

# 放射線治療技術学Ⅱ

## 治療計画・照射技術-2

### 第7 8章 外部放射線治療法(前半)

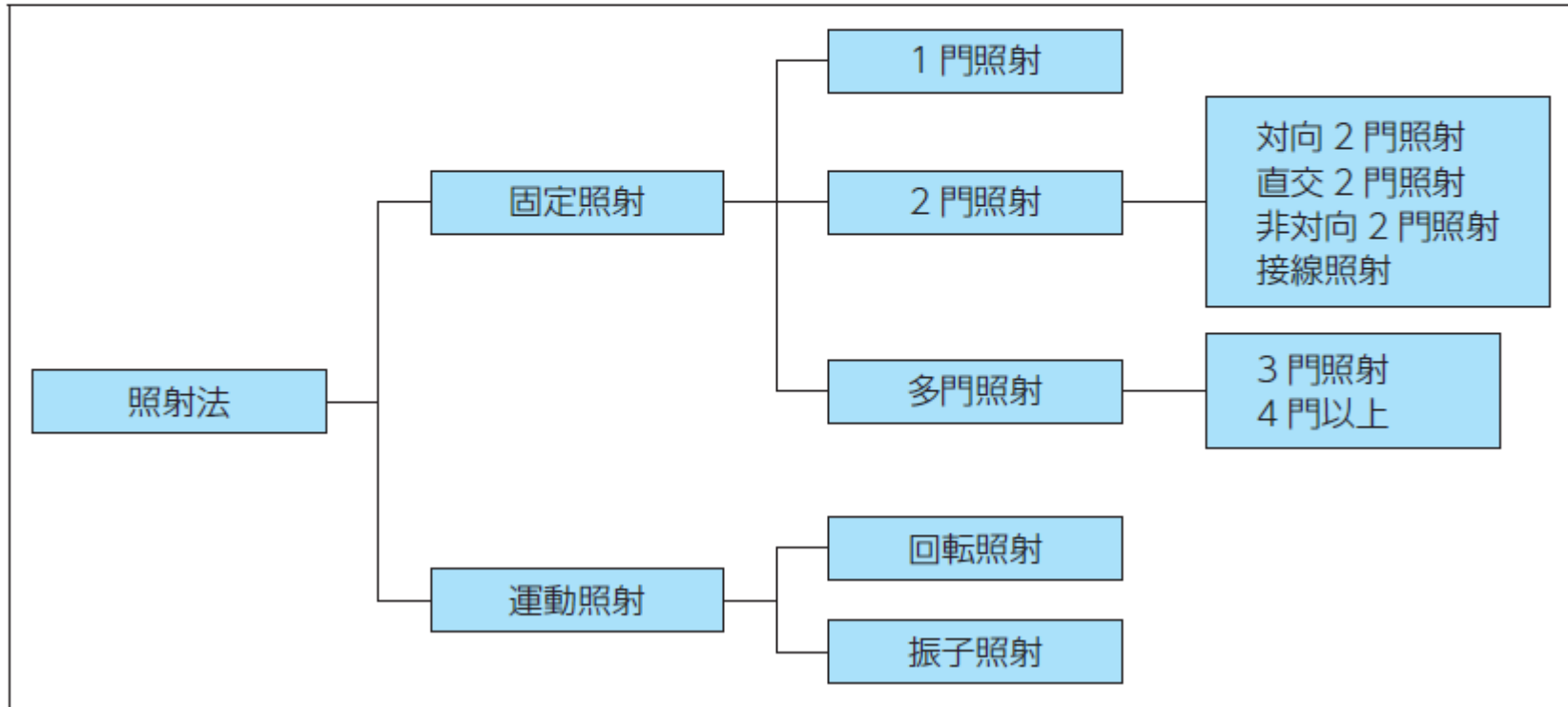
第2版では第8章です



# 1 照射法

## 1 概要

### 照射法の分類



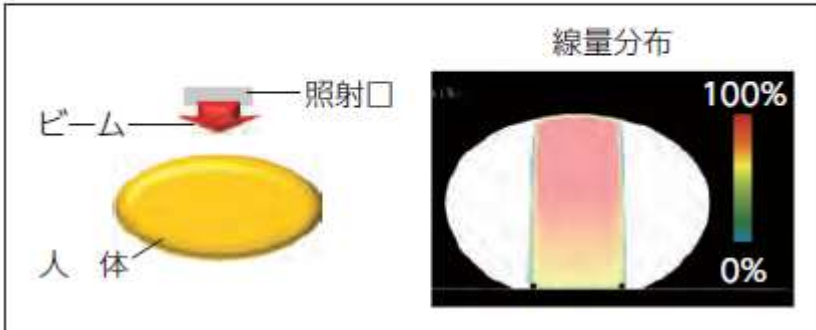
- 外部放射線治療における照射法は固定照射と運動照射に大別される
- 固定照射はガントリを固定して照射を行う方法である
- 1方向からの照射を1門照射, 2方向からの照射を2門照射, 3方向以上からの照射を多門照射という
- 運動照射はガントリが回転しながら照射を行う方法である

# 照射法の分類

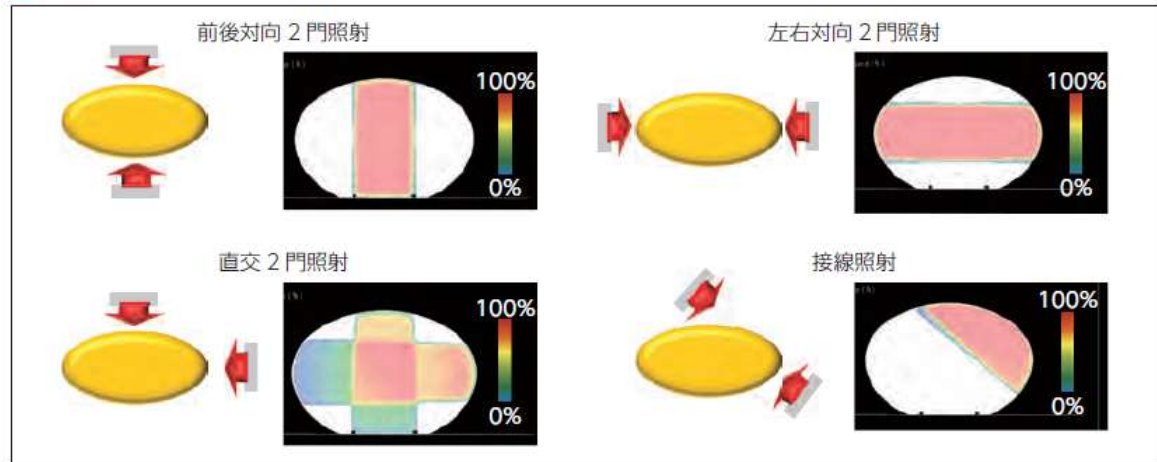
固定照射法 (門:port)	1門照射、2門照射(対向2門、非対向2門、接線、直交2門) 多門照射(3門、4門・・・) ノンコプラナ照射(非同一平面:non-coplanar) (寝台を左右に振ってビーム相互の重なりを避ける多門照射法)	
運動照射法	回転照射(rotation therapy) 振子照射(arc therapy) 原体照射(conformation therapy)	
	特殊照射法	全身照射法(total body irradiation=TBI) 全身皮膚電子線照射法(total skin electron irradiation=TSEI) 術中照射(intraoperative radiation therapy=IORT) 定位放射線照射(stereotactic irradiation=STI) 強度変調放射線治療(intensity modulated radiation therapy=IMRT)
高精度放射線治療	新技術	画像誘導放射線治療 (image-guided radiation therapy=IGRT) 四次元放射線治療(4D radiation therapy=4D-RT)

## 2 固定照射

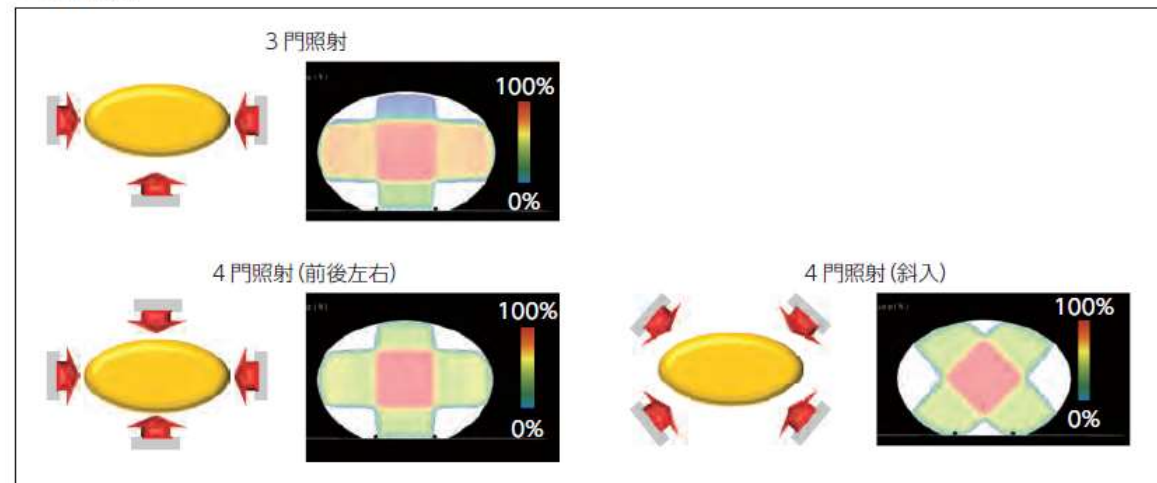
### ▲ 1 門照射



### ▲ 2 門照射



### ▲ 多門照射

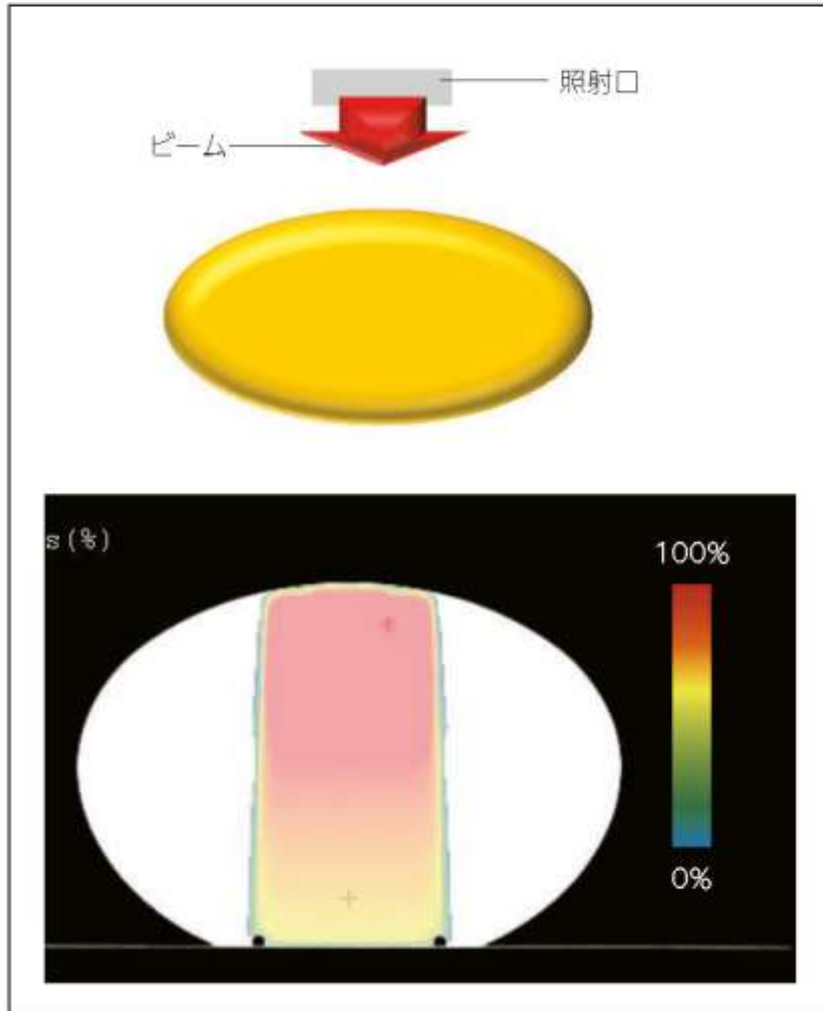


- 図は代表的な固定照射のシエマ(schema)である
- 図以外でも任意の方向からの照射, 組合せが可能である
- 一般には, 門数が多いほど標的に線量を集中させることが可能となる
- 標的への線量の集中と, 周辺臓器への影響を考慮し, 最適な照射方向が選択される
- 原則として, 多門照射は標的内にある1点(アイソセンタ)を中心に多方向から照射を行う

## 2 固定照射

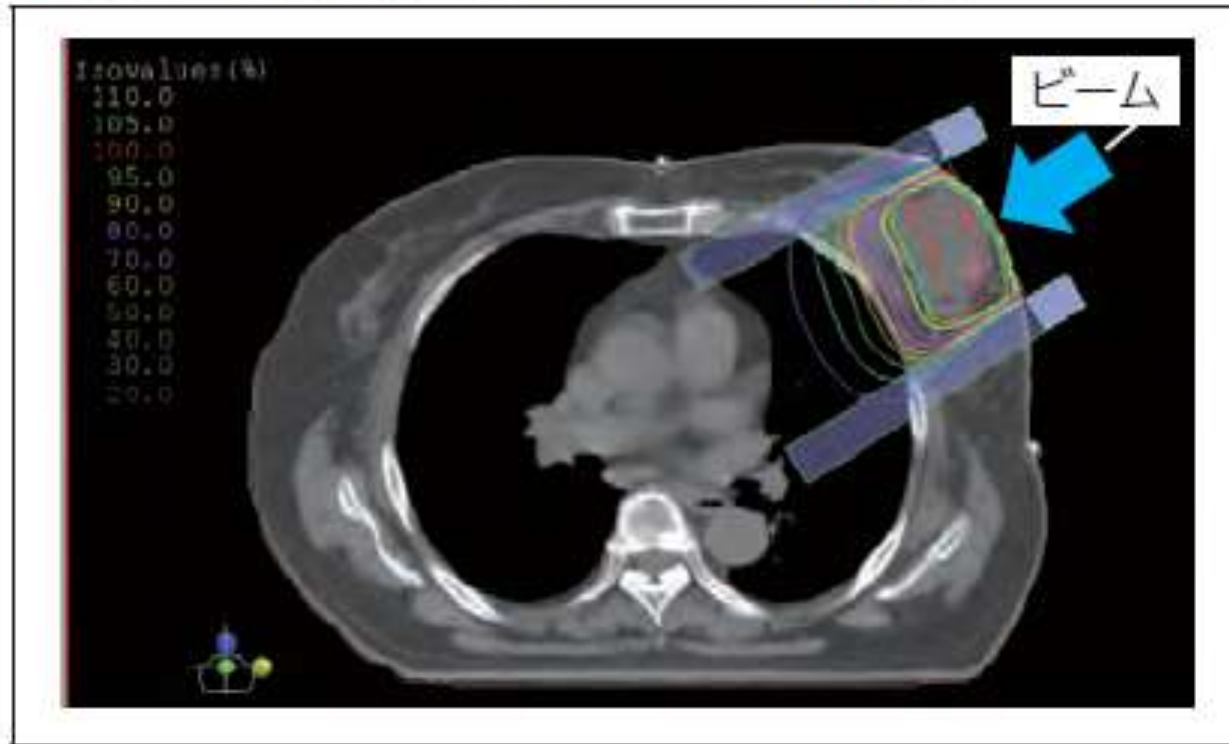
### 1 門照射

#### ▲ 1 門照射



- 標的に最も近い1方向から照射する方法である
- 標的が浅い場合に有効である
- 電子線のほとんどは1門照射である
- X線ではあまり用いられない
- ビーム軸上にある標的後方の正常組織へ照射される線量に注意する
- 非常に浅い皮膚表面近傍の標的を照射する場合、表面線量を確保するために、しばしばボラス(110ページ)が使用される
- 適応：電子線，胸壁腫瘍，皮膚癌，小児の脊髄，脊椎など

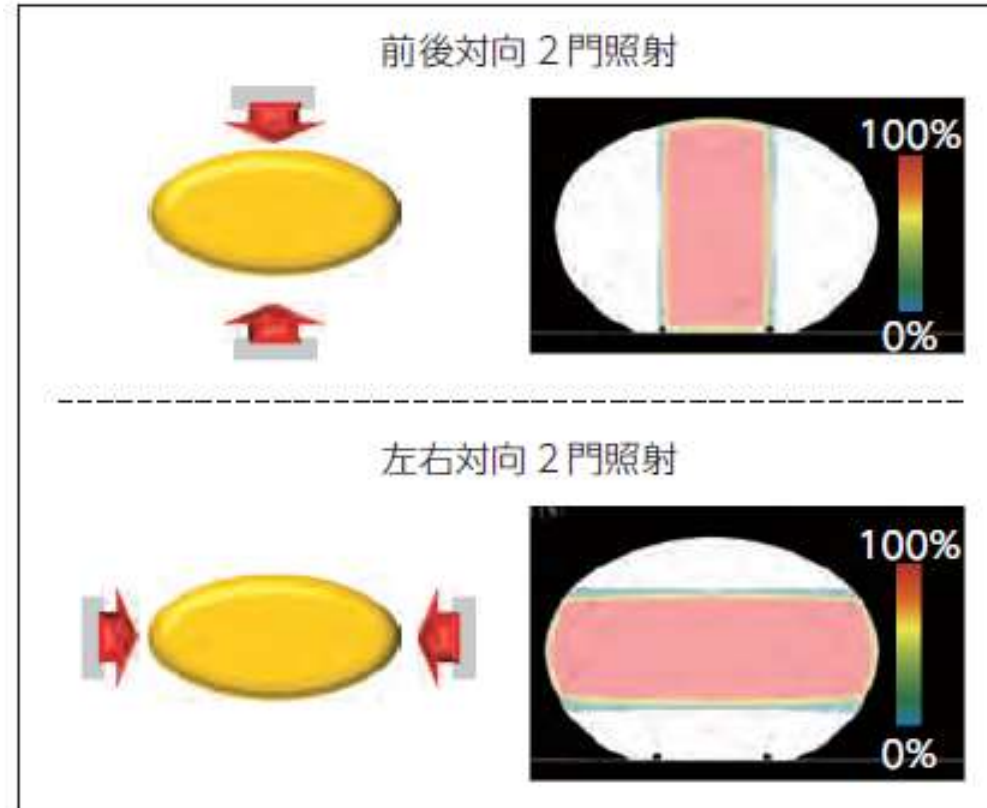
## ▲ 乳房への電子線照射における治療計画例



- 全乳房照射後に、乳房内再発のリスクを減少させるため、ブースト照射(追加照射)が行われる
- ブースト照射には電子線が用いられ、胸壁面でPDDが80%程度となるようなエネルギーが選択される
- ブースト照射については10Gy/5回/1週が最も多く用いられている
- 図は電子線を用いた左前方からの1門照射である
- リスク臓器: 肺, 心臓など

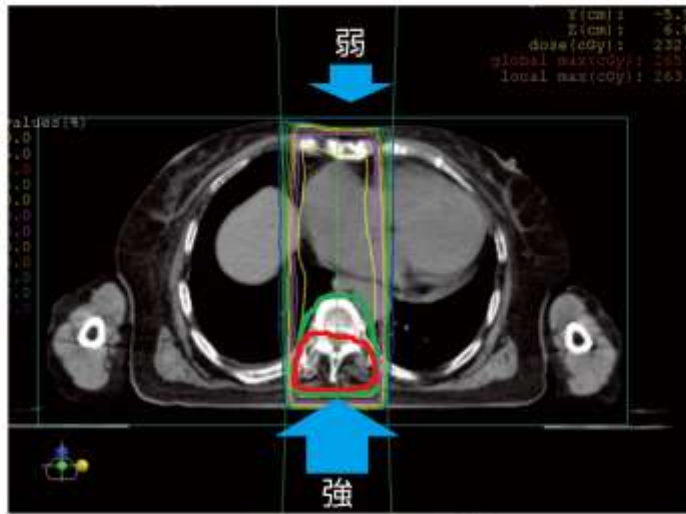
## 対向 2 門照射

## ▲ 対向 2 門照射

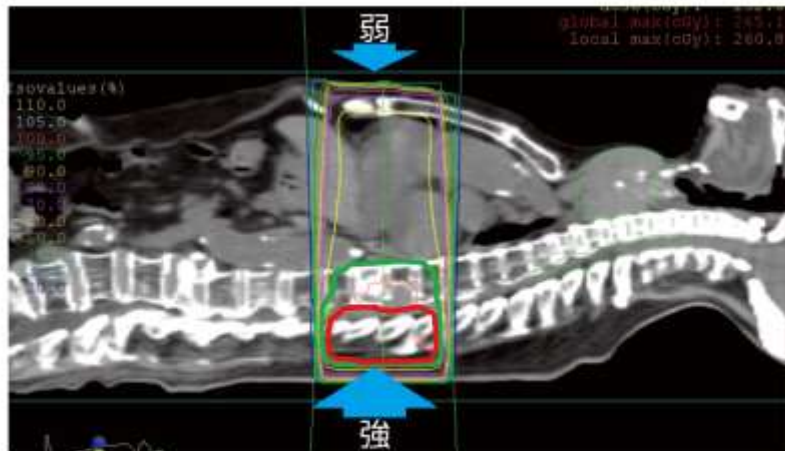


- 体内の中心付近に存在する標的に対し、対向する2方向から照射する方法である
- 照射野内の線量分布は、入射面から射出面まで、ほぼ均等になるが、体内深部に存在する局所的な標的のみに線量を集中させることは困難である
- 浸潤が明確でなく、腫瘍範囲が厳密に設定できない場合や、移動性がある標的の場合などに有効である
- 各照射方向の線量強度を変えることで、最大線量域を変化させることが可能である
- 適応: 食道癌, 喉頭癌, 咽頭癌, 子宮頸癌, 縦隔腫瘍, 全脳照射など

▲ 胸椎、腰椎への照射の治療計画例



a : Transverse 画像



b : Sagittal 画像

- 疼痛を緩和させることを目的に、椎体への照射が行われることがある
- 10 MV X線を用いて、前後対向2門照射で行われることが多い
- 脊椎照射では腫瘍の存在する椎体全体と、その上下1椎体を含んだ照射野が設定されることが多い
- 図は10 MV X線を用いた前後対向(青矢印)からの2門照射である
- 後方の線量を、前方よりも高くすることで、高線量域を患者の後方側に偏位させている
- 疼痛緩和目的として、8 Gy/1回や30 Gy/10回/2週で治療が行われる
- リスク臓器：脊髄、食道、肺、胃、腸管など



## ▲ 小細胞肺癌の治療計画例



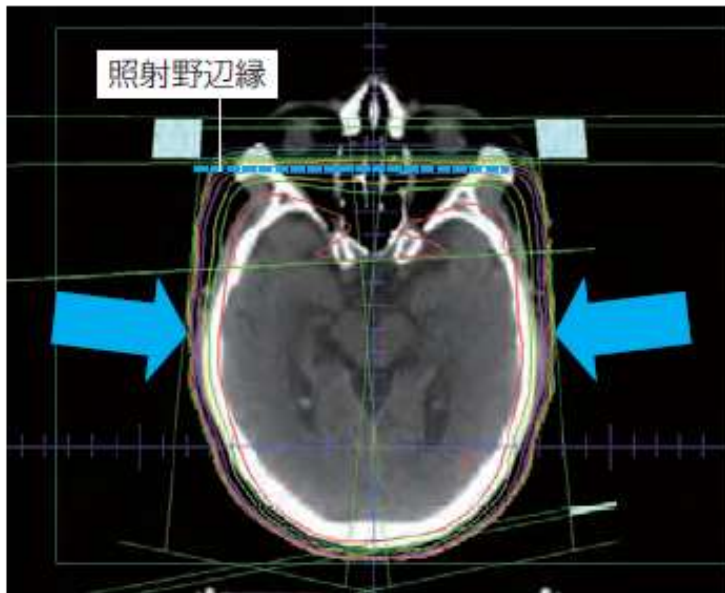
a : Transverse 画像



b : 照射野

- 6~10 MV X線を用いて、前後対向2門照射で行われる
- 10 MV以上の高エネルギーを用いた場合はビルドアップの範囲が広くなり、周りを空気で覆われている肺癌では周辺の線量低下を招く可能性がある
- 脊髄への照射を避けるため、途中から照射野縮小やビーム方向を前後対向2門から射入対向2門に変更する
- 呼吸性移動を十分に加味したマージンを設けるか、呼吸同期(197ページ)を用いる
- 全照射期間を短縮する加速多分割照射法(45 Gy/30回/3週)が推奨されているが、不可能な場合は通常分割照射(50~60 Gy/25~30回/5~6週)で行われる
- 図は前後対向2門照射(青矢印)を用いた加速多分割照射症例の線量分布図である
- 図(a)では、脊髄に100%線量が入ってしまうため、40 Gy程度を照射した後に照射野の縮小を行う場合がある
- (b)の青線で囲まれた範囲は、前方からみた照射野を表している
- リスク臓器: 脊髄, 肺, 食道, 心臓, 腹部臓器など

## ▲ 全脳照射の治療計画例



a : Transverse 画像

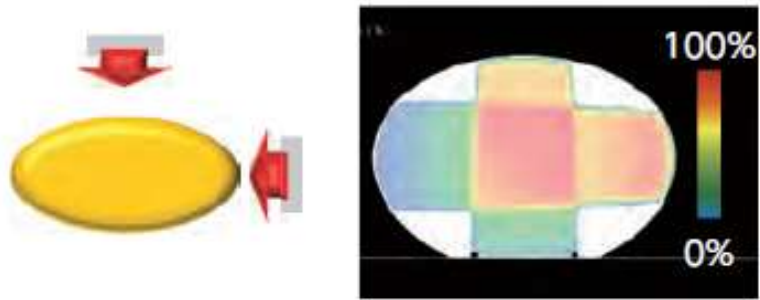


b : 照射野

- 4～10 MV X線を用い、左右対向2門照射で行われる
- 水晶体などを照射野から外すため、tilting technique (203ページ)を用いることもある(a)
- この場合には、左右非対向2門照射として扱う
- また、照射野内の線量を均一にするために、field-in-field (208ページ)を用いることもある
- 30 Gy/10回/2週が標準的であるが、長期予後が期待される場合には、37.5 Gy/15回/3週または、40 Gy/20回/4週程度で治療が行われる
- (a)は、tilting techniqueを用いて水晶体に放射線が照射されるのを避けており、field-in-fieldを用いている
- (b)の青丸部分を見ると、水晶体部がMLCでカットされている様子が分かる
- リスク臓器：主に水晶体

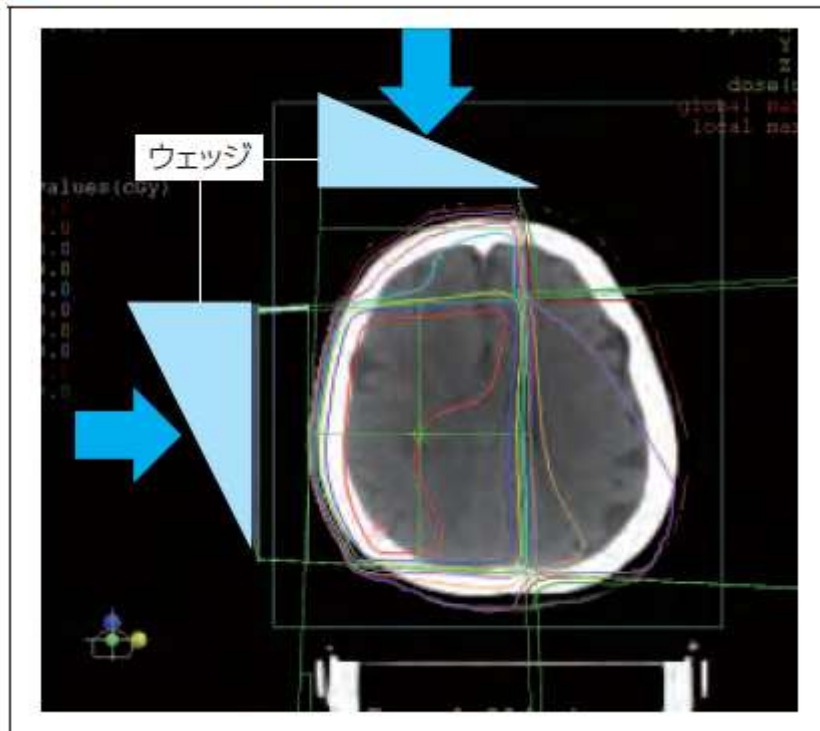
## 直交 2 門照射

### ▲ 直交 2 門照射



- ある方向と, それに直交する方向から照射する方法
- 体内(主に頭頸部)の偏在性病巣に対して使用される
- 多くの場合, 線量分布を均等にするためウェッジフィルタが使用される
- 適応: 上顎洞癌, 脳腫瘍, 偏在性の肺癌など

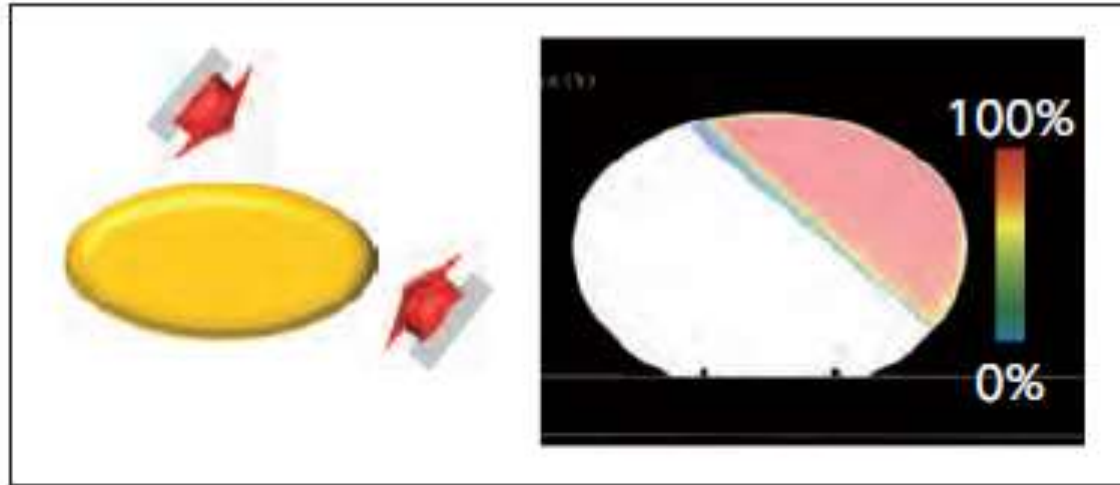
### ▲ 脳腫瘍の治療計画例



- 4~10 MV X線を用いる
- シェル固定を原則とする
- 図はX線を用いた直交(青矢印)からの2門照射である
- ウェッジフィルタ(水色三角)を使用することにより, 線束入射面が平坦でない頭部に対して, それぞれの線束が平坦となり, 右側頭葉の脳腫瘍に対して均等に線量を処方している

## 接線照射

### ▲ 接線照射



- 対向あるいは対向に近い角度の2門を用いて、体表の標的を接線方向から照射する方法
- 体表付近に存在する偏在性の病巣で、かつ深部に照射を避けたい臓器がある場合に使用される
- 接線照射では深部が高線量域となるため、多くの場合でウェッジフィルタが使用される
- 適応：乳癌，胸壁腫瘍，肋骨転移など

## ▲ 乳癌の治療計画例



a : Transverse 画像

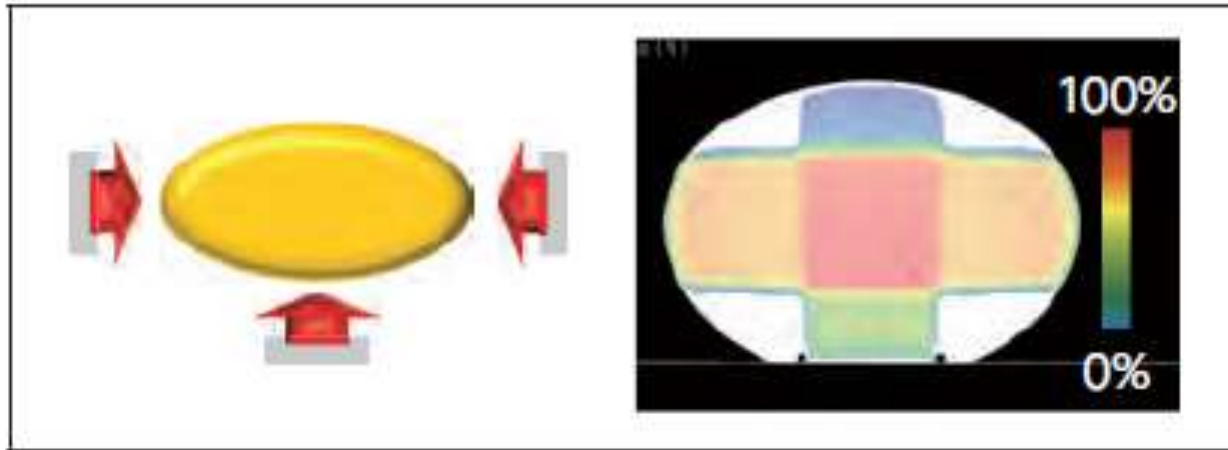


b : 照射野

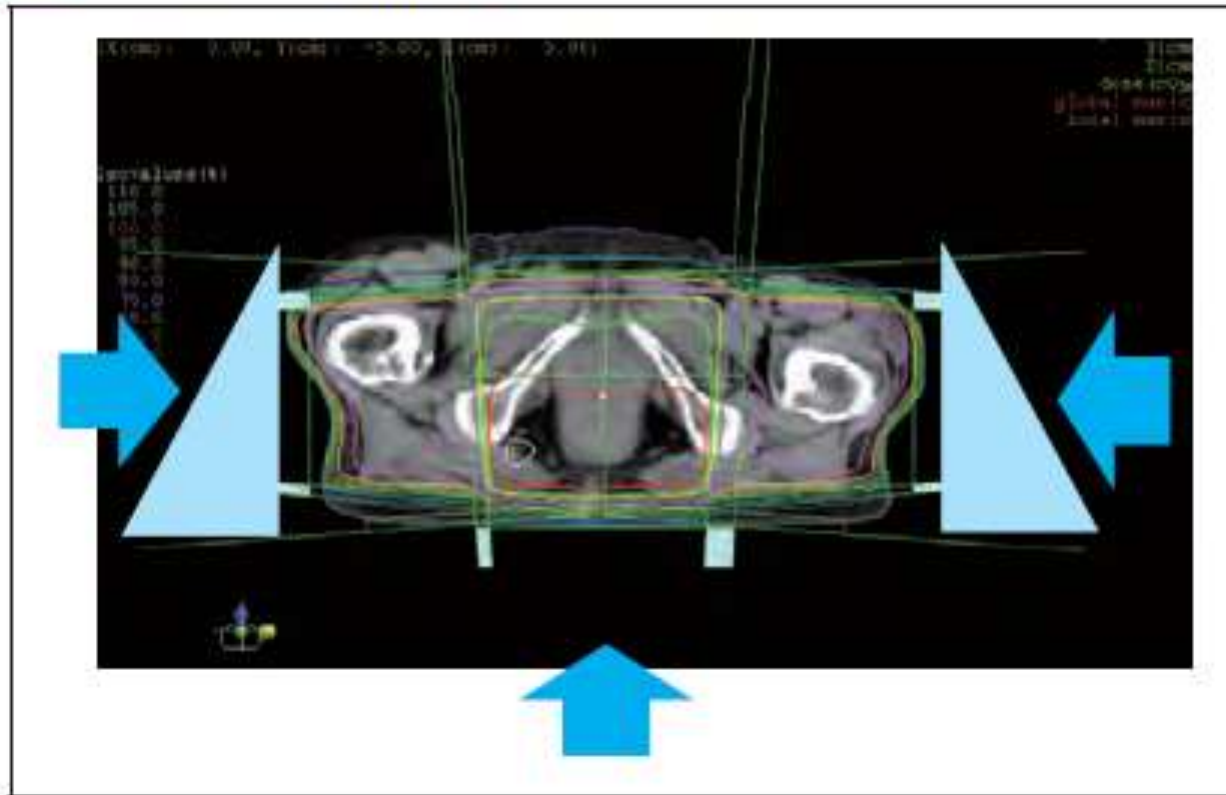
- 両腕を拳上し、接線照射で行われる
- 肺野側のビームの広がりを防ぐため、ビーム軸を5度程傾けるtilting technique(203ページ)、またはハーフビーム法(204ページ)を用いる
- 照射野内の線量分布を均一にするため、ウェッジフィルタやfield-in-fieldを用いる
- 通常、4~6 MV X線を用いる
- 45~50.4 Gy/25~28回が標準的である
- 図はウェッジフィルタ(水色)とtilting techniqueを用いた接線照射である
- 95%線量が全乳房を囲んでいる
- リスク臓器である肺への線量を抑えるために接線照射が用いられている
- (b)は右前方からの照射野を表し、乳房を囲むように照射範囲が設定されている
- リスク臓器:対側乳房, 肺, 心臓, 脊髄など

## 3門照射

### ▲ 3門照射



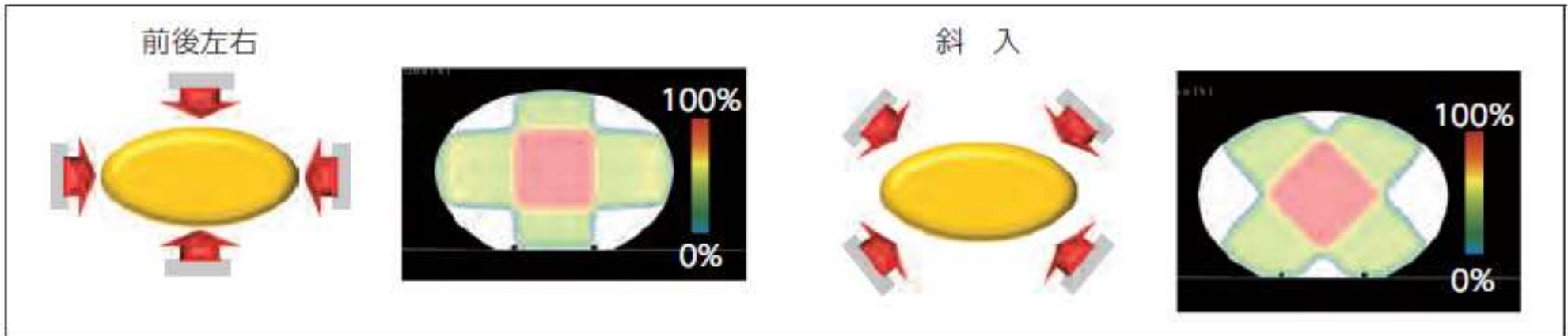
- 3門以上の多方向から放射線を集中させて照射する方法である
- 体の深部にある標的に対して、線量を集中させることが可能となる
- 周辺の重要な正常臓器を避けるために用いられる
- 適応：直腸癌, 頭頸部癌など



- 直腸癌治療の第一選択である外科手術と併用し、術前や術後に放射線治療が行われる
- エネルギーは10 MV 以上のX線を使用する
- 術前照射の場合は、40～50 Gy/20～28回、術後照射の場合は、50 Gy/25～28回程度で行われる
- 60 Gy程度まで照射する場合もある
- 図は左右および後方からの3門照射である
- 線束入射面が平坦でないため、左右方向からはウェッジフィルタ(水色三角)を使用する
- リスク臓器:小腸, 膀胱, 会陰部, 大腿骨頭など

## 4門照射

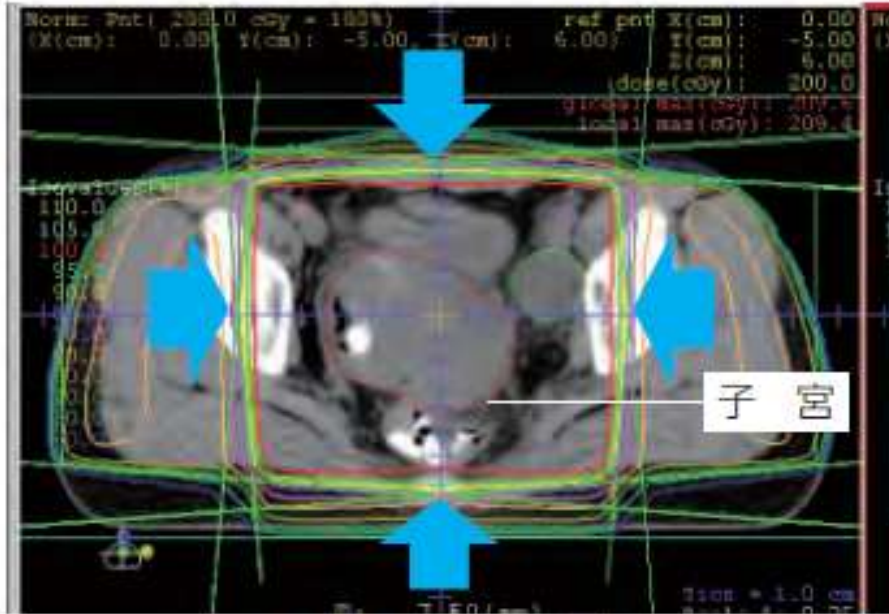
### ▲ 4門照射



- 4方向から照射を行う方法である
- ボックス照射, 十字火照射とも呼ばれる
- 適応: 頭頸部癌, 食道癌, 膵癌, 膀胱癌など



## ▲ 子宮頸癌の治療計画例

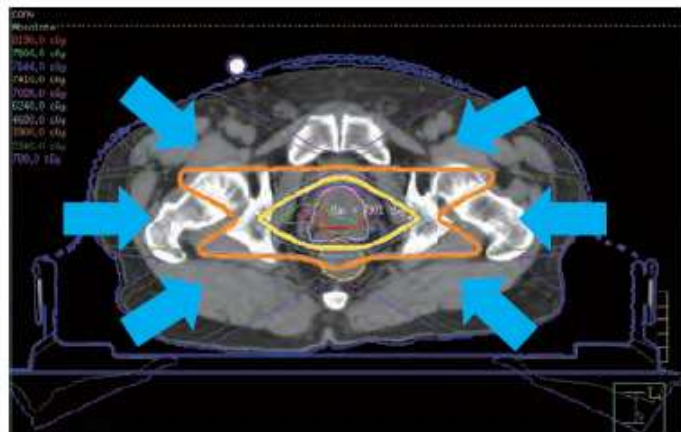


a : Transverse 画像

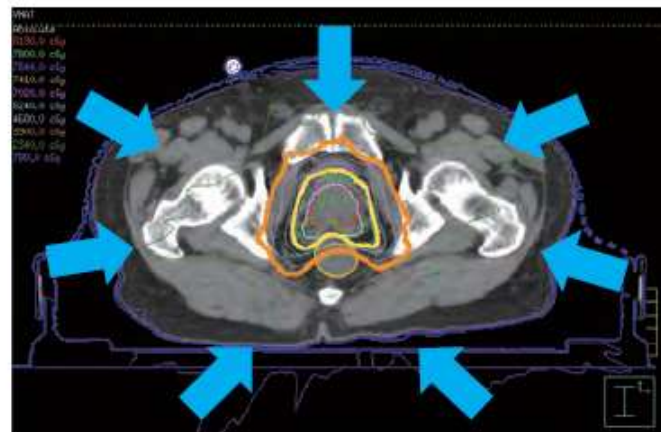


b : 照射野

- 前後左右4門照射, または前後対向2門照射で行われる
- 10 MV X線を用いる
- 外部照射の標準的な総線量は45~50 Gy (1.8~2 Gy/日)で行う
- 根治的放射線治療を目的とする場合は, 小線源治療併用で行われ, 小線源治療に続いて行われる外部照射では, 中央遮蔽を併用するのが一般的である
- 中央遮蔽は膀胱や直腸の障害を予防するために用いられる(107ページ)
- 図は前後左右(青矢印)からの4門照射を表す
- (a)4門照射により, 深部の広範囲を均一に照射できる
- (b)は前方からの照射野を表す
- 子宮(赤)のみでなく, 骨盤の広域に対して照射野を設定している
- リスク臓器:膀胱, 直腸, S状結腸, 大腸, 小腸, 腎臓など



a: 固定6門照射



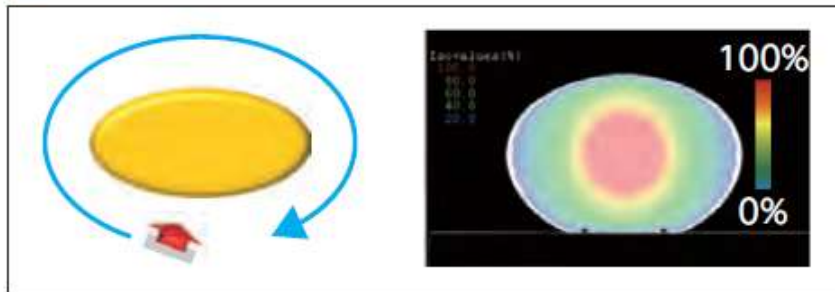
b: IMRT(7門照射)

- 4門以上
- 門数が多くなると, 回転照射に近い線量分布となる
- 適応: 頭頸部癌, 肺癌, 食道癌, 膵癌, 膀胱癌, 前立腺癌など

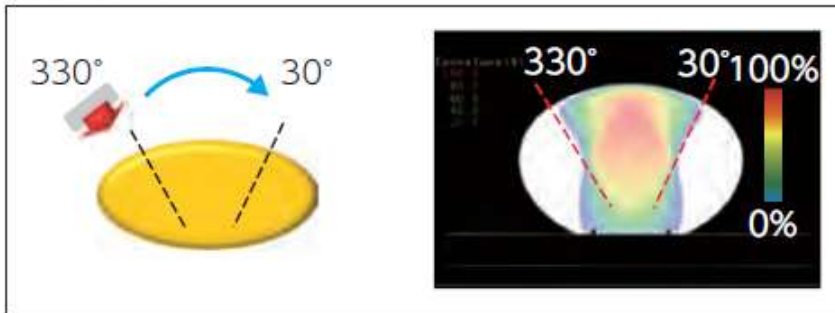
- 4門以上の固定多門照射, 回転照射, IMRTなどで行われる
- 6 MV以上のX線を用いる
- 2 Gy/日とし, 固定多門照射の場合は総線量70~72 Gy, IMRTの場合は74~78 Gyで行われることが多い
- 小線源治療を併用する場合もある
- リスク臓器への照射を低減させるために, 膀胱はある程度の蓄尿とし, 排便排ガスを徹底させる
- 膀胱は蓄尿することで, 体積が大きくなり, 頭側にある小腸への照射を避けることが可能になる
- また, 膀胱自体への照射を考えると, 絶対的な照射体積は同じであっても, 蓄尿することで膀胱の体積が大きくなり, 結果として膀胱へ照射される相対的な体積を下げる事が可能になる
- 排便, 排ガスをすることで, 直腸前壁が前立腺側に近づくことを抑える
- 図において, 太い黄色線が95%線量, 橙色線50%線量を表している
- 固定多門照射(a)は95%線量が前立腺よりも広範囲に照射され, 50%線量も広範囲に照射されている
- IMRT(b)を用いると, 95%線量が前立腺(PTV)に沿った形状であり, 50%線量は小骨盤内に集中している
- 直腸への線量を比較しても, IMRT(b)の方が固定多門照射(a)に比べて50%の線量が照射される体積が小さいことがわかる
- リスク臓器: 膀胱, 直腸, 大腿骨頭, 尿道, 小腸など

### 3 運動照射 (moving field irradiation)

#### ▲ 回転照射



#### ▲ 振り照射



振り角度は一例である

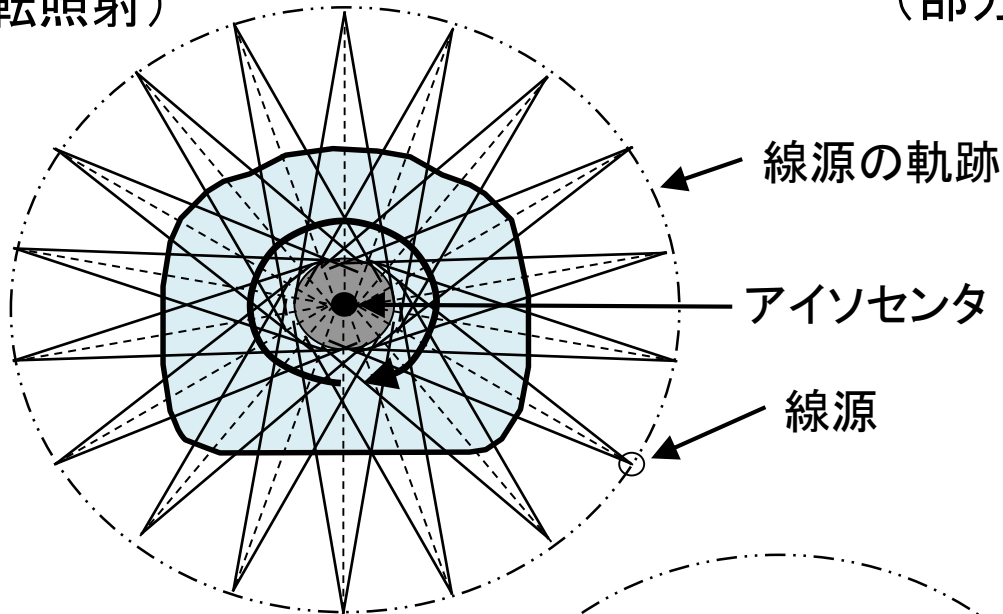
- 運動照射とは、ガントリを回転させながら照射する方法である
- 一般的に病巣に線量を集中させることが可能である
- 運動照射は、回転照射と振り照射に分けられる

- ガントリが360度回転しながら照射する方法
- 体軸中心付近の深部病巣に用いられる
- 線量分布は通常アイソセンタを中心にした同心円状となる
- 適応：肺癌，膀胱癌，食道癌など

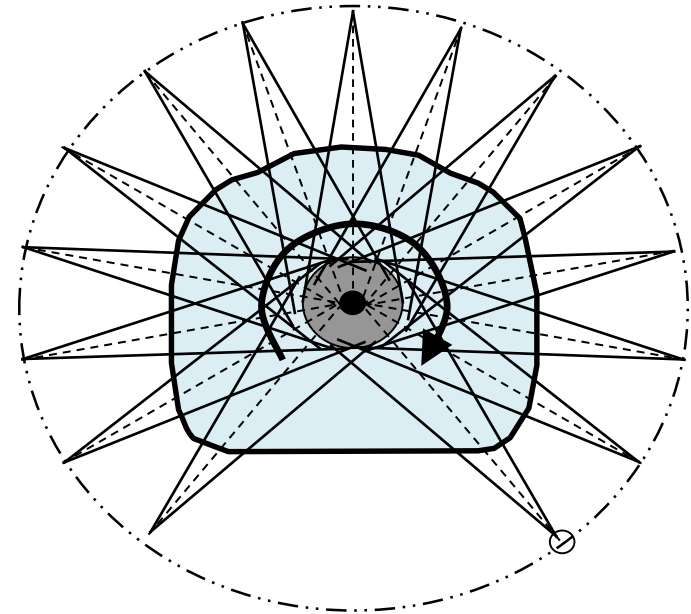
- ガントリが一定の角度を回転しながら照射する方法
- 主に体軸中心から偏在した病巣に用いられる
- 線量分布は回転角度などの条件により異なる
- 振り角度が大きい場合，線量分布は円形に近づく
- 振り角度が小さい場合，線量の最大点がビーム入射方向に近づく
- 適応：肺癌，食道癌，直腸癌，前立腺癌など

# 運動照射法(1)

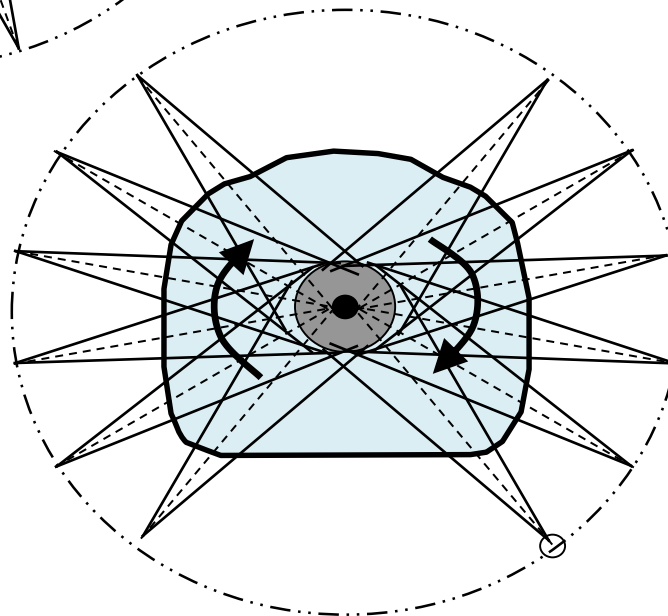
(i) 回転照射 (rotation therapy)  
(全回転照射)



(j) 振子照射 (arc therapy)  
(部分回転照射)



(k) 振子照射  
(部分回転照射)



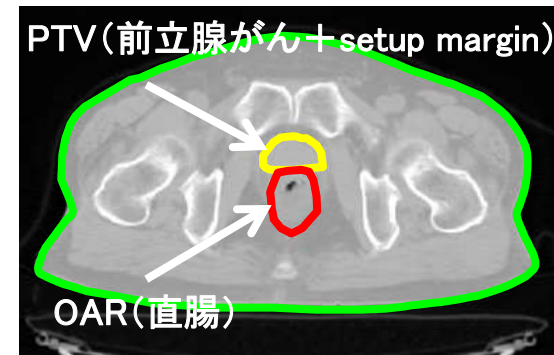
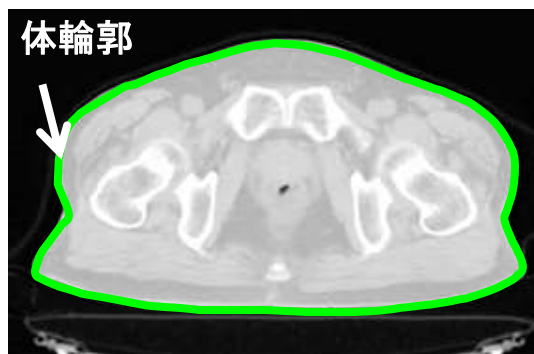
・運動照射(回転, 振子, 原体)はガントリ回転させながら照射する

・線源(○印)とアイソセンタ(●印)の距離=STD(SAD)は必ず一定の照射法である

# 治療計画の立案(前立腺がん治療の場合)

## ①体輪郭の定義

人体の輪郭(体輪郭)を定義する  
線量計算は体輪郭の内部で行われる

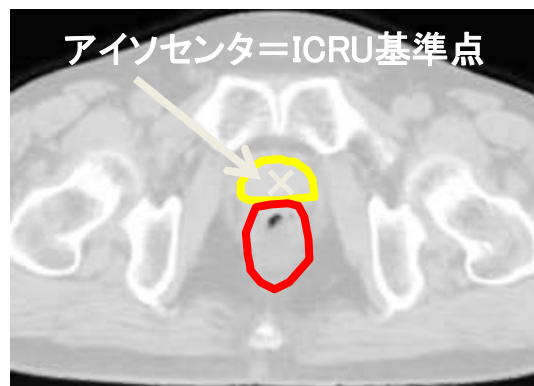


## ②各種体積の定義

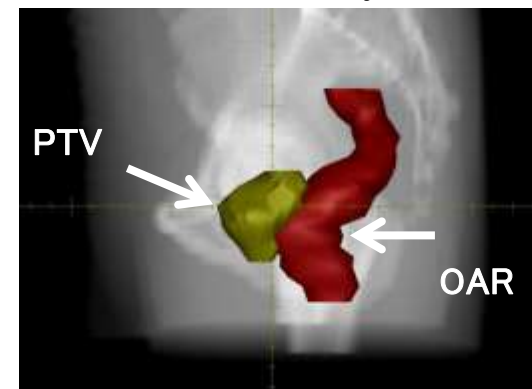
標的(PTV)とリスク臓器を定義する  
必要に応じてMRIやPET画像を参照する

## ③基準点の設定

アイソセンタ(回転中心)と、  
ICRU基準点(線量評価(基準)点)の設定

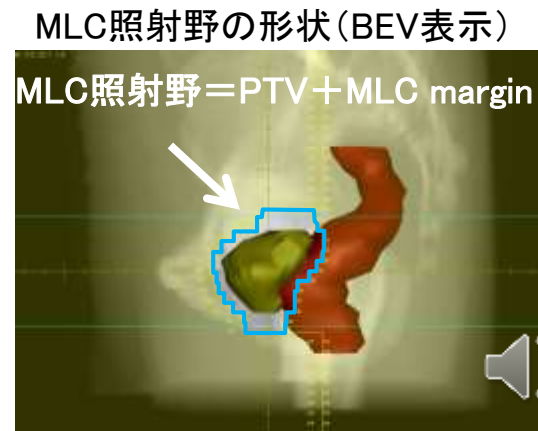
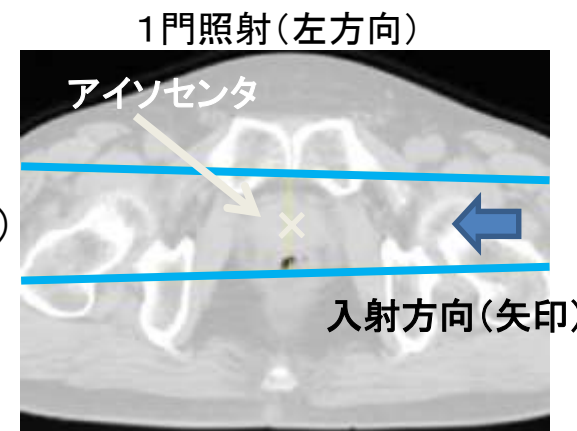


左方向のBEV(Beams Eye View)表示



## ④ビームの設定

照射方式(門数、回転照射等)、  
照射野の設定(コリメータ、MLC)、  
ガントリ角度とコリメータ角度、  
線量分布修正器具(くさびフィルタ、ポーラス等)

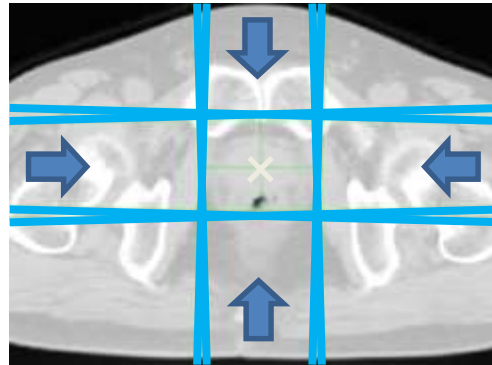


# 治療計画の立案(前立腺がん治療の場合)

## ④ビームの設定(前ページから続き)

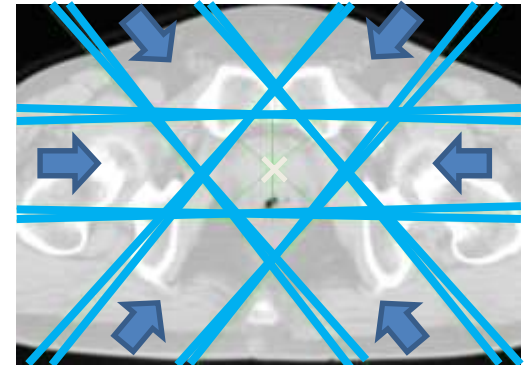
照射方式(門数、回転照射等)、  
照射野の設定(コリメータ、MLC)、  
ガントリ角度とコリメータ角度、  
線量分布修正器具(くさびフィルタ、ボラス等)

4門照射(前後左右)



4門照射の線量分布

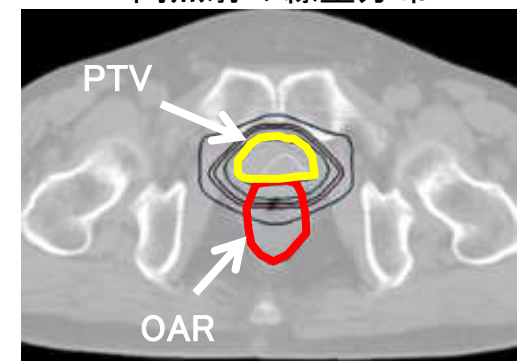
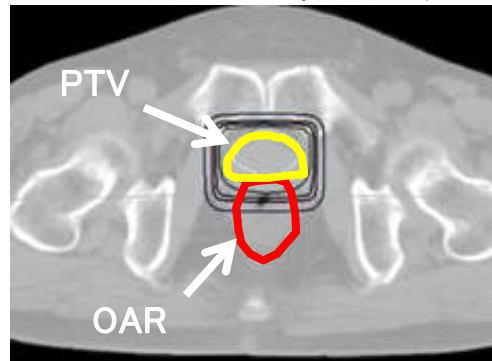
6門照射(左右2+斜入4方向)



6門照射の線量分布

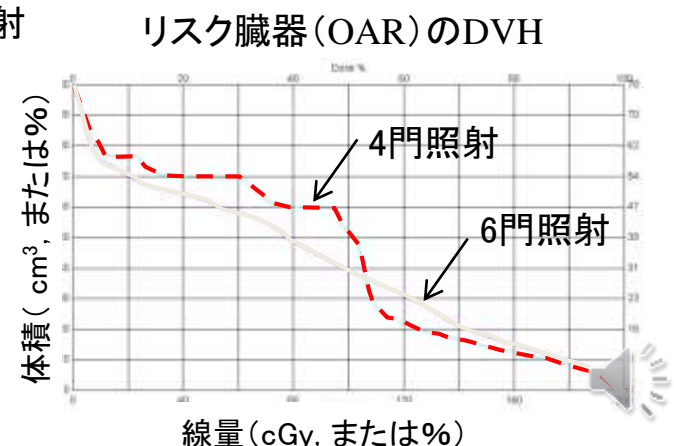
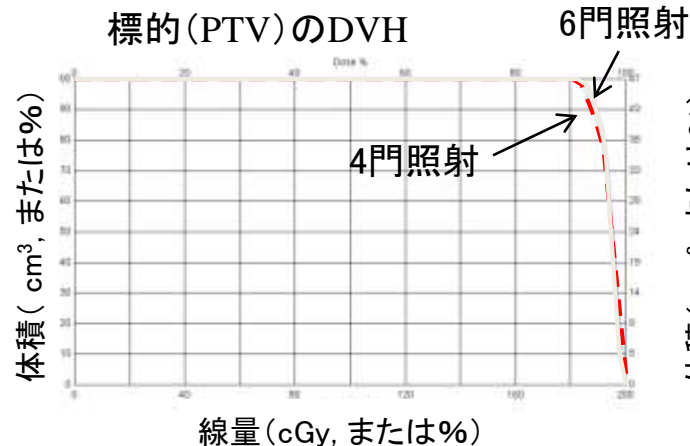
## ⑤線量の設定

総線量、1回線量、分割回数の設定



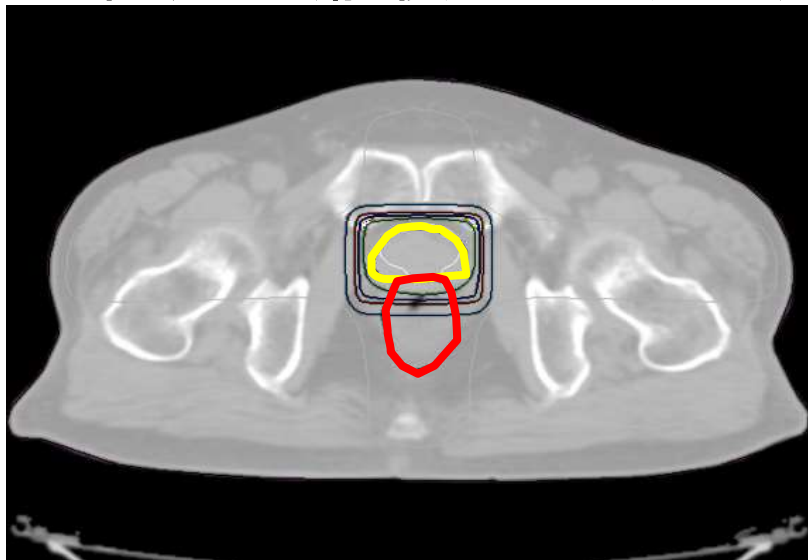
## ⑥線量評価

PTVへ十分な線量が与えられるか  
リスク臓器(OAR)の線量は最少か  
線量体積ヒストグラム(DVH)による  
比較も行う

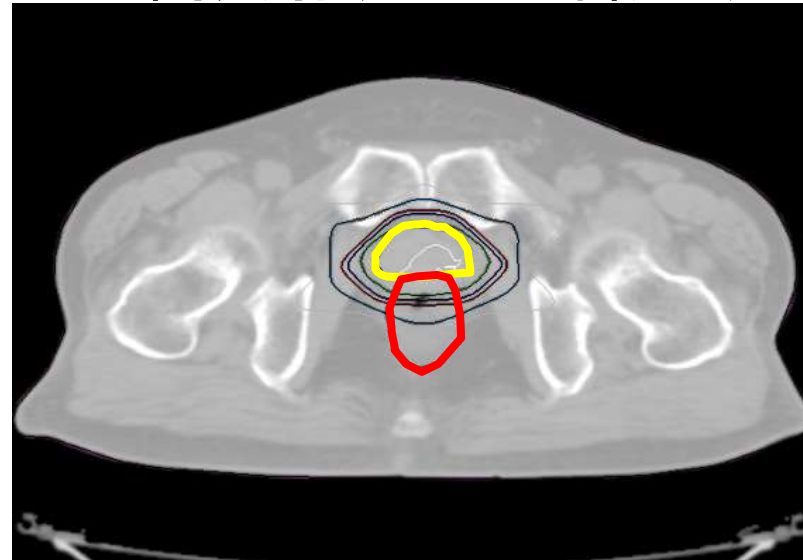


# 照射法の違いによる線量分布の比較

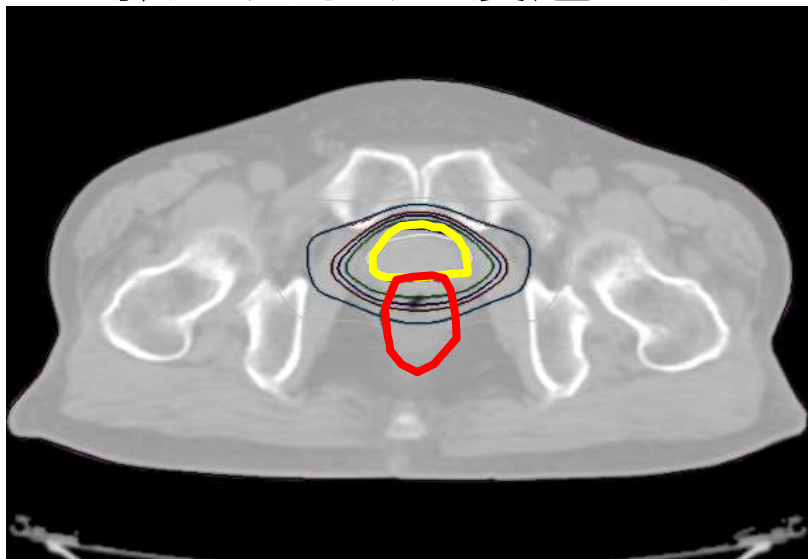
A. 4門照射(前後2左右2方向)



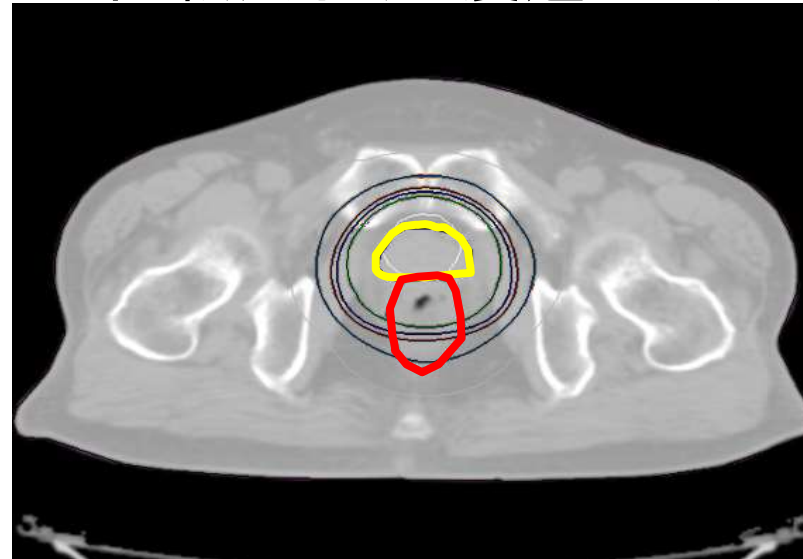
B. 6門照射(左右2+斜入4方向)



C. 振子照射(10度違い22方向)



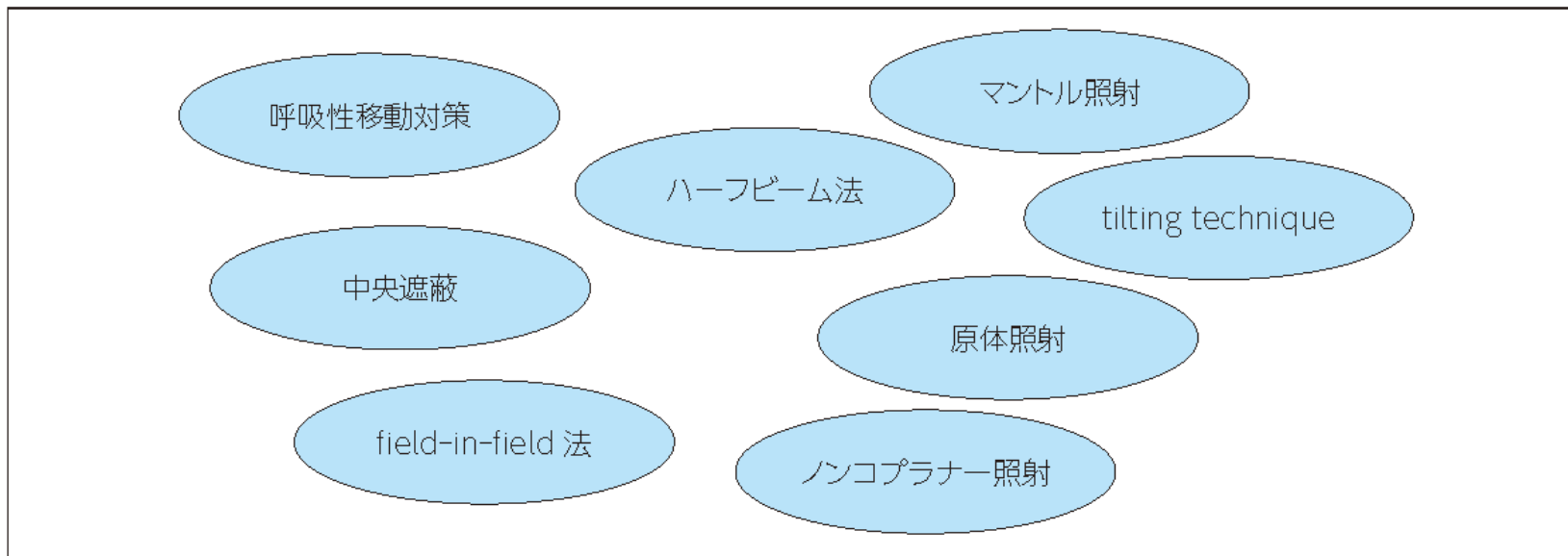
D. 回転照射(10度違い36方向)



## 2 照射技術

### 1 概要

#### ▲ 種々の照射技術

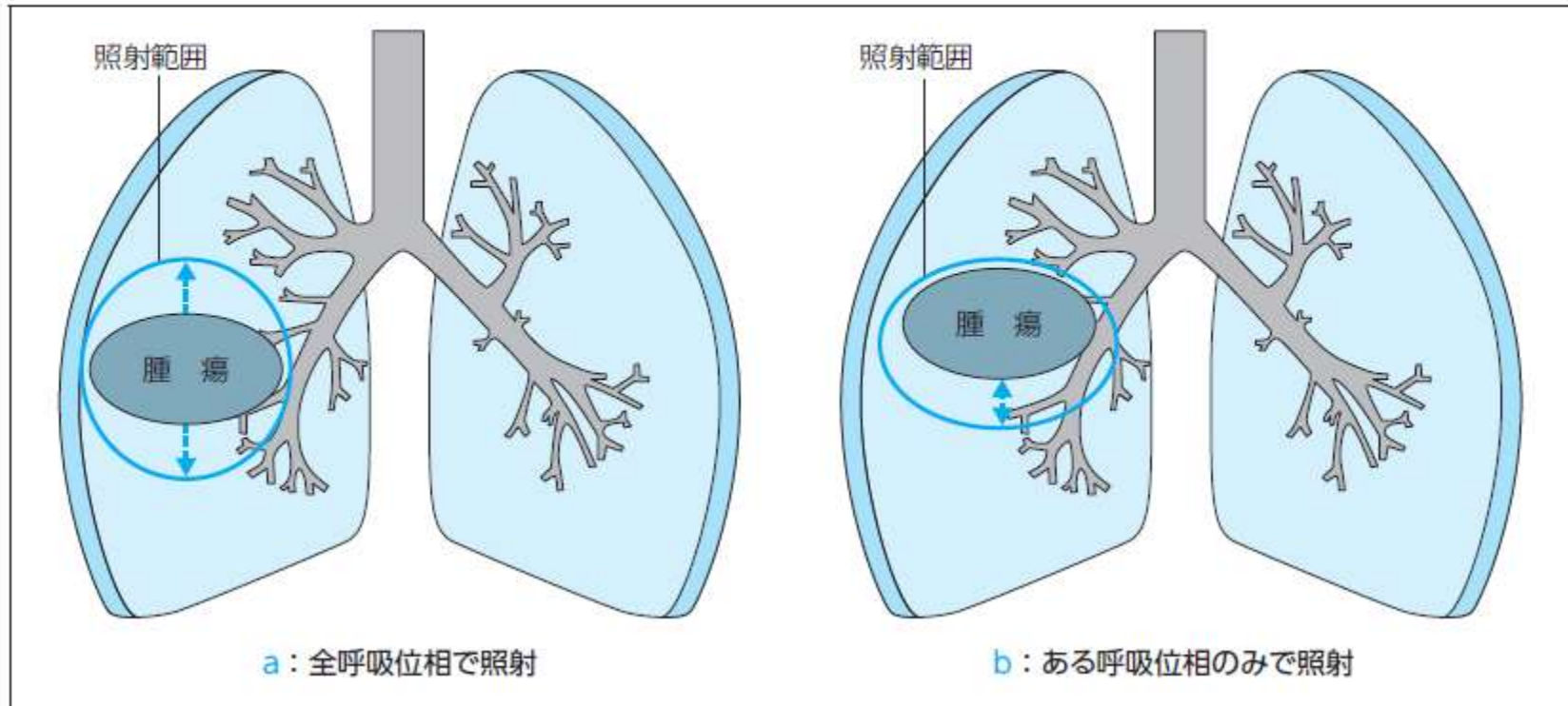


- 放射線治療には, 様々な照射技術が存在する
- 通常は図に示す照射技術を組み合わせることが多い

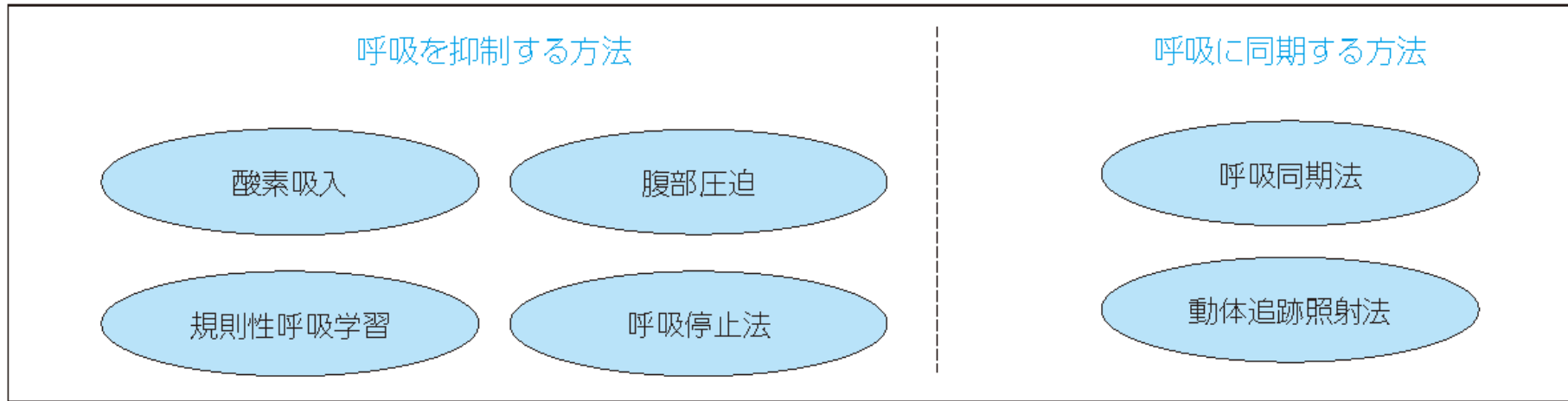


## 2 呼吸性移動対策

### ▲ 呼吸同期法における照射野サイズの比較



- 肺癌，膵臓癌，肝臓癌などでは，呼吸によって腫瘍の位置が変動する
- 腫瘍を照射野から外さないためには，十分に大きな照射野が必要である
- しかし，照射野が大きいと正常臓器にも放射線が照射されることになり，有害事象も大きくなる
- そのため，呼吸性移動対策を用いて照射野を縮小する
- 照射野を縮小する方法の一つに呼吸同期法がある
- (a)において全呼吸位相の間(呼気から吸気まで)腫瘍が外れないためには大きな照射範囲が必要となるが，呼吸同期照射法を用いて決まった呼吸位相のみで照射すると照射範囲を局限できる(b)

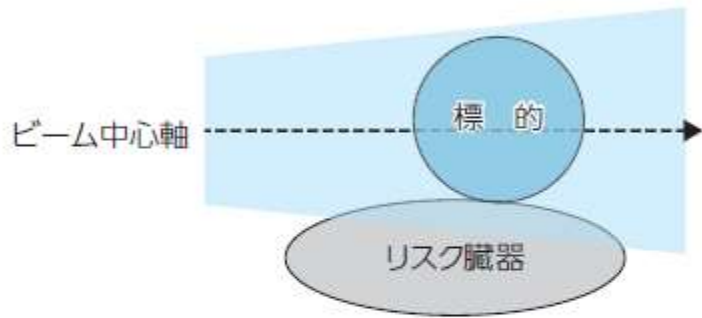


- 呼吸性移動対策には、  
「呼吸性移動自体を縮小する方法」「呼吸を抑制する方法」と「照射野を縮小する方法」「呼吸に同期する」がある
- 呼吸性移動自体を縮小する方法 **呼吸を抑制する方法**
  - 酸素吸入: 酸素を吸入し呼吸数や換気量を少なくする方法
  - 腹部圧迫: 腹部をバンドやシェルで固定し呼吸性移動を抑制する方法
  - 規則性呼吸学習(メトロノーム法): メトロノームなどを使用することで、深呼吸や浅呼吸などにならずに一定間隔で呼吸する方法
  - 呼吸停止法: 照射中に自発的な呼吸を停止することで呼吸性移動を抑制する方法
- 照射野を縮小する方法 **呼吸に同期する方法**
  - 呼吸同期法: 自由呼吸の中である位相のみで照射する方法。呼気終末相を用いることが多い
  - 動体追尾照射法: 追尾法と迎撃法に分けられる
    - 追尾法: 呼吸運動と腫瘍の位置関係を分析し、呼吸運動(腫瘍の位置)に合わせて照射野を移動して照射する方法
    - 迎撃法: 腫瘍または腫瘍近傍のマーカー等をX線透視し、マーカーが決められた位置を通過する時のみ照射する方法

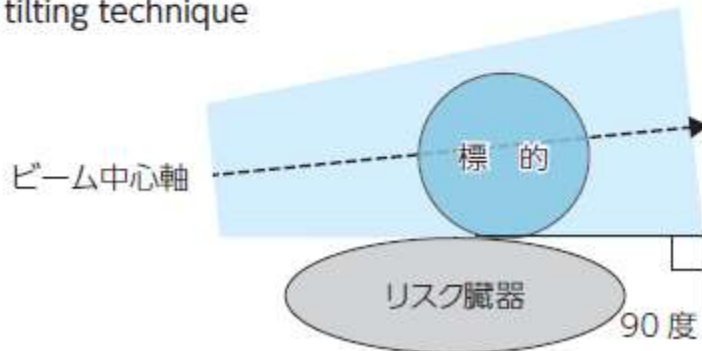
### 3 Tilting technique

#### ▲ tilting technique

a : 通常照射

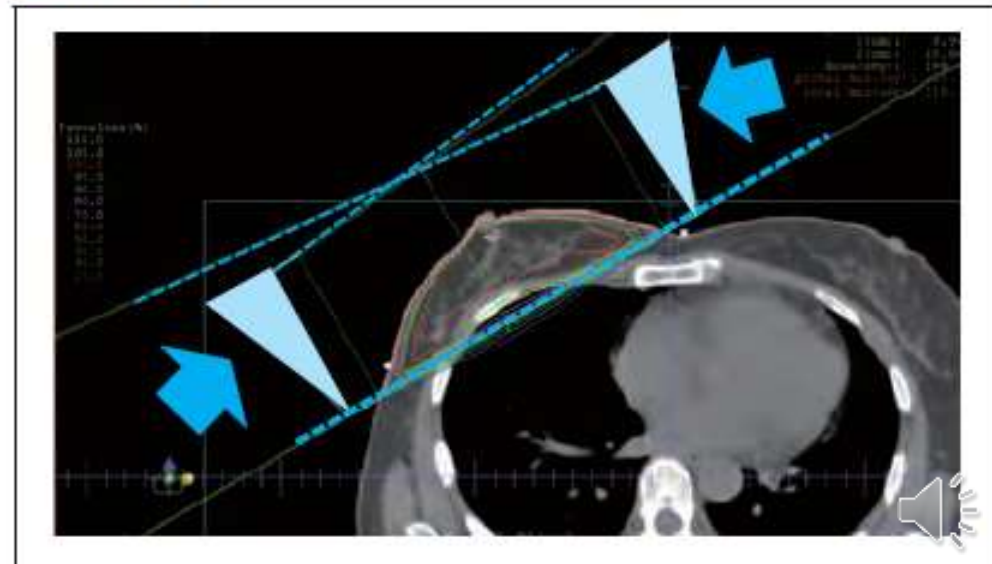


b : tilting technique



- ビームは扇状の広がりをもって照射されるため、図(a)のように標的に近接するリスク臓器にも照射される
- 図(b)のように軸を傾けると、標的に近接するリスク臓器への照射を避けることができる
- 適応: 全脳, 乳房など

#### ▲ 乳癌の実例

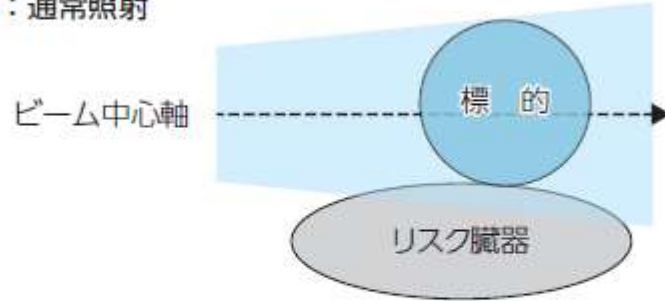


- 乳房の接線照射時に、近接するリスク臓器として肺が挙げられる
- ビーム軸を接線方向に入射すると、リスク臓器(肺)への照射が問題となるが、tilting technique (ビームを対向よりやや傾ける)を用いることで、リスク臓器(肺)への照射を避けることができる

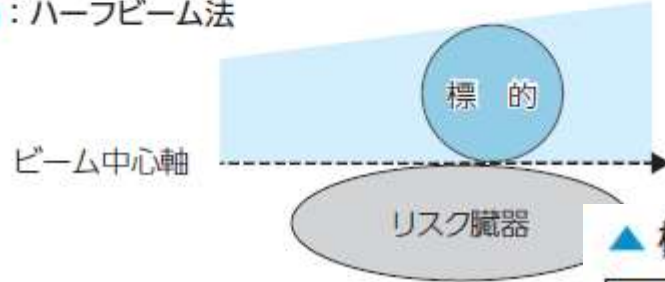
## 4 ハーフビーム法

### ▲ ハーフビーム法

a: 通常照射



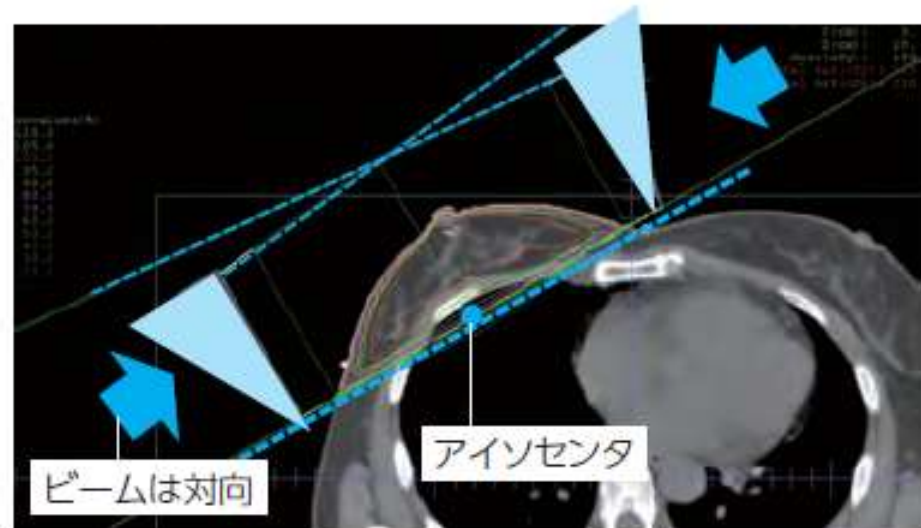
b: ハーフビーム法



- ビームは扇状の広がりをもって照射されるが、図(b)のように中心軸でビームの片側の照射野を遮ることで、照射面に対して垂直な広がりをもたないビームが形成される
- ビームの片側の照射野を遮る(ハーフビームにする)ことにより、標的に近接するリスク臓器への照射を避けたり、技術的問題を解決できる

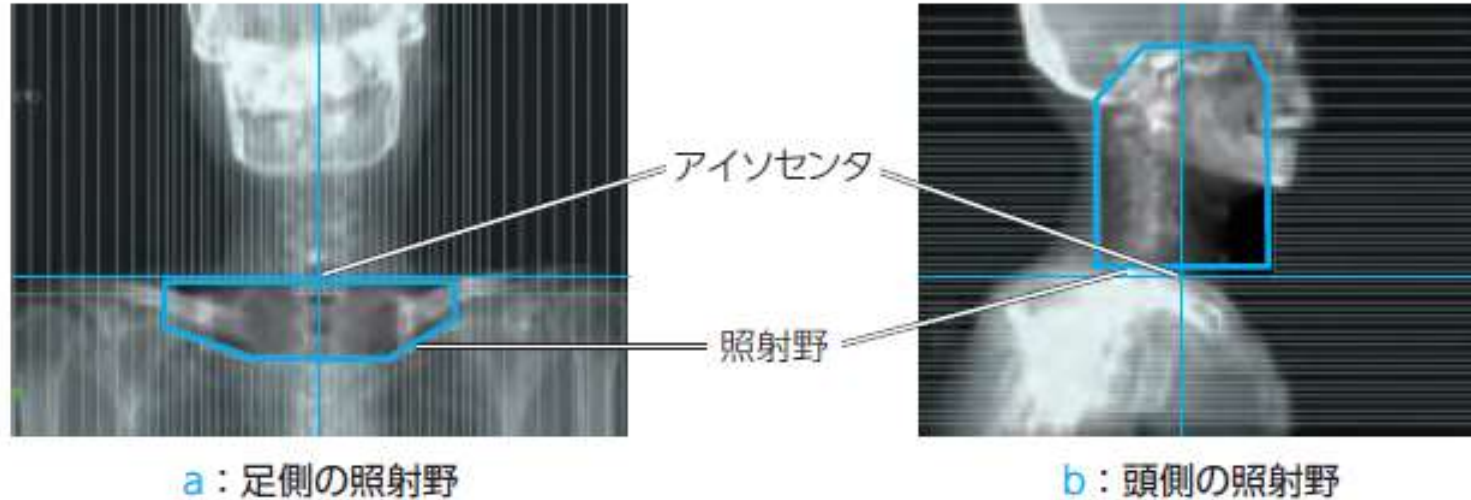
▲ 標的に近接するリスク臓器への照射を避けたい場合 (乳癌の実例)

- 乳房の接線照射時に、近接するリスク臓器として肺が挙げられる
- ビーム軸を接線方向に入射すると、リスク臓器(肺)への照射が問題となるが、ハーフビーム法を用いる(ビームの片側の照射野を遮る)ことで、リスク臓器(肺)への照射を避けることができる
- 適応: 全脳、乳癌など



# ハーフビーム法の実例

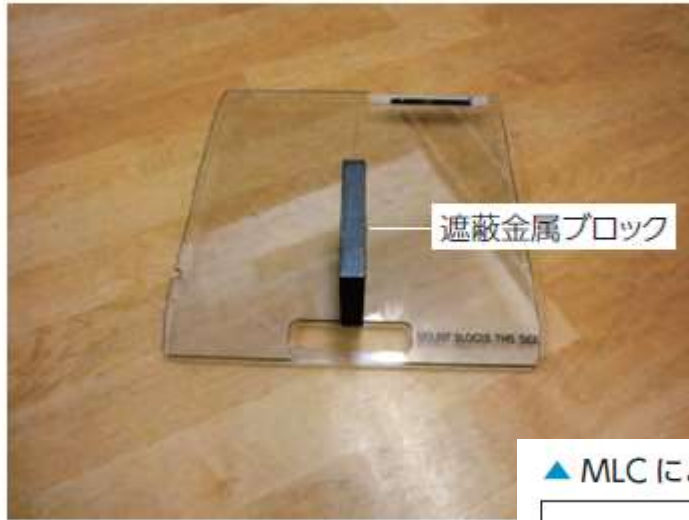
## ▲ 技術的問題を解決したい場合（上咽頭癌の実例）



- 上咽頭癌の場合，局所病変と上中部頸部リンパ節を含む領域（頭側）は左右から対向2門にて照射し，下部頸部リンパ節および鎖骨上窩リンパ節を含む領域（足側）は前後対向2門または前側一門照射にて治療を行う
- 頭側へは顎などが存在するため，左右からの照射が効率良く，足側への照射は肩が存在するため，前後からの照射となる
- それぞれのビームが近接する場合は，扇状に広がるビームに重なりが存在して線量過多となる
- ハーフビーム法を用いることで，2つの照射野接合部の線量が均一になる
- 図はハーフビームを用いた治療の照射野，十字（青線）の交点がアイソセンタを示す
- 適応：主に頭頸部癌

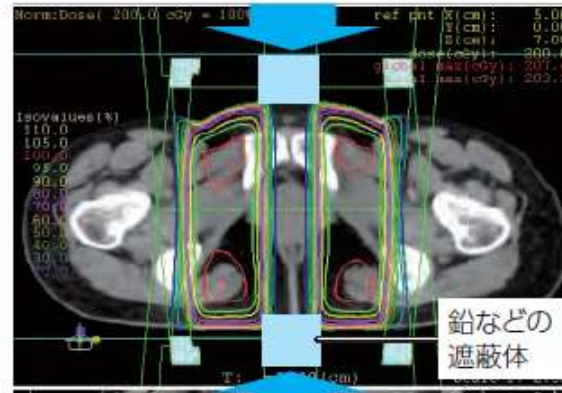
## 5 中央遮蔽 (center split field)

### ▲ 遮蔽金属ブロックによる中央遮蔽

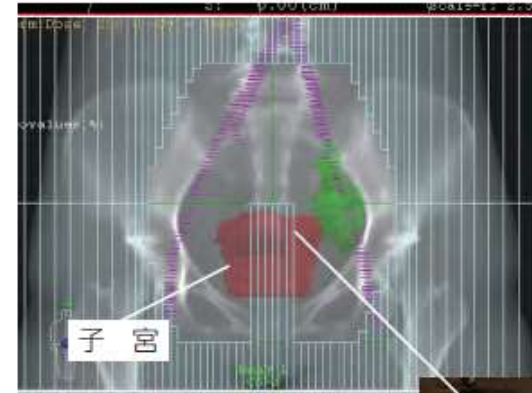


- 密封小線源を併用した子宮頸癌の外部照射では、照射野の中央を遮蔽金属ブロックやMLCで遮蔽する中央遮蔽が行われる(通称:センターブロック)
- 照射野内の一部の線量を下げるのに有効である
- 適応: 子宮頸癌, 喉頭ブロックなど
- 密封小線源を併用した子宮頸癌では、直腸障害を予防するために中央遮蔽が行われる

### ▲ MLC による中央遮蔽 (子宮頸癌の実例)



a: Transverse 画像



b: 照射野

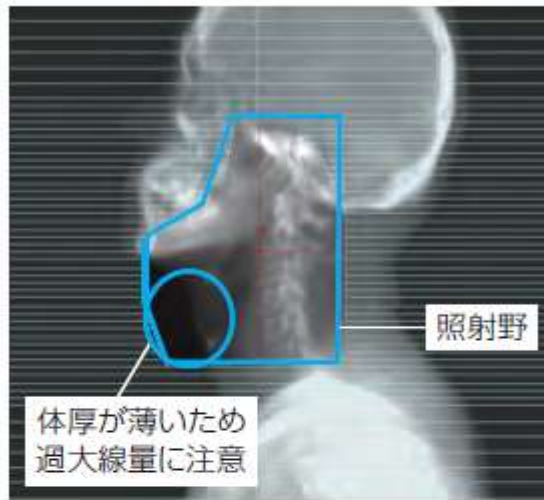


MLCによる遮蔽

- 前後からの照射に対して中心をブロック(水色四角)しているため、ブロック後方の線量が低くなる(a)
- (b)は前方からの照射野を表し、MLCを用いて子宮近傍に存在する直腸の線量を低減している

## 6 Field-in-field

### ▲ field-in-field



a : 大照射野

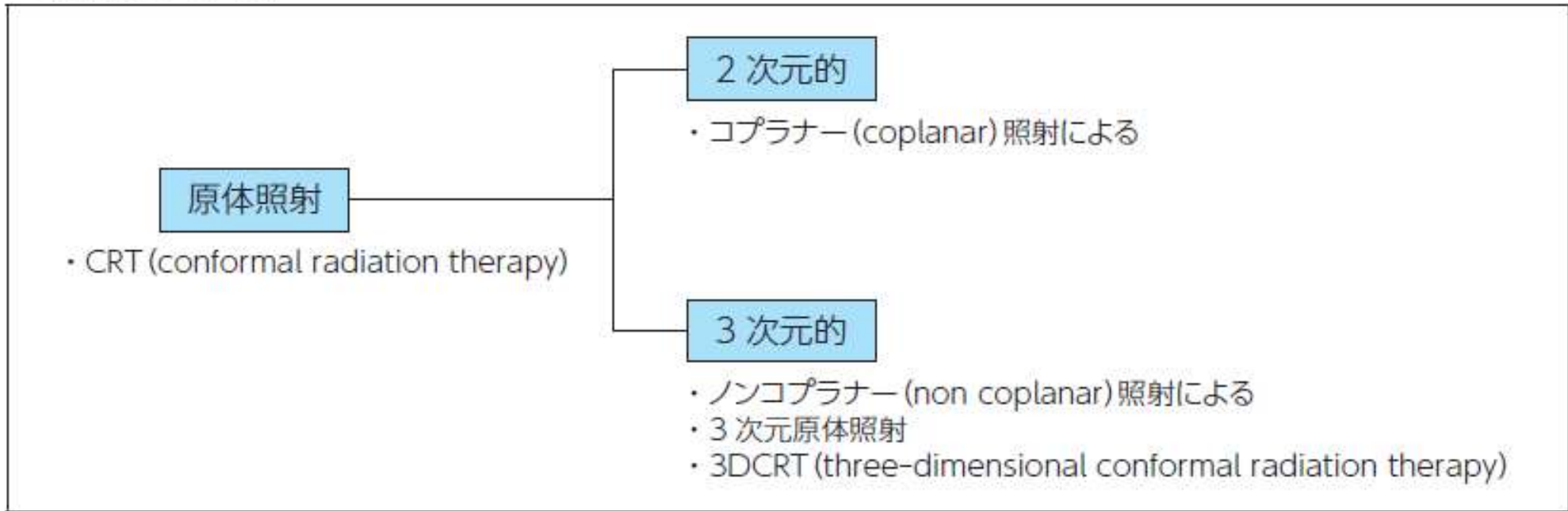


b : 小照射野

- 同じガントリ角度から、大照射野(大フィールド)と小照射野を用いて照射する方法
- 照射野(フィールド)内の線量の強弱をつけたい場合や、過不足を平坦化する際に用いる。ウェッジフィルタを使用する場合と同様の効果が得られる
- ウェッジフィルタと異なるのは、特定のガントリ角度からフィールド内において線量分布の強弱を任意に作り出せる点である
- 大照射野と小照射野を同じ方向から照射することで、過大線量域や過小線量域を抑えることが可能となる
- 図では、側方から照射を行うと喉頭付近の体厚が他に比べて薄いために過大線量となる
- 大照射野(a)で広範囲に照射を行い、小照射野(b)で過大線量域をカットすることで、均等な線量を投与できる
- 適応: 乳房, 頸部など

## 7 原体照射

### ▲ 原体照射の種類



- 原体照射の定義は、「複雑な病巣の広がり、できる限り一致した高線量域を形成するとともに、病巣周囲の正常組織への被ばくを、最小限度に抑えるように工夫された照射法」とされている
- 病巣に線量を集中させる方法は、MLC(可変絞り装置)が主流である
- 原体照射は2次元的に照射する場合と3次元的に照射する場合に分けられる
- 2次元的に照射する方法として、コプラナー照射がある
- 3次元的に照射する方法として、ノンコプラナー照射があり、これをとくに3次元原体照射や3DCRTという



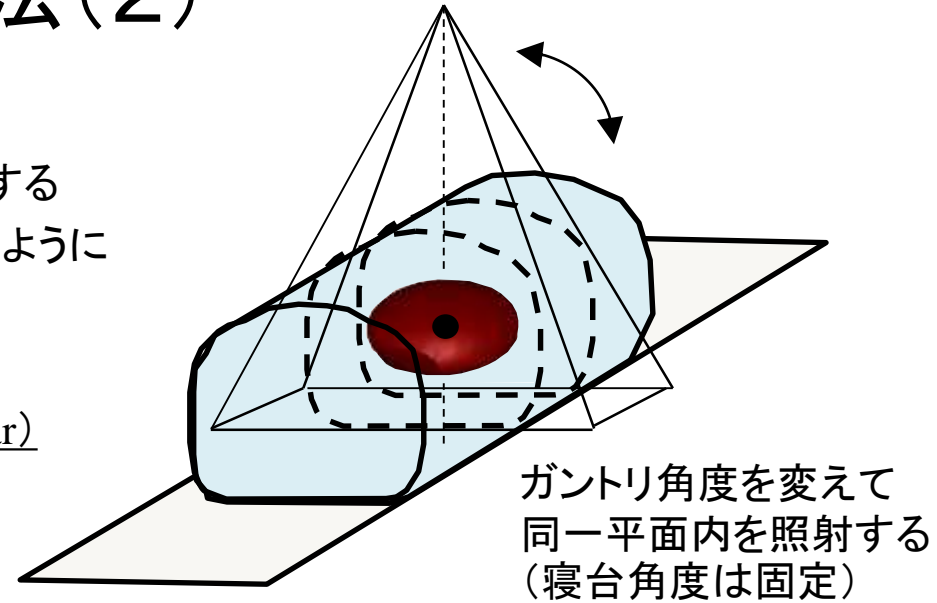
# 運動照射法(2)

## (1)原体照射 (conformation therapy)

「複雑な病巣の広がりにはできる限り一致した高線量域を形成するとともに病巣周囲の正常組織への被ばくを最小限度に抑えるように工夫した照射法」(固定照射と運動照射のどちらもある)

### (1-1)二次元的原体照射=コプラナー照射(同一平面:coplanar)

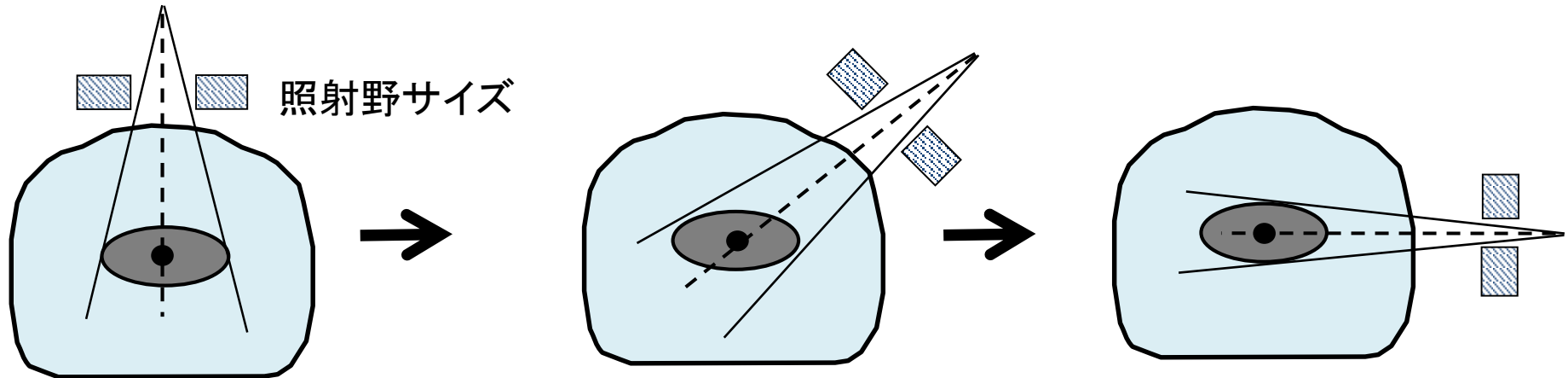
ガントリ角度ごとに照射野の開度(大きさ)を制御し常にターゲットに一致した照射野を維持して照射する  
このとき寝台角度は変えない



ガントリ0度

ガントリ45度

ガントリ90度



- 照射野サイズはガントリ角度によって順次変化する(ターゲットの大きさに一致するように照射野サイズが変わる)

# 運動照射法(3)

(1-2) 三次元的原体照射 = ノンコプラナー照射 (非同一平面 : non-coplanar)

(three-dimensional conformal radiation therapy : 3D-CRT ということもある)

寝台角度を変えてビーム相互の重なりを避ける照射法

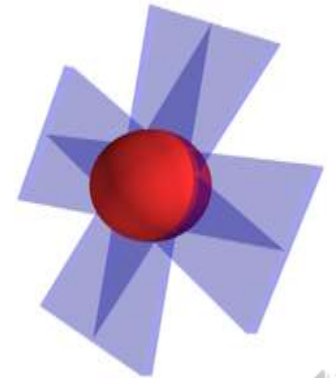
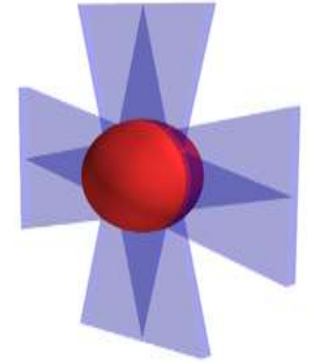
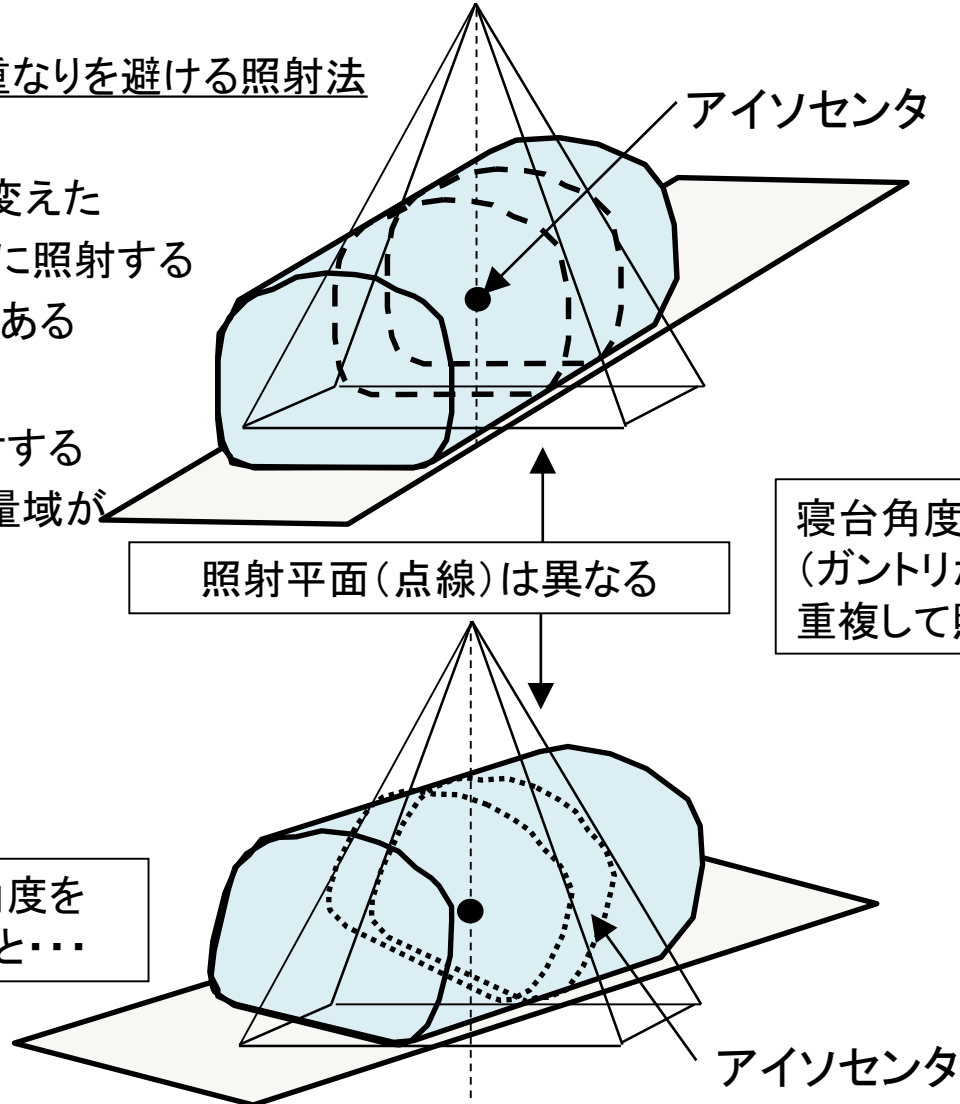
寝台角度とガントリ角度を様々に変えた  
ノンコプラナー照射は非同一平面に照射する  
ため高線量域が生じにくい利点がある

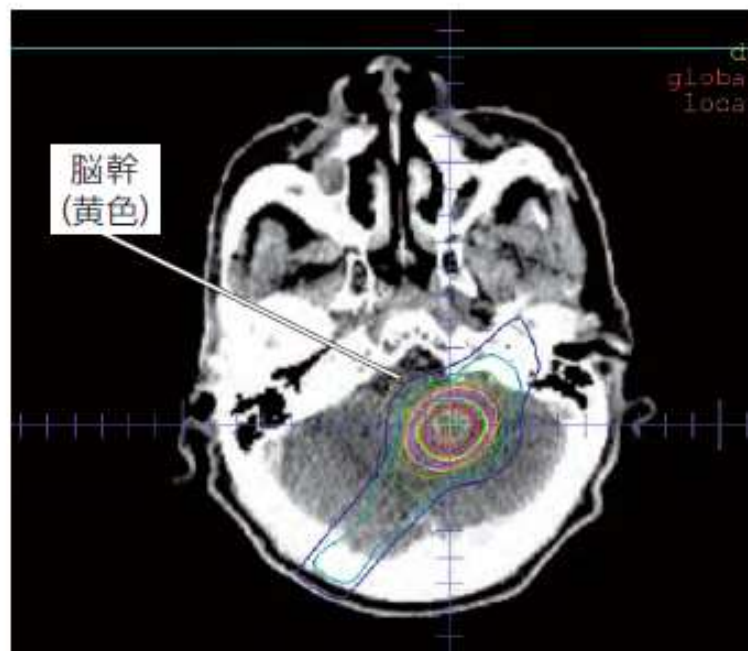
コプラナー照射は同一平面に照射する  
ため、ビームの重なりによる高線量域が  
生じやすくなるのが欠点である

照射平面(点線)は異なる

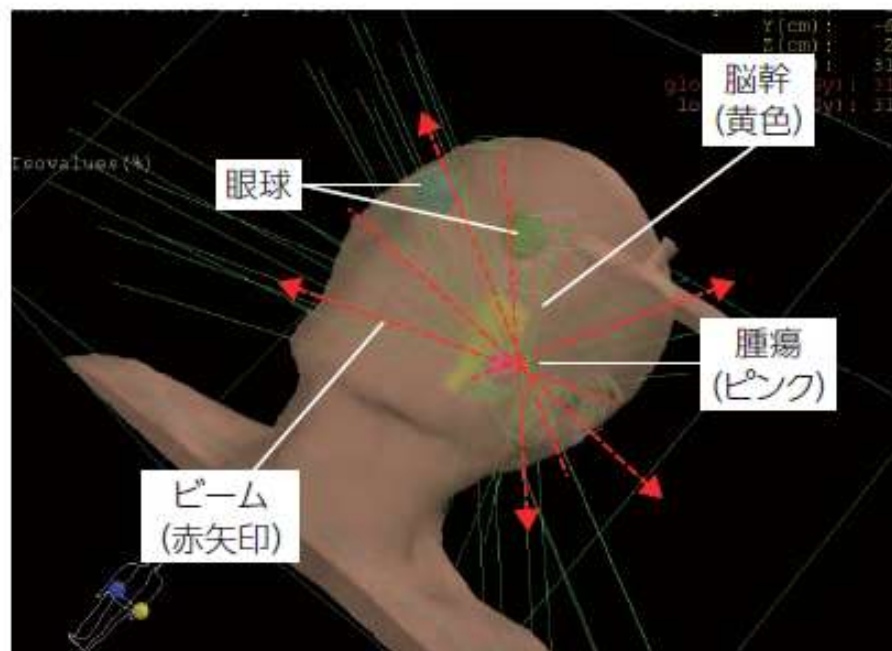
寝台角度を  
変えると...

寝台角度を変えることで照射平面  
(ガントリが回転する面)が変わり  
重複して照射される体積が減る





a : Transverse 画像



b : 3D 画像

- 6~10 MV X線を用いて回転照射やノンコプラナー照射によって照射される
- 脳腫瘍における定位放射線治療(SRT)はセットアップマージンが1~2 mm程度であるため高精度な位置合わせが要求される
- 着脱可能な固定具システムを用いることが多い
- 図は脳幹(リスク臓器)に近接した脳腫瘍に対するSRTである
- 平面照射のみでなく、頭頂方向から回転照射などを用いて、脳幹への線量を低減している
- SRTでは1回大線量がいられることから、リスク臓器への照射に対して特に注意が必要である
- リスク臓器:脳幹, 眼球, 視神経, 視交叉, 水晶体, 中耳など

## ▲ ノンコプラナー照射の概要

a: コプラナー照射

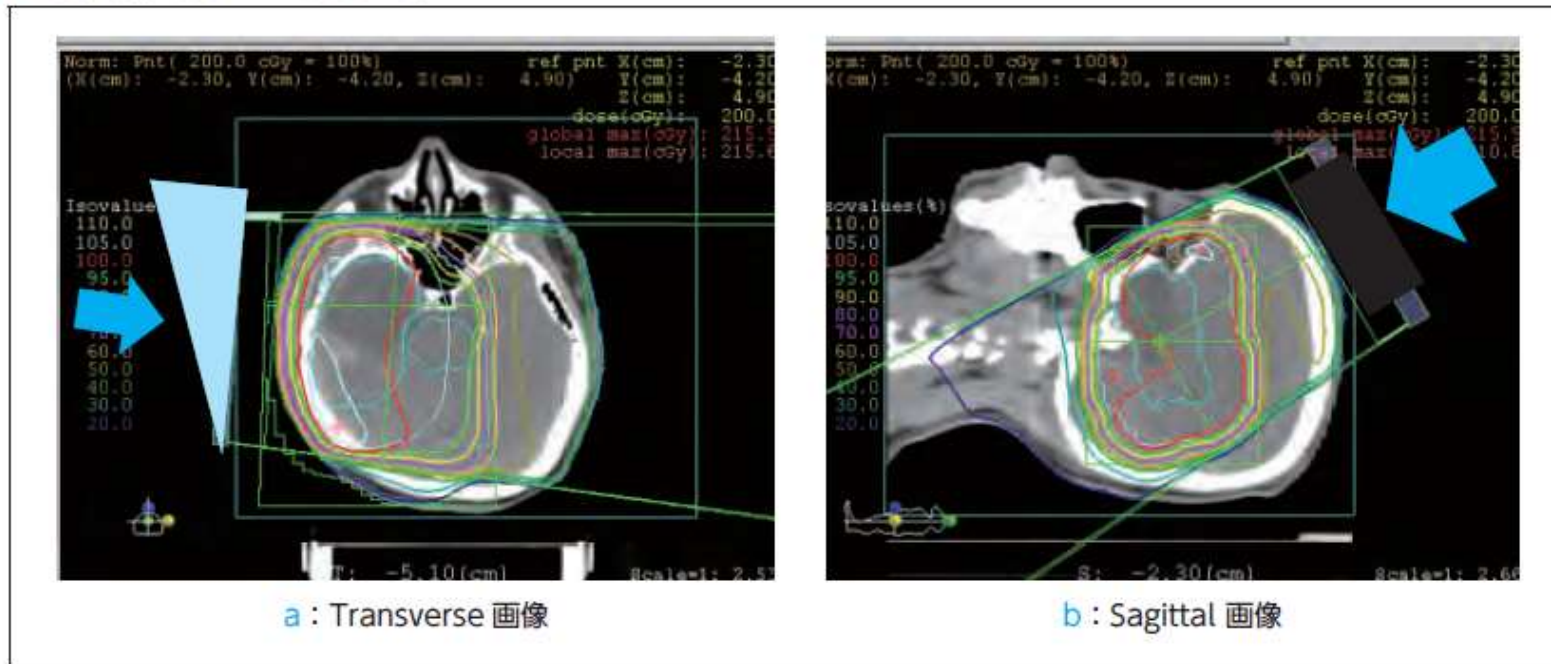


b: ノンコプラナー照射



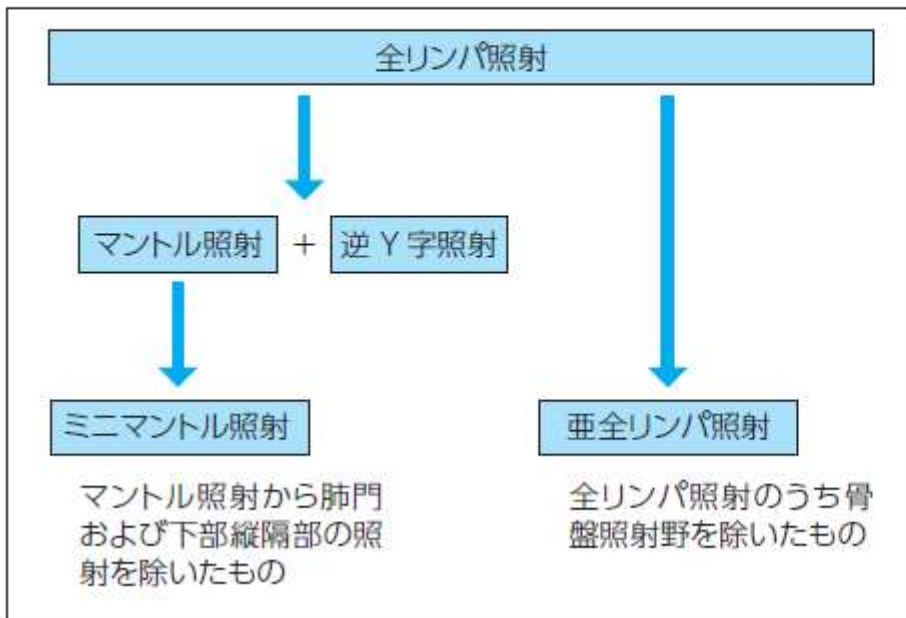
- 通常, ガントリは患者の体軸に対して同一平面上を回転して照射を行う. これをコプラナー照射という(a)
- コプラナー照射に対し, 治療寝台(患者の体軸)の向きを変え, ガントリを回転させると3次的にあらゆる方向から照射が可能になる. これをノンコプラナー照射という(b)
- ノンコプラナー照射によって行われる原体照射を3次元原体照射という
- ノンコプラナー照射は, 多方向から3次的に照射することで, コプラナー照射に比べ, 周囲の正常組織への線量を抑えながら, 標的への線量を集中させることが可能である
- 特に, 横断面(同一平面)でターゲットがリスク臓器に周囲を囲まれているときに有効である
- SRTで用いられることが多い
- 適応: 頭部, 肝臓, 肺など

## ▲ 悪性神経膠腫の治療計画例

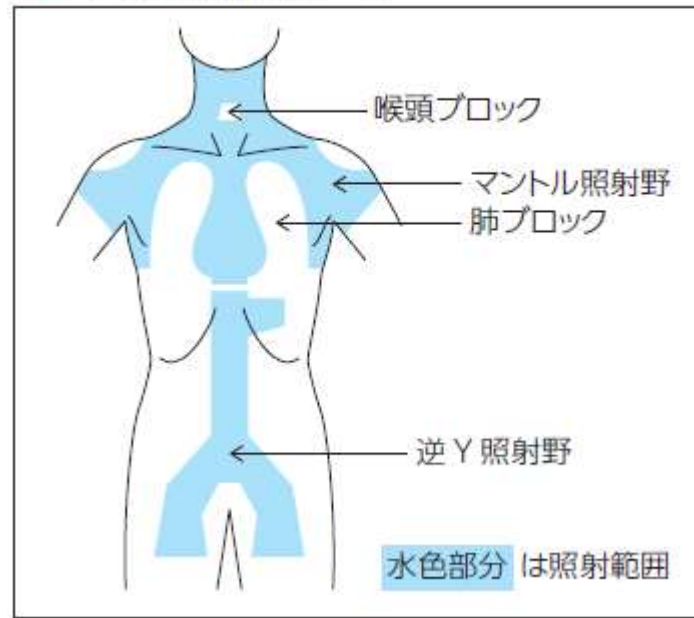


- 4～10MV X線を用いる
- シェル固定を原則とする
- 拡大局所照射野(GTVに対して浸潤などを考慮した比較的広い照射野)へ照射開始後, 局所照射野(主にGTV)に局限して照射を行う
- 腫瘍や正常組織の位置関係により, 2門照射, 多門照射, 回転照射などが用いられる
- 線量の均一化のためにウェッジフィルタやfield-in-field法を使用することが多い
- ノンコプラナー照射も多く用いられる
- 図は, ウェッジフィルタを用いた, 頭頂からのビームを含むノンコプラナー照射である
- 本治療計画では, 脳幹線量を下げるためにノンコプラナー照射が用いられている
- 60 Gy/30回/6週が推奨される
- リスク臓器: 眼球, 視神経, 視交叉, 中耳, 脳幹など

▲ マントル照射の分類



▲ マントル照射と逆Y字



マントル(mantle)の意味はマント, 覆い, 覆い隠す, など

マントル照射→悪性リンパ腫(malignant lymphoma)に対する放射線治療で用いる(p.213のcolumn)

マントル照射の種類

- マントル照射: 頸部・鎖骨上窩・腋窩・肺門・縦隔のリンパ節を含む大照射野. 正常肺組織を避けるために肺ブロックや喉頭ブロックを使用
- ミニマントル照射: マントル照射から肺門および下部縦隔部の照射を除いたもの
- 逆Y字照射: 下半身のリンパ節(傍大動脈, 骨盤内, 鼠径, 大腿リンパ節を含めた領域)が対象
- 全リンパ照射 (total lymphoid irradiation : TLI) : マントル照射 + 逆Y字照射
- 亜全リンパ照射: 全リンパ照射のうち骨盤照射を除いたもの

## 小テスト

問題1 直線加速器によるX線照射で関係ないのはどれか。

1. 散乱フィルタ(散乱箔)
2. 平坦化用フィルタ
3. くさびフィルタ
4. 原体照射
5. IMRT(強度変調放射線治療)

問題2 リスク臓器の線量低減の方法で誤っているのはどれか。

1. 不整形照射野
2. 楔状フィルタ
3. 斜入二門照射
4. ノンコプラナ照射
5. 強度変調放射線治療( IMRT )

問題3 照射法とセットアップ法の組合せで誤っているのはどれか。

1. 運動照射 ————— SAD一定法
2. 固定照射 ————— SSD一定法
3. ノンコプラナ照射 ————— SSD一定法
4. X線照射 ————— SAD一定法
5. 電子線照射 ————— SSD一定法