

事業の実施内容

1 実施経過

(1) 事務手続き関係

平成29年	4月14日	交付決定通知受理 (4月1日付)
	5月12日	交付誓約書・振込依頼届・前金払申請書提出
	6月 1日	補助金受領 (5,000,000円)
平成30年	5月16日	補助金残額返還 (261,558円)
平成30年	5月31日	補助金受領 (5,000,000円)

(2) 事業関係

①人の動作モデルに基づいた機能性着衣の開発

平成29年	基礎実験
	9月20日 Universal Robot UR3 CB3搬入 (検収9/27)
	2月 一部装着型動作支援デバイスの開発

②多自由度移動ロボットの開発

平成29年	2月	ばね機構を有する移動ロボットシステムの開発
	2月	位置と力の融合制御手法の確立
	2月	ばね機構を有するロボットシステムの力制御

③機能性着衣と移動ロボットの融合化

平成30年	6月	加速度センサの精度測定と補償
	9月	指動作支援システムの再設計と検討

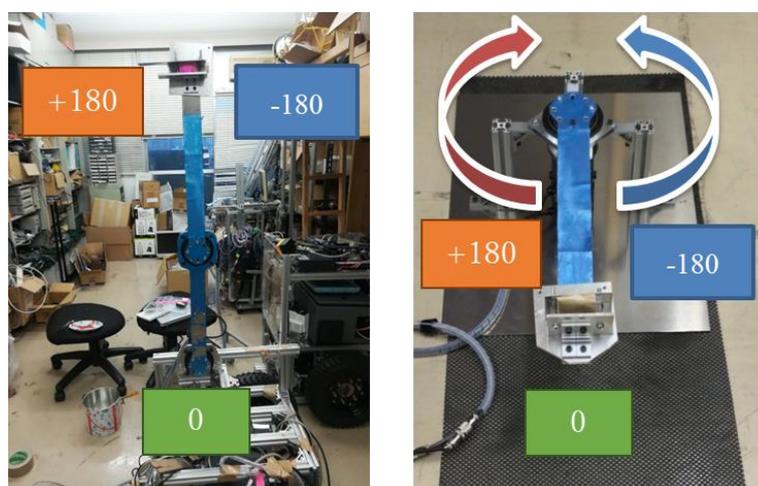


図1：加速度（ジャイロ）センサの特性評価実験

2 実施内容

③ 機能性着衣と移動ロボットの融合化

- ・ 加速度センサと画像によるモデル化誤差補償

加速度（ジャイロ）センサの誤差補償については、幾つかの加速度（ジャイロ）センサの精度比較検証を兼ねて確認を行った（図1）。実験では画像情報ではなくエンコーダで測定を行った回転角度を真値とし、30度毎に関節角を回転させた時の加速度センサ出力に対する誤差率を確認している。その結果の一部を図2に示す。比較を行ったセンサは、Moff（Moff社製）、TSND151（ATR社製）およびx-IMU（x-io Technologies社製）である。

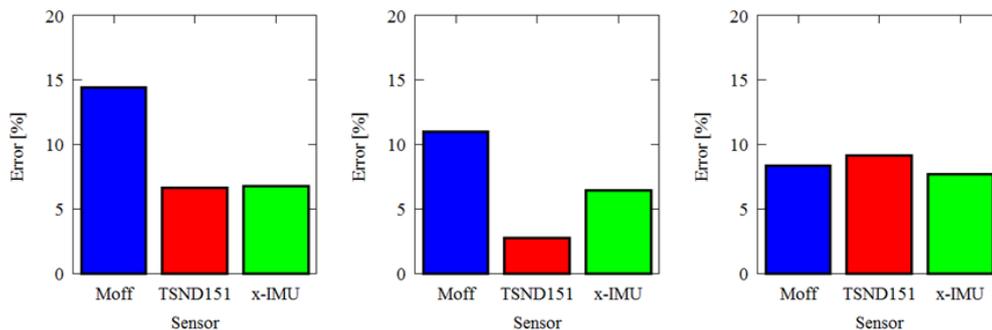


図2：ジャイロ応答の結果（左：x軸回，中央：y軸回，右図：z軸回）

図2の結果より、平均的に言えばTSND151の応答が最も誤差が少ないものであることが分かる。ただし、各センサにおいて事前に補正結果が得られれば信頼性の高い応答が得られる。本研究課題では、装着のし易さも含め比較的高精度な応答を得やすいTSND151もしくはx-IMUを利用したシステム構築ならびに検証実験を行っている。

- ・ 機能性着衣の評価実験と再設計，転倒防止制御の高精度化，手の震え防止制御の高精度化



図3：ばね機構を有する移動マニピュレータの機構外観と転倒防止支援

機能性着衣の評価実験と再設計に関しては、進捗がかなり遅れてしまっている。当初は全身の運動状態に関する支援制御を予定していたが、実際のニーズに応じた検証を行うため、転倒防止（背中からの動作支援）および振動防止（振戦抑制のための指動作支援）に焦点を当てた機構設計と検証実験を進めている。転倒防止についてはばね機構を導入したマニピュレータによる機構設計と転倒防止の検証実験を既に完了している。図3に移動マニピュレー

タの外観を示す。本マニピュレータを用いた転倒防止実験の結果については後述する。

振戦抑制のための指動作支援に関しては、図4に現在設計を行っている指動作支援の機構を示す。前回の報告で示した機構では、3Dプリンタで機構製作を行ったが、今回の指動作支援機構に関しては、グローブへ機構を埋め込む構成を予定している。

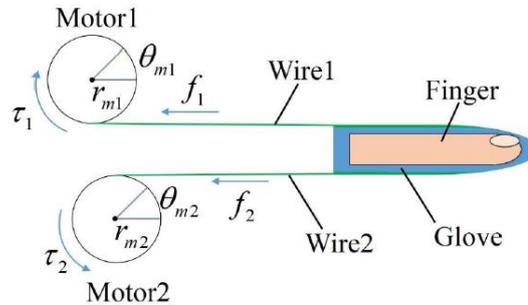


図4：設計検討中の振戦抑制のための指動作支援機構

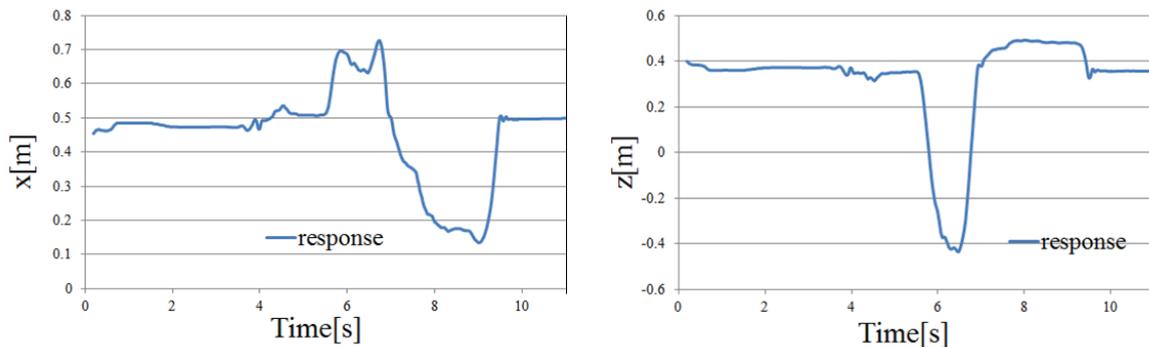


図5：歩行動作における転倒時の移動マニピュレータの先端位置応答

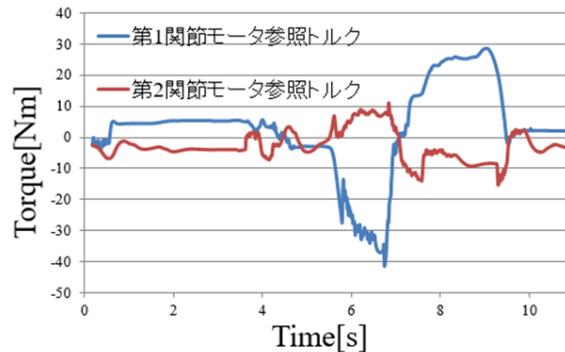


図6：歩行動作における転倒時の移動マニピュレータの各関節のトルク応答

図3に示した移動マニピュレータにより転倒防止支援の検証実験を行った結果を図5および6に示す。これらの結果より、マニピュレータによる背中からの力動作支援により転倒動作時（6～10s）の防止支援が適切に行えていることが分かる。支援動作の適切性については今後検討を行う予定である。

・ばね機構を利用した摩擦補償の高精度化

ばね機構を有する移動マニピュレータによる位置制御の比較検証結果を行った（図7）。比

較実験を明確なものとするため、実験ではマニピュレータ部（移動部を固定）のみを利用した実験としている。ここで、次の3つの手法についての比較を行った。また、その定常偏差を表1にまとめる。これらの結果より、method3により位置制御に関してはより精度が高く安定した応答が得られることが分かる。

- インピーダンス制御のみ (method1)
- インピーダンス制御+振動抑制制御 (method2)
- インピーダンス制御+振動抑制制御+指令値補償 (method3)

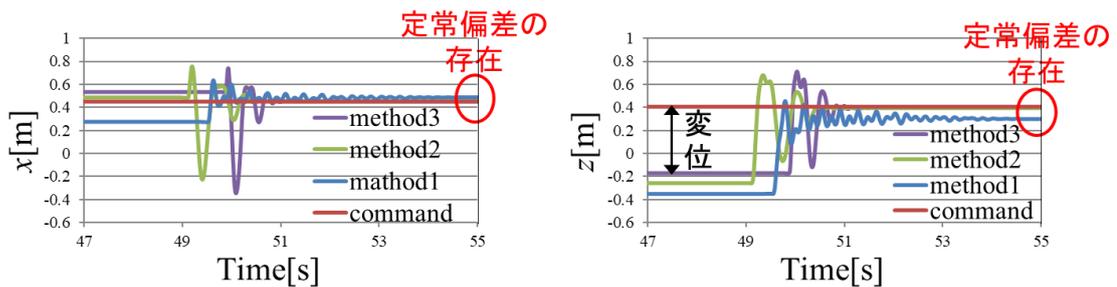


図7：ばね機構を利用した移動マニピュレータの位置制御の比較

表1 各手法における定常偏差の比較

	定常偏差[m]	整定時間[s]	おもりを吊るしている状態のz方向の変位[m]
手法1	x:0.037, z:-0.106	4.85	-0.352
手法2	x:0.004, z:-0.011	1.60	-0.259
手法3	x:0.001, z:-0.007	1.73	-0.172

- Robot velocity : 0.0 [m/s] , Human velocity : 1.0[m/s]

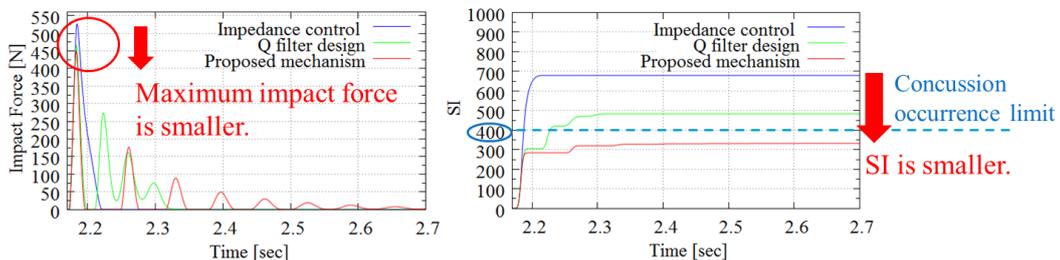
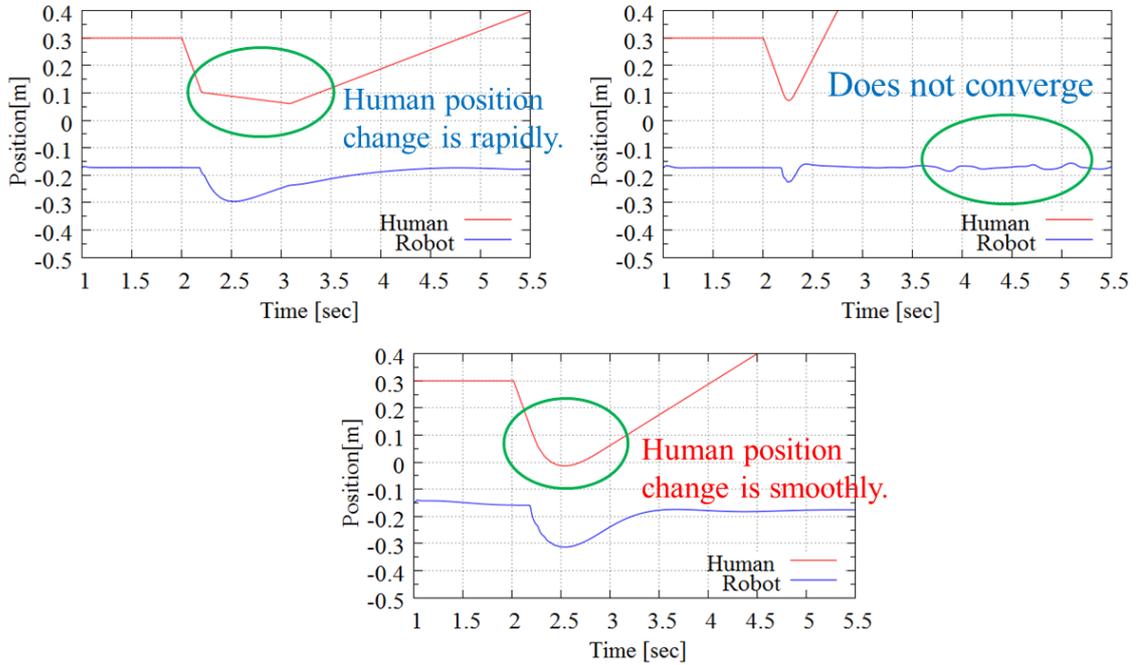


図8：ロボットと人の衝突を仮定したシミュレーション

上記に加えて、ばね機構を有する移動マニピュレータと人が一定速度で衝突した場合のシミュレーション結果を図8に示す。これらの結果より、提案手法（ばね機構およびバーチャルインピーダンスの融合）において、衝撃力の緩和が適切に実現できていることが分かる。さらに、人とロボットが円運動をしている際に衝突した場合のシミュレーション

シミュレーション結果を図9に示す。この結果より、提案手法により衝突緩和が滑らかに行えていることがわかる。



(上左図：インピーダンス制御，上右図：Q filter，下中央：提案手法)

図9：人とロボットの接触を仮定したシミュレーション結果

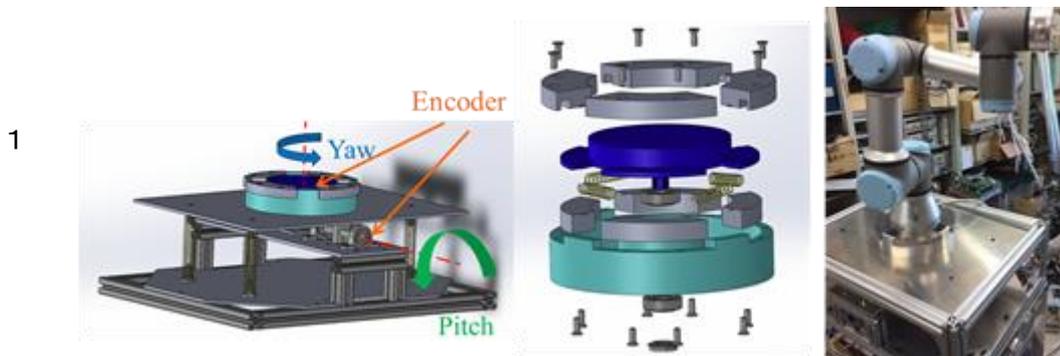


図10：新たなばね機構によるマニピュレータの構成

ばね機構を有するマニピュレータ部については、図10に示すように当初は市販のマニピュレータを活用することを検討していたが、内部コントローラの柔軟性が低く、活用することが非常に困難であることが判明し、現状では新たなマニピュレータの設計製作を行っている。

(関連発表論文)

(1) K. Kamiyama and T. Murakami, “An Approach to Energy Harvesting Considering Passive Action during Walking”, IEEE 12th France–Japan Congress on Mechatronics, pp271–276, 2018 (2018年9月発表済)

(2) K. Sekiya and T. Murakami, “Motion Control Considering Fusion of Mechanical and Virtual Impedance in Mobile Robot Systems”, IEEE 12th France–Japan Congress on Mechatronics, pp361–366, 2018 (2018年9月発表済)

(3) T. Ishikawa and T. Murakami, “Real–Time Foot Clearance and Environment Estimation based on Foot–Mounted Wearable Sensors”, IEEE IECON2018, (2018年10月発表済)

(4) Y. Tawaki and T. Murakami, “Verification of the Knee Exoskeleton Controller using Novel Gait Phase Detection Method”, IEEE IECON2018, (2018年10月発表済)

3 事業の実施状況表

期・月別 事業項目 (段階)	上半期						下半期					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
(2年目)												
③ 機能性着衣と移動ロボットの融合化												
・ 加速度センサと画像によるモデル化誤差補償	(予定)											
・ 機能性着衣の評価実験と再設計	(実績)		(予定)									
・ 転倒防止制御の高精度化			(実績)						(予定)			
・ 手の震え防止制御の高精度化				(実績)					(予定)			
④ 事業の総括				(実績)								(予定)