



**Title:** A PID control system for a lower-limb rehabilitation robot with the function of pedal-torque estimation  
(ペダルトルク推定機能を備えた下肢リハビリテーションロボットの PID 制御システム)

**Authors:** Yue Jing, Zewen Wang, Qiwei Wu, Jinhua She, Seiichi Kawata  
(靖越 (中国地質大学) , 王澤文 (中国地質大学) , 吳其蔚 (東京工科大学) ,  
余錦華 (東京工科大 工学部 教授) , 川田誠一 (中国地質大学) )

**Journal:** *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 29(6), DOI: <https://doi.org/10.20965/jaci.ii.2025.p1517>

**掲載年月:** 2025 年 11 月

**研究概要:** 下肢リハビリテーションロボットの制御システムに、等価入力外乱手法を導入することにより、ペダルの負荷トルクの推定が可能となる。この機能を用いることにより、過大な負荷による怪我を防ぐことができ、安心・安全な下肢リハビリテーションを行うことが可能となる。

**研究背景:** 近年、下肢リハビリテーションロボットは広く用いられるようになっている。しかし、ペダリングの PID 制御系は、目標軌道に追従させるために、過渡応答において過大な負荷トルクを生成し使用者に怪我をさせる可能性がある。

**研究成果:** 本稿では、等価入力外乱手法を下肢リハビリテーションロボット PID 制御系に融合することにより、ペダルの負荷トルクの推定機能を備えた下肢リハビリテーション制御系（図 1）を構築し、非線形状態フィードバックを構築して制御システム設計の簡素化を実現し、等価入力外乱手法を用いて正確な負荷トルクの推定を実現した。

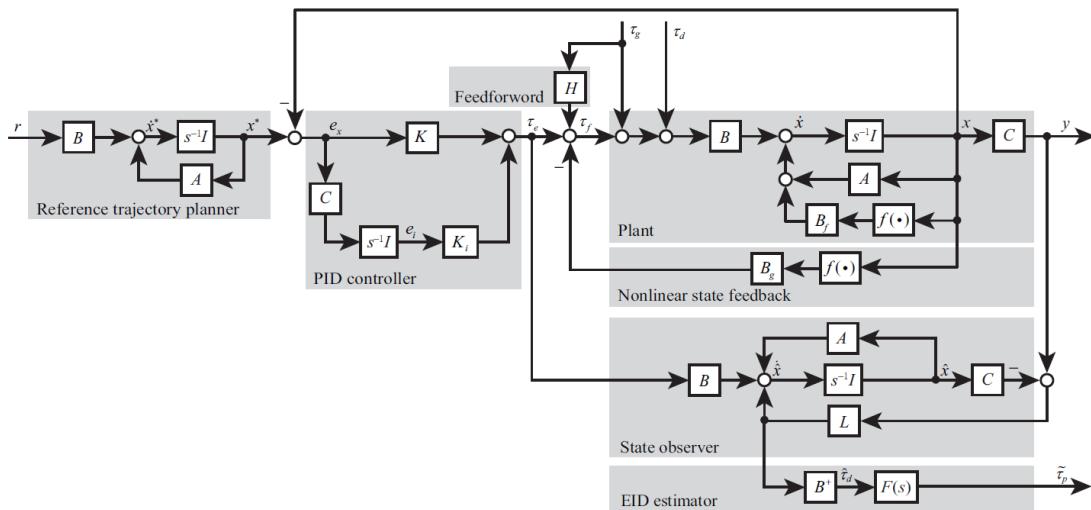


図 1 PID-EID 制御系

**社会への影響:** 下肢リハビリテーションロボットを用いて効率よくリハビリテーションを行う必要がある。一方、安心・安全なペダリングも非常に重要である。本研究の成果は、過大なペダル負荷による怪我を防ぎ、下肢リハビリテーションロボットを安心して使用することを保証し、ロボットのリハビリテーション分野での応用に拍車をかけるものである。

#### 専門用語:

**PID 制御系:** PID 制御は、P (比例) , I (積分) , D (微分) という 3 つの要素を組み合わせて、目標とする値に追従するための制御手法であり、実制御システムの 9 割以上はこの手法を使っている。

**等価入力外乱手法:** シヤの発明したアクティブ外乱推定・抑制手法であり、シンプルなダイナミックスで高精度に外乱を推定し抑制できるという特徴があり、世界中の研究者に様々な分野に応用されている。