



THIRD
EDITION

ACOUSTIC and
AUDITORY
PHONETICS

KEITH JOHNSON

 WILEY-BLACKWELL

Contents

ix	Preface	ix
x	1	1
xi	2	2
xii	3	3
xiii	4	4
xiv	5	5
xv	6	6
xvi	7	7
xvii	8	8
xviii	9	9
xix	10	10
xx	11	11
xxi	12	12
xxii	13	13
xxiii	14	14
xxiv	15	15
xxv	16	16
xxvi	17	17
xxvii	18	18
xxviii	19	19
xxix	20	20
xxx	21	21
xxx	22	22
xxx	23	23
xxx	24	24
xxx	25	25
xxx	26	26
xxx	27	27
xxx	28	28
xxx	29	29
xxx	30	30
xxx	31	31
xxx	32	32
xxx	33	33
xxx	34	34
xxx	35	35
xxx	36	36
xxx	37	37
xxx	38	38
xxx	39	39
xxx	40	40
xxx	41	41
xxx	42	42
xxx	43	43
xxx	44	44
xxx	45	45
xxx	46	46
xxx	47	47
xxx	48	48
xxx	49	49
xxx	50	50
xxx	51	51
xxx	52	52
xxx	53	53
xxx	54	54
xxx	55	55
xxx	56	56
xxx	57	57
xxx	58	58
xxx	59	59
xxx	60	60
xxx	61	61
xxx	62	62
xxx	63	63
xxx	64	64
xxx	65	65
xxx	66	66
xxx	67	67
xxx	68	68
xxx	69	69
xxx	70	70
xxx	71	71
xxx	72	72
xxx	73	73
xxx	74	74
xxx	75	75
xxx	76	76
xxx	77	77
xxx	78	78
xxx	79	79
xxx	80	80
xxx	81	81
xxx	82	82
xxx	83	83
xxx	84	84
xxx	85	85
xxx	86	86
xxx	87	87
xxx	88	88
xxx	89	89
xxx	90	90
xxx	91	91
xxx	92	92
xxx	93	93
xxx	94	94
xxx	95	95
xxx	96	96
xxx	97	97
xxx	98	98
xxx	99	99
xxx	100	100
xxx	101	101
xxx	102	102
xxx	103	103
xxx	104	104
xxx	105	105
xxx	106	106
xxx	107	107
xxx	108	108
xxx	109	109
xxx	110	110
xxx	111	111
xxx	112	112
xxx	113	113
xxx	114	114
xxx	115	115
xxx	116	116
xxx	117	117
xxx	118	118
xxx	119	119
xxx	120	120
xxx	121	121
xxx	122	122
xxx	123	123
xxx	124	124
xxx	125	125
xxx	126	126
xxx	127	127
xxx	128	128
xxx	129	129
xxx	130	130
xxx	131	131
xxx	132	132
xxx	133	133
xxx	134	134
xxx	135	135
xxx	136	136
xxx	137	137
xxx	138	138
xxx	139	139
xxx	140	140
xxx	141	141
xxx	142	142
xxx	143	143
xxx	144	144
xxx	145	145
xxx	146	146
xxx	147	147
xxx	148	148
xxx	149	149
xxx	150	150
xxx	151	151
xxx	152	152
xxx	153	153
xxx	154	154
xxx	155	155
xxx	156	156
xxx	157	157
xxx	158	158
xxx	159	159
xxx	160	160
xxx	161	161
xxx	162	162
xxx	163	163
xxx	164	164
xxx	165	165
xxx	166	166
xxx	167	167
xxx	168	168
xxx	169	169
xxx	170	170
xxx	171	171
xxx	172	172
xxx	173	173
xxx	174	174
xxx	175	175
xxx	176	176
xxx	177	177
xxx	178	178
xxx	179	179
xxx	180	180
xxx	181	181
xxx	182	182
xxx	183	183
xxx	184	184
xxx	185	185
xxx	186	186
xxx	187	187
xxx	188	188
xxx	189	189
xxx	190	190
xxx	191	191
xxx	192	192
xxx	193	193
xxx	194	194
xxx	195	195
xxx	196	196
xxx	197	197
xxx	198	198
xxx	199	199
xxx	200	200
xxx	201	201
xxx	202	202
xxx	203	203
xxx	204	204
xxx	205	205
xxx	206	206
xxx	207	207
xxx	208	208
xxx	209	209
xxx	210	210
xxx	211	211
xxx	212	212
xxx	213	213
xxx	214	214
xxx	215	215
xxx	216	216
xxx	217	217
xxx	218	218
xxx	219	219
xxx	220	220
xxx	221	221
xxx	222	222
xxx	223	223
xxx	224	224
xxx	225	225
xxx	226	226
xxx	227	227
xxx	228	228
xxx	229	229
xxx	230	230
xxx	231	231
xxx	232	232
xxx	233	233
xxx	234	234
xxx	235	235
xxx	236	236
xxx	237	237
xxx	238	238
xxx	239	239
xxx	240	240
xxx	241	241
xxx	242	242
xxx	243	243
xxx	244	244
xxx	245	245
xxx	246	246
xxx	247	247
xxx	248	248
xxx	249	249
xxx	250	250
xxx	251	251
xxx	252	252
xxx	253	253
xxx	254	254
xxx	255	255
xxx	256	256
xxx	257	257
xxx	258	258
xxx	259	259
xxx	260	260
xxx	261	261
xxx	262	262
xxx	263	263
xxx	264	264
xxx	265	265
xxx	266	266
xxx	267	267
xxx	268	268
xxx	269	269
xxx	270	270
xxx	271	271
xxx	272	272
xxx	273	273
xxx	274	274
xxx	275	275
xxx	276	276
xxx	277	277
xxx	278	278
xxx	279	279
xxx	280	280
xxx	281	281
xxx	282	282
xxx	283	283
xxx	284	284
xxx	285	285
xxx	286	286
xxx	287	287
xxx	288	288
xxx	289	289
xxx	290	290
xxx	291	291
xxx	292	292
xxx	293	293
xxx	294	294
xxx	295	295
xxx	296	296
xxx	297	297
xxx	298	298
xxx	299	299
xxx	300	300
xxx	301	301
xxx	302	302
xxx	303	303
xxx	304	304
xxx	305	305
xxx	306	306
xxx	307	307
xxx	308	308
xxx	309	309
xxx	310	310
xxx	311	311
xxx	312	312
xxx	313	313
xxx	314	314
xxx	315	315
xxx	316	316
xxx	317	317
xxx	318	318
xxx	319	319
xxx	320	320
xxx	321	321
xxx	322	322
xxx	323	323
xxx	324	324
xxx	325	325
xxx	326	326
xxx	327	327
xxx	328	328
xxx	329	329
xxx	330	330
xxx	331	331
xxx	332	332
xxx	333	333
xxx	334	334
xxx	335	335
xxx	336	336
xxx	337	337
xxx	338	338
xxx	339	339
xxx	340	340
xxx	341	341
xxx	342	342
xxx	343	343
xxx	344	344
xxx	345	345
xxx	346	346
xxx	347	347
xxx	348	348
xxx	349	349
xxx	350	350
xxx	351	351
xxx	352	352
xxx	353	353
xxx	354	354
xxx	355	355
xxx	356	356
xxx	357	357
xxx	358	358
xxx	359	359
xxx	360	360
xxx	361	361
xxx	362	362
xxx	363	363
xxx	364	364
xxx	365	365
xxx	366	366
xxx	367	367
xxx	368	368
xxx	369	369
xxx	370	370
xxx	371	371
xxx	372	372
xxx	373	373
xxx	374	374
xxx	375	375
xxx	376	376
xxx	377	377
xxx	378	378
xxx	379	379
xxx	380	380
xxx	381	381
xxx	382	382
xxx	383	383
xxx	384	384
xxx	385	385
xxx	386	386
xxx	387	387
xxx	388	388
xxx	389	389
xxx	390	390
xxx	391	391
xxx	392	392
xxx	393	393
xxx	394	394
xxx	395	395
xxx	396	396
xxx	397	397
xxx	398	398
xxx	399	399
xxx	400	400
xxx	401	401
xxx	402	402
xxx	403	403
xxx	404	404
xxx	405	405
xxx	406	406
xxx	407	407
xxx	408	408
xxx	409	409
xxx	410	410
xxx	411	411
xxx	412	412
xxx	413	413
xxx	414	414
xxx	415	415
xxx	416	416
xxx	417	417
xxx	418	418
xxx	419	419
xxx	420	420
xxx	421	421
xxx	422	422
xxx	423	423
xxx	424	424
xxx	425	425
xxx	426	426
xxx	427	427
xxx	428	428
xxx	429	429
xxx	430	430
xxx	431	431
xxx	432	432
xxx	433	433
xxx	434	434
xxx	435	435
xxx	436	436
xxx	437	437
xxx	438	438
xxx	439	439
xxx	440	440
xxx	441	441
xxx	442	442
xxx	443	443
xxx	444	444
xxx	445	445
xxx	446	446
xxx	447	447
xxx	448	448
xxx	449	449
xxx	450	450
xxx	451	451
xxx	452	452
xxx	453	453
xxx	454	454
xxx	455	455
xxx	456	456
xxx	457	457
xxx	458	458
xxx	459	459
xxx	460	460
xxx	461	461
xxx	462	462
xxx	463	463
xxx	464	464
xxx	465	465
xxx	466	466
xxx	467	467
xxx	468	468
xxx	469	469
xxx	470	470
xxx	471	471
xxx	472	472
xxx	473	473
xxx	474	474
xxx	475	475
xxx	476	476
xxx	477	477
xxx	478	478
xxx	479	479
xxx	480	480
xxx	481	

3	Digital Signal Processing	49
3.1	Continuous versus Discrete Signals	49
3.2	Analog-to-Digital Conversion	50
3.2.1	Sampling	51
3.2.2	Quantization	55
3.3	Signal Analysis Methods	59
3.3.1	RMS amplitude	59
3.3.2	Fast Fourier transform (FFT)	60
3.3.3	Auto-correlation pitch tracking	64
3.3.4	Digital filters	68
3.3.5	Linear predictive coding (LPC)	71
3.3.6	Spectra and spectrograms	77
	Recommended Reading	79
	Exercises	80
4	Basic Audition	82
4.1	Anatomy of the Peripheral Auditory System	82
4.2	The Auditory Sensation of Loudness	83
4.3	Frequency Response of the Auditory System	88
4.4	Saturation and Masking	90
4.5	Auditory Representations	93
	Recommended Reading	97
	Exercises	98
5	Speech Perception	100
5.1	Auditory Ability Shapes Speech Perception	101
5.2	Phonetic Knowledge Shapes Speech Perception	104
5.2.1	Categorical perception	104
5.2.2	Phonetic coherence	109
5.3	Linguistic Knowledge Shapes Speech Perception	112
5.4	Perceptual Similarity	115
5.4.1	Maps from distances	116
5.4.2	The perceptual map of fricatives	119
	Recommended Reading	124
	Exercises	126
Part II Speech Analysis		129
6	Vowels	131
6.1	Tube Models of Vowel Production	131
6.2	Perturbation Theory	137
6.3	"Preferred" Vowels – Quantal Theory and Adaptive Dispersion	141

6.4	Vowel Formants and the Acoustic Vowel Space	142
6.5	Auditory and Acoustic Representations of Vowels	144
6.6	Cross-linguistic Vowel Perception	146
	Recommended Reading	149
	Exercises	150
7	Fricatives	152
7.1	Turbulence	152
7.2	Place of Articulation in Fricatives	157
7.3	Quantal Theory and Fricatives	159
7.4	Fricative Auditory Spectra	162
7.5	Dimensions of Fricative Perception	165
	Recommended Reading	166
	Exercises	167
8	Stops and Affricates	169
8.1	Source Functions For Stops and Affricates	170
8.1.1	<i>Phonation types</i>	170
8.1.2	<i>Sound sources in stops and affricates</i>	172
8.2	Vocal Tract Filter Functions in Stops	176
8.3	Affricates	179
8.4	Auditory Properties of Stops	180
8.5	Stop Perception in Different Vowel Contexts	182
	Recommended Reading	183
	Exercises	184
9	Nasals and Laterals	185
9.1	Bandwidth	185
9.2	Nasal Stops	187
9.3	Laterals	196
9.4	Nasalization	198
9.5	Nasal Consonant Perception	202
	Recommended Reading	204
	Exercises	205
	References	206
	Answers to Selected Short-answer Questions	212
	Index	218