

Title	逐次近似画像再構成法を用いた2重エネルギーCTの被ばく低減と画質向上
Sub Title	Improvement of the image quality and radiation dose reduction in dual-energy CT using iterative reconstruction
Author	山田, 祥岳(Yamada, Yoshitake)
Publisher	
Publication year	2017
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2016.)
JaLC DOI	
Abstract	(1) 2重エネルギーCTという次世代のCTにおいて, 従来の画像再構成法であるFiltered back projection法と比較し, 新たな画像再構成法である逐次近似画像再構成法を用いることで画質が向上した。(2) 従来のCTと比較し, 2重エネルギーCTの方が, CT値の精度を含めた, 定量的な画質が良好であった。(3) 通常の単純CTでの冠動脈カルシウムスコアと, (2重エネルギーCTから作成される)仮想単純CT画像での冠動脈カルシウムスコアが, よく相関した。この結果から, 将来的に, カルシウムスコア用単純CTを省くことによる, CT被ばく低減と検査時間短縮の可能性が示唆された。 (1) Compared with conventional filtered back projection technique, iterative reconstruction improved the image quality of virtual monochromatic images derived from dual-energy CT data. (2) Virtual monochromatic images (at 70 keV) derived from dual-energy CT data had a higher quantitative image quality and more accurate CT values compared with conventional 120-kVp images. (3) Excellent correlation was observed between the coronary artery calcium (CAC) scores on the virtual unenhanced images (derived from dual-energy CT data) and conventional (true) noncontrast images. Thus, dual-energy coronary CT angiography could allow prediction of the true CAC scores, potentially reducing the total radiation exposure and image acquisition time by obviating the need for true noncontrast CAC scoring CT.
Notes	研究種目 : 若手研究(B) 研究期間 : 2014 ~ 2016 課題番号 : 26861016 研究分野 : 放射線科
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_26861016seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26861016

研究課題名(和文) 逐次近似画像再構成法を用いた2重エネルギーCTの被ばく低減と画質向上

研究課題名(英文) Improvement of the image quality and radiation dose reduction in dual-energy CT using iterative reconstrucion

研究代表者

山田 祥岳 (Yamada, Yoshitake)

慶應義塾大学・医学部(信濃町)・助教

研究者番号：60383791

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：(1) 2重エネルギーCTという次世代のCTにおいて、従来の画像再構成法である Filtered back projection法と比較し、新たな画像再構成法である逐次近似画像再構成法を用いることで画質が向上した。(2) 従来のCTと比較し、2重エネルギーCTの方が、CT値の精度を含めた、定量的な画質が良好であった。(3) 通常の単純CTでの冠動脈カルシウムスコアと、(2重エネルギーCTから作成される)仮想単純CT画像での冠動脈カルシウムスコアが、よく相関した。この結果から、将来的に、カルシウムスコア用単純CTを省くことによる、CT被ばく低減と検査時間短縮の可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：(1) Compared with conventional filtered back projection technique, iterative reconstruction improved the image quality of virtual monochromatic images derived from dual-energy CT data. (2) Virtual monochromatic images (at 70 keV) derived from dual-energy CT data had a higher quantitative image quality and more accurate CT values compared with conventional 120-kVp images. (3) Excellent correlation was observed between the coronary artery calcium (CAC) scores on the virtual unenhanced images (derived from dual-energy CT data) and conventional (true) noncontrast images. Thus, dual-energy coronary CT angiography could allow prediction of the true CAC scores, potentially reducing the total radiation exposure and image acquisition time by obviating the need for true noncontrast CAC scoring CT.

研究分野：放射線科

キーワード：CT 2重エネルギー dual energy computed tomography 逐次近似 iterative reconstruction 被ばく radiation dose

1. 研究開始当初の背景

CTは、1998年にMultidetector CTが登場して以来、多列化が進んできたが、近年、日常臨床で使用可能な2重エネルギーCTが登場した。2重エネルギーCTの理論上の利点は、ビームハードニングアーチファクトを低減できることである。1970年にHounsfieldらによりCTが開発されたが、CTで通常用いられてきた120 kVpのX線は、120 keVを最大エネルギーとする様々のエネルギーの含む多波長X線であるため、ビームハードニングアーチファクトが出現し、画質やCT値の測定精度への影響がでることが避けられず、CTの根源的な課題とされてきた。

2重エネルギーCTは、異なるエネルギーのCTデータの加重加算を行うことで、仮想単色X線CT画像を作成することができる。この計算は、線形性を保ちつつ物質の密度値を弁別していくことを行い、この過程でビームハードニングアーチファクトの影響が取り除かれると共に、物質弁別も行える。物質弁別は、水、ヨード、石灰化など原子番号の異なる物質において行われ、各成分を強調して描出した画像を物質弁別画像と呼ぶ。すなわち、2重エネルギーCTからは、従来の120kVpの画像に類似した仮想単色X線CT画像と、ヨード密度画像や水密度画像などの物質弁別画像、そして仮想単純CT画像を作成可能である。これらの画像を活用していく2重エネルギーCTは、Multidetector CT後の次世代CTとして期待されている。

一方、近年のCT機器の世界的な普及により、主にCT検査による医療被ばくが原因の、放射線誘発性発癌の増加が世界的に懸念されている。放射線誘発性発癌は確率的影響であり、被ばく線量が少ない程、そのリスクも低くなる。ゆえに、2重エネルギーCTにおいてもさらなる被ばく低減が望ましいと考えられる。近年、逐次近似画像再構成法（Iterative Reconstruction 法）という新たなCT画像再構成法が開発され、この方法は、従来の画像再構成法：Filtered back projection 法（以下、FBP 法）と比較し、複雑な計算を要するが、画像のノイズとアーチファクトを大幅に低減し、画質が向上すると言われている。

2. 研究の目的

本研究は、新たな画像再構成法である逐次近似画像再構成法を用いることにより、2重エネルギーCTの画質を向上できるか、被ばく線量を下げられるか、基礎実験データとともに検討する。そして、次世代CTとしての2重エネルギーCTの有用性を検証する。

3. 研究の方法

(1)腹部ファントムを用いた2重エネルギーCTの「基礎的検討」：腹部ファントムを用いて、仮想単色X線CT画像（2重エネルギーCT画像の一つ）において、従来の再構成法であ

るFBP法と比較し、新たな逐次近似画像再構成法を用いると画質が向上するのか検証した。また、体格によって、仮想単色X線CT画像の最適なエネルギーレベル(keV)が異なるか、検討した。

(2)「2重エネルギーCTと逐次近似画像再構成法の臨床応用の検討」：同じ被験者に対し、従来のCTと2重エネルギーCTの両方を撮影し、その後、それぞれについて、従来のFBP法と、新たな逐次近似画像再構成法で画像再構成を行い、画質の比較を行った。

(3)「心臓における2重エネルギーCTを用いた仮想単色X線画像と物質弁別画像の有用性」：

①：同じ被験者に対し、従来の冠動脈CTと2重エネルギー冠動脈CTの両方を撮影し、その画質を比較した

②：通常の単純CTでの冠動脈カルシウムスコアと、（2重エネルギーCTから作成される）仮想単純CT画像での冠動脈カルシウムスコアとの相関を調べた。

(4)「CT値の精度に関する検討」：同じ被験者に対し、従来のCTと2重エネルギーCTの両方を撮影し、その後、それぞれについて、従来のFBP法と、新たな逐次近似画像再構成法の両方で画像再構成を行い、CT値の精度（腎嚢胞のPseudoenhancementの程度）を比較した。

(5)「脂肪定量CTにおける被ばく低減の試み」：同一被験者に対し、通常線量のCTと1/4線量（低線量）のCTを撮影し、腹腔内脂肪と皮下脂肪の脂肪定量数値が、従来のFBP法と逐次近似画像再構成法とで変化するか検討した。

4. 研究成果

(1)腹部ファントムを用いた2重エネルギーCTの「基礎的検討」：腹部ファントムの仮想単色X線CT画像において、従来の再構成法であるFBP法と比較し、新たな逐次近似画像再構成法を用いると画質が向上することが明らかとなった。また、体格によって、仮想単色X線CT画像の最適なエネルギーレベル(keV)が異なることが明らかとなった。すなわち、体格が大きくなればなるほど、仮想単色X線CT画像の最適なエネルギーレベル(keV)が上がる事が明らかとなった。本結果を第71回日本放射線技術学会総会学術大会で発表した。また、現在、英文論文を投稿中である。

(2)「2重エネルギーCTと逐次近似画像再構成法の臨床応用の検討」：従来のCTと比較し、2重エネルギーCTの方が、画質（Contrast-to-noise ratio, Signal-to-noise ratio, 主観的評価等）が良

好との結果となった。また、臨床画像データにおいても、従来のFBP法と比較して、新たな逐次近似画像再構成法の方が、画質(Contrast-to-noise ratio, Signal-to-noise ratio, 主観的評価等)が良好であるとの結果となった。本結果は、英文論文として発表した(Yamada Y, et al. Eur J Radiol 2014;83(10):1715-22.)。

(3)「心臓における2重エネルギーCTを用いた仮想単色X線画像と物質弁別画像の有用性」:

①:従来の冠動脈CTと比較して、2重エネルギーCTから作成した仮想単色X線CT画像の方がImage noise, Signal-to-noise ratio, Contrast-to-noise ratioなどの画質が良好であった。

②:通常の単純CTでの冠動脈カルシウムスコアと、(2重エネルギーCTから作成される)仮想単純CT画像での冠動脈カルシウムスコアが、よく相関することが明らかとなり、英文論文として発表した(Yamada Y, et al. J Cardiovasc Comput Tomogr 2014;8(5):391-400.)。この結果から、将来的に、カルシウムスコア用単純CTを省くことによる、CT被ばく低減と検査時間短縮の可能性が示唆された。

(4)「CT値の精度に関する検討」:従来のFBP法か、新たな逐次近似画像再構成法かによらず(画像再構成法の違いによらず)、従来のCTと比較して、2重エネルギーCTで、CT値の精度が高いことが明らかとなった(Pseudoenhancementが少ないことが明らかとなった)。本結果は、英文論文として発表した(Yamada Y, et al. Medicine 2015;94:e754.)。

(5)「脂肪定量CTにおける被ばく低減の試み」:通常線量のCTと1/4線量(低線量)のCTとで、脂肪定量の数値はほぼ差がなかった。また、従来のFBP法と、新たな逐次近似再構成法とでも、脂肪定量の数値はほぼ差がなかった。このことから、脂肪定量CTにおいては、画像再構成法の種類によらず、CTの被ばく線量を4分の1程度まで下げられることが示唆され、英文論文として発表した(Yamada Y, et al. AJR Am J Roentgenol 2015;204:W677-W83.)。

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6件)

- ① Yamada Y, Yamada M, Sugisawa K, Akita H, Shiomi E, Abe T, Okuda S, Jinzaki M. Renal Cyst Pseudoenhancement: Intraindividual Comparison Between Virtual Monochromatic Spectral Images

and Conventional Polychromatic 120-kVp Images Obtained During the Same CT Examination and Comparisons Among Images Reconstructed Using Filtered Back Projection, Adaptive Statistical Iterative Reconstruction, and Model-Based Iterative Reconstruction. Medicine 2015;94:e754. (査読有)

DOI: 10.1097/MD.0000000000000754.

- ② Yamada Y, Jinzaki M, Nijima Y, Hashimoto M, Yamada M, Abe T, Kuribayashi S. CT Dose Reduction for Visceral Adipose Tissue Measurement: Effects of Model-Based and Adaptive Statistical Iterative Reconstructions and Filtered Back Projection. AJR Am J Roentgenol 2015;204:W677-W83. (査読有)

DOI: 10.2214/AJR.14.13411.

- ③ 山田 祥岳, 山田 稔, 陣崎 雅弘 循環器・大動脈領域におけるAquilion ONE/ViSION Editionの有用性. INNERVISION. 2015;30(7):86-7. (査読無)

- ④ 山田 祥岳, 山田 稔, 松本 俊亮, 鈴木 達也, 橋本 正弘, 岡村 哲平, 杉浦 弘明, 陣崎 雅弘 Bedside Teaching 心臓CTの最近の進歩. 呼吸と循環. 2015;63(12):1199-207. (査読無)

- ⑤ Yamada Y, Jinzaki M, Hosokawa T, Tanami Y, Abe T, Kuribayashi S. Abdominal CT: An intra-individual comparison between virtual monochromatic spectral and polychromatic 120-kVp images obtained during the same examination. Eur J Radiol 2014;83(10):1715-22. (査読有)

DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.06.004.

- ⑥ Yamada Y, Jinzaki M, Okamura T, Yamada M, Tanami Y, Abe T, Kuribayashi S. Feasibility of coronary artery calcium scoring on virtual unenhanced images derived from single-source fast kVp-switching dual-energy coronary CT angiography. J Cardiovasc Comput Tomogr 2014;8(5):391-400. (査読有)

DOI: 10.1016/j.jcct.2014.08.005.

[学会発表](計3件)

- ① 庄子達也, 杉澤浩一, 山田祥岳, 原田侑輝, 長谷川雅一, 山田稔, 陣崎雅弘. 仮想単色X線CT画像における体格による最適 photon energy level の検討 a phantom study. 第71回日本放射線技術学会総会学術大会、パシフィコ横浜(神奈川県横浜市)(2015-4).
- ② 山田祥岳. 教育講演. 循環器・大動脈領域におけるAquilion ONE/ViSION

Edition の有用性. 第 74 回日本医学放射線学会学術集会、パシフィコ横浜（神奈川県横浜市）(2015.4.18)

- ③ 塚田実郎, 山田稔, **山田祥岳**, 山崎俊, 今西宣晶, 田村謙太郎, 橋本正弘, 岡村哲平, 中塚誠之, 陣崎雅弘. FBP, ASiR, MBIR 再構成の精度比較: 献体下肢末梢血管内に留置した石灰化狭窄モデルにおける内腔精度評価. 第 81 回日本心臓血管放射線研究会、北海道大学 学術交流会館（北海道札幌市）(2015.7.4).

〔その他〕

ホームページ等

http://researchmap.jp/yoshitake_yamada/
<https://keio.pure.elsevier.com/ja/persons/yoshitake-yamada>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 祥岳 (YAMADA, Yoshitake)

慶應義塾大学・医学部・助教

研究者番号：60383791