

サッカーのスローイン動作における身体各部の貢献度： スピードメーターを用いた腕振り速度からの検討

弓桁亮介¹⁾ 朝比奈茂²⁾ 堀川浩之¹⁾ 角田直也³⁾

Contribution of body segments in soccer throw-in: Examination of the arm swing velocity measured by speed meter

Ryosuke Yumigeta¹⁾, Shigeru Asahina²⁾, Hiroyuki Horikawa¹⁾ and Naoya Tsunoda³⁾

Abstract

The purpose of this study was to clarify the contribution of body segments in soccer throw-in. Subjects were twenty seven male university students majored in physical education. And also, these subjects were divided according to T score of ball velocity into two groups; (1) high speed group (average ball velocity: 15.6 ± 0.9 m/sec for 13males), (2) low speed group (average ball velocity: 13.9 ± 0.6 m/sec for 14males). Maximal arm swing velocities on limited body in soccer throw-in movement were obtained a custom-made movement velocity measurement system connected to the Speed Meter. Soccer throw-in movement on the sitting position was performed from a custom-made chair, the subjects were tied up with a belt in order to avoid the participation of lower limb during the upper body throw-in. And same as, lower limb and trunk were tied up in upper limb throw-in.

Contribution of upper limb was higher than that of trunk and lower limb in soccer throw-in. Difference of contribution of body segments in soccer throw-in was not observed between high speed group and low speed group.

From these results, it was suggested that contribution of upper limb was showed higher values in soccer throw-in. In addition, it was considered that ball velocity was influenced for physical factor in soccer throw-in.

Key words: soccer, throw-in movement, contribution of body segments, arm swing velocity, speed meter, ball velocity
サッカー, スローイン動作, 身体各部の貢献度, 腕振り速度, スピードメーター, ボール速度

I. 緒言

人間の身体運動において、走・跳・投は最も基本的な動作であり、なかでも野球に代表される片手を用いたオーバーハンドによる投動作については、これまでも多くの研究がなされている。合理的な投動作については、速い球を投げるために必要な身体の動作をエネルギーの観点からまとめると、身体全体を使って大きなエネルギーを発揮し、それを効率よくボールに伝えることとなる(桜井, 1992)との指摘があるように、身体各部で生み出されたエネルギーを積み重ねながら、効率よくボールに伝達することが重要であると考えられている。また、身体各部の運動は投てき物を加

速するためにそれぞれ何らかの貢献をしている(淵本ほか, 1985)という報告がみられるように、片手の投動作においては、身体各部位を制限して投動作を行なわせ、投げ出されたボールの速度や腕振り速度の低下率から、身体各部の貢献度の検討がなされてきている(Toyoshima et al., 1974; 堀田ほか, 1987; 宮崎, 1991; 松本, 1996)。これらの研究では、ボール速度のおよそ45%~50%は脚と腰の回転運動によってもたらされることが明らかにされ、片手の投動作においては、下肢及び体幹の捻りがボール速度に大きな影響を及ぼしていることが示唆されている。

一方、サッカーで用いられる両手のスローイン動作においても、バイオメカニクスの観点からの報告が

1) 昭和大学富士吉田教育部
Faculty of Arts and Sciences at Fujiyoshida, Showa University
2) 法政大学人間環境学部
Faculty of Humanity and Environment, Hosei University
3) 国土館大学大学院スポーツ・システム研究科
Graduate School of Sport system, Kokushikan University

みられる (Chang, J., 1979; Messier, S. and Brody, M A., 1986; Kollath, E and Schwirtz, A., 1987; Lees, A et al., 2005;). Ekblom (1994) は, 優れたスローイン動作は腰から手が鞭のように働いていることを指摘し, また, Lees (1995) も上半身が前方に移動し始めるにつれて, 腰から連続的な展開が始まり, そのあとに肩, 肘と続き, 最終的に手首から手までボールがリリースされるまで続いていることを明らかにしている. これらの報告は, 最終的なリリース時に高い速度を得るためには, 体幹から手にかけての連続的な回転運動の重要性を示唆するものである. つまり, 両手を用いたスローイン動作においても, 脚部から生み出されたエネルギーを体幹を経由して, 手部に効率よく伝えるという, いわゆる鞭の運動が存在することが確認されている. しかし, 両手を用いたサッカーのスローイン動作においては, 身体各部の貢献度について検討した研究はみられず, 下肢, 体幹及び上肢がどの程度のエネルギーを生み出し, 最終的なリリースに関与しているのかは明らかにされていない.

これまでの投動作における身体各部の貢献度を明らかにした研究では, ボール速度の低下率からの検討が主であり, 腕振り速度からの検討はあまりみられない. また, 先行研究 (弓桁ほか, 2006) では, サッカーのスローイン動作における腕振り速度とボール速度の間には有意な相関関係が認められていることから, 腕振り速度はボール速度を反映することが明らかにされている. したがって, 身体で生み出されたエネルギーの終着点である手部の速度を, スピードメーターという比較的簡便な装置を用いて測定し, 腕振り速度の低下率から両手のスローイン動作における身体各部の貢献度を検討することは, 有用性が高く意義深いものであると考えられる. さらに, 投能力の1つであるボール速度において, 高速群と低速群に分けて比較することにより, ボール速度と身体各部の貢献度の関係を明らかにすることは, スローイン動作における投能力を向上させる上で重要であると考えられる.

そこで本研究では, サッカーのスローイン動作における身体各部を制限した際の腕振り速度から, スローイン動作における身体各部の貢献度を検討するとともに, ボール速度と身体各部の貢献度の関係を明らかにすることを目的とした.

II. 方法

1. 被検者

被検者は, 体育学を専攻する男子大学生27名とした. 本研究では, 全身を用いたスローイン動作において投げ出されたボールの速度のTスコアを求め, 50点以上の被検者を高速群, 50点未満の被検者を低速群として2群に分けて分析した. 高速群13名 (平均ボール速度: 15.6 ± 0.9 m/sec) 及び低速群14名 (平均ボール速度: 13.9 ± 0.6 m/sec) の年齢及び身体的特性を表1に示した. なお, ボールの速度を比較した結果, 両群間に有意な差異が認められた ($p < 0.01$). 各被検者には, あらかじめ研究の目的や方法及び安全性等について十分な説明を行い, 任意による参加の同意を得た.

2. 形態計測

各被検者の身長は, 身長計を用いて計測した. また, 体重及び除脂肪量は, 体内脂肪計 (BODY FAT ANALYZER, TBF-110, TANITA社製) を用いて, インピーダンス法により計測した.

3. 測定項目

1) ボールの速度の測定

本研究では, 全身を用いたスローイン動作によって投げ出されたボールの速度を測定した. ボールの速度の測定には, スピードガン (PSK Professional, MIZUNO社製) を使用した. スピードガンの設置位置は, 先行研究 (宮西ほか, 2000) を参考に, 測定誤差の少ない被検者の真正面のネットの後ろとした. 基線に両足を平行に接地させ, 被検者にはファウルス

表1 被検者の年齢及び身体的特性

	n	年齢	身長	体重	除脂肪量
		(yrs)	(cm)	(kg)	(kg)
全被検者	27	22.0 ± 1.8	175.9 ± 6.1	72.5 ± 8.4	57.1 ± 4.9
高速群	13	21.8 ± 1.9	179.0 ± 4.5	75.2 ± 4.6	59.7 ± 2.9
低速群	14	22.2 ± 1.7	173.0 ± 6.0	69.9 ± 10.4	54.7 ± 5.3

** : $p < 0.01$ 平均値 ± 標準偏差

ローインにならないように5m離れたネットに向かってできるだけ速いボールを全力で投げるように指示した(図1)。試技は3回行い、最大努力によって投げ出された3回のボールの速度のうち、最も高い値を測定値として採用した。なお、スピードガンにより得られたボールの速度の再現性については、一元配置の分散分析を用いて検定をした結果、3試技間に有意な差異は認められなかった。このことから、スピードガンを用いたボールの速度の再現性は高いものと判断した。

2) スローイン動作における腕振り速度の測定

スローイン動作における腕振り速度の測定には、2台のスピードメーター(VINE社製)を用いて実施した。この測定機器は、各競技特有の動作でワイヤーを引き、その引き出されるスピードを測定するものである。測定は、田中ほか(2004)の方法を参考にして実施した。スピードメーターのワイヤーの先に取り付けられたフックに特性のアタッチメントを取り付け、左右の手関節に固定した。なお、スピードメーターはスローイン動作を妨げないように、各被検者の投射高を考慮した高さに設置した。被検者には、十分なウォーミングアップの後に、前方のネットに向かって全力で

ボールを投げるように指示し、ファウルスローインにならないようにスローインを実施させた(図2)。左右ともにボールを胸の前で構えた時点から、フォロースルーまでのスピード曲線を計測し、最高速度出現時の値を測定値とした。さらに左右の測定値を平均した値をスローイン動作における腕振り速度とし、被検者にはそれぞれ3回の投球を行わせ、最も高い値を測定値として採用した。

また、本研究では身体制限法を用いて腕振り速度を計測した先行研究(松本ほか, 1996; 田中ほか, 2004)に準拠し、スローイン動作において主に使用される部位によって、以下の3つのスローイン動作を行わせ、その際の腕振り速度を計測した。

①全身によるスローイン動作における腕振り速度

助走を用いず、両足を基線に平行に接地させ、全身を使用したスローイン動作を最大努力で行なわせ、得られた値を全身を使用した際の腕振り速度(以下「the arm swing velocity with whole body; SVWB」と略す)とした。

②上半身によるスローイン動作における腕振り速度

被検者を特別に作成した固定椅子に座らせた後、下肢の運動を制限するために、下腿部及び大腿部をベル

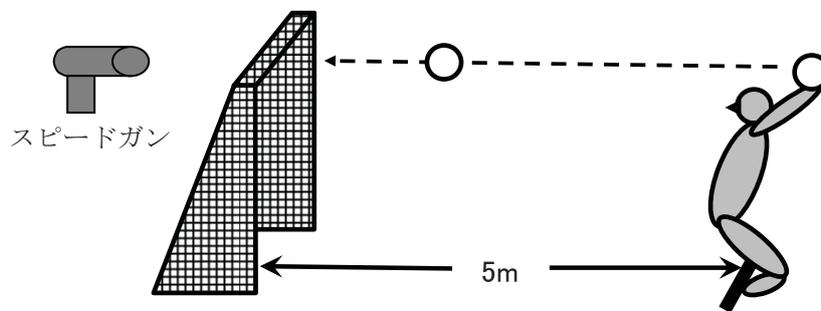


図1 スローイン動作におけるボールの速度の測定

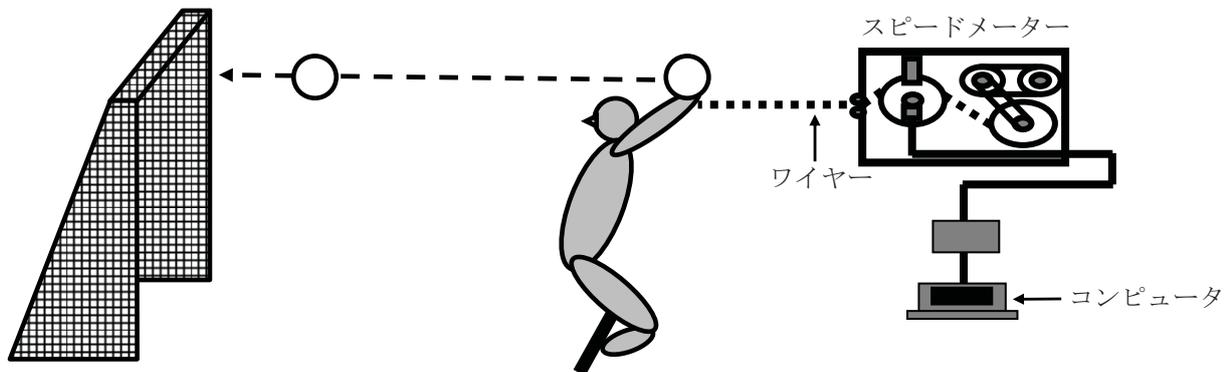


図2 全身スローイン動作における腕振り速度の測定

トで固定した。上半身によるスローイン動作を最大努力で行なうように指示し、ボールを投げさせた(写真1)。得られた値を、上半身を使用した際の腕振り速度(以下「the arm swing velocity with upper body ; SVUB」と略す)とした。

③上肢によるスローイン動作における腕振り速度

固定椅子及びベルトで下腿部と大腿部の運動を制限したのち、体幹部を背もたれにベルトで固定し、上肢のみによるスローイン動作を最大努力で行うように指示し、ボールを投げさせた(写真2)。得られた値を、上肢を使用した際の腕振り速度(以下「the arm swing velocity with upper limb ; SVUL」と略す)とした。

なお、スピードメーターにより得られた腕振り速度の再現性については、一元配置の分散分析を用いて検定をした結果、3試技間に有意な差異は認められなかった。このことから、スローイン動作における腕振り速度の再現性は高いものと判断した。

3) スローイン動作における身体各部の貢献度の算出

本研究では、松本ほか(1996)の方法に準拠して、先発部位の速度と次発部位の速度差をSVWBで除した値に100を乗じたものを身体各部の貢献度と定義し、以下の式から算出した。

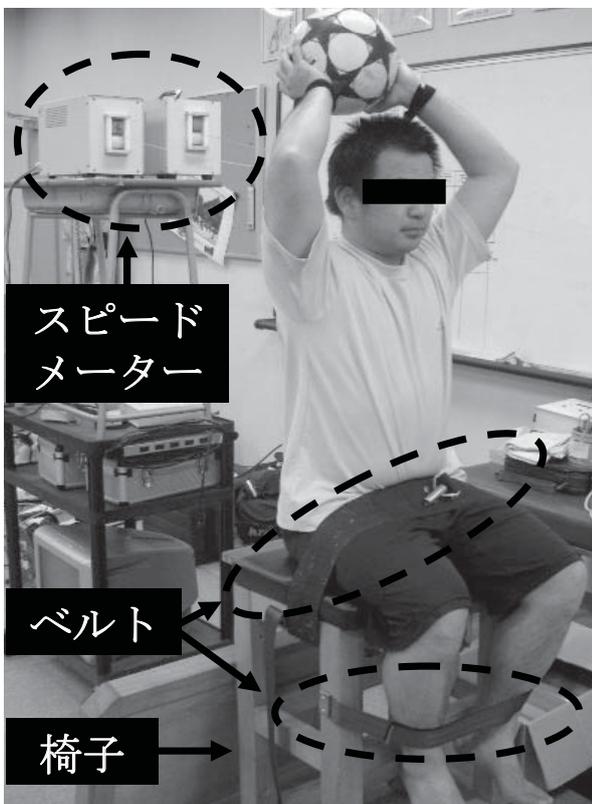


写真1 上半身によるスローイン動作における腕振り速度の測定



写真2 上肢によるスローイン動作における腕振り速度の測定

$$\text{①上肢貢献度}(\%) = \text{SVUL} / \text{SVWB} \times 100$$

$$\text{②体幹貢献度}(\%) = (\text{SVUB} - \text{SVUL}) / \text{SVWB} \times 100$$

$$\text{③下肢貢献度}(\%) = (\text{SVWB} - \text{SVUB}) / \text{SVWB} \times 100$$

4. 統計処理

各スローイン動作における腕振り速度及び貢献度の平均値の差の検定には、一元配置の分散分析を用い、要因に有意な主効果が認められた場合には、Scheffe's post hoc testを用いて各測定値の有意性の検定を行なった。また、高速群と低速群の平均値の差の検定には、対応のないt-testを用いた。いずれも有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結果

1. 各スローイン動作における腕振り速度

図3は、各スローイン動作における腕振り速度を比較したものである。SVWBが $7.7 \pm 0.8 \text{ m/sec}$ 、SVUBが $6.6 \pm 0.7 \text{ m/sec}$ 、SVULが $5.5 \pm 0.5 \text{ m/sec}$ であり、SVWBが最も高値を示し、SVUB及びSVULとの間に有意な差異が認められた($p < 0.01$)。また、SVUBとSVULとの間にも有意な差異が認められた($p < 0.01$)。

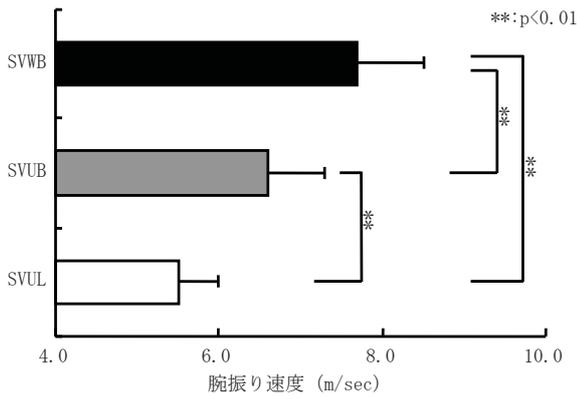


図3 各スローイン動作における腕振り速度

2. SVWBに対するSVUB及びSVULの割合

表2に、SVWBを100%とした際のSVUB及びSVULの割合を示した。SVUBは85.5±7.0%，SVULは71.9±6.3%であった。

3. スローイン動作における身体各部の貢献度

表3に、スローイン動作における身体各部の貢献度を示した。上肢が最も高値を示し、体幹及び下肢との間に有意な差異が認められた ($p < 0.01$)。また、体幹と下肢との間には有意な差異は認められなかった。

4. SVWB, SVUB及びSVULの関係

表4は、SVWB, SVUB及びSVULの関係を示した

表2 SVWBに対するSVUB及びSVULの割合

	SVWB	SVUB	SVUL
割合 (%)	100	85.5±7.0	71.9±6.3

平均値±標準偏差

表3 スローイン動作における身体各部の貢献度

	上肢	体幹	下肢
貢献度 (%)	71.9±6.3	13.5±6.4	14.5±7.0

** : $p < 0.01$ 平均値±標準偏差

表4 各腕振り速度の相関関係

	SVWB	SVUB
SVUB	0.663**	
SVUL	0.630**	0.676**

** : $p < 0.01$

ものである。SVWBとSVUB及びSVULの間には、それぞれ有意な相関関係が認められた (SVUB ; $r = 0.663$ $p < 0.01$. SVUL ; $r = 0.630$ $p < 0.01$)。また、SVUBとSVULとの間にも有意な相関関係が認められた ($r = 0.676$ $p < 0.01$)。

5. SVWB, SVUB及びSVULとボール速度の関係

図4に、SVWB, SVUB及びSVULとボール速度の関係を示した。SVWB, SVUB及びSVULとボール速度の間には、それぞれ有意な相関関係が認められた (SVWB ; $r = 0.646$ $p < 0.01$, SVUB ; $r = 0.605$ $p < 0.01$, SVUL ; $r = 0.553$ $p < 0.01$)。

6. 各スローイン動作における腕振り速度の群間比較

図5は、各スローイン動作における腕振り速度を高速群と低速群で比較したものである。全てのスローイン動作における腕振り速度において、高速群が低速群より有意に高値を示した ($p < 0.01$)。

7. SVWBに対するSVUB及びSVULの割合の群間比較

表5に、SVWBを100%とした際のSVUB及びSVULの割合を高速群と低速群で比較したものを示した。

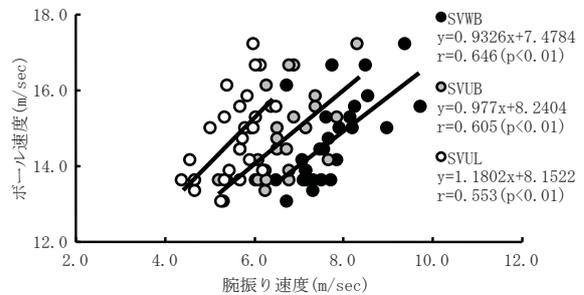


図4 各スローイン動作における腕振り速度とボール速度の関係

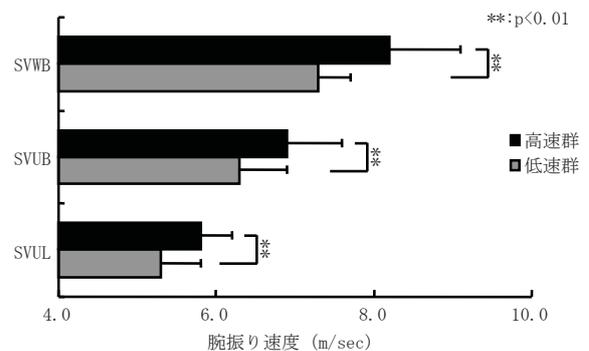


図5 各スローイン動作における腕振り速度の群間比較

表5 SVWBに対するSVUB及びSVULの割合の群間比較

	高速群	低速群
SVWB (%)	100	100
SVUB (%)	84.8±7.7	86.1±6.6
SVUL (%)	71.5±5.9	72.3±6.8

平均値±標準偏差

SVUB及びSVULにおいて両群間に有意な差異は認められなかった。

8. スローイン動作における身体各部の貢献度の群間比較

表6は、スローイン動作における身体各部の貢献度を高速群と低速群で比較したものを示したものである。全ての部位において、ほぼ同様の値を示し、高速群と低速群との間に有意な差異は認められなかった。

9. 身長及び除脂肪量とボール速度の関係

図6に、身長とボール速度の関係を示した。身長とボール速度の間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.534$ $p < 0.01$)。また、図7に除脂肪量とボール速度の関係を示した。除脂肪量とボール速度との間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.492$ $p < 0.01$)。

表6 スローイン動作における身体各部の貢献度の群間比較

	高速群	低速群
上肢 (%)	71.5±5.9	72.3±6.8
体幹 (%)	13.3±5.2	13.8±7.5
下肢 (%)	15.2±7.7	13.9±6.6

平均値±標準偏差

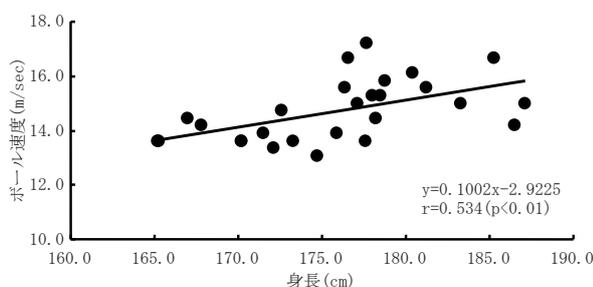


図6 身長とボール速度の関係

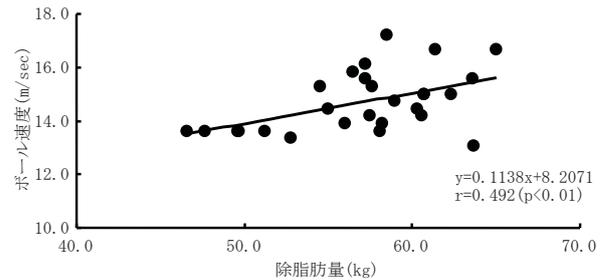


図7 除脂肪量とボール速度の関係

IV. 論議

1. スローイン動作における身体各部の貢献度

本研究において、各スローイン動作における腕振り速度を比較した結果、SVULが最も低値を示し、SVWBが最も高値を示した。この結果は、身体各部の制限をなくし、スローイン動作に参加する関節の運動が多くなれば、腕振り速度も増加することを意味している。本研究と同様に、腕振り速度から片手投げにおける身体各部の貢献度を検討した松本ほか(1996)は、関与する筋肉や関節が増すにつれて、比例的な速度の増加がみられることを明らかにしている。また、ボールの初速度を最大にしたければ、動作に参加する身体各部の数を多くすればよい(Toyoshima et al., 1974; 桜井, 1992)との指摘もある。これらのことから、片手の投動作においても、投球動作に関与する関節の運動が多くなれば、腕振り速度もボール速度も増加すると考えられ、本研究の結果はこれまでに片手の投動作において得られている結果と一致するものであった。したがって、両手のスローイン動作においても多関節の連続的運動によるエネルギー伝達の重要性が示唆された。

全身を用いた片手の投動作における、ボール速度及び腕振り速度に対する身体を制限した際のボール速度及び腕振り速度の割合については、上半身でおよそ64%~81%、上肢でおよそ53%~56%であることが報告されている(Toyoshima et al., 1974; 堀田ほか, 1987; 宮崎, 1991; 松本, 1996)。両手のスローインを用いた本研究の結果では、上半身がおよそ86%、上肢がおよそ72%であり、両手のスローイン動作は、片手の投動作に比べ全身に対する上半身及び上肢の割合が高いことが明らかとなった。また、片手の投動作における腕振り速度から身体各部の貢献度を検討した報告(松本, 1996)では、上体の捻りによる体幹の貢献度は

およそ19%、下半身の捻りとステップによる下肢の貢献度はおよそ31%である。本研究の結果で、体幹の貢献度がおよそ14%、下肢の貢献度がおよそ15%であったことを考えると、片手の投動作に比べ下肢の貢献度はおよそ半分ということになる。片手の投動作に比べ、両手のスローイン動作の方が下肢の貢献度が低くなる要因としては、脚部の使い方が異なることが考えられる。平野と浅見(1988)によれば、片手の投動作におけるステップの役割は、身体の運動量を多くすること、動作範囲を大きくすることであるという。また、吉福(1982)は、ステップによって脚の大筋群を活用するので、大きなパワーを生むことができると指摘している。これらの報告は、ステップして大きく足を踏み出すことによって生まれる身体の並進運動のエネルギーの重要性を示唆するものであり、それを体幹から上肢に伝えることにより、最終的に投げ出されるボールの速度の増大に繋がっていると考えられる。一方、本研究のような両手のスローイン動作では、両足を平行に地面に接地したまま、膝関節の屈曲及び伸展動作によってエネルギーを生み出している。膝関節の屈曲及び伸展動作は、上肢の運動量を多くすることには繋がっているものの、その運動量は片手の投動作におけるステップ動作に比べると小さいのではないかと考えられる。したがって、2つの投動作における下肢の運動特性の相違が、下肢の貢献度に差異を生じさせる要因であると推察できる。

また、SVWB、SVUB及びSVULにおいて、それぞれ間に有意な相関関係が認められた(表4)。この結果は、下肢や体幹を制限することによるスローイン動作様式の変質が見られないことを意味しており、全身を用いたスローイン動作と下肢や体幹を制限した際のスローイン動作が類似していると考えられる。さらに、SVWB、SVUB及びSVULとボール速度との間にそれぞれ有意な相関関係が認められ(図4)、身体各部を制限した際の腕振り速度はボール速度を反映するという結果が得られた。これらの結果は、スローイン動作における身体各部の貢献度を明らかにする際に、身体制限法を用いた腕振り速度から検討することの有効性を裏付けるものであると考えられる。

2. ボール速度と身体各部の貢献度の関係

本研究において、ボール速度の高速群と低速群に分けて身体各部を制限した際の腕振り速度を比較した結果、SVWB、SVUB及びSVULにおいて、両群間に有意な差異が認められた(図5)。しかし、SVWBに対

するSVUB及びSVULの割合と身体各部の貢献度については、両群間に有意な差異は認められなかった(表5、表6)。これらの結果から、両群のスローイン動作における身体各部の使い方は類似していることが明らかとなり、両群におけるボール速度の差は腕振り速度の差が影響を及ぼしていると推察される。これまでの報告で、全身を用いた両手のスローイン動作における腕振り速度とボール速度の間にも有意な相関関係が認められており(弓桁ほか、2006)、腕振り速度はボール速度を反映することが明らかにされている。本研究においても、SVWB、SVUB及びSVULとボール速度との間にそれぞれ有意な相関関係がみられており(図4)、先行研究の結果と一致した。したがって、腕振り速度の差がボール速度の差を決定づける要因であると考えられる。高速群と低速群の腕振り速度に差がみられる要因としては、身体的要因が考えられる。両群の身体的特性を比較すると、身長において高速群の方が低速群より有意に高値を示しており(表1)、身長に差がみられるということは、上肢長にも差がみられると推測される。西山(2002)は、移動角が同じでも半径が長いほど末端の移動速度は大きくなることを指摘しており、本研究においても上肢長が腕振り速度に影響を及ぼしたのではないかと考えられる。また、身長とボール速度との間に有意な相関関係がみられたことは(図6)、上肢長が腕振り速度に影響を及ぼすことを裏付ける結果であると考えられる。したがって、低速群に比べ上肢が長いと推測される高速群の方が、腕振り速度で高値を示したと考えられる。

また、両群の身体的特性を比較すると、骨格筋量の指標である除脂肪量においても高速群が低速群に比べ有意に高い値を示していた(表1)。片手の投動作において、ボールの速度を増加させるためのメカニズムとして、ボールに与える仕事量を増加させることの重要性が指摘されており、筋量の増加や、単位重量あたりの筋肉が発揮できるパワーの値を伸ばしたりすることが、投球パフォーマンスに直接的に影響を及ぼす(桜井、1992)ことが報告されている。さらに、戸苅と浅見(1971)らは、両手のスローイン動作において、上肢及び胸部の筋力や上肢及び上体のスイングのパワーとボールの飛距離との間に有意な相関関係がみられたことから、上肢及び上体の筋力やパワーが大きいものはボールの飛距離も大きいことを明らかにしている。これらのことから、両手のスローイン動作においても、最大パワー発揮能力と投能力には密接な関係があると考えられる。したがって、本研究において、除

脂肪量で高速群と低速群に有意な差が認められたことにより, 高速群の方がスローイン動作における最大パワー発揮能力が高いことが推測される。また, 除脂肪量とボール速度との間に有意な相関関係が認められたことは(図7), 除脂肪量の差によって生じる最大パワー発揮能力の差がボール速度に影響を及ぼすことを裏付ける結果であると考えられる。小林(1982)は, 両手のスローイン動作におけるボールの飛距離を上位グループと下位グループの比較から, 両グループ間の差は力そのものであり, 身長や体重といった体格に差がみられることも差の一つの原因であると指摘していることから, 両手のスローイン動作において身体的要因が及ぼす影響が大きいことが示唆された。

V. まとめ

本研究は, スローイン動作における身体各部を制限した際の腕振り速度から身体各部の貢献度を明らかにすること, また, ボール速度の高速群と低速群に分けて比較することにより, ボール速度と身体各部の貢献度の関係を明らかにすることを目的とした。その結果, 以下のことが明らかとなった。

1. 各スローイン動作における腕振り速度は, 身体各部を制限するにつれて有意に低下する傾向がみられた。
2. 全身を用いたスローイン動作における腕振り速度を100%とした際の上半身を用いたスローイン動作における腕振り速度の割合は約86%, 上肢を用いたスローイン動作における腕振り速度は約72%であった。
3. スローイン動作における身体各部の貢献度では, 上肢が最も高値を示し, 体幹及び下肢については, ほぼ同様の値を示した。
4. 全身, 上半身, 上肢を用いた各スローイン動作での腕振り速度の間には, それぞれ有意な相関関係が認められた。
5. 各スローイン動作での腕振り速度とボール速度の間には, それぞれ有意な相関関係が認められた。
6. 各スローイン動作での腕振り速度において, 高速群が低速群より有意に高値を示した。
7. 全身を用いたスローイン動作における腕振り速度を100%とした際の上半身及び上肢を用いたスローイン動作における腕振り速度の割合には, 高速群と低速群の間に有意な差異は認められなかつ

た。

8. スローイン動作における身体各部の貢献度は, 高速群と低速群の間に有意な差異は認められなかった。
9. 身長及び除脂肪量とボール速度の間には, それぞれ有意な相関関係が認められた。

これらのことから, 両手を用いたサッカーのスローイン動作では, 下肢に比べて, 上肢の貢献度が高いであろうことが示唆された。また, ボール速度の遅速に及ぼす身体各部の貢献度には違いがみられず, スローイン動作におけるボール速度は身体的要因の影響を受けるであろうことが考えられた。

文 献

- Chang, J. (1979) Biomechanical analysis of selected soccer throw-in techniques. *Asian J. physical Education*: 254-261.
- Eklblom, B. (1994) *Handbook of Sports Medicine and Science Football (Soccer)*, Blackwell Scientific Publications: pp.59-77.
- 堀田朋基・鶴 賢行・河野信弘・北村潔和(1987)硬式野球ボール, ハンドボール及びバケットボール投げにおける動作の特徴. 第8回バイオメカニクス学会大会論集: 118-122.
- 淵本隆文・宍倉保雄・能村雅子・金子公有(1985)三種の投動作における関節運動の貢献度とエネルギー転移. 大阪体育大学紀要, 16: 99-104.
- 平野裕一・浅見俊雄(1988)野球の投球動作とその指導. 体育の科学, 38(2): 93-100.
- Kollath, E and Schwirtz, A. (1987) Biomechanical analysis of the soccer throw-in. *Science and Football*, pp.460-467.
- 小林久幸(1982)サッカーにおけるスローインの飛距離と正確性の関連について. 帝塚山短期大学紀要自然科学編, 19: 109-131.
- Lees, A. (1995) *Biomechanics applied to soccer skill*, Science and Soccer, Routledge, London: pp.128-131.
- Lees, A., Kemp, M., Moura, F. (2005) A biomechanical analysis of the soccer throw-in with a particular focus on the upper limb motion, *Science and Football*, E & FN Spon, London: pp.89-94.
- Levendusky, T.A., Clinger C.D., Miller R.E., Armstrong C.W.: Soccer throw-in kinematics, *Biomechanics in Sports II*, pp.258-269, 1985.
- Messier, S. and Brody, M A. (1986) Mechanics of translation and rotation during conventional and handspring soccer throw-in. *International Journal of Sport Biomechanics* 2: 301-315.
- 松本 稔・山西哲郎・桜井隆志・神山雄一郎・功力靖雄(1996)高校野球選手の投動作における身体各部の貢献度—スピードメーターによる測定—. 群馬栃木保健体育学研究, 14: 13-21.
- 宮西智久・向井正剛・川口鉄二・関岡康雄(2000)スピードガンと画像計測によるボールスピードの比較. 仙台大学紀

- 要, 31:72-77.
- 宮崎光次 (1991) ボールスピードに及ぼす身体各部位の影響について—野球選手の場合—. 桜美林論集, 18:55-68.
- 西山哲成 (2002) 投げの運動. 石井喜八ほか編 スポーツ動作学入門. 市村出版:東京, pp64-66.
- 桜井伸二 (1992) 投げる科学. 大修館書店:東京, pp60-87.
- 田中重陽・石塚信之・須賀義隆・宮崎光次・池川繁樹・角田直也 (2004) 野球選手における腕振り動作速度と投球速度の関係. 東京体育学研究2002年度報告:47-51.
- 田中重陽・村松 真・宮崎光次・青葉貴明・角田直也 (2004) 身長からみた投球能力の発達. 東京体育学研究2003年度報告:59-62.
- 戸苅晴彦・浅見俊雄 (1979) サッカーのスローインにおける遠投力について (1). 東京大学教養学部体育学紀要, 6:33-38.
- Toyoshima, S., T. Hoshikawa, M. Miyashita, T. Oguri (1974) Contribution of the body parts to throwing performance. Biomechanics IV University park press, Baltimore: 169-174.
- 吉福康郎 (1982) 投げる—物体にパワーを注入する. Jpn. J. Sports Sci, 1: 85-92.
- 弓桁亮介・手島貴範・熊川大介・田中重陽・角田直也 (2006) 異なるthrow-in動作における投パフォーマンスの検討. 東京体育学研究2005年度報告:41-44.

平成21年11月9日受付
平成22年5月28日受理