

医用工学入門

木村雄治著

コロナ社

はじめに

日進月歩の科学技術の発展に、医療の分野も例外なくその恩恵にあずかっている。新しい医用工学技術が医療の発展をもたらし、新医療の進歩がさらに新鮮な思考のもとに、高度な医療技術、医用工学技術を要望する。まさに医学と工学は互いに競合し、協調して医療や福祉に貢献している。このような環境のなかで、臨床工学技士制度（1988年）や救急救命士制度（1991年）が発足し、プレホスピタルケアと院内救急医療体制が充実した。一方で、老人医療、在宅医療、遠隔医療などの医療分野では、医療の専門家や一般市民を問わずいろいろな形で医療に深くかかわることが要求されている。

このように、一般医療の場でも高度医療の領域においても、医学と工学の役割は大きくなっている。遠隔医療のための通信ネットワークや、コンピュータによる医療情報処理は工学技術そのものであり、最先端をいく脳治療の低体温療法や遺伝子治療は医学の独壇場であるがごとく思われるが、これらが最高に効果を発揮するのは医学と工学とが密に融合してはじめて得られるものである。

医用工学は、今までややもすれば医療に役立つ技術という考え方をしがちであるが、本来は、生体を医学の立場から客観的に考察し、工学からは理論的に現象を解明して、その成果をどのように医療に役立てるかを両者が追究する医学と工学の境界領域にあるものである。

このような観点から、医用工学を単なる機器の技術的内容として理解するのではなく、生体とあるいは生理現象といかに深くかかわっているかを広く理解することが必要ではないかと思われる。

ここでは初歩的・基本的なテーマが中心ではあるが、医学と工学との関係での技術の重要性に少しでも多く接してほしいと願っている。

2001年1月

著 者

目 次

1. 医用工学とは

2. 医用工学発展の歴史

2.1 心 電 計	4
2.1.1 心電計の測定原理と構成	4
2.1.2 心臓における興奮伝導と心電図の発生	7
2.1.3 心電信号の検出（電極と皮膚の性質）	8
2.1.4 生体と増幅器の結合	9
2.1.5 心電計の周波数特性	11
2.1.6 心電計の記録方式	13
2.1.7 心電計の規格	15
2.1.8 心電図の利用拡大	17
2.1.9 心電図の解析	17
2.2 脳 波 計	25
2.2.1 脳波計の構成	25
2.2.2 脳波の性質	28
2.2.3 脳波の発生機序：脳波計はなぜ誘導電極数が多いのか	29
2.2.4 脳波記録で何を知らうとするか	31
2.2.5 脳波の解析	32
2.3 血 圧 計	36
2.3.1 観血式血圧計	36
2.3.2 非観血式血圧計	39
2.3.3 血圧は変動するもの（ホルタ自動血圧計）	41

3. 医用電子機器の種類

3.1 生体現象計測・監視機器	42
3.1.1 生体物理現象検査用機器	42
3.1.2 生体電気現象検査用機器	43

3.1.3 生体検査用機器	43
3.1.4 生体現象監視用機器	43
3.2 画像診断装置	44
3.3 生体機能補助・代行機器	44
3.4 治療および手術機器	45
3.5 医用情報システム	45
3.6 その他のシステム	45

4. 人体からの情報収集

4.1 人体にエネルギーを与えないで検出する情報	46
4.1.1 生体電気信号	46
4.1.2 生体振動現象	47
4.1.3 温度情報	49
4.1.4 呼気ガス成分の分析	51
4.1.5 磁気現象の検出	51
4.2 人体にエネルギーを与えて検出する情報	52
4.2.1 光による検出	52
4.2.2 電気インピーダンス法による検出	53
4.2.3 加圧による検出	53
4.2.4 超音波を加える検出	55
4.2.5 磁気の印加による検出	56
4.2.6 放射線による検出	57

5. 生体物性

5.1 電気特性	58
5.1.1 細胞の性質	58
5.1.2 組織の周波数特性	60
5.1.3 電磁波の透過性	61
5.2 磁気特性	62
5.3 放射線特性	62
5.4 機械特性	63
5.5 熱特性	64
5.6 光特性	65

6. 医用電子回路

6.1 差動増幅器	67
6.1.1 差動増幅回路の特性	67
6.1.2 弁別比の向上方法	68
6.1.3 バッファアンプの利用法	69
6.2 フローティングアンプ (アイソレーションアンプ)	70
6.2.1 フローティングの意味	70
6.2.2 フローティングの方法	70
6.2.3 フローティングと弁別比	72
6.3 テレメータ回路	72
6.3.1 送信機	73
6.3.2 受信機	74
6.4 変換素子と増幅回路	76
6.4.1 ストレインゲージ	76
6.4.2 圧電素子	77
6.4.3 可動コイル素子	78
6.4.4 サーミスタ	78
6.4.5 フォトダイオード	79
6.4.6 差動トランス	80

7. 医用機器各論

7.1 筋電計	81
7.2 呼吸流量計 (電子式スパイロメータ)	84
7.3 パルスオキシメータ	87
7.4 心拍出量計	90
7.5 炭酸ガスモニタ	92

8. 患者監視システム

8.1 患者監視の情報と測定の特徴	94
8.2 ICU, CCU のモニタ (一人用患者監視装置)	96
8.3 多人数用監視システム	97

8.4	分娩監視装置	98
8.5	新生児監視装置	100
8.6	患者監視と情報ネットワークシステム	103

9. 画像診断装置

9.1	超音波画像診断装置	105
9.1.1	測定原理	105
9.1.2	画像の作り方ーパルスエコー法	106
9.1.3	画像の作り方ーパルスドップラ法	108
9.1.4	プローブの種類と特性	109
9.1.5	超音波画像の特徴	111
9.2	X線画像診断装置	112
9.2.1	X線の発生と制御	112
9.2.2	透視撮影と直接撮影（実時間DR法）	113
9.2.3	X線CT	115
9.3	RI画像診断装置	119
9.3.1	γ 線の性質	119
9.3.2	SPECT	119
9.3.3	PET	122
9.4	MRI装置	122
9.4.1	測定原理	122
9.4.2	装置の構成	124
9.4.3	緩和時間の生理学的意味	125
9.4.4	MRアンギオグラフィ（血流描画法）	125
9.4.5	MRIの長所と短所	126
9.5	内視鏡	127

10. 治療機器

10.1	ペースメーカー	129
10.2	除細動器	131
10.2.1	体外式除細動器	131
10.2.2	植込型除細動器	132
10.2.3	ICD植込者の生活環境	134

10.3	超音波吸引手術装置	135
10.4	電気メス	136
10.5	レーザーメス	136

11. 人体機能補助装置

11.1	補聴器	139
11.1.1	補聴の要因	139
11.1.2	体外式補聴器	141
11.1.3	植込式補聴器	142
11.1.4	聴力と大脳の機能	143
11.1.5	新生児・乳幼児の補聴法	144
11.2	人工透析	148
11.2.1	腎機能と血液透析	148
11.2.2	体外式血液透析法	150
11.2.3	腹膜透析法	152
11.3	その他の補助装置	154
11.3.1	人工心肺装置	154
11.3.2	植込式人工心臓	154
11.3.3	大動脈内バルーンポンピング装置	155

12. 医療情報システム

12.1	コンピュータがシステムを作る	156
12.2	システムの広域性	158
12.3	システムの社会的役割	159

13. 安全対策

13.1	安全の概念	162
13.2	人体の電流反応（マクロショックとマイクロショック）	163
13.3	電撃の安全対策の保護手段と程度	164
13.3.1	電撃に対する保護の形式（保護手段）による分類	164
13.3.2	電撃に対する保護の程度（使用目的）による分類	164
13.3.3	漏れ電流の許容値	165

13.3.4	単一故障状態	166
13.3.5	医療環境の安全管理 (EPR システム)	166
13.3.6	漏れ電流測定	166
13.4	電磁環境と安全	167
13.4.1	電波障害に対する安全	167
13.4.2	電磁的両立性	168
13.5	治療装置の安全	169
13.5.1	除細動器	169
13.5.2	電気メス	169
13.5.3	レーザーメス	170
13.6	システム安全	171
13.6.1	機器に対するシステム安全	171
13.6.2	人為的ミス of 安全対策	173
参 考 文 献		175
索 引		176

1 医用工学とは

検査、診断、治療の多面にわたって工学が密接に関係し、医療の発展に大きく貢献している。最も身近な電子体温計から高度医療分野でのMRIや人工心肺の例を見ても、広い分野で工学と医学は深くかかわり合っていることがよく理解できる。

医用工学 (medical engineering) はこのように医療に工学的な理論や技術手法を導入することにより科学化を図ろうとするばかりでなく、疾病の予防・早期発見からリハビリテーションに至るあらゆる医療にわたって定量性、客観性、再現性、計画性、予測性を提供する役割を担っている。さらに最近では、各種画像計測診断、患者監視システム、看護支援システム、電子カルテ、遠隔医療のための医療情報通信システムなど、コンピュータの使用が不可欠となり、ますます工学の役割が重要になってきている。

しかし、医用工学は医療に役立つべく一方的に医学に貢献しているのではなく、医学と工学の境界領域に位置する学問なのである。

医用工学は、工学の立場からは生体を理論的に理解し、医学の立場からは生体を客観的に眺めることによって両者を融合することで成り立っている (図 1.1)。したがって医用工学は医学と工学のそれぞれの学問分野に立脚し生体を介して結合する学問であり、両者の中間に位置する独立した専門の学問ではない。この認識が異なった分野から得た知識を生体計測に適用し、有効な治療へと発展する源動力となりうる。

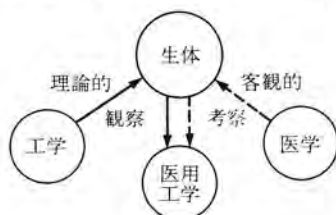


図 1.1 医用工学の位置付け

一方、生体のもっているすぐれた機能やシステムを工学に反映させるなど、医学や生物学の概念や知識を工学に導入し応用を図る領域を生体工学 (biological engineering) と呼んでいる。この生体工学と医用工学は不可分の関係にあることから、両者を併せて医用生体工学という名称が広く使われている。医用工学を ME、医用生体工学を BME と区別して用い

2 1. 医用工学とは

る場合もあるが、両者を併せて単に ME と呼ぶ場合が多い。ME 領域の概念を ME 技術とそれを支える基本技術との関係で表すと図 1.2 となる。基礎となる基本技術の背景には当然ながら物理学，数学，生物学，化学などの学問体系が備わっていることが前提である。

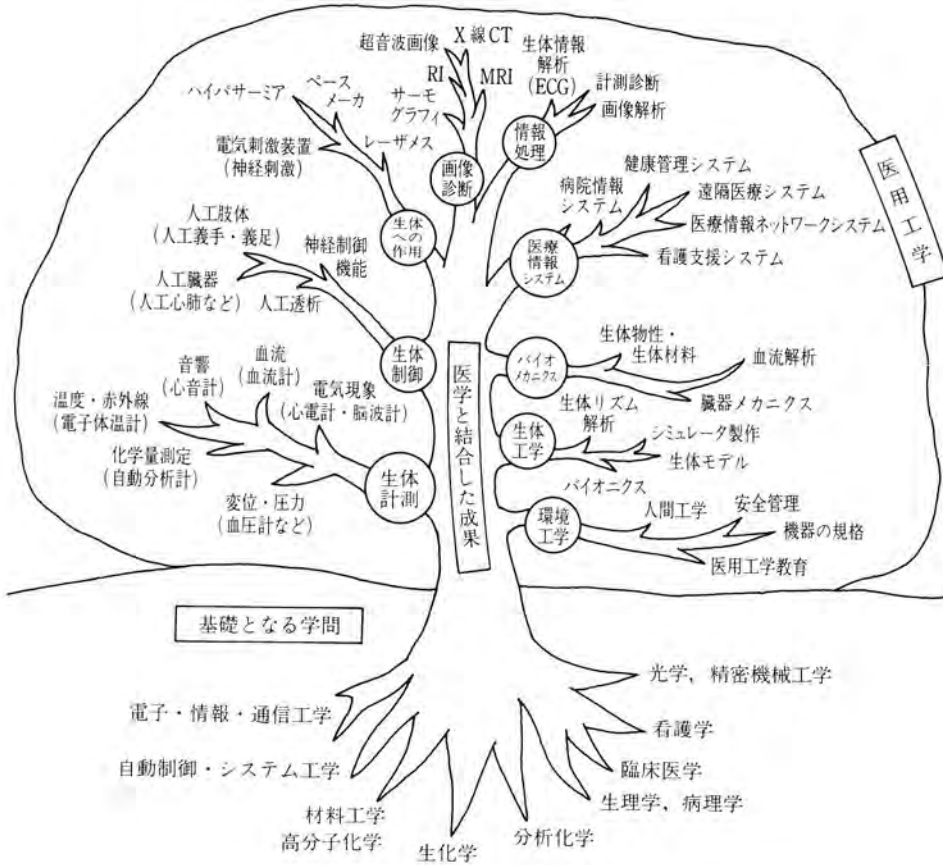


図 1.2 医用工学の構成

2

医用工学発展の歴史

1716年ウィーンの医師が酒樽を叩いて酒の量を知ることからヒントを得て打診術を考案し、1819年フランスの医師 R. Laennec が子供のたわむれをヒントに木製の細長い円柱の聴診器を製作し、ドイツの医師 L. Traube (1818~1876) がその木製円柱を円管の聴診器に改良を行ったといわれる。その後今日まで打診、聴診が診療の第一歩に行われ、それが生体計測のもとをなしているのは興味深いものがある。以後、医学はイギリスの E. Jenner (1749~1823) の牛痘による天然痘予防法の開発などで徐々に社会的地位を確立していった。一方、生体計測の社会的地位を確立することになったのは、なんといつてもかの著名な L. Galvani の“蛙の筋に関する研究” (1794年) である。この発表により、電気の発生が生体における生理現象の一つであるとみなされるようになった。そして生体電気計測が開始されるようになったのである。やがて G. Lippman (1875年) の毛細管電位計を利用した R. Marchand (1877年) による蛙の心臓電気現象の証明を経て、W. Einthoven (1903年) による絃検流計を使った心臓活動電位の記録が発表されて今日の心電図学の基礎を築いたといわれている。この絃検流計は先駆者 Galvani の業績をたたえて Galvanometer と名付けられた。後の心電計や脳波計に欠かすことのできないガルバノメータの元祖である。その後シーメンス・ハルケス社による可動コイル検流計が心電計に利用されて生理学の研究が盛んになっていった。

筋肉が収縮するときに電気が発生することは推定されていたが、それが証明されるのは Einthoven による絃検流計の出現を待たねばならなかった。そして H. Piper (1912年) によってはじめて筋電図が記録された。

さらに生理学は脳も研究対象としていた。脳波を動物実験によって初めて証明したのは R. Coton (1875年) である。人間を対象にしたのは、ずっと以後の H. Berger (1924年) であった。しかも、使用した計測器が大形の弦電流計であったために、再現性に変苦苦労したといわれている。続いて、シーメンス・ハルケス社の可動コイル検流計は α 波の描記に成功した。さらに、1929年には脳波曲線 1000 個をとって Jena の医学会に論文を発表したのは有名である。その後、1934年ごろよりアメリカでも、そして若干遅れて日本でも脳波

の研究が行われたが、第2次世界大戦によって中断された。本格的な研究が盛んになったのは終戦後のことである。

医用工学は生体電気現象の記録から始まったといえる。1906年 De. Forest の三極真空管の発明を契機に臨床的な応用が加速度的に発展し、1949年 W. Shockley のトランジスタの発明で今日のような隆盛期を迎えることになった。この電子工学の発展の過程でなんといっても心電計の果たした役割は大きく、脳波計の普及とあいまって医用工学の基礎を築いた。一方、血圧測定は1896年 Riva-Rocci が圧迫帯を用いた触診法による水銀血圧計を作り、1905年に N. Korotkoff が聴診法による血圧計を考案した。それ以来、カフを上腕に巻いてコロトコフ音聴診をする水銀柱の血圧計が主流となった。しかし、それはなかなか医用工学の対象にならなかった。現在は観血式・非観血式を含めて病院のみならず家庭にも広く普及しているが、1950年初頭に観血式電気血圧計が登場するまでは、医療の各分野で望まれていたにもかかわらず医用工学の領域に含まれていなかったのである。

以上の歴史をふまえながら、医用工学構築の基礎にもなり、かつ現在も医療の最前線で活用されている心電計、脳波計および血圧計について考えてみたい。

2.1 心電計

1928年には可動コイル検流計に真空管増幅器を結合させたシーメンス・パルケス社の可搬電圧心電計が製作された。1932年以降、日本にも輸入されたが、当初は国内に4台しかなかった。1930年代の初め、日常の診断に使われていたおもな医用機器は顕微鏡、水冷式管球のX線診断装置、遠心器などわずかなもので、しかもドイツからの輸入品であった。そのころから国産化を目指して数社のメーカーが撮影式心電計、インク書き心電計を製品化した。しかし本格的な国産化が進められたのは、大戦後の1945年以降である。当時、心電計の電源には電池を使用し、増幅器は不平衡（シングルエンド）型の真空管回路であった。心電図を記録する際には電灯線のスイッチを切って交流雑音が入らないようにした。また廊下を人が歩くだけで振動が記録波に入るので、人を近づけないようにしたものである。今日の心電計と比べるとまったく隔世の感がある。

2.1.1 心電計の測定原理と構成

心臓の活動に伴う電気現象を電極によって導出し増幅・記録するのが心電計である。心臓には心筋を自動的に順序よく収縮させるために、電氣的興奮（刺激）を規則的に伝える特殊な組織がある。これを刺激伝導系と呼んでいる。図2.1のように、興奮はまず信号発電所（ペースメーカー）である洞結節に始まり、房室を経てヒス束から左右に分かれて心筋内のプ

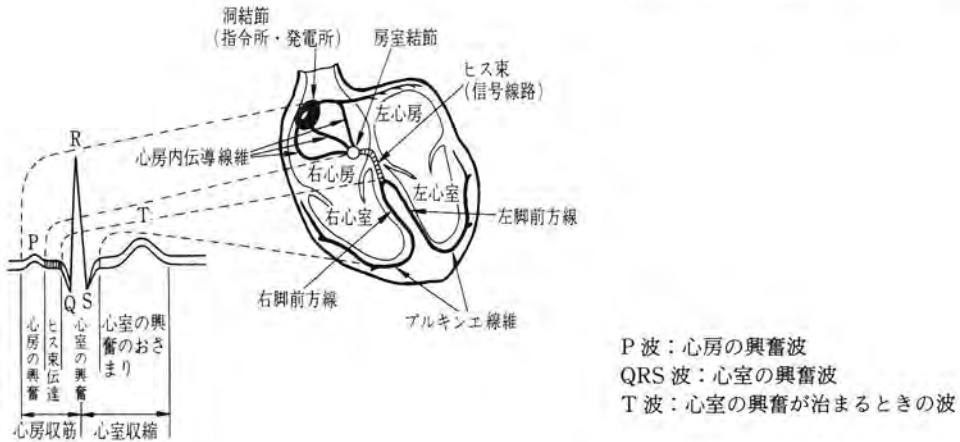


図 2.1 心臓の刺激伝導系と心電図波形

ルキンエ線維に伝わる。この興奮にやや遅れて心筋が収縮する。心臓の筋肉は骨格筋のような強い収縮力と平滑筋のような持久力を兼ね備えているが、不随意筋なので自分の意志でコントロールすることはできず、ペースメーカーからの指令によって規則正しく活躍することになる。心電図は、この刺激伝導系の電気信号によって心筋が動作する過程で発生する電気現象を体表から記録したものである。心房を収縮させる洞結節までの電気信号がP波、心室の興奮がQRS波、心室の興奮がおさまるときに発生するのがT波である。

心電計の基本的な構成を図 2.2 に示す。興奮による心臓の電気的变化は、心臓内を時間経過とともに移動し、標準信号電圧が1mVの定常性をもった電気現象である。体内に発生する心臓の電気現象は、体表面に電位分布を作るので、体表のある2点間の電位を測定すれば心電図が得られる。電位(信号)の導出は、体表面に電極を装着して誘導コードで行う。

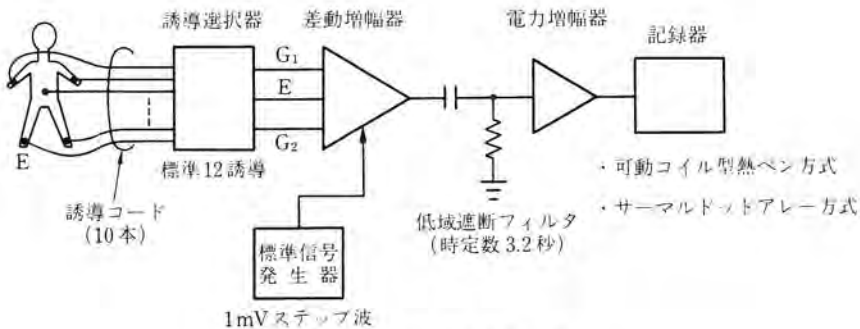


図 2.2 心電計の基本構成

索引

【あ】		眼球電位計	46	国際脳波学会基準	27
アイソレーション	70	観血式血圧計	36	固定陽極式	112
圧電材料	105	看護支援システム	104	鼓膜温度	50
圧電素子	77	患者回路	70	固有音響インピーダンス	105
アブニア	101	完全埋込型人工心臓	154	コリメータ	120
アブミ骨	142	完全自動型除細動器	132	混合性換気障害	87
安静閉眼状態	27	冠動脈流	155	【さ】	
【い】		ガンマカメラ	121	差圧式	85
医用コンセント	172	【き】		再環流	91
医用データ処理装置	45	基礎絶縁	166	最高血圧	39
医用テレビジョン	45	気泡検知器	151	在宅医療	154
医用無線テレメータ	72	逆投影法	117	在宅医療支援システム	156
医用レーザー	136	強化絶縁	166	最低血圧	39
医療情報システム	156	胸部双極誘導	24	細胞膜	59
【う】		共鳴周波数	124	撮影式心電計	4
植込型除細動器	132	巨視的磁気モーメント	123	サーミスタ	78
植込型補聴器	139	銀-塩化銀電極	8	酸素消費量分布	57
埋込式ペースメーカ	129	筋線維群	82	【し】	
運動神経線維	82	【く】		紫外線レーザ	170
運動誘発電位	62	クラス I 機器	164	視覚誘発電位	32
【え】		クラス II 機器	164	磁気共鳴画像	122
遠隔診療支援システム	104	グラスファイバ	127	磁気共鳴画像装置	56
沿面距離	166	【け】		色素希釈法	90
【お】		傾斜磁界	124	子宮収縮情報	99
オージオメータ	53, 141	携帯電話	167	糸球体	148
オシロメトリック法血圧計	40	血液再灌流音	42	刺激装置	45
音響インピーダンス	64	血液透析法	149	刺激伝導系	7
温度調節能力	65	血管描画像	126	刺激伝導系障害	129
【か】		血中酸素飽和度	51	耳小骨	142
回転陽極	112	血中炭酸ガス分圧	92	システム安全	171
蝸牛神経	139	検温画面	161	自動 ABR	145
可視光線領域	66	【こ】		シナプス	28
活性酸素	65	高周波分流回路	169	シャント	151
カラードップラ断層像	108	拘束性障害	87	集中患者監視装置	95
ガルバノメータ	3	高電圧刺激パルス	169	受光素子	66
眼圧計	53	光電子増倍管	120	巡回検診情報管理	161
感音性難聴	140	光電脈波	52	蒸気爆発	136
換気機能	86	呼吸疾患患者監視装置	95	上室・心室性期外収縮	22
		呼吸流量計	84	使用周波数割当範囲	74
		国際電気標準会議	65	ジルコン-チタン酸鉛系磁器	77
				人為的過誤	171
				神経結合部	28

神経伝導障害	84	大動脈拡張期圧	155	糖尿病性腎症	149
腎硬化症	149	大脳皮質	29	動脈圧	38
人工心臓	154	大脳皮質運動野	62	動脈側陰圧検知器	151
人工中耳	142	胎盤循環	98	動脈血中酸素飽和度	89
人工内耳	142	ダウンサイジング化	156	読唇術	143
心磁図	51	多重反射	111	特定小電力無線局	73
心疾患患者監視装置	95	縦緩和時間	124	ドップラ効果	55
心室細動	131	縦波	63		
心室除細動器	131	単一筋線維活動電位	82	【な】	
新生児集中監視装置	95	単一故障状態	166	内視鏡検査	127
心臓電気現象	3	単針極	82	内部電源機器	164
診断情報システム	159			【に】	
診断用超音波装置	65	【ち】		二重絶縁	166
シンチレータ	120	知覚情報	31	尿管管腔	149
陣痛曲線	99	超音波画像	107	人間工学的対策	172
陣痛計	76	超音波吸引手術装置	135	人間工学的な配慮	171
心電図の自動解析	18	超音波心音計	55		
浸透圧	150	超音波心音マイクロホン	55	【ね】	
深部体温	50	超音波ビーム	107	熱希釈法	90
		聴覚神経	139	熱電子	112
【す】		聴覚野	140	熱ペン直記式記録器	13
水銀血圧計	4	聴診器	47		
睡眠時無呼吸症候群	33	聴性脳幹反応	144	【の】	
睡眠深度	31	聴性誘発電位	31	脳幹網様体	31
ストレインゲージ	76	直接血圧測定	36	脳磁図	51
		直接撮影	57, 113	【は】	
【せ】		直記式記録器	11	曝射量	113
静磁界方向	123			波動伝播特性	105
静止電位	8	【て】		針電極	82
生体情報	42	低域遮断周波数	13	バルーンカテーテル	155
赤外線体温計	50	デマンド型	129	半自動除細動器	131
セクタ式	109	電氣的興奮(刺激)	4	半導体ゲージ	76
セクタ電子走査式	110	電気二重層	8		
切開作用	136	電極接触抵抗測定機構	27	【ひ】	
接触式眼圧計	54	電子式スパイロメータ	85	光吸収特性	87
絶対安全	162	電子走査型	108	非観血式血圧計	53
先天性難聴者	143	電磁波障害	167	皮膚表面電極	46
		電磁波放射線	63	病院電気設備の安全基準	172
【そ】		電磁妨害波の排除能力	168	標準 12 誘導心電図	17
走査原理	109	電磁妨害波の抑制能力	168	標準信号電圧	5
相対安全	162	テンプレート	146		
		【と】		【ふ】	
【た】		洞結節	5	ファイバースコープ	127
ダイアライザ	151	橈骨動脈	151	フェイルセーフ	172
体温調節中枢	64, 94	透視撮影	57, 113	フォトダイオード	79
体外式除細動器	132	透視状態	113	賦活	28
体外式ペースメーカー	129	透析液	150	賦活脳波	31
対極板	169	透析効果	150	腹膜透析法	149
胎児瞬時心拍数曲線	99	透析膜	150	不平衡型増幅器	9
胎児心音計	55	同相電圧利得	68	ブリッジ回路	102
体性感覚誘発電位	32	橈側皮静脈	151		
耐電圧	166				

フールブルーブ	172	マクロショック	163		
フローティング	70	慢性糸球体腎炎	149		
分散化	156	慢性腎炎	149		
分娩監視装置	101				
		【み】			【り】
【へ】		マイクロショック	163	リニア式	109
平均加算法	34	ミネソタコード	20	リニア電子走査式	109
平均血圧	39			粒子放射線	63
平衡機能計	47	【む】		両側聴力障害	144
閉塞性障害	87	無呼吸	101		
弁別比	10			【れ】	
		【ゆ】		レーザ光	170
【ほ】		誘発筋電図	84	連続サンプリング法	92
放射性同位元素	119	誘発耳音響放射	144		
保護接地線	167			【ろ】	
ホルタ自動血圧計	41	【よ】		老人性難聴	140
		横緩和時間	124	老廃物	150
【ま】		横波	63		
マグネタイト	62			【わ】	
				ワイヤゲージ	76

α 線	62	EOAE	144	QRS 波	18
α 波	25	EPR	166	R 波検出	22
β 線	62	FFT	108	R 波同期機能付除細動器	131
δ 波	33	FSK	73	radio isotope	119
θ 波	33	IEC	15, 65	RI	119
		IEC 601-1	162	SEP	32
ABR	144	I. I.	113	SPECT	119
Ag-AgCl 電極	8	JIS	15	S-R 法	116
B 形機器	61	Korotkoff	4	time of flight 法	125
BF 形機器	61	MOS キャパシタ	114	TOF 法	125
CAPD	149	MRI	56, 122	T-R 法	116
CCD 素子	50	PET	119	X 線吸収係数断層	115
CF 形機器	61	PR 時間	20	X-ray image intensifier	113
CT 値	117	PZT	77		

— 著者略歴 —

1959年 電気通信大学電気通信学科卒業
1959年 フグダ電子(株)勤務
1968年 日本電気三栄(株)勤務
1991年 日本光電工業(株)勤務
1998年 東京電子専門学校講師
2002年 西武学園医学技術専門学校講師
2013年 西武学園医学技術専門学校退職

医用工学入門

Introduction to Medical and Biological Engineering

© Yuji Kimura 2001

2001年3月21日 初版第1刷発行

2020年6月25日 初版第13刷発行

検印省略

著者 木村雄治
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 新日本印刷株式会社
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-07075-0 C3047 Printed in Japan

(江口)



JCOPY <出版者著作権管理機構 委託出版物>

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつと事前に、出版者著作権管理機構(電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp)の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。