

## 「音量（VU）計からラウドネスメータへ」

### 1. おさらい

まず音に関するおさらいから始めます。

一般的に音とは、空気中を伝搬する疎密波（圧力の変化）のことです。

音には、

- 1) 大きさ（強弱）
- 2) 周波数（高低）
- 3) 音色

の3つの要素があります。

人が音を知覚するには聴覚器官である耳を通すこととなります。ここの要素の概要を述べます。

- ・ 音の大きさは、疎密波の強弱のことです。
- ・ 音の高い低いは、疎密波の周波数で人には聞き取れる範囲、可聴範囲があります。
- ・ 音の音色は、同じ周波数の音でも発音体（楽器）が違えば異なる音色になる現象で、楽器などが発する音は基の音だけでなく楽器固有の複雑な周波数成分を含んだ音を発生させているので、楽器固有の音として聞き分けられることとなります。

### 2. 音量計の種類

音量を計測するには、大きく分けて2タイプの種類があります。

#### 1) 振動（圧力）から計測するタイプ

- ・ 騒音計
- ・ 音圧計（SPLメータ：Sound Pressure Level Meter）

#### 2) 電気信号から計測するタイプ

- ・ VUメータ（Volume Unit Meter）
- ・ PPM（メータ）（Peak Program Meter）
- ・ ラウドネスメータ（Loudness Meter）

等の種類がありますが、ここでは2)項の一般的に録音、放送など音の大きさを調整・監視するために使用するメータについて述べます。

#### i) VU計（Volume Unit Meter）

1939年にアメリカのベル研究所およびCBS、NBCにより電話機の基準レベルを監視するために開発されたメータです。

このメータは、好感度の直流メータと音声信号（交流）を直流に変換する整流回路から構成されています。

整流回路は、ダイオードを使ったシンプルな回路ですが、ダイオードの微少入力電圧時の特性を利用した対数特性から $-20 \sim -3 \text{ VU (dB)}$ までの広大なレベル範囲を表示可能としています。

また、メータ部には $80 \sim 100 \mu\text{A}$ の高感度直流メータ採用しています。

このメータは、 $-20 \text{ VU}$ から $0 \text{ VU}$ のステップ信号に $300 \text{ ms}$ の応答速度が得られるように調整されています。

$300 \text{ ms}$ の応答速度を持たすことにより短時間の音声信号には小さくしか応答せず人の聴感感覚に良く合った動特性・指示をするメータとなっています。

これらの特性から音声信号を扱うメータとして現在でも、もっとも使われている音量計の一つです。

### 3) PPM (Peak Program Meter)

ピークプログラムメータは、VUメータと違って応答速度が $10 \text{ ms}$ の高速動作表示タイプで録音機器の録音レベルのピーク監視などに、主にヨーロッパで使われています。

## 3. ラウドネスメータの必要性

いずれにせよ音を「見る」ためのメータは、事実上この2種しかありませんでした。

ところが、アナログからデジタルへの技術革新が進み、音の扱いも急激に変化してきました。

デジタル音声は、アナログと比べるとフルビットまで使える広大なダイナミックレンジと自在に使用出来る音声加工機器（リミコンなど）の進歩から電氣的レベルを大きく変化させずに音量感を高める技術も一般化してきました。

これらの状況からVU計指示と音量感が乖離し、VU計での音量感を合わせ比較することが困難になり、VU計の限界が見えてきました。

放送においても、デジタル化が進むに伴い、番組・CM等のコンテンツに音量感の差が拡大し、番組間／CM間／番組－CM間の音量差が問題になってきました。

つまり、視聴者が音量調節のためリモコンを手放せなくなって来ました。

これらの問題を解決するために、音量を電氣的レベルだけでなく人の聴感量として精度良く示すメータのニーズが高まっていました。

そこで人の聴感特性を考慮し音量感を示すラウドネスメータが開発され、電氣的レベルだけでなく人の聴感特性を取込んだ人が感じる音の大きさを示すよう作られています。

#### 4.ラウドネス (Loudness) とは、何か

ラウドネス (Loudness) は、翻訳すれば「音の大きさ」ですが、ここでは人の聴感特性を考慮した音量ことです。

主な人の聴感特性には、

- 1) 聴覚の周波数特性
- 2) マスキング特性
- 3) 時間特性

の3つがあります。

- ・聴覚の周波数特性は、等ラウドネス曲線 (I S O 226-2003) に示されています。  
1 k H z のある音量 (例えば 70Phon) の音を基準としたとき、周波数を変化させ 1 k H z と同じ大きさに聞こえるレベルをプロットしたものです。  
この曲線から人の聴覚は、1 k H z と比較すると低域が小さく聞こえ、高域は帯域にうねりがあります。また、この特性は音量を小さくするとより顕著になり、大きくすると平坦になっています。
- ・マスキング特性  
人の聴覚で、ある大きな音の隣接したところにある音は、大きな音にかき消され聞き取れなくなります。この様な現象をマスキング効果と呼んでいます。
- ・時間特性  
人の聴覚で、瞬時的な音が来てもあまり大きな音に聞き取れず、ある程度持続している音の方が音量感としてある様に聞こえます。  
例えば、スピーチの様な音源で一定音量に聞こえても、V U 計では大きく振れている様なことがあり、人の聴感に時間的要素があることを示しています。

このような人の聴感特性を取込んで音量感を示すメータをラウドネスメータと呼んでいます。

#### 5.ラウドネスメータの種類について

大別すると下記の4種類の規格があり、製品化がされています。

- 1) I T U - R B S . 1770 - 1
- 2) E B U Teck 3341 / R - 128
- 3) I S O 532 B
- 4) 独自方式

ITU-R BS.1770-1、EBU Tech 3341/R-128 が、国際的な規格として制定される予定です。

ここで、ITUは、国際電気通信連合 (International Telecommunication Union) の略で国連の下部専門機関です。

EBUは、ヨーロッパ放送連合 (European Broadcasting Union) の略で欧州・北アフリカの放送局で構成された機関です。

また、この中で、ISO532B 準拠には、弊社 LLM-D102、独自規格は、Dolby 社 LLM-100 が代表的な製品としてあります。

日本国内では、ITU-R BS.1770-1 を基にした規格が制定される予定です。以下に規格の概要を記述します。

## 6. ラウドネスメータの規格

### ・ITU-R BS.1770-1 について

この規格は、聴覚の周波数特性を主に制定された規格です。

聴覚の周波数特性を K-weight と呼ばれるフィルタを用いて近似させています。

このほかに、音の時間変化に聴感を合わせるため、400ms の時間長を 1 ブロックとし、ラウドネスを算出しますが、算出値を平準化するために次のブロックと 75% 重ね合わせるにより 100ms 毎にラウドネス値を得られるようにしています。

また、無音区間の影響を軽減すすために、無音に近い -70 LU (ターゲットレベルから : Safety-Gate) 以下の値を取除きます。

その後、1つのコンテンツから得られた全てのラウドネス値から平均ラウドネス値を演算します。得られた平均ラウドネス値から -10 LU (Relative-Gate) 以下の値の物を取り除きます。これは音声の断続の影響を軽減させるためです。残った値から再度平均演算し、平均ラウドネス値 (Program Loudness) を得ます。

### ・EBU Tech 3341/R-128 について

この規格は、EBU P/Loud グループが、ラウドネスメータの規格化をするため策定したものです。

基本的には、ITU-R BS.1770-1 に準拠した物ですが、EBU Mode として独自の規格を設けています。

EBU Mode とは

EBU メータには、以下の 3 つの計測表示モードがあります。

- 1) モメンタリ ラウドネス (momentary loudness)
- 2) ショート-ターム ラウドネス (short-term loudness)
- 3) インテグレートッド ラウドネス (integrated loudness)

\* この他にラウドネス レンジ (loudness range) が提案されています。

- ・モメンタリ ラウドネスは、400ms の時間長での平均ラウドネス値
- ・ショート-ターム ラウドネスは、3 s の時間長での平均ラウドネス値
- ・インテグレートッド ラウドネスは、ITU-R と同じです。

この他に、インテグレートッド ラウドネス測定に際して、測定開始／一時停止／測定継続、計測値リセットの機能を設けることを求められています。

なお、詳細規格・規定などは規格書を参照してください。