

は

じ

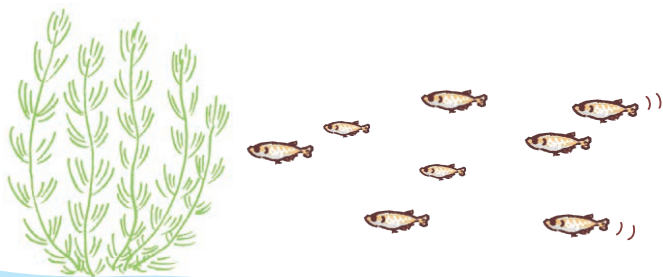
め

に

「物理，苦手なんだよね」という人は少なくないのではと思います。

百科事典によれば，“物理学とは，自然科学のなかで，主に無生物界の現象を量的関係として把握し，これを支配する根本法則を数式で表現して数学的に推論することを特徴とするもっとも基本的な部門”とのこと。物の理(ことわり)が理解できる基本法則は素晴らしく、「おもしろい」「勉強したい」とは思うのですが，数式が出てきた時点で何となく腰が引けて先に進めなくなり、「ここから先は専門家にお任せしよう」と思ってしまうのが私のような凡人の思考回路です。

放射線治療には，臨床医学の知識とともに，放射線生物学，放射線物理学の知識が必要です。放射線治療の教科書をつくるにあたって，放射線物理学の部分は，医学物理士や診療放射線技師の資格をおもちの先生方に執筆を依頼しますが，医師や看護師，放射線治療に馴染みのない診療放射線技師などからは，「出だしからむずかしくて理解できない」との声が聞かれたりします。もちろん，物理大好き，大得意で物理学者になろうか迷った医師などもいらっしゃるのには知っていますが，本書は私のような物理の理解が今ひとつ心配な人のために，放射線治療の物理を基本から親しみやすく解説しようと企画した書籍です。



今回、放射線治療物理学の解説で、水の中の生き物たちに登場してもらいました。“スイスイわかるといいな”という期待を込めています。水の中の生き物が解説する図を左ページに配し、右ページではその現象のわかりやすい解説を心がけました。さまざまな魚や水の中に暮らす生き物たちが、身をもって物理現象や、放射線治療物理学の基礎的事項を説明してくれます。数式をなるべく使わず、専門用語を日常の言葉に噛み砕き解説したつもりです。

苦手意識をもちがちな放射線物理学について、学部学生から、すでに放射線治療に携わっているメディカルスタッフまでが、「絵も可愛いし面白いし、読み物として1冊手元においておきたいな」と思える書籍を目標に制作しました。

第1章では放射線物理学の基礎を解説、第2章では加速器などの医用放射線発生装置を説明、第3章では放射線治療計画にかかわる用語などを解説し、第4章では放射線の照射法を物理面から解説、第5章では放射線治療の品質管理について医学物理解学的な切り口で解説しています。

本書が、放射線治療にかかわる多くの方々のお役に立つことを願っております。

編者代表

唐澤久美子

東京女子医科大学放射線腫瘍学講座 教授・講座主任

第1章

放射線物理学の基礎

放射線の種類

田中創大, 小澤修一, 黒河千恵

電離放射線 …10 電磁波 …12 粒子線 …14

陽子線と炭素イオンの差 …16 低/高LET放射線 …18 RBE …20

光子と物質の相互作用

田中創大, 黒河千恵

光電効果 …22 コンプトン散乱 …24 電子対生成 …26



電子と物質の相互作用

西岡史絵, 河原大輔, 小澤修一, 黒河千恵

弾性散乱 …28 衝突損失 …30 放射損失 …32

チェレンコフ放射 …34 電子対消滅 …36 飛程 …38

放射性崩壊 …40 半減期 …42

荷電粒子と物質の相互作用/中性子と物質の相互作用

西岡史絵, 黒河千恵

弾性散乱と非弾性散乱 …44 核破碎/中性子捕獲 …46

放射線の量と単位

田中創大, 河原大輔, 小澤修一, 黒河千恵

相互作用係数とそれに関する量 …48

線量計測に関する量 …50 グレイ(Gy) …52 ベクレル(Bq) …54

吸収線量計測の原理

西岡史絵, 黒河千恵

線量計 …56 電離箱線量計の校正 …58

光子線・電子線・荷電粒子線の吸収線量計測 …60

第2章

医用放射線発生装置

X線・電子線治療装置

中村哲志, 西尾禎治

線形加速器 …64 線量モニター …66

多分割コリメータ(MLC) …68 位置決め透視装置 …70

CBCT装置 …72

陽子線・重粒子線治療装置

松崎有華, 西尾禎治

イオン源・入射器 …74 サイクロトロン …76

シンクロトロン …78 シンクロサイクロトロン …80

回転ガントリ …82 照射器 …84



加速器型ホウ素中性子捕捉療法装置

中村哲志, 西尾禎治

中性子発生ターゲット装置/中性子減速材 …88

放射性同位元素利用治療装置

松崎有華, 西尾禎治

コバルト照射装置 …92 ガンマナイフ …94

小線源治療装置 …96

第3章

放射線治療計画

計算アルゴリズム

角谷倫之, 三浦英治, 熊崎 祐

モデルベース(convolution法, superposition法) …100

モンテカルロ法 …102

深部線量百分率(PDD)

角谷倫之, 三浦英治, 熊崎 祐

光子線治療 …104 電子線治療 …106

重荷電粒子線治療 …108

多分割コリメータ(MLC)

角谷倫之, 三浦英治, 熊崎 祐

ペナンブラ …110 tongue & groove …112

SMLCとDMLC …114

線量処方方法

角谷倫之, 三浦英治, 熊崎 祐

点線量処方(アイソセンタ処方) …116

体積線量処方(D95%, D50%) …118

標的体積

角谷倫之, 三浦英治, 熊崎 祐

標的体積 …120

放射線治療計画に関わる装置

角谷倫之, 三浦英治, 熊崎 祐

放射線治療計画装置(RTPS) …122

放射線情報システム(RIS) …124



第4章

放射線の照射法

強度変調放射線治療(IMRT)

恒田雅人, 小澤修一

強度変調放射線治療(IMRT) …128

VMAT(強度変調回転放射線治療) …130

強度変調放射線治療の線量分布図 …132

インタープレイエフェクト …134

強度変調放射線治療における品質管理 …136

定位放射線治療

河原大輔, 小澤修一

脳の定位手術的照射(SRS)と定位放射線治療(SRT) …138

体幹部定位放射線治療(SBRT) …140

画像誘導放射線治療(IGRT)

石原佳知, 小澤修一

画像誘導放射線治療(IGRT) …142

誤差(intra-fractional error, inter-fractional error) …144

IGRTの品質管理 …146

高エネルギーX線治療・ γ 線治療

小澤修一

高エネルギーX線治療 …148 高エネルギー γ 線治療 …150





陽子線・重粒子線治療

陽子線治療と重粒子線治療 …152

ブロードビーム法 …154 スキャニング法 …156

恒田雅人, 小澤修一

ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)

ホウ素中性子捕捉療法(BNCT) …158

石原佳知, 小澤修一

呼吸性移動対策

腫瘍輪郭の描出 …160 照射テクニック …162

呼吸性移動対策の実際 …164

恒田雅人, 小澤修一

全身照射(TBI)

全身照射(TBI) …166 さまざまな照射法 …168

河原大輔, 小澤修一

密封小線源治療

密封小線源治療 …170 治療計画, IGBT …172

密封小線源治療における品質管理 …174

石原佳知, 小澤修一

内用療法(非密封小線源治療)

RI内用療法 …176 退出基準 …178

河原大輔, 小澤修一

第5章

放射線治療の品質管理

許容レベルと介入レベル

許容値とレベル …182

投与線量の不確かさと空間位置の不確かさ …184

椎木健裕, 中村光宏

受入試験とコミッショニング

ビームデータ取得 …186 モデリング …188

受入試験とコミッショニング …190

MU独立検証 …192

椎木健裕, 中村光宏

定期的な品質管理

AAPM TG-142とQAプログラム …194

椎木健裕, 中村光宏

放射線治療のインシデント対策と質の維持

治療計画 …196 情報伝達 …198

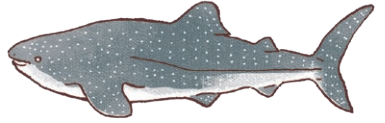
ヒューマンエラー …200 第三者評価 …202

椎木健裕, 中村光宏

さくいん …204



本書では物理学をより身近に感じていただくために、理解しやすいと思われる解説を優先している場合や、比喩などで表現している場合があります。厳密な内容をお知りになりたい方はそれぞれの物理学の専門書をご覧ください。



●編集

- 唐澤久美子 東京女子医科大学放射線腫瘍学講座 教授・講座主任
- 西尾禎治 大阪大学大学院医学系研究科保健学専攻
医療画像技術科学分野生体物理工学講座 医学物理学研究室 教授
- 小澤修一 広島がん高精度放射線治療センター 医学物理士長

●執筆者(掲載順)

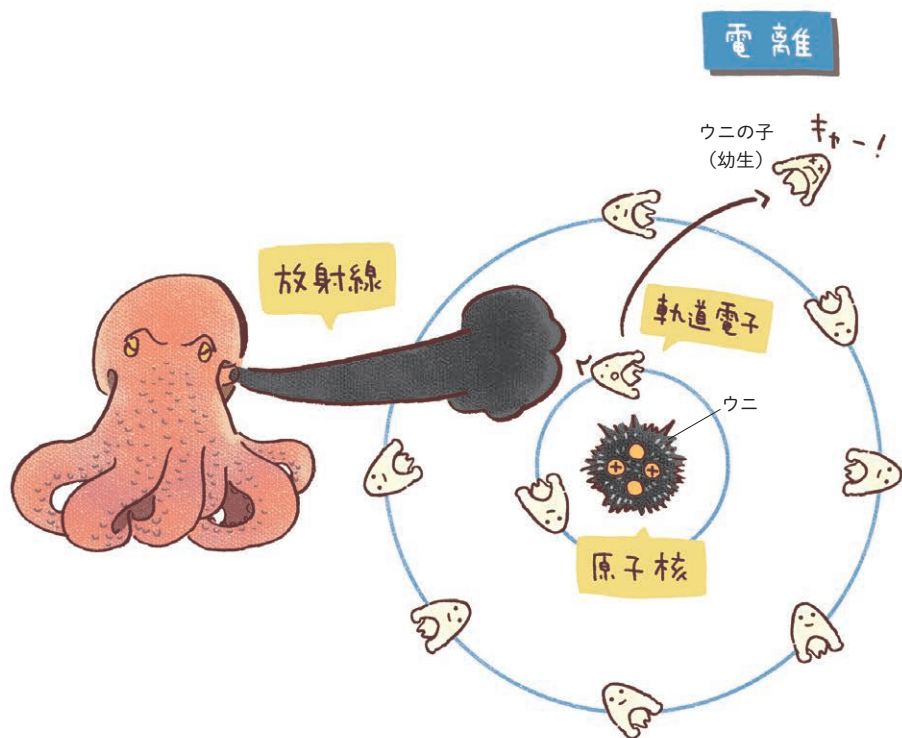
- 田中創大 量子科学技術研究開発機構 量子医学・医療部門 放射線医学総合研究所 研究員
- 西岡史絵 京都第二赤十字病院放射線治療科 博士(理学)/医学物理士
- 黒河千恵 順天堂大学保健医療学部診療放射線学科 准教授/医学物理士
- 松崎有華 元・神奈川県立がんセンター物理工学科 博士(工学)
- 中村哲志 国立がん研究センター中央病院放射線品質管理室 医学物理専門職
- 西尾禎治 前掲
- 角谷倫之 東北大学病院放射線治療科 助教
- 三浦英治 広島がん高精度放射線治療センター 医学物理士
- 熊崎 祐 埼玉医科大学国際医療センター放射線腫瘍科 講師/医学物理士
- 恒田雅人 東京女子医科大学医学部放射線腫瘍学講座 助教/医学物理士
- 石原佳知 日本赤十字社和歌山医療センター放射線治療部医学物理課 博士(医学)/医学物理士
- 河原大輔 広島大学病院放射線治療科 病院助教/医学物理士
- 小澤修一 前掲
- 椎木健裕 山口大学大学院医学系研究科放射線腫瘍学講座 講師/博士(工学)
- 中村光宏 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻情報理工医療学講座
医学物理学分野 准教授

放射線の種類

電離放射線

たとえば

放射線をタコシミ、原子核をウニ、軌道電子をウニの子とします。タコシミの勢いでウニの子が流されました。これは放射線により軌道電子が飛ばされる電離にたとえられます。



もっと詳しく

医療に用いられる放射線を図1に示しました。放射線は主に原子または原子核の崩壊の過程により発生します。電離作用(図2)を及ぼす放射線を電離放射線といいます。電離作用とは原子に拘束されている軌道電子を弾き飛ばす作用をさし、電離作用を通じて電離放射線は物質にエネルギーを与えます。**放射線医学では電離放射線のことを一般に放射線といいます。**

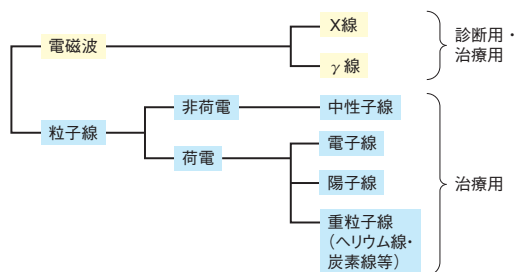


図1 医療に用いられる放射線

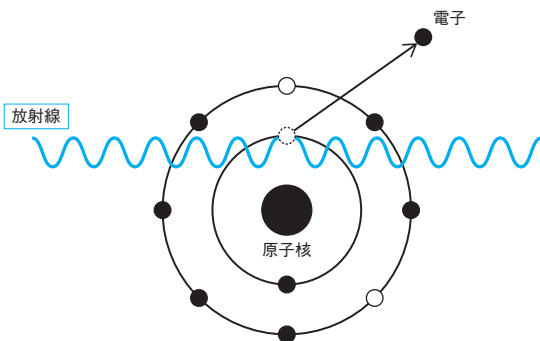


図2 電離作用

臨床につなぐ

診断用放射線として、X線はX線撮影やCT撮影に用いられ、γ線はSPECTやPETに用いられます。一方で治療用放射線は、図1にあげた幅広い種類の放射線が用いられます。

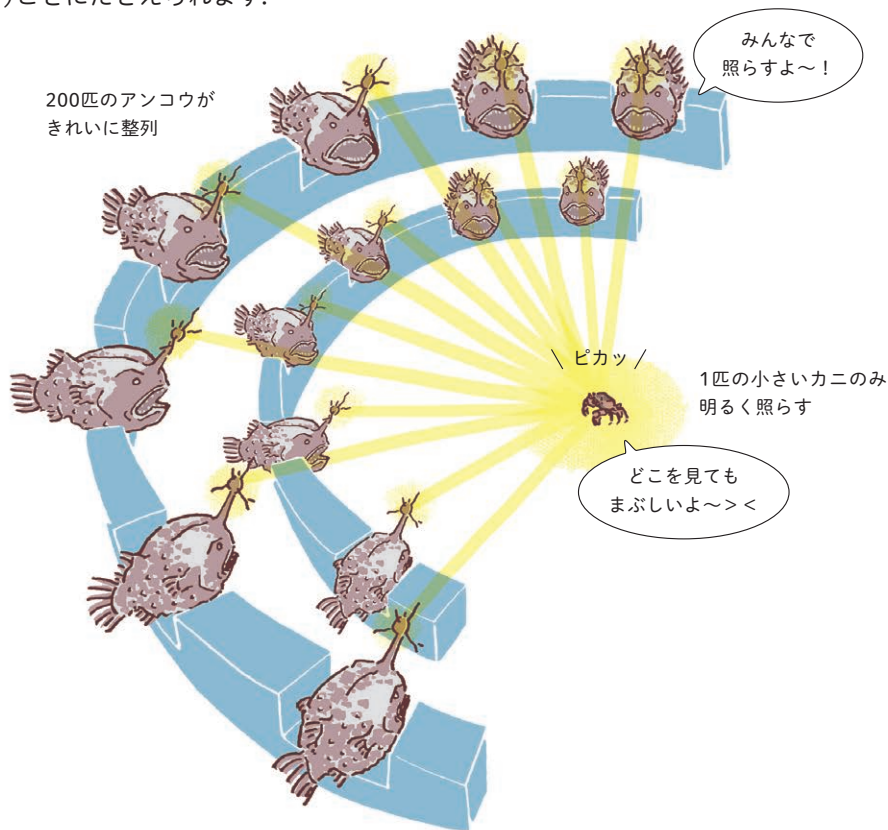


放射性同位元素利用治療装置

ガンマナイフ

たとえば

アンコウを線源，カニをがん細胞とします．ガンマナイフは，200匹のアンコウが半球面上のそれぞれの穴から中心のカニに向かって光(放射線)を照らす(照射すること)にたとえられます．



ガンマナイフの装置は，200個近くのコバルト線源を半球面上に配置し，半球面の中心点に向かって放射線が集中するように各コバルト線源のところに開閉可能な穴が付いています．

