

学位論文

「本邦における補聴器装用者の実耳挿入利得と DSLv5 法及び
NAL-NL2 法との比較」

古木 省吾

北里大学医学部耳鼻咽喉科学
指導教授 山下 拓

著者の宣言

本学位論文は、著者の責任において実験を遂行し、得られた真実の結果に基づいて正確に作成したものに相違ないことをここに宣言する。

要旨

目的：補聴器長期安定装用できている患者の補聴器増幅特性を評価するために、国際音声試験信号を用いて実時挿入利得を測定した。測定した実時挿入利得と DSLv5 及び NAL-NL2 法から算出されたターゲット値を比較検討した。方法：対象症例は中等度感音難聴の成人とした。25 人合計 40 耳を評価した。（15 人は両側装用、10 人は片側装用）

補聴器フィッティングは語音明瞭度曲線の測定及び環境騒音の許容を指標とした適合評価に基づく評価を行い、適合十分耳と適合不十分耳に分類した。分類した適合十分耳及び適合不十分耳の実耳挿入利得を国際音声試験信号を用いて音圧レベル 65dB SPL、80dB SPL で測定し、入力レベル 65dB SPL、80dB SPL での DSLv5 及び NAL-NL2 法から算出されたターゲット値と比較評価した。結果：40 耳の中で 34 耳が適合十分耳、6 耳が適合不十分耳であった。1000Hz 及び 2000Hz における入力レベル 65dB SPL での適合十分耳の実耳挿入利得は NAL-NL2 及び DSLv5 法でのターゲット利得と近似していたが、250Hz、500Hz、4000Hz における入力レベル 65dB SPL での適合十分耳の実耳挿入利得は NAL-NL2 及び DSLv5 法でのターゲット値と比較して有意差をもって低値であった。適合十分耳の圧縮率は DSLv5 法の圧縮利得と近似し

ていた。

2000Hz 及び 4000Hz における入力レベル 65dB SPL での不適合十分耳の実耳挿入利得は適合十分耳よりも有意差をもって低値であった。

結果：日本語話者において中音域における NAL-NL2 及び DSLv5 法でのターゲット値は適正である事が示唆された。低音域及び高音域における NAL-NL2 及び DSLv5 法でのターゲット値は今後さらなる研究が必要であると考え、本研究では補聴器を長期安定装用している日本語話者の補聴器増幅特性についての有意義な情報を提供できたと考える。

目次

	頁
1. 序論	1
2. 対象と方法	
2-1. 対象	2
2-2. 方法	4
2-2.1 補聴器フィッティングの概要	4
2-2.2 補聴器フィッティングの評価法	5
2-2.3 語音明瞭度曲線の測定法	5
2-2.4 環境騒音下の許容を指標とした適合評価方法	6
2-2.5 適合評価方法	6
2-2.6 実耳測定の方法	7
2-3. 統計解析	8
3. 結果	
3-1. 適合十分耳と適合不十分耳の割合	8
3-2. 適合十分耳	8
3-3. 適合不十分耳	9
3-4. 適合十分耳と適合不十分耳の REIG とターゲット値の差	10
4. 考察	
4-1 適合判定について	11
4-2 適合十分耳について	11
4-3 適合不十分耳について	13
4-4 適合十分耳と適合不十分耳の比較	15
4-5 本研究の限界について	16
5. 結語	17
6. 引用文献	18
7. 図表	20

1. 序論

多くの場合、補聴器の増幅特性を決める際には何らかの処方方式が用いられる。The desired sensation level prescription for non-linear HAs version 5 (DSL_{v5} 法) [1] と the national acoustic laboratory prescription for non-linear HAs version 2 (NAL-NL2 法) [2]は現在多くの補聴器フィッティングソフトに搭載されており、世界中で用いられている。DSL_{v5} 法は音声スペクトラムの全体が難聴者の可聴範囲に入ること、そして音声信号が各周波数帯で正常者と同じラウドネスで聞こえるように増幅するということを目標としている[1]。

NAL-NL2 法は増幅された音声全体としてのラウドネスが正常者の感じるラウドネスを超えない条件の範囲で語音明瞭度が最良になることを目標としている[2]。これまでの報告では NAL-NL2 法と DSL_{v5} 法の間には語音聴取の成績には差はないが、DSL_{v5} 法の方がうるさを訴える割合がやや高いと報告されている[3]。これらの処方方式は欧米の言語を元に開発されてきており、異なる言語的特徴を持つ日本語での適正については未だ評価されていない。これらの処方方式の日本語における有効性の検討の第一段階として、我々は少なくとも1年以上、1日4時間以上安定装用できている補聴器装用者の補聴器増幅特性を測定した。

個々の耳の補聴器増幅特性を評価するためには実耳挿入利得(REIG)を測定することが必要である[4]。

しかしながら、ノイズリダクションやフィードバック抑制機能が搭載されている現在の補聴器の補聴器増幅特性を日常装用している条件のまままで評価する事は従来用いられていた試験信号では困難であった。

近年、国際音声試験信号(ISTS) [5]を用いた実耳測定が可能となり、補聴器増幅特性の評価において大きな進歩をもたらした。

本研究では、ISTS を用いた実耳測定を用いて、補聴器を安定装用している患者の補聴器増幅特性を検討した。

測定された REIG を NAL-NL2 法と DSL_v5 法のターゲット値と比較した。

2. 対象と方法

2-1. 対象

本研究は北里大学病院の倫理委員会の承認を得て行われた。(承認番号 No. B16-191)全ての対象者からは文章による同意を得た。

本研究は 2017 年 4 月 17 日から 2019 年 3 月 14 日に実施した。本研究参加者は北里大学病院耳鼻咽喉科・頭頸部外科の補聴器外来にて補聴器フィッティングを実施した患者で下記条件を満たす患者を対象とした。

1.20 歳以上

2.平均 4 時間以上、1 年間以上補聴器を安定装用している

3.水平もしくは高音漸傾型の中等度感音難聴

4. 500Hz、1000Hz、2000Hz の平均聴力が 40 から 70dB HL 以内

5. 十分な説明後に研究への参加について文章による同意を得ている

上記の条件を満たした症例は 40 耳 (25 人) であった。15 人は両耳装用、10 人は片耳装用であった。6 人が男性で 19 人が女性であった。

全ての症例は原因不明の内耳性難聴であった。10 人の片耳装用者は全例、聴力に左右差があり、良聴耳に補聴器を装用していた。

参加者の平均年齢は 72 歳であった。(年齢の中央値は 75 歳 (38 歳～85 歳) であった。) 研究時に装用していた補聴器を装用していた期間の平均は 4 年間であった。(範囲：1 年間～11.6 年間)

以前に装用していた補聴器の装用期間も含めると平均装用期間は 6.2 年間 (範囲：1 年間～12.6 年間) であった。1 日の平均補聴器装用時間は 11 時間 (範囲：4 時間～17 時間) であった。

25 耳が耳かけ型補聴器、12 耳が耳穴型補聴器、3 耳が小型耳穴型補聴器であった。

装用されていた補聴器のメーカーは5社であった。(GN リサウンド: 21 耳、リオン: 14 耳、ホナック: 2 耳、シーメンス: 2 耳、ワイデックス: 1 耳)。純音聴力検査で測定した40耳の周波数別の平均聴力(HL)は46 dB (250 Hz)、48 dB (500 Hz)、54 dB (1000 Hz)、61 dB (2000 Hz)、62 dB (4000 Hz)であった。

2-2. 方法

2-2.1 補聴器フィッティングの概要

補聴器の初期設定には補聴器フィッティングソフトに搭載されている処方方式を用いた。処方方式としてDSLv5法が6耳、各メーカー独自の処方方式が8耳、NAL-NL1法[6]が26耳に用いられていた。初期設定の時点では実耳測定は行わなかった。補聴器の初期設定後に、患者からのフィードバックを参考に補聴器増幅特性を変更した。多くの場合、処方方式による初期設定よりも利得を下げた。この時点で少なくとも補聴器効果があるかを補聴利得及びファンクショナルゲインで確認した。その後から徐々に適正な利得が得られるように上げていった。補聴器の調整が終了し補聴器購入に至る前に、語音明瞭度曲線、補聴利得、ファンクショナルゲインを確認した。適合については日本聴覚学会が作成している補聴器適合検査の指針(2010)を基準に判定したが、患者の主観的評価を

重視した。そのため、補聴器購入時には客観的評価では不適合となる例があった。

そのような不適合例では購入後も調整を行い補聴器装用効果の向上に努めた。今回の対象は最終調整から1年以上補聴器を安定装用している症例とした。

初期設定として DSLv5 法は 6 耳に用いられていたが、NAL-NL2 法は用いられていなかった。しかし本研究における参加者の最終的な補聴器増幅特性は上述の調整過程を経て初期設定とはかなり異なっていると予想された。従って本研究では最終的な補聴器増幅特性を、世界中で広く使用されている DSLv5 法と NAL-NL2 法の処方方式のターゲット値と比較することで検討した。

2-2.2 補聴器フィッティングの評価法

補聴器適合検査の指針 (2010)における必須検査項目である語音明瞭度曲線の測定及び環境騒音の許容を指標とした適合評価に基づく評価を用いて各耳に対する補聴器フィッティングの評価を行った。

それに加えて実耳測定を行った。

2-2.3 語音明瞭度曲線の測定法

検査語音は 67-S 単音節語表を用いた。補聴器装用時と非装用時におけ

る検査語音の音圧は 65dB SPL 及び 80dB SPL を用いた。日本聴覚学会の語音聴力検査法[8]にしたがって音場で実施した。

語音明瞭度曲線の結果が下記の①または②を満たすものを今回は適合とした。

① 語音明瞭度が 65 または 80dB SPL で 15%以上補聴耳の方が改善しかつ、いずれのレベルでも裸耳より補聴耳が 20 %以上悪化していない場合

② 65 または 80dB SPL の補聴耳の明瞭度が 75%以上、かついずれのレベルでも裸耳より 20 %以上悪化していない場合

2.2.4 環境騒音下の許容を指標とした適合評価方法

日本聴覚学会が配布している検査音源用 CD（朗読音、環境騒音）を用いた。朗読音の呈示レベルは長時間平均パワーレベル 65dB SPL とし、環境騒音の呈示レベルは 50dB SPL として SN 比が+15 dB で行った。朗読音と環境騒音を同時に聴取させ、この状況下で被検者の主観的印象を「補聴器が使用できる」、「補聴器を装用することが困難である」のいずれかで回答させた。「補聴器を使用できる」を選択した場合を、適合とした。「補聴器を装用することが困難である」を不適合とした。

2-2.5 適合の評価

語音明瞭度曲線での評価及び環境騒音下の許容を指標とした適合評価の両方で適合した場合を本研究では適合十分耳とした。それ以外を適合不十分耳とした。

2-2.6 実耳測定の方法

機器は Primus を用いた。試験音には ISTS を用い、レベルは 65dB SPL、80dB SPL とした。被検者と検査音源（スピーカ）の距離が 1 m を保つように着席させ、プローブチューブマイクロホンの先端は鼓膜から 6mm 以内に位置するように設置した。騒音抑制や指向性の設定は通常使用している状態のままとした。DSL_{v5} 法、NAL-NL2 法のターゲットもこの装置のソフトを用いて求めた。

各対象耳に対して 250、500、1000、2000、4000Hz における下記の項目を検討した。

- ① 65 及び 80dB SPL の ISTS に対する REIG（以下 65dB REIG、80dB REIG）
- ② 純音聴力検査の結果から DSL_{v5} 法で算出した 65dB、80dB SPL の音声入力に対するターゲット値（以下 65dB DSL、80dB DSL）
- ③ 純音聴力検査の結果から NAL-NL2 法で算出した 65dB、80dB SPL の音声入力に対するターゲット値（以下 65dB NAL、80dB NAL）

NAL-NL2 法のターゲット値算出の際の条件設定は「経験者」、言語は「欧米」とした。

2-3. 統計解析

検定に統計解析ソフトは EZR を用いた[9]。検定にはウィルコクソンの符号順位検定及び Mann Whitney test を用いた。有意水準は $p < 0.05$ と定めた。

3. 結果

3-1. 適合十分耳と適合不十分耳の割合

全耳 40 耳のうちで適合十分耳は 34 耳、適合不十分耳は 6 耳であった。適合十分耳及び適合不十分耳の純音聴力検査の結果の平均値を周波数別に表 1 に示す。

3-2. 適合十分耳

適合十分耳の 65dB REIG と 65dB DSL、65dB NAL の平均値を図 1 に示す。

65dB DSL 及び 65dB NAL の平均値を比較すると 250、500Hz では 65dB DSL の方が高値であったが、1000Hz、2000Hz、4000Hz ではほぼ同値であった。次に 65dB REIG と 65dB DSL 及び 65dB NAL を比較すると 1000、2000Hz では差は小さかったが、2000Hz において 65dB

REIG は 65dB NAL よりも有意差をもって高値であった。

その一方で、250、500、4000Hz では 65dB REIG が 65dB DSL 及び 65dB NAL よりも有意差をもって低値であった。

次に適合耳十分耳の 65dB REIG 及び 80dB REIG と、65dB・80dB DSL、65dB・80dB NAL の周波数別の値から、65dB SPL と 80dB SPL の間の圧縮率を算出した。その平均値を周波数別に表 2 に示す。NAL-NL2 法の圧縮率が最も高く、適合十分耳の REIG の圧縮率は DSLv5 法に近い結果であった。

3.3. 適合不十分耳

6 耳が適合不十分耳に分類された。5 人の参加者が適合不十分耳に該当した。そのうち 3 人が両耳装用で、2 人が片耳装用であった。3 人の両耳装用参加者のうち 1 人が両耳適合不十分であった。

適合不十分耳の語音明瞭度曲線の結果と環境騒音下の許容を指標とした適合評価の結果を表 3 に示す。適合不十分耳では全例で語音明瞭度曲線の結果は適合不十分であった。その内で 2 耳が環境騒音下の許容を指標とした適合評価も適合不十分であった。

適合不十分耳の中で 4 耳（症例耳 1、3、4、5）が語音明瞭度曲線における 65dB SPL での補聴器装用時の明瞭度改善が 15%未満であったた

め、適合不十分となった。この4耳の65dB REIG及び65dB DSL・NALの平均値を図2に示す。1000Hzでの65dB REIGは65dB DSL・NALと比較すると高値であったが、有意差は認めなかった。その他の周波数では65dB REIGの平均値は65dB DSL・NALの平均値と比較すると低値であったが、有意差は認めなかった。

次に適合不十分耳の中で2耳（症例耳2、6）が語音明瞭度曲線における65dB SPLでの補聴器装用時の明瞭度改善は15%以上改善していたが、80dB SPLでの補聴器装用時の明瞭度が裸耳よりも20%以上低下しており、適合不十分となった。

この2耳における各周波数の65dB REIGと80dB REIGから算出した圧縮率は1.0(250 Hz)、1.0(500 Hz)、1.1(1000 Hz)、1.1(2000 Hz)、1.1(4000 Hz)であった。

3-4. 適合十分耳と適合不十分耳のREIGとターゲット値の差の分布

表4に適合十分耳及び適合不十分耳（症例耳1、3、4、5）の65dB REIGと65dB DSLの差と、65dB REIGと65dB NALの差を示す。プラスの場合はREIGの方がターゲット値よりも高いことを示し、マイナスの場合はREIGに比べターゲット値の方が大きいことを示す。

250Hz～1000Hz では適合十分耳と適合不十分耳では有意差は認めなかった。2000Hz 及び 4000Hz では適合十分耳と適合不十分耳では有意差を認めた。

4. 考察

4.1. 適合判定について

本研究の適合の評価には語音明瞭度曲線と環境騒音下の許容を指標とした適合評価を指標として用いたが、これは日本聴覚学会が補聴器効果を評価、診断する目的で定めた補聴器適合検査の指針(2010) の必須検査項目である。補聴器適合検査の指針では語音明瞭度は「検査範囲内の補聴器装用時の最良の語音明瞭度が非装用時の値より 15%以上低下していれば、適合不十分であると判定する。」と定められている。今回の検討では、補聴器による明瞭度の改善がない場合も不適合とする方針としたため、「方法」に記載した基準を定めた。また、当院では通常 65dB SPL 及び 80dB SPL での明瞭度を測定しているため、これらの音圧での測定値を判定に用いた。

4.2. 適合十分耳について

65dB SPL の適合十分耳の REIG と DSLv5 法、NAL-NL2 法のターゲット値を比較すると 4000Hz では有意差をもって適合十分耳の REIG

が低値であった。

欧米の言語に比べてほとんどの音節が開音節（子音+母音または母音）で構成される日本語は DSLv5 法、NAL-NL2 法で想定されているターゲット値よりも高音域では低値に設定できる可能性が示唆された。

その一方で、適合不十分耳では 4000Hz の利得が適合十分耳よりもさらに低値であったことより極端な低下は適合不十分の原因となると考えられる。どの程度ターゲット値を下げられるかは今回の検討では不明でありより詳細な検討が必要ある。1000Hz 及び 2000Hz における適合十分耳の 65dB REIG は 65dB DSL、65dB NAL と近似していた。一方で 250Hz 及び 500Hz における適合十分耳の 65dB REIG は 65dB NAL、65dB DSL と比較して有意差をもって低値であった。

今回の検討では NAL-NL2 の設定における言語を「欧米」として処方ターゲット値を導き出した。「日本語」を選択した場合には低音域の利得が「欧米」を選択した時に比べやや上がる設定となっている。その理由は日本語が tonal language のため、non-tonal language と比べ低音域がより重要であるとされているためである[2]。

また、soft から moderate のレベルでの会話において日本語は欧米の言語に比べて低音域(0.5-1.0Hz)の増幅がより必要であるとされており、そ

の点などを考慮し欧米で制作された処方式を改良した日本版の処方式の方が日本人には好まれたとする報告がある[10]。

この報告は欧米の言語に比べ、日本語では低音域がより重要であること支持する結果と考える。それにもかかわらず今回の検討では欧米言語の設定のターゲット値と比べても低音域の利得が低値であったことは興味深い結果であった。環境騒音の周波数スペクトラムはさまざまであるが、低周波数帯でパワーが大きいものが少なくない[11]。そのため今回の症例では環境騒音のうるさを低減するために低音域が下げられた傾向があったかもしれない。

DSL_{v5} 法と NAL-NL2 法では圧縮率に大きな違いを認めた。DSL_{v5} 法と比較すると NAL-NL2 法の圧縮率の方が高かった。これまでにどの程度の圧縮率が適切であるかの結論は出ていないが、圧縮率が 3.0 以上では明瞭度が低下すると報告されている[12]。今回の検討においては適合十分耳の REIG の圧縮率は DSL_{v5} に近かった。その要因として圧縮率が高くなると音質が悪化する可能性があること、本邦では一般的に 1.5 程度の圧縮率がよいとする主張があり調整者側がそれを考慮した可能性もあるかもしれない。

4.3. 適合不十分耳について

今回の検討では適合十分耳は 85% (34/40 耳) であり、15% (6/40 耳) は適合不十分であった。長期安定装用できている難聴者の中にも適合不十分な状態で装用している例も存在していることがわかった。

適合不十分であった 6 耳を検討すると 4 耳 (症例耳 1、3、4、5) では語音明瞭度曲線における 65dB SPL での補聴器装用時の明瞭度改善が不十分であったため、適合不十分耳となった。

その他の 2 耳 (症例耳 2、6) では語音明瞭度曲線における 65dB SPL での補聴器装用時の明瞭度は十分に改善していたが、80dB SPL での補聴器装用時の明瞭度が裸耳よりも明らかに低下しており、適合不十分耳となった。明瞭度の改善が不良であった 4 耳 (症例耳 1、3、4、5) では 65dB SPL における REIG が不適切であったために明瞭度の改善が得られなかったと考えられる。1000Hz の 65dB REIG の平均値は 65dB DSL 及び NAL の平均値と比較すると高値であったが、その他の周波数の REIG の平均値は低値であった。しばしば臨床の場において、患者が高音域の利得増幅による音の響きの増悪、低音域の利得増幅による耳閉感を強く訴えるため、高音域及び低音域の利得が抑えられ、今回のような山型の REIG になる場合を散見する。その利得不足を解消するために患者の比較的訴えの少ない 1000Hz のみが増幅され、今回のような

REIG になった可能性が考えられる。

80dB SPL における明瞭度が補聴にて悪化した 2 耳（症例耳 2、6）の圧縮率を検討するとほぼ圧縮は行われておらず、リニア増幅であった。中等度感音難聴では不快閾値がほとんど変化しないためダイナミックレンジが減少する[13]。今回の検討は中等度感音難聴患者を対象としており、この 2 症例では 80dB SPL の語音レベルが補聴の利得により過大なレベルとなって明瞭度が低下したものとする。

4.4. 適合十分耳と適合不十分耳の比較

今回の検討においては適合十分耳と適合不十分耳では純音聴力検査の平均値が異なっていたため、両者の REIG を直接比較しても意義は少ない。そのためそれぞれの 65dB REIG と 65dB DSL 及び 65dB NAL との差を比較した。250Hz 及び 500Hz のような低音域では適合の有無にかかわらず、ターゲット値よりも REIG は低値であった。前述した通り、日本語は欧米の言語と比較し低音域が重要であることが示唆されている。今回の検討では適合の有無による有意差は認めなかったため、どの程度の利得が適切であるかは判断できない。一方で、1000Hz、2000Hz 及び 4000Hz での利得が適合十分耳の方が適合不十分耳に比べて両処方ターゲットにより近いことがわかった。会話音を弁別するた

めの情報は1000Hzから4000Hzの間に多く含まれていると報告されている[14]。今回の検討より日本語の単音節の聞き取りにおいては2000Hz及び4000Hzの利得が重要であることが再認識された。

4.5. 本研究の限界について

今回の研究に際して2つの留意点を述べる。

まず第一に、本研究では補聴器の適合判定に単音節明瞭度検査を用いた事である。そのため、日本語で重要であると考えられている声の高さ(pitch-accent)の評価はされていない。日本語には同音異義語が多く含まれており、アクセントによる違いで意味に変化がもたらされる。

また、疑問文と肯定文の区別にもアクセントが重要な役割を果たしている。日本語のアクセントの主な要素は声の高さの増加である。したがってpitch-accentの聞き取りに寄与する低音域の知覚は日本語話者の聴覚障害者にとって重要であると考えられる。残念ながら、pitch-accentの知覚を評価する臨床的に一般化された検査方法はない。今後はpitch-accentの影響を評価するために、単語や分を用いた評価を行い、どの程度の利得が望ましいか検討する必要があると考える。

2つ目の留意点は初期設定が本研究の結果に影響を与えた可能性が否定できない点である。初期設定では多くの患者がうるささを訴えるため

増幅を弱めると共に周波数特性を修正することが多かった。その後徐々に増幅を強めていったが、一部の患者では調整を繰り返しても利得が十分に上げられずに補聴器購入に至り、購入後も適正な補聴器増幅特性を獲得するために調整を継続した。本研究では補聴器を少なくとも1年間安定装用できている症例を対象としたので、その補聴器増幅特性は初期設定と異なる可能性が高いと考えているが、初期設定が本研究で評価した補聴器増幅特性に影響は与えた可能性は否定できない。

5. 結語

今回の対象例は長期間補聴器を安定して装用できている症例であり、一定の補聴効果を獲得できているものと推測される。その中で適合十分と判断できた耳は85%であったが、適合十分耳の65dBのISTSに対するREIGは1000Hzと2000HzにおいてはNAL-NL2法、DSLv5法のターゲット値と近似しており、圧縮率はDSLv5に近似していた。日本語話者においても中音域はNAL-NL2法、DSLv5法のターゲット値が適切である事が示唆された。低音域および高音域の利得の必要性については今後さらに検討する必要があるが、補聴器を安定して装用できている日本人の増幅特性の結果として意義のあるデータが得られたと考えている。

6. References

- [1] Scollie S, Seewald R, Cornelisse L, Moodie S, Bagatto M, Larnagaray D, et al. The desired sensation level multistage input/output algorithm. *Trends Amplif* 2005;9:159–97.
- [2] Keidser G, Dillon H, Flax M, Ching T, Brewer S. The NAL-NL2 prescription procedure. *Audiol Res* 2011;1:e24.
- [3] Sano H. About prescriptive methods. *Audiol Jpn* 2017;60:201–9 Japanese.
- [4] Mueller HG. Probe microphone measurements: 20 years of progress. *Trends Amplif* 2001;5:35–68.
- [5] Holube I, Fredelake S, Vlaming M, Kollmeier B. Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *Int J Audiol* 2010;49:891–903.
- [6] Dillon H. NAL-NA1: a new prescriptive fitting procedure for non-linear hearing aids. *Hear J* 1999;52:10–16.
- [7] Kodera K, Hosoi H, Okamoto M, Manabe T, Kanda Y, Shiraishi K, et al. Guidelines for the evaluation of hearing aid fitting (2010). *Auris Nasus Larynx* 2016;43:217–28.
- [8] Yamashita K, Matsuhira T. Speech audiometry. *Audiol Jpn* 2008;51:167–76 Japanese.
- [9] Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. *Bone Marrow Transpl* 2013;48:452–8.
- [10] Matsumoto N, Suzuki N, Iwasaki S, Ishikawa K, Tsukiji H, Higashino Y. Language-specific strategy for programming hearing aids-A double blind randomized controlled crossover study. *Auris Nasus Larynx* 2018;45:686–92.
- [11] Kanoh Y, Hirota E, Kodera K. The analysis of the surrounding noises for hearing aid selection. *Practica Otologica Pract* 1982;75:1417–25 Japanese.
- [12] Drullman R, Smoorenburg GF. Audio-visual perception of compressed speech by profoundly hearing-impaired subjects. *Audiology* 1977;36:165–77.
- [13] Dillon H. *Hearing aids*. Sydney: Boomerang Press; 2012. p. 2.
- [14] Kodera K, Hirota E, Sagawa S, Suzuki J. The effects of

frequency response of the hearing aid on speech discrimination score.
Otologia Fukuoka 1981;27:33-42 Japanese

7. 図表

図 1

適合十分耳の 65dB REIG と 65dB NAL、65dB DSL の周波数別の平均値を図 1 に示す。

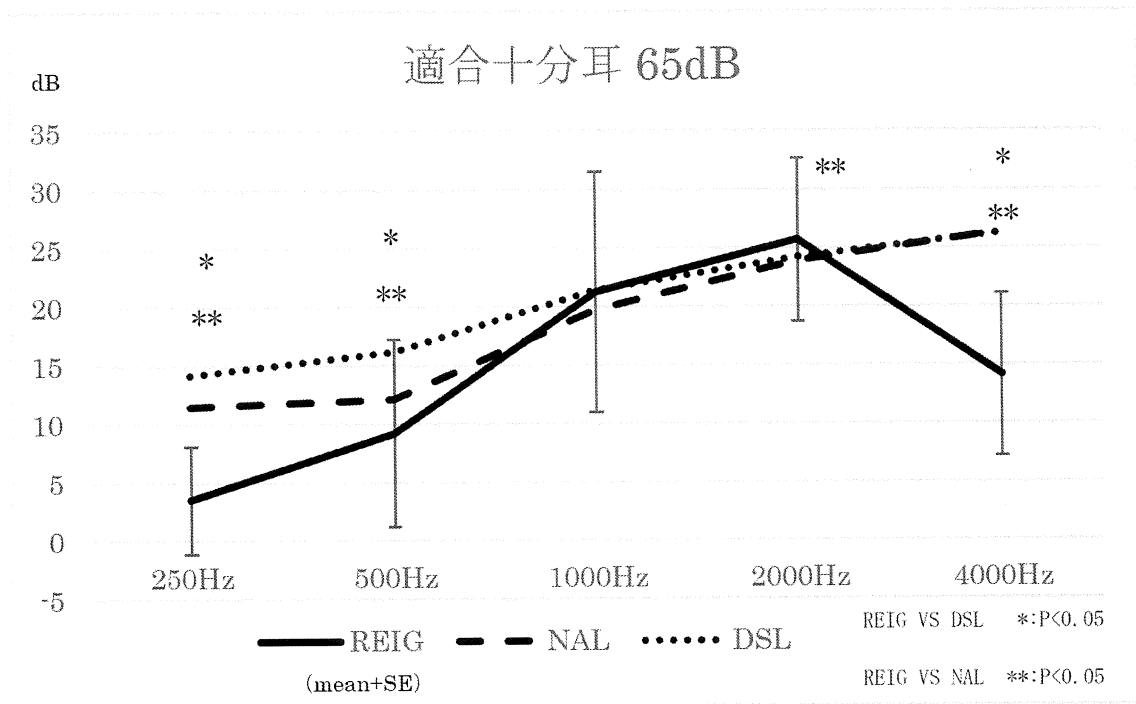


図 2

適合不十分耳の中で 4 耳（症例耳 1、3、4、5）が語音明瞭度曲線における 65 dB SPL での補聴器装用時の明瞭度改善が不十分あるため、適合不十分となった。この 4 耳の 65 dB REIG 及び 65 dB DSL・NAL の周波数別の平均値を示す。

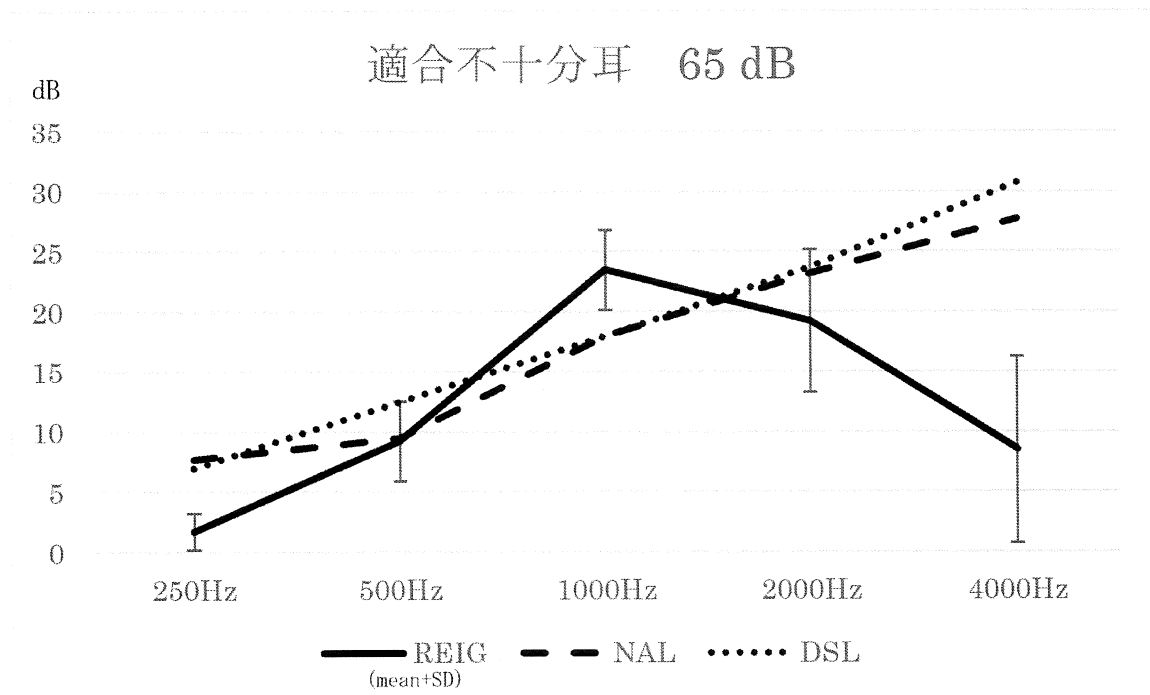


表 1

適合十分耳と適合不十分耳に純音聴力検査の平均値(dB HL)

	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
適合十分耳	48	49	55	62	62
適合不十分耳	37	43	48	58	63

表 2

適合十分耳の 65dB SPL 及び 80dB SPL の REIG から算出した圧縮率と DSLv5 法及び NAL-NL2 法のターゲット値から算出した圧縮率を示す。

圧縮率	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
REIG	1.2	1.3	1.5	1.5	1.6
DSLv5	1.2	1.3	1.6	1.7	1.8
NAL-NL2	2.1	2.3	2.9	2.8	2.3

表 3

適合不十分耳の補聴器非装用耳における 65dB SPL 及び 80dB SPL の音場検査での語音明瞭度曲線の結果と境騒音下の許容を指標とした適合評価の結果を示す。

症例耳	補聴器非装用耳		補聴器装用耳		環境騒音
	65dB	80dB	65dB	80dB	
	1	40%	65%	45%	
2	75%	95%	95%	70%	適合
3	60%	75%	70%	55%	適合
4	45%	55%	50%	50%	適合
5	35%	75%	30%	40%	不適合
6	25%	75%	40%	55%	不適合

表 4

適合十分耳及び適合不十分耳（症例耳 1、3、4、5）の 65dB REIG と 65dB DSL の差と、65dB REIG と 65dB NAL の差を示す。

プラスの場合は REIG の方がターゲット値よりも高いことを示し、マイナスの場合は REIG に比べターゲット値の方が大きいことを示す。

	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
DSL_{v5}					
適合十分耳	-10.7	-6.9	-0.2	1.4	-12.2
適合不十分耳	-5.3	-3.3	5.5	-4.5	-22.3
P 値	0.31	0.23	0.08	<0.05	<0.05
NAL-NL2					
適合十分耳	-8.0	-2.9	1.5	1.8	-12.3
適合不十分耳	-6.0	-0.3	5.5	-4.0	-19.3
P 値	0.504	0.253	0.27	<0.05	0.09