

診断参考レベルを究める

- マンモグラフィにおける線量の最適化を目指して -

東北大学病院 診療技術部放射線部門 斎 政博(Sai Masahiro)

【はじめに】

マンモグラフィを用いた乳房の画像診断においては、微細な石灰化や淡く不明瞭な腫瘍の描出能など高品質の乳房X線画像が望まれる。一方、乳がん検診等で使用されるマンモグラフィは、比較的放射線感受性の高い乳腺にX線を照射するため被ばく線量も重要な課題である。マンモグラフィにおける線量評価は、乳房に対してのみ局所的にX線が照射されること、乳房組織において、乳腺組織が最も脆弱であるとされていること、使用するX線のエネルギーが低いこと急速に変化することなどを理由に、平均乳腺線量という線量により評価されている。

平成27年6月に医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME)において設定されたマンモグラフィにおける診断参考レベル(DRL)は平均乳腺線量2.4 mGyである。この設定された経緯並びにマンモグラフィにおける線量の最適化について報告する。

【平均乳腺線量の概念】

乳房は脂肪組織と腺組織の複合体であり、特に腺組織は皮膚、脂肪組織あるいは乳輪よりも発癌

の感受性が高い。ICRP勧告では、放射線の推定線量評価のための条件として、50%脂肪および50%乳腺組織からなる均一に圧迫された乳房中の腺組織(皮膚を除く)内の平均吸収線量とすべきとしている。Fig.1に平均乳腺線量を求めるための乳房モデルを示す。臨床の中での平均乳腺線量の関係する因子としては、乳腺密度や乳房厚、さらには乳房X線撮影装置におけるX線の線質やAEC(Automatic Exposure Control:自動露出機構)の設定などがあげられる。これらの因子を考慮した上で、マンモグラフィにおける線量の最適化を行うことが必要である。

【マンモグラフィにおけるDRL】

マンモグラフィにおけるDRLs2015は、先ほど述べたNPO法人日本乳がん検診精度管理中央機構(精中機構)で調査した施設画像評価の中の線量調査データをもとに設定されている。各国で一般的に使用されている線量測定法および基準ファントムを使用し、2001年から2014年までに申請された施設の中で、画質と線量および撮影システムが乳房X線撮影において適切と評価された4,816台を対

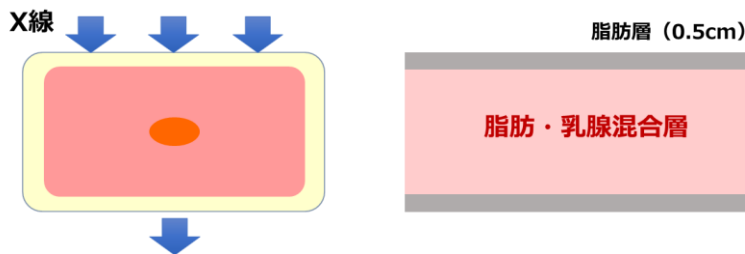


Fig.1 平均乳腺線量を求めるための乳房モデル

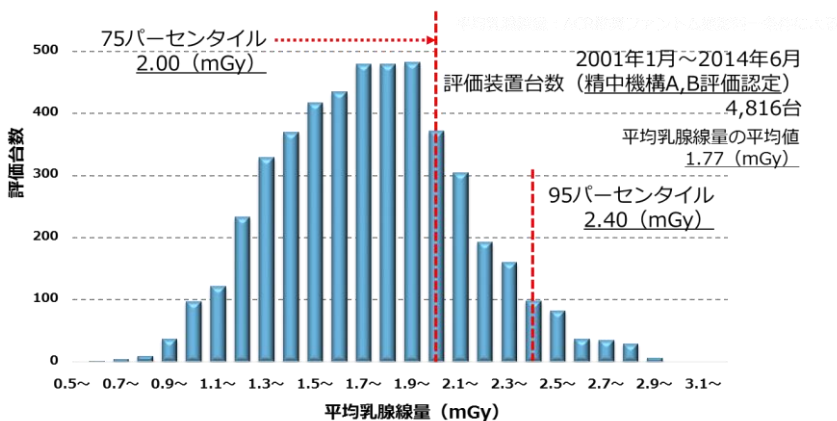


Fig.2 認定施設における平均乳腺線量分布

象としたデータをもとに決定されている。そこで設定された診断参考レベルの数値は平均乳腺線量 2.4 mGy (PMMA 40 mm厚)である。Fig.2に施設画像評価から得られた平均乳腺線量分布を示すが、マンモグラフィシステムでは他のモダリティと比較して標準偏差が小さく、線量分布がまとまっていることがわかる。この値は、NPO法人 日本乳がん検診精度管理中央機構という精度管理を目的とする団体の中で調査が行われ、画質 (A・B認定を受けた乳房用X線装置システム)と線量およびシステムの精度管理がなされているという信頼性の高いデータであることから、95パーセンタイルを用いている (Table 1)。

Table 1 平均乳腺線量パーセンタイル比

Compare the percentile of average glandular dose rate							
average glandular dose (mGy)							
	mean	Min.	Max.	50percentile	75percentile	90percentile	95percentile
n=4,816	1.77 ±0.39	0.60	2.90	1.70	2.00	2.20	2.40

【平均乳腺線量の測定法】

平均乳腺線量の測定はDanceの理論をもとにIEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議) 規格における受入れ試験規格での測定法で行う。PMMAファントム40 mm厚の撮影条件を求め、求めた撮影条件を乳房支持台の胸壁端から乳頭側に60 mm、支持台上40 mmの高

さに線量計のチェンバーを配置し、入射空気カーマを測定する (Fig.3)。Fig.3で示すDanceの算出式により平均乳腺線量を求める。今回設定されたDRLの線量データは、精中機構の施設画像評価データを用いているが、その測定法はガラス線量計 (Fig.4)を用いた方法による。施設画像評価を受ける施設にガラス線量計を送付し、PMMA厚40 mmでの撮影条件にてX線を照射し、半価層、入射空気カーマを求め、換算式から平均乳腺線量を求めるものである。この場合、電離箱線量計を用いた実測値との測定精度が問題となるが、国立研究開発法人産業技術総合研究所 (産総研)における線量校正体系をとっているため精度は保証されている (Fig.5)。

【マンモグラフィにて使用される標準ファントム】

標準ファントムとしては、前項で述べた平均乳腺線量の概念を満たしたACR (American College of Radiology: 米国放射線専門医会) 推奨ファントム (Fig.6)、あるいはPMMAファントム (Fig.7)を使用する。ACR推奨ファントムはACRの品質管理プログラムにおける基準ファントムであり世界で幅広く使用されている。乳腺組織 50%、脂肪組織 50%、乳房厚 42 mmと等価であり、画質評価用として模擬繊維組織、模擬石灰化、模擬腫瘍が内蔵されている。日本における品質管理においてはデジタルシステムの場合、繊維 5点、石灰化 4点、腫瘍 4

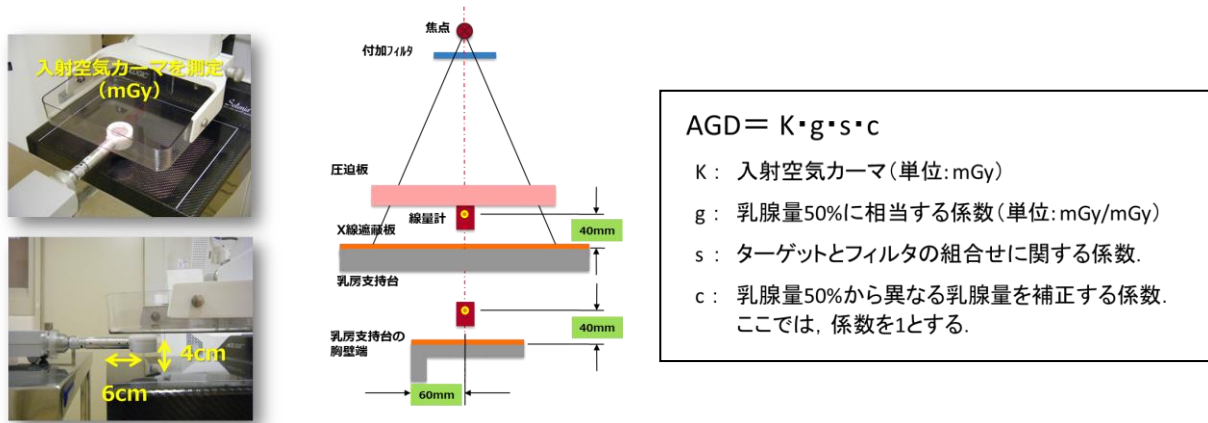


Fig.3 平均乳腺線量測定配置図とDanceの平均乳腺線量算出式

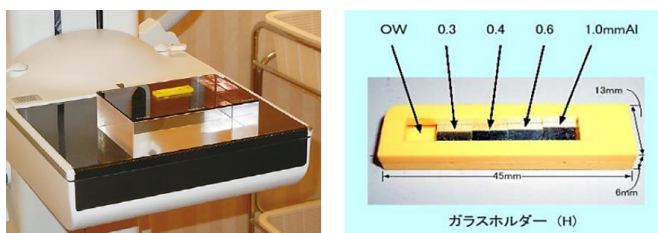


Fig.4 ガラス線量計を用いた線量測定

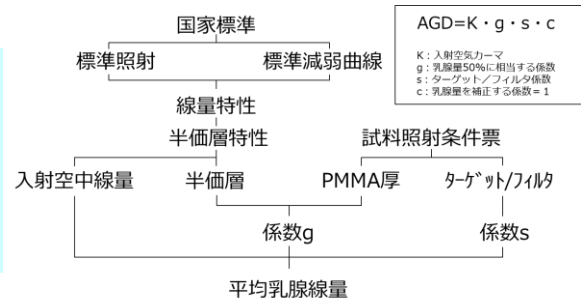


Fig.5 ガラス線量計の校正体系

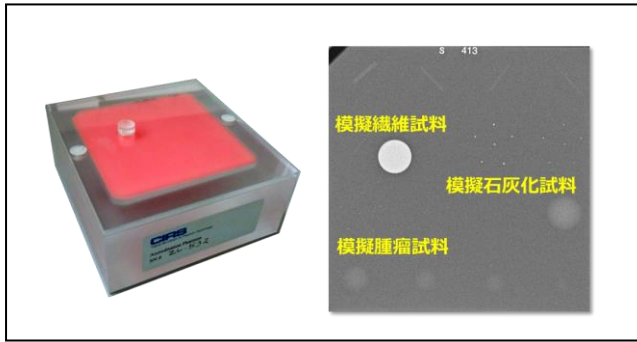


Fig.7 ACR 推奨ファントム

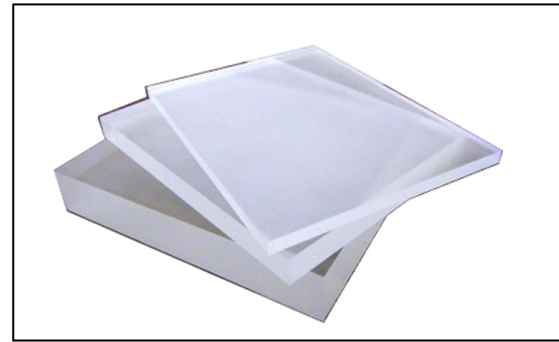


Fig.8 PMMA ファントム

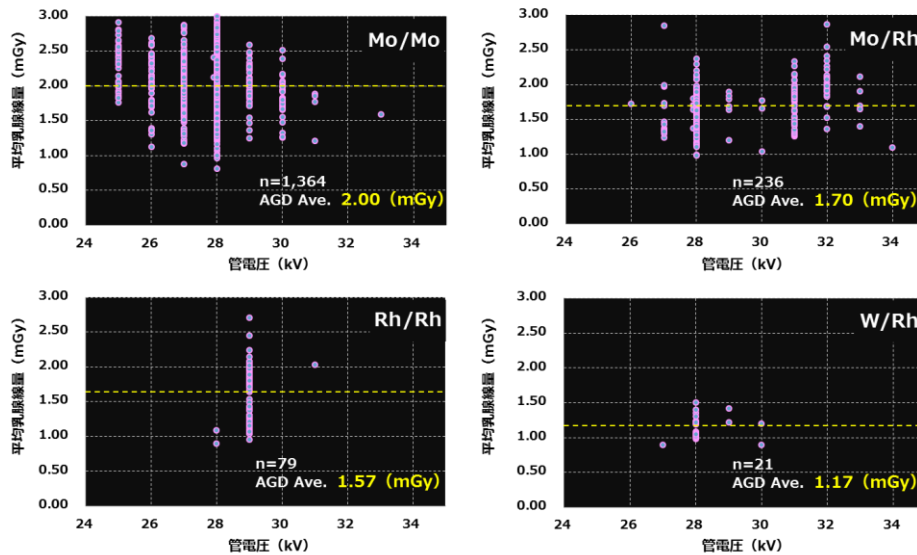


Fig.9 ターゲット/フィルタ別の平均乳腺線量分布

点以上であることが基準として求められる。また、PMMAファントムは被写体厚毎の線量評価に用いられる。PMMA厚 40 mmとACR推奨ファントムはX線吸収率がほぼ同等であるとされている。

【おわりに】

マンモグラフィにおけるDRLは、PMMA厚 40 mm、乳腺組織 50%、脂肪組織 50%における平均乳腺線量である。実際の臨床では、乳腺密度は、高濃度の構成から脂肪性の構成まで様々であり、また乳房厚も常に40 mmとは限らない。したがってこの線量値は、システムの基準線量として捉えるのが妥当と考える。しかし、AECを用いた撮影条件にて統一した測定法にて求めた平均乳腺線量であることから、他施設と自施設のある程度の線量比較

が可能である。最近のデジタルマンモグラフィシステムでは様々な線質で撮影されることが少なくない。Fig.9のように同一の線質（例えばMoターゲット/Moフィルタ）を用いても、施設における平均乳腺線量の差が大きいことがわかる。

各施設においては、測定した平均乳腺線量がDRL (2.4 mGy)と比較してどの分布に属しているのかを把握していただきたい。そして画質と線量の最適化を行っていただくことを望む。今後、マンモグラフィシステムの高感度化および利用するX線の高エネルギー化が進むことによって、今後DRL値が変更されることも予想される。さらにマンモグラフィ検査は、検診にも用いられることから、受診者に対し安全・安心を保証するためにも施設における線量を把握することが重要である。