

1. 緒言

近年、高齢社会の進行により転倒者が増加し、歩行リハビリテーションの重要性が高まっている。日常における歩行は前後左右といった単一な動きでなく、これらを組み合わせた物となっている。そのため、実際の歩行に近い訓練を個人の状態に合わせて行えば早期回復が可能であり、介護者、被介護者の負担を減少できると考え、我々の研究グループでは、全方向移動可能で、かつ転倒する事なく安全な歩行訓練機を開発し^[1]、臨床実験により、その有効性が実証されている^[2]。現在、歩行訓練機には発進時の振動、直進時に軌道がずれることで本来得られるべき訓練効果が損なわれるといった問題点がある。これらの原因が中心位置からの重心のずれであると考え、重心位置がずれた場合の歩行訓練機の運動モデルの導出を行い、シミュレーションにより効果の比較をした。

2. 歩行訓練機の概要

写真.1 に全方向移動型歩行訓練機を示す。特徴として車輪にオムニホイールを本体の各頂点に使用する事で全方向移動を可能にしている。



写真.1 全方向移動型歩行訓練機

3. 歩行訓練機の走行シミュレーション

訓練者を含めた歩行訓練機の重心のずれが原因で歩行訓練機の動的特性、すなわち動力学モデルが変化する。本報告では重心のずれを考慮しない場合と、考慮する場合の制御結果について比較する。重心が幾何学的中心にある場合の歩行訓練機のモデルを図.1 に、重心が幾何学的中心からずれた場合の歩行訓練機のモデルを図.2 に示す。ラグランジュ運動方程式により導出した動力学計算式は、それぞれ式(1)、式(2)になる。また、運動学の計算式は式(3)である。

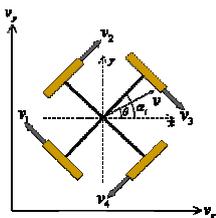


図.1 Model 1

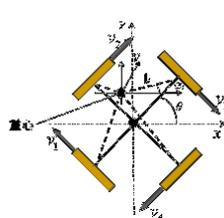


図.2 Model 2

v :歩行訓練機の移動速度 $\dot{\theta}$:オムニホイールの速度
 v_i :歩行訓練機の回転速度 α : x 軸とアームの成す角
 l_i :各オムニホイールと重心との距離 ($i = 1, 2, 3, 4$)

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{M}{2} + \frac{I}{4l^2} & -\frac{Mr^2}{2} & \frac{Ir^2}{4l^2} \\ -\frac{Mr^2}{2} & Mr^2 & -\frac{Mr^2}{2} \\ \frac{Ir^2}{4l^2} & -\frac{Mr^2}{2} & \frac{M}{2} + \frac{I}{4l^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{(l_2^2 + l_3^2)Mr^2 + Ir^2}{(l_1 + l_2)^2} & -\frac{Ml_2r^2}{l_1 + l_2} & \frac{(l_2^2 - l_1l_3)Mr^2 + 2Ir^2}{2(l_1 + l_2)^2} \\ -\frac{Ml_2r^2}{l_1 + l_2} & Mr^2 & -\frac{Ml_2r^2}{l_1 + l_2} \\ \frac{(l_2^2 - l_1l_3)Mr^2 + 2Ir^2}{2(l_1 + l_2)^2} & -\frac{Ml_2r^2}{l_1 + l_2} & \frac{(l_1^2 + l_2^2)Mr^2 + Ir^2}{(l_1 + l_2)^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x}_1 \\ \ddot{x}_2 \\ \ddot{x}_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(-\frac{3}{4}\pi) & -\cos(-\frac{3}{4}\pi) & l \\ \sin(\frac{3}{4}\pi) & -\cos(\frac{3}{4}\pi) & l \\ \sin(\frac{1}{4}\pi) & -\cos(\frac{1}{4}\pi) & l \\ \sin(-\frac{1}{4}\pi) & -\cos(-\frac{1}{4}\pi) & l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_r \\ v_\theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

シミュレーションでは2つの運動モデルを作成し、速度の目標値と重心位置を設定し、結果の差異を取り重心を考慮する場合の有用性を検討する。

4. シミュレーション結果

シミュレーションにおいては、中心位置から車輪までの距離が0.4m、制御器のパラメータはそれぞれ $K_p=10$, $K_i=0.1$ である。図.3 に歩行訓練機の中心の移動の軌跡。点線が Model 1、実線が Model 2 である。

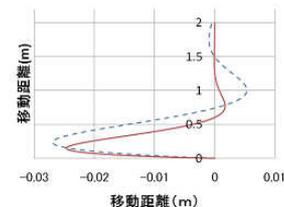


図.3 移動軌跡

図.3 から重心のずれを考慮しない場合には発進時の振動が大きく、収束も遅いことが分かる。以上のことから、重心を考慮する制御の方がより正確な制御法であると考えられる。

結言

シミュレーションにより、重心のずれがあると、重心のずれの無い理想状態ほどの経路追従結果を得ることができないことを確認した。今後の課題としては、重心のずれを抑える制御法の開発が考えられる。

参考文献

[1] 王 碩玉, 他 4 名: 全方向移動型歩行訓練機, 第 17 回ライフサポート学会学術講演会論文集 (2001)
 [2] 王 碩玉, 他 7 名: 全方向移動型歩行訓練機の開発と筋力増加の効果検証, 2007 年福祉工学シンポジウム論文集