

1618 CT 装置用高精度水等価ファントムの開発

松井 亮太

(指導教員：市川 勝弘 教授 , 川嶋 広貴 助教)

要旨

(株)京都科学と共同で診断領域のエネルギー範囲において高精度に水等価となるファントムを開発し, CT 値精度とエネルギー依存性を既存の放射線治療用の水等価ファントム, Plastic Water (PW)と比較した. 水等価ファントムはエネルギー依存性の異なる物質を混練し, 一定のCT値を示すように作成された. 円柱水ファントム内に開発した3種の水等価ファントム(A1, A2, A3)とPWを配置したものを使用した. CT装置はSIEMENS社製SOMATOM Forceを使用し, 管電圧120 kVと40—190 keVの仮想単色X線画像の画像を取得した. 各ファントムのCT値を測定し, 水等価性とエネルギー依存性を評価した. 管電圧120 kVにおいて, CT値はPWにおいて3.01, 開発した水等価ファントムA1, A2, A3においてそれぞれ-1.48, -0.94, -1.31となった. 仮想単色X線画像において開発した水等価ファントムは, PWと比較してエネルギー依存性が極めて小さく, CT値がゼロに近くなった.

I. 緒言

現在CT装置の精度管理や研究では, 円筒形などのアクリル容器に水を満たしたものをファントムとして使用している. しかし, この水ファントムには, 作成する際に容器の水の入れ替えや気泡を除く作業が煩雑であることやファントム内に測定するデバイスの固定が困難であることなどの問題点がある.

現在普及している水等価ファントムとしては, 放射線治療において線量の校正に使用されるCIRS社製のPlastic Water(以下, PW)がある. しかし, PWが放射線診断におけるすべてのエネルギー領域において水と同等に扱うことができるかは検証されていない.

診断領域の広いエネルギー範囲で常にCT値がゼロとなる固形の水等価ファントムが実現できれば, 様々な状態を想定した検証が容易に可能となり, CT装置の精度管理や研究において上記問題点が解決されと有用であると考えられる. 近年, 低管電圧撮影やdual energy撮影による仮想単色X線画像を用いることにより, 従来とは異なるエネルギーの画像が取得されているが, この画質研究においても, 固形の水等価ファントムが有用であると考えられる.

本研究では, 広いエネルギー範囲で高精度に水等価となる固形のファントムを開発し, CT値の精度とエネルギー依存性をPWと比較した.

II. 方法

1) 試料作成

(株) 京都科学に水等価物質のアイデアを提案し、ポリプロピレンとハイドロキシアパタイトを主原料とする水等価物質の試作品の提供を受けた。この試料を 128 列の CT である Somatom Definition Flash (シーメンス) で撮影し、CT 値を計測し、CT 値=0±1 HU となるように試作品の作成を繰り返し、最終的に 3 試料に絞込んだ。

(2) 試料の撮影

作成した 3 つの試料 A1, A2, A3 と PW を 20 cm 径の水ファントム内に固定し、192 列マルチスライス CT 装置 SOMATOM Force (シーメンス) にて以下の条件で撮影した。

- ① Single energy: 120 kV, $CTDI_{vol}=20$ mGy
- ② Dual energy: 80 kV-150 kV (Sn フィルタ), $CTDI_{vol}=20$ mGy
- ②の撮影条件において、40-190 keV の仮想単色 X 線画像を再構成により取得

(3) CT 値の算出

Fig.1 のように、開発ファントムとバックグラウンドにそれぞれ region of interest (ROI) を設定して CT 値を測定し、水の CT 値を 0 とした相対的なファントムの CT 値を下式により算出した

$$CT \text{ 値} = CT_M - CT_B \quad (1)$$

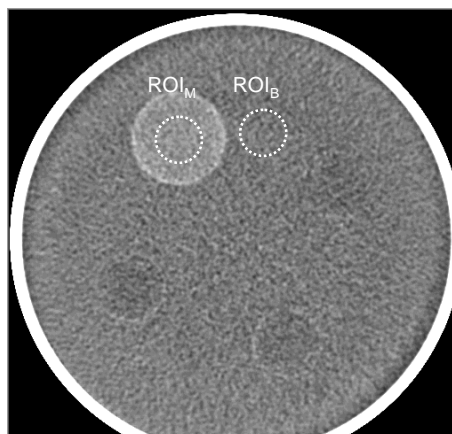


Fig.1 CT 値測定時の ROI 設定

III. 結果

Fig. 2 に single energy の 120 kV で撮影したときの各ファントムの CT 値を示し、Fig. 3 にその CT 画像を示す。PW と比較して、すべての開発ファントムの CT 値がゼロに近い値を示した。

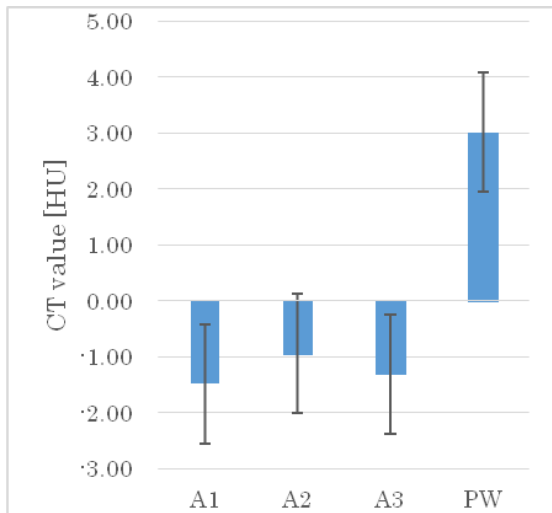


Fig. 2 各ファントムのCT値

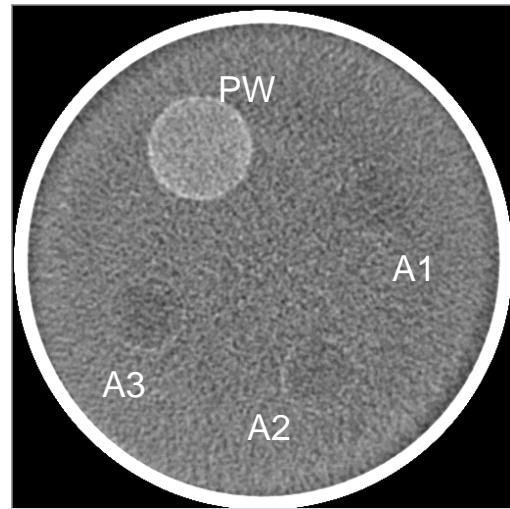


Fig. 3 120kVのCT画像
(WW:30, WL:0)

Fig. 4に仮想単色X線画像における各ファントムのCT値の変化, Fig. 5に40 keV, 80 keV, 及び120 keVの実際のCT画像を示す.

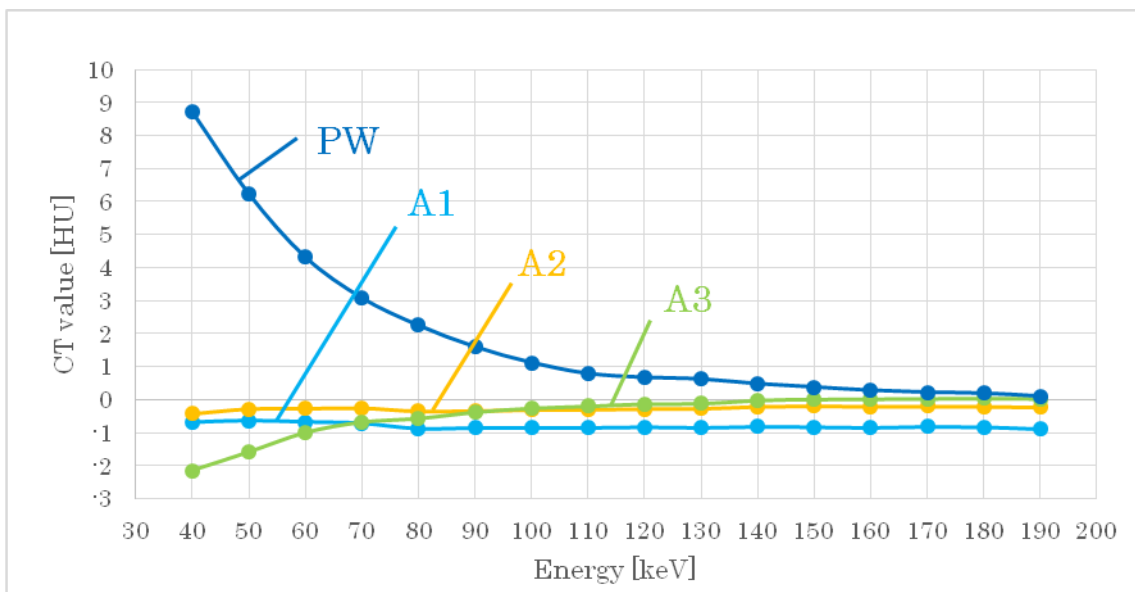


Fig. 4 仮想単色X線画像における各ファントムのCT値の変化

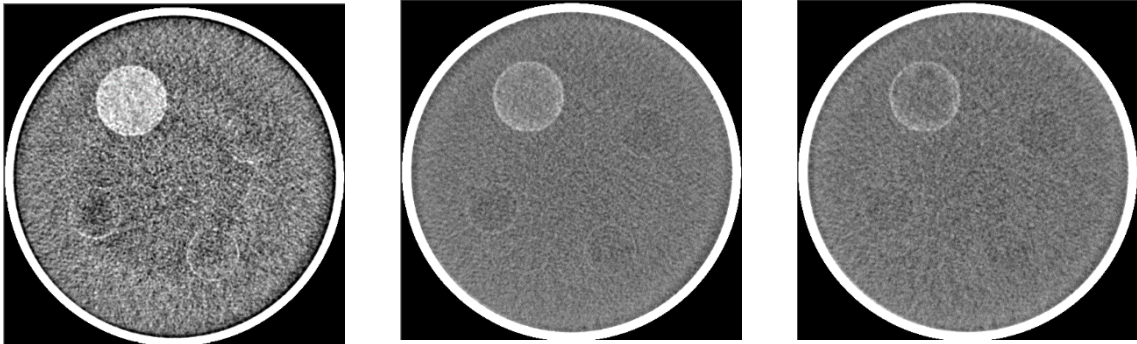


Fig. 5 仮想単色 X 線画像 (WW:30, WL:0) (左:40 keV, 中:80 keV, 右:120 keV)

IV. 考察

開発した水等価ファントムの CT 値は、3 つすべてが PW と比較して水の CT 値である 0 に近い値を示し、高い水等価性が確認された。また、仮想単色 X 線画像によって、低エネルギーから高エネルギーに変化させたところ、A2 の CT 値の変動が最も小さく安定していた。Single energy, dual energy とともにファントムの辺縁の CT 値の上昇が確認された。しかし、表面研磨により改善されることが確認されたため、ファントムの作成過程で表面が変性したと考えられる。今後の課題として、長期安定性は明らかになっていないため、長期間かけて検証していく必要がある。

V. 結語

エネルギー依存性の異なる物質を混練することによって、それぞれのエネルギー依存性を打ち消した高精度に水等価となるファントムは開発することが可能である。開発した水等価ファントムは、既存の放射線治療用の水等価ファントムと比較して、水の CT 値である 0 に近い値を示し、エネルギー変化における CT 値の変動が小さいことが確認された。

VI. 謝辞

本研究にあたり、ご指導くださいました市川勝弘教授、川嶋広貴助教、並びにご協力いただいた市川研究室、金沢医科大学病院医療技術部診療放射線技術部門の方々に深く感謝申し上げます。

VII. 参考文献

[1] XCOM: Photon Cross Sections Database,
<https://www.nist.gov/pml/xcom-photon-cross-sections-database>