

WHOとITUの合同標準 Safe Listening 勧告概説



慶應義塾大学大学院
政策メディア研究科 特任教授

かわもり まさひと
川森 雅仁



世界保健機構 (WHO)

しゅりー ちゃだ
Shelly Chadha

1. はじめに

本稿では、WHOとITUが協力して策定した難聴予防に関する標準H.870 “Guidelines on Safe listening devices and systems”について、その背景と内容について概説する。

1.1 WHO-ITU共同標準化の背景

WHOの発表によれば12歳～35歳の全世界人口のうち4300万人難聴であり、約11億人が難聴になる危険性があるとされる。WHOが特に問題視しているのは、世界的な若年難聴者の増加である。同様のことは、日本でも2000年代初頭から一部では指摘されており、例えば、「ヘッドホンー長時間聞くと難聴誘発」(1996年8月30日茨城県統計課発表)というような調査結果も存在する。さらに、現状では、社会の高齢化とも相まって難聴者は全人口の約11.25% (約1400万人) という統計が出されている。

このような背景から、WHOでは、2015年にMake Listening Safe「安全に聴こう」キャンペーンを開始した。

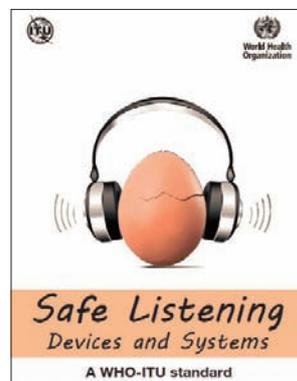
また、これに続いて2017年5月の第70回世界保健総会 (World Health Assembly) の、疾病もしくは公衆衛生関連議題の決議において、難聴、失聴対策がトピックとして採択された。この決議によって、失聴・難聴の問題は、喫煙、生活習慣病、ガンなどと並んでWHOの対処すべき重要項目となった (WHA-2017^{[1])}。

この具体的な内容は以下のようなことを含む：

- 娯楽施設及び個人用オーディオシステム使用の際の騒音規制を策定し、実施する。
- セーフリスニング基準、スクリーニング手順、セーフリスニングを促進するソフトウェア、情報製品の開発と促進によって、娯楽上の騒音へのばく露による聴覚障害を減らすことを目的として、全てのステークホルダーとの協力体制を強化する。
- 娯楽上の騒音にさらされている人を含む高リスク集団の聴覚障害といった耳疾患を早期発見するためのスク

リーニング・プログラムの開発、実施とその監督を行う。このように、WHOはセーフリスニング基準の策定のために、メーカーや消費者団体を含むステークホルダーとの協力体制を確立することが求められ、特に標準の作成に於ける舞台として選ばれたのが、ITUである。実は、ITUは、このWHO決議採択に先立って、その1年ほど前の2015年10月からWHOと共同で標準化団体 (IEC、CENELEC、CTA等)、メーカー、医療関係者等を集めてSafe Listeningに関するワークショップを開催し、そこで、個人用ミュージックプレーヤー (Personal Audio System : PAS) の使用を対象にした、標準化活動をITU-T Q28/16が開始することに合意していた。

このITUとWHOとの協力体制で、メーカーや関係諸団体と協力して議論した結果、勧告化されたのが、ITU-T Rec. H.870 : “Guidelines for safe listening devices/systems”である。これは、ITU-T勧告として2018年10月に完成し、その後、WHOの中で体裁などを整えた後、WHO-ITU Standard : safe listening devices and systemsとして、2019年2月に発表された。



■ 図1. WHO-ITU標準の表紙



■ 図2. WHO-ITU Safe Listening Standardを発表するWHO事務局長のテドロス・アダノム氏

この標準は、2019年2月14日に記念式典がジュネーブのWHO本部内で執り行われ、WHO事務局長のテドロス・アダノム氏が直々にその重要性について発表した。式典会場

には、グラミー賞を受賞したミュージシャンを呼んでコンサートまで開かれた。WHO本部内でポピュラー音楽のコンサートが開かれたのは初めてではないか、とのことで、事務局長も曲に合わせて踊るなど、WHOとは思えない光景であったが、これもWHOが本標準勧告完成をいかに評価しているか、ということの現れであると思える。

1.2 勧告化作業

上記のように、H.870はWHOとITUの共同作業としてITU-T Q28/16で勧告化が進められた。勧告化作業には、IECやCENELECの標準化団体、Audiologistと言われる難聴の専門医、PASの製造メーカー、補聴器メーカー、ヘッドホンメーカーなどが中心的に参加した。またユーザー団体として、世界ろう連や国際難聴者連盟なども積極的に議論に参加した。また、ITU-T側では音の品質のグループとしてSG12も議論に参加した。日本からも慶應大学、KDDI、国際医療福祉大学が当初より寄与してきた。これらの多彩な参加者の貢献の結果H.870は完成された。

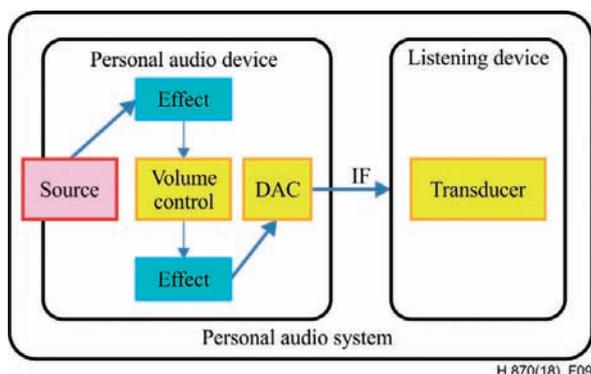
2. WHO-ITU標準H.870の概要

本章では、H.870の概要を述べる。

2.1 Personal Audio System (PAS) とは

H.870の主なる対象は、Personal Audio System (PAS) と呼ばれる音楽視聴用の携帯端末である。(プレーヤーとイヤホンに合わせてシステムと定義)。また、補聴器や通信機器は本勧告の対象外であり、また個人用ではないプロ用製品も対象外である。

PASは、音楽を再生するPersonal Audio Deviceとその音源を耳に伝えるイヤホンなどのListening Deviceからなる。図3は、その機能を概念的に記述したものである。



■図3. PASのアーキテクチャー

図3においてSourceとされている音源は、Personal audio device内に蓄積されたものか、あるいはネットワークを通じてストリームされるものの両方を含む。

2.2 音と難聴

ここで音について少し復習しておこう。音とは、振動する物体によって空気のような媒体内に発生された波である。波は、物質を移動せずにエネルギーを移動させる。音波のエネルギーは、鼓膜を通して内耳に伝わり、最終的に脳に伝わって音声として認識される。音波の速度は、媒体の性質に依存し、また空気の温度に幾分依存する。室内温度(20℃)では、音速は毎秒344メートル(m/s)であり、1,238km/hに相当する。

このように、音とは空気等を通して伝播するエネルギーが、耳に到達するものであるが、この音のエネルギー及び音圧が、普通、音の大きさに関係するとされている。この際、気圧の単位が通常Pa(パスカル:Pascal)で表されることに注意したい。Paは天気予報でなじみ深い単位だが、例えば、伊勢湾台風は、約930ヘクトパスカル=93,000Paあったと言われている。より身近なところでは、室温で水が沸騰するのに要する気圧は、2,600Paだ。人間の耳は非常に敏感で、0.00002(=20x10⁻⁶)Paの音圧を認識するとされ、これが人間の最少可聴閾値とされる。

耳は、外耳、中耳、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、耳小骨(ツチ骨、キヌタ骨、アブミ骨)等からなる。内耳は、耳の最も内側の部分であり、蝸牛が重要な器官である。振動としての音は耳に達すると、耳介で集められ波形として外耳道から鼓膜に至り、鼓膜の振動によって、機械エネルギーに変換される。この機械エネルギーが耳小骨を経て内耳の蝸牛に伝わる。

蝸牛はカタツムリのような形をした器官で、その中はリンパ液で満ちており、また有毛細胞と呼ばれる細かい毛のような細胞が何万とある。音波の機械エネルギーが蝸牛でリンパ液の振動に変換され、それにつれて有毛細胞がなびき、電気信号を発生させる。この電気信号が聴覚神経を通じて脳に伝わり、脳内で、音として認識される。

耳が過度な音にさらされると、有毛細胞は激しく揺れ動き、過剰な刺激にさらされることになる。有毛細胞が過剰に刺激されると、これらの有毛細胞は疲弊し、音に反応しなくなる。この結果、一時的な聴力損失が数分から数日間続く。しかし、しばらくの間、耳を休めると、有毛細胞は回復し再び音に反応するようになる。

しかしながら、過剰な音に何回も繰り返さらされると、



有毛細胞は回復する能力を失い消滅する。これが、永続性閾値変化 (PTS)、すなわち、不可逆的な蝸牛有毛細胞損傷によって引き起こされる永久的な失聴につながる。

このように、長時間、大きな音圧を有毛細胞に与え続けることは失聴、難聴の原因の一つとされており、大きな音圧の音にさらされている時間を管理することは、難聴予防の一つの方法であると言える。

2.3 等価エネルギー原理と音圧ばく露理論

WHO-ITUのSafe Listening Device標準の基準値は、等価エネルギー原理 (Equal Energy Principle) という仮説とそれに基づく「(音圧) ばく露量 (Dose)」という概念に基づいている。この仮説は、以下のように定義される。

「時間軸上のエネルギーの分布に関係なく同じ量のエネルギーは、同一の難聴を引き起こす」

言い換えると、「少ないエネルギーの音を長時間聴くこと」と「大きなエネルギーの音を短時間聴くこと」は、耳に対して同じ影響を与える可能性があるという仮定である。

これは、あるdBで規定された音圧を上限とし、それをCut-offポイントとみなす現在の欧州基準とは違ったアプローチと言える。

2.4 dB (デシベル) 表示の問題点

従来、音エネルギーはデシベル (dB) という単位で表現されるのが普通である。しかしながら、デシベルという単位は、音や難聴関係でいくつもの変種があり、混乱を招きやすいという問題がある。例えば、H.870の中でも以下のような異なったデシベルを基にした単位が紹介されている。

- dB: 相対値としてのもとのデシベル
- dB SPL (Sound Pressure Level): 人間の1kHzの周波数で聴くことができる最小値20 μ Paに対する音圧比
- dB (A) (A特性dB): dB SPLに聴感補正回路としてA特性という「重し付け」を加えたデシベル
- dB HL (Hearing Level): 周波数ごとの標準的な可聴閾値との差を表すデシベル
- dB FS (Full scale): 電気信号の最大値と比較した比を表すデシベル

難聴対策の際にデシベル単位を用いることのもう一つの問題点は、それが対数に基づく表現であるため、音エネルギー量の大小に関して誤った印象を与えやすい、という点が上げられる。この意味で、音圧を気圧などと同様パスカルPa (Pascal) 単位で表現した方が、音圧の大小の違いを

理解しやすい。以下に例としてデシベルとパスカルの対応を幾つか示す:

- 0dB (SPL) = 0.00002 (= 20 x 10⁻⁶) Pa (= 人間の最少可聴閾値)
- 60dB (SPL) = 0.02Pa (= 普通の会話の音圧)
- 80dB (SPL) = 0.2Pa
- 94dB (SPL) \approx 1Pa
 - (1ドル紙幣が表面に与える圧力)
- 100dB (SPL) = 2Pa
- 140dB (SPL) = 200Pa = 聴覚可能な最少閾値の10⁷ (10 million) 倍の圧力
 - (普通の会話の音圧の1万倍)

例えば、耳の可聴音圧の限界とされる140dB (SPL) は、デシベルで言うと、普通の会話の音圧60dB (SPL) の2倍程度だが、パスカルで表現すると一万倍の音圧がかかるということが理解でき、いかに大きな音圧なのかが直感的に分かりやすい。

2.5 音ばく露量測定法 (sound dosimetry) について

音ばく露量 (dose) とは、職場での騒音安全対策ではよく使われている概念で、どのくらいの音圧の音に、どのくらいの時間さらされていたか、ということを表す数値である。H.870では、これを測定する計測装置をdosimeter (ばく露計)、またその測定法をdosimetry (ばく露量測定法) と呼ぶ。音楽環境での用法はCENELECの^[2]で、詳しく規定されていて、H.870もそれを踏襲している。

H.870でのばく露量Dの定義は以下のとおりである。

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

ここで p_A は、A特性音圧で、dB (A) で表される。Dの単位はPa²h (平方パスカル時) である。この式から、例えば、80dB (A) の音を40時間聞き続けた場合のばく露量は1.6Pa²hであることが分かる。

2.6 WHO/ITUの安全なばく露基準

WHOとITUは、専門家たちとの議論の結果、エビデンスに基づいた安全基準をPASを対象に設定することで合意した。難聴に関しては、職場環境での騒音による難聴の発生について長い間研究がなされており、かなり標準化されている部分もある。PASに関する統計は存在しないが、同一エネルギー原則に基づき、音楽の視聴に関しても、職場における騒音に関する研究が適用できる、という前提で



標準化を進めた。これは、根拠のない基準ではなく、少なくとも現状で確かに難聴にならないレベルの音圧を安全基準にする、ということを目指した。

従来、騒音に関しては、等価騒音レベル L_{Aeq} (A特性で重み付けした音響ばく露エネルギーの時間平均レベル) という概念が一般に使われており、80dB(A)の音圧に1日8時間、1週間(実際は5日労働で総時間40時間)さらされた場合のエネルギー量までは、ほぼ安全(低い確率でしか失聴が発生しない)、という基準が知られている。上記のように、80dB(A)の音を40時間聞き続けた場合のばく露量は $1.6Pa^2h$ に当たるので、PASでの音楽視聴の場合にも、この値を上限とすれば耳にとっては安全だということが言える。

このような議論から、H.870では、次のような安全基準を提案している。

●安全基準1(成人の標準レベル) :

「連続した7日間でのPASによるばく露量が $1.6Pa^2h$ を超えないこと。」

この数値は、現在までの騒音に関する研究によって支持される数値であり、前述のCENELECでも提案されている基準である。

一方、WHOとITUでの議論に参加した専門家たちによって、同じ騒音に関する研究によって、音にさらされた場合に全く失聴が発生しない基準として平均75dB(A)で40時間視聴した場合のばく露量が紹介された。WHOのMake Listening Safeの主目的の一つが、若年層の難聴を減らすことであるため、H.870では、この基準値を、子供など、耳のケアがより必要な対象についての基準とすることが議論され採用された。

●安全基準2(子供、または敏感なユーザーの場合)

「連続した7日間でのPASによるばく露量が $0.51Pa^2h$ を超えないこと。」

この基準は、特に子供を対象としたという点で今までになかったもので、H.870の画期的な特徴の一つとなっている。

H.870は、WHOと共に、上記のばく露量を1週間の許容ばく露量(Sound allowance)として、PASにモニター機能を備えることを提言している。また、この際、 Pa^2h という単位では、分かりづらいので、表示方法については、各社のデザインにより、分かりやすいものにするのを推奨している。このモニタリング機能は、今年になって既に実装する会社が現れている。

2.7 その他の重要項目

上記の音量ばく露理論とそれに基づく音圧の二つの安全基準がH.870の重要な勧告内容だが、その他にもWHOとITUがこの勧告で推奨している重要な項目がいくつかある。

まず、耳の安全に関するメッセージである。WHOは、H.870で記述されたばく露理論に基づき、ばく露量をモニターし的確なメッセージをユーザーに伝えられるアプリを実装することを推奨している。一方でメッセージだけでは、ユーザーが無視してしまえば、難聴の危険は減らない。そのため、さらに強硬な手段として、ばく露量が許容値を超えた場合、ユーザーにメッセージを与えるのに加え、自動的に音量を下げる仕組みを実装することを推奨している。これは、PASの設計全体に関わるためメーカーにとっては重大な要求条件だが、一部の有力メーカーは既に実装を始めている。

これに加え、未成年者の耳を保護するため、保護者がばく露量の許容上限を設定できるオプションをPASに用意することを推奨している。

3. おわりに : WHO-ITUの標準化の今後の方向性

WHOとITUのSafe Listeningに関する協力作業はH.870で、第一段階を達成したが、既に次のステップに向けて、以下のような作業が計画され、開始されている。

- H.870への準拠性試験ためのガイドライン
 - HSTP.Conf-H870技術文書の策定
- Bluetoothを含むヘッドホン等とプレーヤー間の情報交換の標準化
- ノイズキャンセラー等の技術の利用と推進
- テスト用の標準アプリの提供(WHO監修のApp作成)
- ゲーム・コンソールなどについての勧告

また、WHOとITUが協力して、様々なイベントなどを通じて、WHO/ITU標準としてのH.870を宣伝すると同時に、Make Listening Safe運動を推進していくことが合意されている。日本でもH.870の日本国内標準化やJEITAなどの他標準化団体と協力した啓発活動が期待されている。

参考文献

- [1] WHA-2017 : <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/vector-control-ncds-cancer/en/>
- [2] EN 50332-3 : CENELEC EN 50332-3 (2017), *Sound system equip-ment : Headphones and earphones associated with personal music players-Maximum sound pressure level measurement methodology-Part 3 : Measurement method for sound dose management.*