

聴取者だけに音を伝える音場制御技術

二つの2次音源を用いて低音域での制御効果を向上

2011年のアナログ放送の完全停波及び地上デジタル放送への移行を背景に、近年、薄型テレビが急速に普及し、家庭でも映画館さながらの臨場感ある高画質映像と、重低音の音響を楽しむユーザーが増えていす。しかし、音響システムが一般生活にまで普及することは、これらの音響が聴取者以外の周囲では騒音ともなりうる危険性ははらんでいます。

東芝は、家庭のリビング空間に広がるスピーカ再生音場を対象に、聴取者だけに音を伝え、その周囲には伝えにくくする音場制御技術の開発を進めています。特に、低音域で制御効果の高い方式として、二つの2次音源を用いる技術を開発し、その効果を検証しました。

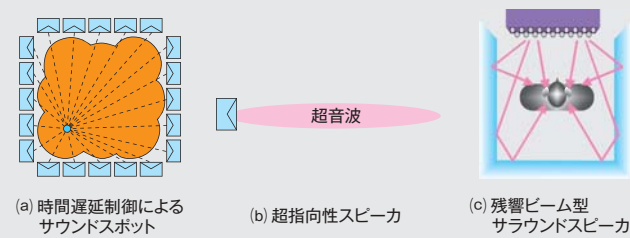


図1. 局所空間に音を再生する技術 — 局所空間に音を再生する技術はいくつかありますが、いずれも低音域の局所増音には不向きです。

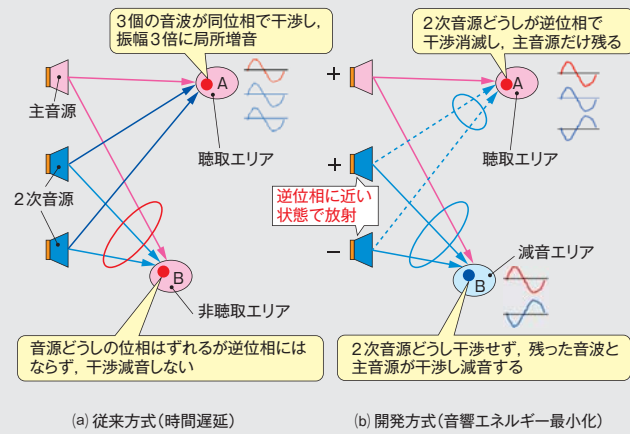


図2. 音響エネルギー最小化方式による空間遮音制御 — 従来方式では音波どうしの干渉減音はありませんが、開発方式では逆位相に近い関係にある二つの2次音源を用いることで、減音エリアで低音域の空間遮音量が大きいことが特長です。

一般家庭の最近の音場環境

近年、薄型大画面テレビ(TV)や地上・BSデジタル放送の普及などによって、高画質・高音質を家庭で楽しめる環境が一般化しています。それに伴い、迫力のあるシーンは、より大音量で楽しみたいという要求が増えていますが、生活時間帯の変化や住宅事情とも相まって、特に周りが静かな深夜時は近隣や隣室への音漏れに配慮し、日常やむをえず音量を控えています。また、日中でも、同じリビング内でTVに夢中になっている家族に対して、聞きたくない番組の音量を小さくするよう求めることも多々あります。つまり、音響はその周辺に対して新しい騒音になりうる危険性ははらんでいます。

こうした背景から東芝は、視聴者だけに音を伝えて、その周囲には伝えにくくする音場制御技術の開発を進めています。

従来の音場制御技術

局所空間に音を再生する技術には、アレー状スピーカを使った時間遅延制御によるサウンドスポット(図1(a))や、超音波を利用した超指向性スピーカ(図1(b))などがあり、博物館などの音声展示支援として公共の場で実用化されています。しかし、これらは低音域の音にあまり効果がありません。

一方、音質重視の民生用システムでは、残響ビーム型サラウンドスピーカ(図1(c))があります。時間遅延制御で生成した鋭いビームを側面や背面に反射させてサラウンド音場を再生するこ

とが特徴ですが、これも低音域の局所増音には不向きです。

低音域はもともと壁の遮音効果が期待できないため音漏れの原因にもなりやすく、低音域における空間遮音性能の向上は大きな課題となっています。

低音域で優れた空間遮音制御

当社は、低音域での空間遮音性能を向上させるため、逆位相に近い関係にある二つの2次音源を用いることで聴取と減音のエリアを生成する、音響エネルギーの最小化による空間遮音制御技術を開発しました(図2)。聴取エリアでは、2次音源どうしの音響エネルギーの和を最小化することで主音源の音響エネルギーだけを残り、減音エリアでは、わずかに残った2次音源どうしの音響エネルギーと主音源の音響エ

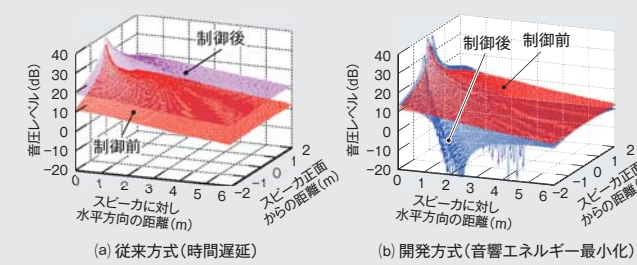


図3. 低音域200 Hzでの従来方式と開発方式の比較計算結果 — 従来方式では全体に増音していますが、開発方式ではスピーカ正面で音圧を維持し、側面で約10 dB近く減音しています。

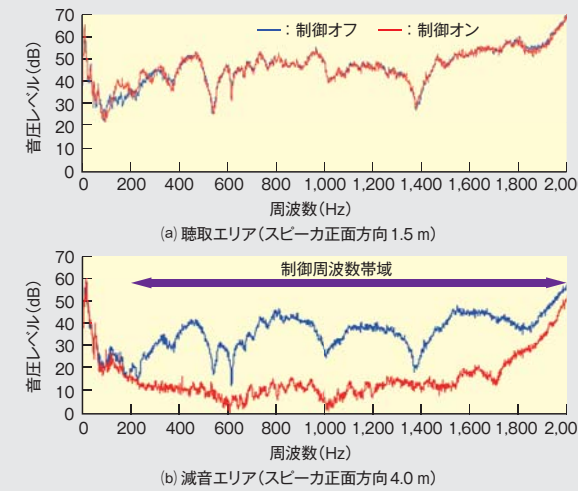


図4. パワースペクトル — 2 kHzまでの広い周波数帯域において、1.5 m地点では制御前後で音圧が変化せず、4.0 m地点では減音効果が得られています。

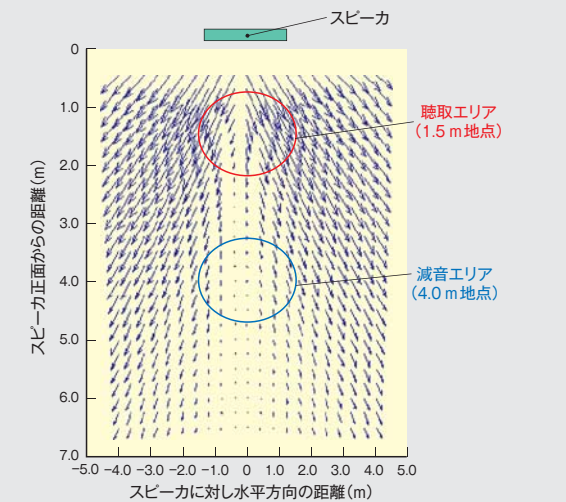


図5. 音の流れ分布(250 Hzの場合) — 聴取エリア後方で、音の流れの向きが左右に変化し、正面方向には流れにくくなっています。

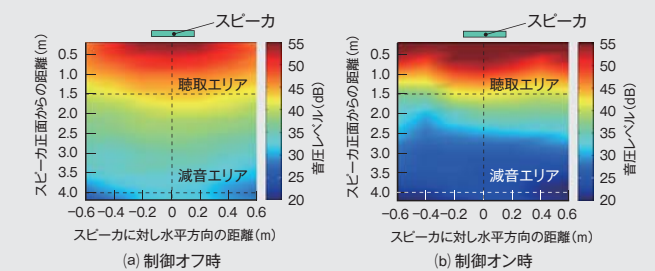


図6. 音圧分布(250 Hzの場合) — スピーカ正面から2 m以上離れた広い範囲で、10 dB以上の低減が検証できました。

ネルギーの和を最小化する方式です。従来の増音方式に比べて、低音域でも聴取エリアと減音エリアの音圧差である空間遮音量が大きいことが特長です。従来方式と開発方式を比較した計算結果を図3に示します。前者では全体に増音していますが、後者ではスピーカ正面で音圧を維持し、側面で約10 dB近く減音しています。

空間遮音制御のスピーカシステム

音の向きを変える指向性スピーカや、遠方まで音を伝えやすくする平面スピーカは既に実用化されています。しかし、スピーカ正面から2 m程度の近距離だけに音を伝えやすくするスピーカはありません。そこで、点や面など音源形状の違いで音の伝わり方が変化する距離減衰率に着目し、放射面

積の異なるスピーカを複数組み合わせ空間遮音制御技術を適用したスピーカシステムを構築しました。各スピーカから聴取・減音エリア内に設定した制御代表点までの空間伝達特性を基に、“同一空間で音圧維持と減音を両立する制御フィルタ”を導出し、リアルタイムで処理します。

一例として、聴取と減音各エリア内の制御代表点を、スピーカ正面方向1.5 mと4.0 mの位置に設定した場合の制御効果を図4に示します。2 kHzまでの広い周波数帯域において、1.5 m地点では制御前後で音圧が変化せず、4.0 m地点では減音効果が得られています。

特に、低音域(250 Hz)に着目すると、図5のように聴取エリア後方では、音の流れの向きが左右に変化し、正面方向には流れにくくなっているこ

とがわかります。これにより、図6に示す音圧分布も、スピーカ正面から2 m以上離れた広い範囲で10 dB以上の低減が検証できました。

今後の展望

反響の少ない空間なら現状のままでも十分適用可能ですが、実際の生活空間では多重反射や暗騒音といった様々な外乱が存在するため、制御効果の劣化が予測されます。それに伴い、この外乱による影響をどこまで補正できるかが大きな課題となります。また、制御エリアの拡大も期待されています。実環境への適用を目指して、効果のいっそうの向上に取り組んでいきます。

蛭間 貴博

研究開発センター
機械・システムラボラトリー