



モンテカルロシミュレーションによる放射線治療施設設計の最適化(2) —トモセラピー装置への適用—

研究・開発機関 : 株式会社HATC、アキュレイ株式会社
 利用施設 : FOCUSスパコンA、H、Zシステム
 計算規模 : 計算時間 約20時間
 利用ソフトウェア : PHITS (Particle and Heavy Ion Transport Code System)

Before

- 従来は簡易計算式を用いて治療施設からの漏えい線量評価を行っていたため、安全性の余裕を見込んだ治療時間の制約や過剰な厚さのコンクリート遮へいを必要とせざるを得ませんでした。
- モンテカルロ法を用いることでトモセラピー装置の特徴である回転照射の評価を模擬することができますが、十分な精度を得るには膨大な計算時間を必要としていました。

After

- 回転照射を模擬した3度毎に120か所からエックス線を発生させたケースに対し、モンテカルロ法とFOCUSスパコンを組み合わせることで、計算時間の大幅な短縮を実現しました。
- 計算の時間短縮や精度向上により、既設治療施設での使用時間の増加だけでなく、従来計算法では求解できず設置判定が不可能であった施設にも判定ができ装置の導入が可能となりました。

背景と目的

高精度放射線治療装置の一種であるトモセラピーとは、従来の放射線治療装置とは異なり、CT装置のように患者さんの周りを回転しながらエックス線を照射します。(図1)

実際の照射は、360度あらゆる角度から、あらゆる形に対応して放射線の強度を変えながら照射します。この照射方法によって病変に集中して多くの放射線を照射することが可能になります。

また、本装置は照射技術だけでなく、安全精度技術の向上も同時に図れる装置です。治療直前に装置本体でCT撮影を行い、照射位置のずれを三次元的に補正し、より精度の高い治療を行うことが可能となりました。さらに、従来の装置では数回に分けて照射しなければならぬ広い範囲の治療においても、CTの技術を応用して寝台を移動しながら連続的に照射を行い、より広い範囲の照射を、安全にスムーズに行うことが可能となります。

このトモセラピー装置は、厚さ2mのコンクリート壁、鉄板のコンクリート壁への挿入や鉛板を挿入した出入口扉、迷路のような構造の治療施設内に設置されています。このような治療施設からの漏えい線量を精度よく計算することが、適切な治療時間の確保や遮へい設計の最適化、すなわち建設コストに大きな影響を与えます。

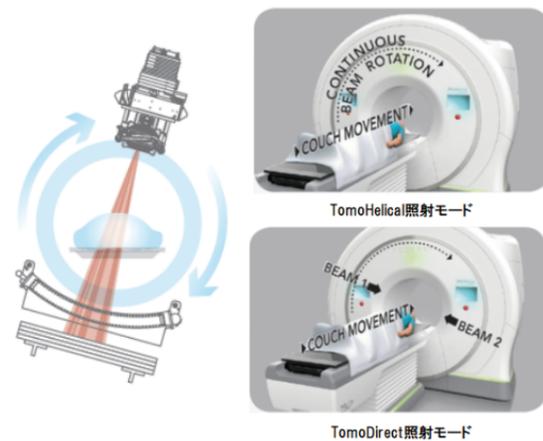


図1 トモセラピー装置

利用成果

トモセラピー治療施設とエックス線粒子発生装置を図2に示します。モンテカルロシミュレーションにより図2右上に示す120カ所(360度の3度ごと)の位置から発生したエックス線粒子がいろいろな構造材(空気・コンクリート・鉄板・鉛板など)と散乱や吸収という相互作用を繰り返しながら治療施設から漏えいするまでを追跡します。

図3と図4にモンテカルロシミュレーションで計算された治療室内と遮へいコンクリートから漏えいした放射線量分布を示します。

これらは1000億個のエックス線粒子を追跡した計算結果です。施設すなわち管理区域からの漏えい線量は、管理区域の境界から飛び出した粒子数を計数(タリー)することで評価するため、精度は追跡した全粒子数(ヒストリー数)に依存します。今回の場合、従来、10日程度必要としていた計算時間がFOCUSスパコンを用いることにより約20時間で結果を得ることができるようになりました。

その結果、使用時間や治療施設の形状を変更した時の漏えい線量評価が実用的な時間内でできるようになり、治療施設設計の最適化が容易に行えるようになりました。

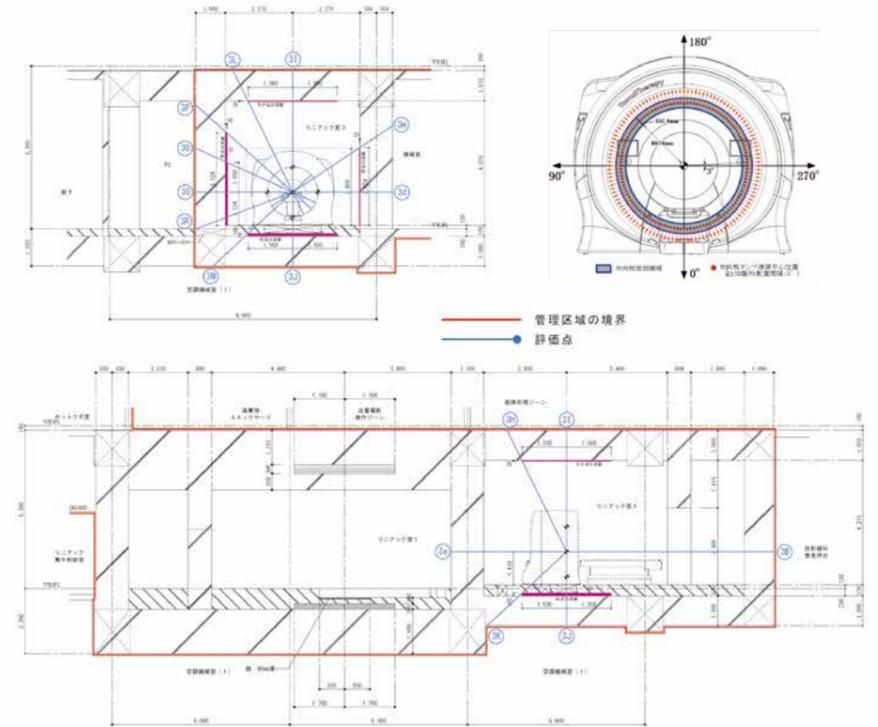


図2 トモセラピー治療施設とエックス線粒子発生装置の位置

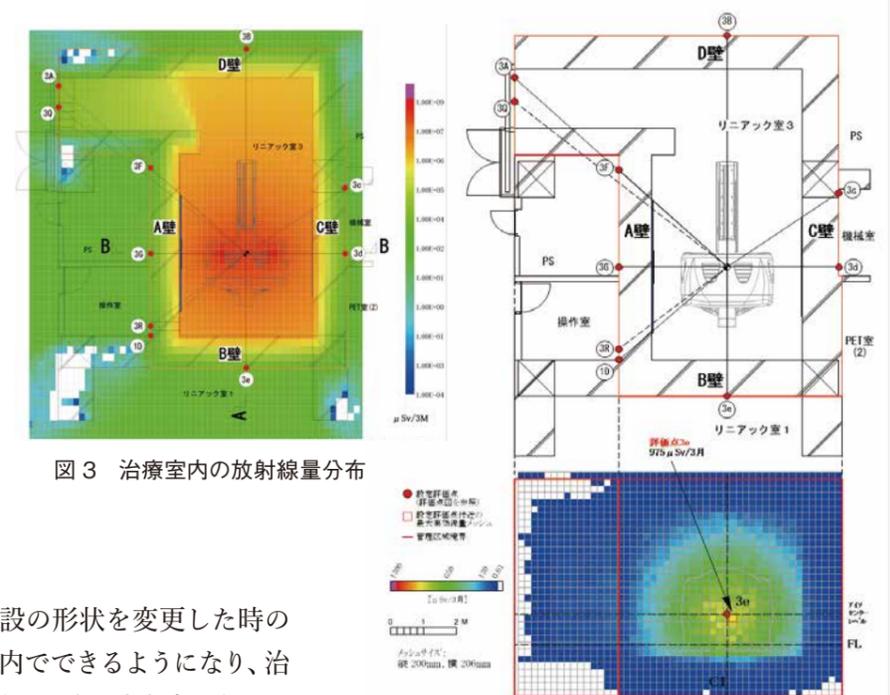


図3 治療室内の放射線量分布

図4 B壁面での放射線量分布

文責 株式会社HATC 小川 喜弘

出典: モンテカルロシミュレーションによる放射線治療施設設計の最適化、FOCUS 事例集、2018