

エリートアスリートの科学的サポートに関する研究 — 陸上競技の短距離走について —

阿江 通良*・中田 和寿**・宮下 憲*・齊藤 慎一*
尾縣 貢*・白木 仁*・向井 直樹*・藤井 範久*

A study on scientific support for improvement in the performance of sprinters

AE Michiyoshi, NAKATA Kazutoshi, MIYASHITA Ken, SAITO Shinichi
OGATA Mitsugi, SHIRAKI Hitoshi, MUKAI Naoki, FUJII Norihisa

1. はじめに

最近の競技スポーツで成功を収めるには、スポーツ科学のサポートを利用することが不可欠になってきている。総合的なスポーツ科学サポートの例は諸外国では散見されるようであるが、我が国ではほとんどないようである。これは、1つには、我が国には選手、コーチ、科学サポートスタッフなどの人的環境が整った拠点がなく、またあったとしても有効なサポート方法に関する知見やノウハウはほとんどなかったことなどによるものと考えられる。

本プロジェクトでは、科学サポートのための人的環境が整っている本学の陸上競技部の短距離選手を対象にして総合的なスポーツ科学サポートを行い、対象選手の競技力向上を図るとともに、効果的なスポーツ科学サポートの方法に関する基礎的知見を得ることをねらいとした。なお、競技スポーツに対する科学サポートには、体力、技術、戦術に関するサポート、医学的サポート、コンディショニングや栄養に関するサポートなどがあるが、本報告では短距離走技術の向上をねらいとしたバイオメカニクスのサポートについて報告する。

2. 研究目的

指導現場における疾走動作の改善は、多くの場合、指導者による動作の評価、改善点のフィード

バック、選手による動作の修正、そして指導者による評価という一連の作業の繰り返しによって行われる。この改善の流れの一助としてバイオメカニクス的方法やデータを活用することは、一流選手やモデルとの比較などの定量的評価を可能にし、疾走動作の改善をより合理的に行えると考えられる。

トレーニングによる疾走動作の改善に関する研究としては、一般男子大学生を対象としたものは多く見られるが(栗原1985, 尾縣ら1988)、高いレベルにある競技者を対象としてバイオメカニクスデータを活用して動作を改善した研究や、その結果として起こる動作の変化の力学的要因を検討したものは少ない。

本研究の目的は、バイオメカニクスデータを短距離疾走動作の改善に活用してトレーニングをした場合の疾走動作の変化やその力学的要因を検討し、バイオメカニクスデータのコーチングへの活用法に関する示唆を引き出すことである。

3. 方法

3.1 データ収集および処理

大学短距離選手8名を被験者とした。表1は被験者の特性を示したものである。2000年4月～2001年10月までの2回の競技会および5回の実験試技における100m走の60m付近の疾走動作をハイスピードカメラにより撮影した。1サイクル

* 筑波大学体育科学系 Institute of Health and Sports Sciences, University of Tsukuba

** 筑波大学大学院体育研究科 Master's program in Health and Physical Education

にわたる疾走動作の画像から身体計測点23点をデジタル化し、2次元座標を算出した。得られた2次元座標は、バターワース型デジタルフィルタを用いて平滑化した。平滑化したデータから、部分および全身の重心と部分の慣性モーメントを算出した(阿江1996)。スプリントにおける1サイクルを支持期、回復期前半(右足離地から左足支持期中間点まで)、回復期後半(左足支持期中間点から右足接地まで)に分け、各局面での部分および関節角度、回復期における関節トルクおよびトルクパワーを算出した。下肢関節の仕事はトルクパワーを時間積分することにより算出した。

3.2 バイオメカニクスデータフィードバックの流れ

図1は、本研究で行った疾走動作改善の流れについて示したものである。被験者の60m付近の疾走動作を分析し、一流選手やモデルとの比較をもとに疾走動作の評価を行い、画像やデータとして被験者へフィードバックした。被験者は、自己の現状や課題を把握した上でトレーニングを行い、そしてトレーニングによる変化を画像やデータを通して確認するという作業を繰り返すことにより疾走動作の改善を試みた。

4. 結果と考察

4.1 Performanceの変化

表2は、トレーニング前後における疾走速度、ピッチ、ストライドの変化率を示したものである。被験者AおよびCはピッチとストライドの両方により、被験者DおよびEはストライドにより、被験者BおよびFはピッチの増加により、疾走速度が増加しており、被験者個々に多様な変化パターンを示した。

これらのことは、熟練した短距離選手においては、選手の特徴が強く反映するためか、同一期間のトレーニングによっても、疾走速度の構成要素であるピッチとストライドが同様の傾向で変化あるいは向上することがあまりないことを示すものであろう。また、被験者Gはピッチを最も増加させたが、ストライドの大きな減少により疾走速度が低下していたことから、ピッチおよびストライドの極端な変化は、疾走速度の減少につながることを示唆される。

4.2 疾走動作の変化

① 被験者全員に共通の変化

表1 被験者の特性

被験者	身長(m)	体重(kg)	自己ベスト(sec)	性別
A	1.71	68	10.65	M
B	1.75	65	10.70	M
C	1.72	64	10.61	M
D	1.70	67	10.67	M
E	1.78	67	10.44	M
F	1.54	54	12.00	F
G	1.72	67	11.08	M
H	1.75	62	10.74	M

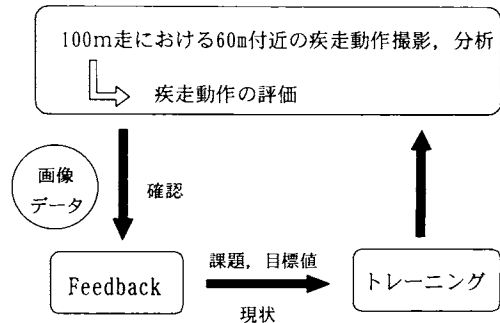


図1 疾走動作改善の流れ

表2 Performanceの変化

被験者	速度変化率 (%)	ピッチ変化率 (%)	ストライド変化率 (%)
A	103.51	101.96	101.52
B	103.30	103.64	99.68
C	103.50	101.92	101.55
D	104.77	98.04	106.86
E	105.71	100.00	105.71
F	103.34	107.84	95.83
G	97.56	109.80	88.85
H	94.39	98.15	96.17

$$\text{変化率} = \text{post/pre} \times 100 \quad (\%)$$

支持期の動作については、離地時に過剰に後方へキックしないことを課題の一つとし、離地時の大腿角度で評価をした。図2は、トレーニング前後の離地時の大腿角度を示したものである。トレーニング前後の離地時の大腿角は、被験者A、E、Hでは改善が見られたが、その他のものは逆の効果が見られた。このように、支持期の動作については、被験者全員で見ると多様な変化パターンを示したものが多かった。

回復期の動作については、回復脚の引き出しを早くする、脚を回復する際に下腿が跳ね上がり過ぎないなどを課題とした。図3および図4は、それぞれ「脚の引き出しを早くする」の評価指標と

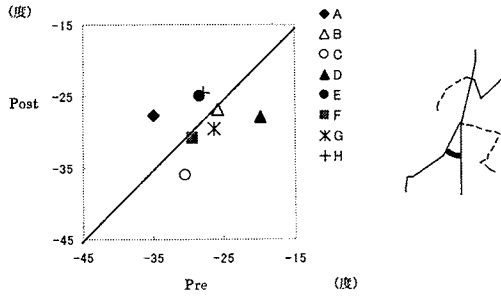


図2 離地時における大腿角度

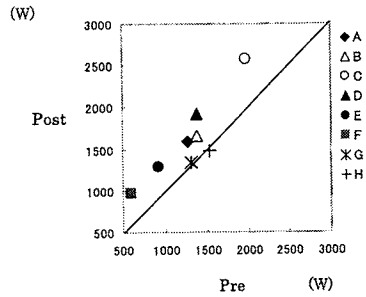


図5 トレーニング前後の回復期前半における股関節トルクパワー（最大値）の変化

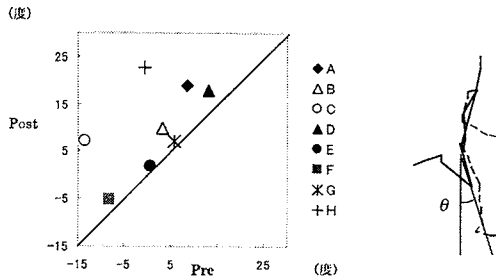


図3 反対足接地時における回復局の大腿角度

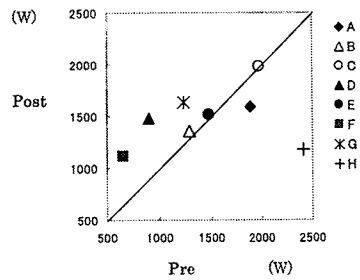


図6 トレーニング前後の回復期後半における股関節トルクパワー（最大値）の変化

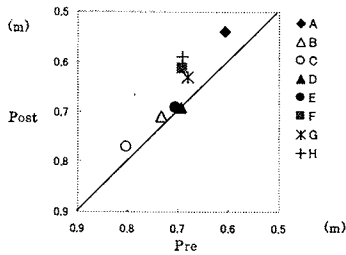


図4 回復期における足先高の最大値

した反対足接地時の回復脚の大腿角度（以下、引き出し角度）、「脚を引き出す際に足先が過剰に跳ね上がり過ぎない」の評価指標とした回復期における足先高の最大値（以下、回復期足先高）のトレーニング前後の変化を示したものである。トレーニング前後の脚の引き出し角度は、被験者全体で有意に増加し（ $p < 0.05$ ）、回復期足先高については有意に減少しており（ $p < 0.05$ ）、被験者全体として課題に近づいた。

これらのことから、回復期の動作については、比較的疾走動作の修正が行いやすいことが示唆された。また、支持期において被験者全体として改善が見られなかったのは、フィードバックの際に

あまり強調しなかったこと、地面からの力が作用し、時間も0.1秒程度と短いことなどが原因と考えられる。

図5および6は、トレーニング前後の回復期前半および後半の股関節トルクパワーの最大値を示したものである。回復期前半の股関節屈曲トルクパワーの最大値は、被験者全体として有意に増加した（ $p < 0.05$ ）。また、トレーニング前後における回復期前半の股関節トルクパワーの最大値の変化と疾走速度の変化との間に有意な関係が見られた。回復期後半のトルクパワーの最大値については、被験者によって多様な変化をし、疾走速度の変化と有意な関係が見られなかったが、この値が大きく減少した被験者Hでは、疾走速度の減少が見られた。また、回復期における下肢関節の総仕事の変化と疾走速度の変化との間に有意な関係が見られた（図7）。

阿江ら（1986）は、疾走スピードを3m/sから全力までの5段階に変化させて下肢筋群のパワーや仕事を検討し、回復期前半では股関節の屈筋群が、後半では伸筋群が大きなパワーを発揮するこ

とが疾走スピードを高めるために重要であることを示唆している。本研究では、回復期後半では被験者全体として有意な関係が見られなかったが、回復期前半で股関節屈筋群のトルクやパワーを大きくすることによって仕事を大きくし、脚の引き出し速度を高めることが、疾走速度の増加には重要であることが示唆された。

② 事例による効果の検討

上述したように、被験者全員で見ると、疾走速度の変化と下肢関節の総仕事の変化との間に有意な関係が見られ、短距離走においては、回復脚における総仕事を大きくすることが疾走速度を高めるために重要であることが示唆された。しかし、被験者個々を見ると、被験者AおよびBでは下肢関節の総仕事が減少したが、疾走速度が増加しており、被験者Gでは、総仕事が増加したにもかかわらず疾走速度が低下していた。これらのことは、疾走速度を大きくするためには、下肢関節での総仕事を大きくすることに加えてなされた仕事を有効に疾走速度に結びつけることが重要であることを示唆するものであろう。

本研究では、回復期の引き出しを最も強調したデータのフィードバックを行い、図3に示したように被験者全員で改善が見られた。中でも大きく改善した被験者CとHに着目して詳細に検討することにする。

図8は、離地後の大腿角度の最小値（以下、脚の流れ角度）のトレーニング前後の変化を示したものである。脚の流れ角度については、被験者C、H共に改善が見られた。しかし、離地時の大腿角度については、被験者Hでは改善が見られたが、被験者Cでは逆効果が見られた（図2）。被験者Cは、回復期前半の股関節トルクパワーが増大し（図5）、同様に股関節屈曲トルクについても増大していた。つまり脚を引き出す出力の増大によって脚の引き出しを改善していたことが考えられる。逆に被験者Hでは、回復期前半のトルクパワー（図5）では、やや減少していたが、離地時から脚を後方へ運ばない（図2）ことにより脚の引き出し角度を改善していたと考えられる。

このように大学短距離選手では、ひとつの課題を解決する場合にも個人により異なった方法で解決することが考えられる。また、被験者Hについては、疾走動作としての改善が見られ、一流選手の動作に近づいてはいるが、トルクパワーなどの

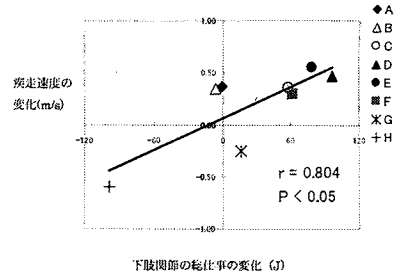


図7 トレーニング前後の疾走速度および下肢関節の総仕事の変化

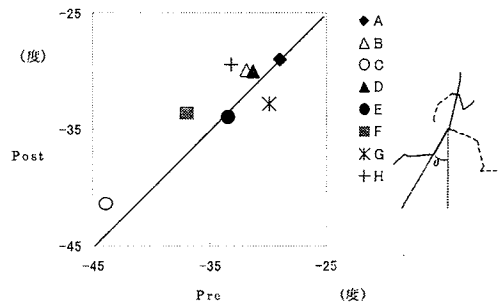


図8 トレーニング前後の脚の流れ角度の変化

出力の低下が見られ、疾走速度は低下していた。今後トレーニングによって、脚を後方へ運ばないような動作で高い疾走速度を獲得するかもしれないが、現在のところは失敗例と考えられるであろう。これらのことから、見た目の動作のみを目標に近づけるのではなく、大きな出力をしながら動作を近づけることが重要であると考えられる。

5. 研究の意義と成果

以上のことから、大学短距離選手では、個々にトレーニングによる変化パターンや課題に対する対応が異なり、個人ごとの指導が重要であることが示唆された。また、回復期における動作については、支持期に比べて比較的修正が容易で、疾走速度を増大させるためには、回復脚における総仕事を大きくすること、中でも回復期前半の股関節屈筋群の働きが重要であることが示唆された。

本プロジェクトでは、陸上競技・短距離選手を対象にして総合的なスポーツ科学サポートを行い、効果的なスポーツ科学サポートの方法に関する基礎的知見を得ることをねらいとした。その結果、バイオメカニクス的手法を用いて疾走動作を

評価することが可能であり、それらを疾走動作の改善に活用することができることがわかった。しかし、より大きな成果を得るためには、より総合的な科学サポートを行うことが不可欠であるが、人的環境が比較的整っていると思われる本学系においても様々な制約があった。当初に本プロジェクトが計画したような総合的かつ統合的な科学サポートを行うには、指導現場の協力は言うまでもなく、ハード面の有機的な結合ができる環境の整備や集中的な時間の投入が不可欠であろう。

なお、本報告の主要部は、中田和寿（平成13年度筑波大学大学院修士課程体育研究科コーチ学専攻）の修士論文「短距離疾走動作改善へのバイオメカニクスデータの利用」としてまとめられた。

文 献

阿江通良・宮下 憲・横井孝志・大木昭一郎
（1986）機械的パワーから見た疾走における下

肢筋群の機能および貢献度. 筑波大学体育科学系紀要, 9: 229-239.

阿江通良（1996）日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *Jpn J Sports Sci* 15 (3): 155-162.

尾縣 貢・生田香明・猪熊 真（1988）スキップトレーニングが体力、疾走能力、疾走動作に与える効果. *体育学研究*, 33 (1): 69-78.

栗原崇志（1985）スプリント・トレーニングが疾走フォームに与える効果. *体育学研究*, 29 (4): 285-294.

Wells R P Winter D A（1980）Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. *Human Locomotion I*: 92-93.

Winter D A（1990）Biomechanics and motor control of human movement. pp. 103-139, John Wiley & Sons Inc, New York.