

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870499

研究課題名(和文) X線動画像とCT、CADモデルを用いた股関節の三次元動態解析

研究課題名(英文) Three-dimensional kinematic analysis of hip joint

研究代表者

濱井 敏 (Satoshi, Hamai)

九州大学・大学病院・助教

研究者番号：90643742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：イメージマッチング法を用いて股関節動態解析を行った。健常股の立ち上がり動作では、股関節の屈曲が骨盤後傾の影響で大腿骨の屈曲よりも小さく、動作中に最大値を示した。変形性股関節症では、股関節の可動域制限を骨盤後傾の増加で代償していた。寛骨臼移動術では、骨性被覆の改善は可動域の減少に直結しておらず、健常に近い前方被覆で十分な深屈曲が可能であった。大腿骨寛骨臼インピンジメントでは、術前後の骨形態と動態を反映したインピンジメントの可視化が、責任病巣の同定及び術後評価に有用であった。人工股関節置換術後のゴルフでは、過度の回旋や不安定性は認めず、術後のスポーツ活動として許可できると考えられた。

研究成果の概要(英文)：Kinematics during weight-bearing activities, including gait, chair-rising, squatting, twisting, and golf swing, were analyzed using image-matching techniques for healthy, osteoarthritic, and replaced hips. This study revealed activity dependent kinematics of healthy hips with coordinated pelvic and femoral movements. Osteoarthritic hips showed limited ranges of coordinated motion of the pelvis and femur during each activity, especially in deeply flexed and rotated postures. Correction of acetabular coverage through periacetabular osteotomy did not directly decrease hip range of motion while squatting. In vivo 3D visualization of the clearance between the femoral head-neck junction and the acetabulum could assist surgeons in adequately identifying the location of impingement and confirming sufficient resection post-operatively. Although liner-to-neck contact during golf swing was observed in 27% of replaced hips, dynamic stability without excessive hip rotation was observed in all hips.

研究分野：整形外科

キーワード：3次元動態解析 股関節 臼蓋形成不全症 寛骨臼移動術 大腿骨寛骨臼インピンジメント 変形性股関節症 人工股関節置換術

### 1. 研究開始当初の背景

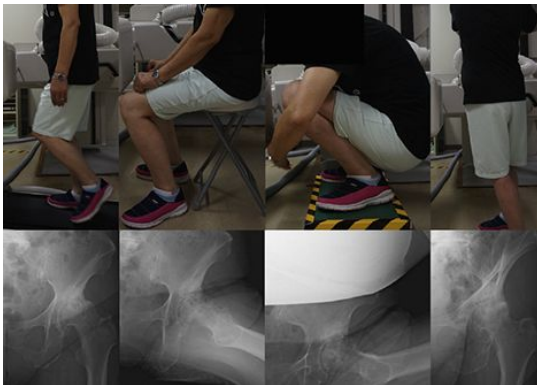
超高齢化社会の進展に伴い、生体の退行性変化に起因する疾患が増加している。特に変形性股関節症患者の有病率は 1.0% ~ 4.3% と報告 (引用文献 1) されており、人工股関節置換術の推移を例に挙げれば、2009 年では 42921 件とほぼ倍増しており、重要な運動器疾患である。X 線動画像と CT (computed tomography)、CAD (computer aided design) モデルを用いた三次元動態解析手法であるイメージマッチング法は、高精度の動態解析法であり、これまで生体膝及び人工膝関節の機能的評価における有用性が報告されていたが、生体股及び人工股関節においては、極めて報告が少なかった。

### 2. 研究の目的

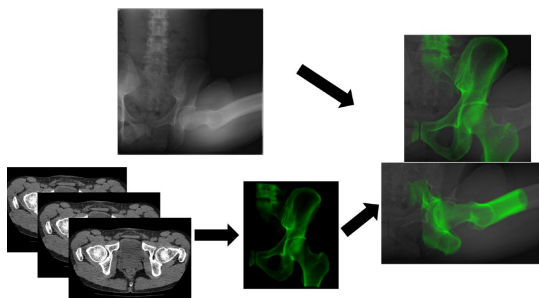
イメージマッチング法を生体股及び人工股関節に応用することで、生体股では健常股を基準に、変形性股関節症や股関節インピンジメント症候群における疾患特有の動態、治療前後の変化、手術方法との関連性などを調査、人工股関節では術後の脱臼予防やインプラントの設計、手術手技へのフィードバックなどに役立てることを目的とした。

### 3. 研究の方法

股関節動態を評価するため、トレッドミル歩行、椅子からの立ち上がり、しゃがみ姿勢からの立ち上がり、体幹ひねりなどの日常生活動作やゴルフ、エアロバイクなどのスポーツ動作を、フラットパネルディスプレイを用いて連続 X 線撮影を行った (下図)。



CT 画像より投影シミュレーション像を作成し、X 線画像と画像相関によってマッチングさせることで、骨盤、大腿骨それぞれの三次元的な位置・姿勢を測定した (下図)。

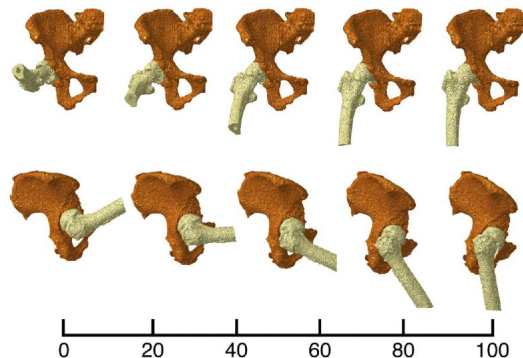


水平面、前額面、矢状面に対する大腿骨機能軸と anterior pelvic plane (APP) の相対角度 (大腿骨屈伸・回旋、骨盤傾斜・回旋) および APP に対する大腿骨機能軸の相対角度 (股関節屈伸・回旋) を評価した。

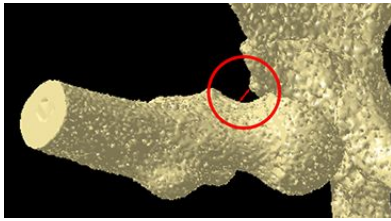
生体骨及びインプラントの精度検定を行い、共に並進運動 0.3mm、0.5 度以内の精度を確認した。過去には解析困難であった深屈曲や捻りを含む様々な動作中の骨盤と大腿骨の協調運動を高精度で詳細に解析することが可能であった。

### 4. 研究成果

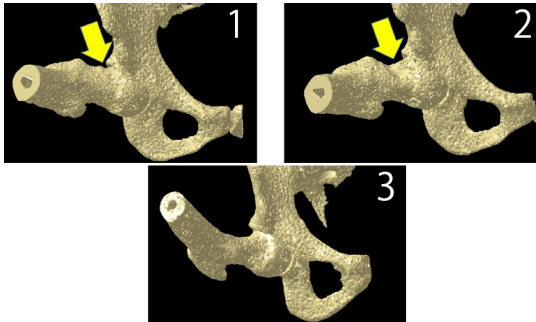
(1) 健常股関節において、4 種類の日常生活動作における三次元動態解析を行った。しゃがみ姿勢からの立ち上がり (スクワット) 動作に共通してみられた傾向は、股関節の屈曲角は骨盤後傾の影響で大腿骨の屈曲角よりも小さく、動作中で最大値を示すことであった (発表論文 5)。本研究のデータをベースラインとして、次に、変形性股関節患者の動的病態の評価を行った (下図、数値% : 1 周期)。変形性股関節症では、しゃがみ姿勢からの立ち上がり動作の際に、骨盤後傾の増加で股関節の可動域制限を代償していることを明らかにした (発表論文 4)。本研究は、27th Annual Congress of International Society for Technology in Arthroplasty にて Student E-Poster Award を受賞した。



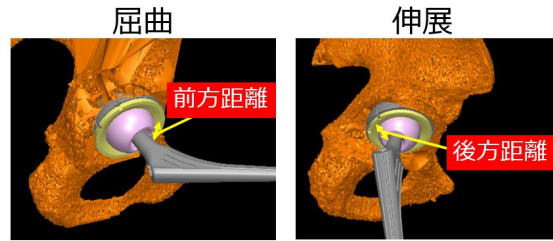
(2) 臼蓋形成不全症に対する寛骨臼移動術において、術前後のスクワット動態の解析を行い、健常股と比較検討した。動作中に最大屈曲位を示す時点での骨盤後傾は健常者で 10 度、寛骨臼移動術例では術前後でそれぞれ 8 度、10 度であり、臼蓋形成不全症例では術後に骨盤が後傾していく傾向にあった。その際の大腿骨屈曲は、健常者 : 107 度、寛骨臼移動術前 : 94 度、術後 : 101 度、股関節屈曲は健常者 : 99 度、寛骨臼移動術前 : 105 度、術後 : 87 度であり、術後に屈曲角度は減少していた。股関節最大屈曲時に頸部・臼蓋前方が接触している例は無く、明らかなインピンジメントは認めず (次図)、骨性被覆の改善が必ずしも可動域の減少に直結するわけではなく、健常股関節に近い前方被覆を目標とすることで十分な深屈曲が可能であることを明らかにした。



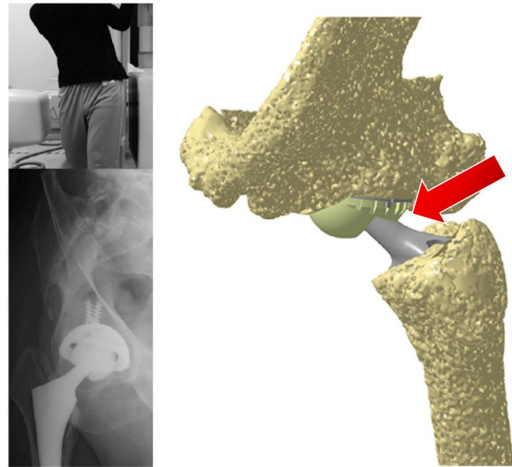
(3)大腿骨寛骨臼インピンジメントの形態学的検討は多数なされているが、疼痛誘発動作におけるインピンジメントを三次元的に評価した報告は少ない。スクワット動作における股関節動態をイメージマッチング法にて解析すると、健常股(下図3)と比べ、カムタイプの股関節インピンジメント症候群例では(下図1)最大屈曲位で骨盤は前傾位であり、大腿骨・寛骨臼の相対関係を可視化すると、リムとネック2時の部位が最も近接しており、その距離は2.0mmであった。骨軟骨形成術後の股関節動態は(下図2)変化がなく、リム-ネックのクリアランスは改善しており、最近接距離は10.4mmであった。股関節インピンジメント症候群は骨形態と動的要因に基づく病態であり、術前後の骨形態と動態を反映したインピンジメントの可視化は、正確な診断、責任病巣の同定及び術後評価に有用と考えられた(発表論文1)。



(4)日常生活における重要な動作の一つである、椅子起立時の股関節三次元動態を、人工股関節置換術前後で解析、比較した。股関節は起立動作中に最大屈曲位(術前64度、術後73度)となり、術後最大屈曲角の有意な増加を認めた。股関節最大屈曲時の骨盤傾斜は術前0度から術後前傾6度と有意に前傾し、骨盤最大前傾角(術前8度、術後13度)も有意に増加した。椅子から起立する際には、重心を前方移動させるため前傾姿勢をとる必要がある。術前は股関節可動域制限により骨盤前傾姿勢をとることが難しかったが、術後は可動域が改善し骨盤前傾姿勢をとることが可能となっていた。動作中におけるライナー・ネック間の最近接距離は前方12.6mm(次図左)後方8.2mm(次図右)であった。前方に明らかな影響因子はなかったが後方は股関節伸展角の増加・カップ外転角の増加・エレベートライナーの使用に伴い接近することが分かった。



(5)人工股関節置換術後のスポーツ活動への関心が高まっており、ゴルフスイング時における三次元動態解析を行った(下図)。ドレスからバックスイングのトップまで回旋し、トップからフィニッシュまでで、全体で約50度の回旋が生じていた。動作中の中心距離の変化はアドレスからスイング動作で最大0.9mmであった。最大外旋時にネック・エレベートライナー間での接触する症例(下図右、矢印)を40%に認めるものの、動作中に過度の回旋や不安定性を認めず、術後のスポーツ活動として許可できる考えられた(発表論文2)。



次に、人工股関節置換術後のエアロバイクにおける三次元動態解析を行った(下図)。骨盤は28度後傾でほぼ固定され、股関節の屈伸は18度から58度の間で変化していた。内外転は9度外転、回旋は6度外旋でほぼ変化しておらず、脱臼肢位は認めなかった。8例中1例のみにエレベートライナー・ネック間での接触を認め、接触例はカップ外転角が小さく、前方開角が大きく、カップ設置に注意が必要と考えられた(学会発表1、3)。



#### <引用文献>

日本整形外科学会、日本股関節学会監修：変形性股関節診療ガイドライン 2009

## 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 5 件)

Yoshimoto K, Hamai S, Higaki H, et al. Visualization of cam type femoroacetabular impingement during squatting using image-matching techniques: a case report. Skeletal Radiol. 2017 May 27. 5 名中 2 番目. 査読有. doi: 10.1007/s00256-017-2677-7. [Epub ahead of print]

Hara D, Nakashima Y, Hamai S, et al. Three-Dimensional Hip Joint Kinematics during Golf swing after Total Hip Arthroplasty. Am J Sports Med 44(7): 1801-1809, 2016. 8 名中 3 番目. 査読有. doi: 10.1177/0363546516637179.

Hamai S, Nakashima Y, Mashima N, et al. Comparison of 10-year Follow-up Wear between Annealed and Remelted Highly Cross-Linked Polyethylenes: A Propensity-Matched Cohort Study. J Mech Behav Biomed Mater 59: 99-107, 2016. 10 名中 1 番目. 査読有. doi: 10.1016/j.jmbbm.2015.12.022.

Hara D, Nakashima Y, Hamai S, et al. Dynamic Hip Kinematics in Patients with Osteoarthritis during Weight-Bearing Activities. Clin Biomech (Bristol, Avon) 32: 150-156, 2016. 8 名中 3 番目. 査読有. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2015.11.019.

Hara D, Nakashima Y, Hamai S, et al. Kinematic analysis of healthy hips during weight-bearing activities by 3D-to-2D model-to-image registration technique. Biomed Res Int 2014; 2014: 457573. 10 名中 3 番目. 査読有. doi: 10.1155/2014/457573.

[学会発表](計 6 件)

Hamai S, Nakashima Y, Komiyama K, et al. Three-dimensional kinematics during sports activity after total hip arthroplasty. 2017 International Congress for Joint Reconstruction Japan (April. 14-15, 2017, Tokyo, Japan).

濱井 敏、中島康晴、原 大介ら：人工股関節全置換術後の歩行時における cup-head translation の検討. 第 43 回日本股関節学会 (2016.11.4-5、大阪)

濱井 敏、中島康晴、岡崎 賢ら：動態解析からみた人工関節置換術後のスポーツ活動. 第 42 回日本整形外科学会スポーツ医学会学術集会 (2016.9.16-18、札幌)

Hamai S, Nakashima Y, Mashima N, et al. Comparison of 10-year Follow-up Wear between Annealed and Remelted Highly Cross-Linked Polyethylenes. American Academy of Orthopaedic Surgery (Mar. 1-5, 2016, Orland, Florida).

Hamai S, Nakashima Y, Hara D, et al. Dynamic hip kinematics during golf swing in patients after total hip arthroplasty. 28th Annual Congress of International Society for Technology in Arthroplasty (Sep. 30-Oct. 3, 2015, Vienna, Austria).

Hamai S, Nakashima Y, Hara D, et al. Dynamic hip kinematics during golf swing in patients after total hip arthroplasty. ICJR 2nd Pan Pacific Orthopaedic Congress (Jul. 22-25, 2015, Hawaii, USA).

[図書](計 0 件)

[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

<https://www.ortho.med.kyushu-u.ac.jp/2017/01/20/%e7%94%9f%e4%bd%93%e6%9d%90%e6%96%99%e3%83%bb%e5%8a%9b%e5%ad%a6%e7%a0%94%e7%a9%b6/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

濱井 敏 (HAMAI, Satoshi)

九州大学病院・整形外科・助教

研究者番号：90643742

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

### (4) 研究協力者

( )