

## 線量管理システムの使用経験

松江赤十字病院  
放射線科部 森脇 武志

はじめに

国際放射線防護委員会(ICRP)の勧告において、被ばく低減の原則となる「合理的に達成できるだけ低く」(ALARA: as low as reasonably Achievable)の提言や、ICRP60.ICRP103などの勧告文書医療被ばくは線量限度によって制限するのではなく、正当化と最適化によって適正に利用することが求められている。過剰な放射線検査による被ばくを抑える、合理的かつ最適化のツールとして診断参考レベル diagnostic reference level(DRL)を国や地域の放射線検査ごとに設定することが推奨されている。世界的には早くから全国各地域で診断参考レベルが定められており、DRLを利用した医療放射線被ばくの最適化が行われ、国内でも2015年「最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定」(DRLs 2015)は、国内主要学会、行政、産業界、関連団体、医療機関など関連団体により策定された。また、医療現場で行われた線量最適化の結果を受けて、DRLが定期的に適宜見直す予定である。DRLを用いた医療放射線被ばくの最適化を行うにあたり、被ばく線量データの取得や管理、データの分析、プロトコルの見直しなどの線量管理業務は必須であるが、日常の複雑な診療業務の傍らに線量管理業務、DRLとの比較管理など定期的に行うことは困難である。そこでX線医療機器からの線量情報を自動収集管理するツールとして線量管理システムの必要性が考えられる。

使用にあたっての経緯

放射線医学総合研究所(放医研)は2011年に「医療被ばく研究プロジェクト」を開始。DRLの設定を含め、医療被ばく防護の基礎データを蓄積する自動収集・解析システムの試験運用を2015年1月30日に始め、当初、同システムにDoseWatchが採用された。医療被ばくガイドライン「DRLs2015」が公開され、今後各施設はこれを受けてさらなる被ばく線量の最適化が行われているが、DRL改定等には、その最適化された線量分布データが引き続き必要となる。放医研では全国規模で膨大なCT装置、PACSに格納されている放射線診療における医療被ばくの実態調査の協力機関として山陰の基幹病院でもある当院も縁があり提供させていただいた。その流れで当院でも線量管理システム導入検討にあたり、線量情報収集ツールとしてGEヘルスケア「DoseWatch」を約一か月半試用運用、臨床使用は短い線量管理システムの有用性や課題について述べる。

DoseWatch との接続概要

DoseWatchはX線CT撮影装置、血管撮影装置などのマルチモダリティ、メーカーの医療機器から線量情報を取得、分析、レポートするシステムです。本来なら当院の線量情報が得られるすべてのモダリティ機器との接続を考えておりましたが、今回の当院の接続概要は試用期間が限られている為多くの線量情報持ち合わせているCT装置GEヘルスケア製 LightSpeed VCT VISION・Discovery CT750 HDとマンモグラフィ装置GEヘルスケア製 Senographe DS LaVeriteとアンギオ装置GEヘルスケア製 Innova 4100iQ Proの線量情報収集とした。線量情報を出力できる医療機器からのデータ出力先や出力形式にあたっての設定を含むネットワーク系の設定が、各モダリティメーカーにコストとして発生す

る為、システム導入時には承知しておきたい項目のひとつである。理想では医療機器より画像情報と共に線量情報も PACS Server に格納し、ネットワーク負荷の少ない深夜帯に DoseWatch がデータを自動収集とする流れがシンプルでコスト的にも抑えることが出来ると考えられる。放医研との協力施設として線量管理ソフト設置時には、当施設の CT 装置には線量情報の出力には、装置の機能でもある内部に線量情報を表示している、DICOM SC (セカンダリキャプチャ) 画像を、PACS 保管していた。最近の装置では、DICOM SC より DICOM 規格に沿った多くの線量情報を持った RDSR (Radiation Dose Structure Report) 出力を備えている機器が多くなっているが、その受け手である PACS Server の多くが新しい規格の DICOM SR 対応していないことが多い。当院ではたまたま Server の更新時のタイミングで DICOM 規格である SR の取り込みに対応することができ、今後線量管理システムの導入を見据え、CT では RDSR のデータも DICOM SC と合わせて PACS 保管を行うこととした。今回の基本接続経路としては一時的なこともあり CT 装置 2 台、マンモグラフィ装置、アンギオ装置から直接ネットワーク経由にて DoseWatch に線量情報 RDSR・全ての撮影画像を送信する運用とした。DoseWatch には CT 検査において必要なデータは位置決め画像とアキシャル画像と線量情報 RDSR のみで良いが、1 患者の中の撮影シリーズ中には画像再構成した画像など多くの中から必要データを選択送信することは日常検査中に行うのは大変である。しかし、1 患者撮影データすべてを DoseWatch 送信すればシステムの中で必要データのみ格納される為、不要なデータは削除され、システム容量への圧迫はない。1 検査終了後、装置の自動転送機能利用可能であるが、検査終了後には PACS・thin slice server 転送にネットワーク負荷がかかるため各施設での運用時にはネットワークパフォーマンスの確認が必要である。

使用状況

期間内に検査した CT 検査 (約 2000 件/月) を主に DoseWatch にて色々な線量情報に関して表示機能の一部を示した。他メーカーの線量管理システムにも備わっている線量分布などの機能はもちろん、多くのデータの絞込み機能視覚的評価できるグラフ等表示行える。



図 1 : CT 撮影検査内訳

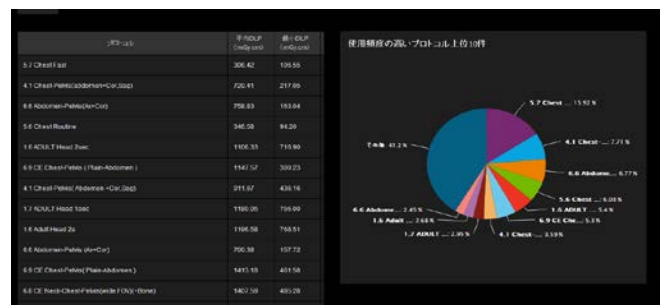


図 2 : プロトコル別 DLP 分

当院 CT 検査撮影部位別の内訳は主に腹部・頭部の撮影で 9 割を占めている。(図 1)

撮影頻度の高いプロトコル別 DLP 内訳では、プロトコル別の線量の把握ができ最適化への指標になる。この上位 10 項目のプロトコルで約 6 割をしめ、初期の CT 研修においてこの最繁プロトコルを、理解し使い分けできれば立ち上がりが早くなるのでは、と言った違った視点も出てくる。(図 2)

当院の DRLs 2015 との比較であるが概ね低い線量ですべての検査が行われていることが確認できた。(図 3)

診断参考レベルとの比較

検査名	RPID (mGy)	平均DLP (mGy.cm)	診断参考レベル (mGy.cm)
頭部単純ルーチン	213	1065.58	1350
胸部1相	246	314.35	550
胸部～骨盤1相	248	777.93	1300
上腹部～骨盤1相	196	752	1000
肝臓ダイナミック	406	1412.66	1800
冠動脈	420	1312.16	1400

図 3: DRLs215 との比較

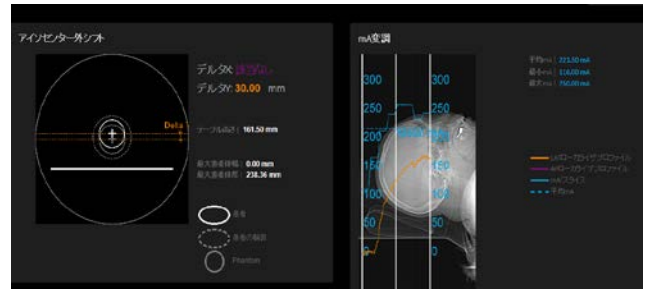


図 4: 品質レビュー

撮影ポジショニングによる患者のアイソセンターからの撮影者別や部位別によずれを視覚的に評価でき、撮影者・プロトコル別などポジショニングの癖など把握し、具体的な指導に役立つのではないかとされる。スカウト画像上にスライス毎の管電流値を表示もされ auto mA が適正に制御されているか品質管理として視覚的に表示される。(図 4)

また位置決め画像により患者様の体型を考慮した新しい CT 被ばくの推定値 Size-Specific Dose Estimation (SSDE) にも自動対応しており必要な線量情報の表示可能である。当院での接続環境で装置から必要画像送信後 SSDE 起動まで数分で自動計算可能で必要に応じては本スキャン前に推定値確認を行う運用は可能である。

プロトコル別に線量しきい値を DRLs 2015 や施設の任意の値に設定することによってアラート通知をリアルタイムに行うこともでき、その詳細を見ることによって検査内容の確認ができる。(図 5) 同日 2 回アラートが表示された事例で、頭部撮影において 2 回とも体動により追加撮影されたことが撮影

図 5: アラート 1

範囲のサムネル画像等で CT 装置を覗くことなしで知ることができた。(図 6) 対象期間全体での検査の視覚的に外れ値を知ることができ、その詳細も確認できる。(図 7) 今回のケースはバックボードによる

同一患者様に同じ日に2件アラート

検査名	RPID (mGy)	平均DLP (mGy.cm)	診断参考レベル (mGy.cm)
頭部単純ルーチン	213	1065.58	1350

5/10 19:47 DLP 1654mGy.cm

5/10 22:23 DLP 2238mGy.cm

図 6: アラート 2



図 7: 外れ値

高線量であった。外れ値の要因はおもに再撮影・バックボードによる高線量・プロトコル間違い・体格などが主な原因でした。

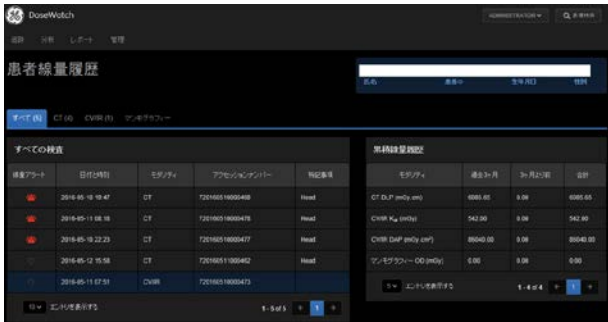


図 8: 患者線量管理 1

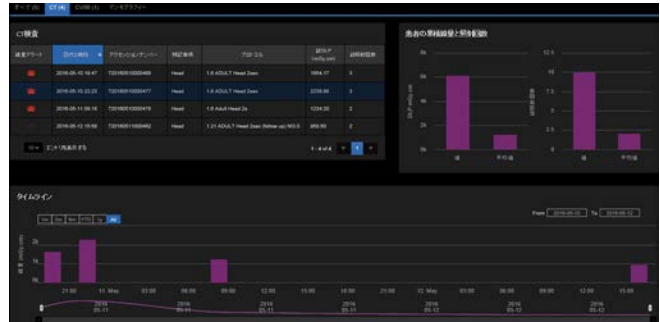


図 9: 患者線量管理 2

個人患者線量管理においても（図 8・9）患者線量レポート（すべての累積線量・照射回数・モダリティ別）を主治医や患者に提供することができる。

CT装置ごとのプロトコル別による線量比較の表示で定期的な同プロトコル線量の把握ができる。（図 10）

同一月内の同一患者を 2 回以上撮影した検査(テスト撮影除く)379 検査/2490 検査の約 15%にもおよぶ。（図 11）

平成 28 年度 診療報酬点数コンピュータ断層撮影診断料は通則 2.区分番号 E200 に掲げるコンピュータ断層装置（CT 撮影）及び区分番号 E202 に掲げる磁気共鳴コンピュータ断層撮影（MRI 撮影）を同一月に 2 回以上行った場合は、当該月の 2 回目以降の断層撮影については、所定点数にかかわらず、一連につき所定点数の 100 分の 80に相当する点数により算出する。8：00～10：00 の間に多くの 2 回目以降の検査が行われているが、検査理由は病状の経過観察であったり、午前中 CT 検査での結果後、処置などしたい理由で朝一番の検査を行っている事情もある。この時間帯をうまくコントロールできれば、外来の多い時間に余裕ができ生産性向上につながる事が読み取れる。



図 10: CT 装置ごとの線比較量

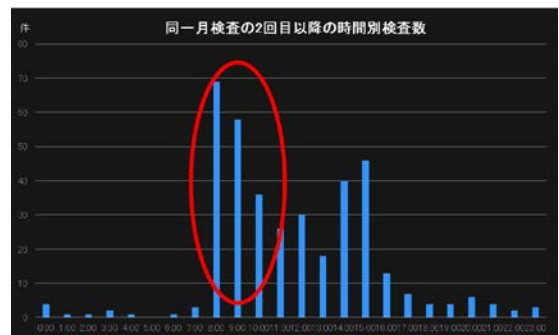


図 11: 同一月検査の 2 回目以降の時間帯別検査数

当院の CT 担当は 5 人でローテーションしておりその他 15 人の当直技師で検査を行っています。オペレータ別の検査数と DLP の関係を示した上位 2 つは撮影未入力者と QA での撮影が含まれていることがわかり、撮影者入力の徹底をした。（図 12）オペレータによる DLP にばらつきがあり、検査数 100 件以上のオペレータと 100 件未満のオペレータごとの平均 DLP とオペレータを比較すると、平均 DLP で約 260mGy・cm の違いがある。Time Slot Analysis(図 13)では時間帯別でしきい値を超える検査の割合は日勤時間帯に比べ、夜勤時間帯のしきい値を超える検査の割合が多く確認できた。これらの要因としては担当者以外のオペレータは当直時間帯のみであるため、救急患者の状態が悪い、体動による再撮

影や、体幹部の撮影時での腕が挙上できない、ポジショニング不具合、適切なプロトコルを選択していない、撮影範囲を必要以上に追加、バックボードによる高線量などの多くの要因が浮かび、当直技師への再教育時の見直しが判明した。

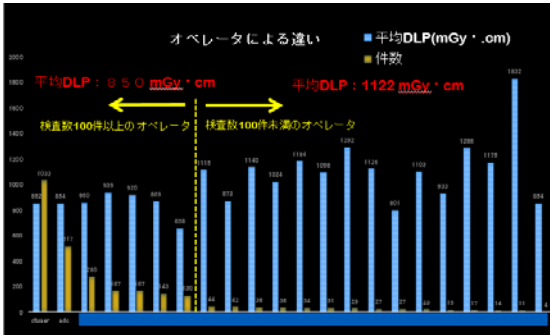
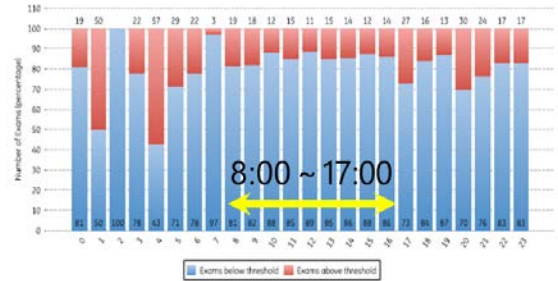


図 12: CT オペレータ別 DLP



Number of exams detailed by hour, vertical axis normalized in percent. This graph does not consider study descriptions with less than 10 studies.

図 13: Time Slot Analysis

NPO 法人日本乳がん検診精度管理中央機構では、マンモグラフィ検査実施施設に対して線量と画質の評価を行っている。2001年6月～2014年6月に認定を受けたマンモグラフィ装置システム 4,816 台の平均乳腺線量を調査し、その 95 パーセント値 2.4mGy を DRLs2015 とした。当院の平均乳腺線量 2.15mGy で、DRLs2015 の値以下ではあるが、この値は 75 パーセント値付近の値で、この結果を受けさらに線量最適化が検討された。(図 14)

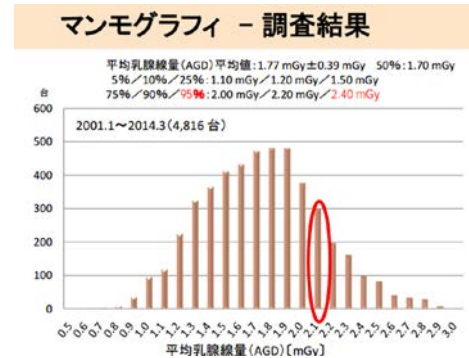


図 14: マンモグラフィ調査結果

日本乳がん検診精度管理中央機構の施設画像評価項目として、日常的な品質管理記録のコピー提出が必要と明確な規定があるが、DoseWatch からの Data Export にて Excel File を出力することにより、線量情報だけでなく、品質管理に必要な情報を抽出可能 kVp、mAs、Target、Filter、Thickness、AGD、Comp Force などデータ管理などもできる。(図 15) 検出器温度変化 29°C ~ 30°C の間で推移しているが、(図 16) 季節によって変化する

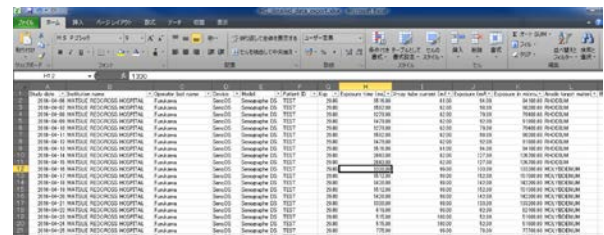


図 15: Data Export

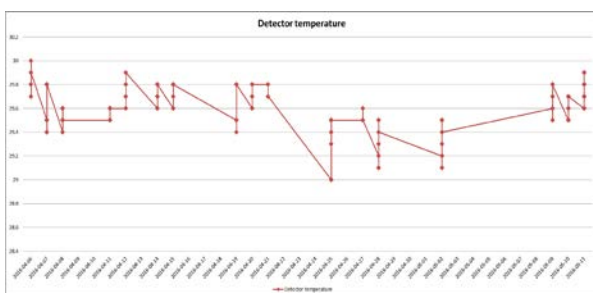


図 16: マンモグラフィ検出器温度

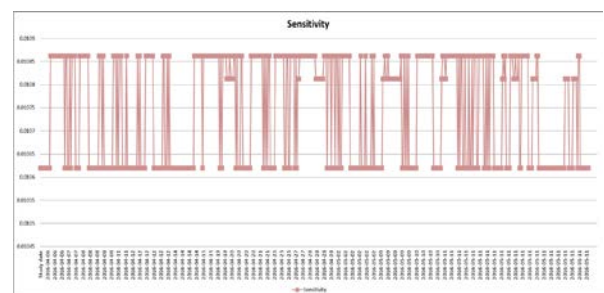


図 17: マンモグラフィ検出器感度

る可能性があるため、空調の適切なコントロールに利用でき、検出器の感度変化でも今回のデータからは異常は確認されなかった。(図 17) この様なスポットでのデータ分析だけでなく、経時的に観察することで検出器の劣化や環境による変化を確認することで、各メーカーが力を入れてきているリモートではサポートできない細かい機器の故障前兆を察知し故障修理での停止時間短くすることで稼働率アップに繋がると予測される。

今回アンギオに関してはデータ不足の為 割愛させていただきました。

### 課題

先に述べた DoseWatch を含めた他メーカーの線量管理システムにおいても多くの絞り込み検索による表示ができるが、現在当院の課題でもある装置から出力されるプロトコル名の統一が難しく当院のプロトコル名では検査名称単位の集計が十分にできないことがある。撮影時に細かい多くのプロトコル別に撮影するのは現実的ではなく、DICOM 規格に沿っているため、RDSR で収集したとき、間違っって撮影されたプロトコルは線量管理システム側では修正できない、患者間違い・BMI などで収集したデータの修正方法などの確認も注意しておきたい項目である。Data Export 機能で Excel 出力し、修正処理すれば統計解析として対応はできるが、できるだけシステム内だけで必要な絞り込みが細かく解析できるためには、プロトコル名の細かな設定も検討されなければならない。さらに他施設間の線量比較時に対応するプロトコル名の標準化も望まれる。

### おわりに

当院でも各モダリティ別で以前から日々線量管理を個々行っている部門もある、線量データを管理することは、診療放射線技師としての役割ではあるが、手動で線量情報取得管理するには限界がある。日常業務で、この様な線量管理システム無しでは現実線量管理をすることは容易ではなく、DoseWatch は線量データの自動収集・リアルタイムで各モダリティの線量一元管理・多項目でのフィルター検索・Data Export・統計解析・グラフ表示等でき、機器品質管理・生産性の向上に活用の可能性があることも確認できた。

そう遠くない時期にどの施設でも線量管理責任として線量管理システムを導入される時期が必ず来ると思われる。導入検討されている施設には今現在装置から出力できるであろう施設の財産、延いては国民の財産でもある線量情報 RDSR 等の PACS Server への蓄積で、来る時期に備えて準備しておくことは大切ではないかと思われる。

線量管理システム導入を検討されている施設になにか少しでも参考になることがあれば幸いです。

### 参考文献

Size-Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adult Body CT Examinations

[www.aapm.org/pubs/reports/RPT\\_204.pdf](http://www.aapm.org/pubs/reports/RPT_204.pdf)

最新の国内実態調査結果に基づく診断参考レベルの設定

<http://www.radher.jp/J-RIME/report/DRLhoukokusyo.pdf>

Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)

Supplement 23: Structured Reporting Storage SOP Classes