



TN128

MEASURING SPEECH TRANSMISSION INDEX WITH APX AUDIO ANALYZERS

by Joe Begin

- 2700 Series
- APx555
- APx585 Series
- APx525 Series
- APx515

本テクニカルノートについて

本テクニカルノートでは、オーディオアナライザ APx500 シリーズを使った Speech Transmission Index の測定について解説します。

STI について

Speech Transmission Index (STI) は、「送信チャネル」を介して送話者から受話者に送信される音声の明瞭度を予測するために使用される客観的指標です。伝送チャネルは、この点において、室内の送話者と受話者との間の増幅されていない音響経路と同様に単純にすることができます。あるいは、アンプ、コンプレッサー、マイクロフォン、スピーカー、コーデック、ラジオなどの電子・電気音響コンポーネントを組み込んで、より複雑にすることもできます。STI では、専用の試験信号を伝送チャネルに使用し、受信側で解析して 0 から 1 のスコアを算出し、チャネルを通る音声明瞭度が示されます。STI は、1970 年代に初めて導入され、以来開発と改良が続けられています。STI にはいくつかの限界がありますが、多くの状況で有用であることが証明され、国際的に受け入れられています。

IEC 60268-16: STI Standard

STI の最終的な国際標準は、IEC 60268- 16—Sound System Equipment Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index. です。この規格は 1988 年に初めて出版され、2011 年現在で第 4 版になっています。最新版には、理論、STI 開発の歴史、STI 方法のバリエーション、アプリケーションと制限、データの測定と後処理の推奨手順など、STI に関する豊富な情報が含まれています。

* Encoder/ decoder combination.

バックグラウンド

概念的には、STI は、音声信号の通常の変動が、音声明瞭度に関連する最も重要な情報を運ぶという経験的な知見に基づいています。これらの変動（または変調）は、文章、言葉、および音素（音声の基本要素）の音響分離から生じます。明瞭な音声のために、変調レートは 0.5Hz から 16Hz になり、最大変調は約 3Hz です。

音声の揺らぎは、変調深さと変調速度（周波数）の観点から定量化することができ、それらは共に変調スペクトルを形成します。STI は、周波数の関数として、受信信号の変調深度に対する送信信号の変調深度の比である変調伝達関数 (MTF) の概念を使用します。伝送チャネルによる MTF の減少は、音声明瞭度のいくつかの劣化をもたらすと考えられます。変調深度（ひいては明瞭度）を低下させる伝送チャネルの歪みは、ノイズ、残響、エコー、非線形歪み、スペクトル歪み、およびデジタルコーデックを含みます。

音声そのもののスペクトル内容も重要です。長期平均音声スペクトルは、125Hz から 8kHz のオクターブバンドを含みますが、これらの周波数は明瞭度に等しく寄与しません。母音を構成する低い発声頻度は、発声信号のパワーに最も寄与しますが、発声の明瞭度に最も寄与する発声頻度（子音）が高くなります。これは、STI の計算時に適用される重み係数に反映されます (Figure 1) 。

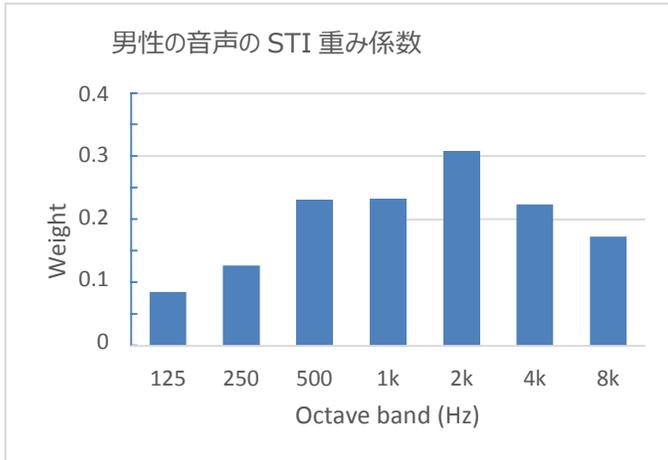


Figure 1. STI 計算に使用される重み係数。これらは、音声を含むオクターブバンドの了解度への相対的貢献を示す。

一般に、STI 信号は、7つのオクターブバンドの雑音信号から形成され、全体的なスペクトル形状は音声の長期平均スペクトルに一致します。これらの雑音キャリアの各々は、1/3 オクターブ間隔で間隔を置いて、0.63Hz から 12.5Hz までの変調レートで、14 の低周波正弦波のうち 1 つ以上で変調されます。STI 信号は、送信チャンネルを通過し、出力信号はリスナ位置で捕捉されます。この出力信号から、MTR:変調伝達比 M (変調深度の減少) が決定され、単一数の STI 値を計算するために使用されます。

STI の方式

FULL STI

FULL STI は、伝送チャンネルの MTF を決定するために、7つの雑音キャリアと 14 の変調レート (合計 98) のすべての組合せを使用します。結果は、7つのオクターブバンドのそれぞれについて平均化され、スピーチの明瞭度に対するバンドの相対的な寄与に従って重み付けされます。次に、これらの加重値を合計して、伝送チャンネルの全体的な STI 値を決定します。STI のスコアは 0~1 で算出されます。FULL STI では、各測定が約 10 秒かかる 98 個の試験信号を順次実施する必要がありますが、全体の測定時間は約 15 分です。FULL STI は STI の中で最も正確であると考えられていますが、後に開発される簡略化された方法はより速くより実用的であるため、今日ではあまり使用されていません。これらの簡略化された方法のうち、PA システム用の STI (STIPA) が最もポピュラーになっており、本テクニカルノートもこれにフォーカスしています。他の単純化された方法には、RASTI および STITEL などがありますが、RASTI は廃止されたと考えられています。STITEL は現在使用されていますが、使用には細心の注意が必要です[1]。

間接 STI 方式

STIPA と STITEL のような FULL STI 及びそれを単純化した方式は、STI の基礎である MTF を直接導出するために、変調された音声形式のノイズ信号を使用するため、直接 STI 方式と呼ばれています。MTF は、Schroeder [2]によって開発された技術を使用して、伝送チャンネルの測定されたインパルス応答から導き出すこともできます。インパルス応答から MTF を導出する方法は、間接方式と呼ばれます。IEC 60268-16 [1]によれば、通常、最終結果に影響を与える可能性のある多くの測定パラメータを正確に調整する必要があるため、これは線形時間不変システムにのみ適用できます。

STIPA

FULL STI の単純化である STIPA は、7つのオクターブバンドのそれぞれが 2 つの変調周波数の所定の組を含む方法です。これらの 14 種類の組み合わせは、1 つの信号で同時に生成され、並列処理されるため、測定時間は 10~20 秒と大幅に短縮されます。測定時間がはるかに短いにもかかわらず、STIPA 法は、PA システムが遭遇する可能性のある多種多様な試験条件において、FULL STI と非常に近い結果を示しています[3]。STIPA 法は、男性の音声スペクトルに対してのみ検証されています。

IEC 60268-16 は、各 STI 方式に適切な歪みの種類と、さまざまな用途のための様々な方法の適用性に関する包括的なガイダンスを提供しています。

STI の用途

STI のアプリケーションとして以下が挙げられます

- PA システム
- 音声アナウンス (VA) および緊急放送システム
- 通信システム
 - インカム
 - 無線機
- 室内や講堂
- 客室内や車内における会話
- 補聴器

STI はボコーダ（音声に特化して動作するコーデック）*を含む伝送チャネルには使用すべきではありませんが、信号全体で動作するデジタルコーデックに使用することができます。また、STI 信号自体がアルゴリズムによって抑制される可能性のある変調されたノイズであるため、アクティブノイズ制御アルゴリズムを備えたシステムでは使用できません。

業界標準／工業規格

STI が使用または参照されるいくつかの業界標準を紹介します。

- *NFPA 72: The National Fire Alarm Signaling Code, Annex D, speech intelligibility* (informative)
- *NFPA 1982: Standard on Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA) for Emergency Services* (voice communication system performance requirements)
- *EUROCAE ED-112A: Minimum Operational Performance Specification for Crash-Protected Airborne Recorder Systems*
- *UK-CAA Specification No.15: Aircraft Public Address Systems*
- *RTCA DO-214A: Aircraft Audio Systems*

STI と PESQ / POLQA

一見、STI は PESQ / POLQA のような知覚的な音声測定に似ているように見えますが、いくつかの重要な違いがあります。STI は音声の明瞭度の基準ですが、PESQ / POLQA は音声品質の指標です。

音声明瞭度は、一般の人が音声を理解できる程度として定義され、音声品質は理想化と実現化との間の差として定義されます。2 つは関連していますが、同じではありません。高品質であるが了解度の低い伝送チャネルの例は、一部の VoIP（IP 音声通話）システムで起こり得るように、帯域幅が大きくても単語抜けが発生する場合があります。

広い帯域幅は高品質な通話を提供し、音声がはるかに自然に聞こえるようになりますが、単語抜けが起きると明瞭度が低くなります。対照的に、POTS（旧式の電話サービス）電話回線などの低帯域幅のシステムは、品質は低くなりますが、明瞭度が高くなります。

* 実際の音声信号で STI を測定しようとする研究は現在も進められていますが、まだ実用化されていません[4]

STI と PESQ / POLQA の比較に有効な情報はあまりありませんが、後者の 2 つは、電話の通話などの低ノイズ環境に適するように設計されていると考えられます。STI は、公衆アドホック、航空機および緊急通信システムなど、ボコーダやアクティブノイズ制御アルゴリズムが使用されていない、了解度と音声品質が重要な高ノイズ環境に適用されやすくなります。

APx500 の STI Measurement

APx500 オーディオアナライザの STI 機能は、測定プラグインとして配布されます。つまり、ソフトウェアに標準で組み込まれていません。APx に機能を追加するには、まずプラグインインストーラをダウンロードして実行する必要があります。インストールが完了すると、Sequence モードの Add Measurement ダイアログ（Figure.2）に Speech Level（IEC 60268-16J）と、Speech Transmission Index（STIPA）が追加されます。

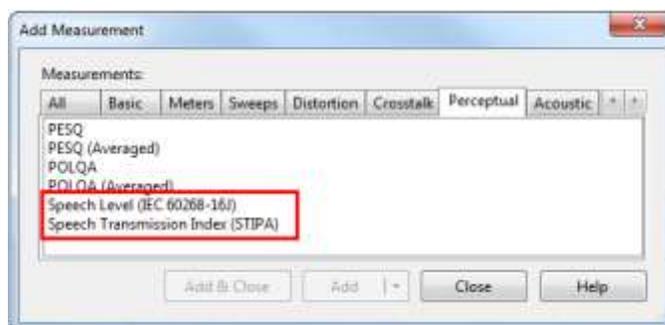


Figure 2. Add Measurement ダイアログ
（これら 2 つの項目は“All”タブにも表示されます）

Note: STI プラグインはソフトウェアオプションであり、iButton（APX-SW-STI）をご購入頂く必要があります。iButton なしでプラグインをダウンロードしてインストールすると、デモモードでのみ使用できます。APx STI プラグインには、APx500 オーディオ測定ソフトウェアの v4.2.1 以降が必要です。

† プラグインダウンロード: <https://www.ap.com/download/apx-sti-plug/>

その名前が示すように、STIPA (Speech Transmission Index) 測定は、STIPA 法を使用して STI 測定を行うために使用されます。測定画面を Figure.3 に示します。

STIPA 信号

STIPA 測定には、1/2 オクターブバンドでフィルタリングされ、帯域ごとに 2 つの変調周波数で変調された整形されたノイズを含む特別な信号が必要です。この信号は、Figure.3 の左下部の信号モニタ・ビューに示されているように、固有の FFT スペクトルを持っています。APx の Signal Path に STI 測定値を追加すると、STIPA 信号のいくつかのバージョンが .wav ファイルとして自動的にプロジェクトにロードされます。これらのファイルの形式は、"AP_STIPA_ss_bb_vx.y.wav" という形式で、"ss" はキロヘルツ単位の .wav ファイルサンプリングレートを表し、"bb" はビット深度 (通常 16 ビット) を表し、"x.y" はバージョン番号を表します。48kHz、44.1kHz、24kHz、16kHz および 8kHz の 5 つのサンプリングレートの STIPA 信号が含まれています。このサンプリングレートは、STIPA 信号の上限周波数範囲をカバーするために、デフォルトは 24kHz のサンプリングレート*の波形に設定されています。

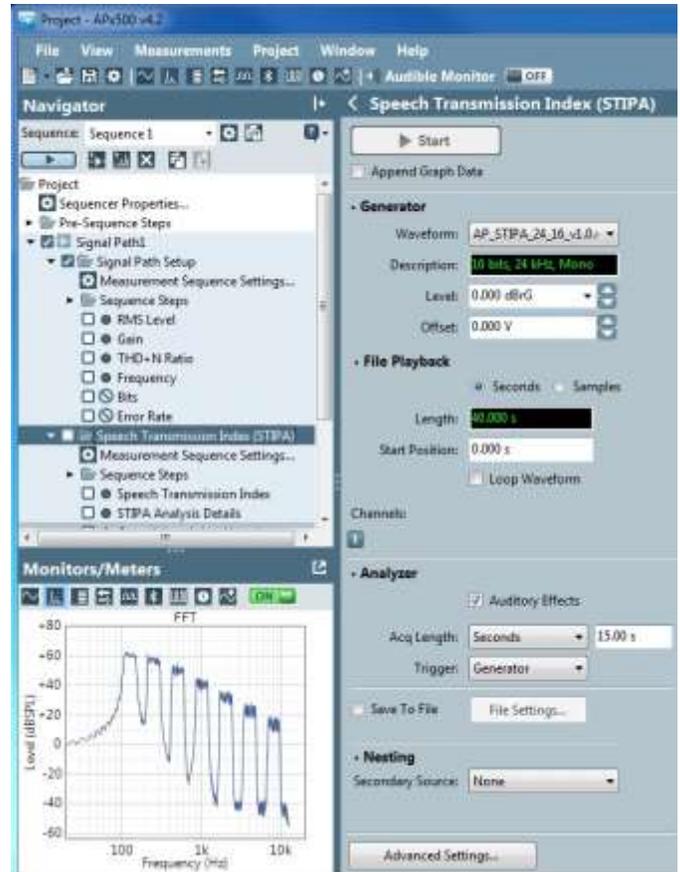


Figure 3. The Speech Transmission Index (STIPA) measurement in APx.

主に Bluetooth™ 経由の STIPA 信号の生成に対応するためにさまざまなサンプリングレートが含まれています。Bluetooth が APx の出力「コネクタ」として選択されている場合、生成される任意の波形のサンプリングレートは、システム出力サンプリングレートと一致する必要があります。これは通常 A2DP プロファイルでは 44.1 kHz または 48 kHz、HFP プロファイルでは 8 kHz または 16 kHz です。APx 出力がアナログまたは他のデジタルインターフェイスに設定されている場合、システムは自動的に選択された任意の波形ファイルのサンプリングレートを使用します。この場合、低いサンプリングレートが特に必要とされない限り、24kHz 以上のサンプリングレートの波形を選択する必要があります。

信号レベルの設定

Signal Path Setup を使用して信号パスを設定したら、必要に応じて STI 測定のジェネレータ・レベルを設定します。APx では、正弦波に対してジェネレータ・レベル・コントロールを校正しており、AP STIPA 信号は、信号のクレストファクタに対応するためにフル・スケールより約 15dB 低い rms レベルのノイズ波形です。その結果、ジェネレータレベルの制御に適切な値を見つけるためにいくつかの検証が必要となることがあります。

*8 kHz オクターブバンドの上限をカバーするのに十分であるため、デフォルトのサンプリングレートとして 24 kHz を選択しました。

STI 測定のアナライザコントロール

Acquisition Length はデフォルトで 15 秒に設定されています。ユーザーはこのフィールドに任意の値を入力できますが、IEC 60268-16 の測定時間は 10~20 秒*です。

トリガーコントロールは、デフォルトでジェネレータに設定されており、STIPA 信号のような波形ファイルが生成されているときに適しています。これによって、波形信号生成と並行して入力処理が開始されます。

Auditory Effects チェックボックスは、STI 計算中の聴覚効果の有無を設定できます。これらのエフェクトには、レベルに依る聴覚マスキングと、IEC 60268-16 で定義されている最小可聴限界 (absolute speech reception threshold) が含まれます。これらのエフェクトは、APx システムがアコースティック入力モード (システムが音圧レベルを測定中) にある場合にのみ含めることができます。

STI 測定のもう 1 つのデフォルト設定は、24 kHz (11 kHz 帯域幅) の入力サンプリングレート設定です。STIPA 信号の上限 (8 kHz + 1/4 オクターブ) を含み、分析に高い周波数を含める必要が無いことから、このサンプリングレートがデフォルトとして選択されています。別のレートを使用するには、[Advanced Settings] ダイアログボックスで別の帯域幅を選択します。

STI 測定コントロールには、後で分析するために取得した波形をファイルに保存するために使用できる「Save to File」チェックボックスも含まれています。

Note: アナライザコントロールの下に表示されるネストコントロールは STI 測定では無視して下さい。

Signal Path セットアップ

STI 測定を実行する前に、Signal Path Setup を使用して、アナライザの出力と入力を設定する必要があります。これには、出力および入力の接続または帯域幅、入力フィルタ、音響出力または入力、出力または入力のイコライゼーション (EQ) の選択が含まれます。

* IEC 60268-16 に明確な規定がないため、15 秒のデフォルト値が選択されています。本文では、STIPA 測定時間が 10~15 秒であると記載されていますが、Annex B (STIPA) では 15 秒から 20 秒の範囲が必要とされています。

入力がアコースティック (マイク) であるシステムをテストする場合、アナライザの Output EQ 機能を使用して、スピーカーを適切にイコライズすることができます。

出力がアコースティック (スピーカまたはヘッドホン) であるシステムをテストする場合、アナライザの Acoustic Input モードを使用すると、マイクロフォンを校正して結果を dB SPL で表示することができます。

入力 EQ は、周波数特性がフラットでないマイクでも使用できます[†]。一例として、HATS を使用してヘッドホンまたはイヤホンを試験する場合などで、イヤホン・シミュレータ (IEC 60711 カプラなど) を使用する際に必要となる鼓膜位置 (DRP: drum reference point) から自由音場までの補正などで有効です。

STI 測定の実行

STI 測定は、スタートボタンをクリックするだけで実行できます。測定対象 (DUT) または伝送チャネルを介して選択された信号が生成され、指定された時間の出力信号が秒単位で取得されます。取得が完了すると、システムは STI 分析を行い、結果を表示します。APx でのその他の測定と同様に、STI 測定は Sequencer から実行することもでき、チェックされた結果のデータがシーケンスレポートに含まれます。

STI 測定結果

STI の測定値は、Speech Transmission Index と Overall A Weighted Level の 2 つの結果が算出されます。また、STIPA Analysis Details (Figure 4) と呼ばれるテーブルも表示されます。各測定チャネルの全体的な STI 値に加えて、Table 1 に記載されている詳細な測定結果が含まれています。

[†]STI は、自由音場の測定値に基づいています。自由音場のマイクを使用するか、自由音場補正を適用する必要があります。

		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1	Ch1: STI = 0.991							
2	Leq (dB)	75.2	74.9	71.0	65.1	59.2	52.9	47.4
3	Level Ratio (dB)	-0.4	-0.1	0.1	0.0	-0.1	0.1	-0.3
4	f-mod1 (Hz)	1.60	1.00	0.63	2.00	1.25	0.80	2.50
5	Raw MTR1	1.170	0.969	1.062	0.996	1.024	0.987	0.995
6	Corrected MTR1	1.169	0.962	1.047	0.982	1.020	0.986	0.994
7	TI1	1.000	0.970	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
8	f-mod2 (Hz)	8.00	5.00	3.15	10.00	6.25	4.00	12.50
9	Raw MTR2	1.053	0.972	1.060	0.962	1.013	0.996	0.985
10	Corrected MTR2	1.051	0.966	1.045	0.948	1.009	0.995	0.984
11	TI2	1.000	0.986	1.000	0.921	1.000	1.000	1.000
12	Octave MTI	1.000	0.978	1.000	0.961	1.000	1.000	1.000

Figure 4. STIPA Analysis Details 表示

Table 1. Figure 4 の結果詳細

項目	内容
Leq (dB)	各オクターブバンドの全体的な rms レベル (アコースティック入力の等価音量レベルと呼ばれます)
Level Ratio (dB)	1 kHz のオクターブバンドに標準化された、ソース信号に対する受信信号のスペクトル形状を示します。
f-mod* (Hz)	変調周波数
Raw MTR*	計算された生の MTR: 変調伝達比
Corrected MTR*	聴覚マスキングおよび受信閾値の補正後の MTR.
TI*	Transmission Index: 伝送指数.
Octave MTI	TI1 と TI2 の平均

* オクターブバンド毎に 2 つの結果があります

音声レベル測定

STI プラグインには、Speech Level (IEC 60268-16J) という測定値も追加されています。この測定値は、その標準の付録 J で定義されている「Speech Level : 音声レベル」を決定します。音声信号に A-Weight を適用し、レベルを計算する前に単語間の無音部分を除去します。ここで得られる音声レベルは、STIPA 信号の適切なレベルを選択するために使用される実際の信号レベルよりも良い推定値になります。これは、ITU-T 勧告 P.56 [5] で用いられている Active Speech Level の概念と同じです。

音声レベルの測定には、Acquired Waveform, Frame Levels (A-weighted), Speech Level (A-weighted), RMS Level (A-weighted) の 4 つの結果があります。

信号を A-Weight 処理した後、測定は信号を 10ms~20ms の長さのフレームに分割し、各フレームの rms レベルを計算します。フレームレベルの結果は、時間に対するこれらのレベルのプロットです。

Speech Level 測定では、"Default 48 kHz.wav" という音声波形ファイルが読み込まれますが、Waveform コントロールの [Browse for file] を使用して任意の波形を読み込むことができます。この測定では、取得した波形を WAV ファイルに取り込むこともできます。

オープンループ測定

APx ソフトウェアは、信号がオーディオアナライザとは異なるソースから発信されるオープンループ測定もサポートしています (例: CD プレーヤまたはポータブルメディアプレーヤなど)。このモードでは、Signal Path Setup の出力コネクタは通常、None (External) に設定されています。これにより、各測定からのジェネレータ制御が不要になります。

オープンループ STIPA テストの場合、AP STIPA 信号は、File > Manage Attached Project Items で APx プロジェクトファイルから WAV ファイルとしてエクスポートできます。エクスポートされると、これらの WAV ファイルは外部ソースから出力することができます。

Note: APx STIPA 測定は、IEC 60268-16 (2011) に準拠していれば、サードパーティの STIPA 信号でも使用できます。

ファイル解析

もう一つの非常に便利な機能として、File Analysis があります。このモードは、Signal Path Setup の Input Connector を File (Digital Units) または File (Analog Units) のいずれかに設定することで入力します。一度設定すると、取得された入力信号と同様に、一連の WAV ファイルの内容を分析するために任意の測定値を使用することができます (Figure 5)。Analog Units は、APx で記録された WAV ファイルを対象としています。これらのファイルは元の電圧レベルにスケールバックされます。

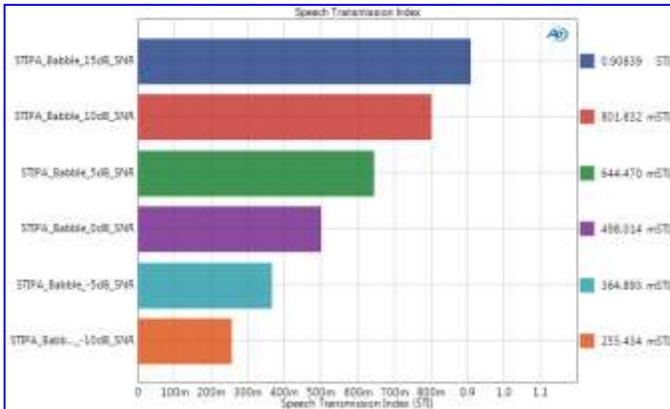


Figure 5. STIPA 信号の WAV ファイルの STI 分析で、さまざまな S/N でノイズが混在

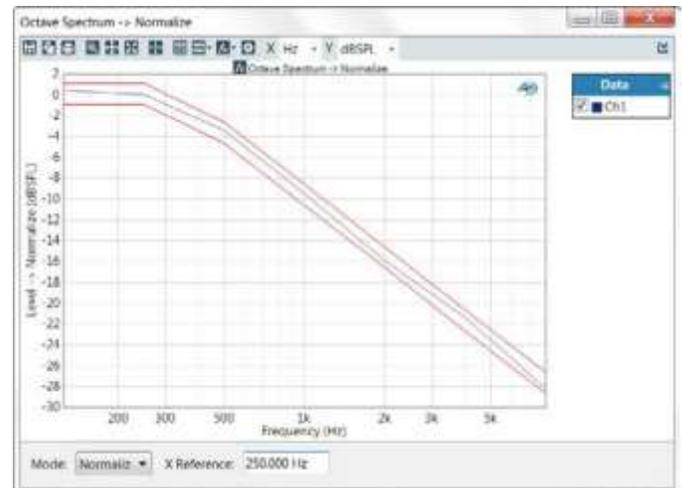


Figure 6. オクターブバンドで STIPA 信号をイコライズ

STI 測定事例

マイク入力を使用した PA システム

PA システムのマイク入力の試験では、STIPA 信号を適用するために、話者をエミュレートする特別なスピーカー（マウスシミュレータなど）が必要で、マウスシミュレータを持つ HATS が最適です。スピーカーはフラットな周波数特性を持っていないため、信号が正しいスペクトル形状を持つようにするためにはイコライズが必要です。IEC 60268-16 は、自由音場で測定した場合、125Hz から 8kHz までの各オクターブバンド内でマウスシミュレータが指定された STIPA 信号形状の $\pm 1\text{dB}$ 以内に EQ されることを規定しています。このアプリケーションでは、オクターブバンド内のレスポンスが必要なため、標準オクターブバンド中心周波数の周波数を持つスパス EQ カーブを使用するのが最も簡単です。必要なスペクトラル形状が得られるまで、試行錯誤によって EQ 値を簡単に調整することができます（Figure 6）。

テスト信号のレベルは、PA システムのマイクロフォンで測定した適切なレベルになるように調整する必要があります。これを行う方法の一つは、（例えば最適なリスニングのために）標準的な動作レベルで音声信号を生成し、その後スピーチレベル測定を使用して、結果として得られる A-Weight 音声レベルを測定することです。その際、STIPA 信号は、全体的に同じ A-Weight レベルになるように調整されます。もしくは、IEC 60268-16 に記載されているように、マウスシミュレータの正面 1m でデフォルト 60dBa と同等のレベルを使用することができます。

Note: 使用するスピーカーによっては、積極的な EQ カーブが必要な場合があります。これは、STIPA 信号の -15dBFS rms レベルとその広帯域特性と組み合わせると、サイン波および音声信号に特有のレベルよりも高いレベルのアンプゲインを必要とすることがあります。ただし、マウスシミュレータへ過負荷とならないよう注意が必要です。

通常、PA システムの測定の場合、アナライザへの入力は測定用マイクロフォンになります。この場合、APx の Acoustic Input モードは、dB SPL で読み取るように校正されたマイクロフォンで選択できます。Acoustic Input の場合は、APx STI 測定コントロールパネルのチェックボックスを使用して聴覚効果を有効にする必要があります。IEC 60268-16 (STI qualification bands) Annex G によれば、「good quality」および「high quality」の PA システムの STI 値の最低目標は、それぞれ 0.54 および 0.58 です。

NFPA 1981

この規格[6]は、救急医療用の自給式呼吸器（SCBA）を対象としています。これは、非電子的および補助的（アンプ）音声通信の両方に対する性能要件を有しており、テスト方法は非常に似ています。

どちらの方法も、半無響室とマウスシミュレータ付き HATS が必要です (Figure 7)。



Figure 7. 無響室でSCBAを装着したGRAS社製KEMARマネキン [Photo courtesy of Scott Safety, used by permission.]

これらの NFPA テストでは、マウスシミュレータ前方 1.5 m のテストマイクで STI を測定する必要があり、またテストマイクの下にある別のスピーカーからピンクノイズを同時に生成する必要があります (Figure 8)。

NFPA 1981 では、マウスシミュレータの口基準点 (MRP) でマウスシミュレータを特定の 1/3 オクターブスペクトル形状 (Figure 9) にイコライズする必要があります。この場合、APx ソフトウェアの出力 EQ カーブは、標準的な 1/3 オクターブの中心周波数で指定できます。実際に試行しながら EQ を調整する際に便利です。

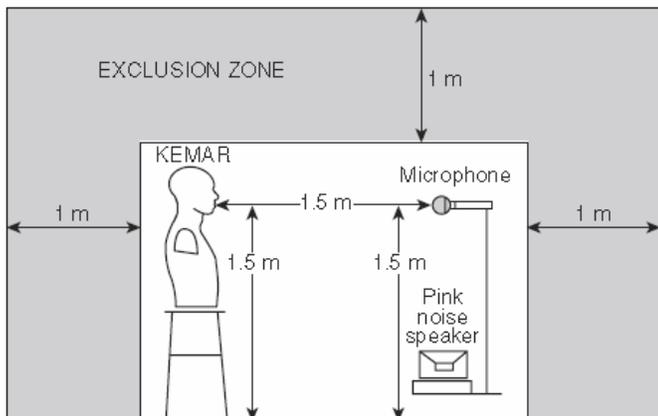


Figure 8. 無響室内のテスト環境 [参考文献 6 の図 8.10.4.9 (b)]。



Figure 9. マウスシミュレータの MRP におけるスペクトラム波形

Note: NFPA 1981 は、マウスシミュレータを駆動するイコライザ付きの STIPA 信号ジェネレータと、別個にピンクノイズスピーカーを駆動するためのイコライザ付きのピンクノイズジェネレータを使用することを提案しています。APx では、オーディオナイザによって、各チャンネルの異なるレベルのステレオ波形を生成する機能を利用して、両方の信号を同時に生成することができます。これを行うには、必要な EQ が適用された後に各信号を wav ファイルとして記録し、サードパーティの波形編集ソフトウェアを使用してステレオ wav ファイルに結合する必要があります。

NFPA 1981 では、STI は非電子システムでは 0.55、補助 (増幅) システムでは 0.60 が必要であるとしています。

HFP プロファイルの Bluetooth ヘッドセット

この例では、Hands Free Profile (HFP) の受信モードで、ノイズキャンセリング機能を備えた Bluetooth ヘッドセットをテストしました。HFP には現在 2 つの動作モードがあります。ナローバンドスピーチではサンプリングレート 8kHz で通常 CVSD コーデックを使用し、ワイドバンドスピーチではサンプリングレート 16kHz で通常 mSBC コーデックを使用します。ナローバンドスピーチモード (約 3.7kHz) における帯域幅の縮小は、8kHz オクターブバンド全体と 4kHz オクターブバンドの一部が解析から除外されるため、STI スコアに大きな影響を与えます (Figure 10)。このため、理想的な条件下 (ループバック) のナローバンド信号で測定できる最高の STI 値は約 0.92 です。これに対しワイドバンドスピーチモードは、8kHz のオクターブバンドのほぼ半分が信号から除去されているにもかかわらず、ループバックモードでほぼ完全なスコアで、はるかに優れています。

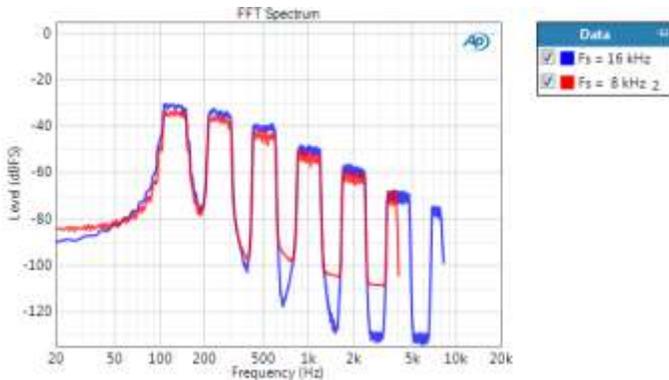


Figure 10. 16kHzと8kHzのサンプリング・レートでの STIPA 信号の FFT スペクトル

受信モードでヘッドセットをテストするには、イヤースミュレータを備えた HATS が必要です。APx の Acoustic Input モードが使用され、システムが dB SPL で直接測定するようにイヤースミュレータが校正されます。さらに、STI を使用する場合は、入力 EQ 曲線を使用して、鼓膜位置 (DRP) から自由音場までの測定スペクトルを修正する必要があります。この測定には、Bluetooth モジュールを備えた APx オーディオアナライザが必要です。信号を生成するには、まず Signal Path Setup で Output Connector を Bluetooth に設定し、プロファイルセット A2DP Source、HFP Audio Gateway、AVRCP Target を選択します。これにより、APx がオーディオゲートウェイ (Bluetooth 対応電話機) をシミュレートします。次に、デバイスをペアリングモードにしてスキャンし、HFP プロファイルをペアにして接続します。または、Bluetooth アドレスを入力してスキャンせずにデバイスとペアリングすることもできます。最後に、[Action] ダイアログからヘッドセットへの通信を開始するには、SCO を開くか、デバイスを呼び出してその応答ボタンを使用して通話をシミュレートします。

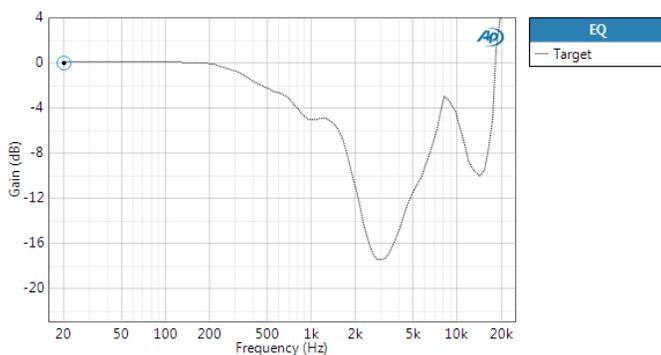


Figure 11. DRP から自由音場までの補正を行う APx の入力 EQ 曲線。

上述のように、Bluetooth 経由で STIPA 信号を生成する場合、システム出力サンプリングレートに一致する波形のバージョンを選択する必要があります。

例として、私達が測定した Bluetooth ヘッドホンでは、8 kHz のサンプリングレートの STIPA 波形が必要なナローバンドスピーチを使用しました。

仕様による規定がない場合は、HATS によるテストを実施する前に、自分や他の人が快適なリスニングを行えるようヘッドホンの信号レベルを設定します。Speech Level measurement を使用して 1 つ以上の音声信号を出力し、ヘッドホンを装着している間、快適なリスニングが行えるヘッドセットの音量もしくは APx ジェネレータレベルを調整します。次に、ヘッドホンを HATS に置き、信号レベルを調整せずに A- Weighted Speech Level を測定します。最後に、STI 測定を数回実行し、音声信号とほぼ同じ A Weight レベルが測定されるまでジェネレータレベルを調整します。

私達が測定した Bluetooth ヘッドホンでは、周辺ノイズがない室内で STI 値は 0.75 で、75dBa のピンクノイズをスピーカーから流すと 0.61 でした。またノイズキャンセリング機能を有効にすると 0.71 になりました。

参考文献

1. *Sound System Equipment Part 16: Objective Rating of Speech Intelligibility by Speech Transmission Index*, IEC 60268-16, 2011.
2. Rife, D., "Modulation Transfer Function Measurements with Maximum-Length Sequences," *Journal of the Audio Engineering Society*, 40, no. 10, (October 1992).
3. Steeneken, H., Verhave, J., McManus, S. and Jacob, K., "Development of an Accurate, Handheld, Simple-to-use Meter for Prediction of Speech Intelligibility," *Proceedings of the Institute of Acoustics, Reproduced Sound*, 17 (Stratford-upon-Avon, United Kingdom) (2001).
4. van Gils, B., van Wijngaarden, S., "Objective Measurement of the Speech Transmission Quality of Vocoders by Means of the Speech Transmission Index," *New Directions for Improving Audio Effectiveness, Meeting Proceedings RTO-MP-HFM-123, Paper 12* (2005): 12-1—12-6. (RTO is the NATO Research and Technology Organization, Neuilly-sur-Seine, France.)
5. *Objective Measurement of Active Speech Level*, ITU-T P.56, 2011.
6. Standard on Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA) for Emergency Services, NFPA 1981, 2013 (NFPA is the National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA).



CORNES Technologies **コーンズテクノロジー株式会社**

電子機器営業部
〒105-0014 東京都港区芝3-5-1 コーンズハウス
TEL: 03-5427-7564 FAX: 03-5427-7572

URL: <https://www.cornestech.co.jp/tech/ap/>
e-mail: cti-ap@cornes.jp



5750 SW Arctic Drive, Beaverton, Oregon 97005 | 503-627-0832

www.ap.com

Copyright © 2015 Audio Precision

XV1120150312