聴覚過敏に対する不快閾値検査の有用性

—急性低音障害型感音難聴での先行調査—

坂田俊文¹⁾, 上野哲子²⁾, 市川大輔²⁾, 大庭 哲¹⁾, 久保田由紀子¹⁾, 中川尚志²⁾

¹⁾福岡大学筑紫病院耳鼻いんこう科

²⁾福岡大学医学部耳鼻咽喉科学教室

要旨：聴覚過敏に対する不快閾値検査の有用性には賛否両論がある。そこで検査精度を向上させるための先行調査として、対象を一側性急性低音障害型感音難聴に限定し、純音の提示条件を変更して、結果の違いを検討した。連続的に音量増加させた従来の不快閾値検査を検査C (conventional)、音量増加の前に無音状態を挿入したものを検査M (modified) とした。33例を初診時における聴覚過敏の有無で2群に分け、初診時検査Cと検査Mを比較した。患側では両検査とも有意差を認めなかった一方、健側では500, 1000Hzの検査Mで有意な低下を認めた。11例では、聴覚過敏のある時期とその前後の聴覚過敏ない時期とで経時的変化を観察した。聴覚過敏のある時期では両検査とも両側で閾値低下を認め、健側500Hzの検査Mは最も低い危険率を示した。音の提示方法や提示側の再考で、聴覚過敏に対する検出力の向上が期待された。

—キーワード—

聴覚過敏, 不快閾値検査, 急性低音障害型感音難聴

はじめに

代表的な耳症状の一つである聴覚過敏は、内耳障害に起因する聴覚補充現象と関連づけて理解されることが多い。このため、聴覚過敏の評価を目的として、SISI検査、Metz検査、自記オーディオメトリー、ABLB検査など、聴覚補充現象を捕らえる検査が施行される。しかしながら、聴覚補充現象が確認されても聴覚過敏のない症例や、聴覚過敏があっても聴覚補充現象が検出されない症例などがあり¹⁾、これらの検査をもって聴覚過敏の評価法とするには困難がある。近年、聴覚過敏の発現には、中枢レベルでの機能異常が関与すると報告されるようになり^{2), 3)}、聴覚過敏と聴覚補充現象とが必ずしも相関しない理由の一つと考えられている。そのような状況の中、不快閾値検査には情動反応が付加されることから⁴⁾、聴覚過敏の評価方法として期待されてい

る。不快閾値検査の有用性を検討した報告では、肯定的な意見^{5), 6), 7)}がある一方、否定的な意見⁸⁾もあり、一定の見解が得られていない。ところが、これらの検討の多くは補聴器適合の観点から検討されたためか、原因疾患が特定されておらず、また純音を用いた不快閾値検査の場合、音の提示方法が明記されていない。以上のような背景から、われわれは不快閾値検査の精度を向上させるための先行調査として、対象を急性低音障害型感音難聴に限定し、検査音の提示条件を変更することで、結果にどのような差異が生じるかを検討した。

対象と方法：

2011年1月から2011年6月に当施設で初回発作の治療を受けた一側性の急性低音障害型感音難聴（以下、ALHL）33例を対象とした。平均年齢は 37.2 ± 7.0 歳、男性9例、女性24例であった。診断基準は

低音3周波数聴力レベル合計 (LT3) ≥ 70 dB, 高音3周波数聴力レベル合計 (HT3) ≤ 60 dB とし, 加齢性難聴を除外するため50歳未満を選択した。また初診時に純音聴力検査と, 検査音の提示条件を変えた2種の不快閾値検査を施行し得た例を選択条件とした。この33例中, 初診時に聴覚過敏症状を自覚していたものは18名, していなかったものは15名あった。

一方, 対象の中で聴覚過敏症状を自覚し, それが一旦消失した後に再度発現・消失し, なおかつその都度純音聴力検査と2種の不快閾値検査を施行できたもの(経時的観察例)は33例中8例のみであった。そこで2009年1月以降に当施設で初回治療を受けた一側性のALHL症例の中から, 聴覚過敏症状を自覚し, それ以後同様の経時的観察が可能であった3例(52, 57, 62歳)を追加し, 計11例を不快閾値の経時変化を検討するための対象とした。11例の平均年齢は 44.7 ± 11.1 歳, 男性2例, 女性9例であった。なお, 追加した3例中2例は, $HT3 \leq 90$ dB (健側, 患側に有意差なし)であった。

純音聴力検査と不快閾値検査にはオーディオメータAA79(リオン株式会社 東京)を用いた。不快閾値検査は従来の方法を不快閾値検査C (conventional), 音の提示方法を変更したものを不快閾値検査M (modified) と呼称し, それぞれ500, 1000, 2000, 4000 Hz で計測した。不快閾値検査Cでは, 純音(断続音: 断続周期450ms)を連続的に提示し, 2秒間隔で5dBステップずつ上昇法させた。一方, 不快閾値検査Mでは, 3秒間のインターバル(無音)をおき, 純音(連続音)を2秒間提示し, 5dBステップで音圧を上昇させた。純音聴力, 不快閾値C, 不快閾値Mはこの順番で順次計測した。被験者には, “聞いているのが苦痛なほど大きな音”と感じたときにボタンを押すように指示した。また, 音の大きさに対する苦痛を決して我慢する必要はないことも付け加えた。

聴覚過敏症状の判定については, “聴取された音声のラウドネスが, 普段と違って異常に大きい状態”と定義し, 音声が“響く”, “割れる”, “エコーがかかる”, “ワンワンする”といった訴えがあっても, ラウドネスを問題にしない例は除外した。

初診時に計測した33例は, 自覚的な聴覚過敏の有

無で2群に分類し, 計測結果を比較検討した。経時変化の検討を行った11例では, 自覚的な聴覚過敏のある時期(Point 2)と, その前後の聴覚過敏のない時期(Point 1, Point 3)とで比較検討した。有意差検定にはMann-Whitney's U test, Friedman testを用いた。

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し, 本検討の意義を説明の上, 被験者全員からインフォームドコンセントを得た。

結 果

初診時に聴覚過敏症状のあったもの(聴覚過敏+群)となかったもの(聴覚過敏-群)は, それぞれ18例と15例あり, 平均年齢は 38.4 ± 6.7 歳, 35.6 ± 7.4 歳, 男女比は6:12, 5:10で有意差を認めなかった。両群の聴力レベル, 不快閾値C, 不快閾値Mを図1に示した。両群の患側, 健側の聴力レベルに有意差は認めなかった。患側では, 不快閾値Cおよび不快閾値Mとも, 聴覚過敏+群で低値となる傾向にあったが, 有意ではなかった。一方, 健側も同様の傾向であったが, 500, 1000 Hz の不快閾値Mでは有意差が認められた。

聴覚過敏+群と-群で, それぞれの不快閾値の差を検討したところ, 各周波数とも不快閾値Cの差に比べ不快閾値Mの差が大きくなる傾向があった。しかし有意性は認められなかった。

聴覚過敏+群18例中, 不快閾値検査時に健側にも何らかの異常感覚があったものは10例あり, そのうち聴覚過敏症状を自覚していたものは4例あった。このため, 患側のみに聴覚過敏症状を自覚した14例と両側に自覚した4例で比較検討したが, 不快閾値C, 不快閾値Mとも有意差を認めなかった。

経時変化を検討した11例の聴力レベルを図2に示した。Point 2では患側の低周波数域が悪化する傾向にあったが, 有意差は認めなかった。図3, 4には不快閾値C, 不快閾値Mの推移を示した。Point 2では, 患側, 健側とも不快閾値Cおよび不快閾値Mの低下を認めた。しかし, 患側500 Hz の不快閾値Mには有意性を認めなかった。また, 患側の2000 Hz, 4000 Hz では不快閾値Cの方が, 不快閾値Mに比べて危険率が低かった。一方, 健側では500 Hz と2000 Hz で不快閾値Mの方が不快閾値Cに

図1 急性低音障害型感音難聴33名（聴覚過敏+：18名；聴覚過敏-：15名）における，聴力レベル，不快閾値C，不快閾値M

図2 各Pointの聴力レベル（平均±SD）

比べて危険率が低かった。経時的変化の検討の中では，健側 500Hz の不快閾値Mが最低の危険率を示した。

経時的変化を検討した11例において，各Pointで健側に聴覚過敏症状があった例はなかった。

考 察

本検討により，不快閾値は聴覚過敏症状の有無を反映することが示唆され，少なくとも定性的な検査法としての有用性を確認することができた。しかしながらそれは個体内あるいは特定集団の経時的評価が主であり，定点での観測値を個体間で比較するこ

図3 各 Point の不快閾値C (平均±SD)

図4 各 Point の不快閾値M (平均±SD)

とは難しいと考えられた。Sherlock ら⁶⁾ は、正常者 59名の不快閾値を調べ、そのSDを11dB前後と報告した。また、Brügel ら⁹⁾ は、感音難聴症例の不快閾値を調べ、そのSDを10-20dBと図示した。つまり、不快閾値には個体差がある上、難聴に伴いその拡大が想定され、個体間の比較には限界があるものと思われた。ただし、本検討において不快閾値Mによる健側の500Hz, 1000Hzの評価では有意差が得られたことから、音提示の方法によっては個体間

の比較にも有用な検出力が得られる可能性がある。また、経時的変化の検討において、患側では1000Hz以外で不快閾値Cの危険率が低かった。一方、健側では500Hz, 2000Hzで不快閾値Mの危険率が低く、特に500Hzでは両側を通じて最低の危険率を示した。対象が少ないため、両不快閾値の優位性を論じることはできないが、聴覚過敏の有無による動向が異なる可能性はあり、不快閾値検査の方法を再考する余地があるものと思われた。

不快閾値を求めるための音の提示方法については定まったものがなく、純音の他には、トーンバースト音¹⁰⁾、周波数変調音¹¹⁾、バンドノイズ⁹⁾、語音¹²⁾などの他、職場の環境騒音¹¹⁾を用いた検討もある。それらの有用性について優劣を比較した文献は少なく、したがって最良の方法と位置づけられるものはない。さらに純音を用いた検査では、具体的な方法が記載されていないものが多い。Sherlock ら⁶⁾は400msの間隔で1s間音を提示し、5dBステップで音圧を増す方法を記載した。また、英国オージオロジー学会が2011年に電子出版した不快閾値検査の推奨手順 (<http://www.thebsa.org.uk/>) では、1秒間の純音提示と少なくとも1秒の無音を繰り返し、5dBステップで音圧を増すと記載している。本邦では決まった方法が提唱されていないが、日本聴覚医学会編の著書¹³⁾によれば、純音を3秒間ごとに漸増させるとしている。本検討における不快閾値検査Cでは、断続音ではあるが連続的に音圧増加させた。一方、不快閾値検査Mでは音圧増加の間に3秒間の無音状態を挿入した。今回の結果から、少なくとも健側での評価に関しては不快閾値Mの有用性が高い印象があった。この理由については正常者を含めてさらなる検討を加えなければ言及できない。しかしながら、正常者が白色雑音の中で純音を聞いた場合、白色雑音のレベルを大きく設定するほど純音の増大巾に比べて知覚されるラウドネスの増大巾は大きくなり、補充現象様の所見を呈するという知見がある¹⁴⁾。つまり、不快閾値Mのように刺激音が断続的に増加する場合と、不快閾値Cのように連続的に増加する場合では、前者の方が前述のような偽性の補充現象が現れにくく、その結果、検査精度が増すのではないかと推測された。このことは、初診時の聴覚過敏一群において、不快閾値Mの方が不快閾値Cに比べて高い傾向にあった点(図1)に反映されている可能性がある。また聴覚過敏の検出精度は患側より健側で高い傾向にあったことから、不快閾値検査にあたっては、提示音の条件だけでなく、検査側の決定も重要であると思われる。

末梢障害のない健側において患側に劣らない不快閾値の変化があったことは予測外であった。不快閾値レベルの音を認知する機構と聴覚過敏症状の認知機構には明らかな違いがあるものと思われる。この

ことは、聴覚過敏症状には、末梢機能障害の影響に加え、高次中枢機能が関与することを反映したものであると思われる。

近年、耳鳴患者に聴覚過敏が合併しやすいことから、聴覚過敏と耳鳴とは類似した中枢変調であると論じた諸家の報告^{15), 16), 17), 18)}がある。耳鳴発現に際しては、末梢入力損失に伴い、蝸牛神経背側核、下丘、1次2次聴覚野の電位が増強すると報告されている¹⁹⁾。たとえば高音部の末梢入力が増減すると側方抑制の損失が生じ、障害周波数より低い周波数域で下丘の活動亢進が認められる²⁰⁾。同様に聴覚過敏の患者でも下丘などの中脳の活動亢進が報告された²¹⁾。Morita ら²²⁾による脳磁図の研究では、聴覚補充現象陽性の内耳性難聴者において、入力音の増大に伴う聴皮質の反応増加が、正常者に比べて大きかった。また、この現象は難聴の改善と共に正常者と同等となったことから、内耳性難聴者におけるラウドネス感覚増大への関与を推測した。これらの知見は、末梢入力障害により蝸牛神経核から聴皮質までの興奮性が高まり、聴覚過敏が発現する可能性を示す。しかしながら、Dehaene ら²³⁾の研究によれば、このような聴皮質の興奮はあくまでも意識下の現象であり、これが意識上で知覚されるためには、包括的作業域と双方向のリンクを持つ必要がある。彼らは、前頭葉-頭頂葉-帯状皮質からなる高次皮質のネットワークを包括的作業域と考え、そこからのトップダウン効果はさらに聴皮質の興奮性を高めると論じた。この包括的作業域については事象関連電位P300の発生に関与するとも報告している²⁴⁾。さらに、一過性耳鳴の研究²⁵⁾などにより、聴皮質と包括的作業域との活動同期性には γ 波増強によるコヒーレントな作用の関与が示唆されており、耳鳴の自覚側と対側聴皮質の γ 波活動が相関するとの報告がある²⁶⁾。一方、聴覚過敏症状には情動的な要素が含まれる。扁桃体は情動にかかわる中心的部位であり、聴覚過敏の苦痛に関与する²⁷⁾。末梢聴覚障害が生じると非古典的聴覚路²⁸⁾が活性化され、聴皮質を経由せず、視床(背側と内側)から直接扁桃体(外側核)へ向かう皮質下ルートが活性化すると推測されている。実際に一部の耳鳴患者で非古典的聴覚路が活性化することが示され²⁹⁾、扁桃体を含む辺縁系の活動が増加した³⁰⁾。扁桃体は基底核を介して聴皮質に連

絡しており²⁸⁾、前述の包括的作業域にも作用すると考えられている²³⁾。またコウモリの研究では、扁桃体から下丘への投射が確認された³¹⁾。以上の知見をまとめると、聴覚過敏の発現には、耳鳴同様、末梢障害に起因する一次聴皮質までの過興奮、それを意識上に知覚するための上位中枢（包括的作業域）の活動、情動機能の中心である扁桃体からの投射（聴皮質レベル、下丘レベル）などが複合的に関与するものと考えられた。聴覚過敏症状のある患者に観察される不快閾値の低下は、以上のような機構を背景にしていると思われ、聴覚過敏症状と不快閾値それぞれの認知機構の違いの1つには情動中枢の関与があると推測された。しかしながら、健側耳の不快閾値が変動したことについては依然不明な点が多い。さらに文献的考察を加えたところ、以下の3点が推察された。一つめは、一側の急性内耳障害により下丘から内側膝状体に至る経路の活動が亢進した際、聴皮質の活動亢進が両側性に発来した可能性である。脳磁図の検討では、聴覚過敏のある被験者は、音圧上昇に伴って両側聴覚野の興奮性が高まることが示された²²⁾。これには前述した包括的作業域からのトップダウン効果が両側聴皮質に及んだことも想像された。二つめは不快閾値の認知に半球優位性が関わっている可能性である。Weiszら³²⁾は脳磁図の検討で、耳鳴患者に純音を提示すると、耳鳴側にかかわらず右半球に反応の優位性を認めた一方、正常者ではこのような優位性が認められなかった。この病的な半球優位性が入力音声に対する過敏性をもたらすと仮定すれば、健側入力での不快閾値の低下がありうると推測された。また、Naitoら³³⁾は、正常者では語音に対する反応が右半球において優位であり、これらの反応に比べて雑音への反応が有意に小さかった一方、内耳性難聴で聴覚過敏症状のある被験者では右半球の優位性が消失し、さらに両半球とも雑音に対する反応が増大したと報告した。Weiszら³²⁾の知見との関連性は不明だが、これも不快閾値の認知に半球優位性が関与する可能性を示すものと思われた。つまり、病的状態における半球優位性の破綻が、両半球の雑音に対する反応を増大させるなら、健側入力の不快閾値が低下しうると思われた。三つめは扁桃体を介した皮質下経路の関与であり、一側の扁桃体から両側聴皮質への経路³⁴⁾や、両側下

丘への投射³¹⁾が報告されている。下丘は音源定位にも強くかかわっており³⁵⁾、健側の不快閾値低下のみならず、聴覚過敏症状の自覚側の認知機構を考察する上でも興味深い。

ま と め

本検討から、不快閾値検査の検査方法を変更することで、聴覚過敏に対する検出力を高められる可能性が期待された。聴覚過敏の発現機構については耳鳴同様、解明すべき点が多く残されている。聴覚過敏の定量的評価法を考案するためには、情動との関わりを含めた音量認知機構の基礎研究が必要である。一方、患者を対象とした生理学的検討も積極的に行われる余地があり、不快閾値検査の応用に関しては、音声の負荷方法や提示側について再検討する価値があるものと思われた。

本研究の要旨は、第56回および第57回日本聴覚医学会総会・学術講演会で口演した。

Usefulness of uncomfortable loudness levels in the evaluation of hyperacusis : A preliminary investigation of acute low-tone sensorineural hearing loss

Toshifumi Sakata¹⁾, Tetsuko Ueno²⁾, Daisuke Ichikawa²⁾, Satoru Ohba²⁾, Yukiko Kubota¹⁾, Takashi Nakagawa²⁾

¹⁾Department of Otolaryngology, Fukuoka University Chikushi Hospital

²⁾Department of Otolaryngology, Fukuoka University School of Medicine

To assess whether or not uncomfortable loudness levels (UCLs) can be used to evaluate hyperacusis, patients with unilateral acute low-tone sensorineural hearing loss (ALHL) were examined by the conventional UCL method (UCLC) and modified UCL method (UCLM), and the relationship with hyperacusis was examined. At UCLC, intermittent pure tone was loaded and was increased with

five dB per two seconds. On the other hand, at UCLM, continuous pure tone was loaded two seconds with three seconds soundless interval between five dB increases. At the first medical examination, subjects with hyperacusis exhibited a significantly lower UCLM at 500 Hz and 1000 Hz in their healthy ear. Comparison of the UCLs during occasions with and without hyperacusis throughout the examination period revealed that the UCLC and UCLM were lower in both the healthy and hearing-impaired ears during episodes of hyperacusis. The largest change was seen in the UCLM at 500 Hz in the healthy ear. Reconsideration of how and on what side to present the acoustic sounds for testing may help in improving the detection of hyperacusis.

文 献

- 1) 君付隆, 松本希, 高岩一貴, 他: 聴力に異常のない聴覚過敏患者における内耳機能検査の特徴。Audiology Japan **52**: 152-156, 2009
- 2) Marriage J, Barnes NM: Is central hyperacusis a symptom of 5 hydroxytryptamine (5-HT) dysfunction? J Laryngol Otol **109**: 915-921, 1995
- 3) Formby C, Sherlock LP, Gold SL: Adaptive plasticity of loudness induced by chronic attenuation and enhancement of the acoustic background. J Acoust Soc Am **114**: 55-58, 2003
- 4) Wallén MB, Hasson D, Theorell T, et al: The correlation between the hyperacusis questionnaire and uncomfortable loudness levels is dependent on emotional exhaustion. Int J Audiol **51**: 722-729, 2012
- 5) Hazell JWP, Sheldrake JB, Graham RL: Decreased sound tolerance: predisposing factors, triggers and outcomes after TRT. in Patuzzi R (ed), Proceedings of the Seventh International Tinnitus Seminar 2002. University of Western Australia, Perth, 2002, pp255-261
- 6) Sherlock LP, Formby C: Estimates of loudness, loudness discomfort, and the auditory dynamic range: normative estimates, comparison of procedures, and test-retest reliability. J Am Acad Audiol **16**: 85-100, 2005 Review
- 7) Blaesing L, Kroener-Herwig B: Self-reported and behavioral sound avoidance in tinnitus and hyperacusis subjects, and association with anxiety ratings. Int J Audiol **51**: 611-617, 2012
- 8) Meeus OM, Spaepen M, Ridder DD, et al: Correlation between hyperacusis measurements in daily ENT practice. Int J Audiol **49**: 7-13, 2010
- 9) Brügel FJ, Schorn K: Various uncomfortable loudness thresholds, their correlation and use in general practice. Laryngorhinootologie **71**: 572-575, 1992 German
- 10) Hood JD, Poole JP: Tolerable limit of loudness: its clinical and physiological significance. J Acoust Soc Am **40**: 47-53, 1966
- 11) Fillion PR, Margolis RH: Comparison of clinical and real-life judgments of loudness discomfort. Am Acad Audiol **3**: 193-199, 1992
- 12) Sammeth CA, Birman M, Hecox KE: Variability of most comfortable and uncomfortable loudness levels to speech stimuli in the hearing impaired. Ear Hear **10**: 94-100, 1989
- 13) 小寺一興: 不快・快適レベルの検査方法。聴力検査の実際。日本聴覚医学会編, 南山堂, 東京, 2009, pp159-160
- 14) Stevens SS, Guirao M: Loudness functions under inhibition. Attention Perception & Psychophysics **2**: 459-465, 1967
- 15) Jastreboff PJ, Jastreboff MM: Tinnitus retraining therapy (TRT) as a method for treatment of tinnitus and hyperacusis patients. J Am Acad Audiol **11**: 162-177, 2000
- 16) Schaaf H, Klofat B, Hesse G: Hyperacusis, phonophobia, and recruitment. Abnormal deviations of hearing associated with hypersensitivity to sound HNO **51**: 1005-1011, 2003
- 17) de Magalhães SL, Fukuda Y, Liriano RI, et al: Relation of hyperacusis in sensorineural tinnitus patients with normal audiological assessment. Int Tinnitus J **9**: 79-83, 2003
- 18) Hiller W, Goebel G: Factors influencing tinni-

- tus loudness and annoyance. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* **132** : 1323–1330, 2006
- 19) Kaltenbach JA : The dorsal cochlear nucleus as a participant in the auditory, attentional and emotional components of tinnitus. *Hear Res* **216–217** : 224–234, 2006
- 20) Wang J, Ding D, Salvi RJ : Functional reorganization in chinchilla inferior colliculus associated with chronic and acute cochlear damage. *Hear Res* **168** : 238–249, 2002
- 21) Gu JW, Halpin CF, Nam EC, et al : Tinnitus, diminished sound-level tolerance, and elevated auditory activity in humans with clinically normal hearing sensitivity. *Neurophysiol* **104** : 3361–3370, 2010
- 22) Morita T, Naito Y, Nagamine T, et al : Enhanced activation of the auditory cortex in patients with inner-ear hearing impairment : a magnetoencephalographic study. *Clin Neurophysiol* **114** : 851–859, 2003
- 23) Dehaene S, Changeux JP, Naccache L, et al : Conscious, preconscious, and subliminal processing : a testable taxonomy. *Trends Cogn Sci* **10** : 204–211, 2006
- 24) Dehaene S, Sergent C, Changeux JP : A neuronal network model linking subjective reports and objective physiological data during conscious perception. *Proc Natl Acad Sci USA* **100** : 8520–8525, 2003
- 25) Ortmann M, Müller N, Schlee W, et al : Rapid increases of gamma power in the auditory cortex following noise trauma in humans. *Eur J Neurosci* **33** : 568–575, 2011
- 26) Weisz N, Müller S, Schlee W, et al : The neural code of auditory phantom perception. *J Neurosci* **27** : 1479–1484, 2007
- 27) Khalfa S, Dubal S, Veuille E, et al : Psychometric normalisation of a hyperacusis questionnaire. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* **64** : 436–442, 2002
- 28) LeDoux JE : Brain mechanisms of emotion and emotional learning. *Curr. Opin. Neurobiol* **2** : 191–197, 1992
- 29) Møller AR, Møller MB, Yokota M : Some forms of tinnitus may involve the extralemniscal auditory pathway. *Laryngoscope* **102** : 1165–1171, 1992
- 30) Lockwood AH, Salvi RJ, Coad ML, et al : The functional neuroanatomy of tinnitus. Evidence for limbic system links and neural plasticity. *Neurology* **50** : 114–120, 1998
- 31) Marsh RA, Fuzessery ZM, Grose CD, et al : Projection to the inferior colliculus from the basal nucleus of the amygdala. *J Neurosci* **22** : 10449–10460, 2002
- 32) Weisz N, Wienbruch C, Dohrmann K, et al : Neuromagnetic indicators of auditory cortical reorganization of tinnitus. *Brain* **128** : 2722–2731, 2005
- 33) Naito Y, Fujiki N, Nagamine T, et al : Auditory evoked magnetic fields in patients with hearing disorders. in Yoshimoto T, Kotani M, Kuriki S, et al. (ed), *Recent advances in biomagnetism*. Tohoku University Press, Sendai, 1999, pp521–524
- 34) Kumar S, von Kriegstein K, Friston K, et al : Features versus Feelings : Dissociable Representations of the Acoustic Features and Valence of Aversive Sounds. *J Neurosci* **32** : 14184–14192, 2012
- 35) Pollak GD : Circuits for processing dynamic interaural intensity disparities in the inferior colliculus. *Hear Res* **288** : 47–57, 2012

(2012年12月27日受稿 2013年3月15日受理)

別冊請求先 : 〒818-8502

福岡県筑紫野市俗明院1-1-1

福岡大学筑紫病院耳鼻いんこう科

坂田俊文

Toshifumi Sakata

Department of Otolaryngology, Fukuoka University Chikushi Hospital

1-1-1 Zokumyoin, Chikushino city,

Fukuoka, 818-8502, Japan