

I. 展 望

実 吉 純 一 (1~4)

目 次

1. 超音波と超音波技術の定義	1
2. 通信的応用と動力的応用	3
3. 超音波の特徴	4
3.1 媒質が空気に限らないことによる特徴	4
3.2 波長の短いことによる特徴	5
3.3 強度大なることによる特徴	6
4. 超音波研究と技術の歴史的展望	7

II. 基礎

実吉純一	(1.1~1.7, 2.3, 3.17.1, 4.5)
能本乙彦	(1.8~2.2, 2.4, 2.6~2.8, 2.10, 3.) (17.2~3.4.1, 4.4, 4.9.2, 4.12, 6.7)
菊池喜充	(2.2, 3.1~3.5, 3.13.) (3.16, 5.1, 5.3)
岸本匡	(2.4)
吉岡勝哉	(2.5, 4.2)
奥井誠一	(2.8)
田淵大作	(2.9.1~2.9.2)
上田静男	(2.9.3)
鈴木辰男	(3.6~3.11)
丸竹正一	(3.12)
加藤金正	(3.14)
関本忠弘	(3.15)

森康夫	(3.17.1)
守田栄	(4.3)
奥島基良	(4.6~4.8)
森栄司	(4.9.1)
鳥飼安生	(1.8, 4.10~4.11, 6.3, 6.7)
根岸勝雄	(4.11~4.13)
丹羽登	(5.2)
井出正男	(5.3.2~5.3.4)
和田八三久	6.1, 6.4~6.6)
池田拓郎	(6.2)
藤森聰雄	(6.3)

目次

1. 音響工学的基礎9	1.4.3 受音器による回折効果44
1.1 音波と音場9	1.4.4 受音器の指向性と指向性率 ...45
1.1.1 平面波の理論9	1.5 小物体による反射と散乱47
1.1.2 音波に関する諸量の単位15	1.5.1 反射と散乱の量的表現47
1.1.3 平面波の反射と透過16	1.5.2 反射と散乱の解析49
1.1.4 球面波21	1.5.3 波長より大きい物体の反射 ...52
1.2 音波の放射23	1.6 音波の屈折59
1.2.1 ピストン振動面の音波放射 ...23	1.7 限界ある液体媒質内の音場62
1.2.2 遠距離音場の指向性25	1.7.1 平面波が斜入射する境界面 近傍62
1.2.3 指向性のサイドロープ抑圧 ...28	1.7.2 平行2平面間の音波伝播66
1.2.4 ピストンの放射インピーダ ンス32	1.7.3 管内の伝播69
1.3 機械的振動体の電氣的類推34	1.7.4 自由壁面を持つ容器内の音場72
1.3.1 集中定数的機械共振系35	1.8 固体板の透過74
1.3.2 分布定数的機械振動系37	1.8.1 垂直入射の場合75
1.3.3 等価回路について41	1.8.2 斜入射の場合76
1.4 受音42	1.8.3 多重層の透過90
1.4.1 受音作用の段階と分類42	1.9 固体中の伝播91
1.4.2 受音作用と放射インピーダ ンス43	1.9.1 無限結晶媒質中の超音波の伝 播91

1.9.2 棒・管および板に沿った伝播	95	収による発熱	164
1.9.3 短い円柱の振動	110	2.4.3 2枚の板を重ねた場合の内部 加熱と接着剤の乾燥	166
1.10 管の中の音波の伝播	112	2.5 超音波の集束	166
追補 1. 近距離音場	1399	2.5.1 凹面球型振動子による音場の 理論	167
2. 超音波の特徴的現象	117	2.5.2 球殻型集束振動子	170
2.1 超音波の作用機構	117	2.5.3 レンズ結合型集束振動子	171
2.1.1 超音波の作用機構解明の目的	117	2.5.4 放物反射面型集束子	173
2.1.2 超音波作用の分類	117	2.6 超音波による光の回折	174
2.1.3 キャピテーションを必要と しない超音波の作用	117	2.6.1 熱的弾性波による光の散乱	175
2.1.4 キャピテーションを必要と する超音波の作用	123	2.6.2 超音波による光の回折	178
2.2 空洞現象	128	2.6.3 超音波による光の回折の理論	182
2.2.1 空洞現象発生点の定義	129	2.6.4 その他の問題	192
2.2.2 キャピテーションの分類	129	2.7 固体中の弾性波による光の回折	194
2.2.3 キャピテーションの検出法	129	2.7.1 Hiedemann-Hoeschの方法	194
2.2.4 キャピテーション閾値	132	2.7.2 固体の光弾性定数の比の測定	196
2.2.5 キャピテーションによる音響 放射抵抗の変化	134	2.7.3 Schaefer-Bergmannの回折 像	199
2.2.6 水の内部の微視欠陥の仮説と 超音波キャピテーションの説明	134	2.8 超音波の化学作用と物理的基礎	202
2.2.7 キャピテーション核	135	2.8.1 実験条件の重要性	202
2.2.8 キャピテーション核の力学的 性質	139	2.8.2 水溶液中の酸化および還元作 用	204
2.2.9 気泡の振動	142	2.8.3 超音波酸化作用の機構	207
2.2.10 振動数よる影響	145	2.8.4 音響ルミネッセンスと音響的 化学ルミネッセンス	215
追補 31. 超音波のキャピテーション の機構	1805	2.8.5 超音波の強度・振動数および その他の諸因子と基本的諸作 用の関係	219
2.3 気泡の影響	147	2.8.6 超音波による蛋白質の変性	227
2.3.1 音場における1個の気泡の振 動	148	2.8.7 超音波による化学反応速度の 促進	229
2.3.2 気泡群を含む液中の伝播	151	2.8.8 二次的効果の例	230
2.3.3 液中気泡の発生と消滅	158	2.9 超音波の電気化学的作用	231
2.3.4 水中気泡の自然的発生と減衰	161	2.9.1 超音波と電解質溶液	231
2.4 超音波による発熱	163		
2.4.1 超音波による発熱の分類	163		
2.4.2 一様な媒体中における音の吸			

2.9.2	超音波と界面動電現象	240	3.5	磁歪材料とその測定	298
2.9.3	U-効果の応用	244	3.5.1	磁歪材料として要求される特性	298
2.10	分子的吸収と分散	251	3.5.2	磁歪材料の種類	299
2.10.1	現象論的理論	251	3.5.3	磁歪材料の諸定数	299
2.10.2	緩和現象理論の分類	261	3.5.4	代表的な磁歪材料	300
2.10.3	音の分子的吸収の概念	265	3.5.5	渦電流の影響	300
2.10.4	音の分子的吸収と分散の式	269	3.5.6	酸化被膜の影響	301
追補 2.	超音波の吸収機構	1419	3.5.7	磁歪率計	302
追補 3.	有限振幅の音波	1427	3.5.8	コードランタル周波数差の精密測定法	313
3.	超音波用送・受波器	277	3.6	圧電および電歪現象	317
3.1	各種磁歪振動子	277	3.6.1	圧電現象	317
3.1.1	概要	277	3.6.2	電歪現象	318
3.1.2	角型磁歪振動子	277	3.7	圧電現象の基本式と諸定数	319
3.1.3	環状磁歪振動子	279	3.7.1	方向性を簡単化した場合	319
3.1.4	フェライト製角型磁歪振動子	279	3.7.2	電気機械結合係数	322
3.1.5	フェライト製環状磁歪振動子	285	3.7.3	方向性を考慮したときの基本式	323
3.1.6	差動屈曲磁歪振動子	286	追補 5.	圧電記号および磁歪記号の対照	1490
3.2	磁歪振動の原理	287	3.8	圧電振動子の電気音響変換	332
3.2.1	物質の磁歪	287	3.8.1	電気音響変換の基本式	332
3.2.2	磁歪送波器の原理	288	3.8.2	動アドミッタンスと等価回路	334
3.2.3	磁歪性駆動力と磁歪率	288	3.8.3	振動子における電気機械結合係数	337
3.2.4	磁歪定数	289	3.9	各種圧電振動子	340
3.2.5	磁歪活性度	289	3.9.1	縦型振動子	340
3.2.6	交番磁歪性駆動力	289	3.9.2	厚み振動子	345
3.3	磁歪振動子の共振周波数	289	3.9.3	汙り振動子	345
3.3.1	角型磁歪振動子	289	3.9.4	振り振動子	346
3.3.2	ダブ・テールのある振動子	291	3.9.5	撓み振動子	347
3.3.3	環状磁歪振動子	292	3.10	電歪現象の基本式と電歪振動子	348
3.4	磁歪振動子の等価集中定数・力係数・感度・能率	293	3.10.1	電歪現象の基本式	348
3.4.1	角型磁歪振動子	293	3.10.2	各種電歪振動子の諸特性	350
3.4.2	環状磁歪振動子	294	3.10.3	電歪振動子の諸特性	354
3.4.3	能率と感度	295			
追補 4.	磁歪振動子の等価回路	1483			
3.4.4	磁歪振動子の能率	297			

3.11 圧電, 電歪振動子の能率と感度356	3.16.4 キャピテーション気泡の毎 周期消滅現象398
3.11.1 電気音響変換能率356	3.16.5 r_a 低下の非直線理論399
3.11.2 実効減衰358	3.16.6 キャピテーション気泡の挙動 と音圧分周波成分の関係 ...399
3.11.3 各種の感度360	3.16.7 音圧波形とキャピテーショ ン気泡の遷移400
3.12 圧電・電歪材料361	3.16.8 キャピテーションに基づく 指向性特性の変化402
3.12.1 概 論361	3.17 流体力学的音源403
3.12.2 各 論363	3.17.1 サイレン403
追補 6. 結合係数の大きい材料の測 定1501	3.17.2 ハルトマン噴気発音器410
3.13 超音波用送受波器の能率および 実効減衰の普遍図表371	3.17.3 ジャノースキ・ポールマン の音源415
3.13.1 標準条件371	追補 8. ハルトマン噴気発音器 ...1523
3.13.2 計算式の普遍化372	追補 9. 静的サイレン1531
3.13.3 電気音響変換能率の普遍図 表373	追補 10. 水中強力パルス音源1533
3.13.4 電歪振動子への類推374	4. 超音波に関する測定417
3.13.5 実効減衰375	4.1 測定概論417
3.14 動電型超音波変換器378	4.1.1 超音波の強さと出力に関連し た諸量417
3.15 電気音響変換理論381	4.1.2 媒体による音源のインピーダ ンスの変化の影響417
3.15.1 lagrange-Maxwell の基本 式381	4.2 超音波の熱量的測定420
3.15.2 電気音響変換器の動作基本 式385	4.2.1 振動子の全超音波出力の熱量 的測定420
3.15.3 電気音響変換機構の種類 ...389	4.2.2 水中音場内超音波強度の熱量 的測定421
3.15.4 相互電気インピーダンスの 可逆性と非可逆性392	4.3 超音波のサーミスタによる測定 ...422
3.16 強力振動時の諸問題394	4.3.1 序 論422
3.16.1 問題の全貌394	4.3.2 サーミスタの性質とゾンデの 構造423
3.16.2 磁歪振動子の極限出力に関 する理論396	4.3.3 測定回路と測定法423
追補 7. 磁歪振動子の極限出力理論1507	4.3.4 主要な諸特性424
追補 32. 新しい圧電, 電歪材料 ...1841	4.3.5 総合結果426
追補 33. Gunn 効果による超音波 の発生と検出1848	4.3.6 本測定法の応用例426
3.16.3 キャピテーションによる音 響輻射抵抗の変化398	4.4 超音波の力学的測定427
	4.4.1 音の放射圧427

4.4.2	放射圧計	445	4.8.5	速度検出器を有する変換器を用いた機械インピーダンス測定法	485
4.4.3	レーリ―板による測定	451	4.9	固体の微小振幅の測定	488
4.5	音圧測定および超音波音響標準	455	4.9.1	電気的方法	488
4.5.1	ソナー技術における音圧測定	455	4.9.2	光学的方法	491
4.5.2	強力超音波応用に関する音圧測定	456	4.10	超音波の光学的映像	494
4.5.3	ソナー用音響標準	457	4.10.1	光学的映像法とは	494
4.6	変換器の感度校正・音場相互校正	458	4.10.2	超音波の光学的映像法の分類	495
4.6.1	自由音場特性と音圧特性	458	4.10.3	シュリーレン法, 位相差法	496
4.6.2	送受波器の各種感度の定義と reciprocity parameter	459	4.10.4	偏光法	506
4.6.3	3個の変換器を用いて行なう音場相互校正法	461	4.10.5	幾何光学的映像	507
追補 11.	加熱法による連続脱気装置	1545	4.10.6	フレネル回折映像	508
追補 12.	減圧法による連続脱気装置	1547	4.10.7	陰写真法	513
4.6.4	インピーダンス測定による自己相反校正法	467	4.10.8	フラウンホーフェル回折映像	513
4.6.5	静電駆動法による音圧校正法	468	4.10.9	Mach (または Jamin) の干渉縞の移動	514
追補 13.	水中音響標準装置	1549	4.10.10	光線の彎曲 (広がり) による映像	515
4.7	測定用無響水槽	469	4.10.11	超音波の光学的映像法の応用	516
4.7.1	吸音材	470	4.11	超音波の音場の化学的映像	517
4.7.2	無響水槽	475	4.11.1	反応促進作用の応用	517
4.8	反射率・吸音率・音波インピーダンス・機械インピーダンス測定	476	4.11.2	熱作用の応用	518
4.8.1	パルス法による音圧反射率の測定	476	4.11.3	その他の方法	519
4.8.2	動インピーダンス測定による機械インピーダンス測定点	477	4.12	超音波の音場の音響的映像	519
4.8.3	音響管による反射率・音響インピーダンスの測定法	479	4.12.1	結像系	519
4.8.4	吸音材の弾性諸定数の測定法	483	4.12.2	超音波の機械的作用による映像法	520
			4.12.3	電氣的な映像法	522
			4.13.1	超音波電力計	524
			4.13.1	電力計とその原理	524
			4.13.2	誤差	525
			4.13.3	調整と校正	526
			4.13.4	実例	527

5. 超音波用発振・受信装置	530	6.4.2 パルス波発振回路	595
5.1 ソナー用	530	6.4.3 高周波パルス増幅回路	597
5.1.1 ソナー用発・受信装置の概要	530	6.4.4 液体中の縦波測定	597
5.1.2 蓄電器放電式発振器	531	6.4.5 固体中の縦波・横波測定	598
5.1.3 1/2 周波励振法の原理	533	6.4.6 吸収の大きい固体や液体中の横波測定	599
5.1.4 同周波放電励振法	534	6.4.7 むすび	600
5.1.5 蓄電器放電と真空管発振の比較	535	6.5 液浸法	600
5.2 工業計測用発振受信装置	537	6.5.1 概説	600
5.2.1 パルス用発振受信装置	537	6.5.2 パルス波透過による板中の音速吸収の測定	600
5.2.2 連続波用発振受信装置	543	6.5.3 回転板法 (I)-多重反射干渉を利用する方法	601
5.2.3 連続可変周波数発振受信装置	543	6.5.4 回転板法 (II)-全反射角法	602
5.2.4 超音波送受信用探触子	544	6.5.5 連続波を用いた液浸法	603
5.3 動力用	549	6.5.6 懸濁法	603
5.3.1 自励発振器	549	6.6 ねじれ振動子法	603
5.3.2 M. O. P. A. 発振器	558	6.6.1 概説	603
5.3.3 振動帰還型発振器	567	6.6.2 ねじれ振動子の共振特性による液体粘弾性測定	604
5.3.4 高周波発振器	578	6.6.3 ねじれ波伝播法	605
6. 物性実験用超音波装置	580	6.6.4 横波反射法	606
6.1 超音波干渉計	580	追補 35. 残響法	1856
6.1.1 概説	580	6.7 光学的方法	606
6.1.2 干渉計の原理	580	6.7.1 超音波による光の回折の応用	607
6.1.3 干渉計の容器	582	6.7.2 音波面と音場振幅の映像の応用	610
6.1.4 干渉計の回路	583	6.7.3 超音波による光の回折の応用	613
6.1.5 吸収係数の測定	584	追補 36. 高圧での実験法	1859
6.1.6 固定音路干渉計	585	追補 14. 超高周波超音波の発生と検出	1555
6.1.7 干渉計の種々の変形	586		
追補 34. ざりインピーダンス法	1852		
6.2 複合圧電気振動子法	588		
6.3 シングア라운드法	592		
6.4 パルス法	594		
6.4.1 概説	594		

III. 応 用

実吉	純一	(1-1-1~1-1-2, 1-1-5,)
久山	多美男	(1-1-1)
橋本	富寿	(1-1-3~1-1-4, 1-4)
菊池	喜充	(1-3-1~1-3-3, 4-1-1)
西村	実	(1-1-4, 1-4)
丹羽	登	(2-1~2-4)
鳥飼	安生	(2-5, 7-2)
藤森	聰雄	(2-5)
根岸	勝雄	(2-5)
干潟	昭	(2-6)
安田	力	(3-1)
柴山	乾夫	(3-2~3-3)
和賀井	敏夫	(4-1-1)
加藤	金正	(4-1-2)
岡	益尚	(4-2)

能本	乙彦	(4-3, 4-5, 5-1~5-5, 5-8~5-9, 7-1)
井出	正男	(4-4)
松沢	喜一郎	(4-5)
和田	八三久	(5-6)
田淵	大作	(5-7, 8-3, 8-5)
森	栄司	(6-1~6-3)
佐多	直康	(8-1, 8-2)
奥山	春彦	(8-1~8-2)
奥山	政高	(8-4)
広瀬	達三	(8-4)
高橋	勳次郎	(9-1)
井上	一郎	(9-2)
佐々木	信郎	(9-3)
堀	芳郎	(9-4)

目 次

1.	超音波ソナー	615
1.1	海中超音波の伝播と反射	616
1.1.1	海中超音波の伝播	616
1.1.2	海底の反射率	621
1.1.3	魚体および魚群体の超音波 反射	624
1.1.4	海中騒音	629
1.1.5	ソナー方程式	635
追補 15.	海中騒音のデータと騒音 レベルの推定方法	1566
1.2	垂直ソナー	647
1.2.1	測深機の発達	647
1.2.2	垂直魚深機の発達	648
1.2.3	各部の構成と性能	649
1.2.4	送受波器の装備	658
1.3	水平ソナー	665
1.3.1	水平魚群探知法	666
1.3.2	PPI-SONAR の諸方式	669
1.3.3	簡易 PPI ソナー	679

	1.3.4 対潜水艦水平ソナー (探信)	688
	1.3.5 鯨探	693
	1.3.6 水平ソナーにおける音線 屈折と残響	693
1.4	魚群探知例と音響測深例	710
1.4.1	魚群記録	710
1.4.2	音響測深例	719
追補 16.	海底下の地質構造探査	1571
追補 17.	結氷湖における水上より の水深測量と魚群探知	1580
追補 37.	超音波魚群量自動計数法	1863
追補 38.	音による魚群の誘致感 かく	1865
追補 18.	魚網深度	1582
2.	超音波工業計測	720
2.1	超音波探傷器	720
2.1.1	超音波による材料の非破壊	

検査	720	2.6.1 疲労の進行度と超音波	761
2.1.2 透過型超音波探傷器	721	2.6.2 超音波による疲労試験	762
2.1.3 反射型超音波探傷器	721	2.6.3 超音波探傷と疲労	764
2.1.4 探触子と接触媒質	722	3. 超音波の回路素子への応用	765
2.1.5 種々の超音波探傷法	723	3.1 超音波遅延線	765
2.1.6 感度標準試験片	726	3.1.1 超音波遅延線の概要	765
2.1.7 探傷図形	729	3.1.2 遅延媒質と伝送形式	766
2.1.8 超音波検査の規格	731	3.1.3 変換子	768
2.1.9 超音波検査標準用語	732	3.1.4 水銀遅延線	770
追補 19. 感度標準試験片	1586	3.1.5 固体式遅延線	774
2.1.10 超音波検査の自動・連続化	735	3.1.6 磁歪式超音波遅延線	779
2.1.11 超音波検査関係著書	736	3.1.7 導波型遅延素子を用いた各種の圧電式遅延線	781
2.2 超音波厚み計	737	3.1.8 超音波遅延線の応用	785
2.2.1 超音波厚み計の動作	737	追補 20. 超音波遅延線	1587
2.2.2 可聴型超音波厚み計	738	3.2 機械濾波器	789
2.2.3 直視型超音波厚み計	740	3.2.1 概説	789
2.2.4 クラックメータ	742	3.2.2 機械振動系	789
2.2.5 厚み計相互間の比較	742	3.2.3 組合せの一例	791
2.2.6 凹凸面の測定と感度標準	743	3.2.4 設計の一例	792
2.2.7 超音波厚み計実用例	744	追補 39. 音片系機械フィルタ	1867
2.3 流速・流量計	746	3.3 磁歪濾波器	795
2.3.1 原理	746	3.3.1 概説	795
2.3.2 超音波流速・流量計の回路例	747	3.3.2 差動型磁歪濾波器	795
2.3.3 超音波流速・流量計の実施例	748	3.3.3 その他の例	797
2.4 超音波液面計	748	3.3.4 振動子の等価回路定数の決定	798
2.4.1 サージタンクの水位測定	749	4. 超音波の医学的, 生物学的応用	799
2.4.2 燃料・薬品タンクの液面測定	750	4.1 診断	799
2.4.3 液面警報器	751	4.1.1 パルス法による診断	799
2.5 超音波粘度計	751	4.1.2 ドップラー法による診断	827
2.5.1 緒言	751	追補 21. 超音波手術の進歩	1605
2.5.2 超音波粘度計の基礎理論	752	追補 22. 医用集束超音波強度測定の問題点	1612
2.5.3 電磁振動型粘度計	753	4.2 医療	832
2.5.4 磁歪振動型粘度計	756	4.2.1 超音波治療	832
2.5.5 振れ水晶型粘度計	758	4.2.2 集束超音波手術	839
2.6 疲労試験	761	4.3 細菌・ウイルスに対する作用	844

4.3.1 序 説	844	5.5.2 固体の内部摩擦	943
4.3.2 超音波の生物学的作用におよ ぼす種々の因子の影響	845	追補 28. 超音波固体物性	1669
4.3.3 超音波の細菌およびビールス に対する作用とその応用	847	5.6 高分子	933
4.4 細菌破壊装置	850	5.6.1 線型粘弾性体中の超音波伝播	933
4.4.1 Raytheon (レイセオン) 社の 細菌破壊装置	851	5.6.2 高分子物質の一般的性質	966
4.4.2 10kc/s 細菌破壊装置	857	5.6.3 液体高分子	967
4.4.3 金属ホーンを付加した 20kc/s 超音波細菌破壊装置	854	5.6.4 ガラス転移点より高温の無定 形高分子物質	969
4.5 超音波を出す生物	858	5.6.5 ガラス転移点付近の高分子物 質	972
4.5.1 空中超音波用の送受波器	858	5.6.6 ガラス状態の高分子物質	973
4.5.2 信号電圧を解析する装置	860	5.6.7 結晶性高分子	973
4.5.3 超音波を出したり聞いたりす る動物	861	5.6.8 高分子希薄溶液	974
5. 超音波による物性研究	866	5.6.9 むすび	974
5.1 概 説	866	追補 23. 高分子物質の超音波伝播	1617
5.2 気 体	867	追補 40. Grüneisen 定数	1874
5.2.1 理論式	867	追補 42. 高分子材料の溶接	1881
5.2.2 振動分散	875	5.7 超音波の化学反応速度論への応用	975
5.2.3 衝突励起確率の理論と実験の 比較	888	5.7.1 序 論	975
5.2.4 回転分散	895	5.7.2 理論式	977
5.2.5 並進分散	895	5.7.3 液体の実験結果	935
5.2.6 高温高圧の気体中の音速度	897	5.7.4 気体の実験結果	1004
5.2.7 第二ビリアル係数の測定	899	5.7.5 化学反応と他の原因による 緩和現象との見分け方	1006
5.2.8 音速度測定の応用	900	5.8 懸濁液中の超音波の吸収	1007
5.3 液体中の音速度	900	5.9 海水中の吸収	1010
5.3.1 純粋液体の音速度	901	5.9.1 海水中の超音波の吸収機構	1011
5.3.2 混合液体中の音速度	912	5.9.2 イオンの解離反応による吸収	1011
5.3.3 水および水溶液中の音速度	915	6. 機械的工作	1015
5.4 液体中の吸収・分散	920	6.1 超音波加工	1015
5.4.1 純粋液体の音の吸収機構	921	6.1.1 加工法の概要	1015
5.4.2 混合液体および溶液の音 の吸収機構	930	6.1.2 加工装置	1017
5.5 固 体	937	6.1.3 加工例と加工特性	1033
5.5.1 固体の音速度と弾性	937	6.2 超音波振動切削	1039

- 追補 25. 機械的加工用振動系の設計とその問題点……………1633
- 6.3 超音波によるハンダ付け ……………1041
- 6.3.1 ハンダ付けの概要 ……………1042
- 6.3.2 ハンダ付け用振動系 ……………1042
- 6.3.3 周波数, 電力, 発振器 ……………1043
- 6.3.4 ハンダ材料, 腐食, 作業条件……………1044
- 追補 24. 金属材料の超音波溶接…1623
- 追補 41. 半導体素子における超音波溶接 ……………1876
7. ストロボスコープ……………1046
- 7.1 超音波ストロボスコープ ……………1046
- 7.1.1 定常超音波による光の操縦 1046
- 7.1.2 進行超音波による光の操縦 1047
- 7.1.3 変調した超音波による光の操縦 ……………1048
- 7.1.4 高周波弾性振動をする透明固体の複屈折・複屈折の変化・回転偏光の変化等を利用した光の変調方法 ……………1049
- 7.1.5 短い時間の測定 ……………1051
- 7.1.6 テレビジョン受像機への応用……………1053
- 7.2 ADP ストロボスコープ……………1056
8. 化学工業への応用……………1060
- 8.1 乳 化 ……………1060
- 8.1.1 機械的乳化 ……………1060
- 8.1.2 キャピテーションと乳化 …1065
- 8.2 粒子の分散 ……………1068
- 8.2.1 化学反応により析出した沈澱の分散 ……………1068
- 8.2.2 一般の固体, 結晶等の分散 1069
- 8.2.3 その他の分散 ……………1070
- 8.3 超音波の熟成への応用 ……………1071
- 8.3.1 序 論 ……………1071
- 8.3.2 酒の熟成 ……………1071
- 8.3.3 香料の熟成 ……………1073
- 8.3.4 写真乳剤 ……………1073
- 8.4 超音波解重合から見たキャピテーションおよび脱気の機構 ……………1075
- 8.4.1 序 説 ……………1075
- 8.4.2 前駆現象および脱色 ……………1083
- 8.4.3 幾何学的キャピテーション 1086
- 8.4.4 完全キャピテーション ……1091
- 8.4.5 実効的キャピテーション …1095
- 8.5 超音波の電気化学工業への応用 1102
- 8.5.1 序 論 ……………1102
- 8.5.2 超音波と電極電位 ……………1102
- 8.5.3 陰極における金属の析出と水素の発生 ……………1110
- 8.5.4 陽極における金属の溶解と酸素の発生 ……………1116
- 8.5.5 電導度 ……………1117
- 追補 26. 化学工業などへの応用の実例……………1651
9. その他の産業への応用……………1121
- 9.1 超音波洗浄 ……………1121
- 9.1.1 超音波洗浄 ……………1121
- 9.1.2 超音波洗浄の原理 ……………1121
- 9.1.3 超音波洗浄の方法 ……………1122
- 9.1.4 超音波洗浄による洗浄効果 1126
- 9.1.5 超音波洗浄の変形利用法 …1134
- 追補 27. 超音波洗浄の実例……………1633
- 9.2 超音波集塵 ……………1137
- 9.2.1 集塵法の概要 ……………1137
- 9.2.2 音波集塵装置の概要と原理 1138
- 9.2.3 凝集塔の設計 ……………1140
- 9.2.4 サイクロン ……………1141
- 9.2.5 集塵装置の操作方法 ……………1141
- 9.2.6 音波集塵の長所と短所 ……1142
- 9.3 微粉炭回収 ……………1143
- 9.3.1 微粉炭回収の重要性 ……………1143
- 9.3.2 微粉炭回収への超音波の適用 ……………1143
- 9.3.3 微粉炭の回収方法 ……………1145

9・3・4 操業設備の状況 ……………1147	9・4 超音波の金属溶融物への影響 ……1150
9・3・5 運転上の問題点 ……………1150	9・4・1 振動伝達方法 ……………1151
9・3・6 今後の超音波の炭鉱への発 展 ……………1150	9・4・2 金属溶融物への影響 ……………1154

IV. 資 料

能本乙彦 (1~7)
久山多美男 (8)

菊池喜充 (9)

目 次

<p>1. 気体中の音速度……………1165</p> <p>1.1 一般的注意事項……………1165</p> <p>1.2 普通の気体の常温の音速度……………1165</p> <p>1.3 空気中の音速度……………1167</p> <p> (i) 常温付近の空気中の音速度……………1167</p> <p> (ii) 低温の空気中の音速度……………1167</p> <p> (iii) 高圧の空気中の音速度……………1168</p> <p> (iv) 低温・低圧の空気中の音速度 ……………1168</p> <p>1.4 気体中の音速度……………1168</p> <p> (i) 気体中の音速度……………1168</p> <p> (ii) 気体の第二ビリアル係数と音 速度の補正の係数……………1177</p> <p> (iii) 気体中の音の分散……………1182</p> <p>追補 29.1.1 気体中の音速度……………1757</p> <p>1.5 高圧の気体中の音速度……………1184</p> <p> (i) 高圧の気体中の音速度……………1184</p> <p> (ii) 臨界点付近の音速度……………1186</p> <p>追補 29.1.2 高圧の気体中の音速度……………1758</p> <p>1.6 飽和蒸気の音速度……………1188</p> <p>1.7 混合気体の音速度……………1188</p> <p>2. 気体中の音の吸収……………1190</p> <p>2.1 一般的注意事項……………1190</p> <p>2.2 空気中の音の吸収……………1192</p> <p>2.3 気体中の音の吸収……………1193</p> <p>追補 29.2.1 気体中の音の吸収……………1759</p> <p>追補 29.2.2 高圧の気体中の音の吸 収……………1760</p> <p>2.4 分散性気体の音の吸収……………1194</p> <p> (i) 分散性気体の吸収極大……………1194</p>	<p> (ii) 吸収極大の到達されていない 測定……………1196</p> <p>追補 29.2.3 分散性気体の音の吸収……………1760</p> <p>2.5 混合気体の音の吸収……………1197</p> <p>追補 29.2.4 混合気体の音の吸収……………1760</p> <p>3. 液体中の音速度……………1199</p> <p>3.1 普通の液体の密度・音速度・断 熱圧縮率 ρV……………1199</p> <p>3.2 水の音速度……………1200</p> <p> (i) 水中の音速度の温度変化……………1200</p> <p> (ii) 高圧の水中の音速度……………1203</p> <p> (iii) 重水中の音速度……………1204</p> <p>追補 29.3.1 水中の音速度……………1761</p> <p>3.3 有機液体・無機液体の音速度……………1205</p> <p> (i) 炭化水素……………1205</p> <p> (ii) アルコール類と石炭酸誘導体……………1210</p> <p> (iii) エステル……………1218</p> <p> (iv) エーテル……………1220</p> <p> (v) アルデヒド……………1222</p> <p> (vi) ケトン……………1223</p> <p> (vii) カルボン酸と酸無水物……………1225</p> <p> (viii) 硫黄化合物……………1227</p> <p> (ix) ハロゲン化合物……………1227</p> <p> (x) 窒素化合物……………1236</p> <p> (xi) 複素環式化合物……………1240</p> <p> (xii) 珪素化合物……………1241</p> <p>追補 29.3.2 有機液体, 無機液体の 音速度……………1762</p> <p>3.4 天然の油類中の音速度……………1241</p> <p> (i) 植物油の音速度……………1241</p>
--	--

(ii) 動物性油の音速度……………1243	(iii) グリコールとアルコール類の 混合液……………1270
(iii) 鉱物性油の音速度……………1243	(iv) グリセリン-アルコール混合 液……………1272
3.5 過冷却液中の音速度……………1244	(v) ニトロベンゼン又はアニリン を含む混合液……………1273
3.6 高圧の液体・液化気体中の音速 度……………1244	(vi) 塩素化合物を含む混合液……………1274
(i) 高圧の液体中の音速度……………1244	(vii) フッ素化合物を含む混合液……………1277
(ii) 液化気体中の音速度……………1246	(viii) 沃素化合物を含む混合液……………1278
(iii) 音速度の温度変化……………1246	(ix) ピリジンを含む混合液……………1278
追補 29.3.3 高圧の液体中の音速度・1765	(x) エーテルを含む混合液……………1278
3.7 液体結晶の音速度……………1247	(xi) 複雑なエーテルのベンゾール 溶液……………1278
3.8 高分子液体の音速度……………1248	(xii) アセトンを含む混合液……………1279
(i) 三フッ化塩化エチレン重合体1248	(xiii) アルコール類を含む混合液……………1279
(ii) シリコン油……………1248	(xiv) その他の混合液……………1279
追補 29.3.4 高分子液体中の音速度・1766	3.14 三成分系の音速度……………1280
3.9 液体中の超音波の分散……………1249	(i) 非水溶液……………1281
(i) 低温のアルコール類その他の 分散……………1249	(ii) 三成分系水溶液……………1281
(ii) 液体中の熱的弾性波の速度……………1249	3.15 臨界溶解温度付近の溶液の音速 度……………1282
追補 29.3.5 液体中の超音波の分散・1767	3.16 高分子溶液の音速度……………1282
3.10 熔融した固体の音速度……………1250	(i) 蛋白質の溶液……………1282
(i) 熔融した塩類の音速度……………1250	(ii) 人工高分子の溶液……………1283
(ii) 熔融した硫黄の音速度……………1250	3.17 懸濁液の音速度……………1283
(iii) 熔融金属の音速度……………1251	(i) 懸濁液の音速度……………1283
追補 29.3.6 熔融した固体の音速度・1767	(ii) 海底の沈砂の音速度……………1283
3.11 液化気体中の音速度……………1252	(iii) 土の音速度……………1284
(i) 各種液化気体の音速度……………1252	追補 29.3.8 懸濁液の音速度……………1770
(ii) He ³ の音速度, 温度と圧力に よる影響……………1253	4. 液体中の音波の吸収……………1289
追補 29.3.7 液化気体の音速度……………1769	4.1 普通の液体の常温の超音波吸収 1289
3.12 混合液体の音速度……………1254	4.2 水中の超音波の吸収……………1286
(i) 水溶液の音速度……………1254	(i) 温度変化……………1286
(ii) 電解質水溶液の音速度……………1259	(ii) 振動数の影響……………1286
(iii) 高圧の音速度……………1264	(iii) 高圧の水中の超音波吸収……………1287
(iv) 海水中の音速度……………1264	(iv) 重水中の超音波吸収……………1288
3.13 有機液体・無機液体の混合液の 音速度……………1268	追補 29.4.1 常圧の液体中の超音波 の吸収……………1770
(i) 炭化水素の混合液体……………1268	
(ii) アルコール類の混合液……………1269	

追補 29.4.2 飽和蒸気圧下の液体中の超音波の吸収……………1772	(i) 弾性定数の換算表……………1324
4.3 各種液体中の超音波の吸収 ……1288	(ii) 音速度の公式……………1324
4.4 緩和性液体の超音波の吸収 ……1305	5.2 普通の固体の弾性と音速度 ……1325
(i) 分子の吸収を示す液体……………1305	5.3 金属の音速度と弾性 ……1325
(ii) 化学反応による吸収を示す液体……………1306	(i) 金属の音速度と弾性率の温度・圧力変化……………1325
(iii) 高粘性液体の超音波吸収……………1308	(ii) 加工の影響……………1327
追補 29.4.3 緩和性液体の超音波吸収……………1772	(iii) 多孔質金属の弾性率……………1328
4.5 高圧の液体中の超音波の吸収 ……1311	追補 29.5.1 金属の音速度と弾性…1775
(i) 純粋液体……………1311	5.4 光学ガラスおよび熔融石英の弾性と音速度 ……1328
(ii) 溶液……………1312	(i) 光学ガラス……………1328
追補 29.4.4 高圧の液体中の超音波の吸収……………1773	(ii) 熔融石英の音速度と弾性の温度変化……………1329
追補 29.4.5 熔融した固体の超音波吸収……………1774	5.5 氷の弾性と音速度 ……1330
4.6 臨界点付近の液体中の超音波の吸収……………1312	5.6 固体のアルゴンの音速度 ……1330
4.7 有限振幅の音波の吸収 ……1313	5.7 岩石中の超音波の音速度と弾性定数……………1331
4.8 海水中の超音波の吸収 ……1315	(i) 各種岩石の弾性と音速度……………1331
4.9 電解質水溶液の超音波吸収 ……1316	(ii) 岩石の粒度と音速度……………1333
(i) 各種電解質溶液の吸収……………1316	(iii) 岩石の音速度の温度変化……………1333
(ii) $MgSO_4$ その他の硫酸塩水溶液の吸収……………1317	(iv) 岩石の音速度の圧力変化……………1334
(iii) 酢酸塩水溶液の吸収……………1318	(v) 岩石の音速度の異方性……………1334
(iv) その他の電解質水溶液の緩和吸収……………1318	追補 29.5.2 岩石中の超音波の速度・1775
4.10 糖類水溶液の超音波吸収……………1318	5.8 磁器の音速度と弾性 ……1335
4.11 水溶液の超音波吸収……………1319	(i) 高誘電率磁器の音速度と弾性……………1335
4.12 混合液体の超音波吸収……………1320	(ii) チタン酸バリウム磁器の弾性と音速度……………1336
(i) 吸収の値……………1320	5.9 結晶体の音速度と弾性 ……1336
(ii) 緩和吸収のパラメータ……………1321	(i) 結晶体の弾性定数のマトリックス……………1336
4.13 高分子液体の超音波吸収……………1322	(ii) 弾性定数と弾性係数の相互関係……………1338
4.14 高分子溶液の超音波吸収……………1323	(iii) 各種結晶体の音速度……………1338
4.15 懸濁液の超音波吸収……………1323	(iv) 結晶体の音速度と弾性の温度変化……………1338
5. 固体中の音速度と固体の弾性……………1324	5.10 等軸結晶の弾性……………1339
5.1 弾性定数の換算表, 音速度の公式……………1324	(i) 各種等軸結晶……………1339

(ii) MgO の高温の弾性	1342	吸	1366
(iii) Ag と Ag 合金	1344	6.3 数百~1000Mc の超音波吸収	1367
追補 29.5.3 等軸結晶の弾性	1776	6.4 チタン酸バリウム磁器の超音波 吸収	1368
5.11 六方晶系の結晶の弾性	1345	6.5 高分子物質の超音波吸収	1368
追補 29.5.4 六方結晶の弾性	1781	(i) ポリイソブチレン	1369
5.12 正方晶系の結晶の弾性	1347	(ii) ブ ナ	1369
(i) 各種正方結晶の弾性	1347	(iii) 各種ゴム	1369
(ii) ADP の弾性	1347	(iv) 低温の内部摩擦	1369
(iii) KDP の弾性	1348	(v) ポリメチルメタクリレート	1370
追補 29.5.5 正方結晶の弾性	1783	(vi) その他	1370
5.13 三方晶系の結晶の弾性	1348	追補 29.6.1 高分子物質の超音波の 吸収	1788
(i) 各種三方結晶の弾性	1348	追補 29.6.2 水中吸音材の吸収係数	1790
(ii) 水 晶	1349	追補 29.6.3 岩石の超音波吸収	1790
追補 29.5.6 三方結晶の弾性	1784	7. 生体組織の音速度と音の吸収	1371
5.14 斜方結晶の弾性	1349	7.1 生体組織の音速度	1371
(i) ロッセル塩の弾性	1349	(i) 生体組織の音速度	1371
(ii) 各種斜方結晶の弾性	1350	(ii) 胆石の音速度と音響インピー ダンス	1372
追補 29.5.7 斜方晶系の結晶の弾性	1786	7.2 生体組織の音の吸収	1372
5.15 単斜晶系の結晶の弾性	1351	7.3 生体組織の粘弾性	1375
5.16 チタン酸バリウムの弾性と音速 度	1351	7.4 生体組織懸濁液の超音波吸収	1376
5.17 高分子物質の音速度	1353	8. 塩度と音速, 圧力と音速, 温度と音 速, 測深用音速	1377
(i) 樹 脂	1352	8.1 音速表についての説明	1377
(ii) ゴ ム	1357	8.2 理論的計算から作った音速表	1377
(iii) セルロース	1358	8.2.1 音速表の計算法	1377
(iv) 高圧の音速度	1359	8.2.2 測深用音速表	1378
追補 29.5.8 高分子物質の音速度	1787	8.2.3 距離測定用音速表	1378
5.18 木材の音速度・弾性と内部摩擦	1359	8.2.4 測深用音速表の作り方	1380
(i) 各種木材の音速度・弾性と内 部摩擦	1359	8.3 直接音測測定から作った音速表	1382
(ii) 楽器用木材のヤング率と内部 摩擦	1363	9. デシベル換算表	1397
6. 固体中の音の吸収	1364	追補 30.1 音響用語 (一般) JIS Z 8106—1961 の抜萃	1791
6.1 普通の固体物質の超音波吸収	1364	追補 30.2 音響用語 (機器) JIS Z 8107—1963 の抜萃	1798
6.2 単結晶の超音波吸収	1365		
(i) Mc 範囲の単結晶の超音波吸 収	1365		
(ii) kc 範囲の単結晶の超音波吸			

V. 追 補 (1)

鳥 飼 安 生 (1)
 能 本 乙 彦 (2, 3, 8, 9, 28, 29)
 菊 池 喜 充 (4, 5-1, 7, 14-4)
 尾 上 守 夫 (5-2, 6)
 実 吉 純 一 (10, 15, 30)
 伊 藤 豊 (11, 12, 13)
 和 田 八 三 久 (14-1~14-3, 23)
 森 喜 義 (16)
 間 庭 愛 信 (17)

平 野 正 勝 (18)
 丹 羽 登 (19)
 安 田 力 (20)
 岡 益 尚 (21)
 吉 岡 勝 哉 (22)
 森 栄 司 (24, 25)
 渡 辺 哲 也 (25)
 野老山 福三郎 (27)

目 次

<p>1. 近距離音場.....1399</p> <p> 1.1 円形ピストン音源付近の音場 ...1399</p> <p> 1.1.1 音場分布1399</p> <p> 1.1.2 フレネル輪帯による回折 像の説明1400</p> <p> 1.1.3 Schoch の線積分表示によ る近似計算1401</p> <p> 1.1.4 Lommel の近似式1408</p> <p> 1.2 収束音源付近の音場1413</p> <p> 1.2.1 はしがき1413</p> <p> 1.2.2 Schoch の線積分.....1413</p> <p> 1.2.3 中心軸上およびその付近の 音圧・周辺上の音圧1415</p> <p> 1.2.4 Lommel の近似.....1417</p> <p>2. 超音波の吸収機構.....1419</p> <p>3. 有限振幅の音波.....1427</p> <p> 3.1 序 論1427</p> <p> 3.2 近似的取扱い1427</p> <p> 3.2.1 非直線性の表わし方1427</p> <p> 3.2.2 高調波成分1431</p> <p> 3.2.3 吸収のある場合1432</p> <p> 3.2.4 吸 収1434</p> <p> 3.3 吸収の増加の実験1436</p> <p> 3.3.1 液体についての実験1436</p>	<p> 3.3.2 音源からの距離による吸収 の変化1437</p> <p> 3.3.3 吸収の温度変化1438</p> <p> 3.3.4 気体についての実験1439</p> <p> 3.4 波形の鋸歯状化の実験方法1440</p> <p> 3.4.1 電氣的方法1440</p> <p> 3.4.2 シュリーレン法1442</p> <p> 3.4.3 超音波による光の回折の 方法1442</p> <p> 3.4.4 超音波による光の屈折の 方法1451</p> <p> 3.5 波形の鋸歯状化の実験と非直線 パラメータ1452</p> <p> 3.5.1 波形の鋸歯状化の観測1452</p> <p> 3.5.2 高調波成分の観測1453</p> <p> 3.5.3 高調波成分と鋸歯状波の波 面の幅の関係1455</p> <p> 3.5.4 不安定波形1456</p> <p> 3.6 非直線性パラメータの計算1456</p> <p> 3.6.1 音響データによる計算1456</p> <p> 3.6.2 光学的データによる計算 ...1459</p> <p> 3.7 球面波の場合1459</p> <p> 3.7.1 高調波成分1459</p> <p> 3.7.2 音の減衰1460</p>
--	---

3.8 固体中の有限振幅音波	1461	5.2.4 換算表	1498
3.8.1 縦波	1461	5.2.5 水晶に関する注意	1499
3.8.2 横波	1465	6. 結合係数の大きい材料の測定	1501
3.9 有限振幅の音波の速度	1466	6.1 はじめに	1501
3.10 理論	1467	6.2 よこ効果の振動	1502
3.10.1 $R_e \gg 1$ の場合	1467	6.3 たて効果	1505
3.10.2 $R_e \ll 1$ の場合	1469	6.4 損失の測定	1505
3.11 緩和吸収の影響	1474	7. 磁歪振動子の極限出力理論	1507
3.12 液体と気体の非直線性の比較	1475	7.1 考察の原理	1507
3.13 音波と音波の相互作用	1476	7.1.1 磁歪性駆動力の飽和現象	1507
3.13.1 直交する低周波の強い音波 による高周波の音波の変調	1476	7.1.2 歪・歪力平面での磁歪特性	1507
3.13.2 2つの有限振幅の音波の 重畳による物理的和音と 差音の発生	1479	7.1.3 最大極限出力の概算推定	1508
3.13.3 音波による音波の Doppler 散乱	1479	7.1.4 活性整合条件	1509
3.13.4 固体中の有限振幅音波の 相互作用	1481	7.2 極限出力の一般式	1510
3.13.5 吸収のある媒質中の音波 の非直線性相互作用	1482	7.2.1 負荷機械的抵抗の処理	1510
3.13.6 パラメータ効果	1482	7.2.2 許容限度歪 ξ_m と振動速度 v_1 の関係	1511
3.14 音による流れ(直進流)に及ぼ す有限振幅音波の波形の歪み の影響	1482	7.2.3 出力の一般式	1512
4. 磁歪振動子の等価回路	1483	7.3 出力形状係数 $\mathcal{P}_u(\omega)$	1512
4.1 電気音響可逆変換の基本式	1483	7.3.1 角型振動子の $\mathcal{P}_u(\omega)$	1512
4.2 送波器作動の等価回路	1484	7.3.2 フォーク型振動	1512
4.3 受波器作動の等価回路	1488	7.3.3 環状振動子の $\mathcal{P}_u(\omega)$	1514
5. 圧電記号および磁歪記号の対照	1490	7.4 磁氣的損失	1515
5.1 磁歪定数・電歪定数	1490	7.5 作動状態の検定	1518
5.1.1 諸種の磁歪振動定数	1490	7.5.1 近似検定	1518
5.1.2 電歪振動定数	1492	7.5.2 形状を考慮した最大極限 出力	1518
5.1.3 誘歪振動	1492	7.5.3 under-mismatch の条件	1519
5.2 圧電記号の対照	1495	7.6 数値例	1520
5.2.1 はじめに	1495	7.6.1 角型ニッケル振動子	1520
5.2.2 EPD 行列	1495	7.6.2 環状振動子の数値例	1524
5.2.3 記号対照表	1498	7.6.3 無偏倚励振の場合	1526
		8. ハルトマン噴気発音器	1528
		8.1 Hartmann の噴気発音器	1528
		8.2 斜め衝撃波噴気発音器	1528
		8.3 Hartmann 軸付噴気発音器 (Steam-jet acoustic generator)	1530
		9. 静的サイレン(Levavasseur 笛)	1531

10. 水中強力パルス音源……………1533	ン散乱……………1562
10.1 水中火花音源……………1534	14.3.2 MgO における 9000 Mc/s 超音波の非線型減衰……………1562
10.1.1 水中火花放電……………1534	14.4 半導体薄膜による方法……………1563
10.1.2 音圧波形と第 2 パルス……………1535	14.4.1 拡散層トランスジューサ……………1563
10.1.3 放射の方向性……………1537	14.4.2 共面電極拡散層トランス ジューサ……………1563
10.1.4 波連化……………1538	14.4.3 蒸着膜トランスジューサ……………1564
10.1.5 能率……………1539	14.4.4 空乏層トランスジューサ……………1564
10.2 電磁誘導形音源……………1540	14.4.5 半導体薄膜トランスジュー サの電氣的整合……………1564
10.2.1 近似的基礎理論……………1540	14.4.6 変換能率と周波数帯域の 問題……………1564
10.2.2 電気抵抗に基づく損失を考 えた補正……………1541	15. 海中騒音のデータと騒音レベルの 推定方法……………1566
10.2.3 電源回路との適合……………1542	15.1 “定常的騒音”と“断続的・地 域的騒音”……………1566
10.2.4 振動板の慣性と放射音圧……………1543	15.2 スペクトルの表示方法……………1567
10.2.5 設計計算の例……………1543	15.3 図 15.1 の根拠と説明……………1567
10.2.6 音響的反作用……………1544	15.3.1 定常的騒音の下限・上限……………1567
11. 加熱法による連続脱気装置……………1545	15.3.2 熱的分子じょう乱雑音……………1567
11.1 原理……………1545	15.3.3 海面かく乱……………1568
11.2 試作装置の概要……………1545	15.3.4 渦による圧力変動・海底 地殻振動……………1568
11.3 本装置の特徴……………1546	15.3.5 大洋の船舶騒音……………1568
12. 減圧法による連続脱気装置……………1547	15.3.6 断続的・地域的の騒音……………1569
12.1 装置の概要……………1547	15.3.7 風力階級と海況の対照……………1569
12.2 装置各部の定格……………1548	16. 海底下の地質構造探査……………1571
12.3 実施例……………1548	6.1 音波探査における音源の諸方 式……………1571
13. 水中音響標準装置……………1549	16.1.1 磁歪振動子による発振 (ソノプローブ等)……………1571
13.1 水中音響標準装置 I 型……………1549	16.1.2 水中放電による発振 (スパーカー)……………1572
13.2 水中音響標準装置 II 型, III 型……………1551	16.1.3 ガス爆発による発振……………1572
13.3 水中音響標準装置 IV 型……………1553	16.1.4 電磁誘導を利用する発振……………1572
14. 超高周波超音波の発生と検出……………1555	16.2 放電式探査装置の概要……………1572
14.1 水晶を用いる方法……………1555	16.3 各部の回路と機構……………1573
14.1.1 超高周波超音波の発生法……………1556	
14.1.2 超高周波超音波の伝播……………1557	
14.1.3 超高周波超音波の検出法……………1558	
14.1.4 超高周波超音波発生および 検出の実際……………1559	
14.2 強磁性共鳴による方法……………1560	
14.3 超高周波超音波の物性研究への 応用……………1561	
14.3.1 水晶中のフォノン-フォノ	

16.3.1	発振部	1573	21.1	超音波の手術的応用を可能にする特性	1605
16.3.2	発振機	1574	21.2	集束超音波による手術装置(集束超音波定位侵襲装置)	1605
16.3.3	制御機	1575	21.2.1	集束振動子	1605
16.3.4	記録機	1576	21.2.2	高出力高周波発振機	1606
16.3.5	水中電極および受波器	1576	21.2.3	定位的照射用振動子架台	1606
16.4	水中放電による音圧波形	1576	21.2.4	集束振動子校正装置	1607
16.4.1	電気エネルギーと発生音圧の関係	1577	21.2.5	その他の強力超音波発生装置	1607
16.4.2	塩分濃度と音圧の関係	1577	21.3	定位脳神経手術	1607
16.5	探査例	1578	21.4	軟部組織腫瘍手術	1608
17.	結氷湖における氷上よりの水深測量と魚群探知	1580	21.5	超音波手術の基礎になる事項	1609
18.	魚網深度	1582	21.5.1	集束超音波による生体内の組織破壊	1609
18.1	網深度計の必要性	1582	21.5.2	血管壁の透過性亢進	1610
18.2	現用網深度計	1582	21.5.3	脳下垂体侵襲	1610
18.3	ネットビジョン	1583	21.5.4	超音波の可逆的傷害作用	1611
19.	感度標準試験片	1586	22.	医用集束超音波強度測定の問題点	1612
19.1	学振Ⅲ型感度標準試験片	1586	22.1	まえがき	1612
20.	超音波遅延線	1587	22.2	測定素子	1612
20.1	超音波遅延線近年の歩み	1587	22.2.1	熱電対プローブ	1612
20.2	多重反射形固体遅延線	1588	22.2.2	圧電プローブ	1613
20.2.1	概説	1588	22.2.3	その他の測定素子	1613
20.2.2	固体超音波遅延線の変換子	1588	22.3	鋼球放射圧計の指示強度値	1614
20.2.3	固体遅延材料	1590	22.4	多重ビーム型集束音場焦点の音響ラメータ	1614
20.3	導波形の超音波遅延線	1591	23.	高分子物質の超音波伝播(結晶性高分子を中心として)	1617
20.3.1	概説	1591	23.1	高分子結晶の粘弾性	1617
20.3.2	導波形遅延線路の遅延特性	1592	23.2	高分子結晶の欠陥と粘性	1619
20.3.3	磁歪式超音波遅延線	1595	23.3	多結晶構造に基づく粘弾性	1620
20.3.4	導波形電歪式遅延線	1596	23.4	準結晶領域の分子運動による粘弾性	1620
20.3.5	分散遅延線の応用	1598	23.5	まとめ	1621
20.4	超高周波超音波遅延線に関する動向	1599	24.	金属材料の超音波溶接	1623
20.4.1	概説	1599	24.1	溶接法の概要と特徴	1623
20.4.2	超高周波超音波用変換器	1600	24.2	溶接装置	1624
20.4.3	超高周波超音波遅延媒質	1600			
21.	超音波手術の進歩	1605			

24.3	溶接作業条件	1627	26.2.1	超音波分散装置の形式	1652
24.3.1	静圧力の影響	1627	26.2.2	超音波の分散乳化機構	1653
24.3.2	溶接時間の影響	1627	26.2.3	応用例	1654
24.3.3	チップ振動振幅の影響	1628	26.3	凝集	1655
24.3.4	チップ形状, 面の状態, 材質の影響	1628	26.3.1	気体中の凝集	1655
24.3.5	作業台の面の影響	1629	26.3.2	液体中の凝集	1655
24.3.6	表面処理の影響	1629	26.4	脱泡, 脱気, 発泡	1657
24.3.7	形状の影響	1630	26.5	反応促進	1657
24.3.8	溶接強度	1631	26.6	洗 浄	1659
25.	機械的加工用振動系の設計とその 問題点	1633	26.7	接 合	1659
25.1	振動系の動作基本式と大振幅 振動における問題点	1633	26.8	乾燥, その他	1661
25.1.1	小振幅線形動作	1633	26.9	工業計測	1662
25.1.2	大振幅動作	1634	27.	超音波洗浄の実例	1663
25.2	振動子の大幅振動	1636	27.1	概 説	1663
25.2.1	振動子端面速度 v_2 の疲労 による制限値 v_ψ	1637	27.2	光学レンズの洗浄	1664
25.2.2	機械端子単位面積当りの 駆動力の飽和値 F_{vxs}	1638	27.3	眼鏡枠の洗浄	1665
25.2.3	大幅時の機械的 Q	1638	27.4	ガラス表面のミスプリント除去	1665
25.2.4	負荷時の振動子機械端子 における駆動力, 速度と 振動子の Q , 機械的負荷 率の関係	1639	27.5	自動車部品の洗浄	1666
25.2.5	負荷時の振動子機械出力 パワー	1640	27.6	ベアリングの洗浄	1666
25.3	ホーンについて	1642	27.7	ヘッドライトレンズの洗浄	1667
25.3.1	ホーンの変成比の決定	1643	27.8	洗 剤	1667
25.3.2	ホーンの形状の選択	1643	27.9	ま と め	1668
25.3.3	ホーン材料の選択	1642	28.	超音波固体物性	1669
25.4	振動系の設計	1648	28.1	結晶粒子による超音波の散乱	1669
25.4.1	設計順序	1649	28.2	転位の制動共鳴とヒステリシス	1674
25.5	あとがき	1650	28.2.1	転位の制動共鳴	1675
26.	化学工業などへの応用の実例	1651	28.2.2	転位のヒステリシス	1679
26.1	緒 言	1651	28.3	Bordoni ピーク	1682
26.2	分散乳化	1652	28.4	低温の水晶の内部摩擦 (50°K ピーク)	1686
			28.5	ホノン散乱による超音波の吸 収	1687
			28.5.1	有限な温度 (20°K 以上) の吸収	1689
			28.5.2	低温の吸収	1693
			28.5.3	不完全な結晶での吸収	1693
			28.6	相転移による内部摩擦	1693
			28.6.1	規則-不規則転移	1693

28.6.2	マルテンサイト変態・同素変態・共析変態……………1695	29.2.3	分散性気体の音の吸収……………1760
28.7	分子共鳴吸収……………1696	29.2.4	混合気体の音の吸収……………1760
28.8	熱緩和現象……………1698	29.3	液体中の音速度……………1761
28.9	磁性による超音波の吸収……………1701	29.3.1	水中の音速度……………1761
28.10	スピン波と音波の相互作用……………1707	29.3.2	有機液体, 無機液体の音速度……………1762
28.11	常磁性スピン系と超音波の相互作用……………1715	29.3.3	高圧の液体中の音速度……………1765
28.11.1	概 説……………1715	29.3.4	高分子液体の音速度……………1766
28.11.2	MNR, ESR に及ぼす超音波の影響……………1717	29.3.5	液体中の超音波の分散……………1767
28.12	磁気流体力学的吸収と分散 ……1721	29.3.6	溶融した固体の音速度……………1767
28.13	強誘電体の超音波吸収 ……1724	29.3.7	液化気体の音速度……………1769
28.13.1	ロッシェル塩……………1724	29.3.8	懸濁液の音速度……………1770
28.13.2	チタン酸バリウム系磁器……………1724	29.4	液体中の超音波の吸収……………1770
28.13.3	硫酸グリシン……………1725	29.4.1	常圧の液体中の超音波の吸収……………1770
28.14	価電子の移動による内部摩擦……………1726	29.4.2	飽和蒸気圧下の液体中の超音波の吸収……………1772
28.15	金属の電導電子による超音波の吸収……………1728	29.4.3	緩和性液体の超音波吸収……………1772
28.15.1	磁場のない場合の吸収 ……1729	29.4.4	高圧の液体中の超音波の吸収……………1773
28.15.2	磁気音響共鳴……………1734	29.4.5	溶融した固体の超音波吸収……………1774
28.15.3	超電導状態の超音波の吸収……………1743	29.5	固体中の音速度と固体の弾性……………1775
28.16	半導体の電子による超音波吸収……………1744	29.5.1	金属の音速度と弾性……………1775
28.16.1	音響電気効果……………1745	29.5.2	岩石中の超音波の速度……………1775
28.16.2	<i>n</i> -Ge と <i>p</i> -Si の超音波吸収……………1747	29.5.3	等軸結晶の弾性……………1776
28.16.3	光電導性圧電半導体の超音波吸収……………1749	29.5.4	六方結晶の弾性……………1781
28.17	超音波増幅……………1750	29.5.5	正方結晶の弾性……………1783
28.17.1	半導体の超音波増幅……………1751	29.5.6	三方結晶の弾性……………1784
29. 資 料……………1757		29.5.7	斜方晶系の結晶の弾性……………1786
29.1	気体中の音速度……………1757	29.5.8	高分子物質の音速度……………1787
29.1.1	気体中の音速度……………1757	29.6	固体中の音の吸収……………1788
29.1.2	高圧の気体中の音速度……………1758	29.6.1	高分子物質の超音波の吸収……………1788
29.2	気体中の音の吸収……………1759	29.6.2	水中吸音材の吸収係数……………1790
29.2.1	気体中の音の吸収……………1759	29.6.3	岩石の超音波吸収……………1790
29.2.2	高圧の気体中の音の吸収……………1760	30. 音響用語の JIS の抜萃……………1791	
		30.1	音響用語(一般) JIS Z 8106-1961 の抜萃……………1791
		30.2	音響用語(機器) JIS Z 8107-1963 の抜萃……………1798

VI. 追 補 (2)

能 本 乙 彦 (31)
池 田 拓 郎 (32)
御子紫 宣 夫 (33)
和 田 八三久 (34, 35, 36, 40)
大 沢 敏 彦 (35)

西 村 実 (37)
間 庭 愛 信 (38)
近 野 正 (39)
谷 義 隆 (41)
数 永 清 (42)

目 次

31. 超音波キャビテーションの機能 …1805
- 31.1 キャビテーションの2段階とその判定 …1805
- 31.1.1 収束音源による研究 …1805
- 31.1.2 安定キャビテーションと過渡的キャビテーション …1806
- 31.2 キャビテーション域値 …1808
- 31.2.1 溶存気体の影響 …1808
- 31.2.2 振動数の影響 …1809
- 31.2.3 試料液体の体積の影響 …1809
- 31.2.4 パルスの duty cycle の影響 …1810
- 31.2.5 キャビテーション閾値と核気泡の大きさ …1810
- 31.3 核気泡の大きさの分布 …1812
- 31.3.1 気泡の音波吸収 …1812
- 31.3.2 水中の核気泡の大きさの分布 …1814
- 31.4 キャビテーション核の安定化の機構 …1814
- 31.4.1 固体の浮遊物 …1815
- 31.4.2 表面活性剤被膜 …1815
- 31.4.3 イオンの影響 …1816
- 31.5 キャビテーション核の生成・放射線および宇宙線の影響 …1817
- 31.6 気泡の成長 …1818
- 31.7 気泡の圧壊の計算結果 …1821
- 31.7.1 気泡の運動方程式 …1821
- 31.7.2 計算結果 …1823
- 31.7.3 気体含有量の影響 …1824
- 31.8 衝撃波・分調波成分・キャビテーション雑音 …1827
- 31.8.1 キャビテーションにとともなう衝撃波 …1827
- 31.8.2 キャビテーション雑音 …1828
- 31.8.3 分調波成分 …1829
- 31.9 キャビテーション指数・キャビテーション特性関数 …1830
- 31.9.1 キャビテーション指数 …1830
- 31.9.2 キャビテーションにおけるエネルギーの関係 …1832
- 31.10 超音波の作用とキャビテーション気泡の数 …1833
- 31.10.1 音響ルミネッセンスとキャビテーション腐蝕 …1833
- 31.10.2 静圧の影響 …1834
- 31.11 音響ルミネッセンス …1835
- 31.11.1 圧壊キャビテーションに伴う音響ルミネッセンス …1835
- 31.11.2 安定キャビテーションによるルミネッセンス …1839
- 31.12 液体ヘリウムのキャビテーション …1840
32. 新しい圧電, 電歪材料 …1842

32・1 圧電セラミック……………1842	41・1・2 位置ぎめ装置……………1877
32・2 圧電結晶……………1845	41・1・3 動作制御機構……………1877
33. Gunn 効果による超音波の発生と 検出 ……………1848	41・2 ペレットの超音波溶接の実例…1877
34. ずりインピーダンス法 ……………1852	41・3 針金の超音波溶接の実例……………1878
35. 残響法 ……………1856	41・3・1 アルミニウム線の超音波溶 接……………1878
36. 高圧での実験法 ……………1859	41・3・2 Au 線の超音波溶接……………1879
37. 超音波魚群量自動計数法 ……………1862	41・4 超音波ワイヤレス溶接の実例…1880
38. 音響による魚群の誘致威かく ……1864	41・1・1 フリップチップの超音波溶 接……………1880
39. 音片系機械フィルタ ……………1867	41・1・2 その他のワイヤレス溶接…1880
39・1 概 要……………1867	42. 高分子材料の溶接 ……………1881
39・2 各種の機械フィルタ(M・F)……1867	42・1 超音波溶接の概要……………1881
39・3 特性例, その他……………1871	42・2 溶接装置……………1884
40. Grüneisen 定数 ……………1874	42・3 溶接の機構……………1886
41. 半導体素子における超音波溶接 …1876	42・4 溶接の実例……………1889
41・1 超音波溶接装置……………1876	
41・1・1 超音波振動発生部……………1876	

