

別紙1-1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 伊賀 崇人

論 文 題 目

サッカーのボールコントロールにおける
バイオメカニクス研究

論文審査担当者

主 査

名古屋大学総合保健体育科学センター教授 蛭田秀一

名古屋大学総合保健体育科学センター教授 佐々木康

名古屋大学総合保健体育科学センター教授 秋間 広

論文審査の結果の要旨

本研究は、サッカーの2つの主要技術のうち、「キック技術」に比べ動作の力学的メカニズムがほとんど解明されていない「ボールコントロール技術」におけるボールストップ動作に焦点を当て、そのメカニズムをバイオメカニクスの観点から明らかにするために、ボールと足部との間に作用する力を推定するボール反力推定モデルを確立し、その推定モデルを用いてボールコントロールにおけるボールと足部の挙動に関する運動学的特性および運動力学的特性を検討したものである。

本研究は、次の2つの研究から構成されている。研究1「ボールコンタクト中にボールと足部間に作用する力を推定するためのボール反力推定モデルの確立（第3, 4章）」、研究2「ボールコントロール技術の運動学および運動力学的メカニズムの解明（第5, 6章）」。以下に各研究の概要を示す。

研究1では、先行研究で用いられているボールコンタクト中におけるボールと足部の力学解析モデルの妥当性の検証（第3章）と、検証結果における問題点を踏まえた新たな改善モデルの開発（第4章）を行った。

実験設定として、既存の測定機器では実際のボールコンタクトの特性を保ちながら力を直接測定することは不可能であったことから、垂直に固定したフォースプレートにボールを衝突させることで、サッカーのボールコンタクトを実験的に再現した（速度5条件、サンプリング周波数10kHz）。この衝突の際のボールの変形画像データからボール反力を推定する各種方法について、その推定値をフォースプレートによる実測値と比較した。

その結果、先行研究におけるボール反力を推定する4つのモデルのうち、ボール幾何学中心モデル（CBモデル）とボール重心モデル（CGBモデル）はそれぞれ実測値より過大評価過され、正弦波モデル（SWモデル）は過小評価されることが明らかとなった。また、Hertzモデル（Hertzモデル）は、コンタクト初期における力の立ち上がりが遅く、力波形が全体的に後方にシフトした波形となること、ボール投射速度が上がるにつれて過大評価されて算出されることが明らかとなった（第3章）。

そこで、上記問題点を改善するために、従来のボール重心モデル（CGBモデル）を基に、ボールの膨張に伴う表面密度の変化を考慮した球体重心モデル（S-CGBモデル）と、さらに一般化した表面密度の変化と楕円体への変形を考慮した楕円体重心モデル（E-CGBモデル）の2つのモデルを開発した。その結果、球体重心モデル（S-CGBモデル）は低速度条件では実測値と近い値が算出されたが、速度が上がるにつれて過大評価されること、楕円体重心モデル（E-CGBモデル）は低速度から高速度条件まで実測値と近い値を算出することができることが明らかとなった（第4章）。

論文審査の結果の要旨

研究 2 では、被検者 11 名を用いた実験場面での映像データから、ボールコントロール技術におけるコントロール脚についての運動学的分析（第 5 章）と運動力学的分析（第 6 章）を行った。運動力学的分析の際には、第 4 章で開発したモデルを用いてボールが足部へ及ぼす力を推定した。

本研究で設定したインサイドボールコントロール条件では、足部を前方に振りだした後、足部内側をボールに向けながら足部を引く動作が観察され、股関節伸展／屈曲、外旋／内旋、膝関節伸展／屈曲の調整によって行われていることが明らかになった。これらのコンタクト前の能動的な動作に加え、コンタクト直後に膝関節（下腿）の急激な外旋がみられ、これはボールの衝撃によって発生する受動的動作であることが示唆された（第 5 章）。

また、運動力学的分析から、コンタクト前の足部を引く動作は、主に股関節の伸展トルクによって行われ、その大腿部の動作（股関節の伸展／屈曲）による動作依存トルクの影響から、膝関節伸展／屈曲トルクは観察される動作を抑制するように相反して発生していた。また、コンタクト中およびコンタクト後の動作は、ボールの運動量の伝搬によって発生しており、その関節周りの筋群は、それらの動作を抑制すべく逆方向（膝関節の伸展、内旋、股関節屈曲）へトルク発揮していた。この際に、アイソメトリックな活動として発揮される股関節の内転トルクは、ボール反力の影響で大腿部が外転方向へ動かされるのを防ぎ、膝関節の内旋トルクを発揮しやすくしていることが示唆された。これらの結果から、ボールコントロール技術は、コンタクト前には大きなトルク発揮はなく、比較的にリラックスした状態で足部をスイングさせて準備動作（フォワードスイングおよびドローバック）を行ない、コンタクトからフォロースルーにかけては、ボールの運動量で受動的に発生する下腿の外旋変位量を、膝関節内旋トルクおよび股関節内転トルク発揮によって調整し、ボールを止めていることが明らかとなった（第 6 章）。

以上の研究から示された知見は、動作の力学的メカニズムがほとんど解明されていなかったサッカーのボールコントロール技術について、定量的情報を含んだより詳細な記述をすることを可能にし、指導場面を含めてその理解をより深めることに貢献するものと期待される。

一方、本論文に対して審査委員からは以下のような疑問点、問題点の指摘や助言が出された。1) ボールコントロール技術について、動体視力を含む運動認知スキルの優劣も影響するのではないか、2) 第 5, 6 章について、属性の異なる集団間比較ができる統計分析をすべきではないか、3) 図表について、より見やすい工夫やより詳しい情報付加が必要ではないか、4) 成功例の分析結果のみ記載されているが、失敗例や成功の度合いが異なる場合

別紙 1 - 2

論文審査の結果の要旨

の結果も表示してはどうか

これらの指摘について、博士学位請求者は本論文の制約と限界を十分に認識しており、その応答もおおむね妥当、適切なものであった。また、指摘された課題についても本論文の評価を損なうものではなく、今後の研鑽、研究によって補うことが十分に可能であると判断した。

以上のような審査過程を経て、審査委員は全員一致して、本論文を博士（教育学）の学位に値するものと判断し、論文審査の結果を「可」と判定した。

別紙 1 - 2

論文審査の結果の要旨