

## 博士論文審査結果の要旨

博士論文審査委員会

主 査 伊藤 和寿

審査委員 川上 幸男

審査委員 米田 隆志

審査委員 陳 新開

審査委員 赤木 徹也

氏 名	小林 亘
論文題目	Hysteresis Modeling and Adaptive Model Predictive Control of Tap-Water Driven McKibben Muscles
〔論文審査の要旨〕 本論文は、水道水圧で駆動する McKibben 型人工筋のモデル化とそれに基づく変位制御系設計手法およびその評価についての研究成果である。この人工筋は負荷に対する非線形性（負荷に依存した収縮率、ヒステリシス等）が強い一方、水道水圧で駆動できるために退院後における障がい者の自宅リハビリ用アクチュエータとしての利用が期待されている。研究成果としては、1)人工筋ごとに異なるヒステリシスパラメータも含めることにより、高い精度で人工筋の動特性がモデル化可能であること、2)上記 1)のモデルに適応系を導入したモデル予測制御手法を用いることにより、従来の手法では難しかった有負荷時の人工筋変位制御性能が大幅に改善されること、が示された。特に人工筋の持つ不確かさを適応的に推定することによる効果は大きく、今後の実用化に向けての大きな可能性が示された。さらに、人工筋駆動を安価かつ入手可能な On-Off 弁で実現した場合についての制御性能の改善についても検討を行った。 最終審査は、約一時間の論文発表および約一時間の質疑応答を引き続く形で行われ、予備審査で指摘された内容についての議論を含め、以下の点が指摘された。 1. 研究成果の新規性は認定する。ただし、Bouc-Wen 型以外のヒステリシスモデルでの精度、リハビリテーションに応用した際のヒステリシスの実用上の影響、は今後さらに検討すべき。また、実用上は再現性についてもより詳細に扱う必要がある。 2. 変位センサレス化においては、流量計のキャリブレーションデータおよび圧力情報を利用する方が効果が高い可能性がある。 3. 複数の人工筋の利用あるいは動的な負荷の場合における提案手法の有効性の検討も期待する。 ただし、米田審査委員は公務により当日の出席ができなくなったため、最終審査に先立つ 1 月 15 日 16 時より質疑応答を含む 1 時間半に渡る審査を行った。 審査後の協議により審査委員会は研究の価値を承認し、最終審査を合格とした。	

<p>※報告番号</p>	<p>甲 第 175号</p>	<p>氏 名</p>	<p>小林 亘</p>
<p>主論文題名</p> <p>Hysteresis Modeling and Adaptive Model Predictive Control of Tap-Water Driven McKibben Muscles</p>			
<p>内容の要旨</p> <p>This dissertation is concerned with tap-water driven McKibben muscles. The muscles can improve environmental friendliness of systems because water hydraulics is 100% oil-free. On the other hand, the control performance of them is a considerable problem and it should be solved to expand their application.</p> <p>To improve the control performance of the muscles, we propose two model-based control methods: 1) Model reference adaptive control, and 2) Model predictive control (MPC). Then combination of system identification and Bouc-Wen hysteresis model is applied to obtain muscle models. As a result, the model can express the characteristics of the muscle under not only no-load condition but also loaded condition.</p> <p>Proposed model is used as a nominal model for control. Under loaded condition (3.5 kgf), the performance of MPC becomes worst due to accuracy of the model although the performance is better than other applied controls under no-load condition. To solve the problem, recursive least squares algorithm is applied. The algorithm can update the muscle parameters on real-time basis. Additional improvement is the use of multiple coincident points for MPC and adaptive MPC. This can take into account of all predicted error in prediction horizon.</p> <p>We also propose predictive On/Off control to improve the control performance of On/Off control. The proposed control is based on one-step-ahead estimation and an evaluation function. The proposed control can consider the predicted muscle displacement and then can reduce the undesirable switching of the valves.</p> <p>Two estimation methods of muscle displacement are proposed: 1) Method I with flex sensor and 2) Method II with flowmeter. Although the method I estimate the displacement, there exists problems such as position and torsion of the sensor, and repetitive operation. On the other hand, the method II is reasonable because it is easily possible to implement. In addition, the control performance of the displacement control with estimation method II is shown by experiment.</p> <p>Finally, it is great benefit that compensation of loads can be achieved. Moreover, the proposed control can improve the control performance, although it is generally lower. The proposed estimation methods are useful for systems that require high flexibility and user friendliness such as rehabilitation devices.</p>			