

卒業論文

題目：MDCT の患者被ばく線量の統計解析

大阪大学医学部保健学科放射線技術科学専攻

(指導：医用物理工学講座 松本光弘 准教授)

氏名：高岡悠太

(平成 25 年 12 月 6 日提出)

## 内容要旨

### [背景・目的]

CT による医療被ばくの問題が世界で叫ばれているため、阪大病院での実際の CT 検査による被ばく線量を過去のデータを基に検証した。

### [対象]

阪大病院で 2012 年 9 月から 12 月の間に行われた CT 検査（頭胸腹部）の装置表示線量 (DLP) を年齢別、男女別、装置別、造影の有無で集計し、ICRP Pub.102 で紹介されている換算係数を用い、DLP から実効線量を求めた。装置別では表示値と実測値との誤差を補正した。また、阪大病院での結果と他病院や UNSCEAR (2008)、原子力安全研究協会 (NSRA) で報告された CT 実効線量との比較を行った。

### [結果]

DLP 及び実効線量の平均値を以下に示す。年齢別を表 1、男女別を表 2、装置別を表 3、施設別を表 4 に示す。

表 1. 装置別 CT 被ばく線量 (mSv)

CT1: GE CT750 HD CT2: 東芝 Aquilion ONE

補正後	頭部CT		胸部CT		腹部CT	
	最頻値	平均値	最頻値	平均値	最頻値	平均値
CT1	2.3	3.6	6.0	12.5	7.0	17.0
CT2	3.3	3.4	9.0	14.6	6.0	13.8

表 2. 男女別 CT 被ばく線量 (mSv)

	頭部CT	頭部造影CT	頭部単純CT	胸部CT	胸部造影CT	胸部単純CT	腹部CT	腹部造影CT	腹部単純CT
男	3.0	5.1	2.4	14.8	19.5	11.8	16.2	16.7	13.9
女	2.5	4.3	2.0	10.4	14.8	7.9	11.8	12.1	10.2

表 3. 年齢別 CT 被ばく線量 (mSv)

	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上
頭部CT	2.4	2.9	3.2	2.6	3.0	2.9	2.5
胸部CT	6.1	13.8	13.0	14.5	13.5	12.7	12.2
腹部CT	8.0	12.3	14.2	14.6	15.6	14.7	13.7

表 4. CT 被ばく線量の比較 (mSv)

	阪大病院	UNSCEAR	放医研	国際医療センター	尼崎中央病院	NSRA
頭部	1.1~4.5 (2.8)	0.8~5.0	1.0~2.1	2.1~3.2	2.2	2.4
胸部	2.5~22.9 (12.7)	4.6~20.5	5.1~15.5	7~16.8	6.4	9.6
腹部	3.5~25.0 (15.4)	6~27.4	7.6~21.9	9~15	10.9	12.9

### [考察]

年齢別にみると 10 代では被ばく線量が低く、20 代以降での平均値に大きな違いはなく、体格差によると考えられる。男女別にみると部位、造影の有無に関わらず男性の方が高い値であった。これは体格差によるものと思われる。CT 装置による違いはほとんどなかった。阪大病院でのデータは他施設と比べて大きな違いは見られなかった。

## 1. はじめに

ICRP Pub.105にも記載されているように世界におけるCTの検査数は増えており、CTを利用する検査の種類も増えている。そのため、医療被ばくが増加している<sup>2)</sup>。特に、日本での医療被ばくは世界と比べてとても高いと言われており、Oxford大学Berringtonらの研究グループによる『LANCET』に掲載された論文「Risk of Cancer from Diagnostic X-rays : estimates for the UK and 14 other countries」によれば、日本を除く各国の診断用放射線による発癌増加率は、0.5%から1.8%で、日本が3.2%という結論になっている。医療被ばくを少しでも小さくするために担当医及び放射線技師はきちんと患者さんの被ばく線量を把握し、X線検査の利益が放射線のリスクを上回るように線量管理をする必要がある。そこで、大阪大学医学部附属病院（以下、阪大病院）での実際のCT検査による被ばく線量を過去のデータを基に検証した。

## 2. 対象・方法

阪大病院で2012年9月から12月の間に行われた12歳以上の頭部・胸部・腹部のCT検査、のべ3532件の撮影時に表示されるDLPのコンソール表示値を病院情報システム(HIS)から収集した。収集したDLPの値を実効線量に換算し装置別、年齢別、男女別、造影の有無で分けて集計した。また、阪大病院での集計結果と他病院やUNSCEAR 2008、原子力安全研究協会(NSRA)で報告されたCT実効線量との比較を行った。

阪大病院で用いられているCT装置はGE社製CT750HDとLightSpeedVCT、東芝社製Aquilion ONEとAquilion 64、シーメンス社製SOMATOM Definition FlashとSOMATOM Sensation Open及びGE社製Bright Speed Eliteの7台が稼働している。そのうち、一般診療に用いている前者4台について検討した。撮影条件は管電圧120kVで自動露出機構によって線量が決定される。自動露出機構とはAuto mAとも言われ、GEでは3D mA Modulation、東芝ではVolumeECと呼ばれている。また、装置間での比較はGE社製CT750HD(以下、CT1)と東芝社製Aquilion ONE(以下、CT2)とで行った。装置別比較では先行研究により表示値と実測値には誤差があることが分かっており、頭部でCT1は+12.92%、CT2では+4.42%、胸腹部でCT1は+10.26%、CT2では-3.92%、それぞれ表示値を実測値に補正した(17期生大岩恵里香 卒業論文より引用)。その他の比較検証では他の2台の補正データがないため、CT1、CT2も補正せずに表示値のままのデータを用いた。

実効線量はDLPから式1によって求められる<sup>1)</sup>。表1はICRP Pub.102で示された換算係数で、今回は成人の頭部0.0021、胸部0.014、腹部0.015を用いた。

なお、本研究は大阪大学医学部附属病院臨床研究倫理審査委員会において、自主臨床研究承認番号13171を得ている。

実効線量 (mSv) = 換算係数 k (mSv · mGy<sup>-1</sup> · cm<sup>-1</sup>) × DLP (mGy · cm)

・・・式1

表1. 実効線量換算係数 ICRP Pub.102

Normalized effective dose per DLP for adult (standard physique) and Pediatric patients of various ages for various body regions. (Bongartz, et al.2004, Shrimpton et al. 2006)

Region of body	k(mSv*mGy <sup>-1</sup> *cm <sup>-1</sup> )				
	0-year-old	1-year-old	5-year-old	10-year-old	Adult
Head and neck	0.013	0.0085	0.0057	0.0042	0.0031
Head	0.011	0.0067	0.0040	0.0032	0.0021
Neck	0.017	0.012	0.011	0.0079	0.0059
Chest	0.039	0.026	0.018	0.013	0.014
Abdomen and pelvis	0.049	0.030	0.020	0.015	0.015
Trunk	0.044	0.028	0.019	0.014	0.015

\*the conversion factors for adult head and neck pediatric patients assume use of the head CTDI phantom(16cm).  
All other conversion factors assume use of the body CTDI phantom(32cm)

様式3

承認番号	13171
区分	自主臨床研究

西暦 2013 年 09 月 30 日

## 審査結果通知書

国立大学法人 大阪大学医学部附属病院長 殿

国立大学法人 大阪大学医学部附属病院  
臨床研究倫理審査委員会委員長  
竹原 徹郎 公印省略

審査依頼のあった件について審査結果を下記のとおり通知します。

## 記

課 題 名	CT被ばく線量の統計解析
審 査 事 項	<input checked="" type="checkbox"/> 研究の実施の可否 <input type="checkbox"/> 研究の継続の可否 <input type="checkbox"/> 重篤な有害事象 <input type="checkbox"/> 安全性情報等 <input type="checkbox"/> 研究に関する変更 <input type="checkbox"/> 研究計画書からの逸脱 <input type="checkbox"/> 継続審査 <input type="checkbox"/> その他 ()
審 査 区 分	<input type="checkbox"/> 委員会審査 <input checked="" type="checkbox"/> 迅速審査
審 査 結 果	<input checked="" type="checkbox"/> 承認 <input type="checkbox"/> 条件付き承認 <input type="checkbox"/> 修正の上承認 <input type="checkbox"/> 却下 <input type="checkbox"/> 既に承認した事項を取り消す [ <input type="checkbox"/> 中断 <input type="checkbox"/> 中止 <input type="checkbox"/> その他 : ] <input type="checkbox"/> 保留する
「承認」以外の 場 合 の 理 由	
研 究 期 間	2013 年 09 月 30 日 ~ 2013 年 12 月 31 日
備 考	

西暦 2013 年 09 月 30 日

研究責任者

診療科（部）名： 医学部保健学科

職 名： 准教授

氏 名： 松本光弘 殿

依頼のあった研究に関する審査事項について上記のとおり決定しましたので通知致します。

国立大学法人 大阪大学医学部附属病院長  
吉川 秀樹

### 3. 結果

#### 3. 1. 装置別比較

CT1 と CT2 で集計し、補正前の DLP をヒストグラムにしたものを図 1～6 に示す。それぞれの最頻値は、頭部 (CT1 : 900、CT2 : 1450)、胸部 (CT1 : 500、CT2 : 500)、腹部 (CT1 : 500、CT2 : 400) であった。次に値を実測値に補正し、ヒストグラムにしたものが図 7～12 である。補正後の最頻値は、頭部 (CT1 : 1050、CT2 : 1600)、胸部 (CT1 : 500、CT2 : 700)、腹部 (CT1 : 500、CT2 : 400) となった。頭部でやや増加したが、胸部、腹部共に最頻値の変化は少なかった。また、各部位のヒストグラムをそれぞれ重ねたものを図 13～15 に示す。次に、それぞれの値を式 1 と表 1 の換算係数により実効線量に換算し、表 2 に示す。各部位のヒストグラムをそれぞれ重ねたものを図 16～18 に示す。t 検定を行うと頭部では有意差なし、胸部、腹部では有意差あり、という結果になった。また、検査部位によって被ばく線量が異なることが確認できた。

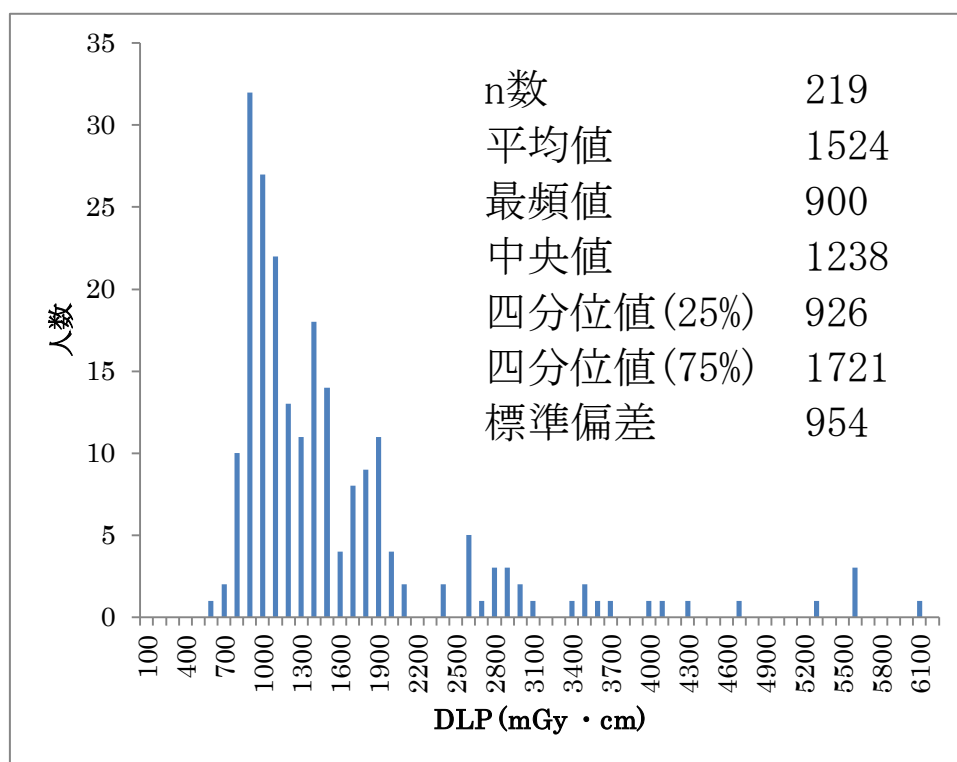


図1. CT1 頭部ヒストグラム

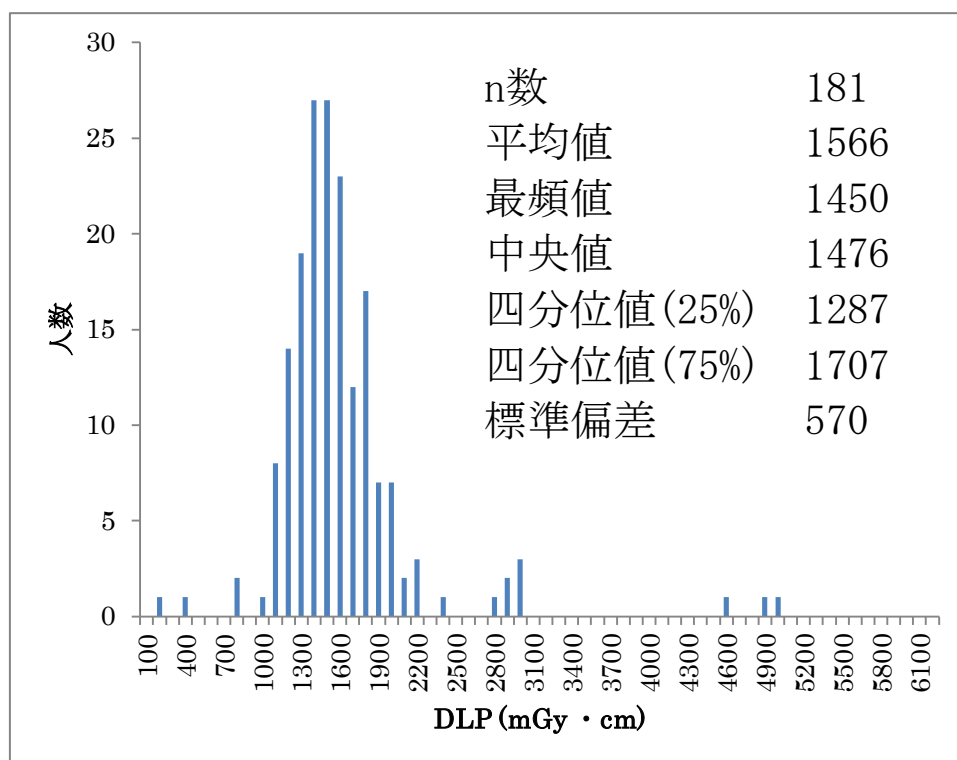


図2. CT2 頭部ヒストグラム



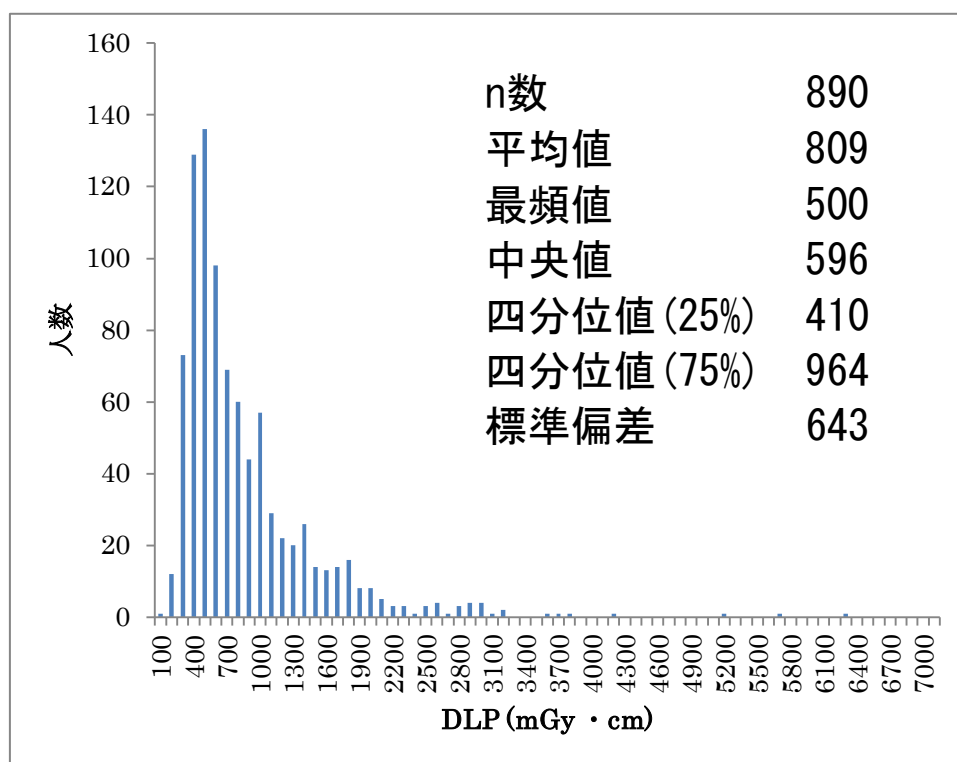


図3. CT1 胸部ヒストグラム

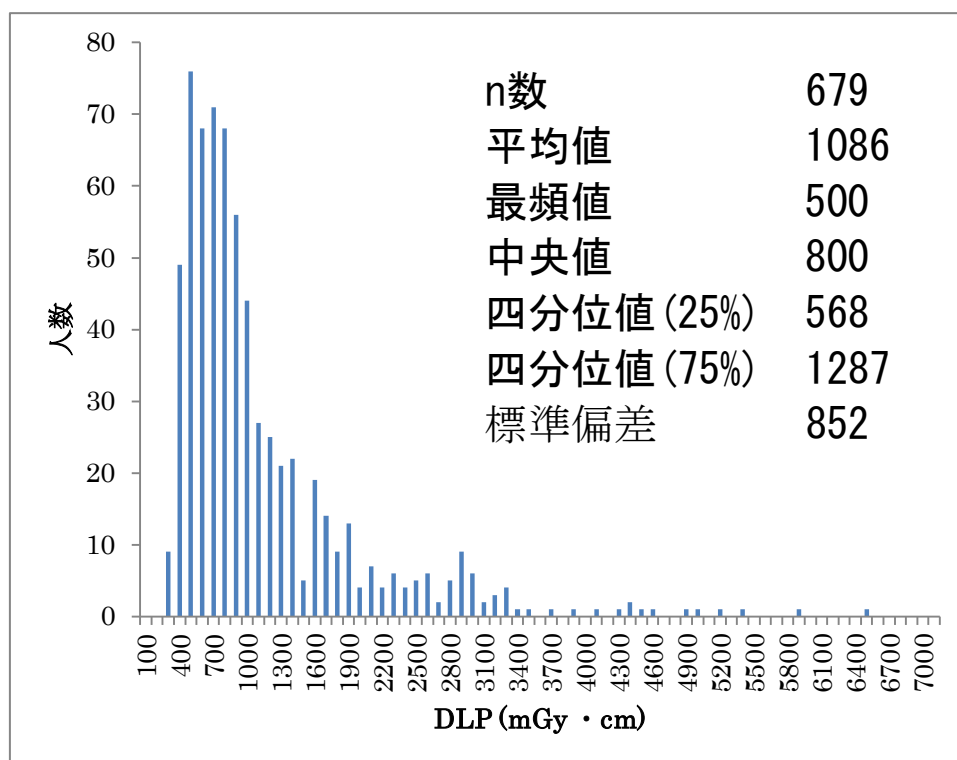


図4. CT2 胸部ヒストグラム

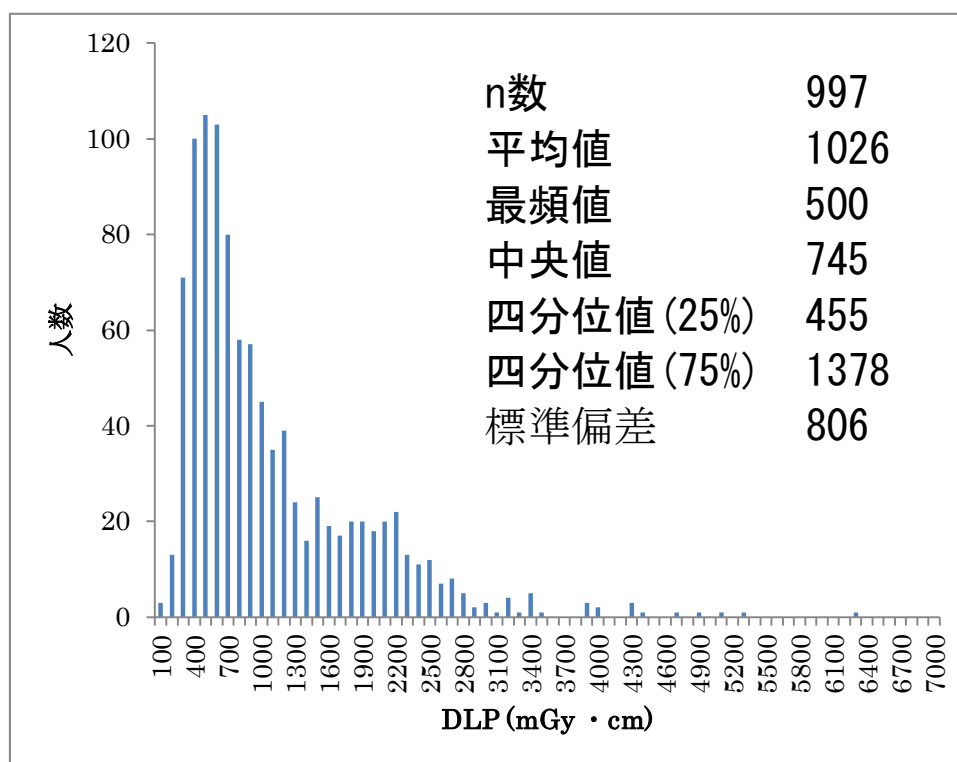


図 5. CT1 腹部ヒストグラム

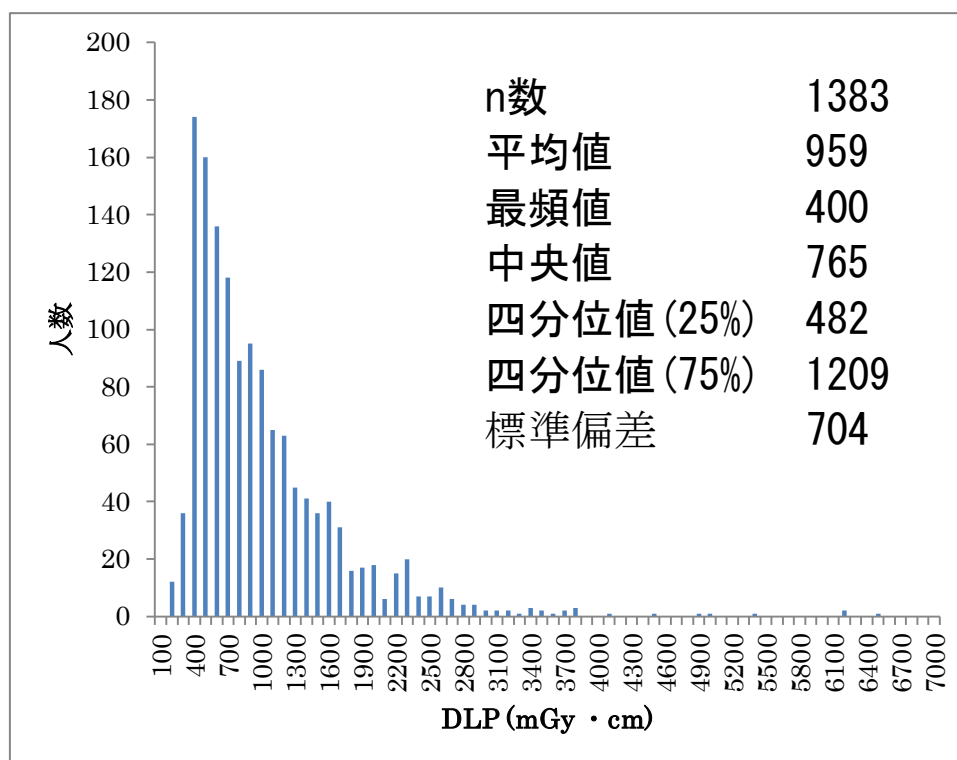


図 6. CT2 腹部ヒストグラム

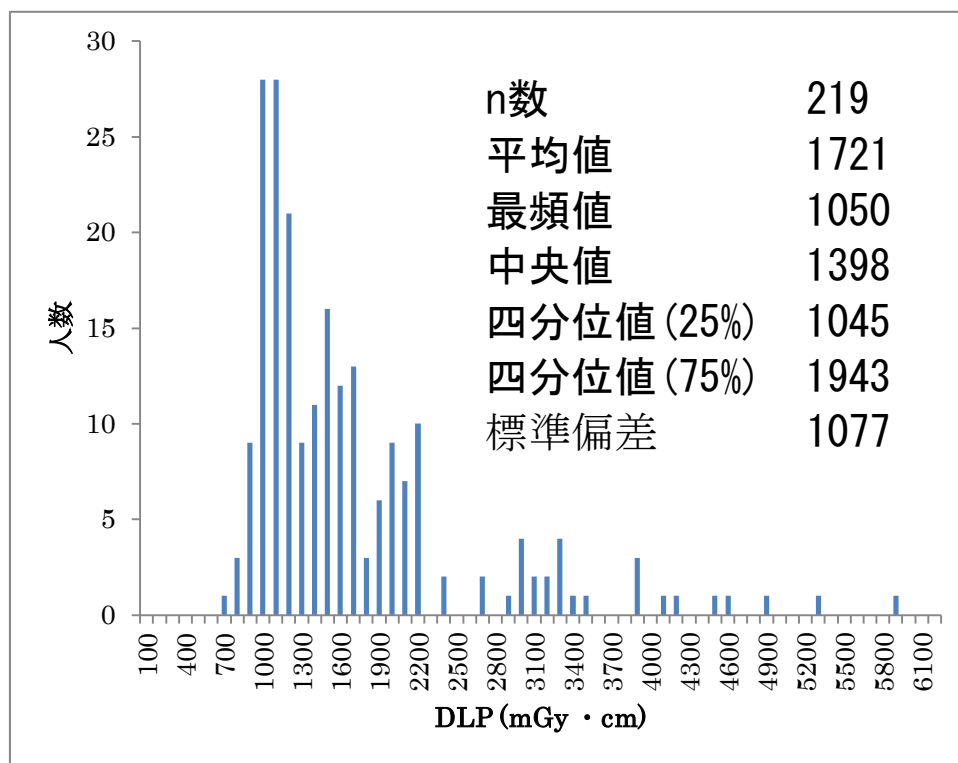


図7. CT1 頭部(補正值) ヒストグラム

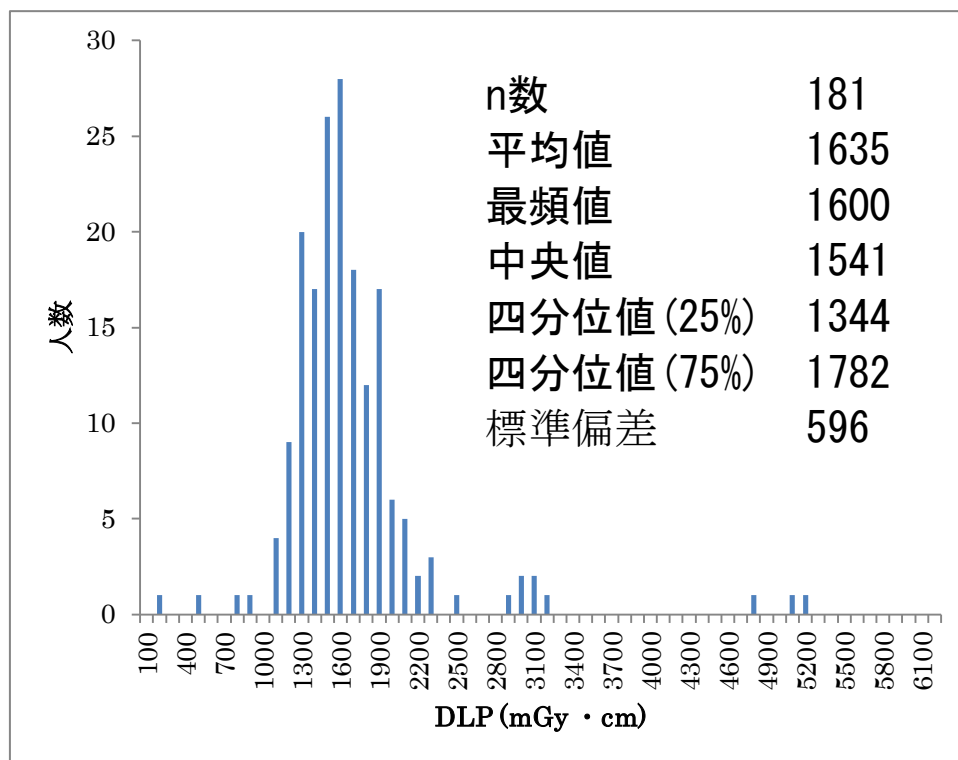


図8. CT2 頭部(補正值) ヒストグラム

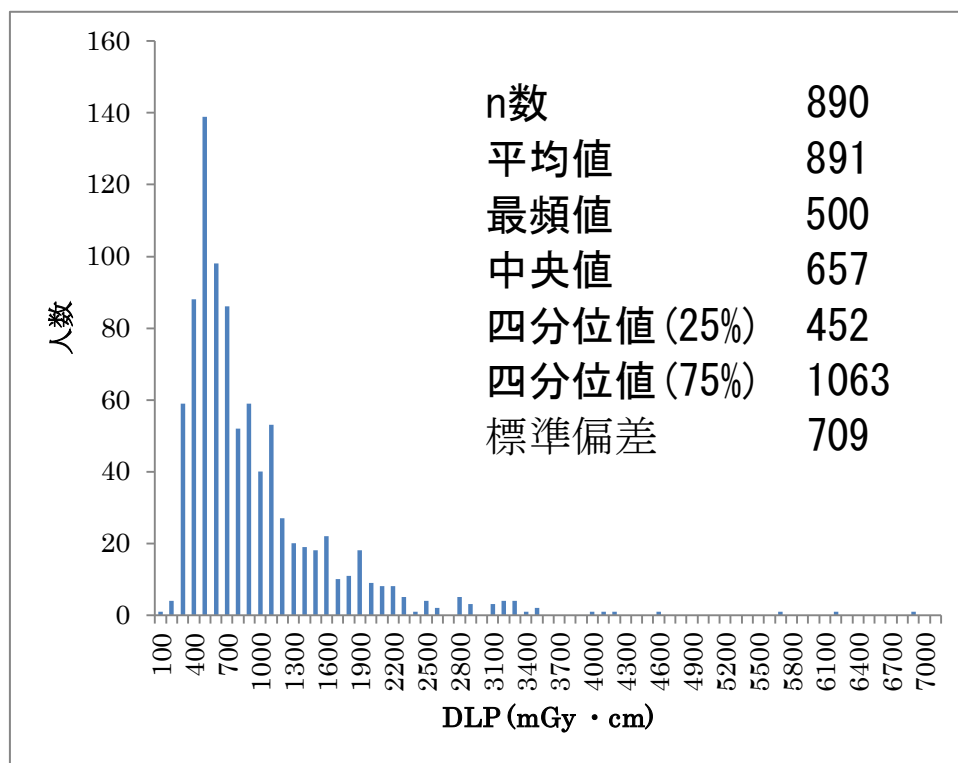


図 9. CT1 胸部(補正值) ヒストグラム

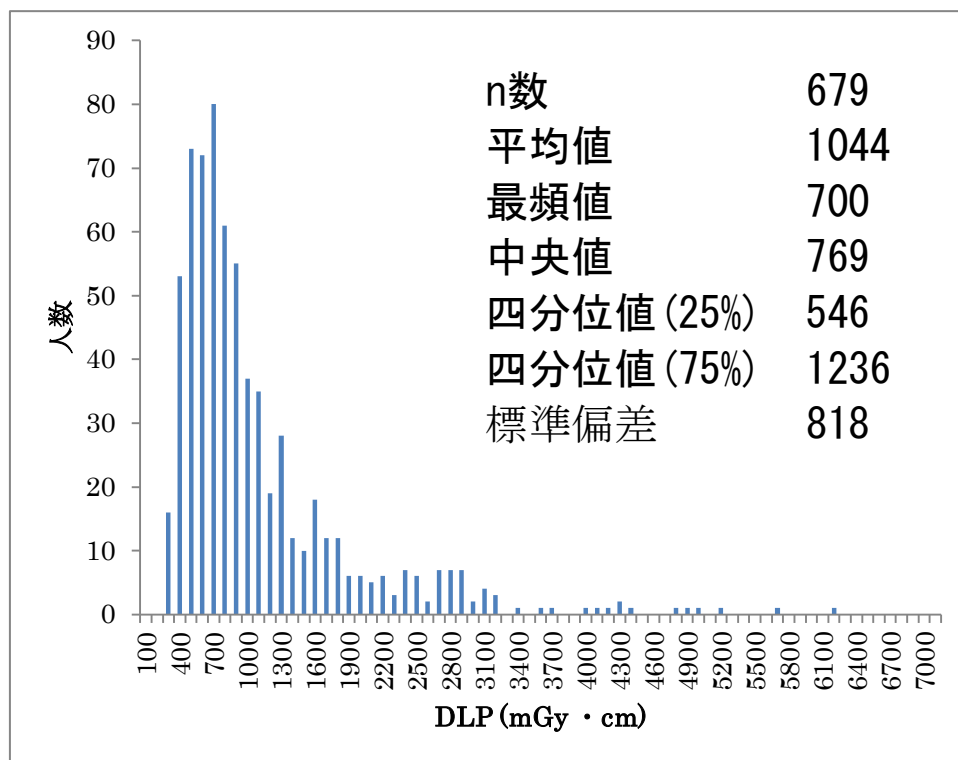


図 10. CT2 胸部(補正值) ヒストグラム

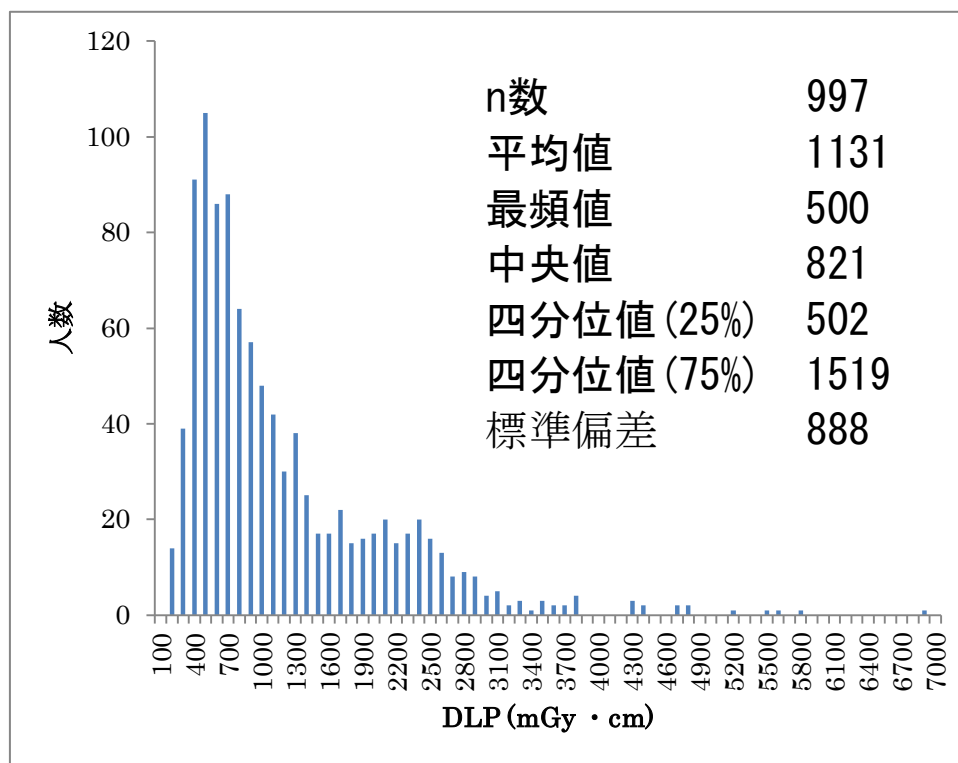


図 1 1. CT1 腹部(補正值) ヒストグラム

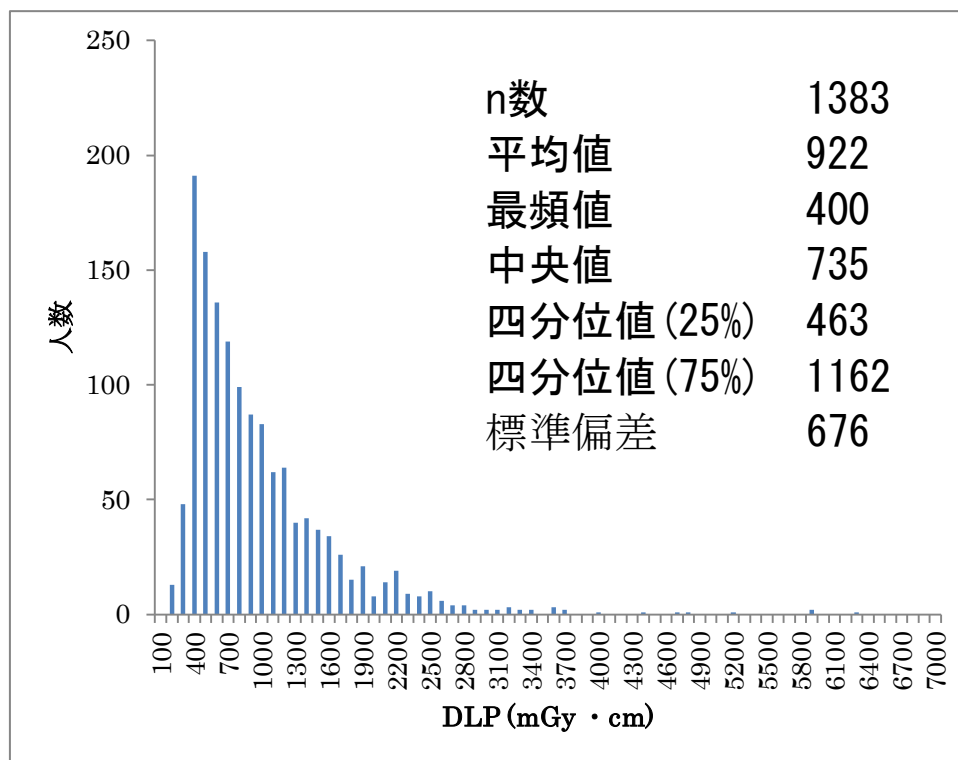


図 1 2. CT2 腹部(補正值) ヒストグラム

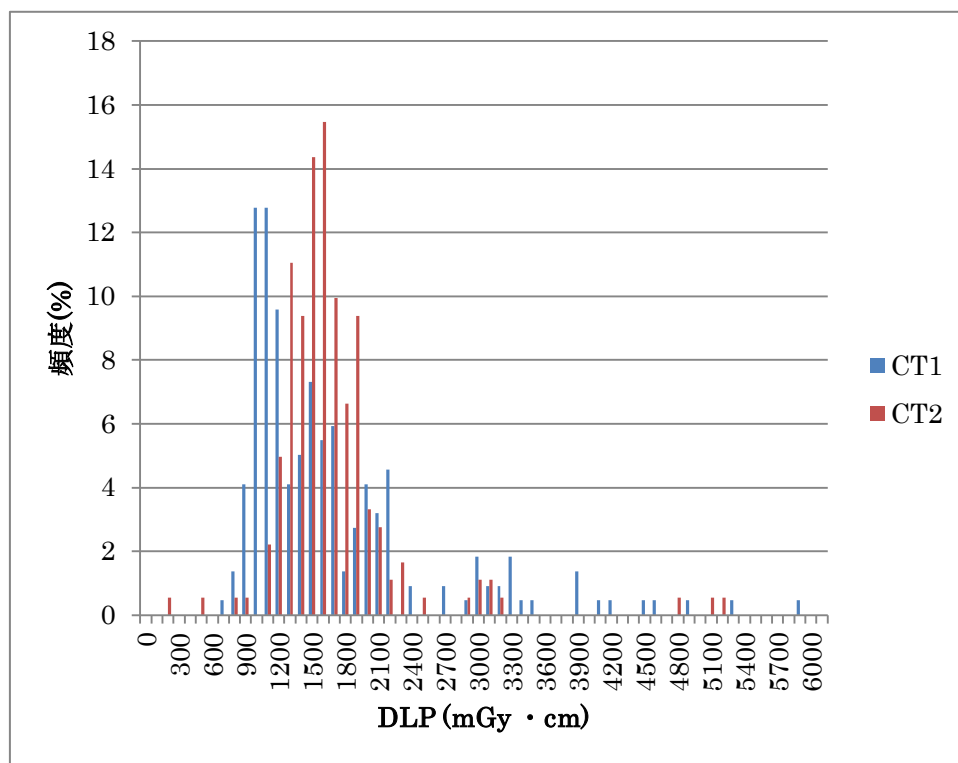


図 1 3. CT1・2 頭部(補正值) ヒストグラム

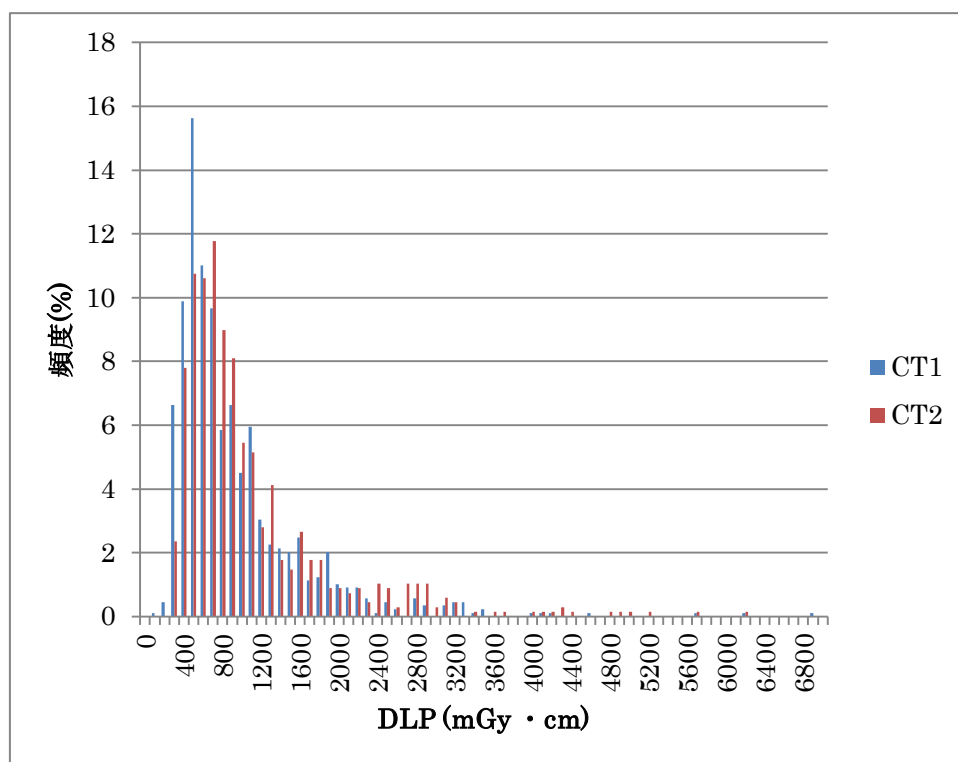


図 1 4. CT1・2 胸部(補正值) ヒストグラム

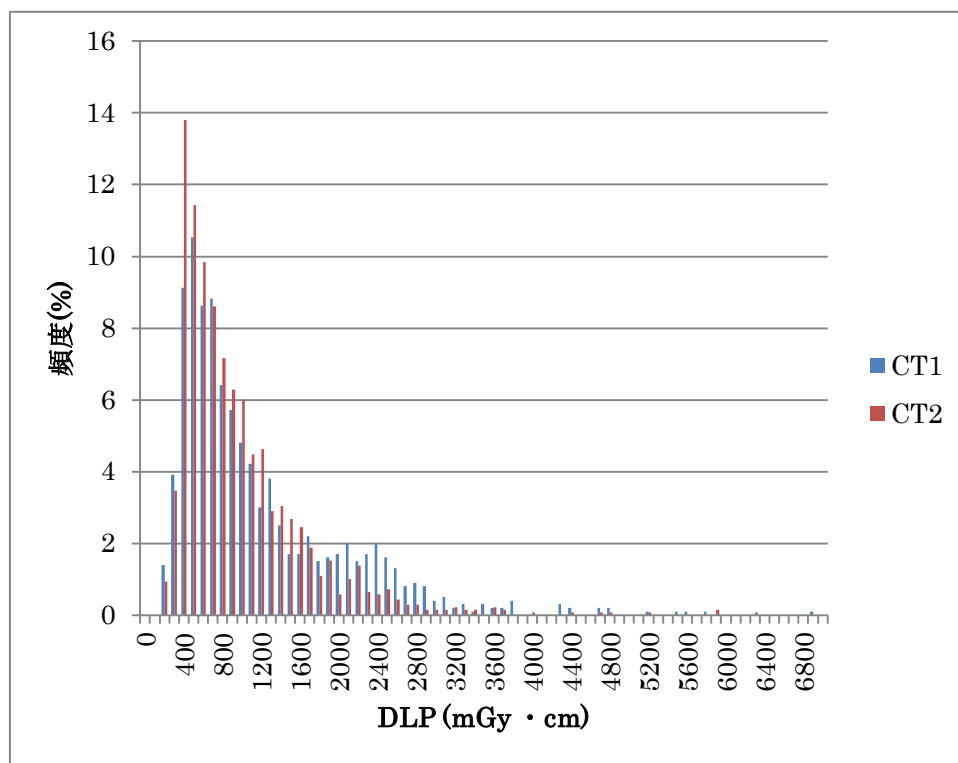


図15. CT1・2 腹部(補正值) ヒストグラム

表 2. 装置別実効線量

補正後	頭部 CT			胸部 CT			腹部 CT		
	最頻値	中央値	平均値	最頻値	中央値	平均値	最頻値	中央値	平均値
CT1	2.2	2.9	3.6	6.0	9.2	12.5	7.0	12.3	17.0
CT2	3.4	3.2	3.4	9.0	10.8	14.6	6.0	11.0	13.8
平均	2.8	3.1	3.5	7.5	10.0	13.6	6.5	11.7	15.4
CT1/CT2 (%)	-30	-9	+6	-33	-15	-14	+17	+12	+23
t 検定	P=0.31 有意差なし			p<0.05 有意差あり			p<0.05 有意差あり		

単位 (mSv)

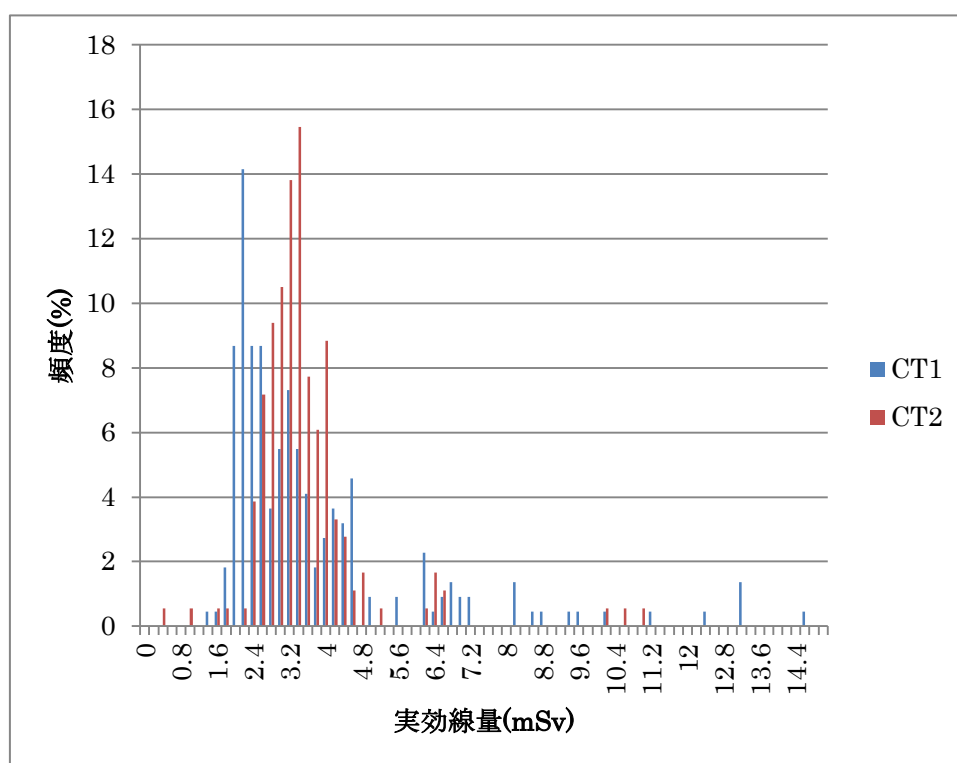


図 1 6. CT1・2 頭部(補正值)実効線量 ヒストグラム



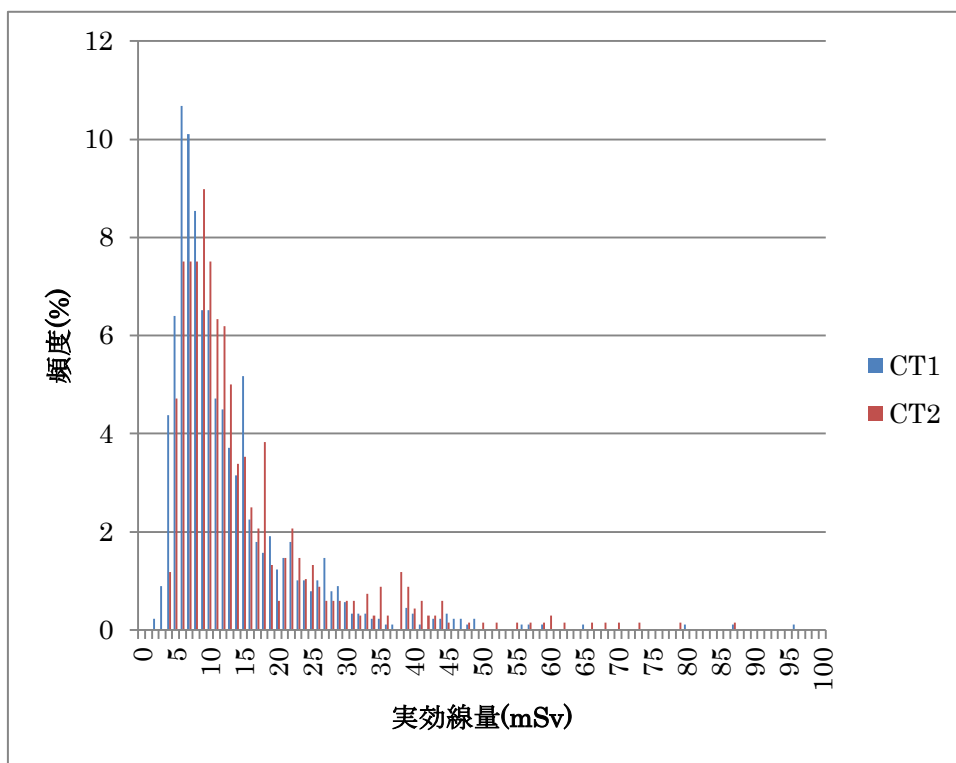


図 1 7. CT1・2 胸部(補正值)実効線量 ヒストグラム

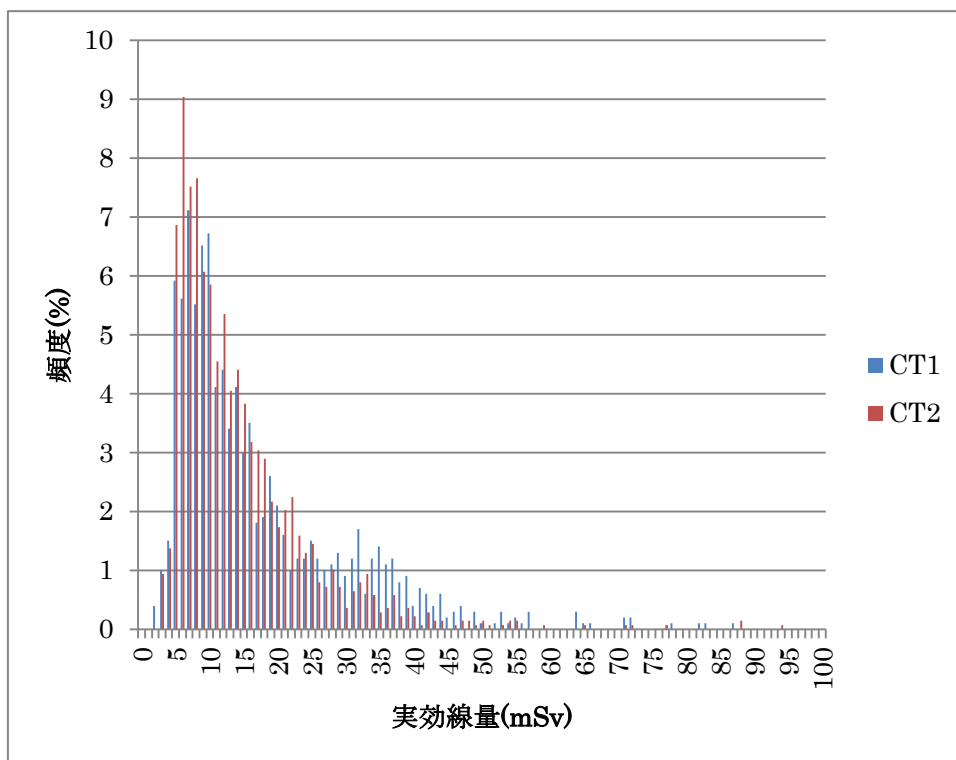


図 1 8. CT1・2 腹部(補正值)実効線量 ヒストグラム

### 3. 2. 全ての CT 検査の実効線量

阪大病院での 4 台での CT 検査を実効線量に換算したヒストグラムを図 19～21 に示す。また、最頻値、平均値、標準偏差をまとめたものを表 3 に示す。最頻値は頭部 2.0mSv、胸部 6.0mSv、腹部 7.0mSv であった。平均値は頭部 2.8mSv、胸部 12.7mSv、腹部 14.3mSv であった。標準偏差は頭部 1.7mSv、胸部 10.2mSv、腹部 10.7mSv であった。また、平均値±標準偏差 (SD) は、頭部 1.1～4.5mSv、胸部 2.5～22.9mSv、腹部 3.6～25.0mSv となった。

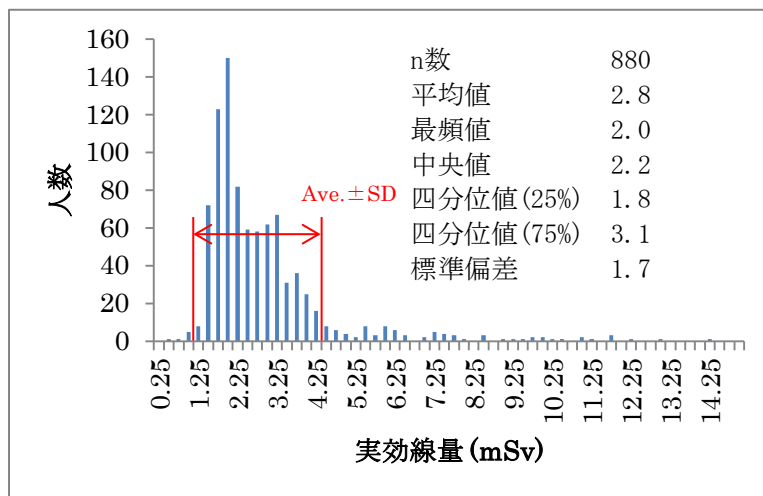


図19. 頭部CT ヒストグラム

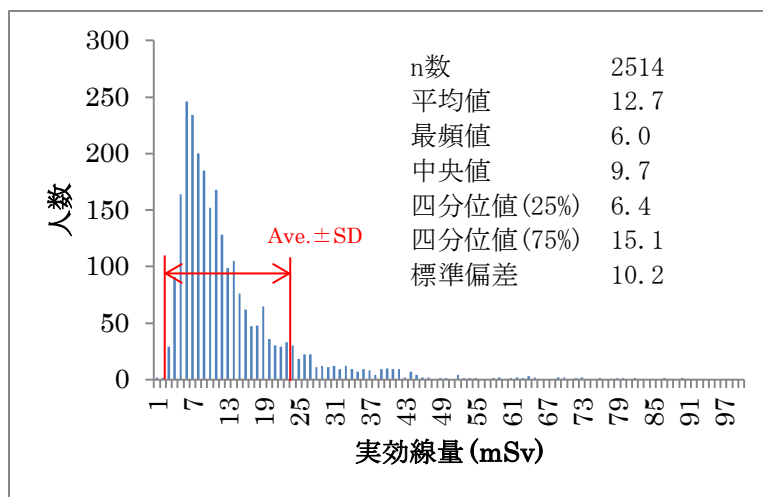


図20. 胸部CT ヒストグラム

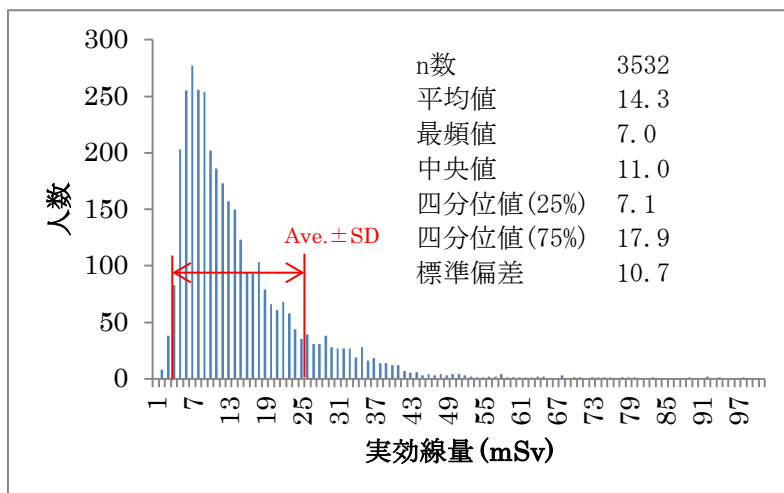


図21. 腹部CT ヒストグラム

表 3. 全 CT 検査の実効線量 (mSv)

	最頻値	平均値	標準偏差	平均値±SD
頭部	2.0	2.8	1.7	1.1~4.5
胸部	6.0	12.7	10.2	2.5~22.9
腹部	7.0	14.3	10.7	3.6~25.0

### 3. 3. 年齢別比較

年齢別の CT 被ばく線量の分布図を図 2 2～2 4 に示す。多くは低線量域に分布しているが、3,40 代以降でところどころ高い線量域に分布している。また、10 代では高い線量域にほとんど分布していない。年齢別の平均値をまとめたものを表 4、及び図 2 5 に示す。平均値を出すとヒストグラムでも分かったように 10 代での被ばく線量は他の世代と比べてとても少なかった。また、20 代以降での平均値は世代間での大きな違いは見られなかった。

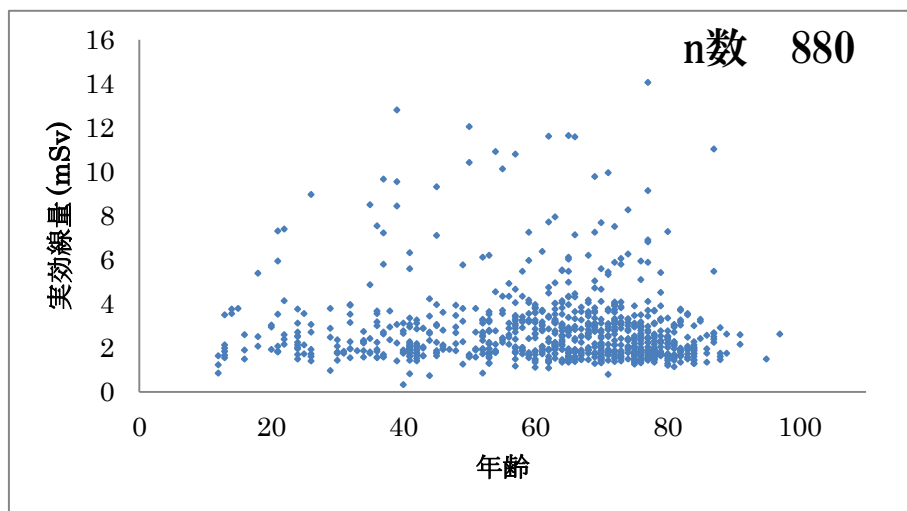


図 2 2 . 年齢別分布図 頭部

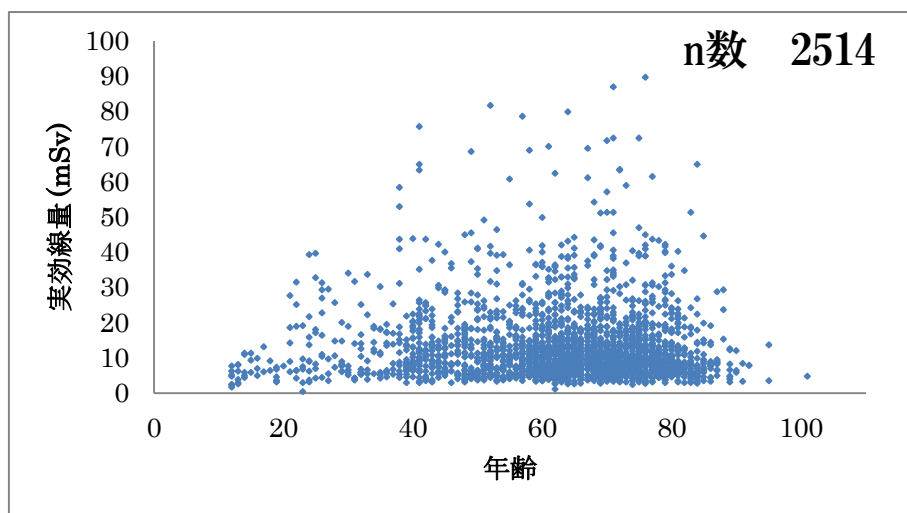


図 2 3 . 年齢別分布図 胸部

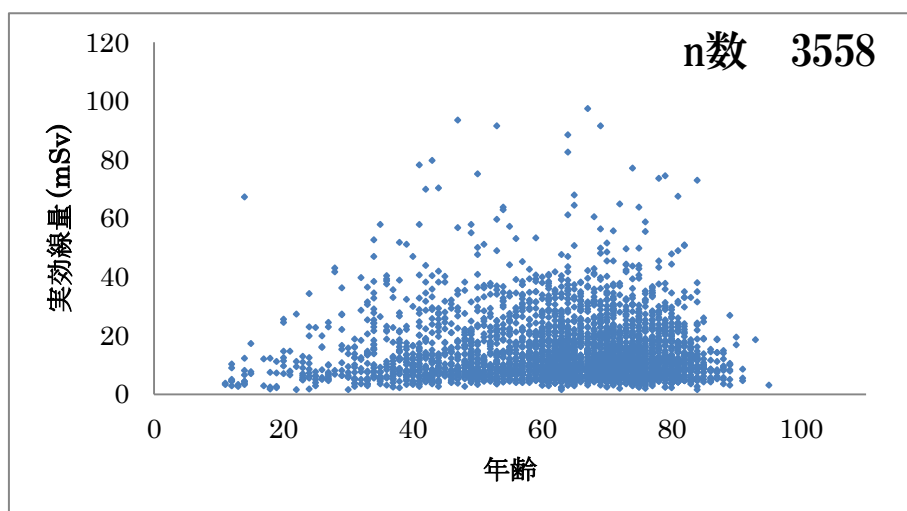


図 2 4 . 年齢別分布図 腹部

表 4. 年齢別 平均実効線量

	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上	平均
頭部 CT	2.4	2.9	3.2	2.6	3.0	2.9	2.5	2.8
胸部 CT	6.1	13.8	13.0	14.5	13.5	12.7	12.2	12.7
腹部 CT	8.0	12.3	14.2	14.6	15.6	14.7	13.7	14.3

単位 (mSv)

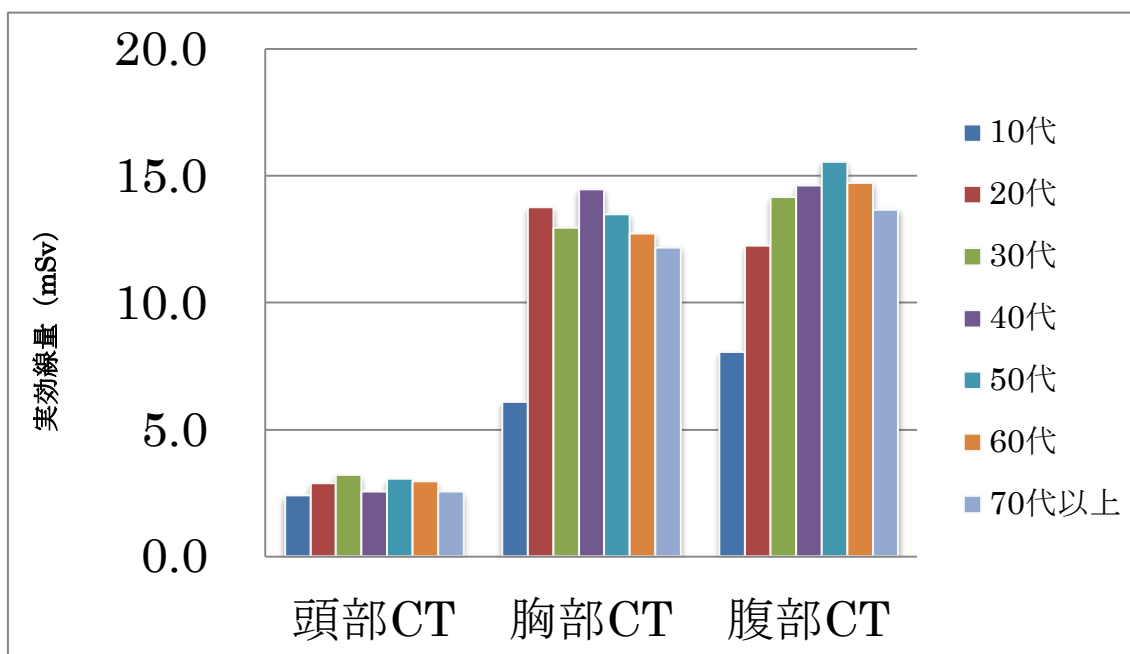


図 2 5. 年齢別 平均実効線量

### 3. 4. 男女別比較

男女別のヒストグラムを図2 6～3 1に示す。男女で比べて女性の方が高線量域で少ないことが分かった。また、標準偏差においても女性の方が小さいことが分かる。男女別の平均値をまとめたものを表5、及び図3 2に示す。男女別にみると部位、造影の有無に関わらず全ての項目で男性の方が高く、t検定より全項目で有意差があることが分かった。また、造影を行った方がどの部位でも被ばく線量は高くなっていた。



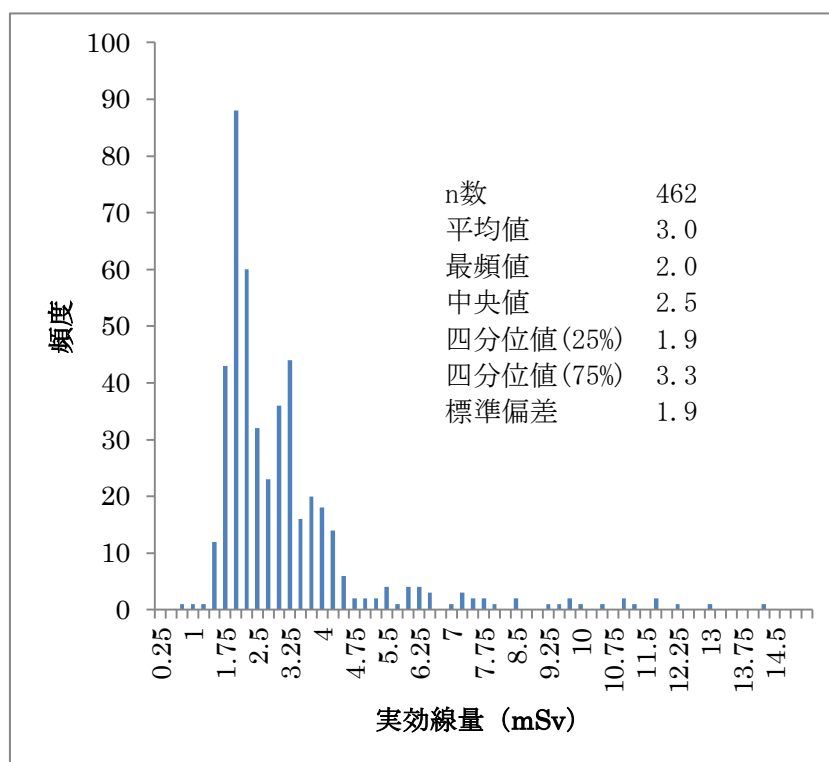


図 2 6. 男性 頭部ヒストグラム

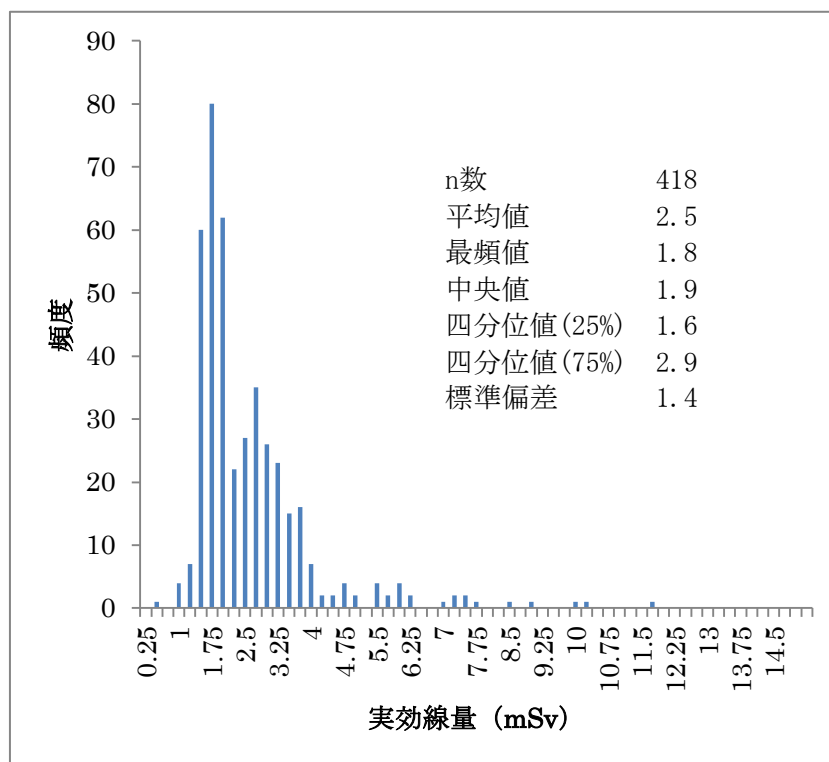


図 2 7. 女性 頭部ヒストグラム

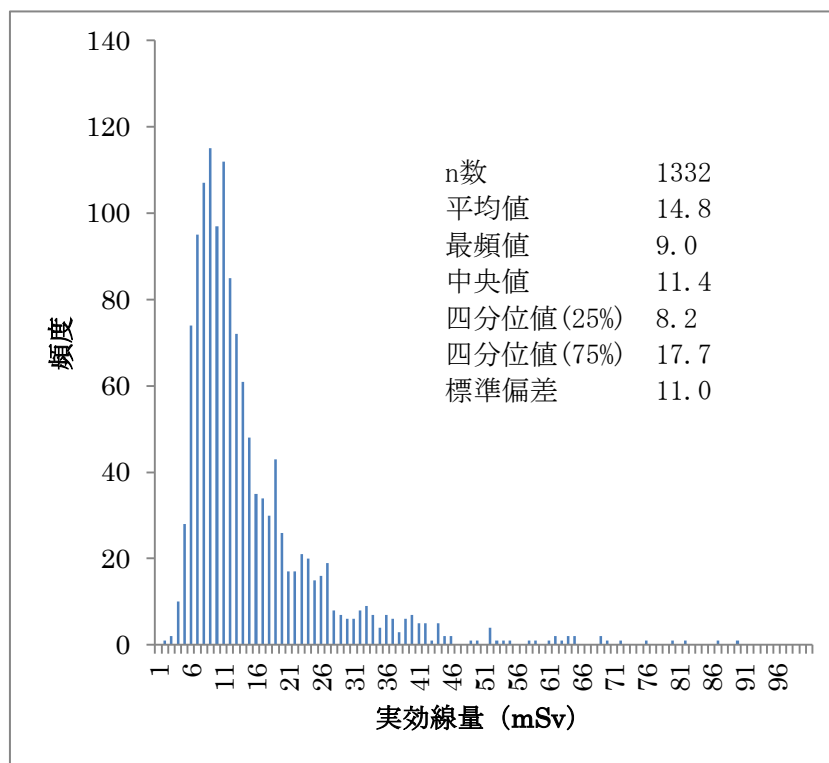


図 28. 男性 胸部ヒストグラム

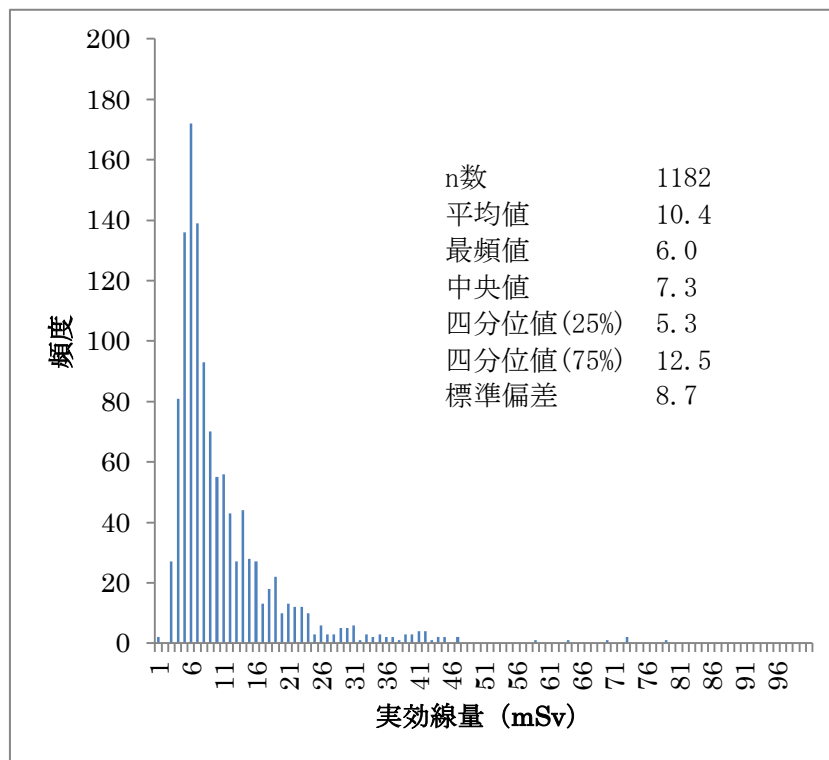


図 29. 女性 胸部ヒストグラム

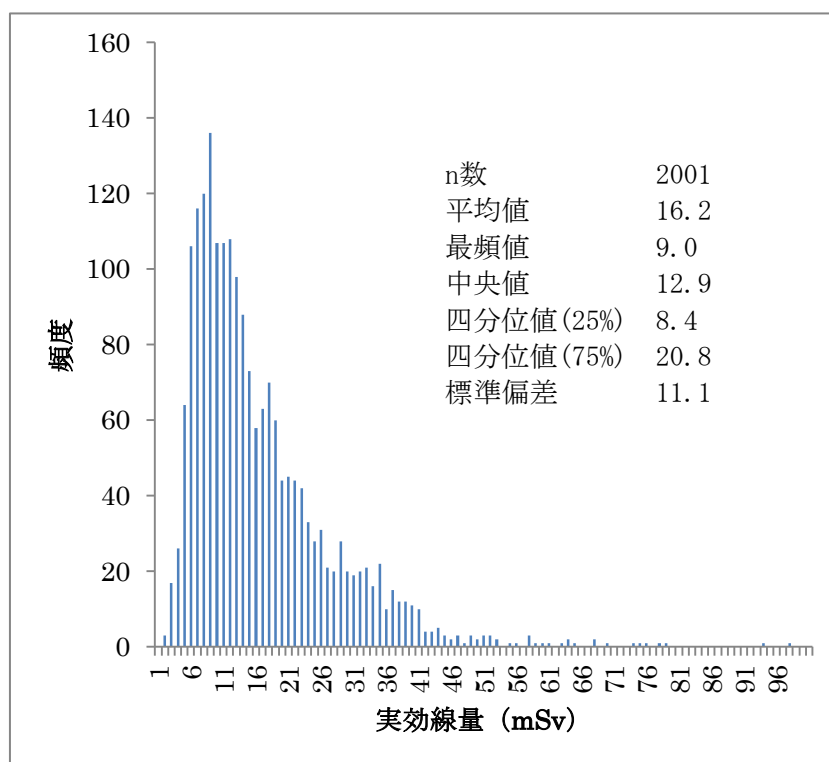


図30. 男性 腹部ヒストグラム

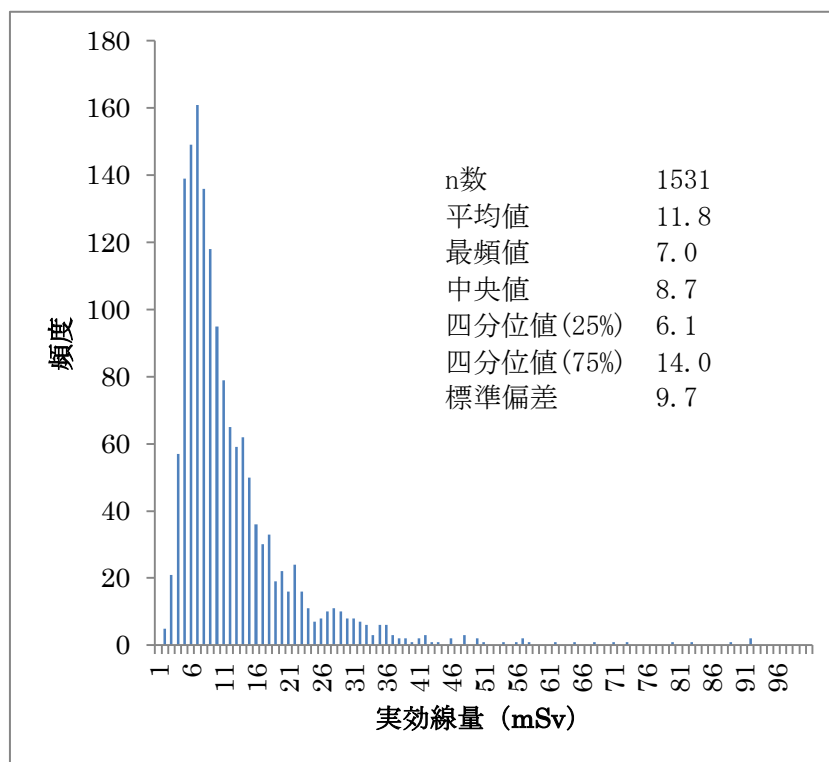


図31. 女性 腹部ヒストグラム

表 5. 男女別 平均実効線量 (mSv)

	頭部	頭部造影	頭部単純	胸部	胸部造影	胸部単純	腹部	腹部造影	腹部単純
男	3.0	5.1	2.4	14.8	19.5	11.8	16.2	16.7	13.9
女	2.5	4.3	2.0	10.4	14.8	7.9	11.8	12.1	10.2
男/女 (%)	+20	+19	+20	+42	+32	+49	+37	+38	+36
P 値	<0.001	<0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

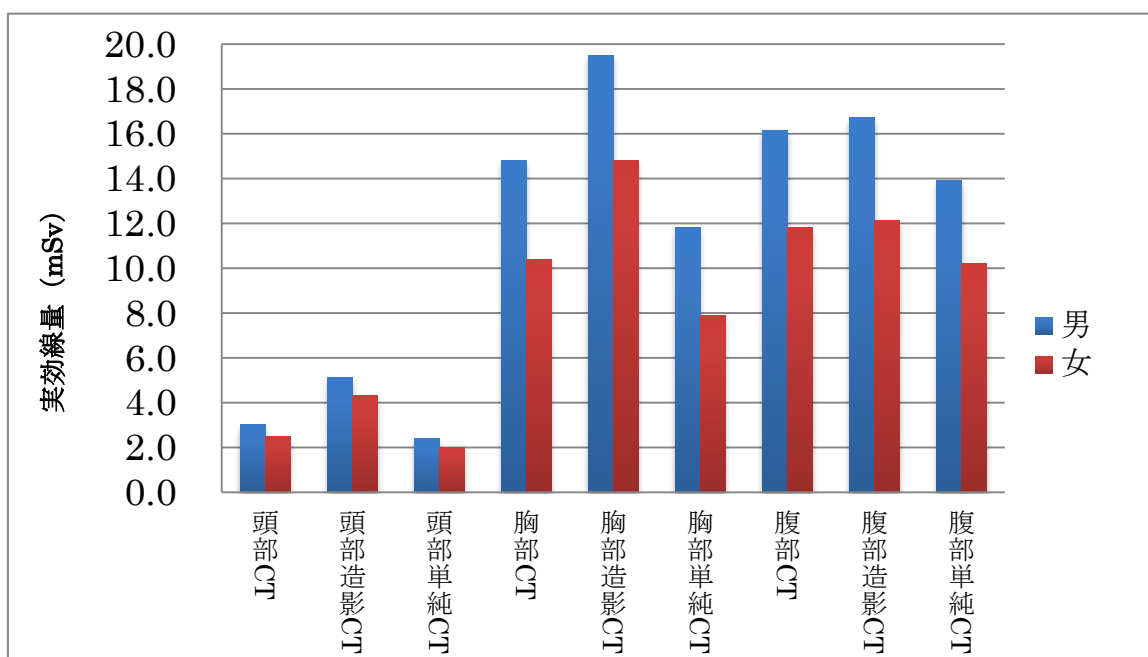


図 3.2. 男女別 平均実効線量

### 3. 5. 他文献値との比較

阪大病院での被ばく線量の結果と他病院や UNSCEAR(2008)、原子力安全研究協会(NSRA)での報告とを比較したものを表6、及び図3.3に示す。<sup>3), 5) ~8)</sup>

UNSCEAR(2008)のデータは日本を含めた9カ国のデータで原子力安全研究協会のデータは平成23年12月に発行された「生活環境放射線」からによるものである。表またはグラフより、阪大病院でのデータは他施設と比べて大きな違いは見られなかった。

表 6. 他文献値との比較 (mSv)

	阪大病院	UNSCEAR <sup>3)</sup>	放医研 <sup>6)</sup>	国際医療センター <sup>7)</sup>	尼崎中央病院 <sup>8)</sup>	NSRA <sup>5)</sup>
頭部	1.1~4.5 (2.8)	0.8~5.0	1.0~2.1	2.1~3.2	2.2	2.4
胸部	2.5~22.9 (12.7)	4.6~20.5	5.1~15.5	7~16.8	6.4	9.6
腹部	3.6~25.0 (14.3)	6~27.4	7.6~21.9	9~15	10.9	12.9

( )は平均値

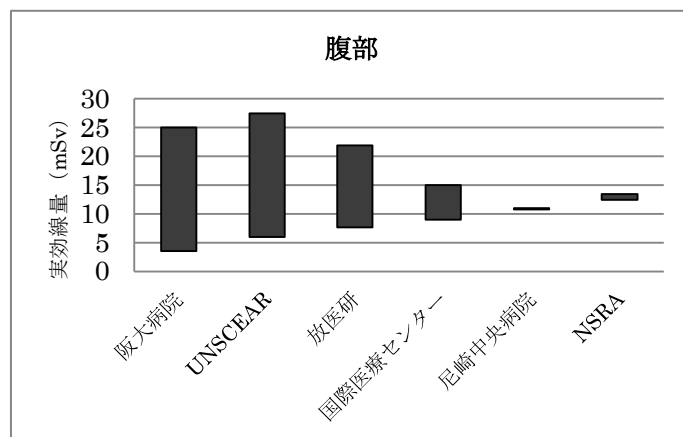
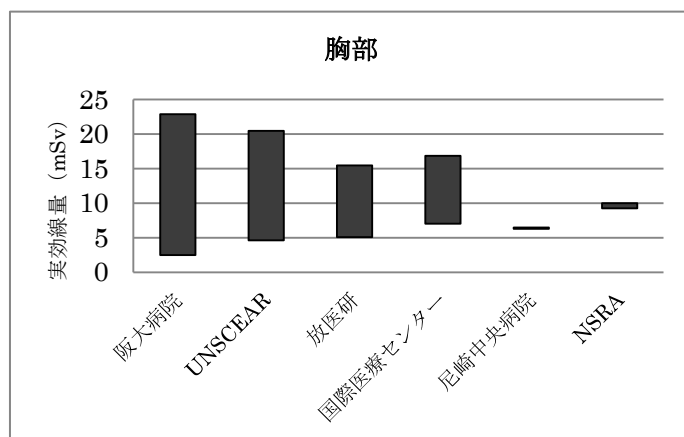
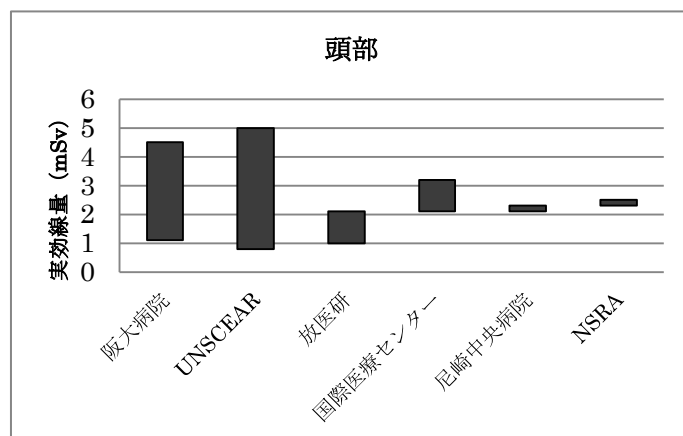


図 3 3. 他文献値との比較

#### 4. 考察

どのヒストグラムにおいても低線量側に偏っており左右均等な正規分布になっていない。それにより、最頻値は平均値、中央値と比べて概ね低くなっているため、平均値、中央値より最頻値の方がより平均的な人の CT 被ばく線量となっていると考える。

装置別で比較すると、t 検定からは頭部で有意差なし、胸部・腹部で有意差あり、となったが、ヒストグラムを重ねてみると頭部では分布が異なり、胸部・腹部では分布がほとんど重なったようになった。これは、t 検定が平均値の有意差を調べているためである。つまり、平均値で二つの装置を比べると頭部では差がなく、胸部・腹部では差があるが、被ばく線量の分布で比べると頭部では差があり、胸部・腹部では差がない、ということが分かる。

DLP、実効線量共に、ヒストグラムは相対的に低線量域にピークをもっていた。これは Auto mA 機構が有意に作用している結果であり、被ばく低減に大きく貢献している結果であると思われる。このことは、年齢別で比較したとき、10代と20代以降との間に被ばく線量の差があったことからもうかがえる。10代では20代以降と比べて身体が小さく、Auto mA によって大きく被ばく低減されているからと考えられる。また男女別でも男性と女性で体格差があることで Auto mA によって被ばく低減されているからと考えられる。この体格差と被ばく線量の関係は先行研究<sup>9)</sup>からも明らかであり、今回の調査からもその関係が明らかになった。

他文献値と比較すると、値に大きな違いはなかったので今回収集したデータは適当であると思われる。ここで重要なことは、過去のデータではこのようなヒストグラムでの評価はされておらず、平均値のみの評価が多い。<sup>5) 8)</sup> 近年、Auto mA の性能向上により、体格差による DLP の変化が大きく、単に平均値評価では正確な CT 被ばくの実態は解明できない。

## 5. 結論

今回統計解析を行って、ヒストグラムを作成したことで、平均値、中央値より最頻値の方がより平均的な CT 被ばく線量が求められるということが分かった。過去文献の間での被ばく線量に大きな違いはないものの、自施設での実際の実効線量をきちんと把握することが大切である。また、それだけでなく患者さんごとに今までどの程度医療被ばくをうけてきたかを記録していき、被ばくが多くなりすぎないように管理していく必要がある、そのためにも今後この装置の線量表示をより活用していただきたい。



## 6. 謝辞

本卒業論文を作成するにあたり、多くの有益な助言を賜りました大阪大学大学院医学系研究科医用物理工学講座松本光弘准教授に深く感謝いたします。また、CTの装置表示線量のデータをご提供していただいた大阪大学医学部附属病院様に深く感謝の意を表します。

## 7. 引用論文

- 1) ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 102 (2007)
- 2) ICRP, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 105 (2007)
- 3) UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effect of Atomic Radiation, Sources and effects of ionizing radiation (2008)
- 4) Berrington de González A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004; 363: 345–51.
- 5) 公益財団法人 原子力安全研究協会, 新版 生活環境放射線 (国民線量の算定), 2011年12月
- 6) 赤羽恵一, 医療被ばくの現状, *INNERVISION* vol.25 no.6, 46-49, 2010年
- 7) 木村文子, CTの進歩とCT被曝, *埼玉医科大学雑誌* 第38巻 第2号, 106-108, 2012年3月
- 8) 宮地和明, 田中伸, 西内孝一, 政広樹, 鎌田照哲, 米田真衣, 梅崎大輔, 清水義信, 当院におけるCTによる医療被ばくについて, *日本放射線技師会雑誌* vol.55 no.670, 916-920, 2008年
- 9) Mitsuhiro Matsumoto, Seichi Ota, Shinichi Inoue, Yuji Ogata, Shuji Yamamoto, Takashi Ueguchi, and Takeshi Johkoh. Analysis of entrance surface dose in general radiographies using body mass index classification. *医学物理*, 第23巻 第4号, 2003年