

着地緩衝能における性差の基礎的研究

著者	山本 博男, 直江 義弘, 北村 雅美
雑誌名	金沢大学教育学部紀要 自然科学編 = Bulletin of the Faculty of Education, Kanazawa University. Natural science
巻	37
ページ	131-138
発行年	1988-02-29
URL	http://hdl.handle.net/2297/20484

着地緩衝能における性差の基礎的研究

山本 博男*・直江 義弘**・北村 雅美***

Biomechanical Analysis on Gender Differences of the Landing Shock Absorbing Ability during Drop Jump Exercise

Hiroh YAMAMOTO*, Yoshihiro NAOE**, Masami KITAMURA***

○はじめに

安全な着地をするためには、上肢、上体及び下肢関節の協応と調節によって、着地時の衝撃をできるだけ分散させ、柔らかく着地する能力が必要であり、この能力は一般に着地緩衝能と呼ばれている。

着地緩衝能の指標としては、着地時における垂直方向の荷重曲線から、最大荷重、最大荷重の体重比、最大荷重の出現時間、着地時から抜重時に到るまでの所要時間(アブソーブタイム)などが用いられ、着地緩衝能に優れたものは、最大荷重の体重比が小さく、最大荷重の出現時間及びアブソーブタイムが長いことが知られている。¹⁾²⁾⁴⁾⁵⁾⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾とりわけ福留ら²⁾は、着地緩衝能を、最大荷重の体重比と最大荷重出現時間を指標として評価した結果、成人は子どもより、体重1kg当たりの最大衝撃が小さく、接地から最大衝撃に到る時間が長いことから、緩衝能に優れていると報告している。しかし着地緩衝能における性差に関しては、ほとんど研究されていない。

従って、本研究の目的は、床反力波形及び映画撮影から、大学生男女における着地緩衝能の性差を比較検討することである。

○方 法

被検者は、大学生、男子21名、女子20名であった。被検者の身体的特性を表1に示す。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Sex	Male (n=21)			Female (n=20)		
Items	Age	H(cm)	W(kg)	Age	H(cm)	W(kg)
\bar{X}	21.0	170.9	62.2	21.1	159.3	50.0
S.D.	1.5	4.4	5.4	1.0	5.9	5.4

被検者は、台高80cmの台上から、60cm前方に中心がくるよう設置したフォースプレート上に、とびおり軟着地を行なった。この際、被検者には、以下の3点を注意事項とし、最大努力のとびおり軟着地を行なうよう指示した。

- 1) とびおりる際は、直立姿勢から、極端に沈み込まず自然な状態で、両足踏切をすること。
- 2) できるだけ柔らかく、音を出さないように着地すること。
- 3) 着地では、しっかりと静止すること。

各被検者は、2回練習を行なった。全試行において、床反力波形を求め、16mmカメラ撮影は、3試行目に着地地点の右側方13.0mより、64fpsで行なった。この際、床反力波形と、16mmフィルムとを、フラッシュを利用して同期させた。全試行をVTRに収めた。実験配置図を図1

昭和62年9月16日受理

* 金沢大学教育学部

** 金沢大学大学院

*** 石川県庁総務部人事課

に示す。

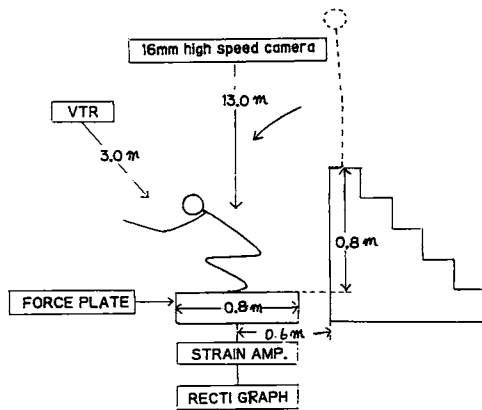


Fig. 1 Experimental apparatus measuring landing shock.

永田, 室ら⁹⁾の報告に従い, 本研究では 3 試行における床反力波形の上下方向について, (a)最大荷重値 (以下, P. F. と略記する。), (b)最大荷重の体重比 (以下, P. F./W と略記する。), (c)最大荷重出現時間 (以下, P. F. T. と略記する。), (d)着地時から抜重時に到るまでの所要時間 (以下, A. T. と略記する。)の計 4 項目 (図 2) を求め, 平均値, 標準偏差を算出した。また, この 4 項目において, 3 試行の平均値を求め, 個人の緩衝能の指標とした。

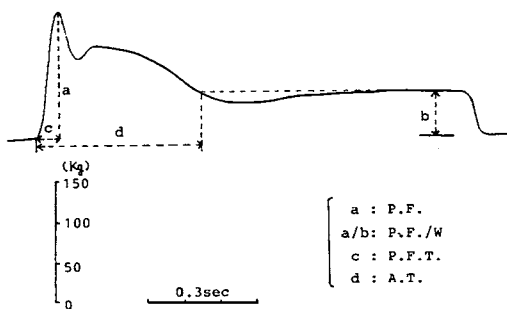


Fig. 2 Four measuring items of recorded curve.

永沢, 高木⁶⁾は, 床反力波形を, 一峰型, 中間型, 二峰型の 3 パターンに分類し, 緩衝能について検討した結果, 一峰型より二峰型が緩衝性の高さを反映すると報告している。

この報告に従い, 本研究では床反力波形を一峰型 (one peak type) と, 二峰型 (two peaks type) の大きく二つに分類し, P. F./W について平均値, 標準偏差を男女別及び全体につき算出した。図 3 に, 永沢, 高木⁶⁾による一峰型, 二峰型の典型的な波形パターンを示す。

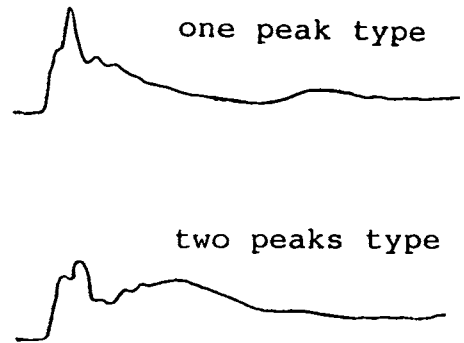


Fig. 3 Model curve of the peak type.⁹⁾

とびおり着地時における衝撃力の分散をみるため, 福留ら²⁾の報告に従い, 着地から 0.02 秒ごとに, 0.5 秒後までの上下及び前後方向の荷重曲線から合力を求め, その大きさ及び角度について男女の比較検討を行なった。尚, 分析の対象者を, 最も顕著に一峰型, 二峰型の波形パターンを示している男女各 1 名の計 4 名とした。

男女間の平均値に, 統計的有意差があるかどうか調べるため, t 検定を用いて差異の検定を行なった。尚, F 比より二群間における平均値の分散が等しくない場合には, ウェルチ法を用いた。また波形パターンから男女差をみる場合は, サンプル数が少ないため, U 検定を用いた。尚, 本研究の有意水準は, $P < 0.05$ と, $P < 0.01$ であった。

分析は, 着地の 4 コマ前前から, 沈み込み動作終了後までの計 54 コマについて, 頭頂, 肩峰点, 橈骨点, 茎突点, 転子点, 脛骨点, 外果点, 及び, 母趾骨点の計 8 点をグラフペンを用いて入力した。尚, グラフペンによる入力誤差を考慮して, プロットのインターバルを 2 とした。

日丸, 永田ら⁹⁾は, とびおり着地において, 脚

が地面に接触するとき、身体の全関節が、衝撃を分散するために働き、身体の上部へ行くほど、衝撃が徐々に減少してくると報告している。

この報告に従い、本研究では、足首、膝、腰の角度変化及び角速度変化を求めた。

とびおり着地時における動作の相違を検討するため、本研究では、頭部、肩、腰、膝、足首、腕のスティックピクチャーを求めた。

○結 果

とびおり着地動作における床反力波形から、P. F., P. F./W, P. F. T., A. T. の平均値及び標準偏差を男女別に算出し、表 2 に示した。

P. F. についてみると、男子の平均体重が、女

子の平均体重より12kg重いにもかかわらず、男子平均値185.3kg、女子平均値196.6kgで、女子の荷重の方が大きい。しかし、統計的有意差はみられなかった。P. F./W についてみると、男子平均値2.99、女子平均値3.95と、1%水準で有意差がみられた。また、標準偏差については、女子が、0.788と男子の0.212を3倍以上も上回っている。P. F. T. についてみると、男子平均値0.089 sec., 女子平均値0.072 sec. で、統計的有意差はみられなかった。A. T. についてみると、男子平均値0.56 sec, 女子平均値0.49 sec と、5%水準で、有意差がみられた。

とびおり着地動作における床反力波形のPF/W に関して全体平均、男女別平均ともに、一峰

Table 2. Comparison of the landing shock neutralizing ability between male and Female.

Sex	N	Items	P. F. (kg)	P. F./W	P. F. T. (sec)	A. T. (sec)
Male	21	\bar{X}	185.3	2.99	0.087	0.56
		S. D.	21.5	0.21**	0.054	0.13*
Female	20	\bar{X}	196.6	3.95	0.072	0.49
		S. D.	48.4	0.78	0.045	0.06

*0.05, **0.01 level of significance

型が二峰型より高い値を示しており、全体においては1%、男子においては5%の水準で有意差がみられたが、女子においては有意差がみられなかった。また、一峰型、二峰型それぞれにおいて男女間の平均値を比較したところ、一峰型には5%、二峰型には1%の水準で有意差がみられた。この場合においても、女子の標準偏差が、男子の4倍近い値を示している。

図4に、男女代表者各2名における、上下方向の床反力波形を示した。更にこの男女代表者4名について、上下及び前後方向の床反力波形から合力を算出し、図5に示した。

身体各部位の角度変化に関して、とびおり着地動作時における一連の動作を膝角度変化をもとに、屈曲動作と伸展動作の二つに分類した。

両者のうち、とびおり着地時の衝撃をより効果的に緩衝するには、特に屈曲動作が重要であるという、山並ら¹⁹⁾の報告に従い、この屈曲動作について分析した。

また、ここで、屈曲動作から伸展動作への移行時を transfer の頭文字をとって、T と略記する。この T に到るまでの時間については、被検者 Y. Ha. (女子一峰型) が、0.24 sec., 被検者 Y. Y. (男子二峰型)、被検者 Y. Ho. (女子二峰型) は0.32 sec., 被検者 K. Y. (男子一峰型) は0.44 sec. であった。

従って、一峰型の男女間に差がみられたが、二峰型には差がみられなかった。

屈曲動作時における足首の角度変化に関して、被検者 Y. Y. では約50 deg., 被検者 K. Y.

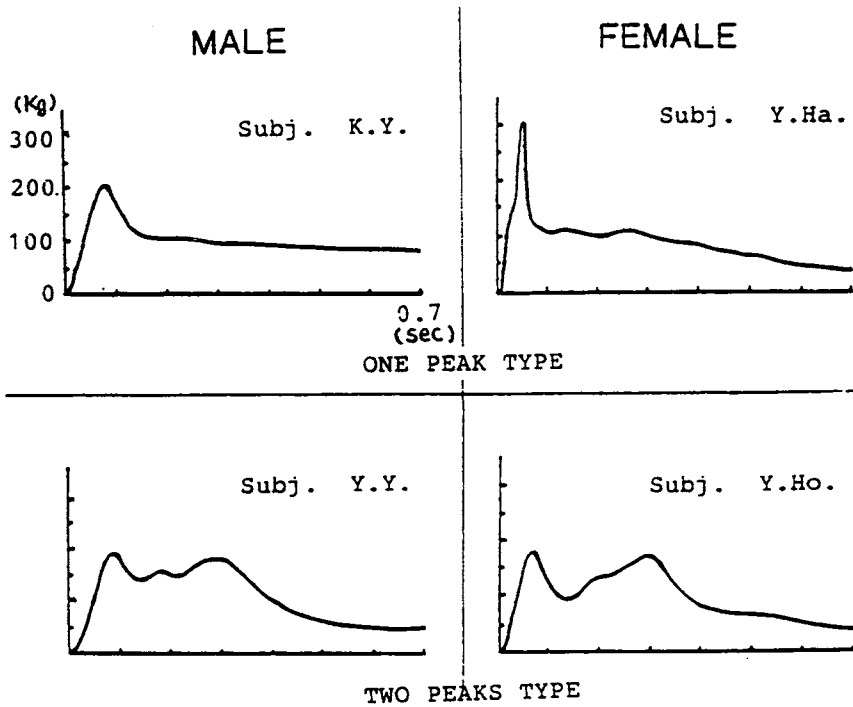


Fig. 4 Comparison of the force curves for the sex and the type.

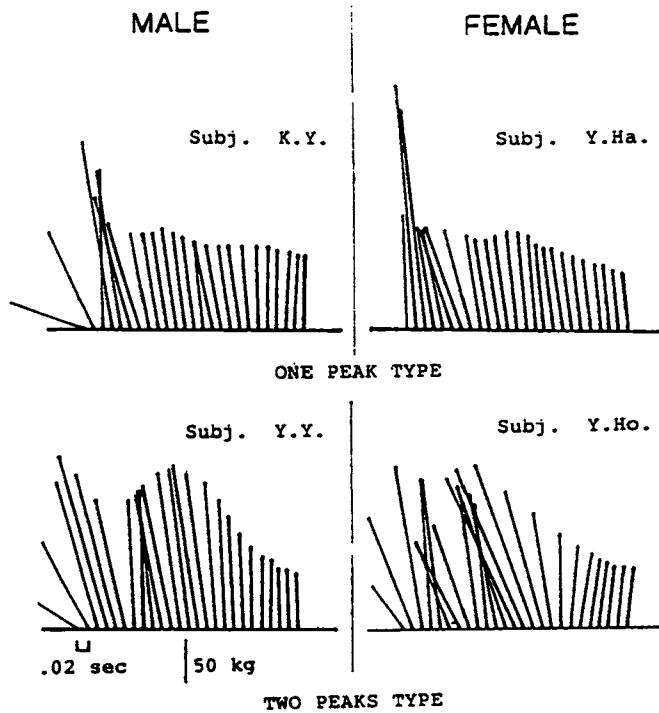


Fig. 5 Comparison of the vectors for the sex and the type.

では約80 deg., 被検者 Y. Ho. は約70 deg., 被検者 Y. Ha. は約75 deg. の変化を示した。即ち, 男女間には顕著な差がみられなかったが, 床反力の波形パターンにおいては, 一峰型が二峰型よりいく分大きな変化を示した。

屈曲動作時における膝の角度変化に関して被検者 Y. Y. は約130 deg., 被検者 H. Y. は約105 deg., 被検者 K. Y. は約125 deg., 被検者 Y. Ha. は約135 deg., 被検者 Y. Ha. は約100 deg. の変化を示した。即ち, 男子においては, 床反力波形パターンの違いによる差はみられなかったが, 女子においては, 二峰型が一峰型より大きな変化を示した。

屈曲動作時における腰の角度変化に関して被検者 Y. Y. は約115 deg., 被検者 K. Y. は約125 deg., 被検者 Y. Ho. は約120 deg., 被検者 Y. Ha. は約65 deg. の変化を示した。即ち, 男子においては, 床反力波形パターンの違いによる差はみられないが, 女子においては, 二峰型が一峰型より顕著に大きな変化を示した。

屈曲動作時における足首, 膝, 腰の角度変化 T に関して, 被検者 Y. Ho. は, 膝, 腰, 足首の順に, 被検者 Y. Y., K. Y. は, 腰, 膝, 足首の順に, 被検者 Y. Ha. は, 膝, 足首, 腰の順に角度が大きい。3つの角度を相対的にみると, 足首角度が4名ともに最も大きい。また男子においては, 腰角度が最も小さく, 女子においては膝角度が最も小さい。また, 床反力波形パターンの相違による差はみられない。

屈曲動作時における足首の角速度変化に関して, 被検者 Y. Y. は約220 deg./sec., 被検者 K. Y. は約260 deg./sec., 被検者 Y. Ho. は約260 deg./sec., 被検者 Y. Ha. は約240 deg./sec. の変化を示した。即ち, 男女間及び床反力波形パターンの違いによる差はみられなかった。

屈曲動作時における膝の角速度変化に関して, 被検者 Y. Y. は約480 deg./sec., 被検者 K. Y. は約380 deg./sec., 被検者 Y. Ho. は約560 deg./sec., 被検者 Y. Ha. は約360 deg./sec. の変化を示した。即ち, 女子が男子よりやや大きな

変化を示した。また, 男女とも, 床反力波形パターンにおける二峰型が一峰型よりやや大きな変化がみられた。

屈曲動作時における腰の角速度変化に関して, 被検者 Y. Y. は約380 deg./sec., 被検者 K. Y. は約340 deg./sec., 被検者 Y. Ho. は約260 deg./sec., 被検者 Y. Ha. は約220 deg./sec. の変化を示した。即ち, 男女間及び床反力波形パターンの違いにおいては, 顕著な差はみられなかった。

屈曲動作時における足首, 膝, 腰の角度変化に関して, 3つの角速度変化を相対的にみると,

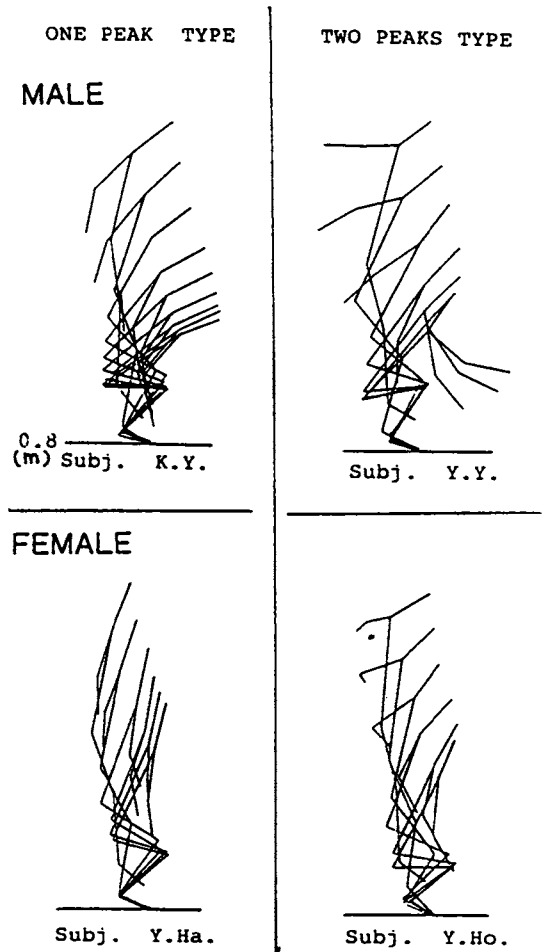


Fig. 6 Comparison of the stick picture for the sex and the type.

いずれの被検者においても、膝角度変化が最も大きい。また、最高速度時は、足首、膝、腰の順に表れるか、または、足首と膝、膝と腰が同時に表れている。しかし、男女間及び床反力波形パターンの違いによる差はみられなかった。

とびおり着地動作における、全身のスティックピクチャーを図 6 に示した。

被検者 Y. Y. は、腕を後方から前方へ大きく振り込んでおり、逆に被検者 Y. Ha. は、腕の変化がほとんどみられなかった。また、被検者 K. Y.、被検者 Y. Ho.、被検者 Y. Ha. においては、腕の前方振り込みがあまりみられなかった。

上体の動きについては、被検者 K. Y. が最も深く屈曲しており、逆に、被検者 Y. Ha. は、ほとんど屈曲がみられなかった。

膝角度においては、被検者 Y. Ha. が極端に浅く、逆に、被検者 Y. Y. が最も深く屈曲していた。以上より、男女間における顕著な差は、みられなかった。

○考 察

P. F. についてみると、男子の平均体重が、女子の平均体重より 12kg 重いにもかかわらず、男子平均値が、女子平均値より 11.3kg 小さい荷重を示した。このことが、P. F./W における男子平均値が 2.99、女子平均値が 3.95 と、1% 水準で有意差を生じさせたと思われる。末利ら¹⁵⁾は、大学生男子 2 名に 80cm の台上から、充分な緩衝を心がけたとびおり着地をさせたところ、P. F./W は、2.73 と、3.11 であったことを報告している。本研究における P. F./W の男子平均値 2.99 は、この報告にかなり近い値を示している。

永田ら⁹⁾は、高い台からとびおりて着地する時の衝撃を柔らげるためには、強靱な筋力と各関節の機能、そして上肢や上体の協応と調節が必要であると報告している。

P. F./W の男女比は、女子が男子の 4/3 を示し、また筋力の男女比は、女子が男子の 2/3 以下であることから、P. F./W と筋力には反比例の関係があると思われる。即ち、筋力に性差が

あることが、本実験における P. F./W に、性差が生じた一要因であると考えられる。

P. F. T. についてみると、男子平均値が、0.87 sec.、女子平均値が、0.072 sec. で統計的有意差はみられなかったが、数値より、男子の方がより長い時間をかけて、衝撃を分散していると考ええる。本研究においては、体重 1kg 当りの最大衝撃、即ち P. F./W が小さく、接地から最大衝撃に到る時間が長いことから、男子が女子よりも緩衝能に優れていると推察される。

日丸ら³⁾は、とびおり着地時の衝撃を分散する重要な現象の 1 つとして、体重以下の重量になる沈み込みが急激に表れず、柔らかに沈み込んだ時間が必要であると報告している。即ち、本研究においては、男子が女子より A. T. が長いことから、衝撃分散の能力は男子の方が高いと考えられる。

床反力波形を、一峰型と二峰型に分類し、全体及び男女別に、P. F./W の平均値、標準偏差を算出した。その結果、いずれの場合においても、一峰型の平均値が二峰型の平均値より高く、全体においては 1%、男子においては 5% の水準で、平均値に有意差がみられたが、女子においては有意差がみられなかった。一峰型、二峰型ともに男子と女子の P. F./W における平均値に、それぞれ 5%、1% 水準で有意差がみられた。また、一峰型の波形を示した被検者は、男女ともに各 6 名、二峰型の波形を示した被検者は、男子 15 名、女子 14 名であり、一峰型と二峰型の人数比は、男子が 2 対 5、女子もほぼ 2 対 5 と、男女で一致していた。即ち、P. F./W において、男女間に有意差が表われたが、波形パターンによる違いは影響していないと考えられる。

合力の角度変化についてみると、被検者 Y. Y. (二峰型男子) と、被検者 Y. Ha. (一峰型女子) は変化が小さく、被検者 Y. Ho. (二峰型女子) は大きな変化を示した。福留ら²⁾は、合力の角度変化において、good group は直線的な変化であるのに対し、poor group は急激な変化をす

ることから good group は、poor group にくらべ、垂直及び前後方向への荷重がなめらかに行なわれていると報告している。本研究では、P. F./W の平均値からみて、good group には二峰型、poor group には一峰型が対応すると考えられるが、角度変化においては、福留ら²⁾の報告と一致しなかった。

本研究において、被検者のスティックピクチャーから被検者 Y. Y. は、合力の角度変化が少なく、また、腕の使用がほとんどみられない被検者 Y. Ho. は、長時間にわたってかなり大きな変化を示した。ただし、被検者 Y. Ha. は腕の使用がほとんどなく、角度変化も小さい。これは、着地直後にかなりな合力がみられることから、地面に対してほぼ垂直に、物体が落ちるようにとびおり着地したため、腕の使用はほとんど関与していないと推察される。福留ら²⁾は、着地動作において、衝撃力を垂直及び前後方向に分散させ、平滑化させることが、緩衝能に優れていると報告している。即ち、本研究において、着地衝撃力における分散の仕方から、二峰型の被検者が一峰型の被検者より、着地緩衝能に優れていると考えられる。しかし、男女間においては、合力に顕著な差はみられなかった。

とびおり着地動作における、屈曲動作について分析した結果、波形パターンの違いにより顕著な差が表われたのは、女子の膝及び腰角度変化と、男女の膝角度変化であった。女子において、被検者 Y. Ha. (一峰型) は、最大沈み込み時での膝角度が、他の被検者に比べて最も大きく、また、腰角度も大きく、関節が十分に屈曲されていない。

永田ら³⁾は、とびおり着地時における衝撃を分散させるためには、各関節を十分に屈曲させ、上肢や上体の協応と調節が必要であると報告している。従って、被検者 Y. Ha. の P. F./W が 5.39 と大きい値を示したのは、各関節が十分に屈曲されていないことから、着地時の衝撃が分散されていないためであると考えられる。

また、男子被検者 K. Y. (一峰型) についてみ

てみると、身体各部の角度変化が大きく、スティックピクチャーにおける各関節角度が小さいにもかかわらず、P. F./W が 3.30 と大きかった。比較検討の結果各関節を十分に屈曲させてはいるが、その屈曲が衝撃の分散に貢献していないことが推察される。つまり、着地後 0.1 秒後までに上下、前後方向において大きな合力が表われ以後ほぼ一定の合力を示しているにもかかわらず、膝及び腰角度は、着地後 0.4 秒頃まで緩やかに変化しつづけており、時間的なズレが生じているためと推察される。

このように、とびおり着地動作には、各被検者により、様々な緩衝動作パターンがみられた。

日丸ら³⁾は、とびおり着地の際、衝撃は、角速度計によると身体下部から順次上部に伝わって吸収され、動揺が小さくなると報告している。本研究において、膝角速度変化は、男女とも二峰型が一峰型より大きかった。これは、膝関節の回転をより早くすることで、着地時の衝撃を分散しやすくしていると考えられる。つまり、膝関節が、着地時に大きく関与していると思われる。本研究では、膝の角度変化が最も大きい足首及び腰の角度変化、角速度変化においては、男女間及び波形パターンの違いによって共通した傾向がみられなかった。

○参考文献

- 1) Coleman J., M. Adrian and H. Yamamoto : The teaching of mechanics of jump landing. 2nd National Symposium on Teaching Kinesiology and Biomechanics in Sports. Colorado Springs, Colorado, U. S. A. 1984.
- 2) 福留彰教, 田島東海男, 大高敏弘, 片尾周造, 村松茂, 木島晃, 遊佐清有「床反力から見た着地緩衝能の評価」体育学研究第29巻3号, 217-225, 1984.
- 3) 日丸哲也, 永田晟, 金本益男, 室増男, 北本拓, 「とびおり動作の着地時 Shock の研究(1)―緩衝作用の過程について―」東京都立大学体育学研究室紀要 5, 29-36, 1974.
- 4) 猪飼道夫「調整力―その生理学的考察―」体育の科学第22巻No.1, 2-4, 1972.

- 5) Jeffrey E., Michael N., Leslie Levine and Kent B. : Upper to lower body muscular strength and endurance ratios for women and men, ER-GONOMICS, 28-12, 1661-1670, 1985.
- 6) 永沢嘉樹, 高木秀峯, 「跳躍動作の緩衝性について」日本体育学会第37回大会号, 792, 1986.
- 7) 永田晟, 室増男, 日丸哲也「着地動作における緩衝的運動調節について」体育科学28, 81-87, 1979.
- 8) 永田晟, 室増男, 日丸哲也「調整力の診断と評価」日本体育学会測定評価専門分科会編, 大修館, 125-158, 1977.
- 9) 永田晟, 室増男, 日丸哲也「緩衝能の測定に関する研究—着地動作時の床反力波形の分析—」体育学研究第24巻第1号, 51-58, 1979.
- 10) 永田晟, 北本拓, 室増男「とびおり動作と緩衝能力」身体運動工学, 杏林書院, 225-231, 1981.
- 11) 大野武治, 関四郎「緩衝能に関する研究」体育学研究第12巻, 99-106, 1968.
- 12) 小佐文雄「人間工学からみた調整力」体育の科学第22巻No.1, 17-21, 1972.
- 13) 末利博「緩衝動作のイメージトレーニングについて」体育の科学35, 375-379, 1985.
- 14) 末利博, 千駄忠至「調整力の指標としての緩衝能の発達と緩衝能テストの検討」体育科学第4巻, 142-149, 1976.
- 15) 末利博, 千駄忠至, 野原弘嗣「運動と関係の深い感覚知覚の発達についての研究」体育科学第3巻, 167-175, 1975.
- 16) 末利博, 鷹野健次, 千駄忠至「調整力の指標としての緩衝能の発達と緩衝能テストの検討(その2)」体育科学第6巻, 145-156, 1978.
- 17) 塚原進「スキルと運動機構」体育の科学第22巻, 11-16, 1972.
- 18) 渡部和彦「運動中の姿勢保持と巧みな動き」J. J. SPORTS SCI. 4-4, 1985.
- 19) 山並義孝, 岩垣丞恒, 中野昭一「立体的な運動動作の追跡と生理機能との関連(III)着地動作における調節機構について」日本生理学雑誌37(8, 9), 206, 1975.