モータ駆動システムの 高速・高精度制御

三重大学大学院工学研究科 電気電子工学専攻 矢代大祐 http://www.cc.mie-u.ac.jp/~yashiro

(本日の動画の一部は研究室HP↑にて公開中)

モータ駆動システムの現在



- [3] https://www.fanuc.co.jp/ja/product/robot/model/f_r_mini.html
- [4] https://www.dmgmori.co.jp/products/machine/id=3469
- [5] https://www.ave.nikon.co.jp/semi/lineup/
- [6] https://jp.misumi-ec.com/vona2/detail/110310345779/
- [7] https://www.meidensha.co.jp/kof/products/prod_01/prod_01_01/index.html
- [8] https://www.scorpionsystem.com/info/brushless_outrunner_motors/

モータ駆動システムの今後

■ 位置制御だけでなく接触力制御も重要



運動アシスト装置[9]



協働ロボット[10]



研磨ロボット[11]



運動器機能評価装置[12]



アバター[13]



打音検査用ドローン[14]

- [9] https://www.cyberdyne.jp/products/LowerLimb_medical_jp.html
- [10] https://rt-net.jp/service/foodly/
- [11] http://e-imt.co.jp/robot-polishing-machine.html
- [12] https://www.cc.mie-u.ac.jp/~yashiro/research.php
- [13] https://global.toyota/jp/detail/19666327/
- [14] https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00455901

モータの電流制御

■ 電流制御ならできること

 ①低剛性リンク/ベルト/チェーン/減速機/軸継手/軸受等の 機械部品を介した先の高速・高精度な位置制御
 ②モータ駆動システムと環境の間の接触力制御
 ③消費電力の抑制や電力回生(発電)



研磨ロボット



①の事例

■ 加速度センサとカメラを用いた柔軟梁の位置制御



Takumi Shinzaki, <u>Daisuke Yashiro</u>, et. al., "Design of Disturbance Observer Including Delay Compensator for Full Closed Control System with Camera and Accelerometer", Proceedings of the 8th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization, Saitama, Mar. 8th--10th, 2022 8

1と2の事例

■ 把持・操り動作の教示と自動再生



Daisuke Yashiro, et. al., "Design of Adaptive Controller using Object Position for Bilateral Control System with Communication Delay", IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 9, No. 2, pp. 149-158, Mar. 2020(10.1541/ieejjia.9.149)

(1)と2の事例

■ カ覚フィードバックを伴うマスタ・スレーブ型遠隔操作



Daisuke Yashiro, Kouhei Ohnishi, "Performance Analysis of Bilateral Control System with Communication Bandwidth Constraint", IEEE Trans. on Industrial Electronics, Vol. 58, No. 2, pp. 436-443, Feb. 2011 ¹⁰

②の事例

■ 駆動側/負荷側エンコーダを用いたゼロトルク制御



Daichi Kondo, <u>Daisuke Yashiro</u>, et. al., "Load torque control of an electromagnetic motor with a reduction gear and motor/load-side encoders using a spring model including a dead zone", Electrical Engineering in Japan, Vol. 214, No. 4, Dec. 2021(10.1002/eej.23360)

1と2と3の事例

■軽量多関節ロボットの位置・接触力制御



Tsubasa Takahashi, <u>Daisuke Yashiro</u>, et. al., "Position Control Using Link Bending Moment for a 6-Degree-Of-Freedom Parallel Robot", Proceedings of the 8th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization, Saitama, Mar. 8th--10th, 2022¹²

まとめ

- 製造工程(工作物の切削・研削・研磨、部品の搬送・組立・ねじ締め等)におけるリードタイムを短縮するためには、モータ駆動システム(産業用ロボット・協働ロボット・工作機械・電動工具等)の高速・高精度制御が重要。
 市販サーボパックの位置制御モードには限界。
- ■デジタル信号処理に基づきモータ電流を的確に制御することで、①~③が達成可能。
 - ①機械部品を介した先の高速・高精度な位置制御

②接触力制御

③消費電力の抑制や電力回生(発電)

■ 的確に制御しないとシステムが不安定化する可能性。