

# CTにおける線質依存性を考慮した人体軟部組織等価ファントムの作成

## 要旨

X線質を変化させたときの人体軟部組織のCT値変化を模擬可能な物質を探し出し、それを含んだCT値測定用ファントムを作成した。水ファントム内に固定した鶏と豚の肝臓肉カプセルを管電圧80, 110, 130kVにて撮影して、そのCT値を測定した。また、National Institute of Standards and Technology (NIST)に示される軟部組織の線減弱係数から各エネルギーにおけるCT値を算出した。市販の軟部組織等価物質と、グラニュー糖と食塩の混合割合を変化させた水溶液を各管電圧で撮影し、そのCT値を測定した。肝臓肉とNIST軟部組織では、約60のCT値を示し、80kVに対して130kVはCT値が低下した。市販の軟部組織等価物質では、逆に増加した。水1mlあたりグラニュー糖176mg、塩13mgの混合溶液は、豚肝臓及び鶏肝臓と同様の変化を示した。X線質を変化させたときの人体軟部組織のCT値の変化を模擬可能なファントムをグラニュー糖と食塩の混合溶液によって、作成可能であった。このファントムのCT値測定結果を用いて、線質変化の画質への影響を検討することが可能となると考える。

## I. 緒言

X線CT装置においては、被ばく低減を目的とした低管電圧撮影が試みられるようになった。低管電圧撮影と従来の120~130kV撮影との画質の違いを検討する際に、線質によるコントラスト変化を考慮したファントムが必要であるが、そのようなファントムは存在しない。そこで、X線質を変化させたときの人体軟部組織のCT値の変化を模擬可能な物質を検討し、それを含んだCT値測定用ファントムを作成する。

## II. 使用機器

- ・ X線CT装置：SIEMENS社製 SOMATOM Emotion（以下、Emotion）
- ・ X線CT装置：GE社製 Light Speed VCT（以下、VCT）
- ・ X線CT装置：SIEMENS社製 SOMATOM Definition Flash（以下、Definition）
- ・ 電離箱線量計：Radcal Corporation製 電位計 model 9015,
- ・ 電離箱線量計：Radcal Corporation製 検出器 model 10×5-6
- ・ 純度99.9% Al板
- ・ 水ファントム(直径200mm)
- ・ 水ファントム(直径90mm)
- ・ 豚肝臓肉, 鶏肝臓肉
- ・ 人体軟部組織等価物質：京都科学製 SZ-207
- ・ グラニュー糖, 食塩

## III. 方法

### 1)実効エネルギー測定

アルミ減弱法を用いて Emotion における、管電圧 80, 110, 130kV の実効エネルギーを Al 半価層・実効エネルギー曲線から算出した。Fig.1には測定配置を示した。

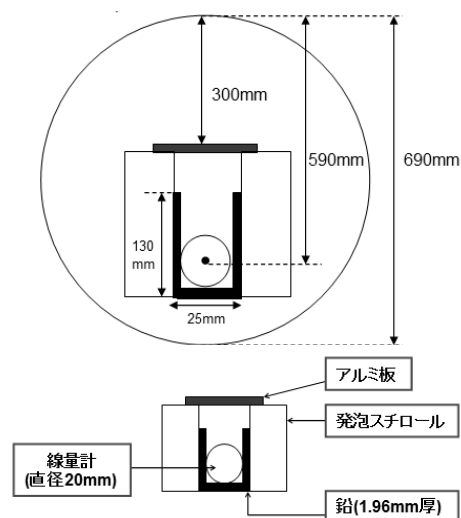


Fig.1. 測定配置

## 2)各物質の CT 値測定

豚, 鶏の肝臓肉カプセルを水ファントム内に固定し, Emotion にて, 管電圧 80, 110, 130kV について, CT 値を測定した. 軟部組織等価物質 SZ-207 についても同様に CT 値を測定した. NIST に示される ICRU44 軟部組織の線減弱係数を求め, CT 値を算出した後, 豚, 鶏の肝臓肉および SZ-207 の CT 値と比較した. Table.1 に撮像条件を示した.

## 3)軟部組織等価ファントム作成に適する物質の決定およびファントム作成

ファントムに適した物質の検討を行った. 作りやすさから, 溶液を検討し, 品質が保てるもの, 手に入りやすく品質が均一なもの, 水に溶けるものなど, これらの条件を満たすグラニュー糖および食塩を混合することによって軟部組織の同様の CT 値をもつファントムが作成可能か検討した. グラニュー糖および食塩溶液の理論値と実測 CT 値の整合性を確認するため, NIST で提供される  $\mu$  計算ソフト XCOM にてグラニュー糖(ショ糖 C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>)および食塩 (NaCl)の線減弱係数を求め, グラニュー糖水溶液と食塩水の各エネルギーにおける CT 値を算出し, これを推測値とした. グラニュー糖水溶液および食塩水を実際に作成し, 各エネルギーにおける CT 値を測定し, 推測値と比較した. グラニュー糖と食塩の混合比率を調節し, 人体軟部組織と同様の CT 値変化を示す溶液を作成した.

## 4)他機種での CT 値測定

Definition および VCT における作成した軟部組織等価ファントムの各エネルギーにおける CT 値を測定した. Table 1 にそれぞれの撮像条件を示した.

Table.1 各装置の撮像条件

	Emotion	VCT	Definition
管電圧(kV)	80,110,130	80,100,120,140	
CTDI (mGy)	8	5	
ヘリカルピッチ	0.65	0.516	0.6
スライス厚(mm)	3	2.5	3
再構成間隔(mm)	1.5	2.5	
再構成関数	B30	standard	B43
FOV(mm)	200		

## IV. 結果

### 1) 実効エネルギー測定

Table 2 に Emotion の実効エネルギーを示した.

Table.2 管電圧とその実効エネルギー

管電圧 (kV)	実効エネルギー(keV)
80	44.0
110	52.6
130	58.6

### 2)各物質の CT 値

Fig.2 に ICRU44 軟部組織, 豚および鶏肝臓, SZ-207 の各エネルギーにおける CT 値変化を示した.

管電圧上昇にともない, ICRU44 軟部組織, 豚および鶏肝臓は CT 値が低下したが, SZ-207 は上昇した.

### 3) グラニュー糖および食塩の CT 値

Fig.3 にはグラニュー糖の、Fig.4 には食塩の推測値および理論値の各エネルギーにおける CT の変化を示した。グラニュー糖水溶液および食塩水の質量パーセント濃度がそれぞれ 15%、4% のものを実測値とした。グラニュー糖水溶液、食塩水ともに推測値と同様の傾向を示した。

### 4) グラニュー糖および食塩の混合溶液の CT 値

Fig.5 にグラニュー糖と食塩で作成した軟部組織等価ファントム、豚肝臓および鶏肝臓の各エネルギーにおける CT 値変化を示した。水 1ml あたりグラニュー糖 176mg、食塩 13mg の混合溶液は、豚肝臓および鶏肝臓と同様の变化を示した。

### 5) 他機種での CT 値

Fig.6 に異なる 3 つの CT 装置における混合溶液の CT 値の各エネルギーにおける変化を示した。VCT および Definition の実効エネルギーは、飯田らの論文※の測定値を用いた。作成した混合溶液は、各機種で同様の CT 値と CT 値変化を示した。

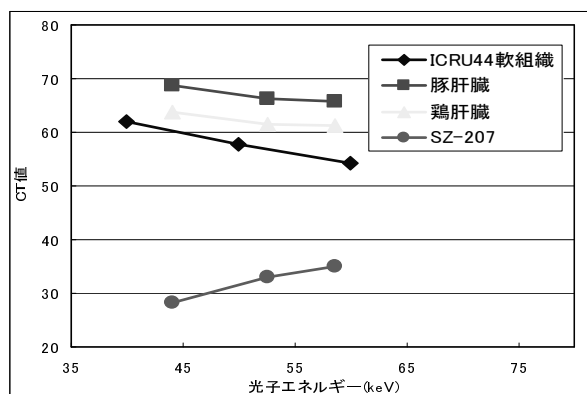


Fig.2 各物質の CT 値変化

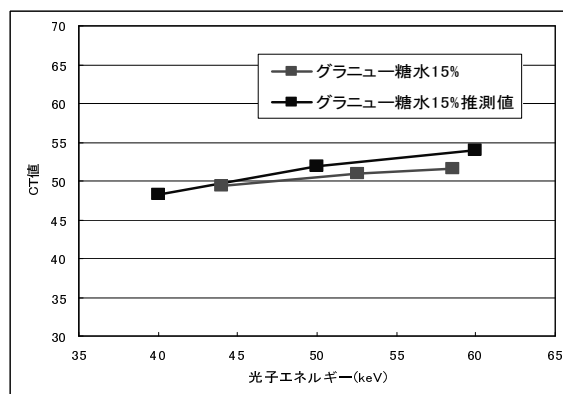


Fig.3 グラニュー糖水溶液の実測 CT 値と推測値の比較

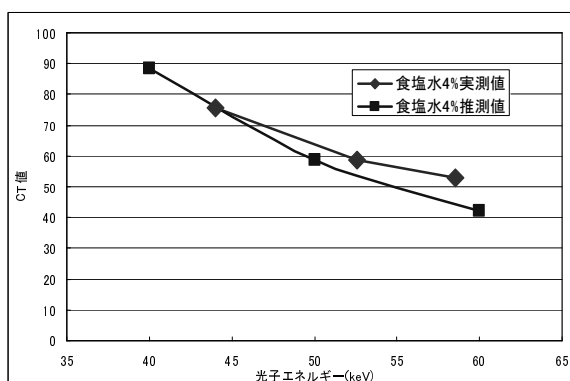


Fig.4 食塩水の実測 CT 値と理論値の比較

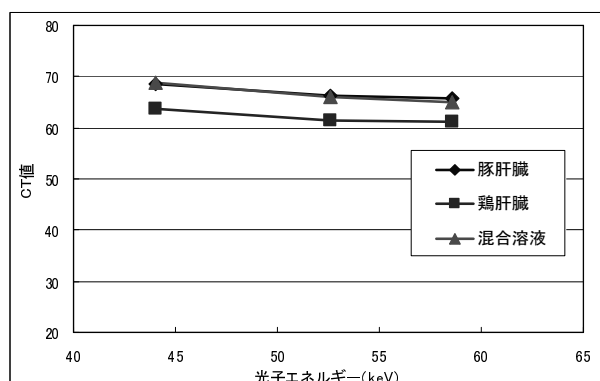


Fig.5 混合溶液の CT 値変化

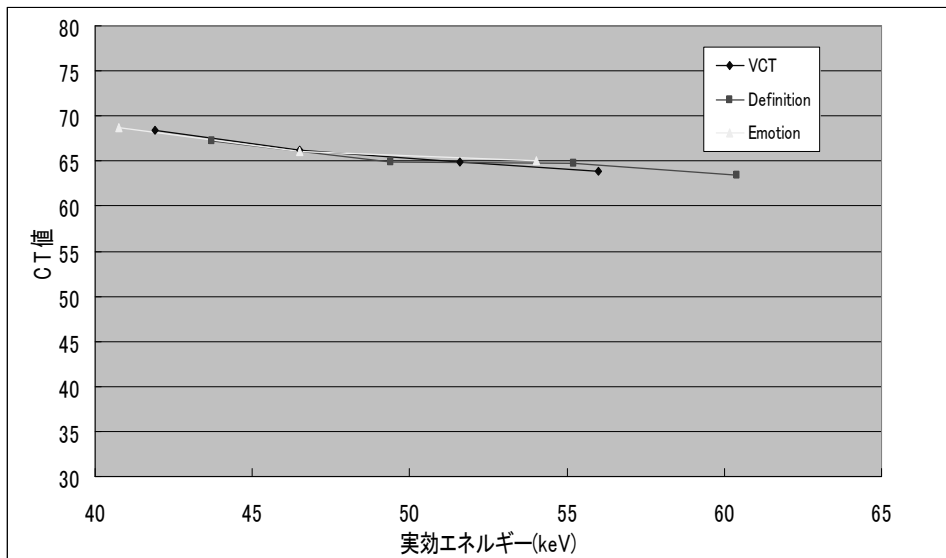


Fig.6 異なる3機種での混合溶液のCT値変化

## V. 考察

豚および鶏肝臓のCT値は、実効エネルギーが高くなると低下し、SZ-207は逆に増加したことから、SZ-207は、線質依存性において人体軟部組織等価ファントムとして不適であると考えられる。グラニュー糖水溶液のCT値は実効エネルギー高くなることで下がり、食塩水は上がったことから、混合割合を変化させることで、線質による変化をコントロール可能であり、水1mlあたりグラニュー糖176mg、塩13mgの混合溶液は、鶏&豚肝臓の線質変化に近似した。作成した混合溶液は、3機種のCT装置において、同様のCT値を示したことからこの混合溶液は軟部組織等価ファントムとして使用可能であると考えられる。しかし、本ファントムは溶液であるため、ファントムの品質保持の点で問題がある。よって、より高い密封性の容器の使用、空気の混入をなくし、滅菌水を使用するなどの工夫が必要である。また、溶液であるため容器が必要であり、その輪郭が描出されるということから、低コントラスト分解能測定には向かないという制限があるため、ファントム構造の工夫が今後必要である。

## VI. 結語

X線質を変化させたときの人体軟部組織のCT値の変化を模擬可能なファントムをグラニュー糖と塩の混合溶液によって、作成可能であった。このファントムのCT値測定結果を用いて、線質変化の画質への影響を検討可能となると考える。

## VII. 参考文献

- 1) 飯田泰治, 能登公也, 三井渉, 他. 銅製パイプ型吸収体を用いた新しい実効エネルギー測定法, 日本放射線技術学会雑誌 2011 ; 67(9) : 1183-1191.