

## ポラリスプラットフォームのご紹介

新たなポラリスプラットフォームは、オーティコンがこれまでに開発した中で、もっともインテリジェントなプラットフォームです。

ハードウェアは多くが更新されています。これらのアップデートによって、最新のオーディオロジ機能の実行が可能になると共に、難聴者の生活を向上させるべく常に高まる接続性への要求に応えることができます。

本テクニカルペーパーでは下記をご紹介します：

- プラットフォーム、その構築方法、ハードウェアのアップデート
- さまざまなオーディオロジ機能を備えた処理の流れ
- 新しいモアサウンド・アンプリファイア - 高解像度の柔軟な増幅システム
- モアサウンド・オプティマイザーの新たな設定

2 ページ	はじめに
2 ページ	ポラリスプラットフォーム
3 ページ	信号処理の流れ
4 ページ	モアサウンド・ アンプリファイア
5 ページ	モアサウンド・ オプティマイザー
6 ページ	結論

### 編集者

**Mette Brændgaard,**

プロダクトスペシャリスト、プロダクトマーケティングサポート, *Oticon A/S*

## はじめに

ポラリス(英文表記:Polaris)プラットフォームは、オーディオコンモア補聴器の基盤となるものです。プラットフォームは、ハードウェア(以下HWと略)、ファームウェア(例えば、ソフトウェアからハードウェアへの通信を可能にします)、そしてソフトウェアによって構成されています。HWプラットフォームは、先進の補聴器において非常に重要な部分です。音質、外部機器との接続性、信号処理、電池使用時間の観点から、製品の可能性の上限を決定づけます。

オーディオコンモアのHWプラットフォームをユーザーのニーズに合わせて最適化できること、集積回路を自社開発する背景はそこにあります。

本テクニカルペーパーでは、プラットフォーム、処理フローの全容、オーディオコンモアの新機能モアサウンド・アンプリファイアとモアサウンド・オプティマイザーについても概説します。もう一つの新機能モアサウンド・インテリジェンスに関しては、当該機能に特化したテクニカルペーパー上で紹介しています(Brændgaard, 2020a)。

## ポラリスプラットフォーム

ポラリスプラットフォームは、オーディオロジーに関する処理を行う、デジタル信号処理(DSP)チップ、マイク信号のサンプリング、電源管理、テレコイルおよび近接場磁気誘導(NFMI)無線通信を処理するフロントエンド(FE)チップ、および最先端のBluetooth®低エネルギーテクノロジー及び各種の独自規格を含む、2.4GHz無線通信を処理する、無線周波(RF)チップで構成されています。

2つの通信システムを可能にするTwinLink(ツインリンク)は、2つの無線技術(2.4GHzとNFMI)を併用しています。TwinLinkは、左右の補聴器間での通信接続(NFMI)と、スマートフォンなどの外部機器との接続やファームウェアアップデート(2.4GHz)を同時に実現しています。ソ

リッドステート(不揮発性)メモリチップも、ポラリスプラットフォームの一部となっています。集積回路は非常にコンパクトで、数百万個のトランジスタによって構成されています。DSPチップの性能が高められ、トランジスタには28nm(ナノメートル)技術が使用されています。前世代プラットフォームのベロックスS(英語表記:VeloxS)との比較で、DSPチップは半分のサイズに抑えながら、トランジスタ数は2倍になったことを意味します。

さらに、ベロックスSとの比較で、演算能力とワーキングメモリ(RAM:ランダムアクセスメモリー)は2倍に向上しました。これは、処理時間はそのままに、2倍の計算と、2倍のアプリケーションの実行が可能であることを意味します。

コードの保存に利用されるソリッドステート(不揮発性)メモリは8倍に増強されました。このメモリ容量の追加により、現在の機能だけでなく、ファームウェアアップデートを通じた将来的な改良が可能になります。

ポラリスプラットフォームによって可能になった新たな開発の1つは、ポラリスに組み込まれたディープニューラルネットワーク(英語表記:Deep Neural Network、以下DNNと略)です。DNNの詳細については、「Brændgaard, 2020a」を参照してください。

ポラリス全体では64チャンネルで動作します。補聴器においてもっとも重要な違いをもたらす信号処理能力が刷新され、24の周波数チャンネルで動作するようになりました。これは、ベロックスSとの比較でチャンネル数を50%増やしています。増強されたチャンネルは、約1500 Hz以上の周波数範囲に追加されます(図1)。

チャンネルの増強によって、1.5~5kHzの周波数チャンネルを含む周波数範囲での精度が2倍に向上しました。これらの周波数帯域は、音声にとって最も重要な音域です。

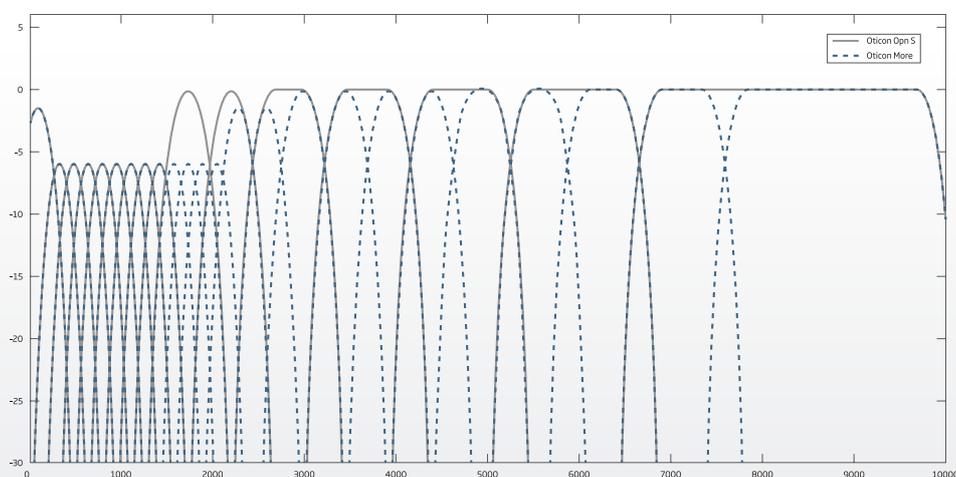


図1:ポラリスプラットフォームの24処理チャンネル(点線)とVelox Sプラットフォームの16処理チャンネル(実線)との比較。チャンネル数は約1500Hz以上で2倍に増強。

## 信号処理の流れ

音響信号が補聴器に入るとどうなるのか、より良く理解いただくために図2の処理フローを見てみましょう。

音信号は、補聴器の2つのマイクまたは内蔵のテレコイルからの受信、あるいは、ワイヤレス通信からのストリーミングを介して補聴器へと届けられます。

まず、適応型の入力利得調整 (AGC) を行う「クリアダイナミクス」機能が、アナログ/デジタル変換のために利得を調整し、これに続く処理でより広いダイナミックレンジが確保できるように、アナログ/デジタル変換後に利得の低減があれば、利得を再度適用します。このようにして、最大入力範囲 113 dB SPL までのすべての入力音は、最初の段階での不要な圧縮なしに DSP チップへ送られます。

すべての入力源からの信号は、信号処理に使用される 64 チャンネルの独立したフィルタバンク (帯域通過フィルタ) へと入力されます。フィルタバンクは同じ群遅延を伴う直線位相 (リニアフェイズ) フィルタです。これによって両耳での補聴器調整の際には、合計4つのマイクからの両耳間時間差 (ITD) はそのままに保持されます。

3つのフィルタバンクは、156.25 Hz の帯域ごとに均等に区分された、64チャンネルの時間領域信号に変換され、より高度な数学的処理を可能にしています。

64チャンネルでの入力校正により、頭部の音響特性を正確に補正し、音質を保持することができます。ここからは、24チャンネルで信号処理が行われます。他の処理パートで使用される64チャンネルとは異なり、この24チャンネルは、蝸

牛の聴覚フィルタに近似しており、低周波数では高周波数よりも帯域が狭くなっています。フィッティングソフトウェア (オーディコン Genie 2) のフィッティングハンドルも同様にこの24の周波数チャンネルに対応しています。

まず、信号はモアサウンド・インテリジェンス (以下MSIと略) 機能によって、2つのマイクで個々に処理されます。ここでは、MSIを構成する処理機能である、空間クラリティ処理とニューラルクラリティ処理 (DNNを含む) が含まれます。MSIは、明確な音情報を含んだあらゆる音源と方向に関する情報を保持しつつ、背景音から意味のある音を際立たせます。モアサウンド・インテリジェンスについては、Brændgaard, 2020aを参照ください。

必要に応じて、2つのマイクからの信号を合成する前に、ウインドノイズマネジメントが機能します。

次に、2つのマイク信号が組み合わせられ、MSAがフィッティング理論VAC+や小声強調機能と組み合わせたり、利得が計算・適用されます。MSAは高解像度で柔軟な増幅システムで、音の情景の性質に応じて、その反応スピードと周波数解像度を可変します (詳細は、本ペーパーの後述を参照ください)。最後に音空間認知機能は、両耳装着時に、左右のレベルの違いを保持し、優れた両耳間のバランスを保持します。

処理が完了する前の最後のステップとして、最大出力 (MPO) と突発音制御 (TNM) があります。これらのモジュールは「バックストッパー (後ろ盾)」の役割を果たします。つまり、補聴器の出力が安全で快適であり、最大出力 (MPO) を超えないように、そして大音量や突然の突発音

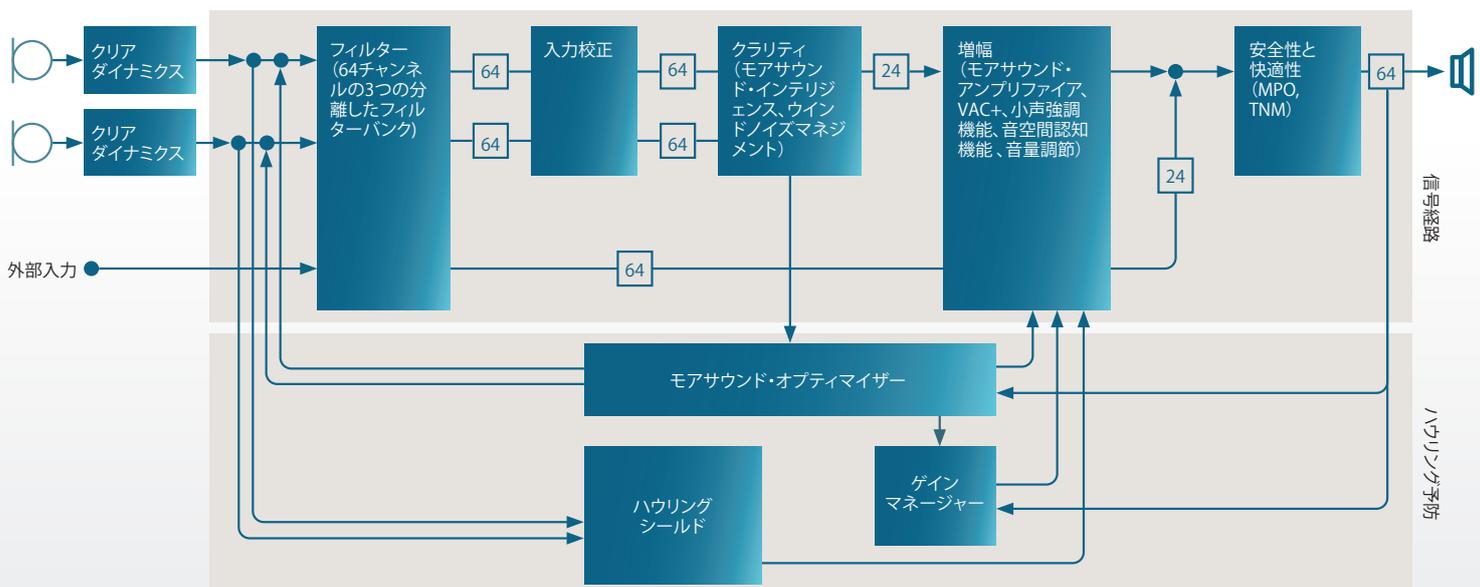


図2: ポラリスプラットフォームにおける入力から出力までの処理の流れ。各ステップの情報については、本文をご覧ください。

に対しても、快適さを保てるように確実に十分な減衰を行います。このようにしてすべての音信号が処理されます。出力の制限は、聴力的な面からの懸念点（難聴の程度、不快レベルなど）に基づくものです。

最後に、フィルタバンクの統合へと続きます。64チャンネルの信号は結合され、時間領域信号へと変換され、スピーカーへと届けられます。

ハウリング予防システムは、新機能となるモアサウンド・オプティマイザー（以下MSOと略）とハウリングシールドによって構成されています。これら2つのシステムが連携し、可聴性のハウリングを予防します。詳細は、本紙の後半を参照ください。

### モアサウンド・アンプリファイア

モアサウンド・アンプリファイア(MSA)は高解像度と柔軟性をもった増幅システムです。周りの音の情景の性質に合わせて解像度とスピードをシームレスに適合させます。モアサウンド・アンプリファイアは、自社比で6倍に向上した解像度と、適応型スピードパイロットによって音と音との間の細かなコントラストやバランスを維持しつつ、音の情景の全体像を脳に届けます。

MSAは、前世代ベロックス、ベロックスSプラットフォームの搭載機能、スピーチガード LXから、その役割を引き継いでいます。スピーチガード LXでは入力信号は、4つのチャンネルを持つ1種類の経路(パス)で処理されていたのに対し、モアサウンド・アンプリファイアでは、2種類の経路で処理されています。2つの経路の内の1つは、スピーチガード LXと非常によく似た4つのチャンネルで実行されますが、もう1つの経路は24チャンネルで実行されます(図3)。入力された信号音は常にそれぞれ2つの経路で同時に処理が行われます。

最初に、24のチャンネルは、4チャンネルパスで使用される4つのチャンネルに統合されます。音は、「スピーチガードLX」機能として知られていた4つの各チャンネルにおいて、12dBのリニア領域内で処理されます。これは、入力信号の変動に応じて、アタックタイムとリリースタイムが変化することを意味します。入力信号の平均値が変化しない限り、この領域は安定したままであり、リニア増幅での処理となります。領域外にレベルが移ると、この領域はすばやく上下に移動して、音の快適性と可聴性を確保します。平均入力音レベルが変化すると、領域はゆっくりと新しい平均値へと移行します。

この処理の後、4つのチャンネルは、再び24チャンネルに分割されて、MSAのもう一方の経路とともにさらなる信号処理を実施します。

MSAのもう一方の経路は、常に24チャンネルで実行されています。ここでも信号は、適応型のアタック&リリースタイムで処理されます。

MSAのもう一方の経路は、常に24チャンネルで実行されています。ここでも信号は、適応型のアタック&リリースタイムで処理されます。

図3が示すように、両方の経路が「比較と優先付け」のステップに達すると、2つの処理経路からの信号の比較が行われます。処理された信号内でどのような種類の音が優勢かによって、1つ以上の周波数チャンネルでどちらか一つの経路が優先されます。最終的には、2つの経路で処理された音はミックスされます。

4チャンネルパスは高速で変調する信号、音が急速に変化し、時間情報に対する高精度が信号処理で求められる場合（時間経過とともに振幅や周波数が急速に変化する音声信号など）に適しています。一方、24チャンネルパスは、音の変化がゆっくりと定常で、周波数情報に対する高精度が信号処理で求められる場合（振幅も周波数もあまり変化しない安定した狭帯域ノイズなど）に適しています。

したがって、2つの経路から送られた信号の比較段階では、高速で変調する音が周波数チャンネルで優勢である場合は、4チャンネルパスで処理された信号が優先されます。一方で、低速で変調するノイズが周波数チャンネルで優勢となる場合は、24チャンネルパスで処理された信号が優先されます。例えば、定常狭帯域ノイズは、24チャンネルで優先的に処理されますが、必ずしも4チャンネルパスのバンドの1つ（訳注：24チャンネルパスの6チャンネル分に相当）の全てにおいて、24チャンネルパスが優先される訳ではありません。これを図4に示しています。技術的には、この優先付けは、ローパス変調フィルタによって行われています。

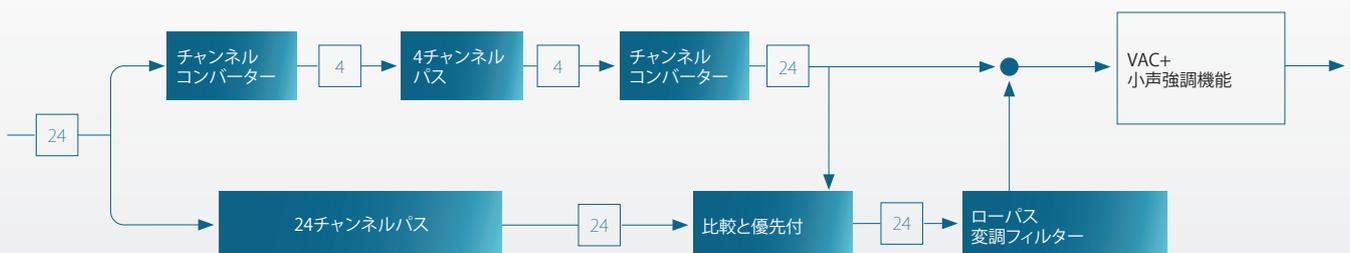


図3：モアサウンド・アンプリファイアの処理の流れや各ステップの説明は本文をご覧ください。

2つのパスの信号は瞬時にミックスされます。正しくミックスされた音が、処理スキームの次のステップである利得のマッピングに確実に送られるように、ミックス機能は常にオンになっています。

2種類の処理経路を持つシステムの利点は、図5に非常に明確に示されています。入力音は、65dB SPLの広帯域音声信号と、1k、2k、5kHzの純音です。マゼンダ(濃いピンク色)の実線はスピーチガード LXを使用して測定されており、青の実線は、モアサウンド・アンプリファイアを使用して測定したものです。

音声信号に干渉している純音が存在していないところ(純音と純音の間)では、MSAを使用した場合(青の実線)、可聴性と言葉の聞き取りを保證するために音声信号がより大きく増幅されていることがわかります(訳注:グレーの円で囲まれた部分参照)。それと同時に、純音の利得は低く抑えられているので、純音の間こえは快適になり、フィッティング処方に基づくターゲットにも合わせやすくなっています。

### モアサウンド・オブティマイザー

モアサウンド・オブティマイザー(以下MSOと略)とハウリングシールドは、連携することによって補聴器のレシーバー(スピーカー)からマイクへの音響ハウリングを打ち消し、その音が聞こえる前にハウリングの発生を予防し利得の低下も防ぎます。ハウリングシールドでは逆位相と周波数シフトは常にオンの状態になっており、MSOは休み

なくハウリングループをモニターし、必要に応じてその機能を起動させます。ループゲインが0dBを超えるとすぐに、MSOはスペクトル時間変調信号を有効にしてハウリング経路を遮断します。これにより、補聴器ユーザーや周辺にいる方々にとって非常に不快で煩わしいハウリングが聞こえるのを予防すると同時に、ハウリングを防止するために補聴器の利得が下がり聞こえを低下させることがないようにします。

ループゲインが+6dBを超えるような状況では、ハウリングシールドの利得減衰機能が作動し、状況を安定させます。

モアサウンド・オブティマイザーは、前世代ベロックスSプラットフォームのオープンサウンド・オブティマイザーと同じ技術を使用していますが(Callaway, 2018)、より柔軟に対応できるように、フィッティングソフトウェア(オーディオン Genie 2)で新たな設定が追加されています。

この追加設定を使用すると、スペクトル時間変調、周波数シフト、逆位相の検出・動作ポイントを約940Hzから約1500Hzに変更することができます。

デフォルト設定(約940Hzでの起動)が推奨されますが、例えば音楽演奏などの際に補聴器の信号の変化に特に敏感な方向けには、新しい設定を使用していただくことが可能です。

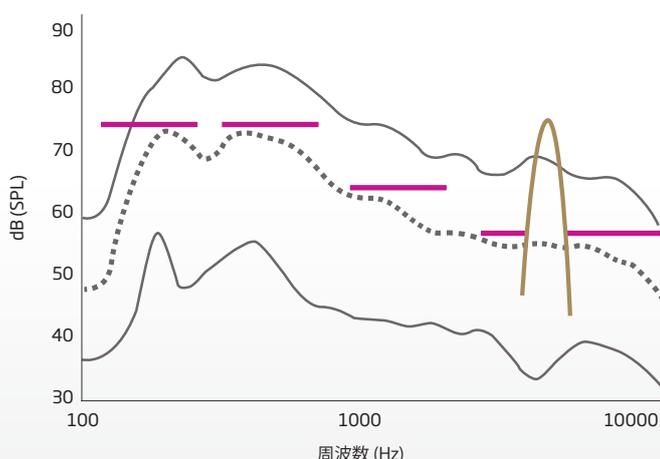


図4:非装用時の音声スペクトル(グレーの破線と実線)での、4チャンネルパスにおける4つのレベル検出器(マゼンダ、濃いピンク色)を示す。音声の間こえに影響を及ぼす定常帯域ノイズ(ゴールド)が発生し、4つのチャンネルの中でも一番高い周波数チャンネルに干渉しているが、その影響はこの周波数帯の一部に限定されている。(非装用時の音声スペクトルは Holubleら、2010からの引用)

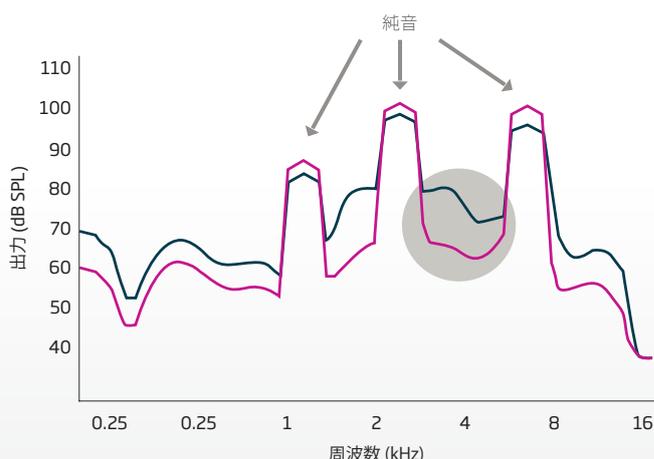


図5:入力音は65dB SPLの広帯域音声信号と1k、2k、5kHzの純音。補聴器の設定は次のような一般的な設定を使用。純音聴力閾値は500Hzで50 dBHL、2kHzで70 dBHL、NAL-NL2でフィッティングし、ノイズ抑制オフ、指向性の設定はオムニ。スピーチガードLXでの測定はマゼンダの実線、モアサウンド・アンプリファイアは青の実線。純音は音声に干渉しているが、純音と純音の間では(グレーの円で囲まれた部分)、スピーチガードLXよりも、モアサウンド・アンプリファイアの方が音声信号をより大きく増幅している。このことから狭帯域ノイズが存在する場合には、増幅により音声の可聴性を確保しているということが見て取れる。

## 結論

ポラリスプラットフォームは、オーティコンの開発史上、最もインテリジェントなプラットフォームです。ポラリスは、2つの新機能モアサウンド・インテリジェンス、そしてモアサウンド・アンプリファイアの動作に必要不可欠です。同時にポラリスプラットフォームは、アップデートされたモアサウンド・オプティマイザーや前機種オープンSから引き継がれた多くの効果的な機能に必要とされる処理能力を兼ね備え、ワイヤレス機能の需要の増加にも対応しています。

## 参考文献

Brændgaard, M. 2020a. MoreSound Intelligence. Oticon tech paper

Callaway, S. L. 2018. Introduction to OpenSound Optimizer™. Oticon whitepaper

Holube, I., Fredelake, S., Vlaming, M., & Kollmeier, B. (2010). Development and analysis of an International Speech Test Signal (ISTS). *International journal of audiology*, 49(12), 891-903.

