背面跳の分析的研究

足立長彦* 浅見俊雄* 戸苅晴彦*
菊地武道* 佐野裕司*

An Analysis of Movement in Backward-Roll Style High Jump

by

NAGAHIKO ADACHI, TOSHIO ASAMI, HARUHIKO TOGARI,
TAKEMICHI KIKUCHI and YUJI SANO

(Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo)

The purpose of this study was to clarify characteristics of backward-roll style comparing with those of other forms in experiment I and to show how the curve approach of backward-roll style influences high jump in the experiment II

The subject was a high jumper, whose best records were 2.10 m in backward-roll style, 2.09 m in scissors form, and 1.98 m in belly-roll. And at that time he mainly used backward-roll style.

In experiment I, height of the center of gravity, speed of approach just before take-off, angle of backward lean at take-off, initial vertical velocity after take-off, projecting angle and change in height of the center of gravity while taking off, and height of the center of gravity at take-off were analyzed using 16 mm film.

And also vertical and horizontal forces at take-off and take-off time were measured by the force-platform.

In experiment II, speed of approach and maximal height of the center of gravity were analyzed from 16 mm film.

Followings were the result obtained.

1. Backward-roll style was more effective than other forms, for high jumper could get great initial vertical velocity by fast approaching speed when he jumped.

2. In backward-roll style, angle of backward lean at take-off, projecting angle of the center of gravity, height of the center of gravity at take-off, change in height of the center of gravity while taking off were smaller than those in other forms, so acquisition of this technique was seemed to be easier for high jumper.

3. The suitable pattern of approach in backward-roll style is to take a course like a straight-and-arc approach, which is produced by enough speed and adequate curve in approach run. [Proceedings of the Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo, No. 7, pp, 69-75, 1972]

諸言

近年，走高跳の記録の向上は目ざましいものがある．その原因については，トレーニング法の進歩，フォームの変化，及びピットの改良（タータン，レコルタン，オールウェザーなどの出現）があげられるが，中でもフォームの変化が記録向上に大きく影響していると思われる．メキシコ・オリンピックでディク・フォスベリーが，背中でバー

* 東京大学教養学部体育研究室

を越すというそれまで見られなかった独特のフォーム（背面跳）で 2m 24 というオリンピック新記録で優勝して以後世界的にこのフォームが広がった．特に，我が国における普及は著じるしく，現在では，中学，高校生の走高跳選手の80～90％は背面跳で跳んでいる．そして記録の向上も非常に目ざましいものがある．中学男子では，1965年にベリーロールで 1m 85 を記録して以来3年間は記録の伸びが見られなかったが，1968年すなわちメキシコ・オリンピックの翌年に背面跳で1m 86 が記録され，その後は毎年背面跳で記録が更新され，1972年には 1m 98 にまで引き上げられた．高校男子においても，1968年はベリーロールで 2m 05 の記録であったが，1972年には背面跳で 2m 12 にまで記録が伸び，しかも5人が 2m 06 以上跳んでいる．そしてその全員が背面跳である．高校女子でも，1970年にベリーロールで 1m 69 の記録であったのが1970年には背面跳で 1m 77 に伸び，10傑の平均が 1m 70 で，これも全員背面跳である．ミュンヘン・オリンピックにおいても，女子で16才の少女が背面跳で 1m 92 という世界タイ記録で優勝した．このように背面跳が出現して以来特に，若い走高跳選手において記録が著しく伸びている．こうした記録の向上は，背面跳が他の跳び方に比べて高く跳ぶための何らかの技術的な利点又は，技術習得上の利点を持っていることを物語っていると考えてよいであろう．

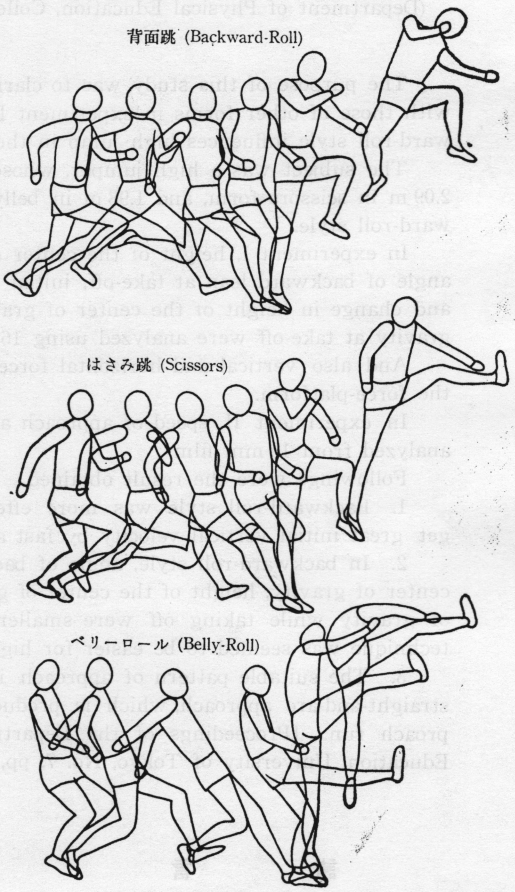
走高跳に関するキネシオロジー的研究は，金原[1]らによる，助走の長短が跳躍に及ぼす影響について．又，踏切における諸動作の強調がキック力に及ぼす効果を明らかにしたもの．小野[2]による力学的観点から走高跳を解明したもの．V. M. ザツィオルスキー[3]によるベリーロールと背面跳を理論的に比較したもの．R. Gombac[4]による走高跳の踏切について研究したもの．J. M. Cooper[5]による走高跳選手の形態，機能，及び助走からクリアランスまで総合的に研究したもの，などがあるが背面跳に関してはまだ充分に研究がなされているとはいえない．

本研究は，実験1では，ベリーロール，はさみ跳との比較において背面跳の持つ特性を明らかにすることを目的として，これらの実験から背面跳の利点を解明しようと試みたものである．

又実験2では，背面跳にみられる曲線助走についての分析を目的としている．

実　験　I

跳躍フォームは，規則の変遷とも関係して横木をまたぐようなフォーム，いわゆるまたぎ跳に始まって，はさみ跳，ロール・オーバー，ベリロール，背面跳という順序で変ってきたが，現在我が国で行なわれている代表的なフォームである，背面跳，ベリーロール，はさみ跳の三種類についてキネシオロジー的な分析を行い，背面跳の特性を



第1図　背面跳，はさみ跳，ベリーロールのフォームの略図
Fig. 1　Form of Bachward-roll Scissors and Belly-Roll

他のフォームとの比較から解明しようと試みた.

(方　法)

被検者は，身長 179 cm，体重 72 kg で背面跳 2.10 m，ベリーロール 1.98 m はさみ跳 2.09 m の最高記録を持ち現在は背面跳を主として行っている．又背面跳とはさみ跳は，振上げ脚を曲げたフォームであり，ベリーロールは，振上げ脚を伸ばしたフォームである．(第1図)

横木の高さは 1 m 70 から始め 10 cm きざみで横木をクリヤー可能な高さまで上げ，各高さで 4～5 回の試技を行った．

助走の歩数及び距離は，背面跳が 10 歩で 20.4 m，ベリーロールが 8 歩で 15.6 m，はさみ跳は 8 歩で 15.9 m であった．

この際のフォームを 16 mm 撮影機で被検者の側面 30 m の所から毎秒 64 コマ，シャッタースピード 1/400 秒で撮影し，跳躍重心高，踏切直前の助走速度（踏切から 4 コマで分析），踏切脚接地時の接地点と重心との角度である後傾角度，離陸直後の重心の垂直方向への初速度（離陸後 3 コマで分析），離陸後の重心の跳躍角度，踏切脚の接地時から離陸時までの重心の垂直方向への移動距離，離陸時重心高をフィルムから分析した．分析には，R. B. Glassow[6] らの方法を古谷[7] が改良した分析台を用いた．重心の測定には，松井[8] の方法を用いた．又踏切の際の地面反力を測定するため，ストレインゲージを組込んだ広さ 1 m×1 m，厚さ30 cm の測定台を踏切地点の地中にセットし，踏切の際の垂直および前後方向への圧力の変化をビジグラフに記録した．

被検者には，ほぼ試合時と同じ状態で跳躍させるため，助走路に厚さ 10 mm のゴム板を敷き，スパイクシューズをはかせて，その上を助走させた．

(結果と考察)

重心の跳躍高が約 2 m の時の各測定項目を三種類の跳躍方法について比較したのが第1表である．踏切時間は，背面跳が 0.132 秒ともっとも短かく，はさみ跳は0.142秒，ベリーロールが0.193 秒の順であった．助走速度は，背面跳が 7.9 m/秒，はさみ跳が 7.0 m/秒，，ベリーロールが 6.7 m/秒の順であった．踏切における後傾角度はベリーロールが 36.5 度，はさみ跳は 36.0 度，背面跳が 32.9 度でもっとも少なかった．離陸後の重心の跳躍角度はベリーロールが 59.3 度で最も大きく，はさみ跳が 45.5 度，背面跳が 45.1 度という順であった．踏切直後の重心の垂直方向への初速度は，背面跳が 4.1 m/秒，で最も早く，はさみ跳が 4.0m/秒，ベリーロールが 3.8 m/秒であった．踏切足が踏切地点で接地し始めてから離陸

第 1 表　三種のフォームの各測定項目

Table 1　Comparison of analysis value to 3 form

	① 跳躍重心高 cm	② 踏切時間 see	③ 踏切直前の助走速度 m/see	④ 踏切時後傾角度	⑤ 重心の垂直方向への初速度 m/see	⑥ 重心の跳躍角度	⑦ 踏切中の重心の垂直方向への移動距離 cm	⑧ 離陸時の重心高 cm
背面跳 (Backward-Roll)	202	0.132	7.9	32.9	4.1	45.1	34.3	121.1
はさみ跳 (Scissors)	201	0.142	7.0	36.0	4.0	45.5	36.9	123.6
ベリーロール (Belly-Rolly)	199	0.193	6.7	36.5	3.8	59.3	41.4	126.6

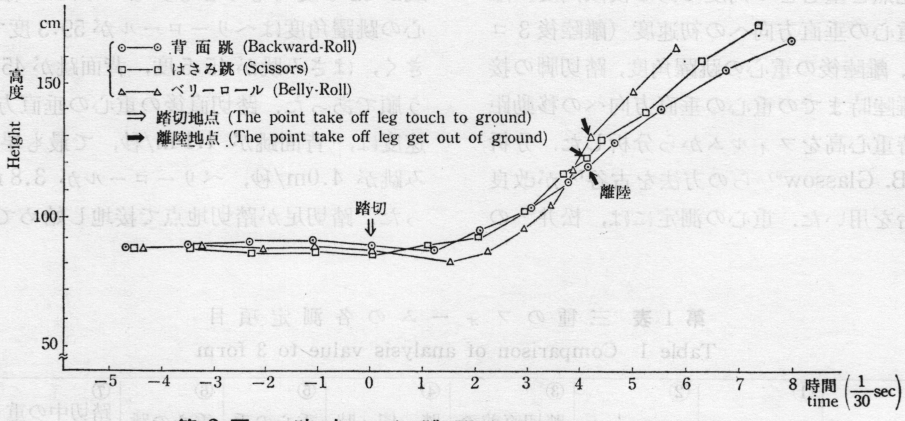
① Height of center of gravity of jump
② Take off time
③ Approach speed just before take off
④ The angle of back lean at take off
⑤ Initial velocity of center of gravity in vertical direction
⑥ Projecting angle of center of gravity
⑦ Change of the height of center of gravity while taking off
⑧ Height of center of gravity at take off

するまでの重心の垂直方向への移動距離はベリーロールが 41.4 cm, と最も大きく, はさみ跳が 36.9 cm, 背面跳が 34.3 cm であった. 離陸時の重心の高さはベリーロールが 126.6 cm, でもっとも高く, はさみ跳が 123.6 cm, 背面跳が 121.1 cm であった.

次に, 助走から踏切って跳躍する間の重心が移動した軌跡を跳躍高が 2 m 00 の時の代表例を三種類のフォームについて比較したのが第2図である. これによれば, はさみ跳とベリーロールは背面跳より重心を低くして踏込んでおり, さらに, ベリーロールは踏切後重心がさがり, そして大きな跳躍角度で飛出している. はさみ跳と背面跳は, 踏切後重心のしずみ込みが少なく, 小さな跳躍角度で飛出している.

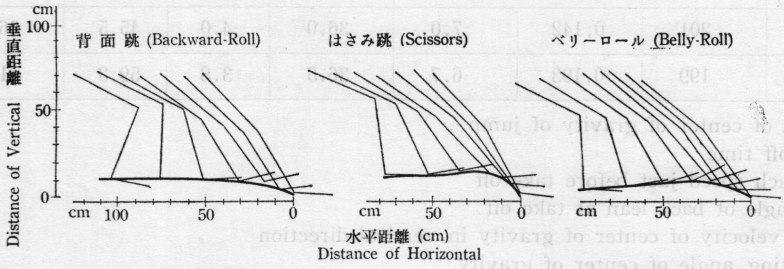
踏切の一歩前からの踏切脚の運びについて三種類のフォームを比較したものが第3図である. この図から, ベリーロール及び背面跳は下腿を低く振出しているが, はさみ跳は, 上からたたきつけるように踏切脚を運んでいる.

又踏切中の垂直方向と水平方向への加圧の状態を三種類のフォームについて比較したものが第4図に示してある. これによると, はさみ跳は, 垂直分力の衝撃力が他と比べると小さく, 衝撃に加わっている時間が他より長い. キック力は最高加圧が他より大きい. 水平分力に他には見られない衝撃力がある. 背面跳では, 垂直分力の衝撃力が大きく, キックの最高加圧が小さい. 水平分力には, はさみ跳でみられるような衝撃力がなく, 最初に加圧があって少しの時間経過の後再び加圧している. ベリーロールでは, 垂直分力の衝撃力が背面跳と同じく大きい, そしてキック時の最高加圧は背面跳と同じぐらいであり, 最高加圧が加わる瞬間も背面跳と同じぐらいの時期である. 水平



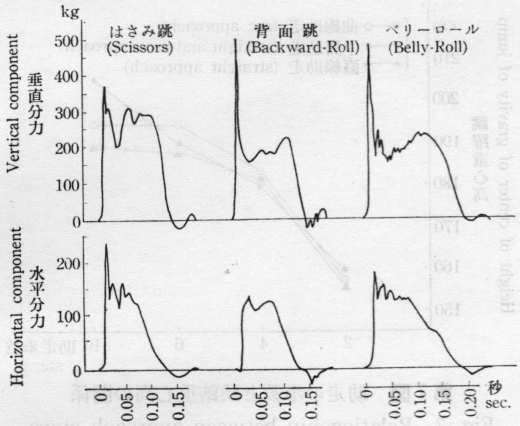
第2図　助走から跳躍までの重心の軌跡

Fig. 2　The locus of center of gravity from approach to jump



第3図　踏切直前の踏切脚の運び

Fig. 3　Movement of take off leg at just before take off



第4図　踏切に於ける力曲線
Fig. 4　Force Curve at take off

分力は，最初に加圧されて，踏切終了までほぼ直線的に減圧している．又垂直分力の力積はベリーロールが一番大きく，はさみ跳，背面跳の順であった．

以上のようなことから，同じ2m 00の高さを跳躍する場合，ベリーロールでは，背面跳と比べて踏切における後傾角度，踏切後の重心の跳躍角度，踏切中の踏切脚の接地時から離陸時までの重心の垂直方向への移動距離，離陸時の重心高を大きくする必要がある．これは，重心の垂直方向への初速度が遅いということにより他よりも跳躍高を得るために多くの技術的条件を必要とすることを意味していると思われる．又以上のような条件を獲得するために助走スピードを遅くせざるをえないのであろうと思われる．背面跳は，他と比べて踏切における後傾角度，踏切後の重心の跳躍角度，踏切脚の接地時から離陸時までの重心の垂直方向への移動距離，離陸時の重心高はいずれも小さく，これは技術的な要素が比較的容易なことを意味していると思われる．そのため他のフォームよりも速い助走ができ垂直方向への大きい初速度を得るのに有利な条件となっていると考えられる．はさみ跳は，いずれの要因も，ベリーロールと背面跳の中間的な所にあるが，横木をクリヤーする場合，横木よりも相当高く重心を上げなければならないということが考えられ重心を横木に近づけるためには高度の技術が必要であろうと思われる．結局，背面跳はベリーロール，はさみとびに比べて技術の困難度が比較的低いということから習得が容易であると言える．そのような点が年令の若い競技者でもレベルの高い記録を出せる原因であろうと考えられる．

踏切での垂直方向への力のかかり方は背面跳とベリーロールは非常によくにている，特に踏切時間と助走スピードに差がみられるにもかかわらずキック力が最高に達するまでの時間がほぼ同じということは，背面跳においても，短い踏切時間の間にベリーロールと同じように踏切で充分に力をためて最後に爆発的に力を発揮しているものと考えられるが，しかし，この点については今後さらに研究を進める必要があろう．

第4図の力曲線から，力積を計算した所，ベリーロールがもっとも大きく背面跳がもっと小さかった．このことからも背面跳がもっとも効率のよいとび方であると思われるが被検者の三種類のフォームについての技術の獲得レベルの差によっても効率に差が出るものと考えられるので，この点についても今後被検者を増やして検討しなければならない．

実　験　II

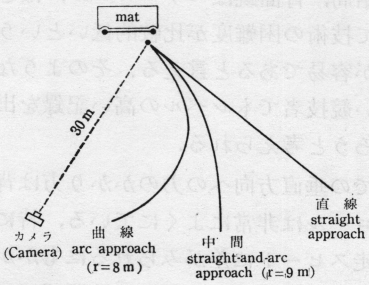
背面跳以外のフォームでは一般的に直線的な助走を用いるが，背面跳はフォスベリーが曲線的助走を用いたのが始まりで，ほとんどの選手が曲線的助走を用いている．こうした曲線的助走が跳躍にどのような影響をおよぼしているかを知るために，助走コース及び助走の長さを変えて跳躍を試みた．

(方　法)

第5図に示すように

1)　半径 8m の円周上を助走する
2)　前半の直線から後半，半径 9m の円周上を助走する
3)　直線上を助走する

以上の3コースとし，以後 1) を曲線助走，2) を中間助走，3) を直線助走と呼ぶ．それぞれの助走コースを 2，4，6，10 歩で助走し，最大努力で背面跳のフォームで跳躍させ，その際のフォームを 16mm 撮影機により毎秒64コマ，シャッ



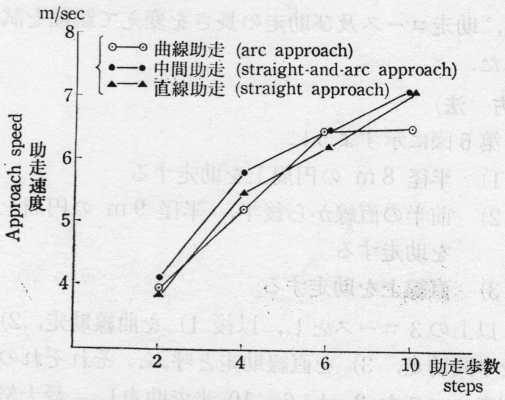
第5図　助　走　コ　ー　ス

Fig. 5　The course of approach

タースピード 1/400 秒で，被検者の側面方向 30 mの所から撮影し，そのフィルムから，重心の跳躍高，助走スピードを分析した．分析方法及び被検者は実験1と同じである．

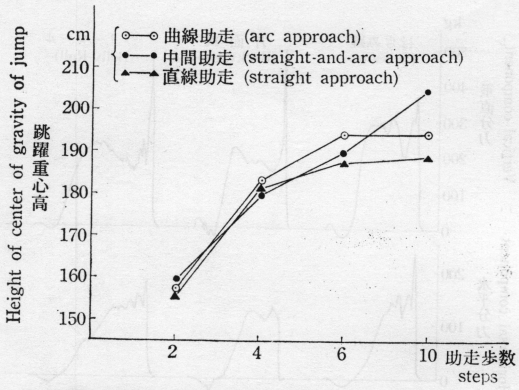
（結果と考察）

助走歩数と踏切直前の助走スピードとの関係を三種類の助走について比較したのが第6図である．これによれば，2歩では曲線助走が 3.9 m/秒，中間助走が 4.1 m/秒，直線助走が 3.9 m/秒，4歩は曲線助走が 5.4 m/秒，中間助走が 5.7 m/秒，直線助走が 5.5 m/秒，6歩では曲線助走と中間助走が 6.4 m/秒，直線助走が 6.2 m/秒と助走の歩数が増すに従って助走スピードも増し，しかもそれぞれの間にほとんど差がみられない．しかし10歩になると，曲線助走では，6歩助走と比べてスピードの増加がみられないのに対して，中間助走と直線助走は 7.3 m/秒に増加している．



第6図　助走の歩数と助走速度の関係

Fig. 6　Relationship between approach steps and approach speed

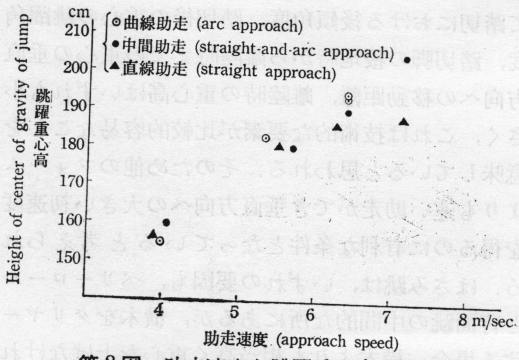


第7図　助走の歩数と跳踏重心高の関係

Fig. 7　Relationship between approach steps and height of center of gravity of jump

次に助走の歩数と跳躍重心高の関係について比較したものが第7図である．2,4 歩助走では，曲線，中間及び直線助走の各助走の間に跳躍高の差は見られないが，6歩助走では，曲線助走がもっとも高く 194 cm を跳躍し直線助走との間に 7cm の差がある．10歩助走では曲線と直線助走は6歩助走の場合と跳躍高がほとんど同じであるが，中間助走は 205 cm で 6歩助走より 15 cm 高く跳躍している．

助走スピードと跳躍の重心高を比較したものが第8図である．これによれば，曲線助走は助走速度が 6.4 m/秒，重心の跳躍高が 194 cm で頭打



第8図　助走速度と跳躍重心高の関係

Fig. 8　The Relationship between approach speed and height of center of gravity of jump

ちになっている．中間助走スピードが増すに従って重心の跳躍高も増している．直線助走でも助走速度が中間助走と同じく 7.1 m/秒 であるが重心の跳躍高で中間助走より 17 cm 低い．

以上の結果から，背面跳のフォームを考えると，横木の上で背中を下にし体をそるというフォームはベリーロールやはさみ跳より低い重心高で横木を越えられると考えられ，又，このフォームは抜き足の技術が容易であると考えられる．そしてこのようなフォームを横木上で行うには踏切直後から体を約 90 度ひねる動作が必要になる． 金原[9] らは垂直跳において 90 度体をひねる場合は跳躍高には影響がないと報告していることから，体をひねることによる跳躍重心高の減少ということは考えられないと思われる．体をひねるためには曲線助走による遠心力を利用するのが有効であると考えられる．しかしカーブの強い曲線助走では助走速度が出せないという不利がおこることから，速度が出せてしかも曲線助走の利点も得られる中間助走がもっとも高い重心高が得られるものと思われる．

要　　約

本研究の目的は，実験 1 は背面跳の特性を他のフォームとの比較によって明らかにしようとしたものであり，実験 2 は背面跳の曲線助走が跳躍にどのような影響を及ぼしているかを知ろうとしたものである．実験は 16 mm フィルムから助走速度，跳躍重心高，後傾角度，踏切後初速度，跳躍角度などを分析し，力量測定台から踏切における力を測定した．被検者は背面跳の最高記録 2 m 10，ベリーロールの最高記録 1 m 98，はさみ跳の最高記録 2 m 09 を出している選手 1 名で現在は背面跳を主として行っている．その結果は

1) 背面跳はベリーロールやはさみ跳と比較して，速い助走速度によって垂直方向への速い初速度を得て高く跳躍している．
2) 背面跳は，踏切における後傾角度，離陸時重心高，踏切中の垂直方向への重心の移動距離，重心の跳躍角度がベリーロールほど大きくなくてもよいという点から，背面跳の技術習得はベリーロールと比べて容易である．
3) 背面跳の助走は，充分な助走速度が得られ，かつ曲線助走の利点が得られるような助走がよい．すなわち本研究における中間助走のような助走が適している．

参 考 文 献

1) 金原　勇，渋川侃二，大西暁士，三浦望慶： 跳躍力を大きくする基礎的研究（その 3）東京教育大体育学部スポーツ研究所報 32-50 4，1966
2) 小野勝次： 陸上競技の力学 同文書院 1963，3
3) V. M. ザツィオルスキー： 月刊陸上競技 106～197，12，1970
4) Gombac, R.: The Mechanics of Take-off in High Jump Med. and Sport, Vol. 6: Biomechanics II, 232-235 (Karger, Basel 1971)
5) Cooper, J M.: Kinesiology of High Jumping Biomechanics I, 1 st Int. Seminar Zurich 1967, 291～302 (Karger, Basel/New York 1968)
6) Glassow, R B. and M. R. Broer: A convenient apparatus for the study of motion picture films Res. Quat. Vol. 9 (2) 44～49 1938
7) 古谷嘉邦： 平行棒の swing について 東京大学教養学部体育研究室紀要 第 5 号 13～23 1970
8) 松井秀治： 運動と身体の重心，体育の科学社 1958，11
9) 金原　勇，三浦望慶： 跳躍力を大きくする基礎的研究（その 2） 東京教育大体育学部スポーツ研究所報 42～51 3，1965