

正多角形の平面形状をもつ室の音響的な不規則性に関する研究*

森山欣昭, 李容子, 伊勢史郎 (京大・工/JST・CREST)

1 はじめに

一般に規則的な室形状では音響モードが周期性をもつため、音響的に好ましい状態が得られない。例えば平面が正方形の室に比べて、正五角形の室では平行面が少なくなるため、モードの偏りが分散され、音響的には好ましくなることが予想される。

本稿では正多角形の平面形状をもつ室の壁面の数と音響モードの分布を境界要素法により解析し、音響的に適切な壁面の数を見出すことを目指す。音響モードを生じさせる周波数を特定する手法を提案し、またその不規則性の評価を試みる。

2 シミュレーション

境界要素法 (以下 BEM) による数値計算を行い、周波数応答を算出した。0 - 1.5 kHz まで周波数帯域を 1024 等分し、1.465 Hz 間隔で解析を行った。室形状は半径 1500 mm の円に外接する正多角形を選定し、正方形から正十三角形の剛な壁面を与えた。各形状、一つの頂点に点音源を仮定し、35 mm 間隔で室内全域を計算した。

3 音響モードの解析

シミュレーションにより得た数値をもとに、音響モードの解析を行った。全点における周波数応答の値から、音響モードが生じる周波数を特定し、その周波数を解析することで不規則性の評価を行った。

3.1 音響モードの特定

BEM で得られた周波数応答より音響モードが生じる周波数を特定する方法を Fig. 1 に示す。

極大値は式 (1) を満たす $V[f_n]$ を選択した。

$$V[f_{n-1}] < V[f_n], V[f_{n+1}] < V[f_n] \quad (1)$$

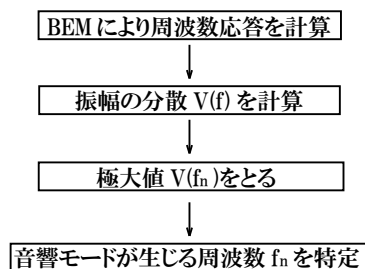


Fig. 1 Selection of modal frequencies.

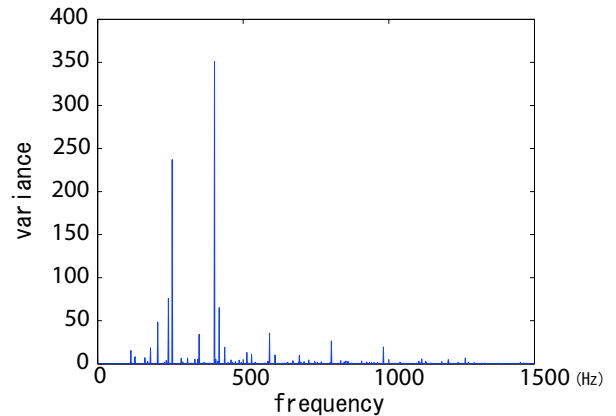


Fig. 2 Variance-Frequency of square.

Table 1 Number of modal frequencies.

number of walls	sample
4	182
5	175
6	129
7	150
8	165
9	154
10	160
11	155
12	157
13	149

正方形における分散と周波数の関係を Fig.2 に示す。Fig. 2 より分散が極大値となる点を 182 サンプル選択した。これを音響モードが生じる周波数と判断したところ、理論式 (2) と一致した結果が得られた。 L_x , L_y は正方形の一辺の長さである。

$$f_n = c/2\sqrt{(n_x/L_x)^2 + (n_y/L_y)^2} (n_x, n_y = 0, 1, 2, 3, \dots) \quad (2)$$

この手法を正五角形から正十三角形にも適用させた。得られたサンプル数を Table. 3.1 に示す。

3.2 不規則性の評価

不規則性の評価をする指標として、倍音を生じさせる周波数の数を用いた。つまり前節で得られたサンプルのうち、ある周波数を基音とし、その周波数を 2 以上の整数倍したものを検出し、それを累計したものを指標とした。Fig.3 にその手順を示す。

この手法を用いて、倍音を生じさせる周波数の数を正方形から正十三角形まで求めた。結果を Table.3.2 に、各形状ごとの累計数 H の値を Fig.4 示す。

*Study on the acoustic irregularity of a room with a regular polygonal planer shape. by MORIYAMA Yoshiaki, LEE Yoko and ISE Shiro(Kyoto Univ./JST・CREST)

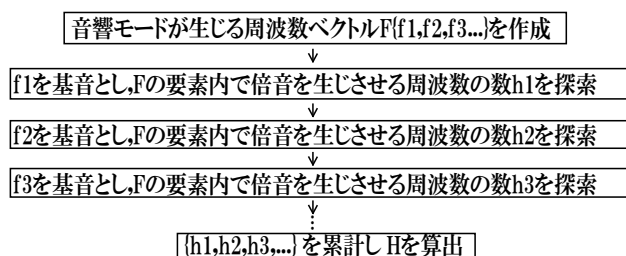


Fig. 3 Calculation of number of harmonic tones.

Table 2 Number of modal frequencies.

	f_1	f_2	f_3	f_4	...	H
	h_1	h_2	h_3	h_4	...	
4	114.3	128.9	162.6	171.4	...	
	12	10	8	7	...	151
5	102.5	127.4	145.0	164.1	...	
	11	8	9	6	...	108
6	104.0	131.8	183.1	222.7	...	
	10	10	5	3	...	78
7	106.9	134.8	145.0	186.0	...	
	10	9	8	7	...	89
8	108.4	136.2	147.9	177.2	...	
	10	8	7	7	...	105
9	108.4	136.2	147.9	177.2	...	
	10	9	8	6	...	96
10	109.9	137.7	150.9	189.0	...	
	9	8	8	5	...	86
11	109.9	137.7	150.9	191.9	...	
	8	8	7	5	...	95
12	109.9	137.7	150.9	191.9	...	
	10	8	6	6	...	90
13	109.9	139.2	152.3	191.9	...	
	9	6	6	5	...	80

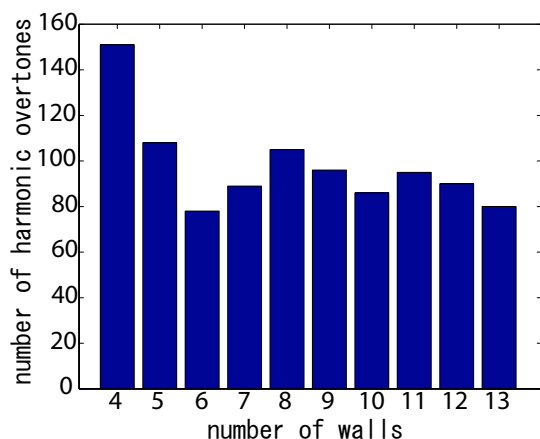


Fig. 4 Summation of harmonic tones.

4 考察

Table.3.1 より正方形において音響モードを生じさせる周波数が 182 と、最も多いことがわかる。正方形から正五角形へと壁面の数を 1 増やせば、その発生数が 7 抑制される。正八角形と正九角形では 9、正十角形と正十一角形では 5、正十二角形と正十三角形では 12、音響モードの発生数が壁面の数の増加に伴い抑制されている。正六角形において音響モードの発生数が著しく少なくなっているが、これは周波数分解能が不十分なため音響モードが発生する周波数を全て特定できなかったことに起因する可能性がある。

Table.3.2, Fig.4 より音響モードを生じさせる周波数における倍音を生じさせる周波数の数について考察する。正方形において倍音を生じさせる周波数は 151 と最も多く検出された。正六角形においてその数は 78 と最も少ないが、これは Table.3.1 が示すようにサンプル数が他に比べて少なかったことの影響が考えられる。正方形から正六角形、正八角形から正十角形にかけて、また正十一角形から正十三角形にかけて倍音を生じさせる周波数の数に減少傾向が読み取れる。特に正九角形と正十角形を Table.3.1 を用いながら比較すると、サンプル数が後者の方が多くにも関わらず、倍音を生じさせる周波数の数は少なくなっていることがわかる。これは正十一角形と正十二角形の関係においても同様である。

5 まとめ

本稿では正多角形の平面形状をもつ室の壁面の数と音響モードの分布を境界要素法により解析し、音響的に適切な壁面の数を見出すことを試みた。BEM による数値計算結果を解析し、室全体の振幅の分散の極大値を検出することで音響モードを生じさせる周波数を特定する手法を提案した。また、その不規則性についても倍音を生じさせる周波数の数を特定することで評価を試みた。

正方形に比べ壁面の数を増やした正多角形において、音響モードの偏りが分散される傾向を評価できる可能性を示したが、壁面の数によっては音響モードを生じさせる周波数を精度よく特定できていないことも考えられる。精度のよい評価を得るためには、周波数分解能を高め、解像度を上げる必要があると考える。

謝辞 本研究は科学技術振興機構 戦略的創造研究推進機構 (CREST) の研究助成を受けた。

参考文献

- [1] 前川純一, “建築音響 (増訂版),” 共立出版, 1978
- [2] P.A.Nelson, S.J.Elliot, “Active Control of Sound,” ACADEMIC PRESS, 1992