アクティブ補装具の開発 - 補装具制御弁 (On/Off 弁) の制御法について -

Development of Active Orthoses - Control Method for Orthoses Control Valve (On/Off Valve) -

学 〇秋吉 紀昌 (岡理大) 正 藤本 真作 (岡理大)

Norimasa AKIYOSHI, Okayama University of Science Graduate School
Shinsaku FUJIMOTO, Okayama University of Science, 1-1 Ridaicho, Kita-ku Okayama

Key Words : Active orthoses , Pneumatic Actuator , Multi-level control , On-Off Valve , Sliding mode

1. 緒言

平成 19 年の有訴者の状況^[1]を見ると、65 歳以上の高齢者において腰痛は、肩こり・手足の関節の痛みを抜いて 1 位になっている。また腰痛は若年層においても、多く訴える症状のひとつである。

腰痛の症状を和らげる対処法の 1 つとして、装具（サポータ）を用いた腰部固定法が挙げられる。しかし、従来のサポータは、ゴム繊維やマジックテープなどで腰部をパッシブにサポートしているため、体格にあったサイズ、形状のサポータを選択するのが困難である、動作時にずれや痛みが生じる、日常レベルでの（体調や要求に応じた）サイズや形状変更が困難であるなど多くの問題点が指摘されている。これらの問題を解決するために、締め付け機構に空気圧駆動柔軟アクチュエータを用いた腰部のアクティブ補装具を提案する。

本研究では、腰部アクティブ補装具のプロトタイプを試作し、アクチュエータの内部圧力制御による適切なサポート力生成および保持を可能とする制御方法の確立を目指している。そこで本報告では、空気圧駆動柔軟アクチュエータの制御弁（On-Off 弁）で発生する問題点について報告する。

2. アクティブサポータの構造

提案するアクティブ補装具を Fig.1 に示す。

Fig.1 Active Orthoses (Prototype IV)

アクティブ補装具（プロトタイプ IV）は左 X ベルト、右 X ベルト、左腸骨ベルト、右腸骨ベルト、補装具本体（背部）の 5 ケ所に空気圧繊維状アクチュエータ (PTA: Pneumatic Textile Actuator) を装備し、補装具本体と X ベルトによる 2 重締め構造を有している。

3. 補装具制御弁の制御法

補装具制御弁（On-Off 弁）の制御において腸骨 X ベルトが時折、振動的になるという問題が生じた。本報告では制御系設計法を見直すことで、この問題を解決することを目指す。

PTA の内部圧力制御には、小型・軽量の On-Off 制御弁が使用されている。On-Off 制御弁の制御法として、振動抑制の観点から予見制御則が一般によく用いられている。以下に、予見制御則を示す。

$$u = e(t) + \alpha \dot{e}(t) \quad \because \alpha = K \cdot \Delta T$$

ここで、 α : 予見時間 , e : 誤差
 K : 予見係数 , u : 操作量

ΔT : サンプル周期 である。

予見係数 K を大きくすなわち、予見時間 α を大きくすることで振動抑制が可能であるとされている。しかしながら、 α を大きくすると位相面上での誤差原点付近で逆に振動が発生しやすくなる可能性がある。

そこで提案する制御法では、吸気（排気）時に排気（吸気）の逆動作をできるだけ行わないようにする制御法を提案する。本制御法は予見時間 α を大きくし、スライディングモード状態（切替面）に制御することで、適当な制御性能を得ることができる。このことは、誤差原点への収束速度を抑制することで振動を抑える役目を果たしていると考えられる。

4. シミュレーション結果

制御時間 3.0s、負荷容量 3ml、サンプリング周期 0.1ms、むだ時間 1ms で Matlab/Simulink を用いてシミュレーションを行った。シミュレーション結果の一例を Fig.2 に示す。

Fig.2 Simulation Results (Load Capacity : 3ml)

Fig.2 より、従来法の予見制御則では予見係数 K を大きくすることで、若干の振動が抑えられているものの大きな効果は期待できない。それに対して、提案する制御法は振動を抑制し、目標値に収束していることが確認できる。

5. 結言

提案する制御法は、負荷容量が小さい場合において振動が抑制できることを、シミュレーションにより確かめた。以上のことから、本制御法の有効性を確認した。今後の課題として、本制御法の実機での検証とアクティブ補装具のカスタマイズ化などが挙げられる。

参考文献

- [1] 平成 19 年 国民生活基礎調査の概況 [厚生労働省],
URL: <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-19.html>