

京都大学医学部附属病院 放射線治療科

治療装置と人体の衝突を未然に防ぐ「干渉チェックソフトウェア」を構築



がんの放射線治療は技術革新が続いている。京都大学医学部附属病院 放射線治療科では、最新鋭の放射線治療装置Vero4DRTを導入した。Vero4DRTは放射線照射方向を変更する2つの回転軸を有する世界で唯一の装置である。

臨床現場では、ダイナミックに動く放射線治療装置と人体とが衝突するリスクを回避するために、干渉を正確に把握して未然に防ぎ、治療計画を効率よく立案できるシステムの構築が急務だった。同大学医学部附属病院 放射線治療科では、SOLIDWORKSをカスタマイズした「干渉チェックソフトウェア」の構築・運用に成功した。本事例ではこの「干渉チェックソフトウェア」についてご紹介をする。



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

課題：

がんに対する放射線治療装置の動きが高度化するなか、人体と装置との衝突の予測が難しくなってきた。治療日まで患者がいない状態で衝突有無を確認するため、照射の最中にぶつかりそうだと気付いた場合、治療中に放射線治療装置を一度止めて患者の姿勢を直すのに時間がかかってしまうだけでなく、患者にも負担がかかる。3次元干渉チェックのシステム化は急務だった。

ソリューション：

SOLIDWORKSをカスタマイズして「干渉チェックソフトウェア」を構築した。放射線治療科の先生がたはCAD操作を一切行うことなく、照射ステップごとに「ぶつかるかもしれない」「必ずぶつかる」という2種類のリスクを正確に把握し、装置と人体の3次元モデルの動きを画面上で目視できるシステムを作り上げた。

結果：

- 放射線治療装置と人体との干渉を正確に把握して、衝突を未然に防げる
- 放射線治療装置と人体の衝突回避に要するデッドタイムを解消
- 効率よい干渉チェックのシステム化が、治療計画の意思決定を側面から支援

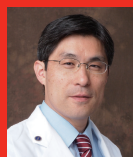
放射線治療装置の動きが高度化、人体との衝突予測が困難に

がんは、あらゆる病気の中でもっとも死亡率が高く、1981年以来ずっと日本人の死因第1位を占めている※。

治療法としては、手術、放射線、抗がん剤、免疫療法などがある。なかでも放射線治療は、患部を切るのではなく、臓器の形態や機能を温存しながら治療できるため、QOL(Quality of life:生活の質)を高く維持できる治療法だ。

ただし、放射線量が多すぎると他の正常な組織を傷つけてしまう。

「放射線治療の効果を高めるには、患部には十分に放射線を



「治療装置と人体との干渉を正確に把握できるということは、治療計画を効率よく立てられるようにすることにつながります。欧米ではがん患者の6割が放射線治療を受けていますが、日本ではまだ3割にとどまっています。さまざまな側面から高精度放射線治療を受けやすい環境を整え、より身近なものにして、日本人のがん治癒率向上に努めていきたい」。

京都大学大学院医学研究科
放射線腫瘍学・画像応用治療学 教授
溝脇 尚志 氏

照射し、他の組織にはできるだけ照射しないことがポイントになります。これを追求するために、わたしたちはさまざまな技術革新を重ね、放射線治療装置の進化にもメーカーと共同しながら取り組んできました」と、京都大学大学院医学研究科放射線腫瘍学・画像応用治療学 教授 溝脇尚志氏は語る。

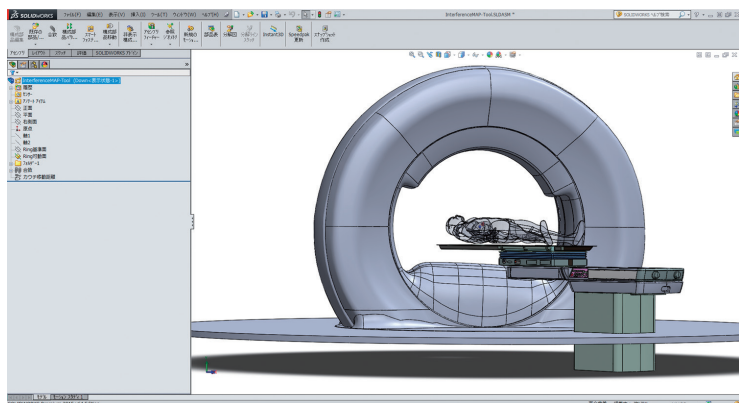
まず、放射線量に強弱をつけられる照射技術が登場し、副作用軽減は大きく前進した。次に、回転しながら放射線量に強弱をつけられる照射技術が開発され、多方面から放射線を照射できるようになって、患部への照射集中度が増した。

京都大学医学部附属病院 放射線治療科ではさらに、純国産・最新鋭の放射線治療装置Vero4DRTを導入。患者の呼吸による腹部・胸部の動きを予測して、患部への高精度ピンポイント照射を行う「動体追尾」を実現した。京都大学は、三菱重工業のVero4DRT(本装置は事業譲渡され現在は日立製作所が取り扱い)の開発に研究段階から連携し、現在同装置は既に臨床適用されている。

ここで溝脇氏は、動体追尾に加えて、放射線治療装置(照射回転軸の)上下回転と前後方向への水平回転の2つの回転軸を同時に独立動作させることにより、高精度でよりピンポイントな波状軌跡照射ができるのではないかと考えました。そしてVero4DRTを用いての波状軌跡照射の同時制御プロジェクトをスタートさせた。2006年から粘り強く研究を重ね、2016年からは患者への臨床治療に用いている。「よりピンポイントな波状軌跡照射を制御することで、放射線に弱い内臓の代表格である腎臓をよけながらの治療もできるようになりました」と溝脇氏。

実用に向けて乗り越えなければならなかったのが、干渉チェックの問題だ。

Vero4DRTの照射軸は、最大185度ずつの上下回転、最大60度ずつ水平回転ができる。しかも、0.1ミリ単位、0.1度単位で動きの距離や回転角度を補正可能だ。ダイナミックかつ緻密な動きができる。その一方で、患者人体や治療ベッドと



「干渉チェックソフトウェア」の画面。Vero4DRTの設計データは機密情報であるため、治療装置メーカーからはサーフェスデータのみが提供された。これを利用してSOLIDWORKSのアセンブリデータを作り上げる作業は、販売代理店がサポートした。

放射線治療装置との衝突を予測することがきわめてむずかしくなった。

「治療装置と人体がぶつかるのを正確に予測して未然に防ぐために、3次元干渉チェックのシステム化が急務になりました」と溝脇氏は説明する。

ダイナミックな動きの 正確な干渉チェックを目指して3次元CADを利用

放射線治療は、「治療計画」、「放射線照射」、「経過観察」という3ステップを踏む。

「治療計画」では、撮影したCT画像上で病変部位の正確な位置・形状を把握し、どの方向からいくつの段階に分けて照射するか、治療プランを練る。

「がんの場所、大きさは、人によってまったく異なりますから、線量や照射方法も変わってきます。角度や放射線治療の回数を変えて、多い場合は10～20通りのプランを作ったうえで、CT画像を見ながら、患部の状況を考慮して最適な治療プランを判断しています」と、京都大学大学院医学研究科 人間健康科学系専攻 准教授 中村光宏氏は語る。

この治療計画中に、人体とぶつかる危険性もチェックする。従来は、表計算ソフトを使って独自の干渉マップを作成し、衝突する危険がある場合は角度や順番を変えるなど、治療プランを手直ししてきた。

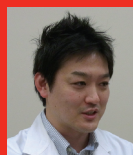
しかし、可動範囲がかなり大きいVero4DRTの動きを完璧に把握するのは困難であり、放射線照射の最中に、放射線治療装置が人体にぶつかりそうな事態に気付くこともあった。その場合は、操作室で放射線治療装置を止め、遮蔽された治療室を開けて入って行き、患者やベッドの位置を直してモニタールームへ戻って照射を再開する。こうしたデッドタイムで治療時間が長引くと、患者はもちろんのこと、放射線治療医・医学物理士・放射線治療技師・看護師で構成される治療スタッフにも負担がかかる。短時間で照射完了したほうが精度も高いのである。

「3次元CADを使えば、装置の動きと人体という立体形状との干渉を正確に検証できるのではないかと考えましたが、高価なハイエンド製品を導入するのは現実的ではありません。SOLIDWORKSには、比較的低コストで研究利用ができるResearch版があることを知り、2015年、導入に踏み切りました」と中村氏。

SOLIDWORKSは、長年にわたって多数のユーザーに利用されて信頼性が高く、海外を中心に医療現場での利用例も多いことなどから、画面が見やすく医学系の先生・スタッフにも親しみやすく、さらに、APIがWebサイトで公開され、アプリケーションの構築しやすさを評価した。

カスタマイズしやすいから 医学領域でも使いやすいSOLIDWORKS

京都大学医学部附属病院 放射線治療科は、治療装置メーカー、SOLIDWORKS販売代理店など、関係各所の協力・サポートを得て、「干渉チェックソフトウェア」を構築・運用開始した。システム構築にはソリッドワークス社が公開しているAPIとVBAを組み合わせて利用した。人体の3次元モデルは、ソリッドワークス本社運営のサイト「3DContentsCentral」で公開されていたため、これをダウンロードして組み込んで活用した。放射線治療科の先生がたは、SOLIDWORKSのメニュー操作



「医療現場で3次元CADを活用するには、ユーザーインターフェースをはじめ、さまざまなカスタマイズが不可欠となります。SOLIDWORKSはAPIのソースが公開され、人体モデルをはじめとする情報もオープンなサイトに豊富に掲載されていて、カスタマイズしやすい。『カスタマイズしやすいから医学分野でも使いやすい』というのが、SOLIDWORKSの一番の魅力ではないでしょうか」。

京都大学大学院医学研究科
人間健康科学系専攻 准教授
中村 光宏 氏

は一切行わない。従来使っていた表計算ソフトの干渉マップと同じ感覚で、上下移動と水平移動の角度をステップごとに入力していくだけで、ぶつかるかと予想されるステップに「NG」と表示される。しかも、装置と人体の3次元モデルの各ステップの動きは、SOLIDWORKS画面で目視チェックできる。

NGには2段階を設けた。ぶつかる可能性がある場合は「危険検知」の欄にNGと表示され、必ずぶつかる場合は「危険検知」と「衝突検知」欄の両方にNGと表示される。先生がたはこの2段階のNG情報と目視チェックとを合わせて、衝突回避できる角度を判断し、入力をやり直して再チェックする。

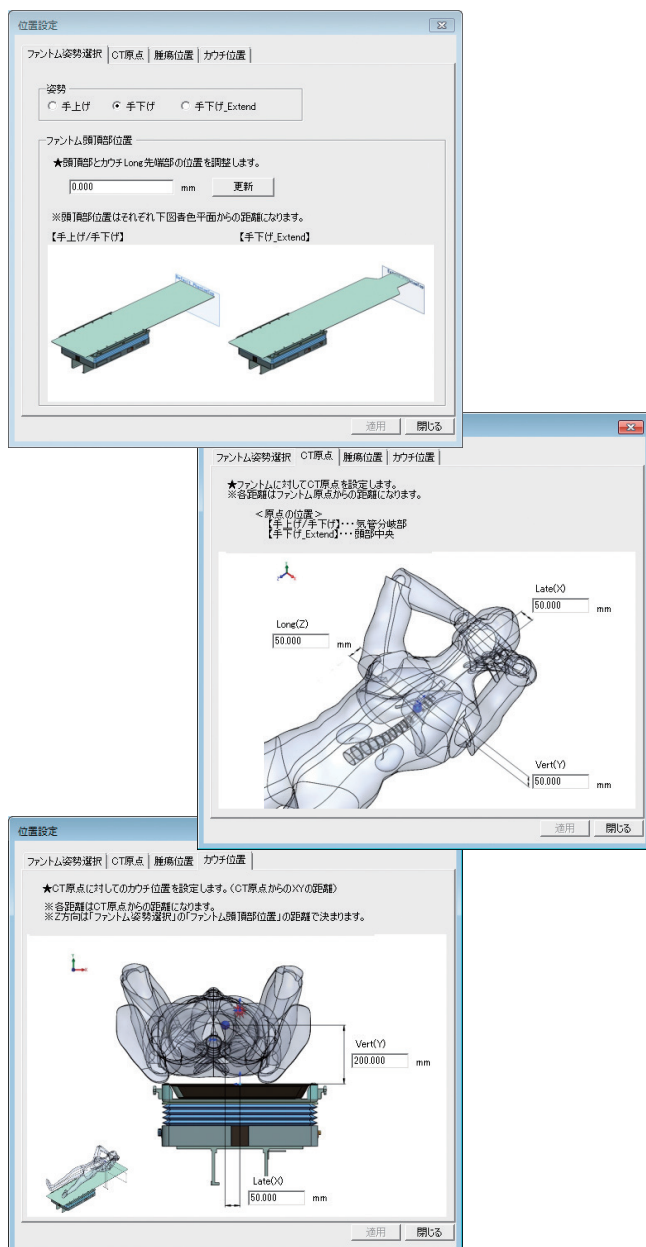
「思ったとおりのものができました。干渉チェック結果をすばやく示すことで、照射プランの意思決定を支援できます。産学連携、医学と工学が協調する『医工連携』の成果でもあります」と中村氏は評価する。

試行錯誤もたくさんあった。たとえば、患者の体格が異なっても”正しいNG情報”を出せるように、平均値などの設定を工夫した。ひじの大きさなどは実際の人体よりも余裕を持たせた大きめの寸法にして、衝突回避を優先している。また、CTスキャナ、治療装置などで用いられる「座標」や「原点」が、SOLIDWORKS上での「座標」や「原点」とは意味合いが異なることがわかり、システムの完成までには医学・工学間でのルール、認識、言葉の使い方のすり合わせも必要だった。

治療装置のさらなる進化とも連携していく 3次元干渉チェック

「3次元干渉チェック」がシステム化されたことで、装置と人体の干渉は、効率よくしかも正確にチェックできるようになった。照射段階になってからの干渉リスクが激減し、照射作業全体の時間短縮にも貢献している。

治療装置は今後も進化が続く。たとえば治療計画が自動生成されるようになれば、干渉チェックの重要性は現在より増して、



「干渉チェックソフトウェア」では、患者の姿勢や照射部位に応じて「手上げ」「手下げ」「手下げ_Extend」の3種類のコマンドから選択できる。SOLIDWORKSのコンフィギュレーション機能を使うことで、3通りの設定を効率よくチェックできるように工夫している。

ユーザー

京都大学医学部附属病院 放射線治療科

京都市左京区聖護院川原町 54

<http://radiotherapy.kuhp.kyoto-u.ac.jp/>

事例取材協力販売代理店

株式会社デジタルデザインサービス

<https://www.digitaldesign-s.co.jp/>

電話番号 06-4797-8880

「全件・全ステップの干渉チェック標準実装」の時代がくるだろうと溝脇氏は指摘する。

また、干渉チェックのシステムを治療装置やCT撮影のデータとも連携させつつ、臨床を積み重ねていくことで、干渉チェックを含む治療計画のデータベース化や、最適な治療計画判断の人工知能化も可能になっていくのではないかと、期待はふくらむ。

「治療計画をより正確に、より効率よく立てられるようにすることは、放射線治療を受けやすい環境を整えることにつながります。欧米ではがん患者の6割が放射線治療を受けていますが、日本ではまだ3割にとどまっています。高精度放射線治療をより身近なものにして、日本人のがん治癒率向上に努めていきたい」と溝脇氏は力強く語った。



京都大学医学部附属病院。放射線治療科では、難治がんの治療成績向上、臓器温存治療に代表されるQOLを重視した根治治療法の開発・普及に取り組んでいる。

ダッソー・システムズについて

ダッソー・システムズは、3Dエクスペリエンス企業として、企業や個人にバーチャル・ユニバースを提供することで、持続可能なイノベーションを提唱します。世界をリードする同社のソリューション群は製品設計、生産、保守に変革をもたらしています。ダッソー・システムズのコラボレーティブ・ソリューションはソーシャル・イノベーションを促進し、現実世界をよりよいものとするため、バーチャル世界の可能性を押し広げます。ダッソー・システムズ・グループは140カ国以上、あらゆる規模、業種の約21万社のお客様に価値を提供しています。

より詳細な情報は、www.3ds.com (英語)、www.3ds.com/ja (日本語)をご参照ください。



3DEXPERIENCE®

アジア 太平洋

ダッソー・システムズ株式会社
〒141-6020
東京都品川区大崎2-1-1
ThinkPark Tower

アメリカ大陸

Dassault Systèmes
SolidWorks Corporation
175 Wyman Street
Waltham, MA 02451 USA
+1 781 810 5011
generalinfo@solidworks.com

ソリッドワークス・ジャパン株式会社

東京本社
+81-3-4321-3600
大阪オフィス
+81-6-7730-2702
info@solidworks.co.jp