

サッカーのペナルティキックにおける傾向と対策

—2018 年 W 杯ロシア大会の映像分析と PK 実験から—

Analysis of soccer penalty kicks in the FIFA World Cup 2018
and an experimental investigation

佐々木 宏 之
鈴木 達 也

Hiroyuki Sasaki and Tatsuya Suzuki

はじめに

サッカーの試合では自陣のゴール前（ペナルティエリア）で反則行為を行うと相手チームにペナルティキック（以下、PK）の機会が与えられる。PK ではゴールから 11m の位置にあるペナルティマークにボールを静止させ、ゴールキーパー（以下、GK）以外の選手に妨害されることなく、直接シュートすることができる。また、サッカーは制限時間内の得点を競うスポーツなので引き分けに終わることも少なくないが、トーナメント戦のように必ず勝敗を決めなければならない試合で決着がつかないときは、両チームが 5 回ずつ交互にキックを行う PK 戦が実施される¹。PK 戦は両チーム全 10 回を行う前に勝敗が決したときはその時点で終了するが、逆に全 10 回終了時点で同点のときは得点差が生じるまで PK 戦を続行する。

サッカーはバスケットボールなどの他の球技に比べて 1 試合あたりの得点数が少なく、得点が困難なスポーツである。サッカーの得点は多くの失敗を重ねる中で達成されると言えるだろう。例えば、日本プロサッカーリーグ 1 部リーグ（J1）の 2018 年シーズンは、合計 6489 回のシュートに対して 813 ゴール、各チーム 1 試合あたりの平均得点は 1.33 点だった。ところが、これが PK に限ると、70 回のシュートに対して 56 ゴールで、80% の確率で得点が入っている。通常のプレー中のシュートに比べれば、PK は成功するのが当たり前の得点機会なのである。当然キッカーには通常のプレーにはないプレッシャーがかかる²。しかも PK は、ボールもキッカーも静止した状態から数秒かけてシュートに至る

¹ PK 戦は先攻が有利というデータがあることから、先攻・後攻が入れ替わる ABBA 方式も提案されている。しかし、国際サッカー協議会（IFAB）ではこれを導入しないことが決まり、2019 年 6 月 1 日付でサッカーのルールに明記されることになった。

² キッカーとは対照的に GK は、通常のプレー中は失点を招くミスは許されないというプレッシャーにさらされるが、PK では逆に失点は止むを得ず、失点阻止できれば大成功となる。

ことが、シュート技術以外の心理的な要因を生起させる余地を与える。特にPK戦はそれ自体が勝敗を決定づけるため、キッカーのプレッシャーはさらに大きくなる。相手チームの結果を目の当たりにすることも影響するだろう。こうした理由から、PKはシュート技術やチーム戦略といった技術的側面のみならず、キッカーとGKの視覚認知、意思決定、自己制御、不安など様々な心理的側面が研究されてきた。そこで本論文は、PKに関するMummert, Huttermann, Hagemann, Löffing, & Strauss (2013)の総説に基づいて、PKに潜む心理プロセスをキッカーの視点とGKの視点から概観し(表1も併せて参照のこと)、我々が行った2018FIFAワールドカップロシア大会のPK分析の結果及びPK実験の結果を報告する¹。

キッカーに関する研究

ユニフォームの色の選択

攻撃性を色で表せば赤となるように、色には異なる意味合いがある。例えば、格闘技における色の効果についての研究は、赤を着用する選手は青を着る相手に勝つ傾向があることを示している(Hill & Barton, 2005)。同様に、サッカーのユニフォームの色とチームの勝率を分析した研究は、赤を着るチームはホームゲームで勝つ傾向があることを明らかにした(Attrill, Gresty, Hill, & Barton, 2008)。また、Greenlees, Leyland, Thelwell, & Filby (2008)によると、赤いユニフォームのPKキッカーがGKと視線を合わせずに蹴るとき、GKはセーブに失敗しそうだと考えてしまう²。こうした赤の効果については、赤を着た本人の攻撃性が高まるからなのか、赤を着た相手から攻撃性を感じるからなのか、まだ結論は出ていない。

キッカーの選択

チームにとってPKを得たときの最大の問題はどの選手をキッカーにすべきなのかということだが、良いPKキッカーは選手の自己制御を測定する尺度によってスクリーニングできるかもしれない。自己制御に関して制御焦点理論を提唱したHiggins (1997, 2000)によると、“責任”や“義務”に焦点化する個人は予防焦点傾向が高く、“熱望”や“達成”に焦点化する個人は促進焦点傾向が高い。このアプローチに従えば、PKのパフォーマンスが制御焦点傾向から予測できる。Plessner, Unkelbach, Mummert, Baltes, & Kolb (2009)はこれを検討し、予防焦点傾向のキッカーが促進焦点傾向のキッカーより高い確率でPK

¹ 本論文は新潟国際情報大学平成30年度卒業論文(鈴木, 2019)において行った調査をもとに作成された。

² その逆もまた然りで、GKが赤いジャージを着ているとPKの成功率が下がることが報告されている(Greenlees, Eynon, & Thelwell, 2013)。

を成功させることを見出した。つまり、PK は得点できて当然で果たすべき義務とみなされるため、予防焦点傾向が高いキッカーのほうがPK の場面に適合するということである。ただし、サッカーというスポーツ自体、得点という“達成”機会が少なく、失点につながるミスを起こせないという“責任”が伴うこともあって、サッカー選手はもともと他のスポーツの選手に比べて予防焦点傾向が高いことが知られている（Unkelbach, Plessner, & Memmert, 2009）。

心理的負荷

先述したように PK はサッカーの試合の中でも特に心理的な負荷がかかる場面である。プロチームの選手であれば PK に必要なシュート技術は当然持っているが、必ずしもプレッシャーを乗り越える精神的な強さを持っているわけではない。高度な技術を持つアスリートでも、高い心理的負荷の下では習熟した容易な課題を失敗してしまう¹。Horikawa & Yagi（2012）は特性不安と状態不安が PK のパフォーマンスにどう影響するか調べ、高い特性不安が高い状態不安を引き起こして PK のパフォーマンスに干渉するという心理プロセスを明らかにした。このように、PK キッカーがプレッシャーにつぶされる現象を説明する要因として、不安は有力な候補であろう。

そして、キッカーがプレッシャーにつぶされるもう一つの要因は意識の向け方によるものである。身体の動きを意識すぎるあまり習熟した自動的な運動ができなくなったり、逆にプレッシャーに気を取られてシュートに集中できず自分を見失ってしまったりする。Wilson, Wood, & Vine（2009）はキッカーの視線を記録し、プレッシャーにさらされるとキッカーは GK に長く視線を向けてしまい、ボールも GK に向け蹴って失敗することを報告している。

シュートの方略

どの方向にシュートすればいいのかについては答えが一つある。PK は高めに蹴ればほぼ確実に成功する²。それでも高めのコースがあまり狙われない理由は外すリスクが高いからである。左右方向に関しては、GK は左右どちらかに跳ぶつもりでいるので、GK が跳ぶ反対の枠内に蹴れば PK は 100% 成功する。GK の読みが当たって GK が跳んだ方向

¹ サッカー史上もっとも有名な PK 失敗は 1994FIFA ワールドカップアメリカ大会決勝戦でのイタリア代表選手ロベルト・バッジョの PK であろう。最後のキッカーを負かされたバッジョのシュートはクロスバーを大きく越えてしまう。この PK は外せば優勝を逃がすという極度のプレッシャーの中で行われたのだが、怪我をおして炎天下 120 分プレーした後という過酷な状況もキックミスの要因として無視できない。

² 異なるサッカーリーグの 286 の PK の分析による（Bar-Eli & Azar, 2009）。

に蹴ったとしても、ゴールポスト近くのシュートは止められないので40%は成功する。

その上キッカーは中央に蹴る選択をすることもできる。1970年代にオランダ代表として活躍したヨハン・ニースケンス選手は、代表戦でこの第三のオプションを選んで中央に蹴った最初のキッカーだったが、それが安全な選択だったのか論争を巻き起こした。安全かはともかく、中央に蹴ってセーブされたときの心理的ダメージは、左右のコースを狙って失敗したときより大きくなるのは間違いない¹。

また、キッカーがシュートコースをどのタイミングで判断するかということも問題となる²。GKの反応に関係なくあらかじめ蹴る方向を決めることもできるし、GKの動きに応じて判断することもできる。コンピュータを用いた実験課題では、400ミリ秒前のGKの動きに反応してシュートの方向を切り替えることができた(Morya, Ranvaud, & Pinheiro, 2003)。ただし、プレッシャーを感じるとGKの動きに反応する最少時間は増大する(Navarro et al., 2012)。

GKの動きに反応するキッカーの代表格は元日本代表の遠藤保仁選手である。遠藤選手はGKの動きや重心を見極めてGKが動けない方向に蹴る。動けないとわかれば強く蹴る必要もない。相手をあざ笑うかのような弱めのシュートは“コロコロPK”と呼ばれ話題となった。これはワールドカップのような大舞台でも「緊張したことがない」という遠藤選手の類まれなメンタルの強さのなせる業で、結局のところGKを気にしないシュート方略がより成功するようである。GKを気にしないほうが集中して蹴ることができるので、キッカーのシュートの精度も高くなる。

PK戦

PK戦は試合中のPKとは違い、勝敗を決定づける点と複数のキッカーが関与する点で、試合中のPKにも増して特殊な状況を生む。

キッカーの順序： McGarry & Franks (2000) が推奨する手順によると、PK戦のキッカーの順序は選手の能力に関して逆順にしたほうがよい。つまり5番目に優れた選手を最初のキッカーにして、4番目に優れた選手を2番目のキッカーにするのである。しかしそれでも、PK戦終盤になるほど成功率は低下する。無論これは終盤のほうがプレッシャーがかかるためであるが、6巡目以降については最初の5選手に比べて優れた選手とは言えないからである。

¹ 左右どちらでも蹴っておけば容易に成功していたという後悔や、GKの裏をかいたつもりが見透かされたという屈辱など。

² PK戦であれば、キッカーの選択と同時に、チーム戦略としてキッカー全員の蹴る方向まで決めることが可能である。

PKの準備： Jordet, Hartman, & Sigmundstad (2009) は PK 戦での時間間隔がパフォーマンスに影響することを示した。レフェリーの合図の笛から蹴るまで時間をかける選手は成功する確率が高い。また、Furley, Dicks, Stendtker, & Memmert (2012) の実験によると、シュートを急ぐ選手、GK に背を向ける選手は PK に失敗しやすい。しかし、レフェリーの笛の後長く待ちすぎるのもキッカーに不利となる。自己制御の不全をまねきプレッシャーにつぶされるからである。

国民的人気： チームの国民的人気の高さが逃避的な自己制御方略を導き、その結果パフォーマンスの低下をもたらす (Jordet, 2009a, 2009b)。多くのタイトルを獲得した代表チームや国際的に有名な選手が多くいるチーム、すなわちイングランドやスペインのように国民的人気の高いチームの選手は、PK の準備時間を多く取ろうとしない。例えばイングランド代表選手は、レフェリーの笛に続いてすぐに（平均 0.28 秒）助走を始めるため、GK を直視することがない（56.7% の選手が準備中 GK に背を向ける）。こうした国の代表監督は人気のある選手や期待されている選手を使わないほうがいいかもしれない。

ゴールセレブレーション： Moll, Jordet, & Pepping (2010) によれば、PK に成功したら相手チームのパフォーマンスが落ちるようにできるだけ芝居がかった喜び方をしたほうがいい。そして、そうした喜び方は味方のパフォーマンスにもポジティブな結果を引き起こす。Furley, Dicks, & Memmert (2012) は PK 前のキッカーの自信なさそうな素振りには相手 GK の自信を高め、自信ありげな素振りは反対の効果を及ぼすことを示している。

GK に関する研究

統計の使用

基本的に PK を止めるのは非常に困難なタスクである。キッカーは 74.2% の確率で PK を成功させるが、GK がセーブできるのは 18.8% だけである (Dohmen, 2008)。PK のセーブが難しい理由の一つは、ボールが 11m の距離から 50 ～ 100 キロのスピードで放たれ、キックからわずか 600 ミリ秒でゴールラインを割るからである (Franks & Harvey, 1997)。GK の動き出すまでの時間と跳びこむ時間を考慮すると（500 ～ 700 ミリ秒）、ボールの動きに合わせて反応するのでは不十分で、キッカーがボールに触れる前にどちらに跳ぶか決めなければならない。

助走からキックまでの情報からシュートの方向を予測することが難しければ、GK は過去の統計を参照するべきである。まず、キッカーはゴール上部を狙うことはほぼない（中間 30.4% 下部 56.6% に対して上部 12.9%）(Bar-Eli & Azar, 2009)。そして、図 1 に示されるように、右利きは左に、左利きは右に蹴る傾向がある。GK もそのことを知っているのだからキッカーが右利きのときは左に跳ぼうとし、左利きのときは右に跳ぼうとする (Palacios-Huerta, 2003)。成功する確率の高い方略の一つがどちらにも跳ばずに中央に残るという選

択である。しかし、PK の 29% が中央に蹴られるにもかかわらず、GK は 6% しか中央に残ろうとしない (Bar-Eli, Azar, Ritov, Keidar-Levin, & Schein, 2007)。また、水平方向に有意な違いはなく、左でも右でもセーブできる確率は等しい (Bar-Eli & Azar, 2009)。

一方で、GK 自身も跳ぶ方向に偏りが生じることを認識しておくといよい。Roskes, Sligte, Shalvi, & De Dreu(2011)は1982年から2010年までのワールドカップでのPK戦を分析し、PK戦で劣勢にあるチームのGKは71%の確率で右(キッカー視点では左)に跳ぶことを見出した。同点のときや勝っているときは、GKのジャンプに左右の偏りはない。この分析結果については、PK戦の劣勢が目標達成の動機づけを高めて左半球を活性化し、結果右側への運動に偏るという大脳半球機能差から説明されている。したがって、劣勢にあるGKは、自分でも気づかぬうちに右に跳ぶかもしれないことを覚えておくといよいだろう。

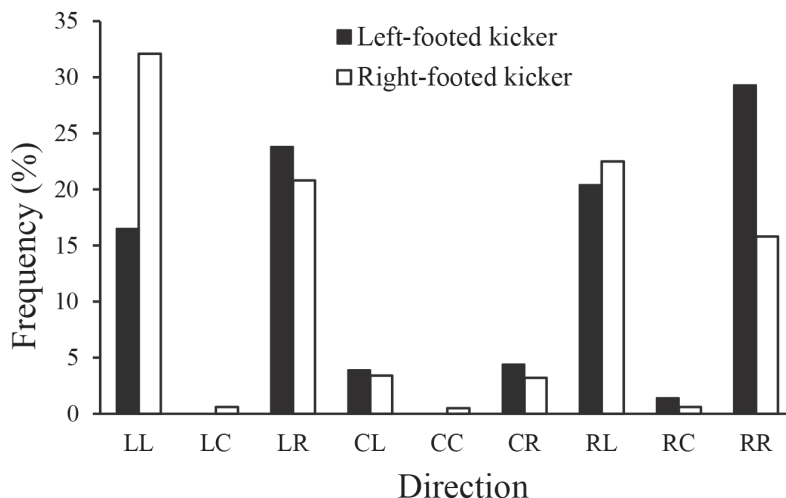


図1 キッカーのシュートコースとGKの跳ぶ方向 (Memmert et al. (2013) より)

Lはキッカーから見て左方向、Cは中央、Rは右方向を表す。2文字のうち左の文字はキッカーが蹴った方向、右の文字はGKが跳んだ方向を表す。

また、Misirlisoy & Haggard (2014) は1976年から2012年までのワールドカップとUEFA欧州選手権¹のPK戦を分析し、GKの判断にいわゆる“ギャンブラーの誤謬 (gambler’s fallacy)”が生じていることを報告した。ギャンブラーの誤謬とは例えばサイコロで同じ目が繰り返されると次は同じ目は出ない²と予想してしまう心理バイアスである。すなわちGKは同じ方向へのシュートが続くと、反対の方向にジャンプする傾向がある。そしてキッカーはそのことに気づいていない(利用していない)。したがって、GK

¹ 欧州サッカー連盟(UEFA)が主催する国別対抗戦。現在はEUROとも呼称される。ワールドカップの2年後に4年に一度開催される。

² 過去の出目は影響しないので、何度同じ目が繰り返されても次にまた同じ目が出る確率は1/6である。

は同じ方向のシュートが続いてもそのことを意識するべきではないし、キッカーは敢えて同じ方向に続けて蹴るとよいだろう。

PK の予測

GK 初心者と熟練者にキックの映像の一部からシュートの方向を予測させると、熟練者はキックの 120 ミリ秒前までの映像でシュートの方向を正しく予測した (Williams & Burwitz, 1993)。GK が予測に際して何を見ているのか明らかにするために PK 映像視聴中の眼球運動を測定した研究では、熟練者は蹴り足と軸足とボールに注意を向けたが、初心者は腕と胴と腰を凝視した (Savelsbergh, Williams, Van der Kamp, & Ward, 2002)。ただし、実際の PK 場面での GK の眼球運動は映像視聴のそれとは異なることが指摘されている。実際の PK では GK はボールを集中的に凝視し、足はほとんど見ない。

右利きのキッカーの場合、股関節が外側に開いた状態では GK の左にボールが蹴られ、内側に閉じた状態では GK の右にボールが蹴られる (Williams & Burwitz, 1993)。また、蹴る瞬間まで待てる GK であれば、キッカーの軸足の方向を見ればよい。なぜなら軸足がボールの方向を示すからだ (Lees & Owens, 2011)。したがって、GK は助走から蹴るまでのキッカーの動きから可能な限り情報を得るために、左右のジャンプをできるだけ待ったほうがよい。GK がシュートの方向予測に利用すべきキッカーの動きの特徴は、(1) 軸足のつま先の方向、(2) 胴体の向き、(3) ボールに対する軸足の位置、(4) 助走の角度、の 4 つである。

キッカーの利き足

ドイツのプロサッカーリーグ (ブンデスリーガ) では、1993 年からの約 10 年間で 36.24% の PK が左利きの選手により行われている (Dohmen, 2008)。右足に比べると、左足のシュートは右方向に多く蹴られる (図 1)。左足の PK の予測の精度は右足の PK に比べて 2% 低く、GK にとって左足のシュートは予測しづらい。左利きの選手は右利きの

表 1 PK 研究により推奨されるキッカーと GK の方略 (Memmert et al. (2013) より)

キッカー		GK	
選手の選択	・ 予防焦点傾向を選ぶ ・ 左利き ・ 赤いユニフォームを着る	助 走	・ レフェリーがすぐに蹴らせないように時間をかける ・ 手を動かしたり、ジャージの色で注意をひいたりする ・ フェイクの動きをいれる ・ 中央に立たず、左右に少し寄って立つ ・ 軸足の位置や腰／胴の角度から予測する ・ 蹴る直前にジャンプする ・ 静止するのではなく動く
助 走	・ 蹴る方向を決めておく ・ 時間をかける ・ GK を見る	シュート	・ とくとき跳ばずに中央に残る ・ キッカーが右利きでは左に、左利きでは右に跳ぶ ・ 蹴る瞬間の足元をよく見る
シュート	・ 技術的に可能なら上部を狙う ・ 蹴るときは蹴る方向を見る ・ 軸足を蹴る方向に向けない	得 点 後	セーブ後
得 点 後	・ 芝居じみた喜び方をする	セーブ後	・ 喜ぶ

選手に比べて少なく、GK は左足のシュートに慣れていないため予測が難しいからである。これはブンデスリーガでの PK 成功率（右 76.22% に対して左 72.15%）に裏付けられる（Baumann, Friehe, & Wedow, 2011）。ただし、イタリアプロサッカーリーグ・セリエ A ではそうした差はない（Chiappori, Levitt, & Groseclose, 2002）。

GK のトリック

GK のセーブ成功率を高めるには、キッカーのシュートに反応するだけでなく、GK からキッカーに何らかの働きかけをする方法もある。その一つが、GK がゴール中央から左右どちらかに少し寄って立つというトリックである。Masters, van der Kamp, & Jackson (2007) は GK がキッカーに気づかれない程度に左右に寄って立ったときに、キッカーは自分でも気づかずに広い方向にシュートすることを示した。

また、プレッシャーにさらされた選手は長い時間 GK を見る傾向がある。そして、キッカーは GK が動いていると GK に向けてシュートしがちである。したがって、GK はキッカーのこうした特徴を利用することができる。Wood & Wilson (2010) によれば、GK が腕を上下に振ることでキッカーの注意を引き付けることができ、腕を動かしたほうが有意に PK をセーブできる。

2018FIFA ワールドカップロシア大会の PK 分析

ここまでの PK 研究をふまえ、我々は 2018 年に開催されたワールドカップロシア大会の PK を分析した。分析には全試合のムービーを再生できるモバイルアプリ「NHK 2018 FIFA ワールドカップ」¹を使用した。著者の 1 人が試合中の PK と PK 戦を併せて計 65 本の PK を視聴し、以下の 7 項目について計測・分類した。(1) PK の成否、(2) キッカーの利き足、(3) シュートコース（左、中央、右）、(4) GK の跳ぶ方向（左、中央、右）、(5) キッカーの助走の歩数、(6) レフェリーの笛が鳴ってからキッカーが蹴るまでの助走時間、(7) キッカーが蹴るまでの GK の動きの有無と動いている場合その時間、である。

記述統計

まず、各項目についての度数分布を見てみると、(1) PK の成否は 65 回中成功 47 本、失敗 18 本だった。成功率 72.3% はプロサッカーの PK 成功率としてはやや低めである（Almeida, Volossovitch, & Duarte, 2016）。(2) キッカーの利き足は 55 本が右利きで、10 本が左利きだった。左利きが 15.4% という数値は左利きのプロサッカー選手がおよそ 2 割であることを考えるとやや少なめである（Carey et al., 2001）。PK での左利きキッカーの優位性を考慮すればもっと左利き選手が選ばれるべきであった。(3) シュートコースと (4) GK の跳ぶ方向については、Memmert et al. (2013) による過去の PK（図 1）と概ね似たような分布の偏りが示された（図 2）。(5) キッカーの助走の歩数は図 3 に示され

¹ 現在サービスは終了している。

るように4歩を最頻値として多くが3～8歩の範囲に収まっている。この範囲を超えるような助走は、長い距離を移動したのではなく、その場で足踏みしたことによる。(6) キッカーが蹴るまでの助走時間は図4に示されるように4秒を境目として双峰性の分布となっている。助走時間と歩数に相関関係 ($r = .353, p < .01$) がある一方で、単峰性の歩数に対して助走時間が双峰性となっているのは、助走開始まで時間をかけるプレーやワンテンポ遅らせてフェイントをかけるプレーが含まれるからである。(7) GKの動きについては、43本のPKでボールを蹴るまでGKは静止していた(図5)。動きがある場合もその多くが2秒以下であり、キッカーに意識させて集中を妨げるというよりは蹴る瞬間に驚かせてミスを誘う意図があるようだ。

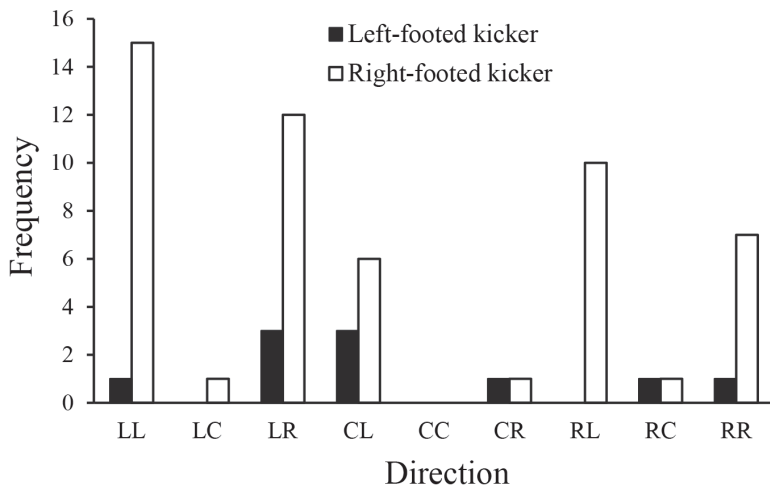


図2 キッカーのシュートコースとGKの跳ぶ方向

Lは左方向、Cは中央、Rは右方向（キッカー視点）。左の文字はキッカー、右の文字はGK。図1の縦軸は相対度数（比率）だったが、図2は度数である。

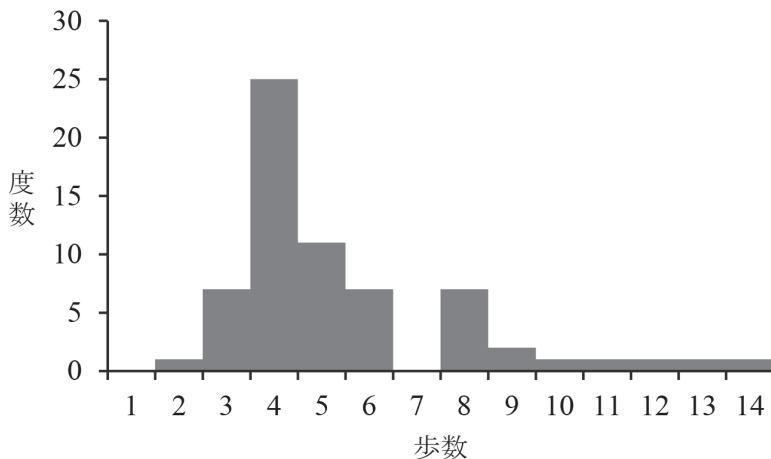


図3 キッカーの助走開始からキックの軸足の着地までの歩数

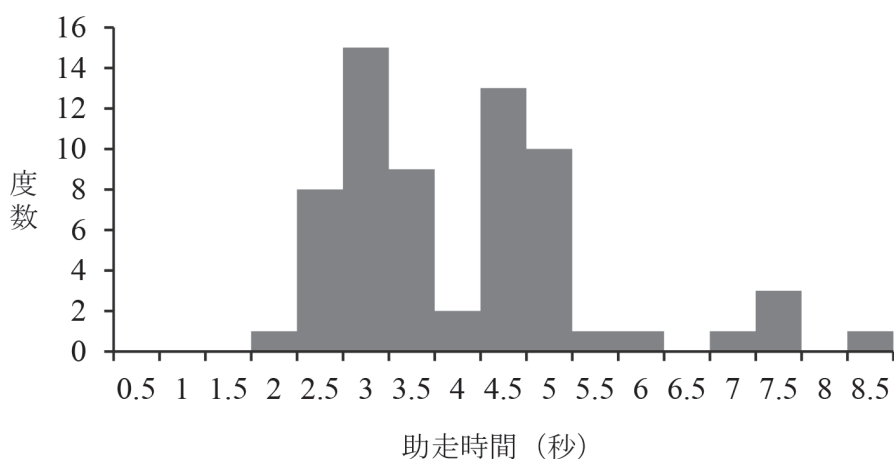


図4 笛が鳴ってからキックの瞬間までの時間

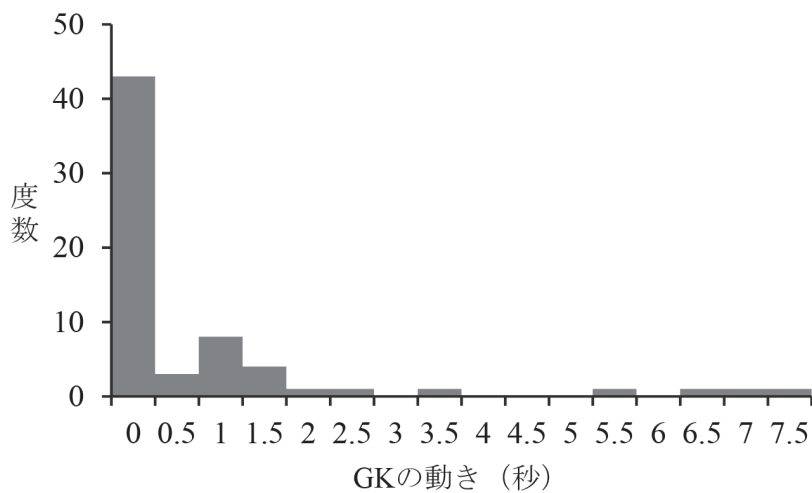


図5 キックの瞬間までの間に GK が動く時間

表2 助走時間とシュートコースの関係

		シュートコース			合計
		左	中央	右	
助走時間	～ 4.0 秒	12	6	15	33
	4.0 秒～	20	5	5	30
合計		32	11	20	63

助走時間とシュートコースの関係

次に、変数間の関係を分析した中で関係性が認められたものを挙げていく。図4で見た通り、キッカーは蹴る時間を遅らせたりフェイントをかけたりする。しかし、そのことがシュートコースの偏りを生じさせるのであれば、GKからすればかえって予測しやすいことになる。蹴るまでの助走時間は4秒を境目として双峰性の分布を示したため、4秒以下と4秒以上で2群に分けてシュートコースとの関連性を分析した（表2）。独立性の検定の結果、助走時間とシュートコースには連関があることが示された（ $\chi^2(2) = 6.964$, Cramer's $V = .332$, $p < .05$ ）。残差分析によると、4秒以上では左に蹴られる傾向がある。したがって、GKはキッカーが蹴るまでに時間をかけた際には右にジャンプすればよい。

GKの動きとPK成否の関係

キッカーがフェイントをかけてGKを揺さぶる一方で、GKもキッカーの注意を引く動きをする。そのGKの動きがPKの妨害に奏功したのか、GKの動きの有無とPK成否の関連性を分析した（表3）。独立性の検定の結果、GKの動きとPKの成否には連関があり（ $\chi^2(1) = 8.265$, Cramer's $V = .352$, $p < .005$ ）、残差分析の結果、GKの動きがあるとPKは失敗しやすいことが示された。したがって、Wood & Wilson (2010)の研究にもあったように、GKはキッカーの助走の間静止せずに動いていたほうがよい。

PK成否に対するキッカーの歩数とGKの動きの関係

これまでのPK研究はキッカーかGKかどちらかの視点だけで、これらの相互作用に注意が向けられていないという指摘がある（Memmert et al., 2013）。PKの成否はキッカーとGKがそれぞれ独立に要因となるだけでなく、互いに影響し合ってPKの成否に結び付くことも考えられる。そこで、キッカーの歩数とGKの動きの相互作用がPKの成否を予測するかロジスティック重回帰分析を行ったところ（表4）、歩数とGKの動きの交互作用に有意な効果が認められ、キッカーの歩数が多いときはGKは動いたほうがPK失敗を導くが、歩数が少ないときはGKの動きは影響しないことが明らかとなった（図6）。

表4 PKの成否を予測するロジスティック重回帰分析

表3 GKの動きとPK成否の関係

	GKの動き		合計
	なし	あり	
PK 失敗	7	11	18
PK 成功	36	11	47
合計	43	22	65

変数名	B	SE	95%下限	95%上限	オッズ比	p値
歩数	0.100	0.137	-0.169	0.369	1.105	.465
GK の動き	-1.828	0.659	-3.119	-0.537	.161	.006 **
歩数× GK の動き	-0.543	0.275	-1.081	-0.004	.581	.048 *
-2 対数尤度	65.615					
R ²	.273 *					

* $p < .05$, ** $p < .01$

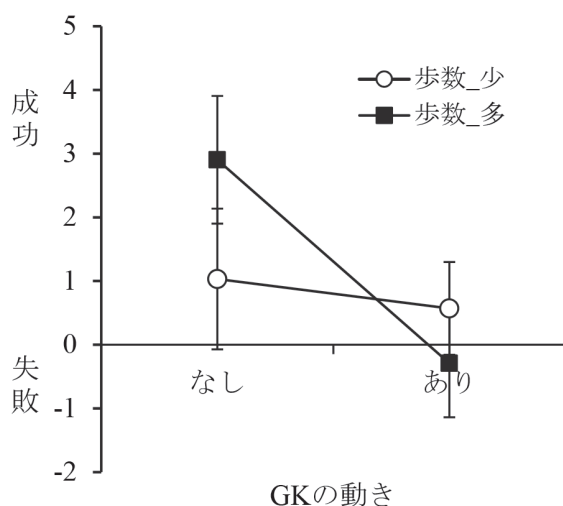


図6 PKの成否に対するGKの動きと歩数の相互作用

PK 実験

次に、PKの結果を左右するGK要因とキッカー要因に関して我々が行った実験的検討を紹介する。GK要因に関しては、キッカーの注意をひく動きと跳ぶ方向について検討した。キッカー要因に関しては、助走前にシュートコースを決定したほうがいいのかという点とキッカーの不安傾向の影響について検討した。

方 法

期間と実施環境： 2018年10月26日から11月9日の間で、人工芝あるいは天然芝のグラウンドで実施した。天候は全て晴れであった。

実験参加者： キッカーはサッカー経験者の男性 30 名だった。平均年齢は 21.5 歳、学校の部活動や民間のクラブチームに所属した平均年数は 10.3 年であった。GK は GK 経験者が担当した。

手続き： キッカーには、PK を 4 本連続で行うことを伝え、開始の笛が吹かれたら自分のタイミングでシュートを行うよう教示した。GK には、4 本の PK のうちランダムな順で 2 本だけキッカーが蹴る前にフェイントの動きを加えるよう教示した。PK の様子は GoPro HERO6 により撮影した。PK 終了後、キッカーにはアンケートへの回答を求めた。

アンケート： アンケートの項目は、(1) 年齢、(2) サッカー歴、(3) 緊張しやすいか (1. そう思う～2. そう思わない)、(4) 不安になることはあるか (1. ある～4. ない)、(5) 試合中 PK を蹴りたいか、(6) PK 戦になった場合蹴りたいか、(7) 蹴るコースは決めていたか (4 本それぞれについて)、(8) GK の動きに気づいたか、であった。

結 果

著者の 1 人が PK を撮影した映像をもとに以下の 7 項目について計測・分類した。(1) PK の成否、(2) シュートコース (左、中央、右)、(3) GK の跳ぶ方向 (左、中央、右)、(4) キッカーの助走の歩数、(5) 笛が鳴ってからキッカーが蹴るまでの時間、(6) キッカーが蹴るまでの GK の動きの有無、である。

GK の動きと PK 成否の関係

4 本中 2 本で行った GK の動きによって PK が妨害されたのか、GK の動きの有無と PK 成否の関連性を分析した (表 5)。GK の動きに気づいていたのは 30 人中 25 人であった。独立性の検定の結果、GK の動きと PK 成否の連関は有意傾向であった ($\chi^2(1) = 3.077$, Cramer's $V = .160, p = .079$)。したがって、我々が行ったワールドカップロシア大会の映像分析結果と同様に、GK は動いてキッカーを攪乱することによって PK 成功率を下げられることが実験的な操作においても確認された。

GK の跳ぶ方向と PK 成否の関係

Memmert et al. (2013) が指摘するように、GK は左右にジャンプせず中央に留まったほうがいいのか。これを検討するため、GK の跳ぶ方向と PK 成否の関連性を分析した (表 6)。独立性の検定の結果、GK の跳ぶ方向と PK の成否には連関があり ($\chi^2(1) = 8.449$, Cramer's $V = .265, p < .05$)、残差分析の結果、GK は中央に留まったほうが PK は失敗しやすいことが示された。

本実験の GK は 120 回の PK のうち 27 回 (22.5%) で中央に留まったが、Bar-Eli et al. (2007) のプロリーグの分析によれば GK は 6% しか中央に残ろうとしない。無論他の分析結果についても言えることだが、本実験の参加者はアマチュアレベルであること、実験的な PK であるためキッカーのプレッシャーは実際の試合とは異なること、一人のキッカーにつき 4 回蹴るチャンスがあったこと、以上の点は留意する必要がある。

助走前のシュートコースの決定と PK 成否の関係

Memmert et al. (2013) が結論したように、キッカーは GK を気にせずにシュートコースをあらかじめ決めたほうがいいのだろうか。PK 後にアンケートで確認した「蹴るコースを決めていたか」という点と PK 成否の関連性を分析した (表 7)。独立性の検定の結果、シュートコースの事前決定と PK の成否には関連があり ($\chi^2(1) = 4.650$, Cramer's $V = .197$, $p < .05$)、残差分析の結果は助走前にシュートコースを決めたほうが PK の成功率は高くなることを示した。そして、この結果に加えて実際にどのコースに蹴ったのかを示したグラフが図 7 である。図から明らかなように、シュートコースを決めずに中央に蹴ったシュートはその半分以上が GK に防がれている。

表 5 GK の動きと PK 成否の関係

	GK の動き		合計
	なし	あり	
PK 失敗	15	24	39
PK 成功	45	36	81
合計	60	60	120

表 6 GK のコースと PK 成否の関係

	GK			合計
	左	中央	右	
PK 失敗	10	15	14	39
PK 成功	28	12	41	81
合計	38	27	55	120

表 7 助走前のシュートコース決定と PK 成否の関係

	シュートコース		合計
	決定	未定	
PK 失敗	13	26	39
PK 成功	44	37	81
合計	57	63	120

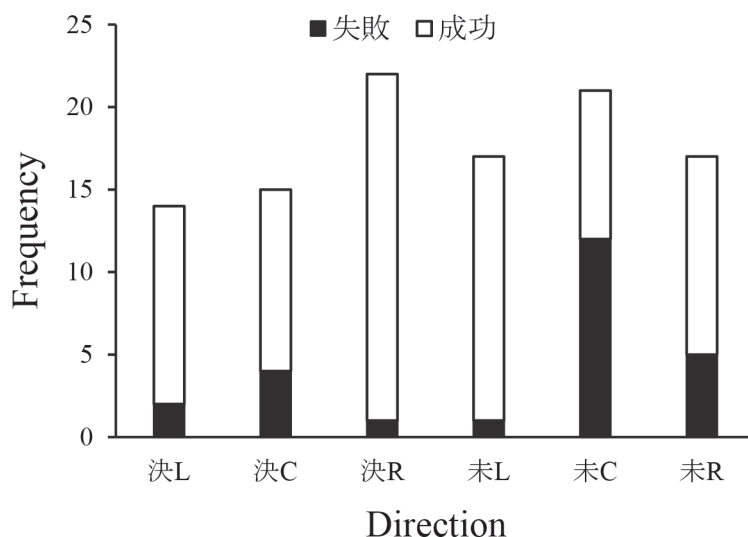


図7 PK 成否に対する助走前のシュートコースの決定とシュートコース

キッカーの不安傾向と PK 成否の関係

Wilson et al. (2009) によると、プレッシャーにさらされたキッカーは GK に視線を向けて失敗する。そして我々のワールドカップロシア大会の PK 分析では、キッカーの歩数が多いときに GK が動くとき PK 成功率が低下することが明らかになった。これらの結果から次のような仮説を導くことができる。すなわち、プレッシャーを感じやすい（不安傾向の高い）キッカーは、助走の歩数が多いときに GK の動きで注意を引き付けられると PK を失敗しやすいだろう。

重回帰分析の結果（表 8）、GK の動きがあるときは、歩数と不安傾向の交互作用効果に有意な傾向が見られ、不安傾向が高いキッカーは歩数が多いときのほうが PK を失敗するが（図 8）、GK に動きがないときはそうした効果は見出されなかった。よって先の仮説は支持されたと言えよう。不安傾向の高い選手は避けられるなら PK を蹴らないほうがよいが、PK 戦で蹴らなければならないようなときはシュートコースをあらかじめ決めて、助走を少なめに蹴ったほうがよいということである。

おわりに

サッカーは 20 人のフィールドプレイヤーが動き回る中、転がるボールを足でコントロールするという不確定要素の多いスポーツである。しかし、GK と対面したキッカーが静止したボールを蹴る PK では、その不確定要素を最小限にすることができる。試合中のどの局面にも増して事前の分析と準備がものをいう試合場面である。そしてそれが多くの場合勝敗を決定づけるのだから、本論文で見てきた PK 研究の成果を利用しない手はない。に

もかわらず、プレー戦術が日進月歩で進化する現代サッカーにあっても、PK だけは旧態依然の選手まかせのプレーが行われている。確かにそれもまたサッカーの魅力の一つと言えるだろう。しかし、もしもこれから我々がPKを目にする中で、GKがフェイントの動きをしたり、左右に跳ばずに中央に残ったりすることが多くなったとしたら、あるいは、どのキッカーも助走前に十分間をとりつつ少ない歩数で蹴るのを見るようになったとしたら、それはようやくPK研究の成果が実践に取り入れられるようになったことを意味するのかもしれない。

表8 PK成否に対するGKの動きの有無、歩数、不安傾向の影響

	変数名	R^2	ΔR^2	β
GKの動きあり	歩数	0.234	0.145 †	0.120
	不安傾向			-0.231
	歩数×不安傾向			-0.342 †
GKの動きなし	歩数	0.027	-0.085	0.128
	不安傾向			-0.088
	歩数×不安傾向			-0.018

† $p < .1$, * $p < .05$

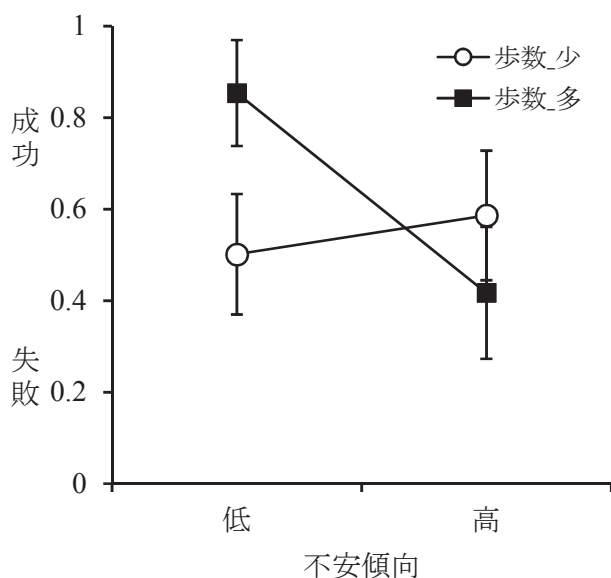


図8 GKが動く条件におけるキッカーの助走の歩数と不安傾向の相互作用

引用文献

- Almeida, C. H., Volossovitch, A., & Duarte, R. (2016). Penalty kick outcomes in UEFA club competitions (2010-2015): The roles of situational, individual and performance factors. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16, 508–522.
- Attrill, M. J., Gresty, K. A., Hill, R. A., & Barton, R. A. (2008). Red shirt colour is associated with long-term team success in English football. *Journal of Sports Sciences*, 26, 577–582.
- Bar-Eli, M., & Azar, O. H. (2009). Penalty kicks in soccer: An empirical analysis of shooting strategies and goalkeepers' preferences. *Soccer and Society*, 10, 183–191.
- Bar-Eli, M., Azar, O. H., Ritov, I., Keidar-Levin, Y., & Schein, G. (2007). Action bias among elite soccer goalkeepers: The case of penalty kicks. *Journal of Economic Psychology*, 28, 606–621.
- Baumann, F., Friehe, T., & Wedow, M. (2011). General ability and specialization: Evidence from penalty kicks in soccer. *Journal of Sports Economics*, 12, 81–105.
- Carey, D. P., Smith, G., Smith, D. T., Shepherd, J. W., Skriver, J., Ord, L., & Rutland, A. (2001). Footedness in world soccer: An analysis of France '98. *Journal of Sports Sciences*, 19, 855–864.
- Chiappori, P.-A., Levitt, S., & Groseclose, T. (2002). Testing mixed-strategy equilibria when players are heterogeneous: The case of penalty kicks in soccer. *The American Economic Review*, 92, 1138–1151.
- Dohmen, T. J. (2008). Do professionals choke under pressure? *Journal of Economic Behavior and Organization*, 65, 636–653.
- Franks, I. M., & Harvey, T. (1997). Cues for goalkeepers: High-tech methods used to measure penalty shot response. *Soccer Journal*, 42, 30–38.
- Furley, P., Dicks, M., & Memmert, D. (2012). Nonverbal behavior in soccer: The influence of dominant and submissive body language on the impression formation and expectancy of success of soccer players. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34, 61–82.
- Furley, P., Dicks, M., Stendtko, F., & Memmert, D. (2012). “Get it out the way. The wait’s killing me.” Hastening and hiding during soccer penalty kicks. *Psychology of Sport and Exercise*, 13, 454–465.
- Greenlees, I. A., Eynon, M., & Thelwell, R. C. (2013). Color of soccer goalkeepers' uniforms influences the outcome of penalty kicks. *Perceptual & Motor Skills*, 117,

1–10.

- Greenlees, I., Leyland, A., Thelwell, R., & Filby, W. (2008). Soccer penalty takers' uniform colour and pre-penalty kick gaze affect the impressions formed of them by opposing goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 26, 569–576.
- Higgins, E. T. (1997). Beyond pleasure and pain. *American Psychologist*, 52, 1280–1300.
- Higgins, E. T. (2000). Making a good decision: Value from fit. *American Psychologist*, 55, 1217–1230.
- Hill, R. A., & Barton, R. A. (2005). Red enhances human performance in contests. *Nature*, 435, 293.
- Horikawa, M., & Yagi, A. (2012). The relationships among trait anxiety, state anxiety and the goal performance of penalty shoot-out by university soccer players. *PLoS ONE*, 7, e35727.
- Jordet, G. (2009a). When superstars flop: Public status and choking under pressure in international soccer penalty shootouts. *Journal of Applied Sport Psychology*, 21, 125–130.
- Jordet, G. (2009b). Why do English players fail in soccer penalty shootouts? A study of team status, self-regulation, and choking under pressure. *Journal of Sports Sciences*, 27, 97–106.
- Jordet, G., Hartman, E., & Sigmundstad, E. (2009). Temporal links to performing under pressure in international soccer penalty shootouts. *Psychology of Sport and Exercise*, 10, 621–627.
- Lees, A., & Owens, L. (2011). Early visual cues associated with a directional place kick in soccer. *Sports Biomechanics*, 10, 125–134.
- Masters, R. S. W., van der Kamp, J., & Jackson, R. C. (2007). Imperceptibly off-center goalkeepers influence penalty-kick direction in soccer. *Psychological Science*, 18, 222–223.
- McGarry, T., & Franks, I. M. (2000). On winning the penalty shoot-out in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 18, 401–409.
- Memmert, D., Huttermann, S., Hagemann, N., Loffing, F., & Strauss, B. (2013). Dueling in the penalty box: Evidence-based recommendations on how shooters and goalkeepers can win penalty shootouts in soccer. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 6, 209–229.
- Misirlişoy, E., & Haggard, P. (2014). Asymmetric predictability and cognitive competition in football penalty shootouts. *Current Biology*, 24, 1918–1922.

- Moll, T., Jordet, G., & Pepping, G. J. (2010). Emotional contagion in soccer penalty shootouts: Celebration of individual success is associated with ultimate team success. *Journal of Sports Sciences*, 28, 983–992.
- Morya, E., Ranvaud, R., & Pinheiro, W. M. (2003). Dynamics of visual feedback in a laboratory simulation of a penalty kick. *Journal of Sports Sciences*, 21, 87–95.
- Navarro, M., Miyamoto, N., van der Kamp, J., Morya, E., Ranvaud, R., & Savelsbergh, G. J. P. (2012). The effects of high pressure on the point of no return in simulated penalty kicks. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34, 83–101.
- Palacios-Huerta, I. (2003). Professionals play minimax. *Review of Economic Studies*, 70, 395–415.
- Plessner, H., Unkelbach, C., Memmert, D., Baltes, A., & Kolb, A. (2009). Regulatory fit as a determinant of sport performance: How to succeed in a soccer penalty-shooting. *Psychology of Sport and Exercise*, 10, 108–115.
- Roskes, M., Sligte, D., Shalvi, S., & De Dreu, C. K. W. (2011). The right side? Under time pressure, approach motivation leads to right-oriented bias. *Psychological Science*, 22, 1403–1407.
- Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., Van der Kamp, J., & Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 20, 279–287.
- 鈴木達也 (2019). 絶対に負けられない PK がそこにある 新潟国際情報大学平成 30 年度卒業論文
- Unkelbach, C., Plessner, H., & Memmert, D. (2009). “Fit” in sports: Self-regulation and athletic performances. In J. Forgas, R. F. Baumeister, & D. M. Tice (Eds.), *Psychology of self-regulation: Cognitive, affective, and motivational processes* (pp. 93–105). New York: Psychology Press.
- Williams, A.M., & Burwitz, L. (1993). Advance cue utilization in soccer. In T. Reilly, J. Clarys, & A. Stibbe (Eds.), *Science and football II* (pp. 239–243). London: E & FN Spon.
- Wilson, M. R., Wood, G., & Vine, S. J. (2009). Anxiety, attentional control, and performance impairment in penalty kicks. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 31, 761–775.
- Wood, G., & Wilson, M. R. (2010). A moving goalkeeper distracts penalty takers and impairs shooting accuracy. *Journal of Sports Sciences*, 28, 937–946.

