

論文 | Article

大学女子サッカー選手の試合中の移動距離と
ヒートマップデータに関する記述的研究：

勝ち試合と負け試合の比較

Differences in Total Distance and
Heat map Data of the Female Soccer Players
between Winning and Losing Matches :
A Descriptive Study

茂木 康嘉

MOGI, Yasuyoshi

尚美学園大学スポーツマネジメント学部

Shobi University

2023年12月
December 2023

論 文

大学女子サッカー選手の試合中の 移動距離とヒートマップデータに 関する記述的研究： 勝ち試合と負け試合の比較

茂木 康嘉⁽¹⁾

Article

Differences in Total Distance and Heat map Data of the Female Soccer Players between Winning and Losing Matches: A Descriptive Study

MOGI, Yasuyoshi

要 旨

〔目的〕 これまでのサッカーの試合分析では、選手の総移動距離や移動速度などが着目され、競技レベルが高くなると総移動距離や15km/h以上の走速度での移動距離が増えることなどが報告されている。一方で、試合時における各選手のポジション位置やプレイエリアなどについての報告は少なく、これらのデータに加えて、総移動距離などのデータも同時に検討した報告はない。そこで、本研究では、大学女子サッカー選手を対象に、勝った時の試合と負けた時の試合における選手の総移動距離などの一般的なスタッツデータに加えて、ポジションやプレイエリアなどのデータを含めて、比較検討することを目的とした。

〔方法〕 分析の対象とした試合は、尚美学園大学で行われた公式戦2試合で、それぞれ勝

(1) 尚美学園大学 スポーツマネジメント学部 スポーツマネジメント学科
Faculty of Sport Management, Department of Sport Management, Shobi University

った試合と負けた試合であった。測定および分析の対象者は、両試合において、試合開始から試合終了まで出場した7名とした。GPS機器を用いて、各選手の移動距離と移動速度を計測した。また、GPS機器で測定した位置情報からヒートマップデータを出力し、プレイエリアの面積とその面積中心を算出した。本研究では、面積中心を各選手の試合時における主なポジション位置とした。各項目の値は、前半と後半のそれぞれに分けて分析した。

〔結果〕本研究の結果、総移動距離については、両試合の前半（勝：4891±706 m、負：5228±480m、 $p=0.130$ ）および後半（勝：5067±776 m、負：4855±619 m、 $p=0.188$ ）ともに統計的な差はみられなかった。プレイエリアの面積は、勝った試合が負けた試合よりも前半（勝：2135±346m²、負：1941±221m²、 $p=0.069$ ）および後半（勝：2200±457m²、負：1896±296 m²、 $p=0.013$ ）共に大きかった。ポジション位置は、負けた試合（39.3±11.9m）の前半において、勝った試合（46.8±13.6m）よりも自陣に寄っていた（ $p=0.001$ ）。

〔結論〕これらの結果から、勝った試合と負けた試合で、前半と後半共に、総移動距離には差がみられないものの、勝った試合の時は、選手はコートに広がってかつ相手コートの近い位置でプレイできたことが示唆された。これらは、サッカーの指導書などで広く記述されているコートを広く使うことを支持する結果であった。

Abstract

〔Purpose〕 This study aimed to examine to characteristics of the total distance, moving speed, playing area and playing position during female soccer match.

〔Methods〕 One winning match and one losing match were selected to analyze. Seven female athletes who played both matches without substitution were measured. The total distance and the moving speed during match were measured by a GPS devise. The surface of the playing area and the playing position of each athlete were computed from heat maps. The centroid of the playing area surface was defined as the playing position during the match. All variables were analyzed first half and second half, respectively.

〔Results〕 The present results showed that the total distance did not differ between winning and losing matches in both the first (win: 4891 ± 706 m, lose: 5228 ± 480 m, $p=0.130$) and second (win: 5067 ± 776 m, lose: 4855 ± 619 m, $p=0.188$) halves. The winning match was greater in the playing area surface in both the first (win: 2135 ± 346 m², lose: 1941 ± 221m², $p=0.069$) and second (win: 2200 ± 457m², lose: 1896 ± 296m², $p=0.013$) halves than that of the losing match. The playing position was closer in the losing match to the own side than that of the winning match (win: 46.8 ± 13.6m, lose: 39.3 ± 11.9m, $p=0.001$).

〔Conclusion〕 The present results suggest that the athletes are playing close to the opponent side and are playing with a wide area when the winning match. These findings support for widely accepted belief that athletes should play using a wide area during soccer match.

キーワード

データ解析 (data analysis)

試合分析 (match analysis)

スタッツ分析 (statistics)

GPS

1. 緒言

サッカーは、その種目特性から試合中に長距離を移動するスポーツである。フィールドプレイヤーの場合、ポジションによる差はあるものの一試合90分間に全時間出場すると10～12kmの距離を移動すると報告されている (Andersson et al. 2010, Di Salvo et al. 2006, Krustup et al. 2005)。また、同一選手であっても、国際試合と国内リーグでの試合では、国際試合に出場した時の方が、移動距離は増えることも知られている (Andersson et al. 2010)。加えて、1試合あたりのチー

ムの平均移動距離（選手個々の移動距離のチーム平均）の値が大きいと試合に勝つ傾向があること（末永ら 2021）や試合に勝利した時は、チームの総移動距離（選手個々の移動距離の総和）の値が対戦相手よりも大きかったこと（後藤 2018）も示されている。これらの先行研究を踏まえると、一試合あたりの選手の総移動距離は、試合の勝敗に影響を及ぼす重要な要因の一つと言える。一方で、総移動距離のみの評価では、自陣内での移動が多かったのか、あるいは相手陣内での移動が多かったのかといった選手が試合中に主に活動していた位置についての情報はわからない。例えば、総移動距離が長くても攻撃が主の役割となるフォワードの選手が、自陣に近い位置に偏ってプレイすることはチームの戦術との関連もあるが、一般的には好ましいとはいえない。また、選手がピッチ内でどの程度のエリアをカバーしてプレイしていたかについても不明である。例えば、ミッドフィールダーの選手は、攻守に渡ってプレイすることが多いため、プレイエリアは大きい傾向にあることが報告されているが（Couceiro et al. 2014）、総移動距離が長かったとしても極めて狭い範囲内でプレイしていたとしたら、攻撃あるいは守備に偏ったプレイになっていたのかもしれない。これらを踏まえると、選手個々の移動距離やチームの総移動距離に加えて、選手個々のポジションやプレイエリアを考慮して、試合分析を行う必要があるといえる。しかしながら、これらを同時に検討した報告は少なく、特に大学女子サッカー選手を対象にした報告は見当たらない。

選手の主なプレイ位置やエリアの解析については、近年、ヒートマップデータを基にした画像処理による手法が提案されている（Moura et al. 2015）。Moura et al. (2015) は、2012年に行われたUEFAチャンピオンシップのヒートマップデータを解析し、各国選手のポジションの比較を行った。Couceiro et al. (2014) では、ヒートマップのデータからミッドフィールダーの選手は、ディフェンダーやフォワードの選手よりもピッチ内の広い範囲を移動している傾向にあったことを報告している。一方で、これまでの先行研究においては、勝敗に関する要因は検討されておらず、同一チームにおいて勝った試合と負けた試合でどのような特徴がみられたのかといった検討はされていない。勝った試合と負けた試合でどのような特徴がみられたのか明らかになれば、次戦に向けた戦術の方針決定やチームの短所・長所の明確化など様々な面において、有益な情報を提供すると考えられる。そこで、本研究では、大学女子サッカー選手を対象に、勝った時の試合と負けた時の試合における選手の総移動距離などの基礎データに加えて、ポジションやプレイエリアなどのデータをヒートマップデータから抽出し、比較検討することを目的とした。

2. 方法

2.1. 分析対象試合と分析対象者

本研究で分析対象とした試合は、関東大学女子サッカーリーグの公式戦のうち、尚美学園大学がホームとなっていた2試合で、うち1試合は1-0で勝ち（試合A、前半：0-0、後半：1-0）、もう1試合は0-1で負けた（試合B、前半：0-1、後半：0-0）。試合A時の当日のキックオフ時の気象状況（気象庁公開のデータに川越市がないため、さいたまのデータ）は、気温22.2度、湿度91%で、天候は雨であった。試合Bの当日のキックオフ時の気象状況は、気温26.1度、湿度58%で、天候は晴れであった。

本研究で分析対象とした選手は、試合Aおよび試合Bの両試合において、全時間出場したゴールキーパーを除くフィールド選手7名であった。選手の身体的特徴としては、身長が 158.2 ± 5.4 cm、体重が 49.7 ± 3.7 kgであった。本測定に先立ち、「ヘルシンキ宣言」、文部科学省および厚生労働省の「疫学研究に関する倫理指針」に基づき、各測定対象選手の人権を最大限に尊重し、選手および監督に対して測定の手順、内容および安全性について十分な説明をした後、本実験

参加の同意を得た。

2.2. 測定項目と測定方法

測定項目として、試合中における各選手の総移動距離、ジョギング以上の運動強度で移動していた指標として走速度8km/h以上での移動距離（低速度以上移動距離）と総移動距離に対する割合（低速度以上移動距離比）、ランニング以上の運動強度で移動していた指標として走速度15km/h以上での移動距離（中速度以上移動距離）と総移動距離に対する割合（中速度以上移動距離比）、高心拍状態で移動していた指標として80%最大心拍数以上での移動距離（高強度移動距離）と総移動距離に対する割合（高強度移動距離比）を測定した。走速度の基準は、先行研究を参考にして設定した（Krustrup et al. 2005）。これらの測定は、全てGPS機器（Knows. SOLTIO Knows Co., Ltd. サンプリング周波数: 1Hz）で行なった。測定時には、専用のチェストベストを着衣させ、背部首下にあるポケットにGPS機器本体を装着した。

2.3. ヒートマップデータの解析

ヒートマップの解析は以下の手順で行った。まず、①GPS機器によって測定された試合中の選手の位置情報データから各選手のヒートマップをKnowsのクラウドデータから出力した。次に、②出力したヒートマップ画像をPCの画面保存機能（スクリーンショット）用いてJPEG形式でファイル保存した。その後、③保存したファイルを画像処理ソフト（Image J, NIH）のSplit Channels機能を用いて、赤（Red）、緑（Green）、青（Blue）の画像に切り出した。最後に、④切り出した後の「赤」の画像を使用し、ImageJのThreshold機能を用いて、色の強度が高い部分の抽出を行なった（図1）。

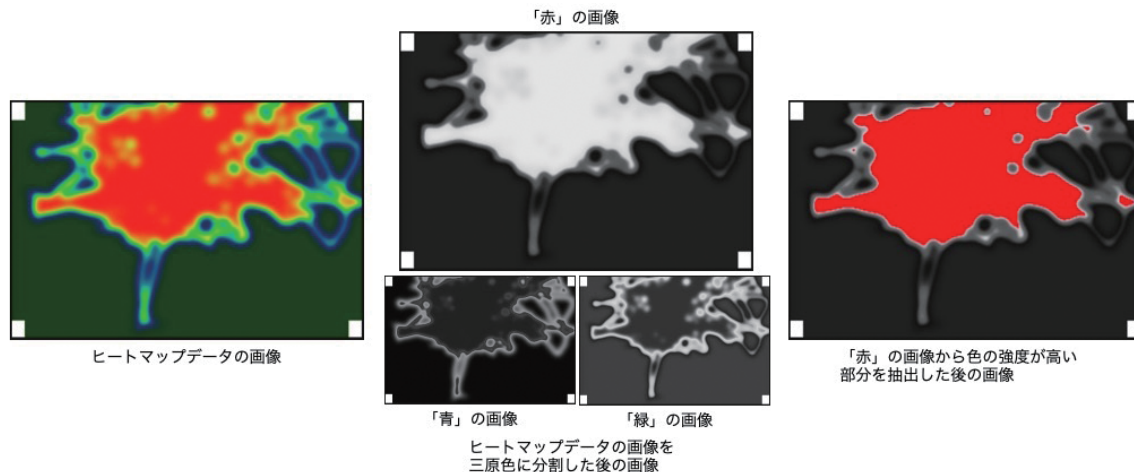


図1 ヒートマップデータの画像解析

「赤」の画像を使用した根拠は、ヒートマップ上のデータで、選手が多くプレイしたエリアは、赤色になるためである。最後に、⑤画像の校正を行った。校正は、画像に表示されたピッチのタッチラインの長さに対して行った。本研究で試合会場となったサッカーグラウンドはタッチラインが実測で102mであったので、この値を校正値に採用した。校正後、画像上でゴールラインの長さを計測すると、実測値との誤差が平均で0.23mあることが確認されたが、誤差の程度は実測値に対して0.33%程度と小さかったので、この誤差は許容できるものと判断した。抽出されたエリアの面積を各選手の主なプレイエリアの広さを示す指標として用いた。また、同時に、この面積の中心座標を各選手の主なプレイポジションの指標として採用した。なお、保存したヒートマップ画像は、選手ごとに大きさが異なっていたため、座標の補正を行った。座標の補正は、ヒー

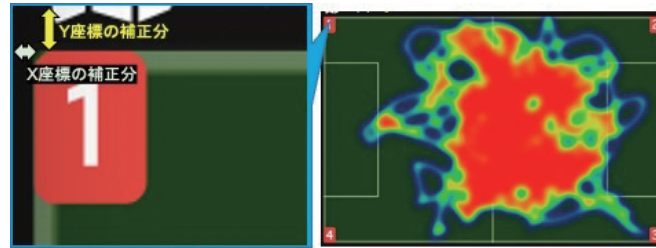


図2 ヒートマップデータの座標値の補正

トマップ上のピッチ左上の座標を減じることで行なった（図2）。これは、ImageJ上で表示される画像は、原点が画像の左上に設定されていることを踏まえている。

2.4. 統計処理

各測定項目・分析項目の値は、前半と後半に分けて平均値と標準偏差を算出した。試合間の平均値の差の検定には、対応のあるt検定を用いた。全ての統計処理は、ソフトウェア（SPSS 23.0J）を用いて行い、危険率は5%をもって有意とした。

3. 結果

表1に、全ての結果を示した。t検定の結果、各試合間における前半および後半の総移動距離、前半および後半の低速度以上移動距離および比、前半および後半の中速度以上移動距離および比、前半の高強度移動距離および比、前半のプレイエリアの大きさ、後半の面積中心のX座標に

表1 測定および分析項目の値（平均値±標準偏差）

			試合A	試合B	significance
試合結果			1 - 0	0 - 1	
総移動距離	(m)	前半	4891 ± 706	5228 ± 480	p = 0.130
		後半	5067 ± 776	4855 ± 619	p = 0.188
低速度以上 移動距離	(m)	前半	2928 ± 620	3094 ± 427	p = 0.383
		後半	2926 ± 748	2759 ± 597	p = 0.317
低速度以上 移動距離比	(%)	前半	59.3 ± 4.4	59.0 ± 3.3	p = 0.826
		後半	56.9 ± 6.7	56.3 ± 5.0	p = 0.706
中速度以上 移動距離	(m)	前半	615 ± 161	626 ± 87	p = 0.846
		後半	618 ± 79	531 ± 102	p = 0.159
中速度以上 移動距離比	(%)	前半	12.4 ± 2.1	11.9 ± 1.4	p = 0.549
		後半	11.9 ± 3.1	10.9 ± 1.6	p = 0.326
高強度 移動距離	(m)	前半	4138 ± 896	4851 ± 420	p = 0.041 *
		後半	4207 ± 938	4075 ± 651	p = 0.609
高強度 移動距離比	(%)	前半	83.9 ± 9.1	92.8 ± 3.8	p = 0.044 *
		後半	82.6 ± 10.6	83.8 ± 7.7	p = 0.728
プレイエリア	(m ²)	前半	2135 ± 346	1941 ± 221	p = 0.069
		後半	2200 ± 457	1896 ± 296	p = 0.013 *
面積中心 (X座標)	(m)	前半	46.8 ± 13.6	39.3 ± 11.9	p = 0.001 *
		後半	53.9 ± 12.8	54.9 ± 11.2	p = 0.245
面積中心 (Y座標)	(m)	前半	35.7 ± 6.6	34.0 ± 7.6	p = 0.014 *
		後半	33.2 ± 7.5	28.0 ± 7.1	p = 0.021 *

は統計的な差がみられなかった。各試合間における前半の高強度移動距離および比、後半のプレイエリアの大きさ、前半の面積中心のX座標、前半および後半の面積中心のY座標には、統計的な差が認められた。

4. 考察

女子サッカーの試合において、国際試合や国内プロリーグの1試合あたりの平均的な総移動距離は、10~11kmであることが報告されている (Andersson et al. 2010, Datson et al. 2017)。本研究で対象とした各選手の総移動距離は、およそ10kmであり、先行研究と同程度であることがわかる。一方で、中速度以上の移動距離は、1.2km程度であった。先行研究の値 (1.30~1.68km : Andersson et al. 2010, Krstrup et al. 2005, Mohr et al. 2008) と比較してみると、本研究で対象とした選手の方が100mほど、低値であることがわかる。ナショナルチームに選抜された選手の1試合あたりの中速度以上の移動距離は、1680mで、中速度以上の移動の発生頻度は、158回であったことが報告されており (Mohr et al. 2008)、これをもとに、1回1回あたりの中速度以上での移動距離を推定すると11m (1680m/158回) ほどになる。推定値ではあるが、1回あたり11mほどを移動するので、100mの低値は、中速度以上の移動の発生頻度が9回ほど少ないことにつながる。フィールドでプレイする選手は10名であるから、チーム全体としては、90回も中速度以上での移動が少なかったことを意味している。これらの結果は、本研究で対象とした選手の全身持久力は、比較的高い能力を有しているものの、スピード持久力 (Speed endurance) が、低いことを示しており、言い換えれば、弱みであるといえる。女子サッカー選手を対象に国際試合と国内リーグの試合で、15km/h以上のランニング距離を比較した報告によれば、国際試合の方がランニング距離は長くなることが報告されており、スピード持久力トレーニングの必要性を示唆している (Andersson et al. 2010)。本研究の結果と先行研究の知見を踏まえて、本研究で対象とした選手のトレーニング方針を考えるのであれば、LSD (Long slow distance) のように長い距離を低速度で走るようなトレーニングよりもダッシュやジャンプなどの高強度で瞬発的なトレーニングや高強度インターバルトレーニングなどを実施し、スピード持久力の向上を目指す必要があるかもしれない。

サッカーは、その種目の特性上、長い距離を移動する競技であり、各選手の総移動距離は勝敗に関わる重要な要因の一つである。実際に、対戦相手よりも選手の移動距離が長いと試合に勝つ傾向があることも報告されている (後藤 2018, 末永ら 2021)。また、岡田 (2019) も指導書の中で、「1人1キロ多く走る」ことを提示している。これらを踏まえると、本研究においても勝った試合の方が負けた試合よりも総移動距離は長くなると予想していたが、本研究の結果は、そうではなかった。総移動距離の内訳をみると、負けた試合の前半においては、高強度移動距離および比が勝った試合の時よりも大きかった。また、各選手のプレイ位置を示す面積中心は、前半においてX座標が自陣に近い方に寄っていた。加えて、負けた試合においては、前半および後半ともに、各選手のプレイエリアが小さい傾向にあったことも示された。さらに、負けた試合では前半に、失点をしていた。これらの結果を踏まえると、総移動距離そのものは、勝った試合と負けた試合で差がみられなかったものの、負けた試合では、各選手は自陣のピッチ寄りかつ狭い範囲でのプレイが多く、さらに高心拍で移動しなければならない状況であったことが伺える。従って、負けた試合の前半では、相手チームに攻められることが多く、攻撃に関与しづらい状況で、長い距離を走らされていたというゲーム展開になっていたことが示唆される結果であるといえる。本研究の結果から考えると、試合に勝つためには、各選手のポジションはより相手ピッチに近くなるように保ち (ラインを高く保ち)、各選手もピッチ内に広がってプレイすることが必

要と考えられる。

チームが有利に試合を展開するためのポジションの取り方として、「深さを作ること」、「幅を取ること」がサッカーの指導書（岡田 2019、坪井 2018）などで指摘されている。これらは、各選手がピッチを縦方向および横方向に適切な距離で広がって動くことによって、守備側のチームの選手にも攻撃側の選手を広がりながらマークをせざる得ない状況を作り出し、結果的に、守備側の選手の中に空間（スペース）を作ることを目的としている。本研究の結果から、各選手のプレイエリアは負けた試合よりも勝った試合で大きい傾向が示された。本研究で対象とした試合のピッチ面積は6936㎡（縦102m×横68m）で、勝った試合では、各選手のプレイエリアはピッチの3割程度をカバーしていたが負けた試合は3割に満たなかった。これらの結果は、勝った試合では各選手がピッチ内に広がってプレイしたことを意味している。従って、サッカーの指導書や指導現場の場面で言われる各選手のポジショニングの取り方において、「深さを作ること」、「幅を取ること」を一部支持するような結果が本研究では、得られたといえる。

本研究の結果から、各選手の面積中心のY座標の平均値は、勝った試合と負けた試合で前半に関しては、統計的な差はみられたもののどちらもほぼピッチのセンターに位置していた。一方で、後半では各選手の面積中心のY座標の平均値が負けた試合では、サイド寄りになっていた。どちらかのサイドに偏って選手がピッチ内でプレイすると、ヒートマップ上で表示される面積中心は片方のサイドに寄ってしまうことになることから、本研究の結果は、試合に勝つ方策を考えた時に、どちらのサイドにも偏らない方が、好ましいことと両サイドをどちらも使用したゲーム展開をした方が良い可能性を示唆している。

本研究の限界として、まず、GPSセンサの時間分解能が低いことが挙げられる。GPSシステムを用いた試合中の各選手の色度や移動距離の測定では、5Hz以上の測定機器が用いられることが多い。また、1Hzの測定器では、移動速度の測定精度が低いことも示されている（Coutts et al. 2010）。本研究に先立ち実施した予備実験の結果から、20m以下の距離でランニング以上の速度で走るとカメラから算出した最大速度と比較して10%を超える極めて大きい誤差が確認されたが、10m歩行からスプリント走に移行するような実際のサッカーの試合中の局面に近い状況の中で計測した場合は、カメラから算出した最大疾走速度と比較して平均6%程度の誤差に収まることが示された。また、総移動距離については、任意の走速度で5000mを陸上トラックで走らせた時に、4%程度過大評価することがわかった。これらの結果は、ヒートマップの分析結果に関しては、影響はないものの、総移動距離や低速時および中速度以上時の移動距離については、測定精度が低かった可能性があることを示している。従って、本研究の結果を確かめるには、時間分解能が高い測定器を用いて再検討する余地が残る。次に、本研究では、対象とした試合数は2試合のみであり、データ数が少ない点が挙げられる。今後、データを蓄積して、本研究で得られた結果は再度検討する余地がある。最後に、本研究では、選手の試合中の移動距離やポジショニング位置といった量的なデータのみでの検討であり、試合の流れや移動時の状態などの検討は行っていない。即ち、本研究で示した移動距離やポジションのデータには、ボールを保持しないランニングあるいはポジション取りだったのか、あるいはドリブルをしながらの移動だったか、移動方向はどこ向いていたのかなどの情報は含まれていない。今後は、本研究で示した量的なデータの解析に加えて、ビデオカメラなどを用いたTime-Motion解析（Time motion analysis）などを組み合わせた解析を行うことで、より戦術立案やトレーニング内容の立案などに関連した有益な情報を提供できることになると考えられる。

5. 結 論

本研究では、GPSシステムを用いて試合時における選手の移動距離を計測し、ヒートマップのデータから各選手のプレイエリアとプレイ位置を算出した。本研究の結果から、勝ち試合と負け試合で、試合当たりの総移動距離には差がみられなかったものの、負け試合の時は、高心拍での移動距離が大きくなったこと、選手のプレイ位置が自陣側に寄ってしまうこと、さらに、プレイエリアも狭い範囲に押し込められてしまう傾向がみられることなどが示された。

参考文献

- Andersson, H. Å., Randers, M. B., Heiner-Møller, A., Krstrup, P., Mohr, M. (2010) Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (4) : 912-919.
- Couceiro, M. S., Clemente, F. M., Martins, F. M., Tenreiro Machado, J. A. (2014) Dynamical stability and predictability of football players: The study of one match. *Entropy*, 16 (2) : 645-674.
- Coutts, A. J., Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of science and Medicine in Sport*, 13(1): 133-135.
- Datson, N., Drust, B., Weston, M., Jarman, I. H., Lisboa, P. J., Gregson, W. (2017) Match physical performance of elite female soccer players during international competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31 (9) : 2379-2387.
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Montero, F. C., Bachi, N., Pigozzi, F. (2006) Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International journal of sports medicine*. 222-227.
- 後藤泰則 (2018) サッカーにおける「ボール保持率」と「勝利」との関係性について. *新潟経営大学紀要*, 24: 67-75.
- Krstrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H. E. L. G. A., Bangsbo, J. (2005) Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37 (7) : 1242-1248.
- Mohr, M., Krstrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008) Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22 (2) : 341-349.
- Moura, F. A., Santana, J. E., Vieira, N. A., Santiago, P. R. P., Cunha, S. A. (2015) Analysis of soccer players' positional variability during the 2012 UEFA European championship: A case study. *Journal of Human Kinetics*, 47: 225.
- 岡田武史 (2019) 岡田メソッド——自立する選手, 自律する組織をつくる 16 歳までのサッカー指導体系. 英治出版.
- 末永尚・鈴木秀生・阿久井陽輔 (2021) GPS 計測器を用いた大学男子サッカー選手のパフォーマンス分析の有用性について: 江戸川大学フットボールクラブの公式戦における走行距離に着目して. *江戸川大学紀要*, 31: 137-144.
- 坪井健太郎・小澤一郎 (2014) サッカーの新しい教科書: 戦術とは問題を解決する行為である. *カンゼン*.