

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
Presentation of a scale “Play Centroid” and examination of its accuracy

樋口智洋¹⁾, 衣笠竜太²⁾, 藤田善也³⁾, 堀野博幸⁴⁾, 土屋純⁴⁾

¹⁾早稲田大学スポーツ科学研究科

²⁾神奈川大学人間科学部

³⁾国立スポーツ科学センター

⁴⁾早稲田大学スポーツ科学学術院

キーワード：プレー重心，記述分析法，Bland-Altman Plot，サッカー，
パフォーマンス分析

Key words: Play Centroid, notational analysis, Bland-Altman Plot, soccer,
performance analysis

抄録

サッカーのゲームパフォーマンスの測定方法は、デジタル測定法と記述分析法に分けられる。それぞれに問題点を有しているものの、客観的分析尺度として「プレー重心」を提案することで記述分析法であるフィールド分割法の汎用性を高めることができると考えた。そこで、本研究では記述分析法による代表値算出の妥当性とその精度を検証することを目的とした。フィールド分割法、目視プロット法、および2次元 DLT 法の3つの測定方法に関して、Pearson の積率相関分析と Bland-Altman plot を用いて分析した。その結果、記述分析法に関してプレー重心は散布したプレー回数の代表値を示す尺度として妥当であること、また、記述分析法がデジタル測定法と同等の精度を持つことが明らかとなった。このことは、プレー重心が競技レベルやチームの経済的規模、データの即時的利用の必要性に応じて、ゲーム様相をある一点から客観的にとらえることが可能であることを示した。また、デジタル測定の不可能な競技場においても記述分析によって精度の高い測定が可能であるため、現場のコーチの視点の可視化やアナリストの発信の補助が容易になる。これは、コーチの持つ質的な思考に量的な客観性を持たせることや、見た目には判断の困難な差異を明確にする効果をもたらす。したがって、プレー重心は、現場で求められる即時性と分析時に求められる精度の両面を満たす客観的分析尺度であると考えられる。

スポーツ科学研究, 9, 338-349, 2012年, 受付日:2012年5月8日, 受理日:2012年11月12日

連絡先: 樋口智洋 〒202-0021 東京都西東京市東伏見2-7-5体育教室棟205

Tel & Fax:042-461-1302, E-mail: higuchi-tomohiro@toki.waseda.jp

I. 序論

サッカーのゲームパフォーマンス分析に用いられる測定法は、数多く存在するが、その手法は近年、記述分析法からデジタル測定法へ移行する傾向にある。塩川ら(1997)が、「三次元分析に必要なビデオカメラによる撮影には、スタンド付きの競技場でなければ困難である。グラウンドを網羅できる距離と高さを確保できなければならない。また、デジタイズの作業は多大な時間を要する。」と報告しているように、Direct Linear Transformation (DLT)法に代表されるデジタル測定法は、記述分析法に比べ、測定実施に耐えうる環境、分析用コンピュータや解析ソフトウェアの価格等の理由から、対象となる試合数が少ない。一方、フィールドをいくつかのエリアに分割して測定するフィールド分割法に代表される記述分析法は、フィールド上のラインや芝の刈り目を標識として選手やボールの位置情報を簡便かつ瞬時に記述・評価できるので(井上ら, 1996; 吉村ら, 2002), 実際の現場で多く利用されている(井上ら, 1996; Pollard & Reep, 1997; 竹内, 2000; 城戸ら, 2002; 矢竹・加藤, 2002; 吉村ら, 2002)。しかしながら、フィールド分割の方法は研究間で異なり、また各エリアの面積もフィールド内で均一でない問題点を有する。

これらの問題点を解決するため、本研究はゲームパフォーマンスの客観的分析尺度として“代表値”に着目する。代表値は、測定・分析手法の相違に関わりなく、大会間やチーム間の比較が可能となる。また、代表値の中でも重心は、ある平面内の詳細な場所が不明な点に関して、その総数を把握できれば算出可能であり、フィールド分割法の汎用性がより一層高くなると考えた。そこで本研究は、Pearson の積率相関分析と Bland-Altman plot を用いて、記述分析法による代表値算出の妥当性とその精度を検証することを目的とした。

II. 方法

1. 実験対象

2010 年度 2 大学間定期戦の攻撃 94 シーンを対象とした。試合当日の天気は晴れ、気温は 23°C、湿度は 43%であった。ボールは全日本大学サッカー連盟公式試合球 MIKASA FP5000VL-WB を使用した。本研究では、ボール奪取の瞬間を攻撃の開始とし、ボールを奪われた瞬間、またはボールがラインを割った瞬間を攻撃の終了と定義した。ただし、攻撃の途中に一度相手プレーヤーにボールを奪われたり、ルーズボールになったりして再び奪い返して攻撃を再開した場合には、一度攻撃が終了した次の攻撃が開始されたと判断した。また、GK のフィードに関しては、フィードした瞬間を攻撃の開始とし、フィードしたボールが味方選手がプレー可能な状態で繋がった場合のみ攻撃として採用した。さらに、攻撃の開始から攻撃の終了までを攻撃シーンとした。

2. 実験方法

実験には、3 台のデジタルビデオカメラ DCR-VX2000 (SONY 社製) を使用した。ビデオ撮影の sampling speed は 1/60 秒であった。1 台のビデオカメラでフィールド半面を撮影し、センターラインの延長上からパンニング撮影を行った。したがって、フィールド全面の撮影には 2 台のビデオカメラを用いた。この映像から攻撃シーンを抽出し、各攻撃について攻撃開始地点を調べた。

3. 分析方法

パンニング撮影を行ったカメラの映像を使用し、目視によって攻撃開始地点を決定しプロットした。攻撃開始地点の決定とプロットは 1 名で行なった。この測定法を目視プロット法と呼ぶこととする。同時に、フィールド分割法による各攻撃開始地点の

決定も行った。また、2 台の固定カメラの映像をフレームディアス(DKH 社製)に取り込み、2 次元 DLT 法によって攻撃開始地点のデジタイズを行った。また、キャリブレーションに関しては、気象条件の変化を考慮し、前後半各 1 回ずつ行なった。以上の 3 つの測定法により攻撃開始地点の分析を行った。本稿においては、記述分析法がフィールド分割法と目視プロット法であり、デジタル測定法が 2 次元 DLT 法であった。全ての分析法を用いて、後述するプレー重心を算出した。

4. 各測定法の手続き

1) フィールド分割法

本研究では、先行研究(井上ら, 1996; Pollard & Reep, 1997; 竹内, 2000; 城戸ら, 2002; 矢竹・加藤, 2002; 吉村ら, 2002)を参考に、**図 1**に示すようにフィールドを 32 個に分割した。センターライン両脇の線は、フィールドを攻撃方向に対して垂直に 3 等分したものである。

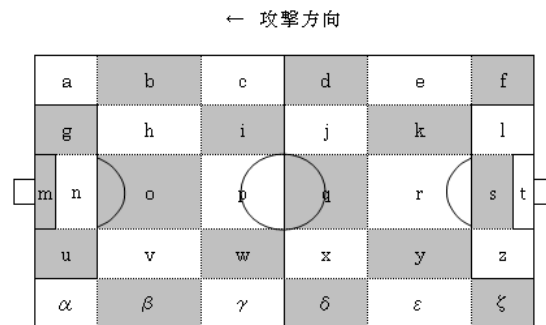


図 1 フィールドの分割

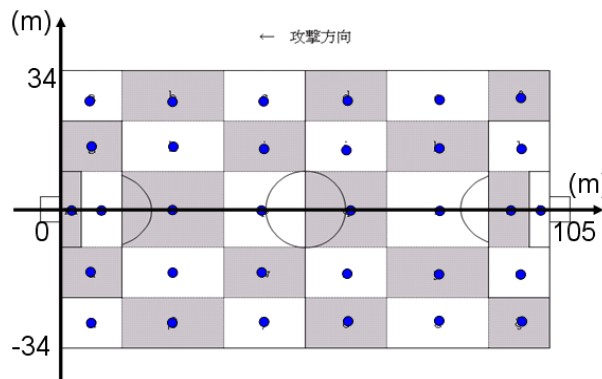


図 2 フィールド分割法における 2 次元座標平面

攻撃開始地点を算出するため、図 1 のフィールド分割を用いて、各エリアの重心点を定めた。この際、サッカー競技規則 2009/2010(JFA, 2009)より、FIFA が定める国際規格のフィールドサイズ(105×68m)を参考にして、**図 2**に示すように、相手ゴールラインの中点を原点とし、タッチラインと平行に x 座標、ゴールラインと平行に y 座標を採り、2 次元座標として各エリアの重心点を得た。こ

の際、攻撃開始地点がエリアの切れ目での浮き球であれば、脚でボールを触っている場合にはボールに触れた脚の真下、脚以外の場所でボールに触れた場合は両脚の間の真下を攻撃開始地点とした。各エリアの重心点を使用し、指定のプレーの全試行の代表値を定める分析尺度の作成を試みた。これを「プレー重心」と定義した。本稿では、「攻撃開始地点」に関する「プレー重心」を

「攻撃開始地点のプレー重心」とした。フィールド分割法によるプレー重心の測定に関する計算式を、重心の算出方法に従い以下のように定めた。

$$(X,Y)=(\sum wixi/\sum wi, \sum wiyi/\sum wi) \quad \dots \text{式 1}$$

X,Y: プレー重心の x, y 座標

x_i, y_i : 各エリアの重心点の x, y 座標 (図 2, 青点)

w_i : 各エリアで行われた指定のプレーの回数

i: i 番目のエリア

※指定のプレーの回数: 攻撃開始地点のプレー重心の測定を行う場合、各エリアで攻撃が開始された回数

2) 目視プロット法

目視プロット法における攻撃開始地点については、井上ら(1996)、吉村ら(2002)を参考に芝の刈り目、フィールド上に引かれたライン、広告看板の文字を目印に目視によって紙面上のフィールドにプロットした。この際、フィールド分割法と同様に、FIFA が定める国際規格のフィールドサイズ (JFA, 2009) を参考にして、**図 3** に示すように、相手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。この際、浮き球の処理から攻撃が開始された場合には、フィールド分割法と同様に測定を行った。

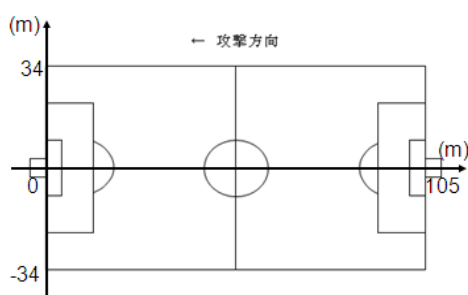


図 3 目視プロット法における 2 次元座標平面

目視プロット法によるプレー重心の測定に関しては、相加平均の定義を利用して式 1 に合わせて定義した式(式 2)を用いた。

$$(X,Y)=(\sum xi/wi, \sum yi/\sum wi) \quad \dots \text{式 2}$$

X,Y: プレー重心の x, y 座標

x_i, y_i : 指定のプレーが行われた点の x, y 座標

w: 指定のプレーが行われた回数

i: i 番目の指定のプレー

3) 2 次元 DLT 法

攻撃開始地点について、2 次元 DLT 法 (Walton, 1979) により守備側ゴールの中心を原点として各点の 2 次元座標を得た。この際、浮き球の処理から攻撃が開始された場合には、他の

測定法と同様に測定を行った。2 次元 DLT 法によるプレー重心の測定に関しては、目視プロット法と同様に重心の公式(式 2)を用いた。

5. 統計処理

3 つの測定法により算出された攻撃開始重心の代表値の比較には、一元配置の分散分析を用いた。また、記述分析法とデジタル分析法の攻撃開始重心の測定誤差の比較には、Pearson の積率相関分析を用いた。さらに、記述分析法によるプレー重心算出の妥当性検証のため、Bland-Altman plot を用いて、2 次元 DLT 法との一致性を検討した。有意水準は 5%未満とした。すべての統計処理には、SPSS 12.0J for Windows を使用した。

Ⅲ. 結果

表 1 には、各測定法の攻撃開始地点のプレー重心の x 座標, y 座標における座標値を示した。

攻撃開始重心の x 座標と y 座標は、3 つの測定法間で有意な差を示さず、いずれの測定法も、ほぼ同じプレー重心であった。

表 1 各測定法の「攻撃開始重心」の座標値

	x座標	y座標	(m)
フィールド分割法	61.31	5.72	
目視プロット法	60.74	7.14	
2次元DLT法	61.49	6.57	
有意差	ns	ns	

図 4, 5 には、Pearson の積率相関分析の結果を示した。縦軸にフィールド分割法, 目視プロット法それぞれの攻撃開始地点の x 座標, y 座標の座標値, 横軸に 2 次元 DLT 法における攻撃開始地点の座標値を取った。2 次元 DLT と比較して、フィールド分割法の x 座標 ($r = 0.971$) 及び y 座標 ($r = 0.986$)、目視プロット法の x 座標 ($r = 0.998$) 及び y 座標 ($r = 0.998$) すべてにおいて有意な相関が認められた。また、フィールド分割法に関して、傾き(x 座標; $m = 0.986$, y 座標; $m = 0.850$)と決定係数(x 座標; $r^2 = 0.942$, y 座標; $r^2 = 0.972$)は 1 に近い傾向にあったが、目視プロット法が傾き(x 座標; $m = 1.000$, y 座標; $m = 0.991$)、決定係数(x 座標; $r^2 = 0.997$, y 座標; $r^2 = 0.996$)ともにより 1 に近い値を取った。

図 6, 7 には、Bland-Altman Plot の結果を示した。客観的基準とした 2 次元 DLT 法に対してフィールド分割法, 目視プロット法それぞれの x 座標, y 座標の座標値の差を縦軸, 平均値を横軸にとり

グラフ上にプロットした。Bland-Altman plot では、フィールド分割法と DLT 法の x 座標の比較において、各攻撃開始地点の誤差の平均値は -0.17 ± 5.91 m, y 座標においては -0.82 ± 5.49 m (図 6)、目視プロット法と DLT 法の x 座標の比較に関しては 0.52 ± 1.40 m, y 座標においては -0.45 ± 1.63 m (図 7) となり、いずれも 0 に近い値となった。点はほぼ上下均等に分布し、分布の範囲に関しては、SD の値からフィールド分割法よりも目視プロット法が狭いといえる。ちなみに、upper limit of agreement の値は、フィールド分割法 x 座標が 11.645 m, y 座標は 10.152 m, 目視プロット法 x 座標は 3.325 m, y 座標は 2.798 m であった。lower limit of agreement に関しては、フィールド分割法 x 座標が -11.988 m, y 座標は -11.794 m, 目視プロット法 x 座標は -2.290 m, y 座標は -3.704 m となった (図 6, 7)。fix bias, proportional bias に関してははともになかった。

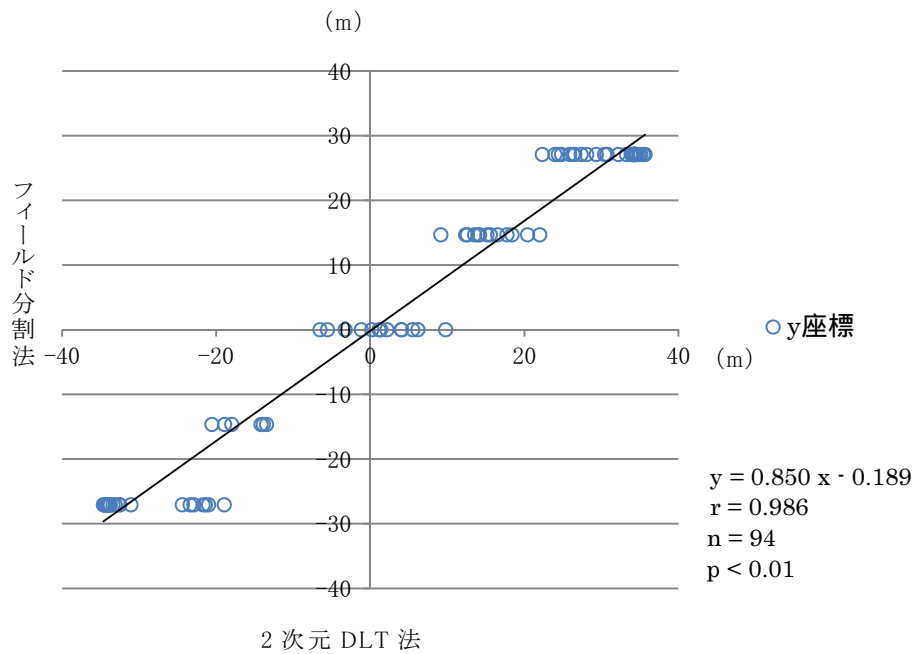
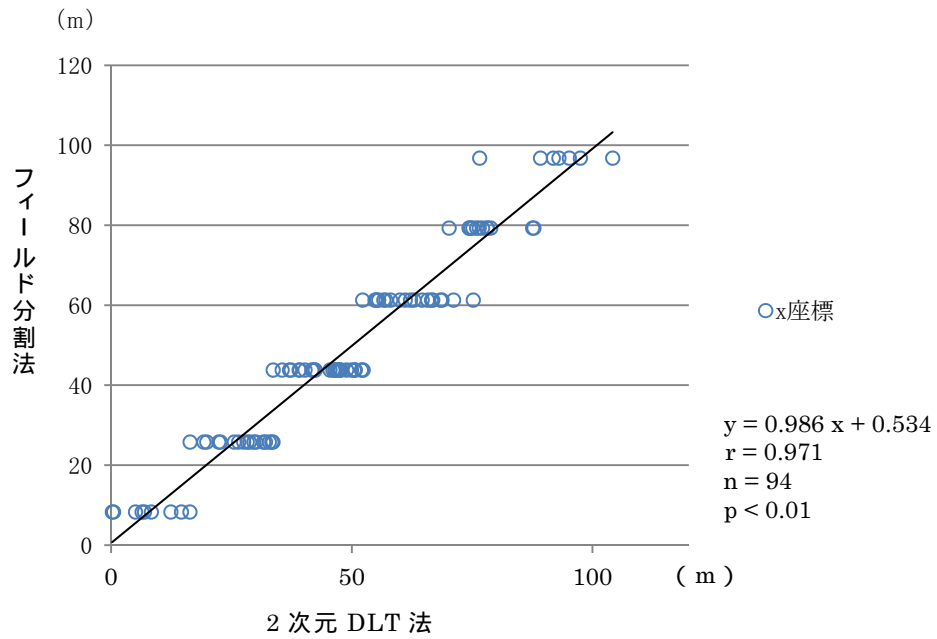


図 4 フィールド分割法と DLT 法によるプレー重心の x 座標と y 座標の相関

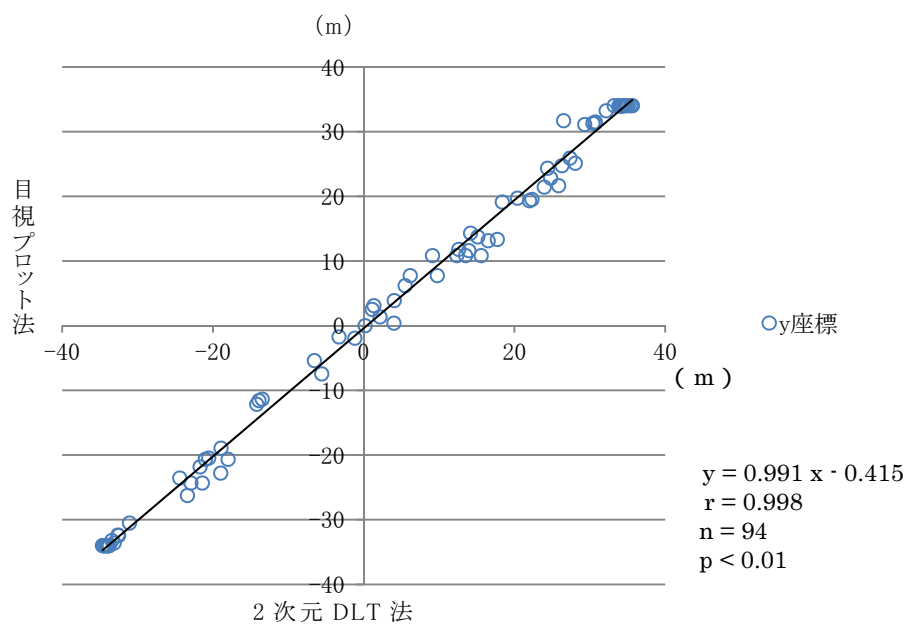
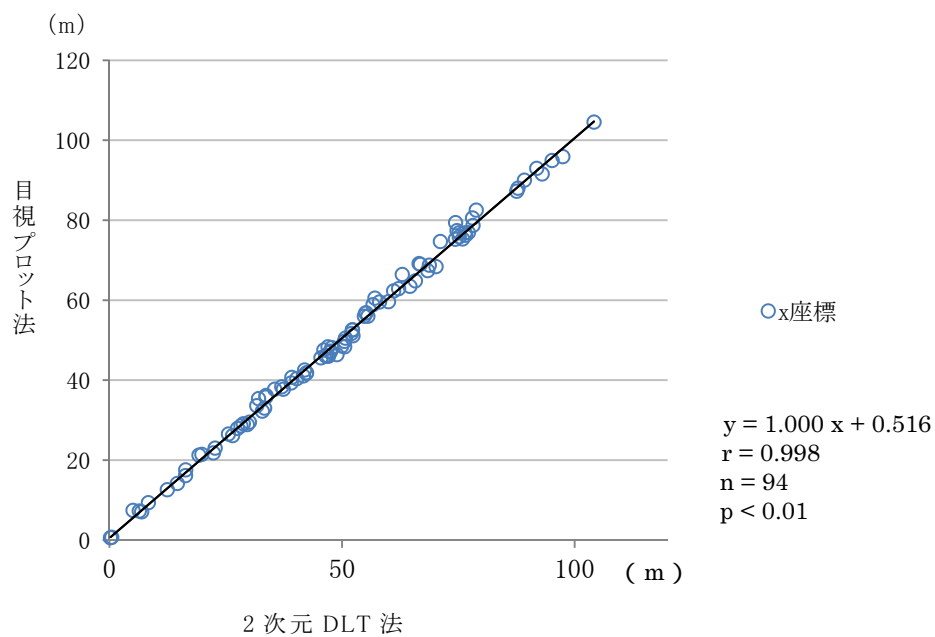


図 5 目視プロット法と DLT 法によるプレー重心の x 座標と y 座標の相関

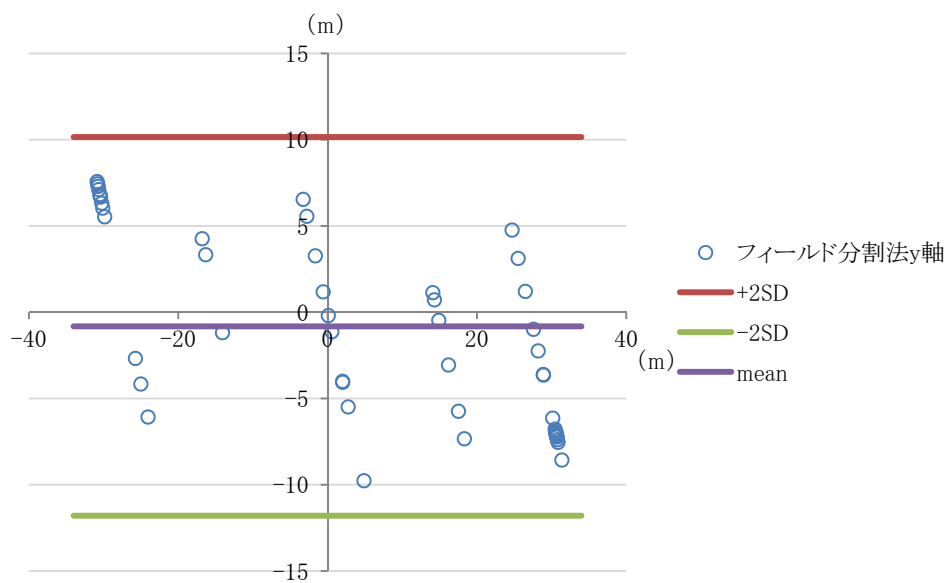
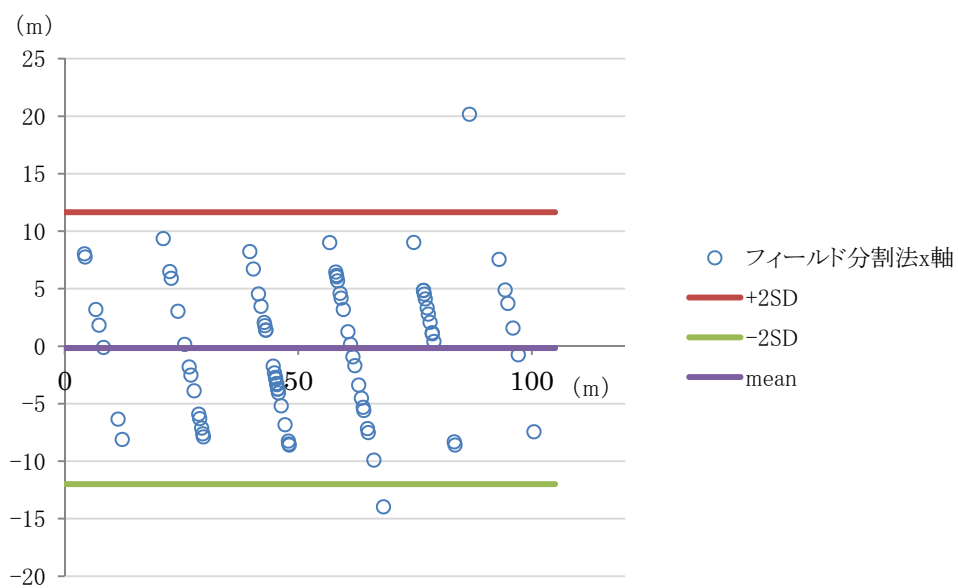


図 6 フィールド分割法と DLT 法によるプレー重心の x 座標, y 座標の Bland-Altman plot

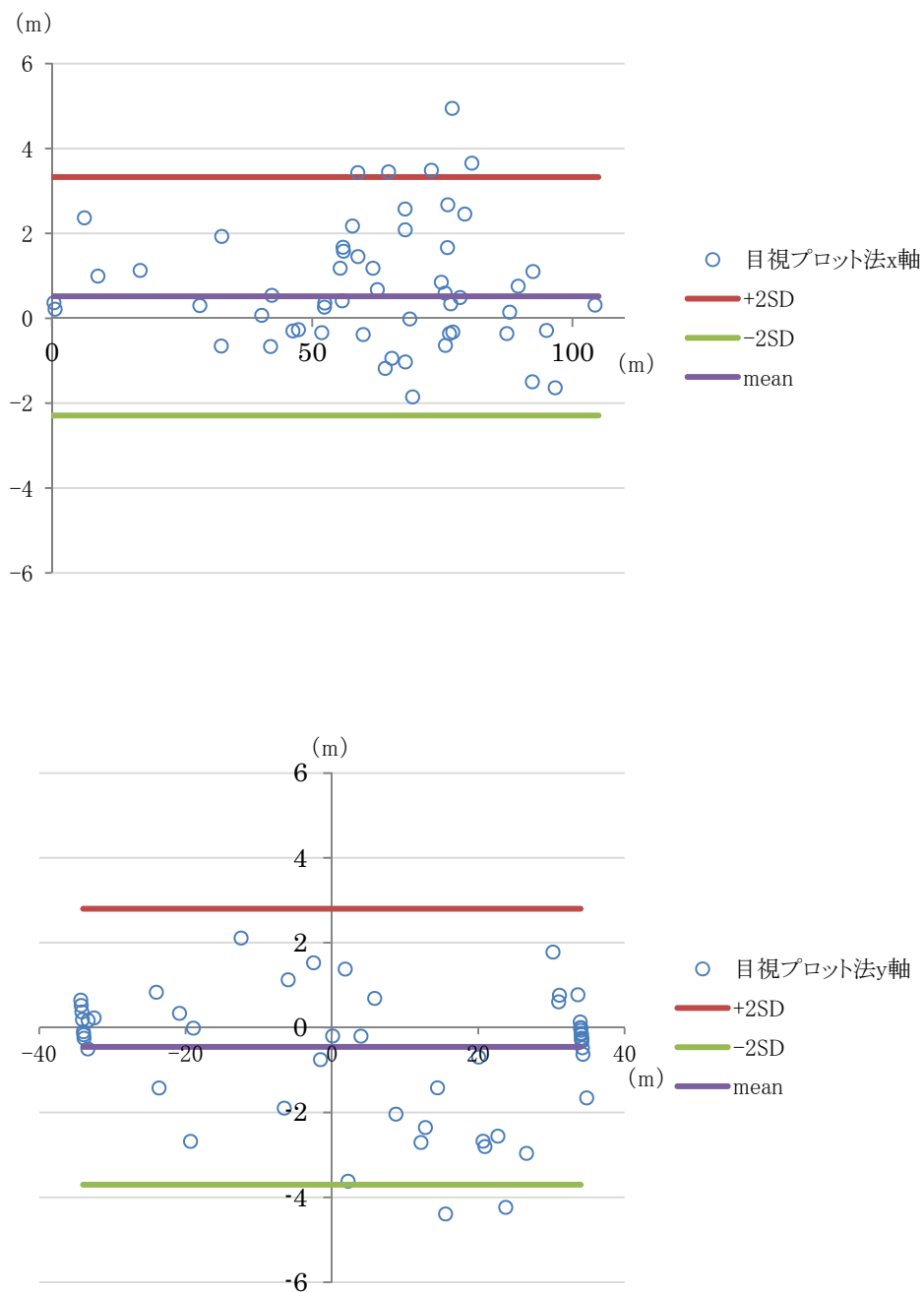


図 7 目視プロット法とDLT法のx座標, y座標におけるBland-Altman plot

IV. 考察

記述分析法により算出されたプレー重心は、エリアごとに散布したプレー回数の代表値を示す尺度として妥当性が示された。その根拠として、フィールド分割法と目視プロット法によるプレー重心の座標値は、2次元 DLT 法と比較して有意な差を示さなかったことが挙げられる。また、フィールド分割法と目視プロット法 vs. 2次元 DLT 法の座標値には、有意な正の相関関係があり、決定係数と傾きがともに 1 に近く、その傾向は目視プロット法でより顕著であった。さらに、Bland-Altman plot の結果、系統誤差は両者の座標値の間に存在しなかったが、座標値の分布範囲がフィールド分割法よりも目視プロット法で小さかった。以上のことから、フィールド分割法と目視プロット法により算出されたプレー重心はどちらも妥当であるが、フィールド分割法は目視プロット法と比べて、測定誤差が多いことが明らかとなった。

本研究は、2次元 DLT 法を基準値とし、各記述分析法との一致妥当性を測定誤差や相関関係により検討した。注意すべき点は、2次元 DLT 法にも測定誤差が存在することである。2次元 DLT 法は、各種スポーツ動作やゲームの解析の際に用いられる分析方法の一つであり、記述分析法と比べ客観性と定量性に優れる。しかしながら、画像の空間解像度やカメラの撮影速度には限度があり、測定誤差が必然的に生まれてしまう。ただし、2次元 DLT 法は現在頻繁に使用されている最も信頼性が高い測定方法のひとつであるため、本研究において基準値とした。

フィールド分割法や目視プロット法といった記述分析法は、現場でリアルタイムにデータを収集することが可能である。フィールド分割法に関しては、多くの研究で用いられている分割されたエリ

アごとのデータは、プレー重心を用いて代表値を算出できるため、分割エリアが同一でなくてもチーム間、大会間の比較が可能である。本稿の分析では **図 8** のようなデータになり、エリアごとのプレー回数の分布と全体の重心点が得られることで分析のための一つのツールとなり得る。本稿では、攻撃開始地点のプレー重心を算出したが、他のプレーに関しても利用することが可能である。具体例として、ボール奪取地点に関しての使用例を挙げる。守備において「より高い位置でボールを奪う」ことをコンセプトとするあるチームのコーチが、毎試合のボール奪取地点のプレー重心を測定しその推移を表す。このプレー重心の x 座標方向の変位により、「より高い位置でボールを奪う」というコンセプトの達成度合いを可視化して監督や選手にフィードバックすることができる。または、ある大会の分析を行うアナリストが、これまでの大会の得点に至ったシュートが放たれた地点のプレー重心の推移を見ることでその大会のトレンドを把握し、各チームの指導者に発信することができる。各指導者は、この情報を参考に戦術や指導法を練ることができる。具体的には、「ゴールにつながるシュートは、年々ゴールに近い距離から放たれるようになっているため、守備時には極力相手をゴールから遠ざけることを心がけよう」と選手に伝える方法がある。目視プロット法に関しては、**図 9** に示すように、散布した点により視覚的なデータを得られる。また、データ収集後にエリア分割を行うことで、エリア毎の比較や予めフィールド分割法によって分析された他のデータとの比較も可能となる。つまり、フィールド分割法を用いて分析されたデータと目視プロット法で分析されたデータの比較をしたい場合に使用できる。

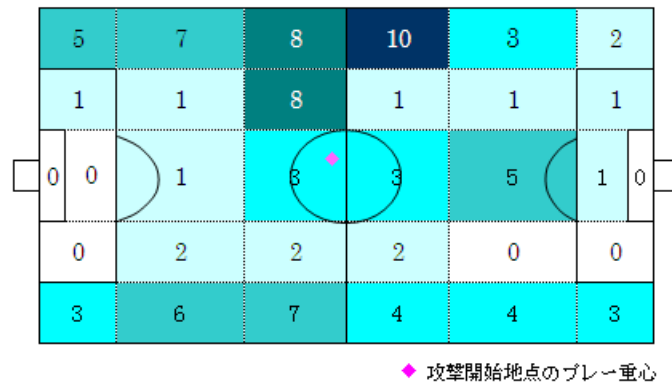


図 8 フィールド分割法における攻撃開始地点と攻撃開始地点のプレー重心

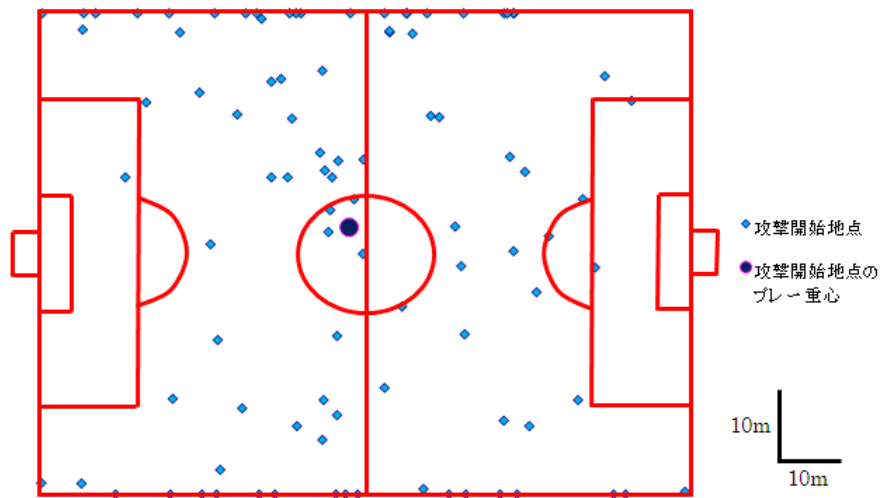


図 9 目視プロット法における攻撃開始地点と攻撃開始地点のプレー重心

V. 結論

本稿では、サッカーのゲームパフォーマンスの客観的分析尺度としてのプレー重心を提案し、フィールド分割法、目視プロット法、および 2 次元 DLT 法の 3 つ測定方法で分析した。次に、2 次元 DLT 法と他の 2 法(記述分析法)の一致妥当性を検討した。その結果、いずれの方法においてもプレー重心は散布したプレー回数の代表値を示す尺度として妥当であること、また記述分析法(フィールド分割法、目視プロット法)がデジタル測定法(2 次元 DLT 法)と同等の精度を持つことが明らかとなった。このことは、プレー重心が競技レベルやチームの経済的規模、データの即時的利用の必要性に応じて、ゲーム様相をある一点から客

観的にとらえることが可能であることを示した。また、デジタル測定の不可能な競技場においても記述分析によって精度の高い測定が可能であるため、現場のコーチの視点の可視化やアナリストの発信の補助が容易になる。これは、コーチの持つ質的な思考に量的な客観性を持たせることや、見た目には判断の困難な差異を明確にする効果をもたらす。しかし、最終的にはコーチの観察が不可欠であり、本稿により提案されたプレー重心がその力の向上の一助となることを願う。

引用文献

- 井上尚武、渡邊健、塩川勝行、平田文夫、清水信行、金高宏文(1996)'94 ワールドカップ

- サッカーにおける攻撃戦術の検討-選手のパフォーマンスとボールの移動軌跡との関係から-、鹿屋体育大学学術研究紀要、15、71-84
- 城戸圭介、柳田正彦、森川達也、草刈毅司、池上敦子、大倉元宏、福井真司、鈴木滋 (2002) サッカーゲームにおける新しい記述分析の提案-組み作業分析とワークサンプリング法の応用-、サッカー医・科学研究、22、203-208
 - Pollard, R., & Reep, C. (1997) Measuring the effectiveness of playing strategies at soccer. *The Statistician*, Vol. 46, No. 4, 541-550
 - 塩川満久、沖原謙、菅輝、野地照樹 (1997) サッカーにおける新しいゲーム分析の試み-3D 画像分析による再現-、サッカー医・科学研究、17、165-170
 - 竹内久善 (2000) ゲーム分析の有効的な活用方法、サッカー医・科学研究、20、15-18
 - 矢竹亮、加藤朋之 (2002) ストライカーに要求されるプレーの分析-中山雅史選手タイプについて-、サッカー医・科学研究、22、197-202
 - 吉村雅文、野川春夫、久保田洋一、末永尚 (2002) サッカーにおける攻撃の戦術について-突破の選手、フォローの選手、バランスの選手の動きについて-、順天堂大学スポーツ科学研究、6号、137-144
 - Walton, J. S. (1979) Close-Range Cine-Photogrammetry: Another Approach to Motion Analysis. In: Terauds. J. (Ed.) *Science in Biomechanics Cinematography*. Academic Publishers: Del Mar. pp.69-97
 - 財団法人 日本サッカー協会 (2009) 競技のフィールド、サッカー競技規則 2009/2010、財団法人 日本サッカー協会、東京、pp.11-12