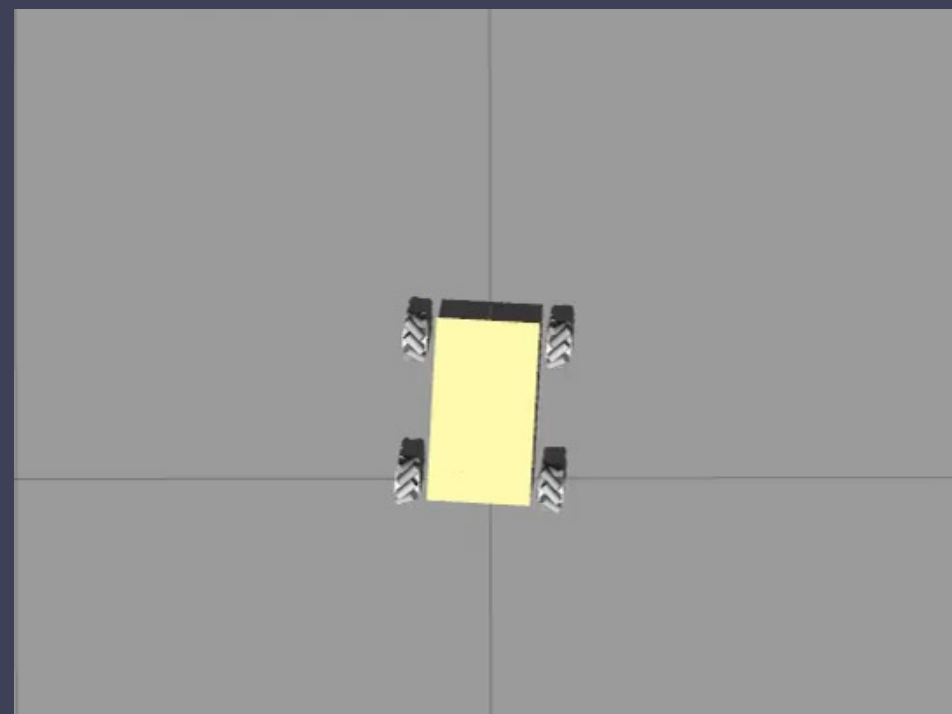
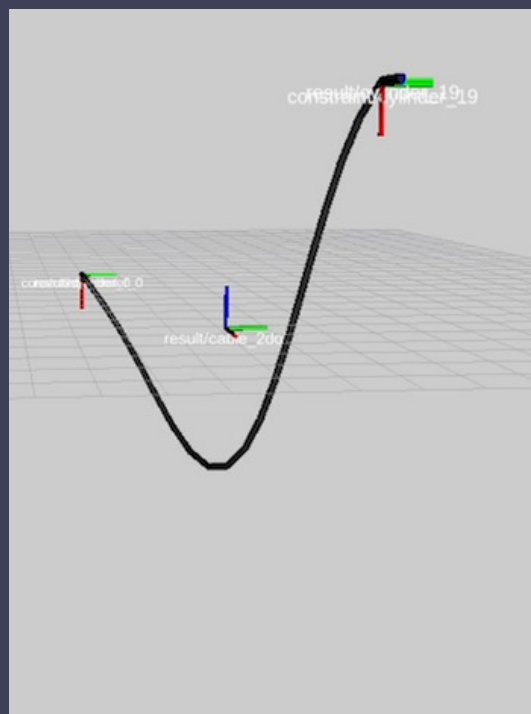
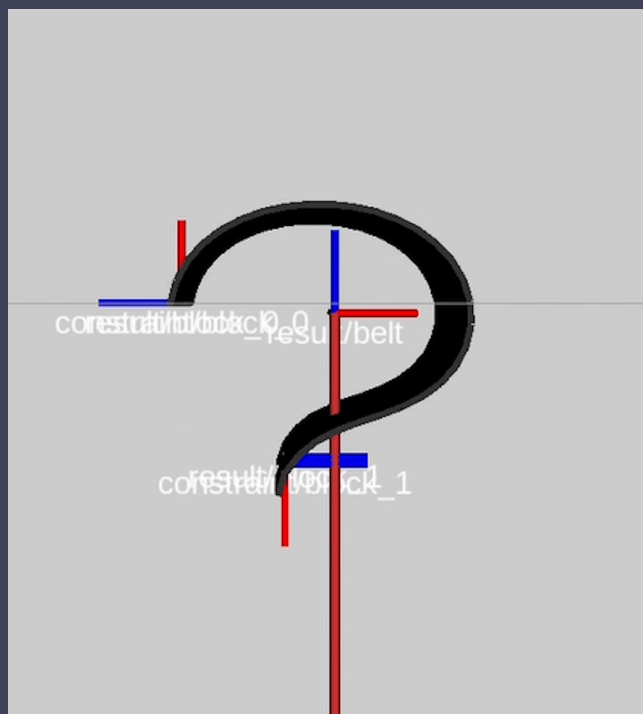


xacroの再帰展開を活用した 繰り返し構造を持つロボット要素の力学モデルの構築

～ベルト、ケーブル、メカナムホイール～



岡田 佳都（東北大学）

リンクや関節の多いモデルをURDFで書くのは無理

例：ケーブルの多体モデル（60自由度）

```

6  <robot name="cable_3dof">
7    <link name="cube_0">
8      <inertial>
9        <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0"/>
10       <mass value="0.00045454545454545455"/>
11       <inertia ixx="2.1893939393939394e-08" ixy="0" ixz="0" iyy="2.1893939393939394e-08" iyz="0" izz="2.1893939393939394e-08"/>
12     </inertial>
13     <visual>
14       <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0"/>
15       <geometry>
16         <box size="0.017 0.017 0.017"/>
17       </geometry>
18       <material name="cube_0_material">
19         <color rgba="0.2 0.2 0.2 1.0"/>
20       </material>
21     </visual>
22     <collision>
23       <origin rpy="0 0 0" xyz="0 0 0"/>
24       <geometry>
25         <box size="0.017 0.017 0.017"/>
26       </geometry>
27     </collision>
28   </link>
29   <gazebo reference="cube_0">

```

.....

```

2545     <box size="0.017 0.017 0.017"/>
2546     </geometry>
2547     </collision>
2548   </link>
2549   <gazebo reference="cube_1">
2550     <visual>
2551       <material>
2552         <ambient>0.2 0.2 0.2 1.0</ambient>
2553       </material>
2554     </visual>
2555   </gazebo>
2556 </robot>
2557

```

2557

xacro使いたい。For文はない。再帰はできる。

繰り返し構造 – 分割統治再帰

```

42 <xacro:macro name="make_belt"
43     params="total_mass:=^
44             total_width:=^
45             length:=^
46             height:=^
47             rgba:=^
48             damping:=^
49             friction:=^
50             spring:=^
51             n:=^">
52     <!-- link props (2 blocks and n plates) -->
53     <xacro:property name="link_mass" value="${total_mass / (n + 2)}" />
54     <xacro:property name="plate_width" value="${total_width / n}" />
55     <!-- first block at one end of belt -->
56 > <xacro:make_box_link name="block_0"...
59 > <!-- hinge between first block and plate -->
60 > <xacro:make_continuous_joint name="hinge_0"...
64 > <!-- first plate -->
65 > <xacro:make_box_link name="plate_0"...
69 > <!-- (n - 1) repetitions of hinge and plate -->
70 > <xacro:make_belt_impl plate_mass="${link_mass}"...
73 > <!-- hinge between last plate and block -->
74 > <xacro:make_continuous_joint name="hinge_${n}"...
78 > <!-- second block at the other end of cable -->
79 > <xacro:make_box_link name="block_1"...
82 </xacro:macro>
83

```

非繰り返し構造
(先端と終端)

```

8
9 <xacro:macro name="make_belt_impl"
10     params="plate_mass:=^
11             plate_width:=^
12             length:=^
13             height:=^
14             rgba:=^
15             damping:=^
16             friction:=^
17             spring:=^
18             first:=^
19             last:=^">
20     <!-- base case: range cannot be divided -->
21     <xacro:if value="${first + 1 == last}">
22         <!-- i-th hinge -->
23 > <xacro:make_continuous_joint name="hinge_${first}"...
28 > <!-- i-th plate -->
29 > <xacro:make_box_link name="plate_${first}"...
33     </xacro:if>
34     <!-- recursive case: range can be divided -->
35     <xacro:if value="${first + 1 < last}">
36         <xacro:property name="mid" value="${int((first + last) / 2)}" />
37         <xacro:make_belt_impl last="${mid}" />
38         <xacro:make_belt_impl first="${mid}" />
39     </xacro:if>
40 </xacro:macro>
41

```

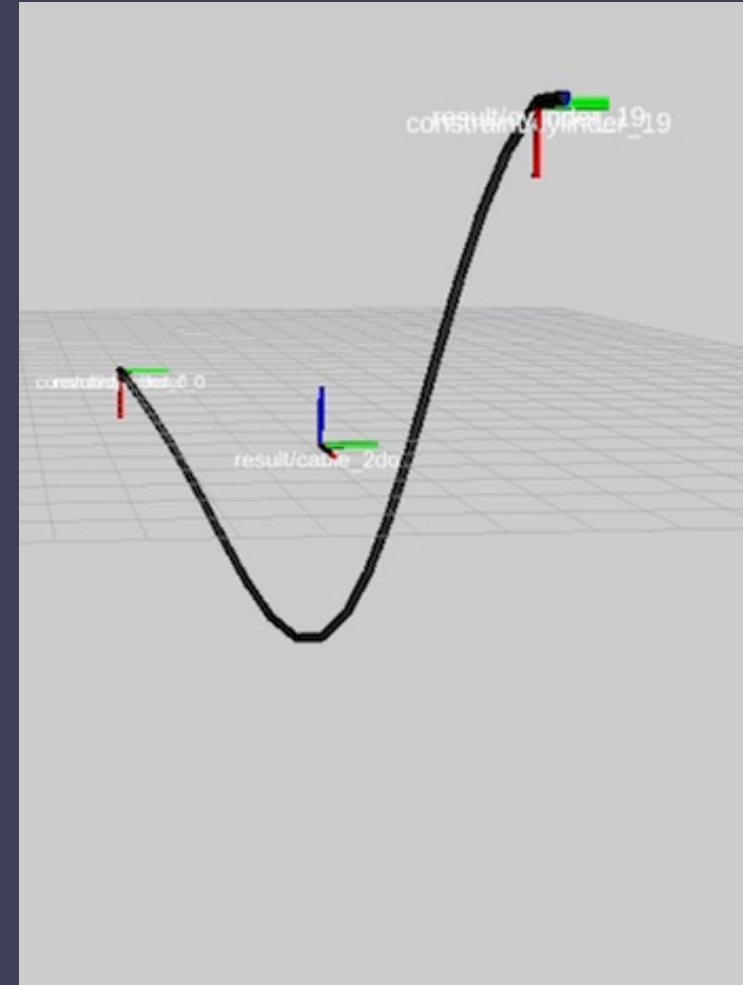
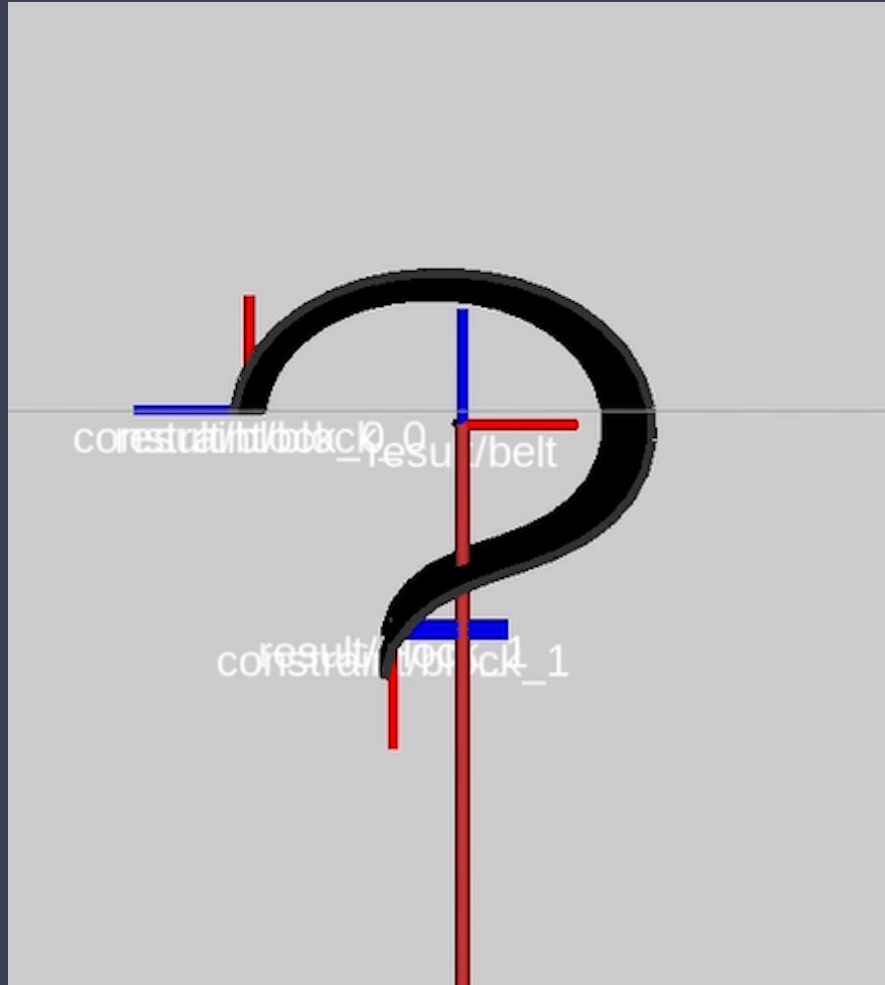
範囲が分割
できなくなったら
繰り返し単位の
リンク・関節を生成

範囲を2分割し
再帰展開

82

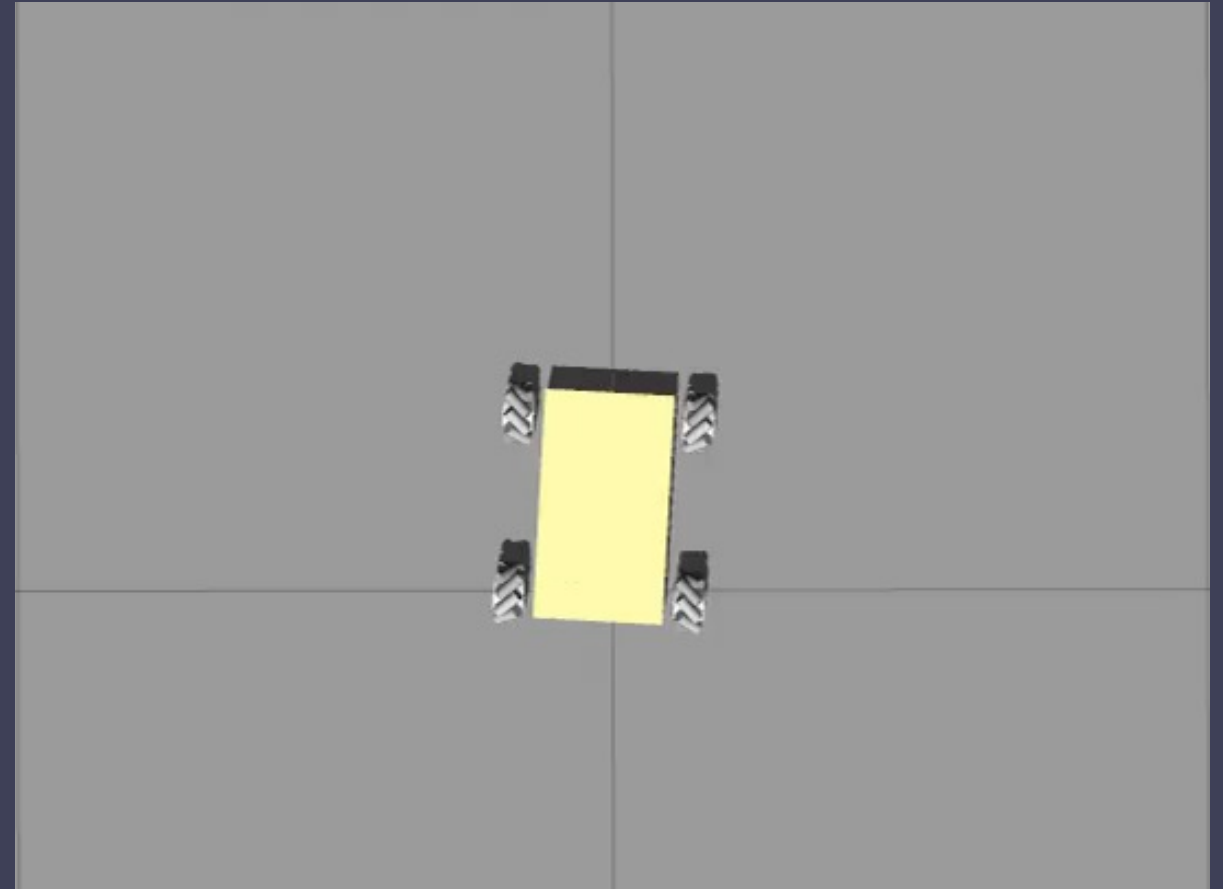
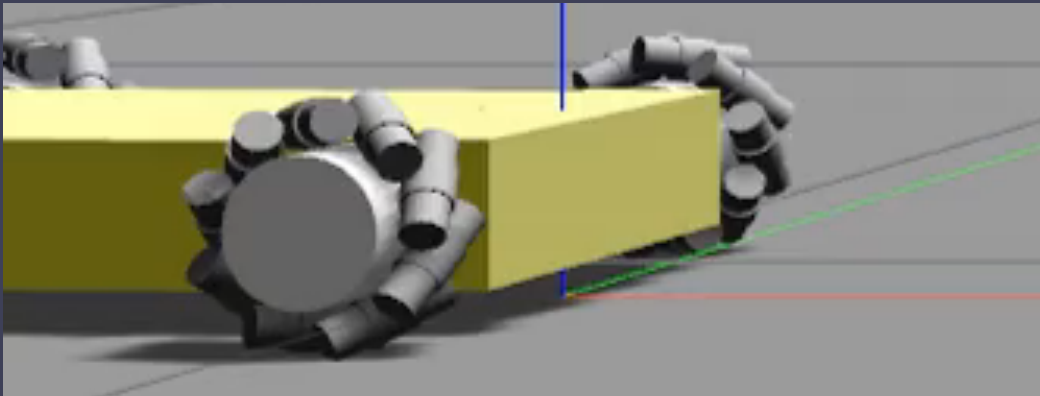
ちなみに… 漸化 (wikiで紹介されている方法) より
分割統治の方が展開が速かった

ベルト、ケーブル



ちなみに… 40自由度の両端固定ケーブルの釣り合い形状を5ms以下で求める方法を
SI2022（12月@千葉）で発表予定

メカナムホイール



ちなみに… 受動回転ローラのモデリングを工夫して Real time factor を4倍にする方法を
SI2022（12月@千葉）で発表予定

colcon build / catkin_make と同時に展開する

```
file(GLOB xacro_files CONFIGURE_DEPENDS "urdf_xacro/[^_]*.urdf.xacro")
foreach(xacro_file ${xacro_files})
  # .urdf.xacro -> .urdf
  get_filename_component(model_name ${xacro_file} NAME_WE)
  set(
    urdf_file
    ${CMAKE_CURRENT_SOURCE_DIR}/urdf/${model_name}.urdf
  )
  xacro_add_xacro_file(
    ${xacro_file}
    ${urdf_file}
    OUTPUT urdf_file
  )
  add_custom_target(
    ${PROJECT_NAME}_${model_name}_urdf ALL
    DEPENDS ${urdf_file}
  )
endforeach()
```

.xacro ファイルを
検索してループ

.xacro を展開して
.urdf を生成

ちなみに urdf -> sdf の変換や Gazebo の config ファイルの生成も同様にできる