Monaco

ビームデータ測定の手引き

光子線

目次

《改訂履歴》

第１版 2023 年 03 月 13 日

第２版 2023 年０８月０８日

・第４章に水槽の座標を追記

第３版 2023 年０８月 21 日

・第１章 【表 1-1】対応している治療機メーカーと MLC タイプ を改定

第１章　はじめに

「Monaco ビームデータ測定の手引き」について

「Monaco ビームデータ測定の手引き」（以下「手引き」）は、Monaco に登録するビームデータに関する重要な事項が記載してあります。作業を始める前に必ずお読みになり、内容をご確認ください。

「手引き」で対象となる治療機と MLC タイプは以下の通りです。

【表 1-1】対応している治療機メーカーと MLC タイプ

治療機メーカー	MLC タイプ
Elekta	Agility / MLCi2 Stereotactic Cones
Varian	Millennium120 HD120

注：End of Support となった機種のモデリングは受け付けておりません。

データご提出の流れ

Monaco のモデリングは海外のモデリングチームが担当します。治療機情報と測定データをモデリングチームへご提出されるにあたっては、2 つの方法があります。一つは Elekta Physics Platform というウェブサービスを使って(EPP, 詳細は「Monaco EPP 記入シート」で述べています)を使ってお客様自身に行っていただく方法です。もう一つはエレクタ株式会社の担当スタッフがデータをお預かりし、入力を代行する方法です。（どちらの場合でも、海外チームから直接お客様へ英語でお問い合わせすることはありません）

すべてのデータが揃っており、お客様ご自身でクロスチェックなどを実施されておられるなら、ご自身で EPP 入力をされる方が迅速な処理が期待できますが、現在のところエレクタ株式会社で入力代行を行う方法を強くお勧めしております。

次ページの図では、「手引き」の内容の確認から Monaco モデル納入までの大まかな流れを示しています。

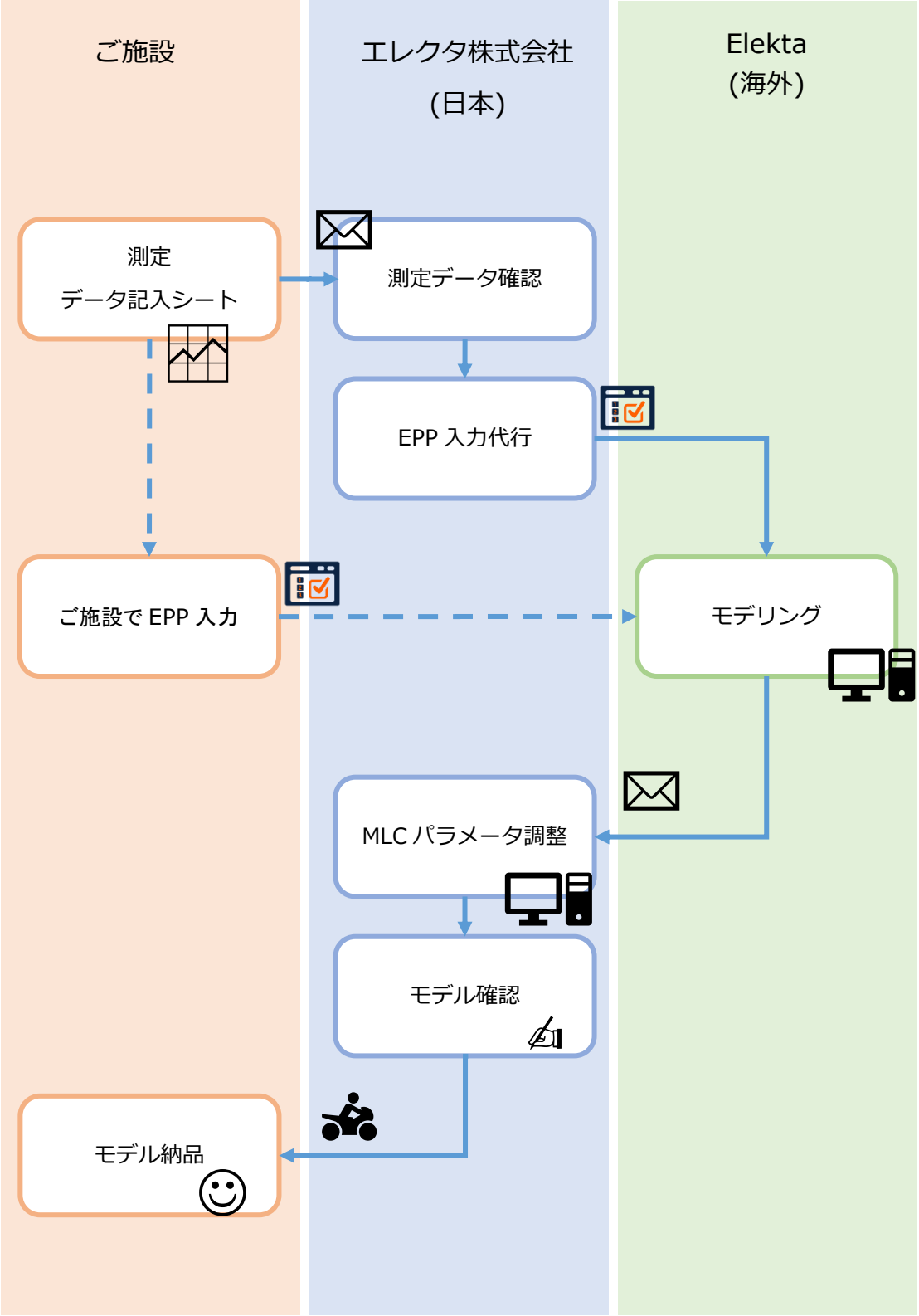


図 1-1 モデリング作業の流れ

関連資料はエレクタ株式会社のウェブサイトよりダウンロードできます

「手引き」やその他資料はエレクタ株式会社　物理サービス / 資料ダウンロード/Monaco にご用意しています。

https://www.elekta.co.jp/

【PDF ファイル】

「Monaco ビームデータ測定の手引き」

本ドキュメントです

「MLC パラメータ調整方法」

モデル作成後の MLC パラメータ調整に必要なデータ（タイプ F、後述）、データ取得方法とパラメータ調整方法を説明しています。

「ビームデータ測定時の Elekta 治療機操作手順」

ビームデータ測定時の Elekta 治療機（Integrity3.0 以降）の操作方法を簡易的にまとめています。

【Word ファイル】

「Monaco EPP 記入シート」

スキャンデータ以外でモデリングに必要な情報を記入するシートです。EPP 上でデータ入力をする際の補助としていただくためのものです。治療機ベンダーごとに用意しています。

「MLC パラメータ調整記入シート」

MLC パラメータ調整時に必要な情報を記入するシートです。検出器ごとで用意しています。

【Excel ファイル】

「測定項目チェックシート(Monaco)」

測定やデータをまとめる際のチェックシートです。

ご不明な点がある場合はお問い合わせください

測定、機器貸出、ビームデータなどに関するご質問は、エレクタケアサポートセンターまでご連絡いただきモデリング担当者をご用命ください。また、メールでのお問い合わせもお受けしております。

エレクタケアサポートセンター：0120-659-043

メールアドレス：SoftwareService-Japan@elekta.com

エレクタ株式会社に EPP の入力代行を依頼するときは、
以下に記すデータを上記メールアドレスまでお送りください。

- Monaco EPP 記入シート
- MLC パラメータ調整記入シート（該当施設のみ）
- スキャンデータ（厳密なルールがあります。第 4 章 の**スキャンデータのまとめ方**を参照してください）
- 配列検出器の測定データ（該当施設のみ）

データ記入シートの全項目を記入いただき、メール添付で期日までにご提出ください。
件名を「データ記入シート」とし、本文には貴施設名を必ずご記入ください。

迅速な治療開始を実現していただくため、上記の通りご協力いただけますようお願いします。

第 2 章　確認事項

モデルを作成する為には、事前に治療機、測定機材、測定項目などの確認が必要です。

治療機の確認

治療機の機能（ソフトウェッジ、原体、IMRT など）はオプションとして制御されていることが多いです。施設にて利用される機能の仕様をご確認ください。
線質が変わるような調整は、Monaco に登録するデータを測定する前に完了していることを確認してください。

測定機材の確認

データ取得では以下の表の機材が必要になります。ブラスキャップと CT-ED ファントムをお持ちではない場合は、弊社よりお貸出し致します。貸出し期間は 2 泊 3 日になります。

【表 2-1】測定機材の確認

	所持・借用	メモ (機器名、取扱説明日、借用先、借用日など)
線量計校正用水ファントム	☑ 施設機器	
3 次元水ファントム一式	☐ 施設機器 ☐ 借用	
検出器（光子線用）	☐ 施設機器 ☐ 借用	
検出器（電子線）	☐ 施設機器 ☐ 借用	
ブラスキャップ ＊光子線空中測定用	☐ 施設機器 ☐ 借用	
CT-ED ファントム	☐ 施設機器 ☐ 借用	
配列検出器	☐ 施設機器	

測定項目とライセンスの確認

「手引き」に提示されている測定項目は、あくまでも治療計画装置 Monaco に登録するためのデータであり、一般的な方法とは異なる測定項目もあります。Monaco のモデリングで必要とされるデータは SSD=90cm で取得します[1]。
測定項目は Monaco 購入時のライセンスによって変わります。

【表 2-2】Monaco ライセンスオプションとアルゴリズムの関係

ライセンス名	アルゴリズム	測定項目一覧表
デフォルトライセンス：3D Conventional（Dynamic Conformal[2]含む）		
PHOTON_COLLAPSED_CONE PHOTON_MONTE_CARLO	Collapsed Cone (光子線) Monte Carlo (光子線)	タイプ A
Flattening Filter Free (FFF)	Monte Carlo (光子線)	タイプ B
ELECTRON_MONTE_CARLO	Monte Carlo (電子線)	タイプ E（別冊）
オプション		
IMRT / VMAT	Monte Carlo (光子線)	タイプ F
mMLC	Monte Carlo (光子線)	タイプ C
STEREOTACTIC_CONES	Monte Carlo (光子線)	タイプ D

【デフォルトライセンス】
3D Conventional には Dynamic Conformal（原体）ライセンスが含まれます。光子線は Collapsed Cone と Monte Carlo アルゴリズム、電子線は Monte Carlo アルゴリズムのモデリングを行います。
光子線は測定項目の一覧表のタイプ A、電子線は測定項目の一覧表のタイプ E（別冊）をご覧ください。**Flattening Filter Free (FFF)ビームは Collapsed Cone アルゴリズムは未対応です。円形電子線アプリケータは未対応です。**

Monaco では外付けウェッジとソフトウェッジ共に対応しております。但し、Elekta 治療機との組み合わせにおいては、Motorized Wedge のみの対応となり、他社製品の外付けウェッジ（例：Aktina Wedge）は未対応です。ソフトウェッジ（Virtual Wedge・Enhanced Dynamic Wedge）は標準ファイルが既に用意されているため、ソフトウェッジモデリング用の測定はありません。

---

[1] SSD=90cm 以外のデータを使用されたい場合は、あらかじめ担当者にご相談ください。

[2] Dynamic Conformal の計画時は Monte Carlo (光子線)を使います。

【IMRT ライセンスオプション】
IMRT オプションがある場合は、タイプ A（もしくはタイプ B）に加えて、タイプ F をご覧ください。タイプ F の測定には配列検出器が必要になります。詳細は別冊の「Monaco MLC パラメータ調整方法　～MLC Geometry の変更～」をご確認ください。
VMAT オプションがある場合、Elekta Synergy の MLC タイプが MLCi/MLCi2 の場合は VMAT 専用の調整が必要になります。タイプ F の測定の前に、調整済みかご確認ください。

【定位放射線治療オプション】
内装 MLC 以外で、定位放射線治療を実施する際のオプションを用意しています。Elekta 社製外装式 MLC(mMLC)の場合はタイプ C、定位照射用 Cone[3]の場合はタイプ D をご覧ください。**mMLC の 4 MV 以下ならびに 20MV 以上、Cone の 10MV 以上は未対応です。**
測定前に Winston-Lutz テスト等の調整が必要かご確認ください。

【3D Conventional オプションの追加】
IMRT 専用装置として使っている Monaco に 3D Conventional を追加された場合は、タイプ A をご覧ください。以前作成したモデルが SSD=100cm のデータを使っている場合は、SSD＝90cm での測定が必要となります[4]。

【FFF ビーム】
FFF と物理ウェッジ、ソフトウェッジ、もしくは他アクセサリーの組み合わせの計画を立てることはできません。FFF ビームのモデルが必要な場合は、タイプ B とタイプ F の測定を実施してください。

例1　コンベンショナル、コーンを使った定位照射を計画する。
　⇒ タイプ A、タイプ D
例2　コンベンショナル、IMRT を計画する。
　⇒ タイプ A、タイプ F
例3　Monaco を IMRT 専用機として使っていたが、3D Conventional オプションを追加し、コンベンショナルを計画する。
　⇒ タイプ A

[3] 対応 Cone はエレクタ社製と Aktina 社製のものです。

[4] SSD=100cm のデータを使用されたい場合は、あらかじめ担当者にご相談ください。

なお、治療機のコミッショニングの際や他の治療計画装置に登録するために取得されたデータと重複する場合があります。既にお持ちのデータを提出していただいて構いません。ただし、第 3 章～第 5 章の注意点をご覧いただき問題ないかご確認ください。

その他

Elekta 治療機をお使いのお客様へ

測定時の治療機操作を簡単にまとめた資料「ビームデータ測定時の Elekta 治療機作業手順書」をご用意しています。物理ウェブサイトよりダウンロードできます。ご活用ください。

他社の治療計画装置を併用されるお客様へ

Elekta Agility の場合は、ガードリーフの扱いが治療計画装置によって異なります。資料「Agility の Guard Leaf とモニター校正について」と「Agility ガードリーフの対数と線量分布の比較」が物理ウェブサイトよりダウンロードできますのでご覧ください。

施設データの提出

エレクタではモデリングで必要となる治療機情報や測定データをデータベースに登録しています。このデータベースに登録されたデータはモデリングチームに届き、データの確認が行われます。このデータベースを Elekta Physics Platform (EPP)と呼びます。2015 年 9 月から、EPP への登録がご施設にて実施することが出来るようになりました。今までどおり、登録作業は、エレクタ（Japan）が代行することもできます。ご施設で登録作業を実施することをご希望の場合は、モデリング担当者にご相談ください。

モデリング期間

モデリングは海外のモデリングチームが担当します。モデリング日数はモデリングの本数に依存します。エネルギ 1 本の場合は 2 週間を頂いており、例えば、4,6,10MV の 3 本ですと合計 6 週間になります。モデリングのオーダーが詰まっている場合はデータ提出から上記の日数以上お待ちいただく事もあります。

【注意】

モデリング後の修正・変更もモデリングチームへ依頼することになります。些細な変更であっても、同チームに修正依頼をかけることになり、工程に大きな影響がでる場合があります。施設から提出される内容に間違いがないか必ずご確認ください。

第 3 章　ビームデータ測定項目一覧

本章では測定項目の一覧表を案内します。

【表 3-1】Monaco ライセンスオプションとアルゴリズムの関係

ライセンス名	アルゴリズム	測定項目一覧表
デフォルトライセンス：3D Conventional（Dynamic Conformal 含む）		
PHOTON_COLLAPSED_CONE PHOTON_MONTE_CARLO	Collapsed Cone (光子線) Monte Carlo (光子線)	タイプ A
Flattening Filter Free (FFF)	Monte Carlo (光子線)	タイプ B
ELECTRON_MONTE_CARLO	Monte Carlo (電子線)	タイプ E（別冊）
オプション		
IMRT / VMAT	Monte Carlo (光子線)	タイプ F
mMLC	Monte Carlo (光子線)	タイプ C
STEREOTACTIC_CONES	Monte Carlo (光子線)	タイプ D

(この表は【表 2-2】と同じ表です。)

注意事項

測定項目一覧表（【表 3-A】～【表 3-D】）の測定セットアップの **SSD** は Source to Surface Distance の略で線源から水面の距離、**SDD** は Source to Detector Distance の略で、線源から検出器の距離を示しています。

照射野サイズの表記について

「手引き」では、照射野サイズは「AB（横）×GT（縦）」で表記しています。

【表 3-A】Monaco ビームデータ測定一覧表（**タイプ A**：X 線）

測定項目	照射野サイズ [cm^2] **AB（横）×GT（縦）**	深さ [cm]	測定間隔 [cm] 測定セットアップ [cm]
スキャンデータ　<スキャンデータはすべて SSD = 90 cm で測定>			
PDD (Open)	**正方形**：2×2, 3×3, 4×4, 5×5, 7×7, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30, 40×40 **長方形**：40×5, 5×40, 40×22★	-0.5~35	35 から d_{max}+2 は 0.2 以上可 d_{max}+2 から-0.5 は 0.1
Lateral (Open) Crossplane と Inplane	**正方形**：2×2, 3×3, 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30, 40×40 **長方形**：40×22★	d_{max}, 5.0, 10.0, 20.0	0.2 ペナンブラ領域は 0.1 小照射野は 0.1
Diagonal (Open)	**正方形**： 40×40 (45°,135°) **長方形**： 40×22★ (28.8°,151.2°)	5.0, 10.0	0.3 ペナンブラ領域は 0.2
PDD (Wedge)	**正方形**：5×5, 10×10, 15×15, 20×20 **長方形**：Max×Max※	-0.5~35	35 から d_{max}+2 は 0.2 以上可 d_{max}+2 から-0.5 は 0.1
Lateral (Wedge) Crossplane と Inplane	**正方形**：5×5, 10×10, 15×15, 20×20 **長方形**: Max×Max※	d_{max}, 5.0, 10.0, 20.0	0.2 ペナンブラ領域は 0.1
Diagonal (Wedge)	**長方形**：Max×Max※	10	0.3 ペナンブラ領域は 0.2

ノンスキャンデータ			
水中測定			
TSCF (Open)	**正方形**：2×2, 3×3,4×4, 5×5, 7×7, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30, 40×40 **長方形**：40×5, 5×40, 40×22★	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
TSCF (Wedge)	**正方形**：5×5, 10×10, 15×15, 20×20, **長方形**: Max×Max※	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
Absolute Dose Calibration 1 (Open)	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 110 (SSD = 100)
Absolute Dose Calibration 2 (Open)	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
Absolute Dose Calibration 2 (Wedge)	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
空中測定 <ブラスキャップが必要>			
Head Scatter (Open)	**正方形**：5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 40×40 **長方形**：3×Max, 5×Max, 8×Max, 10×Max, 15×Max, 20×Max, 30×Max, Max×3, Max×5, Max×8, Max×10, Max×15, Max ×20, Max×30		SDD = 100

★　MLC タイプが HD120 のみ。

※　ウェッジ装着時の最大照射野サイズです。

【表 3-A1】測定時の注意事項

特記事項	・5×5-cm 以下の照射野では、有感体積の小さいマイクロチェンバー（もしくはダイオードなど）を推奨します。 ・PDD と TSCF の 4×4-cm と 5×5-cm の照射野は 0.125cc 相当のチェンバーとマイクロチェンバーの両方で測定し、リーズナブルな結果を得られるか確認してください。 ・d_{max} は 10 x 10-cm のオープン照射野の PDD から決定ください。 **【物理ウェッジがある場合】** ・挿入方向を一方向に決めて、スキャン測定をしてください。その向きの最大照射野が縦長か、横長かを確認してください。 **【Varian 治療機】** ・照射野は Jaw のみで形成してください。 ・MLC タイプが HD120 の場合、オープン照射野において、最大照射野の 40×40-cm に加えて 40×22-cm の測定も必要になります。 **【ソフトウェッジ】** ・Siemens の Virtual Wedge（VW）と Varian の EDW は、測定項目はありません。
PDD	・下から上に向かって測定してください。 ・深さ 35cm 分の測定が行えるようにファントムをセットアップし、水面付近では 0.5cm 分オーバーさせ、水面が確実に得られるようにしてください。 ・上記の「特記事項」の通り、二種類の検出器で測定してください。 ・最大照射野～4x4-cm では、0.125cc 相当のチェンバーを推奨します。 ・全ての照射野を有感体積の小さいマイクロチェンバーもしくはダイオードで測定しないでください[5]。
Lateral	**・照射野 10×10-cm の深さ 10cm は、施設でお持ちの最小の検出器でも測定してください[6]。** ・測定幅は 3×3-cm と 10×10-cm は照射野外から 10cm 以上スキャンしてください。それ以外は、可能な限り 6cm 以上確保してください。
Diagonal	・測定幅は照射野外から 2cm 以上を確保してください。

[5] ダイオードは"Photon Diode Detector"であったとしても、散乱した低エネルギの光子線に過剰に反応します。マイクロチェンバーはステム効果の影響を受けやすくなります。これらが測定時にシグナルに、結果、PDD に影響を与えます。

[6] 照射野 10x10-cm の深さ 10cm のプロファイルから CCC モデルの辺縁のパラメータが決定します。

<table>
<tr><td>TSCF</td><td>・上記の「特記事項」の通り、二種類の検出器で測定してください。
・10×10-cm で正規化してください。</td></tr>
<tr><td>Absolute Dose Calibration</td><td>2 つの異なるセットアップで絶対線量の測定をしてください。
・Absolute Dose Calibration 1= Absolute Dose Calibration in Water at 10 cm Depth (100 cm SSD)
・Absolute Dose Calibration 2＝Absolute Dose Calibration in Water at isocenter point, 10 cm Depth (90 cm SSD)</td></tr>
<tr><td>Head Scatter</td><td>・空中測定となり、ブラスキャップが必要になります。エネルギによって、ブラスキャップの厚さを変えてください。
【推奨されるブラスキャップの厚さ】
<table>
<tr><td>公称エネルギ [MV]</td><td>ブラスキャップの厚さ [mm]</td></tr>
<tr><td>4</td><td>1.6</td></tr>
<tr><td>6</td><td>2.4</td></tr>
<tr><td>8</td><td>3.2</td></tr>
<tr><td>10</td><td>4.0</td></tr>
<tr><td>12</td><td>4.8</td></tr>
<tr><td>15</td><td>6.0</td></tr>
<tr><td>18</td><td>7.1</td></tr>
</table>
お持ちではない場合は弊社からお貸出します。ちょうど良い厚さのキャップが無い場合は、上表より厚く、なるべく近いものを採用してください。推奨より薄いキャップは混入電子の影響を受けます。
・10×10-cm で正規化してください。</td></tr>
</table>

【表 3-B】Monaco ビームデータ測定一覧表（**タイプ B**：FFF）

測定項目	照射野サイズ [cm^2] **AB（横）×GT（縦）**	深さ [cm]	測定間隔 [cm] 測定セットアップ [cm]
スキャンデータ　<スキャンデータはすべて SSD = 90 cm で測定>			
PDD (Open)	**正方形**：2×2, 3×3, 4×4, 5×5, 7×7, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30, 40×40 **長方形**：40×5, 5×40, 40×22★	-0.5~35	35 から d_{max}+2 は 0.2 以上可 d_{max}+2 から-0.5 は 0.1
Lateral (Open) Crossplane と Inplane	**正方形**：2×2, 3×3, 5×5, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30, 40×40 **長方形**：40×22★	d_{max}, 5.0, 10.0, 20.0	0.2 ペナンブラ領域は 0.1 小照射野は 0.1
Diagonal (Open)	**正方形**：40×40(45°,135°), **長方形**：40×22★ (28.8°,151.2°)	5.0, 10.0	0.3 ペナンブラ領域は 0.2
ノンスキャンデータ			
水中測定			
TSCF (Open)	**正方形**：2×2, 3×3, 4×4, 5×5, 7×7, 10×10, 15×15, 20×20, 30×30, 40×40 **長方形**：40×5, 5×40, 40×22★	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
Absolute Dose Calibration 1 (Open)	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 110 (SSD = 100)
Absolute Dose Calibration 2 (Open)	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)

★　MLC タイプが HD120 のみ。

【表 3-B1】測定時の注意事項

特記事項	・5×5-cm 以下の照射野では、有感体積の小さいマイクロチェンバー（もしくはダイオードなど）を推奨します。 ・PDD と TSCF の 4×4-cm と 5×5-cm の照射野は 0.125cc 相当のチェンバーとマイクロチェンバーの両方で測定し、リーズナブルな結果を得られるか確認してください。 ・d_{max} は 10 x 10-cm のオープン照射野の PDD から決定ください。 ・ビームデータ測定は最大線量率の半分の線量率で行うことを推奨しています。※ **【Varian 治療機】** ・照射野は Jaw のみで形成してください。 ・MLC タイプが HD120 の場合、オープン照射野の測定において、最大照射野は 40×22-cm になります。（30×30-cm と 40×40-cm は不要です。）
PDD	・下から上に向かって測定してください。 ・深さ 35cm 分の測定が行えるようにファントムをセットアップし、水面付近では 0.5cm 分オーバーさせ、水面が確実に得られるようにしてください。 ・上記の「特記事項」の通り、二種類の検出器で測定してください。 ・最大照射野～4x4-cm では、0.125cc 相当のチェンバーを推奨します。 ・全ての照射野を有感体積の小さいマイクロチェンバーもしくはダイオードで測定しないでください。
Lateral	・測定幅は 3×3-cm と 10×10-cm は照射野外から 10cm 以上スキャンしてください。それ以外は、可能な限り 6cm 以上確保してください。
Diagonal	・測定幅は照射野外から 2cm 以上を確保してください。
TSCF	・上記の「特記事項」の通り、二種類の検出器で測定してください。 ・10×10-cm で正規化してください。
Absolute Dose Calibration	2 つの異なるセットアップで絶対線量の測定をしてください。 ・Absolute Dose Calibration 1= Absolute Dose Calibration in Water at 10 cm Depth (100 cm SSD) ・Absolute Dose Calibration 2＝Absolute Dose Calibration in Water at isocenter point, 10 cm Depth (90 cm SSD)

※施設の線量率限界や時間短縮を考慮すると、ノンスキャンデータのみ最大線量率で測定する方法もありますが、その際は、最大線量率と半分の線量率とで比較検討を行った上で測定してください。

【表 3-C】Monaco ビームデータ測定一覧表（**タイプ C**: Elekta 外装式 mMLC 2.5mm 用）

測定項目	照射野サイズ [cm^2] ※ **AB（横）×GT（縦）**	深さ [cm]	測定間隔 [cm] 測定セットアップ [cm]
スキャンデータ　<スキャンデータはすべて SSD = 90 cm で測定>			
PDD	**正方形**：リーフ 2 枚幅, リーフ 4 枚幅, リーフ 6 枚幅, リーフ 8 枚幅, リーフ 12 枚幅, リーフ 20 枚幅, リーフ 28 枚幅, リーフ 40 枚幅, リーフ 46 枚幅 **長方形**：最大照射野	-0.5~35	35 から d_{max}+2 は 0.2 以上可 d_{max}+2 から-0.5 は 0.1
Lateral（Crossplane と Inplane）	**正方形**：リーフ 2 枚幅, リーフ 4 枚幅, リーフ 6 枚幅, リーフ 8 枚幅, リーフ 12 枚幅, リーフ 20 枚幅, リーフ 28 枚幅, リーフ 40 枚幅, リーフ 46 枚幅 **長方形**：最大照射野	d_{max}, 5.0, 10.0, 20.0, 30.0	0.2 ペナンブラ領域は 0.1 小照射野は 0.05 が好ましい
Diagonal	**長方形**： 最大照射野(49.9°, 130.1°)*	5.0	0. 2
ノンスキャンデータ			
TSCF	**正方形**：リーフ 2 枚幅, リーフ 4 枚幅, リーフ 6 枚幅, リーフ 8 枚幅, リーフ 12 枚幅, リーフ 20 枚幅, リーフ 28 枚幅, リーフ 40 枚幅, リーフ 46 枚幅 **長方形**：最大照射野	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
Absolute Dose Calibration 1	リーフ 40 枚幅	d_{ref} = 10	SDD = 110 (SSD = 100)
Absolute Dose Calibration 2	リーフ 40 枚幅	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)

※　mMLC 2.5 mm の測定照射野はアイソセンターにおけるリーフ幅で定義されます。リーフ幅は若干の個体差（2.45mm/リーフ～2.47mm/リーフ）がありますので、ご施設のリーフ幅に合わせて照射野を形成してください。

*　リーフ幅を 2.46mm、最大照射野を 116×137.76-mm を想定した場合の角度です。

【表 3-C1】測定時の注意事項

特記事項	・リーフ 20 枚幅以下の照射野では、定位照射用ダイオードを推奨します。 ・チェンバーとダイオードを使う場合は、リーフ 12 枚幅 とリーフ 20 枚幅の PDD と TSCF を両方の検出器で測定し、リーズナブルな結果を得られるか確認してください。 ・d_{max} はリーフ 40 枚幅のオープン照射野の PDD から決定ください。 **・FFF ビームのビームデータ測定時、特定の素子が放射線のダメージで早めに劣化し、部品交換を要した事例がありました。そのため FFF ビームの測定では最大線量率の半分の線量率で測定してください。** **・mMLC 2.5mm の動作保証範囲は 6MV～18MV の X 線です。4MV ならびに 20MV 以上には対応しておりませんのでご注意ください。**
PDD	・下から上に向かって測定してください。 ・深さ 35cm 分の測定が行えるようにファントムをセットアップし、水面付近では 0.5cm 分オーバーさせ、水面が確実に得られるようにしてください。 ・二種類の検出器を使う場合は上記の「特記事項」をご覧ください。
Lateral	・測定幅は照射野外から 6cm 以上確保してください。
Diagonal	・対角線上のスキャン角度はおおよそ 49.9°です。 （厳密な角度はリーフ幅によって若干異なりますのでご確認ください） ・測定幅は照射野外から 2cm 以上を確保してください。
TSCF	・二種類の検出器を使う場合は上記の「特記事項」をご覧ください。 ・リーフ 40 枚幅で正規化してください。
Absolute Dose Calibration	2 つの異なるセットアップで絶対線量の測定をしてください。 ・Absolute Dose Calibration 1: Absolute Dose Calibration in Water at 10 cm Depth (100 cm SSD) ・Absolute Dose Calibration 2: Absolute Dose Calibration in Water at isocenter point, 10 cm Depth (90 cm SSD)

【表 3-D】Monaco ビームデータ測定一覧表（**タイプ D**: Aktina Cone 用）

測定項目	照射野サイズ [cm^2] **AB（横）×GT（縦）**	深さ [cm]	測定間隔 [cm] 測定セットアップ [cm]
スキャンデータ　<スキャンデータはすべて SSD = 90 cm で測定>			
PDD	全てのコーンサイズ	-0.5~30	0.1
Lateral（Crossplane と Inplane）	全てのコーンサイズ	d_{max}, 5.0, 10.0, 20.0	0.1 ペナンブラ領域は 0.05
ノンスキャンデータ			
TSCF	全てのコーンサイズ	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)
Absolute Dose Calibration 1	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 110 (SSD = 100)
Absolute Dose Calibration 2	10×10	d_{ref} = 10	SDD = 100 (SSD = 90)

【表 3-D1】測定時の注意事項

特記事項	・スキャンデータは、定位照射用ダイオードを使用することを推奨します。 ・d_{max} は 10 x 10cm^2 のオープン照射野の PDD から決定ください。 ・すべてのコーンサイズにおいて、コーン装着時は Jaw および MLC で 6 x 6cm^2 の照射野を作成し測定してください。 **・コーンの 10MV 以上は対応しておりませんのでご注意ください。**
PDD	・下から上に向かって測定してください。 ・深さ 30cm 分の測定が行えるようにファントムをセットアップし、水面付近では 0.5cm 分オーバーさせ、水面が確実に得られるようにしてください。
Lateral	・測定幅は照射野外から 5cm 以上確保してください。
TSCF	・コーンの TSCF の測定の際には、定位照射用ダイオードを使用することを推奨します。 ・コーンの TSCF は下記の式を用いて、2 つの検出器でつないだ値を算出してください。 $TSCF = \overbrace{\underbrace{\frac{Reading\ (10.0cm\ \times 10.0mm)_{diode}}{Reading\ (30.0mm\ \times 30.0mm)_{diode}}}_{B}}^{A} \times \overbrace{\underbrace{\frac{Reading\ (30.0mm\ \times 30.0mm)_{IC}}{Reading\ (100.0mm\ \times 100.0mm)_{IC}}}_{D}}^{C}$ ・A: 定位照射用ダイオードを使用して、各コーンサイズで測定された読み値(この例では cone size =10mm となっています。) ・B: 定位照射用ダイオードを使用して、中間照射野サイズ★で測定された読み値(この例では中間照射野 = 30mm となっています。) ・C: 0.125cc 相当の電離箱を使用して、中間照射野サイズ★で測定された読み値(この例では中間照射野 = 30mm となっています。) ・D: 0.125cc 相当の電離箱を使用して、照射野サイズ 100 x 100mm^2 で測定された読み値
Absolute Dose Calibration	2 つの異なるセットアップで絶対線量の測定をしてください。 ・Absolute Dose Calibration 1: Absolute Dose Calibration in Water at 10 cm Depth (100 cm SSD) ・Absolute Dose Calibration 2: Absolute Dose Calibration in Water at isocenter point, 10 cm Depth (90 cm SSD)

★　照射野 10x10[cm^2]と最大コーンサイズの間の任意の照射野サイズ

【表 3-F】Monaco ビームデータ測定一覧表（**タイプ F：**MLC Characterization）

Elekta、Varian Millennium120、Siemens の場合

測定項目（Field ID）	説明
検出器：配列検出器+固体ファントム	
3ABUT	3 つの隣接する 6×24-cm セグメント
10x10	MLC+Jaw 10×10-cm 照射野
20x20	MLC+Jaw 20×20-cm 照射野
DMLC1	Jaw 20×20-cm, MLC 2×20-cm, MLC が-10 cm > +10 cm 動く （Siemens 無し）
7SegA	７つの隣接する 2×24-cm セグメント
HDMLC	dMLC のテストプラン、33 セグメント（Siemens 無し）
HIMRT	Step & Shoot のテストプラン、33 セグメント
FOURL	４つの「L」字のセグメント、Jaw20×20-cm
検出器：Farmer 型線量計+水ファントム（校正用で可）	
10x10	MLC+Jaw 10×10-cm field
DMLC	Jaw 20×20-cm, MLC 2×20-cm, MLC が-10 cm > +10 cm 動く （Siemens 無し）

Varian HD120 の場合

以上の HDMLC と HIMRT の代わりに以下を測定します。

測定項目（Field ID）	説明
検出器：配列検出器+固体ファントム	
SSBS1	Step & Shoot のテストプラン
SSBS2	
SLWD1	dMLC のテストプラン
SLWD2	
RB1S1	VMAT のテストプラン
RB1S2	

注意事項：

・検出器によってはこの他にも、セットアップの為の測定が必要になります。

・配列検出器セットアップ時のアイソセンターがわかる状態の写真を添付してください。

・本測定の詳細は物理ウェブサイトからダウンロードできる「MLC パラメータ調整方法」をご覧ください。

・本測定の対象は 4MV を除いたエネルギになります。

第４章　スキャンデータ測定時の注意点

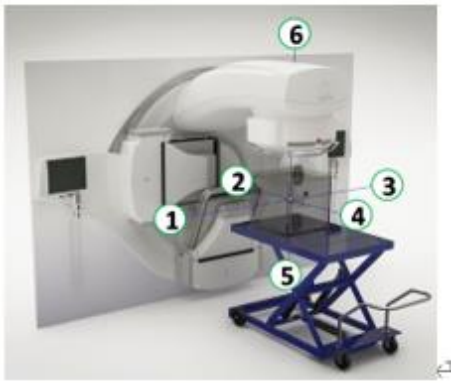
測定を実施する前のソフトウェアの設定において、座標は IEC 61217（AB 方向：X 軸、GT 方向：Y 軸）を適用してください。

以下の画像は、IBA 社製と PTW 社製のソフトウェアの設定を示しています。

iba 社製

PTW 社製

上記の通りに設定した場合、EPP 記入シートに記載いただくファントム座標のプラス方向は以下になります。



EPP 記入シート

	iba 社製	PTW 社製
＋X	□ 1 ■ 3	□ 1 ■ 3
＋Y	■ 2 □ 4	■ 2 □ 4

取得するスキャンデータは大きく分けて、以下の 2 つです。

PDD (深部線量比)

照射野の中心において、深さ方向へ垂直にスキャンして相対線量を測定したものです。線量がピークになる深さを最大深 d_{max} と呼びます。

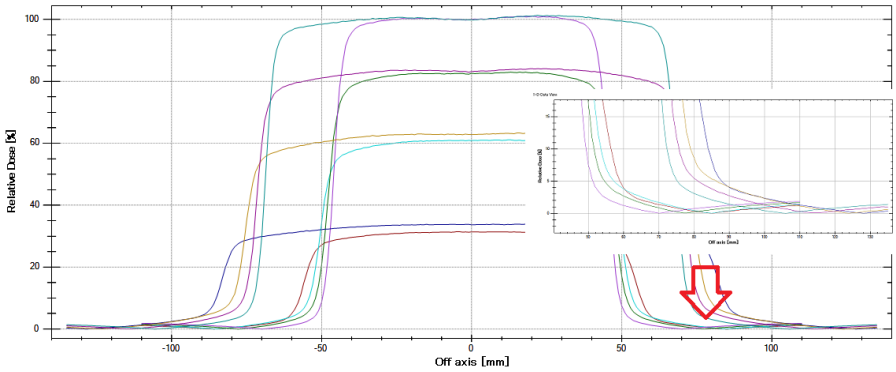
プロファイル（軸外線量比）

照射野の幅方向・対角方向へ水平にスキャンして相対線量を測定したものです。

以下の点に注意してください。

□　測定は検出器の実効中心で実施してください。

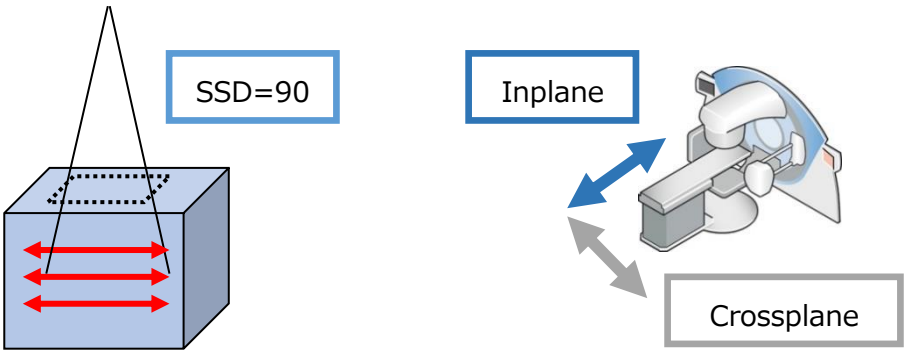
- 異なる 2 つの深さでプロファイルを取得し、ファントムの傾きや照射野中心のずれを確認してください。(スキャニングソフトウェアに 2 深測定をベースにした確認機能があることがあります。)
- ハーフスキャンは行わないでください。照射野 30x30-cm くらいからは、指定の照射野外が測定しきれなくても問題ありません。
- チェンバーの長軸と直交する方向にスキャンしてください。
- スキャン測定項目チェックシートを用意しています。物理ウェブサイトからダウンロードして、測定時や提出用にデータをまとめる際などにご活用ください。
- バックグラウンドが上手く取れていない、検出器等に問題がある場合は 0%から跳ね上がるデータになることがあります。このような場合はデータをモデリングツールに取り込むことができません。



【図 4-1】0%から跳ね上がるようなスキャンデータ

Lateral

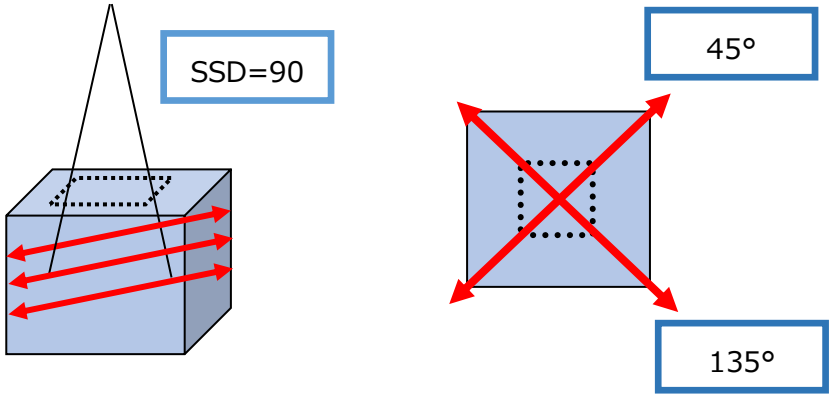
- オープン照射野とウェッジ照射野のいずれも、Crossplane と Inplane の両方向を測定してください。



【図 4-2】Lateral プロファイルのスキャン方向

Diagonal

- オープン照射野の、両対角線方向の測定をしてください。



【図 4-3】Diagonal プロファイルのスキャン方向

- 長方形照射野の場合、スキャン角度は三角関数を用いて算出してください。
- コリメータを回しての測定は行わないでください。
- スキャニングソフトウェアでは角度と照射野幅をベースにした測定条件を設定できます。ご活用ください。

スキャンデータのまとめ方

モデリングツールで認識できるファイルフォーマットは以下のとおりです。

【表 4-1】 ファイルフォーマット

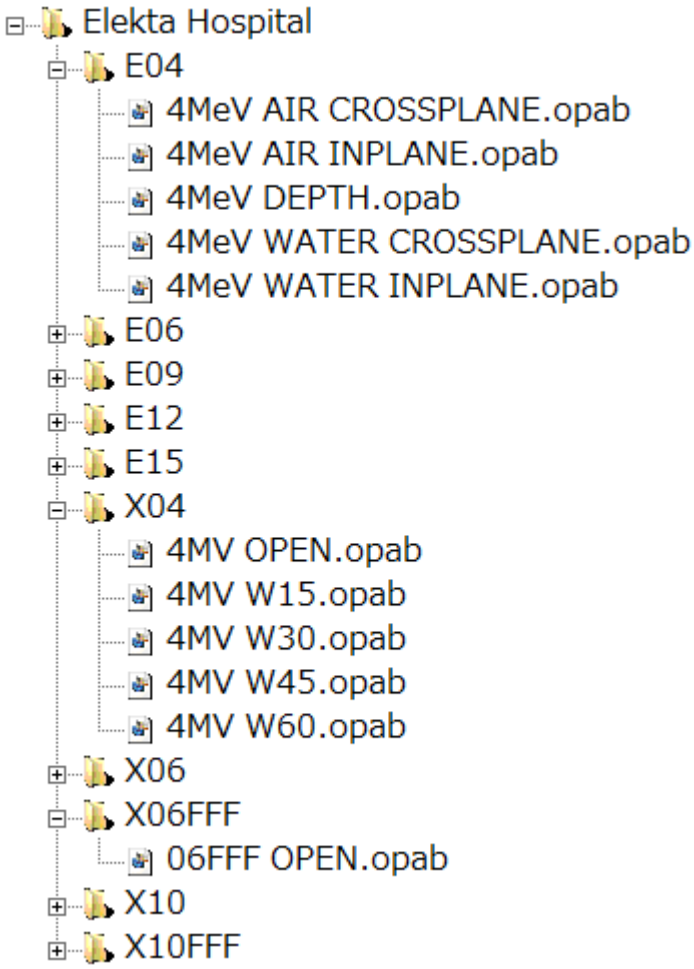
スキャンニングソフトウェア	フォーマット
PTW (Mephysto)	MCC
IBA (Omni-Pro)	OPAB / RFB / ASCII
Sun Nuclear Corporation (3D Scanner)	SNCTXT
Standard Imaging Inc. (DoseView 3D)	CPR and PRO フォーマット

- 重複するデータがないことを確認してください。検出器の比較などの目的で同じデータを取得した際は、どちらのデータを提出するかをご施設にて判断ください。
- スキャンデータは、各 Machine ID[7]でフォルダを分けて、フォルダ名は Machine ID と同じにしてください。
- スキャンデータは【表 4-2】に示している測定項目ごとにひとつのファイルにまとめ、該当するフォルダに保存してください。

【表 4-2】スキャンデータのまとめ方

Photon
Open PDDs, Inplane/Crossplane/Diagonal Profiles
Wedge (各角度) PDDs, Inplane/Crossplane/Diagonal Profiles

[7] 「Monaco EPP 記入シート」を参照



【図 4-4】例：スキャンデータのまとめ方

第 5 章　ノンスキャンデータ測定時の注意点

取得するノンスキャンデータは大きく分けて、以下の 3 つです。

Total Scatter Correction Factors (TSCF)

全散乱係数 Scp になります。水中で SDD=100cm(SSD=90cm)の基準深における、基準照射野に対する任意の照射野の線量比です。

Head Scatter Correction Factor (Sc)

コリメータ散乱係数です。空中で SDD=100cm の測定条件における、基準照射野に対する任意の照射野の線量比です。

Absolute Dose Calibration

基準照射野の基準深における 100MU あたりの水中の線量（単位：Gy）です。SDD＝100cm と 110cm(SSD=90cm と 100cm)のデータが必要になります。

モデルのアルゴリズムによって、必要となるノンスキャンデータが変わります。

【表 5-1】ノンスキャンデータ測定早見表

測定一覧表	TSCF	Sc	Absolute Dose Calibration
タイプ A	○	○	○
タイプ B	○	×	○
タイプ C	○	×	○
タイプ D	○	×	○

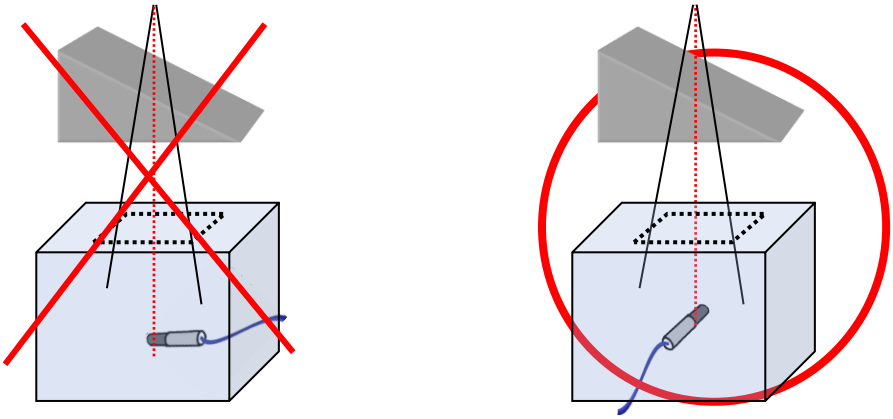
タイプ A のウェッジデータ測定の際に、以下の 2 点についてご注意ください。

□ チェンバーの長軸がウェッジの傾斜の向きに対して、直角になるよう配置してください。（【図 5-1】を参照）

□ 測定は 1 方向だけでなく、コリメータを回転させる、もしくはウェッジの挿入方向を逆にするなどして、差異があるかの確認を実施することを推奨します。[8]　データは任意の方向のみの値、または多方向の平均値を提出してください。

---

[8] エレクタ治療機において Motorized Wedge の挿入する方向を変更する方法は、別冊の「ビームデータ測定時の Elekta 治療機操作手順書」に記載しております。



【図 5-1】ウェッジ傾斜方向に対してのチェンバーの位置（左：水平、右：直角）

TSCF：測定の注意点と算出方法

□ 測定は検出器の実効中心で実施してください。

□ TSCF は以下の式で求めます。

$$\text{TSCF(任意照射野)} = \frac{\text{線量（任意照射野)}}{\text{線量（基準照射野)}}$$

基準照射野の TSCF は必ず 1 になります。測定状況（温度や気圧の変動）が変化しない場合は上式の線量を電離量に置き換えても問題ありません。日をまたいで測定する場合は線量で比を求めることを推奨します。

□ 照射野サイズで検出器を分ける場合は、それぞれの検出器で求められた TSCF の相互校正を行う必要があります。例えば小照射野（5×5-cm 以下）を検出器 A で測定し、他照射野（4×4-cm 以上）を検出器 B で測定したとします。相互校正を行う照射野が 5×5-cm の場合、検出器 A で取得した 5x5-cm の TSCF の値が検出器 B の TSCF と同じになるように検出器 A のデータを正規化してください。

□ 校正用ファントムでは 30×30-cm 以上の照射野においてファントムの大きさが足りず、ファントム散乱の影響が小さくなり、実際より過小評価になります。スキャン用のファントムを使用することをお奨めします。

Head Scatter Correction Factor（Sc）：測定時の注意点と算出方法

□ 検出器は 0.125cc 相当のチェンバーを推奨します。マイクロチェンバーを使う場合は、極性効果に気をつけてください。

□ ブラスキャップをお持ちでない場合、エレクタよりお貸出し（2 泊 3 日）します。弊社の持っているブラスキャップは IBA CC-13 用と PTW Semiflex 0.125 用です。

【図 5- 2 】ブラスキャップ

□ 縦置き、横置きのどちらで測定しても構いません。

□ 3 次元水ファントム装置を使って測定する場合、装置の金属部分からの散乱が影響することがあります。ファントムの外側にリファレンス用の保持具を向けてその先にチェンバーを設置する方法や、角材を使う方法等をご検討ください。

□ Sc は以下の式で求めます。

$$\text{Sc(任意照射野)} = \frac{\text{電離量（任意照射野)}}{\text{電離量（基準照射野）}}$$

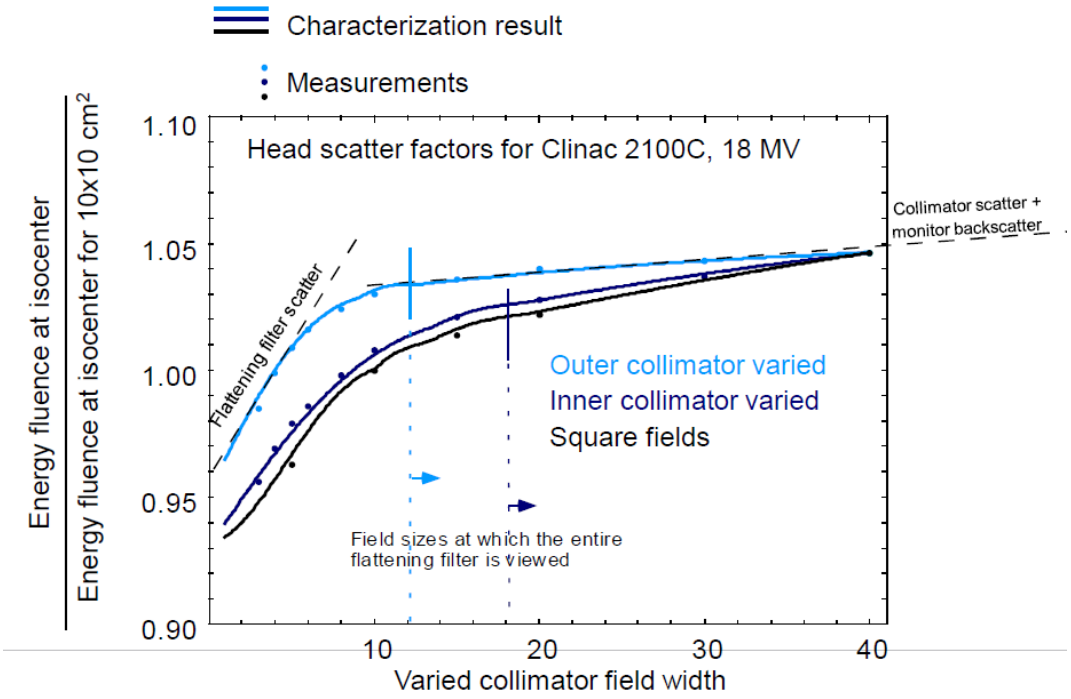
基準照射野の Sc は必ず 1 になります。

□ EPP で Sc を登録する際に、照射野が Outer×Inner という表記になっています。Inner は線源に一番近いコリメータを示します。

【表 5-2】Outer×Inner 早見表

	Outer	Inner
Elekta	Diaphragm（GT）	MLC（AB）
Varian	Lower Jaw（AB）	Upper Jaw (GT)
Siemens	MLC (AB)	Jaw (GT)

□ Sc は Inner の設定が狭い方が、小さくなる傾向にあります。例えば、Outer×Inner=3×40-cm と 40×3-cm で比較すると、3×40-cm より 40×3-cm が小さくなります。Sc (3×40)＞Sc (40×3)。



【図 5-3】Sc と照射野の関係

Absolute Dose Calibration：測定時の注意点

□ 本測定の前に、必ず治療機の線量校正を完了してください。

□ 校正済みの検出器をお使いください。

□ 幾何学中心で測定してください。

追加資料　モデリングと測定項目の関係

Monte Carlo（光子線）の説明

１．Monaco の Monte Carlo アルゴリズム

Monaco の IMRT では Monte Carlo で線量計算を行います。この Monte Carlo は従来の一般的な線量計算アルゴリズムと異なる考え方で測定データをモデリングに使用します。これまでの一般的なアルゴリズムでは TSCF、深部線量分布（=PDD or TMR)、プロファイルは相互に独立しており、適切な正規化を行うことができ、線量計算を行うときには、これらを積算の形で組み合わせるのが普通です。しかし、Monaco に実装されている Monte Carlo アルゴリズムでは、様相が異なります。Monte Carlo アルゴリズムでのビームモデルは 2 つの部分に分けられます。

・線源のモデル
　ターゲットや平坦化フィルタなど、フィールドごとに変化しない部分
・ビーム整形装置のモデル
　コリメータや MLC など、フィールドごとに変化する部分

Monaco の線源モデルは Virtual Source Model[9] (以下 VSM)と呼ばれる仕組みを採用しています。細かいパラメータはありますが、端的にはエネルギスペクトルとフルエンス分布の 2 つのみから成り立っています。

つまり Monte Carlo のビームモデルでは、その内部に照射野係数や深部線量分布の表を持っているわけではなく、線源とビーム整形装置のモデルから、自発的に、測定とつじつまが合うように生成されなければいけない、ということです。

2. VSM の概要

Monaco では、フラットニングフィルタやコリメータを実体としてシミュレーションしているわけではなく、VSM という抽象化されたモデルで表現されています。VSM のパラメータは、ターゲットのサイズ、フラットニングフィルタの形状、エネルギスペクトル、散乱線と電子混入の割合、プロファイルなど、全部でおよそ 30 通りありますが、まず 3 つの成分を考えることから始まります。

・ターゲットから生成する主成分の光子線（Primary Photon）
・一次コリメータ下端から生成する散乱光子線（Secondary Photon）

---

[9] Sikora, Marcin Paweł *Virtual Source Modeling of Photon Beams for Monte Carlo Based Radiation Therapy Treatment Planning*. PhD thesis, University of Bergen 2010

・平坦化フィルタ下端から生成する混入電子線（Electron Contamination）

それぞれの成分ごとに以下の特質が設定されます。

・エネルギスペクトル
・フルエンス分布
・基本となるガウシアンの幅
・変形をもたらす Horn Parameter や Central Depression の効果
　平坦化フィルタや一次コリメータがもたらす独特の「M」の字形のプロファイル形状をモデル化するためのパラメータです。
・Off-Axis Softening の影響

3. **VSM モデリングについて**

Monaco で使われているのと同じ X-ray Voxel Monte Carlo（XVMC）という線量計算エンジンによって、VSM に従って発生した放射線を仮想ファントムに入射させた場合の線量分布計算を行い、矩形照射野の照射野係数（TSCF）、PDD、プロファイルを求め、その結果を解析し、VSM の特質を調整し、3 成分の相互のウェイトがモデリング作業時に決定されます。

さて、VSM の特質を調整すると説明したように、照射野係数やピーク深といった測定値そのものがパラメータになることはありません。これらは、VSM のパラメータを用いて水中の線量分布計算を行って、はじめて求められるものです。例えば、7×7-cm の照射野係数だけをほんのわずか変更するということは不可能です。ターゲットのサイズを変えたり、スペクトルを調整したり、フラットニングフィルタの厚みを変えたり、散乱線に関係するパラメータを調整して 7×7-cm の照射野係数を変えることはできますが、同時に他のすべての照射野係数にも影響を及ぼしてしまいます。

つまりご提出いただくデータは、モデルのパラメータではなく、モデルの計算結果と比較するための「お手本」となるものです。この比較データには、矩形照射野の TSCF、PDD、プロファイル（Lateral、Diagonal）があります。TSCF やビルドアップ領域の PDD はジョーや MLC からの散乱線や電子混入を左右するパラメータ調整時に活躍します。プロファイル（Lateral）はコリメータもしくは MLC の透過率と辺縁、プロファイル（Diagonal）では horn parameter の調整時に重要な役割を果たします。

ここで、Monaco のビームデータを取得される皆様に、ご注意いただきたい点を 3 つ述べます。

(1) PDD の測定においてはスペクトルの調整や電子混入の割合を決めるにあたり、それぞ

れの照射野のビルドアップ領域がどのように変化していくかを見ています。ですから照射野によってこのビルドアップ領域の傾向が変わってしまうと調整が非常に難しくなります。このため、小さい照射野のために検出器を変更した際に、ビルドアップ領域が大きく変化してしまうと不都合です。異なる検出器を使用する場合は同じ照射野を測定し、深いところでの一致だけでなく、ビルドアップ領域でもリーズナブルであるかどうかチェックしてください。場合によっては実効中心を変更する必要があるかもしれません。

(2) VSM は治療機から出てくるビームは中心軸において対称であると仮定されているモデルです。よって、非対称なビームをモデリングすることはできません。しかし、ご提出頂くプロファイル（Lateral、Diagonal）はフルスキャンでなければいけません。この理由は、もしビームの対称性が良くなかった場合でも、平均的に合うように調整する必要があると考えるからです。また、大きい照射野の深部のプロファイルスキャンでも照射野外のデータが取得できるよう考慮し、SSD=90cm での測定セットアップを原則としています。

(3) PDD は同じ照射野の TSCF がないとモデリングに使用できません。また、プロファイル（Lateral）は同じ照射野の TSCF と PDD がないとモデリングに使用できません。これは、モデリングツールにおける解析において、計算 PDD と測定 PDD の比較が絶対線量で行われるためです。例えば、PDD の測定データが（定義通り）ピークで規格化されたものだとすると、モデリングツールはまず（TSCF の測定深である）10cm 深で再規格化を行い、これに Calibration Dose Rate と TSCF を乗じて、深部線量分布を絶対線量に戻すことになります。そのため、ある照射野で PDD は測っているけれども TSCF は測定していない場合、その PDD をモデリングに使用することができません。プロファイル（Lateral）の場合、各測定深において絶対線量に変換しなくてはならないため、TSCF と PDD が必要になります。PDD を測定した照射野では TSCF を、プロファイル（Lateral）を測定した照射野では TSCF と PDD を必ず測定するようになっています。

4. **MLC モデル**

Monacoのビームモデルには2つの部分があることを説明しましたが、これまでの話はVSM, つまり線源のモデルでした。もうひとつのビーム整形装置のモデルである MLC モデルについて見ていきましょう。MLC モデルには 2 つのパートに分けられます。

・MLC Dynamic Parameters…速度や回転速度など

・MLC Geometry Parameters…透過率やオフセットやリーフ間漏洩など

Dynamic Parameters は治療機のスペックに依存します。Monaco が治療機で実現できないようなプランを作成させないようにするためのものです。基本的には治療機のスペックを反映させるだけで問題ありませんが、照射できないようなプランが多発する場合には、変更して対応することが可能です。 また、このカテゴリーには便宜上、MLC とは関係ない最

小線量率などのパラメータも含みます。
Geometry Parameters は、Leaf Offset や Leaf Tip Leakage などの MLC に関するパラメータです。初期値として各治療機の理想的パラメータが登録されています。このため、MLC が Dynamic に動作するような照射について、施設ごとの個性は反映されていません。これがどの程度であるか確認し、必要であるならば、Monaco の MLC パラメータを変更して調整することが求められます。（この調整作業は MLC Characterization と呼ばれます。弊社が行うモデリングに含まれますが、ご施設でさらなる調整を行うことも可能です）

Absolute Dose Calibration 1 (SSD=100cm) と Absolute Dose Calibration 2 (SSD=90cm)については、SSD=100cm で測定した Calibration Dose Rate がモデリングに使用されます。モデリングを完了した後、SSD=90cm で本当に Absolute Dose Calibration 2 と同じ値が出るかどうかを確認します。冗長度を持たせることで、ただしくモデリングが行われているかチェックします。

Collapsed Cone Convolution（光子線）のビームモデル

1. Monaco の Collapsed Cone Convolution アルゴリズム

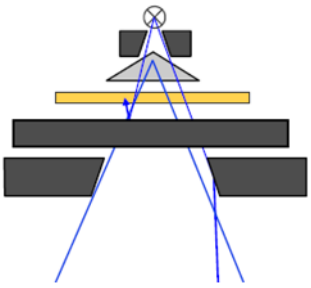
Monaco の Collapsed Cone Convolution アルゴリズム（以下 CCC）は、原理的にはすでに一般的になっている TERMA とカーネルの重畳積分で線量分布を求めるやり方です。しかし個別の部分には新しいアイデアが導入されており、古くからある同様のアルゴリズムよりもスマートにできています。Monaco CCC は、通常の固定多門の 3D-CRT のみに対して使用可能です。動的な照射法には使われませんから各パーツの速度は考慮しなくても良いですし、IMRT や VMAT ほど MLC のモデリングに注意を払う必要はありません。注意を払うべきは直射線のスペクトル、散乱線源、後方散乱、照射野係数、と言った古典的な概念です。

本項では患者体内の計算の仕組みは省略して、こういったビームモデルと測定の関係についてのみ述べることにします。

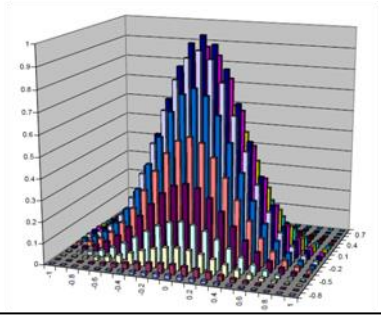
2. Monaco Collapsed Cone Convolution アルゴリズムのビームモデル構成

Monaco の CCC では、線源モデルは大きく分けて 2 つ、直射線と散乱線に分かれます。

- 直射線
  - 主光子線
  - 混入電子
- 散乱線
  - フラットニングフィルタ起源
  - コリメータ・MLC 起源
  - モジュレータ（ブロック・ウェッジ）起源
  - モニタチェンバへの後方散乱



主光子線、フラットニングフィルタ起源の散乱線、モニタチェンバへの後方散乱、コリメータ起源の散乱線



主光子線のフルエンス分布

主光子線と混入電子は線源位置から出射します。線源は左右(AB)方向と長手(GT)方向とに軸を持つ楕円形をしており、強度は 2 次元ガウス分布をしています。

散乱線は上記の通りヘッド内部のさまざまなパーツから出射しますが、主な要素はフラットニングフィルタ底面から発生するものです。この散乱線も楕円の分布をしています。

3. **Monaco Collapsed Cone Convolution のビームモデルについて特別な点**

(a) オープン照射野と（物理）ウェッジ照射野とでは、ほとんどビームデータを共有しません。

つまり 15、30、45、60 度の物理ウェッジを使用可能な 6MV の X 線をモデリングすると、事実上まったく別個の「5 本の X 線ビームデータ」としてデータ化、それらを 1 つのグループにまとめることによって、ある 6MV X 線のビームデータを構成します。

(b) ソフトウェッジ照射野には一切モデリングパラメータがありません。

Varian の Enhanced Dynamic Wedge、Siemens の Virtual Wedge とも、測定項目もモデリングパラメータもありません。ただし Virtual Wedge の C-Factor はビームデータのインストール時に必要です。

4. **Monaco Collapsed Cone Convolution の測定データとモデリング手順**

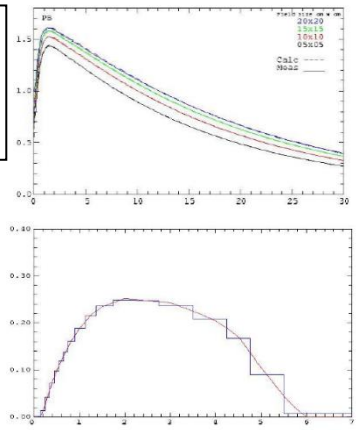
Monaco CCC の測定項目をオープンに限ると、おおよそ下記の通りです。

PDD
プロファイル（Crossline と Inline、10x10）
プロファイル（Crossline と Inline、10x10 以外）
プロファイル（Inline、T-shape）
プロファイル（Diagonal、最大照射野）
TSCF(水中での照射野係数)
Sc(空中での照射野係数)
Absolute Dose(絶対線量 ＝ キャリブレーションに用います)

これらの測定項目を Monaco CCC のビームモデルに反映するモデリング作業はおおよそ下記のような順序で行われます。たいてい自動的に値が定められます。

(a) まず 10x10 のプロファイルの Penumbra と、比較的小さな照射野での Scp を見て、主光子線のスポット形状を決定します。他のサイズのプロファイルも補完的に使われます。X 軸と Y 軸はそれぞれ別個の取り扱いとなります。

測定と実測の PDD と、その際の X 線スペクト



(b) PDD を一通り見て、主光子線のスペクトルと混入電子の量を決定します。

(c) 2 本の対角プロファイルを見て、フルエンス分布を決定します。

(d) 空中線量を見て、フラットニングフィルタ起源の散乱線のスポット形状を決定しますこの散乱線のスポットは一次コリメータの円錐形の底面に描かれた楕円形です。

(e) コリメータ（ジョー、MLC）での遮蔽計算はモデリング対象ではありません。Monaco CCC はジョーとリーフについて（線源から測った）距離・形状・材質の完全なデータを持っています。各回計算時に線源からアイソセンター面に向かってレイトレーシングを実行し、それぞれのレイが遮蔽体を通過する長さを計算し、減衰を見積もります。ペナンブラの幅や、Tongue-and-Groove 効果などはこれにより自発的に算出されます。ですからモデリングパラメータ（Transmission、Penumbra Width、Groove Width など）は必要ありません。

この部分については 10x10 以外のプロファイルや T-Field などの測定で、検証を行います。

(f) 後方散乱の量は、コリメータ（ジョー、MLC）の上流面や側面で X 線が当たっている面積を計算し、モニター線量計からそれを望む立体角を計算することで求めます。後方散乱はもともと大きな要因ではないので、強度分布や線質については考慮していません。

(g) コリメータ起源の散乱線もモデリング対象ではありません。完全に遮蔽されている部分からは発生しないとし、フィールドの縁の部分のみを散乱線源とみなして、あらかじめ用意されている散乱カーネルを各回計算時にそこに重畳していきます。

(h) ウェッジ照射野についてはおおむね上記の繰り返しになります。

エレクタ株式会社

東京都港区芝浦 3-9-1

エレクタケアサポートセンター　0120-659-043

メールアドレス　SoftwareService-Japan@elekta.com

URL　http://www.elekta.co.jp