

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01452

研究課題名（和文）初期人類二足歩行運動の生体力学的復元

研究課題名（英文）Computer simulation of bipedal locomotion in early hominids

研究代表者

荻原 直道 (Ogihara, Naomichi)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・教授

研究者番号：70324605

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 33,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、初期人類の筋骨格シミュレーションモデルを構築し、それに基づいて直立二足歩行の生体力学的復元を行い、ヒトの二足歩行の進化過程における運動学的変化の特徴を抽出することを通して、ヒトの常習的直立二足歩行の進化を明らかにすることを試みた。その結果、初期人類の二足歩行と力学特性の定量的分析を行うための運動学的・生体力学的基盤を整備し、直立二足歩行の起源と進化的変遷について論理的に議論・検証することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

直立二足歩行の獲得は、ヒトの最も根源的な生物学的特徴であり、その進化プロセスを明らかにすることは、人類の進化、つまり我々ヒトという特殊な生物の由来と成り立ちを理解する上で必要不可欠である。全人類の行く末を地球全体で考え、地球規模で様々な問題に対処するための学術基盤として極めて重要な意義を持つ。また、ヒトの直立二足歩行の本質的理解は、整形外科学、リハビリテーション、人間工学、スポーツ科学、ロボット工学、神経科学など、歩行運動とその制御に関わる多くの分野へ価値ある知見を提供する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we constructed a musculoskeletal model of an early hominid for biomechanical reconstruction of early bipedal locomotion in our ancestors, to possibly clarify the evolutionary changes in kinematic and kinetic characteristics of bipedal locomotion during the course of the human evolution. As a result, kinematic and biomechanical bases and frameworks for quantitative biomechanical analysis of the evolution of human bipedal locomotion are established.

研究分野：人類学

キーワード：生体機構 シミュレーション 筋骨格モデル 猿人

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

常習的直立二足歩行の獲得は、ヒト科(チンパンジーと分岐後の人類側の系統)とアフリカ類人猿を分ける根幹的な特徴である。したがって、この直立二足歩行という特異な移動様式と、それに適応的なヒトの形質が、どのような生態学的背景から起源し進化するに至ったのかを明らかにすることは、自然人類学分野において最も重要な研究課題の一つである。

ヒトの直立二足歩行の起源と進化様式を明らかにするためには、直接証拠である化石資料の形態情報から、形態変異の機能的意味を読み取り歩行運動を復元する必要がある。従来こうした歩行能力推定は、化石に見られる様々な特徴を現生種のそれと比較し、その類似性に基づいて行われてきた。しかし、モデルとなる現生種の多様性には限界があり、このような比較解剖学的方法論のみから、初期人類の対捕食者戦略、採食戦略、繁殖戦略など、初期人類の生存戦略までを読み解き、なぜ直立二足歩行に選択圧が作用したのかを考察することは困難である。この問題に答えるためには、生存戦略に直接的に影響を与えるであろう、移動速度やエネルギー効率、あるいは負荷時の内力に依存する怪我の可能性や関節炎などによる生存能力の低下など、淘汰と関わりうる複数の要因を、化石の形態情報から、正確かつ数量的に評価する必要がある。

歩行運動は、身体筋骨格構造と環境との力学的相互作用によって織りなされる物理現象である。したがって、歩行運動の力学シミュレーションは、初期人類の二足歩行を復元する上で強固な理論的基盤を提供する。こうした背景から、現在までアウストラロピテクス・アファレンシスの二足歩行運動を力学シミュレーションに基づいて再現しようとする試みが何度か行われてきた。しかし、モデル化精度や最適解の探索可能性などにおいて、これらの筋骨格シミュレーションには依然多くの問題が残されている。

### 2. 研究の目的

研究代表者は、生得的に四足歩行を行うニホンザルが、人為的訓練により後天的に獲得する二足歩行運動を出発点として、生体力学的動作分析・筋骨格モデリング、力学シミュレーションを相互補完的に駆使し、筋骨格系の構造的・形態的制約が二足歩行機能に与える影響を検証してきた。本研究では、これらニホンザル研究で蓄積した多くの知見を、化石人類の解剖学的筋骨格モデルに活用し、初期人類二足歩行運動の生体力学的復元を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### (1) 初期人類の筋骨格系の復元

初期人類の二足歩行・走行について、現在のところ最も多くの情報を与えてくれるのは、アウストラロピテクス・アファレンシスの全身骨格 AL288-1 (通称 Lucy) である。本研究では、本全身骨格化石のキャストの 3 次元形状データに基づいて、初期人類の解剖学的に精密な 3 次元全身筋骨格モデルを構築した。具体的には、ヒト、チンパンジー、および他の初期人類化石の骨形状データを、土圧による塑性変形成分を除去しつつ、アウストラロピテクス化石の 3 次元形状データに合うように変形させることで、各骨形状の復元を行った。これにより欠損の補間も可能となった。そして先行研究による復元結果も活用して全身復元骨格を完成させた。

骨格系は関節で節分けした直鎖型剛体リンクとしてモデル化した。筋の付着位置や大きさは、ヒトやチンパンジーなどの現生種の形状よりおおよその範囲を推定した。各節の慣性モーメントなどの力学パラメータについても、推定を試みた。これらの要素モデルをくみ上げることにより、筋骨格構造の力学特性を詳細に記述した筋骨格系構造の解剖学的数理モデルを構築した。

## (2) ニホンザルの二足歩行解析

生得的に四足性である霊長類の二足歩行運動を分析し、そこからヒトの二足歩行運動の運動学的・生体力学的特徴を対比的に明らかにすることは、初期人類の二足歩行を復元する上で重要である。このため猿まわしのサルとして調教を受けたニホンザルを対象として、二足歩行の比較運動学・動力学的分析を行った。具体的には、二枚の床反力計を接地した木製歩行路を二足歩行・走行するニホンザルの身体運動を、モーションキャプチャシステムを用いて計測した結果を解析した。

## (3) 単純力学モデル解析

単純な歩行力学モデル(BSLIP model: Bipedal Spring Loaded Inverted Pendulum model)によって、二足歩行・走行における体重心の基本ダイナミクスを説明できることが知られている。具体的には(1)脚軸(股関節と着力点を結ぶ軸)が床面となす角度、(2)脚の剛性(スティフネス)、(3)立脚期中期における重心速度、を適切に定めることにより、歩行運動から走行運動まで多様な運動を再現できることが示されている。近年、このモデルが拡張され、実際の歩行のダイナミクスをより詳細に再現した単純力学モデル(VPP model)が提案された。本モデルでは体幹節の回転運動が考慮されており、実際のヒトの二足歩行と同様に床反力ベクトルが重心点より少し頭側の点(VPP: Virtual Pivot Point)を通る。単純力学モデルによる歩行の解析は、多自由度系である身体筋骨格系と環境との力学的相互作用のメカニズムを解明する上で強固な理論的基盤となるため、歩行研究において特に注目されている。本研究では、このBSLIPモデルとVPPモデルに基づいて、ニホンザルなどヒト以外の霊長類の二足歩行は、力学的に「走行」、つまりgrounded runningになるのに対して、ヒトの二足歩行は、倒立振子メカニクスに基づく「歩行」になるのかを解析した。

## (4) 下肢関節受動特性の計測

ニホンザルなどヒト以外の霊長類が、運動学的に、また力学的にヒトと同じ二足歩行ができないのは、各幹節の可動特性、すなわち、関節まわりに付着する筋の自然長と力学特性に規定される関節受動弾性特性の違いに原因があることがわかってきている。したがって、筋の受動弾性特性を正しく推定することが、化石人類の正しい歩行復元のために必要不可欠であるが、従来全く考慮されてこなかった。本研究では、初期人類のそれを推定するために、まずニホンザルについて各筋の受動弾性特性を詳細に同定することを試みた。具体的には、新鮮屍体を治具によって固定し、トルクセンサーを介して各関節軸まわりにモーターによってモーメントを作用させ、そのときの関節角度とモーメントを同時計測する装置を開発した。本装置を用いて、ニホンザルの下肢幹節の関節受動特性を明らかにすることを試みた。

## (5) 下肢筋の受動弾性特性が二足歩行に与える影響

下肢筋の受動弾性特性が二足歩行運動に与える影響を実証するために、本研究では、ヒトの下肢骨格筋のスティフネスを、超音波エラストグラフィにより計測した。成人男性の大腿四頭筋、ハムストリングス、下腿三頭筋のスティフネスを各筋がまたぐ関節の角度を他動的に変化させて計測し、関節角度変化に伴うスティフネスの変化を求めた。一方、同じ被験者を対象として、トレッドミル上を二足歩行するときの身体運動を、モーションキャプチャシステムを用いて計測し、特に下肢関節と体幹角度の最大屈曲・伸展角度と筋スティフネスの関係を解析した。

## 4. 研究成果

### (1) 初期人類の筋骨格系の復元

本研究では、二足歩行を始めた初期人類(猿人)の代表的な化石標本である、アウストラロピテクス・アファレンシス筋骨格系の詳細な復元を試みた。体重は、複数の回帰式に基づく体重推定の結果を精査し 28.6kg、身長は Lucy の大腿骨長から回帰式により推定した値と、後述する仮想空間内での交連骨格復元作業に基づいて 106.7cm と推定した。

脊椎は、頸椎 7 個、胸椎 12 個、腰椎 6 個、仙椎 4 個で構成されると推定し、第一頸椎から仙骨底までの長さを、推定身長と下肢の交連骨格復元の結果に基づいて 392mm と算出した。頭部の復元には、アウストラロピテクス・アフリカヌスの頭骨復元の形状データを用いた。骨盤は、AL288 の残存する仙骨と左腸骨から左右対称に基づいて変形を除去し、鏡像で欠損する右腸骨を復元した。

AL288 の大腿骨は、破損している遠位端を AL129 のそれと合体させ復元した。脛骨は crural index を 83 と仮定して全長を決定し、他個体の脛骨を参考に近位端と遠位端が直線に並ぶように配置した。腓骨遠位端の配置は、距腿関節の形状に基づいて決定した。膝蓋骨は、ヒトの膝蓋骨を大腿骨遠位端と関節するように変形して復元した。足部は、ホモ・ハピリス OH8 をテンプレートとして、アウストラロピテクス・アファレンシス AL288 の距骨と同 AL333 の足根骨、中足骨、指骨を配置することで復元した。

上腕骨は相対的に遺存状態の良い左の破損・欠損部分を右の鏡像を利用して補完することで復元した。尺骨橈骨は brachial index を 84 と仮定して全長を決定し、他個体の形状も参考に尺骨と橈骨の遠位部・近位部の間を補完した。手部は AL333 の標本を用いて復元した。鎖骨と肩甲骨については、ヒトの骨形態に基づいて形状を推定した。これら復元した身体各節をリンクモデルとしてくみ上げ、初期人類の筋骨格系の復元を完成させた。

### (2) ニホンザルの二足歩行解析

二足歩行・走行するニホンザルの身体運動を、床反力計と・モーションキャプチャシステムを用いて計測した結果を分析した結果、ニホンザルの二足歩行は、基本的にはヒトに見られる位置エネルギーと運動エネルギーの相互変換、つまり倒立振り子メカニクスを活用して移動の効率化を図る「歩行」ではなく、両脚支持期がある(接地率 $>0.5$ )という点では「歩行」であるが、力学エネルギーを脚に存在する弾性要素に保存、再利用することで、移動効率の向上を図る、つまり力学的には弾性メカニクスを用いる「走行」であることが明らかとなった。両脚支持期があるが力学的には「走行」である二足移動様式は grounded running と呼ばれる。近年、ニホンザルに限らず、チンパンジーなどヒト以外の霊長類が行う二足歩行は、基本的には grounded running であることが指摘されている。一方、ヒトでは、両脚支持期があるとき力学的に「歩行」、ないとき「走行」であり、それらの中間に位置する grounded running を基本的には行わない。霊長類一般に見られる grounded running がヒトの二足歩行では消失している要因を明らかにすることが、初期人類の二足歩行を復元し、ヒトの直立二足歩行の進化を明らかにする上で重要な鍵となることが明らかとなった。

### (3) 単純力学モデル解析

単純な歩行力学モデル、すなわち BSLIP モデルと VPP モデルに基づいて、ニホンザルなどヒト以外の霊長類の二足歩行は、力学的に「走行」、つまり grounded running になるのに対して、ヒトの二足歩行は、倒立振り子メカニクスに基づく「歩行」になるのかを解析した。その結果、ヒ

トの二足歩行では、立脚期の脚の剛性（スティフネス）が相対的に高いため、重心が倒立振子のように接地点まわりに円弧状に運動することが可能であるが、ニホンザルのそれは相対的に小さい、つまりコンプライアントであることが原因であることが明らかとなった。一方、ニホンザルの二足歩行中の脚スティフネスでも、理論的には「歩行」も可能であることも明らかとなった。にもかかわらず、ニホンザルの二足歩行は「歩行」ではなく、grounded running を基本的には採用しているのは、脚が屈曲位のため相対的にコンプライアントであるため、倒立振子メカニクスの活用によるエネルギー消費量の削減が限定的であるためと考えられた。

#### (4) 下肢関節受動特性の計測

ニホンザル新鮮屍体を治具によって固定し、トルクセンサーを介して各関節軸まわりにモーターによってモーメントを作用させ、そのときの関節角度とモーメントを同時計測した。これにより、歩行の復元に本質的に重要である、下肢関節の関節受動弾性特性の定量化が可能となった。筋を一つずつ除去してこの計測を繰り返し、構築した筋骨格モデルを用いて実験データを再現するように力学的にシミュレートすることで、各筋のパラメータを同定することが可能となる。

#### (5) 下肢筋の受動弾性特性が二足歩行に与える影響

ヒトの二足歩行中の下肢関節と体幹角度の最大屈曲・伸展角度と、筋スティフネスの関係を分析した結果、ハムストリングスのスティフネスが高い被験者は、遊脚期において膝関節屈曲角度が相対的に大きくなり、体幹がより後傾することが明らかとなった。これは遊脚期後期に股関節が屈曲、膝関節が伸展するため、ハムストリングスが大きく伸ばされることに起因する。また広筋のスティフネスが高いと、蹴り出し時の足関節底屈が小さくなる傾向が見られた。筋の受動弾性特性が二足歩行運動に影響を与えることが実証的に明らかとなり、化石人類の歩行復元においても、その影響を検討することが不可欠であることが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ito Kohta, Hosoda Koh, Shimizu Masahiro, Ikemoto Shuhei, Nagura Takeo, Seki Hiroyuki, Kitashiro Masateru, Imanishi Nobuaki, Aiso Sadakazu, Jinzaki Masahiro, Ogihara Naomichi	4. 巻 4
2. 論文標題 Three-dimensional innate mobility of the human foot bones under axial loading using biplane X-ray fluoroscopy	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Royal Society Open Science	6. 最初と最後の頁 171086 ~ 171086
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1098/rsos.171086	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 Seki Hiroyuki, Nagura Takeo, Suda Yasunori, Ogihara Naomichi, Ito Kohta, Matsumoto Morio, Nakamura Masaya	4. 巻 231
2. 論文標題 Effect of tibial coronal inclination on hindfoot kinematics: A biomechanical simulation study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine	6. 最初と最後の頁 952 ~ 958
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0954411917721941	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 Oishi Motoharu, Ogihara Naomichi, Shimizu Daisuke, Kikuchi Yasuhiro, Endo Hideki, Une Yumi, Soeta Satoshi, Amasaki Hajime, Ichihara Nobutsune	4. 巻 232
2. 論文標題 Multivariate analysis of variations in intrinsic foot musculature among hominoids	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Anatomy	6. 最初と最後の頁 812 ~ 823
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1111/joa.12780">https://doi.org/10.1111/joa.12780</a>	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 Seki Hiroyuki, Nagura Takeo, Suda Yasunori, Ogihara Naomichi, Ito Kohta, Niki Yasuo, Matsumoto Morio, Nakamura Masaya	4. 巻 232
2. 論文標題 Quantification of vertical free moment induced by the human foot?ankle complex during axial loading	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine	6. 最初と最後の頁 637 ~ 640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1177/0954411918777267">https://doi.org/10.1177/0954411918777267</a>	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 Kikuchi Yasuhiro, Nakatsukasa Masato, Tsujikawa Hiroshi, Nakano Yoshihiko, Kunimatsu Yutaka, Ogiwara Naomichi, Shimizu Daisuke, Takano Tomo, Nakaya Hideo, Sawada Yoshihiro, Ishida Hidemi	4. 巻 123
2. 論文標題 Sexual dimorphism of body size in an African fossil ape, <i>Nacholapithecus kerioi</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Human Evolution	6. 最初と最後の頁 129 ~ 140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.07.003">https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.07.003</a>	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 Ogiwara Naomichi, Hirasaki Eishi, Andrada Emanuel, Blickhan Reinhard	4. 巻 125
2. 論文標題 Bipedal gait versatility in the Japanese macaque ( <i>Macaca fuscata</i> )	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Human Evolution	6. 最初と最後の頁 2 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.09.001">https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2018.09.001</a>	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 該当する

1. 著者名 Blickhan Reinhard, Andrada Emanuel, Hirasaki Eishi, Ogiwara Naomichi	4. 巻 221
2. 論文標題 Global dynamics of bipedal macaques during grounded and aerial running	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Experimental Biology	6. 最初と最後の頁 jeb178897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1242/jeb.178897">https://doi.org/10.1242/jeb.178897</a>	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 該当する

1. 著者名 荻原直道	4. 巻 43
2. 論文標題 ヒトの足部筋骨格構造の形態的特徴とその進化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Biomechanisms	6. 最初と最後の頁 83 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3951/sobim.43.2_83">https://doi.org/10.3951/sobim.43.2_83</a>	査読の有無 無
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 細田耕、荻原直道	4. 巻 43
2. 論文標題 ヒト二足歩行における足部動態の解明	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Biomechanisms	6. 最初と最後の頁 101 ~ 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.3951/sobim.43.2_101">https://doi.org/10.3951/sobim.43.2_101</a>	査読の有無 無
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 Jinzaki Masahiro, Yamada Yoshitake, Nagura Takeo, Nakahara Takehiro, Yokoyama Yoichi, Narita Keiichi, Ogiwara Naomichi, Yamada Minoru	4. 巻 55
2. 論文標題 Development of Upright Computed Tomography With Area Detector for Whole-Body Scans	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Investigative Radiology	6. 最初と最後の頁 73 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000603">https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000603</a>	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 Nozaki Shuhei, Watanabe Kota, Kamiya Tomoaki, Katayose Masaki, Ogiwara Naomichi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Three Dimensional Morphological Variations of the Human Calcaneus Investigated Using Geometric Morphometrics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Clinical Anatomy	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/ca.23501">https://doi.org/10.1002/ca.23501</a>	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 Andrada Emanuel, Blickhan Reinhard, Ogiwara Naomichi, Rode Christian	4. 巻 494
2. 論文標題 Low leg compliance permits grounded running at speeds where the inverted pendulum model gets airborne	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Theoretical Biology	6. 最初と最後の頁 110227 ~ 110227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2020.110227">https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2020.110227</a>	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 該当する

1. 著者名 Nozaki Shuhei, Watanabe Kota, Kamiya Tomoaki, Katayose Masaki, Ogihara Naomichi	4. 巻 in press
2. 論文標題 Morphological variations of the human talus investigated using three-dimensional geometric morphometrics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Clinical Anatomy	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1002/ca.23588">https://doi.org/10.1002/ca.23588</a>	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 -

[学会発表] 計23件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Ito, K., Hosoda, K., Shimizu, M., Ikemoto, S, Nagura, T, Seki, H., Kitashiro, M., Jinzaki, M., Imanishi, N., Aiso, S., Ogihara, N.
2. 発表標題 Three-dimensional measurement of the human cadaver foot bone kinematics under axial loading condition using biplane X-ray fluoroscopy
3. 学会等名 13th Footwear Biomechanics Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Iwami, T., Ogihara, N.
2. 発表標題 Biomechanical analysis of human grounded running
3. 学会等名 The 8th International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ito, K., Suzuki, R., Hosoda, K., Nagura, T., Seki, H., Kitashiro, M., Imanishi, N., Aiso, S, Jinzaki, M., Ogihara, N.
2. 発表標題 Morphofunctional analysis of the human foot using three dimensional finite element model
3. 学会等名 The 26th Congress of the International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 ヒト二足歩行中の 足部 3 次元変形動態の計測
3. 学会等名 Correlated Solutions 社製品ユーザーミーティング (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 踵骨形態と直立二足歩行の進化
3. 学会等名 第71回日本人類学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤幸太、細田耕、名倉武雄、今西宣晶、相磯貞和、陣崎雅弘、大石元治、荻原直道
2. 発表標題 静荷重条件下におけるヒト足部と類人猿足部の 3 次元骨格運動の比較解析
3. 学会等名 第38回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 二ホンザル二足歩行の力学から探るヒトの進化
3. 学会等名 日本学術会議第3回理論応用力学シンポジウム～力学と知能の融合：古典力学の新潮流～ (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Negishi, T., Ito, K., Hosoda, K., Nagura, T., Ota, T., Imanishi, N., Jinzaki, M., Ogihara, N.
2. 発表標題 Effects of wearing shoes on three-dimensional kinematics of cadaver foot bones during axial loading
3. 学会等名 8th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ito, K., Negishi, T., Hosoda, K., Nagura, T., Ota, T., Imanishi, N., Jinzaki, M., Oishi, M., Ogihara, N.
2. 発表標題 Comparative analysis of three-dimensional foot bone kinematics in human and African great apes using a biplanar X-ray fluoroscopy system
3. 学会等名 8th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 X線CT装置を活用した人類進化研究
3. 学会等名 精密工学会・現物融合型エンジニアリング専門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤幸太、根岸拓生、細田耕、名倉武雄、今西宣晶、陣崎雅弘、大石元治、荻原直道
2. 発表標題 ヒトおよび類人猿の踵骨形態と、静荷重下における3次元足部骨格動態の関係
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊池泰弘、中務真人、辻川寛、中野良彦、國松豊、清水大輔、荻原直道、高野智、石田英實
2. 発表標題 中期中新世のアフリカ産化石類人猿・ナチョラピテクスの体重性差について
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 ビナマルタ、菊池泰弘、中務真人、中野良彦、國松豊、荻原直道、清水大輔、高野智、辻川寛、石田英實
2. 発表標題 Revisiting the femoral morphology of Nacholapithecus kerioi
3. 学会等名 第72回日本人類学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 ヒトの形態進化と二足歩行機能
3. 学会等名 第6回 埼玉県立大学 理学療法研修会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 二ホンザルの歩行分析から探るヒトの身体構造と直立二足歩行の特異性
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 自律分散システム部会 第63回 自律分散システム部会研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Andrada, E., Blickhan, R., Ogihara, N., Rode, C.
2. 発表標題 The role of global leg mechanics in the transition from grounded to aerial running
3. 学会等名 112th Annual Meeting of the German Zoological Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ito, K., Negishi, T., Hosoda, K., Nagura, T., Imanishi, N., Jinzaki, M., Oishi, M., Ogihara, N.
2. 発表標題 Visualization and quantification of 3d foot bone kinematics between human and african great apes using a biplanar x-ray fluoroscopy
3. 学会等名 International Society of Biomechanics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 サルの歩行分析からヒトの直立二足歩行の進化を探る
3. 学会等名 第31回東京大学理学部公開講演会「生命の神秘を理学で解き明かす」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 ヒトの二足歩行の個体発生と系統発生
3. 学会等名 生理学研究所研究会「幼・小児の成長期における脳機能と運動の発達に関する多領域共同研究」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村凱、佐々木智彦、荻原直道、中務真人、諏訪元
2. 発表標題 アウストラロピテクス・セディバの距骨と踵骨の機能的特徴の再評価 主要関節 面の向きを中心に
3. 学会等名 第73回日本人類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荻原直道、平崎鋭矢
2. 発表標題 重心位置の前方シフトがニホンザル四足歩行時の接地パターンに与える影響
3. 学会等名 第73回日本人類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野崎修平、渡邊耕太、神谷智昭、片寄正樹、荻原直道
2. 発表標題 幾何学的形態測定学を用いた踵骨の3次元形態解析：性差・加齢変化
3. 学会等名 第73回日本人類学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荻原直道
2. 発表標題 ロコモーションのエネルギー消費に 筋骨格形態が与える影響
3. 学会等名 京都大学霊長類研究所第48回ホミニゼーション研究会（招待講演）
4. 発表年 2019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
研究分担者	中務 真人 (Nakatsukasa Masasto)  (00227828)	京都大学・理学研究科・教授  (14301)	
研究分担者	諏訪 元 (Suwa Gen)  (50206596)	東京大学・総合研究博物館・教授  (12601)	
研究分担者	平崎 鋭矢 (Hirasaki Eishi)  (70252567)	京都大学・霊長類研究所・准教授  (14301)	
研究分担者	名倉 武雄 (Nagura Takeo)  (90306746)	慶應義塾大学・医学部(信濃町)・講師  (32612)	