

**AAPM 報告書 7 9**

**( AAPM 報告書 4 4 改訂版 )**

**医学物理学の大学院学位のための教育プログラムの勧告**

医学物理学の教育と訓練に関する委員会報告

2 0 0 2 年 1 1 月

米国医学物理学会(AAPM)のために  
Medical Physics Publishing が刊行

( 日本医学物理学会 教育委員会翻訳 2007 年 5 月 )



**American Association of Physicists in Medicine**

One Physics Ellipse  
College Park, MD 20740-3846  
(301) 209-3350  
Fax (301) 209-0862  
<http://www.aapm.org>

*Office of the Executive Director*

Angela R. Keyser  
Phone: 301-209-3385 Fax: 301-209-0862  
E-mail: [akeyser@aapm.org](mailto:akeyser@aapm.org)

May 2, 2007

Akira Ito, PhD  
Physics Division  
The Cancer Institute  
Japanese Foundation for Cancer Research  
3-10-6, Ariake, Koto-ward  
Tokyo, 135-8550  
JAPAN

Via E-Mail

Dear Dr. Ito:

The American Association of Physicists in Medicine hereby grants permission to the Japan Society of Medical Physics to translate the following AAPM publication into Japanese and post on their website:

Paliwal, B., et al. "AAPM Report No. 79 (Revision of AAPM Report No. 44) Academic Program Recommendations for Graduate Degrees in Medical Physics". Medical Physics Publishing, November 2002.

Sincerely,

  
Angela R. Keyser

## 医学物理士の教育と訓練委員会(2001年12月)

Bhudatt R. Paliwal, Ph.D. (Task Group 議長) ウィスコンシン大学マディソン校、ウィスコンシン州  
 C.H. Chu, Ph.D. ラッシュメディカルセンター、シカゴ、イリノイ州  
 Paul M. DeLuca, Jr., Ph.D. ウィスコンシン大学マディソン校、ウィスコンシン州  
 Arnold Feldman, Ph.D. ペオリア、イリノイ州  
 Ellen E. Grein, Ph.D. ブリティッシュコロロンビア癌機構、バンクーバー、ブリティッシュコロロンビア州  
 Donald E. Herbert, Ph.D. 南アラバマ大学、モービル、アラバマ州  
 Edward F. Jackson, Ph.D. テキサス大学 MD アンダーソン癌センター、ヒューストン、テキサス州  
 Faiz M. Khan, Ph.D. ミネソタ大学、ミネアポリス、ミネソタ州  
 Richard L. Maughan, Ph.D. ペンシルバニア大学、フィラデルフィア、ペンシルバニア州  
 Venkataramanan Natarajan, Ph.D. ウィンスロップ大学病院、ミネオラ、ニューヨーク州  
 Ervin B. Podgorsak, Ph.D. マックギル大学、モントリオール、ケベック州  
 E. Russell Ritenour, Ph.D. ミネソタ大学、ミネアポリス、ミネソタ  
 Mohammed K. Zaidi, M.S. エネルギー省、アイダホフォール、アイダホ州

## 日本医学物理学会教育委員会

顧問： 金井達明†(放射線医学総合研究所)  
 顧問： 伊藤 彬†(癌研究所)  
 担当理事： 鬼塚昌彦†(九州大学)  
 担当理事： 西村克之‡(茨城県立医療大学)  
 委員長： 和田真一†‡(新潟大学)  
 副委員長 蓑原伸一†(放射線医学総合研究所)  
 副委員長 水野秀之‡(放射線医学総合研究所)  
 委員 荒木不次男†‡(熊本大学)  
 伊藤 彬 ‡(癌研究所)  
 唐澤久美子‡(順天堂大学)  
 小森雅孝†‡(放射線医学総合研究所)  
 豊福不可依†‡(九州大学)  
 長谷川智之†(北里大学)  
 松本政雄†‡(大阪大学)  
 水野秀之†(放射線医学総合研究所)  
 山本 徹†‡(北海道大学)

在任期間;† (2004年～2006年)

‡ (2007年～2009年)

尚、翻訳専門用語は、医学物理学会用語委員会(委員長:尾川浩一)編集「医学物理用語集 2007」、医学物理,Vol.27sup3,May,2007 に準拠した。

# 目 次

## 1. 序

## 2. 科目の議論

### 3. 2.1. 中核科目

- 2.1.1 放射線医学物理学と線量測定学
- 2.1.2 保健物理学／放射線安全
- 2.1.3 放射線生物学
- 2.1.4 解剖学と生理学
- 2.1.5 特別な科目
  - 2.1.5.1 コンピュータ活用能力
  - 2.1.5.2 職業倫理／利益相反／科学的不正
  - 2.1.5.3 医科学における統計手法
  - 2.1.5.4 安全性:電気／化学／生物／放射線の基礎

### 2.2 画像科学

- 2.2.1 通常の平面画像
- 2.2.2 デジタル X 線画像とコンピュータ断層撮影 (CT)
- 2.2.3 超音波画像
- 2.2.4 磁気共鳴映像法 (MRI)
- 2.2.5 核医学

### 2.3. 放射線治療

- 2.3.1 放射線腫瘍学
- 2.3.2 外部放射線治療
- 2.3.3 小線源治療
- 2.3.4 治療計画
- 2.3.5 放射線治療装置
- 2.3.6 放射線治療の特別な技術
- 2.3.7 中性子、陽子、重イオンによる放射線治療
- 2.3.8 放射線治療における放射線防護

## 3. 科目の概要

### 3.1. 中核科目

- 3.1.1 放射線医学物理学と線量測定学
- 3.1.2 保健物理学／放射線安全
- 3.1.3 放射線生物学
- 3.1.4 解剖学と生理学
- 3.1.5 特別な科目

- 3.1.5.1 コンピュータ活用能力
- 3.1.5.2 職業倫理／利益相反／科学的不正
- 3.1.5.3 医科学における統計手法
- 3.1.5.4 安全性:電気／化学／生物／放射線の基礎

## 3.2. 画像科学

- 3.2.1 通常の平面画像
- 3.2.2 デジタル X 線画像とコンピュータ断層撮影(CT)
- 3.2.3 超音波画像法
- 3.2.4 磁気共鳴映像法(MRI)
- 3.2.5 核医学／イメージング

## 3.3 放射線治療

- 3.3.1 放射線腫瘍学
- 3.3.2 外部放射線治療
- 3.3.3 小線源治療
- 3.3.4 治療計画
- 3.3.5 放射線治療装置
- 3.3.6 放射線治療の特別な技術
- 3.3.7 中性子、陽子、重イオンによる放射線治療
- 3.3.8 放射線治療における放射線防護

## 4. 実習科目

- 4.1 保健物理学／放射線安全
- 4.2 画像診断学
- 4.3 核医学計装学
- 4.4 放射線治療物理学

## 5. 参考文献

- 5.1 解剖学と生理学
- 5.2 基本となる放射線物理学と他の中核科目
- 5.3 電子工学
- 5.4 保健物理学－放射線防護
- 5.5 画像科学
- 5.6 医学生理学と医学・生物学のための境界物理学
- 5.7 医学統計学と数学手法
- 5.8 核医学
- 5.9 放射線治療物理学
- 5.10 放射線生物学
- 5.11 超音波

5.12 職業(としての医学物理)

6. 認証された医学物理学大学院教育プログラム

## 1. 序

1993年にこの報告書の初版を発刊して以来、医学物理教育は大きな成長と変化をとげてきた。しかし、依然、変わらない面も多い。元来、この報告書は、医学物理学訓練プログラムのガイドライン、すなわち、医学物理学の修士号取得のための最低限のカリキュラムを記載したものであった。当時の物も、専門を超えて共通する科目と、それぞれの専門分野に特有な科目を配していた。この10年間に、医学物理学は、その広がりや深さにおいて劇的に発展した。これに伴い、勧告内容の見直しが必要となり、本改訂版の作成に至った。

この改訂版では、すべての医学物理学専攻の修士(MS)と博士(PhD)の訓練生が着実に基礎とすべき中核的カリキュラムと、医学物理の各専門分野に特化した内容との関係について特に配慮した。中核的カリキュラムは、専門的な科目の基礎となることは明白である。例えば、相互作用に関する基礎物理は、放射線腫瘍学、放射線診断学、核医学、そして、保健物理学のすべての分野で必要不可欠である。画像科学は、どんな医学物理士にとってもある程度必要な知識であるが、磁気共鳴(MR)画像科学の詳細はその道の専門家にのみ必要である。また今では、生物統計学、医療情報学、そして、医療倫理学の重要性も認知されている。現在の臨床研究の現場にいる医学物理士にとって、これらは必須のものとなっている。

目次に示されるように、中核科目には、放射線医学物理学と線量測定学、保健物理学／放射線安全、放射線生物学、解剖学と生理学があり、そして、広範な技術進歩に対応するための特別な科目がある。後者の特別な科目には、コンピュータ活用能力、医療倫理学、統計学、そして、安全性を含む。前述した通り、前者はすべての医学物理学訓練に不可欠で、より深い専門教育の基礎となる。後者は、すべての医学物理士にとって必要な知識の基礎であるが、それほど包括的なレベルまででなくてよい。実際、これらの科目の一部は、それ以前の訓練によりカバーされているかもしれないからである。しかし最近の経験から、医療倫理学と統計学については、より深い水準が必要とされるようになった。米国医学物理学会は、今後数年に渡って、これらの分野における必要性を調査していく。

上記の中核科目(と特別な中核科目)に加えて、画像科学と放射線治療学という二つの広義の専門分野がある。両領域について、一連の適切な副科目が示されている。画像科学においては、逆問題、信号処理などの全体に共通する科目だけでなく、画像モダリティごとの科目もある。放射線治療学においては、治療方法と治療装置により科目が分かれる。画像科学と放射線治療学の両方にとって、望ましい教育目標に到達するために、科目を結合、再分割したり、他の方法を用いるなど、訓練プログラムにこのカリキュラムを適用する手法は異なり得る。しかし、この科目のすべてが網羅されることが望まれる。また、ある分野がより徹底的な訓練を提供する際には、科目は選別されるであろう。しかし、上記に示されたように、必須科目は、すべてのプログラムに必要である。

医学物理教育プログラム認定委員会機構(CAMPEP)で認定されたプログラムは、中核科目に共通性が見られるものの、それぞれ個人の専門や施設の規模の違いが反映されている。CAMPEP認定を取得する教育プログラムが増えると、この訓練ガイドラインが、現在の医学物理学にとって必要最小限のカリキュラムを保証するものとして必須になる。この報告書は上記原則を体現したものであり、CAMPEP認定の基準にもなる。

なお、関連する分野での学士(BS)課程や修士課程などでこれらの科目を履修済みの学生もいるであろう。当然のことであるが、プログラムの参加に一定科目の履修経験を加えることもできる。

上記に関する詳細な参考文献リストを掲載した。文献も分野毎に並べられているため、必要に応じて、一部の文献は重複して掲載されている。

「臨床」訓練に係る特別な問題がある。医学物理士の大多数は、最終的には、臨床の場で訓練を実施する。実践に先立つ模擬臨床訓練と実地経験の組み合わせによって、「認定」、あるいは、「免許」が与えられるべきである。大学での型にはまった訓練では、入念な整備をしない限り、臨床訓練の環境を与えることは期待できないし、また、必要とも思われない。レジデント訓練が最適な方式であろう。その訓練プログラムは今、CAMPEPによって認定されて

いる。

## 2. 中核科目の概要

### 2.1 中核科目

#### 2.1.1 放射線医学物理学と線量測定学

この節の内容は、物理学(あるいは、物理学と数学の知識が十分な工学)の学部卒業生に対して、放射線医学物理学と線量測定学の基礎を教えるように作成されている。まず物理量と単位の紹介があり、次にエネルギー転移と線量付与に注目した、放射性崩壊と放射線の相互作用を扱う。

細いビームと広いビーム、両方に関する指数関数的な減衰を理解してから、保健物理学コースの遮蔽設計を学習する必要がある。

総ての線量測定は、荷電粒子平衡、放射線平衡、および／あるいは空洞理論に強く依拠している。したがって、これらの領域を詳しく学んだ後、電離箱や固体線量計などによる実務的な線量測定法を学ぶべきである。教育プログラムによっては、この節の内容は、放射線治療物理学、放射線診断学、核医学、あるいは、保健物理学の各コースの一部に組み込むこともできる。しかし、これらの科目は、初学者に一貫したコースとして教えられるべきで、より専門的なコースは、後に、あるいは平行して教えられるべきである。これら基礎的な科目が、結果として繰り返し教えられることは有益なことである。

#### 2.1.2 保健物理学／放射線安全

放射線防護は医学物理学のさまざまな分野で必要とされる。放射線の微視的相互作用と細胞の反応の間を結びつける基礎となる。従って、科目は広範囲に及ぶ。特に重要な科目は、検出装置および遮蔽解析である。訴訟社会化は、過度な規制環境を反映したものである。補完的な教育として、装置、環境試料採取、生物検体法、そして、遮蔽の諸問題に関し、研究所等の現場での継続的な経験が必要である。この科目の重点は、多様な医学物理学分野に必要とされる幅広い基礎知識を提供することである。

#### 2.1.3 放射線生物学

放射線の生物影響は、すべての医学物理学領域で起こっていることである。電離放射線による生物学的効果に関する理解の欠如が、最近の誤った情報の氾濫を引き起こしている。教育によってのみ、このような状況は緩和され、修正され得る。この科目は、集中して、系統的に教えるべきであり、放射線治療物理学、保健物理学、核医学のような関連科目に分散させてはいけない。

#### 2.1.4 解剖学と生理学

この科目の学習後は、一般的な医学用語を、ギリシャ語やラテン語の語源から類推して理解出来るようになるべきである。また、人体の大まかな解剖構造を認識し、主要な臓器の機構を理解し、修復、維持、成長の生理学的機構を説明できるようになるべきである。解剖学的構造と生理学的機能は、それらを見るための診断機器と関連付けられるべきである。

#### 2.1.5 特別な科目

以下の科目は、医学物理学の訓練に重要である。副科目は、適切な種類と内容を示している。多くの施設のカリキュラムで、これらの科目は他の科目に組み込まれているであろう。例えば、コンピュータ活用能力は、画像科学や放



放射線治療学でカバーされ得る。

#### 2.1.5.1 コンピュータ活用能力

コンピュータは、医学物理士が実務を遂行するために必要なツールの中でも根本的なものである。この項では、基礎的なコンピュータ活用能力を紹介する。

#### 2.1.5.2 職業倫理／利益相反／科学的不正

この項では、臨床医学と科学研究や医学物理士業務における倫理上の問題を扱う。「倫理学」という用語は、ここでは職業人の行為のとして許される標準という意味で用いられる。「倫理的」に関する意見は人によって異なるであろうが、職業人は、文書化された倫理標準、行動規範を持っており、それは現場に受け入れられているものである。文書化行動規範を学ぶことに加え、よく遭遇する、行動の選択が必要な場面を知っておくべきである。それは、現状の基準により、倫理的と考えられるものも非倫理的と考えられるものもあるであろう。

学生によるセミナー形式の事例研究を行うことを強く勧める。これにより、倫理的なジレンマに直面するような事例を自身の身に置き換え、多様な応用力を培うことが出来る。他の教官でも、セミナーに参加して、彼らの直接あるいは間接的な経験談を述べることも有用である。

#### 2.1.5.3 医科学における統計手法

このコースでは、医科学統計の代表的な三大潮流のモデル、手法、そして、知見を概説する：(1)統計頻度解析者、ノイマン-ピアソン、(2)主観論者、ベイジアン、(3)リサンプリング。強力なベイジアンとリサンプリングモデルは、数値計算とコンピュータ速度の向上により、最近になってようやく科学者に本格的に役立つようになってきた。このコースで特に重要なのは、ノイマン-ピアソンモデルとベイジアンモデルを使うことであって、いずれの場合にもパラメトリック法と非パラメトリック法がある。このコースには、実験・調査計画、データ取得、編集、解析、解釈、発表、そして実証的研究データの報告が含まれる。このコースの副次的な目的は、(1)医学における統計の大いなる有用性認識すること、そして、(2)自身の現在のレベルでは十分ではないことに気づき、将来必要となったときに、如何にそして何から始めたら良いかを認識することである。

#### 2.1.5.4 安全性：電気／化学／生物／放射線の基礎

医学物理業務に当たり、医学物理士は多くの電氣的、化学的、そして、生物学的な危険に晒されている。この項は、これらの危険の察知と予防に対する入門レベルをカバーする。

## 2.2 画像科学

### 2.2.1 通常の平面画像

通常の平面画像の科目には、撮影画像と透視画像がある。この項の主題は患者画像である。通常の平面画像には、X線の発生、X線と患者の相互作用、フィルムスクリーン系による画像作成、そして、X線フィルムの現像が含まれる。画質は、グリッド、コントラスト、ディテール、ノイズ、ぼけなどの個別の科目が中心となる。

### 2.2.2 デジタル X 線画像とコンピュータ断層撮影 (CT)

受像器技術は、フィルムからフィルムレスのデジタル技術へ急速に変化してきている。コンピュータX線撮影法 (CR) とデジタルX線撮影法 (DR) と呼ばれる新しい技術が概説される。CRにおいては信号処理手法に触れ、DRでは、従来の受像器はディスプレイモニターに置き換えられつつあり、モニターに関する最適なパラメータについて

触れる。

コンピュータ断層撮影(CT)技術についても、最近のハードウェアや応用技術を含めて解説する。

### 2.2.3 超音波画像

超音波(US)画像は多くの医療領域で使用されており、超音波装置は病院や診療所内の多くの診療科に配置されている。訓練では、組織中の波の伝播、超音波の変換機、超音波画像とドップラー装置に関する基礎情報を含むべきである。医療従事者は、リアルタイムの音響出力を含め、超音波装置に関連した安全性に留意しなければならない。

### 2.2.4 磁気共鳴映像法(MRI)

この項では、磁気共鳴映像法(MRI)の物理の基本原則について述べる。重要なのは、最新のMRI技術ではなく、画像生成と空間精度、画像コントラスト(臨床で最も良く使われているパルスシーケンスについて)、主要な臨床応用、安全性に関する基礎の確実な理解である。最新の技術に関しても簡単に触れる。

### 2.2.5 核医学

この項では、核医学物理学の基礎を取り上げ、ガンマカメラ、陽電子放出形断層撮影法(PET)システム、単光子放出形CT(SPECT)システム、そして、PET/CTシステムなどの新しい技術システムを含めて述べる。

## 2.3 放射線治療

### 2.3.1 放射線腫瘍学

放射線治療では、種々のがんを放射線を用いて治療する。これには、様々な放射線源を、多種多様な手法で用いる。これらは単独で用いることもあれば、他の治療方法と組み合わせて用いられることもある。この項では、それらの治療方法を概説し、がん治療における役割を解説する。

### 2.3.2 外部放射線治療

この項では、コリメートされたビーム発生装置からの外部放射線の適用を説明する。これらのビームの特性と関連した基本的線量、患者内の腫瘍や正常組織の投与線量分布について解説する。

### 2.3.3 小線源治療

小線源治療は、組織内、腔内、表面等の至近距離に放射線源を留置する治療方法である。この項では、この治療法の物理的特性と臨床的治療技術について述べる。

### 2.3.4 治療計画

この項では、治療計画過程に焦点を絞り、臨床関心領域、処方線量の基準、線量モデリング、治療計画を扱う。光子、電子の特性、そして他のモダリティについて触れる。計算・投与線量に関する検証法について解説する。

### 2.3.5 放射線治療装置

放射線治療を効果的に行うためには、高エネルギー加速器から、シミュレータ、CT、US、MRIやPET画像装置など、数多くの装置が必要である。この項では、物理的設計、保守管理、そして、品質保証(QA)の手順について述べる。

### 2.3.6 放射線治療の特別な技術

放射線治療分野のこの20年間の著しい成長の結果、複雑な治療技術も開発された。これらには、特別な装置、訓練、付加的な要素が必要である。これらは、特別な技術として分類され、このカリキュラムの一部分とした。

### 2.3.7 中性子、陽子、重イオンによる放射線治療

この項では、中性子、陽子、その他重イオンなど特殊な電離放射線と、その放射線治療への利用に焦点を当てる。

### 2.3.8 放射線治療における放射線防護

放射線治療環境に関連する放射線防護の科目は、放射線治療物理士に、放射線治療部門における職員と公衆の放射線防護の必要性を認識させるために準備された。関係する法令、行動規範、記録保存について説明する。

## 3. 科目の概要

### 3.1 中核科目

#### 3.1.1 放射線医学物理学と線量測定学

1. 原子と原子核の構造
  - (a) 原子構造の基本的定義
  - (b) 原子のラザフォードモデル
  - (c) 水素原子のボーアモデル
  - (d) 多電子原子
  - (e) 原子核構造
  - (f) 放射能
  - (g) 放射性崩壊モデル
2. 放射線の分類
  - (a) 放射線物理の基本物理量と単位
  - (b) 直接電離放射線と間接電離放射線の種類と線源
  - (c) 電離放射線場の記述
3. 放射線場の記述に用いられる量と単位
  - (a) フルエンスとフルエンス率
  - (b) エネルギーフルエンスとエネルギーフルエンス率
4. 電離放射線と物質の相互作用の記述に用いられる量と単位
  - (a) カーマ, 衝突カーマ, 放射カーマ
  - (b) 吸収線量
  - (c) 放射能
  - (d) エネルギー転移, 正味のエネルギー転移, 付与エネルギー
  - (e) 等価線量と線質係数
  - (f) 照射線量
5. 間接電離放射線: 光子ビーム
  - (a) X線遷移, 特性X線, 原子の電離と励起

- (b) モーゼリーの法則、X線の線スペクトル、多電子原子のハートリー理論
  - (c) 加速荷電粒子からの放射線と制動放射線の発生、ラーモアの関係
  - (d) X線ターゲット、制動放射線場
  - (e) 線質とフィルタリング
  - (f) 光子ビームによる組織内エネルギー付与
6. 指数減弱
- (a) 単純指数減弱
  - (b) 半過層、10分の1価層、減弱係数、相互作用断面積
  - (c) 細い線束と広い線束の減弱
  - (d) ビルドアップ係数
  - (e) 減弱のスペクトル効果、線質硬化と軟化
  - (f) 相反定理
  - (g) エネルギー転移係数、エネルギー吸収係数
  - (h) 光子ビーム相互作用における吸収線量計算
7. 光子と物質の相互作用
- (a) トムソン散乱
  - (b) レーリー散乱
  - (c) 光電効果
  - (d) コンプトン散乱
  - (e) 電子対生成、3電子生成
  - (f) 光核反応
  - (g) 個々の相互作用の相対的優位性
  - (h) 光子相互作用後の効果、蛍光放射、オージェ効果、
  - (i) 減弱係数、エネルギー転移係数、エネルギー吸収係数に対する個々の効果の寄与
8. 間接電離放射線:中性子線ビーム
- (a) 運動エネルギーによる中性子の種類
  - (b) 中性子線源
  - (c) 中性子線の性質
  - (d) 組織における中性子線の吸収
9. 中性子と物質の相互作用
- (a) 組織元素と中性子の相互作用
  - (b) 中性子カーマと吸収線量計算
  - (c) 人体ファントムにおける吸収線量
  - (d)  $\gamma$ 線、中性子線混合場の線量測定
  - (e) 中性子の線質係数
10. 直接電離放射線
- (a) 臨床に用いられる荷電粒子線の種類
  - (b) 荷電粒子線線源
  - (c) 荷電粒子線による組織へのエネルギー付与
11. 直接電離放射線と物質の相互作用

- (a) 阻止能(衝突阻止能と放射阻止能)、散乱能 飛程、ゆらぎ
  - (b) 制限阻止能、線エネルギー付与
  - (c) 軌道電子との相互作用
  - (d) 原子核反応
  - (e) 荷電粒子相互作用の吸収線量計算
12. 放射性崩壊
- (a) 全崩壊定数と部分崩壊定数
  - (b) 放射能の単位
  - (c) 平均減衰時間と半減期
  - (d) 親核種・娘核種の関係
  - (e) 過渡平衡と永続平衡
  - (f) 娘核種の抽出
  - (g) 原子核相互作用による放射活性化
  - (h) 照射線量率定数と空気カーマ率定数
13. 荷電粒子平衡と放射平衡
- (a) 放射平衡
  - (b) 荷電粒子平衡(CPE)
  - (c) 荷電粒子平衡下における吸収線量、衝突カーマと照射線量の関係
  - (d) 荷電粒子平衡の条件と非平衡の原因
  - (e) 過渡的荷電粒子平衡
14. 線量測定
- (a) 線量計の種類と一般的特性
  - (b) ICRU(国際放射線単位測定委員会)の線量測定の量と単位の定義;
  - (c) 絶対線量測定と相対線量測定のテクニック
  - (d) 線量測定の解釈:
15. 熱量計による線量測定:
- (a) 基本原理と測定法:
  - (b) 熱量欠損と熱量平衡:
  - (c) 熱伝対とサーミスタ
  - (d) 断熱的, 等温度の, 定常温度法
16. 化学(フリッケ)線量計
- (a) 基本原理と測定法
  - (b) G-値と放射化学収率
  - (c) 吸収スペクトロスコピー
17. 空洞理論
- (a) ブラックグレイの空洞理論とその派生
  - (b) スペンサーアティックス と ブーリンの空洞理論:
  - (c) ファノの定理:
  - (d) 阻止能の平均化:
  - (e) 境界近傍の線量:

18. 電離箱:
  - (a) 電離箱の基礎的形狀:
  - (b) 標準自由空氣電離箱:
  - (c) 空洞(指頭型)電離箱
  - (d) 外挿電離箱
  - (e) 電離電流と電荷の測定(微分モードと積算モード)
  - (f) イオン対生成に必要な平均エネルギー:
  - (g) 電離箱の飽和特性、初期再結合と再結合、拡散損失
19. 電離箱線量計による光子、電子ビームの校正:
  - (a) 空洞電離箱の校正: 空気中空気カーマと水中線量
  - (b) 線量測定プロトコル; AAPM TG-21、AAPM TG51, IAEA レポートシリーズ: 398 (IAEA TRS-398) TRS-398
  - (c) 光子と電子ビームのためのファントム物質:
20. 相対線量測定技術
  - (a) 熱蛍光線量計(TLD)
  - (b) フィルム線量測定とラジオクロミックフィルム;
  - (c) 半導体線量計: ダイオード;
  - (d) 光刺激ルミネッセンス線量計(OSL);
  - (e) MOSFET(金属酸化膜半導体 フィールド効果トランジスタ)線量計とダイヤモンド検出器;
  - (f) ゲル線量計;
21. パルスモード検出器による線量測定
  - (a) ガイガーミュラー計数管(G-M 計数管)と比例計数管;
  - (b) シンチレーション検出器
  - (c) 放射線サーベイメータ ;
  - (d) 中性子検出器;

### 3.1.2 保健物理学／放射線安全;

1. 序論と歴史展望;
  - (a) 電離放射線の発見と初期の利用;
  - (b) 観察された放射線障害;
  - (c) 放射線防護実施の示唆;
  - (d) 法制化に向けた第一歩;
2. 相互作用物理の放射線防護への応用;
  - (a) 間接電離放射線と直接電離放射線;
  - (b) クーロン場散乱のベーテプロットホの式; シェル効果, 極性現象, 核反応過程, 弾性散乱, 飛跡構造, 標的現象, 放射性崩壊過程, Anderson-Ziegler パラメタリゼーション, Janni の表, 化合物—混合物の効果;
  - (c) 電磁放射線相互作用, 光電効果, コンプトン効果, 電子対生成, カスケードシャワー;
  - (d) 中性子相互作用, 弾性散乱と非弾性散乱過程;
3. 放射線作業における線量測定
  - (a) 単位
  - (b) カーマと吸収線量;

- (c) 線量当量;
  - (d) ICRU 勧告;
  - (e) 中性子線質係数の最近の変化;
4. 放射線検出機器;
- (a) 比例、GM 計数管を含む電離測定;
    - i. 電子—イオン輸送
    - ii. パルス構造;
    - iii. マイクロドジメトリ測定器;
  - (b) シンチレーションと TLD 装置;
    - i. 有機シンチレータ、無機シンチレータ、個体シンチレータ、液体シンチレータ;
    - ii. 線量と線量当量の変換;
    - iii. TLD のエネルギー、線量、線量率依存性;
  - (c) 線量当量測定機器;
    - i. エネルギー依存性;
    - ii. パルス場の応答;
5. 遮蔽: 性状と設計;
- (a) 直接電離粒子線;
  - (b) 間接電離粒子線;
  - (c) ビルドアップのパラメータ表示
  - (d) 確率的サンプリング: モンテカルロ;
    - i. 線源の記述とサンプリング;
    - ii. 相互作用のサンプリング;
    - iii. 幾何学的効果;
    - iv. スコアリング;
    - v. パブリックドメインコード;
  - (e) 粒子放射線加速器;
    - i. 一次粒子遮蔽;
    - ii. 二次—三次粒子遮蔽;
    - iii. エネルギーと粒子種類依存性;
    - iv. インターロックと通行規制;
    - v. 放射線環境のモデリング;
  - (f) NCRP 遮蔽勧告と技術;
6. 統計学
- (a) 機器応答の統計学的解釈;
  - (b) 実験のデザイン
  - (c) 確率的、非確率的誤差解析;
  - (d) 実験結果の解釈
7. 個人に対する放射線モニタリング;
- (a) 機器と技術;
  - (b) 積算線量計と能動的線量計;

- (c) ダイナミックレンジと応答感度;
  - (d) フィルム, TLD, Lexan, と CR-39 ;
  - (e) ポケット電離箱と GM 計数管;
8. 内部被ばく;
- (a) ICRP 26, ICRP 2A 勧告 (改訂版 ICRP 60)
  - (b) 医学的内部被ばく線量測定(MIRD);
  - (c) モニタリングと放射線制御;
  - (d) 生物学的分析;
  - (e) 作業環境への散逸;
  - (f) 摂取の許容限度と推定空気(水中)濃度;
9. 環境への散逸;
- (a) 放射線核種の環境への放出;
  - (b) 線量測定的重要性;
  - (c) 環境防護機構と米国核規制委員会の空中・水中散逸モデル;
10. 生物学的効果;
- (a) 基礎放射線生物学;
  - (b) 非確率的と確率的反応;
  - (c) 放射線障害の生物学実験データベース;
  - (d) 電離放射線の生物学効果と原子放射線効果に関する国連科学委員会報告;BEIR UNSCEAR
11. 法規 Regulations
- (a) 適用、非適用対象
  - (b) 10CFR19-70; 49USDOT300-399, 198; 219SFDA 278; 290SHA; 42USPHS; 40USEPA
  - (c) 州の合意と非合意事項;
  - (d) NCRP と ICRP の関連性;
12. 高レベル/低レベル廃棄物;
- (a) USNRC/USDOE/USEPA 情報(米国原子核法律委員会/エネルギー省/環境防護庁)
  - (b) 低レベル廃棄群;
  - (c) 将来に対する影響;
13. 非電離放射線;
- (a) 電磁場と音場による障害
  - (b) 装置からの放出に関する必要事項;
  - (c) 測定技術;
  - (d) 法律的規制;

### 3.1.3 放射線生物学

1. 放射線と物質の相互作用の概説;
- (a) 放射線の種類;
  - (b) 放射線吸収の機序;
  - (c) 電離密度;
2. DNA に対する放射線障害;



- (a) 水の放射線化学;
  - (b) DNA の構造と放射線誘発疾患;
  - (c) 二重鎖切断
3. DNA 損傷の修復;
- (a) 除去修復
  - (b) 二重鎖切断の修復;
4. 放射線誘発染色体損傷と修復;
- (a) 染色体の生物学と異形
  - (b) LQ(双線形)モデル;
5. 生存率曲線理論;
- (a) 標的理論;
  - (b) 生存率曲線モデル;
    - i. 多標的単一ヒットモデル
    - ii. 双線形モデル;
  - (c) 細胞感受性:
    - i. 多標的単一ヒットモデル;
    - ii. 細胞死の機序;
6. 細胞死:細胞死の概念(アポトーシスと増殖死);
7. 細胞回復過程
- (a) 放射線損傷の種類;
  - (b) 潜在的致障害(PLD)と亜致死損傷;
  - (c) 分割効果;
  - (d) 線量率効果;
8. 細胞周期;
- (a) 細胞動態と細胞周期;
  - (b) 細胞周期と放射線感受性;
  - (c) 細胞周期の放射線効果;
9. 放射線効果修飾物質, 増感剤と防護剤;
- (a) 酸素効果と他の放射線増感剤;
  - (b) 放射線防護;
10. RBE, OER, LET
- (a) 線エネルギー付与(LET);
  - (b) 生物学的効果比(RBE);
  - (c) 酸素増感比; (OER)
11. 細胞動態;
- (a) 細胞周期とその構成要素の定量化;
  - (b) 腫瘍の細胞消失と成長;
  - (c) オートラジオグラフィとフローサイトメトリ;
  - (d) ヒト腫瘍の成長動態;
12. 組織の放射線障害;

- (a) 組織と臓器の解剖学;
- (b) 障害の表現と測定;
- 13. 放射線病理学.急性障害と晩期障害;
- (a) 正常組織の急性効果と晩期効果;
- (b) 急性効果と晩期効果の病因論;
- (c) 晩期効果の異なる種類;
- (d) 残存損傷/放射線症候群/臨床での全身照射;
- 14. 組織病理学;
- (a) 放射線損傷の一般的形態学
- (b) 細胞死の形態学;
- (c) 放射線照射された腫瘍の形態変化;
- 15. 腫瘍放射線学;
- (a) 腫瘍構造と生理学の基礎;
- (b) 腫瘍における低酸素細胞の重要性と再酸素化の重要性
- 16. 時間・線量・分割
- (a) 放射線生物学の 4R;
- (b) 体積効果;
- (c) 分割の基礎;
- (d) 正常組織の早期と晩期の線量応答関係;
- (e) 多分割照射と加速照射;
- (f)  $\alpha/\beta$  モデル;
- 17. 放射線遺伝学:放射線の繁殖と突然変異誘発への影響;
- (a) 不妊の標的細胞;
- (b) 一時的、永久不妊となる線量;
- (c) 逆分割効果;
- (d) 突然変異誘発の機序;
- (e) 相対リスクと絶対リスク;
- (f) 時間経過と潜伏期間/異なる部位でのがん誘発;
- 18. 分子レベル機序;
- (a) 分子クローニング技術;
- (b) 遺伝子解析;
- (c) 腫瘍遺伝子と腫瘍抑制遺伝子;
- 19. 薬品と放射線の相互作用;

### 3.1.4 解剖学と生理学

- 1. 解剖学用語;
- (a) 解剖名の起源;
- (b) 接頭語と接尾語;
- (c) 解剖学的位置と人体図形;
- 2. 骨;

- (a) 骨の分類;
- (b) 構造;
- (c) 成長;
- 3. 脊柱;
- (a) 脊柱の区分;
- (b) 脊椎の構造;
- (c) 脊柱の X 線写真;
- 4. 胸部 ;
- (a) 胸部の骨;
- (b) 胸部臓器;
- (c) 胸部構造の X 線写真;
- 5. 腹部;
- (a) 区分と領域;
- (b) 腹部の臓器;
- (c) 腹部臓器系;
- 6. 呼吸器系;
- (a) 臓器;
- (b) 機能;
- (c) X-線写真;
- 7. 消化器系;
- (a) 区分;
- (b) 位置と範囲;
- (c) 機能;
- (d) X 線写真;
- 8. 泌尿器系
- (a) 臓器
- (b) 位置;
- (c) 機能;
- (d) X 線写真;
- 9. 生殖器系;
- (a) 臓器;
- (b) 位置;
- (c) 機能;
- (d) X 線写真;
- 10. 循環器系;
- (a) 主要構成要素;
- (b)機能;
- (c) X 線写真;
- (d) カテーテル製造所訪問;
- 11. 病理学;

- (a) 解剖における臓器の確認;
- (b) 臓器位置;
- (c) 臓器の構成;
- (d) 放射線所見との相関;

### 3.1.5 特別な科目

#### 3.1.5.1 コンピュータ活用能力;

1. スプレッドシート, e.g., Excel
2. データベース, e.g. Access., FoxPro., Oracle ;.
3. モデリング, グラフィックパッケージ; e.g. MatLab., IDL, Mathematica ;
4. 高次プログラム言語 e.g., C, Fortran, Visual Basic ;
5. 高レベルエディタ, ワープロ, プレゼンテーションソフト;
6. オペレーティングシステム, e.g., UNIX, and scripting languages, e.g., Perl, Windows ;
7. 文献検索, e.g., Medline, PubMed ;
8. 統計ソフト, e.g., SPSS, SYSTAT, SAS, STATISTICA.;
9. ネットワーク;
  - (a) ネットワークのタイプ, データレート, バンド幅;
  - (b) ネットワーク基盤施設;
  - (c) 広域ネットワーク, ローカルエリアネットワーク;
  - (d) スイッチング機構;
  - (e) プロトコル構造;
  - (f) DICOM の本質的概念インターフェイス, HL-7 (Health Level-7)
  - (g) 画像保管通信システム; PACS

#### 3.1.5.2 職業倫理/利益相反/科学的不正;

1. データ, 患者記録, 測定結果と報告;
  - (a) プライバシーと所有権;
  - (b) 出版物の正当な利用;
  - (c) 特許権;
  - (d) 文書保管と記録保持;
  - (e) データの偽造;
2. 出版物とプレゼンテーション;
  - (a) 著作者;
  - (b) 著作権;
  - (c) 専門家による査読、機密性と利害衝突;
  - (d) 盗作;
3. 専門家としての一般的な行為;
  - (a) 専門家同僚との相互作用;
  - (b) 雇用のための公正な競争;
  - (c) コンサルティングと利益相反;

- (d) 内部告発;
- 4. 医療過誤;
  - (a) 標準的注意;
  - (b) 専門家証人としての証言;
  - (c) 患者と医師とのコミュニケーションにおける責任と権利;
- 5. 研究;
  - (a) 人間対象;
  - (b) インフォームドコンセント; t
  - (c) 環境の健全と安全;
  - (d) 研究結果の普及;
  - (e) 帰属;
  - (f) 利益相反;

### 3.1.5.3 医科学における統計方法;

#### A. 主要なトピック;

##### 1. 記述統計学;

- (a) 観測量のスケール, 名目の, 順序, 間隔, 比率
- (b) 単変量、多変量観測:
- (c) 観測量分布 (正規分布、二項分布、対数正規分布)、グラフ法、箱プロット法、確立プロット法、
- (d) 母数 vs 標本統計量;
- (e) 統計分布, 無作為抽出;

##### 2. 確率;

- (a) 古典確率;
- (b) ベイズ確率;

##### 3. 統計上の推論と推定のためのモデル;

- (a) 目標個体数, 標本個体数, 標本, 許容間隔;
- (b) 標本統計の分布: X 自乗, student t, F 分布など;
- (c) 仮説の検証, 点と間隔予測, 再サンプル化法;
- (d) 正確率としての有意性検定, 有意水準
- (e) 仮説検定 (ノイマン-ピアソン) 対 仮説確率 (ベイズ);
- (f) 信頼区間 (ノイマン-ピアソン) 対 信用区間 (ベイズ);
- (g) 第1種過誤と第2種過誤. 統計テスト検出力, 帰無仮説と対立仮説. 多重比較問題 (ノイマン-ピアソン)、仮説確率、尤度比、ベイズ因子

##### 4. 実験計画仮説と推計変数. 解析感度.

- (a) 異なる個体からなる2つの治療グループ;
- (b) 異なる個体からなる3つの治療グループ;
- (c) 同一個体からなる1回の治療前と後;
- (d) 同一個体における3回以上の治療;
- (e) 2つ又はそれ以上の変数;

##### 5. 臨床研究のデザイン;

- (a) 調査の信頼性と妥当性. 内的妥当性, 外部妥当性など, ランダム選択(集団の影響), ランダム分配(理由のある影響)
  - (b) 無作為化制御研究の計画と解析;長所と短所
  - (c) 対象調査とコホート研究の計画と解析;長所と短所
  - (d) 調査のための標本サイズ決定. 検出力解析;
  - (e) 機能状態測定. 遺伝子系(SF-36),状態特異的
  - (f) データベース調査. 長所(高度外的妥当性)と短所(低内的妥当性),データ採取
6. 回帰モデル;
- (a) 単一, 重回帰モデル;
  - (b) ロジスティック回帰モデル;
  - (c) 対数線形モデルとポアソンモデル
  - (d) 非線形モデル(非線形パラメータ)
  - (e) “適合性のよさ”の測定と回帰診断、測定誤差、非本質的な/影響のある観測結果、共線上変数
  - (f) 混合評価とリッジ回帰
  - (g) 内挿モデルと外挿モデル;
7. 生存率解析;再発までの期間も出る.検閲的観察、生存とハザード関数
- (a) Kaplan-Meier モデル;
  - (b) 生命表モデル又は生命保険数理モデル
  - (c) 比例ハザードモデル;
  - (d) ワイブル分布;
  - (e) “適合性のよさ”と残留解析
  - (f) 標本サイズの決定;
8. カテゴリーデータ解析;
- (a) 二次元表、三次元表;
  - (b) オッズ比と相対リスク. 寄与危険度;
  - (c) ロジットモデルとログリニアモデル;
  - (d) 受信者動作特性解析と解釈, 感度, 特異度, 診断テストの予言値,
  - (e) 周辺均一性と McNemar テスト;
  - (f) 評価者内合意、カッパとカッパ加重統計

## B. 第2に重要な課題

1. パラメトリックとノンパラメトリックモデル、手法の効率、再サンプリングモデル、厳密な統計法
2. 多重比較法;
  - (a) Bonferroni, Hommel, Tukey, など有意レベルの調整(ノイマン-ピアソンモデル)
  - (b) B3c 以下参照
3. 研究の調和、同主題の研究からの情報統合、メタ解析、クロスデザイン統合、コクラン共同、線量-効果関数の同種間外挿
  - (a) メタ解析;
  - (b) クロスデザイン統合
  - (c) 経験ベイズ点と内部凝縮推定変数;

4. プロビット回帰モデル、バイオアッセイ
5. 多変量解析;
  - (a) クラスター解析;
  - (b) 判別分析;
  - (c) ファクター解析;
  - (d) 主成分分析;
6. 時間系列解析. 統計予測、点間隔評価;
  - (a) 確定的 対 確率的
  - (b) 指数スムージングと ARIMA;モデル
  - (c) 結合独立予想
7. 通常応答の比例オッズと比例ハザードモデル;
8. 質的制御統計. 単変量 多変量制御表;

#### 3.1.5.4 安全性:電気/化学/生物/放射線の基礎

1. 電気に関する安全;
  - (a) 高圧電源;
  - (b) 特殊な安全取扱;
  - (c) 緊急時インターロック;
2. 危険時の通信基準;
3. 危険な物質;
4. 物質の安全取扱データシート;
5. 環境と緊急時への対応 ;
6. 放射線安全;

## 3.2 画像科学

### 3.2.1 通常の平面画像

1. X線の発生
  - (a) X線管
  - (b) 電子のエネルギー
  - (c) 制動X線(連続X線)
  - (d) 特性X線
  - (e) 効率
  - (f) 効果(出力)
2. X線管へのエネルギー供給とその制御
  - (a) kV の発生
  - (b) 電圧波形とX線の発生
  - (c) コンデンサ
  - (d) 高周波電源装置
  - (e) mA 制御
  - (f) 照射時間制御

- (g) 品質保証の方法
- 3. X線管の加熱と冷却
  - (a) 加熱の方法
  - (b) 熱容量
  - (c) 焦点の大きさ
  - (d) 陽極物質
  - (e) X線管装置
- 4. X線像の形成とコントラスト
  - (a) コントラストの種類
  - (b) 光子エネルギー(kVp)の影響
  - (c) エリア・コントラスト
- 5. 散乱X線とコントラスト
  - (a) コントラストの低下
  - (b) コリメーション
  - (c) エア・ギャップ
  - (d) グリッド
  - (e) グリッドの透過
  - (f) グリッドの選択
- 6. X線受光器
  - (a) 増感紙の作用
  - (b) 受光感度
  - (c) 画像のぼけ
  - (d) 画像ノイズ
  - (e) アーチファクト
- 7. 写真の現像とフィルム感度
  - (a) フィルムの作用
  - (b) 光学濃度(写真濃度)
  - (c) フィルムの構造
  - (d) X線写真の現像
  - (e) 感度
  - (f) 現像処理の品質管理
- 8. フィルムのコントラスト特性
  - (a) コントラストの伝達
  - (b) フィルムのラチチュード
  - (c) フィルムの種類
  - (d) 現像処理の影響
  - (e) フィルムのかぶり
- 9. 写真濃度の制御
  - (a) X線発生装置
  - (b) 受光器の感度



- (c) 患者
  - (d) 距離と面積
  - (e) 自動露出制御
10. ぼけ、分解能、解像力
- (a) 解像力
  - (b) 不鮮鋭度
  - (c) 分解能
  - (d) 変調伝達関数(MTF)
11. 写真の解像度
- (a) 被写体の位置と拡大
  - (b) 運動のぼけ
  - (c) 焦点のぼけ
  - (d) 受光器のぼけ
  - (e) 総合のぼけ
12. 透視撮影システム
- (a) X線イメージインテンシファイア管
  - (b) ビデオシステム
  - (c) 光学システムとカメラ
  - (d) 受光器の感度
13. 画像のノイズ
- (a) 解像力への影響
  - (b) 量子ノイズ
  - (c) 受光器の感度
  - (d) ゲインと構造ノイズ
  - (e) 電子ノイズ
  - (f) コントラストへのノイズの影響
  - (g) ノイズのぼけへの影響
  - (h) 画像のインテグレーション
  - (i) 画像のサブトラクション

### 3.2.2 デジタル X 線画像とコンピュータ断層撮影(CT) ;

1. デジタル画像システムと画像処理;
- (a) デジタル画像;
  - (b) デジタル画像受信器と変換;
  - (c) 画像処理;
  - (d) 画像保存と検索;
  - (e) 画像表示と解析;
  - (f) デジタル x 線画像システム;
2. CT 画像形成;
- (a) X 線システム;

- (b) 検出器;
  - (c) コンピュータ;
  - (d) 表示ユニットとカメラ;
  - (e) スキャンニング;
  - (f) 画像再構成;
  - (g) ボリューム CT とコーンビーム CT;
3. CT 画像画質;
- (a) コントラスト感度;
  - (b) 高コントラスト分解能と低コントラスト分解能;
  - (c) ノイズ(雑音)
  - (d) アーチファクト;
  - (e) 質的保証;
4. 特殊なデジタル技術
- (a) 画像分類;
  - (b) デジタル透視法;
  - (c) 時間依存処理;
  - (d) マスクモード;
  - (e) マッチフィルタ;
  - (f) 時間間隔差モデル;
  - (g) 後方時間フィルタ;
  - (h) パラメトリック画像法;
  - (i) エネルギー依存処理;
  - (j) K-吸収端画像法;
  - (k) 非 K-吸収端差分法;
  - (l) エネルギー差分法
  - (m) 空間周波数フィルタ処理;
  - (n) 2エネルギーノイズ減少技術;
  - (o) 画像補償技術;

### 3.2.3 超音波画像法

#### 1. 超音波平面波

- (a) 一次元波動方程式と調和解
- (b) 波動変数: 圧力、媒質速度、変位
- (c) 強度: 圧力振幅依存性
- (d) デシベル表記
- (e) 音響インピーダンス
- (f) 界面での反射と透過

#### 2. 組織中の音波の伝搬

- (a) 音速
- (b) 減衰と吸収

- (c) 散乱
  - (d) 非線形伝搬;B/Aの定義
- 3.トランスデューサ素子
- (a) 一般的設計
  - (b) 周波数とその帯域への影響要因
  - (c) 連続波ビームパターン
  - (d) パルス状音波のビームパターン
  - (e) フォーカシング
4. トランスデューサアレイ
- (a) 一次元アレイの原理
  - (b) 仕組み;素子レイアウト、マッチングとバッキング材
  - (c) 多周波数動作
  - (d) 送信ビームフォーミング;送信フォーカシング
  - (e) 受信ビームフォーミング;受信フォーカシング
  - (f) アポダイゼーションと動的絞り
  - (g) 距離、方位分解能評価
  - (h) スライス厚
- 5.パルスエコー信号処理
- (a) パルス特性と負荷時間率
  - (b) 送信パワー
  - (c) 受信ゲイン;総ゲインとTGC(時間ゲイン補正)
  - (d) 圧縮と復調
  - (e) 高調波画像
  - (f) Aモード、Bモード、Mモード
6. Bモードイメージング
- (a) 主な画像法
  - (b) 画像フレームレート
7. 連続波とパルスドップラ
- (a) ドップラ方程式
  - (b) ドップラ信号の性質
  - (c) スペクトル解析
  - (d) パルスドップラ
  - (e) エイリアシング(折り返し現象)
- 8.超音波による流れの画像
- (a) 速度画像
  - (b) エネルギー画像
  - (c) カラーフロー画像における情報
  - (d) 血液プール造影剤
- 9.性能試験
- (a) 距離、方位、スライス方向分解能

- (b) 分解能測定法
- (c) 感度と可視化深度
- 10. グレースケール画像とドップラ画像における情報およびアーチファクト
- 11. 生体作用と安全性
  - (a) 音響出力測定
  - (b) リアルタイム出力ラベル: MI、TI
  - (c) 超音波の生体影響
  - (d) 安全動作レベル

### 3.2.4 磁気共鳴映像法 (MRI)

#### 1. 基本原理

- (a) MR画像コントラストに影響するパラメータ
- (b) MR対象原子核
- (c) 静磁場 (B0) と熱平衡分布
- (d) ラーモア周波数と高周波磁場 (B1)
- (e) 実験室系と回転座標系
- (f) 緩和機構 (T1, T2, T2\*) と造影剤効果
- (g) 基本的スピネコーシーケンス
- (h) スピネコーによるコントラスト
- (i) 傾斜磁場 (Gx, Gy, Gz) による空間エンコーディング
  - i. スライス選択
  - ii. 周波数エンコーディング
  - iii. 位相エンコーディング
  - iv. MRI空間分解能
- (j) k空間の性質
- (k) スピネコーシーケンス

#### 2. ハードウェア

- (a) 静磁場システム
  - i. 磁場強度と磁石の種類
  - ii. 施設設備
- (b) 高周波システム
  - i. RFコイルの種類: ボリューム、サーフェス、フェイズドアレイ
  - ii. 高周波シールド(施設)
- (c) 傾斜磁場システム
  - i. 最大傾斜磁場強度、立ち上がり時間、スリューレート
  - ii. 渦電流の影響と補正技術

#### 3. 基本的画質

- (a) MRIにおける信号対雑音比とコントラスト対雑音比
- (b) 空間分解能
- (c) 撮像時間

## 4. 基本パルスシーケンス

- (a) スピンエコー法
- (b) グラジエントエコー法
- (c) 高速スピンエコー法
- (d) 反転回復法(IR法)とその応用[STIR, FLAIR]
- (e) 撮像オプション(領域およびケミカルシフト飽和技術)
- (f) 超高速撮像法(エコープラナー法とスパイラル技術)
- (g) MRアンギオグラフィ(MRA)
  - i. 流れに関連する現象
  - ii. タイムオブフライトMRA
  - iii. フェイズコントラストMRA
  - iv. 急速静注造影MRA
- (h) MRスペクトロスコピー(MRS)

## 5. アーチファクト

- (a) 動き
- (b) エイリアシング(折り返し現象)
- (c) 金属
- (d) ケミカルシフト
- (e) トランケーション
- (f) 装置関連
  - i. 歪み
  - ii. RFコイルの不具合とRFの干渉
  - iii. ゴースト
  - iv. 受信機/メモリー/アレイプロセッサの不具合

## 6. 安全性と生体作用

- (a) 静磁場関連(磁性物体の急激な吸引、体内埋め込み物への作用、生理的影響)
- (b) 高周波関連(組織加温、比吸収率、火傷)
- (c) 傾斜磁場関連(末梢神経刺激、音圧)
- (d) 食品医薬品局(FDA)ガイドライン
- (e) MR検査における妊婦、技師、看護師
- (f) MR用造影剤

## 7. 品質管理

- (a) 米国放射線医学会(ACR)MRI基準
- (b) 米国放射線医学会(ACR)MR認定制度(MRAP)
- (c) 米国放射線医学会(ACR)品質管理マニュアルと推奨品質管理
- (d) 他のガイドライン(米国医学物理学会(AAPM)分科会報告、全国(米国)電気業界協会(NEMA)報告など)

## 3.2.5 核医学/イメージング

## 1. ガンマカメラ

- (a) 装置特性
  - (b) コリメータ
  - (c) シンチレータ結晶
  - (d) 光電子増倍管
  - (e) 画像生成
  - (f) エネルギー分析
  - (g) 波高分析
2. 核医学画像の画質
- (a) コントラスト
  - (b) 分解能、精鋭度
  - (c) 画像ノイズ
  - (d) 均一性
  - (e) 臨床利用
3. 核医学断層撮像法
- (a) 陽電子放出形断層撮像法 (PET) と PET/CT
    - i. イメージングの原理、装置、分解能
    - ii. 検査手順
    - iii. 定量イメージング
  - (b) 単一光子放出形断層撮像法 (SPECT)
    - i. イメージングの原理、装置、分解能
    - ii. 検査手順
    - iii. 定量イメージング
4. 統計学的特性と計数誤差
5. 患者被曝と防護
- (a) 内部被曝の線量測定
  - (b) 臨床における線量測定、検査による被曝線量
  - (c) 核医学治療における線量測定
6. 職員被曝と防護
- (a) 実効線量当量
  - (b) 被曝線量限度
  - (c) 照射線源
  - (d) 管理区域の遮蔽
  - (e) 職員の防護
  - (f) 放射性同位元素による被曝
7. 放射線計測
- (a) 電離箱
  - (b) サーベイメータ
  - (c) 放射能測定
8. 放射化学、放射線免疫イメージング、放射性同位元素薬剤
- (a) 放射化学の原理

- (b) 放射線免疫イメージングと放射線免疫治療の原理
  - (c) 放射性同位元素薬剤の技術
9. 核医学における品質管理

### 3.3 放射線治療

#### 3.3.1 放射線腫瘍学

1. 臨床放射線腫瘍学の概観;
  - (a) がん発生率 / 病因学;
  - (b) がん分類 / 病期;
  - (c) 治療法の概観;
    - i. 外科療法;
    - ii. 化学療法;
    - iii. 放射線療法
      - A. 遠隔放射線治療(外部ビーム治療);
      - B. 小線源治療(キュリー治療);
      - C. 中性子、陽子および重荷電粒子治療;
      - iv. ハイパーサーミア;
  - (d) 臨床医学物理学者の役割;
  - (e) 国内および国際医学物理学と放射線腫瘍学機関;
2. 放射線治療の放射線生物学的基礎;
  - (a) 腫瘍制御と正常組織の耐容(治療可能比);
  - (b) 修復;
  - (c) 分割(照射);
  - (d) 臓器耐容;
  - (e) 生存曲線の数学的な局面;

#### 3.3.2 外部放射線治療

1. 臨床光子ビーム: 記載事項
  - (a) 基本的パラメータ: 照射野サイズ, 線源皮膚間距離, 線源回転軸間距離, 線源絞り間距離
  - (b) 照射野サイズの選択: 円形, 正方形, 長方形, 不整形
  - (c) 照射野絞り: 矩形(上段と下段絞り); 円形; 多分割(マルチリーフ)
2. 臨床光子ビーム: ポイント線量計算
  - (a) 深部量百分率(PDD)
  - (b) ピーク散乱係数(PSF)
  - (c) 組織空中線量比(TAR)
  - (d) 組織最大線量比(TMR)
  - (e) 組織ファントム線量比(TPR)
  - (f) 散乱係数
  - (g) 散乱空中線量比(SAR)
  - (h) 散乱最大線量比(SMR)

- (i) コリメータ係数
  - (j) 相対線量係数/出力係数
  - (k) 軸外中心線量比
3. 臨床光子ビーム:基礎的な臨床における線量測定
- (a) 基礎的な線量測定量に影響する因子
  - (b) 基礎的な線量測定量の関係
  - (c) コリメータ散乱係数とファントム散乱補正
  - (d) 不整形照射野と Clarkson の積分法
4. 臨床電子ビーム
- (a) 電子線治療ヘッド
    - i. エネルギー選択
    - ii. ビーム拡散法:二重散乱フォイル vs スキャンビーム
    - iii. 照準方法:トリマー vs.アプリーケータ(コーン)
  - (b) 深部線量分布
    - i. 特性 ( $D_s, D_x, R_{100}, R_{90}, R_p, R_{90-10}$ )
    - ii. エネルギーと照射野サイズによる変化
  - (c) エネルギースペクトル
    - i. 特性 ( $E, E_p$ )
    - ii. 表面(飛程とエネルギーの関係)と深さでの規定
  - (d) 線量分布
    - i. ビームの平坦度と対称性
    - ii. 半影
    - iii. 等線量分布図
  - (e) モニタ単位の決定
    - i. 処方線量の方法
    - ii. 出力係数の形式
  - (f) ビーム線量測定における空気ギャップの効果
  - (g) 基本的な原理
    - i. 平方根による方法
    - ii. 実効線源 vs. 仮想線源
    - iii. 側方散乱平衡

### 3.3.3 小線源治療

1. 小線源治療:基本的物理特性
- (a) 小線源治療で使用される放射性核種
  - (b) 小線源治療で使用される線源タイプ
  - (c) 密封線源の線量測定(線源強度, 空気カーマ率, 吸収線量計算)
  - (d) 線源校正, 検定, 品質保証
  - (e) 線源仕様と線量測定
2. 小線源治療:臨床面



- (a) 小線源治療技術:組織内, 腔内;表面アプリケータ
- (b) 小線源治療システム:直接充填 vs.後装填;手動 vs. 遠隔操作式後装填
- (c) 組織内小線源治療:マンチェスター法とパリ法
- (d) シードインプラント
- (e) 超音波誘導下の前立腺シードインプラント
- (f) 婦人科領域の腔内小線源治療
- (g) 臨床的処方と線量体積ヒストグラム
- (h) 遠隔操作式装置
- (i) 放射線(医)学モデル(線形二次曲線モデル)

### 3.3.4 治療計画;

1. 標的体積の定義と処方線量の基準(ICRU50とICRU60);
  - (a) 肉眼的腫瘍体積(GTV);
  - (b) 臨床標的体積(CTV);
  - (c) 計画標的体積(PTV);
  - (d) 線量処方点、等線量線または等線量面;
2. 光子ビーム:線量モデリングと治療計画;
  - (a) 単一照射野の線量分布;
  - (b) 等線量曲線と等線量面に影響を与えるパラメータ;
  - (c) 照射野の組み合わせ;
  - (d) ウェッジと角度のついた照射野;
  - (e) SSD(線源表面間距離)、組織欠損、不均質のための補正;
  - (f) 線量記載と規格化;
3. 光子ビーム:治療計画;
  - (a) 等線量データの取得;
  - (b) コンピュータハードウェア;
  - (c) 一般的アルゴリズム:コンボリューション、スーパーポジション、ペンシルビーム;
  - (d) 単一平面治療計画;
  - (e) 多平面治療計画;
  - (f) ノンコプラナー計画; s
  - (g) 非対称コリメータを用いた治療計画;
  - (h) ダイナミックウェッジを用いた治療計画;
  - (i) マルチリーフコリメータ(MLC)を用いた治療計画;
  - (j) 補償体のデザイン;
  - (k) 3次元治療計画;
  - (l) フォワード治療計画 vs インバース治療計画;
  - (m) モンテカルロ技術を使用した治療計画;
  - (n) 治療計画装置の品質保証;
4. 臨床光子ビーム:患者への適用;
  - (a) 患者データ取得;

- i. 輪郭;
  - ii. 画像:単純フィルム、電子ポータルイメージング機器 (EPID)、コンピュータX線撮影法 (CR);
  - iii. コンピュータ断層撮影 (CT)、超音波 (US)、シングルフォトンエミッションCT (SPECT)、磁気共鳴映像法 (MRI)、陽電子放出形CT (PET)
- (b) 従来のシミュレータ技術;
- i. 位置決め/固定具;
  - ii. コントラストの利用、マーカー、その他;.
  - iii. 画像パラメータ/最適化;
- (c) 修飾機器と技術;:
- i. ブロック切断;
  - ii. 補償体;
  - iii. ポータル検証画像
- (d) CTシミュレータ技術;
- i. スカウトビュー画像;
  - ii. バーチャルシミュレーション;
  - iii. デジタル再構成像 (DRRs);)
- (e) 特別な考察;
- i. 皮膚線量;
  - ii. 照射野マッチング;
  - iii. 積算線量;
  - iv. 線量体積ヒストグラム (DVHs):微分(直接)と積分(累積)
5. 臨床電子ビーム:線量モデリングと治療計画;
- (a) 患者とビーム幾何学の影響;
- i. 空気ギャップ;
  - ii. ビーム斜入;
  - iii. 患者表面の凹凸;
  - iv. 内部の不均質:骨、脂肪、肺、空気;
- (b) 線量アルゴリズム;
- i. 解析的アルゴリズム(例:フェルミーエイジスをもとにしたペンシルビーム);
  - ii. モンテカルロアルゴリズム;
  - iii. 臨床コミッションング;
  - iv. 治療計画の品質保証
- (c) 治療計画技術
- i. エネルギーと照射野サイズを選択;
  - ii. ボーラス:一定の厚さと形;
  - iii. 整形:挿入、皮膚、内装;
  - iv. 照射野接合技術;
  - v. 光子-電子の混合ビーム;
- (d) 電子線治療の特別な技術;
- i. 全身皮膚照射;

- ii. 全四肢照射;
- iii. 電子線回転治療;
- iv. 術中電子線治療;
- v. 全頭皮照射;
- vi. 頭蓋脊髄照射;
- vii. 原体照射;

### 3.3.5 放射線治療装置

#### 1. 放射線治療装置

- (a) アイソトープ装置:コバルト 60、セシウム 137
- (b) 静的加速器
  - i. X線装置
  - ii. 中性子発生装置
- (c) 周期的加速器
  - i. 線形加速器(linacs)の基礎
  - ii. ベータトロン
  - iii. マイクロトロン
  - iv. サイクロトロンとシンクロサイクロトロン
  - v. シンクロトロン

#### 2. 線形加速器(Linac)

- (a) 基本的な設計と構成要素
- (b) 加速導波管
- (c) 電子入射システム
- (d) 高周波生成装置
- (e) 電子ビーム輸送装置
- (f) リニアック治療ヘッド部
- (g) 治療用光子線発生(ターゲットとフラットニングフィルタ)
- (h) 治療用電子線発生
- (i) 線量モニターシステム
- (j) ビームコリメータ

#### 3. 装置の導入

- (a) 仕様書
- (b) 治療室設計
- (c) 入札文書
- (d) 装置据付
- (e) 受け入れ試験
- (f) 装置のコミッショニング

#### 4. 品質管理/品質保証(QA/QC)

- (a) 全治療過程の過失解析
- (b) QC、QA 標準の拠り所

- (c) QA プログラムの編成
  - i スタッフの割り当て
  - ii 準備
  - iii 追跡可能性(トレーサビリティ)と代理機能性
- (d) 線量輸送
  - i 必要文書
  - ii 初めの照合技術
  - iii 記録と照合システム
  - iv In-Vivo 線量測定(TLD、ダイオード、MOSFETs)
- (e) 具体的な QA ガイドライン
  - i 装置線源
  - ii 小線源治療線源とアプリケーション
  - iii ブロックカッティング補償システム
  - iv 治療計画システム
  - V 多葉コリメータ
  - VI 強度変調放射線治療
  - VII ダイナミックウェッジ
- (f) 放射線腫瘍学情報管理システム
  - i ネットワーク
  - ii クライアントサーバーシステム
  - iii 放射線治療画像システム
  - iv 情報システムインターフェイス: DICOM-RT、Health Level-7 (HL-7) standards

#### 5. ファントムシステム

- (a) 光子及び電子線に対する組織等価物質
- (b) 較正用ファントム
- (c) 人体ファントム
- (d) ビームスキャニングシステム

#### 3.3.6 放射線治療における特別な技術;

1. 特別な外部放射線治療技法: 基本的特徴; 歴史的開発、品質保証(装置および治療), 治療疾患;

- (a) 全身照射( TBI );
- (b) 全身皮膚電子線照射( TSEI );
- (c) 定位手術的照射;
- (d) 定位放射線治療;
- (e) 直腸内照射;
- (f) 電子アーク治療;
- (g) 術中放射線治療;
- (h) ハイパーサーミア;
- (i) 多分割照射;

2. 強度変調放射線治療(IMRT)

- (a) 線量照射システム;
  - i. 単一スライスのコリメータ;
  - ii. マルチリーフコリメータ;
  - iii. トモセラピー;
- (b) 線量照射技法;
  - i. ステップ・アンド・シュート法;
  - ii. 移動ウインドウ;
  - iii. ダイナミック IMRT

### 3.3.7 中性子、陽子線、重イオンによる放射線治療;

#### 1. 理論[基礎]

- (a) 物理的
  - i. 深部線量分布の比較(ブラッグ ピーク)
  - ii. LET (線エネルギー付与)
- (b) 生物的
  - i. 線エネルギー付与 LET
  - ii. 低酸素、OER(酸素増感比)
  - iii. RBE (生物学的効果比)

#### 2. 中性子

- (a) 中性子の生成
  - i. 重水素-三重水素(DT)発生装置
  - ii. サイクロトロン (d+ -Be interaction)
  - iii. 線形加速器 (p+ - interaction)
  - iv. 密封線源治療 (252Cf)
- (b) 生体組織中での相互作用
  - i. 弾性散乱
  - ii. 非弾性散乱
  - iii. 中性子捕捉
  - iv. 破碎
- (c) 深部線量と線量測定
- (d) 装置または施設
- (e) ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)

#### 3. 陽子線

- (a) 陽子線の生成
  - i. 線形加速器
  - ii. シンクロトロン
  - iii. シンクロサイクロトロン
- (b) 生体組織中での相互作用
  - i. 弾性原子衝突
  - ii. イオン化と励起

- iii. 原子核相互作用
  - iv. 放射性相互作用(制動放射[線])
  - (c) 深部線量と線量測定
  - (d) ビーム整形
  - (e) 装置または施設
4. 重イオン[線]、(ヘリウム、炭素、窒素、ネオン、アルゴン)
- (a) 生成
    - i. 線形加速器
    - ii. シンクロサイクロトロン
    - iii. 陽子線用シンクロトロン
  - (b) 生体組織中での相互作用
    - i. 弾性原子衝突
    - ii. イオン化と励起
    - iii. 原子核相互作用
    - iv. 放射性相互作用(制動放射[線])
  - (c) 深部線量と線量測定
  - (d) ビーム整形
  - (e) 装置または施設

### 3.3.8 放射線治療における放射線防護;

1. 操作上の安全ガイドライン;
  - (a) 規制政府機関と規制要件; s
  - (b) 放射線測定:測定技術と装置;
  - (c) エリア個人モニタリング;
  - (d) 外部ビーム放射線源;
  - (e) 小線源治療用線源;
2. 治療(設備)装置・機器の構造的遮蔽;
  - (a) 作業量、占有要因、使用要因などの定義;
  - (b) 一次線、散乱線および漏洩線の定義;
  - (c) 構造的遮蔽の設計;
    - i 従来型シミュレータと CT シミュレータ装置・機器;
    - ii 表在用および低圧X線室;
    - iii. 低線量率( LDR )と高線量率(HDR)リモートアフターローディング,小線源治療装置・機器;
    - iv. コバルトおよび低エネルギーのリニアック装置;
    - v. 高エネルギーのリニアック装置の中性子に対する防護;
    - vi. 術中放射線治療装置・機器;

## 4. 実習科目;

### 4.1 保健物理学／放射線安全

1. シンチレーション検出器によるサンプル解析
  - (a) 検出器応答特性とエネルギーの相関
  - (b) 統計的な考察
  - (c) 米国原子力規制委員会 (USNRC) 漏洩試験の必要条件
  - (d) サンプルの準備
  - (e) データ解析
  - (f) 結果の解釈
2. 職員の線量計: 光子、電子
  - (a) 検出器タイプと特性
  - (b) ガンマ線のエネルギー応答
  - (c) 線量の応答
  - (d) 安定性と再現性
3. 職員の線量計: 中性子
  - (a) 検出器タイプと特性
  - (b) 中性子のエネルギー応答
  - (c) 線量の応答
  - (d) 線量当量の応答
  - (e) 安定性と再現性
4. 線形加速器からの漏洩放射線
  - (a) 予想される放射線場
  - (b) 検出器タイプと較正
  - (c) AAPM 勧告
  - (e) 測定と解析
  - (f) 中性子の漏洩量
5. 中性子計測機器
  - (a) 線量当量の応答: ボナー球
  - (b) エネルギーに依存しない応答: ロングカウンター
  - (c) 較正: Pu-Be
  - (d) 実効中心と中性子応答
  - (e) データ解析と解釈
6. トリチウム空気濃度—生物学的負担の決定
  - (a) 空気の拡散とサンプルの収集
  - (b) 生態サンプルの収集
  - (c) 液体シンチレータによる測定技術
  - (d) 導出された空気密度
  - (e) 推定された身体への負担
7. CT 診察室の遮蔽計算
  - (a) 特別に必要なものと線源の特性
  - (b) 既存の建物材質の使用
  - (c) 診察室の配置と職員の動線

- (d) 計算と解釈
  - (e) 結果の発表
8. 確率的サンプリングによる粒子輸送
- (a) 線源履歴の発生
  - (b) 散乱断面積の準備
  - (c) 配置の準備
  - (d) 履歴の明確な輸送
  - (e) 結果の採点
9. 診断画像処置からの線量評価
- (a) 胎児の線量計算
  - (b) 小児科線量問題
  - (c) リスク評価

## 4.2 画像診断学

1. X線の発生と装置の出力
- (a) 線量測定
  - (b) kVp, mA, 照射時間の影響
  - (c) フィルタの影響
  - (d) 半価層の測定
2. 写真(フィルム)のコントラスト
- (a) 濃度測定とセンチメトリー
  - (b) kVp, mA, 照射時間の影響
  - (c) H & D (Hurter & Driffield) 曲線
  - (d) 現像機
3. 増感紙/フィルム系
- (a) 感度
  - (b) 濃度分解能
  - (c) ノイズ
  - (d) 現像機
4. 散乱X線の除去
- (a) グリッド
  - (b) エア・ギャップ
  - (c) コリメーション
5. 撮影と透視の品質管理
- (a) 焦点サイズ
  - (b) X線照射野/光照射野
  - (c) 再現性、線形性
  - (d) 線量計算
  - (e) 管電圧の測定
  - (f) 断層撮影、シネ撮影、高速フィルムチェンジャー



- (g) 透視撮影
  - (h) 乳房撮影
  - (i) 歯科専用撮影
6. 画像記憶とディスプレイシステム
- (a) ビデオシステム
  - (b) ハードコピー用カメラ
  - (c) 光ディスク
  - (d) 磁気記憶メディア
  - (e) 画像処理
  - (f) ネットワークの品質管理
  - (g) ソフトコピー用ディスプレイのキャリブレーションと品質管理
7. 非荷電粒子による画像形成技術
- (a) サーモグラフィ
  - (b) 可視光
  - (c) 生体磁気
8. イメージングシステムの性能評価
- (a) MTF
  - (b) ROC
  - (c) メリット図
9. 超音波
- (a) 画像形成の原理
  - (b) 品質管理
  - (c) 強度、出力の測定
10. 磁気共鳴イメージング (MRI) 装置
- (a) 画像形成の原理
  - (b) 基本パルスシーケンスと一般的イメージングオプション
  - (c) ラジオ周波数と傾斜コイルの設計と仕様
  - (d) 据付と安全性
  - (e) 受入テスト、品質管理、認定
11. コンピュータ断層撮影 (CT) 装置
- (a) 画像形成の原理
  - (b) スライス厚
  - (c) 高・低コントラスト分解能
  - (d) ビームプロファイル
  - (e) 線量測定
  - (f) ヘリカルZ軸特性
  - (g) 位置決め用光照準
  - (h) 品質管理と認定

#### 4.3 核医学計装学

## 1. Mo-Tcジェネレータ

- (a) 溶出と分析
- (b) 品質管理

## 2. 放射性同位元素の放射能測定装置

- (a) 品質管理:安定性、線形性、測定精度
- (b) 放射性同位元素標準試料の拭取り試験

## 3. シンチレーションカウンター

- (a) 各構成部分の出力パルス特性
- (b) 光電子増倍管印加電圧の最適化

## 4. ガンマ線スペクトロメーター (NaI)

- (a) シングルチャンネル及びマルチチャンネル分析器の校正
- (b) 線形性の評価
- (c) 品質管理
- (d) 2種放射性同位元素の計数

## 5. シンチレーションカメラ(アンガー型)

- (a) 品質管理:均一性、空間分解能、均一性と結晶劣化を評価するための非対称エネルギーウィンドウなど
- (b) コントラストと空間分解能に対するエネルギーウィンドウの影響
- (c) 分解時間の測定
- (d) 固有空間分解能、総合空間分解能、散乱線体有りの総合空間分解能、MTF
- (e) 複数エネルギーウィンドウによる位置ずれの測定
- (g) 均一性の定量評価

## 6. 単一光子放出形断層撮像法(SPECT)

- (a) 品質管理:回転中心の校正、高計数率特性
- (b) 投影画像と断層画像の空間分解能の比較
- (c) 均一性、RMS(平均2乗偏差)ノイズ、吸収補正精度、コントラストの測定

## 7. 陽電子放出形断層撮像法(PET)

- (a) 品質管理
- (b) シングル計数率、RMSノイズ、コントラストの測定

**4.4 放射線治療物理学;**

## 1. 臨床放射線腫瘍学の概観;

1. 多くの学問領域にわたるがんカンファレンス / 腫瘍委員会に出席すること;

## 2. 吸収線量確定;

- (a) TG-21とTG-51プロトコルを使ってリニアックフォトンビームを校正すること;
- (b) アイソセンターおよびSSDの2つのジオメトリの対して、コバルト60ビームを校正すること;
- (c) TG-21およびTG-51プロトコル両方を使って、エネルギー決定を始めとして、電子線の校正を行うこと
- (d) 必須の校正を含めて、2つの臨床のTLD測定を行うこと;
- (e) 電子線ビームの深部線量およびその平坦度と対称性を測定するためフィルム線量測定法を使用すること

## 3. 放射線機器:なし;

## 4. 光線:基本的な線量記述用語;

- (a) GTV, CTV, PTV の定義;
  - (b) 直接 PDD および TMR の測定の実施, PDD データから TMR を計算し測定値との比較を行うこと
  - (c) すべての臨床症例に対して治療時間の計算を行うこと;
  - (d) リニアックの出力係数を測定すること,
  - (e) TMR データから SAR (あるいは SMR) を計算すること;
  - (f) 手作業とコンピュータの両者によって、1 例のマントル照射野を含めて、不整形照射野 3 例を計算;
  - (g) 手作業とコンピュータの両者によって、回転ビームの平均 TMR を計算すること;
5. 光子線:線量のモデルリング、外部ビームと IMRT;
  6. 光子線:患者適用、外部ビームと IMRT ;
  7. 電子線治療;
    - (a) シミュレーション、ブロックカット、治療計画および治療照射を含めたすべての治療活動に参加すること  
チャートラウンド(カルテによる討議)と患者フォローアップに参加すること;
    - (b) 外部のビーム治療のために線量モデリングをする;
  8. 小線源治療;臨床面での参加のほかに、LDR とHDRの双方に対して、手作業およびコンピュータによって、子宮頸部と平面インプラント計算を行うこと;
  9. 放射線防護:リニアックのインストレーションに対してビームストップ装置が無い状態で要求される遮蔽を計算すること;
  10. 品質保証 / 品質管理;
    - (a) すべての放射線線源、ブロックカッターなどについてルーチンの品質管理テストを実行すること
    - (b) 個々のビームタイプ(コバルト、リニアック光子線、電子線、表在用/低圧シミュレータ装置)について完全な年一回の品質管理テストを行うこと;

## 5 参考文献:

### 5.1 解剖学と生理学

- W.J. Bo. Basic Atlas of Sectional Anatomy with Correlated Imaging. 3rd ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1998).
- C.D. Clemente. Anatomy: A Regional Atlas of the Human Body. (Urban & Schwarzenberg, Baltimore, MD, 1997).
- J.T. Dennerll. Medical Terminology - A Programmed Text. 6th ed. (Delmar Publishers, Albany, NY, 1995).
- W. Lothar. Atlas of Radiological Anatomy, 3rd ed. (William & Wilkins, Baltimore, MD, 1997).
- M. Mallett. Handbook of Anatomy and Physiology for Students of Medical Radiation Technology. 3rd ed. (The Burnell Company/Publishers, Inc., 1990).
- NCRP, Report No. 82. SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements. (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- R.A. Novelline. Squire's Fundamentals of Radiology. 5th ed. (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1997).
- E.J. Taylor. Dorland's Illustrated Medical Dictionary. 29th ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 2000).
- G.J. Tortora and S.R. Grabowski. Principles of Anatomy and Physiology. 9th ed. (Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., San Francisco, CA, 2000).
- A.J. Vander, J.H. Shamon, and D.S. Luciano. Human Physiology, The Mechanisms of Body Function. 7th. ed.

(McGraw Hill, Boston, MA, 2000).

- J.B. Weinstein, J.K.T. Lee, and S.S. Sagel. A Pocket Atlas of Normal CT Anatomy. (Raven Press, New York, NY, 1985).
- J. Weir and P. Abrahams. An Imaging Atlas of Radiological Anatomy. (Year Book Medical Publishers, Inc., Chicago, IL, 1996).

## 5.2 基本となる放射線医学物理と他の中核的科目；

- F.H. Attix. Introduction of Radiological Physics and Radiation Dosimetry. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1986).
- F.H. Attix, W.C. Roesch, and E. Tochilin. Radiation Dosimetry. 2nd ed. (Academic Press, New York, NY, 1968).
- K. Becker. Solid State Dosimetry. (CRC Press, Inc., Cleveland, OH, 1973). A.R. Benedetto, H.K. Huang, and D.P. Ragan. Computers in Medical Physics.
- AAPM Monograph No. 17. (American Institute of Physics, New York, NY, 1988).
- S. Bevalacqua. Basic Health Physics: Problems and Solutions. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1999).
- P.R. Bevington. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, NY, 1992).
- J.R. Cameron, N. Suntharalingam, and G.N. Kenney. Thermoluminescent Dosimetry. (University of Wisconsin Press, Madison, WI, 1968).
- L.L. Carter and E.D. Cashwell. "Particle Transport Simulation with the Monte Carlo Method." (National Technology Information Service, U.S. Dept. of Commerce, Oak Ridge, TN, 1975).
- Robley D. Evans. The Atomic Nucleus. (McGraw-Hill Company, New York, NY, 1955).
- R.E Faw and J.K. Shultis. Principles of Radiation Shielding. (Prentice-Hall, New York, NY, 2000).
- R.B. Firestone, C.M. Baglin, and F.S.Y. Chu. Table of Isotopes. 8th ed. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1999).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. The Physics of Radiology. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- K.R. Kase and W.R. Nelson. Concepts of Radiation Dosimetry. (Pergamon Press, New York, NY, 1978).
- G.F. Knoll. Radiation Detection and Measurement. 3rd ed. (John Wiley & Sons, New York, NY, 2000).
- W.R. Leo. Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments: A How-To Approach. 2nd ed. (Springer-Verlag, New York, NY, 1994).
- W.J Price. Nuclear Radiation Detection. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, NY, 1964).

## 5.3 電子工学；

- F.J. Holler, J.P. Avery, S.R. Crouch et al. Experiments in Electronics, Instrumentation and Microcomputers. (Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., San Francisco, CA, 1982).
- H.D. Segall et al. ELC Syllabus. ASNR 39th Annual Meeting (CD ROM).
- P. Horowitz and W. Hill. The Art of Electronics. (Cambridge University Press, 1989).

## 5.4 保健物理－放射線防護；

- G.D. Fullerton, R.G. Waggener, D.T. Kopp et al. Biological Risks of Medical Irradiation. AAPM Monograph No. 5. (American Institute of Physics, New York, NY, 1980).
- ICRP No. 26. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Elsevier Science,

1977).

- ICRP No. 60. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. (Elsevier Science, 1990).
- ICRU, Report No. 20. "Radiation Protection Instrumentation and its Application." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1971).
- ICRU, Report No. 22. "Measurement of Low-Level Radioactivity." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1972).
- ICRU, Report No. 61. "Nuclear Data for Neutron and Proton Radiotherapy and for Radiation Protection." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 2000).
- R.G. Jager. Engineering Compendium on Radiation Shielding. (Springer-Verlag, New York, NY, 1968).
- P. McGinley. Shielding Techniques for Radiation Oncology Facilities. (Medical Physics Publishing Corporation, Madison, WI, 1998).
- K.Z. Morgan and J.E. Turner. Principles of Radiation Protection. (Krieger, New York, NY, 1973).
- NCRP, Report No. 38. "Protection Against Neutron Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1971).
- NCRP, Report No. 49. "Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-rays and Gamma Rays of Energy up to 10 MeV: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1976).
- NCRP, Report No. 50. "Environmental Radiation Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements," (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 51. "Radiation Protection Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 53. "Review of NCRP Radiation Dose Limit for Embryo and Fetus in Occupationally Exposed Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 54. "Medical Radiation Exposure of Pregnant and Potentially Pregnant Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 79. "Neutron Contamination From Medical Electron Accelerators: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1984).
- NCRP, Report No. 82. "SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP, Report No. 84. "General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).

- NCRP, Report No. 112. “Calibration of Survey Instruments Used in Radiation Protection for the Assessment of Ionizing Radiation Fields and Radioactive Surface Contamination: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1991). .
- NCRP, Report No. 116. “Limits of Exposure to Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1993).
- NCRP, Report No. 122. “Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for Exposure to Low-LET Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1995).
- W.J Price. Nuclear Radiation Detection. 2nd ed. (McGraw-Hill,New York,NY, 1964).
- N.M. Schaeffer. “Reactor Shielding for Nuclear Engineers.” (U.S. Atomic Energy Commission Office of Information Services, Oak Ridge, TN, 1973).
- J. Shapiro. Radiation Protection: A Guide for Scientists and Physicians. 3rd ed. (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1990).
- B. Shleieu, L.A. Slaback, and B.K. Birky. Handbook of Health Physics and Radiological Health. 3rd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1998).
- R.H. Thomas and H.W. Patterson. Accelerator Health Physics. (Academic Press, New York, NY, 1973).
- J.E. Turner. Atoms, Radiation, and Radiation Protection. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, NY, 1995).
- J. Wood. Computational Methods in Reactor Shielding. (Pergamon Press, Oxford, UK, 1982).

## 5.5 画像科学

- I.N. Bankman. Handbook of Medical Imaging. 1st ed. (Academic Press, San Diego, CA, 2000).
- H.H. Barrett and W. Swindell. Radiological Imaging: The Theory of Image Formation Detection, and Processing. (Academic Press, New York, NY, 1996).
- J.T. Bushberg, J.A. Seibert, E.M Leidholdt, Jr., J.M. Boone. The Essential Physics of Medical Imaging. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1994).
- Z.H. Cho, J.P. Jones, and M. Singh. Foundations of Medical Imaging. (Wiley, New York, NY, 1993).
- T.S. Curry, J.E. Dowdey, and R.C. Murry. Christensen’s Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology. 4th ed. (Lea & Febiger, Malvern, PA, 1990).
- J.C. Dainty and R. Shaw. Image Science. (Academic Press, New York, NY, 1974).
- P.P. Dendy and B. Heaton. Physics of Diagnostic Radiology. (Institute of Physics Publishing, London, UK, 1999).
- Kunio Doi, Lawrence Lanzl, and Pei-Jan Paul Lin. Recent Developments in Digital Imaging. AAPM Monograph No. 12. (American Institute of Physics, New York, NY, 1984).
- G.D. Frey and P. Sprawls. The Expanding Role of Medical Physics in Diagnostic Imaging. AAPM Monograph No. 23. (American Institute of Physics, New York, NY, 1997).
- Gary D. Fullerton, W.R. Hendee, J.C. Casher et al. Electronic Imaging in Medicine. AAPM Monograph No. 11. (American Institute of Physics, New York, NY, 1984).
- David G. Gadian. Nuclear Magnetic Resonance and its Application to Living Systems. (Oxford University Press, New York, NY, 1990).

- A. Gottschalk, P.B. Hoffer, and E.J. Potchen. Diagnostic Nuclear Medicine. 2nd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1988).
- E.M Haacke, R.W. Brown, M.R. Thompson, R. Venkatesan. Magnetic Resonance Imaging. Physical Principles and Sequence Design. (Wiley-Liss, New York, NY, 1999).
- B. Hasegawa. The Physics of Medical Imaging. 2nd ed. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1991).
- H.K. Haung. Elements of Digital Radiology. (Prentice-Hall, Englewoods Cliffs, NJ, 1980).
- A.G. Haus. The Physics of Medical Imaging: Recording System Measurements and Techniques. AAPM Monograph No. 3. (American Institute of Physics, New York, NY, 1979).
- J. Hazle and A. Boyer. Imaging in Radiation Therapy. AAPM Monograph No. 24. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- W.R. Hendee and E.R. Rittenour. Medical Imaging Physics. (John Wiley & Sons, Chicago, 2001).
- G.T. Herman. Image Reconstruction from Projections: The Fundamentals of Computerized Tomography. (Academic Press, New York, NY, 1980).
- ICRU, Report No. 25. "Conceptual Basis for the Determination of Dose Equivalent." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1975).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. The Physics of Radiology. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- W.A. Kalender. Computed Tomography. (Publicis MCD Verlag, Munich, Germany, 2000).
- Z.P. Liang and P.C. Lauterbur. Principles of Magnetic Resonance Imaging. (IEEE Press, 2000).
- A. Macovski. Medical Imaging Systems. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1983).
- P. McGinley. Shielding Techniques for Radiation Oncology Facilities. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- C.L. Morgan. Basic Principles of Computed Tomography. (University Park Press, Baltimore, MD, 1983).
- P.G. Morris. Nuclear Magnetic Resonance Imaging in Medicine. (Clarendon Press, Oxford, UK, 1986).
- NCRP, Report No. 48. "Radiation Protection for Medical and Allied Health Personnel: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1976).
- NCRP, Report No. 49. "Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X-rays and Gamma Rays of Energy up to 10 MeV: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1976).
- NCRP, Report No. 51. "Radiation Protection Guidelines for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 53. "Review of NCRP Radiation Dose Limit for Embryo and Fetus in Occupationally Exposed Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 54. "Medical Radiation Exposure of Pregnant and Potentially Pregnant Women: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1977).
- NCRP, Report No. 80. "Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements,

Washington, DC, 1985).

- NCRP, Report No. 82. “SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP, Report No. 93. “Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP, Report No. 94. “Exposure to the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP, Report No. 122. “Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for Exposure to Low-LET Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1995).
- S. Nudelman and D.D. Patton. *Imaging for Medicine*. (Plenum Press, New York, NY, 1980).
- C.L. Partain. *Magnetic Resonance Imaging*. 2nd ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1988).
- A.F. Seibert and K.A. Filipow. *Practical Digital Imaging and PACS*. AAPM Monograph No. 25. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1999).
- J. Shapiro. *Radiation Protection: A Guide for Scientists and Physicians*. 3rd ed. (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1990).
- F.G. Shellock and E. Kanal. *Magnetic Resonance. Bioeffects, Safety, and Patient Management*. (Lippincott-Raven, Philadelphia, PA, 1996).
- J.A. Swets and R.M. Pickett. *Evaluation of Diagnostic Systems: Methods from Signal Detection Theory*. (University Press, New York, NY, 1982).
- M.M. Ter-Pogossian. *The Physical Aspects of Diagnostic Radiology*. (Harper & Row, New York, NY, 1967).
- S.R. Thomas and Robert L. Dixon. *NMR in Medicine: The Instrumentation and Clinical Applications*. AAPM Monograph No. 15. (American Institute of Physics, New York, NY, 1985).
- R.W. Waggener and C.R. Wilson. *Quality Assurance in Diagnostic Radiology*. AAPM Monograph No. 4. (American Institute of Physics, New York, NY, 1979).
- S. Webb. *The Physics of Medical Imaging*. (Adam Hilger, Philadelphia, PA, 1988).
- A.B. Wolbarst. *Physics of Radiology*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 2000).

## 5.6 医学生理学と医学と生物学のための境界物理学;

- T.H. Berquist, R.L. Ehman, and G.R. May. *Pocket Atlas of MRI Body Anatomy*. (Raven Press, New York, NY, 1987).
- W.F. Ganong. *Review of Medical Physiology*. 19th ed. (Lange, Los Altos, CA, 1999).
- A.C. Guyton. *Textbook of Medical Physiology*. 9th ed. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1996).
- W.R. Hendee, E.L. Chaney, and R.P. Rossi. *Radiologic Physics Equipment and Quality Control*. (Year Book Medical Publishers, Chicago, IL, 1977).
- Russell K. Hobbie. *Intermediate Physics for Medicine and Biology*. 3rd ed. (Springer-Verlag, New York, NY, 1997).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. *The Physics of Radiology*. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).



•NCRP, Report No. 66. "Mammography: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1980).

•NCRP, Report No. 68. "Radiation Protection in Pediatric Radiology: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1981).

## 5.7 医学統計学と数学手法;

•AAPM Report No. 43. "Quality Assessment and Improvement of Dose Response Models: Some Effects of Study Weaknesses on Study Findings."

•"C'est Magnifique?" D. Herbert, Principal Author. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1993).

•D.G. Altman. Practical Statistics for Medical Research. (Chapman & Hall, NY, 1995).

•G.B. Arfken and H.J. Weber. Mathematical Methods for Physicists. (Academic Press, San Diego, CA, 1995).

•P. Armitage and G. Berry. Statistical Methods in Medical Research. 3rd ed. (Blackwell Scientific Pub., Oxford, 1994).

•J.C. Bailar III and F. Mosteller (eds.). Medical Uses of Statistics. 2nd ed. (New England Journal of Medicine, Boston, MA, 1992).

•D.M. Bates and D.G. Watts. Nonlinear Regression Analysis and Its Applications. (John Wiley & Sons. NY, 1988).

•J. Belair, L. Glass, U. an Der Heiden, and J. Milton (eds.). Dynamical Disease. Mathematical Analysis of Human Illness. (American Institute of Physics, Woodbury, NY, 1995).

•D.A. Belsley, E. Kuh, and R.E. Welsch. Regression Diagnostics. Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. (John Wiley & Sons, NY, 1980).

. D.A. Berry and D.K. Stangl. Bayesian Biostatistics. (Marcel Dekker, NY, 1996).

.P.R. Bevington. Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences. 2nd ed. (McGraw-Hill, New York, 1992).

•G.E.P. Box, W.G. Hunter, and J.S. Hunter. Statistics for Experimenters. An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building. (John Wiley & Sons, New York, 1978).

•R.N. Bracewell. The Fourier Transform and Its Applications. (McGraw-Hill, New York, 1978).

•D. Brown and P. Rothery. Models in Biology: Mathematics, Statistics and Computing. (John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, UK, 1993).

•B.P. Carlin and T.A. Louis. Bayes and Empirical Bayes Methods for Data Analysis. 2nd ed. (Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, 2000).

.S. Chow and J. Liu. Design and Analysis of Clinical Trials. Concepts and Methodologies. (John Wiley & Sons, New York, 1998).

•D. Collett. Modelling Survival Data in Medical Research. (Chapman & Hall, New York, 1994).

•N.R. Draper and H. Smith. Applied Regression Analysis. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1981).

•D.M. Eddy, V. Hasselblad, and R. Shachter. Meta-Analysis by the Confidence Profile Method. The Statistical Synthesis of Evidence. (Academic Press, Boston, MA, 1992).

•L. Edelstein-Keshet. Mathematical Models in Biology. (McGraw-Hill, New York, 1988).

•B. Efron and R.J. Tibshirani. An Introduction to the Bootstrap. (Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, 1993).

•J.P. Egan. Signal Detection Theory and ROC Analysis. (Academic Press, New York, 1975).

- B.S. Everitt. *Statistical Methods for Medical Investigations*. (Oxford University Press, New York, 1989).
- B.S. Everitt and A. Pickles. *Statistical Aspects of the Design and Analysis of Clinical Trials*. (Imperial College Press, London, 1999).
- K. Falconer. *Fractal Geometry. Mathematical Foundations and Applications*. (John Wiley & Sons, New York, 1990).
- D.J. Finney. *Probit Analysis*. 3rd ed. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1971).
- L.D. Fisher and G. van Belle. *Biostatistics. A Methodology for the Health Sciences*. (John Wiley & Sons, New York, 1993).
- J.L. Fleiss. *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. (John Wiley & Sons, New York, 1986).
- S.A. Glantz. *Primer of Biostatistics*. 3rd ed. (McGraw-Hill, New York, 1981).
- R.M. Groves. *Survey Errors and Survey Costs*. (John Wiley & Sons, New York, 1989).
- R.J. Harris. *A Primer of Multivariate Statistics*. (Academic Press, New York, 1975).
- L. V. Hedges and I. Olkin. *Statistical Methods for Meta-Analysis*. (Academic Press, San Diego, CA, 1985).
- D.E. Herbert (ed.). *Chaos and the Changing Nature of Science and Medicine: An Introduction*. AIP Conference Proceedings 376. (American Institute of Physics, Woodbury, NY, 1996).
- D.E. Herbert and R.H. Meyers. *Multiple Regression Analysis: Applications in the Health Sciences*. AAPM Monograph No. 13. (American Institute of Physics, New York, 1984).
- D.C. Hoaglin, F. Mosteller, and J.W. Tukey (eds.). *Exploring Data Tables, Trends, and Shapes*. (John Wiley & Sons, New York, 1985).
- D.W. Hosmer and S. Lemeshow. *Applied Logistic Regression*. (John Wiley & Sons, New York, 1989).
- H.A. Kahn and C.T. Sempos. *Statistical Methods in Epidemiology*. (Oxford University Press, New York, 1989).
- M.G. Kendall and W.R. Buckland. *A Dictionary of Statistical Terms*. (Hafner Pub. Co., New York, 1971).
- R.G. Knapp and M.C. Miller. *Clinical Epidemiology and Biostatistics*. (NMS from Williams & Wilkins, Baltimore, MD, 1992).
- J.F. Lawless. *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. John Wiley & Sons, New York, 1982).
- Leaverton, P.A. *A Review of Biostatistics*. Little, Brown & Co. Boston, MA. 1995.
- Little, R.J.A. and Rubin, D.B. *Statistical Analysis with Missing Data*. John Wiley & Sons. NY. 1987.
- B.F.J. Manly. *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*. 2nd ed. (Chapman & Hall, London. 1997).
- F.H.C. Marriott. *The Interpretation of Multiple Observations*. (Academic Press, New York, 1974).
- P. McCullagh and J.A. Nelder. *Generalized Linear Models*. 2nd ed. (Chapman & Hall, New York, 1989).
- D.C. Montgomery. *Design and Analysis of Experiments*. 4th ed. (John Wiley & Sons, New York, 1997).
- D.C. Montgomery and E.A. Peck. *Introduction to Linear Regression Analysis*. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1992).
- D.C. Montgomery. *Introduction to Statistical Quality Control*. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1985).
- D.F. Morrison. *Multivariate Statistical Methods*. (McGraw-Hill, New York, 1967). National Research Council. *Combining Information. Statistical Issues and Opportunities for Research*. (National Academy Press, Washington, DC, 1992).
- W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling, and B.P. Flannery. *Numerical Recipes in C*. (Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992).
- R.K. Riegelman. *Studying a Study and Testing a Test*. (Little, Brown & Co., Boston, MA, 1981).

- J.J. Schlesselman. Case-Control Studies. Design, Conduct, Analysis. (Oxford University Press, New York, 1982).
- M.R. Selwyn. Principles of Experimental Design for the Life Sciences. (CRC Press, Boca Raton, FL, 1996).
- S. Siegel and N.J. Castellan. Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. 2nd ed. (McGraw-Hill, Boston, MA, 1988).
- P. Sprent and N.C. Smeeton. Applied Nonparametric Statistical Methods. 3rd ed. (Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, FL, 2001).
- S. Strogatz. Nonlinear Dynamics and Chaos. (Addison-Wesley, New York, 1994).
- J.A. Swets and R.M. Pickett. Evaluation of Diagnostic Systems. (Academic Press, New York, 1982).
- T.D.V. Swinscow. Statistics at Square One. (British Medical Journal, London, 1983).
- F. Verhulst. Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems. (Springer-Verlag, 1990).
- F.E. Yates (ed.). Self-Organizing Systems. The Emergence of Order. (Plenum Press, New York, 1987).

### ソフトウェア;

- D.M. Eddy and V. Hasselblad. FAST\*PRO. Software for Meta-Analysis by the Confidence Profile Method. (Academic Press, San Diego, CA, 1992).
- J.D. Elashoff. nQuery Advisor Version 3.0 User's Guide. (Los Angeles, CA, 1999).
- EGRET for Windows. Software for the Analysis of Biomedical and Epidemiological Studies. User Manual. Cytel Software Corp. (Cambridge, MA, 1999).
- P.M. Gahlinger and J.H. Abramson. Computer Programs for Epidemiologic Analysis. PEPI Version 2. (USD Inc., Stone Mountain, GA, 1995).
- Statistical Solutions. Versatile Methods for Data Analysis. SOLAS for missing data analysis 2.0 User Reference. (Statistical Solutions, Saugus, MA, 1999).
- StatXact 4 for Windows. Statistical Software for Exact Nonparametric Inference User Manual. (Cytel Software Corp., Cambridge, MA, 1999).
- LogXact for Windows. Logistic Regression Software Featuring Exact Methods User Manual. (Cytel Software Corp., Cambridge, MA, 1996).
- SYSTAT Version 10. (SPSS Inc., Chicago, IL, 2000).
- ReSampling Stats Version 1. (ReSampling Stats, Inc., Arlington, VA, 1999).

### 5.8 核医学;

- AAPM Report No. 6. "Scintillation Camera Acceptance Testing and Performance Evaluation." (American Institute of Physics, New York, 1980).
- AAPM Report No. 9. "Computer-Aided Scintillation Camera Acceptance Testing." (American Institute of Physics, New York, 1981).
- AAPM Report No. 22. "Rotation Scintillation Camera SPECT Acceptance Testing and Quality Control." (American Institute of Physics, New York, 1987).
- D.R. Bernier, P.E. Christian, J.K. Langan, and L.D. Wells (eds.). Nuclear Medicine Technology and Techniques. (Mosby, St. Louis, MO, 1989).
- P.J. Early and D. Bruce Sodee. Principles and Practice of Nuclear Medicine. 2nd edition (Mosby, St. Louis, MO, 1995).

- P.J. Ell and B.L. Holman. *Computed Emission Tomography*. (Oxford University Press, New York, 1982).
- R.J. English and S.E. Brown. *Single-Photon Emission Computed Tomography: A Primer*. 3rd edition. (The Society of Nuclear Medicine, Inc., New York, 1995).
- R.B. Firestone, C.M. Baglin, and F.S.Y. Chu. *Table of Isotopes*. 8th ed. (John Wiley & Sons, New York, 1999).
- G.D. Frey and M.V. Yester. *Expanding the Role of Medical Physics in Nuclear Medicine*. AAPM Monograph No. 18. (American Institute of Physics, New York, 1989).
- M.L. Goris and P.A. Briandet. *A Clinical and Mathematical Introduction to Computer Processing of Scintigraphic Images*. (Raven Press, New York, 1983).
- R.E. Henkin et al., (eds.) *Nuclear Medicine*. (Chapters 1-39 for basic science, others for clinical applications). (Mosby, St. Louis, MO, 1996).
- G.J. Hine. *Instrumentation in Nuclear Medicine*. (Academic Press, New York, 1967).
- G.J. Hine and J.A. Sorenson. *Instrumentation in Nuclear Medicine*. (Academic Press, New York, 1974).
- J.G. Kereiakes and K.R. Corey. *Biophysical Aspects of Medical Use of Technetium-99m*. AAPM Monograph No. 1. (American Institute of Physics, New York, 1976).
- K.S. Krane. *Introductory Nuclear Physics*. (John Wiley & Sons, New York, 1987).
- N.A. Lassen and W. Perl. *Tracer Kinetic Methods in Medical Physiology*. (Raven Press, New York, 1979).
- R. Loevinger, T.F. Budinger, and E.E. Watson. *MIRD Primer for Absorbed Dose Calculations, Revised Edition*. (The Society of Nuclear Medicine, Inc., New York, 1991).
- NCRP Report No. 84. "General Concepts for the Dosimetry of Internally Deposited Radionuclides: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- T. Phan and R. Wasnich. *Practical Nuclear Pharmacy*. 2nd ed. (Banyan Enterprises, Ltd., Honolulu, HI, 1981).
- D.V. Rao, R. Chandra, and M.C. Graham. *Physics of Nuclear Medicine: Recent Advances*. AAPM Monograph No. 10. (American Institute of Physics, New York, 1984).
- G.B. Saha. *Fundamentals of Nuclear Pharmacy*. 3rd edition. (Springer-Verlag, New York, 1992).
- M.P. Sandler. *Diagnostic Nuclear Medicine*. 3rd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1996).
- D.B. Sodee and P.J. Early. *Mosby's Manual of Nuclear Medicine Procedures*. 3rd ed. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1981).
- J.A. Sorenson and M.E. Phelps. *Physics in Nuclear Medicine*. 2nd ed. (Grune & Stratton, Inc., Orlando, FL, 1987).
- P. Sprawls. *The Physics and Instrumentation of Nuclear Medicine*. (University Park Press, Baltimore, MD, 1981).
- R.G. Waggener, J.G. Kereiakes, and R.J. Shalek. *Handbook of Medical Physics*. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1984).
- L. Williams. *Nuclear Medical Physics*. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1987).

## 5.9 放射線治療物理学;

- R.J. Schulz, P. R. Almond, J. R. Cunningham, J. G. Holt, R. Loevinger, N. Suntharalingam, K. A. Wright, R. Nath, and G. D. Lempert. (1983). "AAPM TG-21: A protocol for the determination of absorbed dose from high-energy photon and electron beams." *Med. Phys.* 10:741-771.
- AAPM Report No. 13. "Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy." (American Institute of Physics, New York, 1984).

- AAPM Report No. 17. “The Physical Aspects of Total & Half Body Photon Irradiation.” (American Institute of Physics, New York, 1986).
- AAPM Report No. 19. “Neutron Measurements Around High Energy X-Ray Radio Therapy Machines.” (American Institute of Physics, New York, 1987).
- AAPM Report No. 21. “Specification of Brachytherapy Source Strength.” (American Institute of Physics, New York, 1987).
- AAPM Report No. 23. “Total Skin Electron Therapy: Technique and Dosimetry.” (American Institute of Physics, New York, 1987).
- AAPM Report No. 46. “Comprehensive QA for Radiation Oncology.” (American Institute of Physics, New York, 1994).
- AAPM Report No. 47. “AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators.” (American Institute of Physics, New York, 1994).
- AAPM Report No. 62. “Quality Assurance for Clinical Radiotherapy Treatment.” (American Institute of Physics, New York, 1998,).
- AAPM Report No. 67. “Protocol for Clinical Reference Dosimetry of High-Energy Photon and Electron Beams.” (American Institute of Physics, New York, 1999).
- G.C. Bentel, C.E. Nelson, and K.T. Noell. Treatment Planning & Dose Calculation in Radiation Oncology. 4th ed. (Pergamon Press, New York, 1989).
- V.T. DeVita, S. Hellman, and S.A. Rosenberg. Cancer: Principles and Practice of Oncology. 5th ed. (J.B. Lippincott-Raven, Philadelphia, PA, 1997).
- J. Dobbs, A. Barrett, and D. Ash. Practical Radiotherapy Planning. 3rd ed. (Arnold, London, UK, 1999).
- J.F. Fowler. Nuclear Particles in Cancer Treatment. (Adam Hilger Ltd., Philadelphia, PA, 1981).
- H.A. Gilbert and A.R. Kagan. Modern Radiation Oncology: Classic Literature and Current Management. (Harper & Row, Hagerstown, MD, 1978).
- T.J. Godden. Physical Aspects of Brachytherapy. (Adam Hilger Ltd., Philadelphia, PA, 1988).
- D. Greene and P.C. Williams. Linear Accelerators for Radiation Therapy. 2nd ed. (Institute of Physics Publishing, London, UK, 1997).
- J. Hazle and A. Boyer. Imaging in Radiation Therapy. AAPM Monograph No. 24. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- J.L. Horton. Handbook of Radiation Therapy Physics. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987).
- IAEA. Atlas of Radiation Dose Distributions. (International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1965).
- IAEA Report No. 23. “Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beams: An International Code of Practice.” (International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1987).
- ICRU. Dose Specifications for Reporting External Beam Therapy with Photons & Electrons. (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington DC, 1978).
- ICRU Report No. 23. “Measurement of Absorbed Dose in a Phantom Irradiated by a Single Beam of X or Gamma Rays.” (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, DC, 1973).
- ICRU Report No. 24. “Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures.” (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1976).
- ICRU Report No. 33. “Radiation Quantities & Units.” (International Commission on Radiation Units and

Measurements, Bethesda, MD, 1980).

- ICRU Report No. 35. "Radiation Dosimetry: Electron Beams with Energies Between 1 & 50 MeV." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1984).
- ICRU Report No. 38. "Dose & Volume Specifications for Reporting Intracavitary Therapy in Gynecology." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1985).
- ICRU Report No. 42. "Use of Computers in External Beam Radiotherapy Procedures with High-Energy Photons & Electrons." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1987).
- ICRU Report No. 50. "Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1993).
- ICRU Report No. 61. "Nuclear Data for Neutron and Proton Radiotherapy and for Radiation Protection." (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 2000).
- S.K. Jani. CT Simulation for Radiotherapy. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1993).
- H.E. Johns and J.R. Cunningham. The Physics of Radiology. 4th ed. (Charles C Thomas, Springfield, IL, 1983).
- C.J. Karzmark and C.S. Nunan. Medical Electron Accelerators. (McGraw Hill, New York, 1993).
- J.G. Kereiakes, H.R. Elson, and C.G. Born. Radiation Oncology Physics. AAPM Monograph No. 15. (American Institute of Physics, New York, 1986).
- F.M. Khan. The Physics of Radiation Therapy. 2nd ed. (Williams and Wilkins, Baltimore, MD, 1994).
- F.M. Khan and R. Potish. Treatment Planning in Radiation Oncology. (Williams and Wilkins, Baltimore MD, 1998).
- S.C. Klevenhagen. Physics and Dosimetry of Therapy Electron Beams. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1993).
- T.R. Mackie and J.R. Palta. Teletherapy: Present and Future. AAPM Monograph No. 22, (Advanced Medical Publishing, Madison, WI, 1996).
- P. McGinley. Shielding Techniques for Radiation Oncology Facilities. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1998).
- W.J. Meredith and J.B. Massey. Fundamental Physics of Radiology. 3rd ed. (J. Wright, Bristol, UK, 1977).
- P. Metcalfe, T. Kron, and P. Hoban. The Physics of Radiotherapy X-Rays from Linear Accelerators. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1997).
- S. Mizer, R.R. Schiller, and J.A. Deye. Radiation Therapy Simulation Workbook. (Pergamon Press, New York, 1986).
- W.T. Moss, W.N Brand, and H. Battifora. Radiation Oncology: Rationale, Technique, Results. 6th ed. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1989).
- NCRP Report No. 79. "Neutron Contamination From Medical Electron Accelerators: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1984).
- NCRP Report No. 82. "SI Units in Radiation Protection and Measurements: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- G.H. Nussbaum. Physical Aspects of Hyperthermia. AAPM Monograph No. 8. (American Institute of Physics, New York, 1982).
- C.G. Orton and F. Bagne. Practical Aspects of Electron Beam Treatment Planning. AAPM Monograph No. 2.

(American Institute of Physics, New York, 1978).

•B.R. Paliwal, F.W. Hentzel, and M. Dewhirst. *Biological, Physical and Clinical Aspects of Hyperthermia*. AAPM Monograph No. 16. (American Institute of Physics, New York, 1988).

•B. Pierquin and G. Marinello. *Practical Manual of Brachytherapy*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1997).

•J.A. Purdy. *Advances in Radiation Oncology Physics*. AAPM Monograph No. 19. (American Institute of Physics, New York, 1992).

•P. Rubin and R.F. Bakemeier. *Clinical Oncology for Medical Students and Physicians: A Multidisciplinary Approach*. 5th ed. (American Cancer Society, New York, 1978).

•D.R. Shearer. *Recent Advances in Brachytherapy Physics*. AAPM Monograph No. 7. (American Institute of Physics, New York, 1981).

•A.S. Shiu and D.E. Mellenberg. *General Practice of Radiation Oncology Physics in the 21st Century*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 2000).

•A. Smith. *Radiation Therapy Physics*. (Springer-Verlag, New York, 1995).

•J.E. Turner. *Atoms, Radiation, and Radiation Protection*. 2nd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1995).

•J. Van Dyk (ed.). *The Modern Technology of Radiation Oncology*. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1999).

•S. Webb. *The Physics of Three Dimensional Radiation Therapy*. (Institute of Physics Publishing, Philadelphia, PA, 1993).

•S. Webb. *The Physics of Conformal Radiotherapy*. (Institute of Physics Publishing, Philadelphia, PA, 1997).

•S. Webb. *Intensity-modulated Radiation Therapy*. (Institute of Physics Publishing, Philadelphia, PA, 2001).

•J.B. Weinstein, J.K.T. Lee, and S.S. Sagel. *A Pocket Atlas of Normal CT Anatomy*. (Raven Press, New York, 1985).

•J. Weir and P. Abrams. *An Atlas of Radiological Anatomy*. (Year Book Medical Publishers, Inc, Chicago, IL, 1986).

•J.R. Williams and D.I. Thwaites. *Radiotherapy Physics in Practice*. (Oxford University Press, New York, 1994).

•J.F. Williamson, B.R. Thomadsen, and R. Nath. *Brachytherapy Physics*. AAPM Monograph No. 20. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1995).

•A.E. Wright and A. Boyer. *Advances in Radiation Therapy Treatment Planning*. Monograph No. 9. (American Institute of Physics, New York, 1982).

## 5.10 放射線生物学;

•BEIR, Report No. VI. "Health Effects of Exposure to Radon." (National Academy Press, Washington, DC, 1999).

•A.P. Casarett. *Radiation Biology*. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1968).

•H. Cember. *Introduction to Health Physics*. 3rd ed. (McGraw Hill, New York, 1996).

•G.V. Dalrymple. *Medical Radiation Biology*. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1973).

•G.D. Fullerton, R.G. Waggener, D.T. Kopp et al. *Biological Risks of Medical Irradiation*. AAPM Monograph No. 5. (American Institute of Physics, New York, 1980).

•E.J. Hall. *Radiobiology for the Radiologist*. 4th ed. (J.B. Lippincott, Philadelphia, PA, 1994).

•NCRP Report No. 43. "Review of the Current State of Radiation Protection Philosophy: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements." (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1975).

- NCRP Report No. 64. “Influence of Dose and its Distribution in Time on Dose-Response Relationships for Low-LET Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1980).
- NCRP Report No. 80. “Induction of Thyroid Cancer by Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1985).
- NCRP Report No. 93. “Ionizing Radiation Exposure of the Population of the United States: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP Report No. 94. “Exposure to the Population in the United States and Canada from Natural Background Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1987).
- NCRP Report No. 116. “Limits of Exposure to Ionizing Radiation: Recommendations of the National Council on Radiation Protection and Measurements.” (National Council on Radiation Protection and Measurements, Washington, DC, 1993).
- D.J. Pizzarello. Radiation Biology. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1982).
- K.N. Prasad. Human Radiation Biology. (Harper & Row, Hagerstown, MD, 1974).
- P. Rubin and G.W. Casarett. Clinical Radiation Pathology. (W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA, 1968).

## 5.11 超音波;

- AIUM. Standard Methods for Measuring Performance of Pulse-Echo Ultrasound Equipment. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1990).
- AIUM. Performance Criteria and Measurements for Doppler Ultrasound Devices. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1993).
- AIUM. AIUM Quality Assurance Manual for Gray-scale Ultrasound Scanners. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1995).
- AIUM. Methods for Measuring Performance of Pulse-Echo Ultrasound Equipment. Part II, Digital Methods. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1995).
- AIUM. Recommended Ultrasound Terminology. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1997).
- AIUM. Acoustic Output Measurement Standard for Diagnostic Ultrasound Equipment. (American Institute for Ultrasound in Medicine, Lural, MD, 1998).
- AIUM. Acoustic Output Labeling Standard for Diagnostic Ultrasound Equipment. (American Institute for Diagnostic Ultrasound Equipment, Lural, MD, 1998).
- D.A. Christensen. Ultrasonic Bioinstrumentation. (John Wiley & Sons, New York, 1988).
- D. Evans, W. McDicken, R. Skidmore et al. Doppler Ultrasound Physics, Instrumentation and Clinical Applications. (John Wiley & Sons, New York, 2000).
- G.D. Fullerton and J.A. Zagzebski. Medical Physics of CT and Ultrasound: Tissue Imaging and Characterization. AAPM Monograph No. 6. (American Institute of Physics, New York, 1980).
- L.W. Goldman and J.B. Fowlkes. Medical CT and Ultrasound: Current Techniques and Applications. AAPM



Monograph 21. (American Institute of Physics, New York, 1995).

- A. Goldstein and R. Powis. Medical Ultrasonic Diagnosis, Physical Acoustics. (Academic Press, San Diego, CA, 1999).
- M.P. Goodsitt, P. Carson, S. Witt et al. (1998). “Real-time B-mode ultrasound quality control test procedures.” Med. Phys. 25:1385.1406.
- D. Hyckes, W.R. Hendrick, and D.E. Strachman. Ultrasound Physics and Instrumentation. 2nd ed. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1992).
- ICRU Report No. 61. “Tissue Substitutes, Phantoms, and Computational Modeling in Medical Ultrasound. (International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, MD, 1998).
- J.A. Jensen. Estimation of Blood Velocities Using Ultrasound: A Signal Processing Approach. (Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1996).
- L.E. Kinsler, A.R. Frey, A.B. Coppens et al. Fundamental of Acoustics. 3rd ed. (John Wiley & Sons, New York, 1982).
- K.K. Shung and G.A. Thieme. Ultrasonic Scattering in Biological Tissues. (CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 1993).
- J.H. Smith and J.A. Zagzebski. Basic Doppler Physics. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1991).
- P.N.T. Wells. Biomedical Ultrasonics. (Academic Press, New York, 1976).
- J.A. Zagzebski. Essentials of Ultrasonic Physics. (Mosby-Year Book, St. Louis, MO, 1996).

## 5.12 職業としての医学物理;

- K.R. Hogstrom and J.L. Horton. Introduction to the Professional Aspects of Medical Physics. (University of Texas M.D. Anderson Cancer Center, Houston, TX, 1999).
- R.J. Shalek and D.S. Gooden. Medical Physicists and Malpractice. (Medical Physics Publishing, Madison, WI, 1996).

## 6. 認証された医学物理学大学院教育プログラム;

マクギル大学 ; McGill University  
 モントリオール総合病院 ; Montreal General Hospital  
 医学物理学科 ; Department of Medical Physics  
 リビングトン ホール, ルーム L5-109 ; Livingston Hall, Room L5-109  
 デス クレス アベニュー1650 ; 1650 Avenue Des Cedres  
 モントリオール PQ H3G 1A4 ; Montreal PQ H3G 1A4  
 カナダ ; Canada  
 ディレクター(学科長) Ervin B. Podgorsak, Ph.D. ; Director: Ervin B. Podgorsak, Ph.D.  
 Tel: (514) 934-8052

カルフォルニア大学ロスアンジェルス校 ; University of California-Los Angeles  
 放射線学科 ; Department of Radiological Sciences  
 生体物理学科間大学院プログラム ; Biomedical Physics Interdepartmental Graduate Program

レコンテ アベニュー10833, B2-049F CHS10833 ; LeConte Avenue, B2-049F CHS  
 ロスアンジェルス, カリフォルニア州 ; Los Angeles, CA 90095-6948  
 ディレクター(学科長) Edward J. Hoffman, Ph.D.; Director: Edward J. Hoffman, Ph.D.  
 Tel: (310) 825-7811

ケンタッキー大学メディカルセンター ; University of Kentucky Medical Center  
 放射線科学 ; Radiation Sciences  
 ワシントンアベニュー121 ; 121 Washington Ave.  
 レキシントン, ケンタッキー州 ; Lexington, KY 40536-0003  
 ディレクター(学科長); Ralph Christensen, Ph.D. Director: Ralph Christensen, Ph.D.  
 Tel: (859) 323-1100 x248

オクラホマ大学 ヘルスサイエンスセンター ; University of Oklahoma HSC  
 放射線科学科 ; Department of Radiological Sciences  
 P.O. Box 26901  
 オクラホマシティー, オクラホマ州 ; Oklahoma City, OK 73190-3020  
 大学病院 ; University Hospital, Room 1NP606  
 1200 N Everett Drive  
 オクラホマシティー, オクラホマ州 ; Oklahoma City, OK 73104-5068  
 ディレクター(学科長) Robert Y.L. Chu, Ph.D. ; Director: Robert Y.L. Chu, Ph.D.  
 Tel: (405) 271-5125

テキサス大学ヒューストンヘルスサイエンスセンター; The University of Texas-Houston Health Science Center  
 医学生体科学大学院 ; Graduate School of Biomedical Sciences  
 テキサス大学 MD アンダーソンがんセンター; The University of Texas M.D. Anderson Cancer Center  
 放射線物理学科 ; Department of Radiation Physics, Box 94  
 1515 Holcombe Boulevard  
 ヒューストン, テキサス州 ; Houston, TX 77030  
 ディレクター(学科長) Kenneth R. Hogstrom, Ph.D.; Director: Kenneth R. Hogstrom, Ph.D.  
 Tel: (713) 792-3218

テキサス大学ヘルスサイエンスセンター—サンアントニオ ; University of Texas HSC-San Antonio  
 放射線学科 ; Department of Radiology  
 フロイド カーールドライブ 7703 ; 7703 Floyd Curl Drive  
 サンアントニオ, テキサス州, ; San Antonio, TX 78229-3900  
 ディレクター(学科長) Gary D. Fullerton, Ph.D. ; Director: Gary D. Fullerton, Ph.D.  
 Tel: (210) 567-5550

ウエイン州立大学 ; Wayne State University  
 ハーパー病院 ; Harper Hospital

放射線腫瘍学科 ; Department of Radiation Oncology  
 ジョン R ストリート 3990 ; 3990 John R. Street  
 デトロイト, ミシガン州 ; Detroit, MI 48201  
 ディレクター(学科長) Colin G. Orton, Ph.D. ; Director: Colin G. Orton, Ph.D.  
 Tel: (313) 745-2489

ウシスコンシン大学 ; University of Wisconsin  
 医学物理学科 ; Department of Medical Physics  
 ユニバーシティーアベニュー1300 ; 1300 University Avenue  
 メディカルサイエンスセンター1530 ; 1530 Medical Sciences Center  
 マディソン, ウィスコンシン州 ; Madison, WI 53706  
 ディレクター(学科長) James A. Zagzebski, Ph.D. ; Director: James A. Zagzebski, Ph.D.  
 Tel: (608) 262-2171

AAPM レポートシリーズ;

AAPM REPORT SERIES

No. 1 “Phantoms for Performance Evaluation and Quality Assurance of CT Scanners” (1977)

No. 3 “Optical Radiations in Medicine: A Survey of Uses, Measurement and Sources” (1977)

No. 4 “Basic Quality Control in Diagnostic Radiology,” AAPM Task Force on Quality Assurance Protocol (1977)

No. 5 “AAPM Survey of Medical Physics Training Programs,” Committee on the Training of Medical Physicists (1980)

No. 6 “Scintillation Camera Acceptance Testing & Performance Evaluation,” AAPM Nuclear Medicine Committee (1980)

No. 7 “Protocol for Neutron Beam Dosimetry,” AAPM Task Group #18 (1980)

No. 8 “Pulse Echo Ultrasound Imaging Systems: Performance Tests & Criteria,” P. Carson & J. Zagzebski (1980)

No. 9 “Computer-Aided Scintillation Camera Acceptance Testing,” AAPM Task Group of the Nuclear Medicine Committee (1982)

No. 10 “A Standard Format for Digital Image Exchange,” Baxter et al. (1982)

No. 11 “A Guide to the Teaching of Clinical Radiological Physics to Residents in Radiology,” AAPM Committee on the Training of Radiologists (1982)

- No. 12 "Evaluation of Radiation Exposure Levels in Cine Cardiac Catherization Laboratories," AAPM Cine Task Force of the Diagnostic Radiology Committee (1984)
- No. 13 "Physical Aspects of Quality Assurance in Radiation Therapy," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #24, with contribution by Task Group #22 (1984)
- No. 14 "Performance Specifications and Acceptance Testing for X-Ray Generators and Automatic Exposure Control Devices" (1985)
- No. 15 "Performance Evaluation and Quality Assurance in Digital Subtraction Angiography," AAPM Digital Radiology/ Fluorography Task Group (1985)
- No. 16 "Protocol for Heavy Charged-Particle Therapy Beam Dosimetry," AAPM Task Group #20 of the Radiation Therapy Committee (1986)
- No. 17 "The Physical Aspects of Total and Half Body Photon Irradiation," AAPM Task Group #29 of the Radiation Therapy Committee (1986)
- No. 18 "A Primer on Low-Level Ionizing Radiation and its Biological Effects," AAPM Biological Effects Committee (1986)
- No. 19 "Neutron Measurements Around High Energy X-Ray Radiotherapy Machines," AAPM Radiation Therapy Task Group #27 (1987)
- No. 20 "Site Planning for Magnetic Resonance Imaging Systems," AAPM NMR Task Group #2 (1987)
- No. 21 "Specification of Brachytherapy Source Strength," AAPM Radiation Therapy Task Group #32 (1987)
- No. 22 "Rotation Scintillation Camera Spect Acceptance Testing and Quality Control," Task Group of Nuclear Medicine Committee (1987)
- No. 23 "Total Skin Electron Therapy: Technique and Dosimetry," AAPM Radiation Therapy Task Group #30 (1988)
- No. 24 "Radiotherapy Portal Imaging Quality," AAPM Radiation Therapy Task Group #28 (1988)
- No. 25 "Protocols for the Radiation Safety Surveys of Diagnostic Radiological Equipment," AAPM Diagnostic X-Ray Imaging Committee Task Group #1 (1988)
- No. 26 "Performance Evaluation of Hyperthermia Equipment," AAPM Hyperthermia Task Group #1 (1989)

- No. 27 “Hyperthermia Treatment Planning,” AAPM Hyperthermia Committee Task Group #2 (1989)
- No. 28 “Quality Assurance Methods and Phantoms for Magnetic Resonance Imaging,” AAPM Nuclear Magnetic Resonance Committee Task Group #1, Reprinted from Medical Physics, Vol. 17, Issue 2 (1990)
- No. 29 “Equipment Requirements and Quality Control for Mammography,” AAPM Diagnostic X-Ray Imaging Committee Task Group #7 (1990)
- No. 30 “E-Mail and Academic Computer Networks,” AAPM Computer Committee Task Group #1 (1990)
- No. 31 “Standardized Methods for Measuring Diagnostic X-Ray Exposures,” AAPM Diagnostic X-Ray Imaging Committee Task Group #8 (1991)
- No. 32 “Clinical Electron-Beam Dosimetry,” AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #25, Reprinted from Medical Physics, Vol. 18, Issue 1 (1991)
- No. 33 “Staffing Levels and Responsibilities in Diagnostic Radiology,” AAPM Diagnostic X-Ray Imaging Committee Task Group #5 (1991)
- No. 34 “Acceptance Testing of Magnetic Resonance Imaging Systems,” AAPM Nuclear Magnetic Resonance Task Group #6, Reprinted from Medical Physics, Vol. 19, Issue 1 (1992)
- No. 35 “Recommendations on Performance Characteristics of Diagnostic Exposure Meters,” AAPM Diagnostic X-Ray Imaging Task Group #6, Reprinted from Medical Physics, Vol. 19, Issue 1 (1992)
- No. 36 “Essentials and Guidelines for Hospital Based Medical Physics Residency Training Programs,” AAPM Presidential AD Hoc Committee (1992)
- No. 37 “Auger Electron Dosimetry,” AAPM Nuclear Medicine Committee Task Group #6, Reprinted from Medical Physics, Vol. 19, Issue 1 (1993)
- No. 38 “The Role of the Physicist in Radiation Oncology,” Professional Information and Clinical Relations Committee Task Group #1 (1993)
- No. 39 “Specification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanners,” Diagnostic X-Ray Imaging Committee Task Group #2 (1993)
- No. 40 “Radiolabeled Antibody Tumor Dosimetry,” AAPM Nuclear Medicine Committee Task Group #2, Reprinted from Medical Physics, Vol. 20, Issue 2, Part 2 (1993)

- No. 41 "Remote Afterloading Technology," Remote Afterloading Technology Task Group #41 (1993)
- No. 42 "The Role of the Clinical Medical Physicist in Diagnostic Radiology," Professional Information and Clinical Relations Committee Task Group #2 (1993)
- No. 43 "Quality Assessment and Improvement of Dose Response Models," (1993).
- No. 44 "Academic Program for Master of Science Degree in Medical Physics," AAPM Education and Training of Medical Physicists Committee (1993)
- No. 45 "Management of Radiation Oncology Patients with Implanted Cardiac Pacemakers," AAPM Task Group #4, Reprinted from Medical Physics, Vol. 21, Issue 1 (1994)
- No. 46 "Comprehensive QA for Radiation Oncology," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #40, Reprinted from Medical Physics, Vol. 21, Issue 6 (1994)
- No. 47 "AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators," AAPM Radiation Therapy Task Group #45, Reprinted from Medical Physics, Vol. 21, Issue 7 (1994)
- No. 48 "The Calibration and Use of Plane-Parallel Ionization Chambers for Dosimetry of Electron Beams," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #39, Reprinted from Medical Physics, Vol. 21, Issue 8 (1994)
- No. 49 "Dosimetry of Auger-Electron-Emitting Radionuclides," AAPM Nuclear Medicine Task Group #6, Reprinted from Medical Physics, Vol. 21, Issue 12 (1994)
- No. 50 "Fetal Dose from Radiotherapy with Photon Beams," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #36, Reprinted from Medical Physics, Vol. 22, Issue 1 (1995)
- No. 51 "Dosimetry of Interstitial Brachytherapy Sources," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #43, Reprinted from Medical Physics, Vol. 22, Issue 2 (1995)
- No. 52 "Quantitation of SPECT Performance," AAPM Nuclear Medicine Committee Task Group #4, Reprinted from Medical Physics, Vol. 22, Issue 4 (1995)
- No. 53 "Radiation Information for Hospital Personnel," AAPM Radiation Safety Committee (1995)
- No. 54 "Stereotactic Radiosurgery," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #42 (1995)
- No. 55 "Radiation Treatment Planning Dosimetry Verification," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #23 (1995) (Includes 2 disks, ASCII format). Mail, fax, or phone orders to: AAPM Headquarters, One Physics Ellipse,

College Park, MD 20740-3846 Phone: (301) 209-3350, Fax: (301) 209-0862

No. 56 "Medical Accelerator Safety Considerations," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #35, Reprinted from Medical Physics, Vol. 20, Issue 4 (1993)

No. 57 "Recommended Nomenclature for Physical Quantities in Medical Applications of Light," AAPM General Medical Physics Committee Task Group #2 (1996)

No. 58 "Managing the Use of Fluoroscopy in Medical Institutions," AAPM Radiation Protection Committee Task Group #6 (1998)

No. 59 "Code of Practice for Brachytherapy Physics," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #56, Reprinted from Medical Physics, Vol. 24, Issue 10 (1997)

No. 60 "Instrumentation Requirements of Diagnostic Radiological Physicists," AAPM Diagnostic X-Ray Committee Task Group #4 (1998)

No. 61 "High Dose Brachytherapy Treatment Delivery," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #59, Reprinted from Medical Physics, Vol. 25, Issue 4 (1998)

No. 62 "Quality Assurance for Clinical Radiotherapy Treatment Planning," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #53, Reprinted from Medical Physics, Vol. 25, Issue 10 (1998)

No. 63 "Radiochromic Film Dosimetry," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #55, Reprinted from Medical Physics, Vol. 25, Issue 11 (1998)

No. 64 "A Guide to the Teaching Of Clinical Radiological Physics To Residents in Diagnostic and Therapeutic Radiology," Revision of AAPM Report #11, AAPM Committee on the Training of Radiologists (January 1999)

No. 65 "Real-Time B-Mode Ultrasound Quality Control Test Procedures," AAPM Ultrasound Task Group #1, Reprinted from Medical Physics, Vol. 25, Issue 8 (1998)

No. 66 "Intravascular Brachytherapy Physics," AAPM Radiation Therapy Committee Task Group #60, Reprinted from Medical Physics, Vol. 26, Issue 2 (1999)

No. 67 "Protocol for Clinical Reference Dosimetry of High-Energy Photon and Electron Beams," AAPM Task Group #51, Reprinted from Medical Physics, Vol. 26, Issue 9 (1999)

No. 68 "Permanent Prostate Seed Implant Brachytherapy," AAPM Medicine Task Group #64, Reprinted from Medical Physics, Vol. 26, Issue 10 (1999)

No. 69 “Recommendations of the AAPM on 103Pd Interstitial Source Calibration and Dosimetry: Implications for Dose Specification and Prescription,” Report of the Low Energy Interstitial Brachytherapy Dosimetry Subcommittee of the Radiation Therapy Committee, In progress (2002)

No. 70 “Cardiac Catherization Equipment Performance,” AAPM Task Group #17 Diagnostic X-ray Imaging Committee (February 2001)

No. 71 “A Primer for Radioimmunotherapy and Radionuclide Therapy,” AAPM Task Group #7 Nuclear Medicine Committee (April 2001)

No. 72 “Basic Applications of Multileaf Collimators,” AAPM Task Group #50 Radiation Therapy Committee (July 2001)

No. 73 “Medical Lasers: Quality Control, Safety, Standards, and Regulations,” Joint Report of Task Group #6 AAPM General Medical Physics Committee and ACMP (July 2001)

No. 74 “Quality Control in Diagnostic Radiology,” Report of AAPM Task Group 12, Diagnostic X-ray Imaging Committee (2002)

No. 75 “Clinical Use of Electronic Portal Imaging,” AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 58. Reprinted from Medical Physics, Vol. 28, Issue 5 (2001)

No. 76 “AAPM Protocol for 40-300 kV X-ray Beam Dosimetry in Radiotherapy and Radiobiology,” AAPM Radiation Therapy Committee Task Group No. 61. Reprinted from Medical Physics, Vol. 28, Issue 6 (2001)

No. 77 “Practical Aspects Of Functional MRI,” AAPM NMR Task Group No. 8. Reprinted from Medical Physics, Vol. 29, Issue 8 (2002)

No. 78 “Proton Magnetic Resonance Spectroscopy in the Brain: Report of AAPM Magnetic Resonance Task Group #9.” Reprinted from Medical Physics, Vol. 29, Issue 9 (2002)

No. 79 “Academic Program Recommendations For Graduate Degrees In Medical Physics,” Revision of AAPM Report No. 44. AAPM Education and Training of Medical Physicists Committee (2002)

\* \*\*\*\*\*



Further copies of this report and pricing and availability of other AAPM reports and publications may be obtained from:

Medical Physics Publishing

4513 Vernon Blvd.

Madison, WI 53705-4964

Telephone: 1-800-442-5778 or

608-262-4021

Fax: 608-265-2121

Email: [mpp@medicalphysics.org](mailto:mpp@medicalphysics.org)

Web site: [www.medicalphysics.org](http://www.medicalphysics.org)