

音を生かす

# 7 おとを生かしたまちづくりの未来の技術

平面波の技術を通して



堀 昌司  
HORI Masashi | 株式会社エフ・ピー・エス 代表取締役社長

音の快、不快は紙一重。捉え方一つで人によって大きく変わる。多くの人で溢れる都市空間には様々な音が溢れていて、必要な音を必要な人にいかに届けるかが重要であるという。そのための新たな技術と、その未来とは。

## 活躍する平面スピーカー

現代の都市空間には様々な音があふれている。音には安心・安全のために必要な音と、単に雑音として不快になる音がある。また、街の活性化には「まつりばやし」等の必要な音もある。しかし、安心・安全に必要な音も、時には騒音にかき消され、安全を損なうこともある。また、安全のための音も、その場所以外では騒音にもなり得る。

弊社が取り組んでいるその一例として、駅で活躍している平面スピーカーについて紹介したい。駅のホームでどこ行きの電車が来るのか、上りなのか下りなのか分らなかったことは、誰もが経験したことと思うが、上り線には上り側だけに、下り線には下り側だけに音を届けることで、この問題はかなり解消される。また、駅は周辺騒音や列車走行音など暗騒音の多い環境であるため、今までのスピーカーでは音がこもって良く聞こえない、音量を上げるとスピーカー近くの人にはうるさく感じ、近隣住宅には騒音公害となるなど「駅のおと」は悩ましい問題であった。

このような問題解決に向けて、平面スピーカーの特徴が高く評価され、現在JR東日本の総武線を始め、他社を含め80以上の駅ホームで、弊社の平面スピーカーが活躍している。

次に、踏切の警告音も安全のために重要な音である。しかし、踏切の前に住んでいる住民は、騒音に悩まされている。そこで、今いくつかの踏切で必要な場所だけに届ける平面スピーカーの実証実験を行っている。何故、今までのスピーカーでは出来なかったのだろうか。

## 平面スピーカーとは何か

みなさんが良く知っている一般的な箱型スピーカーはコーンスピーカーである。これは球面波を出すもので、その波の形は水面にボールを落としたときに、波紋が広がる形を想像して頂くと理解できると思う。それに対して、平面スピーカーから発する波とは水面に板で上下に動かしたときに発生する津波のような波、これが平面波である。

表1 コーンスピーカーと平面スピーカーの違い

	イメージ	指向性	減衰率 (Rは距離)	マイク使用時のハウリング	リサイクル性	耐久性	備考
コーンスピーカー		スピーカー全面180°以上に広がる	エネルギーは1/R <sup>2</sup> (5m離れると1/25に減衰する)	ハウリングを起こしやすいのでマイク使用の際、音量を絞って話さなければならぬ	最良で55~65%	約7年	厚い、重い、不明瞭な音
平面スピーカー		指向性が強く、30~110°の間で設計の自由度がある	エネルギーは1/R (5m離れると1/5に減衰する)	ハウリングを起こしにくいので、音量を気にせず話さることが出来る	95~99.5% 接着材レス実現	約10年以上	薄い、軽量、コンパクト 両面から音を発生させる



写真1 駅の平面スピーカー

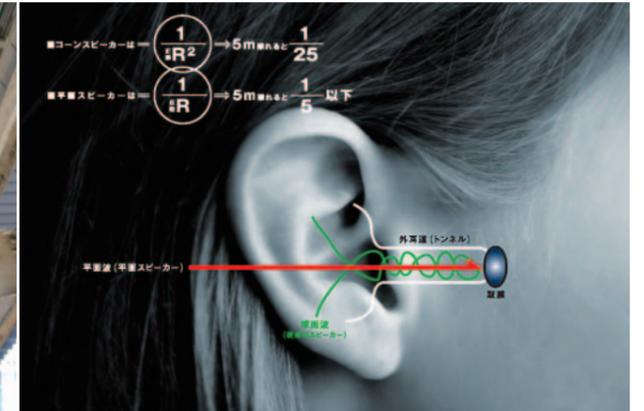


図1 減衰率イメージ図



写真2 平面スピーカーの実用例(左:西武新宿駅前、中:秋葉原ヨドバシビジョン、右:早稲田大学大教室)

表1に示すように、全ての面で平面波が優れているとは言えないが、球面波では難しかった音のコントロールを可能にした。その他にも、平面波はいろいろな場所でその特徴を活かした活用例がたくさんある。例えば、街中でよくみかける大型ビジョンでは、画面の見える場所のみ音を届けるという使い方が挙げられる。このような使い方、渋谷の駅前、新宿の西武新宿駅前、秋葉原などで平面波が活躍している。また、国会議事堂・衆議院本会議場の議長席の左右2本の平面スピーカーで、1~3階の傍聴席まで均一な音場を提供している。その他に、国際会議場、大学の大教室など1,000施設以上で使用されている。平面波には、音を必要な所に届ける機能と音を積極的に利用し騒音を消す技術がある。

## 騒音を減らす技術

騒音を低減するには吸音材や遮音材、防振材が用いられている。しかし、低周波音への効果は少なく、その騒音対策をすると、分厚く大きく重くなり、コスト高や景観の破壊に繋がる。そこでスピーカーなどのアクチュエーターを作動させて消音を実現させるアクティブノイズコントロール技術(ANC)が注目されている。この一つに、逆位相の音を出してもとの音をキャンセルさせる技術がある。

音とは空気の振動で、振動する周期が音の高さになり、振動する大きさが音量になる。振動は時間によって運動位置が異なり、これを位相という。音の波は発生したら遮るものが無い限り、四方八方に広がる。音を別の音で打ち消すには、発生した音が広がる方向に打ち消す音を放射させる必要がある。発生した音と同じ周期、同じ音量、運動位置が正反対となる逆位相の音が必要になる。周期、音量、位相の全てが揃わないと消すことはできず、それ自体が騒音を増加させることになってしまう。波長の長い低周波騒音対策には効果的だが、波長の短い高周波では、多くのアクチュエーターを用いて演算能力が優れたDSP(デジタル信号処理)が必要になり非効率になる。

ANCの基本コンセプトは1936年に特許が取得されており、古い技術であるが実用化には至らなかった。昨今の電子技術の進歩により少しずつ実用化されるようになってきた。ダクトや配管などでは音の伝搬空間が1元なので古くから研究開発され、商品化がなされている。3次元空間である車内やヘッドホン内の局所空間でも商品化が進んでいる。防音壁を用いて低域騒音にANCを用いる方式が、ここ最近になって商品化され始めた。

防音壁を用いるのは、高周波を遮音しつつ低周波

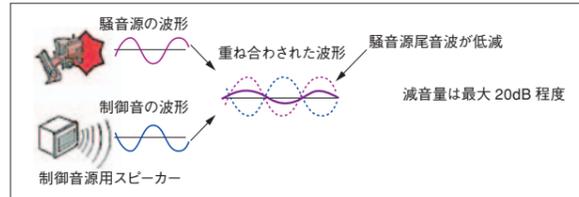


図2 騒音制御の基本原則

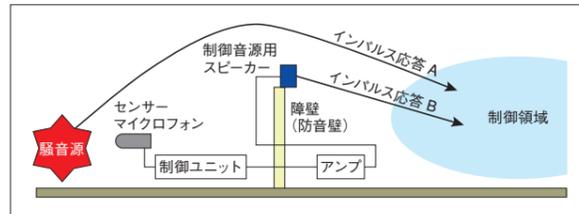


図3 騒音制御の基本動作

を効率よくANCで低減させるためである。低周波は防音壁を回折して来てしまう。防音壁を1m高くする毎に1dBの騒音低減になると言われている。10dBの騒音低減には10mもの壁が必要になる。ANCを用いれば10mもの壁を建てなくても、10mの壁と同等の遮音性能を得ることが可能になる。現在の技術では、騒音の発生場所が分っている、または局所空間のみを静音にするかのどちらか一方が決まっていけない。しかし、どちらも決まっていけない室内をANCで騒音対策するニーズが高まってきており、早急の開発課題になっている。弊社も第一次の商品化を終え、次の開発を進めている。

弊社ではスピーカーを使わないで吸音材を利用して、音を消す技術も研究している。色々な素材を利用して音を吸収する。空気層と吸音材をうまく利用して、今まで難しいと言われてきた400~800Hzの音を吸収する商品も開発し、販売の準備を進めている。安価で、エアコン室外機の音やコンプレッサーの音を消すなど、今後利用される分野は幅広いと考えている。

### 音をつくる技術

次に街の中に自然の音を演出した事例も紹介しておきたい。ビルの谷間に、風の音、鳥のさえずりが響き、地上では虫の鳴き声がかすかに聞こえる。このようなコンセプトで東京駅丸の内仲通りの街灯に、上向きと下向きの平面スピーカーが内蔵されている。これは街角に安らぎの空間として実に楽しい企画であったが、現在は利用されてなく実に残念な思いがある。都市空間から車をしめ出したときに安らぎの空間と音、音楽が流れたらきっと楽しい街が出来ると考えている。今後ハイブリッド車や電気自動車



図4 騒音制御の基本構成

心で増えていく時代が来れば、いつでも可能になるものとする。しかし昨今、音がしない車が走り出したときに、車の接近に気付かないという安全性が問題になってきている。既に国土交通省から、今後ハイブリッド車や電気自動車には、静音対策用の音を出す装置を義務付ける方針が打ち出された。

そこで、弊社が開発したハイブリッドスピーカーが登場する。このスピーカーは、従来の平面スピーカーとアクチュエーターを組み合わせたものである。高域は平面スピーカーで、低域はマグネット振動によって発生させる。ハイブリッドスピーカーを取り付けた素材(バンパー)を二次振動板として音を発生させる仕組みである。ごく近い将来、実際に車に搭載されるであろう。

このハイブリッドスピーカーは、他にも利用されはじめている。その一例がポスターや広告看板である。現在、節電の影響で電飾看板やポスター用ライトが消え、駅の通路や街頭が薄暗くなり、宣伝用のポスターが見えづらくなっている。そこで、ポスター広告の前に来たとき、そのポスターから音を出し注目を集める試みを行っている。ハイブリッドスピーカーをポスターの裏面に取付け、ポスター自身が振動して音を出している。これも疑似平面波を発生させるので、指向性が生まれる。ポスターの前以外では



写真3 丸の内仲通りの街路スピーカー



図5 静音対策用の音発生イメージ



写真4 ハイブリッドスピーカーを取り付けたバンパー

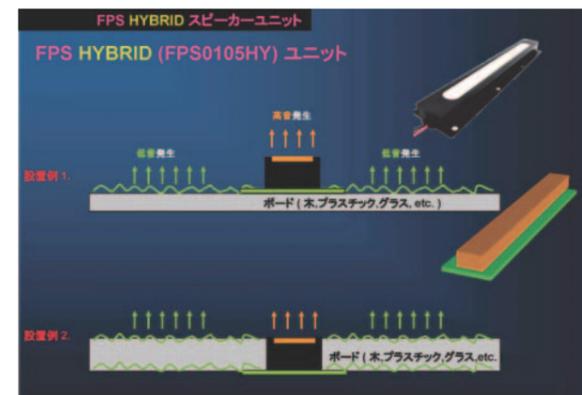


図6 ハイブリッドスピーカー原理図

音が広がらないのとポスター以外に、スピーカーは見えないので不思議な感覚である。また住宅では、ベッドのサイドボード、トイレ、風呂など様々な用途での利用が進められている。

### 安心・安全なまちの音

安心・安全とは、健者にも弱者にも同じでなくはいけない。横断歩道のボタン式でピヨピヨと音の出るものがあるが、視覚障害者の方々にとっては横断歩道の左右方向が分かりにくいと言われている。また、歩道と道路の区別、段差などが分からない。さらに、夜間時には近隣への騒音を避けるために通知音が消されているなど、お年寄りや視覚障害者には実に不親切である。

平面スピーカーとハイブリッドスピーカーを利用することにより、横断歩道の両サイドに平面スピーカーを設置して方向性を音で作り出し、歩道と道路の境界線の床面にハイブリッドスピーカーを埋め込み、下から音を出すことにより、注意を促そうと考えている。既に九州新幹線の出水駅のホームでは、白線の内側にハイブリッドスピーカーを埋め込み、実証実験が行われている。このハイブリッドスピーカーは、特にお年寄りの住宅の階段や玄関の段差にも役に立つのではと考えられる。駅のエスカレーターには上

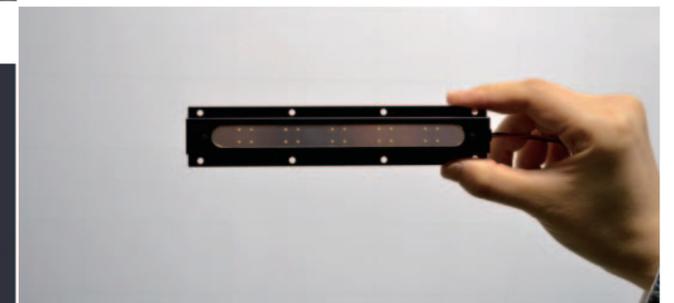


写真5 ハイブリッドスピーカー

り下りの案内用として採用されている。

災害時などに電源が切れてもアナウンスが流れるように、太陽光パネルとバッテリーを組み合わせ、それに無線受信器を入れたスピーカーを開発中である。避難場所に設置して、安全情報の提供に役立つと考えている。災害時以外では、環境音楽や自然界の音を流し、憩いの広場としての環境作りにも役立つと思う。

### 平面波の未来

弊社では平面波スピーカーについて、リサイクルに優れた製品開発を進めている。また、ネットワークの発展や通信速度の向上により、より多くの情報が発信できるようになり、圧縮音でなくても送受信ができるようになり通信機器の音質向上にも役立つ時代が来たと確信している。それにより音源も変化してきた。LPレコード、カセットテープ、CD、ハードディスク、通信機器端末と小型、軽量、大容量化が進んでいる現在、色々な音を簡単に取り出すことが出来、また安価で拡声出来る。色々な場所での情報伝達の必要性も変化してきている。例えば、以前は国際電話が非常に高い料金であったが、今ではSkypeなどを利用すれば非常に安価で会話を楽しむことが出来る。家庭では、台所でも、風呂でも受話器を持たず、またヘッドセットを付けずに会話を楽しめるようなシステム開発の必要性を感じている。平面波の無限なる可能性を信じ、街から騒音を消し、音を通して心地よい街づくりを構築出来る時代が来たと確信している。