

グローサ形状と路面摩擦を陽に考慮した クローラの実時間シミュレーション

～Gazeboプラグイン開発のベストプラクティスとして～

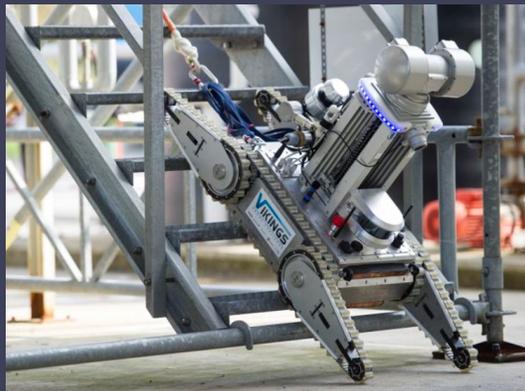
岡田佳都（理研AIPセンター／東北大学）

Part 1:
グローサ付クローラの
実時間Gazeboシミュレーション

なぜクローラのシミュレーション？



Quince ©東北大田所研



©liberation.fr



PackBot 510 ©army.mil



[youtube.com/watch?v=0VPXIM5KZRQ](https://www.youtube.com/watch?v=0VPXIM5KZRQ)

多種多様な環境を開発段階で実際に用意するのは不可能

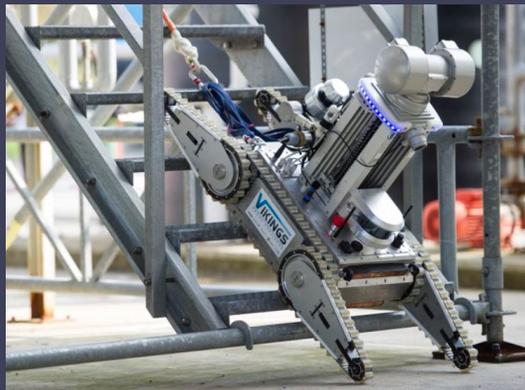


実時間で高精度なシミュレーションによる
事前検証・仮想試験・操縦訓練・データセット生成

なぜクローラのシミュレーション？



@東北大田所研



@liberation.fr



@army.mil



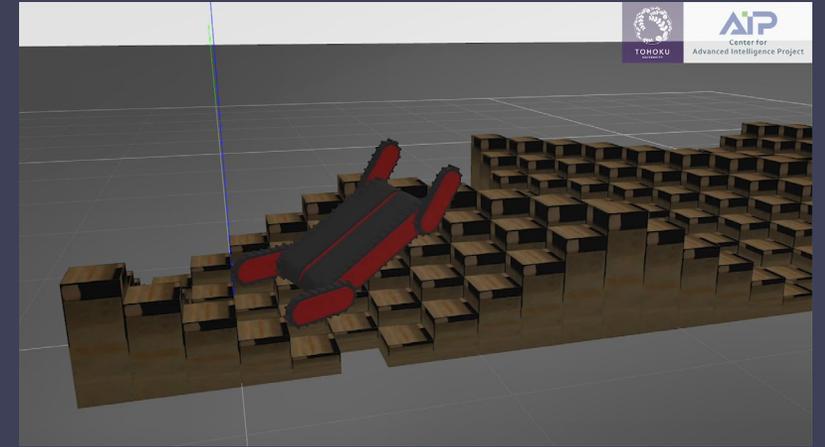
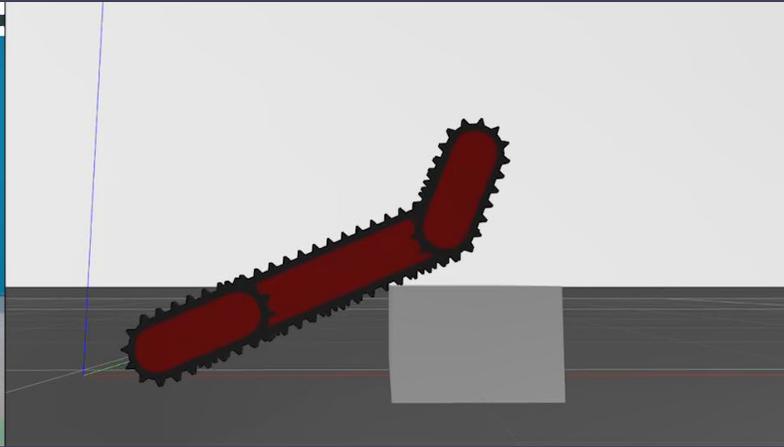
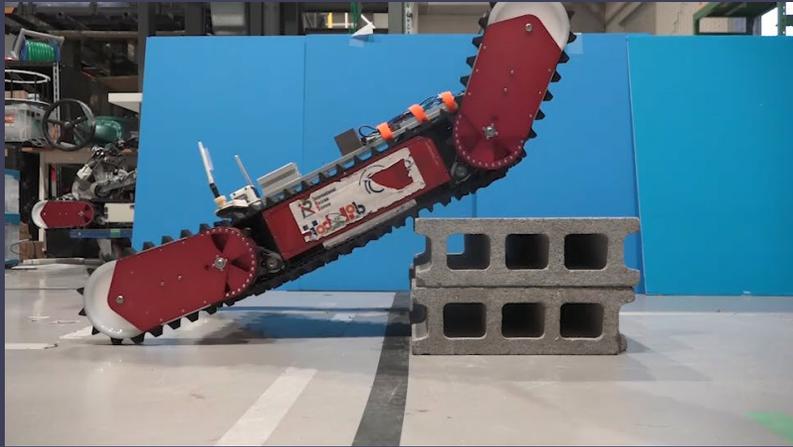
youtube.com/watch?v=0VPXIM5KZRQ

今回の対象：非変形クローラ

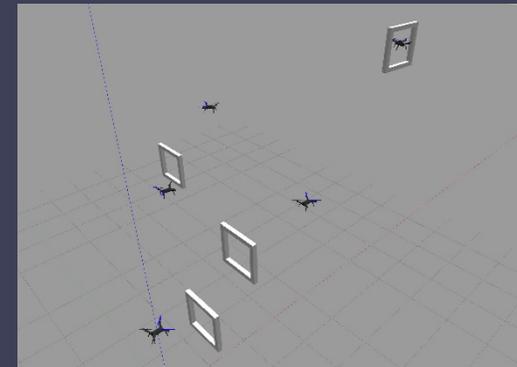
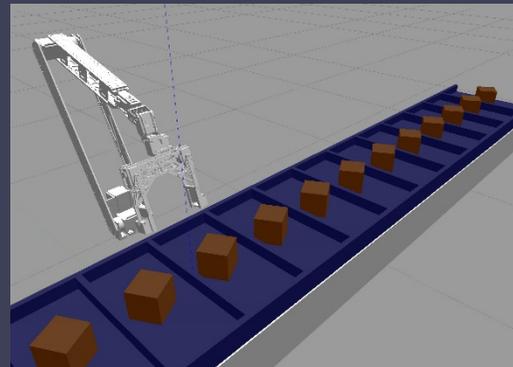
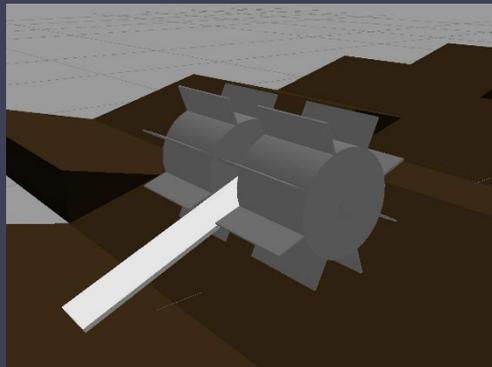
(路面に凹凸があっても軌道が大きく変形しない)

発表内容

グローサ形状・摩擦を考慮したクローラの実時間シミュレーション



応用 任意軌道を周回する任意形状のシミュ



シミュレーションの流れとポイント

流れ

重要なのは…

その点で…

路面とクローラの
接触点検出

**グローサを考慮した
正確な接触点検出**



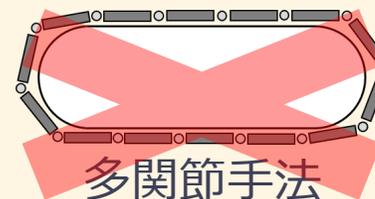
接触点における
拘束条件の設定

**路面との摩擦を
考慮した拘束設定**

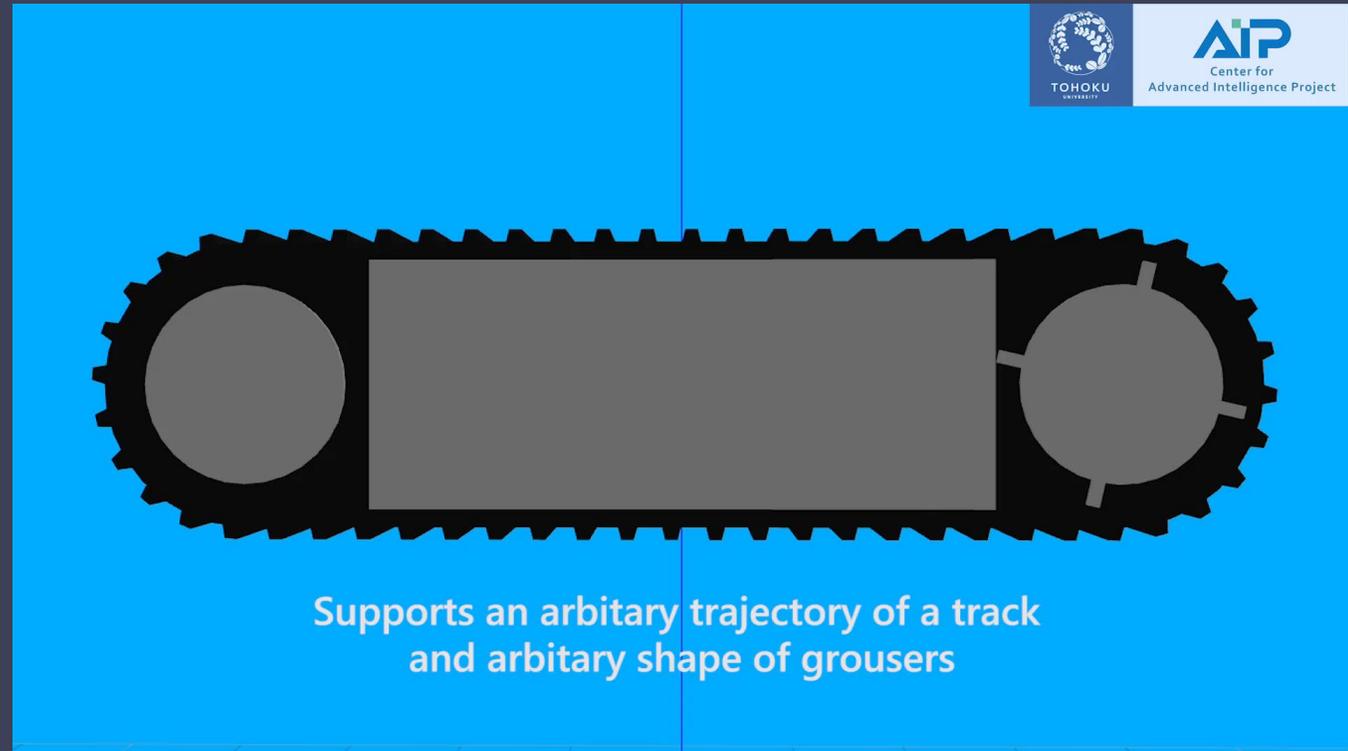
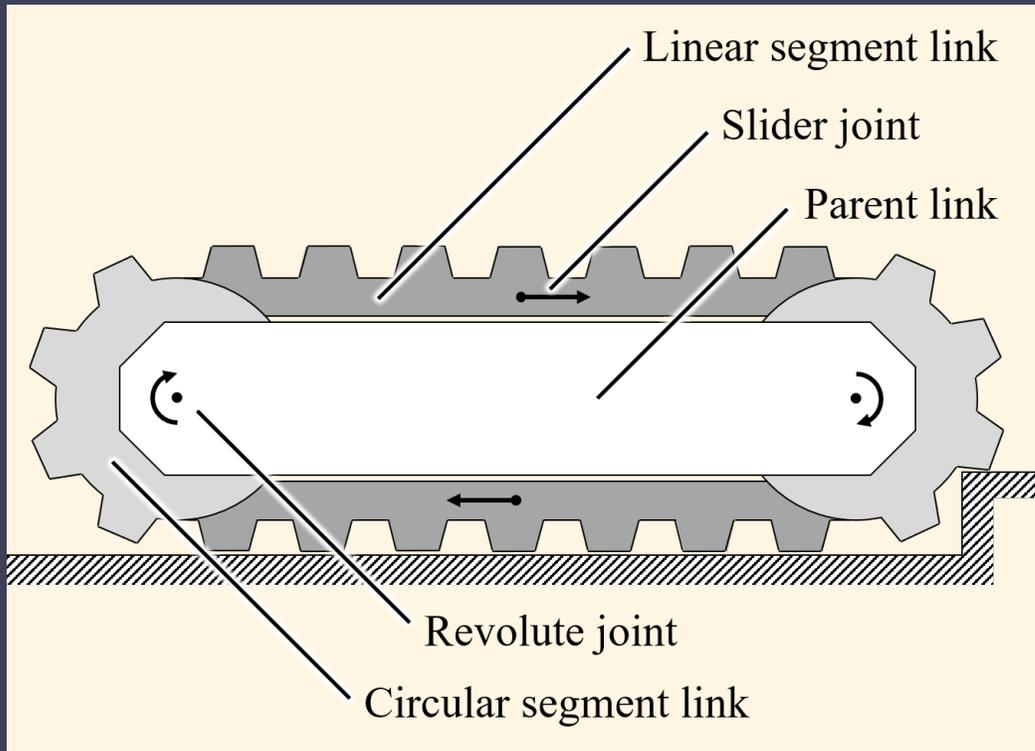


拘束を満たす
拳動を計算

**関節が少ない方が
計算が高速**

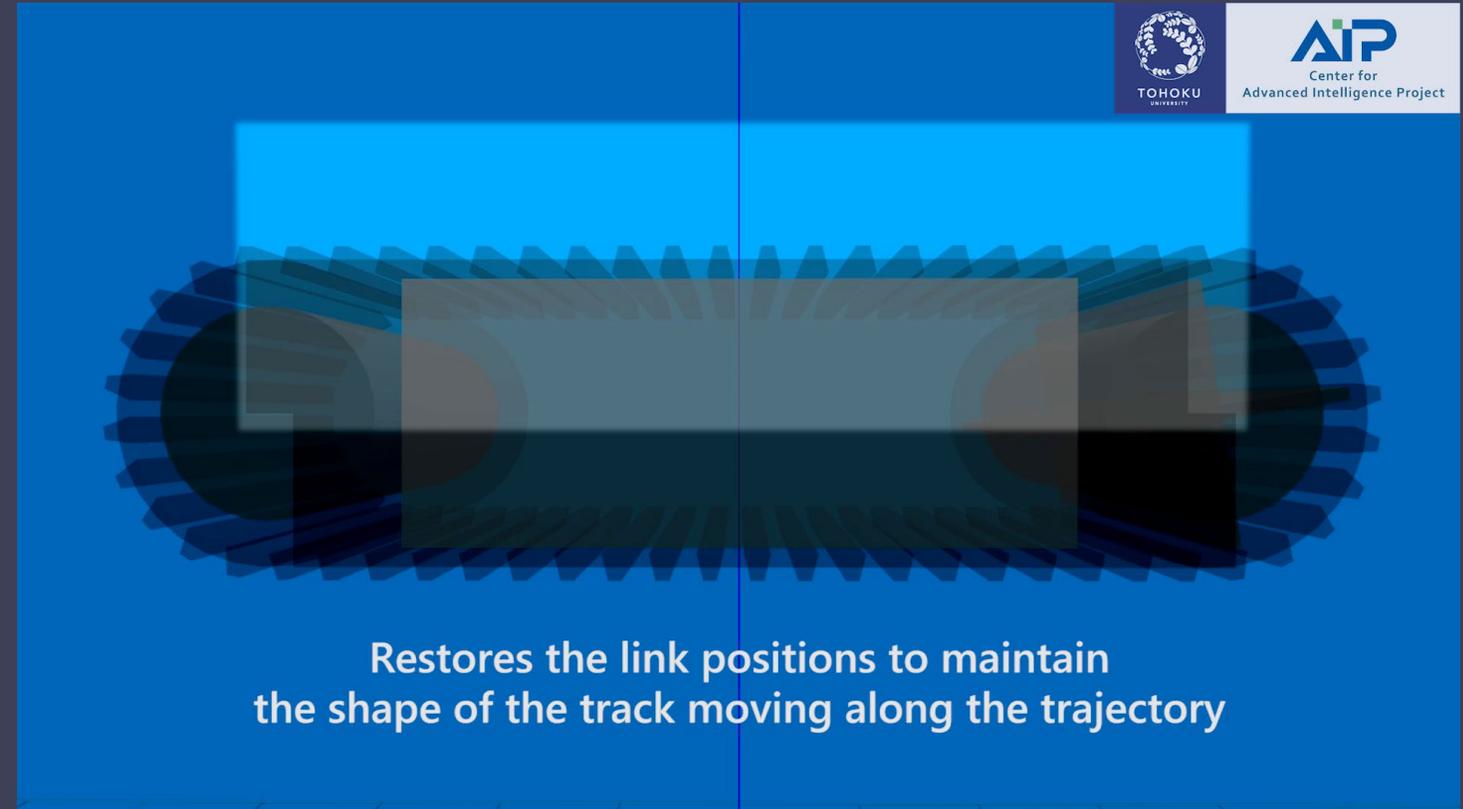
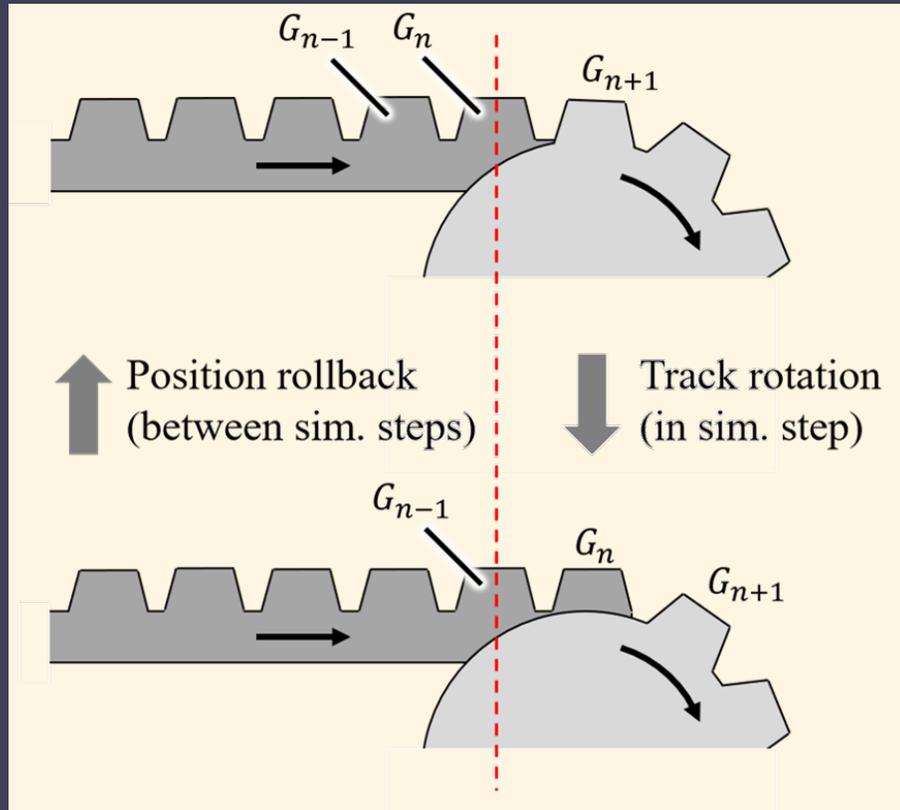


提案手法：1セグメント=1関節



- 任意軌道をサポート
- 任意グロウサ形状をサポート
- 小判型軌道なら4関節で表現 (スライダx2, 回転x2)

提案手法：グローサ1つ分進んだら戻す



- 戻すことで、軌道の歪みを防ぎつつグローサの流れを実質的に維持
- ステップ間 (=時間が止まっている間) に行う

優位点の整理

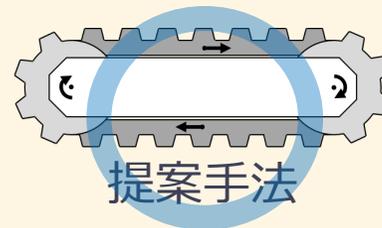
流れ

重要なのは…

その点で…

路面とクローラの
接触点検出

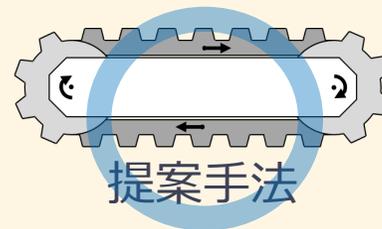
**グローサを考慮した
正確な接触点検出**



**グローサが
実際に周回**

接触点における
拘束条件の設定

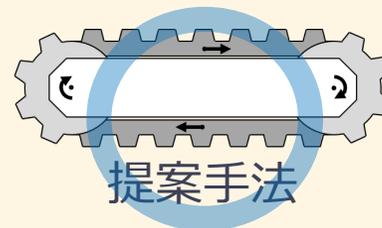
**路面との摩擦を
考慮した拘束設定**



**物理エンジンが
摩擦拘束設定**

拘束を満たす
拳動を計算

**関節が少ない方が
計算が高速**



**少ない関節で
クローラを表現**

Realtime Factor 実測

1.0以上なら実時間

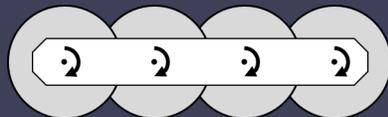
0.54*



多関節手法(10cm毎)

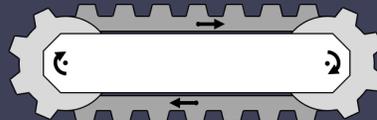
遅い

1.79



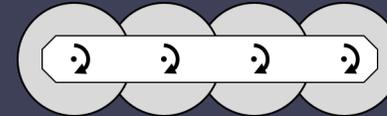
多車輪(13輪)

2.79



提案手法

4.86



多車輪(4輪)

5.93*

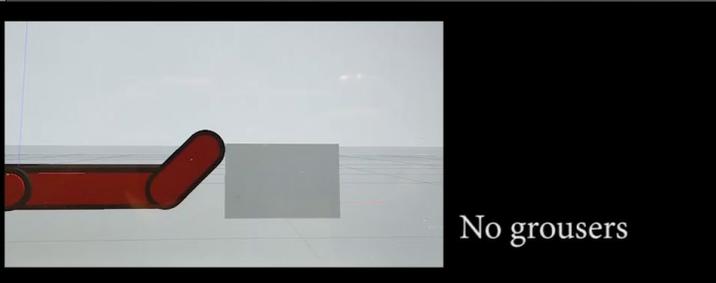
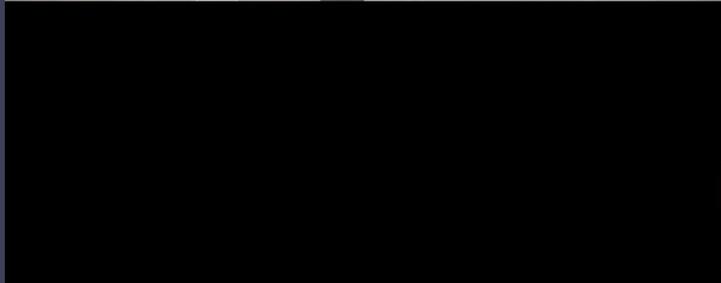
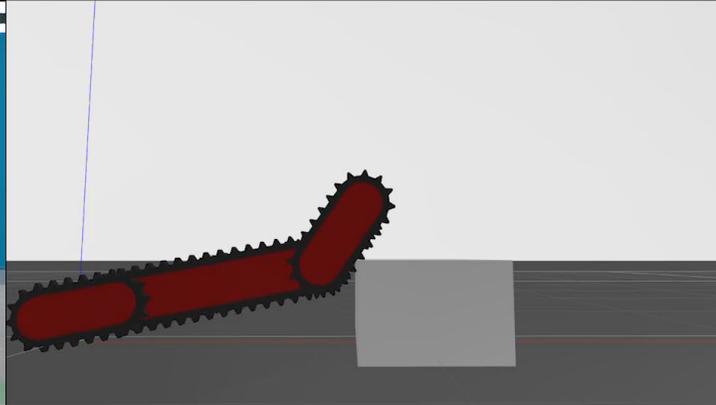
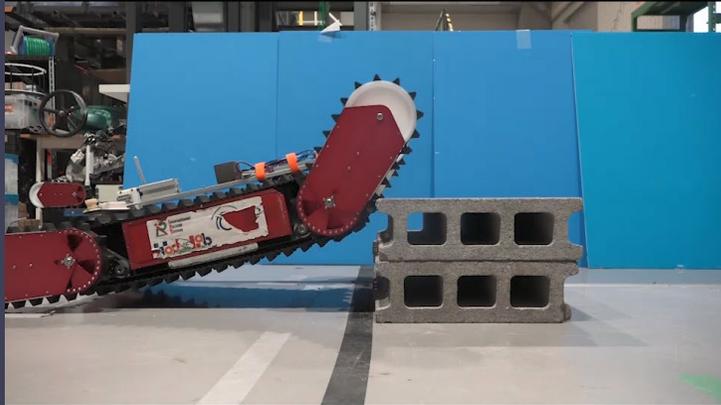


速度拘束手法

速い

- PackBot 510 (サブクローラ無し)
- 並進速度0.3m/sで平地直進
- シミュステップ時間 1ms
- Gazebo7.16 on Ubuntu16.04
- i7 (2.50GHz x4) & 8GB RAM
- *は [Pecka+,2017] より推定

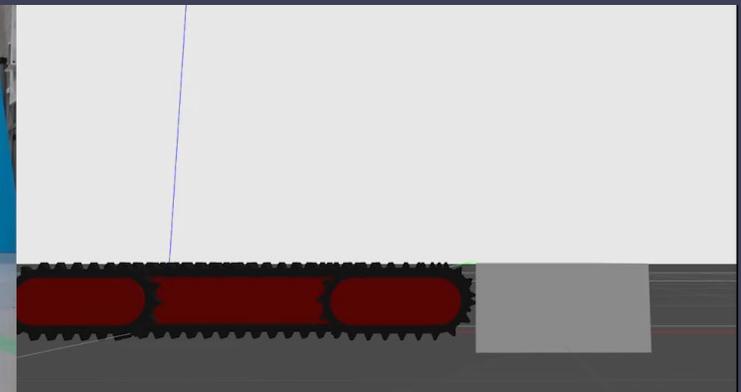
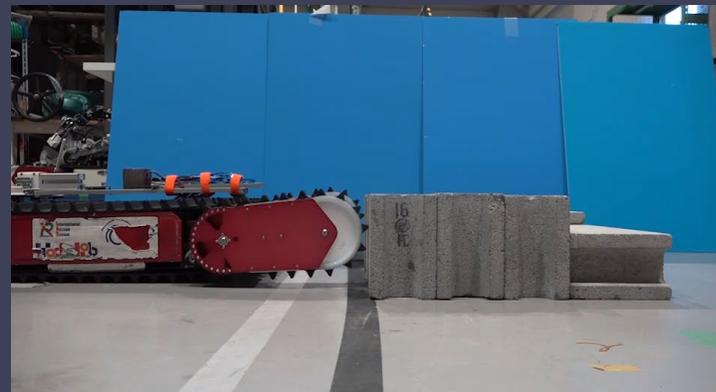
実機との挙動比較



- Quince (台形グローサ)
- 並進速度0.1m/s
- シミュステップ時間 1ms
- Gazebo7.16 on Ubuntu16.04
- i7 (2.50GHz x4) & 8GB RAM

グローサで段差を捉える

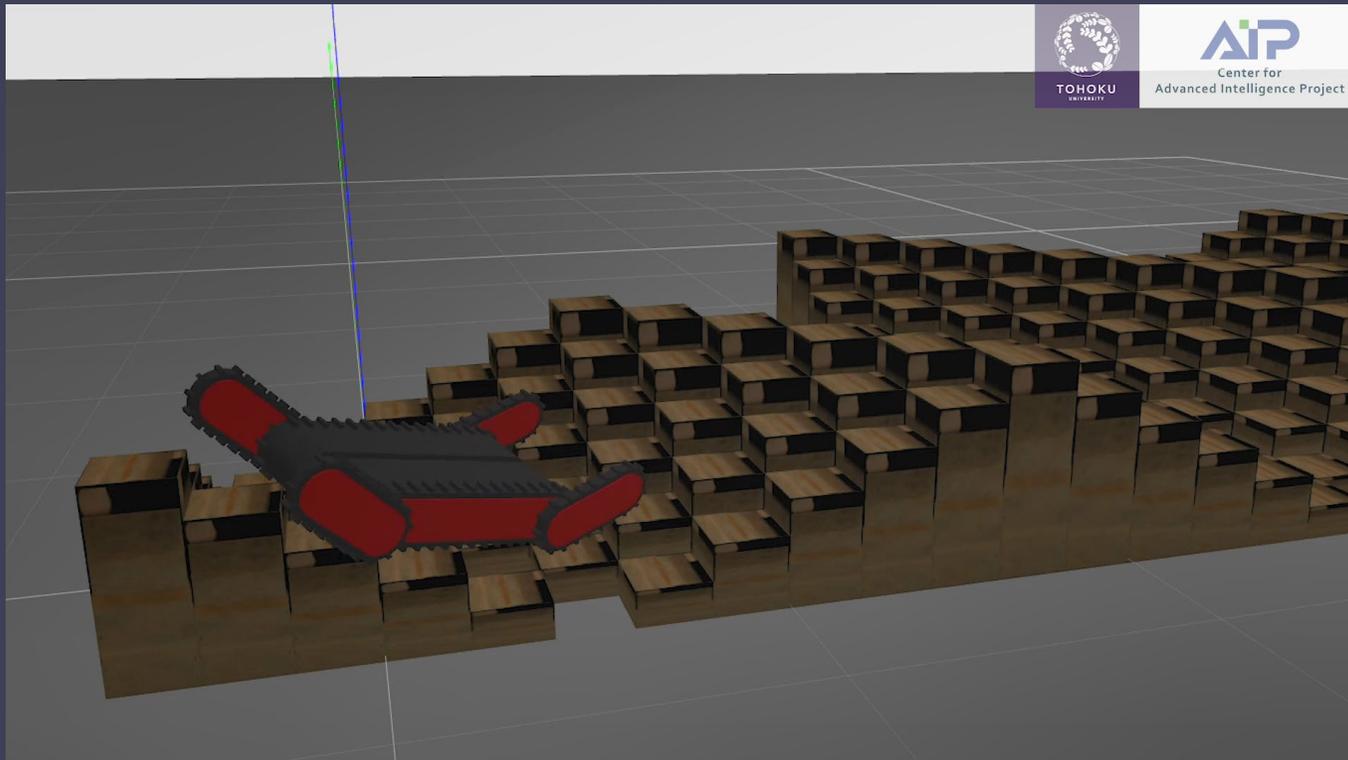
摩擦力が足りず滑る



パッケージ情報

 [yoshito-n-students/gazebo_continuous_track](https://github.com/yoshito-n-students/gazebo_continuous_track)

 [yoshito-n-students/gazebo_continuous_track_example](https://github.com/yoshito-n-students/gazebo_continuous_track_example)

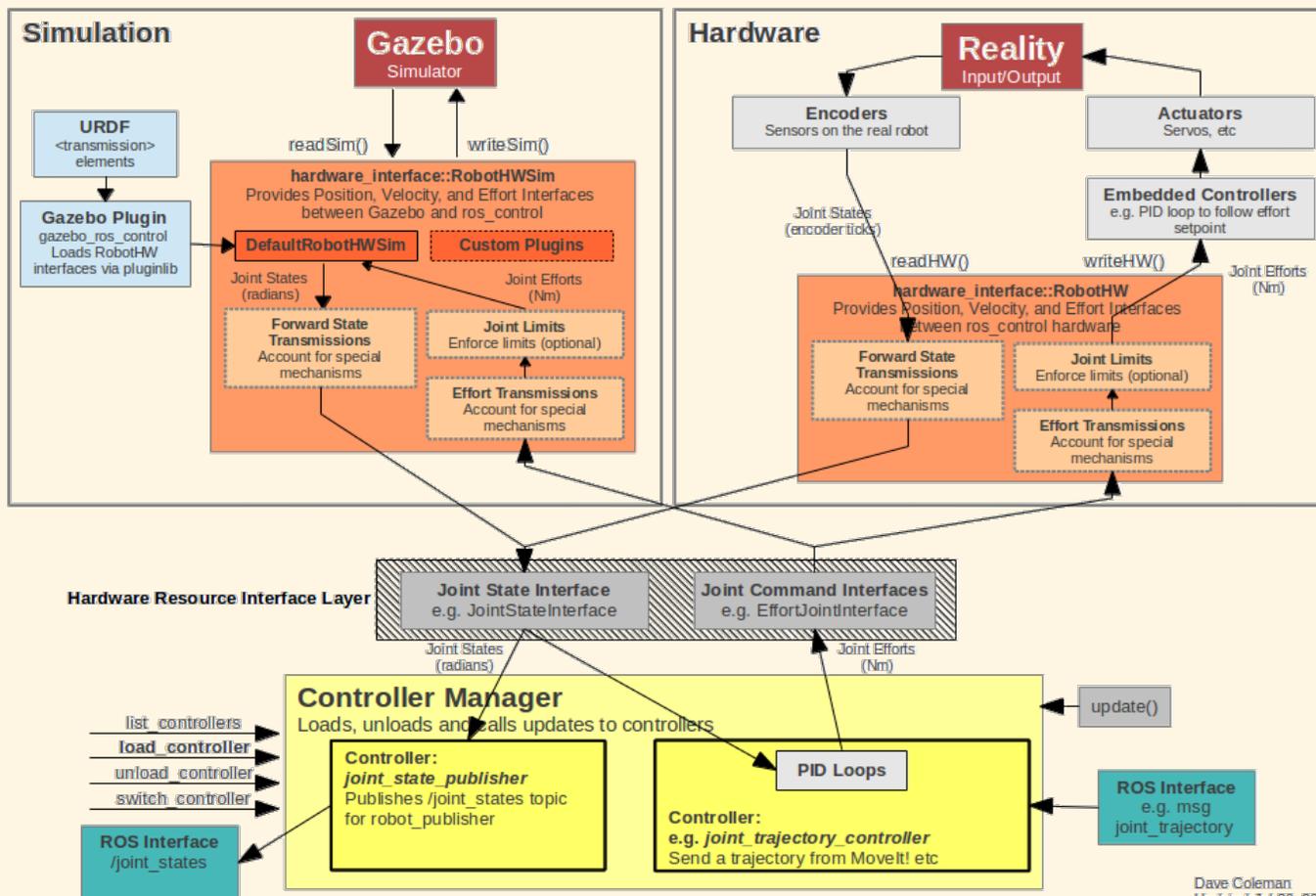


- ROSパッケージとして実装
- Gazebo7と9で動作確認済み
- 物理エンジンはODEのみサポート
- 小判型軌道なら10行で書けるマクロ有り

Part 2:
Gazeboを使った開発の
ベストプラクティス

シミュ/実機 両対応のWorkspace例

GAZEBO + ROS + ros_control

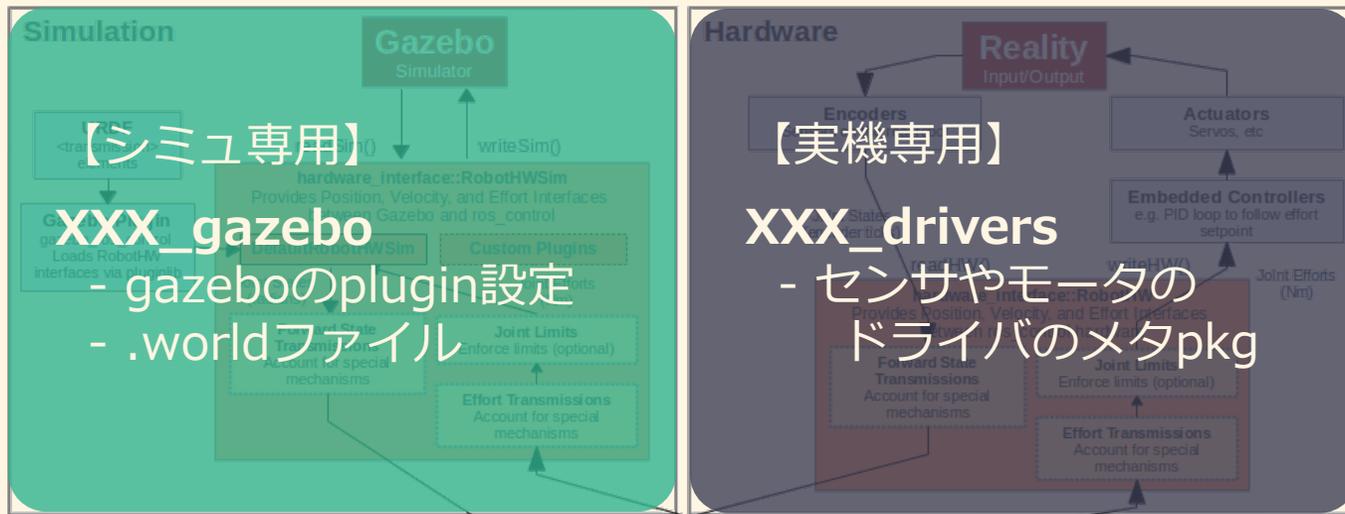


Dave Coleman
Updated Jul 30, 2013

gazebosim.org/tutorials/?tut=ros_control

シミュ/実機 両対応のWorkspace例

GAZEBO + ROS + ros_control



【シミュ専用】
XXX_gazebo
 - gazeboのplugin設定
 - .worldファイル

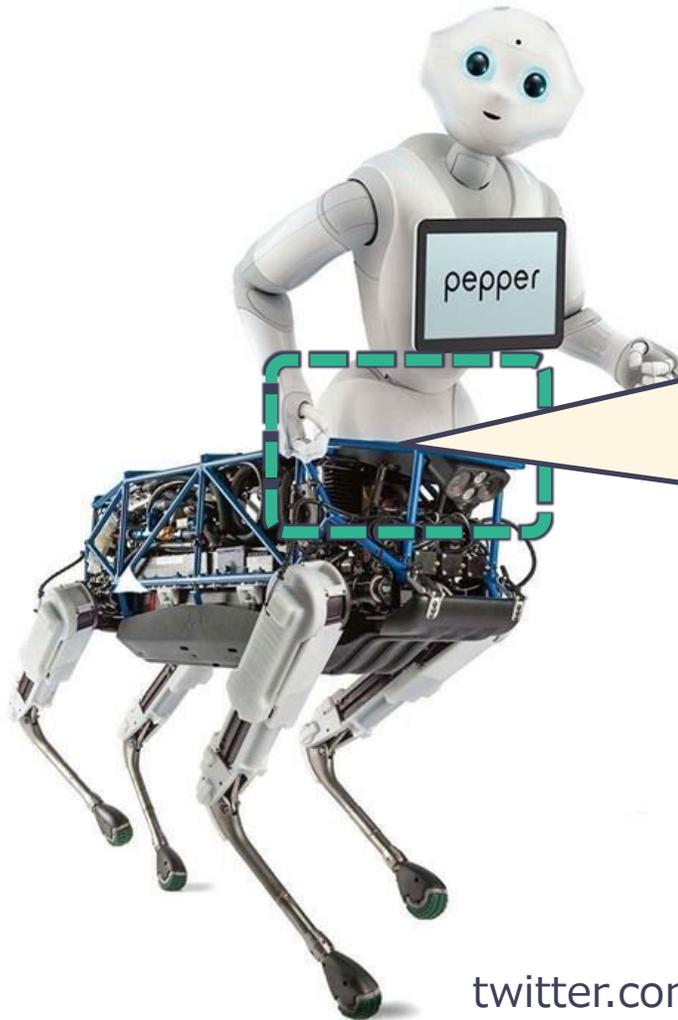
【実機専用】
XXX_drivers
 - センサやモータの
 ドライバのメタpkg

【シミュ/実機共通】
XXX_description
 - 実在関節・リンクを記述したurdf
XXX_control
 - ros_controlのcontroller設定

Dave Coleman
 Updated Jul 30, 2013

gazebosim.org/tutorials/?tut=ros_control

複数ロボを連結



twitter.com/nksj71

JointのChild linkに
他modelのlinkを指定できることを利用

```
<model name="coupler">  
  <link name="link">  
    ...  
  </link>  
  <joint name="to_spot" type="fixed">  
    <parent>link</parent>  
    <child>spot::body</child>  
  </joint>  
  <joint name="to_papper" type="fixed">  
    <parent>link</parent>  
    <child>papper::body</child>  
  </joint>  
</model>
```

バグ回避

ROSに付属するGazeboを、OSRFの最新版に更新するのがよい

OSRFのaptリポジトリを登録

```
sudo sh -c 'echo "deb http://packages.osrfoundation.org/gazebo/ubuntu-stable  
`lsb_release -cs` main" > /etc/apt/sources.list.d/gazebo-stable.list'
```

aptのkeyを追加

```
wget http://packages.osrfoundation.org/gazebo.key -O - | sudo apt-key add -
```

Gazeboを更新

```
sudo apt-get update  
sudo apt-get upgrade
```

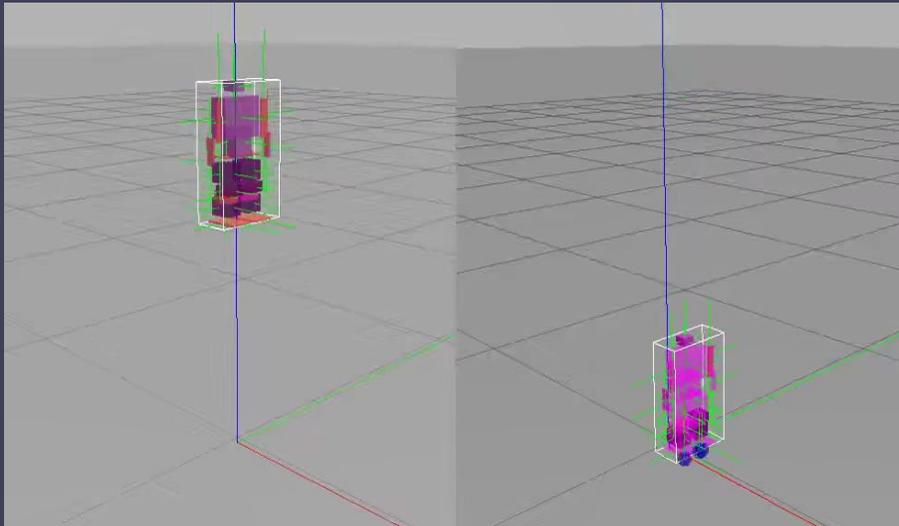
参考: gazebosim.org/tutorials?cat=install&tut=install_ubuntu

それでも残るバグ

Issue #2111 (Gazebo7のみ)

Joint::SetPosition() を呼ぶと
子リンクの速度がリセットされる

→直近のアップデートで解消



blog.y-modify.org/en/2018/05/04/gazebo-gravity-bug/

Issue #2626

リンクを削除すると
そのリンクに繋がっていない
無関係のジョイントも削除される

Issue #2627

リンクを削除した後
親モデルの記述(sdf)を取得すると落ちる

⋮

参考: bitbucket.org/osrf/gazebo/issues/

『だから使わない』ではなく『使って良くしよう』の精神で！ (ROS2&ign-gazeboもね)

ありがとうございました！

