

楕円フーリエ記述子による音場の拡散性の検討*

◎星和磨（日大・院），羽入敏樹（日大・短大），関口克明（日大・理工）

1 はじめに

室内音場における音場の拡散性については過去に多くの研究例が見られる[1-4]。しかしそれらの多くは、室形状の一部の変化をパラメータとした検討が多く、室形状そのものと音場の拡散性を客観的に述べたものは少ない。そこで筆者らは2次元室形状を楕円フーリエ記述子によって数値化[5,6]し、音場の拡散性との関係を客観的に把握することを試みる。本報では基本的な形状を対象とし、幾何音響シミュレーションを用いて検討を行ったので報告する。

2 正多角形による検討

2.1 検討対象形状

基礎的検討として正 m 角形を対象とした。形状は面積 800m^2 一定とし、頂点数 3, 4, 8, 16, 64, 256 の 6 つを設定した。形状は図 1 のように XY 平面において原点に重心が、かつ Y 軸 + 向きに頂点がくるように配置した。

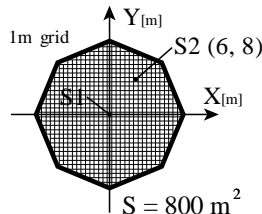


図 1 正多角形の配置及び音源位置

2.2 シミュレーション及び拡散性評価方法

シミュレーションは音線法を用いて行った音の粒子数は 100 万個、音源の位置は図 1 に示す S1, S2 の 2 パターンで検討した。受信は図 1 に示すように形状内に 1 m グリッドのエリア（境界含まず）を設定した。音源より放射状に粒子を飛ばし、0.01 秒毎に各グリッド内に存在する粒子を数え、その数の分散の小ささをその時刻における音場の拡散度合いとした。

2.3 結果と考察

対象形状を 16384 点に離散化し楕円フーリエ解析した[6]。結果を図 2 に示す。これを

みると、頂点数が増すほどスペクトルの密度が疎になっていることがわかる。なお、すべての形状においてスペクトルの勾配は等しく、両対数軸上で勾配-2 の直線になっている。

シミュレーション結果を図 3, 4 に示す。図 3 をみると、頂点数が増加に伴い、周期的なピークディップが見られる。また、頂点数が多いほどその継続時間が長い。その傾向は図 4 に示す音源 S2 の結果も同様であった。このことから形状の振幅スペクトルの密度が疎であるほど、エネルギーの偏りが大きくかつ、その状態が長く継続されることが示唆された。

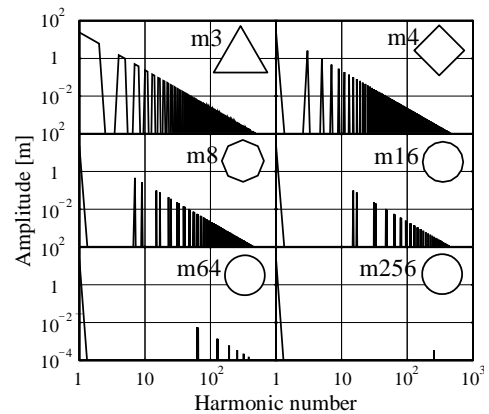


図 2 対称形状の振幅スペクトル

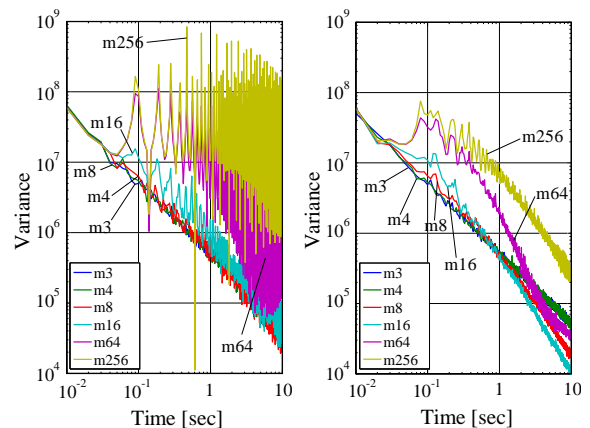


図 3 音源 S1 の結果 図 4 音源 S2 の結果

3 伸張した多角形による検討

3.1 検討対象形状及びシミュレーション条件

対象形状は 2 章で用いた形状の面積を一定に保ち、縦横比を 2:1 にしたもの (e3, e4, e8,

* A basic study on relation between sound diffusivity and elliptic Fourier descriptor of a room shape, by HOSHI Kazuma, HANYU Toshiki, and SEKIGUCHI Katsuaki (Nihon University).

e64, e256) とした。音場のシミュレーション条件、音源位置は2章と同様である。

3.2 結果と考察

楕円フーリエ解析結果を図5に示す。図2と比較すると、縦横比の変化に伴いスペクトルが増えている。しかし、基本スペクトルから傾き-2の直線を引くと、それを上回るスペクトルはない。各音源位置のシミュレーション結果を図6,7に示す。全体的な傾向は2章における正多角形の結果と同様である。音源位置 S1 の図3と図6を比較する。図3 m64, m256 に比べ、図6 e64, e256 は、0.1秒以降の値が減少しているが減衰速度が鈍い。この傾向は音源 S2 の図4と図7の比較でもみられる。これはピークの周期が広がっていることから、長手方向の反射によるエネルギーの偏りが残るためと考えられる。

2,3章の検討結果から、形状の振幅スペクトルの密度が疎であるほど、エネルギーの偏りが大きくかつ、その状態が長く継続されることが示唆された。しかし、2章と3章の結果の違いをはっきりと説明するには至らない。音源位置を多くする、形状の位相スペクトルを考慮するなどのさらなる検討が必要であろう。

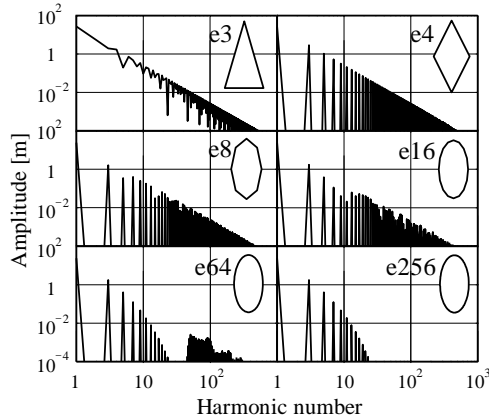


図5 対象形状の振幅スペクトル

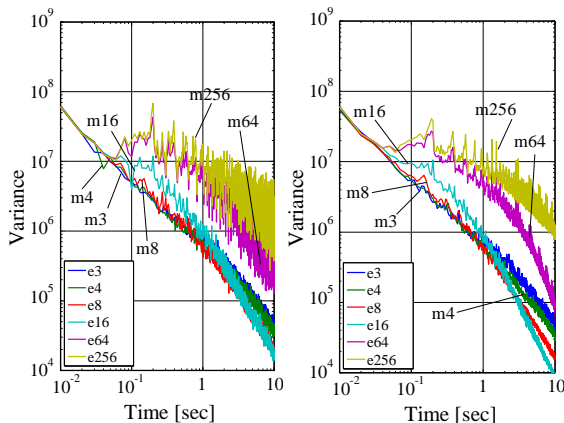


図6 音源 S1 の結果 図7 音源 S2 の結果

4 拡散体の効果

拡散体を段階的に付加した形状の振幅スペクトルと拡散の関係を調べた。対象形状 r, r1, r2, r3 を図9内に示す。一辺が28mの正方形、拡散体の幅4m高さ1mである。音源位置は形状の中心とした。その他条件は2章と同様である。

楕円フーリエ解析結果を図9に示す。これを見ると、拡散体が増えるほど基本スペクトルから両対数で勾配-2の直線を越えるスペクトルの値が大きくなっている。シミュレーション結果を図10に示す。拡散体のない r は両対数で勾配-1を保ち減衰するが、拡散体が増えるほど、その直線から早く逸脱し分散値が小さくなる。以上より、形状の基本スペクトルから両対数で勾配-2の直線を引き、それを越えるスペクトルによって、拡散を促す形状の有無及び、その程度を予測できることが示唆された。

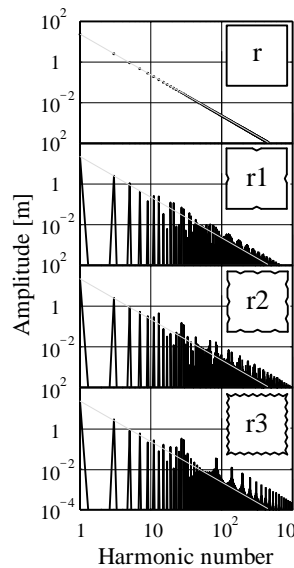


図9 対象形状の振幅スペクトル

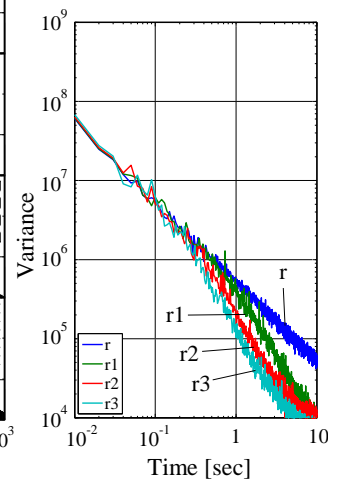


図10 エネルギー分散曲線

5 まとめ

本検討から形状の振幅スペクトルの疎密や、卓越したスペクトルの有無及びその程度が音場の拡散と関係していることが示唆された。引き続き検討を行い客観評価に結びつけたい。

参考文献

- [1] 二村他, 日本音響学会誌第10巻4号, 245-250, 1954
- [2] 鮫島他, 信学技報, EA96-41, 23-29, 1996.
- [3] R.Tomiku *et al*, Acoust. Sci. Tech., 26 (2), 225-228, 2005.
- [4] 小坂他, 音講論 (春), 821-822, 2006.
- [5] F. Kuhl *et al*, Comp. Graph. Ima. Proc. 18, 236-258, 1982.
- [6] 星他, 日本建築学会環境系論文集, 610, 1-9, 2006