

JT-H870

セーフリスニングデバイス/システム
のためのガイドライン

Guideline for safe-listening devices/systems

第 1.1 版

2020 年 4 月 10 日制定

一般社団法人
情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、
改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

<参考>

はじめに

1	範囲.....	5
2	参照.....	5
3	定義.....	6
	3.1 他で定義されている用語.....	6
	3.2 本勧告で定義されている用語.....	8
4	略語及び頭字語.....	9
5	規則.....	10
6	セーフリスニング：イントロダクション.....	10
	6.1 背景.....	11
	6.2 パーソナルコンポ.....	17
7	騒音の許容基準.....	20
	7.1 動作モード.....	20
	7.2 曝露量推定の不確実性.....	21
8	計測手法.....	22
	8.1 曝露量測定.....	22
9	ヘッドフォンの感度範囲と周波数応答.....	22
10	プロファイル.....	22
11	健康に関するコミュニケーション.....	22
	11.1 セーフリスニングパーソナルオーディオシステムのための規格の一部としてヘルスコミュニケーションを含める目的.....	23
	11.2 セーフリスニングデバイス標準の一部としてコミュニケーションのための主要な勧告.....	23
12	騒音制御.....	27
	12.1 バックグラウンドノイズの受動的減衰.....	27
	12.2 バックグラウンドノイズの積極的なノイズ低減.....	28
	12.3 ノイズ分離イヤフォンのメリット.....	28
	12.4 ノイズ分離イヤフォンに伴う安全上の懸念.....	28
13	音量コントロール.....	28
	13.1 音量制限.....	28
	13.2 ペアレンタルコントロール.....	28
14	補助的な懸念に関するガイダンス.....	29
付録I	状況レポート.....	30
付録II	パーソナルオーディオシステムにおける曝露量推定機能実装.....	31
付録III	玩具の欧州規格EN 71-1.....	39
付録IV	「音楽」対「ノイズ」.....	40
付録V	アブミ骨筋反射において.....	41
付録VI	復旧段階の検討.....	42
付録VII	ヘルスコミュニケーションの例.....	44
参考文献	49

<参考>

1. 国際勧告との関係

本技術仕様は、ITU-T勧告H.870 (08/2018)に準拠したものである。

2. 上記国際勧告等との相違

2.1 追加項目

なし

2.2 削除項目

なし

2.3 変更項目

なし

2.4 章立ての相違

なし

2.5 その他

なし

3. 改版の履歴

版数	制定日	改版内容
第1版	2019年8月29日	制定
第1.1版	2020年4月10日	誤記修正

4. 工業所有権

本標準に関わる「工業所有権等の実施に係る確認書」の提出状況は、TTC ホームページでご覧になれます。

5. その他

なし

6. 標準作成部門

マルチメディア応用専門委員会

はじめに

ナイトクラブ、ディスコ、パブ、バー、映画、コンサート、スポーツイベント、さらにはフィットネスクラスなどの娯楽環境において、大音量の音にさらされることに対する懸念が高まっている。技術の普及に伴い、パーソナルオーディオシステムなどのデバイスはしばしば安全でない音量で、かつ長期間にわたって聴かれており、このような行動へ定期的に参加することは不可逆的な聴覚損失という深刻な脅威を引き起こす。

WHO（World Health Organization）は、[b-WHO-2018]において以下のように推計する。

- 全世界で約4億6600万人がさまざまな原因で聴力障害を持っている。この数値は、聴力損失のリスク要因を緩和するための措置が講じられない限り、今後数十年でさらに上昇すると予想される。
- 世界中の10億人を超える若い人々が、安全でない聴取習慣のため聴覚損失の危険にさらされる可能性がある。
- 中所得および高所得国の12～35歳の若者および若年成人について：
 - 約50%の人が、MP3プレーヤーやスマートフォンなどのパーソナルオーディオ機器を使用し安全でない音量で音楽を聴いている
 - 約40%の人が、ナイトクラブ、ディスコ、およびバーにおいて、潜在的に損傷を与える音量にさらされている

2016年1年間で世界15億台のデバイスが販売されたスマートフォンの増加は、潜在的なリスクの指標の一つである。音楽を聴くためのパーソナルオーディオシステムの増加および利用は、大音量および長期間の利用と関係がある。このようなリスクに関連する行動は聴力を永久的に損なう可能性がある。

これらの事実を踏まえ、WHOは2015年に「メークリスニングセーフ」施策を開始した。この全体的な施策は、すべての年齢の人々が自分の聴覚を完全に保護しつつ聴くことを楽しむことができるようにすることである。

目的は娯楽的な場面における安全でない音量に曝露されることによって引き起こされる聴力損失のリスクを低減することであり、それを達成するためWHOは3つの目標を制定した。

- 1) パーソナルオーディオシステムでの大音量の曝露を規制する。
- 2) ターゲットとなる集団においてリスニング習慣を変更する。
- 3) 娯楽環境では音の曝露を制限する。

この勧告は「セーフリスニング」施策に関するWHOとITUの協力の結果であり、双方の組織によって共通認識されている。

ITU-T H. 870勧告 セーフリスニングデバイス/システムのためのガイドライン

1 範囲

この勧告は、人々を聴覚損失から保護するためのセーフリスニングデバイスおよびシステム、特に音楽再生に関する要件について記載する。

この勧告の目的のため、以下のデバイスは除外される。

- 双方向通信デバイス（トランシーバなど）
- リハビリテーションおよび医療デバイス（例えば、補聴器、補聴FMシステム、および補助聴取デバイス(ALD)として承認された補聴器や人工内耳システムなど）。
- 個人用音声増幅装置。
- プロフェッショナルオーディオ機器やデバイス。

注一携帯ゲーム機器からの音量の暴露の懸念があるがこれは今後の研究課題となる。

2 参照

以下のITU-T勧告及び他の参考文献は、このテキストにおける参照を通じこの勧告の規定を構成する。勧告の時点では下記の版が有効である。すべての推奨事項およびその他の参考文献は改訂の対象となる。したがって、この推奨事項の利用者は推奨事項の最新版および以下に挙げるその他の参考文献を適用する可能性を調査することが推奨される。現在、有効なITU-T勧告が定期的に発行されているため、この勧告内の文書への言及は独自文書とし、勧告のステータスに影響を与えない。

[ITU-T G.100.1]	Recommendation ITU-T G.100.1 (2015), <i>The use of the decibel and of relative levels in speechband telecommunications.</i>
[ITU-T P.57]	Recommendation ITU-T P.57 (2011), <i>Artificial ears.</i>
[ITU-T P.58]	Recommendation ITU-T P.58 (2013), <i>Head and torso simulator for telephonometry.</i>
[ITU-T P.380]	Recommendation ITU-T P.380 (2003), <i>Electro-acoustic measurements on headsets.</i>
[ITU-T P.381]	Recommendation ITU-T P.381 (2017), <i>Technical requirements and test methods for the universal wired headset or headphone interface of digital mobile terminals.</i>
[ITU-T P.382]	Recommendation ITU-T P.382 (2016), <i>Technical requirements and test methods for multi-microphone wired headset or headphone interfaces of digital wireless terminals.</i>
[EN 50332-1]	CENELEC EN 50332-1 (2013), <i>Sound system equipment : Headphones and earphones associated with personal music players. Maximum sound pressure level measurement methodology. General method for "one package equipment".</i>

- [EN 50332-2] CENELEC EN 50332-2 (2013), *Sound system equipment : Headphones and earphones associated with personal music players. Maximum sound pressure level measurement methodology. Matching of sets with headphones if either or both are offered separately, or are offered as one package equipment but with standardised connectors between the two allowing to combine components of different manufacturers or different design.*
- [EN 50332-3] CENELEC EN 50332-3 (2017), *Sound system equipment : Headphones and earphones associated with personal music players – Maximum sound pressure level measurement methodology – Part 3 : Measurement method for sound dose management.*
- [IEC 60268-1] IEC 60268-1 : 1985, *Sound system equipment – Part1 : General.*
- [IEC 61252] IEC 61252 : 1993, *Electroacoustics - Specifications for personal sound exposure meters, including its AMD1 : 200 and AMD2 : 2017.*
- [IEC 61672-1] IEC 61672-1 : 2013, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1 : Specifications.*
- [IEC 62368-1] IEC 62368-1 : 2018, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1 : Safety requirements.*
- [ISO 226] ISO 226 : 2003, *Acoustics – Normal equal-loudness-level contours.*
- [ISO 11904-1] ISO 11904-1 : 2002, *Acoustics – Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear – Part 1 : Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique).*

3 定義

3.1 他で定義されている用語

この勧告では、他の場所で定義されている以下の用語を使用する。

3.1.1 計算されたサウンド曝露量[IEC 62368-1] : 安全とみなされる最大値からパーセントで表される1週間毎のサウンド曝露の推計値。

注 1 - [EN 50332-3] の B.4 を参照のこと。

この値はEU委員会決定2009/490/ECに記載されている値に基づいており、80dB(A)未満の音量の場合、1週間に最大40時間が安全であると規定している。従って100 % CSDの値は40時間で80dB(A)に相当する。

- 3.1.2 **MRPにおける拡散フィールド回折**[ITU-T P.58]：口基準点(MRP)における音圧の第3オクターブスペクトルレベルと、HATSが存在しない拡散音場における同一地点における音圧の第3オクターブスペクトルレベルとの間のdB単位の差。
- 3.1.3 **HATS (サウンドピックアップ)の拡散フィールド周波数応答**[ITU-T P.58]：HATSが存在しない拡散音場フィールドにおける、鼓膜基準点(DRP)における音圧の第3オクターブスペクトルレベルと、HATS基準点(HRP)における音圧の第3オクターブスペクトルレベルとのdB単位の差。
- 3.1.4 **鼓膜基準点**[b-ITU-T P.10]：外耳道の端に位置し、鼓膜の位置に対応する点。
- 3.1.5 **自由音場**[ISO 3745]：境界のない同種の等方性媒体における場。
- 3.1.6 **HATS (サウンドピックアップ)の自由音場周波数応答**[ITU-T P.58]：鼓膜基準点(DRP)における音圧の第3オクターブスペクトルレベルと、HATSが存在しない自由音場(テストポイント)におけるHATS基準点(HRP)における第3オクターブスペクトルレベルとのdBにおける音圧の差。
- 3.1.7 **MRPにおける自由場平面波回折**[ITU-T P.58]：口基準点(MRP)における第3オクターブスペクトル音圧レベルと、HATSが存在しない自由音場における同じ点における音圧の第3オクターブスペクトル音圧レベルとのdBIにおける音圧の差。この特性は、基準軸に平行な伝播方向を有する正面音入射について測定される。
- 3.1.8 **ダミーヘッドシミュレータ (HATS)** [b-ITU-T P.10]：人体模型は、頭部の頭頂部からウエストまで下方に延び、平均的な大人の人間によって生成された音響ピックアップ特性および音響回折をシミュレートし、人の口によって生成された音場を再現するように設計されている。
- 3.1.9 **指導者**[IEC 62368-1]：指導者は、熟練者によって一定期間指導され訓練された人、または熟練者によって監督される人に適用される用語であり、苦痛を引き起こす可能性があるエネルギー源を特定し(表1を参照)、それらのエネルギー源との意図しない接触またはそれらのエネルギー源の曝露を回避するための予防措置を講じる。正常な動作条件、異常な動作条件、または単一の障害条件の下では、指導者は、負傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源を含む構成にさらされるべきではない。
- 3.1.10 **物理的な聴力障害**[b-NIOSH]：1000、2000、3000および4000Hzで25 dBHLを超える両耳の聴力閾値レベルの平均。
- 3.1.11 **実耳に装着されたマイクロフォン**[ISO 11904-1]：人間の耳に挿入された小型またはプローブマイクロフォンを使用し実行される測定を指す。
- 3.1.12 **瞬時曝露レベル**[IEC 62368-1]：[EN 50332-1]、第4.2節に基づき、両方のチャンネルに適用されるHD 483-1 S2テスト信号から1sサウンド曝露レベル量を推定する。

注1 - MELスケールはdB単位で測定される。

注2 - 詳細については、[EN 50332-3]のB.3を参照のこと。

- 3.1.13 **一般人**[IEC 62368-1]：一般人とは、教育された人物および熟練者以外のすべての人物に適用される用語である。一般人は、(音響)装置のユーザだけでなく装置にアクセスできるか又は装置の付近にいる全ての人々も含む。正常な動作状態または異常な動作状態の下において、一般人は、痛みまたは負傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源を含む部分にさらされるべきではない。単一の障害条件の下では、一般人は、負傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源を含む部分にさらされるべきではない。
- 3.1.14 **パーソナルミュージック/メディアプレーヤー**[IEC 62368-1]：パーソナルミュージックプレーヤーは、一般人によって使用されるように意図されたポータブル装置であり、以下のものである。
- ユーザがオーディオまたは映像音声コンテンツの素材を視聴することができるように設計されている
 - イヤホンやヘッドフォンなど、耳の中や上や周囲に装着できるリスニングデバイスを使用する
 - 身体装着可能(衣服ポケットに入れて持ち運ぶのに適したサイズ)であって、連続使用(例えば、街中、地下鉄、空港など)でユーザが歩き回ることを意図したプレーヤーである

注1 - 例としてポータブルCDプレーヤー、MP3オーディオプレーヤー、MP3再生機能を搭載した携帯電話、PDAやそれに類似するものなどがある。

3.1.15 **熟練者**[IEC 62368-1]：熟練者とは、特に機器で使用される様々なエネルギーおよびエネルギーの強度を知り、機器技術の訓練を受けた、または経験を有する人に適用される用語である。熟練者は、彼らの訓練および経験を利用し、苦痛または負傷を引き起こすことが可能なエネルギー源を認識し、それらのエネルギー源による負傷から保護処置を講じることが期待される。熟練者は損傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源への意図しない接触または曝露からも保護されるべきである。

3.1.16 **音の曝露**[EN 50332-3]：時間 t_1 と t_2 との間の決められた期間にわたり二乗積分されたA特性音圧 p_A 。

$$E = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

3.1.17 **音圧レベル**[b-ITU-R V.574]：一般にデシベルで表される音圧と基準圧力(しばしば $20 \mu\text{Pa}$)との比の対数。

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_A} \right)$$

3.2 本勧告で定義されている用語

この勧告は、以下の用語を定義する。

3.2.1 **音響反射しきい値**：音刺激がアブミ骨筋反射(SMR)をトリガする音圧レベル(SPL)。

3.2.2 **音響トラウマ**：聴覚システムに直ちに負傷をもたらす単一音の曝露。

3.2.3 **ダメージ・リスク基準**：様々なレベルのノイズ曝露によって提示される騒音性難聴(NIHL)のリスクを指す古典的な用語。この勧告では、この用語はいくつかの好ましい現代の用語、すなわち、「曝露量反応関係」、「リスク」、または「曝露限界」に置き換えられる。

3.2.4 **dB A**：A特性ネットワークを使用し測定された音圧レベルのデシベル；低強度ノイズ(ラウドネスレベル約40フォン)を測定することを意図したレベルであるが、職業的および環境的ノイズ曝露を測定するためにも一般に使用されるようになった。

3.2.5 **dBFS**：dBフルスケールは、その過負荷または最大レベルに相当するデジタル信号のレベルであり、いくつかの異なる慣例が存在する。フルスケール正弦波のデジタル表現に0 dBFS RMSの値を割り当てることは一般的である。次いで、ピークレベルは+3.01 dBFSに達することができる。他の場合には、デジタル・フルスケール方形波のRMSレベルには、0 dBFS RMSが割り当てられる。従って、最大ピークレベルも0 dBFSである。後者の場合、dBFSはdBovと等価である。(dBov：dBに関連するデジタルオーバーロードであり、そのオーバーロードまたは最大レベルと関連するデジタル信号のシグナルのレベル。[ITU T G][1.001]を参照)。

3.2.6 **dBHL**：一定の周波数における聴力レベル。定義された通常のレベルと対比され、聴力測定の閾値として利用されるレベルを示す。

注 これは通常の聴力を持つ人間の、異なる周波数での耳の感度の基準である。[ISO 226]は、dB SPLに対するフォンのマッピングであり、2つのスケールは1kHzで合致する。dB SPLは、定義により1kHzで聴く閾値、すなわち、0フォン(および0 dB SPL)で定義されている。

3.2.7 **拡散音場**：媒体内の任意の位置で、音が等しい強度およびランダム位相を有しすべての方向から入射する場。残響音は、受信機の位置によって変化しない。([b-Ver]から改編)

3.2.8 **(音の) 曝露量**：指定された期間中に人間の耳によって受信された音の総量。この勧告文章では、これは音響曝露(3.1.16参照)と同じである。(音響)曝露量の単位は Pa^2h である。

3.2.9 **曝露量測定**：人間の耳が受け取った曝露量の計算および評価。

3.2.10 **等価エネルギー原理**：等しい量の音響エネルギーが、時間にわたるエネルギーの分布にかかわらず、等しい量の音によって誘発され永久的な閾値シフトを引き起こすという仮定。

3.2.11 **同量の連続的なA特性音圧レベル**：レベルと時間との間の3dBの交換レートを使用し計算された時間変動SPLと同じリスクを呈すると考えられるdBAにおける連続音圧レベル(SPL)。数学的には次のように表される。

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \right\} / p_0^2 \text{ dBA}$$

ここで：

$L_{Aeq,T}$ は、積分間隔時間 $T = t_2 - t_1$ にわたって決定された、 $20 \mu\text{Pa}$ での等価連続A特性音圧レベル。

pA (t) は、音響信号の瞬間的なA特性音圧。

p0 (t) は、20μPaの基準音圧。

- 3.2.12 等価連続平均音レベル正規化**：3dB交換レートを使用し測定され、n時間曝露期間で正規化された、ある時間変化SPLパターンと同じリスクをもたらすと考えられるdBA単位の連続SPL。例えば、nの値は8であり、この場合、 L_{A8h} または L_{EX8h} 、または $n=40$ 、 L_{EX40h} と参照される。
- 3.2.13 過度のリスク**：特定の量の曝露に関連する音響誘発聴覚損失(SIHL)のリスク。
- 3.2.14 交換レート**：許容曝露時間の2倍または半減に相当する平均騒音レベル(dB)の変化。
- 3.2.15 周波数応答**：この文脈では、周波数応答は、ヘッドフォン、ラウドスピーカ、マイクロフォン、アンプなどのオーディオ機器の「トーン曲線」とし参照される「感度対周波数応答」の略である。
- 3.2.16 聴力閾値レベル**：dBHLで測定された明確な聴力測定試験周波数での音圧レベル(SPL)。
- 3.2.17 リスニングデバイス**：耳に音を伝達するために使用されるデバイス。トランスデューサで構成され、耳の中、耳の上、または耳を覆うように装着する。例としてはヘッドフォンおよびイヤフォンがある。
- 3.2.18 メディア**：娯楽目的のためのオーディオ又はオーディオビジュアルコンテンツは、長期間の曝露ゆえに聴覚損失を生じさせることがある。例えば、音楽、ゲーム及びポッドキャストである。
- 3.2.19 パーソナルオーディオ機器**：身体に着用されるか、または衣服ポケットに収まるように設計されたポータブル・デバイス。これは、ユーザが様々な形態のメディアを聴くことができるように設計されている。パーソナルオーディオ機器の一例は、パーソナルメディアプレーヤー(PMP)である。
- 3.2.20 パーソナルオーディオシステム(PAS)**：パーソナルオーディオ機器およびリスニングデバイスのシステム。
- 3.2.21 セーフリスニングデバイス**：パーソナルオーディオ機器/システムであり、聴覚損失を被るユーザのリスクを最小限に抑えるための要件および基準を満たす事で、(結果として)セーフリスニングデバイスと呼ぶことができる。これは、音楽プレーヤー(MP3プレーヤー、スマートフォン、およびパーソナル音楽プレーヤー)と、電気信号をオーディオに変換するトランスデューサ(例えば、イヤフォンおよびヘッドフォン)を含めることができる。
- 3.2.22 サウンド許容度**：一定の期間(例、毎日または毎週)にわたるサウンド曝露の曝露量推定値であり、安全とみなされる最大値のパーセンテージとして一般に表示される。1週間のサウンド許容量は100%計算曝露量(CSD)に等しい。
- 3.2.23 サウンド誘発**：サウンドにさらされることから生じる状態または特性を指す。サウンドは、音楽(の一部)または「ノイズ」であってもよく、それは、サウンドが望ましくないということを含む。
- 3.2.24 サウンド誘発永久閾値シフト**：音響誘発聴覚損失 (SIHL)と同義。
- 3.2.25 サウンド誘発一時閾値シフト**：音響誘発聴覚損失 (SIHL)はサウンドの曝露から生じるが、低いサウンド条件で十分な時間が費やされた後に回復する。
- 3.2.26 サウンド誘発耳鳴り**：過度のサウンド曝露における一時的または永続的の耳または頭部における幻のサウンド知覚。
- 3.2.27 アブミ骨筋反射**：耳が高強度の音にさらされたときに、耳小骨におけるアブミ骨筋および鼓膜聴筋が収縮するプロセス。これは聴覚反射とも呼ばれる。
- 3.2.28 トランスデューサ**：エネルギーを1つの形式から別の形式に変換する電子デバイス。

4 略語及び頭字語

この勧告では、次の略語と頭字語を使用する。

ALD	補助聴取デバイス
ANR	アクティブノイズリダクション
ART	聴覚反射しきい値
CLL	選択されたリスニングレベル
CSD	計算曝露量
DAC	デジタル-アナログ変換

dBA	A特性を用いて測定した音圧レベルのデシベル
dBFS	フルスケールデシベル
dBHL	聴力レベルのデシベル
DRP	鼓膜基準ポイント
ER	交換レート
HATS	ダミーヘッドシミュレータ
HTL	聴覚域値レベル
LEQ	等価連続平均音量レベル
LEX	正規化された等価連続平均音量レベル
MIRE	実耳に挿入するマイクロフォン
MRP	口基準点
NIHL	騒音性難聴
NIPTS	騒音性難聴における恒久的な閾値ズレ
PAD	パーソナルオーディオ機器
PAS	パーソナルオーディオシステム
PLD	パーソナルリスニングデバイス
PMP	パーソナルメディアプレーヤー
RMS	二乗平均平方根
SEL	音響暴露レベル
SIHL	音響誘発聴力損失
SLD	セーフリスニングデバイス
SMR	アブミ骨筋反射
SPL	音圧レベル
TTS	一過性閾値移動
VR	バーチャル・リアリティ

5 規則

なし。

6 セーフリスニング：イントロダクション

一時的かつ永続的な聴力閾値移動は、特に子供および青年においてサウンドおよびノイズへの曝露から増加する公衆健康問題である。実際、音響誘発聴覚損失(SIHL)は、世界中で予防可能な聴覚損失の主要な原因である。1990年初頭から2000年にかけて、SIHLの若者数は6.7%から18.8%に増加したと推定されている。このうちのいくつかは現代において、若者が彼らのレジャータイムにおいて、パーソナルオーディオシステム(PAS)を使用し、またはコンサート、バー、クラブなどの共通イベントに出席し、高レベルの音楽にさらず活動を用いていることに起因する可能性がある。この台頭しつつある流行にもかかわらず、現在、特にPASについて、非職業的な環境での音響曝露を制限するように設定された基準はほとんどない。この勧告は、この基準のギャップに対応する。

セーフリスニング習慣による聴覚損失の防止は、個人の責任であると考えてもよい。しかし、コミュニティ、デバイスの製造業者、政府、および他の利害関係者は、意識を高め安全に聴くための環境を作り出す責任がある。

聴覚損失は、長期間にわたる高レベルの音を聴く結果として生じる可能性がある。パーソナルオーディオ機器(PAD)の安全でない利用は、何百万人もの聴覚に対する脅威となっている。

このような聴力損失は永久的であるが、セーフリスニングの実施によって大部分を防止することができる。適切な技術は、安全でない聴取のリスクを低減するのに役立つ。聴覚損失となるユーザのリスクを（その使用の結果として）最小限に抑えるように働く規格に準拠するパーソナルオーディオ機器/システムは、セーフリスニング装置/システムと呼ばれることが可能である。

「セーフリスニング」という用語は、人々の聴覚を危険にさらさないリスニング行動を指す。人の聴力を失う危険性は、どれくらいの音量、どれくらいの期間、どれくらいの頻度で人が大きな音に曝露されるかに依存する。そのような曝露は、パーソナルオーディオ機器を介し、または娯楽会場、交通、職場、家庭などの環境にて行われることが可能である。

サウンド許容度という用語は、個人の聴覚を危険にさらすことなく聴取ができるサウンド・エネルギーの許容レベルを指す。サウンド許容値は、「計算サウンド曝露量」という用語と互換的に使用される。「曝露量」ではなく、「サウンド許容値」という用語をヘルスコミュニケーションの目的で使用することを推奨する。

6.1 背景

この節は、安全なリスニングのための背景情報を提供する。

6.1.1 音と波

音は振動する物体によって生成される、空気のような媒体内における波である。波は物質を伝達せずエネルギーを伝達する。音波は縦波であり、すなわち波を生成する動きの方向は波の動きと同じである。波は1つの場所から別の場所へ力または圧力の差を移動させることによって媒体内を伝播する。具体的には、音響媒体内のエネルギーの伝送または伝播は、媒体の交互の圧縮および伸張の形をとる。ある時点では、媒体内に交互に圧縮および伸張作用があり、これは順に圧力の変動をもたらす。空気が圧縮されると圧力は大気圧よりも高くなり、伸張されると圧力は低くなる。

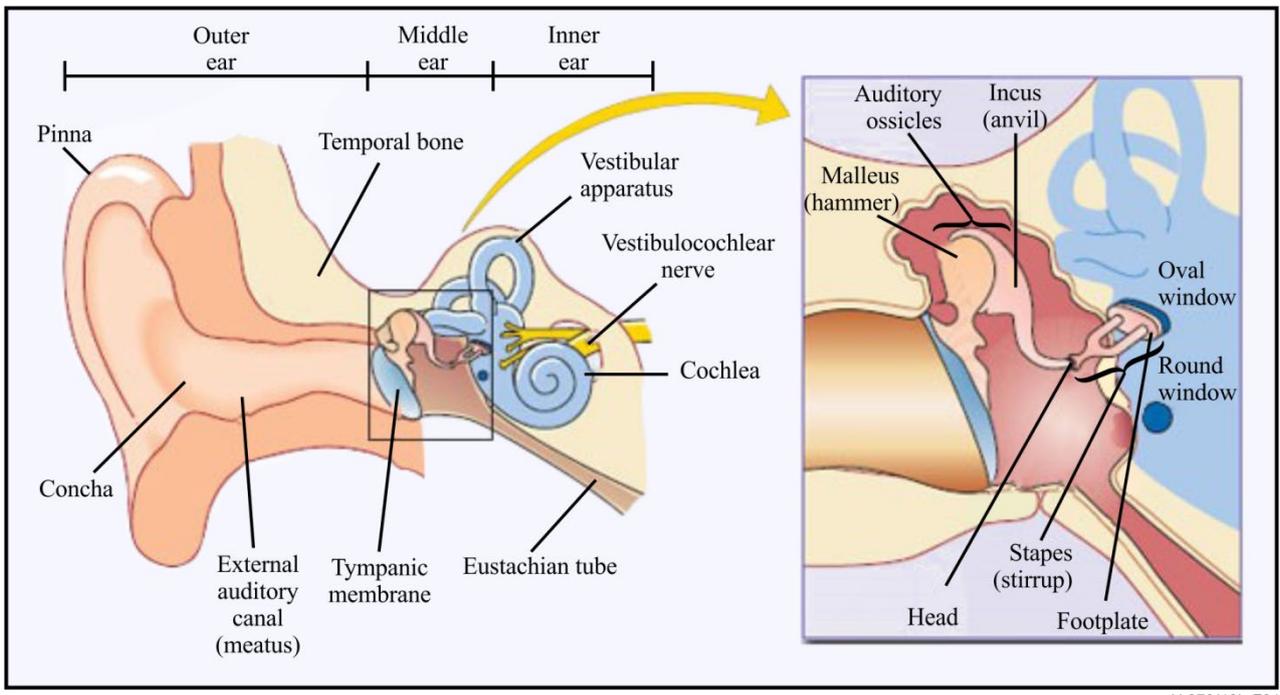
伝播媒体における圧縮および伸張の大きさは音の強度を決定し、一方、圧縮および伸張がどれくらいの頻度で交互に起こるかは音の周波数を決定する。音波の動きによるエネルギーは、鼓膜を通して内耳に流れそこで音として認識される。強度 I は、単位領域 a の表面を横切って流れる単位時間 t 当たりのエネルギー E であり、また I は領域 a の表面を横切って流れる力である。

純音は単純な音であり、その圧力変化は正弦の形でこれは音響学的に正弦波と呼ばれる。正弦波は周期的である。

音波の速度は音を導く媒体の性質に依存する。音波の速度は気温におもに依存する。室内温度(20°C)では、速度は秒速344メートル(m/s)であり、時速1238kmとなる。

6.1.2 聴覚障害のメカニズム

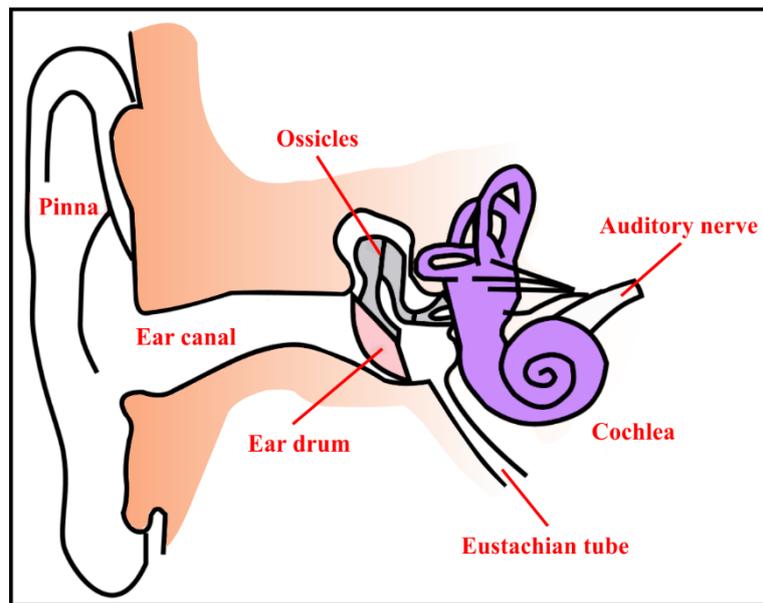
図1に示すように、耳は、外耳、中耳、および内耳の3つの部分からなる。中耳は、外耳道を終端させる鼓膜と、3つの小さな骨（総称して耳小骨と呼ばれる）、すなわちツチ骨、キヌタ骨、アブミ骨からなる。また、中耳には、2つの小筋、すなわち、鼓膜張筋、およびアブミ骨筋がある。内耳は耳の最も内側の部分であり、蝸牛、前庭系および内耳神経からなる。「音」は一連の振動とみなすことができる。これらの振動は耳に到達し耳介で捕らえられる。音は波として外耳道を伝わり鼓膜に到達する。鼓膜は振動し音波を機械的エネルギーに変換する。外耳道は約2.5cmの長さおよび約0.6cmの直径を有する。次いで、音（またはその機械的エネルギー）は、中耳腔内の3つの骨（総称して耳小骨と呼ばれる）、ツチ骨、キヌタ骨、アブミ骨を通過する。



H.870(18)_F01

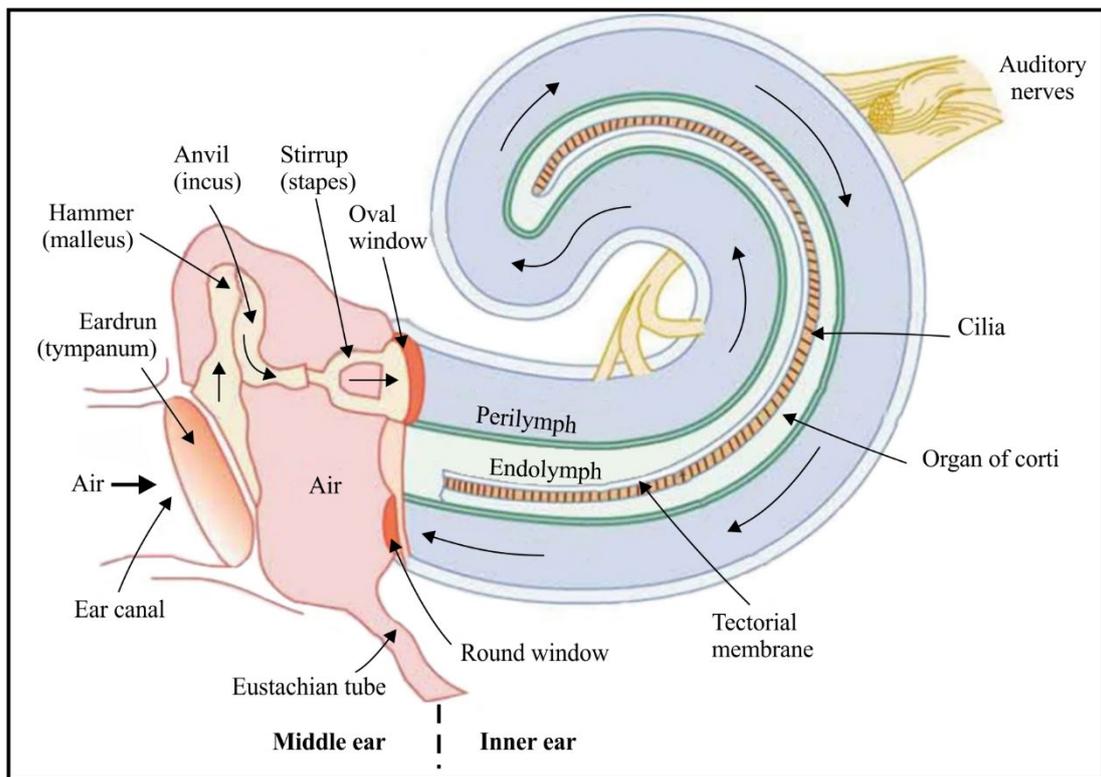
図 1 - 人体の耳の図

これらの骨は、内耳の蝸牛にある前庭窓を介し内耳に伝達される機械的エネルギーを増幅する。アブミ骨は、前庭窓を叩くことで内耳内のリンパ液の振動を引き起こし、この動きはリンパ液が充填された蝸牛内を通過する。



H.870(18)_F02

図 2 - 外耳道



H.870(18)_F03

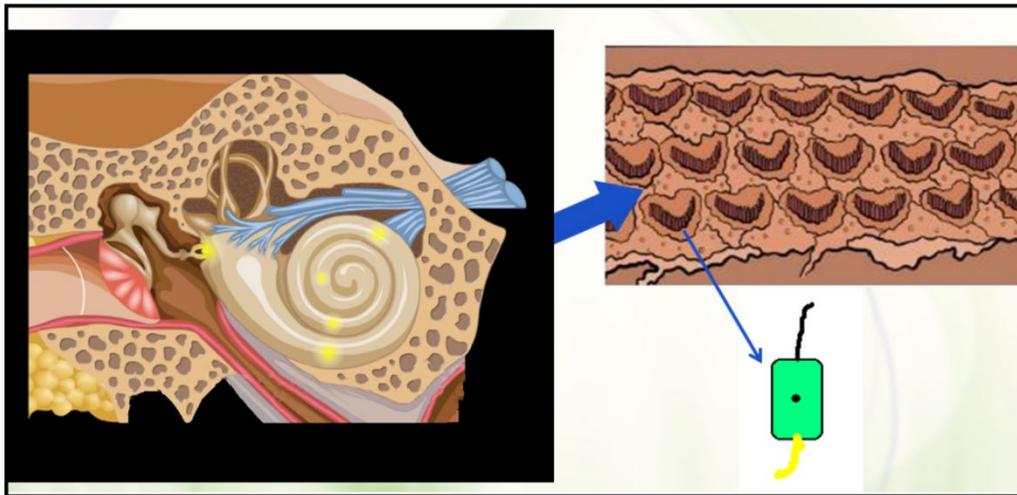
図 3 - 蝸牛の図

図2および図3からわかるように、蝸牛はカタツムリ形状の器官である。蝸牛には、基底毛と呼ばれる何百万もの有毛細胞がある。音が蝸牛を通過するにつれリンパ液が有毛細胞を動かし何千もの聴覚神経に電氣的インパルスを送る。これらの電気信号は音として解釈される。

音の過度の曝露が発生すると、耳の有毛細胞は過度に刺激される。ひとたび有毛細胞が過剰刺激されると、これらの有毛細胞は疲労し音に应答しなくなる。この結果 一過性閾値シフト(TTS)、すなわち音響曝露後に一時的な聴力損失が生じる可能性があり、これは数分から数日間続く可能性がある。この期間、静かであれば有毛細胞は回復する。

しかしながら過剰な音に繰り返しさらされることは、有毛細胞を殺し回復する能力を失う。これは結果として永久閾値シフト(PTS)、すなわち不可逆的な蝸牛有毛細胞損傷に関連する聴覚感度の永久的な損失をもたらす。

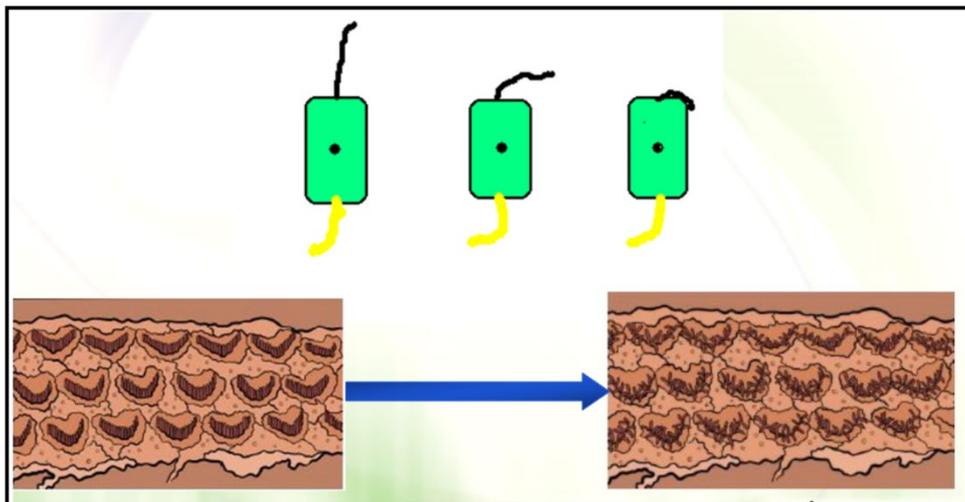
図4は、蝸牛及び有毛細胞を示す。



H.870(18)_F04

図4 - 蝸牛と有毛細胞の図

図5では、左側の蝸牛有毛細胞は通常の聴力を有する人の有毛細胞であり、右側の有毛細胞は音の過度の曝露が引き起こす永久的な損傷の可能性を示している。



H.870(18)_F05

図5 - 音によって引き起こされる有毛細胞の損傷の図

6.1.3 サウンド・エネルギーの測定

6.1.3.1 圧力

地球の重力のため大気の重さは大気圧と呼ばれ、あらゆるものにあらゆる方向で圧力を及ぼす。その値は、 10^5 Newton/ m^2 、すなわち 10^5 Pascal (Pa)である。

音波の変位は音によって生成される平衡からの乱れの量である。

ピークピーク値は、正弦波または信号の最小値と最大値との間の変化を指す。図6は、ピークピーク値の概念を示す。

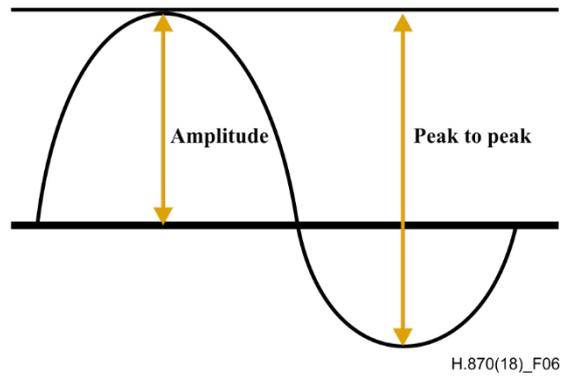


図 6 - シグナルの振幅とピークピーク値の概念

音の振幅は、多くの場合二乗平均平方根(RMS)値として計算される。二乗平均平方根は、瞬時値の二乗の平均値の平方根である。RMS値は、最初に瞬時波形値(s)を二乗し、次にある期間(m)で平均化し、最後に平方根(r)をとることによって計算される。

6.1.3.2 デシベル

「ベル」(記号B)は、2つの値の比を10進の対数によって表す。この単位はあまり使用されず、ベルの10分の1であるデシベル(記号dB)に置き換えられている。

物理量の2つの値の比を表すために使用されるのが対数単位である。しばしば標準的な基準値となり、この場合レベル程度を表すためにデシベルが使用される。

6.1.3.2.1 dB

このスケールは主として比率スケールであり、強度を基準と比較している。

$$L_2 - L_1 = 10 \log_{10} \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

文字通りの意味は、音2と音1との間のデシベル(dB)で測定されるレベルの差が、強度の比が10を底とする対数によって与えられることである。スケールを拡大するために10の係数が含まれる。対数による調査で、レベル(デシベル)スケールのいくつかの特徴が明らかになる。 $\log(1)=0$ である音1と音2が同じ強度を有する場合レベルの差は0である。対数スケールの機能は比率を差に変換することである。 L_2 が L_1 の2倍の場合、実際の値に係わらず $\log(2)=0.3$ [b-Hartmann]であり $L_2 - L_1 = 3$ dBである。

6.1.3.2.2 dB SPL

デシベルスケールは、とある量が常に別の量と比較される比率スケールであるが、個々の音レベルが絶対値であるかのようにデシベルで表されることが一般的である。音圧水準は一般にデシベルで表され、音圧 p と基準圧力 p_A (しばしば $20\mu\text{Pa}$)との比率の対数である。

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_A} \right)$$

6.1.3.2.3 dBA

dBAは、A聴感補正を使用し測定された音圧レベルのデシベルであり、低強度音(約40フォン音量レベル)を測定することを意図したレベルであるが、職場及び環境音の曝露を測定するため一般に使用されるようになってきている。

図7は、様々な周波数に特定の重み付けを与えるために、測定で使用される様々な補正の役割の概念図を示す。

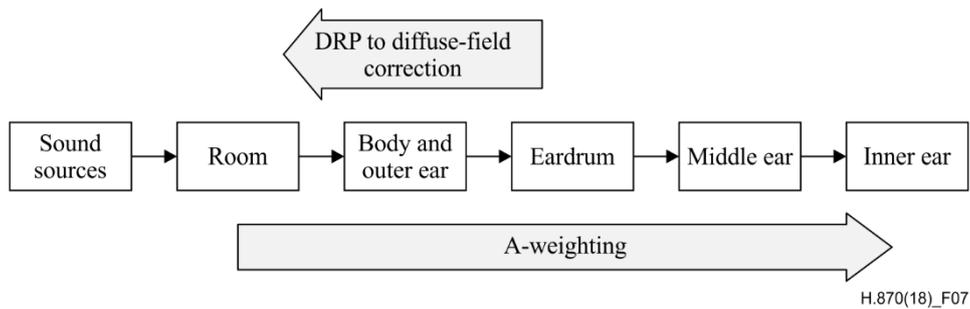


図7-様々な周波数に特定の重み付けを与えるため測定で使用されるさまざまな補正の役割の概念図

6.1.3.2.4 dBFS

dBフルスケールは、過負荷または最大レベルに対するデジタル信号レベルである。異なる規則が存在する。フルスケール正弦波のデジタル表現に0 dBFS RMSの値を割り当てることは一般的である。次いで、ピークレベルは+3.01 dBFSに達することができる。他の場合、デジタル・フルスケール方形波のRMSレベルは0 dBFS RMSが割り当てられる。従って、最大ピークレベルも0 dBFSである。後者の場合、dBFSはdBovと等価である。

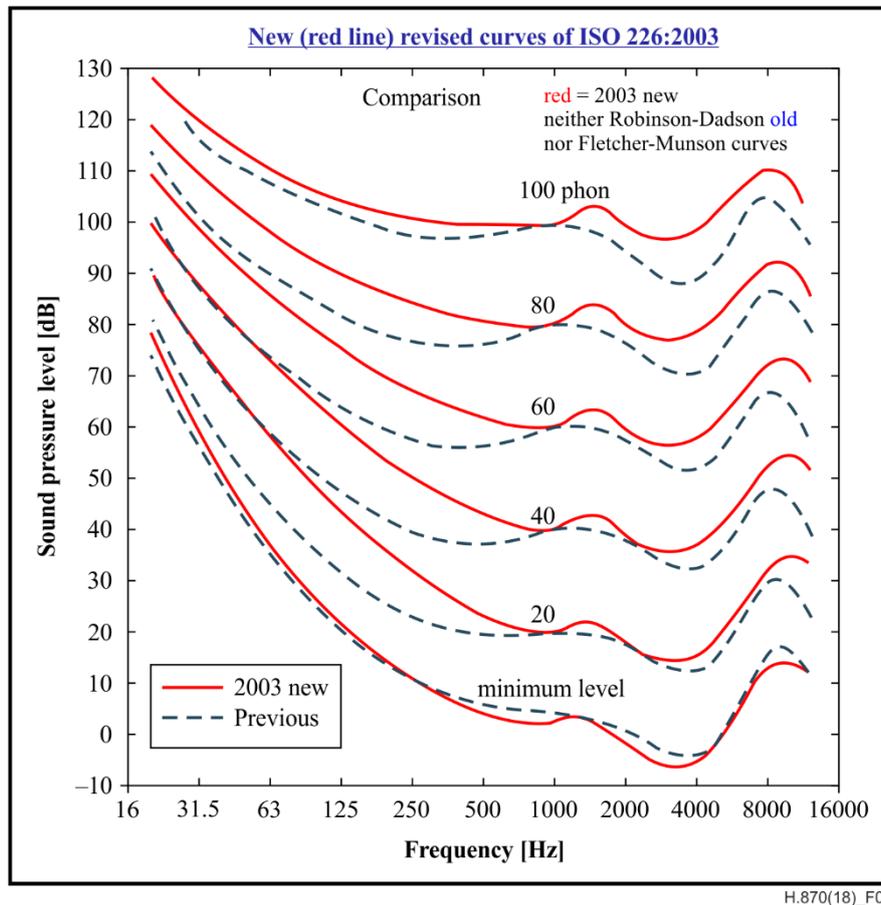
注- dBovとも呼ばれ、デジタルオーバーロードに対するdBは、そのオーバーロードまたは最大レベルに対するデジタル信号レベルである。[ITU-T G.100.1]参照。

6.1.3.2.5 dBHL

dBHLは、特定の周波数での聴力レベルのデシベルであり、定義された正常値に対する聴力測定の聴力閾値を測定するために使用されるレベルである。

[ISO 226]に記載されているように人間の耳の感度は聴取音の周波数によって大きく変化し、音楽に必要な低周波数帯域で十分な音量を得るために音量を上げると、特に感度が高い高周波数帯域の範囲では過度に音量が大きくなることが避けられない。

図8は、音響学的な等ラウドネス曲線を示す。



H.870(18)_F08

図8 - 音響学上の等ラウドネス曲線

6.1.4 等価エネルギー原理

等価エネルギー原理とは、サウンドの総効果がエネルギーの時間的分布に関係なく、耳によって受信される音響エネルギーの総量に比例するという仮定である。

この原理によれば、等しい量の音響エネルギーが、エネルギーの時間的分布に関係なく等しい量の音誘発永久閾値シフトを引き起こすことが予想される。

この原理に基づき音響エネルギーの「曝露量」は、曝露時間 $T = t_2 - t_1$ にわたって積分される二乗A特性音圧 p_A とし定義される。

数学的にはこれは次のように表される。

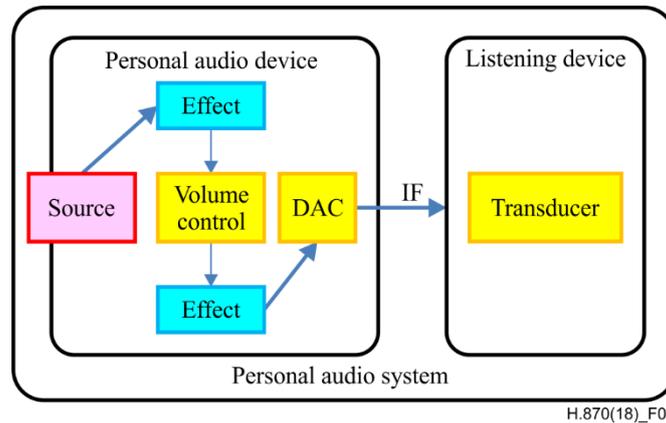
$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

ここで、 p_A はA特性で拡散フィールド補正された音圧である。

この数値の単位はパスカル平方時間、すなわち $\text{Pa}^2 \cdot \text{h}$ である。

6.2 パーソナルオーディオシステム

パーソナルオーディオシステム(PAS)は、3.2.20節で定義され、図9はPASの一般的なアーキテクチャを示す。



H.870(18)_F09

図9-パーソナルオーディオシステム(PAS)の構造

この図では、「ソース」はリモートで、例えばローカルサーバまたはインターネットからストリーミングし格納または取り出すことができる。

PASは一般人が使用することを意図したものであり、

- ユーザがオーディオ又はオーディオビジュアルコンテンツ/マテリアルを聴くことができるように設計され、
- イヤフォンやヘッドフォンなど、耳の中や上や周囲に装着できるリスニングデバイスを使用し、
- 携帯可能（衣服ポケットに入れて持ち運ぶのに適したサイズ）な再生装置を有し、連続使用しながらユーザが歩き回る（例えば、市街地、地下、空港など）事を目的とする。

例：ポータブルCDプレーヤー、MP3オーディオプレーヤー、MP3タイプの機能を有する携帯電話、PDA、または同様の機器。

この要件は、以下には適用されない。

- プロフェッショナル用の機器
- 補聴器及び他の補聴補助装置
- 以下のタイプのアナログパーソナルミュージックプレーヤー
 - 長距離ラジオ無線受信機（例えば、マルチバンド無線受信機又はワールドバンド無線受信機、AM無線受信機）
 - カセットプレーヤー/レコーダ

注1 - この（アナログパーソナルミュージックプレーヤーの）免除は、これらテクノロジーが使用されなくなり、数年以内に存在しなくなることが予想されるため許可されている。この免除は他の技術には拡張されない。

- 使用中にユーザが持ち歩きすることができない外部アンプに接続されているプレーヤー

注2 - 上記以外にも、通信デバイスは本勧告の有効範囲から除外される。

注3 - その間、目下の焦点は音楽だが、ゲームやVRについては将来研究していく。

6.2.1 ヘッドフォン・イヤフォンについての考察

携帯機器を利用したヘッドフォン/イヤフォンのリスニングは、家庭用スピーカによる再生とは異なる。携帯型音楽プレーヤーにてヘッドフォンで聴く習慣の研究においては、聴取レベルが人によって大きく異なることを示している[b-SCENIHR]。一部のポータブルプレーヤーおよびヘッドフォンでは、高音量レベルで再生することが可能である。装置の可搬性は高い曝露時間に達する危険性を増大させる。

コンサートやクラブのような高レベルの音場にさらされると、耳からの刺激に加え知覚可能な身体振動が存在し得る。イヤフォン/ヘッドフォンの場合この振動成分が欠落している。

図10は、ヘッドフォンのタイプ（イヤフォンおよび耳乗せ、またはノイズキャンセリング）と、周囲の状況（飛行機、バス、静かな環境など）に応じて選択されたリスニングレベル(CLL)の関係の例である。

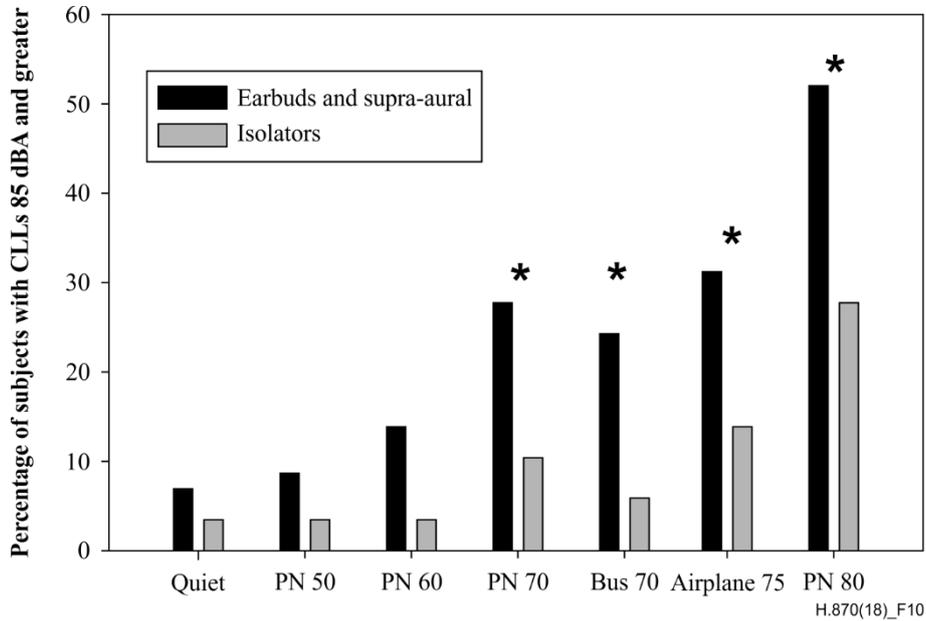


図 10 - ヘッドフォンの種類と選択した聴取レベル [b-Portnuff]

この見地はさらに研究を行う。

6.2.2 個々の相違に関する注意

人の個々の相違は、外耳道の容積が外耳道共鳴の最大振幅を決定するためである。

身長や性別の違い、個人の頭周囲のような要因、または個人の外耳道の共鳴特性の測定さえも考慮することはこれまでの医療研究によって強く示唆されている。

6.2.3 計測ガイダンス

PASのアナログ電気出力レベルを測定する場合、[ITU-T P.381]の7.2.2節に記載されている適切な指定されたテスト方法を利用する手順が使用されるべきである。これは、所定のデジタルレベルでの特定のプログラムシミュレーション信号の再生、抵抗性負荷を用いたヘッドフォンのシミュレーションによるプレーヤーの出力電圧の適切な測定が含まれる。

ヘッドフォン/イヤフォンの全体的な電気音響感度を測定する場合は、[ITU-T P.381]の8.2.2節に記載されている関連する指定されたテストセットアップ手順を使用する。ヘッドフォン/イヤフォンの電気音響感度を周波数の関数とし測定する場合、関連する [ITU-T P.381]の8.1.5節に記載されている試験手順を使用すべきである。これは、例えばこの報告の付録IIに記載されているように、曝露量推定器のために使用されてもよい。

これらのヘッドフォン測定値は、定義された電気レベルでの特定のプログラムシミュレーション信号の再生、ダミーヘッドシミュレータ(HATS)や、HATS上のヘッドフォンのいくつかの「再設定」における平均化など、特定の入力電圧に対する出力音圧の適切な測定を含んでいる。

これらのITU-T勧告は、CENELEC EN 50332シリーズの仕様と一致する目的のため部分的に参照する。デジタルインターフェースについてはCENELEC仕様書にもガイダンスが記載されている。

注 - [ITU-T P.381] は、一般的に使用されている 3 極または 4 極の 3.5mm または 2.5mm 直径のジャック/プラグを指す。5 極コネクタについては[ITU-T P.382]にガイダンスが記載されている。

ヘッドフォン/イヤフォンを含む携帯音楽プレーヤー全体の音響出力レベルを測定する場合は、[EN 50332-1]の手順を使用のこと。

7 騒音の許容基準

7.1 動作モード

各装置は、ユーザの曝露時間を追跡し、基準曝露（サウンド許容）サウンドレベル及び%使用を推定するシステムを含むことが推奨される。これは、ユーザがイヤフォン/ヘッドフォンを使用している時間中の、デバイスによるすべてのメディア再生（すなわち、ローカルに記憶され、またはストリーミングされる）を含む。音声通話は他の規格によって別に規定されるため除外してもよい。

また、デバイスはユーザが2つのモードのうちの1つの基準曝露を選択することを可能にすることが推奨される。

- モード1：（WHO）大人の基準水準：これは、基準曝露として7日毎に $1.6 p_A^2$ 時間を適用する。
- モード2：（WHO）過敏なユーザ（例えば、子供）の基準水準：これは、基準曝露として7日毎に 0.51^2 時間を適用する。

注1 - 基準となる曝露は80 dBA (Mode1)および75 dBA (Mode 2)のSPLから週40時間。（これは1日8時間、週5日から導かれる）

注2 - 曝露を%で表す代わりに、ある曝露に達するまでの残り時間（例えば、現在の再生レベルで100%に達するまで残り再生時間）を表現する。

モードの選択は、プレーヤーを初めて使用する時（または装置が工場設定にリセットされる時）に与えられる。モード選択は、例えばデバイス構成メニューを介し任意の時間の後に変更することができる。

上記のモードのためのサウンド許容度に基づく週間聴取時間の例は、表1および表2に見ることができる。

表1 - モード1の週間リスニング時間の例

dB(A) SPL	1週間($1.6 p_A^2$ 時間)
107	4.5 min
104	9.5 min
101	19 min
98	37.5 min
95	75 min
92	2.5 h
89	5 h
86	10 h
83	20 h
80	40 h

表2－モード2の週間リスニング時間の例

dB(A) SPL	1週間(0.51Pa ² 時間)
107	1.5 min
104	3 min
101	6 min
98	12 min
95	24 min
92	48 min
89	1 h 36 min
86	3 h 15 min
83	6 h 24 min
80	12 h 30 min
77	25 h
75	40 h

7.2 曝露量推定の不確実性

サウンド曝露量を推定するにはいくつかの不確実性が存在する。不確実性の原因には次のようなものがある。

- － 音源
- － 製造許容範囲に起因する単一モデルのヘッドフォン特性のバラツキ
- － 未知のヘッドフォンの種類に起因する変動
- － 製造許容範囲
- － ヘッドフォンの種類を誤って手動選択したことによるエラー
- － 人工耳の適合特徴付け中の変動
- － 人工耳と実際の耳との間の聞こえの不完全な関係
- － 標準化された拡散フィールド補正と様々な人間の頭部伝達関数との間の不完全な関係
- － 人間の耳に適合するバリエーション
- － 特に図II.5に示した代替実装における非線形処理のため、プレーヤー特性の特徴付け不確実性
- － 計算エラー
- － ユーザが本人の音声にさらされやすい
- － 他のソースからの曝露

いくつかの不確実性は、一般的には数dBであり、3 dBの誤差は100%の曝露量誤差を構成するため、曝露量推定の不確実性は数百パーセントであると予想することができる。したがって、一定の限界未満の曝露量読み取り値においては、「セーフ」および「グリーン」をユーザに表示することを控えることが提案される。

しかしながら、曝露量推定は、一般的な傾向を説明するのに適切である。

- － シグナルレベルが高いほどリスクが高いことを意味する
- － 曝露が長くなるとリスクが高くなる
- － 音楽のスペクトル内容が考慮される

この主題に関するさらなる詳細は将来の研究のために残される。

8 計測手法

8.1 曝露量測定

8.1.1 主な関連基準

[EN 50332-1]、[EN 50332-2]、[EN 50332-3]には、PMPにおける曝露量測定システムが記載されている。[IEC 61252]は、身体に着用される音響曝露量計を記載している。

8.1.2 音響曝露量測定の背景における曝露量の定義

音響曝露量測定の背景における曝露量は以下のように計算される。

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt,$$

ここで、 p_A はA特性かつ拡散フィールド補正された音圧である。

例えば、曝露持続時間40 hの間に80 dB SPL(A)を受けたときに取得される曝露量は以下のように計算される。

– 二乗平均平方根(RMS)音圧は、 $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0.2 Pa$ である。したがって曝露量は $0.2^2 \cdot 40 = 1.6 Pa^2 h$ となる。

そのような特定の曝露量は基準曝露量として定義することができ、ある期間中の測定された曝露推定値はこの基準曝露量のパーセンテージとして表すことができる。

[EN 50332-3]で定義されているように、 $1.6 Pa^2 h$ は100%の計算曝露量(CSD)に対応する100%の週間曝露量を制定する。

曝露量測定の実施例については付録IIを参照されたい。

8.1.3 曝露量計機能のテスト

曝露量計の機能性は、[EN 50332-1]および[IEC 60268-1]に従ってプログラムシミュレーションサウンドを再生し、[EN 50332-3]に記載されているような補間および許容範囲を使用し、曝露量推定値が100% CSDに達するまでの時間を測定することによってテストされる。このようなテストは、音響ドメイン（特定のヘッドセットが使用される場合）または電気ドメイン（ヘッドセットの特性が未知である場合）において32 Ω抵抗負荷を使用し実行される。[ITU-T P.381]における測定設定情報を参照のこと。

注 - 将来の研究のためデジタル信号のテスト方法も考慮すべきである。

コンテンツレベルを-28から-4 dBFS ([EN 50332-1]) まで変化させた場合または同様に音量設定を変化させた場合、出力レベルが3 dB増加するたびに曝露量が2倍の割合で増大することを検証することが推奨される。

[IEC 61252]に記載されているように、A特性フィルタおよび他の詳細な曝露量計特性を試験することが推奨される。

9 ヘッドフォンの感度範囲と周波数応答

今後の検討課題である。

10 プロファイル

PASの異なるカテゴリーのためのプロファイルの使用は今後の検討課題である。

11 健康に関するコミュニケーション

「メーカーリスニングセーフ」施策（付録I参照）は、ターゲットグループ（パーソナルオーディオ機器のユーザ）内での安全なリスニング促進を通じ、聴覚損失のリスクを低減することを目的とする。これを考慮し、標準的なセーフリスニ

ングデバイスは、人々が彼ら自身の個人的な音響曝露を監視することを可能にするツールを提案する。このようなツールは、良好な音質の音響出力を維持しつつユーザに安全な聴取の選択枝を与える目的を果たす。このツールと共に、デバイスのユーザがより多くの認識および情報を通じ、正しい聴取選択を行う権限を与えられることが重要である。

この目的のため、この節は安全なリスニングデバイスのための規格の完全な実装のために適用されるべきヘルスコミュニケーションの様相を概説する。

この節はパーソナルオーディオ機器の製造業者に、ユーザ/消費者の間でのセーフリスニングを実践・促進する方法を知らせることを目的とする。具体的には、この分野での適切な行動の採用において安全でない聴取のリスクをどのように伝達しユーザ/消費者をサポートするかに関するエビデンスをベースとした勧告を提示する。勧告は、査読された文献による証拠によって知らされるか、またはターゲットグループ、すなわちパーソナルオーディオ機器のユーザの聴取習慣の研究を通じて得られる。

11.1 セーフリスニング・パーソナルオーディオシステムのための規格の一部としてヘルスコミュニケーションを含める提案

その目的は、ユーザがセーフリスニングの選択を可能にするため情報およびガイダンスを提供することである。これらは以下を提供することを含む。

- ユーザが知るための「個人利用情報」
 - 彼らのリスニング習慣（日次と週次のサウンド許容量使用）
 - 特定のデバイスにおけるセーフリスニング機能の利用方法
- 各ユーザのリスニングプロファイルに基づいてカスタマイズされた、セーフリスニングのための「個人的な推奨事項とアクションの手がかり」
- 「一般情報」
 - セーフリスニングとそれを実現する方法
 - セーフでないリスニングに関連するリスク
 - パーソナルオーディオシステム以外の音源からの大きな音による聴力損失のリスク

この情報およびガイダンスは、聴覚損失のリスクを低減するためデフォルトでモバイルデバイスを介しユーザと共有される。

11.2 セーフリスニングデバイス標準の一部としてコミュニケーションのための主要な勧告

セーフリスニングに関する情報・メッセージは、以下の手順で提供する。

- デバイスインターフェース（適切なビジュアルインターフェースが利用可能な場所すべて）¹
- 説明書
- 可能な場合、装置のセーフリスニング機能に関する情報はパッケージに含まれるべきである。

11.2.1 デバイスインターフェースのユーザ情報

第11.2.1.1項及び第11.2.1.2項は、デバイスインターフェースを介してユーザに利用可能な情報の概要を示す。

11.2.1.1 個人使用情報

ユーザの聴取習慣を定義する様々な聴取パラメータに関する情報は、ユーザがデバイスを介して音にさらされたことを追跡できるようにするためにユーザがアクセス可能でなければならない。画面を有するデバイスの場合、これは画面上

¹ ユーザが電子デバイスと操作することを可能にするハードウェアコンポーネント（画面など）を指す。

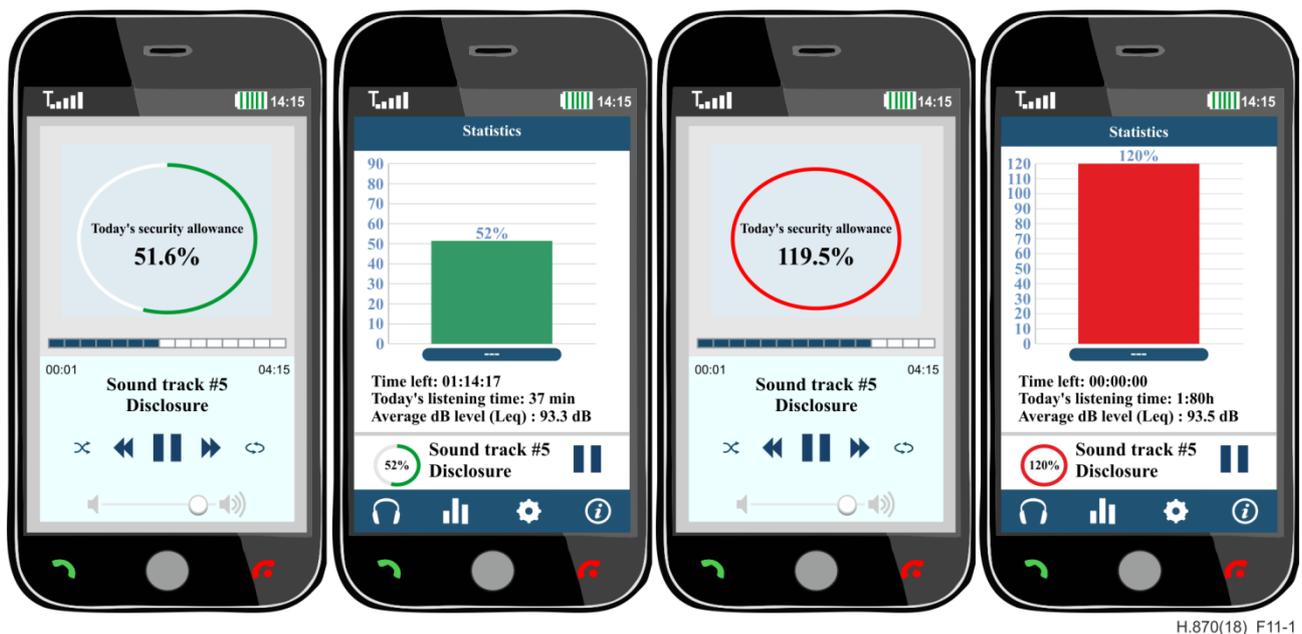
のアイコンとすることができる。アイコンを介し、ユーザは理解しやすい表示で毎日/毎週のサウンド許容値の使用を見ることができ、例えば、毎週のサウンド許容値のどれだけが使用されたかを見ることができ、リスニング行動が過去7日間にわたってどのように行われたかを見ることができる。

画面のない装置では情報は音声による合図のような代替手段を介し利用可能にされるべきである。

(可能な場合) デバイスは以下を表示する必要がある。

- a) 曜日と週の平均音量
- b) ユーザがその日とその週に聴いた時間や分

図11-1は、スマートフォンの視覚的インターフェースで提供されるセーフリスニングのための非標準的な例を示している。



H.870(18)_F11-1

図11-1 - スマートフォンのビジュアルインターフェースで提供されるセーフリスニングのための情報の例

11.2.1.2 メッセージ

デバイスはアクションのための警告及び手がかりをユーザに提供しなければならない。

- a) デバイスはユーザが週間許容量の100%を超えたときに、アクションの為に関連する警告と手がかりを与えるものとする。このようなメッセージの開発のための提案は付録VIIに提供される。
 - ユーザは最初に閾値に達したことをテキスト及び視覚を介して表現された「警告」として受信し、この時点から同じ音量で更に聴くことはユーザの聴覚にリスクを与える事を通知する。
 - 警告の後に「アクションのための手がかり」が続き、この合図ではユーザは継続的な聴取のリスクを受け入れるか、又は聴力を保護するかを選択が提供される。「アクションのための手がかり」は、以下のようなデバイス上のアクティブなオプションにリンクされるべきである。
 - デバイスが自動的に音量を安全な音量レベルに変更する自動安全音量オプション
 - ボリューム設定への直接アクセス
 - デフォルトの音量制限を設定
 - リマインドオプション
 - 無視または継続オプション

- ユーザが何らかのアクションを取らない場合、音量は自動的に標準レベル（選択された80または75 dBA）未満に低減される。

注 - メーカーがこの機能を実装するための期間はCENELEC の勧告に従う。

- b) デバイスはサウンド許容使用量が所定のレベルに達したときに関連するメッセージを提供しなければならない。警告/手がかりを与えることができる推奨レベル及びサンプル内容については付録VII.1を参照のこと。

そのような警告はデバイスの能力に依存し、ユーザの注意をこれらに向けることができることを確かにするため、例えば、視覚的、振動的、または可聴的な警告の形態で多様であるべきである。図11-2は、スマートウォッチに表示されるメッセージングの非標準的な例を示している。



H.870(18)_F11-2

図11-2 - スマートウォッチに表示されるメッセージの例

- 毎日のメッセージ：デバイスは過去数日間にわたるユーザのリスニング行動に基づく毎日のサマリーメッセージを提供し、セーフリスニングの習慣を奨励しセーフでない聴取習慣に対し意欲をくじく、または警告するべきである。そのようなメッセージの例は節VII.3で提供される。

11.2.2 一般情報

- 装置がスクリーンを有する場合何がセーフリスニングか、その利点、並びにセーフでない聴取によってもたらされるリスクに関する情報がスクリーン上に表示されなければならない。

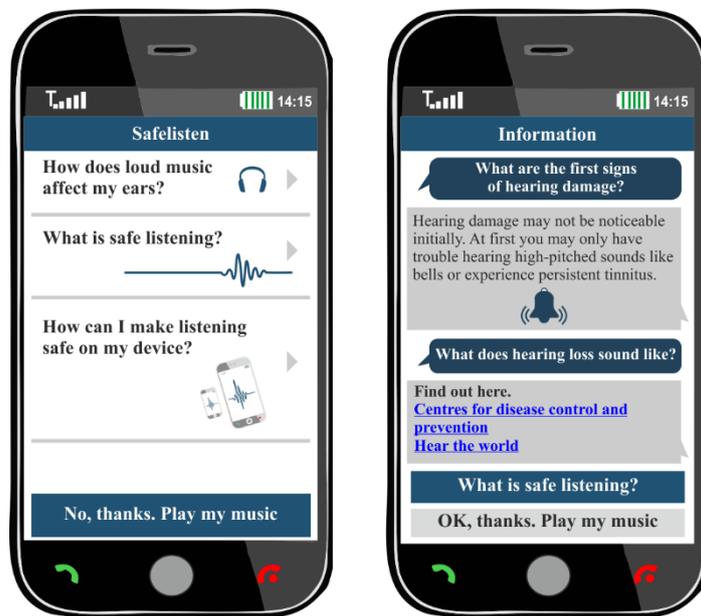
この情報の利用可能性は、別個の認識可能なアイコンを介しユーザインターフェース（ホーム画面）上に示されることが推奨される。図11-3は、スマートフォンスクリーンに表示される安全なリスニングアイコンの非規範的な例を示している。



H.870(18)_F11-3

図 11-3 - スマートフォンの画面に表示されるセーフリスニングアイコン

何がセーフリスニングであるか、何がセーフでないリスニングのリスクであるか、デバイスのセーフリスニング機能およびそれらをどのように使用するかをユーザに知らせるチュートリアルがあるべきである。画面はまたユーザがより多くの情報を見つけることができるよう関連するウェブページへのリンクを含むべきである。図11-4は、セーフリスニングと外部リンクに関する情報画面の非標準的な例を示している。



H.870(18)_F11-4

図11-4 - セーフリスニングと外部リンクに関する情報画面の例

11.2.3 デバイス自身以外の手段による情報：

11.2.3.1 ユーザーマニュアル

ユーザーマニュアルは、デバイスの使用によるセーフでない聴取の実施が永久的な聴覚損失の危険をもたらすことを明確に述べるものとする。

それはまた、音量制限機能の詳細とアクションのための手がかりを与えるべきである。

また、ユーザーマニュアルは許容度評価システムがどのように機能するかを明確に説明し、その不確実性についても供述すべきである。

このマニュアルは、装置に関する情報が他のオーディオ機器からの音響曝露又は環境音曝露の付加的な情報を考慮していないことを明確に示すべきである。

マニュアルはまた、聴覚損失のリスクを最小限に抑えるために大きな環境音からの聴覚保護に関する情報を提供することができる。

11.2.3.2 パッケージング

可能な限り明確で簡潔なメッセージ/警告がデバイスの外部パッケージに含まれることが非常に望ましい。このような警告/メッセージは以下の通りであることが推奨される。

- 簡潔、単純、明瞭
- 関連するイラストが添付
- 背面に配置

11.2.3.3 ホームページや広告

セーフリスニングに関する情報は製造業者のウェブサイト（複数可）に含まれるべきである。（例えば、デバイスインターフェース情報をサポートするなど。第11.2.1節を参照）

製造業者のウェブサイトに含まれるテキストは証拠ベースでなければならず、WHO/ITUセーフリスニング基準の勧告と整合していなければならない。WHOウェブサイトおよび他の関連する信用のあるウェブサイトへのリンクを含めることができる。

可能な限り、製品の広告は関連情報を提供することもできる。そのような情報はそれらのデバイスの不適切な使用による聴取に対する潜在的な障害と、良好な聴取経験を楽しみながら健全な聴取を維持するために安全に聴取する利点との両方を示すことができる。

12 騒音制御

聴取レベルが騒音レベルに密接に関連しているとの仮定に基づき、騒音をある程度減衰を提供するイヤフォンの使用はユーザの聴取レベルを下げるのに役立つ、したがって全体的なノイズ曝露を減少させることができる。この騒音の減衰は、受動的または騒音の電子的キャンセルを提供する能動的な制御を伴うことによって行うことができる [b-Berger-Voix]。

12.1 バックグラウンドノイズの受動的減衰

音楽聴取中に騒音を制限する最初のアプローチは、イヤフォンの機能と受動的聴覚保護デバイスによって提供されるノイズ分離と併合することである。このようなイヤフォンは大型のオーバーイヤーヘッドホンであり、ハードシェル及びソフトクッションが騒音の適切な減衰を保証する。また、ロールダウンフォームイヤプラグチップ、プリモールドチップ、またはカスタムモールドチップを使用し、外耳道に適切に装着されたときにかなりの量の減衰を提供するインカナールイヤフォンとしても入手できる [b-Smith-Voix]。これらの製品は単に受動減衰として利用され、ノイズ分離ヘッドセット/イヤフォンと呼ばれることもある。周囲音の適切な減衰は、イヤフォンの先端と着用者の耳道との間の緊密な適合を必要とし、偏在する「ボタン状のレシーバ」、[ITU-T P.57]における、耳介や外耳道入り口に置くだけの耳介内型イヤフォンでは達成することができない。

12.2 バックグラウンドノイズのアクティブノイズ低減

アクティブノイズリダクション(ANR)を特徴とするいくつかのイヤフォンは、インナー型イヤフォンと同様に、オン型またはオーバー型ヘッドフォンとし、ここ数十年にわたって商業化されてきた。これらのANRデバイスは、アナログまたはデジタルコントローラを使用して初期外乱(騒音)と同じ大きさであるが反対の位相の音波を生成する。それらはユーザの外耳道の領域におけるバックグラウンドノイズを極めて効果的にキャンセルまたは低減することができる。

12.3 ノイズ分離イヤフォンのメリット

イヤフォンが適切に取り付けられていると仮定すると、ノイズ分離イヤフォンを使用することの主な聴覚的利点は、騒音が部分的に低減されるため着用者が聴取レベルをより安全な値に下げられることである[b-Voix,Cocq,Hager]。しかしながら、インナー型ノイズ分離イヤフォンの適切な適合を初期に達成すること、および/または、ずっと一貫性を(性能を)維持することは困難である。ノイズ分離イヤフォンのフィットのわずかな変化は、これらデバイスが提供する減衰量に影響を及ぼすだけでなく、イヤフォンの周波数応答にも影響を及ぼし、閉塞された耳道において送達される音圧レベルに関連する不確実性を劇的に増大させる。この後者の影響は優れたノイズ分離および最適な周波数応答のため、完全に密封された耳道に依存する受動カナル型イヤフォンで特に顕著である。

12.4 ノイズ分離イヤフォンに伴う安全上の懸念

(ノイズ)分離イヤフォンは、騒音を低減するのに効果的であるために高い減衰量を提供する必要がある。これはまた、音楽を聴くこと自体によって引き起こされる気晴らしは言うまでもなく、日常の活動においてそのようなノイズ隔離デバイスを使用することへの安全性に関するいくつかの懸念を提起する可能性がある。実際にノイズを分離するイヤフォンは適切に装着されると騒音を知覚しにくい非常に低いレベルに低減することができる。これは、再生されている音楽が残りの騒音をさらに隠蔽するという事実と組み合わせられ、聴覚的状況認識が解決されることへの理解が容易である。人の呼ぶ声や自動車の警笛などの有用な情報を有する騒音は失われ、すべての危険な音源の検出、認識、および識別が危険にさらされる。さらに、方位および高さにおけるソースの位置特定、ならびに距離、速度および方向の推定能力はノイズ分離イヤフォンの使用によってすべて影響を受ける可能性がある。

このため、製造業者はPASおよび付随するイヤフォン/ヘッドフォンを使用するときに、音による合図が危機的になる可能性がある活動中に(ストリートジョギング、自動車の運転など)、そのような手がかりの喪失が潜在的に彼らの身体的な安全を危険にさらす可能性があるというリスクに直面する事についてユーザに警告することが推奨される。

13 音量コントロール

13.1 音量制限

デバイスは音量制限のための適切な方法をユーザに提供可能とすることが強く推奨される。これは所定の基準曝露(サウンド許容)限界に関するメッセージを提供し、無視された場合デバイスの所定のボリューム出力(選択されたモードに従って80 dBAまたは75 dBAのいずれか)に自動的に低減する機能を指す。

実施された場合、ユーザが週間許容量の最低100%に達するたびに音量制限オプションメッセージが自動的に提供されるものとする。ユーザは、装置の音量を低減することを望まない場合に「聴き続ける」オプションを可能にするメッセージを与えられる。メッセージが無視された場合、デフォルトのアクションはボリューム出力を所定のレベルに低減することである。可能であれば、ユーザは自分の好みに応じてこのレベル(自分のデバイスが音量を制限したいレベル)をカスタマイズするオプションを与えられるべきである。

注意- この勧告の将来のバージョンでは「音量制限オプション」が必須になることが予想される。

13.2 ペアレンタルコントロール

デバイスはパスワードを使用して最大音声出力を固定し設定内でロックすることができるオプションを有することが推奨される。

この特徴の意図は、親（または他の大人）が、子供によって変更することができない方法で子供のデバイスの最大音声出力を制限することを可能にすることである。

またこの機能は、個々のユーザーが望む場合に自分のデバイス上の最大出力を固定することによって、自分自身の音声曝露を制限するために使用されることも可能である。

14 補助的な懸念に関するガイダンス

PASにおける（イヤフォンやヘッドフォンなどの）トランスデューサと再生装置自身の直接的な効果に加え、PASが安全と考えられる時に考慮される必要があるいくつかのポイントがある。[b-ITU-T P.360]は、この点に関して何らかの情報を提供する。

- ヘッドフォン又はイヤフォンが接続されるとき、急峻なノイズ（クリック及びポップ）が瞬時にシステムに生じる（望ましくないノイズ）。
- いくつかのデバイスは、接続または「ペアリング」されると、デバイスがうまくペアリングされたことを示す「確認音」を発する。このような場合は確認音の音量が安全な範囲である必要がある。

これらはPAD上の「曝露量計」によって測定することができないことに留意されたい。

付録 I

状況レポート

(この付録は、この勧告の必須部分を形成しない。)

WHOは、ITUの助けを借りて、セーフリスニングに関する標準のギャップ分析を実施した。結果は[http :
//www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_situation_analysis_and_background_for_standards_for_safe_listening_systems.pdf](http://www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_situation_analysis_and_background_for_standards_for_safe_listening_systems.pdf) の報告書に記載されている。

「メークリスニングセーフ」イニシアチブに関する他の背景資料は、[http : //www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS/en/
\(Link\)](http://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS/en/Link)にあり、概要は[https : //itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-
2020/16/Documents/Safe_listening_initiative_background_201804.docx](https://itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/16/Documents/Safe_listening_initiative_background_201804.docx)にある。

付録II

パーソナルオーディオシステムにおける曝露量推定機能実装

(この付録は、この勧告の必須部分を形成しない)

II.1 はじめに

この付録ではパーソナルオーディオシステム(PAS)において、デジタルメディア信号を測定しヘッドフォンの既知または想定される特性を考慮し、曝露量計をどのように実装することができるかの例を説明する。それは、聴覚障害リスク評価における等価エネルギー原理に基づいており、曝露時間にわたってA重み付けされた二乗積分音圧は曝露量を構成する。

そのような曝露量推定に含まれる不確実性（例えば、信頼区間）も議論される。

II.2 主な関連基準

[EN 50332-3]はパーソナルメディアプレーヤー(PMP)における曝露量測定システムを記載しており、この付録はその規格に対する補足情報としてのみ意図されている。

[IEC 61252]は身体に着用される音響曝露量計を記載している。

II.3 音響曝露量計の定義状況

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt,$$

p_A はA重み付けされ拡散フィールド補正された音圧である。

例えば80 dB SPLを受けたとき40時間の曝露取得された曝露量は次のように計算される。

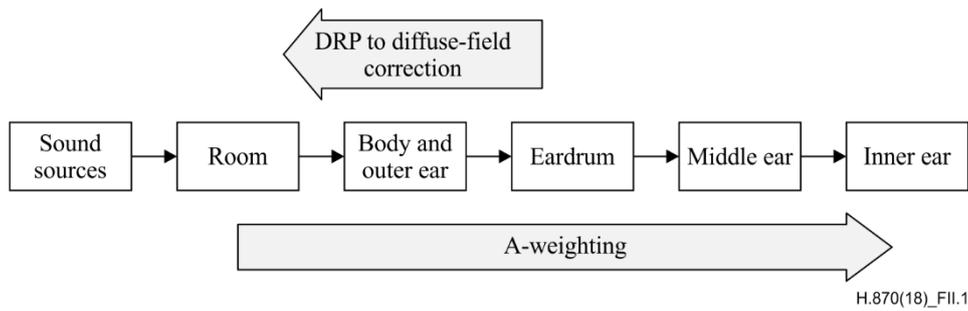
– RMS音圧は $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0.2 Pa$ である。

従って曝露量は $0.2^2 \cdot 40 = 1.6 Pa^2 h$ である。

そのような特定の曝露量は基準曝露量として定義することができ、ある期間中の測定された曝露推定値はこの基準曝露量のパーセンテージとして表すことができる。[EN 50332-3]は100% CSDとして上記で説明した曝露量を定義する。さらにそれは7日間の間に取得された曝露量のみを考慮する。

II.4 他の周波数の重み付け

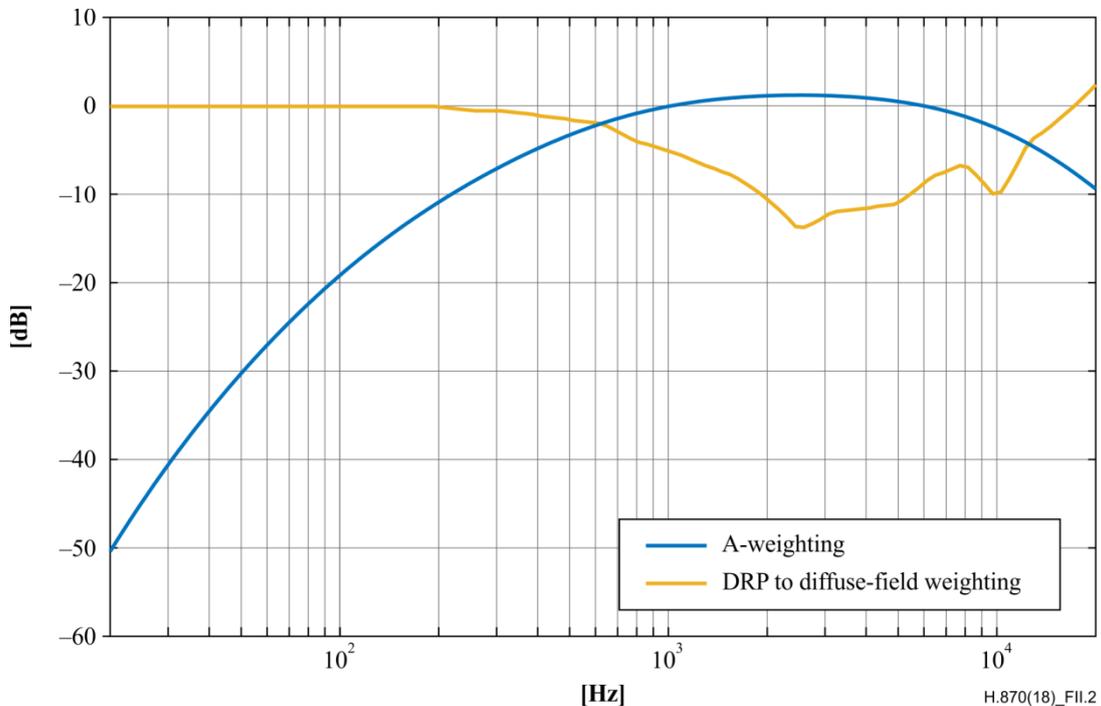
曝露量推定のための重要な潜在的聴力損傷は、内耳の蝸牛で発生する(図II.1を参照)。測定値が蝸牛における有毛細胞の励起を直接反映することは直感的に理解されるであろう。しかしながらノイズによって引き起こされる聴力損失に関する研究の大部分は、例えば工場における「自由音場」（厳密に言えば、自由音場と拡散フィールド条件との間の通常の何か）における音レベルメーターの読み取りに基づいている。したがってリスク評価および行動限界はそのような認識に基づいている。A重み付けは聴力損失リスク評価のために特別に開発されたものではないが、研究は自由音場におけるサウンドレベルメーターの読み取り値や曝露時間における、積分された二乗A重み付け音圧が、観察されたノイズ誘発聴力損失と合理的に相関が高い事を示している。



図II.1 - さまざまな周波数に適切な重み付けを与えるための、測定におけるさまざまな補正の役割の概念図

イヤホン/ヘッドフォン/ヘッドセットの特性がダミーヘッドシミュレータを用いて鼓膜基準ポイント(DRP)で測定される場合、拡散フィールド補正は、測定値を自由/拡散フィールドにおける典型的な音量レベルメーター読み取り値と同等の量に変換する。オリジナルの研究は、労働者の耳への様々な入射角からの音源を含んでおり、リスク推定では、特定の入射角（例えば、0度の高さでの正面入射のための自由視野補正）は仮定されず、むしろ拡散視野補正が様々な入射角の平均表現として使用される。

図II.2は、A重みづけとDRP-to-拡散フィールド重みづけを示している。



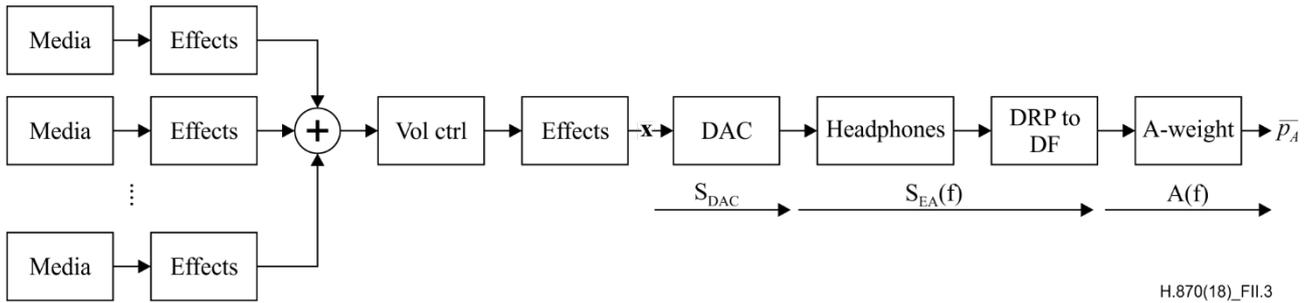
図II.2 A重みづけ [IEC 60268-1]とDRP to 拡散フィールド補正/重みづけ [ITU-T P.58]

II.5 パーソナルオーディオシステム(PAS)における信号キャプチャポイント

図II.3は、測定された信号 x がデジタル-アナログ変換の直前に収集されるオーディオプレーヤーシステム、および適切な曝露量計キャプチャポイントの例を含む。

典型的な p_A は容易に計算できないため、ここではプレーヤー(PAD、トランスデューサを持たないパーソナルオーディオ機器)内のデジタル信号と、その他既知の特性のPAD及びヘッドフォンその他に基づいてどのように p_A を推定するかを示す。

表II.1に、曝露量推定に必要な量を示す。



H.870(18)_F11.3

図II.3 - オーディオプレーヤーシステムと推奨曝露量計キャプチャポイントの例

表II.1-曝露量推定に必要な量

数量	説明	単位
x_L 及び x_R	全てのオーディオソースの合計の後、ボリューム制御の後、及び全てのオーディオ処理の後、PASオーディオシステムに取り込まれる左右チャンネルデジタル信号。	サンプル値
S_{DAC}	デジタル-アナログ変換器および後段のアナログ回路の感度。ヘッドセットがデジタル入力を有する場合、このパラメータはプレーヤーではなくヘッドセットに帰属する。	ボルト/サンプル値
$S_{EA}(f)$	鼓膜基準ポイント (DRP) で測定され、次いでDRPを使用し周波数範囲20~20kHzで拡散フィールド補正されたヘッドフォンの電気音響感度。ヘッドセット受信周波数応答の測定方法については[ITU-T P. 381]、拡散フィールド補正については[ITU-T P. 58]、5回の再着座および平均化などの追加情報については[ITU-T P. 380]を参照されたい。	パスカル/ボルト
$A(f)$	A重み付けフィルタネットワークについての一般的な仕様については[IEC 61672-1]を、曝露量計設計目標については[IEC 61252]を参照のこと。	ボルト/ボルト
T	区切りの継続時間。	時間

II.6 左右チャンネルの取り扱い

実装および解釈の結果を簡単にするため、左チャンネルおよび右チャンネルの電力平均が単一の曝露量推定に使用される。

II.7 Dosimeterの実装例

不連続な時間において、区間ベースの実装では、1日/1週間の曝露量の推定は時間領域または周波数領域に応じて実装することができる。

- 1) 信号xのチャンネル当たりn個のサンプル（一般的には1秒の時間ウィンドウにわたって）を取得する。信号をDAC、ヘッドフォン、およびA重み付けを考慮しフィルタリングする。

$$z(k) = filter(x(k), [S_{DAC} \cdot S_{EA}(f) \cdot A(f)])$$

- 2) 左右のチャンネルの平均電力を計算し、区間の持続時間を乗じる。

$$\overline{dose_{segment}} = T \cdot \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} (z(k)_L^2 + z(k)_R^2)$$

- 3) 計算された曝露量を、以前に累積された曝露量推定値に加える。

$$\overline{dose_m} = \overline{dose_{m-1}} + \overline{dose_{segment}}$$

- 4) (オプション) : 現在およびその前の6日間の曝露量を提示する。
- 5) (オプション) : トータルの曝露量を基準曝露量のパーセンテージで表す。

- 6) 午前0時を過ぎた場合、終了した日の曝露量を格納し、1日の曝露量をゼロにリセットし、新しい日の曝露量測定を開始する。

注- 累積曝露量の記憶は、単一の区間の小さな部分を無効にすることを避けるため、十分な精度を有するものとする。

II.8 複雑な計算の処理

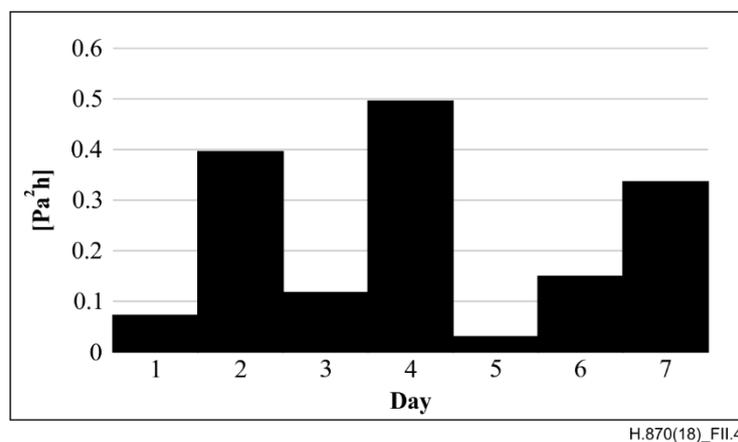
計算リソースを節約しバッテリー時間を増加させるために、信号を（アンチエイリアシングフィルタなしで）間引くことができる。音楽および音声信号については精度が十分であることに注意すべきである。間引かれた信号に対し、フィルタリングが適切なままであることにも注意すべきである。

フィルタリングの実装はある程度簡略化されてもよい。

II.9 数日および数週間にわたる曝露量の処理

7日間毎の期間中に、各日の曝露量推定値を格納することが推奨される。当日および以前の6日間の累積曝露量は、第II.3節で説明した基準量と比較される。

図II.4は、7日間の曝露量蓄積の例を示しており、合計1.6Pa²h、すなわち100%曝露量となる。



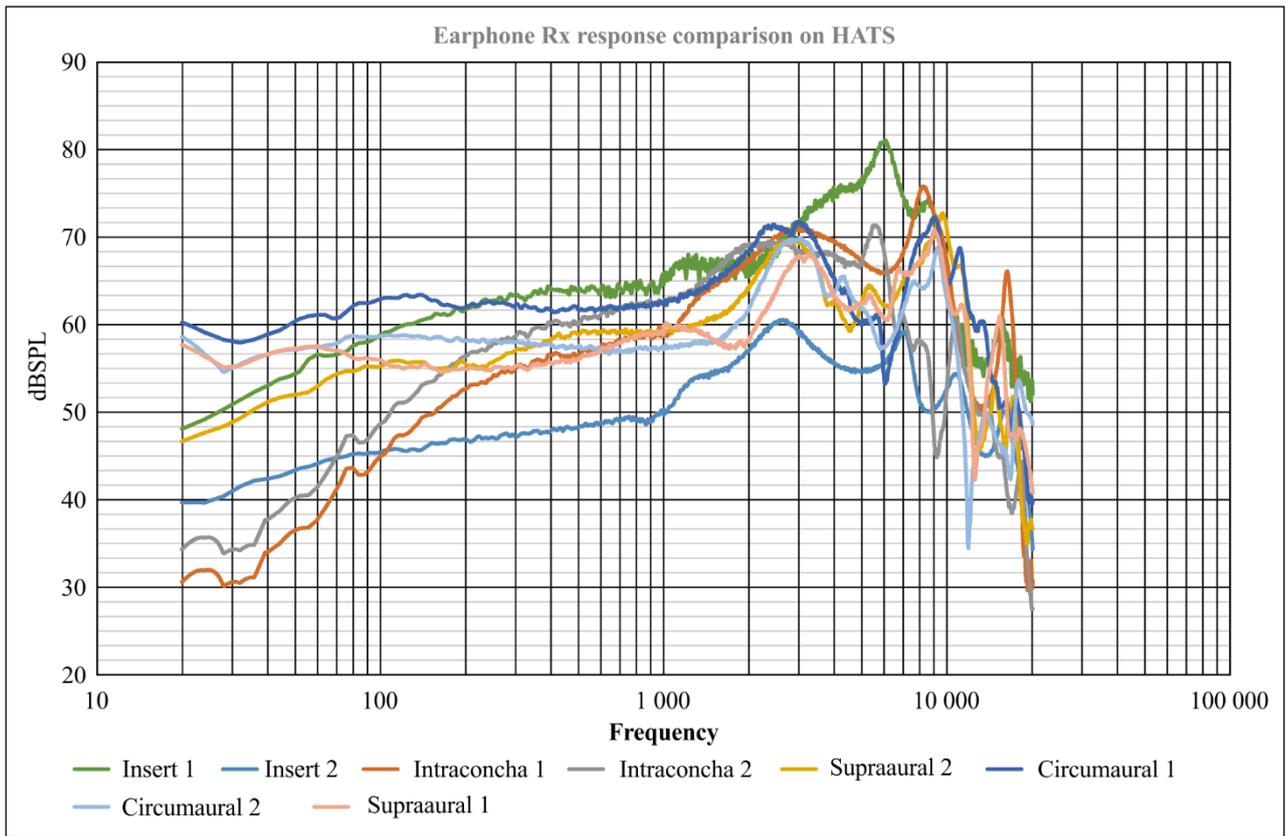
図II.4 - 7日間にわたる曝露量の累積の例。これは、全部で1.6²/h、したがって100%のCSDとなる。

II.10 ヘッドフォン特性不明の場合

多くの場合ヘッドフォンの種類はプレーヤーには知らされていないかもしれず、その感度は図II.5に示すように大幅に変化する可能性がある。このような場合、曝露量計は以下を仮定する。

- 最大許容ヘッドフォン感度とは、75 mVでシミュレートされたプログラム信号特性電圧(SPCV)を意味する。
[EN 50332-2]および[ITU-T P.381]を参照
- 拡散音場補正後のフラット周波数応答
- ヘッドセットのインピーダンスは32 Ω (S_{DAC} を識別するときに関連)

これは、 $S_{EA}(f)$ が12.55パスカル/ボルトの定数に設定されることを意味する。



H.870(18)_F11.5

図II.5 - 9台のヘッドフォンとイヤフォンの感度の差のグラフ

表II.2は、[EN 50332-2]による最大許容感度のヘッドセット特性を1/3オクターブ帯域で示している。

表II.2 - [EN 50332-2]による1/3オクターブ帯域での最大許容感度のヘッドセット特性

注- [IEC 60268-1] 75 mVでシミュレートされたプログラム信号特性電圧は94 dB SPL(A)の音圧レベルを生成する。

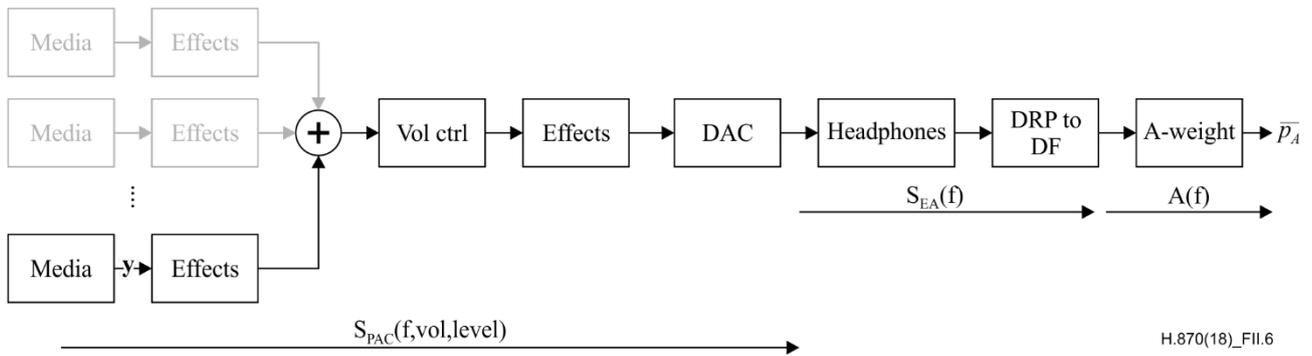
Programme simulation noise			Headset response			A-weighting			A-weighted acoustic		
IEC 60268-1 (adjusted for 75 mV)			Flat DF-corrected response			IEC 61672-1			EN 50332-1		
			SPCV = 75 mV; EN 50332-2								
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V ²]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa ²]
20	-48.56	1.39E-05	20	25.10	12.55	20	-50.40	-2.52E+01	20	-73.85	4.12E-08
25	-45.26	2.98E-05	25	25.10	12.55	25	-44.82	-2.24E+01	25	-64.98	3.18E-07
31.5	-42.46	5.68E-05	31.5	25.10	12.55	31.5	-39.53	-1.98E+01	31.5	-56.89	2.05E-06
40	-40.26	9.43E-05	40	25.10	12.55	40	-34.54	-1.73E+01	40	-49.70	1.07E-05
50	-38.56	1.39E-04	50	25.10	12.55	50	-30.28	-1.51E+01	50	-43.73	4.24E-05
63	-37.36	1.84E-04	63	25.10	12.55	63	-26.22	-1.31E+01	63	-38.48	1.42E-04
80	-36.46	2.26E-04	80	25.10	12.55	80	-22.40	-1.12E+01	80	-33.75	4.21E-04
100	-35.96	2.54E-04	100	25.10	12.55	100	-19.15	-9.57E+00	100	-30.00	1.00E-03
125	-35.56	2.78E-04	125	25.10	12.55	125	-16.19	-8.10E+00	125	-26.65	2.16E-03
160	-35.26	2.98E-04	160	25.10	12.55	160	-13.25	-6.62E+00	160	-23.40	4.57E-03
200	-35.16	3.05E-04	200	25.10	12.55	200	-10.85	-5.42E+00	200	-20.90	8.12E-03
250	-35.06	3.12E-04	250	25.10	12.55	250	-8.68	-4.34E+00	250	-18.63	1.37E-02
315	-35.06	3.12E-04	315	25.10	12.55	315	-6.64	-3.32E+00	315	-16.60	2.19E-02
400	-35.06	3.12E-04	400	25.10	12.55	400	-4.77	-2.39E+00	400	-14.73	3.37E-02
500	-35.06	3.12E-04	500	25.10	12.55	500	-3.25	-1.62E+00	500	-13.20	4.78E-02
630	-35.06	3.12E-04	630	25.10	12.55	630	-1.91	-9.54E-01	630	-11.86	6.51E-02
800	-35.06	3.12E-04	800	25.10	12.55	800	-0.79	-3.97E-01	800	-10.75	8.41E-02
1000	-35.16	3.05E-04	1000	25.10	12.55	1000	0.00	0.00E+00	1000	-10.06	9.87E-02
1250	-35.36	2.91E-04	1250	25.10	12.55	1250	0.58	2.88E-01	1250	-9.68	1.08E-01
1600	-35.66	2.72E-04	1600	25.10	12.55	1600	0.99	4.97E-01	1600	-9.56	1.11E-01
2000	-36.06	2.48E-04	2000	25.10	12.55	2000	1.20	6.01E-01	2000	-9.75	1.06E-01
2500	-36.66	2.16E-04	2500	25.10	12.55	2500	1.27	6.36E-01	2500	-10.28	9.37E-02
3150	-37.56	1.76E-04	3150	25.10	12.55	3150	1.20	6.01E-01	3150	-11.25	7.49E-02
4000	-38.76	1.33E-04	4000	25.10	12.55	4000	0.96	4.82E-01	4000	-12.69	5.38E-02
5000	-40.16	9.65E-05	5000	25.10	12.55	5000	0.56	2.78E-01	5000	-14.50	3.55E-02
6300	-42.06	6.23E-05	6300	25.10	12.55	6300	-0.11	-5.70E-02	6300	-17.07	1.96E-02
8000	-44.46	3.58E-05	8000	25.10	12.55	8000	-1.14	-5.72E-01	8000	-20.50	8.91E-03
10000	-46.96	2.02E-05	10000	25.10	12.55	10000	-2.49	-1.24E+00	10000	-24.34	3.68E-03
12500	-49.86	1.03E-05	12500	25.10	12.55	12500	-4.25	-2.12E+00	12500	-29.01	1.26E-03
16000	-53.26	4.72E-06	16000	25.10	12.55	16000	-6.70	-3.35E+00	16000	-34.86	3.27E-04
20000	-56.66	2.16E-06	20000	25.10	12.55	20000	-9.34	-4.67E+00	20000	-40.90	8.13E-05
	total [V ²]	5.63E-03								total [Pa ²]	9.97E-01
	total [V]	7.50E-02								total [Pa]	9.99E-01
										total dB SPL	9.40E+01

II.11 代替オーディオシグナルキャプチャポイント

図II.3に示した実装が実現可能でない場合、単純化された曝露量計は次のように実装されてもよい。

信号がデバイス出力から離れた位置（例えば、それ自身のメディア・ストリームのみアクセスすることができる特定のメディア・アプリケーションの内部）で捕捉される場合、音量制御および音響効果のような下部のデジタル・オーディオ・システムの影響はベストエフォートアプローチによって説明されなければならない。ボリューム制御設定全般のシステム設定である S_{PAD} は、可能な非線形処理を考慮するため複数のコンテンツレベルで実行されなければならない場合がある。

図II.6は、信号yが特定のメディアソースアプリケーションの内部でキャプチャされる場合のプレーヤーオーディオシステムの例を示す。



H.870(18)_F11.6

注 - ボリュームコントロールとサウンドエフェクトの影響は、ベストエフォートアプローチで説明する必要がある。プレーヤーの特性は、周波数、音量制御設定、および潜在的なコンテンツのレベルの関数である。

図II.6 - 特定のメディアソースアプリケーション内で信号yがキャプチャされた場合のオーディオシステムプレーヤーの例

II.12 曝露量計機能のテスト

曝露量計の機能性は、[EN 50332-1]および[IEC 60268-1]に従ってプログラムシミュレーションサウンドを再生し、[EN 50332-3]に記載されているように補間および許容範囲を使用し、曝露量推定値が100% CSDに達するまでの時間を測定することによってテストされる。このようなテストは、音響ドメイン(特定のヘッドセットが使用される場合)または電気ドメイン(ヘッドセットの特性が未知である場合)において32Ωの抵抗負荷を使用して実行される。[ITU-T P.381]の測定設定情報を参照のこと。

コンテンツレベルを-28から-4 dBFS [EN 50332-1]まで変化させる場合、同様にボリューム制御設定を変化させる場合、出力レベルにおける3 dBの増加毎に曝露量が2倍の速度で増大することが検証される。また、実際の音楽信号を用いて検証を繰り返すことも推奨される。

[IEC 61252]に記載されているように、A特性フィルタおよび他の詳細な曝露量計特性を試験することが推奨される。

II.13 不確実性

不確実性の原因には、次のようなものがある。

- 製造許容範囲に起因する単一モデルのヘッドフォン特性のバラツキ
- 未知のヘッドフォンの種類による変動
- ヘッドフォンの種類を誤って手動選択したことによるエラー
- 人工耳に適合特徴付け中の変動
- 人工耳と実際の耳との間の不完全な関係
- 標準化された拡散フィールド補正と様々な人間の頭部伝達関数との間の不完全な関係
- 人間の耳に適合するバリエーション
- 特に図II.6に示した代替実装における非線形処理によるプレーヤー特性の特徴付けの不確実性
- 計算エラー
- ユーザが本人の音声にさらされやすい
- 他のソースからの曝露

いくつかの不確実性は、一般的には数dBであり、3 dBの誤差は100%の曝露量誤差を構成するため、曝露量推定の不確実性は数百パーセントであると予想することができる。したがって、一定の限界未満の曝露量読み取り値においては「セーフ」および「グリーン」をユーザに表示することを控えることが推奨される。

しかしながら曝露量推定は、一般的な傾向を説明するのに適切である。

- シグナルレベルが高いほどリスクが高い事を意味する
- 曝露が長くなるとリスクが高くなる
- 音楽のスペクトル内容が考慮される

付録Ⅲ

欧州の玩具規格EN 71-1

(この付録は、この勧告の必須部分を形成しない)

欧州規格[bEN 71-1]第4.20節「音響」は、テーププレーヤー、CDプレーヤー、およびヘッドフォンまたはイヤフォンを備えた他の同様の電子玩具にも適用可能な要件を規定する。特に、

"... a) 耳近くの玩具によって生成されるA特性による出力音圧レベル L_{pA} は、自由音場で測定される場合80 dBを超えてはならない。耳近くの玩具によって生成されるA特性出力音圧レベル L_{pA} は、イヤカプラを使用し測定した場合90 dBを超えてはならない。

... e) パーカッションキャップを使用する玩具を除く、任意のタイプの玩具によって生成されるC音響特性ピーク放出音圧レベル L_{pC} ピークは、115 dBを超えてはならない。

... f) 玩具によって生成されたC音響特定ピーク放出音圧レベル L_{pC} ピークが110 dBを超える場合、ユーザの警告によって聴覚に対する潜在的な危険性の注意を促す。(7.14参照)

注- [b-EN 71-1]の8.28節では玩具の出力音圧レベルの測定方法を規定している。

[b-EN 71-1]の第7.14節「音響」は、高い衝撃音レベルを生成する玩具またはそれらのパッケージングが、以下の警告を掲載することを規定する：「警告。耳の近くで使わないでください！誤った使用法は聴力を損なう可能性があります」。

[b-EN 71-1]の第A.25節「音響」は、「大きなノイズに対する子供の感度は基本的に未知である」ことを警告する。しかしながら子供の外耳道は大人よりも小さいため、異なる増幅があり子供は高周波音をより敏感になるという意見をもつ複数の科学者がいる。衝撃音は非常に短い時間的要因のため、人間の耳が音レベルを決定することが非常に困難であり特に危険である。聴力に対する永久的な損害は、高ピーク音レベルへの1回のみ曝露の後にも生じることがあるという事実がある。

付録Ⅳ

「音楽」対「ノイズ」

(この付録は、この報告の必須部分を形成しない)

[b-Neitzel and Fligor]からは以下のように述べる。

LindgrenおよびAxelsson (LindgrenおよびAxelsson 1983)は、非音楽ノイズへの曝露に起因する一過性閾値シフト(TTS)の研究において10人の被験者を調査し、これらの曝露は同一時間の音楽ノイズおよび同一の全体的にA特性音圧レベルからのものを超える深刻なTTSをもたらしたことを見出した。4人の被験者は両方のソースから本質的に同じTTSを体験したが、6人は非音楽曝露からのTTSが音楽曝露からのTTSよりも大きいことを体験した。これは、音の内容と結果として生じる曝露の主観的知覚が、TTSのリスクに影響を及ぼす可能性があるという何らかの証拠を提供している。別の研究では、AxelssonとLindgren (AxelssonとLindgren 1981)は、TTS効果は聴衆よりも音楽家の方が少ない事を文書化している。

Strasser、Erle、およびLegler (Strasser及びその他、2003年)はまた、3日間にわたる音楽および非音楽サウンドへの3つのエネルギー的に等価な曝露について10人の被験者を研究した。古典的な音楽(2時間曝露、平均91 dBA)は、同じ持続時間および平均レベルの産業ノイズと比較し、実質的により少ないTTS (10 dB 対 25 dB)、ならびにエネルギー的に等価の産業ノイズレベル (1時間94 dB) の場合より速く (100分 対 800分) 回復したことが判明した。この研究は、LindgrenおよびAxelssonの研究と同様に、音の内容がTTSのリスクに影響を与える可能性があることを示唆している。

Strasser、Irlé、and Scholz (Strasser及びその他、1999年)は、エネルギー的に類似した4つの曝露(94 dB for 1 hr)、すなわちホワイトノイズ、工業ノイズ、ヘビーメタル音楽、クラシックミュージックの試験を実施した。産業ノイズおよびヘビーメタルミュージックは、同量のTTSを誘発し、回復するために同様の時間(すなわち、復元時間)を必要とすることが判明した。しかし、クラシック音楽は、産業ノイズ、ヘビーメタル音楽、またはホワイトノイズよりも少ないTTSおよびより短い復元時間をもたらすことが判明した。以前の研究と同様に、この研究はクラシック音楽への曝露と他のタイプの音楽および産業ノイズとは潜在的に異なる結果を強調している。

Mostafapour (Mostafapour及びその他、1998年)は、50名の大学生の被験者(平均22.1歳)の間の聴力損失を将来にわたり調査した。彼らは、(火器の使用と同様な多くの職業上および非職業上のイベントへ自己報告された参加を通し評価された)ノイズ曝露を、観察された聴力損失の程度と比較した。著者らは評価したノイズ源のいずれへの定性的暴露とノイズノッチの存在(純音聴力測定により測定)との間に関連性はないと指摘し、被験者間でNIHLのリスクが低いことを明らかにした。

最後に、Swanson (Swanson及びその他、1987年)は、20人の男性被験者に、ほぼ同等のエネルギー(約106 dBA)の音楽およびノイズを同じ10分間にわたって曝露させた。両方の曝露は、4kHzおよび6kHzでの顕著な曝露後の聴力TTSをもたらした。TTSは、実験で使用された音楽を好まないと報告した被験者の音楽曝露において著しく大きくなった。この研究は、音楽に関する主観的要因が音楽曝露に起因する聴覚損失のリスクに影響を及ぼす可能性があるという概念をさらにサポートするが、聴力測定試験は、おそらく認知要素として疲労によって影響を受ける/偏る、動機付けの損失、またはフラストレーションによって否定的になる可能性があることに留意されたい。

付録V

アブミ骨筋反射において

(この付録は、この報告の必須部分を形成しない)

音響中耳反射としても知られているアブミ骨筋反射(SMR)は、耳が高強度の音にさらされたときに、耳小骨のアブミ骨筋および鼓膜張筋が収縮するプロセスである。この反射は広く研究されている[b-Moller 1995]。アブミ骨筋の収縮は、中耳を通る音の伝達を減少させる。従ってこのメカニズムは、特に、蝸牛への振動エネルギーの伝達を減少させる目的のため適切な場所にあると考えられる。人間の音響的中耳反射のしきい値は、かなりの個人での違いがあるが通常の聴覚しきい値よりも約85dB高い。[b-Moller 2013]。

付録VI

復旧段階の検討

(この付録は、この勧告の必須部分を形成しない)

聴覚システムには蓄積段階と回復段階がある。職業設定の現在の曝露量測定では、これを考慮に入れていない。寝室が静かでない場合（船など）があり、その場合眠っていることは「静か」であると考えられず、詳細は将来の研究となる。これはより多くの情報が必要である。

音響トラウマとは、聴覚システムに直ちに損傷を与える音の単一の曝露である。これは時には音響外傷と呼ばれる。

一般に音響トラウマの閾値レベルは、200 Paまたは140 dBのSPL（ピーク）として受け入れられる。文献は、非常に感受性の高い個人ではこの閾値は79.6 Paまたは132 dB SPL（ピーク）[b-Price 1981]と低いことを示唆している。

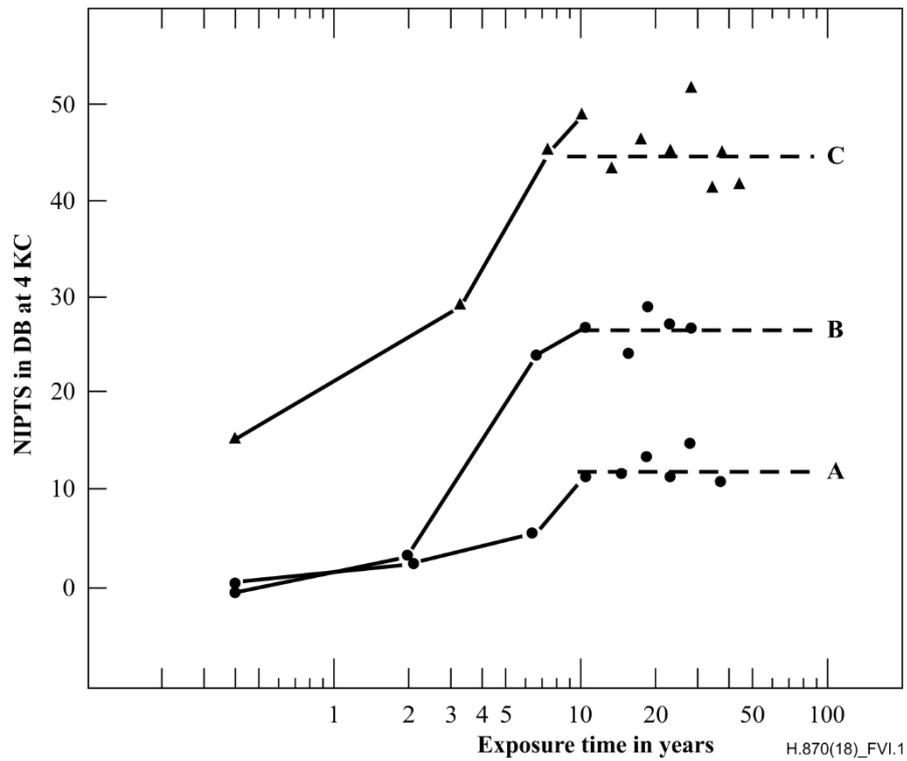
音によって引き起こされる聴覚障害は、曝露量効果関係に従うことが知られている。音の「過剰曝露量」は代謝過負荷をもたらし、蝸牛および一次聴覚神経における構造の細胞死につながる。

職場のノイズ曝露研究において確立されたダメージ・リスク基準は、以下のことを示す。

- 85 dBA で毎日8時間の曝露、作業時間(5.06 Pa²h)にわたる毎週40時間の曝露（8%の物質的な聴覚障害のリスク）。
- 90 dBA で毎日8時間の曝露、作業時間(16 Pa²h)にわたる毎週40時間の曝露（25%の物質的な聴覚障害のリスク）。

単一レベルの制限は十分に確立された科学を無視している。

[b-Nixon-Glorig 1961]は、4 kHzにおいて永久的な聴力損失が92 dBAに曝露されたグループについては2年間の曝露後、97 dBAに曝露されたグループについては4ヶ月後に発生し始めることを実証している。[b-Nixon-Glorig 1961]から導き出された図VI.1は、騒音性難聴における恒久的な閾値ズレ(NIPTS)を、3つのノイズレベルで労働者へ何年も職業的ノイズ曝露に対してプロットしたものを示す。これらのしきい値シフトは職業上ノイズにさらされていない人に見られる年齢の変化に対して修正されている。グラフは4 kHzのテストトーンに対するものであり、データポイントは平均値である。平均A特性レベルは、グループAについては83 dB、グループBについては92 dB、グループCについては97 dBであった。



図VI.1 - 3つのノイズレベルにて労働者へ何年も職業的なノイズ曝露に対してプロットされた、ノイズによって引き起こされた永続的なしきい値シフト(NIPTS)

付録VII

ヘルスコミュニケーションの例

(この付録は、この勧告の必須部分を形成しない)

VII.1 デバイスインターフェースのアクションメッセージの警告と合図を作成するための勧告

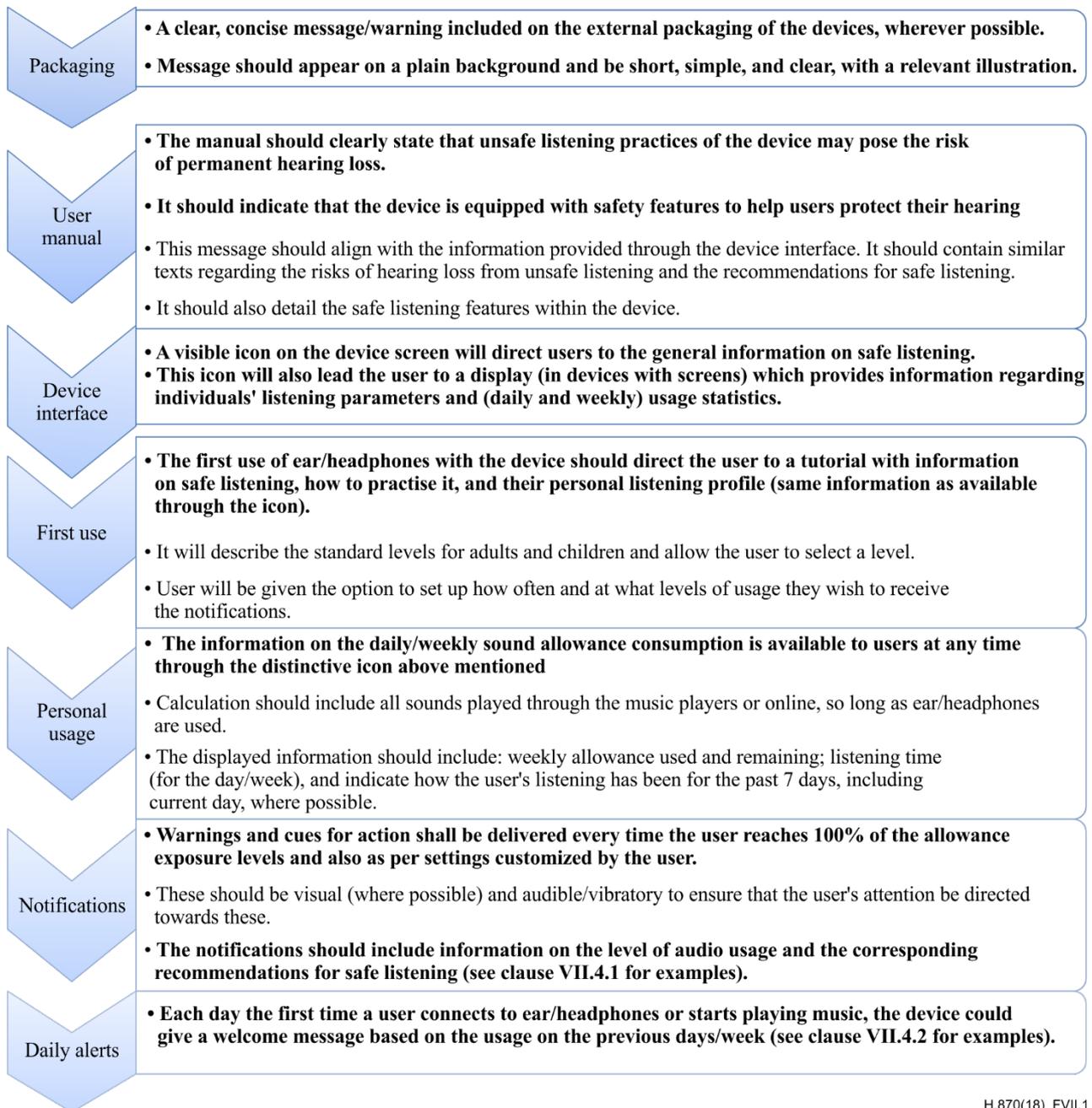
このメッセージは、上述の要因を考慮し作成されるべきである。メッセージは注意を集め、関心を深め、ユーザに安全なリスニングの実施を促進することを目的とすべきである。彼らは行動可能な情報を共有し、実行可能な代替行動を提供し、安全なリスニング実践を促進すべきである。

このようなメッセージ/合図を開発する際に考慮すべき点は以下の通りである（節VII.4の例を参照）。

- 彼らは安全なリスニングの利点と、そうしない場合のリスクを明確に伝えるべきである
- 広範な視聴者に対処するように設計され、非反復的な方法で情報を伝えることができる各3~4のメッセージの変形があるべきである
- 大多数のユーザが理解できるようにテキストは、第8グレード・レベルより下で書かれ、専門用語のない平文で簡潔な言語を使用すべきである
- 一部のメッセージは肯定的に、他のメッセージは否定的に表現されるべきである(例については、節VII.4.3を参照)
- 書かれた情報は、理解を容易にするために絵による情報によって補完されるべきである
- メッセージは、信頼できるソースからの勧告に基づくものである
- 可能な限り、メッセージは、使用前に製造業者によって事前にテストされるべきである

VII.2 セーフリスニングデバイスのために提案された標準の一部としての情報フロー(例)

図VII.1は、この勧告のコミュニケーションの様子がどのようにデバイス内で実装され得るかを説明することを目的とする、提案されたフロー（例）を含む。



H.870(18)_FVII.1

図VII.1 – セーフリスニングデバイスの標準の一部としての情報の流れ

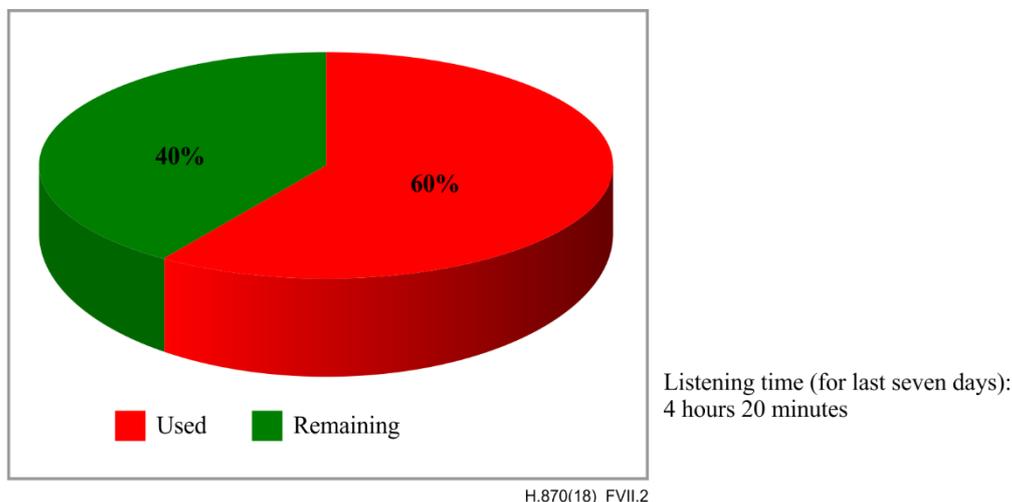
VII.3 聴取パラメータに関する情報をユーザに伝達する方法の例

明確に認識可能なアイコンを介し、ユーザは、デバイス上のユーザの聴取習慣に関する情報が格納され、視覚化され、解釈される「専用スペース(画面)」にアクセスすることができなければならない。この空間では、ユーザは、彼/彼女の全体的な聴取習慣またはパターンのグラフィック表現にアクセスし、（どのようなタイプでの）安全でない聴取習慣が発生したかどうかを学習する。ユーザの聴取習慣の視覚化は、以下を含む。

- 週次の音響許容の利用グラフ表示
- 色分けされたディスプレイを介した毎日の音響曝露のグラフィック表示
- 時間と分で示される毎日、または過去7日間の聴取時間

VII.3.1 週次使用量の情報

週間許容値の使用は、図VII.2に示すようにグラフで伝えることができる。



図VII.2 - 週間許容値の使用状況をグラフィカルに示す図

VII.3.2 毎日のユーザが使用した残余に関する情報

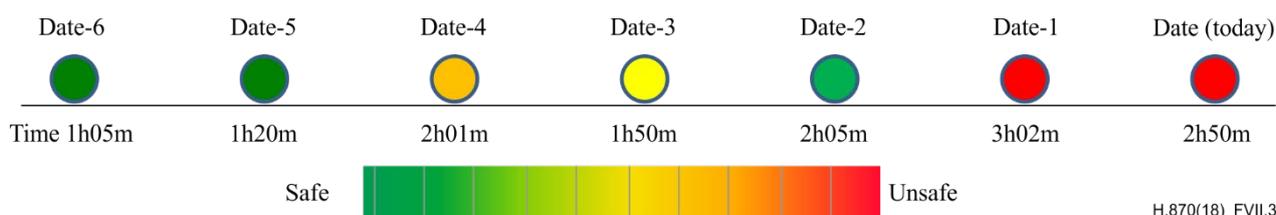
この表示のため、1日の最大許容値は1週間の許容値を7で割った値（1週間の許容値の約15%）に等しくなる。

過去7日間の使用（当日を含む）は、様々なレベルの利用を示す色の範囲によって示されて描かれ、例えば100%を超える使用では深い赤、50%を下回る使用では緑となる。

このコミュニケーションの目的のために日々別個のユニットとみなされ、その日の色分けは前日の曝露を考慮に入れない。したがってユーザは、過去の日数にわたる使用パターンに関係なく毎日緑色のアイコンで開始することになる。

VII.3.3 リスニング時間

また図VII.3に示すように、ユーザが毎日デバイスを介しオーディオコンテンツを聴くのに費やした時間全体に関する情報も表示される。



図VII.3 - 1日の間ユーザがオーディオコンテンツを聴くのに費やした時間全体に関する情報

VII.4 アクションの警告と合図

この節ではセーフリスニング機能のアクションに関する警告と合図の例をいくつか示す。

VII.4.1 週次利用に基づく警告および合図の例

ユーザが到達したときの情報：

- 週間許容量の80%：フレンドリーな警告メッセージ
 - すでに許容量の80%を費やしています。耳を守るため音量を下げてください。
 - 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の利用情報に行く

OR

- こんにちは! 最近多くの音楽を大きな音で再生しているように見えます。聴力を保護するため、少し休みませんか。
- 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の利用情報に行く

b) 週間許容量の100% : 警告メッセージ (即座に聴取を一時停止するオプション付き)

- セーフリスニング許容量100%を超えました。安全でない聴取は聴覚にリスクを与えます。
- 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の利用情報に行く

OR

- こんにちは! あなたは最近あまりにも大きな音で音楽を再生しました。休憩を取り、耳を保護してください。
- 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の利用情報に行く

ユーザが「警告を無視する」又は「聴取を一時停止する」ことを受け入れない限り、デフォルトは音量を平均80又は75 dBA未満に低減する。

VII.4.2 日常使用に基づくメッセージの例

過去数日間にわたるユーザのサウンド許容量の利用に基づく日次メッセージ(アプリを開くとき、またはプレイヤーページで)。

a) ほとんど緑色 (ユーザは、ほとんどの日、毎日50%未満の週間使用量に留まり、いずれの日も許容値を超えない) : 奨励メッセージ。

- グッジョブ。これは正しく聞く方法である。

OR

- グッジョブ。ずっと楽しむために、音楽を安全に再生し続けてください。
- よくやった。音楽を安全に聴き、安心して聴くことができます。ずっと楽しんでください。

b) ほとんど緑または黄/オレンジ (ユーザは、ほとんどの日で80%未満のままであり、いかなる日にも許容値を超えない) 。

- 注意深く安全に聴いてください。
- こんにちは! 時々音量が大きいです! 注意深く、そしてあなたの終わりなき楽しみのために聴覚を保護してください!
- より長く安心して聴くために、音量を下げよう。

c) ほとんど黄色/オレンジ色で、時折赤色 (ユーザがいかなる日にも許容範囲を超えていない場合) :

- 注意してください! 音量を下げてもっと長く安心して聴いてください。
- こんにちは! 時々音楽を大きな音で楽しんでいますよ! あなたの終わりなき楽しみのために聴覚を保護してください
- Hey! あなたはどのように聴いているかを注意するべきだ。

d) ほとんどの赤色 (ほとんどの日に許容範囲を超える) :

- 聴覚を危険にさらしている。安心して聴くため音量を低く保て。
- こんにちは! 聴き方を注意する必要がある。音量を下げよう。

- こんにちは! あなたは本当に大きな音で音楽を楽しんでいるようだ!聴覚を危険にさらす事なく、終わりのなき楽しみを持ちましょう。

VII.4.3 肯定的な構成と否定的な構成、および感情的なアピールと合理的なアピールを持つメッセージの例

肯定的な構成

- 安全なリスニングのための毎日の許容範囲を超えている。音量を小さくすることで、聴くリスクがなくなり、より長く安全に聴くことができる。ボリュームを下げよう。

否定的な典型的な構成

- 安全なリスニングのための毎日の許容範囲を超えている。このまま聞き続けると、永続的な聴覚ダメージを負う危険性がある。ボリュームを下げよう。

理性に訴える

- 証拠として、80 dBA SPLを超える音楽を8時間またはそれと同等の時間聴くと、聴力が永久に損なわれる可能性があることを示している。音量を下げよう。

感情に訴える

- ひとたび聞こえなくなると、治らなくなくなる。安全に聴こう。音量を下げよう。

参考文献

- [b-ITU-T P.10] Recommendation ITU-T P.10/G.100 (2017), *Vocabulary for performance and quality of service*.
- [b-ITU-T P.360] Recommendation ITU-T P.360 (2006), *Efficiency of devices for preventing the occurrence of excessive acoustic pressure by telephone receivers and assessment of daily noise exposure of telephone users*.
- [b-ITU-T T.180] Recommendation ITU-T T.180 (1998), *Homogeneous access mechanism to communication services*.
- [b-ITU-R V.574] Recommendation ITU-R V.574 (2015), *Use of the decibel and the neper in telecommunications*.
- [b-Berger] Berger, E.H. and Royster, L.H. (1996), *In search of meaningful measures of hearing protector effectiveness*.
- [b-Berger-Voix] Elliott H. Berger and Jérémie Voix (2018), *Hearing Protection Devices*, in *The Noise Manual*, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-Borg] Erik Borg, Roland Nilsson, Gunnar Lidén. (1979), *Fatigue and recovery of the human acoustic stapedius reflex in industrial noise*, *The Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 65, 846.
- [b-Brask] Torben Brask (1978), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, *Acta Oto-Laryngologica* Vol. 86, – Issue sup360.
- [b-Brask-2009] Torben Brask (2009), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, *Acta Oto-Laryngologica* Vol. 86, 1978 – Issue sup360.
- [b-EN 71-1] CEN EN 71-1 : 2014, *Safety of toys – Part 1 : Mechanical and physical properties*.
- [b-Fligor] Brian J. Fligor, and Terri Ives. "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-Induced Hearing Loss?" in *2006 Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Children's Conference Proceedings*.
- [b-Hammershøi] Hammershøi, D., & Møller, H. (2008), *Determination of noise immission from sound sources close to the ears*. *Acustica United with Acta Acustica*, 94 (1).
- [b-Hansen] C. Hansen (2006), *Occupational exposure to noise : evaluation, prevention and control – chapter 1 Fundamentals of acoustics*. [http :
//www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/](http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/)
- [b-Hartmann] William M. Hartmann. *Physical Description of Signals* in [b-Moore].
- [b-Loy] Gareth Loy, *Musimathics*. MIT (2011)
- [b-Moller 2013] Aage R. Moller, (2013) *Hearing*, 3rd ed. Plural Publishing.
- [b-Moller 1995] Henrik Möller (1995), *Transfer characteristics of headphones measured on human ears*, *J. Audio Eng. Soc* : 43, pp203-217
- [b-Moore] Brian C.J. Moore (ed.) (1995) *Hearing*. Academic Press.

- [b-Neitzel and Fligor] R. Neitzel and B. Fligor (2017), *Determination of Risk of Noise-Induced Hearing Loss due to Recreational Sound : Review*, WHO Make Listening Safe : Risk Assessment and Definitions Group. [http :
//www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_determination_of_risk_of_HL_due_to_exposure_to_recreational_sounds.pdf](http://www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_determination_of_risk_of_HL_due_to_exposure_to_recreational_sounds.pdf) (accessed 2018-07-13).
- [b-NIOSH] National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). *Criteria for a recommended standard : Occupational noise exposure, revised criteria*. Pub. No. 98-126.
- [b-Nixon-Glorig, 1961] J.C. Nixon and A. Gorig (1961), *Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 2000 cps and 4000 cps*, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.33, Issue 7, 904. [http :
//dx.doi.org/10.1121/1.1908841](http://dx.doi.org/10.1121/1.1908841)
- [b-Portnuff] Portnuff C.D., Fligor B.J., Archart K.H. (2011), *Teenage use of portable listening devices : a hazard to hearing?* Journal of the American Academy of Audiology. Nov-Dec; 22(10) : 663-77.
- [b-Price 1981] Price, G. R. (1981), *Implications of a Critical Level in the Ear for Assessment of Noise Hazard at High Intensities*, J. Acoust. Soc. Am. 69, 171-177.
- [b-SCENIHR] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2008), *Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function*. European Commission.
- [b-Silman] Shlomo Silman. (1984), *The Acoustic Reflex : Basic Principles and Clinical Applications*, Academic Press.
- [b-Smith-Voix] Jérémie Voix, Pegeen Smith, and Elliott H. Berger (2018), *Field Fit-Testing and Attenuation Measurement Procedures*, The Noise Manual, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-SMR] Kei J. (2012), *Acoustic stapedial reflexes in healthy neonates–normative data and test-retest reliability*. J Am Acad Audiol. 23(1) : 46-56.
- [b-V r] I. V r, L. Beranek (2006), *Noise and Vibration Control Engineering*.
- [b-Voix,Cocq,Hager] J. Voix, C. Le Cocq, and L. D. Hager (2008), *The Healthy Benefits of Isolating Earphones*, in Proceedings of Meetings on Acoustics, vol. 4, p. 050003.
- [b-WHO 2018] World Health Organization, *Deafness and hearing loss*, [http :
//www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss) (visited 2018-09-02)
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson & Erik Borg. (1974), *Stapedius Reflex and Auditory Fatigue*, Journal of Audiology, Vol.13, pp 231-35.
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson. (1979), *The effect of the stapedius reflex on attenuation and poststimulatory auditory fatigue at different frequencies*. Acta Otolaryngol Suppl. 360 : 118-21.