ステレオズーム

環境適応動作によって改善する語音明瞭度、音質、雑音抑制

ドイツのオルデンブルグで行った研究において、ベンチャーシリーズから搭載されている新世代のステレオズーム（環境適応型両耳ビームフォーマ）を使用すると、雑音下での語音明瞭度が大きく改善するということが分かりました。この研究では、2 つの他社補聴器の機能を含める、固定型ステレオズームと片耳ビームフォーマの合計 4 つと比較しました。さらに、研究室だけでなく、実生活（研究室外部）でも、音質や雑音抑制に対して、大きな主観的改善があったことが報告されました。

目的

この研究では、旧世代のステレオズーム（クエスト）、ウルトラズーム、そして 2 つの他社補聴器の機能に対し、新世代のステレオズーム（ベンチャー）の効果を評価することを目的としました。

はじめに

指向性マイクロホンは、特に背景雑音が多く存在するような聞き取りが困難な環境下におけることばを改善します(Ricketts, 2006; Wouters ら., 1999; Chung, 2004; Hamacher ら., 2005)。一般的に、指向性マイクロホンは、後方の雑音を抑制しながら前方のことばに集中します。フォナックの指向性マイクロホンをビームフォーマの特性ごとに分類しました（表 1）。

フォナックのビームフォーマ	特定場面に対する適応性＆顕著な雑音に対する抑制 →		
指向性が高い（＆SN 比）例：拡散音場下など ↓		固定型	環境適応型
	片耳使用時	固定型指向性	ウルトラズーム
	両耳使用時	ステレオズーム（クエスト）	ステレオズーム（ベンチャー）

表 1：フォナックのビームフォーマ

環境適応型片耳ビームフォーマのウルトラズームは、背景に顕著な雑音がある環境において、ことばの聞き取りを改善するとされてきました(Wouters ら., 2002; Ricketts & Henry, 2002)。ウルトラズームは、SN 比を改善してことばの聞き取りを高めるため、正面からのことばに集中します。よくある環境例として、図 1 のような別の場所に 2 つの雑音がある環境下で（グレーのテーブルに座って話す 2 つのグループ）、補聴器ユーザー（図中心にある頭部）が緑色に選択されたエリアにいる 3 人の声に耳を傾けるような状況が挙げられます。このようなビームフォーマは、特定の 1 方向にだけ狭いビームを向けるのではなく、前方の利得は維持したまま、後方にある顕著な雑音に対して適応させながら抑制します。そのため、直接目の前から話しかけられていなくても、この前方スペース内にいる人の声を聞き取り、会話を楽しむことが出来ます。

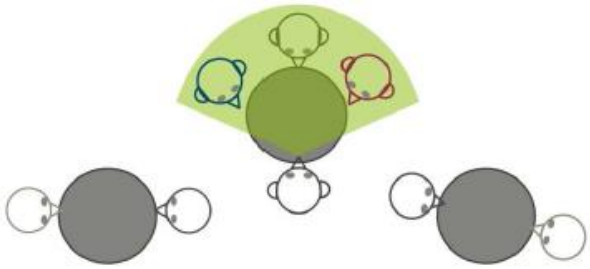

図 1：ウルトラズームの効果が発揮できる聞こえの環境例。補聴器ユーザー（図中心にある頭部）は緑色に選択されたエリアで相手の話を聞いています。2 つの雑音が別の場所にある状態（グレーのテーブルに座って話す人々）。

一方で、固定型両耳ビームフォーマのステレオズームは、より騒がしい環境下において、指向性の効果を発揮します(Nyffeler, 2010; Stuermann,

PHONAK life is on

2011; Picou ら, 2014; Latzel, 2013)。よくある環境例として、図 2 で示したような補聴器ユーザー（図中心にある頭部）が緑色に選択されたエリアにいる 3 人の声に耳を傾けるような、雑音が多方面にある拡散音場下が挙げられます。

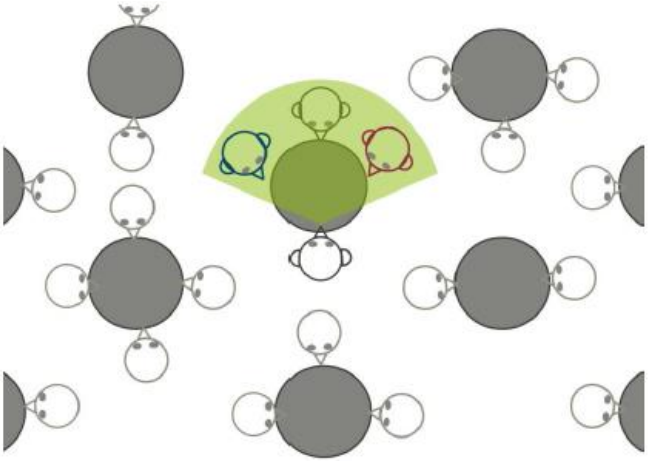

図 2：ステレオズームの効果が発揮できる聞こえの環境例。補聴器ユーザー（図中心にある頭部）は緑色に選択されたエリアで相手の話を聞いています。雑音が多方面にある拡散音場下の状態。

この固定型両耳ビームフォーマのステレオズームは、左右の補聴器に内蔵された計 4 つのマイクロホンが双方向にワイヤレス通信するネットワークを構築することで作動します。その結果、角度が狭くなった指向性効果を得られます。片耳ビームフォーマと比べて、背景雑音をより抑制してくれる高性能な指向性機能が、非常に狭い角度を提供し、これにより SN 比がさらに改善します。

進化したビームフォーマで得られる効果は次のとおりです：

- 環境適応型ビームフォーマ
  （対 固定型ビームフォーマ）：顕著な雑音に対する抑制力と特定の音環境に対する適応力

- 両耳ビームフォーマ
  （対 片耳ビームフォーマ）：前方に対する角度がより狭くなり、より効果的な指向性となる。これにより、SN 比が大きく改善する（例：拡散音場下）。

新世代の環境適応型ステレオズームは、両耳間システムと環境適応型システムを融合させて、ベンチャーチップのために開発されました。Appleton と König によると、環境適応型ステレオズームは、固定型片耳および両耳ビームフォーマと比較すると、語音明瞭度と主観的評価において、大きな効果をもたらすということが分かりました。この研究では、さらなるエビデンスを提供するため、他社のビームフォーマとの比較を行いました。

研究方法

この研究では、中等度～高度に聴力低下（35-63 dB HL、中間平均聴力 50 dB HL）を抱える補聴器ユーザー20 名が被験者として参加しました。ウルトラズームと環境適応型ステレオズームのテストには、フォナック オーデオ V90 を使用しました。そして、固定型ステレオズームのテストには、フォナック オーデオ Q90 が使用しました。比較対象には、他社の補聴器が 2 つ使用されました。どの補聴器も基本設定として、リアルイヤーサウンド(以下、RES)、または可能であれば、無指向性マイクロホンを設定しました。この設定をすることで、指向性マイクロホンの違いにのみ注目することが出来ます。どの補聴器も、フィッティングソフトが推奨する音響パラメータの設定にしました。

Oldenburger Satztest (以下、OLSA)と雑音下でのことば(SiN)文章テストを使い、各ビームフォーマを使用した時の語音明瞭度にて評価しました。被験者には、背景に雑音がある環境下で、5 つの単語から成る文章を聞かせました（オープンセット）。被験者は聞こえた文章を繰り返し、正しく繰り返すことが出来たことばの数でスコアを付けました。5 つ全てのビームフォーマが異なる 2 つの環境設定で実施されました（図 3）。被験者はどちらの環境設定においても、円形に並んだ 12 個のスピーカの真ん中に座り、0 度位置のスピーカに顔を向けました。OLSA で使用したスピーチはこのスピーカから提示しました。パターン 1 では、カフェテリアにようなザワザワする拡散音場下で、0 度のスピーカを除く、残りのスピーカ 11 個から雑音が提示されました。パターン 2 では、この雑音を 90 度と 270 度の位置（左右）からのみ提示しました。雑音レベルは 65 dB(A)に固定し、スピーチレベルは調整可能としました。語音聴取閾値（以下、SRT：語音正答率が 50%となる SN 比）では、被検者全員がパターン 1 とパターン 2 の環境設定において、5 つ全てのビームフォーマをテストしました。

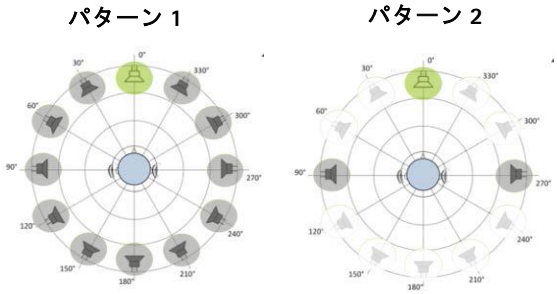

図 3：：OLSA テストで使用したパターン 1 は、カフェテリアのような拡散音場下で 0 度のスピーカを除く残り 11 個のスピーカから雑音を提示。パターン 2 は、90 度と 270 度の左右からのみパターン 1 で使用した雑音を提示。

研究室と研究室外部の両方で主観的評価を実施しました。このテストでは、ステレオズーム（環境適応型両耳）とウルトラズーム（環境適応型片耳）を比較することを目的としました。固定型ステレオズームについては、同じ補聴器で設定することが出来ず、被験者に補聴器を使い分けてもらわなければならなかったため、この調査においては固定型ステレオズームとの比較を行いませんでした。フォナック オーデオ V90 には環境適応型ステレオズームとウルトラズームが設定されましたが、このプログラムの順番はランダムに被験者に設定しました。

研究室外部で行った主観的評価は、2 つのパートに分けました。初めに、被験者は検査員と少し歩き、道路横断時やカフェテリア内で会話をしました。そして、被験者はさまざまなパフォーマンス面において、2 つのプログラムを-5（プログラム 1 の方がより良い）から+5（プログラム 2 の方がより良い）で評価しました。この後、被験者は補聴器を 3ー4 週間装用し、出来るだけ多くの困難な聞こえの環境で 2 つのプログラムを比較しました。プログラム順序を教えず、被験者に手動でプログラムを切り替えてもらった後、質問票で 2 つのプログラムを比較してもらいました。聞き取りの労力、音質、雑音の音量など、さまざまなパフォーマンス面において、被験者に評価してもらいました。

研究室で行った主観的評価では、OLSA（拡散音場下）同様にパターン 1 が使用されました。正面のスピーカーからは 60 dB でスピーチが提示され、その他のスピーカーからは 65 dB でパーティ場面を再現したサンプル音が提示されました。被験者は、プログラム 1 とプログラム 2 を切り替えて、語音明瞭度、雑音抑制、音質という点において、各プログラムを 0（とても悪い）から 8（とても良い）で評価しました。

結果

OLSA を使用した客観的評価の結果は図 4 と図 5 から確認できます。いずれも無指向性および RES 測定による SRT と関係のある、異なるビームフォーマにおける SRT の効果を示しています。パターン 1（拡散音場下）で実施した SRT の効果は図 4 に表示しています。t 検査の分析によると、ウルトラズーム（片耳ビームフォーマ）(p = 0.005)および他社の片耳ビームフォーマ(p = 0.001)に対し、環境適応型ステレオズームによる SRT の効果では、統計的に有意な差(p = 0.005)があったことが分かりました。

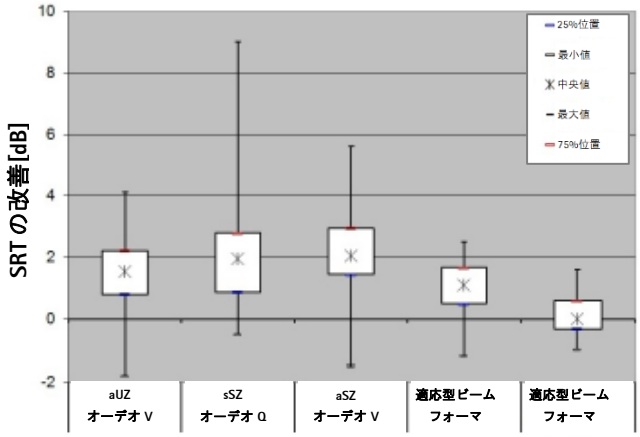

図 4：各無指向性/RES で比較した、ビームフォーマで得られる SRT の効果。SRT は拡散音場下であるパターン 1 で測定した OLSA を基に計算。aUZ = ウルトラズーム, sSZ = ステレオズーム (クエスト), aSZ = ステレオズーム (ベンチャー)。

パターン 2（左右からの雑音）で測定した SRT の効果は図 5 から確認できます。t 検査の分析によると、その他のビームフォーマからの SRT の効果に対し、環境適応型ステレオズームでは、統計的に有意な差があったことが分かりました。

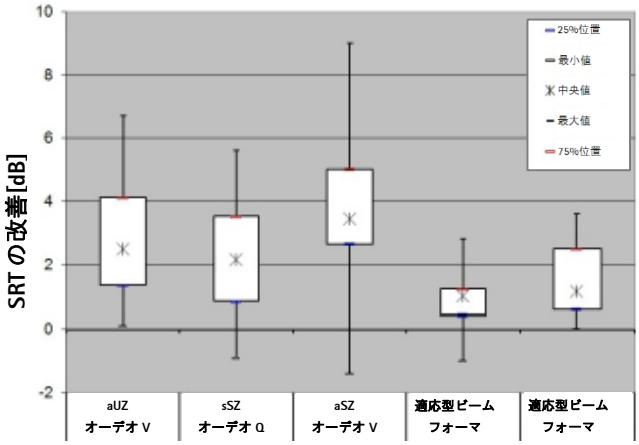

図 5：各無指向性で比較した、ビームフォーマで得られる SRT の効果。SRT は左右から雑音を提示するパターン 2 で測定した OLSA を基に計算。

ウィルコクソンの順位和検定(p=0.05)において、自宅テスト期間で比較すると、環境適応型ステレオズームとウルトラズームには、いくらかの有意な差があったことが分かりました。また、環境適応型ステレオズームは、ウルトラズームと比較すると、雑音下において、非常に良い音質を提供していることも分かりました。そして、環境適応型ステレオズームは、ウルトラズームと比較すると、車やバスの中での会話や、大きなグループで行うディスカッションにおいて、干渉雑音が大幅に小さくなると評価されました。

研究室で行った主観的テストによると、環境適応型ステレオズームの中間評価は、次の 3 項目において、ウルトラズームよりも良い結果となりました：語音明瞭度、雑音抑制、音質（図 6）。語音明瞭度と音質の評価は 0.05 レベルにおいて、統計的に有意な結果となりました（ウィルコクソンの順位和検定）。これは、環境適応型ステレオズームで得た語音明瞭度がウルトラズームで得た結果よりも良かった OLSA の客観的評価の結果との相互関係を示しています。

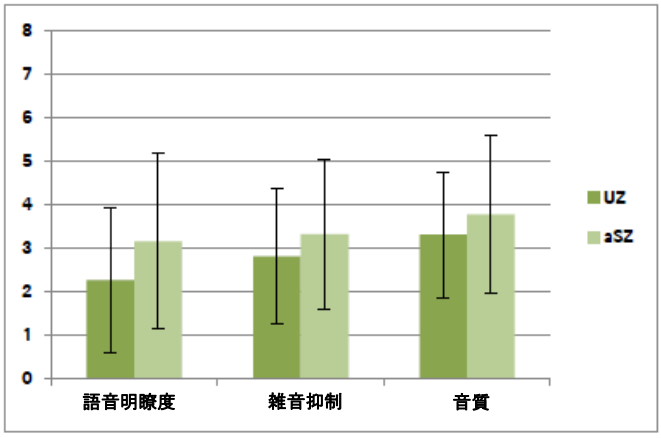

図 6：被験者 18 名が語音明瞭度、雑音制、音質において、環境適応型ステレオズームとウルトラズームを 0ー8（0＝とても悪い、8＝とても良い）で比較評価した主観的評価の平均。

まとめ

固定型ステレオズーム、片耳環境適応型ビームフォーマ（ウルトラズーム）、2 つの他社補聴器、計 4 つと比較した結果、両耳環境適応動作を持つ新世代のステレオズーム（ベンチャー）を使用すると、雑音下における語音明瞭度が改善するということが客観的評価で分かりました。これは特に、雑音が左右にある時に顕著に出ました。研究室と自宅において、被験者がステレオズーム（ベンチャー）がウルトラズームよりも、より良い音質やことばの聞き取りを提供していると評価したことから、主観的評価が客観的評価と強い相互関係にあることが分かります。さらに、研究室と研究室外部の雑音下における測定で、ステレオズーム（ベンチャー）がウルトラズームよりも、より大幅に干渉雑音を抑制したと評価されました。

結果、主観的評価と客観的評価において、フォナックが提供する新世代の環境適応型両耳ビームフォーマ技術の優位性がこの研究で証明されました。

参考文献

Appleton, J., König, G., 2014. Improvement in Speech Intelligibility and Subjective Benefit with Binaural Beamformer Technology. Hearing Review October 2014

Chung, K., 2004. Challenges and Recent Developments in Hearing Aids. Part I. Speech Understanding in noise, microphone technologies and noise reduction algorithms. Trends in amplification, 8(3), p. 83-124.

Hamacher, V., Eggers, J., Fischer, E., Kornagel, U., Puder, H., Rass, U., 2005. Signal Processing in High-End Hearing Aids: State of the Art, Challenges, and Future Trends EURASIP. Journal of Applied Signal Processing, 18 p. 2915–2929

Latzel, M., 2013. Concepts for Binaural Processing in Hearing Aids. Hearing Review, 20(4), p. 34

Nyffeler, M., 2010. StereoZoom - Improvements with directional microphones. Field Study News. Phonak AG: 2010

Picou, E. M., Aspell, E., Ricketts, T. A., 2014. Potential benefits and limitations of directional processing in hearing aids. Ear and Hearing, 35(3), p. 339-352

Ricketts, T. A., Henry, P., 2002. Evaluation of an adaptive, directional-microphone hearing aid. International Journal of Audiology, 41 p. 100-112

Ricketts, T. A., 2006. Directional hearing aid benefit in listeners with severe hearing loss. International Journal of Audiology, 45, p. 190-197

Stuermann, B., 2011. StereoZoom - Improved speech understanding even with open fittings. Field Study News. Phonak AG: 2011

Wouters, J., Litierère, L., van Wieringen, A., 1999. Speech intelligibility in noisy environments with one- and two-microphone hearing aids. Audiology, 38 p. 91-98

Wouters, J., Vanden Berghe, J., Maj, J.-B., 2002. Adaptive noise suppression for a dual-microphone hearing aid. International Journal of Audiology, 41 p. 401-407

著者と調査員

フォナック調査員代表

Matthias Latzel は 1995 年にドイツのボーフムとオーストリアのウィーンにて電気工学を専攻。2001 年に博士号を取得すると、2002 年から 2004 年までの間はギーセン大学の聴覚学科に在籍。2011 年、Phonak Germany の聴覚部門のリーダーに就任。2012 年以降、Phonak HQ の臨床研究のマネージャーとして勤務している。

著者

J. Appleton-Huber, Scientific Editor, Phonak AG