

身体重心位置を床反力から計算する手法

津留崎康平¹⁾、江原義弘^{1),2)}、井上捷太²⁾

- 1) 新潟医療福祉大学 義肢装具自立支援学科
- 2) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

【背景・目的】身体重心（以下 COG）を三次元動作解析装置を用いて算出する際には身体各部に貼付した赤外線反射マーカを基にして、体節毎の重心を求め、それらを合成することで求めている¹⁾。しかしこの手法での重心（以下 COGc）は欧米人の体格をもとにした係数を用いているので、体格が異なる被験者や義足使用者では本来の位置とは異なる可能性がある。また複数のカメラを用いるなど大きな空間を必要とする不便な点があった。そこで Zatsiorsky ら²⁾ は床反力計のみを用いて、COG を計算する手法を考案した。床反力水平方向成分が各々ゼロとなる時点での床反力作用点（以下 COP）の位置をスプライン補間して得られた波形を COG とする手法である。しかしこの方法で得られた COG は二階微分によっても床反力水平方向成分から計算した加速度と一致せず、力学現象を無視したものであった。本研究では Zatsiorsky らの問題を解消し、歩行時において床反力計のみで COG を算出する新たな手法（以下 COGf）を考案し、カメラを用いる方法で得られた COGc と比較した。

【方法】被験者は身長 162 cm、体重 56 kg の健常成人男性とした。床反力計は 6 台（OR6-6-2000: AMTI 社製）を使用した。カメラを用いる従来法の COGc を計算するために赤外線カメラ 11 台を含む三次元動作解析装置（VICON MX）と、直径 9 mm の赤外線反射マーカを 43 個使用した。被験者にはアスレチックシャツとアスレチックパンツを着用させ、赤外線反射マーカを貼付した。

Plug-in-gait の 39 箇所に加え膝関節、足関節の内外側にそれぞれ貼付し、歩行動作 10 試行を行った。計測データを Matlab (R2018a) にて COGc と COGf を計算した。算出手順について左右床反力の前後方向成分を例として説明する。歩行中の床反力を身体質量で除した加速度を積分し、COG の速度を求め、これを積分し仮の COGf を求めた。これを COGf' とした。床反力前後方向成分がゼロになる時点 t1、t2 での床反力作用点を COP(t1)、COP(t2) とし、この時点での COGf' を COGf'(t1)、COGf'(t2) とした。以下の式で COGf を計算した。

$$COG_f(t) = COG_f'(t) + \{COP(t_1) - COG_f'(t_1)\} + \frac{COP(t_2) - \{COG_f'(t_2) + COP(t_1) - COG_f'(t_1)\}}{t_2 - t_1} (t - t_1)$$

この式により t=t1 の時、COGf(t1)=COP(t1)、t=t2 の時、COGf(t2)=COP(t2)となる。

【結果】算出された前後方向の COP と COGf と COGc を図 1 に、左右方向の COP と COGf と COGc を図 2 に示す。前後方向成分の COGf を二階微分して求めた加速度に身体質量を乗じた結果と床反力の関係を図 3 に示す。

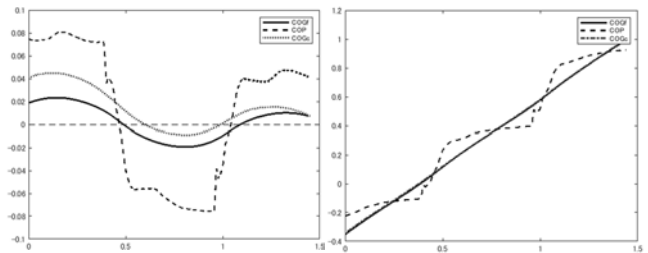


図 1 前後方向の COG と COP 図 2 前後方向の COG と COP

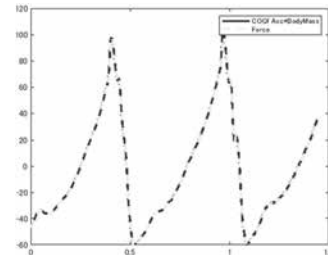


図 3 床反力の前後方向成分と COGf から得られた加速度に身体質量を乗じた値前後方向の COG

【考察】前後方向に関しては、手法間でほぼ違いのない波形を得ることができた。左右方向に関しては COGf よりも COGc の平均値が比べてゼロに近くなる結果が得られた。これは COGf の位置がより正中に位置していることの裏付けにもなる。また COGf の時系列データを二階微分した加速度に身体質量を乗じた値は床反力水平方向成分と完全に一致した（図 3）。今後は体節の質量分布の異なる被験者への適用を目指し、様々な動作に対応できるように研究を進めていきたい。

【結論】本研究では床反力計を用いて COGf を求め、従来手法である COGc と同等程度の精度を得ることができた。なおこの内容は第 40 回臨床歩行分析研究会定例会にて発表した内容である。

【文献】

- 1) Winter A, 長野明記, 吉岡伸介 (訳): バイオメカニクス 人体運動の力学と制御, ラウンドフラット, 94, 東京, 2011.
- 2) Zatsiorsky VM, Duarte M: Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: rambling and trembling components of the stabilogram, Motor Control, 3: 28-38, 1999.