

8. 有機圧電フィルムの特性を生かしたインソール型歩行計測システムの開発

研究所運動機能系障害研究部 志水宏太郎 河島則天

【背景および目的】二足歩行はヒトにとっての基本的な移動手段であり、足部を支持基底面とした推進力の生成により遂行される。歩行中における足部の力学特性は床反力の計測により評価されるが、床反力の計測には高価な機器が必要な場合や、計測範囲に制限あるといった問題がある。本研究では、有機圧電センサーフィルムを用いたインソール型の計測システムを試作し、曲げ試験機、義足試験機、トレッドミル歩行時の床反力計の同時計測を経て、床反力に相当する特徴量の抽出および信頼性と有用性についての検証を行った。

【方法および結果】本研究では有機圧電センサーフィルム Picoleaf™（村田製作所製）を用い、靴のソール型に切り出した炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastics : CFRP）に貼付し、荷重による CFRP の形状変化から床反力に相当する特徴量の抽出を試みた。曲げ試験機による計測では、先述の計測デバイスに対して、5mm ストロークの印加を行い、曲げ試験機のロードセルから得られる試験力と圧電センサーフィルムから得られる波形の同時計測を行った。相関分析の結果、試験力と圧電センサーフィルムから得られる波形の積分値との間で高い相関が認められた ($r = 0.9980$, $p > .001$)。義足試験機による試験では、圧電センサーフィルムをソール型の CFRP の踵部および爪先部の長軸方向・短軸方向に貼付する構成とし、歩行中の踵接地を模した 5 段階の印加を行い、その際の床反力と踵の有機圧電センサーフィルム波形の積分値を同時計測し、踵センサーの長軸方向及び短軸方向の最大ピーク値、床反力前後成分および左右成分の最大ピーク値を特徴量として抽出した。相関分析の結果、床反力の前後方向成分と圧電センサーフィルムの長軸方向の積分波形との間で高い相関が認められた ($r = 0.916$, $p < .001$)。トレッドミルでの精度検証では、健常若年者 8 名を対象に、先述のセンサー構成の計測デバイスと床反力搭載のトレッドミルを用いて 6 段階の異なる歩行速度条件における 40 ステップ分の床反力と圧電センサーフィルムの積分波形を同時計測した。圧電センサーフィルムの各波形に関しては、長軸方向、短軸方向それぞれで加算し合成波形とした。また、本研究では各センサーの特徴量の算出について長軸方向の合成波形の最大ピーク値、最小ピーク値、短軸方向の合成波形の定積分値を算出し、同様の算出を床反力の前後方向成分、左右方向成分に対して行った。相関分析の結果、いずれの特徴量についても、中等度～高い相関関係 ($r = 0.6 \sim 0.9$) がどの対象者の場合でも認められた。

【考察】本研究で試作した計測デバイスを用いることで、CFRP にかかる応力変化から床反力の相当する特徴量を算出することが可能であることが示された。個人内、個人間ともに高いデータ再現性、信頼性があることが確認されたことから、今後は歩行障害者での検証を行うことに加え、足部に設置する慣性センサーとの併用によって、運動学的計測を追加し、靴型タイプのスタンドアロン歩行計測システムを構築していく予定である。