

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03238

研究課題名（和文）軟部組織の粘弾性特性を考慮した次世代筋骨格系シミュレーション基盤の構築

研究課題名（英文）Development of novel musculoskeletal simulation platform considering viscoelastic properties of the soft tissue

研究代表者

長野 明紀（Nagano, Akinori）

立命館大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：30392054

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では衝撃力の作用する動作に対応可能な、軟部組織の貢献を考慮した筋骨格系シミュレーションの基盤を構築する事を目的とし、下記の成果を挙げた。（1）ヒト全身の筋骨格系モデルを構築した。身体のリンク系の運動方程式に、筋腱複合体のモデル、地面反力のモデル、ならびに軟部組織のモデルを組み込んだ。言語としてはC言語またはMATLABを用い、2次元のモデルと3次元のモデルを作成した。（2）多様なスポーツ動作の動作解析及びシミュレーションを行った。対象とする動作は走行動作、投球動作、跳躍動作等である。実験データの解析から得られる知見とシミュレーション結果から得られる知見を統合して考察を深めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、これまで筋骨格系シミュレーションで考慮されて来っていない軟部組織の挙動に注目している。軟部組織の力学的貢献を組み込んだモデルを構築し、これを用いた考察を行った。これは技術的な観点からも新規性が高く、本研究の成果を踏まえて今後新たな取り組みを可能とするものである。特に衝撃力が作用するダイナミックな動作について、シミュレーションを活用した予測的な考察を行う事が可能となる。近年取り組みやすい運動としてランニングがブームになっているが、同時にランニング傷害の発生リスクも懸念されている。ランニング障害は足部接地の衝撃力に起因する 경우가多いが、本研究の成果はこの様な課題にも応用可能である。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aimed to develop a musculoskeletal simulation platform that considers the contribution of soft tissue, and can analyze the action of impact forces. (1) A human whole body musculoskeletal simulation model was constructed. A model of muscle-tendon complex, a model of ground reaction force, and models of soft tissue were incorporated into the equation of motion of the link-segment system of the body. Two-dimensional models and three-dimensional models were created using C language or MATLAB. (2) Motion analysis and simulation of various sports motions were performed. Target motions included running motions, pitching motions, and jumping motions. We deepened our consideration by integrating the knowledge obtained from the analysis of experimental data and the knowledge obtained from the simulation results.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：順動力学 逆動力学 動作解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年筋骨格系モデルを用いたシミュレーションの手法が世界的に広く用いられている。個々の筋が発揮する張力や仕事を実験的に直接計測する事は困難であるが、シミュレーションの手法を用いることでこれらの値を推定出来る。先行研究の中で推定値の妥当性も評価されてきており、整った条件の下では信頼性の高い結果が得られる事が検証されてきた。ソフトウェアの開発も世界的に進められている (Delp et al., 2007; Nakamura et al., 2003)。

一方でこれらのモデルでは、身体の軟部組織の力学的特性が十分に考慮されていないという問題がある。人間の身体には筋組織、脂肪組織、内臓器官、腱・靭帯等の軟部組織が存在する。これらは粘弾性を有しており、外力を受けた際にはそれぞれの粘弾性特性に応じた挙動をする。このため特に衝撃力を受けた際、軟部組織によって衝撃が緩和されていく。従来のモデルにはこれら軟部組織の挙動が十分に組み込まれておらず、身体分節が剛体としてモデル化され、全体として剛体リンク系の構造を取っていた。そのため衝撃力が発生する動作の場合、この衝撃力が緩和されることなく瞬時に全身に伝搬してしまっていた。これは実際の人体における応答とは大きく異なるものである。そのため衝撃力が作用する動作を信頼性高くシミュレーションすることはこれまで困難であった。

我々はこれまで筋骨格系モデルを用いた身体運動の研究に取り組んできた。これまで取り扱ってきた動作は跳躍動作、歩行動作、足関節を連続的に底屈させるカーフ・レイズの動作、等である。これらの動作の研究は成功したが (Nagano et al., 2003, 2005, 2007)、衝撃力の作用する跳躍後の接地局面、走行動作、ホッピング動作等を従来の手法を用いて考察することは困難であると認識してきた。これらの動作をシミュレーションの手法を用いて考察する場合、全身の関節に大きな衝撃力が瞬時に作用する結果が得られるが、実際の人体の応答はこれとは異なり、力の作用点から離れるにつれ、軟部組織によって衝撃力が緩和されていくためである。

本研究ではこれまでの研究成果に立脚し、軟部組織の貢献を十分に考慮したシミュレーションの基盤を構築する事を目指した。またこれを用いてダイナミックな動作のシミュレーション研究を実施することとした。

2. 研究の目的

研究期間全体では大きく分けて2つの課題を達成する事とした。

(1) 骨格系(剛体リンク系)と軟部組織(粘弾性を持つ組織)の相互作用を力学的に定式化し、シミュレーションプログラムとして実装する。

骨格系については従来の手法に立脚して剛体リンク系の運動方程式を導出する。軟部組織のうち脂肪組織及び内臓器官については受動的な粘弾性特性を持つ組織としてモデル化する。筋についてはその粘弾性特性が筋の活動度や張力発揮レベルに応じて変化する様モデル化する。これについては筋張力と筋の硬度の関係を求め、そのデータを反映させたモデル化を行う。腱・靭帯については非線形な粘弾性特性を持つ結合組織としてモデル化する。

(2) 衝撃力の発生するスポーツ動作について、特に衝撃力に着目した解析を実施する。更にシミュレーション研究を実施し、その妥当性を検証する。

走行動作等のダイナミックな動作を対象としてシミュレーションを実施し、計算結果の妥当性を検証する。結果に応じてモデリングの段階に立ち返り、本研究で構築するシミュレーション基盤に改訂を加える。このプロセスを繰り返して信頼性の高い結果が得られる事を確実にする。

3. 研究の方法

本研究は、モデリング・シミュレーションの手法と、動作解析の手法の両方を活用して推進した。

(1) モデリング及びシミュレーションに関しては、身体各部の粘弾性に特に着目し、新たなシミュレーションモデルを構築した。これは従来広く用いられてきている剛体リンク系のモデルを発展させたものである。また、ここで構築したモデルを用いて、スポーツ動作のシミュレーションを実施した。

(2) 衝撃力の作用するスポーツ動作を解析し、身体に作用する衝撃力について詳細な解析と考察を行った。特に走行動作に注目し、足部の接地に伴い発生する衝撃力を計測・解析した。

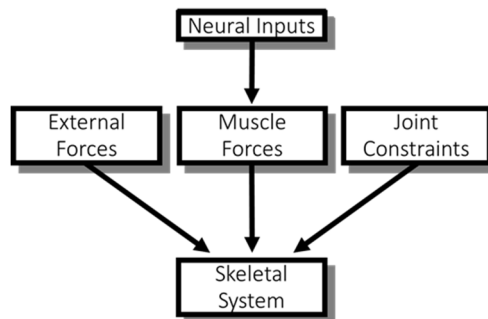
(3) 更に、より拘束の少ない条件下で動作解析を実施出来る様、新たな動作解析の手法を構築

した。画像処理を中心とした手法とウェアラブルな慣性センサを用いた手法の二つに取り組み、成果を挙げた。

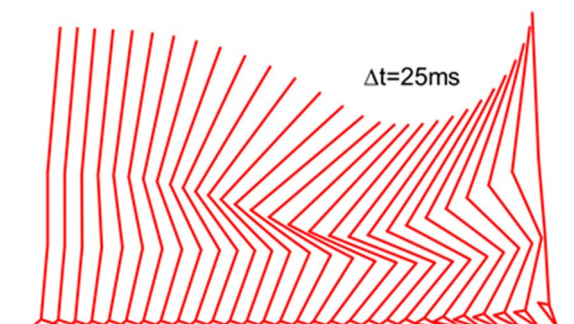
4. 研究成果

これまで、主として以下の成果を挙げてきた。

(1) ヒト全身の順動力学シミュレーションモデルを構築した。モデルの骨子となる運動方程式は力学解析ツールを用いて導出した。そのモデルに筋・腱・神経系からの指令等のモデルを組み込んだ。このモデルは、個々人の身体特性に容易にカスタマイズ出来るものとした。シミュレーションモデルには全身の身体形状、個々の筋の筋量、筋の生理学的横断面積、起始・停止の位置、筋束長、皮下脂肪・内臓脂肪の分布、内臓器官の分布、骨格系の形状、等のパラメーターを組み込める様になっている。これらのパラメーターは完全に独立したのではなく相互依存関係を持つものもあるので、値を定める際にはこの依存関係を考慮する必要がある。本研究ではこの依存関係もシミュレーションモデルに組み込み、適切なパラメーター値を矛盾なく設定できる様にした。モデルは2次元と3次元のものを作成した。いずれについてもC言語で記述したものとMATLAB言語で記述したものを作成した。



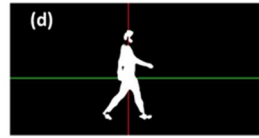
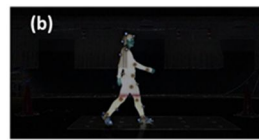
(2) 上記のモデルを使用して跳躍動作についてシミュレーション研究を実施した。従来、筋骨格系のモーメントアーム(この長さに相当)が或る程度の範囲内で長い場合に、全体としての力学的出力が大きくなる事が知られている。また、モーメントアームが長すぎると力学的出力が低下することが知られている。ただしこれらの現象はダイナミックな状況では検証されて来なかった。本研究では最もダイナミックな運動の一つである跳躍動作においてモーメントアーム長をシステムティックに変動させ、それが跳躍高に及ぼす影響を評価した。その結果、先行研究で得られてきた知見と合致する結果を得ることが出来た。



(3) 体幹部の自由度を必要十分に考慮した筋骨格系シミュレーションモデルを構築した。またこれを用いたダイナミックな動作のシミュレーションを実施した。これまで、体幹部についてはどの様な手法でモデリングをするのが最適であるか、十分な議論がされて来っていない。そのため大まかに1つまたは2つのセグメントを用いて体幹部をモデリングしているケースが多々見られる。本研究ではこの問題に着目し、体幹部を最適にモデル化する方法論を提案した。体幹部を複数のリンクでモデル化し、そのリンク数を変更した際のモデル化誤差を評価した。赤池の情報量基準に基づいて体幹部を最適に表現するモデルを選択することとした。

(4) 歩行・走行動作中に身体各部に作用する衝撃の評価を行った。頭部・腰部・大腿部・下腿部・足部に小型・軽量・ウェアラブルな加速度センサを装着し、床反力計を内蔵するトレッドミル上で歩行・走行動作を実施した。従来のこの種の研究では、一步または数歩のデータ取得と分析を行っているが、本研究では各速度で5分以上のデータ取得を行い、その全てについて分析を行った。衝撃の平均値のみならず変動性にも着目した。加速度および床反力のピーク値についても変動性についても、歩行・走行速度が上昇するにつれ値が大きくなる傾向が見られた。またいずれの値についても、値は足部で最も大きく、頭部方向に向かうにつれ小さくなった。これは身体の軟部組織の粘弾性の影響であることが示唆された。

(5) 画像処理の技術を用いて、時々刻々の歩行・走行速度を同定するアルゴリズムを考案し、これをプログラムとして実装した。このアルゴリズムでは被験者の映った画像から背景画像を差し引くことで、被験者の身体が存在する空間的領域を同定する。その位置座標を時間微分することで時々刻々の速度を求める。作成したプログラムの精度をモーションキャプチャーデータと比較対照して検証したところ、平均誤差 3%程度の精度が確認出来た。このアルゴリズムについては国際誌に論文としても掲載されており、また特許も出願済である。



- (a): 元画像
- (b): 背景を差分した画像
- (c): (b)をフィルタリングした画像
- (d): 二値化画像および重心位置

(6) 小型・軽量・ウェアラブルな慣性センサを用いて、歩行動作時の身体各部位の加速度情報を取得した。これを数理解析することにより性差・年齢差についての検討を行った。また歩行動作のパターンを筋のシナジーに注目して解析し、各集団の動作特性を検討する試みを行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Sato, T., Nagano, A.	4. 巻 77
2. 論文標題 Determination of the optimal number of linked rigid-bodies of the trunk during walking and running based on Akaike's information criterion.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gait and Posture	6. 最初と最後の頁 264-268
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gaitpost.2020.02.009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 田中貴大, 本城豊之, 藤本雅大, 長野明紀, 尾関一将, 伊坂忠夫	4. 巻 86
2. 論文標題 競泳キックスタートにおける蹴り出しのタイミングがスタートパフォーマンスへ与える影響.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会論文集	6. 最初と最後の頁 883
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1299/transjsme.19-00392	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 Tanaka, T., Suga, T., Imai, Y., Ueno, H., Misaki, J., Miyake, Y., Otsuka, M., Nagano, A., Isaka, T.	4. 巻 19
2. 論文標題 Characteristics of lower leg and foot muscle thicknesses in sprinters: Does greater foot muscles contribute to sprint performance?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 European Journal of Sport Science	6. 最初と最後の頁 442-450
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/17461391.2018.1534991	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Sato, T., Nagano, A.	4. 巻 63
2. 論文標題 Quantitative evaluation of linked rigid-body representations of the trunk.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Gait and Posture	6. 最初と最後の頁 119-123
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gaitpost.2018.04.046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Tomita, D., Suga, T., Ueno, H., Miyake, Y., Otsuka, M., Terada, M., Nagano, A., Isaka, T.	4. 巻 1
2. 論文標題 Relationship between knee extensor moment arm and long sprint performance in male 400-m sprinters.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Translational Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 172-179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tsm2.33	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tomita, D., Suga, T., Tanaka, T., Ueno, H., Miyake, Y., Otsuka, M., Nagano, A., Isaka, T.	4. 巻 11
2. 論文標題 A pilot study on the importance of forefoot bone length in male 400-m sprinters: is there a key morphological factor for superior long sprint performance?	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 BMC Research Notes	6. 最初と最後の頁 583
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13104-018-3685-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Isaka, T., Nagano, A.	4. 巻 59
2. 論文標題 Quantitative assessment of trunk deformation during running.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Biomechanics	6. 最初と最後の頁 116-121
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiomech.2017.04.019	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長野明紀	4. 巻 68
2. 論文標題 ボクシングのパンチの衝撃計測の試み.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 体育の科学	6. 最初と最後の頁 92-95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 赤熊亮祐, 長野明紀	4. 巻 21
2. 論文標題 Kinect for WindowsとMATLABを用いた動作解析: Kinect for Windows v2 とMATLABを用いた歩行パラメータの取得.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 46-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Okutani, H., Suga, T, Wakamiya, M., Isaka, T., Nagano, A.	4. 巻 1
2. 論文標題 Specific biomechanical characteristics in 110 M hurdlers: asymmetrical hip flexor/extensor muscle size and hip joint torque.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of: 2017 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	6. 最初と最後の頁 457-462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII.2017.8279263	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 Nagano, A., Fujimoto, M., Kudo, S., Akaguma, R.	4. 巻 51
2. 論文標題 An image-processing based technique to obtain instantaneous horizontal walking and running speed.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Gait and Posture	6. 最初と最後の頁 7-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.09.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Miyake, Y., Suga, T., Otsuka, M., Tanaka, T., Misaki, J., Kudo, S., Nagano, A., Isaka, T.	4. 巻 117
2. 論文標題 The knee extensor moment arm is associated with performance in male sprinters.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of Applied Physiology	6. 最初と最後の頁 533-539
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00421-017-3557-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka, T., Suga, T., Otsuka, M., Misaki, J., Miyake, Y., Kudo, S., Nagano, A., Isaka, T.	4. 巻 27
2. 論文標題 Relationship between the length of the forefoot bones and performance in male sprinters.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports	6. 最初と最後の頁 1673-1680
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/sms.12857	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Toda, H., Nagano, A., Luo, Z.	4. 巻 28
2. 論文標題 Analysis of walking variability through simultaneous evaluation of the head, lumbar and lower extremity acceleration in healthy youth.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 1801-1805
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.28.1801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Toda, H., Nagano, A., Luo, Z.	4. 巻 28
2. 論文標題 Age-related differences in muscle control of the lower extremity for support and propulsion during walking.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 794-801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1589/jpts.28.794	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 戸田晴貴, 長野明紀, 羅志偉	4. 巻 31
2. 論文標題 歩行中の下肢筋張力における性差.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 理学療法科学	6. 最初と最後の頁 37-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 長野明紀	4. 巻 34
2. 論文標題 ランニングのバイオメカニクス	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 臨床スポーツ医学	6. 最初と最後の頁 574-580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 赤熊亮祐, 長野明紀	4. 巻 20
2. 論文標題 Kinect for Windows v2 をMATLABで使用する為のセットアップ及びモーションキャプチャーの実施.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 212-217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 長野明紀	4. 巻 20
2. 論文標題 Kinect for Windows v1 を用いたモーションキャプチャー.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 157-161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 長野明紀	4. 巻 20
2. 論文標題 Kinect for WindowsとMATLABを用いた動作解析: Kinect for Windows v1をMATLABで使用するためのセットアップ.	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 バイオメカニクス研究	6. 最初と最後の頁 117-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

〔学会発表〕 計47件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 23件）

1. 発表者名 中川遼太, 佐藤隆彦, 篠原康男, 長野明紀
2. 発表標題 ランニングシューズのソールの弾性特性がランニング中における着地負荷に及ぼす影響.
3. 学会等名 第64回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Sato, T., Nagano, A.
2. 発表標題 Kinetic characteristics of the trunk during walking.
3. 学会等名 25th Congress of the European Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamaguchi, A., Sato, T., Fujimoto, M., Kudo, S., Nagano, A.
2. 発表標題 A biomechanical analysis of pitching motion with various pitch types in collegiate baseball pitchers.
3. 学会等名 25th Congress of the European Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuruhara, Y., Fukutani, A., Ueno, H., Suga, T., Terada, M., Nagano, A., Isaka, T.
2. 発表標題 The relative muscle volume of triceps surae differs among sprinters, runners and untrained subjects.
3. 学会等名 27th Congress of the International Society of Biomechanics
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuno, R., Kudo, S., Sato, S., Nagano, A.
2. 発表標題 Relationship between step frequency and step length and trunk kinematics in sprinting.
3. 学会等名 The 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nagano, A.
2. 発表標題 Motion analysis and computer simulation of whole-body movements: recent developments and findings.
3. 学会等名 From London to Tokyo ~ the cutting edge research of Sport & Health (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長野明紀
2. 発表標題 筋骨格系シミュレーションの基礎理論と実践.
3. 学会等名 第23回日本基礎理学療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 長野明紀
2. 発表標題 筋骨格系シミュレーションを用いたスポーツ障害に関する検討.
3. 学会等名 第21回奈良スポーツ医学研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nagano, A.
2. 発表標題 Effects of moment arm length on squat and counter movement jump height: a forward dynamics computer simulation study.
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 Kudo, S., Fujimoto, M., Sato, T., Nagano, A.
2. 発表標題 Kinetic contribution of multi-segmental trunk during dynamic movements.
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 Yamaguchi, A., Kudo, S., Fujimoto, M., Sato, T., Nagano, A.
2. 発表標題 The relationship between muscle tensions of the hip and knee extensors and ball speed during baseball pitching.
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 Wakamiya, M., Shinohara, Y., Nagahara, R., Matsuo, A., Nagano, A.
2. 発表標題 Step-to-step analysis of anteroposterior ground reaction force during 110M hurdle.
3. 学会等名 36th International Conference on Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Sato, T., Nagano, A.
2. 発表標題 Determination of the optimal number of rigid-body segments to represent the trunk using Akaike's information criterion.
3. 学会等名 36th International Conference on Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Okutani, H., Suga, T., Wakamiya, M., Isaka, T., Nagano, A.
2. 発表標題 The effect of hip joint muscle strength and size on hip joint angular velocity during 110M hurdling motion.
3. 学会等名 36th International Conference on Biomechanics in Sports (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaneda, K., Sato, T., Fujimoto, M., Nagano, A.
2. 発表標題 The effects of wearing ankle braces on running kinetics.
3. 学会等名 The British Association of Sport and Exercise Sciences Conference 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村尾直広, 佐藤隆彦, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 ラグビースクラムハーフ選手の投球方向によるパス動作の違い: 動作時間, 関節角度・角速度に着目して.
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森本晃央, 工藤将馬, 佐藤隆彦, 長野明紀
2. 発表標題 野球の打撃技術における回転軸の意識がスイング動作に及ぼす影響.
3. 学会等名 第32回日本トレーニング科学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口敦史, 佐藤隆彦, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 野球の投手における異なる球種投球時の動作解析.
3. 学会等名 第10回東京体育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 富田大智, 佐藤隆彦, 工藤将馬, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 全力疾走における上肢、下肢、体幹部の角運動量の変化.
3. 学会等名 第10回東京体育学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 若宮美咲, 篠原康男, 永原隆, 松尾彰文, 長野明紀
2. 発表標題 スプリント走およびハードル走における1歩毎の加速減速特性.
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 工藤将馬, 藤本雅大, 佐藤隆彦, 長野明紀
2. 発表標題 赤池情報量基準に基づいた体幹部の動作解析に適した剛体セグメントモデルの検討.
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川遼太, 佐藤隆彦, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 床反力計内蔵型トレッドミルを用いたランニング動作中の床反力の変動の定量化.
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村尾直広, 佐藤隆彦, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 ラグビースクラムハーフ選手におけるパス動作の左右差の検討: ボール速度、動作時間、地面反力に着目して.
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯池敦史, 佐藤隆彦, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 反動を用いたジャンプ動作における膝関節最大屈曲角度が跳躍パフォーマンスに与える影響.
3. 学会等名 第25回日本バイオメカニクス学会大会
4. 発表年 2018年

1 . 発表者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Nagano, A.
2 . 発表標題 Quantitative evaluation of linked rigid-body representations of the trunk.
3 . 学会等名 Biomedical Engineering Society Annual Meeting 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Akaguma, R., Fujimoto, M., Sato., T., Nagano, A.
2 . 発表標題 Comparison of Kinect and optical motion capture system for kinematic and kinetic gait analysis utilizing OpenSim.
3 . 学会等名 Biomedical Engineering Society Annual Meeting 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Suzuki, T., Terada, M., Taniyama, D., Kawakatsu, K., Nagano, A.
2 . 発表標題 Effect of therapeutic ultrasound on postural control and fibularis longus corticospinal excitabilities in population with chronic ankle instability.
3 . 学会等名 Biomedical Engineering Society Annual Meeting 2017 (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Wakamiya, M., Nagano, A.
2 . 発表標題 Effect of functional 3D socks on the arch of the foot.
3 . 学会等名 41th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Okutani, H., Suga, T., Isaka, T., Nagano, A.
2. 発表標題 Biomechanical characteristic of 110m hurdlers: volume and isometric strength of the hip flexor and extensor muscles.
3. 学会等名 41th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Nagano, A.
2. 発表標題 Determination of the optimal rigid-body representation of the trunk during dynamic activities.
3. 学会等名 26th Congress of the International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akaguma, R., Fujimoto, M., Nagano, A.
2. 発表標題 Kinematic and kinetic gait analysis using Kinect and OpenSim.
3. 学会等名 26th Congress of the International Society of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山口敦士, 工藤将馬, 佐藤隆彦, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 投手における下肢の筋力発揮と投球速度との関係.
3. 学会等名 東京体育学会第9回学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中曽根さやか, 長野明紀
2. 発表標題 コントーションの基本ポーズ「チェストスタンド」の動作解析.
3. 学会等名 東京体育学会第9回学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 工藤将馬, 藤本雅大, 長野明紀
2. 発表標題 体幹部の解析に適した剛体リンクによるモデル化手法の検討.
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 赤熊亮祐, 藤本雅大, 佐藤隆彦, 長野明紀
2. 発表標題 KinectとOpenSimを用いた関節トルクの計算.
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 若宮美咲, 長野明紀
2. 発表標題 機能性靴下の足裏アーチ形成効果の評価.
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥谷仁, 菅唯志, 若宮美咲, 伊坂忠夫, 長野明紀
2. 発表標題 110mハードル選手の競技特異的特徴股関節屈筋・伸筋群の形態及び筋出力について.
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 若宮美咲, 篠原康男, 永原隆, 松尾彰文, 長野明紀
2. 発表標題 関西インカレトップレベルの110mハードル選手における1歩毎の加速減速特性の分析.
3. 学会等名 日本陸上競技学会第16回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nagano, A.
2. 発表標題 Motion analysis of the whole body movements: recent developments and findings.
3. 学会等名 Machine Perception and Robotics 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 長野明紀
2. 発表標題 新たな動作解析の試み: マーカーレス、ウェアラブル、軟部組織.
3. 学会等名 ヒューマンロコモーション評価技術協議会2016年度第3回協議会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 Nagano, A.
2 . 発表標題 Determination of instantaneous walking and running speed using image processing technique.
3 . 学会等名 40th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Akaguma, R., Fujimoto, M., Nagano, A.
2 . 発表標題 Enhancing the measurable range of motion of Kinect by integrating multiple sensors.
3 . 学会等名 40th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Wakamiya, M., Otsuka, M., Fujimoto, M., Nagano, A.
2 . 発表標題 Athlete-specific acceleration and deceleration profiles in the hurdle race.
3 . 学会等名 40th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Izui, Y., Fujimoto, M., Nagano, A.
2 . 発表標題 Effects of run-up speed on the dynamics of single leg vertical jump.
3 . 学会等名 40th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 Kudo, S., Fujimoto, M., Isaka, T., Nagano, A.
2. 発表標題 Quantitative analysis and visualization of trunk deformation during running.
3. 学会等名 The British Association of Sport and Exercise Sciences Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Okutani, H, Suga, T., Isaka, T., Wakamiya, M.
2. 発表標題 Morphological characteristics of the psoas major muscle of 110-m hurdlers.
3. 学会等名 The British Association of Sport and Exercise Sciences Conference 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tanaka, T., Honjo, T., Fujimoto, M., Nagano, A., Isaka, T.
2. 発表標題 Effect of different track start positions on horizontal take-off velocity of the whole-body center of mass in swimming: a simulation study.
3. 学会等名 34th International Conference on Biomechanics in Sports.
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 森谷敏夫, 長野明紀ほか	4. 発行年 2019年
2. 出版社 株式会社エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 342
3. 書名 筋肉研究最前線 ~代謝メカニズム、栄養、老化・疾病予防、科学的トレーニング法~	

1. 著者名 松野文俊, 長野明紀ほか	4. 発行年 2017年
2. 出版社 株式会社近代科学社	5. 総ページ数 999
3. 書名 ロボット制御学ハンドブック	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 測定装置及びコンピュータプログラム.	発明者 長野明紀	権利者 学校法人立命館
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-008558	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

立命館大学 研究者学術情報データベース http://research-db.ritsumei.ac.jp/Profiles/112/0011156/profile.html 個人ホームページ(長野明紀) http://www.ritsumei.ac.jp/~aknr-ngn/index.htm

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	栗原 俊之 (Kurihara Toshiyuki) (10454076)	立命館大学・総合科学技術研究機構・准教授 (34315)	
研究分担者	藤本 雅大 (Fujimoto Masahiro) (10732919)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員 (82626)	

6. 研究組織（つづき）

	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	大塚 光雄 (Otsuka Mitsuo) (20611312)	立命館大学・スポーツ健康科学部・助教 (34315)	
研究分担者	伊坂 忠夫 (Isaka Tadao) (30247811)	立命館大学・スポーツ健康科学部・教授 (34315)	