

仕 様 書

1 件名 重イオン照射ポート整備に向けた加速器制御設備の整備

2 数量 一式

3 目的

量子科学技術研究開発機構千葉地区にある重粒子線治療施設は、建設から 30 年以上が経過し、設備の老朽化が進行している。設備の保守部品は現在製造されておらず入手困難なものが多く、部品枯渇により修理不能となる恐れもある。また、重粒子線照射設備の故障は、ビーム制御不能による標的への誤照射や内部ショートによる火災等の危険性もある。そこで、重粒子線照射設備の老朽化対策として治療施設内に新たな照射ポートを整備することを目的とし、本件では加速器制御設備の整備を行う。

4 納入期限 令和 8 年 3 月 31 日

5 納入場所

千葉県千葉市稲毛区穴川 4-9-1

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

量子医科学研究所 重粒子線棟および新治療研究棟

6 仕様

重粒子線棟および新治療研究棟の加速器制御設備に対して、以下に記載する整備を実施すること。システム構成ならびに入出力信号の詳細は契約後に開示する。下記仕様での設計・整備を行うにあたり、その詳細について当機構担当者と随時協議を行い、承認を得た上で整備に取りかかるものとする。また、詳細な仕様は当機構担当者の承認を得た上で変更可能とする。

6-1 重粒子線棟加速器制御設備の機能拡張

- 【重粒子線棟全体制御】

- 重粒子線棟の全体制御にかかわり、①新照射ポート用実験室の扉開閉、②ビームシャッター開閉、③作業員入退室の情報、を放射線管理システムに電文で要求する機能を有する計算機システムを整備すること。
- 放射線管理システムから送信される、①新照射ポート用実験室の扉開閉、②ビームシャッター開閉、③作業員入退室の情報、を受ける機能を有する計算機システムを整備すること。

- 照射制御システムから送信される、④加速器の選択状態、を受信する機能を有する計算機システムを整備し、加速器の選択状態によって上リング出射ビーム輸送ラインのファラデーカップを開くことの許可判定を行うこと。
- 上述の機能は既存の重粒子線棟加速器制御システムを拡張して付加する形でもよいし、新たな計算機システムとして整備し、既存の重粒子線棟加速器制御システムに接続させる形で実装してもよい。
- 全体制御系と他システムとのアクセス方式はCSMA/CD（IEEE 802.3 準拠）とし、通信プロトコルはTCP/IPとする。ストリーム型ソケットでコネクションタイプのアプリケーション間データ通信を行うこと。データ伝送は透過モードとし、バイナリデータも伝送可能とすること。また、データ伝送は、お互い非同期タイミングの双方向通信（全二重）を可能とすること。
- 通信中にデータ伝送不能になった場合は、サーバ/クライアント双方で当該コネクションを廃棄し、クライアント側から再度コネクション確立を試みる機能を設けること。

- 【高速出射制御】

- 重粒子線棟の高速出射制御にかかわり、ビームコース状況によって高速遮断電磁石電源の制御系統を切り替えられる機能を有する高速出射制御システムを整備すること。
- 高速遮断電磁石電源の主な仕様は以下である。
 - ◇ 定格電流：150 A
 - ◇ 定格電圧：±150 V
 - ◇ 電流設定方式：14 bit（設定範囲：0～150 A）+ 1 bit（ストローブ）
 - ◇ 電流モニタ：14 bit（モニタ範囲：0～165 A）+ 1bit（ストローブ、10kHz）
 - ◇ 電流値切替完了信号：1 bit
 - ◇ 電源の異常集約出力（電磁石の冷却水流量異常、コイル温度異常を含む）
 - ◇ 電源の各種ステータス出力（電源オン準備完了、電源オン/オフ状態、出力オン/オフ状態、制御リモート/ローカル状態、集約異常）
 - ◇ 遠隔制御：異常リセット、電源オン、電源オフ、出力オン、出力オフ
- 高速出射制御システムは照射制御システムから加速器の選択状態を受けて、高速遮断電磁石電源の制御系統を切り替え、外部システムからの遠隔制御運転を行える装置構成とすること。
- 高速遮断電磁石電源の新たな外部システム制御は、電源出力オンオフ指令や電流設定値変更、装置異常情報などの信号送受信を PLC で行い（CC-Link 通信）、出力電流の立上げトリガーや立上げ完了信号のような応答速度が必要な信号（RS-422 信号）は FPGA 回路で構成すること。
- 照射許可条件として高速遮断電磁石電源の出力電流がゼロではないことを加える

こと。

- 2つのタイマーパラメータ、「ビームエネルギー変更後照射準備完了待ち時間」・「ビームエネルギー変更後プレヒート時間」を管理する機能を有し、次の4条件、「線量モニタ回路モード：1かつRID：〇〇〇未満」・「線量モニタ回路モード：1かつRID：〇〇〇以上」・「線量モニタ回路モード：2かつRID：〇〇〇未満」・「線量モニタ回路モード：2かつRID：〇〇〇以上」によって異なるタイマー値に切り替えられる機能も有すること。なお、RID：〇〇〇はタッチパネル等で随時変更可能な数値とすること。
- 上述の機能は既存の重粒子線棟加速器制御システムを拡張して付加する形でもよいし、新たな制御システムとして整備し、既存の重粒子線棟加速器制御システムに接続させる形で実装してもよい。

- 【イオン源制御】

- ビーム純度を監視するためのビーム純度監視制御装置およびイオン源装置からの電流信号を電圧信号へ変換する回路をイオン源制御に整備すること。ビーム純度監視制御装置は変換回路からの信号を受けて、ビーム純度を判定した結果をイオン源制御システムに伝達すること。また、外部トリガーに同期して高電圧出力を切り替えるパルス重畳装置をイオン源制御に整備すること。特に別途指定しない場合、上記の装置はすべて金属製の筐体に収めることとする。
- ビーム純度監視制御装置はCPUユニット（KV-8000）および監視ゲート、マイクロ波出力信号、電極1（不純物）、電極2（チョッパ電極）、予備入力用のアナログ入力ポート（0～10V）を備えること。また、異常出力、予備出力用の出力ポート（無電圧接点）、操作用タッチパネルを備えること。筐体前面パネルに内部のCPUユニット用のUSBもしくはLANポート、電源オン状態を示すパイロットランプを設けること。また、電源はAC100Vとし、筐体後面パネルに受電用ケーブル・コネクタ、電源スイッチを設けること。受電ケーブルにはフェライトコアを備えること。
- 電流・電圧変換回路は筐体外側にBNC入力端子および出力端子を備え、筐体内でBNC入力の芯線と機構が支給する抵抗の一端を繋げ、筐体内に設ける差動プローブにて抵抗間の差動電圧を計測し、差動プローブ出力を筐体のBNC出力端子に接続すること。筐体内には差動プローブ用の電源を備え、その電源用のAC100V電源入力端子を筐体に設けること。
- パルス重畳装置はMOSFET型高速高電圧スイッチ（HTS 101-01）を備え、BNC入力のTTL信号により閉となること。外部の高電圧電源出力を入力するためのSHV端子を設け、高電圧スイッチの負電極に接続すること。外部装置から出力される電圧信号を入力するためのBNC端子を設け、機構が支給する高電圧ダイオードを介して高電圧スイッチの正電極に接続すること。

6-2 新治療研究棟加速器制御設備の整備

- 【ビーム測定制御】

- 新治療研究棟のビーム測定制御にかかわり、新照射ポート用実験室のビーム測定設備を整備すること。ビーム測定設備は、重イオンビームの二次元線量分布（気中）や三次元線量分布（水中）を測定できる駆動装置や高精度ビーム検出器も含むものとする。
- ビーム測定制御は、測定駆動装置や当機構が支給するサンプルチェンジャー装置などと接続可能な機能を有し、通信によるモータ制御やデジタル信号による状態監視を行えること。また、これら装置の現場操作を可能にすること。
- ビーム測定制御は、接続機器の状態に応じて加速器制御システムに対してビームの照射許可信号を送り、測定装置のモータ駆動中はビームを停止させられる機能を有すること。また、測定装置の駆動位置と照射許可の制御を予め指定した通りに連続実行できる機能を有すること。
- ビーム測定制御は、ビーム検出器の測定結果をデータとして取り込み、計算機にデータを送れる機能を有すること。なお、計算機も本契約のビーム測定制御に含むものとする。
- 重イオンビームの二次元線量分布測定は 8 cm×8 cm 以上の測定面積を有する検出器を使用するものとし、シンチレーション膜を検出器上流のビーム入射面に取り付け、入射面から発生したシンチレーション光をミラーにより 90 度反射させ、カメラにより二次元ビーム像を取得できる構成とすること。
- もう一つの二次元線量分布測定として 25 cm×25 cm 以上の測定面積を 10 mm 以下の分解能で測定可能な平行平板電離箱型検出器を提供するものとし、測定開始と終了のタイミングを加速器制御と同期させ、任意の照射条件で二次元の積算照射線量を測定可能なシステムとすること。
- 重イオンビームの三次元線量分布測定は 35 cm×35 cm×35 cm 以上の容積を持つ水ファントム型駆動装置を使用するものとし、±0.3 mm 以内の精度で測定位置設定ならびモータ駆動が可能であること。三次元線量分布測定で使用するビーム検出器は半径 2~3 mm、ギャップ 1 mm の有感領域を持つ平行平板型電離箱とし、電極ギャップに 300 V 以上の電圧を印加できる電位計と組み合わせて線量測定を行える構成とすること。電位計で測定された線量値は LAN によるデータ通信で制御系が取り込めるものとする。
- ビーム測定制御は、ビーム測定中のビーム波形や各電磁石機器等の運転状況をリアルタイムにモニタリングできる表示装置を備えること。また、モニタリングされているデータを任意のタイミングで外部記憶装置に保存できること。モニタリングするチャンネル数は 16 個を想定し、10 MS/s 以上のデータサンプリングレ

トを有すること。

- 【電磁石冷却制御】

- 電磁石の運転負荷状況に応じて冷却システムの運転モードを切り替えられる機能を有する制御システムを整備すること。運転モードは、高負荷時の急冷モード、通常運転時の通常モード、低負荷および停止時の維持モードの3段階とし（モード名は仮称）、冷却システムとの RS232C 通信によるコマンド送信で運転モードを切り替えられること。
- ユーザーが冷却システム運転モードを遠隔制御するためのアプリケーションおよび外部インターフェイスを用意すること。

7 試験

本件のために整備した加速器制御設備は、その主要機能について社内試験を十分実施すること。その上で本所重粒子線棟ならびに新治療研究棟内に実装し、正常に動作するか試験を実施した上で不具合がないことを確認すること。試験結果は報告書としてまとめ、完成図書の一部として提出すること。

8 提出図書

以下の内容を含む完成図書 2 部を提出すること。また、完成図書の電子データをオンラインストレージ等の電子記録媒体にて提出すること。

- ・システム仕様書
- ・システム系統図
- ・インターフェイス仕様書
- ・取扱説明書
- ・インターロックブロック図
- ・展開配線図
- ・検査成績書

9 グリーン購入法の推進

- ・本契約において、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律）に適用する環境物品（事務用品、OA機器等）が発生する場合は、これを採用するものとする。
- ・本仕様に定める提出図書（納入印刷物）については、グリーン購入法の基本方針に定める「紙類」の基準を満たしたものであること。

10 検査

上記仕様を全て満足しているかを当機構担当職員が確認したことを以て、検査合格とす

る。

11 その他

仕様内容に疑義がある場合は、当機構担当者へ問い合わせること。また、本請負者は、本件業務上知り得た情報を発注者の許可なくして第三者に開示してはならない。納品後1年以内に生じた本件履行に起因して発生した不具合に関して、システム改造・現地試験上の明らかな瑕疵と認められる場合には無償で対応すること。

物理工学部

水島 康太