

TTC標準
Standard

JT-H870

安全な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版

2019年8月29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>	3
はじめに	4
1	スコープ.....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	線量推定の不確実性.....21
8	計測手法.....22
8.1	線量測定.....22
9	ヘッドフォンの感度範囲と頻度応答.....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.....23
11.1	安全な聴取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健康コミュニケーションを含める目的.....23
11.2	安全なリスニングデバイスのための標準の一部としての通信のための主要な勧告.....23
12	環境ノイズ制御.....27
12.1	背景ノイズの受動的減衰.....27
12.2	背景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.....29
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実施のための線量推定機能.....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	stapedius muscle reflexで.....41
付録VI	復旧段階の検討.....42
付録VII	健康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

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、ディスコテック、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では、大音量の音にさらされることに対する関心が高まっている。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、安全でないボリュームで、長期間にわたって聴かれる。このような活動への定期的な参加は、不可逆的な聴覚損失の深刻な脅威を引き起こす。

WHO(World Health Organization)は、次のように推定している。[b-WHO-2018]

- 全世界では約4億6600万人が、さまざまな原因で聴力障害をもっている。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は、安全でない聴取慣行のために聴覚損失の危険にさらされる可能性がある。
- 中所得国および高所得国の12～35歳の若者および若年成人:
 - 50%近くが、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て、安全でないレベルの音を聴いている。
 - 約40%が、ナイトクラブ、ディスコテック、およびバーにおいて、潜在的に損害を与えるサウンドレベルにさらされている。

2016年に世界で15億台のデバイスが販売されている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この増加したアクセシビリティおよび使用は、高音量および長期間でのそれらの使用と結び付けられる。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「リスニングセーフ化」構想を開始した。このイニシアチブの全体的な構想は、すべての年齢の人々が、自分の聴覚を完全に保護して聴くことを楽しむことができるようにすることである。

その目的は、娯乐的な設定における音への安全でない露出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る。これを達成するために、WHOは、3つの特定の目的を特定した。

- 1) パーソナルオーディオシステムを介して、大きな音への露出を規制する。
- 2) ターゲット集団間でリスニング行動を変更する。
- 3) レクリエーション設定では、サウンドエクスポージャーを制限する。

この勧告は、「リスニングセーフ化」イニシアチブに関するWHOとITUの協力の結果であり、両方の組織によって認識されている共通の標準である。

安全なリスニングデバイス/システムのためのガイドライン

1 スコープ

この勧告は、人々を聴覚損失から保護するための、安全なリスニングデバイスおよびシステム、特に音楽を再生するためのものに関する要件を説明する。

この勧告の目的のために、以下のタイプの装置は除外される。

- 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デバイスおよび医療デバイス(例えば、補聴器、FMシステム、および補聴器およびコーチラインプラントシステムの一部として承認された他の補助聴取デバイス(ALD)など)。
- 個人用音声増幅装置。
- プロのオーディオ機器やデバイス

注-携帯ゲーム機器からの音への暴露の懸念があるが、これは今後の研究課題である。

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て、この勧告の規定を構成する規定を含む。発行の時点では下記の版が有効であった。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勧告のリストが定期的に発行されている。この勧告内の文書への言及は、スタンダードアロンの文書として、勧告の状態を与えない。

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

- [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 サウンド線量[IEC 62368-1]:安全とみなされる最大値のパーセントで表されるサウンド露出の1週間のローリング推定値。

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、EU委員会決定2009/490/ECは、80dB(A)未満の場合、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における拡散場回折[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じ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)[ITU-T P.58]の拡散フィールド周波数応答:HATSが存在しない拡散サウンドフィールドにおける、耳ドラム基準点(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間の、dB単位の差。
- 3.1.4 耳道基準点[b-ITU-T P.10]:耳道の端に位置し、耳道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)[ITU-T P.58]の自由音場周波数応答:dBにおける、耳ドラム基準点(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)における音圧の第3オクターブスペクトルレベルとの差。
- 3.1.7 MRP [ITU-T P.58]における自由場面波回折:dBにおける、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レベルとの差。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 頭と胴体のシミュレータ (HATS) [b-ITU-T P.10]:Manikinは、頭部の頂部からウエストまで下方に伸び、平均的な大人の人間によって生成された音声ピックアップ特性および音響回折をシミュレートし、人間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、当業者によって指導され訓練された人、または当業者によって監督される人に適用される用語であり、苦情を引き起こす可能性があるエネルギー源を識別し(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への露出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、指示された人は、負傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源を含む部品にさらされるべきではない。
- 3.1.10 重大な聴力障害[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て実行される測定を指す。
- 3.1.12 瞬間露出レベル[IEC 62368-1]:[EN 50332-1]、第4.2節に基づいて、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サウンド露出レベルを推定するためのメトリック。

注1 - MEL 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 通常の人 [IEC 62368-1]:通常の人とは、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。通常の人々は、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では、通常の人とは、苦し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。単一の故障状態の下では、通常の人とは、負傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源を含む部品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、通常の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ている。
 - 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する。
 - 身体装着可能な(衣服ポケットに入れて持ち運ぶのに適したサイズの)プレーヤーであって、連続使用中(例えば、通り、地下道、空港など)にユーザが歩き回ることを意図したプレーヤーを有する。

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 タイプの機能を搭載した携帯電話、PDA などがある。

3.1.15 熟練者[IEC 62368-1]:熟練者は、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大きさを知る際に、機器技術の訓練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使用して、苦情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からの負傷から保護するための処置を講じることが期待される。熟練者はまた、意図しない接触、または損傷を引き起こす可能性のあるエネルギー源への露出から保護されるべきである。

3.1.16 音の暴露[EN 50332-3]: t_2 と t_1 との間の所定の期間にわたり二乗積分された、A重み付けされた音圧。 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]:音圧と基準圧力との比の、一般にデシベルで表される対数、しばしば $20 \mu Pa$ 。

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

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:音刺激がステイピウス筋反射(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音への単一の露出。

3.2.3 ダメージ・リスク基準:様々なレベルのノイズ露出によって提示されるノイズ誘発聴覚損失(NIHL)のリスクを指す古典的な。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、「dose-response relationship」、「risk」、または「exposure limit」に置き換えられる。

3.2.4 dBA:A重み付けネットワークを使用して測定された音圧レベルのデシベル;低強度ノイズ(約40フォンラウドネスレベル)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露出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対するデジタル信号の信号レベルである。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。

3.2.6 dBHL:その過負荷または最大レベルに対するデジタル信号の信号レベルである。[ITU-T G.100.1]を参照)

注 - 通常の聴力を持つ人間の、異なる頻度での耳の感度、つまり基準である。[ISO 226]は、dB SPLに対するphon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 phon (および0dB SPL)で参照される。

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する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]から適合)

3.2.8 (音の)線量:指定された期間中に人間の耳によって受信された音の線量。この勧告の文脈では、これは音声露出(3.1.16参照)と同じである。(音声)線量の単位は Pa^2h である。

3.2.9 線量測定:人間の耳が受け取った線量の計算および評価。

3.2.10 等しいエネルギー原理:等しい量の音エネルギーが、時間にわたるエネルギーの分布にかかわらず、等しい量の音誘起永久閾値シフトを引き起こすという仮定。

3.2.11 連続A重み付き音圧レベル:レベルと時間との間の3dBの交換速度を使用して計算された、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、時間積分間隔 $T = t_2 - t_1$ にわたって決定された、 $20 \mu Pa$ での等価連続A加重音圧レベルです。

$p_A(t)$ は、音響信号の瞬間的なA加重音圧です。

$p_0(t)$ は、 $20 \mu Pa$ の基準音圧です。

- 3.2.12 等価連続平均音レベル正規化:3dB交換速度を使用して測定され、n時間露光期間に正規化された、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であり得、この場合、これは、 L_{A8hr} または L_{EX8h} 、または $n=40$ 、 L_{EX40h} とも呼ばれ得る。
- 3.2.13 過度のリスク:特定の量の露出に関連する音声誘発聴覚損失(SIHL)のリスク。
- 3.2.14 変化レート: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デバイスの「トーン曲線」と呼ばれることもある「感度対周波数応答」の短い応答である。
- 3.2.16 聴力閾値レベル:dBHLで測定された特定の聴力測定試験頻度での音圧レベル(SPL)。
- 3.2.17 リスニングデバイス:耳に音を送信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、または耳の上に収まるように適合する。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であって、長期間の露出が聴覚損失を生じさせることがある。例は、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デバイス: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装置の一例は、パーソナルメディアプレーヤ(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デバイスおよびリスニングデバイスのシステム。
- 3.2.21 安全な聴取装置:(その使用の結果として)聴覚損失を獲得す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パーソナルオーディオ装置/システムは、おそらく、安全な聴取装置と呼ぶことができる。これには、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:一定のローリング期間(例えば、毎日または毎週)にわたるサウンド露出の線量推定値(dose estimate of sound exposure)であり、一般に、安全とみなされる最大値のパーセンテージとして。1週間のサウンド許容量は、100%計算サウンド量(CSD)に等しい。
- 3.2.23 サウンド誘導:サウンドにさらされることから生じる国または品質を指す。音は、音楽(の一部)または「ノイズ」であってもよく、これは、音が望ましくないことを意味する。
- 3.2.24 音声誘起永久閾値シフト:永久音声誘起聴力損失(SIHL)と同義。
- 3.2.25 サウンド誘起一時閾値シフト:サウンドへの露出から生じるが、低サウンド条件で十分な時間が費やされた後に回復するサウンド誘起聴覚損失(SIHL)。
- 3.2.26 サウンド誘起耳鳴:過度のサウンド露出に続く、一時的または永続的のいずれかである、耳または頭部におけるファントムサウンドの知覚。
- 3.2.27 ped筋反射:耳が高強度の音にさらされたときに、小骨のスタペディウスおよびテンソル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	支援聴取装置
ANRS	能動的雑音低減
ART	Acoustic Reflex しきい値
CLL	選択されたリスニングレベル
CSD	計算音量
DAC	デジタル-アナログ変換
dBA	A-weightingネットワークを用いて測定した音圧レベルのデシベル
dBFS	デシベルフルスケール
dBHL	聴力レベルのデシベル

DRP	Eardrumリファレンスポイント
ER	為替レート
HATS	ヘッドとトルソシミュレータ
HTL	聴覚域値レベル
LEQ	等価連続平均音量
LEX	等価連続平均音量レベルを正規化
MIRE	Microphone-In-Real-Ear
MRP	口の基準点
NIHL	騒音性難聴
NIPTS	Noise Induced Permanent Threshold Shift
PAD	パーソナルオーディオ装置
PAS	パーソナルコンポ
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	根二乗平均
SEL	音響暴露レベル
SIHL	音声誘導聴力損失
SLD	安全なリスニング装置
SMR	Stapedius Muscle Reflex
SPL	音圧レベル
TTS	一過性いき値移動
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は、特に子供および成人において、音声およびノイズへの露出から増加する公衆健康問題である。実際、音声誘発聴覚損失(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年代初頭から2000年代にかけて、SIHLの若者数は6.7%から18.8%に増加したと推定された。このうちのいくつかは、今日および年齢において、若年の人々が、パーソナルオーディオシステム(PAS)を使用して、またはコンサート、バー、クラブなどのコミュニティのイベントに出席して、高レベルの音楽にさらすアクティビティを用いて、レジャータイムを利用し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声露出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、この標準化ギャップに対処する。

安全な聴取実践による聴覚損失の防止は、個人の責任であると考えられてもよい。しかしながら、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には、意識を高め、安全に聴くための環境を作り出す責務がある。

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デバイス(PAD)の安全でない使用は、何百万もの聴覚に対する脅威を提起する。

このような聴力損失は永久的であるが、安全な聴取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ことができる。聴覚損失を獲得す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装置/システムは、おそらく、安全な聴取装置/システムと呼ばれることが可能である。

「安全なリスニング」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、どれくらいの長さ、どれくらいの頻度で人が大きな音にさらされるかに依存する。そのような露出は、パーソナルオーディオデバイスを介して、または娯楽会場で、ならびに交通、職場、または家庭などの周囲の環境で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、個人が彼/彼女の聴覚を危険にさらすことなく受信することができるサウンド・エネルギーの許容レベルを指す。サウンド許容値は、「計算サウンド量」という用語と互換的に使用される。「線量」ではなく、「サウンド許容値」という用語を健康コミュニケーションの目的で使用することを勧める。

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 音声と波

サウンドは、振動している身体によって生成される、空中のような媒体内の波である。波は、物質を伝達せずにエネルギーを伝達する。音波は、長手方向の波であり、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、伝音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希薄化の形をとる。ある時点で、媒体内にインターリーブ圧縮および希薄化作用があり、これは、圧力の変動をもたらす。エアが圧縮されると、圧力は大気圧よりも高くなり、希薄になると、圧力は低くなる。

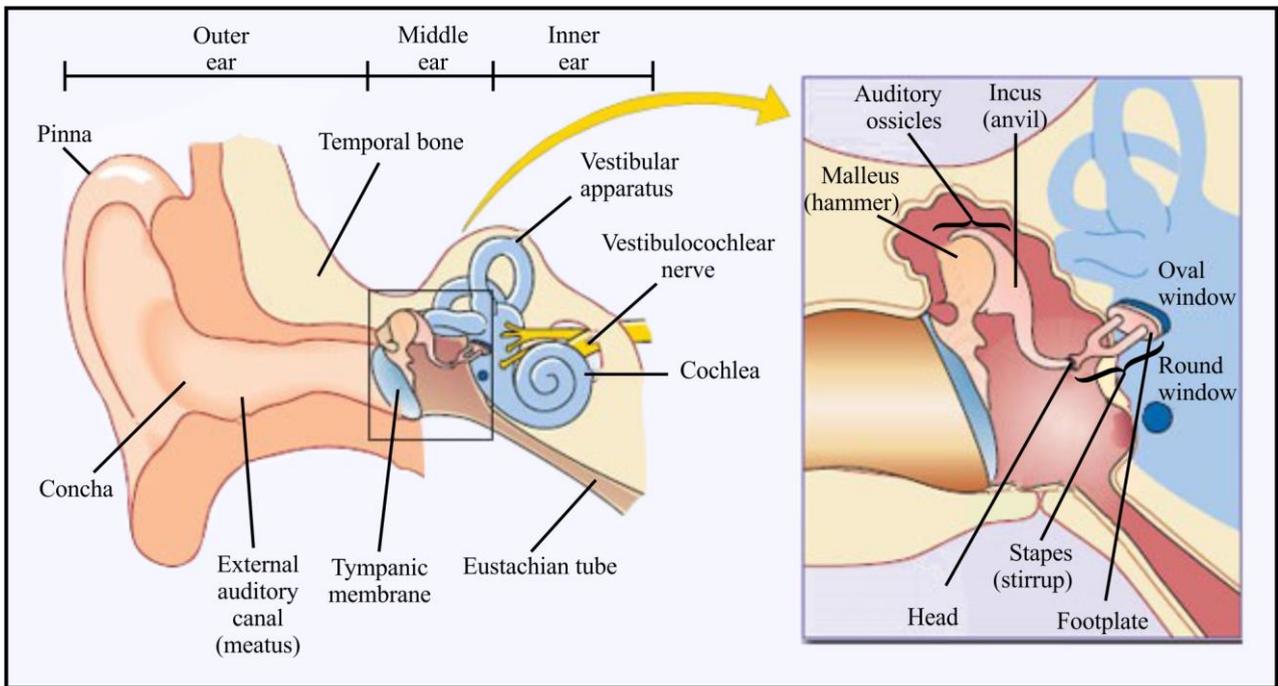
伝播媒体における圧縮およびレアファクションの大きさは、サウンドの強度を決定し、一方、圧縮およびレアファクションがどれくらいの頻度で交互に起こるかは、サウンドの頻度を決定する。音波の動きからのエネルギーは、イヤードラムを通して内耳に流れ、そこで音声として登録される。強度 I は、単位領域 a の表面を横切って流れる単位時間 t 当たりのエネルギー E であり、または I は、領域 a の表面を横切って流れる電力である。

純音は単純な音であり、その圧力変化は正弦波の形であり、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、音導媒体の性質に依存する。音波の速度は、エアの温度に幾分依存する。室内温度(20°C)では、速度は毎秒344メートル(m/s)であり、1238km/hに対応する。

6.1.2 聴覚障害のメカニズム

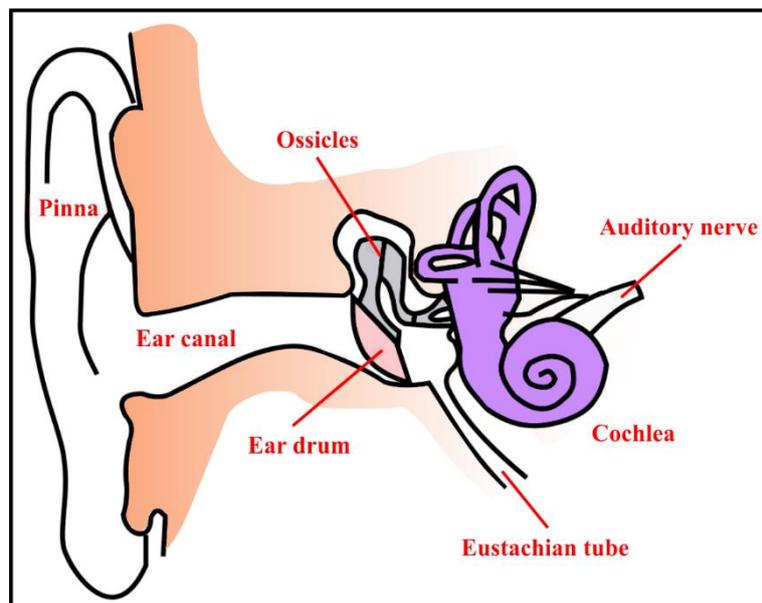
図1に示すように、耳は、外耳、中耳、および内耳の3つの部分からなる。中耳は、耳道を終端させる鼓膜(イヤードラムとも呼ばれる)と、3つの小さな骨(総称して小骨と呼ばれる)、すなわち、マレウス、インカス、およびステイブからなる。また、中耳には、2つの小筋、すなわち、テンソル・タインパニ筋、およびスタペディウス筋もある。内耳は、耳の最も内側の部分であり、蝸牛、前庭装置および前庭蝸牛神経からなる。「音」は、一連の振動とみなすことができる。これらの振動は耳に到達し、耳介に捕らえられる。音は、波として耳道に伝わり、耳道を下って耳道に至り、耳道は振動し、波を機械的エネルギーに変換する。耳道は、約2.5cmの長さおよび約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(総称して小骨と呼ばれる)、マレウス、インカス、およびステイブを通過する。



H.870(18)_F01

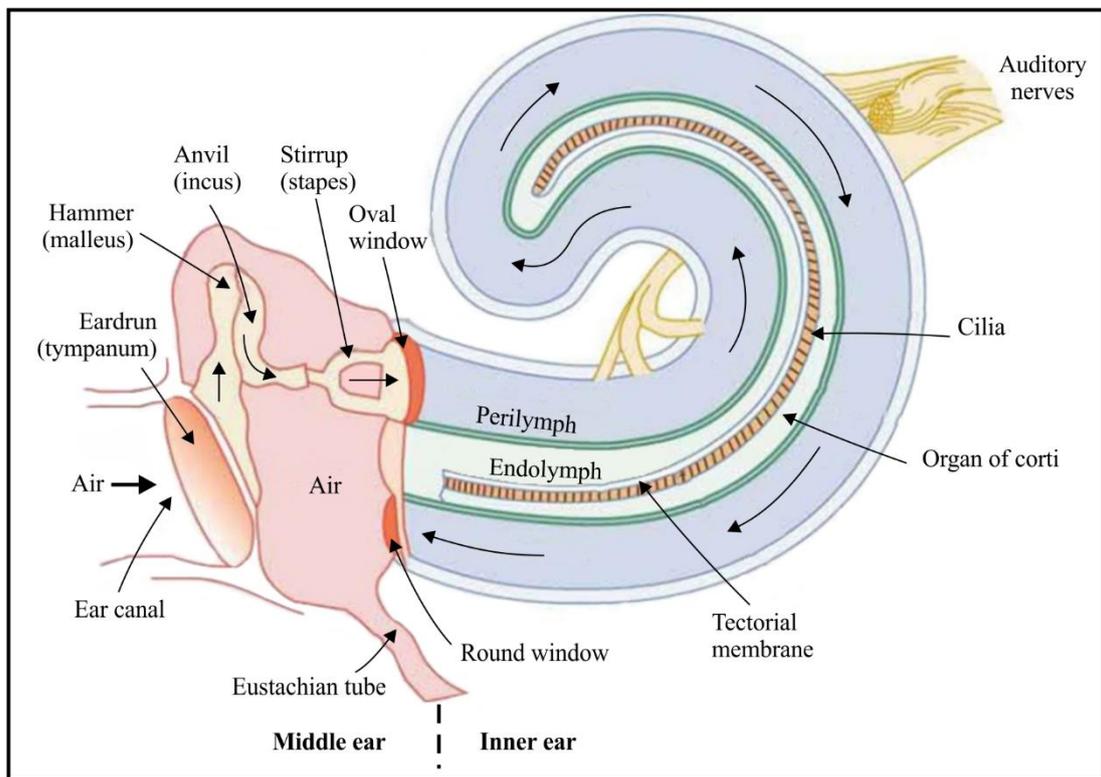
図 1 - 人間の耳の図

これらの骨は、内耳の長円形ウィンドウを介して内耳に伝達される機械的エネルギーを増幅する。ステイプは、楕円形ウィンドウ上をタップし、内耳内の流体の振動を引き起こし、この動きは、流体が充填されたコチルを通過する。



H.870(18)_F02

図 2 - 耳道



H.870(18)_F03

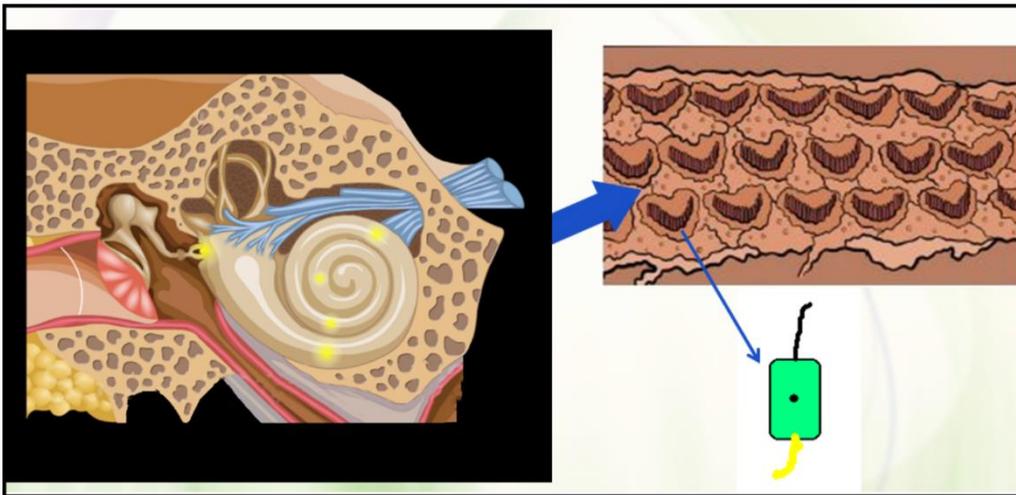
図 3 - cochlea の図

図2および図3からわかるように、コチルは、スネイル形状の器官である。コチルには、基底ヘアと呼ばれる何百万ものヘアセルがある。音がコチルを通過するにつれて、ヘアセルを動かす流体を動かし、聴覚神経を上がる何千もの電気的インパルスを送る。これらの電気信号は、次に、音として解釈される。

音声への過度の露出が発生すると、耳のヘアセルは過度に刺激される。ひとたびヘアセルが過剰刺激されると、これらのヘアセルは疲労して音に応答しなくなる。この結果、一時的な閾値シフト(TTS)、すなわち、音声露出に続く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。静かな期間の後、ヘアセルは回復する。

しかしながら、時間の経過とともに過剰な音に繰り返しさらされることは、これらのヘアセルを消滅させ、それらは回復する能力を失う。これは、永久閾値シフト(PTS)、すなわち、不可逆的なコーチ学習ヘアセル損傷に関連する聴覚感度の音によって引き起こされる永久的な損失をもたらす可能性がある。

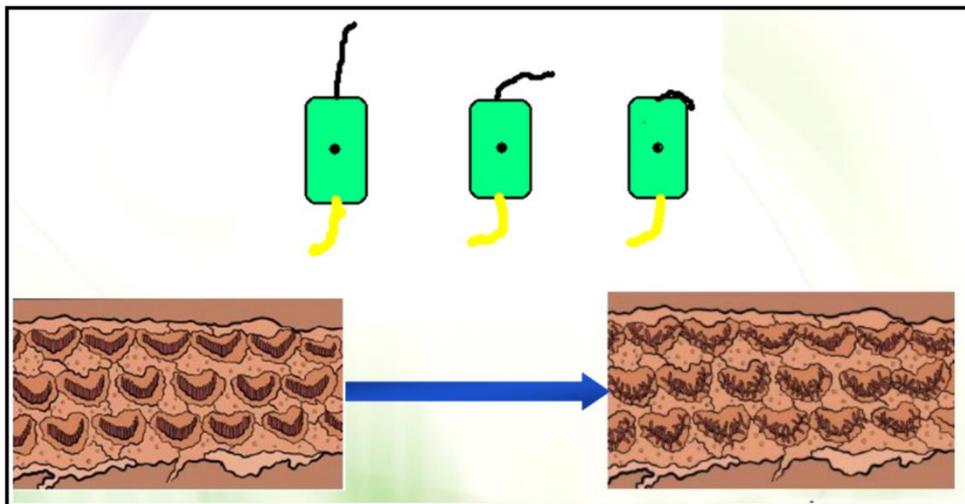
図4は、コチルおよびヘアセルを示す。



H.870(18)_F04

図4 - cochlea とヘアセルの図

図5では、左側のコチルのヘアセルは、通常の聴力を有する人のヘアセルであり、右側のヘアセルは、音に対する永久的な損傷の過度の露出が引き起こす可能性があることを示している。



H.870(18)_F05

図5—ヘアセルにおける音によって引き起こされる損傷の図解。

6.1.3 サウンド・エネルギーの測定

6.1.3.1 圧力

地球の重力のために、大気の重さは、大気圧と呼ばれる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/m²、すなわち、 10^5 Pascal (PA)である。

音波の変位は、音波によって生成される平衡からの乱れの量である。

ピークツーピークは、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、ピークツーピークの概念を示す。

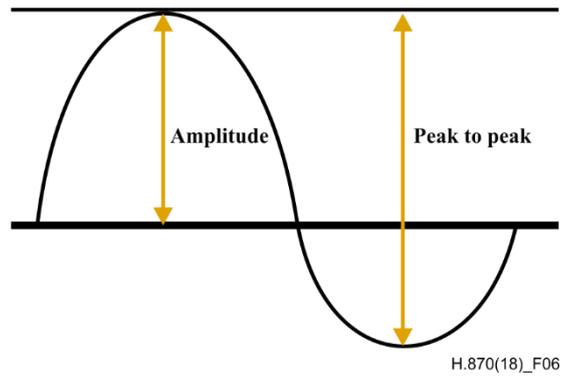


図 6 - シグナルの振幅とピーク間の値の概念

音波の振幅は、多くの場合、平方根平均(RMS)値として計算される。root mean squareは、瞬間値の二乗関数の平均(平均)値の平方根である。RMS値は、最初に波形瞬時値(s)を二乗し、次いでサイクル(m)にわたる平均を見つけ、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、この比の10進対数によって表す。このユニットは、しばしば使用されず、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対数単位。これらの値の1つは、しばしば標準的な基準値であり、この場合、レベル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、主に比率スケールであり、それによって強度が基準と比較される。

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

この理想の数学的ステートメントは、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の共通の(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。対数関数のレビューにより、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であるので、音1と音2が同じ強度を有する場合、それらのレベルの差は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。L₂がL₁の2倍の場合、実際の値がどうであれ、log(2)=0.3[b-Hartmann]だから L₂ - L₁ = 3 dBである。

6.1.3.2.2 dB SPL

デシベルスケールは、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、メジャーが絶対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る、音圧pと基準圧力p_Aとの比率の対数であり、しばしば20μPaである。

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

6.1.3.2.3 dBA

dBAは、A重み付けネットワークを使用して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、職業的及び環境的な音の露出を測定するためにも一般に使用されるようになってきている。

図7は、様々な頻度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。

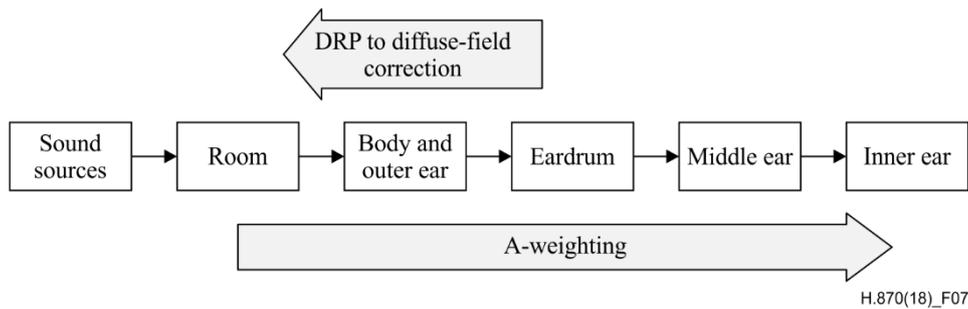


図7 - さまざまな頻度に特定の重み付けを与えるための、測定で使用されるさまざまな補正の役割の概念図

6.1.3.2.4 dBFS

dBフルスケールは、その過負荷または最大レベルに対するデジタル信号の信号レベルである。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。

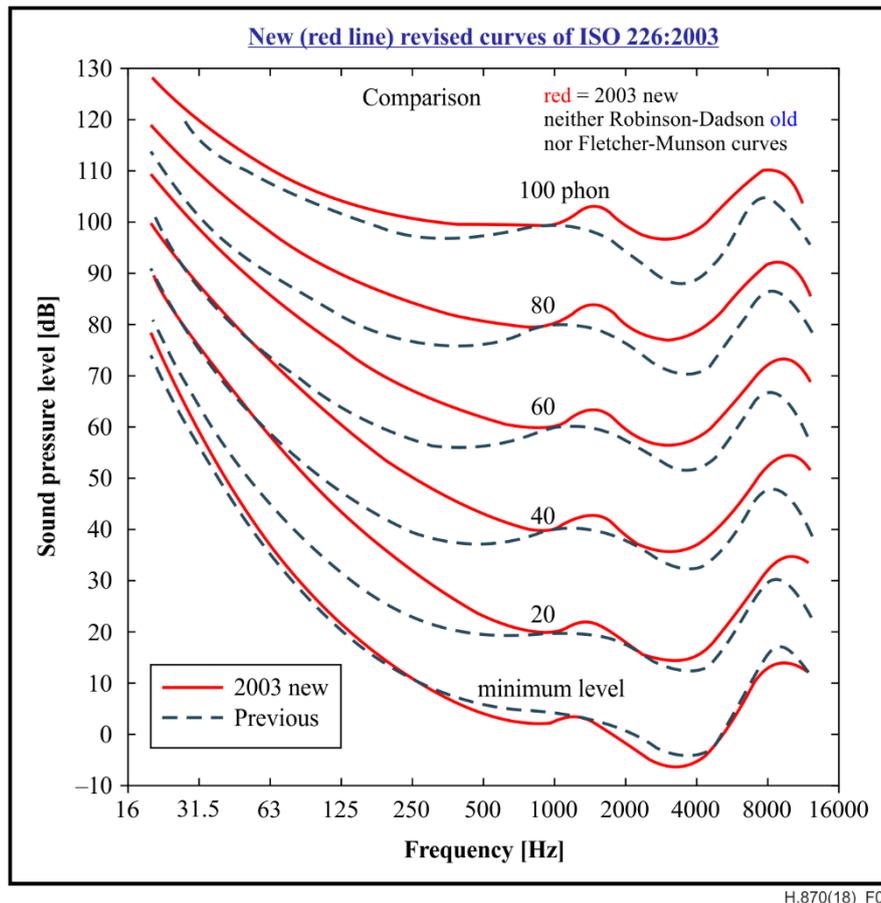
注- dBovとも呼ばれ、デジタルオーバーロードに対するdBは、そのオーバーロードまたは最大レベルに対するデジタル信号の信号レベルである。[ITU-T G.100.1]参照。

6.1.3.2.5 dBHL

dBHLは、特定の頻度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、着信音の頻度によって大きく変化し、音楽に必要な低頻度範囲で十分な音量を得るために音量を上げると、高頻度範囲では過度に音量が大きくなることが避けられず、特に感度が高い。

図8は、音響学的な通常の等音量レベルの輪郭を示す。



H.870(18)_F08

図8 - 音響学的な通常の等音量レベルの輪郭

6.1.4 同等のエネルギー原理

等しいエネルギー原理は、サウンドの総効果が、時間におけるそのエネルギーの分布に関係なく、耳によって受信されるサウンド・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、等しい量の音エネルギーが、時間にわたるエネルギーの分布に関係なく、等しい量の音誘起永久閾値シフトを引き起こすことが予想される。

この原理に基づいて、音響エネルギーの「線量」は、曝露時間にわたって積分される、二乗A重み付け音圧として定義され得る。 $p_A T = t_2 - t_1$

数学的には、これは次のように表される。

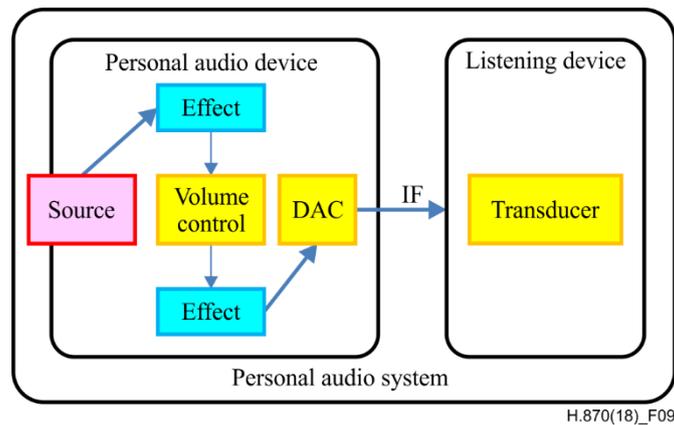
$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

ここで、A重み付けされ拡散フィールド補正された音圧である。 p_A

この数値の単位は、パスカル²乗時間、すなわちPa²hである。

6.2 パーソナルコンポ

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)のアーキテクチャ。

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て、格納または取り出すことができる。

PASは、通常の人々が使用することを意図したものであり、

- ユーザー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る。
- 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する。
- (衣服ポケットに入れて持ち運ぶのに適したサイズの)身体装着可能なプレーヤーを有し、連続使用中(例えば、街路上、地下路、空港など)にユーザーが歩き回ることを目的とする。

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機器
- 補聴器及び他の補助聴取装置
- 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 - この免除は、この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。

- 使用中にユーザーが歩き回ることができない外部アンプに接続されている間のプレーヤー。

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、直接的な焦点は音楽ですが、ゲームとVRは将来の研究のためのものである。

6.2.1 ヘッドフォン・イヤフォンの検討

携帯機器を利用したヘッドフォン/イヤフォンの聴取状況は、家庭用スピーカ再生とは異なる。携帯型音楽プレーヤーでヘッドフォンを聴く習慣の研究は、聴く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、高レベルでプレイすることが可能である。装置の可搬性はまた、高い露光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、耳を介した刺激に加えて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、振動部分が欠落している。

図10は、ヘッドフォンのタイプ(イヤフォンおよび音声上またはアイソレータ)と、周囲(飛行機、バス、静音など)に応じて選択された聴取レベル(CLL)との間の関係の例を含む。

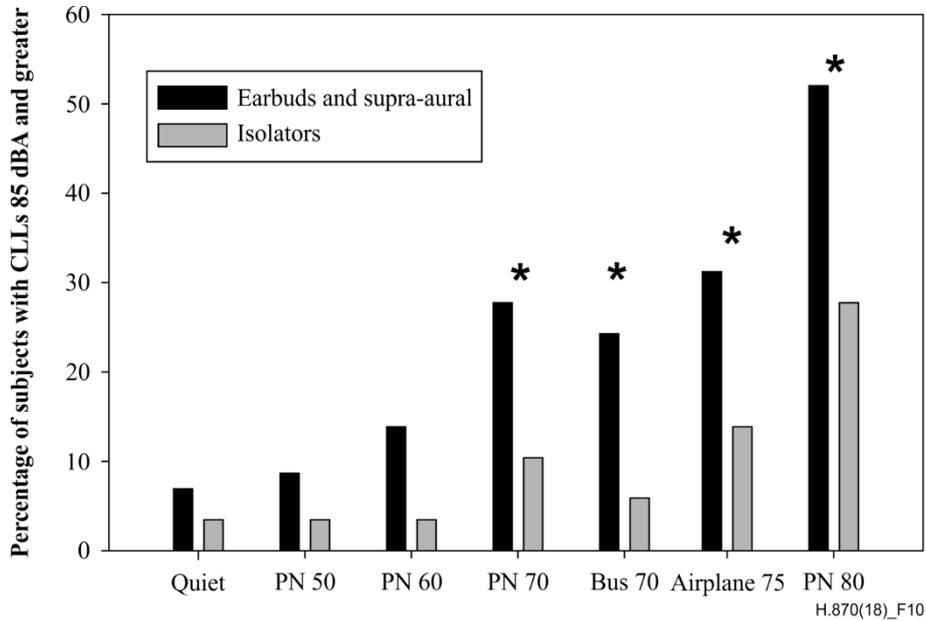


図 10 - ヘッドフォンの種類と選択したリスニングレベル [b-Portnuff]

この側面は、さらなる研究のためのものである。

6.2.2 個性に関する注意

個々の相違は、耳道の寸法が、耳道共鳴の最大振幅の頻度を決定するからである。

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

6.2.3 測定ガイダンス

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、関連する指定されたテストセットアップを使用する手順が使用されるべきである。これには、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、および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を使用する手順を使用する。ヘッドフォン/イヤフォンの電気音響感度を頻度の関数として測定する場合、関連する特定の試験設定を使用する[ITU-T P.381]の8.1.5節に記載されている手順を使用すべきである。これは、例えば、この勧告の付録IIに記載されているように、線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、ヘッドアンドトーンシミュレータ(HATS)、HATS上のヘッドフォンのいくつかの「再設定」にわたる平均化を含む、特定の入力電圧に対する出力音圧の適切な測定を含む。

これらのITU-T勧告は、調和目的のために、CENELEC EN 50332シリーズの仕様を部分的に参照する。デジタルインタ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、ユーザの露出時間を追跡し、基準露出(サウンド許容)の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、デバイスを介したすべてのメディア再生(すなわち、ローカルに記憶されるか、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個に指定されるので、除外されてもよい。

また、装置は、ユーザが、2つのモードのうちの1つとして、ユーザの基準露光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、基準露光として7日毎に1.6²時間を適用する。
- モード2: (WHO)機密ユーザ(例えば、子供)のための基準水準:これは、基準露出として7日当たり0.51²hを適用する。

注1 - 参考エクスポージャーは、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 - エクスポージャーを%で表す代わりに、あるエクスポージャー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て、任意の後の時間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	毎週(1.6 ² /秒)
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	毎週(0.51 ² /秒)
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 線量推定の不確実性

音量を推定する際には、いくら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。
- 製造許容度に起因する単一モデルのヘッドフォン特性の変動。
- ヘッドフォンの種類不明による変動
- 製造許容範囲。
- ヘッドフォンの種類を誤って手動で選択したことによるエラー。
- 特徴付け中に人工耳に適合する変動。
- 人工耳と実際の耳との間の不完全な関係。
- 標準化された拡散場補正と様々な人間の頭部関連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に、選手特性の特徴付けに不確実性がある。
- 計算エラー。
- ユーザが音声にさらされやすい。
- 他のソースからのエクスポージャー

これらの不確実性のいくつかは、典型的には数dBであり、3dBの誤差は、100%の線量誤差を構成するので、線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、一定の限界未満のドーズ読み取り値に基づいて、「安全」および「緑」をユーザにシグナリングすることを控えることが提案される。

しかしながら、線量推定は、一般的な傾向を説明するのに関連する。

- 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。
- エクスポージャーが長くなると、リスクが高くなる。
- 音楽のスペクトルコンテンツが考慮される。

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 線量測定

8.1.1 主な関連基準

[EN 50332-1]、[EN 50332-2]、[EN 50332-3]には、PMPにおける線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線量計を記載している。

8.1.2 音響線量測定のコテキストにおける線量の定義

音響線量測定のコテキストにおける線量は、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、露光持続時間40 hの間に80 dB SPL(A)を受けたときに取得される線量は、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、線量は $0.2^2 \cdot 40 = 1.6 Pa^2 h$ となる。

そのような特定の線量は、基準線量として定義することができ、ある期間中の測定された露光推定値は、この基準線量のパーセンテージとして表すことができる。

$1.6 Pa^2 h$ [EN 50332-3]で定義されているように、100%の計算音量(CSD)に対応する100%の週間音量を構成する。

線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 線量計機能のテスト

線量計の機能性は、[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て、線量推定値が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 γ 抵抗負荷を使用して実行され得る。[ITU-T P.381]の測定設定情報を参照のこと。

注- デジタル信号のテスト方法も考慮すべきであり、これ以上の研究のためのものである。

内容レベルを-28から-4dBFSまで変化させた場合([EN 50332-1]のdBFS定義を参照)、および同様に音量制御設定を変化させた場合、出力レベルが3dB増加するたびに、線量が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重み付けフィルタおよび他の詳細な線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頻度応答

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

「リスニングセーフにする」戦略(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装置のユーザ)間での安全なリスニングの促進を通じて聴覚損失のリスクを低減することを目的とする。これを考慮して、安全なリスニングデバイスのための標準は、人々が彼ら自身の個人的な音声露出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、良好な音質の音声出力を維持しながら、ユーザに安全な聴取の選択を与える目的を果たすものとする。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介して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。

この目的のために、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健康コミュニケーションの側面を概説する。

この節は、パーソナルオーディオ装置の製造業者に、ユーザ/消費者の間での安全な聴取実践を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証拠ベースの勧告を提示する。勧告は、ピアレビューされた文献で入手可能な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デバイスのユーザの聴取習慣の研究を通じて得られる。

11.1 安全な聴取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健康コミュニケーションを含める目的

その目的は、ユーザが安全な聴取選択を行うことを可能にするために、ユーザに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「個人使用情報」。
 - 独自のリスニング習慣(日次と週次のサウンド許可の使用)
 - 特定のデバイスの安全なリスニング機能を使用する方法。
- 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、安全なリスニングのための「個人化された推奨事項とアクションのキュー」
- 「一般情報」 オン
 - 安全なリスニングとそれを実現する方法
 - 安全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に、デフォルトでモバイルデバイスを介してユーザと共有されるものとする。

11.2 安全なリスニングデバイスのための標準の一部としての通信のための主要な勧告

安心聴取に関する情報・メッセージは、以下の手順で提供する。

- デバイスインタフェース(適切なビジュアルインターフェイスが利用可能な場所)¹
- 説明書
- 可能な場合、装置の安全な聴取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、装置インタフェースを介してユーザに利用可能である情報の概要を示す。

¹ ユーザが電子デバイスと対話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。

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、ユーザが装置を介して音声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、これは画面上のアイコンを介することができる。アイコンを介して、ユーザは、理解しやすい提示で、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、人は、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、また、ユーザの聴取行動が過去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。

画面のない装置では、情報は、音声キューのような代替手段を介して利用可能にされるべきである。

デバイス(能力がある場合)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の時間と分で聴いた時間。

図11-1は、スマートフォンの視覚的インターフェイスで提供される安全な聴取のための非標準的な例を示している。

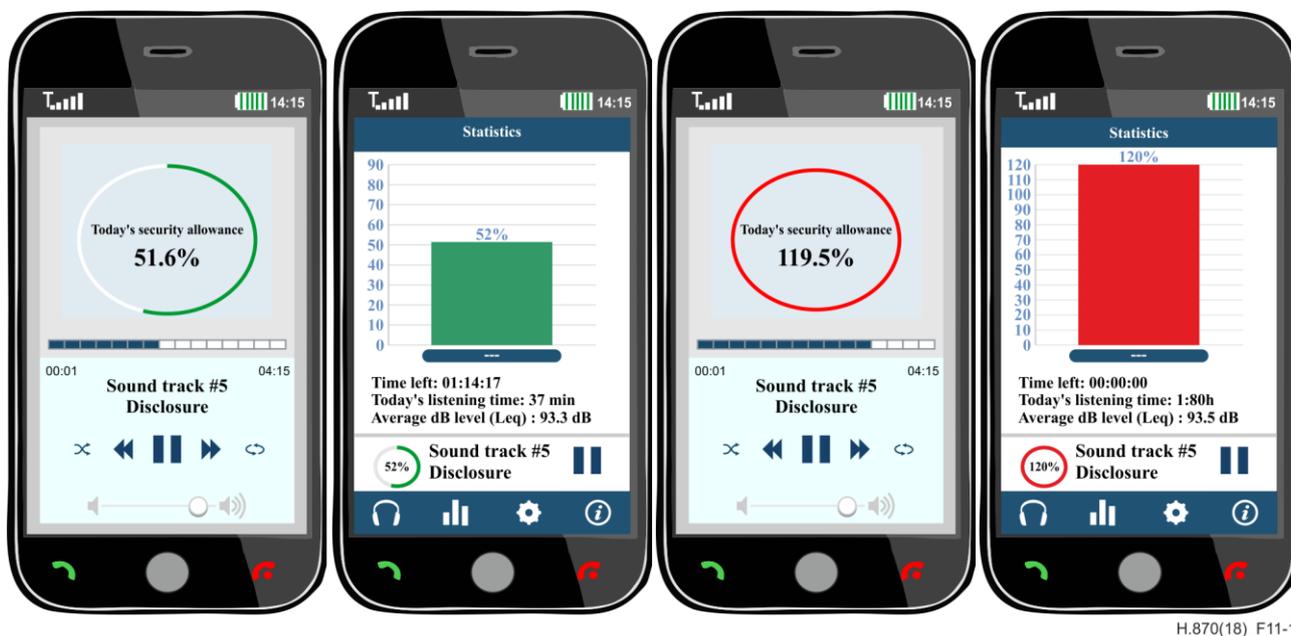


図11-1 - スマートフォンのビジュアルインターフェイスで提供される安全なリスニングのための情報の例

11.2.1.2 メッセージ

装置は、動作のための警告及びキュー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、関連する警告とアクションのキュー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、テキスト及び視覚を介して表現された「警告」を受信し、閾値に達したことを通知し、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。
 - 警告の後に「行動のためのキュー」が続き、このキューでは、ユーザは、継続的な聴取のリスクを受け入れるか、又は聴取を保護するかを選択を提供される。「アクションのためのキュー」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する。

- 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時間枠は、CENELEC の勧告に従う。

- b) 装置は、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/キュー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保証するために、例えば、視覚的、振動的、または可聴的な警告の形態で、マルチモーダルであるべきである。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規範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聴取行動に基づく毎日の要約メッセージを提供し、安全な聴取習慣を奨励し、安全でない聴取習慣に対して意欲を失わせ、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、何が安全に聴取されているか、及びその利点、並びに安全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。

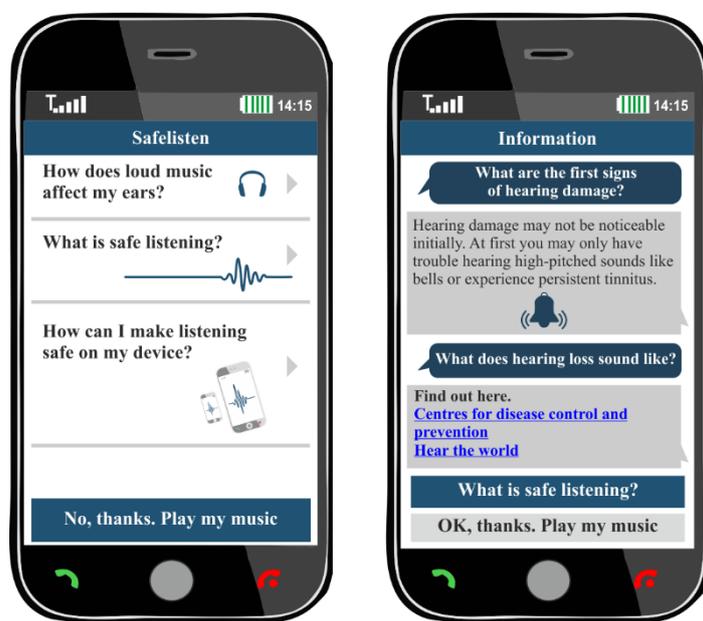
この情報の利用可能性は、別個の認識可能なアイコンを介してユーザインタフェース(ホーム画面)上に示されることが推奨される。図11-3は、スマートフォンスクリーンに表示される安全なリスニングアイコンの非規範的な例を示している。



H.870(18)_F11-3

図 11-3 - スマートフォンの画面に表示される安全なリスニングアイコン

何が安全な聴取であるか、何が安全でない聴取のリスクであるか、デバイスの安全な聴取機能、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関連ウェブページへのリンクを含むべきである。図11-4は、安全なリスニングと外部リンクに関する情報にリンクする画面の非規範的な例を示している。



H.870(18)_F11-4

図11-4 - 安全なリスニングと外部リンクに関する情報にリンクする画面の例

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、装置の使用による安全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キュー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、その不確実性を参照すべきである。

このマニュアルは、装置に関する情報が、他のオーディオ装置からの音露出又は環境音露出の付加的なソース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/警告が装置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されている
- 背景に配置される。

11.2.3.3 ホームページや広告

安全な聴取に関する情報は、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、デバイスインタフェース情報をサポートする、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安全聴取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、評判のよい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損害と、良好な聴取体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指すことができる。

12 環境ノイズ制御

聴取レベルが周囲ノイズのレベルに密接に関連していると仮定すると、周囲ノイズのある程度の減衰を提供するイヤフォンの使用は、ユーザが聴取レベルを下げるのに役立ち、したがって、全体的なノイズ露出を減少させることができる。この周囲ノイズの減衰は、受動的手段を介して、または周囲ノイズの電子的キャンセルを提供する能動ノイズ制御を伴うことによって行うことができる[b-Berger-Voix]。

12.1 背景ノイズの受動的減衰

音楽聴取中に周囲ノイズを制限する第1のアプローチは、イヤフォンの特徴を受動聴覚保護装置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、ハードシェル及びソフトクッションが周囲ノイズの適切な減衰を保証するイヤヘッドフォンの周りで大きくすることができる。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て、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、単に受動減衰を利用し、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、これは、ユビキタスな「ボタンレシーバ」では達成することができず、[ITU-T P.57]のイントラコンハイヤフォンを参照されたい。

12.2 背景ノイズの積極的なノイズ低減

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、イヤフォン内のイヤフォンと同様に、イヤフォンの前後または上のイヤフォンとして、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(周囲ノイズ)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、ユーザの耳道の領域における背景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、周囲ノイズが部分的に低減されるので、着用者が聴取レベルをより安全な値に下げることが可能にすることである [b-Voix,Cocq,Hager]。しかしながら、イヤ内ノイズ分離イヤフォンの適切な適合は、最初に達成すること、および/または、経時的に一貫性を維持することが困難であり得る。ノイズ分離イヤフォンの適合度のわずかな変化は、これらの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。この後者の効果は、優れたノイズ分離および最適な周波数応答のために、完全に密封された耳道に依存する受動イン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

分離イヤフォンは、周囲ノイズを低減するのに効果的であるために、高い減衰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を散らすことは言うまでもなく、日常の活動においてそのような隔離デバイスを使用すること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、周囲ノイズを、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、残りの周囲ノイズをさらに隠蔽するという事実と組み合わせられて、聴覚的状況認識が損なわれることを理解することが容易である。電話をかけている人や自動車のハンキングなどの有用な情報を有する環境ノイズは失われ、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ことになる。さらに、方位角および高さにおけるソースの位置特定、ならびに距離、速度および方向能力の推定は、すべて、ノイズ分離イヤフォンの使用によって影響を受ける可能性がある。

このため、聴覚的な手がかりが重大になる可能性があり(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活動中に、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直面するリスク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

装置は、量制限のための適切な方法をユーザに提供することができることが強く推奨される。これは、所定の基準露出(サウンド許容)限界に関するメッセージを提供し、肯定応答されない場合、デバイスの所望のボリューム出力(選択されたモードに従って80dBAまたは75 dBAのいずれか)に自動的に低減する機能を指す。

実施される場合、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。メッセージが肯定応答されない場合、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、「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

装置は、場合によって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、自分自身の音声露出を制限するために、個々のユーザによって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

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て、PASが安全であると考えられるときに考慮される必要があるいくつかの点がある。[b-ITU-T P.360]は、この点に関して何らかの情報を有する。

- ヘッドフォン又はイヤフォンが接続される際には、システムにトランジェント(望ましくないノイズ)により急激なノイズ(クリック及びポップ)が生じる。
- いくつかのデバイスは、一緒に接続または「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。このような場合には、確認音の音量が安全な範囲である必要がある。

これは、PAD上の「線量計」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、この勧告の不可欠な部分を形成しない。)

WHOは、ITUの助けを借りて、安全な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。

「リスニングセーフ化」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](#))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実施のための線量推定機能

(この付録は、この勧告の不可欠な部分を形成しない。)

II.1 はじめに

この付録では、デジタルメディア信号を測定し、ヘッドフォンの既知のまたは想定される特性を考慮するときに、パーソナルオーディオシステム(PAS)において線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しいエネルギー原理に基づいており、ここで、曝露時間にわたって積分された二乗A重み付け音圧は、線量を構成する。

そのような線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(PMP)における線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線量計を記載している。

II.3

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

音響線量測定のコテキストにおける線量の定義は、A重み付けされ、拡散場補正された音圧である。 p_A

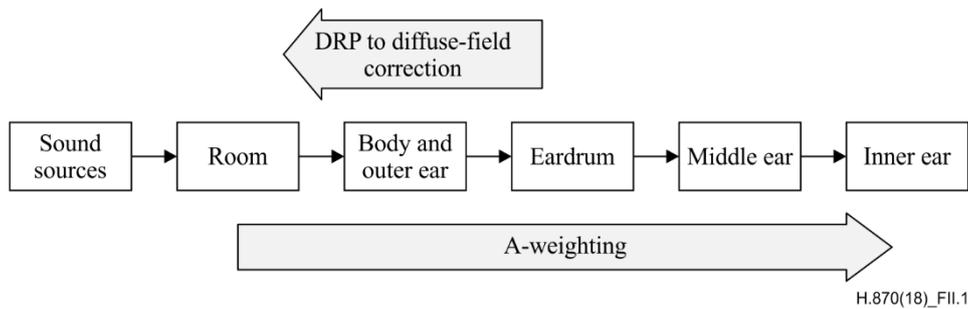
例えば、80 dB SPLを受けたときに取得された線量である40 hの露光時間は、次のように計算される。

– RMS音圧は、である。従って、ドーズはである。 $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0.2 Pa$ $0.2^2 \cdot 40 = 1.6 Pa^2 h$

そのような特定の線量は、基準線量として定義することができ、ある期間中の測定された露光推定値は、この基準線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量を定義する。さらに、それは、7日間のローリングの間に取得された線量のみを考慮する。

II.4 異なる頻度の重み付け

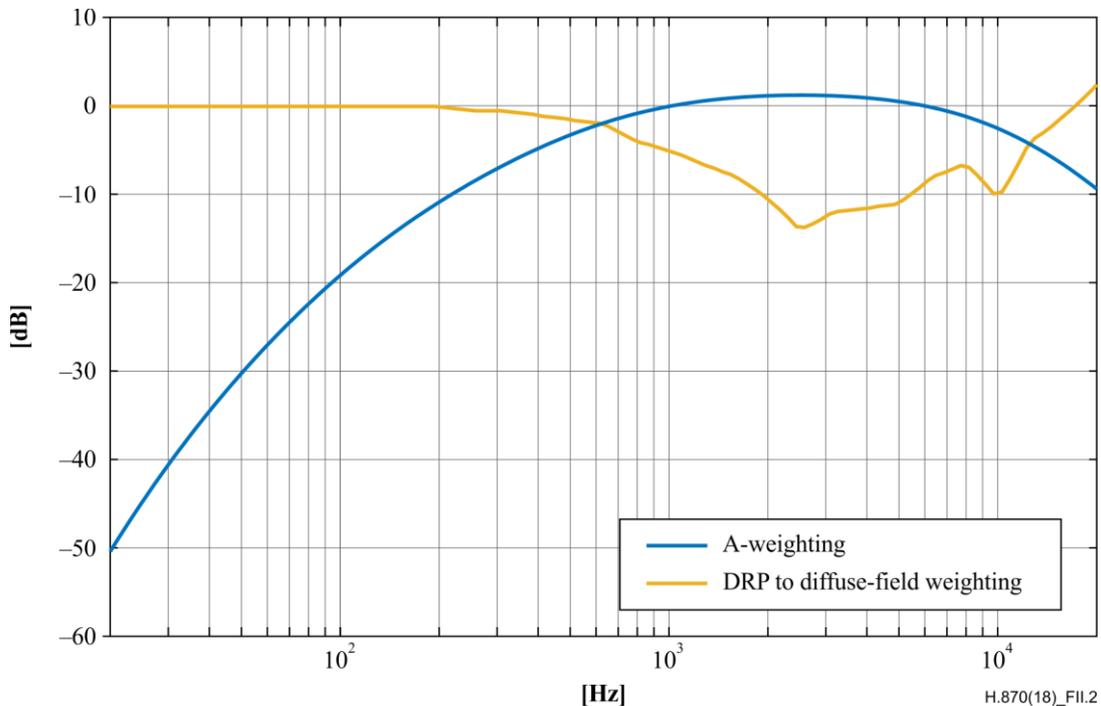
線量推定のための関心のある潜在的な聴力損傷は、内耳のコヒルで起こる(参考のために図II.1を参照)。測定値は、コチルにおけるヘアセルの励起を直接反映するように修正されたことは直感的に理解されるであろう。しかしながら、ノイズによって引き起こされる聴力損失に関する研究の大部分は、例えば工場における「自由場」(厳密に言えば、通常、自由場と拡散場条件との間の何か)における音レベルメーターの読み取りに基づく。したがって、リスク評価および行動限界は、そのような読み取り値に基づく。A重み付けは聴力損失リスク評価のために特別に開発されたものではないが、研究は、自由場における音レベルメーターの読み取り値が、二乗A重み付け音圧が露光時間にわたって積分されるときに、観察されたノイズ誘発聴力損失と合理的に良好に相関することを示している。



図II.1 - さまざまな頻度に特定の重み付けを与えるための、測定で使用されるさまざまな補正の役割の概念図

イヤフォン/ヘッドフォン/ヘッドセットの特性が、ヘッド及びトーンシミュレータを用いてイヤードラム基準点(DRP)で測定される場合、拡散場補正は、測定値を、自由/拡散場における典型的な音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いたもので、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-weightingとDRP-to-diffuse-field weightingを示している。

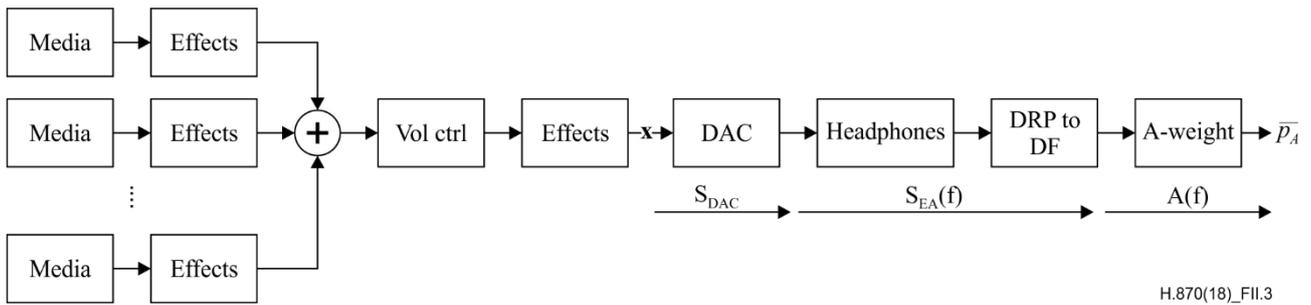


図II.2 - A-weighting [IEC 60268-1]とDRP to diffuse-field correction/weighting [ITU-T P.58]5 パーソナルオーディオシステム(PAS)における信号キャプチャポイント

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好ましい線量計キャプチャポイントの例を含む。

典型的には容易に入手できないので、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装置)内のデジタル信号と、PAD及びヘッドフォンの他の既知の特性とに基づいてどのように推定するかを示す。 p_{APA}

表II.1に、線量推定に必要な量を示す。



図II.3 - オーディオプレーヤーシステムの例と推奨線量計キャプチャポイント

表II.1-線量推定に必要な数量

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に、PASオーディオシステムに取り込まれる、左チャンネル及び右チャンネルのためのデジタル信号。	サンプル値
S_{DAC}	デジタル-アナログ変換器および後続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。	Volt/sample値
$S_{EA}(f)$	イヤードラム基準点(DRP)で測定され、次いでDRPを使用して補正されて、周波数範囲20~20kHzの拡散場補正を行う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]、拡散場補正については[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
$A(f)$	重み付けフィルタネットワークについては、一般的な仕様については[IEC 61672-1]、線量計設計目標については[IEC 61252]を参照のこと。	Volt/Volt
T	セグメントの継続時間。	時間

II.6 左右チャンネルの取り扱い

結果の実装および解釈を簡単にするために、左チャンネルおよび右チャンネルの電力平均が単一の線量推定に使用される。

II.7 Dosimeterの実装例

離散時間、セグメントベースの実装では、1日/1週間の線量の推定は、それに応じて、時間領域または周波数領域で実装することができる。

- 1) (典型的には1秒の時間ウィンドウにわたって)信号xのチャンネル当たりn個のサンプルを取得する。DAC、ヘッドフォン、およびA重み付けを考慮するために信号を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、セグメント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) 線量寄与を、以前に累積された線量推定値に加える。

$$\overline{dose}_m = \overline{dose}_{m-1} + \overline{dose}_{segment}$$

- 4) (オプション):現在の日と前の6日の用量の読みを提示する。
- 5) (オプション):総線量を基準線量のパーセンテージで表す。
- 6) 午前0時を過ぎている場合、終了日の用量を格納し、1日の用量をゼロにリセットし、新しい日の用量を測定する。

注- 累積線量の記憶は、単一のセグメントからの小さな部分を無効にすることを避けるために十分な精度を有するものとする。

II.8 計算の複雑さの処理

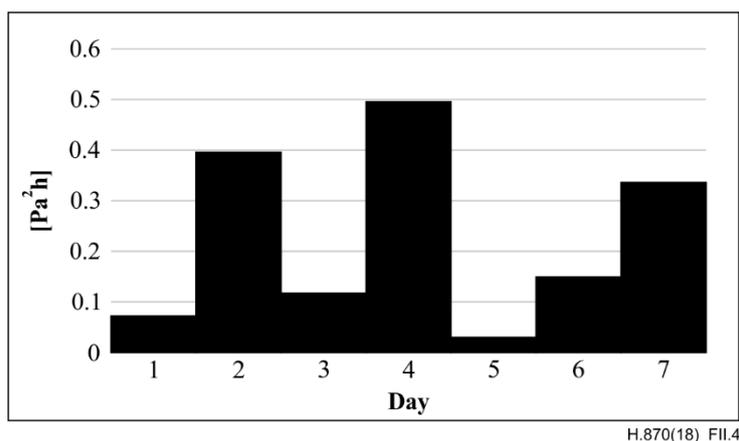
計算リソースを節約し、バッテリー時間を増加させるために、信号を(アンチエイリアシングフィルタなしで)デシメートすることができる。音楽および音声信号については、精度が十分であることに注意すべきである。デシメートされた信号に対して、フィルタリングが適切なままであることにも注意すべきである。

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用量の処理

7日間のローリング期間中に、各日の用量推定値を格納することが推奨される。今日および前の6日間の累積量は、第II.3節で説明した基準量と比較される。

図II.4は、7日間の線量蓄積の例を示しており、合計1.6Pa²h、すなわち計算された音量100%を構成する。



H.870(18)_F11.4

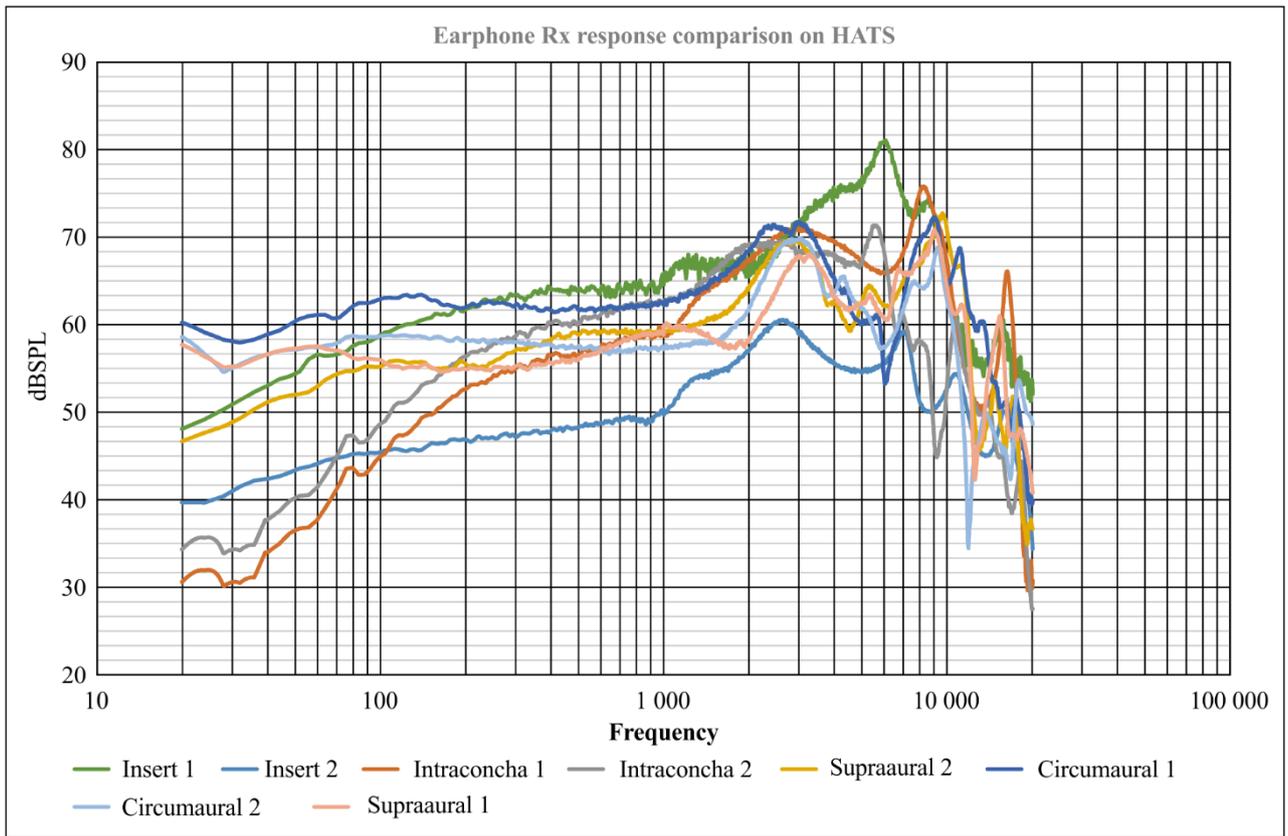
図II.4 - 7日間にわたる用量の累積の例。これは、全部で1.6²/秒、したがって100%のCSDを構成する。

II.10 ヘッドフォン特性不明の場合

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

- 最大許容ヘッドフォン感度は、75 mVのシミュレートされたプログラム信号特性電圧(SPCV)を意味し、[EN 50332-2]および[ITU-T P.381]を参照されたい。
- 拡散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、(識別するときに関連する)32 Ω である。 S_{DAC}

これは、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。 $S_{EA}(f)$



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変動の説明

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]による最大許容感度のヘッドセット特性の1/3オクターブ帯域での例証

注- [IEC 60268-1] programme simulation noise signal of 75 mV は、94 dB SPL(A)の音圧レベルを生成する。

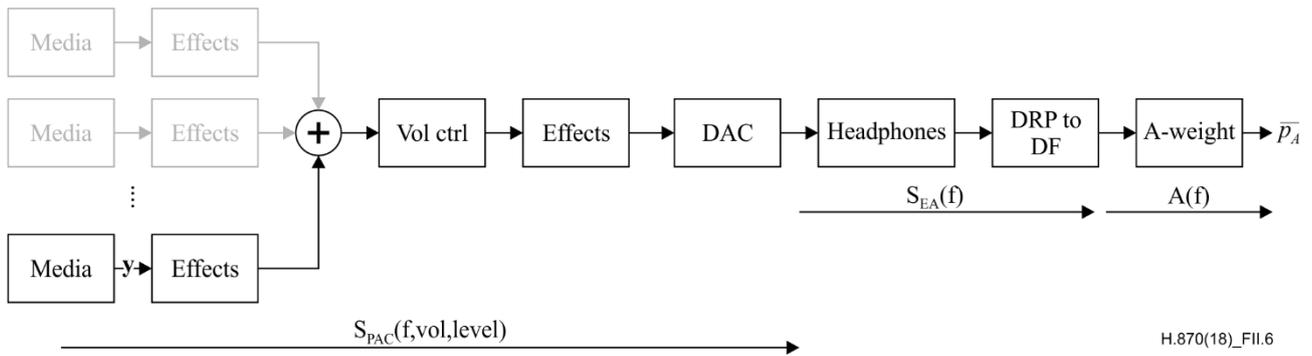
Programme simulation noise			Headset response			A-weighting			A-weighted acoustic		
IEC 60268-1 (adjusted for 75 mV)			Flat DF-corrected response			IEC 61672-1			EN 50332-1		
			SPCV = 75 mV; EN 50332-2								
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V ²]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa ²]
20	-48.56	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、単純化された線量計は、次のように実装されてもよい。

信号が装置の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流のデジタル・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体のシステム識別 S_{PAD} は、可能な非線形処理を説明するために、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。プレイヤーの特性は、頻度、音量制御設定、および潜在的に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プレイヤーオーディオシステムの例

II.12 線量計機能のテスト

線量計の機能性は、[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て、線量推定値が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 γ 抵抗負荷を使用して実行され得る。[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、および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3dBの増加毎に、線量が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重み付けフィルタおよび他の詳細な線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。

- 製造許容度に起因する単一モデルのヘッドフォン特性の変動。
- ヘッドフォンの種類不明による変動
- ヘッドフォンの種類を誤って手動で選択したことによるエラー。
- 特徴付け中に人工耳に適合する変動。
- 人工耳と実際の耳との間の不完全な関係。
- 標準化された拡散場補正と様々な人間の頭部関連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選手特性の特徴付けの不確実性
- 計算エラー。
- ユーザが音声にさらされやすい。
- 他のソースからのエクスポージャー

これらの不確実性のいくつかは、典型的には数dBであり、3dBの誤差は、100%の線量誤差を構成するので、線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、一定の限界未満のドーズ読み取り値に基づいて、「安全」および「緑」をユーザにシグナリングすることを控えることが推奨される。

しかしながら、線量推定は、一般的な傾向を説明するのに関連する。

- 高いシグナルは高いリスクを意味する
- エキスポージャーが長くなると、リスクが高くなる。
- 音楽のスペクトルコンテツツが考慮される。

付録Ⅲ

玩具の欧州規格EN 71-1

(この付録は、この勧告の不可欠な部分を形成しない。)

欧州規格[bEN 71-1]第4.20節「音響」は、テーププレーヤ、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) 耳に近い玩具によって生成されるA重み付けされた放出音圧レベル L_{pA} は、自由場で測定される時、80dB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重み付き放出音圧レベル L_{pA} は、イヤカプラを使用して測定した場合、90dB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重み付きピーク放出音圧レベル L_{pC} ピークは、115dBを超えてはならない。

... f) 玩具によって生成されたC重み付けされたピーク放出音圧レベル L_{pC} ピークが110dBを超える場合、聴覚に対する潜在的な危険性は、警告によってユーザの注意に引き付けられる(7.14参照)。

注- [b-EN 71-1]の8.28節では、玩具の発音圧レベルの決定方法を規定している。

[b-EN 71-1]の第7.14節「音響」は、高いインパルス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、以下の警告を伝えることを規定する:「警告」。耳の近くを使わないでください!ミスは聴力を損なう可能性がある。

[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、子供の聴道は大人よりも小さいので、高周波音に子供をより敏感にする異なる増幅があるという意見を保持する科学者がいる。衝撃音は、非常に短い時間要因のために、人間の耳が音レベルを決定することが非常に困難であるため、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回のみ露出の後に生じることがあるという事実である。

付録Ⅳ

「音楽」対「ノイズ」

(この付録は、この報告の不可欠な部分を形成しない。)

[b-Neitzel and Fligor]からは次のようになる。

LindgrenおよびAxelsson (LindgrenおよびAxelsson 1983)は、非音楽ノイズへの露出に起因する一時的しきい値シフト(TTS)の研究において10人の被験者を検討し、これらの露出は、同じ持続時間の音楽ノイズおよび全体的でA重み付けされた音圧レベルからのものを超えるTTS重大度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を経験したが、6人は、非音楽露出からのTTSが、音楽露出からのTTSよりも大きいことを経験した。これは、音声の内容と、結果として生じる露出の主観的知覚とが、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する。別の研究では、AxelssonとLindgren (AxelssonとLindgren 1981)は、聴衆加盟国よりも少ない音楽家の間でTTS効果を文書化した。

Strasser、Erle、およびLegler (Strasser et al. 2003)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露出について10人の被験者を研究した。古典的な音楽(2時間露出、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て、実質的により少ないTTS (10dB対25dB)、ならびにエネルギー的に等価物産業レベル(1時間94dB)に関連し、ずっと速く(100分対800分)回復したことが分かった。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、Irlle、and Scholz (Strasser et al. 1999)は、4つのエネルギー的に類似した露光(94dB for 1 hr)、すなわち、白ノイズ、工業ノイズ、ヘビーメタルミュージック、クラシック産業ノイズおよびヘビーメタルミュージックは、同様の量のTTSを誘発し、回復するために同様の持続時間(すなわち、復元時間)を必要とすることが分かった。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分かった。以前の研究と同様に、この研究は、クラシック音楽への露出の潜在的に異なる結果を、他のタイプの音楽および産業ノイズとは強調する。

Mostafapour 1998(Mostafapour et al. 1998)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的に調べた。彼らは、(火器の使用と同様に、多くの職業上および非職業上のイベントへの自己報告された参加を介して評価された)ノイズ露出を、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ら(Swansonら、1987)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分の持続時間にわたって露出させた。両方の露光は、4kHzおよび6kHzでの顕著な露光後聴力測定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中で、音楽露出から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、音楽露出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、oによって悪影響を受ける/偏る可能性がある認知要素、動機付けの損失、またはフラストレーションを伴うことに留意されたい。

付録V

stapedius muscle reflexで

(この付録は、この報告の不可欠な部分を形成しない。)

音響中耳反射としても知られているStapedius muscle reflex (SMR)は、耳が高強度音にさらされたときに、オスシクルのスタペディウスおよびテンソル・タインパニ・ミューシユル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]。スタペディウス筋の収縮は、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、コチルへの振動エネルギーの伝達を減少させるために適所にあると考えられる。人間の音響中耳反射のしきい値は、かなりの個々の変化があるが、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、この報告の不可欠な部分を形成しない。)

聴覚システムには蓄積段階があり、回復段階がある。職業設定の現在の線量測定では、これを考慮に入れていない。眠っている四半期が静かでない(船)場合があり、その場合、眠っていることは「静か」であると考えられず、詳細は将来の研究のためである。より多くの情報が必要である。

音響トラウマは、聴覚システムに直ちに損傷を与える音への単一の露出である。これは、時には、音声負傷と呼ばれる。

一般に、音響トラウマの閾値レベルは、200Paまたは140dB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79.6Paまたは132dB SPL(ピーク)[b-Price 1981]と低くてもよいことを示唆している。

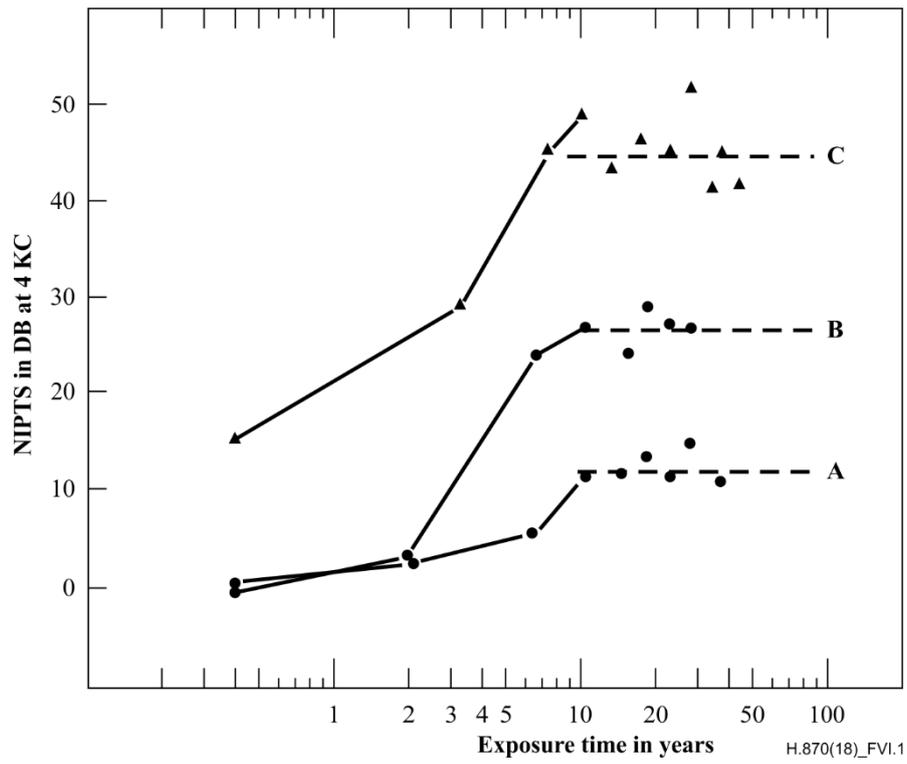
音によって引き起こされる聴覚障害は、ドーズ効果関係に従うことが知られている。音の「過剰量」は、代血過負荷をもたらし、コチルおよび一次聴覚神経ファイバにおける構造のアポトシスにつながる。

職場のノイズエクスポージャー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。

- 8時間の毎日の露光のための85 dBA、作業寿命(5.06ペア²)にわたる40時間の毎週の露光(「マテリアルヒアリング障害」の危険のある8%)。
- 8時間の毎日の露光のための90 dBA、作業寿命(16²h)にわたる40時間の毎週の露光(「マテリアルヒアリング障害」の危険のある25%)。

単一数レベルの制限は、十分に確立された科学を無視する。

[b-Nixon-Glorig 1961]は、2年間の露出後、永久的な聴力損失が、92 dBAに露出されたグループについては4kHzで、97 dBAに露出されたグループについてはすでに4ヶ月後に発生し始めることを実証している。[b-Nixon-Glorig 1961]から適合された図VI.1は、ノイズ誘起永久閾値シフト(NIPTS)を、3レベルのノイズでの労働者のノイズへの何年もの職業的露出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、4kHzのテストトーンに対するものであり、データポイントはメディアンである。平均A加重音レベルは、グループAについては83dB、グループBについては92dB、グループCについては97dBであった。



図VI.1 - 3つのノイズレベルでの労働者のノイズへの何年もの職業的な露出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

健康コミュニケーションの例

(この付録は、この勧告の不可欠な部分を形成しない。)

VII.1 デバイスインタフェースのアクションメッセージの警告とキューを作成するための勧告

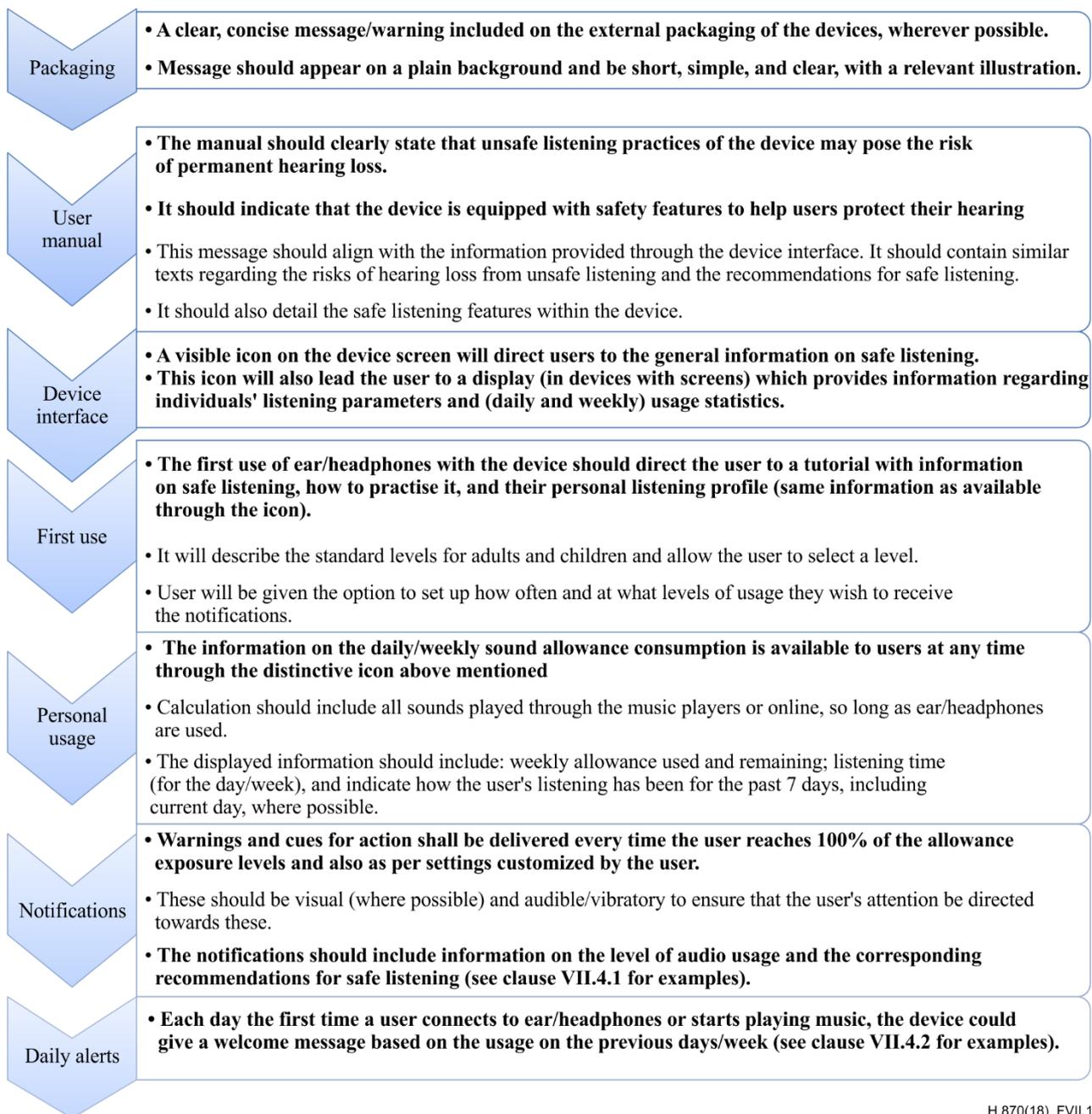
メッセージは、上述の要因を考慮して作成されるべきである。メッセージは、注意を集め、関心を深め、安全なリスニングを実施することをユーザに奨励することを目的とすべきである。彼らは、行動可能な情報を共有し、実行可能な代替行動を提供し、安全なリスニング実践を促進すべきである。

このようなメッセージ/キューを開発する際に考慮すべき点は以下のとおりである(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た、非反復的な方法で情報を伝えることができる各メッセージの3~4の変形があるべきである。
- テキストは、第8グレード・レベルより下で書かれた、専門用語のない平文言語を使用して、大多数のユーザが理解できるようにすべきである。
- 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とする。
- 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 安全なリスニングデバイスのための標準の一部としての情報の提案されたフロー(例)

図VII.1は、この勧告の通信の側面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 - 安全なリスニングデバイスの標準の一部としての情報の流れ

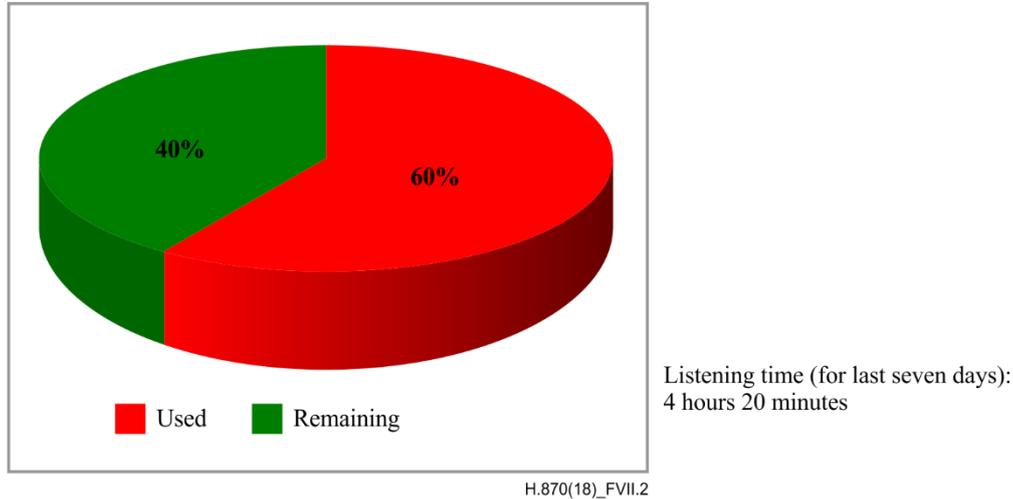
VII.3 聴取パラメータに関する情報をユーザに伝達する方法の例

明確に認識可能なアイコンを介して、ユーザは、ユーザの聴取習慣に関する情報が格納され、視覚化され、解釈されるデバイス上の「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、安全でない聴取習慣が発生したかどうか(およびどのタイプの聴取習慣が発生したか)を学習する。ユーザの聴取習慣の視覚化は、以下を含む。

- 週次音響手当の使用のグラフ表示
- 1.色分けされたディスプレイを介した毎日の音声露出のグラフィック表示。
- 毎日、過去7日間の聴取時間(時間と分)。

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 ユーザがいつでも許可をどのように使用したかに関する情報

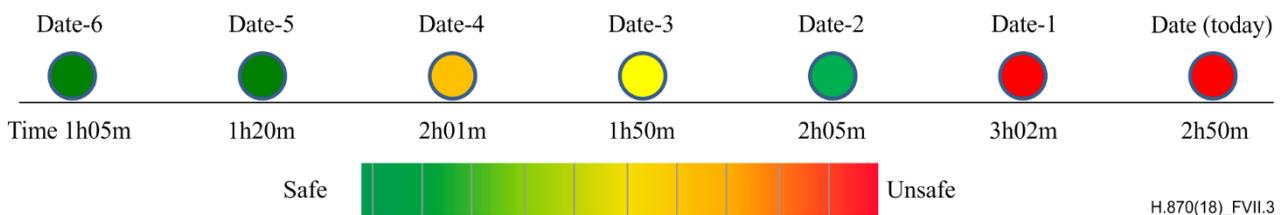
この表示のために、1日の最大許容値は、1週間の許容値を7で割った値(1週間の許容値の約15%)に等しくなる。

過去7日間の使用(今日を含む)は、様々なレベルの使用、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、を示す色の範囲によって示される。

この通信の目的のために、各日は別個のユニットとみなされ、その日の色分けは、前日の露出を考慮に入れない。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て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 - ユーザがオーディオコンテンツを聴くのに費やした1日の時間全体に関する情報

VII.4 アクションの警告とキュー

この節では、安全なリスニング機能のアクションに関する警告とキューの例をいくつか示す。

VII.4.1 週次使用に基づく警告およびキューの例

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80%の余裕を費やしている。聞こえないように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/個人の使用情報に行く

OR

- こんにちは! 最近多くの音楽を再生しているように見える。聴力を保護するために、なぜ短い途切れを取らないのか。
- 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の使用情報に行く

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)

- これで、安全なリスニング許可の100%を超えた。安全でない聴取は、聴取にリスクを与える。
- 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の使用情報に行く

OR

- こんにちは! あなたは最近あまりにも大きな音楽を再生した。途切れて聞こえないように注意してください。
- 音量を減らす/聴くのを止める/警告を無視する/個人の使用情報に行く

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可の使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) ほとんどの場合、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。

- 良好なジョブ。これは、よく聞く方法である。

OR

- 良い仕事!無限の楽しみのために、音楽を安全に再生し続けてください。
- 完了した。安心して聴くことができ、楽しむことができる。

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

- 安全に注意して聞いてください。
- こんにちは! 大量に楽しむこともあるようである!無限の楽しみのために、注意し、あなたの聴覚を保護してください!
- 音量を下げることで、より長く安心して聴くことができる。

c) ほとんどの黄色/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!音量を下げておいて、より長く安心して聴くことができます。
- こんにちは! 音楽が大きく楽しめることもある!無限の楽しみのために、注意し、あなたの聴覚を保護してください!
- Hey! あなたは、あなたがどのように聴くかを見るべきである。

d) ほとんどの場合赤色(ほとんどの日の許容範囲を超える):

- 聴覚を危険にさらしている。音量を低く保ち、安心して聴くことができる。
- こんにちは! 聴き方を見る必要がある。それを下にする。

- こんにちは! あなたは本当に大きな音楽を楽しんでいるようである!聴覚を危険にさらさず、無限の楽しみを持たないでください。

VII.4.3 肯定的なフレームと否定的なフレーム、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

正のフレーム

- 安全なリスニングのために、毎日の許容範囲を超えている。音量を小さくしておく、聴く危険がなく、より長く安全に聴くことができる。それを下にする。

ネガフレーム

- 安全なリスニングのために、毎日の許容範囲を超えている。このように聞き続けると、いつまでも聞こえてしまう危険性がある。それを下にする。

理性に訴えるメッセージ

- この証拠は、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。音量を下げる。

感情に訴えるメッセージ

- ひとたび聞こえなくなると、戻らなくなる。安全に聴く。音量を下げる。

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/
- [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 (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>
- [b-Portnuff] Portnuff C.D., Fligor B.J., Arehart 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> (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.