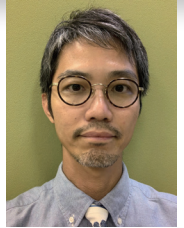


# 日本放射線腫瘍学会 第32回学術大会 ランチオンセミナー 8

日時：2019年11月22日（金）

座長 山形大学医学部附属病院 病院長 山形大学医学部放射線医学講座 放射線腫瘍学分野 教授 根本建二先生

## Radixact 導入時の苦勞と克服



演者 琉球大学医学部附属病院 診療情報管理センター 副センター長 特命講師 有賀拓郎先生

### はじめに

本セミナーでは次世代型のトモセラピーシステムである Radixact を新規導入した経験をもとに、導入直後に発生したトラブルおよびその対応について紹介し、また、Radixact による放射線治療の advantage、さらには、新規医療機器承認された Synchrony® 動体追尾オプションについて概説する。

### 1. Radixact 導入経緯、トラブルおよび業務エスカレーションについて

当院での部位別新患は年間 600 人程度で、頻度としては頭頸部腫瘍、泌尿器科腫瘍が多い (図 1)。脳転移を合わせて全体の半数弱 (250 ~ 300 人程度) が新規導入機器での適応想定患者と推計され、Radixact 導入を進めた。なお、病院移転の都合により機器稼働期間は 6 年程度で、6 年以内に損益分岐点を超え黒字化を達成することが求められている。

導入には 2 ヶ月半程度 (機器設置は 1 ヶ月以内) に完了し、問題なく稼働開始した (図 2)。しかしながら、治療開始直後の 2 ヶ月間にトラブルが頻発した (基盤の電源ケーブルの長さ不足 / 温度センサー破損 / ポンプ交換 / カウチ異常 x 3)。治療開始からの立て続けの故障発生に対して強く苦情を呈したところ、Accuray 社米国本社よ

りトラブルエスカレーションプログラムにて対応するとの連絡を受けた。

Accuray には、Hyper-Monitoring 活動と称する重大な故障発生時の対応がある。2 週間に 4 件以上の重大な障害発生報告を同一施設から受けた場合、技術担当最高責任者が専任チームを組織し、フィールドサービス部門と連携して迅速なシステム復旧に努める。具体的には、対象施設に対して以下のアクションを実施する。

- ・ Interrupt ログの監視 (Daily)
- ・ UpCenter の監視 (Daily)
- ・ フィールドサービスエンジニアおよびマネージャーの訪問および Weekly Meeting 実施による状況把握
- ・ R&D および他関係部門と連携し、状況レビューと対策を検討

対策実施後、安定稼働が 2 ヶ月間維持されるまで継続監視する。

対応する情報入力フローとしては、Accuray 社員およびユーザーそれぞれが本社に情報を伝えるフレームワークを有している。対応としては現場の復旧作業のみならずフィールドアクションや既存パーツの品質改善、更には R&D 部門での新規パーツ開発と、必要に応じて段階的に対応するフローが構築されている (図 3)。

図1 症例内訳

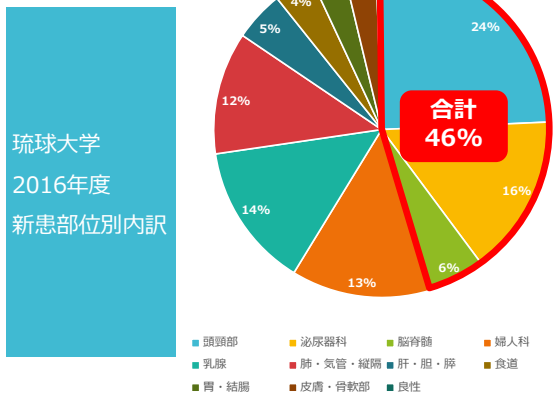
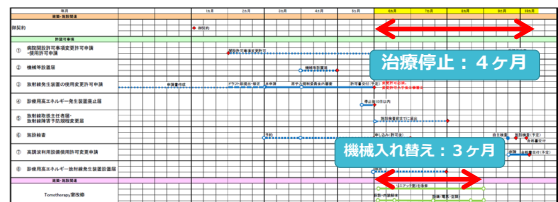


図2 導入スケジュール



2018年  
6月 既存治療機解体開始  
8月 Radixact設置開始  
9月 受入試験  
10月 IMRT検証開始  
11月 稼働開始  
**ここまで順調!**

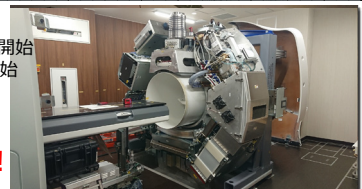


図3 エスカレーション対応フロー



現在は安定稼働し、直近半年間は終日装置が停止する障害は発生していない。当院での障害情報は、前述の業務エスカレーションによって活かされ、障害を未然に防ぐためのパーツ設置が他の Radixact 所有施設にでも実施されている。また、当院も各種障害予防対応策の実施を受けており、直近の安定稼働の一因ではないかと考えている。

## II. Radixact による放射線治療の Advantage

導入後、特に Radixact での治療が奏功した症例を供覧する。

全脳照射における海馬抜き照射症例を図4中央上に示す。従来の治療機器では良い分布を実現するために Non-coplanar 照射を含め 20 門照射を行っていたが、スタッフの疲弊が激しく、また、分布自体も不整合なコールドスポットやホットスポットの出現が避けられないなど、理想的な治療は困難であった。Radixact 導入後は非常に簡便

に照射計画を作成できるようになった。また、最適化時間も以前は一晩掛かっていたところ、1~2 時間程度で済むようになり、スタッフからも非常に喜ばれている。

漏斗胸の乳がん症例を図4左下に示す。通常の照射では心臓への線量が大きくなりがちであるが、本症例では心臓の平均線量が 6.4 Gy 程度に抑制できている。

頭部血管肉腫の症例を図4中央下に示す。血管肉腫は沖縄県に非常に多く見られるが、腫瘍が塊状でなく播種が見られる症例も多く、電子線治療では計画自体難渋することが多い。Radixact で治療した結果、病変部以外の皮膚は問題なく、また、照射後半年時点で認知機能低下は見られず、身体状態も良好である。

神経膠腫症例 (図4右) では、従来の汎用機治療計画では 2、3ヶ所のつなぎ目が避けられなかった。過去、つなぎ目からの腫瘍再発を防げず、悔いの残る経験をしている。神経膠腫は大学病院では毎年必ず遭遇する腫瘍であり、全脳全脊髄照射をトモセラピー治療で実施したいという気持ちが Radixact 購入の強い動機の 1 つであった。Radixact 購入後は、治療計画のストレスは全くない。患者は現在照射後 6 ヶ月が経過し、原発巣の縮小、小脳と脳幹にあった点状の播種病変の消失、下肢の不全麻痺の改善が認められた。

従来使用していた汎用機と現在の Radixact のスループット比較について図5に示す。Radixact は購入当初の記録であり、現在はより短い時間 (Total Time で約 3 分短縮) で行っている。

これまで述べてきた Radixact 治療の長所、短所を図6に示す。治療計画装置の Precision<sup>®</sup> は前立腺のモデルが非常に優秀で、研修医の描くコントロールよりもはるかに良いコントロールを即座に描出する。また、線量計画の分布の

図4 Radixact 治療症例

- 中央上：海馬抜き全脳照射
- 左下：漏斗胸左乳がん症例
- 中央下：頭部血管肉腫
- 右：脊髄原発 Glioma への全脳全脊髄照射

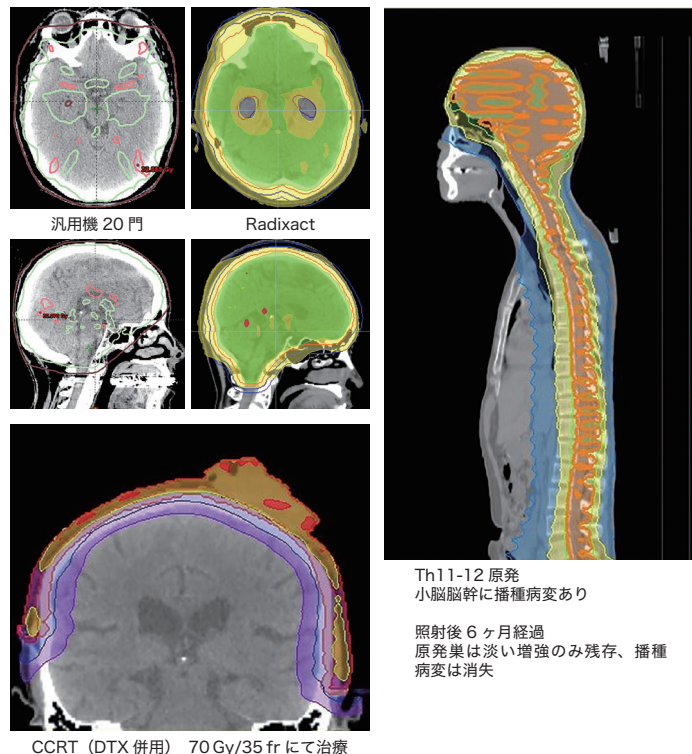




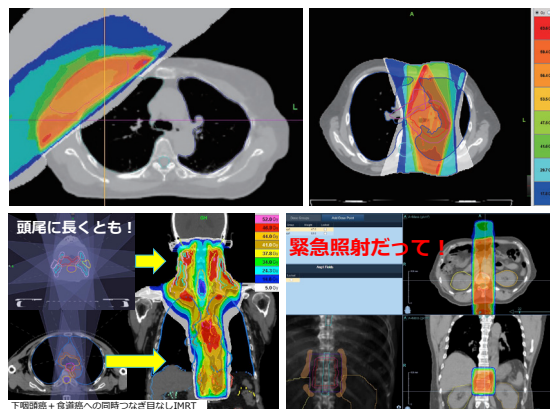
図5 スループット比較

スループット (固定7門と比較)

前立腺癌			頭頸部癌		
汎用機		Radixact	汎用機		Radixact
2:20	Set Up	2:20	4:10	Set Up	4:10
2:00	Registration	4:28	2:00	Registration	4:20
<b>4:30</b>	<b>Treatment</b>	<b>3:20</b>	<b>8:45</b>	<b>Treatment</b>	<b>8:25</b>
1:30	End Process	1:30	1:30	End Process	1:30
<b>10:20</b>	<b>Total Time</b>	<b>11:38</b>	<b>16:25</b>	<b>Total Time</b>	<b>18:25</b>

図7 Direct 照射症例

左上：乳腺、右上：肺癌、左下：下咽頭癌+食道癌、右下：骨転移



南部徳洲会病院 真鍋良彦先生御提供

図6 Radixact 治療の特徴

MERIT

導入・検証が楽  
前立腺のモデルが秀逸  
分布がいい\*

DEMERIT

ROIツールが足りない  
Optimizeに時間がかかる

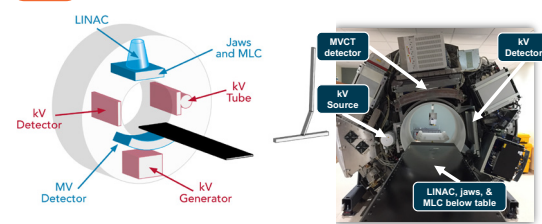
\*Bibault, Jean-Emmanuel, et al. International Journal of Radiation Oncology\* Biology\* Physics 99.4 (2017): 929-937.

良さにより、治療成績にも良い影響を与えた（より良いアウトカムと有害事象発現抑制を実現）と報告されている。

短所としては、治療計画装置のROI生成ツールの不足、最適化に時間が掛かる（途中で停止させることができず、待ち時間がある）という点が挙げられる。

Direct 照射は、当院が汎用機を別に所有していることもあり、当院では行っていないが、Direct 照射の活用方法を紹介する（南部徳洲会病院 真鍋良彦先生御提供）。図7に代表的な症例画像を示す。乳腺接線照射、肺癌、頭頸部（下咽頭癌+食道癌）、骨転移緊急照射とも、リスク臓器を回避しつつ標的に十分な線量を投与できる治療計画が立案可能である。

図8 Synchrony 機構



### III. Synchrony® 動体追尾オプション

Synchrony はトモセラピー最大の欠点であった呼吸同期機能をカバーする動体追尾機能オプションである。Synchrony 機構を図8に示す。加速管 (LINAC) と直行するスペースに kV X 線管球を配置し、照射中でも標的位置を検索できるようになった。

キーコンセプトは3つあり、呼吸の動きの Track (追尾)、腫瘍そのものの位置の Detect (検出)、照射ビームの Correct (補正)、の3要素を組み合わせることで動体追尾を機能させる (図9)。

実際の治療計画では、Synchrony 機能を用いない ITV

図9 Synchrony の3つのキーコンセプト (Track、Detect、Correct)

**TRACK**  
Pick a target that should be monitored for movement.

光学カメラシステム (シンクロカメラ)  
患者様の胸につけた LED マーカを治療中に観測するために設置。  
サンプリングレート最大 100 Hz で継続的に呼吸周期をモニター。

**DETECT**  
Look for a change in the position of the target at the right frequency.

- モニタリングは2~6回/1回転。
- 治療計画時に、システムが最適な画像取得角度を自動選択。治療実行中に変更も可。
- kV 画像はビームオン時も取得。画像取得のための追加時間はなし。

**CORRECT**  
Move the treatment beam to synchronize it to the detected position of the tracked target.

- 呼吸とターゲットの相関モデルを生成し、ターゲットの位置を予測してビーム照射位置を補正する。
- 相関モデルアップデートのための画像取得時も治療は停止することなく継続。

胸腹部につけた体表 LED マーカの動きをシンクロカメラでモニターし、呼吸位相の特定と呼吸モデルの更新を行う。

kV 画像から腫瘍または金属マーカの位置を同定する。

呼吸周期モデルと腫瘍・金属マーカの周期モデルをリアルタイムで相関させ、バイナリーフコリメータおよびジョーを制御し腫瘍を追尾照射する。

図10 Synchrony 治療計画比較

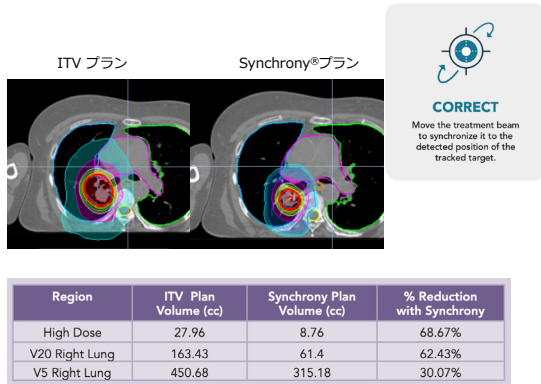
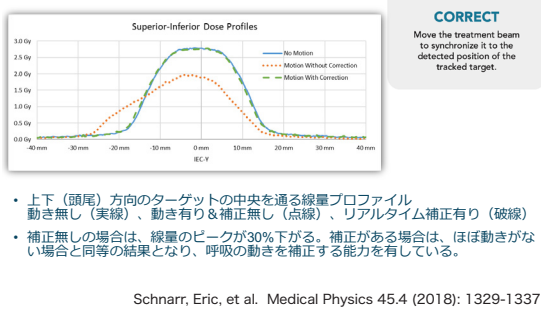


図11 動体ファントム検証

動体ファントム検証



プランと比較して、Synchrony プランにおいては高線量領域の縮小、V20 および V5 の縮小が確認できる（図10）。また、動体ファントムで検証した結果、動きのある標的に対して Synchrony 機能を用いた場合、静止した標的に対するプロファイルとほぼ同等のプロファイルとなることが示された（図11）。

IV. まとめ

以上、新規導入した Radixact について、導入後のトラブルおよびトラブルシューティング、治療計画、および、新規機能である Synchrony について概説した（図12）。今後はリアルタイムアダプティブ機能などの発展を期待したい。

図12 総括

総括

- ・初期に故障が頻発したものの、現在は満足できる治療状況
- ・TPSに若干の不満はあるものの、分布は素晴らしく、サービス体制は充実
- ・Synchronyを含め、今後の展開も期待

V. Q&A

- Q1. Radixact 導入後、近隣施設のトモセラピー導入施設で治療患者の増減はあったのか？
- A1. 今のところあまり影響はないと聞いている。大学病院なので自然に患者が集まってくる状況にある。
- Q2. Radixact 導入前後で、IMRT 症例比率の変化はあるか？
- A2. 比率そのものは変わらない。以前に他機種で行っていた IMRT 治療が Radixact に移行している。
- Q3. 今のところ 6 年で採算がとれるペースなのか？
- A3. 現在のところ、6 年で採算がとれる患者数ラインは毎月超えている。個人的には採算ラインの 2 倍を目標にしたかったが、現在は 1.4 倍程度で推移している。
- Q4. TBI はどのように運用しているか？
- A4. 現在 Radixact での治療開始を検討している。菌状息肉症などの皮膚腫瘍も TBI の後に検討したい。
- Q5. スタッフが既存装置の取り扱いに慣れており、新規機種導入に抵抗感がある場合、どのような苦労があったか？
- A5. 結論から言うと、カウチが動く範囲が限られていること、チーズファントム含め検証用ツールが充実していることにより、他社品を購入するよりも最初から Radixact を購入しているほうが楽だったのではと感じる。導入前にはご質問の懸念は確かにあったが、購入後は、スタッフ間でも最初予想したよりは良かったとの感想であった。

以上

放射線治療の安全性について：  
放射線療法（Accuray 製品を通じて実施される放射線療法を含む）における副作用のほとんどは、軽度で一時的なものであり、その多くは疲労、悪心、皮膚刺激などです。しかしながら、重症な副作用を伴う場合もあり、疼痛や正常な身体機能の変化（例えば、泌尿器や唾液の機能の変化）、生活の質の悪化、永続的な損傷、さらに死亡につながる場合があります。副作用は、放射線治療中または治療直後に生じる可能性も、治療後、年月を経てから生じる場合もあります。副作用の性質や重症度は多くの要因に依存しており、治療対象である腫瘍の大きさや位置、治療手技（例えば照射線量）、患者の全身症状などに依存することが例として挙げられます。