

第一回 openarm勉強会

名古屋工業大学
土岐勇介



1. 自己紹介
2. ALOHAについて
3. バイラテラル制御について(種類, ALOHAで実装したもの)
4. 次回の発表内容



自己紹介



土岐勇介
名古屋工業大学
@tokinoketsu32



編集

とき  認証を受ける

@tokinoketsu32

QUADRO | オープンソースフルカスタマイズ可能な4脚ロボットの開発 | バイラテラル制御と4脚の合体 | 大学生
Github : github.com/tokirobot Blog : tokirobotics.com

📍 愛知県 📅 2019年3月からXを利用しています

1,027 フォロー中 1,798 フォロワー

• 大学での研究内容

産業用ロボットの位置と力のハイブリッド制御
産業用ロボットの最適軌道生成

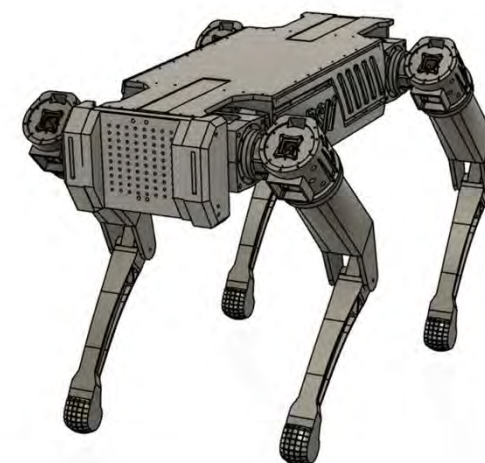


• レアゾンでの研究

今年の1月くらいから名古屋で活動
多関節ロボットのバイラテラル制御の実装(今はALOHA)

• 個人の活動

オープンソース4足歩行ロボットの開発
→github.com/tokirobotにてハード公開
4足歩行ロボットのブログ記事
→tokirobotics.comで書いてます



— 双腕マニピュレータALOHA

オープンソースロボットアーム(trossen robotics)
ALOHA(A Low-Cost Open-Source Hardware)



<https://github.com/interbotix>にて模倣学習プログラムやユニラテラル制御など様々なプログラムが公開(バイラテはない)

ROS1, 2のバージョンごとのブランチが存在し、URDFも利用可能

物	個数
ViperX 300S (組み立て済み)	2
Widow 250X (組み立て済み)	2
昇降式電動テーブル	1
テーブル用フレーム	多数
USBhub	2
USBcable	6~10
USBcamera	5~7
ワイヤー系	多数

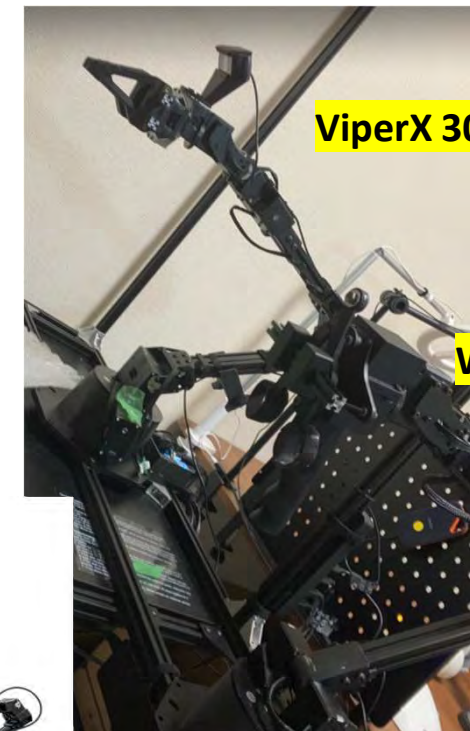
\$ 30000



ちょっと直してほしいところ...

→手先機構が摩擦強すぎる

→Widowの手先が電流制御モードが使えない



ViperX 300S

WidowX

Fig. 名古屋研究所のALOHA2



バイラテラル制御について

✓バイラテラル制御とは

→テレオペレーションによる、**力覚フィードバックを直感的に実現する**手段。一言で言うと遠隔操作しているロボットの触感や重さが操作しているこちら側にも帰ってくる。

✓なぜバイラテラル制御が必要か

→人は作業するとき視覚、聴覚などの遠隔感覚のほかに実際に触ったときの触覚や力覚などの近接感覚を用いている。バイラテラル制御を用いて人間に必要な**触覚や力覚を再現することでより複雑なタスクをロボットが再現可能になるようにする。**

✓Openarmの目指すバイラテラル制御

操作性と再現性の両立[1]

操作性...操作しているときの軽さ

再現性...環境の硬さや柔らかさをどれだけ再現できるか

✓ALOHAバイラテラル

再利用性を高めるためROS2で実装

リーダーとフォロワーでサイズが違う

→異スケールバイラテラル制御

実応用例

Motion Lib ABCcore

SONY 精密バイラテラル制御

ユニパルス ユニサーボ

人機一体

Etc...

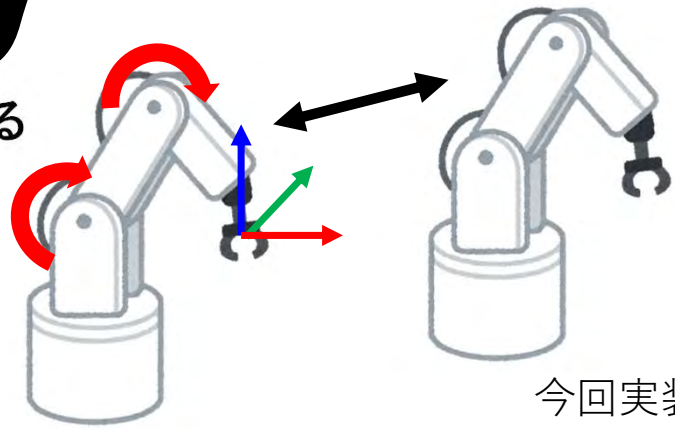
[1]参考 : Reproducibility and Operationality in Bilateral Teleoperation

バイラテラル制御について

✓バイラテラル制御の種類→実は色々な方法が考案されている

バイラテしたい!!!

- 関節空間で組む?
- 作業空間で組む?
- 異構造?
- 異スケール?



今回実装したのがこれ

位置対称型

- リーダ:位置FB制御
- フォロワ:位置FB制御
- ✓重い
- ✓安定
- ✓実装が楽

力逆走型

- リーダ:力FF制御
- フォロワ:位置FB制御
- ✓重い
- ✓安定
- ✓力計測が必要

力帰還型

- リーダ:位置FB制御
- フォロワ:力FB制御
- ✓軽い
- ✓不安定
- ✓力計測が必要

力順送型[2]

- リーダ:位置FB制御
- フォロワ:力FF制御
- ✓軽い
- ✓安定
- ✓パワーアシスト
- ✓力計測が必要

↑
人機一体の手法

4ch型

- リーダ:位置FB+力FB制御
- フォロワ:位置FB+力FB制御
- ✓軽い
- ✓そこそこ安定
- ✓力推定
- ✓外乱除去

[2]参考:油圧アクチュエータを用いた人間パワー増幅ロボットの二足歩行制御手法の開発

バイラテラル制御について

✓ ALOHAで実装した4chバイラテラル制御

$$\tau_l = J_{ln} C_{lp} (x_f - x_l) + C_{lf} (f_l + f_f) + \hat{\tau}_{ldis}$$

$$\tau_f = J_{fn} C_{fp} (x_l - x_f) + C_{ff} (f_l + f_f) + \hat{\tau}_{fdis}$$

位置制御
→再現性

力制御
→操作性

推定外乱

外乱オブザーバによる外乱除去と位置制御と力制御の複合により高い再現性と操作性を実現

$$C_{*p} = K_p + sK_d$$

$$C_{*f} = K_f$$

よくある説明
 △動いているときに位置制御が働いて触ったときの感触が力制御で分かる
 ◎ものを触ったときの感触が位置制御、動かしているときの軽さが力制御

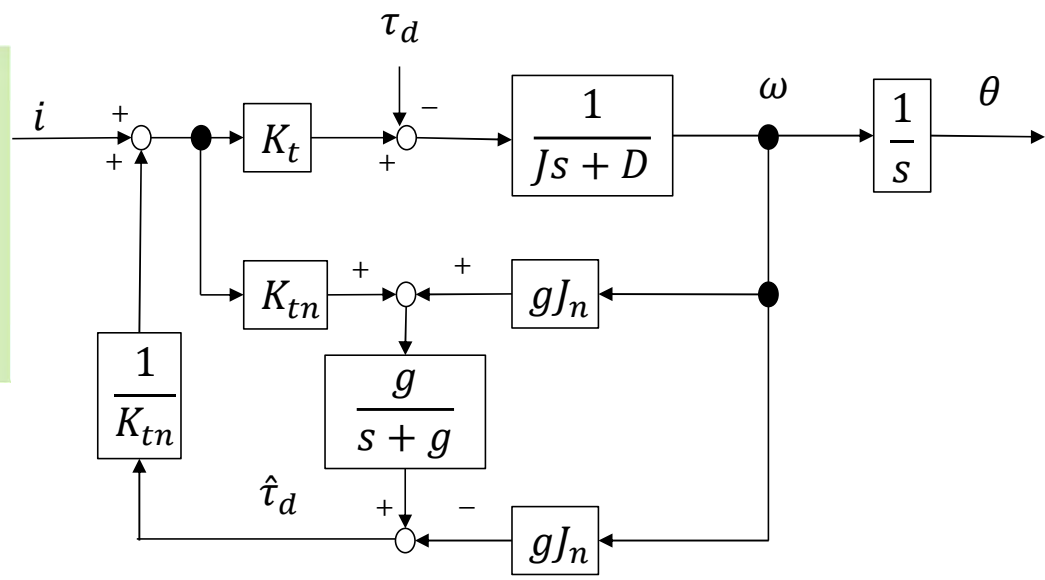
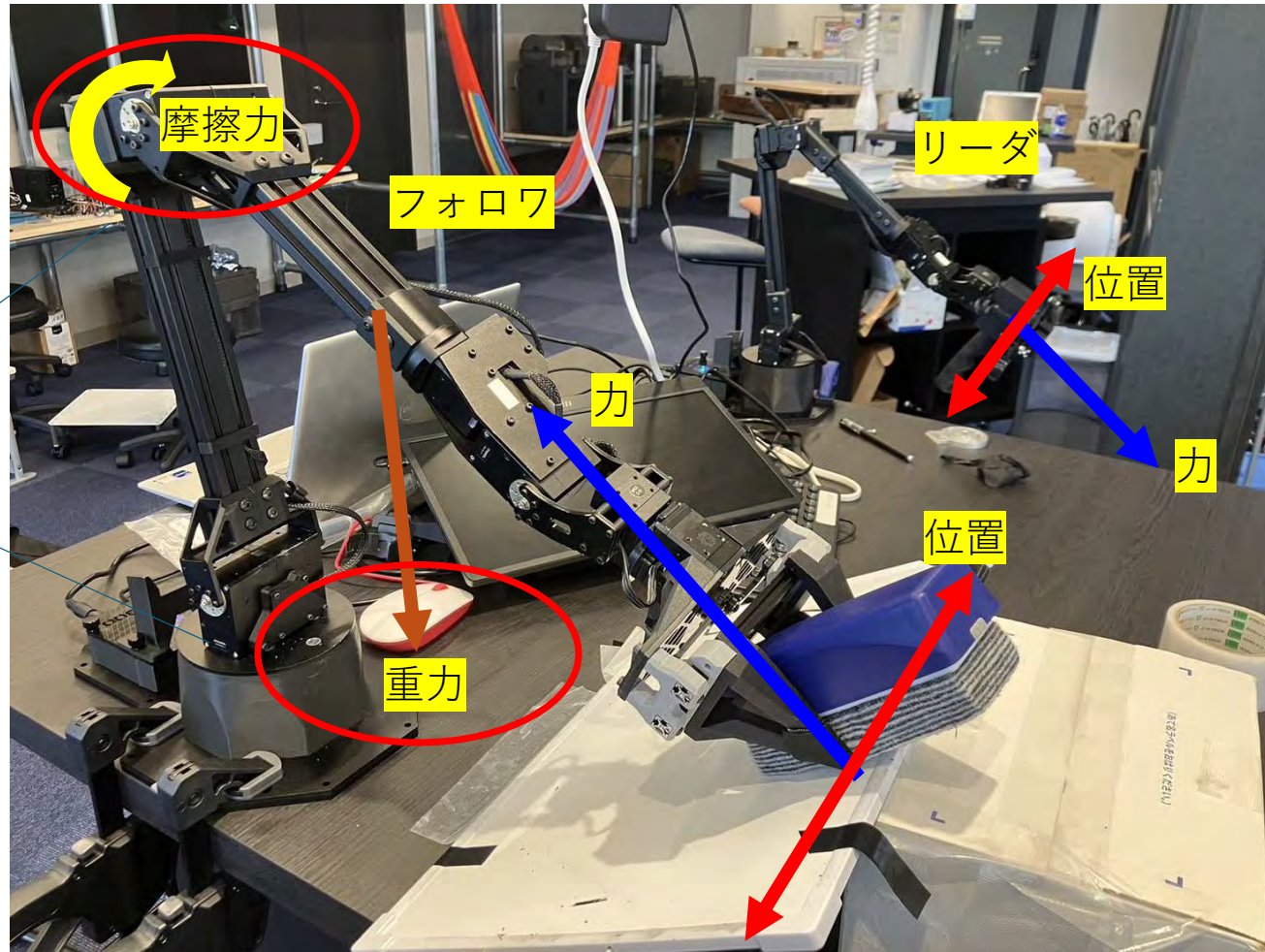


Fig.外乱オブザーバのブロック線図

動作周波数は500Hzほど(やや心もとない)

バイラテラル制御について



リーダーと
フォロワで
位置と力を
同期させる

外乱オブザーバ
で補償



バイラテラル制御について

✓バイラテラル制御の性能を上げるには

操作性

操作するときの軽さや滑らかさを評価

再現性

触れた感触をどれくらい再現できるかを評価

- ・バックドライバビリティの高さ→環境再現
- ・低減速比→重さ、減速比の2乗の重さが乗ってくる
- ・摩擦やバックラッシュなどの機械損失の少ないアクチュエータ→ノイズ
- ・動作周波数→帯域向上 500hz 足りない 1khz うれしい 10khz神
- ・高剛性→DOBの性能上
- ・DCモーターよりブラシレスモーター→トルク密度
- ・低遅延→帯域向上
- ・モデル化誤差の最小化→ゲイン設定
- ・エンコーダなどのセンサ分解能の高さ→DOB帯域

ここが7.5割くらい



— ALOHAで実装して...

- フォロワーと構造が違うため、重さが引っかかる。細かいタスクは難しそう。ユニラテラル制御と比べると操作性は悪い。
- 手先がPWM制御なので、重たい
- デュアルモータの部分のパワーと剛性の高いアルミフレームで触った感覚はそこそこ
- 今後は遠隔地で、動かせるかトライ



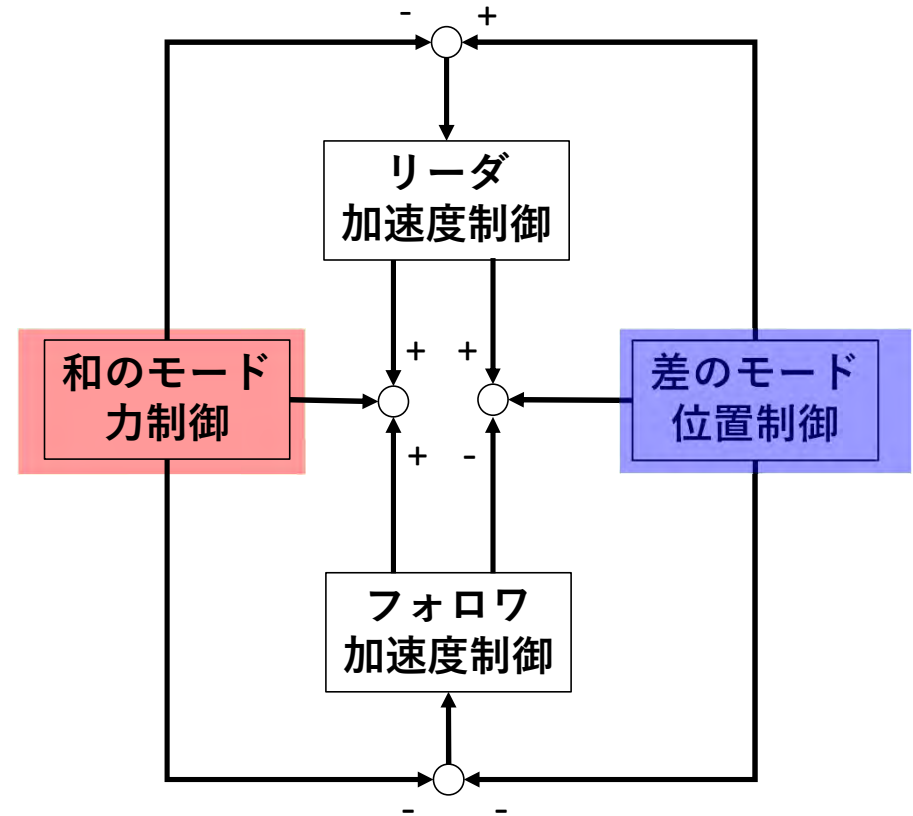
— 次回の発表内容

4ch型バイラテラル制御の詳細な解説

- 力制御とは
- ブロック線図解説

外乱オブザーバについて

- 外乱オブザーバは何をしているのか
- 多関節ロボットとの合体 HOW TO



4chバイラテラル制御
ブロック線図

