



聴覚障害者向けの補聴援助システム活用の動向と課題

ソノヴァ・ジャパン株式会社 マーケティング部 マネージャー かわつ じゅん
川津 潤

1. 補聴器と人工内耳の違い

補聴器は難聴者が聞こえにくくなった音を個人個人の聴力に応じて適宜増幅する機器である。人工内耳^[1]は音を電気信号に変え、この信号を外科手術によって蝸牛内に埋め込まれた電極に伝え、直接内耳の神経を刺激して音を感じさせる機器で、難聴の程度が非常に重く、補聴器を使っても音の判別ができない人たちの補聴の選択肢の一つである。

難聴者(児)は補聴器や人工内耳をつけていても、健聴者と同じように聞こえるというわけではない。補聴器/人工内耳は機器に内蔵されたマイクロホンで音を拾うが、聞き取りたい音(例えば、言葉)だけを選択的に集音することは難しく、周囲の騒音も集音し、基本全ての音を大きくするので、聞きたい言葉が、騒音の中に埋もれてしまい、音としては聞こえていても言葉として何を話しているのかを理解することが困難になる。

2. 補聴援助システムとは

難聴者(児)は、話者との距離が離れている環境、騒音や反響音が比較的多く存在する環境では言葉の聞き取りが難しくなる。教育現場での班活動、グループ活動や、職場での打ち合わせ、会議など複数人との会話の場面なども言葉の聞き取りが難しい環境の一つと言える。このような場面における言葉の聞き取りの課題に対応するために、主に教育現場を中心に各種の補聴援助システムが使用されてきた。

○補聴器/人工内耳装用者(児)にとってことばの聞き取りが困難な環境

難聴者(児)が苦手な言葉の聞き取りの環境として以下の4つがある。

(1) 話者との距離が離れる場合(図1)

話者との距離が離れている場合は、音の距離による減衰から難聴者(児)に必要な音量が届かない。(対面で100%聞き取れる難聴者(児)でも3m離れると40%程度まで聞き取りが落ちるケースもある。)

(2) 騒音が存在する場合(図2)

騒音が存在する場合、聞き取りたい話者の声が騒音と重なり、言葉の理解が困難になる。

(3) 反響音が存在する場合(図2)

反響音が存在する場合、話者の直接音の言葉と反射音の言葉が僅かにずれて聞こえるため、言葉の理解が困難になる。

(4) 複数人との会話(図3)

日常よくある複数人との会話は、複数の話者の声が重なることによる聞き取りの困難、または話し手が次々と変わることにより難聴者(児)にとって重要な話者の口元を見ることによる視覚情報を得ることが困難になることから、難聴者(児)にとって最も苦手な言葉の聞き取りの環境と言える。

上記4つの言葉の聞き取り環境の改善策として用いられて



■図1. 距離による音の減衰

■図2. 騒音及び反響音の影響

■図3. 複数人との会話



■図4. 補聴援助システムの仕組み(ロジャー)

きたのが補聴援助システムで、この補聴援助システムは、話者の口元にマイクロホンを用意することで距離、騒音、反響音を克服することができる(図4)。

補聴援助システムの歴史は古く、1945年には話者のマイクロホンと補聴器を有線ケーブルでつなぐ仕組みが開発され、その後、音声磁場を使った「磁気ループシステム」、「赤外線システム」といった無線システムが登場したが、干渉の問題や使用場所が限定されるという課題があった。そこで、1968年に話者の声をFM電波に乗せて、補聴器/人工内耳に届けるシステムが開発され、2000年代にかけて学校を中心に普及が拡大した。

国内では1960年に40MHz帯を利用したFM補聴援助システムから始まり、1963年に磁気ループシステムが、そして1992年に赤外線システムが登場し、現在でも教育現場や公共機関で幅広く利用されている。FM補聴援助システムは40MHz帯の後、75MHz帯、169MHz帯へと、電波法の改正に伴い欧米で使用されている最新の機器が国内でも利用できるようになった。ただ、教育現場での集団補聴を目的とした従来のアナログ方式であるFM補聴援助システムには隣接チャンネルを使用した送信機同士を近くで使用すると電波が干渉しやすいという特徴から、それを防ぐために教室ごとに異なるチャンネルを割り振る必要性があり、また利用できるチャンネル数に制限があるため利用できる教室の数に限りがあるなど、チャンネルの管理や運用面での適切な配慮がないと十分にその性能が発揮できないという課題があった。

■表. 各補聴援助システムの比較

	ループ	赤外線	FM	Bluetooth	ロジャー
利用無線技術	磁気	赤外線	電波	電波	電波
音質	△	△	△	○	○
音量の安定感	△	○	○	○	○
干渉に強い	△	○	△	○	○
集団補聴	○	○	○	△	○
汎用性	△	△	○	×	○
屋外での使用	△	×	○	○	○
設置の容易さ	△	△	○	○	○

3. デジタルワイヤレス方式補聴援助システム「ロジャー」とは

2013年、従来のFM電波を利用したアナログ無線方式の代わりにデジタル無線方式を使った新しいシステム「ロジャー」が登場した。

3.1 ロジャーで克服を目指した従来のシステムの課題

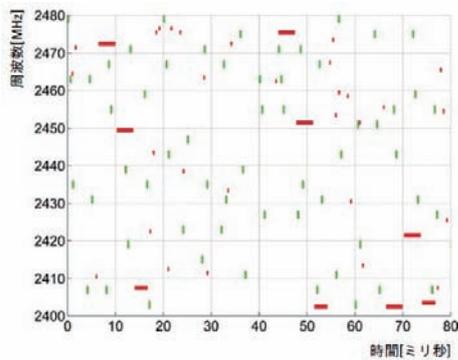
ロジャーの開発には以下に述べる従来のシステムの課題が十分に考慮された。

- ・距離、反響下、騒音下において、従来の技術による補聴効果を超えることは可能か?
- ・広く普及しているFM補聴援助システムも一緒に使用でき、かつロジャーへ切り替えることも可能か?
- ・他メーカーの補聴器を使用している人、人工内耳を使用している人、健聴だが聞こえの問題を解決したい人、そしてスピーカースystemを使用したい人のために全てに互換性がある標準規格を作ることは可能か?
- ・同系統のシステム、Wi-Fi (2.4GHz)、蛍光灯(低周波誘導干渉)、Bluetooth機器(2.4GHz)、GSMネットワーク(800~900MHz)などの機器、または赤外線システムによる干渉を避けることは可能か?
- ・従来より音声帯域を広げても、送信機から耳への音声遅延が今までと変わることはないか?
- ・暗騒音を抑制しながら音声のダイナミックレンジを広げることは可能か?
- ・ワイヤレスマイクが受信機に届かないような大きい部屋でも電波が届けることは可能か?
- ・音声ストリーミングと並行してコントロールデータも一緒に送ることは可能か?
- ・セットアップや操作が簡単にできるか?
- ・全世界で共通のテクノロジーの標準規格を作り、世界中どこでも使用することは可能か?

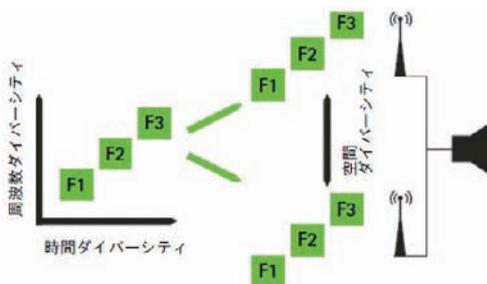
3.2 次世代の標準規格「ロジャー」

ロジャーには2.4GHz帯を利用した適応型デジタルワイヤレスの送信技術が搭載されており、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する。チャンネル間をホッピングする周波数が双方向に通信することで干渉問題を解決できる(図5)。送信機から耳に届くまでの音声遅延が25m秒と短く、また秘話性も高い。

ロジャーは送受信機のやり取りの中で、Wi-Fiなど他の



■ 図5. 周波数ホッピングのイメージ



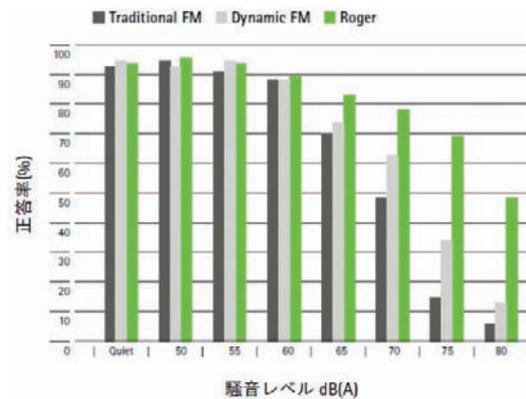
■ 図6. ダイバーシティによる干渉の軽減

2.4GHzを利用しているシステムによってどのチャンネルが使われていて、どのチャンネルが空いているかを常時把握し、既に使われているチャンネルを回避しながら空きチャンネルを自動的にホッピングする。またロジャーはBluetoothの課題である高い消費電力、同時通信機器4台までの制限、音声帯域を広げると音声遅延が大きくなるという問題も解決している。

ロジャーが干渉に強い理由は次の3つの技術が取り入れられているためである。音声パケットを時間をずらして送信する「時間ダイバーシティ」、1つのパケットが相殺されても、他が相殺されないよう異なる搬送波波長ごとに音声パケットを送信する「周波数ダイバーシティ」、空間に分散された2本の受信アンテナを使って受信する「空間ダイバーシティ」である(図6)。

3.3 騒音下でのパフォーマンス

ロジャーのワイヤレスマイクは絶えず周囲の騒音レベルを計測し、その騒音レベルによりロジャー受信機の利得を適宜コ



■ 図7. 騒音下での言葉の聞き取り (HINT)

ントロールしている。この機能により、特に騒音レベルが80dB (A) といった非常に騒がしい環境でも従来のFM補聴援助システムに比べSN比を大幅に改善できるようになった。

図7は従来のFM、ダイナミックFM、Rogerを使用した時の各騒音レベルにおけるHINT*の正答率である。スピーカーと被検者との距離を5.5mに設定し検証した結果、80dB (A) の騒音レベルでスコアが10%以下となったのは、従来のFMで9名、ダイナミックFMで6名、Rogerでは1名のみであった(図7)。

3.4 指向性マイクロホンの進化

SN比の改善を目的とする補聴援助システムのマイクロホンはできるだけ話者の口元に近付ける必要性があったため、胸元に取り付けるピンマイクタイプや首掛けマイクが主流であった。ロジャーには、教室での班活動や会議や打ち合わせなど複数の話者がいる場合に卓上に置いて使用できるようマイクロホンの指向性の向きや集音距離を切り替えられるタイプがある(図8)。これは加速度センサーを内蔵することにより、重力の方向からマイクロホン自身の向きが判別可能になり、話者の口元に装着する場合は集音距離が短い指向性、卓上に置いたときは集音距離を大きくし、またSN比と人の声のアルゴリズムから発言者の方向に自動的に指向性を切り替えることが可能になった。

このような指向性マイクロホンの進化が教育現場はもちろん、成人の会議や打ち合わせでの利用、プライベートでの会食の場での利用が増えてきている要因の一つと考えられる。

* 語音聴力検査HINT (Hearing in Noise Test)

雑音下での語音聴取能力を評価する聴力検査の一種。各言語に対応するHINTがあり、検査の内容は日常会話で用いられる短文の意味を聞き取るもの。



■ 図8. 卓上モードと指向性

3.5 ロジャーの互換性、拡張性

ロジャーが広く普及している理由の一つに互換性と拡張性が上げられる。ロジャーはほぼ全ての各社補聴器、人工内耳に利用可能で、マイクロホンの複数台利用も可能、またスピーカーシステムや磁気ループシステム、TV会議システム、電子黒板、UDトーク等の音声認識アプリなど、様々な機器と一緒に利用することができ拡張性が高い。

また、難聴者が苦手な携帯電話での通話も、ハンズフリーで補聴器/人工内耳に直接電話の声を届けることが可能なBluetooth機能搭載タイプもある。

4. 公的支援

4.1 障害者総合支援法

障害者総合支援法には、身体障害者障害程度等級のいずれかに該当した場合、各市区町村の福祉担当窓口へ申請手続きをすることで、補聴器など補装具の費用が支給される制度があり、自己負担額は原則1割となる。FM補聴援助システムは補装具として申請が可能で、基準価格はマイクロホンは98,000円、受信機は80,000円となっている。ロジャーは従来のFM電波を利用したシステムと異なることから特例補装具としての申請となり公費支給の判断は各自治体に委ねられている。(2019年7月現在)

4.2 軽度・中等度難聴児補聴器購入助成

障害者総合支援法の対象児は高度難聴、重度難聴^[2]であり、騒音下での言葉の聞き取りが困難である軽度・中等度難聴児は対象外であるが、特に軽度・中等度難聴児は教育上必要な支援として各自治体による助成制度が存在する。

4.3 障害者差別解消法

国連の「障害者の権利に関する条約」の締結に向けた国内法制度の整備の一環として、全ての国民が、障害の有無

によって分け隔てられることなく、相互に人格と個性を尊重し合いながら共生する社会の実現に向け、障害を理由とする差別の解消を推進することを目的として、2013年6月、「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律」（いわゆる「障害者差別解消法」）が制定され、2016年4月1日から施行された。「障害者差別解消法」では、行政機関や民間企業等の事業者に対して、「障害を理由とした不当な差別的取り扱いの禁止」と「合理的配慮の提供義務」が課されている。合理的配慮は特に高等教育機関で進んでおり、合理的配慮が義務となる国公立大学はもちろん、努力義務である私立大学でも聴覚障害学生に対する聞こえの配慮としてロジャーの貸与等がなされている。また、民間でも一部のDI（ダイバーシティ&インクルージョン）先進企業で聴覚障害者の積極的雇用と共に補聴援助システムの採用が進んできており、今後、インフラとしての補聴援助システムの拡大が期待されている。

5. 今後の課題

技術面での課題としては、装用負担を少なくするために更なる受信機の小型化、またロジャー受信機は一緒に使用する補聴器や人工内耳から電源供給を受けるが、利用者の電池購入による経済的負担を軽減するために消費電流の低減などが上げられる。

法的な課題としては、現在の障害者総合支援法による福祉補助は従来のアナログ方式を採用したFM補聴援助システムのみを対象としており、デジタル補聴システムを原則対象としていない。そのため、公金での補助を得るためには、難聴者や難聴児の保護者の多くは地方自治体との個別折衝をせざるを得ない状況である。無線方式の違いに関わらず、従来のFM補聴援助システムの対象者が同等またはそれ以上の効果を得られる補聴援助システムが障害者総合支援法の対象になることが望まれている。

[注] 法律の名称等は「障害」、それ以外の部分は「障碍」と表記した。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本耳鼻咽喉科学会HP：人工内耳について <http://www.jibika.or.jp/citizens/hochouki/naiji.html>
- [2] 日本聴覚医学会（2014年）.“難聴（聴覚障害）の程度分類について（PDF）”. <https://audiology-japan.jp/audiology-japan/wp-content/uploads/2014/12/a1360e77a580a13ce7e259a406858656.pdf>