

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18700505

研究課題名 (和文) 競歩競技における速度維持のための下肢関節協調技能

研究課題名 (英文) Race walking skills with coordinating leg-joints to keep full speed

研究代表者

平川 武仁 (HIRAKAWA TAKEHITO)

南山大学・人文学部・講師

研究者番号：50404942

研究成果の概要：

本研究では、速い歩行速度を維持できる競歩の技能について、動作解析と認知的な側面との協調関係を検討した。その結果、歩行距離全体にわたって、重心の上下動が大きくなることなく、ストライド長の縮小がないこと、足が地面から離れた直後には股関節を屈曲させる速度が速いこと、足が着地する直前には股関節を伸展させる速度が速いこと、上肢を後方に引くのと下肢を前方へ振り出すタイミングを合わせるようと試みていることなどが明らかになった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	500,000	0	500,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	150,000	2,750,000

研究分野：体育学 (運動心理学)

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学，スポーツ科学

キーワード：競歩，歩行速度，競技力，トレーニング方法

1. 研究開始当初の背景

陸上競技の中でも中長距離走と競歩のような持久性の連続運動では、競技される距離全体にわたって、高い歩行速度を維持することが競技パフォーマンスにおいて重要である。この歩行速度を維持する能力について、生理学的側面から検討した先行研究は多いが、技術的な側面に着目した運動学的な研究は非常に少ない。

また競歩競技の競技特性は、審判に歩型を判定されながら進行する競技ということがある。それゆえ指導現場では、指導者が目で

見た動作形態に基づいて、選手の競歩技能を判断し、指導している傾向がある。しかしながら、ヒトが運動を行うには、この運動学的な要素だけでなく、動力学的な要素が重要な要因となる。それゆえ、競歩の競技力向上のためのトレーニング方法の立案においても、運動学的知見に加えて、動力学的知見を得ておく必要がある。

さらに、トレーニングしている現場では、指導者から動作の修正点を教示された競技者は、身体各部位の動きを意識化し、随意的に動作を修正しようと試みる。しかしながら、

これまでの先行研究においては、この随意的なデータは、主観的な判断に基づいており、実証的研究方法の遡上に載せがたいため、研究として扱われることがあまりなかった。実際に、トレーニング現場での指導法では、この随意的データにあたる認知的手がかりは、学習者自身が実感できるため、学習者が効力感を得ながら学習できる有効な手段となっている。

以上の背景を踏まえて、歩行速度を維持するための競歩技能として、下肢関節の運動学的・動力学的要素と心理学的要素との協調の関係を明らかにしていくことは、指導現場への示唆を得るために重要と考えられた。

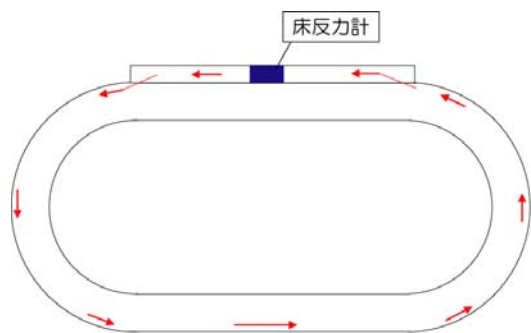
2. 研究の目的

競歩の競技特性および前述の先行研究を踏まえ、本研究では、競歩選手の動作を解析することによって、競歩選手の競技水準と歩行速度の維持技能の関係を運動学的、動力学的に検討し、さらに熟練者の認知の手がかりであるコツ (knacks) を調査し、心理学的に検討することによって、指導現場へ還元できる知見を得ることであった。最後に、得られた知見は、指導者に還元することによって、効果的なトレーニング方法を考察することとした。

3. 研究の方法

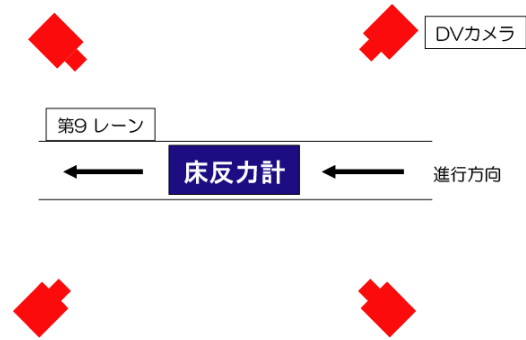
被験者は、競歩を専門に取り組む男子学生および実業団男子選手 (計 15 名) であった (年齢 20.8 ± 2.9 歳, 身長 173.2 ± 4.1 cm, 体重 60.1 ± 4.3 kg)。

実験条件は、各自の自己記録の速度のペースで走る自転車に追従して 5020m (1 周 455m を 11 周と 15m) の距離を競歩の歩型で歩行することであった。実験では下図のように、被験者が 400m トラックの第 8 レーンを周回し、ペースメーカーとなる自転車は第 7 レーンを周回した。自転車には、速度メーターを付け、被験者の自己記録ペースで伴走できるようにして、ペースを統制するようにした。



計測においては、床反力計 (サンプリング間隔 1kHz) と、その床反力計から 15m~30m

程度離れた斜め前方と斜め後方にビデオカメラ 4 台 (FV-M200, CANON 社製, 毎秒 60 フィールド) を設置された。計測の時点は、スタート直後 (約 15m 地点) と、その後每周回 (455m 間隔, 被験者 1 名につき計 12 時点) であった。測定状況は右上図のように設置された。なお、分析の時点は、スタートした後、歩行速度が安定してきた 470m 地点 (レース前半), 2290m 地点 (レース中盤), 4110m 地点 (レース後半) とした。



動作解析では、得られた映像データをコンピュータに取り込み、ビデオ解析システム (Frame DIAS II, ディケイエイチ社製) を使って、身体計測点 23 点の座標をデジタル化した。4 台のカメラによる動画は、同期用 LED ユニットの映像を映しこむことによって同期させ、3 次元 DLT 法によって三次元実座標に換算した。また、同期用 LED ユニットの点灯させる電気を、アナログ信号として床反力データを計測するコンピュータに送信することで、動画像と床反力データを同期させた。測定誤差は $X=0.1$ cm (奥行き方向), $Y=0.4$ cm (水平方向), $Z=0.7$ cm (垂直方向) であった。分析点の座標の平滑化は、Wells and Winter (1980) の方法によって、座標成分ごとに遮断周波数を決定し、Butterworth low-pass digital filter を用いて行われた。遮断周波数は、X 座標が 2.4-3.6Hz, Y 座標が 3.0-3.6Hz, Z 座標が 3.0-3.6Hz の範囲であった。

統計的分析においては、分析対象とした 3 時点と競技水準 (上・中・下位の各 5 名) を要因として、歩行速度の平均、ペース配分、着地時間の分散分析を行い、下肢関節の運動学的変数 (角度, 角速度), 動力学的変数 (関節力, 関節トルク, パワー) については、算出された値と競技力との関係を検討した。歩行速度は、阿江 (1996) の身体部分慣性係数を用いて算出した全身の重心の座標をもとに、床反力計に踵が着地してから、他方の足が地面に着地するまでの期間での重心水平前後成分の平均とした。関節力, 関節トルクは、身体部分を剛体とみなして運動方程式をたて、身体の遠位部分から順次解くことによって算出した。関節力パワーは、各関節に作

用する関節力と関節点の速度の乗算、関節トルクパワーは関節トルクと、関節部分とその近接する関節部分の角速度の差分との乗算によって算出した。

また認知的手がかりに関する心理学的検討においては、シミュレーション実験終了後、各選手にインタビュー調査し、質的解析をし、検討をすすめた。

4. 研究成果

本研究課題は、レースのシミュレーション実験であることを確認する必要がある。そこで、実験前に調査した5000m競歩の自己記録(21分51秒0±1分28秒)と実験での自己記録(22分14秒2±1分13秒3)との平均値比較をした結果、有意差は認められなかった($t(28)=2.05, p=.40$)。この結果は、本実験は被験者が試合と同程度のパフォーマンスを発揮していたこと(平均達成率= Σ (実験時平均歩行速度/自己記録平均歩行速度)/15*100=98.3±4.3%)を意味しているため、本実験がシミュレーション実験として成立していること、得られた動画像のデータと床反力計のデータは解析を進めるためのデータとして妥当であると判断された。

ペース配分の分析を行うため、被験者15名を3群に分け(各5名)、1周あたりの所用時間の変化について、二要因(3群×11周)の分散分析の結果、群と周回の交互作用が有意であった($F(20, 120)=7.4, p<.01$)。このことから、上位群の5名は漸増するペース配分としており、中・下位群は漸減するペース配分であることが認められた。

着地時間の分析を行うため、前述の3群での着地時間の平均を求めた結果、上位群では約230ミリ秒、中位群では約250ミリ秒、下位群では約260ミリ秒で周回を重ねていることがわかった。得られた着地時間のデータを用いて、二要因(3群×12時点)の分散分析の結果、群の主効果($F(2, 12)=8.91, p<.01$)と周回的主効果($F(11, 132)=2.61, p<.01$)が有意であった。この結果は、競技力が上位なるほど着地時間が短いこと、最初の1回目に床反力計を踏んだ時点と最後の12回目に踏んだ時点のみの着地時間が短く、その他の時点、特に8週目が終わった時点の着地時間が長いことが全体的な傾向であることが明らかになった。さらに、着地時間の平均と歩行速度の平均との関係について、相関分析した結果、歩行速度の速い被験者は着地時間が短い傾向が認められた($r=-.76, p<.01$)。

地面反力の分析を行った結果、熟練・未熟練者ともに着地直後に地面反力が最大値を示したが、未熟練者では支持期後半に地面をキックするように地面反力が再度大きくなること、熟練者では最大値を示した後に比較的漸減的に低下する傾向が認められたこと、

未熟練者は周回を重ねると歩行速度が低下し、それに伴って地面反力の最大値が漸減していくこと、熟練者は周回を重ねるごとに歩行速度を徐々に向上させ、それに伴って地面反力も漸増していくという、4つの傾向が認められた。

また、運動学的変数の分析の結果、周回を重ねた後半では、未熟練者において1歩中の身体重心の最上地点と最下地点の差が大きい傾向があること、1歩あたりのステップ時間(ピッチ)に変化は認められなかったが、1歩あたりのステップ長が短縮する傾向があること、その要因として足が離地したあと、遊脚側の膝関節を屈曲させる傾向があることが認められた。

そして、動力学的変数の分析の結果、遊脚期前半では、歩行速度の高い選手ほど、股関節での屈曲の角速度が大きくなり、屈曲トルクが発揮される傾向があった。また膝関節では伸展トルクが、足関節では底屈トルクが僅かであるが発揮されていた。遊脚期後半では、歩行速度の高い選手ほど、股関節で伸展の角速度が大きくなり、股関節が屈曲から伸展に切り替わった後に、股関節のトルクが大きくなる傾向が認められた。また膝関節では屈曲トルクが発揮されていた。

これらの運動学的・動力学的解析に加え、競歩動作に関する認知的手がかりを調査し分析した結果、四肢をリラックスさせて動かすといった力量感と、上肢と腰の動作のタイミングを合わせることを試みていることが明らかになった。このタイミングに関する手がかりに加え、体幹の上部(肩)と下部(腰)の動きのタイミングをずらす感覚があることが明らかになった。この結果は、腕を身体の最後方に引いた時点と腰から脚を振り出すタイミングを合わせていることを意味していると考えられた。

以上のように、本研究課題で得られた主な結果を指導者に還元して、競歩技能に関する知見の共有を指導現場と図り、競技力および競歩技能の向上のために必要なトレーニング方法について検討を行った。その結果、足が離地したあと、下肢を後方から前方に振り出すような遊脚側の股関節の屈曲する力をつけるには、登り坂でのトレーニングを、歩行距離が長くなってもストライド長を短縮させないトレーニングとして、下り坂でのトレーニングを取り入れるのが有効であるという考察がされた。ただし、これらのトレーニングを長い距離を歩くトレーニングと別個に練習に取り入れるのではなく、坂道を含んだ総合的なコースで長い距離を歩く、といったトレーニングをすることが効果的であろう、という結論に至った。

これまで競歩競技の解析においては、実際の競技中にビデオ撮影したデータを用いて

解析して、レース前半と後半の歩行速度の違いに基づいて、動作の比較を検討した研究や、30m 程度の短い距離を歩かせながら地面反力を踏む際の動力学的結果を解析した研究がみられる。しかしながら、これらの研究は、競歩動作について、相補的な位置づけの研究となっている。しかしながら、本研究課題のように、実際にレースのシミュレーション実験を行い、歩行距離と競歩技能の関係を、運動学的・動力学的・心理学的に解析したものは皆無であった。本研究課題の成果は、競技種目を総合的に解析するという、新たな実証的研究としての観点で行われたものであり、この意味で非常に独創性のある研究であったと考えられる。

今後は、得られた結果を学術誌で発表するとともに、本研究課題で得られた知見に基づいて、指導者と考案したトレーニング方法が有効であるかどうかについて、実際に競歩選手に取り入れてもらいながら、検証をしていくことが期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計2件)

- ① 平川武仁、競歩選手における歩行距離と床反力パターンとの関係、日本体育学会第58回大会、2007年9月6日、神戸大学.
- ② 平川武仁、競歩：トップレベルのトレーニングとコーチング、日本陸上競技学会第5回大会、2006年9月2日、日本女子体育大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平川 武仁 (HIRAKAWA TAKEHITO)
南山大学・人文学部・講師
研究者番号：50404942