臨床技術

論文受付
2013 年 6 月 12 日

論文受理
2013 年 9 月 17 日

Code No. 920

放射線治療における精度管理運用 web システムの開発

岡本裕之¹ 望月寿彦² 横山和利¹ 脇田明尚¹ 中村哲志¹ 植木平八²
塩沢恵子² 佐々木浩二² 布施雅史¹ 阿部容久¹ 伊丹 純¹

¹ 国立がん研究センター中央病院放射線治療科

² 株式会社アドイン研究所

緒言

昨今、強度変調放射線治療をはじめとする高精度放射線治療のプロセスは、複雑化の一途を辿っており、多くの職種が切れ目のない連携を基にして遂行されている。このような状況の中、放射線治療の質と安全を恒常的に維持・管理するためには、放射線治療に従事するすべてのスタッフが共通のリスク意識をもち、組織的な体制による精度管理の実行が必要不可欠である。しかし大規模病院においては、スタッフや装置の数が多く、スタッフ個々が共通のリスク意識をもち、統一された精度管理手法を実行することは容易ではない。放射線治療管理に携わるわれわれとしては常にあらゆる手段を

模索し、実現に向けて努力する必要がある。本研究ではその実現に向けた一つの手段として、情報共有の強化が期待できる精度管理運用 web システムの開発を目的とした。本研究で言う精度管理運用 web システムとは、放射線治療の精度管理結果などに特化した、情報共有の強化が期待できるシステムを指す。本報告では、どの施設でも容易に作成することが可能な、HTML (HyperText Markup Language) をベースとした手法とさらに発展的な手法である PHP (Hypertext Preprocessor) 言語などのサーバサイドスクリプトを用いた手法について言及する。この精度管理運用 web システムに必要とされる機能としては、I. 精度管理結果や報告書、作業マ

Development of Quality Assurance/Quality Control Web System in Radiotherapy

Hiroyuki Okamoto,^{1*} Toshihiko Mochizuki,² Kazutoshi Yokoyama,¹
Akihisa Wakita,¹ Satoshi Nakamura,¹ Heihachi Ueki,² Keiko Shiozawa,²
Koji Sasaki,² Masashi Fuse,¹ Yoshihisa Abe,¹ and Jun Itami¹

¹Radiation Oncology Division, National Cancer Center Hospital

²AdIn Research Inc.

Received June 12, 2013; Revision accepted September 17, 2013

Code No. 920

Summary

Our purpose is to develop a QA/QC (quality assurance/quality control) web system using a server-side script language such as HTML (HyperText Markup Language) and PHP (Hypertext Preprocessor), which can be useful as a tool to share information about QA/QC in radiotherapy. The system proposed in this study can be easily built in one's own institute, because HTML can be easily handled. There are two desired functions in a QA/QC web system: (i) To review the results of QA/QC for a radiotherapy machine, manuals, and reports necessary for routinely performing radiotherapy through this system. By disclosing the results, transparency can be maintained, (ii) To reveal a protocol for QA/QC in one's own institute using pictures and movies relating to QA/QC for simplicity's sake, which can also be used as an educational tool for junior radiation technologists and medical physicists. By using this system, not only administrators, but also all staff involved in radiotherapy, can obtain information about the conditions and accuracy of treatment machines through the QA/QC web system.

Key words: quality assurance (QA), quality control (QC), radiotherapy, HyperText Markup Language (HTML), Hypertext Preprocessor (PHP)

*Proceeding author

Fig. 1 Schematic of QA/QC web system developed in this study.

ニユアルなどが閲覧できる機能, II. 精度管理の手法などを写真や動画を用いて解説した機能, が挙げられる. I. に関して, 放射線治療関連機器の精度管理は, 個人の活動ではなく放射線治療部内の活動として位置づけられる必要があり, 本システムを通して, 精度管理実施者だけではなく放射線腫瘍医も含めた全スタッフが治療関連機器の品質管理状況を把握することができる. II. に関しては, 精度管理手技の統一と若手スタッフへの教育的ツールとしての活用にも期待できる.

1. 方法

1-1 精度管理運用 web システム

現在市販されている精度管理運用に関するソフトとしては, ATLAS-QA(SUN NUCLEAR 社)¹⁾, RIT113(RIT 社)²⁾, eQA(Modus Medical Device 社)³⁾などが挙げられる. それぞれが特徴的な機能を有しているが, たとえば ATLAS-QA¹⁾では, 線量測定器との連携が行え, 線量プロファイルの不変性試験などの試験結果をデータベースとして記録することができる. さらには RIT113²⁾では, 2009 年に刊行された放射線治療装置の品質管理に関するガイドライン AAPM(American Association of Physicists in Medicine)Task Group 142⁴⁾のコンセプトを基に設計され, 基準値の設定など各施設の照射技術に対応した分析法が作成可能である. eQA³⁾においては, SQL(Structured Query Language)データベースと交信することによって EPID(Electric Portal Imaging Device)画像を自動で取得・解析し, 試験結果をデータベースとして管理することができる. これらのソフトで共通な点は, 精度管理の結果を一元管理し, スタッフであれば誰でも過去の精度管理結果などを

自由に閲覧することができることである. 本研究で開発した精度管理運用 web システムは, 上記のような測定器との連携や解析機能などはないものの, 情報共有の強化に特化した閲覧機能などを設けており, さらに HTML や PHP 言語などのサーバサイドスクリプトで構成されているため, ある程度コンピュータ言語に精通しているスタッフがいれば, 自施設に対応したシステムを容易に導入することが可能である.

1-2 機能と運用手順

Fig. 1 に, 精度管理運用 web システムの運用を図示化した. 各担当者が共有すべき報告書や精度管理結果などを精度管理運用 web システムがインストールされている管理用パソコン[図中では QA/QC(quality assurance/quality control)web system]にアップロードし, 他のスタッフが閲覧する. HTML の場合には管理者がソースファイルを編集し, 項目を追加してリンクを生成させる. PHP 言語を使用している場合にはユーザの更新したデータをデータベースに保存し, 他のユーザが閲覧した時に更新データをリアルタイムに確認できる. どの PC からでも情報を閲覧することができ, 放射線治療部内での円滑な情報共有が可能でありながら, セキュリティ上の観点から使用制限を設定することもできる. また報告書や精度管理記録など一元管理することができ, 担当スタッフが異動した場合などに発生する情報損失を最小限に抑えることができる.

本研究で開発した精度管理運用 web システムの四つの機能について説明する[Fig. 1 では機能(i)~(iv)に該当]. (i): 精度管理結果の閲覧機能に関しては, 放射線治療装置だけではなく放射線治療システムに関係する

Fig. 2 Overview of QA/QC web system developed in this study.

すべての機器を対象にする必要がある。たとえば当院では、放射線治療装置のほかに、計画 CT(computed tomography)シミュレータ、X 線シミュレータ、放射線治療計画装置、小線源治療装置などを対象としている。品質管理担当者だけでなく放射線腫瘍医をはじめとする全スタッフが、治療装置関連機器の品質管理状況を一つのシステムから知ることができる。また機器ごとに共通のインターフェイスを構築することによってスタッフの理解が容易となる。また対内的ではあるが放射線治療部内で精度管理結果を開示することで、精度管理実施の有無や精度管理結果に対しての妥当性に関しても、第 3 者の視点から評価することができる。(ii)：放射線治療品質管理機構では、過去に起きた放射線治療における医療事故の教訓から、臨床現場においては精度管理の具体的措置を含めた作業マニュアルの必要性を提言している⁵⁾。この作業マニュアルには、放射線治療の実施状況に応じた日々の更新が伴う。本研究で開発する精度管理運用 web システムには、治療プロセスで必要となるすべての作業マニュアルを一元管理し、新しい作業マニュアルを日々アップロードすることで、全スタッフが最新版を閲覧することができる。(iii)：複数の装置を使用している病院では、スタッフ間で精度管理手法を統一することは重要である。ここでは、精度

管理の手法に関して、写真や動画を用いて解説するページを設けている。さらにこの機能は若手の診療放射線技師や医学物理士のための教育的ツールにも活用できる。(iv)：当院では、全スタッフが参加する全体会議を毎月開催し、臨床的・物理的、あるいは運用に関しての検討すべき事項を議論している。本研究が開発する精度管理運用 web システムには、会議で使用する資料・報告書なども一元化するようにし、資料・報告書の共有を図っている。

2. 結果

Fig. 2 に、本研究で開発した精度管理運用 web システムの概観を示す。Fig. 2 では、PHP 言語を用いた手法であるが、HTML を用いた場合でも同様の仕様を構築することが可能である。図に示されているように、放射線治療に関係するすべての機器が対象であり、それぞれのカテゴリで Fig. 1 に示されている機能(i)～(iv)が搭載されている。また web サーチャエンジンとして Apache License によって開発されているオープンソースソフトウェア、Apache Nutch™を利用している。このサーチャエンジンを利用することによって、これまで報告したドキュメントの内容までを範囲とするキーワード検索が可能となる(Fig. 2 ではドキュメント検索を指す)。

III. 放射線治療装置の精度管理の結果

平成21年7月～平成22年6月の検証結果

装置/月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	年毎の精度管理
9番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施
10番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施
13番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施
14番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施

平成22年7月～平成23年6月の検証結果

装置/月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	年毎の精度管理
9番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	未実施	実施	実施	未実施	実施	実施	実施	未実施	実施	実施
10番治療装置の検証結果	実施	実施	未実施	実施	実施	未実施	実施	実施	実施	未実施	実施	実施	実施
13番治療装置の検証結果	実施	実施	未実施	実施	実施	未実施	実施	未実施	実施	実施	実施	実施	実施
14番治療装置の検証結果	未実施	実施	実施	未実施	未実施	実施	未実施	実施	実施	実施	未実施	実施	実施

平成23年7月～平成24年6月の検証結果

装置/月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	年毎の精度管理
9番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	未実施	実施	未実施	未実施	実施	実施	実施	実施	実施	実施
10番治療装置の検証結果	実施	実施	未実施	実施	実施	未実施	実施	実施	実施	実施	未実施	実施	実施
13番治療装置の検証結果	実施	実施	未実施	実施	実施	未実施	未実施	未実施	未実施	未実施	未実施	未実施	実施
14番治療装置の検証結果	実施	実施	実施	実施	未実施	実施	実施	未実施	未実施	実施	実施	実施	未実施

Fig. 3 Record of QA/QC of treatment machine corresponding to function (i) in Fig. 1.

たとえば，“ガントリ”と検索すると，過去にガントリ関連で報告した資料やガントリの精度管理結果などがリストアップされる。

Fig. 3は当院の精度管理の実施記録の一部を示している[Fig. 1では(i)Review of QA/QC reportに相当]。図に示されているように精度管理運用 web システムを利用することによって，対内的ではあるが放射線治療部内で精度管理実施の有無を開示することで透明性が確保できる。また精度管理結果も掲載することによって，第3者の視点から結果の妥当性について評価することができる。

Fig. 4に当院の精度管理結果の例を示す[Fig. 1では(i)Review of QA/QC reportに相当]。当院では，Fig. 3の実施項目を選択すると，図に示されるように精度管理結果がPDF(Portable Document Format)形式で表示される。これはHTMLを用いても可能である。運用手順としては，精度管理実施担当者が結果をPDF形式に変換して，ファイルをアップロードする(Fig. 5)。

また将来的には，Fig. 6に示されているように，タブレット型端末を用いた運用についても検討している。Fig. 6では，タブレット型端末を用いることで，過去の精度管理結果を参考にしながら精度管理を実施している。Fig. 7には，写真や動画を用いた精度管理法の解説を示している[Fig. 1では(iii)Procedure of QA/QCに相当]。具体的に精度管理手法を写真や動画を用いて解説することによって，スタッフ間での手技統一が図れる。

3. 考 察

本研究で開発した精度管理運用 web システムは，HTMLやPHP言語などのサーバサイドスクリプトを基に構築されているため，コンピュータ言語にある程度精通しているスタッフであれば，自施設の状況に対応した精度管理運用 web システムを構築することが可能である。また一度構築を行えば，資料や精度管理結果などを半永久的に一元管理できる利点を有する。またHTMLのハイパーリンク機能を用いることによって，他のwebシステムへの情報参照が容易になる。また近年，HTMLやPHP言語などのオープンソースにおいてもメンテナンスがしっかりと行われているソフトウェアが増えてきている。オープンソースのプログラムはライセンスの縛りが多いが，そのライセンスの範囲で活用すれば，安価に高度なクライアントサーバシステムを構築することが可能である。これまでの，解析者ごと，あるいは機器ごとに試験結果などを管理している場合が少なくなく，時にはスタッフの転勤やローテーションなどによって情報共有することが困難な状況に直面してきた。また会議で使用する報告書に関しても同様で，紙媒体で配布されているため，資料の紛失や，スタッフが入れ替わることによる情報共有の欠落が問題視されてきた。これらの精度管理運用 web システムを活用することで，精度管理全体にかかわるデータを半永久的に一元管理することが可能となり，得られた知見を後世のスタッフへ正しく提供することが可能となる。

月毎の精度理項目 - 国立がん研究センター中央病院 -

⑥フロントポイントをういたコリメーター回転精度	許容値	検証結果	判定	時間
<p>Gantry 0度にして、フロントポイントを装着し方眼紙をSSD=100cmに設置する。コリメータの角度を0～165度、360～195度回転させてフロントポイントの先端の変位を計測する。変位の方角に関しては右図の通り記載する。</p>	±2mm	<p>0～165度</p> <p>Lateral方向: OK</p> <p>Long方向: OK</p> <p>360～195度</p> <p>Lateral方向: OK</p> <p>Long方向: G側に0.7mm</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	5分

⑦フロントポインタを用いた寝台回転精度	許容値	検証結果		判定	時間	
<p>Gantry 0度にして、フロントポインタを装着し方眼紙をSSD=100cmに設置する。寝台の角度を0～90度、360～270度回転させてフロントポインタの先端の変位を計測する。変位の方向に関しては右図の通り記載する。</p>	±2mm	Lateral方向:	OK	○	3分	
		0～90度	Long方向:	OK		○
		360～270度	Lateral方向:	G90° 側に0.5mm		○
			Long方向:	OK		○

⑤金尺を用いた寝台座標の移動距離の確認	許容値	検証結果		判定	時間
<p>SSD=100cmにし、レーザが金尺の目盛り0を示すように設置する。表示されている座標値を基にLateral方向±100mm、Long方向±100mm、Vertical方向±50mm寝台を移動させ、金尺とレーザが交わる位置を計測する。</p> <p>Vertical方向に関しては、金尺を2本用意しGantry 90、270度側にそれぞれ配置させる。</p>	±2mm	G90方向に移動 +100mm	100mm	○	10分
		G270方向に移動 +100mm	100mm	○	
		Gun側方向に移動 +100mm	100mm	○	
		Target側方向に移動 +100mm	100.05mm	○	
		天井方向 +50 mm	G90側: 50mm G270側: 50mm	○ ○	
		床方向 +50 mm	G90側: 50mm G270側: 50mm	○ ○	

Fig. 4 Review of QA/QC report corresponding to function (i) in Fig. 1.

1. 放射線治療装置関連の会議報告書

Fig. 5 Upload of report.

Fig. 6 Use of QA/QC web system using tablet device.

		<div>光照射野ランプの設置精度の確認</div> <table><tr><th>人員</th><th>測定時間</th><th>必要な機器</th><th>頻度</th><th>年間QA時間</th></tr><tr><td>1~2人</td><td>5分</td><td>方眼紙、金尺、(HDハンディカム)</td><td>月毎</td><td>1時間</td></tr></table> <p>寝台を最大限まで下げ、寝台の先端に金尺を置き、コリメータ回転時の金尺の影の変位を調べる。</p> <div>【動画】 光照射野ランプの設置精度</div> <div>コリメータ角 0度→195度→0度→165度</div>	人員	測定時間	必要な機器	頻度	年間QA時間	1~2人	5分	方眼紙、金尺、(HDハンディカム)	月毎	1時間
人員	測定時間	必要な機器	頻度	年間QA時間								
1~2人	5分	方眼紙、金尺、(HDハンディカム)	月毎	1時間								
②光照射野ランプの設置精度の確認	治療室を暗室にし、カウチを最大まで下げる。カウチ上にオフセンターの位置になるように金尺を置き、コリメータを回転させながら床に影として映る金尺の頂点の変位を調べる。検証の動画はこちら											
③レーザーポインタの指示点の変位	ガントリを変えたときの横方向、縦方向のクロスヘアとレーザーの一致を確認する。ガントリ0度の時には、サジレーザーとバックポインタを確認、ガントリ90度の時は、患者右側のレーザーを確認、ガントリ270度の時は患者左側のレーザーを確認、ガントリ180度の時は天井レーザーを確認する。	<div>レーザ指示点の変位 許容値 ±1 mm</div> <div><div>サジレーザー</div><div>G270側</div><div>天井</div><div>G90側</div></div> <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <p>方眼紙を用いて、クロスヘアとレーザーが一致することを確認。 Gantry 90度、270度方向に関しては、患者の肩幅の位置で合わせることを考慮し、アイソセンターから±30cmも調べる。</p>										
		<div>SSDランプの指示値の確認 許容値 ±1 mm</div> <table><tr><th>人員</th><th>測定時間</th><th>必要な機器</th><th>頻度</th><th>年間QA時間</th></tr><tr><td>1~2人</td><td>5分</td><td>フロントポインタ</td><td>月毎</td><td>1時間</td></tr></table> <p>フロントポインタはコミッショニング時に使用したものを使用する。挿す方向にも常に固定にする。フロントポインタ設定後、</p>	人員	測定時間	必要な機器	頻度	年間QA時間	1~2人	5分	フロントポインタ	月毎	1時間
人員	測定時間	必要な機器	頻度	年間QA時間								
1~2人	5分	フロントポインタ	月毎	1時間								

Fig. 7 Manual of QA/QC using pictures and movies corresponding to function (iii) in Fig. 1.

本研究で開発した精度管理運用 web システムは、2011 年 10 月に HTML をベースとして臨床導入された。2013 年 1 月には PHP 言語をベースとして再設計され今日まで運用されている。延べ約 2 年、臨床運用を行ってきた。本システムの有効性について定量的評価は困難であるが、筆者の使用経験を次に述べる。放射線治療における精度管理で重要な点は、どのスタッフが実施しても同じ精度管理手法が行え、統一された評価基準をもって実施できることである。当院では放射線腫瘍医が 6 名、レジデント 6 名、診療放射線技師が 13 名、医学物理士が 3 名、治療専属看護師 3 名とスタッフが非常に多い。精度管理運用 web システムがない以前は、装置ごとで精度管理結果などを管理していたため、精度管理結果などを含む多くの情報を、放射線治療に従事するすべてのスタッフに効率よく共有することが困難であった。さらに当院では、放射線治療装置が 4 台、小線源治療装置が 1 台と多くの機器を所有しているため、導入以前は、装置ごと、スタッフごとで精度管理手技にばらつきがみられ、精度管理結果に対する評価基準も統一されていなかった。本研究で開発した精度管理運用 web システムを導入したことによって、装置・スタッフ間で生じていた手技や判断基準の違いが明確になり、その低減に努めることができたと考える。

放射線治療関連機器の精度管理は、個人の活動の範囲で実施するものではなく、放射線治療部内の活動の範囲として認識される必要がある。そのため、精度管理実施者は精度管理結果を記録・開示し、放射線腫瘍医も含めたすべてのスタッフが治療関連機器の品質管理状況を把握することが重要となる。特に放射線治療は、複雑なプロセスの中で多くの職種の連携を基に遂行されているため、各プロセスで透明性を確保し、“見える化(可視化)”⁶⁾に向けて努力する必要がある。

放射線治療の質・安全性を維持するためには、放射線治療部内で安全を優先とした考え(安全文化^{7,8)})を根付かせることが重要である。技術革新が日進月歩する中、新しい機能や技術に注目が先行してしまいがちにあるが、管理者であるわれわれはそこに潜むリスクを冷静に見定め、本当に安全な放射線治療ができているかどうか自問自答する機会をもつ必要がある。またこの意識改革は個々のレベルでは限界があり、個人のレベルを超えて集団としての共通認識(文化)の構築が求められる。結果として、放射線治療部全体の取り組みと連携を経て、この安全文化が放射線治療部内で生み出される。Fig. 1, 2 に示すように、本研究で開発した精度管理運用 web システムが、この安全文化構築への一助となることを確信している。

4. 結 語

放射線治療の質と安全を恒常的に維持するためには、放射線治療に従事するすべてのスタッフが共通のリスク意識をもち、統一された精度管理手法を実行することが大切である。その実現に向けた一つの手段として、本研究で開発した精度管理運用 web システムが有効に利用できるを考える。

謝 辞

本研究の一部は、がん研究開発費 23-A-13「伊丹班：安全で高精度の放射線治療を実現する放射線治療体制に関する研究」の助成を受けたものです。またこの場をお借りしまして、国立がん研究センター中央病院放射線治療科のスタッフにご協力いただいたことを感謝いたします。

参考文献

- 1) ATLAS-QA, manufactured by SUN NUCLEAR corporation at <http://www.sunnuclear.com/home.asp> (accessed 2013-4-19).
- 2) RIT113, manufactured by Radiological Imaging Technology, Inc. at <http://www.radimage.com/> (accessed 2013-4-19).
- 3) eQA, manufactured by Modus Medical Devices Inc. at <http://modusmed.com/> (accessed 2013-4-19).
- 4) Klein EE, Hanley J, Bayouth J, et al. Task Group 142 report: quality assurance of medical accelerators. Med Phys 2009; 36(9): 4197-4212.
- 5) 放射線治療における医療事故防止のための安全管理体制の確立に向けて(提言). 放射線治療品質管理機構. 2007. at <http://www.qcrt.org/report2.pdf> (accessed 2013-4-19).
- 6) 岡本裕之 監, 黒岡将彦, 宮浦和徳, 他. 詳説 放射線治療の精度管理と測定技術. 東京: 中外医学社, 2012.
- 7) International Nuclear Safety Advisory Group. Safety culture. Safety series no. 75-INSAG-4. Vienna: IAEA; 1991.
- 8) International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 112. Preventing accidental exposures from new external beam radiation therapy technologies. Ann ICRP. 2009; 39: 1-86.

問合先

〒104-0042 中央区築地 5-1-1

国立がん研究センター中央病院放射線治療科 岡本裕之