

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：82626

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24653219

研究課題名(和文) 加齢変化を考慮した騒音評価方法の開発に向けた聴覚モデルの構築

研究課題名(英文) Modeling of auditory perception for noise evaluation based on loudness-perception characteristics of older adults

研究代表者

倉片 憲治 (Kurakata, Kenji)

独立行政法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・グループ付き

研究者番号：90356931

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：騒音測定で用いられる周波数重み付け特性Aは、等ラウドネスレベル曲線で表される聴覚特性に基づいている。等価騒音レベル(LAeq)は知覚されるラウドネス(音の大きさ)との対応が良いことが知られているが、それは若年健聴者が聴取した場合に限られる。本研究では、若齢者及び60歳以上の高齢者を対象に、さまざまな音の大きさ知覚に関する聴取実験を行った。解析の結果、高齢者の聴覚特性に合わせて重み付けした音圧レベルの方が、LAeq値よりも、知覚されるラウドネスに良く対応することが示された。その結果に基づいて、従来の周波数重み付け特性Aよりも精度良く評価できる、高齢者対応の騒音評価方法を提案した。

研究成果の概要(英文)：The frequency-weighting A used for noise measurement was determined based on hearing characteristics expressed as equal-loudness-level contours. The time-averaged, A-weighted sound level (LAeq) of a sound corresponds well with the perceived loudness. However, good correspondence between LAeq and the perceived loudness is confined to cases in which listeners are young people with normal hearing. In this study, psychoacoustic experiments were conducted to investigate loudness of various sounds perceived by young adults and older adults aged over 60. Analyses of results revealed that sound levels weighted by older listeners' hearing characteristics matched the judged loudness better than LAeq values did. Based on the results, a noise evaluation method was proposed, which can evaluate noises for senior citizens more accurately than the conventional method using A-weighting.

研究分野：聴覚心理学

キーワード：聴覚 音響心理 音の大きさ 聴覚モデル 高齢者 加齢効果 騒音評価

1. 研究開始当初の背景

これまで各種騒音の評価は、もっぱら若齢者の聴覚特性に基づいて行われてきた。すなわち、交通騒音・環境騒音等の種類を問わず、周波数重み付け特性Aを施した音圧レベル(A特性音圧レベル、騒音レベル)が測定されている。

しかし、この対応の良さは、あくまで“若齢者”の場合である。周波数重み付け特性A(A特性)は、若齢者を対象に測定された、音の大きさの等感曲線(等ラウドネスレベル曲線;音の周波数による聴覚の感度の違いを表した曲線)に基づいている。実際、若齢者の等感曲線をA特性曲線に重ね合わせると、その形状は全体的によく一致する。

一方、高齢者では、加齢に伴う聴力低下のため、両曲線の食い違いが大きい。そのため、同じ音を聴取した場合でも、高齢者と若齢者では知覚する音の大きさに違いが生じる。例えば、50デシベルと60デシベルの2つの音を聞き比べたとき、若齢者は一般に60デシベルの音を「より大きい」と判断する。しかし、音によっては、高齢者はその逆、すなわち50デシベルの音を「より大きい」と判断する可能性がある。

このように、現行の方法では、高齢者が知覚する騒音の大きさを適切に評価することができない。全人口に占める高齢者の割合の増加が著しい日本において高齢者の音の聞こえも考慮して音環境を整備することは、生活の質の向上のための重要な課題となろう。

2. 研究の目的

本研究では、加齢に伴う聴覚特性の変化を測定し、これを基礎とした新しい騒音評価方法の開発を目的とする。これにより、若齢者だけでなく、高齢者の音の聞こえも的確に反映した騒音の測定及び評価が可能であることを示す。

この目的のために、本研究では、高齢者及び対照群として若齢者について、ラウドネス(音の大きさ)の知覚特性データの収集及び分析を行う。そのデータに基づいて実環境のさまざまな騒音に対するラウドネスを予測し、実際に高齢者が知覚するラウドネスとの対応を検討する。

具体的な測定の方法と結果を、次節以降に示す。

3. 研究の方法

(1) 高齢者のラウドネス知覚特性を表すものとして、等ラウドネスレベル曲線を聴取実験の結果から求めた。

実験では、無響室内の聴取者に対して、周波数及び音圧レベルの異なるさまざまな純音を1台のスピーカから提示した。マグニチュード推定(ME)法の手続きにしたがって、被験者は知覚した音の大きさを回答した。

被験者は、耳科学的に正常な若齢(18~25歳)男女56名及び高齢(60~69歳)男女50

名であった。

(2) 加齢による高域の聴力低下とラウドネスの関係を示すために、低域通過雑音の大きさについて、高齢聴取者が行った評価結果の分析を行った。

遮断周波数を125 Hzから8,000 Hzまで1オクターブ間隔で変化させ、それらをさまざまなレベルで無響室内の聴取者に提示した。ME法の手続きにしたがって、被験者は知覚した音の大きさを回答した。

被験者は、耳科学的に正常な高齢(61~75歳)男女24名であった。

(3) 高齢者の等ラウドネスレベル特性に基づいて重み付けた音圧レベルが、高齢者の知覚する音の大きさの指標として、一般の騒音にも広く適用できるかどうかを実験的に検証した。

表1に示す15種類の音を、スピーカ1台を通して無響室内の被験者に提示した。ME法の手続きにしたがって、被験者は知覚した音の大きさを口頭で回答した。

被験者は、耳科学的に正常な若齢(18~24歳)男女33名及び高齢(60~69歳)男女34名であった。

表1 刺激音とその等価騒音レベル

No.	刺激音(音源)	等価騒音レベル, dB
1	弦楽四重奏	73.6
2	英語女声朗読	52.3
3	自動車走行騒音	53.5
4	ボーイング747離陸	65.3
5	小型高速連絡船騒音	57.5
6	置き床用支持脚自動組立機	66.7
7	コンクリート解体	67.9
8	メリーゴーランド	57.8
9	掃除機	65.1
10	線路沿い鉄道騒音	68.7
11	踏切警報機	70.6
12	商店街(アーケード街)	56.0
13	目覚し時計	63.9
14	遊技店内(パチンコ)	71.7
15	祭り(博多祇園山笠)	72.0

4. 研究成果

(1) 得られた等ラウドネスレベル曲線を図1に示す。

若齢者の等ラウドネスレベル曲線及び聴覚閾値は、国際標準ISO 226の曲線にほぼ合致している。一方、高齢者については、閾値が大きく上昇するとともに、1,000 Hzを基準として高域の曲線の形状に大きな違いが見られた。

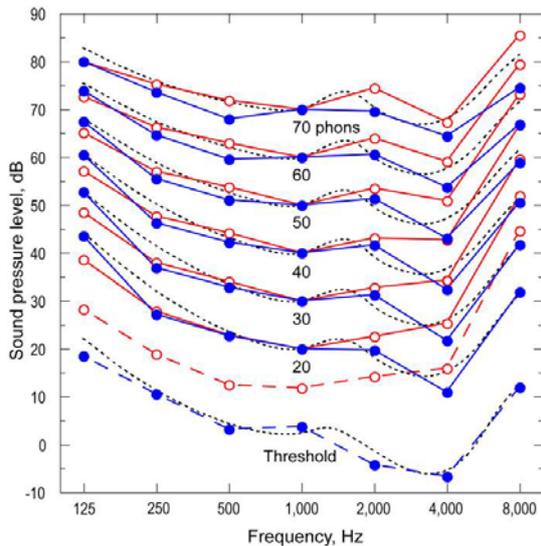


図1 若齢者（青色、●印）と高齢者（赤色、○印）の等ラウドネスレベル曲線（実線）及び聴覚閾値（破線）。ISO 226の曲線（点線）を重ねて示す。Kurakata & Mizunami, Acoust. Sci. & Technol. (2014)より。

これらの等ラウドネス曲線のうち、40 phonの曲線の逆特性をA特性曲線に重ね合わせると、図2のようになる。

このように、若齢者の曲線は周波数重み付け特性Aにほぼ沿っている。一方、高齢者の曲線は、8,000 HzにおいてA特性曲線からの大きな乖離が見られる。このことから、A特性音圧レベルは若齢者が知覚する音の大きさによく対応するが、高齢者では必ずしも対応しない可能性が示された。

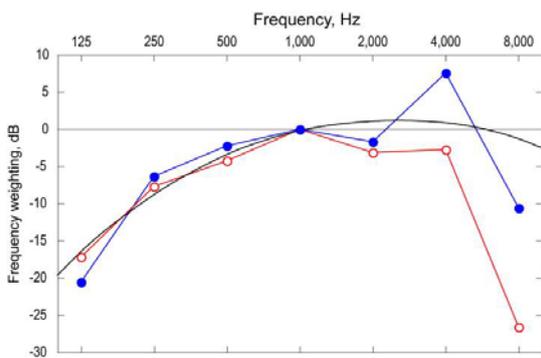


図2 A特性曲線と若齢者（青色、●印）及び高齢者（赤色、○印）の等ラウドネスレベル曲線（40 phon）の逆特性との比較。Kurakata & Mizunami, Inter-noise 2014より。

(2) 音の大きさのME値を図3(a)に示す。この図のように、低域通過雑音のA特性音圧レベルに対してME値をプロットすると、遮断周波数によって曲線に大きなばらつきが生じる。遮断周波数が高くなる（すなわち、高域のエネルギーが増す）にしたがって、A特性音圧レベルは高齢者の音の大きさ判断を

過小評価する傾向にあった。

周波数重み付け特性Aの代わりに、高齢聴取者の等ラウドネスレベル曲線（40 phon）の逆特性に基づいて音圧レベルを重み付けし、同じME値をプロットした結果を図3(b)に示す。このように、遮断周波数の異なる音に対するプロットのばらつきは、相対的に小さくなる。このことから、周波数重み付け特性Aの代わりに高齢者の聴覚特性に基づく音圧レベルの指標を用いることが、高齢者の知覚する音の大きさ評価に有効である可能性が示された。

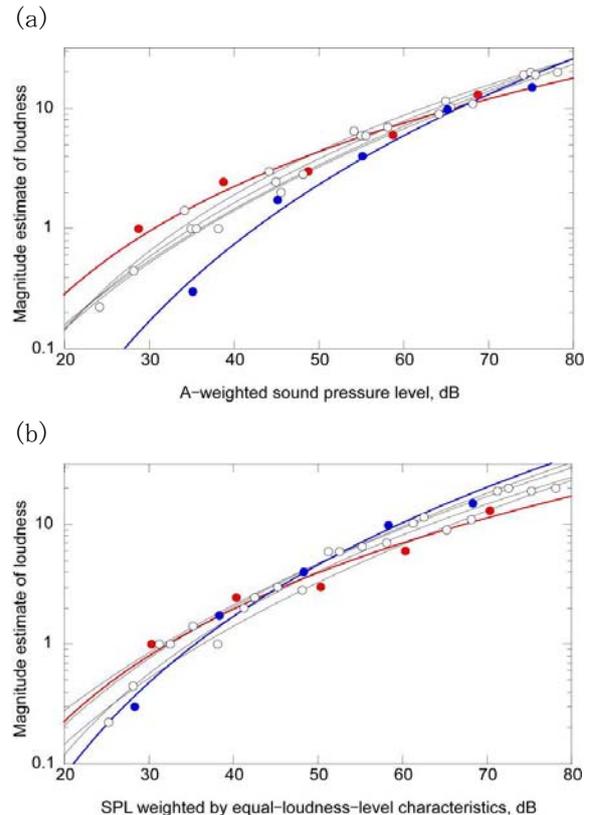


図3 低域通過雑音の大きさに対する高齢聴取者のマグニチュード推定値。(a) A特性音圧レベルに対してプロットしたもの、(b) 聴取者の等ラウドネスレベル曲線（40 phon）の逆特性に基づいて重み付けした音圧レベルに対してプロットしたもの。赤色は遮断周波数125 Hz、青色は同8,000 Hz、黒色はその他の遮断周波数のデータ及び近似曲線を表す。Kurakata & Mizunami, Inter-noise 2014より。

(3) 高齢聴取者のME値を、A特性及び等ラウドネスレベル特性（60 phon）それぞれに基づいて重み付けた刺激音のレベルに対してプロットした結果を図4に示す。

各重み付けレベルからME値への直線回帰を仮定した場合の決定係数は、A特性音圧レベルの場合は0.84、等ラウドネスレベル特性で重み付けたレベルの場合は0.87であった。すなわち、各群の特性で重み付けた音圧レベルを求めることによって、聴取者が知覚

する音の大きさをより精度良く推定できることが示された。

さらに個別の音について、その周波数特性(図5)に着目すると、次のような考察が可能であった。まず、No. 4「ボーイング 747 離陸」及び No. 5「小型高速連絡船騒音」では、本手法による重み付けの方が、音圧レベルの値は大きくなった。これらの音は、加齢変化の小さい低域のエネルギーが強いため、他の音に比べて相対的に大きく評価されたと考えられる。

逆に、No. 6「置き床用支持脚自動組立機」、No. 7「コンクリート解体」、及び No. 9「掃除機」では、本手法による重み付けの方が、音圧レベルの値は小さい。これらの音は、いずれも高域のエネルギーが強い。No. 6 及び No. 9 は、本手法による重み付けによって回帰直線から離れる方向に移動しており、全体としての推定精度の向上に寄与していない。したがって、加齢変化の大きい高周波数域での等ラウドネスレベル特性をより正確に求めることが、高齢者の知覚する音の大きさを精度良く推定する鍵となるようである。

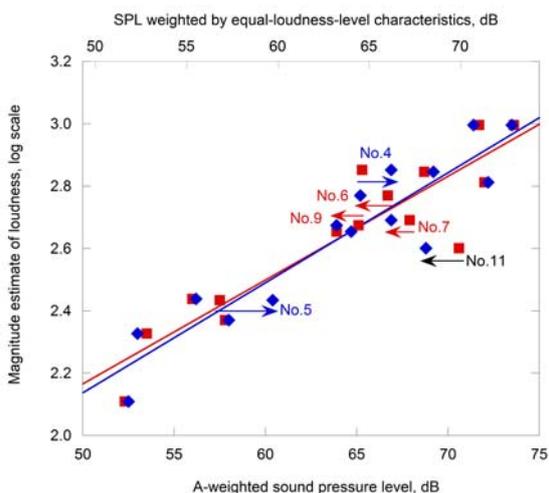


図4 A特性(赤色、■印)及び等ラウドネスレベル特性によって重み付けた音圧レベル(青色、◆印)と音の大きさの評価値との関係。Kurakata & Mizunami, Inter-noise 2014 より。

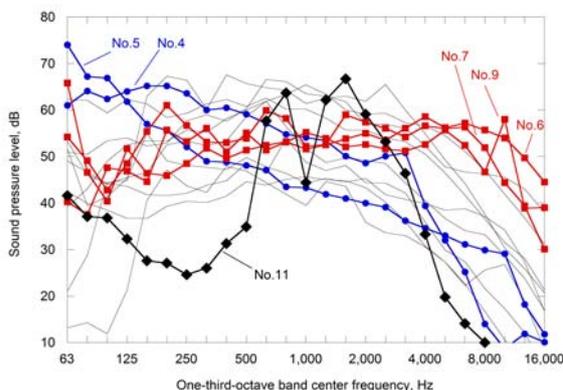


図5 実験刺激音の周波数特性。Kurakata & Mizunami, Inter-noise 2014 より。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Kurakata K. and Mizunami T., Comparison of equal-loudness-level contours between young and older adults, Acoustical Science and Technology, 査読有, 35 巻, 2014, 243-250 DOI:10.1250/ast.35.243

[学会発表] (計 2 件)

- ① Kurakata K. and Mizunami T., Noise evaluation based on loudness-perception characteristics of older adults, Inter-Noise 2014, 2014 年 11 月 18 日、メルボルン (オーストラリア)
- ② 倉片 憲治、水浪 田鶴、等ラウドネスレベル特性の加齢変化と騒音評価、日本音響学会秋季研究発表会、2014 年 9 月 5 日、北海学園大学 (北海道・札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

倉片 憲治 (KURAKATA, Kenji)
産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・グループ付き
研究者番号：90356931