

フィギュアスケートジャンプのバイオメカニクス
—女子選手のトリプルアクセルジャンプの運動学的研究—

Biomechanics of Jump in Figure Skating
—Kinematic Analysis of Triple Axel Jump Motion of Women's Figure Skaters—

池上久子* 池上康男** 桜井伸二***
岡本敦**** 吉岡伸彦*****

Hisako IKEGAMI* Yasuo IKEGAMI** Shinji SAKURAI***
Atsushi OKAMOTO**** Nobuhiko YOSHIOKA*****

In recent figure skating competitions, jumps have become much more important in evaluation of a competitor's performance. World-class top-level skaters always perform various kinds of jumps with multiple rotations of the body.

In this study triple Axel jumps performed by junior class figure skaters were analyzed kinematically by means of video recordings. Two electrically synchronized high-speed video cameras (HSV-500 C 3, Nac Inc.) located in the stand were used to record the movements of a skater's body during jumps. The recording speed was 250 fields per second. Three-dimensional coordinates of reference points in the skater's body were calculated from digitized data by means of direct linear transformation method (DLT). Three-dimensional coordinates of the center of gravity of the skater's body (C.G.) were calculated and using C.G. data, important kinematical parameters characterizing the jump were obtained. Jumping height was defined as vertical displacement of C.G. between take off and top of jump. Successful and unsuccessful triple Axel jumps performed by three junior class skaters were selected for analysis. Furthermore, the duration of a flight (flight time) of other kinds of jumps were also calculated. These kinematical analyses revealed the following results.

1. When a successful and unsuccessful jumps were compared, there observed no significant differences in jumping height, flight time and rotations of the body for triple Axel jump.
2. Rotations of the body in the air in the successful jumps were 2.6 rev, and there observed no significant differences in both successful and unsuccessful jumps. The bodies rotated 0.4 rev before take off, 2.6 rev in the air and 0.5 rev after landing, respectively.
3. Durations of flights of a triple Axel jumps by three skaters were 604 msec (MI), 548 msec (MO) and 556 msec (NA), respectively.
4. Estimated flight times for three complete rotations of the body in the air showed increases of 88 msec(MI), 116 msec(MO) and 105 msec(NA) in comparison with measured durations of flights.
5. From the results of the study, one of the essential factors for a successful triple Axel jump was the enough duration of a flight, which can be achieved by enough vertical velocity of C.G. at take off. The longer duration of the flight would make it possible to perform more accurate and stable jumps in more difficult conditions such as in tri-

* 南山大学総合政策学部
** 名古屋大学総合保健体育科学センター
*** 中京大学体育学部
**** 名古屋経営短期大学
***** 千葉大学教育学部
* Faculty of Policy Studies, Nanzan University
** Research Center of Health, Physical Fitness, and Sports, Nagoya University
*** School of Health and Sports Sciences, Chukyo University
**** Nagoya Management Junior College
***** Faculty of Education, Chiba University

ple Axel jumps.

キーワード：フィギュアスケート、トリプルアクセル、運動学、滞空時間
Key words：Figure skate, Triple Axel jump, Kinematics analysis, Flight time

【目的】

フィギュアシングルスケート競技は、ジャンプ、スピン、ステップから成り立っており、演技の中でジャンプの重要性がより一層高まっている。選手はより難度の高いジャンプに挑戦し、成功させようとする傾向が見られる。今日では世界一流の男子選手は4回転のジャンプは普通であり、女子選手の中にも4回転ジャンプに挑戦する選手も出始めている。6種類のジャンプの中で唯一、アクセルジャンプは前向きに踏み切るためトリプルアクセルジャンプは3回転半である。女子シングルで難しいとされるトリプルアクセルジャンプを五輪の舞台で史上初めて成功させたのは、92年アルバールビル大会での伊藤みどり選手であった。その後94年のリレハンメルでも、98年の長野でも、02年のソトレイクでも、トリプルアクセルジャンプを成功させた女子選手はいない。しかし今日では、女子ジュニアの選手で4回転や3回転半のジャンプに挑戦するのは珍しいことではなくなっている。

そこで本研究の目的は回転数の多いジャンプの修得段階にある選手の動作を3次元の高速度ビデオ撮影で記録、分析し、アクセルジャンプを成功させるために必要な動作を運動学的観点から調べようとした。本研究の3人のアクセルジャンプを比較するために著者らが記録した (Ikegami H ら、Ikegami Y ら1999) 映像からジュニア選手やオリンピック選手の各種ジャンプの滞空時間を求めた。そして、滞空時間の比較からジャンプを成功させる要素を導きコーチングに役立つ基礎的資料を得ようとした。

【方法】

1. 対象

名古屋市内にあるフィギュアスケートクラブ所属の女子選手3人の練習中のジャンプ動作を撮影の対象とした。3人の選手の基礎的データを表1に示した。MIとMOはジュニア選手、NAはシニア選手であるが、いずれの選手も日本の強化選手に選考されている。撮影された試技のうちトリプルアクセルジャンプ (トリプルアクセル) を運動学的分析の対象とし、転倒しなかった試技の内最もよいものと転倒した試技を分析し

た。撮影された試技の他のジャンプについては滞空時間を求めた。

3人のトリプルアクセルを比較するためにすでに記録された映像から滞空時間を求めた。滞空時間の算出には長野オリンピック選手 (Ikegami H ら、Ikegami Y ら1999)、全日本ジュニア選手権大会出場選手、ソトレイクオリンピックに出場した女子選手を対象とした。

2. 動作の記録

撮影は、名古屋市総合体育館レインボーアイスアリーナにて2003年1月29日に行った。アリーナの観客席のスタンドに2台の高速度ハイスピードビデオカメラ (HSV-500 C 3、ナックイメージテクノロジー社) を同期装置とともに設置し、異なる2つの方向からジャンプ動作の同期撮影を行った。撮影速度は毎秒250フィールドであった。2台のカメラの光軸のなす角度はおよそ60度で、カメラの視野は、選手の練習を観察して最もジャンプが頻繁に行われるリンク上のエリアの1つをカバーできるように設定した。選手にはおおよその撮影範囲を指示し、両カメラの視野内に助走から着地までが撮影された試技のみを分析の対象とした (図1)。

3次元のキャリブレーションのため、試技の撮影終了後、4枚のリファレンスプレートが取り付けられたキャリブレーション用のポールを撮影範囲内の複数の場所に垂直に立てて撮影した (図2)。ポールを立てた位置のリンク上 (平面上) の座標の測定は以下の手順によった。撮影範囲に近いリンクの壁の直線部分に2つの固定点を定めた。2点間の距離は14.01 mであった。ポールを立てた各々の地点と両固定点との距離を巻尺で計測し、後で計算により各地点の壁に平行な方向と直角な方向の変位をそれぞれ求めた。

表1 選手の基礎的データ

選手	年齢	競技歴	身長	体重	
	[歳]				テスト級
MI	14	7級	6	162	42
MO	12	6級	6	141	31
NA	17	7級	9	154	42

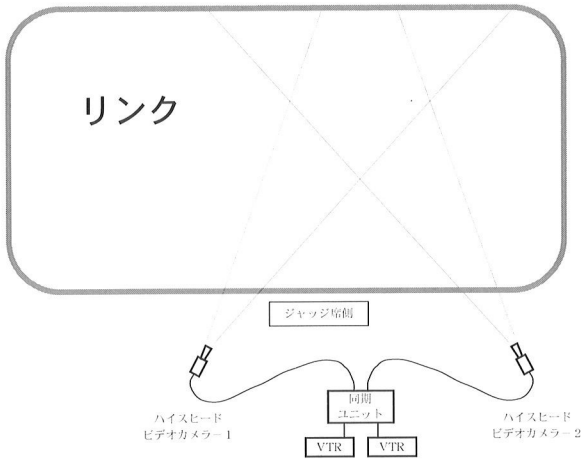


図1 カメラの設置位置



図2 キャリブレーション用のリファレンスポール

3. ジャンプ動作の局面分け

分析に便利なようにジャンプを以下の局面にわけた(図3)。

- 1) 助走：右足でのけり出しの開始(A)からけり出した右足が氷面から離れる瞬間(B)までとした。
- 2) 踏切動作：Bの後、右足を振り上げて左スケート(ブレード)が氷面から離れる瞬間(離氷、C)までとした。
- 3) 空中動作：Cの離氷の後、右スケートが氷面に接する瞬間(着氷、G)までの滞空期とした。

4. デジタイズ

各選手の練習中のトリプルアクセルのうち転倒しなかった試技と転倒した試技の各1試技で動作が両カメラの視野に完全に収まっているものを分析の対象とした。高速撮影で得られたビデオ画像からビデオ分析ソフト(フレームディアスII、DKH社)を用いて身体

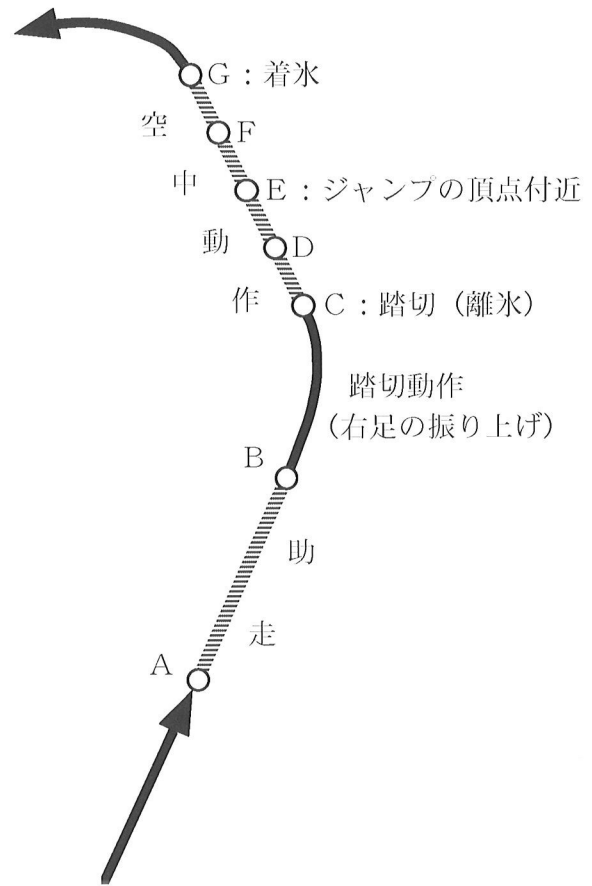


図3 ジャンプの各局面分け

各部及びスケート(ブレード)の2次元座標をデジタイズにより得た。2台のカメラから得られた2次元座標をコントロールポイントの実座標とデジタイズ結果を用いてDLT法(池上ら、1991)により3次元座標を求めた。分析は助走の開始(A)、終了(B)、踏切(C)、着地(G)の各時点について行い、さらにジャンプの最高地点に近いと思われる時点(E)及びCとEの間(D)、EとGの間(F)についても行った。

5. データ処理

得られた身体各部の3次元座標から身体重心の3次元座標を算出した。重心の算出には松井(1958)の身体重心係数を用いた。CからGにかけての空中動作では身体重心の動きを放物体の運動とみなし、5つの時点での重心座標を最小2乗近似で放物線に当てはめ、初速度や重心の最高地点等を計算によって求めた。

6. ジャンプ動作中の運動学的パラメータ

得られた身体各部の3次元座標と身体重心座標から以下の各局面で必要と思われる運動学的パラメータを

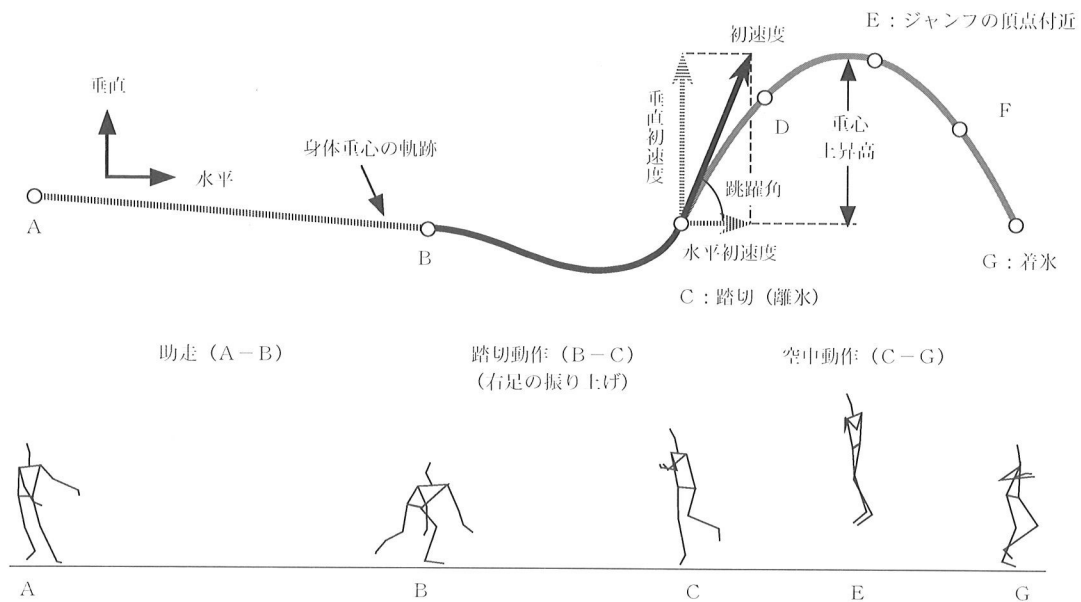


図4 運動学的パラメータ

算出した(図4)。

[助走]

1) 助走速度：A、B時点での重心の変位とビデオのコマ数により求めた経過時間から助走中の平均速度を求めた。

[踏切]

1) 水平初速度、2) 垂直初速度、3) 跳躍角度、4) 跳躍方向：CからGの時点までの5点での重心の3次元座標から重心が通る放物線を決定し、それから初速度の大きさと向き、跳躍方向を求めた。

[空中動作]

1) 跳躍高、2) 重心上昇高：重心が通る放物線の頂点を跳躍高、踏切時点での重心高に対する跳躍高を重心上昇高として求めた。

3) 滞空時間：ビデオのコマ数により求めたC、G時点間の経過時間。

[着氷]

1) 離氷から着氷までの回転数：身体の向きは助走を除き、両肩を結ぶ線分に垂直で顔面方向に向かうベクトルの氷面に平行な向きを用いて実質回転数を求めた。

7. 滞空時間の比較

滞空時間は、高速度ビデオ撮影から得られた映像をもとにスケート靴のブレードのトウが氷から離れる瞬間からブレードのトウが着氷するまでの時間とした。滞空時間の比較のために、1998年の長野オリンピック、2002年11月に行われた全日本ジュニア選手権大会及びソルトレイクオリンピックに出場した女子選手の

練習中の高速度ビデオ撮影の記録から同様の方法で滞空時間を求めた。全日本ジュニア選手権大会および長野オリンピックの記録は公式練習及び競技中に得られた映像から求めた。今回の3人の選手を含めて女子ジュニア選手、女子オリンピック選手、男子オリンピック選手群別に各種ジャンプの滞空時間から、群別の平均値と標準偏差を求めた。そして、同じ種類のジャンプでの比較、オリンピック選手男女の比較、ジュニア選手と女子オリンピック選手との滞空時間の比較をした。さらに、男子選手の滞空時間を100%とした場合のジュニア選手と女子選手の滞空時間の割合からも比較した。

トリプルアクセルジャンプ (TA)

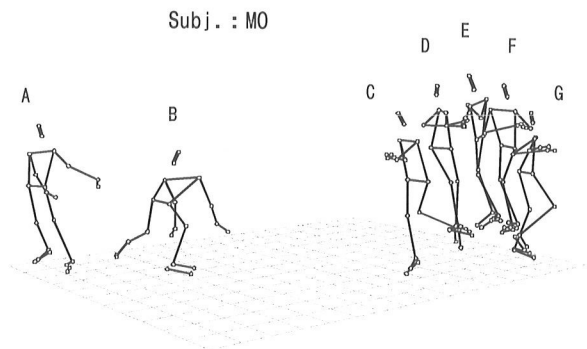


図5 トリプルアクセルジャンプのスティックピクチャー

【結果】

図5に選手MOのジャンプ動作中の助走に対し斜め前方、斜め上から見たスティックピクチャーをA～Gの7つの時点について示した。高速度ビデオ撮影の画像及びスティックピクチャーの観察から、トリプルアクセルジャンプは助走において右足で氷をけりながら左足に乗り、けり終わった右足を前方に振り出して左足で踏切を行っているが、踏切動作の間にすでに身体が回転を始めていることが観察された。また、3人の選手とも着氷は両足或いはそれに近い状態であり、転倒しなかったジャンプにおいても不完全なものであった。

図6には3人の着地に成功したジャンプと転倒したジャンプの助走速度を示した。4.89から5.32 m/secの範囲であり、3人とも着地の成否ではほとんど差はなかった。

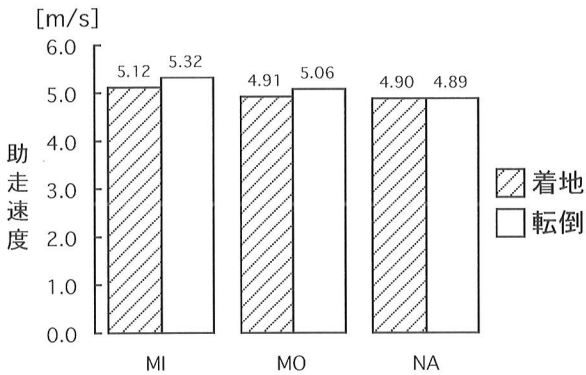


図6 助走速度
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

図7、8、9には踏切時の跳躍初速度、水平初速度、垂直初速度を3人の着地に成功したジャンプと転倒したジャンプについて示した。助走速度と同様にそれぞれの初速度についても3人とも着地の成否ではほとんど差はなかった。助走速度は全試技とも5 m/sec前後であったが、跳躍速度の絶対値は3.6 m/sec～4.5 m/secで踏切動作の間に減速していることが認められる。

ジャンプ中の重心の放物運動を決定する初期条件は踏切時の重心高に加え、初速度（絶対値、水平成分、垂直成分）と跳躍角であり、これらから跳躍高および重心上昇高、滞空時間が決まる。初速度の水平成分は約2.5～3.5 m/secで助走速度に比べ大幅に減少していた。ジャンプ高を決める垂直初速度は2.6～2.8 m/secであった。

図10には3人の着地に成功したジャンプと転倒したジャンプの重心上昇高を、踏切時の重心位置から跳躍の頂点での重心位置までの距離として示した。3人の中ではMIが最も高く跳んでいるものの着地に成功し

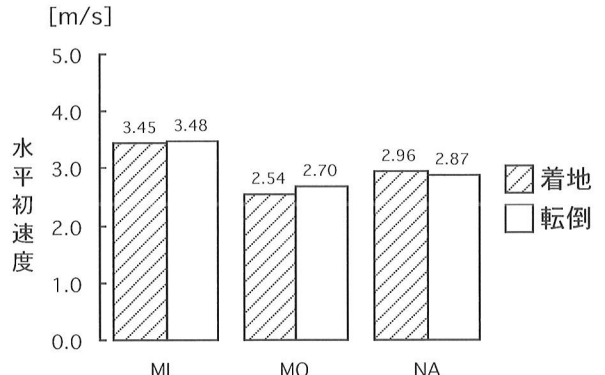


図8 跳躍水平初速度
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

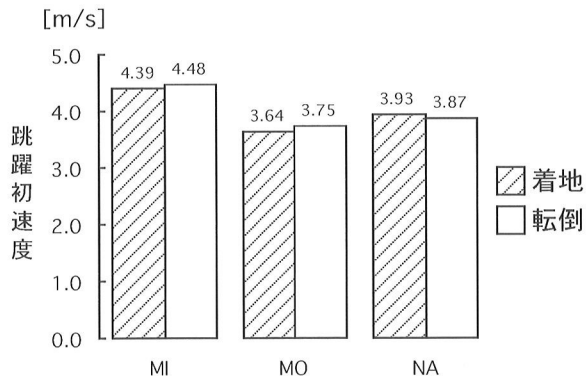


図7 跳躍初速度
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

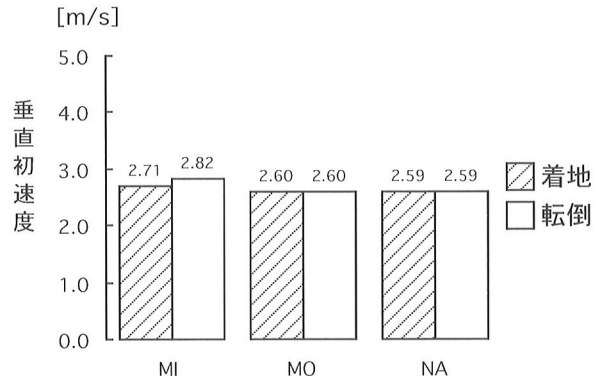


図9 跳躍垂直初速度
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

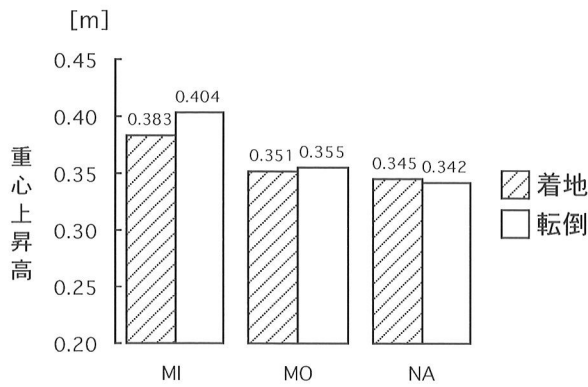


図10 重心上昇高
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

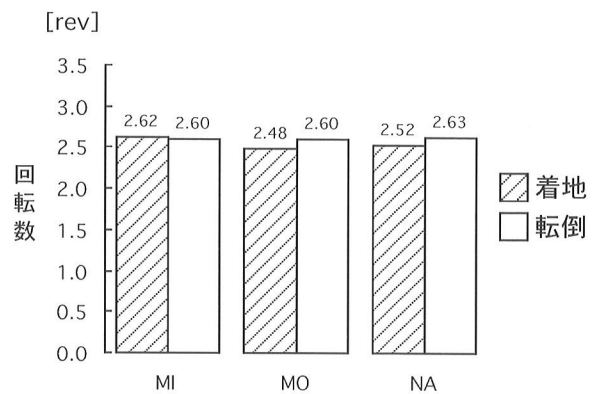


図12 空中での回転数
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

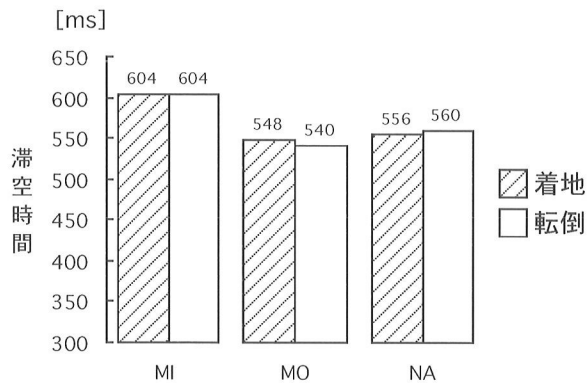


図11 滞空時間
トリプルアクセルジャンプ着地と転倒例の比較

たジャンプより失敗したジャンプの方がわずかに高くなっていたが、他の2人も着地の成否によるジャンプ高には差がなかった。空中動作中の重心の最高到達地点である跳躍高は選手の身長に依存する部分が多いため、20 cm 近い差がみられるが、踏切の瞬間の重心位置を基準とした重心上昇高は数 cm の差が見られるのみである。

図11には3人の着地に成功したジャンプと転倒したジャンプの滞空時間を示した。滞空時間についても、3人とも着地の成否で差はなかった。

図12には3人の着地に成功したジャンプと転倒したジャンプの空中での回転数を示した。トリプルアクセルは、前向きで跳んで後ろ向きに着地するジャンプであるので3.5回転のジャンプである。しかし、空中での回転数は2.5から2.6回転であった。回転数についても、3人とも着地の成否で差はなかった。

表2には高速度撮影による分解能250分の1秒で得られた滞空時間を示した。今回対象とした3人の選手

のトリプルアクセル以外のジャンプの滞空時間、また、過去の記録から得られたジュニアクラス、オリンピッククラスの選手の各種ジャンプの滞空時間について示した。上段には今回対象とした3選手のダブルアクセル、トリプルサルコ、トリプルループ、トリプルアクセルの滞空時間とジュニア選手権大会での女子選手の各種ジャンプ滞空時間を示した。中段にはソルトレイクオリンピック日本代表選手と長野オリンピック出場女子選手の各種のジャンプ滞空時間を示した。下段には長野オリンピック出場男子選手の各種のジャンプ滞空時間を示した。さらに、図13には日本の女子ジュニア選手及びオリンピック選手の男女別の各種のジャンプ滞空時間の平均値と標準偏差を示した。ダブルアクセルからトリプルルッツまで3群間でそれぞれのジャンプで滞空時間を比較すると、すべてのジャンプで女子ジュニア選手、女子オリンピック選手、男子オリンピック選手の順で長くなっていた。表2に示した男子選手の滞空時間を100%とした場合のジュニア選手と女子選手の滞空時間の割合からオリンピック選手の男女の比較では、女子ダブルアクセルが85.8%で最も大きな差となっていた。次に差があったのはトリプルフリップであった。反対に最も差が小さかったのはトリプルループで96.1%、次にトリプルサルコの93.6%であった。後ろ向きで滑走してトウをつかなくて跳ぶサルコやループジャンプでは男女の差が少なくなっていた。

ジュニア選手と男子選手との比較では女子選手と同様にダブルアクセルが最も差が大きく78.5%であった。ジュニア選手が挑戦しているトリプルアクセルは81.7%、またクワッドサルコは男子のデータがないが、クワッドジャンプ同士で比較すると80.5%であった。

フィギュアスケートジャンプのバイオメカニクス

表2 各種ジャンプの滞空時間[ms]

Subj.	Country	JUNIOR・ NAGANO Place	ダブル アクセル	トリプル トゥループ	トリプル サルコ	トリプル ループ	トリプル フリップ	トリプル ルッツ	トリプル アクセル	クワッド トゥループ
MI	JPN	2	516		468	464			604	
MO	JPN	4	540			496			548	
NA	JPN					456			556	
AN	JPN	1	508		556		508			572(サルコ)
OO	JPN	3			500		548	564		
SU	JPN	5		508	472	508				
SA	JPN	6	508	484	460	492			592	
TA	JPN	8	499		516	516	568			
HA	JPN	13			426	484				
平均値			514.2	496.0	485.4	488.0	541.3	564.0	575.0	572.0
標準偏差			14.0	12.0	39.3	20.3	24.9		23.6	
男子選手に対する割合 [%]			78.5	80.8	90.1	85.6	85.8	90.2	81.7	80.5
ON	JPN				508	552				
Lipinski	USA	1	504	520	508		516	552		
Kwan	USA	2		520	520		548	552		
Chen	CHN	3	612	600	484		556	584		
Slutskaya	RUS	5		544	536		616	572		
Gusmeroli	FRN	6		532		560	568			
Skolova	RUS	7	612		544	576		592		
Malinina	UZB	8	544		532		580	668		
Bonaly	FRA	10		572	516	504	476			
Carter	AUS	12		576	476					
Arakawa	JPN	13					560	548		
Kulovana	CZE	18	536	564				552		
Drel	FIN	21		548	416		496			
平均値			561.6	552.9	504.0	548.0	546.2	577.5		
標準偏差			43.3	25.7	35.7	26.8	41.0	37.6		
男子選手に対する割合 [%]			85.8	90.1	93.6	96.1	86.6	92.3		
Kulik	RUS	1	680	596			612	636	724	728
Stojko	CAN	2	648	676			624	608	712	
Candeloro	FRA	3					636	588	712	
Eldredge	USA	4	696		512		616	584	712	
Yagudin	RUS	5		608				584		707
Guo	CHN	8					688	668		728
Vidray	HUN	13		608			604	688	700	
Dmitrenko	UKR	14	612			544		596		
Honda	JPN	15	672		572	596	652		704	680
Tamura	JPN	17	624	580			616	668		
Shmerkin	ISR	18	652		532			636	664	
平均値			654.9	613.6	538.7	570.0	631.0	625.6	704.0	710.8
標準偏差			27.9	32.8	24.9	26.0	25.7	37.1	17.8	19.7

上段：ジュニア・シニア日本女子選手 中段：女子オリンピック選手 下段：男子オリンピック選手

JUNIOR Place：第71回全日本フィギュアスケートジュニア選手権大会最終成績（上段）

NAGANO Place：長野オリンピック最終成績（中、下段）

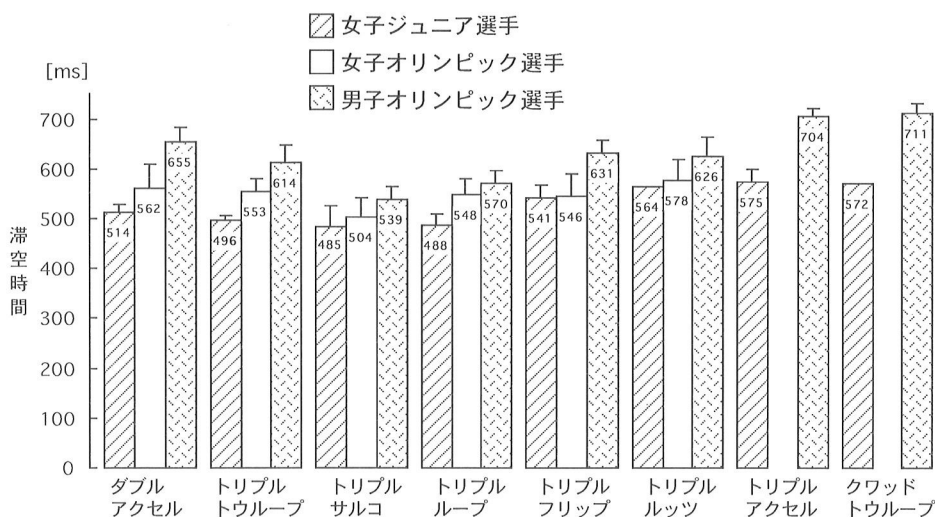


図13 各種ジャンプの滞空時間
女子ジュニア選手、女子オリンピック選手、男子オリンピック選手の比較

【考察】

3人の選手のトリプルアクセルジャンプを行った際の着地に成功したジャンプと失敗したジャンプで助走速度や滞空時間、回転数の比較をした結果は両試技でほとんど差はなかった。

身体の回転（捻り）の多いジャンプが演技として難度が高い、言い換えれば成功させるのが困難な理由は、基本的に両立が困難な2つの条件を実現させなければならないためと考えられる。第1に、空中で必要な回転を得なければならないため、滞空時間が長い必要がある。滞空時間は跳躍高に依存するので、より高いジャンプが要求される。ジャンプ高を得るためには大きな垂直初速度が必要になる。第2に、回転数が多くなれば必要な回転を空中で終了させるために踏切時における身体の回転速度が大きい必要がある。これは踏切動作でより大きな身体の角運動量を得なければならないことを意味する。踏切動作において、より大きな垂直初速度と角運動量を同時に得ることは一般に困難である。このことが3回転や4回転のジャンプが高難度とされる理由となっている。

アクセルジャンプは前向きで跳んで後ろ向きに着地するジャンプであるのでトリプルジャンプは3.5回転のジャンプである。しかし空中での回転数は転倒しなかったものでも2.6回転程度で転倒したものとの差が見られなかった。アクセルジャンプでは踏切動作に入ったのちに肩が約140度回転したのちに離氷していた。これまでに報告されたアクセルジャンプの分析結果からも（池上ら、1992）踏切動作の開始から離氷時

にかけてすでに回転が始まっていることが示されている。このことは離氷前にすでに身体が回転していることを示している。このような離氷前の身体の回転は、長野オリンピックのビデオ記録からアクセルジャンプに限らずルッツジャンプやトゥルーブジャンプにおいても認められている（Ikegami Hら、Ikegami Yら1999、池上、1998）。

今回の3人の被験者の身体の回転を局面でみると、踏切で約0.4回転、空中で約2.6回転、着地で約0.5回転していた（図14）。今回の被験者は着地で転倒しなかった試技においても着地は両足や回転不足であった。アクセルジャンプでは前向きに踏み切り、踏切足と逆の足で後ろ向きに着氷することになっており、この点からいえば3選手とも転倒の有無に関係なく完全なトリプルアクセルジャンプになっていないことが示された。今回対象とした3選手のトリプルアクセルジャンプは不完全なものであり、ジャンプの習熟過程にあると考えられる。オリンピックの記録から習熟した選手では着氷時のエッジの方向が進行方向に近いために着地後の回転が少なく転倒を回避しやすくなっていた。

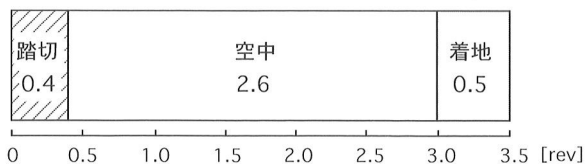


図14 トリプルアクセルジャンプの各局面の回転数

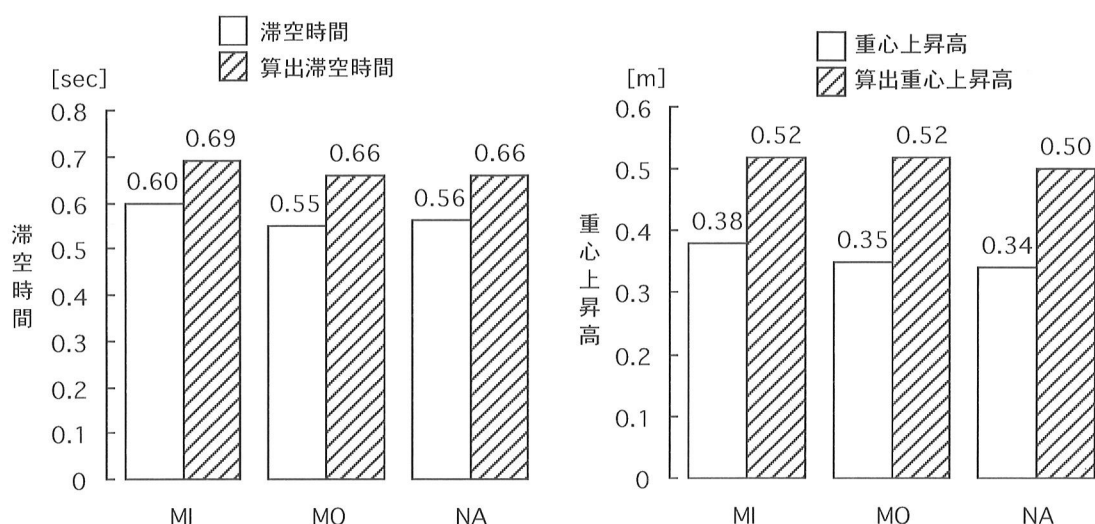


図15 滞空時間と重心上昇高
トリプルアクセルジャンプを成功させるための滞空時間と重心上昇高を着地時の回転速度を用いて3回転で計算

次に滞空時間からジャンプを比較するため、オリンピック選手からジュニア選手まで男女に関わらずデータが得られたダブルアクセルジャンプに注目すると、身体の回転が2.5回転のジャンプであるにもかかわらず、男子選手では5種類の3回転ジャンプに比べても滞空時間は長くなっていった。女子ジュニア選手とオリンピック選手についてもトリプルルッツを除く4種類の3回転ジャンプに比べて滞空時間が長くなっていった。このことは、アクセルジャンプは前向きに跳ぶジャンプであり、後ろ向きに跳ぶジャンプに比べ踏切時に離氷するまでの身体の回転角を稼ぎにくいのではないかと考えられる。逆に、フリーレグを前方に振り上げる動作によって跳躍初速度は得やすいことにもなると考えられる。このように、アクセルジャンプでは他の後ろ向き踏切のジャンプに比べ滞空時間が長くなる傾向を持つジャンプと言えるだろう。

今回対象とした3名の選手の滞空時間をみると、すべてのジャンプで女子オリンピック選手の平均値に比べ低いことが認められる。ダブルアクセルの滞空時間は516msecと540msecで、オリンピック選手の562msecに比較すると低い値であった。トリプルアクセルの滞空時間はオリンピック選手の女子の値がないので比較はできないが、女子オリンピック選手のトリプルルッツに近い滞空時間であった。

放物運動における重心上昇高 (H[m]) と滞空時間 (T[s]) の間には $H=gT^2/8$ (gは重力加速度) の関係があるが、ジャンプの場合踏切時と着氷時で重心の高さが異なるため、厳密に上記関係は成り立たない。すなわち、踏切では踏切足がほぼ伸び切っているのに対

し、着氷では衝撃を避けるため膝がある程度曲げられた状態となるため、重心高は離氷の時点より一般に低くなる。

もしこの3名の選手が現在の回転速度で完成されたトリプルアクセルを成功させようとするならば現在の回転不足を補い、空中での回転数を3回転として計算すると、図15に示すようにそれぞれ滞空時間は被験者MIが692 msec、MOが664 msec、NAが661 msecとなる。現在のジャンプに対しMIは88 msec、MOは116 msec、NAは105 msec長く跳ぶことが必要である。また、現在の上昇高に対しどれだけ高く跳ぶことが必要かを計算すると、現在の重心上昇高に対しMIが14.7 cm、MOが17.2 cm、NAが15.7 cmとなり、3名の選手はそれぞれ52.3 cm、52.3 cm、50.1 cm 跳ぶことが必要である。吉岡 (1990) はトリプルアクセルのジャンプ高を54.5cmと報告しているが、それよりもやや低くても回転の面から跳ぶことが可能なようである。

今回対象とした女子選手のジャンプの完成度を高めるためにもジャンプ能力を高め、滞空時間を確保することが有効であると考えられる。すなわち、踏切で現在と同程度の角運動量を得ながら、さらに垂直初速度の大きなジャンプを身につけることにより、より完成度の高いジャンプを高い確率で成功させることができるようになるものと思われる。

【まとめ】

本研究の目的は回転数の多いジャンプの修得段階にある3名の選手の動作を3次元の高速度ビデオ撮影で

記録し、転倒しなかったトリプルアクセルジャンプと転倒した試技を分析し、ジャンプを成功させるために必要な動作を運動学的観点から調べようとした。さらに、他のジュニア選手やオリンピック選手と3名の選手の各種ジャンプの滞空時間の比較からジャンプを成功させる要素を導きコーチングに役立つ基礎的資料を得ようとした。明らかとなったことを以下に示す。

1. 3名の選手のトリプルアクセルジャンプの助走速度や滞空時間、回転数は着地の成否による差はなかった。このことは転倒しなかったジャンプも完成したものにはなっていなかったことを示している。
2. 空中での回転数は2.6回転程度で着地の成否による差はなかった。今回のジャンプでは踏切で約0.4回転、空中で約2.6回転、着地で約0.5回転していた。
3. 3名の選手のトリプルアクセルジャンプの滞空時間は、被験者 MI 604 msec、MO 548 msec、NA 556 msec であった。
4. 3名の選手が現在の回転速度でトリプルアクセルジャンプを成功させようとするれば、完成されたジャンプの空中での回転数を3回転とすると、それぞれ滞空時間は被験者 MI が692 msec、MO が664 msec、NA が661 msec となる。現在のジャンプに対し MI は88 msec、MO は116 msec、NA は105

msec 長く跳ぶことが必要である。

5. 3名の選手は、垂直初速度の大きなジャンプを身につけることにより滞空時間を確保して、より完成度の高いジャンプを高い確率で成功させることができるようになるものと思われる。

文 献

- Ikegami H, Sakurai S, Nunome H, Ikegami Y, Sodeyama H and Asano K (1999) : Biomechanics of combination jump in women's figure skating in 1998 Nagano Winter Olympic Games. International Society of Biomechanics XVII-the Congress Book of abstracts. pp.673.
- Ikegami Y, Sakurai S, Nunome H, Ikegami H, Sodeyama H and Asano K (1999) : Kinematics analysis of jump motion of men's figure skating in 1998 Nagano Winter Olympic Games. International Society of Biomechanics XVII-the Congress Book of abstracts. pp.675.
- 池上康男、桜井伸二、矢部京之助(1991) : DLT法. Jpn. J. Sports Sci. 10:191-195.
- 池上康男、桜井伸二、矢部京之助、池上久子、吉岡伸彦(1992) : フィギュアスケートにおけるジャンプ動作の三次元的分析. 総合保健体育科学 15 : 71-75.
- 池上康男(1998) : フィギュアスケート. Jpn. J. Biomechanics Sports Exercise 2(4): 287-291.
- 松井秀治(1958) : 運動と身体の重心. 体育の科学社、東京.
- 吉岡伸彦(1990) : フィギュア・スケートのジャンプ. Jpn. J. Sports Sci. 9:210-214.

(2003年11月28日受付)