

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		樹上性四足歩行型霊長類の四肢筋骨格モデルの構築 - 運動行動の特殊化の起源を探る			
研究テーマ (欧文) AZ		Development of a musculoskeletal model of arboreal quadrupedal primate limbs and its application to evaluation of locomotor adaptations			
研究氏 代表 者	カナ CC	姓) エギ	名) ナオコ	研究期間 B	2009 ~ 2011 年
	漢字 CB	江木	直子	報告年度 YR	2011 年
	ローマ字 CZ	Egi	Naoko	研究機関名	京都大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		京都大学・霊長類研究所・助教			
概要 EA (600 字~800 字程度にまとめてください。)					
<p>霊長類にはヒトを含めて様々な姿勢と運動様式が存在し、霊長類間での四肢骨形態の多様性は姿勢保持や運動の際に骨に生じる荷重が異なることと関係すると考えられてきた。従来の研究では、筋骨格系の比較が関節部などの特定の形態差異に言及するのに対し、運動についてのデータは、肢全体にかかる床反力や少数の筋の活動、野生状態での行動レパトリーといったものが主であり、必ずしも観察形態部位での力学環境状態には直結していない。本研究では、筋骨格系形態を数理モデル化し、このモデルに四肢にかかる力や姿勢などの運動データを合わせることで、個々の部位での力学環境を算出する試みを行った。</p> <p>本研究のモデルは、霊長類の中ではより一般的(祖先的)な運動行動様式を持つオマキザルを用いて、構築した。数理モデルでは、液浸標本の CT 撮像から抽出した骨格形態に、肩甲骨~前腕に起始し、上腕~手に終止する 26 個の筋肉を付着させた。各筋の最大筋力は標本の筋解剖によって得た生理的断面積にもとづいている。前肢を肩甲骨・上腕・前腕尺骨側・前腕橈骨側・手部の5つの節に分け、これらの節間は合計 7 の自由度で関節させた。また、各節の質量を CT 画像での筋肉・皮を含めた容量から求めた。この形態モデルに対し、運動データとして、水平に設置したポール上での歩行運動での、基体に対する各節の方向を文献から得て、基体に手をついてから離れるまでの姿勢変化をシミュレートした。更に、姿勢に対応する基体反力を入力し、各筋の働きと各関節にかかる関節反力を解析している。本研究期間では、歩行サイクル内での変化に焦点を置いた。</p> <p>ここで行ったシミュレーションによる筋骨格形態と運動、力学環境の関係の解析は、ヒト以外の哺乳類の研究では一般的ではない、新しい手法である。今回の解析結果と先行研究での実験結果や仮説との差異や類似の原因については、今後更に検討が必要と思われるが、骨格・筋・姿勢・反力などの様々な要素を統合的に扱える点や、運動パラメータのコントロールが容易にできる点で、この手法は運動力学的な観点からの筋骨格形態の適応についての理解を深めることにつながると期待される。</p>					
キーワード FA	筋骨格系	力学モデル	歩行姿勢	霊長目	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Development of a musculoskeletal model of an arboreal quadrupedal primate forelimb.							
	著者名 ^{GA}	Egi N, Ogihara N	雑誌名 ^{GC}	Anthropological Science					
	ページ ^{GF}	in press ~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
雑誌	論文標題 ^{GB}								
	著者名 ^{GA}		雑誌名 ^{GC}						
	ページ ^{GF}	~	発行年 ^{GE}					巻号 ^{GD}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 EZ

Various postural and locomotor behaviors are known for primates, and the diversity of postcranial morphologies among primate taxa have been suggested to relate to different loading conditions on limbs, which are influenced by the behaviors. In previous studies, morphological approaches tended to concentrate on differences in a specific skeletal area, while kinematic and locomotion data have described characteristics of whole limb or body (e.g., substrate reaction forces on a whole limb, behavioral repertory under a wild condition); thus, causal relationships of loadings to a specific skeletal morphology have been difficult to be evaluated. This study constructed a mathematical model of musculoskeletal system of a forelimb, and attempted to estimate loading condition of each skeletal part by applying substrate reaction force and kinetic data.

Our model was constructed based on data of cebid monkeys, of which locomotion is less specialized among primates. CT scanner images were obtained from a liquid specimen. Origins and insertions of 26 muscles on the forelimb were attached to the skeletal image. The maximum force generated by each muscle was estimated from its physiological cross-sectional area. The forelimb were divided into five segments (scapula, brachium, ulnar forearm, radial forearm, hand), and these were connected with joints. Mass of each segment was also estimated from the CT image. The postural data of each segment and substrate reaction forces during walk on a horizontal pole were collected from a literature. By combining the morphological model and the behavioral data, changes in forelimb posture from touchdown to liftoff were simulated, and forces generated by each muscle and reaction forces at each joint were estimated.

The simulation that was carried out in this study is not an ordinary approach for discussing relationships among musculoskeletal morphology, kinematics, and loading condition in primates and other mammals. It is necessary to further evaluate the reasons for the differences and similarities between our results and previous experimental data. Nonetheless, this new method provides an easy way to control behavioral parameters and opportunities to examine relationships between musculoskeletal morphology and positional and locomotor behaviors.