

HOW TO...

# 音響設備の性能試験マニュアル



業務用音響設備の設置および改修後に推奨される性能試験について、NTi Audioの測定器を使い順序だてて分かりやすく解説します。

## 目次

|                    |    |
|--------------------|----|
| 使用する測定器            | 3  |
| 試験する内容             | 3  |
| ケーブルテストの方法         | 4  |
| 歪率 (THD+N) の測定方法   | 5  |
| 100Vラインスピーカーのテスト方法 | 7  |
| スピーカーポラリティのテスト方法   | 8  |
| RTAによる伝送周波数特性の測定方法 | 10 |
| ディレイスピーカーの設定方法     | 11 |
| NC値の測定方法           | 13 |
| 残響時間RT60の測定方法      | 14 |
| 音声明瞭度STIPAの測定方法    | 16 |
| 付録 A               | 19 |
| 付録 B               | 20 |

## 使用する測定器

### 音響設備用XL2セット

- XL2 オーディオ&アコースティックアナライザ
- 音声明瞭度STIPAオプション
- M4261 またはM2211測定用マイクロホン
- Minirator MR-PRO 信号発生器
- ASD ケーブル
- ケーブルテストプラグ
- 70/100V プロテクトアダプタ
- ACアダプタ
- Exel システムケース



XL2 Kit for Installed Sound  
and the NTi Audio TalkBox

### オプション

- NTi Audio TalkBox 音響信号発生器 (STIPA リファレンス)
- スペクトラムリミットオプション (NC値測定用)

## 試験する内容

NTi Audio測定器で試験する内容は次の通りです。

- ケーブルテスト
- 歪率 (THD+N) 測定
- 100 Vラインスピーカーのインピーダンステスト
- スピーカーのポラリティテスト
- 周波数特性
- スピーカーディレイの設定
- NC値測定
- 残響時間RT60測定
- 音声明瞭度STIPA測定

## ケーブルテストの方法

天井、壁、フロアの内側に敷設されたケーブル配線 (XLR バランス接続) の欠陥を発見します。



ケーブルテストアダプタをケーブルのオス側に接続します。

MR-PRO をケーブルのメス側に接続します。

MR-PRO のメインメニューで CABLE TEST を選択します。



ケーブル配線が正常な場合は OK と表示されます。



ケーブル配線が断線している場合は OPEN と表示されます。例えば PIN2 OPEN

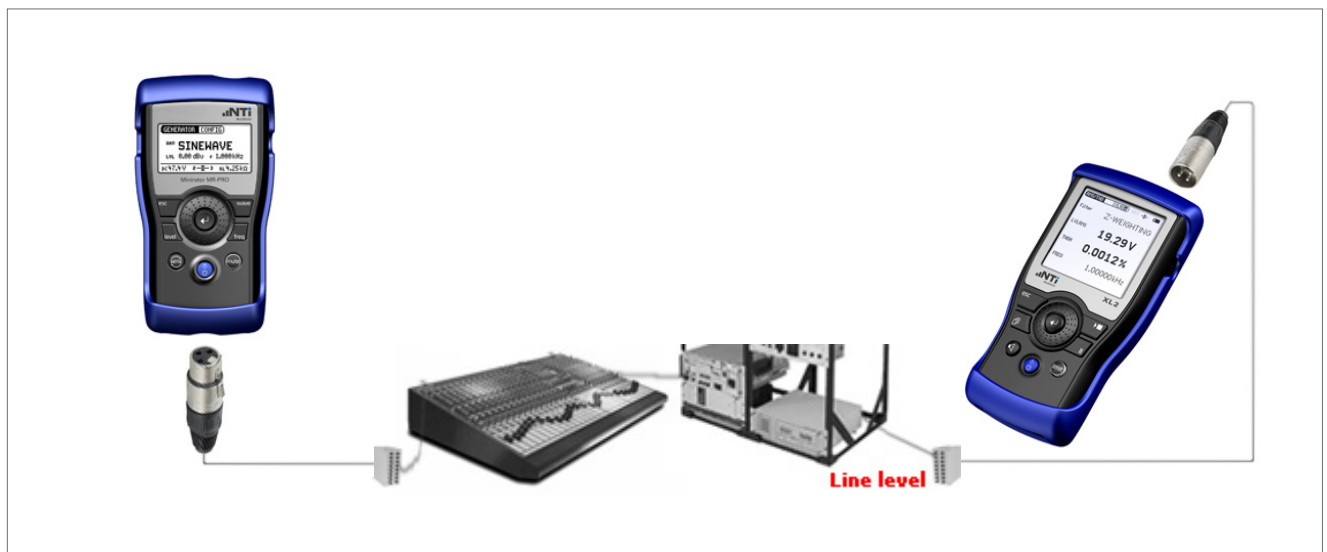


ケーブル配線がショートしている場合はSHORTと表示されます。例えば1-2 SHORT

素早く問題箇所を発見する秘訣については付属資料Aも参照してください。

## 歪率 (THD+N) の測定方法

システム中に設置された機器により、許容範囲を超える高調波、歪、あるいはノイズが信号経路に発生していることがあります。原因は様々で、機器のインストールやグラウンドが正しくない、ゲインが低過ぎる（または高過ぎる）、機器が壊れているか品質に問題がある等です。このような場合はXL2でTHD+Nを測定し、不良箇所を特定できます。



MR-PROをシステムのライン入力に接続します。

XL2をシステムのライン出力に接続します。

MR-PROのメインメニューでGENERATORを選択し、WAVをクリック、SINEを選択します。そしてLVLを0.00 dBu、周波数(f)を1.000 kHzに設定します。

XL2のメインメニューでRMS/THD+Nを選択し、FilterをZ-WEIGHTING（フラットレスポンスにより重み付けなし）に設定します。そしてLVL RMSの単位をdBu、THDNの単位を%に設定します。

インジケータは、入力信号のバランスを表示します。

LVL RMSの値により、元の信号レベルがどのくらい増幅または減衰したかが分かります。0.0dBuであれば増幅も減衰もない状態です。

FREQの値は、XL2で検出された基本波の周波数を表示します。図例では1.00000 kHzです。





THDNの値は、XL2へ入力された信号に1kHzサイン波以外の信号がどれ位含まれているか比で表します。すなわち元のテスト信号に対して被測定器により加わった高調波、歪、ノイズの合計 (THD+N) の割合を表します。THDNはパーセンテージで表示されます。例えば、0.0031%の表示は、XL2へ入力された信に0.0031%のTHD+Nが含まれていることを意味します。

言い換えればXL2へ入力された信号の100%-0.0031%=99.9969%が元の1kHzサイン波です。



THDNの単位はdBも選択できます。マイナス6dBごとに1/2にTHD+Nが減少していることになります。

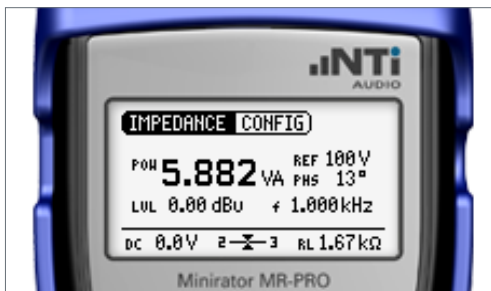
素早く問題箇所を発見する秘訣については付属資料Aも参照してください。

## 100Vラインスピーカーのテスト方法 (25,35,50,70,100,140,200Vラインに対応)

100Vラインスピーカーは並列に接続され、幅広いフロア面積をカバーします。MR-PROのインピーダンステスト機能を使い、全てのスピーカーが正常に接続されているか定期的にテストします。



MR-PROをスピーカーに接続します。

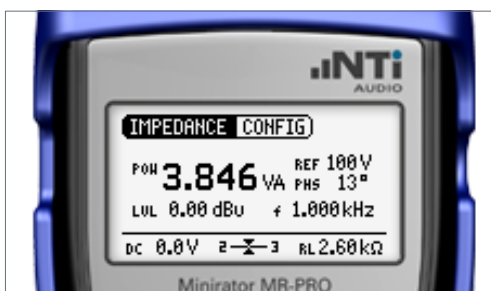


MR-PROのメインメニューでIMPEDANCEを選択し、IMP/POWをクリック、POWを選択します。REFをシステムの電圧100V、LVLを0.00 dBu、周波数(f)を1.000 kHzに設定します。

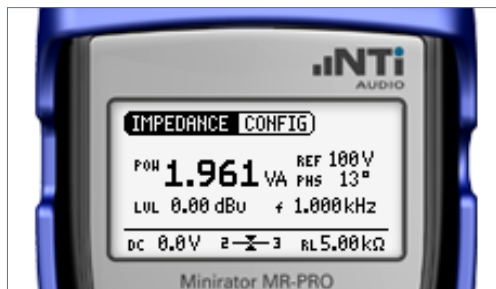
後で検証できるように、どのスピーカーがどのように接続されているか記録しておいてください。

また、MR-PRO画面に表示される全ての値を記録してください。

次回の測定時に上記の設定を再現し、全てのスピーカーが正常に接続されているか継続的に検証します。



3台のスピーカーうち2台が接続されていません。



3台のスピーカーうち1台が接続されていません。

## スピーカーポラリティのテスト方法

同じタイプのスピーカーは同じポラリティで接続されていることが重要です。



MR-PROをシステムのライン入力に接続します。

XL2をそれぞれのスピーカーの前に設置します。

MR-PROのメインメニューでGENERATORを選択し、WAVをクリック、POLARITYを選択します。

ポラリティ信号が通常レベルで聞こえるよう、システムとMR-PROのゲインを調整します。

XL2のメインメニューでPolarityを選択し、セカンドメニューで **123** を選択します。



スピーカーの中心軸上でスピーカー口径と同じ距離だけ離れた位置に測定用マイクロホンを設置します。

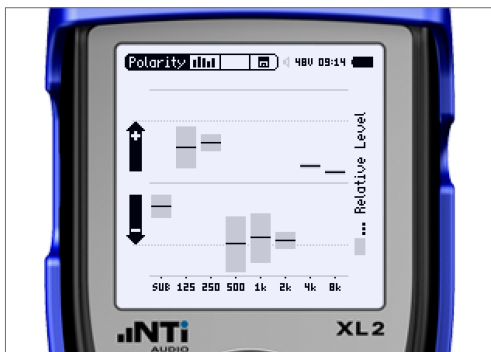




スピーカーの全体のポラリティが表示されます。

それぞれのスピーカーが同じように接続されていても、全体のポラリティはスピーカー間で異なることがあります。原因として、スピーカーポートや近くの平面からの反射、不正確なマイクロホンの設置位置などが考えられます。また、マルチウェイスピーカーでは、設計上それぞれの帯域でポラリティが異なることが珍しくありません。従って、ポラリティを8つのオクターブバンドごとに詳しく調べることをお勧めします。

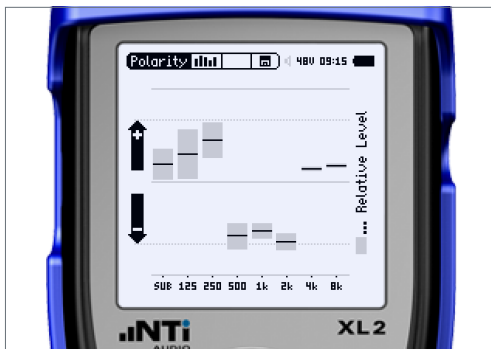
XL2のセカンドメニューで  を選択します



スピーカー 1

ポラリティのスペクトラムは、それぞれの周波数バンドにおいて異なる位相を示しています。各バンドの表示は、黒いセンターバーの位置がポラリティを示し、グレーの幅がエネルギーの大きさを表しています。

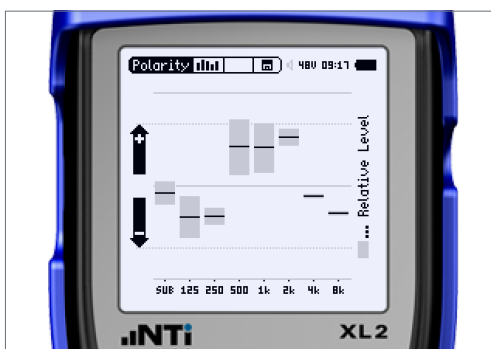
スピーカー1では、エネルギーのほとんどがスクリーン下側にあるため、全体のポラリティは **123** スクリーンでネガティブと表示されます。



スピーカー 2

スピーカー2では、エネルギーのほとんどがスクリーン上側にあるため、全体のポラリティは **123** スクリーンでポジティブと表示されます。

しかしながら、周波数バンドのパターンは類似しており(スクリーンセンターの水平線上で転回するパターンがそれほど類似していなかったとしても)、**スピーカー1とスピーカー2のポラリティは同じであると結論づけられます。**



スピーカー 3

スピーカー3では、エネルギーのほとんどがスクリーン上側にあるため、全体のポラリティは **123** スクリーンでポジティブと表示されます。

しかしながら、周波数バンドのパターンはセンターの水平線で転回したものと類似しており、**スピーカー3はスピーカー1と2の両方ともポラリティが異なる**と結論づけられます。

## RTAによる伝送周波数特性の測定方法

XL2は、音響システムの伝送周波数特性（オーディオラインやアコースティックレスポンス）を測定するRTA（リアルタイムアナライザ）機能を装備しています。

例えば、同じスピーカーモデルの不具合を検証する場合、スピーカーから直接テスト信号を出力して周波数レスポンスを比較します。



MR-PROをシステムのライン入力に接続します。

XL2をそれぞれのスピーカーの前に設置します。

MR-PROのメインメニューでGENERATORを選択し、WAVをクリック、PNOISEを選択します。さらにMODをクリック、CONTを選択します。

ピンクノイズ信号が通常レベルで聞こえるよう、システムとMR-PROのゲインを調整します。

XL2のメインメニューでSLMETER/RTAを選択し、セカンドメニューで  を選択します。LZSと共にCaptとLive  を選択し、解像度を1/3rd Octave  に設定します。



スピーカーからの直接音を測定できるようにマイクロホンを設置します（例えば1m）。2ウェイシステムでは、ツイーターとウーファーから等距離の位置にマイクロホンを設置します。それぞれのスピーカーを測定する際は同じ相対位置にマイクロホンを設置してください。



を選択し、Live RTA Capture Capt Capture Live をキャプチャーします。



マイクロホンを移動して次のスピーカーの前に設置します。

2台のスピーカー間の周波数特性の違いが周波数スペクトラムにより判別できます。

スピーカー1の結果は点線で表示されます。

スピーカー2の結果はバーで表示されます。

この結果、スピーカー2のツイーターが破損もしくは接続されていないことが分かります。

## ディレイスピーカーの設定方法

ディレイスピーカーは、大きな劇場やホールでの音質と音声明瞭度を改善します。ディレイスピーカーの設定が適切であれば、認識される音の到達方向に影響を与えません。



MR-PROをシステムのライン入力に接続します。

XL2内蔵のボイスノートマイクロホンで測定します。

MR-PROのメインメニューでGENERATORを選択し、WAVをクリック、DELAYを選択します。ディレイ信号が通常レベルで聞こえるよう、システムとMR-PROのゲインを調整します。XL2のメインメニューでDelay Timeを選択します。



MR-PROをXL2に直接接続し、2つのデバイス間でクロックを同期させます。

XL2は“Synchronizing”というメッセージを表示した後、測定の準備ができると“Measure”というメッセージを表示します。

一度同期がとれると5分間の測定が可能になります。その後は再度同期を取り直してください。



始めに、MR-PROからのテスト信号をフロントスピーカーから出力し、STOREでXL2に表示された結果を保存します。

図の例では気温25°Cのコンディションで、フロントスピーカーからXL2までの距離が80m、音が空気中を伝播して到達する時間が231.9msとなりました。



そして、MR-PROからのテスト信号をディレイスピーカーから出力します。

図の例では気温25°Cのコンディションで、ディレイスピーカーからXL2までの距離が11.0m、音が空気中を伝播して到達する時間が31.9msとなりました。

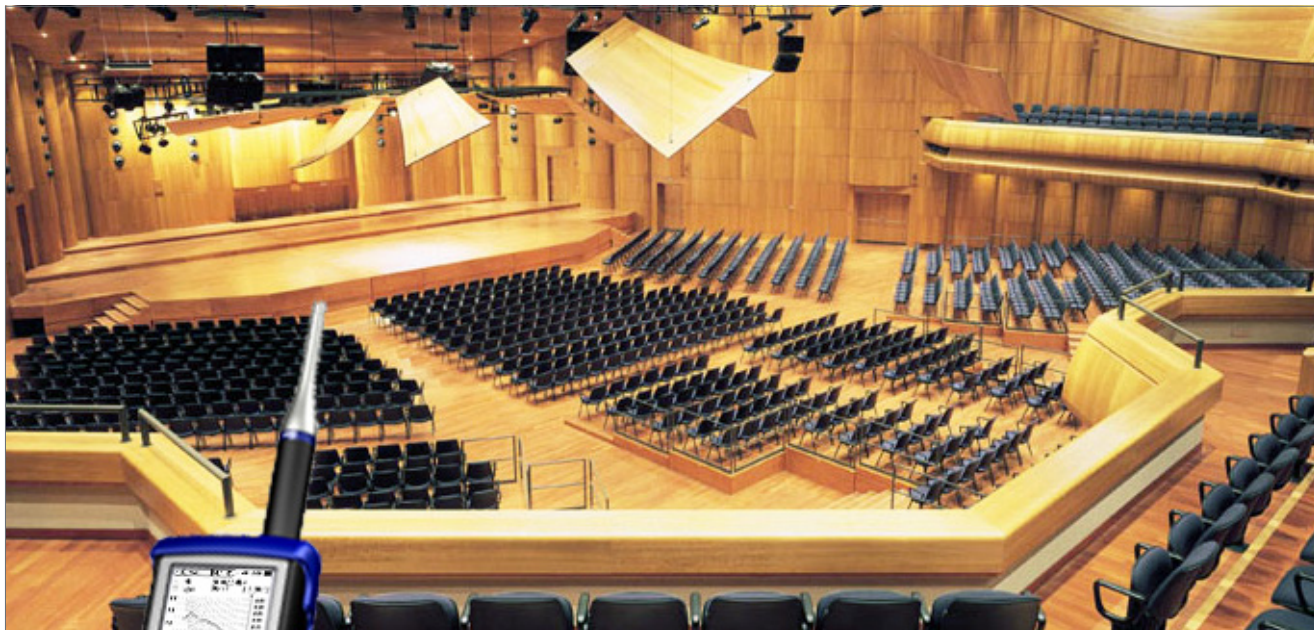
2つのスピーカー間の音の到達時間差は、 $231.9 - 31.9 = 200.0\text{ms}$ となります。

表示された時間差に15msを加えた時間 ( $200 + 15 = 215\text{ms}$ ) をディレイスピーカーに設定してください。

なぜディレイスピーカーが必要なのでしょう？-付属資料Bを参照してください。

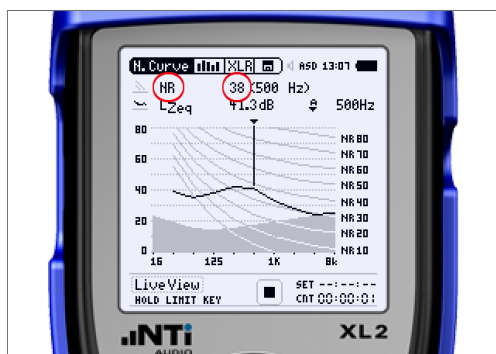


## NC値の測定方法



XL2で6x12m毎に測定します。

NC値（アメリカ）とNRC値（ヨーロッパ）は、音響設備の設計段階で要求される暗騒音レベルをオクターブバンド・スペクトルの上限により定めるものです。



測定する環境が静かなことを確認してください。

XL2のメインメニューで“Noise Curves”を選択します。

必要な規格（例えばNC値）を選択してください。再生ボタンを押すと測定がスタートします。

20秒後、測定をストップし結果を保存します。

測定結果はスクリーンショットでも保存できます。

## 残響時間RT60の測定方法

残響時間は室内の音響を特徴づける主要な特性で、音声明瞭度に大きな影響を与えます。

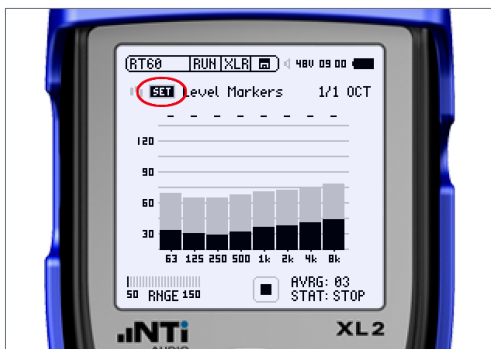


MR-PROをシステムのライン入力に接続します。

XL2で6 x 12m毎に測定します。

MR-PROのメインメニューでGENERATORを選択し、WAVをクリック、PNOISEを選択します。そしてMODをクリックし、を選択、CYCをクリックし、3/3s\*を選択します。

XL2のメインメニューでRT60、セカンドメニューのRunで1/1 OCT resolutionを選択します。

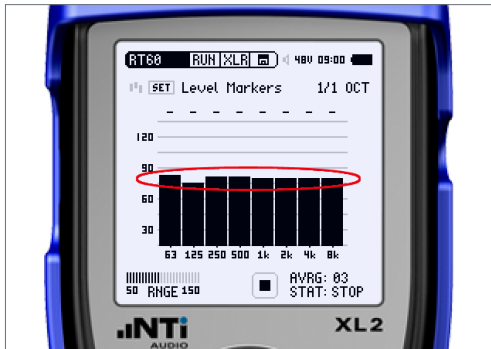


室内が静かなことを確認し、SETをクリックします。

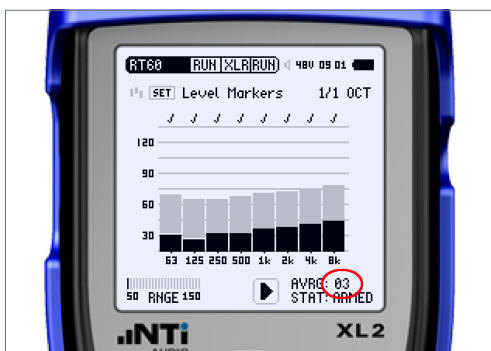
これでノイズフロアが記録されました。次に、それぞれの周波数バンドでレベルマーカーがノイズフロアより35dB上になるようテスト信号の音量を調整します。

\*残響時間RT60の測定結果がサイクルタイムが長い場合は、テスト信号のサイクルタイムをより長く設定してください。



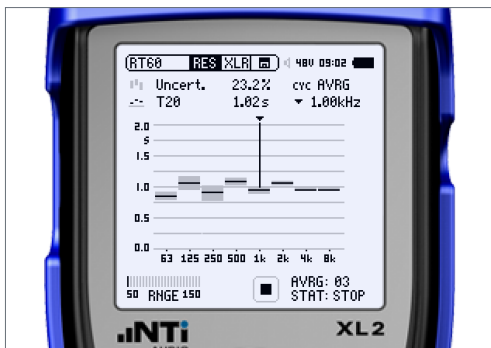


MR-PROのPNOISEを再生し、XL2に表示された各バンドのレベルマーカーが必要とされるレベルに到達するように、システムとMR-PROのゲインを調整します。注意：耳を保護するため耳栓を着用してください。 ヒント：システムの中で低い周波数帯域のレベルを大きく上げる必要があるかも知れません。しかし、63Hzの周波数バンドでは十分なレベルを得られないことが珍しくありません。



XL2のPlayボタンを押します。

ステータス(STAT)がARMEDに変わります。測定がスタート/ストップするごとにAVRGのカウントが増えます。各周波数バンド(63Hzは除く)でチェックマークが出るのを確認しながら、少なくとも3回は測定します。



XL2のStopボタンを押します。

MR-PROのミュートボタンを押します。

XL2のセカンドメニューでResを選択すると、RT60の結果が表示されます。

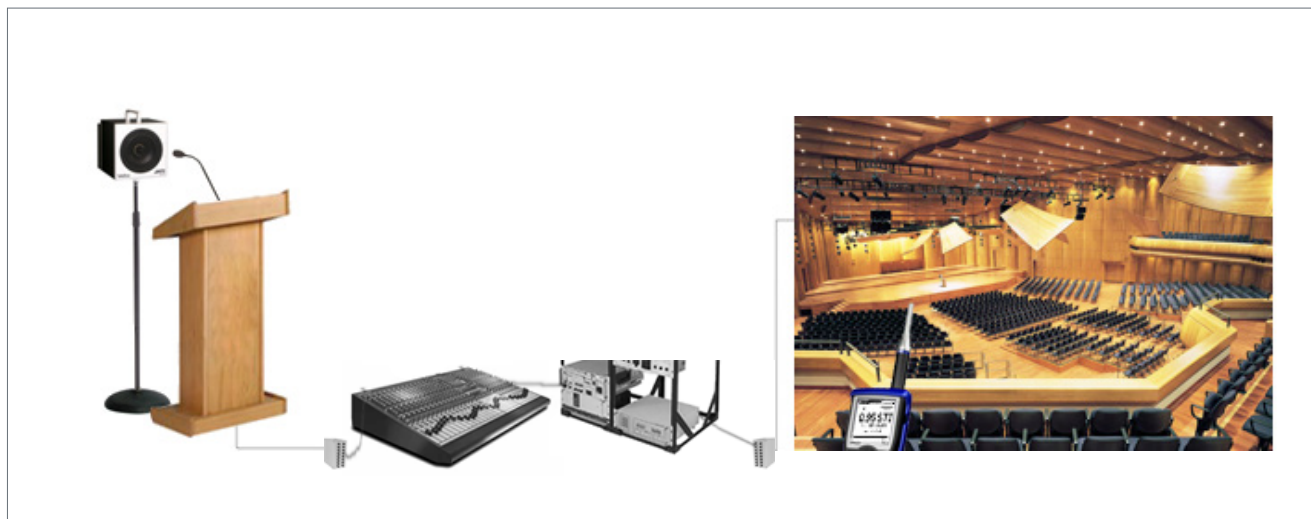
各測定サイクルの結果をレビューするため、CYCを選択します。結果が大きく異なるサイクルがあれば削除します。



結果を保存します。

## 音声明瞭度STIPAの測定方法

STIPA (Speech Transmission Index for Public Address)は、音響設備の音声明瞭度を数量化します。



TalkBoxをマイクロホン手前の通常の話し手の位置に設置します。

XL2で6 x 12m毎に測定します。



### 1. 暗騒音を測定します。(人がいる室内)

- XL2のメインメニューでSTIPA、セカンドメニューでCorを選択します。
- Ambient Noise Correctionをオンにします。
- 室内に大勢の人がいてアナウンス中も一定の暗騒音レベルが想定される場合、MEASUREをクリックして暗騒音を測定します。EDITをクリックしてマニュアル操作で各周波数バンドの騒音レベルdBを調整することもできます。
- SAVEをクリックし、ノイズファイルを保存します。



### 2. 次にSTI値を測定します。(人がいない室内-例えば夜間)

- TalkBoxのプッシュスイッチでSTIPA信号(トラック番号1)を選択し、マイクロホンを経由して拡声します。
- またはMR-PROのSTIPA信号を直接システムに入力し再生します。
- STIPA信号が通常レベルで聞こえるよう、システムのゲインを調整します。
- XL2のセカンドメニューで **123** を選択します。

- XL2のPlayボタンを押します。
- STI値を測定する15秒間は静かにしてください。



STIの表示には予め測定した暗騒音の結果が反映されています。“Measured”のSTIには予め測定した暗騒音が含まれていません。



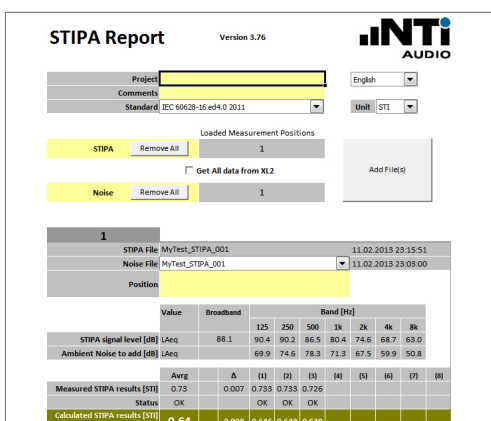
測定されたSTI値が音響設備の設計仕様に対して余裕がない場合、複数回測定して平均値を算出します。先ずXL2のセカンドメニューでAvrを選択します。

- そして、同じ測定位置でADD CYCLEをクリックしてもう一度測定します。少なくとも3回測定を繰り返します。Δの値は0.03未満であるべきです。
- FINISHをクリックします。



測定結果を保存します。

- KEEPをクリックします。
- 次の測定場所へ移動し、測定をスタートします。



### 3. STIPA測定レポートの作成

- 全てのポイントで測定が終了した後、XL2をUSBでPCに接続して“Mass Storage”を選択します。
- Excel STIPAレポートングツールで“Get All Data from XL2”のチェックボックスをクリックします。
- 測定データをレポートに読み込んでください。STIPAレポートが生成されます。
- 備考にコメントを追加できます。

ヒント：右クリックでNTiロゴをお客様のロゴに入れ替えることができます。

## STIPA Summary Report



Report according to IEC 60268-16{ed4}, chapter 7.6.4 and DIN VDE 0833-4{2007-09}, appendix F.6

|                 |                                     |
|-----------------|-------------------------------------|
| <b>Project</b>  | Waiting Room                        |
| <b>Comments</b> | Measured in empty room with TalkBox |
| <b>Standard</b> | IEC 60268-16 ed4.0 2011             |

|            |  |                             |     |             |          |
|------------|--|-----------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>All</b> |  | Arithmetic mean lav         | STI | <b>0.58</b> |          |
|            |  | Standard deviation $\sigma$ | STI | <b>0.06</b> |          |
|            |  | lav - $\sigma$              | STI | <b>0.52</b> | <b>G</b> |

|          |                   |                                            |     |             |          |
|----------|-------------------|--------------------------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>1</b> | <b>Position</b>   |                                            | STI | <b>0.58</b> | <b>E</b> |
|          | <b>STIPA File</b> | AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 1)             |     |             |          |
|          | <b>Noise File</b> | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 1) |     |             |          |

|          |                   |                                            |     |             |          |
|----------|-------------------|--------------------------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>2</b> | <b>Position</b>   |                                            | STI | <b>0.57</b> | <b>E</b> |
|          | <b>STIPA File</b> | AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 2)             |     |             |          |
|          | <b>Noise File</b> | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 2) |     |             |          |

|          |                   |                                            |     |             |          |
|----------|-------------------|--------------------------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>3</b> | <b>Position</b>   |                                            | STI | <b>0.60</b> | <b>D</b> |
|          | <b>STIPA File</b> | AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 3)             |     |             |          |
|          | <b>Noise File</b> | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 3) |     |             |          |

|          |                   |                                            |     |             |          |
|----------|-------------------|--------------------------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>4</b> | <b>Position</b>   |                                            | STI | <b>0.54</b> | <b>F</b> |
|          | <b>STIPA File</b> | AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 4)             |     |             |          |
|          | <b>Noise File</b> | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 1) |     |             |          |

|          |                   |                                            |     |             |          |
|----------|-------------------|--------------------------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>5</b> | <b>Position</b>   |                                            | STI | <b>0.52</b> | <b>F</b> |
|          | <b>STIPA File</b> | AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 5)             |     |             |          |
|          | <b>Noise File</b> | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 2) |     |             |          |

|          |                   |                                |     |             |          |
|----------|-------------------|--------------------------------|-----|-------------|----------|
| <b>6</b> | <b>Position</b>   |                                | STI | <b>0.52</b> | <b>F</b> |
|          | <b>STIPA File</b> | AltFlur_STIPA_000 (AltFlur, 6) |     |             |          |
|          | <b>Noise File</b> |                                |     |             |          |

STIレポート(エクセルマクロ)はユーザーサポートウェブサイト <https://my.nti-audio.com> にユーザー登録することにより、無償でダウンロードできます。

## 付属資料A

### 素早く問題箇所を発見する秘訣

測定器で試験する前に以下の事柄を確認してください。

- 冷静になる – 他人や機器を責めても問題は解決しません。
- ステレオチェック – ステレオイメージの問題は、ほとんど場合ミキサーの後段にあります。
- 順序だてて確認 – 各機器を手当たり次第にチェックせず、各信号経路を順番に確認してください。
- 交換して確認 – 音が出ないチャンネルがある場合は正常なチャンネルと入れ替えて確認してください。

### 音が出ない

以下を確認してください。

- 全ての機器の電源が入っていますか？
- ミキサーのチャンネルがミュートになっていませんか？
- 全てのケーブルが正しく接続されていますか？
- バッテリー交換が必要な機器はないですか？
- ミキサーの入力ゲインが低過ぎませんか？

### ハムノイズ

電源ハムノイズのほとんどは、機器へのケーブル配線が間違っているために発生します。その他；

- 信号パスの片側ともう片方のアース電圧に差がある場合、各機器（ミキサー、プロセッサー、パワーアンプ）を一つの電源ソケットに差し込んでください。
- コードリールの電源ケーブルとオーディオケーブルが一緒に敷設されている場合。各ケーブルを整理してください。
- 音響設備と調光設備の電源が共用されている場合。

特に大規模な音響設備では、アースによるハムノイズを特定することが困難です。一度ミキサーインプットに接続された全ての機器を外し、ひとつひとつ接続していくことでどこがハムの原因になっているか特定できます。



## 付属資料B

### 問題点

大きなホールなどで観客席全体を1台のスピーカーでカバーできない場合、ステージから遠い観客席をカバーするためのスピーカーを追加します。

しかし、それらの追加したスピーカーの近くに座る観客は、ステージのパフォーマンスを前方に見ながらも、音については最も近いスピーカーの方向に定位して聞こえてしまいます。

このことは観客にとって好ましい状況ではなく、本来はステージから音が聞こえるべきなのです。

### ソリューション

音が到達方向と認識されるようフロントPAを設置します。この時、音がステージから距離のあるエリアをカバーできるレベルを保ちます。

次に追加したスピーカーにディレイをかけます（ディレイスピーカーと呼ばれます）。そして、ディレイスピーカーに最も近い観客の位置で、フロントスピーカーからの音がディレイスピーカーからの音より15 m s 早く到達するようにします。

最初の音がフロントPAから到達すると、主要な音はフロントPAから到達したと認識されます。一方、ディレイスピーカーからの音はフロントPAからの反射音と聞こえるため、二次的な音と認識されることはありません。従ってディレイスピーカーからの音は、認識される音の到達方向に影響を与えることなく、体験上豊かな音を演出します。

さらにディレイスピーカーの音圧レベルは、フロントPAよりも10dBまで大きくしても認識される音の到達方向に影響を与えません。

## ハース効果

人の聴覚は最初に到達する音を音の到達方向として認識します。

最初の音源（例えばフロントPA）の後、2番目の音源（例えばディレイスピーカー）から5ms以内に音が聞こえた場合、この2番目の音源は音の到達方向に影響を与えます。その結果、リスナーはフロントPAとディレイスピーカー間の位置から音が到達したと認識します。

一方、最初の音源の後に2番目の音源が5msから35msで到達すると、リスナーにはこの2番目の音源がフロントPAからの反射音として聞こえ、音の方向に影響を与えません。すなわち全体の音はフロントPAから到達したと認識されます。

最後は、2番目の音源が最初の音源の後に35ms以上遅れて到達した場合、リスナーにはこの2番目の音源が別の音源（エコー）として聞こえ、フロントPAとディレイスピーカーの2か所から音が到達したと認識されます。

従って、ディレイが5msから35ms（通常15msに設定）であれば、認識される音の到達方向を変えることなくホールの後方の音量を大きくすることができます。この現象はハース効果として知られています。