

# 人間と協調する車椅子ロボット

80121612 桂 誠一郎

指導教員 大西 公平 教授

## 1 序論

21世紀、日本は少子高齢化社会になり、ロボットは人間のパートナーとしての役割が期待されている。ロボットが人間と共存、協調するためには、非構造環境下においての動作が望まれる。人間とロボットがよりよいインタラクションを行うためには、ロボットにハプティック能力を持たせることが必要不可欠である。よって本論文では、どこから触っても柔らかいロボットを実現することを目的としている。

## 2 柔らかいロボットの実現

コンプライアンス制御に基づく柔らかいロボットの實現方法について述べる。

### 2.1 制御系の構成

従来のパワーアシスト制御において、多くの研究は力センサを用いて外力を検出している。しかし、外力の加わる部分をあらかじめ想定しているということは、複雑な環境に対応できないと考えられる。そこで、本論文では反力推定オブザーバを適用し、外力をセンサレスで検出する。推定された反作用トルクは (1) 式ようになる。

$$\begin{aligned} \hat{\tau}_{reac} = & \frac{g_{reac}}{s + g_{reac}} (I_a^{ref} K_{tn} + g_{reac} J_n \dot{\theta} - \tau_{init}) \\ & - g_{reac} J_n \dot{\theta} \end{aligned} \quad (1)$$

コンプライアンス制御は、外界から力を受けた場合に外力に倣うように軌道補正を行なうという制御系であり、これにより環境との安定な接触を実現することができ、ロボットに柔軟性を持たせることが可能となる。本論文では、力センサやジョイスティックによる人間による入力と、反力推定オブザーバによって推定された環境からの外力にコンプライアンス制御を適用する。コンプライアンス動作は (2) 式のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \ddot{\mathbf{X}}^{ref} = & \mathbf{K}_p (\mathbf{X}^{cmd} - \mathbf{X}^{res} - \mathbf{X}_{chum} - \mathbf{X}_{cenv}) \\ & + \mathbf{K}_v (\dot{\mathbf{X}}^{cmd} - \dot{\mathbf{X}}^{res} - \dot{\mathbf{X}}_{chum} - \dot{\mathbf{X}}_{cenv}) \\ & - \ddot{\mathbf{X}}_{chum} - \ddot{\mathbf{X}}_{cenv} \end{aligned} \quad (2)$$

制御系全体の構成を図 1 に示す。

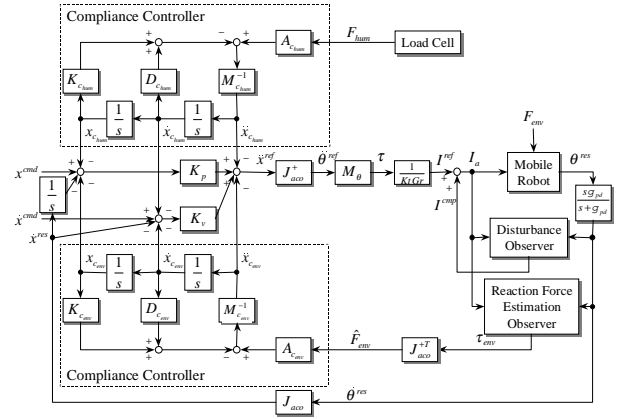


図 1: 制御系全体の構成

### 2.2 実験結果

人間が押しているロボットが壁に衝突したときの実験を行った。実験結果を図 2 に示す。ロボットが環境に接触すると、人間に反力が返ってきていることが分かる。そして、人間がロボットに力を加えるのをやめると、環境からの反力によりロボットが後退していることが分かる。

よって、実験により提案するシステムは、人間からの力をパワーアシストすることができ、環境からの反力にも柔らかく動くことができることを確認した。

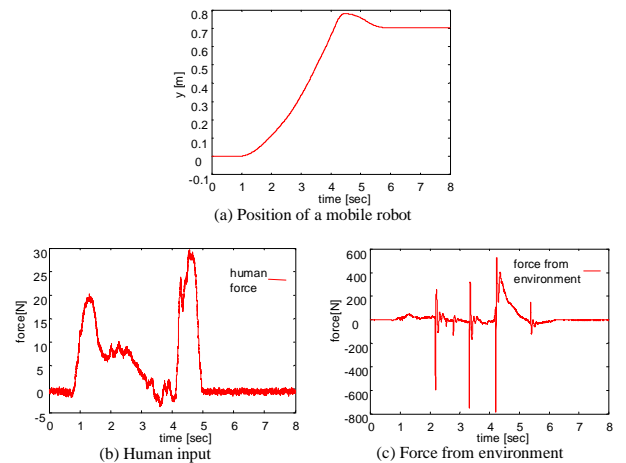


図 2: 実験結果

### 3 環境外乱を考慮したパワーアシスト制御

環境外乱を考慮した新しいパワーアシスト車椅子の制御法について述べる．従来のパワーアシスト車椅子は，アシスト比が一定であったり，ある閾値などを設けてアシストを行っているものがほとんどであった．本論文では，オンラインで環境の摩擦係数を同定し，その摩擦係数に応じてアシスト比を可変にすることをを行う．

#### 3.1 制御系の構成

環境外乱を周波数帯域に基づいてモード分解を行うと，直流成分は摩擦力による成分，高周波成分は障害物との衝突力による成分と分離することができる．所望の摩擦力になるようにアシスト比を制御してやれば，人間はどのような環境においても所望の操作で一定の動作を得ることが可能になる．外力の高周波成分は障害物との衝突力とみなすことができるため，コンプライアンス制御により衝撃を和らげることができる．図3に，環境に適応したジョイスティックのゲインの決定方法を示す．

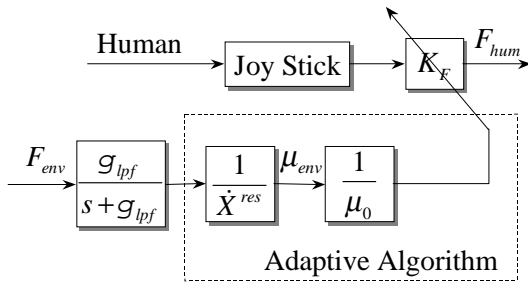


図3: 適応アルゴリズム

#### 3.2 実験結果

人間が車椅子ロボットを操作し，途中で摩擦力を増やすため，11kgの物体を押し実験を行った．実験結果を図4に示す．従来法では，ジョイスティックのゲインが一定であるので，物体を押しることによる床との摩擦力の増加によってロボットの速度は遅くなり，止まってしまうことがわかる．提案手法では，環境の摩擦力が増えた場合においても，ジョイスティックのゲインが可変になっているために，物体による摩擦力の影響を受けずに所望の動作特性が実現できていることが分かる．よって，車椅子に乗っている人の重さが変わったり，車椅子ロボットがアスファルトの路面から砂利道に入ったり，上り坂や下り坂になっても，人間はジョイスティックの操作を変えずに一定の速度を保つことができる．

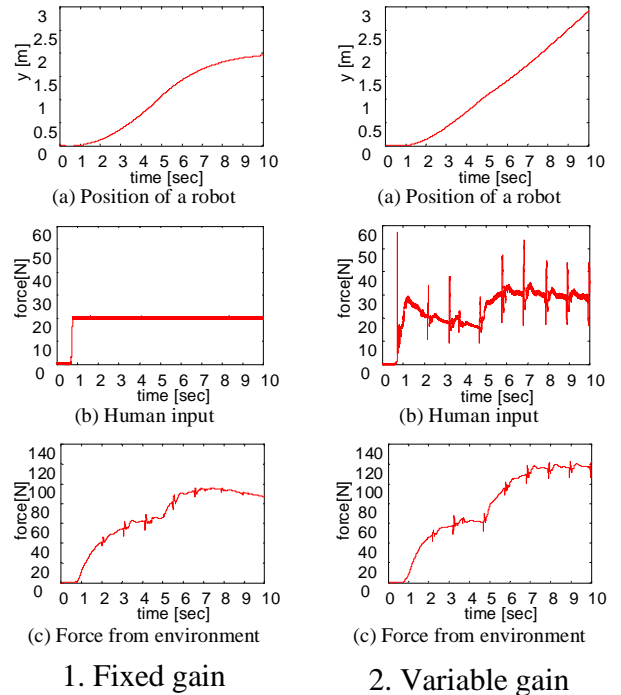


図4: 実験結果

### 4 結論

人間の入力と環境からの外力をすべてロボットへの力指令として統合させ，柔らかいロボットを実現することができた．また，環境からの外力に対してただ単に柔らかいだけでなく，目的を持った制御を行うと人間の操作性を大幅に向上させることができた．

提案手法を車椅子ロボットに適用し，シミュレーションおよび実験を行い提案する手法が有効であることを確認した．

#### 参考文献

- [1] 桂 誠一郎，大西 公平：“確率ポテンシャル場に基づく自律移動ロボットの動的障害物回避” 電気学会産業応用部門誌，Vol. 121-D，No. 12，pp. 1284-1290，2001.
- [2] 桂 誠一郎，大西 公平：“コンプライアンス制御に基づく環境外乱を考慮した車椅子型移動ロボットの一構成法” 電気学会産業応用部門誌，Vol. 122-D，No. 9，pp. 942-947，2002.
- [3] Seiichiro KATSURA, Kouhei OHNISHI：“A Wheelchair Type Mobile Robot Taking Environmental Disturbance into Account” 7th International Workshop on Advanced Motion Control, AMC '02 - MARIBOR，pp. 500-505，2002.