

# マニピュレータのボディ押し付け動作を用いた パートナーロボットと車いすによる協調段差移動の実現

○池田 英俊 (富山高専) 神田 暉 (富山高専) 山島 信幸 (富山高専)  
佐藤 圭祐 (富山高専) 中野 栄二 (千葉工大)

## 1. はじめに

車いすは平地における優れた移動性能をもつが、段差移動能力が極めて低いという欠点を有する。そのため、[1]等の様々な段差移動能力をもつ車いすの研究が行われてきた。また、本研究グループでは車いす利用者の日常生活をトータルサポートするロボットシステムの実現を目指しており、これまでパートナーロボットによる車いすの段差乗り上げ支援を実現してきた[2]。

本稿では受動関節マニピュレータのリンク部を段差移動過程に応じて、ロボットや車いすに押し付けて実現する車いすとパートナーロボットによる協調段差移動手法について報告を行う。本報告では、上半身が健常者と同等な動作ができる車いす利用者を対象とする。また、ロボットを用いた計測結果より、摩擦係数0.6~0.9の路面における120 [mm]までの段差を移動目標とする。

## 2. 段差移動システム

本研究では手動車いすと本研究室で開発された車輪型ロボット「TATEYAMA」(図1, 表1)を用いる。本ロボットは位置変更や格納が可能な前後輪(キャスト)、中輪(駆動輪)をそれぞれ2輪ずつ備える。ロボットの上半身には左右に一對のマニピュレータが装備され、片腕5自由度に加え、ハンド1自由度の計6自由度を有する(以下、これらを $J_1 \sim J_6$ とする, 図2(A))。段差移動時には $J_2, J_4, J_6$ は受動制御とし、 $J_1, J_3, J_5$ は段差移動の過程に応じて、受動制御、又はその位置を固定する(図1)。ロボット前面にはストップが備えられ、車いすの段差移動支援時にはマニピュレータの上腕リンクを押し付けることで肩関節周りの受動回転量を制限する。

車いす後部にはロボットハンドが把持するためのプッシュハンドル機構が付加されている(図2(A))。本機構は受動回転する軸を備え、その表面にはラバーグムで覆われ、ハンド機構はその部分を掴む。さらに本機構にはストップ(図2(A), (B))が備えられ、ロボットの段差移動時におけるマニピュレータの受動回転量を制限を行う。

図3にシステム構成図を示す。ロボットは介護者のコントローラ操作により動作する。その動作指令はネットワークを通じ、別の空間内に存在するロボットに搭載されたPCを介して、モーションコントローラ(FAULHARBER社製 MCDC3006-S, MCDC3003-S)へ伝えられ、左右駆動輪、前後輪(キャスト)の位置変更機構と格納機構、左右マニピュレータへの動作指令が与えられる。ロボットにはカメラが搭載され、その画像は介護者(ロボット操縦者)に提示される。介護者と車いす利用者はヘッドセットを使用して、お互いの音声通

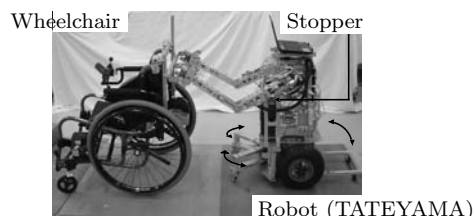
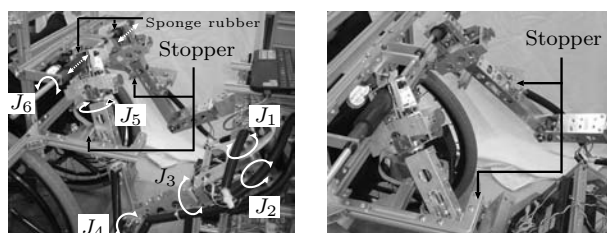


図1 車いすとロボット (TATEYAMA)

表1 ロボットの諸元

Overall length	370 [mm]
Overall height	747 [mm]
Radius of front wheels	25 [mm]
Radius of center wheels	145 [mm]
Radius of rear wheels	19 [mm]
Wheelbase	460 ~ 710 [mm]
Mass position from the rear axes	93 [mm]
Height of the mass from the rear axes	286 [mm]



(A) ロボットのの前輪持ち上げ時 (B) ロボットの転倒回避

図2 プッシュハンドル部とストップ

信を行い双方の状況確認を行う。本報告ではロボットの速度は一定(0.76 [km/h])で動作させている。

### 2.1 協調段差乗り上げの流れ

車いすとロボットの前後輪がそれぞれ段差移動を行う過程を *stage 1* ~ *4* とし、その詳細を以下に示す。なお、下記(1)~(16)は図4に示す各状態に対応する。

[*stage 1*] (1) 段差にさしかかり、2台を連結する。(2) ロボットは停止し、車いす利用者はハンドリムを車体が前方へ移動する方向へ操作し、車いすの前輪が持ち上がる。(3) 車いすの傾斜が増大し、重心位置が後輪接地点より後方に存在すると、ロボットは車いすを支え、車いすの後方転倒を回避する。この時、マニピュレータは車いすからの力を受け、肩関節軸周りに受動回転を行うが、その上腕リンクがストップに接触し、回転量は制限される。(4) 2台共に前進し、車両間の速度差を調整し、車いすの前輪を段差の上に乗せる。

[*stage 2*] (5) *stage 1* 終了後もロボットは前進し、車いすを後方から押す。*stage 2* においては車いす利用者は操作を行わない。車いすの後輪が段差に接触する。(6) ロボットは車いすを押し続け、車いすを後方から支

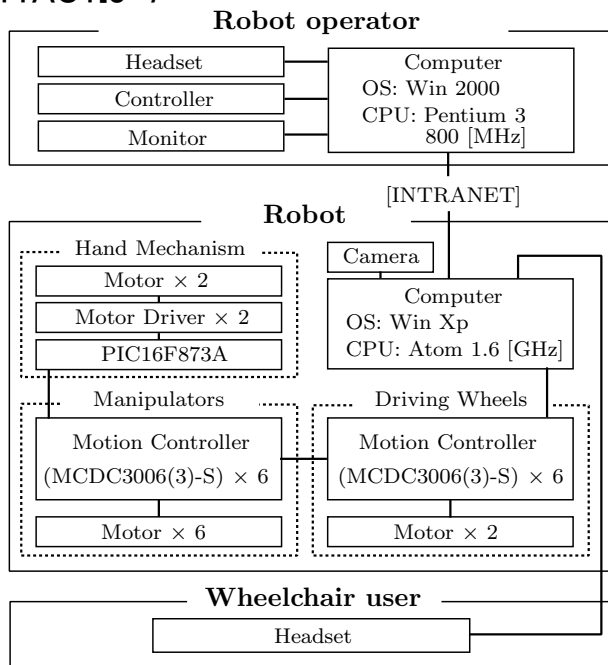


図3 システム構成

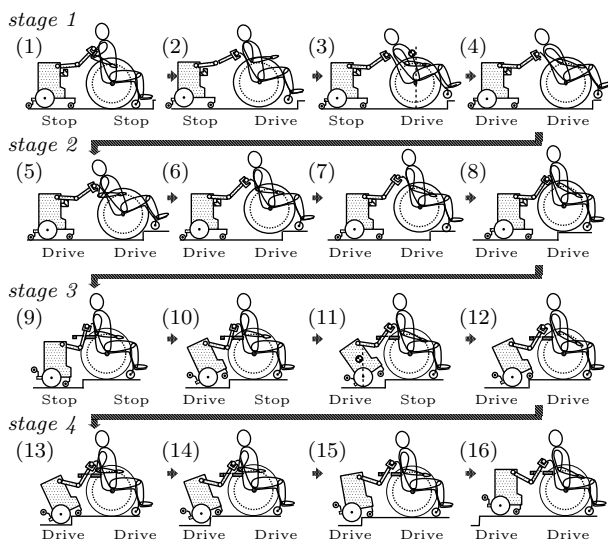


図4 協調段差乗り上げ (Stage 1 ~ 4)

えて車体の転倒を回避する。(7) ロボットは押し続け、車いすが段差を登る。(8) 車いすの後輪が段差を乗り上げ、ロボットによる段差移動支援が終了する。

[stage 3] (9) ロボットの前輪キャスタ位置を後方に移動させ、後輪キャスタは格納する。マニピュレータの上腕リンク ( $J_1$  周り) を開く (図 2 (A))。 (10) 車いす利用者はハンドリムを持ち、車いすの停止を維持する。ロボットは駆動し、マニピュレータの下腕リンクが車いす後部のストップに接触する (図 2 (A))。さらにロボットが駆動を続け、ロボット前輪が持ち上げる。(11) 車体傾斜が増加し、ロボットの重心位置が後輪接地点より後方に位置すると、ストップ後部 (図 2 (B)) にマニピュレータが接触し、その転倒を回避する。(12) 2 台共に前進する。車いす利用者は両車両の速度差を調整する。ロボットの前輪は段差に乗り上げる。

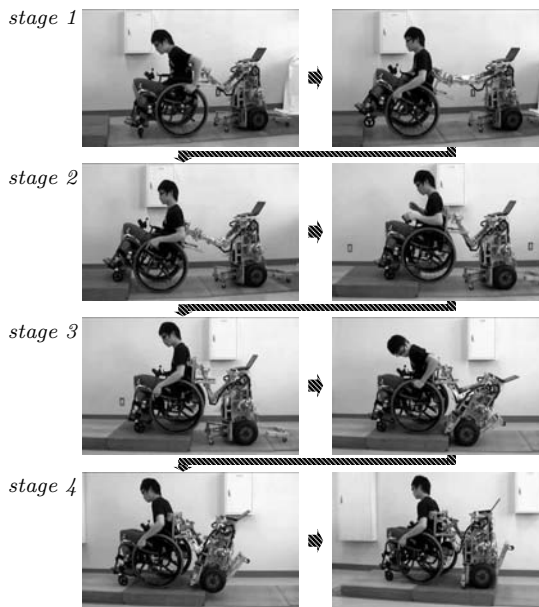


図5 インtranet経由による遠隔操作実験

[stage 4] (13) 2 台共に前進する。車いすはロボットを引き、ロボット中輪 (駆動輪) が段差かどからの抗力を増大させる。(14) その結果、十分なロボットの駆動力が伝達可能となり、段差を登り始める。(15) 車いすは引き続け、ロボット中輪は段差乗り上げを続ける。(16) ロボットが段差に乗り上げ、2 台共に停止する。

### 3. 実験

段差高さ 120 [mm]、摩擦係数  $\mu = 0.72$  の環境で実験を行った (図 5)。車いすとロボットの操作は共に健常者 (成人男性) である。富山高専機械棟 3 階から同 2 階にあるロボットを操作し、車いすとロボットによる協調段差移動を実現した。詳細は講演時に報告を行う。

### 4. おわりに

受動関節マニピュレータのリンク部を段差移動の過程に応じて、ロボットや車いすのボディに適切に押し付けることで実現できる協調段差移動手法について述べ、摩擦係数  $\mu = 0.72$ 、高さ 120 [mm] の環境において実験を行い、本手法の有効性を示した。

### 謝辞

本研究の一部は平成 19 年度大和証券ヘルス事業部調査研究助成 (番号 19) 「肢体不自由者の QOL 向上を実現する人間共存型ロボットを用いた車いすの段差移動補助手法の確立」、ならびに、大川情報通信基金 2008 年度研究助成 (助成番号 08-18) 「ネットワークロボットを用いた車いす段差移動手法」の支援を受けて行われました。ここに感謝の意を表します。

### 参考文献

- [1] Kumar, Krovci : "Optimal Traction Control In A Wheelchair With legs And Wheels", Proceedings of 4th national Applied Mechanisms and Robotics Conference, December 95, 95-030-01 - 95-030-07, 1995.
- [2] 池田, 山中, 黒瀬, 永井, 土場, 春田, 佐藤, 中野 : "マニピュレータの受動制御を利用した車輪型ロボットによる車いすの段差移動", 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.7, pp.802-810, 2010.