

# Phonak Insight

roger

## Roger Pen (ロジャー ペン)

### 素晴らしい聞こえへの架け橋

この最先端のワイヤレスマイクロホンは、聞こえに問題を抱える人が騒音下や離れた距離からの言葉の聞き取りをより高めてくれます。Roger Pen は完全なオートマッチク設計をしており、環境に適應して音声をワイヤレス送信するだけでなく、Bluetooth 携帯電話やテレビ、その他マルチメディアの音声入力音を聞くことができる機能も兼ね備えています。Roger Pen はフォナック補聴器に取り付けられる一体型タイプの Roger 受信機だけでなく、オーディオシューに差して取り付けるユニバーサルタイプの Roger 受信機や、首からかけて着用する T コイル利用タイプの Roger 受信機と使用することが可能です。

### Roger – 2.4GHz 帯デジタル環境適應型ワイヤレス

Roger はフォナックが開発した新しい標準規格で、2.4GHz 帯で伝送する環境適應型ワイヤレスマイクロホンです。Roger は音声信号をデジタル信号化し、短いデジタルコードにまとめ、それぞれを 2.4000~2.4835GHz の異なるチャンネルに乗せて複数回にわたって送信します。チャンネル内で行き交う周波数ホッピングにより干渉問題を解決します。Roger は送信機から耳に届くまでの音声遅延が 17 ミリ秒と短く、音が一般的に空気中を 5.8m/秒で進む速さとほぼ等しいです。これにより音声の動きと合致しない、もしくは反響するといった問題を避けられます。Roger システムは傍受が不可能で、音声信号が妨害されてしまうということもありません。Roger が使う周波数ホッピングには適應性があり、(Wi-Fi など 2.4GHz 帯で動く同系統システムによって) どのチャンネルが使われていて、どのチャンネルなら今使えるのか、Roger Pen と情報をやりとりして、使われていないチャンネルのみ選択します。そして Roger Pen は使われているチャンネルの周りを自動的にホッピングします(図 1)。これは他の 2.4GHz 帯の電波が行き交っていても、電波干渉や信号妨害がほとんど起こらないことを意味します。

それと比較して、Bluetooth は設定した受信機のみとパケット双方向通信を行うか、または双方向通信はせずに SCO プロトコルを使用して行うかのいずれかに限られます。受信機が送り返すパケット受信の確認信号が Bluetooth 送信機に正しく届かなかった場合、送信機はパケットを再度送信します。それでも届かない場合、Bluetooth 送信機は半継続的に受信機にパケットを送り続けることを意味し、受信機の消費電力が大幅に増加します。Bluetooth を使った受信機の同時通信は最大 3 台までなので、両耳の補聴器に Bluetooth 受信機を装用したユーザーが 2 名いる場合、1 台の補聴器には音を届けられません。この場合、より大きなペアリングのネットワークが必要です。Bluetooth の HSP プロファイルは音声帯域が通常 4kHz までで、音声遅延が 10~15 ミリ秒となっていますが、HFP 1.6 '広帯域スピーチ' を使えば音声帯域を 7kHz まで広げることが出来ます。A2DP プロファイルは音声帯域が 20kHz までありますが、音声遅延が 100 ミリ秒以上となり、面と向かったリアルタイムでの会話が難しくなります。特別な Bluetooth チップを持った機器どうしであっても、この遅延を 40 ミリ秒までしか縮めることが出来ません。

Roger は 200Hz 帯から 7300Hz 帯までの広帯域周波数に対応します。Roger の内部 SN 比はおおよそ 55dB です。Roger は音声信号を送れるだけでなく、マルチ・トーカー・ネットワーク(MTN)の設定や、その設定された状態を保持するために必要なコントロール・データを送信することも可能です。2.4GHz 帯の電波は約 12.5cm の波長ですが、これにより、小さくて短いアンテナ内蔵の新しいワイヤレスマイク Roger Pen が可能になりました。電波が 800MHz 帯の波長は 37.5cm、200MHz 帯（北米で使っている周波数帯）の波長は 1.5m で、これでは、とても大きなアンテナが必要になってしまいます。2.4GHz 帯は世界的に自由にアクセスできるバンド帯なので（産業、科学、医療では ISM バンドと呼ばれています）、特別なライセンスは不要となり、Roger のユーザーは世界中で自由に使用することができます。世界中で Roger が使えるということは、世界中の全ての人と同じ規格で使用できるということです。

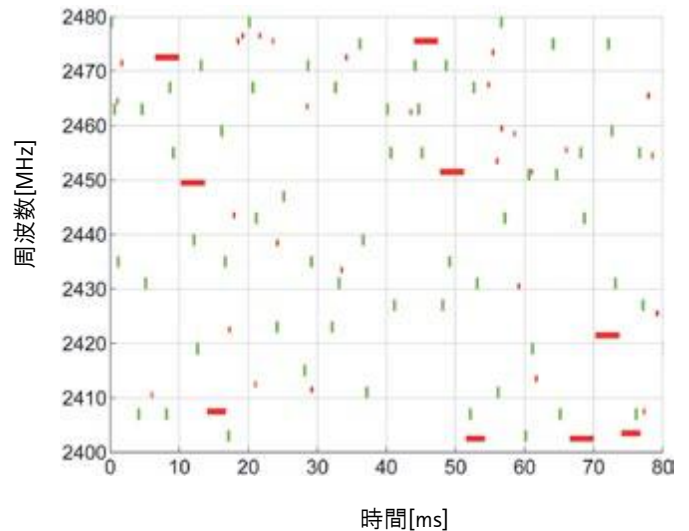


図 1  
Roger コード（パケット）を表した時間ダイバーシティと周波数ダイバーシティ。縦軸は 2.4GHz 帯の周波数レンジ、横軸は時間。周波数ホッピングと音声パケットによる双方向通信で相互干渉を最小限にすることが可能。

## Roger チップ

今までのチップ（回路）では受信機のサイズをさらに小さくは出来ないため、Phonak は新たに Roger チップ（図 2）を開発しました。Roger チップは 6800 万のトランジスタが搭載されています（Pentium Pro Processor では 5500 万）。アナログとデジタルのデータブロックは極小となったチップ上のフラッシュメモリーデータブロック、EEPROM、ROM、RAM の隣に搭載されています。

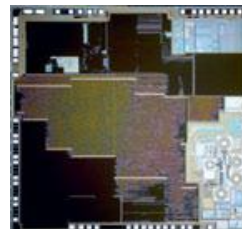


図 2  
Roger のマイクロチップ

## 騒音下でのパフォーマンス

Roger Pen のワイヤレスマイクは今までになく正確に、そして絶えず周囲の騒音レベルを感知します。これらの測定値によって Roger 受信機の利得がコントロールされます。Roger の使用環境に合わせて利得を調整するよう、広帯域音声信号と並行して、制御データも Roger 受信機に送られます。この進化した機能により、特に 80dB(A) の大きい騒音レベル（騒音下）において、ダイナミック FM よりも言葉の聞き取りが改善されました。なお 80 dB(A) という騒音レベルは公共の場や職場など、日常の至るところに存在します。臨床研究 (Professor Linda Thibodeau, PhD and Dr. Jace Wolfe, PhD) に基づき、過去にフォナック Field Study News 「補聴器と Roger」と 「人工内耳と Roger」 をリリースしています。

さらに同一研究者による最新の研究によると、騒音レベル 65dB(A) の同じ環境下で言葉の聞こえを測定すると、補聴器ユーザーと人工内耳ユーザーの聞こえが、健聴者よりも良い結果となりました（図 3）。ここで重要なことは、補聴器や人工内耳のマイクロホンはオンのまま、FM 入力とマイクロホン入力の特性が一致するよう AAA (American Academy of Audiology) に合わせて、65 dB SPL で校正したということです（透音性を保つため）。

Roger マイクロホンはスピーカーから 20cm の位置に設置、HINT の文章はスピーカーから提示し、検者は Roger Pen を首にかけて話しました。Roger Pen によるこのような非常に優れた結果は、伝送する周波数帯域よりも、むしろ洗練された独自のアルゴリズムのおかげなのです。

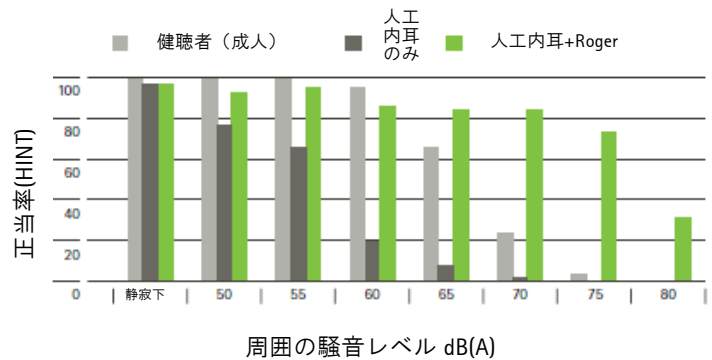


図 3  
話者と聞き手の距離は 5.5m に設定。バイオニクス社のハーモニー使用 13 名（濃いグレー：人工内耳のみ、緑：人工内耳と Roger）と健聴者 20 名のデータ。騒音レベルが 65dB(A) 以上では、Roger を使用した人工内耳ユーザーの方が健聴者よりも言葉の聞こえが良いという結果が得られました (Dr. Jace Wolfe, 2013)。

## 環境適応型の信号処理

ワイヤレス補聴技術を更に改良していくために障害となったのは、技術そのものの複雑さと、その技術が理解されるかということでした。様々な設定ができるワイヤレスマイクロホンとなると、補聴器フィッターがこの様々な設定や機能を理解するだけでなく、それらを顧客にしっかりと説明できなければなりません。

例えば、無指向性、固定型指向性、環境適応型指向性といったマイクロホンモードの切り替えによるメリットが増えれば、同様に複雑さも増します。その結果、顧客へのカウンセリングや、顧客が新しい技術を受け入れることが難しくなってしまいます。Roger Pen は全自動なので複雑さがありません。全自動を実現するため、機器が音と加速度という 2 つの異なるパラメーターを認識することが必要でした。会話音の存在とそのレベル、そして周囲の騒音レベルによって、利得や騒音抑制、そして指向性マイクロホンが適切に制御されるのです。

Roger Pen は加速度センサーを採用することにより、重力により Roger Pen がどの方向を向いているのかを感知します。加速度センサーは 3 次元 (X 軸、Y 軸、Z 軸) で加速度を測定する高速処理が可能な高性能な小型電子機器です（図 4）。身近な例としては、端末の向きにより画面が回転するスマートフォンにも加速度センサーが利用されています。

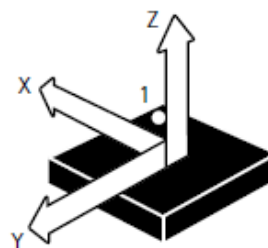


図 4  
加速度センサーの加速度検出の方向のイメージ。数ミリ単位で測定可能。

Roger Pen は食事や会議の時などに水平なテーブルの上に置いて使用する卓上スタイル、レポーターのように使用者自身がマイクを持って話し手に向けて使用するインタビュースタイル、話し手に首から下げて使用してもらう首かけスタイルとシーンに合わせて、3つの使い方ができます。Roger Pen はどのスタイルで使用されているか、前項にある音環境の分析機能により判断し、自動的に最適な設定を常に変更してくれます。さらに、Roger Pen を卓上に置いた際に、マイクロホン音口が塞がれてしまわないよう、常にマイクロホンが上を向くように設計されています

### 小さな声を聴く／数m先の相手の声を聴く

成人や10代の学生の方にとって、（例えば、相手が数メートル先の位置で話している時など）常にワイヤレスマイクロホンを話し手に手渡せるとは限りません。新しいアルゴリズムにより、Roger Pen は静かな環境下で、実際の距離よりも最大75%も体感距離を縮めることが可能になりました。この注目すべき指向性マイクロホンの機能は、自動音量調整機能と進化した指向性マイクロホンを組み合わせた革新的な新しい手法です。この機能は、聞きたい相手に Roger Pen を向けると自動的に動作します。

### 卓上スタイル

食事や会議の時など、テーブルを囲んだ状態でグループの会話を聞くことは、聴力低下を抱える人にとって決して容易ではありません。このような場合、Roger Pen を卓上スタイルで使用します。卓上スタイルでは、マイクロホンをテーブルなど水平な場所に置くことで動作し、マイクロホンモードの選択だけでなく、騒音抑制や利得、そして集音すべき言葉を自動的に制御します。テーブルを囲んで Roger Pen を使用する場合、必要なことは Roger Pen をグループの真ん中に置いて電源を入れる、ただそれだけです。

### サイレント・ランディング

誤って Roger Pen を落としても、加速度センサーがこれを直ちに検知し、落下する直前で（機器が床に打ち付けられる前に）マイクロホンを自動的にミュートにします。その結果、Roger Pen が落下しても、床に打ち付けられる不快音を聞くことはありません。落下した後、Roger Pen はまた通常通り作動し始めます。

### テレビや音楽を聴く

付属のケーブルを使用し、Roger Pen の充電スタンドをテレビなどの音響機器に接続しておくと、Roger Pen を充電しながら音声や音楽を無線で楽しむことができます。Roger Pen の外部入力端子に音信号が入ってくると、Roger Pen の利得が自動的に調整される新しい機能が搭載されました。平均的なラウドネスは変わらず、コンプレッションの二ポイントを上げることで、受信機の利得が調整され、ダイナミックレンジが広がります。ダイナミックレンジが広がることで、小さい音から大きい音までのラウドネスの差が広がり、音楽の豊かさや奥深さとともに高い効果を与えます。

## ワイヤレスネットワーク環境での複数マイクロホン

レストランやパーティー会場など、非常に騒がしい騒音下での複数人数による会話が、聴力低下を抱える人にとって困難でなければ良いのに…。このような要望に応える場合、複数の Roger Pen や Roger Clip-On Mic（ロジャークリップオンマイク）をネットワークに組んで使用することで、マイクロホンの周りには友人や家族による会話の聞こえを改善することができます。マイクロホンの1つを「親機」、その他は「子機」とし、グループ内でマイクロホンを装着してもらいます（あるマイクロホンが使用されている間、他のマイクロホンはミュートになります）。マイクロホンは音声が入力された順に、素早く自動的に切り替わります。つまり、最初に声が入力されたマイクロホンに切り替わるということです。

音声が入力されるマイクロホンはなぜ1度に1台ずつなのでしょか？通常、人は2つの音声を同時に聞くことが難しいとされています。聴力低下を抱える人に十分なレベルではありませんが、一般的に、音声が多数ある場合のSN比は、平均的に0dBがベストだと言われています。従って、2台以上のマイクロホンを同時に使用する意味がないのです。また、Roger Pen と Roger Clip-On Mic は、同じネットワークに組んで、一緒に使用することも可能です。

## 広帯域オーディオ Bluetooth

Roger Pen は広帯域オーディオ Bluetooth（HD Voice と呼ばれます）を搭載しています。この機能により、携帯電話、スマートフォン、タブレット等の機器とペアリングすることが可能です。Bluetooth 機器に広帯域オーディオが搭載されていると、7kHz 以上におよぶ音声バンド帯を携帯電話を通して両耳で聞くことができます（図5）。それはまるで静かな部屋で誰かの隣で言葉を聞いているくらい音声の再現性は高くなります。今では、広帯域オーディオは短期間で導入され、聴力低下を抱える人にとって、電話での会話に大きな改善が今後期待できます。Roger Pen にはデジタルに進化した電話技術に対応できる準備が完全に整っています。

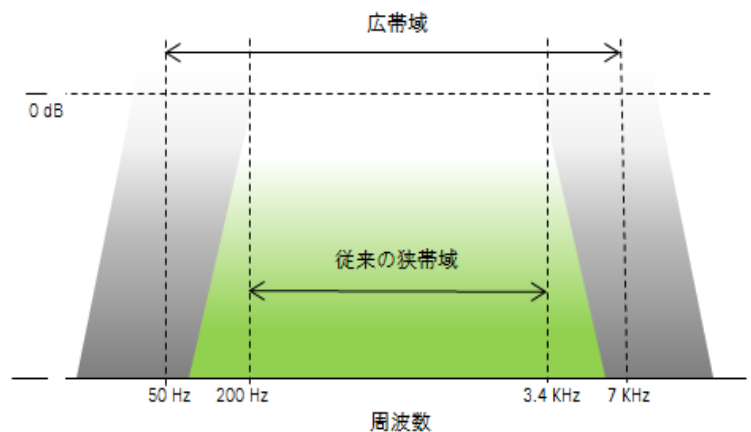


図5  
一般的な電話の狭帯域周波数と広帯域オーディオ Bluetooth(HD Voice)の周波数における比較。グリーンゾーンと比較して、グレーゾーンは特に電話における言葉の明瞭度を高める多くの音声要素を含みます。

---

## 目立ちにくいデザイン

控えめなデザインである Roger Pen は、ユーザーに受け入れられやすいよう設計されています（図 6）。ペンというのは普遍的なデザインで、テーブルの真ん中にペンが置いてあっても、誰も驚くことはないでしょう。しかし、グループで座った際に、テーブルの真ん中に時代遅れの医療器に見えるような機器を置けば、周りからその機器に関する質問を受け、その機器の使用を避けたいと思うかもしれません。毎日使うものはデザインによって、受け入れにくさを解消できるのです。Roger Pen はただペンを模倣してデザインされただけではありません。性能や信頼性、そしてユーザーが直観的に使いたいと思うかなどを考慮して設計されています。Roger Pen の表面は服など他の表面との摩擦によって起こる雑音を最小に抑えられるよう特別な加工がなされています。



図 6  
3色から選べる Roger Pen のカラーバリエーション。  
ブルー、シルバー、レッド。

---

## まとめ

Roger Pen は聞こえに問題を抱える人が騒音下や離れた距離からでも、言葉の聞こえをより高めてくれる最先端のワイヤレスマイクロホンです。音環境分析や音源の位置を基に、自動的に環境に適応します。携帯電話を介した電話の使用に必要となる広帯域オーディオ Bluetooth は、複数の機能を兼ね備え、且つ目立ちにくいデザインで設計されています。

---

## 参考文献

Phonak Field Study News: Roger and hearing instruments

Phonak Field Study News: Roger and cochlear implants

Wolfe, J. et al. (2013) Better speech recognition with digital RF system in study of cochlear implants. The Hearing Journal, vol 66, No. 7, pp. 24-26.

Thibodeau, L. (2013) Comparison of speech recognition with adaptive digital and FM wireless technology by listeners who use hearing aids. International Journal of Audiology.