平成25年度研究助成 【サウンド技術振興部門】より

外耳道を開放したまま装用できる軟骨伝導補聴器の騒音下語音明瞭度に関する研究

奈良県立医科大学　耳鼻咽喉・頭頸部外科学講座　助教
下倉　良太

1．視覚と聴覚

視覚と聴覚、どちらを失う方がより人生に不利益だろうか。この問いに正解など見つかるはずもないが、このように感覚器の中で視覚と聴覚はよく比較される。「百聞は一見にしかず」ということわざは、伝聞より実経験に勝るものはないという意味であるが、字面から「視覚の方が大事」と誤認している人も多いであろう。確かに視覚は色、輝度が三次元的に時間軸に乗った情報なので、音圧の時間軸情報を扱う聴覚に比べて圧倒的に情報量が多い。情報量の比較だけなら、確かに視覚に分がありそうだ。

世の中を見渡しても、視覚の優勢は変わらない。例えば健康診断について考えると、視力検査はランドルト環（Cのようなシンボル）を用いて細かく計測するのに対し、聴力検査は1 kHz（30dB）と4 kHz（40dB）の純音が聞こえるかどうかを調べる簡易的なものである。また公共空間について考えると、視覚障害者には点字ブロック、音サインなどのバリアフリーが施されているが、聴覚障害者のための筆談器を備えている公共機関は僅かである（恐らくあることすら知らない読者も多いだろう）。さらに聴覚障害者はパラリンピックに出場できないという事実も驚きである。また補正器について考えると、視力補正器であるメガネは老若男女問わず使用され、ファッションの一部になるほど愛されているが、補聴器は「お年寄りが使うもの」というイメージが定着し、ファッションはおろか、むしろ見えないように小型化・ベージュ化される傾向にある。

2．補聴器の進化

視覚と違って、聴覚の衰えを感じるのは高齢になってからだからこの風潮は仕方ない、とおっしゃる方もいるだろう。聴力低下を自覚しなければ、補聴器の必要性を感じない。当然のことである。しかし耳鼻科に来られる難聴者の6～7割は家族が補聴器の必要性を訴えている。本人ではなく周りにいる家族が先に聴力低下に気付くのである。ドイツの哲学者イマヌエル・カントの言葉にこのようなものがある。「目が見えないことは人と物を切り離す。耳が聞こえないことは人と人を切り離す。」家族や社会とのつながりが強い内に、補聴器が持つ負のイメージを捨て、補聴器を選択する勇気が必要である。

こうしてようやく手にした補聴器であるが、フィッティングの段階でその装用を諦める難聴者は少なくない。難聴者のうち補聴器の所有割合はわずか24.1%である[1)]。その最たる理由は耳閉感である。

20世紀初頭にベル研究所で発明された補聴器は、スポットライトの当たらぬ場所で補聴器本

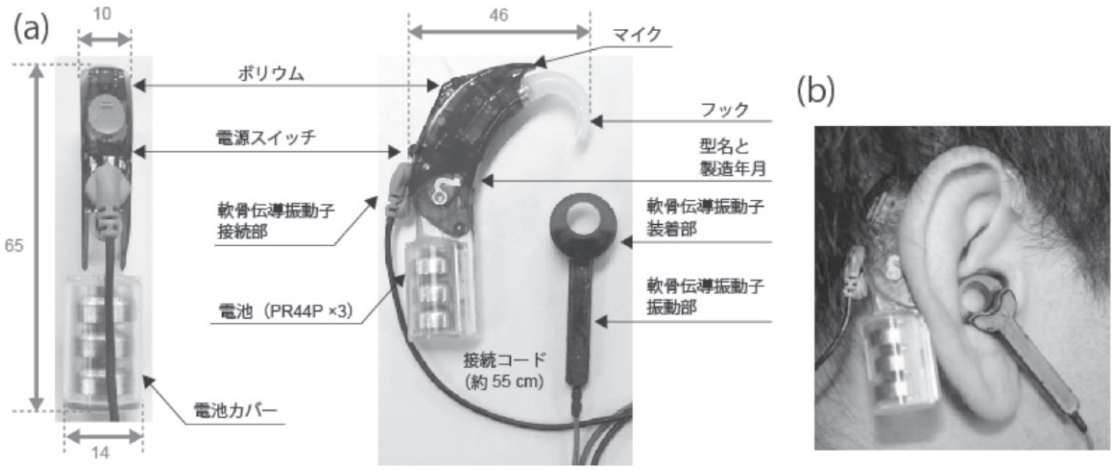

図１　(a)耳かけ型軟骨伝導補聴器（HD-GX2：2009年完成）と（b)装用例

体の小型化、高性能化など、革新的な進化を遂げてきたが、耳栓を外耳道に挿入するという装用スタイルは発明当初から変わっていない。iPodやウォークマンを聞かない世代にとって、就寝と入浴以外ずっと耳に詰め物をすることは苦痛以外の何ものでもない。また外耳道閉鎖効果によって食事中の咀嚼音が強調されるので、人の話を聞こうと思ったら口の動きを止めなければならない。これでは折角の家族の団らんも台無しである。

こういった状況に対し、近年各補聴器メーカーはオープンフィッティング補聴器を販売している。耳閉感を低減させるため、耳栓に開口部を設けるという単純な発想である。しかしこの方法では言葉の聞き取りに必要な低音が音漏れして補聴できない、ハウリングを起こしやすくなるのでゲインを上げられないという問題を抱えている。そのため装用対象者が、軽度難聴者に限定されてしまう。そこで我々研究グループは、耳軟骨の振動で音情報を伝える軟骨伝導に着目し、低音増強が可能でハウリングの少ない軟骨伝導補聴器の開発を行っている（図１）。

３．軟骨伝導補聴器

耳軟骨は我々の耳介と外耳道の半分を形成している。この耳軟骨を振動させると、振動した軟骨が外耳道内に音を生成し、良好な音聴取が得られる（図２）。奈良県立医科大学の細井教授はこれを「軟骨伝導」と命名し、本研究グループでは軟骨伝導補聴器の開発・性能評価・臨床実験を進めている[2)-7)]。この補聴器の最大の

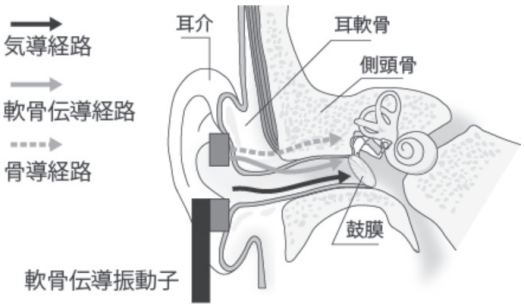

図２　軟骨伝導振動子装用時の音情報伝搬経路

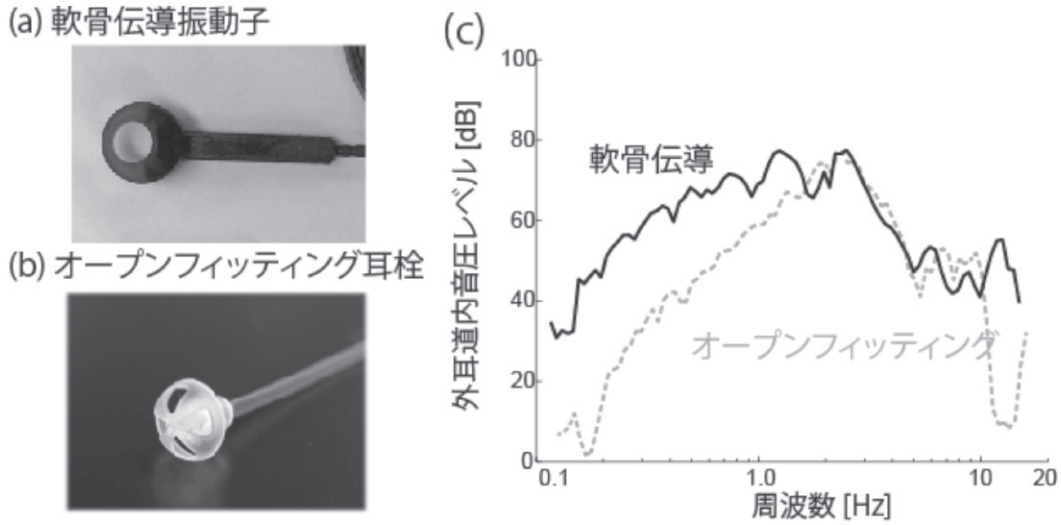

図３　(a)軟骨伝導振動子、(b)オープンフィッティング耳栓、(c)外耳道内音圧レベル

魅力は、リング状振動子を用いれば外耳道を塞ぐことなく低音を強調できることである。耳軟骨は低周波数で強く振動するため、低音強調に優れており、生成された音が外耳道内で定在波を形成するため、音漏れが極めて少ない[5)]。前述のオープンフィッティングと比較すると、およそ20dBの低音増強を実現している（図３）。そのため装用対象者を格段に広げることが可能である。

さらに軟骨伝導補聴器は、特定疾患により補聴器の耳栓を装用できない難聴者にも適応可能である。例えば耳介奇形、小耳症、外耳道癌等で外耳道が閉塞する外耳道閉鎖症の患者は、気導補聴器の耳栓を挿入するスペースを持っていない。また耳漏のある患者も、耳漏が外耳道内に蓄積されるため耳栓を利用できない。そういった患者に対して耳を塞がない軟骨伝導補聴器は有用であり、実際高い補聴効果が報告されている[4),6)]。これまで、これらの患者は、骨導補聴器やBAHA（埋め込み型骨導補聴器）の装用を余儀なくされてきた。しかし骨導補聴器は振動子を乳様突起（耳介の裏にある側頭骨の突起部）に５N以上の力で圧着させる必要があり、長期間装用すると痛みや皮膚びらんが生じる。また頭蓋骨にチタン製ボルトを埋め込むBAHAは、当然ながら手術を要する。軟骨伝導補聴器は、一般補聴器が使えない難聴者に、快適な装用と明瞭な聞こえを提供でき、さらに手術からも開放させることができる点において、大きな存在意義を持っている。

４．軟骨伝導補聴器のこれからの課題

このように装用の快適性に優れた軟骨伝導補聴器は、世間が考える補聴器に対する敷居を下げる効果があると考える。メガネ同様に軽く掛けるだけで使えるため、その手軽さにデザイン性が加われば、「隠す」補聴器から「見せる」補聴器へ変化させることも可能であろう。そうなればより多くの人の目に触れ、手に取りその装用効果を実感する人も増えてくるであろう。

そしてさらなる普及を考えるのであれば、シーンを問わず使える補聴器を開発することも重要である。屋内で装用されることの多い補聴器であるが、現在社会で活躍する人々をターゲットとするならば、屋外でもその装用効果を実証しなければならない。軟骨伝導補聴器はリング状振動子を外耳道開口部にかけて使用するため耳閉感がない反面、騒音に対する脆弱性を指摘する声をよく耳にする。そこで本研究課題は、騒音下における語音明瞭度の程度を明らかにすることを目的とする。比較対象としてオープンフィッティング補聴器を用い、どちらの方が騒音呈示下で単音節の聞き取りが良いか検証する。現在刺激の作成が終了し、被験者を集めて心理実験を行う段階に入っている。

上記性能評価実験と平行して、現在軟骨伝導補聴器の臨床実験が進められている。私生活の中で軟骨伝導補聴器を利用し、その効果、利便性、快適性を細かく評価している方々が国内に数名おられる。相当数の知見を収集した後、厚生労働省が発布する薬事法の認可を受け（メガネと違って補聴器は医療機器扱い）、平成28年を目処に製品化を目指している。本研究課題で得られる結果も、本補聴器の利便性をPRする重要なデータになるものと考えている。

参考文献

1）日本補聴器工業会　http://www.hochouki.com/academy/news/program/index.html

2）細井裕司ら「骨伝導スピーカの使用方法及び骨伝導受話装置の使用方法」特許番号：454111, 2004.

3）H. Hosoi et al., “Development of cartilage conduction hearing aid,” Arch. Mat. Sci. Eng. 42, 104 − 110, 2010.

4）T. Nishimura et al., “Benefit of a new hearing device utilizing cartilage conduction,” Auris Nasus Larynx 40, (2013) 440 − 446.

5）R. Shimokura et al., “Development of monaural and binaural behind-the-ear cartilage conduction hearing aids,” Applied Acoustics 74 (2013) 1234 − 1240.

6）C. Morimoto et al., “Sound transmission of cartilage conduction in the ear with fibrotic aural atresia,” Journal of Rehabilitation Research and Development (in Press).

7）T. Nishimura et al., “Is cartilage conduction classified into air or bone conduction?” Laryngoscope (in Press).