

騒音下での聞こえの悩みの改善：

高速シングルマイクロホンノイズ抑制

Jason A. Galster, Ph.D. & Justyn Pisa, Au.D.



背景

難聴者は騒音下での聞きとり時、大きな悩みを抱えています*¹。このことから、補聴器開発者は、重要な目的である「騒音下での聞きとり」時のユーザー満足度を改善出来る様にしています。この論文は、スターキーSシリーズ™ i Qファミリーに搭載している新しいデジタルノイズ抑制（DNR*²）アルゴリズム、ボイス i Qについて紹介しています。スターキー・ヒヤリング・リサーチ・センターが開発したボイス i Qは、多くの研究と臨床試験評価を受けました。これらの研究は、次の2つの結果を定量化しました。1つ目は、ボイス i Qの強力なノイズ抑制機能は、スピーチの質や了解度を低下させないことを確保する事、2つ目は、騒音下での聞き取りやすさの改善を実証する事です。

研究文献のレビューで、騒音下での聞きとりの際、DNRアルゴリズムが快適さと音質を改善するかもしれないと示しています*³。DNRにより、聞き手が騒音下で聞く時に、聞く為の努力も減っていると感じるかもしれません*⁴。Sarampalisらは、DNRアルゴリズムを用いることで聞く為の努力が減ることは、他のことに集中する能力が向上するかもしれないと示唆しています。この仮説は、「ひとつのことに集中すると、それ以外のことが意識できなくなる」という理論に由来します*⁵。言い換えれば、DNRアルゴリズムが騒音下のスピーチを理解するために必要な努力を減らすことができるなら、難聴者はより多くの認識の情報源を他のことに割り当てることができます。さらに、どんなDNRアルゴリズムでも、理想的な目的は、騒音下のスピーチ明瞭度が改善される事です。しかしこの分野の研究は、試験のコンディションによってユーザーはスピーチ了解度が改善した、低下した、あるいは変わらなかったという経験をするかもしれないと示唆しています*⁶。その文献の明らかに一貫性がないところから判断して、改善したスピーチ了解度が依然として

DNRの定義しにくい目標を抱えているという事実が正しい事が分かります。しかし、現代のDNRアルゴリズムは、不快な騒音を管理するために出力を減少させるので、その結果不完全に設計されたアルゴリズムはスピーチキュー減少のリスクとスピーチ可聴性の妥協が発生します。

デジタルノイズ抑制の動作

従来のDNRアルゴリズムでは、スピーチとノイズの処理を2値の方法で行なっていました。ノイズが補聴器のチャンネルで優位な信号の場合、従来のDNRアルゴリズムは特定量そのチャンネルのゲインを減少します。スピーチが優位な信号の場合、処方されたゲインには影響を受けません。もしDNRアルゴリズムがゆっくり作動すると、スピーチがある時は動作せず、ノイズがハイレベルな時のみ作動するDNRとなります。ボイスiQは、目的とするスピーチか不必要なノイズかの分類をほぼ瞬間的に行なう「ボイス（声）を見つける技術」から恩恵が得られます。スピーチの素早く正確な特定により、ボイスiQは文章とスピーチ内のノイズ要素を十分に速いスピードで分析し、適応することができます。

図1は、重複したノイズ（赤）と、スピーチ（黒）を示しています。ボイスiQは、音響環境を分類するためにSN比、全体的なレベル、信号変調などのいくつかのキューを使用します。本来スピーチは極めて変調するのに対し、ノイズは一般的に定常状態です。そのスピーチの変調を利用して、ボイスiQはスピーチとスピーチの間のギャップで優位なノイズを識別することができます。どのチャンネルでもノイズが優位と識別されると、そのチャンネルのゲインは素早く抑制され、スピーチ信号が戻るとすぐにゲインは再適用されま

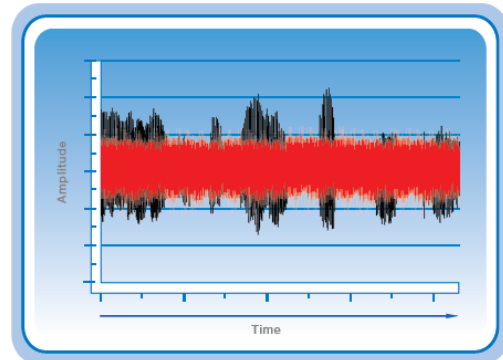


図1．ノイズ波形を赤で、重複されたスピーチ波形を黒で示します。

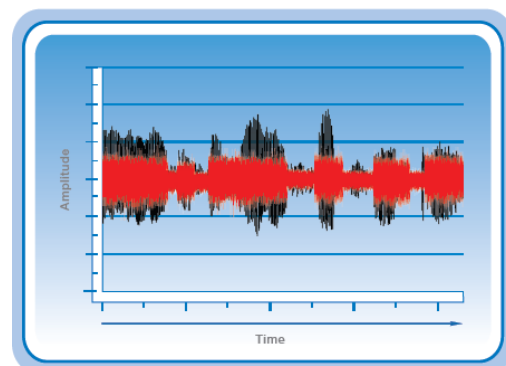


図2．ノイズ波形を赤で、重複されたスピーチ波形を黒で示します。この図解は、スピーチ間のギャップのノイズを抑制するボイスiQの動作を示しています。

す。この動作は図2で示されます。ボイス i Qのような高速DNRアルゴリズムの場合、スピーチキューの減少を避ける特別な配慮をしなければなりません。

デジタルノイズ抑制アルゴリズムの評価

スターキー・ヒヤリング・リサーチ・センターで開発されたボイス i Qは、研究・開発中に一連の音質研究の試験を受けました。アルゴリズムの個々のパラメーターは、ユーザーのリスニングの好みに合わせるために、またアルゴリズムが適切にスピーチとスピーチ間のギャップのノイズをターゲットにした事を確認するために調整されました。これらの初期段階の研究は、補聴器でボイス i Qを実施する前に既に完了していました。補聴器プラットフォーム以外の事を初期の開発の焦点にしたことによって、適切な調整が容易に行えました。研究所の設定でユーザーに有益である事が保証されたアルゴリズムパラメーター確立後の次のステップは、Sシリーズ i Q補聴器での臨床検証でした。

Sシリーズ i Q補聴器へのボイス i Q搭載の成功は、系統的な臨床研究を通して検証されました。44名の成人難聴者が総合的な臨床試験に被験者として参加しました。この臨床試験の詳細結果は、Pisa, Burk, Galsterによって示され議論されました（近刊）。彼らの研究で、Sシリーズ i Q補聴器はノイズ環境を許容するユーザーの能力が大幅に改善したことを見いだしました。被験者も検証用補聴器と彼ら自身の補聴器と比較したとき、DOS O*⁷測定時、検証用補聴器の方が「聞く為の努力が減少した」と報告しました。

騒音下のスピーチの維持

スピーチ間のギャップのノイズを抑制するよう設計されたシステムは、重要なスピーチ信号の完全性も保たなければなりません。スピーチの変調はミリ秒単位（1/1,000秒）で起こるので、これは難しい作業です。スピーチ間のギャップで補聴器の出力が抑制されると、それが戻る時に適切に定められたゲインをスピーチ信号に再適用されなければなりません。不完全に設計されたノイズ抑制アルゴリズムは、スピーチの変調を正確に追跡しないかもしれません。その結果、スピーチ信号の完全性を妥協してしまいます。ボイス i Qに焦点を当てた重要な設計は、積極的にノイズを抑制しながら、これらのスピーチキューの維持を確保するものでした。

HagermanとOlofssonによって2004年に開発された電気音響ベンチマーク評価は、ボイス i Q のスピーチの維持能力を示すために使用されました。この評価方法は、デジタルノイズ抑制アルゴリズムで処理した後、背景ノイズからスピーチを抜き出すことを可能にしています。この論文の目的のために、背景ノイズが提示された時、今日の補聴器で実施されるデジタルノイズ抑制アルゴリズムでは、どのようにスピーチは歪むか、あるいは減少するかといった性質を表す視覚的例を提供するために抜き出された波形が使用されます。

HagermanとOlofssonによって開発された試験方法（2004）は、彼らの出版物からの引用で述べられます。我々のアプローチは、スピーチとノイズを同時に提示し2種類の測定を行います。そのうちの1種類は、逆ノイズ位相です。対応する2つの出力信号を合計あるいは差を計算し、スピーチ出力あるいはノイズ出力を抜き出すことができます。このように、ゲインはそれぞれで計算されます。しかし通常これらは同時に存在し、補聴器の信号処理に影響を与えます。

図3と図4は、HagermanとOlofssonのベンチマーク評価を使用して、背景ノイズから抜き出したスピーチの波形を示します。図3では、現在主要補聴器メーカーで可能な、高速ノイズ抑制アルゴリズムが、スピーチとノイズ信号の処理に使用されました。図3では、ノイズ抑制アルゴリズムによってスピーチのピークが妥協されていることは非常に明らかです。図4は、同じスピーチとノイズサンプルでのボイス i Q の影

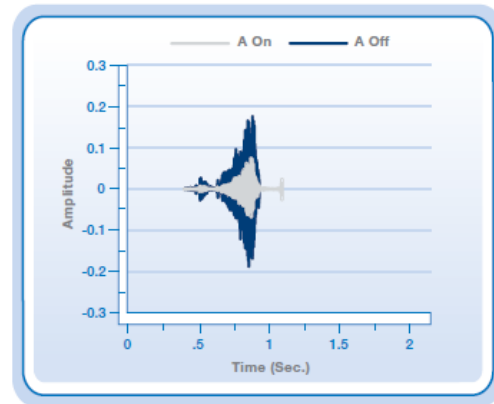


図3．2種類のスピーチ波形を示しています。紺色は、ノイズ抑制のない補聴器で処理されたスピーチ、灰色の波形は、市販のデジタルノイズ抑制アルゴリズムで処理されたスピーチを示しています。両方ともHagerman and Olofssonの評価方法 (2004)を使用して、ノイズの背景から抜き出されました。灰色の波形は、スピーチ波形上で、競合のデジタルノイズ抑制アルゴリズムの影響を受けています。

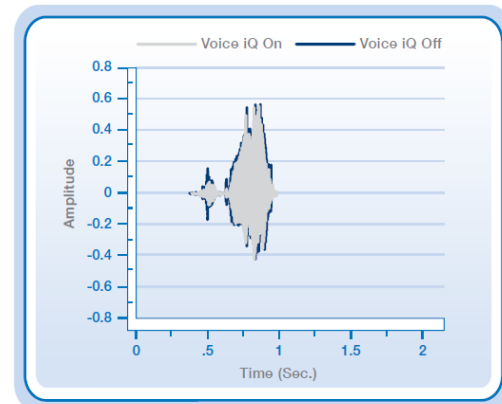


図4．2種類のスピーチ波形を示しています。紺色は、SシリーズボイスiQオフで処理されたスピーチ、灰色の波形は、ボイスiQをオンにし処理されたスピーチを示しています。両方ともHagerman and Olofssonの評価方法 (2004)を使用して、騒音の背景から抜き出されました。灰色の波形は、スピーチ波形上にボイスiQの影響が最小であることを示しています。

響を示します。紺色と灰色の波形の差が無く、たとえノイズレベルを効果的に抑制している時でさえも、スピーチ信号の完全性を維持するボイス i Q の成功を強調しています。

スピーチ理解度の知覚的測定で、ボイス i Q の電気音響評価を補強することは重要でした。44名の成人難聴者がSシリーズ i Q補聴器をフィッティングした後、無意味音節テスト*⁸を行ないました。その結果を図5に示します。ボイス i Qなしのグループの正答率は54.1%、同じグループでボイス i Q起動時の正答率は55.4%で1.3%の差でした。多重比較法の為の一元配置反復測定分散分析Bonferroni補正法では、この差は有意ではないことを示しました ($p>.05$)。有意差がないのは、容易に減少してしまうスピーチの高周波要素（子音）を評価する時でも、ボイス i Qはそのスピーチの完全性を保つことを示します。

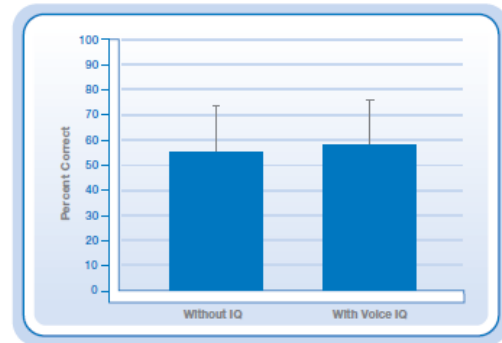


図5. ボイスiQデジタルノイズ抑制処理ありと無しにおける、無意味音節テストの正答率

要約

40名以上の聴覚障害の被験者から集められたデータは、ボイス i Q と S シリーズ i Q 補聴器が役立つことを示しました。これらの結果に基づいて、S シリーズ i Q 補聴器をフィッティングする補聴器専門家は、ユーザーが必要なスピーチキューを犠牲にすることなく、改善した快適さと騒音下での聞きとりやすさを経験することを期待できます。

デジタルノイズ抑制による恩恵の実証と理解は、長年、補聴器業界の課題でした。ボイス i Q と補聴器の S シリーズ i Q ファミリーに関する新しい多数のデータは、現代のデジタルノイズ抑制の臨床への予想を確立する事に役立ちます。スピーチの完全性を確立することによって、更にはユーザーの好みと利益を実証することで、ボイス i Q は科学的根拠に基づいた設計の実例として示されます。

謝辞

この文献に情報を提供していただいた Matthew Burk、Elizabeth Galster、Laurel Gregory、Ivo Merks、Tao Zhang に心よりお礼申し上げます。

本文中の * の出典、略語

- *¹ Plomp, 1994; Kochkin, 2002
- *² DNR : Digital Noise Reduction
- *³ Bentler & Chiou, 2006; Mueller, Weber, & Hornsby, 2006; Ricketts & Hornsby, 2005
- *⁴ Sarampalis, Kalluri, Edwards, Hafter, 2009
- *⁵ Baddeley, 1998
- *⁶ Galster & Ricketts, 2004; Mueller et al., 2006
- *⁷ DOSO : Device-Oriented Subjective Outcome Scale (Cox, Alexander & Xu, 2009)
- *⁸ Nonsense Syllable Test : NST Resnick, Dubno, Hoffnung & Levitt, 1975

参照

- Baddeley, A. D. (1998). The central executive: A concept and some misconceptions. *Journal of the Neuropsychological Society*, 4, 523–526.
- Bentler, R., & Chiou, L.K. (2006). Digital noise reduction: An overview. *Trends in Amplification*, 10(2), 67-82.
- Cox, R.M., Alexander, G.C., & Xu, J. (2009). "Development of the Device Oriented Subjective Outcome Scale(DOSO)." Refereed poster presented at the Annual Meeting of the American Auditory Society, Scottsdale, AZ, March 2009.
- Galster, J.A., & Ricketts, T.A., (2004). "The effects of digital noise reduction time constants on speech recognition in noise." Poster presented at the International Hearing Aid Convention. Lake Tahoe, CA, September 2004.
- Hagerman, B., & Olofson, A. (2004). A method to measure the effect of noise reduction algorithms using simultaneous speech and noise. *Acta Acustica*, 90, 356-361.
- Kochkin, S. (2002). 10-Year Customer Satisfaction Trends in the US Hearing Instrument Market. *Hearing Review*, 9(10), 14-25, 46.
- Mueller, G.H., Weber, J., & Hornsby, B.W.Y. (2006). The effects of digital noise reduction on the acceptance of background noise. *Trends in Amplification*, 10(83), 83-93.
- Pisa, J., Burk, M., & Galster, E. (In Press). Evidence based design of a noise management algorithm. *The Hearing Journal*.
- Plomp, R. (1994). Noise, amplification, and compression: Considerations of 3 main issues in hearing-aid design. *Ear and Hearing*, 15, 2–12.
- Resnick, S.B., Dubno, J.R., Hoffnung, S., & Levitt, H. (1975). Phoneme errors on a nonsense syllable test. *Journal of the Acoustical Society of America*, 58, 114.
- Ricketts, T.A., & Hornsby, B.W.Y. (2005). Sound quality measures for speech in noise through a commercial hearing aid implementing digital noise reduction. *Journal of the American Academy of Audiology*, 16(5), 270-277.
- Sarampalis, A., Kalluri, S., Edwards, B., & Hafter, E. (2009). Objective measures of listening effort: Effects of background noise and noise reduction. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 52, 1230-1240.

スターキージャパン株式会社

〒224-0041 神奈川県横浜市都筑区仲町台 5-2-20

TEL: 045-942-7226

FAX: 045-942-7158

<http://www.starkey-japan.co.jp>

 0120-045-190



WTPR0008-00-JJ-JP JPYWT-008