

空気圧調整機能を有するエアークッションの感触制御に関する研究

—第2報 空気枕の非線形性に対する考察—

山本祥寛 岩城敏 (広島市立大学 情報科学研究科)

中村幸博 茂木学 武藤伸洋 (NTT SL 研)

1. 序論

著者らはこれまでに、空気枕内部の空気圧を操作することで使用感触を制御する方式を提案している^[1]。本方式では、構造上枕の高さを直接測定するセンサが枕内部に設置されていない。従って制御精度評価実験に際しては、何らかの外部計測システムが必須であった。本報告では、従来の外部計測システムを改造することにより得られた高精度データを基に、空気枕の非線形性について考察する。

2. システム概要

本研究で用いるピストンシリンダー型空気圧制御装置(枕システム)を図1左に示す。本システムではこの枕システムで直接計測可能な、空気枕の空気圧値とピストンの位置情報のみを利用したインピーダンス制御方式(式1)を提案している^[1]。

今回はこの提案方式の妥当性をより高精度に調べるため外部計測システム(図1右)を改造した。この計測システムは、枕の高さを正確に計測するために極めて摩擦の少ない一對のスライドガイドにより、可動部が水平度を保ちつつ支持されている。これにより枕が上下する際の動きをレーザーセンサにより高精度に測定可能な構造となっている。

$$X_r = \frac{F_{Pre} + k_d X_d}{m_d S^2 + d_d S + k_d} \quad (式1)$$

$$F_{Pre} = k_{Pre} P \quad (F_{Pre} \approx F)$$

X_d : 目標の高さ m_d : 目標の質量 d_d : 目標の粘性

k_d : 目標のバネ定数 F : 枕にかかる外力 P : 空気圧の変化

F_{Pre} : 推定する枕にかかる外力 k_{Pre} : 空気圧の変化と力の関数

3. 実験

3.1 実験条件

空気枕上部に一定加重(20N)をステップ状に与えた際の、枕頭頂部位置の変位を取得し空気枕の非線形性を検討した。

式1の目標インピーダンスのバネ成分、粘性、質量をそれぞれ変化させたときの測定結果を図2に、剛性を固定し、枕の高さを変化させた場合の測定結果を図3に、バネ成分だけを变化させた場合のピストン変位と空気内圧力値を図4に示す。

3.2 初期高さ一定の場合

図2より、指定したインピーダンス値の変化に伴い変位の定常値が変化していることが確認できる。よって、インピーダンス値変更の効果が確認できる。

3.3 剛性を固定し初期高さを変更した場合

図3より両グラフは上下方向にほぼ平行移動した形になっているので、高さと剛性を独立に制御できていることが確認できる。また、空気枕の袋自体が受動的に持っている剛性は、袋の形状、内部の圧力によって大きく変化することを確認した。この剛性が図3の丸の部分に現れていると考えられる。

3.4 ピストン位置と空気圧センサとの関係

本システムでは空気枕上部に加わる外力、すなわち枕ユーザの頭から与えられる力を推定するために、空気袋内部の空気圧センサを用いている。実際には、無負荷状態での圧力値を基準として、そこからの変化分を外力として計測している。シリンダー容積がほぼ一定の時には、この考え方で、ほぼ正確に外力を測定することができる。しかしながらシリンダー容積が大きく変化する際には、外力が一定であるにも関わらず、空

気内圧力値は大きく変化してしまうので外力は正しく測定できない。この事実は、図4(b)に端的に表されており、ボイルの法則により大まかな説明が可能である。

4. 結論

新たに製作した外部計測システムを用いた実験により、提案方式の定性的妥当性、空気枕の非線形性等を確認した。

今後の課題として、提案手法の定量的評価、空気枕の非線形性の明確化と対処、外力推定法の改善が必要である。

参考文献

[1]山本まか, “空気圧調整機能を有するエアークッションの感触制御方式に関する研究 -第1報-” ロボティクス・メカトロニクス学会, 2009

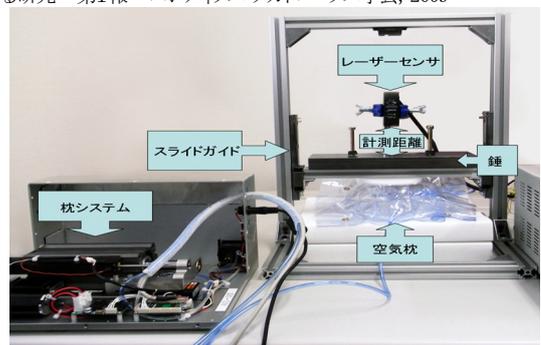


図1 枕高さ用外部計測システムと枕システム

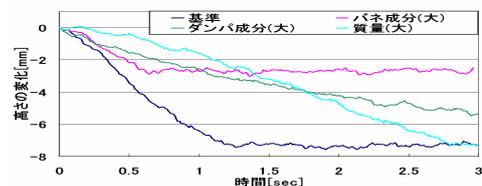


図2 初期高さを固定しインピーダンス値を変更した場合

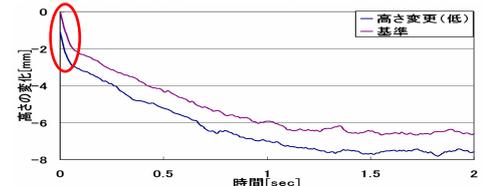
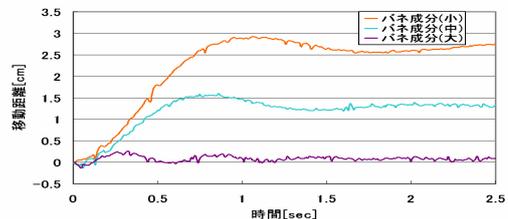
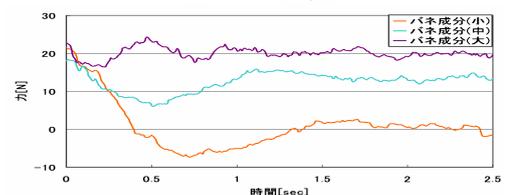


図3 剛性を固定し初期枕高さを変更した場合



(a)ピストン変位



(b)空気内圧力値

図4 ピストン変位と空気内圧力との関係