


①

耳鳴遮蔽の臨床的研究

金田裕治

岩手医科大学医学部、
耳鼻咽喉科学講座（主任：立木 孝教授）

Clinical Study on the Masking of Tinnitus

Yuji KANETA

Department of Otolaryngology, School of
Medicine, Iwate Medical University, Morioka,
Japan (Prof. T. TSUIKI)

Key word: tinnitus,masking of tinnitus, tinnitus masking
curve

ランニングタイトル：耳鳴遮蔽の臨床的研究

ABSTRACT

This study is designed to describe what type of tinnitus masking curves are drawn by frequency, to investigate the relationship between these curves and the hearing level on the puretone audiogram, and to research the tinnitus masking curve in relation to the loudness of tinnitus .

In 405 patients (479ears) who visited the ENTout- patient clinic, in Iwate Medical University from January 1984 to December 1992 and were examined by the tinnitus tests according to the tinnitus method (1984), the tinnitus masking curves were obtained in 138 patients (170ears). On the pitch match test most cases showed from 4000 to 8000Hz , so that the average of the tinnitus masking level SL(Sensation Level) at 4000Hz or 8000Hz was evaluated at intervals of 10dB, and the tinnitus masking curve at this level was compared with the hearing level on the puretone audiogram.

Results were as follows,

1)The masking levels (SL) at the tinnitus frequency which were given on the pitchmatch test were considered to form tinnitus masking curves in a close relation to the masking level in other frequencies.

2)The masking curves (SL) tended to increase in about the same degree at any frequencies with anincrease in the masking level .

3)As a result, the tinnitus masking curve was considered able to assess the loudness of tinnitus .

4)This masking curve showed a similarity to the isoloudness contour.

1. 緒言

耳鳴は聴覚の障害によっておこった症状の一つとして理解されているが、その病因、病態は未だ必ずしも明確にされてはいない。この理由のひとつとして、耳鳴を他覚的にとらえて分析することが困難であり、この訴えを客観的に評価する方法が定まっていないことがあげられる。

1984年耳鳴研究会によって標準耳鳴検査法1984が作成され¹⁾、その後この検査法は若干改善されて標準耳鳴検査法1993²⁾として現在広く耳鳴の検査法として使用されている。その内容は表1のごとく大きく4項目にわかれている。これらは、耳鳴のもつ3つの主な性状、即ち音色、高さ、大きさを評価する方法として用いられているが、特に耳鳴の大きさを定量的に測定することは耳鳴の苦痛度あるいは治療効果の判定を行う上で有用とされている。この耳鳴の大きさの測定にあたって耳鳴検査法1984ではラウドネスバランス検査および遮蔽検査の2方法がある。 → 表1

この研究は耳鳴の大きさを測定する方法として用いられる2つの耳鳴検査のうち遮蔽検査で測定される耳鳴遮蔽曲線が、耳鳴の大きさをどのような形で評価するかを検討するとともに、純音気導閾値との関連性について検討したものである。

II. 対象

1986年1月から1992年12月までの7年間に岩手医科大学耳鼻咽喉科外来を受診した耳鳴患者（自覚的耳鳴患者）のうち、標準耳鳴検査法1984にしたがって耳鳴検査を施行したものは、405例479耳であった。このうち耳鳴遮蔽曲線を測定した138例170耳（両耳32例、一側耳106例）を対象とした。性別は、男性86例（62.3%）、女性52例（37.7%）、平均年齢は49.2歳（男性49.1歳、女性49.3歳）である。

対象疾患の内訳を表2に示した。原因不明感 → 表2
音難聴が109例 61.6%で最も多く以下、無難聴性耳鳴、慢性騒音性難聴、突発性難聴、頭部外傷の順であった。

III. 方 法

耳鳴患者には耳鼻鏡検査、側頭骨X線撮影および純音聴力検査の後、耳鳴研究会が作成した標準耳鳴検査法1984にしたがって耳鳴検査を施行した。この検査法は4種の検査、すなわち自覚的表現の検査、ピッチマッチ検査、ラウドネスバランス検査、遮蔽検査からなり、これらの検査をシリーズで行うように定められている³⁾。今回はこのうち、本研究に関わるピッチマッチ検査および遮蔽検査について以下に記す。

1. ピッチマッチ検査

ピッチマッチ検査には固定周波数検査と連続周波数検査の2つがあるが、本研究では固定周波数ピッチマッチ検査を施行した。また比較音として純音を用いる場合と雑音を用いる場合とがある。今回は純音を用いる場合について検討した。すなわち、純音オージオメーターを用い、7周波数の純音のどの音と耳鳴が最も似ているかを調べる方法である。

用いた純音は 125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz、8000Hzの7周波数で、その強さは閾値上10~15dBとし、それを2~3秒の持続音として耳鳴のある耳に聴かせた。これらの比較音はブラケット法により呈示し、耳鳴に最も似ている音の周波数を求め、これを耳鳴周波数とした。

2. 遮蔽検査

本研究では、上記と同じ7周波数の純音を用いて耳鳴を遮蔽し、遮蔽できた最小のレベルを結んで耳鳴遮蔽曲線を作成し、耳鳴の大きさを評価した。遮蔽音は、2~3秒の持続音として耳鳴のある耳にきかせ、強さは閾値レベルから始めて5 dBステップで上昇、耳鳴が聴こえなくなる最小レベル（遮蔽レベル）を求めた。

3. 耳鳴遮蔽曲線の評価法

耳鳴周波数8000Hzにおける耳鳴遮蔽曲線の記載例を図1に示した。本法において耳鳴の大きさ → 図1
を評価するには2つの方法がある。第一は、耳鳴遮蔽レベルHL（hearing level以下HLと記す）

であり、第二は耳鳴遮蔽レベルと純音気導閾値との差SL（図1のb. sensation level以下SLと記す）で示す方法である。今回は後者すなわちSLで耳鳴の大きさを表示する方法を用いた。

IV. 結果

1) 純音オーディオグラムおよび聴力型について

図2に対象の平均オーディオグラムを示した。→ 図2
また、表3に純音オーディオグラムの聴力型の内訳を示した。→ 表3
平均オーディオグラムは高音漸傾型を示し、聴力レベルは、図2に示した様に、125Hz 23.7dB、250Hz 24.9dB、500Hz 21.7dB、1000Hz 21.5dB、2000Hz 28dB、4000Hz 39dB、8000Hz 47dBで7周波数平均は29.4dBであった。また、聴力型は高音漸傾型が84例 49.4%と最も多く以下、正常39例 22.9%、山型、dip型それぞれ10例 5.9%、高音急墜型9例5.3%、水平型8例 4.7%の順であった。

2) 耳鳴周波数と遮蔽レベルについて

表4に対象のピッチマッチ検査と遮蔽検査の結果を示した。→ 表4
横軸に耳鳴周波数を示し、縦軸にその周波数の純音による遮蔽レベルを10dB間隔に示したものである。最も多い耳鳴周波数は

8000Hz次いで4000Hzで、それぞれ95耳（55.9%）、43耳（25.1%）でありこの2周波数で全体の80%以上を占めた。また、遮蔽レベルは5から10dBが最も多く58例34.1%、次に15から20dBが36例21.2%、-5から0dBが28例16.5%であった。

なお、-5から0dBの群に含まれる28例中27例の遮蔽レベルは0dBで、他の1例は-5dBであった。

3) 耳鳴遮蔽曲線について

次に、耳鳴周波数の中で出現数の多い4000、8000Hzの2周波数を対象として、それぞれの10dB間隔の平均耳鳴遮蔽曲線を図3に示した。→ 図3
10dB間隔平均耳鳴遮蔽曲線とは耳鳴周波数における遮蔽レベルが-10から0dB、0から10dB、10から20dB、20から30dB、30から40dB、40dB以上のものを各周波数毎に平均した値を遮蔽曲線として示したものである。

各平均耳鳴遮蔽曲線はいずれもsaucer型を呈

し、耳鳴周波数以外の周波数における遮蔽レベルもほぼ一定の間隔でをしめした。

4) 純音気導閾値について

前項の4000、8000Hz症例における、10dB間隔の平均耳鳴遮蔽曲線のそれぞれに対応する症例の平均純音気導閾値を図4に示した。耳鳴周波数8000Hzの症例ではほぼ一致していたが、4000Hzの症例では遮蔽レベル20から30dBの平均オーディオグラムが低いレベルであった。 → 図4

5) 平均純音気導閾値と耳鳴遮蔽曲線について

図5に耳鳴周波数4000、8000Hz各症例の純音気導閾値の平均を示し、この曲線を基準線として、10dB間隔平均耳鳴遮蔽曲線を記入した。いずれのレベルも耳鳴遮蔽曲線は、基準線とほぼ平行した曲線として描かれた。 → 図5

6) 耳鳴周波数における遮蔽レベルと他の周波数における遮蔽レベルとの相関について

耳鳴周波数4000, 8000Hz症例における遮蔽レベル (SL) とその症例の他の周波数における遮蔽レベル (SL) との関係を求めて表5に示した。いずれの周波数においても高い相関が認められ、4000、8000Hzにおける遮蔽レベルは他の周波数における遮蔽レベルと密接に関連していると考えられた。 → 表5

7) 耳鳴遮蔽曲線と標準等感曲線との関係について

図6に標準等感曲線 (ISO/R226) を示した。このグラフは、この標準等感曲線をオーゾグラム¹⁾の形に書き直したものである。図5に示した耳鳴遮蔽曲線はその形状から、標準等感曲線によく似ていることがわかる。また、図6の標準等感曲線を図5の純音気導閾値に加算した形で記入すると、図7になる。対象とした症例がほとんど内耳障害があるために実際の等感曲線は図6と図7の中間的な形になると考えられ、図5の10dB間隔平均耳鳴遮蔽曲線によく似た形 → 図6

→ 図7

になることがわかる。

V. 考 察

耳鳴遮蔽検査は我が国では、大和田⁴⁾、永浜ら^{5,6)}によって研究され、いくつかの報告がみられる。これらの報告は耳鳴遮蔽曲線をTinnitus AudiogramあるいはTinnogramとして分析を加え、耳鳴の病態等について検討したものである。しかし、これらの方法は耳鳴の大きさを測定する方法として評価されているが、その他の耳鳴の分析などについては特に検討されていない。一方、海外ではFeldmann⁷⁾が耳鳴遮蔽曲線を純音オージオグラムとの関係から5つの型すなわち、convergence type, devergence type, congruence type, distance type, persistence typeに分け、これらのtypeと病態との関連性について報告しているが、必ずしも耳鳴の背景にある病態を示すものではなく、純音オージオグラムの聴力型との関連性が強く、未だこの耳鳴遮蔽曲線から耳

鳴の病態等进行分析するには至っていない。

一方で、これらの耳鳴遮蔽曲線は耳鳴の大きさを測定できるものとして評価されてきた。しかし、この耳鳴遮蔽曲線がどのような型で耳鳴の大きさを評価しているのか、あるいはどのような意味を有するのかについては明確に分析はされていない。

遮蔽現象に関しては、Wegel & Laneをはじめ詳細な研究報告があり⁸⁻¹³⁾、遮蔽音と被遮蔽音の間には明確な数量的関係があることが明らかにされている。但し、ここで述べられている遮蔽は遮蔽音、被遮蔽音ともに外部から与えられた音についての検討である。耳鳴遮蔽検査における被遮蔽音は内在する音であり、末梢性の遮蔽現象とはその形式が異なると考えなければならない。

耳鳴の自覚的大きさとラウドネスバランス値および遮蔽レベルとの関係については、相関のあることがすでに報告されている¹⁴⁻¹⁷⁾。1988年立木ら¹⁸⁾は耳鳴遮蔽検査の結果から遮蔽レベル

はおもにラウドネスを反映しているものと考え、耳鳴のラウドネス遮蔽仮説を提唱した。これは、耳鳴をちょうど遮蔽する遮蔽音の大きさは、耳鳴の大きさと等しいという考え方である。

耳鳴の大きさの評価法はラウドネスを通常SLで表示することが多い。この値は諸家の報告によると¹⁰⁻¹²⁾大多数が10dB以内であり、40dBを超えることはほとんどないとされている。今回の検討もこの考えに基づき遮蔽レベルの表示にはSLを用いた。

大内ら²³⁾は耳鳴の自覚的ピッチ感とピッチマッチテストの相関を内耳性難聴および無難聴性耳鳴について検討した結果、自覚的なピッチ感としては3分の2の症例が高音、残りの3分の1では低音と答えたことを報告し、さらにピッチマッチ検査による耳鳴周波数と比較すると、自覚的に高音と答えた患者のうち80%が4000、8000Hzのいずれかで同定されたが、自覚的に低音と答えた症例ではおよそ30%の例がピッチマッチ検査による測定ができず、また同定された症

例でも必ずしも低音の周波数で同定されるものばかりではなく、均等に分布したと報告した。このことから、高音性の自覚的ピッチ感は臨床的に信頼性はあるが低音性の場合には耳鳴周波数との関連が低いので臨床的指標にはなり得ないと結論している。本研究でも4000、8000Hzにピッチが測定された症例をあわせて80%以上認められたため、これらの症例を検討対象とした。

また、遮蔽検査の遮蔽音は、一般に耳鳴のピッチが純音で同定されてもバンドノイズで同定されても、原則としてバンドノイズをもちいるとされているが、大内ら²⁴⁾の報告によると耳鳴周波数において純音およびバンドノイズの両方の遮蔽音を用いて、ラウドネスと遮蔽レベルとの関係を検討した結果から、純音性耳鳴に対しては純音を、雑音性耳鳴に関しては雑音を用いた方がより臨床的指標となりうると報告している。これに関してはさらに詳細な検討を加える必要があると考えるが、本研究においては純音を用いた症例のみを対象とした。

今回得られた耳鳴遮蔽曲線は特徴的な sauser 型を示し、図6に示した標準等感曲線と類似していることが推察された。標準等感曲線とは、周波数軸において同じ大きさに聞こえる音を同じレベルとしてカーブで結んだものである。つまり、一つの線の上の音はどの周波数の音でも同じ大きさに感じることを示すのもである。耳鳴遮蔽曲線が等感曲線に似ていることは、耳鳴の遮蔽には遮蔽音のラウドネスが関与していることを示すもので、末梢性遮蔽の遮蔽現象としては理解しがたいことである。また耳鳴周波数の遮蔽レベルが他の周波数の遮蔽音の遮蔽レベルと高い相関を示すということも、末梢性遮蔽の現象としては理解し難いところである。純音による純音の遮蔽（末梢性遮蔽）に関しては、低音は高音を遮蔽しやすいが、高音は低音を遮蔽しにくいという原則があることが知られ、Wegel & Lane⁸⁾によってその量的関係の詳細が報告されている。これらのいわゆる末梢性遮蔽現象は原則として基底膜上を進行する進行波のひ

ろがりおよび大きさによって規定されると考えられ、遮蔽音と被遮蔽音との間には明確な数量的関係がある。

今回得られた耳鳴対純音の遮蔽現象は、従来まで知られていた遮蔽の原則が全くあてはまらず、むしろ大きさの感じとしてバランスする点と遮蔽との間に直接的な関係があるという結果が得られている。このことは耳鳴の成立の機序が、少なくとも外来音によって起こされる音感とは異なるものであることを意味している。今後さらに検討が必要であろう。

VI. まとめ

1. 自覚的耳鳴を訴えて当科を受診した症例142例170耳の耳鳴遮蔽曲線について分析した。
2. 耳鳴周波数4000、8000Hzにおける耳鳴遮蔽レベルを10dB間隔に分け、それぞれについて10dB間隔平均耳鳴遮蔽曲線を求めた。
3. 平均耳鳴遮蔽曲線は耳鳴周波数以外の周波数においてもほぼ等間隔の平行する曲線を示し、saucer型を呈した。
4. 耳鳴周波数の遮蔽レベルと耳鳴周波数以外の遮蔽レベルとはいずれも高い相関を示した。
5. 10dB間隔に示した平均耳鳴遮蔽曲線はいずれも標準等感曲線とよく似た形状を示した。
6. これらの結果から純音による耳鳴の遮蔽は一般の末梢性遮蔽現象とは異なる機序を持ち、耳鳴の大きさに関係するものと推察した。

謝辞

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜りました恩師立木 孝教授に深甚なる謝意を捧げます。また、研究に際し絶えず御指導、御助言を戴きました村井和夫教授、草野英昭講師ならびに教養部数学科一戸孝七教授に厚く感謝申し上げます。さらに本研究に際し御協力戴きました耳鼻咽喉科教室員各位、聴力検査室里舘トキ女史他の方々に御礼申し上げます。

なお、本論文の要旨は第97回日本耳鼻咽喉科学会総会において口演した。

文 献

- 1) 耳鳴研究会：標準耳鳴検査法1984. 1984.
- 2) 耳鳴研究会：標準耳鳴検査法1993. 1993.
- 3) 村井和夫：耳鳴の検査.耳鼻咽喉科頭頸部外科MOOKNo22, 54-66,金原出版, 1992.
- 4) 大和田健次郎, 西端八郎, 椎津重彦：耳鳴検査法の検討. 耳喉 60,1454-1463,1957.
- 5) 永浜武彦：Tinnitus Audiogramに就いて. 日耳鼻 60,1454-1463,1957.
- 6) 永浜武彦：tinnogramに関する研究補遺. 耳喉 40,11, 895-899,1986.
- 7) Feldmann,H.: Homolateral and

Contralateral masking of Tinnitus.

J. Laryngol. Otol. Suppl. 4, 60-70, 1981.

8) Wegel ,R.L. and Lane, C.E.: The auditory masking of one pure tone by another and its probable relation to the dynamics of the inner ear. *Physiol .Rev.* 23,266-285,1924.

9) Fowler, E.P.: Tinnitus aurium in the light recent research. *Ann Otol Rhinol Laryngol.* 50 ,139-158,1941.

10) Langenbeck, B.: Diagnosis by testing hearing above threshold, masking by noise , adaptation and tinnitus.*Acuta Otolaryngol* 43:439-456,1953.

11) Liden, G. Nilsson.G. and Anderson. H.: Masking in clinical audiometry. *Acta Otolaryngol.* 50.125-136,1959.

- 12) Blegvad, B.: Contralateral masking and Bekesy audiometry in normal listeners. *Acta Otolaryng.* 64, 157-165, 1967.
- 13) Vernon, J.: The History of Masking as Applied to Tinnitus. *J. Otolog. Otol. Suppl* 4 : 76-79, 1981.
- 14) 大内利昭、田中康夫、会田久美：耳鳴のラウドネスとマスキングレベルの関係について、日耳鼻第87回 総会予稿集. 1437, 1986.
- 15) 小笠原真：耳鳴の大きさならびにその評価法の関する臨床的研究. *日耳鼻* 91, 1871-1882, 1988.
- 16) 小笠原真、斎藤達夫、村井和夫, 他：耳鳴検査法の検討. *日耳鼻* 第87回総会予稿集、

1435,1986.

- 17) 石川健：耳鳴の大きさに関する臨床的研究、
岩手医誌 46, 481-494,1994.
- 18) 立木孝：耳鳴遮蔽におけるラウドネス遮蔽
假説（会）、日耳鼻第89回総会予稿集、
89,1988.
- 19) Fowler, E.P. : Head noises ;
singnificance,measurement and importance
in diagnosis and treatment. Arch.
Otolaryngol. 32,903-914, 1940.
- 20) Reed ,G.F.: An audiometric study of two
hundreds cases subjective tinnitus. Arch.
Otolaryngol. 71,84-94,1960.
- 21) Graham,J.T.and Newby,H.A.: Acoustical
characteristics of tinnitus. Arch.Otolaryngol.

75,162-167,1962.

22) Vernon,J.:The loudness(?)of tinnitus.

Hear.Speech Action 44 ,17-19,1976.

23) 大内利昭、國弘幸伸、小川郁,他：耳鳴の高さに関する自覚的評価とピッチマッチ検査成績との比較検討.Audiology Japan 33, 759-766,1990.

24) 大内利昭、田中康夫：バンドノイズ及び純音による耳鳴マスキングレベルの比較検討.Audiology Japan 31,54-60,1988.

25) ISO/R 226-1961(E),"Normal equal - loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under free field listening conditions,"1961.

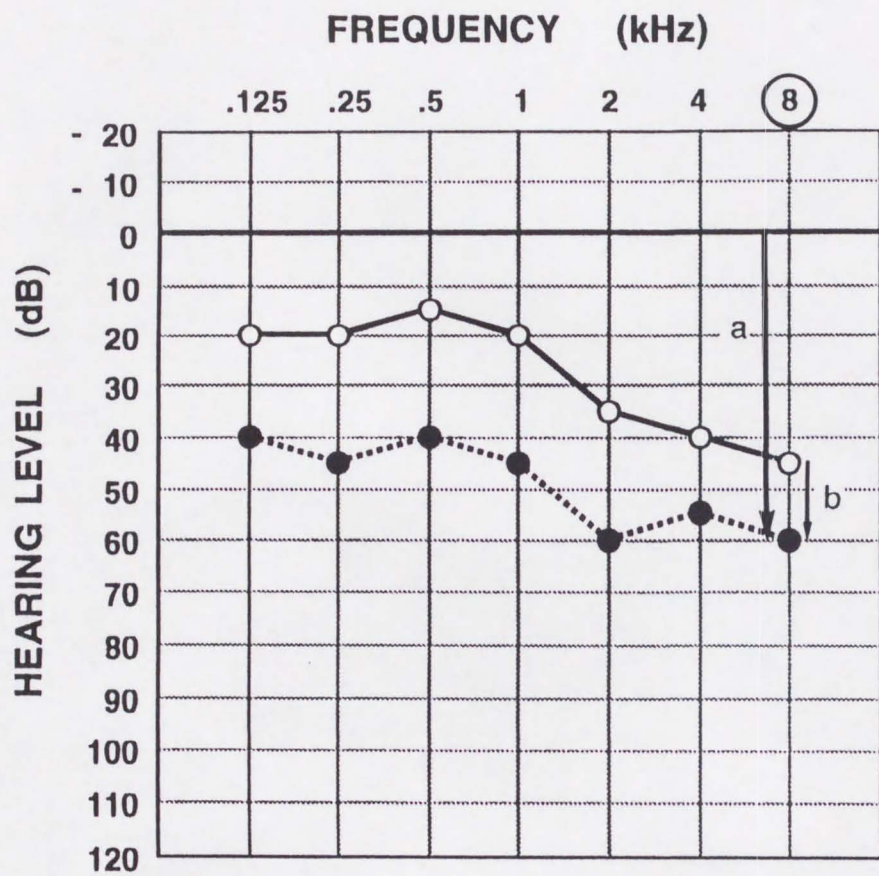


図1. 右耳鳴症例の耳鳴遮蔽曲線の一例

—○— 純音気導閾値
●..... 耳鳴遮蔽曲線

右耳鳴（耳鳴周波数8000Hz）に対し、遮蔽レベルは60dBHL（15dBSL）で測定された。

- a) 遮蔽レベル, hearing level (HL)
- b) 遮蔽レベル, sensation level (SL)

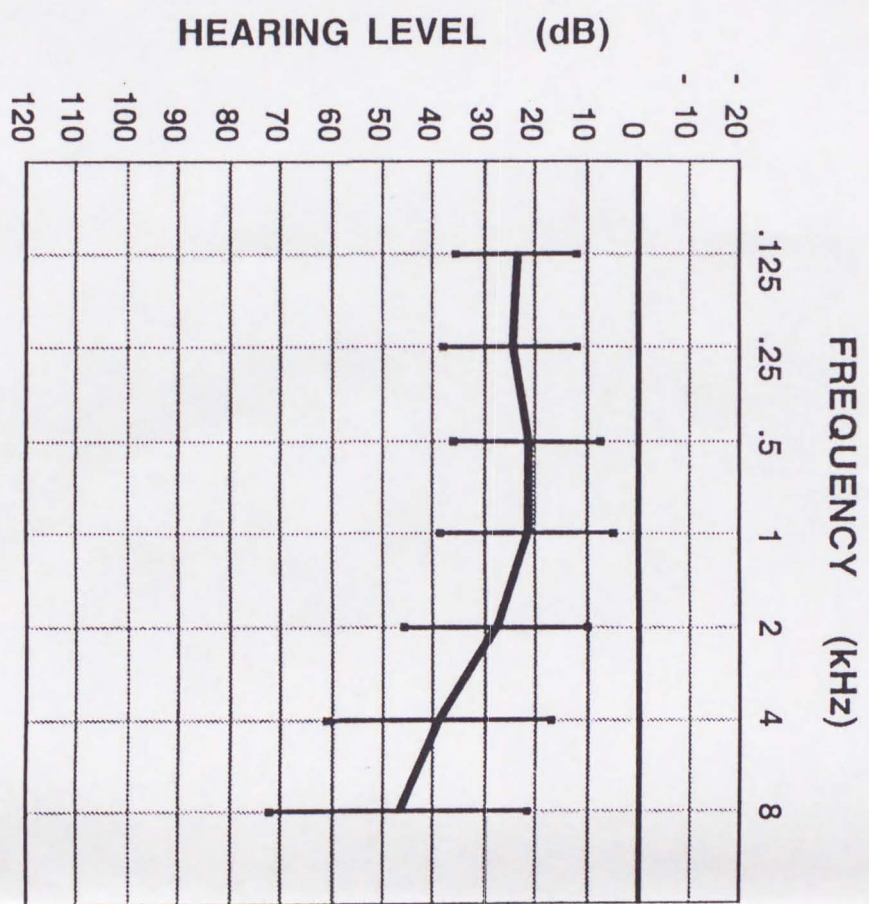
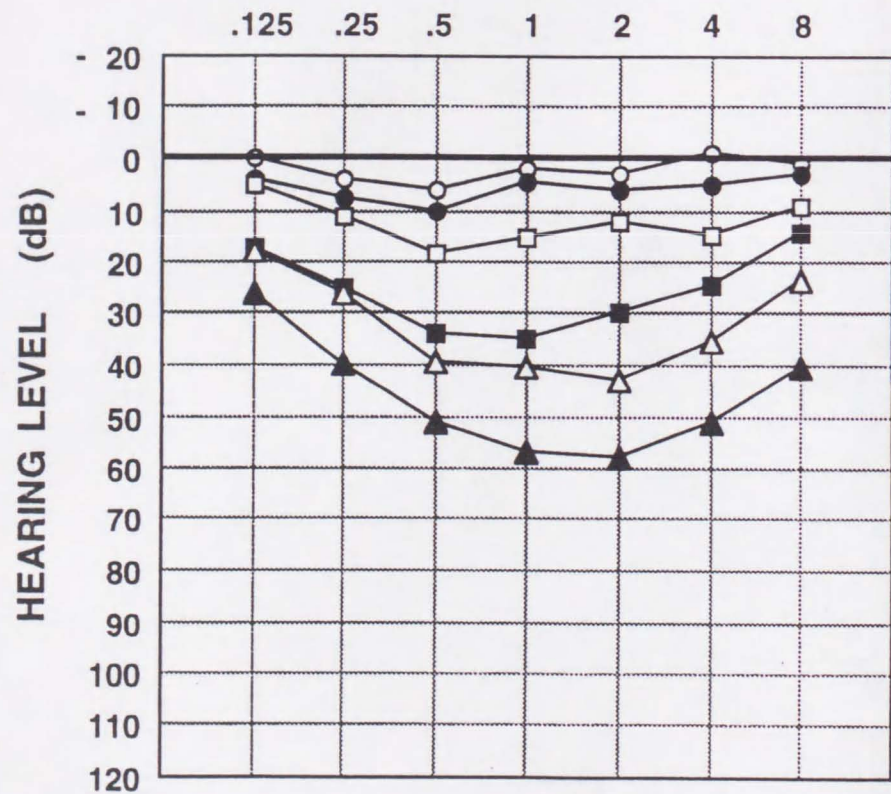


図2.平均オーディオグラムとS.D.

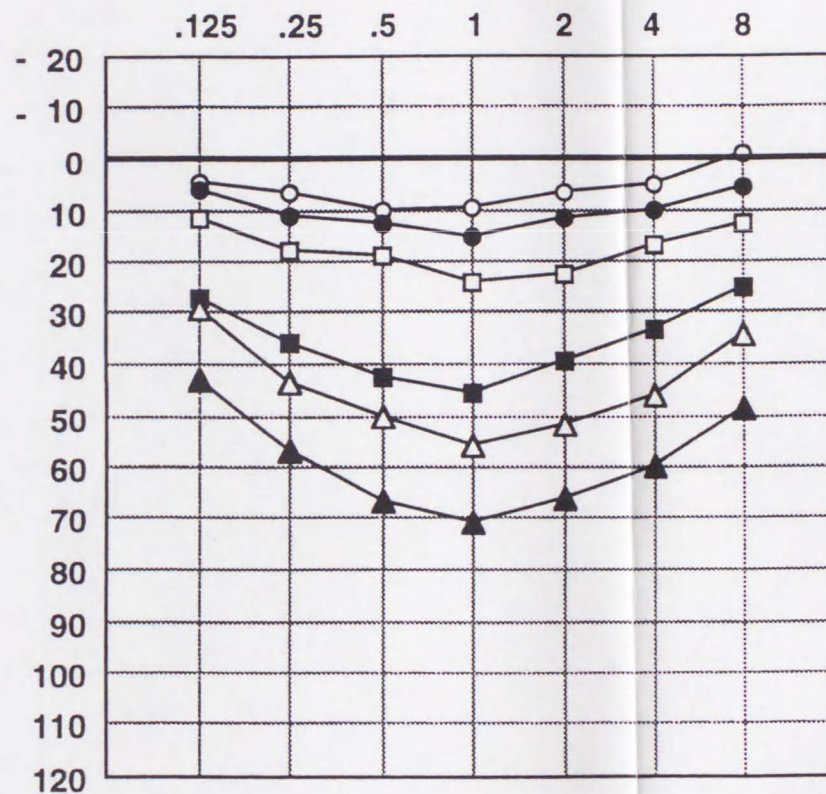
耳鳴周波数 4000Hz症例

FREQUENCY (kHz)



耳鳴周波数 8000Hz症例

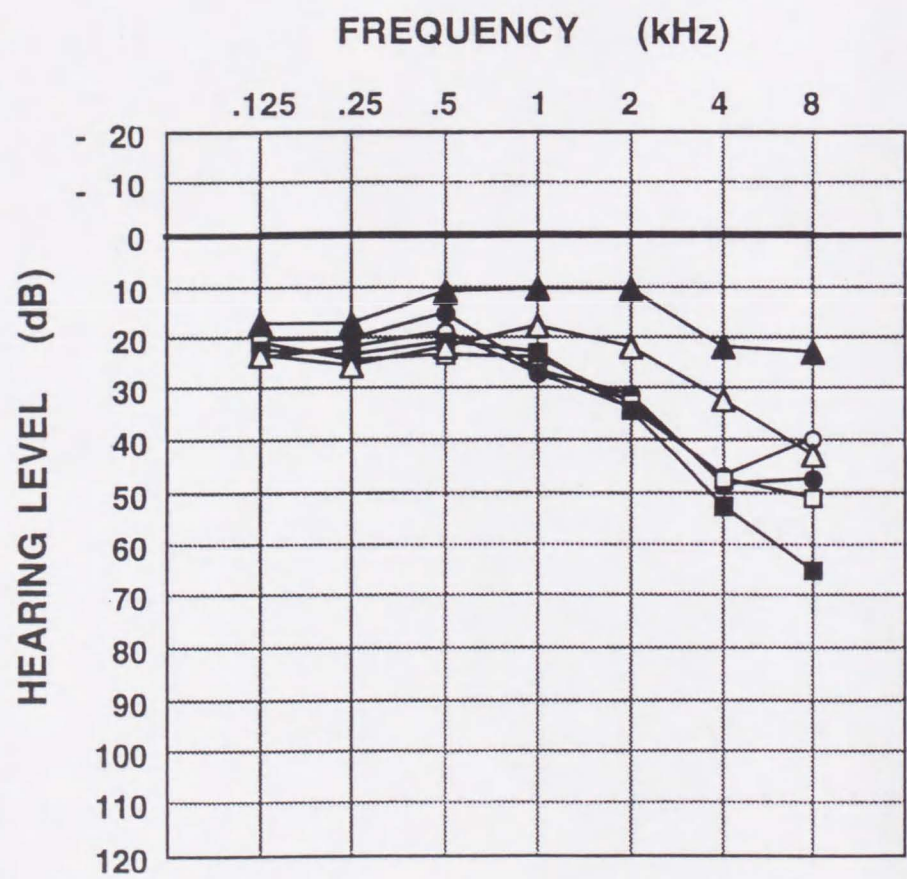
FREQUENCY (kHz)



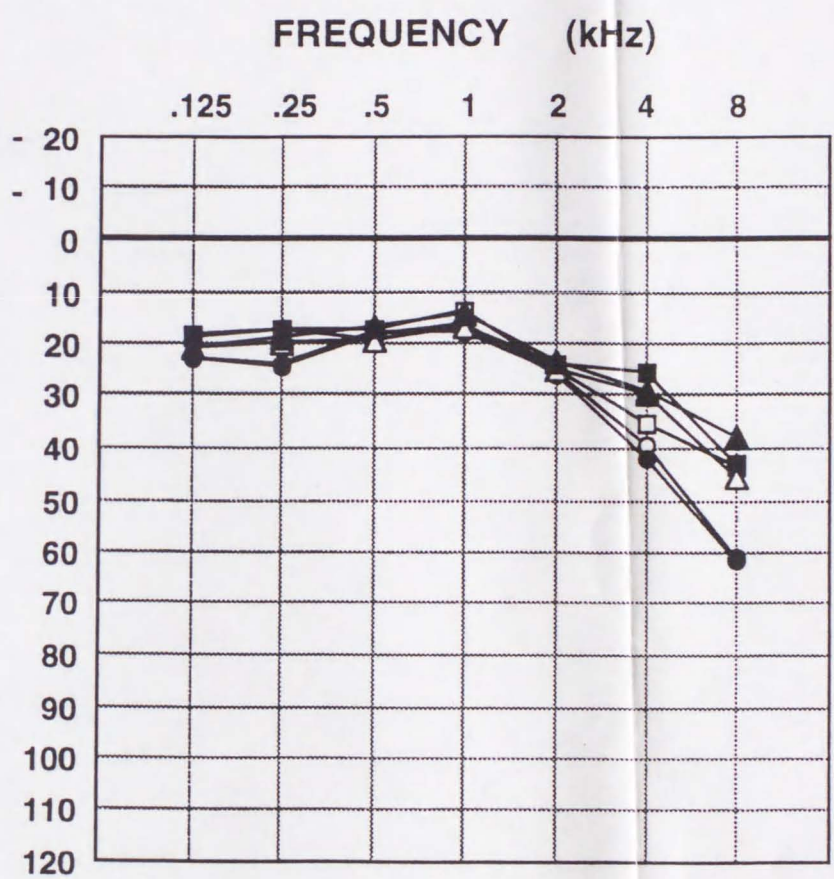
- 遮蔽レベル (SL)
- -10~0dB
 - 0~10dB
 - 10~20dB
 - 20~30dB
 - △ 30~40dB
 - ▲ 40dB~

図3. 耳鳴遮蔽レベル (SL) を10dB間隔で示した平均耳鳴遮蔽曲線

耳鳴周波数 4000Hz症例



耳鳴周波数 8000Hz症例



- 遮蔽レベル (SL)
- -10~0dB
 - 0~10dB
 - 10~20dB
 - 20~30dB
 - △ 30~40dB
 - ▲ 40dB~

図4. 耳鳴遮蔽レベル (SL) を10dB間隔で示した平均耳鳴遮蔽曲線
 に対応する平均純音気導閾値

耳鳴周波数 4000Hz症例

耳鳴周波数 8000Hz症例

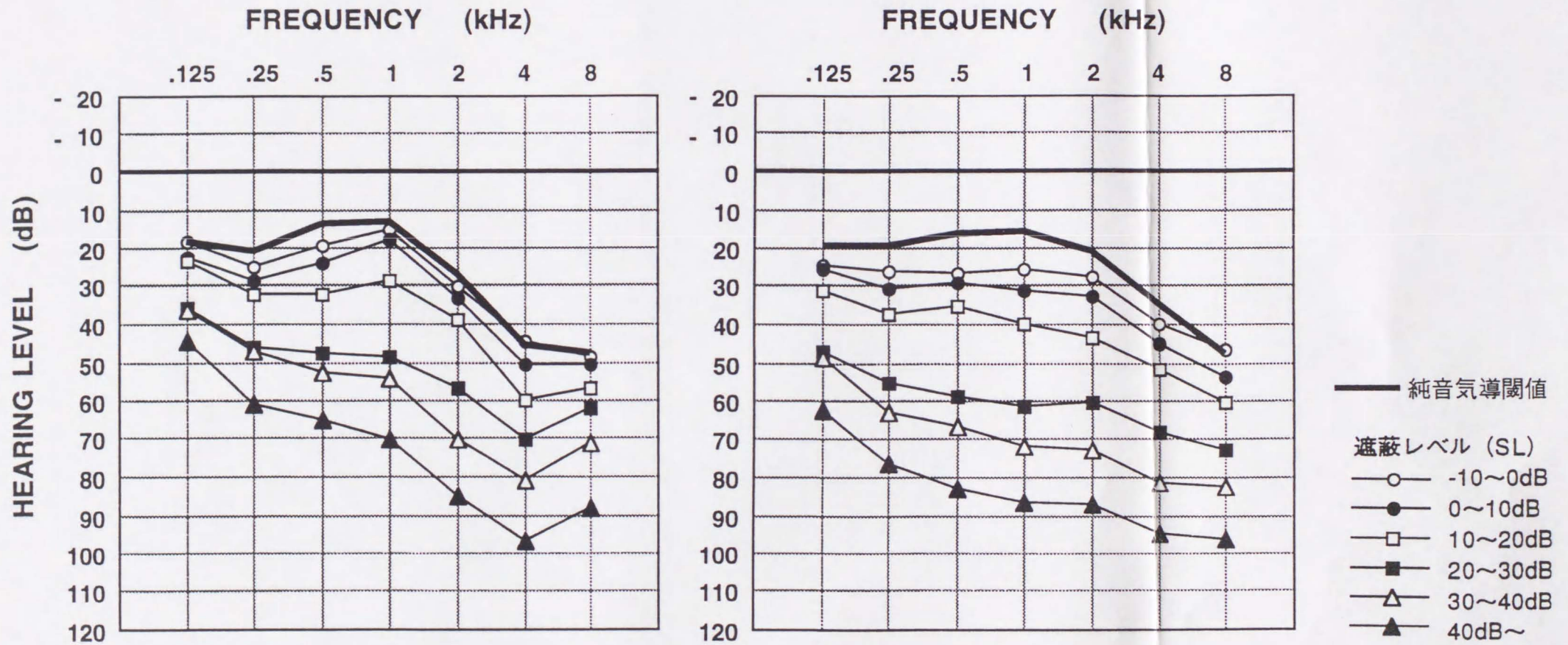


図5. 純音気導閾値平均を基準として描いた耳鳴遮蔽曲線

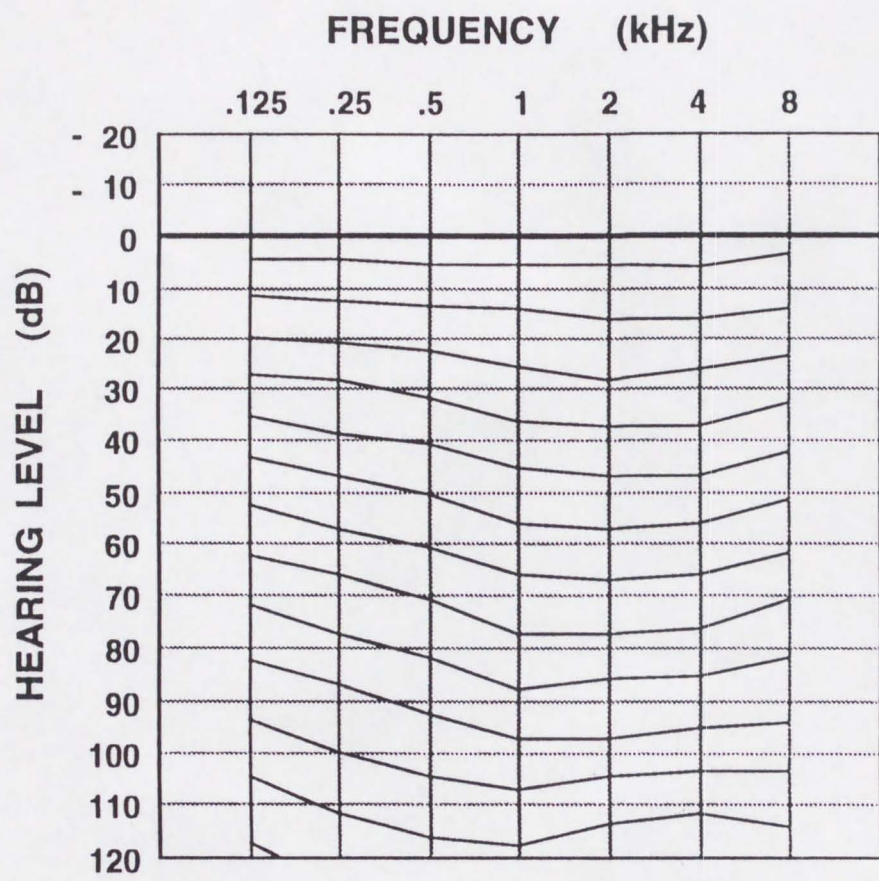
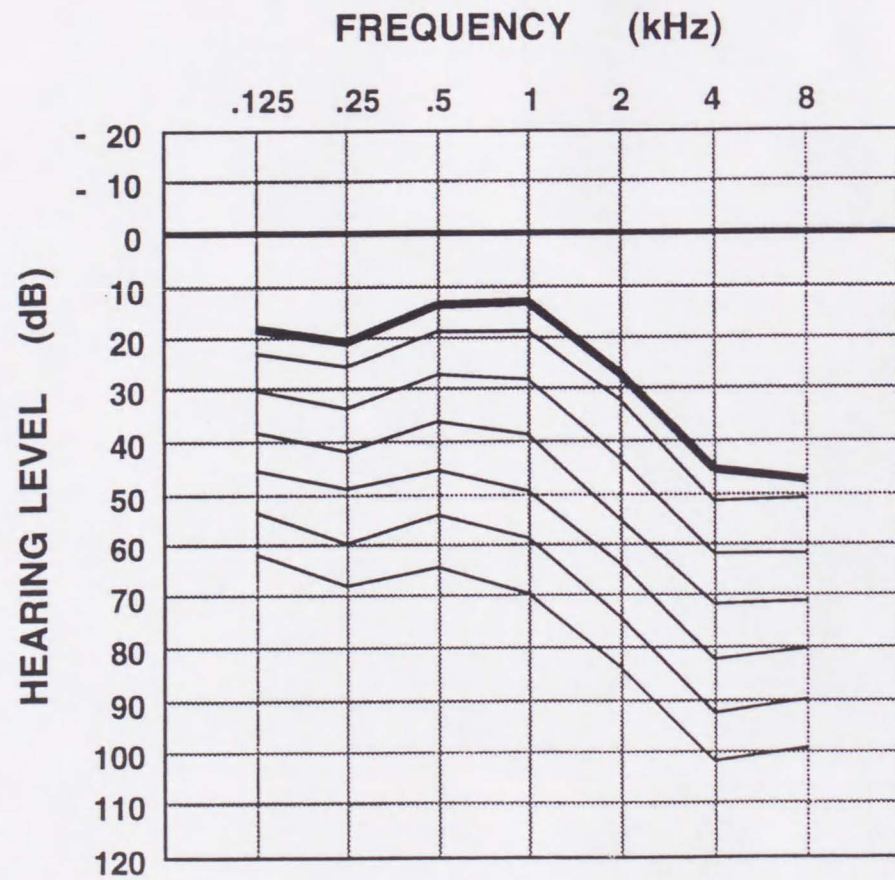


圖6 .標準等感曲線 (ISO/R226,1961)

耳鳴周波数 4000Hz



耳鳴周波数 8000Hz

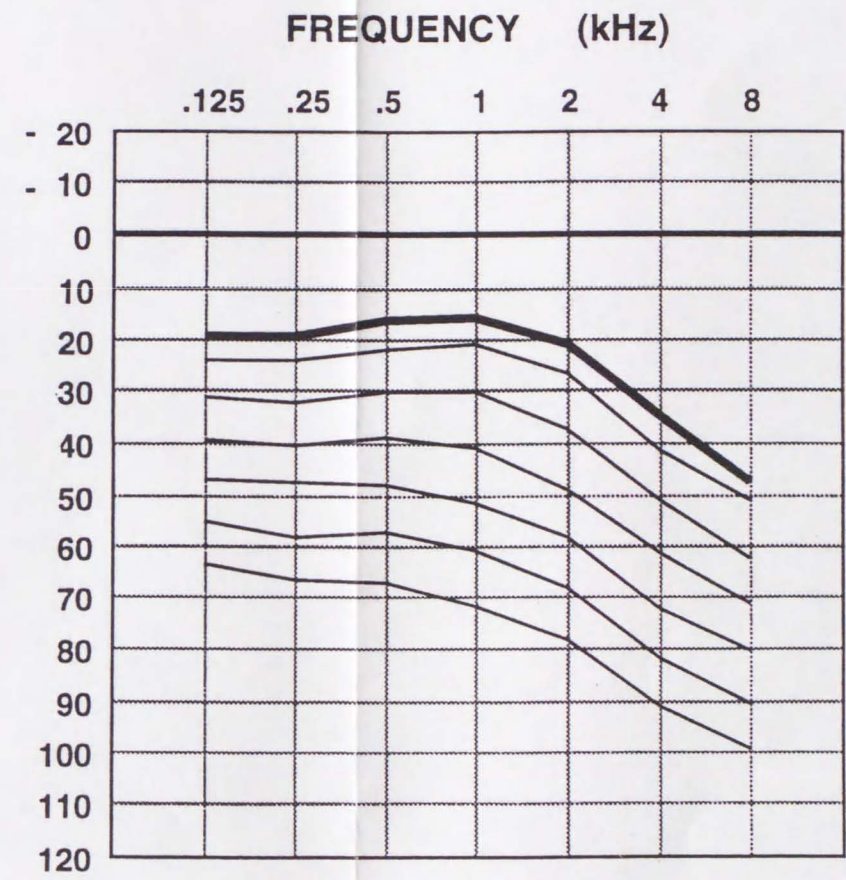


図7. 耳鳴周波数4000.8000Hz症例の純音気導閾値を基準として描いた標準等感曲線

表1. 耳鳴検査法『標準耳鳴検査法1993』

1. 自覚的表現の検査
2. ピッチマッチ検査
3. ラウドネスバランス検査
4. 遮蔽検査

表 2. 対象耳の疾患別頻度

疾 患	耳数	(%)
原因不明感音難聴	105	61.8
無難聴性耳鳴	30	16.9
慢性騒音性難聴	11	6.2
突発性難聴	7	4.0
頭部外傷	7	4.0
低音障害型突発難聴	3	1.8
音響外傷	3	1.8
メニエール病	3	1.8
薬剤性難聴	1	0.6
	170	

表3. 対象耳の聴力型

聴力型	耳数	(%)
高音漸傾	84	49.4
正常	39	22.9
山	10	5.9
dip	10	5.9
高音急墜	9	5.3
水平	8	4.7
低音障害	4	2.4
谷	3	1.8
不定	2	1.2
S	1	0.6
	170	

表4. ピッチマッチと遮蔽レベルの内訳

dB \ Hz	125	250	500	1000	2000	4000	8000	計
-5~0	2	1			3	5	17	28
5~10	2		1	3	6	10	36	58
15~20	1	3	1		4	10	17	36
25~30		1				7	10	18
35~40					1	3	3	7
45~			1		2	8	12	23
計	5	5	3	3	16	43	95	170

(耳数)

表5. 耳鳴周波数と他の周波数のマスキングレベルの相関係数

他周波数 \ 耳鳴周波数	耳鳴周波数	
	4000	8000(Hz)
125 (Hz)	0.71	0.66
250	0.78	0.73
500	0.85	0.75
1000	0.83	0.76
2000	0.88	0.79
4000		0.85
8000	0.88	

P<0.01

Inches 1 2 3 4 5 6 7 8
cm 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak



Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 **M** 8 9 10 11 12 13 14 15 **B** 17 18 19

