

日本人一流フィギュアスケート選手の踏切および着氷動作の定性的分析

Qualitative Investigation of Takeoff and Landing Motion of Figure Skate Jump in Japanese Excellent Figure Skaters

池上久子* 池上康男** 佐野真也**
水藤弘吏** 吉岡伸彦***

Hisako IKEGAMI* Yasuo IKEGAMI** Shinya SANO**
Hiroshi SUITOU** Nobuhiko YOSHIOKA***

Takeoff and landing motions of triple Lutz jumps in 9 top-class Japanese figure skaters were videotaped at 250 fps and time analysis were carried out by reproducing the video tape. Field numbers of the recorded video tape according to the instance of the toe making contact with the ice, taking off and landing were identified. From these time data and observations of the orientations of skaters' shoulder by eye-measurement, flight (airborne) time, revolutions of the skaters' body before takeoff, during airborne and after landing were estimated.

Although in approach of Lutz jump skater should use back-out edge according to the official rule, some skaters used back-in edge in the approach run. The number of rotations of the body in airborne phase in triple Lutz jump were ranged from 2+1/8 to 2+1/2 rev and the remaining part of 3 rotations were performed in the approach phase and after landing. Skaters were categorized into 3 types with the magnitude of the number of rotation of the body in approach and after landing; 1) more rotation before takeoff, 2) more after landing and 3) less rotation both before takeoff and after landing. Although the rotation angle measured with the landing edge should be within 90 deg in the official rule, the rotation angle of the shoulder reached over 90 deg in all the skaters of the present study. Large differences in the rotation angle of the shoulder were observed between the subjects and this result might suggest a necessity of a new rule on the rotation angle before takeoff in all kinds of jumps in figure skating.

キーワード: 日本人一流フィギュアスケート選手、ジャンプ、踏切、着氷動作

Key words: Japanese excellent figure skaters, jump, takeoff and landing motion

【はじめに】

フィギュアスケートシングルスケート競技の世界の舞台において最近日本人選手の活躍が目立っている。トリノオリンピックでは低迷の日本人選手の中で最後に荒川静香選手が見事唯一の金メダルを獲得した。また、2006年度のグランプリシリーズの最後の試合となったNHK杯では男女共に1位から3位を独占する大

活躍であった。その結果2006年度のグランプリファイナルには男子2名、女子3名の出場が決まった。そして、ロシア・サンクトペテルブルクで開催されたグランプリファイナルでは女子は昨季優勝の浅田真央選手が2位、男子も高橋大輔選手が2位、織田信成選手が3位となり表彰台に上がった。日本女子選手はショートプログラムを終えた時点で、1位、2位、4位で一層の活躍が期待されたが、フリープログラムでのジャンプ

* 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
*** 千葉大学教育学部
* Faculty of Policy Studies, Nanzan University
** Research Center of Health, Physical Fitness, and Sports, Nagoya University
*** Faculty of Education, Chiba University

のミスがひびき、順位を上げることができなかった。男子選手は2位、3位、と表彰台に上がることができたものの、高橋選手は満足はいくできではなかった。日本人選手にミスが相次ぐ中で、男子はブライアン・ジュベール選手（フランス）、女子はユナ・キム選手（韓国）が安定した演技を披露し優勝した。ユナ・キム選手は、ただ1人トリプルフリップ-トリプルトゥループのコンビネーションジャンプをクリーンに決めたほか、他のジャンプやスピン、スパイラルでも安定し最小限のミスにとどめることが勝因となった。

フィギュアスケートの採点方法（日本スケート連盟、フィギュアスケート資料室）は2004年から変更されて、ジャンプ、スピン、ステップ、スパイラルの細分化された要素ごとに示された基準点をもとに採点される。男子シニアフリープログラムでは14個の要素を入れることができ、その内、ジャンプに関する要素を最大8個入れることができる。また、女子シニアフリープログラムでは最大13個の要素の内、最大7個のジャンプ要素を入れることが可能である。ジャンプの占める割合が高いことからジャンプの成否は成績に大きく影響を及ぼし重要な評価となっている。ジャンプでは、転倒すれば当然不成功となるが、転倒しなくても着氷後の回転が4分の1回転を超えるものは、3回転のジャンプを試みたとしても、2回転とみなされ難度の低いジャンプとなり、低得点となる。ジャンプで確実に得点を得るためには、必要な身体の回転を確保した上で、バランスを崩すことなく着氷することが必要である。このように着氷後の回転については、細かく規定されているにもかかわらず、ジャンプを跳ぶ前の身体の回転については、現在のルールでは何も規制されていない。

そこで本研究では、高速ビデオ撮影によって得られた映像から日本人選手9名のトリプルルッツジャンプについて、助走、トゥ接地、踏切、ジャンプ最高点、トゥ着氷、エッジ着氷、バック滑走の7つの時点のフォームを観察し、ジャンプ動作を踏切前、空中、着氷後の3つの期間に分け、各期の身体の回転に関して検討することを目的とした。

【方法】

2006年4月にレインボーアイスアリーナで行われた名古屋フィギュアスケートフェスティバルの参加選手を対象に、ハイスピードビデオカメラ（HSV-500C³、ナックイメージテクノロジー社）を観客席のスタンドに2台設置し、毎秒250フィールドで追い写しによる同期撮影を行った。撮影は、指定練習を含め、競技前の練

習、競技中の滑走動作を対象とした。1台のカメラでは選手の動き全体が把握できるように常に全身が視野に収まるように撮影し、もう一方のカメラではジャンプ時の踏切、着地を詳細に分析するために足元を拡大して撮影した。

日本人強化選手となっている女子選手4名と、女子プロスケーター1名（選手A,B,C,D,E）および男子選手4名（選手F,G,H,I）のビデオ映像からトリプルルッツジャンプを成功させた試技について助走から着氷後までを分析した。

今回の分析対象者は全員が上から見て反時計回りのジャンプをしており、左足外側のエッジで後方に（バックアウト）滑走し、右足のトゥ（ブレードの先端部）を突いて跳ぶ3回転ジャンプである。ジャンプの（1）助走、（2）トゥ接地、（3）踏切、（4）ジャンプ最高点、（5）トゥ着氷、（6）エッジ着氷、（7）バック滑走の7つの時点を取り出した。（2）トゥ接地は右足のトゥが氷に接地した時点、（3）踏切は右足のトゥが氷から離れる時点、（5）トゥ着氷は右足のトゥが氷に接地した時点、（6）エッジ着氷は右足エッジ全体が氷についた時点とし、それぞれの時点ビデオの再生により目視で1/250秒の分解能で特定した。ルッツジャンプの助走時の左足バックアウト滑走は、ジャンプ前にステップやターンを入れることによってジャンプの入り方はそれぞれの選手で異なっているが、滑走時間はいずれの選手も約600ms以上であった。バックアウト滑走を行って右足トゥをつく100ms前を（1）助走とした。滞空時間は（3）から（5）までとし、（4）のジャンプ最高点は踏切とトゥ着氷の中間点とした（図1）。（7）バック滑走はエッジ着氷から180ms後とした。そして、（2）から（3）を踏切前、（3）から（5）を空中（滞空時間）、（5）から（7）を着氷後としてジャンプ動作を踏切前、空中、着氷後としてそれぞれの動作について検討するとともに、時間および肩の回転角、回転数を算出し、その関連を検討した。肩の回転角は、目測によって両肩の肩峰点を結ぶ線分を氷面に投影した線分の傾きを45度（1/8回転）単位で推定した。

【結果および考察】

1) トリプルルッツジャンプのフォーム

図2から図10には各選手のジャンプの（1）助走、（2）トゥ接地、（3）踏切、（4）ジャンプ最高点、（5）トゥ着氷、（6）エッジ着氷、（7）バック滑走の7時点のフォームを示した。各フォームの下には両肩の肩峰点を結ぶ線分を氷面に投影した線分を示した。

今回分析の対象としたトリプルルッツジャンプは6

日本人一流フィギュアスケート選手の踏切および着氷動作の定性的分析



図1 滞空時間の求め方

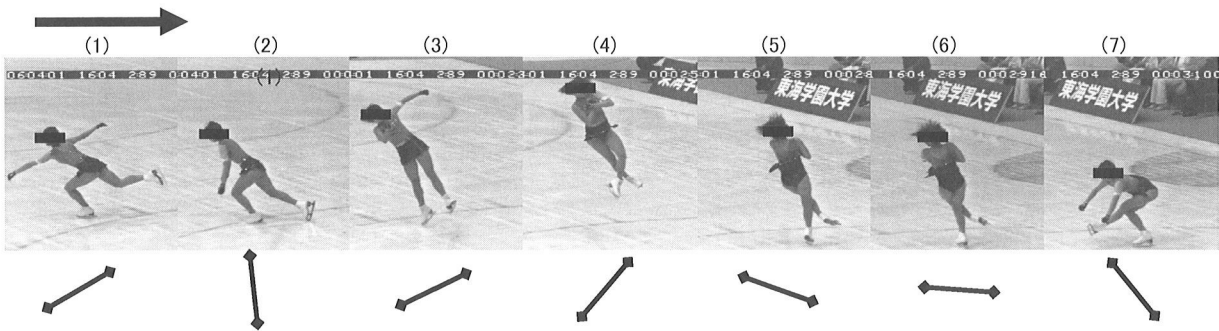


図2 Subj. A のトリプルルッツジャンプ

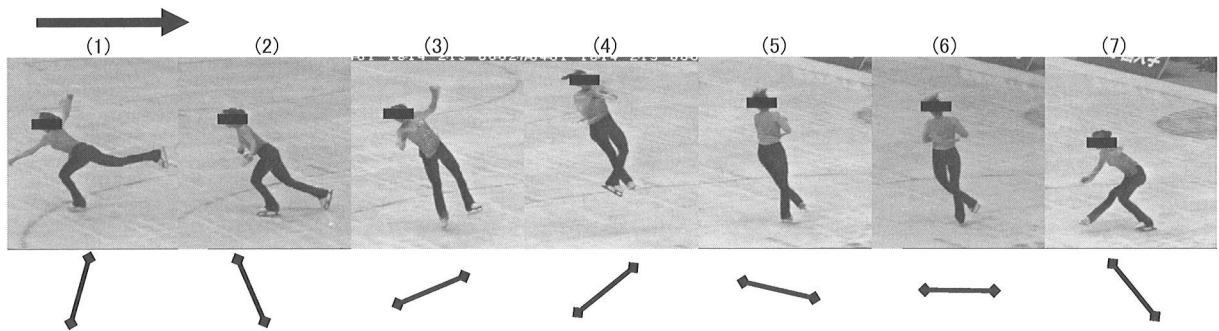


図3 Subj. B のトリプルルッツジャンプ

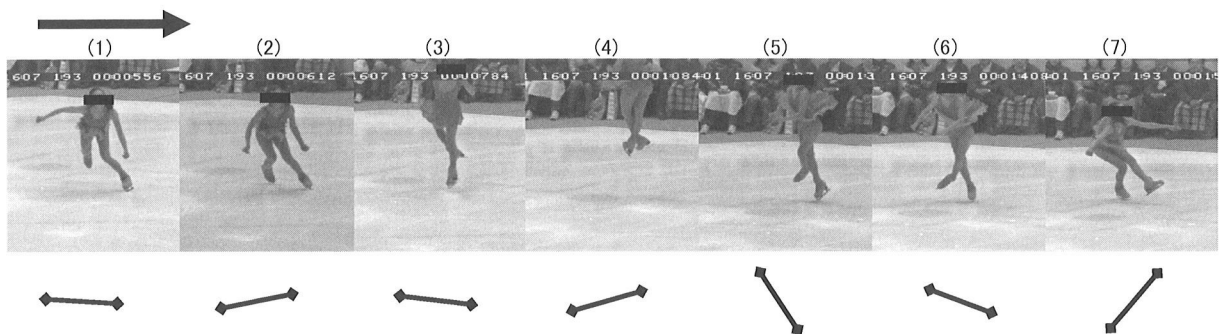


図4 Subj. C のトリプルルッツジャンプ

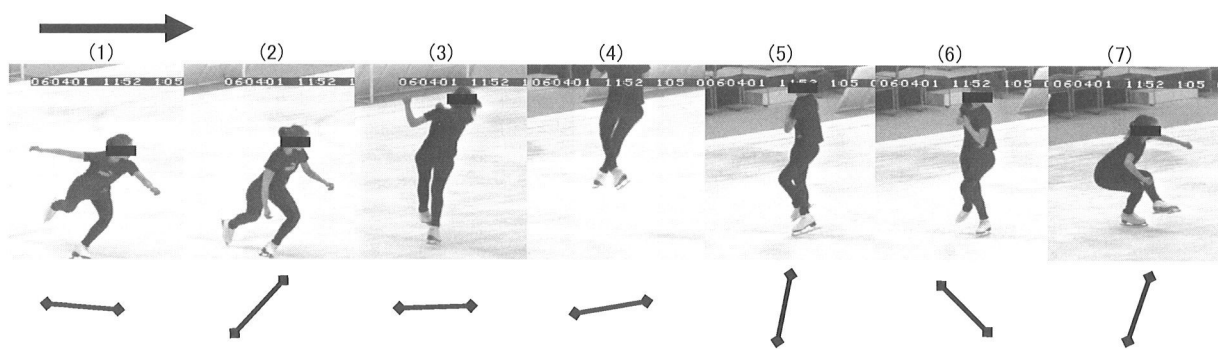


図5 Subj. Dのトリプルルッツジャンプ

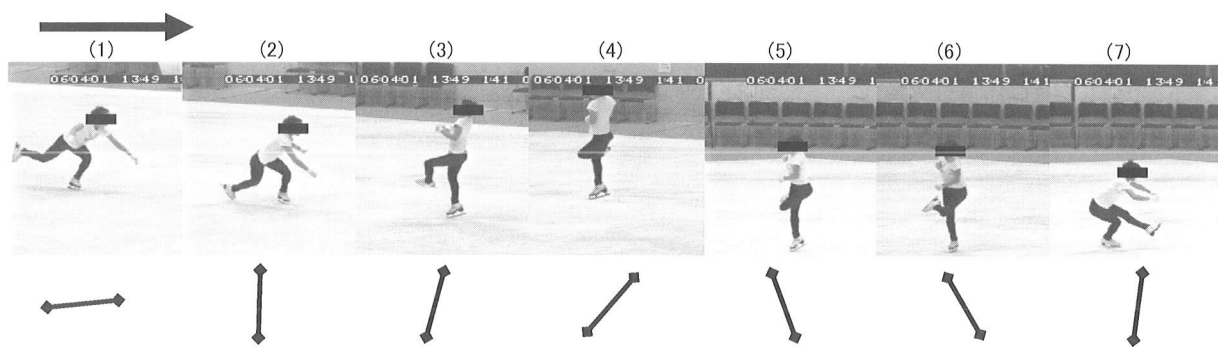


図6 Subj. Eのトリプルルッツジャンプ

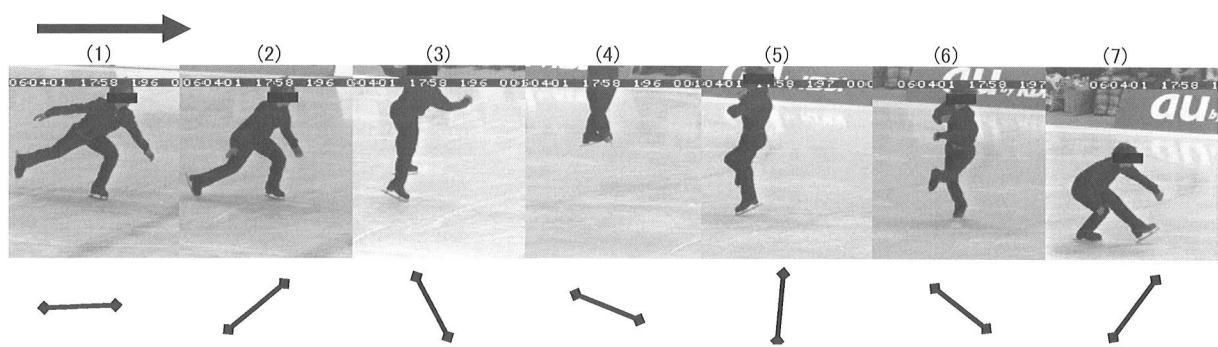


図7 Subj. Fのトリプルルッツジャンプ

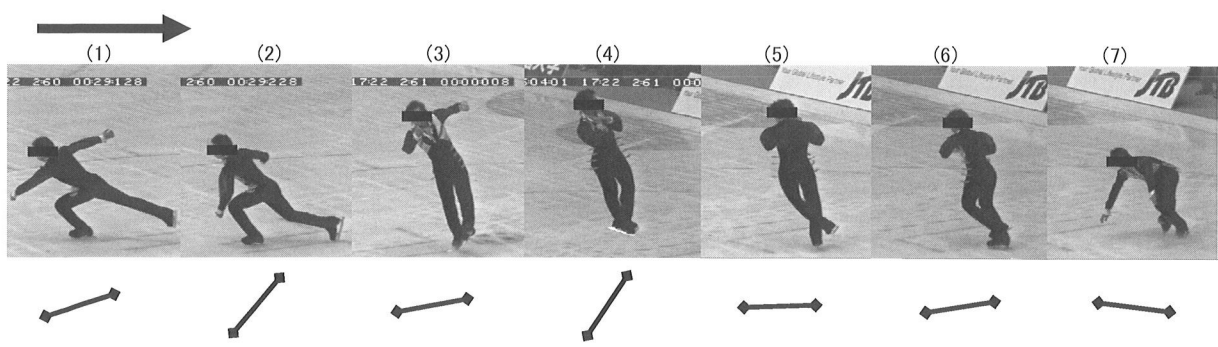


図8 Subj. Gのトリプルルッツジャンプ

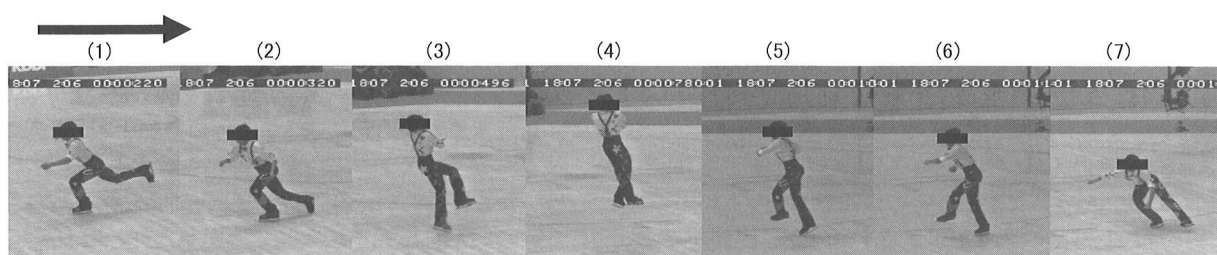


図9 Subj. Hのトリプルルッツジャンプ

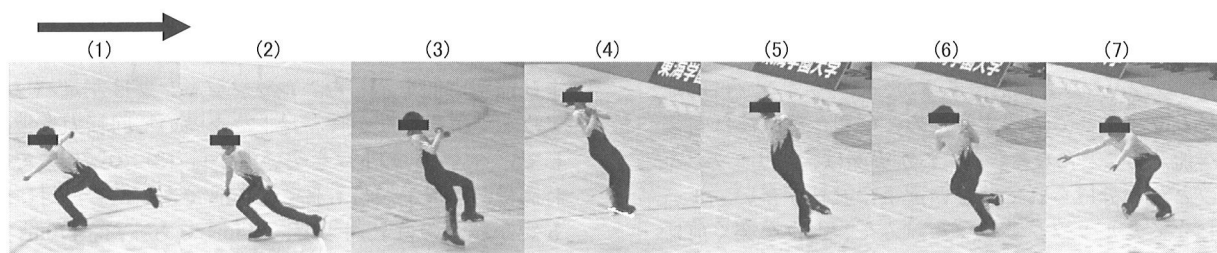


図10 Subj. Iのトリプルルッツジャンプ

表1 ジャンプの種類と基礎点

		シングル		ダブル		トリプル		クワッド	
		基礎点	後半	基礎点	後半	基礎点	後半	基礎点	後半
アクセル	A	0.80	0.88	3.30	3.63	7.50	8.25	13.00	14.30
ルッツ	Lz	0.60	0.66	1.90	2.09	6.00	6.60	11.00	12.10
フリップ	F	0.50	0.55	1.70	1.87	5.50	6.05	10.50	11.55
ループ	Lo	0.50	0.55	1.50	1.65	5.00	5.50	10.00	11.00
サルコウ	S	0.40	0.44	1.30	1.43	4.50	4.95	9.50	10.45
トゥループ	T	0.10	0.44	1.30	1.43	4.00	4.40	9.00	9.90

種類のジャンプの中では、アクセルの次に難しいジャンプとなっている。表1にはジャンプの種類と基礎点を示した。6種類のジャンプのシングルからクワッドまでの基礎点とプログラムの後半での得点を示した。演技の後半では基礎点に対し10%高い点が与えられる。ルッツジャンプはアクセルジャンプの次に高い基礎点となっている。ルッツという命名は最初に跳んだ Alois

Lutz というスケート選手の名前が由来となっている。今回の対象者は全員が上から見て反時計回りのジャンプをしているので、左足バックアウトで滑走し、右足のトゥを突いて跳び上がり、空中で3回転するジャンプである。この(1)助走ではバックアウト滑走をすることになっており、C以外の選手はバックアウト滑走をしているが、C選手は明らかにバックイン滑走になっ

ている。次に (2) の右足トウを突いた瞬間のフォームをみると、左足がバックアウトのまま右足トウを突いている選手は、A 選手と D 選手であり、C、E 選手はこの時点でバックインになっていることが認められる。

スケート靴の刃 (ブレード) は真ん中に溝があり、断面が二股に分かれている。その両端をエッジといい、身体に対して外側のエッジがアウトエッジ、内側がインエッジとなる。通常は体を傾けることによってその一方だけを氷に接して滑ることができる。ルッツジャンプはバックアウトで滑走し遊脚側のトウを突いて跳ぶジャンプであるので、上から見て反時計回りに跳ぶ場合で言えば、踏切までが左後方へ、着氷後は右後方へ流れ、ジャンプの前後で進む方向が変わることになる。回転方向と反対の足のトウを突いて跳ぶところはフリップジャンプと同じであるが、このジャンプは助走ではバックインで滑走するため、踏切と着氷後は右後方へ流れることになる。ところが実際は、フリップジャンプと跳び分けられていない選手や試技が多い。ルールによるとルッツジャンプを試みて、トウを突く前にエッジがインに変わっているものをフルツツ、フリップジャンプを試みて、トウを突く前にアウトエッジに変わっているものをリップといい、演技の質を下げることになり採点に影響を及ぼすことになっているが、実際はそれほど厳しくとがめられていないようである。ルールからいえばルッツジャンプであるからバックイン滑走からのジャンプは減点対象となるが、試合結果のジャジングペーパーをみても採点には反映されていないようである。

(3) の踏切については、両腕を開いている選手と両腕を締めている選手がいる。両腕を開いている選手は A、B、D、F、G で、両腕を締めている選手は C、E、H、I である。両腕を締めたまま踏切を行っていることは、回転が始まってから踏切となっていることが考えられる。(4) のジャンプ最高点では、E 選手を除いて両足を伸ばして左足を右足の前でクロスさせているが、E 選手のみが右足を伸ばして左足膝を深く曲げてクロスさせていた。(5) のトウ着氷では、全員がトウを使って着氷していた。着氷の姿勢は H 選手を除いて左足をクロスしたままで着氷している。H 選手はすでに左足を開きかけたときに着氷しており、着氷前に身体の回転を止める動作が始まっていたと考えられる。また、E 選手は左足を高い位置でクロスさせた姿勢となっていた。(6) のエッジ着氷は、エッジのトウで着氷した後バック滑走に移行する時点である。(7) のバック滑走はエッジ着氷後の安定した時点で、上体の前傾角は各選手で異なっており、大きく前傾している選手は A 選手と F 選手であった。

ここでは、撮影速度が250フィールドの高速度追い写し撮影によって得られた映像から、踏切、空中、着氷の動作を観察した。三次元的分析を行う場合は、踏切から着氷までが画角に収まるように撮影することから、被写体が小さくスケート靴の詳細な動きを捉えることは、かなり難しい。今回は、三次元的分析データは得られないが、足元を拡大して撮影したことによってスケート靴の動き、身体の回転について目測によって求めることが可能となった。

2) トリプルルッツジャンプの踏切前、空中、着氷後の時間と回転角、回転数

表2には9名のトリプルルッツジャンプについて踏切前、空中、着氷後の動作の時間と回転角、回転数および滞空時間を示した。ルッツジャンプは左足バックアウトで滑走しながら右足トウについて回転力を獲得している。(2) のトウを突いてから (3) の踏切までの時間は、G 選手が最も長く 188ms であった。反対に最も短かったのは F 選手で、144ms であった。170ms 以上を長い方、160ms 以下を短い方として分けると、長い方が、C、D、E、G、H、I 選手で、短い方が A、B、F 選手である。その際の踏切前の肩の回転角が大きい選手は C、E、H 選手の約 1/2 回転、反対に回転角が小さい選手は A、B、F 選手の 2/8 ~ 3/8 回転であった。

滞空時間は女子では A、B、C、D、E 選手の順に長くなっていた。男子では F、G、H、I の順に長くなっていた。女子では 604ms から 564ms の滞空時間であり、長野オリンピック選手の平均値 577.5ms (池上2005b) と比較して5名中3名が上回っていた。男子では長野オリンピック選手の平均値 625.6ms (池上2005b) に対し、4名中1名だけが上回っていた。空中での回転数をみると、2 + 1/8 回転から 2 + 1/2 回転であった。3 回転のジャンプであるが、空中での回転は 3 回転に達してはいなかった。

(5) のトウ着氷から (7) のバック滑走までの時間をみると 200ms から 228ms の範囲であった。その際の回転角が少ないのは H 選手で約 1/4 回転であった。逆に大きい選手は D、G、I 選手で約 1/2 回転であった。ルールでは着氷側のエッジの回転で判断することになっており、どの時点からどの時点までで判断されるのかは明示されていないが、着氷後 1/4 以上の回転をすると成功と見なされないとされている。しかし、肩の回転からみれば大半の選手が 1/4 回転を大きく超えていた。

トリプルルッツジャンプの空中での回転数が 2 + 1/8 回転から 2 + 1/2 回転であったが、3.5 回転のジャンプであるトリプルアクセルジャンプでは空中での回転数は 2.6 回転程度 (池上ら2004)、日本女子選手が成

表2 踏切前、空中、着氷後の時間と回転角、回転数

	踏切前		空中		着氷後	
	トウを突いてからの踏切までの時間 [msec]	踏切前の回転数 [rev]	滞空時間 [msec]	空中での回転数 [rev]	着氷からバック滑走までの時間 [msec]	着氷後の回転数 [rev]
女子選手 A	156	0.375	604	2.375	204	0.375
女子選手 B	156	0.250	600	2.375	200	0.375
女子選手 C	172	0.500	596	2.375	204	0.375
女子選手 D	180	0.375	572	2.250	212	0.500
女子選手 E	176	0.500	564	2.125	200	0.375
男子選手 F	144	0.250	656	2.375	216	0.375
男子選手 G	188	0.375	576	2.500	216	0.500
男子選手 H	176	0.500	572	2.375	212	0.250
男子選手 I	180	0.375	520	2.125	228	0.500

注1：回転数は45度（1/8 = 0.125回転）単位で目測したもの

注2：滞空時間は踏切から着氷までの時間

功したクワッドサルコウジャンプは4回転のジャンプであるが空中では2.94回転（池上ら2005a）であったことが報告されている。トリプルアクセルジャンプでは約74%、クワッドサルコウジャンプでは約73%が空中での回転となっていた。トリプルルッツジャンプでは70%から82%が空中での回転となっていた。残りの回転は踏切前と着氷後に確保されていることになる。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、長野オリンピックや各種の競技会でのビデオ記録による分析結果から、アクセルジャンプに限らずすべてのジャンプにおいても認められている（Ikegami H et al., Ikegami Y et al. 1999, 池上1998, 池上2006）。

今回の分析から踏切前に多く回転するパターンと踏切後に多く回転するパターンが認められた。踏切前に回転を得るパターンでは、踏切時に両腕を締めた姿勢となっていた。踏切前に回転数が大きい選手はC、E、Hで、約1/2回転を離氷前に得ていた。踏切前に回転数が小さい選手はB、Fで、約1/4回転となっていた。踏切前の回転数の大きい選手の着氷後の回転をみると、C、E、H選手が2/8～3/8回転となっていた。一方、

着氷後の回転数の大きい選手の踏切前の回転をみると、D、G、I選手の3/8回転となっていた。踏切時の回転数の大きい選手は着氷後の回転数が小さく、反対に着氷後の回転数の大きい選手は踏切前の回転数が小さい傾向がみられた。残りの選手は、踏切前、着氷後の回転数がともに3/8回転以下であった。

着氷後の回転はルールによれば4分の1回転までの不足ならば容認されるが、4分の1回転を超えてしまえば、回転不足となり3回転を試みたとしても2回転と判断される。この点からいえば、着氷後の回転を小さくすることの方が有利と考えることもできる。踏切前に回転力を得ることは必要なことであるが、その時間や回転角は選手間で大きく異なっていた。実際に1/4回～1/2回転と大きな差が認められた。着氷後の回転に関してはルールで定められているが、踏切前については、規定がないことは評価に公平性を欠くと考えられ、踏切前の回転についても何らかのルールが必要ではないかと示唆される。

今回の研究では、踏切前、着氷後について目測によって回転数を求めた。したがって、回転数に関して分解能が1/8回転と荒かったため、統計処理等の詳細な分析を行うことはせず、定性的な議論のみを行った。今後はより詳細な運動学的分析とともに、角運動量等の力学的データをもとにした議論が必要となろう。

【まとめ】

本研究では、高速ビデオ撮影によって得られた映像から日本人選手9名についてのトリプルルッツジャンプについて検討した。助走、トウ接地、踏切、ジャンプ最高点、トウ着氷、エッジ着氷、バック滑走の7つの時点のフォームを取り出し、ジャンプ動作を踏切前、空中、着氷後に分けてフォームや時間、回転に関して検討した。そして以下のことが明らかとなった。

1. トリプルルッツジャンプは左足バックアウト滑走から右足トウを突くジャンプであるが、右足トウを突いた時点で左足がバックイン滑走になっていた選手が示された。
2. トリプルルッツジャンプの空中での回転数は約 $2 + 1/8$ 回転から約 $2 + 1/2$ 回転で、踏切前と着氷後に残りの回転がなされていた。
3. 踏切前に回転角を多く得るパターンと踏切後に回転角を多く得るパターンの選手が認められた。
4. 着氷後の回転はルールによれば4分の1回転までとされているが、全選手が1/4回転以上であった。
5. 踏切前の回転角は選手間で大きく異なっており、何らかのルールの必要性が示唆された。

【付記】

本研究遂行にあたり、「2006年度南山大学バツへ研究奨励金 I-A-2」の補助を受けた。

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 17th Congress Book of abstracts. pp.673.
- ・ 池上久子、池上康男、桜井伸二、岡本敦、吉岡伸彦 (2004) : 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 -. 総合保健体育科学 27: 17-26.
- ・ 池上久子、池上康男、佐野真也、桜井伸二、吉岡伸彦 (2005a) : フィギュアスケートジャンプのバイオメカニクス - クワッドサルコウジャンプの運動学的研究 -. 総合保健体育科学 28: 15-22.
- ・ 池上久子 (2005b) : フィギュアスケートのジャンプの回転技術. バイオメカニクス研究. JJBSE. 9(2): 104-111.
- ・ 池上久子、池上康男、佐野真也、水藤弘更、吉岡伸彦 (2006) : フィギュアスケートにおける多回転ジャンプの運動学的研究 -. 総合保健体育科学 29: 27-33.
- ・ 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.
- ・ 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 17th Congress Book of abstracts. pp.675.
- ・ 日本スケート連盟 : <http://www.skatingjapan.or.jp/index.shtml>.
- ・ フィギュアスケート資料室 : <http://www.geocities.co.jp/Athlete-Athene/9074/index.html>

(2006年12月28日受付)