

ヘッドホン/イヤホンの音圧規制について —欧州音圧規制から世界音圧規制へ—

株式会社サザン音響
稲永 潔文

ヘッドホン/イヤホンの再生音圧から聴覚を守るため、ポータブルオーディオ機器の音圧規制が欧州を中心に行われています。これまで、これら規制は欧州の CENELEC 規格に依るものでしたが、2013 年に入り、世界規格である IEC の安全規格の一つとして、組み入れられる可能性が出てきました。本稿では、このヘッドホン/イヤホン音圧規制の生い立ちから、関連規格、音圧測定法の考え方、そして規制の今後の動き等について概観したいと思います。

1. はじめに

近年、ポータブルオーディオプレーヤー等の発達により、小型のヘッドホン/イヤホンを用いて気軽に音楽等を楽しむことが出来るようになりました。ウォークマンに代表されたテーププレーヤーに始まり、CD、MD などのデジタルパッケージメディアを用いたプレーヤー、そして iPod に代表されるメモリープレーヤーやそれらが搭載された携帯電話と、それまで家の中に限定されがちだったリスニングエリアもインドアからアウトドアまで拡張されるに至りました。

このような、オーディオを「いつでも」、「どこでも」、「手軽に」再生できるようになってきた技術的背景には、これらプレーヤーの小型・軽量化技術の進歩以外に、ヘッドホン/イヤホンの小型・軽量・高性能化技術が大きく貢献していると言っても過言ではありません。

同用途向けに、多くの小型挿入型（カナル型）やイントラコンカ型のイヤホンが開発され、音響関連の展示会ではヘッドホン関係の展示ブースが盛況なのも頷けるところです。しかし、「いつでも」、「どこでも」、「手軽に」再生できるようになってきたため、アウトドアでの外部騒音に負けないような大きな音で再生したり、バッテリーの長寿命化等も手伝ってリスニング時間が増える傾向にあったり、若者の難聴と保護に関する問題が提起されたのが 20 世紀末の事でした。



図1 様々なポータブルオーディオプレーヤーとヘッドホン/イヤホン

2. ヘッドホン音圧規制のはじまり

1 項で述べた背景の下、1998 年 9 月にポータブルオーディオ機器の最大出力音圧の上限を

100dBに規制する法案が、フランスの国内法として成立したのが音圧規制のスタートでした。ヘッドホン音圧規制問題が「フランス 100dB 問題」などと呼ばれるのはそのためです。

【1998-09 フランス音圧規制法】

フランスで販売される、主にヘッドホン同梱のポータブルオーディオ機器の音量調整等を最大位置とし、テスト信号を入力したときに発生する音圧レベルが、スピーカー再生と等価な自由音場の A 特性音圧レベルに換算した値が 100dB を越えてはならない、というものです。この法律には上記の ①ヘッドホン最大音圧レベルの他、②実使用状態でのヘッドホン再生音圧測定法、③ポータブルオーディオプレーヤーの出力電圧測定法、の三項目が各々の測定条件の数値と共に記載されています。

【2000-03 CENELEC EN50332-1 (≒フランス音圧規制法)】

その約 2 年後の 2000 年 3 月には、上記フランス国内法とほぼ同じ内容で、今度は法律ではなく欧州の CENELEC 規格 EN50332-1 として規定されるに至りました。従ってこの規格は、対象機器がヘッドホン同梱のポータブルオーディオ機器であり、要求事項としては同梱ヘッドホン使用時に、音圧が 100dBA 以下という、①ヘッドホン最大音圧レベルの規定値、②実使用状態でのヘッドホン再生音圧測定法、③ポータブルオーディオプレーヤーの出力電圧測定法、の三項目が一つの規格中に記載されている、『ポータブルオーディオ機器による聴覚保護のためのヘッドホン音圧規制を目的とした、異色の規格』として誕生しました。

【2003-10 CENELEC EN50332-2】

それまでプレーヤーに同梱のヘッドホンを組み合わせた場合の最大音圧規定から、別々に購入した任意のプレーヤーとヘッドホンでも規制しようという提案がドイツからなされ、EN50332-1 発行の約 3 年後の 2003 年 10 月に、EN50332-2 として規定されました。この規格の対象機器としては、バッテリー動作のオーディオ機器 および ヘッドホン/イヤホン、また要求事項としては音圧レベルがプレーヤーとヘッドホンのどのような組み合わせでも 100dBA 以下（最大音圧規制）であり、プレーヤーの最大出力電圧は 150mV 以下であること（最大出力電圧規制）、またヘッドホン/イヤホンの WBCV(感度の逆数)で 75mV 以上（感度規制）というもので、EN50332-1 の補足という位置付けでリリースされました。

3. 従来ヘッドホン/イヤホン測定法の問題点

ヘッドホン/イヤホンはスピーカーとは異なり、人間の耳に直接装着して用いるものなので、設計上の自由度が大きいこともあり、様々な形状のものが存在しています。従ってその測定には、



図 2 様々なヘッドホン/イヤホン

ヘッドホン/イヤホン形状に合わせた様々な音響カップラを用いて測定を行っています(図3)。これらによって得られた測定結果は、品質管理には使用できても、実使用状態とは異なった結果のため実際の人間の聴覚に加わる音の特性とは隔たりが出来、また測定結果相互の比較も出来ませんでした。

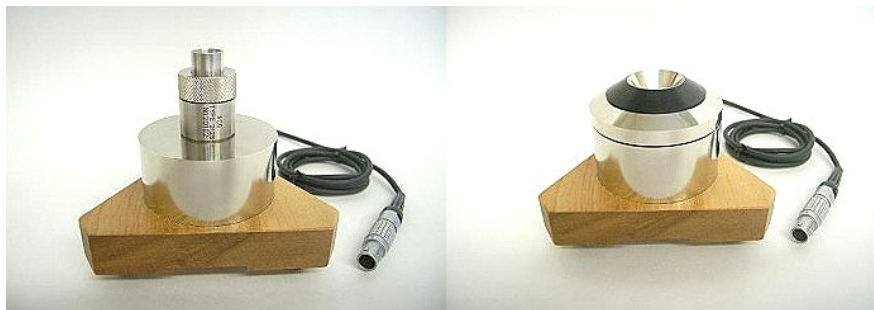


図3 様々なヘッドホン/イヤホン測定用音響カップラの例

再生音圧はその特性の一つですが、上記の理由でヘッドホン/イヤホンによる音圧を規制しようとしても、それまでの測定技術では簡単に比較することが出来なかったのが実情でした。

4. EN50332-1, EN50332-2によるヘッドホン/イヤホン測定法

これらの問題を解決するためには、実使用(実際に人間が使用している)状態に近い測定条件が必要であることから、人間の平均的な頭部形状のダミーヘッド(HATS)に、同じく平均的人間の聴覚特性を模擬した人工耳(イヤーマシミュレータ)を搭載したものを共通の測定プラットフォームとして用いる方法が提案されるに至りました。このような測定上の工夫により、ヘッドホン/イヤホンが異なっても同じ土俵で音圧の測定が出来るよう考えられたのが EN50332-1、EN50332-2で、これらは音圧規制に関する測定法のベースになる規格なので、少し詳しく解説をしたいと思います。

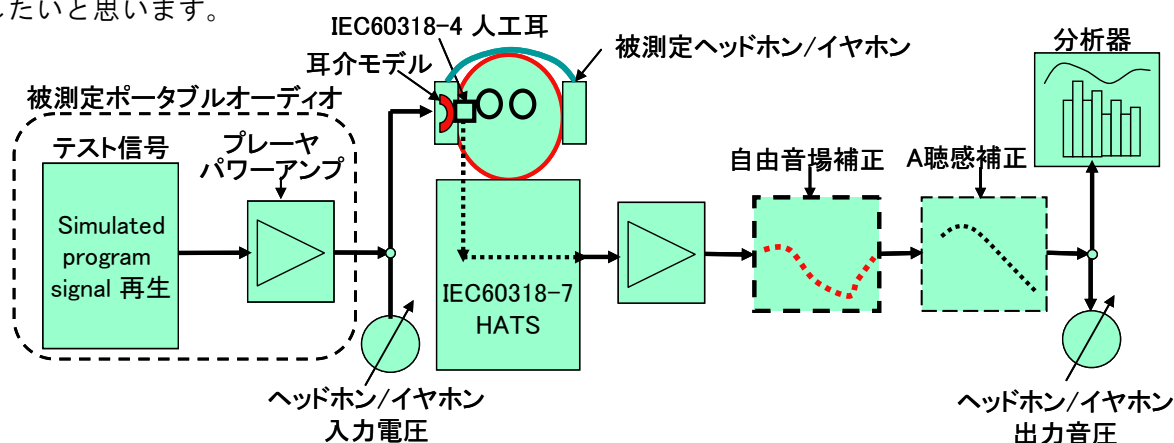


図4 EN50332-1, EN50332-2 測定系ブロック図

図4が測定系のブロック図で、様々なポータブルオーディオ機器からのテスト信号を再生し、ヘッドホン/イヤホンに加えて音響信号を発生させます。そしてHATS頭部のいわゆる耳の形をした部分に装着しますが、この部分を一般的に耳介(耳殻)、イヤーマodel、ピナシミュレータ(Pinna simulator)等と呼びます。このイヤーマodelからの音はイヤークステンションを介し

て、人工耳（イヤースミュレータ）と呼ばれる円筒形の音響等価器に導かれ、鼓膜に位置する部分に取り付けられた圧力型マイクで終端されて電気信号に変換されます。なおこの人工耳（イヤースミュレータ）は IEC60318-4(旧規格 IEC60711)に準拠しているため、711（ナナイチイチ、あるいはセブンイレブン）カップラなどと呼ばれることもあります。

イヤースミュレータからの出力電気信号は、自由音場（HRTF の逆特性）補正を施した後、さらに A 特性の聴感補正をして、そのオーバオール値をヘッドホン出力音圧レベルとします。それは、自由音場で HATS 前方に置かれた音源（例えばスピーカー）により HATS の鼓膜位置に生じる音圧と、HATS が置かれていない時の同じ位置における（スピーカーによる）音圧と等価にするためです。従って、ヘッドホン/イヤホンの実使用状態を考慮した EN50332-1, EN50332-2 測定系による再生音圧は、① 測定用標準プラットフォームとしては、IEC60959 (IEC60318-7) 準拠の HATS を用い、② これに取り付けられた IEC60318-4 (IEC60711)人工耳で音圧を電気信号に変換して自由音場補正をした後、さらに A 特性の聴感補正を施したオーバオール値がヘッドホン/イヤホン再生音圧となります。なお測定に用いるテスト信号としては、IEC60268-1 規定の“Simulated program signal”（クレストファクタ 1.8~2.2）を用い、この信号のパワースペクトル分布を図 5 に示します。

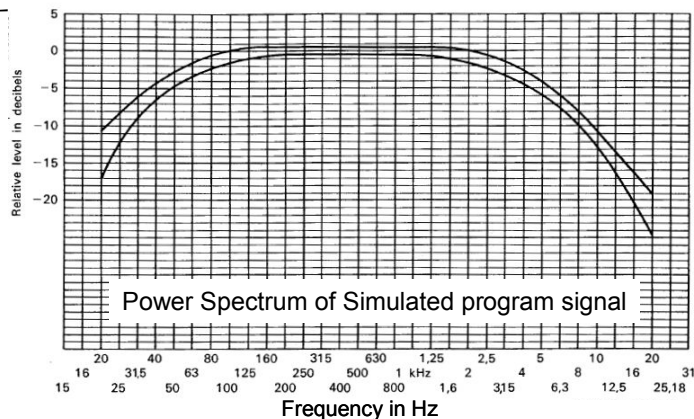


図 5 Simulated program signal のパワースペクトル分布

5. 日本からの新しいヘッドホン/イヤホン測定法（IEC60268-7）の提案

このように、ヘッドホン/イヤホンの測定プラットフォームに HATS を用いるという点では画期的であった EN50332-1,-2 も、10 年以上も前に作られた規格であり、随所に陳腐化が目立つようになってきました。特に現在普及しているイントラコンカ型やカナル型等のイヤホンの測定を行う場合には、測定結果の再現性があまり芳しくなく、音圧の測定に用いるには心許ない測定システムでした。



従来耳介モデル例とイヤホン

実耳モデル例とイヤホン

図 6 従来耳介モデル形状例と実耳モデル形状例の相違

その原因は、用いられていた耳介モデルの耳道入り口部形状が、これらタイプのイヤホン測定に向いていなかった（考慮されていなかった）からです（図6参照）。

そこで、ポータブルオーディオ機器はお家芸である日本の音響機器メーカー各社が協力して、測定結果の再現性の良い新しい耳介モデルを開発しました。そして、これらイヤホンモデルを搭載した HATS によるヘッドホン/イヤホン測定法を IEC (International Electrotechnical Commission) に提案し、2010年1月にヘッドホン/イヤホン測定法のバイブルである IEC60268-7 Edition 3.0 : Sound system equipment - Part 7: Headphones and earphones として国際規格化されました。その際に比較検討した各種イヤホンモデルの外観を下図に示します。



図7 比較検討した、従来耳介モデルと日本提案耳介モデル

また次の図は、HATS 測定システムに従来 (ITU-T 準拠) の耳介モデルを搭載した場合と、日本提案の新しい耳介モデルを用い、イヤホンを 10 回付けたり外したりして測定したときの測定結果の一例を、用いたイヤホンモデルの外観と共に示したものです。

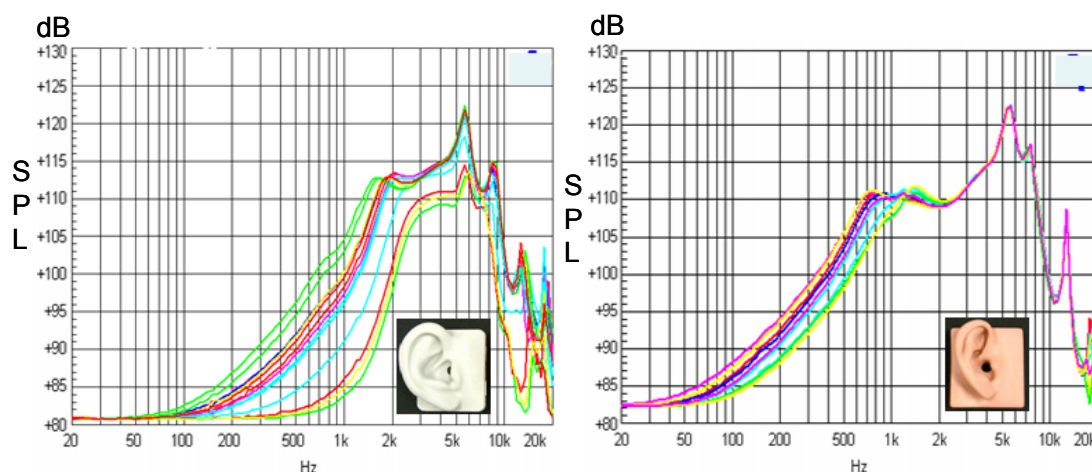


図8 耳介モデルの相違による、測定結果およびバラツキ例

これらの結果より、現在日本でヘッドホン/イヤホンの音圧測定を行う際は、一般的に EN50332-1, EN50332-2 を参照しつつ、① 測定用標準プラットフォームとして IEC60318-7(旧 60959)準拠の HATS に、② IEC60268-7 準拠の耳介モデルと、③ IEC60318-4 (旧 IEC60711) 準拠の人工耳を搭載した HATS を用い、人工耳で電気信号に変換された信号を自由音場補正した後、さらに A 特性の聴感補正を施したオーバーオール値をヘッドホン/イヤホン再生音圧としています。

下図は、上記の測定要件を満たした(株)サザン音響の SAMAR HATS Type4500 を用いて種々

のヘッドホン/イヤホン測定の様子を示したものです。



図9 ヘッドホン/イヤホン測定の様子 (サザン音響 SAMAR HATS Type4500)

6. 音圧規制その後の展開 (土俵はCENELECからIECへ)

これまで、ヘッドホン/イヤホンによる難聴問題は欧州を中心に議論された結果、それを防止するための法律や規格 (CENELEC 規格) が、欧州主導で作られてきました。欧州のポータブルオーディオ製品の多くは日本製品であるにもかかわらず、規格の土俵が欧州なので手が出せず、いわゆる蚊帳の外の状態が長らく続いていました。その後、日本の音響機器メーカー各社は、本来3つの規格であるべき EN50332-1, EN50332-2 を、下記の3つの IEC 国際規格 (A. 音圧規制、B. 出力音圧測定法、C. 出力電圧測定法) に分割・提案し、IEC の土俵で改めてヘッドホン/イヤホンの音圧規制に対応した規格を作り直す、という戦略を立てたのでした。具体的には下記の3つの IEC 規格で、今現在の状況は次の通りです。

A: 音圧規制

→ IEC TC108 の HBS 製品安全規格 IEC62368 として審議中
IEC62368 (11.4 Protection from excessive sound levels)

B: 出力音圧測定法

→ IEC TC100(Audio, video and multimedia systems and equipment) IEC60268-7 (Headphones and Earphones)測定法および 測定用耳介モデルを日本から提案。

C: 出力電圧測定法

→ IEC TC100/61938 アナログ機器相互接続法として日本から提案。

A: 音圧規制に関しては、2006年10月に欧州委員から TC108 の HBS 製品安全規格の対象に「音の放射問題」として加え、その音圧の許容上限を規定してヘッドホン/イヤホンの音圧規制の問題を扱おうという提案がなされ、現在 IEC62368 の案件の一つとして審議中です。

B: 出力音圧測定法に関しては、日本主導で IEC60268-7 (Headphones and Earphones)の改訂作業を行い、IEC60268-7 Edition 3.0 : Sound system equipment - Part 7: Headphones and earphones として2010年1月に国際規格化されました。新しいイヤモデルの提案と、それを搭載した HATS によるヘッドホン/イヤホンの測定法を新たに提案し、規格化は完了。

C: 出力電圧測定法に関しては、アナログ機器の相互接続法の一つとして日本主導で IEC TC100/61938 (Guide to the recommended characteristics of analogue interfaces to achieve interoperability)の改訂作業を行い、IEC TC100/61938 Edition 2.0 : Multimedia systems - Guide to the recommended characteristics of analogue interfaces to achieve interoperability

として 2013 年 6 月に国際規格化されました。ポータブルオーディオプレーヤーに接続するヘッドホン/イヤホンへの出力電圧測定法を新たに提案し、規格化は完了。

7. まとめと今後の動き

これまで、ヘッドホン/イヤホンの再生音圧から聴覚を守るための音圧規制に関して、その生い立ちから、関連規格、音圧測定法の考え方、そして規制の今後の動き等について概説してきました。「ヘッドホン/イヤホン再生による難聴を防止するため」という大前提は変わりませんが、本文でも述べてきたように、その時々状況と技術の進歩により、規格の考え方と落としどころが変化しつつあり、今後の運用も未知数です。

しかしながら、2013 年は IEC での音圧規制関連規格化の審議が本格化する年なので、今後はこれまでの欧州中心の音圧規制から世界音圧規制へのターニングポイントとなるのは明らかです。従って、メーカーの立場では今後の規格の動きと、世界各国での実際の運用がどのようになされて行くかを常にウォッチすることが重要です。またユーザの立場では、自分の聴覚を守るために、ポータブルオーディオ機器の正しい取り扱いを理解することも重要です。

ヘッドホン/イヤホン関連の展示会に行くと、これまでは自社製造のメーカー出展がほとんどでしたが、OEM 供給によりヘッドホン/イヤホン販売を新しくビジネスに加えた会社も多数見受けられるようになってきました。そのようなことも手伝って、今後はヘッドホン/イヤホンの取引条件に IEC 規格が広く用いられる事も多くなると思われます。しかしながら、これら新興の会社がヘッドホン/イヤホンの測定を行う場合には、かなりの設備投資と測定技術が必要なことから、弊社への測定依頼も徐々に増えているのが実情です。従って、気軽に IEC 規格に基づいたヘッドホン/イヤホンの特性測定を行える仕組みを作ることも必要なのでは、と考える今日この頃です。

筆者プロフィール

稲永 潔文 (いななが きよふみ)



1975 年 ソニー (株) 技術研究所入社
 以来スピーカー、ヘッドホン、音場再生機器、
 音声デジタル信号処理機器等の研究開発業務に従事
 2009 年 11 月 ソニー (株) 定年退社
 2009 年 12 月～東京大学先端科学技術研究センター (伊福部 研)
 2010 年 4 月～東北大学通研共同プロジェクト研究員
 2010 年 7 月～株式会社サザン音響設立 代表取締役
 JEITA、IEC/TC100 GMT 委員を歴任
 AES, JAS, ASJ 会員