

令和 5 年 5 月 28 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K15552

研究課題名（和文）超高精細CTを用いた梗塞心筋の微小血管側副路の検出

研究課題名（英文）Detection of Microvascular Collaterals in Ischemic Myocardium Using Ultra-high-resolution CT

研究代表者

小島 宰 (Kojima, Tsukasa)

九州大学・大学病院・診療放射線技師

研究者番号：60749034

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）：本研究は、超高精細CTの高い空間分解能を維持した冠動脈CT撮影が可能な上限心拍数を解明し、梗塞心筋の微小血管側副路の描出を目的とした。心臓動態ファントム・模擬冠動脈を用いた実験と臨床画像による解析から、超高精細CTが高い空間分解能を維持しつつ撮影が可能な上限心拍数は、60 bpmである事を明らかにした。この結果から心拍数60 bpm以下の患者の臨床画像の解析を行い、従来CTでは描出不可能な微小血管を高精細CTで少数描出できている例を示した。さらなる低ノイズ・高分解能化が可能であるPhoton counting CTのような次世代CTによる梗塞心筋の微小血管側副路描出の可能性を示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高精細CTは、従来のCTよりも高い空間分解能を有するため、冠動脈の狭窄率をより正確に診断可能である。しかし、超高精細CTは時間分解能が低いため、冠動脈狭窄率を正確に診断できるのは低心拍数患者に限定される。本研究では、超高精細CTを用いた冠動脈CTにおける最適心拍数の上限が60 bpmであることを示した。この知見は臨床現場での超高精細CTの適切な使用方法に貢献し、冠動脈狭窄診断の精度向上に繋がる。また、本研究では、心拍数60 bpm以下の患者の臨床画像にて、従来CTでは描出不可能な微小血管側副路を超高精細CTで描出した。これは経皮的冠動脈形成術の成功率向上に繋がる貴重な情報となる。

研究成果の概要（英文）：This study determined the maximum heart rate for feasible coronary CT imaging using ultra-high-resolution CT (UHRCT) while maintaining high spatial resolution, aiming to visualize microvascular collaterals in ischemic myocardium. Through experiments with a cardiac motion phantom, simulated coronary arteries, and analysis of clinical images, UHRCT's high spatial resolution was confirmed up to 60 bpm. Subsequent analysis of clinical images from patients below 60 bpm demonstrated UHRCT's ability to visualize previously undetectable microvascular collaterals. These findings suggest the potential of next-generation CT scanner like Photon Counting CT, which offer superior noise reduction and spatial resolution, in more visualizing microvascular collaterals in ischemic myocardium.

研究分野：放射線科学

キーワード：超高精細CT 冠動脈CT 心拍数 微小血管

## 1. 研究開始当初の背景

心筋梗塞に対する経皮的冠動脈形成術 (percutaneous coronary intervention: PCI) において、責任冠動脈の閉塞の代償として発達した血管側副路を事前に CT で把握する事は、PCI の成功率向上につながる。心外膜を走行する径 2-3mm 程度までの側副路は冠動脈 CT で事前に確認可能だが、梗塞心筋およびその周囲の心筋に増生する微小血管側副路の様相は空間分解能の限界によって現在の画像診断では捉えることができない。

2017 年に商用化された超高精細 CT は、従来 CT と比較して高い空間分解能を有しており、径が 200  $\mu\text{m}$  と報告されている微小血管側副路の描出が期待できる。しかし、超高精細 CT は、冠動脈 CT において重要である時間分解能が、従来 CT よりも劣るという欠点を有する。さらに、画像の高分解能化が動きの影響をより顕著に画像に反映する可能性もある。そこで、高心拍数患者の場合、超高精細 CT は高い空間分解能を活かすことができず、微小血管の描出が困難となる可能性がある。そこで、超高精細 CT の高い空間分解能を維持した撮影が可能な上限心拍数も解明する必要がある。超高精細 CT を用いて微小血管側副路を描出できれば、心筋梗塞に対する PCI の成功率向上だけでなく、微小血管新生の機序の解明にも寄与する可能性がある。

## 2. 研究の目的

超高精細 CT の高い空間分解能を維持できる上限心拍数を解明し、その結果を利用して超高精細 CT を用いた梗塞心筋の微小血管側副路の描出を目指す。

## 3. 研究の方法

### 超高精細 CT を用いた冠動脈 CT の適応心拍数の解明

心臓動態ファントムを使用した実験結果と、超高精細 CT で撮影した冠動脈 CT 画像の解析結果から、画質と心拍数の関係性を示した。

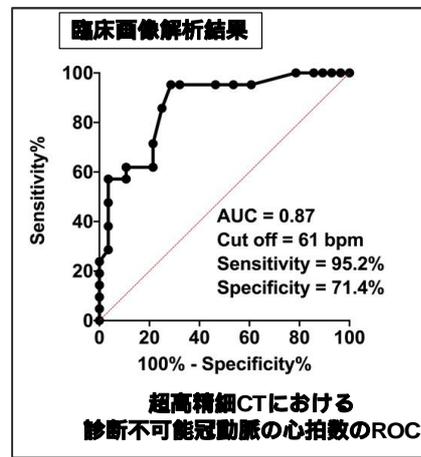
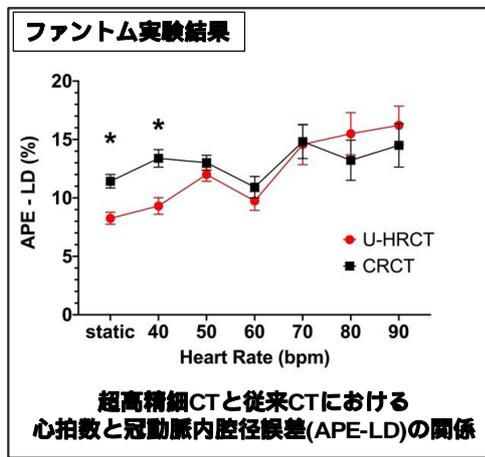
### 超高精細 CT を用いた梗塞心筋の微小血管側副路の描出

で解明された適応心拍数内の超高精細 CT による冠動脈 CT 画像で、梗塞心筋の微小血管側副路の描出能を評価した。

## 4. 研究成果

### 超高精細 CT を用いた冠動脈 CT の適応心拍数の解明

心臓動態ファントムと石灰化プラーク・低吸収プラークを有した模擬冠動脈を使用した実験の結果、超高精細 CT の冠動脈 CT が高い空間分解能を有することができるのは心拍数が 60 bpm 以下であることが明らかとなった。また、臨床画像においても、従来 CT よりも超高精細 CT が、冠動脈を正確に描出することができるのは 61 bpm 以下であった。また、従来 CT よりも超高精細 CT はモーションアーチファクトを生じやすい事も明らかにした。これは時間分解能ほどではないが、空間分解能もモーションアーチファクトに影響を与えるという新たな知見である。



### 超高精細 CT を用いた梗塞心筋の微小血管側副路の描出

心拍数 60 bpm 以下の患者の場合、従来 CT では描出不可能な微小血管を高精細 CT で描出できている例が少数あり、心臓カテーテルによる冠動脈狭窄病変の治療に有用な情報となることが明らかとなった。しかし、梗塞心筋の多くの微小血管側副路が、現状の超高精細 CT では分解能・画像ノイズの問題で描出が困難であった。しかし、今後の CT の主流となるであろう Photon counting CT のような更なる低ノイズ・高分解能化が可能となる CT 装置であれば、梗塞心筋の微小血管側副路の描出が可能になることが示唆される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Katsuyama Yuna, Kojima Tsukasa, Shirasaka Takashi, Kondo Masatoshi, Kato Toyoyuki	4. 巻 16
2. 論文標題 Characteristics of the deep learning-based virtual monochromatic image with fast kilovolt-switching CT: a phantom study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 77 ~ 84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12194-022-00695-x	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 Kawakubo Masateru, Waki Hiroto, Shirasaka Takashi, Kojima Tsukasa, Mikayama Ryoji, Hamasaki Hiroshi, Akamine Hiroshi, Kato Toyoyuki, Baba Shingo, Ushiro Shin, Ishigami Kousei	4. 巻 -
2. 論文標題 A deep learning model based on fusion images of chest radiography and X-ray sponge images supports human visual characteristics of retained surgical items detection	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11548-022-02816-8	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 mikayama ryoji, Shirasaka Takashi, Kojima Tsukasa, Sakai Yuki, Yabuuchi Hidetake, Kondo Masatoshi, Kato Toyoyuki	4. 巻 95
2. 論文標題 Deep-learning reconstruction for ultra-low-dose lung CT: Volumetric measurement accuracy and reproducibility of artificial ground-glass nodules in a phantom study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The British Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1259/bjr.20210915	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 Kanatani Risa, Shirasaka Takashi, Kojima Tsukasa, Kato Toyoyuki, Kawakubo Masateru	4. 巻 5
2. 論文標題 Influence of beam hardening in dual-energy CT imaging: phantom study for iodine mapping, virtual monoenergetic imaging, and virtual non-contrast imaging	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Radiology Experimental	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s41747-021-00217-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shirasaka Takashi, Kojima Tsukasa, Funama Yoshinori, Sakai Yuki, Kondo Masatoshi, Mikayama Ryoji, Hamasaki Hiroshi, Kato Toyoyuki, Ushijima Yasuhiro, Asayama Yoshiki, Nishie Akihiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Image quality improvement with deep learning based reconstruction on abdominal ultrahigh resolution CT: A phantom study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Clinical Medical Physics	6. 最初と最後の頁 286 ~ 296
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/acm2.13318	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sakai Yuki, Kitamoto Erina, Okamura Kazutoshi, Takarabe Shinya, Shirasaka Takashi, Mikayama Ryoji, Kondo Masatoshi, Tatsumi Masato, Kojima Tsukasa, Kato Toyoyuki, Yoshiura Kazunori	4. 巻 -
2. 論文標題 Low-radiation dose scan protocol for preoperative imaging for dental implant surgery using deep learning-based reconstruction in multidetector CT	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Oral Radiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11282-021-00584-w	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 Kojima Tsukasa, Shirasaka Takashi, Yamasaki Yuzo, Kondo Masatoshi, Hamasaki Hiroshi, Mikayama Ryoji, Sakai Yuki, Kato Toyoyuki, Nishie Akihiro, Ishigami Kousei, Yabuuchi Hidetake	4. 巻 -
2. 論文標題 Importance of the heart rate in ultra-high-resolution coronary CT angiography with 0.35?s gantry rotation time	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11604-022-01265-2	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 Kojima Tsukasa, Nagao Michinobu, Yabuuchi Hidetake, Yamasaki Yuzo, Shirasaka Takashi, Kawakubo Masateru, Fukushima Kenji, Kato Toyoyuki, Yamamoto Atsushi, Nakao Risako, Sakai Akiko, Watanabe Eri, Sakai Shuji	4. 巻 36
2. 論文標題 New transluminal attenuation gradient derived from dynamic coronary CT angiography: diagnostic ability of ischemia detected by 13N-ammonia PET	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heart and Vessels	6. 最初と最後の頁 433 ~ 441
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-020-01712-y	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 Kojima Tsukasa, Shirasaka Takashi, Kondo Masatoshi, Kato Toyoyuki, Nishie Akihiro, Ishigami Kousei, Yabuuchi Hidetake	4. 巻 81
2. 論文標題 A novel fast kilovoltage switching dual-energy CT with deep learning: Accuracy of CT number on virtual monochromatic imaging and iodine quantification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 253 ~ 261
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2020.12.018	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 Mikayama Ryoji, Shirasaka Takashi, Yabuuchi Hidetake, Sakai Yuki, Kojima Tsukasa, Kondo Masatoshi, Yoshikawa Hideki, Kato Toyoyuki	4. 巻 70
2. 論文標題 Effect of scan mode and focal spot size in airway dimension measurements for ultra-high-resolution computed tomography of chronic obstructive pulmonary disease: A COPDGene phantom study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physica Medica	6. 最初と最後の頁 102 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ejmp.2019.12.025	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 Shirasaka Takashi, Nagao Michinobu, Yamasaki Yuzo, Kojima Tsukasa, Kondo Masatoshi, Hamasaki Hiroshi, Kamitani Takeshi, Kato Toyoyuki, Asayama Yoshiki	4. 巻 44
2. 論文標題 Low Radiation Dose and High Image Quality of 320-Row Coronary Computed Tomography Angiography Using a Small Dose of Contrast Medium and Refined Scan Timing Prediction	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Computer Assisted Tomography	6. 最初と最後の頁 7 ~ 12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/RCT.0000000000000951	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 Kojima Tsukasa, Yamasaki Yuzo, Kamitani Takeshi, Yabuuchi Hidetake, Shirasaka Takashi, Shimomiya Yamato, Kondo Masatoshi, Hamasaki Hiroshi, Kato Toyoyuki, Nagao Michinobu, Honda Hiroshi	4. 巻 3
2. 論文標題 Dynamic Coronary 320-Row CT Angiography Using Low-Dose Contrast and Temporal Maximum Intensity Projection: A Comparison with Standard Coronary CT Angiography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cardiovascular Imaging Asia	6. 最初と最後の頁 1 ~ 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22468/cvia.2018.00213	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 勝山 裕菜, 小島 宰, 白坂 崇, 近藤 雅敏, 加藤 豊幸
2. 発表標題 Deep learningを用いたDual energy CTにおける仮想単色X線画像の画質評価
3. 学会等名 第10回日本CT技術学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小島宰
2. 発表標題 最新の心臓CT画像再構成
3. 学会等名 Alliance for Revolution and Interventional Cardiology Advancement (ARIA) 2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 河窪正照, 脇大登, 白坂崇, 小島宰, 三賀山諒司, 濱崎洋志, 濱崎洋志, 加藤豊幸
2. 発表標題 胸部エックス線画像の深層学習による外科手術に伴う体内遺残物検出システムの開発
3. 学会等名 第78回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小島宰, 山崎誘三, 松浦由布子, 白坂崇, 加藤豊幸, 藪内英剛, 石神康生
2. 発表標題 少量造影剤による低管電圧TAVI-CTにおけるDeep Learning Reconstructionの有用性
3. 学会等名 第78回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 白坂 崇, 小島 宰, 山根 志穂, 船津 亮平, 加藤 豊幸, 船間 芳憲
2. 発表標題 Virtual non-contrast画像におけるヨード濃度と体格の影響
3. 学会等名 第10回日本CT技術学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小島宰
2. 発表標題 超高精細CTを用いた冠動脈CTにおける心拍数の重要性
3. 学会等名 第6回超高精細CT研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tsukasa Kojima, Takashi Shirasaka, Yuzo Yamasaki, Ryoji Mikayama, Ryoji Matsumoto, Yuki Sakai, Masatoshi Kondo, Toyoyuki Kato
2. 発表標題 Relationship between vessel shape and heart rate of coronary CT angiography with ultra-high-resolution CT - Phantom study -
3. 学会等名 第75回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 小島宰、安松昇悟、白坂崇、近藤雅敏、加藤豊幸
2. 発表標題 高精細CTを用いた冠動脈ステントの内腔評価における心拍数の影響
3. 学会等名 第47回日本放射線技術学会秋季学術大会
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名	酒井友貴、北本江梨奈、加美由紀子、白坂崇、辰見正人、近藤雅敏、岡村和俊、小島宰、安松昇悟、三賀山諒司、加藤豊幸
2. 発表標題	顎顔面領域CT検査における逐次近似応用再構成を併用したたれ付き検出器ノンヘリカル撮影の有用性
3. 学会等名	日本CT技術学会第7回学術大会
4. 発表年	2019年～2020年

1. 発表者名	白坂 崇 , 船間 芳憲 , 小島 宰 , 酒井 友貴 , 三賀山 諒司 , 近藤 雅敏 , 加藤 豊幸
2. 発表標題	超高精細CTを用いたDual energy CT angiographyにおけるカルシウム除去精度の向上
3. 学会等名	第75回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年	2019年～2020年

1. 発表者名	白坂 崇 , 浅山良樹 , 船間芳憲 , 酒井友貴 , 小島 宰 , 三賀山諒司 , 日置一仁 , 近藤雅敏 , 加藤豊幸 , 西江昭弘
2. 発表標題	超高精細 CT における腹部 dynamic CT の画質向上; deep learning 応用再構成の画質評価
3. 学会等名	日本 CT 技術学会第 7 回学術大会
4. 発表年	2019年～2020年

1. 発表者名	小島宰、白坂崇、船間芳憲、濱崎洋志、松本亮二、近藤雅敏、吉川英樹
2. 発表標題	冠動脈ステントの内腔評価における超高精細CTの撮影モードの影響
3. 学会等名	第74回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年	2018年～2019年

1. 発表者名 T. Kojima, M. Nagao, T. Shirasaka, M. Kawakubo, Y. Shimomiya, Y. Yamasaki, T. Kato, S. Sakai
2. 発表標題 Hybrid analysis of transluminal attenuation gradient and dynamic 320- detector coronary CT angiography: detection of functional coronary stenosis
3. 学会等名 European Congress of Radiology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

1. 発表者名 三賀山諒司, 白坂崇, 酒井友貴, 小島幸, 近藤雅敏, 吉川英樹, 梅津芳幸
2. 発表標題 超高精細CTの撮影モードと焦点サイズが画質に与える影響
3. 学会等名 第74回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 白坂崇, 小島幸, 船間芳憲, 濱崎洋志, 松本亮二, 近藤雅敏, 吉川英樹
2. 発表標題 超高精細CTを用いた冠動脈CTにおけるHigh kVp撮影の有用性について
3. 学会等名 第74回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Ryoji Mikayama, Takashi Shirasaka, Hidetake Yabuuchi, Yuki Sakai, Tsukasa Kojima, Masatoshi Kondo, Hideki Yoshikawa, Toyoyuki Kato
2. 発表標題 Effect of the scan mode and focal spot size on airway measurement for ultra-high-resolution CT
3. 学会等名 European Congress of Radiology 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年～2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------	---------