

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

( 1 / 3 )

研究題目	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	報告書作成者	伊藤一仁
研究従事者	伊藤一仁		
研究目的	<p>本研究では、骨導聴覚を用いることによって、ヒトの聴覚において、加齢に伴って主に高周波領域から生じの蝸牛増幅機能の減退が老人性難聴の一因であることを明らかにする。さらに、特定の高周波骨導音の聴こえがこの蝸牛増幅機能の減退の程度によって異なることを利用し、初期の老人性難聴の罹患状況を簡易的に診断できる臨床検査手法の確立を目指す。本研究の成果は、老人性難聴の早期診断において、高周波骨導聴覚の有効性を示すと共に、臨床応用への道を切り拓くものである。</p> <p>老人性難聴は、加齢に伴う聴力障害であり、主に高周波領域から起こる聴力低下として認識されている(Takeda et al. 1992)。今日の社会において老人性難聴は、高齢者の生活の質を落とす要因となっているばかりか、最近では認知症との関連性が取り沙汰されている(Pelle et al. 2011, Livingston et al. 2017)。また、近年の携帯音楽プレーヤーの普及が、若年齢からの老人性難聴の進行を加速させる可能性も指摘されている(WHO 2015)。それ故、老人性難聴の早期の検査・診断および補聴器の導入は今後、より重要性を増すだろう。近年の老人性難聴の詳細な診断には ABR や MEG などの脳波・脳磁計測を用いた診断手法が提案されている(大塚 1996, 田中 2011 等)が、臨床へ広く普及させるためには、より簡便な診断法の開発が望まれる。本研究は骨導聴覚を利用することにより、それに対する一つの解答を提供できると考える。</p>		

## 研究内容

加齢性の聴力障害である老人性難聴は、主に高周波領域から起こる聴力の低下として知られる。初期の老人性難聴を診断するためには、高周波音に対する内耳(蝸牛)内部の機能を把握できることが望ましい。しかし、従来の気導聴取(空気を媒介する音の聴取)を主体とする標準純音聴力検査は、音響機器の性能や、聴力を測るための周囲の音(ノイズ)環境に大きく影響されたり、外耳・中耳が元来持っているフィルタ特性に影響されたりして、必ずしも正しく内耳内部の機能を把握できているとは言い難い。そこで本研究は骨導聴覚の活用を提案する。頭蓋骨の振動として伝えられる骨導音は、外耳・中耳を経由せずに直接内耳に届くため、内耳の機能のみを抽出できる。また、気導音に比べて周囲の音(ノイズ)環境の影響を受け難い。さらに、骨導音を発生するための圧電振動素子は比較的安価である。

本研究では、特に、骨導の等ラウドネス特性に着目することにより、従来の気導の最小可聴閾値のみでは判り得ない蝸牛増幅機能の状態を抽出する。それにより、加齢に伴って起こる高周波領域での蝸牛増幅機能の減退が、初期の老人性難聴の一因であることを実証する。さらに、この蝸牛増幅の減退した高周波数領域においては、刺激の音高に対する識別感度が著しく低下することが考えられるため、この知覚の感度や度合いを老人性難聴の進行状況を推定するための指標として利用することを検討する。即ち、高周波領域の骨導音に対する音高識別能を測ることによって、初期老人性難聴の診断が可能となる臨床検査手法の確立を目指す。

研究のポイント	<p>この研究が示す重要な点は、一般的な標準純音聴力検査で“健聴”と診断される中年者においても、すでに初期の老人性難聴の顕著な徴候が見られることである。言い換えるならば、一般的な聴力検査で、高周波音に対する閾値上昇が明確に診断される頃には、すでに老人性難聴はかなり進行した状態にあると考えられる。それ故、本手法により、その徴候がより早期に発見できるならば、補聴器使用への準備(特に、罹患者としての自覚の喚起)と適切な導入タイミングを計ることが可能になるだろう。実際、今日の日本国内での補聴器導入のタイミングは10年以上も遅いと言われている(Hetu 1996)。本研究の成果や検査法の発信・提起は、地域医療への貢献のみならず、老人性難聴や他の聴力障害が抱える問題を社会により広く認知させ、数千億円規模とも言われる潜在的な国内補聴器市場(Sankei Digital 2014.11)の活性化や、根源的な治療法開発を喚起・促進させることが期待される。</p>
研究結果	<p>20歳代前半の若年者群における骨導の等ラウドネス特性の等高線は10 kHz～17 kHz 辺りまで活発な蝸牛増幅の働きを示し、18～19 kHz で減退し、20 kHz 以上の超音波帯域で、増幅機能は減退した。この蝸牛増幅機能の減退・消失はその周波数の音に応答する外有毛細胞が基底膜上に存在しないか、存在したとしても機能していないことを意味することから、蝸牛増幅機能の周波数的な限界がヒト聴覚の可聴上限を決めていると示唆される。実際、気導閾値の上昇との周波数的な一致も確認された。</p> <p>一方、一般的な聴力検査で正常聴力と診断された中年者群では、等高線の収斂が15 kHz 辺りで生じており、より高い周波数域でもその間隔は狭いまま推移した。即ち、若年者に比べて、蝸牛増幅の減退および消失が15 kHz 程度のより低い周波数域まで延伸されたことを示しており、気導閾値もこの増幅機能の減退と共に上昇していることから、老人性難聴との一致が示唆されている。</p>
今後の課題	<p>現在はまだ数名の聴取者から得られたデータしかないため、今後はより多くの聴取者からのデータを収集していきたい。但し、対象となっている“一般的な聴力検査で正常と診断される”中年者(および、老人性難聴の進行が疑われる若年者)を、実験参加者として集めることに苦労している。なぜなら、この世代の多くは平日には就業、或いは学業に付いているためである。一方、もう一つ上の世代では、すでに一般的な聴力検査でも初期の難聴が見とめられるケースが多くなってしまふ。今後も地道に、募集活動を進めていく</p> <p>また、今回得られた知見を基にして、初期老人性難聴の診断が可能となる臨床検査手法の確立を進めていく。計画の当初は、超音波領域の音刺激を使う予定であったが、超音波振動子メーカにおいて(皮膚への接触が容易な)密閉型振動子の生産が少なくなっている状況を鑑み、比較的容易に手に入る可聴域の骨導振動子を用いる方向で検査手法の変更を考えている。具体的には、蝸牛増幅機能の減退した周波数領域では、刺激の音高に対する識別感度が著しく低下していることから、この領域の骨導音に対する音高識別能を、老人性難聴の進行具合の指標として利用することを検討していく。</p>

本研究は、気導聴取では測定が困難な高周波帯域の等ラウドネス特性(ISO 226: 2003)が、骨導では超音波領域に至るまで比較的容易に測定できることに着目した(Pumphrey, 1950; Ito et al. 2015)。これにより、従来の最小可聴閾値のみの聴力検査では判らなかった蝸牛増幅の働きが抽出可能となった。蝸牛増幅機能は、基底膜上の外有毛細胞の能動的な伸縮作用であり、小さな音に対するヒト聴覚の高い感度を担っている。

図1は、20歳代前半の若年者7名から得られた骨導の等ラウドネス特性の平均値を表している。3本の黒線は、心理的な音の大きさ(ラウドネス)の等しいレベルを繋いで表されるラウドネス等高線で、間隔の広さは蝸牛増幅の大きさを示す。若年者群の等高線は10 kHz~17 kHz 辺りまで活発な蝸牛増幅の働きを表しているが18~19 kHz で大きく減退し、20 kHz 以上の超音波帯域では音の感覚は残るものの増幅機能はほぼ消失しているのが判る。増幅機能の消失はその周波数の音に応答する外有毛細胞が基底膜上に存在しないか、存在したとしても機能していないことを意味する。従って、図1は、蝸牛増幅機能の限界がヒト聴覚の可聴上限を決めていることを示唆しており、気導閾値(グレー線)の上昇との周波数的な一致も確認された。

一方、一般的な聴力検査で概ね正常聴力と診断された中年者3名の、骨導の等ラウドネス特性を図2~4に示す。どの中年者も、等高線の収斂が15 kHz 辺りで起こり、より高い帯域ではそれらの間隔は狭いまま推移した。つまり、若年者に比べて、蝸牛増幅の減退および消失がより低い周波数側へ伸長されたことを示している。その気導閾値も増幅機能の減退と共に上昇しており、気導聴力の低下として表される老人性難聴との一致が明らかである。即ち、蝸牛増幅機能の高周波域からの減退が、初期の老人性難聴の要因になっていることが明らかである。

これら中年者における蝸牛増幅の減退した15 kHz 以上の高周波数領域においては、刺激の音高に対する識別感度が著しく低下していることが考えられる。今後は、この領域の音高知覚の感度や度合いを測ることにより、老人性難聴の進行状況を推定するための指標として利用することを検討していく。

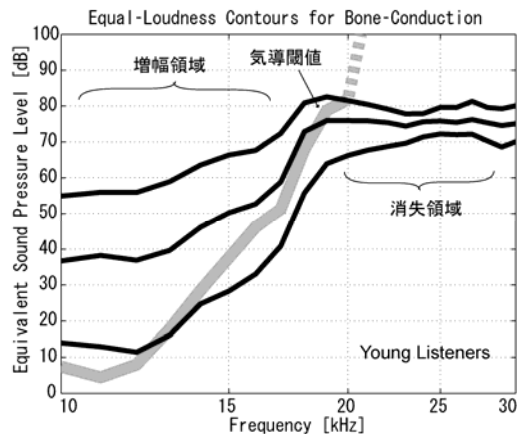


図1 若年者群の骨導の等ラウドネス特性

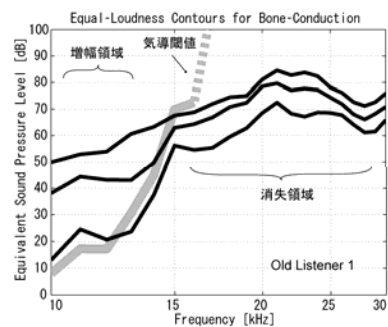


図2 中年者1の結果

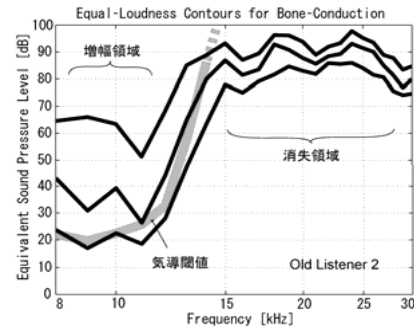


図3 中年者2の結果

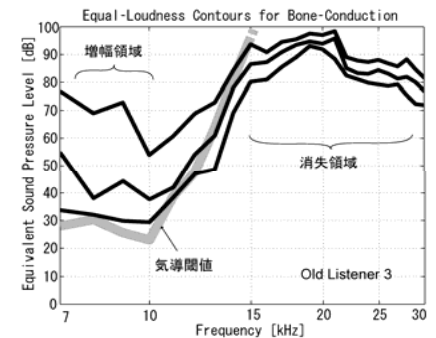


図4 中年者3の結果