

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K18984

研究課題名（和文）死後CTの新しい画質改善法の開発

研究課題名（英文）Development of the novel method for improving image quality in postmortem CT

研究代表者

小林 智哉（Kobayashi, Tomoya）

東北大学・医学系研究科・助教

研究者番号：30603245

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：死後CTの新しい画質改善法として、同部位複数回撮影による画像加算処理（fused CT）の開発を試みた。

ファントム実験で、複数回撮影から得られた画像を加算することでコントラストと鮮鋭度を低下させずにノイズが軽減することを実証した。これを元に症例検討を重ねていくなかで、目的とする部位ごとにコントラストと鮮鋭度を改善することが必要となった。追加のファントム実験にて、管電圧と画像再構成方法を検討することで、それぞれコントラストと鮮鋭度が改善し、肺動脈血栓塞栓症などを明瞭に描出することができた。今回の研究によって画質改善が達成され、死因究明を向上させる新しい死後CTの画質改善法を考案できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本では死因究明に死亡時画像診断が応用されており、年間約15万件以上が画像検査による死因究明が実施されていると推測される。そのほとんどは死後CTが実施されているため、今回の画質改善によって死因究明の向上に寄与することができた。

さらに今回の開発は、大量のX線が照射されるため、生体での実験、検証は不可能であり、死後CTでしか達成することができなかった。生体でも体動がなく画質向上がメリットとなる症例においては、本手法の応用が可能であり、新たな画像診断の基準を検討する機会を提供する。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to develop a novel technique for enhancing the image quality of postmortem CT scans using a method called fused CT, which involves the summation of multiple images obtained from postmortem CT scans.

Through rigorous phantom experiments, it was successfully demonstrated that the fusion of images acquired from multiple scans effectively reduces noise without compromising resolution.

Subsequently, during the examination of deceased cases, the need to improve contrast and resolution specifically for target organs was identified. Additional phantom experiments were conducted to explore the optimal settings of tube voltage and image reconstruction methods, resulting in significant improvements in both contrast and resolution.

As a result, this study has introduced a novel approach for enhancing the image quality of postmortem CT scans, surpassing previously unattainable levels in clinical practice, and thus advancing the forensic investigation of causes of death.

研究分野：死亡時画像診断

キーワード：死後CT 画質改善 死亡時画像診断 複数回撮影 画像加算

1. 研究開始当初の背景

全世界の解剖率は減少している。そのなかでも日本の解剖率は1.6%と先進国最下位であり、犯罪見逃しや公衆衛生の調査に解剖が役立っているとは言えない(「犯罪死の見逃し防止に資する死因究明制度のあり方について」より)。一方で、日本のCT、MRIの保有率は世界一(OECD 2016)であることから、死因究明にCTやMRIなどの画像診断機器を用いる“死亡時画像診断”が考案され、CTやMRIを保有する病院で実施されている。

死後CTは、脳出血、くも膜下出血、大動脈瘤破裂といった出血性死因を診断できるが、死亡時画像診断のMRI(死後MRI)よりも軟部組織の画像コントラストが劣るため、心筋梗塞、小児奇形などの診断が困難となる場合がある。このように死亡時画像診断はCTとMRIの両方を施行することで死因究明の精度が向上する。しかしながら、死後MRIはCTより検査時間が長く(1時間以上)、MRIは装置・検査単価がCTよりも高額であるため、患者等の検査が優先される。そのため、死後MRIを実施可能な施設は国内で数施設である。他方、死後CTは短時間(10分程度)での全身撮影が可能であり、保有台数がMRIに比べて多いため、日本で死後CTは、死亡時画像診断の主力を担っている。

2. 研究の目的

本研究では遺体の同部位をCTで複数回撮影し、得られた画像を加算処理すること(fused CT)によって死後CTの画質を改善する。これにより、死後CTによる死因究明精度の向上および患者等のCT検査に還元できるデータの提供を目指す。

3. 研究の方法

(1) 1年目の研究方法 - 加算回数と画質の検証 -

加算回数の最適化を1年目を実施した。加算回数を変化させて、画質評価用CTファントムと筑波剖検センターの症例を撮影して加算処理を行った。加算処理方法は、同一の寝台位置の横断画像を画素ごとに加算した。得られた加算処理画像は「画像ノイズ」「鮮鋭度」「コントラスト」の項目ごとにCT画像の物理評価を実施し、加算回数によるX線管球の冷却時間を計測した。

(2) 2年目以降の研究手法 - 画像加算CTの有用性検証 -

1年目に決定した適切な加算回数を元に、筑波剖検センターで検案や解剖が実施されるご遺体の画像加算CT撮影を実施した。症例を経験していくなかで、目的とする部位ごとにコントラストと鮮鋭度を改善することが必要となったため、ファントムでさらに詳細な撮影条件の検討を行った。fused CTの有用性を確認するため、画像加算した死後CTと、死後MRIおよび解剖を対比して検証を行った。

4. 研究成果

(1) 1年目の研究方法 - 加算回数と画質の検証 -

1年目のファントム実験結果として、コントラストと鮮鋭度を低下させずに画像ノイズが軽減することを実証した。画像ノイズは、同じ撮影から得た画像を加算しても軽減せず、異なる撮影から得られた画像を加算することで軽減した。一方で、加算回数の増加は、X線管球負荷が大きくなり、冷却のために撮影に待ち時間を要する場合があった。

(2) 2年目以降の研究手法 - 画像加算CTの有用性検証 -

(1)のファントム実験から加算回数を考慮しつつ、症例で検証を行った。小児の頸部リンパ節や肺動脈血栓、大動脈解離、胸腔内出血などの症例で所見が明瞭に描出され、その後の解剖で同様の所見が確認された。一方で、脳動脈内の血栓や冠状動脈のプラークなどの描出は困難であり、目的とする部位ごとにコントラストと鮮鋭度を改善することが必要となったため、追加のファントム実験を行った。

通常使用される管電圧である120kVpから80kVpに設定を下げることでコントラストが改善し、より微細な構造を強調する再構成に設定することで鮮鋭度が改善した。管電圧を下げて、より微細な構造を強調する再構成の設定は、いずれも画像ノイズが増加するが、加算回数を増加させることで画像ノイズを軽減し、臨床では不可能な画質改善が達成された。このような設定は、冠状動脈のプラークなど、高いコントラストと鮮鋭度が求められる場合に必要だが、比較的大きな出血や血栓を評価する場合は加算回数が少ない従来のfused CTで十分であった。

今回の研究によって、目的とする部位に応じてX線管球に負荷をかけない、新しい画質改善法であるfused CTが考案できた。今後は、死後画像検査において一般化されるよう装置への実装を目指し、生体還元も視野に開発を進めたい。

研究業績)

1) Kobayashi, T., Yoshida, M., Numano, T., Shiotani, S., Saitou, H., Tashiro, K., ... & Hayakawa, H. (2020). Noise reduction effect of computed tomography by image summation method (fused CT): Phantom study. *Forensic Imaging*, 23, 200418.

2) Kobayashi, T., Yamamori, M., Shiotani, S., Numano, T., Ishimori, Y., Abe, S., & Hayakawa, H. (2021). Star-trail artifacts of the advanced-putrefied brain on postmortem CT. *Forensic Imaging*, 24, 200432.

3) Fukuoka, H., Suzuki, S., Kono, Y., Shiotani, S., & Kobayashi, T. (2021). Improved image quality of tube phantom simulating a coronary artery by averaging repeated scans using a 320-detector row CT scanner. *Forensic Imaging*, 24, 200439.

4) Yamamori, M., Kobayashi, T., Shiotani, S., Kaga, K., Saitou, H., Someya, S., ... & Hayakawa, H. (2021). Effectiveness of postmortem CT by summation of repeated scans (fused PMCT): A suddenly deceased infant with acute tonsillitis. *Forensic Imaging*, 26, 200459.

5) Kobayashi, T., Shiotani, S., Tashiro, K., Someya, S., Yoshida, M., Numano, T., ... & Okuda, T. (2022). Roles of radiological technologists at Tsukuba Medical Examiner's Office equipped with a computed tomography system dedicated for the examination of corpses. *Forensic Imaging*, 200508.

6) Doyle, E., Brookes, A. L., Buxton, A., Ejlskov, C. C., Dominguez, A., Grabherr, S., ... & Schnegg, C. (2023). A limited overview of Forensic Radiography in six countries as presented at the ISFRI 2021 congress. *Forensic Imaging*, 200540.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Doyle Edel, Brookes Amy-Lee, Buxton Anthony, Ejlskov Christina Caroe, Dominguez Alejandro, Grabherr Dr Silke, Kobayashi Dr. Tomoya, Marttinen Fox, Robinson Dr. Claire, Schnegg Celine	4. 巻 0
2. 論文標題 A limited overview of Forensic Radiography in six countries as presented at the ISFRI 2021 congress	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200540 ~ 200540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2023.200540	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Kobayashi Tomoya, Shiotani Seiji, Tashiro Kazuya, Someya Satoka, Yoshida Masahiro, Numano Tomokazu, Hayakawa Hideyuki, Okuda Takahisa	4. 巻 30
2. 論文標題 Roles of radiological technologists at Tsukuba Medical Examiner's Office equipped with a computed tomography system dedicated for the examination of corpses	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200508 ~ 200508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2022.200508	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 齋藤 創, 小林 智哉, 加賀 和紀, 染谷 聡香, 田代 和也, 吉田 昌弘, 山盛 萌夕, 宮本 勝美, 早川 秀幸	4. 巻 20
2. 論文標題 遺体専用CTを用いた採血方法の考案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 96-99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 吉田 昌弘, 小林 智哉, 加賀 和紀, 齋藤 創, 染谷 聡香, 田代 和也, 山盛 萌夕, 倉持 里帆, 宮本 勝美, 阿竹 茂	4. 巻 20
2. 論文標題 死亡時医学検索推進会議による院内状況の変化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 100-102
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林智哉	4. 巻 21
2. 論文標題 死因究明向上に撮影技術は必要か？	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 94-97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林智哉	4. 巻 21
2. 論文標題 「オートプシー・イメージング」のトレンドと最新動向～USとDeep Learningの活用について～	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 52-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山盛萌夕, 塩谷清司, 小林智哉, 早川秀幸	4. 巻 21
2. 論文標題 国家試験で取り上げられたオートプシー・イメージング	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 133-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamamori Moyu, Kobayashi Tomoya, Shiotani Seiji, Kaga Kazunori, Saitou Hajime, Someya Satoka, Tashiro Kazuya, Yoshida Masahiro, Kamimura Yuko, Kuramochi Riho, Miyamoto Katsumi, Hayakawa Hideyuki	4. 巻 26
2. 論文標題 Effectiveness of postmortem CT by summation of repeated scans (fused PMCT): A suddenly deceased infant with acute tonsillitis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200459～200459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2021.200459	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 小林智哉	4. 巻 68
2. 論文標題 Ai分科会 診療放射線技師が知っておくべき死亡時画像診断(Autopsy imaging : Ai)の現状と最新の動向	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本診療放射線技師会誌	6. 最初と最後の頁 531-536
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kobayashi Tomoya, Fukuoka Hidehiko, Suzuki Shogo, Shiotani Seiji, Saitou Hajime, Tashiro Kazuya, Someya Satoka, Yoshida Masahiro, Kaga Kazunori, Yamamori Moyu, Miyamoto Katsumi, Hayakawa Hideyuki	4. 巻 22
2. 論文標題 Fused CT - Improved image quality of coronary arteries on postmortem CT by summation of repeated scans	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200386 ~ 200386
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2020.200386	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kobayashi Tomoya, Yoshida Masahiro, Numano Tomokazu, Shiotani Seiji, Saitou Hajime, Tashiro Kazuya, Someya Satoka, Kaga Kazunori, Miyamoto Katsumi, Hayakawa Hideyuki	4. 巻 23
2. 論文標題 Noise reduction effect of computed tomography by image summation method (fused CT): Phantom study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200418 ~ 200418
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2020.200418	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Fukuoka Hidehiko, Suzuki Shogo, Kono Yasuhisa, Shiotani Seiji, Kobayashi Tomoya	4. 巻 24
2. 論文標題 Improved image quality of tube phantom simulating a coronary artery by averaging repeated scans using a 320-detector row CT scanner	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200439 ~ 200439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2021.200439	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kobayashi Tomoya, Yamamori Moyu, Shiotani Seiji, Numano Tomokazu, Ishimori Yoshiyuki, Abe Shinji, Hayakawa Hideyuki	4. 巻 24
2. 論文標題 Star-trail artifacts of the advanced-putrefied brain on postmortem CT	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Forensic Imaging	6. 最初と最後の頁 200432 ~ 200432
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fri.2021.200432	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 小林智哉	4. 巻 19
2. 論文標題 法医学分野のAi-CT撮影技術に関する情報提供 ~ fused CT・Star-trail artifact・体内金属の描出 ~	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 RadFan	6. 最初と最後の頁 30 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 田代和也, 小林智哉, 塩谷清司, 加賀和紀, 齋藤創, 宮本勝美
2. 発表標題 データ加算死後 CT (Fused CT) での管電圧の変化が Signal-difference-to-noise Ratio に与える影響 : ファントム実験
3. 学会等名 第79回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoya Kobayashi
2. 発表標題 Organizational Structure and Distribution of Japanese Radiological Technologists for Postmortem Imaging Examinations
3. 学会等名 11th ISFR1 congress, 17th IAFR congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tomoya Kobayashi
2. 発表標題 Fused PMCT to provide noiseless images: Image summation technique and case study
3. 学会等名 ANZ IAFR Webinar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahiro Yoshida, Tomoya Kobayashi, Seiji Shiotani, Kazunori Kaga, Hajime Saitou, Satoka Someya, Kazuya Tashiro, Moyu Yamamori, Riho Kuramochi, Katsumi Miyamoto, Hideyuki Hayakawa, Shigeru Atake
2. 発表標題 Delineation ability of one-scan fused CT with deep learning imaging reconstruction (DLIR) to visualize aortic dissection
3. 学会等名 12th ISFRI congress, 18th IAFR congress (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 沼野 智一、小林 智哉、三澤 雅樹
2. 発表標題 スペクトラルCT時代を見据えた新しいIGGOファントムの開発
3. 学会等名 第79回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tomoya Kobayashi
2. 発表標題 Up dated: The roles of radiological technologists in postmortem imaging examinations in Japan.
3. 学会等名 10th ISFRI congress, 16th IAFR congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Yoshida
2. 発表標題 The ability of fused PMCT to visualize vascular diseases as causes of death
3. 学会等名 11th ISFRI congress, 17th IAFR congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林智哉
2. 発表標題 死因究明等推進基本法における診療放射線技師の役割
3. 学会等名 第18回オートプシー・イメージング学会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tomoya Kobayashi
2. 発表標題 The role of technologists in the basic law to promote cause-of-death investigations
3. 学会等名 第79回日本医学放射線学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 ファントム及び検査方法	発明者 沼野智一, 小林智哉	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2022-120545	取得年 2022年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------