

## 居住空間で生じる音響障害の仮想音源による実地調査

### A Field survey on Acoustic disturbance occurred in Residential space by Analysis of virtual sound sources

○横田雅人<sup>1</sup>, 小熊亘<sup>1</sup>, 下山達志<sup>2</sup>, 羽入敏樹<sup>3</sup>, 星和磨<sup>3</sup>

\*Masato Yokota<sup>1</sup>, Wataru Oguma<sup>1</sup>, Tatsushi Shimoyama<sup>2</sup>, Toshiki Hanyu<sup>3</sup>, Kazuma Hoshi<sup>3</sup>

#### 1. はじめに

近年、居住空間における省エネルギー化を目的とした高断熱化、高气密化が進み、反射性の材料が増加したことで音の響き過ぎによる音響障害の起きている住宅が増えている。そのため、居住空間において音響測定的需求が高まっている。

音の拡散性の悪さによって起きる代表的な音響障害として、音の往復反射が強調されて聞こえるフラッターエコーや音の干渉によって音色が変化するカラレーションがある。

音環境快適化のために吸音材配置の検討[1]が行われているが、音の拡散性の研究はされていないのが現状である。

羽入らはカーディオイドマイクを用いた音の方向情報測定法である C-C 法を提案している。本報では、あるモデルハウス内において、インパルス応答を C-C 法によって測定し、仮想音源を求め、音場の特性を検証した。

#### 2. 実験方法

##### 2-1 測定現場

今回の測定で使われたモデルハウスは、一般的な戸建て住宅である。測定点は、モデルハウス内の 2 階にあるファミリースペースである。ファミリースペースにおける、音源の高さは  $h=125\text{cm}$  で受音点の高さは  $R1=R2=110\text{cm}$  である。

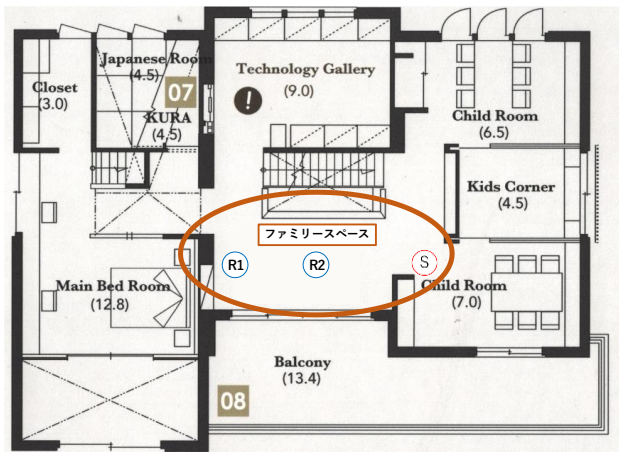


図1 モデルハウス 2 階の平面図

##### 2-2 測定方法

測定におけるダイアグラムを図 2 に示す。音源の 12 面体スピーカーから 20 秒の TSP 信号を放出し、ファミリースペースの受音点 1 及び受音点 2 においてインパルス応答を測定した。レコーダー R-88 (ROLAND) のサンプリング周波数は 48KHz、量子化 24bit で録音した。インパルス応答および方向情報の測定は 6ch の単一指向性マイクロホンを使用する。

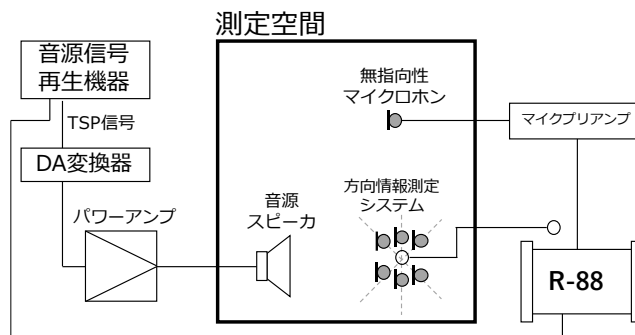


図2 インパルス応答測定ブロックダイアグラム

##### 2-3 解析方法

C-C 法により測定された各プローブにおける応答の暗騒音レベルは等しいと仮定したが異なったため、各プローブの暗騒音レベルが等しくなるように補正を行った。測定したインパルス応答を 200Hz~10000Hz 帯域の範囲において 1/3 オクターブ帯域でフィルタリングし、仮想音源分布を求める。尚 C-C 法で測定された各方向別インパルス応答  $p_i(t)$  により粒子速度  $\vec{u}(t)$ 、無指向性音圧  $p(t)$  を求め、それらの積により瞬時インテンシティ  $\vec{I}(t)$  を算出する。次に、求めた  $\vec{I}(t)$  を用いて下記の式から瞬時インテンシティの空間構造  $\vec{S}(t)$  を算出する。

$$\vec{S}(t) = -\frac{\vec{I}(t)}{|\vec{I}(t)|} \times ct$$

$c$  は音速、 $t$  は受音点に音が届いてからの経過時間、 $\vec{S}(t)$  は 3 次元位置ベクトルの時間変化である

#### 3. 実験結果と考察

ファミリースペース内の受音点 R1、R2 それぞれに

における 250Hz、1000Hz、4000Hz の仮想音源分布の解析結果をそれぞれ図 3、図 4 に示す。尚、x 軸が左右方向、y 軸が前後方向、z 軸が上下方向を示しており、各図の左側が xy 平面、中央が xz 平面、右側が yz 平面の仮想音源を示している。

まず、図 3、図 4 に共通する傾向として、高周波数になるほど仮想音源が上下方向に集中する様子が見られる。このことから、ファミリースペースでは高音域になるほど程度の高いフラッターエコーが発生していると考えられる。さらに、測定したインパルス応答を聴感により確認したところ、高周波数帯域でフラッターエコーが発生していることが分かった。

また、仮想音源が上下方向に集中していることから、フラッターエコーは天井と床の平行壁面間で発生していることが推測できる。一般的な居室空間では、天井面と床面は平行に施工される。したがって、住宅において壁の拡散や吸音に関係なく、フラッターエコーが発生する可能性があるといえるだろう。

また、xy 平面における 4000Hz の分布は左側に集中している。これは、音源に対面した向きで壁があるため、その反射によるもの、あるいはファミリースペースは他の居室空間に音が伝わりやすくなっていることが原因と考えられる。

次に、図 3 と図 4 を比較すると、受音点 R2 より受音点 R1 の仮想音源分布の方が集中している傾向にある。

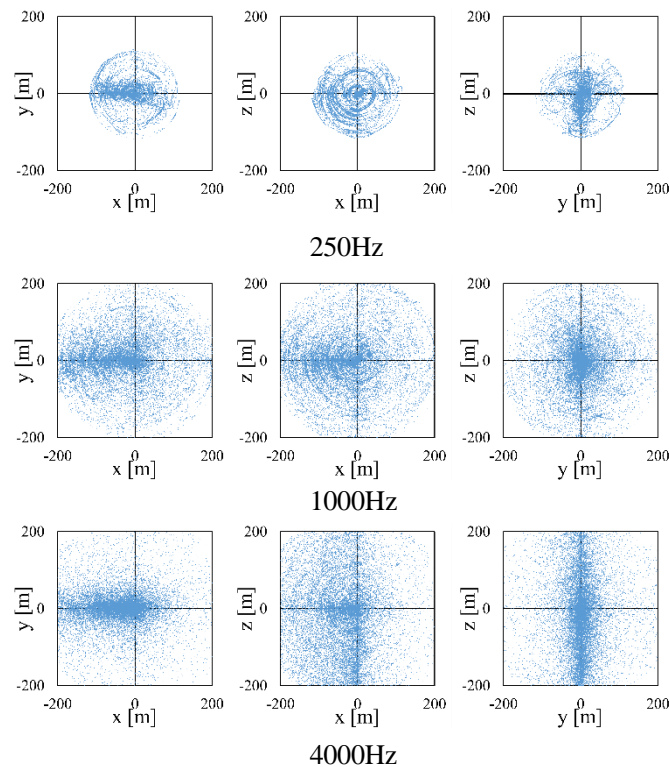


図 3 受音点 R1\_仮想音源分布の解析結果

これは、受音点 R1 の配置が左手の壁面に近いことや、壁面に反射性材料が用いられていたためであると考えられる。

#### 4. おわりに

今回の調査では、あるモデルハウス内で C-C 法を用いてインパルス応答を測定し、仮想音源分布を求めた。その結果から、各測定点において高周波数になるほど、仮想音源分布は上下方向に集中していることが明らかとなり、過度な往復反射であるフラッターエコーの発生を確認できた。

#### 【参考文献】

- [1] 渡辺他、“吸音による住空間の音環境快適化に関する基礎的研究”、日本建築学会環境系論文集、第 76 巻,662 号 345-353,2011.
- [2]羽入他、“減衰除去インパルス応答を用いた室内音場における仮想音源の解析”、日本音響学会講演論文集、2-9-8,2014.
- [3]羽入、“カーディオイドマイクの指向特性と音場測定への応用”音響技術、No.173,30-33,2016
- [4]上野、“コンサートホールの科学”、日本音響学会、96-97,2012.

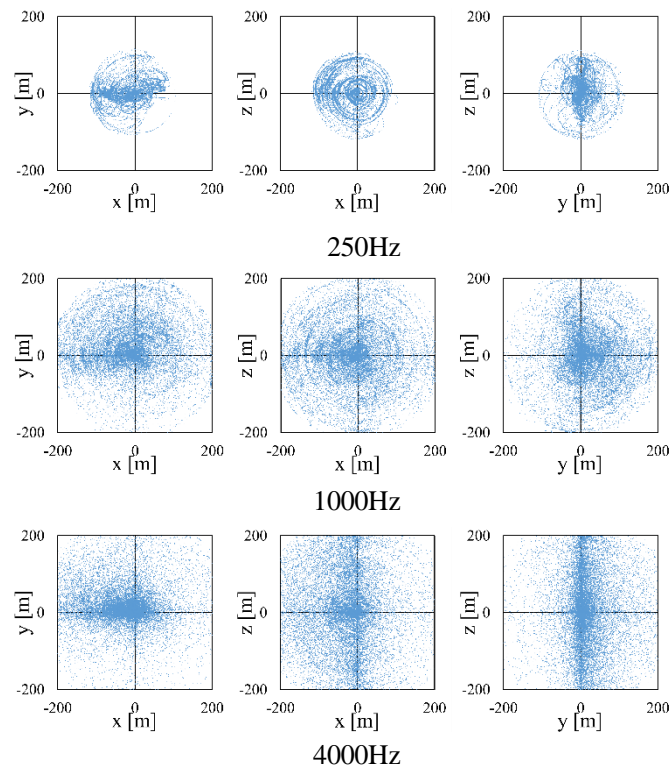


図 4 受音点 R2\_仮想音源分布の解析結果