

2011年度 修士論文

日本トップレベルフットサル選手の試合中
における走行距離に関する分析

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

5010A062-7

野田 千鶴

研究指導教員： 村岡 功 教授

目次

1. 緒言	1
1-1. フットサルの歴史	1
1-1-1. 諸外国でのフットサル	1
1-1-2. 日本のフットサル	1
1-2. サッカーとフットサルの違い	2
1-3. ポジションについて	3
1-3-1. サッカーのポジションとその役割	3
1-3-2. フットサルのポジションとその役割	3
1-4. 先行研究	4
1-4-1. サッカーにおけるビデオ撮影によって選手を追跡した試合分析の研究	4
1-4-2. フットサルの研究	5
1-4-2-1. フットサルにおける障害について	5
1-4-2-2. フットサルの生理学的特徴について	6
1-4-2-3. フットサルの試合分析について	6
1-5. 目的	9
2. 実験方法	10
2-1. ビデオ撮影	10
2-2. 映像の編集	11
2-3. 選手位置のデジタイズ	11
2-4. 選手のフィールド位置の算出	15
2-5. 選手位置データの平滑化	20
2-6. 速度計算	21
2-7. 選手位置データの編集	21
2-8. 速度カテゴリーの分類について	22

2-9. 統計分析	22
3. 結果	23
3-1. 平均走行距離	23
3-2. 平均移動速度	25
3-3. 速度カテゴリー分類	27
4. 考察	31
4-1. 平均走行距離について	31
4-2. 平均移動速度について	32
4-3. 速度カテゴリーについて	34
5. まとめ	35
6. 参考文献	37
7. 謝辞	40

1. 緒言

1-1. フットサルの歴史

1-1-1. 諸外国でのフットサル

フットサルはブラジルあるいはウルグアイで誕生したという説がある²⁸⁾。当初は「フットサル」という名前はなく、限られたスペースでサッカーを楽しんだり、サッカーのトレーニングの一種(ミニサッカー)、または天候が悪い時に室内で行うサッカーとして行われてきたスポーツである²²⁾²⁸⁾。そのため、ブラジルなどの南米選手ではフットサルを幼少期に行い、そこからサッカーを始めた選手も中にはいる。

また、ルールは異なるがミニサッカーや室内サッカーは様々な国で行われ、世界選手権も行われるようになった²²⁾。1965年に南米選手権大会が開催され、世界中で人気が出始めたため、国際サロンフットボール連盟(FIFUSA)が設立された²²⁾。FIFUSAが世界大会を開催するようになり、その大会の回を重ねるにつれ、十分に競技スポーツとして成り立つと認められたため、国際サッカー連盟(FIFA)が室内サッカーを傘下に取り込み、発展させようとした²²⁾²⁸⁾。そして、1988年に「5人制サッカー(室内サッカー)」の競技規則が制定され、1994年にこの競技規則の問題点を解決し、5人制サッカーを「フットサル(futsal)」と改称して、フットサルが誕生したのである²²⁾²⁸⁾。

1-1-2. 日本のフットサル

日本においても、以前から各地域において、狭いスペースでのトレーニングや、悪天候により屋外でサッカーの練習ができない時にトレーニングの一環として、「ミニサッカー」という名称で行われてきた²²⁾²⁸⁾。これは1970年代にブラジルから輸入されたものとされている。1977年には「日本ミニサッカー連盟」が設立され、普及・発展のための活動を全国で行った²²⁾。

1993年にJリーグが開幕したことにより、サッカーの人气が急上昇した²²⁾。サッカーはプレーヤーが11人で大きなコートが必要とする。しかし、ミニサッカーはピッチが小さく、

選手の数も少なくてもよい。フットサルを含むサッカー文化を普及させるために、「ミニサッカー委員会」（後の日本フットサル連盟）が設立され、1996年に全日本フットサル選手権大会を開催した²²⁾²⁸⁾。2002年には、日韓ワールドカップもあり、サッカーにさらなる人気が出始めると共に、フットサルも急激に人気が出始めた。2006年にはフットサル日本代表がアジア選手権で初優勝を収め、2007年には「日本フットサルリーグ(Fリーグ)」が発足した。

1-2 サッカーとフットサルの違い

フットサルとサッカーのピッチやルールの基本的な違いを表1に表した²⁸⁾。フットサルとサッカーが同じスポーツであるか違うスポーツであるかという研究が行われている⁹⁾が、諸外国ではフットサルからサッカーに転じる人もいれば、日本ではサッカーからフットサルに転じる人もいると言うように、それぞれ独自の文化を持つスポーツだとされている。

表 1. フットサルとサッカーの違い(文献 28 より一部引用)

	フットサル	サッカー
広さ (m)	縦40×横20	縦105×横68
ゴールの大きさ (m)	高さ2×幅3	高さ2.44×幅7.32
ボールの大きさ	4号球	5号球
ボールのバウンド	ローバウンド	ノーマルバウンド
試合時間	20分ハーフ (プレーイングタイム)	45分ハーフ (ランニングタイム)
試合人数 (人)	フィールドプレーヤー4 + ゴールキーパー1	フィールドプレーヤー10 + ゴールキーパー1
選手交代	交代自由 (何度でもプレー可)	人数の制限あり (再プレー不可)
オフサイド	なし	あり
反則の累積	あり	なし

1-3. ポジションについて

1-3-1. サッカーのポジションとその役割

サッカー選手におけるフィールドプレイヤーは基本的には、ディフェンダー(DF)、ミッドフィルダー(MF)、フォワード(FW)に分けられ、それぞれのポジションの中での役割がある。DF には守備の際に相手の攻撃を止め、攻撃に転じさせる役割がある¹⁷⁾²¹⁾。また、MF は DF と FW の間のポジションであるため、攻守の両方の役割を担わなければならない²¹⁾。FW は点を取ることが役割である。選手に与えられる正確な役割はチームごとの戦術やフォーメーションによって異なるが、ポジションに求められる役割はそれぞれにあるため、練習の一部は、グループに分けて、ポジションごとに行うべきだとされている¹⁷⁾。

1-3-2. フットサルのポジションとその役割

フットサルにおいてもポジションが存在する。それはPivo(ピヴォ)、Ala(アラ)、Fixo(フィクソ)の3つである。チームの中でそれぞれポジションが決められ、それぞれの役割を担っている。市原(2004年)¹⁸⁾によると、「Pivoの役割は、攻撃の起点となることである。サッカーのFWと同じ位置ではあるが、シュートを狙うよりも味方にボールを落とすことが重要であり、このポジションからシュートを撃つという事は多くはない。フットサルで多くの得点を挙げているポジションはPivoよりもAlaである。Alaは、サッカーのMFと同じ位置にあり、攻守の両方を行うという点ではサッカーと変わらないが、Pivoが落としたボールを受けることが多いポジションであり、得点を決める役割も担っている。Fixoは、サッカーのDF、特にセンターバックと同じ位置であり、相手の攻撃を止め、後方からゲームを作るという役割を担っている。サッカーよりもコート小さいフットサルでは、Fixoがミドルシュートを撃つ場面もしばしば見られるため、シュートを撃つ能力も必要となる。」と述べられている。

1-4. 先行研究

1-4-1. サッカーにおけるビデオ撮影によって選手を追跡した試合分析の研究

Reilly et al. (1976)²⁵⁾によって、サッカー選手の動作を分析するために、time-motion analysis を使用して、ビデオ撮影による分析が行われるようになった。これ以降サッカーにおける動作分析を行うことを目的として、ビデオ撮影による分析が頻繁に行われるようになった。

Ricardo et al. (2007)²⁶⁾はブラジルのプロサッカー選手を対象に、追跡システムを使用して、走行距離と速度カテゴリーについて、ポジションごと (central defender: センターバック (CD)、external defender: サイドバック (ED)、central midfielder: センターハーフ (CM)、external midfielder: サイドハーフ (EM)、forward: フォワード (F)) の分析を行った。サッカーの走行距離は1試合平均で約 9-12km であり、ポジションごとでみると ED、CM、EM 間に有意差はないが、これらのポジションは F と CD よりも走行距離が有意に長いということが報告されている。また、速度をカテゴリー ($0 \leq V1 < 11\text{km/h}$: standing・walking・jogging、 $11 \leq V2 < 14\text{km/h}$: low-speed running、 $14 \leq V3 < 19\text{km/h}$: moderate-speed running、 $19 \leq V4 < 23\text{km/h}$: high-speed running、 $V5 \geq 23\text{km/h}$: sprinting) に分類した結果、それぞれの走行距離順に $V1 > V3 > V2 > V4 > V5$ という結果であった。さらに、ポジションごとにみると、V1 では CM と F 間に、V2 では ED・CM・EM と CD・F 間に、V3 においては ED・CM・EM と CD 間に有意差が認められ、V4、V5 については各ポジションでの有意差は認められないことを示している。これらのことより、サッカーの試合中の走行距離は試合中のパフォーマンス評価だけではなく、試合の強度を評価することにもつながり、ポジション間で比較することはサッカーの試合におけるパフォーマンスを評価するのに適していると報告されている。

Wisbey et al (2009)²⁹⁾は、global positioning system (GPS) を使用して、オーストラリアのサッカーリーグ (AFL) の行動パターンを明確にすると共に、ミッドフィールダー (MF)、ディフェンダー (DF)、フォワード (FW) というポジション間で差があるかどうかを、4 シーズ

ンを通して分析した。選手の肩に GPS を装着し、試合後に平均走行距離、平均速度、加速
度の情報を得たところ、選手たちの試合中の平均走行距離は～12km という結果であった。
また、4 シーズン目には、MF では FW や DF よりも走行距離や 18km/h 以上での移動速度が有
意に上昇したことを報告している。そして、MF では FW や DF よりもより多く走行し、より
速く走るという結果は、指導者やチームのスタッフの手助けになると述べている。

1-4-2. フットサルに関する研究

フットサルは近年、かなりの人気が出始め、性別年齢関係なく、また、プロ・アマチュ
ア関係なく世界中でプレーされているスポーツである。しかし、フットサルを特徴付ける
研究は少なく、普及に関する研究、障害に関する研究、生理学的反応を分析した研究、試
合分析を行なった研究があるが、それぞれわずかししか報告されていない。ここでは、障害
に関する研究、生理学的反応を分析した研究、試合分析を行っている研究について概説す
る。

1-4-2-1. フットサルにおける障害について

Jung et al (2010)¹⁹⁾は、フットサルのワールドカップにおいて、プレー中に障害が起こ
る危険性について調査した。チームドクターが判定したところ、傷害のほとんどが接触型
であり、下肢の傷害が一番多く、続いて頭部・頸部、上肢、体幹であった。障害の部位は
サッカーと類似していたが、ルールが異なるために、接触型が多い中でも、サッカーより
はファールプレーで起こるような接触型の障害は少なかったということを報告している。

Cain et al (2007)⁷⁾は、フットサルにおける足部形態と障害について研究を行っている。
足首が外反しやすく、扁平足である人では障害を引き起こす可能性が高いという結果を示
し、オーバークースによる障害の報告も行っている。

1-4-2-2. フットサルの生理学的特徴について

Castagna et al (2007)¹¹⁾は、スペインの2部リーグに所属しているプロフットサル選手を対象に、トレッドミルによる漸増負荷試験法を用いて、最大酸素摂取量、最高心拍数、血中乳酸濃度の測定を行なった。フットサルは間欠的で高強度なスポーツであるため、プロフットサル選手には、少なくとも50–55ml/kg/minの最大酸素摂取量が必要とされると報告している。この研究ではさらに試合分析に関する研究もおこなっており、それについては次の項目で述べる。

Baroni et al (2010)³⁾は、男性のプロフットサル選手の有酸素能力の特徴を明らかにするために、ブラジルの1部リーグの選手を対象に、トレッドミルによる漸増負荷試験を行なった。その結果、必要な最大酸素摂取量はサッカーとフットサルで類似していたが、換気量はサッカー選手よりも速く最大に到達するということを報告している。また、この研究では、フットサルにおけるゴールキーパーとフィールドプレイヤーの比較を行っており、試合中にはフィールドプレイヤーの方がより高い有酸素能力を必要とすることから、2つのポジション間では異なったトレーニングを行うことが必要であると述べている。

1-4-2-3. フットサルの試合分析について

Barbero-Alvarez et al (2008)²⁾は、世界でもトップクラスであると言われているスペインに所属するプロフットサル選手を対象に、time-motion analysisを使用して、試合分析を行なった。time-motion analysisは、様々なスポーツの動きを明らかにするために使用されているが、試合をビデオ撮影し、撮影した映像をコンピューターに取り込み、その後にデジタイズを行って、試合中の走行距離や移動速度を求めるものである。そして、standing(0–0.36km/h)、walking(0.37–3.6km/h)、jogging(3.7–10.8km/h)、medium-intensity running(10.9–18km/h)、high-intensity running(18.1–25km/h)、maximal speed running/sprint(>25.1km/h)に速度カテゴリーを分類し、それぞれの割合と走行距離を報告している。また、彼らは、試合中の心拍数を計測し、フットサルの試合における運動強度を求め

た。その結果、試合中の平均走行距離は 4313m であり、1 分間あたりに平均 117.3m 走行していたことを明らかにしている。さらに、彼らの論文の中で、フットサルにおける走行距離を分析した研究を紹介しており、それによると、Bello(1998)の研究では 5271m、Molina(1992)の研究では 4072m、Oliveira(1999)の研究では 4076 ± 427 m、Hernandez(2001)の研究では 6535.3m であったと言う²⁾。一方、彼ら自身の結果をみると、出場時間は 622~4026 秒、平均走行距離が 601~8040m と幅が大きく²⁾、そして、これらの値から平均走行距離(4313m)を求めている可能性が考えられた。もしこの方法を採用しているとすれば、40 分あたりの走行距離として捉えるのは疑問であると言える。

なお、速度カテゴリーに分類した走行距離とその割合は以下の図の通りであり、さらに、1 分間あたりの平均心拍数は 174 拍、試合の平均強度は 90%HRmax、試合時間の 72%で心拍数が 170 拍/分を超えているという結果を示している。これらの結果から、フットサルは他のスポーツよりも強度が高いスポーツであると述べている。

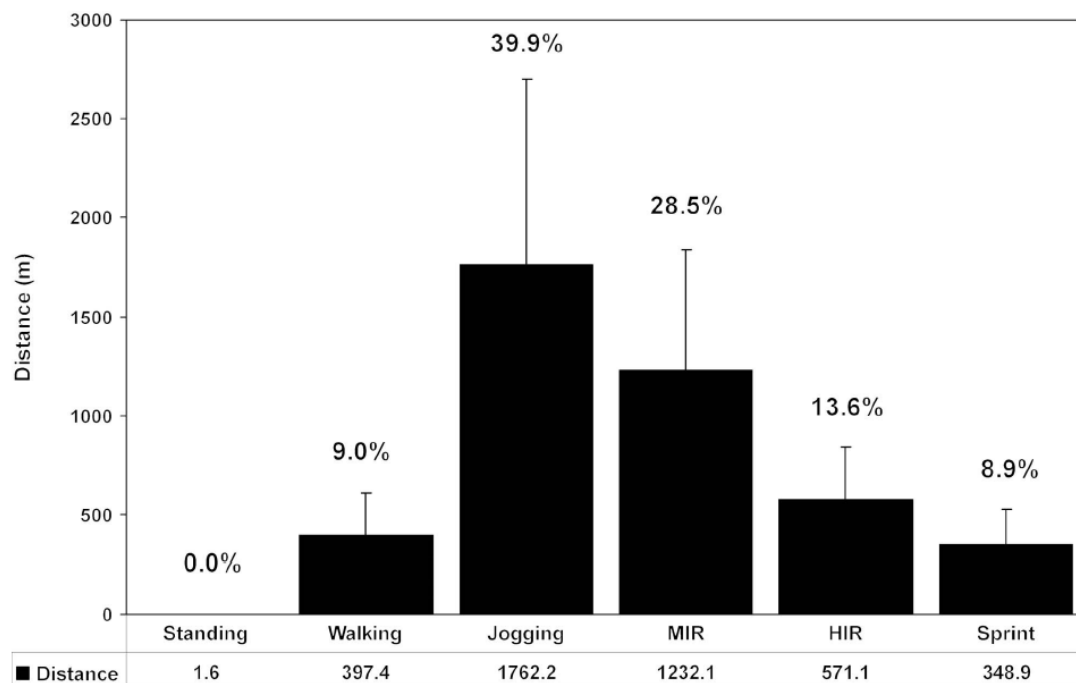


Figure 3. Percentages, standard deviations, and mean distances covered in the different categories established in this study. MIR = medium-intensity running; HIR = high-intensity running.

図1 速度カテゴリーに分類した時の平均走行距離とその割合(文献2から引用)

Castagna et al (2007)¹¹⁾は、試合を想定し、スペインの 2 部リーグに所属するプロフットサル選手を対象に、10 分×4 本(間の休憩は 5 分)のフレンドリーマッチを行わせ、V02 の測定、血液採取、心拍数の測定、ビデオ撮影による試合分析を行なうことで、試合の強度とフットサル選手に必要な生理学的能力を確立しようとした。その結果、フットサルは非常に高い有酸素能力と無酸素能力を交互に用いながら、高強度運動を繰り返すことが必要な、間欠的なスポーツであるということを報告している。また、彼らの研究はフレンドリーマッチであって、実際の公式試合ではなかったが、10 分×4 本の試合において、疲労による活動量の低下は 4 本目にしか見られなかつたことから、10 分出場して 5 分休息するというサイクルは、実際の公式試合でも使用できることを報告している。

Dogramaci et al (2011)¹⁵⁾は、time-motion analysis を用いて、フットサル選手における国際レベルと国内レベルの分析を行った。オーストラリアの国際レベルの選手は国内レベルの選手よりも走行距離が長く、速度を standing(0m/s)、walking(1m/s)、jogging(3m/s)、running(5m/s)、sprinting(7m/s)、sideway and backward movement(3m/s)にカテゴリー分けをしたところ、それぞれのカテゴリーでの総持続時間は国内レベル選手よりも長かつたことを報告している。また、国際・国内両レベルの選手共に、standing・walking・jogging といった低強度活動による走行距離が多いことを明らかにした。

1-5. 目的

フットサルは 1970 年頃からスペインやブラジルなどを中心として普及してきたスポーツであり、研究は主にこれらの国々で行われてきている。日本では 1990 年代から競技人口が増え始め、1994 年に「日本フットサル連盟」が設立され、2007 年に「日本フットサルリーグ(F リーグ)」が開幕した。このことから明らかなように、日本における普及の歴史は浅く、フットサルの研究も少ないのが現状である。また、サッカーではポジションによって走行距離や移動速度が異なることが報告されているものの、フットサルのポジション別に走行距離や移動速度の割合について検証した研究は世界的にも行われていない。

そこで、本研究では日本のフットサルにおけるトップ選手を対象に、走行距離と移動速度の分析を行い、走速度のカテゴリー分類を行うと共に、ポジション別にも比較を行うこととした。サッカーでは各ポジションごとにトレーニングを行うことが良いとされているが、フットサルにおいてもポジション別に比較を行うことで、各ポジションの行動特性を検証すると共に、トレーニングのための基礎資料を得ることができるものと考えられる。

2. 実験方法

2-1. ビデオ撮影

2011 年度に開催された日本フットサルリーグ (F リーグ) 5 試合の撮影を行なった (図 2)。撮影する際には、通常 2 台のビデオカメラを使用し、コート全体が映るように設置する。本研究では、観客席の一番上からコート全体が映るように、センターラインを基準に左右に 2 台のビデオカメラ (パナソニック社製) を設置したが、1 台のビデオカメラでコート全体を撮影することができたため、左側のビデオカメラで撮影した映像を分析に使用した。



図 2 ビデオ撮影の様子

2-2. 映像の編集

Edius Neo2 を使用し、ビデオカメラで撮影した映像の編集を行なった。撮影した映像を 3 分間隔で切り出し、ファイルを作成した。切り出しを行う必要性としては、分析で用いる MATLAB で扱える映像サイズに上限があるためである。

2-3. 選手位置のデジタイズ

- ① soccer_player_list3.m' というプログラムを使用し、実験方法 2-2 で切り出した映像を用いて、選手のデジタイズをファイルごとに一人ずつ行なった(図 3)。デジタイズを行う際には、アウトオブプレーやファールなどの試合時間に含まれない中断区間のフレーム番号を確認し、Microsoft Office Excel 2003 に入力をした(後の分析で使用するため)。また、選手が交代した場合は、交代したフレーム番号をひかえ、そのまま交代した選手を同ファイル内で追跡を行った。



図 3 デジタイズの様子

②試合データの作成

- 1) 試合一連のデータの作成: ファイル名を Microsoft Office Excel 2003 に入力した。
- 2) 選手ごとの試合一連のデータの作成: プレーしているファイル番号、フレーム番号を Microsoft Office Excel 2003 に入力し、選手が試合に出場しているファイルを作成した。
- 3) 中断区間データの作成: 中断区間のフレーム番号を Microsoft Office Excel 2003 に入力した。
- 4) キャリブレーションファイルの作成: 詳細は後の項目で述べる。

③ポジションの決定

各チームのホームページと映像を参考に、選手ごとにポジションを決定し、Microsoft Office Excel 2003 に入力を行った (Pivo:P、RA:a、LA:b、Fixo:F)。

④中断区間を除いた全選手の試合データの作成

- ①～③で作成したデータを使用し、分析を行うためのデータを作成した。

なお、デジタイズを行う際には自動デジタイズを原則としたが、自動で選手を追跡できない場合は手動デジタイズを行ない、両方を混在して使用した。

〈自動デジタイズの仕組みについて〉

(ア) 選手ごとに検出枠を設定し、検出枠内の画像についてユニフォームの色情報に基づくカラー画像の二値化処理を行い、その重心位置として選手位置を求めた。

[重心位置の求め方]

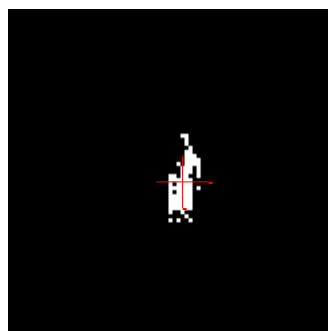
- a) ビデオ映像の中から一人選択



b) 選手のユニフォームの色を指定する



c) 二値化処理により重心位置を求め、選手位置とする



(イ) 検出枠の中心位置を検出された選手位置に移動しながら、選出位置の追跡を行った。

(ウ) フィールド上における選手の位置によって照明の明るさが異なるため、ユニフォームの色が厳密には一定にならない。そこで、ユニフォームの色の变化によって選手位置の自動追跡ができなくなった場合は、ユニフォームの色を手動入力によって変更する方法を用いた。プレーの中断とは無関係に選手位置のデジタイズを行なった。

(エ) シャツとパンツの色が同色の場合、デジタイズされる選手の身体位置は上下方向に変動するが、おおむね選手の上半身の中央位置として検出される。

(オ) 選手位置について、ビデオ座標からフィールド座標への変換は2次元DLT法を用いて行っているため、正確な選手のフィールド位置を求めるには、ビデオ画像上の選手の足元の位置を求める必要がある。選手の上半身位置から足元の位置に変換する方法については次節で述べる。

2-4. 選手のフィールド位置の算出

(ア) 2次元 DLT 法を用いて、ビデオ座標値からフィールド座標値へ変換した。

(イ) キャリブレーション処理: ゲームごとにビデオ映像上のコート上の 4 隅の位置を指定し、2次元 DLT 法のキャリブレーションを行った(図 4)。



図 4 2次元 DLT 法によるキャリブレーション(赤丸はコントロールポイントを示す)

(ウ) 選手のデジタイズ位置から足元位置への変換

- ① ビデオ映像では、カメラに近い場所ほど大きく映り、遠くなるほど小さく映る。
- ② ビデオ映像上におけるこのようなサイズの違いを求めるため、フィールド座標上での Y 方向での一定長に対するビデオ座標上での長さの比率を映像上の全てのピクセルに対して求める。

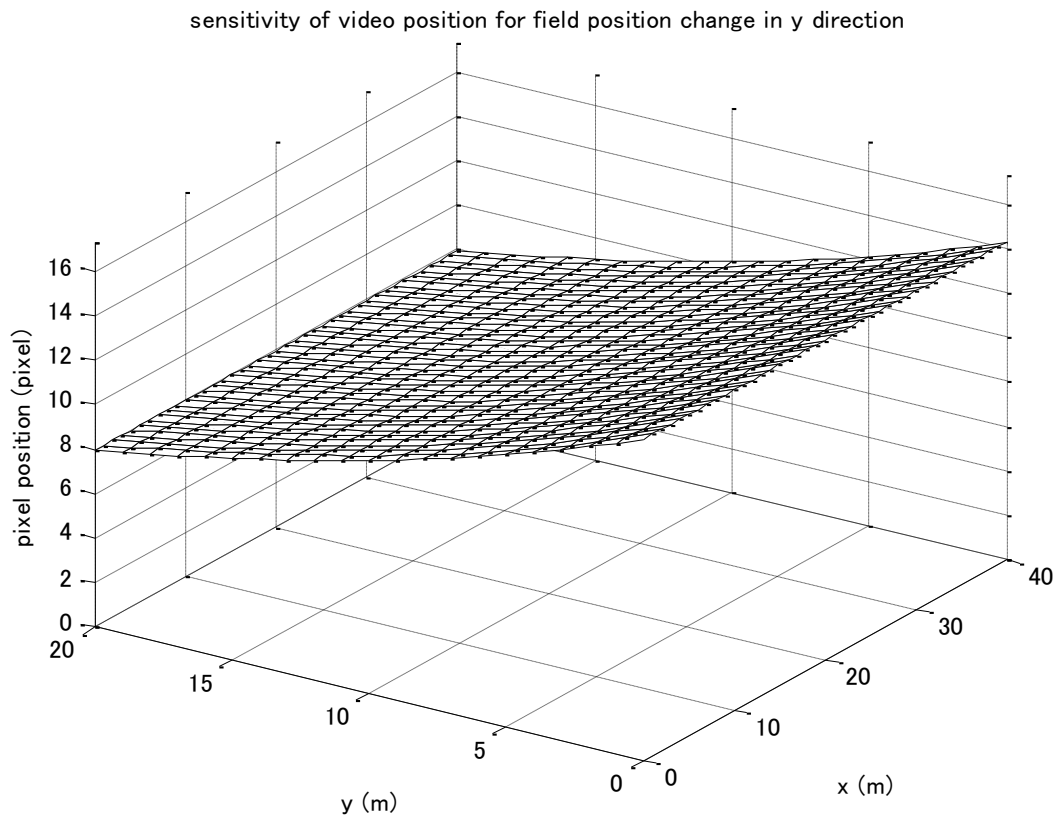


図5 フィールドY座標の1m変化に対するビデオY座標の変化

選手のビデオ座標からフィールド座標への変換は2次元DLT法を用いて行うため、選手の正確なフィールド位置を求めるには、ビデオ映像上で足元の位置を選手位置として指定する必要がある。しかし、選手の足元の位置を自動デジタイズすることは、両足が交錯する問題やシューズの色が必ずしもチームを特定する色ではないこと、また画像上のシューズのサイズが小さいため安定的に足元の位置を自動検出することが難しいことなどの理由から、デジタイズ処理では選手の胴体付近の位置が指定されている。しかし、ビデオ上で選手の胴体位置をそのままフィールド位置に変換したのでは、実際の選手の位置より上方に位置がずれてしまい、正確な選手位置にはならない。

このような問題に対処するため、デジタイズされた胴体付近の位置から足元の位置を推定する手法を検討した。選手の胴体付近の位置から足元の位置を推定するには、選手のフ

フィールド位置によって画像上に映し出される選手のサイズが異なることを考慮する必要がある。すなわち、ビデオ映像上ではカメラに近い位置では選手が大きく映り、カメラから離れるにしたがって選手は小さく映ることになる。図5は、フィールドコート内における各位置においてフィールドY座標値（コートの垂直方向）が1m変化した時に、その位置がビデオ座標上のY座標値（ピクセル単位）がどの程度変化するかを示したグラフである。フィールドY座標値が大きい場合、すなわちカメラから遠いコートの奥では、1mの変化に対するピクセル値の変化が少ないのに対して、カメラに近いコートの手前の位置（フィールドY座標が小さい）ではピクセル値の変化が大きいことがわかる。コート手前と奥では、そのサイズの差が2倍近くあることがわかる。

足元位置補正では、ビデオ映像画面の全ピクセル位置に対してフィールド座標値を求め、そのフィールド座標値のY座標値を1m変化させた時のフィールド座標値を再びビデオ座標値に変換する。この時、元のビデオ座標値と再変換されたビデオ座標値のY座標値の差をそのピクセル位置におけるスケール値とする。次に、特定フレームのビデオ映像上の複数の選手と胴体位置と足元位置を視察によって指定し、胴体位置から一定長×スケール値分、下方にY座標を移動した足元の推定位置と視察で定めた足元位置との二乗誤差の和が最小になるように一定長を定めた。この一定長とスケール値も用いて、全てのデジタイズした選手位置から足元の位置を推定し、その足元位置から選手のフィールド位置を決定した。

次に、選手の上半身位置と足元位置までのY方向での長さを定め、その長さにビデオ映像上の選手の位置に応じた比率を乗じ、その長さ分だけ選手のY座標値を変更することにより選手の足元の位置を推定した。



図6 選手の足元位置へのデジタイズ座標の補正処理(黄+・緑+は著者によるデジタイズ位置、赤+は補正処理後の足元の位置)

図6は上記の足元位置補正処理を用いて、デジタイズされた選手の胴体位置から足元位置を推定した結果を示している。図中の黄+はデジタイズ位置を示し、赤+は補正処理後の足元の位置を示す。足元補正により推定した足元位置と視察によって定めた足元位置との誤差は、平均で2.1ピクセル 標準偏差2.4ピクセル、最小誤差0.3ピクセル、最大誤差3.1ピクセルであった。

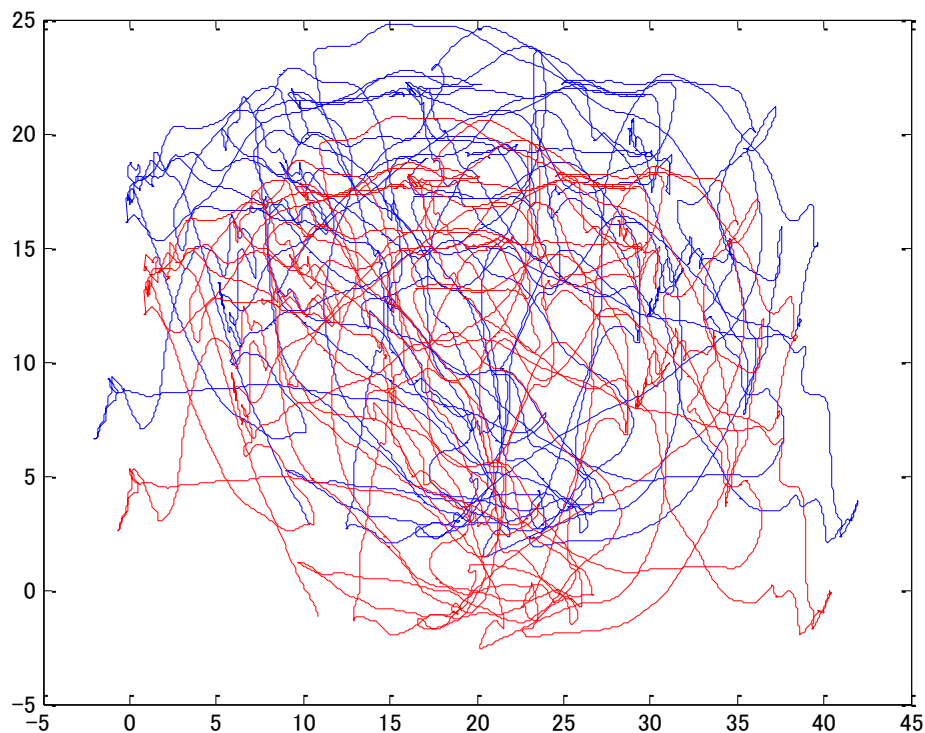


図7 足元位置補正前後の選手のフィールド位置の軌跡 単位:m(青線:足元位置補正前、赤線:足元位置補正後)

図7は、足元位置補正前後の選手のフィールド位置の軌跡を示している。軌跡は、1名の選手について、約10分間のプレー中のフィールド位置の動きを示したものである。足元位置補正を行わないと、デジタイズされる位置は選手の胴体付近であるため、2次元DLT法を用いてビデオ座標値をフィールド座標値に変換すると、フィールド位置が全体に上方にシフトする。その結果、フィールドコート内(x座標が0~40、Y座標が0~20)の外側にはみ出してしまい、正確な選手のフィールド位置にならない。足元位置補正を行った後の選手のフィールド位置はおおむねコート内にある。一部、軌跡上でY座標値が0より小さくなるのは、選手がボールを追ってコート外に出ている場合の選手位置であり、足元位置補正によって生じる誤差ではない。

2-5. 選手位置データの平滑化

選手のフィールド座標値はデジタイズ時に生じる誤差によって変動する。この変動成分を除去するため、平滑化処理を行った。平滑化は、バターワース型のデジタルローパスフィルタを用いて行い、遮断周波数は 1Hz に設定した。

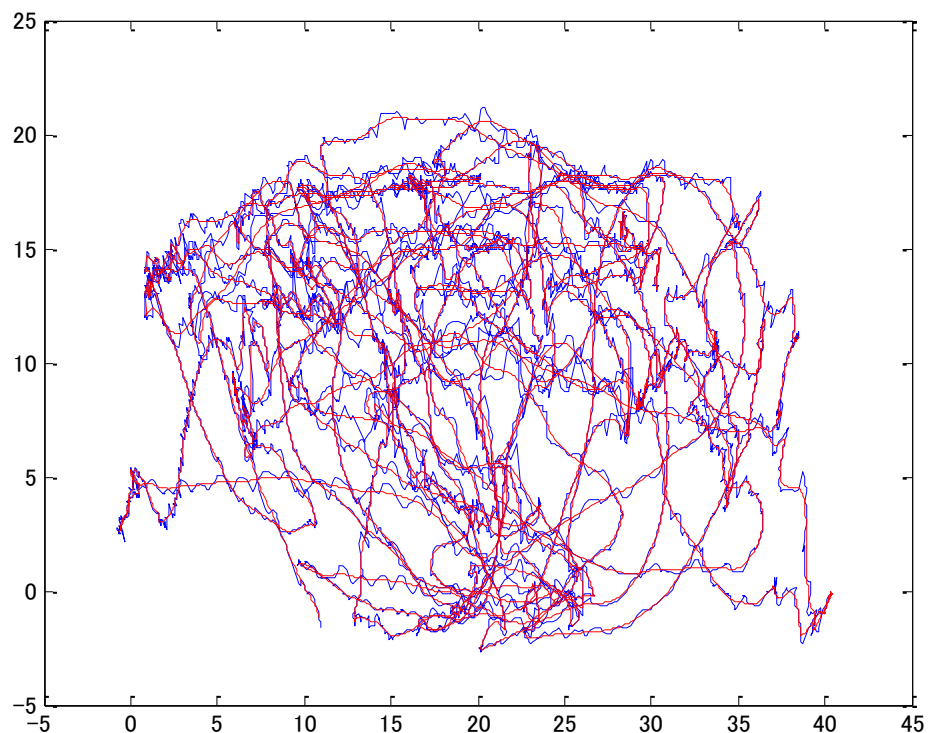


図 8 選手のフィールド位置の軌跡 単位:m(青線：平滑化前、赤線：平滑化後)

図 8 は選手のフィールド位置の軌跡を平滑化処理前と平滑化処理後で比較した図である。軌跡は、1 名の選手について約 10 分間のプレー中のフィールド位置の動きを示している。図より、平滑化前の選手位置はデジタイズ処理における誤差が含まれるため細かに変動しているが、平滑化処理によってこのような細かな変動成分が除去され、滑らかな軌跡が得られていることがわかる。

2-6. 速度計算

選手の走行速度 (V_x 方向と V_y 方向) はラグランジ法 (中央差分) を用いて算出した。また、速度の大きさを $\sqrt{V_x^2 + V_y^2}$ として求めた。

2-7. 選手位置データの編集

- (ア) 選手ごとに 1 試合分の位置データを作成した。出場していない時間区間では位置データを 0 に設定した (横軸が時間で縦軸 x のグラフを示す)
- (イ) 試合のプレー時間区間および中断時間区間を映像の視察によって決定した。 (横軸が時間で縦軸プレー中 (0)、中断 (1) のグラフを示す)
- (ウ) 中断区間を除いた選手データのグラフ
- (エ) 各選手のプレー中のポジションについて、その開始時点と終了時点を指定
- (オ) 1 試合分のポジションごとの選手を示すグラフ

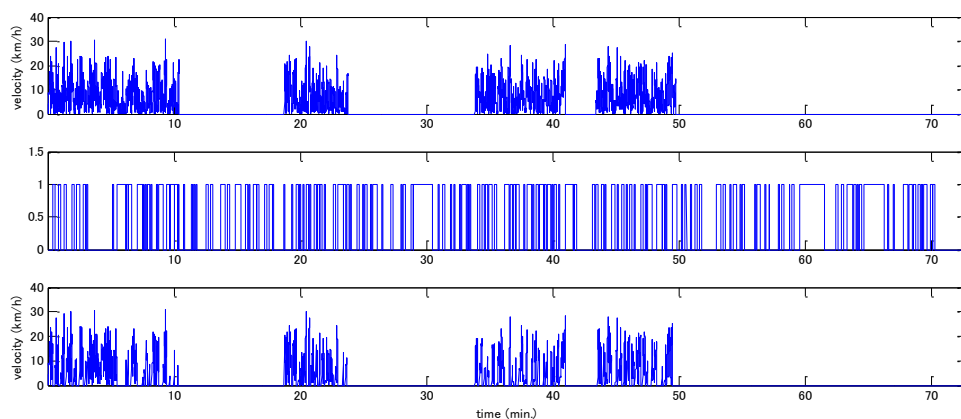


図9 選手の走行速度の時間パターン(上段: 全区間での走行速度、中段: 縦軸 0 がプレー区間、縦軸 1 がプレー中断区間、下段: プレー区間における走行速度)

図9は、1 試合における 1 名の選手の走行速度の時間的な変化を示したグラフであり、上段のグラフが選手の走行速度 (km/h) の時間的な変化を示す。図の中段は、試合中にプレー

中であるかプレーが中断中かを表示しており、値が 1 の区間が中断中、値が 0 の区間がプレー中を表している。また、下段のグラフは、上段で示された走行速度の内、プレー中における走行速度のみを表示している。以後の分析においては、プレー中断中の選手位置の変位や走行速度は含めず、図の下段に示されたプレー中におけるデータのみを扱うこととした。

なお、プレー区間は、プレーの開始時点と終了時点をビデオ映像から視察によって定めた。このようにフットサルでは、プレーが中断した場合には瞬時に試合の時間経過を停止し、プレーが再開した時点で試合の時間経過を再開するため、本来前半と後半合わせて 40 分間の試合時間に対して、実際の試合時間は図 9 のグラフの時間軸に示されるようにその倍近い 70 分間程になっている。

2-8. 速度カテゴリーの分類について

移動速度を、Barbero-Alvarez et al (2008)²⁾に基づいて、カテゴリー1:0-0.36km/h(standing)、カテゴリー2:0.37-3.6km/h(walking)、カテゴリー3:3.7-10.8km/h(jogging)、カテゴリー4:10.9-18km/h(medium-intensity-running)、カテゴリー5:18.1-25km/h(high-intensity running)、カテゴリー6:>25.1km/h(maximal speed running/sprint)に分類した。

2-9. 統計分析

総走行距離、移動速度については、MATLAB を使用して平均値および標準偏差を求めた。ポジション間とチーム間での比較を行うために、SPSS を使用して一元配置分散分析を行い、有意性が見られるかを検定した。それぞれに主効果が認められた項目に関して、Tukey の多重比較を行った。有意差は 5%未満とした。

3. 結果

本研究においては、各チームのポジションごとに試合一連(40分)のデータファイルを作成し、分析を行なった。デジタイズのし易さから6チームを選び、Pivo、右サイドのAla(RA)、左サイドのAla(LA)、Fixoそれぞれ6名ずつの分析とした。

試合時間は公式ルールと同じであり、コートの大きさは縦 40m×横 20m、ゴールの大きさは高さ 2m×幅 3m と、公式試合の一般的な大きさであった。

チームの勝敗については、勝利したチームはチーム 1 とチーム 3 とチーム 6、負けたチームはチーム 2 とチーム 4 であり、チーム 5 は引き分けであった。分析した中で対戦したチーム同士は、チーム 1 対チーム 4、チーム 2 対チーム 3 であった。

3-1. 平均走行距離

各チームのポジション別における走行距離を表 2 に表した。全選手の平均走行距離は $6.19 \pm 0.43\text{km}$ であったが、チーム別にみると、 $5.86\text{km} \sim 6.70\text{km}$ の範囲にあり、チーム 1 と 4 と 6 は他の 3 チームに比べて走行距離が短い傾向にあった。なお、チーム 1 とチーム 2・3・5 の間に、チーム 2 とチーム 4・6 の間に、チーム 3 とチーム 4 の間に、チーム 4 とチーム 5 の間に、有意差($P < 0.05$)が認められた(図 10)。また、ポジション別にみると、 $6.17\text{km} \sim 6.40\text{km}$ の範囲にあり、有意差は見られなかった(図 11)。

表2 ポジション別・チーム別の走行距離(km)

	チーム1	チーム2	チーム3	チーム4	チーム5	チーム6	平均±SD
Pivo	5.63	6.86	6.79	5.80	6.43	5.94	6.24 ± 0.56
RA	5.85	6.31	6.53	5.78	6.58	6.42	6.17 ± 0.35
LA	6.06	7.00	6.53	6.15	6.42	6.24	6.40 ± 0.34
Fixo	6.05	6.62	6.19	5.72	6.51	6.37	6.24 ± 0.33
平均±SD	5.90 ± 0.20	6.70 ± 0.30	6.51 ± 0.24	5.86 ± 0.19	6.49 ± 0.72	6.14 ± 0.20	

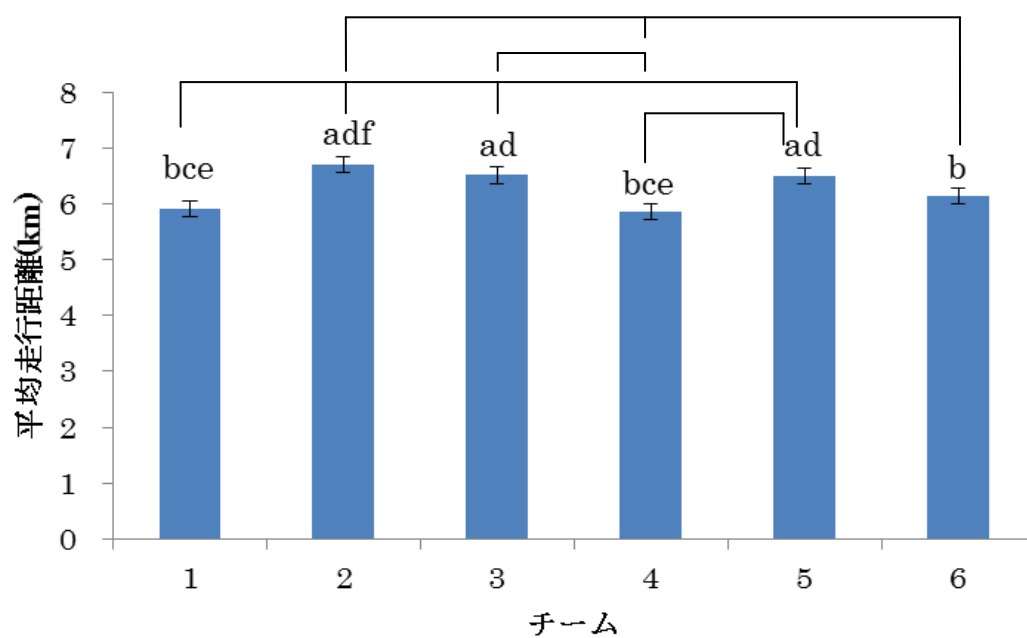


図 10 チーム別のトータル走行距離(a:チーム 1 との有意差、b:チーム 2 との有意差、c:チーム 3 との有意差、d:チーム 4 との有意差、e:チーム 5 との有意差、f:チーム 6 との有意差、 $P<0.05$)

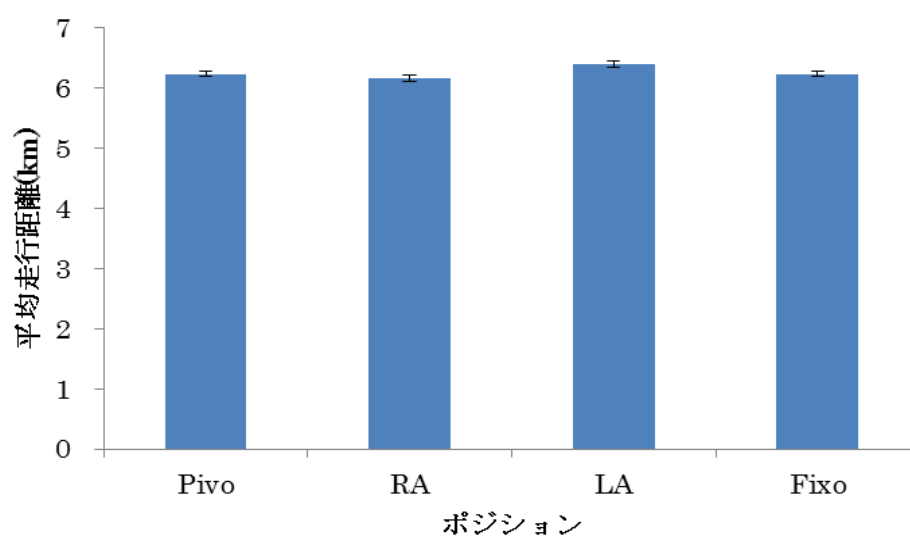


図 11 ポジション別のトータル走行距離

3-2. 平均移動速度

各チームのポジション別における平均移動速度を表3に表した。全選手の平均移動速度は $9.46 \pm 0.48 \text{ km/h}$ であったが、チーム別にみると、 $8.93 \text{ km/h} \sim 10.03 \text{ km/h}$ の範囲にあり、走行距離と同様にチーム1と4と6では他のチームに比べて、移動速度が遅い傾向にあった。なお、チーム1とチーム2・3の間に、チーム2とチーム4・6の間に、チーム3とチーム4の間に、チーム4とチーム5の間に有意差 ($P < 0.05$) が認められた (図12)。また、ポジション別の移動速度は $9.30 \text{ km/h} \sim 9.59 \text{ km/h}$ の範囲にあり、ポジション別での有意差は見られなかった (図13)。

表3 チーム別・ポジション別移動速度 (km/h)

	チーム1	チーム2	チーム3	チーム4	チーム5	チーム6	平均±SD
Pivo	8.68	9.58	10.24	8.94	9.58	8.79	9.30 ± 0.60
RA	9.03	10.01	9.90	8.92	9.81	9.51	9.53 ± 0.46
LA	9.34	10.55	9.77	9.07	9.58	9.22	9.59 ± 0.53
Fixo	9.33	9.99	9.33	8.82	9.70	9.42	9.43 ± 0.39
平均±SD	9.10 ± 0.32	10.03 ± 0.40	9.81 ± 0.38	8.93 ± 0.10	9.67 ± 0.11	9.24 ± 0.32	

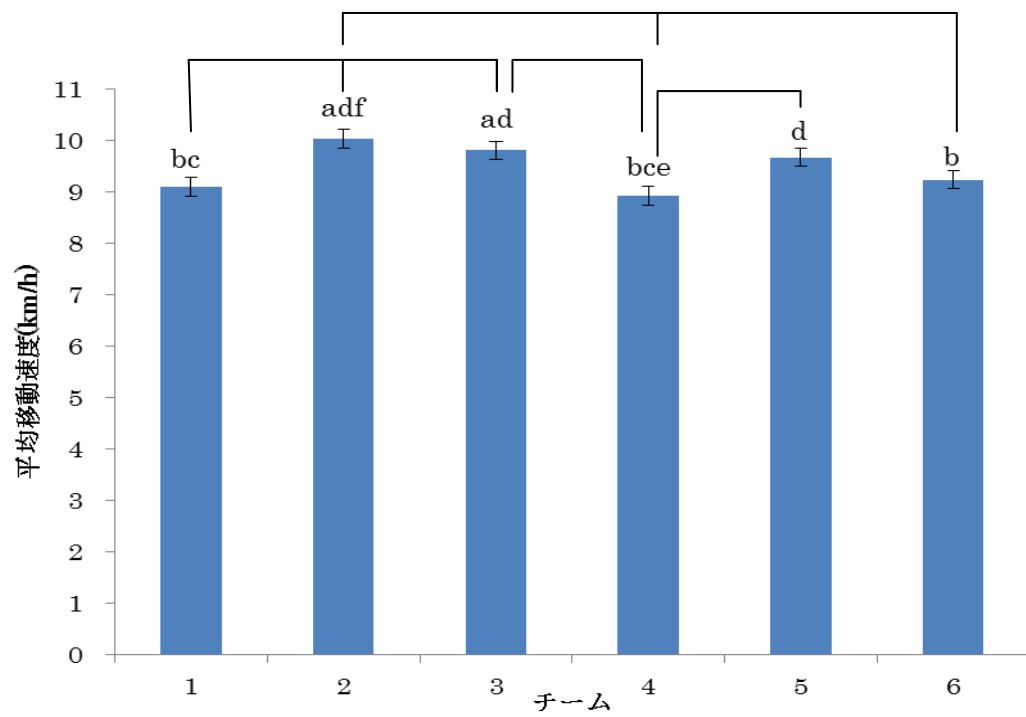


図 12 チーム別の移動速度(a:チーム 1 との有意差、b:チーム 2 との有意差、c:チーム 3 との有意差、d:チーム 4 との有意差、e:チーム 5 との有意差、f: チーム 6 との有意差、 $P < 0.05$)

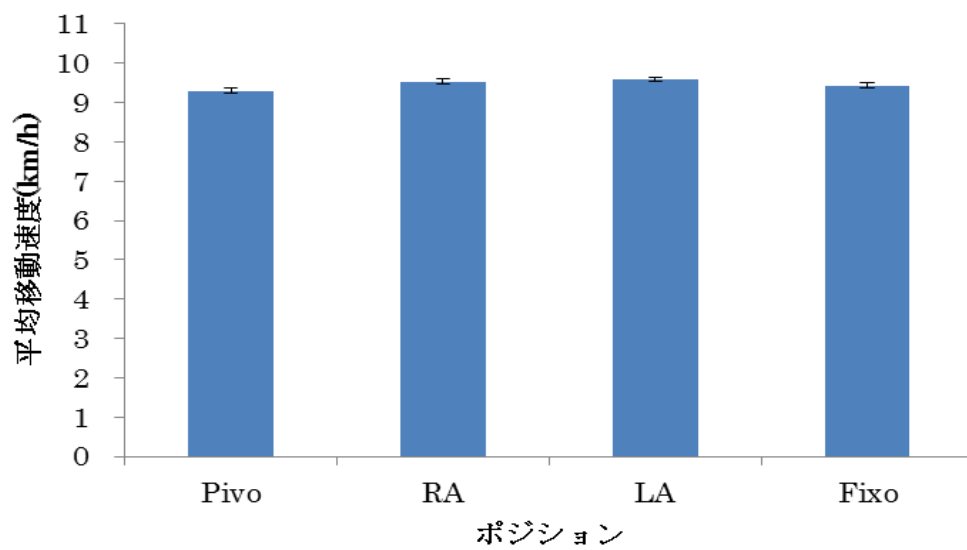


図 13 ポジション別の移動速度

3-3. 速度カテゴリー分類

チーム別の速度カテゴリー分類を表4に、ポジション別の速度カテゴリー分類を表5に示した。

表4 チーム別に速度カテゴリー分類した時の割合(%)

	チーム1	チーム2	チーム3	チーム4	チーム5	チーム6
standing	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
walking	3.81±0.52	2.56±0.36	2.85±0.36	4.14±0.23	2.98±0.22	3.62±0.54
jogging	38.09±1.57	34.59±2.17	35.09±3.04	39.09±1.04	36.39±0.83	37.52±1.75
mir	42.35±1.85	44.13±0.50	42.70±2.93	39.73±1.55	43.19±0.75	42.99±1.36
hir	13.62±1.46	15.58±0.83	16.67±0.62	14.33±0.78	15.27±0.82	13.35±0.87
sprinting	2.13±0.91	2.71±0.71	2.46±0.19	2.41±0.75	13.35±0.87	1.52±0.30

mir:medium-intensity running、hir:high-intensity running

表5 ポジション別に速度カテゴリー分類した時の割合(%)

	Pivo	RA	LA	Fixo
standing	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
walking	3.62±0.89	3.25±0.54	3.18±0.65	3.25±0.65
jogging	37.29±2.50	36.51±2.88	36.12±2.75	37.46±1.62
mir	42.21±2.58	42.96±2.19	42.29±1.65	42.59±2.14
hir	14.68±2.59	15.03±1.65	15.49±1.65	14.68±2.14
sprinting	2.04±0.57	2.24±0.63	2.63±0.63	2.01±0.72

全チーム・全ポジションをまとめて分類すると、1(standing:0.01%(0.00±0.00km)、2(walking):3.31%(0.20±0.03km)、3(jogging):36.80%(2.28±0.11km)、4(medium-intensity running):42.63%(2.84±0.28km)、5(high-intensity running):15.02%(0.93±0.14km)、6(sprinting):2.24%(0.14±0.05km)となり、mir と jogging の割合が全体のおよそ8割を占め、次いで hir のおよそ15%であった(図14)。

また、チーム別およびポジション別の速度カテゴリー分類を図15および図16に示した。

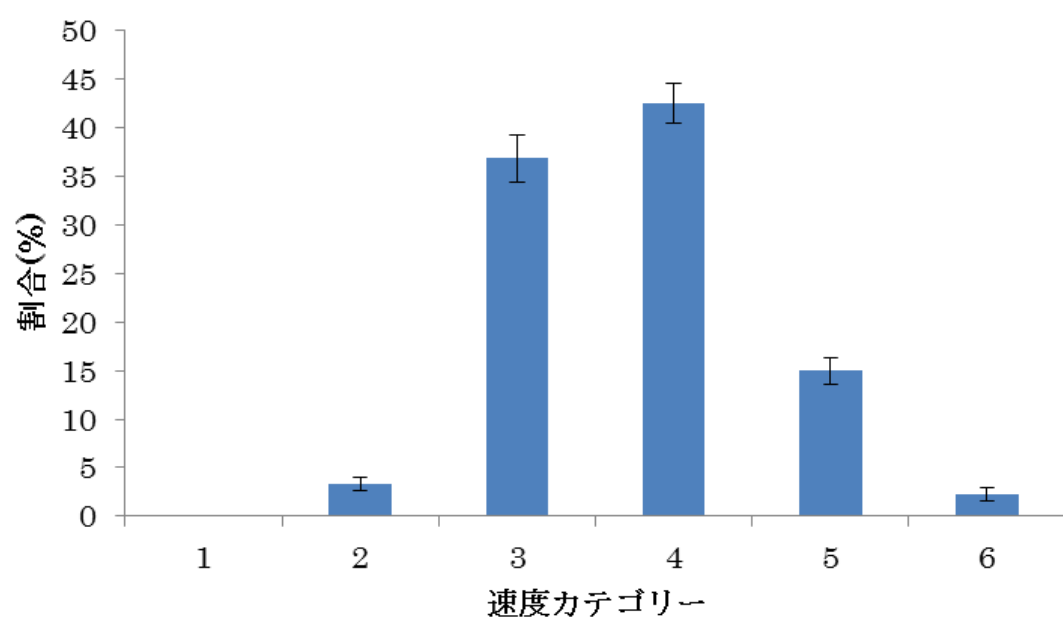


図 14 全チーム・全ポジションの速度カテゴリーの分類

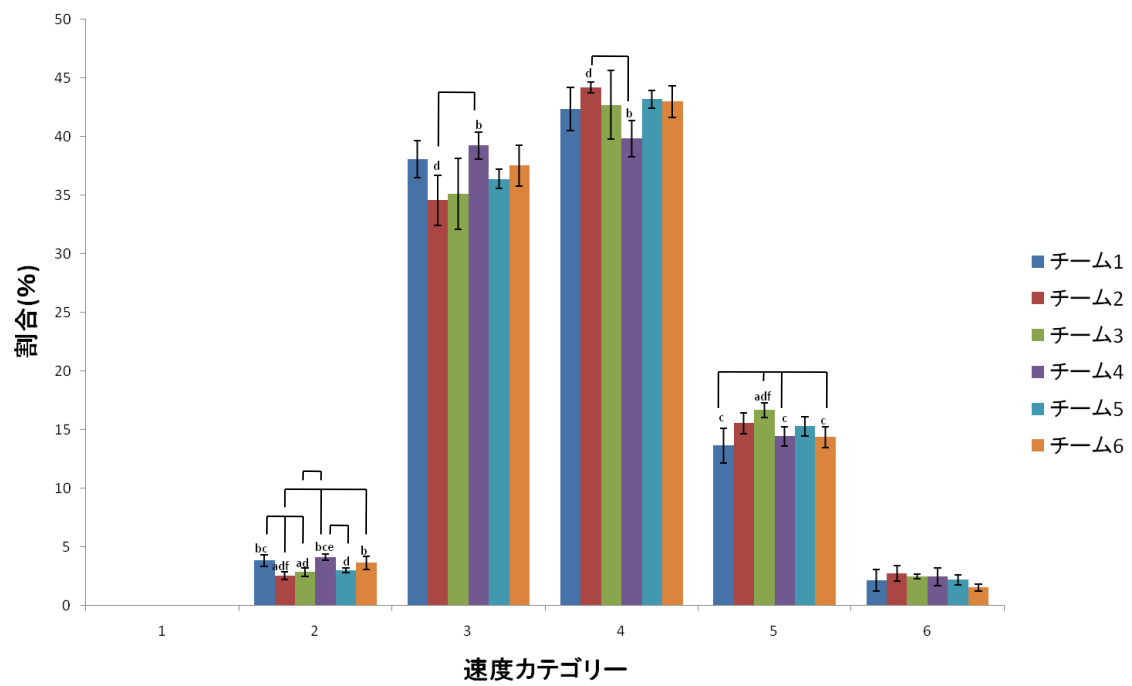


図 15 チーム別の速度カテゴリーの分類

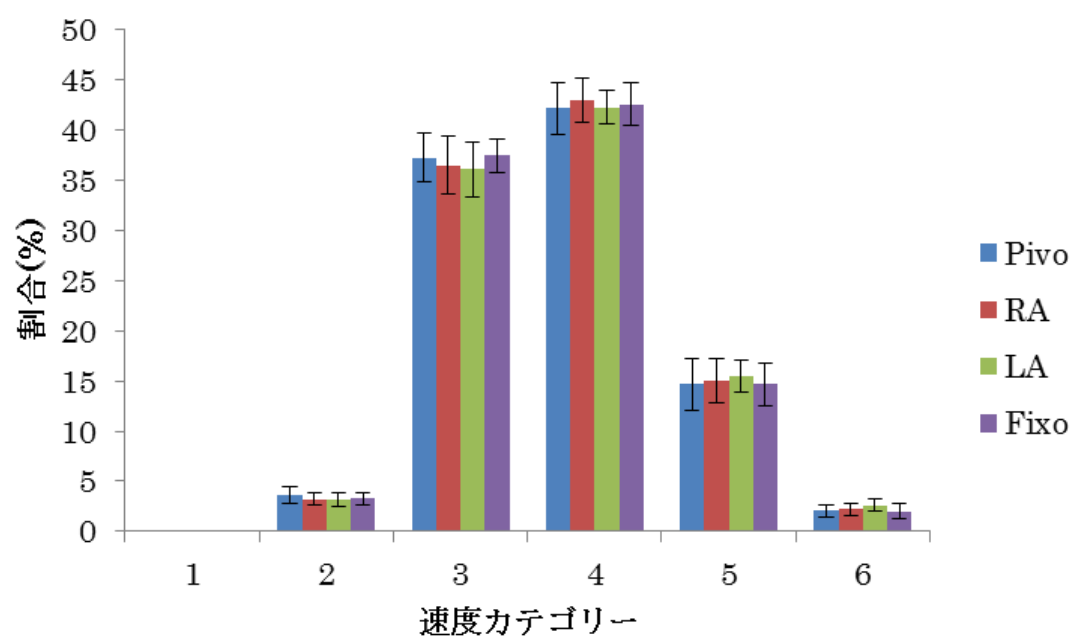


図 16 ポジション別の速度カテゴリーの分類

4. 考察

4-1. 平均走行距離について

本研究の平均走行距離は $6.19 \pm 0.43\text{km}$ であり、Barbero-Alvarez et al (2008)²⁾ の $4313.2 \pm 2138.6\text{m}$ 、Dogramaci et al (2011)¹⁵⁾ の $4277 \pm 1030\text{m}$ よりも長いという結果であったが、Barbero-Alvarez et al (2008)²⁾ が論文で紹介している Hernandez (2001) の 6535.3m とは近い値であった。走行距離は出場時間に依存する¹⁵⁾と共に、移動速度とも関連している。つまり、出場時間が長ければ走行距離は長くなり、移動速度が速ければ走行距離も長くなるということである。さらに、Dogramaci et al (2011)¹⁵⁾ は、レベルが大きく異なるのに彼らの対象としたオーストラリア選手と、Barbero-Alvarez et al (2008)²⁾ の対象となったスペイン選手とで走行距離が変わらないのは、技術的な違いによるものであることを示唆している。このように、競技レベルや技術レベルも走行距離に影響すると考えられる。

実際に、Dogramaci et al (2011)¹⁵⁾ は、オーストラリアにおける国際レベルと国内レベルの選手を比較したところ、国際レベルの選手での走行距離が有意に長いという結果を示している。ただし、Barbero-Alvarez et al (2008)²⁾ による走行距離は $601 \sim 8040\text{m}$ と幅が大きく、そのため、 4313m という平均値でレベルの高さを論ずることは難しいとも言える。一般的には、トップレベルの選手では走行距離が長くなるとも考えられ、それゆえ、日本選手の平均走行距離を、同じ尺度でスペインのトップレベルの選手と比較することは興味深いことである。2008年のアジア選手権で日本はオーストラリアに勝利したという結果が残されているが、日本代表がスペイン代表に勝利を収めたという結果は報告されていない。今後は、技術面に関する研究と併せて走行距離を検討することも必要ではないかと思われる。

また、チーム別の平均走行距離を見ると、平均で $5.86 \sim 6.70\text{km}$ の範囲にあり、チーム 1・4・6 はチーム 2・3・5 に比べて有意に短い傾向にあった。しかし、チームの平均走行距離と勝敗との関係は明確ではなく、また、チームの技術力との関係についても明らかではない。したがって、チームにおける技術力との関連で走行距離を調査することも必要がある

と考える。なお、チーム1とチーム4は対戦したチームであるが、この2チームは共に平均走行距離が短い傾向にあった。このことは、対戦相手とのかけ引きの中で走行距離が変わる可能性を示唆するものである。また、走行距離の違いは運動強度にも影響されていると思われるが、本研究ではその測定は行っていない。それゆえ、試合中の強度を測定することで、平均走行距離が勝敗の要因となっているかどうかを見極める必要もあるように思われる。

一方、ポジション別の平均走行距離に有意差は認められなかった。つまり、平均走行距離はどのポジションでも変わらないということである。サッカーではポジション間で有意差が認められており、このことは各ポジションでの役割が異なることを意味しており、それゆえ、試合中にそれぞれの役割を果たすためにも、ポジション別の練習を行う方がよいとされている。一方、フットサルは全員で守備と攻撃をするスポーツであり、選手たちのポジションが特定されていたとしても、それぞれの選手には同じように距離を走ることのできる身体的な能力が必要であると考えられる。

4-2. 平均移動速度について

1 分間あたりの移動速度を Barbero et al. (2008)²⁾は 113m/min(102.7~145.4m/min)、Dogramaci et al. (2011)¹⁵⁾は 139.8m/min と報告している。本研究で求めた値を分速にすると 159m/min であり、走行距離と同様に、スペイン選手やオーストラリア選手よりも日本選手の方が速いという結果であった。この結果は、スペイン選手の中で最も速かったのが 145.4m/min であることから、走行距離の場合と違って、スペイン選手よりも大きな値であったと言える。移動速度が速いということは、試合中に速く走らなければならない局面が多いことを意味しており、その分、日本では強度が高くなっていた可能性も考えられる。また、移動速度が速ければ、それだけ有利に試合を展開することにもつながると思われる。それゆえ、この種の研究は日本選手の身体的な能力を調査すると共に、試合の強度を考慮

しながら戦術を考えたり、トレーニングを行う際に有益となると思われる。

しかし、スペインのトップと考えられる選手の最大値(145.4m/min)と比較してみると、移動速度が速いことだけで、フットサルの優劣が決まるということにはならないと思われる。実際に、日本はスペインに勝利できていない。スペイン選手は幼少期からフットサルを始めることもあり²²⁾、技術的に優れている可能性も高い。そのため、無駄な動きがない分、移動速度が遅くても勝利をつかみ取ることができるとも考えられる。

また、チーム別の平均移動速度については、8.93～10.03km/hの範囲にあり、チーム1・4・6はチーム2・3・5に比べて遅い傾向にあった。しかし、走行距離と同様に、勝敗との関係は明確ではない。従って、試合中に速く走らなければならない局面がチーム2・3・5で多かった、つまり攻撃に転じたり、守備に転じることが多いなど、試合中の強度による違いも影響していたものと思われる。この結果は、平均走行距離の結果と同様であり、試合ごとの強度を考慮した調査が必要であると言える。

ポジション別の移動速度を報告したフットサルに関する研究はないが、本研究の結果、ポジション間での平均移動速度に、平均走行距離と同様に、有意差は認められないことが明らかとなった。つまり、平均的にみると、全員が同じ速さで走っているということであり、全員が攻守の両方を行うと共に、どのようなポジションでも同じような速さで走ることのできる能力を持たなければならないと言える。本研究では、すべてのポジションにおいて、先行研究²⁾¹⁵⁾よりも移動速度が大きかったが、このことは日本の試合では速く走らなければならない局面が多く、結果的に、強度がより高くなっていたものと思われる。今後は、試合の強度と共に、他国との比較を行う必要もあると考える。

4-3. 速度カテゴリーについて

本研究では、速度カテゴリーの中で mir の割合が最も高く、jogging の割合と合わせると全体のおよそ 80%を占めているということが明らかになった。これは、Barbero-Alvarez et al. (2008)²⁾や Dogramaci et al. (2011)¹⁵⁾の jogging の割合が最も多いという結果とは異なっていた。走行距離も多く、移動速度も速かったため、日本選手においては mir での走行距離の割合が高くなったものと思われる。しかし、sprinting の割合は Barbelo-Alvaretz et al (2008)²⁾の結果の 3~4 分の 1 程度と少なかった。日本選手では走行距離が長く、移動速度が速いにもかかわらず、sprinting の割合が少ないと言うのが特徴である。もしかしたら、このことが日本と世界のレベルの差に表れている可能性も考えられる。日本はアジアの中では上位であるが、世界的にみるとスペインやブラジルなどの強豪国に勝つことはまだできていない。従って、試合の中で sprinting の割合を増やすようなトレーニングを行うことが重要であると考えられる。

チーム別の速度カテゴリーにおいても、全チームとも mir の割合が高かった。中でもチーム 2 における割合が最も高く、sprinting の割合も最も多い傾向にあった。このことは、移動速度の速さとも関連している。ただし、mir、hir、sprinting の割合が多い分、walking と jogging は 6 チームの中で一番少ないという状況であった。しかし、それでもチーム 2 の sprinting の割合は、スペイン選手の 3 分の 1 程度であることから、日本選手は総じて sprinting を繰り返す能力に劣っていると考えられる。

ポジション別に速度カテゴリー分類をみると、各ポジションで standing は 0.01%、walking は 3~4%、jogging は 36~37%、mir は 42~43%、hir は 15~16%、sprinting は 2~3%と、大差はみられなかった。LA では walking、jogging、mir の割合が少なく、hir と sprinting の割合が多い傾向にあった。他のポジションと大きな違いはなかったものの、LA が攻守の起点となっていることが多少関係しているのかもしれない。いずれにしても、走行距離においても、移動速度においても、ポジションが違っても全員が同じように動ける能力がフットサルには必要であると考えられる。

5. まとめ

本研究において、走行距離、移動速度において、ポジション間による有意差は認められなかった。サッカーにおいては、ポジションによって走行距離や移動速度に差がみられ、それゆえ各ポジションごとの練習を行うことがチームのレベルアップにつながると考えられている¹⁷⁾²⁰⁾。しかし、フットサルではポジション間に差が認められなかったことより、サッカーとは違い、全員で攻守を行い、全員が同じような動きができることが必要であると考えられる。このことから、フットサルではポジション別でトレーニングを行うというよりは、戦術等を考慮しながら、それに沿って全員が攻守の両方をできるようなトレーニングを行う必要があると言える。

チーム間においては、いくつかのチームで有意差が認められたものの、勝敗との関係については確認できなかった。今後はチーム数を増やして研究を行うことと、シーズンを通しての各チームの走行距離や移動速度の変化が、勝敗にどのように関わるかを検討する必要があると思われる。また、本研究では、各チーム1試合ずつの分析結果であったが、日本のフットサルを向上させるためには、シーズンを通しての変化を見ていく必要があると言える。

Dogramaci et al. (2011)¹⁵⁾が報告しているように、世界最高峰であるスペイン選手の走行距離や移動速度が、オーストラリア選手とほぼ同等であるというのは興味深い。技術面がどのように関わっているかを検討し、技術面の強化を考える必要もある。また、sprintingの割合がかなり低いという本研究の結果から、日本が世界と戦っていくためには、この能力をいかに高めるかが必要であるとも言えよう。

日本におけるフットサルの歴史はまだ浅く、日本でフットサルの試合分析を行った研究は本研究が初めてである。また、チーム別やポジション別で分析を行った研究は世界でも報告されていない。本研究では、ポジション間で差は見られなかったが、チーム間で見られた差がシーズンを通してどのように変化していくかを、今後検討する必要があると思われる。サッカーよりも手軽にできるスポーツであるフットサルは、今後より人気が出ると

予想される。日本のフットサルについて、今後の発展と世界での勝利をつかみ取るためにも、様々な視点からのさらなる研究が必要であると言える。

参考・引用文献

- 1)Alvarez JC, D'Ottavio S, Vera JG, Castagna C. (2009) Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. J Strength Cond Res. 23:2163-6.
- 2)Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J. (2008) Match analysis and heart rate of futsal players during competition. J Sports Sci. 26:63-73
- 3)Baroni BM, Leal Junior EC. (2010) Aerobic capacity of male professional futsal players. J Sports Med Phys Fitness. 50:395-9.
- 4)Benvenuti C, Minganti C, Condello G, Capranica L, Tessitore A. (2010) Agility assessment in female futsal and soccer players. Medicina (Kaunas). 46:415-20.
- 5)Bradley PS, Carling C, Archer D, Roberts J, Dodds A, Di Mascio M, Paul D, Diaz AG, Peart D, Krustup P. (2011) The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. J Sports Sci. 29:821-30.
- 6)Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krustup P. (2009) High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. J Sports Sci. 27:159-68.
- 7)Cain LE, Nicholson LL, Adams RD, Burns J. (2006) Foot morphology and foot/ankle injury in indoor football. J Sci Med Sport. 10:311-9
- 8)Carling C. (2010) Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. J Sports Sci. 28:319-26.
- 9)Castagna C, Belardinelli R, Impellizzeri FM, Abt GA, Coutts AJ, D'Ottavio S. (2007) Cardiovascular responses during recreational 5-a-side indoor-soccer. J Sci Med Sport. 10:89-95.
- 10)Castagna C, Barbero Alvarez JC. (2010) Physiological demands of an intermittent

- futsal-oriented high-intensity test. J Strength Cond Res. 24:2322-9.
- 11)Castagna C, D'Ottavio S, Granda Vera J, Barbero Alvarez JC. (2009) Match demands of professional Futsal: a case study. J Sci Med Sport. 12:490-4.
- 12)Castagna C, Impellizzeru FM, Checchini E, Rampinini E, Barbero Alvarez JC. (2009) Effects of intermittent-ensurance fitness on match performance in young male soccer players. J Strength Cond Res. 23:1954-9
- 13)デジタル画像処理編集委員会 デジタル画像処理 第2版 2009年 財団法人画像情報教育振興協会
- 14)Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. (2009) Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. Int J Sports Med. 30:205-12.
- 15)Dogramaci SN, Watsford ML, Murphy AJ. (2011) Time-motion analysis of international and national level futsal. J Strength Cond Res. 25:646-51.
- 16)Gorostiaga EM, Llodio I, Ibanez J, Granados C, Navarro I, Ruesta M, Bonnabau H, Izquierdo M. (2009) Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. Eur J Appl Physiol. 106:483-91.
- 17)林雅人 サッカー フォーメーション・システム・戦術 第2刷 2010年 株式会社ナツメ社
- 18)市原誉昭 トッププレーヤーから学ぶ 勝つためのフットサル 初版 2004年 株式会社新星出版
- 19)Junge A, Dvorak J. (2010) Injury risk of playing football in Futsal World Cups. Br J Sports Med. 2010 44:1089-92.
- 20)Lago C, Marti R. (2007) Determinants of possession of the ball in soccer. J Sports Sci. 25:969-74.
- 21)松木安太郎 ステップ・バイ・ステップでわかりやすい解説 サッカー上達マニュアル 2001年 産調出版株式会社

- 22) 日本フットサル連盟 フットサル教本 第3刷 2003年 株式会社大修館書店
- 23) 日本サッカー協会 HP フットサル男子 (2012年1月11日閲覧)
<http://www.jfa.or.jp/>
- 24) Pascual F, Neucimar L, Ricardo Barros ML. (2004) Tracking soccer players using the graph representation. ICPR Computer Society. 17:1051-4651
- 25) Reilly T, Thomas V. (1976) A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match play. J Hum Move Stud. 2:87-97
- 26) Ricardo ML, Misuta MS, Menezes RP, Figueroa PJ, Moura FA, Cunha SA, Ricardo A, Leite Neucimar J. (2007) Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. J Sports Sci. 2:233-42
- 27) 須田芳正 (2003) フットサル講習会-技術、戦術の紹介- 大学体育, 30:102-3
- 28) 須田芳正, 大獄真人, 依田珠江, 石手靖, 田中博史 (2004) 日本におけるフットサルの普及に関する研究 慶応大学体育研究所紀要, 43: 7-13
- 29) Wisbey B, Montgomery PG, Pyne DB, Rattray B. (2009) Quantifying movement demands of AFL football using GPS tracking. J Sci Med Sport. 13:531-6

謝辞

本研究を行うにあたり、指導してくださった指導教員の村岡功教授に心から謝意を表します。さらに、助言および指導をしていただいた副査の菅田雅彰教授、堀野博幸准教授に心より御礼申し上げます。

研究をするにあたり、村岡研究室だけでなく、菅田研究室でも勉強させていただきました。また、丸藤祐子先生には研究計画からご指導、論文執筆まで多大なご助力を受け賜りました。先生方には厚く御礼申し上げます。

そして、研究における撮影協力をしてくださった財団法人日本サッカー協会日本フットサル連盟の長谷川雅治様ならびに連盟の皆様に深く感謝の意を表します。

2012 年 1 月 13 日

野田 千鶴