

2E35

装着型ロボットの安全性評価を目的としたマニピュレータによる

装着部付加パターンの再現

Reproduction of Loading Pattern under a Cuff using Manipulator for
Safety Evaluation of a Physical Assistant Robot

学 ○尾崎岳 (名大) 正 山田陽滋 (名大) 正 秋山靖博 (名大) 加藤晃大 (名大)

Takeshi OZAKI, Yoji YAMADA, Yasuhiro AKIYAMA and Akihiro KATO, Nagoya University. Furo-cho, Chikusa-ku,
Nagoya 464-8603

Key words: Physical assistant robot, Safety validation test, Dummy skin, Iterative Feedback Tuning.

1. 緒 言

装着型ロボットは少子高齢化社会において介護士にかかる負担を軽減することにおいて高い有用性が期待されている。装着型ロボット普及のための課題のうち、著者らは「生活支援型ロボット実用化プロジェクト」の事業の一環として、装着型ロボットの接触安全性に注目した。国際安全規格 ISO13482 の中で、ロボットは連続的な使用の中で使用者に加わる肉体的な重圧や歪みを最小化する、あるいは軽減するように設計されなければいけないとされている。さらに、リスクアセスメントの結果から、「関節や皮膚の障害」リスクが重視されている⁽¹⁾。

ロボット使用時にこれを身体に固定するカフが皮膚表面で運動するとき、構造の人間工学的不整合性のため、ずれが生じることで創傷が生じるリスクがある。本研究では、創傷の中でも繰り返し応力により高い頻度で発生すると考えられる水疱に注目した。Mao らによってカフ接触部における水疱発生の耐性曲線が示されている⁽²⁾。これを用いて安全性検証を行うためには、人の皮膚にかかる応力分布の測定が必要である。しかし、局所的な力や、カフの接触面積が測定困難であることから、人の皮膚にかかる応力は計測が難しい。そこで、本研究グループは、人体ダミー上においてマニピュレータによって装着型ロボットのカフ運動パターンを再現することで、装着部負荷を推定し、安全性検証を行う方法を開発した。

2. 接触安全試験

本研究で開発した接触安全性試験方法は、ベルトや靴を使用して下肢に固定した状態で使用する装着型ロボットに対して適用される。また、人体に対して直接試験を行うことは安全性の問題から倫理的に難しいため、人の皮膚を模擬したダミー皮膚を用いて試験を行う⁽³⁾。本試験は大まかに2つの段階に分けられる。

まず、実使用時のカフ運動の計測を行う。使用者が装着型ロボットを着用したまま通常の動作を行い、その時のカフの運動を計測する。人の皮膚とカフの間の相互作用力、相対変位はモーションキャプチャシステム及びカフに組み込んだ力覚センサにより測定した。次に、ダミー皮膚を用いたカフ運動の再現を行う。ロボットマニピュレータの先端にカフを取り付け、ダミー皮膚上で人の皮膚上で計測した相互作用力と相対変位を再現した運動をさせる。水疱ができるまでの時間を計測し、得られた変位や力と比較することで、統計的に変位や力と時間の関係を導出することで安全性検証を行う。

3. ダミー皮膚上におけるカフ運動の再現

カフ運動を再現するために、マニピュレータの制御システムを設計した。システムのパラメータは相互作用力と相対変位の両者を再現するために最適化を行う必要がある。本研究では、まず、PID 制御のゲインの初期値を設定するために、遺伝的アルゴリズムによる大域的探索を行う。その後、制約条件下で逐次二次計画法に基づく

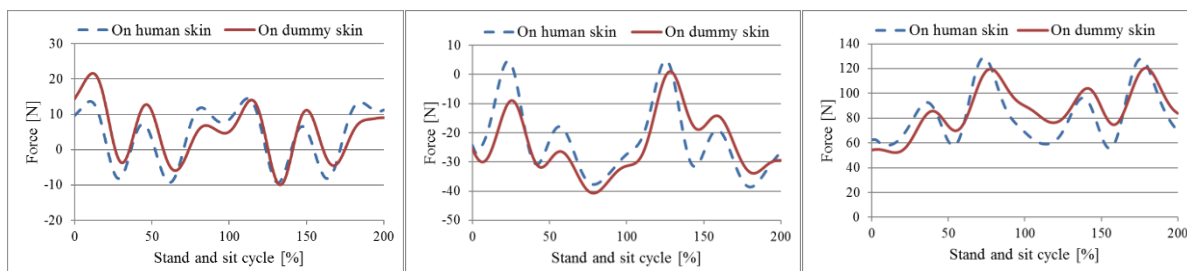


Fig. 1 Reproduction of interactive force; (left) lateral-axis force; (center) longitudinal-axis force; (right) normal force.

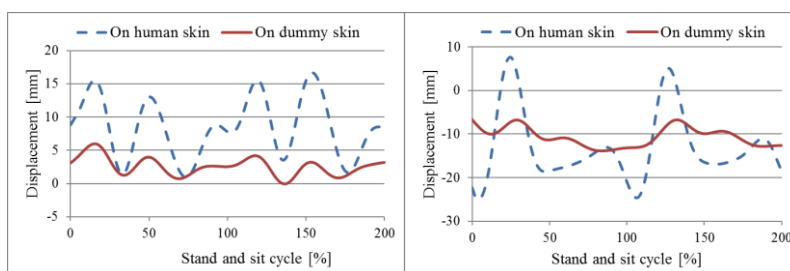


Fig. 2 Reproduction of relative displacement; (left) lateral-axis displacement; (right) longitudinal-axis displacement

最適化を行う最適制御である Iterative Feedback Tuning (IFT)を導入した。これは再現実験を行い、その結果を用いてゲインの最適化を行う方法である。実験を繰り返し、PID ゲインを変数とした評価関数が最小となるゲインを最適値とした。

図 1, 2 は縦軸に相互作用力および相対変位を示し、横軸に起立状態を 0, 100, 200 %, 着座状態を 50, 150 % とした、起立と着座の繰り返し動作を示した再現実験の結果である。また、破線は人体上におけるカフ動作、実線はダミー上で再現したカフ動作である。相互作用力はおおむね再現されたが、ピーク値の再現性が低い。また、相対変位の再現性は低く、力と変位の関係が比例していない部分がみられる。これは、人とダミー皮膚の粘弾性の違いや、起立と着座のフェーズの切替え時の皮膚のずれによるものだと考えられる。そこで、フェーズが切り替わるタイミングで分割し、各フェーズで IFT を用いてゲインの最適化を行うことで再現性の向上を試みる。

4. 結 言

本稿では、装着型ロボットの接触安全性評価のうち、ダミー皮膚とマニピュレータを用いたカフ運動の再現方法を示し、再現実験を行った。皮膚とカフの間の相互作用力は高い再現性が得られたが、相対変位の再現性は低かった。今後の課題として、相対変位の再現性を向上させることがある。そのために、制御システムやパラメータの最適化法についてさらに検討する必要がある。

謝 辞

本研究は、「ロボット介護機器開発・導入促進事業」により行われた。

文 献

- (1) 伊藤浩治, 山田陽滋, 大西惟史, 小田志朗, 原 進, 岡本正吾, “下肢用人間装着型ロボットの安全性評価試験方法に関する研究 第 1 報: 膝ジョイント連動並進機構を有するダミーの提案”, *ROBOMECH2011*, (2011), 2A1-A04.
- (2) Mao, X., Yamada, Y., Akiyama, Y., Okamoto, S., and Yoshida, K., “Development of a novel test method for skin safety verification of physical assistant robots”, *Proceedings of IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*, (2015), pp. 319-324.
- (3) 石黒健次, 秋山靖博, 山田陽滋, 原 進, 岡本正吾, 大西惟史, 伊藤浩治, “下肢用人間装着型ロボットの安全性評価試験方法に関する研究 第 2 報: 人体形状の再現を目的としたダミー皮膚の提案”, *ROBOMECH2012*, (2012), 1P1-S05(3).