

CT 検査の被ばく低減技術

富澤 信夫, 大友 邦
Tomizawa Nobuo Ohtomo Kuni

1. はじめに

近年の放射線診療技術の進化はめざましく、医療現場では病気の診断や治療方針の決定において画像診断が重要な位置を占めるに至った。日本国内の CT 装置はほぼ 1 万人に 1 台程度存在するまで広く普及し、人口当たりの普及率は世界一である。その一方で、CT 検査は被ばくを伴う検査であり、他国と比較して医療被ばくが多いのではないかと指摘されることもある。そこで、CT 検査の概要や利用の現状、さらに最新の被ばく低減技術に関して紹介したい。

2. CT の原理

ここでは CT の撮像から画像ができるまでを簡単に解説する。CT 装置はドーナツ型の形状をしており、この“ドーナツ”の部分に管球と検出器が対をなして設置されている（図 1）。この対になった管球と検出器が患者の周囲を回転しながら管球から X 線が照射され、患者を通過した X 線を検出器で記録する仕組みとなっている。ここで記録されたデータは簡単に言えばレントゲン写真のような投影像であり、体を輪切りにした断層像ではない。この投影像から断層像を作り出すためにはコンピュータによる計算が必要であり、その過程を“再構成”すると表現している。

3. 利用の現状

日本における CT 装置の台数は年々増加傾向にあり、装置数の増加と共に検査数も増加し

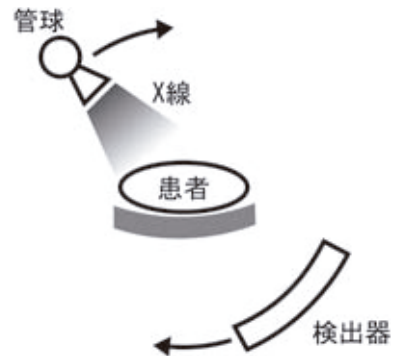


図 1 CT の原理を簡単に示した図

管球と検出器が対をなして患者の周囲を回転しながら中央の患者に向けて管球から X 線が照射される。照射された X 線は患者を通過した後に検出器へと向かい、検出器で記録される仕組みとなっている

た。西澤氏らの推定によると、1979 年では年間 145 万件であった CT 検査数は 2000 年には 3,655 万件に増加した。

CT 撮影の対象となるのは全身の臓器であり、様々な用途で施行される。アメリカの調査では、大人の CT 検査のうち、単独部位としては頭部が 3 割と最も多い。日本では 15 歳未満の小児ではおよそ 80% が頭部の検査であり、外傷精査が主な目的である。15 歳以上でも頭部が 40% と最も多く、続いて腹部が 15%、胸部が 14% と続く（放医研 2000 年実態調査データ）。

4. CT による被ばく

ここでは、CT 検査に伴う被ばくに関して述

べる。被ばく量の指標は多岐にわたるが、実効線量で表現すると、おおよそ5~30 mSv 程度である¹⁾。このように幅があるのは、被ばく量が撮像部位や撮像法によって異なるためである。胸部レントゲンが0.06 mSv であり、CT 検査はレントゲン検査と比較するとおおよそ100 倍の被ばく量となる。

被ばくの影響で心配されるのが発がんであろう。被ばく量と発がんの関係は広島原爆被爆者³⁾ や核関連施設⁴⁾ の疫学研究に基づいて推定されている。これらの研究では100 mSv 以上の線量で発がんの危険性は線量に比例して増加することが示唆されている。放射線防護の観点からは100 mSv 以下の被ばく量でも線量に比例して発がん率が増えるという説があるが、この説に確固たる論拠はなく、CT 検査の発がんに対する影響については今後の疫学研究が待たれる。

それでは、CT 検査の適応はどのように考えたらよいのだろうか。被ばくを心配するあまり、必要なCT 検査を躊躇するということは患者にとって不利益となり、避けなければならない。したがって、毎回の検査でリスクを上回る利益が確保されるようにCT 検査の適応を判断すべきと考えられる。また、臨床的に有用な情報を得られる範囲で必要最低限の被ばく量にとどめることが重要である。このことを“as low as reasonably achievable (ALARA)”の法則と呼んでいる。

5. 最近の潮流

ALARA の法則を実践すべく、被ばく低減のための技術革新が日々行われている。そこで、最近臨床応用されている“逐次近似法”に関して述べたい。

そもそも、“逐次的”とはどのような意味か。逐次的とは、繰り返し推測をしていく手法であり、前の推測に基づいて次の推測を行っていくことにより答えに近付いていくという手法である。具体例として、目の前の人の年齢を当てる

ゲームをするとしよう。回答者が年齢を言うとき目の前の人は高いか低いかを答えてくれ、正解となった時点で終了とする。目の前の人の年齢が70 歳であるとし、回答者は0~100 歳の間にあることは知っていることとしよう。回答者が最初の推測として50 歳と答えると、目の前の人にこれは低いと言われる。2 回目の推測では75 歳と答えてみるが、これは高いと言われる。3 回目では63 歳、4 回目が69 歳、5 回目が72 歳、6 回目が70 歳とここで正解にたどり着くのである。

CT の原理でも記したように、再構成の過程では様々な計算がなされている。従来はフィルター補正逆投影 (filtered back projection (FBP)) 法を使用していた。この方法は計算量が比較的小ないため、撮像してから短時間で断層像を作り出すことができる一方で、雑音の多い画像となってしまう弱点がある。雑音が多い画像では物体の輪郭が雑音に埋もれて見えづらくなるため、診断が困難になる恐れがある。雑音を少なくするためには線量を上げる必要があり、これは被ばく量増加につながってしまう。

そこで、最近の装置に導入されたのが逐次近似の原理を利用した再構成法である (iterative reconstruction (IR))。IR 法では、一般的に補正する演算が再構成の過程に組み込まれており、反復画像再構成を繰り返すことで段階的に画像を改善していく。この方法で再構成された画像は雑音が少なくなるという利点がある一方で、再構成に時間を要することが短所である。近年のコンピュータ技術の進歩により、CT 画像の再構成にも適用できるようになった。IR 法を使用すれば、FBP 法と比較して雑音が少なくなるため、より少ない線量で撮影しても画質の劣化を防ぐことができ、被ばく低減効果が期待されている。

逐次近似法を用いた被ばく低減の技術は臓器を問わず、あらゆるCT 検査に応用できるという利点がある。被ばく量が特に多いとされてきた冠動脈CT において当院での例を紹介しよ



図2 スtent留置後に胸痛を認め、冠動脈の精査となった69歳女性のCT画像
320列CTでIR法を用いた再構成での3次元画像
(左)と右冠動脈(右)

う。冠動脈にステント（血管等を広げる医療機器）を留置した既往のある69歳女性が、胸痛精査のため冠動脈CTを行った。320列CTでIR法を用いて再構成した画像を示す（図2）。この検査での推定被ばく量は1.9 mSvであったが、冠動脈は良好に描出されており、ステントの内腔に狭窄がないことも鮮明に分かる。この患者は3年前にも64列CTでFBP法による再構成で冠動脈CTを施行している。このときの推定被ばく量は20.9 mSvと今回検査の約10倍である。被ばく低減できる割合は患者の心拍数や体格にも依存するため、必ずしも前述のように低減できるわけではないが、FBP法と比較

してIR法を利用することで、冠動脈CTでは画質が劣化することなく約3~5割程度の被ばく量を低減できるとされている⁵⁾。このような低線量撮像は、ほかにも小児の被ばく低減に役立つことが期待されている。

6. おわりに

本稿ではCT検査の原理から被ばく、更に最新の被ばく低減技術を紹介した。画像診断におけるCT検査の位置は揺るぎないものである。CT検査を行う上では、ALARAの法則に則り、いかに適切な被ばく量で行うかが重要になる。本稿が被ばく低減技術を含めたCT検査についての理解を深める一助となれば、幸甚である。

参考文献

- 1) 独立行政法人 放射線医学総合研究所ホームページ, www.nirs.go.jp/news/etc/etc_11qa.shtml
- 2) Brnner, D.J., Hall, E.J., *NEJM*, **357**(22), 2277-2284 (2007)
- 3) Preston, D.L., Shimizu, Y., Pierce, D.A., Suyama, A., Mabuchi, K., *Radiat Res*, **160**(4), 381-407 (2003)
- 4) Cardis, E., Vrijheid, M., Blettner, M., *et al.*, *Radiat Res*, **167**(4), 396-416 (2007)
- 5) Nelson, R.C., Feuerlein, S., Boll, D.T., *J Cardiovasc Comput Tomogr*, **5**(5), 286-292 (2011)

(東京大学医学部附属病院 放射線科)