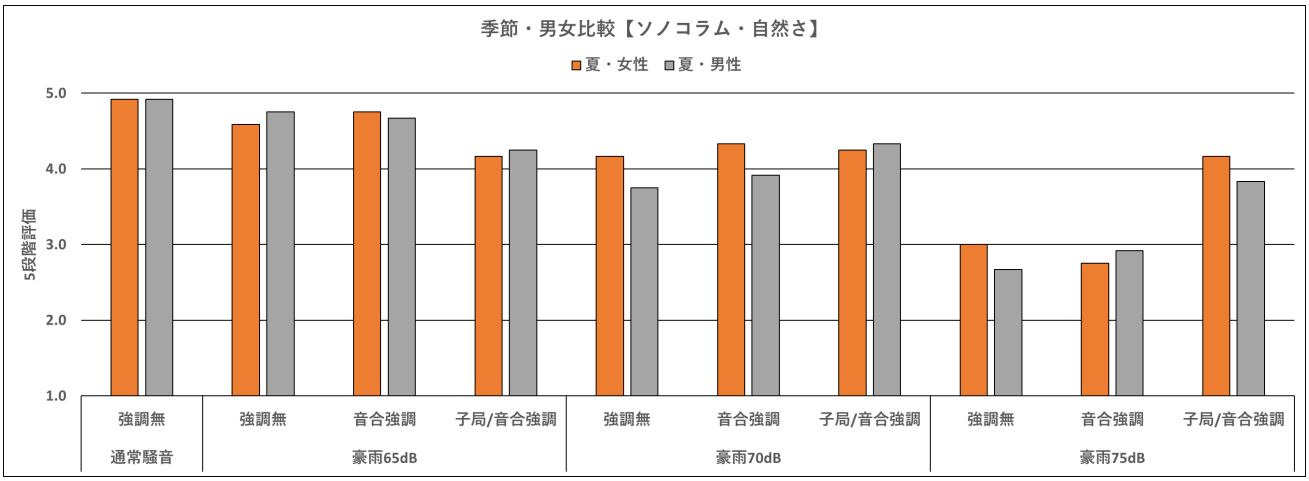


図 66　話者（男女）比較【ソノコラム・夏・自然さ・豪雨】

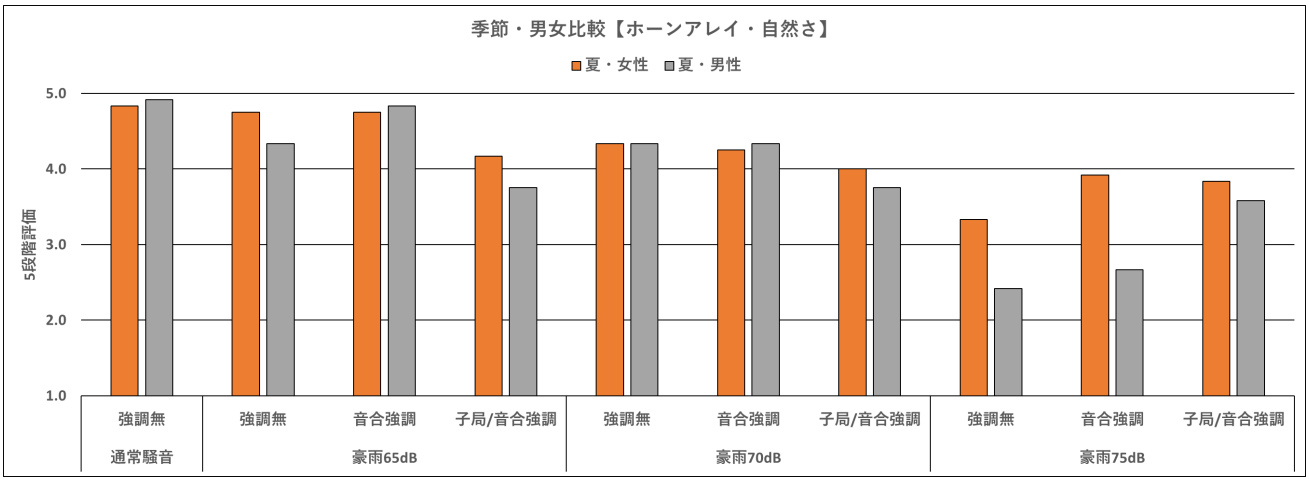


図 67　話者（男女）比較【ホーンアレイ・夏・自然さ・豪雨】

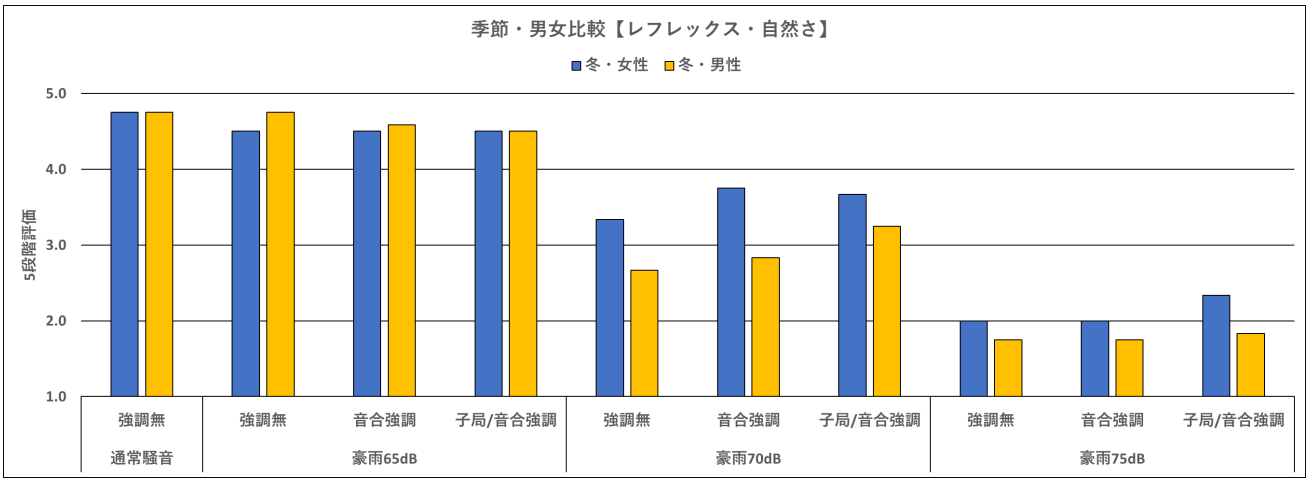


図 68　話者（男女）比較【レフレックス・冬・自然さ・豪雨】

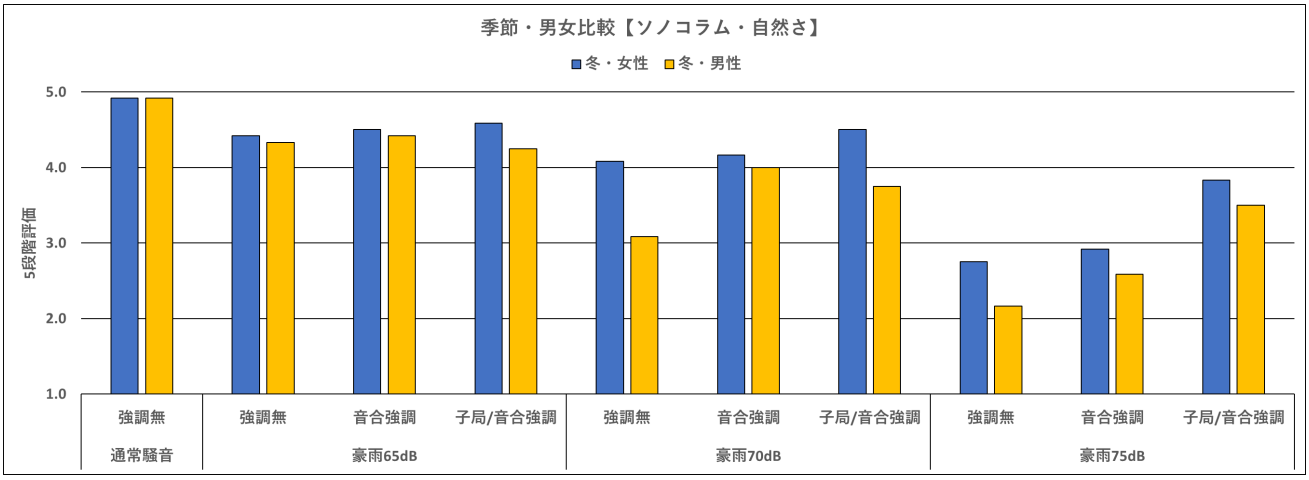


図 69　話者（男女）比較【ソノコラム・冬・自然さ・豪雨】

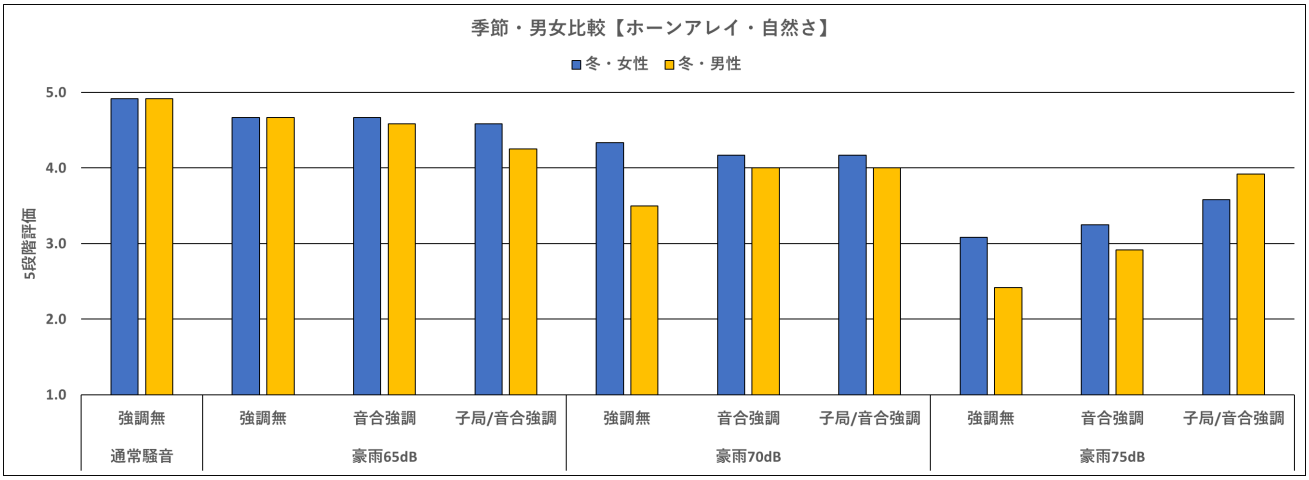


図 70　話者（男女）比較【ホーンアレイ・冬・自然さ・豪雨】

2.2.1.4.5.1.6. 話者（男女）による違い【聞き取りにくさ】

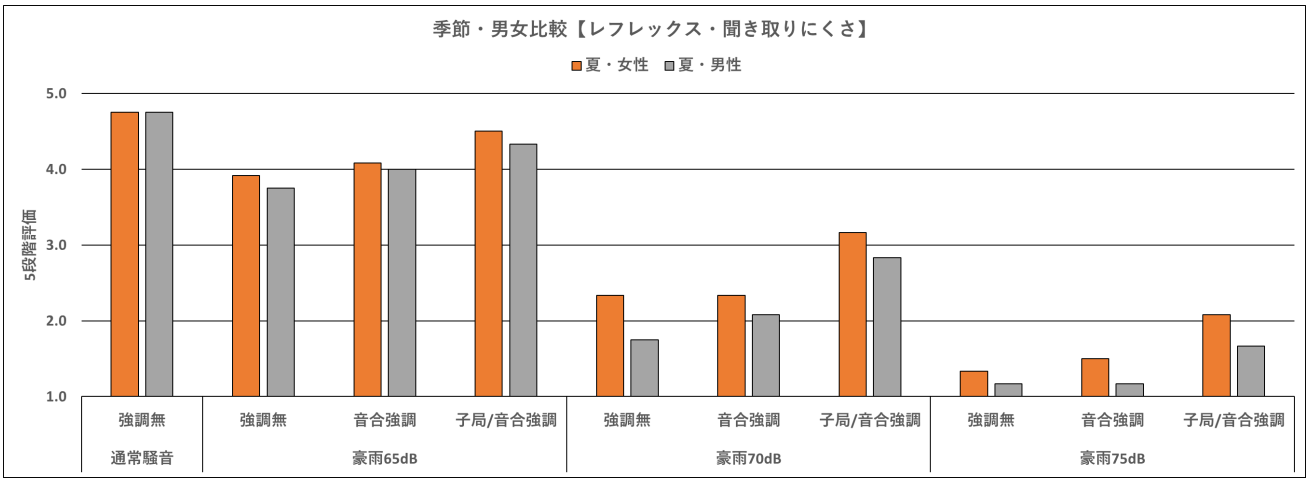


図 71　話者（男女）比較【レフレックス・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

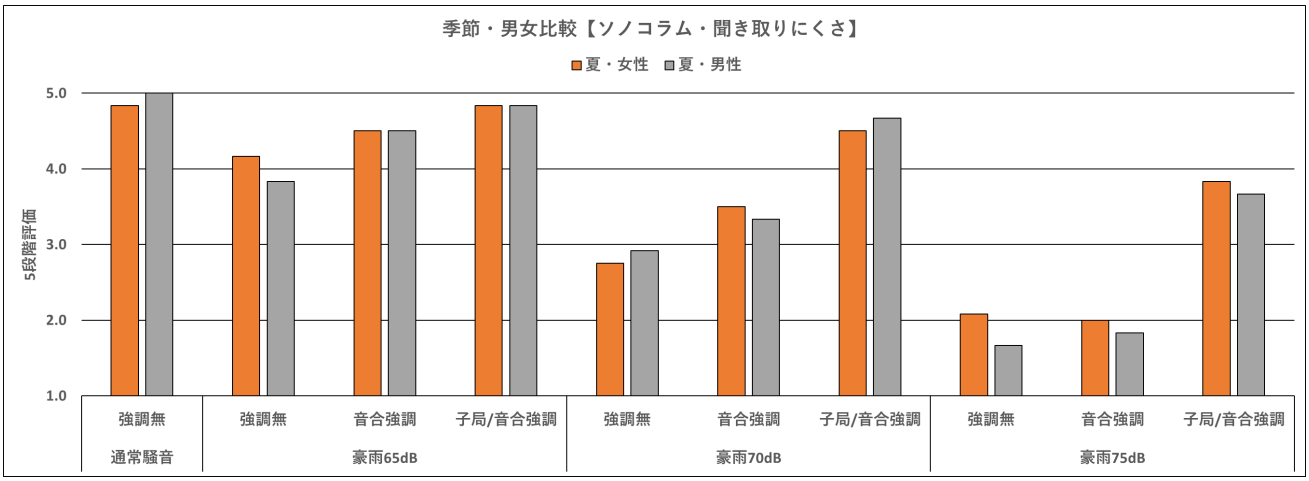


図 72　話者（男女）比較【ソノコラム・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

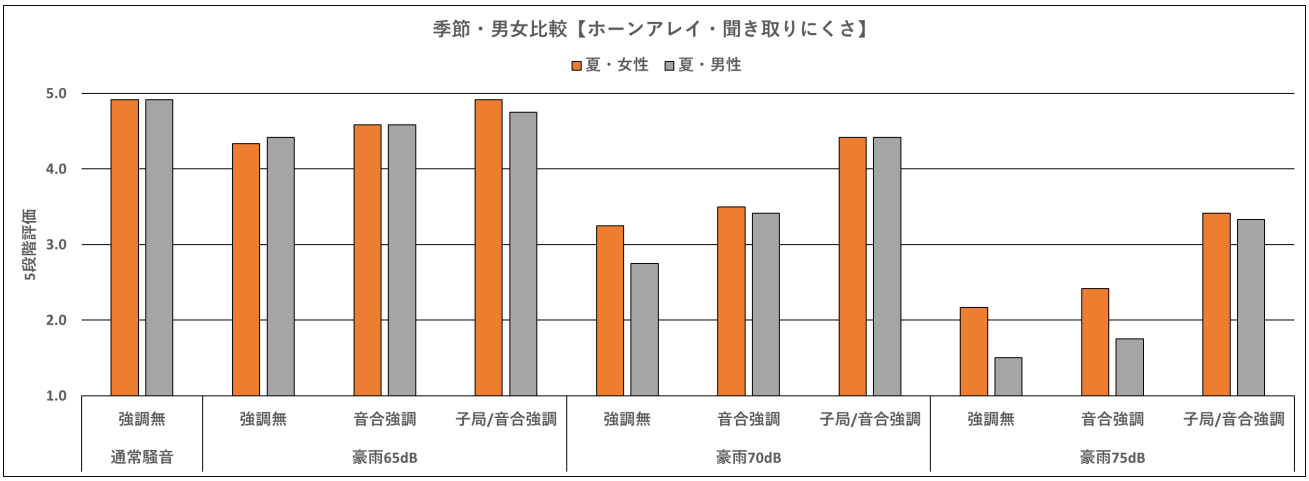


図 73　話者（男女）比較【ホーンアレイ・夏・聞き取りにくさ・豪雨】

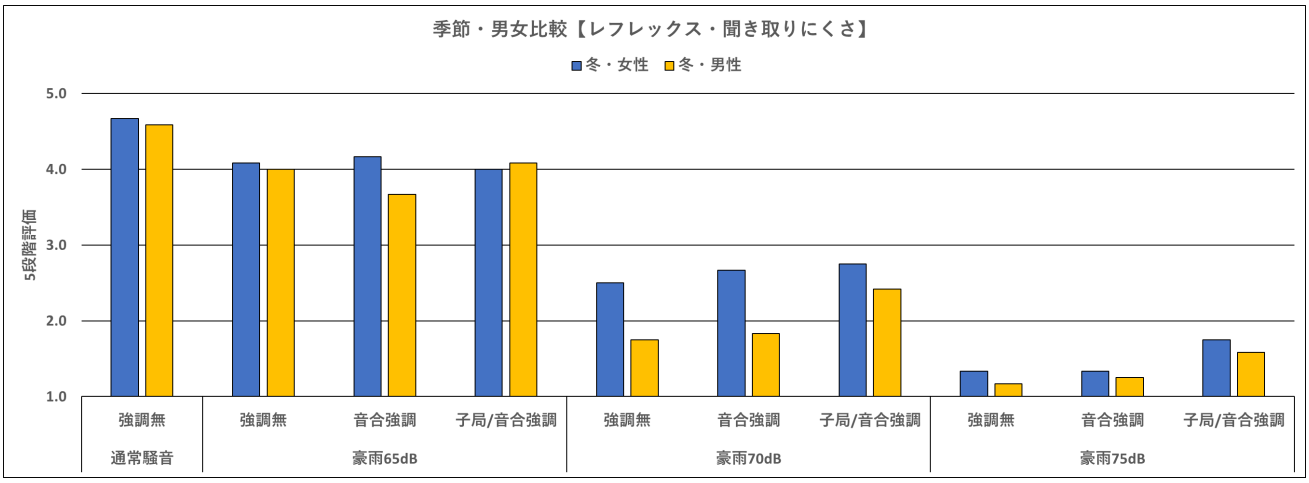


図 74　話者（男女）比較【レフレックス・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

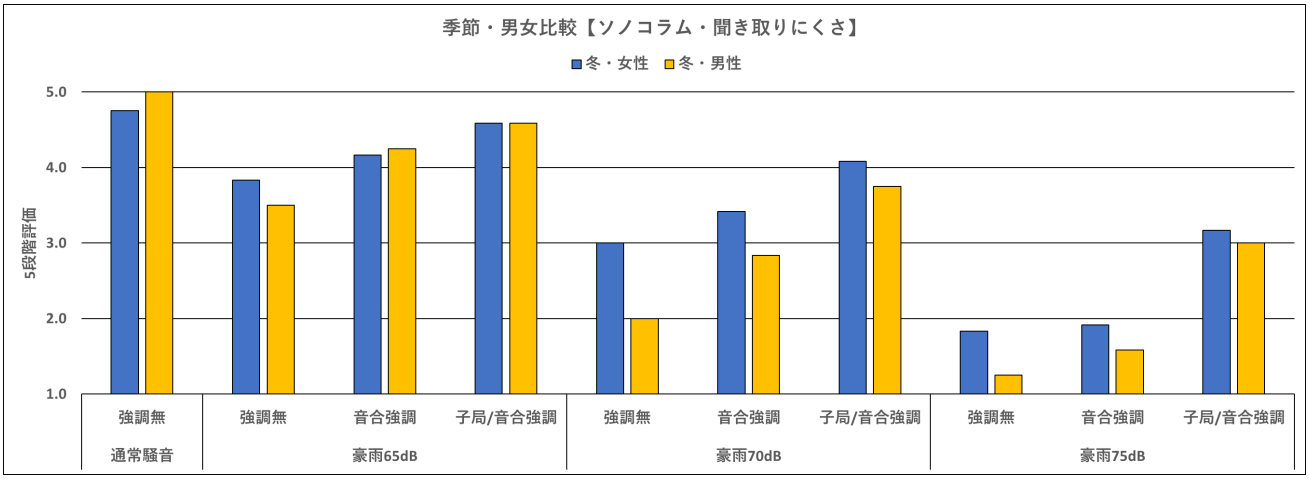


図 75　話者（男女）比較【ソノコラム・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

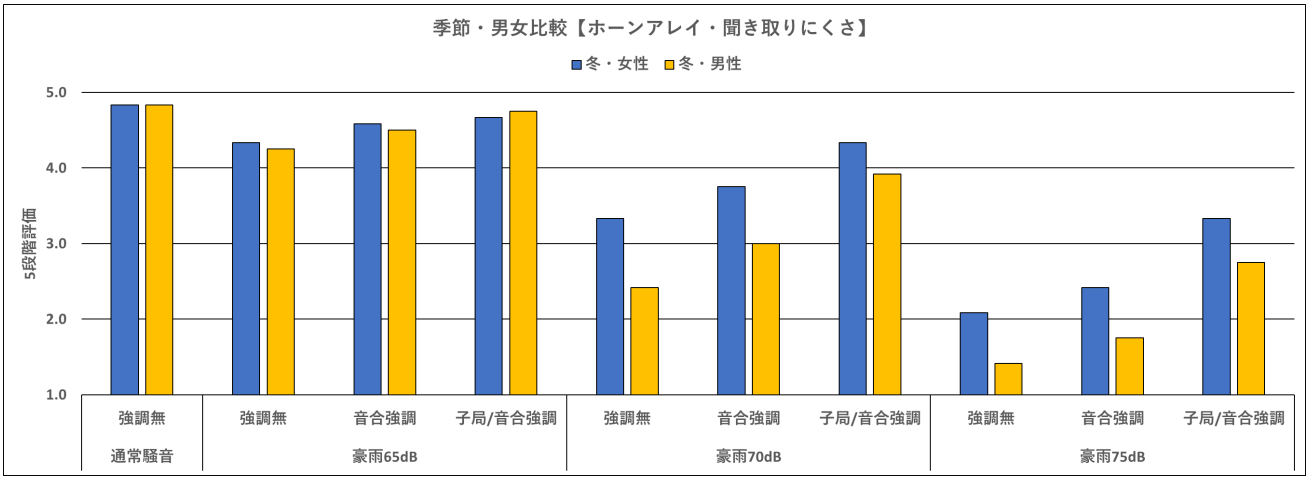


図 76　話者（男女）比較【ホーンアレイ・冬・聞き取りにくさ・豪雨】

2.2.1.4.5.1.7. 季節による違い【了解度】

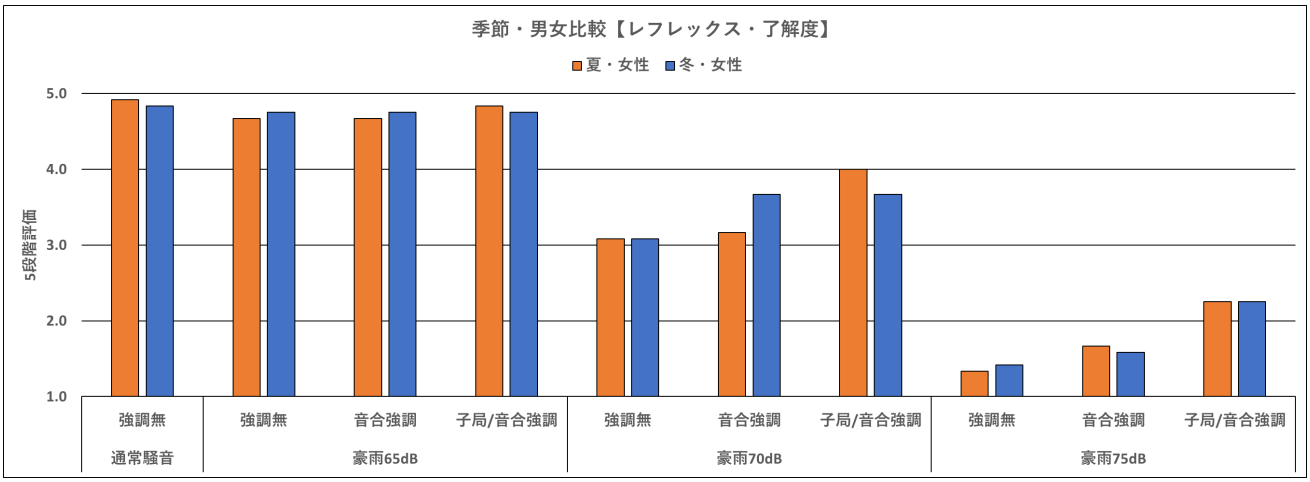


図 77　季節（夏冬）比較【レフレックス・女性・了解度・豪雨】

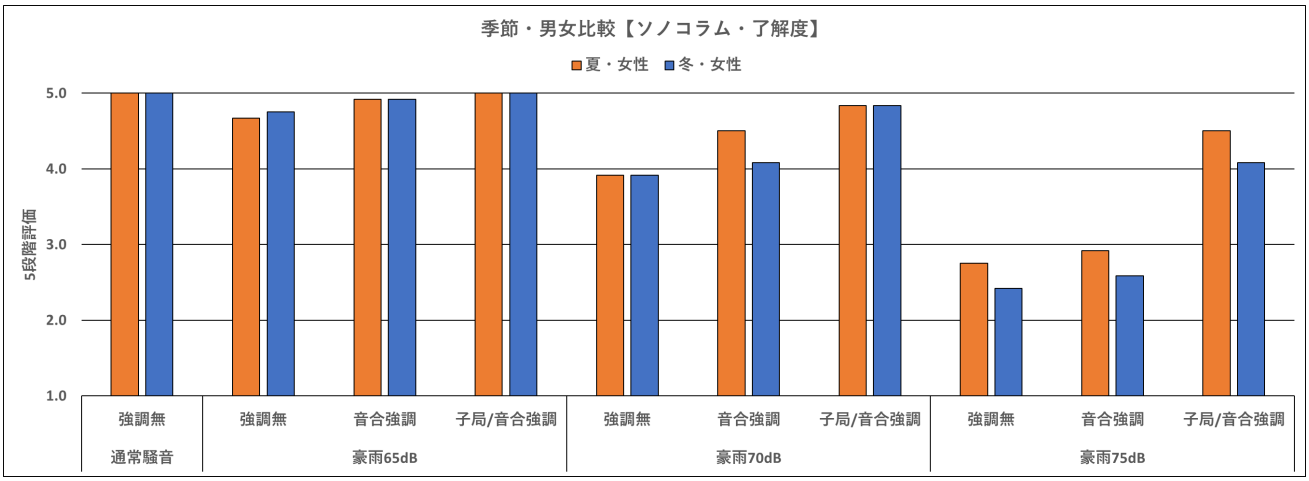


図 78　季節（夏冬）比較【ソノコラム・女性・了解度・豪雨】

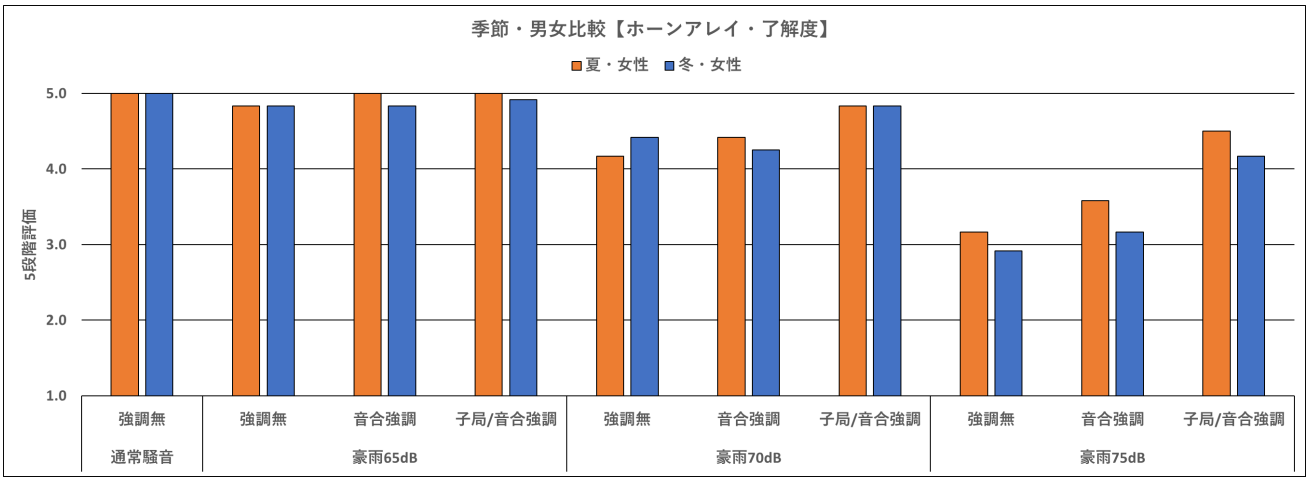


図 79　季節（夏冬）比較【ホーンアレイ・女性・了解度・豪雨】

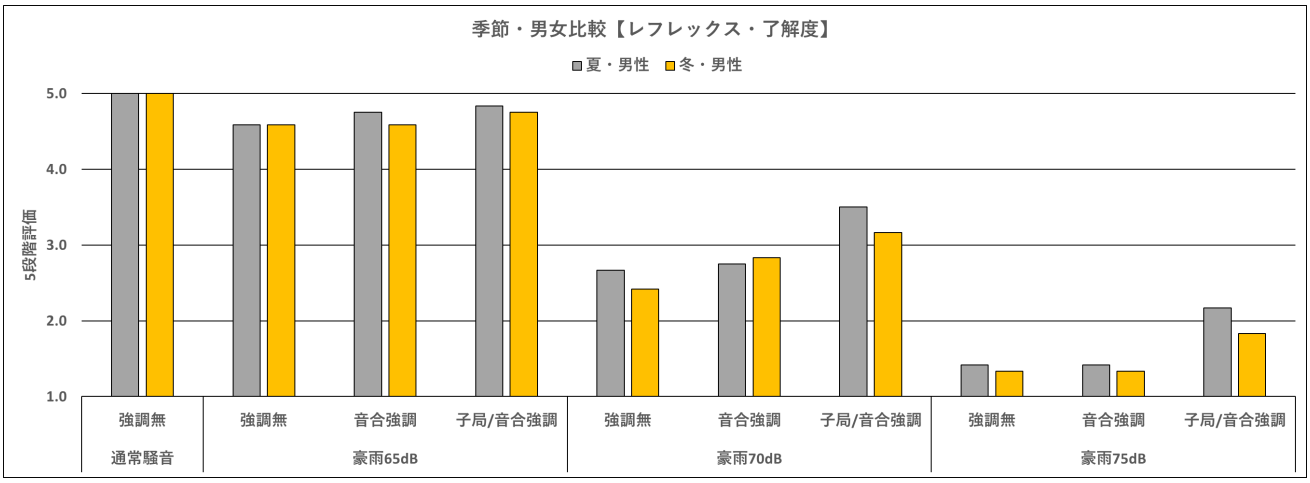


図 80　季節（夏冬）比較【レフレックス・男性・了解度・豪雨】

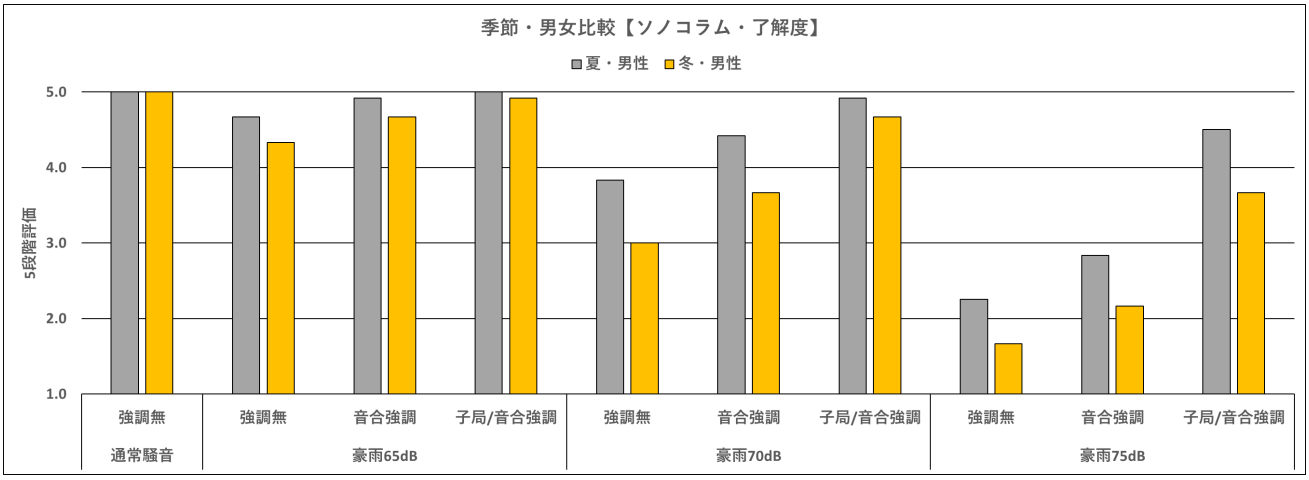


図 81　季節（夏冬）比較【ソノコラム・男性・了解度・豪雨】

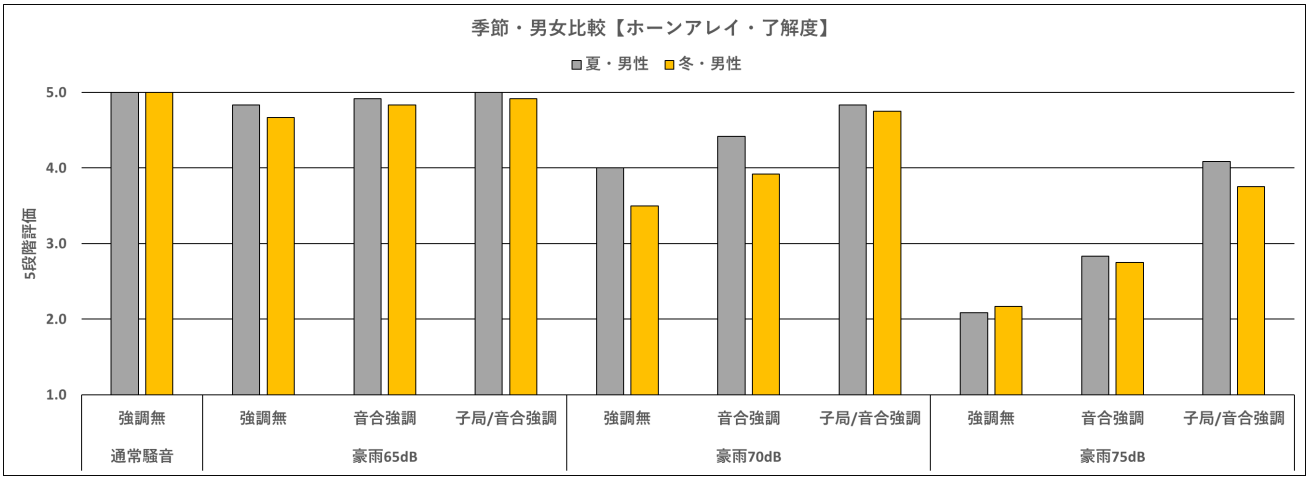


図 82　季節（夏冬）比較【ホーンアレイ・男性・了解度・豪雨】

2.2.1.4.5.1.8. 季節による違い【自然さ】

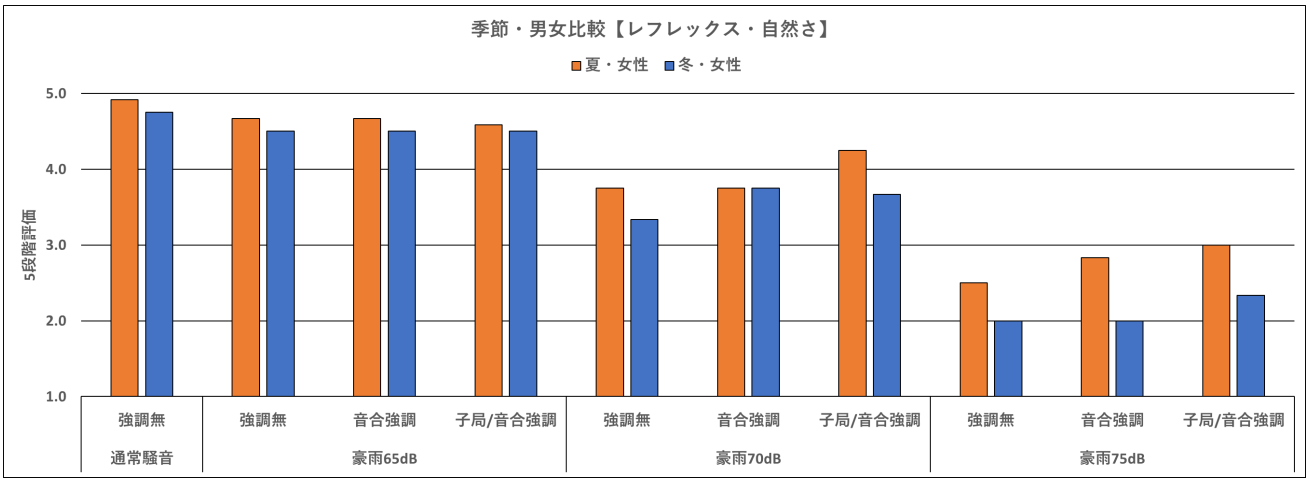


図 83　季節（夏冬）比較【レフレックス・女性・自然さ・豪雨】

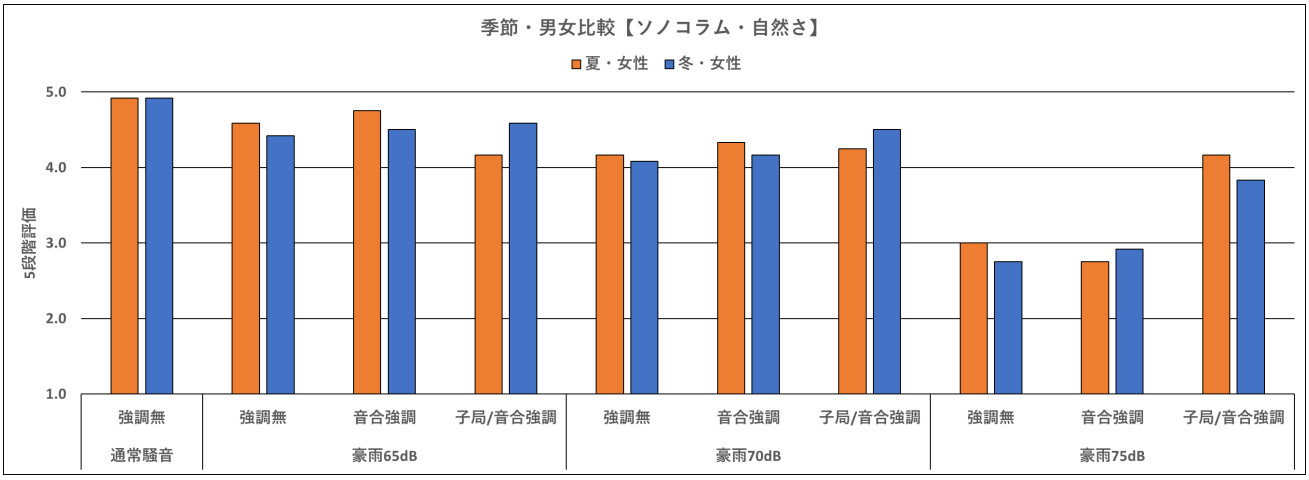


図 84　季節（夏冬）比較【ソノコラム・女性・自然さ・豪雨】

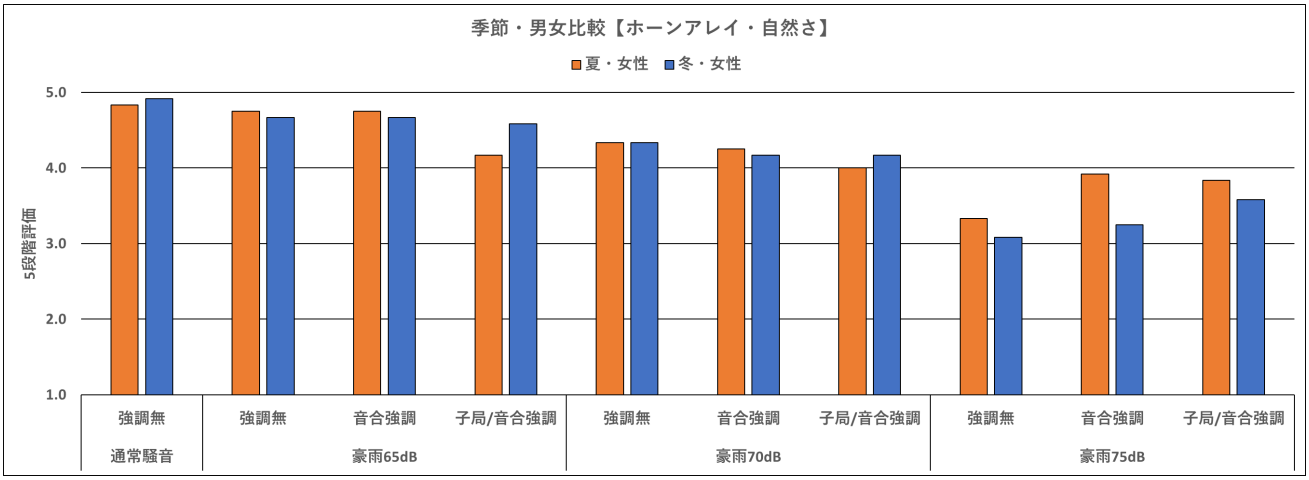


図 85　季節（夏冬）比較【ホーンアレイ・女性・自然さ・豪雨】

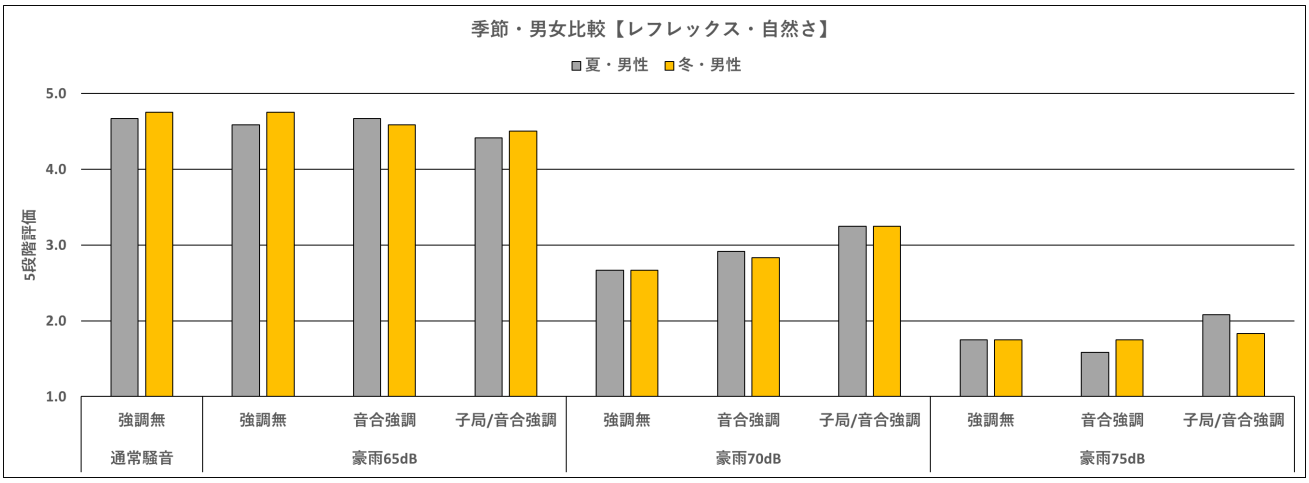


図 86　季節（夏冬）比較【レフレックス・男性・自然さ・豪雨】

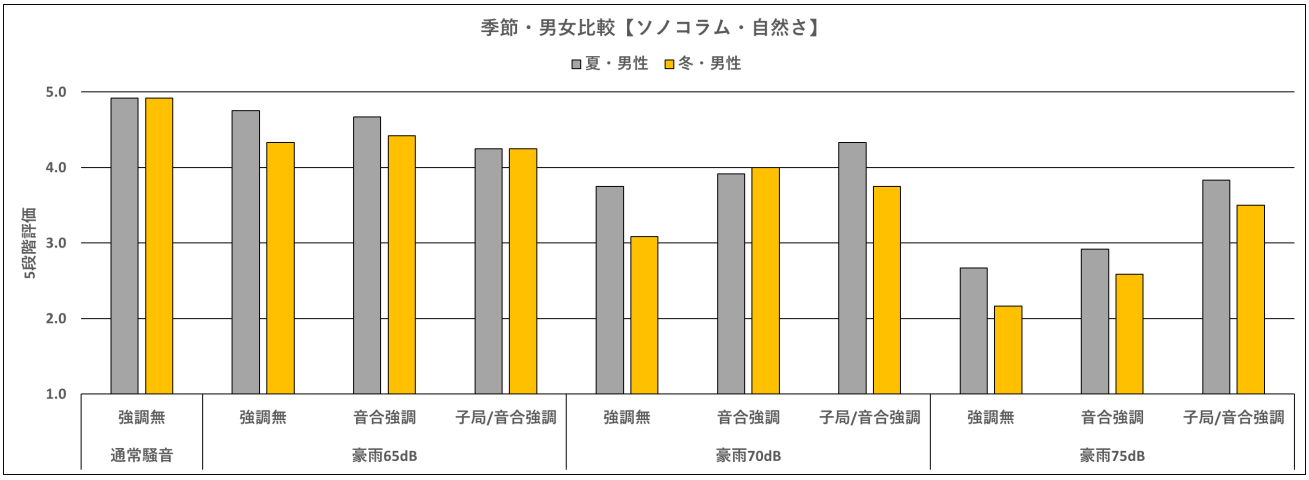


図 87　季節（夏冬）比較【ソノコラム・男性・自然さ・豪雨】

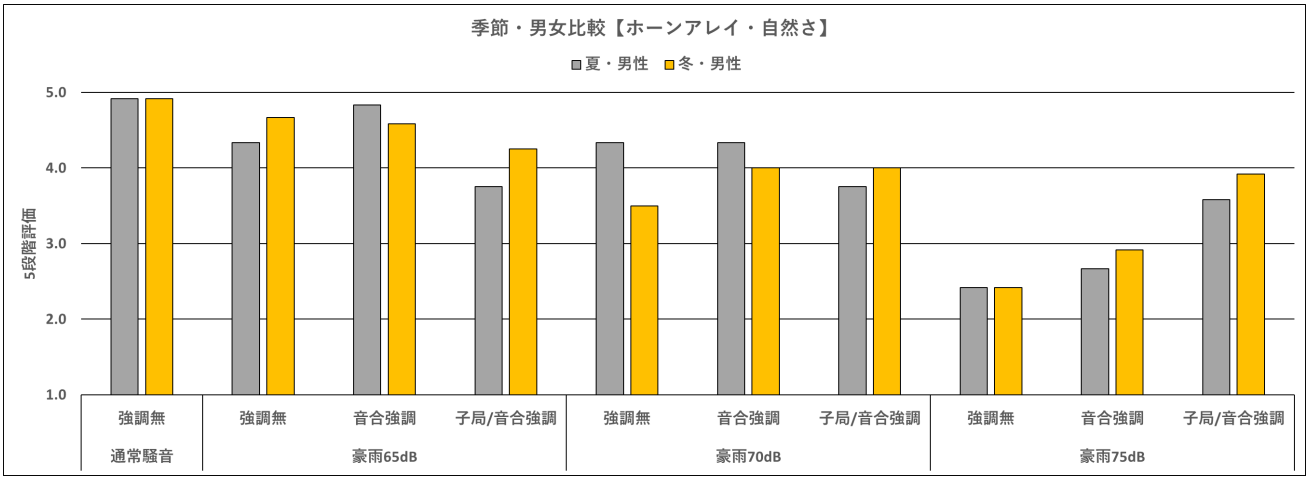


図 88　季節（夏冬）比較【ホーンアレイ・男性・自然さ・豪雨】

2.2.1.4.5.1.9. 季節による違い【聞き取りにくさ】

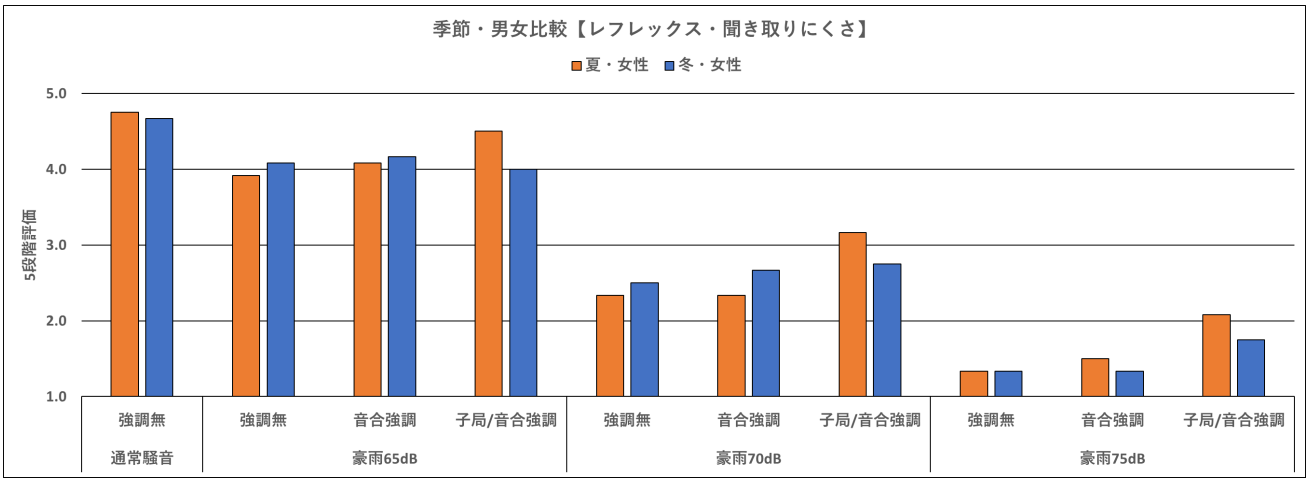


図 89　季節（夏冬）比較【レフレックス・女性・聞き取りにくさ・豪雨】

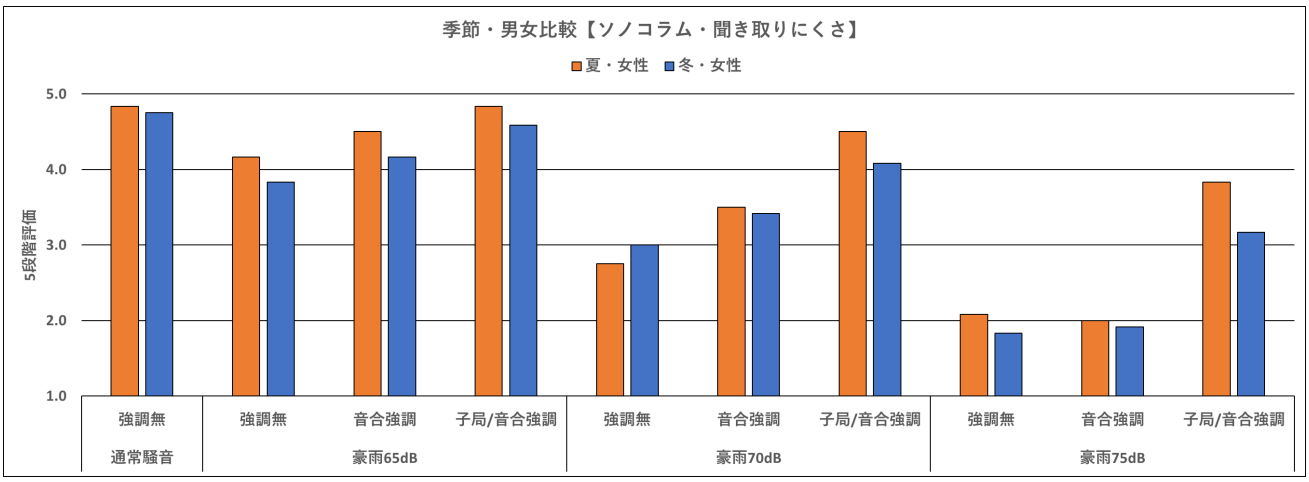


図 90　季節（夏冬）比較【ソノコラム・女性・聞き取りにくさ・豪雨】

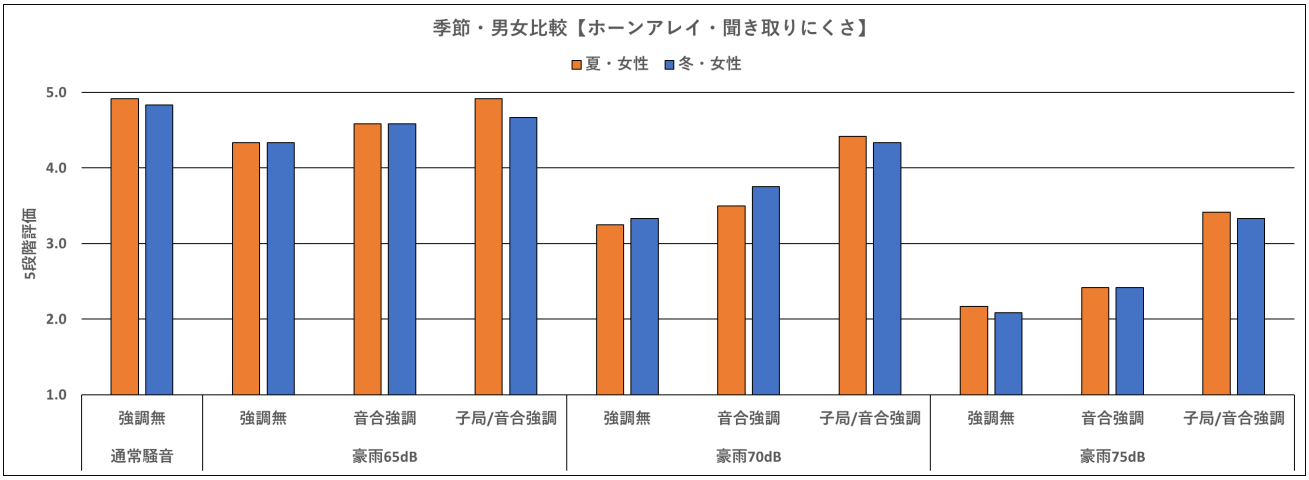


図 91　季節（夏冬）比較【ホーンアレイ・女性・聞き取りにくさ・豪雨】

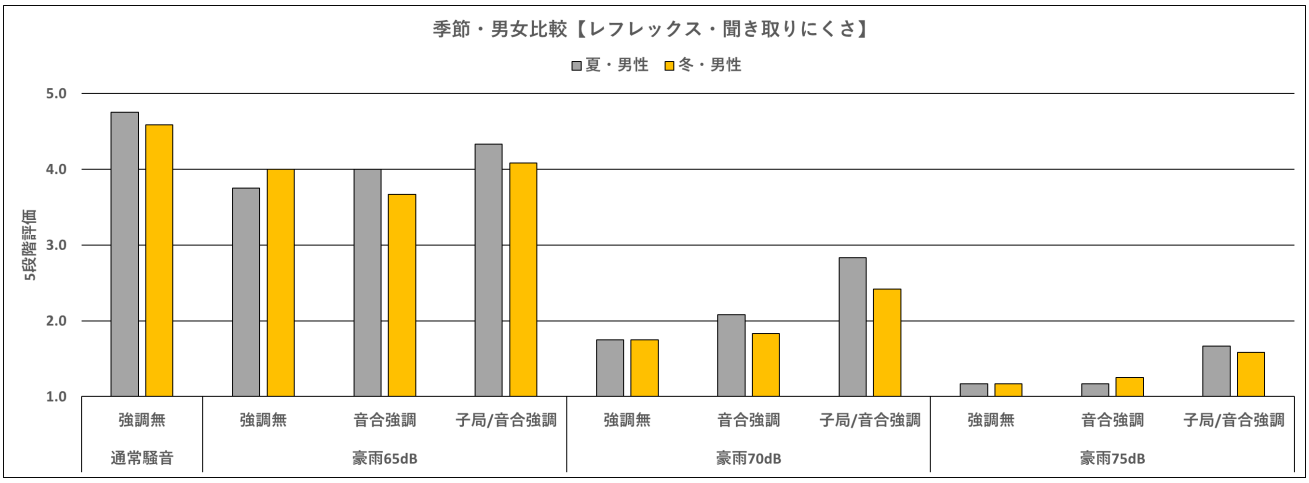


図 92　季節（夏冬）比較【レフレックス・男性・聞き取りにくさ・豪雨】

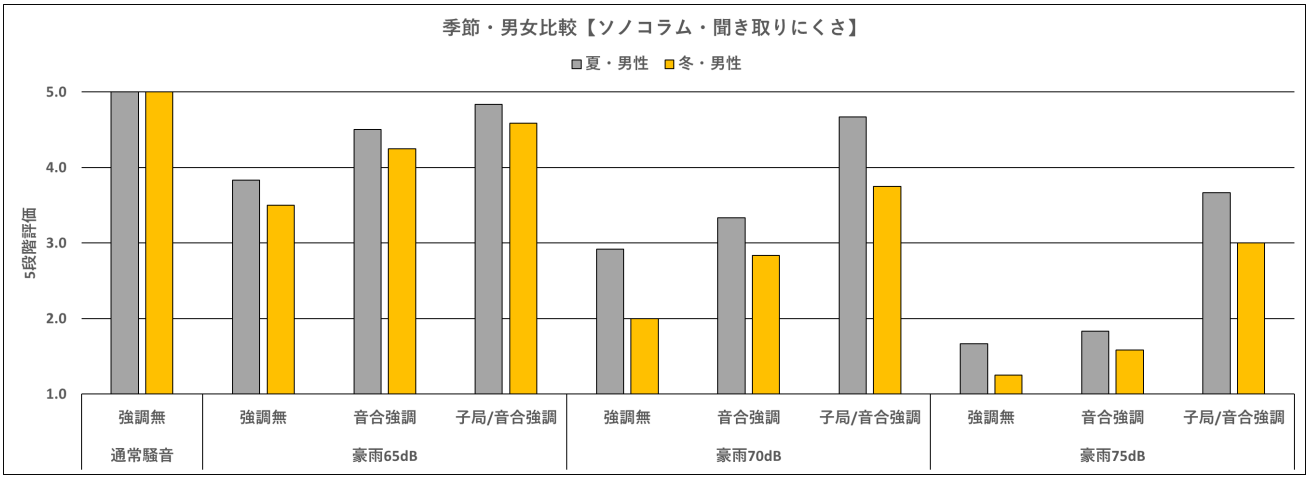


図 93　季節（夏冬）比較【ソノコラム・男性・聞き取りにくさ・豪雨】

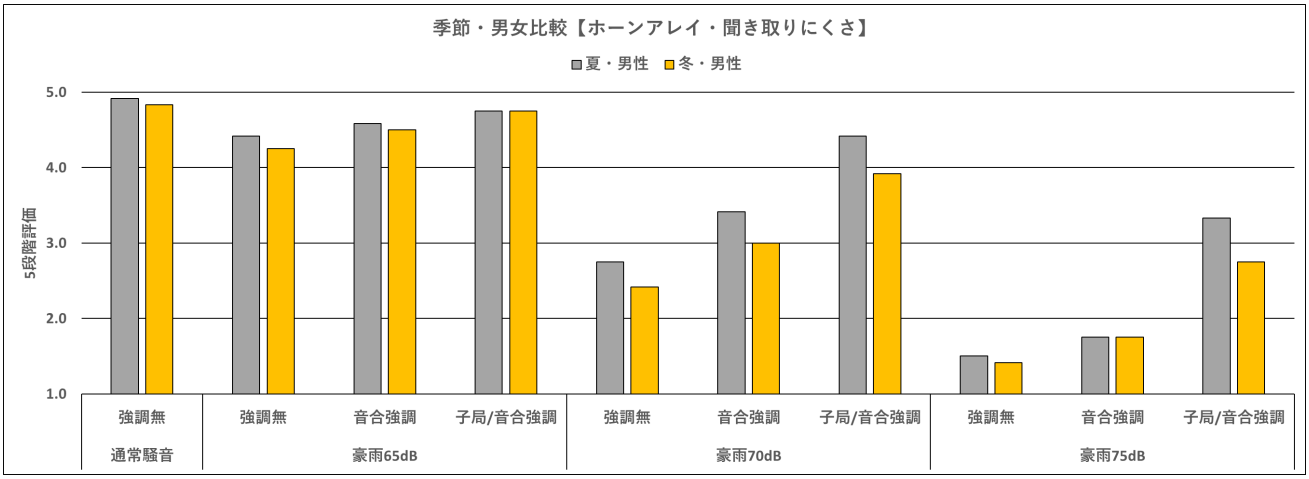


図 94　季節（夏冬）比較【ホーンアレイ・男性・聞き取りにくさ・豪雨】

2.2.1.4.5.2. STI 測定結果

STI は 0～1.0 の数値で表現され、0.6 以上が良好とされています。

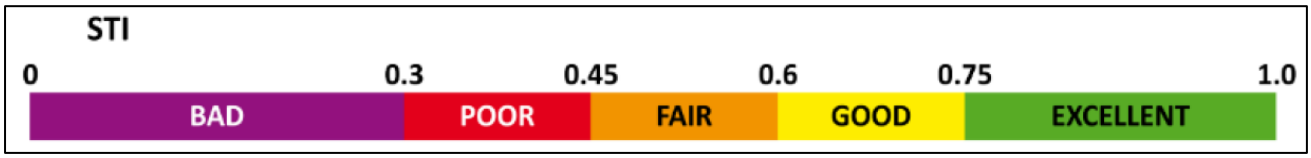


図 95　STI 指標

STI の測定結果を下表に示します。

・通常騒音や豪雨の 65dB、波の 60dB など暗騒音が小さい場合は、子局強調を掛けると明瞭度（STI）が劣化する。

・高性能スピーカー2 種はレフレックスホーンに比べて明瞭度（STI）が高い。

・音声改善による効果は、レフレックスホーンで高く表れている。
高性能スピーカー2 種も、もともと高い STI 値であるが、若干の改善は見られる。

表 20　STI 測定結果

No	スピーカー種	音声改善	通常騒音	豪雨			波	
				65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	レフレックスホーン	なし	0.78	0.63	0.58	0.46	0.7	0.57
2		子局強調	0.81	0.72	0.65	0.54	0.77	0.67
3	ソノコラム	なし	0.84	0.72	0.72	0.61	0.77	0.71
4		子局強調	0.75	0.75	0.73	0.66	0.75	0.74
5	ホーンアレイ	なし	0.83	0.75	0.69	0.61	0.8	0.7
6		子局強調	0.71	0.71	0.7	0.64	0.72	0.69

表 21　音声改善による STI 測定の改善差分

No	スピーカー種	STI 差分（＝「子局強調有」－「強調無し」）					
		通常騒音	豪雨			波	
			65dB	70dB	75dB	60dB	70dB
1	レフレックスホーン	0.03	0.09	0.07	0.08	0.07	0.10
2	ソノコラム	-0.09	0.03	0.01	0.05	-0.02	0.03
3	ホーンアレイ	-0.12	-0.04	0.01	0.03	-0.08	-0.01

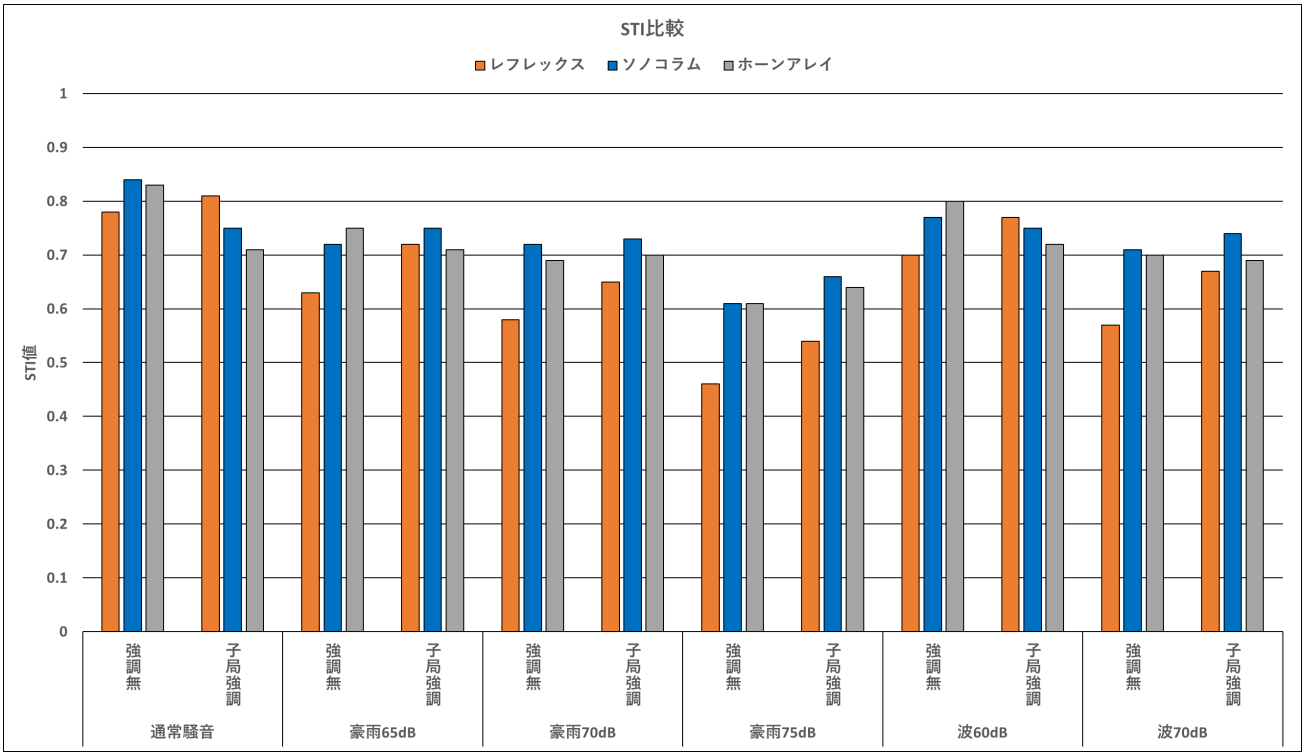

STI比較
レフレックス
ソノコラム
ホーンアレイ
STI値
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
強調無
子局強調
通常騒音
豪雨65dB
豪雨70dB
豪雨75dB
波60dB
波70dB

図 96　STI 測定結果

2.2.1.4.6. 実験の様子

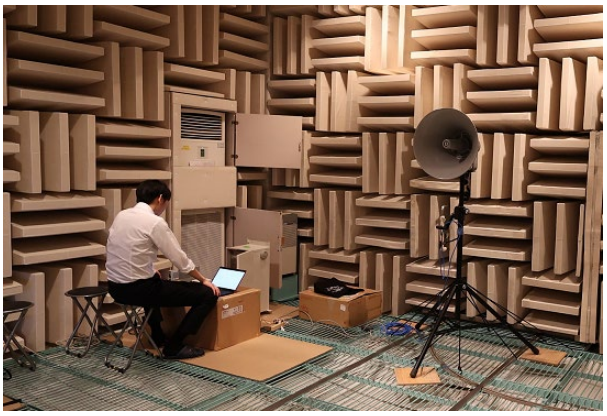
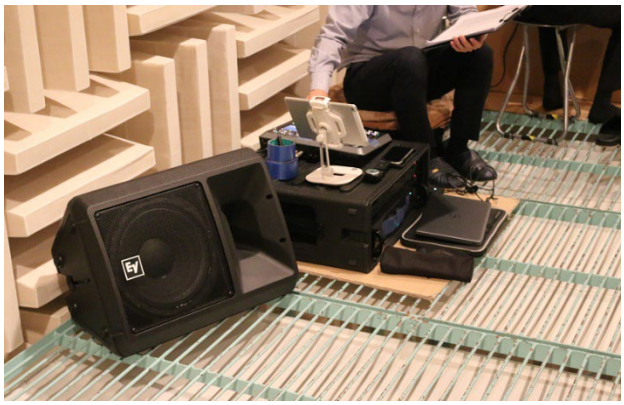
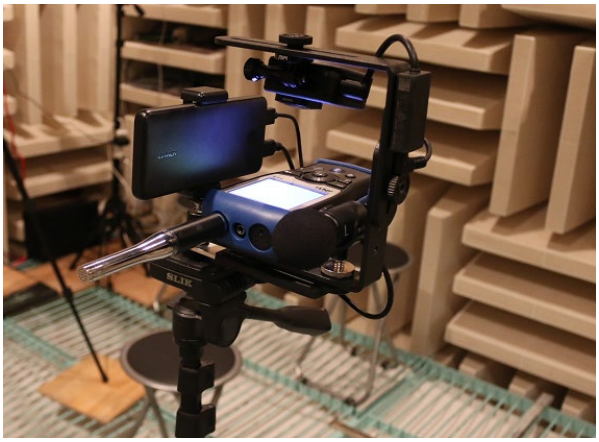
	
評価中の様子	放送設備と放送オペレーション
	
聴取者用座席と暗騒音スピーカー	暗騒音設備とオペレーション
	
録音機材	全景

図 97　実験の様子

2.2.2. 第二回実証実験詳細

2.2.2.1. 実験目的

実証実験現場にて、放送音声及び Swept-Sine による音場測定から各測定点の SII を算出し、第三回実証実験時の各種改善施策の効果を事前確認します。また、第三回実証実験に向けた放送音声聴感試験の事前確認と、既設操作卓に音合強調を組み込み、既設子局からの放送で改善効果の確認も行います。

2.2.2.2. 実験日程

日時：2024 年 11 月 7 日 9:00~17:10

場所：神奈川県足柄上郡松田町（3 か所）

2.2.2.3. 評価者

聴感評価は 8 名（FG：7 名、消防庁：1 名）で実施しました。

2.2.2.4. 実験詳細

2.2.2.4.1. 実験概要

高所作業車上に設置したスピーカーより Swept-Sine(※)、放送音声を送出し、各聴取ポイントにて騒音計による録音を実施しました。

併せて、各ポイントで聴感評価（予備調査）も実施しました。

※：Swept-Sine：特定周波数範囲（約 400Hz～7kHz など）で連続的に変化する試験信号

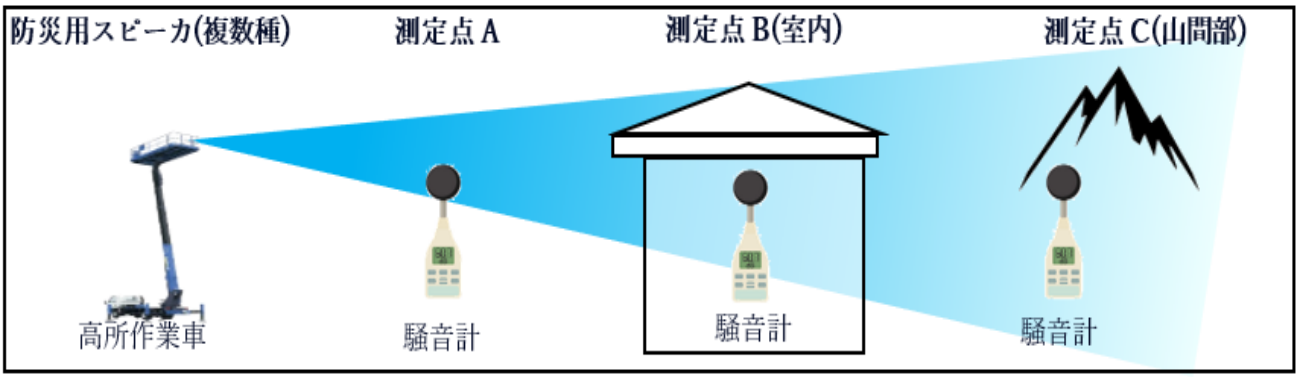


図 98　第二回実証実験イメージ

2.2.2.4.2. 実験環境

2.2.2.4.2.1. 実験場所

実験は松田町の 3 地点で実施しました。各地点に複数箇所の聴取点を設け、騒音計での録音と聴感評価（予備評価）を実施しました。

2.2.2.4.2.1.1. 実験場所一覧

実験場所（聴取点）の詳細は下記の通りです。

表 22　第二回実証実験評価場所一覧

評価場所	地点No	聴取点	評価者	緯度経度（住所）
旧松田土木事務所	2	200m	1	35.33956,139.1412
（スプラポ）	3	300m	1	35.33872,139.1409
	4	400m	2	35.33783,139.1405
	5	500m	1	35.33670,139.1414
	6	屋内	1	神奈川県足柄上郡
		屋外	1	松田町松田惣領424（集会場）
稲郷町有地	2	300m	1	35.40737,139.1361
	3	400m	2	35.40645,139.1363
	4	500m	3	35.40559,139.1366
	5	600m	2	35.40484,139.1367
寄自然休養村	2	300m	1	SP1種：35.40375,139.1352
	3	400m	2	SP1種：35.40477,139.1350
	4	500m	2	SP1種：35.40476,139.1334
	5	600m	1	SP1種：35.40536,139.1325
	6	屋内	1	神奈川県足柄上郡
		屋外	1	松田町寄4617（集会場）

2.2.2.4.2.1.2. スプラポ聴取点

図 99　スプラポ聴取点

2.2.2.4.2.1.3. 稲郷町有地聴取点

図 100　稲郷町有地聴取点

2.2.2.4.2.1.4. 寄自然休養村聴取点

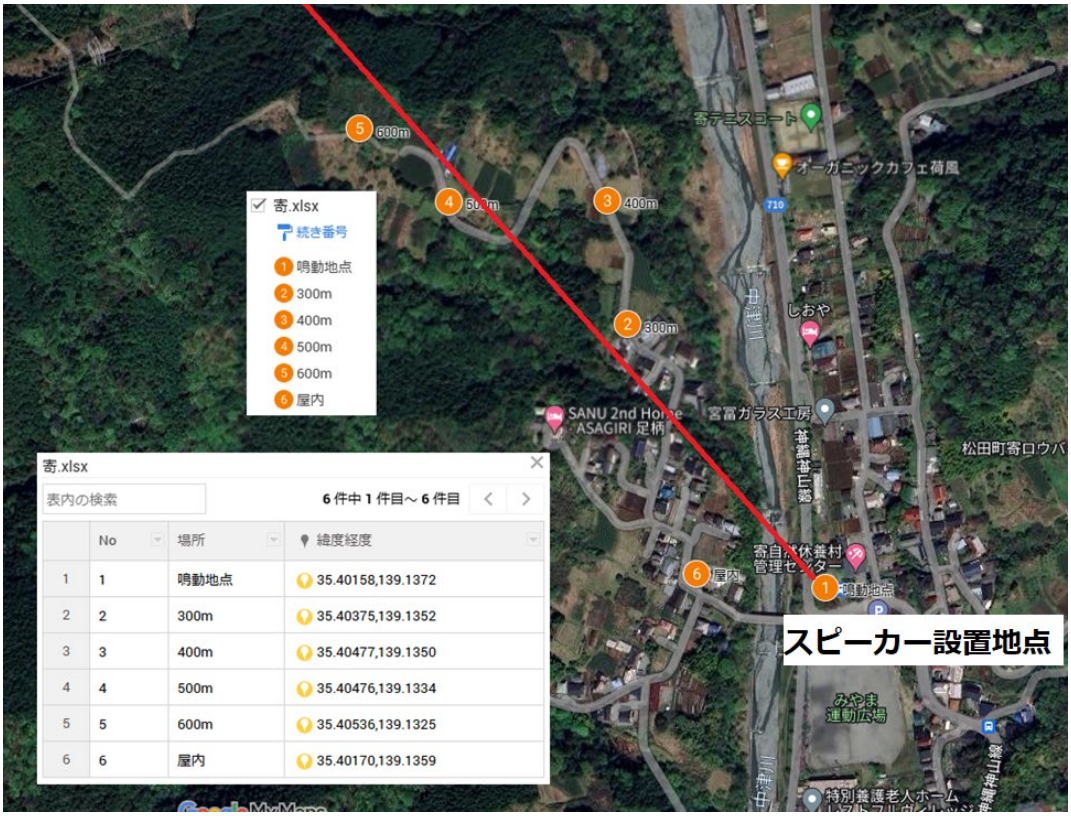


図 101　寄自然休養村聴取点

2.2.2.4.2.2. 放送用スピーカー

表 23　放送用スピーカー仕様

No.	名称（型番）	定格	出力音圧レベル（1W,1m 換算値）	指向角(2kHz)		再生周波数特性(Hz)
				水平	垂直	
1	ストレートホーン（H-510LM/30T）	30W	110dB 以上	70°	70°	180~6,500
2	ソノコラム（SC-B30）	30W	116dB	85°	20°	450~8,000
3	ホーンアレイ（HA-2040MK2）	30W	119dB	90°	15°	300~9,000

既設子局（スプラポ）で用いたスピーカー種と方向は下記の通りとなります。

表 24　既設スピーカー仕様（スプラポ）

設置場所	No	地図上の方向色	スピーカー種	出力
旧松田土木事務所（スプラポ）	1	緑色	レフレックスホーン	30W
	2	青色	ストレートホーン	30W
	3	黄色	ストレートホーン	30W
	4	赤色	ストレートホーン	30W

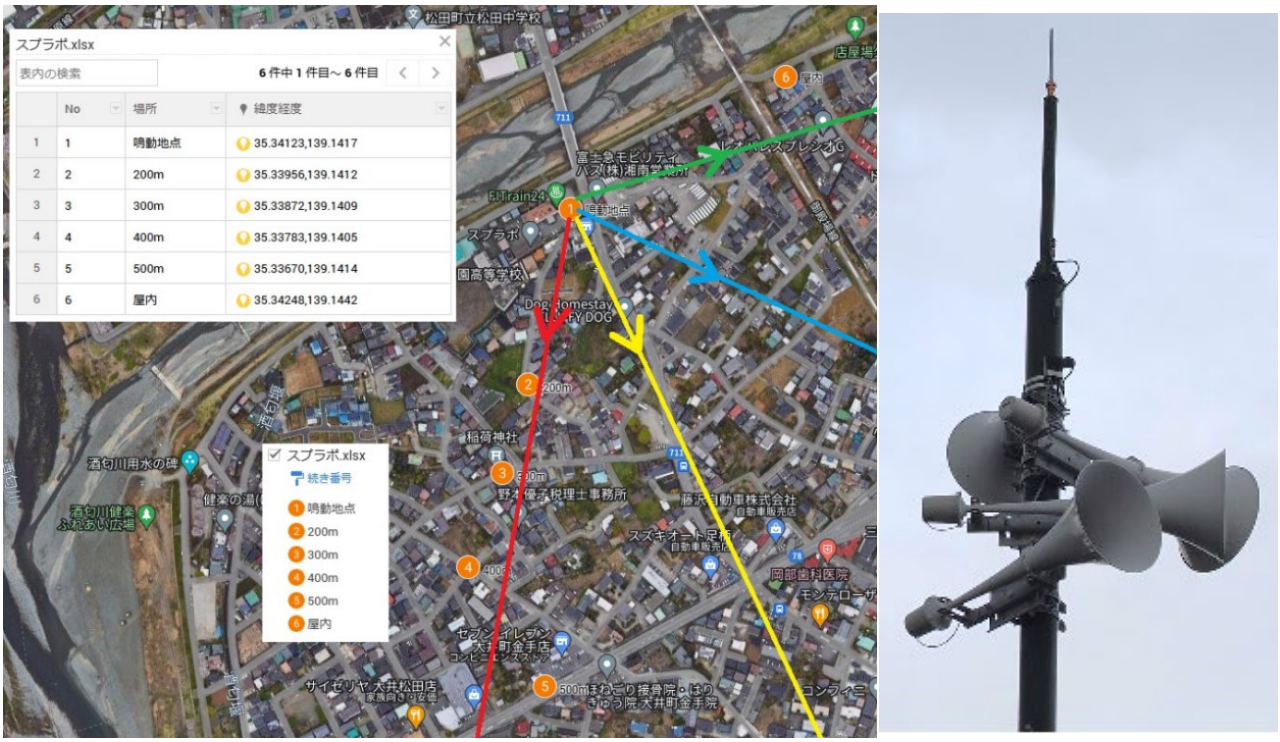


図 102　既設子局（スプラポ）のスピーカー向き

2.2.2.4.2.3. その他設備

表 25　その他設備

No.	名称	メーカー	型番	備考
1	屋外子局	富士通ゼネラル	CR604EFJ	放送用
2	拡声アンプ	富士通ゼネラル	EA-168	放送用
3	騒音計	小野測器	LA7500	
4	温度湿度計	ノースワン	KADEC21UHTV-C	
5	風向風速計	ノースワン	KADEC-R-KAZE	

2.2.2.4.2.4. 機器セッティング

各地点におけるスピーカーのセッティング条件は下記の通りです。

表 26　スピーカーセッティング

	スプラポ	稲郷	寄（1 方向）
高さ	約 14m	約 14m	約 14m
方角	TN200°	TN170°	TN325°
チルト角	-3.5°	-5.0°	+2.0°

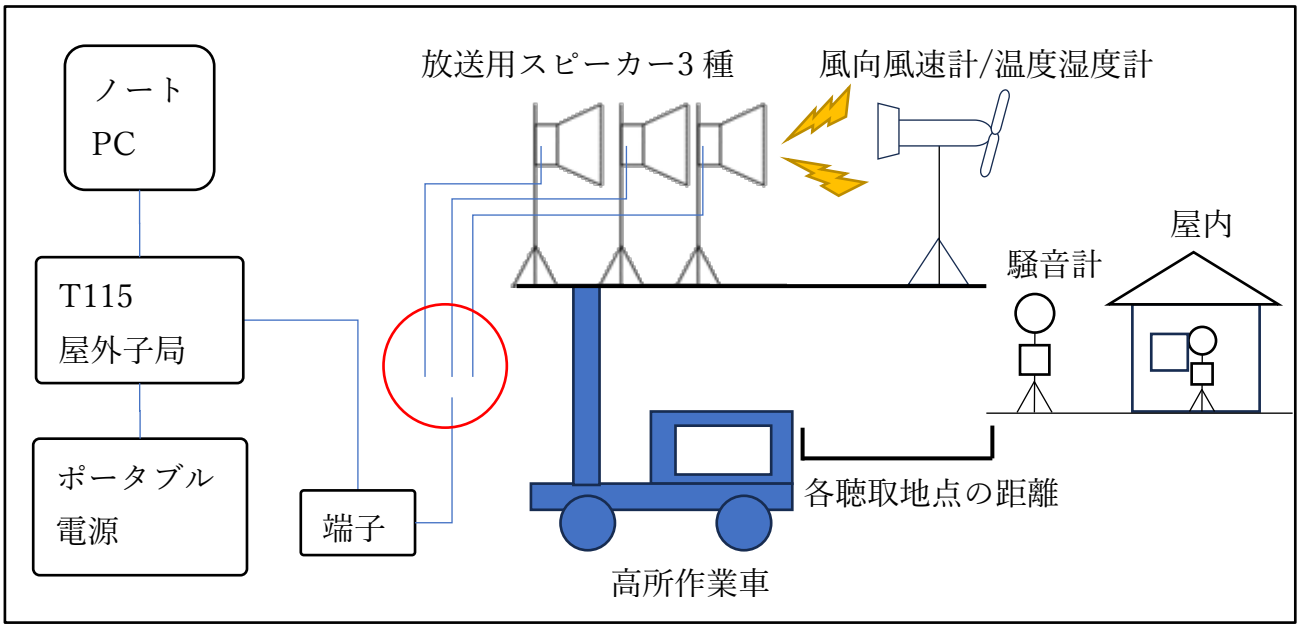


図 103　第二回実証実験機器構成

2.2.2.4.3. 実験音声

実験では下記音声を使用しました。

音声合成（AI 社）：男性：せいじ、女性：のぞみ

【音声放送（話者：女性）】

表 27　音声放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	（上りチャイム）	3 秒
2	こちらは防災松田です。	4 秒
3	これは試験放送です。	4 秒
4	試験放送を終了します。	4 秒
5	（下りチャイム）	3 秒
合計		18 秒

【Swept-Sine 放送（話者：男性）】

表 28　Swept-Sine 放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	（上りチャイム）	3 秒
2	こちらは、防災、松田です。	14 秒
3	試験信号を、放送します	8 秒
4	（無音 5 秒）（Swept-Sine）（無音 5 秒）（Swept-Sine）（無音 5 秒）	25 秒
5	試験放送を、終了します。	9 秒
6	（下りチャイム）	3 秒
合計		62 秒

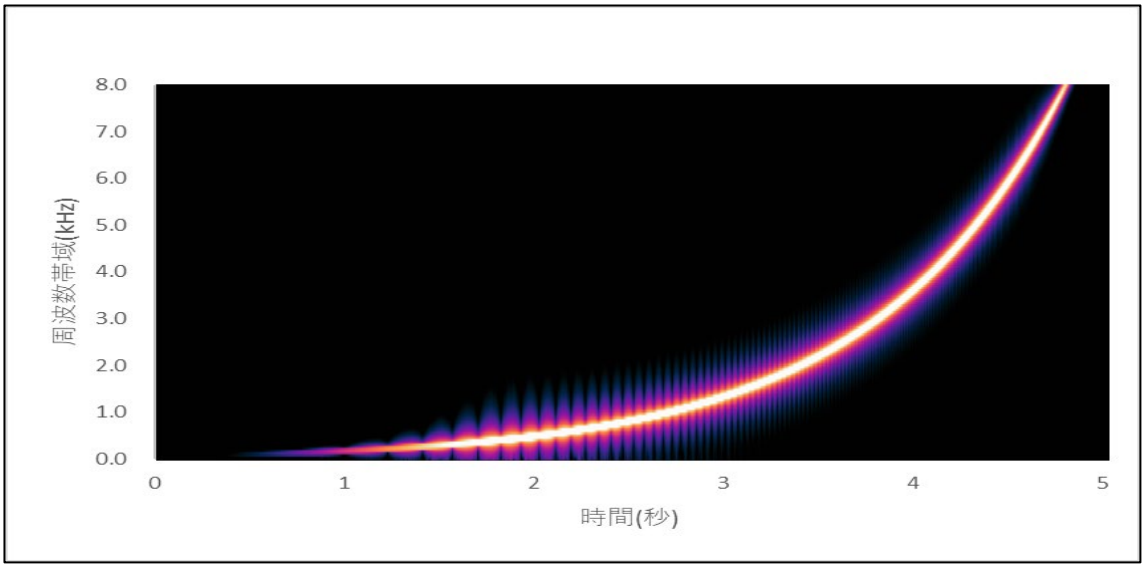


図 104　Swept-Sine 信号

2.2.2.4.4. 実験内容

スプラポ、稲郷町有地、寄自然休養村の 3 か所で Swept-Sine の録音と、放送音声の聴感評価を実施しました。

聴感評価は第三回実証実験のための事前確認を目的としています。
この事前確認で得られた情報をもとに、第三回実証実験の評価場所等を調整します。
また、既設の操作卓に音合強調を組み込み、既設子局からの放送で、音合強調の効果を確認しました。

2.2.2.4.4.1. 実験パターン

第二回実証実験は下記の組合せで実施しました。

表 29　実験パターン

試験場所	No.	Swept-Sine	話者		音声改善			スピーカー種類			
			男性	女性	なし	音合強調	音合強調＋子局強調	ストレートホーン	ソノコラム	ホーンアレイ	既設子局
スプラポ	1	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-
	2	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-
	3	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-
	4	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-
	5	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	6	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	7	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○
	8	-	-	○	-	○	-	-	-	-	○
稲郷町有地	1	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-
	2	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-
	3	-	-	○	-	○	-	-	-	○	-
	4	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-
	5	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	6	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
寄自然休養村	1	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-
	2	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-
	3	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-
	4	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-
	5	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-
	6	○	○	-	○	-	-	-	○	-	-

2.2.2.4.4.2. 評価基準

聴感評価は下記の評価基準で採点しました。

表 30　評価基準

評点	了解度	自然さ	聴き取りにくさ	音の大きさ
5	音声の内容が非常に明確で全ての部分が簡単に理解できる	非常に自然で違和感が全くない	聴き取りにくくはない	大きすぎる
4	音声の内容はほぼ明確でほとんどの部分が容易に理解できる	自然さが高いが若干の改善の余地がある	それほど聴き取りにくくはない	大きい
3	音声の内容は概ね理解できるが一部の部分が不明瞭	音声が概ね自然であるがいくつかの部分で不自然さを感じる	多少聴き取りにくい	適度
2	多くの部分が不明瞭で理解が難しい	音声が部分的に不自然で若干の違和感がある	かなり聴き取りにくい	小さい
1	音声の内容がほとんど理解できない	不快に感じるレベルの不自然さ	非常に聴き取りにくい	小さすぎる（聞こえない）

2.2.2.4.4.3. SII 算出手順

SII の算出手順を示します。SII の計算は、下記資料に規定の通りとなります。

「ANSI/ASA S3.5-1997　Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index」
(https://webstore.ansi.org/standards/asa/ansiasas31997r2020)

2.2.2.4.4.3.1. Swept-Sine 信号からの SII 算出手順

① 録音音源から Swept Sine 信号のみを抽出しインパルス応答を求める

⇩

② 放送音源の元音源と各測定点のインパルス応答から、各測定点の音声を生成する

⇩

③ 録音音声の Swept Sine 信号の直前のノイズを暗騒音として抽出する

⇩

④ 同時に測定した騒音計のレベルから音声と暗騒音の各オクターブバンドでのレベルを求める

⇩

⑤ 聴覚器官の内部ノイズを考慮（ANSI S3.5-1997 で指定されている値）

⇩

⑥ 妨害音のレベルを算出する

⇩

⑦ Vocal effort の考慮（ANSI S3.5-1997 で指定されている値）

⇩

⑧ 各バンドの SN 比を 0～1 の範囲にスケーリングする

⇩

⑨ 各バンドを貢献度による重みづけし、総和を求める　(= SII 値)

ANSI S3.5-1997 で規定されている SII 算出計算

図 105　Swept-Sine 信号からの SII 計算手順

2.2.2.4.4.3.2. 放送音声の録音データからの SII 算出手順

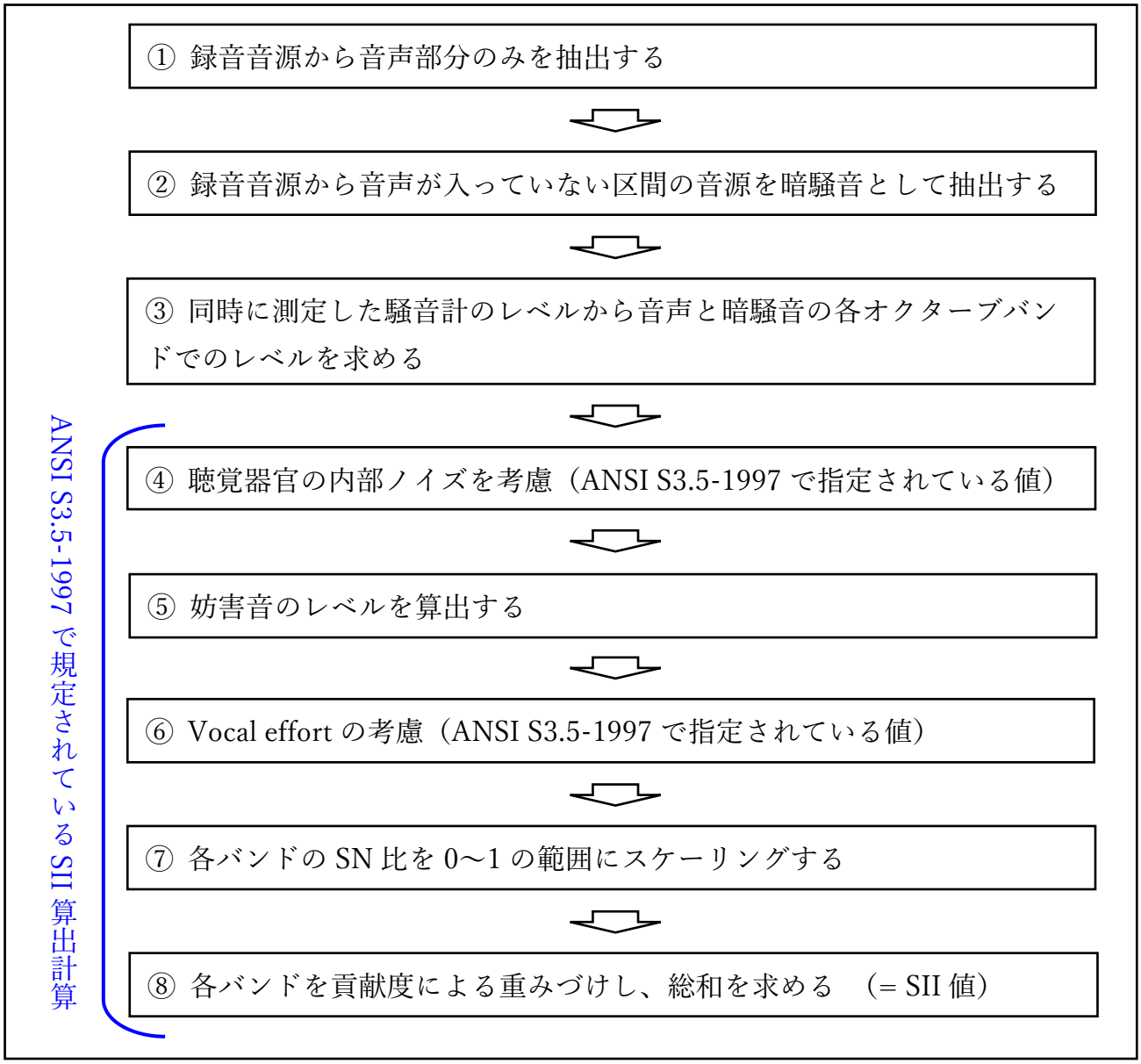


図 106　放送音声からの SII 計算手順

2.2.2.5. 実験結果

第二回実証実験における、SII 算出結果と主観（聴感）評価結果を以下に記します。

2.2.2.5.1. SII 算出結果

2.2.2.5.1.1. Swept-Sine から SII 計算

試験場所 3 か所で取得した Swept-Sine 信号の録音データから SII を計算しました。表中のグレーの箇所は、該当測定地点無し又は測定不良で数値が無いことを示します。

表 31　Swept-Sine からの SII 計算結果

試験場所	話者	音声改善		スピーカー	暗騒音のLAeq, dB					
	女性	なし	音合強調	ソノコラム	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所（スプラポ）	○	○		○	49.9	53.9	71.1			
	○		○	○						
稲郷町有地	○	○		○		59.3	71.0	59.7		
	○		○	○						
寄自然休養村	○	○		○		53.9	45.8	49.3	33.6	51.7
	○		○	○						

試験場所	話者	音声改善		スピーカー	インパルス応答を用いて推定した音声のLAeq, dB					
	女性	なし	音合強調	ソノコラム	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所（スプラポ）	○	○		○	59.5	59.7				
	○		○	○	60.1	60.6				
稲郷町有地	○	○		○		59.5	58.9	56.3		
	○		○	○		60.1	59.5	56.8		
寄自然休養村	○	○		○		65.5	52.5	55.0	47.9	73.6
	○		○	○		66.0	52.8	55.3	48.3	74.3

試験場所	話者	音声改善		スピーカー	インパルス応答を用いて推定したSII					
	女性	なし	音合強調	ソノコラム	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所（スプラポ）	○	○		○	0.546	0.439	0.027			
	○		○	○	0.639	0.521	0.053			
稲郷町有地	○	○		○		0.260	0.064	0.183		
	○		○	○		0.334	0.070	0.219		
寄自然休養村	○	○		○		0.516	0.438	0.360	0.564	0.695
	○		○	○		0.587	0.483	0.414	0.635	0.771

試験場所	話者	音声改善		スピーカー	インパルス応答を用いて推定したSII（暗騒音のLAeqを50dBで固定）					
	女性	なし	音合強調	ソノコラム	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所（スプラポ）	○	○		○	0.546	0.576	0.389			
	○		○	○	0.639	0.673	0.478			
稲郷町有地	○	○		○		0.544	0.514	0.418		
	○		○	○		0.636	0.590	0.504		
寄自然休養村	○	○		○		0.619	0.295	0.300	0.206	0.746
	○		○	○		0.705	0.345	0.365	0.263	0.798

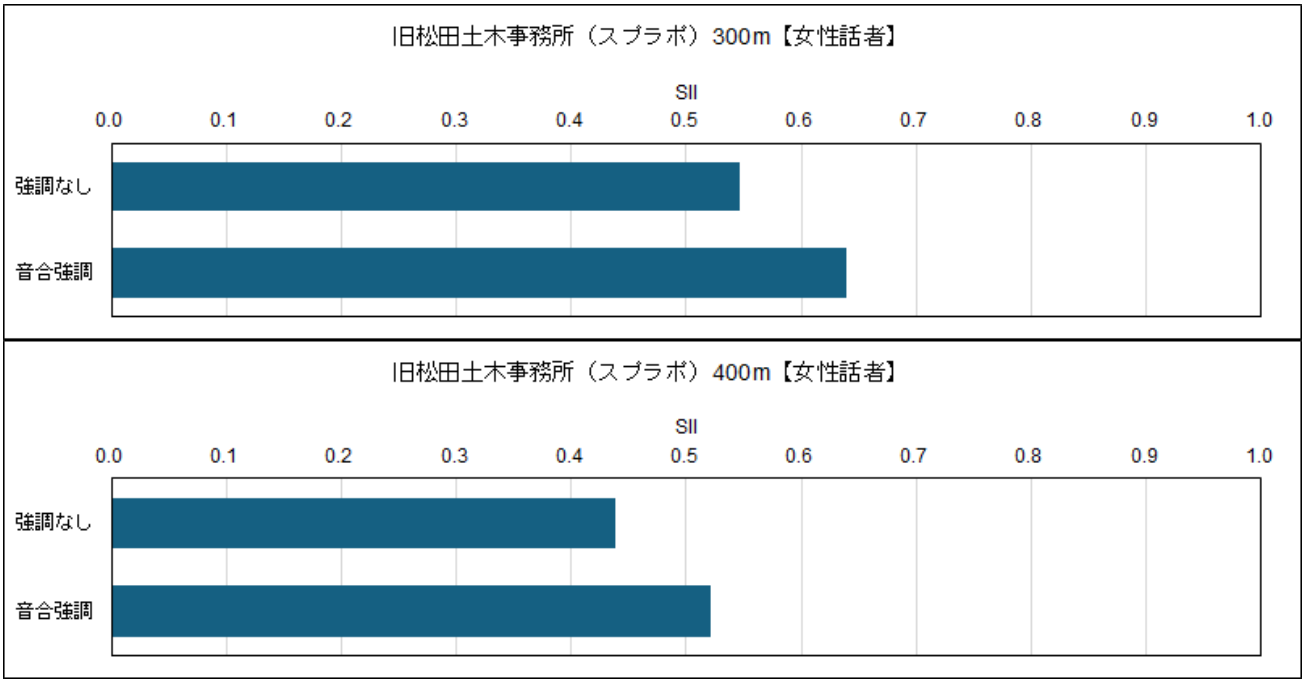


図 107　スプラポ SII

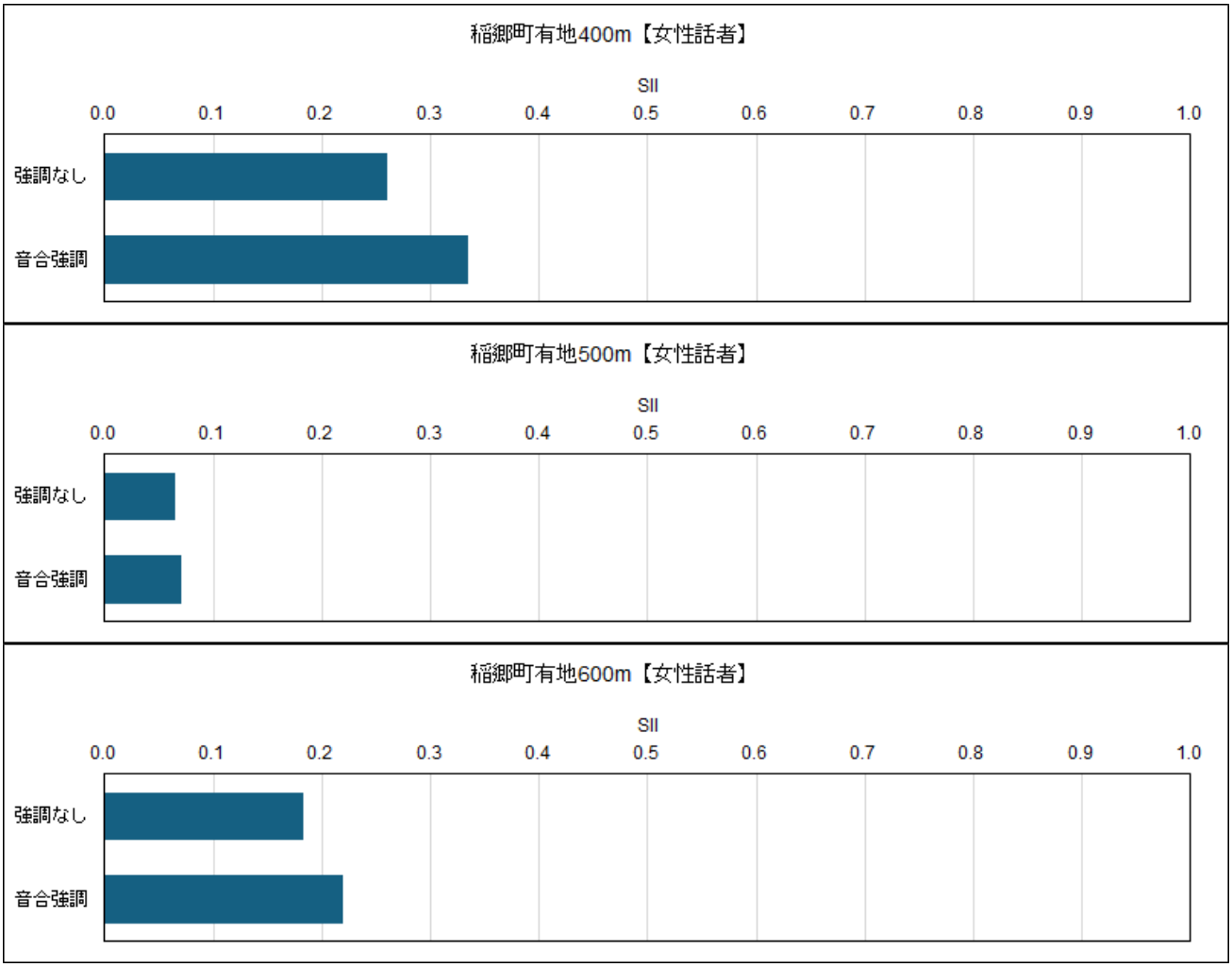


図 108　稲郷町有地 SII

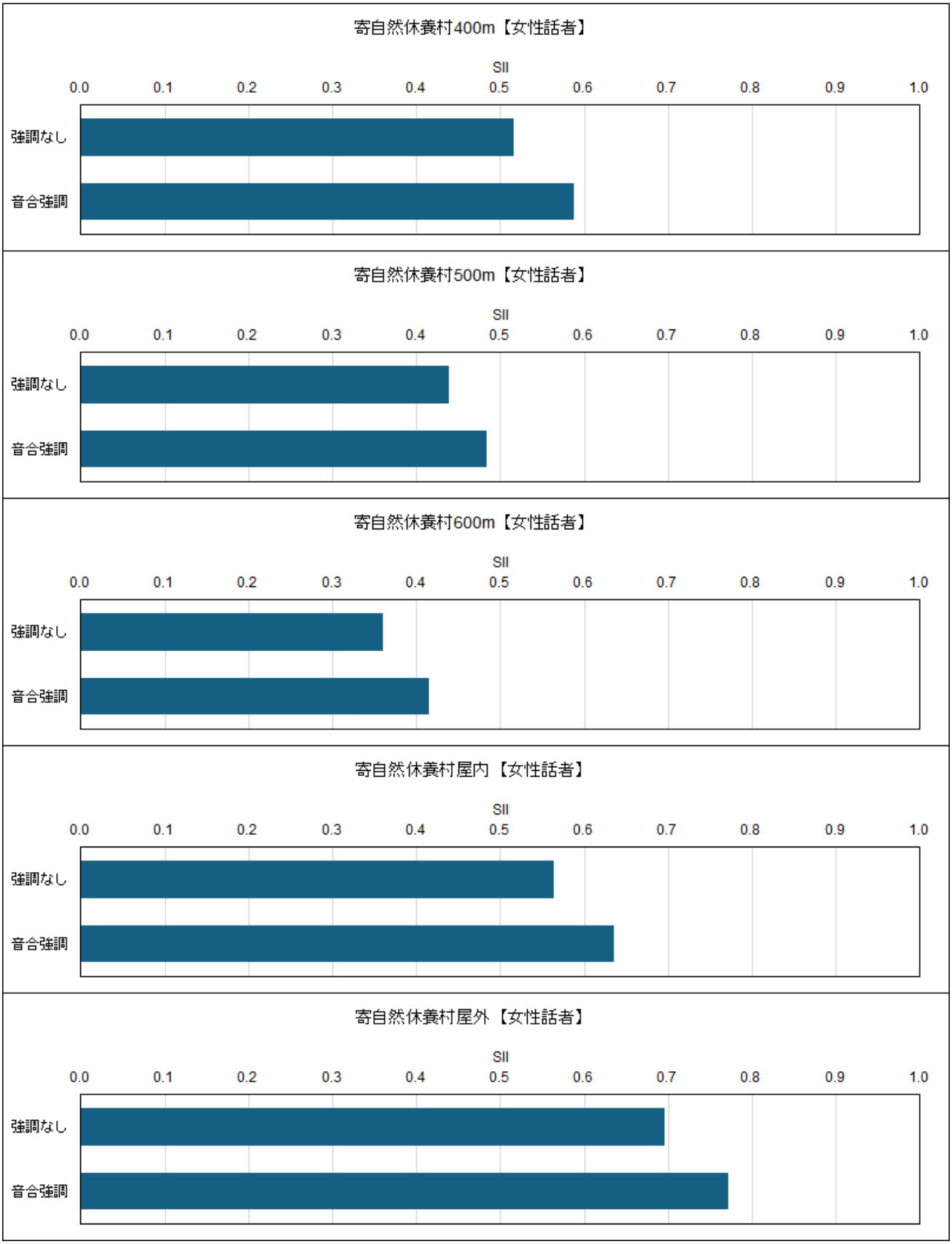


図 109　寄自然休養村 SII

2.2.2.5.1.2. 放送音声から SII 計算

放送音声からの SII 計算結果について、以下に記します。

スプラポについては、放送部分に騒音が混入し、音量も小さく計算できませんでした。稲郷町有地と寄自然休養村について結果を示します。

改善施策の効果が見える結果となりました。

表 32　放送音声からの SII 計算結果

試験場所	話者	音声改善			スピーカー種			暗騒音のLAeq, dB					
	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
稲郷町有地	○	○					○		58.6	69.1	58.2		
	○		○				○						
	○			○			○						
寄自然休養村	○	○				○			52.3	45.1	45.7	31.7	45.1
	○		○			○							
	○			○		○							
試験場所	話者	音声改善			スピーカー種			音声から算出したSII					
	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
稲郷町有地	○	○					○		0.268	0.082	0.258		
	○		○				○		0.305	0.095	0.306		
	○			○			○		0.431		0.363		
寄自然休養村	○	○				○			0.420	0.370	0.179	0.718	0.671
	○		○			○			0.529	0.341	0.316	0.618	0.788
	○			○		○			0.667	0.523	0.526	0.780	0.862

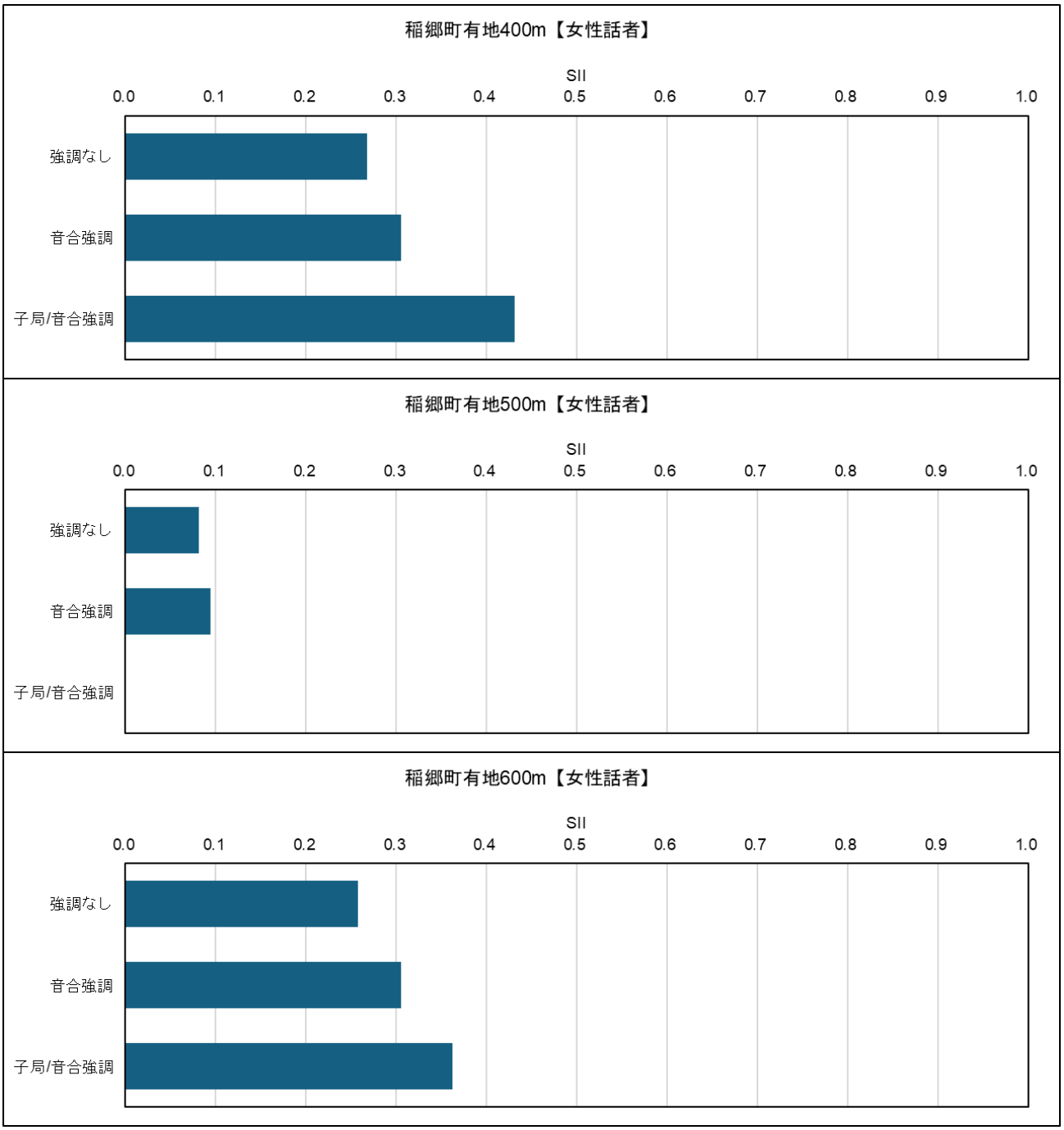


図 110　稲郷町有地 SII

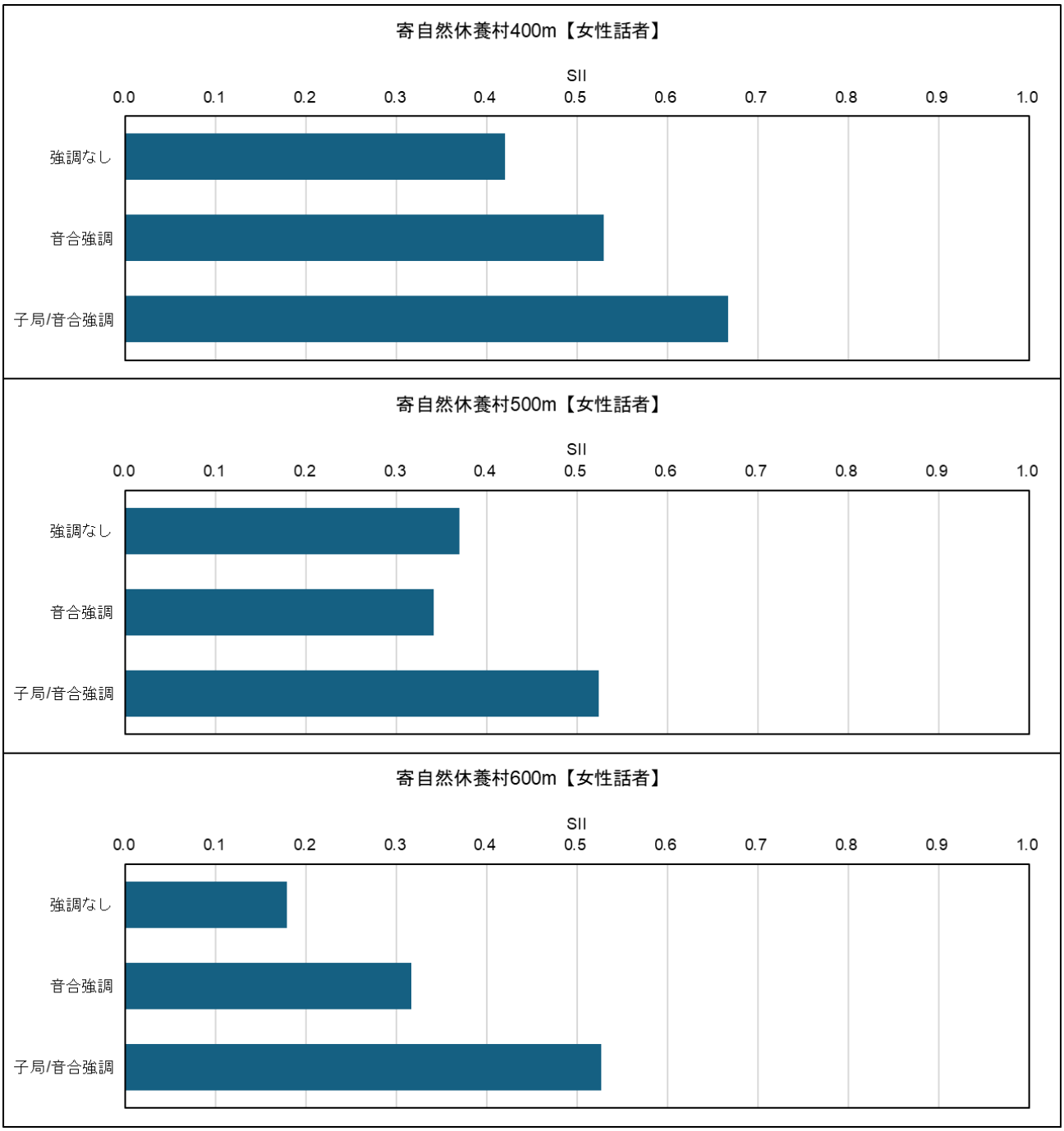


図 111　寄自然休養村 SII①

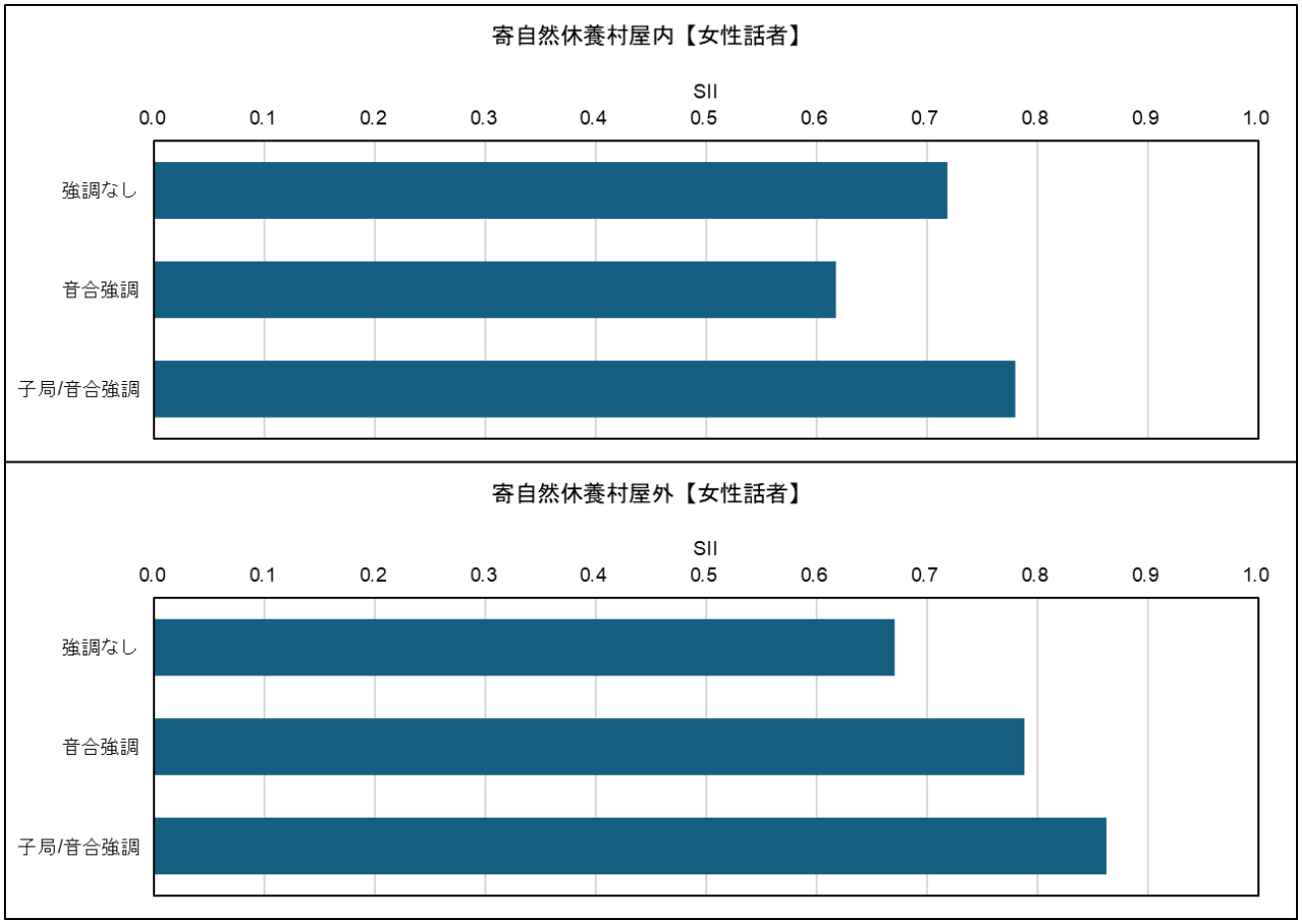


図 112　寄自然休養村 SII②

2.2.2.5.1.3. SII と了解度の関係

SII と了解度の関係を以下に示します。Swept-Sine から計算した場合と放送音声から計算した場合のいずれにおいても、聴感評価の了解度との相関がみられました。

ただし、第二回実証実験は評価者が少なかったため、傾向性を示す参考値となります。

表 33　SII と了解度の関係

試験場所	話者	音声改善			スピーカー種			インパルス応答を用いて推定したSII						了解度					
	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
旧松田土木事務所（スプラボ）	○	○				○		0.546	0.439					5.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0
	○		○			○		0.639	0.521					5.0	5.0	4.0	1.0	1.0	1.0
稲郷町有地	○	○				○			0.260	0.064	0.183			5.0	4.0	1.3	3.5		
	○		○			○			0.334	0.070	0.219			5.0	4.0	1.7	4.0		
寄自然休養村	○	○				○			0.516	0.438	0.360	0.564	0.695	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0
	○		○			○			0.587	0.483	0.414	0.635	0.771	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0
試験場所	話者	音声改善			スピーカー種			音声から算出したSII						了解度					
	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外	300m	400m	500m	600m	屋内	屋外
稲郷町有地	○	○					○		0.268	0.082	0.258			5.0	4.0	1.3	3.5		
	○		○				○		0.305	0.095	0.306			5.0	4.0	1.7	4.0		
	○			○			○		0.431		0.363			5.0	5.0	2.0	3.5		
寄自然休養村	○	○				○			0.420	0.370	0.179	0.718	0.671	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0
	○		○			○			0.529	0.341	0.316	0.618	0.788	5.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0
	○			○		○			0.667	0.523	0.526	0.780	0.862	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

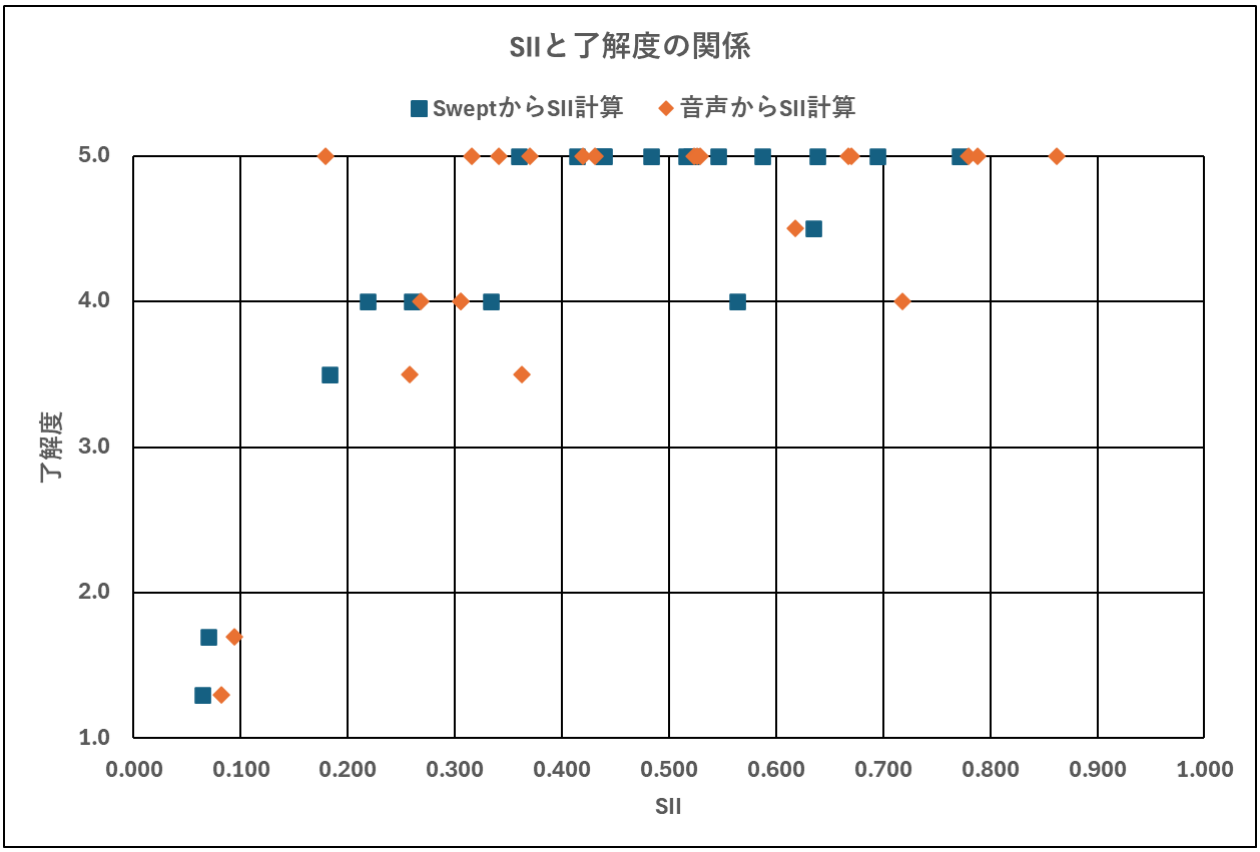


図 113　SII と了解度の関係

2.2.2.5.2. 主観評価結果

聴感評価の結果を以下に示します。

2.2.2.5.2.1. 了解度

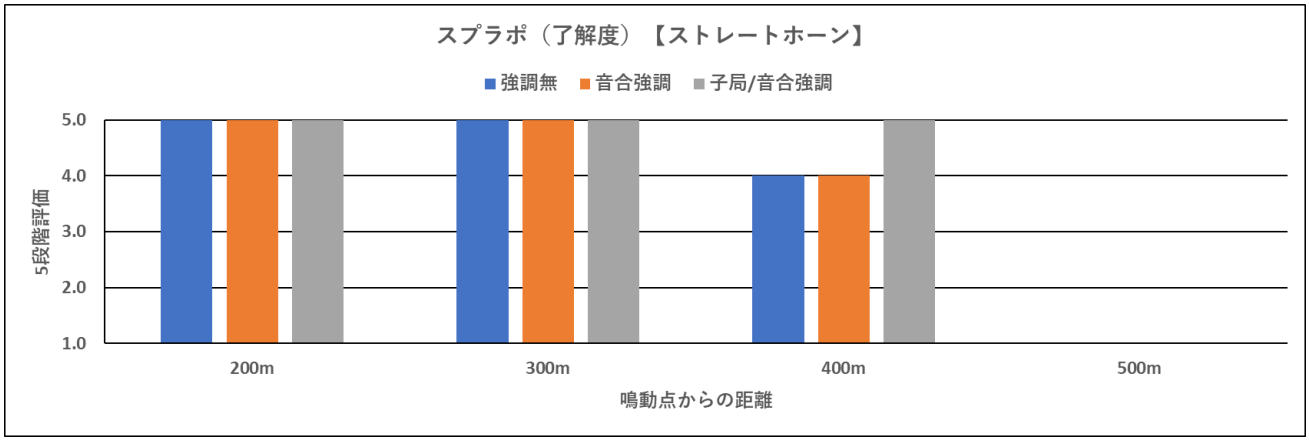


図 114　スプラポ（ストレートホーン）【了解度】

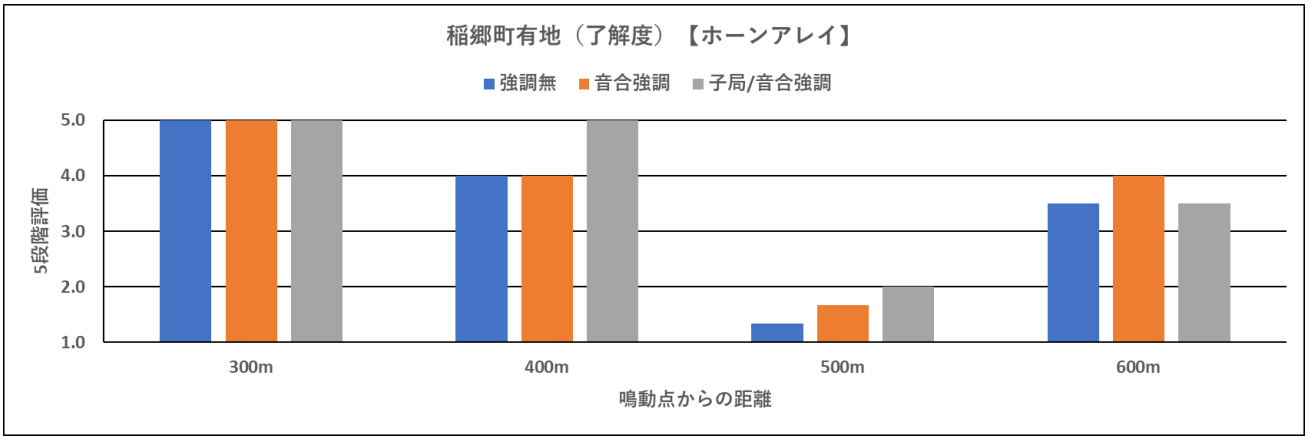


図 115　稲郷町有地（ホーンアレイ）【了解度】

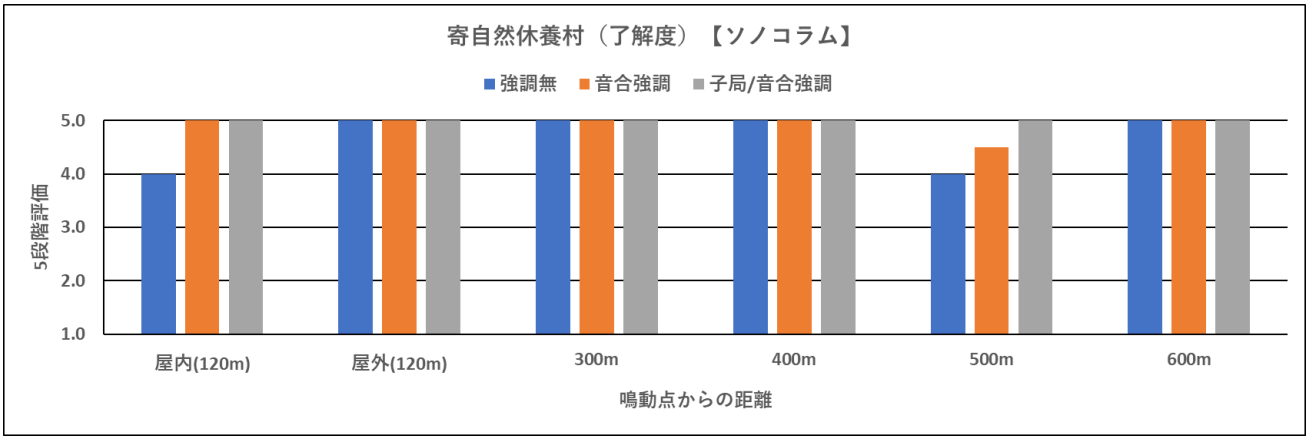


図 116　寄自然休養村（ソノコラム）【了解度】

2.2.2.5.2.2. 自然さ

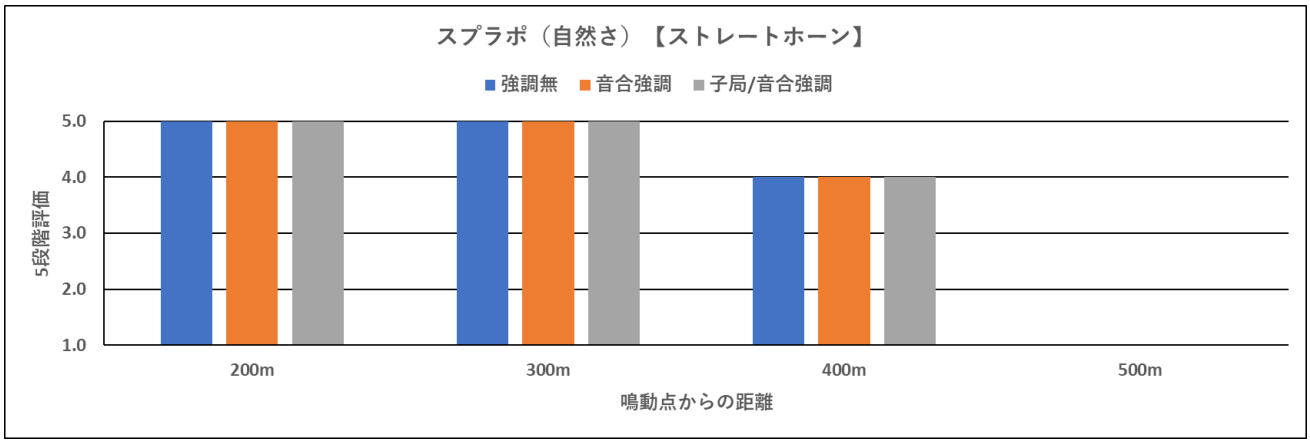


図 117　スプラポ（ストレートホーン）【自然さ】

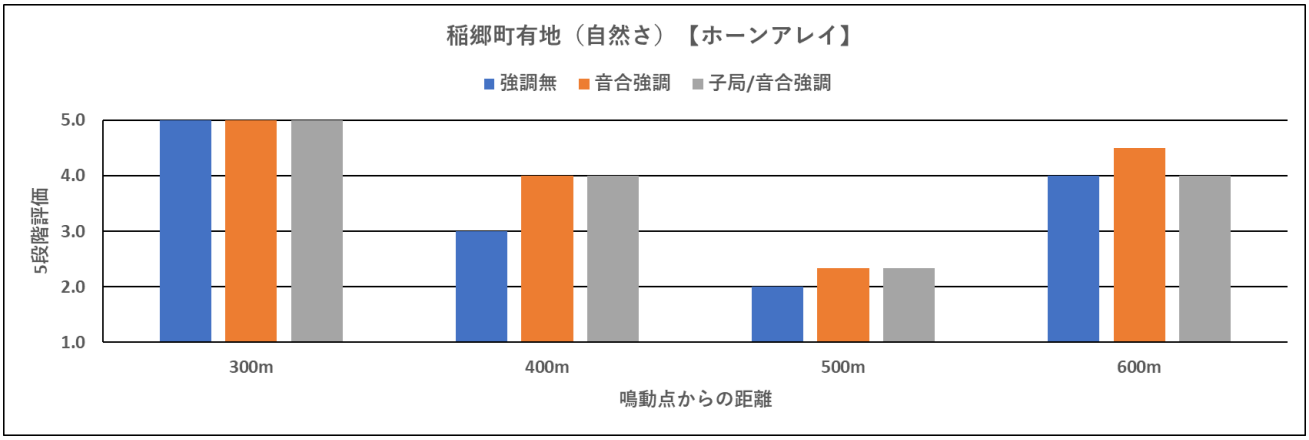


図 118　稲郷町有地（ホーンアレイ）【自然さ】

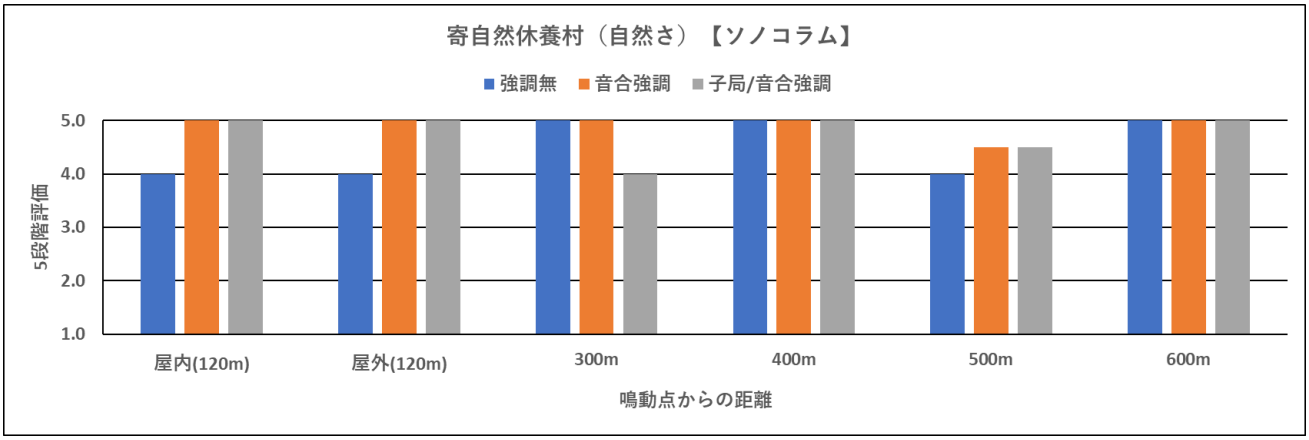


図 119　寄自然休養村（ソノコラム）【自然さ】

2.2.2.5.2.3. 聞き取りにくさ

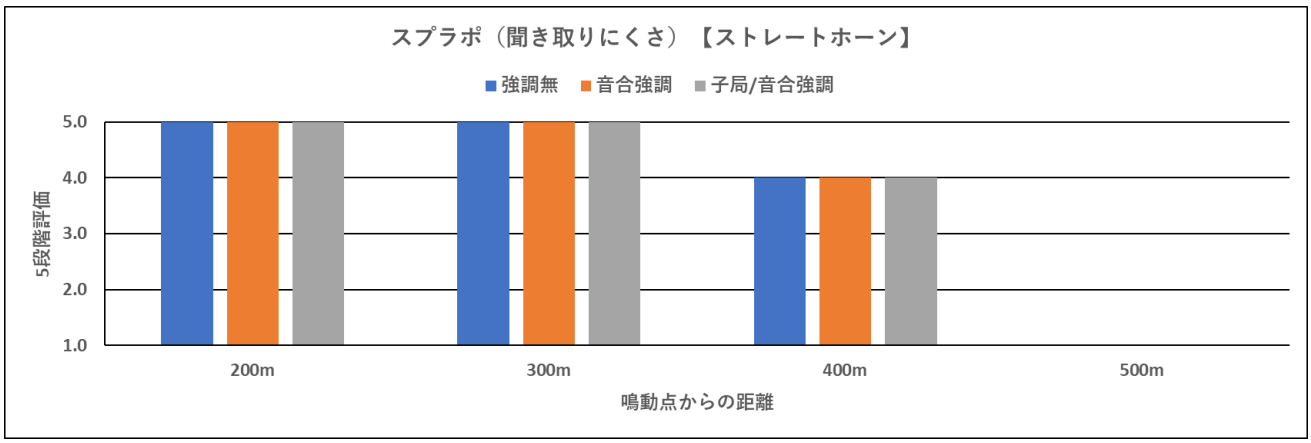


図 120　スプラポ（ストレートホーン）【聞き取りにくさ】

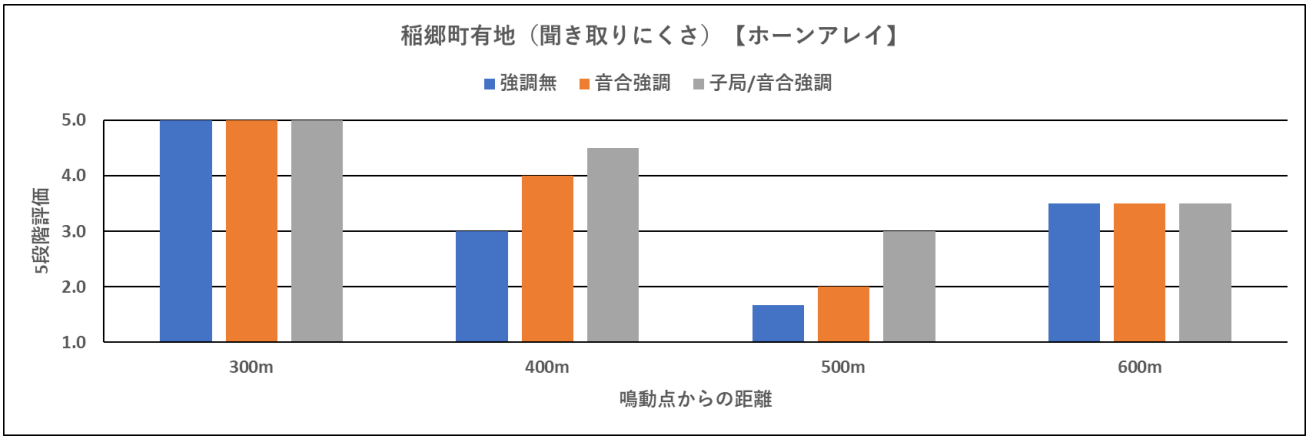


図 121　稲郷町有地（ホーンアレイ）【聞き取りにくさ】

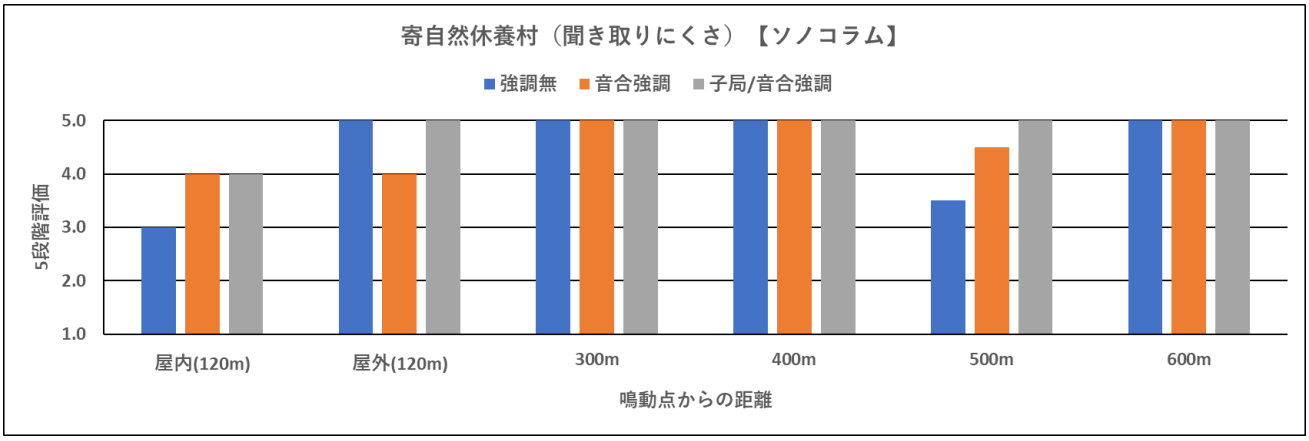


図 122　寄自然休養村（ソノコラム）【聞き取りにくさ】

2.2.2.5.2.4. 音の大きさ

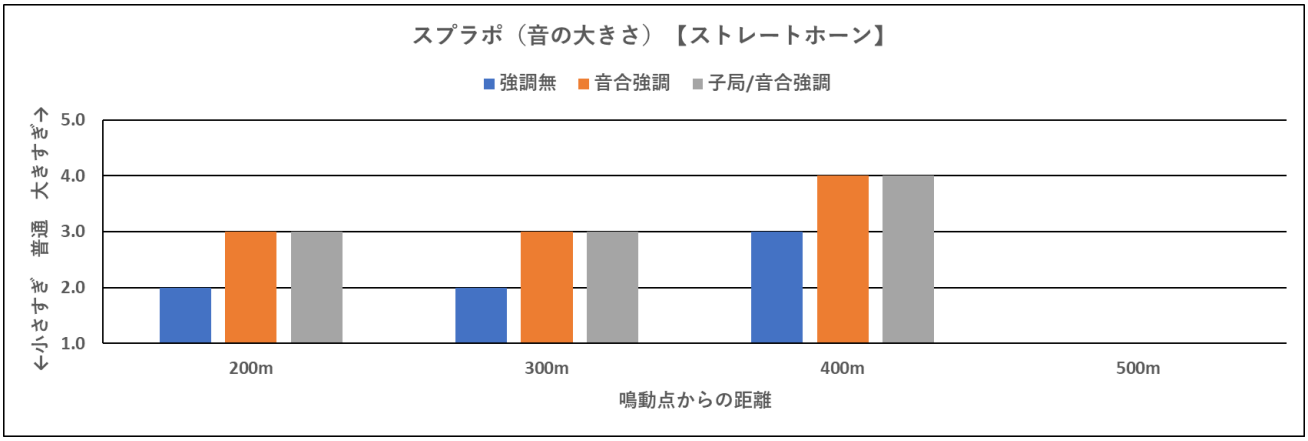


図 123　スプラポ（ストレートホーン）【音の大きさ】

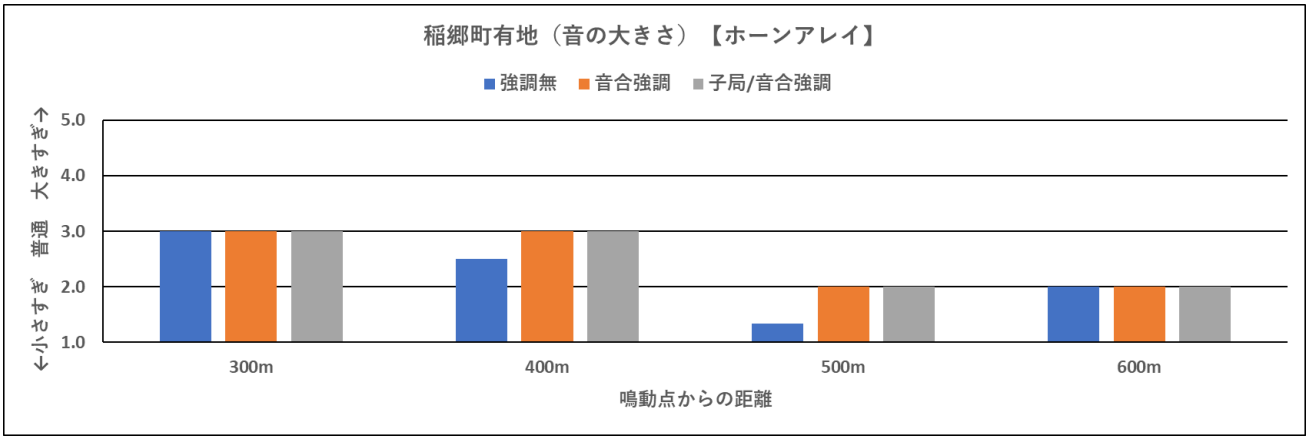


図 124　稲郷町有地（ホーンアレイ）【音の大きさ】

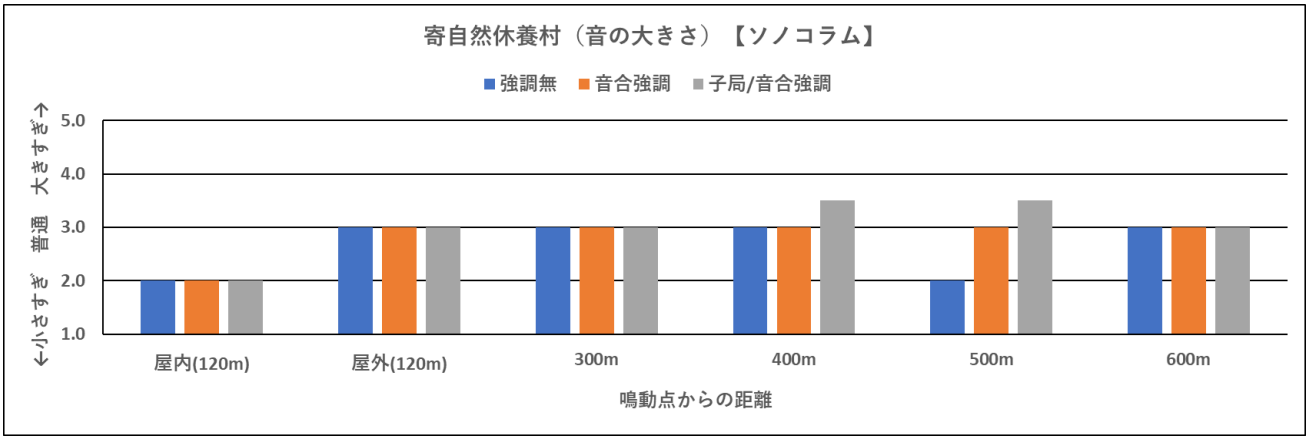


図 125　寄自然休養村（ソノコラム）【音の大きさ】

2.2.2.5.3. 既設操作卓での確認結果

既設の操作卓の音合に改善施策を適用した効果を既設子局からの放送で確認しました。参考測定ですが、改善効果は見られました。

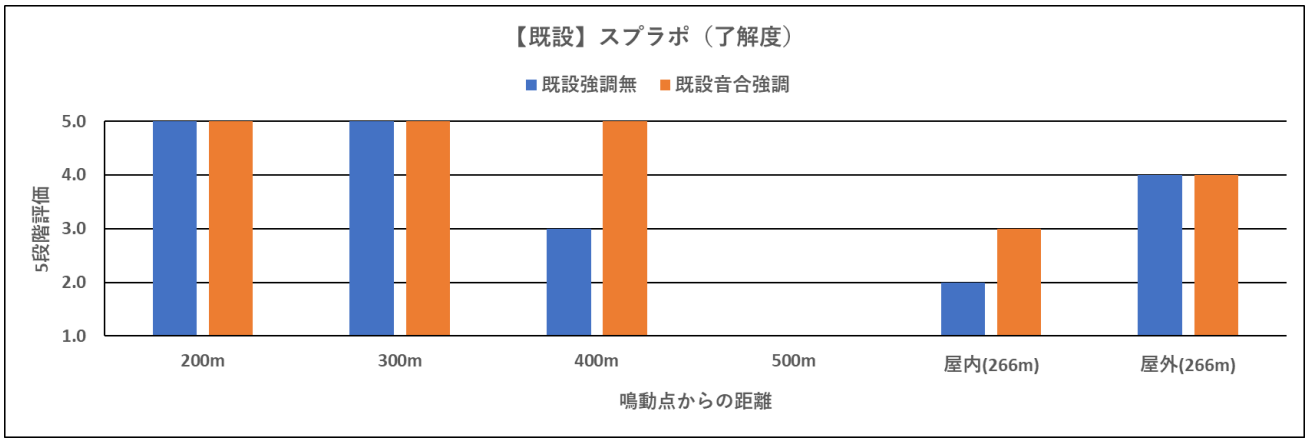


図 126　既設操作卓での音合強調の効果【了解度】

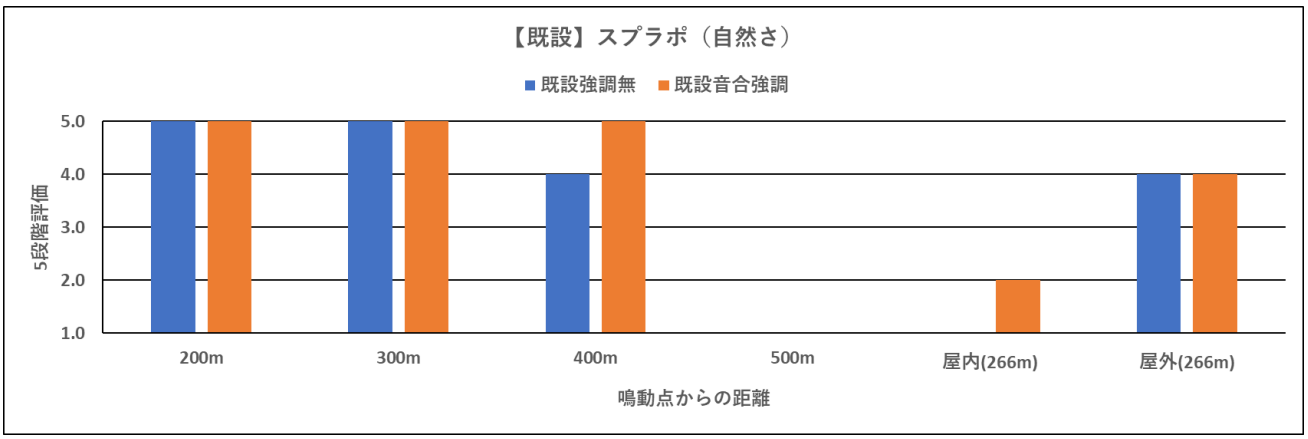


図 127　既設操作卓での音合強調の効果【自然さ】

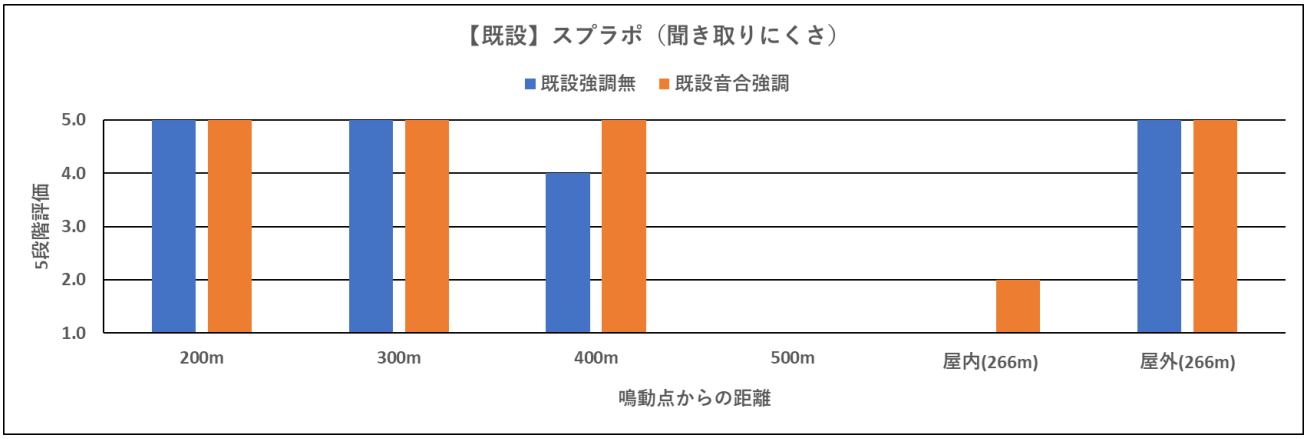


図 128　既設操作卓での音合強調の効果【聞き取りにくさ】

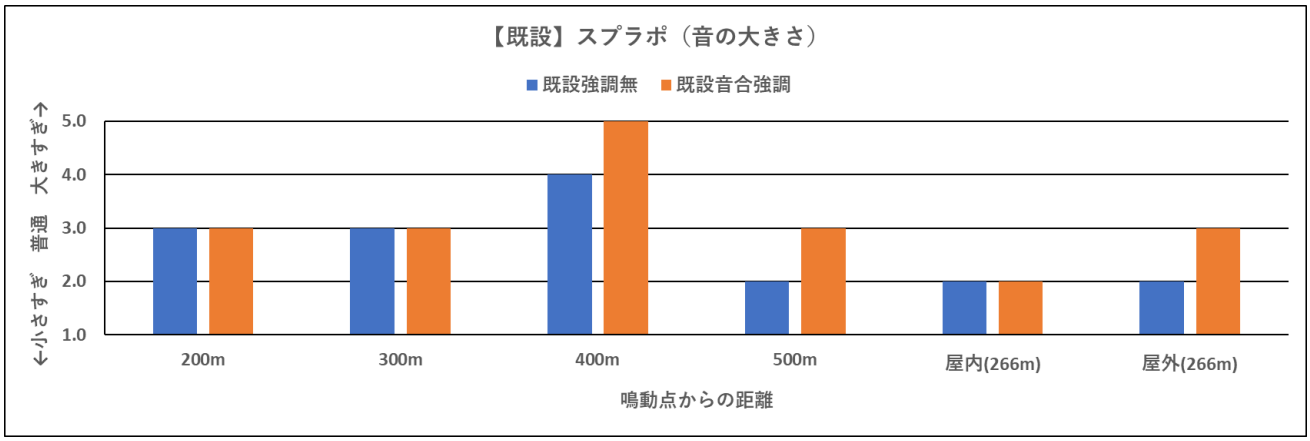


図 129　既設操作卓での音合強調の効果【音の大きさ】

2.2.2.6. 実験の様子

スプラポ鳴動地点

スプラポ集会場（室内）

稲郷町有地鳴動地点

稲郷町有地測定中

寄自然休養村測定中

寄自然休養村集会場（室内）

図 130　実験の様子

2.2.3. 第三回実証実験詳細

2.2.3.1. 実験目的

屋外で音声改善施策の有無やスピーカー種を組合せ等毎に放送を行い、複数名の被験者により心理評価法を用いた聴感評価を実施します。また、物理評価法（SII）との結果比較も行います。本実験では、成人と高齢者の聞こえ方の違いや、複数スピーカーを用いた場合の影響なども検証します。

2.2.3.2. 実験日程

日時：2024 年 12 月 5 日 13:00～16:25
　　2024 年 12 月 6 日 10:00～16:40
場所：神奈川県足柄上郡松田町（3 か所）

2.2.3.3. 評価者

聴感評価は、下記人員で実施しました。

12 月 5 日：56 名（高齢者：9 名、消防庁：3 名、検討委員：4 名、学生：3 名
UNIPEX：8 名、TOA：4 名、AI：4 名、FG：21 名）
年齢構成は、20 代：15 名、30 代：10 名、40 代：8 名、50 代：11 名、
60 代：3 名、70 代：9 名です。

12 月 6 日：54 名（高齢者：9 名、消防庁：2 名、検討委員：3 名、学生：2 名
UNIPEX：8 名、TOA：4 名、AI：4 名、FG：22 名）
年齢構成は、20 代：15 名、30 代：9 名、40 代：7 名、
50 代：9 名、60 代：5 名、70 代：9 名です。

2.2.3.4. 実験詳細

2.2.3.4.1. 実験概要

高所作業車上に設置した各種スピーカーから放送し、複数の聴取ポイントで複数名による聴感評価を実施しました。

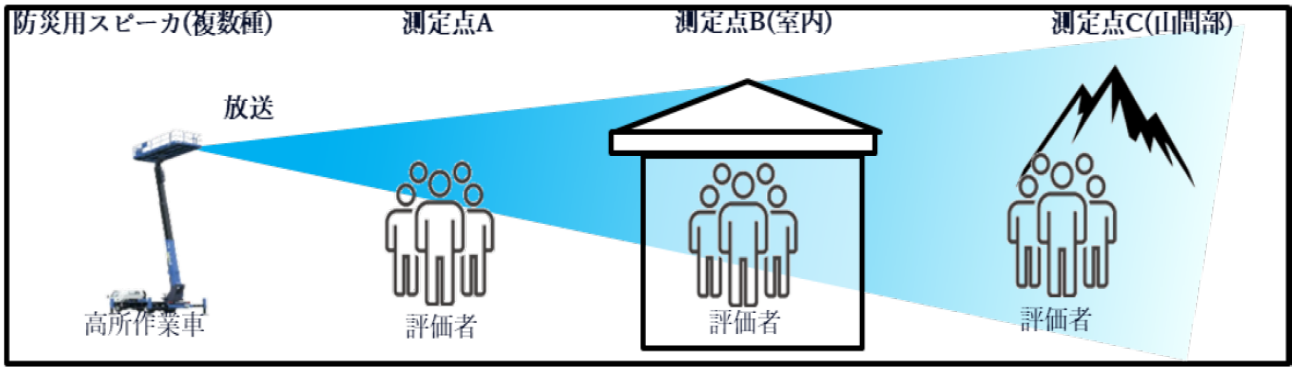


図 131　第三回実証実験イメージ

2.2.3.4.2. 実験環境

2.2.3.4.2.1. 実験場所

実験は第二回実証実験と同じく松田町の３地点で実施しました。各地点に複数箇所の聴取点を設け、評価者複数名を配置し聴感評価を実施しました。

2.2.3.4.2.1.1. 実験場所一覧

表 34　第三回実証実験評価場所一覧

				評価者		
実験日	評価場所	地点No	聴取点	成人	高齢者	緯度経度
12月5日	旧松田土木事務所スプラポ	1	鳴動地点	2	-	35.34124305800069,139.14172332420404
		2	100m地点	3	-	35.34039305347593,139.1413038086387
		3	200m地点	4	-	35.33946944533056,139.14127674311933
		4	300m地点	8	3	35.338586807154755,139.14115624788562
		5	400m地点	8	3	35.33785844725272,139.14122703272096
		6	500m地点	9	3	35.337249098929476, 139.1400046679939
		7	600m地点（水神宮公園）	8	-	35.33637192820943, 139.1385785771176
		8	500m地点（三角堤公園）	5	-	35.33837555832556,139.13745486652215
12月6日	稲郷町有地	1	鳴動地点	2	-	35.40970665492096,139.1358776634968
		2	100m地点	3	-	35.408797372514876,139.13581047261974
		3	200m地点	4	-	35.40792321259435,139.1360247893583
		4	300m地点	4	-	35.40704167252927,139.13625164866409
		5	400m地点	8	3	35.406145390739674,139.1364789149342
		6	500m地点	8	3	35.40527769728083,139.1366575382499
		7	600m地点	8	3	35.40438659562347,139.13683616156166
		8	700m地点	4	-	35.403520183181286,139.13693982688017
		9	800m地点	4	-	35.402614112500075,139.1370347205212
	寄自然休養村スピーカー1方向	1	鳴動地点	2	-	35.40155531558034,139.1372532307196
		2	120m地点集会場(屋外)	3	-	35.4016637842102,139.13589995470224
			120m地点集会場(屋内)	4	3	
		3	300m地点	4	-	35.40373752929138,139.13522106126229
		4	400m地点	8	3	35.404680392710866, 139.1350419608897
		5	500m地点	8	3	35.40474715576731, 139.13336961753086
		6	600m地点	8	-	35.40531556950176, 139.1325059462326
		7	中間300m地点	4	-	35.402703884511176, 139.13427332569665
		9	400m川沿い地点	4	-	35.40513458373838,139.13660876409836
	寄自然休養村スピーカー2方向	1	鳴動地点	2	-	35.40155531558034,139.1372532307196
		2	120m地点集会場(屋外)	3	-	35.4016637842102,139.13589995470224
			120m地点集会場(屋内)	4	3	
		3	300m地点	4	-	35.40373752929138,139.13522106126229
		4	400m地点	4	-	35.404680392710866, 139.1350419608897
		5	500m地点	8	3	35.40474715576731, 139.13336961753086
		6	600m地点	4	-	35.40531556950176, 139.1325059462326
		7	中間300m地点	8	3	35.402703884511176, 139.13427332569665
		8	中間400m地点	4	-	35.4025533226715,139.13299686180926
		9	400m川沿い地点	4	-	35.40513458373838,139.13660876409836

2.2.3.4.2.1.2. スプラポ聴取点

図 132　スプラポ聴取点

2.2.3.4.2.1.3. 稲郷町有地聴取点

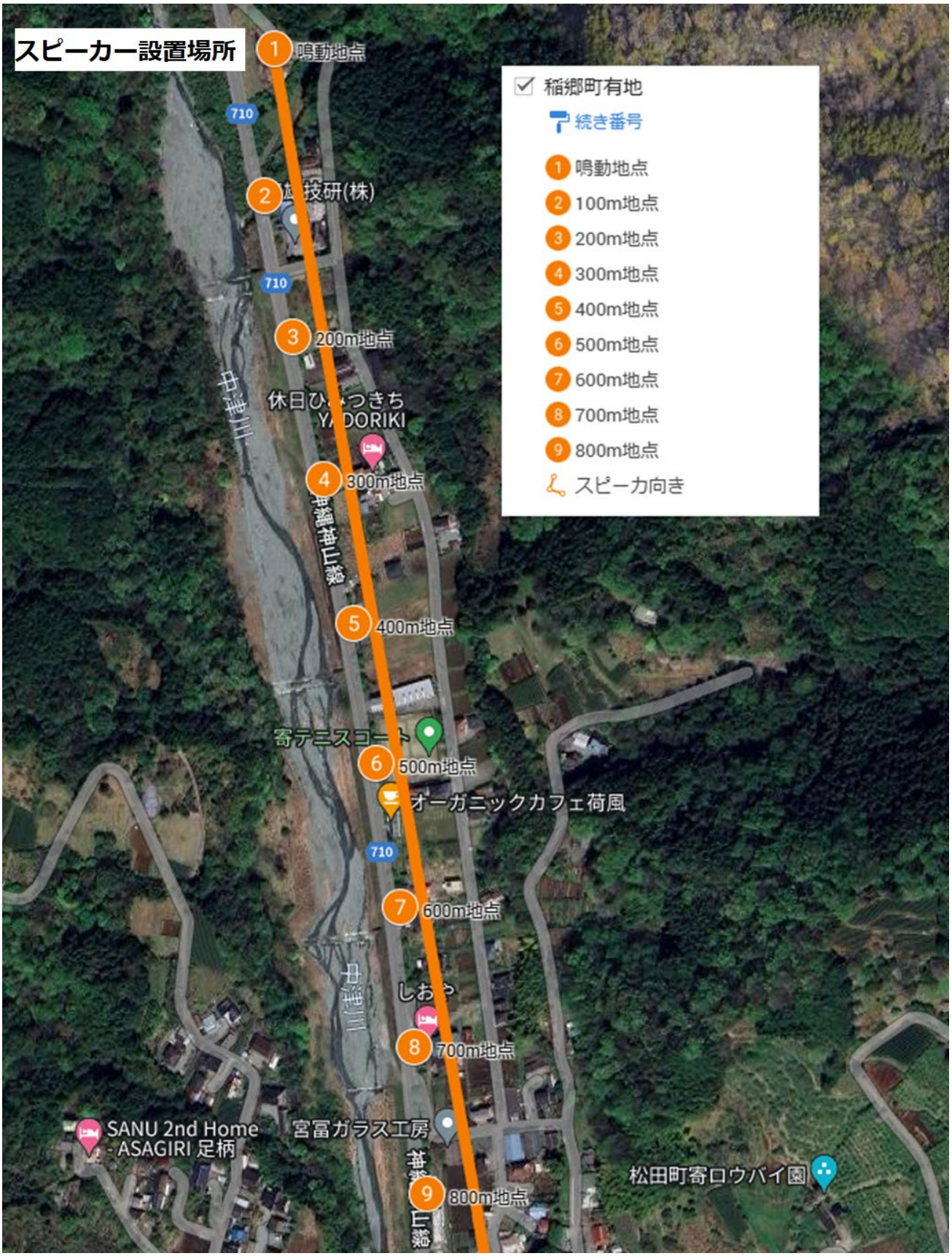


図 133　稲郷町有地聴取点

2.2.3.4.2.1.4. 寄自然休養村聴取点

図 134　寄自然休養村聴取点

2.2.3.4.2.2. 放送用スピーカー

表 35　放送用スピーカー仕様

No.	名称 （型番）	定格	出力音圧レベル （1W,1m 換算値）	指向角(2kHz)		再生周波数 特性(Hz)
				水平	垂直	
1	ストレートホーン （H-510LM/30T）	30W	110dB 以上	70°	70°	180~6,500
2	ソノコラム （SC-B30）	30W	116dB	85°	20°	450~8,000
3	ホーンアレイ （HA-2040MK2）	30W	119dB	90°	15°	300~9,000
4	ホーンコラム （HC-B60）	30W	118dB	60°	20°	350~9,000

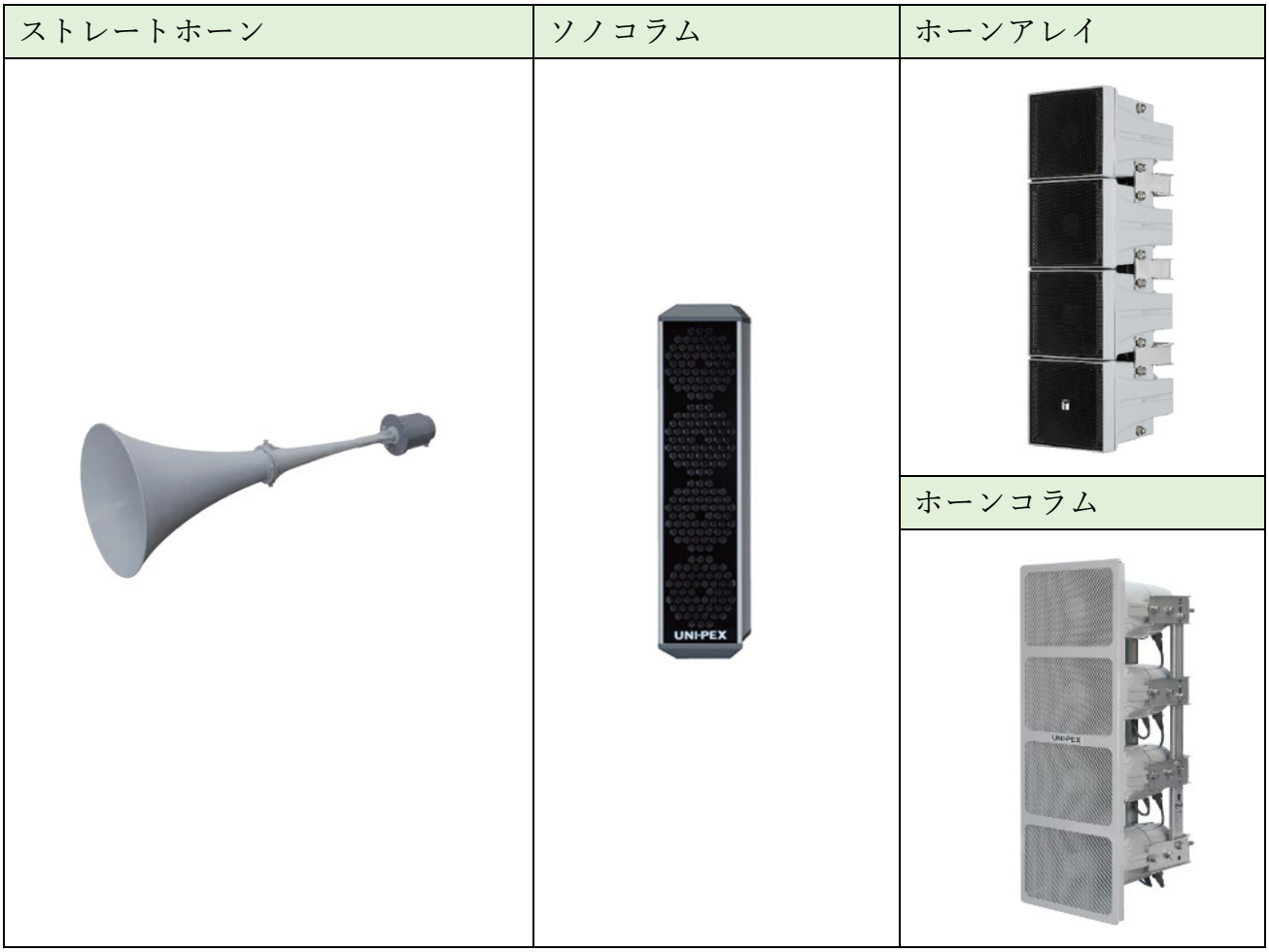


図 135　試験スピーカー外観

2.2.3.4.2.3. その他設備

表 36　その他設備

No.	名称	メーカー	型番	備考
1	屋外子局	富士通ゼネラル	CR604EFJ	放送用
2	拡声アンプ	富士通ゼネラル	EA-168	放送用
3	騒音計	小野測器	LA7500	
4	温度湿度計	ノースワン	KADEC21UHTV-C	
5	風向風速計	ノースワン	KADEC-R-KAZE	

2.2.3.4.2.4. 機器セッティング

各地点におけるスピーカーのセッティング条件は下記の通りです。

表 37　スピーカーセッティング

	スプラポ	稲郷	寄（1 方向）	寄（2 方向）
高さ	約 14m	約 14m	約 14m	約 14m
方角	TN200°	TN170°	TN325°	TN250°
チルト角	-3.5°	-5.0°	+2.0°	+1.0°

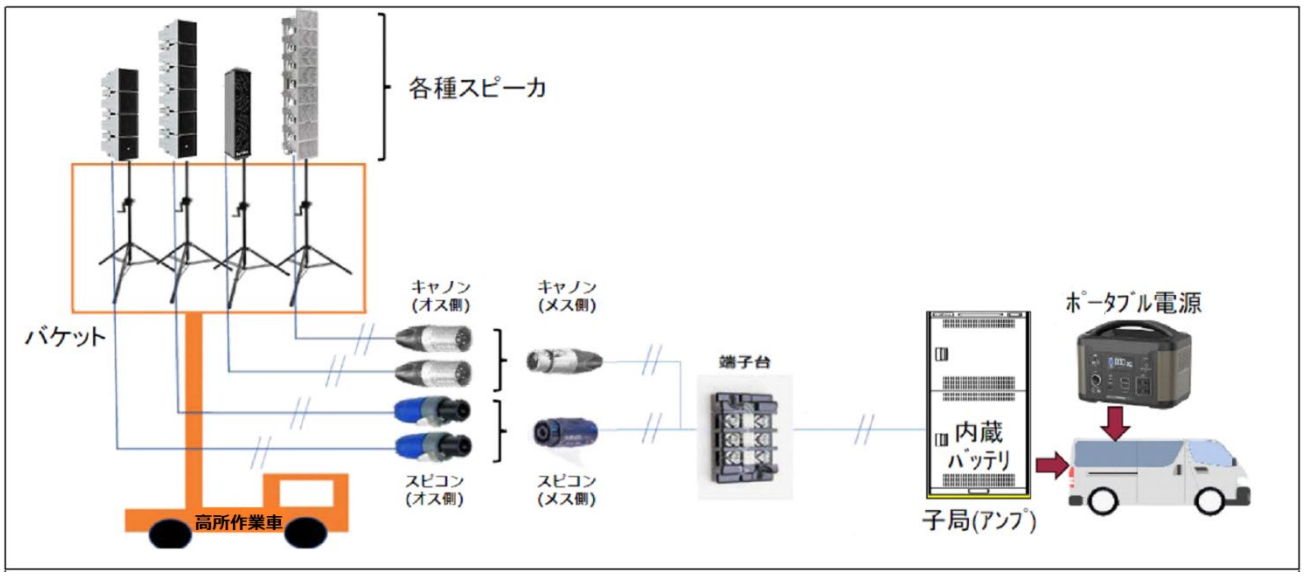


図 136　放送設備

2.2.3.4.3. 実験音声

実験では下記音声を放送に使用しました。

音声合成（AI 社）：男性：せいじ、女性：のぞみ

表 38　音声放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	（上りチャイム）	3 秒
2	こちらは、防災、松田です。	14 秒
3	これは、試験放送です。	8 秒
4	試験放送を、終了します。	9 秒
5	（下りチャイム）	3 秒
合計		37 秒

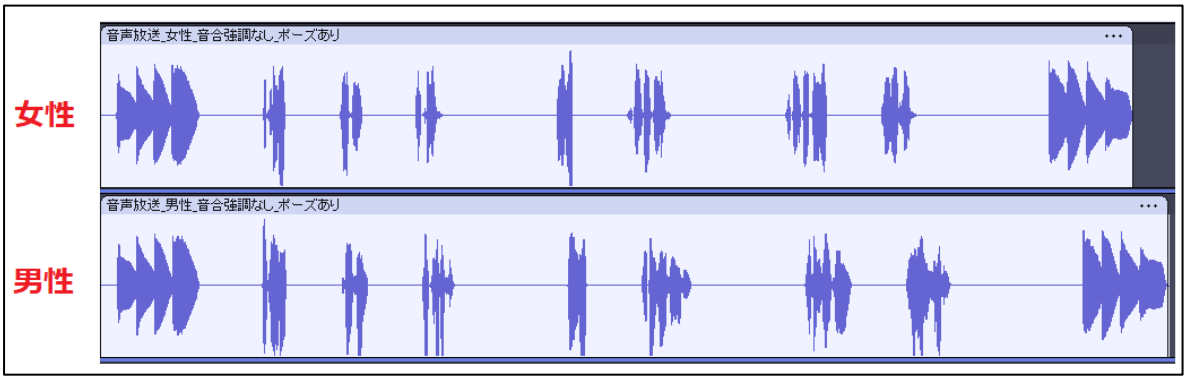


図 137　音声放送波形（女性・男性）

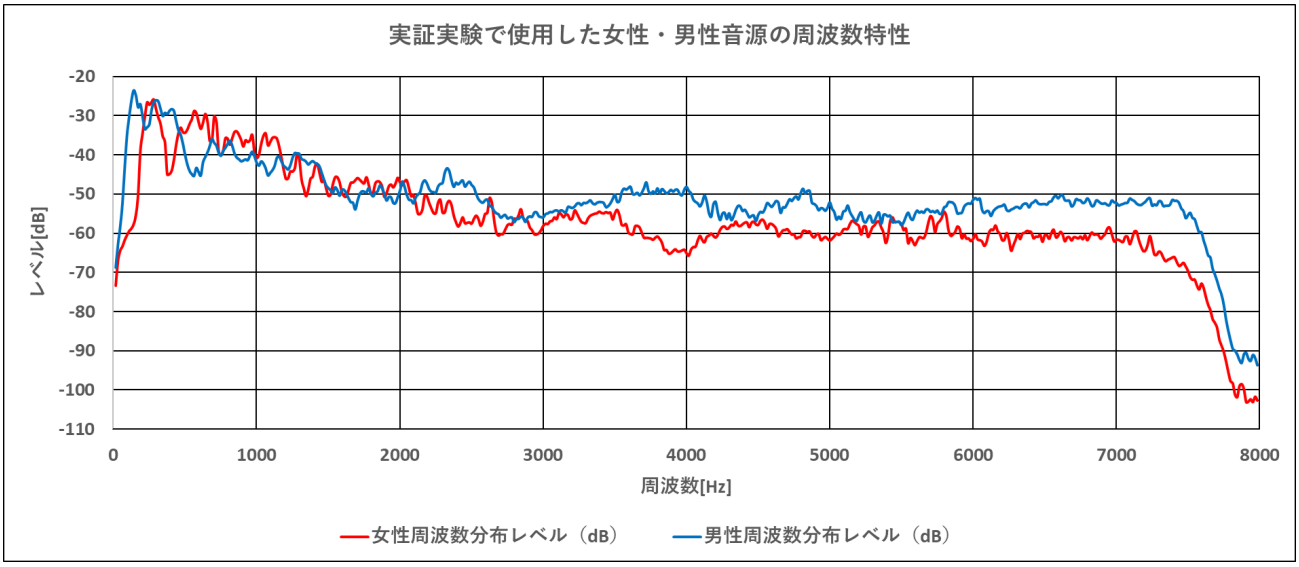


図 138　音声放送（女性・男性）の周波数特性

表 39　サイレン放送文面

No.	放送文面	放送時間
1	（上りチャイム）	3 秒
2	こちらは、防災、松田です。	14 秒
3	サイレン試験を、行います。	13 秒
4	（サイレン音）	5 秒
5	試験放送を、終了します。	9 秒
6	（下りチャイム）	3 秒
合計		47 秒

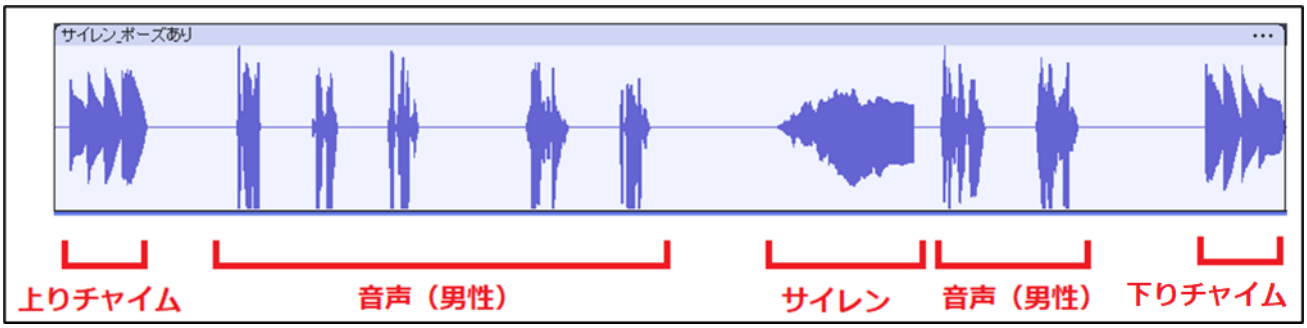


図 139　サイレン放送波形

2.2.3.4.4. 実験内容

スプラポ、稲郷町有地、寄自然休養村の３か所で聴感評価を実施しました。
実験では、話者（男女)、音声改善の有無、スピーカー種の組合せを変えて、各地点で複数回放送し、評価基準にそって採点していただきました。

2.2.3.4.4.1. 実験パターン

表 40　スプラポのパターン

No.	サイレン	話者		音声改善			スピーカー種類				
		男性	女性	なし	音合強調	音合強調＋子局強調	ストレートホーン	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	2種スピーカー
1	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-
2	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-
3	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-
4	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-
5	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-
6	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-
7	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-
8	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-
9	-	-	○	-	-	○	-	-	-	○	-
10	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-	-
11	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-	-
12	-	○	-	-	-	○	○	-	-	-	-
13	○	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-

表 41　稲郷町有地のパターン

No.	サイレン	話者		音声改善			スピーカー種類				
		男性	女性	なし	音合強調	音合強調＋子局強調	ストレートホーン	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	2種スピーカー
1	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-
2	-	-	○	-	○	-	-	-	○	-	-
3	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-
4	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-
5	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-
6	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-
7	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-
8	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-
9	-	-	○	-	-	○	-	○	-	-	-
10	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-
11	-	-	○	-	-	○	-	-	-	○	-
12	-	○	-	○	-	-	-	-	○	-	-
13	-	○	-	-	○	-	-	-	○	-	-
14	-	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-
15	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-

表 42　寄自然休養村のパターン

No.	サイレン	話者		音声改善			スピーカー種類				
		男性	女性	なし	音合強調	音合強調＋子局強調	ストレートホーン	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	2種スピーカー
1	-	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-
2	-	-	○	-	○	-	-	○	-	-	-
3	-	-	○		-	○	-	○	-	-	-
4	-	-	○	○	-	-	○	-	-	-	-
5	-	-	○	-	-	○	○	-	-	-	-
6	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-
7	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-
8	-	○	-	○	-	-	-	○	-	-	-
9	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	-
10	-	○	-	-	-	○	-	○	-	-	-
11	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ストレート＆ストレート
12	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ソノコラム＆ソノコラム
13	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ホーンアレイ＆ホーンアレイ
14	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ストレート＆ソノコラム
15	-	-	○	-	-	○	-	-	-	-	ストレート＆ホーンアレイ
16	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-

2.2.3.4.4.2. 評価基準

評価の際は、各地点毎に下記のようなチェックシートを用いました。

12/5(木)　松田町　旧松田土木事務所（スプラボ）試験チェックシート　地点　m　見通し:　○　×　FUJITSU GENERAL CONFIDENTAL

グループ：（①～⑧）		所属：（○を）	消防庁 ・ 委員会 ・ 学生 ・ シルバー UNIPEX ・ TOA ・ AI ・ FG	氏名：		年代：（○を）	10代 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 50代 ・ 60代 ・ 70代

放送ごとに、採点基準に従って当てはまる数字に○をつけてください。
A-13については音声部分とサイレン部分のそれぞれについて○をつけてください。

試験番号	了解度 ←良い				悪い→	聞き取りにくさ ←良い				悪い→	自然さ（不快感） ←良い				悪い→	音の大きさ ←大	←	適切	→	小→	コメント（任意）点数では表せない違いなど	風向 ↑↓ →←	鳴動時 [dB]	暗騒音 [dB]
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-2	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-3	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-4	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-5	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-6	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-7	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-8	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-9	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-10	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-11	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-12	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	+2	+1	0	-1	-2				
A-13	【放送部分】 5	4	3	2	1	【放送部分】 5	4	3	2	1	【放送部分】 5	4	3	2	1	【放送部分】 +2	+1	0	-1	-2				
																【サイレン部分】 +2	+1	0	-1	-2				

図 140　評価者用チェックシート例

また、聴感評価は下記の評価基準で採点しました。

表 43　評価基準

評点	了解度	聞き取りにくさ	自然さ（不快感）	評点	音の大きさ
5	**全ての放送文面を聞き取れる** ⇒全ての文言を聞き取れ、放送内容を全て理解できる	**聞き取りにくくない** ⇒苦労なく全ての文言を聞き取れる	**自然である** ⇒キンキンする、機械的、耳障りといった人間の音声としての違和感・不自然さは全くなく、自然な音声に感じる	+2	**大きすぎる** ⇒放送音がうるさすぎる
4	**8 割程度の放送文面を聞き取れる** ⇒大部分の文言が聞き取れ、放送内容はほぼ理解できる	**やや聞き取りにくい** ⇒やや労力をかければ全ての文言を聞き取れる	**ほぼ自然で不快感はない** ⇒人間の音声として不自然さを感じる部分もあるが、不快には感じない	+1	**やや大きい** ⇒放送音がややうるさい
3	**5 割程度の放送文面を聞き取れる** ⇒聞き取れない文言が多いが、放送内容はある程度理解できる	**かなり聞き取りにくい** ⇒かなり労力をかければ全ての文言を聞き取れる	**2 割程度が不自然であり、やや不快感がある** ⇒人間の音声として不自然さを時々感じ、やや不快に感じる	0	**ちょうどよい** ⇒放送音の音量について特段の印象はない
2	**2 割程度の放送文面を聞き取れる** ⇒時々しか文言が聞き取れず、放送内容はあまり理解できない	**非常に聞き取りにくい** ⇒全力で集中すれば全ての文言を聞き取れる	**5 割程度が不自然であり、不快感がある** ⇒人間の音声として不自然さを感じる部分が多く、不快に感じる	-1	**やや小さい** ⇒放送音の音量、あるいは周囲の騒音に対して放送音の音量が小さく、放送音の流れを捉えにくい
1	**放送文面を聞き取れない** ⇒ほぼ全ての文言が聞き取れず、放送内容は全く理解できない	**聞き取れない場合がある** ⇒全力で集中しても聞き取れない文言がある	**8 割程度が不自然であり、かなり不快感がある** ⇒大部分で人間の音声として不自然さを感じ、かなり不快に感じる	-2	**小さすぎる** ⇒放送音の音量、あるいは周囲の騒音に対して放送音の音量が小さすぎ、放送音の流れを捉えられない。放送音が聞こえない

2.2.3.5. 実験結果

主観（聴感）評価と SII 計算の結果について以下に示します。

2.2.3.5.1. 主観評価結果

2.2.3.5.1.1. スピーカー種による違い

2.2.3.5.1.1.1. 了解度

2.2.3.5.1.1.1.1. スプラポ

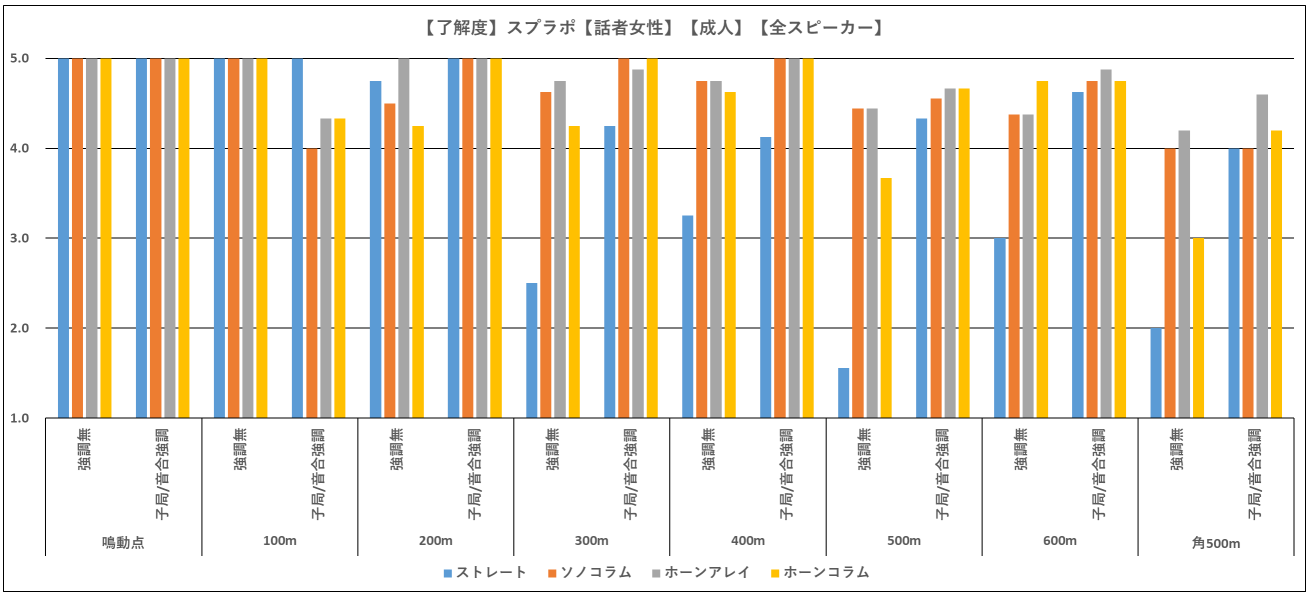


図 141　スピーカー比較【了解度、スプラポ、女性、成人、全スピーカー】

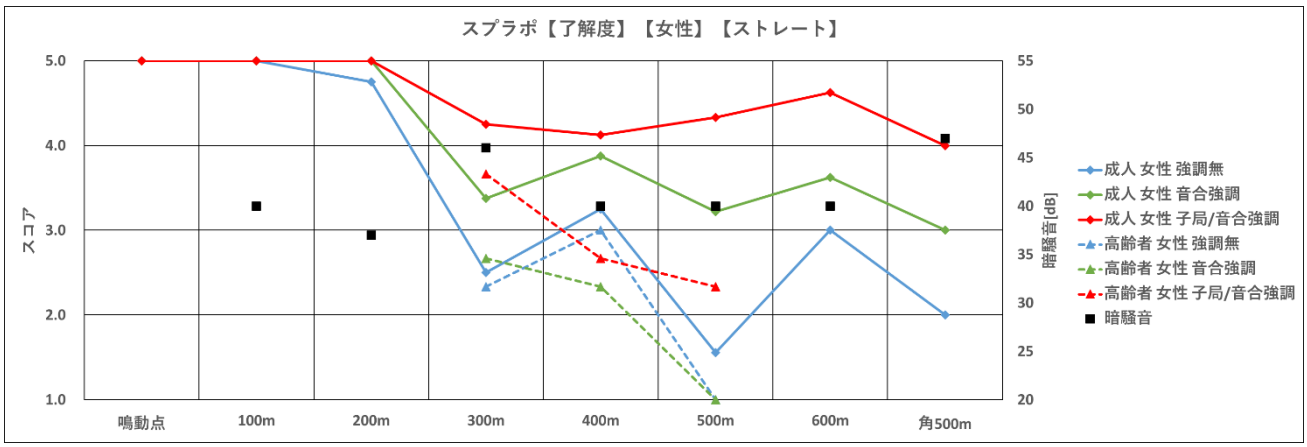


図 142　ストレートホーン【了解度、スプラポ、女性】

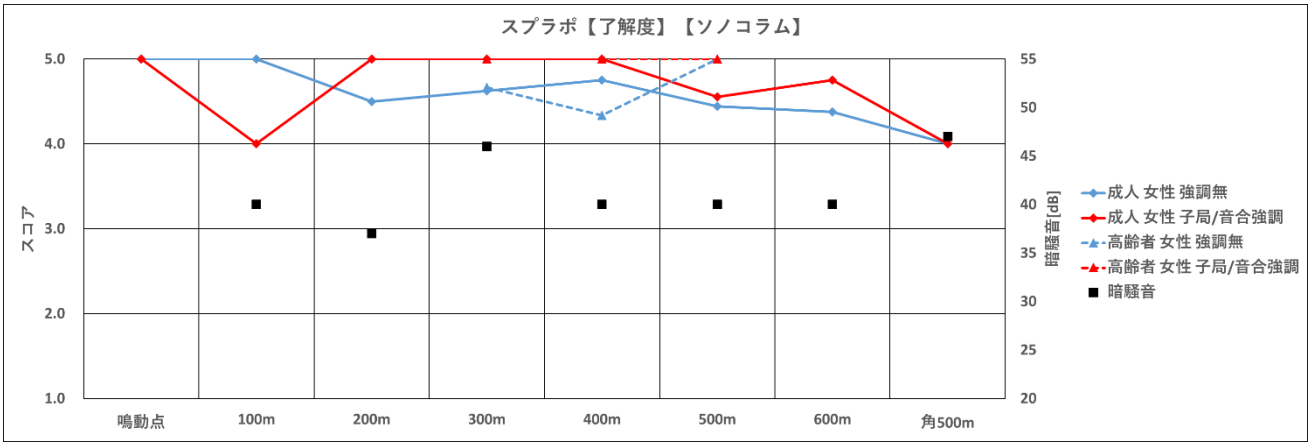


図 143　ソノコラム【了解度、スプラポ、女性】

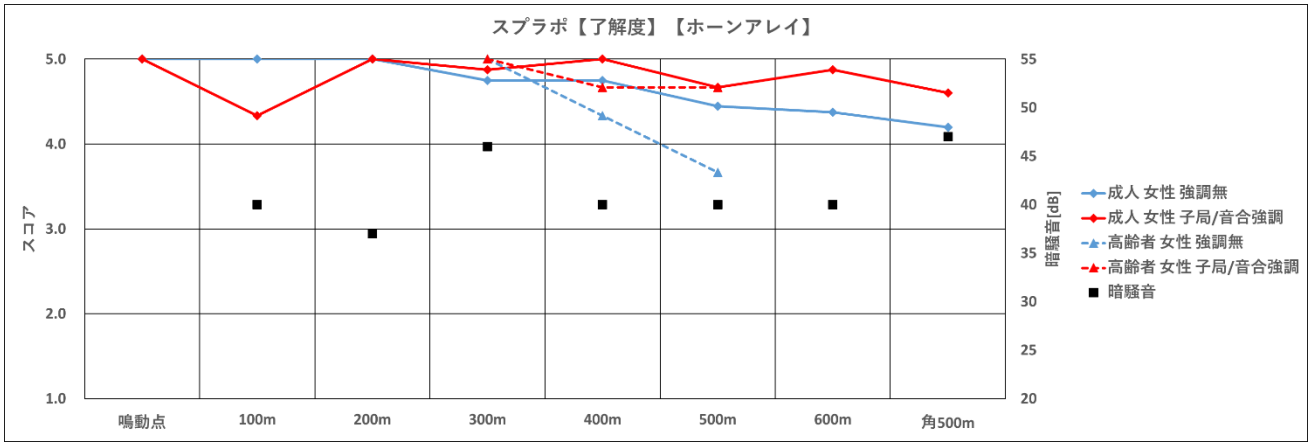


図 144　ホーンアレイ【了解度、スプラポ、女性】

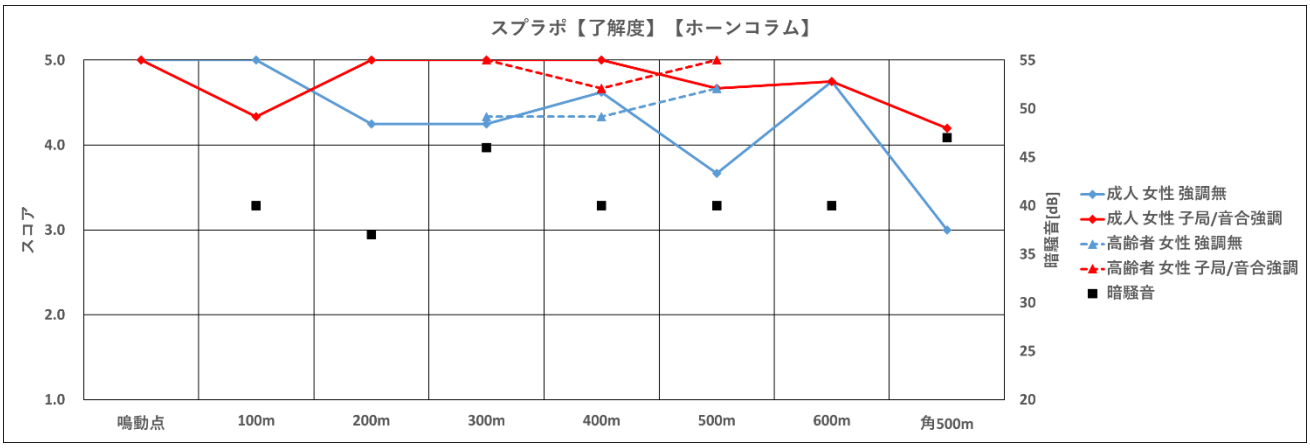


図 145　ホーンコラム【了解度、スプラポ、女性】

2.2.3.5.1.1.1.2. 稲郷町有地

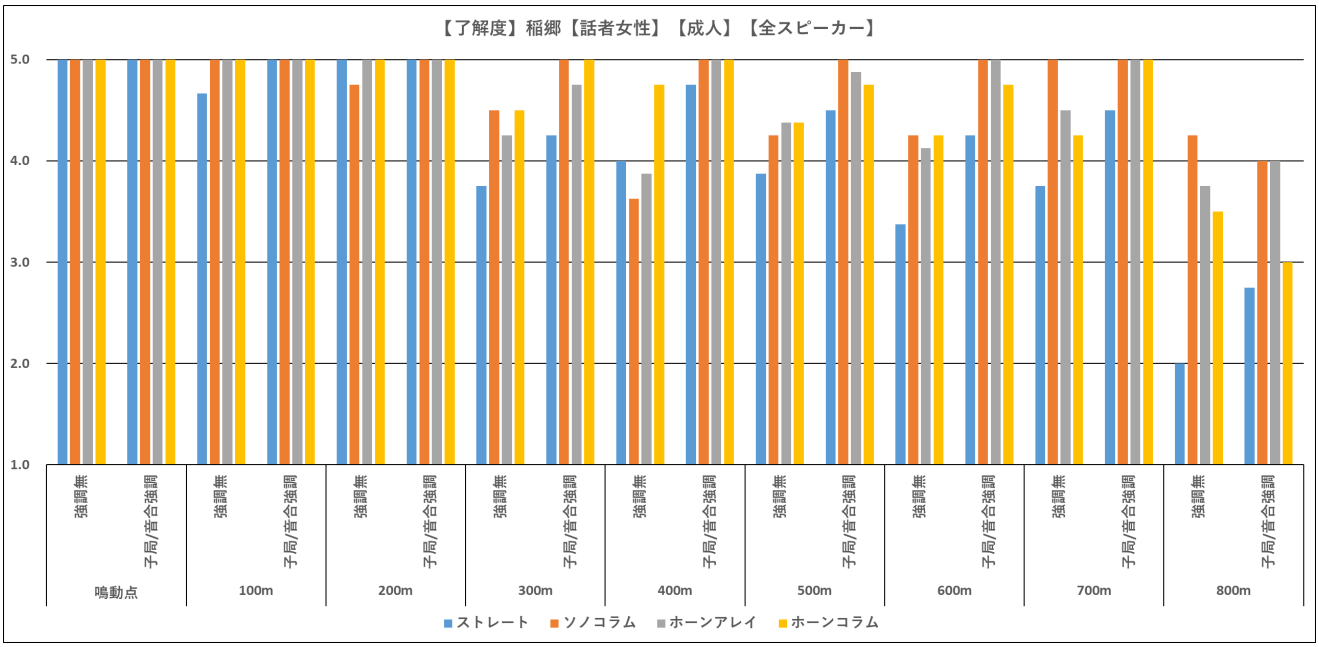


図 146　スピーカー比較【了解度、稲郷町有地、女性、成人、全スピーカー】

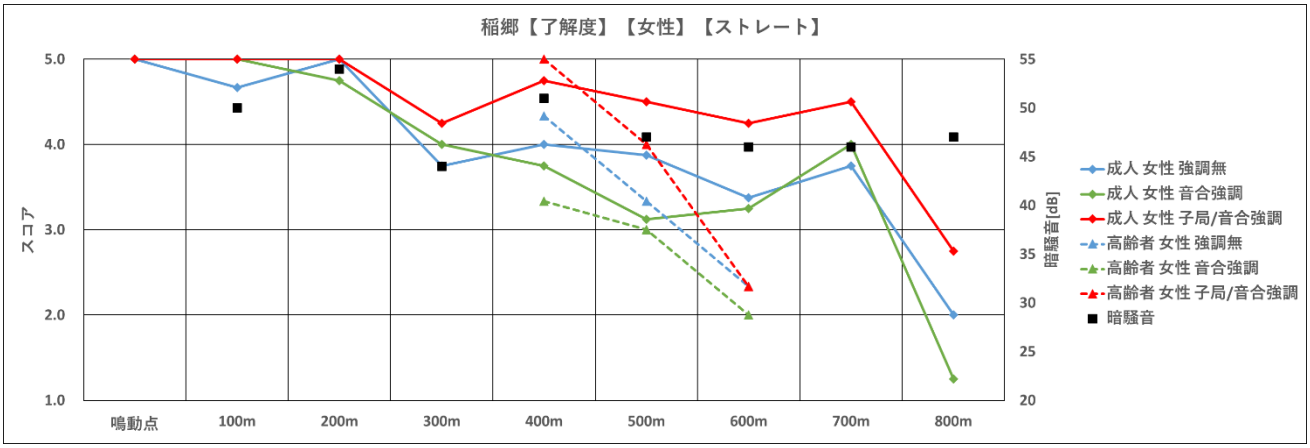


図 147　ストレートホーン【了解度、稲郷町有地、女性】

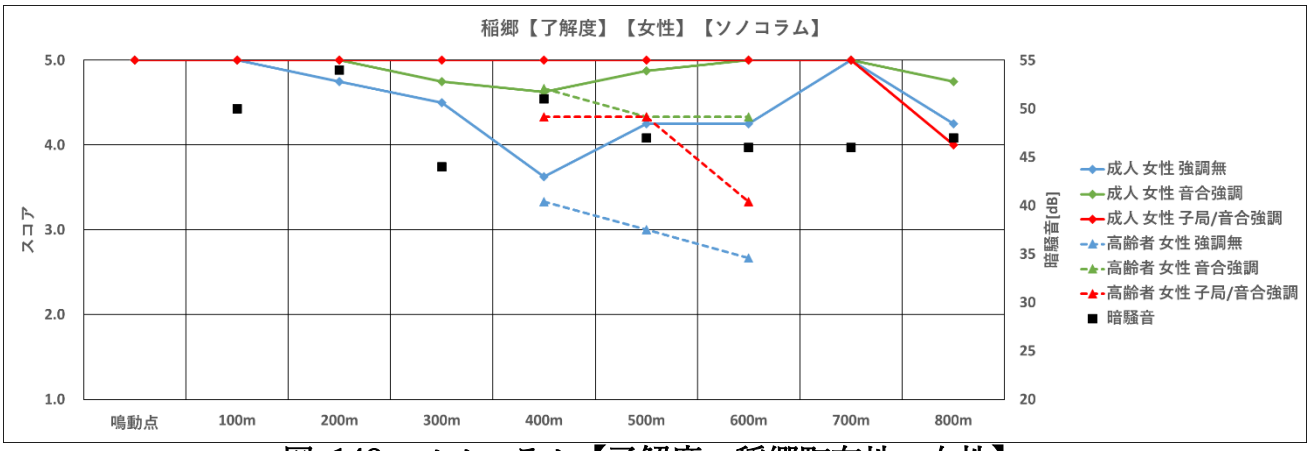


図 148　ソノコラム【了解度、稲郷町有地、女性】

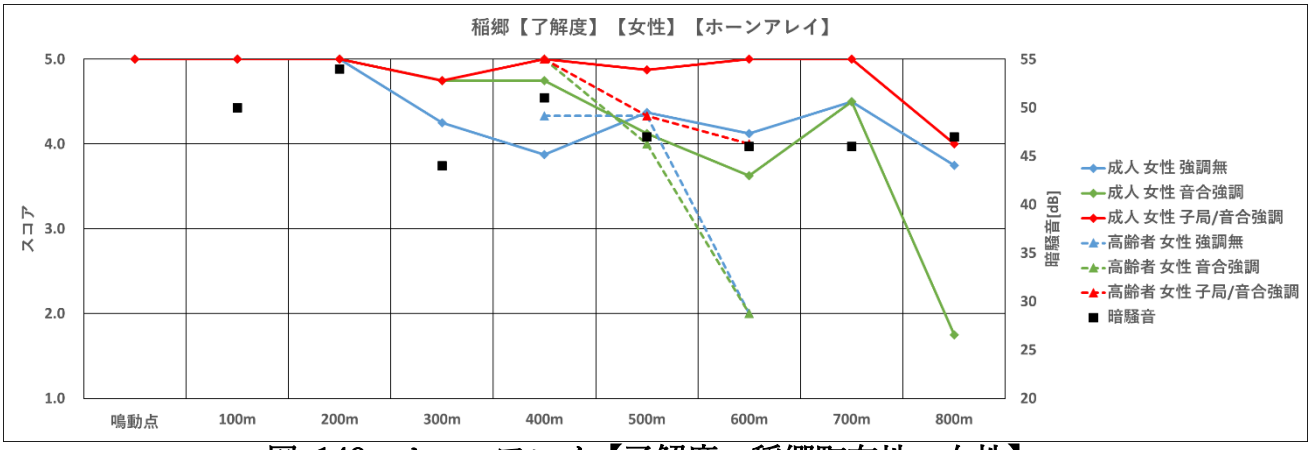


図 149　ホーンアレイ【了解度、稲郷町有地、女性】

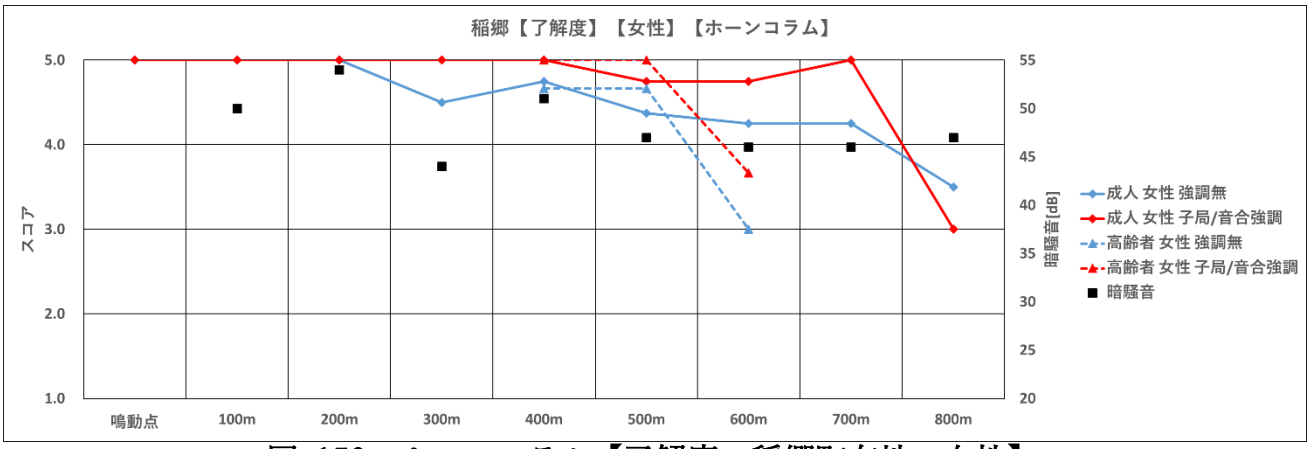


図 150　ホーンコラム【了解度、稲郷町有地、女性】

2.2.3.5.1.1.1.3. 寄自然休養村

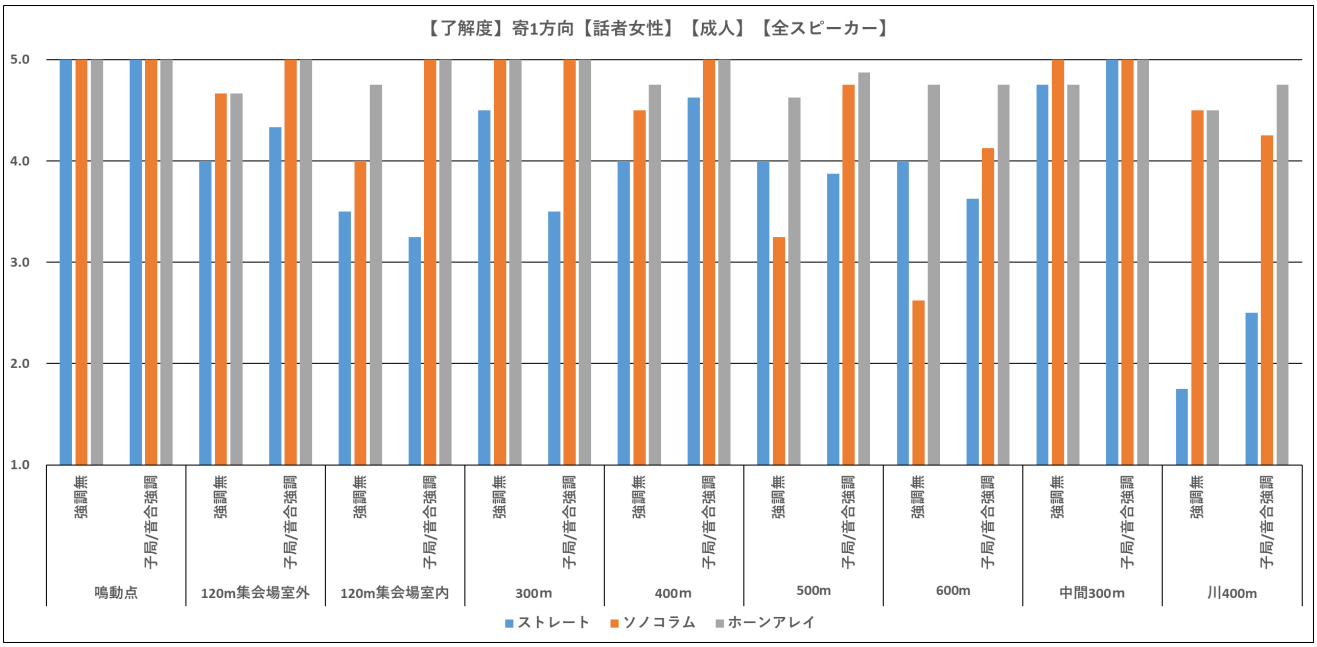


図 151　スピーカー比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人、全スピーカー】

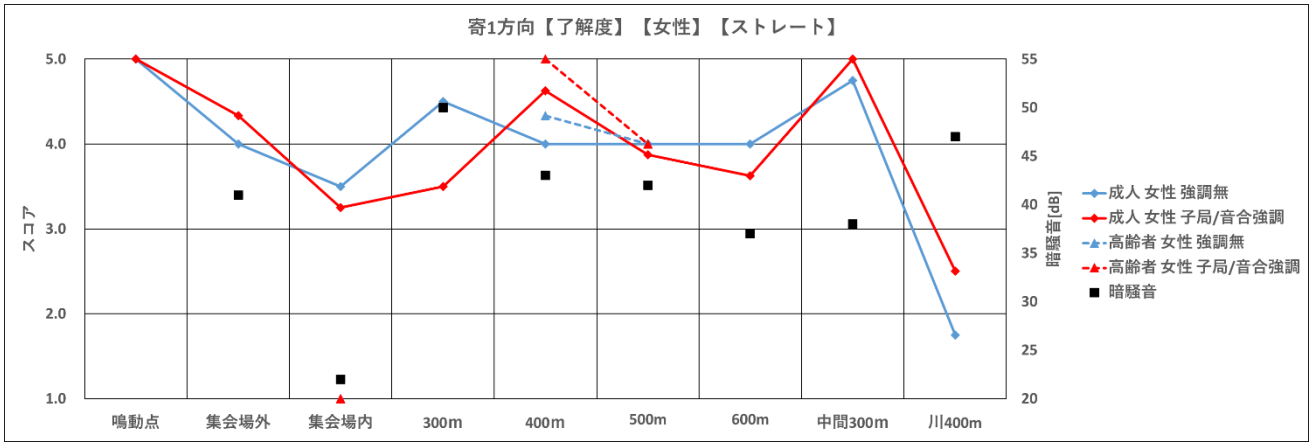


図 152　ストレートホーン【了解度、寄自然休養村、女性】

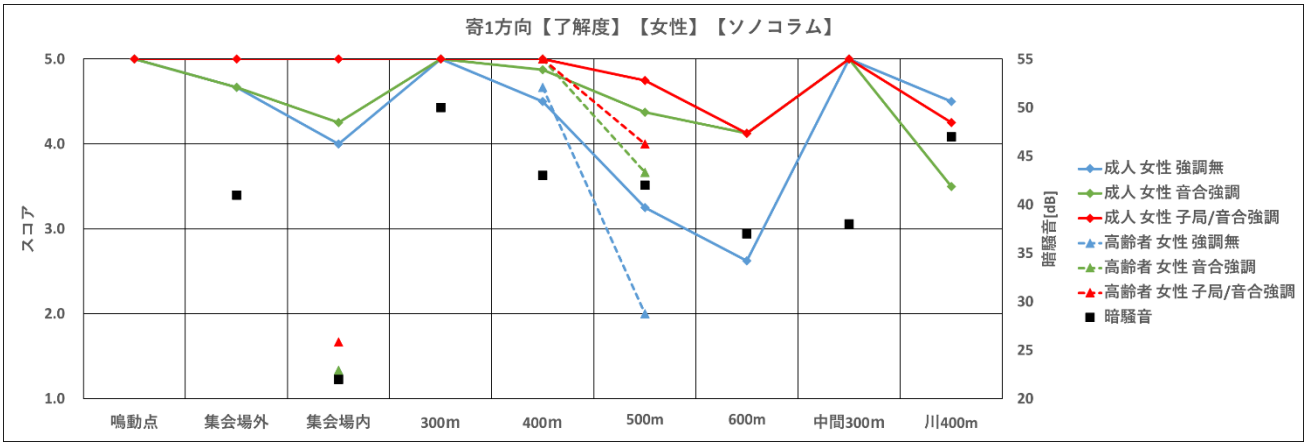


図 153　ソノコラム【了解度、寄自然休養村、女性】

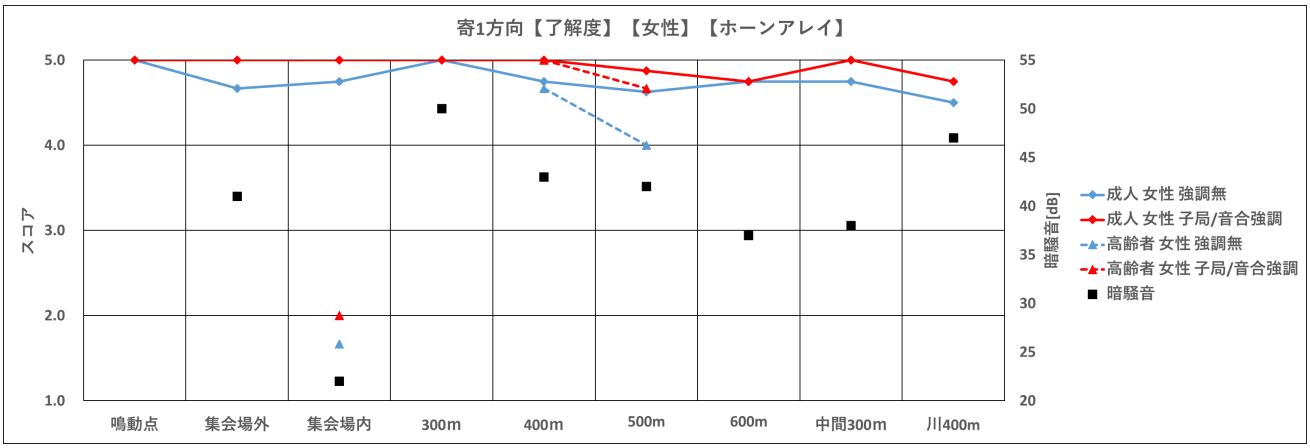


図 154　ホーンアレイ【了解度、寄自然休養村、女性】

2.2.3.5.1.1.2. 聞き取りにくさ

2.2.3.5.1.1.2.1. スプラポ

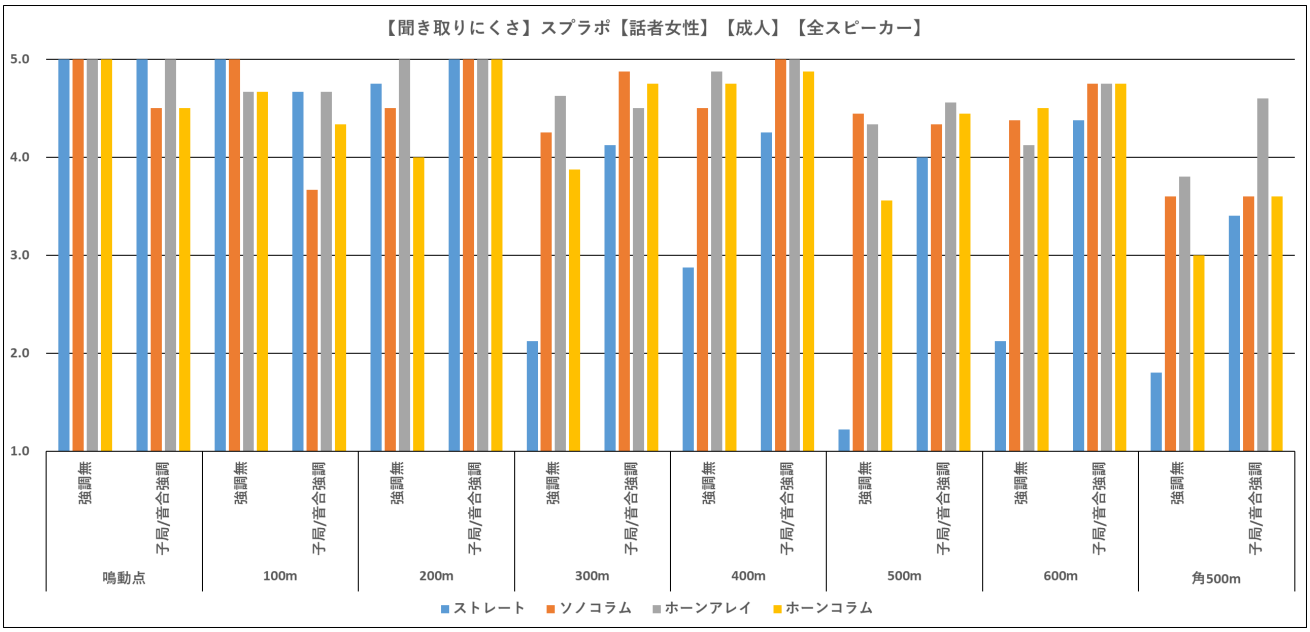


図 155　スピーカー比較【聞き取りにくさ、スプラポ、女性、成人、全スピーカー】

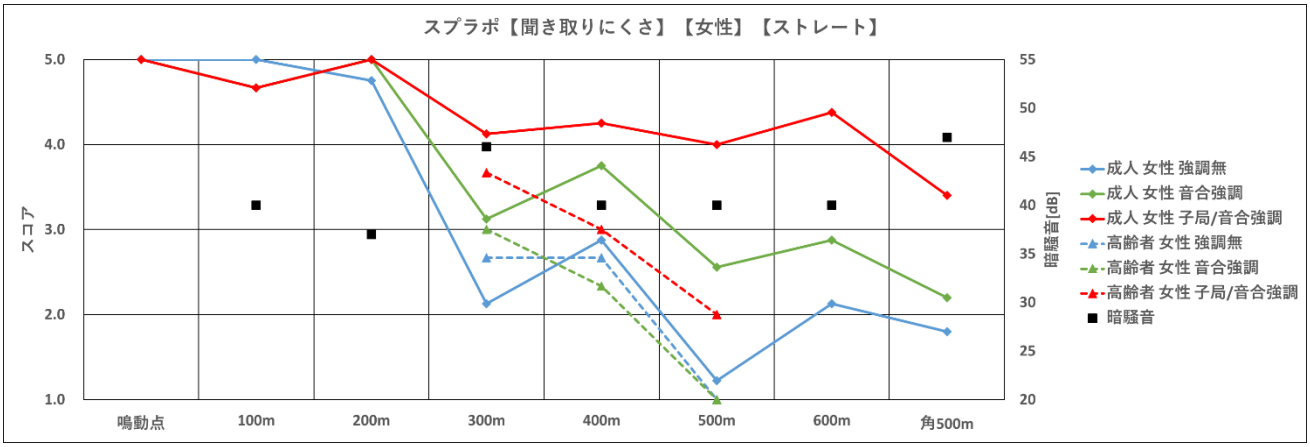


図 156　ストレートホーン【聞き取りにくさ、スプラポ、女性】

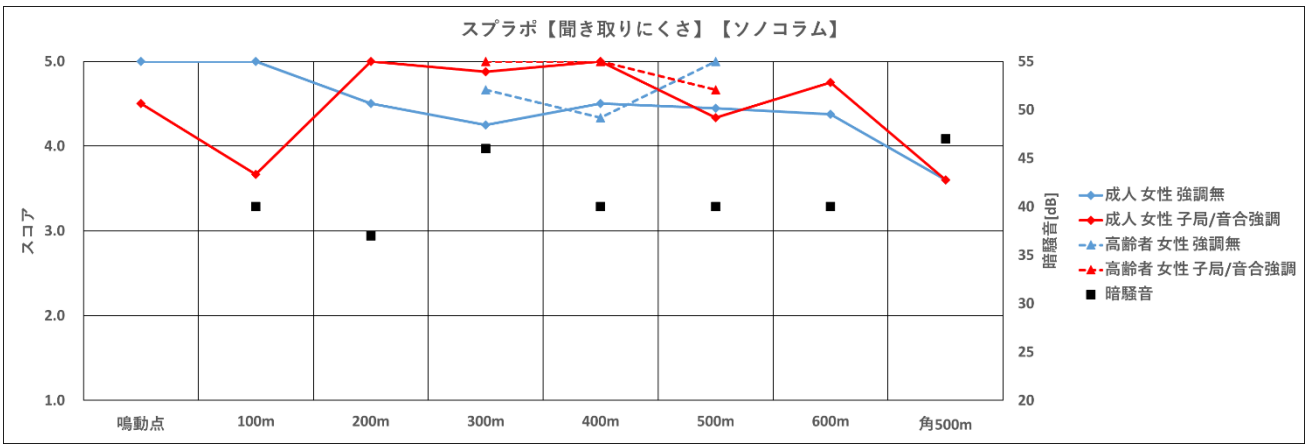


図 157　ソノコラム【聞き取りにくさ、スプラポ、女性】

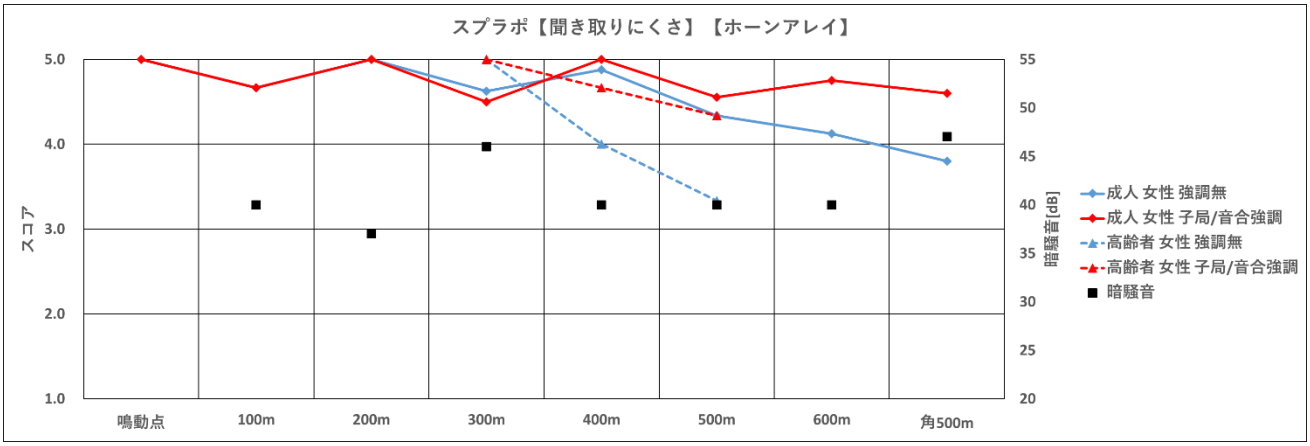


図 158　ホーンアレイ【聞き取りにくさ、スプラポ、女性】

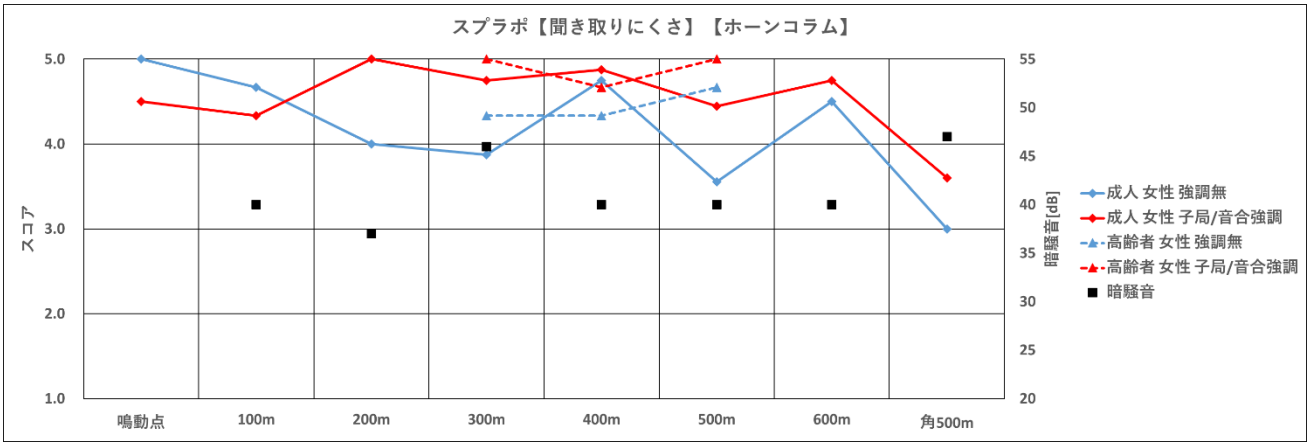


図 159　ホーンコラム【聞き取りにくさ、スプラポ、女性】

2.2.3.5.1.1.2.2. 稲郷町有地

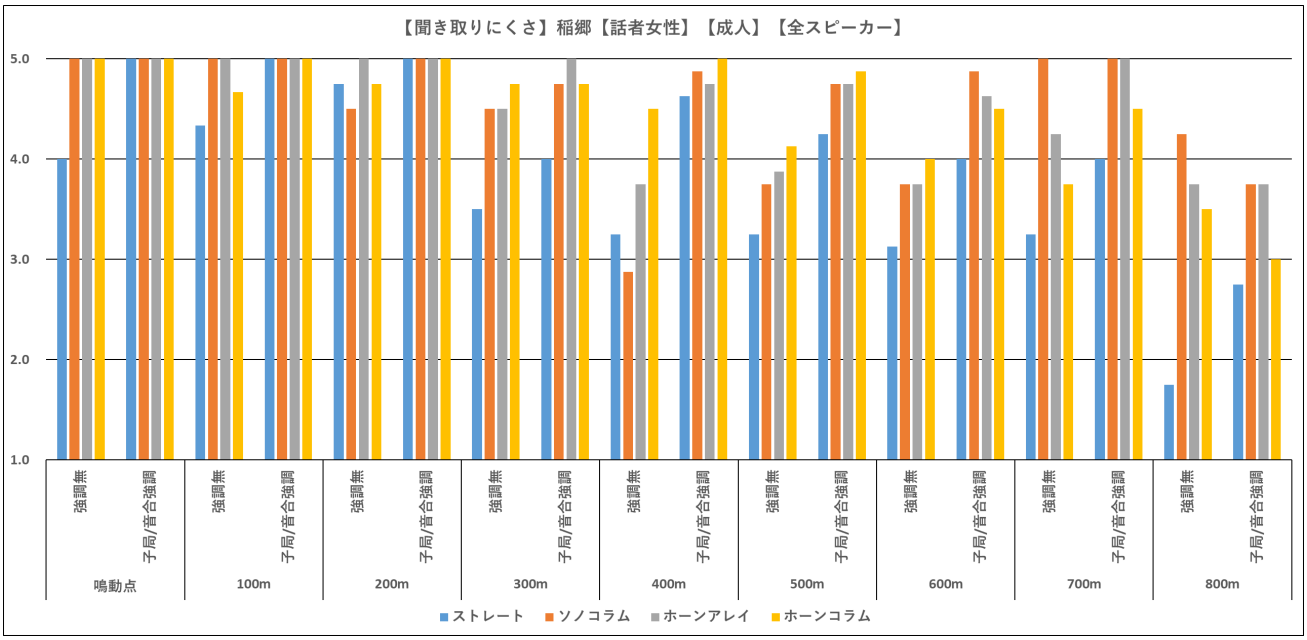


図 160　スピーカー比較【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性、成人、全スピーカー】

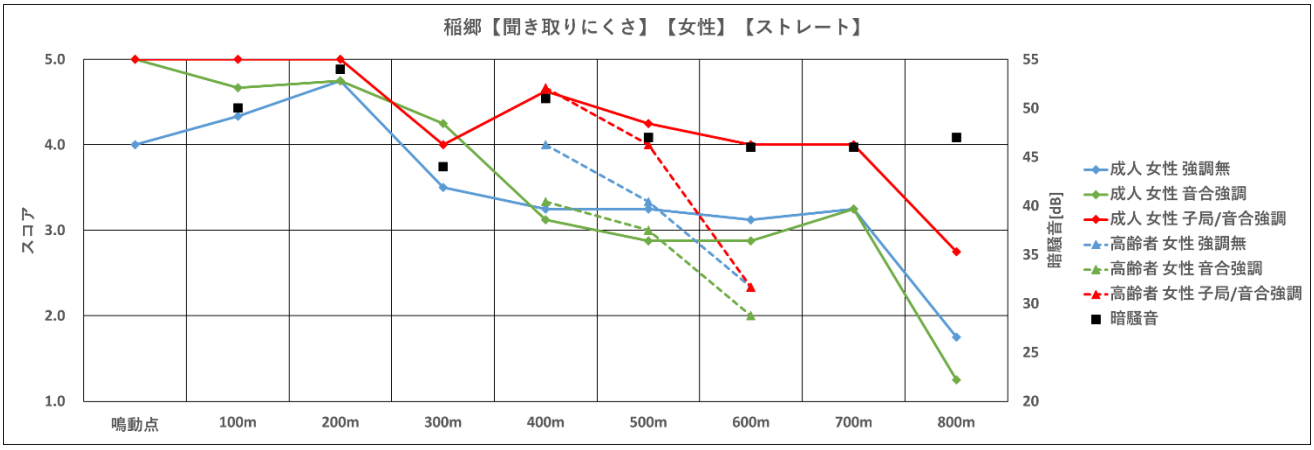


図 161　ストレートホーン【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

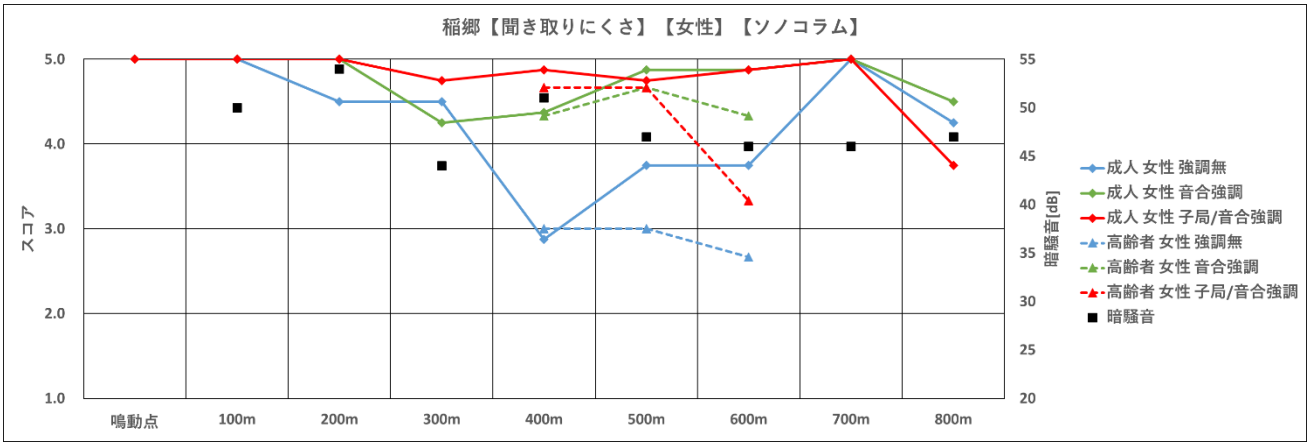


図 162　ソノコラム【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

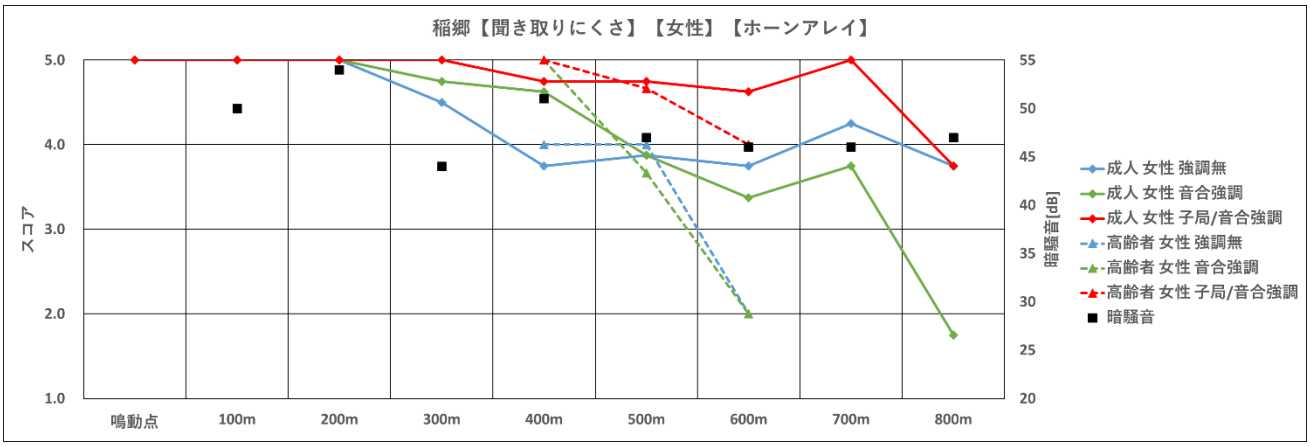


図 163　ホーンアレイ【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

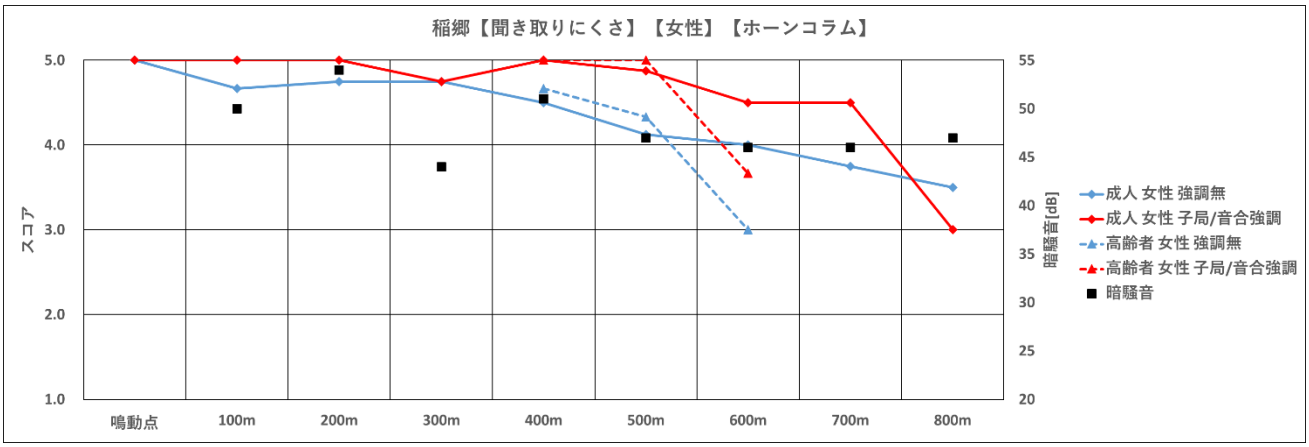


図 164　ホーンコラム【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性】

2.2.3.5.1.1.2.3. 寄自然休養村

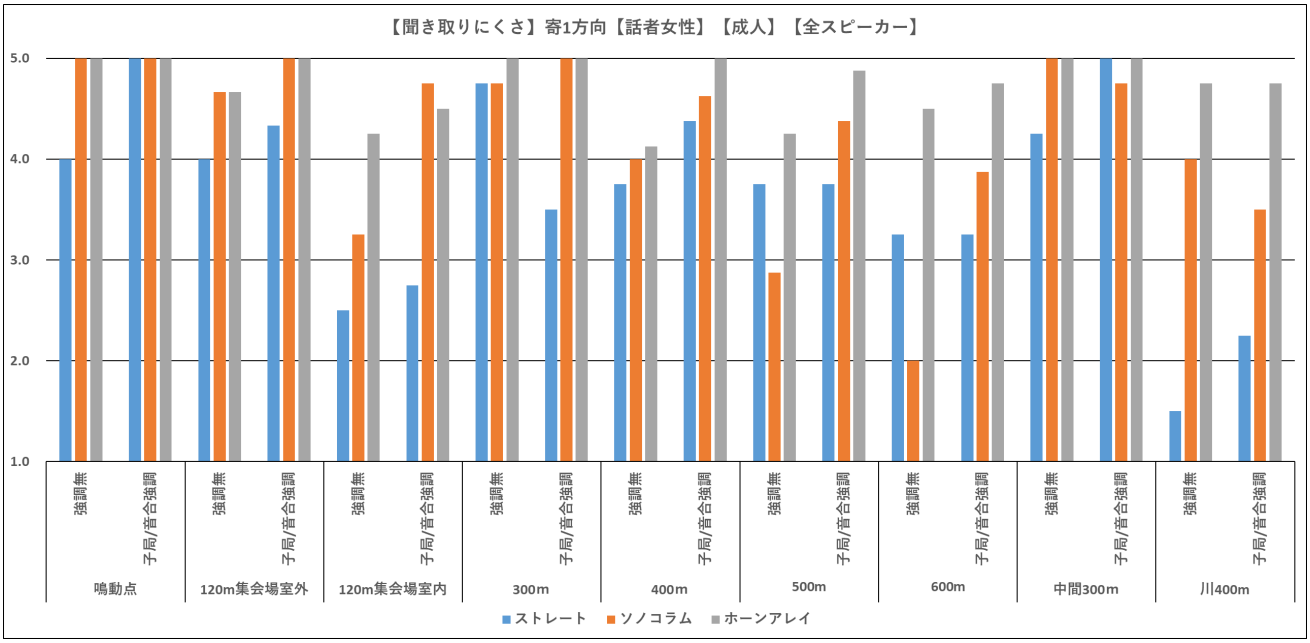


図 165　スピーカー比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人、全スピーカー】

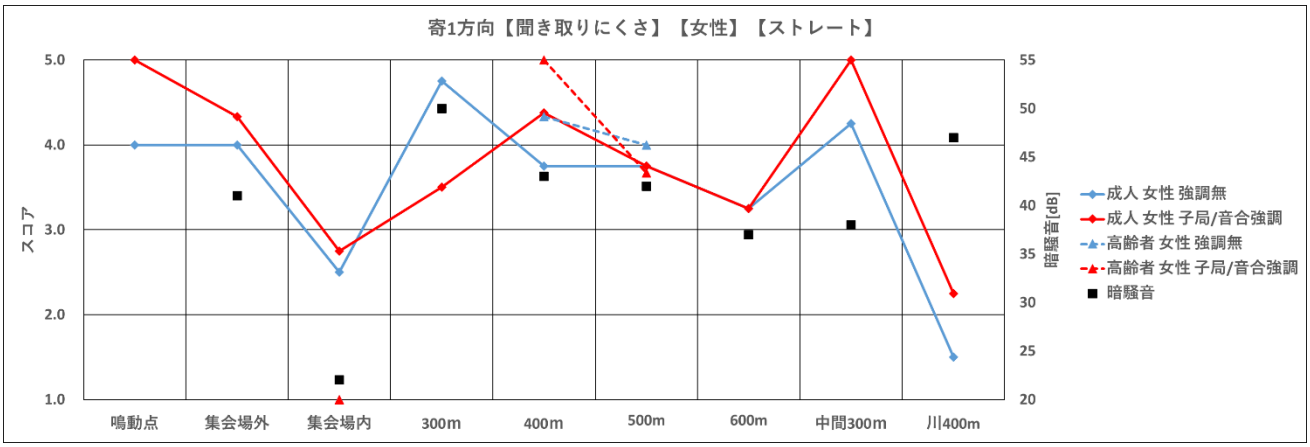


図 166　ストレートホーン【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性】

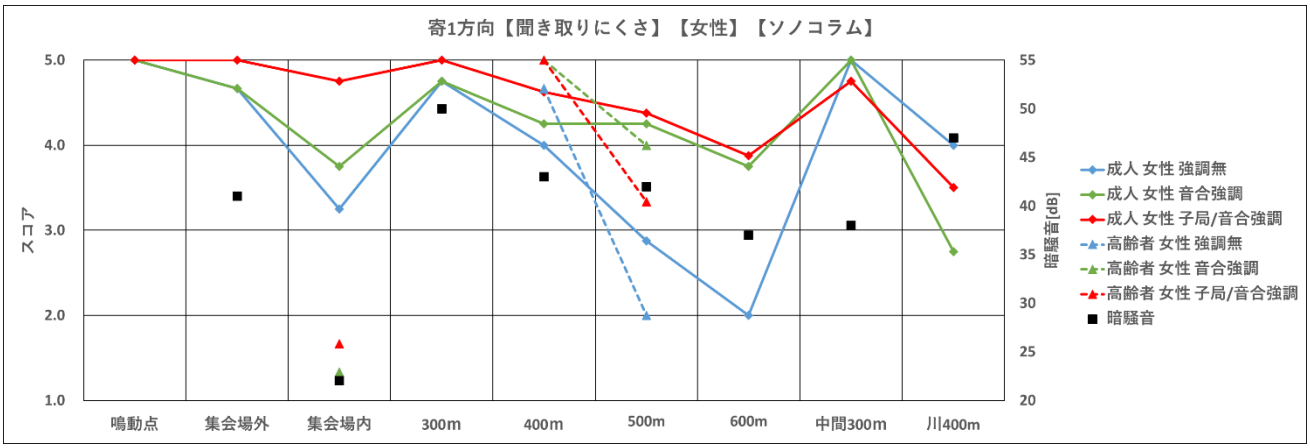


図 167　ソノコラム【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性】

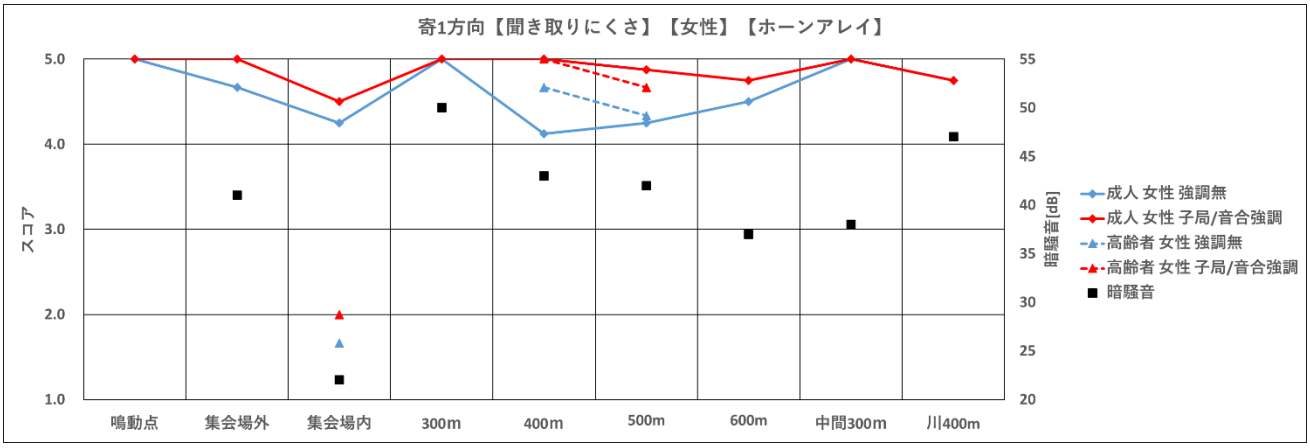


図 168　ホーンアレイ【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性】

2.2.3.5.1.1.3. 自然さ

2.2.3.5.1.1.3.1. スプラポ

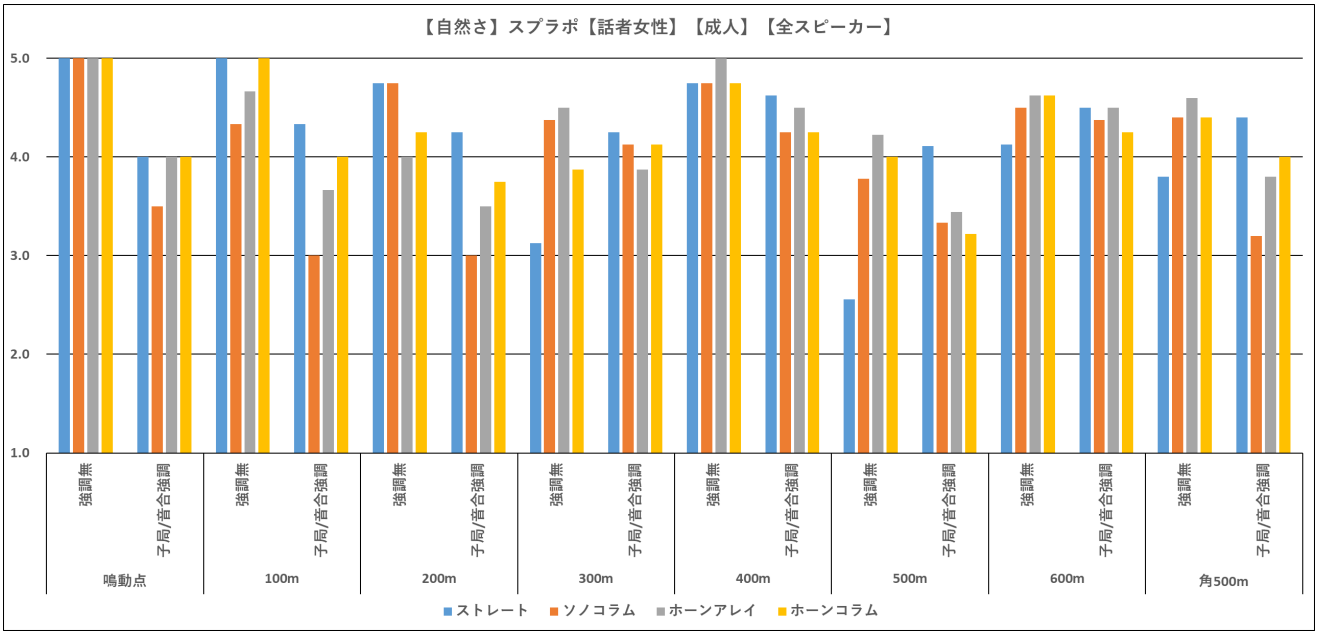


図 169　スピーカー比較【自然さ、スプラポ、女性、成人、全スピーカー】

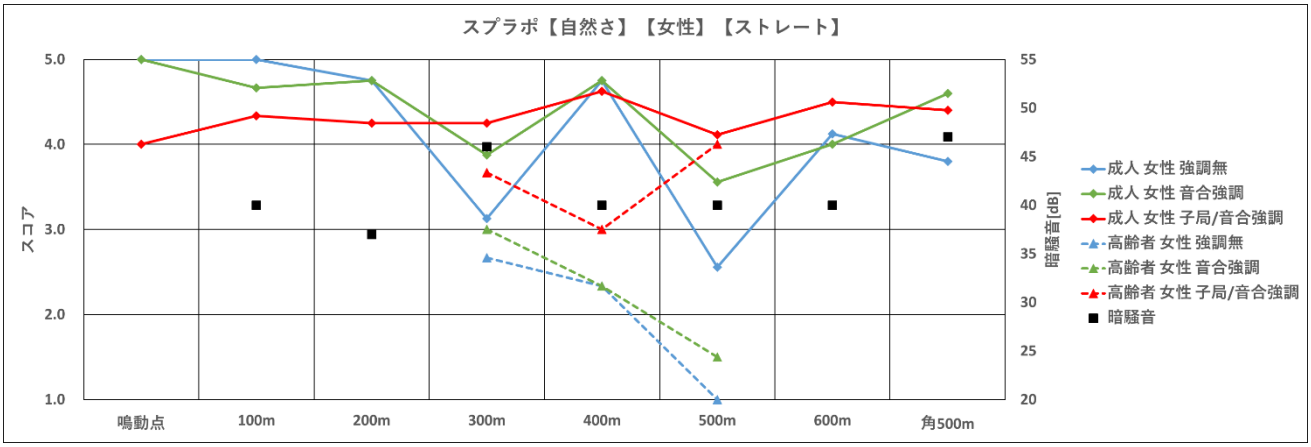


図 170　ストレートホーン【自然さ、スプラポ、女性】

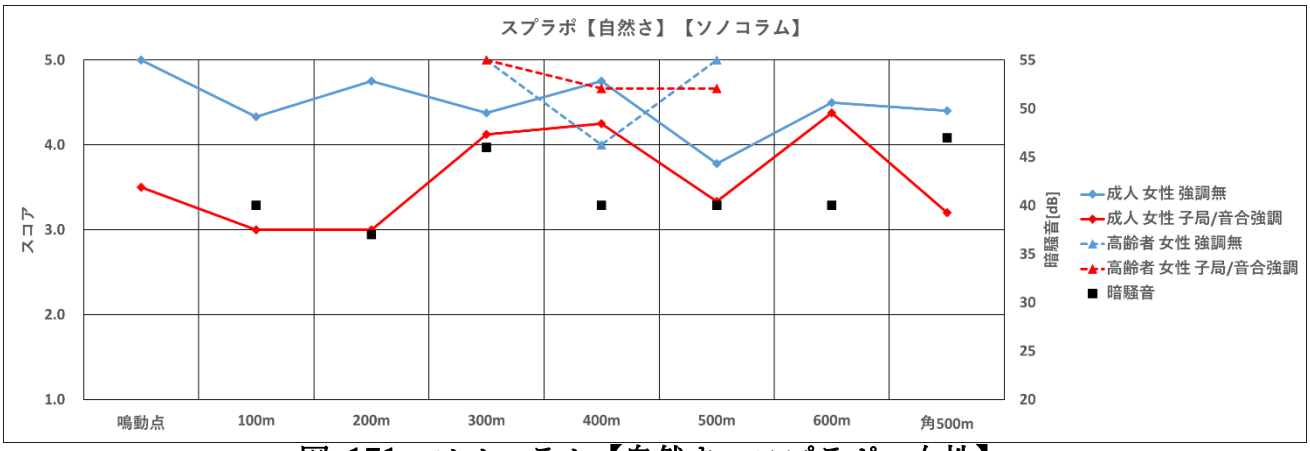


図 171　ソノコラム【自然さ、スプラポ、女性】

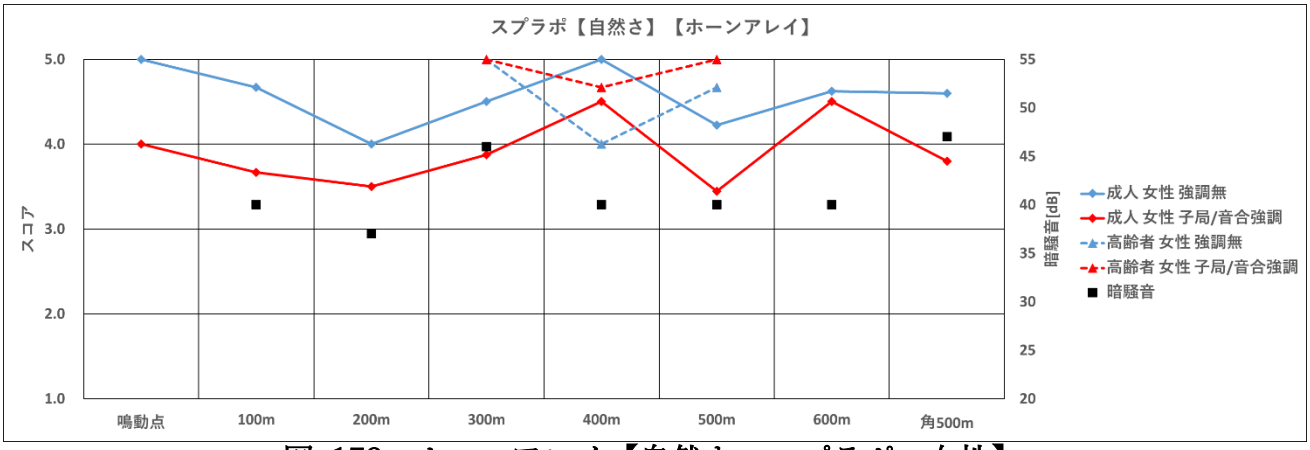


図 172　ホーンアレイ【自然さ、スプラポ、女性】

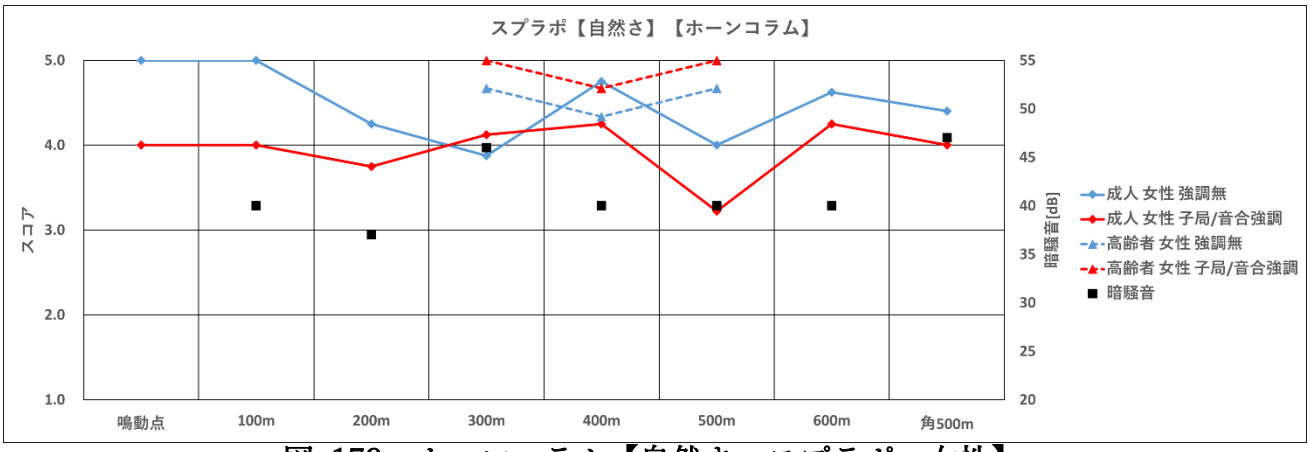


図 173　ホーンコラム【自然さ、スプラポ、女性】

2.2.3.5.1.1.3.2. 稲郷町有地

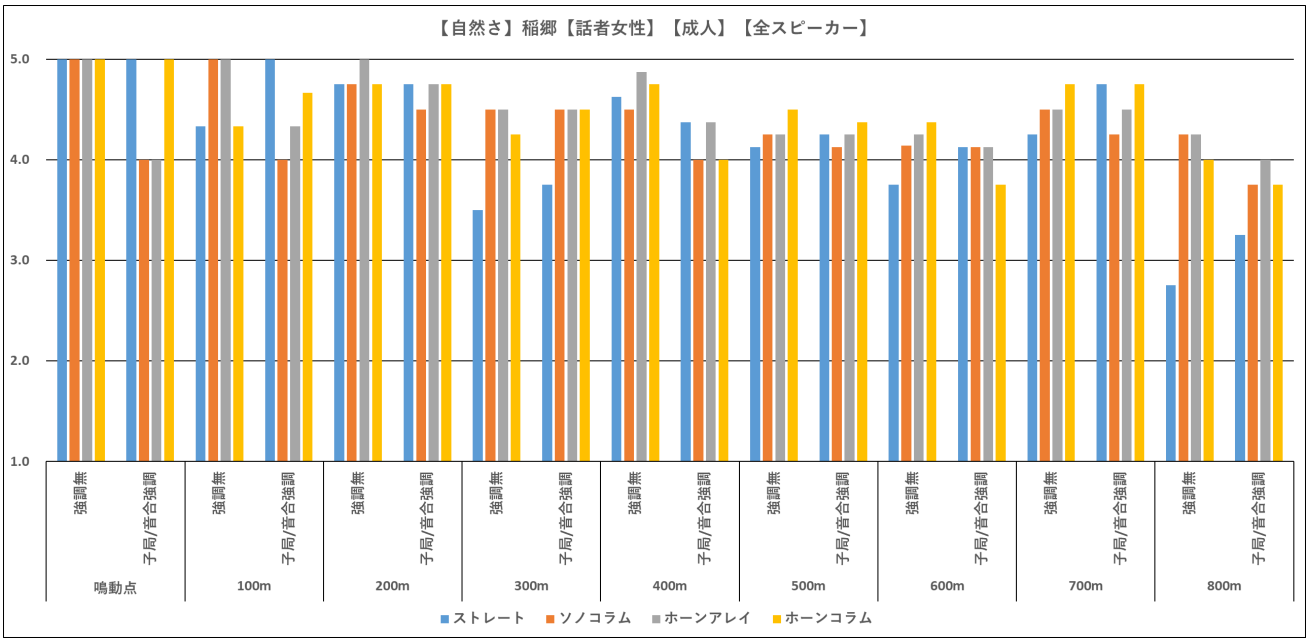


図 174　スピーカー比較【自然さ、稲郷町有地、女性、成人、全スピーカー】

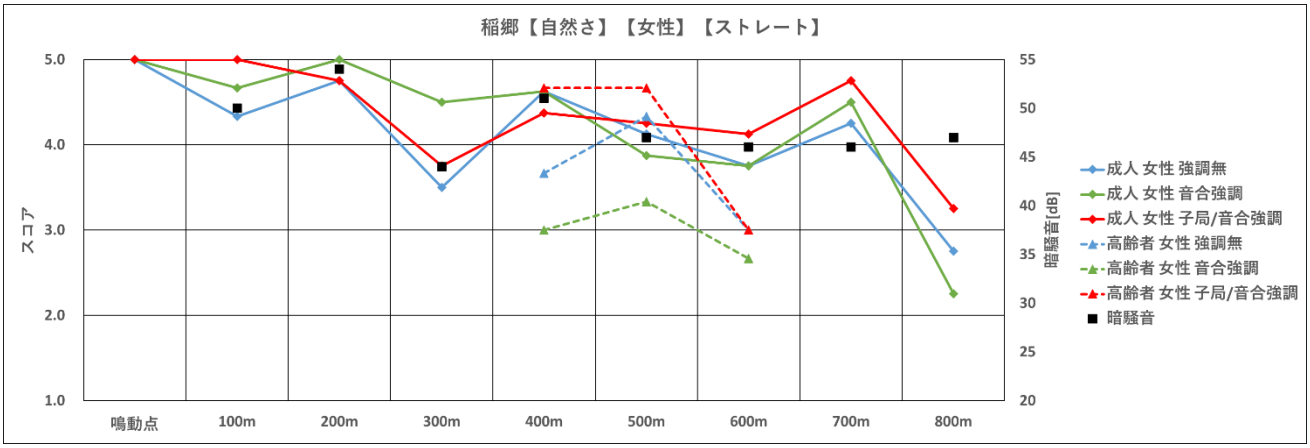


図 175　ストレートホーン【自然さ、稲郷町有地、女性】

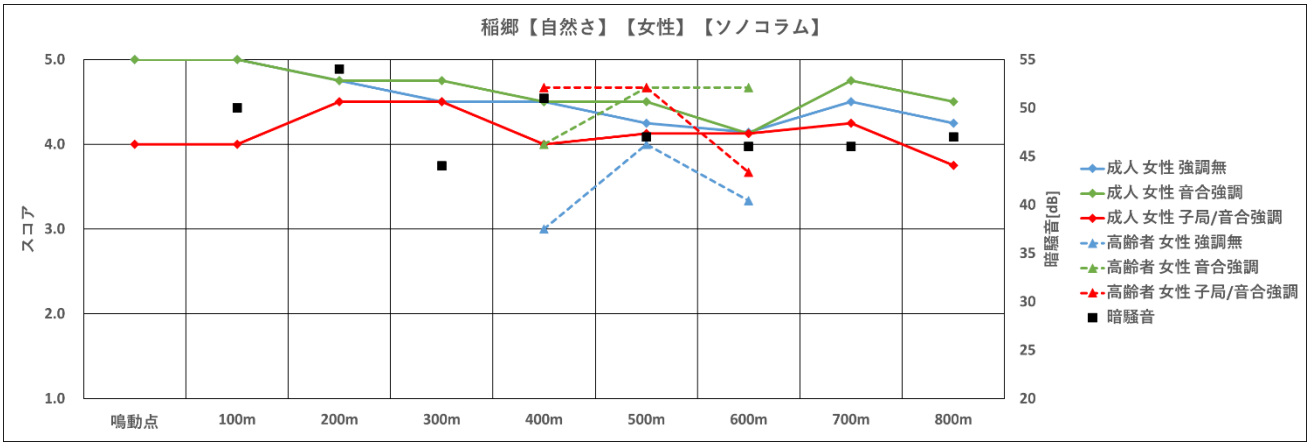


図 176　ソノコラム【自然さ、稲郷町有地、女性】

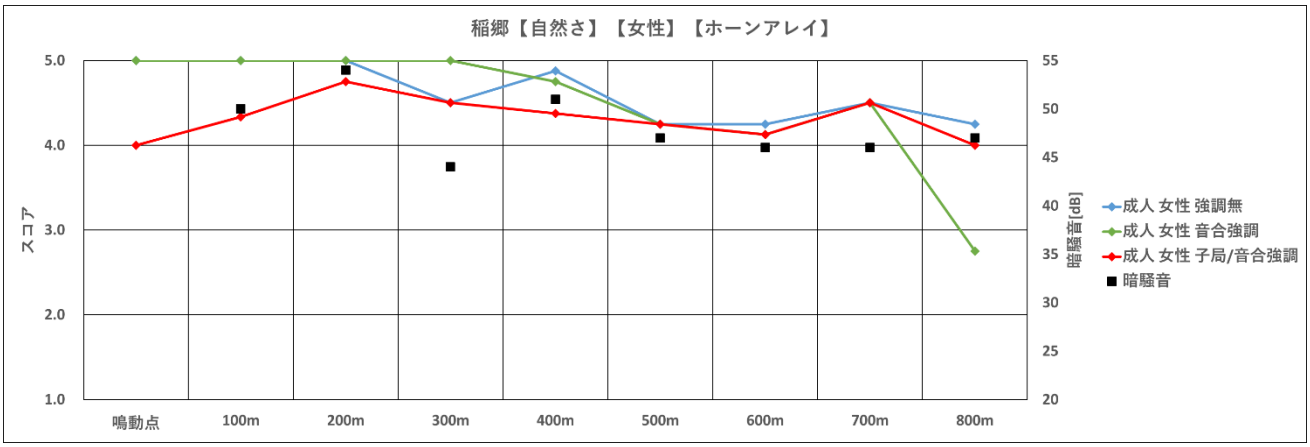


図 177　ホーンアレイ【自然さ、稲郷町有地、女性】

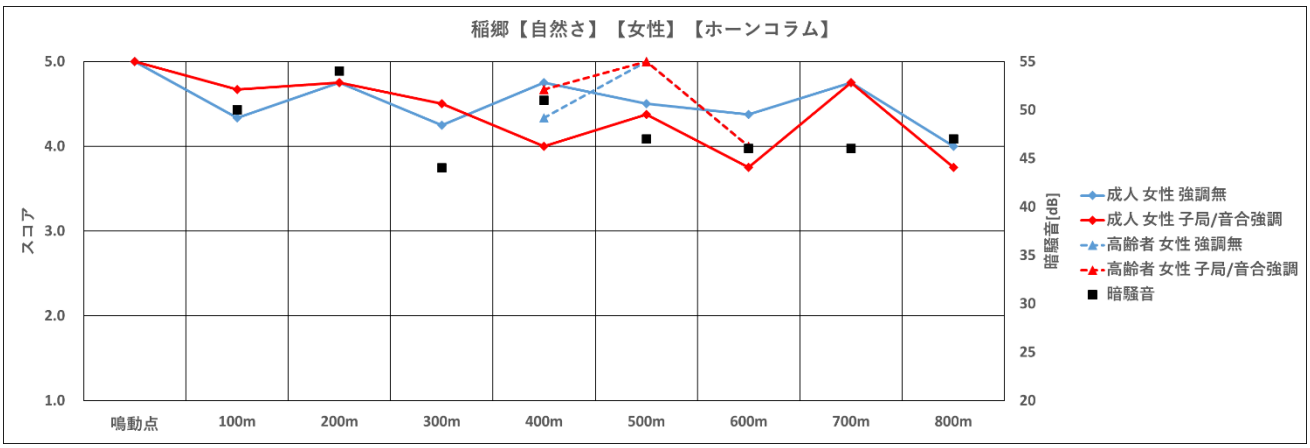


図 178　ホーンコラム【自然さ、稲郷町有地、女性】

2.2.3.5.1.1.3.3. 寄自然休養村

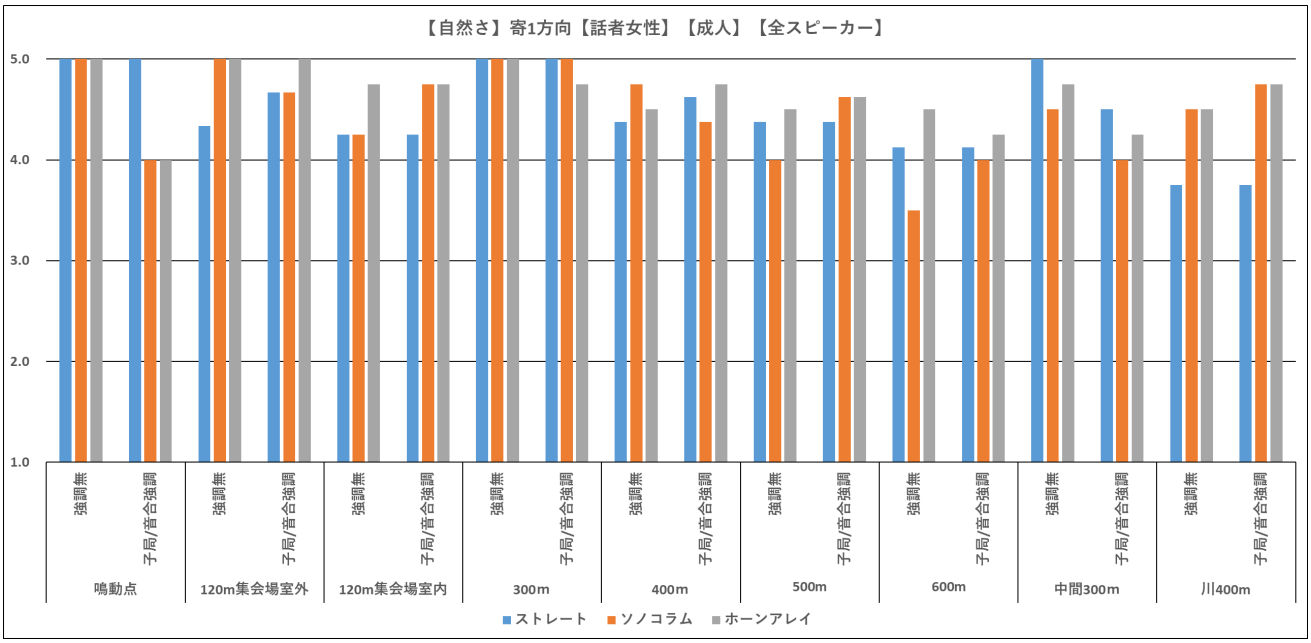


図 179　スピーカー比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人、全スピーカー】

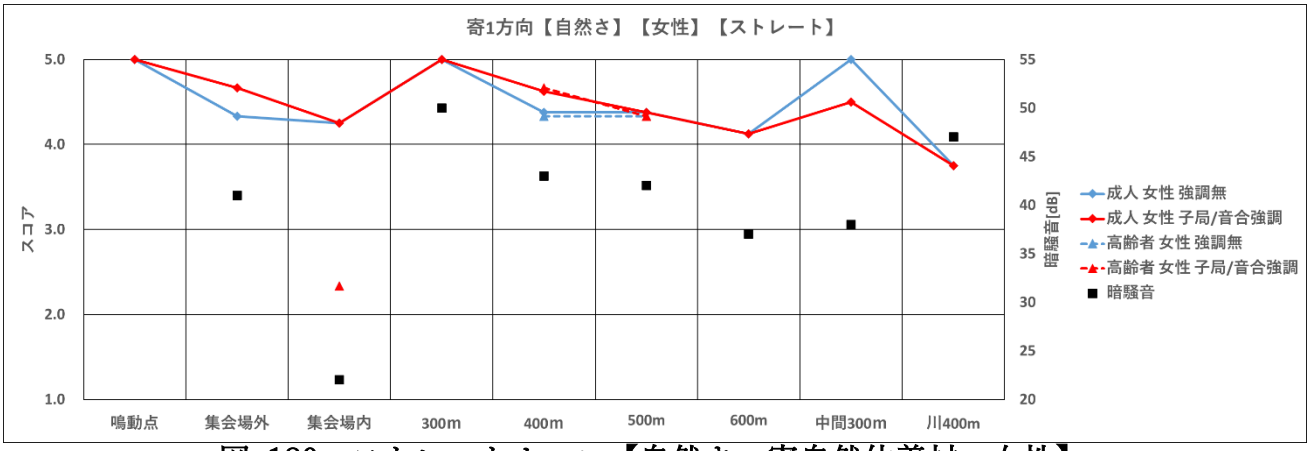


図 180　ストレートホーン【自然さ、寄自然休養村、女性】

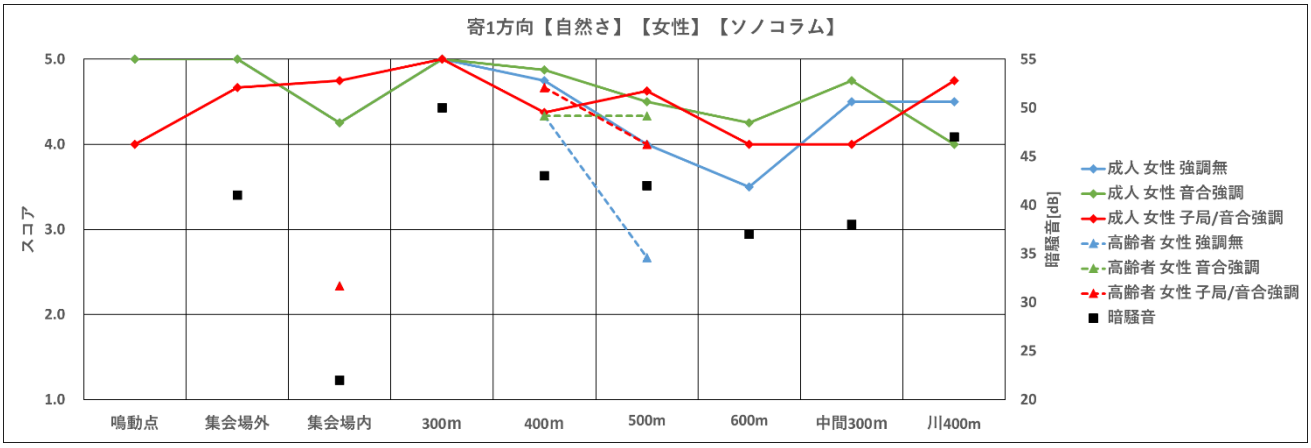


図 181　ソノコラム【自然さ、寄、女性】

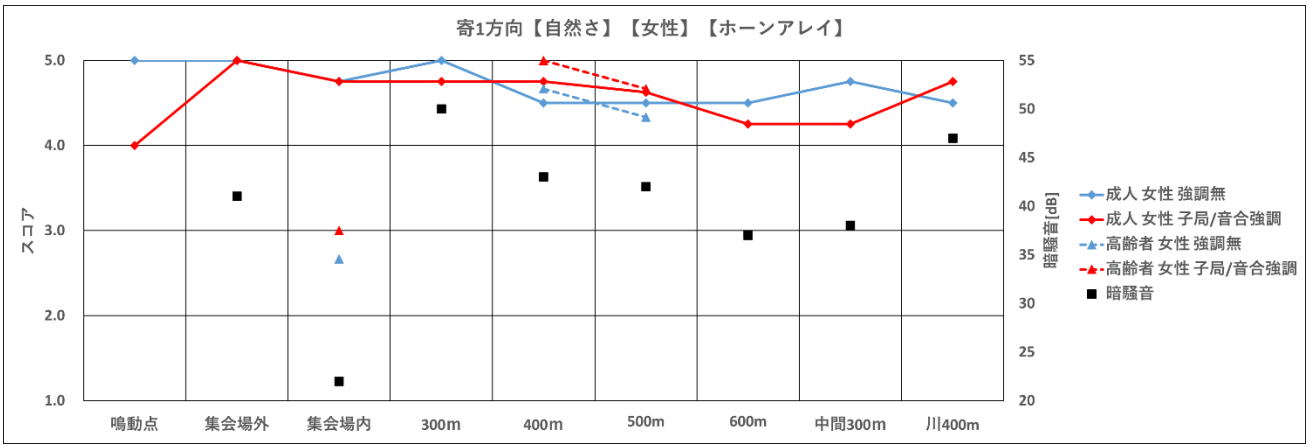


図 182　ホーンアレイ【自然さ、寄自然休養村、女性】

2.2.3.5.1.1.4. 音の大きさ

2.2.3.5.1.1.4.1. スプラポ

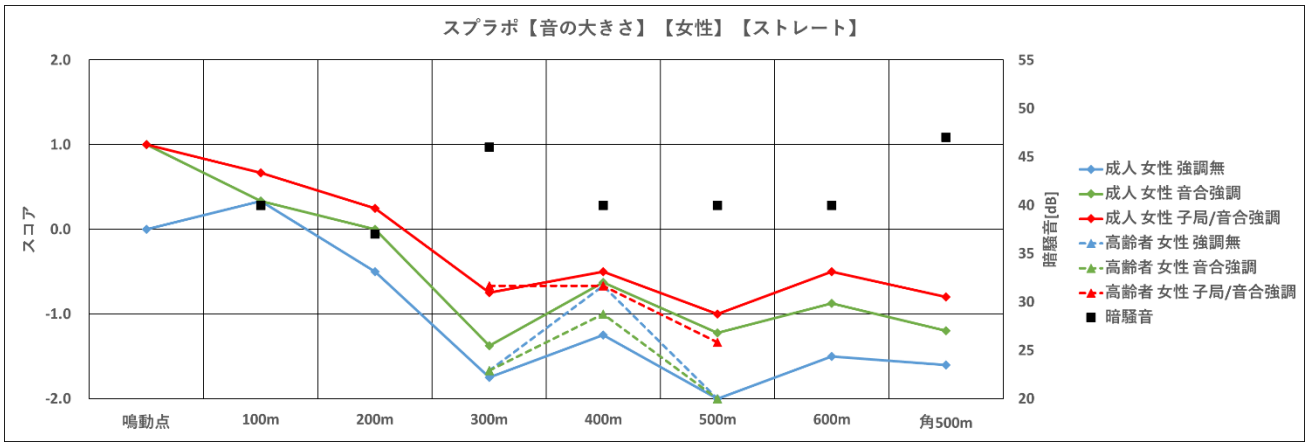


図 183　ストレートホーン【音の大きさ、スプラポ、女性】

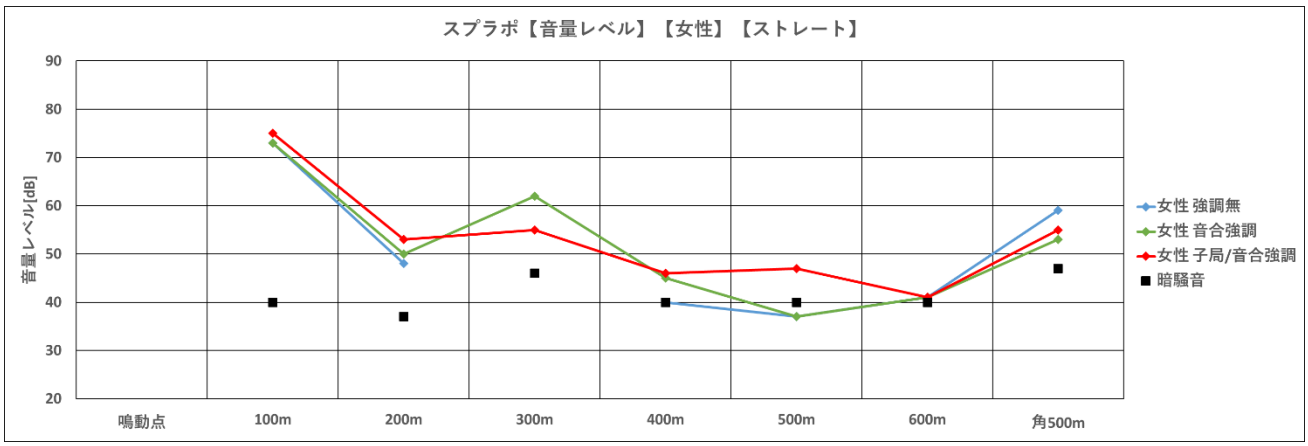


図 184　ストレートホーン【音量レベル、スプラポ、女性】

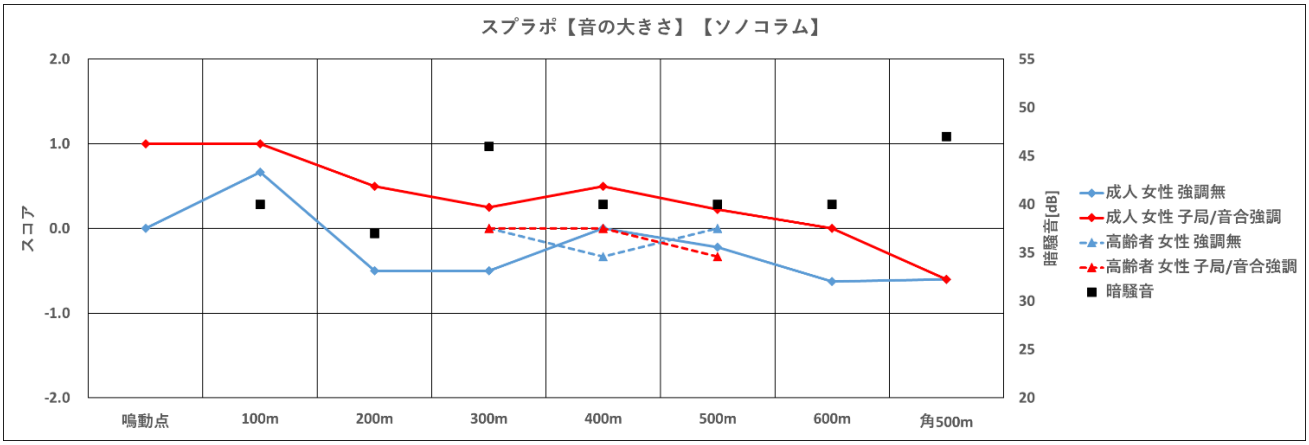


図 185　ソノコラム【音の大きさ、スプラポ、女性】

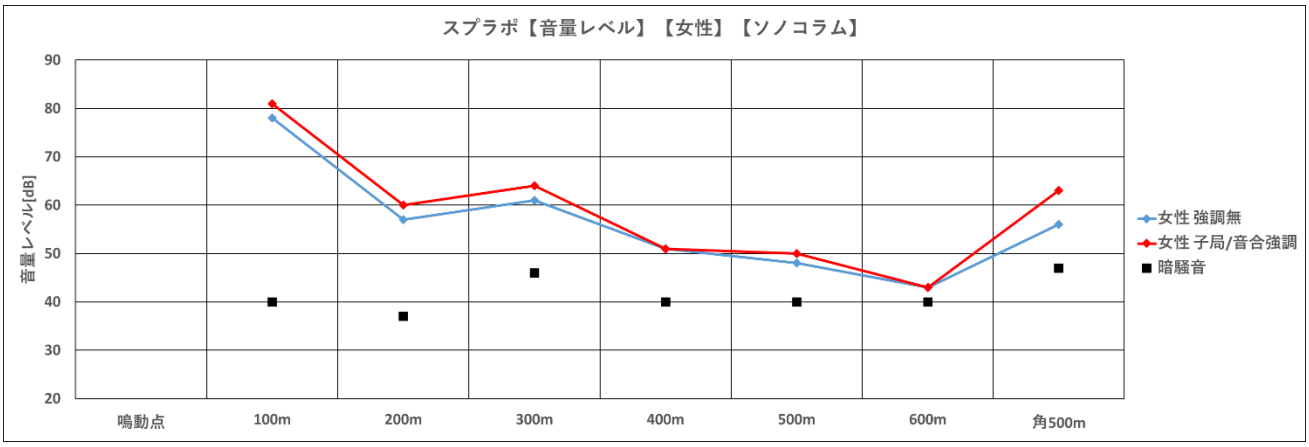


図 186　ソノコラム【音量レベル、スプラポ、女性】

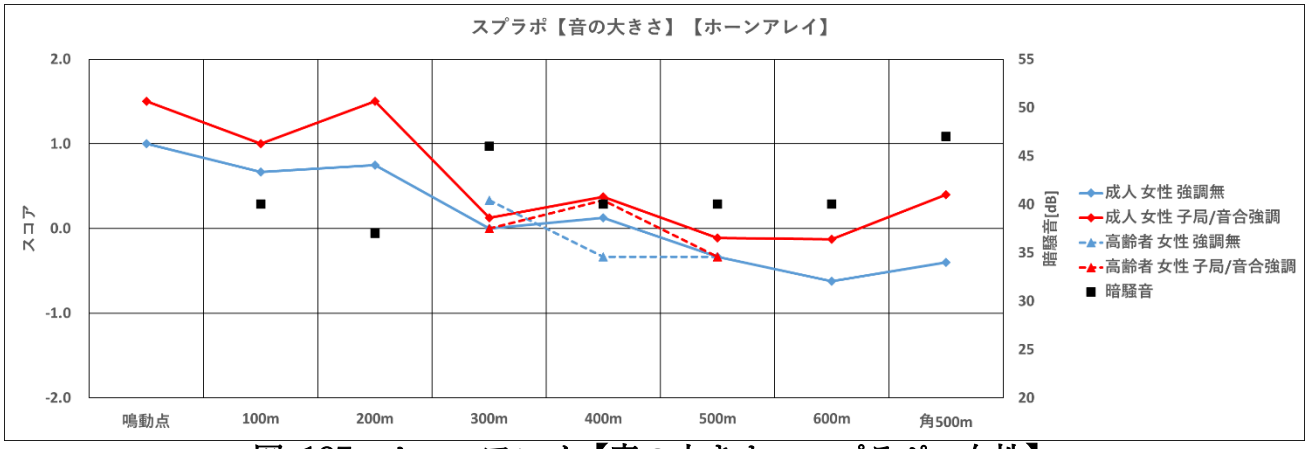


図 187　ホーンアレイ【音の大きさ、スプラポ、女性】

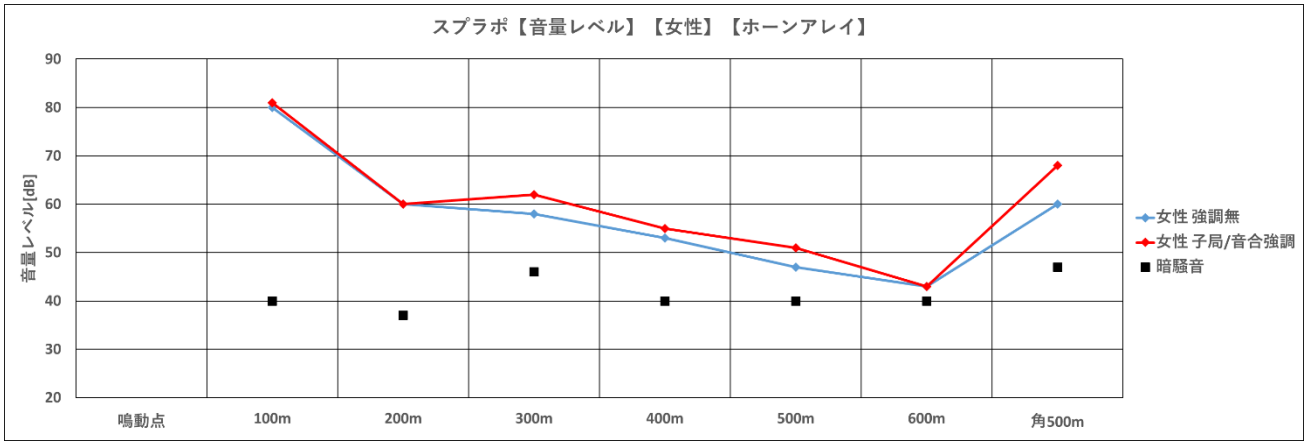


図 188　ホーンアレイ【音量レベル、スプラポ、女性】

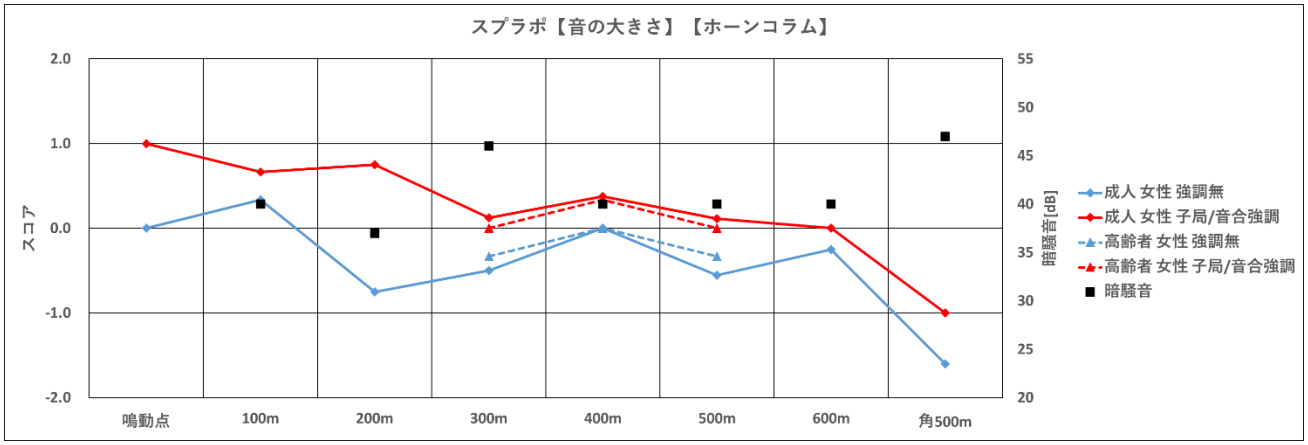


図 189　ホーンコラム【音の大きさ、スプラポ、女性】

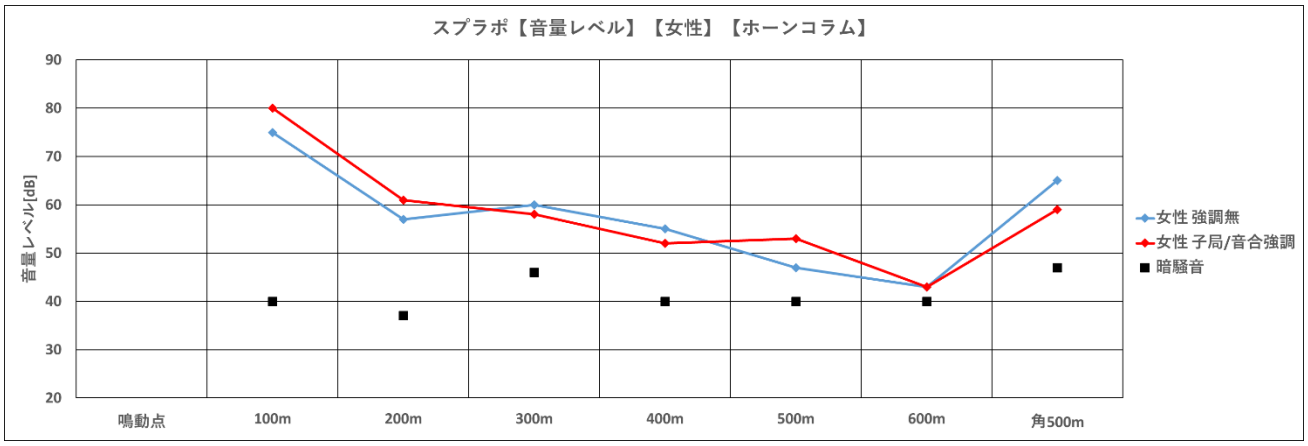


図 190　ホーンコラム【音量レベル、スプラポ、女性】

2.2.3.5.1.1.4.2. 稲郷町有地

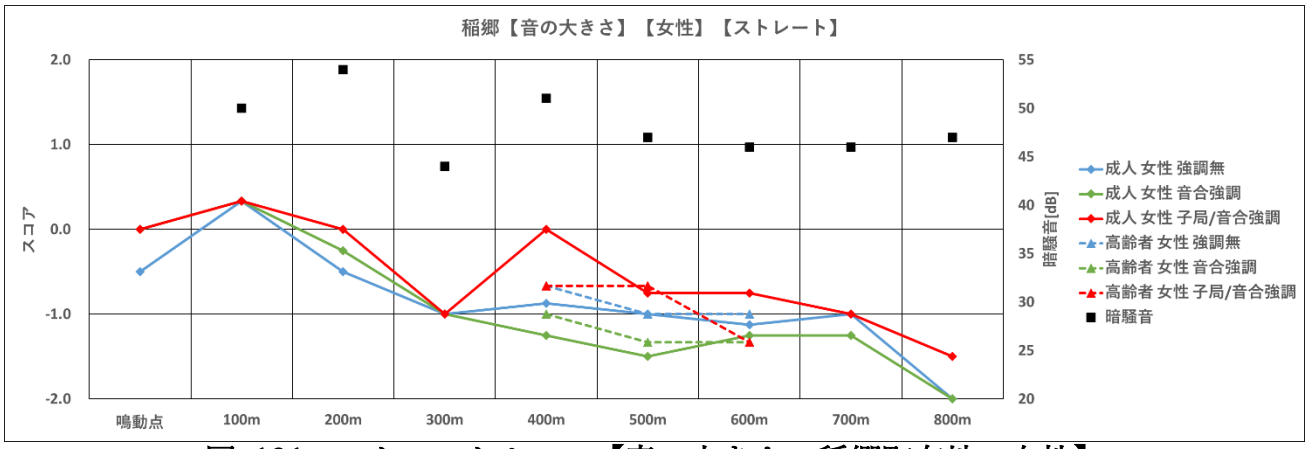


図 191　ストレートホーン【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

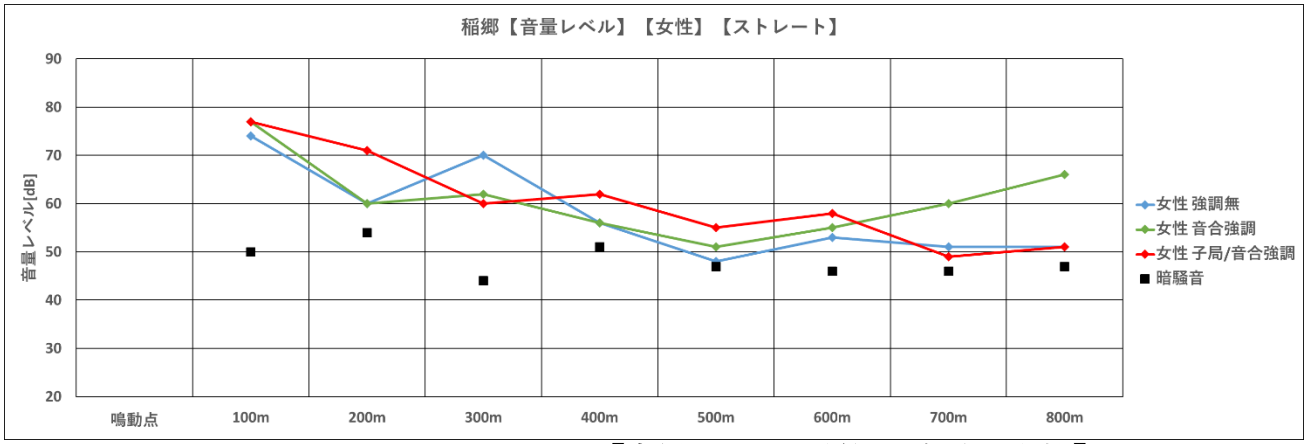


図 192　ストレートホーン【音量レベル、稲郷町有地、女性】

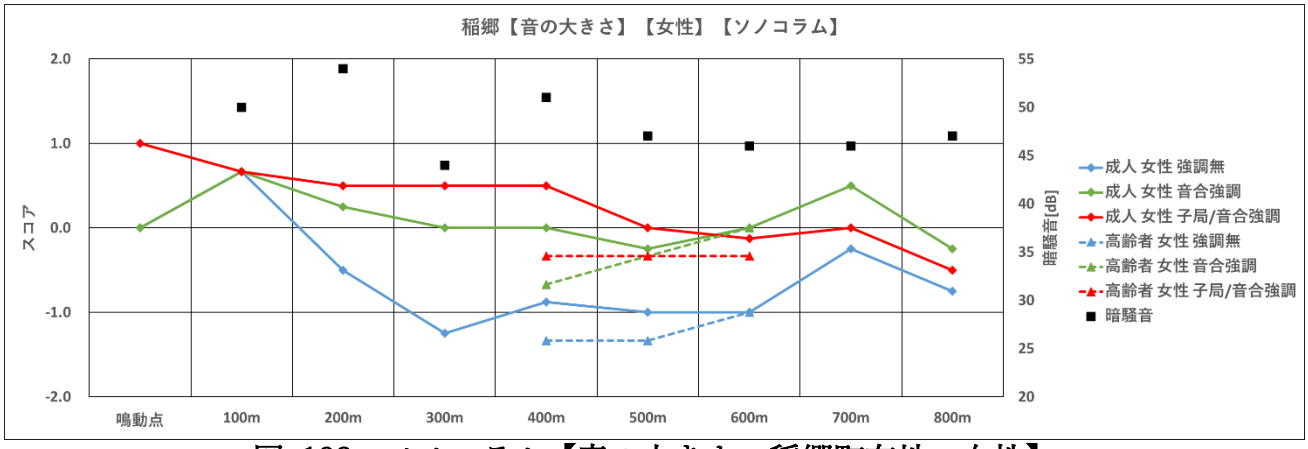


図 193　ソノコラム【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

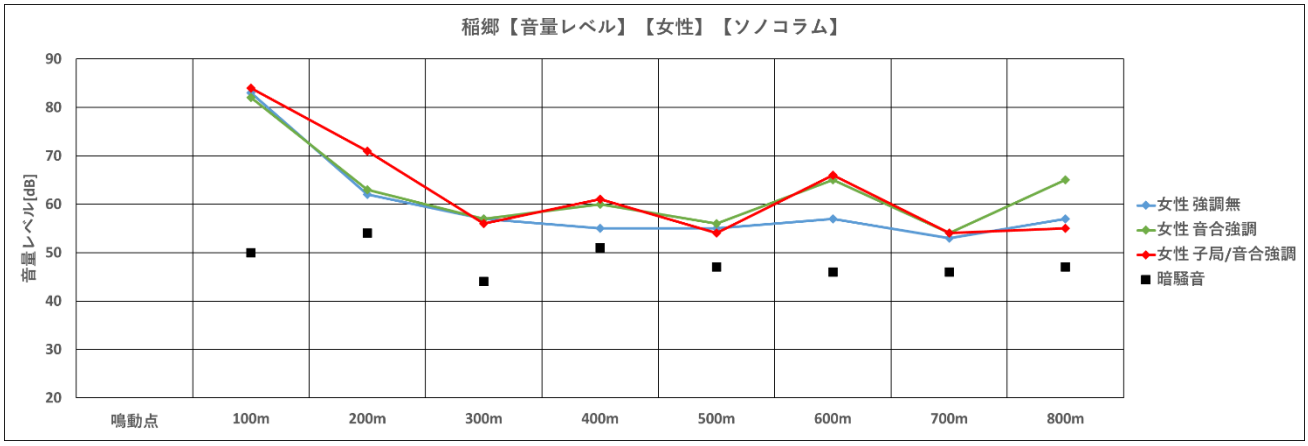


図 194　ソノコラム【音量レベル、稲郷町有地、女性】

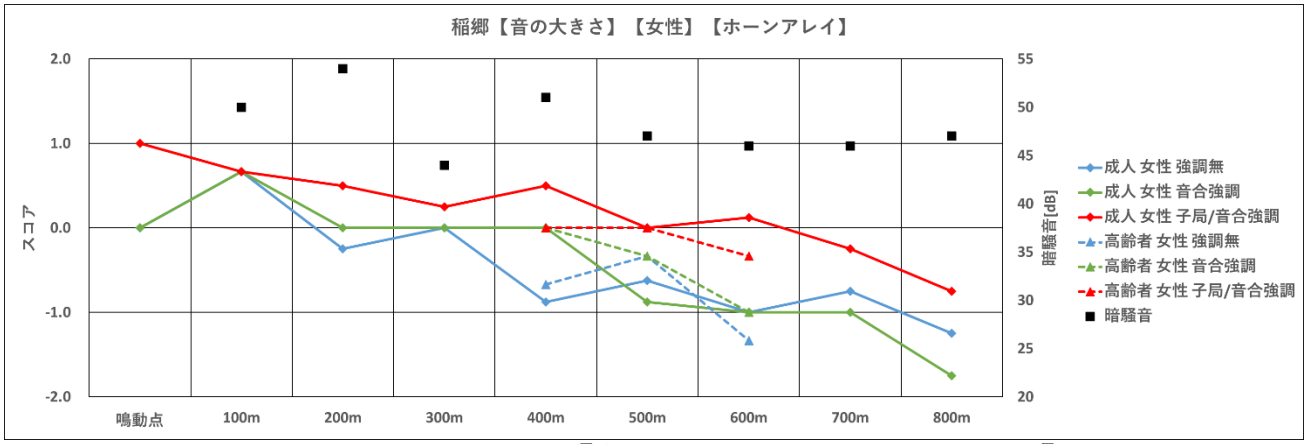


図 195　ホーンアレイ【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

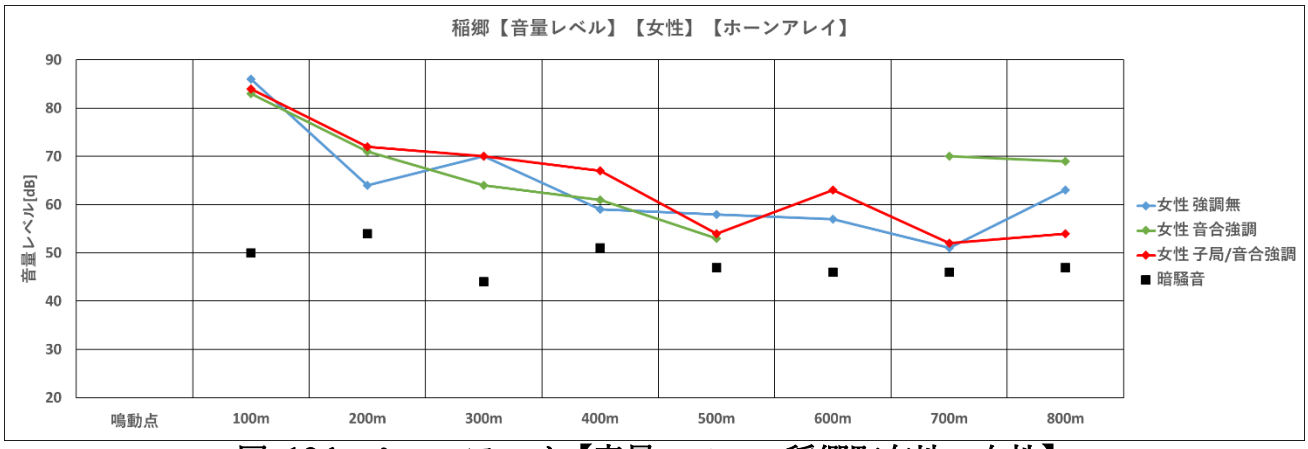


図 196　ホーンアレイ【音量レベル、稲郷町有地、女性】

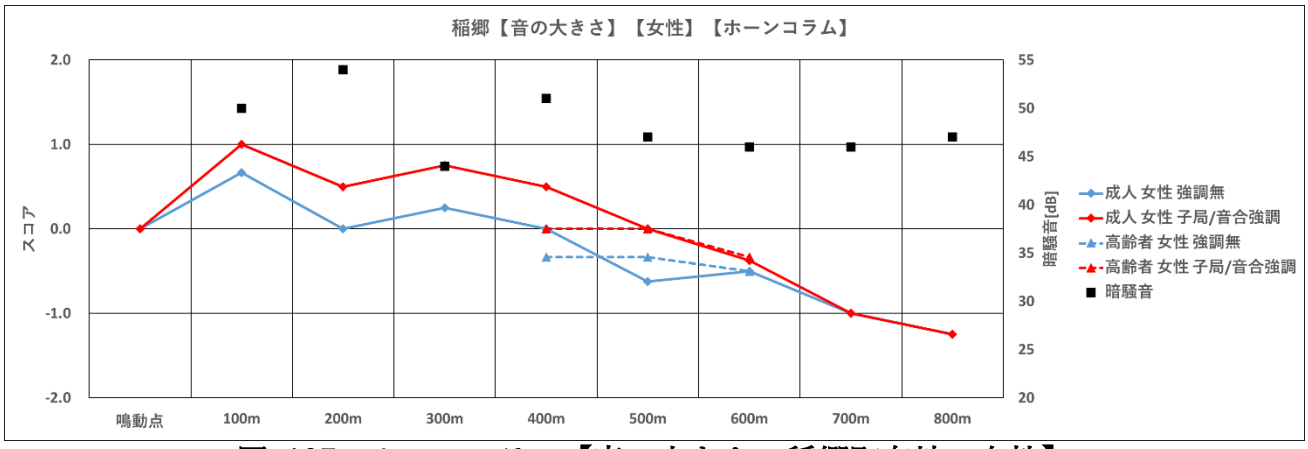


図 197　ホーンコラム【音の大きさ、稲郷町有地、女性】

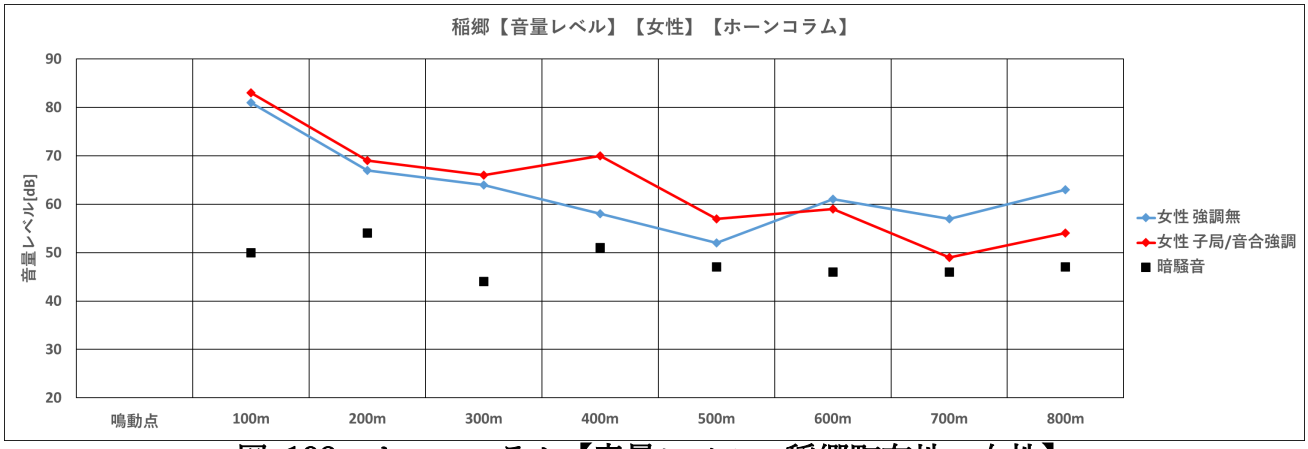


図 198　ホーンコラム【音量レベル、稲郷町有地、女性】

2.2.3.5.1.1.4.3. 寄自然休養村

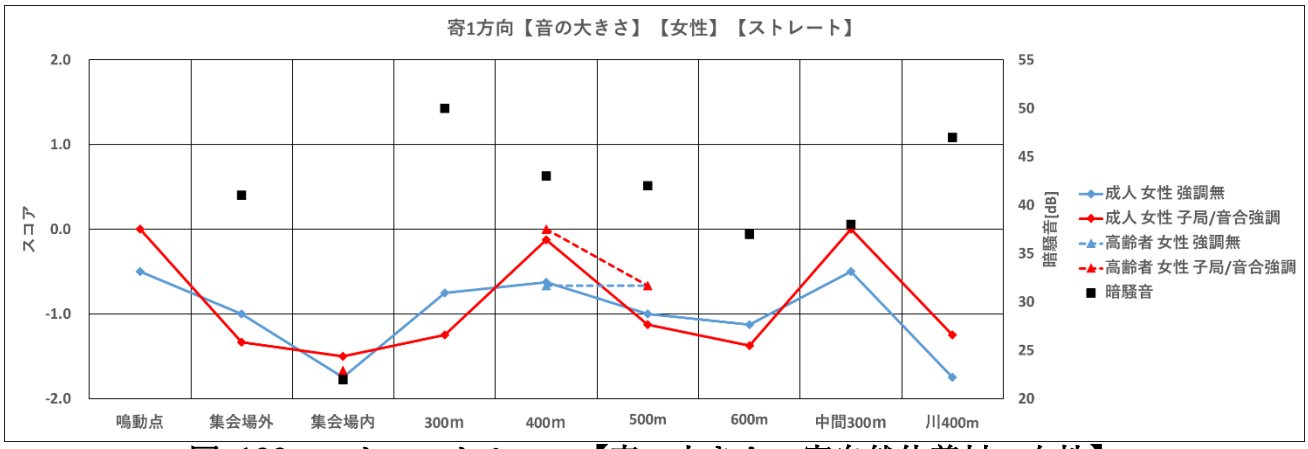


図 199　ストレートホーン【音の大きさ、寄自然休養村、女性】

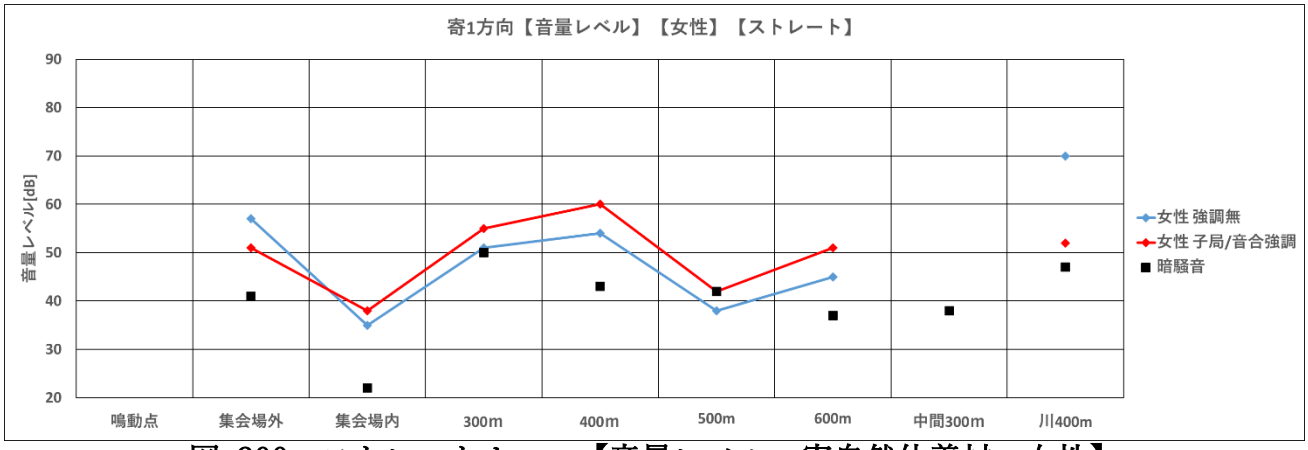


図 200　ストレートホーン【音量レベル、寄自然休養村、女性】

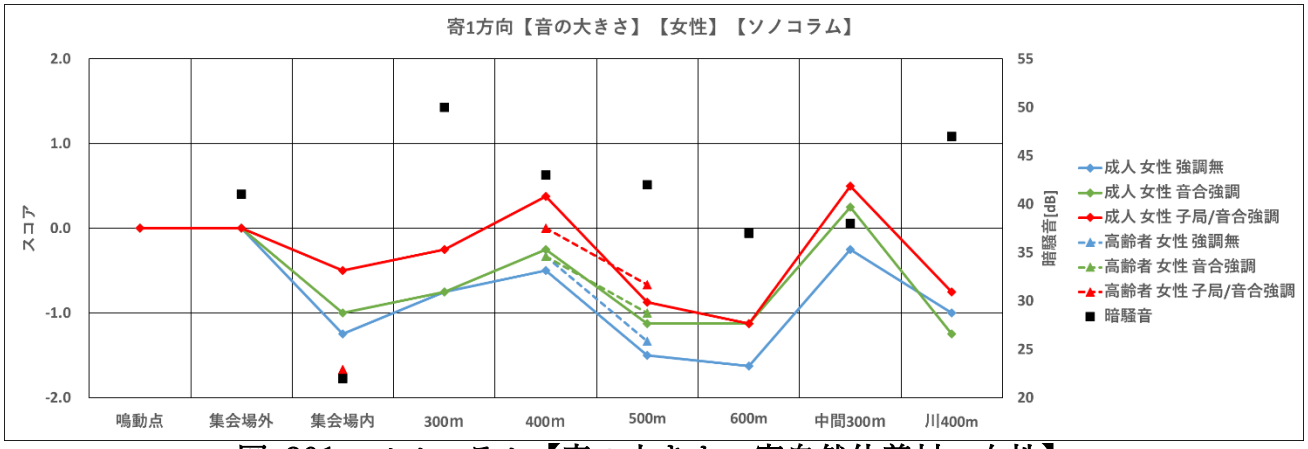


図 201　ソノコラム【音の大きさ、寄自然休養村、女性】

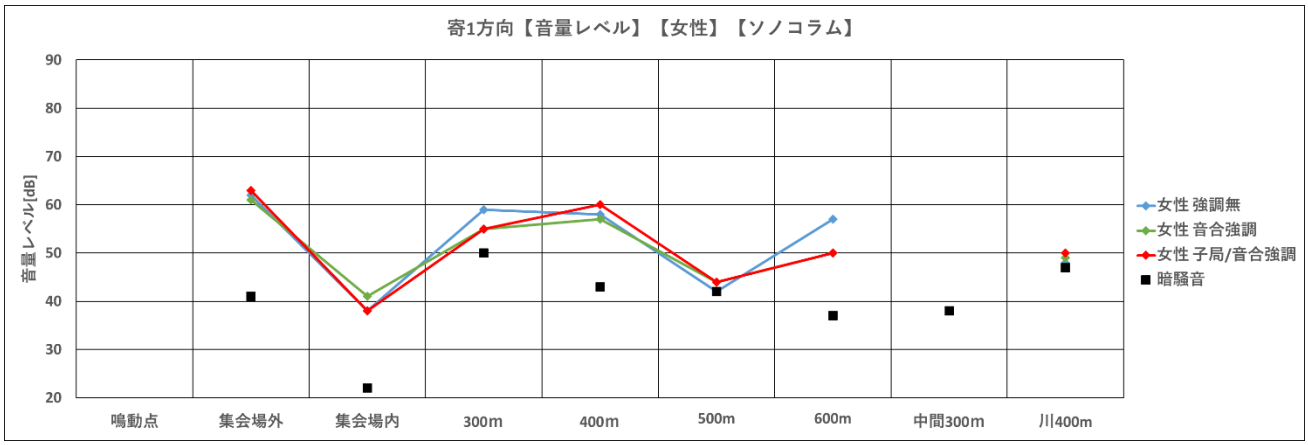


図 202　ソノコラム【音量レベル、寄自然休養村、女性】

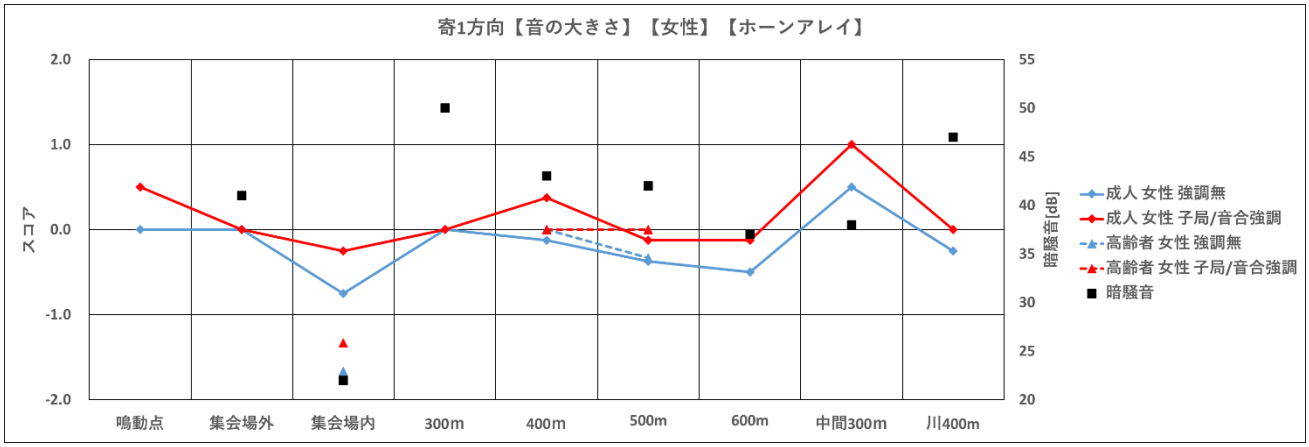


図 203　ホーンアレイ【音の大きさ、寄自然休養村、女性】

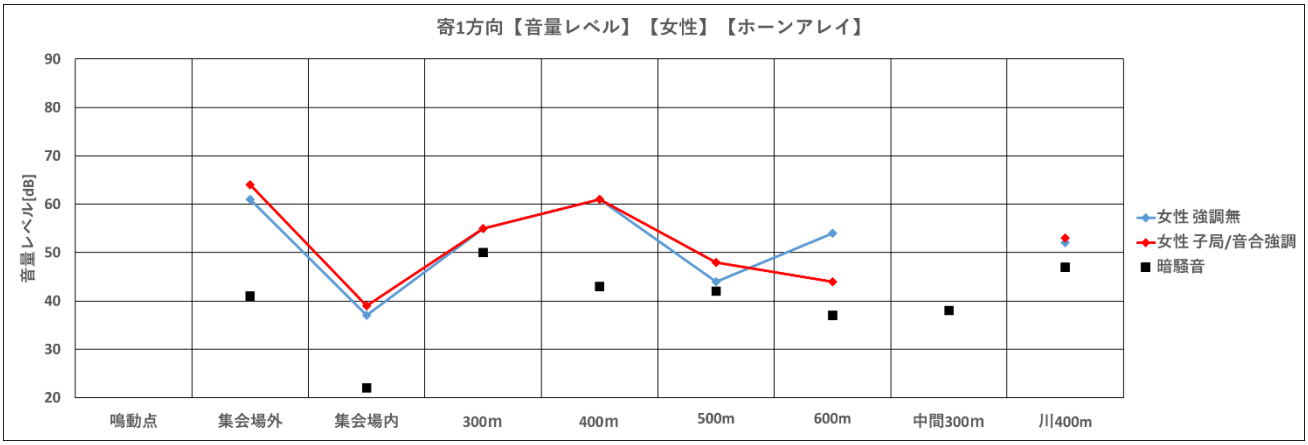


図 204　ホーンアレイ【音量レベル、寄、女性】

2.2.3.5.1.1.4.4. 音量レベル

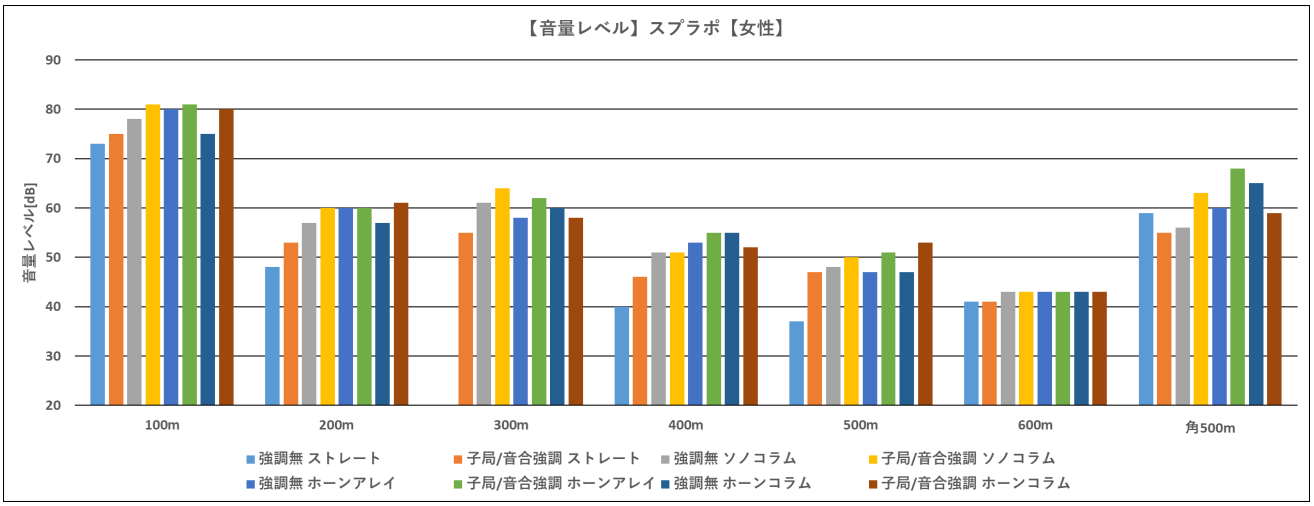


図 205　スピーカー比較【音量レベル、スプラポ、女性】

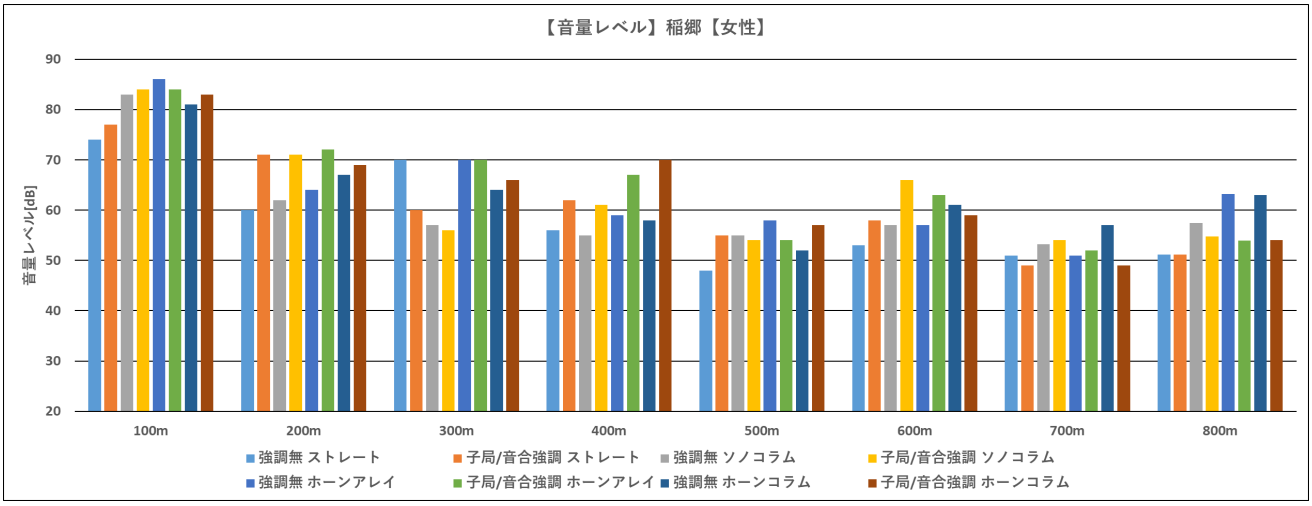


図 206　スピーカー比較【音量レベル、稲郷町有地、女性】

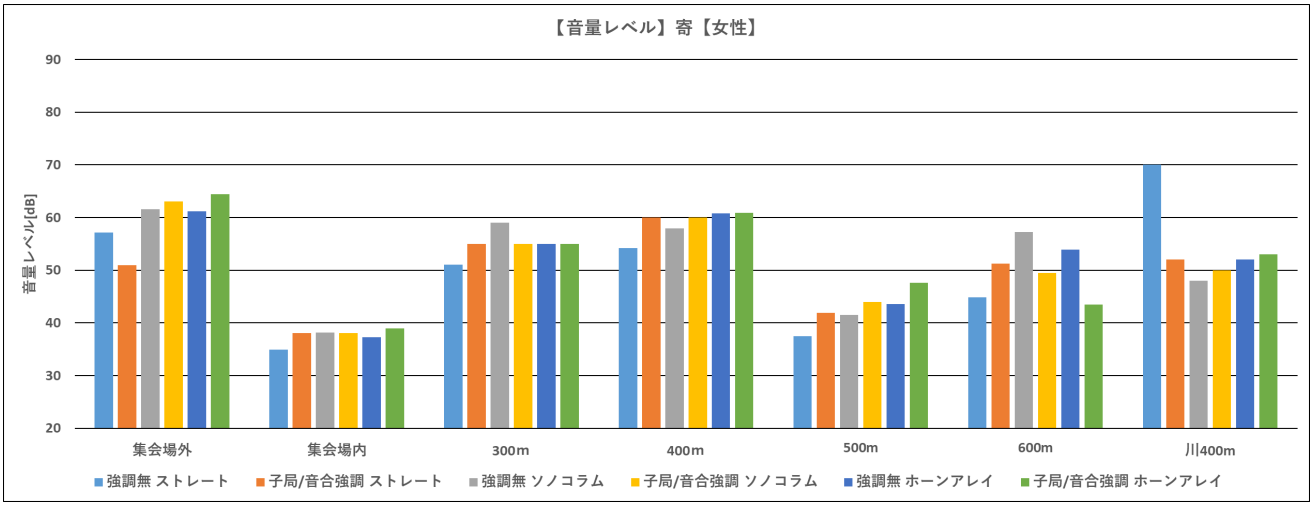


図 207　スピーカー比較【音量レベル、寄自然休養村、女性】

2.2.3.5.1.2. 成人と高齢者の違い

2.2.3.5.1.2.1. 了解度

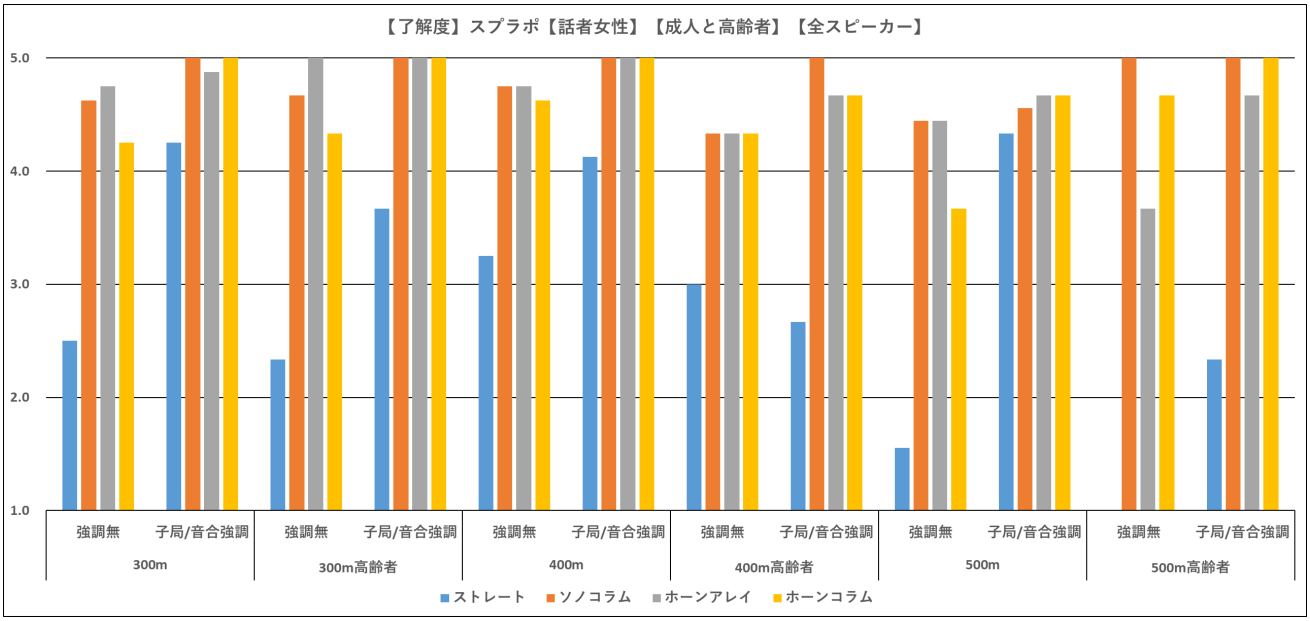


図 208　成人と高齢者【了解度、スプラポ、女性、全スピーカー】

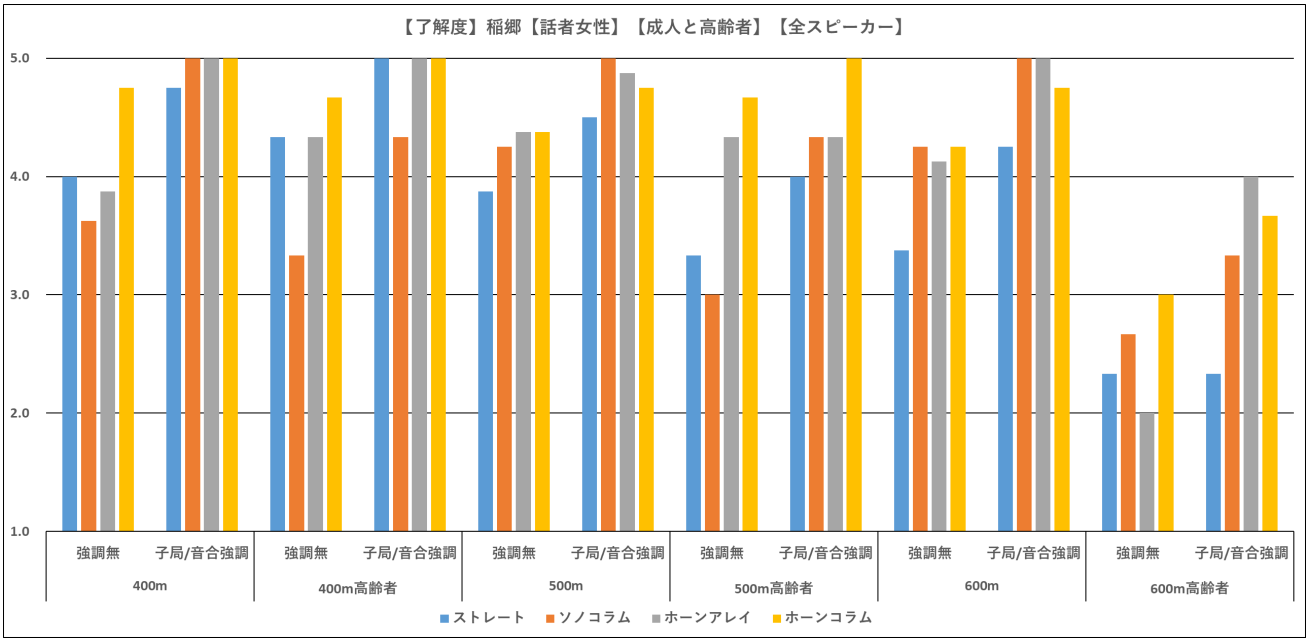


図 209　成人と高齢者【了解度、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

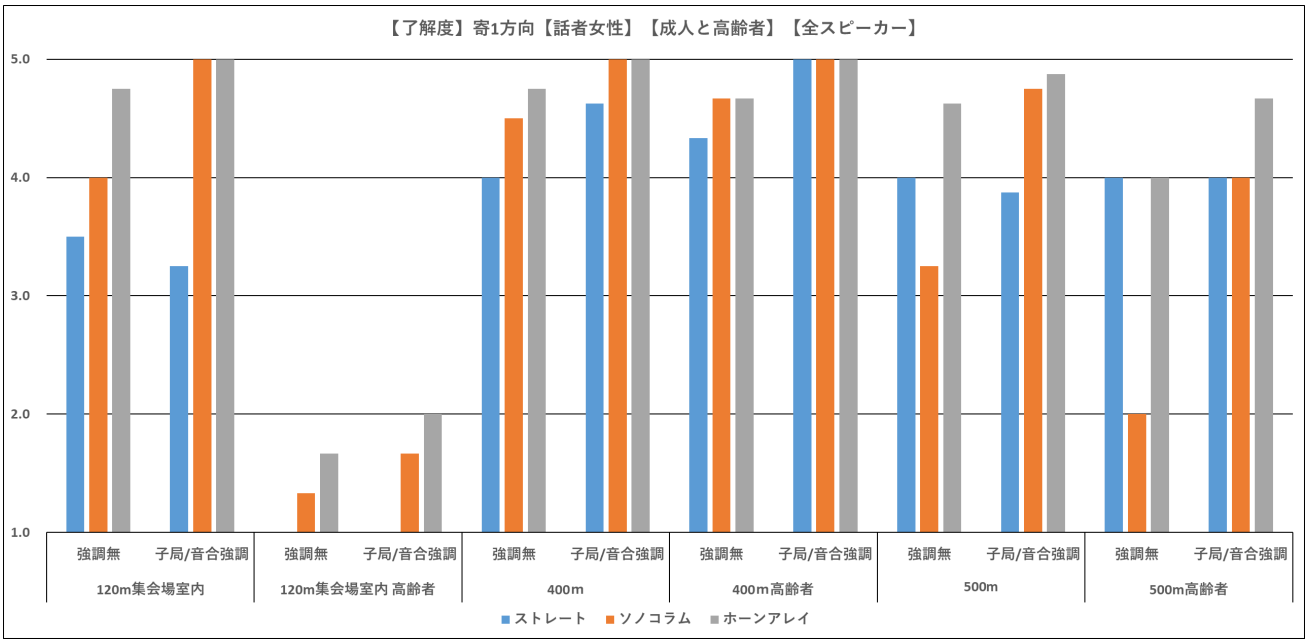


図 210　成人と高齢者【了解度、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.2.2. 聞き取りにくさ

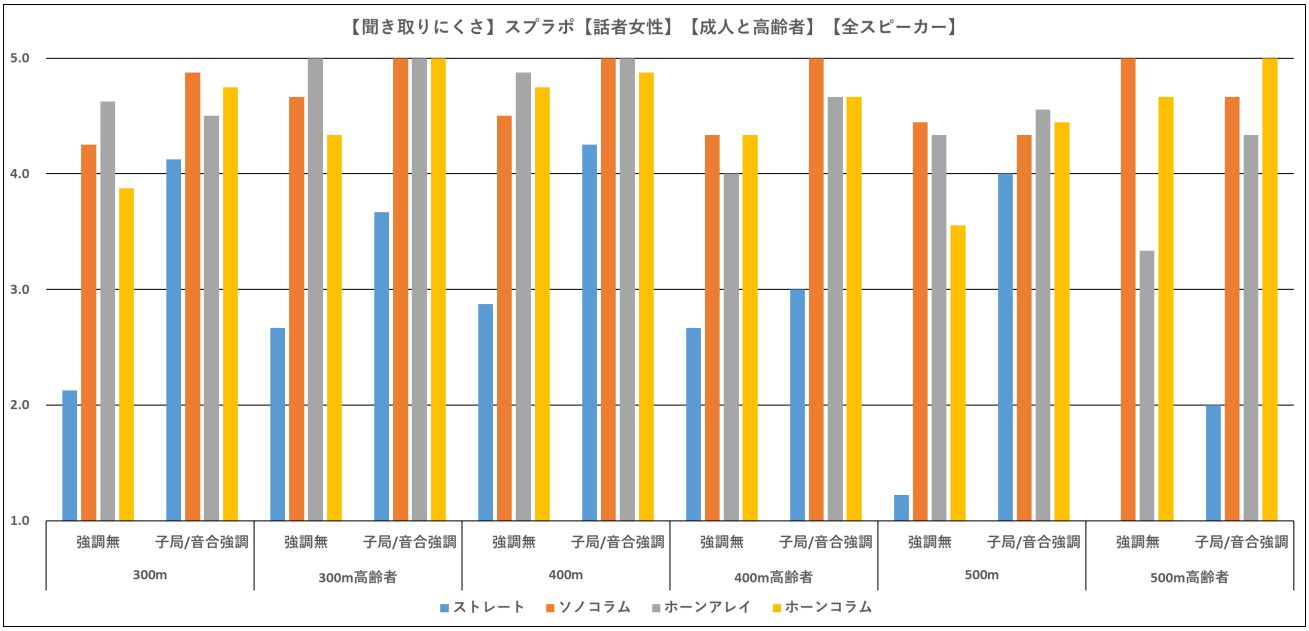


図 211　成人と高齢者【聞き取りにくさ、スプラポ、女性、全スピーカー】

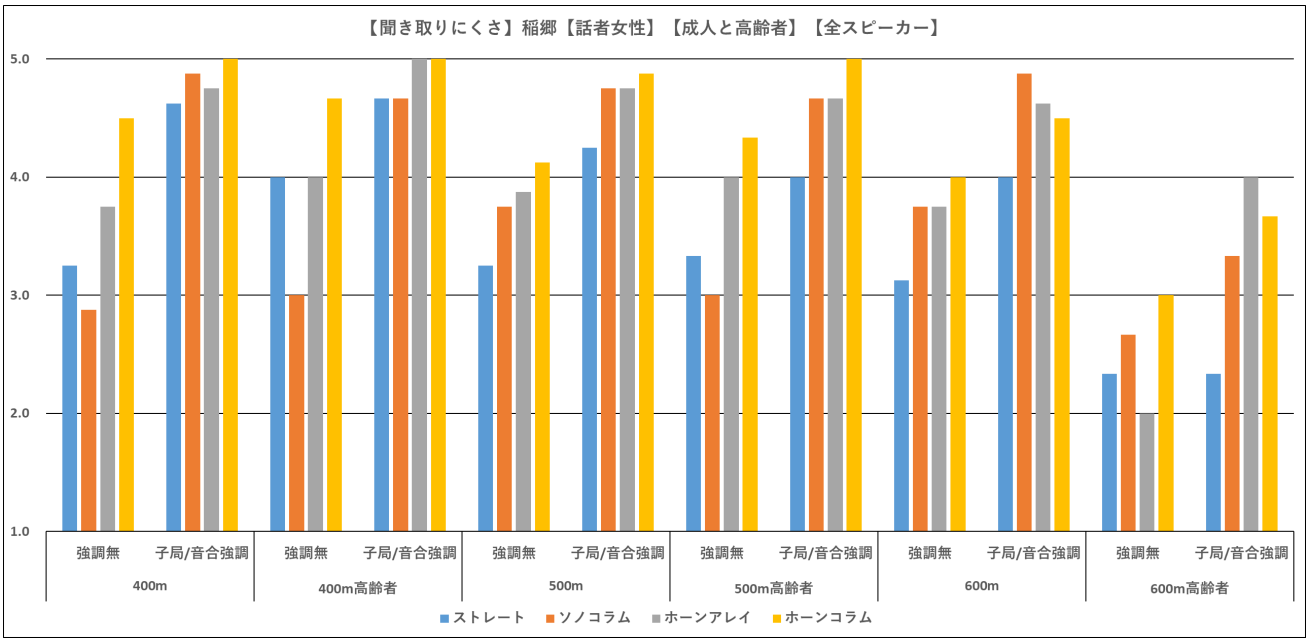


図 212　成人と高齢者【聞き取りにくさ、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

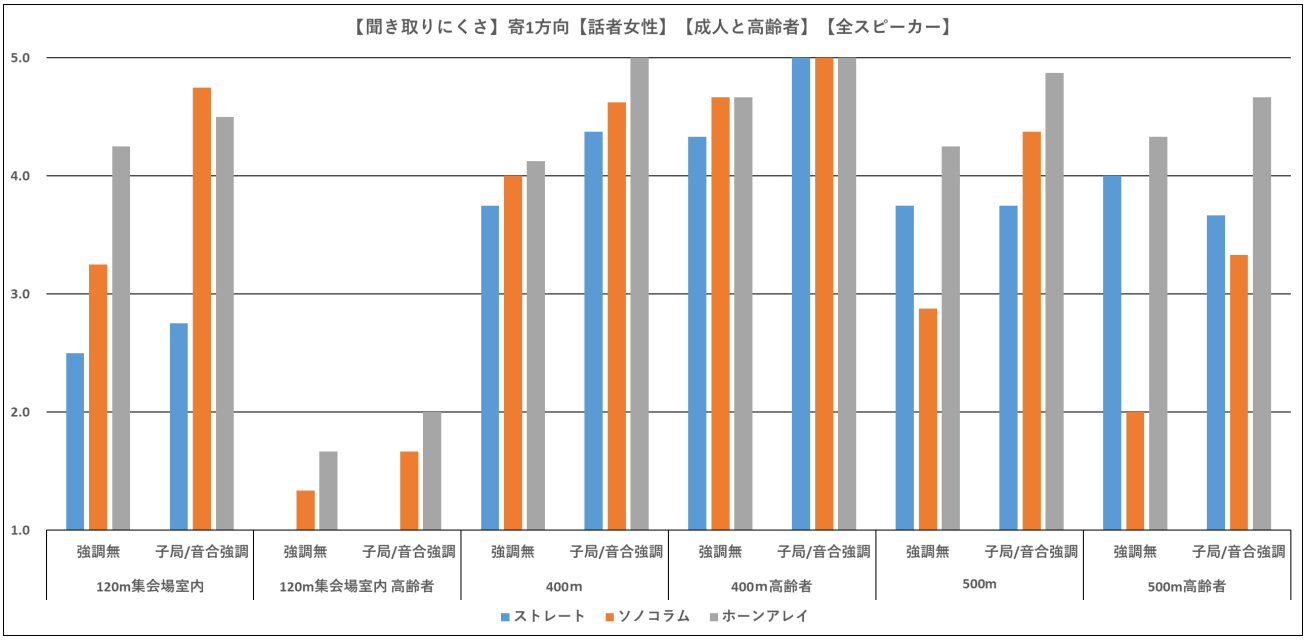


図 213　成人と高齢者【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.2.3. 自然さ

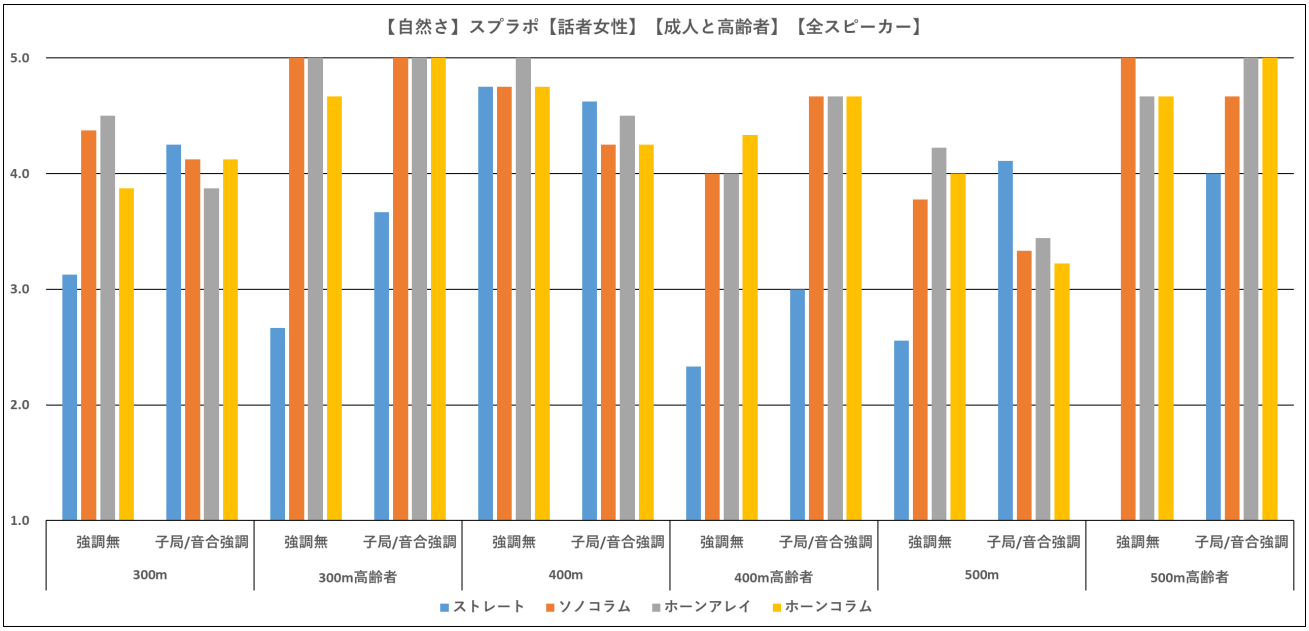


図 214　成人と高齢者【自然さ、スプラポ、女性、全スピーカー】

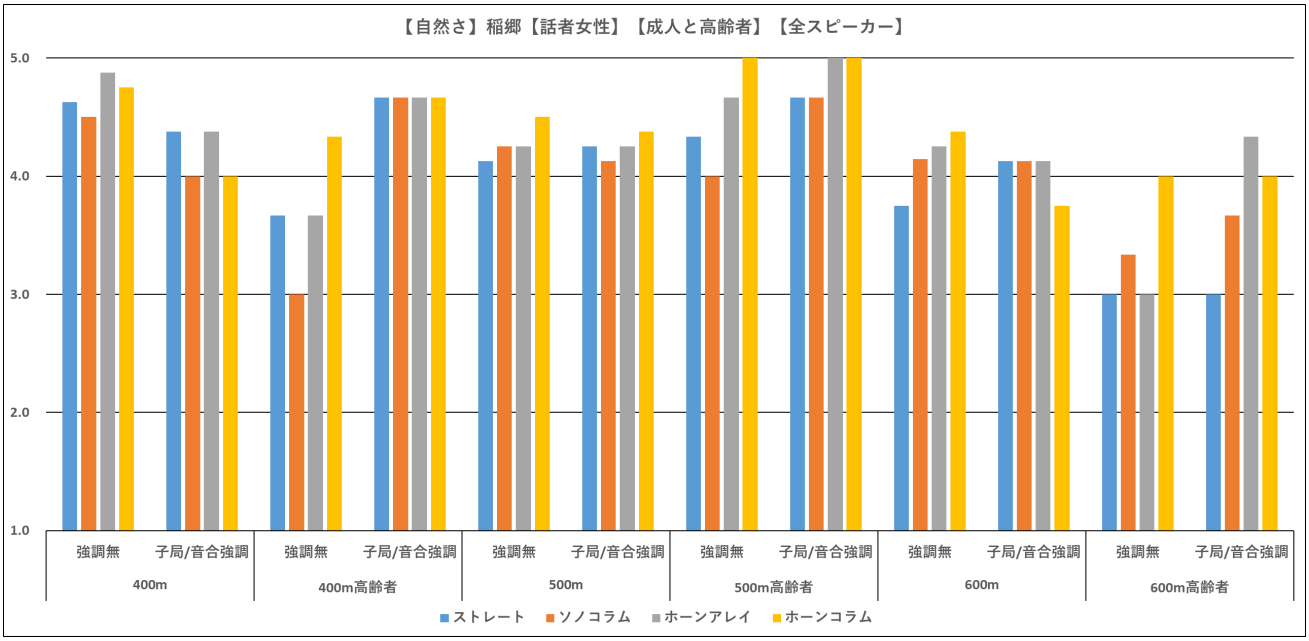


図 215　成人と高齢者【自然さ、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

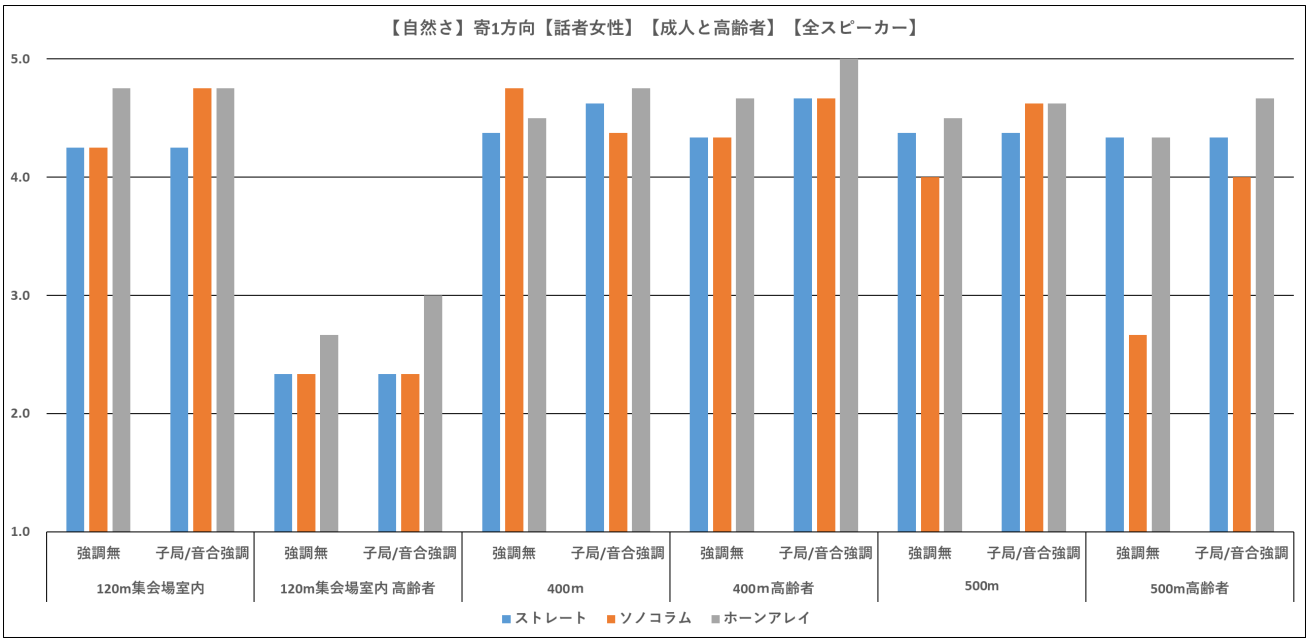


図 216　成人と高齢者【自然さ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.2.4. 音の大きさ

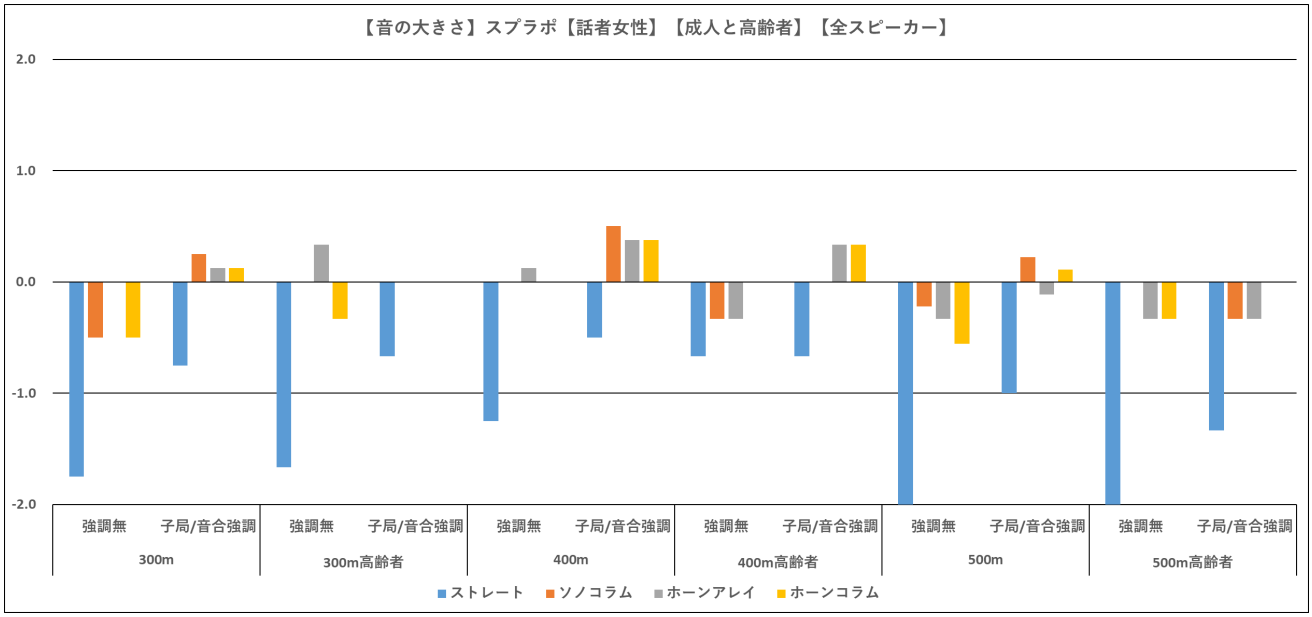


図 217　成人と高齢者【音の大きさ、スプラポ、女性、全スピーカー】

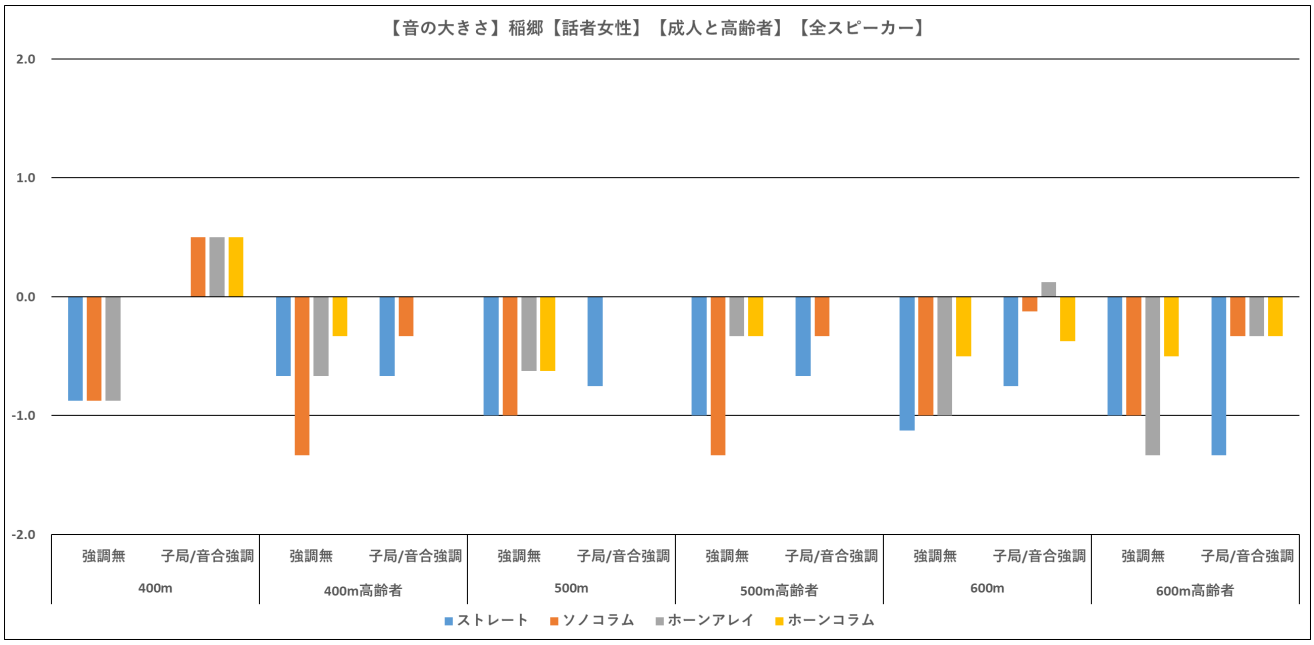


図 218　成人と高齢者【音の大きさ、稲郷町有地、女性、全スピーカー】

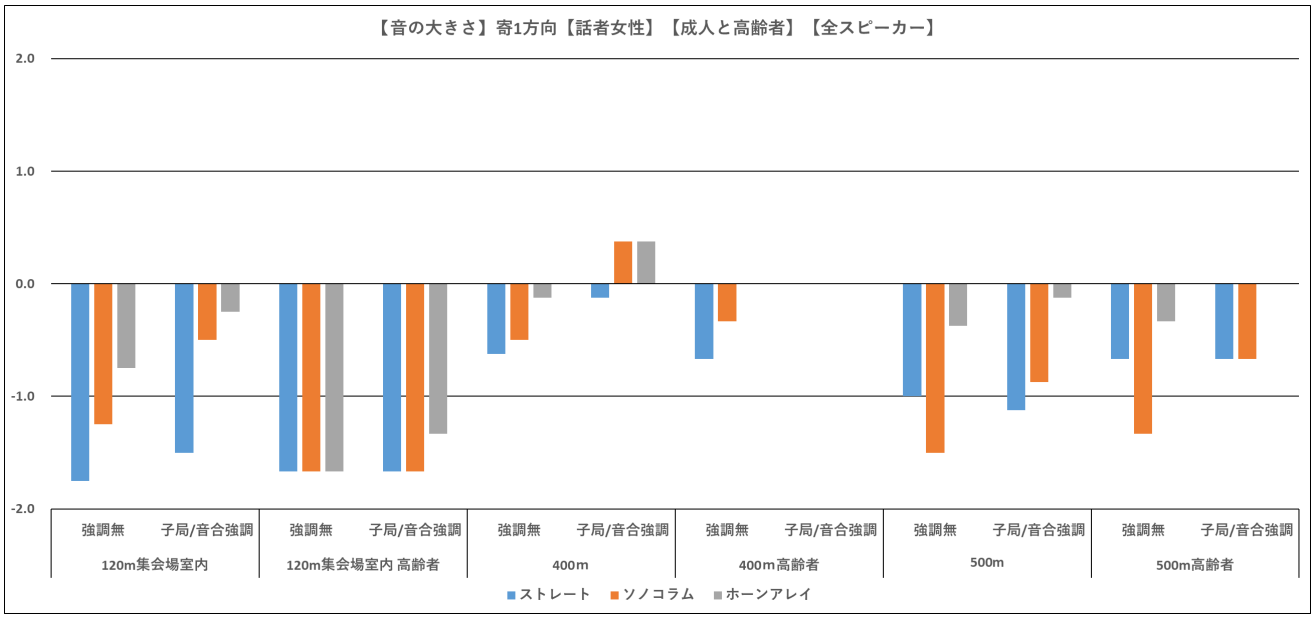


図 219　成人と高齢者【音の大きさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.3. 話者（男女）の違い

2.2.3.5.1.3.1. 了解度

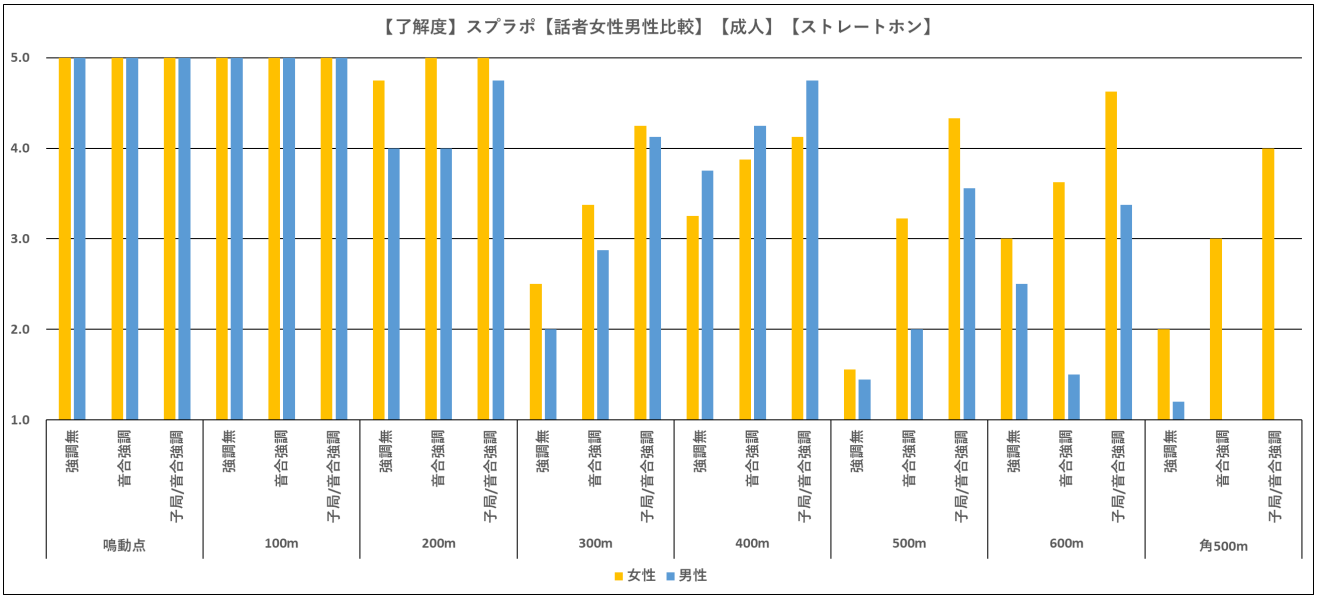


図 220　話者（男女）の違い【了解度、スプラポ、成人、ストレートホーン】

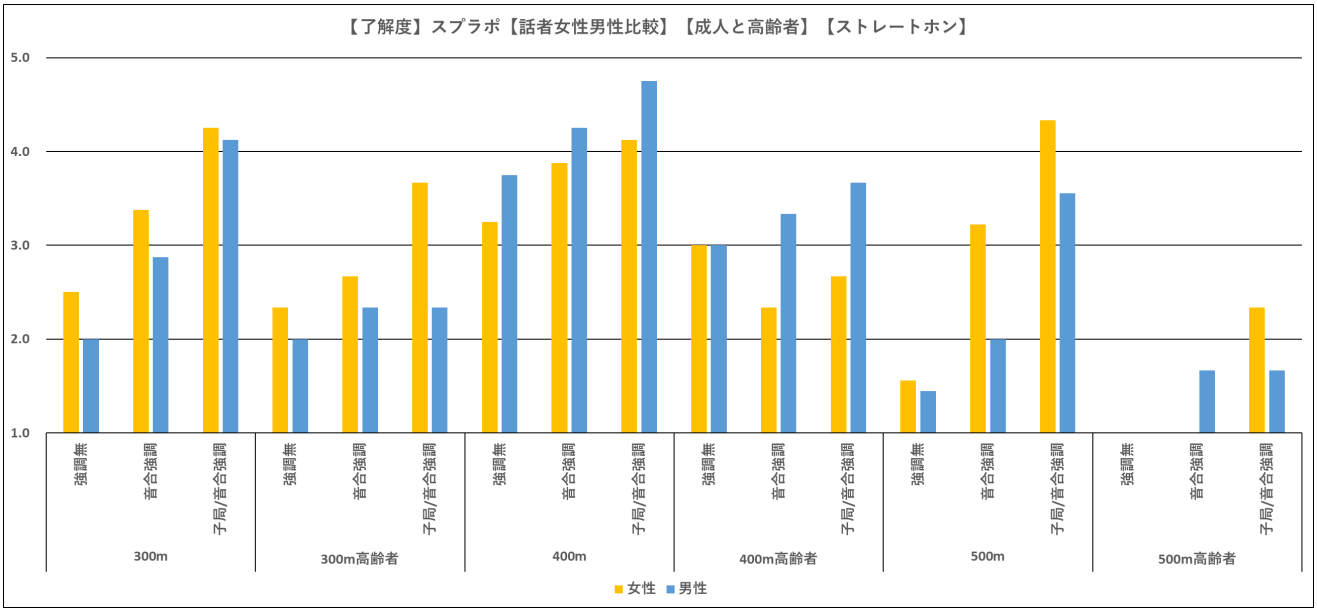


図 221　話者（男女）の違い【了解度、スプラポ、成人・高齢者、ストレートホーン】

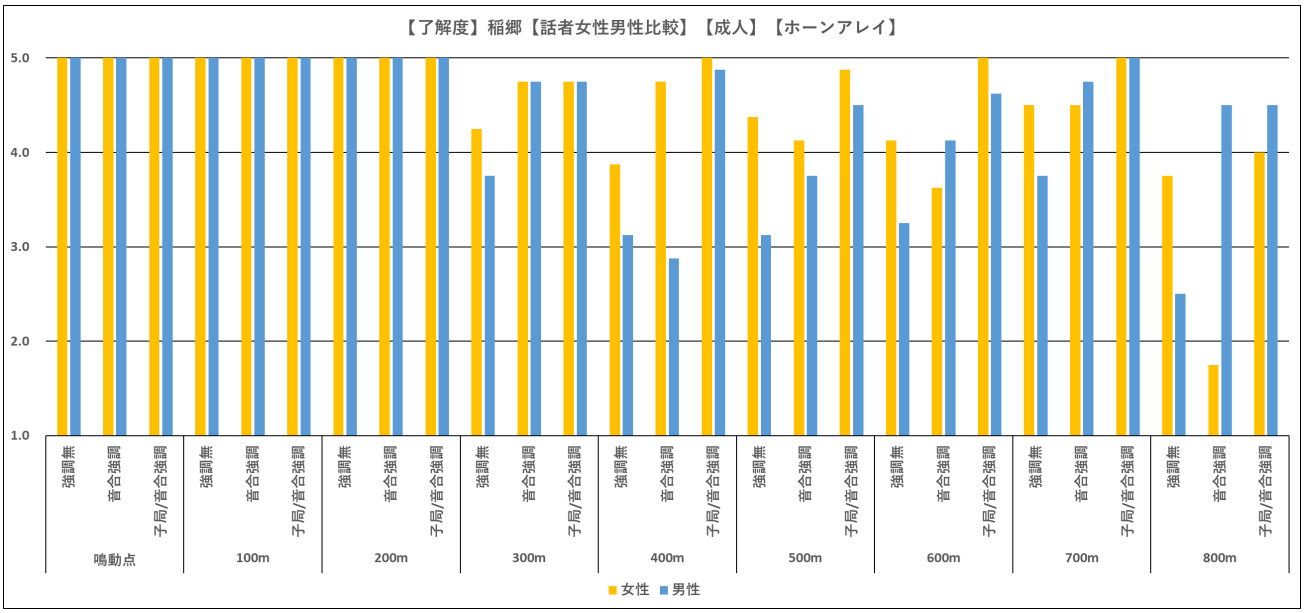


図 222　話者（男女）の違い【了解度、稲郷町有地、成人、ホーンアレイ】

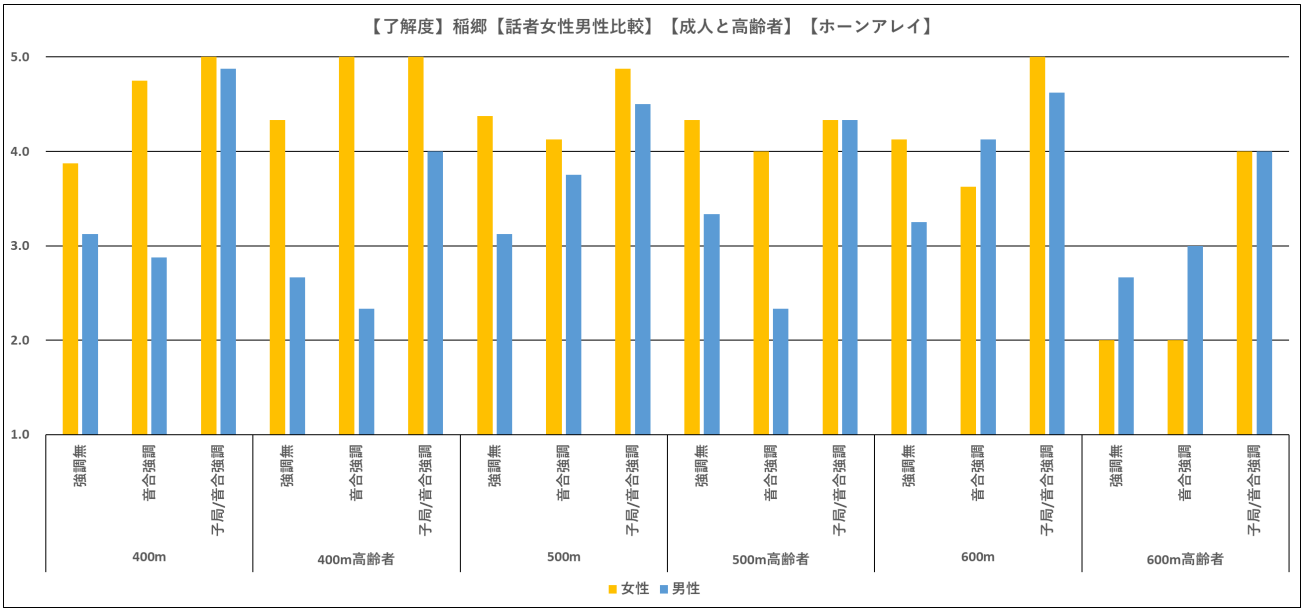


図 223　話者（男女）の違い【了解度、稲郷町有地、成人・高齢者、ホーンアレイ】

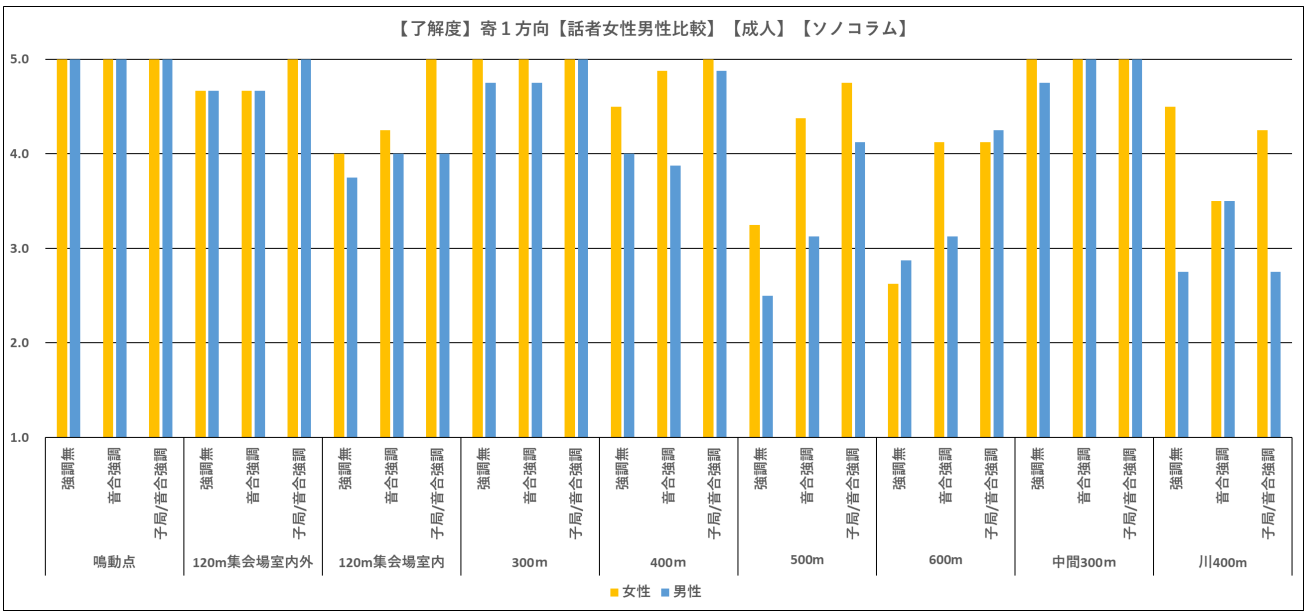


図 224　話者（男女）の違い【了解度、寄自然休養村、成人、ソノコラム】

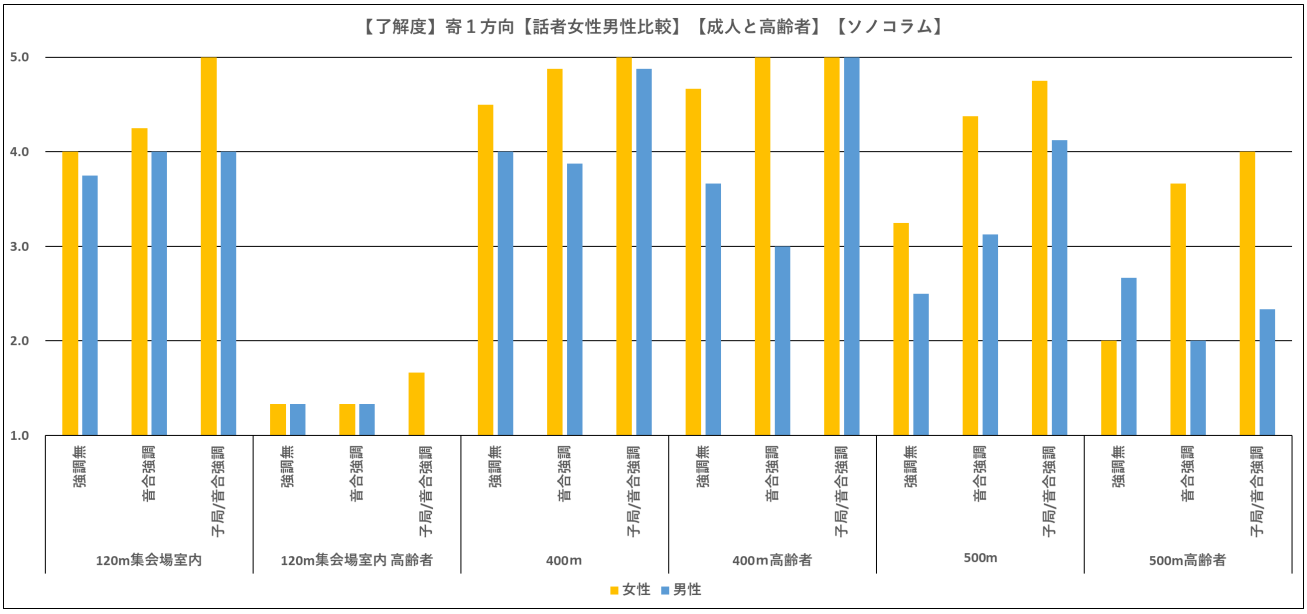


図 225　話者（男女）の違い【了解度、寄自然休養村、成人・高齢者、ソノコラム】

2.2.3.5.1.3.2. 音の大きさ

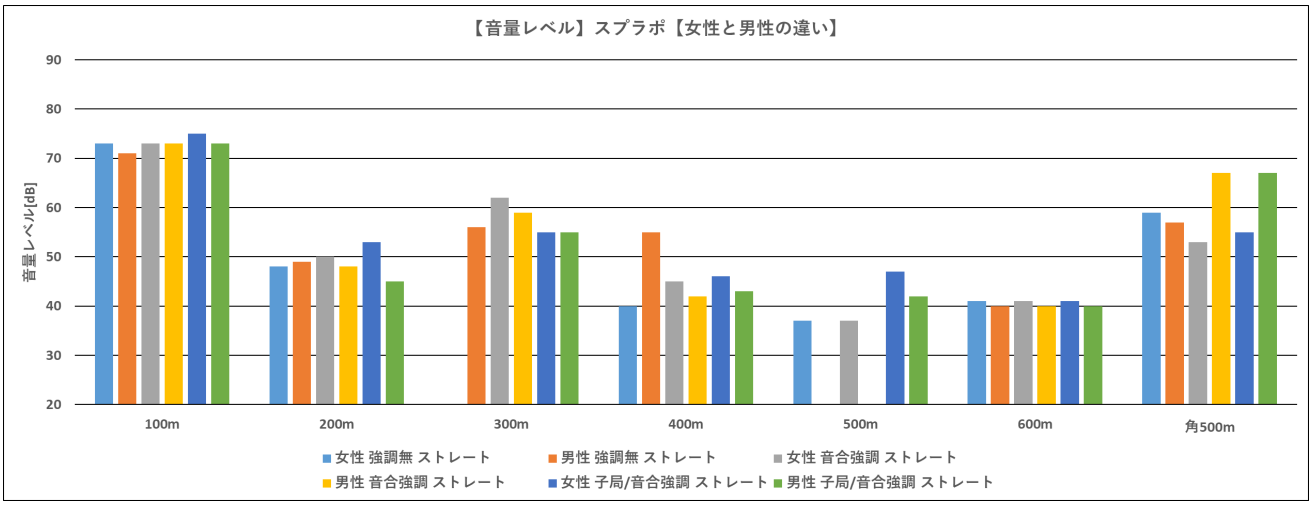


図 226　話者（男女）の違い【音量レベル、スプラポ、ストレート】

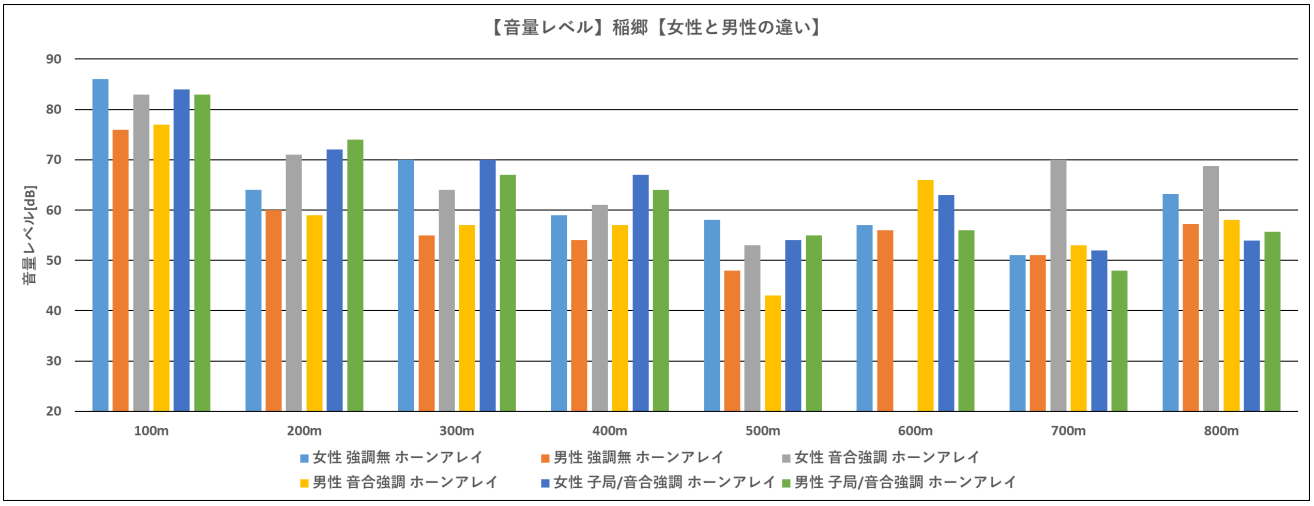


図 227　話者（男女）の違い【音量レベル、稲郷町有地、ホーンアレイ】

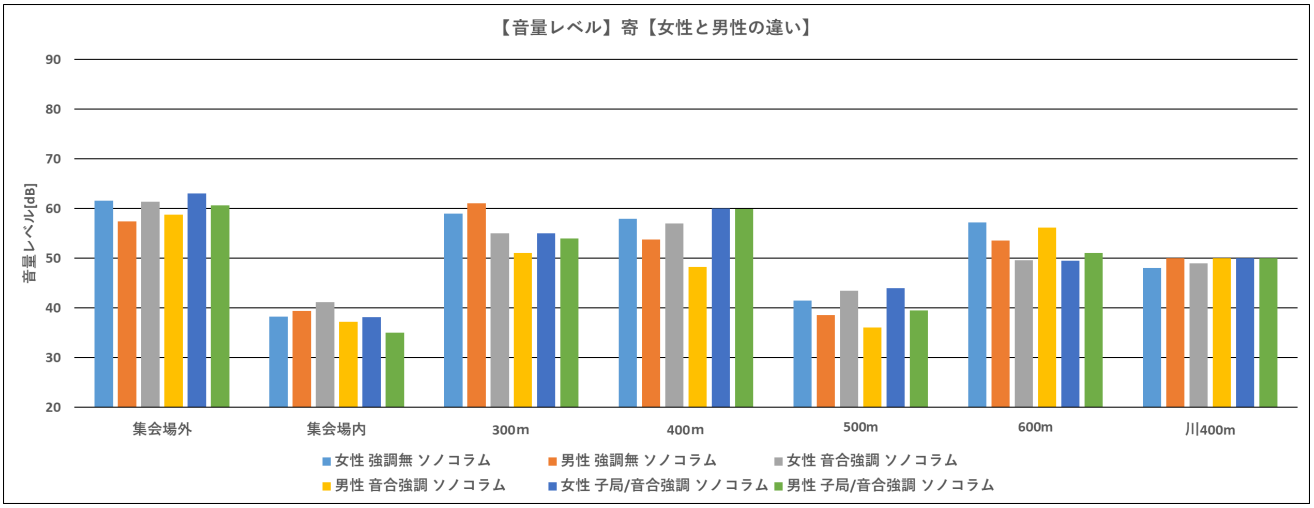


図 228　話者（男女）の違い【音量レベル、寄自然休養村、ソノコラム】

2.2.3.5.1.4. 屋外屋内の違い

2.2.3.5.1.4.1. 了解度

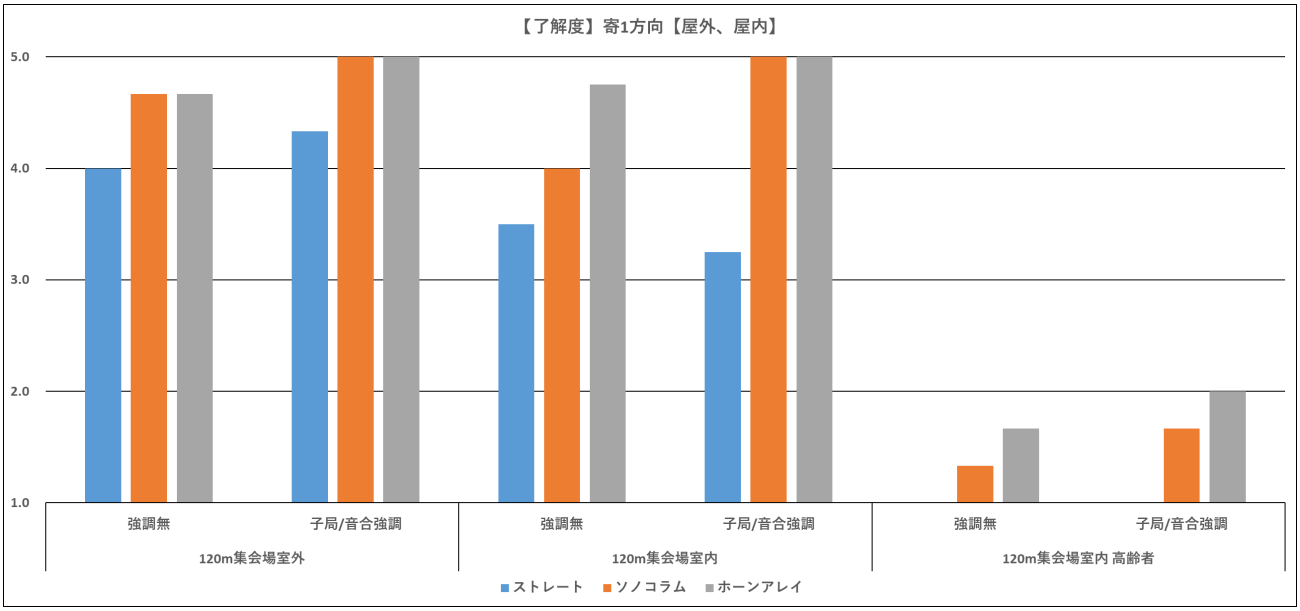


図 229　屋外と屋内【了解度、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.4.2. 聞き取りにくさ

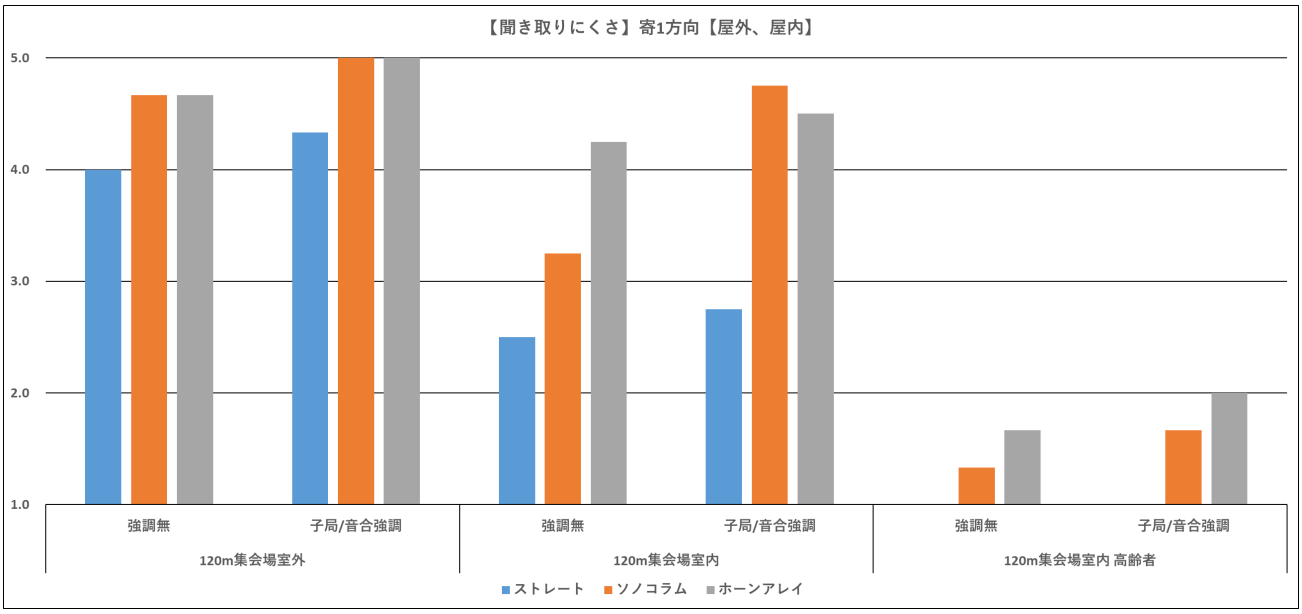


図 230　屋外と屋内【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.4.3. 自然さ

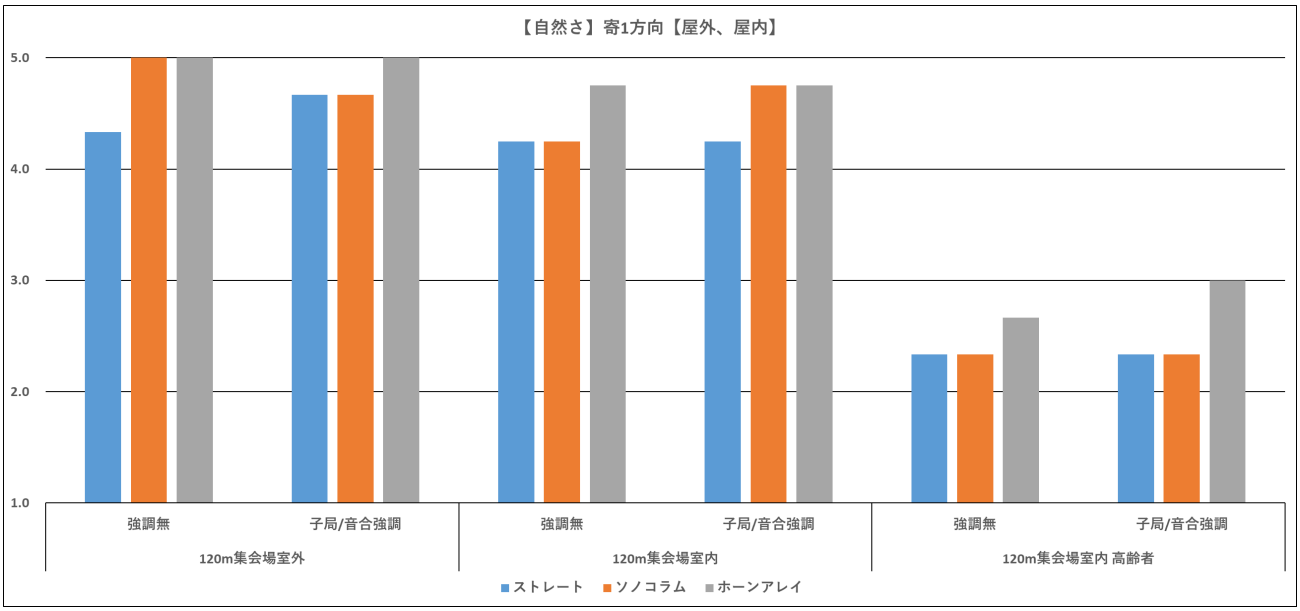


図 231　屋外と屋内【自然さ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.4.4. 音の大きさ

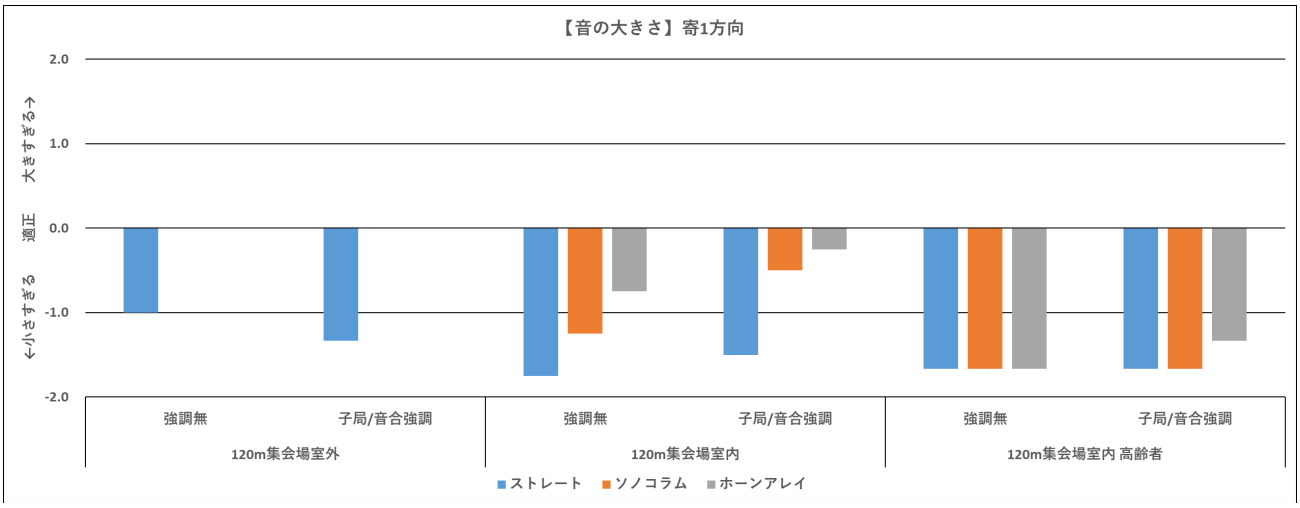


図 232　屋外と屋内【音の大きさ、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.4.5. 音量レベル

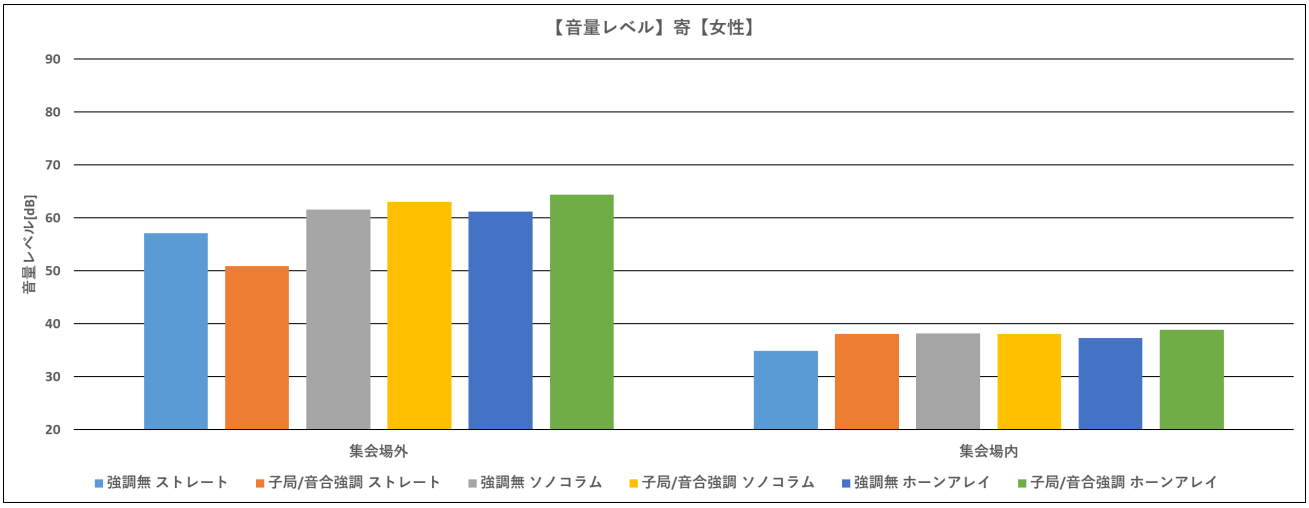


図 233　屋外と屋内【音量レベル、寄自然休養村、女性、全スピーカー】

2.2.3.5.1.5. 二方向鳴動の影響

2.2.3.5.1.5.1. 了解度

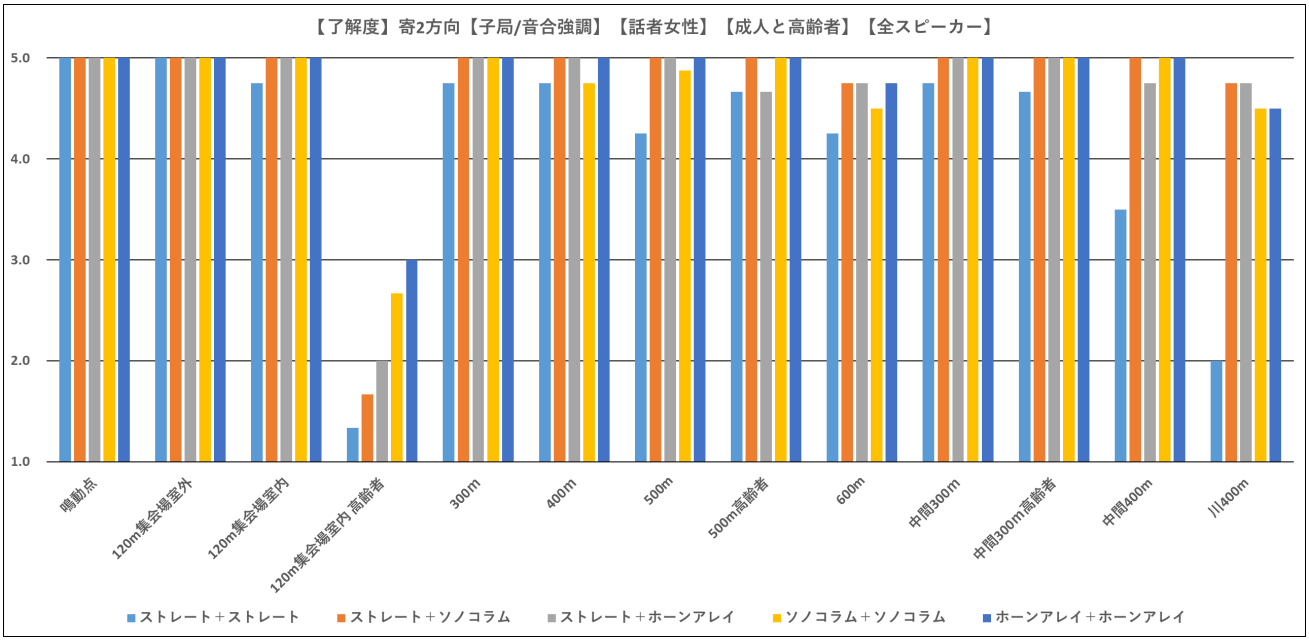


図 234　二方向鳴動【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

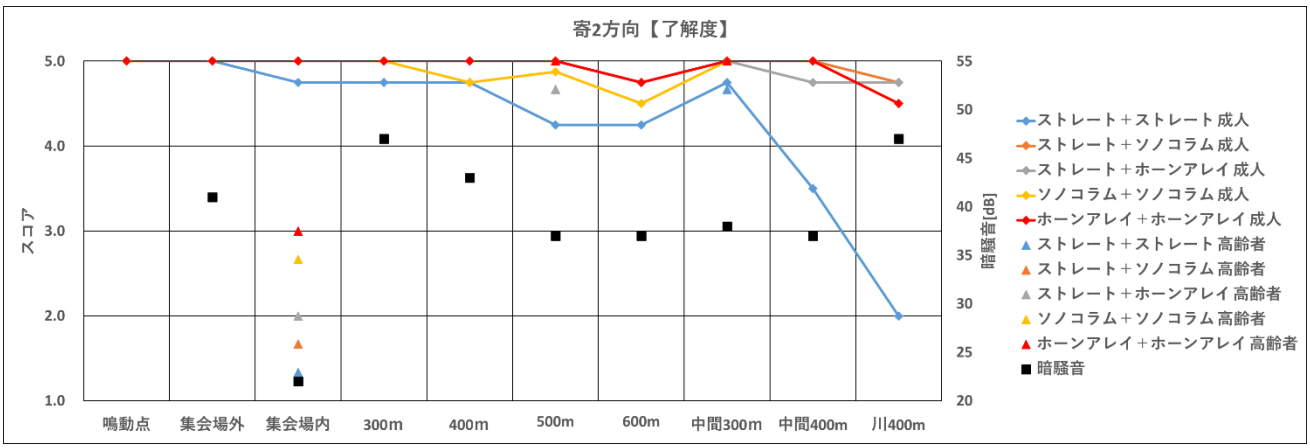


図 235　二方向鳴動【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

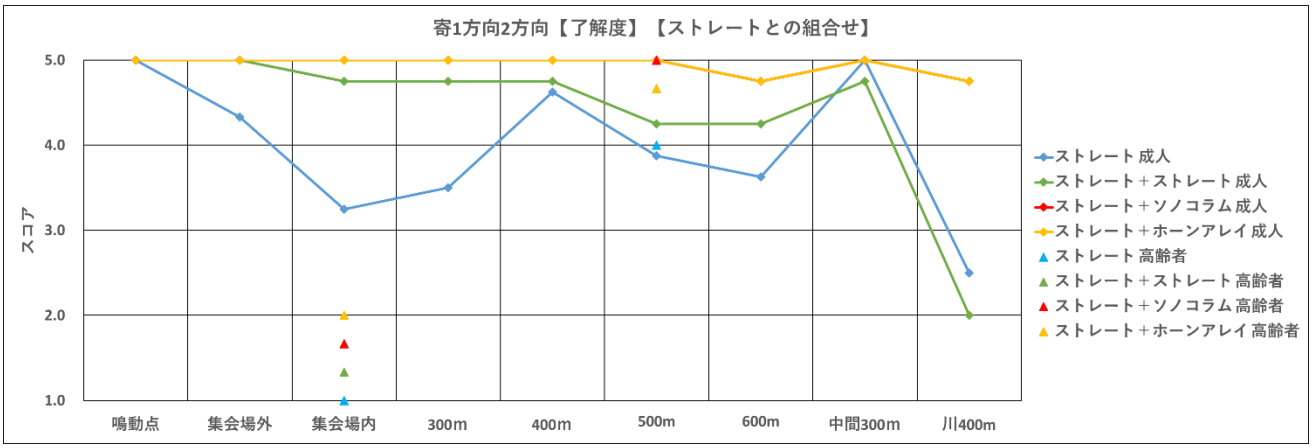


図 236　一方向二方向比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

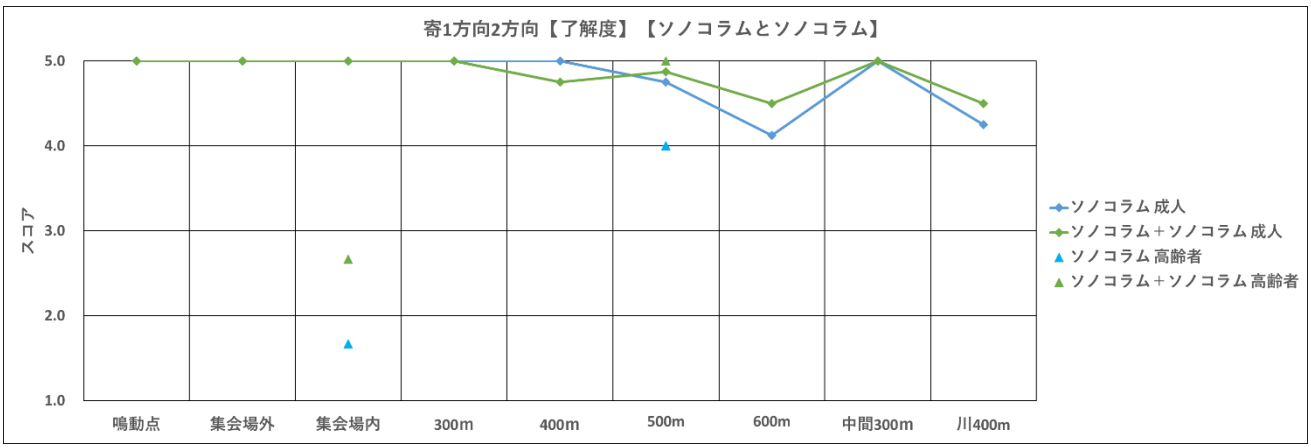


図 237　一方向二方向比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ソノコラム】

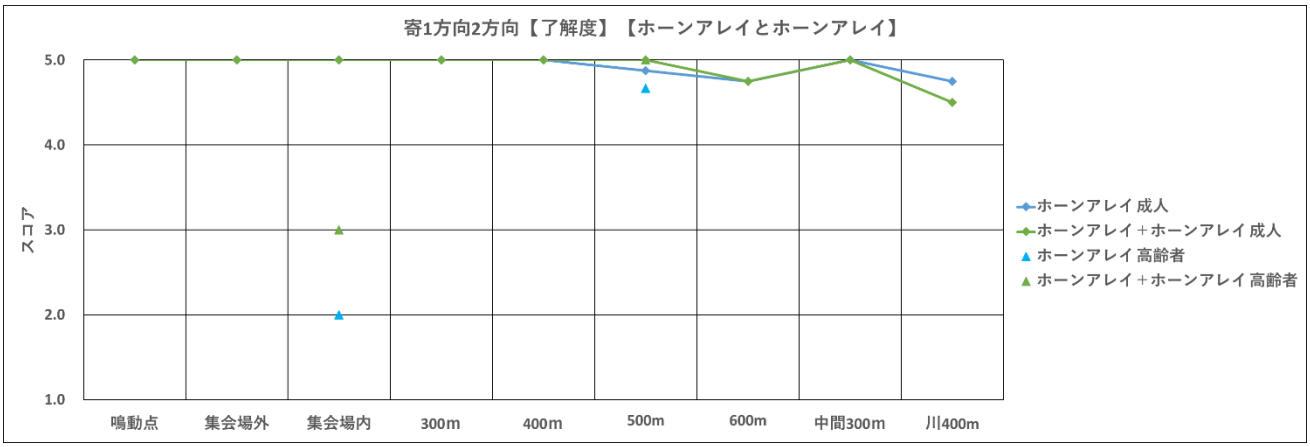


図 238 一方向二方向比較【了解度、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ホーンアレイ】

2.2.3.5.1.5.2. 聞き取りにくさ

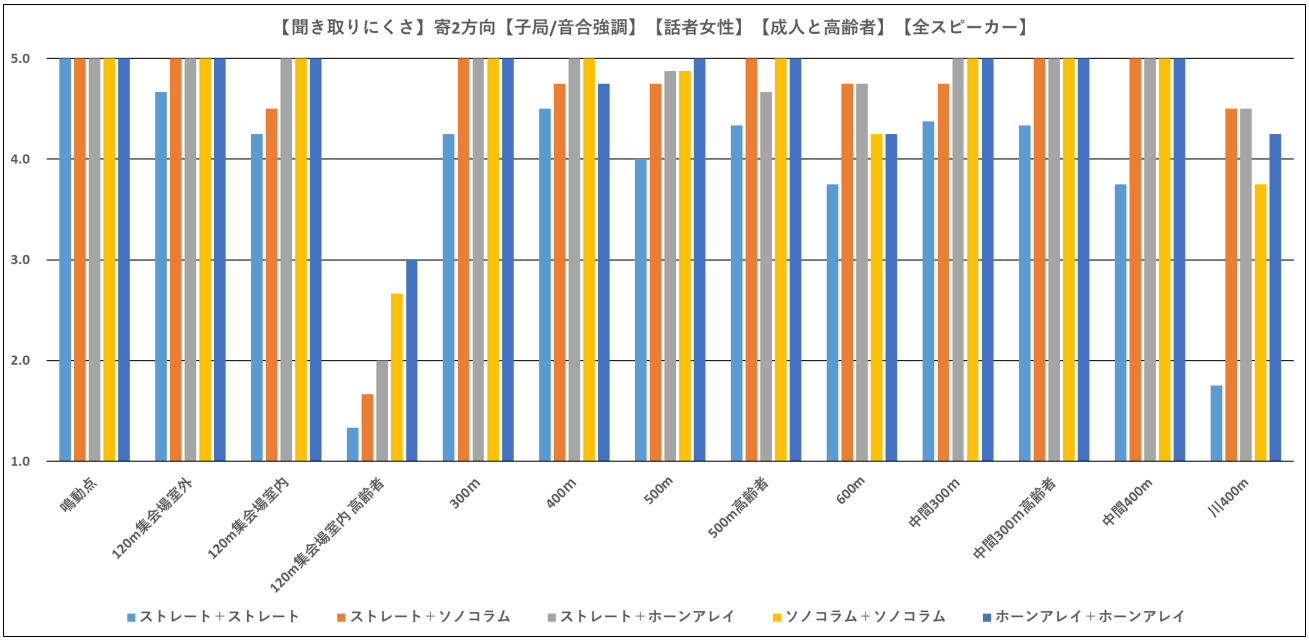


図 239　二方向鳴動【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

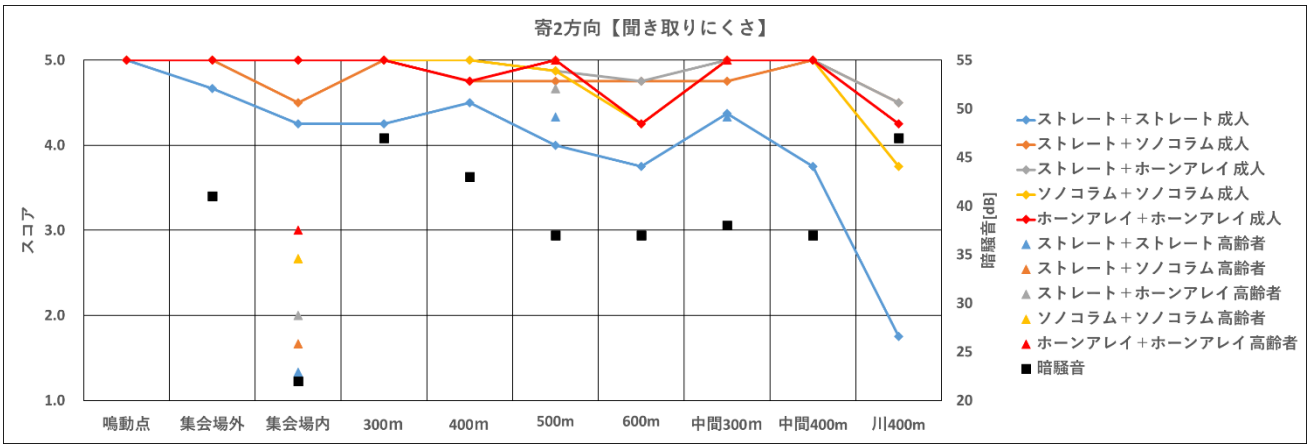


図 240　二方向鳴動【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

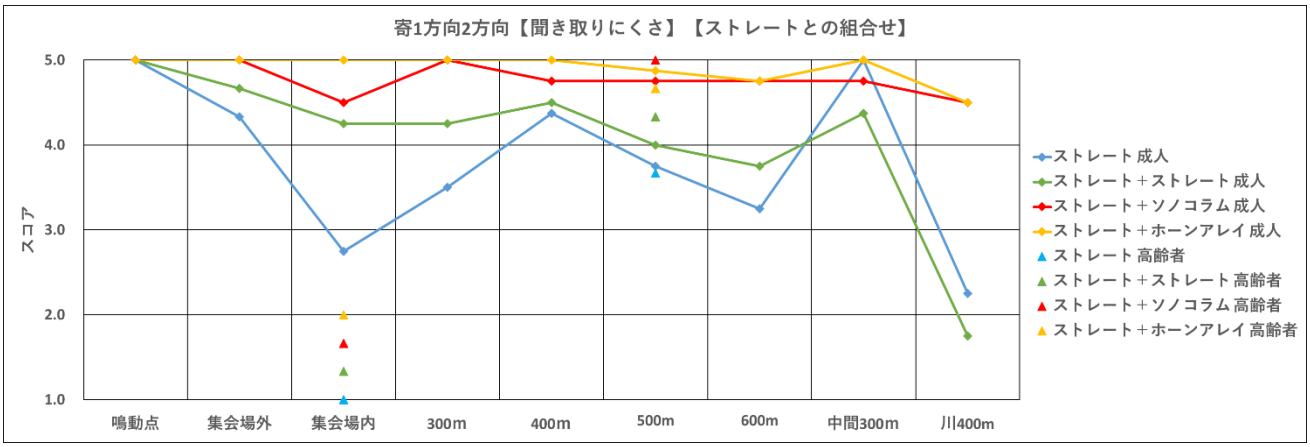


図 241　一方向二方向比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

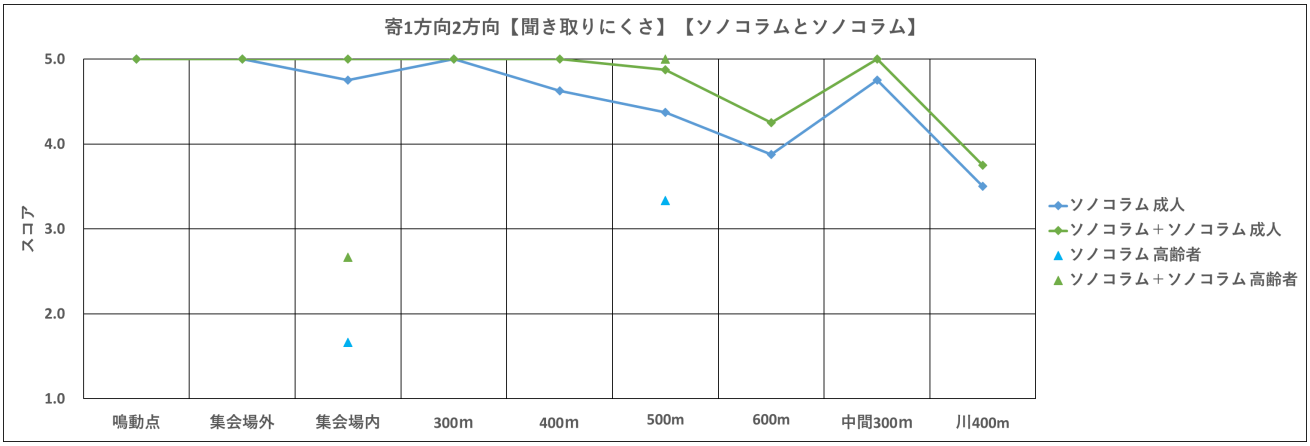


図 242　一方向二方向比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ソノコラム】

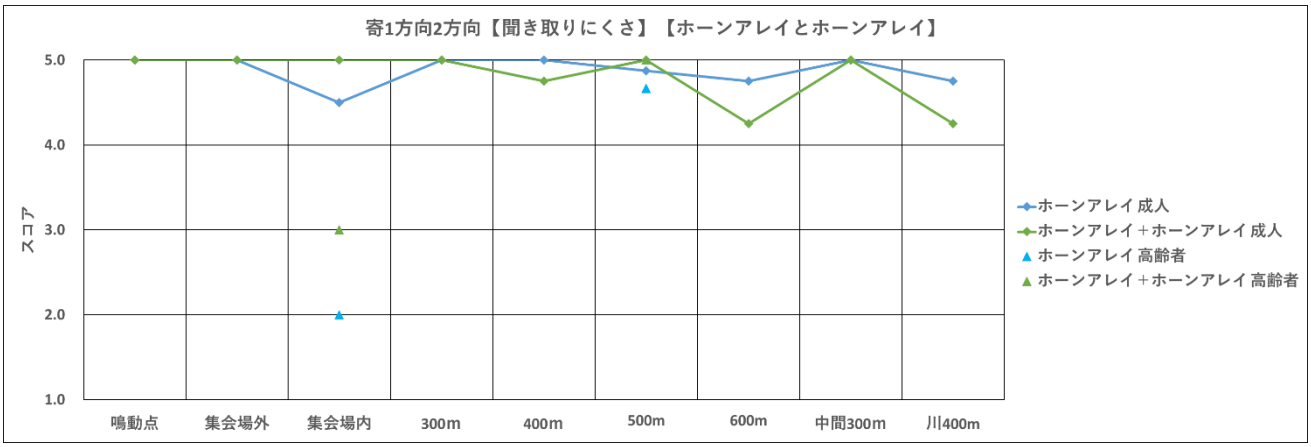


図 243　一方向二方向比較【聞き取りにくさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ホーンアレイ】

2.2.3.5.1.5.3. 自然さ

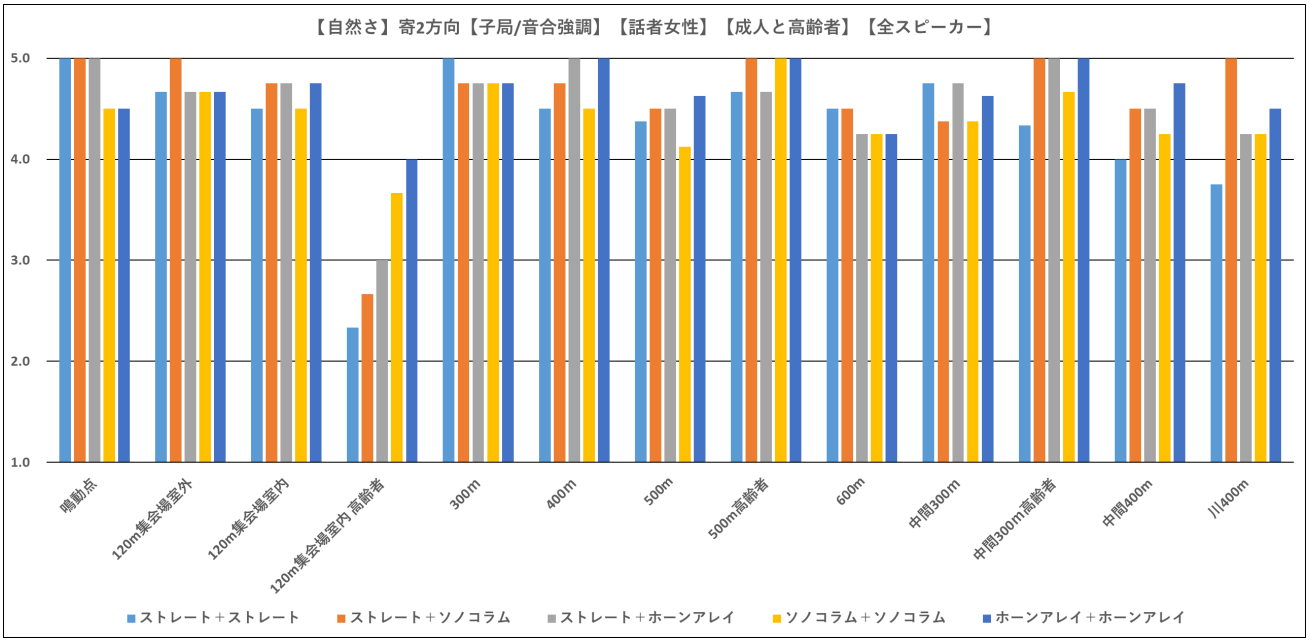


図 244　二方向鳴動【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

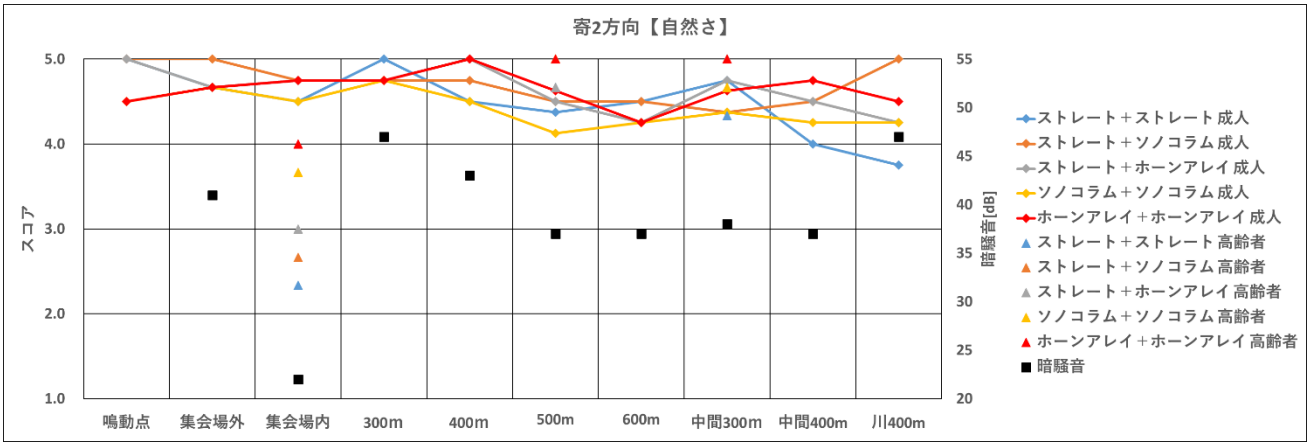


図 245　二方向鳴動【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

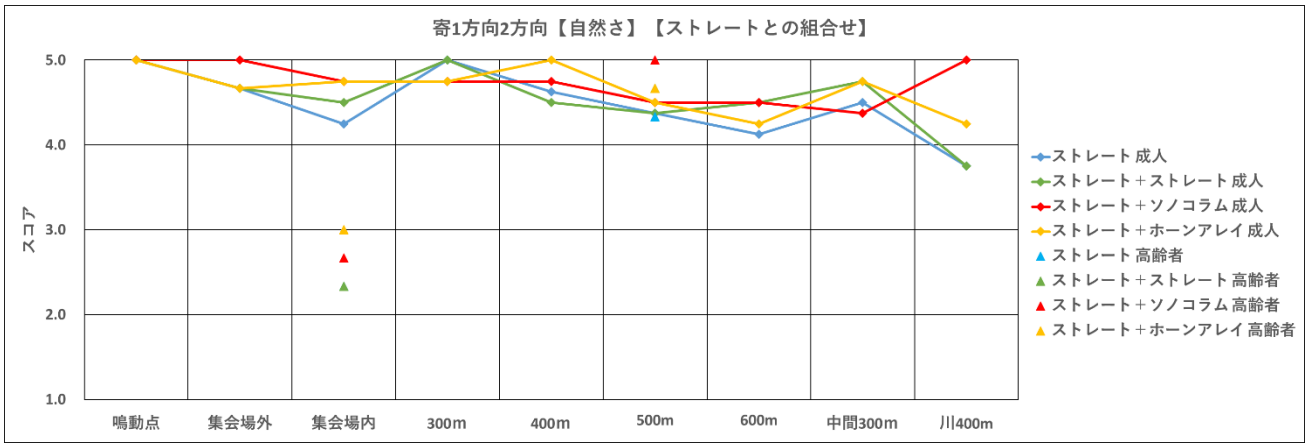


図 246　一方向二方向比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

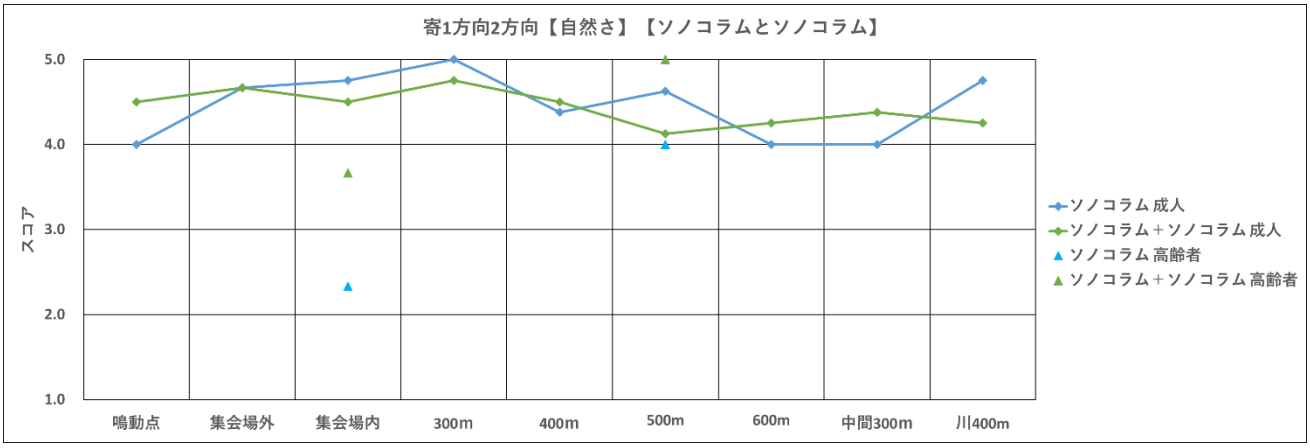


図 247　一方向二方向比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ソノコラム】

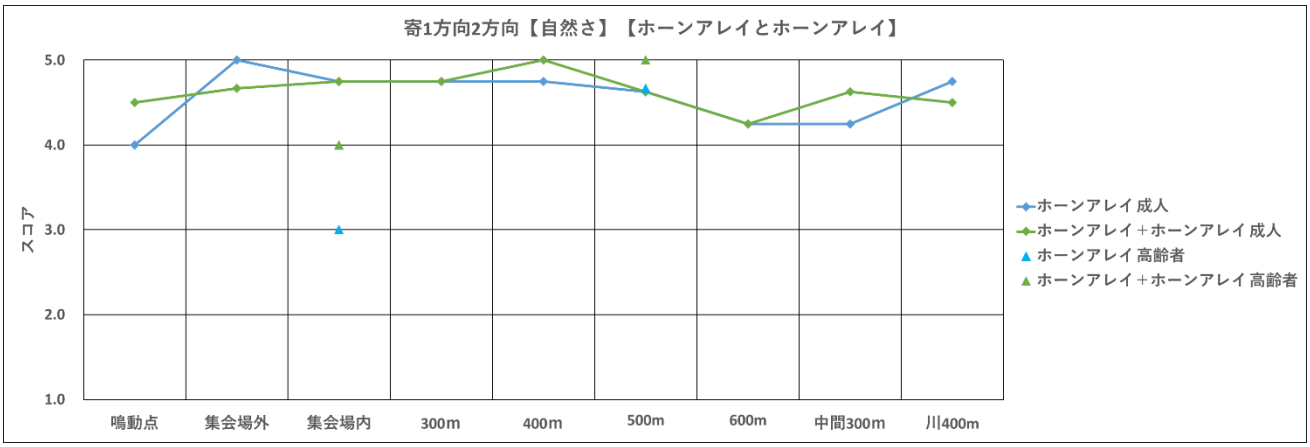


図 248　一方向二方向比較【自然さ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ホーンアレイ】

2.2.3.5.1.5.4. 音の大きさ

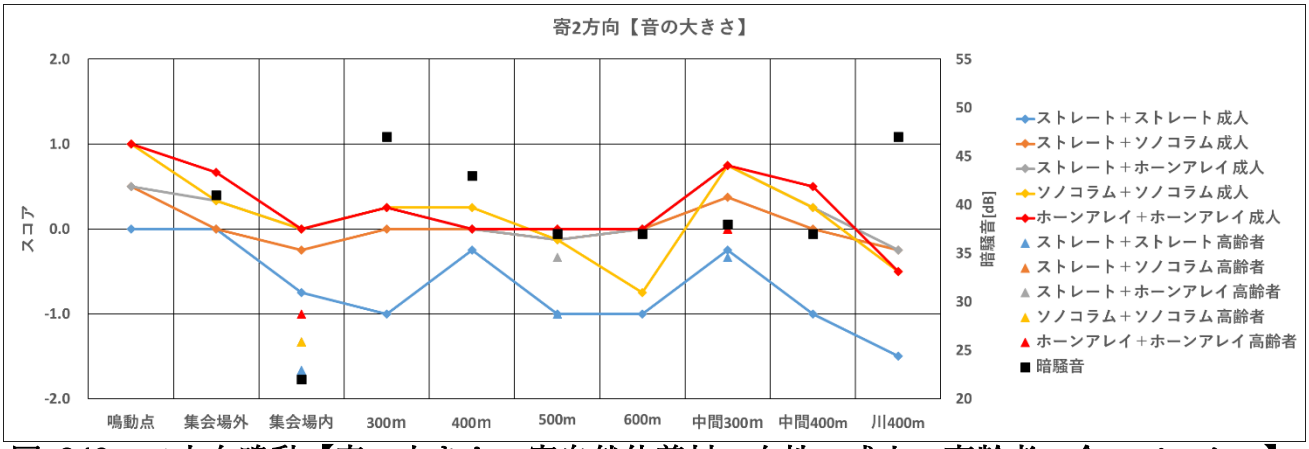


図 249　二方向鳴動【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、全スピーカー】

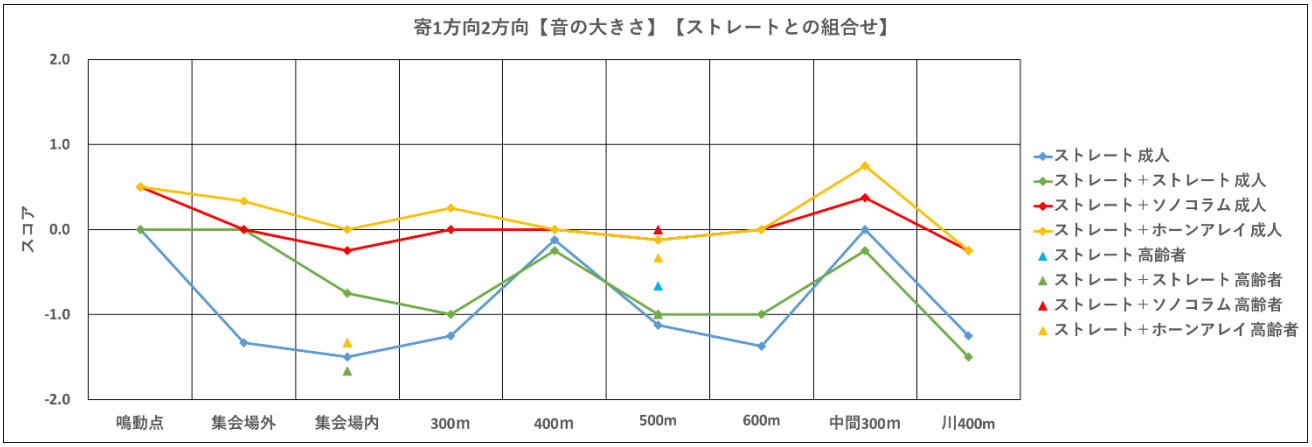


図 250　一方向二方向比較【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

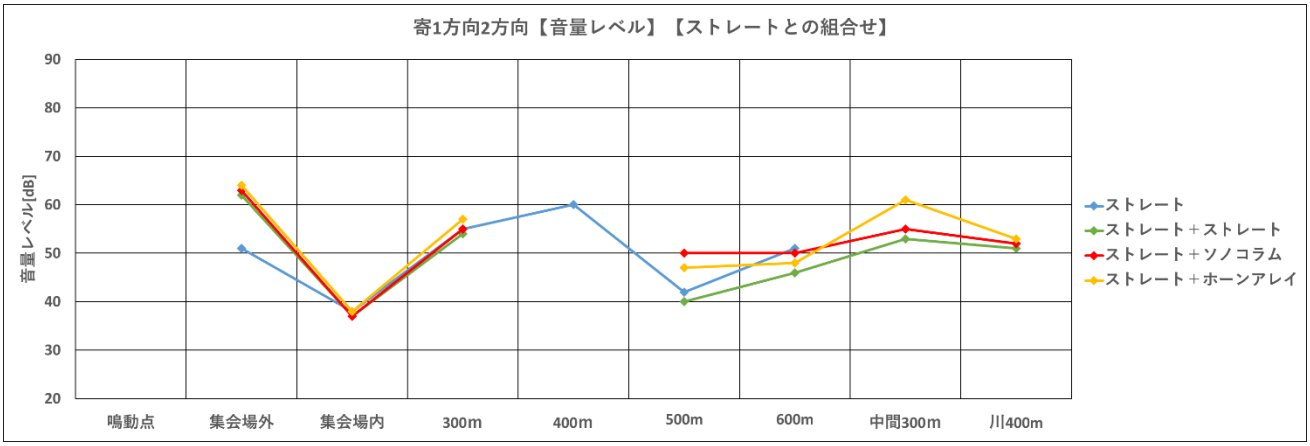


図 251　一方向二方向比較【音量レベル、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ストレート】

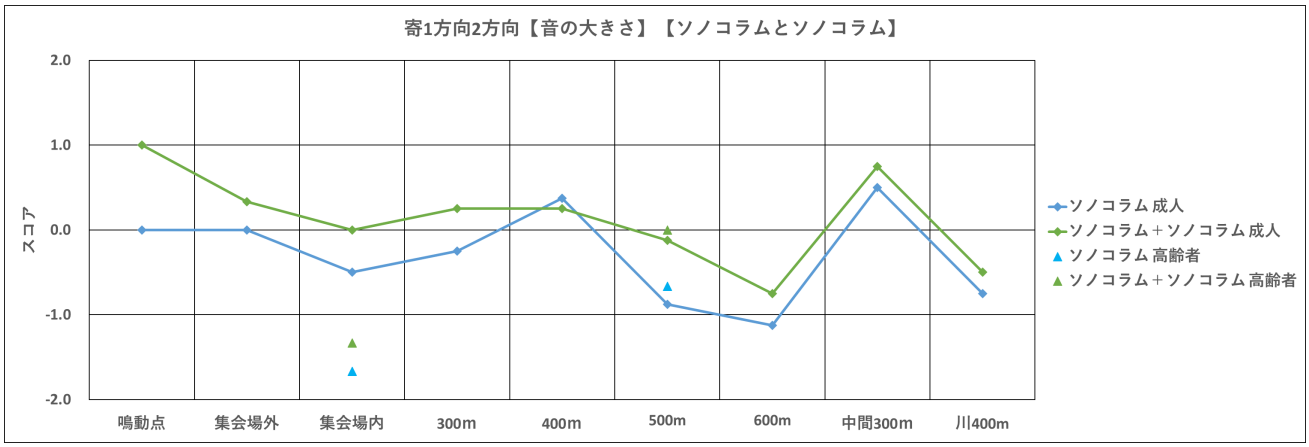


図 252　一方向二方向比較【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ソノコラム】

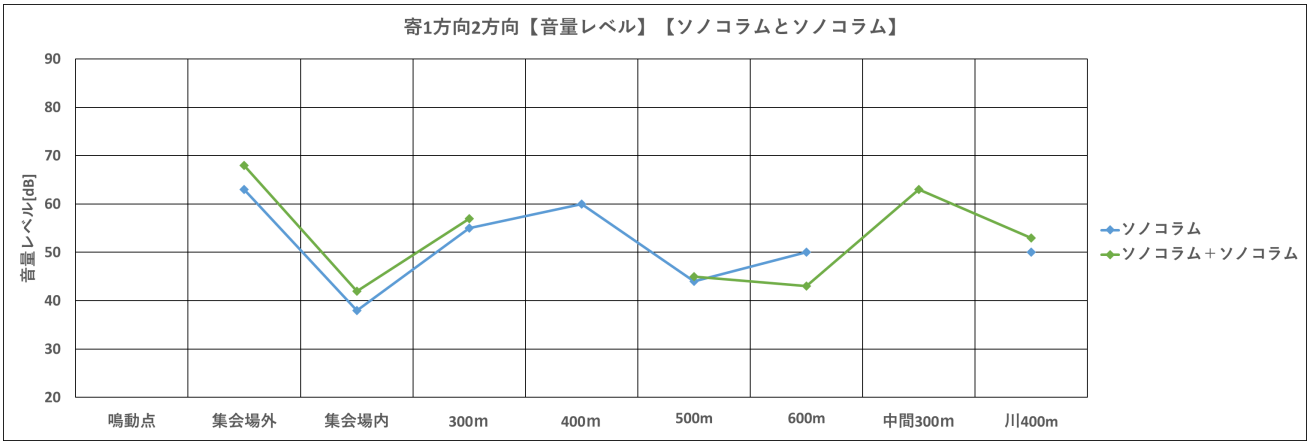


図 253　一方向二方向比較【音量レベル、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ソノコラム】

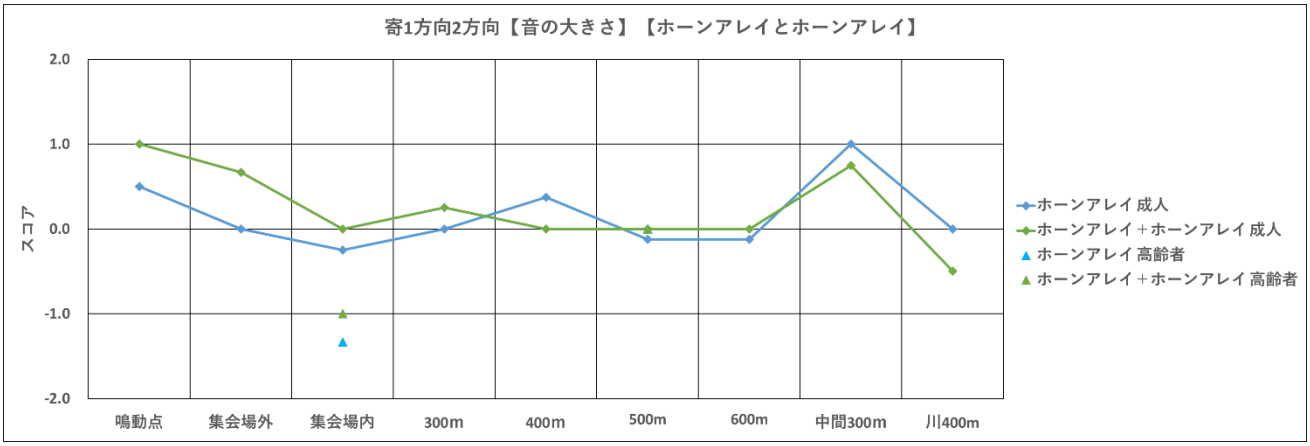


図 254　一方向二方向比較【音の大きさ、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ホーンアレイ】

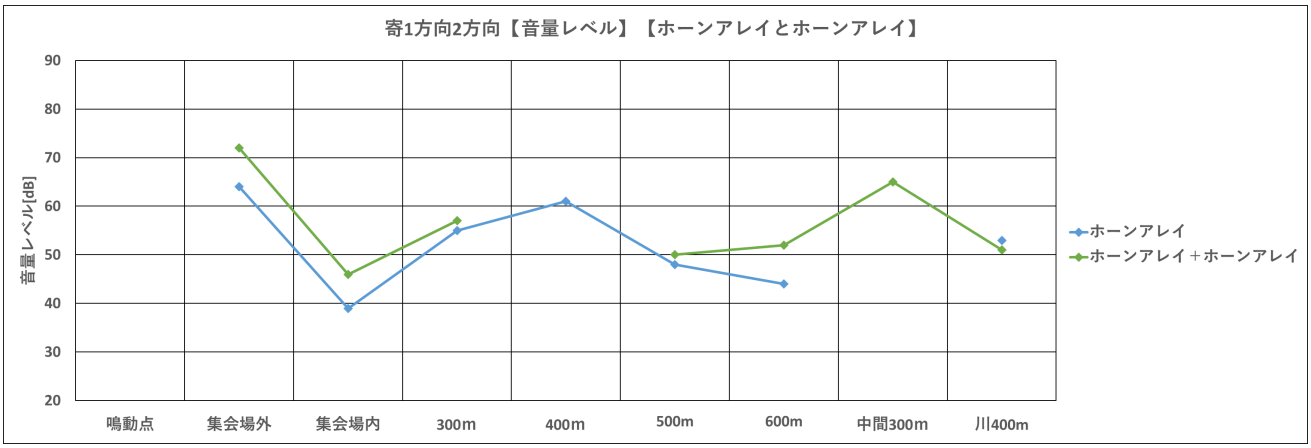


図 255　一方向二方向比較【音量レベル、寄自然休養村、女性、成人・高齢者、ホーンアレイ】

2.2.3.5.1.6. 音声と電子サイレンの違い

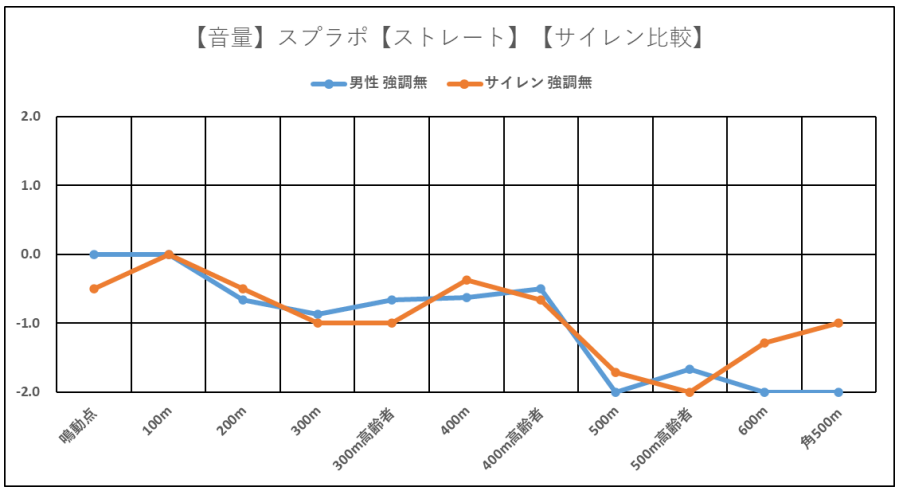


図 256　音声と電子サイレン【音の大きさ、スプラポ、ストレートホーン】

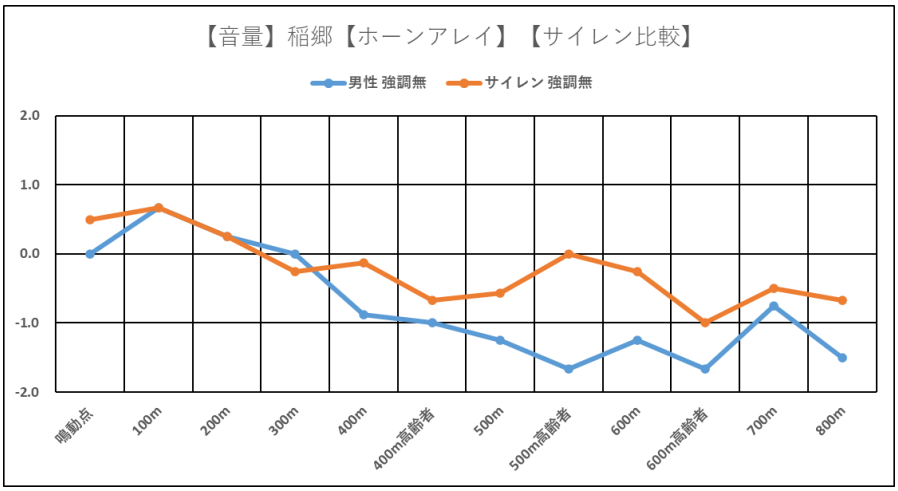


図 257　音声と電子サイレン【音の大きさ、稲郷町有地、ホーンアレイ】

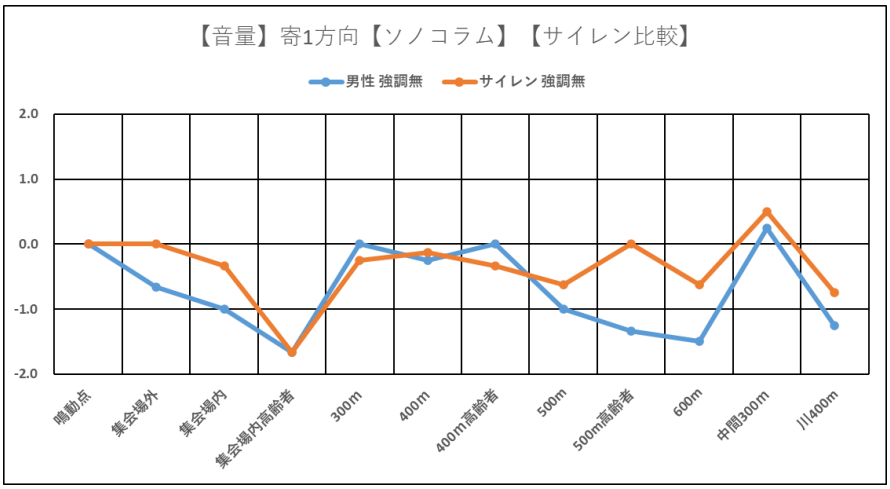


図 258　音声と電子サイレン【音の大きさ、寄自然休養村、ソノコラム】

2.2.3.5.2. SII 計算結果

放送音声から計算した SII を以下に示します。

2.2.3.5.2.1. スプラポの結果

ほとんどの場所で、改善施策による SII の改善が見られます。

表 44　放送音声からの SII 計算結果（スプラポ）

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				暗騒音のLAeq, dB						
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m角度付き
旧松田土木事務所（スプラポ）		○	○			○				39.9	37.2	39.9	録音不良	36.7	38.4	45.5
		○		○		○				34.2	37.1	40.5		37.5	38.5	44.2
		○			○	○				39.4	38.9	41.9		36.8	37.1	45.9
		○	○					○		44.4	39.0	41.0		43.5	39.0	47.2
		○			○			○		42.6	37.9	40.7		37.6	41.7	46.2
		○	○				○			37.3	38.3	40.5		36.6	42.1	45.0
		○			○		○			39.4	39.1	45.3		37.4	35.4	46.1
		○	○						○	38.2	36.9	41.1		38.0	37.1	46.8
		○			○				○	35.7	37.1	41.5		36.1	37.8	47.5
	○		○			○				37.2	39.2	45.6		40.2	35.8	47.6
	○			○		○				39.4	38.8	41.2		38.0	35.2	48.5
	○				○	○				37.0	38.3	41.3		39.1	40.1	47.9

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII						
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m角度付き
旧松田土木事務所（スプラポ）		○	○			○				0.924	0.572	0.232	録音不良	0.491	0.197	0.218
		○		○		○				0.956	0.644	0.237		0.403	0.200	0.276
		○			○	○				0.945	0.787	0.620		0.646	0.588	0.388
		○	○					○		0.858	0.831	0.686		0.433	0.400	0.408
		○			○			○		0.953	0.911	0.698		0.815	0.434	0.734
		○	○				○			0.914	0.858	0.607		0.555	0.217	0.530
		○			○		○			0.945	0.891	0.664		0.826	0.803	0.516
		○	○						○	0.933	0.874	0.571		0.419	0.621	0.266
		○			○				○	0.944	0.876	0.675		0.868	0.829	0.201
	○		○			○				0.923	0.557	0.030				0.028
	○			○		○				0.948	0.583	0.294		0.189		
	○				○	○				0.953	0.680	0.225		0.247	0.404	

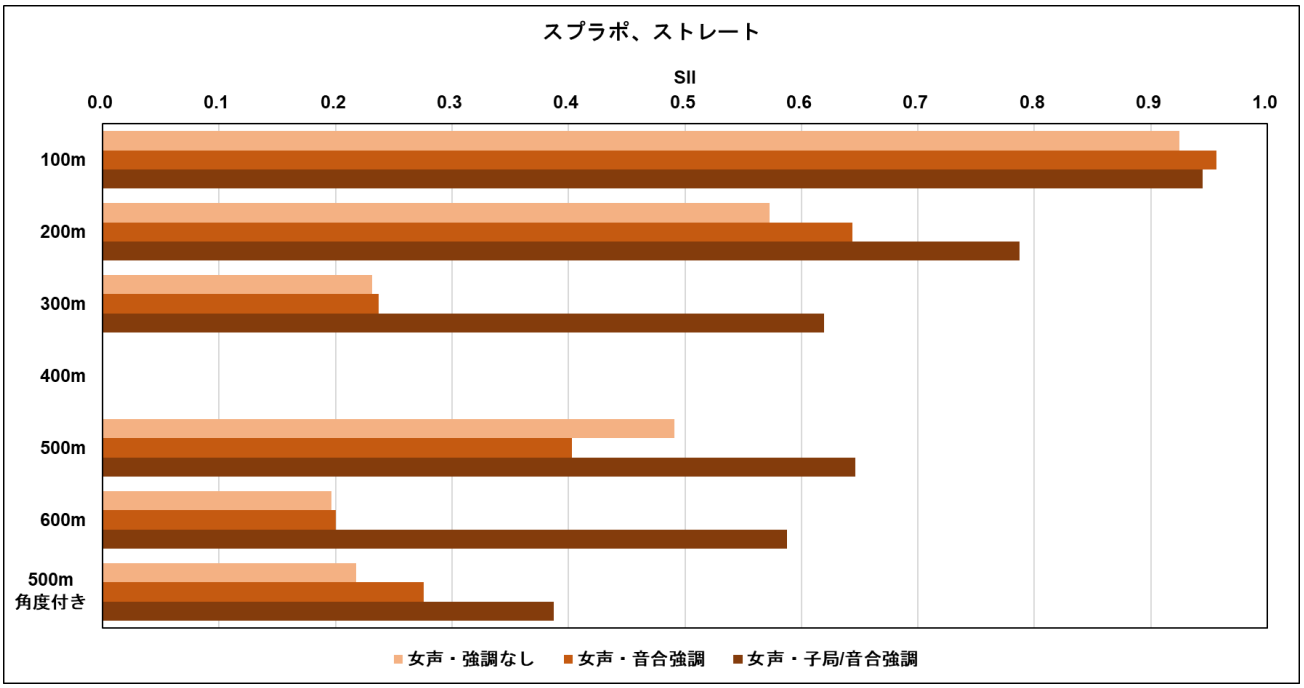


図 259　SII【スプラポ、女性、ストレートホーン】

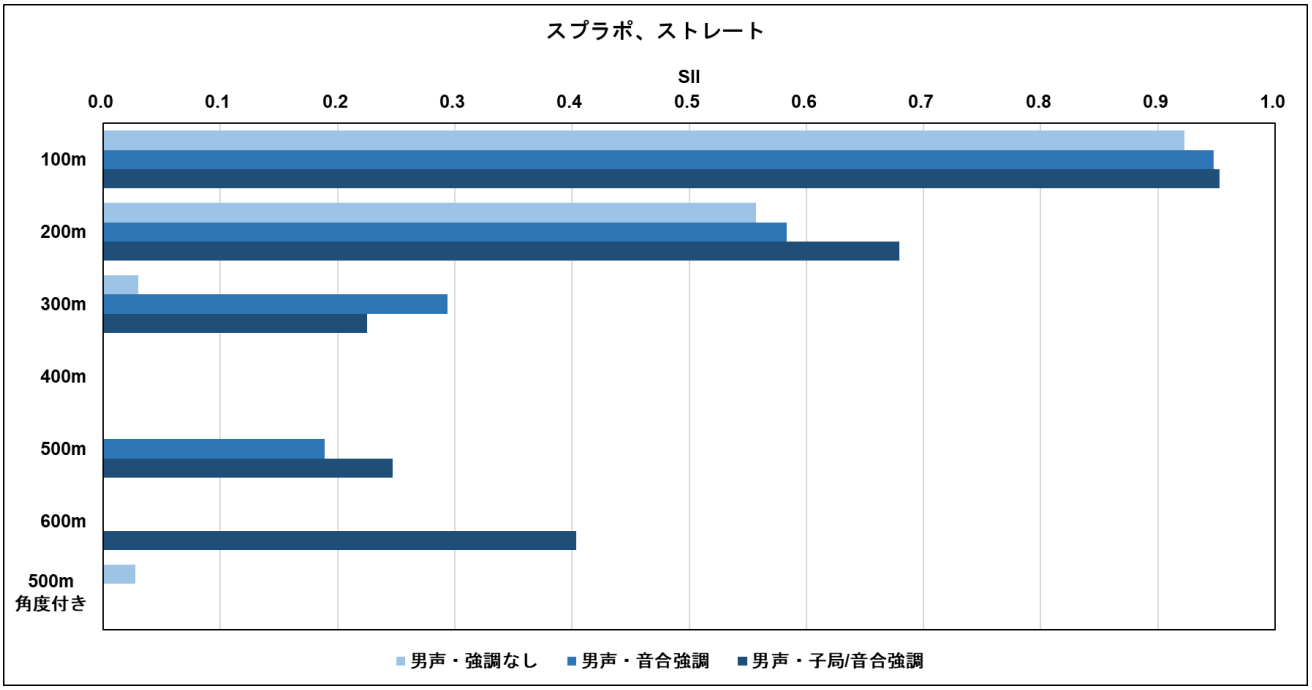


図 260　SII【スプラポ、男性、ストレートホーン】

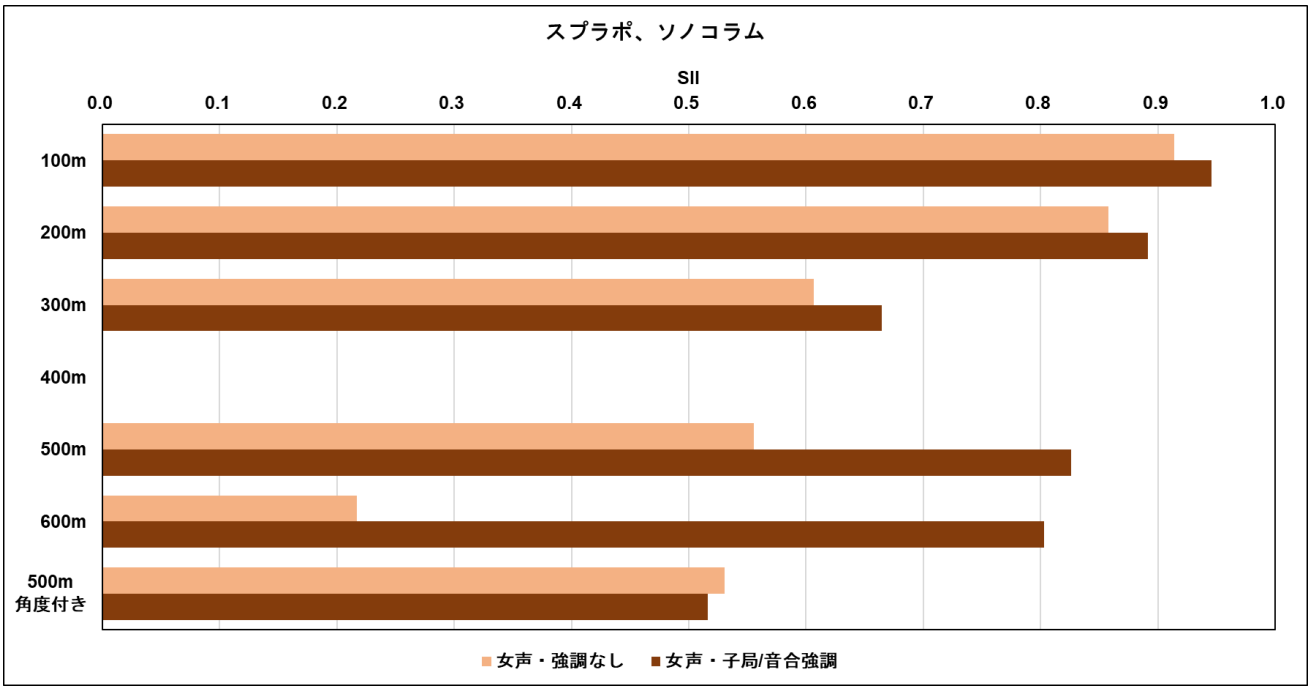


図 261　SII【スプラポ、女性、ソノコラム】

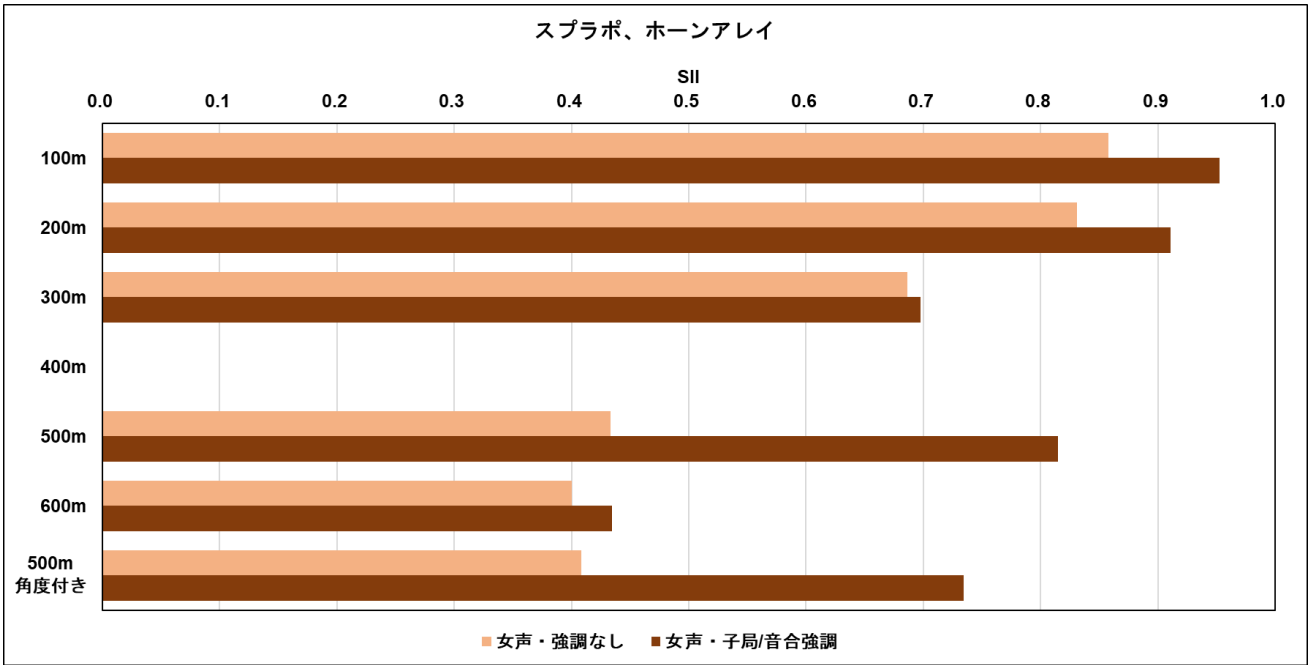


図 262　SII【スプラポ、女性、ホーンアレイ】

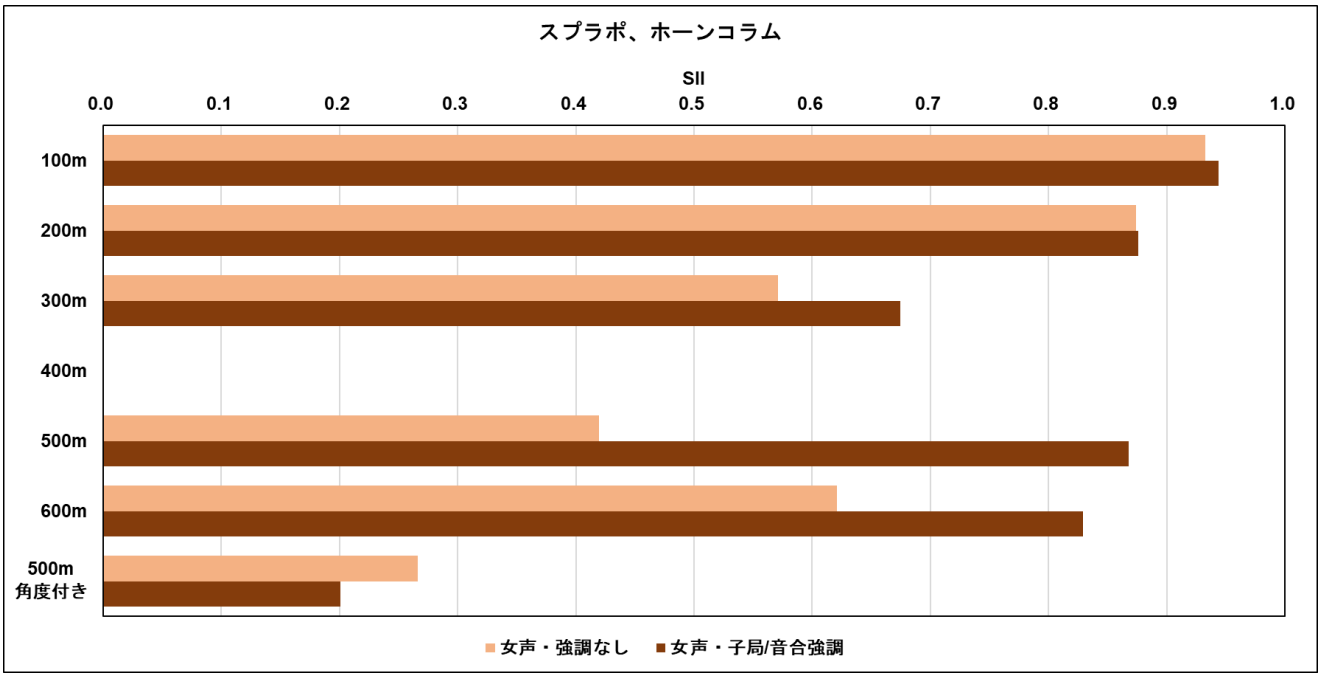


図 263　SII【スプラポ、女性、ホーンコラム】

2.2.3.5.2.2. 稲郷町有地の結果

距離が離れすぎる（800m など）と SII 計算値に改善施策の効果が見えなくなりました。遠距離になるほど空気吸収が大きくなることや、風等の影響を受けやすくなり、音そのものが届きにくくなることが要因として考えられます。

表 45　放送音声からの SII 計算結果（稲郷町有地）

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				暗騒音のLAeq, dB							
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
稲郷町有地		○	○					○		50.4	50.0	46.7	49.3	48.4	45.0	44.3	46.7
		○		○				○		50.5	49.9	46.4	49.1	48.5	45.8	47.2	47.3
		○			○			○		50.8	49.3	46.7	48.5	47.9	46.4	44.6	46.4
		○	○			○				50.0	50.0	45.3	48.7	48.1	46.2	44.9	46.5
		○		○		○				50.0	49.3	45.4	49.0	47.7	46.5	44.9	49.0
		○			○	○				50.5	49.9	46.3	50.1	48.6	46.3	45.6	47.6
		○	○				○			50.2	50.2	45.6	48.9	48.0	44.6	47.7	47.6
		○		○			○			50.1	49.6	45.9	49.4	48.4	45.0	47.0	47.3
		○			○		○			50.4	49.9	46.2	49.3	48.4	45.4	48.5	47.1
		○	○						○	50.8	50.3	45.8	48.4	48.6	45.7	48.6	48.1
		○			○				○	53.8	54.8	46.3	48.8	47.6	44.7	44.7	47.3
	○		○					○		52.0	49.8	45.4	48.4	47.0	43.4	44.4	46.2
	○			○				○		50.0	49.4	45.2	49.7	49.0	45.8	47.0	47.4
	○				○			○		51.1	49.0	45.2	48.6	47.1	44.7	44.6	47.6
試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII							
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
稲郷町有地		○	○					○		0.815	0.668	0.641	0.463	0.437	0.405	0.414	0.471
		○		○				○		0.891	0.859	0.801	0.453	0.413	0.389	0.262	0.157
		○			○			○		0.913	0.883	0.867	0.681	0.582	0.565	0.399	0.299
		○	○			○				0.641	0.598	0.758	0.323	0.503	0.159	0.185	0.104
		○		○		○				0.800	0.547	0.544	0.187	0.167	0.245	0.329	
		○			○	○				0.924	0.726	0.595	0.451	0.360	0.487	0.315	0.125
		○	○				○			0.885	0.734	0.519	0.320	0.358	0.410	0.410	0.371
		○		○			○			0.847	0.782	0.641	0.368	0.562	0.520	0.671	0.496
		○			○		○			0.905	0.841	0.781	0.563	0.542	0.590	0.591	0.399
		○	○						○	0.886	0.662	0.652	0.526	0.354	0.390	0.359	0.360
		○			○				○	0.908	0.794	0.831	0.689	0.567	0.490	0.432	0.306
	○		○					○		0.792	0.563	0.473	0.356	0.325	0.346	0.326	0.378
	○			○				○		0.875	0.691	0.650	0.299	0.270	0.547	0.394	0.382
	○				○			○		0.911	0.851	0.881	0.604	0.474	0.520	0.468	0.373

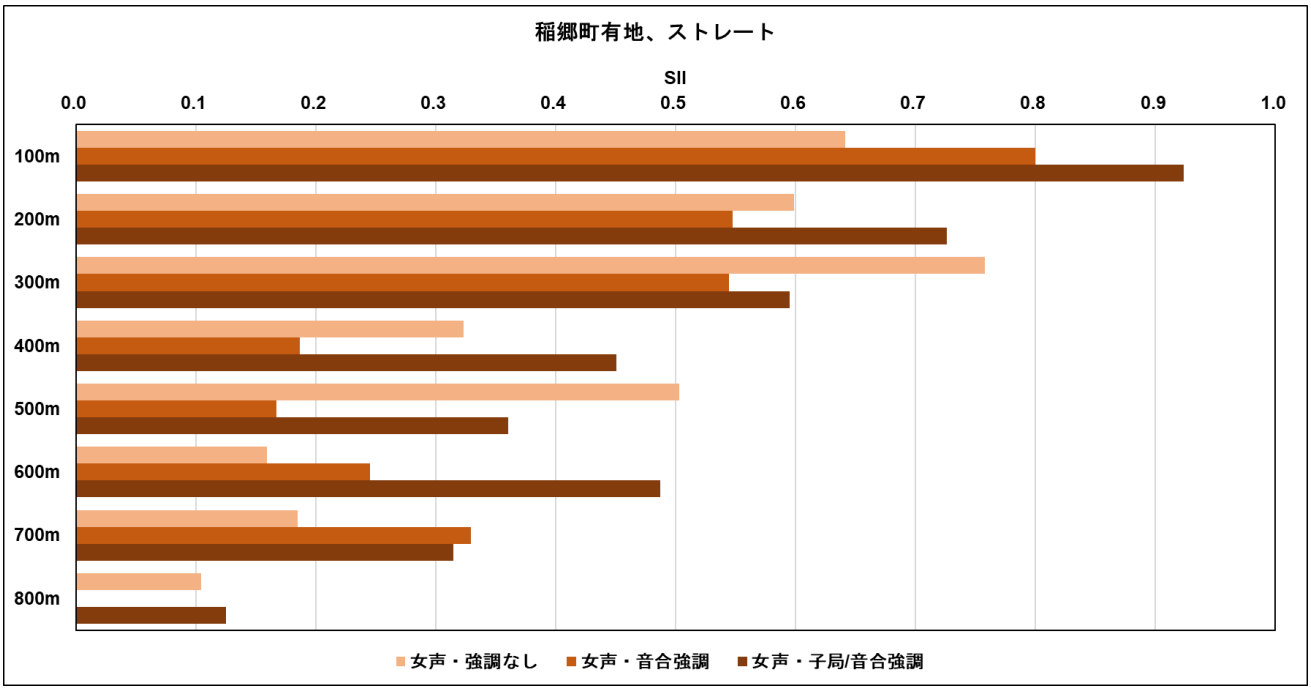


図 264　SII【稲郷町有地、女性、ストレートホーン】

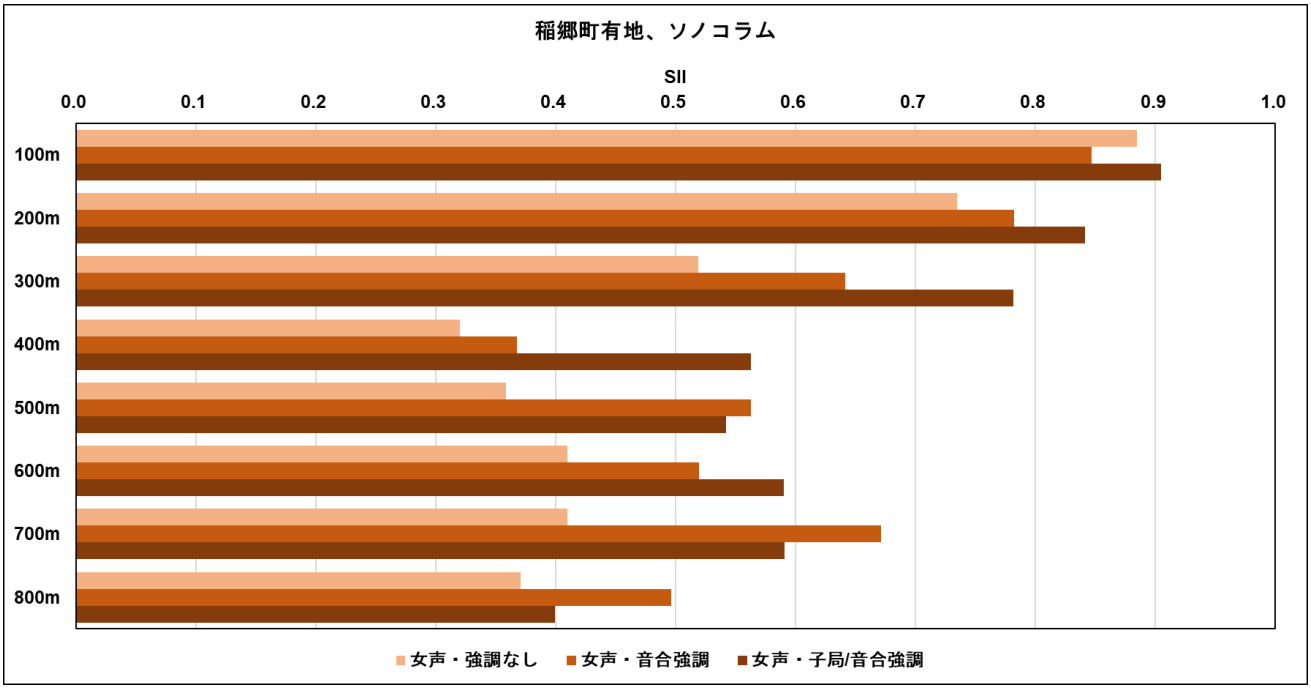


図 265　SII【稲郷町有地、女性、ソノコラム】

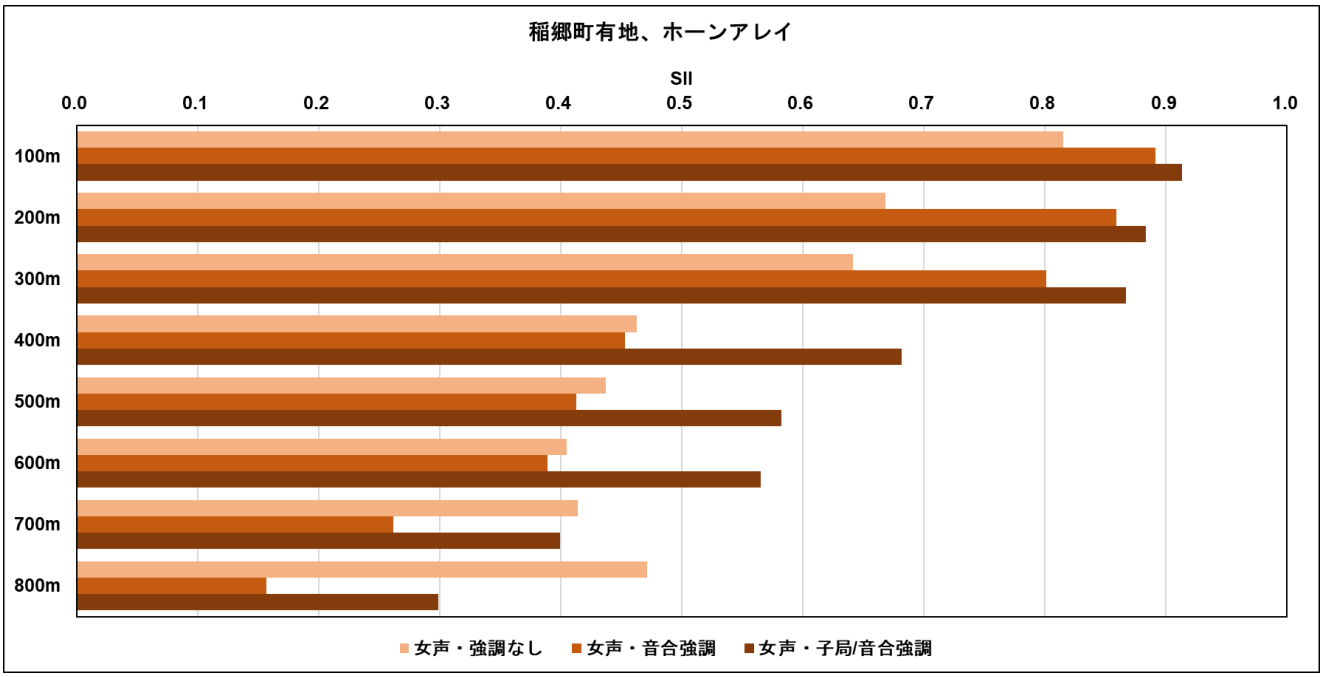


図 266　SII【稲郷町有地、女性、ホーンアレイ】

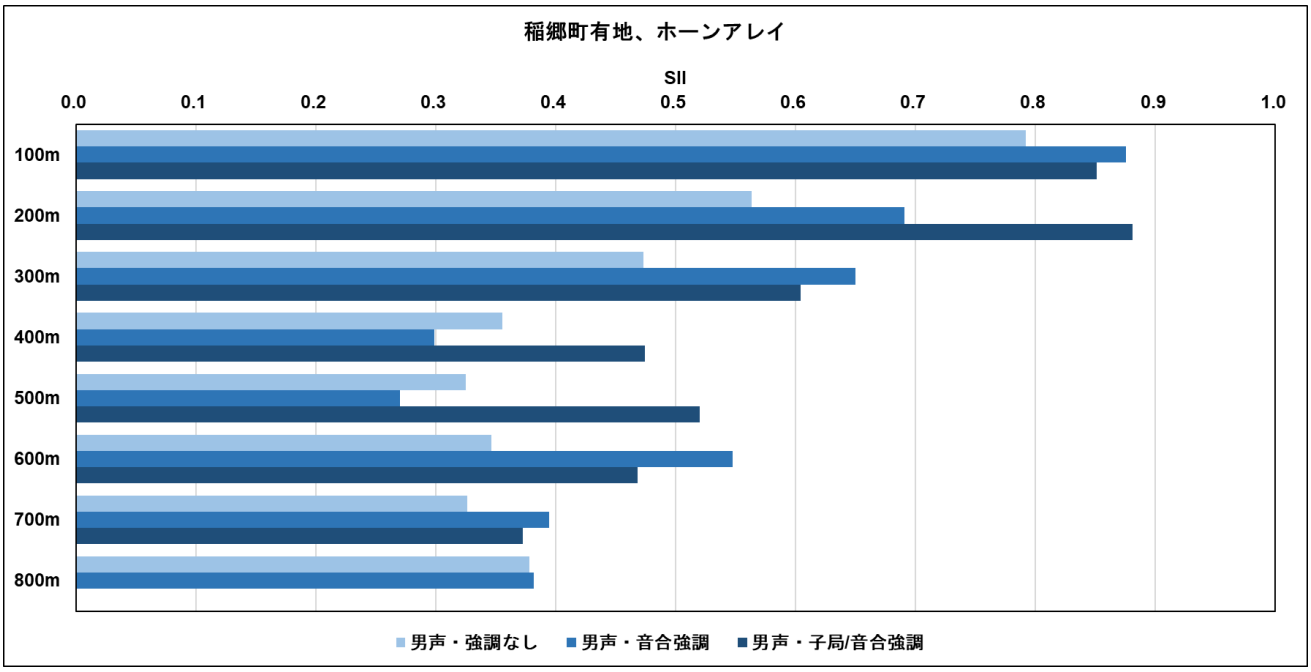


図 267　SII【稲郷町有地、男性、ホーンアレイ】

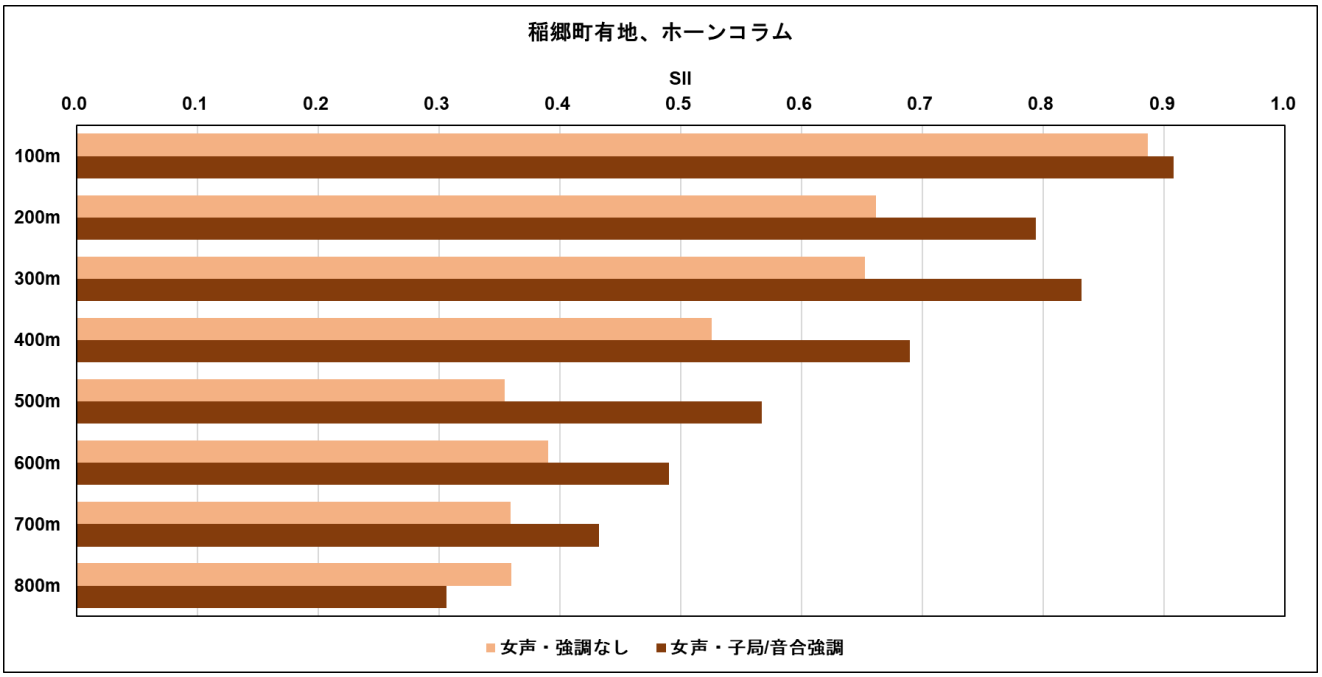


図 268　SII【稲郷町有地、女性、ホーンコラム】

2.2.3.5.2.3. 寄自然休養村の結果

300～400m付近で、改善施策を適用するとSIIが低下している箇所があります。音が大きい場合はSIIが低下することがありますが、今回は騒音計に録音された騒音の影響の可能性もあります。

表 46　放送音声からのSII計算結果（寄自然休養村）

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				暗騒音のLAeq, dB								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	2方向	120m（屋外）	120m（屋内）	300m	400m	500m	600m	中間300m	中間400m	川沿い400m
寄自然休養村		○	○				○			40.7	23.3	30.7	38.9	34.8	39.0	38.7		49.0
		○		○			○			40.8	25.6	34.5	43.8	35.1	33.7	42.9		48.8
		○			○		○			39.6	24.4	42.5	40.5	34.2	32.8	38.2		48.4
		○	○			○				42.8	25.0	34.5	38.1	36.3	32.5	40.8		49.1
		○			○	○				40.2	22.7	43.1	39.9	35.8	32.7	36.4		49.0
		○	○					○		42.6	25.0	33.2	38.8	35.0	33.2	40.0		48.0
		○			○			○		41.9	26.1	38.6	36.4	33.0	30.5	33.8		48.2
	○		○				○			41.0	26.2	32.1	37.2	37.4	36.7	36.7		48.7
	○			○			○			41.4	24.5	39.7	39.2	40.4	36.8	38.9		48.8
	○				○		○			41.2	23.6	30.2	37.8	37.0	32.1	36.8		
		○			○	○○			○	41.4	14.1	40.3	37.2	35.4	36.2	39.2	50.4	54.2
		○			○	○	○		○	40.3	16.2	36.5	37.6	32.0	31.6	43.2	51.9	51.9
		○			○	○		○	○	39.2	13.3	31.9	37.7	33.4	34.7	35.5	49.6	50.9
		○			○		○○		○	40.4	16.5	32.2	39.3	32.5	34.2	36.6	51.3	51.3
		○			○			○○	○	40.2	16.6	39.2	38.2	33.0	32.0	39.1	50.8	51.7
試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレートスピーカー	ソノコラム	ホーンアレイ	2方向	120m（屋外）	120m（屋内）	300m	400m	500m	600m	中間300m	中間400m	川沿い400m
寄自然休養村		○	○				○			0.692	0.570	0.721	0.627	0.490	0.509	0.602		0.193
		○		○			○			0.711	0.509	0.668	0.484	0.506	0.620	0.570		0.084
		○			○		○			0.871	0.713	0.511	0.702	0.618	0.659	0.794		0.291
		○	○			○				0.281	0.262	0.486	0.638	0.246	0.411	0.341		
		○			○	○				0.412	0.385	0.362	0.564	0.348	0.519	0.552		0.091
		○	○					○		0.619	0.587	0.720	0.637	0.404	0.738	0.609		0.371
		○			○			○		0.697	0.541	0.704	0.848	0.510	0.656	0.875		0.312
	○		○				○			0.562	0.359	0.614	0.608	0.213	0.251	0.499		0.150
	○			○			○			0.686	0.601	0.364	0.366	0.335	0.352	0.676		0.250
	○				○		○			0.758	0.692	0.818	0.780	0.328	0.751	0.761		
		○			○	○○			○	0.708	0.294	0.403	0.756	0.370	0.401	0.522	0.216	
		○			○	○	○		○	0.871	0.475	0.755	0.871	0.690	0.761	0.653	0.524	0.096
		○			○	○		○	○	0.846	0.440	0.817	0.886	0.685	0.651	0.835	0.493	0.268
		○			○		○○		○	0.883	0.543	0.851	0.822	0.561	0.637	0.811	0.704	0.172
		○			○			○○	○	0.910	0.671	0.512	0.829	0.606	0.705	0.847	0.444	0.274

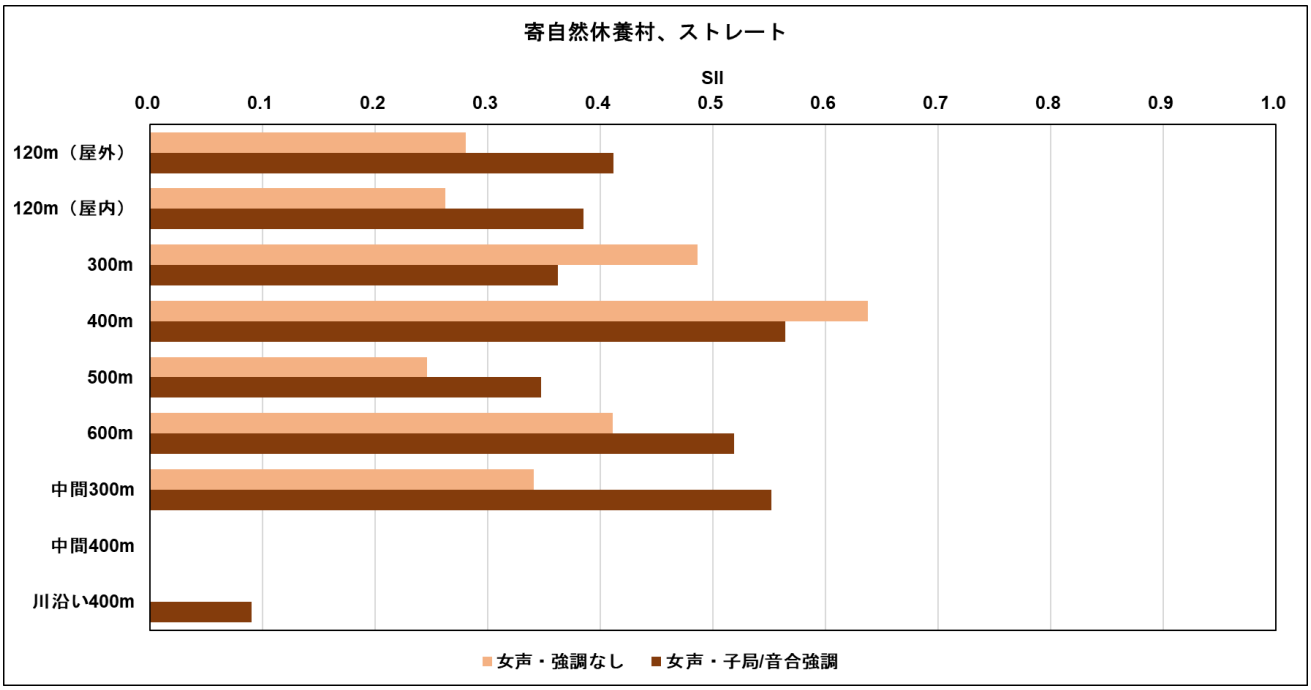


図 269　SII【寄自然休養村１方向、女性、ストレートホーン】

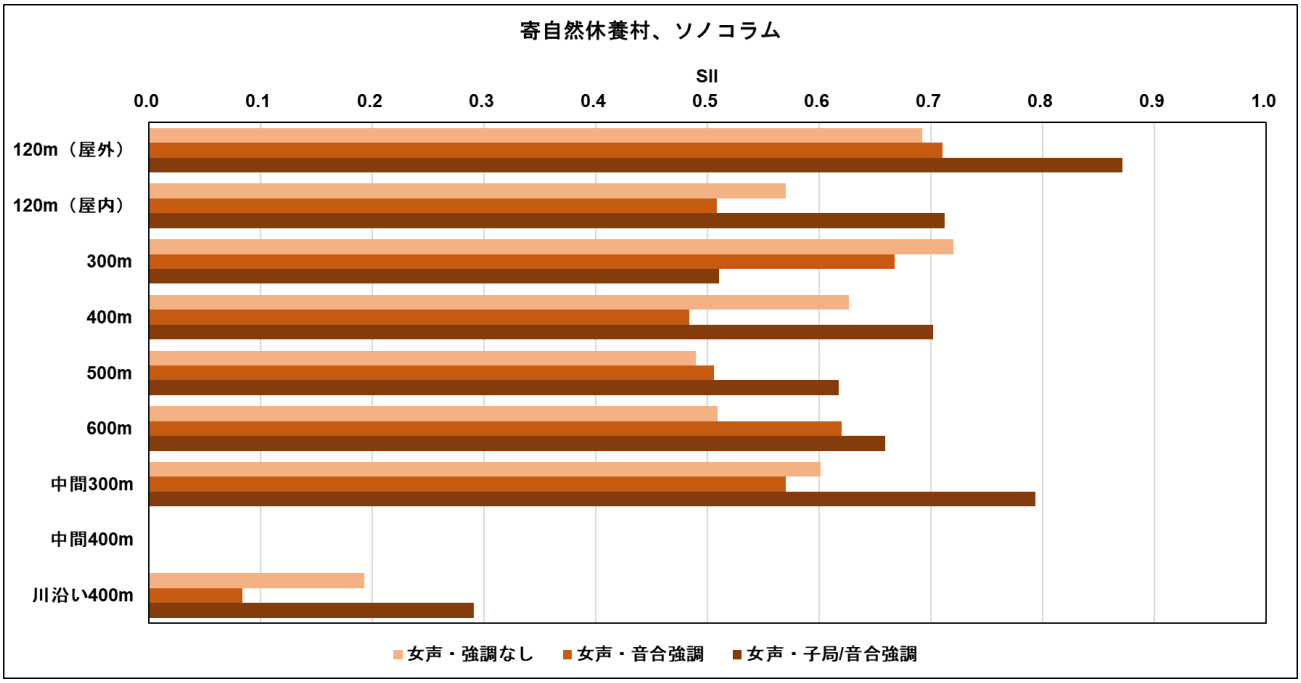


図 270　SII【寄自然休養村１方向、女性、ソノコラム】

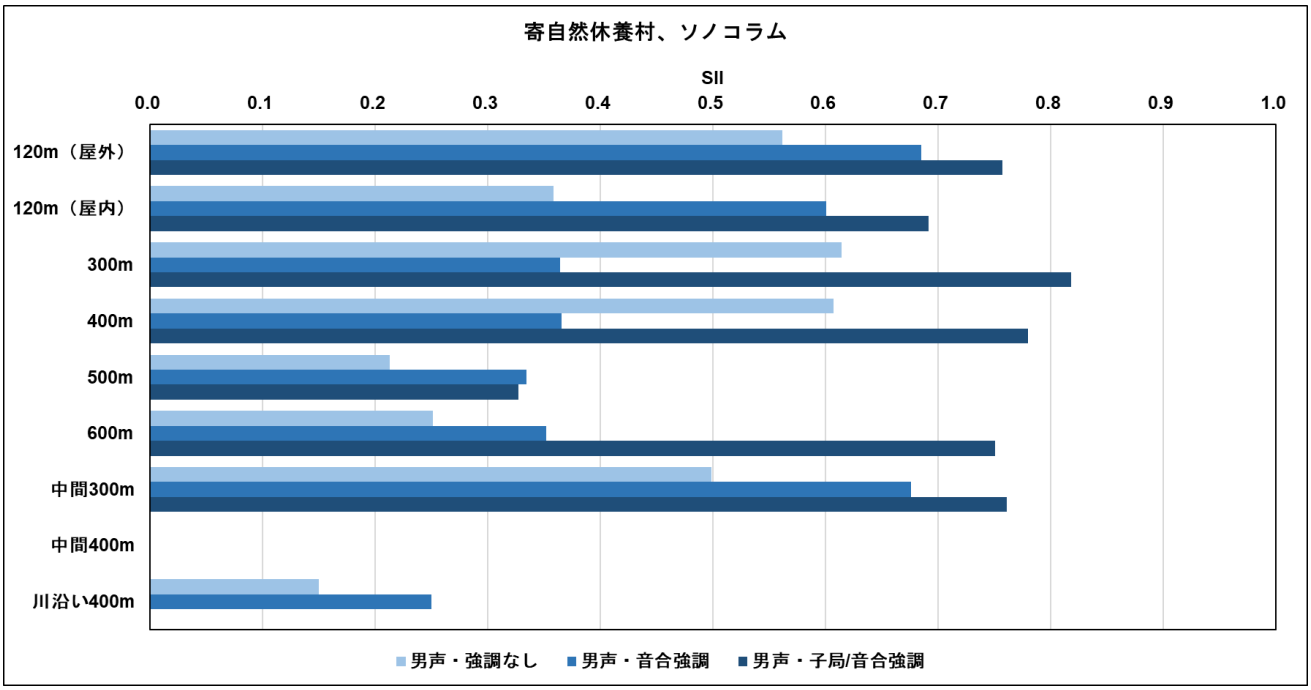


図 271　SII【寄自然休養村１方向、男性、ソノコラム】

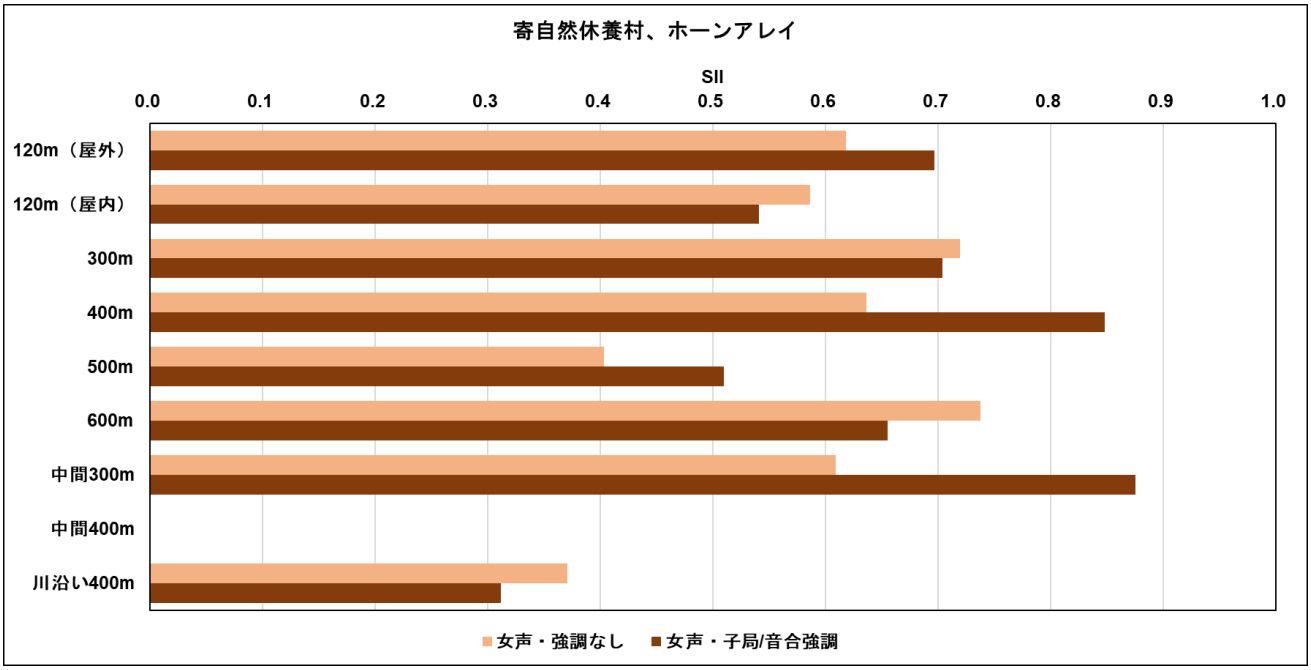


図 272　SII【寄自然休養村１方向、女性、ホーンアレイ】

２方向の場合も、従来型スピーカー2つより、従来型スピーカー＋高性能スピーカー、もしくは、高性能スピーカー＋高性能スピーカーの組合せが了解度向上に効果的です。

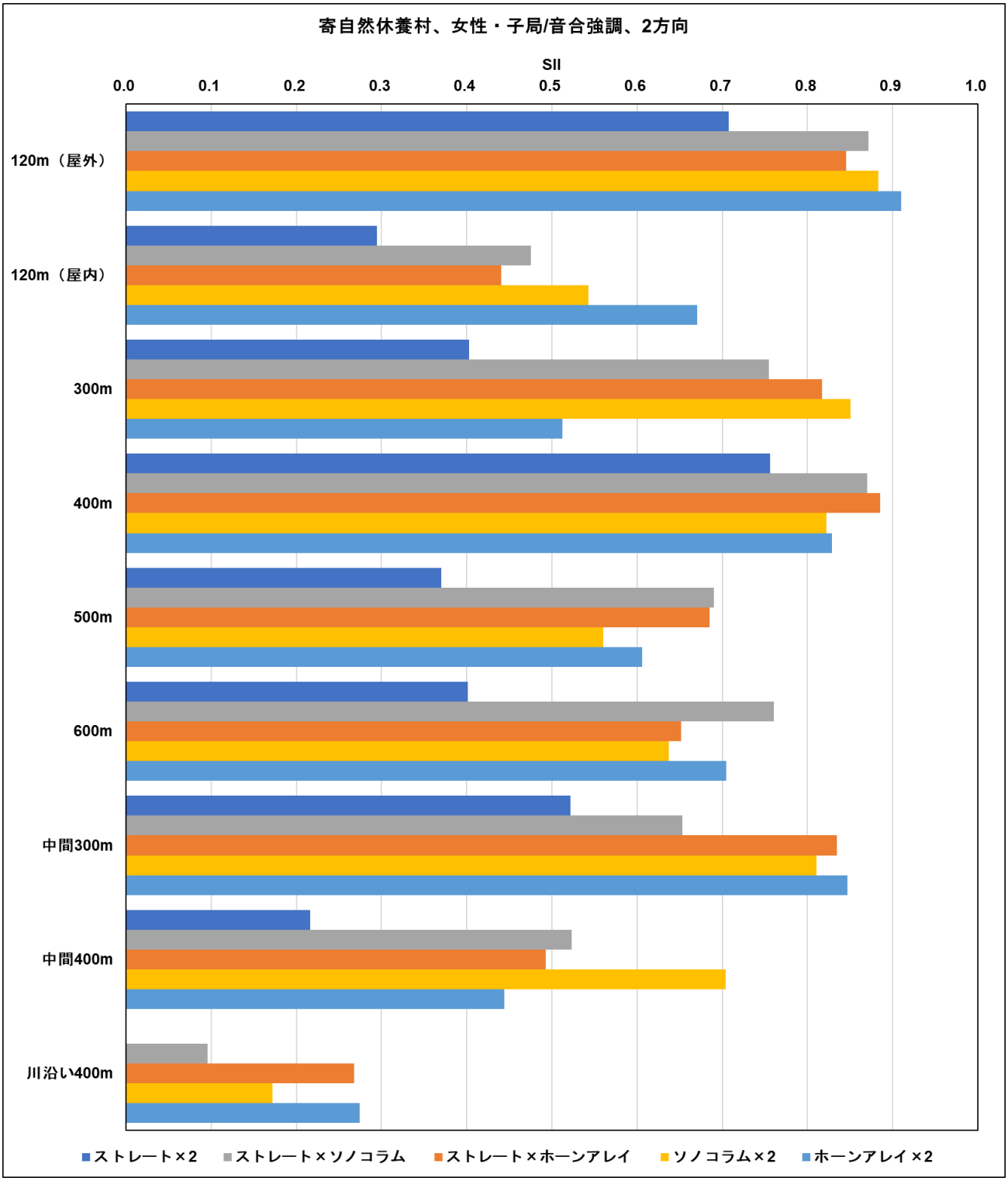


図 273　SII【寄自然休養村２方向、女性】

2.2.3.5.2.4. SII と了解度の関係

各地点の SII と了解度の関係を表に示します。

表 47　SII と了解度の関係

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII							了解度						
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレート	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m角度付	100m	200m	300m	400m	500m	600m	500m角度付
旧松田土木事務所（スプラボ）		○	○			○				0.924	0.572	0.232		0.491	0.197	0.218	5.0	4.8	2.5	3.3	1.6	3.0	2.0
		○		○		○				0.956	0.644	0.237		0.403	0.200	0.276	5.0	5.0	3.4	3.9	3.2	3.6	3.0
		○			○	○				0.945	0.787	0.620		0.646	0.588	0.388	5.0	5.0	4.3	4.1	4.3	4.6	4.0
		○	○					○		0.858	0.831	0.686		0.433	0.400	0.408	5.0	5.0	4.8	4.8	4.4	4.4	4.2
		○			○			○		0.953	0.911	0.698		0.815	0.434	0.734	4.3	5.0	4.9	5.0	4.7	4.9	4.6
		○	○				○			0.914	0.858	0.607		0.555	0.217	0.530	5.0	4.5	4.6	4.8	4.4	4.4	4.0
		○			○		○			0.945	0.891	0.664		0.826	0.803	0.516	4.0	5.0	5.0	5.0	4.6	4.8	4.0
		○	○						○	0.933	0.874	0.571		0.419	0.621	0.266	5.0	4.3	4.3	4.6	3.7	4.8	3.0
		○			○				○	0.944	0.876	0.675		0.868	0.829	0.201	4.3	5.0	5.0	5.0	4.7	4.8	4.2
	○		○			○				0.923	0.557	0.030				0.028	5.0	4.0	2.0	3.8	1.4	2.5	1.2
	○			○		○				0.948	0.583	0.294		0.189			5.0	4.0	2.9	4.3	2.0	1.5	1.0
	○				○	○				0.953	0.680	0.225		0.247	0.404		5.0	4.8	4.1	4.8	3.6	3.4	1.0

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII								了解度							
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレート	ソノコラム	ホーンアレイ	ホーンコラム	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m	100m	200m	300m	400m	500m	600m	700m	800m
稲郷町有地		○	○					○		0.815	0.668	0.641	0.463	0.437	0.405	0.414	0.471	5.0	5.0	4.3	3.9	4.4	4.1	4.5	3.8
		○		○				○		0.891	0.859	0.801	0.453	0.413	0.389	0.262	0.157	5.0	5.0	4.8	4.8	4.1	3.6	4.5	1.8
		○			○			○		0.913	0.883	0.867	0.681	0.582	0.565	0.399	0.299	5.0	5.0	4.8	5.0	4.9	5.0	5.0	4.0
		○	○			○				0.641	0.598	0.758	0.323	0.503	0.159	0.185	0.104	4.7	5.0	3.8	4.0	3.9	3.4	3.8	2.0
		○		○		○				0.800	0.547	0.544	0.187	0.167	0.245	0.329		5.0	4.8	4.0	3.8	3.1	3.3	4.0	1.3
		○			○	○				0.924	0.726	0.595	0.451	0.360	0.487	0.315	0.125	5.0	5.0	4.3	4.8	4.5	4.3	4.5	2.8
		○	○				○			0.885	0.734	0.519	0.320	0.358	0.410	0.410	0.371	5.0	4.8	4.5	3.6	4.3	4.3	5.0	4.3
		○		○			○			0.847	0.782	0.641	0.368	0.562	0.520	0.671	0.496	5.0	5.0	4.8	4.6	4.9	5.0	5.0	4.8
		○			○		○			0.905	0.841	0.781	0.563	0.542	0.590	0.591	0.399	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0
		○	○						○	0.886	0.662	0.652	0.526	0.354	0.390	0.359	0.360	5.0	5.0	4.5	4.8	4.4	4.3	4.3	3.5
		○			○				○	0.908	0.794	0.831	0.689	0.567	0.490	0.432	0.306	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.8	5.0	3.0
	○		○					○		0.792	0.563	0.473	0.356	0.325	0.346	0.326	0.378	5.0	5.0	3.8	3.1	3.1	3.3	3.8	2.5
	○			○				○		0.875	0.691	0.650	0.299	0.270	0.547	0.394	0.382	5.0	5.0	4.8	2.9	3.8	4.1	4.8	4.5
	○				○			○		0.911	0.851	0.881	0.604	0.474	0.520	0.468	0.373	5.0	5.0	4.8	4.9	4.5	4.6	5.0	4.5

試験場所	話者		音声改善			スピーカー種				音声から算出したSII									了解度								
	男性	女性	なし	音合強調	子局/音合強調	ストレート	ソノコラム	ホーンアレイ	2方向	120m屋外	120m屋内	300m	400m	500m	600m	中間300m	中間400m	川沿い400m	120m屋外	120m屋内	300m	400m	500m	600m	中間300m	中間400m	川沿い400m
寄自然休養村		○	○				○			0.692	0.570	0.721	0.627	0.490	0.509	0.602		0.193	4.7	4.0	5.0	4.5	3.3	2.6	5.0		4.5
		○		○			○			0.711	0.509	0.668	0.484	0.506	0.620	0.570		0.084	4.7	4.3	5.0	4.9	4.4	4.1	5.0		3.5
		○			○		○			0.871	0.713	0.511	0.702	0.618	0.659	0.794		0.291	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	4.1	5.0		4.3
		○	○			○				0.281	0.262	0.486	0.638	0.246	0.411	0.341			4.0	3.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.8		1.8
		○			○	○				0.412	0.385	0.362	0.564	0.348	0.519	0.552		0.091	4.3	3.3	3.5	4.6	3.9	3.6	5.0		2.5
		○	○					○		0.619	0.587	0.720	0.637	0.404	0.738	0.609		0.371	4.7	4.8	5.0	4.8	4.6	4.8	4.8		4.5
		○			○			○		0.697	0.541	0.704	0.848	0.510	0.656	0.875		0.312	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	5.0		4.8
	○		○				○			0.562	0.359	0.614	0.608	0.213	0.251	0.499		0.150	4.7	3.8	4.8	4.0	2.5	2.9	4.8		2.8
	○			○			○			0.686	0.601	0.364	0.366	0.335	0.352	0.676		0.250	4.7	4.0	4.8	3.9	3.1	3.1	5.0		3.5
	○				○		○			0.758	0.692	0.818	0.780	0.328	0.751	0.761			5.0	4.0	5.0	4.9	4.1	4.3	5.0		2.8
		○			○	○○			○	0.708	0.294	0.403	0.756	0.370	0.401	0.522	0.216		5.0	4.8	4.8	4.8	4.3	4.3	4.8	3.5	2.0
		○			○	○	○		○	0.871	0.475	0.755	0.871	0.690	0.761	0.653	0.524	0.096	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8
		○			○	○		○	○	0.846	0.440	0.817	0.886	0.685	0.651	0.835	0.493	0.268	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	4.8	4.8
		○			○		○○		○	0.883	0.543	0.851	0.822	0.561	0.637	0.811	0.704	0.172	5.0	5.0	5.0	4.8	4.9	4.5	5.0	5.0	4.5
		○			○			○○	○	0.910	0.671	0.512	0.829	0.606	0.705	0.847	0.444	0.274	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	4.5

３地点の全スピーカー、全測定点のデータから得られた、SII と了解度の関係をグラフに示します。SII が高くなるにつれて了解度も高くなり、SII が 0.5 付近から了解度は飽和（上限に達する）するという結果が得られました。

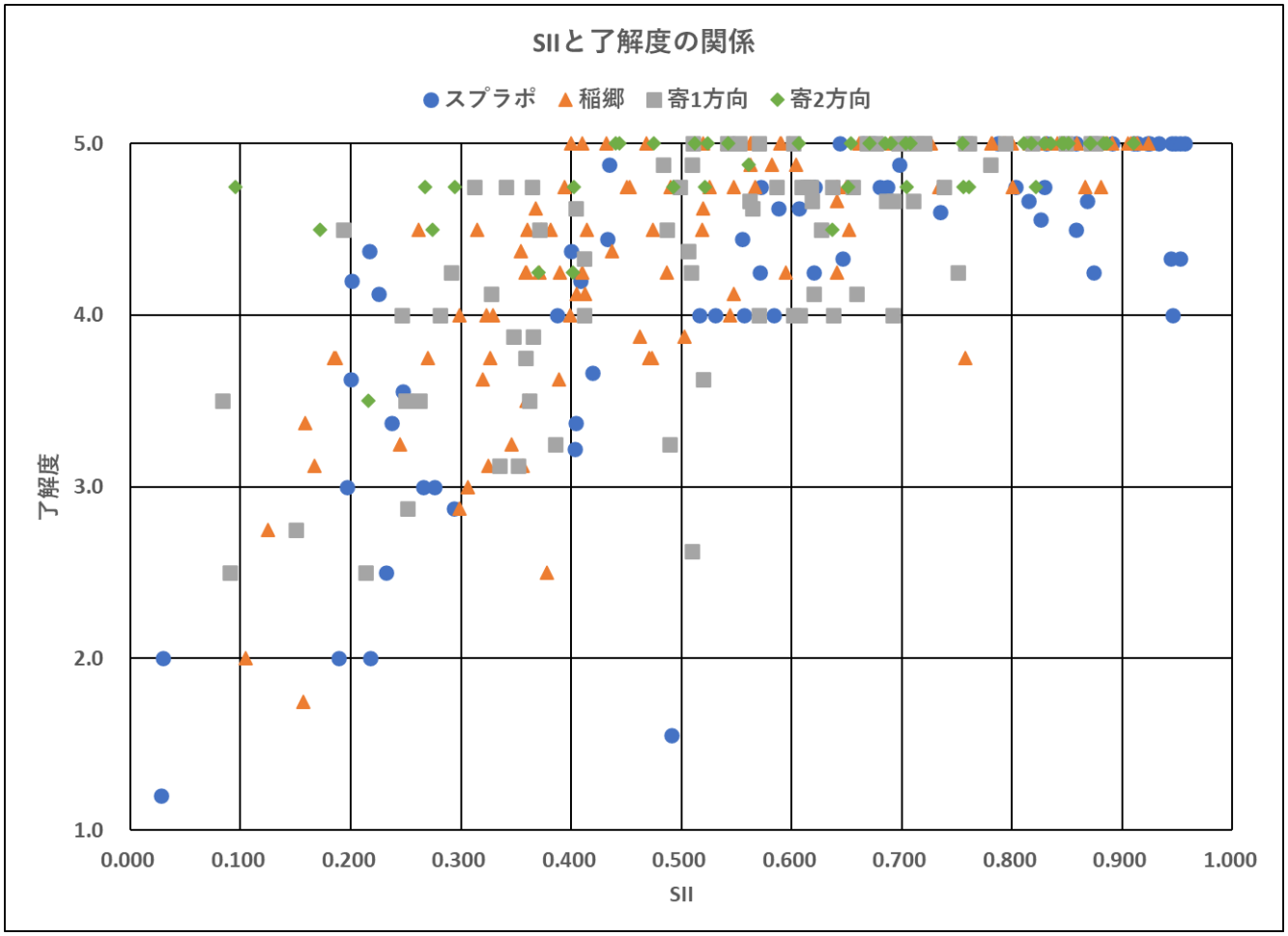


図 274　SII と了解度の関係

また従来型スピーカーと高性能スピーカーに分けて SII と了解度の関係をグラフに示します。高性能スピーカーは従来型に比べ、プロットが右上に偏っており、SII も了解度も優れていることが分かります。

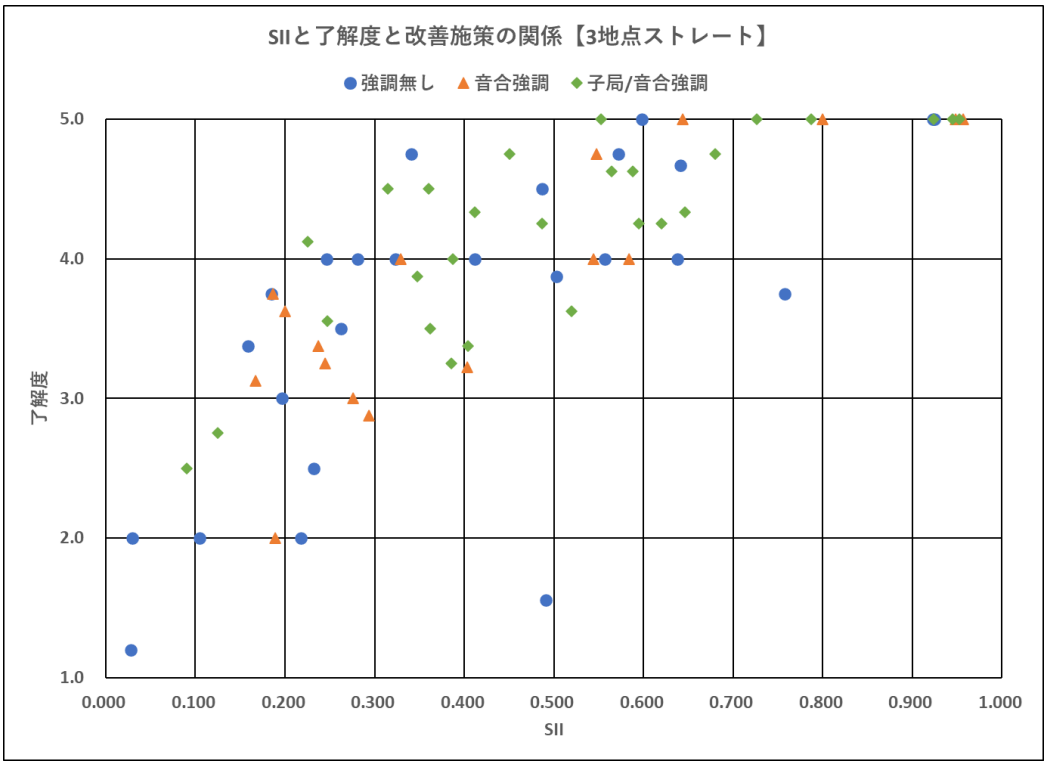


図 275　SII と了解度と改善施策の関係【ストレートホーン】

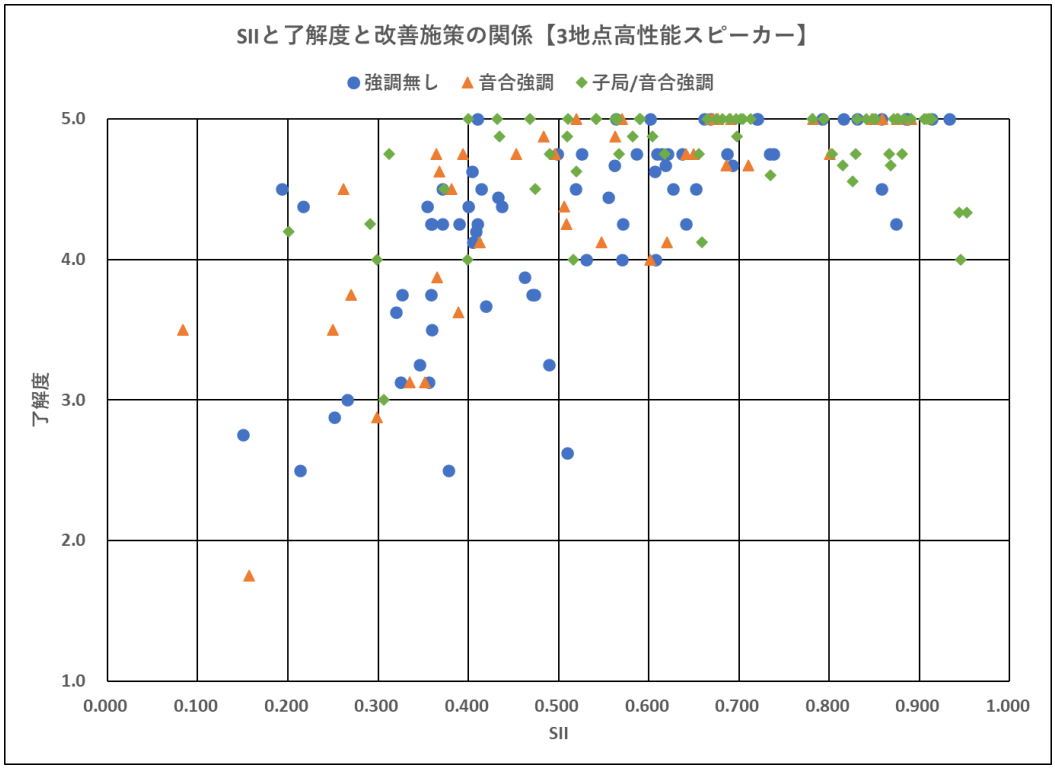


図 276　SII と了解度と改善施策の関係【高性能スピーカー】

2.2.3.5.2.5. SII と聞き取りにくさの関係

2.2.3.5.2.5.1. スプラポ

SII が 0.7 を下回る付近から、聞き取りにくさが悪化（数値が下がる）していきます。高齢者の方が成人より聞き取りにくさのバラつきが大きく出ています。

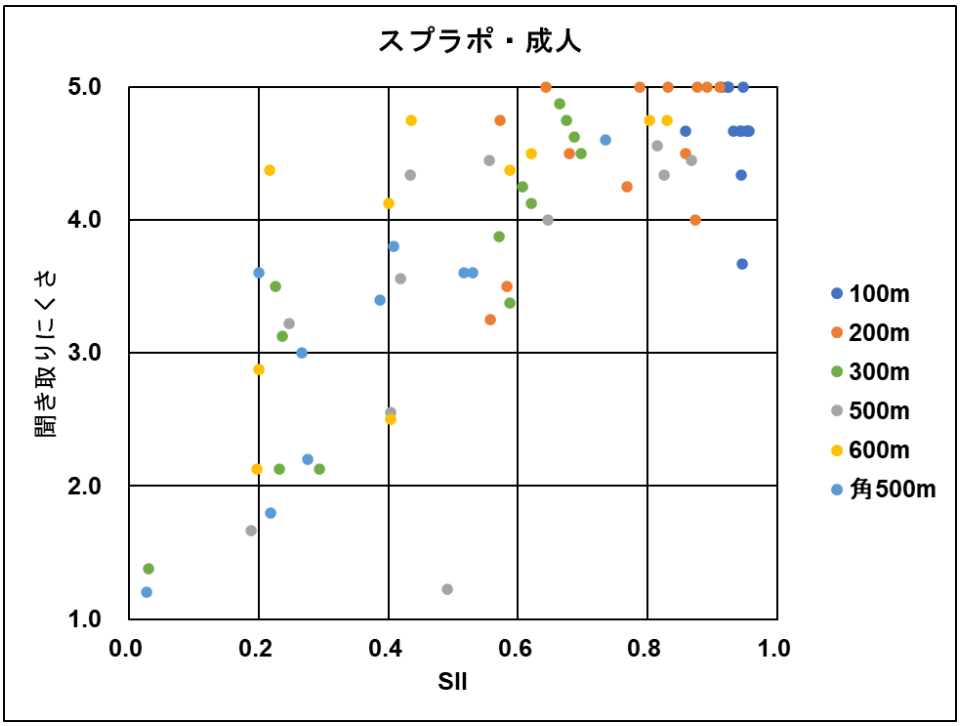


図 277　SII と聞き取りにくさの関係【スプラポ、成人】

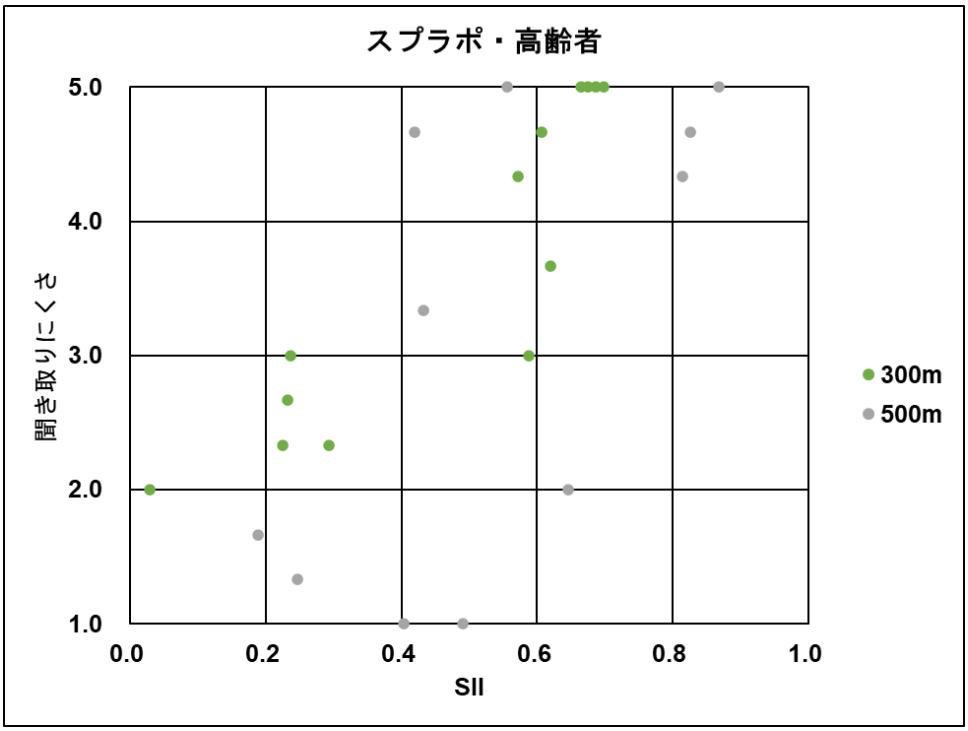


図 278　SII と聞き取りにくさの関係【スプラポ、高齢者】

2.2.3.5.2.5.2. 稲郷町有地

スプラポと同様の傾向ですが、他所より比較的ばらつきが少ない結果となっています。スピーカーから測定点までの間の障害物が少ないことが影響している可能性があります。

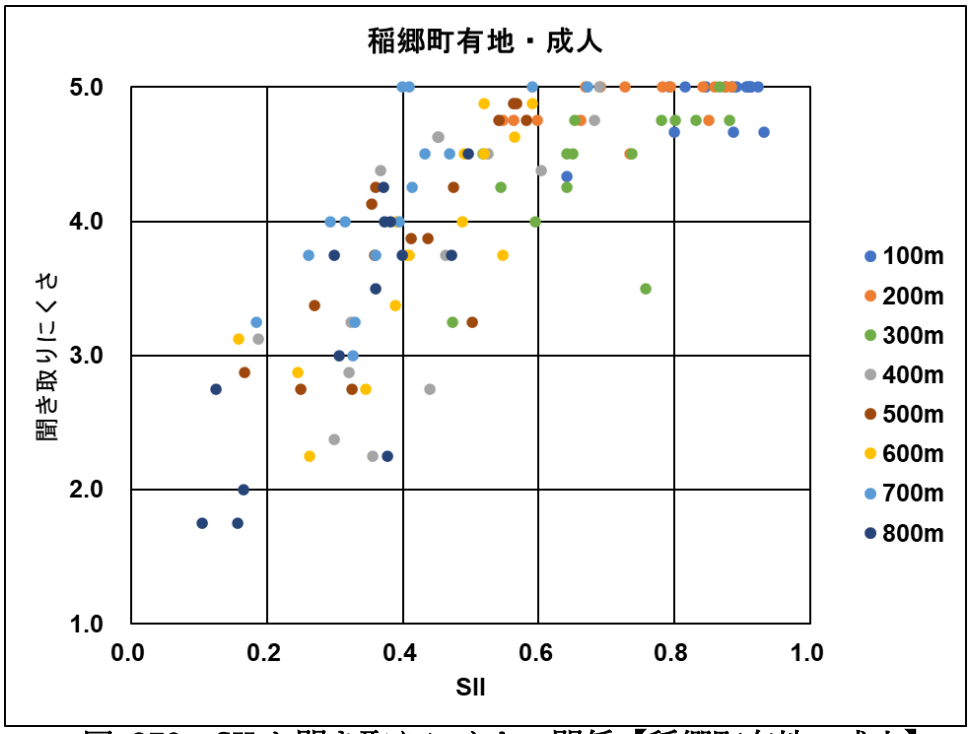


図 279　SII と聞き取りにくさの関係【稲郷町有地、成人】

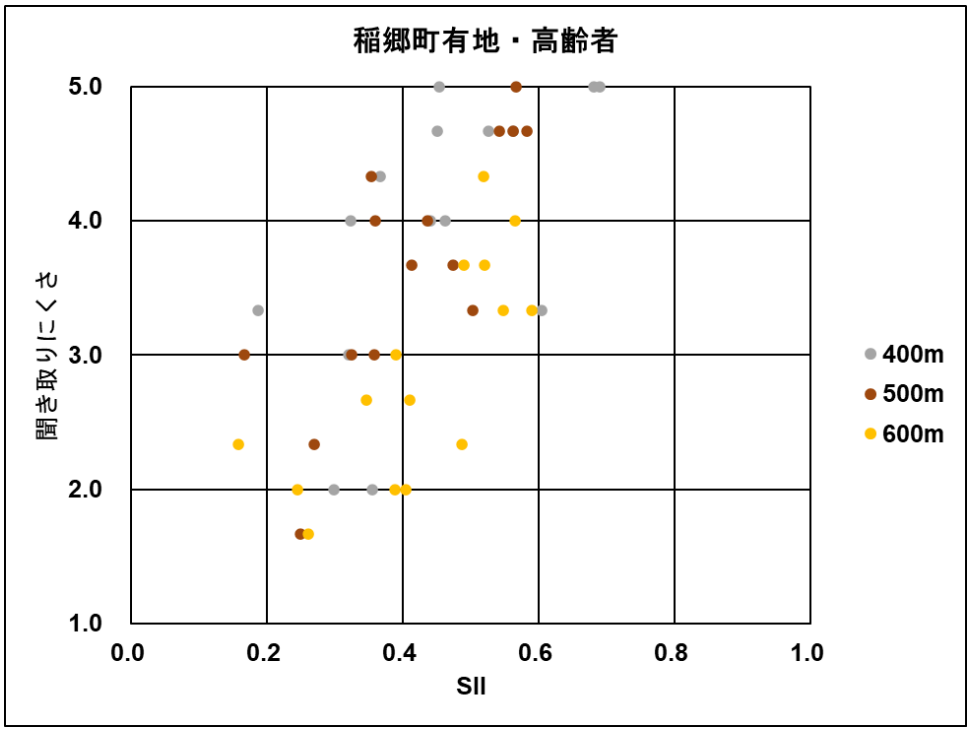


図 280　SII と聞き取りにくさの関係【稲郷町有地、高齢者】

2.2.3.5.2.5.3. 寄自然休養村

集会場内（屋内）は同じ SII 値で他の場所と比べると聞き取りにくさの数値が悪いという結果でした（数値が低い）。SII は S/N 比に関連した評価指標であり、音量が低いことによる聞き取りにくさの悪化は評価できないためと思われます。

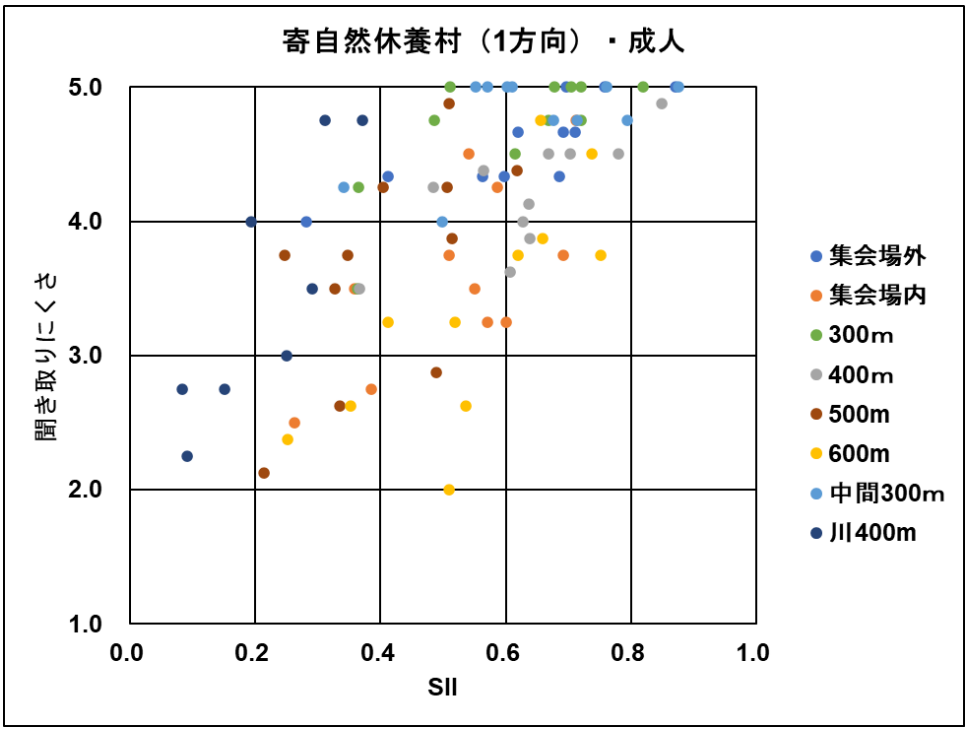


図 281　SII と聞き取りにくさの関係【寄自然休養村 1 方向、成人】

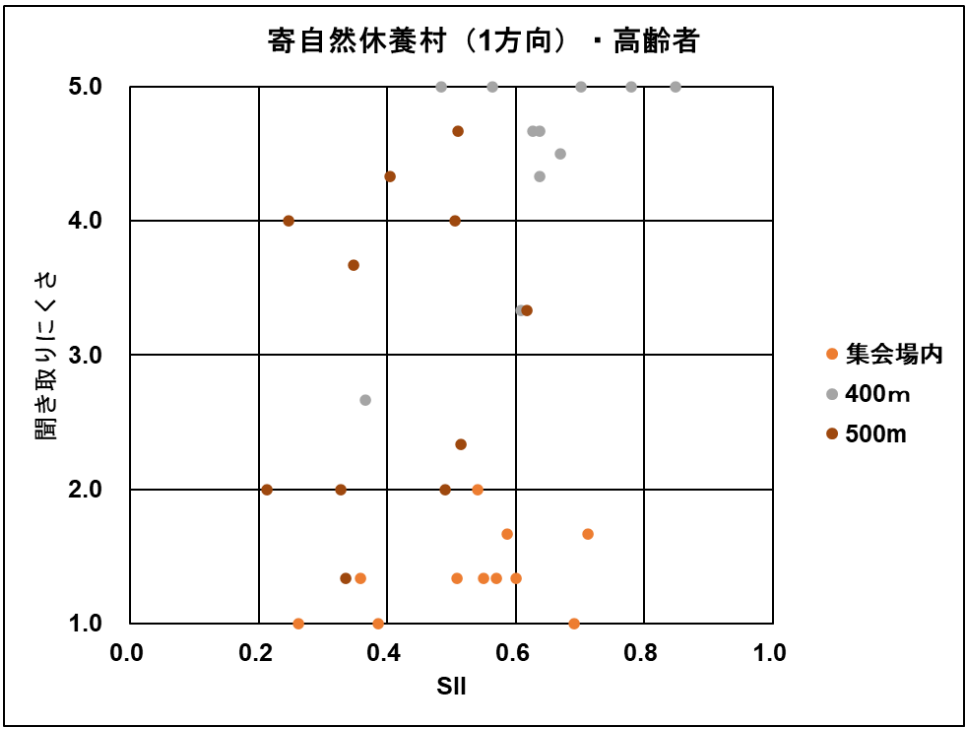


図 282　SII と聞き取りにくさの関係【寄自然休養村 1 方向、高齢者】

２方向での結果についてはSIIの値によらず、聞き取りにくさは余り高くない（数値が高い）という結果でした。最終日の最後の評価であり、評価者に慣れが発生した、あるいは音量が他所より大きかったため、SIIが低下したという要因が考えられます。

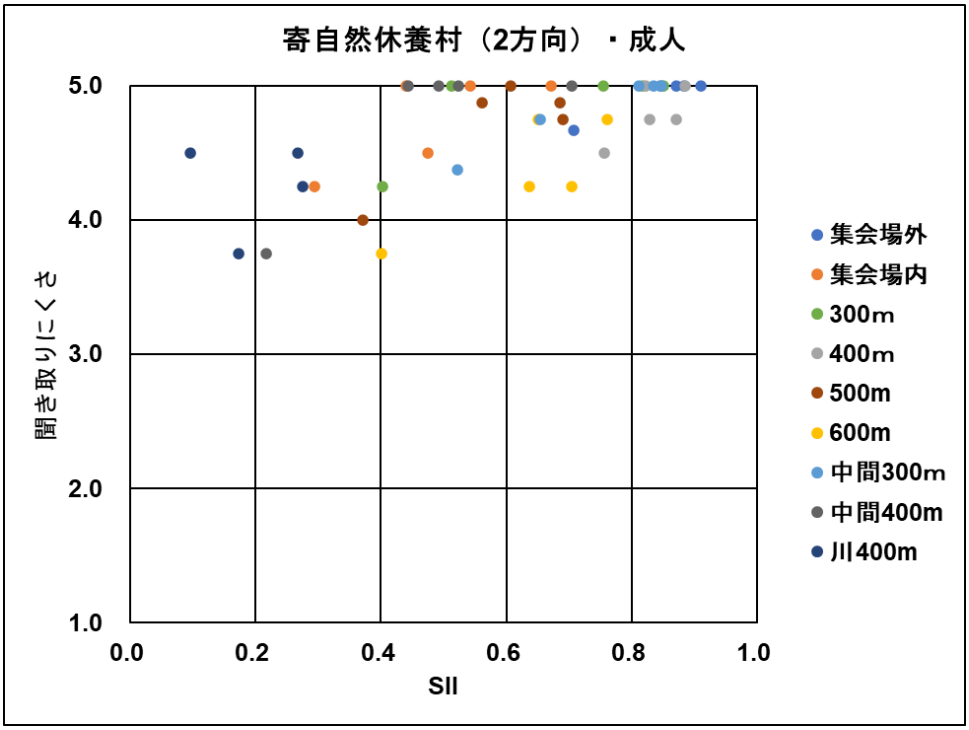


図 283　SIIと聞き取りにくさの関係【寄自然休養村２方向、成人】

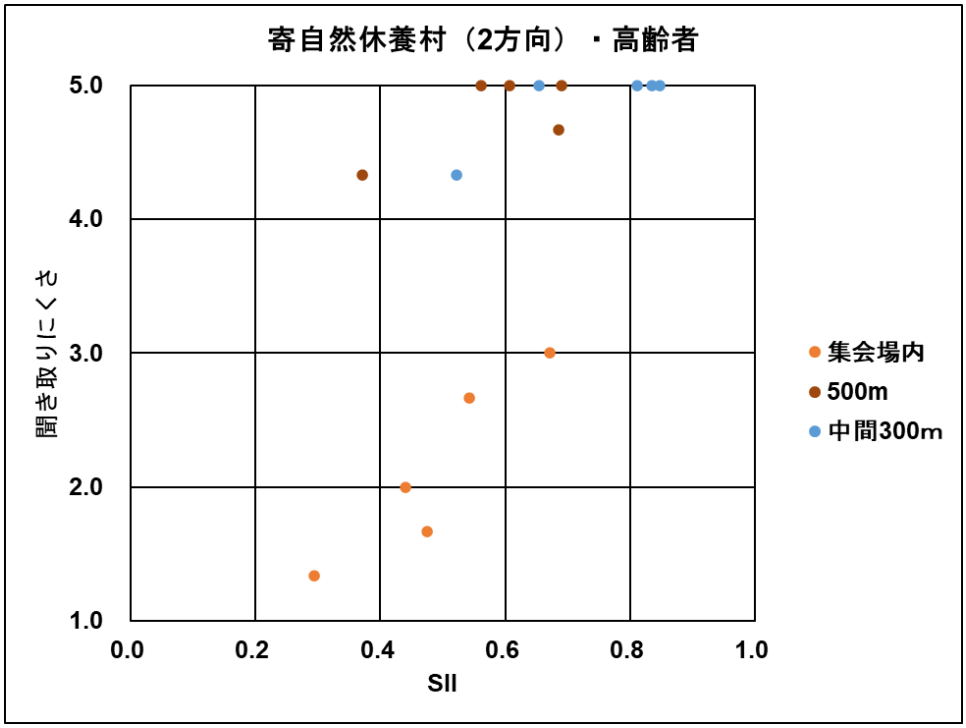


図 284　SIIと聞き取りにくさの関係【寄自然休養村２方向、高齢者】

2.2.3.6. 実験の様子

スプラポ鳴動地点

スプラポ子局設備

スプラポ 300m 聴取地点

スプラポ 600m 聴取地点

稲郷町有地鳴動地点

稲郷町有地各評価地点の様子

図 285　実験の様子①

	
稲郷町有地 600m 聴取地点	稲郷町有地 800m 聴取地点
	
寄自然休養村鳴動地点	寄自然休養村スピーカー配置 （1 方向、2 方向）
	
寄自然休養村 500m 聴取地点	寄自然休養村　集会場聴取地点

図 286　実験の様子②

2.2.4. 机上検討詳細

2.2.4.1. 音達バルーンの机上検討

音達バルーンの机上検討については、下記の 2 条件で実施しました。

【検討①】　第二回検討会記載の了解度向上施策による改善検討

【検討②】　暗騒音レベルが高い場合の了解度向上施策による効果を検討

2.2.4.1.1. 検討①

2.2.4.1.1.1. 検討内容

JIS C5504(ホーンスピーカーの試験基準)の測定結果から生成される音達バルーンは、周波数毎に均一なスピーカー定格入力の試験信号を用いた理想的条件で描かれています。スピーカーメーカーの設計推奨は距離減衰を考慮したもので、約 30%小さな音達バルーンが描かれます。

しかし、実際の放送音声は周波数により音圧の強弱があるため、今回の実験では、放送音声の平均出力レベルを使用し、SII 値を基準とした「了解度バルーン」というものを新たに考えます。音達バルーンと相互関係を保つため、設計推奨の音達バルーン沿面の SII を算出(①)し、了解度向上施策実施により、同じ SII 値のバルーンが拡張されるか(②)を、机上検討します。

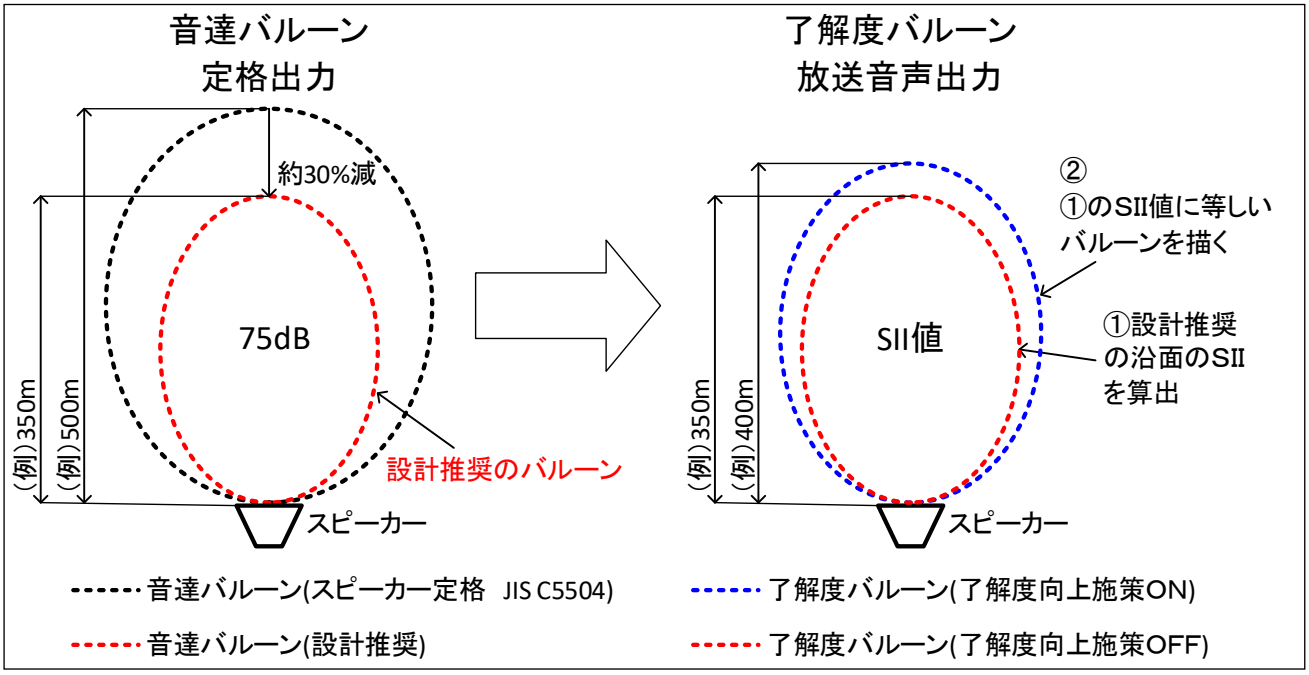


図 287　音達バルーンの机上検討イメージ

2.2.4.1.1.2. 検討方法

スピーカーの JIS C5504 の指向性データから音圧が 75dB となる距離を算出し、その 7 割となる距離でバルーンを描きます。（了解度向上施策前）
その後、上記の距離における SII 値を算出し、同一の SII 値となる音声改善施策（子局強調）後の聴取点距離を算出し、バルーンを描きます。（了解度向上施策後）

なお、SII 値の算出には、周囲雑音、気温、湿度が必要となるため、周囲雑音としては都市雑音として代表的に使用されるブラウニアンノイズ(50dB)を、気温と湿度は高音の減衰量が大きい冬場（東京都の 1 月の過去 5 年の平均気温と湿度）を採用します。

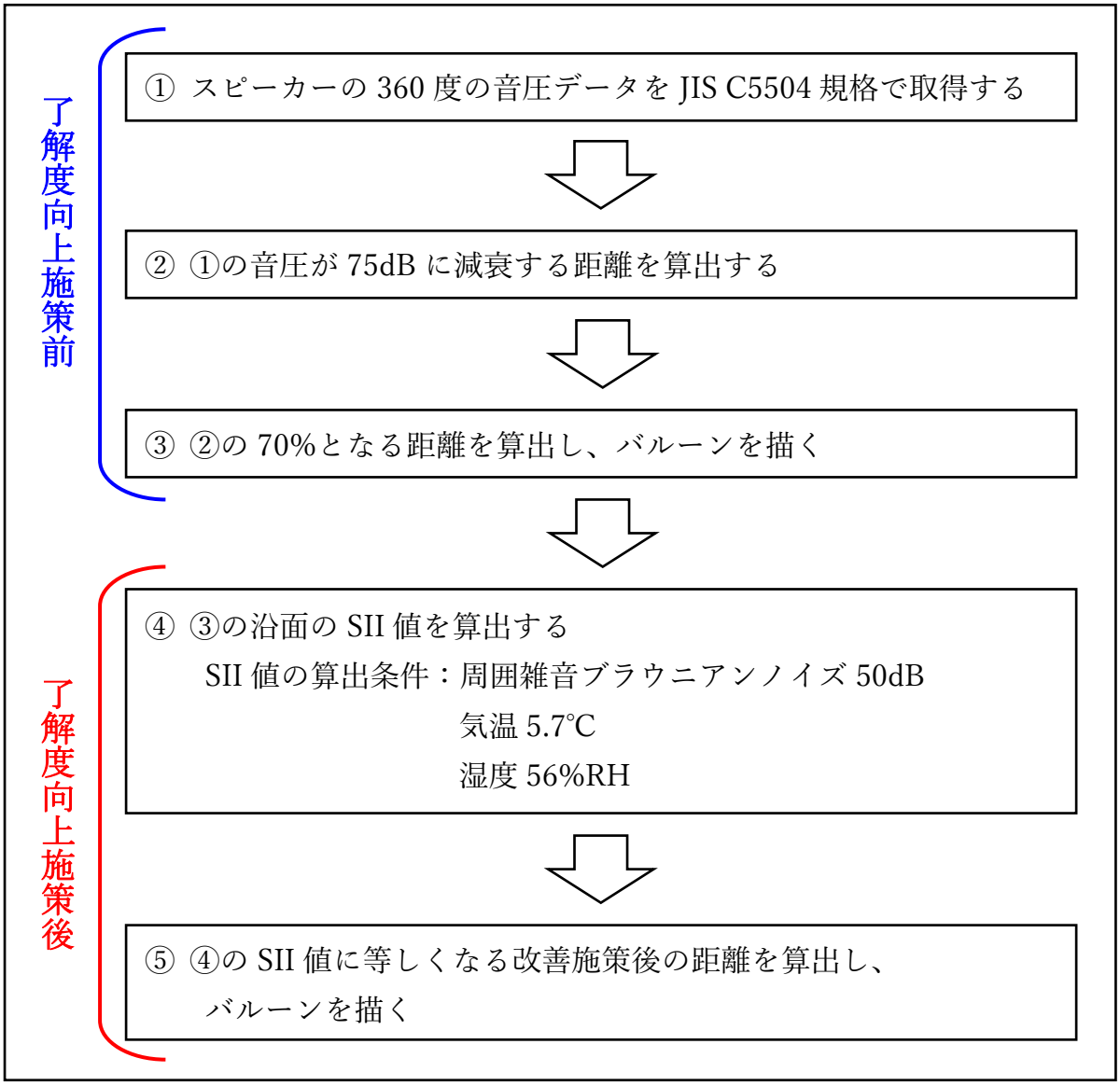


図 288　了解度バルーンの計算手順

2.2.4.1.1.3. 検討結果

従来型スピーカーと高性能スピーカーの２種について了解度向上施策前後のバルーン計算例を示します。

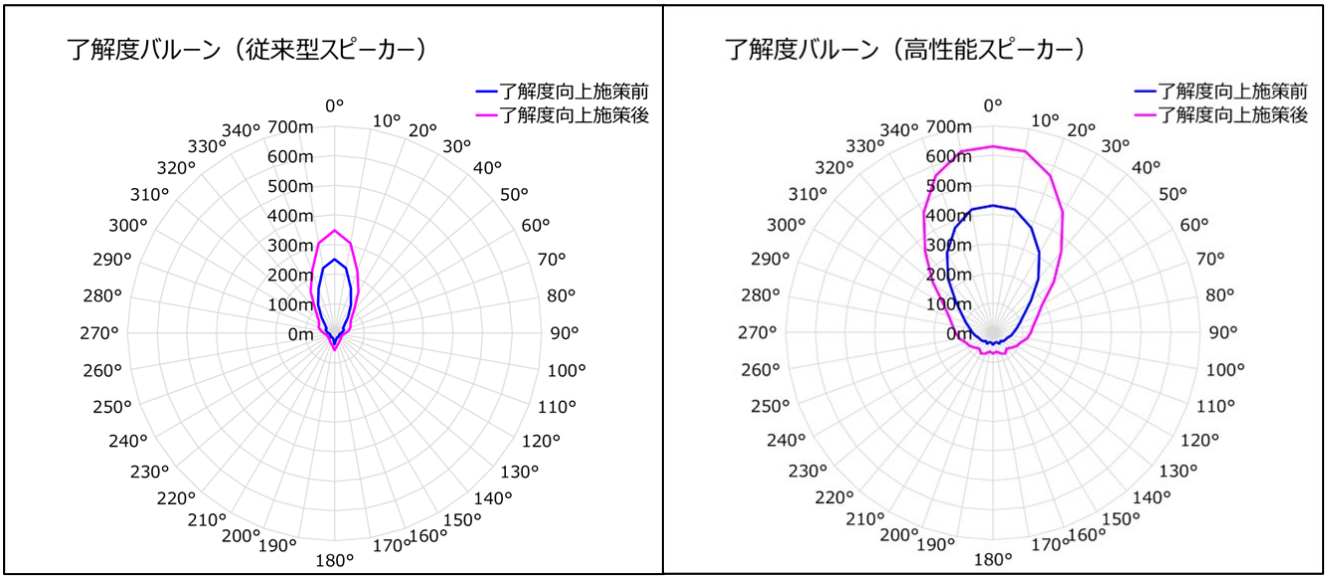


図 289　了解度バルーンの計算例

了解度バルーンの改善施策適用前後の面積と正面方向の距離の概算を下表に示します。下記の数値は、従来型及び高性能型それぞれについて、複数種スピーカーでの計算結果の平均値を記載しています。※個別のスピーカー特性は各社の秘密情報のため

表 48　改善施策による了解度バルーン拡張

No.	スピーカー種	改善施策前 バルーン面積（m²）	改善施策後 バルーン面積（m²）	拡大率
1	従来型平均	24,462	49,488	2.0
2	高性能平均	146,747	311,482	2.1
No.	スピーカー種	改善施策前 正面方向距離（m）	改善施策後 正面方向距離（m）	拡大率
1	従来型平均	247	335	1.4
2	高性能平均	539	757	1.4

2.2.4.1.2. 検討②

2.2.4.1.2.1. 検討内容

音達バルーンは、スピーカーの音圧だけで規定されており、周囲雑音は考慮されていません。降雨などにより周囲雑音が大きいときは、実際の音達範囲は小さくなりますが、どれくらい小さくなるのかは不明であるという問題があります。

ここでは、周囲雑音を考慮する SII を計算することで、周囲雑音が大きいとき（ノイズ環境下）の音達範囲の縮小を了解度バルーンにより推定します。その後、了解度向上施策による音達範囲（了解度バルーン）の回復率を計算します。

2.2.4.1.2.2. 検討方法

検討①と同様に、スピーカーの JIS C5504 の指向性データから音圧が 75dB となる距離を算出し、その 7 割となる距離でバルーンを描きます。（音達バルーン了解度向上施策前）その後、周囲雑音として、ブラウニアンノイズ(60dB)環境下における SII 値=0.6 となる聴取点距離を音声改善施策（子局強調）前後で算出し、バルーンを描きます。（了解度バルーン了解度向上施策前・後）

なお、SII 値の算出に用いる気温と湿度は高音の減衰量が大きい冬場の温度、湿度（東京都の 1 月の過去 5 年の平均気温と湿度）を採用します。

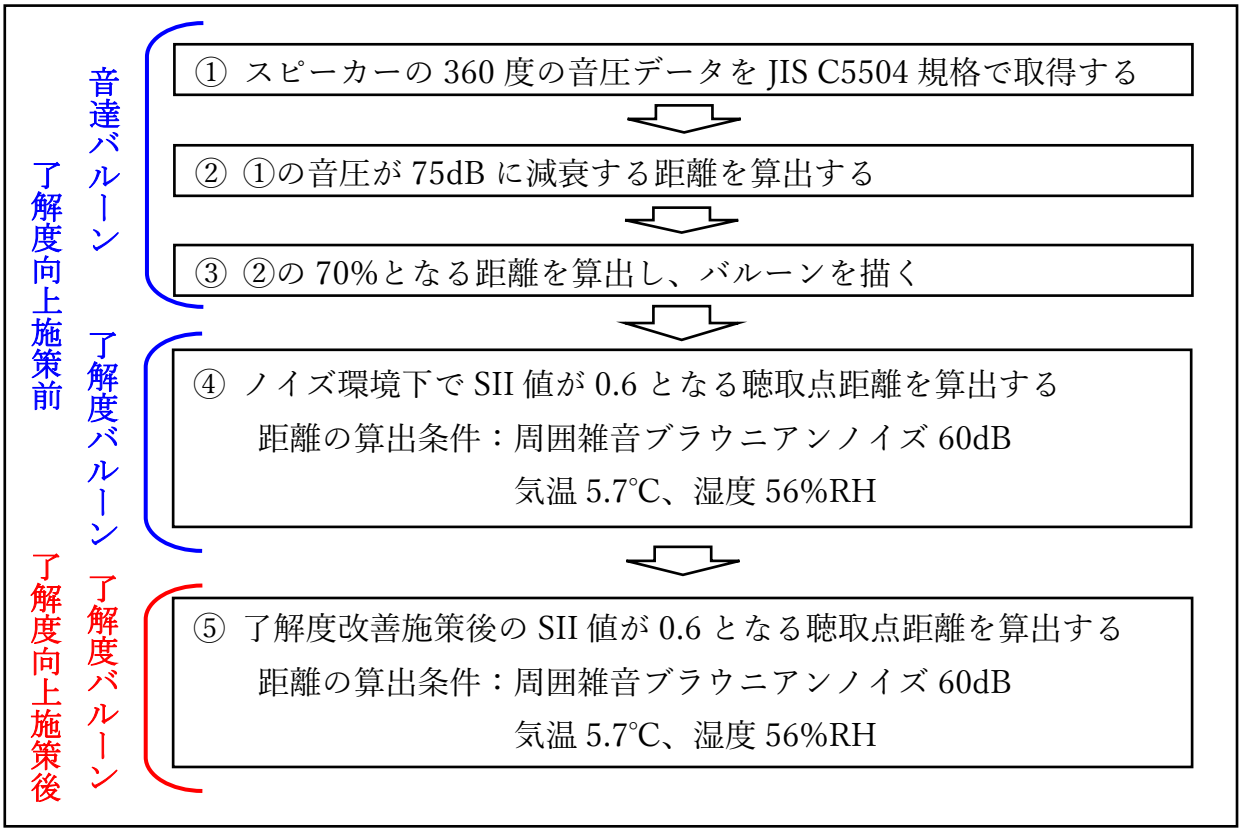


図 290　ノイズ環境下の了解度バルーンの計算手順

2.2.4.1.2.3. 検討結果

従来型スピーカーと高性能スピーカーの２種について、音達バルーンとノイズ環境下における了解度向上施策前後の了解度バルーンの計算例を下記に示します。

ノイズ環境下では了解度バルーンは小さくなりますが、改善施策を適用することで、ノイズが無い時の状態に近づきます。

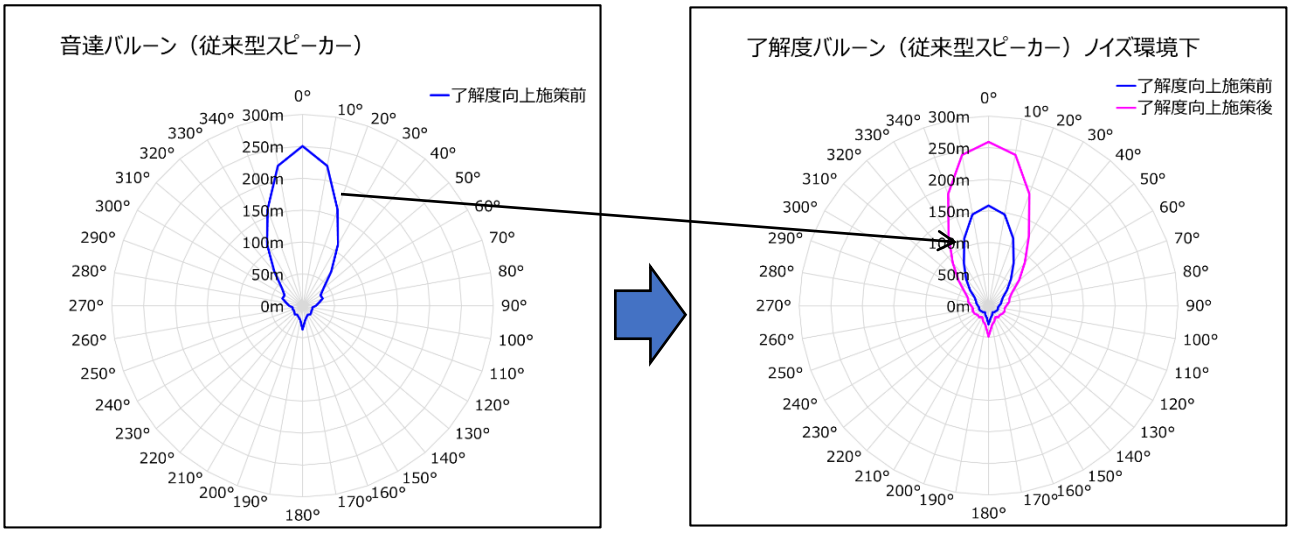


図 291　従来型スピーカーの音達バルーンとノイズ環境下の了解度バルーン計算例

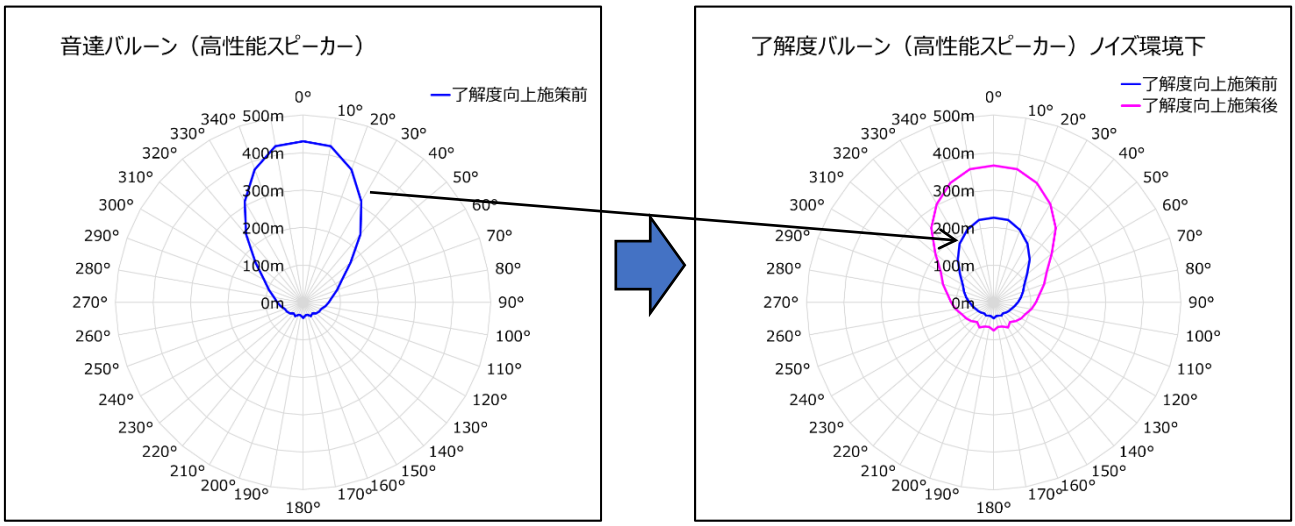


図 292　高性能スピーカーの音達バルーンとノイズ環境下の了解度バルーン計算例

検討②での試作のバルーンの面積と正面方向の距離を下記に示します。

下記の数値は、従来型及び高性能型それぞれについて、複数種スピーカーでの計算結果の平均値を記載しています。

表 49　改善施策によるノイズ環境下の了解度バルーン回復

No.	スピーカー種	音達バルーン	ノイズ環境下の了解度バルーン		回復率
		了解度向上 施策前 バルーン面積 Ⓐ	了解度向上 施策前 バルーン面積	了解度向上 施策後 バルーン面積 Ⓑ	Ⓑ/Ⓐ
1	従来型平均	22,072m^2	10,403m^2	28,104m^2	1.3
2	高性能平均	110,473m^2	39,358m^2	110,587m^2	1.0
No.	スピーカー種	了解度向上 施策前 正面方向距離 Ⓒ	了解度向上 施策前 正面方向距離	了解度向上 施策後 正面方向距離 Ⓓ	回復率 Ⓓ/Ⓒ
1	従来型平均	250m	159m	259m	1.0
2	高性能平均	430m	226m	365m	0.9

2.2.4.2. 気象条件の机上検討

気象条件の検討にあたって、東京都の１月と８月の過去５年間の気温と湿度の平均値でシミュレーションを行いました。

【東京都の過去５年(2019 年～2023 年)】

１月の平均気温は 5.7 度、平均相対湿度は 56%

８月の平均気温は 28.3 度、平均相対湿度は 78.6%

表 50　東京都の過去５年の平均気温

東京（東京都） 日平均気温の月平均値（℃）

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値
2019	5.6	7.2	10.6	13.6	20.0	21.8	24.1	28.4	25.1	19.4	13.1	8.5	16.5
2020	7.1	8.3	10.7	12.8	19.5	23.2	24.3	29.1	24.2	17.5	14.0	7.7	16.5
2021	5.4	8.5	12.8	15.1	19.6	22.7	25.9	27.4	22.3	18.2	13.7	7.9	16.6
2022	4.9	5.2	10.9	15.3	18.8	23.0	27.4	27.5	24.4	17.2	14.5	7.5	16.4
2023	5.7	7.3	12.9	16.3	19.0	23.2	28.7	29.2	26.7	18.9	14.4	9.4	17.6

表 51　東京都の過去５年の平均湿度

東京（東京都） 相対湿度の月平均値（%）

年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年の値
2019	51	59	60	63	65	81	89	80	79	80	69	66	70
2020	65	55	65	66	75	82	89	76	83	75	65	61	71
2021	57	49	62	60	73	77	83	80	82	76	65	60	69
2022	52	53	63	75	75	77	79	79	81	75	70	60	70
2023	55	54	68	62	72	80	72	78	80	67	66	59	68

スピーカーから出力された音声の減衰要因として、「空気吸収」と「距離減衰」が挙げられます。

気温、湿度等で空気の粘性が変わり減衰量が季節に応じて変化します。その減衰の程度は周波数に依存し、これを「空気吸収」と言います。

また、出力された音は空気中のあらゆる方向へ広がっていく性質を持つため、音のエネルギーは音源から離れるほど小さくなり、これを「距離減衰」と言います。

周波数強調による改善施策は、「空気吸収」による冬の高周波域の減衰を改善することで、了解度の向上に貢献します。

2.2.4.2.1. 空気吸収の影響

遠距離ほど減衰量は増加し、冬は高周波域が夏に比べて大きく減衰します。

【距離毎の空気吸収　東京都１月】

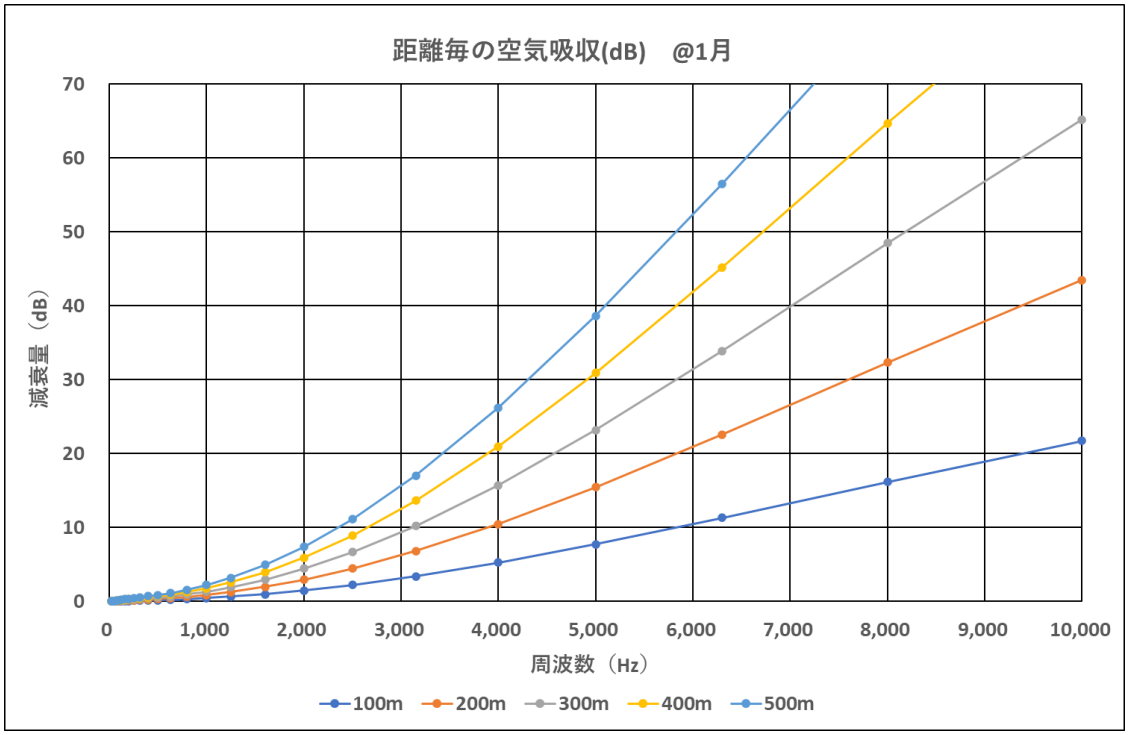


図 293　距離毎の空気吸収による減衰量【1 月】

【距離毎の空気吸収　東京都８月】

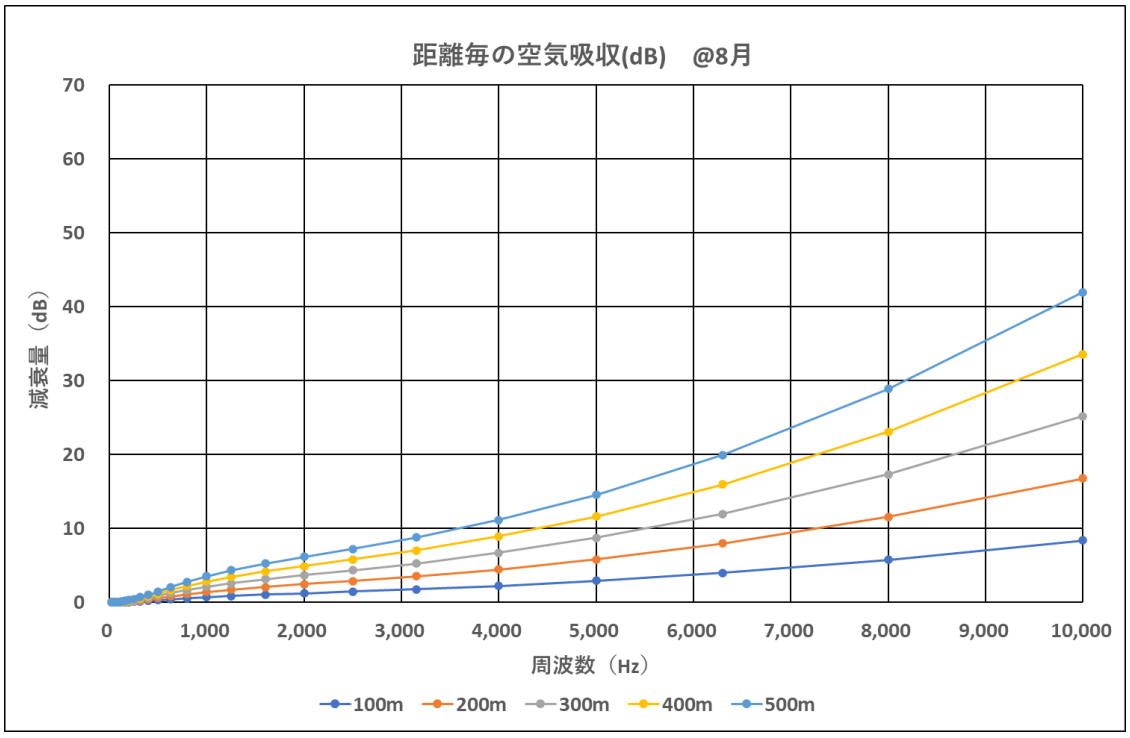


図 294　距離毎の空気吸収による減衰量【８月】

2.2.4.2.2. 距離減衰の影響

【距離減衰】

距離減衰は、周波数に依存せず、距離に応じて減衰します。近距離での減衰量の変化が大きくなります。

聴取点においては、「距離減衰」＋「空気吸収」の音量減衰が生じます。

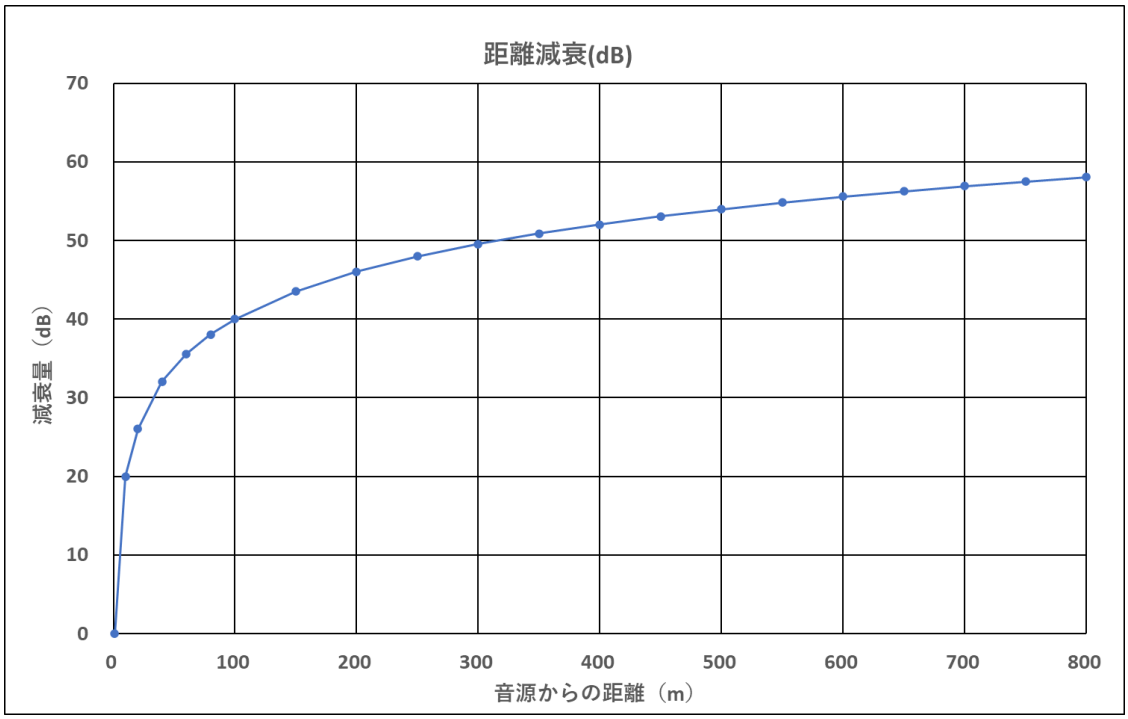


図 295　距離減衰

3. 今後の課題

3.1. 実証実験で明らかになった課題

本実証実験を通じて下記の課題が明らかになりました。

① 高齢者は音量が小さくなると急激に聞こえにくくなる恐れがある

今回の実験では高齢評価者について、音量の低下による影響が顕著に確認されました。

屋内や遠距離では音量の低下は免れず、高齢者が放送を聞き取ることが難しいことが想定されます。

こうした音量の低下については、屋外拡声放送の改善では対応することが難しい課題の一つであり、代替手段について検討する必要があります。

② 無響室実験において再現した暗騒音と、屋外における騒音の違い

第一回実証実験において、350m 離れの聴取点を再現し、豪雨時暗騒音（65,70,75dB）で放送を聞き取りましたが、第二回実証実験において、鳴動点から 500m 離れた地点では、71dB 程の「川の水音」「道路沿いの交通騒音」によって、放送が聞き取れませんでした。

無響室での試験と屋外試験とで、結果の違いにつながる要因を検討する必要があります。

③ 男女話者の違い

今回の実験で用いた音声合成では、女性話者の方が全ての試験で高い了解度が得られました。女性の声のどういった特徴が了解度に貢献するのか、確認する必要があります。

また、本実験の結果と異なり、一部市町村からは、「防災無線の音声が女性の声に代わり、前より聞き取りにくいと感じます。音がぼやけてはっきり聞き取りにくいと思います。」といった意見もあります。

こうした男女の声の違い、また状況に応じた使い分けの必要性について、検討する必要があります。

④ 改善施策として周波数強調を行うと、近距離で自然さが劣化する

気象条件等の了解度悪化要因に対して、周波数強調と改善施策は非常に効果があることが確認できました。一方で、改善施策を適用すると、主に近距離において、放送音声の「自然さ」が損なわれるという課題があります。

放送の内容や環境条件等に応じて、改善施策の適用 ON-OFF を行うなど、運用上の工夫が必要となります。

⑤ 操作卓での音合以外への改善施策適用

既設操作卓に容易に導入可能な音合強調で今回、明確な了解度の改善がみられました。操作卓では音声合成の他にも、読み上げによる放送も行われています。これらに対しても周波数強調による改善施策の適用が効果的と予想されますが、実験により確認する必要があります。

3.2. その他の検討すべき課題

検討会の中でご指摘いただいたその他の課題についても、下記に整理します。これらの課題については今回の実証実験で検討することが困難であったため、今後さらなる実験を行うことが必要と考えます。

① 防災放送の話速等の「理解度」「緊急性」への影響
② 隣り合う子局間での干渉による音達への影響
③ 放送の鳴動確認を IoT 等の活用で安価にできないか

4. おわりに

本実証実験にあたり、第二回・第三回の屋外実験実施にあたり、神奈川県足柄上郡松田町には、試験実施の許可をいただき、各種施設への調整・住民の皆様への告知・試験の立ち合いなど、甚大なるご協力を賜りましたこと、感謝申し上げます。

また検討会を通じて様々なご指摘をいただきました委員の皆様、第 1 回から第 3 回まで全ての実証実験の準備・実施にご協力いただきましたユニペックス株式会社、評価用スピーカーをお貸しいただいた TOA 株式会社、SII の算出にご協力いただきました国立大学法人神戸大学、第三回実証実験に評価者として参加いただいた皆様のご協力により、実験を実施することが出来ました。心より御礼申し上げます。