

体操競技における新式着地マットの着地衝撃に関する研究

北川淳一*, 松元正竹*, 西園秀嗣*, 金谷麻理子**

A study about a landing shock of new-type landing mat in a gymnastics.

Jun-ichi KITAGAWA*, Masatake MATSUMOTO*, Hidetsugu NISHIZONO*, Mariko KANAYA**

Abstract

Though it is very important, a landing in a gymnastics competition is hardly done. In addition, high technology is demanded from a recent performance, and a shock power of a landing increases. And improvement of an appliance is done with technical improvement, and safety is considered about landing mat and becomes the thing which a bumper makes a shock power.

This study did the following experiment about the the old and the new landing mat that materials in a gymnastics competition were different to get basics document of the landing technology development that was easy to stand still by security.

Eight gymnastics players does attempts they jumped off it, and to land from 1m high and measured a shock power in a landing and elucidated it whether a bumper of what kind of landing shock was done on each mat. As a result, the following things became clear.

1. It was only a shock power of a direction after the front that a meaningful difference was seen in a change of time of a landing shock power on the old and the new mat.
2. It was meaningful, and new mat showed a low value in the maximum shock power of front and back direction with about 30% of old mat. In addition, the rebound to appear after a maximum shock power damped did not appear on new mat, but appeared on former mat greatly.

From the above-mentioned thing, it is small, and new mat does the maximum power of a landing shock of front and back direction than old mat and does not let a rebound to disturb standstill of a landing appear. Therefore, landing movement or muscular strength for a bumper to do a landing shock of a direction on old mat after necessary in front of are not demanded, and, as for the landing movement on new mat, it is thought that it can develop new landing movement.

KEY WORDS: *Gymnastics, Landing, Mat material, Shock power, Rebound.*

I 著 言

体操競技における着地は、男子6種目女子4種

目中、男女の床運動でタンプリング（宙返りなどのシリーズ）により各約4回ずつ、女子平均台で台上での宙返りやジャンプで約5回、その他の種

*鹿屋体育大学体育学部

**筑波大学体育科学系体育センター

目では終末技で1回ずつ行われることから、男子約9回、女子約12回行われる。現行の採点規則⁴⁾によると、1歩踏み出せば0.1点、踏みだしが大きければ0.2~0.4点、多く歩いた場合は最大0.5点迄減点される。また静止しても、着地時に足が開いている場合には、その度合いにおいて0.1~0.2点の減点がなされる。個人総合成績で0.005点の差で優勝を逃した例⁴⁾も多くみられることや、加点難度であるD、E難度(D難度一つで0.1点、E難度一つで0.2点、最大1.2点の加点が許されている)を一つ完成させるのに多くの時間を費やすことから、着地における0.1点がどれだけ重要なものであるかが伺える。また、一流選手の着地静止率が約50%⁸⁾であることから静止することが難しい反面、静止することによる得点の獲得は重要なものとなる。

体操競技における着地は、各種目の特性により異なるが、終末技の難度が上がるほど衝撃力も大きくなることが予想される。また、近年の採点規則改訂等による高度な技術の要求により、着地の衝撃力はより増すことが予想される。器具の変遷も技術の向上に伴い行われてきており、着地マットに関しても安全性が考慮され、より衝撃力を緩衝されるものになってきている。

これほど重要であるにもかかわらず、着地の着地面に関する研究は、長野、福留他が床反力に関する研究^{12) 13)}をいくつか行っている以外、練習方法やマットの堅さに関する研究はほとんど行われていないのが現状である。

現在、体操競技の練習や公式試合で用いられている着地マットは、着地衝撃の緩衝能と拡散力を高めるために単一素材の硬質ウレタンゴム系発泡剤で作られた着地マット(以下、旧マットと記す)から、堅さと素材が異なる複数素材を重ね合わせて作られた着地マット(以下、新マットと記す)へと変わってきた(図1参照)。練習中の着地の多さから考えると、緩衝能の高い着地面になることは脚力低下を危惧せざるをえないが、精神的な補助と怪我の減少を考えると優先させるべきであろう。

しかし、単に緩衝力と拡散力に優れているといっ

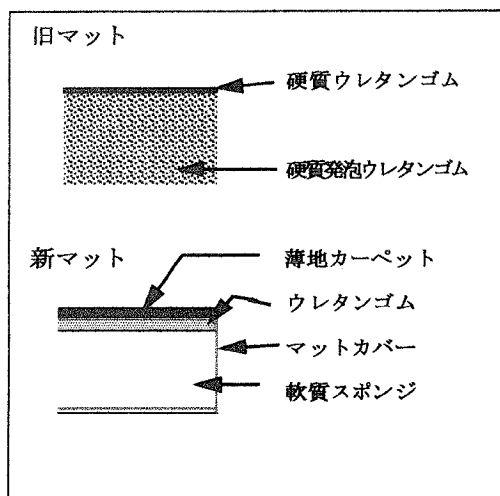


図1 新旧着地マットの素材構成

ても、実際にどのような緩衝が起きているのかは定量的に明らかになっていない。

本研究は、体操競技における新旧着地マットでの衝撃力をフォースプレートにより計測し、どのような緩衝作用が起きているかを知り、安全で静止しやすい着地技術開発の基礎資料を得ることを目的とする。

研究方法

1 着地マット

新マット(セノー社着地マットAM5150)は、旧マット(セノー社着地マットAM1120)の改良された製品であり、図1のような堅さの異なる複数素材で構成されている。

2 被検者

被検者は、体操競技を専門とし専門家が見て脚力の強いと思われる、競技年数が8~20年、平均が12年の8名とした(表1参照)。また、全ての被検者に本実験の趣旨、内容及び危険性についてあらかじめ説明し、参加の同意を得た。

表1 被検者のプロフィール

被検者	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技年数 (年)
S. M	18	168	71.0	10
S. S	18	160	61.1	8
R. H	19	162	62.1	11
T. H	19	164	58.3	12
H. Y	19	167	62.5	13
T. S	20	168	68.9	12
Y. Y	21	166	65.4	10
J. K	45	164	61.1	20
平均	22.4	164.9	63.8	12
S. D.	9.2	2.9	4.3	3.6

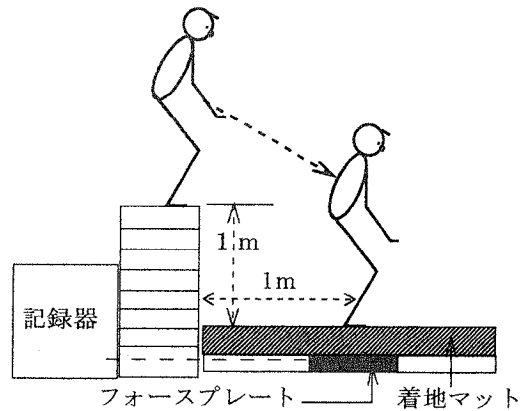


図2 運動課題と測定状況

3 運動課題と測定方法

新旧マットの着地衝撃の違いを検討するために、被検者は1mの跳び箱の高さから水平距離1mの地点を中心とした、半径30cmの円内に跳び降りる課題を新旧マットで各3回行った(図2参照)。その際、被検者は出来る限り円内に入り静止することを意識して着地するように指示した。また、跳び降りに先立ち、マットの種類、堅さの違いは知らせないで行った。

跳び降りを行うための跳び箱を1mの高さにセットし、着地面には、着地マットを置く面とフォースプレート(キスラー社製9285)の上面が同じ高さになるように堅いマットで高さ調節を行い平面にした。その上に置かれた着地実験用マットとプレートの接地面は、フォースプレートの周りを囲っているマット上面と上に乗せる着地実験用マットの下面にズレ防止用の軟質ゴム状の物が付着されており、その面積が約6m²あるのでずれる可能性はない。

撮影は、ビデオカメラ(ソニー社製DCR2000-TRV900)で側面と正面から毎秒30コマで行い、衝撃波形の「上下、前後、左右」をデータレコーダー(TEAC社製CRX-2000)にて8.5cm/secで記録した。また、ビデオカメラとデータレコーダーを同期させ、分析の正確さを得るために、手元スイッチによりフラッシュと同時にマーキングが入るようにセットした(図2参照)。

4 分析方法

8名の各3試技共に着地が静止したことから、24試技の値を統計処理し、分析の資料とした。また、どの試技も着足後15msec以降は殆ど変化が見られないことから15msec(30コマ)までのデータを資料とした。

a) データレコーダーにて記録された衝撃波形をスキャナーで取込み、0.5msecごとにデジタル化を行い数値データとした。衝撃力を被検者間で比較するために、衝撃波は各被検者の体重で除し、体重あたりのパーセントで示すことで体重補正した。例えば、被検者の体重が61.1kgで衝撃力150kgwの時、 $150\text{kgw}/61.1\text{kg} \times 100\% = 245.50\%$ 体重(小数点第3位を四捨五入)と補正される。

b) 予めフォースプレート上に直立した状態で体重を計測しておき、その被検者の体重値になったところまでを分析の対象とした。

c) 文中で使用する語句について次のように定義した。

一次衝撃: 着床から衝撃力の最高値までを指す(図3のa, c)。

一次緩衝: 一次衝撃後、次の最低値までを指す(図3のb, d)。

二次衝撃: 一次緩衝後、次の最高値までを指す

(図3の e, f前半)。

二次緩衝：二次衝撃後から最後までを指す (図3の e, f後半)。

バウンド：一次衝撃から一次緩衝までを指す (図3の ab, cd)。

リバウンド：二次衝撃から二次緩衝までを指す (図3の e, f)。

衝撃係数：衝撃力をその部分に要した時間で割ったものを指す。

総衝撃力：上下, 前後, 左右の衝撃力を合計したものの。

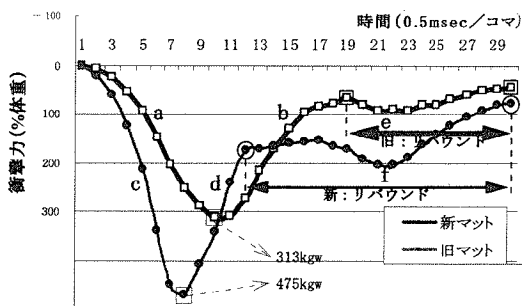


図3 新旧マットでの総衝撃力の経時的変化

5 統計処理

0.5msec ごとに各被検者の3試技を体重補正 (II-4-b 参照) し, それぞれを平均し, 8名分の平均値を算出した。差の検定は対応のあるt検定とし, 有意水準は5%とした。

III 結果

1 新マットの各方向の衝撃力変化

図4は, 新マットにおける上下, 前後, 左右方向の各衝撃力の変化を経時的に示したものである。

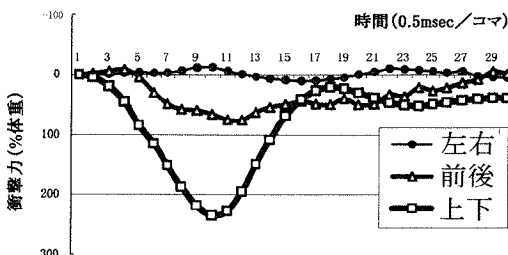


図4 新マットの各方向での衝撃力の経時的変化

上下の衝撃は, 4.5msecで235%体重の変化が見られたが, 前後と左右方向は有意な変化が見られなかった。

上下と前後方向の最大衝撃では159%体重の差があったが, 発生時期は僅か0.5msecのずれでは同時期であった。

2 旧マットの各方向の衝撃力変化

図5は, 旧マットにおける上下, 前後, 左右方向の各衝撃力の変化を経時的に示したものである。

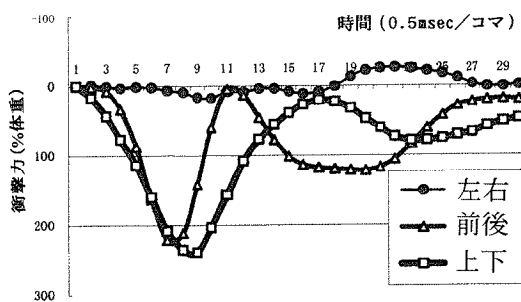


図5 旧マットの各方向での衝撃力の経時的変化

最大衝撃力では, 上下方向で一次衝撃が239±42.5%体重, 二次衝撃が59±9.8%体重, 前後方向で一次衝撃が222±50%体重, 二次衝撃が116±25.3%体重であった。また, 二次衝撃の出現時期が0.35msecもずれていた。

衝撃力を時間で除した衝撃計数は, 一次衝撃で旧マット69.6%体重/msec, 新マット130.3%体重/msecとなり約2倍, 一次緩衝で旧マット54.2%体重/msec, 新マット165.5%体重/msecとなり3倍以上の値を示した。

3. 新旧マットの各方向の衝撃力変化

a) 上下方向の衝撃力の比較

図6は, 新旧マットの上下方向の衝撃の経時的変化を示しているものである。新マットは, 一次衝撃で235±40.3%体重, 二次衝撃で31±12.9%体重, 旧マットが一次衝撃で242.539±42.5%体重, 二次衝撃で59±9.8%体重であった。

一次衝撃の標準偏差では, 新マット58.25%体重, 旧マット54.52%体重で, 有意な差が認めら

れなかった。

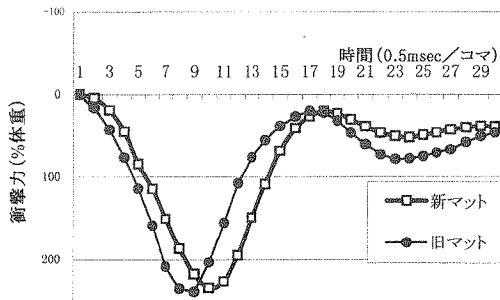


図6 上下方向での衝撃力の経時的変化

b) 前後方向の衝撃力の比較

図7は、新旧マットの前後方向の衝撃の経時変化を示しているものである。新マットは最大衝撃力が $76 \pm 26.6\%$ 体重、衝撃計数 21.3% 体重/msecでリバウンドは現れなかったのに対し、旧マットでは最大衝撃力 $222 \pm 50\%$ 体重、衝撃計数 74% 体重/msecと約3倍の値を示し、リバウンドも強く長く現れた。

最大衝撃力の標準偏差は、新マット 26.95% 体重、旧マット 55.27% 体重で、有意な差が認められた。

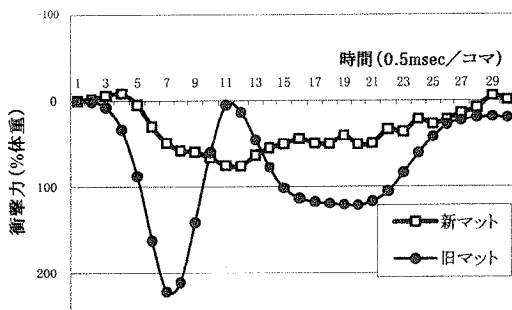


図7 前後方向での衝撃力の経時的変化

c) 左右方向の衝撃力の比較

図8は、新旧マットの左右方向の衝撃の経時変化を示しているものである。新旧マットで衝撃・緩衝波形はほとんど見られなかった。標準偏差値は、新マット 5.08% 体重、旧マット 5.14% 体重であり有意な差は認められなかった。

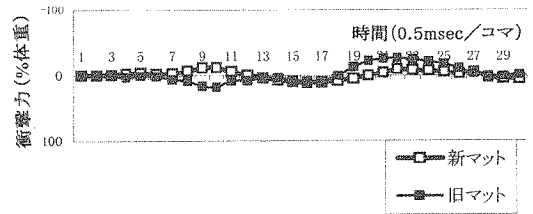


図8 左右方向での衝撃力の経時的変化

d) 総衝撃力の比較

図3は、新マット、旧マットの上下、前後、左右方向を合成した“総衝撃力”を示している。新マットは、 $313 \pm 40\%$ 体重の一次衝撃(a)で最大に達し、その後一次緩衝(b)で 244% 体重緩衝した後、僅かなりバウンド状態(e)が見られた。一方、旧マットでは $475 \pm 42\%$ 体重の一次衝撃(c)で最大に達し、その後一次緩衝(d)で 331% 体重急激に緩衝した後二次衝撃(f)で 61% 体重の大きなリバウンド状態が見られた。

一次衝撃の標準偏差値は、新マット 79.57% 体重、旧マット 104.34% 体重で、有意な差が認められた。

IV 考察

本研究では、体操競技において安全で、静止できる着地技術開発の基礎資料を得ることを目的として、新旧マットの違いがどのように着地の衝撃緩衝能に影響するかを実験的に検討した。

その結果、左右及び上下方向の衝撃力は新旧マットでわずかに異なるものの、一次衝撃やリバウンドに有意な差は認められなかった。つまり、新旧マットの間で、上下、左右方向の着地衝撃力の緩衝能に大きな差はないといえる。

しかし、前後方向の衝撃力は、旧マットが一次衝撃で有意に大きな値を示し、さらに大きなリバウンド(二次衝撃)が見られた。一方、新マットでは、一次衝撃が小さく、リバウンドの波形は見られなかった。つまり、新旧マットの間で、前後方向の着地による衝撃力の緩衝能は大きく異なると言える。これは、旧マットが硬質発砲ウレタンゴムの単一素材のために、大きな一次衝撃によって上・下部層が水平方向にゆがみ(変形し)にく

く、ずれ（移動し）にくく、衝撃力を緩衝できないために大きな衝撃力が生じていると考えられた。また、旧マットでは、上部層の発砲ウレタンが一次衝撃で僅かにひずむ（変形する）ことで、上・中部層にバネのようなひずみの力（変形復元力）が蓄えられ、リバウンドを引き起こしていることが考えられた。一方、新マットは、上部に硬質なウレタンゴム、下部に軟質スポンジからなるために、一次衝撃が発生する際に水平方向に上部のウレタンゴムが軟質スポンジのゆがみ（変形）によってずれ（移動し）やすく、衝撃力を緩衝しているため小さな衝撃力となったと考えられた。そして、新マットは、下部層の軟性スポンジが時間をかけて比較的大きくゆがむ（変形する）ため、バネのようなひずみの力（変形復元力）が蓄えられず、リバウンドを引き起こさないと考えられた。

従って、このように異なる前後方向の衝撃緩衝能を有する新旧マットでは、着地し、静止する着地技術も大きく異なると考えられる。旧マットは、大きな一次衝撃を受け止める膝関節や腰関節を屈曲する緩衝動作が必要になり、その後発生するリバウンドの衝撃力に対処する静止動作が要求されることになるであろう。

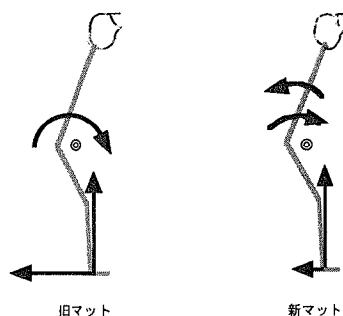


図9 旧新マットにおける着地姿勢

特に図9のような着地姿勢をとった場合、旧マットは前後方向の一次衝撃が上下方向の一次衝撃とほぼ同じ大きさで、重心までのモーメントアームが長いことから、前方への回転モーメントが大きくなりやすく、前方への回転を防ぐ着地動作が要求されることになるであろう。一方、新マットでは、旧マットのような大きな着地衝撃を受け止

める緩衝動作やリバウンドの衝撃力に対処する静止動作が大きく要求されなくなると考えられる。さらに、図9のように前後方向の衝撃力も小さいことから前方向への回転モーメントも小さく、前方への回転を防ぐ着地動作も必要なくなるといえる。むしろ、着地姿勢が低い場合は、逆に後方回転への対処をしなければならないであろう。

今後の研究課題として、マットによって着地動作がどのように変わっていくのかについて、動作分析や運動のキネステーズ（運動感覚）を調べるスポーツ・モルフォロジー的研究により検討していきたい。

V 結論

本研究は、体操競技における材質が異なる新旧着地マットについて、安全で静止しやすい着地技術開発の基礎資料を得るために次のような実験を行った。体操競技選手8名に高さ1mからのとび降り着地試技を行わせ、着地時の衝撃力を計測し、各マットでどのような着地衝撃の緩衝が行われているかについて解明した。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 新旧マットで着地衝撃力の経時変化に有意な違いが見られたのは、前後方向の衝撃力のみであった。
2. 前後方向の最大衝撃力は、新マットが旧マットの約30%で有意に低い値を示した。また、最大衝撃力が減衰した後に現れるリバウンドは、新マットでは出現しなかったが、旧マットでは大きく出現していた。

以上のことから、新マットは、旧マットより前後方向の着地衝撃の最大力を小さくし、着地の静止を妨げるリバウンドを出現させないものといえる。従って、新マットでの着地動作は、旧マットで必要とされていた前後方向の着地衝撃を緩衝するための着地動作や筋力等が要求されなくなり、新たな着地動作を開発できると考えられる。

引用文献

- 1) Broer, M (1973) Efficiency of Human Movement .W.B.

Saunders Company : Newyork : pp. 33-40, 173-181.

- 2) 趙孝九・他 (1984) 跳び降り高の変化が緩衝動作におよぼす影響, 走・跳・投・泳運動における“良い動き”とは, 1984年日本バイオメカニクス学会大学組織委員会: 203-207.
- 3) 遠藤幸一 (1990) エバーソフトマットが体操競技の着地に与える影響, 日本大学商学集志 (人文科学編) 第22巻第1号: 1-13.
- 4) 遠藤幸雄・小野清子 (1982) 体操競技を見るための本第1版, 同文書院: 東京, pp. 99.
- 5) 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 (1984) 床反力から見た着地緩衝能の評価, 体育学研究第29巻第3号: 217-225.
- 6) 今村嘉雄・宮畑虎彦編 (1974) 新修体育大辞典第1版, 不昧堂出版: 東京, pp. 993, 1238.
- 7) 金子明友 (1974) 体操競技のコーチング, 大修館書店: 東京, pp. 81-82, 294-295.
- 8) 北川淳一 (1986) 体操競技の着地に関する基礎研究, 鹿屋体育大学研究紀要第1号, pp. 61-67.
- 9) Meinel, K. (1960) Bewegungslehre: Volk und wissen volkseigner : Berlin, 金子明友 訳 (1981) マイネル・スポーツ運動学, 大修館書店: 東京, pp. 190-211, 221-235.
- 10) 宮地力・小林一敏・大島義晴 (1983) 着地動作についての力学的一考察, 日本バイオメカニクス学会編 身体の運動の科学-IV- スポーツのバイオメカニクス, 杏林書院: 東京, pp. 283-292.
- 11) 森直幹・佐藤友久編 (1978) 体操辞典, 道和書院: 東京, pp. 152.
- 12) 長野淳次郎 (1983) 体操競技における着地に関する研究. 天理大学学报139号: 111-112.
- 13) 長野淳次郎 (1983) 体操競技における着地に関する研究. 天理大学学报142号: 64-67.
- 14) 日本体操協会男子競技部 (1993) 男子採点規則集 1993年度版. 日本体操協会: 東京, pp. 6, 18, 21-23.