

# Case Study: Hyundai



Actranを使って「歩行者接近通報音システム」の最適設計を実現し、従来の設計方法によるエンジニアリングタイムを50%短縮しました。

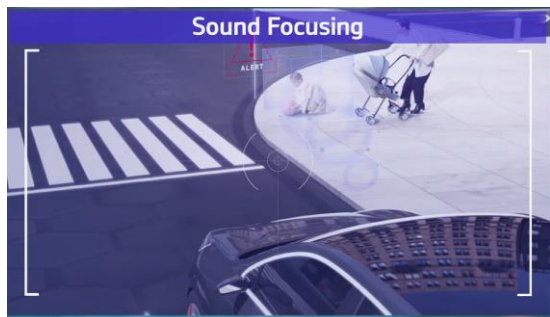
Hyundai Motor Company の Senior Research Engineer; Jinmo Lee氏へのインタビューに基づく

## チャレンジ

通常、EV（電気自動車）から発生する主な車外騒音は、中～高速走行時のみ発生する、空力抵抗やタイヤ摩擦による騒音です。したがって、低速走行時のEVは歩行者や自転車利用者、特に視覚や聴覚に障害がある人や、ヘッドフォンを聞いている人に危険をもたらします。EUおよびアメリカでは、EVの低速走行時に可聴音を発することを要求する、新たな規制が定められました。これらの規制には、通報音の振幅と周波数の内容に関するさまざまな要件があります。

近年、Hyundaiは歩行者接近通報音システム（Active Pedestrian Alerting System : APAS）を開発しました。これは、危険にさらされている歩行者のみに通報音を発するための音響の集束技術を利用しています。現在のAPASシステムは、ADAS（先進運転支援システム）カメラを使用して歩行者を自動検出し、都市の騒音公害の問題を引き起こすことなく、目標位置へのより大きな音響放射を可能にします。APASの設計において、Hyundaiのエンジニアは、「十分な歩行者の認識を提供しつつ、ドライバーの快適性を低下させるような過度な騒音の発生を避ける」ということの、両方の要件を満たすことを目標としています。

これまでHyundaiでは、音響的な設計が必要な場合には、設計アプローチとして、物理的なテストに大きく依存していました。設計検討のためには、試作品を作成する必要がありましたが、これには毎回1～2か月の製作期間を必要としました。また、実験で得られる情報量にも制限があり、HyundaiのJinmo Lee氏は以下のように述べています。「実験では、特定の位置における音のレベルのみしか測定できないため、音の発生、および伝達のメカニズムについては、限られた情報から想像するしかありません。したがって、設計を改善するために、最適な方法を決定することは極めて困難です。」



歩行者接近通報音システム（APAS）

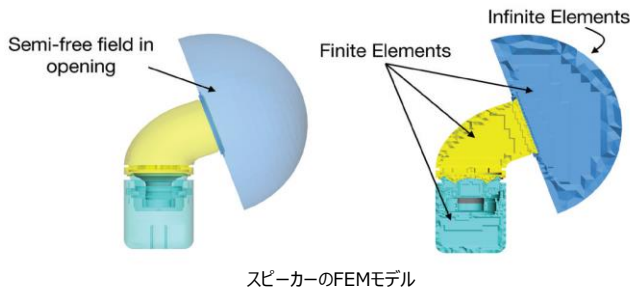
「Actranによるシミュレーション結果は、実験で得られる情報よりもはるかに包括的であるため、従来の試験方法を使用した開発時間の約半分の時間で最適化された製品の設計サイクルを実現できました。」

- Jinmo Lee, Senior Research Engineer, Hyundai Motor Company

## MSCソリューション

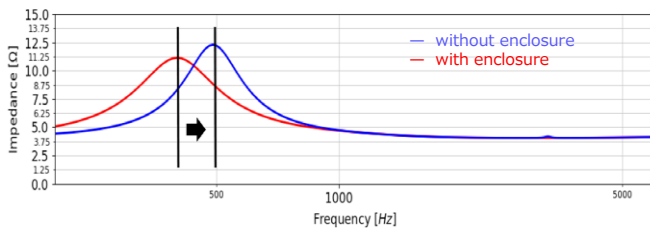
### 1. APASモデリング

Hyundaiのエンジニアは、MSC Actranにより、スピーカーメーカーが提供するTSパラメーター（スピーカーユニットの性能を表す指標）を使用したモデリングを行い、スピーカーの内部空洞と音響放射空間の両方を持つ有限要素モデルを構築しました。



シミュレーションでは、6000Hzまでの音圧、音響インピーダンスの計算が行われました。

### 2. シミュレーション結果を用いたスピーカー設計の最適化



スピーカーエンクロージャーがスペクトル特性に与える影響

音響に対する主要な設計項目の影響を調査するために、Actranで一連のパラメトリックスタディが行われました。歩行者接近通報音の規制では、少なくとも1つの通報音の周波数について、EUでは、1600Hz以下、アメリカでは800Hz以下で設計されなければならないと定められています。APASスピーカーは小さなユニットであるため、低周波数範囲での音響放射は、達成が難しい目標となります。同時に、実験による分析では、車室内への主要な透過音は400Hz未満の周波数であり、これが、ドライバーの快適性レベルに大きく影響を与えていることが示されました。周波数分析により、スピーカーにエンクロージャーを設置しない場合の音響インピーダンスが400Hzであったのに対し、エンクロージャーを設置した場合は490Hzに変化したことから、ドライバーの快適性を維持しながら規制を満たすことが示されました。

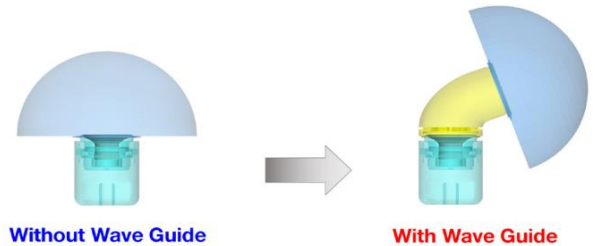
### Key Highlights:

製品: Actran

業種: 自動車

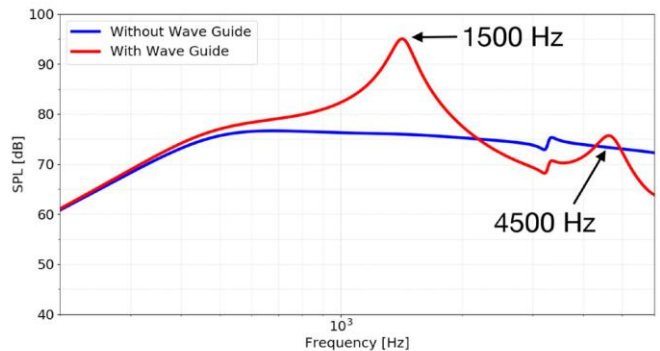
チャレンジ: 実機試験を行わずに、ベストな歩行者接近通報音システムの設計を実施し、設計に要するエンジニアリングタイムを短縮

ソリューション: Actranを適用することで、製品の音響現象のメカニズムを究明し、完全なスピーカーシステムの設計を実現



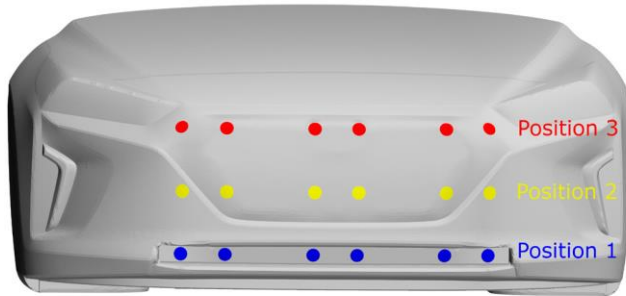
Without Wave Guide

With Wave Guide



ウェーブガイドが周波数スペクトル特性に与える影響

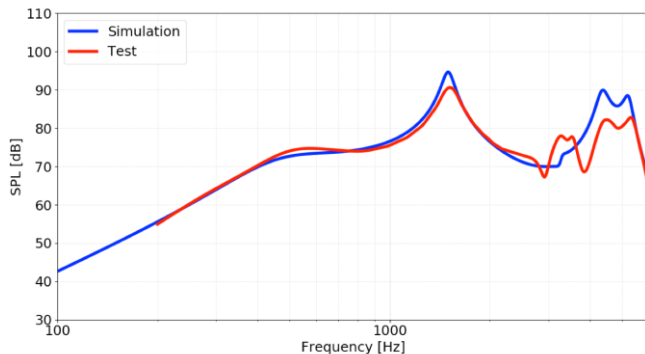
スピーカーを浸水から保護するためのウェーブガイド（音波を伝送する機構）は、音のチューニング機能としても大きな役割を担います。ウェーブガイドは、Actranのダクト解析により設計され、中周波数領域の1500Hzの音の伝達を改善し、また、スピーカー内部カバーとドライバー間の空間では、4400Hz付近の音圧レベルも改善するよう最適化されました。



スピーカーの設置位置の検討

バンパーに取り付けられるスピーカー位置の検討では、車両の前面部形状と地面を考慮したシミュレーションを実施しました。シミュレーション結果は、最も低い位置で、より高いSPLと比較的フラットなスペクトルを示し、ベストな通報音の性能を持つことを明らかにしました。また、シミュレーションは、低い位置が地面の反射による干渉の影響を最小化することも示しました。

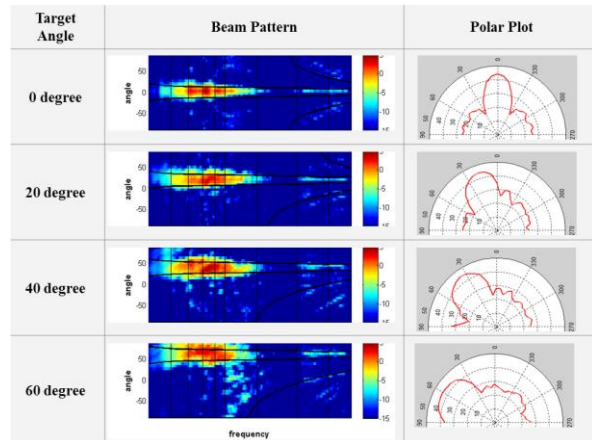
### 実験結果との相関



スピーカー実機試験とシミュレーション結果の比較

スピーカーの実機に対して1ボルトの正弦波を入力とするスイープ試験（徐々に周波数を変化させる試験）を実施し、シミュレーション結果と比較検討しました。上図に示すように、シミュレーションで予測されたスピーカーから1メートル位置での音の周波数スペクトルは、実験結果との高い相関を示しています。

Actranを使用して車室内とダクトの共振を最適化することで、Hyundaiのエンジニアは、スピーカーのサイズと消費電力を最小限に抑えながら、EUとアメリカの両方の規制を満たすために、低、中、高周波数における設計検討によりスピーカーシステムをデザインしました。「Actranによるシミュレーション結果は、実験で得られた情報よりもはるかに包括的であるため、従来の試験方法を使用した開発時間の約半分の時間で最適化された設計サイクルを実現できました。」とHyundaiのJinmo Lee氏は述べています。



最適化された設計により、優れた音響の収束性能を実現

最終的に実機試験に用いられる試作品は、既にActranシミュレーションで最適化された完全なAPASで作成されました。この実験結果では、EUおよびアメリカの規制要件を満たし、小型スピーカーの音響放射性能を最大化、さらには優れた音響の収束性能のデザインにより、すべての設計要件を満たしていることを示しました。

### Hyundai社について

Hyundai Motor Companyは、子会社であるKia MotorsとGenesis Motorsと併せて、世界で3番目に大きい自動車メーカーです。韓国のウルサンを拠点に自動車組立工場を運営しており、年間160万台の自動車を生産しています。グローバルで110,000人を超える従業員を雇用しており、450万台以上の自動車の販売実績を持っています。

Actranについての製品情報やほかの事例については当社HPよりご参照ください。

<https://www.mscsoftware.com/ja/product/actran>

### エムエスシーソフトウェア株式会社

東京本社 〒160-0023 東京都新宿区西新宿1丁目23番7号 新宿ファーストウェスト8 F TEL. 03-6911-1200 FAX. 03-6911-1201  
 大阪営業所 〒532-0003 大阪市淀川区宮原3丁目5番36号 新大阪トラストタワー16 F TEL. 06-6393-0701 FAX. 06-6393-0702  
 名古屋営業所 〒450-0001 名古屋市中村区那古野1丁目47番1号 名古屋国際センタービル12 F TEL. 052-589-8505 FAX. 052-561-0339

