

放射線医学・技術小史

第2章

〔凡例〕

- (1) 表の左から2列目“放射線医学・技術の流れ”のなかで、☆印は国外事項、○印は国内事項である。また☆○印は国内外に関連する事項である。
- (2) “註釈”のなかで、☞印は、その年(その年度)の“事項”に対する註釈である。
- (3) 註釈は、原則としてその年あるいは年度を中心に記述しているが、年を前後して記述されている場合がある。したがってその“事項”に関連する初出の註釈と、その事項の発展過程での年度追いを合わせて記載している。もし詳しい歴史的発展の過程が知りたいときは、初出の事項から、そのときの註釈をお読みいただくとよい。
- (4) 重要と思われる事項は、ゴシック体になっている。
- (5) 原則として人名は原語を用い、敬称は省略した。同様に地名、会社名、大学名は英字綴り(日本を除いて)にした。

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1845	☆ Wilhelm Conrad Röntgen : ドイツのLennepe に生まれる。	
1855 ~1857	☆ R. W. Bunsen & H. E. Roscoe : 相反則(Bunsen-Roscoe の法則)を提案。	☞ 光化学反応系において、作用変化量は反応系の作用光量と作用時間の相乗積に比例する、という法則。1921年 R. W. Glocker が紹介。
1864	☆ J. C. Maxwell : 電磁波の存在を予言(電磁波の基礎方程式)。 ☆ Sayce & Bolton : 臭化銀コロジオン乳剤を発明。	☞ 乾式でパイロ現像法。
1869	☆ J. W. Hittorf : 高真空度の放電管・Hittorf 管を考案。	☞ この新型の放電管で、陰極から放出された“直進する線”を発見する。
1871	☆ E. Goldstein : 陰極線の呼称。 ☆ R. L. Maddox : 臭化銀ゼラチン乾板を発明。	☞ この呼称を J. W. Hittorf が発見した“直進する線”に命名。 ☞ この発明で、写真感光材料は一挙に近代化の道を拓いた。
1875	☆ W. Crookes : 新型放電管・Crookes 管の考案。	☞ 真空ポンプを改良し真空度を 10^{-3} Torr 程度まで下げた新しい放電管。これを用いた実験で“X線”の現象を発見するが、原因不明とした。
1888	☆ W. C. Röntgen : Würzburg 大学物理学主任教授に就任。	
1890	☆ G. Eastman : ロールフィルムを作る。 ☆ F. Hurter & V. C. Driffield : H&D 式感度測定法を考案。	☞ セルロイド薄板に臭化銀ゼラチン乳剤を塗布したもの。 ☞ 写真濃度を透過度の逆数の常用対数値と定義して、その図示法を考案した。H&D 曲線と称している写真特性曲線のこと。近代センチメートルの基礎を確立した。
1891	☆ Bogisch : メトール、グリシン、アミドールを合成。	☞ 1892年に、Hauff社が生産を開始。
1895	☆ W. C. Röntgen : X線を発見。	☞ 11月8日、Ruhmkorffの大型誘導コイルとHittorf-Crookes放電管を用いた実験で発見。実験の成果を論文“(Über)Eine Neue Art von Strahlen”を第1報(序論)として12月28日にWürzburg物理医学協会に提出。1896年1月1日付けの協会議事報告(1895年版第9号 p.132~141)に10頁(17節)にわたって掲載される。この論文別刷りに自分で撮影した妻Berthaの左手指骨のX線写真な

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1896	<p>☆ A. H. Becquerel : Becquerel 線の発見。</p> <p>○水野敏之丞, 丸茂文良, 山川健次郎, 村岡範為馳らは, X 線写真の撮影実験に成功。</p> <p>☆ E. Kodak 社, X-レイ・ペーパーを発売。</p> <p>☆ “Focus Tube” と呼ばれた最初のガス X 線管球の考案。</p> <p>☆ A. Voigt : 最初の X 線治療。</p> <p>☆ J. Daniel : X 線照射によって発生した脱毛症状を報告。</p> <p>☆臨床に用いた X 線撮影の照射時間の二, 三の例。</p> <p>☆ Dutto : 動物屍体の血管に焼石膏 (CaSO₄ · 1/2H₂O) を注入, X 線撮影した。</p> <p>☆ J. Macintyre : X 線映画撮影の試み。</p> <p>☆ J. J. Thomson : 比電荷を測定し, 陰極線の粒子性(電子の存在)を確認。</p> <p>○島津製作所, 教育用 X 線装置を試作。</p> <p>1898 ☆ M. Curie & P. Curie : ラジウム (Ra) とポロニウム (Po) を発見。</p> <p>○芳賀榮次郎: 陸軍軍医学校に最初の X 線装置を設置 (Siemens 社製感応コイル式, 1 号機と呼称, 水銀断続器, 透光板, 現像処理器材など一式)。</p> <p>1899 ☆ E. Rutherford : α 線, β 線を発見。</p> <p>1900 ☆ P. Villard : γ 線を発見。</p>	<p>どとともに, 多くの研究者に送付。1896 年 1 月 23 日, Würzburg 物理学協会主催の講演会で公開実験。席上で組織・解剖学者の R. A. von Kölliker が, この“線”を“レントゲン線”と呼ぶことを提案。1901 年, “X 線の研究”で第 1 回ノーベル物理学賞を受賞。</p> <p>☞ 陰極線と蛍光体(ウラン化合物)の関係をはっきりさせる実験で, 自発的未知の放射線を発見。Becquerel 線と名付けた。Curie 夫妻と共に 1903 年ノーベル物理学賞受賞。</p> <p>☞ 水野(第一高等学校教授)は, 山口鋭之助らと手, 魚, 刀などを撮影(4 月)。山川(東京帝大理科大学教授)は, 鶴田賢次, 水木友次郎らと協同で同様の撮影に成功(4 月)。丸茂(済生学舎外科・物理学講師)は, 帝大の外国人教授 Scriba の助言と写真家鹿島清兵衛の協力のもとに X 線発生実験に成功(5 月)。村岡(第三高等学校教授)は, 糟谷宗資, 島津源蔵・源吉(島津製作所)らとともに島津製作所の実験室で桐箱内の 1 円銀貨を撮影(10 月)。丸茂は X 線が結核や化膿菌などの細菌に対して影響することまで言及。わが国でいち早く報道したのは, 医学専門誌では“東京医事新報”(2 月 29 日), 日刊新聞で“時事新報”(3 月 7 日)であった。</p> <p>☞ 感度, コントラストともに非常に低かった。1906 年にシード X-レイ プレートを, 1912 年にはラッテン X-レイ プレートを発売。</p> <p>☞ 陰極は湾曲したアルミニウム製, 陽極は白金箔を張りつけたニッケル板。</p> <p>☞ 鼻咽頭癌患者に照射し, 痛みの緩和作用をみたという。その他, 乳癌(米), 胃癌(仏)に治療を試みた。</p> <p>☞ X 線障害の最初の報告。わが国では 1902 年に櫻根孝之進と溝口喜六がそれぞれ別個に皮膚炎の一例として報告。</p> <p>☞ Oudin, Barthélem ら: 手に 25 分, 肘に 60 分照射。A. Londe ら: 頭蓋骨側面に 105 分照射。J. Chppuis ら: 頸椎に 16 分照射, など。</p> <p>☞ 同じ年に Haschek と Lindenthal は人体の切断上肢に金属塩を注入した。これらが“造影撮影”の最初。</p> <p>☞ カエルの足の運動の 1 コマ 1 コマの写真。</p> <p>☞ 1897 年 12 月, Marie と Pierre は, ピッチブレンドを電気炉で精製し, ウランの数倍もの放射能を Pierre が考案した圧電気計で定量。1898 年 4 月, 論文を科学アカデミーに提出。さらにピスマスとともに沈殿する硫化物がウランの数千倍の放射能を持つことを発見, ポロニウムと名付けた(7 月)。先のウラン鉱石の化学分析を繰り返し, ウランの 900 倍の放射能を持つバリウム塩化物を抽出, ラジウムと命名した(12 月)。“放射能”という用語は, 1898 年に Curie 夫妻が最初に使った。A. H. Becquerel と共にノーベル物理学賞を受賞。M. Curie は 1911 年ノーベル化学賞受賞。</p> <p>☞ 芳賀(陸軍軍医学校軍医)がドイツ駐在中に“X 線”の成果をみて, 外科学的に有効であると判断し, 私費で購入し送付したもの。帰国後, 軍医学校副官植木第三郎軍医に依託して東京帝大理科大学教授長岡半太郎と助手水木友次郎に, 学理と組立法や使用法の指導を受けさせる。水木友次郎は, その後軍医学校や各地の病院で X 線技術の指導をした技術者で, わが国最初の“X 線技術者”といわれている。1893 年から数物理学研究のためドイツに留学中の長岡半太郎は, X 線発見の歴史的現実と遭遇し, ドイツから X 線に関する情報を東洋学芸雑誌(174, 1896)に報告。1903 年には土星形原子模型を提案。</p> <p>☞ 1908 年, α 粒子がヘリウムの原子核であることを実証。</p> <p>☞ γ 線の命名も Rutherford(1903)。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1901	<p>☆ K. Schwarzschild : 相反則不軌の關係式 (Schwarzschild の法則) を提案.</p> <p>☆ A. Köhler : 骨疾患の X 線診断に関する最初の論文を発表.</p> <p>☆ Albers-Schönberg : 円筒状の遮蔽装置を考案.</p>	<p>☞ 天文学者、星の撮影で一定の写真濃度を得る必要から、この法則を発見。1923年にA. Bouwersが紹介.</p> <p>☞ これまでにもいくつかの人体 X 線撮影が報告されているが、臨床的な適用を論文としたのはこれが最初.</p> <p>☞ 照射範囲の限定と圧迫の効果が散乱線を減じた.</p>
1903	<p>○ 島津製作所、感応コイル式 X 線装置の製作と販売.</p>	
1904	<p>☆ M. Curie & P. Curie, A. H. Becquerel : ノーベル物理学賞受賞.</p>	<p>☞ M. Curie & P. Curie : ポロニウムとラジウムの発見. A. H. Becquerel : 放射能の発見.</p>
1906	<p>☆ G. Perthes : 十字照射法を提案.</p> <p>☆ M. Kohl : 集光照射法を考案.</p>	<p>☞ 多門照射法の先駆的方法.</p> <p>☞ 中泉正徳の手法(1937), N. Flax の装置(1937), A. Green, W. A. Jenning & F. Buch らの実用的集光照射装置(1949)と発展していく.</p>
1907	<p>☆ H. C. Snook : 変圧器式高電圧発生装置の開発.</p>	
1908	<p>☆ E. Rutherford : ノーベル化学賞受賞.</p>	<p>☞ 原子核崩壊説を立て α 線がヘリウム原子核であることを示した.</p>
1909	<p>○ 陸軍軍医学校, “エックス放射学(エックス放射)” 講座を開講.</p> <p>○ 国府台陸軍衛戍病院に国産(島津製)第1号の X 線装置を設置.</p>	<p>☞ 1914年まで肥田七郎軍医正が担当.</p>
1910	<p>☆ A. Rösler : 実用的タングステン酸カルシウム蛍光体増感紙を開発.</p>	<p>☞ 1897年にEdisonは、CaWO_4 増感紙を発明。1900年代から実用的タングステン酸カルシウム増感紙を使っていたが、残光が大きくなりあまり臨床的でなかった。新しい増感紙は、Gehler Folie と称し微粒子蛍光体の性能の高いものであった.</p>
	<p>☆ C. Bachem & H. Günther : 消化管造影剤に硫酸バリウムを使う.</p>	<p>☞ この試みによって、次硝酸ビスマスから次炭酸ビスマス、そして硫酸バリウムへと漸進的に交替していく、バリウム造影食餌と呼称した.</p>
	<p>☆ E. Rutherford : 原子の有核模型を提唱.</p>	
	<p>☆ Werner : ラジウムの遠隔大量照射装置を製作(0.3グラムキュリー).</p>	<p>☞ 最初の放射性物質による遠隔大量照射装置.</p>
1911	<p>☆ M. Curie : ノーベル化学賞受賞.</p>	
1913	<p>☆ W. D. Coolidge : 灼熱形熱電子 X 線管・Coolidge X 線管を開発.</p>	<p>☞ X 線発見の翌年から各種の X 線管らしい陰極管が報告されている。実用的なものは、1912年にJ. E. Lilienfeld が白金フィラメントの熱電子管を考案。Coolidge 管は、10^{-7} Torr 真空度の管内にタングステン フィラメントを封入し、発生した熱電子を集束、加速してタングステン陽極に衝突させて X 線を発生する現在の方式。U 形状をしていたので U 形管といわれた。1913年にわが国の特許を出願し、1919年に登録された。やがて真空管や電気磁気、金属処理などの諸技術の進歩とともに、陰極フィラメントは陰極カップに配置。熱電子が焦点を結ぶ陽極も回転円盤になって、材質もモリブデンをベースにしたタングステン 90%、レニウム 10% の合金でコーティングされ、熱膨張や収縮特性も格段に改善。1924年、東京電気(東芝)は深部用(200 kVp) U 形 Coolidge 管を販売.</p>
	<p>☆ 散乱 X 線除去用グリッドが考案される.</p>	<p>☞ Buckyblende (G. Bucky, 1913. 特許申請は 1915. Wabenblende と呼称) : 網目状に金属箔の円筒を平面上に並べた。Potter-Buckyblende (H. E. Potter, 1920) : 天板は凹面あるいは平面の型式で、グリッドを網目状に配列。網目を斜めに移動して網目を消した。また、グリッド比という言葉も最初に使った。Lysholmblende (E. Lysholm, 1923, fine grid diaphragm と呼称) : 金属板を細かく並列した平面状の静止形のグリッド.</p> <p>☞ トレーサに放射性鉛を用いる.</p>
	<p>☆ G. Hevesy & F. Paneth : アイソトープトレーサ法を開発.</p>	
	<p>☆ H. G. J. Moseley : Moseley の法則を発見.</p>	<p>☞ 特性(固有) X 線の波長と原子番号の間の系統的關係を述べ、電子軌道に K, L, M, などと命名.</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1914	○ガス X 線管球(ギバ)の国産化(東京電気).	☞ 東京電気(現東芝)は GE 社と提携してギバ A, B, C 形(以上白金極)を計画発売, 1917 年には D, E, F 形(以上, タングステン極)を完成. 1920 年には, 熱電子 X 線管を製品化.
1915	☆ W. C. Stevenson : ラドンシードを開発. ☆ E. Pohl : 回転照射法の特許をとる.	☞ 1942 年に実用化. 振子照射法が発展したもの.
1917	☆ J. E. Burns : トリウム造影剤 (Thorotrast) を腎盂造影法に用いる. ☆ C. A. Waters : 副鼻腔の後頭前頭方向撮影法 (Waters 法) を案出.	☞ トリウム (α 線を放射する放射性元素) に起因する発癌が初めて見つかった (1947). ☞ 同じ頃, E. W. Caldwell も同様の提案をしている (Caldwell 法).
1918	☆ この頃, 側頭骨岩様部・乳様部などの撮影術式が多く試みられる.	☞ R. Grashy, F. M. Law, F. Arcelin, E. G. Mayer, W. Altschul, E. B. Towne, H. W. Stenvers ら.
1918	☆ E. Kodak 社, 両面乳剤フィルムを開発, 発売. ☆ Paterson 社, 二重(複)増感紙を発売.	☞ 商品名は "Eastman Dupli-Tized X-Ray Film". 感度とコントラストを向上させる現在の方式. 国産では, 六櫻社・小西本社(現在のコニカ, 1919~1933), 旭写真 (1930), オリエンタル写真 (1930, 1937), 富士写真 (1936) がそれぞれ発売. ☞ 前面蛍光層はやや薄く, 後面はやや厚い構成. 現在の増感紙の形式.
1919	☆ C. Heuser : 生体に対する最初の上肢の静脈造影(無機ヨード造影剤)を報告.	☞ この報告で心臓まで造影されたと記述(最初の心臓造影).
1920	☆ W. E. Dandy : 腰椎穿刺による気脳造影法を報告.	
1920	☆ R. B. Wilsey ら : X 線センシトメトリー (X 線露光) 法を提案.	☞ X 線センシトメトリーの創始.
1921	☆ L. A. Jones : 粒状性を測定. ☆ A. E. M. Bocage ら : 断層・断面撮影法の原理の特許獲得.	☞ 肉眼で粒状が判別不能になる距離で評価. ☞ X 線管・フィルム・被検体のうち, 前の二つが相対的運動をすると断面像が得られ Biotom と名付けた. 同様の考え方で, A. Vallebona : Stratigraphy (1930), B. G. Ziedses des Plantes : Planigraphy (これが最初の実用装置), Zonography (1933), G. Grossmann : Tomographie (1932; 1934, これが最初の市販装置) などである. とくに Tomography (-ie) は, 現在の断層撮影法の代名詞になった. 多層断層方式は, 1931 年に Ziedses des Plantes が最初に提案. 1947 年, M. De Abreu : 同時多層断層法を実用化.
1922	☆ T. A. Edison : 二極整流管・Kenotron を開発. ☆ R. Glocker : 増感係数(増感率)を定義. ☆ A. H. Compton : Compton 電子放射 (Compton 効果) を発見.	☞ 1915 年に S. Dushman が開発した高電圧整流管を Kenotron という説もある. この整流管は寿命が短く普及が遅れていた. Edison は自分が開発した整流管に Kenotron と名付けた. 半導体整流方式が実用化 (1960 年頃) するまで整流方式の主流. ☞ 1927 年ノーベル物理学賞受賞
1923	○日本レントゲン学会(初代会長 田代義徳)の創設.	☞ わが国における最初の放射線医学関係専門学会.
1924	☆ H. A. Goalwin : 視神経孔撮影法を考案.	☞ 1910 年に発表した H. Rhese の蝶形骨洞・篩骨洞撮影法が発展したものの. 一般に Rhese-Goalwin 法という.
1925	○日本レントゲン協会の創設. ○この当時, 研究会や講習会の開講, 各種専門著書の刊行がなされた. ☆ H. Chantraine : 低電圧・大電流方式を提唱.	☞ 技術者の集まり "蛍光会" (1923 年創立) を改組して結成した最初の技術者団体. 1927 年に機関誌「蛍光」を発刊. 北海道, 東北, 関東, 中部, 京都, 台湾に支部を置き, 会員数は 236 名. ☞ 主な研究会・講習会: レントゲン研究会 (1913), 大阪 RR 会 (1913), 東京顕微鏡院講習会 (1917), 東京電気講習会 (1918), 東京医学電気講習会 (1916), 島津製作所講習会 (1921) など. 島津製作所講習会は, 1939 年まで毎年開講し, 受講生の総数は 1,858 名に上った. ☞ "低電圧撮影方式" でコントラストに富んだ X 線写真を理想とし, 長く診断領域を支配した.

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
	☆高電圧撮影方式の試み.	☞ M. Gortan(1924), E. Weber(1924), F. Zacker(1925), J. Stephani(1929), T. Rövekamp(1931)の試み. 実用化は, E. D. Trant, D. E. Graves らの高電圧用 X 線管の開発(1949)と, A. Nemet, W. H. Cox, T. H. Hills らの散乱 X 線除去用グリッドの開発(1953)以後.
1926	☆ E. B. Towne: 頭部の前後半軸方向撮影(Towne)法を發表.	☞ 脳内の聴神経腫瘍の診断を確定するため, 側頭骨岩様部(錐体)の左右対称像撮影が目的.
1927	○最初の技術者養成機関, 高津レントゲン技術講習所を開設.	☞ 12月1日, 23名(学生19名, 聴講生4名)が入所し, 修学期間は6ヵ月, 講習所はその後, レントゲン技術専修学校(修学期間1年, 1935), 京都放射線技術専門学校(修学期間3年, 1970)と改称し, 京都医療技術専門学校(修学期間3年, 1983), 京都医療技術短期大学(修学期間3年, 1989年), 2007年には京都医療科学大学(4年制)となる. この経緯は, 年月を追って技師の身分制の変遷と前後しながら4年制大学に到達した.
	☆1920年末, 200 kV 級の Coolidge 管を用いた X 線治療が一般化.	
	☆ A. C. Moniz: ヨウ化ナトリウム造影剤で, 脳血管造影を行う.	
	☆ Bronkhorst: 初めて X 線像の鮮鋭度, コントラストについて言及.	
	☆ A. H. Compton: ノーベル物理学賞を受賞.	☞ 散乱 X 線の波長が長くなる(コンプトン効果)を発見
1928	☆ R. Reynold: レンズを使った最初の X 線映画法を行う.	☞ F 1.9 のレンズを用いたという. 1930年頃 Janker, Stewart らによって追試. わが国では1935年以降に牧野, 細江らが研究. 実用化は1952~53年頃に開発された X 線蛍光増倍管の出現以降.
	☆ Lichtwitz: 経静脈性尿路造影に成功.	☞ 1927年に A. Binz らが合成したモノヨード・ピリドン系(ウロセレクトアン)を使用.
	☆ H. W. Stenvers: 側頭骨岩様部(錐体)の正面撮影(Stenvers)法を考案.	☞ 側頭骨岩様部(錐体)の構造がもっともよく現れる撮影法.
	☆第2回国際放射線医学会議(Stockholm)で, X 線量の国際単位に“r: レントゲン”を採択.	
1929	☆ W. Forssmann: 心臓カテーテル法を考案.	☞ 前肘静脈から尿管カテーテルを挿入して, 右心耳まで導入. 1956年, この功績でノーベル医学・生理学賞を受賞.
1930	☆ E. O. Lawrence: サイクロトロンを考案.	☞ 最初の医療用サイクロトロンは, 1955年 London の Hammersmith 病院に設置. この考案で, 1939年にノーベル物理学賞を受賞. 最初の医療用サイクロトロンは, 1955年に London の Hammersmith 病院に設置.
1931	☆ Van de Graaff: 粒子加速器(Van de Graaff 装置, 静電高電圧発生装置)を考案.	☞ 最初に臨床に用いたのは Boston の Huntington Memorial 病院で, 1 MV の装置(1937).
	☆ New York の Memorial 病院, 700 kV の超高压 X 線装置を設置.	☞ X 線管は, 2 段式に区切られたカスケード管.
1932	☆ J. D. Cockcroft と E. T. S. Walton: “Neutrogenerator”で, 原子核の人工破壊に成功.	
	☆ J. Chadwick: 中性子を発見.	☞ 1930年に W. W. Bothe らが発見した電氣的に中性で, 陽子に近い質量を持つ素粒子に中性子と名付けた. 1935年にノーベル物理学賞受賞.
1933	○日本レントゲン学会が分裂.	☞ 第11回総会で, 会長選出が引き金になって内紛. 放射線医学の独立性を主張した退会者は新たに日本放射線医学会を設立.
1934	☆ Joliot-Curie 夫妻: 人工放射性核種を発見.	☞ 1935年, Joliot はノーベル化学賞の受賞講演で, 人工放射性核種は一種の核変換であり, それが物質全体に連鎖的に広がれば, 莫大なエネルギーが放出されるだろう, 科学者は十分に用心が必要であると述べた.
	☆ E. Fermi: 中性子を各種の原子核にあて, 14種類の人工放射性核種を作る(原子核の人工変換).	☞ 1938年, ノーベル物理学賞受賞.

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
	<p>☆人工放射性核種の医学への利用が始まる。</p> <p>○湯川秀樹：中間子の存在を予言(1935年、日本数学物理学会誌、17-1)。</p>	<p>☞ アイソトープをトレーサにした最初の報告は放射性鉛を用いた G. Hevesy ら(1913)。人工放射性核種では、E. Hevesy：³²P の体内分布(1935)、G. Hamilton, J. H. Lawrence：²⁴Na, ³²P で白血病治療の試み(1937~1939)、L. Hahn：³²P で血液量の測定(1940)など。</p> <p>☞ 1947年、C. F. Powell によって宇宙線のなかから2種類の中間子を発見。1949年、ノーベル物理学賞(核力の理論による中間子存在の予言)を受賞。</p>
1935	<p>☆ P. Wiest：鮮鋭度の尺度として Wiest 法(細隙幅法)を提案。</p> <p>☆ J. Curie 夫妻：ノーベル化学賞受賞。</p>	<p>☞ スリット蛍光分布像から最大蛍光値の1/2の蛍光値を与える分布像の幅(半値幅)で評価。半値幅法の先駆。</p> <p>☞ アルミニウム、ホウ素、マグネシウムなど軽元素にα線を当て人工放射性元素を作成した。</p>
1936	<p>☆ E. O. Lawrence：サイクロトロンを使って、人工放射性核種を作る。</p> <p>☆ Cockcroft-Walton 形治療装置が稼働。</p> <p>☆ M. de Abreu, 古賀良彦：X線間接撮影法の開発。</p>	<p>☞ 本格的な利用は原子炉によって大量製造が可能(1946年頃)になってから、わが国には、1950年に原子炉製のアイソトープ(¹²⁵Sb)が初めて輸入された。東海村の原子炉(JRR-1)で最初に生産したのは1962年である。</p> <p>☞ London の St. Bartholomew 病院に設置(1 MeV)。</p> <p>☞ ともに間接撮影法の基礎的問題を論じ、その先取権が争われた。de Abreu は1935年に実用機を作り、レンズに Zeiss の F1:1.2 を用いた。古賀は、蛍光板像撮像法として発表し、同年軍関係学校の生徒600名を撮影。</p>
1937	<p>☆ K. Würstlin：鮮鋭度の尺度として、Würstlin(傾斜角度)法を提唱。</p> <p>○大阪大学と理化学研究所でわが国最初の小サイクロトロンが稼働。</p> <p>○診療用「エックス」線装置取締規則(内務省令第32号)、電気工作物規程の改正(逓信省令第51号)、「エックス」線量計検定規則(逓信省令第52号)、診療用「エックス」線装置取締規則施行に関する件(依命通牒(内務省発第79号)などを公布、制定。</p> <p>☆ A. Castellanos ら：経静脈性心臓血管造影法を確立。</p> <p>☆ K. Juris & G. Rudinger：鮮鋭度の尺度として打抜き孔法を提案。</p> <p>☆ C. F. Carlson：ゼログラフィを実用化。</p>	<p>☞ エッジ像から得られる最大濃度と最小濃度間のS字状曲線の接線に対する傾斜を目安にしたもの。</p> <p>☞ 当時、X線障害防止の声が高かった。それに呼応したのがこれらの法令・規則である。防護を含めたX線管設備(管容器)の考慮、高電圧の遮蔽などを定める。</p> <p>☞ 肘静脈から直接造影剤を注入し、小児の先天性心奇形の造影像を得た。1938年に G. P. Robb らは成人の心臓血管造影を報告。</p> <p>☞ 厚い鉛板の多くの孔を打ち抜き、その写真像から孔の濃度の状態で評価。巢板法ともいう。</p> <p>☞ 光導電体と静電現象の理論に基づくもので電子写真の始まり。Xerography は、Xeros (=Dry), Graphos (=Writing) の合成語。1950年、この商品名で発売。</p>
1938	<p>☆ R. C. McMaster ら：ゼロラジオグラフィを考案。</p> <p>☆ W. Watson：横断層撮影装置を考案。</p> <p>☆ H. Nitka：鮮鋭度の尺度として Nitka 法(不鮮鋭指数法)を提案。</p> <p>☆ R. Ruginger & G. Spiegler：鮮鋭度指数法を提案。</p> <p>☆ A. Schüller：側頭骨岩様部撮影の Schüller 法を案出。</p> <p>☆ O. Hahn ら：ウランの原子核分裂を発見。</p> <p>☆ R. S. Stone ら：速中性子治療を始める。</p>	<p>☞ J. F. Roach：医学への応用(1952)、F. F. Ruzicka：乳房撮影に適すると報告(1956)。ゼログラフィの静電現象で発生するエッジ効果を利用した技術。</p> <p>☞ 1948~49年に高橋信次は別個の装置を考案。</p> <p>☞ Würstlin 法を改善。S字状曲線の平均値に立てた垂線の肩と脚の部分の面積で評価。</p> <p>☞ 増感紙の使用時のスリット像と不使用時のエッジ像のそれぞれの蛍光分布の高さの比を求め評価。</p> <p>☞ 1905年以来、側頭骨岩様部や乳様部のX線撮影の方法・診断法に関して数多くの報告。</p>
1939	<p>☆ E. E. Charlton ら：共振変圧器形加速器を発表。</p> <p>☆ E. W. H. Selwyn：粒状度の評価法に Selwyn 法を提案。</p>	<p>☞ サイクロトロンで、8 MeV の重陽子でベリリウムを衝撃して4 MeV を得て治療した。</p> <p>☞ 規模は、1 MV で 180 cycles, 100 R/min/m。New York の Memorial 病院に設置。</p> <p>☞ 写真濃度の微小な変化を統計処理する方法で、Selwyn の定数：G 値を提案。後年、RMS 粒状度として一般化。</p>
1940	<p>○細江謙三ら：人の心臓大血管造影像をX線映画で撮影。</p>	

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1941	○日本医学放射線学会の誕生。 ☆ D. W. Kerst ら：ベータトロンを製作。	☞ 1933年に分裂した両会が合同(1940)。1941年に第1回総会を開催(京都)。 ☞ この磁気誘導の考え方の提案者は S. Wideröe (1928)。実用機の完成は、1942年で、20 MeV であった。治療に使われたのは1948年。
1942	○日本放射線技術学会の創設。 ○赤間与三次(技術者、宮崎県)：第79帝国議会で身分制度確立の請願を行い採択される。 ☆世界最初の医療用ベータトロンが稼働。	☞ 日本レントゲン協会(東京)、日本放射線技術学会(大阪)など各地に分立していた技術者団体を単一団体としたもの。2000年4月横浜で第56回の学術大会を開催。 ☞ X線専門技術者の身分制確立の問題は、1935年頃から種々の方法でなされていた。赤間の請願に、なぜか組織的支援がほとんどなかった。 ☞ D. W. Kerst が放射線治療用として20 MeV の装置を建設。実際に治療に用いられたのは1948年 Illinois 大学病院や Ontario 癌研究所。国産装置は1962年頃に生産が始まる。
1944	☆ E. Fermi : Chicago 大学で原子炉を建設。原子核分裂の連鎖反応に成功。 ☆ K. T. Dussik : 超音波(ultrasonic waves, US, エコーなどと呼称)を臨床に適用。	☞ その研究論文名は“脳の超音波検査法”。それ以後の臨床的な適用は J. J. Wild (1951), D. H. Howrg (1952), 菊池喜充 (1952) らのパルス反射法。1958年に I. Donald らが探触子によって接触複合操作法を開発し超音波断層像を初めて得た。また、Keidel らは心臓領域への適用(1950)、Wild らは A モード法(1950)、Howry らは B モード法(1952)、里村らは弁ドプラー法(1956)と血流ドプラー法(1959)などの黎明期を経て、1970年代になって電子走査形 B モード断層装置やカラー ドプラー診断装置が登場。1956年頃、すでに三次元画像処理が研究されていた。2002年のRSNAでは、第二世代の超音波診断装置として、ハンドヘルド形(Sonosite)、ノート形(SIEMENS, GE)などを出展。 ☞ 工業用に開発されたもの。医療用として最初の自現機は、1955年に Elema Schönander 社製のプロコマット I 形(ハンガ方式)。これは1959年から1961年にかけて全国の国立大学病院に約15台設置。
1945	☆自動現像機(PaKo 社、ハンガ方式)の实用化。 ☆ E. Kodak 社、三酢酸セルロースの不燃性フィルムを製造。 ☆米国(H. S. Truman 大統領)、原子爆弾を広島(濃縮ウラン 235, 8月6日)と長崎(プルトニウム, 8月9日)に投下。	☞ J. B. Oppenheimer を中心とする米国の科学者は Manhattan 計画に従って3発の原子爆弾を作った。プルトニウムからは2個、ウランからは1個である。プルトニウムの1個はロスアラモスの静寂な砂丘をぶっ飛ばし、一個は、長崎に投下“ファットマン”(ふとっちょ)。ウランの1個は広島に投下“リトルボーイ”(ちびっこ)した。それぞれに人類史上空前の惨禍となる。
1946	☆○太平洋戦争わが国の敗戦で終わる。 ☆ E. M. McMillan : シンクロトロンの原理を考案。 ☆ M. Friedman : X線スペクトロメータを発明。	☞ 結晶構造の解析と精度を飛躍的に向上させた。
1946	☆ E. Purcell ら(Stanford 大学), F. Bloch ら(Harvard 大学)：核磁気共鳴法で核の磁気モーメントを発見。 ☆ Pennsylvania 大学(J. Mauchly ら)：電子計算機 ENIAC を完成。	☞ これが核磁気共鳴現象(NMR)。1952年ノーベル物理学賞受賞 ☞ 第一世代のコンピュータ(真空管方式)。
1946~1948	○大日本塗料、MS増感紙と蛍光板を再建第1号として発売。 ☆ H. J. Muller : ノーベル生理学・医学賞受賞 ☆ L. S. Skaggs ら：ベータトロンから電子線を照射することに成功。 ☆ R. Sans & J. Porcher : 多軌道断層“ポリトーム”を製作。	☞ 「極光」という愛称で、わが国の代表的増感紙。 ☞ X線照射による突然変異を発見しX線利用者に対する安全基準の必要性を主張した。 ☞ G.-H. Bode らは、5~6 MeV の電子線で皮膚癌の治療(1950)。電子線治療を最初に提案したのは、A. Brash と F. Lange(独, 1934)。 ☞ この2名は、パリの公立病院の技師。

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1948	○日本放射線技師会の設立。 ☆ C. E. Shannon：“通信の数学的理論(A Mathematical Theory of Communication)”を発表。 ☆ R. H. Morganら：蛍光板撮影方式のX線テレビジョンを発案。	<p>☞ 身分法の制定推進のため日本放射線技術学会から分離。1951年に日本エックス線技師会、1970年に再び日本放射線技師会となる。</p> <p>☞ この理論は情報量を定義し通信文を誤りなく最高の伝送能力で伝達する可能性と限界を論じた。N. Wienerとともに、オートメーションの改善や人工頭脳の実現、自動制御理論、コンピュータ科学、1959年以降の画像解析・評価の定量化にも多大の影響を与えた。“情報理論”と通称。</p> <p>☞ 撮像管にはイメージ オルシコン。実際に透視したという報告は1951年。わが国でのI.I-TV系が実用化したのは、実験段階(1950~1959年)を経て1960~1961年。</p>
1949	☆ J. W. Coltman：イメージ インテンシファイア(image intensifier, I.I.：蛍光増倍管)を開発。	☞ 1944年にG. G. HennyとW. E. Chamberlainは、電子工学的透視増幅法を提案。蛍光増倍管の考案につながる。最初はimage amplifierと呼称。
1949	☆ G. C. E. Burger：Burger ファントム(孔あきファントム)を考案。	☞ 主観的判断に客観性を持たせるコントラスト ディテールファントム。
1950	☆ Freudlichら： ¹⁹² Irの遠隔照射装置を完成。	
1951	○日本に最初の原子炉製ラジオアイソトープが輸入。 ☆世界最初の ⁶⁰ Co遠隔大量照射装置が稼働。 ☆ B. Cassenら：RIの体内分布映像法(シンチスキャナ)を考案。 ☆○“解像力不信論”が内外の学会で論じられ、MTFが試みられる。 ☆ L. E. Farrら：熱中性子捕獲療法を開発。 ☆ R. H. Morganら：イメージ オルシコン X線TVを製作。 ☆ Mortonら：初めて ⁶⁰ Co小線源(管)を製作。 ○診療エックス線技師法(6.11, 法第226号)が公布。	<p>☞ ¹²⁵Sbである。日本製は1962年6月に東海村原子炉が(JRR-1)で生産。</p> <p>☞ これはカナダのSaskatoon 大学病院とVictoria 病院に設置。それぞれ線源は1,000 Ci。日本には1953年に東大、阪大など7施設(各172 Ci)に配分。</p> <p>☞ ¹³¹Iを指頭形手持ちシンチレーション カウンタで計測。甲状腺シンチグラム像を記録。</p> <p>☞ 解像力に代えMTF(変調伝達関数, レスポンス関数)を用いることを提案。</p> <p>☞ Brookhevenに設置された医学専用原子炉で行い、脳腫瘍の治療に適応。</p>
1952	☆世界最初の医療用直線加速器(リニア アクセラレータ)が稼働。 ☆ H. O. Anger：ピンホール ガンマカメラ(Anger式ガンマ カメラの原型)を開発。 ☆ Brownell：ポジトロン カメラを開発。 ☆ C. A. Tobiasら：重陽子、 α 粒子治療を開始。 ☆ Sinclair： ¹⁹⁸ Au グレインを報告。 ☆ Tobiasら：シンクロサイクロトロン(184 in ϕ)で重荷電粒子の照射実験。 ○高橋信次：自己バイヤス微小焦点X線管の開発。 ○大阪大学医学部に最初の国立系付属エックス線技師学校を創設。	<p>☞ 1952年に第1回の特例試験を実施。受験者数6,397名、合格者数4,832名(75.5%)。1968年、法の一部改正があり診療放射線技師が誕生し、エックス線技師と2本立てになる。</p> <p>☞ 英国のHammersmith 病院(Metropolitan Vickers社製：8 MeV)。わが国では、1963年に1号機が設置(国立がんセンター、癌研)されて1964年に稼働。</p> <p>☞ γ線映像用カメラ。1956年に4 inϕのNa(Tl)結晶と7本の光電子増倍管を組み合わせたガンマ カメラを、1964年には17 inϕのNa(Tl)結晶と19本の増倍管を組み合わせたシンチカメラを完成。</p> <p>☞ 陽電子放出核種²¹¹Asを使ったもの。ポジトロンCTの原型。</p>
1953	☆ S. I. Seldinger：Seldinger法(経皮的カテーテル法：選択的血管造影法)を考案。 ☆この頃、各種のアイソトープ診断が臨床的に用いられた。 ☆ Cosslettら：X線顕微鏡の画像ボケの研究。	<p>☞ 1954年頃、末端肥大症患者の脳下垂体に照射。</p> <p>☞ 直接拡大撮影技術の実用時代に入る。</p> <p>☞ 東北大学(1953)、九州大学(1954)、名古屋大学(1955)と逐次、国立系大学に付設。</p> <p>☞ 選択的血管造影法の飛躍。1956年Ödmanは特殊なポリエチレンカテーテルを考案し大動脈分枝の選択的造影法を確立。</p> <p>☞ 胆嚢(Yuhlら)、脳(Browellら)、脊髄腔(Bauerら)、肝(Stirrettら)などのスキャンニング。</p> <p>☞ この研究は2000年になって、「位相コントラスト」の研究に発展する。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
	☆ Henschke ら：遠隔操作アフタローダ治療法を提案。	☞ RI の小さな線源を病巣に刺入あるいは密着して、組織内や臓器内腔を通して線量を集中する治療法。1898年に Curie 夫妻がラジウムを発見した数年後にすでに実施されている。したがってすでに100年以上も経過。1940年頃までは、ラジウムが主力であったが、取扱う医療者への被曝が問題となった(1962年参照)。
1954	☆ J. Meiler：鮮鋭度の尺度として Meiler 法を提案。 ☆ J. W. Coltman：Coltman の補正式を提案。 ○わが国最初の実用形回転陽極 X 線管の開発(東芝)。 ☆ Anderson ら：液体シンチレーションカウンタを利用。	☞ 一定の管電圧、管電流のもとで、撮影時間を変化させてスリット像を得、その X 線強度分布の左右の相対的強度で評価。 ☞ 矩形波レスポンス関数を正弦波レスポンス関数に換算・補正する方法。MTF のチャート法が急速に普及。 ☞ 油浸形、 $1.0 \times 1.0 / 2.0 \times 2.0$ (mm) の二重焦点。 ☞ ^{14}C や ^3H などの β 線放出核種を含む試料測定に用いる。
1955	☆最初の医療用サイクロトロンが稼働。 ☆ ^{137}Cs 遠隔大量照射装置が稼働。 ☆○ B. Picinbono と大上進吾：Wiener スベクトルを別個に提案。 ○テレビジョン技術を医療用画像機器・装置に導入。	☞ London の Hammersmith 病院。40 in ϕ , 15 MeV の重陽子加速。 ☞ ORINS の Medical Division に設置。
1956	☆ D. H. Howry：超音波による三次元画像の試み。 ☆ H. O. Anger ら：ガンマ線カメラを考案。 ○大日本塗料と島津製作所、同時多層増感紙を発売。	☞ 1960年8月、松田一(大阪府立成人病センター)と島津製作所、同年10月、野辺地篤郎(聖路加国際病院)と東芝が開発、透視像の電送に成功。 ☞ 超音波三次元画像処理は、わが国では世界に先駆けて研究が進む。リアルタイムで計測が可能という超音波技術の利点を生かし、超音波画像の画質の劣化、送受信の不確かさなどに着目した Tanaka ら(1977)と Eiho ら(1981)の先見的な報告。伊東らの乳癌などの診断(1979~91)、馬場らの産婦人科領域への試み(1984~89)、Smith らは超音波ビームを三次元空間内で電子的に走査する 298 素子を持った二次元アレイ プローブを考案(1991)など、研究が続く。 ☞ 4 in ϕ の NaI(Tl) 結晶の光電子増倍管 7 本構成の装置。
1957 ~1964	☆ $^{99\text{m}}\text{Tc}$ が開発され、その標識化合物の使用が始まる。	☞ わが国では、1965年頃から使用。
1957	☆ J. Bardeen ら：超伝導の理論(BCS 理論)を提唱。	☞ B: Bardeen, C: Couper, S: Schrieffer, という人名。
1958	☆ Sones: Sones 法(肘静脈からのカテーテル法)を考案。	
1959	☆ R. S. Ledley & L. B. Lusted: 診断論理に決定理論を適用。 ☆ ICRP, 多くの放射線被曝・防護に関する勧告を採択。	☞ コンピュータ技術を広範に適用。C. A. Caseres らの心電図の自動認識(1962)で実用化。臨床検査の技術的分野の自動化が進む。
1960 ~1961	○高橋橋次：原体照射法の研究と開発。	☞ 原体照射法(conformal radiation therapy, CRT)は、高橋が第1回日本癌治療学会(1963)で特別報告したもの。多分割(multi leaf) コリメータ(MLC)を治療架台(ガントリー)の回転運動に連動して、照射方向からみた標的領域(病巣の大きさ)に合わせて開閉する技術。1980年代にはコンピュータの発展とともに MLC はコンピュータ制御が可能になった。MLC には、任意に照射形状を変化できるダイナミック MLC やリーフ(セグメント)MLC などに発展して、病巣への線量集中度が改良。やがて強度変調放射線治療(intensity modulated radiation therapy, IMRT)へと発展した。
1961	☆ T. D. Sterling: コンピュータを利用した治療計画シミュレータを開発。 ☆ P. H. Fowler と D. H. Parkings: 負の π 中間子による放射線治療の可能性を報告。 ☆ Kjellberg ら: Harvard 大学のサイクロトロンで陽子線治療を始める。	☞ わが国では1967年に同じ方式で、尾内、小西が開発。 ☞ 1946年に Wilson が「高速陽子線の医学への応用」と、陽子線を癌治療に適用する提案。1954年には Laurence Barclay 研究所で、治療への応用が開始。やがて、陽子線やヘリウム、パイ中間子、イオン、炭素などの重粒子での癌治療の研究が進む。

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1962	☆ Walstam: 最初のラジウムによるリモート アフタローダを製作.	☞ 1963年にIAEAは、ラジウムに代わるアフタローダ用線源として ⁶⁰ Coと ¹⁹² Irを提唱。Walstamは、低線量率装置でRaの連結Ra管を使ったアフタローダ法。これで病変部に比較的高い線量を直接照射できるが、医療者周辺に不要な被曝と患者の長時間隔離とが問題。井上俊彦の世代論(1996)によれば、これが「第一世代リモートアフタローダ法」。そして時をおかずに線源移動機構で、主として子宮頸癌の腔内照射をした高線量率の「第二世代」、1980年になって高線量率の ¹⁹² Ir遠隔操作装置が「第三世代」、という。この世代論に呼応して、島津(ラルストロン腔内照射/遠隔照射, 1966)、東芝(RCR-120C形, 1970)などの専用装置の開発。1991年以降、「第三世代」が急速に普及。高線量率照射で短時間治療が実現、隔離病室も不要になり患者への負担も大きく軽減された。線源径が小さい ¹⁹² Ir線源の導入によって、パルス線量率照射法、CT(US)ガイド下刺入法、テンプレート刺入法、血管内照射法などを開発。組織内と管腔内照射の再興とまでいわれた。
1963	☆ E. Kodak社: 新しい特性曲線作成法(Bootstrap法)を考案。 ☆ D. E. KuhlとR. Q. Edward: 人体内に導いたRI分布の断層像の試み.	☞ X線センチメートルにおける強度スケール法の一つ。 ☞ シンチレーション検出器を移動回転し、体軸周りの投影像をアナログ形式で逆投影してCRT画面に重ね合わせる方式。コンピュータは使っていない。その手法と原理は、現在のCTと同様。人体内に放射性医薬品を与え、その体内RI分布を断層像とするECT(emission CT)装置の先駆となる。1979年頃、X線CTに後押しされECT装置は、単光子放出断層シンチグラフィ(single photon emission CT, SPECT)装置と、陽電子放出断層シンチグラフィ(positron emission tomography, PET)装置として臨床に適用。
1964	☆ ICRP, 放射線被曝・防護に関する勧告(Publ. 6)を採択.	☞ 1966年には勧告8, 9を採択.
1965	○わが国で高速回転陽極(9,000 rpm)X線管が実用化。 ☆この頃、科学的根拠のある温熱療法が始まる。 ☆ Henschkeら: ¹²⁵ Irシードを用いて前立腺癌に適用、永久穿刺法の始まり。	☞ 3相12ピーク用大容量, 100 mmφ陽極。 ☞ 1960年後半に、温水槽、マイクロ波、高周波などによって臨床的な適用が試みられた。 ☞ New YorkのMemorial病院で永久刺入線源として。2003年に東京医療センターで、前立腺癌に永久穿刺法が始められ、以後急速に普及。
1966	☆ SchleaとStoddard: ²⁵² Cf中性子線源を試作。 ☆ E. Kodak社, 90秒処理の自動現像機を発表.	☞ 歴史的自動現像機: X-OMATシステムの出現。
1967	☆ T. Almén: 非イオン性ヨード化合物の合成を示唆。 ☆ Judkins: Judkinsカテーテル法(左・右選択的冠状動脈造影法)を考案。 ○わが国最初の国立医療技術短期大学が大阪大学に併設。	☞ この合成理論によって、Metrizamide(1972)、そしてIopamidol(1977)、Iohexol(1978)、Ioversol(1979)などの非イオン性単量体(monomer)形低浸透圧ヨード造影剤を開発。 ☞ 看護・放射線・臨床検査の3学科。以後、国立系の各医療専門学校は併設医療技術短期大学部へ移行。
1968	○診療エックス線技師法の一部改正、診療放射線技師が誕生。 ○この頃、国産の各種高エネルギー放射線発生装置が臨床用に稼働。 ☆ L. Leksell(脳神経外科医)ら: 定位放射線治療(stereotactic radiation therapy, SRT)の基盤となるガンマナイフ(Gamma knife, Leksell gamma unit)を開発。	☞ 1983年まで両方の技師が並立。 ☞ リニアックの普及。 ☞ 定位放射線治療の概念は、1951年にLeksellが提案。当初は200 kVのX線管方式で、1968年に現在のプロトタイプとなる。201個(最初は197個)の ⁶⁰ Co線源を納めたヘルメット形のコリメータ方式。そのため治療部位は頭部に限定される。サイバーナイフ(Syber knife)、リニアックナイフ(Linac knife)などの開発につながる。定位放射線治療は、ラジオサージャリー(stereotactic radiosurgery, SRS)とも称している。定位放射線治療では一般に、SRTは「分割照射」、SRSは「一回照射」を意味している(2000年参

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1969	<p>○東京で、第12回国際放射線医学会議(XII, ICR)と第4回国際放射線技術会議(IV, ISRRT)を開催。</p> <p>○梅垣、稲邑ら：わが国最初の放射線治療計画システムの考案。</p>	<p>照), 1950年代後半, 重粒子治療にも適応, ガンマ ナイフは, 頭蓋内の小さな病巣の限局した領域に正確に放射線を照射する治療装置(法)。1980年代後半から世界各地に広まった。わが国には1990年に導入(東京大学)。2007年現在で, 国内で51台, 世界で252台が稼働。</p> <p>☞ ICRには70カ国, 約5,000名が参加。ISRRTには38カ国, 約2,500名が参加。</p> <p>☞ 第XII回, ICRで報告。</p>
1970	<p>☆ICRP, X線診断における患者の防護の勧告(Publ. 15, 16)を採択。</p> <p>☆A. G. Haus, K. Rossmannら：X線センチメートル(距離法)を考案。</p>	<p>☞ この勧告で医療被曝の問題が社会的背景のなかで大きく取り上げられる。勧告17(1971), 勧告22(1973)が出る。</p> <p>☞ 機構上, 画期的な方法で精度の高いX線センチメートルを可能にした。</p>
1971	<p>☆R. Damadian：プロトンのスピン格子緩和時間によって癌検出の可能性を示唆。</p> <p>☆E. Kodak社：増感紙/フィルムコンビネーションシステムを発表。</p> <p>☆B. Larssonらは、「リニアック ナイフ」を紹介。</p>	<p>☞ ラットの癌組織と正常組織の<i>in vitro</i>実験で, T₁, T₂が癌組織では高くなることを明らかにした。磁気共鳴画像法(MRI)の実現。</p> <p>☞ 増感紙/フィルムシステムのあり方を根本的に改革したX-Omatic systemの出現。</p> <p>☞ リニアック ナイフは, リニアックを用いた定位放射線照射装置名的一种。1985年頃, Harvard大学などが通常のリニアックで, 定位放射線照射の研究を開始。リニアックの照射口に専用の円筒コリメータを装着しX線ビームを20mm以下に絞り, 寝台の回転とガントリ角度の組み合わせで数方向から照射する技術。既存のリニアックを使用するので, 1台の装置で外部照射と定位照射が可能。ガンマナイフとともに目的部分に高線量を照射し周辺部の線量を急激に低下させる。Cアーム形状の歳差集光照射と三次元照射の可能なものもある。Xナイフ(Xknife)はリニアック サージャリーのこと。</p>
1972	<p>○富士写真, 小西六(現, コニカ)：相次いで明室現像処理システムを開発。</p> <p>☆G. N. Hounsfield：コンピュータ断層撮影法(computerized transverse axial scanning (tomography)：X線CT)による頭部撮影に成功。1973年に英国放射線医学会に2部に分けて報告。第3部として, B. J. Perryら「放射線量について考察」(1973)</p>	<p>☞ 1971年8月, Atkinson Morley病院に1号機を設置。翌1972年2月女性の頭部を撮影。EMI-scannerと呼称。X線発見以来の最高の技術的考案。撮影法の機構と技法は高橋信次の回転断層撮影法(1946~1957)を, 画像構成の仕組みはW. H. Oldendorfの回転-移動法(1961)を, 画像再構成理論は, J. Radonの立体復元の線積分理論と実際にX線撮影をしてコンピュータで三次元画像構成を試みたA. M. Cormacの研究報告(1963~1964)などが開発につながる。臨床面はJ. Ambroseが担当した。1979年に学位を持たない技術者として初めてノーベル生理学・医学賞をCormacとともに受賞。</p> <p>☞ 新しい感材システムの時代(高感度化)への口火を切る。</p>
	<p>☆R. A. Buchananら：希土類グリーン発光体を増感紙に応用。</p> <p>☆Hilarisら：前立腺癌に初めての¹²⁵I永久刺入法。恥骨後式アプローチ法で本格的な小線源治療を実施。</p>	<p>☞ この方法では術式がフリーハンドのため, 刺入が不良になりやすく, 十分な線量分布が得られなかったので1980年代には衰退。1983年に経直腸超音波装置(transrectal ultrasonography, TRUS)が開発され, 経会陰アプローチでの組織内照射法が考案。そして¹²⁵I(⁹⁸Pb)の永久刺入線源法が確立, 世界的に普及し2000年以降, 前立腺癌小線源治療の主流。</p> <p>☞ 動態機能検査法と位置付け, 生理機能・X線機器・医用機器の各システムと, 環境設備・人的設備を併せ持つ。</p>
1973	<p>○この頃, わが国の循環器系X線検査システムが一般化する。</p> <p>☆P. C. Lauterbur：NMR映像法(Zeugmátography)を実現。</p>	<p>☞ 磁場勾配と一様磁場を同時にかけて得たもので, “Zeugma”はギリシア語で“結びあわせる”の意。</p>
1974	<p>☆信号検出理論(signal detection theory, SDT)がROC解析として放射線画像の評価に導入される。</p>	<p>☞ D. M. Greenらは「Signal Detection Theory and Psychophysics」(1974), J. P. Eganは「Signal Detection Theory and ROC Analysis」(1975)をそれぞれ出版。SDTは, 知覚過程や意志決定などの特性を計測する統計的決定理論と電気工学を背景にした理論で, ROC(receiver operating characteristic)解析の基盤である。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1975	<p>☆イオン性二量体(dimer)形低浸透圧ヨード造影剤を発売。</p> <p>☆ Mayo Clinic(米国)で心臓CTの試み。</p> <p>☆ハイパーサーミアの研究が始まる。</p> <p>○わが国最初のX線CT, 東京女子医科大学に設置。</p> <p>○日立, わが国最初のX線CT(CT-H)を発売。</p> <p>○放射線医学総合研究所, 医療用サイクロトロンの速中性子治療を始める。</p> <p>○専修学校設置基準が施行。</p>	<p>1980年代以降, Chicago大学のC. E. Metz, 土井邦雄らは, 臨床的な放射線画像にROC解析を適用した数多くの先駆的研究を報告。</p> <p>☞ Ioxaglate系造影剤(Hexabrix)。</p> <p>☞ これは工業用X線TVで, 0.34ミリ秒のコーンビームX線。</p> <p>☞ EMI-1000形, 同形のX線CTを国内主要大学病院に設置。</p>
1976	<p>☆米国でX線TV系のデジタル画像処理システムの研究が進む。</p> <p>☆R. A. Robbら: 医療3次元画像の表示法の先駆的研究。</p>	<p>☞ d(30)+Be形式, 唾液腺腫, 骨肉腫, 前立腺腫などに著効が確認。1969年頃から試みている。</p> <p>☞ 技師養成機関は, 各種学校から移行した専修学校と3年短期大学の2本立てになる。</p> <p>☞ Wisconsin大学, Arizona大学が中心, デジタルビデオ画像処理システムの開発。</p> <p>☞ 当初は, コンピュータグラフィック(CG)技術をそのまま利用した。当然ながら画質の劣化は避けられなかった。Dlenn, Huangらが最初に冠状断面の再構成(1975)。Hermanらは, ボクセル表示法の最初の提案(1979)。Trivediはデータの圧縮と投影計算を三次元ボクセルデータのランレンジ表現で高速に処理(1987)。</p>
1977	<p>○T. Iinumaら: 超高速CT(ultrafast CT)を提案。</p>	<p>☞ 電子ビーム走査方式で, 電子ビームは高速で360度回転走査し, コリメータを通して人体を照射する。その後, 同様に円周上に固定配列されているX線検出器によって測定。</p> <p>☞ ラジオイムノアッセイ法を開発し, 生体中のホルモンなど極微量分析を可能にした。</p>
1979	<p>☆R. S. Yalow: ノーベル生理学・医学賞受賞。</p> <p>☆国際度量衡総会で“シーベルト: Sv($J \cdot kg^{-1}$)”を線量当量の単位と定める(1977年のICRP勧告)。</p> <p>☆E. Rubensteinら: 放射光における単色X線が臨床診断に適用する可能性を提唱—放射光医学の先駆け。</p> <p>☆○1970年代後半, 核医学イメージング断層撮影法(emission computed tomography, ECT)の研究が進み, 臨床的適用が始まる。ECTには, SPECTとPETがある。</p>	<p>☞ “シーベルト”は放射線防護の思想に終生, 心を砕いたRolf Sievert(1896~1966)に由来。Publ. 60ではいくつかの用語や定義が変更になった。</p> <p>☞ Stanford大学の放射光リング(SSRL)を使用して1981年に経静脈冠動脈造影(IVCAG)を試みる。アメリカ・ヨーロッパ・日本で開発と臨床的適用の研究が進む。</p> <p>☞ SPECT(装置)は, 体内のRIから放射される単一光子(シングルフォトン, ガンマ線)を体外で検出しコンピュータで体内分布の断層像として再構成する核医学検査技術。またPET(装置)は, 体内に与えた標識化合物(放射性トレーサ)から発する陽電子(ポジトロン)の消滅放射線(ガンマ線)を, 対向している二つの検出器で同時に計測して, コンピュータで断層像を再構成し, 生体の生理学/生化学的な機能を定量する核医学検査技術(1963年参照)。いずれもすぐれた核医学イメージング検査装置。SPECT装置は, 1980年代に回転形, リング形, 多検出器形などを開発。</p>
1980	<p>☆英国のAberdeen大学, Nottingham大学, Hammersmith病院で, MRIの臨床実験が始まる。</p> <p>☆非イオン性2量体(dimer)形ヨード造影剤が発売。</p>	<p>☞ Hammersmith病院で, 超電導磁石によって頭部や腹部の横断面像を撮影(1981年)。1982年にはわが国最初のMRI(FONAR社)を中津川市民病院(岐阜県)に設置。</p> <p>☞ Iotrolan系(1980)で, Iovist 240(1987), Iovist 300(1991), Iovist 280(1994)など。</p>
1981	<p>☆第15回ICRで, デジタルラジオグラフィの臨床的適用の報告。</p>	<p>☞ デジタルサブトラクションアンギオグラフィ: DSA(1980年~82)へ発展。デジタル画像化時代の第一歩。</p>
1981~1982	<p>○富士写真フィルム: CR(computed radiography)システムを開発。</p>	<p>☞ 重金属ハロゲン化合物の結晶を塗布した記録板: イメージングプレート(IP)とレーザービームで画像構成や画像処理を行う。この画像モダリティの出現で放射線画像のデジタル化が一気に推進。FCR7000(1988), FCRAC-1(1989), FCR9000(1993), FCR5000(1998)と年々, 改良。2000年現在では, 一般にCRと呼称。</p>
1982	<p>☆PACS(picture archiving and communication system)構想の実現へ。</p>	<p>☞ 1983年J. L. LehrがPACS(医療画像の収集と保管, ネットワークによる伝送と観察)の分類を提案。わが国では1985年に画像標準化の研究班(MIPS)が発足。1989年, 北海道大学はFCR7000シリーズを端末機にして, 世界最初の本病院規模でのPACSを実現。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1983	<p>☆ D. P. Boydら：高速 CV-CT を開発。</p> <p>○診療放射線技師に一本化。</p> <p>○文部省(現文科省)高エネルギー加速器研究機構：KEK で、陽子線治療が始まる。</p>	<p>☞ この Cardiac volume CT は、同時に 8 断面、1 秒間に 20 枚も撮像。1983 年に Imatoron 名で市販。</p> <p>☞ 法が一部改正され、診療エックス線技師は 30 年余の歴史を閉じる。</p> <p>☞ 陽子線治療は、線量を疾病部に集中できるので正常組織の機能欠損が少ない高 QOL の治療法。一般に陽子加速器、照射装置、位置決め装置、治療計画装置陽子線治療情報システムなどで構成。この加速器はクウォークの研究に使ったもの。1998 年までに約 600 名に治療を行った。1999 年、筑波大学に新しく陽子線医学利用研究センターを建設し移設。他にわが国では放医研、国立がんセンター東病院で稼働。1992 年、小型サイクロトロンを用いたシステム(住友重機)が開発。また 2007 年から 2008 年にかけて住友重機と国立がんセンターは共同で、陽子線治療装置の高度線量集中性と副作用を軽減した治療法を実現する新しい開発プログラムを試みる。三菱電機(静岡県がんセンター、若狭湾エネルギー研究センター、福井県陽子線がん治療センター(仮称))、日立(筑波大学、テキサス大学 MD アンダーソンがんセンター、若狭湾エネルギー研究センター)などのメーカーも参入。</p>
1984 ~1985	<p>☆○ Chicago 大学の K. Doi らは、デジタル ラジオグラフィ(DR)の特性の基礎的研究を系統的に報告。</p>	<p>☞ たとえばデジタル画像の解像特性で、「プリサンプルド MTF」の方法を提案。これを DR 系の X 線検出器とサンプリングアパーチャの両方のボケを含んだ MTF と定義。H. Fujiita らは、この理論の実用的測定法を提案(1985)。</p>
1986	<p>○藤田保健衛生大学衛生学部に、わが国最初の 4 年制の診療放射線技術学科を設置。</p>	<p>☞ 1990 年に鈴鹿医療科学技術大学保健衛生学部・放射線技術科学科開設。</p>
1987	<p>☆ K. Doi ら：コンピュータ支援診断システム(computer-aided diagnosis, CAD)を提案、一連の研究が始まる。</p>	<p>☞ Chicago 大学(K. Rossmann 放射線像研究所)の研究グループによって、血管像の形態・血流計測(1987)、乳房撮影像の微小石灰化像と腫瘤影の検出(1997)、結節状陰影の検出(1988)、間質性肺疾患の検出(1988)、心陰影の形状計測(1990)、気胸の検出(1992)など。わが国では 1991 年にコンピュータ支援画像診断学会が発足した。</p>
1988	<p>○JMCP(Japan Medical Congress Promotion, 日本医学学術集会振興会)：3 者共同主催で学会を開催。</p> <p>☆ H. Vlasbloen ら：X 線ファントムを走査して胸部撮影を行う方式(AMBEK)を考案。</p> <p>☆ New York Memorial Hospital：3D-CRT(3D-conformal radiation therapy)を始め一 3D 放射線治療計画法の創案。</p> <p>○木戸ら：わが国最初の CAD システムを構成する先駆的研究。</p>	<p>☞ 日本医学放射線学会・日本放射線技術学会・日本放射線機器工業会の 3 者共同主催。北米医学放射線学会(RSNA)の形態を模した学会方式。</p> <p>☞ 一次元検出器方式によるデジタル化の先駆。</p>
1989	<p>☆ Siemens Medical Systems 社：スパイラル(ヘリカル)CT を発表。</p> <p>☆ 1980 年代後半、高速 MR 撮影法の研究が進み撮影時間が短縮される。</p>	<p>☞ Chicago 大学(K. Rossmann 放射線像研究所)の研究グループによって、血管像の形態・血流計測(1987)、乳房撮影像の微小石灰化像と腫瘤影の検出(1997)、結節状陰影の検出(1988)、間質性肺疾患の検出(1988)、心陰影の形状計測(1990)、気胸の検出(1992)など。わが国では 1991 年にコンピュータ支援画像診断学会が発足した。</p> <p>☞ 日本医学放射線学会・日本放射線技術学会・日本放射線機器工業会の 3 者共同主催。北米医学放射線学会(RSNA)の形態を模した学会方式。</p> <p>☞ 一次元検出器方式によるデジタル化の先駆。</p> <p>☞ 照射体積を減らし治療線量を増加させる。当初は前立腺癌に適用。3D 放射線治療計画法は、1990 年代以降、三次元画像を用い三次元線量計算に基づく方式として確立。</p> <p>☞ このシステムは、デジタル撮影系(I. I-TV)で先進的なデジタル マンモグラフィ CAD の開発の研究。</p> <p>☞ 1969 年 P. E. Slavin が、helical scanning の原理を“3D-Volume”として特許。</p> <p>☞ 大別して、一つはグラジエント エコー(GRE)法、それをさらに高速化した turbo FLASH(fast low angle shot imaging)法の系統と、もう一つは fast SE(spin echo)法に代表される segmented k-space 法の系統。</p>
1990 ~1993	<p>○わが国で全身(marged)SPECT を臨床で実施。</p>	<p>☞ 核医学技術と周辺機器の進歩で、従来の局所 SPECT だけでなく全身をカバーできる SPECT 検査が可能となった。</p>
1990	<p>○わが国で画像評価・解析にファジィ理論やニューラル ネット理論、フラクタル解析が医療領域に適用。</p> <p>☆リニアックを用いたリニアック ラジオサージャリー(lineac radiosurgery)、あるいは X ナ이프(X-knife)が開発される。</p>	<p>☞ ファジィ理論(集合)：L. A. Zadeh(1965)。ニューラル ネットワークの基礎である神経回路網のモデル化：W. S. McCulloch ら(1943)。ファジィ測度論による総合評価法：菅野道夫ら(1972)。フラクタル解析の創始：B. Mandelbrot(1967)。</p> <p>☞ 1985 年頃から国内外で研究が始まり 1990 年代の後半に実用化した。リニアックのヘッド部分に円筒コリメータを装着し、治療寝台の回転とガントリ角度の組み合わせで、多方向から照射。3 cm 以下の病巣では、開頭術をしないで手術と同じ効果を得る(1971 年と 2000 年参照)。2001 年に商品化したダイレックス(ジャパン)社</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1991	<p>☆○カラー ドプラー法による超音波三次元表示法を開発。</p> <p>☆○ X 線以外の電磁波を用いる新しい CT の研究が始まる。</p> <p>○亀田総合病院(千葉県)で電子カルテシステムの診療を開始。</p> <p>☆ V. Somenkov ら：屈折 X 線を利用した屈折コントラストの X 線画像を提案。位相コントラスト イメージングの始まり。</p> <p>☆ D. G. Fryback らは、医療画像の診断の効果について六つのレベルを提案。</p> <p>☆ L. E. Antnuk ら：平面検出器(flat panel detector, FPD)の最初の論文。</p>	<p>のアクユナイフシステムがある。</p> <p>☞ 主として血管系の立体表示が目的。心臓の三次元表示は、コンピュータの高速演算化で1992年、J. R. Roelandt らによって開発。</p> <p>☞ 光CT、マイクロ波CT、インピーダンスCTなど、生体断面の機能の分布を示す画像構成を目標。</p> <p>☞ 1996年にWilkins らは、X線の位相差を利用し位相コントラストイメージングを報告。位相コントラストは、X線の屈折(回折)現象によって被検体の画像周辺が強調されるエッジ効果で、鮮明な画像が得られるのを利用した技術。X線の屈折は、1912年にM. von Laue は「結晶体によるX線の回折」(Laueの斑点)で証明。この業績で、Laueは1914年にノーベル物理学賞を受賞。</p> <p>☞ 「技術的效果」、「正確な診断」、「診断効果」、「治療効果」、「患者に対する効果」、「社会的効果」の六つ。二番目の「正確な診断」はROC解析だけで判定できるので、このレベルは、画像の物理的評価と疾病の真の診断とが一致する効果。デジタル画像のROC解析に広く適用。この効果を分析すれば、医療画像の物理的な特性と診断能を結びつける要素として、ROC解析が重要であることを理解できる。</p> <p>☞ FPDは、センサとTFT(thin-film transistor, 薄膜トランジスタ)を持った平面状のX線検出器。変換部、信号読取り部、信号処理伝送部で構成。センサの種類で直接変換方式と間接変換方式に大別。直接変換方式は、信号変換部のa-Se(アモルファスセレン)で形成したTFTによって直接、X線の強弱を時系列の電気信号に変換する。2000年頃になって、a-Seの代わりにPbI₂(多結晶ヨウ化鉛)やCdTe(カドミウムテルライド)を使用。間接変換方式は、最初にX線をCsI:Tl(ヨウ化セシウム:タリウム)蛍光体で光画像に変換して、次にフォトダイオードまたはCCDで電気信号に変換する2段階変換方式。これには蛍光体とCRの二つの方法がある。蛍光体にはGd₂O₂S:Tb(オキシ硫化ガドリニウム)も使用。画像のデジタル動画の撮影が可能。しかも高画質という特徴を持つ。</p>
1992	<p>☆ GE/Siemens：二重軌道 X 線管を開発。</p> <p>☆ R. Van Metter ら：非対称系の増感紙/フィルムシステムを報告。</p> <p>☆ J. Adler ら：サイバー ナイフを開発。</p>	<p>☞ Mo-Rh/Mo-W の二重陽極焦点の乳房撮影用 X 線管。</p> <p>☞ 従来の増感紙/フィルム系は、増感紙とフィルムのそれぞれの前面・後面では同一の特性を持った蛍光体・乳剤を塗布(対称系)。非対称系は、それぞれに異なった特性の蛍光体や乳剤を使用し、種々の特性曲線を構成。特殊な撮影に対応できる増感紙/フィルムシステム。</p> <p>☞ 1994年、Stanford 大学で治療を開始。世界各地で急速に普及。この装置は、ロボット、リニアック、自動位置計測システム、治療計画システムなどで構成。これらのシステム(機器)が有機的に密接につながって精度の高い放射線治療が可能。2007現在で80台を越えて稼働。わが国では薬事法などの法規制で日本仕様の「サイバー ナイフⅡ」として認可。海外仕様に比べて、機能や摘要範囲(脳と頭頸部)などを制限。</p>
1993	<p>○放射線医学総合研究所、重粒子線癌治療装置が稼働。</p>	<p>☞ シンクロトロン、荷電粒子はHe~Ar, 800 MeV/核子, 10⁹~10¹⁰ 粒子/秒(当初規模)。1980年頃に開発され試みていた陽子線、重粒子線治療が国内外で活発になる。放医研での臨床試験が有効性を実証。2004年の「第三次対がん10カ年総合計画」の一環として、陽子線治療の有効性の確立や装置の小型化などが目標。2006年度に群馬大学重粒子治療施設の建設と設置が計画。荷電重粒子線は、一定の深さ以上に進まない、そしてある深さでもっとも強く作用する特徴を持つ。がん周辺の正常組織に強い影響を及ぼさないでがん組織だけに十分な線量を照射。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
	<p>○大阪大学に国立校最初の4年課程の放射線技術科学専攻を創設。</p> <p>○東芝、百万画素—CCDを開始。 ☆DICOM(Digital Imaging and Communications in Medicine, デジタル画像のフォーマットと通信プロトコール)Ver. 3.0規格を制定。</p>	<p>☞ 医学部保健学科に看護学, 放射線技術科学, 検査技術科学の3専攻。金沢大学('95), 名古屋大学('97), 岡山大学('98), 新潟大学(2000), 弘前大学('01), 徳島大学('02), 九州大学('03), 熊本大学('04)と順次, 国立系に放射線技術科学専攻として設置。公立系では, 茨城県立医療大学保健医療学部・放射線技術科学科('94), 東京都立保健科学大学保健科学部・放射線学科('97), 広島県立保健福祉大学(2000, '08に廃学), そして私学系では, 藤田保健衛生大学('87, '91年に名称変更), 鈴鹿医療科学大学('91, '98年に名称変更)に続いて, 北里大学医療衛生学部医療工学科・診療放射線技術科学専攻('93), 国際医療福祉大学保健学部放射線・情報科学科('95), 広島国際大学保健医療学部・診療放射線学科('97), 駒澤大学医療健康科学部診療放射線技術科学科('03)など設置。</p> <p>☞ X線二次元固体平面検出器によるデジタル画像化へ。</p> <p>☞ 医療分野でのデジタル画像とその関連情報を交換することを目的に団体規格として提案されたもの。1985年に始まったCTやMRなどのデジタル画像データの通信規格(ACR-NEMA規格, Ver.1.0)を1993年のVer.3.0から'93DICOMと名を変え以後, '96, '99, と規格を改訂。DICOM規格のサービス機能は, 画像の保存, 画像のプリント, 画像の問い合わせと取得, 媒体保存, 管理情報のサービスの5点。これによって臨床分野でデジタル画像が広く普及。画像診断が迅速に正確にできるようになった。</p>
1994	<p>☆インターネットブラウザ「Mosaic」が始まる。 ☆U. Neitzelら:ゼロラジオグラフィ方式のデジタル胸部撮影システムを提案。 ☆K. Doiら:最初の乳房画像CADシステムの試作装置をシカゴ大学に設置。</p>	<p>☞ その後, Internet Explorerなどに引き継がれた。そしてWWW(World, Wide, Web)とともにインターネット時代の幕開け。</p> <p>☞ ドラム表面にセレン膜を塗付した検出器を装備した撮影システム。</p> <p>☞ 10年余のCADの研究結果に基づくもので, インテリジェントワークステーションを構成し乳房集団検診を目標に。以後, 国内外のCAD研究者は, 独自の乳房画像CADの画像処理アルゴリズムを開発し実用化に向けて競う。</p>
1995	<p>○日本放射線技術学会:「放射線情報システムの実状と最近の動向」を報告(学術委員会)。</p> <p>☆○この頃から超音波診断装置のデジタル化が急速に進み, 心エコー法の分野にハーモニック画像処理技術を適用する。</p>	<p>☞ 診断領域だけでなく放射線治療の分野でもCTやMRなどデジタルラジオグラフィが導入されている。全病院レベルで, PACS(医療画像保管・通信システム), RIS(放射線診療情報システム), HIS(病院情報システム)などを導入する参考データの提供と, 画像データの保管の実態を調査検討したもの。日放技学会 [52(4), 585-599, 1996]を参照。</p> <p>☞ コントラストハーモニック画像法と組織ハーモニック画像法。前者は1968年にR. Gramiakらが提唱。1980年にR. S. Meltzerらがエコー画像で気泡が高輝度信号を与えることを報告。安全な微小気泡(アルブミン製剤, ガラクトース製剤, フッ素化合物など)を超音波造影剤として用いる。後者はコントラスト(造影)剤を使わず, 心筋の微弱な第2高調波を選択的に抽出して画像化する方式。これらの画像法に種々の3D表示法が組み合わされて実用化。</p>
1996	<p>☆○X線固定平面検出器(flat panel detector, FPD)の実用化に向けて研究と開発が国内外で一段と加速。</p>	<p>☞ FPDは, 応用の広さと臨床画像に大きな効果をもたらした。国内外の多くのメーカーが種々のタイプのFPDを薬事申請の認可を取って販売。2000年現在, キヤノン, 島津, 日立, 東芝, Philips, SIEMENSなどの各メーカーは, FPDを搭載したデジタルカメラや透視撮影台, Bucky撮影台, あるいは動画対応システムなど, FPDの特徴を生かした製品の製作と販売に取り組む(1991年参照)。</p>
	<p>☆GE社, MR-IGT(image guided therapy/tracking)とMR-内視鏡を開発。</p> <p>☆○デジタルマンモグラフィの実用化。</p>	<p>☞ 1993年頃から研究・開発を進めていた, MR-T(therapy)は超電導オープンマグネットで手術に十分な開口部を確保したもの。MR-内視鏡は, 外部コイルと内視鏡内蔵コイルの視野の異なる特徴を利用したもので, 高分解能で, 比較的低侵襲のIGTが可能。</p> <p>☞ 間接変換方式で, CsI/a-Si(a-Se)+TFT arrayの平面検出器方式(GE/Siemens)と, CsI/Fiber-optictaper+CCDのファイバ方式(Fisher)に大別。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1996 ~1997	☆L. R. Webberら：低価格で低線量の多断面再構成法の tuned-aperture computed tomography (TACT) に基づく tomosynthesis 法を開発。	☞ tomosynthesis 法のトモシンセシスは、トモグラフィ (tomography) と統合/合成 (synthesis) の合成語。1 回の断層撮影で任意の裁断高さの断層像を再構成する方式。FPD や CAD などの新しいデジタル画像構成技術の発展とともに、tomosynthesis 3D mammography などの新規の画像技術を開発。
1997	○世界最大規模の放射光施設: Spring-8 (兵庫県播磨科学公園) が稼働。 ☆ ^{18}F -FDG (fluorodeoxyglucose) を用いた PET, あるいは SPECT が核医学診断の主流になる。 ☆BrainAB 社: 総合定位放射線治療装置 [Novalis, ノバリス] を開発。	☞ 1989 年に建設が始まる。医学利用の実験施設には偏向電磁石のビームライン(基本実験と初期実験用)と、挿入光源からの X 線を導く 2 本のビームライン(ウイグラ: 白色 X 線と、アンジュレータ: 準単色 X 線)を装備。 ☞ 1993 年の始めに最初の癌患者への適用を UCLA が報告。1990 年代の後半、この FDG を用いた検査を SPECT で実現するためにポジトロン計測機能 (PET 装置) を SPECT 装置に帯同させた新しい検査装置の開発が試みられた。また ^{18}F -FDG (ブドウ糖代謝活性製剤) が一般的に供給されたのは、2005 年になってからである。FDG は、グルコースの 2 位の水酸基をフッ素で置換したもの。 ^{18}F は半減期が 110 分の陽電子放出核種。全身における早期癌検診に有効な検査法。 ☞ ドイツのメーカーが開発したノバリスは、治療計画やセットアップが短時間で、しかも高精度。ガンマ ナイフで頭蓋内疾患を一回照射 (定位手術的照射, SRS) と、分割照射 (定位放射線治療, SRT) も可能。頭部や体幹部などの SRT と IMRT (1999 年参照) にも適応。
1997 ~1998	☆○ SPECT に吸収補正用 CT が融合した SPECT-CT 装置が稼働。 ☆米国において世界最初の PET-CT 装置が設置。同時に FDG-PET が公的保険の認可を受ける。 ○☆乳腺超音波 (US) 画像の CAD の研究と実用化が進む。	☞ 人体のように不均一な吸収体の吸収補正を CT 画像でする手法。SPECT で得た機能画像と CT の形態画像とをフュージョン (融合, 連結, 連合, 重ね合わせ) して画像診断を確実にする。しかし当時、施設などの規制があつてあまり普及しなかった。 ☞ この PET-CT 装置は二十一世紀になって、爆発的に普及が進んだ。わが国では、2002 年に限定された範囲の腫瘍に対して、公的保険を適用。一般的な保険適用は 2006 年。 ☞ 超音波 CAD は、二次元 B モード画像における異常の良悪の鑑別 (質的診断) と検診における腫瘍検出 (存在診断) がある。また三次元 US の CAD も研究も進む。
1998	☆R2-Technology 社 (米国): 乳房画像 CAD: Image Checker System M1000 の実用的臨床装置を開発、米国 FDA (Food and Drug Administration: 米国食品医薬品局) が許可 (6 月)。これをもって米国における CAD 元年と呼称。	☞ 一般に CAD は、コンピュータ支援診断: computer-aided diagnosis であるが R2 社では、コンピュータ検出支援 computer-aided detection としている。フィルムベースのマンモグラフィで主として乳房集団検診に用いられ 1999 年 8 月現在、米国内で約 35 の医療施設で稼働し、2000 年現在で同社からの販売台数は約 2000 台。2003 年 12 月に R2 社製の CAD を GE 社が薬事認可を得ている。R2 社の CAD の D は「diagnosis」でなく「detection」である。後年、R2 社の CAD が普及するとともに、CAD の D を「diagnosis」と「detection」の二つに分け、前者をコンピュータ支援診断、後者をコンピュータ支援検出、と呼称。わが国では 1997 年 9 月、プレストピアなんば病院 (宮崎県) に臨床実地試験の目的で設置。1999 年 9 月、同システムの臨床使用の薬事認可承認を申請。
1998 ~2000	☆○ MR angiography が、頭部や胸部、腹部、四肢など全身を対象に広がる。 ☆分子イメージング (画像) の研究が始まる。	☞ 頭部は 90 年代前半に、他の部位は 90 年代後半に—いずれも三次元 MR 画像。 ☞ 分子イメージング画像 (molecular imaging) では、細胞レベルと分子レベルの生体内部の性状を非侵襲的な手法で画像 (イメージング) にして測定するので、基礎医学や生物学をいっそう深く理解することができる。解剖学的に画像にする、機能面から画像にするの二つの方法がある。前者は PET と CT, MR と CT などの融合で利用価値の高い解剖学的情報を画像にする試み (2007)。後者は生体内で発生する種々の機能を視覚系で観察するもので機能と位置の情報が同時に獲得できる (2007)。この研究は、医学/医療領域の二十一世紀最大の課題。

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
1999	<p>○1999 年代初め、わが国の X 線撮影用増感紙は、蛍光体層構造の改良とフィルムとのシステム化を図り、写真特性を高水準に引きあげる。</p> <p>☆○マルチスライス CT が本格的に稼働 (SIEMENS, GE, 東芝など)。</p> <p>☆○コーン ビーム (cone beam) 三次元 CT の開発 (日立など)。</p> <p>☆ SIEMENS 社：毎秒 8 cm のボリュームスキャンを可能にしたマルチスライス X 線 CT を開発し商品化。</p> <p>○鳥津製作所：医用デジタル画像ネットワークシステム (SimRAD) を開発。</p> <p>○厚生省「診療録等の電子媒体による保存について」(通達)</p> <p>○この頃からコンピュータを使った X 線 CT/MR 像と SPECT/PET 像を三次元で自動的に重ね合わせて診断する種々の手法が試みられる。</p> <p>☆この頃から、新しい放射線治療技術：強度変調放射線治療 (intensity modulated radiation therapy, IMRT) 法が定着していく。</p> <p>☆ RSNA (北米放射線学会, 1999) : IHE (Integrating the Health-care Enterprise) のデモンストレーションが行われる。</p>	<p>☞ 蛍光体配列が均一分散構造から多重層化、高密度充 坤真均一構造へ。鮮鋭度と粒状度のバランスを保ち、耐久性に優れ、クロスオーバー光を低減した技術開発。フィルムとのシステム化によって種々の写真特性も飛躍的に向上。ブルー発光増感紙は各社、2 種類から 10 種類、グリーン発光増感紙は、10 種類程度を発売。画像診断に粒状性が大きく影響することが明らかになったので、フィルムを高鮮鋭度に保って、粒状度を大幅に改善。</p> <p>☞ 1997 年の RSNA で、マルチスライス CT の原理を報告。1998 年の RSNA で早くも実用装置を発表。これは被検体の体軸方向に複数列 (4 列) を配列しデータを 4 列同時に収集できる (DAS) 検出器を持った CT (multi-detector row CT, MDCT)。1 回のスキャンで 4 スライス以上の画像を撮影。シングルスライス CT に比較して 5~8 倍以上も高速撮影が可能で、しかも著しく撮影時間を短縮。SIEMENS, GE, 東芝などが競う。2001 年に 16DAS MDCT, 2003 年に 40DAS MDCT, 2004 年には 64DAS MDCT が、それぞれ登場。ここで DAS は、data acquisition system でデータ収集機構のこと。この装置の呼称が 2008 年現在、MSCT : multislice CT, MDCT : multidetector CT, あるいは MRDCT : multi-row detector CT, などと不統一。</p> <p>☞ 1983 年から 1984 年にかけて、H. K. Tuy や L. A. Feldkamp らは、X 線 CT に新しい走査方式としてコーン ビーム三次元アルゴリズムを提案。それに基づき、被検体のまわりを三次元円錐ビームで 360°/1 回転して検出器でデータを収集。検出器はイメージングシンチファイアと CCD カメラ。ポリウム (三次元) 画像診断の可能性を持つ (日立)。しかし、濃度分解能に課題。1995 年頃から、速藤真広ら (放医研) もほぼ、同じ観点で高コントラストの被検体 (胸部・骨・造影血管など) を対象にし、コーン ビーム三次元データを獲得する方式。検出器は蛍光板 X 線 TV 系。2005 年前後から FPD を用いた血管撮影装置の回転機構に適用した CT や 256 DAS の検出器で 128 mm というカバレッジの CT を開発。</p> <p>☞ この通達によって、診療機関の電子カルテ導入が加速化。</p> <p>☞ X 線 CT はヘリカル CT。このシステムによって形態画像と機能画像が統合できるので診断能が向上し、治療にも適用できる。また、ヘリカル CT と核医学画像の統合システムでは、吸収補正が可能になって定量解析ができる。</p> <p>☞ IMRT は、多分割絞り (multileaf collimator, MLC) と、これまでの演繹的治療計画法に代わって登場した帰納的治療計画法が基本になったもの。コンピュータで最適化した放射線の標的容量を近似した線量分布と、近傍重要臓器への影響を最小限に抑えた三次元原体照射法の発展した治療技術。動的分割絞りをを用いた「Dynamic-MLC IMRT」(2001)がある。また、MLC には、分節多分割絞りの「Segmental-MLC」があるが、強度変調の点では両者に本質的な差はない。60 年代のコバルト 60 照射装置から線形加速装置への移行期を放射線治療の第一の革命とすれば、IMRT は第二の革命といわれている。</p> <p>☞ これは既存の標準規格を病院共通に運用できるガイドライン。わが国でもマルチベンダによる医療情報の統合化の方針を明確にするために 2001 年、IHE-J 委員会 (日医放学会, 日放技学会, JIRA など) が発足。2002 年の RSNA では展示場所を 2 箇所設けて一般参加者向けの広報を含めて各様の成果報告が行われた。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2000 ~2003	<p>○1999年度のわが国の高額医療機器の設置台数は、CT：7361(+437)、MRI：2138(-222)、SPECT：1003(+772) 〔()内は、96年度との差〕</p> <p>☆B. Levinら：CT colonography(CTC)を臨床に適用。</p> <p>☆○AAPMと日放技学会：CRシステムの品質保証プログラム(画像読取装置関連規格)の標準化。</p>	<p>☞ 一定の人口当たり高額医療機器の設置台数は世界最多。</p> <p>☞ CTCの試みは、すでに1997年頃から、一般にはバーチャルコロノスコピー(大腸仮想内視鏡)と称し、CT撮影における大腸診断の総称、大腸癌検出のスクリーニングに適用し診断能を向上。またCTCのCADは、ポリープや小腫瘍の検出に利用。そのセカンドオピニオンは、読影能力を向上させている。2003年代、CTCのCADに関する研究報告が多数。またMDCTを用いたCTCの臨床結果の報告も多い。</p> <p>☞ AAPMのTask Group No.10(ドラフト)は、CRのシステム感度などの定義が各メーカーで違っているため、各社共通の統一したCRシステムの受入試験と、その品質保証/品質管理のガイドライン案を作成し複数施設で実施。日放技学会は学術調査班のまとめたCRのシステム品質保証プログラムを実施。その後、画像表示装置関連規格(IEC 61223-2-5、AAPMのTask Group No.18、JIS Z 4752-3-5など)と、画像記録装置関連規格(IEC 61223-2-4)を設ける。</p>
2000	<p>○この時期、わが国の装置メーカーは、MR装置の小型化・高速化・高分解能化・静音化、そして相互利用化などを競う。</p> <p>☆ダイレックス(ジャパン)社：高精度定位放射線治療システムを発売。</p> <p>☆GE社：デュアルスライスX線CTを開発。</p> <p>○島津製作所：FPD(動画タイプ)を適用したデジタルX線TVシステムを開発し商品化。</p> <p>☆Philips社：回転形血管造影検査システムを開発し商品化。</p> <p>☆○この頃、SPECT/PETのハイブリッド装置の開発。</p> <p>☆この頃から半導体検出器搭載のモバイル形ガンマカメラが普及。</p> <p>☆GE社：FFDM(full field digital mammography)システムがFDAの認可(2000.2)と日本の薬事認可(2000.6)を受ける。各社はデジタルマンモグラフィの新技術を競う。</p>	<p>☞ 当面の課題は、動的な臓器や複雑な組織を詳細に動的に描出する。アーチファクトが激減した鮮明な画像を描出する。撮影(像)シーケンスの仕様を改良して新しいMR信号を獲得すること。k空間成分を運用して極短時間撮影(像)を可能にする。造影MRAと非造影MRAの撮影(像)パラメータの最適化、などである。</p> <p>☞ 0.1mmという高精度コリメータと治療計画システムをセットにしたもの。このシステム(装置)で定位放射線照射法(radiosurgery)を実施すると、従来の二次元治療計画に基づくcoplanar照射法に加えて、三次元治療計画としてのnon-coplanar照射法(三次元ピンポイント照射法)で、一回照射(定位手術的照射、SRS)と分割照射(定位放射線治療、SRT)ができる。この照射法は、L. Leksellが開発(1968年、1990年参照)。</p> <p>☞ HiLight検出器を2列に装備し、厚層と薄層を同時にスキャンができる。</p> <p>☞ フルデジタル化したX線TVである。</p> <p>☞ 血管像を三次元で表示できる新しいノンサブトラクション画像の再構成システム。</p> <p>☞ Tcなどのシングルフォトンによる一般の核医学検査とPET検査の両方が可能な装置。</p> <p>☞ 1998年、KipperらはSi-フォトダイオードのガンマカメラの報告。Digirad社がモバイル形ガンマカメラを発売。</p> <p>☞ Senographe 2000 Dで、このシステムの中核はヨウ化セシウムを用いた間接変換方式のフラットパネルデジタルディテクタである。ディテクタは直接変換方式か間接変換方式かで、各社はその技術を競っている。デジタルマンモグラフィの開発で、CADの臨床利用はさらに拡大し、オプションとしてCADを装備したデジタルマンモグラフィ装置が商品化する。現在、新しい技術としてはtomosynthesis 3D mammography, ultrasound fusion (Kolbら), contrast media mammography (CMM), computed tomographic laser mammography, 高画質FCRマンモグラフィ(富士写真)などがある。なお2003年4月現在、GE社以外で日本の薬事法の認可を得ているのは、FCR5000MA(富士写真)。また、GE社以外でFDAが承認しているのは、Selenia(Hologic/Lorad), SenoScan(Fischer)である。SenoScanにはTomosynthesisが組み込まれる。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2000 ~2003	<p>☆○逐次近似画像再構成法(ML-EM 法と OS-EM 法)が臨床に適用。</p> <p>☆可変形 2 検出器ガンマカメラが実用化。</p> <p>☆○統計学的な脳機能画像解析(eZIS 法と 3D-SSP 法)が臨床に適用。</p> <p>☆○ラジオ波凝固療法(radiofrequency ablation, RFA)が臨床で実施。</p>	<p>☞ コンピュータが高速化し経済的に有利(廉価)になり、収集時における種々の物理的な現象を補正することが可能になったので、逐次近似画像再構成法(maximum likelihood expectation maximization, ML-EM 法と ordered subsets expectation maximization, OS-EM 法)が導入。その結果、散乱や吸収、空間分解能などの補正が可能となり、核医学領域における新しい画像再構成の転機になった。OS-EM 法は、ML-EM 法の演算の方法に新しい工夫を加え、高速演算を可能にしたアルゴリズム。臨床に適用されたのは、OS-EM 法が開発された後、ML-EM 法は最大推定-期待値最大化アルゴリズムのこと。</p> <p>☞ 1990 年代後半、単検出器ガンマカメラ装置に代わって、多検出器装置が開発され普及。特に心臓検査では 180° のデータ情報取得のため、この角度可変形シンチカメラが登場。</p> <p>☞ 気質的な脳疾患の微小な脳血流の状態を統計的に解析するソフトウェア。標準(正常)脳血流画像との相違を定量的に解析し Z スコア値で評価する。脳神経疾患系の診断に有用。</p> <p>☞ 肺癌治療において、肺切除法、化学療法、放射線療法に続く第 4 の治療法。CT 透視下で、電極を腫瘍に穿刺しラジオ波を電極先端から照射焼灼する。</p>
2001	<p>○医療情報標準化推進協議会(HELICS)が発足。</p> <p>○ICRP(1990)勧告を国内法に取り入れる。</p> <p>○播磨科学公園都市の兵庫県立粒子線治療センターで、陽子線治療の一般診療が開始(4 月)。</p> <p>☆ DEUS 社(米国):単純胸部 X 線写真から結節状陰影を検出する CAD システムを商品化し、FDA の認可を受ける。</p> <p>○東京慈恵会医科大学/北海道大学医学部附属病院:「MRI ガイド下経皮的組織内凍結治療」の臨床治験(2001.3~2002.10)。</p> <p>☆ ICRP:IVR(interventional radiology)に関する勧告(Pub. 85)。</p> <p>○JESRA(日本画像医療システム工業会規格):NEMA や AAPM などの基準書に基づいて磁気共鳴画像診断装置の安全基準(X-0090-2001)を制定。</p> <p>○わが国で「e-Japan 戦略:2001」が策定される。</p> <p>☆ SIEMENS 社:RSNA で世界に先駆け、16 列で 0.42 秒/回転のマルチスライス CT (Sensation16/Cardiac)を発表。</p>	<p>☞ 2001.4 付け:放射線障害防止法施行規則、医療法施行規則、電離則、人事院規則など。</p> <p>☞ 一部前掲。2001 年に臨床試験(治験)、2002 年に炭素イオン線の治験。2003 年現在、粒子線(陽子線)治療をしている施設(一部前掲)は、放射線医学総合研究所(1979)、筑波大学陽子線医学利用センター(1983)、国立がんセンター東病院(1998)、若狭湾エネルギー研究センター(2001)。また、2003 年に静岡県立がんセンター。</p> <p>☞ 2000 年頃から急速に CAD システムの実用化・商品化がすすむ。Second Look(CADx 社)と MammoReader(iCAD 社)が FDA の認可を受ける。また、わが国では三菱スペースソフトウェア社が胸部 X 線写真の経時差分像を用いた CAD システムを開発。2002 年に入って、GE, SIEMENS, Kodak, Philips などの主要企業各社が競って CAD の研究開発を推進。</p> <p>☞ MRI ガイド下の凍結手術の研究報告は、1989 年の磯田治夫が最初。</p> <p>☞ 主な項目は、実施前にインフォームド コンセントをする。繰り返しする手技では 1 Gy とし、3 Gy を超える場合は記録する。医療スタッフには医療被曝の教育訓練をするなど。</p> <p>☞ 適用の範囲は「超伝導タイプ」、「常伝導タイプ」、「永久磁石タイプ」の各 MR 装置。MR 施設の明示、MR 安全標識、漏洩磁場の分布、立入制限区域などを規定。同様な規程に JIS 規格(Z4951:1999)がある。</p> <p>☞ 医療分野では、IT を活用した「医療情報の連携と活用」、「医療情報の提供」、「電子カルテの普及促進」、「レセプトの電算化とオンライン請求」、「遠隔医療の普及促進」など。</p> <p>☞ 多列(検出器列数の増加)方式/短時間回転(スキャンの高速化)のマルチスライス CT の始まり。16 列(DAS)以上の多列方式マルチスライス CT は、FPD 搭載を検討。高速で広範囲が撮影でき体軸方向(Z 軸方向)に高分解能で、しかも三次元の等方的なボクセルで撮影が可能。現在、32 列、64 列、128 列、あるいはそれ以上の多列方式にして、一回の回転で多数のスライス断面を再構成するハイピッチヘリカル CT と、FPD に使われている種々の材質を CT に用いてスライス断面の単位を 1 桁以上も薄くする、という二つの可能性を検討。一部はすでに実現している。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2002	<p>☆○天井走行形シンチカメラの開発。</p> <p>○松田ら：脳血流 SPECT の画像統計解析法(eZIS)を開発。</p> <p>○4月の健保診療報酬改定で、遠隔画像診断が認められる。</p> <p>☆○PETとCTの融合装置(PET-CT装置)の開発。</p> <p>○この頃、SPECT画像の種々の高速再構成法が提案される。</p> <p>○日本放射線腫瘍学会：認定放射線治療技師制度を発足。</p> <p>☆○RSNA(2002)：GE・Philips・Siemens・東芝の各社、16列マルチスライスCTの臨床データで競う。</p> <p>☆○超音波診断装置、第二世代に入る。</p> <p>○原子力発電所(東京電力)が長年にわたり機器損傷の検査データを隠蔽・改竄していたことが発覚。</p> <p>○日本医学放射線学会：デジタルマンモグラフィに関する緊急勧告。</p>	<p>☞ いろいろな角度から検査ができる自由度の広い天井吊り下げ形シンチカメラ。</p> <p>☞ これまでは、Masatoshi I.らの脳腫瘍のTI-201の集積程度の評価、FrisonらのSPM、Minoshimaらの3D-SSPなどが代表的な解析法。eZIS(easy Z-score imaging system)では、これらの長所を導入し新しく改良した解析法で、解剖学的標準化(線形変換だけでなく非線形変換も可能)を応用したSPM99を利用している。正常データベースと比較検定して診断したり、標準化した脳表に投影したZ値分布で脳血流低下部位の定量ができる統計的方法。しかしアーチファクトが高頻度に発生するのでこれに留意。これで脳血流定量化が容易になった。</p> <p>☞ わが国の遠隔画像診断は、すでに1979年に試みられている。1998年に日医放射学会は診療報酬改定で「テレラジオロジによる診断料」を要求した。しかし認められなかったという経緯がある。</p> <p>☞ PET検診センターが乱立。これはディテクタのクリスタル、情報収集法、散乱線の補正法などの技術が進んだ結果、高速で鮮明な画像が再構成でき、PET画像の外部線源法の吸収補正でなく、CT画像の吸収補正法を用いる。数年前に一般化しなかったSPECT(機能画像)-CT(形態画像)に代わって、PETの機能画像とCTの形態画像(PET-CT)のフュージョンが完成。この結果、核医学検査が精密になり無駄な反復検査が不要となり診断能が飛躍的に向上。わが国では2003年、薬事法に基づくPET(機能画像)-CT(形態画像)の一体形(PET-CT)装置が認可。2002年のRSNAで、SIEMENSは16列の検出器のPET-CTを、Philipsはダブルドーナツ形検出器のPET-CTを展示。</p> <p>☞ 従来のFBP法から逐次近似法の一つであるML-EM法やOSEM法が用いられ、臨床に適用される。この再構成法は、散乱や減弱、あるいはボケを三次元ガウス分布で仮定して空間分解能などの補正などが可能になる。</p> <p>☞ 2002年10月の理事会で承認。認定申請者の募集手続が行われる。2003年10月に第1回の認定技師86名を承認。認定技師は、米国の医学物理士と同様の業務ができるという。しかしわが国では、大学病院関係で放射線治療を担当しているほとんどの技師はすでに、dosimetryやQA、QC、治療計画などを日常の業務としている。</p> <p>2003年以降、日本放射線技術学会は、「専門技師認定制度」の構築に向けて検討をはじめた。</p> <p>☞ GE社は、電子ビームCT(EBCT)を並列展示。東芝は、世界最速のフルスキャン0.4秒と世界最小の0.5mmスライス幅対応の16スライスCTシステム。</p> <p>☞ ノート形など装置の小型化、システムの低価格化を目指す。また超音波造影剤もSonoVue、Zonazoid、Optisonなど第二世代造影剤が出回る。</p> <p>☞ 一連の疑惑は29件に上る。この事件によって、原発の安全性への信頼がゆらぐ。</p> <p>☞ 2002年7月に第一次勧告：学会が定めた仕様基準を満たす装置を用い、乳房撮影専用の検出器を使う。3mGy以下の線量を守るなど。2003年7月に第二次勧告：乳腺線量が推定できる撮影条件を明記。ハードコピーやドライタイプのフィルム保管では保管基準に従って保管する、など。</p> <p>☞ 液晶ディスプレイは、幾何学的歪みや分解能などが従来のCRTよりも格段に優れている。しかし、視野角・色調再現性・動画特性などに問題がある。2003年現在、これらの問題点は順次、改善されている。</p>
2003	<p>☆ Stanford Resources社：全世界の医療用ディスプレイで、液晶の占める割合は約52%、2006年には96%になると予測。</p>	<p>☞ 液晶ディスプレイは、幾何学的歪みや分解能などが従来のCRTよりも格段に優れている。しかし、視野角・色調再現性・動画特性などに問題がある。2003年現在、これらの問題点は順次、改善されている。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
	<p>○わが国の国立大学の構造改革の一環として、「国立大学法人化法案」が国会に提案可決。2004年度から施行。</p> <p>○専門職大学院制度が発足。</p> <p>○わが国最初の大学院課程博士が誕生(保健学博士)―大阪大学大学院医学系研究科・保健学専攻(2003.3)。</p> <p>☆○多列式マルチスライス CT (multidetector-row CT, MDCT)は、三次元 CT 世代から超多列 (DAS)方式の四次元 CT 時代に入る。</p> <p>○日本原子力研究所関西研究所：小型の粒子線治療装置で高エネルギーの陽子を大量に繰り返し作り出す実証実験に成功。</p> <p>○東京農工大など8大学：複数臓器画像診断支援システムの試作モデルを4年後に完成させる計画。</p> <p>☆ P.C. Lauterbur (Illinois 大学)と P. Mansfield (Nottingham 大学)は、MRI 装置の基本原則を発案し実用化の道を開いたとして、ノーベル生理学医学賞を受賞。</p> <p>○7月、朝日新聞に掲載された一通の投書「乳がん検診での誤診」が端緒になって、乳がん検診の問題点がプレス キャンペーンで掘り起こされる。</p> <p>○日本超音波医学会：乳房の腫瘍像形成性病変の診断基準案を作成。</p> <p>☆○X線固定平面検出器 (FPD)は第二世代に入る。</p>	<p>☞ 大学の再編と統合、選別と淘汰、そして民間的経営手法の導入が一挙にすすむ。一定の自由と、独立をもたらし、個性的な大学づくりが促進されるが、他方これまで以上に文科省の統制が危惧されるという見解もある。</p> <p>☞ 高度な専門性を持つ職業人を育成する大学院。法科大学院は新設の法科大学院関連法に基づき、2003年7月現在、72校が2004年4月、開校を計画。</p> <p>☞ 学位名は、保健学博士。これは放射線技師が医学物理学と放射線技術学を担う高等教育促進の一環で、大学院課程博士の道が開かれる。わが国の技師教育4年制大学に大学院博士課程の設置が推進する。</p> <p>☞ 256列、320列以上の面検出 CT の実現をメーカ各社は競う。超多列方式では、一回のスキャンで目的部分の三次元データを獲得。その上、連続スキャンをすれば、三次元データに時間軸が付与されて四次元 CT となる。X線 CT の呼び名については：CT の構造からシングルスライス CT とマルチスライス CT (MDCT) に大別し、スキャン形式でヘリカル スキャンとノンヘリカル スキャンに別ける。たとえば「シングルスライス CT」で「ノンヘリカル スキャン」を実施した、あるいは「マルチスライス CT (MDCT)」で「ヘリカル スキャン」をした、など(辻岡勝美, 2007年)。</p> <p>☞ これで「一般の医療施設において小規模の設備を使った陽子線治療が可能になる道筋ができた」といわれている。</p> <p>☞ 東京農工大のほか、山形・名古屋・大阪・京都・岐阜・徳島・山口の各国立大学が中心。X線 CT や MRI などの画像撮影装置を使って1回の撮影で、人体の脳や肺などの複数の臓器の異常の有無を一挙にチェックして、医師の診断を支援するシステムを目標にしている。</p> <p>☞ Lauterbur は 1973 年に、二次元 NMR 映像法を考案(前掲)。Mansfield は 1976 年に、臨床に応用できる高速撮影法を考案。この2名の受賞に対して、R. Damadian は、ワシントン・ポスト紙に全面広告を掲載(2003.10.9)。核磁気共鳴現象の生体検査への応用を最初に提案し、癌組織と正常組織で応答が違うことを 1971 年に発見(前掲)したので当然、受賞者に含めるべきだ、という。しかし授賞の理由が「臨床画像」を確立したことに力点が置かれている。</p> <p>☞ その投書は「市の乳がん検診を産婦人科で誤診され、手遅れで余命半年」というもの。1987年に乳がん検診法に「問診・視触診」方式を導入、1997~98年に50歳以上には「マンモグラフィ」併用方式、2000年に乳がん検診を正式に「マンモグラフィ」併用方式(厚労省・老健第65号)に改める。しかし、マンモグラフィ検診精度管理中央委員会(精中委)の調査(2002.12)では、厚労省の指針に定めた仕様基準を満たしていない X線装置が、約半数(約2,800台/約1,400台)という。高い撮影技術と技量を持った放射線技師、仕様基準を満たす専用の撮影装置、X線写真を的確に読影する技量を持った医師、の三位一体ではじめて乳房検診の効果は発揮できる。このことをこのキャンペーンが提示した。</p> <p>☞ 同学会の用語・診断基準委員会乳腺疾患診断基準検討小委員会が策定。病理組織の性状を含めた基準診断。</p> <p>☞ ノイズの低減、TFTマトリックスの大型化、アナログシステムをデジタルシステムに変換するアップグレード、FPDのユニットに可動性を付加、システムの小型化、CADへの装備、動画対応、などである。FPDは原理的にデジタル画像信号を有効に生成する X線検出器。デジタル動画 FPD が心臓血管造影系、消化器(管)系、整形外科系などに広く適用。そして動画 FPD の画像評</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2004	<p>○電気事業連合会：原子力発電の使用済み核燃料の再処理を含めた原発の後処理費用が、総額18兆9千億円になると試算。</p> <p>○放射線治療の外部照射における過剰照射事故が各地で発覚し、新聞やTVなどが大々的に報道。</p> <p>☆ヒトの全遺伝子の配列が明らかになった。</p> <p>☆IEC：デジタルラジオグラフィ用検出器の評価法としてDQEを規格化(IEC62220-1)。</p> <p>☆TomoTherapy社：トモセラピーシステムを開発。</p> <p>☆IEC：デジタルラジオグラフィ用検出器の空気マーカーの指標を規格化(IEC62494-1)。</p> <p>☆○CADの普及が広範囲に進む。</p> <p>○中枢性受容体イメージング製剤が認可。</p> <p>○コリメータの開口補正が付いたOS-EM法が臨床に適用。</p>	<p>価も静画像と同様にIECで標準化(2008年見込み)。またFPDは、大きなダイナミックレンジと広いラチチュードを持っているので透視対応のFPD-DRシステムやFPDを装備した各種CAD、FPD-TVシステム、FPD-Cアームなどが稼働(2000年参照)。</p> <p>☞ この費用の負担が、原発の発電単価に織りこまれると消費者の負担増は必至。</p> <p>☞ 虎ノ門病院(01, 4)、金沢大学病院(02, 7)、国立弘前病院(03, 10)、山形大学病院(03, 過小照射)など、放射線治療時の吸収線量の計算の不正確さや医学物理の基礎知識の未熟さがミスを誘因した。直接の責任は治療担当医師と担当技師にあるとしても、組織的に不都合な問題点がないのか原因の究明が急がれる(医学放射線物理連絡協議会)。</p> <p>☞ これを解析すれば、ヒトの治療や診断、保健医療などの改善に役立つ。</p> <p>☞ IEC(国際電気標準会議、International Electrotechnical Commission)は、デジタルラジオグラフィの検出器(FPDやCR)の評価法として、MTFやNPS(noise power spectrum)などがあるが、この両者を統合した量として、DQE(detective quantum efficiency)を重要視。</p> <p>IEC62220-1：一般撮影用の静止画像用検出器のDQE(FPD, CR, I.I)</p> <p>IEC62220-1-2 Ed.1.0(2006年)：マンモグラフィ用検出器DQE(FPD, CR)</p> <p>IEC62220-1-2 Ed.2.0(2006年)：マンモグラフィ装置の受入試験(FPD, CR)</p> <p>IEC62220-1-3(2008年)：透視など心臓血管系の動画像用検出器(主としFPD)</p> <p>☞ 位置照合用CTとヘリカル回転式放射線治療装置を一体化した強度変調放射線治療(IMRT)専用装置。治療台を頭尾方向に移動させながら360°の方位から照射。照射時にガントリーに装着しているマルチリーフコリメータの調整でIMRTが可能。</p> <p>☞ デジタルラジオグラフィ用検出器の空気マーカーの指標(比例/反比例、真数/対数/平方根など)がメーカ各社で違うので、その混乱を解消するために新しく規格化した。</p> <p>☞ 2004年現在、臨床で使われているCADは、乳癌検出支援としてImagiChecker(R2 Technology社)、SECOND LOOK(CADx Medical System社(2003年にiCAD社が買収)、MammoReader II(iCAD)、乳房CR(医用画像処理表示装置MV-SR637に搭載、富士写真フィルム)、乳癌診断支援のコンピュータ自動解析システム(コニカミノルタエムジー)、胸部結節陰影検出支援としてRapidScreen Digital(GE, Deus Tech.)、肺癌検出支援のソフトウェアEpiSight/XRを搭載したEpiSight(三菱スペースソフトウェア)、経時的差分画像システムのソフトウェアTruedia/XRを用いたTruedia(三菱スペースソフトウェア)、CTを用いた肺癌検診支援としてcanPointer(日立メディコ)、ヘリカルCTを用いた肺癌CAD(東芝メディカルシステム)など。核医学系でもニューラルネットワーク(NN)などを使ったCADの研究と実用化が実現。</p> <p>☞ 中枢性ベンゾジアゼピンレセプタに結合する標識リガンドとして開発。てんかん焦点の検索や脳血管障害、中枢性神経疾患のニューロン障害、その残存機能評価などに有効。</p> <p>☞ OS-EM法は、空間分解能の劣化をコリメータ径の開口幅から劣化関数を導き、三次元ガウス関数近似でボケの度合いを近似する逐次近似画像再構成法。これをSPECTに組み込んで空間分解能を補正(2000年参照)。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2004 ~2005	<p>☆○ PET に新しい高性能の検出器を搭載.</p> <p>○日本核医学会:「FDG-PET がん検診ガイドライン」を公表.</p> <p>○コニカミノルタエムジー(株):世界で最初に位相コントラスト(phase contrast)の技術を乳房撮影で実用化(位相コントラスト乳房撮影法, phase contrast mammography, PCM).</p> <p>☆○ 64 列(DAS)MDCT の普及:頭部や胸部, 腹部, 大血管領域で幅広く臨床に適用.</p>	<p>☞ これまでの BGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) のほかに, LSO ($\text{Lu}_2(\text{SiO}_4)\text{O}$) や GSO ($\text{Ce}$ 添加 Gd_2SiO_5) などを搭載. BGO は NaI に比べてガンマ線阻止能が高い. しかし蛍光変換効率(発光量)が低く発光減衰時間が長い. LSO は, 発光量が多く発光減衰時間が非常に短い, ガンマ線阻止能は BGO と比べてほぼ同等.</p> <p>☞ 虚血性心疾患の生理学的評価, 心筋代謝, 交感神経機能などの有効な多くの研究業績の蓄積が基盤.</p> <p>☞ 屈折コントラストは, 放射光などは必要でなく, 小焦点 X 線管で屈折 X 線を発生できる. PCM は, この原理に基づく位相コントラスト イメージングである(1991 年参照).</p>
2005	<p>☆ ACRIN (American College of Radiology Imaging Network) Study: 大規模なデジタル マンモグラフィのスクリーニングの実施.</p> <p>○^{18}F-FDG の放射性医薬品の取り扱い会社から供給(デリバリ)が始まる.</p> <p>○日本画像医療システム工業会: PET 装置の性能評価法(JESRA X-0073-2005)を公表.</p>	<p>☞ 64 列 MDCT の登場で, 呼吸停止時間の短縮, 造影剤の減量, 多相相撮影, 心電同期撮影など臨床に有効な効果をもたらす. 特に心臓の CT 検査では, 検査効率や成功率が向上し, 侵襲的な検査と置き換わる可能性を持つ. 64 列の 4 倍の 256 (DAS) を持った MDCT も実現している.</p> <p>☞ 目的は臨床試験を通して画像診断の技術と質の向上. 使用したマンモグラフィ システムは, SenoSean (Fisher Med.), CR System (Fuji Med.), Senography2000D (GE Med.), Digital Mammography system (Hologic), Selenial Full Field Digital Mammography system (Hologic) の五つ. アメリカとカナダの 33 施設で 5 万人近い女性(約 1000 人のアジア系の女子を含む)が対象. ROC 解析法で増感紙/フィルム系と比較検討. 受診者全体では, 両者はほぼ同等, 閉経前の女性では, デジタル系が優れていた, と報告.</p> <p>☞ ^{18}F-FDG の供給で, サイクロトロンに依存しないでも PET の稼働が可能. FDG は, 活動性の炎症疾患にも集積するので, PET では良性悪性の鑑別が困難な場合がある. 画像の総合的な判断には PET-CT が有用(1997 年参照).</p> <p>☞ PET の空間分解能や雑音等価係数(NEC), システム感度, 減弱補正精度, 画像位置合わせ精度などを規定.</p>
2005 ~2006	<p>☆ Elekta 社: イメージ ガイド下放射線治療(image-guided radiation therapy, IGRT)用の放射線治療装置 [Elekta Synergy] を発表.</p>	<p>☞ この装置は, コーン ビーム CT 像が取得できる FPD で構成した装置を搭載. 患者をセットアップした状態でコーン ビーム CT 像を取得し, 事前に撮影した治療計画 CT 画像と腫瘍位置とを照合して, 腫瘍の三次元位置決めが高精度に実現. また「ルネッサンス システム 1000」(MRI と ^{60}Co 線 IMRT 装置を組み合わせた IGRT 装置)が 2008 年から 2009 年にかけて医療市場に登場(予定).</p>
2006	<p>○わが国で, CAD を医学/医療分野全体に適用する研究が進む.</p> <p>☆ T. G. Flohr ら: 2 X 線管搭載型 CT (dual-source CT, DSCT) を提案.</p> <p>○ 4 列式 CT (MDCT) を搭載した SPECT 装置が稼働.</p> <p>○診療報酬の改訂で, FDG-PET の適応が広がる.</p>	<p>☞ 一つは, 小畑(東京農工大)らの科研・特定領域の研究プロジェクト「多次元医用画像の知的診断支援(2003-2007)」(2003 年参照)で, 臓器・疾病構造の CAD システムあるいは多臓器・多疾病 CAD システムを次世代形の CAD システムとして研究を推進. この大型プロジェクトは, 「電体新書」(解剖学的な人体構造のデータベース化)と「電脳医学大全」(臓器の内部構造が疾病によって発生する画像上の変化をデータベース化)の二つの開発を基盤としている. もう一つは, 藤田(岐阜大学)らの「岐阜・大垣地域ロボテック先端医療クラスター(2004-2009)」である. これは「医療診断支援システム」として, 乳腺超音波, 脳 MR, 眼底写真などの CAD の開発と実用化を目指している.</p> <p>☞ A-system と B-system の二組の X 線収集系を持った X 線 CT. スキャン面において互いに 90° だけオフセットして配置.</p> <p>☞ これで SPECT (機能画像) と MDCT (形態画像) のフュージョンを構成.</p> <p>☞ 食道癌や婦人科系癌などに適応拡大. PET-CT と FDG-PET が日常の癌診療に不可欠. この両者の知識と技術を熟知した技師と医師の養成が急がれる.</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2006 ~2007 2007	<p>○三菱重工ら：新しいイメージガイド高精度放射線治療システムを開発。</p> <p>○(株)日本画像医療システム工業会：「平成18年度画像医療システム等導入状況と安全確保状況に関する調査」を報告。</p> <p>☆ICRP：「ヒトと環境での放射線防護に関する基本的勧告集」を主委員会で採択(3月)。</p> <p>☆Beekmannらと Sosovikら：人間の活性酸素の生理的機能を電子スピン共鳴法(EPR(ESR)法)とMRIの融合によって、分子イメージング(画像)を提案。</p> <p>☆○CRとFPDの融合と競合の時代を迎える。</p> <p>○わが国で最初のMDCT搭載型PETの開発。</p> <p>○疼痛緩和剤の放射性医薬品が認可。</p> <p>○わが国では現在、臨床で5社のPET-CT装置が稼働。</p> <p>○「がん対策基本法」が施行(4月)。</p> <p>☆陽子線治療の世界的な普及が始まる。</p> <p>☆A. Fert, P. Grünberg：ノーベル物理学賞</p> <p>○日本医学放射線学会が医学物理教育カリキュラムガイドラインを発行(医学物理士認定試験は1987年から施行されている。)</p> <p>○診療報酬改訂において定位放射線治療や強度変調放射線治療(IMRT)の施設基準に医学物理士の必要性および業務内容が盛り込まれる。</p>	<p>☞ 京都大学と先端医療センターとの共同で、「効率的に放射線治療ができる高精度の装置」として開発。このシステムはイメージングガイドで患者の位置決めを高精度にし、治療対象(部分)にビームで照準できる。時間と手数を必要として高精度放射線治療が短時間で正確にでき、その上、四次元放射線治療の一つである「リアルタイム動体追尾(跡)放射線照射」機能も持つ。</p> <p>☞ 詳細は、http://www.jira-net.or.jpの「刊行物」を参照。</p> <p>☞ 1990年の基本勧告に置き換えた新しく勧告。リスクの見積もりを見直し、放射線の利用では「正当」、「最適化」、「線量限度の厳守」の3原則を継続し、わかりやすく、そして環境の防護と自然放射線への対応を整理。</p> <p>☞ 活性酸素の生理的機能は、人間の健康や保健医療などと密接に関係。</p> <p>☞ これは東芝のMDCTと島津のPETが一体化したもの。装置の機能を競うメーカーが共同開発した画期的な装置。</p> <p>☞ 転移性の骨腫瘍の疼痛療法として、β線放出核種である⁹⁰Srの認可。これは転移性骨腫瘍患者にとって最大の朗報。</p> <p>☞ Biograph シリーズ(SIEMENS, LSO 検出器), Discovery シリーズ(GE 横河, BGO 検出器), GEMINI シリーズ(日立, Philips, GSO 検出器), Aquidue シリーズ(東芝, LSO 検出器), Eminence シリーズ(島津, GSO 検出器)で、多列式(DAS)MDCTを搭載。</p> <p>☞ 2006年度に成立したもので放射線治療が主柱。たとえば国及び地方公共団体は、手術、放射線療法、化学療法その他のがん医療に携わる専門的な知識及び技能を有する医師その他医療従事者の育成を図る……とある(第十四条)。これに呼応して、放射線治療品質管理機構(放射線治療品質管理士の認定組織)から「新しい放射線治療装置の品質管理に関する声明」が出る。</p> <p>☞ 普及し始めた陽子線治療の治療計画、治療記録、報告様式の標準化についてICRUがReport 78: Prescribing, Recording, and Reporting Proton-Beam Therapyを発行して定めた。関連する放射線生物学、測定方法、品質管理、各部位ごとの治療臨床症例集、用語集、などを詳細に記述し210頁に及ぶ。</p> <p>☞ 巨大磁気抵抗効果giant magnetoresistance(GMR)を発見したA. FertとP. Grünbergに授与された。二人は磁場の変化に対して大きな電気抵抗の変化を生じることを発見した。ハードディスクドライブHDDの記憶容量を飛躍的に向上させた。テラバイト単位の格段の大容量を実現してコンピュータサイエンスの飛躍的進展に貢献した。</p> <p>☞ 工学系の大学や文部科学省の「がんプロフェッショナル養成プラン」参加大学においては医学物理士養成コースが既にスタートしているが、医学物理士の資格認定は日本医学放射線学会が1987年から行っていた。「がんプロフェッショナル養成プラン」の緊急性から先に本カリキュラムを(案)として提示していたがこの年に最終版が提示された。これ以後は本カリキュラムに則って認定試験が実施されている。</p> <p>☞ 診療報酬改定に関する「Q & A」(その2)で、放射線治療に関する質問「強度変調放射線治療(IMRT)において直線加速器による定位放射線治療の施設基準に掲げるその他の技術者等とは？」の答として「医学物理士、放射線治療品質管理士等を指す。」と記載された。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
2009	<p>○一般財団法人医学物理士認定機構法人設立。医学物理士認定制度細則を発行</p> <p>○診断機器設置台数が急増。</p> <p>○マンモグラフィが急速な勢いでアナログからデジタルへ移行</p> <p>○粒子線治療を受けられる病院(施設)は全国で8箇所が増えた。</p> <p>☆ C. K. Kao および W. Boyle, G. E. Smith : ノーベル物理学賞</p> <p>○診療放射線技師国家試験出題基準の改定</p> <p>☆臨床医学物理訓練の教科書やプログラムの発刊が相繼ぐ。</p>	<p>☞ 医学物理士認定の目的、認定試験の受験資格、認定の申請資格、認定試験の受験および資格申請の手続き方法、認定試験の実施、医学物理士の業績評価法などを定めた。その内容は本書第1章の医学物理士についての項を参照。</p> <p>☞ マルチスライス CT 6,998 台、アンギオ CT174 台マンモグラフィ 4,379 台に達した。人口百万人当たりの台数はアメリカを抜いて世界一。出典は月刊「新医療」</p> <p>☞ デジタルの普及率が高まったことから検診精度管理中央委員会がデジタルマンモグラフィ品質管理マニュアルを発刊して品質管理の強化に乗り出した。デジタルマンモグラフィの受入試験項目を中心にすべての精度管理項目を収載し、デジタルマンモグラフィに携わる者の必携書となった。デジタルマンモグラフィ技術講習会参加者の必須の教科書ともなった。</p> <p>☞ 装置や稼働施設にかかる費用が重粒子線で約 120 億円、陽子線が約 80 億円程度となった。粒子線治療は保険適応になっていないため、300 万円前後が全額自己負担。国内保険各社の「先進医療特約付き保険」に加入していれば、その保険会社と協定を結んでいる施設での治療費はカバーされる(ただし上限あり)。</p> <p>☞ C. K. Kao のグラスファイバーによる光の伝送に関する革新的な業績と W. Boyle, G. E. Smith の CCD の発明に贈られた。Kao は長距離のグラスファイバー中を伝達する光について理論計算を行った。光ファイバーの研究はこれを契機に前進した。Boyle と Smith は CCD のアイデアを思いつき、実用的な解像度を持つデジタルカメラが作られた。その後のフラットパネルディテクタなど X 線写真ディテクタの固体化の技術にも進展していった。</p> <p>☞ 出題基準と試験科目との対応表が改版された。放射線生物学、放射線物理学、医用工学、放射化学、放射線計測学、診療画像技術学、核医学検査技術学、に小規模の追加があった。X 線センサの進展とデジタル化に対応した。</p> <p>☞ IAEA が 221 頁に及ぶ医学物理臨床訓練プログラム “Training Course Series 37 : Clinical Training of Medical Physicists Specializing in Radiation Oncology” を発刊。診断、治療、核医学、防御など全てをカバーし、資格試験方法をも標準化した。他に電子教科書 EMERALD, EMIT, EMITEL などは 1998 年頃から存在したがここで普及に拍車がかかった。</p>
2010	<p>○CT, MRI, PACS など診断機器、システムの普及が進む。</p> <p>○診療報酬改訂において画像誘導放射線治療(IGRT)の施設基準に医学物理士の必要性および業務内容が盛り込まれる。</p>	<p>☞ 診断機器の設置台数では CT はシングルスライス 5,120 台となり、2009 年でのマルチスライス CT 6,998 台を加えると 12,000 台以上となる。一方、MRI は 6,153 台となった。また PACS は 4,936 台に達した。</p> <p>☞ 「画像誘導放射線治療臨床導入のためのガイドライン(略称: IGRT ガイドライン)」の「4.3 放射線治療における機器の精度管理、照射計画の検証、照射補助作業等を専ら担当する者」では「医療機器安全管理の観点から、IGRT のスタッフとして、医師と照射に直接携わる診療放射線技師の他に、放射線治療に関する機器の精度管理等を専ら担当する 1 名以上の常勤の『診療放射線技師または放射線治療品質管理士』^{注5)}、および 1 名以上の常勤の医学物理士^{注6)}がいることを推奨する。これら 2 つの職種は、業務量の観点から放射線治療に専任^{注3)}するのではなく、専従^{注4)}することが望ましく、また放射線治療の臨床現場における機器の精度管理、照射計画の検証、照射計画補助作業等の経験を 1 年以上有すること。」とされた。なお注 6 では「放射線治療の審査制度を設けている団体が行う専門性に関する認定を受け、放射線治療に当たる医師と共同で、医学物理学の基盤をもとに専ら放射線治療計画および品質管理の立案・支援に当たる者。」また【推奨資格】として医師の他に、精度管理等を専ら担当する者の中に「医学物理士:医学物理士認定機構が認定した医学物理士」が併記されている。</p>

年代(年)	放射線医学・技術の流れ	註釈
	<p>☆国際労働機構 ILO の国際標準職業分類の中で医学物理士が医師や看護師と同じように専門職の一つとして認められた。</p>	<p>註② IOMP 国際医学物理学会のアナウンスで “Medical Physicist is now included in the International Standard Classification of Occupations (ISCO-08)” と紹介された。その中の記述は、 <i>“.....medical physicists are considered to be an integral part of the health work force alongside those occupations classified in sub-major group 22, Health professionals.....”</i>，などと詳細にわたっている。</p>