

Description of the software functions in IMRTlog.

(IMRTlog ソフトウェア機能の解説)

序 説：

IMRTlog は、新しい患者ケースごとに計画された IMRT 治療のパラメータ転送及び線量照射を日常的に QA（精度保証）することを目的とするデバイスです。これを構成する長方形または極方向配列のダイオード・ディテクターはプレートにカプセル封入され、適度な厚さのビルドアップ材で頭部が覆われた長方形のファントム・ブロックに設置されています。

そのディテクター・プレートはケーブルで電位計ユニットに接続され、その中の個々の電位計が各ディテクター用、転換用 ADC:s 用、及び外部のコントロール・ルームにある制御用コンピュータへのデータ転送のための内蔵マイクロプロセッサ（PC104）用になります。

その他に別個の基準ディテクターがありビーム内に配置することで、ディテクターの校正に使用される 3 本の照射間の所与線量における種々変化を補正します。電位計ユニットは治療室内に配置しますが、散乱放射線から電子機器への影響を避けるためビームからある一定の距離を置きます。

技術的事項：

- 電位計ユニットは 128 個の電位計のセグメント及び各回路盤上の付随する ADC:s に組み込まれ、最大 4 枚の回路盤を積み重ねて最多で 512 個の個別電位計チャンネル プラス 基準ディテクター用及びその他の追加ディテクター用の個別電位計チャンネル 4 個を得ることができます。
- ローカル・ソフトウェアを持つ PC104 マイクロプロセッサが電位計の作動をコントロールし、データを読み、かつ 115kBaud で光絶縁された RS422 リンクを介して制御用コンピュータと交信します。
- ローカル・ソフトウェアは C 言語で書かれ、コンパイルされ、PC104 上でハードディスクのように働くフラッシュ・メモリーに保存されます。制御用ソフトウェアのニュー・バージョンが PC104 中のローカル・ソフトウェアのニュー・バージョンを必要とする時、それは制御用コンピュータからダウンロードされ、自動的にスタートするデフォルト・プログラムとして保存されます。

- 電位計ユニットにはまた **115** または **230 VAC** 用の供給電源があります。
- 電位計ユニットは1つのトロリーに組み込まれ、ファントム・ブロック、ビルドアップ・プレート及びケーブルが不使用時にこのトロリーに収納されます。
- ファントム・ブロックはポリスチレンから出来ており、それには **2** 枚のビルドアップ・プレートがあり、その厚さ **45** と **50mm** の組み合わせで **50ー100mm** のビルドアップ厚さを可能にします。
- ファントムのフロント・プレートにはビーム中でファントムを一直線上に配列するための方向指示マークがあります。
- ダイオード・ディテクターは長方形または極方向型をした多層回路盤上に取り付けられ、そのディテクター・ボードには電位計ユニットに接続するためのエッジ・マウント用コネクタがあります。**128** 個のディテクターの並列ごとに1つのコネクタがあり、特別なマルチ・ワイヤー・ケーブルが各セクションをその電位計ボードに接続しています。ディテクター・プレートはファントム・ブロック内の凹所に取り付けられ、ビルドアップ・プレートで覆われます。
- サイズの異なるファントム・ブロックとディテクター配列パターンをつくり同じ電位計ユニットで使うことができます。
- 制御用コンピュータは **Windows operating system** を持った標準型 **PC** です。
- 電位計ユニット内の組み込み **PC104** プロセッサのソフトウェアに対する要求諸条件は別冊：“**Software Requirement Specification for the embedded processor in the electrometer unit of IMRTlog**”（IMRTlog の電位計ユニット内の組み込みプロセッサに関するソフトウェア要求条件仕様書）にあります。
- 操作と分析のための制御用コンピュータの中のソフトウェアは時間経過と共に徐々に発展し種々なアプリケーションに適合するようになります、本書にあるのはその最初のバージョンです。

制御用コンピュータにある機能、バージョン 1.0 :

制御用コンピュータは **PC104** と通信して、システムにユーザ・インターフェースを提供します。全てのコマンドと機能は制御用コンピュータで取り扱います。制御用コンピュータ中のソフトウェアは **Windows 98/2000/ME/XP** などで作動し、下記の諸機能を持っています :

初期化 :

コントロール・プログラムがスタートすると、制御用コンピュータ **PC104** との通信を立ち上げ、**PC104** 中の現行プログラムのバージョン・ナンバーをチェックし、さらにそれが現行制御ソフトウェアと互換性があるかをチェックします。新しいプログラム・バージョンが必要な場合その新しいプログラム・バージョンを **PC104** にロードするようにユーザに催促します。

機器構成 :

機器構成機能によって、(使用モデルから予め選択された) 配列フォーマット、“**Beam on**” 閾値、セグメント変更のための “**Beam on**” レイテンシー (呼び出し時間)、オフセット・レベル閾値、及びその他全てのパラメータの設定が可能になります。機器構成パラメータはファイルに保存され、最近使ったファイルは自動的に初期化にロードされます。複数の異なる機器構成が可能であり、アプリケーションの中から選択することができます。デフォルトまたは新しい機器構成がロードされると、2つの動作パラメータ (ビーム・オン閾値及び線量率平均値ナンバー) が **PC104** に転送され、電位計ユニットに対し使用電位計チャンネル (128、256、384、または 512) のナンバーに関して質問が行きます。チャンネルの数が機器構成ファイル中のディテクターの数と等しいかそれより多い場合 **OK** となり、そうでない場合エラー・メッセージがあり、プログラムは使用チャンネルの数がマッチする機器構成が選択されるまで何の測定も行いうことができません。

オフセット :

校正や測定が許容される前にオフセットを設定しなければなりません。そのコマンドがあると、“**Make sure the beam is off!!**” (間違いなくビームをオフにせよ) というメッセージが画面に出て、“**Beam on**” ステータスのリクエストが送られます、そしてその要求に対する応答が **OK** であればオフセット・コマンドが **PC104** に送られます。その後にオフセット配列が読み込まれ予め定義された閾値と比較され、オフセット値が閾値を越すとアラームが出ます。

校正（キャリブレーション）：

校正プロセスには順々に行われなければならない3つの分離したステップがあり、完全な校正配列が生成されて初めて校正が完了になります。

1. NORMALIZE（正規化）

プロセスの第一のステップは全てのディテクターを相互に正規化させて各ディテクター・チャンネル向けの個々の正規化係数を得ることです。これを行うには、ファントム表面全体を覆う大きくてかなり平坦な照射野に、中心ディテクターにその照射野の中心が来るように、ファントムを設定します。“Normalize”機能が選択され、プロンプトされると、ビームが点じ約 2 Gy を与えます。そこでファントムを左に動かし、その位置で照射野の中心が中心ディテクターの右側（X-方向）のディテクター上に位置するようになり、プロンプトがあつてさらに 2 Gy を与えます。次いでファントムを下方に動かし、その位置で照射野の中心が中心ディテクターの上方（Y-方向）のディテクター上に位置するようになり、プロンプトがあつてさらにもう一回 2 Gy の線量を与えます。規準ディテクターが全 3 回の照射中ファントムの下部の固定位置に配置されており、基準チャンネルからの読みを使用して線量モニターにおける不正確の故に 3 回の照射間に生じる所与線量の種々変化に対して補償を行います。プログラムは全ディテクターからの統合線量を、そしてこれら 3 回の照射の各回から基準線量を、獲得し、線量マトリックス間の比較によって、**正規化配列（normalization array）**が計算されます。

2. CALIBRATE（校正）

第 2 のステップは線量計算のための絶対校正係数の値を得ることです。これは（ファントムの中心が中心ディテクターにある）最初の照射に対する絶対線量を入力することで行います。線量に関する全体**校正係数配列（Calibration factor array）**の計算は、最初のステップで作成された正規化配列中の全数値を、最初の照射から得られた中心ディテクターに関する ADC 値で中心ディテクターに関する所与線量値を除して計算された係数に乗ずることによって行います。

3. SAVE（保存）

“SAVE” コマンドを使って校正係数配列が、後日の回復とロードのために**機器構成ファイル（configuration file）**に保存されます。それぞれが校正配列を保持する複数の機器構成ファイルをプログラムの中から保存し選択

することができ、そのことでビーム精度とファントム・ジオメトリーが異なれば校正配列も異なることが可能になります。機器構成ファイルにはまた、機器構成を選択すると表示される作成日、ビーム精度、署名、等々のような追加情報が含まれます。

データ・インポート：

ファントム内の線量分布に関するデータ、例えば、**DICOM** フォーマットによる外部治療計画システムからの“**QA-プラン**”、は分析と比較のためにインポートされます。これは **IMRT-プラン**中の個々のセグメントそれぞれに関するだけでなく、全体総和マトリックスに関しても役に立ちます。

測定計画：

“**Measure plan**” モードが選択され統合化が始まると、そのディスプレイはディテクター位置における統合線量を、**3-D** ネット、グレースケール、等線量、プロファイル、数字 或いは ヒストグラム（度数分布）のいずれかの表現で示します。その画像は動的な映像を保つために出来るだけ早く新しいデータで常時斬新化されます。スタート時は数値が全て 0 であり、等線量は生成されません。ビームが点じられ統合線量が増加するに従い、そのディスプレイは全ての表現において、それまでに測定された最大線量に対して相対的であるか、或いは **QA-プラン**における最大線量を最大値として絶対的になります。分割照射に関して、プログラムは“**Beam on**” ステータスを繰り返し問い合わせ、“**Beam off**” 状態が生じた場合は、現行の線量配列を保存し、**PC104** 内の統合データ配列をリセットし、そしてシステムは次のセグメント用に線量配列を統合する準備状態になります。分割測定における測定線量配列は全て測定セットにして保存されます。線量配列それぞれは後日分析に使用されるセグメント番号を得ます。種々なセグメントからの線量はまた分割測定セットに付加される全体線量マトリックスになるまで追加されます。“**Glitch**”（欠陥）サブファンクションによって、1つのセグメントの線量を前のセグメントに加えることができ、セグメント・カウンターが1つのステップに関する実行を抑える役をします。これは、加速器が1つのセグメント照射中のビームに意図しない中断を発生させる状態に対応するものであり、システムはその状態をセグメント間の休止と捉えます。照射終了後、統合は“**Stop**”で停止され、“**Save**”機能が全体統合線量配列またはセグメント集合の保存を可能にします。

比 較：

測定線量配列とインポートした **QA-プラン**線量配列との比較は、それらの引き

算を行い、その差異を表示し、違った色でそれらを重ね合わせることで可能になります。これらの比較はまた、ガンマ値で、或いは各測定点に関する正しい線量値までの距離によって、可能です。これらの比較は全ての使用可能なフォーム：3-D ネット、グレースケール、等線量、プロファイル、数字 或いは ヒストグラム、によって表示することができます。

レーベル：

QA-プラン及び測定それぞれにはそれに付随するレーベルが付いています。そのレーベルには測定、マシン、ビーム精度など時々刻々のデータ、そしてまた測定条件を特定する自由な文章が載っています。測定に関するファイル・ネームを自由に定義することで、適切なファイルを容易に選択するための独自な見分け方が可能になります。レーベルは現在表示されている測定と一緒に表示され、それは測定中、保存前 及び 回復後のいずれでも編集することができます。

保 存：

QA-プラン或いは測定は別々に保存することができ、ユーザがその保存ファイルに関する場所とファイル・ネームを定義します。また “**Save all**” 機能もあり、予め定義したディレクトリーに対し QA-プランと測定線量配列の両方を、患者名をベースに自動的に生成されるファイル・ネームと共に保存します。

回 復：

保存された配列はどれでも、それらが取得された時と同じ形で回復、表示することができます。“**Save all**” →ファイルの回復によって QA-プランと測定データの両方がロードされるので、測定直後と同じ形で比較することが可能です。

リポート：

リポート機能によって、プリントアウト用及び/またはデジタル・フォーマットでの保存用に予め定義されたフォーマットでレーベル・データ、測定データ及び比較内容から成る報告が作成されます。

データ・エクスポート：

保存された配列からのデータもまた外部プログラム（エクセルなど）で分析するため ASCII フォーマットでエクスポートすることができます。

オペレーション・シナリオ：

オペレーションに関しては下記の代表的なシナリオが考えられます：

初期校正とセットアップ：

システムが初めて臨床現場で使用される場合、数種のビーム精度で校正を行い、オペレーション用のパラメータに関する値が設定され、その全てがシチュエーションの異同に合わせて数種の異なる機器構成ファイルに保存されます。

IMRT-プランの QA(精度保証)：

治療計画システムから IMRT-プランの QA を行うには、そのプロセスは先ず治療計画のインポートで始まります。このインポートは DICOM-RT を通して行いますが、その他のインポート方法もやがてサポートされることになりましょう。治療計画は患者計画と同じ線量照射を持つ特別に作成された QA-プランでなければなりません。全ての照射野のガントリー角度を 0° にして、長方形ファントムの中で予め定義した深度の 1 つの平面において計算した線量分布になるように修正しなければなりません。

スクリーンは半々に二分割され、左半分はインポートされた計画用に使用され、右半分は測定結果用です。その計画システムに IMRT-プランの中のセグメントを分離する能力があれば、使用可能なセグメントのリストが出ます。特定のセグメントを選ぶと、そのセグメントだけからの線量分布を示すディスプレイに変わります。全セグメントからの統合線量分布をディスプレイするためには、“All” ボタンを選択します。セグメントだけを分離できない TP-システムに関しては、“All” ボタンがアクティブならば全セグメントからの統合線量分布がディスプレイされます。

線量計画インポート後ファントム・ブロックが指定どおりビーム中にセットアップされます。その幾何学的なセットアップは標準化または各計画ごとに特定化することができます。その機器構成セットが選択され、オフセット引き算が行われ、次いで測定レーベルが関連データで埋められます。

線量照射プロセスが始まり、分割治療では各セグメントが計測され自動的に別々に保存されます、そうでない場合は全統合線量が測定され、保存されます。プログラムは “Beam on” 機能を使って、ビームが ON 状態にあるかどうか、或いはセグメント間に短い中断があるかどうか、を常時チェックします。マシンに問題がありセグメント内に意図しないビーム中断がある場合自動的なセグメント変化を妨げる機能があります。線量照射中スクリーンは左半分に計画さ

れた線量分布を示し、右半分に現在照射中の線量を示します。

ディスプレイ・モードは両半分において同じであり、表示可能なディスプレイ・モードは以下のとおりです：

- 回転が可能で、最良の目視角度が得られる 3-D ネット。
- グレースケール画像
- 等線量ディスプレイ
- 並列状または柱状と同様に対角線状のプロファイル表示
- ディテクターの読みを数字表示
- 各線量/線量率の間隔でディテクターの数の度数分布表示

線量照射完了後いくつかの評価機能があり各ディテクター・ポイントにおける照射線量を計画線量と、セグメント当りまたは合計値として、比較します。

その比較機能は以下のとおりです：

- 全てのディスプレイ・モードでスクリーンの右半分に計画線量と照射線量との間の差異を引き算して表示する。
- 全てのディスプレイ・モードでスクリーンの右半分に色違いで重ね合わせる。
- 全てのディスプレイ・モードでスクリーンの右半分にガンマ値を表示。
- 全てのディスプレイ・モードでスクリーンの右半分に正しい線量を持つ最近ポイントまでの距離を表示。

IMRTLog Quality Assurance System for Radiotherapy.

(放射線治療のための IMRTLog 精度保証システム)

仕様項目

- ー リアルタイムの絶対線量測定、最大 506 ポイントまで
- ー 個別セグメント各々からの統合線量分布と共に全積算線量の表示
- ー 全ての電子機器を放射線から安全な距離に
- ー 丈夫で信頼性のある半導体ディテクター
- ー 大気圧の変化に影響されない
- ー ディテクター・マトリックスのピッチ選択が 5mm または 10mm
- ー 各ディテクター用の別個の電位計で真の線量統合が得られる
- ー 組み込み式後方散乱、サポート表面からの独立性、例えば治療用カウチ材

ハードウェア

高空間解像度、ディテクターの有効域 1 mm 直径

ディテクター506 個付き配列 (22 x 23)、オプション

間隔	5 mm	面域	105 x 110 mm
間隔	10 mm	面域	210 x 220 mm

ビルドアップ (固定)	5 mm	ポリスチレン
後方散乱ブロック	60 mm	ポリスチレン
ビルドアップ・プレート	45 mm 及び 50 mm	ポリスチレン

ガントリー角度 (オプション)

校正自動化及び高解像度測定のためのモータ式位置決め装置 (オプション)

トロリーの寸法： 深さ 65 cm 幅 55 cm 高さ 100 cm

ソフトウェア

DICOM インターフェースを介した TPS からの QA-プランのインポート

分析機能： 線量差異
一致点までの距離
ガンマ

以上

**QALog Quality Assurance Phantom
for radiotherapy treatment machines**
(放射線治療器用 QALog 精度保証ファントム)

仕 様 書

リードアウト・ユニット：

サイズ： 28 x 22 x 4 cm

重量： 1.4 kg

電位計： 統合線量測定用独立型電位計 10 個、オフセット調整付き、及び各電位計用キャリブレーション・トリムポテンショメーター 2 個、並びに全電位計用コモン・リセット。オフセット調整及びキャリブレーション・トリマーは底部プレートを通してアクセス可能。

入力バイアス電圧： <2 mV、入力オフセット調整ポテンショメータで 0 に調整可能

入力バイアス電流： <0.06 pA

ディスプレイ： LCD ディスプレイ 10 個、絶対線量または中心チャンネルを基準にした相対百分率値を表示

ディスプレイ解像度： 3 1/2 デジット（最大表示：1999）

ディスプレイ・レンジ： 199.9 cGy

精度： フル・スケールの 1 % より良好（使用端で行うキャリブレーションの精度による）

オーバーレンジ： デジタル表示のオーバーレンジは全セグメントの空白化によって示される

バッテリー低下： 内蔵の再充電可能バッテリーからの電圧が低すぎてデジタル表示に十分な精度を与えられない場合、ディスプレイの中のバッテリー標識が点灯する

供給電源： 9 V 再充電可能な NiMH バッテリー、
バッテリー・チャージャー付き

注意： リードアウト・ユニットはバッテリーまたはバッテリー・チャージャー経由で本線から直接、のいずれかで作動可能です。充電電流は、バッテリーに回復不可能な損傷を与えることなく連続充電を可能にするため、制限されます。

消費電流： 通常操作で 30mA、リセット中は 60mA (RS232 インターフェースを含めて)

コネクタ： バッテリー・チャージャー/供給トランス用同軸バッテリー・ジャック。
電位計入力用 15 極 D-サブ雌

RS 232 インターフェース： データ読み出し用及び電位計の遠隔リセット用

解像度： 4 1/2 デジット

データ・フォーマット： ASCII

データ・レート： 1200 Baud

出力： オプトカプラー付きガルバニック絶縁

オプション： 線量率と線量率比を直接読むための線量率オプション。

温度： 動作中温度は +15 – +30°C の範囲内にあること。
転送と保存中温度は –20 – +45°C の範囲内にあること。

湿度： 動作中大気湿度は相対湿度で 30 – 75% の範囲にあること。
転送と保存中湿度は相対湿度で 10 – 95% の範囲にあること。

ビーム・タイプ/エネルギー：

フォトン： 2 から 25 MV
エレクトロン： 2 から 25 MeV

バッテリー・チャージャー：

二重絶縁式変圧器ユニット、絶縁強化型、タイプ 8518-0004

一次電圧： 115 または 230 VAC 50-60 Hz
一次ヒューズ： 160mA, 250 V, 緩溶断
二次側： 17 VDC 0.1 A
二次ヒューズ： 160 mA, 緩溶断
サイズ： 7.5 x 12 x 7 cm
重量： 0.7 Kg

EMC： QALog は EM 60601-1-2 規格に準拠した EMC 指令の要求条件に合致します。即ち、医療用電気機器に関する規格、電磁互換性、要求条件と試験。本マニュアルの指示に則り設置した場合それは上記規格に合致する他の如何なる機器をも妨害することなく、またそれによって妨害されることもありません。

ディテクター・プレート：

遮蔽されたプレート中に半導体ディテクターが 10 個、信号ケーブル用の 15-極雄 D-サブ・コネクター付き。

ディテクター・エレメント： ディテクター・チップはディテクターがその寿命中を通じてその直線性を保つようにドーピングされた n-型シリコンであり、25kGy で予め照射して、吸収線量で非常に低位の感度変化を与えてあります。

ディテクター・チップ面積： 1mm²
ディテクター・チップ厚み： 0.3 mm
公称感度： 20 ~ 30 nC/Gy
温度依存： 0.1 ~ 0.3 % / 度
出力電流極性： 負
直線性エラー： <FSD(焦点表面間距離)の 1%

ファントム・ブロック：

材質：ABS（アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム）
サイズ：25 x 25 x 6.5 cm
重量：4.6 kg

ビルドアップ・プレート：

ポリエチレン・プレート：厚さ 5、10、及び 15 mm
エネルギー・フィルター：ステンレス・スチールで1セット、5, 10, 15mm厚
ポリエチレンで1セット、5, 10, 15 mm 厚

信号ケーブル：

注文製ケーブル、コモン・シールド付き低騒音同軸ケーブル 10 本。
雄雌 15 極 D-サブ・コネクター

ケーブル直径：11mm

輸入・販売：ハンドシェイク有限会社

〒222-0002 横浜市港北区師岡町 2 7 9 - 3 4

電話 0 4 5 - 5 4 0 - 8 8 1 5

FAX 0 4 5 - 5 4 0 - 8 8 1 6

Handshake.net

Handshake.co.jp

email@handshake.co.jp