

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 14 日現在

機関番号：82645

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：平成 23 年度 ～平成 24 年度

課題番号：23659885

研究課題名（和文） 超高速線 X 線デュアルビーム撮影法の開発と歯科放射線診断学への応用

研究課題名（英文） Development of the high-speed line X-rays dual beam system, and application to dentistry medical diagnostic radiology

研究代表者：長谷川克也 (Hasegawa Katsuya)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・開発員

研究者番号：30425780

研究成果の概要（和文）：

本研究では当初の予定であった高速デュアルビーム X 線映像による 3 次元映像解析に加え、可視光映像と透過映像を視差のない同軸上で撮影する装置を開発した。この映像解析技術により予定では X 線透過映像である筋肉と骨の反応のみの観察だったが、この技術により可視光映像と X 線透過映像を視差なく時間同期した状態で観察することが可能となり、生体反応と透過映像の解析上の関連付けが容易になるなどの成果を上げた。

研究成果の概要（英文）：

We have succeeded in three-dimensional image analysis by the high-speed dual-beam X-ray image in this study. In addition to that, we have developed an imaging device for get coaxially with no parallax, the X-ray image and visible image. It was observed only for the reaction of muscle and bone is an X-ray image in the original plan by the video analysis technique. It is possible to observe in a state in which time synchronization without parallax X-ray image and visible image by this technique, I gave the results of such possible association of analysis on a transparent image with a biological reaction.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	780,000	150,000	930,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・病態科学系歯学・歯科放射線学

キーワード：高速 X 線、3 次元映像、非侵襲・非拘束、重力生体反応

1. 研究開始当初の背景

近年コンピューターの発達とともに画像診断の進歩には著しいものがある。従来からの X 線、血管造影、CT、MRI、RI 診断、超音波診断などに加えて、蛍光によるバイオイメージングなど枚挙にいとまがない。最近では CT や MRI もさらに進化を続けており、それに関わる領域も学際的になっている。ほとんどすべての画像がデジタル化され、またポジトロン CT や MRI のように機能・代謝

と形態が融合した医学／歯科医学の体现であり、生命現象をことごとく画像として表現できる時代が到来した。食物が口腔内に摂取されると、下顎運動が開始され、咀嚼、嚥下を経て食道に送り込まれる。歯科外来では、嚥下障害、言語障害、睡眠時無呼吸症候群のような呼吸障害、咀嚼障害など、口腔機能の回復を訴える患者が増加している。一方では、唇顎口蓋裂をはじめとする先天異常、顎変形症などの重度の機能障害を

も少なくない。これらの診断には、機能障害を正確に把握するため精度の高い計測システムが必要である。また、顎位の調節や歯の再排列などの治療を施した後の機能回復は重要なポイントとなる。このように診断のみならず、治療結果の評価や予後の推測にも精度の高い計測システムが必要とされる。動物モデルで、これらの口腔機能障害を神経生理学的に理解する上では、神経活動や運動出力などを正確に記録する方法の選択が重要となる。摂食、咀嚼、嚥下に至る過程には、歯や歯周組織、咀嚼筋、顎関節、舌、頬、口唇、顔面筋、食道など様々な組織・器官が関与し、姿勢も変化する。それらの咀嚼や嚥下運動がそれぞれ咀嚼中枢や嚥下中枢での神経活動と密接な協調のもとに行われる。MRI や CT は歯科臨床では顎関節症診断において、関節円板の動態分析などにも利用されている。しかし実験動物用には国内でも歯科用小型 CT が利用されているが MRI 利用設備はほとんどない。また従来のイメージングは解像度や精度にも限界があり、画像取得速度が最大でも 20 ミリ秒程度と遅く、骨格・姿勢や筋肉などの動物の“動き”を画像化して解析することは困難であった。これに対して被写体を 0.1 ミリ秒のシャッター速度、すなわち 1 秒間に 10000 コマという、従来の 10 倍という驚異的な速度で撮影し、飛躍的に向上した解像度で動画としてデータを取得することができる超高速 X 線撮影法を開発した。これは国際宇宙ステーションにも応用されている世界に誇る日本の映像技術であり、分担研究者 桑井（東医歯大）とともに、この技術を 3D 立体撮影へ発展させ、欧州宇宙機関によるマウス長期衛星国際プロジェクト（2014 年）に応用し、自由行動マウスの低重力応答性の姿勢・骨格、運動の微細な変化を検出する世界初の実験を計画している。この最新のテクノロジーを歯科へ応用して、咀嚼、嚥下時の顎舌協調運動などを詳細に正確に解析しようとした。

2. 研究の目的

超高速 X 線デュアルビーム撮影法を独自開発し、これまで不可能だった咀嚼、嚥下、舌運動などの動態を高精度、高解像度で 3D 立体解析を初めて明らかにする。歯科の治療では顎運動、咀嚼・嚥下など顎舌の協調性運動の微細な変化や異常を検出するためには精度の高い計測システムが必要である。従来のラットなどを使った研究モデルでは、非侵

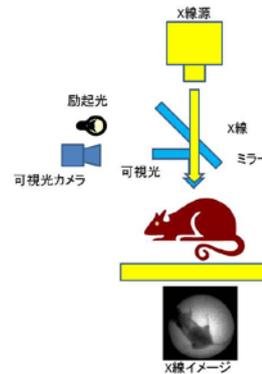
襲、非拘束条件での X 線撮影は不可能であった。本研究の目的は、超高速 X 線デュアルビーム撮影法の開発によって、自由行動ラット全身の 3D 立体像を高解像度で 0.1 ミリ秒毎に採得し、咀嚼・嚥下時の顎舌協調運動など微細な動きを精度高く、3 次的に立体解析するシステムを開発することにある。

3. 研究の方法

事前に CT でラットの骨を 3D 化し、それをモデルにして運動を可視化する。骨格が明確になれば、予測部分の演算に対して補助になり十分なデータとなる。任意に配置された高速度カメラを使い、3D 化处理し、3 次元空間にプロットする。3D プロットはパソコン上で自由に動かし、任意の方向から可視化できる。このアルゴリズムを使い、最初に骨のモデルを付与することにより、3D 化映像を可能にする。

4. 研究成果

①高速デュアルビーム X 線映像による 3 次元映像解析に加え、新規に今回の可視光映像と透過映像を視差のない同軸上で撮影する装置を開発したことで、可視光映像上に生体の透過映像をオーバーレイ表示させた状態で



生体観察を可能にする映像解析技術を開発した。Fig.1 にシステムの概要を示す。この映像解析技術により従来の予定では X 線透過映像である筋肉と骨の反応のみの観察だったが、この技術により Fig.2 示すように可視光映像と X 線透過映像を視差なく時間を同期した状態で同時に観察することが可能となり、生体反応と透過映像の解析上の関連付けが容易になり、今後の生体反応の解析データの質の向上が可能となった。



Fig.2 透過光と可視光の同期表示映像

②透過映像を解析することにより非拘束非侵襲のバイタルデータを得ることが可能となった。特に呼吸の解析は単に呼吸数のみではなく横隔膜の移動量や速度などのデータを得ることができるなど、これまでにない生体のストレス反応と呼吸の速度や安定性などの解析が可能となった。代表的な映像を Fig.3 に示す。



③本研究により開発した技術をもとにして、その他の新規技術を盛り込んだX線映像撮影装置を製作し東京医科歯科大学に設置した。その装置により今後多くの放射線歯科医学の基礎解析に役立てることが期待される。

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0件)

[学会発表] (計6件)

①マウスを用いた動的重心移動解析と効率的運動の研究, 可視化情報学会, 2012/10, 長谷川克也、川崎朋実

②マウスの行動観察における可視化映像およびX線映像の同期に関する研究, 可視化情報学会, 2011/6, 栗原あゆみ、長谷川克也

③重力可変型多用途遠心加速器の開発とラット研究,2011/10 宇宙生物化学会 長谷川克也、Jorge L. Zeredo、成清 公弥、河本 正光、川崎朋実、井上 カタジナ・アンナ、栗生 修司、糸井 康宏

④Development of a Novel Centrifuge for Gravitational Research in Life Science ASGSB2011,2012/2,K.hasegawa,J.L.Zeredo,M.Kawamoto,K.NArikiyo,K.A.Inoue,S,aou,Y.Kumei

⑤ High-speed X-ray photo analysis of mouse behavior at partial gravity, 2011/11, ELGRA2011,Katsuya Hasegawa, Jorge L. Zeredo, Kumei Yasuhiro.

⑥ 高速X線映像を用いた低重力下でのマウス生体反応の研究, 可視化情報学会、2011/9、川崎朋実,Jorge L Zeredo,糸井康弘,長谷川克也

[図書] (計0件)

[産業財産権]

[産業財産権]

○出願状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

長谷川克也 (Hasegawa Katsuya)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・開発員

研究者番号：30425780

(2)研究分担者

桑井康弘 (Kumei Yasuhiro)

東京医科歯科大学・医歯（薬）学総合研究科・講師

研究者番号：30161714