

平成30年6月11日現在

機関番号：32404

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K20648

研究課題名(和文) 歯科用携帯型X線発生装置の安全基準ガイドラインの作製

研究課題名(英文) Preparation of safety standard guidelines for intraoral X-ray units

研究代表者

大高 祐聖 (Otaka, Yusei)

明海大学・歯学部・助教

研究者番号：60711067

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：歯科用携帯型X線発生装置の空中線量分布は各装置の構造によって固有なものとなったが、どれも中心X線に対して分布はほぼ対称的であり、前方 $0\pm 15^\circ$ 範囲内が最も高線量、反対側の後方 $180\pm 15^\circ$ 範囲内で最も低線量であった。

大規模災害発生時のX線撮影室がない身元確認業務では撮影回数が多いため、1日あたりフィルム100枚程度の撮影で職業被曝の限度を超える恐れがあった。したがって、大量の身元確認作業を行う際には適切な管理区域の設定、被写体から2m以上離れるか、操作者に0.25mmPd eq.の防護衣を着用又は防護衝立を設ける等を行う必要があることがわかった。ただし一時的な業務であればこの限りではない。

研究成果の概要(英文)：Regarding stray radiation during intraoral radiography, the distribution of air kerma differed depending on the structure of each unit. The dose reached the maximum level in range at an angle of 0 ± 15 degrees ahead of the useful beams, while the dose reached the minimum level in range at an angle of 180 ± 15 degrees backward on the opposite side.

In the event of a large-scale disaster, operators would be taking many radiographs for victim identification in facilities without X-ray rooms. If an operator uses InSight film and takes about 100 radiographs per day. During a period of extensive victim identification work, a control area should be designated appropriately, the operator should control the unit from a vantage point of more than 2 m away from the radiation source, the operator should wear a lead apron (0.25 mm Pb eq.) and a protection board should be fixed. However, these protective measures are not always necessary if intraoral radiography is needed on a transient basis.

研究分野：歯科放射線学

キーワード：携帯型口内法X線撮影装置 迷放射線 放射線防護 大規模災害 歯科的個人識別

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災における身元確認業務には口内法エックス線(以下 X 線)写真所見が多く用いられ、電力供給の観点からバッテリー駆動が可能な携帯型口内法 X 線撮影装置が多く使用された。また現在、日本は超高齢社会に突入し、在宅医療の需要が大きくなっており、携帯型口内法 X 線撮影装置の様々な機種が製造販売されている。しかし、従来の口内法 X 線撮影装置に関する放射線防護の報告に比べ、携帯型口内法 X 線撮影装置に関する報告は少ない。大規模災害発生時における身元確認業務での口内法 X 線撮影の回数は平常時よりも多く、災害時には設備や資源も限定されているために作業従事者や公衆の放射線被曝も軽視されがちである。

2. 研究の目的

本研究では、大規模災害時の身元確認業務における携帯型口内法 X 線撮影装置の安全な利用を検討することを目的として、バッテリー駆動が可能な市販の 3 機種についてその出力性能と口内法 X 線撮影時の空中線量を測定した。この 3 機種について口内法 X 線フィルムおよびデジタル X 線センサを用いて、下顎骨臼歯部ファントムを撮影し、3 機種の出力性能に基づき診断に適した撮影条件を決定した。また口内法 X 線撮影時の頭部ファントム周囲における迷放射線の空中線量分布を解析し、これら 3 機種の撮影条件からそれらの機器を安全に取り扱うための防護について考察した。

3. 研究の方法

「材料」

研究対象とした携帯型口内法 X 線撮影装置は、デジタル X 線センサが本体に付属しており、X 線照射後直ちに画像を確認できるデキシコ ADX4000 (以下 ADX4000) とデキシコ ADX4000W (以下 ADX4000W) および付属していないデキシコ DX3000 (以下 DX3000) である。

診断に適した画像の線量を決定するため、画像の視覚評価には自作の右側下顎骨ファントムを用いた。このファントムは、犬歯部から下顎枝部の顎骨とアルミニウム階段(縦 7 mm × 横 20 mm × 高さ 10 mm、階段の幅 2 mm、高さ間隔 1 mm 計 10 階段)をエポキシ樹脂に埋入したものである。樹脂の外寸は軟組織を模擬して厚さ 25 mm × 高さ 70 mm × 幅 100 mm である。

口内法撮影の頭部を模擬して IEC 規格 (PMMA 製円柱直径 16 cm × 高さ 15 cm) の頭部 CT 線量測定用ファントムを用いた。

「方法」

1) 携帯型口内法 X 線撮影装置の出力性能の測定

携帯型口内法 X 線撮影装置のコーン先端に接して、ThinX RAD の円形の検出器部を照射野中央に設置し、中心 X 線の自由空気中の空気カーマ(以下これをコーン先端線量と呼

ぶ)、管電圧、空気カーマ率、アルミニウム半価層、照射時間を測定し、3 機種の出力性能を解析した。ThinX RAD で測定が困難であった一部の撮影条件では Xi を用いてこれらのパラメータを測定した。

2) 携帯型口内法 X 線撮影装置の照射野の測定

コーン先端での照射野サイズの測定には、六切りカセット(203 × 254 mm [=8 × 10 in])と HR-S フィルムを増感紙無しで用いた。コーン先端に接して、カセットを垂直に設置し、ADX4000 では、コーン先端線量で 0.0 (未照射)、0.5、1.0、2.7 mGy、ADX4000W では、0.5、1.0、1.5、5.4 mGy、DX3000 では、0.5、1.0、1.5、5.8 mGy を各 1 枚のフィルムの 4 箇所照射した。照射フィルムは 810Plus で温度 27.7 °C、4 分 27 秒で現像処理した。得られた各フィルムの照射野中央部の光学密度を TR-524AMD で計測し、コーン先端線量と光学密度の関係が線形となる範囲で光学密度が 1 を超えない画像を選択した。その画像を GT-X820 で読み取り、ImageJ を利用して照射野中央部のピクセル値の 25% となる辺縁までの直径を、X 線管軸と直交する方向と平行な 2 方向で計測し、両者の平均で照射野サイズを決定した。

3) 下顎骨ファントムを用いた撮影線量の測定

下顎骨ファントムの撮影は下顎骨第二小臼歯と第一大臼歯の歯冠接触部が画像の中心になるようファントムをコーン先端に接して位置決めし、InSight フィルムおよび装置付属のデジタル X 線センサを用いて平行法で撮影した。DX3000 はデジタル X 線センサが付属していないので、RVG6100 を用いて撮影した。InSight フィルムの現像処理は HR-S フィルムと同様にした。

各種コーン先端線量で得た画像は本学歯科放射線学分野の歯科放射線学会認定医によって、診断に適した画像であるかを判定した。フィルム画像の観察は、一定の室内光下で同一のフィルムビューアを用いて行った。BMP フォーマットで保存されたデジタル画像の観察には FlexScan EV2116W を使用した。本実験では、被験者に各種コーン先端線量で撮影した一連の画像を観察させ、診断に適した画像を選択させることにより、診断に適したコーン先端線量を決定した。

4) 頭部ファントム周囲の空中線量の測定

IEC 規格の頭部 CT 線量測定用ファントムを用いて口内法撮影を模擬し、ファントム周囲の自由空気中の空気カーマ(以下これを空中線量と呼ぶ)を Pitman 37D と付属の 350 cc 電離箱で測定した。座標系原点として床から 1.0 m の高さに円柱ファントムの中心を設定し、円柱の中心軸を鉛直方向で座標系の Z 軸と一致させた。同一の高さに X 線装置の焦点及び空中線量測定用電離箱の幾何学的中心を配置した。X 線装置のコーン先端をファントム表面に接し、中心 X 線を原点に向けて位

置つけた。Z 軸に直交して原点を通る床面と平行な水平面 (XY 平面) において、ファントム中心 (原点) から半径 0.5 m と 1.0 m のそれぞれの円周上で中心 X 線方向を 0° とし、時計回りに 15° 間隔で 360° まで計 24 点で、各 X 線装置の 1 s 照射による空中線量を測定した。

垂直方向での空中線量測定では、ファントムと X 線装置をともに Z 軸から X 軸に 90° 回転し、回転させた YZ 平面を床面と垂直な平面と仮想して水平方向での測定と同様に測定した。

空中線量の測定は、各 X 線装置で 1 s 照射し、測定の再現性が高いことを確認した上で、1 回測定とした。ただし、0° と 360° は同一の箇所であるため、水平方向と垂直方向で合計 4 回、180° では両方向で 2 回の測定値がある。なお、床からの迷放射線の影響は本測定精度では無視できることを確認した。空中線量の測定値は照射線量の C/kg (または R) 単位から空気カーマの μGy に単位変換し、各 X 線装置の 1 s 照射によるコーン先端線量の mGy 値で除して $\mu\text{Gy}/\text{mGy}$ に規格化した。

4. 研究成果

「結果」

1. 携帯型口内法 X 線撮影装置の出力特性

タイマーの設定に対する照射時間は、3 台のどの装置でも 0.1 s 以下では 10 ms (10%) 以内、0.1 s を超えて最大タイマー時間 1.35 s までは 20 ms 未満で設定値と一致していた。コーン先端線量は、メーカー規格管電流とタイマー時間の積 (mAs 値) に比例し、最小 2 乗回帰直線は、ADX4000 と ADX4000W が等しく 2.01 mGy/mAs、DX3000 は 2.29 mGy/mAs となった。コーン先端線量率は、ADX4000 と ADX4000W では管電流 1 mA と 2 mA に比例して 2 倍異なる値となったが、0.1 s 以下のタイマーでは 3 台のどの装置でも線量率が低下する傾向を示した。

DX3000 と ADX4000W とともにどのタイマー時間でも管電圧はメーカー規格の 60 kV に対して ± 2 kV であったが、0.2 s 以下では、設定時間の減少とともに管電圧が系統的に低下する傾向が認められた。これにともない、半価層の値も短時間タイマーでは低下傾向を示したが、全体としてどの機種でも 0.2 s 以下の設定時間を除くと 1.9 ± 0.1 mm Al であった。

2. 照射野

ADX4000 では管軸と直交した方向では平坦で均一な線量分布であったが、平行した方向では装置の下方で線量が低下する勾配が認められた。ADX4000W と DX3000 では、管軸と直交した方向も平行な方向もほとんど変わらない線量分布であり、平行な方向の勾配は僅かに過ぎなかった。2 方向で平均した照射野の直径は、ADX4000 が 60.9 mm、ADX4000W が 60.3 mm、DX3000 が 59.9 mm であった。

3. 画像評価

ADX4000、ADX4000W、DX3000 を用いて撮影した下顎骨臼歯部ファントムの画像に対して、熟練した歯科放射線科医の視覚評価により、InSight フィルムでは 1.0-2.0 mGy、CCD/CMOS デジタル X 線センサではその 1/3 の 1/3-2/3 mGy (約 0.33-0.67 mGy) の範囲が診断に適した線量範囲と判断された。

4. 迷放射線

3 台のどの装置でも水平方向と垂直方向で、利用線錐方向の前方 $0 \pm 15^\circ$ 範囲内が空中線量の最も高い数値であり、後方 $180 \pm 15^\circ$ 範囲内が最も低い値を示した。水平方向と垂直方向ともに 0.5 m と 1.0 m での空中線量を比較すると、3 台のどの装置でもすべての方向で平均すると 1.0 m では 0.5 m の約 1/4 になっており、ファントムから充分離れた位置では距離の逆 2 乗に従って減弱していた。このことを 0° 方向では、2.0 m の距離まで空中線量の減弱を測定して確認した。3 台の装置のそれぞれに対して 0.5 m と 1.0 m における 0° と操作者の作業領域として後方 $180 \pm 60^\circ$ の扇形範囲内 $120-240^\circ$ のふたつの線量評価位置における平均の空中線量の値を Table 1 に示す。

【Table 1】

Model	Angle for Dosimetry	Normalized Air Kerma [$\mu\text{Gy}/\text{mGy}$] / Stray Radiation [μGy] / $H^*(10)$ [μSv]	
		@0.5 m	@1.0 m
ADX4000	0°	0.663/1.326 / 1.459	0.198/0.396 / 0.436
	120-240°	0.353/0.706 / 0.777	0.084/0.168 / 0.185
ADX4000W	0°	0.592/1.184 / 1.302	0.184/0.368 / 0.405
	120-240°	0.297/0.594 / 0.653	0.071/0.142 / 0.156
DX3000	0°	0.547/1.094 / 1.203	0.167/0.334 / 0.367
	120-240°	0.288/0.576 / 0.634	0.064/0.128 / 0.141

「3. 画像評価」の結果から、1 回の撮影に使用されるコーン先端線量を最も利用頻度の多い成人の下顎大臼歯部に対して InSight フィルム使用時に、1 回撮影あたり安全側で 2 mGy とし、Table 1 の値 ($\mu\text{Gy}/\text{mGy}$) に基づき、InSight フィルム 1 枚撮影 2 mGy あたりに換算した空中線量 (μGy) を Table 2 に示す。また、これらの値を医療法施行規則の線量限度等と比較するため、空中線量の値を光子エネルギー 30 keV (アルミニウム半価層 = $\ln 2 / 3.05 \text{ cm}^{-1} = 2.28 \text{ mm}$) に対する外部被曝の 1 センチメートル線量当量換算係数 1.10 Sv/Gy を用いて 7、Sv 単位に変換した「空間線量」(1 センチメートル (周辺) 線量当量 $H^*(10)$ 、10 mm 深さ) の評価値を併せて Table 2 に示す。付属のデジタル X 線センサ CCD/CMOS や RVG6100 を使用したときには、1 枚撮影 2/3 mGy あたりでこれらの「空間線量」の評価値は

1/3になる。

【Table 2】

Mode l	Angle for Dosimetry	Number of Radiographs per Day(InSight Film)		
		76.9 μ Sv @0.5 m	20 μ Sv @1.0 m	3.85 μ Sv@2.0m
ADX 4000	0°	-	46	42
	120-240°	99	108	79
ADX 4000 W	0°	-	49	47
	120-240°	118	128	94
DX 3000	0°	-	54	51
	120-240°	121	142	97

「考察」

1. 出力性能

現在 ADX4000 の販売は行われていないが、大規模災害発生時には新旧多様な機種が一同に使用され得るため、旧機種の基本性能の解析や評価も行う必要がある。本研究対象とした3機種すべてのタイマー精度、コーン先端線量の mAs 直線性とコーン先端線量率の安定性、管電圧や半価層による線質を総合して、本機種は 0.05 s ~ 0.5 s での出力線量と線質はやや不安定であるが、0.5 s ~ 1.35 s では安定していると考えられた。InSight フィルムを用いるときには成人に対する口内法 X 線撮影においてコーン先端で 1~2 mGy 程度の線量が多く使用されるので、それに対しては十分な性能と思われる。しかしより高感度なデジタル X 線センサ技術を利用してさらに低線量で画像を取得する場合や小児に対しては、0.05 s ~ 0.5 s の照射を使用する可能性がある。そのような場合には短時間出力に対してさらなる性能向上が望まれる。

2. 照射野

ADX4000 では照射野内の線量分布として、装置の左右で X 線管の管軸に直交した方向での比較的よい対称性と、装置の上方から下方に向かって管軸に平行な方向での明瞭な線量低下は、装置の下方に陽極があることによるヒール効果のためと考えられた。ADX4000W と DX3000 では ADX4000 と異なり、ともに装置の左右が管軸であり、装置を保持する左手に陽極がある。そのため左右で僅かな線量勾配が認められたが、上下方向との相違は目立つ程ではなかった。同一種類の X 線管が使用されているにもかかわらず、装置設計の相違に起因すると考えられるこれらの機種間の相違は注目に値する。

照射野は医療法施行規則により直径 6 cm を超えてはならないと規定されている(規則 30-3)。本研究結果では、ADX4000 と ADX4000W の直径は 6 cm を少し超えており、DX3000 の直径は 6 cm 以下であった。

3. 画像評価

本研究の3機種で InSight フィルム画像と CCD/CMOS デジタル画像とを比較した結果、後者は前者の約 1/3 の線量にて口腔 X 線診断に

十分な画質を得ることができることがわかった。したがって多くの報告例が示しているように、デジタル X 線センサ付属の機種を適切に用いると被曝低減に大きな効果があると考えられた。

4. 空中線量

1) 口内法 X 線撮影装置の空中線量

佐藤ら¹は管電圧 60 kV、総濾過 2.0 mm Al eq.、半価層 1.95 mm Al、実効エネルギー 28.2 keV の口内法 X 線撮影ビームを仮定し、直径 18 cm の球形水ファントムに、焦点表面間距離 20 cm、直径 6 cm の照射野で照射したときの、空中線量をファントム中心から 1.0 m の距離でモンテカルロ法によって計算している。その計算結果によると、ビーム前方の散乱角 0° から 30° 付近まで空中線量は急激に低下し、それより角度が増加すると、後方 180° まで空中線量は徐々に増加した。今回類似の線質ビームと直径 16 cm 高さ 15 cm の円柱 PMMA ファントムを用いて測定した全ての機種で、半径 0.5 m と 1.0 m では水平方向と垂直方向のいずれでも 0° から 120° までと 240° から 360° まで佐藤の計算と類似の傾向を示した。しかし、それらの角度の外側では測定結果は空中線量が低下し、180° 付近で最低値となり計算と異なっていた。測定される空中線量は、0° 方向では、主に利用線錐がファントムで減弱散乱された X 線であり、0° 以外の方向では、ファントムからの散乱線に X 線装置からの漏洩線やその他の迷放射線となるが、後者では主にファントムから発生した散乱線である。

口内法 X 線撮影装置は、法令により利用線錐以外は焦点から 1 m の距離で空気カーマ率が 0.25 mGy/h 以下(規則 30-1)となるような遮蔽が施されている。したがって、X 線管周囲と照射筒内の遮蔽や X 線装置自体による遮蔽が、計算と異なりファントムで発生した後方への散乱線を大きく減弱させたものと思われる。もし円形照射野内の利用線錐の線量分布が一様であるなら、球形水ファントムによるコンプトン散乱の計算では中心 X 線に対して対称な線量分布を示す。測定された 0° から 120° までと 240° から 360° までの空中線量分布の水平方向と垂直方向の差違は、両方向での円柱ファントム形状の相違が影響していると考えられる。さらにそれらの角度の外側での空中線量分布の両方向の相違は、装置の構造上の遮蔽の違いが加わったものと思われる。また ADX4000 では空中線量分布は垂直方向では、水平方向よりも中心 X 線に対して対称性が悪い結果となったが、これは X 線管の管軸が装置の上下方向に設置されているため、垂直方向ではヒール効果による照射野内の線量勾配があるためと考えられた。両方向で ADX4000W と DX3000 では、ADX4000 のような顕著な迷放射線の相違は認められなかったが、このことは照射野内線量分布の両方向での類似性と合致していた。

2) 空中線量に対する距離の影響

前方0°方向以外では、ファントムから2.0 m離れた位置での空中線量は、測定器の検出限界により測定が困難であったが、0.5 mと1.0 mにおける各方向での空中線量の比較と合わせて、ファントムから2.0 m離れた位置での空中線量は、0.5 mの値の逆2乗(1/4)から推定可能と思われた。携帯型口内法X線撮影装置の被曝管理においても被写体からの距離を取ることは防護に効果的であることが分かった。

3) 携帯型口内法X線撮影装置の安全使用

医療法施行規則より、放射線作業従事者の職業被曝は5年間で100 mSv(20 mSv/年)の実効線量を超えてはならない(どの年でも50 mSvを超えてはならない)と規定されており、介助者及び他業務従事者を公衆とみなすと公衆被曝は1 mSv/年(250 µSv/3ヶ月)を超えないように規定されている(規則30-27)。また1.3 mSv/3ヶ月を超える恐れのある場所は管理区域とし(規則30-16)、管理されなければならない。これにより1年を52週、3ヶ月を13週、1週間を5日作業と仮定した場合、1年は260日、3ヶ月は65日作業となり、職業被曝は76.9 µSv/日(20 mSv/260日)、公衆被曝は3.85 µSv/日(1 mSv/260日)を超えてはならず、20 µSv/日(1.3×4 mSv/260日)を超える恐れのある場所を管理区域に設定し、操作者の被曝管理を行う必要性がある。

1日あたりの撮影枚数が少ない数名の身元確認作業や訪問診療の場合と比較して、1日あたり多数撮影する大規模災害時において、職業被曝と公衆被曝の管理および管理区域の設定は身元確認作業を行うスタッフ等の被曝管理の観点から非常に大切になる。特に、携帯型口内法X線撮影装置が専用の撮影室内で用いられないときには、操作者、介助者及び周囲の他の業務従事者の被曝管理は重要である。本研究では操作者の通常の作業領域としては安全使用上望ましい180±60°の扇形範囲内とし、その範囲内における垂直方向と水平方向での1センチメートル線量当量の"空間線量"の平均値で操作者の放射線防護を考えた場合と、これに加えて介助者及び他業務従事者の放射線防護にはワーストケースを想定して最大の被曝となる0°方向の垂直方向と水平方向での"空間線量"の平均値を用いても評価を行った。

Table 2のInSightフィルム1画像撮影あたりの1センチメートル線量当量の"空間線量"評価値に基づき、撮影装置の操作者の職業被曝と介助者等の公衆被曝の防護について次のように装置の安全使用を行わなければならない。操作者が180±60°の扇形範囲内の0.5 m位置において各装置で撮影する場合には、1日あたりの職業人の線量限度を1画像撮影あたりの評価位置での1センチメートル線量当量の平均"空間線量"で除して、線量限度に達する撮影枚数を算定した(Table 2)。その試算ではTable 2に示すように、どの装置でも1日100枚(付属デジタルX線セ

ンサでは300枚)程度で、職業人の年実効線量限度20 mSv(76.9 µSv/日)に達する恐れがある。これは累積コーン先端線量0.2 Gy(2 mGy×100)、3機種では約100 mAsの使用条件となる。したがってこれ以上の撮影を行う必要がある場合には、0.25 mm Pb eq.(60 kVのX線による散乱線に対して99%低減)の防護衣、防護衝立を用いるか、あるいはより離れた操作位置で照射するなどの対策が必要である。距離による減弱は逆2乗にしたがって推定可能なため、1.0 mではこの4倍の400枚、2.0 mでは16倍の1600枚に増加する。またこれらの撮影枚数で、180±60°の扇形範囲内では1.0 mの位置において1.3 mSv/3ヶ月(20 µSv/日)を超える恐れがあるため、その内側を管理区域に設定する必要がある。その角度範囲以外、側方や前方0°では、1.0 mの位置で後方180±60°の扇形範囲内の平均値の2倍以上の空中線量になり得るため、遮蔽物や画壁などで線量低減ができないときには側方から前方の方向に応じて被写体から1.5-2.0 m以上離れた境界までを管理区域に設定する必要がある。これらの撮影条件下で公衆の年線量限度1 mSv(3.85 µSv/日)を守るにはTable 2の試算から解るように、遮蔽された撮影室がない災害時の仮施設や訪問診療などでの撮影時には、被写体から2.0 mを超えて離れさせる等の配慮が必要である。ただし、数名の身元確認作業や通常の訪問診療ではこのような撮影枚数に達することは稀と思われる。

一方、大規模災害発生時には操作者1人あたり多くの遺体の全顎を撮影することになり、1日あたりの撮影枚数は膨大なものとなり得る。このような場合、3台のどの装置を用いても10人の御遺体のInSightフィルムによる10枚法全顎撮影で、Table 2に示す1日あたりの線量限度に達すると考えておくべきである。またデジタルX線センサを用いたときには、これらの見積り3倍で約300画像と考えるとよい。したがって、大規模災害発生時には床面で奥行き3 m×幅3 m、床から天井まで3 m程の作業場所を確保し(床下に居住区がある場合には直下の部屋の公衆にも配慮し)、携帯型口内法X線撮影装置をこの図の配置で使用するときは、そこを管理区域として設定し、管理区域内にむやみに公衆が立ち入らないような措置を講じる必要がある。このような空間が利用できないときには、遮蔽壁または防護衝立等によって、その画壁の外側が1.3 mSv/3ヶ月を超えないような措置を講じるべきである。操作者は管理区域の外側で照射スイッチを押すことが望ましいが、管理区域の内側で照射スイッチを押す場合には、職業被曝軽減のため、操作者には0.25 mm Pb eq.の防護衣の着用を推奨する。

また、操作者はもとより管理区域に一時的に立ち入るものに対しても、InSightフィルム1日100枚程度の撮影で、週5日で20 µSv/d

×5 d=100 μSv を超える恐れがあるため、医療法で個人被曝のモニタリングが必要となる。

「結論」

携帯型口内法 X 線撮影装置の機種 DX3000 およびデジタル X 線センサ付属機種 ADX4000、ADX4000W の出力測定、画像評価、空中線量測定を行い、以下の知見を得た。

出力特性：線量、管電圧、線量率、半価層、照射時間を測定した結果、本機種の出力特性は 0.5 s 以上は安定しており、通常使用する線量範囲では適正にコントロールされていた。照射野に関しては、ADX4000 と ADX4000W は直径 60 mm を僅か超えていたが、DX3000 の直径は 60 mm 以下であった。

画像評価：DX3000 ではデジタル X 線センサとフィルム使用で撮影条件を切り替えて使用するよう設計されていた。本研究で DX3000 を含めデジタル画像とフィルム画像とを比較した結果、ADX4000 と ADX4000W 付属のデジタル X 線センサ CCD/CMOS や RVG6100 使用時には InSight フィルムの 1/3 の線量にて診断可能な口腔 X 線画像を得ることができ、被曝線量軽減に大きな効果を認めた。

迷放射線：口内法 X 線撮影時の迷放射線の空中線量分布は 3 機種で各装置の構造によって固有なものとなったが、どれも中心 X 線に対して分布はほぼ対称的であり、利用線錐方向の前方 0 ± 15 ° 範囲内が最も高線量、反対側のファントムが装置の陰に隠れる後方 180 ± 15 ° 範囲内で最も低線量であった。操作者の作業領域を 0.5 m 位置で 180 ± 60 ° の扇形範囲内とすると、そこでの平均空中線量は各装置のコーン先端 1 mGy あたり ADX4000 では 0.353 μGy、ADX4000W では 0.297 μGy、DX3000 では 0.288 μGy であった。光子エネルギー 30 keV の空気カーマから 1 センチメートル線量当量への換算は 1.10 Sv/Gy であり、本研究での職業人に対する被曝管理にはこの値を用いた。

安全使用：大規模災害発生時の X 線撮影室がない身元確認業務では撮影する回数が多いため、1 日あたり InSight フィルム 100 枚（付属デジタル X 線センサでは 300 枚、累積コーン先端線量 0.2 Gy）程度の撮影で職業被曝の限度（20 mSv/年=76.9 μSv/日）を超える恐れがあった。したがって、大量の身元確認作業を行う際には適切な管理区域の設定、被写体から 2 m 以上離れるか、操作者に 0.25 mm Pb eq. の防護衣を着用または防護衝立を設ける等を行う必要があることがわかった。ただし一時的な業務であればこの限りではない。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 4 件)

大高祐聖、岩脇淳志、浅見瑠璃、井澤真希、奥村泰彦、坂 英樹、個人識別作業における

携帯型 X 線撮影による手指被曝、査読有、9 巻 1 号、2018、11-13

OTAKA YUSEI、HARATA YASUO、IZAWA MAKI、IWAWAKI ATSUSHI、ASAMI RURI、SAKA HIDEKI、OKUMURA YASHUHIKO、On the Safe Use of Portable Intraoral X-ray Units in Large-Scale Disasters、Jpn J Oral Diag/Oral Med、査読有、30 巻、2017、311-326 DOI:http://dx.doi.org/10.15214/jsodom.30.311

Yusei OTAKA、Yasuo HARATA、Maki IZAWA、Atsushi IWAWAKI、Ruri ASAMI、Hideki SAKA、Akihiko HASEGAWA and Yasuhiko OKUMURA、Protection Against Radiation During Use of Handheld Portable X-ray Units、J Meikai Dent Med、査読有、47 巻、2016、55-69

大高祐聖、坂 英樹、井澤真希、鈴木達也、齋藤嘉大、奥村泰彦、携帯型 X 線撮影装置の防護について、Forensic Dental Science、査読有、8 巻 1 号、2016、11-13

〔学会発表〕(計 13 件)

大高祐聖、原田康雄、井澤真希、浅見瑠璃、坂 英樹、奥村泰彦、携帯型口内法 X 線装置による手指被曝と後方散乱線除去用シールドの効果、日本歯科放射線学会第 58 回学術大会、2017 年 6 月 2-4 日、かごしま県民交流センター

大高祐聖、原田康雄、井澤真希、浅見瑠璃、坂 英樹、奥村泰彦、携帯型 X 線発生装置におけるファントムの大きさと空間線量（散乱線量）について、日本歯科放射線学会第 57 回学術大会、2016 年 6 月 18-19 日、大阪国際会議場

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大高 祐聖 (OTAKA, Yusei)

明海大学・歯学部・助教

研究者番号：60711067

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()