

難聴者の補聴器による電気音響通信機器への音・音声のアクセシビリティ

代表研究者 中川辰雄

横浜国立大学 教育学部 教授

1 研究調査の要旨

本研究では今後、増加すると考えられる高齢者や聴覚障害者の補聴器による電気音響通信機器への音・音声のアクセシビリティを促進するために、二つの研究を実施した結果を報告する。第一は高齢者の聞こえのハンディキャップの自覚から見た聴力検査や補聴器装用の実態や意識についてである。高齢者の補聴器装用をスクリーニングすることができる質問紙を開発した。第二は聴覚障害者が聞こえに困難を感じる電気音響通信機器から発せられる音・音声を補聴器や聴取補助装置(Assistive Listening Devices, ALD)を用いることによって、どの程度、聴取可能になるかを音響測定用の規準の人形を用いて定量化するとともに、実際に聴覚に障害がある個人を対象として「聴取努力」(Listening Effort)の観点からその効果を明らかにした。

2 研究調査の目的・意義

我が国は世界でも類を見ない超高齢社会に突入し、総人口に占める65歳以上の人口の割合を示す高齢化率は2025年には約30%、2060年には約40%に達すると言われている。高齢者の健康・生きがい作りの基礎にあるのがコミュニケーションであり、コミュニケーションを支えているのが聞こえである。加齢にともなう聞こえの低下はだれにでも起こりうるものであり、医療機関の調査によると75歳以上の後期高齢者の二人に一人が難聴を来していると言われている。しかし、聴覚に障害がある高齢者が増加しても補聴器を装着している人は意外と少なく、日本補聴器工業会の調査によると、補聴器を必要としているにもかかわらず使用していない人の割合は、補聴器を使用している人の3倍以上にも上ると言われている。

一方、高齢になり補聴器を装着する人の数が徐々にではあるが増加の傾向にある。屋外で使用する電気音響機器としてはスマートホンをはじめとする携帯端末や携帯音楽プレーヤーがあり、屋内ではテレビやラジオ、ステレオ等を利用する機会が多い。これらの電気音響通信機器は補聴器を通して聴取することが一般に困難で、多くの聴覚障害者は同居している聞こえの正常な家人と音の大きさをめぐるトラブルを抱えている。また、音や音声がかかっても必ずしも明瞭に聴取できないために字幕や映像への依存度が大きく、音・音声へのアクセシビリティが課題となっている。

本研究の目的は二つある。まず、高齢者の聞こえのハンディキャップの自覚と聴力検査・補聴器装用の実態を明らかにすることである。そして第二は、様々な聴覚特性を持つ聴覚障害者が、補聴器の音響特性(利得・出力)により、どの程度聴取することが可能になるのかを、音響測定用の規準となる人形を用いてシミュレーションするとともに、聴覚正常者と比較して、様々な聴取環境において、どの程度聞こえが改善したかを「聴取努力」の観点から明らかにすることである。

本研究を通じて、聴覚障害者の日常生活に適した電気音響通信機器の聴取改善を図ることができれば、聴覚に障害がある人の生活の質であるQOLの向上が期待される。

3 研究調査の背景

補聴器を装着していても、必ずしもテレビやラジオの音・音声の聴取が改善されることは少なく、聴覚障害者と同居している人からは、音が大き過ぎて不快であるとか、また聴覚障害者からは字幕を見ないと何を言っているのか聞き取れないという不満を聞くことが多い。図1は今回の調査から明らかになった高齢者施設に通所している155名の聞こえに関するハンディキャップ調査結果の一部である。詳細については後述するが、第8項目目にあたる「聞こえに問題があって、テレビやラジオの聴取が難しい」という項目に対して「はい」や「時々」と聞こえのハンディキャップがあることを示す回答をしている人数が他の項目よりも多いことが注目される。

補聴器の市場には、個人補聴器だけでは聞き取れないことを予想して、聴取補助装置(Assistive Listening Devices, ALD)と銘打ったFM電波や磁気それに赤外線を搬送波として利用した機器が販売されている。しかし、どの装置をどのように利用すればどれほどの効果が上がるかについて周知されているわけではなく、補聴器による電気音響通信機器からの音・音声のアクセシビリティについて十分に整理されていないのが現状

である。

私はこれまで、日本で販売されているほとんどすべての個人補聴器を日本補聴器工業会のご協力の下、データベース化を行いホームページにいくつかの項目(聴力、機能、メーカー名、価格他)で検索できるページを開設している(<http://www.nakagawa-lab.ynu.ac.jp/>)。個人補聴器では聴取困難な日常生活で使用する電気音響通信機器のアクセシビリティを定量的に明らかにするとともに、実際に聴覚障害者が補聴器とALDを使用して、日常生活での音・音声の聴取改善について明らかにすることが求められている。

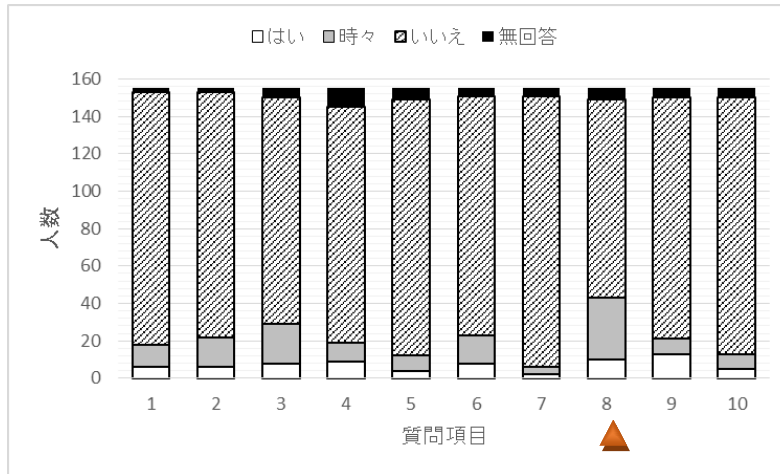


図 1. 155 名の高齢者の聞こえのハンディキャップ調査
第 8 項目目「聞こえに問題があって、テレビやラジオの聴取がむずかしい」

4 研究調査の概要

4-1 高齢者の聞こえのハンディキャップと聴力検査・補聴器の実態

(1) はじめに

65 歳以上の高齢者人口が増加の一途をたどり、聴力低下によるコミュニケーション障害や認知症予防のためにも聴力検査や補聴器装用の普及が課題になっている。本研究は聞こえのハンディキャップの自覚と聴力検査や補聴器装用の実態について明らかにすることを目的として、横浜市内にある高齢者施設において調査を実施した。高齢者の聞こえのハンディキャップ検査として Hearing Handicap Inventory for the Elderly, HHIE がある。Ventry と Weinstein が 1982 年に発表して以来、10 項目からなるスクリーニング版 HHIE-S も普及している。HHIE-S は短時間に実施でき、聞こえの低下による社会的状況面と感情面の項目について、その状態を三件法で自己評価する形式になっている。

(2) 方法

高齢者施設に通所している高齢者の現状に合うように、施設職員と HHIE-S の内容の検討と項目の選択を行って 7 項目からなる検査(HHIE-SS)を作成した。調査は横浜市内にある二か所の高齢者の通所施設で行った。調査 A は横浜市内の老人福祉センターを利用して調査協力が得られた 155 名の高齢者(63 歳 4 か月～93 歳)を対象とした。実施方法は通所時に HHIE-S と補聴器の有無を尋ねる用紙を配布し回答後その場で回収した。後日、聴力検査の希望を募り、希望があった 50 名の聴力検査を実施した。調査 B は横浜市内にある老人デイサービスセンターに通所し、家族の協力が得られた 54 名の高齢者(63 歳～98 歳 7 か月)を対象とした。実施の方法は施設職員の介護支援を受けて、HHIE-SS と聴力検査と補聴器装用の実態について尋ねた。

表 1. HHIE の質問項目 E: 感情面の検査項目 S: 社会性に関する調査項目 A, B は施設名を示す

質問項目	A	B
1 聞こえに問題があって、初めての人に会うのがわずらわしい。 E	○	○
2 聞こえに問題があって、周囲と話をするのがめんどろになる。 E	○	○
3 聞こえに問題があって、同僚や客または得意先の話の聞いたり理解したりするのがむずかしい。 S	○	○
4 聞こえに問題があることで、引け目を感じる。 E	○	
5 聞こえに問題があって、友達や親せき、あるいは近所に出かけるのがむずかしくなる。 S	○	○

6	聞こえに問題があって、映画や劇を見るのがむずかしい。S	○	
7	聞こえに問題があって、周囲と言いやらそいになる。E	○	○
8	聞こえに問題があって、テレビやラジオの聴取がむずかしい。S	○	○
9	聞こえにくくなると、個人生活や社会生活が制限されたり、妨害されたりすると感じる。E	○	○
10	聞こえに問題があると、親せきや友達とレストランにいるのがむずかしくなる。S	○	

(3) 結果および考察

調査Aでは二つ以上の質問項目で無回答であった6名を除き149通を有効回答とした。調査Bではすべての回答を有効回答とした。回答は「はい」「時々」「いいえ」について、4,2,0点をそれぞれ配点して総合得点の他に社会的状況面と感情面に分けて小合計を算出した。

調査Aにおいて補聴器装用の有無によるHHIE-Sの総合得点と社会的状況面と感情面において得点の分布に差があるかどうかT検定を行った。その結果、総合得点($t=2.22$, $df=147$, $p<.05$ 、図2)と社会的状況面($t=2.52$, $df=147$, $p<.05$ 、図3)にそれぞれ有意差が見られた。

施設Aの通所者で補聴器を装着している12名の総合得点の平均値は8.0で標準偏差は10.02、補聴器を装着していない者137名の平均値は3.30で標準偏差は6.72であった。社会的状況面の得点は前者の平均値が4.67で標準偏差は5.14、後者の平均値は1.82で標準偏差は3.56であった。

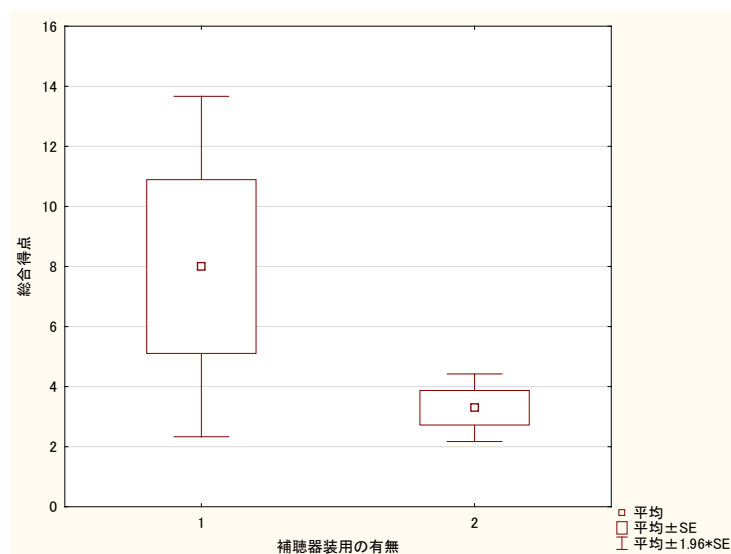


図2. 補聴器装用の有無とHHIE-Sの総合点 1:有 2:無

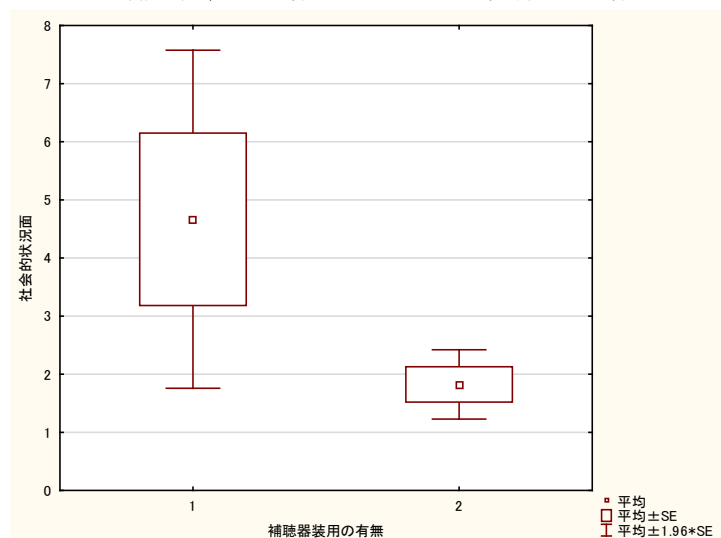


図3. 補聴器装用の有無とHHIE-Sの社会的状況面 1:有 2:無

調査Bにおいて補聴器装用や希望の有無によるHHIE-SSの総合得点と社会的状況面と感情面の得点の分布

に差があるかT検定を行った。その結果、総合得点($t=3.16$, $df=51$, $p<.01$ 、図4)、社会的状況面($t=2.72$, $df=51$, $p<.01$ 、図5)、それと感情面($t=3.22$, $df=51$, $p<.01$ 、図6)のすべてで有意差が見られた。しかし、聴力検査の希望の有無とはいずれも有意な関係を見出せなかった。

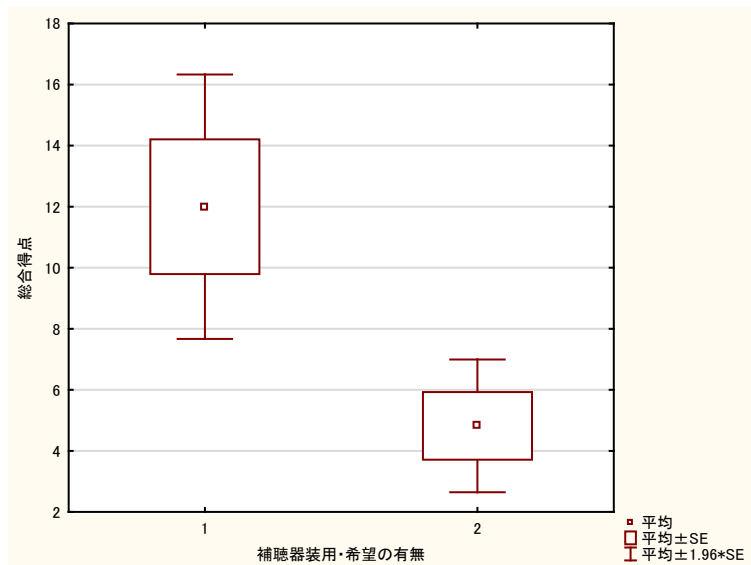


図4. 補聴器装用や希望の有無による HHIE-SS の総合得点 1:有、2:無

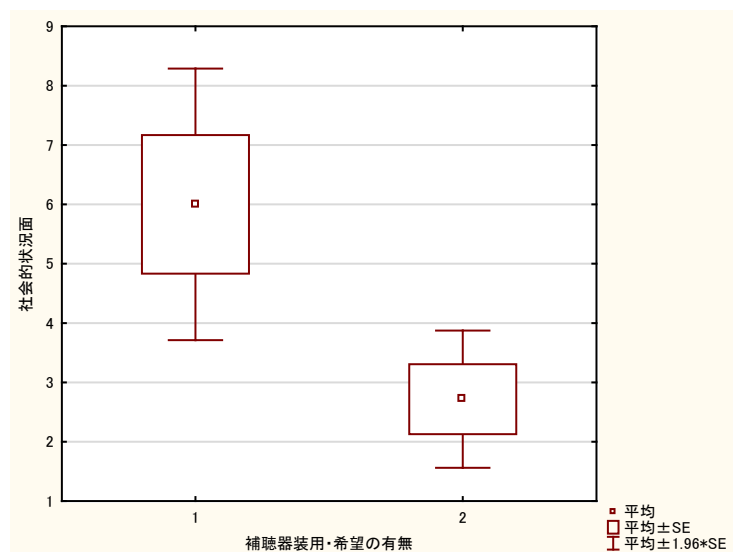


図5. 補聴器装用や希望の有無による HHIE-SS の社会的状況面 1:有、2:無

調査Bにおいて補聴器を装用しているか希望している14名のHHIE-SSの総合得点の平均値は12.0で標準偏差は8.26、補聴器を装用していないか希望していない者39名の平均値は4.82で標準偏差は6.92であった。社会的状況面の得点については前者の平均値が6.0で標準偏差は4.37、そして後者の平均値は2.72で標準偏差は4.37であった。感情面の得点については前者の平均値が6.0で標準偏差は4.64、後者の平均値は2.10で標準偏差は3.58であった。

調査Aの対象者は介護の必要度が低いかほとんど無い高齢者である。その中から補聴器装用候補者をHHIE-Sを用いてスクリーニングすると、聞こえの低下による感情面より社会的状況面のハンディキャップの自覚に注目して、その得点が平均値よりも高い12名が該当した。実際、聴力検査を経て補聴器の試聴に進んだのは14名で、その中にHHIE-Sの社会的状況面の得点が5点以上の者が8名含まれていた。また最終的に補聴器の装用に至ったのは3名であった。

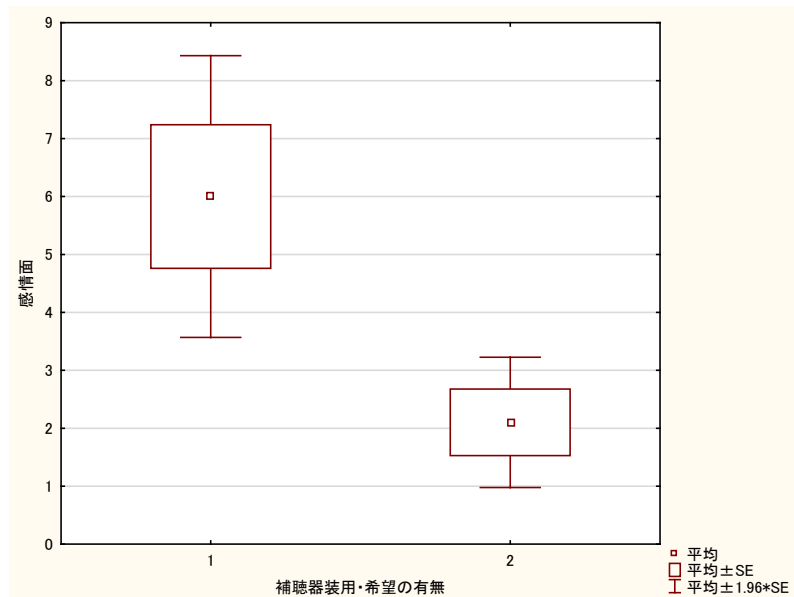


図 6. 補聴器装用や希望の有無による HHIE-SS の感情面 1:有、2:無

一方、介護度が比較的高くデイサービスセンターに通所している高齢者については、HHIE-SS の総合得点で 12 点以上、社会的状況面と感情面の得点がいずれも 6 点以上の人 10 名を補聴器候補者としてスクリーニングした。実際、その後に聴力検査を行い、補聴器装用まで進んだのは 2 名であった。

4-2 聴覚障害者の補聴器や ALD による音・音声へのアクセシビリティ

(1) はじめに

補聴器のアクセシビリティの評価は一般に客観的評価と主観的評価に大別される。前者は補聴器を装用して得られる利点を聴取閾値や語音明瞭度等の客観的指標を用いて測定して得られる。後者は装用者本人を中心として質問項目をあらかじめ決めて尋ねることが多い。客観的評価として注目されるのが、補聴器から増幅される音・音声、聴取閾値が上昇した聴覚障害者にどの程度聴取できるかを、語音明瞭度に対する周波数帯域ごとの貢献度を考慮して定量化した明瞭度指数である。中川(1994)は聴覚障害児の個人補聴器の評価に明瞭度指数(Articulation Index)を用いた評価法を開発した。

一方、主観的評価として最近注目される測度が「聴取努力」(listening effort)である。聞こえが正常な人にとって、日常の聴取は一般に努力を必要としない。しかし騒音のある環境での聴取となると、ある音や音声に対する選択的過程と、それと同時に関係のない情報を無視しなければならない、新たな処理過程が加わり負荷がかかる。聴覚に障害があると聴取が困難になることが知られている。日常生活の聴取環境において音・音声を理解するのに必要な「努力」あるいは集中のレベルが高くなると、それにとまって疲労が生じる。「努力」が増すに伴って注意など認知資源の割り当てが増加することで、課題を実行している間に影響が生じるからである。臨床の場で一般に普及している純音聴力検査を補うものとして、聴取努力を測定することが最近注目されている。

聴取努力を先行研究(McGarrige et al, 2014)に従って、「聴覚的メッセージに注意したり理解したりするのに必要とされる知的な努力」と定義する。聴取努力を測定する方法は大きく三つに分かれる。第一は回答を限定するクローズドセットによる質問紙法を用いる自己報告である。第二は聴取課題を様々な聴取条件を設定して行わせて、その結果を比較測定するものである。そして第三番目は fMRI や EEG や瞳孔検査を用いる生理的測定である。

本研究では、第一の自己報告に焦点を当ててその特徴について述べる。様々な実生活場面での聞こえの困難さを評定させる検査で、評定を 9 ポイント(Panico and Healey, 2009)、13 ポイント(Luts et al, 2010)、100 ポイント(Van Esch et al, 2013)、連続尺度(McAuliffe et al, 2012)で評定するものから、聴取努力を視覚に置き換えて評定させるもの(Rudner et al, 2012)などがこれまで報告されている。ここでは、客観的評価と主観的評価を用いて、聴覚障害者の電気音響通信機器への音・音声のアクセシビリティについて調査した結果を報告する。

(2) 方法

① 客観的評価

IEC の国際音声検査信号(International Speech Test Signal, ISTS)を用いた補聴器測定規格(IEC 60118-15)及び音響測定用の人形(Head and Torso Simulator, HATS)を用いた補聴器測定規格(IEC 60118-8)に従い、補聴器と補聴器に装着した ALD を介した ISTS の増幅特性を測定した。

1. ISTS を HATS から 1m 前方のスピーカから提示し、補聴器への入力音圧レベルを 65dB(SPL)に設定した。HATS の右耳に個人補聴器を装着し、HATS のカプラ内の出力音圧レベルを 1/3 オクターブ周波数分析した。
2. 次に 2 個の ALD を装着して同様の測定を行った。ALD1 は FM 補聴システム(ロジャーインスパイロの送信機とロジャー X の受信機を使用、いずれもフォナック社製)と ALD2 は T コイル補聴システム(ロジャーインスパイロの送信機とマイリンクショートループの受信機を使用、いずれもフォナック社製)であった。測定するに当たり ISTS を HATS の前面から 3m 離れたスピーカから提示した。FM の送信機はスピーカから 15cm の所に設置した。

② 主観的評価

対象者 聞こえが正常な学生 21 名と聴覚に障害がある学生 1 名であった。聴覚障害の学生の両耳の聴力レベルを表 2 に示した。

手続き 対象者は表 3 に示した学校での様々な聴取環境に対して、理解の程度を 0~10 で評定した。聴覚障害の学生については、使用している個人補聴器について、その後 2 種類の ALD について、それぞれ 1 週間使用した後に評定した。

表 2. 聴覚障害がある学生の周波数別の聴力レベル(dB)

↓は聴取閾値がその値よりも大きなレベルにあることを示す

	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
右耳	85	85	90	105	120 ↓
左耳	85	95	110	95	100

表 3. 聴取努力を尋ねる 11 の質問項目

番号	質問内容
1	静かな部屋で、近くにいる人と話をするとき、相手の話についていくことができますか。
2	静かな部屋で、少し離れた人と話をするとき、相手の話についていくことができますか。
3	5人ぐらいのグループの中において、みんな机の周りに座っています。グループ内のだれが話しているか見ることができます。グループでの会話についていけますか。
4	5人ぐらいのグループの中において、みんな机の周りに座っています。しかしグループ内のだれが話しているか見ることができません。グループでの会話についていけますか。
5	5人ぐらいのグループの中において、みんな机の周りに座っています。しかしグループ内のだれが話しているか見ることができません。グループでの会話についていけますか。部屋が騒がしい環境にあります。
6	広い部屋の中央で講義を受けています。先生がマイクを使って話をしています。先生の話についていけますか。
7	広い部屋の中央で講義を受けています。先生はマイクを使っていません。先生の話についていけますか。
8	響きがある体育館のようなところで、近くにいるだれかと話をするとき、話についていけますか。
9	響きがある体育館のようなところで、少し離れたところにいるだれかと話をするとき、話についていけますか。
10	扇風機が回っていたり、空調の音が絶えずしていたりする部屋で、相手の話についていけますか。
11	多くの人が雑談をしている部屋で誰かと話をしているとき、相手の話についていけますか。

(3) 結果及び考察

① 客観的評価

図7は今回検査した聴覚障害者の右耳の聞こえを示すオーディオグラム上に、補聴器で増幅した ISTS の最大値と平均値それに最小値で表される範囲を重ね書きしたものである。薄い水色の部分が補聴器を装着することによって、聴取閾値上に増幅された ISTS の可聴範囲を示している。それに対して白抜きの部分は増幅されても聞き取ることができない部分である。同図の右上に周波数帯域ごと可聴性を百分率で示した。

図8は聴覚障害の学生が使用している補聴器と2種類のALDをHATSに装着して測定した音響利得を示している。これより個人補聴器よりALDを使用した方が利得が大きくなることわかる。特にその効果が大きいのがTコイル補聴システムであった。これらのALDを用いることによって、図7に示したISTSの可聴性も補聴器に比較して増大することが予想される。

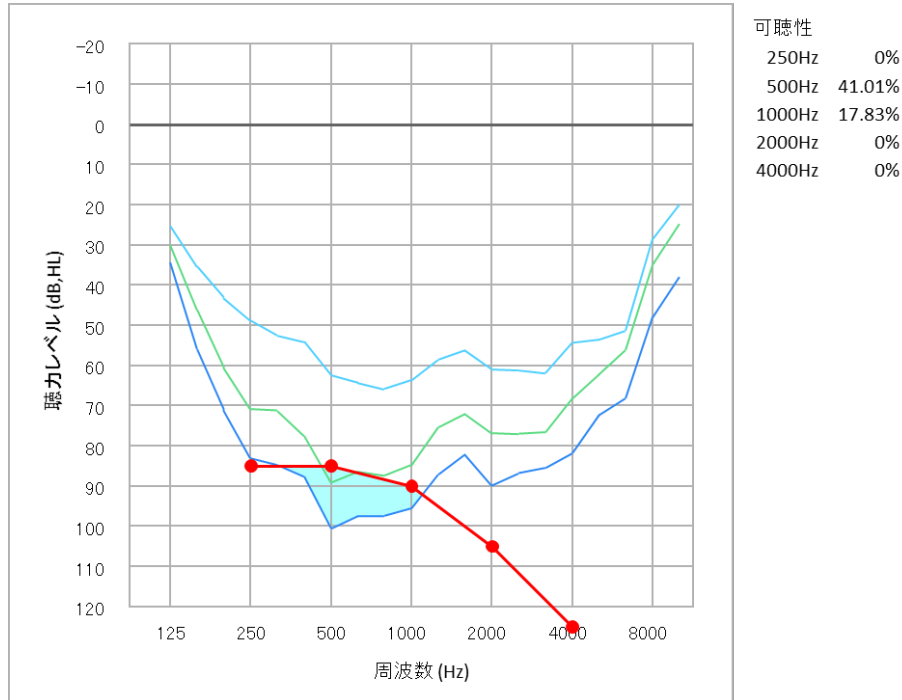


図7 聴覚障害の学生の右耳の増幅された音声の可聴性

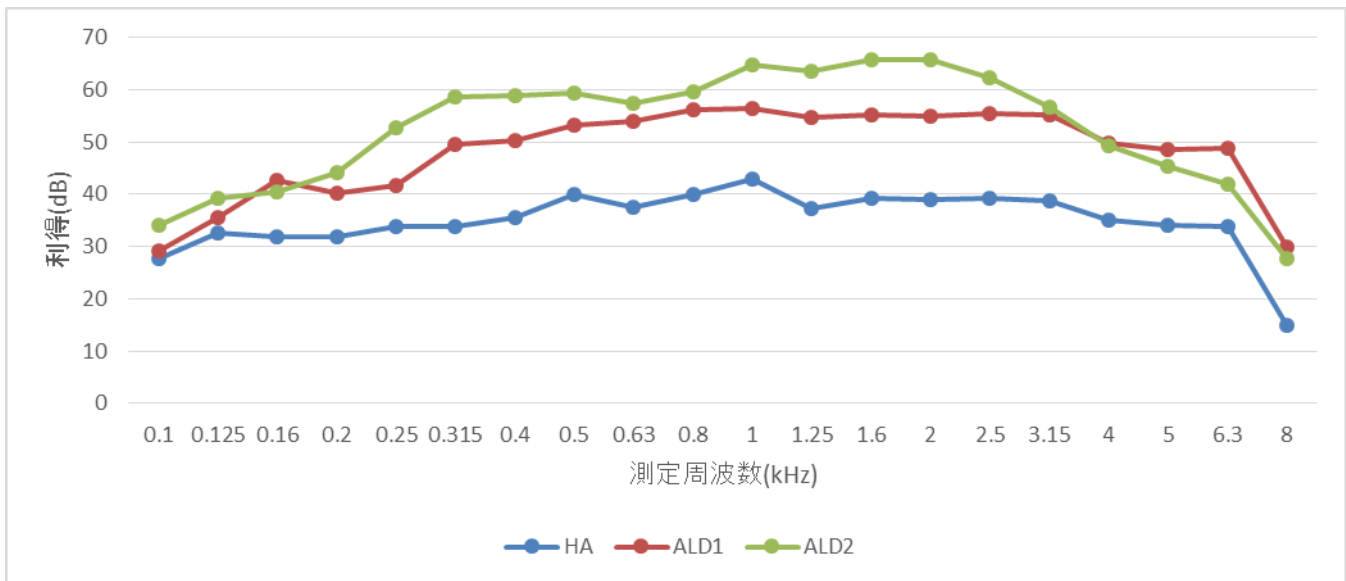


図8 聴覚障害の学生が使用している補聴器と2種類のALDによる音響利得
ALD1:FM補聴システム、ALD2:Tコイル補聴システム

② 主観的評価

図9は21名の聴力正常の学生が11の学校での聴取場面に対する聴取努力を評定した平均値と、聴覚障害の学生の補聴器とALD1を使用した時の評定値を示している。値が小さいほど聴取に努力がいることを表している。図から設問番号5の「5人ぐらいのグループの中において、みんな机の周りに座っています。しかしグループ内のだれが話しているか見ることができません。グループでの会話についていけますか。部屋が騒がしい環境にあります」について、複数で話しをして話者がだれなのか視覚的な手がかりがなく、しかも周囲に騒音がある環境や、設問番号7の「広い部屋の中央で講義を受けています。先生はマイクを使っていません。先生の話についていけますか」のように、話者との距離があるにも関わらず、マイクロホン等のPAシステムを使用しない環境では特に理解が困難で、聴力が正常な者でも聴取努力がいることが明らかになった。また、その状況は聴覚障害の学生も同じであり、ALDを使用しても設問番号4の「5人ぐらいのグループの中において、みんな机の周りに座っています。しかしグループ内のだれが話しているか見ることができません。グループでの会話についていけますか」や前述した5については状況が深刻で、これよりグループで行う討論には参加できていないことが考えられる。一方、ALDの効果として、個人の補聴器では困難であった設問番号6「広い部屋の中央で講義を受けています。先生がマイクを使って話をしています。先生の話についていけますか」については、個人補聴器に比較して改善が見られたことが特筆される。

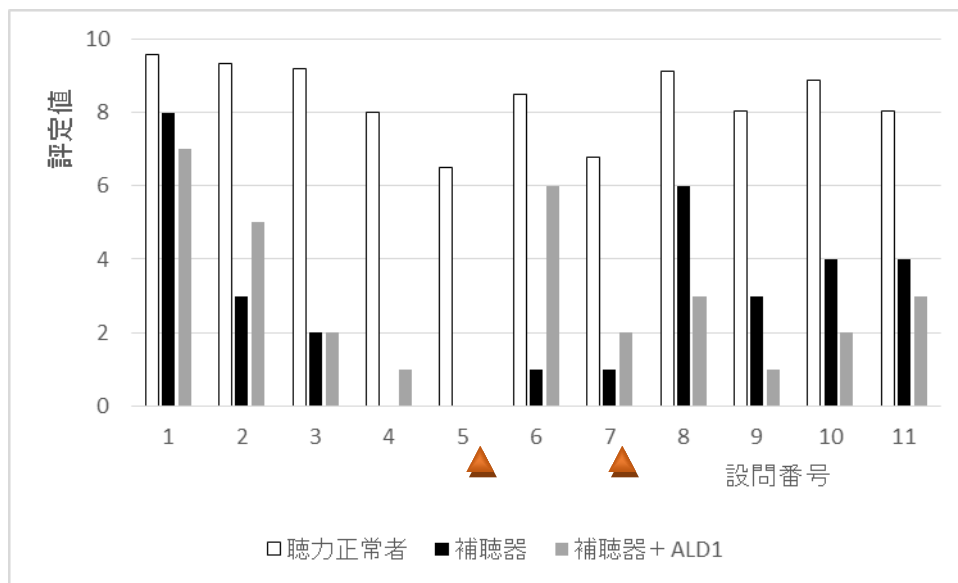


図9 聴力正常と聴覚障害のある学生の学校の11の聴取場面での聴取努力の評定値

第5項目目「5人ぐらいのグループの中において、みんな机の周りに座っています。しかしグループ内のだれが話しているか見ることができません。グループでの会話についていけますか。部屋が騒がしい環境にあります。」

第7項目目「広い部屋の中央で講義を受けています。先生はマイクを使っていません。先生の話についていけますか。」

今回の聴覚障害者の補聴器やALDによる音・音声へのアクセシビリティに関する客観的評価と主観的評価の研究を通じて、聴取努力の自己報告は速くて簡単に実施でき、客観的評価と異なり直接的に結果を解釈することができる。この測定は個人がどれだけ努力して音や音声の処理をしているかについて、場面を変えて多次的に評価できる点が優れている。しかし自己報告の限界として主観的という特徴がある。人によって「苦勞する」閾値が異なることが考えられる。特に今回はできなかったが、高齢者は聴取課題の行動的成績が悪いにもかかわらず、若い成人に比較すると聴取努力を過小評価する傾向があると言われている。「努力」の解釈に個人差があるのかもしれない。個人によって自己報告された努力評定に知的な行使よりもむしろ課題成績の正確性を用いている人もいるのかもしれない。したがって、聴覚的なメッセージの理解に必要なとされる知的行使における変化を自己報告測定だけでは検出されない部分があることを知って利用する必要があるのではないだろうか。

5 まとめ

我が国は世界でも類を見ない超高齢社会に突入し、高齢者の聞こえの低下が危惧されている。聞こえは心身の健康や生きがいを作る基本にあるコミュニケーションを支えるものであり、その低下は個人のQOLの低下と関連している。高齢者や聴覚障害者の聞こえのハンディキャップを象徴するものとして、電気音響通信機器の音・音声のアクセシビリティの困難さがある。本研究では今後、増加すると予想される高齢者や聴覚障害者の補聴器による電気通信情報機器への音・音声のアクセシビリティを促進するために、二つの研究を実施した。第一は高齢者の聞こえのハンディキャップの自覚から見た聴力検査や補聴器装用の実態や意識についてである。高齢者の補聴器装用候補者をスクリーニングするために聞こえのハンディキャップ質問紙を開発し実施した。そして第二は聴覚障害者が聞こえに困難を感じる電気音響通信機器から発せられる音・音声を補聴器や聴取補助装置(Assistive Listening Devices, ALD)を用いることによって、どの程度聴取可能になるかを音響測定用の規準の人形を用いて定量化するとともに、実際に聴覚に障害がある個人を対象として「聴取努力」(Listening Effort)の観点からその効果を評価した。定量化の研究からALDの効果が得られる結果となったが、定性的な研究から得られる結果を総合して、補聴器だけではアクセシビリティが困難な場面ではALDの活用が勧められる。しかし、それだけでも不十分な状況があることがわかったので、その点については今後、機器の開発を進めるとともに、使用法についても研究を進めていく必要がある。

【参考文献】

- Panico J. and Healey E. C., 2009. Influence of text type, topic familiarity, and stuttering frequency on listener recall, comprehension, and mental effort. *Journal of Speech Language Hearing Research*, 52, 534-546.
- Luts H., Eneman K., Wouters J., Schulte M., Vormann M. et al., 2010. Multicenter evaluation of signal enhancement algorithms for hearing aids. *Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 1491-1505.
- Van Esch T. E. M., Kollmeier B., Vormann M., Lyzenga J., Houtgast T., et al., 2013. Evaluation of the preliminary auditory profile test battery in an international multi-center study. *International Journal of Audiology*, 52, 305-321.
- McAuliffe M. J., Wilding P. J., Rickard N. A. and O'Beirne G. A., 2012. Effect of speaker age on speech recognition and perceived listening effort in older adults with hearing loss. *Journal of Speech Language Hearing Research*, 55, 838-847.
- Rudner M., Lunner T., Behrens T., Sundewall T. E. and Ronnberg J., 2012. Working memory capacity may influence perceived effort during aided speech recognition in noise. *Journal of American Academic Audiology*, 23, 577-589.
- McGarrige R., Munro K., Dawes P., Stewart A. J., Moore D. R., et al, 2014. Listening effort and fatigue: What exactly are we measuring? A British Society of Audiology Cognition in Hearing Special Interest Group 'white paper'. *International Journal of Audiology*, 1-13.
- IEC60118-15, 2012. Electro acoustics-Hearing aids-Part15: Methods for characterizing signal processing in hearing aids with a speech-like signal.
- IEC60118-8, 2006. Electro acoustics-Hearing aids-Part8: PART 8: Methods of measurement of performance characteristics of hearing aids under simulated in situ working conditions.
- 中川辰雄 1994 明瞭度指数を用いた聴覚障害児の補聴器フィッティングの評価について、*Audiology Japan*, 37, 741-747.

〈発表資料〉

題名	掲載誌・学会名等	発表年月
音声受容における視覚刺激と聴覚刺激の相補性	日本特殊教育学会第55回大会	2017年9月
Usefulness of wireless amplification systems in school environments	10th Asia Pacific Conference on Speech, Language and Hearing	2017年9月
高齢者の聞こえのハンディキャップと聴力検査・補聴器装用の実態	第62回日本聴覚医学会学術講演会	2017年10月