

## 波動理論に基づく任意多孔質型吸音構造の吸音率推定に関する研究

広沢, 邦一

<https://doi.org/10.15017/458908>

---

出版情報 : Kyushu University, 2004, 博士 (芸術工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

# 目次

<b>第1章</b>	<b>序論</b>	<b>1</b>
1.1	本研究の背景	1
1.2	既往の研究	3
1.3	本研究の目的と本論文の構成	5
<b>第2章</b>	<b>境界要素法による3次元空間の音場解析</b>	<b>7</b>
2.1	Helmholtz-Huygens 積分方程式	7
2.2	境界要素法による音圧の解析	12
2.2.1	単一領域の定式化	12
2.2.2	複数領域の連成問題の定式化	18
2.3	境界要素法による粒子速度の解析	32
2.4	境界要素解析の妥当性に関する検討	34
2.4.1	矩形室内音場における音圧と粒子速度の厳密解	35
2.4.2	音圧の厳密解と境界要素解析解の比較	36
2.4.3	音響インテンシティの厳密解と境界要素解析解の比較	36
2.4.4	境界要素法における点音源の音響放射パワーについて	39
<b>第3章</b>	<b>吸音率の定義と多孔質材料の音響特性モデル</b>	<b>47</b>
3.1	本論文における吸音率の定義	47
3.1.1	斜入射吸音率 $\alpha_\theta$ の算出方法	49
3.1.2	統計入射吸音率 $\alpha_{\text{stat}}$ の算出方法	51
3.1.3	斜入射吸音率の測定について	53
3.1.4	1/3 オクターブバンドの周波数分析について	54
3.2	多孔質材料の音響特性モデル	55
3.2.1	本論文における多孔質材料の取り扱いについて	55
3.2.2	多孔質材料の特性インピーダンスと伝搬定数	55
<b>第4章</b>	<b>剛壁密着状態の薄い多孔質材料</b>	<b>63</b>
4.1	解析モデル	63
4.1.1	単一領域の境界要素法に対する解析モデル	64
4.1.2	領域結合型境界要素法に対する解析モデル	65

4.2	境界要素法による斜入射吸音率の推定	68
4.2.1	境界要素法における手法の違い	68
4.2.2	面積効果について	69
4.3	統計入射吸音率と残響室法吸音率	76
4.3.1	残響室法吸音率の測定方法と試料	76
4.3.2	統計入射吸音率と残響室法吸音率の比較	76
4.3.3	統計入射吸音率における面積効果	78
4.4	まとめ	81
<b>第5章</b>	<b>反射面と平行に浮いている薄い多孔質材料</b>	<b>83</b>
5.1	領域結合型境界要素法に対する解析モデル	84
5.2	統計入射吸音率と残響室法吸音率	87
5.2.1	残響室法吸音率の測定方法と試料	87
5.2.2	統計入射吸音率と残響室法吸音率の比較	87
5.2.3	統計入射吸音率と残響室法吸音率の距離特性	89
5.3	領域結合型境界要素法による斜入射吸音率の推定	92
5.4	まとめ	96
<b>第6章</b>	<b>剛壁密着状態の厚い多孔質材料</b>	<b>97</b>
6.1	解析モデル	98
6.1.1	解が一意に定まらない固有周波数の存在	98
6.1.2	単一領域の境界要素法に対する解析モデル	99
6.1.3	領域結合型境界要素法に対する解析モデル	102
6.2	境界要素法による斜入射吸音率の推定	108
6.2.1	境界要素法における手法の違い	108
6.2.2	グラスウールの音響特性モデルによる違い	113
6.3	統計入射吸音率と残響室法吸音率	116
6.3.1	残響室法吸音率の測定方法と試料	116
6.3.2	統計入射吸音率と残響室法吸音率の比較	116
6.3.3	グラスウールの音響特性が統計入射吸音率へ与える影響	118
6.3.4	音場入射を仮定した場合の吸音率	120
6.4	まとめ	122
<b>第7章</b>	<b>閉じた背後空気層を持つ薄い多孔質材料</b>	<b>123</b>
7.1	解析モデル	124
7.1.1	単一領域の境界要素法に対する解析モデル	124
7.1.2	領域結合型境界要素法に対する解析モデル	126

7.2	境界要素法による斜入射吸音率の推定 . . . . .	130
7.2.1	境界要素法における手法の違い . . . . .	130
7.2.2	グラスウールの音響特性モデルによる違い . . . . .	138
7.3	統計入射吸音率と残響室法吸音率 . . . . .	139
7.3.1	残響室法吸音率の測定方法と試料 . . . . .	139
7.3.2	統計入射吸音率と残響室法吸音率の比較 . . . . .	139
7.3.3	グラスウールの音響特性が統計入射吸音率へ与える影響 . . . . .	142
7.3.4	音場入射を仮定した場合の吸音率 . . . . .	142
7.4	まとめ . . . . .	145
<b>第 8 章</b>	<b>吸音体への入射条件を考慮した吸音率</b>	<b>147</b>
8.1	音響インテンシティについて . . . . .	148
8.2	残響室内のアクティブインテンシティ分布 . . . . .	150
8.2.1	計算条件 . . . . .	150
8.2.2	数値計算例 . . . . .	151
8.3	吸音体設置位置周辺の瞬時インテンシティ解析 . . . . .	159
8.3.1	残響室内における吸音体設置位置周辺の瞬時インテンシティ . . . . .	159
8.3.2	半自由空間における瞬時インテンシティ . . . . .	160
8.4	吸音体設置位置への入射条件としてのアクティブインテンシティ解析 . . . . .	168
8.4.1	解析方法 . . . . .	168
8.4.2	数値計算例 . . . . .	169
8.5	入射条件を考慮した残響室法吸音率の推定 . . . . .	174
8.5.1	残響室法吸音率の測定方法と対象とする吸音構造 . . . . .	174
8.5.2	入射条件の数値解析への適用方法 . . . . .	174
8.5.3	実測の残響室法吸音率との比較検討 . . . . .	175
8.6	まとめ . . . . .	178
<b>第 9 章</b>	<b>総括</b>	<b>179</b>
9.1	研究成果のまとめ . . . . .	179
9.2	今後の課題と将来への展望 . . . . .	184
	<b>謝辞</b>	<b>187</b>
<b>付 録 A</b>	<b>境界要素法における数値積分の処理</b>	<b>189</b>
A.1	境界要素について . . . . .	189
A.2	被積分要素 $S_j$ 上にソース点 $\mathbf{r}_i$ が無い場合 . . . . .	190
A.2.1	$g_{S_j,k}(\mathbf{r}_i)$ の計算 . . . . .	190

A.2.2	$h_{S_{j,k}}(\mathbf{r}_i)$ の計算	192
A.3	被積分要素 $S_j$ 上にソース点 $\mathbf{r}_i$ が存在する場合	193
A.3.1	$g_{S_{j,k}}(\mathbf{r}_i)$ の計算	193
A.3.2	$h_{S_{j,k}}(\mathbf{r}_i)$ の計算	201
参考文献		203