

原 著

高校生ラグビー選手の重心動揺について

The postural sway of center of gravity in high school rugby football players

溝 畑 潤

Jun Mizohata

Abstract

This study examines the measurement results relation to postural sway of the center of gravity, physique and fitness test in high school rugby football players. Several points of the study are noteworthy.

First, in terms of physique there appears to be no significant difference between students who play “Forward (FW)” and those who play “Backs (BK)” in height. It was found that students playing FW were heavier than those playing BK regarding body weight, percent fat, and lean body mass. In terms of athletic ability however, it was found that those playing BK exceeded those playing FW regarding measurement result values by grip-strength and the 20m shuttle run ($p<0.05$).

Secondly, it was found that those playing BK were lower than those playing FW, in terms of Environment Area (Env.Area) in center-of-gravity agitation. It had been thought that those playing BK would have excelled in terms of balance in the postural sway of the center of gravity.

Finally, a case study regarding center-of-gravity agitation found that the student who was selected by the All Japan Team for those under the age of nineteen values for Length (LNG) and Env.Area in center-of-gravity agitation was in fact lower than another student who plays the same position. However, the differences were not significant between the two students in terms of physique and measurement values of athletic ability.

This study suggested that the measurement values of postural sway of the center-of-gravity agitation can be used as another index to judge the motor fitness in rugby football players.

キーワード 高校生ラグビー選手, 重心動揺, 運動能力, 競技力

High school rugby football player, Postural sway of center of gravity,
Motor fitness, Performance Ability

I. はじめに

ヒトは数百万年以上もかけて四足歩行から二足歩行へと進化してきた。常習的に二本の脚で立って身体を移動する習性を持ち、それに適応した形態と構造を兼ね備えているのは霊長類の中でも人間だけである（藤原ら，1982，1984）。ヒトは生後およそ1年の歳月を経て、ひとりで立つことが可能になる（高石ら，1982）。立位姿勢は高い重心位置を狭い足底面で支えているため力学的には比較的不安定な姿勢といえる（北城，1999）。この立位姿勢を保持させるために必要な能力は、前庭・視覚器・筋紡錘などの受容器と筋肉・骨格などの効果器とをつなぐ中枢神経および抹消神経など、器官の諸機能の総合としての能力であり、ヒトのからだの生理的メカニズムを知る上で重要な意味を持つ（平沢ら，1993）。平沢ら（1993）は、「直立能力の発達段階を小学校就学以降の重心動揺面積から、6歳から20歳までを発達期、20歳から60歳台までを充実期、それ以降を衰退期と分類している。また、直立能力の発育期とされる6歳から20歳までの重心動揺面積の経時変化が、スキヤモンの発育発達曲線の神経系に極めて類似していたことから、直立能力の発達に重要な役割を果たす因子は、神経系の発達である」と述べている。重心動揺の測定は元々高齢者の転倒予防を目的として医療機関で利用されてきた（木村ら，1998；砂堀ら，2003）。近年、高齢者だけでなく、子どもや成人を対象にした重心動揺の研究が行われている（Usui et.al, 1995；鈴木政登，1998；恒屋ら，2006；Shintaku et.al, 2007）。著者らは4歳児の重心動揺と運動能力の関係に着目し、運動能力テスト7種目（25m走、ボール投げ、片足連続跳び、立ち幅跳び、腕立て支持、反復横跳び、開眼片足立ち）の総合得点の高かった幼児は、開眼および閉眼の状態で測定した重心動揺値のいずれも優れていたことを報告した（新宅ら，2004）。また、スポーツ選手の重心動揺と競技力の関係にも着目し、飛び込み競技選手では、踏み切り動作の安定した選手は重心動揺値が小さかったことから、重心動揺と競技力には有意な関係が示唆されたことを報告し

た（新宅ら，2003）。さらに、球技スポーツの中でも相手との接触プレーが許され、筋力、筋持久力、瞬発力および柔軟性などの総合的な体力、運動能力が要求されるラグビーフットボール（ラグビー）の大学生ラグビー選手の筋力と重心動揺の関係について検討し、ベンチプレス、アッパーバック、ショルダーバック、レッグカール、レッグエクステンションおよびスクワットのアイソメトリックによる最大筋力（1RM）と重心動揺値の間には有意な相関関係が認められなかったことを報告している（溝畑ら，2007）。しかしながら、著者らのこれまでの報告では発育発達の著しい小学生、中学生および高校生を対象とした重心動揺と運動能力の面からの検討をしていない。そこで本研究では、発育発達期にある高校生ラグビー選手の重心動揺に着目し、検討を行った。

II. 方法

1. 対象

対象者は、T大学付属高等学校ラグビー部員74名（内訳：1年生25名，2年生27名，3年生22名），平均年齢は 16.5 ± 1.0 歳（平均 $\pm$ 標準偏差：以下同様）であった。なお、T大学付属高等学校ラグビー部は全国トップクラスのチームで、全国高校大会の常連校であり、過去に優勝経験もあるラグビー強豪校である。卒業生には、大学や社会人のトップチームで活躍し、さらに全日本代表選手として活躍する者も存在する。

2. 形態測定および体力テスト

形態測定としては、身長、体重、および体脂肪率の測定を行った。体脂肪率は、TANITA社製TBF-320を用いて、生体インピーダンス（bio-electrical impedance method：BI）法から測定した。体力テストとして、文部科学省スポーツ・青少年局が実施している新体力テスト（文部科学省スポーツ・青少年局，2008）から、握力（左右）、長座体前屈およびシャトルランの測定を行った。

3. 重心動揺の測定

重心動揺の測定は、アニメ株式会社製グラビコーダGS-10を使用し、総軌跡長 (LNG) と外周面積 (Env.Area) を求めた。なお、測定時の環境設定については、日本平衡神経科学会運営委員会の「重心動揺のQ&A、手引き」(日本平衡神経科学会運営委員会, 1996) に基づいて、静かで明るさが均等な部屋において2メートル前方の目の高さに固定した視点を注視させ、開眼の状態で直立姿勢の条件下で30秒間測定した。測定は計3回行い、それらの中央値を採用した。なお、重心動揺は、身長が影響することから、身長補正により重心高を一定にすることが必要となる。本研究では平沢 (1993) らの方法を用いて補正值の算出式を

「補正值 = 実測値 $\times$ 160 $\div$ 身長」
とした。

4. 統計処理

統計処理には統計解析ソフトSPSS for Windows ver.17.0Jを用いた。なお各変数間の有意差検定については対応のない平均値の差の検定 (t 検定)、相関分析にはピアソンの相関係数を用い、有意水準を危険率5%未満で有意とした。

Ⅲ. 結果

1. 形態的特徴および体力テスト

表1は対象の年齢、身長、体重、体脂肪率、除脂肪体重について示したものである。17歳男子の全国平均値と比較すると、身長では全国平均よりも2.5cm高く、有意な差が認められた。また、体重も全国平均よりも12.5kg有意に重かった。

表2は対象をフォワード (FW) とバックス (BK) の2つのポジションに分け、ポジション別に形態的特徴を示したものである。すべての項目でFWがBKを上回り、身長で2.6cm、体重で12.4kg、BMIで3.4kg/m²、体脂肪率で3.2%、除脂肪体重で7.3kg有意に高い値を示した。

表3は、ポジション別にみた体力テストの結

表1 対象の形態的特徴

	T大附属ラグビー部(n=74)	全国平均(17歳:n=1420)
年齢(歳)	16.5 $\pm$ 1.0	17歳
身長(cm)	173.2 $\pm$ 5.7 *	170.7 $\pm$ 5.7
体重(kg)	74.8 $\pm$ 10.8 *	62.3 $\pm$ 8.9
BMI(kg/m ²)	24.9 $\pm$ 3.2	—
体脂肪率(%)	20.3 $\pm$ 4.8	—
除脂肪体重(kg)	59.4 $\pm$ 6.9	—

mean $\pm$ S.D. *: p < 0.05

表2 ポジション別 (FW・BK) にみた形態的特徴

	FW (n=39)	BK (n=35)
身長(cm)	174.5 $\pm$ 6.1 *	171.9 $\pm$ 5.1
体重(kg)	80.7 $\pm$ 21.8 *	68.3 $\pm$ 6.4
BMI(kg/m ²)	26.5 $\pm$ 3.2 *	23.1 $\pm$ 1.9
体脂肪率 (%)	21.8 $\pm$ 5.3 *	18.6 $\pm$ 3.6
除脂肪体重(kg)	62.8 $\pm$ 6.8 *	55.5 $\pm$ 4.6

mean $\pm$ S.D. *: p < 0.05

表3 ポジション別にみた体力テストの結果

	全体 (n=74)	FW (n=39)	BK (n=35)
握力・右 (kg)	49.7 $\pm$ 8.4	49.0 $\pm$ 10.2	50.4 $\pm$ 5.9
握力・左 (kg)	47.2 $\pm$ 7.6	46.7 $\pm$ 9.1	47.7 $\pm$ 5.9
握力・平均 (kg)	48.4 $\pm$ 7.1	47.8 $\pm$ 8.2	49.0 $\pm$ 5.6
長座体前屈 (cm)	50.4 $\pm$ 8.8	52.7 $\pm$ 11.8	49.0 $\pm$ 6.5
シャトルラン(回)	87.4 $\pm$ 17.4	76.8 $\pm$ 20.5	96.8 $\pm$ 13.2 *

mean $\pm$ S.D. *: p < 0.05

果について示したものである。握力では左右ともにBKの方がFWよりも高い値を示し、右で1.4kg、左で1.0kgの差がみられたが、有意な差は認められなかった。長座体前屈はFWがBKよりも3.7cm高い値を示した。しかしながら、有意な差は認められなかった。シャトルランではBKがFWよりも20.0回有意に高い値を示した。

2. 重心動揺について

表4は、重心動揺の総軌跡長と外周面積について示したものである。総軌跡長では、FWが

表4 ポジション別にみた重心動揺

	FW (n=39)	BK (n=35)
総軌跡長(LNG) (cm)	31.9±6.0	32.0±6.5
外周面積(Env. Area)(cm ²)	1.5±0.6	1.2±0.4 *
	mean±S. D.	*: p<0.05

31.9±6.0cm, BKが32.0±6.5cmと両者との間に差は認められなかった。一方、外周面積ではFWが1.5±0.6cm², BKが1.2±0.4cm²とBKがFWよりも0.3cm²小さい値を示し、有意な差が認められた。

表5は、重心動揺と体力テストとの相関関係について示したものである。総軌跡長と外周面積の相関係数が $r=0.300$ 、握力（平均）と長座体前屈が $r=0.300$ で、それぞれに有意な相関関係が認められた。それ以外の項目では有意な相関関係は認められなかった。

3. 個別的にみた重心動揺について

図1は対象の中で、日本代表アンダー19歳に選出されたBKでウイングのポジションのT.U.と、そのT.U.と同じポジションでレギュラーではないK.W.の重心動揺について示したものである。総軌跡長、外周面積ともにT.U.がK.W.よりも値が小さく、総軌跡長で12.2cm, 外周面積で0.9cm²の差がみられた。

表6は、T.U.とK.W.の形態的特徴および体力テストの結果について示したものである。形態的特徴では、T.U.が身長、体重ともにK.W.よりも大きく、身長で3.7cm, 体重で1.2kgの差がみられた。またBMIと体脂肪率では、T.U.がK.W.よりも低い値を示し、BMIで0.6kg/m², 体脂肪率で2.1%の差がみられた。除脂肪体重ではT.U.がK.W.よりも重く、2.4kgの差がみられた。体力テストの結果では握力（平均）と長座体前屈でK.W.がT.U.よりも高い値を示し、握力で1.4kg, 長座体前屈で7.0cm上回っていた。一方、シャトルランは、T.U.がK.W.よりも3.0回上回っていた。

IV. 考 察

三野ら（2004）は、「ラグビーは無機能的な筋持久能力が重要な体力要素であり、専門的体力である。よって、ラグビーに必要な筋組織を発達させるためにトレーニングされる。そのトレーニングによってラグビーに必要な筋組織が発達し、体重増加がみられることになる」と述べている。したがって、本研究の対象の体重は、全国平均と比較して平均12.5kgも重く、ラグビー選手の体格的特徴を表しているといえる。近年、ラグビーはプレーの継続性をより重要視し、スピーディーで建設的な激しいラグビーが行われている。これは1995年のラグビーのオープン（プロ）化が大きく影響している（野口, 1999）。

表5 重心動揺と体力テストの相関行列

	総軌跡長(LNG)	外周面積(Env. Area)	握力・平均	長座体前屈	シャトルラン
総軌跡長(LNG)		0.300 *	-0.097	0.075	0.276
外周面積(Env. Area)			0.087	0.037	-0.057
握力・平均				0.300 *	-0.093
長座体前屈					-0.101
シャトルラン					

*: p<0.05

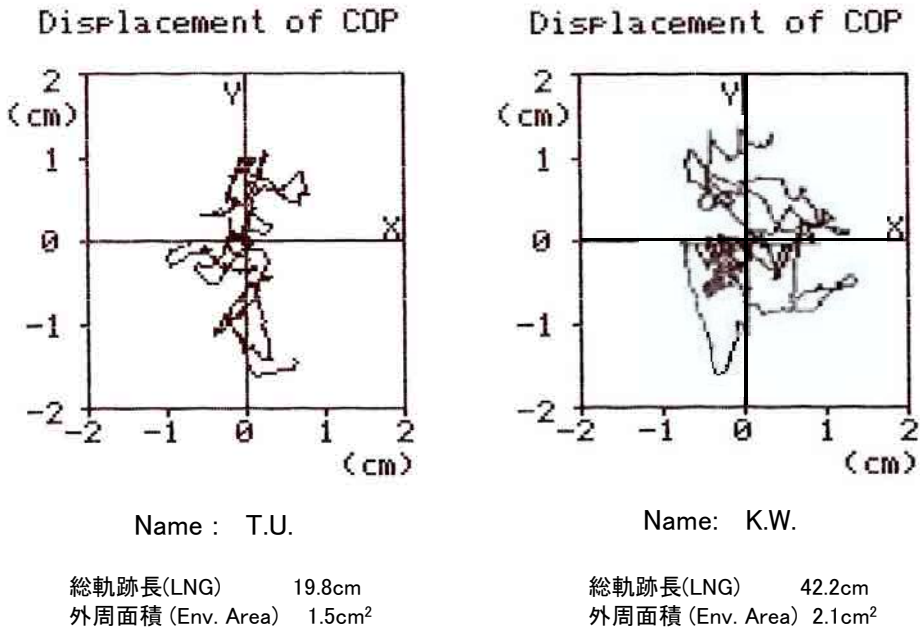


図1 T.U.およびK.W.の重心動揺

表6 T.U.およびK.W.の形態的特徴と体力テストの結果

	T. U.	K. W.
身長 (cm)	179.7	176.0
体重 (kg)	74.2	73.0
BMI (kg/m ²)	23.0	23.6
体脂肪率 (%)	15.8	17.9
除脂肪量 (kg)	62.4	60.0
握力・右 (kg)	53.5	50.1
握力・左 (kg)	49.5	55.6
握力 (平均)	51.5	52.9
長座体前屈 (cm)	47.0	54.0
シャトルラン (回)	110.0	107.0

Bellら (2005) は、近年のラグビー選手の体格について、FW、BKのポジションに関係なく、体格が大きく、筋力が強く、パワフルな選手が多いことを報告している。本研究のFWとBKを比較すると、FWが体重と除脂肪体重でBKよりも有意に重く、FWがBKよりも筋量が多いことが示唆された。体力テストの結果では、握力とシャトルランでBKがFWを上回っていたが、握力

は有意な差は認められなかった。また、シャトルランではFWとBKの回数に有意差があるものの最大酸素摂取量を平均体重とシャトルランの回数から求めると、FWでは3494.31 ml/min (43.3ml/kg・min×80.7kg)、BKでは3264.74 ml/min (47.8ml/kg・min×68.3kg) となり大きな差はみられなかった。よって、本研究においてFWとBKとの間に筋量、筋力および持久性に差がみられたが、いずれも有意な差ではないことが示唆された。

次に重心動揺について考察する。ヒトの身体は多くの関節と筋から構成されていて、自由度は大きい。しかし実際にヒトのとることのできる姿勢はかなり制限されている。それは関節の可動域に限界があること、地球という重力環境下にいることが影響している。立位姿勢は高い重心位置を狭い足底面で支えているため力学的には比較的不安定な姿勢といえる (北城, 1999)。重心動揺の測定において、総軌跡長は計測時間内の重心点の移動した全長を表している。すな

わち、総軌跡長が短いほど動揺が小さかったことを意味する。また、外周面積は重心動揺の軌跡の最外郭によって囲まれる内側の面積であり、外周面積が小さいほど動揺した範囲が狭かったことを意味する（時田喬，2000）。本研究において重心動揺の測定結果をポジション別にみたところ、総軌跡長ではFWとBKとの間に有意な差は認められなかったが、外周面積ではBKがFWよりも有意に小さい値を示した（表4）。よって、BKは、FWよりも重心動揺の安定性が高いことが示唆された。さらに本研究では優れたラグビー選手の重心動揺について検討を加えた。その結果、日本代表アンダー19歳以下に選出されたBK（ウイング）のT.U.と、そのT.U.と同じポジションでレギュラーではないK.W.の重心動揺についてみたところ、総軌跡長、外周面積ともにT.U.はK.W.よりも低い値を示し、立位姿勢における重心動揺がK.W.よりも優れていたことが示唆された（図1）。T.U.とK.W.の形態的特徴および体力テストの結果について比較すると、形態的特徴ではT.U.がK.W.よりも体格が大きく、筋量も多いことが伺えた。しかしながら、体力テストではK.W.がT.U.よりも握力（平均）、長座体前屈の値が上回っており、シャトルランでもT.U.よりも若干劣っていただけであった。林ら（1983）は、直立姿勢を安定保持する能力の場合、筋力に代表される体力の要因よりむしろ神経系の働きにより大きく影響を受けると報告している。また、平沢ら（1993）は直立能力の発育期とされる6歳から20歳までの重心動揺面積の経時変化が、スキヤモンの発育発達曲線の神経系に極めて類似していたことから、直立能力の発達に重要な役割を果たす因子は、神経系の発達であると述べている。

本研究では、重心動揺と体力テストの各項目との相関関係について検討を加えた（表5）。その結果、重心動揺と体力テストとの間には、有意な相関関係は認められなかった。これらのことから、T.U.とK.W.との間に重心動揺に差がみられたことは、筋力、柔軟性や筋持久力などの体力要因では測定できない神経系の能力が影響しているように考えられた。

以上のことから、重心動揺の測定は、ラグビー選手の筋力、柔軟性や筋持久力などの体力要因の評価とは別に、神経系の能力を評価する指標として利用できるように考えられた。しかしながら、本研究では体力要素として握力、長座体前屈および20mシャトルランの3項目だけしか測定することができなかった。今後の研究課題としては、「スピード」、「跳躍」、「投」などを評価する運動能力の項目および「敏捷性」、「平衡性」、「巧緻性」など神経系に関わる能力の面から、ラグビー選手の資質について検討する必要があると考えられる。

V. まとめ

本研究は、発育発達期にある高校生ラグビー選手の重心動揺と運動能力、競技力との関係を明らかにすることを目的とした。さらにポジション別の面から併せて比較検討した。

その結果、次のことが明らかになった。

1. 形態的特徴ではフォワードが体重と体脂肪率でバックスよりも大きかった。体力テストでは、長座体前屈以外バックスの方が高い値を示し、20mシャトルランに有意な差が認められた。しかし、最大酸素摂取量を平均体重とシャトルランの回数から求めると、FWとBKとの間に大きな差は認められなかった。
2. 重心動揺では、総軌跡長においてフォワードとバックスに有意な差は認められなかった。外周面積においては、バックスがフォワードよりも有意に小さい値を示した。このことから、バックスはフォワードよりも立位姿勢の安定性が優れていたと考えられた。
3. 日本代表アンダー19歳に選出されたバックスでウイング選手のT.U.は同じポジションの選手（K.W.）よりも重心動揺の総軌跡長と外周面積の測定値が小さく、立位姿勢の安定性が優れていたと考えられた。しかし、形態的特徴と運動能力では同じポジションの選手と比較すると大きな差は見受けられなかった。

以上のことから、重心動揺の測定は、ラグビー選手の筋力、柔軟性や筋持久力などの体力要

因の評価とは別に、神経系の能力を評価する指標として利用できるのではないかと考えられた。

Ⅵ. 文献

- Bell, W., Evans, W.D., Cobner, D.M. and Eston, R.G. (2005) The regional placement of bone mineral mass, fat mass, and lean soft tissue mass in young adult Rugby Union players, *Ergonomic*, 48, 11-14.
- 藤原勝夫, 他 (1982) 立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与, *人類誌*, 90 (4), 385-400.
- 藤原勝夫, 池上晴夫 (1984) 立位姿勢における身体動揺の周波数成分の加齢変化, *姿勢研究*, 4 (2), 81-88.
- 林文代, 他 (1983) 身体動揺と関連する生体側要因についての予備検討, *三重医学*, 27 (2), 172-177.
- 平沢弥一郎, 臼井永男 (1993) 保健体育 (スタジオロジー), 放送大学教材, 97-114.
- 北城圭一 (1999) 子どもの姿勢, *体育の科学*, 49, 2, 94-95.
- 木村みさか, 他 (1998) 平衡性指標と歩効能の関連からみた高齢者の立位姿勢保持能, *体育科学*, 27, 83-93.
- 溝畑潤, 川平隆司, 新宅幸憲, 臼井永男, 灘英世, 千葉英史 (2007) 重心動揺と運動能力の関係について—大学生ラグビー選手の重心動揺および運動能力の測定結果から—, *スポーツ科学・健康科学研究*, 関西学院大学スポーツ科学・健康科学研究室, 10, 15-22.
- 三野耕, 他 (2004) ラグビー選手のタレント発掘に関する形態学的検討—思春期における身長と比体表面積の評価について—, *ラグビー科学研究*, 日本ラグビーフットボール協会, 16, 1-18.
- 文部科学省スポーツ・青少年局 (2008) 平成20年度, 体力・運動能力調査報告書.
- 日本平衡神経科学運営委員会 (1996) 重心動揺検査Q&A手引き, *Equilibrium Res*, 55 (1), 64-77.
- 野口副武 (1999) 世界と日本のラグビーフットボール, *健康・スポーツ科学研究*, 創刊号, 九州産業大学, 50-81.
- 新宅幸憲, 臼井永男, 中島由美子, 溝畑潤, 他 (2003) 飛び込み競技における踏み切り動作の安定性について, 第58回日本体力医学会, 静岡大会講演集, 209.
- 新宅幸憲, 溝畑潤, 臼井永男, 赤塚勲 (2004) 4歳児の運動能力・重心動揺および足底面の安定性の低下—5年間の推移から—, 『研究紀要—2004年創刊—』, びわこ成蹊スポーツ大学, 1, 99-103.
- Shintaku, Y., Fujinaga, H. and Yabe, K. (2007) Performance of dynamic motor tasks in 5 years old children with different levels of static standing balance, *I.J. Fitness, Fitness Society of India*, 3, 61-67.
- 鈴木政登 (1998) 健康女性の重心動揺解析値と片足立ち保持時間および握力、背筋力との関連, *体育科学*, 27, 94-102.
- 砂堀仁志, 他 (2003) 地域高齢者を対象とした運動介入の効果, 転倒予防公演集, 第3回ひろしま転倒予防セミナー.
- 高石昌弘, 樋口満, 小島武次 (1982) からだの発達, 大修館書店, 162-165.
- 恒屋昌一, 臼井永男 (2006) 健康成人における立位時の足趾接地の実態, *理学療法学*, 33 (1), 30-37.
- 時田喬 (2000) 重心動揺検査—その実際と解釈—, アニマ株式会社.
- Usui, N., Maekawa, K. and Hirasawa, Y. (1995) Development of the upright postural sway of children, *Developmental Medicine & Child Neurology*, 37, 985-996.