

2008年度 修士論文

ライフル射撃選手の身体動揺特性について

The characteristics of postural sway in rifle shooters

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 身体運動科学研究領域

5007A055-8

福永 浩介

Kosuke, Fukunaga

研究指導教員： 彼末 一之 教授

ライフル射撃選手の身体動揺特性と競技成績の関係

身体運動科学研究領域

5007A055-8 福永 浩介

研究指導教員：彼末 一之 教授

【序論】

ライフル射撃競技では身体の動揺を抑えることが重要である。そのため、姿勢の制御能力を向上させることが競技成績を上げるための方法として考えられている。しかし、立位姿勢の制御能力と競技成績について縦断的に行った研究はこれまでになく、姿勢の制御能力向上が競技成績の向上につながるという証拠はない。また、これまでの多くの研究が欧米諸国で行われており、日本人を対象とした研究は少ない。そこで、本研究では、日本人ライフル射撃選手の立位姿勢の制御と競技成績の関係について検証することを目的とした。

【実験方法】

実験 1

初心者群として早稲田大学射撃部に所属する新入部員 9 名(男性 5 名、女性 4 名)、コントロール群として 6 名(男性 3 名、女性 3 名)が実験に参加した。実験期間中に特別なバランストレーニングは受けなかった。課題は 30 秒間の静止立位姿勢の維持で、開眼条件と閉眼条件の 2 種類を 10 回ずつランダムに行った。その際、フォースプレートの上に立ち、足圧中心動揺を測定した。実験は初心者群は春、夏、秋の 3 回、コントロール群は春、秋の 2 回行った。

実験 2

被験者は熟練者として日本代表候補選手で男性 5 名、女性 3 名であった。また、大学射撃部員の男性 6 名も実験に参加した。まず、被験者は 40 発の模擬試合を行い、得点と足圧中心動揺を記録した。射座にはフォースプレ

ートが設置されており、選手はその上に立って射撃を行った。被験者のうち熟練者群は、射撃終了後十分な休憩を取った後に、実験 1 と同様の静止立位時の足圧中心動揺を 30 秒、開眼と閉眼で各 10 回ずつ測定した。

姿勢制御能力の評価

実験 1、2 共に、姿勢制御能力の評価項目として足圧中心動揺の速度を採用した。動揺速度は全て身長(m)で割り補正した。射撃中の足圧中心動揺の速度は音センサーの波形が記録された時間から前 3 秒間の平均とした。本研究の有意水準は全て 5%とした。

【結果】

実験 1 で、初心者は春から秋にかけて立位姿勢での動揺速度が開眼条件、閉眼条件共に小さくなった($p<0.05$)。競技成績と各選手の立位姿勢時の足圧中心動揺の速度には有意な相関関係は認められなかった。

実験 2 では、射撃中の足圧中心動揺の速度は静止立位時の開眼条件、閉眼条件に比べて共に有意に小さかった($P<0.001$)。各選手が 40 発撃ったときの射撃中の動揺速度と得点には有意な相関関係は認められず、5 人分計 200 発の動揺速度と得点にも有意な相関関係は認められなかった。また、立位姿勢時の動揺速度と射撃姿勢時の動揺速度で有意な相関関係は認められなかった。大学生射撃選手については、個人内での 40 発の得点とその時の射撃中の動揺速度に有意な相関関係は認められなかったものの、早稲田大学射撃部員 6 名を合わせて 240 発分の得点でみたところ有意な相関関係が認められた($r=-0.36$) また、早稲

田大学射撃部員 6 名を個人間で合計得点と動揺速度について解析し、40 発の合計得点とそのときの平均動揺速度でも有意な相関関係が認められた($r=-0.89$)。また、熟練者、射撃経験約 7 年、射撃経験 2 年未満の選手の順に平均得点は低く、射撃前 3 秒間の動揺速度は早くなっていた。

【考察】

初心者群は春から秋にかけて立位姿勢の制御能力を向上させた。ライフル射撃の練習が立位姿勢の制御に影響を与えたと考えられる。これまでの研究では、複数年の射撃経験を有する射撃選手が被験者であった。本実験では、半年間という比較的短い期間で立位姿勢の制御能力が向上することが示唆された。一方、得点と静止立位時の動揺速度を調べた結果、有意な相関関係が認められないことから、立位姿勢の制御能力の向上が競技成績の向上に直接結びつくものではないことが推察された。立位姿勢の制御能力を向上させるためのトレーニングを行うことは、競技成績の向上につながらないことが推察された。

実験 2 の結果、熟練者の個人内での 1 発毎の得点とその試行の射撃中の動揺速度には有意な相関関係が認められなかった。熟練者 5 名の 40 発、計 200 発の得点と射撃前 3 秒間の動揺速度や、各選手の合計得点と射撃前 3 秒間の平均動揺速度には相関関係は認められなかった。つまり、個人内では初心者、熟練者共に射撃前 3 秒間と得点の関係はないと考えられた。しかし、個人間では初心者には射撃中の動揺速度と得点に関係があり、熟練者にはこの関係がないということが示唆された。中級者と位置づけられる早稲田大学射撃部員の得点と射撃前 3 秒間の動揺速度には個人間で有意な相関関係が認められた。さらに、熟

練者と中級者を合わせた結果では、得点と射撃前 3 秒間の動揺速度に有意な相関関係が認められた。このことから、本実験での熟練者の競技レベルに達するまでは射撃前 3 秒間の動揺速度を遅くすることによって得点の向上が期待できると推察された。初心者群の春と秋の静止立位時の動揺速度の結果と実験 2 での熟練者の静止立位時の動揺速度の結果とを合わせると、初心者群は春から秋にかけて有意に動揺速度を減少させていた。熟練者のサンプル数が少なかったため統計的な有意さは認められなかったものの、初心者群が熟練者群と同程度の動揺速度になったことが推察された。実験 1 で比較的早く立位姿勢の制御能力の向上が見られることが示唆されたが、この向上は熟練者と同程度まで向上していたことが示唆された。一方で実験 2 では、射撃前 3 秒間の動揺速度と得点の関係が個人間で有意に相関関係を認められた。この結果から射撃前 3 秒間の射撃姿勢の制御能力の向上及び獲得は、より長い期間と練習が必要であることが推察された。

【結論】

本研究の目的は、日本人ライフル射撃選手の立位姿勢の制御と競技成績の関係について検証することであった。本研究の結果、初心者はライフル射撃の練習を積むことによって、立位姿勢の制御能力を向上させることが示唆された。しかし、立位姿勢の制御能力の向上と競技成績の向上には直接の関係はないことが推察された。また、ライフル射撃の練習によって獲得される立位姿勢の制御能力は射撃姿勢の制御能力に比べて早く習得されるものであることが示唆された。

目次

第1章	序論	1
第2章	実験方法	3
第3章	結果	7
第4章	考察	18
第5章	結論	23
	参考文献	24
	謝辞	25

第1章 序論

ライフル射撃競技では高得点を取るために、選手はライフル銃を構えてから弾を発射するまでできるだけ動きを小さくして標的を狙う。しかし、心拍動や呼吸などの影響で人は完全に静止することはできない。そのため射撃選手は、より良いフォームを獲得し、身体の動揺を抑えようと練習を重ねる。フォーム以外で重要とされるのが、姿勢の制御能力である。いわゆるバランス能力を向上させることで身体の動揺を小さくしようとするのである。

このような観点からこれまでにいくつかの研究が行われてきた。その結果、熟練者は未経験者に比べて射撃中の身体動揺が小さい(Era et al., 1996; Konttinen et al., 1999)ことや、静止立位姿勢での身体動揺が小さい(Niinimaa & McAvoy, 1983; Aalto et al., 1990)ことが報告されている。これらのことから熟練者は未経験者よりも姿勢の制御能力が優れていると考えられる。このような研究から近年、射撃選手の練習にさまざまなバランストレーニングや筋力トレーニングを取り入れ、静的な姿勢制御能力の向上を計ろうとする試みがされてきている。さらに、未経験者が射撃を行った場合、高い得点を記録した選手ほど射撃中の身体動揺が小さいことが報告されている(Era et al., 1996; Mononen et al., 2007)。一方、熟練者で射撃中の身体動揺と得点の関係を検討した研究によると射撃中の身体動揺と得点に関係がないことが示唆されている(Era et al., 1996; Ball et al., 2003)。このことから分かるように、静的な姿勢制御能力を向上させることが得点の向上につながることを必ずしも示しているわけではない。つまり、身体的な特徴や何らかの生まれ持った資質によって静的な姿勢制御能力の高い選手が優秀な成績を挙げていることも考えられる。この疑問に答えるためには、姿勢制御能力の向上と競技成績の関係を縦断的に調べる必要があると考え

られる。

また、これまでの先行研究は欧米人を対象に行われているが、ライフル射撃競技は法律による規制があるライフル銃を扱うので、各国の法律や風土によって大きく競技環境が異なる。特に日本は銃規制が厳しく、競技を始める年齢や練習設備の数などの点で、主な先行研究が行われたヨーロッパ諸国とは異なると思われる。そのため、射撃選手の特徴も他国とは異なっている可能性がある。日本人を対象とした南ら(1993)の研究では、射撃成績と静止立位姿勢の動揺には有意な相関関係は認められない。これは前述の(Niinimaa & McAvoy, 1983; Aalto et al., 1990)の結果とは異なるものである。これには日本特有の事情があるように思われる。さらに、日本人を対象とした射撃と姿勢の関連に関する研究は極めて少ない。したがって日本人選手の競技力向上のためには、日本人選手を対象とした研究を行うことが必要であると考えられる。

そこで本研究では日本人ライフル射撃選手の静止立位姿勢の制御と競技成績の関係について検証することを目的とした。まず実験 1では、射撃競技初心者を対象としてライフル射撃の通常の練習を重ねることによって静止立位姿勢の制御能力にどのような変化があるのかを縦断的に調べて検討した。また同時に初心者の静止立位姿勢の制御能力と競技成績の関係を検討した。次に実験 2では、日本人のトップレベル射撃選手を含む経験年数や競技レベルの異なる選手の射撃中の姿勢制御と静止立位姿勢の制御の関係について検討した。

第 2 章 実験方法

実験 1

被験者

被験者は早稲田大学体育会ライフル射撃部に所属する新入部員で、2008年4月入部の時点で射撃経験のまったくない選手であった。男性5名、女性4名の計9名が実験に参加した。この選手達を初心者群とした。実験は2008年6月下旬、10月上旬の2回行った。実験期間中の早稲田大学射撃部での練習は、大半がライフル銃を構えて標的に向かう練習であり、それ以外の特別なバランストレーニングを積んではいなかった。また、射撃経験がまったくなく、実験期間中に射撃及び特別なバランス訓練を受けることのない男性3名女性3名が、コントロール群として参加した。

方法

実験は早稲田大学所沢キャンパスのフロンティアリサーチセンター内にある動作解析室で行われた。

課題は30秒間の静止立位姿勢の維持で、開眼条件と閉眼条件の2種類を10回ずつ行った。開眼条件と閉眼条件の順序はランダムに行った。被験者は、両踵、両つま先をそれぞれそろえて両腕を自然に体側に添えるようにした姿勢で、実験室の床に設置されているフォースプレート（キスラー社製）の上に立った。足圧中心動揺はフォースプレートからのアナログ信号をAD変換ボードを介してPCに取り込み、3次元動作解析ソフト EVaRt5.0 によって解析した。フォースプレートのサンプリング速度は500Hzに設定した。フォースプレートの2m前方の各被験者の視線の高さに注視点を設け、開眼条件ではその注視点を見るように指示した。また、閉眼条件の課題中も開眼条件と同じ姿勢をとるように指示した。

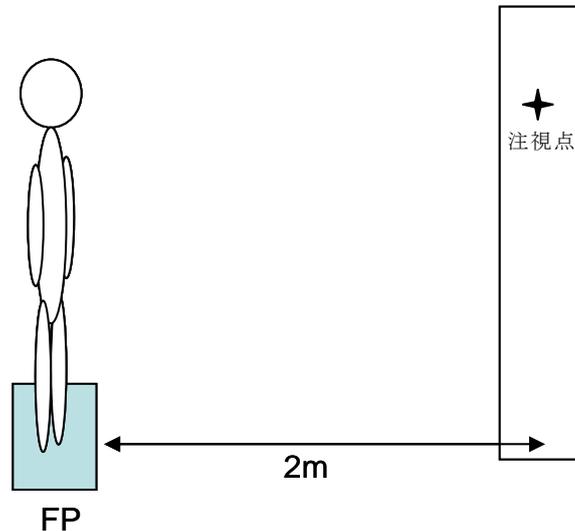


図1 実験1の模式図 FP:フォースプレート

実験2

被験者

被験者は日本ライフル協会指定の日本代表候補選手で男性3名、女性3名であった。彼らを以下熟練者とする。また大学射撃部員の男性6名も実験に参加した。大学射撃部員のうち3名は実験1で初心者群として参加した選手で、実験2の時点で射撃経験が7ヶ月であった。残りの被験者は1名が射撃経験1年7ヶ月、2名が約7年であった。

方法

実験は国立スポーツ科学センター内の射撃・アーチェリー練習場で行った。まず、被験者は40発の模擬試合を行い、得点と足圧中心動揺を記録した。この模擬試合は実際の試合と同じく準備時間を十分に取り、試射を行った後に試技を開始した。実際の試合とは異なり、制限時間は特に設けなかったが、どの選手も公式試合での制限時間である1時間15分以内には十分に撃ち終わることができた。被験者は普段自分が使っているライフル銃を使用し、射

撃専用のコートやシューズなども全て被験者本人の物を着用した。

射座にはフォースプレートが設置されており、選手はその上に立って射撃を行った。フォースプレートからの信号は PC に取り込まれた後、射撃用動作解析ソフト TogoApp(ベルテック社製)で記録した。弾の発射とフォースプレートから得られる記録を同期させるために、音センサーで弾の発射音を記録した。

被験者のうち熟練者群は、射撃終了後十分な休憩を取った後に、実験 1 と同様の静止立位姿勢時の足圧中心動揺を 30 秒、開眼と閉眼で各 10 回ずつ測定した。この実験では専用のシューズとコートは着用していなかった。

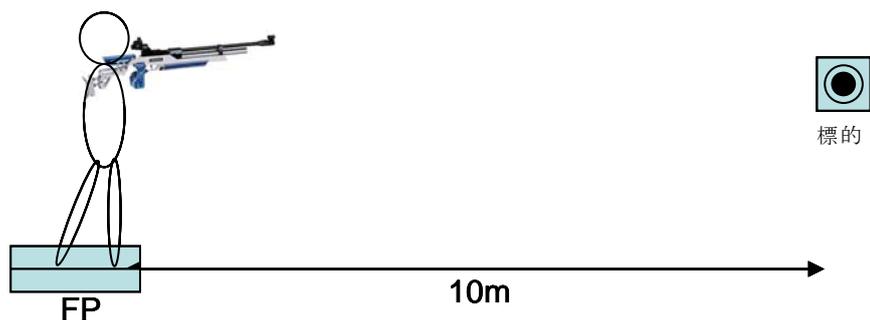


図 2 実験 2 の射撃模擬試合の模式図



図 3 実験風景 模擬試合中の様子

姿勢制御能力の評価

実験 1、2 共に、姿勢制御能力の評価項目として足圧中心動揺の速度を採用した。動揺速度は全て身長(m)で割り補正した。射撃中の足圧中心動揺の速度は音センサーの波形が記録された時間から前 3 秒間の平均とした。本研究の有意水準は全て 5%とした。

第 3 章 結果

実験 1

図 4 に 30 秒間の静止立位姿勢時の測定結果例を示した。図 5 には静止立位姿勢時の足圧中心動揺の例を示した。

静止立位姿勢時の足圧中心動揺は初心者群、コントロール群共に 6 月、10 月を通じて開眼条件が閉眼条件より動揺速度が有意に小さかった ($P < 0.01$) (図 6)。初心者群の開眼条件では 6 月と 10 月の間で有意に動揺速度が小さくなっていった ($P < 0.05$)。初心者群の閉眼条件では、6 月と 10 月の間で有意な動揺速度の現象は認められなかったが、減少傾向は見られた。初心者群とコントロール群を比較したところ、6 月の測定では有意な差は認められなかったが、10 月の測定では開眼条件、閉眼条件共に有意に初心者群が小さな動揺速度を記録した ($P < 0.05$)。

各選手の公式試合及び大学内の記録会での得点は図 7 のように推移した。図 7 以外に 6 月から 12 月までの間で選手はほぼ月に 2 回ずつ記録をとった。この競技成績と各選手の静止立位姿勢時の足圧中心動揺の速度を比較した。同じ月の得点と静止立位姿勢時の動揺速度には有意な相関関係は認められなかった (図 8)。得点の伸び率 ($12 \text{ 月の得点} - 6 \text{ 月の得点} / 6 \text{ 月の得点}$) と 6 月、10 月のどの静止立位姿勢時の動揺速度にも有意な相関関係は認められなかった (図 9)。6 月から 12 月までの平均得点と 6 月、10 月のどの静止立位姿勢時の動揺速度にも有意な相関関係は認められなかった。6 月から 12 月までの最高得点と 6 月、10 月のどの静止立位姿勢時の動揺速度にも有意な相関関係は認められなかった。

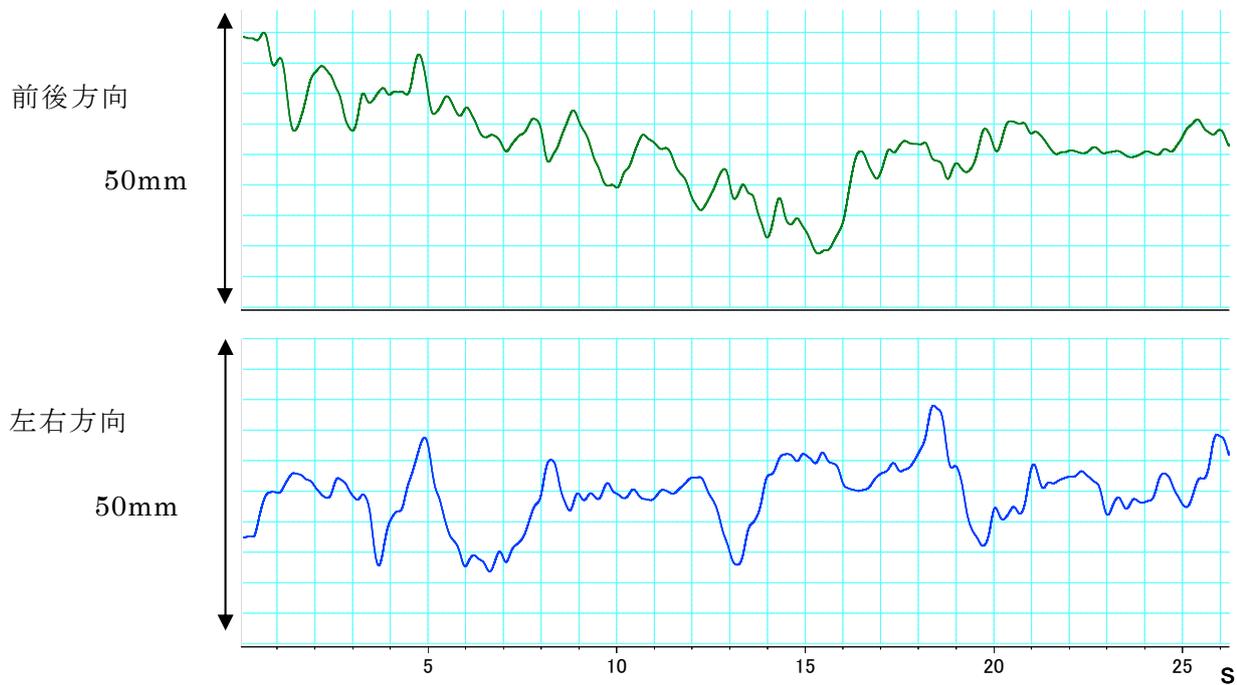


図 4 30 秒間の静止立位姿勢時閉眼条件での前後方向の位置の時間にもなう変化(上)と左右方向の位置の時間にもなう変化(下)の例

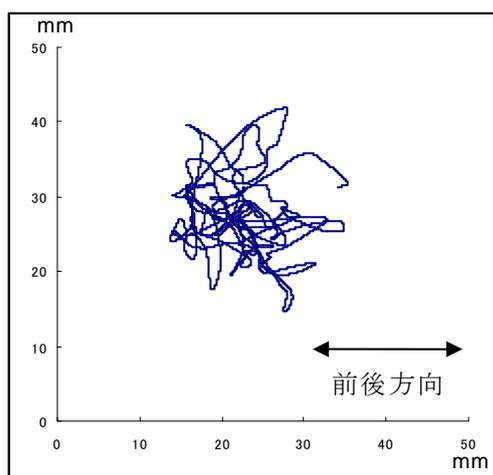


図 5 30 秒間の静止立位姿勢時開眼条件での足圧中心動揺軌跡の例

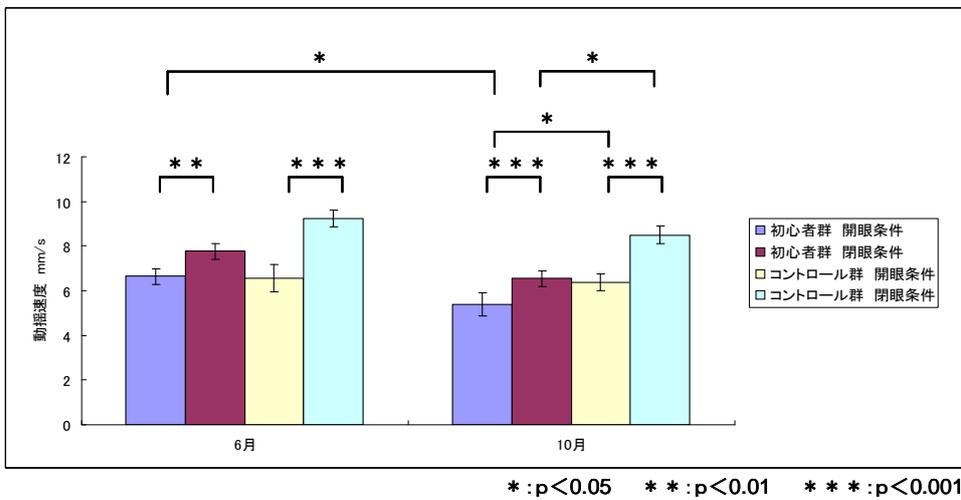


図 6 30 秒間の静止立位姿勢時の動揺速度

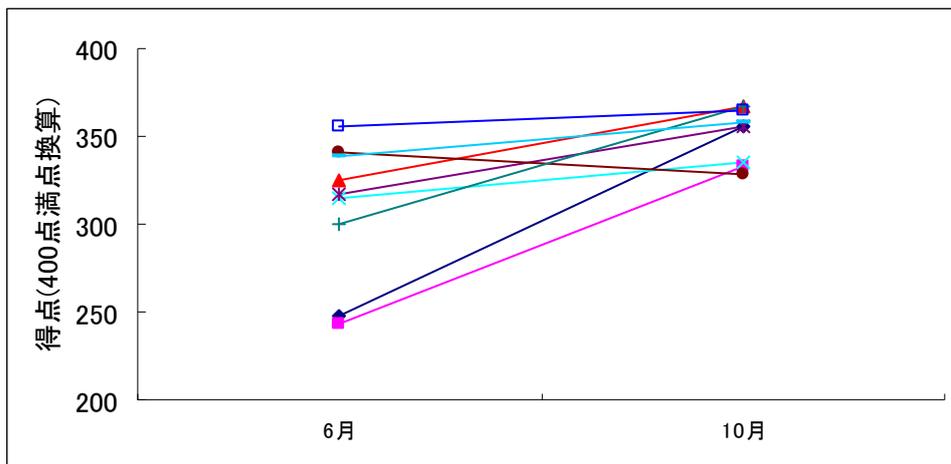


図 7 各選手が試合で記録した 6 月と 10 月の得点

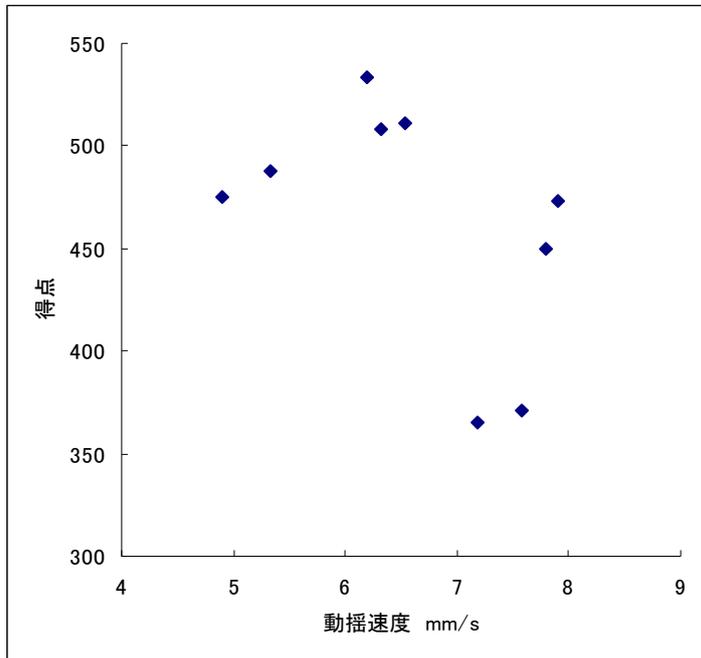


図 8 各選手の 6 月の得点と 6 月の静止立位姿勢閉眼条件の動揺速度

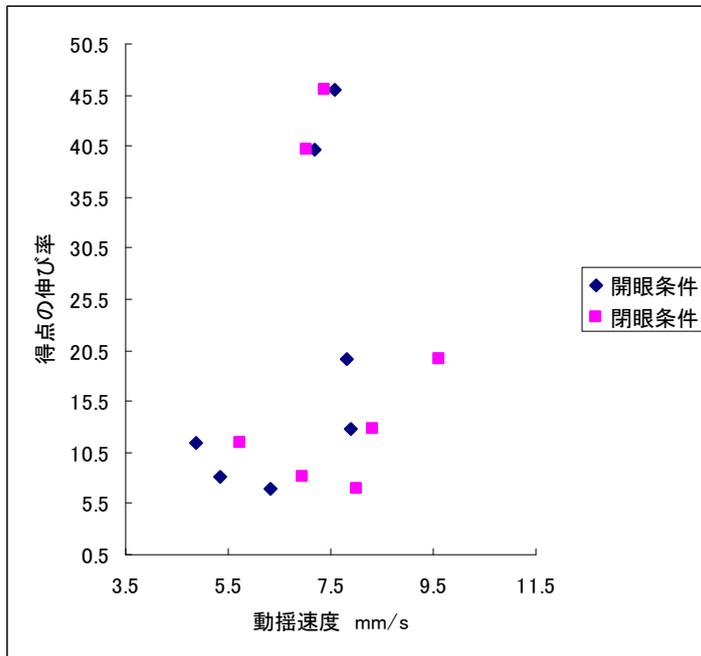


図 9 6 月から 12 月までの得点の伸び率(12 月の得点-6 月の得点/6 月の得点)と 6 月の静止立位姿勢時の動揺速度

実験 2

図 10 は測定したフォースプレートからの信号と音センサーからの射撃音の信号を並べて表示した。図 11a には射撃中の足圧中心動揺の例を図 2 と同じ尺度で表した。図 11b は図 11a を 5 倍に拡大したものである。

熟練者で 1 名得点が記録できなかった選手がいたため、これ以降、熟練者の得点との比較があるパラメータについては残りの熟練者 5 名分について解析した。

射撃中の足圧中心動揺の速度は静止立位姿勢時の開眼条件、閉眼条件に比べて共に有意に小さかった($P < 0.001$)(図 12)。各選手が 40 発撃ったときの射撃中の動揺速度と得点には有意な相関関係は認められず(図 13)、5 人分計 200 発の動揺速度と得点にも有意な相関関係は認められなかった(図 14,15)。また、静止立位姿勢時の動揺速度と射撃姿勢時の動揺速度で有意な相関関係は認められなかった(図 16)。

大学生射撃選手については、図 17 のように個人内での 40 発の得点とその時の射撃中の動揺速度には有意な相関関係が認められなかったものの、早稲田大学射撃部員 6 名を合わせて 240 発分の得点でみたところ有意な相関関係が認められた($r = -0.36$)(図 18)。また、早稲田大学射撃部員 6 名を個人間で合計得点と動揺速度について解析したところ有意な相関関係が認められなかった(図 19)。

熟練者と早稲田大学射撃部員の射撃前 3 秒間の動揺速度と得点の関係を合わせて表したグラフが図 20 と図 21 である。440 発分の得点と射撃前 3 秒間の動揺速度に有意な相関関係が認められた($r = -0.51$)(図 20)。さらに 40 発の合計得点とそのときの平均動揺速度でも有意な相関関係が認められた($r = -0.89$)(図 21)。また、熟練者、射撃経験約 7 年、射撃経験 2 年未満の選手の順に平均得点は低く、射撃前 3 秒間の動揺速度は早くなっていた(図 21)

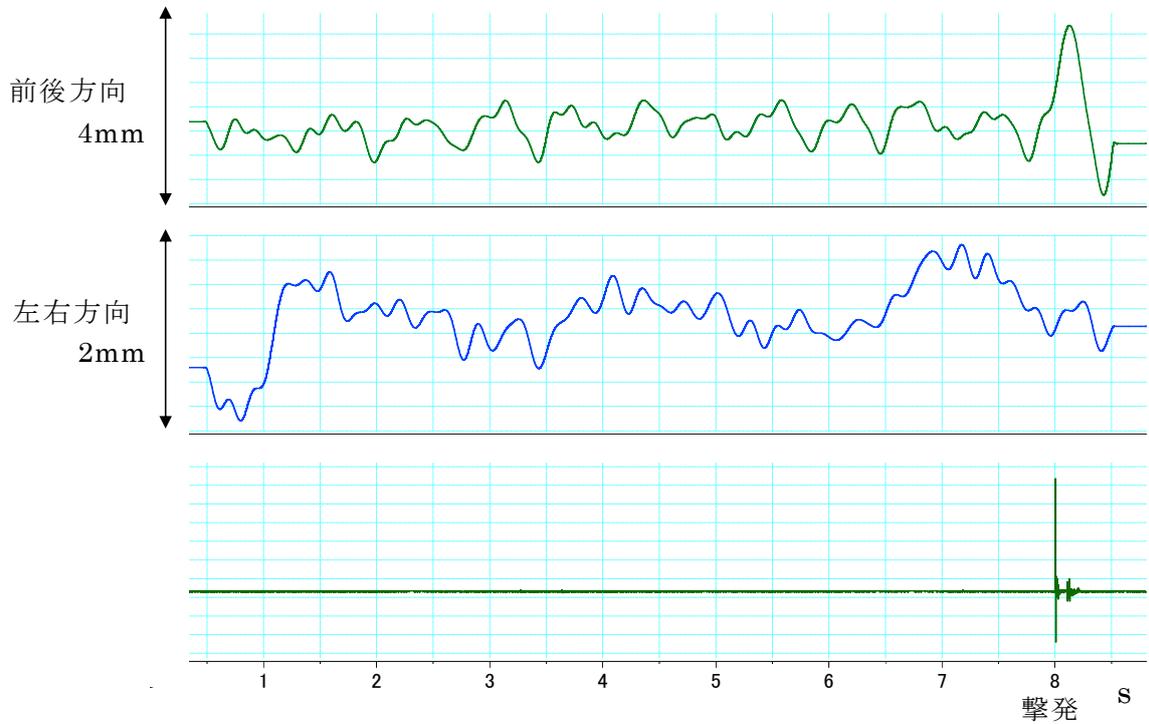


図 10 射撃前 3 秒間の前後方向の位置の時間ともなう変化(上)、左右方向の位置の時間ともなう変化(中)、射撃の瞬間を表す音センサーの波形(下)の例

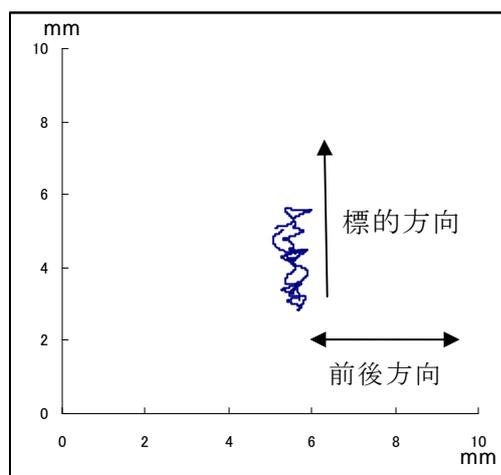
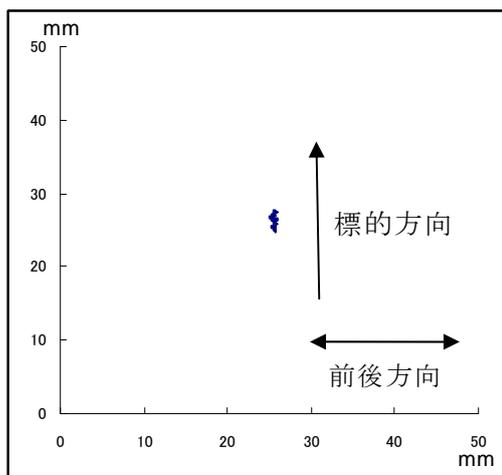
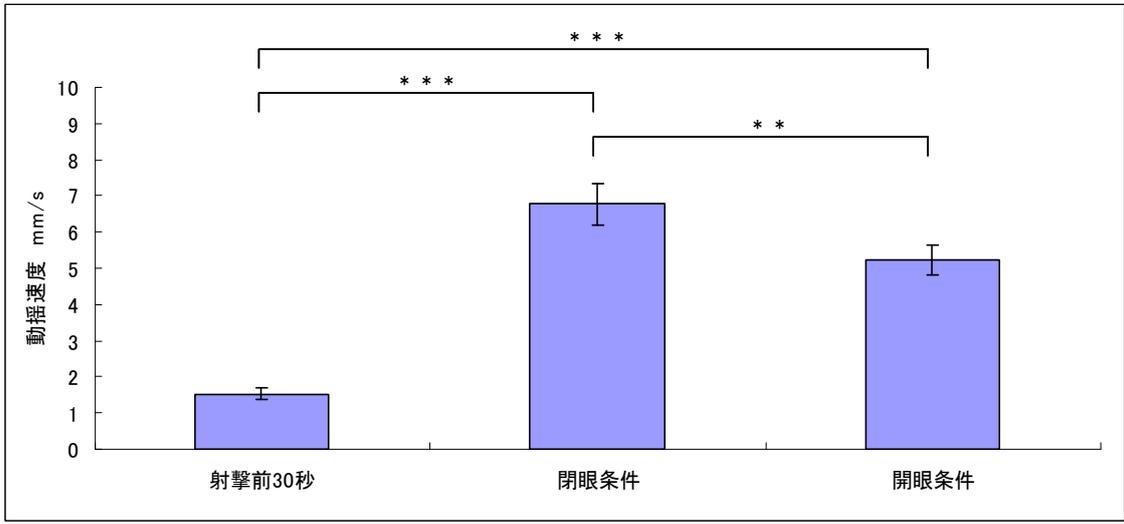


図 11a 射撃中の足圧中心動揺の軌跡の例 図 11b 図 11a の縮尺 5 倍



** : p<0.01 *** : p<0.001

図 12 熟練者の射撃前 30 秒間の足圧中心動揺速度と静止立位姿勢時の開眼条件と閉眼条件での足圧中心動揺速度

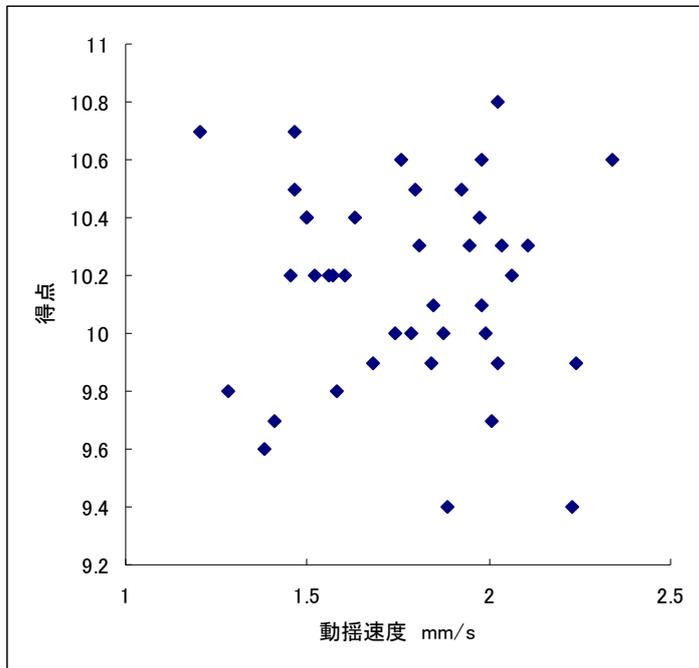


図 13 熟練者 1 人の射撃前 3 秒間の足圧中心動揺速度と 40 発分の得点例

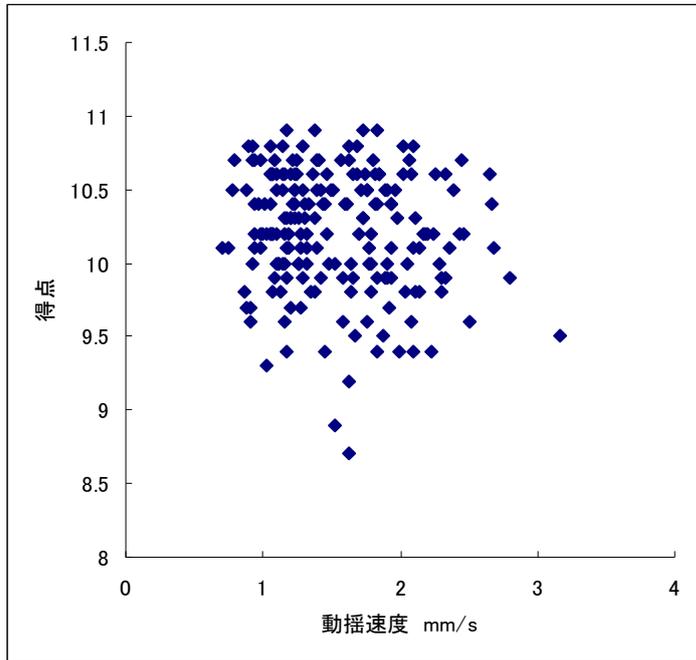


図 14 熟練者 5 人 200 発分の得点と射撃前 3 秒間の足圧中心動揺速度

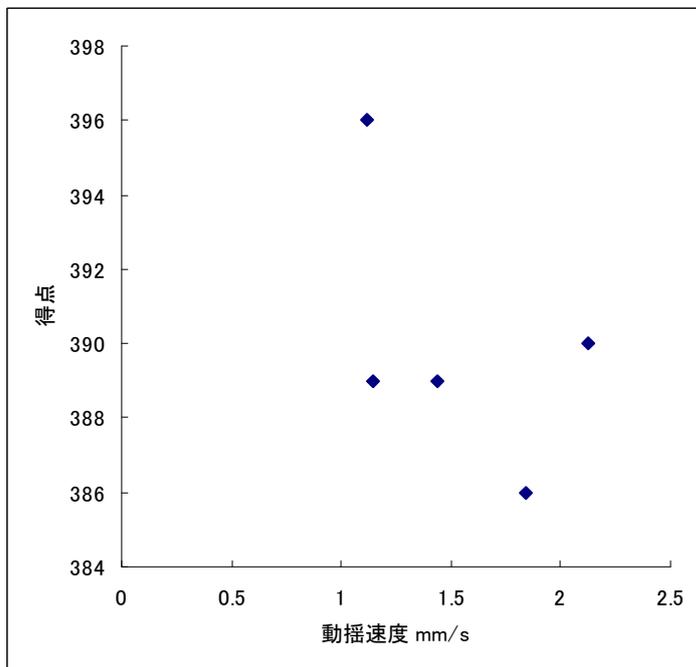


図 15 熟練者 5 人の射撃前 3 秒間の足圧中心動揺速度と 40 発の合計得点

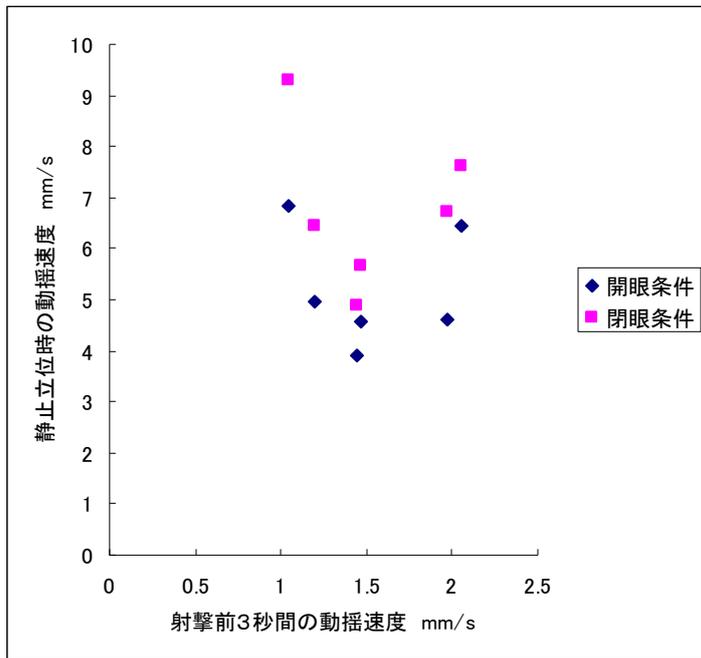


図 16 熟練者の射撃前 3 秒間の足圧中心動揺速度と静止立位姿勢時の足圧中心動揺速度

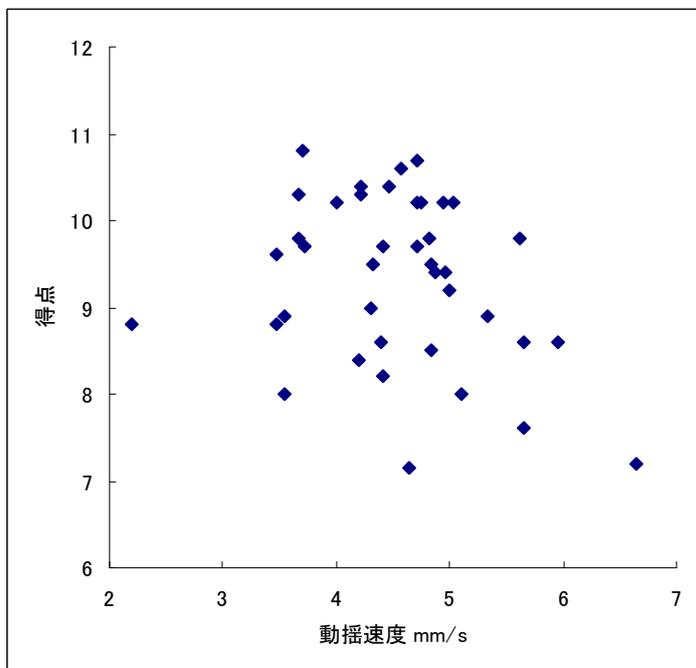


図 17 早稲田大学射撃部員 1 人の射撃前 3 秒間の動揺速度と 40 発分の得点例

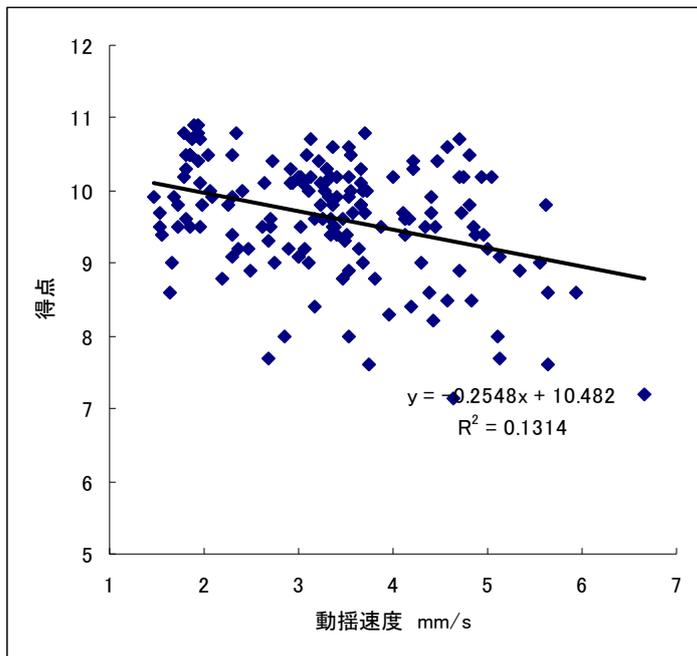


図 18 早稲田大学射撃部員 6 人の射撃前 3 秒間の動揺速度と 6 人分 240 発の得点

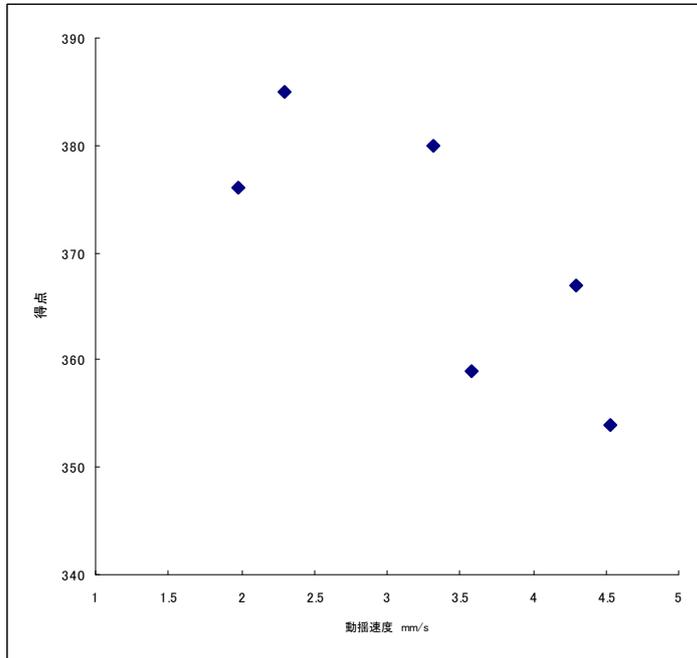


図 19 早稲田大学射撃部員各選手 6 人の合計得点と動揺速度

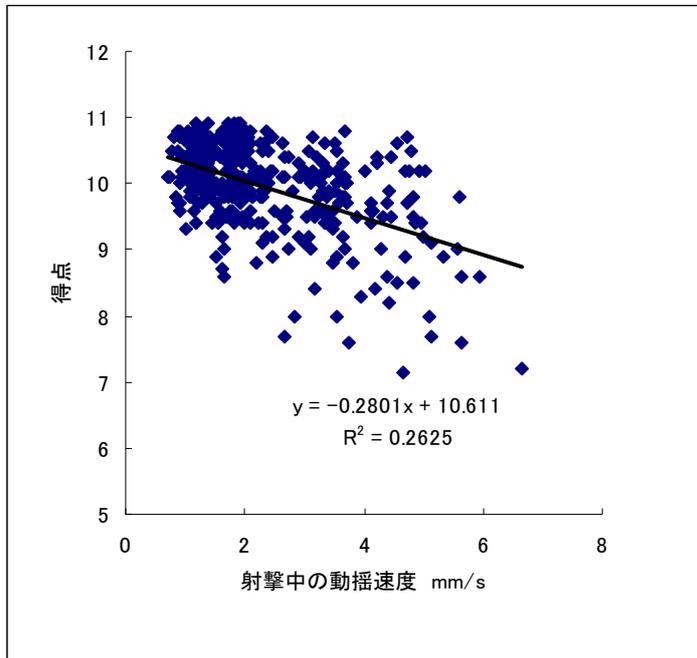


図 20 全選手の射撃前 3 秒間の動揺速度と 440 発分の得点

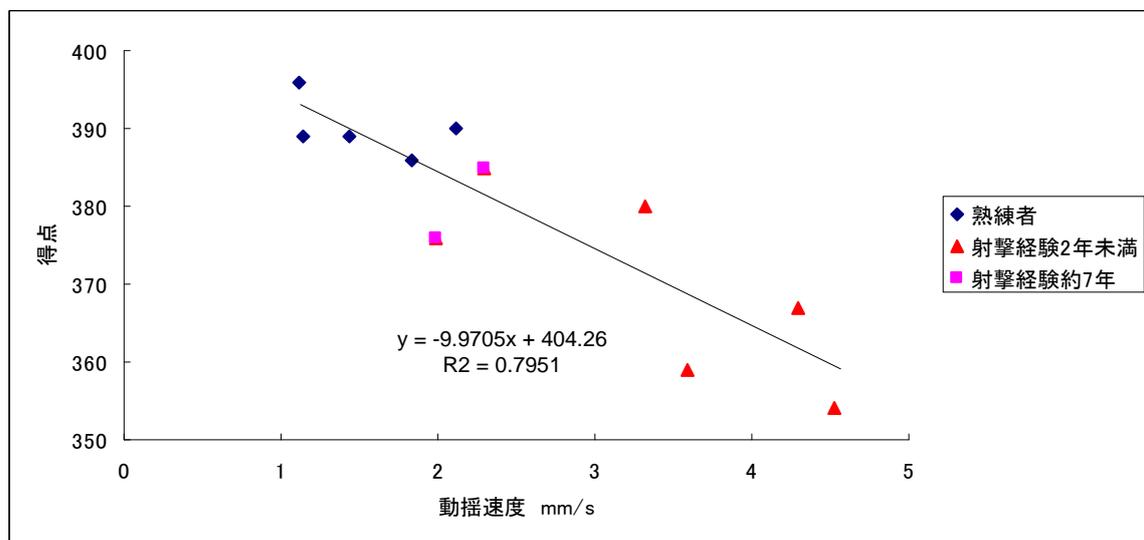


図 21 全選手の射撃前 3 秒間の動揺速度と合計得点

第4章 考察

実験1について

初心者群は6月から10月にかけて静止立位姿勢の制御能力を向上させた。彼らは特別なバランストレーニングを積んだわけではなく、実際にライフル銃を構えて撃つような練習を行っていた。そのため、この結果はライフル射撃の練習が静止立位姿勢の制御に影響を与えたと考えられる。これまでの研究(Niinimaa & McAvoy, 1983; Aalto et al., 1990)は、初心者群と射撃経験者群での比較を行う横断的な研究であった。Niinimaa & McAvoy(1983)は、未経験者と4ヶ月の射撃経験を積んだ選手、熟練者を被験者として、1分間の開眼状態での静止立位姿勢維持を行った。その結果、未経験者、射撃経験4ヶ月の選手、熟練者の順に身体動揺の総軌跡長が短くなった。本実験では、射撃未経験者を被験者として約半年間縦断的に実験を行うことで、ライフル射撃の練習が静止立位姿勢の制御能力を向上させる可能性を示唆した。

静止立位姿勢の安定にはいくつかの要因が考えられる。体性感覚、視覚、前庭系からの感覚入力に基づく要因や姿勢制御に必要な関節の硬度による要因が挙げられる。Winterら(1998)は足関節の硬度が影響を与えていると報告している。硬度が高くなるには、いくつかの要因が考えられる。それは、足関節を固定する筋や靭帯などの組織が硬くなること、筋がより大きく活動し、結果的に硬くなること、筋量の増大などである。そこで、本実験ではライフル射撃の練習をすることによって足関節周囲の硬度が高くなった可能性を考えた。しかし、本実験に参加した被験者は特に筋力トレーニングをしているわけではなく、ライフル射撃の練習によって、筋や靭帯などの組織が硬くなったり、筋量が増加したりすることは考えにくい。また、できるだけ全身の筋をリラックスさせることが、銃口の揺れを防ぐとされているため、

初心者は最初に射撃姿勢をとったときに脱力するように教えられる。このことから筋の活動量が増加しているとも考えにくい。このことから、ライフル射撃選手の足関節の硬度が高くなっているとは考えがたい。ライフル射撃選手は足関節の硬度を高くする以外の体性感覚、視覚、前庭系からの感覚入力に基づく方法で姿勢を安定化させている可能性が推察された。

選手の射撃成績と静止立位姿勢の制御能力の関係について着目すると、図8のように6月の得点と6月の静止立位姿勢時の動揺速度には有意な相関関係は認められなかった。さらに、選手の競技成績の伸び率などの様々な射撃成績に関係する値と比較を行っても、射撃成績に関係する値と静止立位姿勢の制御能力に関係する値で特に有意な相関関係は認められなかった。選手個人内では多くの選手が得点は増加傾向にあり、静止立位姿勢時の動揺速度は減少傾向にある。しかし、個人間で比較すると、静止立位姿勢時の動揺速度が小さい選手、もしくは動揺速度の減少が大きかった選手が必ずしも良い競技成績を残したり、大幅な競技成績の向上を見せたりするというものではなかった。この結果は、南ら(1993)がライフル射撃選手の静止立位姿勢時の動揺はその選手の射撃得点とは関係がないとしていることに沿っている。ライフル射撃の練習とはまったく異なるバランス訓練をして、その前後でのライフル射撃の得点を比較することで、静止立位姿勢の制御能力とライフル射撃競技の競技成績との関係についてより確かな考察が可能であると考えられる。

実験 2 について

実験 2 では熟練者の射撃前 3 秒間の足圧中心動揺の速度は静止立位姿勢時の足圧中心動揺の速度に比べて小さかった。これには 2 つの要因が考えられる。1 つは、射撃専用のコートやシューズの影響である。射撃専用のコ

ートやシューズは足首や体幹を固定する働きがあり、コートやシューズを装着することで身体の動揺は小さくなることが報告されている(Aalto et al., 1990)。2 つ目には、立位姿勢では足幅を広くすることで動揺が小さくなると考えられることが挙げられる。

本実験の結果、熟練者の個人内での 1 発毎の得点とその試行の射撃前 3 秒間の動揺速度には有意な相関関係が認められなかった。Mononen ら(2007)は個人内では初心者は射撃中の動揺速度と得点の関係はないとしているが、熟練者でも同様のようである。また、Mononen ら(2007)は、初心者の場合個人間で射撃中の動揺と得点に相関関係が認められたと報告している。しかし、本実験では熟練者 5 名の 40 発、計 200 発の得点と射撃前 3 秒間の動揺速度や、各選手の合計得点と射撃前 3 秒間の平均動揺速度には相関関係は認められなかった。つまり、個人内では初心者、熟練者共に射撃前 3 秒間と得点の関係はないことが示唆された。しかし、個人間では初心者には射撃中の動揺速度と得点に関係があり、熟練者にはこの関係がないということが考えられた。初心者については、熟練者に比べて得点や動揺速度に大きなばらつきが見られることや、射撃姿勢の動揺以外の技術的な要因で大きく得点が変わることが、個人内での結果に影響していると考えられる。一方、個人間の結果は同じようにつたない技術水準では射撃前の身体の動揺が得点に影響していると考えられる。熟練者については、射撃前 3 秒間の動揺速度は極めて小さく安定しており、得点も 10 点付近で安定している。つまり、射撃前の動揺はどの選手も限界まで小さくなっており、他の技術的、または精神的要因によって得点が左右されていることが考えられる。そのため個人内、また個人間の両方で射撃前 3 秒間の動揺速度と得点に関係が認められなかったと推察された。これを裏付けるように、中級者と位置づけられる早稲田大学射撃部員の得点と射撃前 3 秒間の動揺速度には個人間で有

意な相関関係が認められた。さらに、熟練者と中級者を合わせた結果では、得点と射撃前 3 秒間の動揺速度に有意な相関関係が認められた。平均得点は熟練者、射撃経験約 7 年、射撃経験 2 年未満の選手の順に低く、射撃前 3 秒間の動揺速度は早くなっていた。このことから、本実験での熟練者の競技水準に達するまでは、射撃前 3 秒間の動揺速度を遅くすることによって得点の向上が期待できると推察された。

実験 1, 2 をあわせて

図 22 には、実験 1 での初心者群の 6 月と 10 月の静止立位姿勢時の動揺速度の結果と、実験 2 での熟練者の静止立位姿勢時の動揺速度の結果とを合わせて示した。これによると、初心者群は開眼条件でも閉眼条件でも 6 月から 10 月にかけて有意に静止立位姿勢時の足圧中心動揺の速度を減少させていた。有意差は認められなかったが、10 月の閉眼条件では初心者群の静止立位姿勢時の動揺速度の平均値が熟練者の静止立位姿勢時の動揺速度の平均値を下回っていた。熟練者数が少なかったため統計的な有意差は認められなかったものの、初心者群が熟練者群と同程度の動揺速度になったことが推察された。先行研究と比較すると、Niinimaa & McAvoy(1983)は 4 ヶ月の射撃経験者で有意ではないものの、動揺の総軌跡長の減少傾向が見られたと報告している。ここで、総軌跡長とは本実験の動揺速度に計測時間を掛けたものであり、表している意味は同じである。彼らの研究では、総軌跡長の比較によって 4 ヶ月の射撃経験者は全くの未経験者よりも動揺は小さいが熟練者よりは大きいと報告されている。本実験との違いは初心者群の射撃経験の期間や質であると考えられる。先行研究ではどのような射撃訓練を積んだかは明記されていないため経験の質についてはわからないが、射撃経験の期間は本実験の方がやや長く、10 月の実験の時点で約 6 ヶ月であった。ライ

フル射撃の訓練の質や量によって違いはあるが、静止立位姿勢の制御能力は1年にも満たない期間で熟練者に近い水準まで向上することが推察された。

一方で実験2では、射撃前3秒間の動揺速度と40発の合計得点の関係について検討している。図21で示したように、40発の合計得点と射撃前3秒間の動揺速度には有意な相関関係が認められる。ここで、図21に示された被験者の射撃経験を考えてみる。射撃経験が2年未満の選手は熟練者や長期の射撃経験がある選手に比べて射撃前3秒間の動揺速度が小さいように見える。熟練者の射撃経験年数はさまざまであるが、少なくとも2年以上は経験している。初心者が静止立位姿勢の制御能力を半年ほどで向上させていった過程と比べて、射撃前3秒間の射撃姿勢の制御能力の向上及び獲得は、より長い期間のライフル射撃経験が必要であることが推察された。

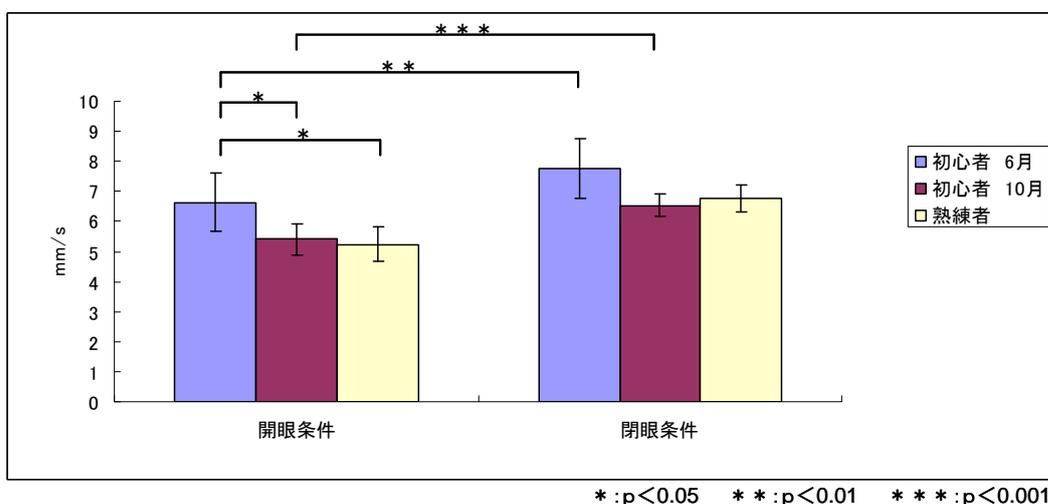


図22 初心者群6月10月の静止立位姿勢時の動揺速度と熟練者の静止立位姿勢時の動揺速度

第5章 結論

本研究の目的は、日本人ライフル射撃選手の静止立位姿勢の制御と競技成績の関係について検証することであった。本研究の結果、初心者はライフル射撃の練習を積むことによって、静止立位姿勢の制御能力を向上させることが示唆された。しかし、静止立位姿勢の制御能力の向上と競技成績の向上には直接の関係はないことが推察された。また、ライフル射撃の練習によって獲得される静止立位姿勢の制御能力は射撃姿勢の制御能力に比べて早く習得されるものであることが示唆された。

参考文献

- Aalto H, Pyykkö I, Ilmarinen R, Kähkönen E, Starck J. Postural stability in shooters. *J Otorhinolaryngol Relat Spec* 1990;52:232-238
- Ball K, Best R, Wrigley T. Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra- individual analysis. *J Sport Sci* 2003;21:559-556.
- Era P, Konttinen N, Mehto P, Saarela P, Lyytinen H. Postural stability and skilled performance – a study on top level and naïve rifle shooters. *J Biomech* 1996;29:301-306.
- Konttinen N, Lyytinen H, Era P. Brain slow potentials and postural sway behavior during sharpshooting performance. *J Mot Behav* 1999;31:11-20.
- 南 雅樹, 出村 慎一, 藤原 勝夫, 長澤 吉則. 射撃パフォーマンスと身体の動揺量の関係. *体力科学* 1993;42:6:620.
- Mononen K, Konttinen N, Viitasalo J, Era P. Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:180-185.
- Niinimaa V, McAvoy T. Influence of exercise on body sway in the standing rifle shooting position. *Can J Appl Sport Sci* 1983;8:30-33.
- Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M, Gielo-Perczak K. Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol* 1998;80:1211-21.

謝辞

本修士論文を作成するにあたりまして、主査である彼末一之先生に厚く御礼申し上げます。年末・年始のお忙しい中、遅々として進まない私の執筆にお付き合い頂き、丁寧な御指導を賜りました。ご心配、ご迷惑をおかけしました。

また、副査として御指導いただきました内田直先生、鳥居俊先生にもあわせて御礼を申し上げます。

そして論文作成を御指導いただきました村岡哲郎先生、坂本将基先生をはじめ、彼末研究室の皆様には、大変お世話になりました。

本修士論文は日本ライフル射撃協会の協力の下行われました。協会の関係者の皆様には被験者や日程の手配等、様々なご協力をいただきました。同時に本研究は実験の一部を国立スポーツ科学センターで行いました。関係者の方々には快く協力をしていただきました。あわせて感謝の意を申し上げます。

最後に早稲田大学ライフル射撃部の溝部政司監督をはじめ、ご協力いただいた部員の皆様に御礼申し上げます。

2009年1月吉日

彼末研究室 修士課程2年

福永浩介