

## 学位論文要旨

コンピュータ断層撮影における新たな吸収線量計測法の開発  
(Development of new absorbed dose measurement for computed tomography)

大野 剛

Takeshi Ohno

## 学位論文要旨

### [ 目的 ]

近年、コンピュータ断層撮影装置(CT)は放射線検査における重要なモダリティの1つとなっている。一方で、CT検査の被ばくは医療被ばくの34%を占めており、患者の被ばく線量の管理が必要となっている。本研究では、CT撮影における患者の被ばく線量の管理を目的に、CT撮影における新たな吸収線量計測法の開発、4機種 of CT装置における吸収線量の比較、患者CT画像を用いたモンテカルロ(MC)計算による患者被ばく線量の定量的評価を行った。

### [ 方法 ]

初めにMC法によるCT装置のモデリングを行うために、アルミニウム(AI)半価層と空中軸外線量比(OCR)を測定した。モデリングでは入射光子スペクトル、付加フィルタ、ボウタイフィルタを作成し、AI半価層とOCRの測定値と計算値が一致するように調整を行った。次に自作のCT用円柱水ファントムを用いて、電離量測定を行った。電離箱線量計には、放射線治療領域において基準線量計として広く普及されているFarmer形電離箱を用いた。測定した電離量はコバルト水吸収線量校正定数とMC法から算出した各種補正係数を用いて、アクリルにおける吸収線量に変換した。最後に患者CT画像を用いたMC計算から、CT撮影における患者の線量分布を算出し、線量体積ヒストグラムを用いて、各臓器における線量を定量的に評価した。

### [ 結果/考察 ]

4機種 of CT装置において、AI半価層は120 kVpで7.2-9.1 mmであり、100 kVpで6.1-8.0 mmであった。またAI半価層の測定値と計算値は0.3%以内で一致した。OCRは中心軸から急激に線量が減少し、10 cm離れた位置において、どの装置においても中心線量の50%程度まで減少した。またOCRの測定値と計算値は5%以内で一致した。次にCTファントム中心で測定した120 kVpにおける吸収線量は、体幹部用ファントムで5.1-7.1 mGy/100 mAs、頭部用ファントムで10.8-17.5 mGy/100 mAsであった。また吸収線量はAI半価層が大きくなるほど、小さくなった。測定した吸収線量は計算値と5%以内で一致した。本計測法における吸収線量の不確かさは2.1%であり、CT dose index in air (CTDI<sub>air</sub>)の不確かさは3.5%に比べ1.4%小さくなった。頭部撮影、胸部撮影、腹部撮影における軟部組織の平均線量は8.0-16.7 mGy/100mAs, 2.8-4.6 mGy/100mAs, 3.0-3.9 mGy/100mAsであった。

### [ 結論 ]

本研究で開発した計測法は、CT撮影における吸収線量を直接的に計測可能であり、CTDI<sub>air</sub>に比べて高精度な計測法である。CT撮影における吸収線量はAI半価層が大きくなるほど、小さくなった。MC計算による患者臓器線量の評価は、CT検査における患者の被ばく線量の管理に有用であった。

## Abstract of the Thesis

### Purpose:

Recently, computed tomography (CT) is one of the important modality in diagnostic radiology. In contrast, CT accounts for 34% of that from medical radiation exposure. The aim of this study was to develop new dosimetry for CT, to compare absorbed dose among four commercial CT scanners, and to quantitatively the patient organ dose from CT examinations by using Monte Carlo (MC) calculations and patient CT images.

### Methods:

The half-value layer (HVL) of aluminum (Al) and the dose profile (off-center ratio, OCR) in air were measured to model the CT source in MC simulation. For CT source modeling, incident photon spectrum, inherent filter, and bowtie filter were determined corresponding to measured values of the Al-HVL and OCR dose profile. The ionization measurement was performed by using in-house cylindrical water phantom and PTW30013 Farmer chamber which is the reference ionization chamber in radiation therapy. The ionization was converted to the absorbed dose to the polymethyl methacrylate by the absorbed dose-to-water calibration factor for  $^{60}\text{Co}$  and MC-calculated correction factors. The internal organ doses were calculated by using MC calculations and patient CT images and evaluated from the dose-volume histograms.

### Results:

Al-HVLs for four CT scanner ranged 7.2–9.1 mm at 120 kVp and 6.1–8.0 mm at 100 kVp. MC-calculated Al-HVLs were also in acceptable agreement within 0.3% of measured values. OCR rapidly decreased from the center and decreased to about 50% of the dose at the center at a distance of 10 cm in any CT scanner. MC-calculated OCR also agreed with measured within 5%. The absorbed doses at 120 kVp ranged 5.1–7.1 mGy and 10.8–17.5 mGy per 100 mAs at the center in the body- and head-type cylindrical water phantom. Measured doses at four peripheral points were within 5% agreement of MC-calculated values. The combined uncertainty of absorbed dose in our method was 2.1% and 1.4% smaller than 3.5% for  $\text{CTDI}_{\text{air}}$ . The organ mean doses for head, chest, and abdominal scan ranged 8.0–16.7 mGy/100mAs, 2.8–4.6 mGy/100mAs, 3.0–3.9 mGy/100mAs.

### Conclusion:

Our method makes it possible to directly measure the absorbed dose and is more robust and accurate than the  $\text{CTDI}_{\text{air}}$  measurement. The absorbed dose increased with decreasing Al-HVL. MC simulations using CT images are useful for evaluation of patient organ doses from CT.