

サッカーのゴールキーパーにおけるダイビング動作の到達可能範囲

松倉 啓太 浅井 武

Keita Matsukura and Takeshi Asai: Reaching area of diving actions performed by soccer goalkeepers. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 54: 317-326, December, 2009.

Abstract : The present study investigated the area covered by soccer goalkeepers during diving motions (reaching area). Goalkeepers were asked to dive towards the ball in accordance with a directional indicator that presented random electronic displays. To examine the characteristics of goalkeepers' diving motion toward each position of the ball, the time needed to reach the ball (reaching time) was measured, as well as the velocity and trajectory of the diving motion. Comparison of the reaching time for each ball height (upper, medium, and low) when each goalkeeper dived for only a short distance revealed statistically significant differences in attempts to stop the ball, the times increasing in the order medium, upper, low height. When a goalkeeper dived longer distances, there was a significant difference in the reaching time, which increased in the order medium, low, and upper height. No significant differences in reaching time were observed between the left and right sides for the same distances and heights. These results suggest that for short distances, more time is needed for relatively lower heights, whereas for longer distances, more time is needed to reach balls at relatively high levels. In terms of the velocity of the diving motion, when the center point between the shoulders was measured with the ball at longer distances, there was a trend for an acceleration phase to start 0.3s after the directional indicator had been shown. It slowed temporarily at 0.5s and then resumed. Meanwhile, when attempting to stop the ball at shorter distances, there was a trend for only one phase of acceleration without any stepping action (i.e., taking a running start). Moreover, temporal changes in the center position of the hand (the third metacarpophalangeal joint) that touched the ball were used to create a diagram depicting the estimated range of time needed to reach the ball. This diagram was able to clarify differences in reaching area with respect to ball height and distance.

Key words : reaching time, movement velocity, acceleration phase, arrival range

キーワード : 到達時間, 移動速度, 加速局面, 到達範囲

1 緒 言

サッカーにおいて、ゴールキーパーは、相手からのシュートを常に立位の移動で対処できるわけではなく、時に時速 100km を超えることもあるシュートから縦 2.44m, 横 7.32m のゴールをダイビングによって守る必要がある。このダイビングをウェルッシュ (2005) は、「緊急時のプレーである」と述べており、ゴールキーパーが立位で対処できないコースに放たれた相手チームの決定的なシュートをダイビングで防ぐことができるか否かは得点が入るかどうかに大きく関係し、得点数が

少ないサッカーの試合においては、勝敗を直接的に左右することもあり得る極めて重要なプレーの一つであると考えられる。

しかし、これまで行われてきたサッカーの技術分析的研究では、そのほとんどがキック動作に関するものであり (例えば, Zernicker and Roberts, 1978; Asami and Nolte, 1983; Nunome et al., 2002; レビューとして Kellis and Katis, 2007), ゴールキーパーのダイビング動作に関する研究は少なく、技術分析が十分に行われているとは言いがたい。

そのように少数ではあるが、これまでのダイビング動作に関する研究を概観すると、ダイビング動作とゴールキーパーの能力の関係に関して、永

都 (1980) および Suzuki et al. (1988) は、熟練者の方が未熟練者よりもダイビングのスピードが速く、より直線的にボールに向かっていていることなど、ダイビング動作とゴールキーパーの能力との間の関係が深いことを報告している。ダイビング動作のバイオメカニクスの研究に関しては、浅井ほか (1982)、磯川・佐久間 (1985) および Graham-Smith and Lees (1999) が研究を行っており、ダイビング動作は、飛翔してくるボールのコースや距離に応じて異なる動きとなり、それらに必要な要素として、体幹の回転運動と、各関節の伸展動作によって発揮される力が重要であることを指摘している。また、ダイビング動作に先行する局面を分析して、中屋敷ほか (1981) は、鍛錬者は構えの深さを膝関節角度と体の前傾で調節していること、玉井・松本 (1981) は、ゴールキーパーのダイビング動作に先立つ事前ジャンプを行うことの有効性を指摘している。

さらに、ゴールキーパーのダイビング動作の移動範囲を明らかにしようとして、Kerwin and Bray (2006) は、ビデオ撮影したゴールキーパーのダイビング動作と垂直跳びのデータから、ペナルティキック時におけるダイビング動作の移動範囲を検討し、同心円状の形をした移動範囲図を示している。しかし、この研究ではビデオ撮影したゴールキーパーの動作と、ジャンプの能力および床反力のデータをもとに作られた移動範囲であったため、実際にボールに向かっていないエリアについては推測値となっており、必ずしも実証的データに裏づけられたものではなかった。

ゴールキーパーのシュートに対する移動範囲を定量的に扱い、一定時間での移動範囲を記述することは、ゴールキーパーにとっては防御手段の選択の指標やトレーニングの指標となり、一方、攻撃側の選手にとってはゴールキーパーの守りにくいエリアを把握する指標となる、実践的に大きな意義を持つ研究課題と言える。しかし、ゴールキーパーのダイビング動作の一定時間での移動範囲を詳細な実証的データに基づいて明らかにする試みはこれまで行われていない。

そこで、本研究では、サッカーゴール内の3種

類の高さ(上・中・下)に、2種類の距離(近距離・遠距離)でボールを設置し、ランダム方向に出される方向指示器の示すボールにダイビングを行わせる実験を行い、各ボールの位置(高さ、距離)に対するダイビング動作のボールへの到達時間、移動速度、移動軌跡を検討した。さらに、ダイビング動作における一定時間ごとの移動範囲図を作成することで、高さおよび距離の違いに応じたゴールキーパーのダイビング動作における移動可能範囲を明らかにしようとした。

II 方 法

2.1 実験

2.1.1 被験者

被験者は、大学サッカー部員のゴールキーパー13名であり、身長は平均値は179.8cm (SD=5.5)、体重の平均値は73.0kg (SD=5.3)、年齢の平均値は20.5歳 (SD=1.5)であった。大学生ということもあり、身体的に十分発達した体格であったと言える。またゴールキーパーの経験年数の平均値は10.5年 (SD=3.5)であり、著しくダイビング技術が未熟な選手は見られなかった。

2.1.2 撮影

実験ではゴール後方20mにハイスピードカメラ (FASTCAM-1024PCI model 100KC, フォトロン社製) をセットし、画角にはゴール全体と被験者の両方が入るようにした。そして、方向指示直前から被験者がボールにタッチし終えるまでのダイビング動作を毎秒250フレームで撮影した。

2.1.3 方向指示器

方向指示器の発光部分はLED (赤・緑・黄) を使い、屋外の実験でも十分な明るさがあった。方向指示器の中心部は緑・黄のLEDで作られており、約1秒間で徐々に中央の四角形が小さくなっていくことで、方向指示のタイミングを提示している。中央の四角形が消えると同時に、8方向(左上、左中、左下、中央上、中央下、右上、右中、右下)のいずれかが点灯する(図1)。点灯する方向については、PIC (Peripheral Interface Controller : 周辺機器接続制御用 IC-16F877, マイクロ

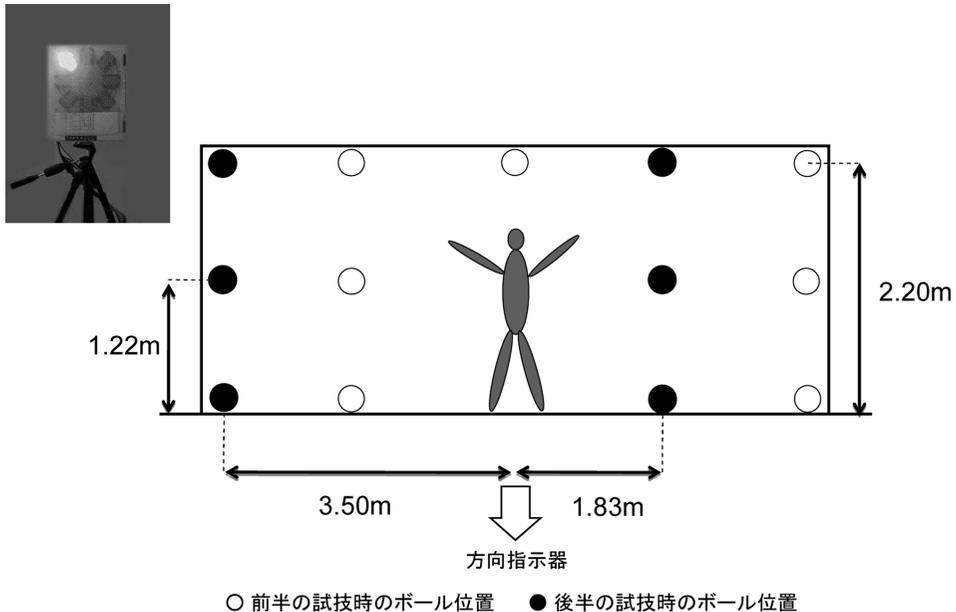


図1 実験時のボールの設置位置

左上の写真は、実験で用いた方向指示器である。

チップ社)で、8方向のうちランダムに1方向が決まるようにプログラミングした。

2.1.4 ボールの設置

本実験では高さが上、中のボールについては、ダイビングの際にゴールポストに衝突してしまう危険を防ぐため、ペンドルボール(ペレーダテッサー, PFTR, モルテン社)をゴールラインからボールが50cm前方に位置するようセットした。高さが下のボールについてはゴールラインより50cm前方でグラウンド上にサッカーボール(ペレーダ, PF405, モルテン社)を設置した。

2.1.5 実験試技

被験者は、実際のシュートに対する場面を想定してサッカーゴール(2.44m×7.32m)の中央に立ち、前方の実験補助者が持つ方向指示器を見て構えた。そして、方向指示器が示すタイミングに合わせて、方向指示器が示す方向に図1に示すように設置されたボールの1つへ手が届くようダイビングした。ただし、中央下が示された時のみ、ダイビングは行わず、次の試技へ移った。ボールの位置は左右の遠・近(4パターン)×上・中・下(3パターン)の12ヵ所と、中央上の計13ヵ所とし

た(図1)。各位置とも2回分の試技の映像を測定用として保存した。

実験全体の実施は前後半に分けて行った。すなわち、前半は13ヵ所のうち片側が被験者から遠距離に3ヵ所(上・中・下)ボールを配置し、もう一方の側は被験者から近距離に3ヵ所ボールを配置した。これは、被験者が遠くに跳ぶ場合と近くに跳ぶ場合の両方のケースを考慮して構える必要性を持たせるためである。各ヵ所2回ずつ試技が行われたら前半は終了し、その後、左右のボールの位置の遠近を入れ替えて後半の試技を再び行った。中央上に関しては前後半を通してボールを設置しておき、2回試技が行われるまで実施した。全体の試技は、13ヵ所すべてが2回ずつ行われるまで実施した。

本実験では、被験者の身体サイズなどに違いがあること、さらに被験者が比較的高いレベルでの競技レベルにあることから、サイドステップやクロスステップなどボールに向かう方法に自らの得意とする動作があることが想定されたため、被験者には「ダイビングで、できるだけ早くボールに到達すること」という指示のみを行い、各被験者

が得意な形で、できる限りの速さで、一定時間で、どの位置まで到達できるのかということを調査した。

2.2 データ処理

2.2.1 分析試技

13ヵ所の測定位置に対して行われた各2回の試技のうち、方向指示から被験者のボールタッチまでの動作時間が短かった方の試技を分析対象試技とした。

2.2.2 デジタイズ

各試技における被験者の左右第三中手指節関節、左右肩峰の2次元座標を、コンピュータ上でデジタイズソフトウェア（フレームディアスII:DKH社）を用いて取得した。

2.3 測定項目および算出法

2.3.1 測定項目

①ボールまでの到達時間

ハイスピードカメラ（250fps）で撮影した映像から、方向指示器が方向を指示した瞬間から、被験者の手がボールに触れるまでのフレーム数を計測し、時間に換算して求めた。

②ボール到達までの軌跡と経過時間ごとの各関節の位置

ゴールの後方から見て左下端をX座標（水平座標）、Y座標（垂直座標）の原点として、方向指示器が方向を指示した瞬間から被験者の手がボールに触れるまでの、ボールをタッチした手（第三中手指節関節）と両肩の中心の2点における移動の軌跡と0.1秒ごとの位置を求めた。この時の両肩の中心は、左右の肩峰のX座標、Y座標から算出した。これらの各位置の座標値は、二次元画像から、実験の際にボールを設置したゴールの枠（2.44m×7.32m）を基準にキャリブレーションを行い、実長換算して求めた。

③経過時間ごとの移動速度

座標系の原点から、両肩の中心の変位を0.1秒ごとに求め、その変位から移動速度を求めた。

2.3.2 到達範囲の作図法

ボールをタッチした手の座標値のうち、同一時

表1 方向別平均到達時間

	左		中央		右	
	遠	近	近	遠	遠	近
上	1.42 (0.06)	1.00 (0.06)	0.76 (0.10)	1.00 (0.08)	1.38 (0.07)	
中	1.27 (0.07)	0.81 (0.05)		0.85 (0.08)	1.26 (0.06)	
下	1.34 (0.07)	1.06 (0.10)		1.04 (0.11)	1.34 (0.06)	

被験者：13名，平均値（標準偏差），単位：秒

間の時の最も外側にある座標値5つを選び、近似曲線を求めるために極座標系で2次フィットを行い外挿を施した。

2.4 統計処理

到達時間を比較するために、ボールまでの到達時間を従属変数とし、遠、近の2水準のゴールキーパーからの距離要因と、2水準の左右要因、上、中、下の3水準の高さ要因の3つの要因から構成される反復測定三要因分散分析を行った。その結果、交互作用が有意であった場合、反復測定二要因分散分析を引き続いて行い、その後の下位検定にはBonferroniの方法を用いた。統計分析に使用したソフトウェアはSPSS16.0Jであった。統計的検定における有意水準は、5%とした。

III 結果および考察

3.1 ボールまでの到達時間

表1は、全被験者における方向別の到達時間の平均値および標準偏差を表したものである。距離要因、左右要因、高さ要因から構成される反復測定三要因分散分析の結果、左右要因の主効果には有意差は見られなかったが、距離要因の主効果 ($F(1,12)=1427.9, p<.05$) と高さ要因の主効果 ($F(2,24)=102.9, p<.05$)、また距離要因と高さ要因の交互作用 ($F(2,24)=68.7, p<.05$) が有意であった。距離要因と高さ要因の交互作用が有意であったので、次に、距離要因を遠距離、近距離の2つに分け、反復測定二要因分散分析を行った。その結果、遠距離、近距離とも、高さ要因の主効果 ($F(2,24)=49.8, p<.05; F(2,24)=142.3, p<.05$) のみが有意であったため、Bonferroniの方法による多重比較を行っ

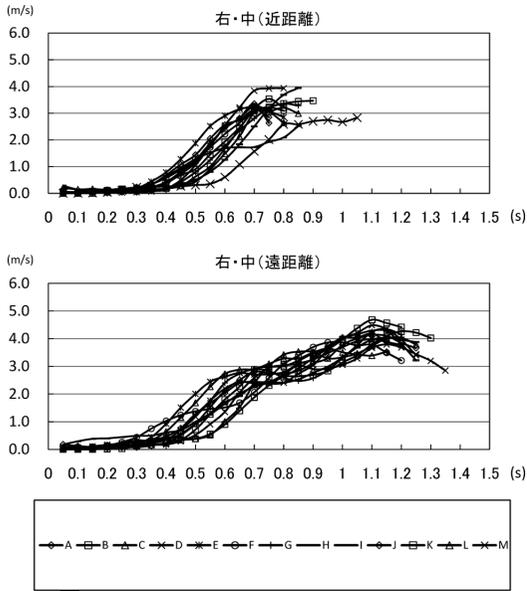


図2 全被験者の両肩の中心点における移動速度の推移
上の図は近距離、下の図は遠距離の場合で、いずれも右方向で高さは中の場合の結果である。

たところ、高さの3水準それぞれの間に有意な差が見られた。すなわち、ゴールキーパーから遠距離の試技では、高さ中、下、上の順にボールまでの到達時間が有意に長くなり、それに対してゴールキーパーから近距離の試技では、中、上、下の順に到達時間が有意に長くなっていった。

本研究の結果は、ゴールキーパーから近距離の試技では浅井ほか(1982)の報告と同様に、高さ中、上、下の順で到達時間が長くなっていった。一方、ゴールキーパーから遠距離の試技では、高さ中、下、上の順となっており、浅井ほか(1982)の報告と異なる結果となった。本研究では近距離の試技が1.83m、遠距離試技が3.50mであったことから、ゴールキーパーからボールまでの移動距離の違いによって、到達時間の順序が異なる結果となった。つまり、常に上、下のいずれかのコースへの到達が遅れるのではなく、ゴールキーパーからの距離によっては上、下で到達の早さが変わる可能性が示された。

これらのことから、ゴールキーパーにとって、同じ水平距離だけ離れたところへシュートされたとしても、ボールの高さによって防御の難易度が

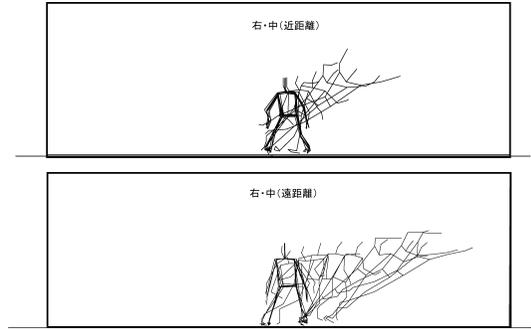


図3 距離の違いに伴う動きの変化例

被験者Jの試技における、0.1秒ごとのスティックピクチャーである。身体上の分析点(23か所)をデジタル化し、スティックピクチャーを作成した。上の図の近距離(右側・高さ中)の試技ではテイクオフまでにボール方向へのステップが見られないが、下の図の遠距離(右側・高さ中)の試技では、テイクオフの前にステップが行われている様子が見える。

異なると考えられる。それは、ゴールキーパーからの距離の違いによっても変化し、ゴールキーパーに近い距離では低いシュートの方が、遠い距離では高いシュートの方が防御しにくいことが示唆された。

3.2 ボールへの移動速度

図2は全被験者における両肩の中心の移動速度例(右、高さは中)を表したものである。遠距離の試技では、加速局面が方向指示後約0.3秒から始まり、約0.5秒後から一度加速が収まる局面があり、その後再び加速する傾向が見られた。つまり遠距離の試技では2つの加速局面を示す傾向が見られた。これは、最初の加速局面がゴールキーパーのボール方向への踏み出し動作によるものであり、2度目の加速局面はテイクオフ動作(地面を蹴って股関節、膝関節、足関節を伸展させる動作)によるものであると考えられる(図3)。一方、近距離の試技では、被験者はテイクオフまでに何歩もステップをするケースはなく、構えた姿勢からボールの方へ1歩踏み出すか、もしくはボールサイドの足を、最初の足の位置の内側についてテイクオフするという動作であった。したがって、

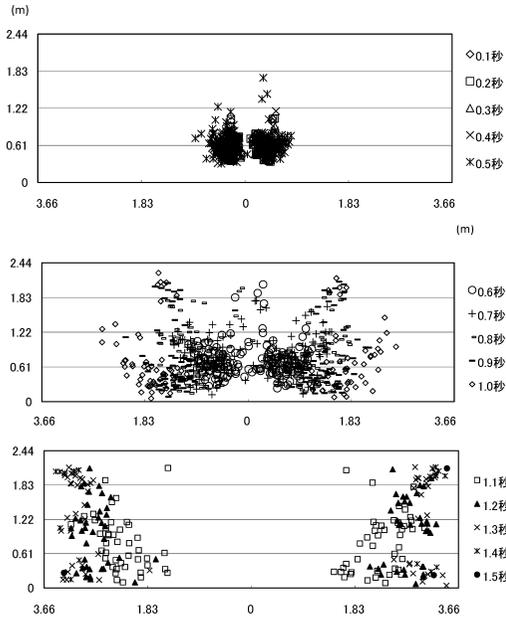


図4 ボールタッチした手の時間ごとの位置

ボールをタッチした手の方向指示後0.1秒ごとの位置を1.5秒まで記したもので、全被験者の近距離と遠距離をまとめて表したものである。

遠距離と比べると踏み出し動作（助走）の部分がみられず、加速局面が1つしかない傾向が見られた。

Graham-Smith and Lees (1999) は「ゴールキーパーはボールの位置に応じて8つのテクニックから適当なものを選んでいる。」と述べ、ゴールキーパーはステップの仕方やテイクオフの仕方をボールの位置に応じて変えていることを指摘している。このようなボールの位置に応じたステップの仕方やテイクオフの動きの違いが本研究の各被験者における移動速度の推移差を生み、動作の違いに伴う力発揮や身体の使い方の違いが到達時間の違いに影響している可能性が高い。本実験では到達範囲の検討が目的であることから、2次元での映像分析を行ったので、クロスステップ、サイドステップの違いはわかるが、ステップ時の力の伝え方や体幹の倒し方などは十分に分析することができない。したがって今後、高さや距離の違いに伴って生じる到達時間の違いをより詳細に検討するためには、テイクオフの局面の動作分析に加え、テ

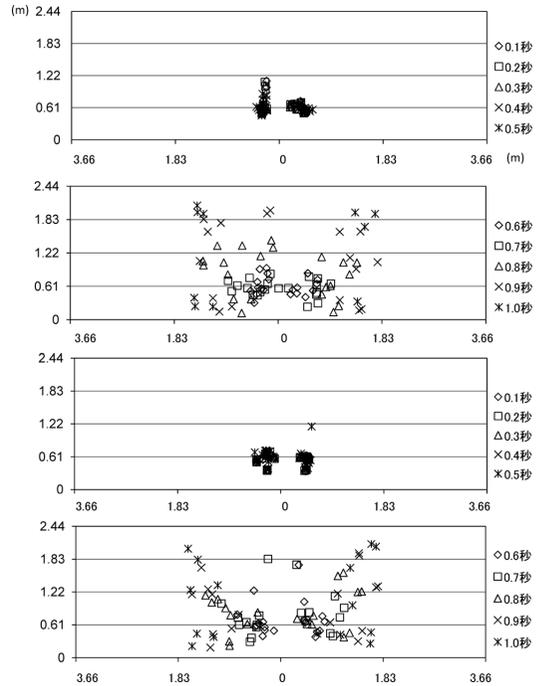


図5 ボールタッチした手の時間ごとの位置（近距離）

近距離のボールをタッチした手の方向指示後0.1秒ごとの位置を1.0秒まで記したものである。上の2つは身長の下位3名のデータ、下の2つは身長の上位3名のデータである。

クオフまでのステップなどを行う局面での動作も分析する必要があると思われる。

3.3 ボールへの手の移動軌跡

図4は全被験者における方向指示後1.5秒までの0.1秒ごとのボールタッチした手の中心位置（第三中手指節関節）を示したものである。図5は、近距離におけるデータで身長の下位3名(平均174.0cm)と上位3名(平均187.0cm)に分けたものである。図6は遠距離の同じ身長下位3名、図7は遠距離の同じ身長上位3名のデータである。これらの図の同一時間のマークが、どのくらい中心から離れているかという散らばりを見ることによって、同一時間で手を運ぶことにどの高さが容易かということがわかる。

近距離のデータを見ると1.22m付近（中の高さのボールの位置：図1参照）のボールの位置では、0.8秒や0.9秒を示すマークが見られるが、上、下

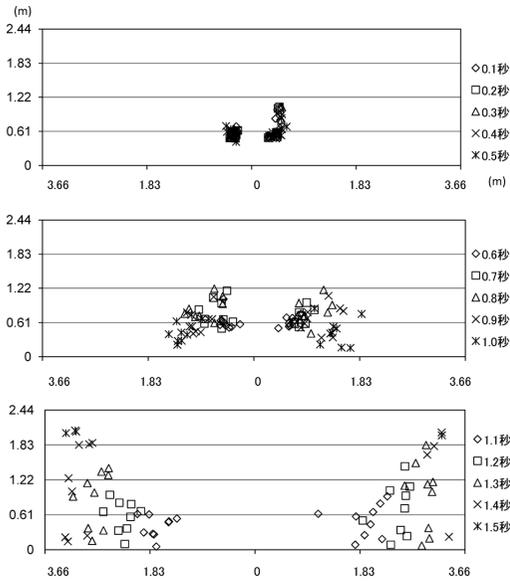


図6 ボールタッチした手の時間ごとの位置（遠距離—身長小）

遠距離のボールをタッチした手の方向指示後0.1秒ごとの位置を1.5秒まで記したもので、身長の下位3名のデータである。

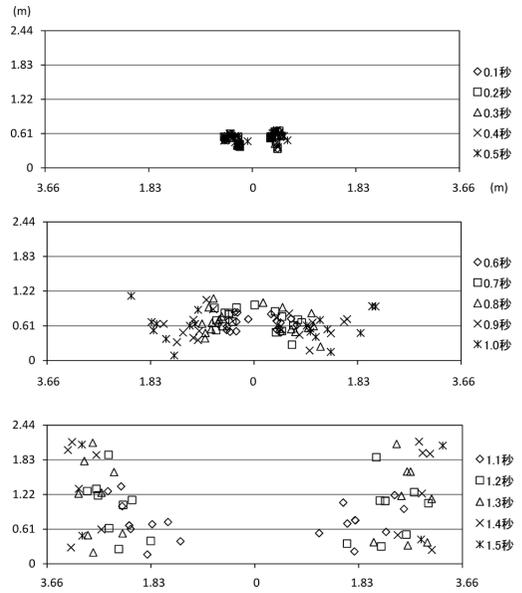


図7 ボールタッチした手の時間ごとの位置（遠距離—身長大）

遠距離のボールをタッチした手の方向指示後0.1秒ごとの位置を1.5秒まで記したもので、身長の上位3名のデータである。

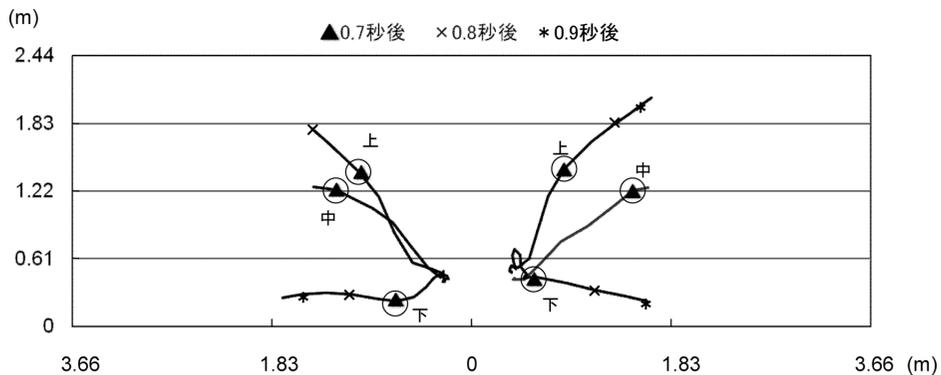


図8 ボールタッチした手の軌跡（被験者Jの0.1秒ごとの位置）

高さ別の移動軌跡を示しており、およそ線が切れた地点まで手が移動していたことを表している。丸で囲んだ部分は近距離の同じ0.7秒後のマーク(▲)を表している。なお、図の外枠はサッカーゴールの大きさ(2.44m×7.32m)に基づく。

の位置では1.0秒のマークも見られている。このことから中方向が上、下よりも早い時間に到達していることがわかる。これは到達時間のデータでも明らかになったことでもある。近距離では、最初の構えの位置と考えられる0.61m付近に0.5秒まで点が集まっており、そこから最短で手をボー

ルに運ぶことができることが他の高さよりも中の高さが早く到達できる要因であると言える。そこで、中方向の近距離の到達時間が最も早かった被験者におけるボールタッチした手の方向別移動軌跡(図8)を見ると、中方向と下方向で、ボールまでの移動軌跡の長さには大きな差は見られない。

しかし、丸で囲んだ近距離の同じ0.7秒後のマーク(▲)に着目すると、中方向ではボール到達間近まで手が移動しているが、下方向ではボールまでの距離があり、高さの違いに伴い、移動の途中段階で、同一時間での手の移動位置に大きな差があることがわかる。すなわちボールに向かう過程で下方向は中方向よりも時間がかかっていたといえる。また、浅井・布目(2002)はテイクオフの局面におけるボールまでの力発揮に関して、「ゴールキーパー上方のボールに対してのジャンプは、重心の移動方向と接地した足の力の方向(床反力)をほぼ一致させることができるが、横方向の場合はある角度以下に脚が地面に近づいた傾きになると、シューズが地面をグリップできなくなり、重心の移動方向と接地した足の力の方向を必ずしも一致できない。したがってグリップを確保できる範囲で地面に力を加えると同時に体を下側に回転させボールのところへ最短時間で手を移動させることが重要になってくる」としている。これはテイクオフの局面において、下の高さは上の高さと同様の床反力を発揮してボールへ向かうことは困難であることを意味しており、下方向が遅れる要因の一つと考えられる。さらに、下方向のボールに手を向かわせるためには、構えた姿勢から上肢をボールに近づけようと、体幹を下方向に回転させなくてはならないが、ゴールキーパーの身体重心は、重力加速度でしか下方向へ動くことができないということも下方向へ手が向かうことの遅れに大きく影響していると考えられる。これらの要素が、高さの違いに伴って到達時間に違いが生じる要因の一つになっていると考えられる。

一方、図6, 7の遠距離の試技では、近距離と比較して、方向指示から約0.5秒までにおける構えた姿勢の手の位置周辺で点が集まっている状態は同じだが、約0.6秒から1.0秒にかけて外側下方へ点が進んでいっていることが見てとれる。これは腕の反動動作での後方から前方への腕の振り戻しの部分に当たると考えられ、最も下に下がった位置から各高さに約1.1秒過ぎから手が向かっていることがわかる。この手の動きは図4の遠距離のグラフの2つ目の加速局面の時間帯と合致する

ことから、足のステップ中に手の反動動作を行い、テイクオフのタイミングに合わせて、手をボールに向かわせていると言える。このステップからのテイクオフと手の反動動作を組み合わせて加速させることが、近距離のダイビングでは見られなかった遠距離特有のダイビング動作と言える。また、近距離の時と異なり0mから0.61mまでの低い位置から手がボールに向かっているということは、動きだしからステップの時間の中で、体幹を下に回転させながら、下のボールに対して上肢をより近づけてテイクオフを行うことができ、到達時間を短縮することができたのではないかと考えられ、近距離とは到達時間の順序が距離の違いによって異なったことの一要因として考えられる。

次に図5~7において身長を比較してみると、時間ごとの点の広がり方に大きな差は見られず、両者に近距離および遠距離で見られた特徴が出ている。このことからダイビング動作の特徴自体はゴールキーパーのサイズに関係なく、同一時間の到達範囲に異なる部分があることが考えられるものの、上, 中, 下の到達範囲の形は同様の形となることが示唆される。ただし今回の被験者が大学生ということを考慮すると、大学生は体格が十分に発達しており、上のボールに対するテイクオフも筋力的に問題がなく重心を上方向に運べるが、小学生や体格が未発達の中高生では、ゴール上部まで手が届かないことや、筋力的に上方向に重心をしっかりと運ぶことができないことが予想され、到達範囲の形は変化することが予想できる。

3.4 シュートに対する到達範囲

図4における同一時間の点の中で、同一時間で中央から最も外側にある座標値5つを選び、近似曲線を求めるために極座標系で2次フィットを行い、曲線補間で繋いだものが図9の到達推定範囲図である。この図9に関しては、先の分析結果(図4)で、方向指示後0.7秒までは最初の構えの位置から手の大きな移動が見られなかったことを考慮し、0.8秒以降のデータに基づき表示している。また1.4秒以降のデータは、到達が遅かった被験者の影響で1.3秒後のデータよりも内側に点

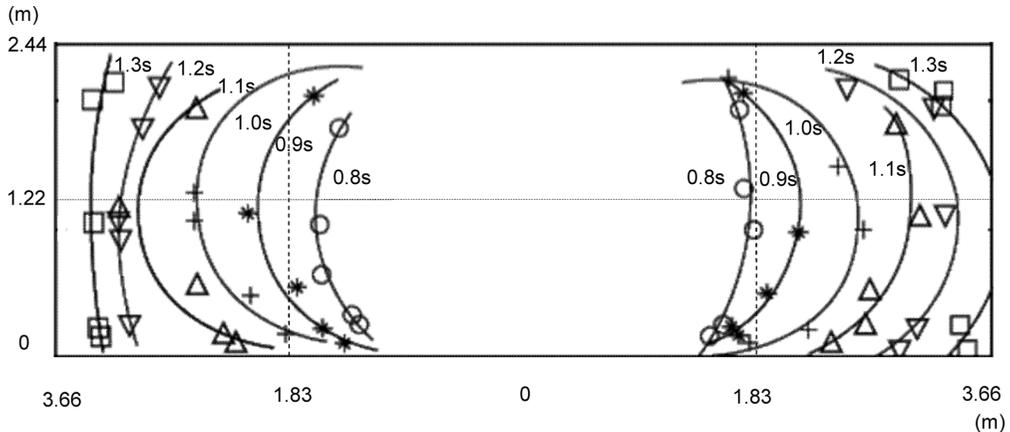


図9 到達推定範囲図

方向指示後0.8秒から1.3秒のデータから作成した。なお、図の外枠はサッカーゴールの大きさ(2.44m×7.32m)に基づく。

があるケースが見られたため、1.4秒以降のデータも除いている。

これまで、Kerwin and Bray (2006) によって、ペナルティキックを再現した実験からペナルティキック時の到達推定範囲図が地面中央の位置を中心とする同心円状の形で示されており、中央からの水平距離が同じであっても高さの違いによってボールに到達できる範囲が異なるという点、さらに、上の高さが中ほどの高さよりも同一時間で到達できる範囲が狭い点は、今回の実験により作成された図9と同様の結果であった。しかし、下の高さを見てみると、地面中央の位置を中心とする同心円状の形のため、下方向の到達範囲が最も広がっていたが、図9では下方向は中方向よりも到達範囲が広がっておらず、異なる結果となっている。Kerwin and Bray (2006) の到達推定範囲図では、実際にボールに向かっていないエリアでは、理論値で求められた到達範囲が示されたものであるが、本研究の実験条件では、方向指示器の示す方向へ方向指示後に動き出す必要があり、実際のシュート場面で見られる、蹴られたボールのコースを判断して動き出すという過程と近いものと考えられる。よって、今回の実験によって作成された到達推定範囲図(図9)は実際のシュート場面のゴールキーパーの動作に、より近い状態の結果を反映したものであるといえる。

3.5 実践面への示唆

本研究結果は、実際のプレーの場面に於いて、シュートの位置や到達までの時間に応じた戦術的なプレー選択の目安として活用できると考えられる。例えば、近い距離から低いシュートを打たれた場合のように、到達推定範囲ではダイビングでの防御が困難だと予想される状況では、手での処理ではなく、足でボールを防ぐことが有効となり、ゴールキーパーの指導ではそのようなプレーをトレーニングすることも必要となるであろう。逆にシュートを打つ側からすれば、ゴールまでの距離から、どこにシュートを打てば入る確率が高いかを示唆する指標になると考えられる。

本研究では、ゴールキーパーのダイビング動作に関して、高さおよび距離の違いに伴う到達時間の違いから移動可能範囲を検討した。しかし、それらの高さおよび距離の違いに応じた動作自体の分析を目的としたものではないため、ボールに到達するまでの動作の特徴や力の発揮特性の詳細は不明である。したがって、今後、ダイビング動作の高さおよび距離別の動作特性や力発揮特性を詳細に検討し、ボールの位置に応じたダイビング動作の効果的な実施方法を明らかにしていくことが求められる。

IV 要 約

本研究では、ゴールキーパーがランダム方向に出される方向指示器の電動表示に反応してボールにダイビングする実験により、ボールの位置（高さ、距離）の違いに伴うダイビング動作の違いを到達時間、移動速度、手の移動軌跡から検討し、ゴールキーパーのダイビング動作における移動可能範囲を明らかにしようとした。結果を以下に要約する。

1) ボールの高さ（上、中、下）における到達時間を比較すると、ゴールキーパーから近距離の試技では、左右とも中、上、下の順にボールまでの到達時間がそれぞれ有意に長くなっており、一方、ゴールキーパーから遠距離の試技では、中、下、上の順に到達時間がそれぞれ有意に長くなっていた。

2) 遠距離の試技における両肩の中心の移動速度では、加速局面が方向指示後約0.3秒から始まり、約0.5秒後から一度加速が収まる局面があり、その後再び加速する傾向が見られた。一方、近距離の試技では、踏み出し動作（助走）の部分がなく、加速局面が1つのみの傾向が見られた。

3) ボールタッチした手の中心位置（第三中手指節関節）の時間変化から、到達推定範囲図を作成し、ボールの高さおよび距離に応じて到達できる範囲が明らかとなった。

謝 辞

本論文遂行にあたり、貴重なご意見をいただいた筑波大学大学院朝岡正雄教授、山田幸雄教授、また実験に協力していただいた筑波大学蹴球部の選手の方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

浅井 武・小林一敏・榊原 潔 (1982) サッカーのゴールキーピングにおけるダイビングについての力学的考察. 東京体育学研究, 9: 11-14.

浅井 武・布目寛幸 (2002) 見方が変わるサッカーサイエンス. 岩波書店: 東京, pp. 65-71.

Asami, T. and Nolte, V. (1983) Analysis of powerful ball kicking. In: Matsui, H. and Kobayashi, K. (Eds.) Biomechanics VIII-B. Human Kinetics: Champaign, pp. 695-700.

Graham-Smith, P. and Lees, A. (1999) Analysis of technique of goalkeepers during the penalty kick. Journal of Sports Science, 19: 910-916.

磯川政教・佐久間春夫 (1985) ゴールキーパーのセービング動作におけるバイオメカニクス的研究. 体力科学, 34: 450-452.

Kellis, E. and Katis, A. (2007) Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. Journal of Sports Science and Medicine, 6: 154-165.

Kerwin, D. G. and Bray, K. (2006) Measuring and modelling the goalkeeper's diving envelope in a penalty kick. In: Moritz, E. F. and Haake, S. (Eds.) The Engineering of Sport 6. Springer: New York, pp. 321-326.

永都久典 (1980) サッカーゴールキーパーの動作分析: PK時におけるゴールキーパーのSAVING FORMについての基礎実験 (1). 城西大学教養関係紀要, 4: 47-52.

中屋敷 真・佐藤 捷・衣笠 隆 (1981) サッカーのゴールキーパーの構えについて. 日本体育学会大会号, 32: 639.

Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., and Sakurai, S. (2002) Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. Med. Sci. Sports Exerc., 34: 2028-2036.

Suzuki, S., Togari, H., Isokawa, M., Ohashi, J., and Ohgushi, T. (1988) Analysis of the goalkeeper's diving motion. In: Reilly, T., Leea, A., Davids, K., and Murphy, W. J. (Eds.) Science and Football. E&FN Spon: London, pp. 468-475.

玉井 朗・松本光弘 (1981) サッカーのゴールキーパーのダイビング動作における事前ジャンプ動作の効果に関する実験的研究. 日本体育学会大会号, 32: 646.

ウェルッシュ:平野 淳訳・加藤好男監修 (2005) サッカーゴールキーパーバイブル. カンゼン: 東京, p. 70.

Zernicker, R. F. and Roberts, E. M. (1978) Lower extremity forced and torques during systematic variation of non-weight bearing motion. Med. Sci. Sports, 10: 21-26.

(平成19年12月17日受付)
(平成21年6月18日受理)