

Monaco

ビームデータ測定の手引き

電子線



目次

目次	i
第 1 章 はじめに	1
第 2 章 確認事項	5
治療機の確認	5
測定機材の確認	5
測定項目とライセンスの確認	5
その他	6
施設データの提出	6
モデリング期間	6
第 3 章 ビームデータ測定項目一覧	7
第 4 章 スキャンデータ測定時の注意点	10
Initial Scan Depth d_{init} について	11
Depth for Profile Measurement d_{norm} について	11
Depth for Bremsstrahlung Measurement d_{brem} について	11
スキャンデータのまとめ方	13
第 5 章 ノンスキャンデータ測定時の注意点	15
Absolute Dose Calibration	15
Output Factors	15
Absolute Dose Calibration 測定の注意点	15
Output Factors : 算出方法	15

《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 となった機種のマ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。もう一つはエレクトラ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トラ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。

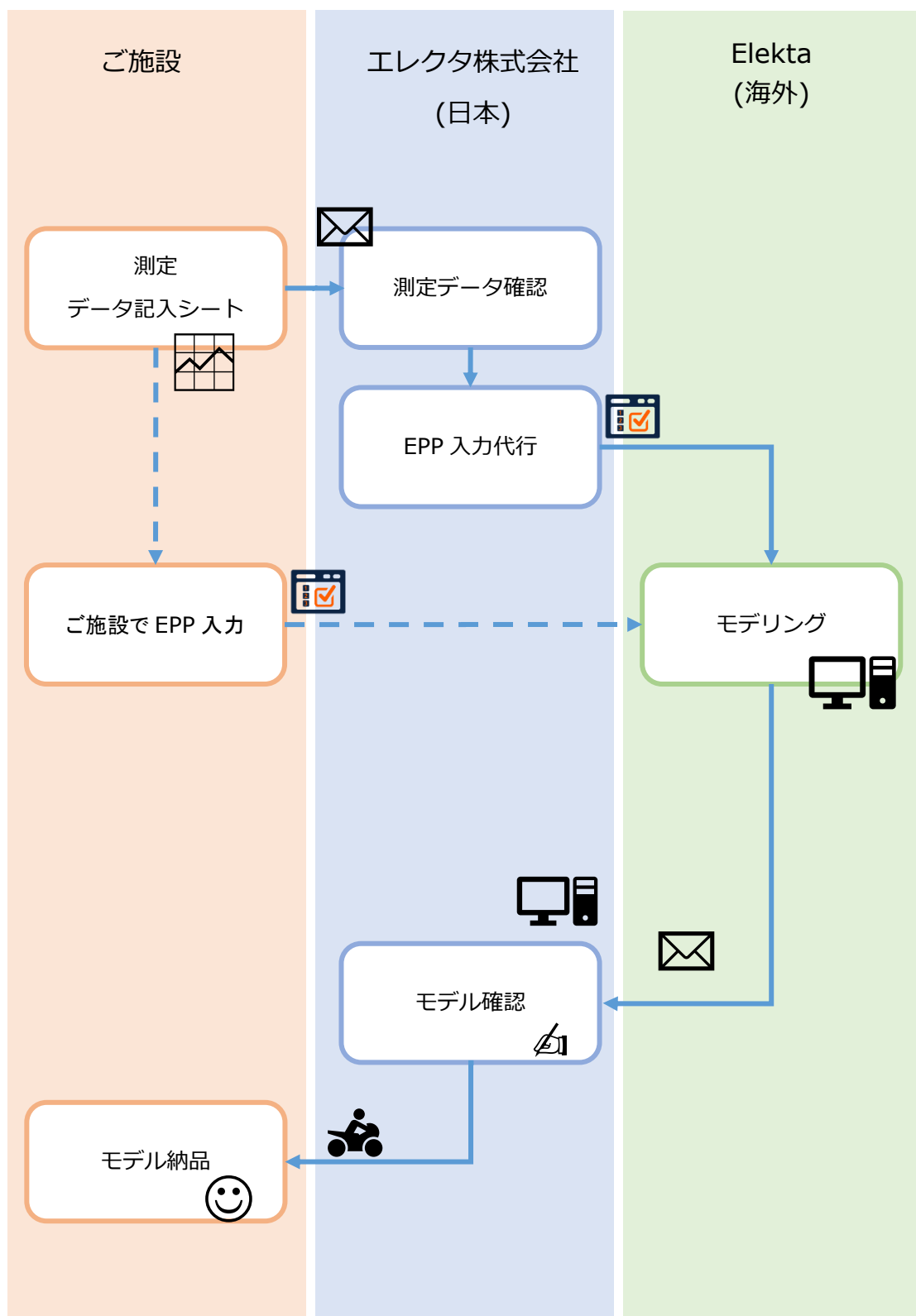


図 1-1 モデリング作業の流れ

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

「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。

【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

エレクトラ株式会社に 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
- 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いたします。

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

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。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	
CT-ED ファントム	☐ 施設機器 ☐ 借用	

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。

【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		
ELECTRON_MONTE_CARLO	Monte Carlo (電子線)	タイプ E

【デフォルトライセンス】

電子線は Monte Carlo アルゴリズムのモデリングを行います。円形電子線アプリケーションは未対応です。

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 章の注意点をご覧ください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。

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。エネルギー 6 本まで、モデリング日数は 2 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		
ELECTRON_MONTE_CARLO	Monte Carlo (電子線)	タイプ E

(この表は【表 2-2】と同じ表です。)

注意事項

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-E】 Monaco ビームデータ測定一覧表

測定項目	照射野サイズ [cm] 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			
水中測定 <SSD = 100 cm で測定>			
PDD	各アプリケーション 40×40	-0.5~d _{init}	12MeV 未満は 0.1 12MeV 以上は 0.1~0.2
Lateral (Crossplane と Inplane)	各アプリケーション	d _{norm} , d _{brem}	0.2 以下
空中測定 <SDD = 80 と 100 cm で測定>			
Lateral (Crossplane と Inplane)	Elekta 8×8, 8×20, 8×40, 40×40 Varian/Siemens 8×8, 20×8, 40×8, 40×40	SDD=80, 100	0.2 以下
ノンスキャンデータ			
水中測定 <SSD = 100 cm で測定>			
Absolute Dose Calibration	各アプリケーション	d _c	SSD=100
空中測定 <SDD = 80 と 100 cm で測定>			
Output Factor	Elekta 8×8, 8×20, 8×40, 40×40 Varian/Siemens 8×8, 20×8, 40×8, 40×40		SDD = 80, 100 空中測定による電離量比

【表 3-E1】測定時の注意事項

特記事項	・円形電子線アプリケータは対応しておりませんのでご注意ください。 ・有感体積効果を可能な限り避ける必要があります。スキャンデータを取得する際は、検出器は 0.125cc 相当以下の指頭型チェンバー、ダイオードを推奨します。																				
PDD	・下から上に向かって測定してください。 ・深さ d_{init}[cm]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。 ・d_{init}は測定深の目安で、公称エネルギー N MeV に対して以下のとおりに定義しています。 $N \leq 10\text{MeV} \quad d_{init} = (N/2 + 5) \text{ cm}$ $N \geq 10\text{MeV} \quad d_{init} = N \text{ cm}$																				
Lateral	・d_{norm} と d_{brem} は公称エネルギーに依存します。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>公称エネルギー[MeV]</th><th>d_{norm} [cm]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$4\text{MeV} \leq E \leq 6\text{MeV}$</td><td>1.0</td></tr> <tr> <td>$6\text{MeV} < E \leq 15\text{MeV}$</td><td>2.0</td></tr> <tr> <td>$15\text{MeV} < E \leq 50\text{MeV}$</td><td>3.0</td></tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th>公称エネルギー[MeV]</th><th>d_{brem} [cm]</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$4\text{MeV} \leq E \leq 6\text{MeV}$</td><td>5.0</td></tr> <tr> <td>$6\text{MeV} < E \leq 15\text{MeV}$</td><td>10.0</td></tr> <tr> <td>$15\text{MeV} < E \leq 25\text{MeV}$</td><td>15.0</td></tr> <tr> <td>$25\text{MeV} < E \leq 35\text{MeV}$</td><td>20.0</td></tr> <tr> <td>$35\text{MeV} < E \leq 50\text{MeV}$</td><td>30.0</td></tr> </tbody> </table> ・測定幅は、d_{norm}、d_{brem} の照射野サイズの照射野外から 6cm 以上確保してください。 ・空中測定において、ビルドアップキャップ等は不要です。	公称エネルギー[MeV]	d_{norm} [cm]	$4\text{MeV} \leq E \leq 6\text{MeV}$	1.0	$6\text{MeV} < E \leq 15\text{MeV}$	2.0	$15\text{MeV} < E \leq 50\text{MeV}$	3.0	公称エネルギー[MeV]	d_{brem} [cm]	$4\text{MeV} \leq E \leq 6\text{MeV}$	5.0	$6\text{MeV} < E \leq 15\text{MeV}$	10.0	$15\text{MeV} < E \leq 25\text{MeV}$	15.0	$25\text{MeV} < E \leq 35\text{MeV}$	20.0	$35\text{MeV} < E \leq 50\text{MeV}$	30.0
公称エネルギー[MeV]	d_{norm} [cm]																				
$4\text{MeV} \leq E \leq 6\text{MeV}$	1.0																				
$6\text{MeV} < E \leq 15\text{MeV}$	2.0																				
$15\text{MeV} < E \leq 50\text{MeV}$	3.0																				
公称エネルギー[MeV]	d_{brem} [cm]																				
$4\text{MeV} \leq E \leq 6\text{MeV}$	5.0																				
$6\text{MeV} < E \leq 15\text{MeV}$	10.0																				
$15\text{MeV} < E \leq 25\text{MeV}$	15.0																				
$25\text{MeV} < E \leq 35\text{MeV}$	20.0																				
$35\text{MeV} < E \leq 50\text{MeV}$	30.0																				
Output Factor	・アプリケータは装着しないで測定します。¹ ・空中測定において、ビルドアップキャップ等は不要です。 ・平行平板は使用しないでください。																				

¹ エレクタ治療機の場合、別冊の「ビームデータ測定時の Elekta 治療機操作手順」にアプリケータを装着せずに電子線を照射する方法を記載しています。

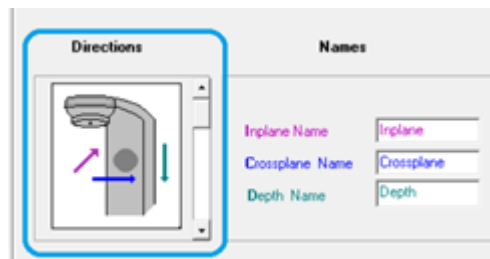
第 4 章 スキャンデータ測定時の注意点

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。

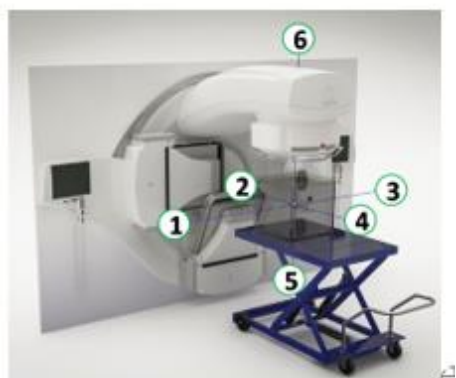


iba 社製



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	☐ 1
	☒ 3	☒ 3
+Y	☒ 2	☒ 2
	☐ 4	☐ 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。

PDD はアプリケーション装着時とオープン照射野（アプリケーション未装着）の両方で測定します。プロファイルは水中と空中測定があり、Crossplane と Inplane の両方向のデータが必要です。

Initial Scan Depth d_{init} について

PDD は実用飛程（Practical Range）から 5～10cm さらに深く測定する必要があります。 d_{init} は以下の関係で求めることができます。

公称エネルギー N MeV に対して

$$N \leq 10 \text{ MeV} \quad d_{init} = (N/2 + 5) \text{ cm}$$

$$N \geq 10 \text{ MeV} \quad d_{init} = N \text{ cm}$$

Depth for Profile Measurement d_{norm} について

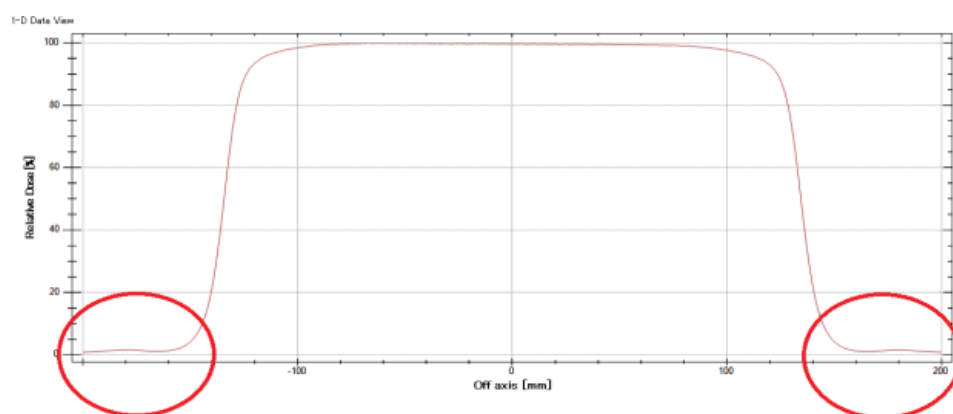
eMC のモデリングには、高線量域でのプロファイルが必要です。

Depth for Bremsstrahlung Measurement d_{brem} について

電子線が届かない深さにおける光子線プロファイルが必要です。（光子線量域）

以下、スキャンデータ測定の注意点になります。

- ☐ 測定は検出器の実効中心で実施してください。
- ☐ 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。
- ☐ 空中測定は $SDD=80\text{cm}$ と 100cm もしくは、 SDD の間隔が最低 20cm あいている条件で測定してください。
- ☐ 水中測定後に空中測定を実施する場合、ファントムのねじれや水平を確認してください。水を抜いた場合、水の重さによるたわみが無くなることにより、ファントムのセットアップが変わる場合があります。
- ☐ 水中測定アプリケーションサイズ 20×20 以上の Crossplane において、裾部分が跳ね上がるデータになります。アプリケーション最下段の散乱によるものであり、仕様になります。



【図 4-1】裾部分が跳ね上がるデータ

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

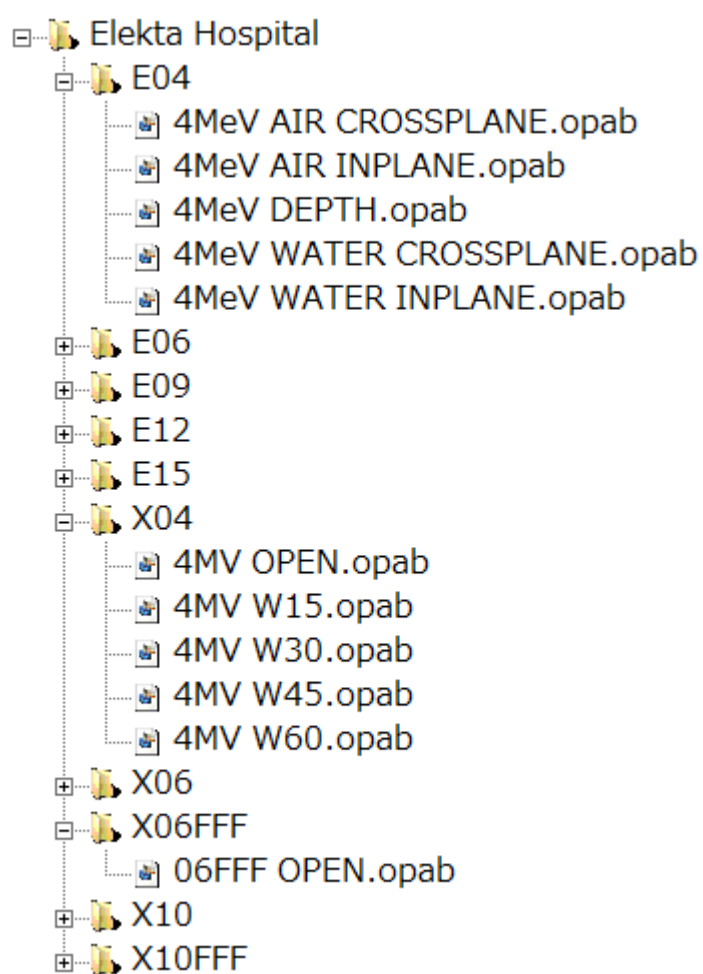
スキャンニングソフトウェア	フォーマット
PTW (Mephysto)	MCC
IBA (Omni-Pro)	OPAB / RFB / ASCII
Sun Nuclear Corporation (3D Scanner)	SNCTXT
Standard Imaging Inc. (DoseView 3D)	CPR and PRO フォーマット

- 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。
- スキャンデータは光子線、電子線ともに、Machine ID²毎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。
- 電子線のデータをまとめる際に、全アプリケーションの PDD、Lateral（水中）、Lateral（空中）をまとめてください。アプリケーション毎にデータをまとめないでください。

【表 4-2】 スキャンデータのまとめ方

Electron
PDDs
Inplane Profiles (水中)
Crossplane Profiles (水中)
Inplane Profiles (空中)
Crossplane Profiles (空中)

² 「Monaco EPP 記入シート」を参照



【図 4-2】 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以下の 2 つです。

Absolute Dose Calibration

任意の深さにおける 100MU あたりの水中の線量（単位：Gy）です。

アプリケーション装着時の Jaw 開度も記録して下さい。³

Output Factors

空中で SDD=80cm と 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 測定の注意点

- ☐ 「任意の深さ」は基本的に校正深 d_c が望ましいです。
- ☐ 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。
- ☐ 測定は検出器の実効中心で実施してください。

Output Factors : 算出方法

- ☐ SDD が短い照射野 20×8-cm (Outer×Inner) が基準照射野になります。
SDD=80cm と 100cm で測定する場合、 $SDD_{short}=80\text{cm}$ 、20×8-cm の値が 1.000 になります。Output の算出方法は以下のとおりです。

$$\text{Output(任意照射野)} = \frac{\text{電離量 (任意照射野)}}{\text{電離量 (SDD}_{short}, 20 \times 8)}$$

- ☐ EPP で Output Factors を登録する際に、照射野が Inner×Outer 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。

³ エレクタ治療機での確認方法は、別冊の「ビームデータ測定時の Elekta 治療機操作手順」に記載しております。

【表 5-1】 Inner×Outer 早見表

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

エレクトラ株式会社
東京都港区芝浦 3-9-1
エレクトラ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>