

令和 4 年 9 月 10 日現在

機関番号：37128

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2020

課題番号：16H02838

研究課題名（和文）骨導聴覚による蝸牛増幅の心理物理学的検討と老人性難聴モデルの構築

研究課題名（英文）Psychophysical Evaluation of Cochlear Amplification and Model Construction of Presbycusis by Bone Conduction Hearing

研究代表者

伊藤 一仁（ITO, KAZUHITO）

純真学園大学・医療工学科・准教授

研究者番号：80443167

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ヒトの聴覚における蝸牛増幅機能のトノトピックな制限が、生来的な気導聴力における約20 kHzの上限周波数を決定していることを、骨導という特殊な聴覚を利用して検証した。

また、この骨導聴覚によって、ヒトが加齢に伴って罹患する初期の老人性難聴は蝸牛増幅機能の高周波域からの減退を主な要因としていることが示唆された。さらに、初期老人性難聴の罹患状況を表す指標として、高周波帯域における骨導ピッチ知覚特性の変容が利用可能であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

加齢と共に進行する聴覚障害である老人性難聴は、高齢者の生活の質を落とす要因であるばかりか、認知症を進行させる原因の一つでもある。また、携帯音楽プレーヤーの普及は若年層からの罹患を促進させる可能性がある。それ故、若年期からの検査・診断および予防が重要性を増す。

本研究はこのような加齢性の聴覚障害の検査・診断に骨導聴覚を利用する事の有効性を証明した。そして、この研究成果や、このような新たな検査法の発信・提起により、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、潜在的な補聴器市場の活性化や、より優れた補聴システムの開発、並びに根源的な治療法の開発の促進に繋げていけると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The study of the auditory system using bone-conduction hearing demonstrated that the upper frequency limit of about 20 kHz in human air-conduction hearing is determined by the tonotopic limitation of the cochlear amplification function.

Then this method suggested that the age-related hearing loss, known as presbycusis, is caused mainly by the deterioration of the cochlear amplification function from the highest audible frequency region. Furthermore, it was also suggested that the change of the bone-conduction pitch perception characteristics in the high frequency range can play a role as a biomarker showing the course of the early age-related hearing loss, i.e. presbycusis.

研究分野：認知科学

キーワード：聴覚 骨導音 可聴上限周波数 蝸牛増幅機構 老人性難聴 気導聴力

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

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(Takeda et al. 1992)。このような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、近年では認知症との密接な関係が取り沙汰されてきた(Livingston et al. 2017, Peelle et al. 2011)。さらに、昨今のイヤホンやヘッドホンを利用した携帯音楽プレーヤーやスマートフォンの爆発的な普及により、若年齢からの老人性難聴の進行を促進する可能性が危惧されてきている(WHO 2015)。そのため、高域の聴力低下・聴力障害の早期の発見と適切な治療の導入は今後、より重要性を増すだろう。

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)の機能の状況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)を主体とする一般的な聴力検査は、検査機器の音響性能や周囲の音環境に影響されたり、外耳・中耳のフィルタ特性に影響されたりして、必ずしも内耳内部の機能を把握できていない。また、そもそも高周波帯域の音に対する聴力低下により、詳細な検査そのものが困難を極める。そこで本研究では、骨導聴覚の活用に着目した。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上、気導音を使った検査に比べて周囲の音環境の影響を受け難い。また、気導では聞くことが困難な高周波帯域の音であっても、骨導で呈示されることにより聴取可能となる(Pumphrey 1950)。

2. 研究の目的

本研究では骨導聴取を用いることによって、ヒトの聴覚での、加齢に伴って生ずる蝸牛増幅機能の減退や消失を観察し、ヒトの聴力上限に関する機序および初期の老人性難聴の要因を明らかにする。骨導聴取は、気導音では聴取が困難となった高周波領域の音を再び知覚可能にするからだ。しかも、そのような高周波領域の聴こえ方には個人差が生じることを示し、それらが加齢により減退した蝸牛増幅機能の周波数的特徴を表すものであることを検証する。さらに、この仕組みを利用することで、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。

3. 研究の方法

本研究は、高周波帯域での等ラウドネス特性を音響心理実験により測定する。それを可能とするために、刺激音として高周波域の骨導音を用いる。これにより、従来の気導聴取および標準最小可聴閾値の測定では、決して判り得なかった聴取者の高周波域における蝸牛増幅機能の周波数的変遷を詳細に抽出する。そして、加齢に伴って起こる高周波域での聴力低下が、蝸牛増幅機能の減退や消失であることを明らかにし、そのことが初期の老人性難聴の主要な要因であることを実証する。さらに、初期の老人性難聴の罹患状況を簡易的に診断するための指標として、高周波域の骨導音の聴こえ方、即ち、聴取者の主観的なピッチや周波数変調音、さらには GAP 検出における時間情報処理特性の変質・変容について検討する。

4. 研究成果

骨導聴取によるラウドネス特性の結果を示す。図 1 は、健聴な 20 歳代前半の若年者の等ラウドネス特性を 7 名の平均値で表している。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表す。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示しているが、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。これらの増幅機能の消失は、その周波数の音に反応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。

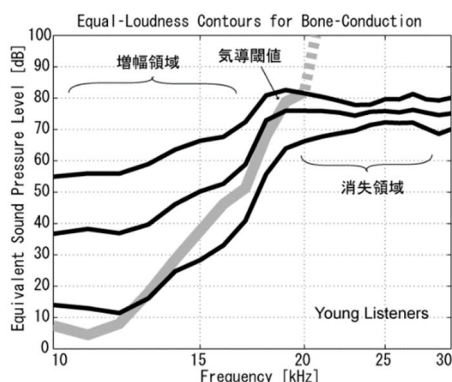


図 1

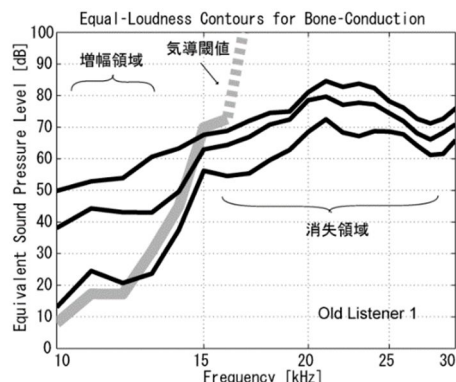


図 2-1

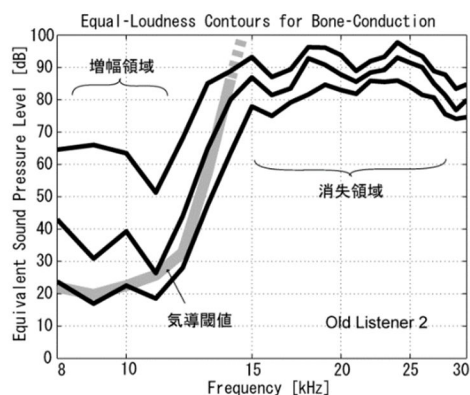


図 2-2

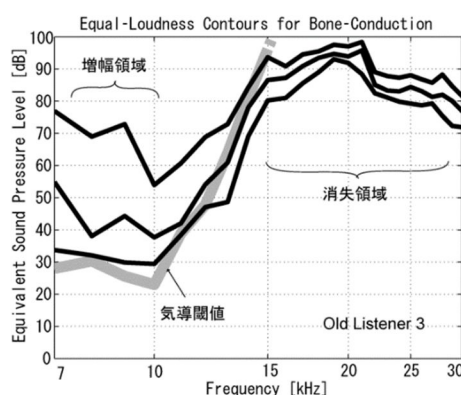


図 2-3

一方、一般的な聴力検査で“健聴”と診断された中年者3名の骨導の等ラウドネス特性を、典型例として図2に示す。これらの聴取者ではいずれも、等高線の収斂が既に15 kHz 辺りで起こっており、より高い帯域ではそれらの間隔は狭いまま推移していく。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意味している。気導閾値も増幅機能の減退に同期するように上昇しており、従来気導聴力の低下として表されてきた加齢性の聴力損失との一致が明らかである。それ故、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示唆される。このような増幅機能の減退・消失という特徴は、同じく健聴と診断された他の中年者にも同様に観測された。この実験で示された興味深く重要な点は、一般的な標準純音聴力検査で“健聴”、即ち正常聴力と診断される中年者において、骨導聴覚では既に初期の老人性難聴の顕著な徴候が観測されることである。

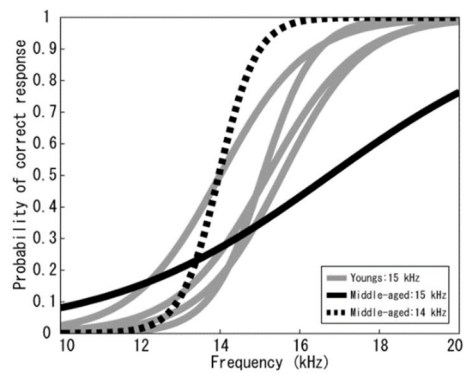


図 3

次に、これら初期の老人性難聴を簡易的に診断する手法を検討するために、図 2-1 の中年者のピッチ知覚の変容について調査した。ここでは任意の高周波骨導純音に対し、その近隣周波数の骨導音との間でのピッチの高低を判断させる音高弁別実験(恒常法)を行った。図 3 に示す結果では、先述の中年者の 14 kHz と 15 kHz の骨導純音の音高弁別の結果に大きな違いが観測された。14 kHz の弁別判断から得られた心理測定関数(黒い点線)は、0 から 1 へ至る典型的なシグモイド曲線を描いており、この音が近隣の別の音に対して音高弁別可能であったことを示す。しかし、15 kHz の心理測定関数(黒い実線)はシグモイド曲線を描いておらず、この音のピッチが近隣の周波数、特に 15 kHz より高い音との間での音高弁別が困難であったことを示している。その一方で、若年者群(4 名)の 15 kHz の心理測定関数(グレー線)は、周波数や勾配に個人差があるものの、全て 0 から 1 へ至るシグモイド曲線を描き、全員 15 kHz の音の音高弁別が可能であったことを意味している。これらのことから、当中年者での 14 kHz と 15 kHz との間でのピッチ知覚の変容は、この範囲に蝸牛増幅機構の減退した境界を持っていることを表しており、初期老人性難聴の罹患状況を表す指標としてのピッチ知覚の利用可能性を示唆している。

参考文献

Livingston et al., The Lancet, PIIS0140-6736(17)31363-6, 2017

Peele et. al., J. Neurosci. 31(35): 12638–12643, 2011

Pumphrey, Nature, 166, pp. 571, 1950

Takeda et al., Eur. J. Appl. Physiol. 65, 403-408, 1992

大塚, 日本耳鼻咽喉科学会会報, 1764-1771, 1996

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kazuhito ITO, Akihide TAKAMURA and Shuji MORI
2. 発表標題 Auditory between-channel processing by measuring across-ear temporal gap detection
3. 学会等名 INTER-NOISE 2016 in Hamburg (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊藤一仁、田村俊介、森周司
2. 発表標題 加齢性聴力損失とそのピッチ知覚
3. 学会等名 日本音響学会2018年春季研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	森 周司 (Shuji Mori) (10239600)	九州大学・システム情報科学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	松尾 行雄 (Ikuo Matsuo) (40323117)	東北学院大学・教養学部・教授 (31302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------