

2010 年度 修士論文

女子サッカー選手の方向転換動作についての研究

Study for change of direction in female soccer players

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 スポーツ医科学研究領域

5009A033-6

久保 篤史

Kubo, Atsushi

研究指導教員： 広瀬 統一 准教授

目次

I. 緒言	1
II. 女子サッカー選手の異なる競技レベル間における体力特性	6
II-i. 目的	6
II-ii. 方法	7
II-iii. 結果	13
II-IV. 考察	16
III. 女子サッカー選手の方向転換動作における体力的および技術的因子についての検討	20
III-i. 目的	20
III-ii. 方法	21
III-iii. 結果	29
III-iv. 考察	35
IV. 総合考察	41
V. 結語	43
VI. 参考文献	44
VII. 謝辞	47

I 緒言

サッカーは世界で最も人気のあるスポーツと言われている。国際サッカー連盟（FIFA）は 2001 年の時点で全世界 200 の国と地域でプレーされており、その競技人口は約 2 億 4000 万人であると報告している（FIFA Official Web Site : <http://www.fifa.com/>）。サッカーの祭典とも言うべき FIFA ワールドカップ（以下 W 杯）はオリンピックと並び世界最大級のスポーツイベントとなっている。日本でも 1993 年の J リーグ開幕を皮切りにサッカーに対する世間の関心は急速に高まり、またその競技レベルも徐々に進化を遂げ、1998 年フランス大会、2002 年日韓共催大会、2006 年ドイツ大会、2010 年南アフリカ大会と 4 大会連続で W 杯出場を果たしており、2010 年南アフリカ大会では国外開催の W 杯では初のベスト 16 進出を成し遂げた。

このように我が国におけるサッカーの発展は目覚ましく、またその対象は男子だけでなく女子にも広がりを見せている。U - 15 世代を対象とした「スーパー少女プロジェクト」をはじめとして、「ナショナルトレーニングセンター制度」、サッカーエリート育成のための中高一貫教育学校「JFA アカデミー福島」、「なでしこチャレンジプロジェクト」、「特別指定制度」、「海外強化指定制度」など本格的な整備が開始されている。2008 年の北京オリンピックではベスト 4 進出、2010 年のアジア大会では初優勝を果たし、女子サッカーの競技レベルは急速に高まってきている。しかし日本サッカー協会（以下 JFA）はなでしこ vision の中で 2015 年までに日本を FIFA ランキングトップ 5 にすることを目標に掲げており、さらなる国際競技力の向上が必要となる。そのためにはサッカーのパフォーマンスのみならず、フィジカル面の向上も不可欠である。

サッカーの競技特性として最小 90m、最大 120m の長さ（タッチライン）と最小 45m、最大 90m の幅（ゴールライン）のフィールド上を 90 分間という試合時間（前半 45 分、後半 45 分）の中でボールを足でコントロールおよびキックを行い、相手選手に対応しながら様々な動きを行うということが挙げられる。サッカーの最大の特徴はボールを足で扱うという点であるが、1 試合の中で 1 人の選手がキック、ドリブル、パス、ヘディングなどのボールに触れてプレーしている時間は短く、1 試合合計約 2 分程度と言われている。つまり 90 分間のうち約 88 分間はボールを扱わずにプレーしているということになる。サッカーではボールを巧みに扱うプレーが注目されがちであるが、実際の試合ではボールに触れずにプレーしている時間がほとんどであり、この時間こそがチームの勝敗に大きく関

わってくる。このような点を踏まえると、ボールを扱う技術・戦術と同様に持久力、筋力、敏捷性などのフィジカル面もサッカーにおいて非常に重要であると考えられる (National Strength&Conditioning Association Japan, 1994)。

フィジカル面の強化には中・長期的な取り組みが重要であり、そのためには現状把握が必要不可欠となる。選手の体力の現量値を把握するためにフィジカルテストはスポーツ現場において幅広く実施されている。フィジカルテストの目的は、主に選手個々の運動能力の特性を知ることや、トレーニングの効果を把握するためである。また測定結果をフィードバックすることで選手は自身の運動能力を数値によって客観的に把握することができ、トレーニングに対する動機付けになる。さらにチーム単位でフィジカルテストを実施することによって競技レベル差を生み出している体力要素の抽出が可能となる。

男子サッカー選手を対象に体力特性を調査した研究は国内外で多くみられる。Cometti et al. (2001) はフランスのプロサッカー選手とアマチュアサッカー選手を対象に 30m のスプリントテストを実施し、10m の区間タイム、30m のタイムともにプロ選手の方が優れていたことを報告している。同様にドイツのプロサッカー選手はアマチュアサッカー選手よりも 5m, 10m, 20m, 30m のスプリントタイムに優れていることや(Kollath and Qaude, 1993), イングランドのプロサッカー選手はアマチュアサッカー選手よりも 15m, 40m のスプリントタイムに優れていることが報告されている (Brewer and Davis, 1992)。

また Faina et al. (1988) はイタリアのプロサッカー選手とアマチュアサッカー選手を対象にカウタームーブメントジャンプ (以下 CMJ) とスクワットジャンプ (以下 SJ) を実施し、プロ選手の方がアマチュア選手よりも両試技において優れていたことを報告している。同様の結果は Arnason et al. (2004) のアイスランドのプロサッカー選手を対象とした研究や Tiryaki et al. (1997) のトルコのプロサッカー選手を対象とした研究でも報告されている。

さらに Kaplan et al. (2009) はトルコのプロサッカー選手とアマチュアサッカー選手を対象に 5m×10 シャトルランでアジリティを評価し、プロ選手の方がアマチュア選手よりもアジリティに優れていたことを報告している。これらの先行研究から男子サッカー選手において競技レベルが高くなるほどフィジカル面に優れているということが明らかである。

一方、女子サッカー選手を対象に体力特性を調査した研究は国内において筆者の知る限り非常に限られている (広瀬, 2009)。海外でも同様の傾向が認められ, Stoløn et al. (2005)

が総説としてまとめたサッカー選手の体力特性比較においても女子サッカー選手を対象とした報告は少ない。日本女子サッカーの今後のさらなる発展，並びに国際競技力の向上のためにもデータを蓄積し，フィジカル面を強化するための環境を整えていくことは重要であろう。

サッカーは多種多様な運動能力が要求されるスポーツである。サッカーの競技時間は90分間という長い試合時間のため，基盤となる体力要素は高い有酸素能力であり，1試合に消費する全エネルギーの90%以上が有酸素性エネルギーによって支えられている (Bangsbo J, 1994)。しかしながら，サッカー選手の体力要素としてはスピード，筋力，パワー，持久力，可動性といった身体的能力と併せて，巧みさや器用さ，反応スピード，変換能力，連結能力，識別能力，定位能力，リズム能力，およびバランス能力といったコーディネーション能力や認知的能力などの多種多様な体力要素が重要であり，競技レベルを決定する因子となっている (Weineck J, 2002)。

これらの要素の中でも特にアジリティ能力はサッカーの競技パフォーマンスを決定付ける重要な要素であると推察される。なぜならサッカーの動きは陸上競技のような直線的な動きのみではなく，様々な方向への動きが混在していることが特徴だからである。サッカーは緩急のあるスピードの中での曲線走やバック走，また急激なストップ動作や方向転換動作が求められる。その中でも特に方向転換動作は相手選手との間に一瞬のギャップを作る際や，1対1での攻防において重要な動作である。これまでの先行研究でもサッカーでは1試合につき1人当たり平均50回の方向転換を行っていることや (Withers et al., 1982)，1試合当たり合計で約700回の方向転換が行われていること (Bloomfield et al., 2007) が報告されている。前述したように，サッカーの試合において1人の選手がボールに関与している割合は1試合90分間のうち約2分程度と言われており (National Strength & Conditioning Association Japan, 1994)，主な動きは Off The Ball Movement (ボールを伴っていない動き) が占めている。優れた方向転換動作は相手選手よりも素早く動くために，非常に重要な動作であると言える。より高速化してきている現代サッカーにおいて Off The Ball Movement の中での方向転換動作の優劣がゲームの勝敗を左右する一因になるといっても過言ではないだろう。実際に広瀬 (2009) はナショナルレベルの女子サッカー選手を対象に10m×5シャトルランを実施し，年代別にアジリティ能力を比較した結果，A代表はU-19代表よりも有意に優れていたことを報告しており，前述した Kaplan et al. (2009) の男子サッカー選手を対象とした同様の報告と併せても，その重要性が認識され

る。したがってアジリティ能力向上のためのトレーニングを考案することは重要と考えられるが、その方法についての知見は少ない。

これまでに方向転換動作に関する研究は数多くなされており、主に方向転換スピードと体力的因子との関係について検討した研究がなされている。Little and Williams (2005) は方向転換スピードとスプリントスピードの間に相関関係があることを報告している。Young et al. (2002) は方向転換走と Reactive strength (ドロップジャンプの跳躍高[cm]/接地時間[sec]) の関係について報告しており、優れた方向転換スピードには脚伸筋の SSC 過程の効率が優れている必要があることを報告している。塩川ら (1998) はマットスイッチシステムを用いて数種類の方向転換走 (鈍角走・直角走・鋭角走・直角後方走) と各種運動能力 (リバウンドジャンプ・垂直跳び・反復横とび・脚伸展パワー) の関係について報告している。また Hori et al. (2008) は方向転換スピードとハングクリーン 1RM, フロントスクワット 1RM, CMJ の関係について報告している。

これらの先行研究は男性アスリートを対象としたものであり、女性アスリートを対象とした方向転換動作についての先行研究は少ない。これまでの先行研究では女子バレーボール選手において方向転換走と CMJ の関係が強いことや (Barnes et al, 2007), 大学女子サッカー選手において方向転換走とスプリントスピードの関係が強いこと (Vescovi and Mcguigan, 2008), 体重当たりの最大筋力, 垂直跳び, 立ち幅跳び, スプリントスピードと方向転換走の関係が強いことが報告されている (Peterson et al, 2006)。これらの先行研究の結果から女性アスリートにおける方向転換スピードは体力的因子の影響を強く受けていることが考えられる。

しかし Young et al. (2002) は方向転換スピードを構成する要素として直線スピード, 筋力・パワーなどの下肢筋機能, そして方向転換動作における姿勢制御などの技術的因子が重要であることを述べている。また Markovic (2007) は, 方向転換走と One-leg rising test の関係について報告しており, 方向転換を行う際の身体バランス保持機能が重要であると報告している。これらの研究結果が示すように女性アスリートの方向転換動作においても直線スピード, 下肢筋機能といった体力的因子だけでなく姿勢制御などの技術的因子が影響している可能性が考えられる。

素早い方向転換動作はアジリティと呼ばれており, 日本サッカーのストロングポイントとして挙げられている。従ってアジリティ能力を向上させることは国際競技力を高める上でも重要である。パフォーマンスを向上させるためには日々のトレーニングによる積み重

ねとより効率的なトレーニングプログラムの作成が必要不可欠である。パフォーマンス向上のためのより効率的なトレーニング処方を見出すためには、方向転換動作を体力的および技術的因子の両側面から多角的に検討し、どのような因子がパフォーマンスに影響しているのかを分析する必要がある。そこで本研究では女子サッカー選手の方向転換動作についての研究として以下の2つの実験を行った。

実験1：女子サッカー選手の異なる競技レベル間における体力特性

実験2：女子サッカー選手の方向転換動作における体力的および技術的因子についての検討

実験1では大学女子サッカー選手を対象にフィジカルテストを実施し、Aチーム(1軍)とBチーム(2軍)の間にフィジカル面での差があり、その中でAチームとBチームの分類に影響を及ぼしている要素が方向転換スピード(アジリティ)であるという仮説を立てた。また実験2では大学女子サッカー選手を対象に方向転換動作課題を実施し、体力的および技術的因子の両側面から多角的に検討し、方向転換スピードの優劣には体力的因子だけでなく技術的因子も影響を及ぼすという仮説を立てた。

本研究の目的は実験1にて女子サッカー選手の異なる競技レベル間における体力特性を検討し、方向転換スピードが競技レベル分類に与える影響を明らかにすること、さらに実験2にて方向転換スピードを体力的および技術的因子の両側面から多角的に検討し、パフォーマンス向上のための効率的なトレーニング処方の指針を見出すことを目的とした。

II 女子サッカー選手の異なる競技レベル間における体力特性について

[II-i 目的]

近年我が国における女子サッカーの発展は目覚ましく、2008年に行われた北京オリンピックではベスト4進出を果たしており、女子サッカーの競技レベルは急速に高まってきている。一方で課題も多く挙げられており、その1つがフィジカル面の強化である。サッカーにおける最大の特徴はボールを足でコントロールするという点であるが、1試合の中で1人の選手がキック、ドリブル、ヘディングなどボールに触れてプレーしている時間は短く、1試合合計約2分程度だと言われている。つまり90分間のうち約88分間はボールを扱わずにプレーしているということになる。サッカーではボールを巧みに扱うプレーが目されがちであるが、実際の試合ではボールに触れずにプレーしている時間がほとんどであり、この時間こそがチームの勝敗に大きく関わってくる。このような点を踏まえると、ボールを扱う技術・戦術と同様に持久力、筋力、敏捷性などのフィジカル面もサッカーにおいて非常に重要であると考えられる (National Strength & Conditioning Association Japan, 1994)。

フィジカル面の強化には中・長期的な取り組みが重要であり、そのためには現状把握が必要不可欠となる。選手の体力の現量値を把握するためにフィジカルテストはスポーツ現場において幅広く実施されている。フィジカルテストの目的は、主に選手個々の運動能力の特性を知ることや、トレーニングの効果を把握することである。また測定結果をフィードバックすることで選手は自身の運動能力を数値によって客観的に把握することができ、トレーニングに対する動機付けになる。さらにチーム単位でフィジカルテストを実施することによって競技レベル差を生み出している体力要素の抽出が可能となる。

男子サッカー選手を対象に体力特性を調査した研究は国内外で多くみられ、日本サッカー協会はフィジカル測定ガイドライン (財団法人日本サッカー協会, 2006) にてフィジカルテストの方法と、各年代の代表チームや海外チームの平均値を示しており、参考値としてトレーニング処方に活用できる指針がある。しかし女子サッカー選手における体力特性を調査した研究は国内において筆者の知る限り非常に限られている (広瀬, 2009)。海外でも同様の傾向が認められ、Stoløn et al. (2005) が総説としてまとめたサッカー選手の体力特性比較においても女子サッカー選手を対象とした報告は少ない。男子サッカー選手を

対象とした先行研究ではフィジカル面で競技レベル間に差があることが報告されており (Arnason et al. , 2004; Brewer and Davis 1992; Cometti et al. , 2001; Kaplan et al . , 2009 ; Kollath and Qaude 1993), 女子選手においても同様にフィジカル面で競技レベル間に差があると考えられる. したがって本研究では某大学女子サッカー部員 30 名を対象にフィジカルテストを実施し, 対象者を A チーム (1 軍 : 15 名), B チーム (2 軍 : 15 名) に分類し, 競技レベル別における体力特性を比較検討することを目的とした.

[II - ii 方法]

II - ii - ①. 対象

関東大学女子サッカーリーグ 1 部に所属する熟練したレベルにある健常な女子サッカー選手 30 名 (年齢 : 20.7 ± 1.3 歳, 身長 : 160.2 ± 6.2 cm, 体重 : 54.1 ± 4.9 kg, 体脂肪率 $19.6 \pm 3.8\%$) を対象とした. また対象者を A チーム 15 名, B チーム 15 名に分類した. A チームは監督が主観的に技術, 戦術レベルを判断して選抜した選手であり, B チームはそれ以外の選手を指す. A チームと B チームのポジション分布は以下の通りであった (Table 1). なお本研究は早稲田大学スポーツ科学学術員倫理委員会「人を対象とする実験」の承認を得て実施した.

Table1. Positional distribution by team category

Position	A-Team	B-Team
Goal Keeper	1	2
Center Back	2	3
Side Back	2	2
Midfielder	6	5
Forward	4	3

*両群のポジション分布に隔たりはみられない $\chi^2=0.767$ N.S.

II - ii - ②. 測定項目

本研究にて測定した項目は以下の通りであった.

体格, 体組成: 身長, 除脂肪体重, 体脂肪量

スプリントスピード: 40m 直線走 (10m, 20m 区間タイムも測定)

アジリティ: 10m×5 シャトルラン, Zig Zag Test

パワー: 垂直跳び

持久力: YOYO Intermittent Recovery Test Level 1 (以下 YOYO IR1)

以下に各項目の測定方法の詳細を記す.

体組成

体組成は InBody (BIOSPACE 社製) を用いて, 除脂肪体重, 体脂肪量を測定した. 測定は日々の練習前に実施し, 対象者には測定前にまとまった食事や大量の水分を摂らないよう指示した.

スプリントスピード

スプリントスピードの評価として 40m 直線走を測定した (Fig 1). 測定には光電管 (BROWER 社製) を用いた. スタート地点の 0.5m 前に片足を置き, 対象者の任意のタイミングでスタートさせた. また 10m, 20m の区間タイムも測定した. 測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後, 最大努力で 1 回測定した.



Fig 1. 40m Sprint

アジリティ：10m×5 シャトルラン

アジリティの評価として10m×5 シャトルランを測定した(財団法人日本サッカー協会, 2006). 10m×5 シャトルランは10mの区間で180°のターンを4回(合計2往復半)行うものである(Fig 2). 対象者にはターンの際, 常に同一方向を向くように指示した. 測定には光電管(BROWER社製)を用いた. 測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後, 最大努力で1回測定した.

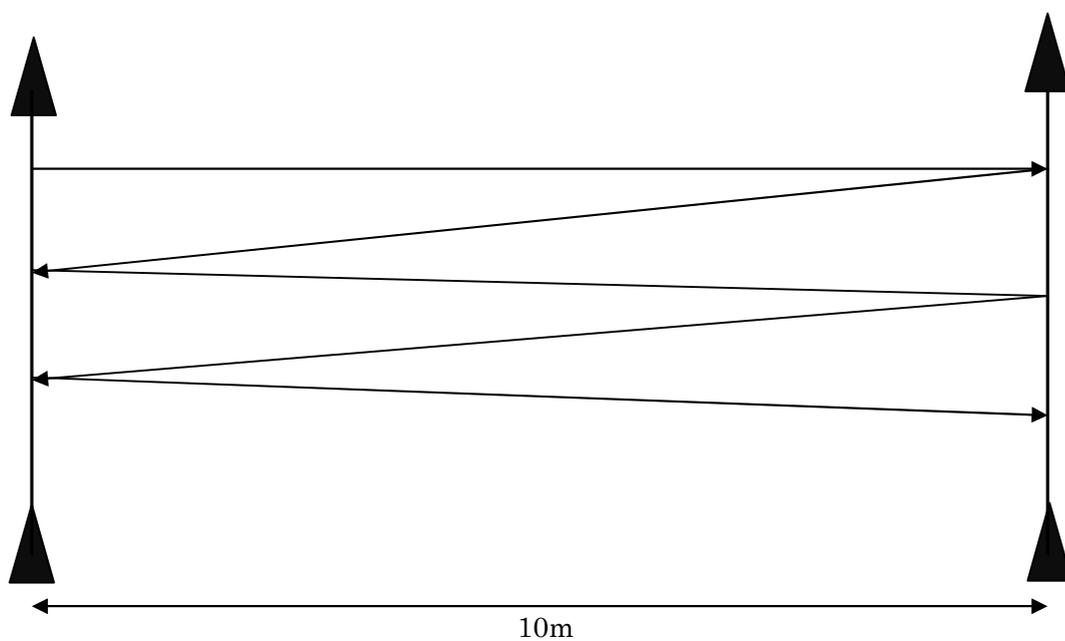


Fig 2. 10m×5 Shuttle Run

アジリティ : Zig Zag Test

アジリティの評価として Zig Zag Test を測定した (Little et al.,2005). Zig Zag Test はスタート地点からゴール地点までの間に 5m 間隔で 90° の走方向転換点を 3箇所設定したアジリティテストである (Fig 3). 測定には光電管 (BROWER 社製) を用いた. 測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後, 最大努力で 1 回測定した.

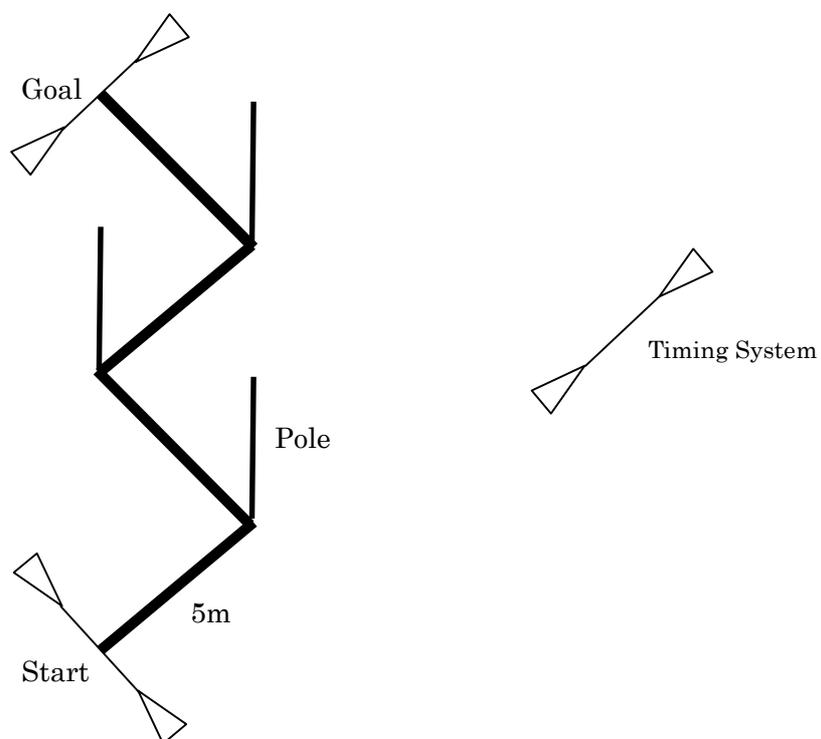


Fig 3. Zig Zag Test : Each straight sprint is 5m and each cutting at a pole is 90deg.

パワー

パワーの評価として垂直跳びを測定した。対象者に直立姿勢をとらせ、任意のタイミングで垂直跳びを実施させた。測定にはジャンプ MD（竹井機器工業株式会社）を用いた。測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後、最大努力で1回測定した。

持久力

持久力（間欠的持久力）の評価としてYOYO IR1を測定した（Fig 4）。20m間隔で引かれた平行な2本のラインの片方のライン上からスタートし、CDのスピードにしたがって1往復ごとに10秒のレストを挟む間欠的なランニングを繰り返させた。合計2回、CDのスピードについていけなくなった時点で測定終了とした。

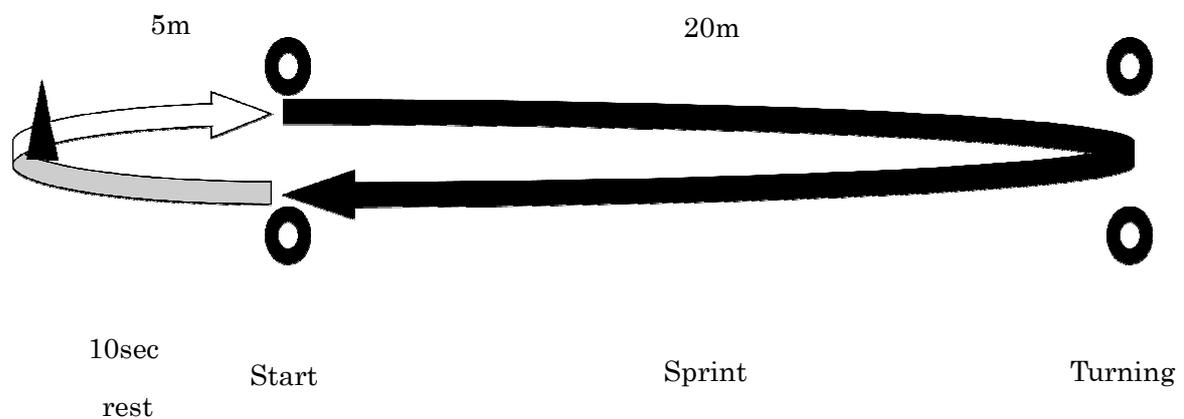


Fig 4. YOYO IR1

3. 統計処理

測定結果は平均値 (mean) ±標準偏差 (SD) で表示し, 統計的検定量の算出には SPSS (PASW Statistics18) を用いた. ポジション別の測定結果を比較するために 1 元配置分散分析を行い, 有意な主効果および交互作用が認められた項目については Scheffe 法による多重比較検定を行った. また A チームと B チームの間にポジション分布における差がないかを検証するために χ^2 検定を行った.

A チームと B チームの測定結果を群間比較するために 2 標本による t 検定を行った. また t 検定において有意差がみられた測定項目を独立変数として選択し, その変数の中でどの項目が A チームと B チームの分類に影響を与えているのかを検討するためにステップワイズ法による判別分析を行った. なお, 各検定における有意水準は 5%未満とした.

[II - iii 結果]

ポジション別の測定結果の比較では YOYO IR1 における GK と SB の間に有意な差が認められたが, その他の運動能力, 体格でポジション間に差は認められなかった (Table 2).

次に A チームと B チームの体格・体組成, 運動能力を比較する (Table 3). 体格・体組成の比較では身長のみ有意な差が認められ, A チームの方が B チームよりも高い身長を有していた. スピードの比較では全ての距離において A チームの方が B チームよりも有意に優れていた. アジリティの比較では 2 種目ともに A チームの方が B チームよりも有意に優れていた. YOYO IR1 の比較では A チーム, B チームの両群間に有意な差は認められなかった (Table 3). また群間比較において有意差がみられた身長, 10m・20m・40m スプリント, 10m×5, Zig Zag Test, 垂直跳びを独立変数として判別分析を行った結果, Zig Zag Test が A チームと B チームを判別する有意な項目として抽出された (Table 4).

Table2. Physical characteristics of female college soccer players according to positional difference

	GK (n=3)	CB (n=5)	SB (n=4)	MF (n=11)	FW (n=7)
Height (cm)	163.0±6.1	162.0±4.2	160.8±9.8	157.9±5.2	161.0±6.9
LBM (kg)	45.7±1.9	45.6±2.9	44.6±6.5	41.1±2.7	44.2±6.3
Body Fat (kg)	12.3±1.7	9.7±1.1	10.1±2.5	10.2±2.5	11.3±1.9
10m-Sprint (sec)	2.02±0.05	1.98±0.04	2.00±0.06	2.02±0.09	2.02±0.10
20m-Sprint (sec)	3.50±0.07	3.42±0.09	3.46±0.15	3.50±0.14	3.48±0.16
40m-Sprint (sec)	6.41±0.04	6.23±0.20	6.34±0.38	6.37±0.28	6.34±0.31
10m×5 (sec)	12.34±0.52	12.03±0.31	12.13±0.42	12.16±0.32	12.16±0.18
Zag Zag (sec)	6.13±0.23	5.97±0.19	6.06±0.12	5.98±0.13	6.01±0.21
Vertical Jump (cm)	46.3±6.1	47.2±7.3	43.3±1.7	46.8±5.6	48.1±7.2
YOYO (m)	1280±69	1512±87	1660±124 [†]	1512±145	1491±190

Mean±SD

GK : Goal Keeper, CB : Center Back, SB : Side Back, MF : Midfielder

FW : Forward

[†] : p<0.05 vs GK

Table3. Physical characteristics of A team and B team

	A-Team	B-Team	Significance
Height (cm)	162.4±6.1	158.0±5.6	p<0.05
LBM (kg)	44.8±5.0	42.2±3.7	N.S.
Body Fat (kg)	10.9±2.1	10.3±2.2	N.S.
10m-Sprint (sec)	1.98±0.05	2.04±0.08	p<0.05
20m-Sprint (sec)	3.41±0.09	3.54±0.13	p<0.01
40m-Sprint (sec)	6.21±0.20	6.47±0.26	p<0.01
10m×5 (sec)	11.94±0.24	12.36±0.23	p<0.01
Zag Zag (sec)	5.88±0.09	6.14±0.12	p<0.01
Vertical Jump (cm)	49.9±4.9	43.5±4.9	p<0.01
YOYO (m)	1594±167	1459±149	N.S.

Mean±SD

Table 4. Analysis of distinction

	Wilks のラムダ							
	統計量	自由度 1	自由度 2	自由度 3	正確な F 値			
					統計量	自由度 1	自由度 2	有意確率
ZigZag	.399	1	1	28.000	42.247	1	28.000	.000

[II - iv 考察]

大学女子サッカー選手を対象にフィジカルテストを実施し、競技レベル別における体力特性を検討した。

体組成において A チームは B チームよりも身長が有意に高かった。身長はポジション特性による影響が大きい。Bangsbo, J. (1994) はゴールキーパー (以下 GK), センターバック (以下 CB), サイドバック (以下 SB), フォワード (以下 FW), ミッドフィールダー (以下 MF) の順に身長が高いことを報告している。本研究の対象者においてポジション別の検討を行った結果、有意ではないものの、 $GK > CB > SB > FW > MF$ の順に身長が高い傾向がみられたため、女子サッカー選手でも先行研究と同様のことが考えられる。しかし本研究では A チーム, B チームの間にポジション分布において大きな隔たりはみられないことから (Table 3), 両群の体格の違いはポジション特性が影響しているものではないことが考えられる。体格の大小はハイボールに対する空中戦での競り合いなどの競技パフォーマンスに少なからず影響を与えることが考えられた。

スピードにおいては 10m, 20m, 40m の全ての距離で A チームの方が B チームと比較して有意に優れていた。先行研究において Cometti et al. (2001) はプロサッカー選手とアマチュアサッカー選手を対象に 30m のスプリントテストを実施し, 10m の区間タイム, 30m のタイムともにプロ選手の方が優れていたことを報告している。Kollath and Qaude (1993) も同様に 30m のスプリントテストを実施し, 10m, 20m の区間タイムと 30m のタイムにおいてアマチュア選手よりもプロ選手の方が優れていたことを報告している。Brewer and Davis (1992) は 40m スプリントテストにおいてプロ選手の方がアマチュア選手よりも優れていたことを報告している。性別は異なるが本研究の結果はこれらの先行研究を支持するものと考えられる。スプリントスピードはサッカーだけに限らず、様々なボールゲームにおいて競技パフォーマンスに影響を与える体力要素の 1 つである。サッカーにおける試合中のスプリント動作は, 1 試合に約 40~100 回行われており, 5~8m, 9~12m といった短い距離でのスプリント動作が多くみられることが報告されており (Weineck J, 2002), Brocherie et al. (2003) は 20m スプリントを試合の勝敗に關与するアクションであると述べている。本研究における A チームの平均タイムは約 3.41 秒, B チームの平均タイムは約 3.54 秒であった (Table2)。0.1 秒あたりの移動距離を計算すると A チームは約 59cm, B チームは約 56cm である。A チームと B チームの平均タイムの

差が約 0.13 秒であることから、両群には 60cm 弱の差があることになる。60cm という距離は女子選手の体 1 つ程度に相当するため、試合中においてバイタルエリアやサイドでの攻防でこのような差が開けば試合の勝敗に関与する可能性がある。したがって女子サッカー選手においてスピードの優劣が競技パフォーマンスに影響を与えていることが考えられた。

ジャンプにおいては A チームの方が B チームと比較して有意に優れていた。サッカーにおける試合中のジャンプ動作は、クロスボールやコーナーキックなどのゴール前の攻防と、ハイボールに対する競り合いの場面などで要求される。基礎的なジャンプ力に優れていれば、このような場面において相手よりも有利にプレーを進めることができる可能性がある。先行研究においてもプロサッカー選手の方がアマチュアサッカー選手よりも高いジャンプ能力を有していることが報告されている (Arnason et al., 2004 ; Faina et al., 1988 ; Tiryaki et al., 1997)。これらの先行研究は全て男子サッカー選手を対象としたものであるが、本研究の結果は先行研究の結果を支持するものであり、女子サッカー選手においてもパワーの優劣が競技パフォーマンスに影響を与えていることが考えられた。

持久力では有意ではないものの A チームの方が B チームよりも優れている傾向にあった。YOYO Intermittent Recovery Test はサッカーにおいて特異的な間欠的持久力を測定するテストである。Krustrup et al. (2005) は女子プロサッカー選手を対象に YOYOIR1 を測定し、実際の試合における総走行距離と高強度ランニング (時速 18km/h 以上) 距離との関連性を報告しており、競技レベルが高いほど、高強度ランニング距離が長いことも述べている。このことから A チームの選手は B チームの選手よりも実際の試合において優れた持久性パフォーマンスを発揮している可能性が考えられた。

アジリティにおいては A チームの方が B チームと比較して有意に優れていた。また群間比較において有意差がみられた身長、10m・20m・40m スプリント、10m×5、Zig Zag Test、垂直跳びを独立変数として判別分析を行った結果、Zig Zag Test が A チームと B チームの分類に影響する項目として抽出された。サッカーの動きは直線的な動きだけでなく、様々な方向への動きを伴っているということが特徴である。特にスピードが伴った状態から急激に減速し、方向を変え、そこから急激に加速するような素早い方向転換が要求される。サッカーでは 1 試合につき 1 人当たり平均 50 回の方向転換を行っていることや (Withers et al., 1982)、1 試合当たり合計で約 700 回の方向転換が行われていること (Bloomfield et al., 2007) が報告されている。実際の試合では、1 対 1 で相手選手をかわす場面や攻

守の切り替えを行う場面などで方向転換が用いられ、方向転換の優劣が得点や失点に結びつくことも少なくない。前述したように試合中において選手がボールに触れている時間は90分間のうち約2分程度と短く（National Strength&Conditioning Association Japan, 1994）、残りの約88分間はボールに触れていない状態であり、その時間の中で多くの方向転換動作が行われていることから、アジリティの優劣がサッカーの競技パフォーマンスを決定づける重要な要素であることが考えられる。

広瀬（2009）は日本代表レベルの女子サッカー選手を対象に10m×5シャトルランを実施し、年代別にアジリティ能力を比較した結果、A代表はU-19代表よりも有意に優れていたことを報告している。Kaplan et al.（2009）は男子サッカー選手を対象に5m×10シャトルランでアジリティを評価し、プロサッカー選手の方がアマチュアサッカー選手よりもアジリティに優れていたことを報告している。本研究の結果はこれらの先行研究の結果を支持するものであり、女子サッカー選手においても競技レベルが高いほどアジリティに優れていることが考えられた。

本研究の結果からAチームとBチームの競技レベル間には、スピード、パワー、アジリティ等のフィジカル面においても差がみられることが明らかになった。また競技レベル間で差がみられたフィジカル面の中でも、特にアジリティが競技レベルを分ける因子であることが明らかになった。ただし前述したようにスピード、パワーもサッカーにおいて重要な運動能力である。

アジリティは日本サッカーのストロングポイントとして挙げられている能力であり、アジリティ能力を向上させることは国際競技力を高める上でも重要である。Mirkov et al.（2010）は11歳の男子サッカー選手26名を対象に3年間縦断的な体力測定を行い、高いアジリティ能力が将来的な競技パフォーマンスに影響を与える決定的な要素であることを述べている。一方で、広瀬（2009）は女子A代表選手22名を対象に5ヶ月間トレーニングを実施し、縦断的にアジリティ能力を評価した結果、有意な向上が認められたことを報告しており、アジリティ能力はどのような年齢でも継続したトレーニングによって向上する可能性があることを述べている。このことからアジリティ能力を高めるためのトレーニング指針の確立が必要だと考えられる。

アジリティは素早い方向転換動作と言われており、方向転換スピードを構成する因子としては直線スピード、筋力・筋パワーなどの下肢筋機能、そして方向転換動作中の姿勢制御などの技術的因子が重要であると述べられている（Young et al., 2002）。直線スピード

や下肢筋機能などの体力的因子と方向転換動作に関する先行研究は多くなされているが、技術的因子との関連性を検討した先行研究は少ない。したがって今後の展望としては方向転換動作を体力的および技術的因子の両側面から多角的に検討し、その結果からアジリティ能力向上のための、より効率的なトレーニング処方を見出すことが挙げられる。

Ⅲ 女子サッカー選手の方向転換動作における体力的および技術的因子についての検討

[Ⅲ－i 目的]

サッカーは多種多様な運動能力が要求されるスポーツである。サッカーの動きは陸上競技のような直線的な動きのみではなく、様々な方向への動きが混在していることが特徴である。サッカーは緩急のあるスピードの中での曲線走やバック走、また急激なストップ動作や方向転換動作が求められる。その中でも特に方向転換動作は相手選手との間に一瞬のギャップを作る際や、1対1での攻防において重要な動作である。素早い方向転換動作はアジリティと言われている。広瀬（2009）はナショナルレベルの女子サッカー選手を対象に10m×5シャトルランを実施し、年代別にアジリティ能力を比較した結果、A代表はU-19代表よりも有意に優れていたことを報告している。Kaplan et al.（2009）は男子サッカー選手を対象に5m×10シャトルランでアジリティを評価し、プロサッカー選手の方がアマチュアサッカー選手よりもアジリティに優れていたことを報告している。サッカーでは1試合につき1人当たり平均50回の方向転換を行っており（Withers et al., 1982）、1試合当たりの合計では約700回の方向転換が行われている（Bloomfield et al., 2007）。サッカーの試合において1人の選手がボールに関与している割合は1試合90分間のうち約2分程度と言われており（National Strength&Conditioning Association Japan, 1994）、主な動きはOff The Ball Movement（ボールを伴っていない動き）が占めている。より高速化してきている現代サッカーにおいてOff The Ball Movementの中での方向転換動作の優劣がゲームの勝敗を左右する一因になることが考えられる。実験1において大学女子サッカー選手を対象にフィジカルテスト（10m・20m・40mスプリント、10m×5シャトルラン、Zig Zag Test、垂直跳び、YOYO Intermittent Recovery Test Level 1）を実施し、Aチーム（1軍）とBチーム（2軍）の間で競技パフォーマンス別に比較検討したところ、Zig Zag TestがAチームとBチームの判別に影響を与える要素として抽出された。

女性アスリートを対象とした方向転換動作についての先行研究は少ない（Barnes et al., 2007; Vescovi et al., 2008; Nimphius et al., 2010）。この中でPeterson et al.（2006）は体重当たりの最大筋力、垂直跳び、立ち幅跳び、スプリントスピードと方向転換動作の関連性について報告しており、その関連性は男性よりも女性の方が高いことを報告してい

る。上記の先行研究の結果から女性アスリートにおける方向転換動作は体力的因子の影響が大きいことが考えられる。しかし Young et al. (2002) は方向転換スピードを構成する要素として直線スピード、筋力・パワーなどの下肢筋機能、そして方向転換動作における姿勢制御などの技術的因子が重要であることを述べている。したがって女性アスリートにおける方向転換動作においても直線スピード、下肢筋機能の体力的因子だけでなく姿勢制御などの技術因子が影響している可能性が考えられる。そこで本研究では女子サッカー選手における方向転換動作を体力的、および技術的因子の両側面から多角的に検討し、その結果からパフォーマンス向上のためのより効率的なトレーニング処方の方針を見出すことを目的とした。

[Ⅲ－ii 方法]

Ⅲ－ii－①. 対象

関東大学女子サッカーリーグ1部に所属する熟練したレベルにある健常な女子サッカー選手24名(年齢: 20.7 ± 1.3 歳, 身長: 160.2 ± 6.6 cm, 体重: 54.1 ± 4.9 kg, 体脂肪率 $19.6 \pm 3.8\%$) を対象とした。なお本研究は早稲田大学スポーツ科学学術員倫理委員会「人を対象とする実験」の承認を得て実施した。

Ⅲ－Ⅱ－②．測定項目

1) 方向転換動作課題

方向転換動作課題として **Zig Zag Test** を測定した (Fig 1)．また 1 本目のポールを通過後の動作を矢状面から家庭用ビデオカメラ (SONY 社製) を用いて撮影した．シャッター速度は 60Hz とした．なおタイムの測定には光電管 (BROWER 社製) を用いた．方向転換動作課題を行う際、被験者の右肩峰、右大転子、右膝関節裂隙、右外果にマーカーを添付した (Fig 2)．

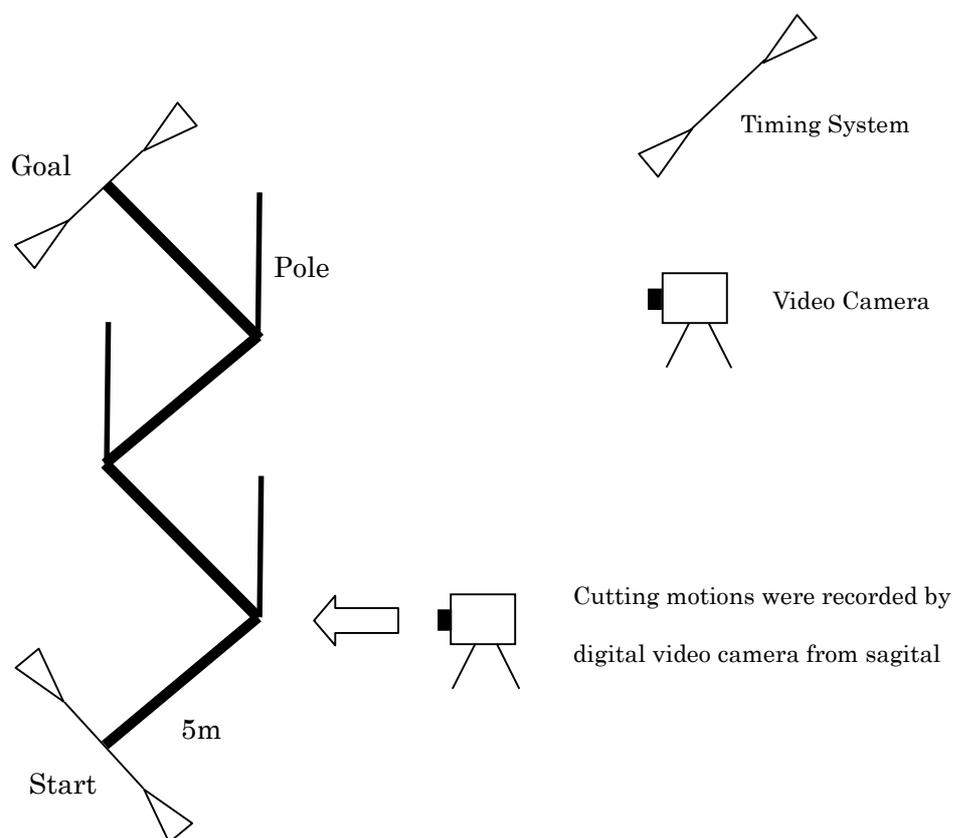


Fig 1. Zig Zag Test : Each straight sprint is 5m and each cutting at a pole is 90deg.

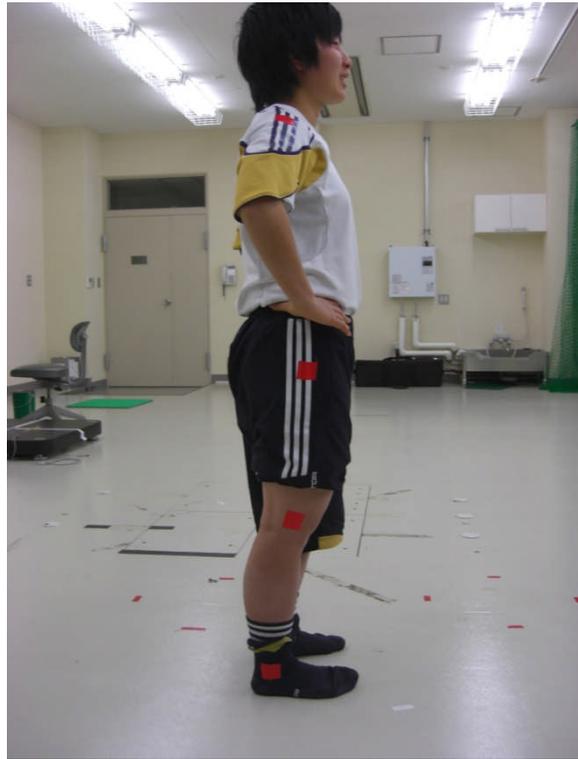


Fig 2. Affixed marker position

2) 体力的因子

体力的因子として以下の項目を測定した.

○ラボテスト

- 体格, 体組成 : 身長, 除脂肪体重, 脂肪量
- 下肢筋機能 :
 - スクワットジャンプ (以下 SJ)
 - カウンタームーブメントジャンプ (以下 CMJ)
 - 6 ジャンプ (以下 6J)
- 等速性筋力 : 膝関節屈曲, 伸展における体重当たりの最大トルク
 - 角速度 60deg/sec, 180deg/sec
 - 収縮様式…短縮性収縮

○フィールドテスト

- ・スプリントスピード：40m 直線走（5m, 10m, 20m, 区間タイムも測定）

体組成

体組成は InBody（BIOSPACE 社製）を用いて，除脂肪体重，体脂肪量を測定した．測定は日々の練習前に実施し，対象者には測定前にまとまった食事や大量の水分を摂らないよう指示した．

下肢筋機能

下肢筋機能評価のためのジャンプテストはクアトロジャンプ（KISTLER 社製）を用いて測定した．SJ は手を腰に当て，股関節・膝関節 90 度屈曲位のスクワット姿勢を取り，下肢の反動を用いずにジャンプ動作を行わせた（Fig 3）．CMJ は手を腰に当てた立位姿勢から反動を用いてジャンプを行わせた（Fig 4）．6J は手を自由にした状態で膝関節の屈曲を極力抑えたジャンプ動作を 6 回連続で行わせた（Fig 5）．6 回の平均跳躍高を測定値として採用した．これらのジャンプテストは JFA フィジカル測定ガイドラインを参考に測定した（財団法人日本サッカー協会，2006）．測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後，最大努力で 1 回測定した．



Fig 3. SJ

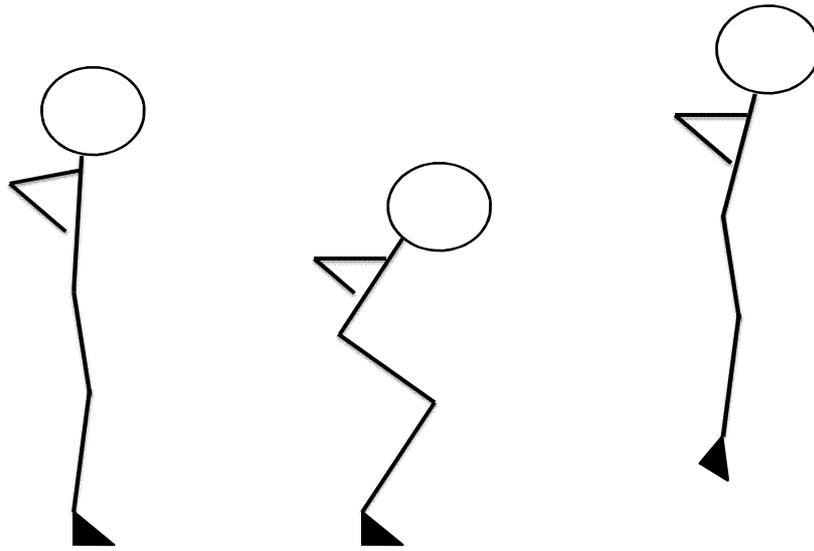


Fig 4. CMJ

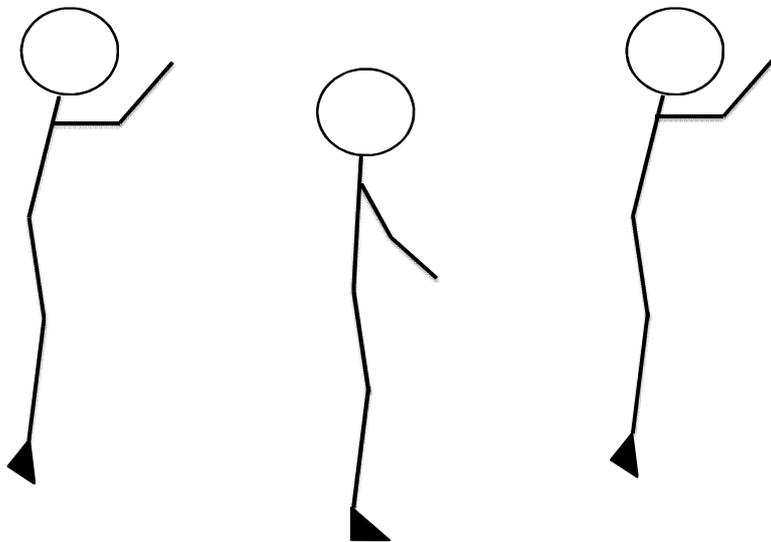


Fig 5. 6J

等速性筋力

等速性筋力の測定は BIODEX SYSTEM 3 (Biodex Medical Systems 社製) を用いて測定した。60deg/sec, 180deg/sec における膝関節屈曲・伸展の体重当たりの最大トルクを測定し、左右の平均を測定値として採用した。測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後、最大努力で 1 回測定した。

スプリントスピード

40m 直線走は光電管 (BROWER 社製) を用いて測定した。スタート地点の 0.5m 前に片足を置き、対象者の任意のタイミングでスタートさせた。また 5m・10m・20m の区間タイムも測定した。測定試技は十分なウォーミングアップと動作確認の後、最大努力で 1 回測定した。



Fig 6. 40m Sprint

3) 動作解析

方向転換動作課題実施中の動作を矢状面から撮影し、撮影した動画を2次元動作解析ソフト Dartfish (DARTFISH Co. Ltd.) を用いて解析した。方向転換動作課題における解析する局面を「停止局面」(右脚接地～膝関節最大屈曲)、「加速局面」(膝関節最大屈曲～右脚離地)として定義した (Fig 7)。また体幹(肩峰～大転子)と地面(ペナルティライン)のなす角度を体幹前傾角度として定義した (Fig 8)。方向転換動作課題において以下の項目の動作解析を行った。

- ・ 接地時の股関節・膝関節屈曲角度
- ・ 最大膝関節屈曲角度
- ・ 停止局面における体幹前傾角度変位量
- ・ 接地時間 (全体・停止局面・加速局面)

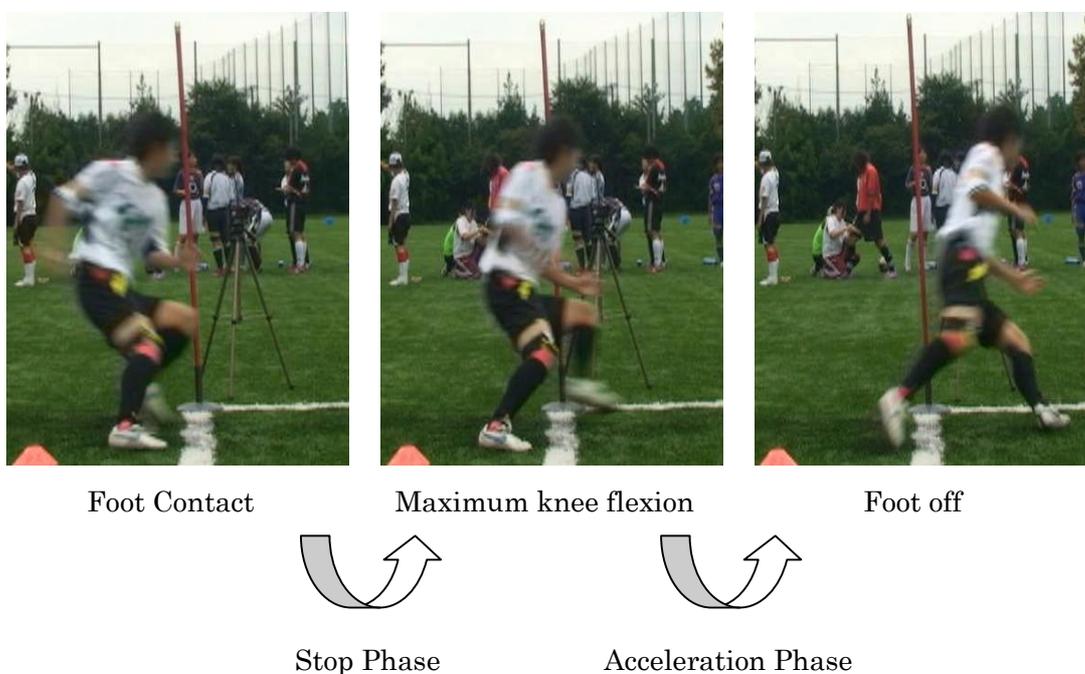


Fig 7. Definition of Stop phase and Acceleration Phase



Fig 8. Definition of trunk forward inclination

III - ii - ③. 統計処理

測定結果は平均値 (mean) ± 標準偏差 (SD) で表示し、統計的検定量の算出には SPSS (PASW Statistics18) を用いて行った。方向転換動作課題 (Zig Zag Test), 体力的因子, 技術的因子の相関関係を検討するために Pearson の相関係数を用いた。また Zig Zag Test を従属変数とし, 身長, 除脂肪体重, 脂肪量, SJ, CMJ, 6J, 等速性筋力, 5m・10m・20m・40m スプリントタイム, 接地時の股関節・膝関節屈曲角度, 最大膝関節屈曲角度, 停止局面における体幹前傾角度変位量, 接地時間 (全体・停止局面・加速局面) を独立変数として, Zig Zag Test に対する独立変数の影響度合いを検討するためにステップワイズ法による重回帰分析を行った。なお, 検定における有意水準は 5%未満とした。

[Ⅲ－ⅲ 結果]

Ⅲ－ⅲ－①. 各測定項目平均値

各測定項目の平均値±標準偏差を Table1～Table7 に示す.

Table1. Anthropometric and jump performance(cm)

Height(cm)	LBM(kg)	Fat(kg)	SJ	CMJ	6J
160.2±0.2	43.6±4.6	10.6±2.2	33.8±3.1	38.0±3.6	36.3±4.3

Mean ± SD

Table 2. Isokinetic knee extension and flexion muscle strength(%)

60deg/sec KE	60deg/sec KF	180deg/sec KE	180deg/sec KF
263.0±35.9	149.9±20.0	162.0±27.4	133.0±22.9

Mean ± SD

KE : Knee Extension, KF : Knee Flexion

Table 3. Sprint time(sec.)

5m	10m	20m	40m
1.17±0.06	2.01±0.07	3.48±0.13	6.34±0.27

Mean ± SD

Table 4. Motion analysis on foot contact(deg.)

Knee flexion	Hip flexion
30.4±6.7	41.3±10.9

Mean ± SD

Table 5. Maxmum knee flexion(deg.)

MKF
61.0±6.57

Mean ± SD

MKF : Maximum Knee flexion

Table 6. Amount of degree change on stop phase(deg.)

Trunk forward inclination
72.4±7.95

Mean ± SD

Table 7. Contact time(sec.)

Total	Stop phase	Acceleration phase
0.22±0.02	0.07±0.02	0.15±0.02

Mean ± SD

III - iii - ②. Zig Zag Test とフィールドテストの関係

Zig Zag Test と 5m スプリント・10m スプリント・20m スプリント・40m スプリントの間には、それぞれ有意な正の相関関係が認められた (Table 8).

Table 8. Relationship between COD and field test

	COD	5mSprint	10mSprint	20mSprint	40mSprint
COD					
5mSprint	.580††				
10mSprint	.660††	.880††			
20mSprint	.680††	.823††	.962††		
40mSprint	.670††	.726††	.899††	.971††	

COD : Change of direction (Zig Zag Test)

† : $p < 0.05$, †† : $p < 0.01$

III - iii - ③. Zig Zag Test とラボテストの関係

Zig Zag Test と SJ・CMJ・6Jの間には、それぞれ有意な負の相関関係が認められた (Table 9). 等速性筋力、体格・体組成においては Zig Zag Test との間に有意な相関関係は認められなかった.

Table 9. Relationship between COD and between laboratory test

	COD	KE 60deg	KE 180deg	KF 60deg	KF 180deg	SJ	CMJ	6J	LBM	Fat	Height
COD											
KE60deg	-.343										
KE180deg	-.257	.716 ^{††}									
KF60deg	-.247	.661 ^{††}	.419								
KF180deg	-.179	.636 ^{††}	.929 ^{††}	.490 [†]							
SJ	-.620 ^{††}	.511 [†]	.262	.418	.261						
CMJ	-.650 ^{††}	.579 ^{††}	.319	.468 [†]	.279	.958 ^{††}					
6J	-.488 [†]	.280	-.080	.387	-.066	.637 ^{††}	.680 ^{††}				
LBM	-.343	.240	-.047	.447 [†]	-.057	.371	.391	.602 ^{††}			
Fat	.314	.054	.046	-.215	-.074	-.169	-.175	-.238	-.079		
Height	-.292	.148	-.076	.394	.021	.334	.300	.498 [†]	.839 ^{††}	.018	

COD : Change of direction (Zig Zag Test), KE : Knee extension, KF : Knee flexion

† : p<0.05, †† : p<0.01

III – iii – ④. Zig Zag Test と技術的因子の関係

Zig Zag Test と膝関節最大屈曲角度との間に有意な負の相関関係が認められた。また Zig Zag Test と全体の接地時間、加速局面の接地時間の間にはそれぞれ有意な負の相関関係が認められた (Table 10)。

Table 10. Relationship between COD and skill factor

	COD	KF	HF	MKF	ATFI	TC	SC	AC
COD								
KF	.025							
HF	-.316	.221						
MKF	-.450 [†]	.338	.486 [†]					
ATFI	-.125	-.204	.336	.372				
TC	.443 [†]	.018	.188	.335	.242			
SC	-.118	-.059	.397	.455 [†]	.634 ^{††}	.366		
AC	.495 [†]	.068	-.192	-.116	-.358	.548 ^{††}	-.579 ^{††}	

COD : Change of direction (Zig Zag Test),

KF : Knee flexion on foot contact, HF : Hip flexion on foot contact

MTFI : Maximum trunk forward inclination

MKF : Maximum Knee flexion

ATFI : Amount of displacement of trunk forward inclination on stop phase

TC : Total contact time, SC : Stop phase contact time

AC : Acceleration phase contact time

† : p<0.05, †† : p<0.01

III - iii - ⑤. 重回帰分析

ステップワイズ法による重回帰分析の結果, Zig Zag Test に影響を与える因子として 20m スプリント, 膝関節最大屈曲角度, 全体の接地時間が組み込まれた (Table 11).

Table 11. Multiple regression analysis

	B	β	p value
Invariable	4.19		p<0.01
20mSprint	0.56	0.44	p<0.01
Maximum Knee flexion	-0.02	-0.56	p<0.01
Total contact time	3.68	0.46	p<0.01

$r^2=0.75$, ANOVA : p<0.01

[Ⅲ－iv 考察]

Ⅲ－iv－①. Zig Zag Test とスプリントスピードの関係について

Zig Zag Test とスプリントスピード (5m・10m・20m・40m) の間には有意な正の相関関係が認められた (Table 8). Draper and Lancaster (1985) は Illinois agility test と 20m スプリントの相関関係を報告しており ($r=0.47$), Little and Williams (2005) は Zig Zag Test と 10m スプリントの関係について弱い相関を報告している ($r=0.35$). これらの先行研究におけるアジリティとスプリントスピードの関係は弱～中程度のものであり, スプリントスピードの優劣が必ずしも方向転換スピードに影響するとは言えないことを示している (Brughelli et al., 2008 ; Sheppard et al., 2006).

しかし上記の先行研究における対象者は男性アスリートであり, 女性アスリートを対象とした先行研究では歩行転換スピードとスプリントスピードの相関関係は強いことが報告されている. Vescovi and Mcguigan (2008) は大学女子サッカー選手を対象とした研究で Illinois agility test と 9.1m・18.3m・27.4m・36.6m スプリントの関係 ($r=0.61$, $r=0.68$, $r=0.71$, $r=0.66$) および Pro-agility とスプリントスピードの関係を報告しており ($r=0.59$, $r=0.65$, $r=0.66$, $r=0.59$), 両者とも中程度から強い相関を示している. また Paule et al. (2000) は T-test と 40 ヤードスプリントの中～強程度の相関関係を報告している ($r=0.73$). さらに Peterson et al. (2006) は T-test と 40 ヤードスプリントにおける速度との関係について報告しており, 女性アスリートの方が男性アスリートよりもその相関関係が高いことも報告している ($r=-0.69$). 本研究の結果は先行研究の結果を支持するものであり, 女子サッカー選手においてスプリントスピードは方向転換スピードに影響する要素であることが考えられた.

Ⅲ－iv－②. Zig Zag Test とラボテストの関係について

Zig Zag Test と等速性筋力の間には有意な相関関係は認められなかった (Table 9). 膝関節屈曲・伸展の等速性筋力発揮は単関節運動であるため, 実際の競技動作に近い複合関節運動である Zig Zag Test との運動様式の違いが両者の相関関係に影響を及ぼしてい

る可能性が考えられた。方向転換動作における停止局面では大腿四頭筋などの下肢伸展筋群が伸張性の収縮を行い、加速局面では短縮性の収縮を行う（財団法人 日本体育協会, 2008）。このような伸長-収縮連関が方向転換スピードに重要であると考えられる。しかし本研究で測定した等速性筋力は角速度 60deg/sec および 180deg/sec における膝関節屈曲・伸展の体重当たりの最大トルクであり、収縮様式は短縮性収縮のみであった。そのため方向転換スピードとの相関が認められなかったものと推察される。

Zig Zag Test と SJ, CMJ, 6J の間にはそれぞれ有意な正の相関関係が認められた (Table 9)。Vescovi and Mcguigan (2008) は大学女子サッカー選手を対象とした研究で Illinois agility test と CMJ ($r = -0.55$) および Pro-agility と CMJ ($r = -0.61$) の中程度の相関関係を報告している。Paule et al. (2000) は T-test と垂直跳びにおいて中程度の相関関係を報告しており ($r = -0.55$)、Peterson et al. (2006) も同様に T-test と垂直跳びの相関関係について報告している ($r = -0.71$)。また Barnes et al. (2007) は女子バレーボール選手を対象に 180° のターンを 3 回含む 5m×4 シャトルランを従属変数とし、シャトルランの方向転換時における垂直方向および水平方向への床反力、CMJ、ドロップジャンプにおける接地時間、跳躍高、reactive strength (ドロップジャンプの跳躍高[cm]/接地時間[sec])、膝関節伸展筋群の等尺性最大筋力を独立変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、CMJ が 5m×4 シャトルランに影響を与える因子として組み込まれたことを報告している。さらに Brughelli et al. (2008) はアジリティに関する先行研究についての総説の中で女性アスリートにおけるアジリティ能力は男性アスリートよりもジャンプパフォーマンスの影響を強く受けていることを言及している。本研究の結果はこれらの先行研究を支持するものであり、女性サッカー選手においてジャンプパフォーマンスは方向転換スピードに影響を及ぼす要素であることが考えられた。

Zig Zag Test と体格・体組成の間に有意な相関関係は認められなかった (Table 9)。先行研究においても体脂肪、除脂肪体重とアジリティの間に有意な相関関係は認められていない (Gabbett, 2002 ; Meir et al., 2001 ; Reilly et al., 2000 ; Rigg&Reilly, 1987)。しかし、過剰な体脂肪はスポーツパフォーマンスの妨げになる可能性がある。特に女性アスリートは男性アスリートよりも女性ホルモンの影響で体脂肪が付きやすい傾向にあるため、余分な体脂肪の増加を防ぐことは方向転換スピードに対して間接的に寄与する可能性が考えられた。また身長に関して Sheppard et al. (2006) は高身長の

アスリートは方向転換の際に低重心の姿勢をとるまでに、より多くの時間を要する可能性があると述べている。したがって高身長は方向転換スピードに対してネガティブファクターである可能性が考えられる。しかし本研究において身長と方向転換スピードの間に有意な相関関係は認められなかった。よって今後は体格と方向転換スピードの関係について更なる検討が必要と考えられる。

III-iv-③. Zig Zag Test と技術的因子の関係について

Zig Zag Test と最大膝関節屈曲角度の間に有意な負の相関関係が認められ、Zig Zag Test と全体の接地時間および加速局面の接地時間との間に有意な正の相関関係が認められた。姿勢を安定させるためには重心を低くすることが求められる（金子，1994）。また Sheppard et al.（2006）は優れた方向転換スピードには低重心が必要不可欠であると述べている。重心を低くするためには股関節・膝関節を十分に屈曲させる必要がある。このような低重心の姿勢はパワーポジションと呼ばれ、方向転換動作においてバランスよく停止するためと直後の加速動作への素早い切り替えのために重要とされている

（National Strength&Conditioning Association Japan, 2003）。以上のことから方向転換動作において膝関節を十分に屈曲させることは方向転換スピードに寄与することが推察される。

また接地時の股関節屈曲角度と最大膝関節屈曲角度の間には有意な正の相関関係がみられた（Table 10）。推察ではあるが、接地前から股関節を屈曲させた低重心の姿勢を意識することで方向転換動作時の最大膝関節屈曲角度が増加し、方向転換スピードに対して間接的なパフォーマンス向上をもたらす可能性が考えられた。

Zig Zag Test と全体の接地時間および加速局面の接地時間との間に有意な正の相関関係が認められた。塩川ら（1998）は男子サッカー選手を対象にマットスイッチを用いた方向転換能力についての研究で方向転換時の接地時間が短い選手ほど、直角走のタイムに優れていることを報告している。Young et al.（2002）は方向転換走と reactive strength（ドロップジャンプの跳躍高[cm]/接地時間[sec]）との関係について報告しており、優れた方向転換スピードには脚伸筋の SSC 過程の効率が優れている必要があることを報告している。以上のことから優れた方向転換スピードには接地時間の短さが重要で

あることが考えられ、本研究でも同様の結果を示していることから、女子サッカー選手において方向転換動作時の接地時間は方向転換スピードに影響する要素であることが考えられた。

接地時間と方向転換動作における技術的因子の関連について検討したところ、停止局面における接地時間と膝関節最大屈曲角度および停止局面での体幹前傾変位量の間には有意な正の相関関係が認められた (Table 10)。停止局面における接地時間と膝関節最大屈曲角度の関連については、方向転換動作時に前述したパワーポジションをとることによって下肢筋群の緩衝能力が効率よく働き、停止局面における重心バランスを保持することが可能となり、接地時間の短縮に貢献している可能性が考えられる。また停止局面では体幹部に前方方向への慣性エネルギーが働き、この慣性エネルギーをコントロールできなければ、上半身が前方方向へ倒れる「あおり動作」が発生し、停止するまでにより多くの時間を要する (財団法人 日本体育協会, 2008)。停止局面における接地時間と体幹前傾変位量の間には有意な正の相関関係が認められたことから、停止局面において体幹を安定させる姿勢制御能力の優劣が接地時間の短縮に貢献している可能性が考えられた。以上のことから停止局面においてパワーポジションをとる、体幹を安定させ「あおり動作」を少なくすることが接地時間の短縮に影響し、方向転換スピードに対して間接的な貢献をもたらす可能性が考えられた。

III-iv-④. 重回帰分析について

ステップワイズ法による重回帰分析の結果、**Zig Zag Test** に影響を与える因子として **20m スプリントタイム**、**膝関節最大屈曲角度**、**全体の接地時間**が抽出され、これら3つの因子の **Zig Zag Test** への寄与率は **75%**であった (Table 11)。方向転換スピードに影響する因子を検討するために重回帰分析を用いた先行研究は少ない。Barnes et al. (2007) は女子バレーボール選手を対象に **180°** のターンを3回含む **5m×4** シャトルランを従属変数とし、シャトルランの方向転換時における垂直方向および水平方向への床反力、**CMJ**、ドロップジャンプにおける接地時間、跳躍高、**reactive atrength** (ドロップジャンプの跳躍高[cm]/接地時間[sec])、膝関節伸展筋群の等尺性最大筋力を独立変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、**CMJ** が **5m×4** シャトルランに影響を与える因子と

して抽出されたことを報告している。Paul et al. (2009) は 505agility test を従属変数とし、レッグプレスの等速性脚伸展筋力、膝関節屈曲・伸展の等速性筋力、5m スプリントタイム、Flying 5m, CMJ, DJ を独立変数としてステップワイズ法による重回帰分析を行った結果、Flying 5m と伸長性収縮様式における膝関節屈曲の等速性筋力が 505agility test に影響を与える因子として抽出されたことを報告している。しかし、これらの先行研究は方向転換スピードに対する体力的因子の影響についてしか検討を行っていない。優れた方向転換スピードには直線スピードや下肢筋機能といった体力的因子だけでなく、姿勢制御能力などの技術的因子も重要である (Young et al., 2002)。本研究の結果は Young らが提唱する方向転換スピードの決定論的モデルを支持するものである。したがって女子サッカー選手における方向転換スピードには体力的因子だけでなく技術的因子も影響していることが考えられた。

本研究の結果から方向転換スピードを高めるためには直線スピードや下肢筋機能の向上だけでなく、方向転換動作における技術指導も行うことでより効率的にパフォーマンスの向上につながる可能性が示唆された。今後の展望としては方向転換動作におけるパワーポジションの意識付けや停止局面での体幹コントロールなどの技術指導が方向転換スピードに与える影響を検討することが挙げられる。

III - iv - ⑤. 研究の限界

本研究の方向転換動作課題では方向転換地点においてポールを使用した。したがってこのポールの有無が動作に与える影響について検討する必要がある。また本研究における方向転換動作評価には二次元動作解析による手法を用いている。したがって二次元動作解析と三次元動作解析との適合性評価を行うことにより、方向転換動作における技術とパフォーマンスの関係性についてさらに明確にする必要がある。以上の 2 点については今後の検討課題とする。

IV 総合考察

本研究では実験1にて女子サッカー選手の異なる競技レベル別における体力特性の中で方向転換スピード（アジリティ）が競技レベル分類に与える影響を検討し、実験2にて方向転換スピードに対して体的および技術的因子が与える影響を検討した。

実験1の結果、競技レベルが高いほど体格・スピード・パワー・アジリティに優れており、その中でも特にアジリティが競技レベル分ける運動能力であることが明らかになった。方向転換を伴った動きはサッカーにおいて特異的な動作である。実際の試合中には1試合につき1人当たり平均50回の方向転換を行っていることや（Withers et al., 1982）、1試合当たり合計で約700回の方向転換が行われていること（Bloomfield et al., 2007）が報告されている。このようにサッカーの試合中では方向転換動作が頻繁に行われていることから、方向転換スピードの優劣が競技レベルに影響を与えている可能性が考えられた。

次に、実験2にて方向転換スピードに対して体的および技術的因子が与える影響を検討した結果、優れた方向転換スピードには「直線スピード」「短い接地時間」「膝を深く屈曲させた低重心の姿勢」が重要であることが考えられた。また接地時の股関節屈曲角度と最大膝関節屈曲角度の間には有意な正の相関関係がみられたことから、「膝を深く屈曲させた低重心の姿勢」をとるためには、接地前から股関節を屈曲させた低重心の姿勢を意識することで重要であり、それによって方向転換動作時の最大膝関節屈曲角度が増加し、方向転換スピードのパフォーマンス向上に対して間接的に寄与する可能性が考えられた。さらに停止局面での接地時間と体幹前傾変位量の間にも有意な正の相関関係が認められたことから、停止局面において体幹部にかかる前方方向への慣性をコントロールし「あおり動作」を少なくする姿勢制御能力が高いほど停止局面の接地時間を短縮でき、方向転換スピードのパフォーマンス向上に対して間接的に寄与する可能性が考えられた。したがって女子サッカー選手の方向転換スピードを高めるためには直線スピードや下肢筋パワーといった体的因子を向上させることも重要であるが、それと併せて「接地前から低重心の姿勢を

意識する」,「停止局面における体幹のあおり動作を少なくする」といった姿勢制御能力も向上させることが重要であることが考えられた.

以上のことから,女子サッカー選手において方向転換スピードの優劣が競技レベル分類に影響し,優れた方向転換スピードには直線スピードや下肢筋機能といった体力的因子だけでなく,自身の体をコントロールするための技術的因子も重要であることが示唆された.また方向転換スピードを高めるためには体力的因子だけでなく技術的因子もトレーニングすることによって,より効率的にパフォーマンスの向上が望める可能性が示唆された.

V 結語

本研究では、大学女子サッカー選手を対象とし、「女子サッカー選手の異なる競技レベル間における体力特性」、「女子サッカー選手の方向転換動作における体力的および技術的因子についての検討」を行い、以下の結果を得た。

II章：女子サッカー選手において競技レベルが高いほど体格・スピード・パワー・アジリティに優れており、特にアジリティが競技レベル分類に影響を与えている要素であることが明らかになった。

III章：女子サッカー選手の方向転換スピードの優劣には「20m スプリント」、「全体の接地時間」、「膝関節最大屈曲角度」が影響を与えていることが明らかになった。このことから方向転換スピードを高めるためには直線スピードや下肢筋機能といった体力的因子だけでなく、方向転換動作時に自分の体をコントロールする技術的因子もトレーニングすることによって、より効率的なパフォーマンスの向上が望める可能性が示唆された。

VI 参考文献

- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundson, A. (2004) Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 36(2):278-285.
- Bangsbo, J. (1994) *Fitness Training in Football - A Scientific Approach*.
- Barnes, J. L., Schilling, B. K., Falvo, M. J., Weiss, L. W., Creasy, A. K., Fry, A. C. (2007) Relational of jumping and agility performance in female volleyball athletes. *J. Strength. Cond. Res.*, 21(4):1192-1196.
- Bloomfield, J., Polman, R., O'Donoghue, P. (2007) Turning movements performed during FA Premier League soccer matches. *J. Sports. Sci.*, 6(Supplementum10):9-10.
- Brewer, J., Davis, J. A. (1992) A physiological comparison of English professional and semi-professional soccer players. *J. Sports. Sci.*, 10:146-147.
- Brocherie, F., Morikawa, T., Hayakawa, N., Mokinobu, Y. (2003) Preseason Anaerobic Performance of Elite Japanese Player. *Science and Football V.* :145-154.
- Brughell, M., Cronin, J., Levin, G., Chaouachi, A. (2008) Understanding Change of Direction Ability in Sport. *Sports. Med.*, 38(12):1045-1063.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., Maffulli, N. (2001) Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int. J. Sports. Med.*, 22(1):45-51.
- Draper, J. A., Lancaster, M. G. (1985) The 505 test: a test for agility in the horizontal plane. *Aust. J. Sci. Med. Sport.*, 17(1):15-18.
- FIFA Official Web Site: <http://www.fifa.com/>
- Faina, M., Gallozzi, C., Lupo, S. (1988) Definition of physiological profile of the soccer players. In: Reilly, T., Lees, A., Davids, K., editors. *Science and football*. London: E & FN Spon.: 158-163
- Gabbett, T. J. (2002) Physiological characteristics of junior and senior rugby league players. *Br. J. Sports. Med.*, 36(5):334-9.
- 広瀬統一 (2009) フィジカルコーチからみた『なでしこ JAPAN』の体力特性 - 北京オリンピックから - . *フットボールの科学* 4(1):4-9.

- Hori, N., Robert, U. N., Warren, A. A., Kawamori, N., Michael, R. M., Nosaka, K. (2008) Does performance of hang power clean differentiate performance of jumping sprinting and changing of direction? *J. Strength. Cond. Res.*, 22(2):412-418.
- 金子公宥 (1994) 改訂スポーツバイオメカニクス入門. 杏林書院 : 東京.
- Kaplan, T., Erkmén, N., Taskin, H. (2009) The evaluation of the running speed and agility performance in professional and amateur soccer players. *J. Strength. Cond. Res.*, 23(3):774-778.
- Kollath, E., Quade, K. (1993) Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer player. In: Reilly, T., Clarys, J., Stibbe, A., editors. *Science and football II* London: E&FN Spon., :31-36
- Krusturup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., Bangsbo, J. (2005) Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Med. Sci. Sports. Exerc.*, 37(7):1242-1248.
- Little, T., Williams, A. G. (2005) Specificity of acceleration, maximum speed and agility in professional soccer players. *J. Strength. Cond. Res.*, 19(1):76-78.
- Markovic, G. (2007) Poor relationship between strength and power qualities and agility performance. *J. Sports. Med. Phys. Fitness.*, 47:276-283.
- Meir, R., Newton, R., Curtis, E., Fardell, M., Butler, B. (2001) Physical fitness qualities of professional rugby league football players: determination of positional differences. *J. Strength. Cond. Res.*, 15(4):450-458.
- Mirkov, D. M., Kukolj, M., Ugarkovic, D., J, Koprivica, V., Jaric, S. (2010) Development of anthropometric and physical performance profiles of young elite male soccer players: a longitudinal study. *J. Strength. Cond. Res.*, 24(10):2677-2682.
- Nimphius, S., McGuigan, M. R., Newton, R. U. (2010) Relationship between strength power speed and change of direction performance of female softball players. *J. Strength. Cond. Res.*, 24(4):885-895.
- National Strength & Conditioning Association Japan. (1994) サッカーがうまくなるためのからだづくり. ミズノ株式会社第3事業部, 森永製菓株式会社健康事業部 : 東京
- National Strength & Conditioning Association Japan. (2003) ストレングス&コンディ

ショニング I 理論編. 大修館書店：東京

- Paul, J., Bampouras, T., Marrin, K. (2009) An investigation into the physical determinants of change of direction speed. University of Bolton Institutional Repository.
- Pauole, K., Madole, J., Garhammer, J., Lacourse, M., Rozenek, R. (2000) Reliability and validity of the T-test as a measure of agility leg power and leg speed in college-aged men and women. *J. Strength. Cond. Res.*,14(4):443-450.
- Peterson, M. D., Alvar, B. A., Rhea, M. R. (2006) The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J. Strength. Cond. Res.*,20(4):867-873.
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., Franks, A. (2000) A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J. Sports. Sci.*,18(9):695-702.
- Rigg, P., Reilly, T. (1987) A fitness profile and anthropometric analysis of first and second class rugby union players. In P.Rigg(Ed.),*Proceedings of the First World Congress on Science and Football*(pp.194-200).London:E&FN Spon.
- 財団法人日本サッカー協会 技術委員会 フィジカルフィットネスプロジェクト (2006) JFA フィジカル測定ガイドライン. 財団法人日本サッカー協会：東京.
- 公認アスレティックトレーナー編集班 (2008) 公認アスレティックトレーナー専門テキスト⑤. 財団法人日本体育協会：東京.
- Sheppard, J. M., Young, W. B. (2006) Agility literature review: Classification, training and testing. *J. Sports Sci.*, 24(9): 919-932.
- 塩川勝行, 井上尚武, 杉本陽一(1998)サッカー選手における方向転換能力に関する研究—マットスイッチシステムを用いて—. *サッカー医科学研究*, 18: 175-179.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisløff, U. (2005) Physiology of soccer: an update. *Sports.Medicine.*, 35(6): 501-536.
- Tiraki, G., Tuncel, F., Yamaner, F., et al. (1997)Comparison of the physiological characteristics of the first, second and third league Turkish soccer players. In:Reilly, T., Bangsbo, J., Hughes, M., editors. *Science and football III*. London: E&FN Spon.,:32-36.
- Vescovi, J. D., McGuigan, M. R. (2008)Relationships between sprinting, agility, and

- jump ability in female athletes. *J.Sports. Sci.*, 26(1): 97-107.
- Withers, R. T., Maricic, Z., Wasilewski, S., Kelly, L. (1982) Match analysis of australian professional soccer players. *J. Hum. Mov. Stud.*, 8: 159-176.
 - Weineck, J. (2002) サッカーの最適トレーニング. 大修館書店 : 東京
 - Young, W. B., James, R., Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with change direction? *J. Sports. Med. Phys. Fitness.*, 42: 282-288.

VII 謝辞

本論文の作成に当たり、早稲田大学スポーツ科学学術院 広瀬統一准教授には真摯なるご指導賜りましたことに深く感謝の意を申し上げます。並びに副査を快く承諾して下さいました早稲田大学スポーツ科学学術院 福林徹教授，岡田純一准教授にも深く感謝の意を申し上げます。

早稲田大学大学院アスレティックトレーニング研究室助手の永野康治さん，早稲田大学大学院スポーツ外科学研究室内の笹木正悟さんには本研究の実施に当たって懇切丁寧なご指導とご助言をいただきましたことに深く感謝の意を申し上げます。

また本研究の対象者としてご協力して頂いた早稲田大学ア式蹴球部女子部の皆様，本研究の実施を快諾していただいた長岡義一監督に深く感謝の意を申し上げます。

最後に大学院同期の秋山圭君，緒方貴浩君，小形倫子さん，松木仁志君，そして広瀬ゼミ 2 期生の皆様には辛い時，苦しい時に幾度となく温かい激励の言葉を頂きました。皆の支えがなければ本論文を完成することができなかつたと言っても過言ではありません。このような素晴らしい仲間に出会えたことは私の一生の財産です。この場をお借りして感謝の意を申し上げます。本当にありがとうございました。