

平成 21 年 4 月 10 日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2006 ～ 2008  
 課題番号：18591365  
 研究課題名（和文）心電図同期セグメント再構成を併用した 256 列コーンビーム CT による冠動脈造影

研究課題名（英文）Coronary angiography with 256-detector-row cone-beam CT by using ECG-gated segmented reconstruction method

研究代表者 近藤 千里（KONDO CHISATO）  
 東京女子医科大学・医学部・助教  
 研究者番号 90192070

## 研究成果の概要：

心拍数 90-100/分前後の状態では造影剤注入前から注入中、造影剤の洗い出し時相までの、連続 50 秒間の心臓大血管領域の撮影を行った。得られた画像データはセグメント数を 1（ハーフスキャン）から 8 まで変えたものを作製し、得られた冠動脈画像の画質を視覚的に評価した。その結果、1・4 セグメントにおいて、段階的に冠動脈画像の鮮明度は向上した。4 セグメント、5 セグメントの間では視覚的にはほぼ同等の画質であった。以上より、心電図同期を併用した 256 列 CT におけるセグメント再構成によるブタ冠動脈の描出し、心拍数 90-100/分の条件下では、4・5 セグメント再構成において最も明瞭な冠動脈画像が得られた。

## 交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008 年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	540,000	3,940,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：画像診断学， 心臓病態学， CT， 冠状動脈， マルチスライス CT

## 1. 研究開始当初の背景

近年、CT 装置の技術的革新が著しく進み、最新の CT 装置では 64 列の検出器を搭載した商用機が現れている。高空間分解能の CT 画像が 1 秒間に 100 枚以上取得可能となり、特に循環器領域では冠動脈の 3 次元画像が容易に作成でき、臨床的に広く利用されるまでになった。しかし、64 列 CT でさえ、1 回転

あたり体軸方向に 40mm 幅しか撮影範囲がないため、心臓全体をカバーするにはテーブル移動、ヘリカルスキャン、心電図同期が必須であり、時間分解能の制約、不整脈によるアーチファクト発生、被曝線量低減においていくつかの大きな限界を有している。最新鋭の 64 列マルチスライス CT を用いても、心拍数 80-90bpm 以上では冠動脈の鮮明な描出は困

難である。また、これ以下の心拍数(70bpm 台)であっても良好な画像を撮るためには 遮断剤の前投薬が通常必要であり、臨床的適応上で制限や安全性、副作用の点で問題を有する。我々の 256 列 CT に心電図同期セグメント再構成を併用することで時間分解能を最大 25ms まで向上させることで、心拍数 100bpm 以上の場合にも 遮断剤を併用することなく、高分解能、高画質の冠動脈描出が可能となることが期待される。仮にこれが実現すれば、成人から小児までの非侵襲的冠動脈造影が心拍数の制約条件がなく、わずか数秒で取得可能となることが予想され、その臨床的応用の可能性、心臓 CT の技術発展、心血管画像診断法全体へ与えるインパクトと意義は計り知れない。

## 2. 研究の目的

我々は、2005 年 4 月にはガントリー回転速度 0.5 秒/回転 (実効時間分解能 250ms) と高速化した装置 (2 号機) が完成し、健常ヒトおよび冠動脈疾患患者の検討を開始した (図 4)。2005 年 9 月には 2 号機に画像収集と心電図の同時記録が可能となる改良を加えた。このことで心電図同期セグメント再構成が利用できるようになり時間分解能の著明な改善が期待される。本研究計画では動物 (ブタ) 実験により高心拍下の冠動脈造影を行い、再構成に用いる心拍の数を段階的に変化させることで時間分解能を変え、それぞれの冠動脈描出能の変化を検証することを目的とした。

## 3. 研究の方法

ブタ (20kg, 生後 2 週) を全身麻酔 (7mg/kg ketamine hydrochloride, 7mg/kg 2% xylazine 筋注) し、気管内挿管を行い、レスピレータによる調節呼吸下に麻酔 (2.0-2.5% isoflurane) を維持する。カテーテル用 5 F イントロデューサを右内頸静脈より挿入し上大静脈に留置する。心臓スカウト像の撮影後、心臓が中心となるようにテーブル位置を移動し、呼吸停止とともに非イオン性ヨード造影剤 (Iopamiron 370, 日本シエリング) 50ml を、2 連パワーインジェクターを用いて 10ml/s の速度で注入、続いて生食 30ml を同じ速度で注入した。心電図信号を CT コンソール側で同時に記録しながら、造影剤注入開始と同時に 20 秒間の連続シネ CT 撮影を行う。撮影条件は 120kVp, 300mA, 0.5s 回転、256x0.5 mm スライスコリメーションでおこな

った。

再構成は、心電図信号を利用しない場合から、2 拍から最大 8 拍まで利用してセグメント再構成を行う場合までの種々の条件で行った。このことで、時間分解能は 250ms から 25ms まで段階的に変化する。図 1 には、通常の half scan 再構成の場合と、3 セグメントに分割した場合の、時間分解能を模式的に示した。

再構成に使用する心時相のタイミングは P 波前 100ms から P 波直前までの間にある拡張末期の時相にあつて、セグメント再構成に適した管球回転角度を考慮して選択する。たとえば、2 拍を利用する場合は、1 拍につき 90°分の画像データを使用することで、180°データを満たし、時間分解能は 125ms となる心拍数 90-100/分前後の状態では造影剤注入前から注入中、造影剤の洗い出し時相までの、連続 50 秒間の心臓大血管領域の撮影を行った。CT 装置の条件としては管電圧 120kVp, 管電流 220mA とした。

得られた画像データはセグメント数を 1 (ハーフスキャン) から 8 まで変えたものを作製し、得られた冠動脈画像の画質を視覚的に評価した。

## 4. 研究成果

まず、1 心拍のなかのどの時相で最も冠動脈が明瞭に認識されるかを検討した。その結果、心電図 RR 間隔の 60%における時相 (収縮末期から拡張期早期) が最も適していることがわかった (図 2)。

つぎに、連続した数心拍分の画像データを用い、造影の均一性が画質に及ぼす影響を検討した。最後に、心電図 RR60%の時相における画像を、1, 3, 3, 4, 5, 8 セグメント使用条件下で、順次再構成した。

その結果、造影剤の染まりが均一でない場合と、均一の場合を比較すると、前者の場合にセグメント再構成を行うと、画像アーチファクトが発生し、かえって画質が half scan に比べて劣化することが判った (図 3)。これに対して、造影剤の染まりが均一な時相でセグメント再構成を行うと、画質は向上した (図 4)。したがって、造影剤の染まりが均一な時相を選択して、セグメント再構成をおこなうことにした。

1-4 セグメントにおいて、段階的に冠動脈画像の鮮明度は向上した。4 セグメント、5 セグメントの間では視覚的にはほぼ同等の画質であった (図 5, 6)。これらと比較して、8 セグメントでは軽度、画質が低下し

た。これはセグメント数があまり多いと、造影剤染まりの不均在セグメント間で起こり、アーチファクトが発生し、画質に悪影響を及ぼしている可能性が示唆された。以上より、以下のように結論された。心電図同期を併用した256列CTにおけるセグメント再構成によるブタ冠動脈の描出し、心拍数90-100/分の条件下では、4・5セグメント再構成において最も明瞭な冠動脈画像が得られた。

図1

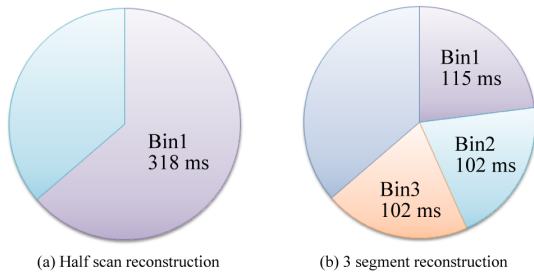


図2

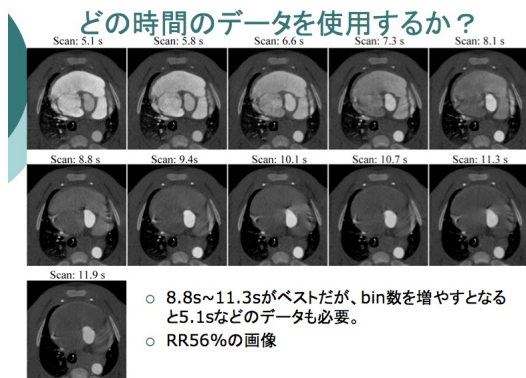


図3

造影が均でない場合にセグメントすると、..

- ハーフスキャンと2binセグメント再構成
- 各binとも159msときれいに等分されており、理想的な再構成である。
- しかし、造影剤の染まり方の違いからセグメント再構成の画質は低下している。
- これは、造影剤が染まっている部分とそうでない部分で、再構成上での矛盾が生じるために、ストリークアーチファクトができる。

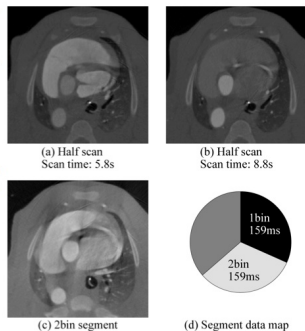


図4

造影が均一なデータを使用したセグメント再構成

- 各binの時間配当は、多少ずれがあるが、画質は向上している。
- 造影剤の染まりを優先。

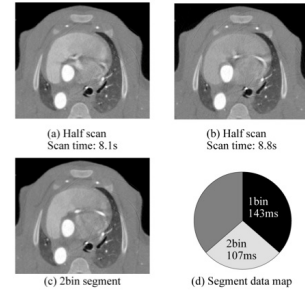


図5

セグメント再構成スライス1 (染まりが均一な8.8s~11.8sのデータ使用)

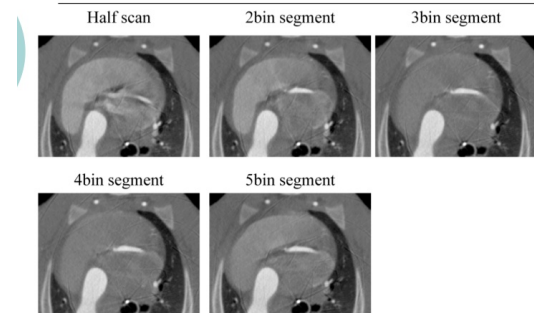
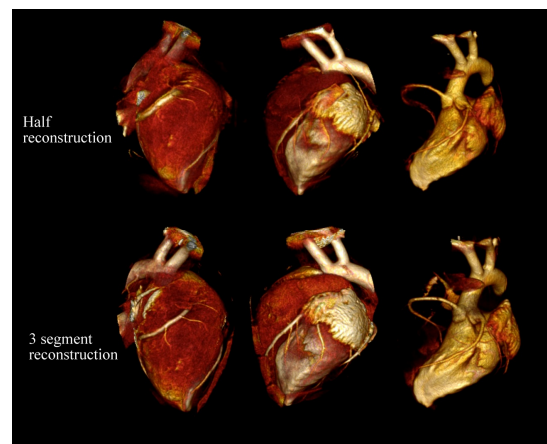


図6



## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

近藤 千里 (KONDO CHISATO)  
東京女子医科大学・医学部・助教  
研究者番号：90192070

### (2) 研究分担者

森 慎一郎 (MORI SHINICHIRO)  
独立行政法人放射線医学総合研究所・博士号  
取得若手研究員  
研究者番号：60415403

遠藤 真広 (ENDO MASAHIRO)  
独立行政法人放射線医学総合研究所・部長  
研究者番号：40160402

中島 崇智 (NAKAJIMA TAKATOMO)  
東京女子医科大学・医学部・助教  
研究者番号：40307509

日下部 正宏 (KUSAKABE MASAHIRO)  
福井大学・工学部・教授  
研究者番号：20345672

### (3) 連携研究者

なし