# RT

# SyncTraX™（FX4 version）の新機能の開発

（株）島津製作所　医用機器事業部
篠川　毅

## 1. はじめに

がんに対する治療3本柱の1つである放射線治療では，腫瘍に対して正確に放射線を照射することが重要です。そのために放射線治療前に治療計画用CTの撮影を行い，CT画像上で精密な治療計画を立て，実際の治療時には固定具などを使用して患者様を正確に位置決めする必要があります。

頭部等の腫瘍のように体内で動かない場合はこの固定と位置決めが重要となりますが，肺がんや肝臓がんでは呼吸等により動く腫瘍に対して正確に放射線を集中し，正常な組織には余分な放射線を照射しないことが求められます。当社が2017年に発売したSyncTraX（FX4 version）は4式のX線透視装置を備え，そのうち2式のX線透視装置であらかじめ腫瘍近傍に埋め込んだ金マーカーを捉え，腫瘍と一緒に動く金マーカーが所定の位置にある間だけ放射線を照射させることで，腫瘍にのみ放射線を集中させることが可能な体幹部定位放射線治療支援装置です（Fig.1）。

今回テンプレートレス，またオプションとして強度変調回転照射（VMAT）ならびに高線量率での動体追跡を可能にしました。以下ではこれらの機能について詳しく記します。

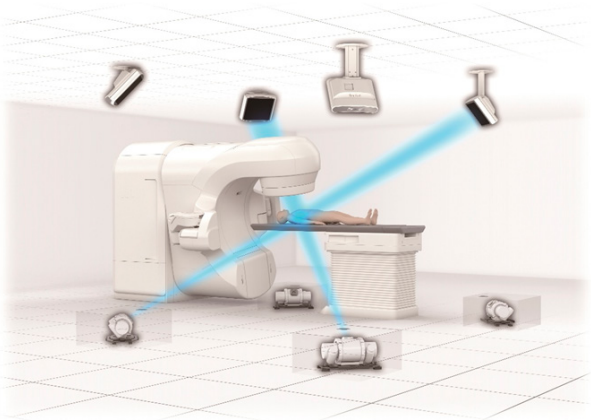


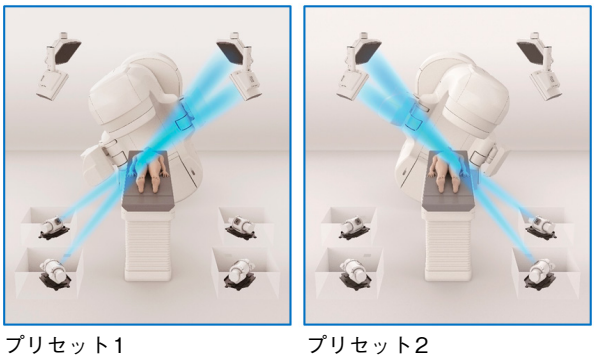
Fig.1　SyncTraX™（FX4 version）の4式のX線管と検出器

## 2. VMAT対応機能の特長

近年，治療装置のガントリを回転しながら治療用X線の強度を変えて治療を実施するVMAT（Volumetric Modulated Arc Therapy，強度変調回転放射線治療）が普及してきており，動体追跡治療についても対応の要求が高まっていました。

これまで，ガントリが回転すると透視X線照射野にガントリが干渉し動体追跡ができなくなってしまうため，VMATと動体追跡の組み合わせを禁止していました。

そこで今回，ガントリ干渉による動体追跡治療のワークフローの阻害を低減し治療をスムーズに進めるために，ガントリと干渉しないプリセットの角度範囲（約90°）毎に分割照射する治療計画を作成することで，VMATと動体追跡の組み合わせを可能にしました。これにより動きを伴うターゲットに対し線量分布の最適化が図れるようにしました（Fig.2, Table 1）。



プリセット1　　プリセット2

Fig.2　ガントリに干渉しないプリセット

Table 1　ガントリ回転角度と対応プリセット

| ガントリ回転角度（°） | 対応プリセット |
|---|---|
| 3 ～ 89 | プリセット2 |
| 96 ～ 179 | プリセット1 |
| 181 ～ 264 | プリセット2 |
| 271 ～ 357 | プリセット1 |

また，意図せず誤ってガントリと干渉する計画を用いた治療を未然に防ぐため，治療計画データを基にガントリと干渉しないプリセットを自動選択したり，干渉するプリセットが選択されている場合に警告を表示したりするなど，安全性を考慮した設計を実施しました。

本機能によりVMATによる動体追跡治療に対応することで，正常組織の不要な被ばくを低減し，患部への集中した照射による線量分布の高精度化が可能となります。

## 3. 高線量率対応機能の特長

SyncTraX（FX4 version）発売時は，治療用X線と動体追跡用の透視X線の同時ばく射が認められていませんでした。そのため治療用X線との同時ばく射を回避するべく，治療用X線の隙間を狙って透視X線をばく射していました（Fig.3）。このとき金マーカーの追跡性能を満たすX線条件（X線パルス幅）を確保するために治療用X線の線量率を制限していました（10MV FFF使用時で最大1200MU/min）。

しかし，医政発0930第6号による医療法施行規制の一部改正によって同時ばく射の制約がなくなりました。これにより線量率の制限は不要となり，治療用X線線量率の制限を開放し，高線量率（10MV FFF使用時で最大2400MU/min）での動体追跡治療が可能となりました。

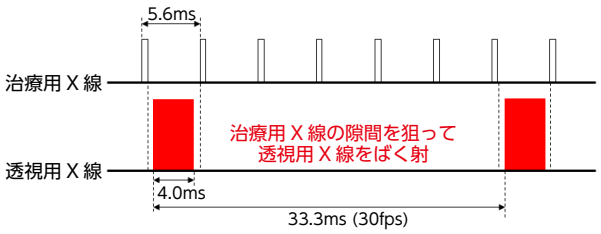



Fig.3 同時ばく射回避のための隙間ばく射

一方，治療用X線が高線量になり透視X線との同時ばく射となると，被写体からの散乱線が増大しX線画像の画質劣化が新たな問題となります（Fig.4）。

そこで，透視X線画像のパルス周期15fpsないし30fpsに対してFPDからの読み出し周期を30fpsないし60fpsと倍にすることで散乱線の影響を半減し（Fig.5），従来の動体追跡性能を低減させることなく高線量率に対応しました。

動体追跡治療が高線量率に対応することにより，治療時間の短縮および透視X線による被ばくの低減などが期待できます。

また，これまで制限していた低エネルギーの治療用X線との組み合わせにおいても高線量率対応と合わせて動体追跡治療を可能としました。従来対応していた6MVより低い4MVが使用可能となったことで，低エネルギーX線での治療が望まれている乳房に対して有効となります。

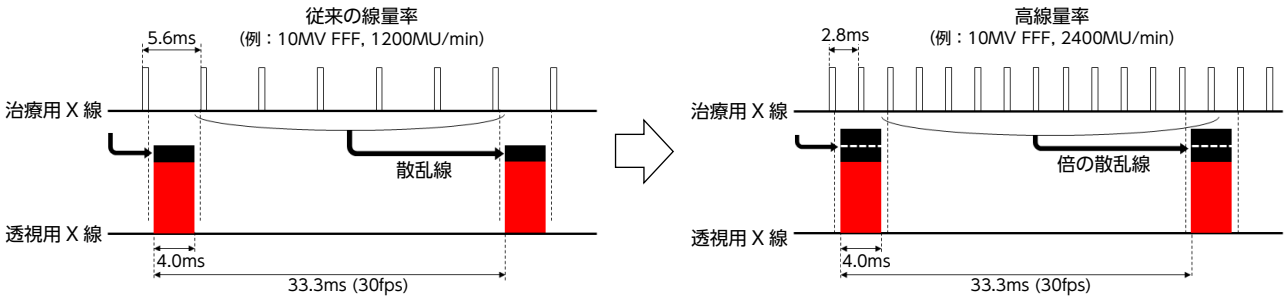



Fig.4 高線量率の散乱線増加（30fpsの場合）

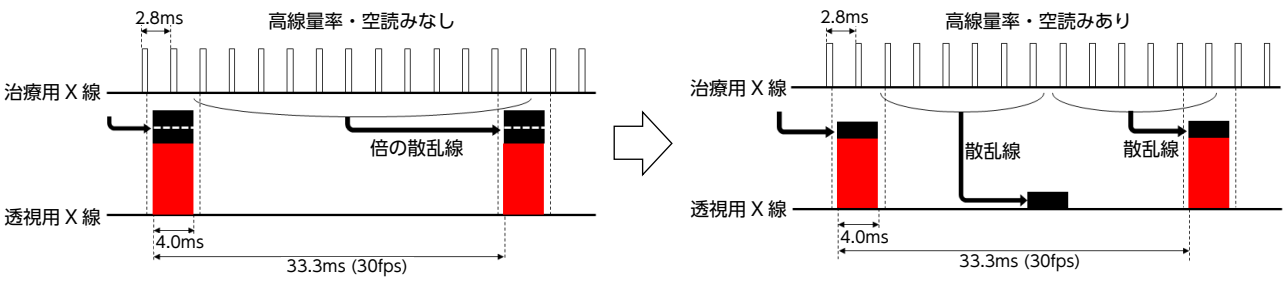
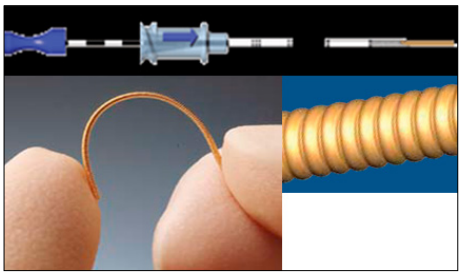



Fig.5 高線量率下での空読みによる散乱線の影響低減（30fpsの場合）



VISICOIL
〔写真提供：セティ(株)〕

Gold Anchor
〔写真提供:GAジャパンカンパニー合同会社〕

ACCULOC
〔写真提供：東洋メディック(株)〕

Fig.6 非球体金マーカー例

## 4. テンプレートレス・トラッキング機能の特長

動体追跡治療では治療ビーム照射時に患者様をX線透視し，体内の腫瘍付近に留置した金マーカーをリアルタイムで追跡します。使用する金マーカーとしては，球体金マーカーの他に近年はVISICOILなどの非球体金マーカーも用いられるようになってきています(Fig.6)。動体追跡手法としてこれまでテンプレート画像を用いたパターン・マッチング法が使われてきましたが，非球体金マーカーの場合は透視方向によって画像上の投影形状が変化するため，透視方向ごとにテンプレートを作成するという手順が必要でした。また一方向のテンプレート画像は一個しか登録できないため，複数の非球体マーカーをテンプレート画像登録し追跡することができませんでした。

そこで，血管撮影システムで培った当社製SCORE™ StentViewの技術を応用し，非球体金マーカーの投影形状が変わった場合でも安定して動体追跡できるテンプレートレス・トラッキング機能を開発しました。本手法では金マーカーの形状を自動認識して追跡することにより，以下の特長を有します。

(1) テンプレート登録の手間が不要になります。
(2) パターン・マッチング時の誤マッチングを生じず，追跡中の他の金マーカーへの乗り移りが生じにくくなります。
(3) 金マーカーの形状に左右されないため，従来では不可能だった複数個の非球体金マーカーを追跡することが可能となります。

これらにより，動体追跡におけるワークフローの改善が期待できます。

## 5. むすび

SyncTraX(FX4 version)の新機能について紹介しました。今後さらに医療従事者の方々および患者様の負担を軽減できる装置とするために，動体追跡に関わる機能改善はもちろんのこと，患者位置決め機能の改善にも取り組む予定です。

最後に，開発にあたり，多大なご協力とご助言を頂いた新潟大学医歯学総合病院 放射線治療科および魚沼基幹病院　放射線治療科・放射線技術科の皆様に感謝いたします。

**参考文献**

1) 石山智晴ほか：放射線治療用動体追跡システム SyncTraX FX4 version の開発　島津評論 Vol.74 73～80（2017）
2) 由里淳ほか：放射線治療装置用動体追跡システム SyncTraX FX4 version の新機能開発　島津評論 Vol.76 91～97（2020）

SyncTraXは(株)島津製作所の商標です。
その他、本文中に記載されている会社名および製品名は、各社の商標および登録商標です。
本文中では「TM」、「®」を明記していない場合があります。

製造販売承認番号

| | |
|---|---|
| 22500BZX00105000 | 放射線治療装置用シンクロナイザ<br>放射線治療シミュレータ※<br>[放射線治療装置用動体追跡システム SyncTraX] |

※本医療機器は複数の一般的名称に該当します。

本記事の無断転載を禁じます。