

サッカーにおけるゴールキーパーのシュートストップ失敗確率を予測する回帰式の検証

平嶋 裕輔¹⁾ 浅井 武²⁾ 深山 知生¹⁾ 中山 雅雄²⁾

Yusuke Hirashima¹, Takeshi Asai², Kazuki Fukayama¹ and Masao Nakayama²: Verification of a regression equation to predict the probability of a football goalkeeper's failure to stop shots at goal. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci.

Abstract: The present study was verify of reliability and validity the regression equation constructed using the game footage from the 2010 FIFA World Cup. Formulated using multivariate logistic regression analysis, this equation's purpose was to predict the probability of a goalkeeper's failure to stop shots at goal. The 2014 dataset consisted of 587 shots at goal from within the frames during 64 games played by 32 teams that participated in the FIFA World Cup in Brazil. The results showed that for the probability of failing to block a shot predicted by the regression equation, the 2 inter-rater interclass correlation coefficient was high (0.91), thus demonstrating reliability. Furthermore, when a contingency table was created with a cut-off value of 0.5, accuracy was high (85.9%); when an ROC curve was drawn and the area below the curve was measured (0.874), it was notably distinct, indicating generalizability. Therefore, the regression equation predicting the probability of failure to block a shot has high generalizability for predicting world-class goalkeepers' probability of failure to block shots. This is considered a useful formula for evaluating goalkeepers' blocking ability.

Key words : game performance analysis, objective rating, logistic regression, reliability, validity

キーワード : ゲームパフォーマンス分析, 客観的評価, ロジスティック回帰, 信頼性, 妥当性

I 緒言

近年サッカーでは、ゲーム中のパフォーマンスを数値化し、客観的に評価しようとする試みが国内外で数多く行われている（大江ほか，2013）。それらは、1) 望ましい戦い方を探ること，2) 各チームの長所・短所を確認すること，3) 対戦相手に対するスカウティングへの応用を研究の目的に挙げており、チーム作りや当面の試合（大会）に向けての作戦的示唆などの意味で、大いに利用すべきものの1つであるとされてきた（田中，1984）。サッカーの現場においても、監督や分析を担当するスタッフが、自チームの強化、相手チ

ームへの対策として、データを活用してきた。しかしながら、時代とともにテクノロジーが進化し取得できるデータの領域が拡大し、それに伴ってデータを扱う層も活用の範囲も年々拡大の一途をたどっている（加藤，2016）。特に、ゼネラルマネージャーや編成スタッフ、スカウトなどは、実際のプレーや映像を観察する主観的評価による判断だけでなく、データから算出された客観的評価指標を用いてチーム編成や選手獲得の判断を行うことも増えている。

これまで、サッカーにおけるゴールキーパーの守備力評価の指標としては、主に防御率とセーブ率が用いられている。防御率は、ゴールキーパーの1試合当たりの平均失点数を表している。サッ

1) 筑波大学大学院人間総合科学研究科
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
2) 筑波大学体育系
〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1
連絡先 平嶋裕輔

1. Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
2. Faculty of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8574
Corresponding author s1230482@u.tsukuba.ac.jp

カーだけでなく様々な競技で守備力評価の指標として用いられており、以前は日本プロサッカーリーグの公式記録にも採用されていた。しかし、防御率について鳥越（2011, pp.92-103）は、「個の実力以外による要素が加わった指標」としており、キーパー個人の能力を測る指標とは言えないと思われる。セーブ率は、被枠内シュートの数に対するセーブ数の割合で表され、被枠内シュートに対するシュートストップの成功率を示している（西内, 2012, pp.37-45）。セーブ率は、防御率と比べ、ゴールキーパーのシュートストップ能力を評価できるという点で、ゴールキーパー個人の能力を評価する指標として優れているものの、シュートストップの難易度が考慮されておらず、ゴールキーパーのシュートストップ能力を適切に評価できる指標とは言い難く、現場に有効ではないと考えられた。

平嶋ほか（2014）はロジスティック回帰分析を用いて、ゴールキーパーのシュートストップの結果に影響を及ぼす被シュート状況に関連した主要因を明らかにすると共に、ゴールキーパーのシュートストップの失敗確率を予測する回帰式（以下「シュートストップ失敗確率予測回帰式」と略す）を構築し、シュートストップの難易度を定量化することを可能にした。

1本のシュートで1点しか入らないサッカーでは、失敗確率と失点期待値は同じ数値になるため、この回帰式を用い算出した失敗確率が99%の被シュートは、失点期待値0.99点、失敗確率0%の被シュートは、失点期待値0.00点となる。そのため、失点期待値0.99点の被シュートで失点した場合、ゴールキーパー個人の責任は0.01点、失点期待値0.00点の被シュートで失点した場合、ゴールキーパー個人の責任は1.00点のように、チームにおいては1失点であっても、ゴールキーパー個人の責任が何点であるのかを、数量的指標として示すことが可能になった。

更に、この回帰式による期待値（確率）は1プレーのみの評価に留まらず、1試合、1シーズンのゴールキーパーの失点期待値を算出し、積算することで、長期的な失点期待値を示すことが可能

になる。その失点期待値で実際の失点を除することにより、ゴールキーパーの失点への貢献度を数量的指標で示すことが可能になり、選手の選抜、スカウティング等に有用な、新たなゴールキーパー評価指標として活用できるとしている。

しかし、このシュートストップ失敗確率予測回帰式は、2つ検証すべき点がある。1つは回帰式によって算出されたシュートストップ失敗確率の信頼性である。分析項目に高い測定者間信頼性（客観性）があることは確認されているが、その分析項目を回帰式に代入して算出された失敗確率そのものについては検討されていない。2つ目は外的妥当性の問題である。ロジスティック回帰式において Hosmer et al. (2013) は、予測式を構築し一般化するためには、①モデル作成、②モデル評価、③内的妥当性の検証、④外的妥当性の検証が必要であるとしている。しかしながら、このシュートストップ失敗確率予測回帰式は、①モデル作成、②モデル評価、③内的妥当性の検証は行われているものの、現在まで④外的妥当性の検証は行われておらず、一般化の可能性は明らかになっていない。これは回帰式を構築した際、当時最新の世界トップレベルの大会が国際サッカー連盟（以下「FIFA」と略す）主催の2010FIFAワールドカップ南アフリカ大会であり、この大会は回帰式を構築するための標本として用いたため、外的妥当性を評価するための適切な標本になりうる、世界トップレベルの大会が無かったためである。

そこで本研究は、平嶋ほか（2014）が構築した「シュートストップ失敗確率予測回帰式」について、算出される失敗確率の測定者間信頼性、および回帰式の外的妥当性を検証し、一般化の可能性を明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 用語の定義

この論文を通じて使用される主要な用語は、以下のように操作的に定義された。

①ゲームパフォーマンス：ゲームを遂行するにあたって、個人、またはチームが成就する運動成

績の総体である（鈴木・西嶋，2002）。

②シュートストップ：サッカーの指導現場において用いられている指導用語であり，ゴールキーパーが相手チームの選手によって打たれたシュートを止めるプレーのことである。

③シュートストップ失敗確率：平嶋ほか（2014）が構築した「シュートストップ失敗確率予測回帰式」に，被シュート状況を代入することにより算出されるシュートストップの難易度。世界トップレベルのゴールキーパーのシュートストップ能力を基準とした失敗確率である。

2. 標本

2014FIFA ワールドカップブラジル大会に出場した32チーム，全64試合における，ゴールキーパー以外の選手がブロックした等の理由でゴールキーパーにシュートストップの機会が無かったものを除いた被枠内シュート，計587本であった。標本とした被枠内シュートは，それぞれ独立であると仮定し統計処理を行った。

3. 測定方法

衛星中継により放送された試合を録画，鈴木・西嶋(2002)，平嶋ほか(2014)の測定方法に準拠し，その映像を対象とする被枠内シュートごとに再生，一時停止させ，パフォーマンスを測定した。映像からのゲームパフォーマンス測定の誤差を最小限にするために，広くゲーム分析に利用されてきた手法である notational analysis (Hughes, 2003, pp.245-264) で使用されている競技場縮図を適用した。Grehaigine et al (1997) を参考に，競技場縮図には 1 m^2 の格子が描かれており，これによ

り選手の位置情報を布置する際の測定精度を確保できる。

4. 測定項目

測定項目は，平嶋ほか（2014）によってシュートストップの結果に影響を及ぼす主な要因として，「シュートストップ失敗確率予測回帰式」に組み込まれた，シュート到達時間，シュート者守備 前方のディフェンダー（以下「DF」と略す）の有無，シュート者守備 側方・後方のDFの有無，シュート部位，シュート種類，シュートコース横，シュートコース高さ，他の選手による軌道の変化の有無，シュート位置角度，シュートコース距離の10要因および，シュートストップの成否の11項目である。以下に，各要因について概説する。

①シュート到達時間

シュート者がシュートを打ってから，ボールがゴールに到達するまでの時間を計測した。ゴールキーパーがボールに触れずゴールしたシュートについては，シュート者がシュートを打ってからボールがゴールラインを完全に通過するまでの時間を，映像のフレーム数から計測した（図1）。ゴールキーパーがシュートを止めた場合，ボールに触ったがゴールした場合については，まず，シュート者がシュートをしてからボールにゴールキーパーが触るまでの時間を映像のフレーム数から計測。次に，シュート者がシュートを打った際のボールの位置とゴールキーパーがシュートストップした際のボールの位置を記録し，2点間の距離を三平方の定理を用い算出（図2）。時間と距離を

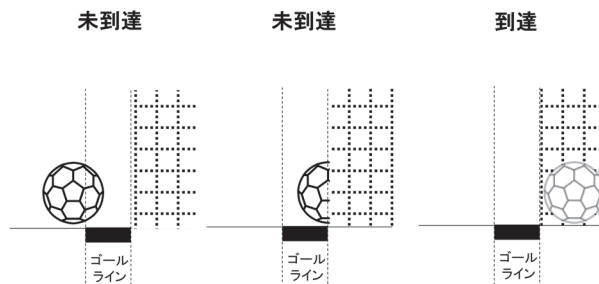


図1 シュート到達

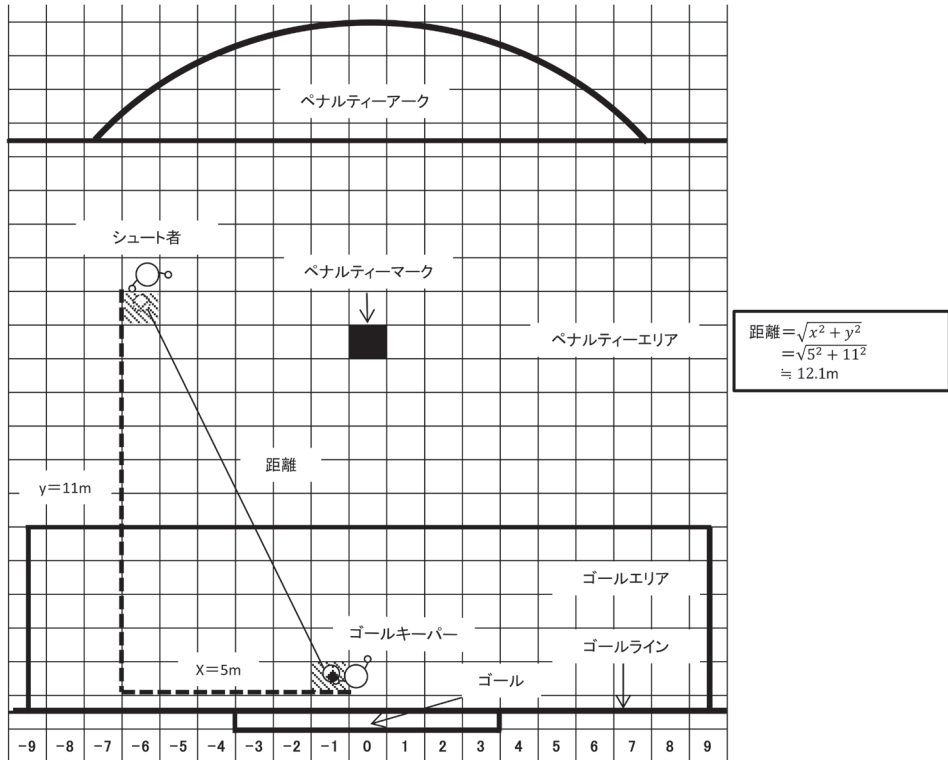


図2 シュート位置とシュートストップ位置までの距離算出方法 例（各格子は1m²）

用いてボールの平均速度を算出した。さらに、シュート者がシュートを打った際のボールの位置からゴール中心までの距離を三平方の定理を用い算出。算出されたボールの平均速度とシュート者がシュートを打った際のボールの位置からゴール中心までの距離から、ゴールキーパーがボールに触らなかったと仮定した場合に、シュートされたボールがゴールに到達するまでの時間を算出した。記録は0.01秒単位とした。

②シュート者守備 前方のDF

③シュート者守備 側方・後方のDF

シュート者の5m以内にいる守備チーム選手の状態によって、シュート者に対する守備状況を測定した(図3)。シュート者守備 前方のDF 有無：ボールから両ゴールポストを結んだ線分で形成される三角形の範囲内、かつシュート者から5m以内の守備側の選手の有無。シュート者守備 側方・後方のDF 有無：ボールから両ゴールポストを結んだ線分で形成される三角形の範囲外、

かつシュート者から5m以内の守備側の選手の有無。

④シュート部位

シュートを打った身体部位について判定した。シュート部位の分類は、次の通りであった。(a)足、(b)頭。

⑤シュート種類

シュートの種類に関する分類は、次の通りであった。(a)グラウンダー：シュート者がシュートした後、ボールがゴールラインを超える前、あるいはゴールポスト、ゴールキーパーに当たる前に2バウンド以上したシュート、もしくは1度も膝の高さを超えなかったシュート、(b)ループ：ゴールキーパーを放物線状の軌道で越えたシュート、(c)ライナー：グラウンダー、ループに当てはまらないシュート。

⑥シュートコース横

シュート者がシュートした位置とその際のゴールキーパーの位置とを結んだ線分に対して、横方

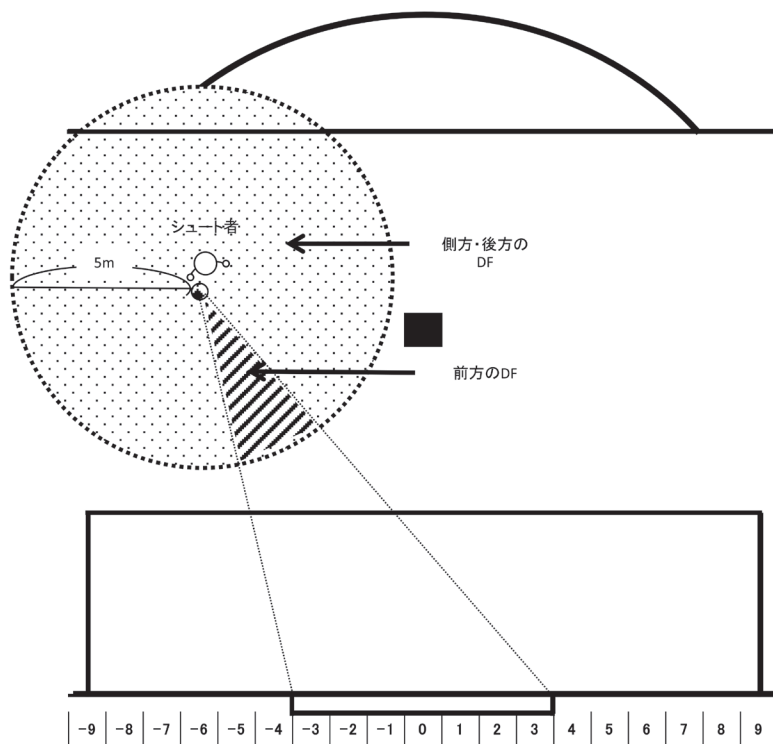


図3 シュート者守備 有無

向どちらにシュートが打たれたのかについて判定した。シュートコース横に関する分類は、次の通りであった。(a)ニア：ゴールキーパーの位置から見て、シュート者に近い方向に打たれたシュート、(b)ファー：ゴールキーパーの位置から見て、シュート者に遠い方向に打たれたシュート。

⑦シュートコース高さ

ゴールの高さを基準に3等分し、最も低い範囲から(a)低、(b)中、(c)高とした。

⑧他の選手による軌道の変化の有無

シュート者がシュートを打ってから、ボールがゴール、もしくはゴールキーパーに到達するまでの、他の選手によるシュート軌道の変化の有無。

⑨シュート位置角度

シュートを打った際のボールの位置、シュートを打った際のボールの位置に近い側のゴールポスト、シュートを打った際のボールの位置からゴールラインに対して垂直に直線を引き交わった点を頂点として線で結んだ際に出来る角の角度を、三平方の定理を用い算出した。シュートを打った際

のボールの位置が両ポストの延長線間であった場合は、シュート位置角度を90度とした(図4)。なお、ゴールの中心からゴールポストまでの距離は3.7mとした。記録は1度単位とする。

⑩シュートコース距離

ゴールの中心からシュートされたボールがゴールラインを完全に越えた際のボールの中心までの距離を算出した。ゴールキーパーがボールに触れずゴールしたシュートについては、ボールがラインを完全に越える際にボールの中心があった位置をゴール縮図を用いて記録し、ゴールの中心からの距離を三平方の定理によって算出した(図5)。ゴール縮図には0.1m²の格子が描かれている。ゴールキーパーがシュートを止めた場合や、シュートに触った場合については、ゴールキーパーがボールに触れなかった場合、ボールがゴールラインを越える際にボールが通ると予測される位置を記録し、ゴールの中心からの距離を三平方の定理によって算出した。記録は0.1m単位とする。

⑪シュートストップの成否

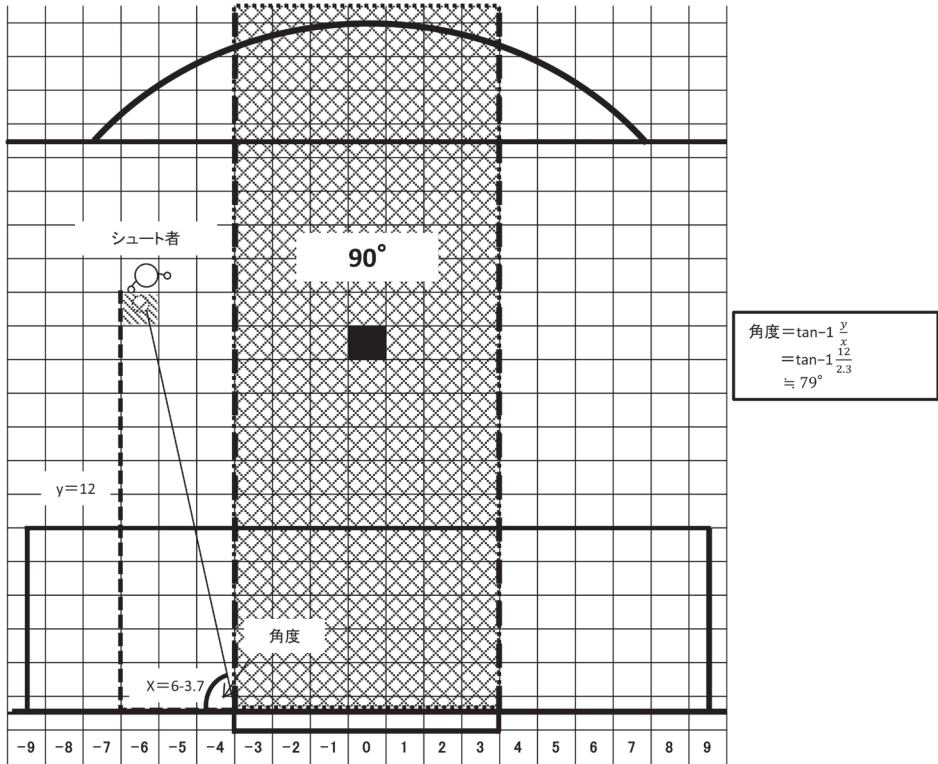


図4 シュート位置角度算出方法 例 (格子は 1m²)

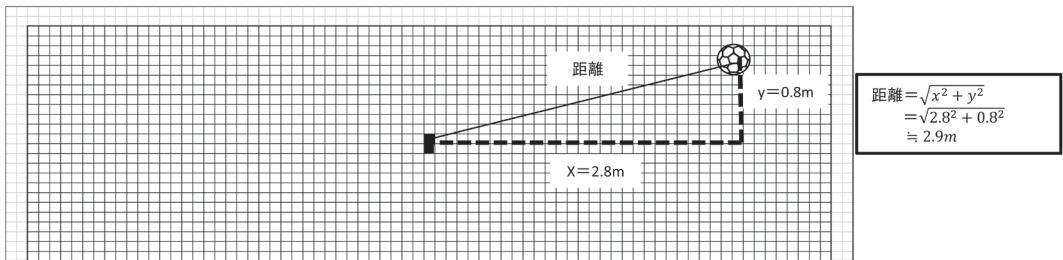


図5 シュートコース距離算出方法 例 (格子は 0.1m²)

シュートストップの成功・失敗は、ゴールキーパーがシュートされたボールをキャッチ、または弾いてゴールに入るのを防いだ場合に成功、失点した場合に失敗とした。

5. シュートストップ失敗確率の算出

ゲームパフォーマンス分析によって測定された被枠内シュート状況を、平嶋ほか (2014) によって構築された以下の回帰式に代入し、シュートストップ失敗確率 (P_i) を算出した。

$$P_i = 1 / (1 + \exp(-(-2.245 - 5.204x_1 - 1.215x_2 - 0.570x_3 + 0.885x_4 + 0.551x_5 + 4.072x_6 + 1.333x_7 + 0.711x_8 + 0.968x_9 + 2.839x_{10} + 0.029x_{11} + 1.014x_{12})))$$

ここで x₁: ①シュート到達時間 (秒), x₂: ②シュート者守備 前方のDF 有 (1) 無 (0), x₃: ③シュート者守備 側方・後方のDF 有 (1) 無 (0), x₄: ④シュート部位 頭 (1) 足 (0), x₅: ⑤シュート種類 グラウンダー (1) それ以外 (0), x₆: ⑤シュート種類 ループ (1) それ以外 (0), x₇: ⑥シュートコース横 ファー (1)

ニア (0), x_8 : ⑦シュートコース高さ 中 (1) それ以外 (0), x_9 : ⑦シュートコース高さ 高 (1) それ以外 (0), x_{10} : ⑧他の選手による軌道の変化 有 (1) 無 (0), x_{11} : ⑨シュート位置角度 ($^{\circ}$), x_{12} : ⑩シュートコース距離 (m) である. なお算出された値は, 小数点以下3桁目で四捨五入した.

6. 統計解析方法

(1) シュートストップ成功と失敗の被シュート状況及びシュートストップ失敗確率の比較

シュートストップ成功の場合と失敗の場合の各項目の比較を, カテゴリ変数, すなわち②シュート者守備 前方の DF の有無, ③シュート者守備 側方・後方の DF の有無, ④シュート部位, ⑤シュート種類, ⑥シュートコース横, ⑦シュートコース高さ, ⑧他の選手による軌道の変化の有無, ⑩シュートストップの成否については χ^2 検定, 連続変数, すなわち①シュート到達時間, ⑨シュート位置角度, ⑩シュートコース距離, 算出されたシュートストップ失敗確率については対応のない t 検定を用い, 有意水準 5% として行った.

(2) 信頼性

測定項目および算出された失敗確率の評定者間信頼性 (客観性) の検討を行うために, カテゴリ変数 8 項目については κ 係数を, 連続変数 4 項目については級内相関係数を算出した. その際, 10 試合に出現した被枠内シュート, 計 76 本を標本とした. シュートストップ失敗確率予測回帰式は, 指導現場での活用を考慮しているため, 分析者はサッカー競技のプレー歴及び指導経験があり, サッカーの科学研究に従事している者 2 名であった. 測定は映像の一時停止及び再生を繰り返す作業であることから, それぞれ個別に測定を行った.

(3) 妥当性

シュートストップ失敗確率を予測する回帰式的妥当性を評価するために, 予測確率の cut off line を 0.5 に設定した分割表を作成して回帰式の感度, 特異度, 陽性的中率, 陰性的中率, 正診率を算出した. さらに, ROC 曲線を作成し, ROC 曲線下面積 (AUC) を算出した.

なお, 全ての統計処理には IBM SPSS Statistics

ver. 24 を用いた.

III 結果

1. シュートストップの成否における被シュート状況及びシュートストップ失敗確率

ゴールキーパーがシュートストップに失敗した被枠内シュートは, 全体の 27.4% (161/587 本) であった. 表 1 に, 被シュート状況及びシュートストップ失敗確率をシュートストップの成否で比較した統計値を示した. 被シュート状況の比較では, シュート到達時間はシュートストップ失敗の場合において, 成功の場合より有意に低い値を示し ($p < 0.05$), シュート位置角度, シュートコース距離は, シュートストップ失敗の場合において, 成功の場合より有意に高い値を示した ($p < 0.05$). また, シュートストップ成功の場合と失敗の場合の間でシュート者守備 前方の DF, シュート部位, シュートコース高さの比率に有意差がみられたが ($p < 0.05$), シュート者守備 側方・後方の DF, シュート種類, シュートコース横, 他の選手による軌道の変化の比率に有意差はみられなかった. 被シュート状況をシュートストップ予測回帰式に代入し算出されたシュートストップ失敗確率は, 全被枠内シュート平均 0.32 であった. またシュートストップ失敗の場合平均 0.62, シュートストップ成功の場合平均 0.20 であり, シュートストップ失敗の場合において, 成功の場合より有意に高い値を示した ($p < 0.05$).

2. シュートストップ失敗確率の信頼性

表 2 に示されるように, κ 係数はシュート者守備 前方の DF 0.95, シュート者守備 側方・後方の DF 0.97, シュート部位 1.00, シュート種類 0.94, シュートコース横 0.92, シュートコース高さ 0.91, 他の選手による軌道の変化 0.85, シュートストップの成否 1.00 と, 全てのカテゴリ変数測定項目において 0.85 から 1.00 であり, 平均でも 0.94 と高い値を示した. また級内相関係数はシュート到達時間 0.97, シュート位置角度 0.98, シュートコース距離 0.89 と, 全ての連続変数測

表1 標本の基本的特徴

分析項目	全被枠内シュート (n=587)	シュートストップ成功 (n=426)	シュートストップ失敗 (n=161)	P
シュート到達時間 (秒)	0.83 ± 0.40	0.92 ± 0.40	0.56 ± 0.26	<0.05
シュート者守備 前方の DF				<0.05
有	186(31.7%)	149 (35.0%)	37(23.0%)	
無	401(68.3%)	277 (65.0%)	124 (77.0%)	
シュート者守備 側方・後方の DF				n.s.
有	392(66.8%)	284(66.7%)	108(67.1%)	
無	195(33.2%)	142(33.3%)	53(32.9%)	
シュート部位				<0.05
足	505(86.0%)	375(88.0%)	130(80.7%)	
頭	82(14.0%)	51(12.0%)	31(19.3%)	
シュート種類				n.s.
グラウンダー	168(28.6%)	115(27.0%)	53(32.9%)	
ライナー	401(68.3%)	301(70.7%)	100(62.1%)	
ループ	18(3.1%)	10(2.3%)	8(5.0%)	
シュートコース横				n.s.
ニア	291(49.6%)	211(49.5%)	80(49.7%)	
ファー	296(50.4%)	215(50.5%)	81(50.3%)	
シュートコース高さ				<0.05
低	370(63.0%)	280(65.7%)	90(55.9%)	
中	121(20.6%)	87(20.4%)	34(21.1%)	
高	96(16.4%)	59(13.8%)	37(23.0%)	
他の選手による軌道の変化				n.s.
有	24(4.1%)	18(4.2%)	6(3.7%)	
無	563(95.9%)	408(95.8%)	155(96.3%)	
シュート位置角度 (度)	71 ± 22	69 ± 23	78 ± 18	<0.05
シュートコース (m)	2.2 ± 0.9	2.1 ± 0.9	2.6 ± 0.9	<0.05
シュートストップ失敗確率	0.32 ± 0.30	0.20 ± 0.22	0.62 ± 0.27	<0.05

定項目において 0.89 から 0.98 であり，平均でも 0.95 と高い値を示した．そして，それらの測定項目をシュートストップ失敗確率予測回帰式に代入して算出されたシュートストップ確率も，級内相関係数 0.91 と高い値であった．

3. シュートストップ失敗確率の妥当性

シュートストップ失敗確率予測回帰式 P_1 の cut off 値を 0.5 に設定した分割表を作成したところ，回帰モデルはシュートストップ失敗予測において感度 75.8%，特異度 89.7%，陽性的中率 73.5%，陰性的中率 90.7%，正診率 85.9% であった（表

3）．さらに ROC 曲線を作成し，シュートストップ失敗予測の判別度を表す AUC を算出したところ 0.874 (95%CI 0.843—0.905) であった（図 6）．

IV 考 察

標本とした全被枠内シュートは 587 本であり，そのうちの 27.4%，161 本のシュートストップにゴールキーパーは失敗していた．それに対して，全被枠内シュートのシュートストップ失敗確率は，平均 0.32 (32%) であり，シュートストップの失敗割合をほぼ予測していた．またシュートス

表2 シュートストップ失敗確率の信頼性

測定項目	κ 係数
②シュート者守備 前方の DF	0.95
③シュート者守備 側方・後方の DF	0.97
④シュート部位	1.00
⑤シュート種類	0.94
⑥シュートコース横	0.92
⑦シュートコース高さ	0.91
⑧他の選手による軌道の変化有無	0.85
⑪シュートストップの成否	1.00
測定項目	級内相関係数
①シュート到達時間 (秒)	0.97
⑨シュート位置角度 (度)	0.98
⑩シュートコース距離 (m)	0.89
シュートストップ失敗確率	0.91

表3 回帰式の妥当性

観測	予 測	
	失敗	成功
	122	39
	44	382
Cut off=0.5		
感度	: 75.8%	
特異度	: 89.7%	
陽性的中率	: 73.5%	
陰性的中率	: 90.7%	
正診率	: 85.9%	

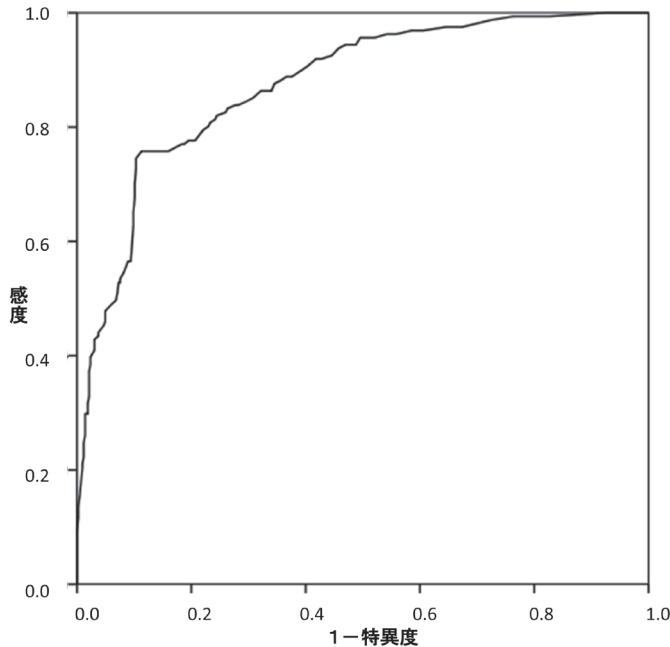


図6 シュートストップ失敗確率の ROC 曲線

ROC 曲線は、回帰式の予測可能性を示す。ROC 曲線下面積は 0.874 (CI : 0.843-0.905) であった。

トップの成否でシュートストップ失敗確率を比較した場合、シュートストップ失敗の場合平均 0.62、シュートストップ成功の場合平均 0.20 であり、シュートストップ失敗の場合において、成功の場合より有意に高い値を示したことから、算出された値の妥当性を確認できる。

データの収集にはゲームパフォーマンス分析を用いたが、観察によりゲームパフォーマンスを測定する場合、測定者間の信頼性である客観性の検討が必要である (鈴木・西嶋, 2002)。そのため本研究において、異なる人物が同一の被シュート状況の測定を行った際、回帰式によって算出され

るシュートストップ失敗確率が一致することは非常に重要であると考えられる。2名の測定者における、 κ 係数は全てのカテゴリ変数測定項目において0.85以上、平均0.94、また級内相関係数は全ての連続変数測定項目において0.89以上、平均0.95と高い値を示し(表2)、平嶋ほか(2014)の結果同様、用いた測定項目に高い測定者間信頼性があることが確認された。そして、それらの測定項目をシュートストップ失敗確率予測回帰式に代入して算出されたシュートストップ失敗確率は、級内相関係数が0.91と高い値を示した。このことから、ゲームパフォーマンス分析における測定項目とともに、その測定項目をシュートストップ失敗確率予測回帰式に代入して算出された失敗確率も、測定者間信頼性が高い値であると考えられる。

一般に、汎用性のある測定尺度の妥当性は、ある特定の対象集団において確認されるだけでは不十分で、他の対象集団においても同様の妥当性が認識されていることを必要とする(古谷野・長田, 1992, pp.31-34)。ロジスティック回帰式の構築においても同様、一般化するためには外的妥当性の検討は不可欠である。しかし構築された回帰式の妥当性に関して、回帰式を構築した2010FIFAワールドカップのデータ以外のデータを用いた検証は行われていない。そこで本研究では、2014FIFAワールドカップのデータを用いて外的妥当性の検証を行った。2010FIFAワールドカップと2014FIFAワールドカップでは、出場国および出場している選手も異なる。また用具のひとつであり、シュートストップに大きな影響を与えられられるボールも、2010FIFAワールドカップで用いられたジャブラニから、2014FIFAワールドカップはブラズーカに変更されている。ブラズーカはジャブラニと比較し、軌道のブレが小さく安定して飛ぶことが明らかになっている(Hong and Asai, 2014)。そのため、シュートストップ失敗確率予測回帰式は、外的妥当性が低い可能性も考えられた。まず、予測確率のcut off lineを0.5に設定した分割表を作成して検証を行った結果、感度75.8%、特異度89.7%、陽性的中率

73.5%、陰性的中率90.7%、正診率85.9%であった。これらは平嶋ほか(2014)における内的妥当性の報告とほぼ同等であり、また回帰式を予測に使えるとされる正診率は「目安としては、75%」(内田, 2011, p.141)とされていることから、高い外的妥当性が示された。更に、ROC曲線を作成し、ROC曲線下面積を算出したところ0.874と高い値を示した。ROC曲線下面積の評価において、唯一の基準はないが“ $0.8 \leq \text{ROC} < 0.9$ We consider this excellent discrimination”(Hosmer et al., 2013)とされていることから、高い外的妥当性が示された。これら2つの検証から、シュートストップ失敗確率予測回帰式を用いて算出された失敗確率は、世界トップレベルのゴールキーパーのシュートストップ失敗確率を予測する上で外的妥当性の高い値であると考えられる。

本研究では2014FIFAワールドカップのデータを用いて外的妥当性の検証を行った。今後さらに、用具や競技規則等が大きく変化した場合、最新のデータを用いて再度回帰式の外的妥当性を検証する必要性も出てくると考えられる。また、回帰式によって算出されるシュートストップ失敗確率は、世界トップレベルのゴールキーパーを基準とした失敗確率である。そのため、代表選手の選抜やトップレベルのクラブにおける選手のスカウティング等、世界トップレベルの選手を基準として、評価対象者がどのレベルにいるかを評価する上では非常に有用である。しかし、異なる基準で選手を評価する際には、何らかの補正方法を用いるか、新たな回帰式モデルを開発しなおす必要性もあり、今後検証が必要である。

V 結 語

本研究では平嶋ほか(2014)によって構築された「シュートストップ失敗確率予測回帰式」について信頼性と妥当性の検証を行い、以下のような結論を得た。回帰式を用いて算出される失敗確率の評定者間信頼性、および外的妥当性は高く、世界トップレベルのゴールキーパーのシュートストップ能力を基準として、シュートストップ失敗確

率を予測する上で一般化可能な、有用な式であると考えられた。この回帰式を活用し、実際に現場に有用な新たなゴールキーパー評価を行っていくことが、今後の課題として上げられる。

文 献

- Hosmer, Jr., D. W., Lemeshow, S., and Sturdivant, R. X. (2013) *Applied Logistic Regression*, Third Edition. John Wiley & Sons.
- Grehaigne, J. F., Bouthier, D., and David, B. (1997) Dynamic-system analysis of opponent relationships in collective actions in soccer. *Journal of Sports Sciences* 15(2): 137-149.
- 平嶋裕輔・中山雅雄・内藤清志・浅井武 (2014) サッカーにおけるゴールキーパーのシュートストップ難易度の定量化. *体育学研究*, 59 : 805-816.
- Hong, S. and Asai, T. (2014) Effect of panel shape of soccer ball on its flight characteristics. *Scientific Reports*, doi: 10.1038/srep05068
- Hughes, M. (2003) Notational analysis. In: Reilly, T. (ed.) *Science and soccer* (2nd ed.). Routledge, pp.245-264.
- 加藤健太 (2016) サッカーにおけるデータ分析とチーム強化. *電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン*, 10(1) : 29-34.
- 古谷野亘・長田久雄 (1992) *実証研究の手引き—調査と実験の進め方・まとめ方—*. ワールドプランニング, pp.31-34.
- 西内啓 (2012) 遠藤保仁がいればチームの勝ち点は117%になる データが見せるサッカーの新しい魅力. *ソフトバンククリエイティブ*, pp.37-45.
- 大江淳悟・上田毅・沖原謙・磨井祥夫 (2013) サッカーにおけるゲームパフォーマンスの客観的評価. *体育学研究*, 58 : 731-736.
- 鈴木宏哉・西嶋尚彦 (2002) サッカーゲームにおける攻撃技能の因果構造. *体育学研究*, 47 : 547-567.
- 田中和久 (1984) サッカー競技におけるスタイルの研究 最終ディフェンスラインの突破方法. 第4回サッカー医・科学研究会報告書: 日本サッカー協会, pp.70-78.
- 鳥越規央 (2011) 9回無死1塁でバントはするな 野球解説はウソだらけ. 祥伝社, pp.92-103.
- 内田治 (2011) SPSSによるロジスティック回帰分析. オーム社, p.141.

(2017年7月21日受付)
(2018年3月2日受理)

Advance Publication by J-STAGE
Published online 2018/4/16