



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

研究・開発機関 : 近畿大学 総合社会学部、日本アキュレイ株式会社
 利用施設 : FOCUSスパコン H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

- 放射線を利用した治療施設からの漏えい線量評価は、簡易計算式や経験式を用いて行われてきたため、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。
- この問題を解決するためには、モンテカルロ法により3次元の輸送計算問題を解く必要がありましたが、十分な統計精度を得るためには膨大な計算時間を必要としていました。

After

- FOCUSスパコンを利用することによって、計算時間を大幅に短縮することが可能となり、モンテカルロ法による施設からの漏えい線量評価の精度を改善することができました。
- 計算結果の精度向上にともない、遮へいコンクリートの厚さを適切に評価することができ、施設設計の最適化や建設コストの大幅な削減が行えるようになりました。

背景と目的

ロボットアームに小型のリニアック(6 MeVに加速した電子線を標的に衝突させることにより엑스線を発生する装置)を載せた放射線治療装置であるサイバーナイフは、標的の位置をリアルタイムに検出し、約100から200点の多方向から엑스線を照射・集中させることによって、効果的ながん治療を実施することが可能です。図1に示すように、標的の位置は一對の엑스線撮影装置を用いて逐次検出しているため、標的が移動した場合にも、照射の目標位置が迅速に自動修正されることが最大の特徴です。呼吸性移動を伴う臓器内の腫瘍であっても、正確に追跡することができるため、標的を外すことなく、標的以外への照射が少ない装置です。

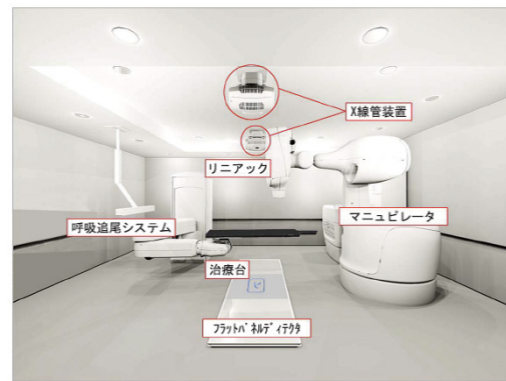


図1 サイバーナイフ

このような放射線治療装置は、厚さ約2mのコンクリート壁、鉄板を挿入した出入口扉、放射線を多数回散乱させてエネルギーや線量を減衰させるために迷路のような構造の治療室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、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。

利用成果

サイバーナイフ治療施設と頭部治療用に使用する照射位置(赤点 179カ所)を図2と図3に示します。モンテカルロシミュレーションでは、179カ所の照射位置から発生した엑스線粒子が治療施設を構成するいろいろな物質(空気、コンクリート、鉄板など)と相互作用(散乱、吸収)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4と図5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。多方向から照射された標的位置での放射線量が最も高く、標的位置から離れるにつれて放射線量が減少し、通路である迷路やコンクリート壁内で放射線量がさらに減少していることがビジュアルに表示されています。엑스線が照射される方向のコンクリート壁の場所からだけ엑스線が漏えいしており、照射されない方向には全く漏えいしていないことが容易に分かり、漏えい線量の視覚的な評価ができます。

これらは50億個の엑스線粒子を追跡した計算結果です。最終的に施設からの漏えい線量は、漏えいした粒子数を計測することにより評価するため、計算結果の精度は追跡した全粒子数(ヒストリー数)に大きく依存します。従来、数日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十数時間で解析結果を得ることができるようになりました。さらに、遮へいコンクリート厚さを適当に変えることにより、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。

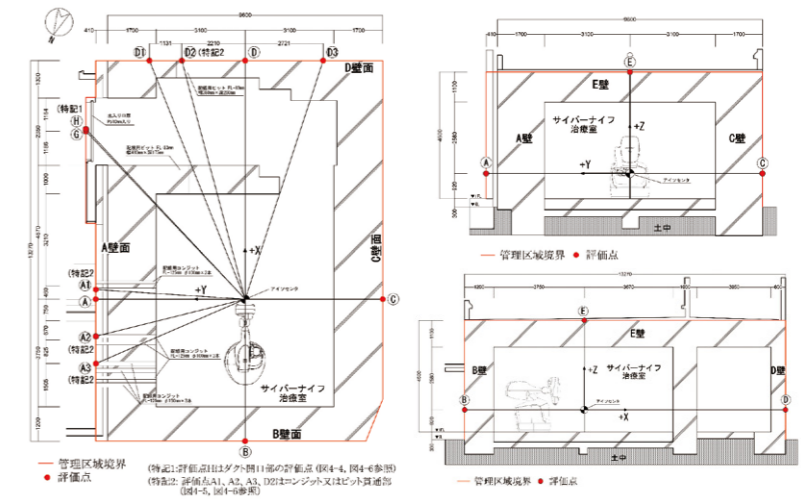


図2 サイバーナイフ治療施設

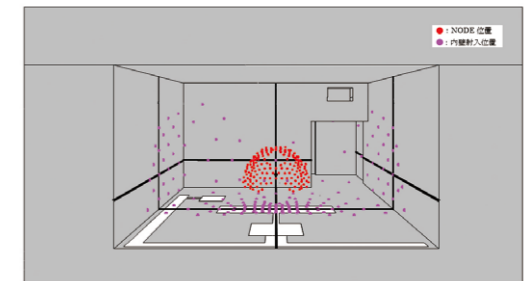


図3 179カ所の照射位置

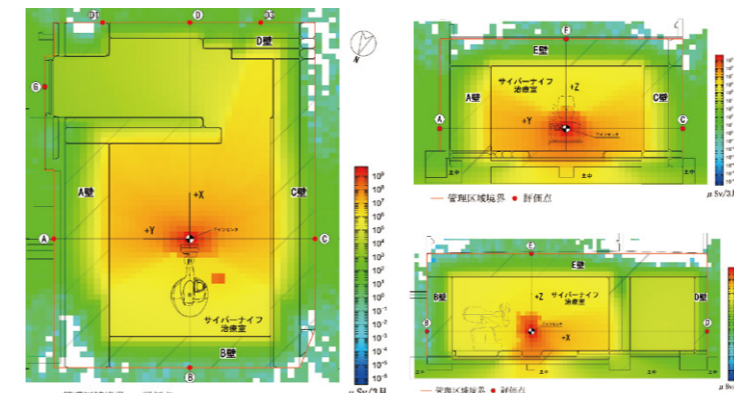


図4 治療室内の放射線量分布



図5 漏えい放射線量分布