

(総合研究報告書)

21 分指-5-④ がん放射線診断における患者被ばくの実態調査と放射線誘発がんのリスク推定に関する研究

遠藤 啓吾 京都医療科学大学

研究の分類・属性

外科系その他

研究の概要

日本のCT装置数は1万台を超え、国内でCT診断を必要とする患者は容易にその恩恵を受けることができる一方、CT検査によって患者の放射線被ばくも増加している。わが国のCT件数は年間、約2千5百万件と推定される。CTによる国民の被ばく線量はほぼ2ミリシーベルトに達する。CTによる医療被ばくの増加はわが国だけの現象ではなく、世界的な傾向であり、どのようにしてCTによる放射線被ばくを減少させるか、企業、医療従事者に課せられた緊急の課題である。

本研究において各施設への得られたデータのフィードバックの効果により、患者の放射線被ばく線量の低下につながったと推測された。また、撮影部位毎にCT撮影の診断参考レベルを確定したが、これは日本全国においておおむね適応可能なものと考えられる。

小児におけるCTによる発がんリスク研究においてはこれまでに悪性疾患（白血病）患者の保護者に対し面接調査を終了したが、CT検査歴があった者の割合は、対照群との間に統計学的有意差はみられない。放射線影響について理解を有すると思われる養護教諭と保健師が51,600人、その子どもが108,300人で、このうちCT診断を受けた経験のある子どもが17,500人と推定され、11,800人が本研究調査の協力可能な対象と期待された。しかし悪性疾患発生頻度からこれらの小児を12年間に渡って追跡したとしても、発がんが増加するか否かを検証することは困難である。

研究経費

年度	
平成21年度	11,750千円
平成22年度	11,660千円
平成23年度	8,050千円

研究班の組織

遠藤 啓吾	京都医療科学大学 学長	研究総括、CTによる放射線被ばく の推定、リスク・ベネフィット 評価
馬屋原 博	国立がん研究センター中央病院 医師	Image-Guided Radiation Ther- apy (IGRT)時の追加被曝の評 価と放射線誘発がんリスク推 定に関する研究
石口 恒男	愛知医科大学医学部放射線医学講座 教授	CT被曝の自動記録によるリス ク解析

甲斐 倫明	大分県立看護科学大学 教授	診療放射線被ばくに伴う放射線誘発がんのリスク評価
秋葉 澄伯	鹿児島大学大学院医歯学総合研究科 教授	CT等による医療被ばくの疫学的研究
赤羽 恵一	放射線医学総合研究所 室長	医療被ばくの実態調査及び線量評価
対馬 義人*	群馬大学医学部放射線 教授	群馬県内における医療被ばくの実態調査

※平成 23 年 4 月研究開始

研究の目的と到達目標及び実績要点

全期間

(目的と到達目標)

日本の CT 装置数は 1 万台を超え、世界の엑스線 CT 台数の約 1/3 が国内で稼働している。国内で CT 診断を必要とする患者は容易にその恩恵を受けることができる一方、CT 検査によって患者の放射線被ばくも増加している。このような医療被ばくの増加は世界的な傾向で、2000 年に原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR) は、医療水準が良好な 27 カ国において全 X 線検査数の 6% を占めるにすぎない CT 検査が、被ばく線量として 41% を占めると報告した。

我が国の医療放射線の利用、それによる医療被ばくは、他国と比べて大きいことが以前から指摘されてきた。CT 装置数は突出して多く、実際、OECD がまとめた人口 100 万人あたり装置数の 30 カ国比較データでも、そのことが明瞭に示されている。しかし、諸外国に比べると我が国では放射線診断による発がんのリスク評価を目指した総合的な調査研究はあまりなされておらず、その実施が望まれてきた。本研究では、CT を中心とした放射線医療の実態調査及び測定データのみならず、合理的・効率的に新規データ及びデータを得るための方法論的検討も含め、放射線診療の頻度と患者の線量評価を行う。

放射線感受性が高いとされる小児の放射線被ばくによる健康影響が懸念されており、海外では、CT 被ばくの小児健康影響を検討するための大人数コホート研究が開始または計画されている。一方、我が国では、CT 検査数が世界中で最も多いものの、小児の CT 検査による放射線被ばくの健康影響を検討した疫学調査は報告されていない。

CT 撮影を中心とした医療被ばくの健康リスクを評価するには、CT 撮影の実態を把握し、そのリスクとその不確かさを評価する。そのために、小児コホート研究により CT 診断の健康影響を把握するためのコホートの確立を目指した基礎的な調査を行う共に、小児期に現れるがんの発症する確率を推定し放射線の寄与を評価する。

小児白血病患者 (研究期間内に 50-100 例) を対象とした面接調査を行い、発症前に受けた CT 検査による放射線被ばくや他の医療被ばくの情報を入手するとともに、一般の児童 (50-100 例) から同様の情報を入手し、比較する。面接の調査項目は、出生時・妊娠中および乳児期の状況、両親の化学物質等への曝露状況、駆虫剤などへの曝露、放射線被ばく歴、居住環境などである。最終的には得られたデータを用いて、ロジスティック解析を行い、共変数の影響を補正しながら、症例・対照研究のアプローチにより小児がんリスクと医療被ばくの頻度の関連を検討する。

CT のみならず放射線診療にともなった放射線被ばくの実態、およびそれに伴ったがん発生、健康リスクに関する研究の実績が望まれてきた。そこで CT を代表とするわが国の医療被ばくの実態を調査し、それによる健康リスクを求めるとともに国民の医療被ばくを減少させる方策、CT による放射線量の診断参考レベルを提言することを、本研究の目的とする。

福島原発事故により大量の放射性物質が放出された。主にヨウ素 131 (半減期 8 日) とセシウム 134 (半減期 2 年)、セシウム 137 (半減期 30 年) である。これらの放射性物質による国民の健康不安、放射線不安は極めて大きい。本研

究班員は放射線の影響、放射線防護の専門家であり、公表されたデータに基づいて、放射線影響の現状とリスク評価、いかに放射線リスクを国民に伝えるか、リスクコミュニケーションの方法を考えた。

全期間（研究終了時）

（到達目標と実績要点）

- ① 毎年行なっている CT による被ばく線量実態調査。
群馬県内で行われている 6 月あるいは 7 月に行われた全ての CT 検査について、患者性別・年齢、撮影部位・範囲・条件、使用装置等について調査し、患者放射線被ばく線量を推算した。その結果を毎年群馬県内における研究会開催時あるいは直接医療機関へデータを返送することによってフィードバックした。
- ② CT 検査による患者放射線被ばく線量の最適化。
毎年行っている調査（上記①）の結果、極端な過剰線量あるいは過少線量となる施設はほぼなくなっている。また、最終調査の結果から CT の診断参考レベルを設定した。この値は、群馬県内医療機関のデータから得られたものだが、群馬県の医療レベルは全国でも平均的なものと考えられるので、日本全国においておおむね適応可能なものと推察される。
- ③ 各種放射線診療の頻度等の実態把握と、患者の線量、特に小児患者の被ばく線量評価。0 歳、1 歳乳幼児頭部 CT 検査における脳および水晶体の吸収線量のファントムによる測定・評価。
0 歳、1 歳乳幼児頭部 CT 検査における脳および水晶体の吸収線量は 16-36mGy で、胸部および腹部 CT 検査時におけるスキャン領域内臓器の吸収線量は 2-11mGy であった。CT 装置および撮影条件の違いにより、施設間で線量は 2-5 倍程度異なっていた。また、コンソール上に表示される CTDI は、直径 16cm アクリルファントムと CT 用電離箱線量計を用いて測定した CTDI と 5%以内で一致していた。また、CTDI はスキャン領域内臓器の吸収線量と 30%以内で一致していたことから、表示 CTDI の値から乳幼児に対する臓器吸収線量を十分な確かさで推定できる可能性を示した。
- ④ CT 検査における診断参考レベルの設定。
上記①に基づいて撮影部位毎に CT 撮影の診断参考レベルを設けた。群馬県内から得られたデータであるが、全国の病院で使用可能である。
- ⑤ CT 装置から被ばく線量の指標値を自動的にデータベース化。
CT 装置側で DICOM の private tag に記録される被ばく関連データを、modality performed procedure step: MPPS を介して放射線部門システムに出力し、部門システムの統計アプリケーションを利用して自動的にデータベースを作成した。
- ⑥ DICOM データのなかで被ばく関連の情報を同定し、出力。DICOM データから、CTDI (CT dose index) と DLP (Dose-length product)、年齢、性別などをデータベースに出力し、実効線量を推定。
MPPS に対応可能な 3 台 (2 メーカー) の CT 装置から、各検査毎に CT dose index (CTDI)、Dose-length product (DLP)、総照射時間、総 mAs などのデータを部門システムに自動出力可能であった。出力したデータは、統計処理ソフトで解析、処理を行った。本法によって大きな集団の線量評価、解析が容易となった。
- ⑦ 小児白血病患者と対照群における CT 検査履歴の比較検討。
悪性疾患患者 (ALL: 35 名、AML: 12 名、他: 27 名) および、1 歳以上の対照児 (対照 1: 60 名) の保護者および一部の患者の兄弟 (悪性疾患罹患歴なし) 21 名 (対照 2) についても面接調査を行った。CT 検査歴があった者の割合は ALL 8.6%、AML 17%、その他 11%、対照群 6.2% (対照 1: 8%、対照 2: 0%) であり、統計学的有意差はみられなかった ($P=0.604$)。また、単純 X 線検査歴があった者の割合は ALL 40%、AML 58%、その他 52%、対照群 30%と、悪性疾患患児において検査経験のある者の割合が高い傾向を認めたものの、統計学的に有意な差ではなかった ($P=0.089$)。従って、本調査結果では、医療放射線被ばくによる白血病リスクの増加は認められなかった。
- ⑧ 我が国で小児コホート研究により CT 診断の健康影響を把握するためのコホート調査の意義の検討。特に診断を正しく理解できる医療関係者の母親を調査対象とする場合のコホート調査の可能性の検討と小児期被ばくによって小児

期に現れるがんの発症確率の推定。

調査対象は診断を正しく理解できる医療関係者の母親が最も適切であると考えた場合、子どもをもつ養護教諭と保健師が 51,600 人、その子どもが 108,300 人で、このうち、CT 診断を受けた経験のある子どもが 17,500 人と推定され、11,800 人が多くても調査の協力可能な対象と期待された。これらの小児を 12 年間に渡って追跡したとしても、現行のリスク推定値が真のリスクよりも過大である、あるいは正しいとしてもこれを検証することは困難であることが明らかとなった。調査結果が positive であっても negative であっても意味のある疫学デザインを考えるためには、感受性の高い個人を特定する染色体異常や SNP などの分子細胞レベルの変化とリンクした分子疫学的方法が検討されるべきである。

⑨ 放射線治療により照射部範囲外放射線被ばく。

がんの放射線治療の際には目的とする照射部範囲外にも放射線被ばくが少量生じるので、光子線・中性子線散乱を測定することにより、ファントムと臨床例における散乱線の違いを比較した。ファントムにおいて 1 回線量に相当する 2Gy の前立腺局所照射では胸腺や甲状腺、眼球に相当する部位の被ばく線量は 1mGy で、全骨盤 IMRT では胸腺において 6mGy、甲状腺 3mGy、眼球 2mGy など被ばく線量が高い傾向がみられた。大照射野の IMRT では、小照射野の場合と比較して照射野外の散乱線量は数倍以上に増加した。ファントムでの結果は、臨床例での散乱線を測定した結果とはほぼ一致した。

⑩ 福島原発事故による健康影響。

住民の外部被ばく線量は 99.3%がこれまでの累積線量が 10 ミリシーベルト以下で、最大 23 ミリシーベルトと報告されている。内部被ばく線量も甲状腺量が 50 ミリシーベルト以下。食事からの内部被ばくも 0.14mSv 以下であった。医療被ばくによる線量よりも少ないこと、これまで 100 ミリシーベルト以下の線量による発がん増加は認められていないことから、住民の発がん増加の可能性は極めて低い。しかしこのリスクをどう伝えるか、リスクコミュニケーションが課題とされる。

研究方法

1) CT などによる医療被ばくについて

群馬県内の CT 装置を設置している全ての医療機関（診療所を含む）に調査用紙を配布し、6 月（H23 年度は震災の影響で 7 月とした）中に群馬県内で実施された全ての CT 検査について、患者性別・年齢、撮影部位・範囲・条件、使用装置等についてのデータ提供を求め、これより患者放射線被ばく線量（CTDI および DLP）を推算した。その結果は毎年研究会開催あるいは直接医療機関へデータを返送することによってフィードバックした。最終年には、調査結果より診断参考レベルを確定する。この結果を参考にして、CT による被ばく線量の参考値を求め、それぞれの施設における線量が適切かどうか、検討する。

これまでに得られた各種放射線診療の実態調査データの総合的及び詳細な解析と、実態把握の効率化等の方法論的検討を継続して行う。特に、公的データ及び種々の調査報告データの総合的な解析方法を検討する。

CT 被ばくの自動記録によるリスク解析の研究を以下の方法で行う。

1. CT 撮影時に装置側で DICOM の private tag に記録される被ばく関連データを、実施確認（Modality Performed Procedure Step: MPPS）を介して放射線部門システムに出力し、部門システムの統計アプリケーションを利用してデータベースを作成する。
2. DICOM データから、CTDI と DLP、年齢、性別などをデータベースに出力し、実効線量を求める。
3. 100 例単位の症例において、集団としての実効線量、および発がんのリスクを評価する。

小児の体型を模擬した 1 歳児ファントム及び 0 歳児ファントムと、ガラス線量計素子等を用いて、2 箇所の小児医療施設で日常的に使用されている撮影条件（主に X 線 CT 検査）で線量測定を行い、各組織・臓器の吸収線量を評価する。また、同質のファントムを用いた線量測定及び計算によって、測定値の精度を高める。さらに、線量の不確かさに関する検討を加え、体型・体格・照射条件等が異なる場合における患者の被ばく線量の適切な評価方法、特に CTDI との関係について検討する。

放射線治療の際に生じる照射範囲外への余分な放射線被ばくに関し、ペースメーカを使用している前立腺癌患者に対する前立腺局所に対する IMRT 施行に際して、ファントムと臨床における光子散乱線・中性子散乱線の測定結果を比較した。ランドファントムの 3 箇所（前立腺、ペースメーカ位置、脳（最も照射領域から離れているところ））にガラス線量計・フィルムバッジを設置し、被ばく線量を評価した。臨床例においてはペースメーカ表面の被ばく線量を測定した。

2) 小児における CT などの医療放射線による発がんリスク評価

小児白血病の患者と一般の児童に面接調査を行い、小児白血病患者から発症前に受けた CT 検査による放射線被ばくや他の医療被ばくの情報を入手するとともに、一般の児童または兄弟（対照）からも同様の情報を入手する。得られたデータを用いて、ロジスティック解析を行い、共変数の影響を補正しながら、症例・対照研究のアプローチにより小児がんリスクと医療被ばくの頻度の関連を検討する。

小児期に現れるがんの発症に関する文献をレビューすることで、発がんのリスク要因を整理し、その定量的なデータを整理する。さらに、発がんの推定には、発がんモデルなどの方法も取り入れ、疫学的な情報と共に、小児期に現れるがんの発症する確率を推定する。一方、種々のリスク要因の不確かさを取り扱う方法について検討し、医療放射線被ばくの寄与リスクを推定する。

3) 福島原発事故による健康影響

公表されている福島県住民の外部被ばく線量（推定値および実測値）に基づいて、広島・長崎の原発被爆者、インドケララ州の高放射能地域に住む住民（文献 23）および医療被ばく実態調査のデータを比較しながら、低線量放射能の発がん増加に及ぼす影響を検討した。なお原爆による放射線は一過性のもので、福島原発事故およびインドケララ州の住民は低線量の慢性的な影響である。

研究成果と考察

第3年次評価時点

全期間（第3年次評価時点）

1) CT などによる医療被ばくについて

各撮影部位の放射線被ばく線量は、施設あるいは CT 装置によって非常に幅広く分布していたが、平成 23 年度調査においてはその範囲はやや狭まり、極端な過剰線量あるいは過少線量となる施設はほぼなくなっている。これまで得られたデータのフィードバックの効果により、患者の放射線被ばく線量の低下につながったと推測された（図 1）。また、撮影部位毎に CT 撮影の診断参考レベルを確定した（図 2）。この値は、群馬県内医療機関のデータから得られたものだが、群馬県の医療レベルは全国でも平均的なものと考えられるので、日本全国においておおむね適応可能なものと推察される。

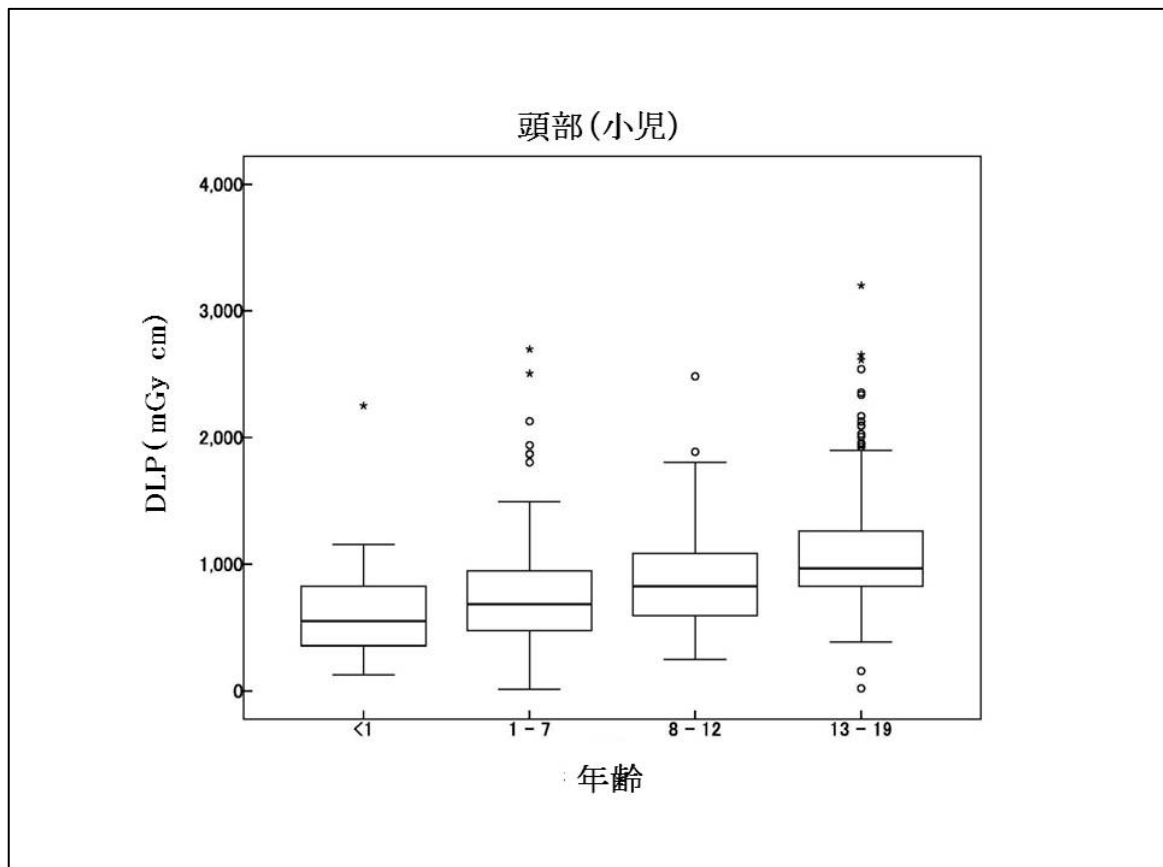


図 1. 群馬内医療施設における年齢別小児頭部 CT 撮影線量

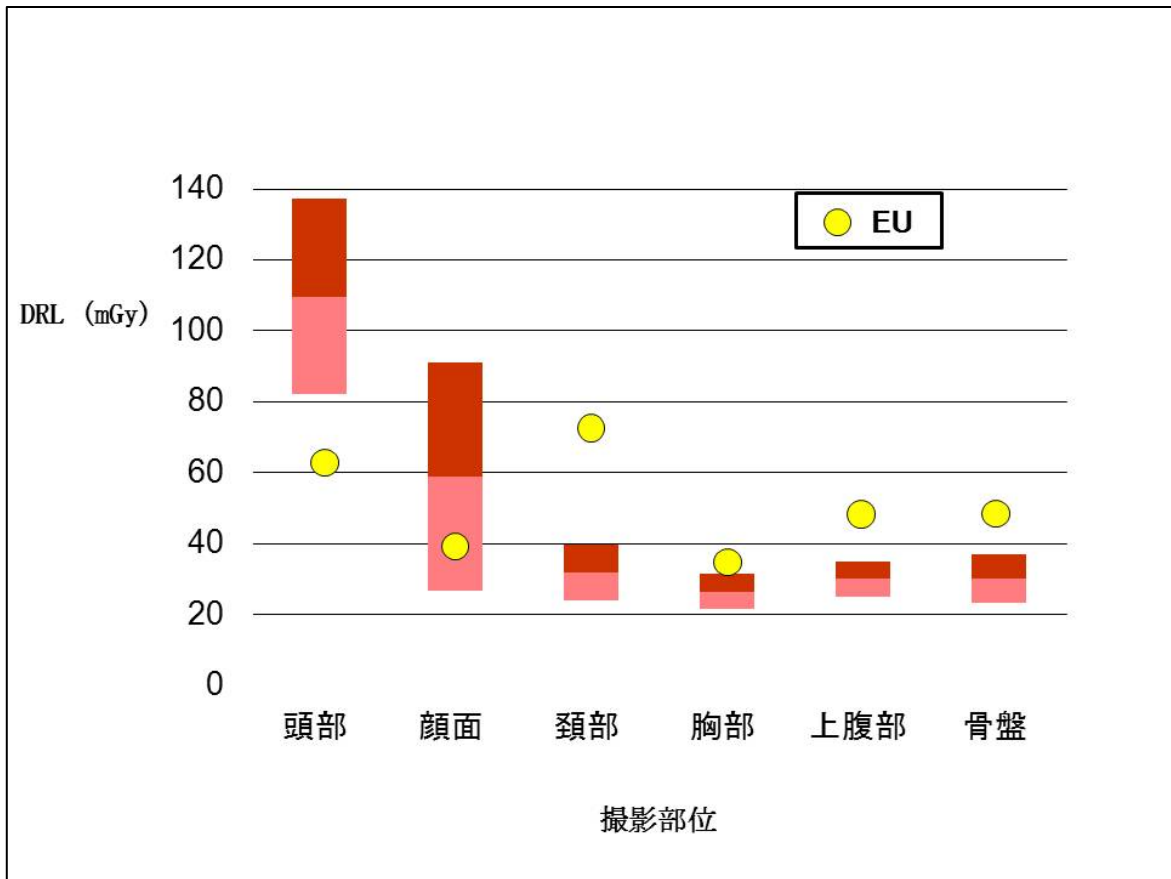


図2. 小児頭部CT検査における年齢別診断参考レベル。EUヨーロッパにおける参考値

群馬県で毎年実施したCTの実態調査、各種公的資料から得られたわが国のCT件数は年間、約2千5百万件と推定される。この数字はこれまでの推定値よりやや少ない件数である。といっても、CTによる国民の被ばく線量はほぼ2ミリシーベルトに達する。これはわが国だけの現象ではなく、世界的な傾向であり、どのようにしてCTによる放射線被ばくを減少させるか、企業、医療従事者に課せられた緊急の課題である。

0歳、1歳乳幼児頭部CT検査における脳および水晶体の吸収線量は16-36mGyで、胸部および腹部CT検査時におけるスキャン領域内臓器の吸収線量は2-11mGyであった。CT装置および撮影条件の違いにより、施設間で線量は2-5倍程度異なっていた。また、コンソール上に表示されるCTDIは、直径16cmアクリルファントムとCT用電離箱線量計を用いて測定したCTDIと5%以内で一致していた。また、CTDIはスキャン領域内臓器の吸収線量と30%以内で一致していたことから、表示CTDIの値から乳幼児に対する臓器吸収線量を十分な確かさで推定できる可能性を示した。

CT撮影時に装置側でDICOMのprivate tagに記録される被ばく関連データを、実施確認 (Modality Performed Procedure Step: MPPS) を介して放射線部門システムに出力し、部門システムの統計アプリケーションを利用してデータベースの作成を計画した。

分担研究者の勤務する施設において、実際に院内で稼働している4台のCT装置のうち、MPPSに対応可能な3台(2メーカー)のCTから、各検査毎に、CT dose index (CTDI)、Dose-length product (DLP)、総照射時間、総mAsなどのデータを部門システムに自動出力を行うように設定中である。

被ばくデータを自動的にリアルタイムで記録することにより、大きな集団の線量評価、解析が可能となり、今後、撮影条件の設定、被ばくリスクの推定などに応用可能である。

がんの放射線治療において、ファントムを用いた測定では、6MV-X線において、3DCRT, Fixed-port IMRT, VMATのそれぞれの照射技術におけるペースメーカ部位における光子線被ばく線量は72Gyを照射した場合の線量に換算した場合、それぞれ2.9, 4.9, 4.7cGyであった。また、15MV-X線における光子線被ばく線量はそれぞれ1.5, 2.9, 2.3cGyであった。実際の臨床例においては光子線被ばく線量と線量分布を勘案し、他の症例で通常用いられている15MV-X線, VMATを用いた照射が選択された。臨床例におけるペースメーカ部位の光子線被ばく線量は総線量72Gy換算として2.28cGyであり、

ランドファントムを用いた測定結果とほぼ一致していた。今後、中性子線被ばく線量の評価を加え、散乱線低減に向けた手法に関する考察を行う予定である。これら散乱線量を予測するコンピュータによるシミュレーションを構築中であるが、計算結果と実測結果との間にまだ大きな差異が認められるため、まだ使用不可能である。複数のモデルを比較検討し、大きな差異がみられる原因を究明中である。

2) 医療放射線による発がんリスク評価

小児におけるCTによる発がんリスク研究においてはこれまでに悪性疾患患者（ALL: 31名、AML:12名、他:26名）および、1歳以上の対照児(60名)の保護者に対し面接調査を終了している。CT検査歴があった者の割合はALL10%、AML17%、その他12%、対照群7%であり、統計学的有意差はみられない。また、単純X線検査歴があった者の割合はALL45%、AML58%、その他54%、対照群31%と、悪性疾患患児において検査経験のある者の割合が高い傾向を認めたものの、統計学的に有意な差ではない (P=0.08)。

大規模な小児コホート研究において、これまでに悪性疾患患者（ALL: 31名、AML:12名、他:26名）および、1歳以上の対照児（60名）の保護者に対し面接調査を終了している。CT検査歴があった者の割合はALL10%、AML17%、その他12%、対照群7%であり、統計学的有意差はみられない。また、単純X線検査歴があった者の割合はALL45%、AML58%、その他54%、対照群31%と、悪性疾患患児において検査経験のある者の割合が高い傾向を認めたものの、統計学的に有意な差ではない (P=0.08)。

調査対象は診断を正しく理解できる医療関係者の母親が最も適切であると考えた場合、子どもをもつ養護教諭と保健師が51,600人、その子どもが108,300人で、このうちCT診断を受けた経験のある子どもが17,500人と推定され、11,800人が多くても調査の協力可能な対象と期待された。これらの小児を12年間に渡って追跡したとしても、現行のリスク推定値が真のリスクよりも過大である、あるいは正しいとしてもこれを検証することは困難であることを明らかにした。

3) 福島原発事故による健康影響

公表されたデータによると（図3）、住民の被ばく線量は年間10ミリシーベルト以下が99%以上を占め、食品による内部被ばくも無視できるほどの低線量である。広島・長崎の原発被爆者のデータでは、100ミリシーベルト以下の線量での発がん増加はほかのリスクに比べて小さく証明されていない。しかも福島原発事故における被ばくは、放射線の慢性被ばくなので、1回照射によるよりも放射線による健康影響はさらに少ない。これまでの放射線による健康影響は、インドケララ州における疫学調査（文献23）、動物実験からは、発がん増加などの影響は無いものと考えられる。しかし、リスクゼロを求める国民性から、国民の放射能に対する不安は強く、国民はリスクゼロを求める。放射線によるリスクをいかに伝えるか、わが国でもリスクコミュニケーションの研究が急がれる。

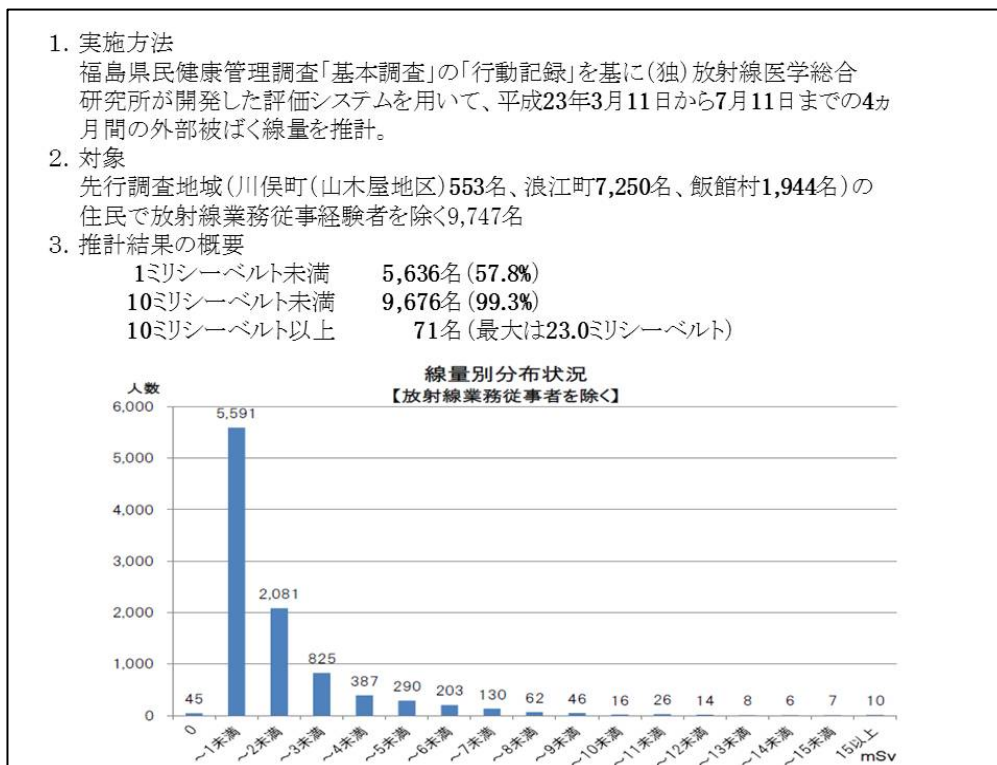


図3. 行動記録を基に推計した住民の外部被ばく線量（平成24年2月20日福島県発表資料）

倫理面への配慮

秋葉による小児白血病の患者調査に関する研究計画は、鹿児島大学大学院医歯学総合研究科の倫理審査を受け、承認されている。症例の保護者への面接は、個室で行い、プライバシーに配慮する。

馬屋原による本研究は臨床実地で散乱線の測定のみを行ったものであり、線量計の衣服への貼り付けという治療への介入を伴わないものであった。本研究施行にあたり、当該患者に対して口頭による十分な説明と、文書による同意取得を行った。

本研究に関連する、本研究期間中の主な発表論文等

2011年:

1. Watanabe N, Endo K ;Estimation of risk for the general public contaminated with radioiodine in nuclear accidents from the view point of nuclear medicine physician. Radiation Protection Dosimetry. 147(4):489-90, 2011.
2. 大野和子、遠藤啓吾 :核医学検査における被曝とその考え方. 日本胸部臨床、71 : 132-141. 2012.
3. 遠藤啓吾 : 福島原発事故における内部被ばくと健康影響・医学のあゆみ. Vol. 239, No10, 959-964, 2011.
4. 遠藤啓吾 :放射線科医として言及する《原発事故》,科学的根拠に基づいた専門家としての対応を・新医療. 38, 136-141, 2011.
5. Fukushima Y, Tsushima Y, Hiroyuki T, Taketomi-Takahashi A, Otake H, Endo K. Diagnostic Reference Level of Computed Tomography (CT) in Japan. Radiat Prot Dosimetry. Epub Dec 5, 2011.
6. 武井宏行、大竹英則、対馬義人、遠藤啓吾 :群馬県のCT撮影における診断参考レベル・日本放射線技師会誌. 59:50-55, 2012.
7. Ono K, Ban N, Ojima M, Yoshinaga S, Akahane K, Fujii K, Toyota M, Hamada F, Koriyama C, Akiba S, Kunugita N, Shimada Y, Kai M. Nationwide survey on pediatric CT among children of public health and school nurses to examine a possibility for a follow-up study on radiation effects. Radiation Protection Dosimetry. 146:260-262, 2011.
8. Hashimoto K, Narita Y, Miyakita Y, Ohno M, Sumi M, Mayahara H, Kayama T, Shibui S. Comparison of clinical outcomes of surgery followed by local brain radiotherapy and surgery followed by whole brain radiotherapy in patients with single brain metastasis: single-center retrospective analysis. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 81(4):475-80, 2011.
9. Ono K, Yoshitake T, Hasegawa T, Ban N, Kai M. Estimation of the number of CT procedures based on a nationwide survey in Japan. Health Phys. 100(5):491-496, 2011.
10. Ono K, Ban N, Ojima M, Yoshinaga S, Akahane K, Fujii K, Toyota M, Hamada F, Kouriyama C, Akiba S, Kunugita N, Shimada Y, Kai M. Nationwide survey on pediatric CT among children of public health and school nurses to examine a possibility for follow-up study on radiation effects. Radiat Prot Dosimetry. 146(1-3): 260-262, 2011.

11. Takahashi F, Endo A, Sato K, Hasegawa T, Katsumuma Y, Ono K, Yoshitake T, Ban N, Kai M. Analysis of Organ Doses from Computed Tomography (CT) Examination by the Radiation Transport Calculation to Develop the Dosimetry System, WAZA-ARI, Prog in Nucle Sci Technol. 1, 517-520, 2011.
12. Fujii K, Akahane K, Miyazaki O, Horiuchi T, Shimada A, and Kawasaki T. Evaluation of organ doses in CT examinations with an infant anthropomorphic phantom. Radiat Prot Dosimetry. 147:151-155, 2011.

2010年:

13. Watanabe S, Hanaoka H, Liang JX, Iida Y, Endo K, Ishioka SN. PET imaging of norepinephrine transporter (NET)-expressing tumors using ⁷⁶Br-meta-bromobenzylguanidine (⁷⁶Br-MBBG). J Nucl Med. 51:1472-1479, 2010.
14. Tsushima Y, Taketomi-Takahashi A, Takei H, Otake H, Endo K. Radiation exposure from CT examinations in Japan. BMC Med Imaging. 10:24, 2010.
15. 石口恒男: CTの被曝・「CTの変遷と将来への期待」-CTの最新技術と課題. クリニシアン. 57, 539号1065-1070, 2010.
16. Bernardi G, Bor D, Ishiguchi T, Krisanachinda A, Wangsuphachart W, kumkrua C, Kumar P, Ng KH, Nizam MS, Ohno K, Malchair F, Padovani R, Rehani MM, Rothenberg LN, Wagner LK: Patient dose optimization in fluoroscopically guided interventional procedures. Final report of a coordinated research project. IAEA-TECDOC-1641, IAEA (International Atomic Energy Agency), Vienna, 2010.
17. Itami J, Sumi M, Beppu Y, Chuman H, Kawai A, Murakami N, Morota M, Mayahara H, Yoshimura R, Ito Y, Kagami Y. High-dose rate brachytherapy alone in postoperative soft tissue sarcomas with close or positive margins. Brachytherapy. 9:349-53, 2010.
18. Yoshimura R, Kagami Y, Ito Y, Asai M, Mayahara H, Sumi M, Itami J. Outcomes in patients with early-stage hypopharyngeal cancer treated with radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 77 : 1017-23, 2010.
19. 藤井啓輔、赤羽恵一、福田理恵子、宮寄 治、堀内哲也、嶋田彩乃、永松洋志、川崎稔生. 乳幼児 CT 検査における被ばく線量の評価. Japanese Journal of Medical Physics. Vol. 30、Supplement No. 5、253-254, 2010.

2009年:

20. Tsushima Y, Takahashi-Taketomi A, Endo K. Magnetic resonance (MR) differential diagnosis of breast tumors using apparent diffusion coefficient (ADC) on 1.5-T. J Magn Reson Imaging. 30(2):249-55, 2009.
21. Fujii K, Aoyama T, Kawaura C, Koyama S, Yamauchi M, Ko S, Akahane K, Nishizawa K. Radiation dose evaluation in 64-slice CT examinations with adult and paediatric anthropomorphic phantoms, Br. J. Radiol. 82, 1010-1018, 2009.
22. 石口恒男: 放射線診断医が知っておくべき放射線被ばくの基礎知識・一般撮影. 臨床画. 25(8):914-920, 2009.
23. Nair RR, Rajan B, Akiba S, Jayalekshmi P, Nair MK, Gangadharan P, Koga T, Morishima H, Nakamura S, Sugahara T. Background radiation and cancer incidence in kerala, India-karanagappally cohort study. Health Phys. 96(1):55-66, 2009.

(学会発表)

(書籍)

2011年:

24. 遠藤啓吾：放射線と内分泌 中尾一和 編・最新臨床内分泌. 診断と治療社. 2012 印刷中
25. 石口恒男：CTの被曝 村田喜代史 編・胸部のCT 第3版. 38-50、メディカル・サイエンス・インターナショナル. 2011

2009年：

26. 遠藤啓吾、大竹英則、高橋康幸：臨床核医学PET 検査技術学・文光堂. 東京. 2009.