

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：33901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K10869

研究課題名（和文）2次元非線形粘弾性モデルによるスポーツサーフェスの動的特性評価法の開発

研究課題名（英文）Development of evaluation system for dynamic characteristics with two-dimensional nonlinear viscoelastic model of sport surface

研究代表者

湯川 治敏（YUKAWA, Harutoshi）

愛知大学・地域政策学部・教授

研究者番号：40278221

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、2次元非線形粘弾性モデルを用いたスポーツサーフェスの動的特性評価法の開発を行った。従来の評価法では人間の動作特性である斜め方向の衝撃やサーフェスとの接触期間全般にわたるような比較的長い作用時間を持つ衝撃力に対する特性を評価していない。そこで、作用時間の長い衝撃発生装置を組み合わせることにより鉛直方向だけでなく水平方向も含めた人間の動作特性を踏まえた衝撃試験を実施し、モデル化およびパラメータ同定を行い、コンピュータ・シミュレーションによって様々な衝撃様式に対する動的特性の検討を行った。その結果、短い衝撃時間のみではパラメータ同定およびシミュレーションが行えることを確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

少子高齢化社会に於いて老若男女問わず健康志向が高まっており、様々な場所においてジョギングが行われている。本研究の成果はトップアスリートが競う陸上競技場のスポーツサーフェスのみでなく、様々な用途に用いられるスポーツサーフェスの動的特性、特に緩衝性においてその安全性および競技性（パフォーマンスの発揮しやすさ）を客観的に評価するために非常に有用な手法であり、今後、実験室内のみでなく実際の施工された施設における動的特性の経年変化なども検討可能であり、幅広い応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is developing a dynamic characteristic evaluation method for sports surfaces with two-dimensional viscoelastic model and simulation. Although the movement of sports activities consists of various angle and magnitude impact forces onto the sports surfaces, only the vertical shock attenuation and deformation, and horizontal frictional characteristics are taken into account to the evaluation in previous methods. Therefore, a new evaluation method is proposed to evaluate diagonal impact force and prolonged impact force which is equivalent to the ground reaction force of human running. In this study, the parameter identification method of the model for sports surface is proposed and confirmed the identification accuracy. Finally, while the sufficient accuracy of identification was not observed in prolonged impact data, the short impact used for previous evaluation method with various angle data were reproduced by the simulation with proposed model and parameters.

研究分野：スポーツ工学

キーワード：スポーツサーフェス 2次元着地衝撃 2次元非線形粘弾性モデル 緩衝性評価 シミュレーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

従来、陸上競技場の走路などスポーツサーフェスの特性評価としては衝撃試験による鉛直方向の衝撃減衰率と最大変位による緩衝性能評価および特定の条件における動的な摩擦係数の測定によって評価していた。しかしながら、この方法では人間の動作特性である斜め方向の衝撃やサーフェスとの接触期間全般にわたるような比較的長い作用時間を持つ衝撃力に対する特性を評価していない。さらに現在実施されている鉛直方向の緩衝性能評価は与える衝撃力が同じであってもそれを生成する力学的要素が異なると緩衝性が異なることが明らかになっている。従って多種多様な運動様式に対する緩衝性能を検討するためにはその条件に応じた衝撃試験を実施する必要があり非常にコストが掛かる。そこで、多種多様な運動様式に対する応答を効率良く検討するためにはサーフェスのモデル化を行い、シミュレーションによって緩衝性能を検討することが有効である。

2. 研究の目的

本研究は、2次元非線形粘弾性モデルを用いたスポーツサーフェスの動的特性評価法の開発を行う。これまでに開発した2次元衝撃試験と新たに開発した作用時間の長い衝撃発生装置を組み合わせることにより鉛直方向だけでなく水平方向も含めた人間の動作特性を踏まえた衝撃試験を実施する。その結果を元に申請者が開発した2次元非線形粘弾性モデルを用いて各種スポーツサーフェスのモデル化およびパラメータ同定を行い、コンピュータ・シミュレーションによって様々な衝撃様式に対する動的特性を検討する方法を提案する。

3. 研究の方法

研究方法としては2次元衝撃試験機におけるセンサユニットの小型化、人間の動作特性を反映した比較的長い作用時間の衝撃力を生成可能な衝撃試験機の改良、各種サーフェスに対する2次元衝撃試験の実施、サーフェスの2次元モデルにおけるパラメータ同定、同定されたパラメータを用いたシミュレーションによる緩衝性能の評価を行った。

4. 研究成果

本研究により開発したセンサユニットを図1に示す。図上部の衝撃試験機は既に開発済みであるが今回の補助金により図中下部の青い破線枠で示したセンサユニットの改良を行った。このセンサユニットではこれまで1軸荷重センサを鉛直方向2個、水平方向1個用いて2方向衝撃力を測定していたが3軸荷重センサを利用することにより水平方向のみの荷重センサが不要となり小型化が可能となった。

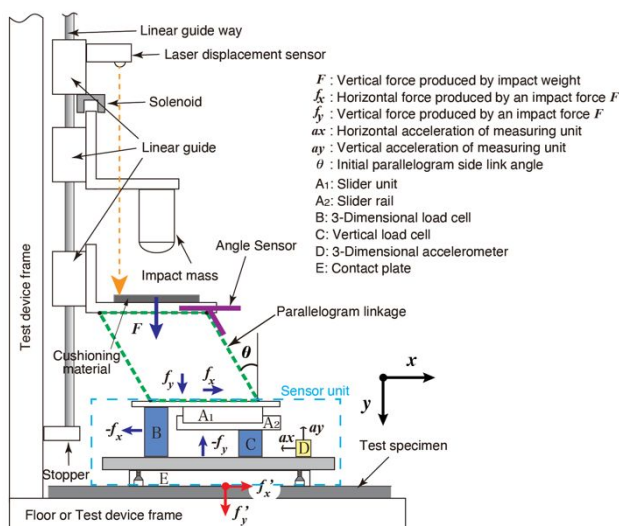


図1 2次元衝撃試験機および改良したセンサユニット

図2に申請者が開発したスポーツサーフェスにおける2次元粘弾性モデルを示す。図中mは図1の2次元衝撃試験機によってスポーツサーフェスに衝撃を与える際に衝撃力をサーフェスに伝達する衝撃伝達部の質量を示す。その慣性分を除いた衝撃力が鉛直・水平方向それぞれにサーフ

エスに加わる為、その衝撃力を鉛直・水平方向で独立した非線形粘弾性モデルにより再現出来るようパラメータ同定を行う。また、衝撃力 F は鉛直方向からの初期角度を持ってサーフェスに与えられる為、初期角度 θ もパラメータとして持つ粘弾性モデルとした。従って、パラメータ同定によって求められた鉛直・水平方向それぞれ1つのパラメータセットによって角度、衝撃力の大きさを変えても衝撃力を推定が可能となった。これは様々な衝撃力の条件を変えた場合もシミュレーションによってその応答特性を推定することができることを示しており、非常に画期的である。ただ、現段階では水平方向の同定精度比べ、鉛直方向の同定精度が高くないため、モデルの改良やパラメータ同定法の改良が必要であると考えられる。

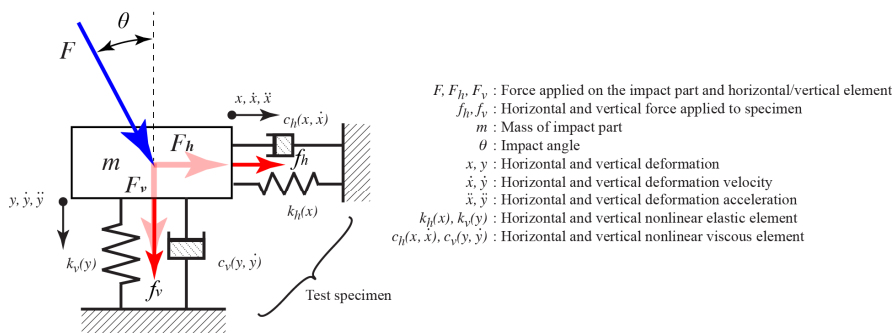


図2 2次元非線形粘弾性モデル

図3は世界陸上競技連盟の公認トラックとして実際に陸上競技場に施工されているサンプル(Normal)と同連盟が規定している鉛直方向の緩衝性によってNormalよりも緩衝性の良い(Soft)サンプルと緩衝性の悪い(Hard)について衝撃試験およびパラメータ同定を行い、そのパラメータを用いて質量10kg、バネ定数10000N/m、速度0.5, 1.0, 1.5, 2.0m/s、初期角度5度から25度までの範囲でシミュレーションを行った際の水平方向緩衝性を示す。同連盟の規格による緩衝性の順序からすればSoftがもっとも緩衝性が高いと考えられるが水平方向についてはそれは当てはまらず、Normalが最も緩衝性が高い結果となった。また、図4には各サンプルにおける初期角度25度の最大衝撃力における鉛直・水平変位の比較を示す。それぞれ3本の実線は3回の試技を示している。これを見ると鉛直方向の最大変位は規定通りの順番になっているにもかかわらず、水平方向の最大変位では順序が逆転し、Normalが最も大きな変位を示している。つまり、従来の緩衝性の規格では鉛直方向のみを扱っているため水平方向の緩衝性が検討されておらず、鉛直方向では規格内ではあるが水平方向では緩衝性が大きくなる事が観察された。またこれは申請者が開発した2次元非線形粘弾性モデルおよびその同定法によって求められたパラメータを用いたシミュレーションによっても確認できた。水平方向の緩衝性は障害やパフォーマンスにも関係すると考えられるため本研究により示された2次元衝撃試験による2次元非線形粘弾性モデルの利用により、従来行われていない新たな緩衝性の評価基準を提言できる可能性を示すことができた。

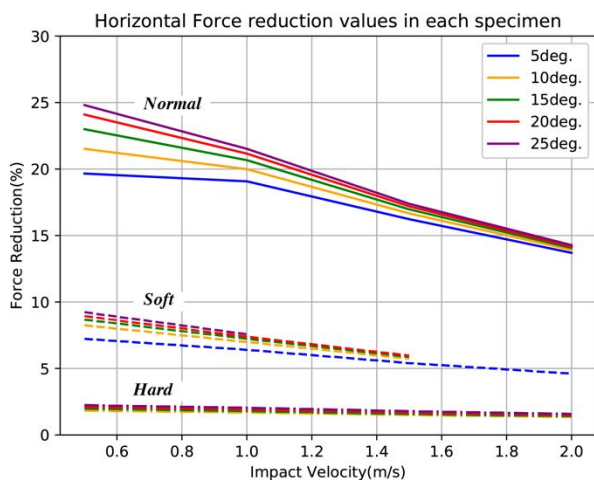


図3 各サンプルにおけるシミュレーションによる水平方向の緩衝率

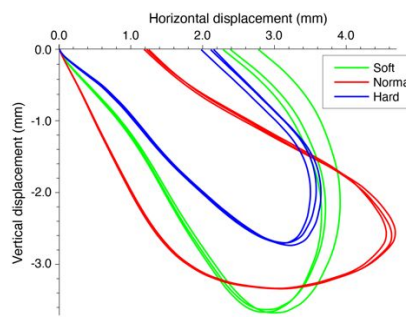


図4 各サンプルの最大衝撃力における2方向変位

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 湯川治敏, 腰晴喜, 河村庄造	4. 巻 No.20-15
2. 論文標題 2次元非線形粘弾性モデルによるスポーツサーフェスの動的特性評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2018講演論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jsmeshd.2020.B-2-1	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 湯川治敏, 松崎本夢, 河村庄造	4. 巻 No.18-15
2. 論文標題 ランニング着地衝撃を考慮したロングパイル人工芝の緩衝性評価	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2018講演論文集	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1299/jsmeshd.2018.D-18	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0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------