

ウインドガード™:強風下でも快適なきこえを実現

タマラ・ステンダー、マーセル・ヒールシャー

要約

風切り音は、補聴器装用者のきこえを妨害する。低風速でも補聴器マイクに高レベルの乱流雑音が発生し、そのノイズにより必要な信号が歪曲される可能性がある。リサウンドの新しい風切り音抑制機能ウインドガード™は、デュアルマイク信号処理を使用しており、既存の風切り音抑制機能に比べ、さらに効果的な抑制が可能となった。このホワイトペーパーでは、ウインドガード™について解説するとともに、本機能が補聴器装用者に最大のメリットを与えるケースを紹介する。また、この新機能をAventaフィッティングソフトウェアにおいて正しく設定するための情報を記載する。

風が補聴器装用者の頭部、耳介、補聴器などの表面にぶつかると、乱流が形成される(Dillonら、1999)。この乱流は圧力変動を伴い、補聴器により電気変動に変換される。風切り音は補聴器装用者の聴体験に多大な影響を及ぼす。ゴルフのラウンド中やサイクリングを楽しんでいるとき、補聴器のマイクが拾う風切り音レベルは80dB SPLを超える。このレベルの乱流雑音がマイクに入力されると、風切り音の強度により音声明瞭度が減衰し、装用者のきこえに不快感を与えることが多い。図1に、耳かけ型(BTE)補聴器を装用している場合の風の乱流速度を示す。赤色は、乱流速度が最高の領域を表す。

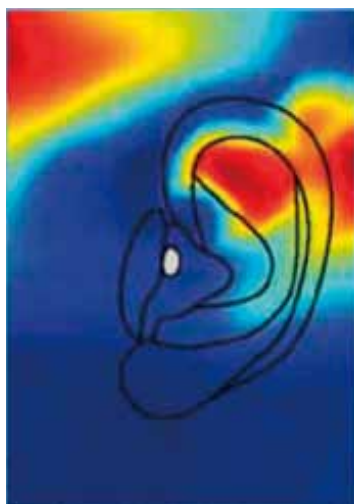


図1. 耳かけ型(BTE)補聴器装用時の風の乱流速度

風切り音のレベルに影響する要因

補聴器装用者の風切り音レベルを増大あるいは軽減する要因は、いくつか存在する。第1に、マイク位置は風切り音レベルに影響を及ぼす可能性がある。耳甲介艇にマイクを装着する外マイク耳あな型補聴器(EMC)や、耳甲介腔の外耳道開口部にマイクを設置する超小型耳あな型補聴器(CIC)は、外耳の解剖学的構造により保護されるため、風切り音の影響を比較的受けにくい。対照的に、耳かけ型補聴器(BTE)はマイクが耳介の上部または背後に設置されるため、一般に風切り音に対する保護レベルが最も低い。図2に、外マイク耳あな型補聴器(EMC)、超小型耳あな型補聴器(CIC)、耳かけ型補聴器(BTE)のマイク位置でのエネルギー関数として、風切り音を表す。

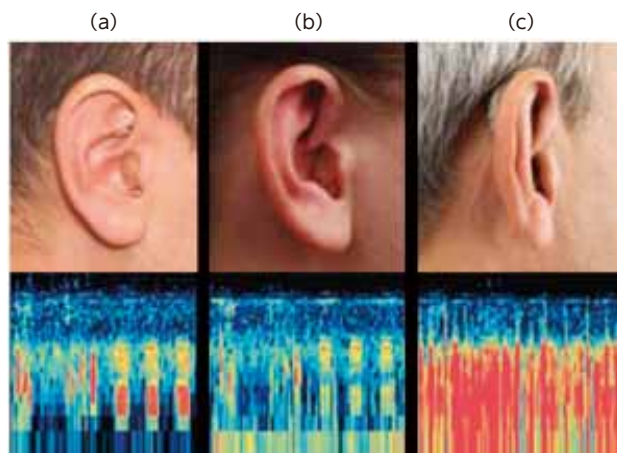


図2. EMC(a)、CIC(b)、BTE(c)形状因子に対する補聴器マイク位置の風切り音のエネルギースペクトル。縦軸は周波数、横軸は時間を示し、青色は低エネルギー、赤色は高エネルギーを表す。

補聴器装用者が感知する風切り音レベルは、補聴器に対する風の方向に依存する。どのタイプの補聴器も、マイクが風の流れに対抗しない方向で配置されている時には風切り音レベルが最小となる(Chungら, 2009, 2010)。補聴器の信号処理も、風切り音の問題に寄与する。風切り音は低周波スペクトルであり空間的に無相関なので、2つのマイクを使用したデュアルマイク補聴器はシングルマイク補聴器よりも問題が大きい(Thompson, 2000; Kates, 2008)。風が吹くと、補聴器の各マイクに明らかなき空気渦が発生する。空気渦はひとつとして同じものがないため、2つのマイクに届く信号もそれぞれ異なる。指向性補聴器の2つのマイクあるいはマイクポートにおいてこのような異なる雑音信号が組み合わせられると、信号レベルは増大する。このため、低域補正機能を搭載した従来の指向性補聴器では、風切り音が増幅される。補聴器メーカーは、このジレンマにさまざまなアプローチで対処してきた。既存の大半の指向性補聴器は、2つの無指向性マイクを使用しており、風切り音が気になる場合はマイクモードを無指向性に切り替えるオプションが用意されている(Beard & Nepomuceno, 2001; Thompson & Dillon, 2002; Chungら, 2009, 2010)。これ以外に、補聴器の風切り音をコントロールするには、低感度マイクを使用したり、風切り音は主に低周波特性を有することから高域フィルタリングを搭載したりする方法がある(Chung, 2010)。低域に無指向性エリアを持つサラウンド・サウンド音声処理を導入したジーエヌリサウンドは、すでに風切り音の問題をほぼ解決している。しかし、それでも風切り音は残る。このため、指向性と無指向性の両方のマイクモードでの風切り音に対する2次防御として、ウインドガード™が開発された。

ジーエヌリサウンドのウインドガード™

新しく開発されたウインドガード™は、デュアルマイク補聴器の前方マイクと後方マイクの両方で雑音を感知する。この機能は、指向性機能選択時と、無指向性選択時の両方において作動する。会話などの音声が存在するときは、2つのマイクの信号がほぼ同等になる。なぜならば、音声を持つ波長の大半は、補聴器の2つのマイクポート間の距離よりも長いからである。しかし風が吹くと、無相関特性のため両方の信号が同等にならない。このような風切り音の特性に基づき、ウインドガード™のシステムは

風切り音と低周波音をそれぞれ認識して区別することが可能である。

ウインドガード™の目的は、風の影響を受けない周波数帯の利得レベルを妨害せずに補聴器装用者の快適なきこえを実現するため、風が感知される周波数帯の利得を十分に低減することである。適用される利得低減の大きさは、周囲の環境および風切り音のレベルに応じて制御するので、その他の音声の可聴性を犠牲にすることなく、できるだけ個々の状況に合わせて低減することが可能である。その結果、背景にやわらかい風切り音が存在するが、装用者の周囲に存在するその他の音声の可聴性は保持され、自然な聴覚体験が得られる。

ウインドガード™は、風を感知する機能と風切り音を低減する機能の2つの要素から構成されている。一般に風切り音のスペクトルピークは高風速でも100Hz程度なので、感知段階では、3000Hz未満の音声のみが考慮される(Larsson & Olsson, 2004)。各マイクのフィルタードアウトプットを相関させることにより、2つのマイクにおいてその他の音声に比した風切り音の量が計算される。風切り音は、各マイクから入力される信号が相関していない場合に存在する確率が高い。風切り音をすばやく感知し低減するため、超高速で計算処理される。風を感知するプロセスの最終段階では、風切り音のレベルとその他の音声レベルを比較して風切り音対音声比が求められ、その値に基づいて利得の低減量を決定する。

ウインドガード™の2つ目の要素は、風切り音低減機能である。70dB SPLを超える風切り音が存在するとシステムが判断した場合、特定の周波数帯の利得低減が行われる。図3に、ウインドガード™が持つ2要素の簡略図を示す。

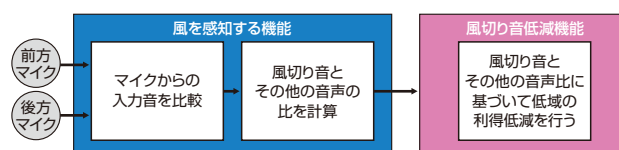


図3. デュアルマイク入力とウインドガード™の簡略図

常に**変化する風の状況に適応するウインドガード™の能力** ウインドガード™はどのような環境でも最適な解決策を提供する。風切り音が存在しない場合、当然だが利得低

減は行われぬ。しかし、システムは常に環境の情報分析を行い、風切り音対音声比を計算しつづける。図4に、ウインドガード™が作動した3つの異なる状態を示す。パネルAでは、風切り音は感知されていない。この状況では、環境音レベルの情報が継続的に更新され、風切り音が発生した場合に備えて風切り音対音声比の計算がつづけられる。パネルBでは、風切り音が感知されているが、70dB SPL未満であるため、利得低減は行われぬ。パネルCでは、70dB SPLを超える風切り音が感知されており、低周波数帯で利得低減が行われている。利得低減量は、風切り音対音声比に基づいて算出され、風切り音レベルを周囲に存在する環境音の平均入力音圧レベルに引き下げられる。風切り音を低減させる為の利得低減に要する反応時間は250ミリ秒であり、これは1秒間に最大4回低減量が変化しても適応出来ることを意味している。反応時間は、補聴器着用者が風切り音を認知する時間に匹敵する位の十分な速度を持っているが、逆に高速すぎてアーチファクト(異音)や音声の歪みが起こらないまさに最適なレベルである。

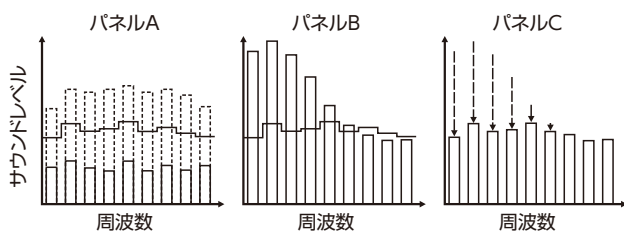


図4. ウインドガード™の処理状態。棒グラフは各周波数ごとの入力音圧を示す。実線グラフは一定時間内の最小入力音圧レベルを示し、点線グラフは同じ時間の最大入力音圧レベルを示す。水平方向の実線は、周囲に存在する環境音の平均入力音圧レベルを表す。

ウインドガード™は無指向性モードと指向性モードの両方において設定が可能である。無指向性モードでウインドガード™を作動させると、後方マイクは風切り音の感知のみに使用され、風切り音の低減目的以外の信号処理には使用されない。

被験者試験で定義された最適パラメータ

ウインドガード™のような新機能を開発する際、日常的な環境で補聴器を使用するユーザーからフィードバックを得ることが欠かせない。その理由は、新機能の使用と非使用とを比べてメリットがあることを確認することと、大半の人にとってパラメータ設定が適切であることを検証

するためである。補聴器に搭載されるその他の機能と同様に、ウインドガード™も複数のパラメータをあらかじめ設定しなければならない。そして基本となるパラメータの設定が決定した後は、実際にテスト用の補聴器を装着したエンドユーザーからコメントや要望を得ることが重要である。

研究に参加した被験者(補聴器ユーザー)は、ウインドガード™機能が搭載されたリサウンド・アレラのモデルのひとつを装着した。風切り音の低減がエンドユーザーに役立つようにするため、風切り音が存在する状況下でのコミュニケーションの必要性について、参加者に質問した。まずは最初に誰ともコミュニケーションする必要がない状況で、風切り音のある環境に遭遇する頻度を尋ねた。次に、コミュニケーションの必要がある状況で風切り音を経験する頻度について回答してもらった。総体的にみると、被験者は風の強い条件下で常にコミュニケーションの必要性があるわけではなかったが、一部の被験者では風の強い環境において頻繁にコミュニケーションする必要性が認められた。

新機能を正確に評価するため、被験者に十分な風切り音が発生するように設定した後、聴覚体験について質問した。4~6週間の装着後に被験者から寄せられたウインドガード™や風切り音に対する要望を踏まえて、パラメータに変更が加えられた。被験者のフィードバックに基づいて変更されたパラメータは、「周波数帯当たりの利得低減量」、「アタックタイムとリリースタイムの設定」、「風切り音検出器の閾値設定」、「異なるレベル(弱、中、強)のウインドガード™の強度設定」の4つであった。これらのパラメータを変更した後、風の強い条件下で被験者に再度きこえを評価してもらった。

ケーススタディの例

リサウンド・アレラの耳かけ型補聴器(AL977/87-DVIW)を両耳装着している女性の協力を得て、以下のプロセスが作成された。この女性は左右対称の緩やかな勾配のある高度感音難聴であったため、クローズフィッティングが用いられた。以下に、2回目、3回目、4回目のフォローアップ時の女性のコメントを記す(表1)。

追跡回数	風切り音の体験と感想	解決策/ウインドガード™の変更
2回目	「風切り音がとても気になった。 風が吹くと誰とも会話ができなかった。」	フィッティングソフトでウインドガード™の設定を「中」から「強」に変更した。
3回目	「まだ風切り音が気になる。」	ウインドガード™のパラメータを変更して補聴器のフィッティングをやり直した。
4回目	「風切り音が発生しても、きこえやすくなった。 もう風切り音が気にならない。この補聴器が気に入った。」	(試験終了)

表1. 試験のケーススタディの一例

この被験者は、ウインドガード™の設定変更により風切り音が減少し、日常使用で風切り音の問題が軽減した。この結果から、被験者のコメントに基づいたウインドガード™の変更は、良好な音質と可聴性の維持に有用であることが分かる。

補聴器装用者のニーズに合わせて

ウインドガード™をフィッティング

被験者から得られたデータを指針として、フィッティングソフトの各プログラムにおいて、ウインドガード™機能の初期設定が定められた。ウインドガード™は、一般に最も風切り音の影響を受けやすい耳かけ型(BTE)補聴器(図2)と、より風切り音の問題が発生する可能性が高いデュアルマイク式の耳あな型補聴器(ITCおよびITE)に搭載されている。外マイク耳あな型(EMC)、超小型耳あな型(CIC)、ミニカナル型(MC)では、耳介と外耳により保護されるので、ウインドガード™は不要である。

ウインドガード™の設定は、選択するアレラのシリーズ(グレード)によって異なる。アレラ9シリーズの場合、ウインドガード™は最も多い選択肢「オフ」、「弱」、「中」、「強」から設定可能となっている(図5)。各設定レベルは風切り音が感知された際の利得低減量の差となる。アレラ7シリーズでは、「オフ」、「オン(弱)」によって機能設定できるが、アレラ5シリーズでは、ウインドガード™機能は搭載されていない。



図5. アレラ9シリーズのウインドガード™設定

設定ごとに風切り音の低減量にどのような影響が及ぼされるかを想像するには、補聴器装用者が混雑した道路で自転車に乗っている姿を頭に浮かべると良いだろう。現在使用しているプログラムでは、ウインドガード™が作動している。無風状態の道路の雑音レベルは70dB SPLであり、感知者にとって平均レベルと計算されている。突然、一陣の風が80dB SPLで装用者のかたわらを吹き抜けた。するとウインドガード™は、平均出力レベルから風切り音を差し引き、「弱」、「中」、「強」機能設定に基づいて補正(オフセット)する。このように、利得低減量は、「風切り音レベルと無風状態の環境の平均レベルの差(風切り音対音声比)」と「ウインドガード™の弱、中、強の設定から生じるオフセット」という2つの要因に左右される。また利得低減は、周波数帯ごとに個別に適用される。このためマルチバンド補聴器では、周波数帯により利得低減量が異なる可能性がある。

ウインドガード™は、以下のプログラムで利用可能である。

- ・ナチュラル指向性™II
- ・基本
- ・基本+ソフトスイッチ™
- ・ミュージック
- ・屋外
- ・パーティー
- ・レストラン
- ・交通騒音
- ・電話モード

アレラ9および7シリーズの耳かけ型とデュアルマイクの耳あな型では、上記プログラムでウインドガード™が利用可能である。この機能は、「弱」に初期設定されている屋外のプログラムを除き、その他のプログラムにおいては

「オフ」に初期設定されている。ウインドガード™機能は、テレコイル、外部入力(DAI)、ユナイト用プログラムでは利用できない。

フィッティングにおけるウインドガード™の設定

屋外のプログラムはデフォルトプログラムでないため、ほとんどのフィッティングでウインドガード™は作動されない。ユーザーがゴルフのラウンド中や自転車に乗っているときなどの風の強い状況では聞こえにくいことが多いと訴えた場合、補聴器に屋外プログラムを追加するか、ユーザーが主に使用するプログラムでウインドガード™を設定すると良い。「弱」の設定では風切り音の問題が解決できない場合、「中」または「強」設定に切り替え、風切り音の低減量を増やすことができる。仕事やレジャーのために屋外に出ることが多いユーザーの快適なきこえにウインドガード™は非常に有用であり、最終的な補聴器の受け入れにつながる。

結論

環境の風切り音に起因するイライラや不快感は、補聴器装用者が感知する音質に多大な有害影響を及ぼす。風により音声に対する注意が損なわれ、低風速でも可聴性が減じる。このため、ジーエヌリサウンドはデュアルマイク補聴器の風切り音レベルを軽減するウインドガード™機能を開発した。そして現実世界のエンドユーザーに恩恵がもたらされるよう、被験者試験から最適な設定が定義された。ウインドガード™は、Aventaフィッティングソフトウェアから個々の患者に合わせて簡単にアクセスし、微調整することが可能である。

参考文献

1. Beard J, Nepomuceno H. (2001). Wind noise levels for an ITE hearing aid. Knowles Engineering Report, 128, Revision A.
2. Chung K. (2010, April 06). Reducing Noise Interference: Strategies to Enhance Hearing Aid Performance. The ASHA Leader.
3. Chung K, Mongeau L, McKibben N. (2009). Wind noise in hearing aids with directional and omnidirectional microphones: polar characteristics of behind-the-ear hearing aids. Journal of Acoustical Society of America, 125 (4), 2243-59.
4. Chung K, McKibben N, Mongeau L. (2010). Wind noise in hearing aids with directional and omnidirectional microphones: polar characteristics of custom-made hearing aids. Journal of Acoustical Society of America, 127 (4), 2529-42.
5. Dillon H, Roe I, Katsch R. (1999). Wind Noise in Hearing Aids. NAL Annual Report.
6. Kates J. (2008). Digital Hearing Aids. San Diego: Plural Publishing.
7. Larsson P, Olsson P. (2004). Detection of wind noise in hearing aids. Masters thesis, Department of Electrosence, Lund Institute of Technology, March, 2004.
8. Thompson SC. (2000). Directional microphone patterns: They also have disadvantages. Audiology Online.
9. Thompson S, Dillon H. (2002). Wind noise in hearing aids. Presented at American Academy of Audiology Convention, Philadelphia, PA.

ジーエヌリサウンドジャパン株式会社

〒220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい3-6-3 MMパークビル8F

 0120-921-310 www.gnresound.jp/