TTS_t から TTS₂ への変換

山本 剛夫*, 高木 興一*, 庄司 光**, 米田 明彦***

CONVERSION OF TTS_t TO TTS₂

Takeo YAMAMOTO†, Koichi TAKAGI†, Hikaru SHOJI††, Haruhiko YONEDA†††

Temporary threshold shift (TTS) is characterized by the fact that its magnitude generally decreases with the lapse of time after the end of exposure. To describe the amount of TTS produced by any particular exposure to noise and to provide the uniform reference for this changing magnitude, the value of TTS two minutes after the cessation of exposure (TTS₂) is commonly used.

In this paper an attempt was made to give the corrections for converting TTS_t (TTS measured *t* minutes after the end of exposure) to TTS₂.

Ten subjects with normal hearing acuity were exposed to white noise at a level of 105 dB under the following conditions, and TTS were measured 15, 30, 90, 120, 240 and 480 seconds after the end of each exposure.

Exposure time (min)	Test freq. (kHz)	Exposure time (min)	Test freq. (kHz)
0.5	4	5	1
1	4	4	2
2	4	3	6
4	4		
8	4		

The amounts of TTS₂ at 4 kHz obtained by these exposures were in the range of 0~5 dB, 5~10 dB, 10~20 dB, 20~30 dB and 30~40 dB. The recovery of TTS at 4 kHz proceeded faster at first (during the first 1 or 2 minutes) and slower later. It was also shown that the rates of recovery of TTS at 1, 2, 4 and 6 kHz were approximately the same when the values of TTS₂ were equal.

On the basis of recovery data thus obtained, the relation between TTS_t and TTS₂ were determined graphically with TTS as parameter.

§ 1 は し が き

TTSは暴露終了後、時間の経過とともに漸次回復するため、諸種の暴露によるTTSを比較する場合、あるいはテスト周波数の相違によるTTSの差を検討する場合には、暴露終了から測定までの時間を一定にしておく必要がある。また、一つの騒音を暴露した後のTTSをいくつかの周波数について測定した場合には、暴露終了後から測定を行なうまでの時間が各周波数によって異なる。したがって、一般に、暴露後時間 *t* におけるTTS (TTS_t と記す) をある基準となる時間 *t_r* におけるTTSに変換しうる方法を確立しておくことは、実用的見地

からも、またTTSを指標として許容基準を定めるためにも重要な問題である。

基準となる時間 *t_r* として、*t_r* = 0, すなわち暴露直後におけるTTSを知ることがもっとも望ましいが、オーディオメーターを使用する方法では被検者が暴露後テスト音をききわけるまでに少なくとも数秒程度の時間が必要であるため、TTS₀ を測定することはできない。

Kryter¹⁾, Ward et al.²⁾ は *t_r* として通常2分を採用している。この理由は、TTSの回復が、暴露後約2分までは急速に進み、時には閾値が暴露前のそれより低く測定され、その後再び上昇するといった、いわゆる bounce phenomena³⁾ がみられるのに対し、2分以後では、回復は時間の対数に対し、ほぼ直線的に経過するとみなされるためである。また、許容値設定の観点から、PTSとTTSの量的関係が主にTTS₂ について検討されていること⁴⁾ も同じ理由にもとづく。

Kryter¹⁾ は TTS_t と TTS₂ の変換図表を提示しているが、その実験的根拠は明示されていない。著者ら

*京都大学工学部衛生工学教室

**関西大学工学部土木工学教室

***大阪府公害指導課

昭和44年4月28日受付、普通掲載

†Department of Sanitary Engineering, Faculty of Engineering, Kyoto University.

††Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kansai University.

†††Instructing Section of Public Nuisance, Osaka Prefecture.

Received for publication, April 28, 1969.

Fig. 1 Recovery of TTS at 4 kHz following exposure to a white noise at 105 dB. Parameter is exposure time.

は、種々の大きさのTTSについて TTS_t を TTS_2 に変換するための図を作成する目的で、以下の実験をおこなった。

§ 2 実験方法

連続暴露後のTTSの回復は暴露音のレベルや暴露時間に関係なく、 TTS_2 のみによって定まるとされている⁵⁾。したがって、この研究では白色騒音（日本電子測器製SN-3で発生）のレベルを105 dBの一定に保ち、暴露時間を変えることによって種々の大きさの TTS_2 を得ることにした。すなわち、実験Iでは4 kHzにおける TTS_2 が0~5 dB, 5~10 dB, 10~20 dB, 20~30 dB, 30~40 dBのそれぞれの範囲に入るもの計5種を得ることとし、予備テストの結果から、暴露時間を30秒、1分、2分、4分、8分にとればよいことを確かめた。実験IIではテスト周波数の相違によるTTSの回復の差を検討するために、白色騒音105 dBを5分暴露したのち1 kHzで、4分暴露したのち2 kHzで、3分暴露したのち6 kHzで、それぞれTTSの回復を調べた。

TTSの回復過程の測定は実験I, IIとも同じで、各暴露終了後、Békésy型オーディオメーター（永島医科器械製A-60-B）により、所定の周波数で15秒から2分まで、3分40秒から4分20秒まで、および7分40秒から8分20秒までのそれぞれの期間行なった。得られたジグザグ型のオーディオグラムの中央値⁶⁾を求め、暴露後、15秒、30秒、1分、1.5分、2分、4分、8分におけるTTS

Fig. 2 Recovery of TTS at different test frequencies.

を読みとった。被検者は20~25才までの聴力正常な男子学生10名で、その片耳を用い、10人の被検者から得たTTSの平均値について考察した。

§ 3 実験結果

実験Iの4 kHzにおけるTTSの回復過程を示したものがFig. 1である。横軸は騒音暴露終了後の経過時間がとっており、縦軸は TTS_t である。五つの線はそれぞれ、0.5, 1, 2, 4, 8分の暴露に対するものであり、 TTS_2 は初めに想定した五つの範囲(0~5 dB, 5~10 dB, 10~20 dB, 20~30 dB, 30~40 dB)に入っている。暴露終了後1分あるいは1.5分までのTTSの回復は、それ以後にくらべて急速に進むが、bounce phenomenaはみられない。暴露後1分あるいは1.5分以後では、TTSが大きいほど、その回復速度は速い。

Fig. 2は実験IIによって得た1 kHz, 2 kHz, 6 kHzにおけるTTSの回復を示したもので、比較のために、 TTS_2 がこれとほぼ等しい4 kHzのTTSの回復をあわせて図示した。図の下方の1 kHz, 2 kHz, 4 kHzのTTSは TTS_2 がほぼ等しく、その回復曲線もほぼ等しくなっている。上方の6 kHzのTTSの回復も、 TTS_2 がこれとほぼ等しい4 kHzのTTSの回復とよく類似している。かかる成績からテスト周波数の相違によるTTSの回復過程の差はほとんどないと判定される。

Fig. 1のデーターをつぎの方法によりプロットし、なめらかな曲線で結んだものがFig. 3である。暴露後

Fig 3 Relation between TTS_t and $(TTS_2 - TTS_t)$.
Parameter is time in seconds after the end of exposure.

Fig. 4 Corrections required for converting TTS_t to TTS_2 .
Parameter is the value of TTS measured at time t (15~480 seconds) after the end of exposure.

t 分における TTS の値を五つの回復曲線について読みとり、これを横軸にとり、縦軸には、 TTS_2 と TTS_t の差をとる。それぞれ暴露後15秒、30秒、1分、1.5分、2分、4分、8分におけるデータがプロットされている。したがってこの図は暴露後各々の時間において測定された TTS_t から TTS_2 を求める補正値を示している、この図から、 TTS の値をパラメーターとし、横軸に暴

Fig. 5 Comparison between Kryter's and authors' curves for converting TTS_t to TTS_2 .
Dashed curves are from Kryter's and solid curves from authors'.
Parameter is the same as in Fig. 4.

露終了からの時間、縦軸に TTS_2 に変換するための補正値をとって示したものが Fig. 4 である。

§ 4 考 察

Kryter¹⁾ は TTS_t を TTS_2 に変換するために、

Fig. 4 と同様な図を示している。その一部について、今回の結果と比較して示したものが Fig. 5 である。3種の破線は Kryter¹⁾の結果で、TTS_t がそれぞれ 5 dB, 11~15 dB, 31~35 dB の場合を示しており、実線は今回の結果のうち、TTS_t の値が Kryter¹⁾の場合とほぼ等しい、5 dB, 10 dB, 30 dB について示したものである。暴露後2分以後については、TTS_t が 5 dB の場合以外は両者は比較よく一致している。TTS_t が 5 dB の場合は今回の方が Kryter¹⁾の結果よりも大きい補正值を与える。暴露後2分までについては、TTS_t が 5 dB の場合は今回の方が、31~35 dB と 30 dB の場合は Kryter¹⁾の結果の方が大きい補正值を与え、11~15 dB と 10 dB とでは両者はおおむね一致している。一般に、暴露後2分までについては、Kryter¹⁾の結果は今回に比べ、TTS_t の相違による補正值の変動が大きい。たとえば暴露後15秒における補正值は、今回の成績で TTS が 5 dB で 3.9 dB, 40 dB で 9.2 dB, その差 5.3 dB であるのに対し、Kryter¹⁾の成績では 5 dB で 1.9 dB, 31~35 dB で 12.8 dB, その差 10.9 dB である。このような相違が何に基づくかは Kryter⁴⁾の報告に実験方法、データーが与えられていないので明らかにしない。

Ward et al.²⁾ は暴露後 t 分における TTS_t を与える式として

$$\text{TTS}_t = (\text{TTS}_2 + 9) \left[1 - 0.27 \log_{10} \frac{t}{2} \right] - 9$$

を示している。(ただし、TTS₂ < 50 dB) この式を用い、暴露後15秒における補正值を計算すると TTS が 5 dB のとき 2.7 dB, 30 dB のとき 7.6 dB でその差は 4.9 dB となり今回の成績に近似している。

bounce phenomena については、暴露音が純音よりも noise の場合の方が多くみられるという報告⁷⁾や、暴露音のレベルが高くなった場合にみられないという報告⁸⁾あるいはこの現象が生じないような暴露音レベルを指標として、騒音の許容基準を定めようとする試みなど⁹⁾、いくつかの研究があるが、一方このような現象は被検者によってはみられないという指摘^{10,11)}もある。たとえば Harris¹⁰⁾はこの現象は、暴露後に生じる「耳なり」に基づくものであろうと推測している。今回の実験においても bounce phenomena はみられなかったが、このことは、被検者が耳なりとテスト音とをうまく聞きわけたことによるか否かまでは推論しない。

§ 5 結 論

白色騒音 105 dB を用い、10人の被験者について暴露後15秒から8分までの TTS の回復過程を測定して以下の成績を得た。

1) 0.5, 1, 2, 4, 8 分暴露後の 4 kHz の TTS₂ は、それぞれ 0~5 dB, 5~10 dB, 10~20 dB, 20~30 dB, 30~40 dB の各範囲に入った。TTS の回復は暴露後1分ないし1.5分までは急速に進み、それ以後はやや緩やかとなるが TTS が大きいほど回復速度は速い。

2) 5 分間暴露した後 1 kHz で、4 分間暴露した後 2 kHz で、3 分間暴露した後 6 kHz で、それぞれ TTS の回復を測定し、4 kHz のそれと比較した。TTS₂ が等しい場合には、ほぼ同じ回復過程を示す。

3) 暴露後15秒から8分までに測定した TTS_t の値を TTS₂ に変換するための図表を作成した。

文 献

- 1) Kryter, K. D.: Exposure to Steady-State Noise and Impairment of Hearing. J. A. S. A. 35(10): 1515, 1963.
- 2) Ward, W. D., Glorig, A. and Sklar, D. L.: Temporary Threshold Shift from Octave-Band Noise; Application to Damage-Risk Criteria. J. A. S. A. 31(4): 522, 1959.
- 3) Hirsh, I. J. and Ward, W. D.: Recovery of the Auditory Threshold after Strong Acoustic Stimulation. J. A. S. A. 24(2): 131, 1952.
- 4) Glorig, A., Ward, W. D. and Nixon, J.: Damage Risk Criteria and Noise-Induced Hearing Loss. Arch. Otolaryngol. 74(Oct.): 71, 1961.
- 5) Ward, W. D., Glorig, A. and Sklar, D. L.: Relation between Recovery from Temporary Threshold Shift and Duration of Exposure. J. A. S. A. 35(5): 600, 1959.
- 6) 庄司 光, 山本剛夫, 高木興一: オクターブバンド騒音による TTS の研究, 日音会誌, 22(6): 340, 1966.
- 7) Lighfoot, C.: Contribution to the Study of Auditory Fatigue. J. A. S. A. 27(2): 356, 1955.
- 8) Jerger, J. F.: Recovery Pattern from Auditory Fatigue. J. Speech and Hearing Disorders, 21(1): 39, 1956.
- 9) Hinchcliffe, R.: Threshold Changes at 4kc/s Produced by Band of Noise. Acta Oto-Laryngologica, 47(6): 496, 1957.
- 10) Harris, J. D.: Recovery Curves and Equinoxious Exposure in Reversible Auditory Fatigue following Stimulation up to 140 dB plus. Laryngoscope, 63: 660, 1953.
- 11) Hood, J. D.: Studies in Auditory Fatigue and Adaptation. Acta Otoraryng. Suppl. 92, 1950.