

## 審査の結果の要旨

氏名 堀 正 峻

本論文は「歩行時の靴裏にかかる3軸力分布の計測」と題し、5章から構成されている。人が歩行するときに、靴の裏には面に垂直な力とともに、面に沿った力も働く。この地面から受ける力は人の歩行解析等に重要な意味を持つものである。従来、垂直方向の力を計測するセンサは入手可能であったが、面に沿う力も計測できて靴の裏に装着できる小型の3軸力センサがなく、靴裏にはたらくカベクトルの靴裏分布を計測することができなかった。

本論文の目的は、近年入手可能になったMEMSの小型3軸力センサを利用し、人が歩行するときに靴の裏が床から受けるカベクトルの分布を計測することである。そのため、繊細なセンサを壊さず適切な歩行時のデータが取得できるような靴裏への実装方法、靴裏面のカベクトル分布を取得するためのセンサの個数と配置等の解決すべき課題があった。

第1章 序論では、研究背景、従来研究とその課題、本研究の目的と意義について述べている。

第2章 計測システムの製作では、靴裏への3軸力センサの実装と、センサからの信号を処理する回路について述べている。実装では、寸法が11 mm×11 mm×3.54 mm、質量が0.6 gの3軸力センサを、寸法が25 mm×25 mm×7 mm、質量が15 gの外枠の中央に置く構造としている。この構造を片足の靴のかかと側に5個、つま先側に11個、合計16個取り付けしている。これにより、片足のみ靴裏のカベクトルの面内分布がとれるものとなっている。カセンサの信号データはマルチプレクサを介して、周波数333 Hzでサンプリングしている。

第3章 計測システムの評価では、3軸力センサの力に対する信号のキャリブレーション、処理回路のステップ応答・周波数応答等の評価、センサ・回路を装着したときの歩行に与える影響計測を行っている。キャリブレーションは、xyzステージで3軸力センサに歪を与えながら、そのときにかかる力をロードセルで、センサの出力電圧をオシロスコープで計測し、センサの力感度の行列を求めている。処理回路については、内在するローパスフィルタのカットオフ周波数が25Hzであることを実験で評価している。歩行に与える影響計測では、センサを取り付けた靴が片足のみであることの影響と回路やコンピュータ等を身に着けている影響を、被験者の重心の加速度の対称性に着目して評価していて、計測時に普段の歩行が再現できているとしている。

第4章 歩行時の靴底にかかる力の計測では、構築した計測システムを用いて歩行時の靴裏のカベクトルを時間の関数として求めている。また、求めたカベクトルの合力と、床面に据え付けられたフォースプレートのデータと比較して、二乗平均平方根誤差 (RMSE) が左右方向、前後方向、鉛直方向でそれぞれ15N、19N、136Nであるとしている。また、斜面や円周上を歩行したときのデータも取得している。傾斜においては、傾斜角に依存して斜面平行方向の力積値が増減すること、また、円周上の歩行では、曲率半径に依存して左右方向の力積値が変化し、力学的な考察と齟齬がないこと等を確認している。

第5章 結論では、本論文で得られた実験結果をもとに結論を述べている。

以上要するに、本論文では、3軸力が計測可能な微小な力センサを、歩行時にダメージを受けないように靴裏に16個実装し、また処理回路を身に着けることによって、歩行に影響を与えることなく、歩行時の靴裏のカベクトル分布を計測している。これは、歩行解析等に新しい方法を与えるものであり、この点から本論文は、知能機械情報学の発展に貢献したものであって、博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。