平成28年度研究助成 【サウンド技術振興部門】より

骨導聴覚を利用した初期老人性難聴のメカニズム解明と簡易的な検査手法の検討

九州大学大学院　システム情報科学研究院
特任助教　伊藤　一仁

18世紀末から19世紀初頭にかけて活躍したドイツの作曲家であるベートーベンは、耳に障害を抱えながらも数々の交響曲やピアノ演奏曲を作曲し、世に送り出したことが今日でもよく知られています。彼が30歳になる頃にはすでにかなりの聴力を失い始めていたようです。しかし、口にくわえた指揮棒をピアノに接触させ、弦（或いは筐体）の振動を、歯を通して耳に伝えることにより演奏を聴き、作曲を続けていたと言われています。近年の研究によれば、ベートーベンの聴力障害は当時のワインに含まれていた鉛の多量摂取による中毒が原因だったようです[1)]。彼の聴力障害の初期にはすでに高い音の聴こえや音の弁別への支障があったと考えられています。音楽家としては致命的に思えるような障害を抱えながらも、数々の名曲を産み出してきたのですから、彼の才能と執念には感嘆するばかりです。さて、この偉大な作曲家のお話を冒頭に紹介させて頂いたのは、ここに登場する二つの事柄が本研究のヒントにもなっているからです。それが「難聴」と「骨導」です。

聴覚は外界の空気振動を外耳で捉え、鼓膜や中耳を経て、内耳で電気信号に変換し、その信号を脳に送ることによって、音として知覚する感覚機能です。難聴は、この聴覚経路のどこかに障害が発生することにより、健全な場合に比べて聴力が低下した状態を指します。難聴の起こる原因は様々で、ベートーベンのように薬や毒物などによる化学的な障害、強大な騒音への暴露による機械的な障害、ウィルス感染や自己免疫などによる生理的障害、ストレス等による心的障害などがあり、また、これらが複合することもあります。そのため、難聴の症状は多様であり、その原因を一意に特定することは困難な場合が多いようです。

ところで、健聴な人が聴くことの出来る音の高さ（可聴周波数）の範囲は、概ね20Hz～20,000Hzとされています。但し、この20,000Hzという可聴上限は20歳くらいまでの若年者に関するもので、年配者ではもっと低くなる傾向にあります。これは歳を取るに従って、主に高周波領域、つまり高い音の方から徐々に聴力が失われていく加齢性の障害の所為であり、老人性難聴と呼ばれています[2)]。「歳を取って耳が遠くなった」というのは、それがかなり進行した状態のものです。加齢によって聴覚系の組織が変質したり、長年にわたる音への暴露で機械的な劣化を起こしたりすることが要因と考えられますが、必ずしも明確には判っていません。なぜなら、生きているヒトの小さな聴覚器官を開けて覗いてみたり、電極針などを指したりして何が起きているかを観察することは困難だからです。そこで、老人性難聴の初期の罹患メカニズムを、何とか音響心理実験によって明らかに出来ないか、というのが私の課題です。

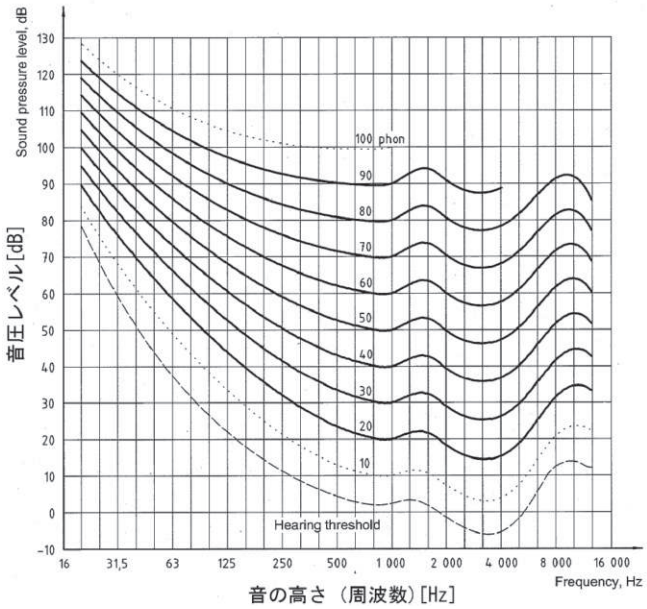

図　聴覚の等感曲線（ISO226：2003より、一部改変）

図は、ISO226：2003というヒトの聴覚の感度に関する国際標準規格で、等感曲線と呼ばれています。音の周波数を変化させていった時に、聴こえている音の感覚的な大きさ（ラウドネス）が等しい音圧レベルを測定し、等高線として結んだものです。一番下の破線が、聴くことの出来る最も小さい音圧レベル（最小可聴閾値）を表します。このグラフから、ヒトの聴覚は、物理的に同じ音圧であっても周波数が異なれば感じる音の大きさが異なることが判ります。等高線の間隔が1,000Hz ～4,000Hzの間で少し広くなっているのが判るでしょうか。これは、この周波数の音に対する感度が他の周波数に比べて良いことを意味しています。この等高線の間隔の広さは、内耳（蝸牛）の中に在る、音の大きさを増幅する機能（蝸牛増幅）を反映しており、それは小さな音に対する聴覚の高い感度を担っています。1,000Hz ～4,000Hzという周波数の音は、ちょうど私達の周りの環境にも多く存在する音であり、原始以来ヒトが生きていくうえで重要な情報がたくさん含まれています。そのために感度が良くなっているのかもしれません。一方、この内耳の増幅機能が一部でも損なわれたら、どうなるでしょうか。それは、その音に対する感度を失うことになるので、聴き取りも悪くなります。一部の難聴は、このようなメカニズムによるものと考えられるのです。

老人性難聴もまた、加齢と共に、この内耳の増幅機能が高い周波数から徐々に失われていく現象であると推測されます。それ故、可聴上限までの、高い周波数帯域の等感曲線を描くことが出来れば、初期の老人性難聴がどのように発生し、どのように進行していくのか、そのメカニズムを明らかにできるかもしれません。しかしながら、可聴上限に近い高周波の音の聴取は容易ではなく、また精度良く高い音を出せる音響機器は高価である傾向があります。そこで、私は骨導に着目しました。冒頭のベートーベンのお話にもあったように、骨導ならば比較的高い周波数の音でも聴取でき、またそれほど高価

な音響機器を必要としないからです。さらに重要な点は、骨導音が外耳および中耳系を介さずに直接内耳に届くため、内耳の機能のみを抽出できることです。やや専門的な話になりますが、外耳・中耳系には周波数フィルタ特性という性質があり、骨導音はそのフィルタ特性の影響を回避できるのです。

この初期の老人性難聴の罹患・進行メカニズムを解明する試みにより、新たな診断手法の開発にも期待が出来ます。なにしろ、この難聴は高い周波数の聴力低下から徐々に起こるため、難聴が進行していてもなかなか自覚することが難しいのです。もし老人性難聴の罹患状況が早い時期から判るならば、その進行速度を少しでも遅らせるための処置や対策を講じることが出来るかもしれません。一般の人々が聴力検査を受診する機会は大抵、職場などでの定期的な健康診断においてですが、そこで測られる周波数は1,000Hzと4,000Hzのみであり、初期の老人性難聴を殆ど把握できません。耳鼻科で純音聴力検査を受診すれば8,000Hzの周波数まで測ってくれますが、耳の調子でも悪くならない限り、なかなか自ら耳鼻科へ赴くことはないでしょう。それに8,000Hzの純音聴力の低下が観測された頃には、老人性難聴はそこそこ進んでしまっている状況であり、より高い周波数の音による検査が望ましいと考えます。

老人性難聴は、今日の高齢化社会における健康問題の一つであり、高齢者の生活の質を落とす要因にも数えられています。特に最近では、認知症との密接な関係も取り沙汰されているようです[3)]。さらに、2015年の世界保健機関（WHO）の勧告では、近年の携帯音楽プレーヤーの普及が、若い年齢からの老人性難聴の進行を促進するという指摘もされています。それ故、初期の老人性難聴のメカニズムの解明とその診断手法の確立は、今後より重要性を増すと考えます。

56歳で生涯を閉じたベートーベンの晩年はほぼ全聴力を失っていたそうです。私たちは少しでも長く健康な聴覚を維持しながら、美味しいワインを楽しみつつ、いつまでも彼の残した名曲の調べに酔い続けたいものですね。

参考文献

1）Stevens, MH., et. al., “Lead and the deafness of Ludwig van Beethoven,” Laryngoscope, 123, 2854 − 2858, 2013.

2）Takeda, S., et. al., “Age variation in the upper limit of hearing,” European Journal of applied physiology, 65, 403 − 408, 1992.

3）Peele, JE., et. al., “Hearing loss in older adults neural systems supporting speech comprehension,” Journal of Neuroscience, 31, 12638 − 12643, 2011.