エッジモード：
マスク着用者との会話でも効果を発揮

Dave Fabry, Ph.D. | Thomas Burns, Ph.D.

序 論

2018年に発売されたスターキーの Livio AI は3Dモーションセンサー（加速度センサーとジャイロセンサー）と人工知能（AI）を組み込んだ業界初のデバイス（機器）であり、補聴器ユーザーが聞こえの改善のみならず、身体活動や社会交流の度合いを追跡することを可能にしました。[1]
これは補聴器の「再発明」と言って良い成果でした。補聴器としての優れた基本性能に加えて、より健康的な生活への指標が提供されたのです。補聴器は単一目的（聞こえを補う為）のデバイスから、多目的で多機能なデバイスへと変容を遂げました。たとえば、Livio AI は、現代の補聴器の基本的機能に加えて、補聴器ユーザーが転倒したことを自動的に検知し、登録した連絡先へのテキストメッセージを送信する世界初の補聴器です。[2] 2020年、Livio Edge AI は AI の力を補聴器ユーザーの指先で利用できるエッジモードの導入により、そのプラットフォームを更に発展させます。

Livio Edge AI は、内蔵された機械学習テクノロジーを使用して周囲の音環境を常に監視し、特徴付けを行っています。そして、必要な場合にのみ、適切なレベルのゲイン、騒音管理、指向性およびその他の機能を動的に適用します。

ダブルタップまたはユーザーコントロールのボタンを押すことで補聴器ユーザーがエッジモードを発動すると、エッジモードは通常の聴取環境用に設定されたメモリープログラム内の範囲を超える積極的な代替設定を行い、補聴器ユーザーが遭遇した難しい聴取環境の中で快適さと明瞭さを最適化します。
以前の調査では、ほとんどの補聴器ユーザーがエッジモードを使いやすく、レストランの騒音、自動車の車内での会話、および反響の多い室内での聴取環境で「標準」のメモリープログラム設定よりも高い嗜好性を示しました。[3]

現在の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）パンデミックの下で、政府や保健当局は、重症急性呼吸器症候群2（SARS-CoV-2）の発症前の患者や無症状の患者からの感染を減らすために、マスクの着用を奨励し、場合によっては義務付けています。こうした施策はソーシャルディスタンス（約2m以上離れる）との組み合わせで、重症化し易い人達の感染者数の抑制に役立ちましたが、同時に難聴者がコミュニケーションを取ることへの障壁も生み出しました。[4,5]

マスクとソーシャルディスタンスが音声の聴きやすさに与える影響

図1～図3は、話し手がマスクを着用し、話し手と聞き手の間に物理的な距離が存在する場合に測定された音声の聴きやすさへの影響を示しています。図1の緑色の曲線は、65dBSPLで呈示された会話音声録音（レインボーパッセージ）を、約1メートルの「典型的な」会話距離で Knowles Electronics Manikin for Acoustic Research（KEMAR）のイヤーシミュレーターから録音したレベルを表します。

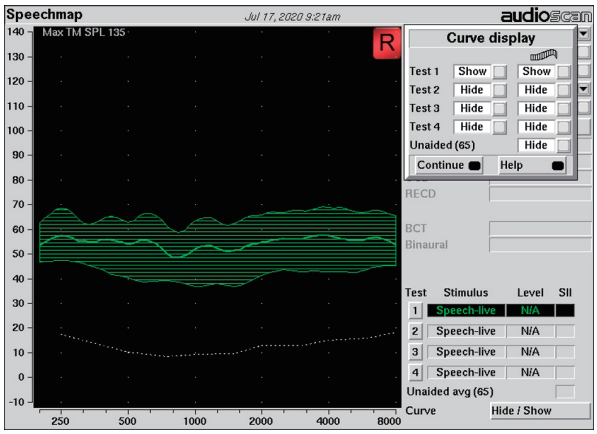

図 1.　マスクを着用していないときに、話し手と聞き手の距離約1mで、聞き手の鼓膜面上で測定された会話レベルの音声の長時間音圧レベル（緑色の曲線）。

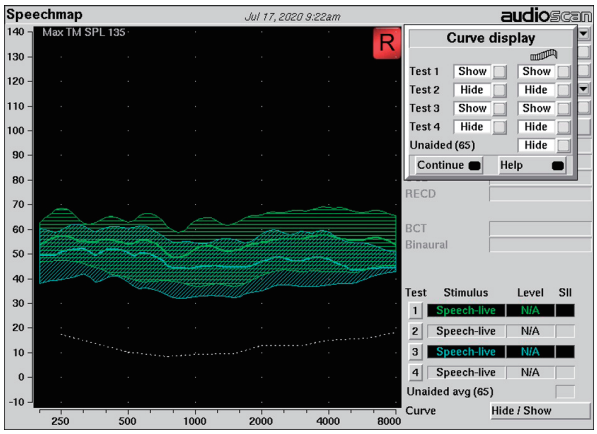

図 2.　マスクを着用していないときに、聞き手の鼓膜面上で測定された会話レベルの音声の長時間音圧レベル。
話し手と聞き手の距離約1m（緑色の曲線）と約2m（青緑色の曲線）の比較を示す。

図2は、話し手と聞き手の間に約2mのソーシャルディスタンスを取った場合の影響を示しています。これにより、音圧レベルが約6dB減少します。

図3は、話し手と聞き手の間に約2mのソーシャルディスタンスを置き、話し手がN95マスク（3M 8210 Plus）を着用した場合の更なる聴きやすさの低下を示しています。明らかに、マスクと物理的な距離があると、通常の聴覚を持つ聞き手であっても、音声の聴きやすさが低下します。マスクを着用せず、話し手と聞き手の距離が一般的な約1mの場合と比較して、鼓膜面上で記録された音圧レベルが最大15dB減少しています。[6]

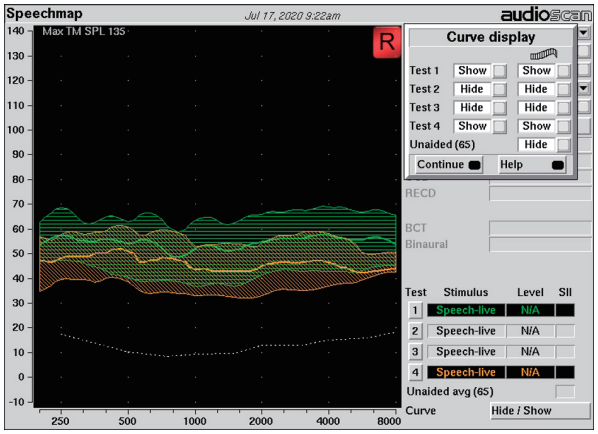

図 3.　会話レベルの音声について聞き手の鼓膜面上で測定された長時間音圧レベル。マスクを着用せず、距離が約1mの場合（緑色の曲線）とN95マスクを着用し約2mの距離を取った場合（オレンジ色のカーブ）との比較。

マスクは難聴をさらに複雑な問題にします

この状況は、難聴者にとっては更に複雑なものになります。図4は、図3に示したのと同じ条件が、高音漸傾型難聴を持つ人の音声の聴きやすさに及ぼす影響を示しています。

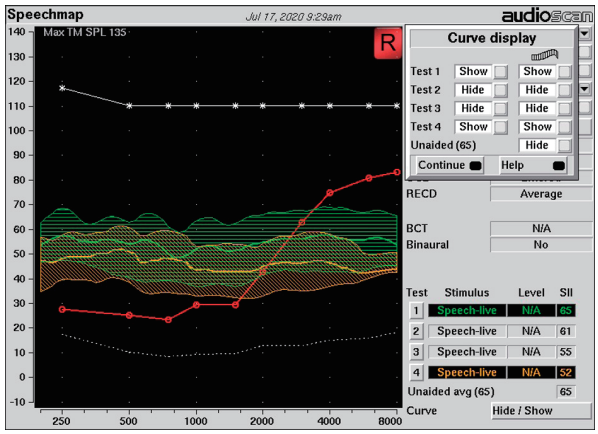

図 4.　補聴器を使っていない時の、聞き手の鼓膜面上で測定した会話レベルの長時間音圧レベル。マスクを着用せず、約1mの距離を取った場合（緑色の曲線）とN95マスクを着用し、約2mの距離を取った場合（オレンジ色の曲線）の比較を示す。
高音漸傾型難聴（赤い曲線）を持つ人では、赤い曲線よりも上の領域では聞こえ、下の領域では聞こえない。

この人の場合、マスク着用とソーシャルディスタンスによって高周波数の重要な情報が減少し、その結果、計算された音声明瞭度指数（SII）が 0.65 から 0.52 に下がり、音声明瞭度が最大25%減少することが予測されます。背景雑音が追加されると、重要な音声情報がほとんど聞こえなくなります。

補聴器が役立ちます

図５は、話し手がマスクを着用していない場合に、適切に調整された補聴器が音声を増幅し、NAL-NL2処方式の利得で聴覚を回復することによって聴きやすさの減少を補う様子を示しています。これに対して図６は、N95マスクの使用と約２mのソーシャルディスタンスの組み合わせにより、「標準」メモリープログラムの聴きやすさがどのように低下するかを示しています。そこにはマスク着用のジレンマがあります。COVID-19 の拡散から保護する一方で、マスクの使用、ソーシャルディスタンス、および読唇の手がかりの喪失により、適切に調整された補聴器を装用していてもコミュニケーションが困難になります。

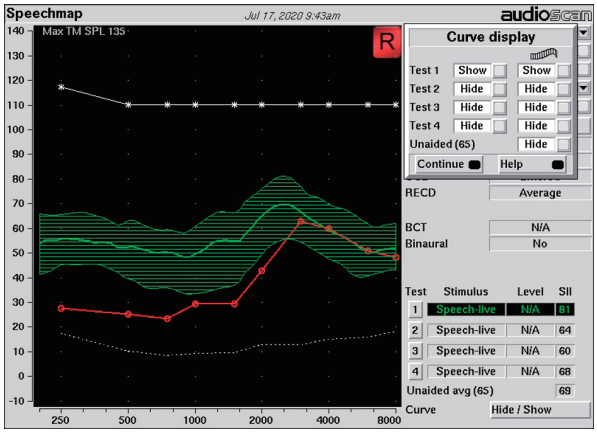

図５．軽度の高音漸傾型難聴者に対して「標準」メモリープログラムによって増幅した音圧レベル（緑色の曲線）。
マスクを着用せず、話し手と聞き手の間に約1mの距離を取った場合の、聞き手の鼓膜面上での測定。

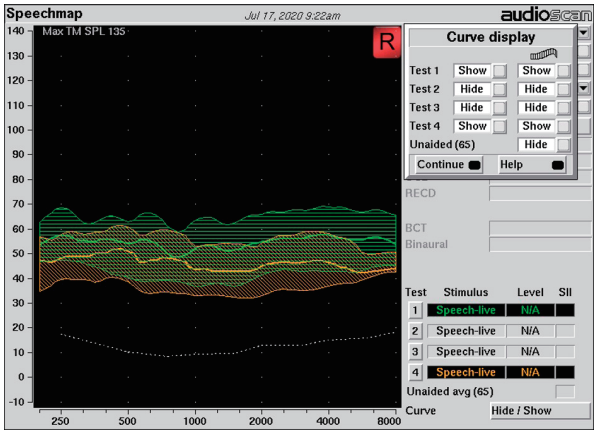

図６．聞き手の鼓膜面上で測定した会話レベルの長時間音圧レベル。話し手がN95マスクを着用し、話し手と聞き手の間に約2mの距離を取った場合を示す。標準メモリプログラム（青緑色の曲線）とエッジモードを有効にした場合（オレンジ色の曲線）の比較を示す。

すべてのマスクが同じではありません

コロナ禍での6か月で、使い捨ての医療用マスク、洗える布製マスク、そして読唇が可能な透明の窓があるマスクなど、さまざまなマスクを利用できるようになりました。多くの人にとって、このソリューションは感染防止、快適さ、便利さ、適切なフィットの最良の組み合わせを反映しています。難聴の方にとっては別の要因、すなわち音響性能と視覚的手がかりの保存に次第に焦点が当てられています。

マスク全体の音響減衰の違いを評価するために、各種の最新の市販マスクを用いて音響測定を行いました。少ないサンプル数ですが、図7が各スタイルの違いを示しています。データは、マスクが着用されていないときを基準に正規化されています。これは、x 軸の「ゼロ」線で表されます。すべてのマスクは重要な高周波数音の情報を減らしますが、布製、医療用、紙製のマスクで大きく異なり、特にプラスチック製の窓を備えたマスクは大きな違いを示しました。予期せぬ発見の 1つは、透明なプラスチックを使用したマスクとフェイスシールドが、低周波数帯から中周波数帯での数 dB の上昇と、高周波数帯での低下を示したことでした。[7]

これらのデータは、予め定めた固定の高周波数利得で聴力を補うというスキームを用いてソーシャルディスタンスとマスク着用の影響に対応するという課題の難しさを示しています。

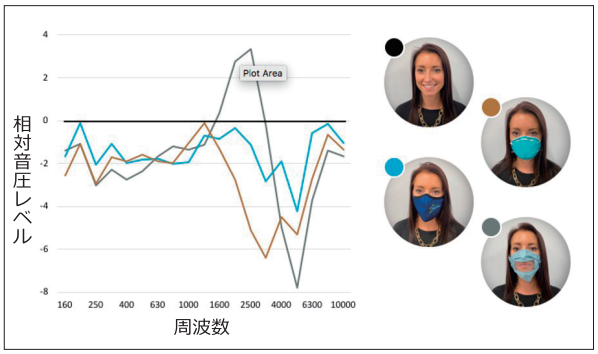

図 7.　マスクを着用していないとき（黒色の水平線）と比較した、各種マスクの音響効果

この例では音圧レベルがマスクを着用しない場合よりも大きく、マスクを着用したときの視覚的手がかり（たとえば読唇術）の喪失を補うような、追加の利点を提供するのに役立ちます。

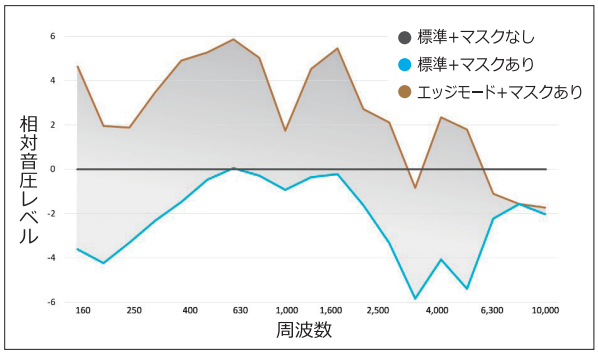

図8.　マスクを着用しない状態での「標準」メモリープログラム（黒色の水平線）と比較した、N95マスク着用時（青色）、およびエッジモード（ゴールド）の相対音圧レベル（dB）。

音声の聴きやすさを回復するために最適なエッジモード

スターキーの Livio Edge AI 補聴器に搭載されたエッジモードは、機械学習テクノロジーでトレーニングされた内蔵AIを用いて、周囲に存在する音声とノイズのレベルを評価します。そして利得やノイズ処理、指向性やその他の機能を動的に適用することによって、あらゆる聴取環境で音声の聴きやすさと音質を最適化し、各環境、各ユーザーに最適な音質を提供します。エッジモードは、実際にマスクの種類や話し手と聞き手のソーシャルディスタンス、そして背景雑音の存在を知った上で判断する訳ではありません。エッジモードの唯一の焦点は、すべての聴取環境で最適な音声の聴きやすさを提供することにあります。聴きやすさの向上は明瞭度の向上を保証するものではありませんが、確かに音声明瞭度と音質にとって不可欠な要素であると言えるでしょう！

図8は、約2mのソーシャルディスタンスを取り、信号対雑音比が+5dBの時の、「標準」メモリープログラム使用時で話し手がマスクを着用していない場合、マスクを着用した場合、およびエッジモードを起動した場合の音声の聴きやすさの相対的な違いを示しています。

結 論

Livio Edge AI では、AIが補聴器ユーザーの指先で発揮され、騒音環境でも静寂環境でも、聴取が難しい状況で音声の聴きやすさが最適化されます。エッジモードはAIを使用して音声の聴きやすさを瞬時に最適化し、マスク、ソーシャルディスタンス、背景雑音によってもたらされるコミュニケーションの困難を相殺します。スターキーは、音声の快適さ、明瞭さ、使いやすさの最適化に重点を置くことで、補聴器ユーザーが手動の音量調節やメモリー変更にアクセスすることなく、いつでも、どこでも、聞きたいときに簡単に「タップ」して聴きやすくできる、シンプルかつスマートなユーザー体験を実現しています。

参考文献

[1] Hsu, J. (2018, August). Starkey's AI transforms hearing aids into smart wearables. Retrieved from https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/devices/starkeys-ai-transforms-hearing-aid-into-smart-wearables

[2] Burwinkel, J., Xu, B., Crukley, J. (2020). Preliminary examination of the accuracy of a fall detection device embedded into hearing instruments. *J Am Acad Audiol*, 31(6), 393–403. https://doi.org/10.3766/jaaa.19056

[3] Harianawala, J., McKinney, M., Fabry, D. (2020). Intelligence at the Edge. https://starkeypro.com/pdfs/technical-papers/Intelligence_at_the_Edge_White_Paper.pdf

[4] Eikenberry, S.E., Mancuso, N.M., Iboi, E., Phan, T., Eikenberry, K., Kuang, X., Kostelich, E., Gumel, A.B. (2020). To mask or not to mask: Modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic. *Infectious Disease Modelling*, 5,293–308.

[5] Ten Hulzen, R.D., Fabry, D.A. (2020). Impact of hearing loss and universal masking in the COVID 19 era. *Mayo Clinic Pro*, 95(10), 2069–2072.

[6] Goldin, A., Weinstein, B., Shiman, N. (2020). How Do Medical Masks Degrade Speech Reception? *Hearing Review*, 27(5),8–9.

[7] Coney, R.M., Jones, U., Singer, A.C. (2020). Acoustic effects of medical, cloth, and transparent face masks on speech signals. arXiv:2008.04521.https://publish.illinois.edu/augmentedlistening/face-masks/

© 2020 Starkey Japan. All Rights Reserved. WTPR0032-00-JJ-JP