

Relationship between Rifle Shooting Performance and the Sizes of the Tremble of the Muzzle and the Whole Body

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/20084

射撃パフォーマンスと銃口及び身体の動揺量の関係

出村 慎一・藤原 勝夫*・吉村 喜信**・南 雅樹***・小林 秀紹****

Relationship between rifle shooting performance and the sizes of the tremble of the muzzle and the whole body.

Shinichi DEMURA, Katsuo FUJIWARA*, Yoshinobu YOSHIMURA**
Masaki MINAMI*** and Hidetsugu KOBAYASI****

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relationship between rifle shooting performance (RSP) and the tremble sizes of the muzzle (TSM) and the whole body (TSTW), and the relationship between TSM and TSTW. Subjects were 38 air rifle shooters composed of adults, undergraduates and high-school students. The tremble of the muzzle was measured for three seconds (TSM3) and for one second (TSM1) before shooting. The tremble of the whole body was measured in a rifle shooting posture (ARSP) and a standing posture (ASP).

The findings in this study can be summarized as follows :

- 1) Rifle shooting performances correlated significantly to TSM3 ($r=-0.621$) and TSM1 ($r=-0.604$), respectively. It seemed that RSP has a closed relation with TSM, and that the smaller the TSM3 is, the smaller the TSM1 is.
- 2) Significant correlation was found between RSP and ARSP, but not found between RSP and ASP. It seemed that the TSTW in ARSP is more important, because the former's correlation value was significantly higher than the latter's.
- 3) Significant correlation between TSM and TSTW was not found. This seemed to depend on the reasons that shooters unconsciously compensated rifle movements, and experimental shooting movements and conditions used in the present study differed somewhat from actual shooting movements.

Key words : LASER shooting analyzer
rifle shooting performance
the tremble of the muzzle and the whole body
(LASER: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

平成5年9月13日受理

* 金沢大学教養部

** 福井工業大学

*** 金沢美術工芸大学

**** 金沢大学大学院

緒 言

ライフル射撃競技のパフォーマンスは、直径の異なる10個の同心円で描かれた区画線（点圏）を撃ち抜き、その弾着点（弾痕）が示す得点で評価される。弾着点が射手の意図した狙いから外れる原因として、(1)撃発以後の原因に基づく誤差すなわち弾道誤差と、(2)銃と射手からなるマン・マシン・システムの射撃動作に起因する照準誤差とが考えられている¹⁵⁾。前者の弾道に関する研究は古くから行われており、空気抵抗を考慮した弾丸の開発や使用する銃の精度はかなり高いことから、弾道誤差が射撃パフォーマンスの優劣に影響を及ぼすことはほとんどないと言われている。従って、射撃パフォーマンスの優劣は、後者(2)の影響が大きいと考えられる。ライフル射撃は、腕で銃を構える据銃動作、銃身の方向を眼で見て、標的に一致させる照準動作、そして機を見て引き金を引く撃発動作から構成されている^{11) 12) 14)}。また、他のスポーツ種目に比べ動きが非常に少なく、照準動作から撃発動作にかけては完全な静止が理想とされる極めて特異なスポーツ種目である¹⁾。しかしながら、人は立ち直り反射の組み合わせと繰り返しによってある範囲内で動揺をしながら平衡を保っていること¹⁶⁾から、射手は絶えず動揺している状態で銃（照準線）の動揺を最小限に留めようとする。

これまで、射手の視覚的照準像の動揺を直接的に、またリアルタイムに第3者が観察することができず、また、照準像の動揺の程度を定量的に測定する手段がなかったことから、射撃動作に関する科学的な分析はこれまでほとんど行われてこなかった^{14-15) 17)}。従って、コーチや指導者は、着弾点と撃発時の射撃動作を総合することで、銃の動揺をもたらす要因を判断し、射撃動作に関する評価やコーチングを行ってきた¹²⁾。しかしながら、近年、光学機器の進歩により、射手の照準状態と照準点の軌跡分析を可能にする照準観察装置が開発され、照準中の射

撃動作に関する研究が可能となった。加えて、射撃技術や機器の向上によって、ソウル五輪（1988年）以後、従来の1点刻みの採点法から0.1点刻みの競技法が採用されることになり、より高いレベルのパフォーマンスが要求されることになった¹⁴⁾。それ故、照準誤差をもたらす各種の要因を検討し、得られた結果から射撃動作の改善やトレーニング方法の確立を図ることが、高い射撃パフォーマンスの獲得とその再現性の精度を向上させるために重要であろう。さらに、銃の不動性を確保するには、据銃した際に射手が身体を安定した状態に保つ平衡性が必要とされるため、銃の動揺と身体の動揺の関係を明らかにすることも重要な研究課題となる。

本研究の目的は、射撃パフォーマンス（射撃得点）と銃口の動揺量及び身体の動揺量の関係、銃口の動揺量と身体の動揺量の関係を明らかにすることである。これらを明らかにすることは、銃口の動揺の原因となる要因を特定するための一助となり、ライフル射撃のパフォーマンス向上のための重要な基礎資料を提供することになる。

方 法

1. 被 検 者

被検者は、いずれも射撃協会会員であり、社会人、大学生及び高校生を含む合計38名（男子27名、女子11名）であった。射撃競技経験年数の内訳は、2年未満、2年以上3年未満、3年以上有する者がそれぞれ11名、14名、13名であった。表1は性別に被検者の身体特性及び競技経

表1 性別にみた被検者の身体特性及び競技経験年数 (n=38)

	男 (n=27)		女 (n=11)	
	\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
身長 (cm)	170.7	5.94	158.2	3.44
体重 (kg)	63.0	8.22	50.9	6.19
競技経験年数 (年)	2.7	3.23	2.4	1.16

注) \bar{X} : 平均値, S.D.: 標準偏差

験年数の平均値及び標準偏差を示したものである。

2. 測定条件

1) 銃口の動揺量の測定

銃口の動揺量の検出には、実弾射撃中における射手の照準状態を観察、記録することができるレーザーシューティング・アナライザーを用いた。この装置は、He-Ne レーザー光を自己集束型オプティカル・ファイバーを通して、銃身に取り付けた投光器から10m先の標的面上に高輝度の赤い光点を映し出す装置である^{12) 15)}。

測定には、レーザーシューティング・アナライザーを装着したファインベルクM601（ポンプ式空気銃）を使用した。測定は屋外射撃場にて行い、被検者は立射（図1）にて10m先の標的を狙うものとした。撃発時まで標的に投光されたレーザースポット（赤い光点）の動揺は、標的と同じ高さに設置したビデオカメラ（National, Macroard AF）によって、1シリーズ（10発）が撃ち終わるまで記録された（図2）。なお、標的はエアライフル10m 9号公式標的を使用した。

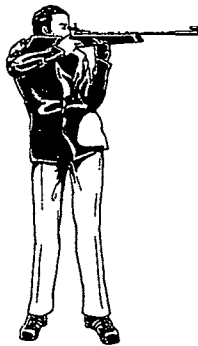


図1 立射姿勢

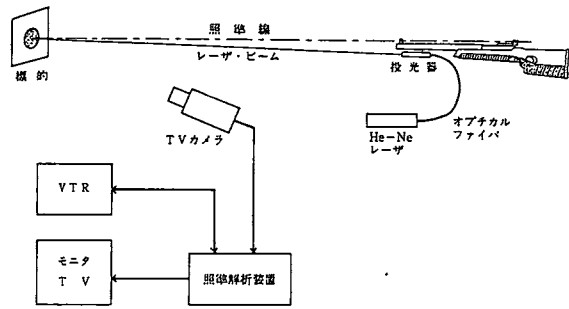


図2 銃口の動揺量の実験方法

※ 高瀬（1988）を参考に著者が修正を加えた図

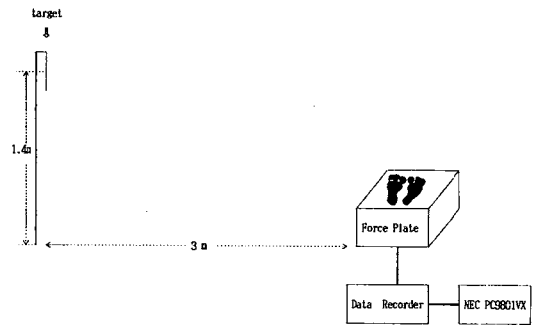


図3 身体の動揺量の実験方法

に類似した姿勢として立位姿勢を選択した。測定は、床反力計から3m離れた壁面の床から高さ1.4mに標的を設置して行った。立位姿勢の場合、標的の方に顔を向け、リラックスした状態で30秒間保持するように指示した。また、立射姿勢の場合には、銃を構えて30秒間の照準動作を行うように指示した。両者ともに1分間の休憩をはさみ3試行を行った。なお、測定中は足の位置を変えず、休憩の際も足の位置を固定して椅子に腰掛ける、座位姿勢をとるよう指示した。

3. 解析方法

1) 銃口の動揺量

各試行とも着弾点が標的に出現する前までの3秒間をビデオ解析の対象とした。収録されたVTR画像を1秒間に30コマで再生し、静止

画像からレーザー光の座標を座標解析システム（SONY社製，SMC-70G）を用いて検出した。さらに，検出された座標からそれぞれの座標間の距離を算出し，その総和を銃口の動揺量とした。連続10試行のうちで無効，最高及び最低得点の試行を除外し，残りの有効試行の平均値を採用した。なお，有効試行数が7試行を下回った者は解析から除外した。

2) 身体の動揺量

足圧中心動揺の測定に関するこれまでの報告⁷⁻⁸⁾をもとに，測定開始後10秒までのデータは除外し，10秒から30秒までの20秒間を解析対象とした。データレコーダーに記録された値は身長補正¹⁰⁾を行い，前後及び左右方向それぞれの足圧中心動揺の平均速度を算出した。算出された3試行の値のうち，最小値を身体の動揺量として解析に用いた。なお，足圧中心動揺の平均速度は，以下の式によって身長補正を行った。

身体の動揺量 = 実測値 × (170.92 / 身長)

3) 射撃得点（射撃パフォーマンス）

連続10試行のうち，最高及び最低得点を除外した残り8試行の平均値を採用した。

4) 統計解析法

射撃得点と銃口及び身体の動揺量の関係，また，銃口の動揺量（撃発前3秒間及び1秒間）と身体の動揺量（立射姿勢及び立位姿勢）の関係を検討するために各測定項目ごとに基礎統計値を算出し，ピアソンの相関係数を求めた。さらに，銃口の動揺量と身体の動揺量の測定項目それぞれに算出した相関係数についても差異を検討した。

なお，本研究の統計処理における有意水準は全て1%とした。

結果と考察

1. 射撃得点と銃口の動揺量の関係

表2は，射撃得点及び銃口の動揺量の基礎統計値及び後者の撃発前3秒間と1秒間とのピアソン相関係数を示したものである。被検者の射撃得点の平均値は8.3点であり，LEDを用いて

表2 射撃得点と銃口の動揺量の平均値，標準偏差及び相関係数

	\bar{X}	S.D.	max	min	r
射撃得点(点)	8.3	1.12	9.5	3.6	
銃口の動揺量(cm)					
(1)撃発前3秒間	14.8	4.02	28.2	8.2	0.950**
(2)撃発前1秒間	4.8	1.01	7.6	3.0	

注) \bar{X} : 平均値, S.D. : 標準偏差

max : 最大値, min : 最小値

** : $p < 0.01$

r : 撃発前3秒間と1秒間の銃口の動揺量に関する相関係数

銃の動揺を測定した V.M.Zatsiorsky ら¹¹⁾，オリンピック候補選手や日本の一流選手を対象としたこれまでの研究³⁻⁵⁾の被検者の値に比べて，若干劣るものの平均値8点以上の高い値を示したことから，ライフル射撃競技選手として十分な技術を有する集団であると考えられる。

銃口の動揺量について，撃発前1秒間と撃発前3秒間の動揺量の平均値は，それぞれ4.8cm，14.8cmであった。V.M.Zatsiorsky ら¹¹⁾は，射撃得点の平均値の異なる競技者を4群に分け，撃発前1秒間及び3秒間それぞれの銃口の動揺面積を求めている。その結果，4群ともに撃発前3秒間の銃口の動揺量は1秒間のそれよりも明らかに大きく，撃発時に近づくにつれて動揺量は低下する傾向があること，また，射撃得点の高い群は低い群に比べて動揺面積が少ないことを報告している。本研究の結果からも同様の傾向が認められた。また，撃発前3秒間と1秒間の銃口の動揺量の相関係数は0.950と非常に高く有意な値であった。以上のことから，撃発前3秒間における銃口の動揺量が大きい者は撃発前1秒間の動揺量も大きいことが推察される。

表3は，射撃得点と銃口の動揺量のピアソン

表3 射撃得点と銃口の動揺量の相関係数

射撃得点	銃口の動揺量	
	(1)撃発前3秒間	(2)撃発前1秒間
	-0.621**	-0.604**

注) ** : $p < 0.01, n=31$

相関係数を示したものである。射撃得点と銃口の動揺量の値は、撃発前1秒間及び3秒間においてそれぞれ -0.604 、 -0.621 と中程度の有意な負の値であった。撃発時までの銃口の動揺量と射撃得点は比較的密接な関係が認められた。ライフル射撃の競技種目には、立射、膝射、そして伏射があり、銃口の動揺量は立射、膝射、伏射の順に大きいと言われている¹⁻²⁾。従って、特に、立射種目においては照準動作時の銃口の動揺量をいかに少なくするかが、射撃パフォーマンスの優劣に大きく関与するものと推測される。

2. 射撃得点と身体の動揺量の関係

表4は、立射及び立位姿勢における身体の動揺量の基礎統計値及び両者のピアソン相関係数を示したものである。まず、身体の動揺量の平均値及び標準偏差はそれぞれ、立射姿勢では 13.7 ± 1.45 cm/s、立位姿勢では 12.9 ± 1.07 cm/sであった。両姿勢における身体の動揺量の相関係数は 0.673 と高く、統計的に有意な値であった。藤原ら¹⁰⁾は馬術競技の経験者と未経験者を対象に、座位姿勢及び立位姿勢における足圧中心動揺の平均速度を測定した結果、両姿勢の相関係数が 0.630 と高く有意であったと報告して

いる。また、身体の動揺には個人差が存在すると言われ、ある姿勢で大きな身体の動揺を持つ者は、他の姿勢においても身体の動揺が大きいと指摘されている¹³⁾。本研究の結果からは、立位姿勢での動揺量が少ない者ほど立射姿勢における動揺量も少ない傾向にあり、立位姿勢における平衡機能の優劣が、実弾射撃時の身体の安定性を左右する一つの要因であると推察される。

表5は、射撃得点と身体の動揺量の相関係数を示したものである。立位姿勢ではX（前後）方向、Y（左右）方向、及び合成値のいずれにおいても有意な相関係数は認められなかったが、立射姿勢ではY（左右）方向を除き有意な相関係数が認められ、合成値と射撃得点との相関係数は -0.499 と中程度の値であった。従って、立位姿勢における身体の動揺量の大小に関わらず、競技時の動作である立射姿勢における身体の動揺量が、射撃パフォーマンスにある程度関与していることが推察される。藤原ら¹⁰⁾は立位姿勢及び座位姿勢の足圧中心動揺の平均速度を馬術競技選手と未経験者において比較した結果、座位姿勢においてのみ有意な差異が認められ、馬術競技選手が小さな値を示したことから、ある特定の姿勢における平衡機能の向上、すなわち、平衡機能の特異性が存在することを報告し

表4 身体の動揺量（立射及び立位姿勢）の平均値、標準偏差及び立位姿勢と立射姿勢の相関係数

姿勢	成分	X・Yの合成値		X（前後）方向		Y（左右）方向		r
		X	S.D.	X	S.D.	X	S.D.	
(1)立射姿勢 (cm/s)		13.7	1.45	8.9	1.21	8.8	0.83	0.673**
(2)立位姿勢 (cm/s)		12.9	1.07	8.4	0.77	8.3	0.70	

注) X：平均値，S.D.：標準偏差，n=27

r：合成値における立射姿勢と立位姿勢の相関係数，**：p<0.01

表5 射撃得点と身体の動揺量の相関係数

身体の動揺量	立射姿勢			立位姿勢		
	(1)合成値	(2)X方向	(3)Y方向	(1)合成値	(2)X方向	(3)Y方向
射撃得点	-0.499**	-0.583**	-0.250	-0.258	-0.279	-0.148

注) n=26 r：射撃得点と身体の動揺量に関する相関係数，**：p<0.01

(1)：X・Y方向を合成した身体の動揺量，(2)：X（前後）方向の身体の動揺量，(3)：Y（左右）方向の身体の動揺量

ている。かなり類似した姿勢でありながら前述した特異性が生まれてくる理由として、立射姿勢は銃をささえる関係上、銃の重量を脊柱にかけて、体を屈曲させ、更に上体を腰部で固定するために上体を縦軸上に回す（回旋）運動を伴う。このために、立射姿勢において上体では左側、下肢では右側の筋群が大きく働くことになり、立位姿勢と類似した姿勢と考えられた姿勢であったが、身体の安定性を保持する際の制御系の働き方は異なると考えられる。

さらに、身体の動揺量を前後及び左右方向の各成分に分けて検討した結果、本研究ではX（前後）方向の動揺がY（左右）方向のそれよりも大きい傾向にあり、両者の相関係数の差異を検定した結果、有意な差異（ $p < 0.01$ ）が認められた。高瀬ら¹⁴⁾は標的面上の照準線の動揺は、左右方向よりも前後方向が大きいと報告している。また、渡辺¹⁵⁾は標的面上の縦のゆらぎをなくして、横のゆらぎだけに統一し、予測されたゆらぎの中からの中動作を選択することによって優れた射撃パフォーマンスを発揮することができると指摘している。本研究の結果からも、射撃得点の高い者ほど身体の動揺量が少なく、また、被検者の身体の動揺量は左右方向よりも前後方向に大きい傾向が認められる。従って、前後方向の身体の動揺が大きい者ほど射撃パフォーマンスは低下すると推察される。

3. 銃口の動揺量と身体の動揺量の関係

表6は、銃口の動揺量（撃発前3秒間と1秒間）と身体の動揺量（立位姿勢と立射姿勢）の相関係数を示したものである。銃口の動揺量と

身体の動揺量の相関係数は、立位姿勢が撃発前3秒間と1秒間それぞれ0.008, 0.042, 立射姿勢がそれぞれ-0.291, -0.206であり、立位姿勢よりも立射姿勢の相関係数の方がやや高い傾向はみられるが、いずれも統計的には有意差が認められなかった。

射撃パフォーマンスの良否が、照準線の動揺によって左右されると考えられることから、銃口の動揺量と身体の動揺量の関係は比較的高いと予想された。本研究の結果からは、その関係を示す相関係数の値はそれ程高いものではなかった。V.M.Zatsiorskyら¹⁷⁾は熟練射手ほど銃の動揺を補償する動きを無意識のうちに行っていると報告している。従って、熟練した射手ほど身体の動揺に伴って生ずる銃口の動揺を速やかに補償する技術に優れ、身体の動揺が大きくなる者でもこれらの動き（射撃の技能）によって銃の動揺は小さく抑えることが可能であり、このことが銃口と身体の動揺量の関係が高くなかった理由の一つと考えられる。高瀬ら¹⁴⁾は射撃経験者を対象として、普通の服装と射撃コート、グローブを着用した場合の照準線の動揺を測定した結果、着用時には普通の服装に比べて、1 Hz 以下の比較的低い周波数成分が低下し、射撃用コートやグローブの着用が身体の動揺を低く抑える働きのあることを報告している。射手は、照準動作に入り、撃発に到る間、銃を動揺させぬため呼吸を停止させる。呼吸運動の周波数成分は主に0.5Hz以下の領域である¹⁸⁾ことが報告されており、実射時には呼吸停止動作と射撃コート等の着用によって身体の動揺量はかなり低く抑えられる。しかしながら、立位姿勢時

表6 銃口の動揺量と身体の動揺量の相関係数

銃口の動揺量	立射姿勢			立位姿勢		
	(1)合成値	(2)X方向	(3)Y方向	(1)合成値	(2)X方向	(3)Y方向
(1)撃発前3秒間	-0.291	-0.173	-0.417	0.008	0.079	-0.134
(2)撃発前1秒間	-0.206	-0.110	-0.313	0.042	0.096	-0.073

注) n=22, (1): X・Y方向を合成した身体の動揺量, (2): X（前後）方向の身体の動揺量, (3): Y（左右）方向の身体の動揺量

においては、呼吸停止動作が行われず、呼吸動作に伴う動揺が身体の動揺量に反映すると推察される。また、本研究における身体の動揺量測定時（立位姿勢及び立射姿勢）には、射撃コート等の着用を特別には指示しなかったことから、服装条件が銃口の動揺量測定時とは異なっていたことも影響した原因と考えられる。その他、銃口の動揺量と身体の動揺量の測定を同時に行わなかったことも大きな理由の一つとして挙げられる。すなわち、実弾射撃時の身体の動揺を正確に評価するためには、実弾射撃時の銃口及び身体の動揺量を同時に測定することが重要と考えられる。今後、銃口の動揺量と身体の動揺量を同時に測定するよう測定条件を改善し、両者の関係について詳細に検討することが重要と示唆された。

まとめ

本研究の目的は、射撃経験を有する者を対象に射撃パフォーマンスと銃口及び身体の動揺量の関係を検討することであった。射撃パフォーマンスは射撃得点より評価し、銃口の動揺量はシューティング・アナライザー及びビデオ解析から算出された移動距離、身体の動揺量は床反力計から記録された足圧中心動揺の平均値を用いて評価した。本研究において用いた被検者、実験装置、解析方法、等々の限界の下で以下の結論が得られた。

1) 射撃得点と撃発前3秒間及び1秒間の銃口の動揺量の間にはいずれも有意な高い負の相関(-0.621~-0.604)が認められた。また、射撃得点と撃発前3秒間及び1秒間の両相関係数には有意な差異が認められなかった。よって、銃口の動揺が大きい者ほど射撃パフォーマンスが低く、また、撃発前3秒間の動揺が小さい者ほど撃発前1秒間の動揺は小さいと推測された。

2) 射撃得点と立射姿勢における身体の動揺量との間には中程度の有意な関係が認められたが、立位姿勢と射撃得点の間には有意な関係が認められなかった。射撃得点との相関係数は、

立射姿勢の値が立位姿勢に比べて有意に高かったことから、立射姿勢時における身体の動揺量の方が射撃パフォーマンスに大きく関与するものと考えられた。

3) 銃口の動揺量と身体の動揺量の間にはいずれの測定項目においても有意な関係が認められなかった。この理由として、射手が無意識的・技術的に銃の動揺を補償し、身体の動揺量の大小が銃口の動揺量に直接影響しないと推測された。また、射撃コート等の服装条件の違いや実弾射撃時の銃口の動揺量と同時に身体の動揺量を測定しなかったこと等も影響したと推測された。

文 献

- 1) 浅見俊雄・宮下充正・渡辺 融 (1984) 現代体育・スポーツ体系-第19巻：ライフル射撃-，講談社，東京：pp.129-166
- 2) 藤田 厚 (1960) 射撃選手の体力測定結果-Ⅱ．ライフル銃（ピストルを含む）の射撃姿勢に対する筋力トレーニング，(財)日本体育協会スポーツ科学研究委員会研究報告集：6.
- 3) 藤田 厚 (1962) ライフル射撃の体力に関する研究報告-Ⅱ．ライフル銃の射撃姿勢の筋電図-，(財)日本体育協会スポーツ科学研究委員会研究報告集：2-7.
- 4) 藤田 厚 (1963) ライフル射撃選手に関する研究報告-I．ライフル射撃選手の体力，2.射撃テンポの測定結果について- (財)日本体育協会スポーツ科学研究委員会研究報告集：12-15.
- 5) 小川新吉・勝田 茂・松本太刀雄・羽生典生 (1964) ライフル射撃選手の失点時における呼吸パターンと銃口の動揺及び射撃テンポとの関係，(財)日本体育協会スポーツ科学研究委員会研究報告集：1-9.
- 6) 藤原勝夫・池上晴夫 (1984) 床振動時の立位姿勢の応答特性，体育学研究，29(3)：251-261
- 7) 藤原勝夫 (1986) 立位姿勢保持における水平床振動の知覚，いばらき体育・スポーツ科学，1：7-14.
- 8) 藤原勝夫 (1986) 幼児における床振動時の立位姿勢調節能，姿勢研究，6(1)：19-28.
- 9) 藤原勝夫・中野綾子・池上晴夫・幸山彰一 (1988)

- 水平床振動を繰り返し負荷した場合の立位姿勢調節の変化, 体力科学, 37(1): 25-36.
- 10) 藤原勝夫・外山 寛・浅井 仁・出村慎一・吉村喜信 (1991) 床振動時の立位及び座位での平衡機能, 第10回日本バイオメカニクス学会大会論集, 10: 90-94.
 - 11) 大柿哲郎・杉浦正輝・西田 毅 (1979) 身体平衡機能の姿勢および動作の調整に及ぼす影響, 琉球大学保健医学雑誌, 2(1): 35-42.
 - 12) 小笠原 濟 (1987) ライフルスポーツ, 6月号, 6-9.
 - 13) 佐々木武人 (1987) 直立姿勢の安定性と感覚系, 福島医学雑誌, 37(1): 95-107.
 - 14) 高瀬正典・岸 尚・影山昭二・白井俊央・永井康雄・菊地孝之・奥田利光 (1987) 射撃動作分析(Ⅱ) -照準線動揺の周波数特性-, (財)日本体育協会スポーツ科学研究委員会研究報告集: 87-93.
 - 15) 高瀬正典(1988)ライフル射撃競技における照準, J.J.Sports.Sci, 7(1): 711-716.
 - 16) 時田 喬 (1973) 身体の平衡反射, 日本医師学雑誌, 70: 656-661.
 - 17) V.M.Zatsiorsky. and A.V.Aktov. (1990) Biomechanics of highly precise movements : The aiming process in air rifle shooting, J. Biomechanics (Supply.1): 35-41.
 - 18) 渡辺俊男 (1977) スポーツと集中力-集中力とは-, 体育の科学, 28(9): 618-621.