

モニタリングスーツによる身体活動度高精度計測に関する研究

High accuracy measurement of the physical activity using Monitoring Suit

05T1021H 岡留 慎一郎

指導教員：増澤 徹 教授

1.序論 今日、日本人の死因の約 6 割が生活習慣病である。生活習慣病及びその予備軍となるメタボリックシンドロームの予防・改善には毎日の健康管理が重要である。しかし健康管理を個人で行うことには困難が多く、健康管理を手軽に行える方法が求められている。本研究では、健康管理の中で人間が出力するエネルギー量を示す身体活動度に着目し、この手軽な計測方法として身体活動度モニタリングスーツと、それを使用した身体活動度計測方法を提案する。

2.方法 身体活動度モニタリングスーツはセンサモジュールとデータ収集モジュールによって構成されている (Fig.1)。センサモジュールは計測範囲 $\pm 10\text{G}$ の 3 軸加速度センサと計測範囲 $\pm 500\text{deg/s}$ の 2 軸ジャイロセンサ、データ収集モジュールはマイコンと USB メモリで構成されている。腰・肩・手首・膝・足首の 5 か所にセンサモジュールを取り付け、各部の加速度及び角速度を計測し、それをデータ収集モジュールで記録、このデータを元に身体活動度を推定する。加速度・角速度データからの身体活動度推定には、運動量・角運動量変化を利用した算出方法を検討・使用した。

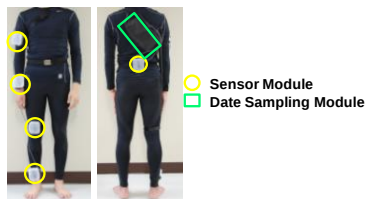


Fig.1 Monitoring suite.

3.実験

3.1 センサ検証実験 モニタリングスーツで使用する加速度センサ及びジャイロセンサについて精度とドリフト特性を検証した。

精度検証のため、センサモジュールを回転させる装置 (Fig.2) を製作した。各センサを回転させ加速度及び角速度を与え、3 分間の回転速度とセンサ出力を比較する形で検証した。回転速度はロータリエンコーダで計測した。

ドリフト特性は、室内にそのままセンサを設置した状態と温度を 30°C の恒温器内にセンサを設置した状態でそれぞれ 24 時間のセンサ出力を記録することで検証した。

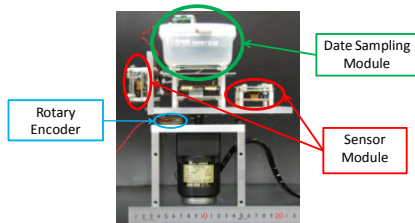


Fig.2 Experimental apparatus for sensor accuracy verification.

3.2 トレッドミル運動による身体活動度推定実験 呼気ガス分析装置とモニタリングスーツを着用した状態で、トレッドミル上で歩行・走行運動を行い、呼気ガス分析装置による消費エネルギーとモニタリングスーツによる運動量・角運動量変化を計測した。計測時間は 5 分とした。

4.結果及び考察

4.1 センサ検証実験 回転速度から算出した角速度/加速度とジャイロセンサ及び加速度センサ出力から算出した角速度/加速度の比較結果をそれぞれ Fig.3(a), (b)に示す。Fig.3 の 1 つの点にみえるところに実際には 6 つの計測データが乗っている。全てのセンサ、全ての軸で精密さは高く、標準誤差は全計測範囲に対し 1%以下であった。ジャイロセンサは規定計測範囲の全範囲計測ができた。しかし加速度センサは X、Y 軸が $-9[\text{G}]$ 以下、Z 軸が $-7[\text{G}]$ 以下の加速度計測ができなかった。感度や初期値にずれが生じていたが、補正することで高精度計測が可能であることがわかった。またドリフト特性試験結果では、24 時間で加速度センサが $0.03\sim 0.06[\text{G}]$ 、ジャイロセンサが $3\sim 7[\text{deg/s}]$ の変動があり、オフセット補正を定期的に行う必要があることがわかった。

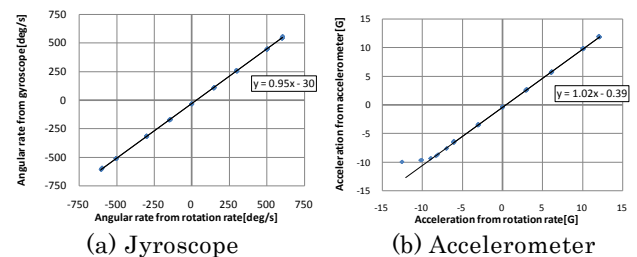


Fig.3 Results of sensor accuracy verification.

4.2 トレッドミル運動による身体活動度推定実験 呼気ガス分析による消費エネルギー推定値に対する、腰部の加速度センサから算出した体幹部の運動量変化量を Fig.4(a)に、上腕部の角運動量変化量を Fig.4(b)に示す。

被験者 2 人のデータから腰部の加速度ベクトルから算出した運動量変化量と消費エネルギーの相関係数を算出すると 0.963 と高い値を示した。上腕・前腕・大腿・下腿部それぞれの角運動量変化量と消費エネルギーの相関係数はそれぞれ 0.961、0.884、0.891、0.935 と、体幹部の運動量変化量の算出結果よりは劣ったが共に高い相関が確認できた。

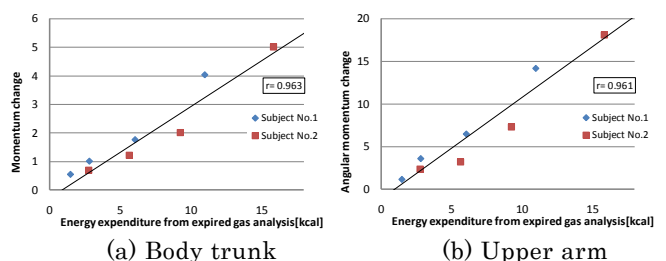


Fig.4 Relationship between energy expenditure and momentum change and angular momentum change.

5.結論 モニタリングスーツに使用するセンサの精度検証実験とモニタリングスーツを使用した身体活動度推定実験を行った。本研究で使用するセンサは感度とオフセットの補正を行えば高精度計測が可能であった。ただし加速度センサの計測可能範囲は規定計測範囲より狭かった。運動量変化及び角運動量変化と消費エネルギーは良好な相関を示し、高精度な身体活動度推定が行える可能性が確認できた。