

巻頭言

フォースプレート内蔵トレッドミルを用いた 各種ロコモーション解析と製品評価

山田 洋*



1 はじめに

「バイオメカニクス」はバイオ（生体）と、メカニクス（力学）からなる学問領域である。ヒトの動きやフォームを、その源となる力学的な視点から分析・理解することを目的としている。力を生み出す筋肉の構造や機能、それらを支えるエネルギー供給機構など、多角的な視点からヒトの身体運動を捉えることが求められる。

筆者は、「バイオメカニクス」、「スポーツ科学」を専門領域としており、これまで、アスリートから子供、高齢者に至るまで、幅広い対象に対して、その動きや力発揮の仕組みに関する研究を行ってきた。本稿では、フォースプレート内蔵トレッドミルを用いて計測した各種移動運動：ロコモーションの研究成果を紹介する。加えて、それらの知見をもとにした製品開発、製品評価への応用の可能性について考察を試みたい。

2 ランニングラボSHIP

東海大学は、2018年に学内の共同利用研究施設として「スポーツ&ヘルス・イノベーションプラザ（SHIP）」と称するランニングラボを開設した。SHIPは、分野横断型の学際的なスポーツ・ヘルス研究の推進を目的とし、体育学部、健康学部、スポーツ医科学研究所をはじめ、理学部、工学部、医学部など、学内の多様な研究者による共同利用が可能な施設である。これまでに、箱根駅伝選手を対象としたランニングフォームの経済性に関する検討や、側湾症患者のQOL（生活の質）向上を目的とした運動機能評価など、多様な研究が実施されている。これらの研究成果は、科学的知見として社会へ還元されるとともに、大学運動部へフィードバックされ、

パフォーマンスの向上や障害予防にも寄与している。本施設の中心的な測定機器のひとつが、「フォースプレート内蔵型トレッドミル」である。この装置は、2本のベルト速度を任意に可変でき、歩行から走行までさまざまな運動負荷条件下での測定を可能とし、ベルト下部に組み込まれたフォースプレートにより、足裏にかかる床反力をリアルタイムに計測できる（図1）。

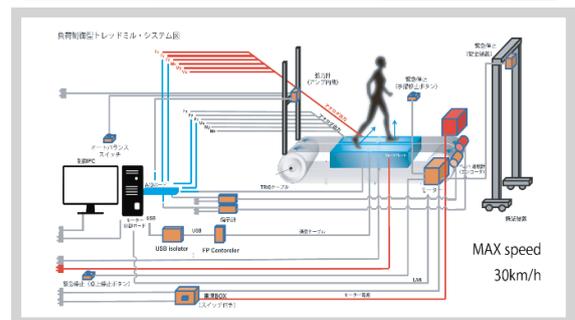


図1 フォースプレート内蔵トレッドミル

本稿では、同装置を活用した事例として次の3つの研究、「伝統的な走り“ナンバ”の正体を探る」、「履物の適合性—転倒予防シューズを例に—」、「新しい機構の義足の評価」に焦点を当て、それぞれの計測データとその応用について紹介する。

3 伝統的な走り“ナンバ”の正体を探る

“ナンバ”とは、江戸時代の飛脚が行っていた走法であると言われている。本研究では、ラクロス競

*東海大学体育学部 教授／スポーツ医科学研究所 所長

技においてクロス（スティック）を保持した状態での走行動作を「ナンバ走行」と見立て、通常の走行と比較した。その結果、通常走行と比較してナンバ走行時には体幹の捻転角度が小さく、かつ床反力の増大が認められた（図2）。その一方で、走行速度の向上は認められなかった。これらの結果から、ナンバ走法は必ずしもスピード向上を目的とした走りではなく、特定の道具使用時や環境下に適応した動作様式である可能性が考えられる。特に、障害物がある場合や予期せぬ外乱に対する有用性も報告されており¹⁾、道路や街頭が整備されていない江戸時代に、飛脚が採用していたという説にも頷ける結果である。

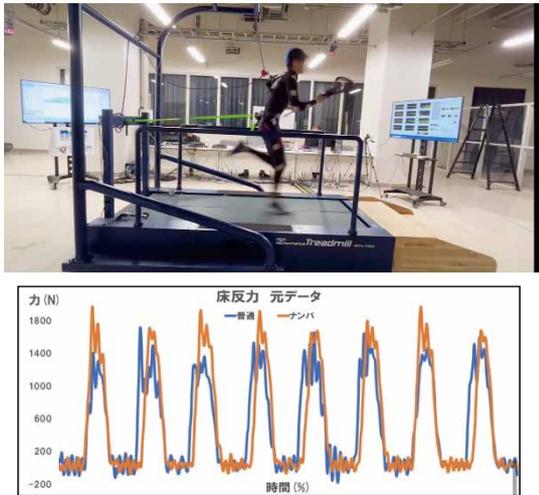


図2 ナンバ走法時の床反力

4 履物の適合性—転倒予防シューズを例に—

本研究では、転倒予防を目的とした介護用シューズとスリッパの歩行時動作の違いに着目し、履物の適合性を検討した。介護現場で広く使用されている介護用シューズとスリッパを比較し、下肢キネマティクス、とくに足関節角度の変化を分析した。その結果、立脚期では有意な差はなかったものの、遊脚期では介護用シューズ着用時に有意な背屈角の増大が確認された（図3）。これは、歩行中のつまずきを回避する動作（離地時の背屈強調）によるもの

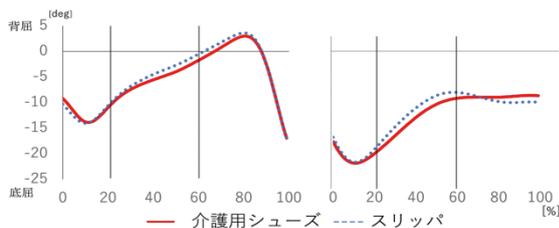


図3 介護サンダル着用時の足関節角度（左：遊脚期 右：立脚期）

と考えられる²⁾。

5 新しい機構の義足の評価

本研究では、大腿義足使用者を対象に、新機構と旧機構の義足装着時の歩行評価を実施した。図4は遊脚期におけるつま先クリアランス（つま先と床面との鉛直距離）を示したものである。新機構の義足においては、クリアランスが大きくなる傾向が確認され、これは被験者がつまずきを回避するため、足全体を過度に引き上げている動作によるものと推察される。

今後は、こうしたデータを基に足関節周辺の機構の最適化を図り、使用感の向上を目指すとともに、立脚期における床反力データの解析も進め、歩行機能全体の改善に資する設計検討を行っていきたい。

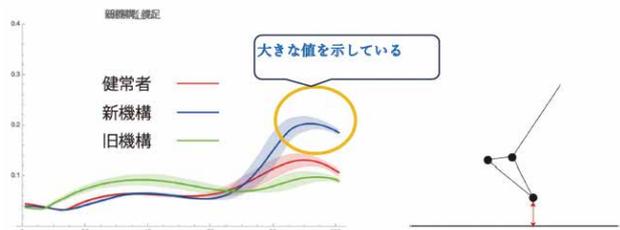


図4 義足側のつま先クリアランス

6 おわりに

本稿では、ヒトの身体能力の評価、人と製品との適合性の検討、および製品開発への応用の可能性について述べた。バイオメカニクスやスポーツ科学は、ヒトそのものを研究対象とする領域であり、インパクトファクターや商業的価値においては、他分野と比較して高いとは言えない側面もある。しかしながら、人間理解に基づいたものづくりや、安全性・快適性の向上といった観点において、その意義と有用性は極めて大きいと考えている。今後は、企業や産業界との連携をさらに強化し、研究成果を社会実装へとつなげることで、社会の発展と人々の生活の質の向上に寄与していきたい。

参考文献

- 1) 山田洋, 内山秀一, 高野進, 木村季由, 八百則和, 長尾秀行, 青木真理子, 塩崎知美, 小河原慶太, 宮崎誠司, 走法の違いが方向転換能力に及ぼす影響—ナンバ走りの有効性に関するバイオメカニクスの研究—, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 35 : 17-24, 2023.
- 2) 五十嵐健太, 山田洋, 小金澤鋼一, 不整地歩行中の下肢関節制御に接地パターンの違いが与える影響, バイオメカニクス学会誌, 44 : 179-186, 2020.