

論文

フットサル競技における記述分析法の正確性の検討
Examination of accuracy about the notational analysis in futsal

玉置研二¹⁾, 堀野博幸²⁾

¹⁾早稲田大学スポーツ科学研究科

²⁾早稲田大学スポーツ科学学術院

Kenji Tamaki¹⁾, Hiroyuki Horino²⁾

¹⁾Graduate school of Sport Sciences, Waseda University

²⁾Faculty of Sport Sciences, Waseda University

キーワード: 記述分析法, Bland-Altman 分析, フットサル

Key words: notational analysis, Bland-Altman analysis, futsal, performance analysis

【抄録】

フットサルにおけるパフォーマンスの分析方法は、デジタル測定法と記述分析法に分類される。アリーナ競技であるフットサルでは、パニング映像を用いた記述分析法の正確性を検討した研究は行われていない。そこで本研究では、フットサル試合における記述分析法の正確性を検証することを目的とした。検証では、2次元 DLT 法、目視プロット法、フィールド分割法の 3 つの分析法を Pearson の積率相関分析、Bland-Altman 分析を用いて比較した。本研究の結果として、目視プロット法とフィールド分割法が指導現場において十分活用可能な正確性を有することが確認された。これにより、固定カメラではない試合映像においても、目視プロット法やフィールド分割法を用いて 2 次元 DLT 法と同程度の分析が可能となることが確認できた。

スポーツ科学研究, 18, 76-84, 2021 年, 受付日: 2019 年 12 月 25 日, 受理日: 2021 年 8 月 30 日

連絡先: 玉置研二 〒359-1192 所沢市三ヶ島 2-579-15 早稲田大学スポーツ科学研究科

kenji_tamaki@asagi.waseda.jp

I. はじめに

ボールゲームにおいて位置情報を計測する分析法は、デジタル測定法と記述分析法に大きく分類される(樋口ほか, 2012)。デジタル測定法は映像を用いた分析法とウェアラブルデバイスを使用した分析法に分類される。映像を用いた分析法は DLT(Direct Linear Transformation)法(塩川ほか, 1998; 柳原ほか, 1999; 崔ほか, 1999; 崔ほか, 2000; 小泉ほか, 2003)が挙げられる。ウェアラブルデバイスを使用した分析法では、屋外競技における GPS(Global Positioning System)を用いた分析法(古川ら, 2013; 中西ほか, 2017)が

主流となっている。デジタル測定法では、精度の高い結果を得られる反面、機材の携帯や設置場所の制限を受けるとともに、機材や分析ソフトが高価な点が課題となっている(樋口ほか, 2012)。

一方、記述分析法では、目視プロット法とフィールド分割法(Abdel-Hakim, 2014; Sarmiento et al., 2016)が代表的な分析法として挙げられる。両者とも選手やボールの位置情報を簡便に記述・評価できる反面、分析精度に関して課題があるとされている(山本ほか, 2003)。また、目視プロット法に関しては、データの精度は記録者の技術に依存している(西山・石井, 1992)。

この課題に対し樋口ほか(2012)は、陸上競技場で行われたサッカーを対象に「プレー重心」を用いて、パンニング映像による 2 次元 DLT 法とフィールド分割法、目視プロット法の比較検証を行っている。彼らの研究報告では、フィールド分割法と目視プロット法が 2 次元 DLT 法と同等の正確性を有することが明らかとなっている。しかし、カメラ位置が異なり、フィールドが小さく、選手間の距離が近いアリーナ競技では、2 次元 DLT 法と目視プロット法、フィールド分割法の比較検証は未だ行われていない。そこで本研究では方法の信頼性を高めるための追試として、フットサル競技を対象とし、2 次元 DLT 法と目視プロット法、フィールド分割法の正確性を検証することを目的とした。

II. 方法

1. 分析対象試合およびプレー

対象試合は Fリーグ 2018-19 シーズンのリーグ公式戦 1 試合とした。インプレー中において、相手チームからボールを奪った 81 プレーを対象とした。フットサルにおいて攻守の切り替えは何よりも重要(須賀・北, 2012)であり、その攻撃が開始した両チームの攻撃全 81 プレーのうち、リプレイが流れたため攻撃開始位置の確認ができなかった

4 プレーを除外した 77 プレーを抽出し、攻撃開始位置をプロットした。

攻撃開始位置は、樋口ほか(2012)を参考に、①ボールを相手から奪った際のボール位置とした。GK スローに関しては、②ボールが GK の手から離れた際のボール位置、GK がボールをキャッチした後にドリブルを開始した場合は、③GK が足でボールを最初にコントロールした際のボール位置、どちらのボールか判定出来ない場合は、④攻撃者がプレー可能な状態で、ボールコントロールした時点のボール位置と定義した。

本研究は著作権法第 30 条の 4 の解釈に基づき実施された。また、早稲田大学人を対象とする倫理委員会の承認(申請番号:2020-072)、日本フットサルリーグの許可を得て実施された。

2. 映像撮影方法

2 次元 DLT 法で使用する固定カメラ映像は、主催団体より許可を得た上で、デジタルビデオカメラ FDR-AX30(SONY 社製)を用い、図 1 に示すようにホームスタンド中央上段の主催者より指定された位置からピッチ全面を撮影した。目視プロット法、フィールド分割法で用いるパンニング映像は、インターネットにて一般放映されたものを使用した。

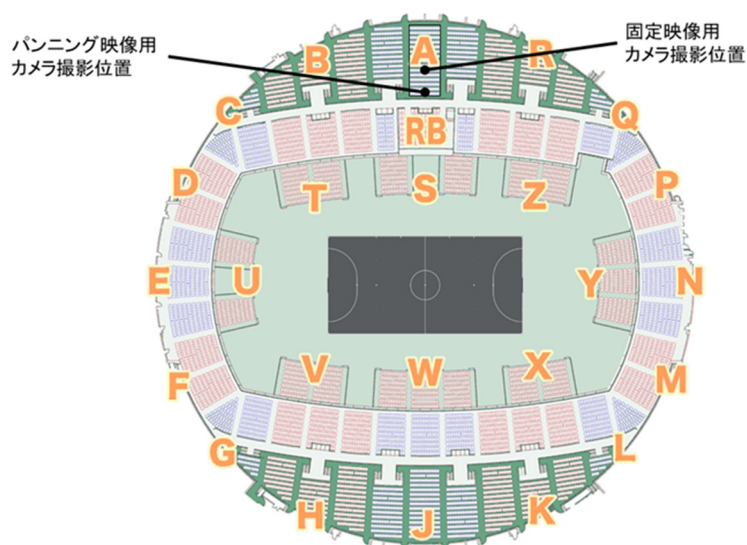


図 1 カメラ撮影位置(丸善インテックアリーナホームページより引用)

3. 各分析法の手続き

1) 2次元 DLT 法

フットサル競技規則 2017/2018 (JFA, 2018) に定められたピッチサイズ (40×20m) に基づき, 図 2 に示すように映像から向かって左側ゴールラインの中点を原点とした. タッチラインと平行方向を x 軸, ゴールラインと平行な方向を y 軸として各点の 2次元座標を得た. 攻撃開始位置のデジタイズには, FrameDiazV5 (DKH 社製) を用い, 手動でデ

ジタイズを行った. キャリブレーションは, コントロールポイントをピッチの 4 隅とそれぞれのタッチラインの中点とした. カメラを長時間固定するため, カメラ位置のずれがないように前後半それぞれの最初のプレーで各 1 回ずつ実施した. 誤差は 1 ピクセルあたり x 軸が 0.028 ± 0.006 m, y 軸が 0.101 ± 0.0001 m. デジタイズにおけるプロット精度は x 軸が 0.001 m, y 軸が 0.001 m であった.

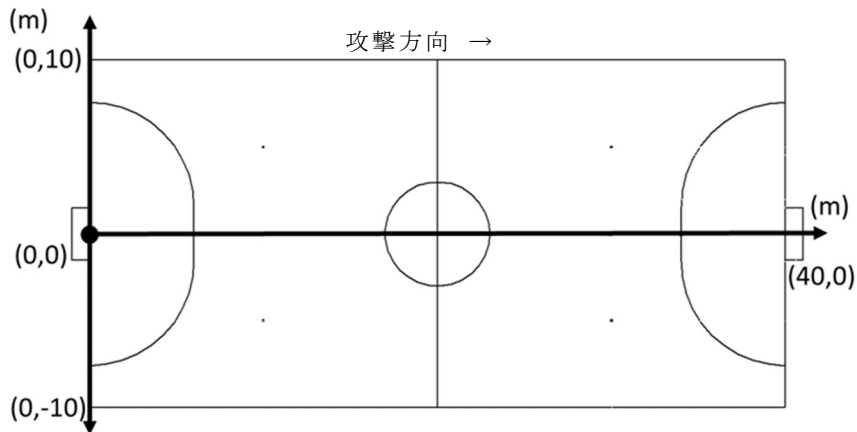


図 2 2次元 DLT 法における 2次元座標平面

樋口ほか (2012) をもとに, 攻撃開始位置に関する代表値として, 測定されたすべての座標に対する幾何中心となる座標値をプレー重心として定義し, 以下のように定めた.

$$(X, Y) = \left(\frac{\sum x_i}{n}, \frac{\sum y_i}{n} \right) \quad (1)$$

X, Y: プレー重心の x 座標, y 座標

x_i, y_i : i 番目に攻撃が開始した点の x 座標, y 座標

n: インプレー中に攻撃が開始した全ての回数 (n=77)

2) 目視プロット法

2次元 DLT 法と同様に, 映像から向かって左側ゴールラインの中点を原点として各点の 2次元座標を得た. ブラウザ上で映像をピッチ上に引かれたラインと広告を目印に, 視察により攻撃開始位置を手動でプロットした. プレー重心の計算に関しては 2次元 DLT 法と同様に式 (1) を用いた.

3) フィールド分割法

本研究では, 先行研究 (Abdel-Hakim, 2014) を参考に, 図 3 に示すようにピッチを 5m 四方 32 個のエリアに分割した. 5m 四方に分割した理由として, ピッチ上に目安となるラインが引かれており, 視認しやすいためであった (図 4).

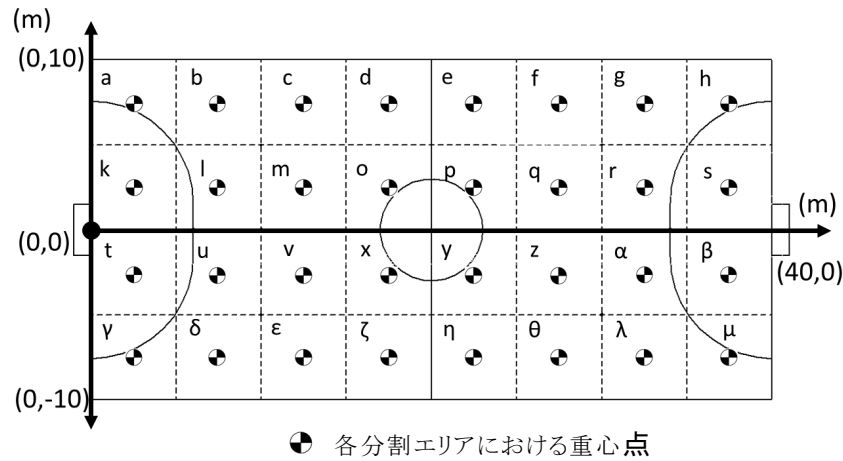


図 3 フィールド分割法による 2 次元座標平面

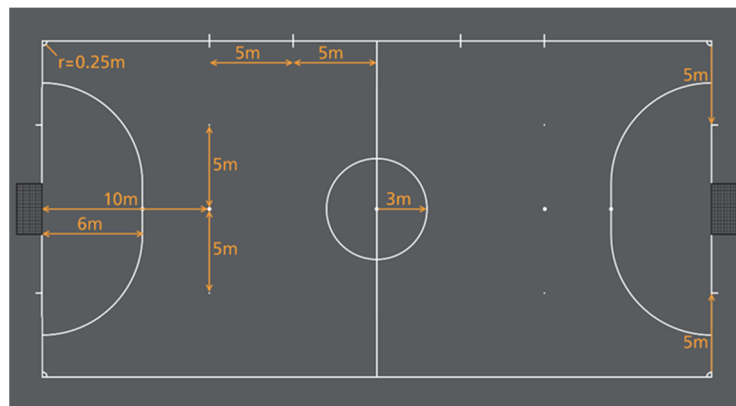


図 4 ピッチの大きさ(フットサル競技規則 2017/2018 より引用)

2次元 DLT 法, 目視プロット法と同様に図 3 に示すように映像から向かって左側ゴールラインの中点を原点として, 2次元座標における各分割エリアの重心点を得た.

各分割エリアの重心点を使用し, 式(1)に合わせて, 以下の式を定義した.

$$(X, Y) = \left(\frac{\sum w_j x_j}{n}, \frac{\sum w_j y_j}{n} \right) \quad (2)$$

X, Y : プレー重心の x 座標, y 座標

x_j, y_j : 各分割エリアにおける重心点の x 座標, y 座標 (図 3)

w_j : 各分割エリアにおいて攻撃が開始した回数

n : インプレー中に攻撃が開始した全ての回数 ($n=77$)

j : j 番目の分割エリア

4. 統計処理

2次元 DLT 法に対する目視プロット法とフィールド分割法の分析誤差の検定は Pearson の積率相関分析, 一致性の検討については Bland-Altman 分析 (Bland and Altman, 1986) を用いて検証した. なお本来の Bland-Altman 分析は真の値が不明なため, 2つの分析値の平均を真の値の予測値としている (Bland and Altman, 1986). しかし, 本研究では 2次元 DLT の分析誤差に対し, 目視プロット法とフィールド分割法の分析誤差が大きくなると考えられるため, 真の値の予測値を 2次元 DLT 法の結果と仮定して計算を行った. 2次元 DLT 法, 目視プロット法, フィールド分割法それぞれの代表値の比較は対応のある一元配置分散分析を用いて検証した. 全ての統計処理は IBM 社 SPSS Statistics バージョン 25 を使用し, 有意水準は 5%未満とした.

Ⅲ. 結果

1. 分析誤差

Pearson の積率相関分析の結果を表1および図 5, 6 に示した. 攻撃開始位置では, 2 次元 DLT 法に対し, 目視プロット法とフィールド分割法

いずれの分析法も非常に高い正の相関が認められた. 目視プロット法とフィールド分割法いずれの分析法においても傾きと決定係数が x 座標, y 座標において 1 に近い値が得られた.

表 1 2次元 DLT 法に対する各分析法に関する相関分析結果

		x座標	y座標
目視プロット法	相関係数 : r	1.000	0.997
	p (<0.05)	0.000	0.000
	傾き : m	0.998	1.005
	決定係数 : R ²	0.999	0.994
フィールド分割法	相関係数 : r	0.991	0.954
	p (<0.05)	0.000	0.000
	傾き : m	0.978	0.965
	決定係数 : R ²	0.982	0.910

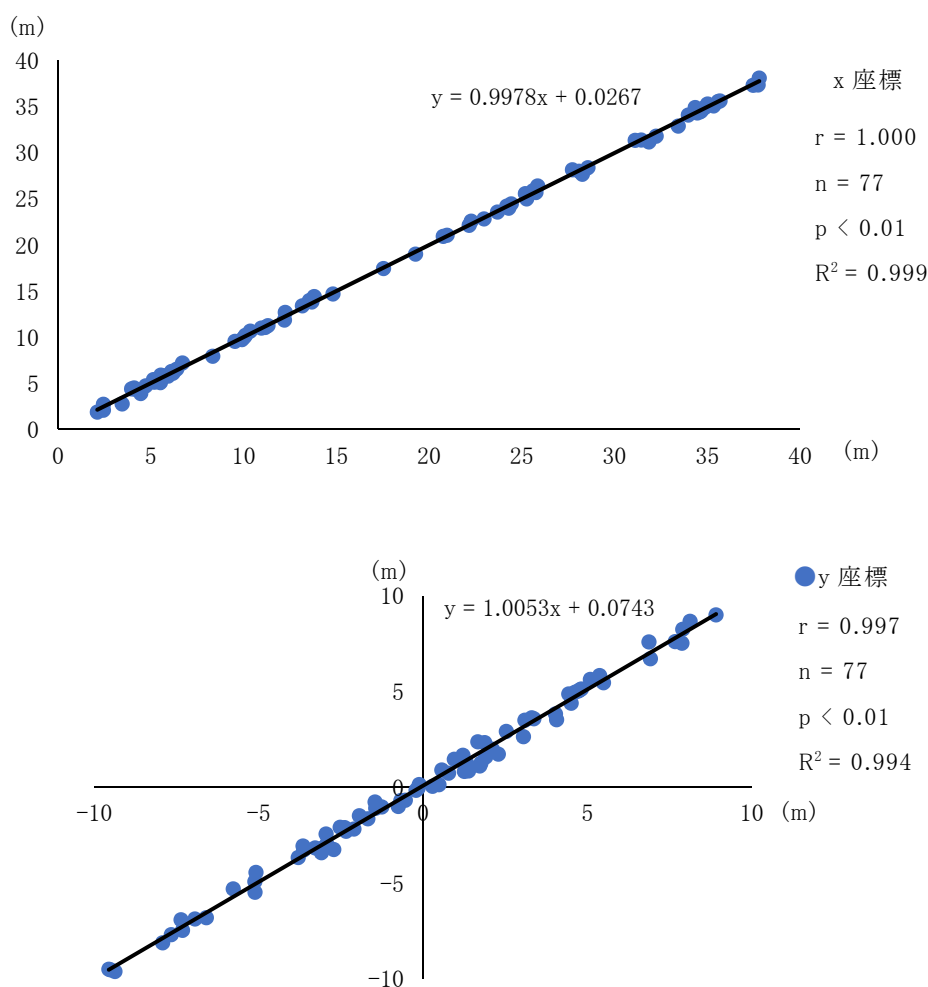


図 5 2次元 DLT 法(横軸)と目視プロット法(縦軸)による攻撃開始位置の相関を示す. 上段は図 1 の x 座標における相関を示し, 下段は y 座標における相関を示す.

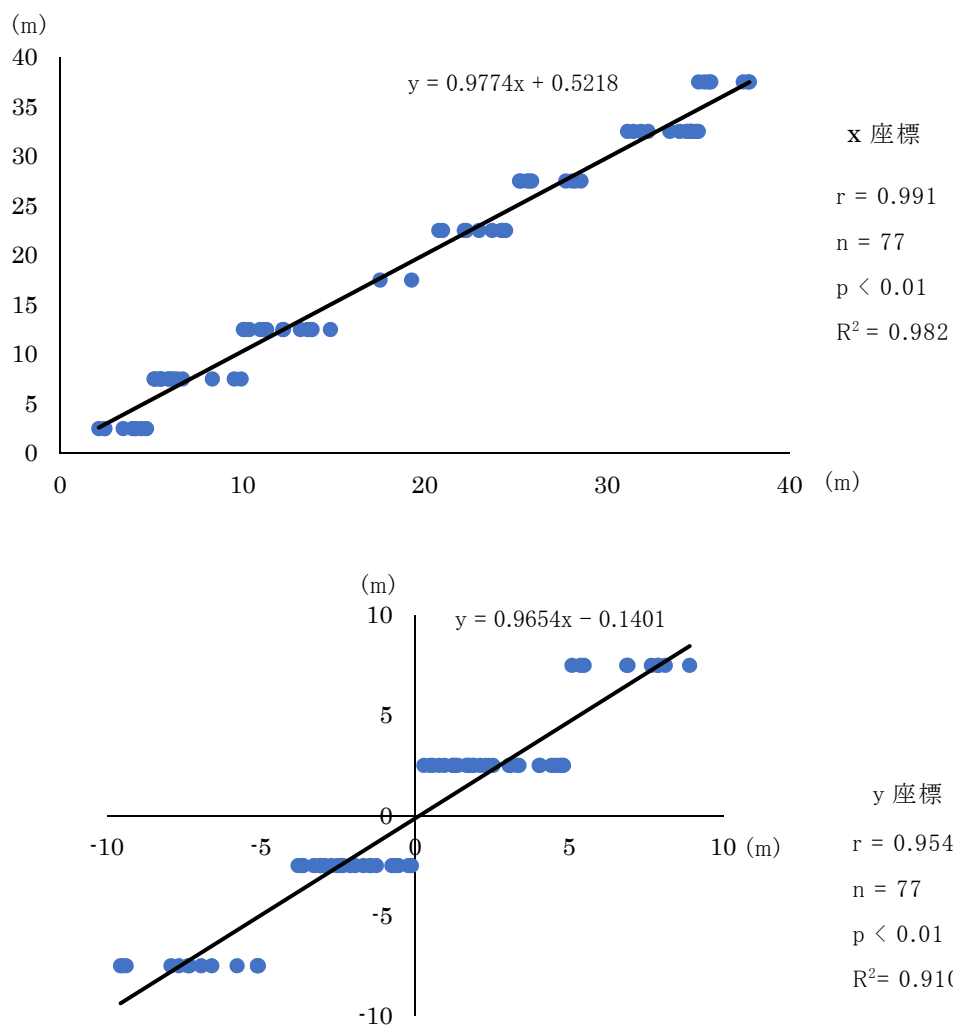


図 6 2次元 DLT 法(横軸)とフィールド分割法(縦軸)による攻撃開始位置の相関を示す。
上段は図 4 の x 座標における相関を示し, 下段は y 座標における相関を示す。

2. 一致性

図 7 は, Bland-Altman Plot 法による 2 次元 DLT 法と目視プロット法の x 座標, y 座標における比較結果を示した。各攻撃開始位置における x 座標の誤差平均値は 0.0159m, y 座標では -0.0718m であった。upper limit of agreement は x 座標が 0.614m, y 座標は 0.625m。lower limit of agreement は x 座標が -0.582m, y 座標は -0.769m であり, 加算誤差および比例誤差は認められなかった。

図 8 は, Bland-Altman Plot 法による 2 次元 DLT 法とフィールド分割法の x 座標, y 座標における比較結果を示した。各攻撃開始位置における x 座標の誤差平均値は -0.0929 m, y 座標では 0.142 m であった。upper limit of agreement は x 座標が 3.105m, y 座標は 2.92m。lower limit of agreement は x 座標が -3.291m, y 座標は -2.636m であり, 加算誤差および比例誤差は認められなかった。

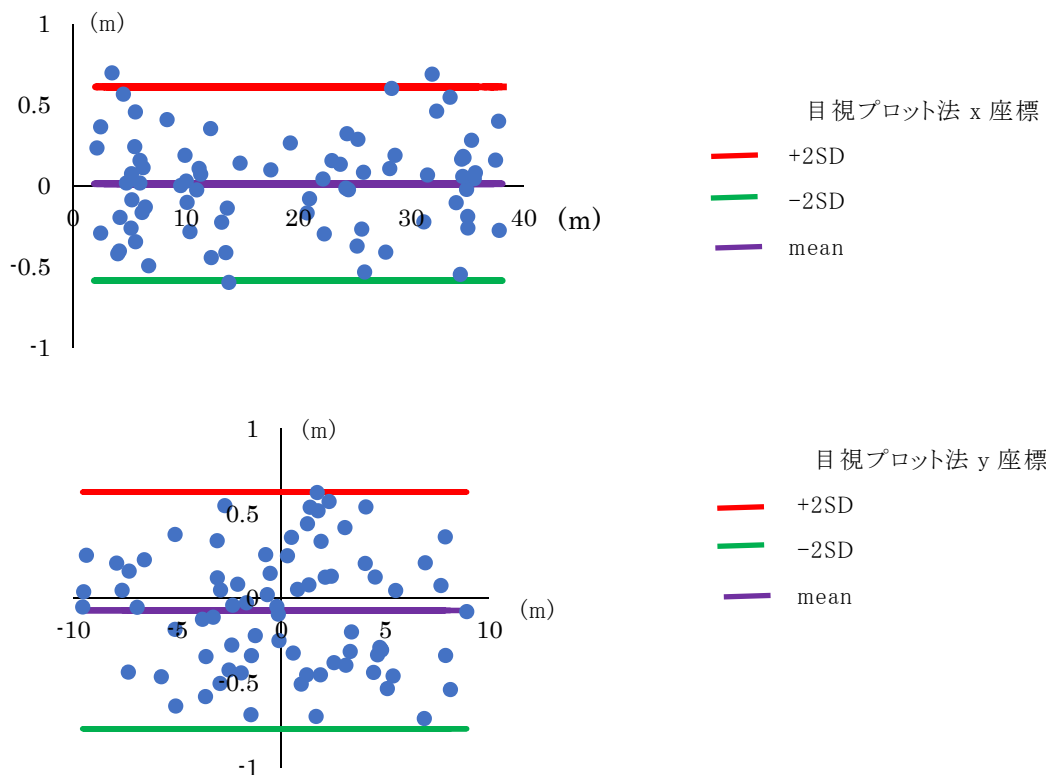


図 7 2次元 DLT 法と目視プロット法による攻撃開始位置を比較した Bland-Altman plot.
上段は図 1 の x 座標における比較を示し, 下段は y 座標における比較を示す。

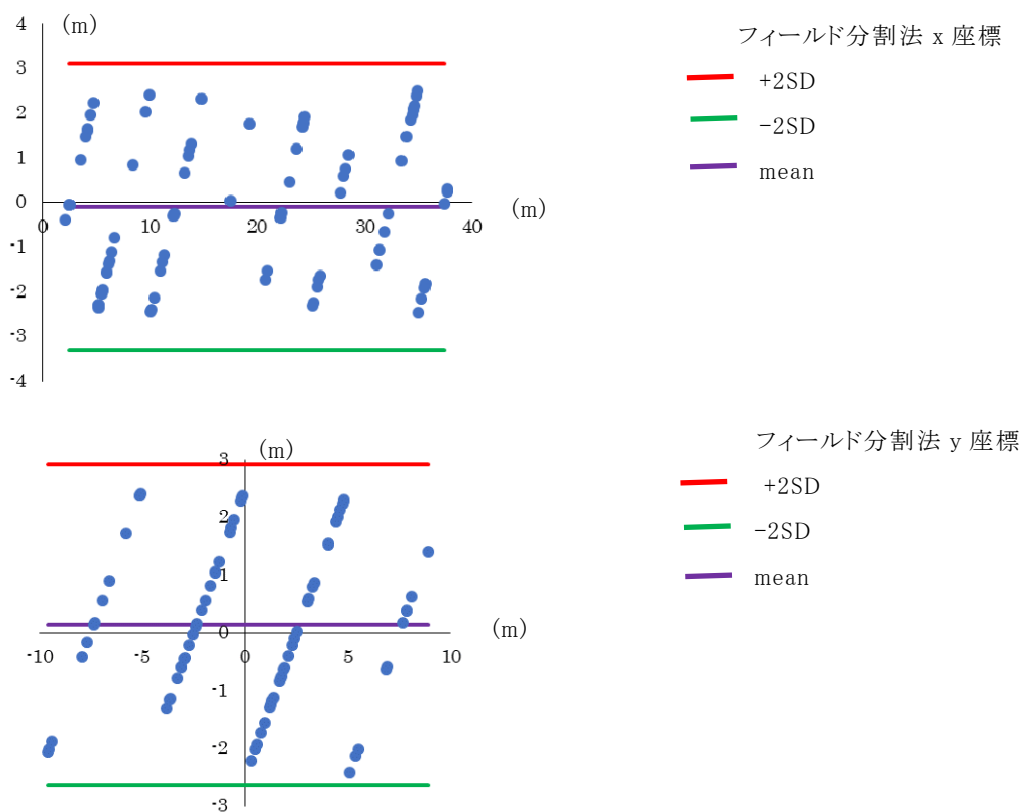


図 8 2次元 DLT 法とフィールド分割法による攻撃開始位置を比較した Bland-Altman plot.
上段は図 1 の x 座標における比較を示し, 下段は y 座標における比較を示す。

各分析法におけるプレー重心の x, y 座標値を表 2 に示した. 攻撃開始重心の x 座標と y 座標

は各分析法において有意な差が認められなかった.

表 2 各分析法におけるプレー重心の座標値 (n=77)

	(m)	
	x座標	y座標
2次元DLT法	18.97	0.04
目視プロット法	18.95	0.12
フィールド分割法(32分割)	19.06	-0.10
有意差	ns	ns

IV. 考察

本研究では, 2 次元 DLT 法による分析結果を基準として, 目視プロット法とフィールド分割法の分析結果に対する正確さを検証した.

目視プロット法は, 2 次元 DLT 法による座標値と比較して, 非常に高い正の相関が認められ, 決定係数と傾きがともに 1 に近かった. Bland-Altman 分析において, x 座標, y 座標それぞれに系統誤差は存在せず, 座標値の分布範囲は x 座標が-0.582m~0.614m, y 座標が-0.769m~0.625m と小さい値であった. フィールド分割法は, 2 次元 DLT 法による座標値と比較して, 非常に高い正の相関が認められ, 決定係数と傾きがともに 1 に近かった. Bland-Altman 分析において, x 座標, y 座標それぞれに系統誤差は存在しなかった. x 座標, y 座標それぞれにおける座標値の分布範囲は, フィールド分割法よりも大きい値であったが, 5m 四方の分割範囲内でおさまっていた. また, プレー重心による座標値をそれぞれの方法で比較した場合, 有意な差は認められなかった. 以上の結果から, 目視プロット法とフィールド分割法が指導現場において十分活用可能な正確さを持っていることが示された.

目視プロット法やフィールド分割法に代表される記述分析法によって, 撮影場所が限定されるアリーナにおいて, 高価な機材や分析ソフトを用いなくても, スカウティング等で撮影されたパニング映像を用いて正確な座標値を求めることが可能となる. また, 会場における定点撮影が困難な場合でも, 試合映像が入手できれば対象となるプ

レー, 戦術におけるボール位置や選手の位置情報といった座標値を求めることが可能となり, 分析対象が大きく広がる. 具体例として, 相手チームのスカウティングに関する使用例を挙げる. インターネットで一般に公開されている映像を用いて, 対戦相手の中心選手が得点確率の高いシュートを放つ位置を分析し, 試合ではその位置でシュートさせないように戦術戦略を立て, トレーニングに落とし込むことができる. また, マンツーマンディフェンスを採用しているチームであれば, シュートを打たれた場面において, シュートを打った選手とマーカーとの距離と結果を比較することで, 失点を防ぐための適切な間合いを掴む事ができ, チーム内で定量的な目標として共有する事ができる.

V. 結論

本研究ではフットサル競技を対象として, 記述分析法の正確さを検討した. その結果, 目視プロット法とフィールド分割法が, 指導現場で幅広く分析されるだけの十分な正確性を有することが確認された. これにより, パニング撮影による試合映像が入手できれば, ゲームパフォーマンスに関する客観的なデータの取得が可能となることが示された. また, 客観的なデータの取得が可能となることは, 現場におけるコーチの質的な視点の可視化が可能になるだけでなく, 海外など競技レベルが高いチームとの比較においても, 客観性を持って自チームとの比較を行うことが可能となる.

引用文献

- ・ Abdel-Hakim, H. H. (2014) Quantitative analysis of performance indicators of goals scored in the Futsal World Cup THAILAND 2012. *Pamukkale Journal of Sport Sciences*, 5(1): 113-127.
- ・ Bland, J. M. and Altman, G. D. (1986) Statistical Methods For Assessing Agreement Between Two Methods of Clinical Measurement. *Lancet*, 1(8476): 307-310.
- ・ 崔喆洵, 菅輝, 塩川満久, 野地照樹, 沖原謙 (1999) フットサル競技におけるゲーム分析観点としてのボールの諸変量—ボールと選手の動きに着目して—. *サッカー医・科学研究*, 19: 49-52.
- ・ 崔喆洵 (2000) サッカー競技の攻守の切り替えの分析方法に関する研究—画像解析によるフットサル競技の分析を用いて—. *広島大学教育学部紀要 第2部*, 49: 277-285.
- ・ 古川拓生, 鷺谷浩輔, 小柳竜太, N. Roland (2013) ラグビーコーチングにおけるGPSの活用と可能性. *コーチング学研究*, 26(2): 187-196.
- ・ 樋口智洋, 衣笠竜太, 藤田善也, 堀野博幸, 土屋純 (2012) 散布した点の代表値を示す尺度「プレー重心」の提案と精度の検討. *スポーツ科学研究*, 9: 338-349.
- ・ 小泉昇一, 田名瀬洋平, 谷所慶, 前田正登 (2003) フットサルにおけるプレーヤーのポジショニングに関する研究. *体育・スポーツ科学*, 12: 70-60.
- ・ 中西健一郎, 小澤治夫, 館俊樹, 和田雅史, 加藤勇之助, 小林寛道 (2017) GPS 機器を活用した大学男子サッカー選手のポジション特性に関する基礎的研究. *スポーツと人間*, 2(1): 5-12.
- ・ 西山哲成, 石井喜八 (1992) ボールゲームの分析法の開発と競技成績. *バイオメカニズム学会誌*, 16(2):118-129.
- ・ Sarmiento, H., Bradley, P., Anguera, M. T., Polido, T., Resende, R. and Campaniço, J. (2016) Quantifying the offensive sequences that result in goals in elite futsal matches. *Journal of Sports Sciences*, 34(7): 621-629.
- ・ 塩川満久, 沖原謙, 菅輝, 野地輝樹 (1998) フットサルに見るサッカーの攻守変換. *サッカー医・科学研究*, 18: 1-4.
- ・ 須賀雄大, 北健一郎 (2012) 日本一監督が教えるフットサル超速効マニュアル 120. 白夜書房, 東京, pp. 138.
- ・ 山本博男, 近岡守, 黒木宏康, 藪野秀一郎, 石井崇之 (2003) 携帯型 GPS を利用したサッカー及びラグビーのレフェリー移動距離. *金沢大学教育学部紀要 自然科学編*, 52: 7-11.
- ・ 柳原英兒, 塩川満久, 吉田卓司, 菅輝, 沖原謙 (1999) フットサル競技における選手のエリア構成に関する研究—攻撃と守備に着目して—. *サッカー医・科学研究*, 19: 41-44.
- ・ 財団法人 日本サッカー協会 (2017) フットサル競技規則 2017/2018. 公益財団法人 日本サッカー協会:東京, pp. 6-12.