

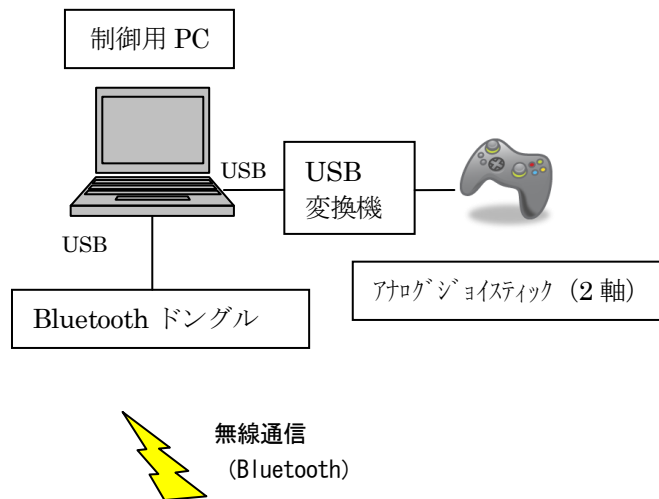
医療用小型 X 線遮蔽装置の開発

戸塚 貴之* 平間 毅*

1. はじめに

頭部の X 線透視を行いながら施術を行う IVR (Interventional Radiology) 治療は、従来の外科的手術に比べ患者への負担が少なく、迅速に処理・治療を行うことができる。しかし患者に対し X 線透視を行いながら手術を行う特性上、治療による医療被曝が近年問題となっている。特に眼球は放射線による影響が顕著に表れる器官であり、白内障などの症状が出やすいことからその対策が早急に求められている。

そこで株式会社関東技研では、IVR 治療に使用する血管造影装置に後付けで使用できる、眼球に対する X 線遮蔽装置の開発を行ってきた。本研究では、この X 線遮蔽装置の改良・開発を行う。



2. 現状分析と目的

開発を行ってきた X 線遮蔽装置はハードウェア部分はほぼ完成している。H25 年度までのオンリーワン受託研究では、遮蔽装置に直接制御用 PC と操作用ジョイスティックを接続し、有線による制御を実装した。しかし実際の手術環境では遮蔽装置を操作することになる放射線技師は手術室外にすることが多く、無線通信による遠隔操作を行えることが必須である。加えて、習熟度の低い技師でも簡易に扱えるようなインターフェースが求められており、併せて実装する必要がある。このことから、本研究では以下の内容で研究を行った。

- ①無線通信プログラムの開発
- ②インターフェースプログラムの開発

3. 結果

3.1 無線通信プログラムの開発

株式会社関東技研が開発する小型 X 線遮蔽装置本体の制御システムの基本的な構成は、昨年度までに開発したシステムと同じである。本年度の開発ではこれまでに開発を行ったこれらのシステムに小型 PC と Bluetooth 通信モジュール、PC 動作用のモバイルバッテリーを追加し、試作型の無線通信制御システムとした。ハードウェア構成を図 1、システムの全体図を図 2 に示す。

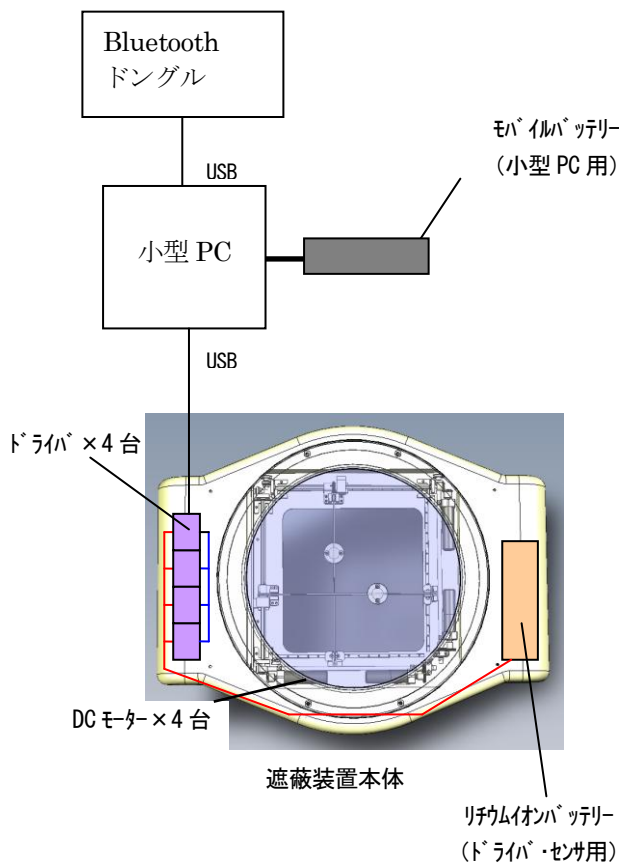


図 1 ハードウェア構成



図 2 システム全体図

図 1 に示す通り，遮蔽装置内部の DC モーター 4 台と，それぞれに対応するモータードライバが接続されている。そのドライバへ命令を送る通信規格として，H25 年度の開発からは USB インターフェースを用いる構成へ変更した。H25 年度の開発では遮蔽装置と制御用 PC が有線の USB で直接接続されていたが，本年度の開発では遮蔽装置には小型 PC を接続し，無線通信のための Bluetooth ドングルを介して制御用 PC と接続される。制御用 PC には操作用の 2 軸アナログジョイスティックが接続され，実際の手術現場ではこのアナログジョイスティックを持った放射線技師が手術室外から遮蔽装置を操作することを想定している。なお，H24 年度までに開発を行った遮蔽装置では血管造影装置から画像データを PC に取り込んでいたが，実際の手術現場ではモニタが多数存在すること，将来的に制御用 PC も省いて簡素化を目指すことから，本開発では画像取り込み部に関しては省略した。以下，表 1 に主な構成品を示す。



図 3 追加部品 (小型 PC)

表 1 主な構成品

No.	品名	数量	備考
1	アナログジョイスティック	1	
2	USB 変換機	1	
3	制御用 PC	1	
4	Bluetooth ドングル(USB)	2	
5	小型 PC	1	
6	小型 PC 用 OS	1	
7	モバイルバッテリー	1	DC9V, USB5V 15000mAh
8	リチウムイオンバッテリー	1	14.8V, 2A, 2600mAh
9	遮蔽装置	1	関東技研が開発
(以下, 遮蔽装置内の機器)			
10	DC ブラシモーター	4	
11	DC ブラシレスモーター用ドライバ	4	ゲートウェイ機能 (USB, RS232to CAN)



図 4 追加部品 (Bluetooth ドングル)

3.2 インターフェースプログラムの開発

3.1 で述べたハードウェア構成の変更を行うにあたり，従来のシステムでは制御用 PC のみに組み込まれていたプログラムを小型 PC 側プログラムと制御用 PC 側プログラムの 2 つに分割した。制御用 PC 側プログラムでは画面上の表示や各種コマンド，アナログジョイスティックからの入力を命令テキストデータに変換する機能を実装している。小型 PC 側プログラムでは制御用 PC 側プログラムから送信されたテキストデータを受信し，モータードライバ用の専用命令に変換，動作の制御を行っている。なお，どちらのプログラムも開発環境はこれまで使用していた VisualStudio2010 を引



図 5 追加部品 (モバイルバッテリー)

き続き使用し、開発言語として Microsoft Visual C#を用いた。また、モータードライバを制御するためのライブラリとして、メーカーから提供されている .Net 用ライブラリを小型 PC 側プログラムに組み込み開発を行った。制御用プログラム側では、アナログジョイスティックからの入力を参照するため、Windows アプリケーションで標準的に利用可能な DirectX のライブラリの一種である Direct Input を使用した。

遮蔽装置をアナログジョイスティックの操作に合わせて動作させる以外の追加機能として、事前の調査で放射線技師・医師側から要望のあった下記の機能を実装した。

- ①遮蔽板の現在位置の記録機能
- ②記録位置へ遮蔽板を復帰させる機能
- ③遮蔽板を透視画像外に退避させる機能
- ④装置中心位置へ遮蔽板を移動させる機能
- ⑤動作速度の多段階化

①～④の機能はモータードライバに標準で搭載されている現在座標（モーター角度）を検出する機能を使用している。遮蔽装置に使用しているモータードライバの仕様として、電源投入時のモーター角度を原点として認識してしまうため、これらの機能を使用する前に必ずモーターの原点検出を行う必要がある。遮蔽装置内部には原点検出用のファイバセンサが内蔵されており、制御用 PC から原点検出の命令を送ることで自動的に4つのモーターに対し原点検出を行う機能を実装した。原点検出を含めたこれらの機能の操作についてはジョイスティックに付属するボタンにそれぞれ対応しており、習熟度の低い使用者でもすぐ可以使用できるよう、制御用 PC に表示される画面上で各操作を確認できるようなインターフェースを開発した。

⑤の動作速度の多段階化については、遮蔽板を原点位置から眼球位置に移動させる際、大まかな位置決めにはある程度の速度が求められながらも細かい位置調整を行う際にはゆっくりとした動作が必要という放射線技師からの要望があった。そのため、アナログジョイスティックの傾きに応じて遮蔽板の移動速度が高速と低速の二段階に変化する機能を実装した。

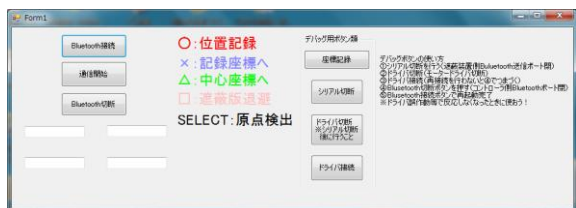


図6 インターフェースプログラム外観

また、開発したシステムが実使用環境下で問題なく動作するのを確認するため、虎の門病院と同じフィリップス製の血管造影装置を所有する筑波大学付属病院に協力いただき、平成26年11月から継続して複数回実験を行った。実験ではプログラムの動作確認や無線通信の確認、血管造影装置に設置した場合の造影装置への影響などを調査した。

プログラムの動作については複数回の実験で不具合等の解決は終了し、問題なく動作させることが確認できた。ただし、ハードウェアの構造上の問題で原点復帰機能が正常に動作しないことがあり、今後の改良が必要である。

Bluetooth を用いた無線通信については、手術室内に設置した遮蔽装置と、モニタリングルーム内に設置した制御用 PC 間で通信を試みたが、X線防護扉を閉じた場合でも問題なく通信を行えたことから、実際の使用環境下でも問題なく通信を行えるものと思われる。

遮蔽装置を血管造影装置に取り付けた場合の問題点として、本研究で開発したハードウェア構成では遮蔽装置本体の外側に小型 PC とバッテリーを取り付ける形となるため、それが血管造影装置の静電センサにより異物とみなされ、血管造影装置のアームの動作を阻害する場合があった。遮蔽装置本体のみを取り付けた場合は異常は発生しないため、ケーブルの取り回しを改善、または小型 PC をさらに小型化するなどの対応を今後行っていく必要がある。

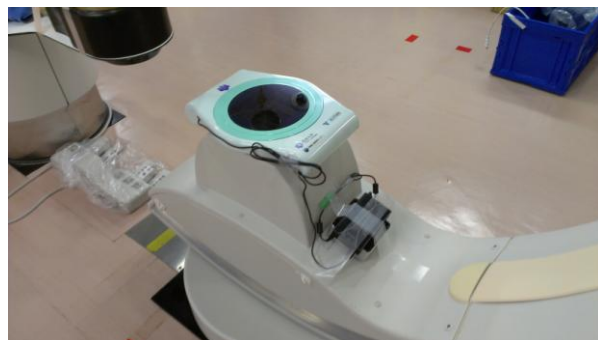


図7 実験時の遮蔽装置の設置状況

4. 今後の課題

ハードウェアの基本的な構造と動作プログラムについては本年度の研究でほぼ完成したため、来年度は医師の実験的なツールとしての完成を目指す。本年度の研究では、血管造影装置に設置した場合の静電センサの回避が大きな問題となったため、その障害となっている小型 PC を遮蔽装置本体に組み込める程度にまで小型化できないか検討を行っていく。また、制御ソフトウェアの開発とサポートを行うため、県内システム開発企業に参画いただき、工業技術センターはプログラムやハード構成等のアドバイスをを行っていく。