

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 27 日現在

機関番号：12611

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22700614

研究課題名（和文） バレエの運動技能レベルが着地時の衝撃緩衝動作に与える影響

研究課題名（英文） Effects of dance skills during landing movement in classical ballet

研究代表者

吉田 康行 (YOSHIDA YASUYUKI)

お茶の水女子大学・リーダーシップ養成教育研究センター・アカデミック・アシスタント

研究者番号：80409705

研究成果の概要（和文）：グランジュッテはクラシックバレエの基本的な跳躍動作の一つとして知られている。グランジュッテの最後には片脚での着地が必要となる。しかし、グランジュッテはこれまでバイオメカニクスの研究対象にはなっていない。本研究は着地動作におけるダンス技能を考察するために研究計画を立てた。そして、運動学と運動力学のデータを解析に使用した。グランジュッテのダンス技能は着地後にブレーキ力を制御する方略に現れることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：Grand-jeté is a fundamental leap movement in classical ballet. At the conclusion of grand-jeté a single-leg landing is required. However, it has not been investigated in biomechanical research. This study was designed to investigate dance skills in landing. Kinematic and kinetic data were used for analyses. The dance skills in grand-jeté require control of the braking force after touching down on the floor.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：健康・スポーツ科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学分科 スポーツ科学細目

キーワード：動作分析, バレエ, 衝撃緩衝

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 着地時の衝撃緩衝動作はバレエにおいて頻繁に起きると考えられる。この着地時の地面反力の変化に現れる衝撃力は結果として地面と衝突した足部から上半身に向けて伝達されていく。この衝撃力を緩衝すること

は下肢傷害の予防にもつながると考えられる。

(2) バレエシューズは靴底が薄い、つまりクッション性がないに等しいといえる。このような状況下においてもバレエダンサーは長時間動き続けなければならない。通常のス

ポーツ動作であればシューズの衝撃緩衝能力にある程度依存すればよいが、バレエではダンサーの身体の運動制御能力が衝撃緩衝にとって非常に重要になってくる。

## 2. 研究の目的

(1) バレエダンサーにおける衝撃緩衝動作の特徴を抽出すること。特に着地時の支持脚の運動学、運動力学からの特徴の抽出をおこなう。

(2) バレエダンサーの経験年数と衝撃緩衝動作の運動学・運動力学パラメータの関係性を明らかにすること。つまり技術の学習期間によって何の運動学・運動力学パラメータが減少・増加していくのかを検討する。

## 3. 研究の方法

(1) 被験者はバレエ団の主演である女性プリンシパルダンサー2名であった。プリンシパルAは年齢29歳、身長1.62m、身体質量45.93kg、ダンス経験26年、プリンシパルBは年齢29歳、身長1.62m、身体質量48.39kg、ダンス経験23年であった。対照群は女性バレエダンサー12名であった。対照群の身体特性は年齢 $23.33 \pm 5.40$ 歳、身長 $1.60 \pm 0.06$ m、身体質量 $47.68 \pm 4.98$ kg、ダンス経験 $18.50 \pm 5.66$ 年であった。対照群には学生バレエダンサーとプロとして活動している者が含まれていた。

(2) 動作を計測するためにカメラ8台から構成されているモーションキャプチャシステム (Vicon; Vicon Motion Systems, UK) を250Hzで使用した。また、地面反力を計測するためにフォースプレート (Kistler Instruments AG, Switzerland) 1台を1000Hzで使用した。右手系の座標を設定し、進行方向はY軸の正の方向とした。

(3) 被験者は反射マーカを装着しクラシックバレエの基本的な開脚跳躍動作の一つであるグランジュッテをおこなった。被験者は数歩助走し、左脚で踏み切り、空中で両膝を伸展させた状態で前後に開脚し、右脚でフォースプレート上に着地し、走り抜けた。試技は3回おこなった。

(4) 動作解析用ソフト (Kwon3D; Visol Inc., Korea) を使用してデータ処理をおこなった。骨盤、そして左右の大腿部、下腿部、足部のモデル化をおこない下肢三関節の角度を求めた。跳躍のパフォーマンスを定量化するために跳躍距離と跳躍高を算出した。左右の股関節中心の中点の座標が最高値を示した瞬間とフォースプレートに着地した瞬間の座標値の差分から算出をおこなった。また着地

距離と着地高も算出した。左右股関節の中点が最下点の瞬間とフォースプレートに着地した瞬間の座標値の差分から求めた。これらの距離と高さは身長で正規化した。また、フォースプレートからの地面反力のデータは体重で正規化した。

それらに加え、現在の年齢、経験年数、ダンス開始年齢と算出した各パラメータの相関分析もおこなった。

## 4. 研究成果

(1) 最大跳躍角度、跳躍距離、跳躍高、着地距離、着地高は被験者間で顕著な差はみられなかった。着地時のプリンシパルA、プリンシパルB、対照群の股関節屈曲角度は順に $39.94 \pm 0.93$ deg,  $62.05 \pm 1.36$ deg,  $50.02 \pm 6.34$ degであった。膝関節屈曲角度は順に、 $24.98 \pm 3.00$ deg,  $16.05 \pm 1.60$ deg,  $21.21 \pm 4.95$ degであった。足関節底屈角度は順に、 $24.68 \pm 6.31$ deg,  $22.58 \pm 1.10$ deg,  $26.62 \pm 1.64$ degであった。最大膝関節屈曲角度は順に、 $46.19 \pm 3.66$ deg,  $47.64 \pm 0.37$ deg,  $46.67 \pm 5.20$ degであった。最大足関節背屈角度は順に、 $-34.61 \pm 1.89$ deg,  $-39.89 \pm 2.08$ deg,  $-37.90 \pm 4.47$ degであった。

空中でのパフォーマンスはプリンシパルダンサーと対照群で差はみられなかったが、着地時の姿勢はプリンシパルダンサーAとB、そして対照群の間で顕著に異なっていた。また膝関節と足関節の最大屈曲・背屈角度がほぼ等しかった。これらのことから着地中の関節の制御は異なっていたと考えられる。

(2) 地面反力のFx方向 (左右方向) の最大値はプリンシパルA、プリンシパルB、対照群の順に、 $0.13 \pm 0.02$ N/BW,  $0.65 \pm 0.10$ N/BW,  $0.31 \pm 0.07$ N/BWであった。最小値は順に、 $-0.14 \pm 0.01$ N/BW,  $-0.14 \pm 0.03$ N/BW,  $-0.08 \pm 0.06$ N/BWであった。Fy方向 (前後方向) の最大値は順に、 $0.53 \pm 0.25$ N/BW,  $0.34 \pm 0.03$ N/BW,  $0.42 \pm 0.09$ N/BWであった。最小値は順に、 $-0.10 \pm 0.07$ N/BW,  $-0.27 \pm 0.04$ N/BW,  $-0.35 \pm 0.12$ N/BWであった。Fz方向 (鉛直方向) の最大値は順に、 $3.25 \pm 0.61$ N/BW,  $3.24 \pm 0.08$ N/BW,  $3.31 \pm 0.44$ N/BWであった。

(3) 図1にはプリンシパルAとプリンシパルBにおける地面反力のFy方向 (前後方向) の時系列変化を示した。プリンシパルAは着地から100ms付近まで不規則に上下に変動していた。一方、プリンシパルBも同様に100ms付近まで変動しているものの、プリンシパルAと比較すると負の値が占める割合が大きかった。

Fietzerら (2012) グランジュッテと同じ

くバレエの基本的な開脚跳躍動作であるソディシヤの動作分析をおこなっている。そして、地面反力の前後方向の値を負がブレーキ力、正が推進力と説明している。このことから着地後 100ms 付近までのブレーキ力の作用のさせ方に特徴があるものと考えられる。Munro ら (1987) は走行時の地面反力の計測をおこない、初めにブレーキ力が現れ、次に推進力が現れると報告している。完全には一致しないもののプリンシパル B は走行に近い動作をおこなっていると考えられる。また、Niu ら (2011) は片足ドロップ着地の地面反力を計測し着地後に前後方向が不規則に大きく変動することを示している。完全には一致しないもののプリンシパル A は片足ドロップ着地に近い動作をおこなっていると考えられる。つまり、グランジュッテは着地時のブレーキ力の大きさを制御することで走行や片足ドロップ着地に近い動作にすることが可能となるといえる。

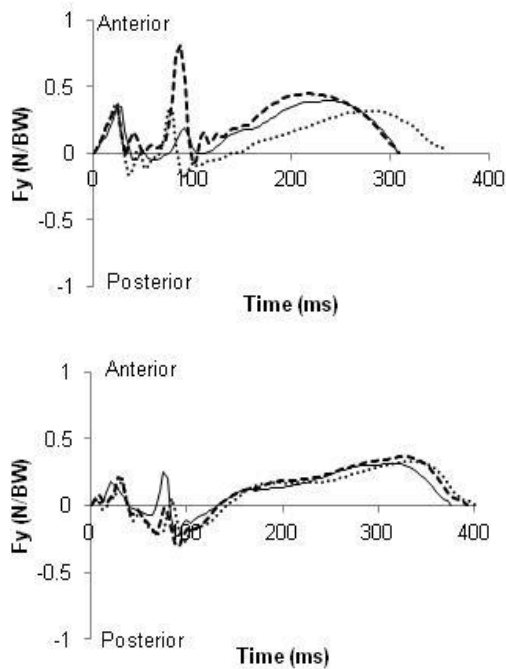


図1 Fy 方向の地面反力  
上：プリンシパル A  
下：プリンシパル B

(4) 図 2 にはプリンシパル A とプリンシパル B における地面反力の Fz 方向 (鉛直方向) の時系列変化を示した。両者ともに着地後に地面反力は急激に上昇し、幾つかの小さなピークを出現させながら 80ms 付近で最大値に達していた。また、両者ともに最大値は 4N/BW 以下であった。しかし、対照群の一部の試技の最大値は 4N/BW 以上であった。

衝撃力はダンサーの質量と減速 (負の加速度) の積である (Hackney ら 2011)。結果的

に減速が大きくなると地面反力も増加していく。つまり、プリンシパルダンサーは一部の対照群よりも強いブレーキ力を作用させていないことになる。

(5) 年齢, ダンス経験年数, ダンス開始年齢と算出した各パラメータの間に有意な相関関係はみられなかった。今後の課題としてより幅広い年齢, そしてより幅広いダンス技能レベルを対象にしていく必要があると考えられる。

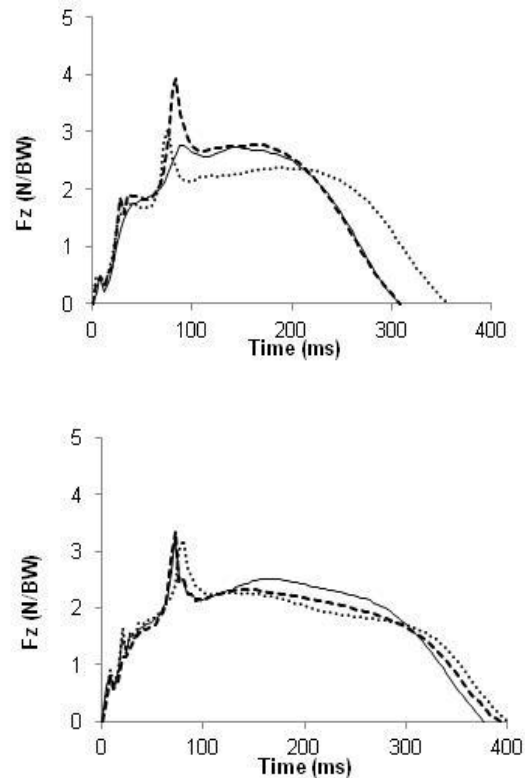


図2 Fz 方向の地面反力  
上：プリンシパル A  
下：プリンシパル B

## 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 2 件)

- ① Y.Yoshida, I. Hamamoto, M. Kuno-Mizumura (2013) Differences in skills through ankle joint kinematics and vertical ground reaction force during dance movement with pointe shoes Arts Biomechanics 1(2) 131-142 査読有

②吉田 康行, 片野坂 有紀, 松浦 愛, 水村 (久埜) 真由美 (2012) グランジュッテにおけるバレエダンサーの衝撃緩衝スキル  
お茶の水女子大学 人文科学研究 8  
159-164 査読有

〔学会発表〕(計4件)

①吉田 康行, 松浦 愛, 水村 真由美  
(2012) バレエの開脚跳躍における動作と着地時の地面反力の関係性 第25回日本トレーニング科学会大会 プログラム・抄録集 88  
京都 12月2日

②Y. Yoshida, A. Matsuura, Y. Katanozaka, M. Kuno-Mizumura (2012) Biomechanical analysis of grand-jete: A comparison of student and professional dancers 22nd Annual Meeting of International Association for Dance Medicine and Science, SINGAPORE ABSTRACTS 105-106 10月25日

③Y. Yoshida, M. Kuno-Mizumura (2011) Dance skill differences in kinematic and kinetic analysis during grand-jete. 21st Annual Meeting of International Association for Dance Medicine and Science, Washington, DC, USA ABSTRACTS 141-142 10月15日

④Y. Yoshida, I. Hamamoto, M. Kuno-Mizumura (2010) Characteristics of rise up movement with pointe shoes in classic ballet 2010 British Association of Sport and Exercise Sciences Annual Conference, Glasgow, UK Program & Abstract Book S165-166 9月8日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

吉田 康行 (YOSHIDA YASUYUKI)

お茶の水女子大学・リーダーシップ養成教育研究センター・アカデミック・アシスタント

研究者番号：80409705

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし