

Fig. 2 measurement & control system

3. 計測アルゴリズム

歩行の解析を行う際に踵接地は重要である。これまで本システムの踵接地判別はフットスイッチで行ってきた。しかしフットスイッチの装着位置は被検者によって異なるため、安定した測定が行えなかった。そこで被検者に計測装置を装着せず、床反力計から踵接地の判別と歩行パラメータの計測を行うプログラムを Matlab によって開発した。踵接地判別は COP 座標に焦点をあて、アルゴリズムの構築を行った。床反力計より得られた COP 座標の軌跡から X 座標成分と Y 座標成分を抽出し、式(4), (5)を用いて踵接地の判別を行った。本プログラムで計測可能なパラメータは垂直反力, COP 座標, 踵接地, cadence, step length である。

$$COPy > average(COPy') + 2 * stdev(COPy') \dots (4)$$

$$COPx < average(COPx) \dots (5)$$

4. 実験

4-1 実験 1 速度変化によるプログラムの妥当性

開発したプログラムの性能評価するため速度変化におけるシステムの妥当性を調べた。被検者は健康成人男性 6 名 (age:22.83 ± 1.17 [year], height:174.57 ± 4.69[cm], weight : 64.46 ± 5.87 [kg]) で行った。実験条件はトレッドミル速度を 1.0km/h から 2.5km/h まで 0.5km/h 刻みで速度を変更して 1 分間の歩行を計測した。また一部のパラメータの検定には一元配置の分散分析を用いた。

4-2 実験 1 結果と考察

各速度における垂直反力 Fz[kg] と COP の軌跡 Fig.3 に、各パラメータの結果を Fig.4 に示した。

実際の踵接地回数とプログラムで判別した回数的一致率は 98.6% で高い水準で踵接地を判別できた。速度の増大に伴い、被検者の cadence に有意な差が見られた(p<0.01)が、step length においては有意な差は見られなかった(p>0.05)。つまり、被検者はトレッドミル速度が増大すると step length を維持した状態で、cadence を増大させることにより速度に適応していることが分かった。また Fig.3 より Fz は cadence の増大に伴い、変位量が增大した。以上よりこの実験条件において本プログラムは各パラメータを計測することに対して妥当であると考えられる。

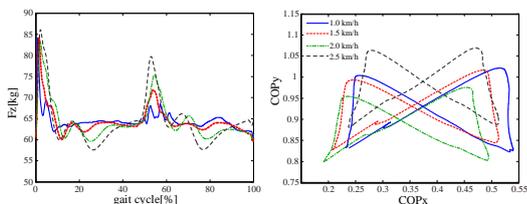


Fig.3 Fz & COP position while gait cycle

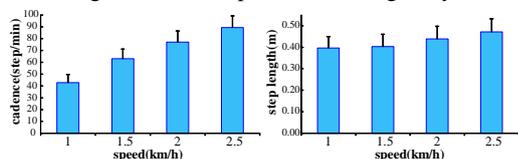


Fig.4 gait parameters

4-3 実験 2 免荷・装具着用によるプログラムの妥当性

本システムでは被検者を免荷した状態や動力付下肢装具を装着して訓練を行う。実験 1 と同じプログラムで異なる免荷量や装具装着・非装着で計測が可能であるか試験した。被検者は健康成人男性 1 名 (age:22[year], height:178[cm], weight:66.2[kg]) で行った。実験課題は免荷量 0%, 30%, 50%, 70% の状態で下肢装具を非装着 (without orthosis) と装着 (with orthosis) で歩行を行った。計測項目は床反力計, フットスイッチとし、サンプリング周波数は 1000[Hz], 歩行速度は 1.0[km/h] で計測した。

4-4 実験 2 結果と考察

フットスイッチで測定した踵接地数と本プログラムで判別した踵接地数的一致率を Table.1 に示した。また免荷状態かつ装具装着・非装着の COP 座標の比較を Fig.5 に示した。

Table.1 より実験 1 の結果 (98.6%) と比較して精度は低下した。また免荷量が増加するに伴い、装着時・非装着時でも精度は低下し、非装着時ではさらに精度が低下した。Fig.5 より装着時の COPx 座標は 70% 免荷を除き、0.3 から 0.5 の範囲内で変位した。また装着時・非装着時どちらも免荷量が増大すると COPy 座標は後方に変位した。

装具の装着・非装着間における踵接地の一致率は装着時が高い割合を示した。これは装具の可動域が前後方向にあり、左右方向への変位を制限するため、安定した歩行が再現できたが、非装着時では被検者を固定するものがなく、左右の変位が不安定になったと考えられる。免荷量が増大するにつれて COPy 座標は後方に変位した。本システム (Fig.1) の下肢装具の固定には平行リンク機構を使用しており、免荷装置で被検者を免荷すると鉛直上方向に力が働き、下肢装具も鉛直上方向に移動する。この時、平行リンク機構により歩行位置は後方に移動するため、免荷量の増大に伴い COPy 座標は後方に移動したと考えられる。

以上より本プログラムは装具の装着時は妥当な値を示したが、非装着かつ免荷状態では精度が低下することが明らかになった。

5. まとめ

本プログラムの速度変化における各パラメータの計測は妥当であった。しかし、免荷、装具装着・非装着時における各パラメータの同定は精度が低下した。被検者を増やし、計測の難しいパラメータを特定し、他の計測デバイスの導入で、パラメータを同定する精度を上げる必要がある。

Table.1 validity on body weight support rate VS with orthosis or without orthosis

| body weight support rate | without orthosis | with orthosis |
|--------------------------|------------------|---------------|
| 0%                       | 89%              | 100%          |
| 30%                      | 100%             | 100%          |
| 50%                      | 88%              | 92%           |
| 70%                      | 68%              | 85%           |

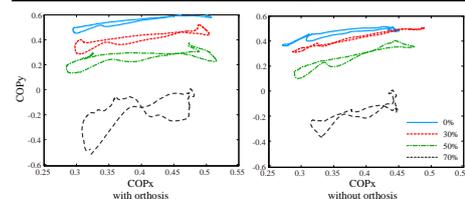


Fig.5 COP trajectory

参考文献

- (1) Wernig A et al, Eur J Neurosci, 7, 823-829, 1995.
- (2) Colombo G et al, J Rehabil Res Dev, 6, 693-700, 2000.
- (3) Volker Dietz et al, Brain, 125, 2626-2634, 2002.