

# 目 次

1 章 音波と聴覚の基礎	1
1・1 音 波	1
1・2 音の伝搬速度	3
1・3 インピーダンス	4
1・4 音の強さとレベル	5
A. 音の強さ	5
B. 音のエネルギー密度	5
C. デシベル尺度	6
D. デシベル値のエネルギー和とエネルギー平均	7
1・5 反射・吸収・透過	8
1・6 干渉・回り・定在波	11
1・7 残 響	12
1・8 音の大きさとラウドネスレベル	13
A. ラウドネスレベル	13
B. ラウドネス（音の大きさ）	14
C. Weber-Fechner の法則	14
D. 騒音レベル	15
1・9 可聴範囲	15
1・10 音の高さと音色	15
1・11 マスキング効果	18
1・12 両耳効果と音像の定位	19
1・13 話声の性質	19
A. スペクトルとレベル分布	19
B. 話声の指向性	20
C. 母音と子音	20
1・14 明瞭度	21

演習問題 1 .....	22
<b>2章 騒音・振動の測定と評価 .....</b>	<b>23</b>
<b>2・1 音 / 騒音の測定 .....</b>	<b>23</b>
A. 騒音計 .....	23
a. 騒音計の構成 .....	23
b. 周波数補正回路 .....	23
c. 指示機構の動特性 .....	24
d. 暗騒音の補正 .....	24
e. その他の影響を避ける方法 .....	25
1. 反射・回折の影響 .....	25
2. 風の影響 .....	25
3. 振動の影響 .....	25
4. 電磁場の影響 .....	25
5. 温湿度の影響 .....	25
B. 周波数分析 .....	25
a. オクターブバンド分析器 .....	26
b. 1 / 3 オクターブバンド分析器 .....	26
c. リアルタイム分析器 .....	26
d. その他 .....	27
e. 分析結果の整理と変換 .....	27
C. データの記録 .....	27
a. レベルレコーダー .....	27
b. データーレコーダー .....	27
D. 音響インテンシティ測定 .....	28
E. 測定システムの構成 .....	28
<b>2・2 騒音の評価 .....</b>	<b>28</b>
A. 騒音汚染 .....	28
a. 生活妨害 .....	28
b. 人体影響 .....	28
c. 社会的影響 .....	29

B.	定常騒音の評価	29
a.	ラウドネスレベルと騒音レベル	29
b.	騒音の“やかましさ”とPNL	29
c.	騒音の周波数特性による評価	30
1.	SIL	30
2.	NC または NCB	30
3.	NR 曲線	30
4.	聴覚保護のための基準	31
C.	変動騒音の測定と評価	31
a.	統計値またはサンプリングによる測定	32
b.	エネルギー積算値による測定と評価	32
1.	$L_{Aeq, T}$ 等価騒音レベル	32
2.	$L_{AE}$ 単発騒音暴露レベル	33
3.	$L_{dn}$ 昼夜・等価騒音レベル	33
4.	$L_{den}$ 昼夕夜・等価騒音レベル	34
D.	我が国の騒音規制	34
a.	一般環境基準	34
b.	作業環境管理のための基準	34
c.	航空機騒音の環境基準	35
d.	その他の騒音の規制	35
<b>2・3</b>	<b>振動の測定</b>	<b>36</b>
A.	人体の振動感覚	36
a.	振動の等感度曲線	36
b.	環境振動の評価	37
B.	振動の測定機器	37
a.	振動計の構成	37
b.	周波数補正回路	37
c.	指示機構の動特性	38
d.	振動の測定と分析	38
C.	わが国の振動規制	38

2・4	公害振動の伝搬	39
	A. 振動汚染の発生	39
	B. 距離減衰と伝搬径路での遮断	39
	C. 振動汚染の評価基準	39
2・5	超低周波音と低周波騒音	40
	演習問題 2	40
3章	室内音響	42
3・1	室内の音場	42
	A. 室内音場の特徴	42
	B. 幾何音響学と波動音響学	42
3・2	室の固有振動	43
	A. 管の中の固有振動	43
	B. 直方体室の固有振動	45
	C. 固有周波数の数と分布	47
	D. 室の形と固有周波数分布	47
	E. 伝送特性	48
	F. 周壁吸音の影響	48
3・3	残響時間	49
	A. 拡散音場の仮定	49
	B. 拡散音場の周壁への入射音	49
	C. 残響理論	50
	a. Sabine の残響式の誘導	50
	b. Eyring の残響式	51
	c. 空気吸取の影響を加えた残響式	52
	D. 残響公式の適用限界	53
3・4	室内音場分布	53
	A. 無指向性音源の場合	53
	B. 指向性をもつ音源の場合	55
3・5	反響（エコー），その他の特異現象	55
	A. 反響（エコー）	55

B.	フラッターエコー	56
C.	カラレーション	56
D.	ささやきの回廊	56
E.	音の焦点とデッドスポット	56
<b>3・6</b>	<b>室内音響の測定と評価</b>	<b>57</b>
A.	受聴点における室内音場	57
B.	残響音に関する測定	57
a.	残響曲線の凹凸や折れ曲がり	57
b.	帯域信号による測定	58
c.	インパルス応答の測定	59
d.	残響時間の測定法	59
C.	残響特性の評価	59
a.	最適残響時間	59
b.	残響時間の周波数特性	60
c.	残響感を表す指標	61
D.	時系列信号としての測定と評価	62
a.	時間軸上の評価	62
b.	音圧の2乗積分値による評価	62
c.	エネルギーに時間の重みを付ける方法	63
E.	伝送特性に関する測定	63
a.	雑音による伝送特性の測定	63
b.	伝達関数	63
c.	変調度伝達関数, M.T.F. の測定	63
F.	空間情報に関する測定と評価	64
a.	音圧分布の測定	64
b.	音場の拡散性の評価	64
c.	到来音の方向別エネルギーによる評価	65
d.	指向拡散度の測定	66
e.	近接4点法による測定	67
f.	両耳間相互相関度の測定	67
G.	コンサートホールの総合評価	68

演習問題 3 .....	69
<b>4章 吸音と材料・構造</b> .....	<b>70</b>
<b>4・1 吸音機構の分類</b> .....	70
A. 多孔質型吸音 .....	70
B. 板振動型吸音・膜振動型吸音 .....	70
C. 共鳴器型吸音 .....	71
<b>4・2 吸音率と音響インピーダンスの測定</b> .....	71
A. 垂直入射吸音率と音響インピーダンス .....	71
B. 斜入射吸音率 .....	74
a. 測定法 .....	74
b. 局部作用の仮定 .....	74
C. 乱入射吸音率 .....	75
a. 統計吸音率の計算 .....	75
b. 残響室法吸音率の測定 .....	75
c. 垂直入射吸音率と乱入射吸音率との関係 .....	76
d. 面積効果 .....	77
<b>4・3 多孔質型の吸音特性</b> .....	78
A. 材料の厚さと空気層 .....	78
B. 材料の密度と流れ抵抗 .....	79
C. ポロシティと構造係数 .....	80
D. 多孔質型吸音特性に対する施工の影響 .....	80
<b>4・4 板（膜）振動型の吸音特性</b> .....	81
<b>4・5 単一共鳴器の吸音特性</b> .....	83
<b>4・6 穿孔板およびスリットによる吸音構造</b> .....	84
A. 穿孔板による共振周波数 .....	84
B. スリットによる共振周波数 .....	84
C. 空気層が大きい場合 .....	85
D. 吸音特性 .....	86
<b>4・7 市販材料と設計施工に関する注意</b> .....	87
<b>4・8 特殊吸音構造</b> .....	89
A. 可変型吸音構造 .....	89

B. 懸垂吸音体または空間吸音体	89
C. 吸音楔と無響室	90
演習問題 4	90
<b>5章 野外の騒音伝搬と防止</b>	92
<b>5・1 野外における騒音伝搬</b>	92
A. 距離による減衰	92
a. 点音源からの距離減衰	92
b. 線音源からの距離減衰	92
c. 面音源からの距離減衰	94
B. 反射面の影響	95
C. 過剰減衰	96
a. 空気の吸音による過剰減衰	96
b. 気象条件による過剰減衰	96
c. 地面の影響による過剰減衰	98
<b>5・2 塀・つい立てによる遮音</b>	99
A. 図表による近似計算	99
B. 厚さの大きい障害物の近似計算	101
C. 音源の広がりの影響	101
D. 地面の吸音の影響	101
E. 植樹や森林の遮音効果	102
F. 防音塀設計の新しい傾向	102
演習問題 5	103
<b>6章 空気音の伝搬と防止</b>	104
<b>6・1 透過損失</b>	104
A. 室内外の騒音伝搬	104
a. 隣室間の騒音伝搬	104
b. 外部より室内への侵入	105
c. 室内より外部への騒音伝搬	105
B. 総合透過損失	105
<b>6・2 空気音遮断の測定と評価</b>	106

A.	透過損失の測定	106
B.	測定資料	107
C.	現場の遮音測定	107
D.	遮音の単一数値による評価	108
<b>6・3</b>	<b>単層壁の遮音に関する質量則</b>	108
A.	垂直入射の質量則	108
B.	乱入射の場合の質量則	110
<b>6・4</b>	<b>コインシデンス効果</b>	111
<b>6・5</b>	<b>単層壁の遮音周波数特性</b>	113
<b>6・6</b>	<b>2重壁の遮音</b>	113
A.	2重壁による遮音構造	113
B.	2重壁の理論	114
C.	太鼓張間仕切壁の遮音性	117
D.	サンドイッチパネル	117
<b>6・7</b>	<b>開口・透き間の影響と扉の遮音</b>	118
A.	開口と透き間	118
B.	窓・出入口の遮音	119
<b>6・8</b>	<b>側路伝搬</b>	119
A.	重量構造物の場合	120
B.	側路伝搬を分離する構造	120
C.	音の放射を減少する対策	120
<b>6・9</b>	<b>送気ダクトの消音</b>	121
A.	管中の音波の自然減衰	121
a.	断面変化による減衰	121
b.	開口端反射減衰	122
c.	直角曲がりの減衰	122
B.	ダクトの消音装置	123
C.	内張りダクト	123
D.	空洞型消音器	124
E.	吸音チャンバ	125
F.	共鳴器型消音器	126



演習問題 6 .....	127
<b>7章 固体音と振動の防止</b> .....	128
<b>7・1 固体音の伝搬と放射</b> .....	128
A. 固体音の発生 .....	128
B. 固体音の伝搬と測定 .....	129
C. 振動体からの音の放射 .....	130
a. ピストン振動の音響放射係数 .....	130
b. 曲げ振動の音響放射係数 .....	131
c. 周壁の振動による室内音圧レベル .....	131
<b>7・2 固体音の減衰</b> .....	132
A. 断面変化による減衰 .....	132
B. 直角曲がりと分岐による減衰 .....	132
C. 異種材料による減衰 .....	133
D. 現実の建物内での固体音の減衰 .....	133
<b>7・3 床衝撃音の遮音測定と評価</b> .....	134
A. 床衝撃音の実験室測定 .....	134
B. 床衝撃音の現場測定 .....	135
C. 床衝撃音の単一数値評価 .....	135
D. 床衝撃音の減衰 .....	136
<b>7・4 防振の原理</b> .....	136
A. 1自由度系の振動 .....	136
B. 防振設計 .....	138
C. 防振材料 .....	139
a. 鋼製コイルバネ .....	139
b. 防振ゴム .....	139
c. コルク .....	140
d. フェルト .....	140
e. 空気バネ .....	140
<b>7・5 設備機械の防振</b> .....	140
A. 機械の防振基礎 .....	140
B. 配管類の防振 .....	141

7・6	浮き構造	141
	A. 浮き床および浮き天井	141
	B. 完全浮き構造	142
	演習問題 7	142
<b>8章</b>	<b>環境騒音振動の防止計画</b>	143
8・1	騒音・振動防止の基本方針	143
8・2	必要減衰量の把握	144
	A. 騒音・振動源の判定	144
	B. 伝達経路の判定（既存減衰量の算定）	145
	C. 許容値の決定	146
	D. 必要減衰量の算定	146
8・3	騒音・振動対策の実施計画	146
	A. 騒音・振動源対策	147
	B. 配置計画	147
	C. 遮音計画	148
	D. 吸音計画	148
	E. その他・電気音響設備について	149
8・4	騒音防止計画の実例	149
	A. 外部騒音の防止計画	149
	B. 工場の騒音公害防止計画	150
	C. 室内の騒音源に対する騒音防止	151
	D. コンピュータモデルと縮尺模型の応用	151
	E. 空調騒音の防止計画	152
	a. 室内グリル発生騒音	152
	b. ダクト内気流騒音	152
	c. 管壁を透過する騒音	153
	d. 共通ダクトの室相互間のクロストーク	153
	e. 送風機騒音	153
	f. ダクトを伝搬する固体音	154
	演習問題 8	155

<b>9章 室内音響計画</b> .....	156
<b>9・1 室内音響の計画目標</b> .....	156
<b>9・2 室の形の設計</b> .....	156
A. 基本方針 .....	156
a. 直方体室の寸法比 .....	157
b. 周壁の形と音の反射 .....	157
c. エコー, フラッターエコーの防止 .....	157
B. 各部の形の選択 .....	158
a. 断面の形 .....	158
b. 平面の形 .....	159
c. 反射板 .....	160
d. 拡散体 .....	160
C. 幾何作図法による室の形の検討 .....	161
<b>9・3 残響計画</b> .....	162
A. 最適残響時間の決定 .....	162
a. 室容積と用途による決定 .....	162
b. 残響時間の可変装置の問題 .....	162
c. 電気音響設備に対する考慮 .....	162
B. 室容積の決定 .....	162
C. 吸音計画 .....	163
<b>9・4 コンピュータシミュレーションと模型実験</b> .....	165
A. コンピュータによる室内音場計算 .....	165
a. 幾何音響学による設計支援システム .....	165
b. 波動論による音場解析 .....	166
B. 模型実験 .....	166
a. 水面波法 .....	166
b. 光線法 .....	166
c. 超音波法 .....	166
<b>9・5 室内音響計画の実際</b> .....	167
A. 学校教室 .....	167
B. 体育館 .....	167

C. 劇場	168
D. コンサートホール	168
E. 多目的ホール	170
演習問題 9	171
<b>10章 電気音響設備</b>	<b>172</b>
<b>10・1 電気音響設備の機能と目的</b>	<b>172</b>
A. 拡声設備	172
B. 再生設備	172
C. 録音（再生）機器	172
D. 付属機器	172
E. 非常用放送設備	174
<b>10・2 拡声設備計画の概要</b>	<b>174</b>
A. スピーカーに要求される機能	174
B. 音源からの放射パターン	174
a. スピーカーの集中配置方式	174
b. スピーカーの分散配置方式	175
c. スピーカーの集中分散併用方式	176
d. 線音源と面音源の適用	178
e. 音場制御のための分散配置	179
<b>10・3 電気音響設備の構成機器</b>	<b>180</b>
A. 拡声設備の基本構成	180
B. 調整系機器	181
C. 入出力系機器	182
a. マイクロホン	182
b. ワイヤレスマイクロホン	182
c. 録音再生機器	182
d. スピーカー	183
e. 電力増幅器	184
<b>10・4 ハウリングの防止対策</b>	<b>184</b>
<b>10・5 建築に関する計画と設計</b>	<b>185</b>
A. 音響調整室の配置と計画	185

B. 調整室のモニターシステム	186
C. 付属室	186
D. マイクロホン・スピーカーの設置	187
a. マイクロホンの設置と配線	187
b. スピーカーの設置上の問題	187
<b>10・6 電気音響設備の性能評価試験</b>	188
A. 最大音圧レベルの測定	188
B. 伝送周波数特性	188
C. 定常音圧分布	189
D. 安全拡声利得	189
E. 残留ノイズ	189
<b>10・7 非常用放送設備</b>	190
A. 設置を必要とする建築物の基準	190
B. 技術基準の要綱	190
C. 非常用スピーカーの性能基準	190
演習問題 10	191
<b>11章 補 遺</b>	192
<b>11・1 波動方程式</b>	192
A. 体積弾性率	192
B. 平面波の波動方程式	192
C. 媒質の特性インピーダンス	193
D. 3次元空間の波動方程式	194
E. 球面波の方程式と音響インピーダンス	194
<b>11・2 電気・機械・音響振動系の等価回路と時定数</b>	195
A. 電気系・機械系の対応	195
B. 単一共振系	196
C. 周波数特性	198
D. 音響振動系	198
E. 積分回路の時定数	199
<b>11・3 フーリエ変換と相関関数</b>	201
A. フーリエ変換	201

B. 単位インパルス関数とたたみ込み積分	202
C. 自己相関関数	203
D. 相互相関関数	204
E. 音響インテンシティ測定への応用	204
11・4 聴覚構造の概要	205
11・5 騒音のラウドネスレベルの計算 (A) Zwicker の方法	206
11・6 騒音のラウドネスレベルの計算 (B) Stevens の方法	207
11・7 騒音のやかましさ (PNdB) の計算	208
A. PNL (Perceived noise level)	208
B. EPNL (Effective PNL)	209
11・8 カプルドルーム (結合室) の残響	210
11・9 Schroeder による残響時間測定法	211
11・10 多層吸音構造の吸音特性	212
A. 吸音材料の性質	212
B. 単層材料の場合	212
C. 多層吸音構造の場合	213
11・11 スミス図表と定在波法	214
A. スミス図表の構成	214
B. スミス図表の使い方	215
11・12 各国における建築物の遮音基準	216
A. 壁の遮音基準	216
B. 床衝撃音に対する遮音基準	217
C. アメリカ合衆国における遮音基準 STC と IIC	217
D. 日本における遮音基準	218
11・13 騒音源のパワーレベルの測定と指向係数の決定	219
A. 自由空間または野外での音圧測定による方法	219
B. 残響室内でのパワー測定	220
C. インテンシティ測定による方法	221
D. 指向係数の決定	221
11・14 塀・つい立て・障害物等による音波の回折	221
A. 回折の一般近似式	221

B. 半無限障壁の場合	223
C. Fresnel 積分の解釈	223
D. 有限の衝立ての場合	224
E. 厚さおよびエッジの断面の影響	224
F. 表面吸音の影響	226
11・15 SEA (統計的エネルギー解析) 法の原理	226
11・16 音環境の心理評価システム	227
11・17 屋外の音環境計画	228
付表・1 定在波比 (dB) 数値表	230
付表・2 吸音率表	232
付表・3 透過損失表	236
付表・4 物理量 諸単位と元	239
付表・5 騒音・振動に関する行政基準	240
文 献	243
和 A・音響設計上有用な参考書	
和 B・音響学研究上重要な参考書	
和文参考文献	
欧文参考書	
Literatures A ; for Acoustic Design	
Literatures B ; for Acoustic Research	
欧文参考文献	
索 引	249