

実験動物用 3D マイクロ X 線 CT R_mCT2 における心拍同期撮影の新方法

小池 崇文*

1. 概要

動物を CT 撮影すると、心臓が拍動しているため、得られた CT 画像において心臓およびその周辺部（肺野等）にブレが生じる。そこでブレを防ぐ撮影方法として、ECG（Electrocardiogram＝心電図）および ECG 計測装置を用いる心拍同期撮影が従来からあるが、従来の方法は 1 回の CT 撮影に数十分程度の時間がかかるなどの課題があった。

そこで、我々は従来の課題を解決すべく新しい心拍同期撮影方法を開発した。そして新方法は ECG 計測装置を要さず、従来方法に比べて簡便に実施可能な利点を有する。

本稿では、開発した新しい心拍同期撮影方法について紹介する。

2. 心拍同期撮影とは

動物を CT 撮影すると、心臓が拍動（収縮、弛緩の繰り返し運動）しているため、得られた CT 画像において心臓およびその周辺部にブレが生じる。図 1 はマ

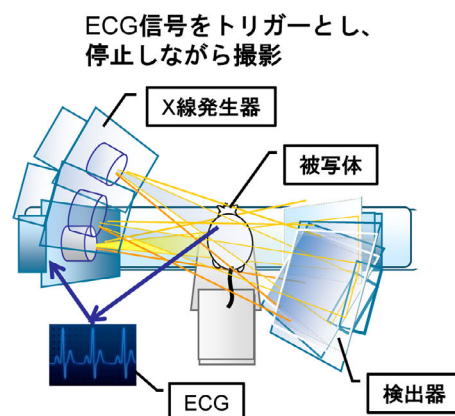


図 1. マウス胸部 CT 画像（心拍同期無し）。

*株式会社リガク NDT イメージング事業部 開発設計部

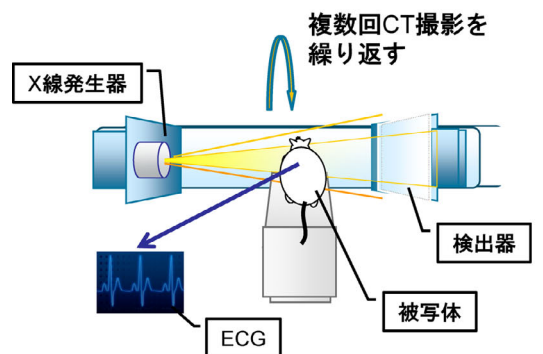
ウス胸部の CT 画像で、心臓およびその周辺部にブレが見える。このブレは、心臓およびその周辺部（肺野等）の画像診断において妨げになる場合がある。

心拍同期撮影とは、被写体の心拍に同期して CT 撮影することにより、心拍によるブレのない CT 画像を得る撮影方法である。



課題：一回の撮影に数十分かかる。

(a)



課題：撮影タイミングにより同期に必要な投影データが収取できない場合がある。

(b)

図 2. 従来の心拍同期撮影方法。

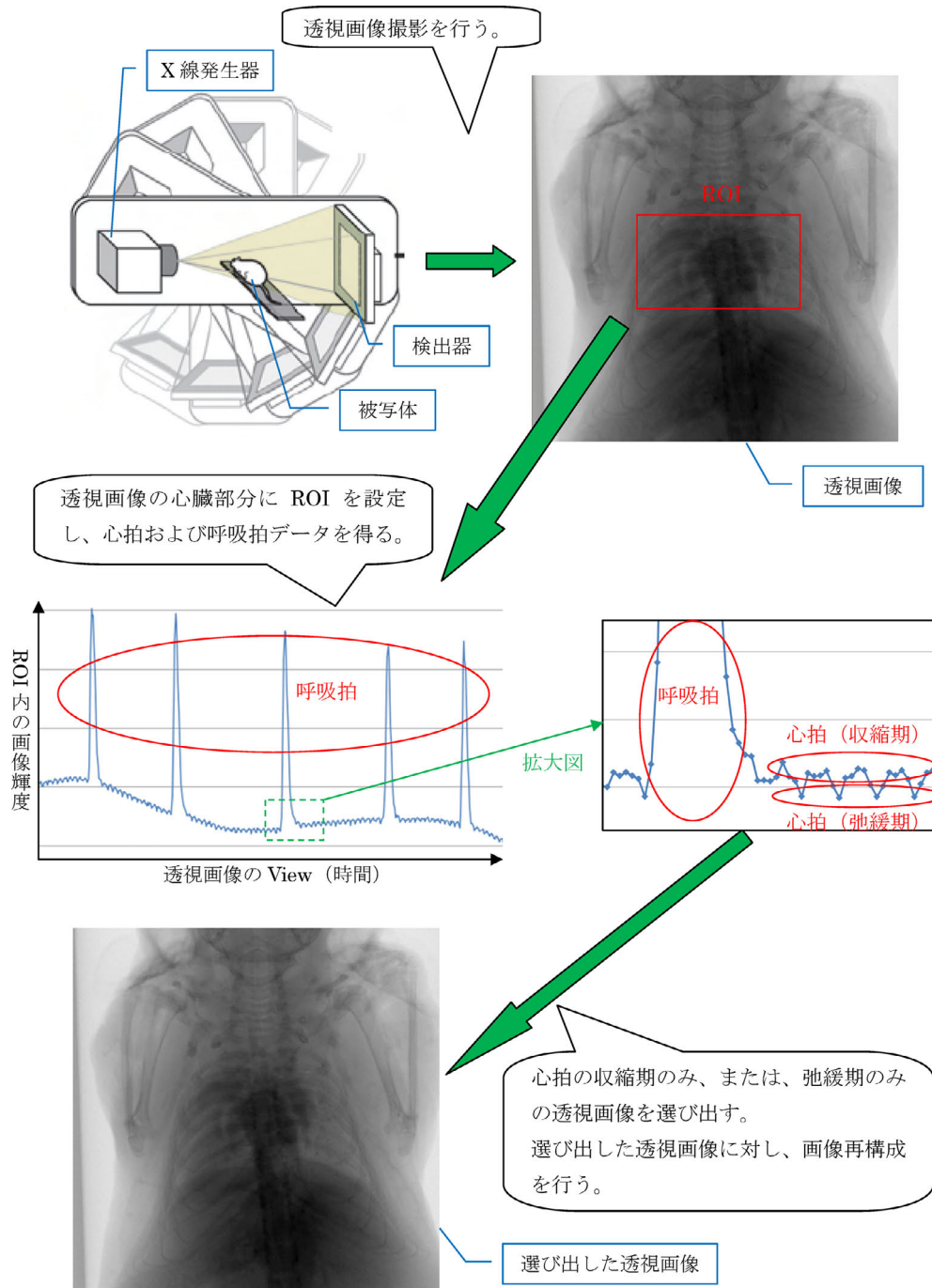


図 3. 新しい心拍同期撮影方法の処理の流れ.

3. 従来の心拍同期撮影方法

従来の心拍同期撮影方法は大別すると以下 (A) および (B) に示す 2 種類がある。なお、(A)、(B) 共に ECG (Electrocardiogram= 心電図) および ECG 計測装置を使用する。

(A) 図 2(a) に示す通り、ECG を用い、ECG から得た被写体の心拍信号をトリガーとして 1 方向からの透視画像を撮影する。CT 画像を得るためには、360 度各方向からの透視画像を要するため、X 線発生器および検出器を回転・停止しながら、心拍

信号をトリガーとした透視画像撮影を繰り返す。透視画像撮影完了後、画像再構成を行い、CT 画像を得る。

なお、本方法の課題として、X 線発生器および検出器を回転・停止しながら、心拍信号をトリガーとした透視画像撮影を繰り返すため、撮影全体に時間が多く (数十分程度) かかる点があげられる。

(B) 図 2(b) に示す通り、ECG を用いて CT 撮影を複数回 (5, 6 回程度) 繰り返し行い、透視画像を多数撮影する。そして ECG から得た被写体の心拍

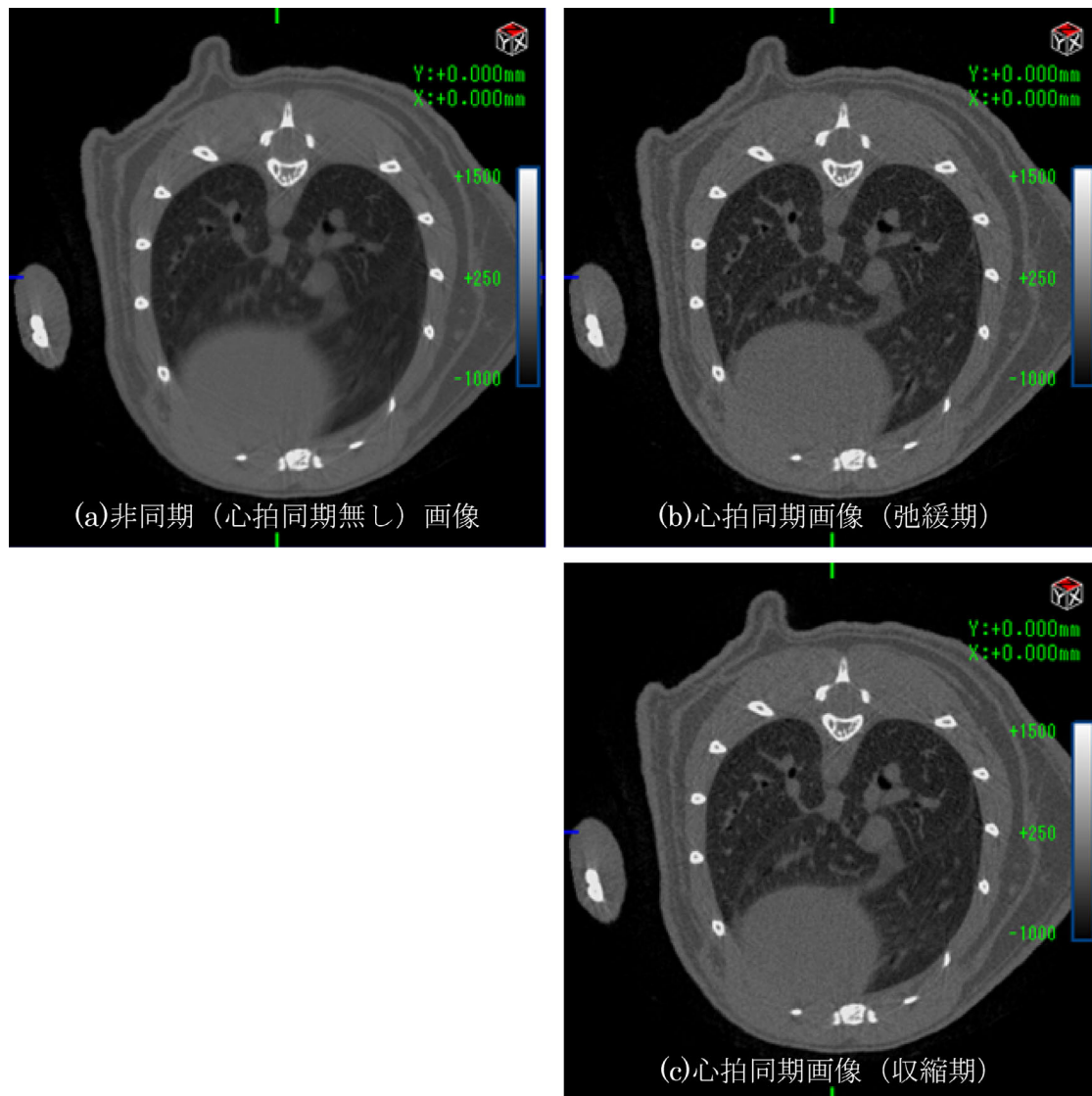


図 4. 新しい心拍同期撮影方法によるマウス胸部 CT 画像.

信号を利用し、撮影した透視画像から使用すべき透視画像のみを選別し、画像再構成を行い、CT 画像を得る。

なお、本方法の課題として、被写体において不整脈が発生する等の撮影タイミングにより、画像再構成に必要な透視画像の一部を収集できない場合がある。

4. 新しい心拍同期撮影方法

従来方法の課題を解決すべく、下記 (A)~(C) の特徴を有する新しい心拍同期撮影方法を開発した。

- (A) 高速な CT 撮影 (撮影時間 = 4.5 分)
- (B) 被写体の急な不整脈、呼吸の乱れ等の体動変動の影響を受けない。
- (C) ECG 等の心拍検出のための特別な装置を必要としない。

なお、上記 (C) について、装置構成が簡易になる利

点に加え、心拍を得るための電極針を被写体に刺す必要がなくなるため、被写体への負担およびオペレータの穿刺事故 (自身の指等に針を刺してしまうなど) を低減する利点があると考える。

続いて、本方法の内容について記す。本方法の処理の流れは以下の通りである。(図解を図 3 に示す。)

- (1) X 線発生器および検出器を数分かけて 360 度回転させ、透視画像撮影を行う。ここで、検出器は高速データ収集可能で、最大 14400 View だけ透視画像を撮影する。また、撮影の間、透視画像における心臓部分に ROI (関心領域) を設定し、ROI 内の画像輝度を計測することにより、被写体の心拍および呼吸拍データを取得する。
- (2) 心拍および呼吸拍データを用い、呼吸の拍動時でなく、かつ、心拍動における弛緩または収縮時のみの透視画像を選び出す。
- (3) (2) で選んだ透視画像を使用して画像再構成する。

本方法を用いて心拍同期撮影して得た CT 画像を図 4 に示す。図 4 において、(a) は非同期（心拍同期無し）画像であり、心臓およびその周辺部にブレが生じている。(b) および (c) は同期画像であり、(a) に比べてブレが解消され、心臓の輪郭が明瞭に見える。また、(b)、(c) はそれぞれ心臓の拍動における弛緩期、収縮期の画像で、それぞれの心臓の形状および大きさの差異をとらえることができる。

5. まとめと今後の展望

下記 (A)~(C) の特徴を有する新しい心拍同期撮影方法を開発し、心臓の拍動によるブレを解消した明瞭な CT 画像を得ることができた。

- (A) 高速な CT 撮影（撮影時間 = 4.5 分）
- (B) 被写体の急な不整脈、呼吸の乱れ等の体動変動の影響を受けない。
- (C) ECG 等の心拍検出のための特別な装置を必要とし

ない。

上記特徴について、特に (A) および (C) より、被写体への被ばく量が少なく、被写体に ECG 用の電極針を刺す必要がないため、本方法は従来に比べて被写体への負担が少ない方法である。したがって本方法は実験動物に対して適していると考ええる。

今後の展望として、R_mCT2 および今回開発した心拍同期撮影方法が、心臓疾患などに対する動物実験に利用されることが期待できる。また、本方法は実験動物に限らず犬猫等の各種動物にも適用可能なので、動物病院向け CT などへの応用が期待できる。さらに本方法は、動物に限らず動いている物体にも適用可能なので、工業用 CT において動いている工業物を明瞭に CT 撮影するなどへの応用も期待できる。

画像提供

独立行政法人 放射線医学総合研究所