

(1)

## 舞踊における前後開脚系跳躍の動作特性

(お茶の水女子大学) 亀山愛子, 森下はるみ

### 1. はじめに

森下<sup>1,2)</sup>は、舞踊と科学の接点は、舞踊側からの必要性、治療的側面からはじまったとしている。欧米や旧ソ連では、フィジカル・セラピストやトレーナーあるいは医師が、特定のバレエ・カンパニーに定常的にかかわり、症例を医学雑誌に報告してきた。特に症例の多いのはバレエで、Hamilton, W. G. (舞踊整形外科)によると、彼の担当するニューヨーク・シティ・バレエ団では、常に15-20%の団員が障害のため出演できなかったという。

適切な指導効果をえるため、教師には機能解剖学知識が必要だとの意図から、1949年 Celia Sparger の ANATOMY & BALLET (Adam & Charles Black, London) が出版された。その後教師ばかりでなくダンサーを対象にしたキネシオロジーや解剖学の解説書がいくつかだされた<sup>3,4)</sup>。これは、舞踊界の内部で、科学を必要とする声によりひろまってきたことをしめしている。

1981年、J. Physical Education and Recreation は、誌名に Dance をくわえ、スポーツ選手の基礎体力づくりにダンスを利用する事例を紹介している。舞踊の運動強度やダンスエアロビクスのトレーニング効果に関する報告などが、この頃から多くなってきた。さらに、ダンサーの体格・栄養・性周期などにかんするもの、比較舞踊の見地から構えや歩行特性をみたものなど、すこしづつ舞踊にかんする科学的研究は増してきた。

そのような流れの中で、これまでの舞踊の跳躍動

作の研究は、「一瞬空中に浮いているように見える」といった跳躍の醸し出す雰囲気、どのような身体操作によってより効果的になるかを明らかにすることが中心であった<sup>5-8)</sup>。しかしながら研究自体の数も少なく、十分な資料は得られていないと言える。

バレエにおいて、特に跳躍で重要視されているのは、跳んでいる間素晴らしいポーズで空中に止まり、音もなく軽く床におりてくる、バロン (ballon) という技法である。しかしバレエ教則本の多くは、技法を説明することにとどまり、何が良い跳躍であるか、更にどうすれば良い跳躍が可能になるかという訓練法にまでは、ほとんど言及していない<sup>9-12)</sup>。

本研究では、前後開脚の跳躍を取り上げ、その振り上げ脚の動作に着目して研究することを目的とする。振り上げ脚の動作の違いが、跳躍全体にどのような影響をあたえるのかを、クラシックバレエの熟練度による違いと併せながら見ることを考察の視点とした。

### 2. 方 法

#### 2.1 対 象

被検者は、ダンスのトレーニング経験のある健常な女子14名である。

バレエ団に団員として所属している者を上級群(7名)に選定し、それ以外の舞踊専攻の学生を初・中級群(7名)とした。

## 2.2 課 題

左足踏み切り，右足着地の以下の跳躍を課題として与えた。

グランジュテ (grand jete en avant)-以下 GJ  
振り上げ脚の膝関節の伸展を保持して，振り上げて跳ぶ。

グランパドシャ (grand pas de chat)-以下 GP  
振り上げ脚の膝関節を屈曲して離地し，空中で膝関節を伸展し跳ぶ。

腕の使い方，助走に関しては特に指示を与えず，本人がレッスンなどでよく使う方法で実施した。また失敗のないかぎり，1回目の記録を採用した。被検者は全員，左足踏み切りの跳躍を得意側としていた。

## 2.3 記録及び分析方法

約 10 m 離れた位置から 2 台のビデオカメラ (60 Hz) を直交するように配置し，同時撮影を行った。分析方法として，三次元動作解析装置-APAS (Ariel Performance Analysis System) を使用した。APAS はビデオで撮影された画像から各ポイントを入力していくビデオデジタイズ方式をとっている。今回，被検者の身体各部位にマーカーを装着

し，20 ポイントを入力した。同時に入力したポイントを座標軸に変換するための基準尺として，キャリブレーションフレーム (200×200×200 cm) を撮影した。座標入力した後，DLT 法<sup>13-15)</sup>により三次元データに変換した。

また，各パラメータの 2 つの群における有意差の検定は，等分散の検定後，平均値の差の検定を用いた。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 運動所要時間

VTR に 100 分の 1 秒刻みのタイマーをいれ，画像より爪先が床から離れた瞬間を離地，爪先が床に触れた瞬間を着地と定めた。着地の瞬間の判断のために，爪先と床のコントラストをつけるために，床に暗い色のリノリウムをひく工夫をした。また着地の前後の時間をビデオプリンターに写しだした。分析の 1 サイクルを踏切足接地-振り上げ足接地とした。

課題の跳躍を以下の時相に分類した。

踏切時間：第 1 相 踏み切り足接地-膝関節最大屈曲

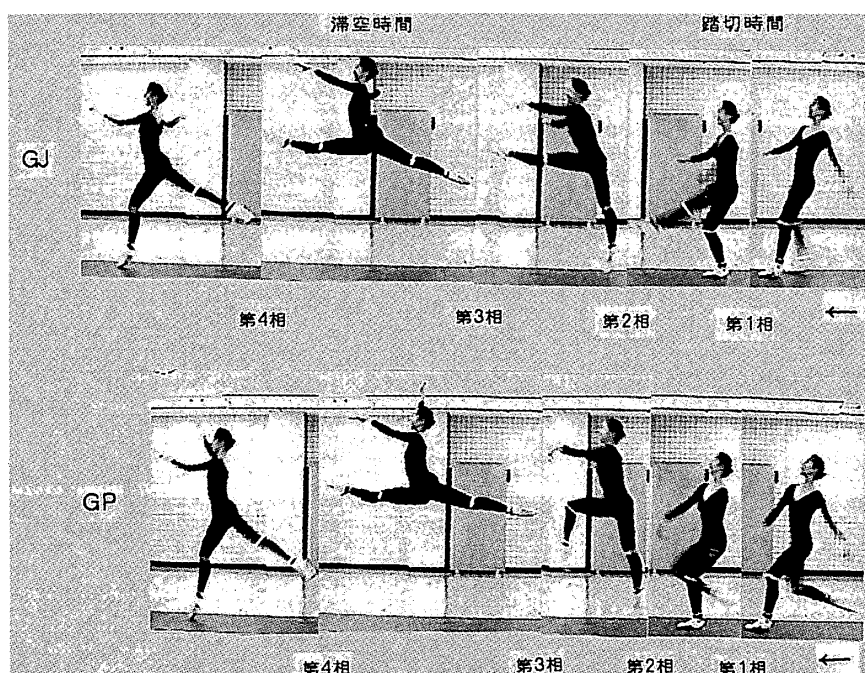


図 1 上級者におけるグランジュッテとグランパドシャ

↓ : 第2相 膝関節最大屈曲-踏み切り足離地

滞空時間: 第3相 離地-最大重心高

↓ : 第4相 最大重心高-振り上げ足接地

図1は、上級者における2つの課題と分類した4相を示した。

表1は、各群の2種類の跳躍の、踏み切り、滞空時間を、各群の平均値と標準偏差で示した。滞空時間にはGJ, GP共に各群の分散に有意な差はなく( $p < 0.05$ ), 2つの跳躍共に上級群が有意に大きかった( $p < 0.05$ )。踏み切り時間はGJ, GP共に各群の分散に差はなく( $p < 0.05$ ), 2つの跳躍共に両群に有意な差は見られなかった( $p < 0.05$ )。

図2は、2つの群における、2種類の跳躍の各相の所要時間の合計を割合で示したものである。縦軸は全所要時間の合計の割合、横軸は相を示している。

第2相に着目すると、上級群のGJとGPの差が大きく、初・中級群はその差が小さい。上級群は2種類の跳躍の跳び分けを、踏み切り足の膝関節の最大屈曲から伸展をする際に行っていると考えられる。それは振り上げ足の動作と関連して、GJでは振り上げ足が振り上がっていくのを、膝関節の屈曲を長く保つことによって行うと考える。一方GPで

表1 所要時間

	踏切時間(sec.)		滞空時間(sec.)	
	mean	SD	mean	SD
初・中級群-GJ	0.22	0.04	0.38	0.04
初・中級群-GP	0.21	0.03	0.4	0.02
上級群-GJ	0.24	0.02	0.41	0.03
上級群-GP	0.22	0.02	0.43	0.02

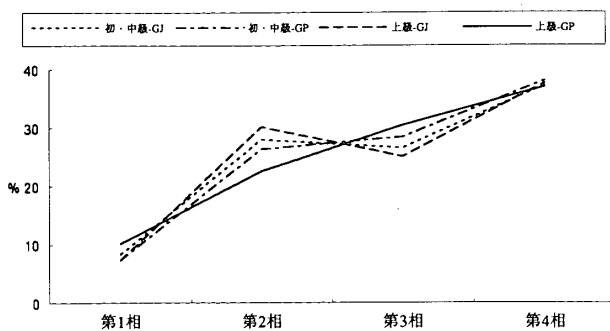


図2 各相における所要時間の割合

は振り上げ足の膝関節が屈曲しているの、振り上げる時間が短く、それが踏み切り足の膝関節を屈曲から伸展していく時間に影響を及ぼしていると考えられる。即ち初・中級群では特にGJにおける第2相の所要時間の割合が少ないことから、踏み切り足の膝関節の伸展がはやく、振り上げ足を振り上げる時間が短いことが予想される。

### 3.2 踏み切り時の膝関節の屈曲角度

図3は踏み切り時における踏み切り足の膝関節最大屈曲角度を、各群の平均値として示したものである。

平均値から見ると、初・中級群は2種類の跳躍を通じて膝関節の屈曲角度はほぼ同じであったが、上級群ではGPの方が膝関節の屈曲角度が大きくなる傾向がみられた。膝関節最大屈曲角度に関してはGJ, GP共に各群の分散に差はなかった( $p < 0.05$ )。また2つの跳躍共に膝関節の最大屈曲角度は、上級群が有意に大きかった( $p < 0.05$ )。

したがって2つの課題の跳躍において、上級者は、踏み切り時における、踏み切り足の膝関節の屈曲角度が大きいと考えられる。特にGPにおいて上級者の踏み切り足の膝関節最大屈曲角度が大きく、伸展が速い。これがGPの跳躍に、はずむような印象を受ける1つの要因だと考えられる。

### 3.3 重心高

身長と重心高のデータより次式により、身長に対する重心高の割合を計算した。

$$\frac{\text{重心高}}{\text{身長}} \times 100 (\%)$$

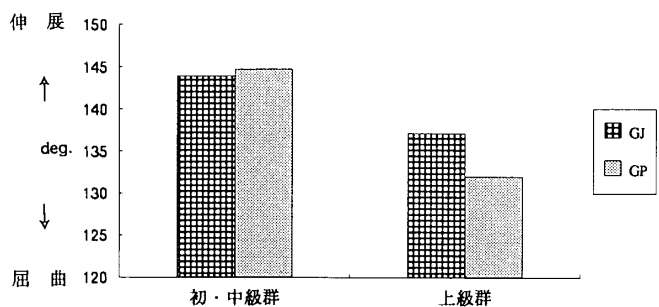


図3 踏み切り時の膝関節の最大屈曲角度

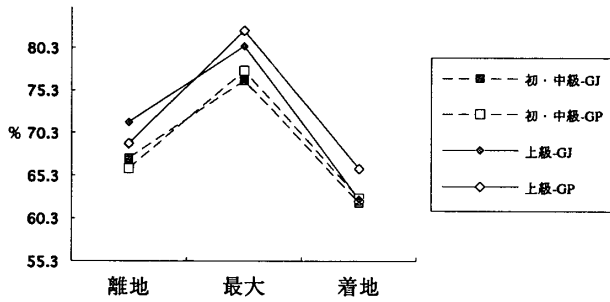


図 4 重心高

図 4 は各群の跳躍の、離地—最大—着地時の重心高を平均値で表した。縦軸の重心高の基準を 16—22 歳女子の背臥位身長に対する値、55.3%とした<sup>16)</sup>。

GJ, GP ともに最大重心高は、両群の分散に差がなく、上級群の方が有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。離地時の重心高は GJ, GP ともに両群の分散に差がなく、両群の平均値に有意な差は見られなかった ( $p < 0.05$ )。着地時の重心高は、GJ, GP ともに両群の分散に差がなかったが、GJ では両群に差がないのに対し、GP で上級群が有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。跳躍における熟練度の差というのは、上級者は初級者に比べて前述した滞空時間及び最大重心高は、数値的に大きいということが言える。また GP において、上級群は全員腕のポジション (註 1 参照) の高さが高いポーズで着地したのに対し、初・中級群では、その腕のポジションを用いたものが 1 人だけだった。このことは、着地時の重心高が上級群で大きかった要因の 1 つとして考えられる。また GJ では被検者全員 14 人が同じ腕のポジションを用いた。

註 1 腕のポジションは、動きを補足し修飾するポール・ド・ブラ (腕の動き) につながるものである。動きによって腕の位置は常に変化していくが、大体 7 つのポジションを通る<sup>17)</sup>。

### 3.4 GJ の股関節・膝関節の最大角加速度

図 5 は GJ における、振り上げ足の股関節、膝関節における水平面との最大角加速度を、各群の平均値で示した。GJ における最大角加速度は、股関節では分散に差がなく、膝関節では分散に差があった

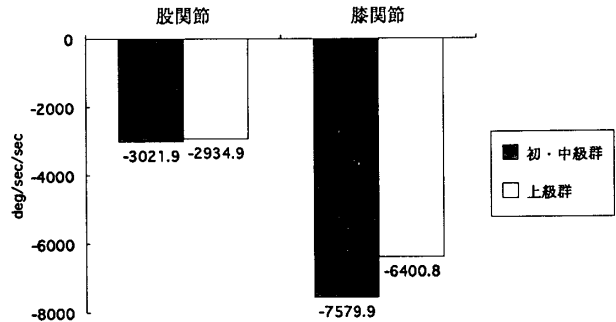


図 5 GJ の股関節、膝関節の最大角加速度

( $p < 0.05$ )。しかし、2 つの群に有意な差は見られなかった ( $p < 0.05$ )。

GJ においては、振り上げ足の強い振り上げが重要である<sup>1)</sup>とされている。しかし、強い振り上げ=加速度の大きい振り上げという予想に、今回は当てはまらなかったと言ってよいだろう。

### 3.5 GP の右膝関節

#### 3.5.1 GP の膝関節の最大角速度

図 6 の上の図は GP の膝関節の最大角速度を各群

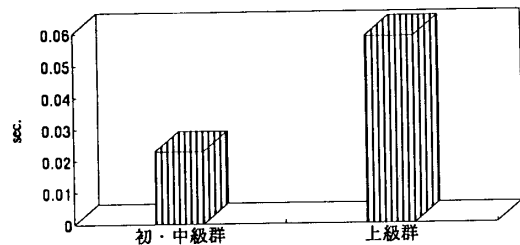
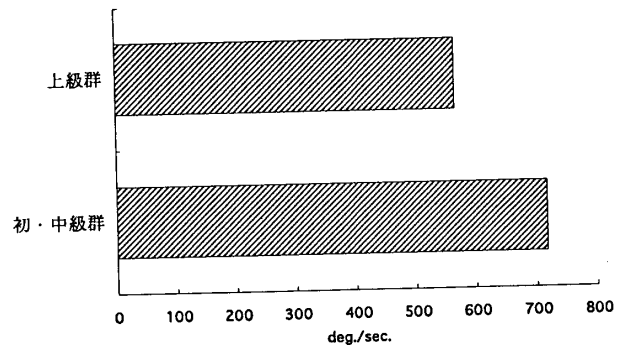


図 6 GP の膝関節最大角速度 (上)  
GP の膝関節伸展時間 (下)

の平均値として示した。GPの膝関節の最大角速度は、2つの群の分散に差はなく、また有意な差もなかった ( $p < 0.05$ )。

### 3.5.2 GPの膝関節の伸展時間

伸展時間とは、本研究ではGPにおける右膝関節最高点から膝関節を伸展し、右爪先最高点に到達する所要時間とした。図6の下図は上記の所要時間を、各群の平均値として示したものである。

上級群においてこの所要時間が長い傾向が見られた。このことは、初級者は膝関節が最大に上がった時点から膝関節の伸展が少ないのに対し、上級者は伸展が大きいことが考えられる。このことは特にハムストリングの柔軟性に大きく関わっている<sup>13)</sup>と考えられる。

### 3.5.3 最大角速度の出現

図7は各群の代表的な被検者の例を示した。

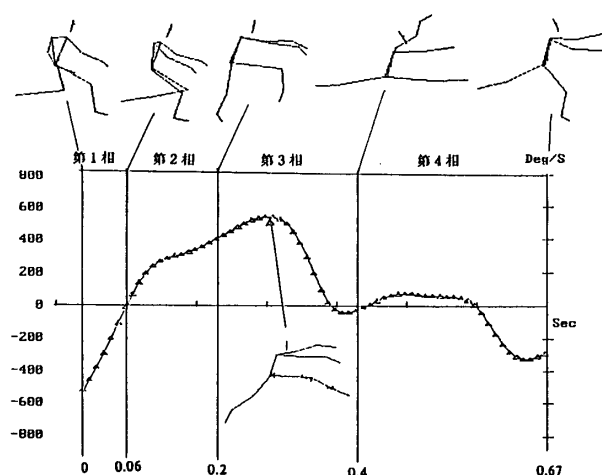
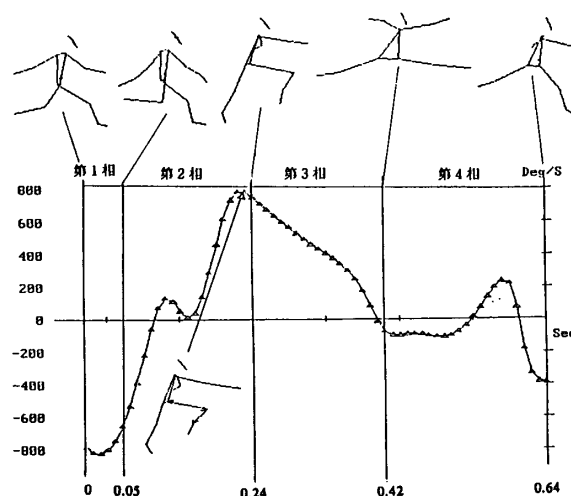
最大角速度の出現時に着目すると、初級者が離地時直前であるのに対して、上級者は離地から最大重心高に至る時相であった。また最大角速度出現時の動きをスティックピクチャーでグラフの中に示した。

初級者は離地時付近に最大角速度の出現があるが、それは基本前額面より後方にある振り上げ足を、離地時に前額面前方に引き出す際に、股関節の屈曲に対し膝関節の伸展を行うためだと思われる。反対に上級者は、股関節屈曲に対して膝関節伸展を抑制し、空中での膝関節伸展に最大角速度の発揮をもってきていると考えられる。即ちGPは空中での膝関節伸展ということが、初級者において的確に行われていないことが伺える。

またグラフの上のスティックピクチャーからわかるように、初級者は第1相開始時に振り上げ足が、身体の後方にあるのに対し、上級者は、すでに膝関節を屈曲し、身体の下に引きつけている。即ち初級者は、踏切時の振り上げ足の動作が、上級者に比べて遅れていると言ってよいだろう。初級者は、膝関節を身体の前に出す勢いで、離地とのタイミングを合わせているとも言える。

### 3.6 両爪先最高点の所要時間

上記の所要時間を以下の2つの時相に分類した。



(上段が上級者、下段が初級者)  
図7 GPの膝関節の角速度変化

前：前肢右爪先垂直方向最大変位-最大重心高  
後：後肢最大重心高-左爪先垂直方向最大変位

図8は最大重心高を基準として、両爪先が最高点に達するまでの時間を表した。縦軸は所要時間、横軸は各跳躍の相を示した。

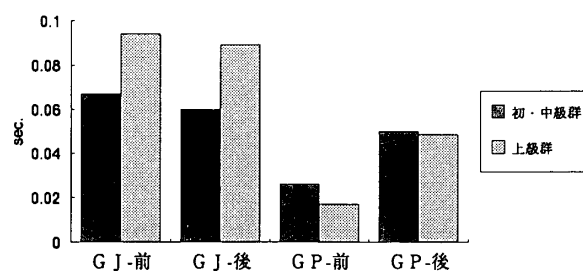


図8 両爪先最高点の所要時間

2つの群に見られた違いは、初・中級群において、GJの前、後の所要時間が両方とも、上級群に比べて短いことである。つまりGJにおける両爪先最高点の到達時刻が、上級群が前足(速い)→後ろ足(遅い)に対し、初・中級群は前足(遅い)→後ろ足(速い)の傾向にあると思われる。つまり初級者は振り上げ足が振り上がって離地するや後方に振り上がらず、振り上げ足はおちて着地という傾向にある。

この前足と後ろ足の最高到達時刻の差が大きいものがGJで、小さいものがGPであると考えられる。またこのことがGJとGPの2つの跳躍の見ための質感の差を表していると思われる。即ちこの時間的差が大きいGJの場合、片足から踏み切ってもう一方の足が着地する、身体の移行を強調して見せる効果を出すと思われる。一方GPは、GJと比べると前、後の2つの所要時間が短いことから、おなじ前後開脚の跳躍であっても両足が同時に開脚する印象を受けるのではないかとと思われる。しかしこの

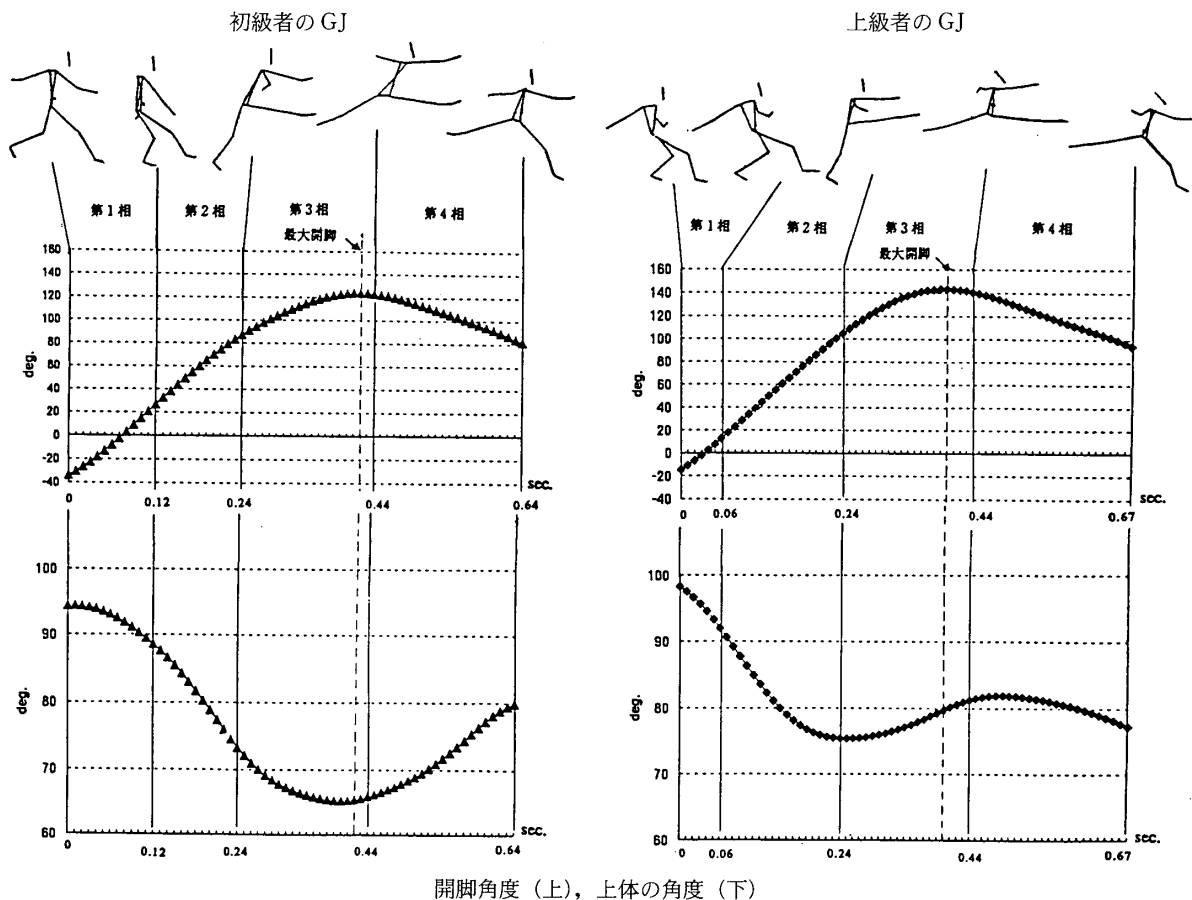
2つの跳躍の質感の差は、初級者ではGJにおいて前、後の所要時間が上級者に比べ短いことから、見た目に2つの跳躍の差があまりない印象を受けることが多いと思われる。

### 3.7 開脚角度と上体の角度

2つの群の特徴を表す被検者、それぞれ初級者と上級者のGJ(図9)、GP(図10)における開脚角度(図の上段)と上体の水平面となす角度(図の下段)を示した。

#### 3.7.1 最大開脚角度と最大重心高

上級者はGJでは最大開脚時は、最大重心高の直前であるが、GPでは反対に最大重心高の直後に最大開脚をする。これに対し初級者は、GJでは上級者と同様に最大重心高の直前に最大開脚をするが、GPでは最大重心高と最大開脚は、ほぼ同時である。このGPにおける最大開脚時の初級者と上級者の違いは、1つは柔軟性に関係があると思われる。



開脚角度(上)、上体の角度(下)

図9 GJの開脚角度と上体の角度

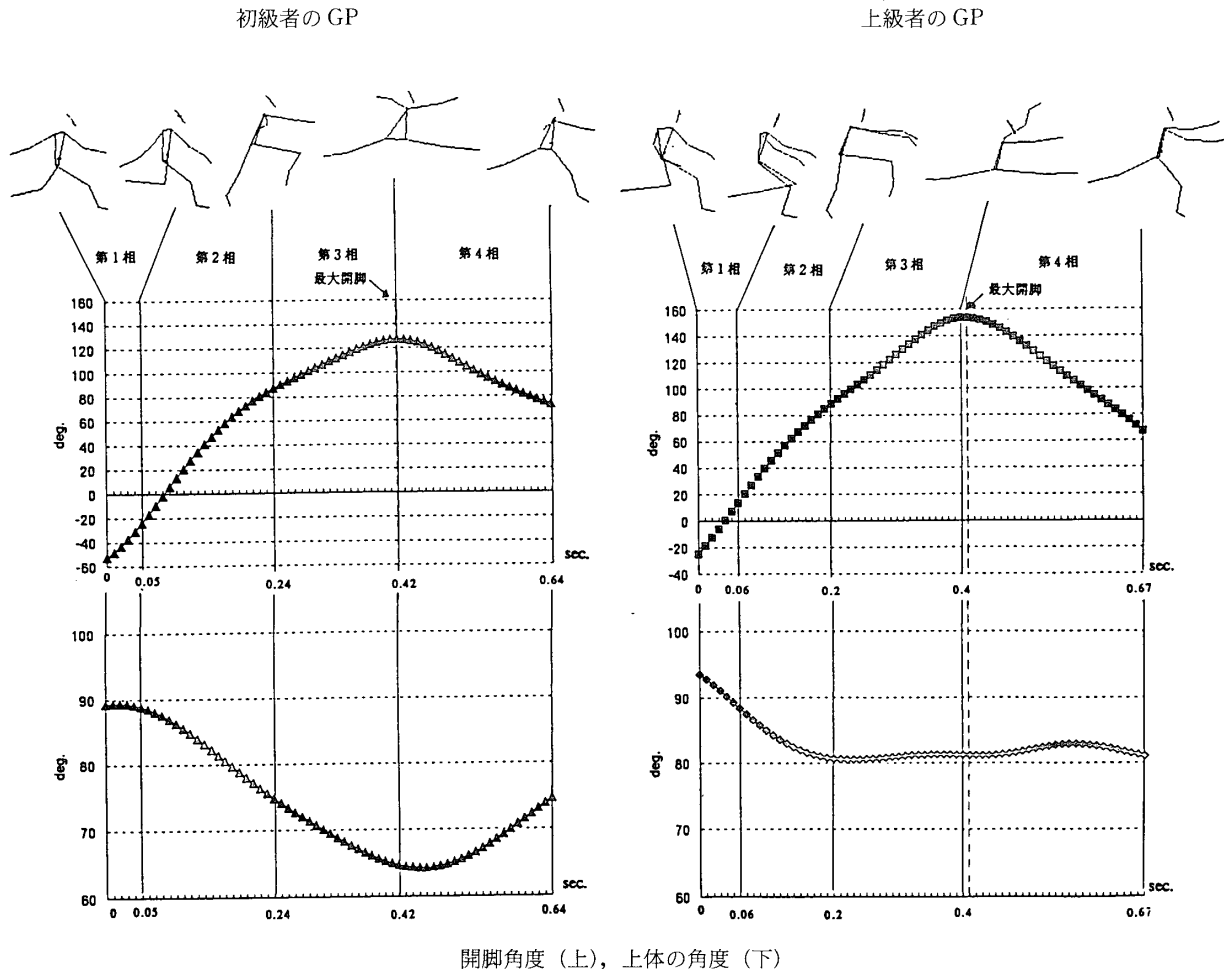


図 10 GP の開脚角度と上体の角度

### 3.7.2 開脚角度の保持

初級者、上級者とも GP の方が最大開脚角度は大きいですが、最大開脚角度の保持については GJ に比べると小さい。舞踊の跳躍において空中における浮遊感というものは、1 つは重心高が下がっていく過程でも開脚角度を保持することによってだと言われている。しかしそれは短い時間の中で大きく、速い開脚をした後に、それを保持することで可能になると考える。初級者の GJ を例にあげると、最大開脚角度に近い角度を保持しても、離地時の開脚角度が小さく、最大開脚を得る時間が長く、かつ得る角度が小さいことは空中における浮遊感にはつながらないと思われる。

### 3.7.3 上体の角度

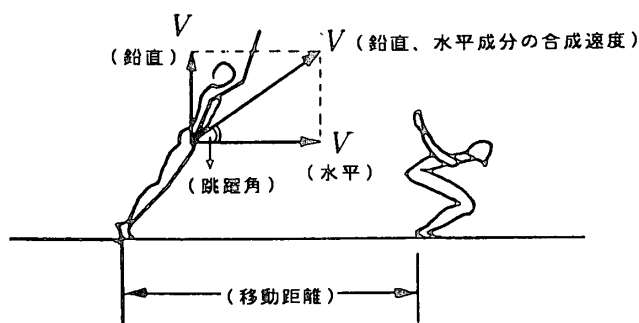
上体の水平面となす角度に着目するにあたって、被検者を真横からみた場合、被検者の左側からみた方が上級者と初級者の角度の差が大きく見られた。

これは上体にねじれが生じているからで、振り上げ足の影響が考えられる。今回はデータとして提示するのは、1 つで被検者の左側の上体の角度である。

GJ においては、初級者・上級者ともに離地する時点で、上体はやや前傾するが、上級者は第 2 相→第 3 相の間に上体が垂直に戻っていく。一方初級者は離地時の上体の前傾は上級者よりも大きい。第 2 相→第 3 相まで更に前傾度が大きくなり、第 4 相から上体が垂直に戻っていく。

また上級者の GJ は、踏み切り足接地時に、上体の後傾度が大きい傾向が見られ、離地時の上体は、GJ よりも GP の方が前傾する角度が小さくなる傾向が見られた。しかし初級者においては、2 種類の跳躍において離地時の上体の前傾度に大きな差は見られなかった。

初級者は、最大重心高時付近で、上体の前傾度が最大になり、垂直に戻ってくるのが着地の直前であ



(金子文献 19) の図を改変)

図 11 跳躍初速度に関する測定項目

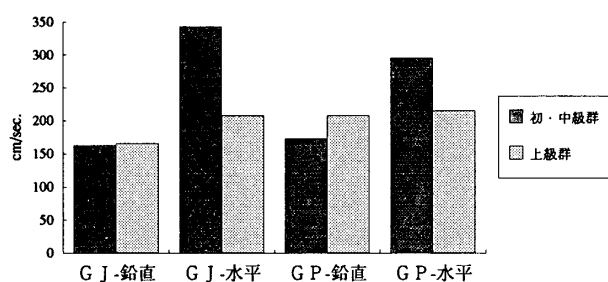


図 12 重心の初速度

る。即ち、陸上競技のハードルを飛び越える時のように、開脚するために振り上げ足に、振り上げ足の対側の upper body をひきつけてくるのと非常によく似ている。最大重心高時付近で、上体を垂直にすることは跳躍の見えという点において必要であり、上級者はその技術を的確に行っていることが伺えた。

### 3.8 跳躍初速度

図 11 は、跳躍初速度に関連した測定項目を図にしたものである。

図 12 は跳躍別に、各群の跳躍の重心の初速度の平均値をそれぞれ鉛直と水平方向に示したものであ

表 2 跳躍初速度との関連項目

	減速 (cm/scc)	跳躍角 (度)	合成速度 (cm/scc)	移動距離 (cm)
初・中級群-GJ	39.8	29.9	334.2	182.3
初・中級群-GP	31.1	38.7	342.8	188.8
上級群-GJ	49.1	38.7	266.7	142.8
上級群-GP	57.1	42.9	291.6	148.3

る。GJ, GP ともに水平方向の初速度の分散に差はなく、初・中級群のほうが有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。また鉛直方向の初速度は、GJ は 2 つの群の分散に差もなく、平均値に有意な差もなかった ( $p < 0.05$ )。一方 GP の鉛直方向の初速度は、分散に差があるものの、上級群の方が有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。

### 3.9 合成速度と跳躍角

表 2 は跳躍の種類別に、踏み切り時の減速、移動距離、及び身体の離地する瞬間の速度をベクトルとして捉え、大きさ (鉛直、水平方向の合成速度) と方向 (跳躍角) として、各群の平均値で示したものである。2 種類の跳躍ともに合成速度に分散の差がなく、初・中級群が有意に平均値が大きかった ( $p < 0.05$ )。跳躍角は 2 種類の跳躍ともに、分散に差はなく、上級群が有意に平均値が大きかった。

### 3.10 踏切時の減速と移動距離

表 2 の各群の移動距離の平均値は、前述した水平方向の初速度と関連して、初・中級群は移動距離が大きい傾向にある。

移動距離は GJ に関しては各群の分散に差があるが、初・中級群が有意に平均値が大きかった ( $p < 0.05$ )。GP は、各群の分散に差がなく、初・中級群が大きかった ( $p < 0.05$ )。

表 2 の減速とは、踏み切り時間に減少した重心の水平方向の速度である。減速度は GJ, GP ともに各群の分散に差がなく、GJ は平均値に有意な差がなかったが、GP の平均値は上級群が大きかった ( $p < 0.05$ )。

## 4. ま と め

舞踊の前後開脚の跳躍動作を、振り上げ足の動作による違いに着目し、熟練度の異なる被検者を対象にして、画像解析という方法を用いて分析した。その結果以下のことが得られた。

1. GP において上級者は、初・中級者に比べ踏み切り時の減速度が大きく、移動距離が小さいことが



見られた。また初級者は、踏み切り時における、振り上げ足の動作が上級者に比べると遅れていることがわかった。即ち初級者は踏み切り時に振り上げ足が身体の後方にあり、それを離地のタイミングに合わせて膝関節を前方に引き出して跳ぶ。したがって結果的に前へ跳ぶ勢いが強く、上体も前傾する跳躍になると考えられる。またGJに比べ、GPは踏み切り時の助走の減速度を大きくしたほうが、より大きな最大重心高を得やすいと考えられる。

2. 上級者に比べ、初級者は2つの課題の跳躍ともに、離地時の重心の水平方向の速度が大きく、また身体を空中に投射する角度が小さいことから、結果として移動距離の大きい跳躍となっていた。

3. 前後開脚の跳躍における初級者の上体が前傾した空中姿勢は、振り上げ足の対側の上体に顕著に見られた。また、初級者は上体の前傾角度が、最大重心高時付近で最大となる傾向が見られ、このことが跳躍の印象に関わってくると考えられる。

4. 踏み切り時間全体の平均値に、2つの群に有意な差はなかったが、その中で踏み切り足の膝関節の屈曲から伸展を行うタイミングに差があることが考えられた。またそのときの膝関節の最大屈曲角度は、2つの跳躍を通じて上級群が大きかった。

また各相の所要時間の割合から、2種類の跳躍の跳び分けを、特に上級者は振り上げ足の動作と協応した、踏み切り足の膝関節の屈曲の度合いと伸展のタイミングを使い分けることで、行っていると考えられる。

5. 振り上げ足の違う2種類の跳躍という観点から、振り上げ足の最大速度というパラメーターを今回用いたが、熟練度による差は見られなかった。

## 参考文献

- 1) 森下はるみ：舞踊と科学の接点をもとめて、体育の科学, Vol.41, 172-173, (1991).

- 2) 森下はるみ：舞うに関する身体科学的研究の流れ, *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES*, Vol.4, No.3, 149-153, (1991).  
Hammond, S.N.: *Ballet Basics*, third edition, Mayfield Publishing Company, (1993).
- 3) Vincent, L.M.: *The Dancer's Book of Health*, Andrews and McMeel, New York, (1979).
- 4) Vincent, L.M.: *Competing with the Sylph*, Andrews and McMeel, New York, (1979).
- 5) Ryman, R.S.: A kinematic analysis of selected grand allegro jumps, *CORD Dance Research Annual*, 9, 231-242, (1978).
- 6) Laws, K.: *The Physics of Dance*, Schirmer Books, 25-43, (1984).
- 7) Clarkson, P.M., Skinar, M.: *Science of Dance Training*, 17-29, 45-90, Human Kinetics Book, (1988).
- 8) 久埜真由美：クラシックバレエに見られる跳躍動作のバイオメカニクス, アジア国際舞踊会議発表論文集, 184-190, (1993).
- 9) Lawson, J.: *Teaching Young Dancers*, Theatre Art Books, (1975).
- 10) Lawson, J.: *The Teaching of Classical Ballet*, Adam and Charles Black, 114-117, (1973).
- 11) Hammond, S.N.: *Ballet Basics*, third edition, Mayfield Publishing Company, (1993).
- 12) Vaganova: *Basic Principles of Classical Ballet*, Dover Publisher, (1969).
- 13) 石井喜八：2次元から3次元映像解析へ, *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES*, Vol.10, No.3, 185-190, (1991).
- 14) 池上康男, 他：DLT法, *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES*, Vol.10, No.3, 191-195, (1991).
- 15) 阿江通良：画像データによる動作解析法, *Japanese Journal of SPORTS SCIENCES*, Vol.10, No.3, 196-203, (1991).
- 16) 中村隆一, 斉藤宏：基礎運動学, 第4版, 289-294, 医歯薬出版, (1992).
- 17) 日本放送協会編：クラシックバレエ入門, 12-13. 日本放送出版協会, (1988).
- 18) Sparger C.: *ANATOMY AND BALLET*, Fifth edition, Adam & Charles Black, 55-59, (1970).
- 19) 金子公宥：改訂スポーツ・バイオメカニクス入門, 44-52, 杏林書院, (1994).
- 20) 村松香織：舞踊技法における左右差の動作分析—ピルエットの場合—, 第13回バイオメカニクス・シンポジウム前刷, 325-336, (1994).

# KINEMATIC ANALYSIS OF BALLET SPLIT JUMPS

Aiko KAMEYAMA and Harumi MORISITA

*Ochanomizu University*

## 1. Purpose

The purpose of this study is to analyze ballet split jumps, focusing on the movement of the dancer's working leg and the way it affects the whole jumping motion. At the same time, we investigate how the movement of the working leg depends on the dancer's achievement level in classical ballet, comparing the jumps of dancers of different levels.

## 2. Methods

The subjects are 14 women who have taken dancing lessons. We divided them into two groups :

- (1) Dancers at advanced level :  
7 professional ballet dancers (=PD group) ;
- (2) Dancers at beginning/intermediate level :  
7 students majoring in dance (=DS group) .

We asked them to execute two types of classical ballet split jumps :

- (1) grand jete=GJ ;
- (2) grand pas de chat=GP .

We videotaped their jumping motions with two video cameras. Our method of examination is three-dimensional kinematic analysis, using APAS (Ariel Performance Analysis System) .

## 3. Parameters

We obtained the following parameters :

- (1) displacement of center of gravity ;
- (2) angle of upper body ;
- (3) maximum knee flexion angle of supporting leg ;
- (4) velocity of center of gravity .

## 4. Results

In doing both jumps, PD group decreased the take-off velocity more than DS group. The jumping distance of PD group was shorter than that of DS group. The jumps of PD group are described as upward-moving or vertical, and those of DS group as forward-moving or horizontal. Using these parameters, we can summarize the results as follows :

- (1) The horizontal take-off velocity of DS group is greater than that of PD group in both GJ and GP .
- (2) The maximum displacement of center of gravity of PD group is higher in both GJ and GP .
- (3) The forward-bending angle of the upper body of DS group is greatest around the time of the maximum displacement of center of gravity .
- (4) The maximum knee flexion angle of the supporting leg of PD group is greater than that of DS group in both GJ and GP .