

# 論文要旨

## 【背景】

陸上競技トラック種目における曲走路疾走は、フィールドスポーツなど、他のスポーツ種目で行われる非直線的な疾走とは異なる特殊な走運動である。まず、公認陸上競技場の400mトラックは半径が規定されおり、現在認められているどの曲走路半径を用いても、曲走路部分は直走路部分よりも長くなる。そのため、100m走を除く全ての走種目において選手は曲走路部分をより長く走ることになる。言い換えると、レースで走る距離の半分以上で曲走路疾走を行っている。次に、周回方向が反時計周りと規定されているため、曲走路疾走時には、常に左脚が内側脚、右脚が外側脚となり、求心力は、常に走方向左側に向かって作用することとなる。よって走者は、走方向右側へ地面を蹴り、身体を走方向左側へ加速させる必要がある。このことから、藤原（1998）は、曲走路疾走時の左脚ステップはカッティング動作におけるクロスステップに、右脚ステップはオープンステップに相当すると述べ、曲走路疾走では、左右脚が異なる動きをすると推測している。また、求心力は、半径が同じであれば移動速度が高いほど大きくなるため、200m走の前半部分や、4×100mリレーの第1走者および第3走者区間のように疾走速度が高い短距離種目では、速く走りながら大きな求心力を発揮しなければいけない。よって短距離選手は、より良い曲走路疾走技術を身につける必要があると考えられる。

これまで陸上競技短距離走に関するバイオメカニクスの研究は数多く行われてきたが、そのほとんどが直走路疾走を対象としてきた。曲走路疾走に関する研究については、左右両下肢（股関節、膝関節、足関節）の3次元関節キネマティクスや、ステップ長・ステップ頻度などのステップキネマティクスなど、十分に行われておらず、曲走路疾走技術の理解が進んでいるとは言えない。また、曲走路疾走時の左右それぞれの脚は、直走路疾走時とは異なる特有の役割があることが予想されるが、統一された見解はない。そこで本研究は、陸上競技曲走路疾走における左右ステップの非対称性をバイオメカニクスのために明らかにし、曲走路疾走技術の解明に資する情報を提示することを目的とした。これを達成するために、3つの研究課題を設定した。

## 研究課題1

曲走路疾走時の関節角速度を含む左右支持脚の3次元関節キネマティクスを算出し、それらの変化パターンを明らかにする（第2章）

## 研究課題2

曲走路疾走時の左右それぞれのステップ長やステップ頻度とそれをもたらす要因を系統的に示すことで左右ステップキネマティクスの非対称を明らかにし、それがどのような力学的な要因によって生じているか検討する（第4章）

## 研究課題3

曲走路疾走時の支持期における身体重心の挙動、および脚スティフネスの非対称性を明らかにし、身体重心の挙動と脚スティフネスの関係を検討する（第5章）

なお研究課題2および3に取り組むにあたり、運動学的データから力積を算出する必要が生じたため、

この際の誤差を定量化し、実際の使用に耐えうる信頼性があるか否かを確認した（第3章）。

## 【研究内容】

### 1. 曲走路疾走における左右支持脚の3次元下肢関節キネマティクス

計14名（男子9名、女性5名）の陸上競技短距離選手および混成競技選手に、公認陸上競技場の直走路および曲走路上で、スタンディングスタートからの60m走を行わせ、40-55 m地点の疾走動作を、モーションキャプチャーシステムを用いて記録した。そして、左右両下肢関節キネマティクスを算出した。その結果、曲走路疾走時の左支持脚の動作は、水平面内における接地足と身体重心の位置関係が直走路のそれと大きく異なるため、直走路疾走時の動作からの変化が大きかった。一方、右支持脚の動作は、直走路疾走時と非常に似ていた。このことから、曲走路疾走では、右脚は直走路と同様に使い、左脚の動作を変えることで曲走路疾走に対応していることが明らかとなった。また、曲走路疾走の技術を考えると、左脚の動作を改善することで、より良い疾走技術を身につけることが可能であることが示唆された。

### 2. 曲走路疾走における左右ステップキネマティクスの特徴

計18名（男子10名、女性8名）の陸上競技短距離選手および混成競技選手に、公認陸上競技場の曲走路上で、スタンディングスタートからの60m走を行わせ、40-55 m地点の疾走動作を、モーションキャプチャーシステムを用いて記録した。そして、曲走路疾走時のステップ長とステップ頻度とそれをもたらす要因の関係を示すため、先行研究で示された決定要因モデルに（Hay et al., 1988; Hunter et al., 2004a）、左右成分の要素を付け加え、モデルに従って変数を算出した。その結果、左ステップは、それに要する距離および時間が長く、反対に、右ステップは、それに要する距離および時間が短い、という特徴が明らかとなった。また、この差は、垂直速度の左右差が起因となって生じていることが示唆された。また、走方向の変更には右脚が主に貢献していたことが明らかとなった。

### 3. 曲走路疾走中の左右支持期における身体重心の挙動と脚スティフネス

計14名（男子9名、女性5名）の陸上競技短距離選手および混成競技選手に、公認陸上競技場の直走路および曲走路上で、スタンディングスタートからの60m走を行わせ、40-55 m地点の疾走動作を、モーションキャプチャーシステムを用いて記録した。そして、身体重心の挙動（移動軌跡、身体重心速度変化）と脚スティフネスを算出した。その結果、曲走路疾走時に、右脚は直走路疾走時と同様な動作・使われ方をすることで、身体重心の下降を防ぎ、求心方向の運動を生じさせていることが推測された。一方、左脚は直走路疾走時とは異なる動作・使われ方をすることで、身体重心の下降や支持時間が増加するが、それらは曲走路疾走に対する左脚の適応だと推測された。

## 【まとめ】

本研究では、陸上競技曲走路疾走における左右ステップの非対称性をバイオメカニクスの的に明らかにし、曲走路疾走技術の解明に資する情報を提示した。曲走路疾走時の右支持脚は、直走路疾走時と同様な関節角度、角速度変化、脚スティフネスであるのに対して、左支持脚は、直走路疾走時と異なる点が見られた。これは、曲走路疾走時に右脚は画一に使われることで、左脚は多様性を持ち、曲走路に適応することで、曲走路疾走を成立させていることを示唆する。

これまで曲走路疾走においては、左脚の股関節内転動作、右脚の股関節外転動作が、主に身体重心の求心方向の運動を生み出すと考えられていたが、別の動作によって求心方向の運動が生み出されている可能

性が示唆された。内傾角度を、身体重心点と足部質量中心を結んだ線分が前額面内で垂直軸となす角度として算出した結果、右足支持期の内傾角度が、左足支持期よりも大きかった。このことから、右支持脚の伸展動作が求心方向に投影される量が左支持脚よりも大きいため、求心方向の運動が右足支持中に大きいと推測された。また、解剖学的に考えても、曲走路疾走中の右脚は内傾角度を保ちやすく、求心力を発揮しやすい位置にあると考えられるが、左脚は求心力発揮には不利な位置にあると言える。よって、求心方向の運動を生み出す動作は、身体が内傾した状態で行われる伸展動作であり、求心方向の運動が左右支持期で異なるのは、内傾角度の違いであると考えられる。

本研究では、全体の特徴を探るために、全被験者のデータを平均して分析を行ったが、今後は、直走路最大疾走速度に対する曲走路最大疾走速度が高い選手の特徴を明らかにし、疾走速度と疾走動作の関係を検討することで、曲走路をより速く走るための疾走技術というものを明らかにすることが可能となるであろう。