

<公開セミナー報告>

(報告) 広島大学公開セミナー 聴覚障害児教育現場におけるデジタル補聴器の現状

志水 康雄*

近年、難聴学級では従来のアナログ補聴器よりも飛躍的に進歩しているとされるデジタル補聴器の普及が目覚しく、聾学校においても普及の兆しがある。そこで、本セミナーにおいては、日々進歩しているデジタル補聴器の現状を展望し、デジタル補聴器の特長を生かしたフィッティング方法の改善を志向することを目的とし、さらには、聴力のデータに基づいて、デジタル補聴器の特性の調整を試みる、「デジタル補聴器の調整の実際」も行った。

プログラム第Ⅰ部においては、講演「デジタル補聴器の現状」でデジタル技術の基礎、デジタル技術の補聴器への応用の解説を行った。プログラム第Ⅱ部では、デジタル補聴器の新しい技術と展望が紹介された。プログラム第Ⅲ部では、参加者が4箇所に分かれて、デジタル補聴器の調整の実際を参加者一人ひとりが体験した。

参加者は広島県教育委員会指導主事(1名)、広島県内聾学校教員(4名)、広島県内言語難聴学級等担当教員(10名)、広島県立リハビリテーションセンター職員(2名)、本学学生(1名)、本学大学院生(2名)、本学特別専攻科学生(5名)、本学教員(2名)の合計27名であった。

以下にプログラム等及び「講演」の趣旨を紹介する。

主 催：広島大学教育学研究科障害児教育実践センター
広島大学教育学研究科障害児教育学講座
実施責任者：広島大学教育学研究科障害児教育学講座
志水康雄

日 時：平成17年6月18日(土) 13時～17時
会 場：広島大学教育学部棟 L102 (広島県東広島市鏡山1-1-1)

(プログラム)

- 第Ⅰ部 13時～13時45分
講演「デジタル補聴器の現状」
志水康雄(広島大学教育学研究科障害児教育学講座 教授)
- 第Ⅱ部 13時55分～14時40分
報告「デジタル補聴器の新しい技術と展望」
志水康雄(広島大学教育学研究科障害児教育学講座 教授)
大橋節子(言語聴覚士)
- 第Ⅲ部 14時50分～17時00分
「デジタル補聴器の調整の実際」
志水康雄(広島大学教育学研究科障害児教育学講座 教授)
大橋節子(言語聴覚士)

講演「デジタル補聴器の現状」趣旨
(志水康雄)

Ⅰ. 従来の補聴器(=アナログ補聴器)

1. アナログ装置の変遷

音の世界はもともとアナログの世界である。周囲に生じている音も、難聴者が必要な増大音もアナログ信号であり、できればアナログ音をその波形のまま難聴者に必要な大きさに増大することが音質も良い。話者が声を大きくすることや、聞く方が耳に手をかざすことなどがこの範疇であろう。しかし、難聴の度合いが少しでも大きくなればこれらの方法では当然、音量不足になる。

ベルやエジソンなどが開発したカーボンマイクの補聴器などや、国の歯牙伝導器など最初の頃の補聴器は音を増幅することは無理であった。その後真空管の使用による増幅ができるようになってきたことで難聴者への増幅音が出せるようになった(アナログ増幅装置)。

補聴器も真空管からトランジスター、IC、LSIへと増幅のための電子素子の発展の成果を受けて飛躍的に性能が良くなり、110dBHL 台の難聴者でも聞こえる

* 広島大学大学院教育学研究科障害児教育学講座

音に（アナログ）増幅できるようになって来た。しかし、アナログ補聴器が具合良く適応し易いのは伝音難聴だけであり、感音難聴者への適応は困難である。その理由として感音難聴特有の聞こえ方の歪等、難聴者の聞こえの実態が医学的に解明がなされていない部分が大きく、補聴器としてどのような対応が必要なのかが不明確である。それでも、少しずつではあるが補聴器側からの挑戦がある程度なされるようになってきている。

2. Hi-Fi（“原音”により高忠実な = high-fidelity ハイ・ファイ）

従来のアナログ式電子増幅装置においては、入力波形に如何に忠実な状態（原音の形に如何に忠実であるか＝相似形）で増幅できるかが、良いアンプと称されてきた。そのより良い状態を呼称する言葉がHi-Fi（“原音”により高忠実 high-fidelity ハイ・ファイ）である。この電子増幅装置の入力・再生エネルギーは音であり、この音も当然アナログ量であり、アナログの状態での増幅能力が装置の良し悪しを表していた。その音質の良し悪しの要素として「周波数特性」や「リニアリティ」、「ダイナミック・レンジ」、「高調波歪」などがある。

3. 周波数特性

増幅器（アンプ）の再生周波数特性（周波数ごとの増幅特性）は、Hi-Fiの観点から見れば、偏りがなく、どの周波数も一樣（水平型 flat）に増幅することが望ましい。偏りがあれば、その周波数部分だけ、特異的に強調されたり、減衰したりして入力信号とは異なったものになってしまう。また、再生帯域も広ければ広いほど入力音の質を損なわない。

ほとんどの耳は周波数ごとに難聴の程度が違う（周波数特性が一様ではない）。聴覚補償の観点から見れば、周波数ごとに難聴の度合いに応じて補聴器の出力音の大きさを合わせるにより、周波数ごとの聴覚補償が成り立つことが推測される。即ち、高音ほど聞こえない高音斬傾（こうおんざんけい）型では高音強調、その反対には低音協調型が考えられる特性であろう。実際にはそんなには簡単でなく、ぴったりと合わせることはなかなか一筋縄ではいかないことが多い。その理由の一つとして、耳の聞こえの周波数特性の曲線（複雑な曲線が多い）に、特性を自由に合わせられる補聴器はほとんど皆無である。

補聴器の周波数特性は、アンプ・マイク部はほとん

ど flat に作れるが、特にイヤホンは、小型化の宿命として特異的な曲線になっている。また、上限（高い周波数の限界）と下限（低い周波数の限界）も、イヤホンの性能によって決まってしまう。即ち、補聴器特有の周波数特性は、主としてイヤホンの性能に大きく左右されている。

R社（国産）のHB-38という耳掛け型補聴器が、再生帯域を低音部と高音部の2チャンネルに分け、それぞれの帯域を独立に調整できる画期的な特性であり、マルチチャンネル化の第一歩であった。それまでの補聴器に比べると調整が大きく前進した。

4. リニアリティ（直線性 linearity）

入力音に関わらず一定の増幅率の増幅率を持つアンプでは、入力レベルの増加とともに、同じ割合で出力レベルも増大する。両者の関係を、入力レベルを横軸に、出力レベルを縦軸にとった入出力特性のグラフを書けば、45°の角度を持つ直線になる。このグラフの状態を「直線性（リニアリティ）」が有するという。なお、このときに出力レベルから入力レベルの値を減じたものが増幅度（gain）である。

リニアリティの高いアンプでは、入力音のレベルの変化が正確に相似形として出力レベルの変化になるので、入力音の波形に、より忠実な出力音になることから、従来のアナログ音響製品では、このリニアリティの良し悪しが製品の性能の大きな部分であった。リニアリティが低ければ（ノン・リニア＝直線性がない、低い）、その信号（音）は「歪んでいる」といわれる。

しかし、「リニアリティに富んでいる」増幅装置でも限界がある。例えば、入力レベルがあまりに小さいときの出力レベルが、増幅装置自身の内部雑音（どんな優秀な増幅装置でも、電子回路として作動しているときは、入力信号が0でも何らかの信号が出力される＝残留ノイズ）よりも小さいときには当然観測されないで「リニアリティ」の測定はできない。

逆に出力信号が大きくなってその装置の「許容出力最大レベル」を超えたものは、すべてその「許容出力最大レベル」で頭打ち（飽和＝saturation）状態になり、それ以上のレベルにはならなくなり、信号も歪んでしまう。この領域も「リニアリティ」は崩れる。即ち、入力音に応じて増幅率が変わることになる。

一方、健聴耳の聞こえでは、音の大きさと聞こえにはリニアな領域もあるが、大き過ぎる音になるとノン・リニアになり、聞こえ方としては音が割れてしまう状況になる。

感音難聴の耳では「大き過ぎる音」でなくてもノン・リニアな聞こえになっていることが考えられ、ことばが歪んで聞こえてしまい、「感音難聴の聞こえには歪がある」ことになり、感音難聴者のことばの聞き分けの困難性の大きな理由と考えられている。

5. ダイナミック・レンジ (dynamic range : DR)

Hi-Fi度をより高めるためには、微細なレベルの変化までも忠実に再現が要求される。最大レベルと最小レベルのレベル差をダイナミックレンジ (DR) というが、従来の再生系 (レコード盤, アナログテープ等) では民生用はせいぜい30dB程度であり、非常に高価な放送局仕様でも50dB程度が限度であった。クラシック音楽のオーケストラの演奏では、100dB位の音の大小差があり、このことが生演奏とテープ等の再生 (アナログ再生) とのもっとも大きな違い (アナログ系の限度) ともいわれている。再生音ではfff (フオルテフォルテッシモ) とppp (ピアノピアニッシモ) の両者のそれぞれでの大きさでの音質の良さを同時に保つことは困難になってくる。

例えば、従来の録音テープ等の最大50dB程度 (家庭用は40dB以下) の再生装置では、生演奏時の最大出力音 (fff) を出せば (普通の民家では大きすぎて不可能)、その状態から50dB以下の音 (ppp) は再生されない。逆に、ppp音を再生しようとすれば、その音からその音から最大50dB大きい音しか再生されず、fff音は再生できない。このようにアナログ系ではダイナミックレンジの限界があるために、到底生演奏の臨場感は味わえない。

聞こえ始めの小さな音のレベルから、大きすぎてうるさい音、聞きたくない大きさの音のレベルに挟まれた聞こえの幅 (ダイナミック・レンジ) は正常な耳では100dB位あるが、高度感音難聴者では非常に狭くなり10dB以内という、健聴者の耳に比べると、入出力特性のグラフが直線にはならない「直線性リニアリティ」が非常に少ない、いわばノン・リニアな状況である。

この狭いDRの中に我々が聞いている日常音 (80dBはある。語音でも30dBの変化幅がある) を入れなければならないこと、そのDRの中での聞こえ方も一様ではなく、小さめの音への聞こえ方と大き目の音への聞こえ方の違いがあること等々様々な検討事項がある。これらの様々な聞こえ具合に一つ一つ調整することは困難なことこの上ない状況である。彼らに聞こえるような大きな音にすることが感音難聴者への補聴器

のせめての調整であるが、このことすら不十分なことがほとんどである。即ち、ノン・リニアへの対策が感音難聴者の補聴器では重要になってくる。しかし医学的解明が不十分なこともあり、感音難聴者へのアナログ補聴器ははなはだしく不満足な状態である。

補聴器のDRも、もともと広くはない。出力音のDRは狭くとも (場合によっては難聴者の聞こえに合わせた狭いDR)、せめて補聴器の入力音は、ことばのレベルの変化幅 (通常は30dBのDRがある) は収納したい。現在は周波数 (帯域=チャンネル) ごとに効果的にDRを可変できるアナログ補聴器はない。

6. 高調波歪 (harmonic distortion)

音が増幅器等の電子回路を通過するときには、どんなに優れた増幅器でも必ず入力信号とは異なった成分 (歪=ひずみ) が派生し、元の信号に重畳されてしまう。これは、回路を流れる電流音が、回路の電子素子の抵抗成分によって電流の異常な流れが生じることによるものである。大小の差こそあれ、避けられない現象である。このとき入力信号に重畳された余分な信号は、その入力信号の整数倍 (高調波) の信号 (歪=ひずみ) から構成されている。したがって、出力信号に含まれている入力信号そのものの成分 (①) と、入力信号にはなかった整数倍 (高調波) の信号成分 (②) の比率 (②/①) を高調波歪と称し、%かdB表示で行っている。

高調波歪には入力信号の2倍の周波数の歪成分、3倍の周波数の歪成分、4倍の周波数の歪成分、・・・と理論上は続く。その全成分を特に全高調波歪 (total harmonic distortion) というが、特に断らない限り全高調波歪を単に高調波歪と称している。

この高調波歪は通常は0.1% (-60dB) 以下になると音楽を聴いていても邪魔にはならないため、オーディオ装置が高級品かどうかは、この高調波歪は0.1%が境になっているようである。

補聴器の高調波歪では、0.1%を求めるのは無理であり、普通会話音レベルの聴取時に10%以内が目安とされている。

II. デジタルの世界

1. デジタルとは「digital a. 指の; 指状の (名詞形は digit)」 「analog n. 類似」

ある量 (値) と量 (値) の間に無限に変化する可能性があり、その変化は前の量に非常に近似して (類似

して) 連続的に変化すると考えられるような状態をアナログと称している。

一方、そもそもデジタルとは、人間の指の、その次の指の間は何も(例えば水掻きが)ない状態。即ち、人差し指の次は中指であって、その間には0.1人差し指や0.7人差し指は存在しない。これから跳び跳びの状態(間に変化しない状態=離散化)をデジタルと表現した。離散化の値を離散値という。このデジタルという言葉は「analog=類似の→「連続的に変化する」の意味に使用」に対比する言葉として電子工学の分野で用いられるようになった。

コンピュータで取り扱われる波形は、0か1(無か有または無か全)のどちらかの量(値)だけであり、その間の波形は考えない2進数理論に基づく、デジタルの世界である。これはもともと計算機用として思考されたものである。

暗算、筆算、算盤、計算尺、機械的な計算機(パスカルの計算機、ライプニッツの計算機、近代の「タイガー」の計算機)、さらにはリレー回路を使った電気的計算機へと発展してきた。これは電気回路により機械的に開・閉の動作を使って計算をするものであり、人間の処理に比べれば200倍位の速さではあった。

ここで問題になったのが、10進数である。われわれは計算は10進数で取り扱ってきた。取り扱う量の変化幅が10あるということは、常に各桁の10の値のうち0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10のどれであるかを判断しなければならず、その判断は機械では大いに時間を要する。例えばその量を、0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10の一つ一つと比較する作業が必要となる。そこですべての値を2進数に先ず変換(どんな数でも計算機では簡単に処理できる)すれば、機械による判断も0か1だけであり10の値のうち0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10のどれであるかを判断するに比べてはるかに早く行える。

計算が終わってから最後に2進数から10進数に再変換してやれば人間にも理解できる通常の数の値となる。その間どんな複雑で高度な処理も2進数で処理できるので人間の頭で処理できる計算能力をはるかに凌駕できるのである。このような処理をアナログ処理に対してデジタル処理と称するようになった。

そこで膨大な量の処理を計算させ、正確性と処理速度を同時に向上させる機械(計算機)即ち、真空管を使った電子回路によるデジタル計算機(コンピュータ)の開発へとつながった。1947年、ペンシルバニア大学の世界最初の真空管式高速自動計算機(ENIAC)は、当時の最新式リレー計算機の約1千倍、人間の約20万倍という性能であったという。この計算機は真空管を

約1万8千本使用し、重さが30トン、約100畳位の面積を占めていた。毎秒54回の加減算ができ、10桁の数を2つかけるのに1/4秒の速度であった。これは原子物理学の計算に使われ、計算に熟練した人が100人で1年かかっていた計算を2時間で行ったという。真空管がその後トランジスター、IC、LSIと電子素子の発展するとともにコンピュータは飛躍的にその能力を高めていった。

このデジタル技術を利用することにより、計算処理だけでなく実に数多くの不可能なことが可能になってきたが、補聴器も含めた音響装置分野もその一つである。

2. アナログからデジタルへ

現在のデジタルの音響再生装置を図1に示す。

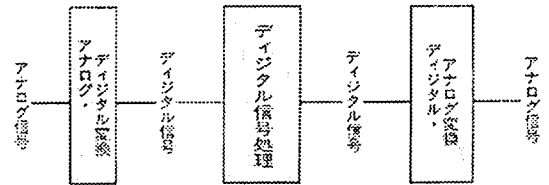
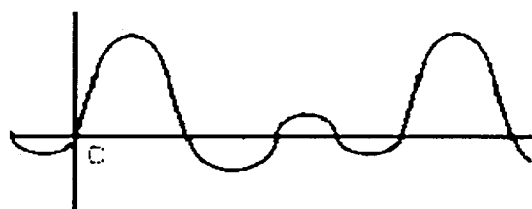


図1 デジタルの音響再生装置

図1は、入力系と出力系はアナログ信号になっており、その間がデジタルの世界である。すなわち、音(アナログ信号)として入力し、デジタル処理を加えて最終的には再度音(アナログ信号)として出力している。アナログ信号をデジタル信号に変換することをA-D変換(アナログ→デジタル変換)といい(図2)、その逆をD-A変換という。

図2のように、アナログの信号(A)を適当な時間間隔(P)の時の値だけを拾い出しこれを標本化(D)することを「サンプリング」という。このサンプリング周期(標本化時間)の逆数(1秒間あたりの表示本数=標本化数)が標本化周波数で、オーディオ信号の時間軸に対する解像度に相当するものである。即ち、標本化とは、アナログの信号を飛び飛びの時間間隔で信号を観測することである。このコード化するタイミングであるサンプリング周期が短いほど(標本化周波数が高いほど)、オリジナルに近い忠実性のある原音を再現することができる。

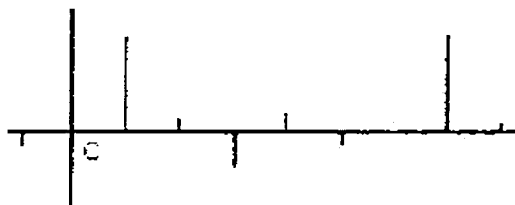
例えば、「ことば」の音声波形を幅1/1000秒として1秒間に1回分しか表示しなければなんと言っているのかまったく聞き取れない。これを同じ幅で1秒間に100回分表示すれば人間の耳はそのときそのときの標



アナログ原波形 (A)



標準化周波数 (P)



デジタル化された信号 (D)

図2 A-D変換

本化レベルの値をつなぎ合わせて、なぞって聞くこと（包絡線 envelope をつなぎ合わせて認識する＝パターン認識）ができるのでなんとやっているか聞き取れるようになる。

通常の音声処理では1秒間に8千回以上の標準化数で処理をしているので聞き取りにはまったくの違和感を感じない。むしろデジタル化すれば、その信号はアナログに比して劣化がほとんど生じないので、一旦デジタル録音した音（音声や音楽など）は経年変化による劣化はほとんどないとされている。これはアナログ信号の劣化が波形の変化から来るものであるのに対し、デジタル信号は波形そのものではなく数字に置き換わっているし、またその値も0か1しかないために、0と1の間の値の変化には無関係である。つまり常に波形整形を行っていることにもなる。

原音への忠実度を高めようとして、標準化周波数を高くすればコード化の処理が増えるので時間がそれだけかかってしまう。原信号に含まれる周波数成分をすべて正確にサンプリングするためには、原周波数の2

倍以上のサンプリング周波数で十分である（標本化定理）。電話は8kHzでサンプリングされ、コンパクト・ディスク（CD）の音源は、44.1kHzでサンプリングされている。

サンプリングが時間軸に対するデジタル処理であるが、大きさのレベルもデジタル処理（量子化）されなければA-D変換は完成しない。量子化とは、実数を四捨五入で整数化（簡略化）するようなものであり、量子化された値をさらに2進法に直すことを符号化という。この符号化された信号と、もともとの信号を比べるとあきらかに差がある。この差を量子化誤差といい、A-D変換に伴う誤差である。

3. なぜデジタルか？

デジタル処理の計算機として発展してきたコンピュータは、その応用としての処理能力を発展させることにより、各種の仕事をしかも超高速でこなせるようになってきた。その応用範囲は留まるところを知らず、現在はありとあらゆるところで活躍している。例えばパソコンは言うに及ばず、人工衛星や飛行機の管制・操縦システム等から、民生機ではCDプレーヤー、洗濯機、炊飯器はては時計などであるが、しかしその基本は相変わらず2進数での0か1かの計算をやっているのである。

現在コンピュータは、1秒間に10桁の足し算を数億回以上できるが、それ以上にコンピュータがたんなる計算機と違うところがある。それは記憶と判断（計算による論理的判断）ができることであり、このことからコンピュータは人工頭脳とも言われるようになってきた。例えば飛行機の自動操縦ができるのもコンピュータによる膨大な情報の記憶、計算、判断があるからであり、論理式（この基本は人間が考える）に間違いがなければ適正な判断が下せるのである。

コンピュータの基本構造は入力部、出力部、記憶部、演算部、制御部からなり、まさに人間の脳に良く似た仕組みからなっている。このことから「コンピュータは人工頭脳」と言われる所以である。特に記憶部と演算部は人間の領域をはるかに凌いでおり、もはやコンピュータなしでは人間社会は機能しなくなっている。しかし理性、感情だけは人間のものであり、これまでがコンピュータ優位になってしまえばこの世はコンピュータのための世界になってしまうのであろうか。

II. 補聴器とデジタル技術

1. デジタル補聴器の登場

1988年 各社がデジタルプログラマブル・アナログ補聴器の市販を開始

1991年 R社がフルデジタル補聴器を世界初の市販開始

感音難聴者へのアナログ補聴器の不満足な状態を少しでも改善すべくデジタル補聴器が登場してきた。卓越したデジタル技術を使えば、これですべて解決したかのような趣もあるこの頃である。最初の頃のデジタル補聴器であるプログラマブル補聴器は、音そのものをデジタル技術で加工するのではなく、調整のトリマーのポジションを覚えさせておく技術にデジタル技術を使用したものであった。いくつかのポジションの組み合わせを覚えさせ、周囲の音環境に合わせた聞きやすい音を取り出しやすくしたもので、補聴器の回路の中はアナログ信号のままであり、プログラマブル補聴器と称している。

その後、音そのものをデジタル加工するピュアデジタル（フルデジタル）と称する補聴器が主流になってきた。ピュアデジタルと言っても、デジタル信号のままの音で出力するものではなく、最終的には出力の段階でデジタル信号からアナログ音に再変換を行っている。デジタル技術による音の加工は、従来のアナログ補聴器ではやりたくてもできなかつた各種の処理がある。代表例としていくつかを述べる。

① マルチチャンネル

補聴器の再生周波数帯域をいくつかのチャンネルに分割すること。従来の補聴器では高音部の調整や低音部の調整を行う音質調整がある。しかしこれではごくごくおおまかな周波数調整しかできなく、聞こえの状態（オーディオグラム）の周波数ごとの聞こえに細かく合わせることはほとんどできなかった。できてせいぜい高音部と低音部の2チャンネル分割が限度であった。チャンネル分割がたくさんできればそれだけ細かな周波数対応が可能となる。マルチチャンネルはアナログ補聴器では夢のまた夢であった。デジタル技術によりいくつかのチャンネル分割が比較的可能になり、飛躍的に調整がやりやすくなった。またチャンネルの独立性が保たれることにより、そのチャンネルごとの各種の調整もある程度可能になってきた。

② ノン・リニアリティ

耳のDRの狭さや、周波数特性が一様ではない

DRの中での聞こえ方など、耳の聞こえのノン・リニア特性に合わせることもアナログ補聴器では困難である。デジタル技術により、狭いDRに補聴器の出力音を合わせることは少しは可能になってきた。

③ 雑音抑制

雑音のする環境での聞こえの改善は難聴者にとっては切実である。特にアナログ補聴器では、いったん補聴器の中で混じってしまった雑音と、自分が聞きたい話し声を区別して雑音だけを抑えてしまうことは不可能である。交通騒音には低音部分が多いことから低音カットすることによって辛うじてその音を抑制することが行われていた。

クーラーの運転音などの雑音と、話し声の音響的特徴の違いをその場その場の環境ごとに計算し、雑音と断定した音のみを抑制するデジタル補聴器がある。しかし、「雑音」の判定は多分に心理的要素が大きいとされている。例えば、人間の声でも、聞きたくない声は難聴者にとっては「雑音」そのものである。逆に、パーティ会場などでの他の人の声、ざわめきなどは計算上は雑音とは補聴器は判定しないことになるが、これらも難聴者には雑音そのものであろう。心理的要素をどう処理するかこれからの課題である。

④ ハウリング抑制

耳栓と外耳道との隙間から漏れてきた補聴器の出力音の一部が補聴器のマイクに入り、その信号が補聴器で増幅され、その出力音がまた外耳道から漏れてきて……を繰り返すことによる状況（音響正帰還 acoustic positive feedback による発振）の音をハウリングという。この音は正弦波（純音）に近いピーというような音が多い。

ハウリングすれば、極端な場合は入力音すべてがハウリング音に収斂してしまい、ことばの聞き分け等の音の弁別ができなくなってしまう。大きい増幅度や高出力型の補聴器では特にハウリングが出現しやすくなる。

ハウリングは補聴器の故障ではなく、いわば使い方の問題である。即ち、外耳道から漏れないようにすればハウリングは起きない。このことから、出来合いの耳栓ではなく、一つ一つの耳ごとに外耳道の形に合わせた耳栓（ear mold = 耳型耳栓、略して耳型）を使用することが、特に聴力の厳しい耳での補聴器使用には必要条件となっている。しかし、「外耳道の形に合わせた耳栓」作りは容易ではなく、「聴力の厳しい耳」では完全には耳型だけで（メカニカ

ルに)ハウリング防止をすることは不可能なことが多い。できれば補聴器本体の中からハウリング音だけを生じさせない回路技術が必要である。

デジタル補聴器の中には、ハウリングを抑制する機能を有している製品がある。ハウリング音を補聴器が認識すると、その周波数(ハウリング音は純音に近い)を計測し、このハウリング音と同じ純音を内部で作成し、ハウリング音の位相とは反対(逆位相)の信号にして発振しているハウリング音に加える。互いに位相が反対なので両者は打ち消し合い、理想的には打ち消してしまうことが期待できる。このことは特定の周波数の音が出力されないことにはなるが、その周波数範囲は非常に狭く(純音に近いので)、ことばの聞き取りなどにはほとんど影響はない。現実には10～20dB程度のハウリング抑制になっており、実用上は非常に有効である。この方式のハウリ

ング抑制のあるデジタル補聴器をD社が発売したのが1993年である。デジタル補聴器のハウリング抑制機能においては上記の処理をほとんど瞬時に行っており、まさしくデジタル技術の恩恵である。

⑤ 指向性

どの方角の人が話しているかなど、音源の方向性のことを指向性という。健聴者は、両耳の使用(＋視覚的情報)により指向性を持っている。補聴器も両耳装用によりある程度の指向性は有るとされているが、聴力が厳しくなればなかなか困難である。これは両耳の補聴器からの音から、音圧差や、位相差を計算することになり、補聴器によって音の属性が薄れたり、歪曲されてしまうことが原因の一つとして考えられる。デジタル補聴器のなかには、これらの条件を修復したり、再整備することにより、耳の経路の中での指向性の計算機能を高める機能が整備されたものがある。