



2023年4月に稼働を開始したエレクタ製最新リニアック「Elekta Harmony」。安全性を重視した各種機能に加え、患者参加型の放射線治療を推進すべく、一体感を重視したデザインとなっている。

栃木県立がんセンター

栃木県におけるがん診療の要となる施設が最新型リニアック、周辺システム等を導入し、ART含む高品質な放射線治療実現を果たす

1986年に開設された栃木県立がんセンターは、同県のがん診療の拠点として30年以上大きな足跡を残してきているが、現在も、同県民のがん死亡率、罹患率の減少を目指して、がん診療関連5大事業に積極的に取り組んでいるところである。放射線治療科では本年、最新型リニアックを導入して、ART（適応放射線治療）を含む高精度放射線治療体制を整備。また、治療業務の効率化と安全性を高める各種機器・システムも導入することで、放射線治療の品質を大幅に向上させた。今般のリニアック更新の経緯と現段階での評価、更には今後への期待などを、放射線治療科 科長の井上浩一氏らに聞いた。

■ 栃木県立がんセンター

高精度・高効率化を実現する最新リニアックを導入し、医療の質の最適化、患者負担の軽減の実現を果たす

— Interview —

栃木県立がんセンター
放射線治療科 科長
井上浩一氏に聞く

—— 栃木県立がんセンター 放射線治療科の概要からお聞かせください。

放射線治療科では、現在、私を含めて2名の放射線治療医に加えて放射線技術科に所属する6名の診療放射線技師が放射線治療を実施しています。その内容については、リニアック2台による外照射治療を中心にありますが、イリジウム・192を用いた密封小線源治療やヨウ素・131によるR I治療も実施しています。年間の患者数は、2022年度では計539名を数え、その内466名が外部照射治療になります。

当センターの患者さんは、当然ほとんどががん患者ですが、大学病院や先進的な放射線治療施設と異なり大半を通常照射が占め、その内V M A T（強度変調回転照射法）は全体の症例の2割程度に留まります。部位的には乳腺の患者さんが4割、その他、呼吸器、泌尿器、婦人科、頭頸部の各領域の患者さんがそれぞれ同じくらいの割合で推移しています。

—— 2023年4月に最新のリニアックによる治療を開始されました。

当センターでは2台のリニアックが稼働してきましたが、その内1台が更新時期を迎え、新しい放射線治療装置の導入

を迫られたのです。

2台目として、特定の治療に特化した専用機タイプの装置にするか、それとも多様な症例に対応可能な汎用機タイプの装置にするか、診療放射線技師を交えて検討したのですが、1日約70件の治療件数に対応するためには、効率的な運用が可能な汎用機タイプの装置が良いだろうとの結論に至りました。

また、当センターではエレクタ製のリニアック「Versa HD」を運用しており、同社製にすれば装置だけでなく放射線治療に関連する機器・システムを1社に統一できること、従来から同社製の機器・システムの操作に診療放射線技師が慣れていることを大きく考慮し、仕様の作成・入札を経て、エレクタ製の最新リニアックである「Elekta Harmony」（以下、Harmony）を導入することになったのです。なお、「Harmony」に治療業務を効率化する機能が多数搭載されていることも、同装置を選んだ理由の1つになっていることは確かです。

—— 「Harmony」の運用について、詳しくお聞かせください。

日本での「Harmony」第1号機の導入であったことから、初期不良といったトラブルも想定して検査予約も控えめにしていたのですが、機械的なトラブルは現在に至るまで1回も起こっており、杞

憂に過ぎませんでしたね。

「Harmony」導入の際に、既存の「Versa HD」とビームマッチングをしてもらいました。このことにより、万一のトラブル発生等に際しても、もう1台の別のリニアックで治療を継続実施することが可能となりました。

従来は、トラブルに備え、2台のリニアックそれぞれに対応した治療計画を作成してきていたのですが、このビームマッチングにより、共通の1プランの作成で済むようになり、放射線治療医と医学物理士の大幅な労力削減にもつながっています。

—— 放射線治療計画の作成についてお聞かせください。

放射線治療計画の作成は、高精度放射線治療については医学物理士が、一般的な3 D C R T等については放射線治療医が行いますが、いずれも放射線治療医と医学物理士がディスカッションを行いながら精度を高め、カンファレンス等を経て最終的に決定しています。

治療計画装置であるエレクタ製の「Monaco」は、今回、最新バージョン6

を導入しました。同システムの操作は、

当初こそ一定の習熟が必要ですが、慣れてくれば非常に使いやすく高く評価できます。スクリプト機能等により治療計画作成時間も短縮され、リニアックへの自動転送や適応放射線治療（Adaptive Radiation Therapy：ART）の実施など、高度な治療をより効率的に行うことに貢献しています。

—— 「Harmony」には、医療安全に関する様々な機能を搭載していると聞いています。

顔照合機能やアクセサリ照合機能によって、患者さんや固定具装着時の選択間違いが一切なくなりました。人間が行うことについてミスを完全に防ぐことは難しいですが、機械やシステムによりミスを無くせるようになった点は大変歓迎すべき素晴らしいことだと思いますね。また、寝台も55 cmの高さまで下げることができ、車椅子の患者さんでも寝台に移動することが容易になったことも医療安全に寄与しています。

放射線治療に携わるスタッフにとつて、本来の業務以外に注意を払わなけれ



井上浩一（いのうえ・こういち）氏

1998年鳥取大学医学部医学科卒。同年鳥取大学医学部助手（放射線医学教室）、公立八鹿病院放射線科、島根県済生会江津総合病院放射線科を経て、2002年栃木県立がんセンター医療業務嘱託員（放射線治療部）。2006年同センター放射線治療部 医師、2009年同 医長、2015年同 副主幹兼医長。2016年地方独立行政法人栃木県立がんセンター統括診療部放射線治療科 副科長、兼任で研修センター副センター長。2019年より統括診療部放射線治療科 科長。



栃木県のがん死亡率低減を目指した5大事業を展開 高レベルな医療を維持しつつ、将来への構想を練る

栃木県立がんセンター
理事長兼センター長

尾澤 巖（おざわ・いわお）氏に聞く

栃木県立がんセンター理事長兼センター長の尾澤 巖氏に、同センターの沿革と診療の現況、新しく導入した放射線治療装置への期待ならびに今後のセンターの運営方針等について話を聞いた。

——栃木県立がんセンターの沿革と現況について、お聞かせください。

栃木県立がんセンターは1986年9月、がん治療を行う県立の専門病院として開院し、2002年には増築分を含めた全病棟を開棟でき、357床の病院となりました。その後、2005年に病棟1棟を改修して外来化学療法センターを開設、2007年には都道府県がん診療連携拠点病院に指定され、2016年には柔軟な経営体制構築のために地方独立行政法人に移行するなど、発展を続けてきています。

2023年4月1日現在、職員数は医師65名を含む453名で、2022年度の外来患者数は12万5351名、入院患者数は4万7172名を数えます。患者さんのおよそ半数が宇都宮医療圏から、残りは栃木県全域から来られています。

現在、当センターでは、栃木県民のがん死亡率の減少を目指して、病院事業、研究事業、臨床研究管理事業、バイオバンク事業、

がん対策推進事業の5大事業を展開しており、臨床と研究事業に力を入れているところです。

——新型コロナウイルス感染症の影響はいかがでしたか。

2020年より始まった新型コロナウイルス感染症ですが、2021年には当センターにおいても病棟を1つ閉鎖し、新型コロナウイルス感染症の患者さんを受け入れざるを得なくなりました。最近は、同感染症が5類に移行したこともあって落ち着きを取り戻しつつありますが、看護師の離職数が増え、また、就職希望者の減少もあって、病院の運営はまだ完全に戻っていないのが現状です。

——新しい放射線治療装置への期待について伺います。

がん治療には、手術療法、化学療法、放射線治療が3本柱として挙げられますが、当センターでも、それぞれ最新の治療を提供できるように、手術療法ではロボットによる低

侵襲手術、ゲノム医療や免疫チェックポイント阻害薬などの最新の薬を利用した化学療法を展開しています。放射線治療については、今年から最新の放射線治療装置が稼働を開始しました。治療の質の向上はもちろん、照射時間や照射のための準備時間の短縮など、非常に業務を効率化できる装置です。この最新の装置を使いこなして、栃木県全体のがん医療のレベル向上に努めたいですね。

——センターの抱える課題と展望について伺います。

当センターは開設以来、30年以上が過ぎて建物の老朽化が進んでおり、将来のがんセンターの在り方について県と議論を進めています。がん治療についても、開設当時は手術中心だった考え方が、化学療法や放射線治療の進歩により外来での治療が中心となりつつあります。今後は、こうした時代の流れに合わせたがん治療を提供できる環境づくりに邁進していきたいと考えています。

また、患者さんが他の疾病の影響で治療を一時中断し、その後再開するような場合でも「Catalyst」で簡単に位置合わせができるのは有用ですし、これまでスタッフが目視で確認していた重症患者の呼吸の様子などを確認できる点も至極便利ですね。

——「Harmony」や「Versa HD」の使い分けなどを行っているのでしょうか。現在、電子線を用いて治療する症例に

ばならないことへの心理的負担は大きなものでしたが、これらの機能によって軽減された点は、高く評価しています。患者さんからの評判も上々で、どちらのリニアックで治療をするのかを聞いてくる患者さんも多くなっています。このような機能は、カタログにも書いてありますが、実際に使ってみて初めて、その有用性を実感できています。

——更新に併せて体表面光学式トラッキングシステムを設置したと伺っています。従来は、治療位置を合わせるために体表面に10カ所ほど点を書き込み、それらを結んだ線を目標に位置合わせをしていましたが、「Catalyst」は体表面を面で捉えて位置合わせを行うので、目印の数を減らすことができますし、治療の精度も大幅に向上しています。線で合わせるより、面で合わせるセットアップがこんなにも精度を高められるものなのかと感じています。

一方、「Harmony」は、それ以外の、例えば前立腺に対するVMATなどを中心に治療を行っています。呼吸器に対する照射はどちらでも問題なく行えますし、乳房に対する照射はケース・バイ・ケースですが、先述のとおり、電子線による照射が必要な場合は「Versa HD」に対応しています。

——「Harmony」の今後の運用法についてお聞かせください。

最も大きな課題がARTの実施です。この治療法をより効率的に、多くの症例で運用していきたいと考えています。ARTは、VMATなどの高精度放射線治療といった特殊な症例だけでなく、3DCRTのような一般的な治療にも日常的に行うことができるようにすることを望んでいます。エレクトラ製のリニアックと放射線治療計画装置「Monaco」により、どのような施設でもARTを実施できるようにになれば、この治療法が全国に広がっていくのではないのでしょうか。

当センターでは、現在、CBCTで照射部位を確認する症例については必要に応じてARTを実施しています。また、オフラインでの運用に留まりますが、最終的にはオンラインでのART実施を目指しています。



光学式トラッキングシステム「Catalyst HD」。同センターでは、単に位置合わせだけでなく、患者の呼吸状態等の監視にも活用するなどの運用を行っている。



「Harmony」の寝台部分。従来のインターフェイスを一新して、必要な制御と情報を必要な場所に確保し、より患者とセットアップに集中できるように設計されている。



放射線治療室に向かう廊下に設置された顔照合システム。アクセサリ照合機能と併せて、ヒューマンエラーを防ぐとともに、スタッフの心的負担軽減に貢献している。



ガントリー部中央にはHUBガントリーパネルを配置。患者情報やセットアップに関する様々な情報が集約されており、患者セットアップをスムーズかつ迅速に行うことができる。



「Harmony」の寝台は、55cmまで下げることができ、車椅子等の患者でも容易に寝台への移動が可能。優れたデザイン性と相俟って、患者からの評価も高い。

リニアック「Harmony」①
既存の装置とシステムの親和性を重視
設置から2週間で臨床利用を実現する
2023年4月から稼働を開始したリニアック「Harmony」の選定から導入稼働に至るまでを、伊藤氏は話す。

「従来からエレクトラ製の装置やシステムを使用していたので、放射線治療品質保証室GMの立場からは、スタッフの習熟度を考慮すると同じエレクトラ製のリニアックの導入を希望していました。当センターでは1日70件の外照射を行うために、別部署から応援のスタッフに業務を手伝ってもらうことが日常茶飯事なので、機器・システムの操作の習熟度の問題は重要なポイントだったのです。また、井上先生が述べられているように乳腺に関する照射など、VMAT以外の3DCRTなどコンベンショナルな照射も多く、汎用性の高い装置が求められてもいました。その点、「Harmony」は慣れているエレクトラ製の上に汎用性も高く、また、エレクトラ製故に従来装置との親和性も良好な点は歓迎すべきことでした」

また、伊藤氏は「Harmony」が設置から2週間で稼働を開始した点を高く評価している。「装置設置後、2週間で臨床利用を実現した点は画期的です。今回の導入では、エレクトラのサービスの1つであるAGL(Accelerated Go Live※)を実施しましたが、既に稼働中の「Versa HD」のジームデータを基礎にビーム測定を行ったことにより、今まで2週間は必要だったビーム測定が3日で終わり驚かされました。また、ビームの測定にはエレクトラのスタッフにも立ち会ってもらえたことも助かりました」



高精度放射線治療計画装置「Monaco」を扱う伊藤氏。「Monaco」は高精度な線量計算が可能なモンテカルポアルゴリズムを搭載し、正確な線量分布を提供。短時間で効果的なプランニングと、計画作成および治療ワークフローの効率の向上に寄与している。

同センターでは、リニアック更新に伴せて放射線治療計画装置「Monaco」も最新バージョン6となった。同システムについて、伊藤氏は、その有用性をつぎのように

放射線治療計画装置「Monaco」 ART対応の新バージョンを導入 業務を効率化する機能を多数搭載

また、当センターでは治療計画用のCT室にも同じエレクタ製の体表面光学式トラッキングシステム「Sentinel 4D CT」を導入しており、そのデータを治療装置側に送ることもできるので、患者さんの身体の様子や呼吸波形を治療装置側で再現することができ、より精度の高い治療を実現しています」

射線技師だけでなく先生方からの評価もとても高いですね。患者さんの精神的な苦痛も減り、よりマーカーレスでの治療が実現できている点も有用性が高いと感じています。

挙げる。

「井上先生が先述されているとおり、ビームマッチングによって2台のリニアックが1つの治療計画を共用できるようになった他、自動転送機能もあることから、データの転送漏れもなくなりました。

「Monaco」は他社の治療計画装置と違い、IMRTのパラメーターに関する関数が異なるなど、習熟が必要な面もありますが、1度治療計画を作成すればテンプレートとして活用でき、このテンプレート機能をうまく活用することにより、1ボタンで治療計画を作成でき、治療計画作成の効率化にも貢献しています」

QAソリューション 品質管理や線量管理、業務情報の共有化等 放射線治療業務をトータルサポート

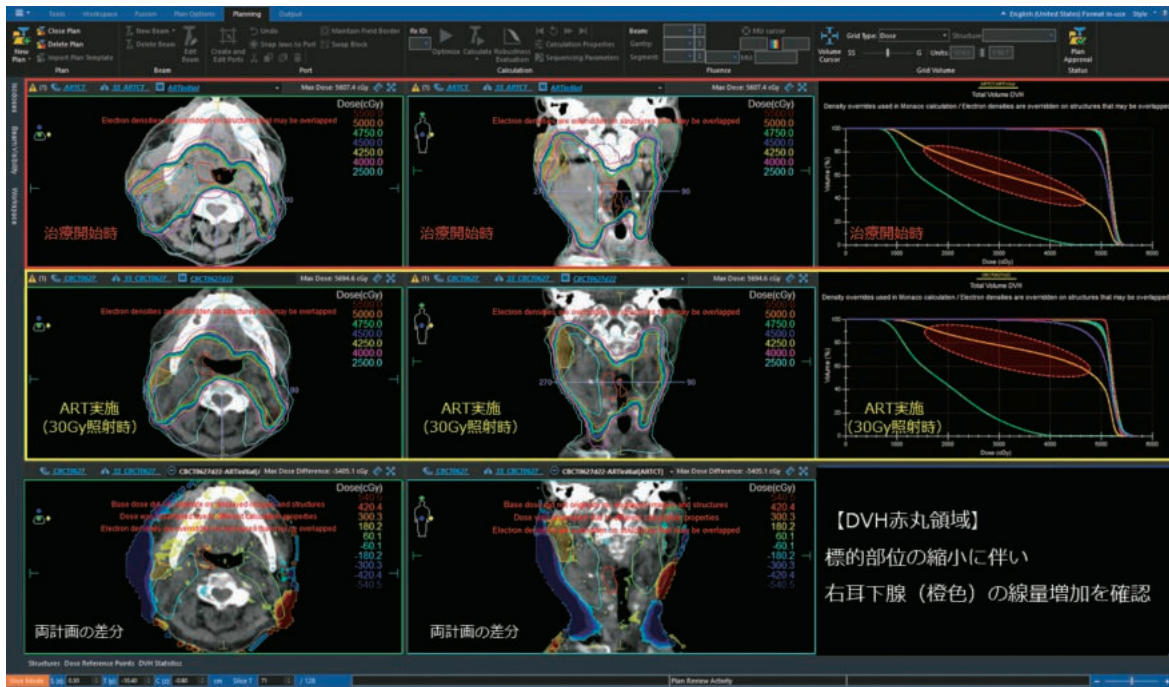
同センターでは、これらの他にもQAをはじめ、業務を支援するソリューションを多数導入している。その有用性について伊藤氏はつぎのように示す。

「品質管理ソフトウェア『AQUA』を導入したことで、QAの自動化を実現できました。従来、QAは医学物理士のみしか担当できませんでしたが、『AQUA』導入で診療放射線技師もQA業務に携われるようになり、スタッフのモチベーションと技量の向上に貢献しています。

また、患者QAに特化したDosisoftのシステムを導入したことで、従来時間を要したファントムによる線量の検証なども、ファントムレスでEPIDのみで実施することが可能になっています。

QAについては、2023年2月にIM

リニアック「Harmony」の線量分布図



【症例】頭頸部VMATにおけるART実施時の治療計画画像

治療開始時（上段）から30 Gy照射時のCBCTにて、標的部位の縮小に伴い体輪郭の形状変化が見られた。照射直前に取得したCBCT画像を用いてARTにて線量分布の定量評価を実施した（中段）。DVH（線量体積ヒストグラム）から、標的部位の線量変化に大きな偏差は見られないが、右耳下腺（橙色）の線量増加（DVHの赤丸領域）を確認したため、再計画を実施した。

リニアック「Harmony」② 安全性を高める装備を多数搭載 スタッフ・患者双方から高い評価

伊藤氏は、「Harmony」に搭載されている医療安全に配慮した各機能についても高く評価する。

「顔照合機能は、当初、手間が増えて業務的にはマイナスになるのではと危惧していましたが、その正確性に加え、患者さんとのコミュニケーションを図るツールとしても役立っています。例えば『今日も顔照合がスムーズでしたね』などと一声掛けるだけで、患者さんもリラックスされますし、スタッフと患者さんとの円滑な対話の契機になる点は重宝しています。アクセサリ照合機能も、同機能を使い始めてからミスは無くなりました。また、最低高が55cmまで下がる寝台も、患者さんの寝台への移動をよりスムーズにしています。

加えて、例えばCBCT用のパネルを折り畳まないフルブルーフ設計が施されているなど、安全性には極めて神経が注がれている機器だと評せられます。なお、その高いデザイン性も患者さんに評判が良いですね。また、ガントリー内に映し出される患者情報は、患者さんから目線を外さずにセットアップ業務を行えますし、患者さん側も、自分自身が放射線治療に参加していると思って頂く効果があり、治療に際してスタッフと患者さんの一体感を生み出すことに貢献しています。

診療放射線技師の立場からすると、この「Harmony」は、スタッフが何らかのミスを犯しても、それが重大なミスになら

RT物理技術ガイドラインが改訂され、同年6月にはアメリカ医学物理学会によりTG307ガイドラインが改訂されるなど、変革期を迎えており、当センターでもリニアックを変更して行う振替照射に関しては、ファントムレスによるQAを部分的に実施しています。今後は、データを蓄積させ、ファントムレスによるQA管理を実現していきます」

また、同センターでは、放射線治療に関する情報共有を行うため、「MOSAIC SmartClinic」を導入している。

「このソフトウェアを導入したことで、ART実施の際に撮影したCBCTの評価等を放射線治療医の先生方に尋ねる際、先生方が診察室に居ても端末画面上に治療室で起こっていることをポップアップ表示できるようになり、大きな効率化を果たしています。従来、このような問い合わせは院内電話のみで行っていたので、隔世の感がありますね」

ARTの実施 CBCTで部位を確認する症例で実施 今後はオンラインでの運用を目指す

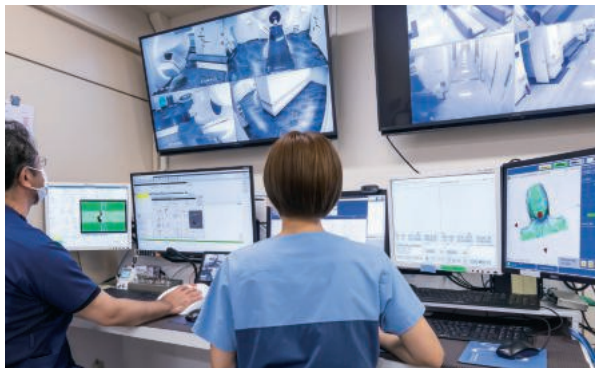
今後、ARTの実施に向けた取り組み



栃木県立がんセンター

栃木県立がんセンターでは、栃木県民のがん死亡率の減少を目指して、病院事業、研究事業、臨床研究管理事業、バイオバンク事業、がん対策推進事業の5大事業を展開。また、今年4月には「患者総合支援センター・がん相談支援センター」を開設し、患者やその家族が安心してがんの治療や療養生活が送れるよう、保健師、看護師、医療ソーシャルワーカー、医療相談員が中心となって診療以外に関する様々な支援を行っている。

所在地：栃木県宇都宮市陽南4-9-13
病床数：291床
センター長：尾澤 巖



「Harmony」の操作卓。同センターでは同じエレクタ製の「Versa HD」がすでに稼働していることもあり、放射線治療に携わるスタッフは、すぐに操作に習熟できたという。

ないように機器・システムが防いでくれる頼もしい装置であると思います」

トラッキングシステム「CatalystHD」 放射線治療の精度を高める以外に 医療安全に対する貢献を高く評価

光学式トラッキングシステム「CatalystHD」（以下、Catalyst）について、高精度な照射への貢献だけでなく、医療安全面でも優れたシステムであると伊藤氏は高く評価している。

「Catalyst」については、一般的に高精度照射というイメージがありますが、当センターでは全脳照射など姑息的な治療の際でも「Catalyst」を用いた場合、頭部が動けば自動的に照射が止まるなど、医療安全面でたいへん重宝しています。従来、身体の動きをスタッフが直接目で観察しながら止めていたので、スタッフに緊張感を強いて負担も大きかったのですが、装置の側で人の動きを検知して自動で照射を止めるようになったことについては、診療放

を本格化させていくと伊藤氏は話す。

「新しい「Monaco」によって、CBCTを撮影した後、3DCRTであれば10程度でART実施のための再計画を作成できますし、その間は、「Catalyst」で患者さんの動きをモニターすることができました。また、患者さんが大きく動いてしまった場合は、CTで再撮影するなどの対応もできます。ARTを実施するためには、様々なプロセスごとに安全のための機構が装備されている点が重要ですが、その点、エレクタの製品群には、当然、親和性もあることから、安心してARTを実施できるので助かっています。

現在、ARTは、骨盤の照射や肺のSBRTといった比較的短期かつ形状が変わり得る症例に対してCBCT撮影を行い、全例で実施しています。

現在はオフラインでの実施ですが、今後はオンラインでの実施も視野に取り組んでいきたいですね。このような最新の治療への取り組みは、診療放射線技師や医学物理士のモチベーション、技術の向上にもつながりますし、医療の質の向上も同時に果たすことができますので、当センターでは今後も力を入れていきます」