

Gazebo を用いた施工シミュレータの開発

～簡易地形モデルを用いた地形変形プラグインの実装～

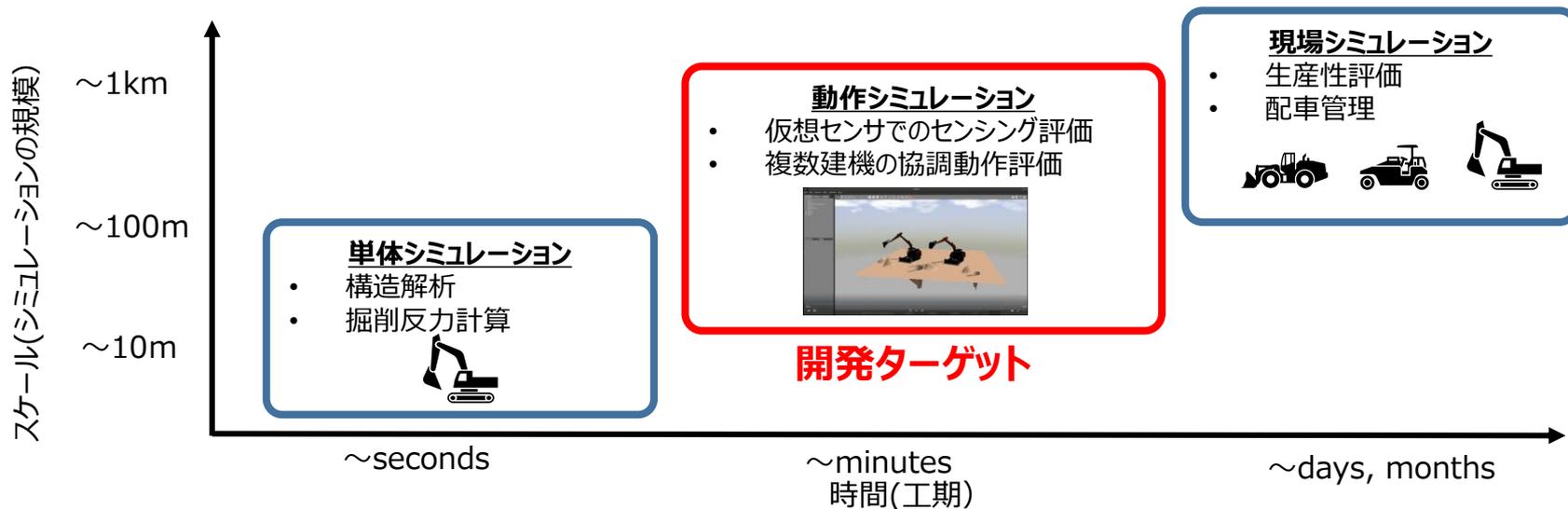
株式会社 日立製作所 研究開発グループ
西澤 匡士

1. 目的
2. シミュレータ開発方針
3. シミュレータ開発
 - 簡易施工ロジック
 - システム構成
4. デモ動画ご紹介
5. 課題
6. まとめ

ROSの産業応用：建設機械の自動化機能の開発環境

課題：自動化機能開発に適したシミュレーション環境の整備

- 土砂のシミュレーション
- 様々な施工現場での周囲認識
- 複数の建設機械による協調動作



地形変化・協調作業・実時間処理が可能なシミュレータ

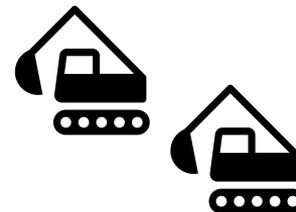
□ 建設機械の動きに連動して地面が変形すること

目標：掘削・放土・整地が可能なシミュレータ



□ 複数の建設機械で施工ができること

目標：2台以上の建設機械が動作可能



□ 可能な限り実時間処理できること

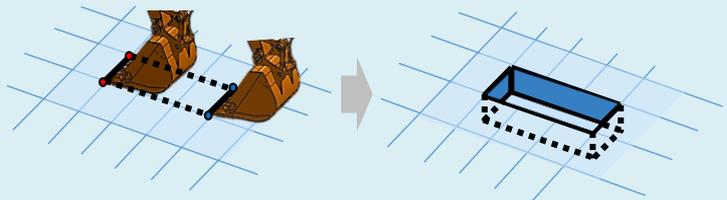
目標：1秒に1回以上の地形更新が出来る



簡易施工ロジックとGazeboプラグイン化で施工シミュレータを実現

簡易施工ロジックの考案

- 地面をグリッドマップでモデル化
- 土量の収支のみ考慮
- 地面と機械の干渉を計算して地形を更新

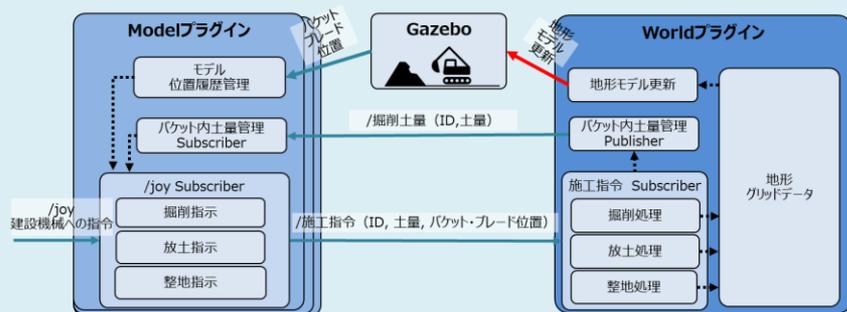


※使用ライブラリ

Grid Map Library : https://github.com/ANYbotics/grid_map

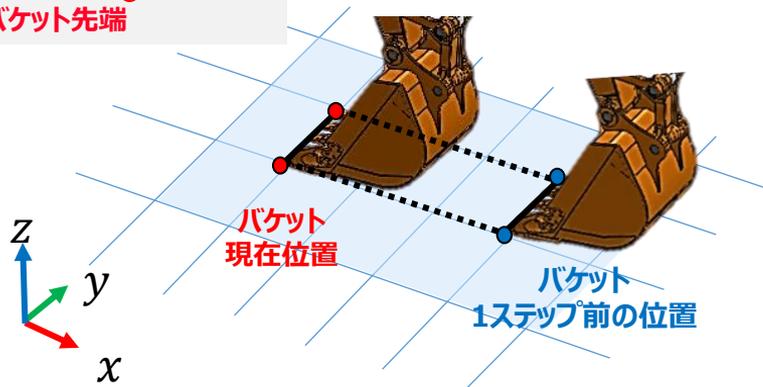
Gazeboプラグイン化

- Model/Worldに対応したプラグイン
- Model側：施工指令管理/土量管理/軌跡管理
- World側：地形データの管理/地形モデルの更新

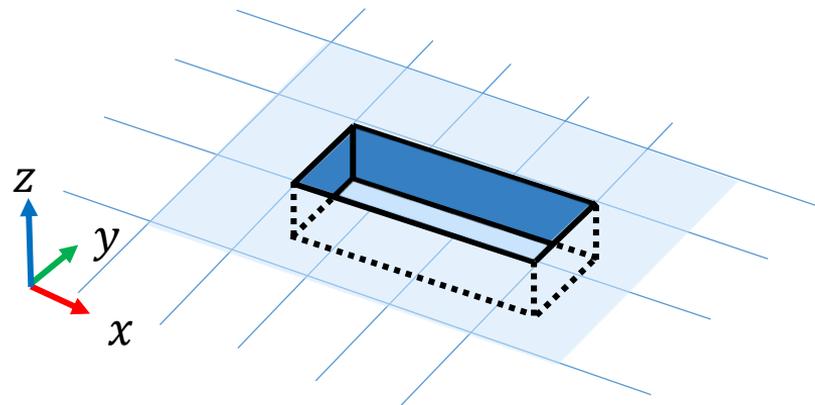


ショベルバケットの先端軌跡と地面の高さを比較

*ショベルを対象に検討



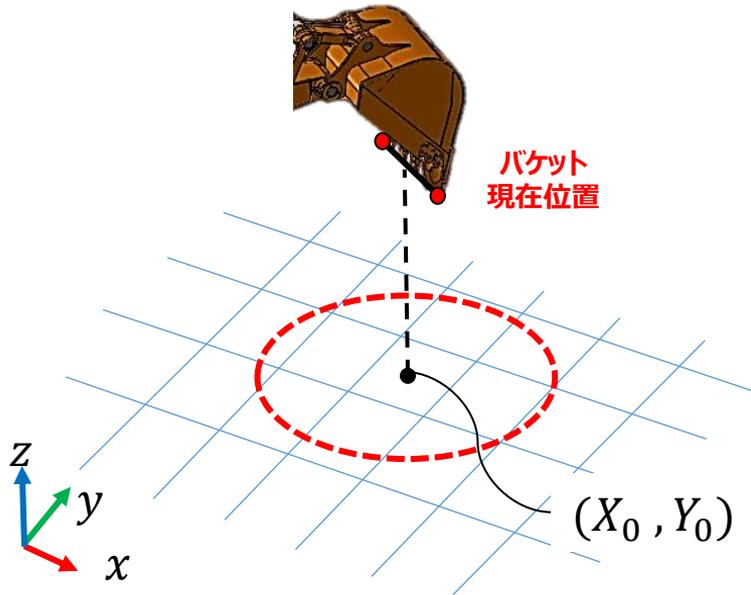
バケット軌跡から矩形領域を作成



地形グリッドとバケット高さを比較

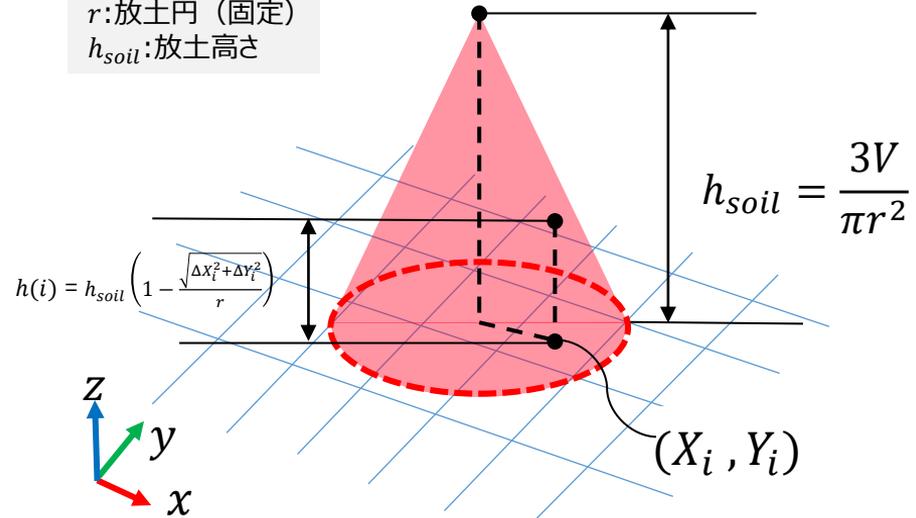
バケット高さ < 地形グリッドの値 → バケットの高さに値を更新

放土形状を円錐と仮定し地面グリッドに高さ値を付与



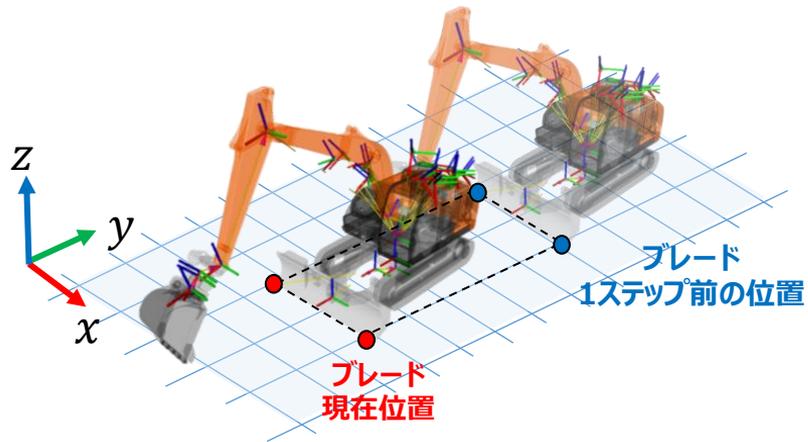
バケット位置を中心とした円形領域を取得

V : バケット内の土量
 r : 放土円 (固定)
 h_{soil} : 放土高さ

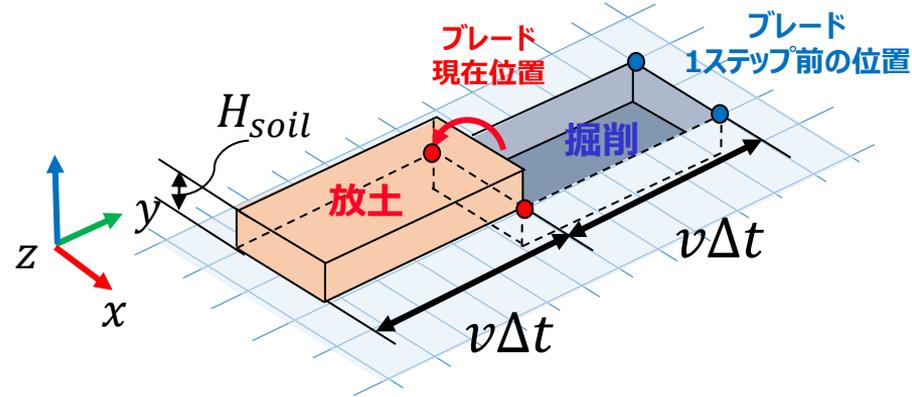


円錐形状を仮定して
円形領域内のグリッド高さを更新

掘削ロジック + 放土ロジックにより整地動作をモデル化



ブレード軌跡から矩形領域を作成

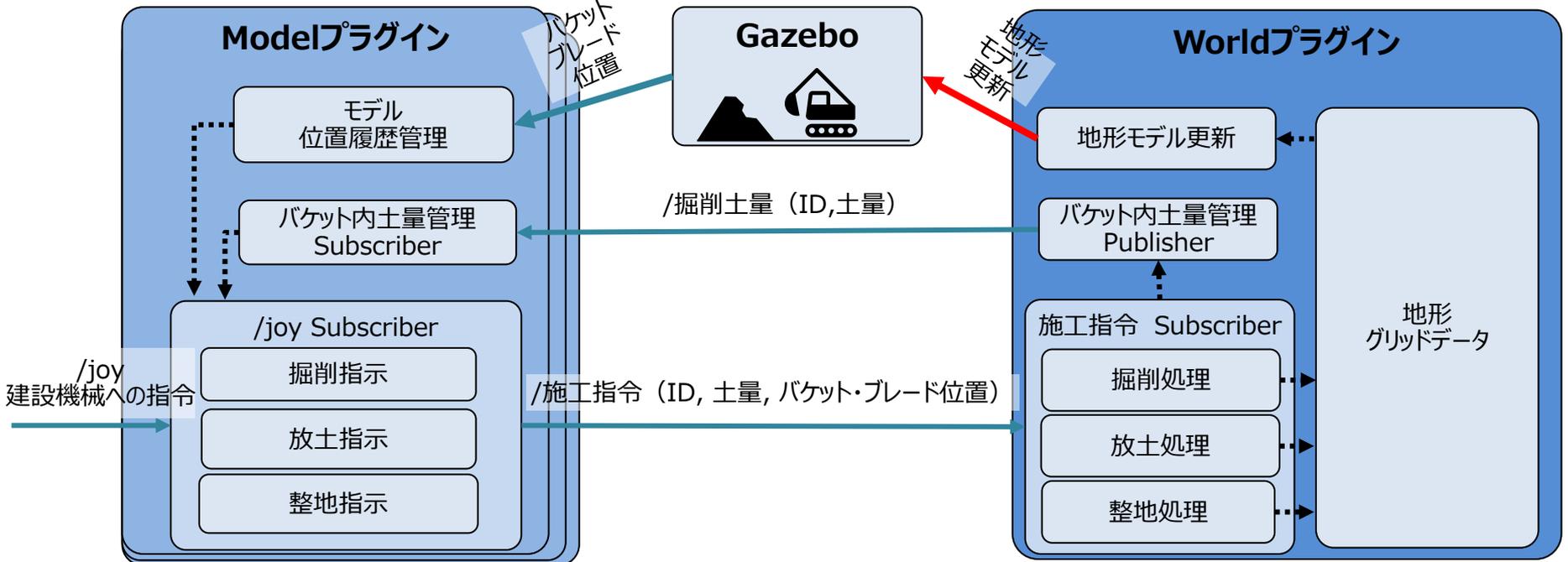


矩形内のグリッドをブレード高さで更新（掘削）
+ 機械前方のグリッドに高さを加算する（放土）

Model-Worldプラグイン間通信で複数機械の施工を実現

- Modelプラグイン：建設機械モデルに毎に用意
- Worldプラグイン：シミュレータ全体で1つ用意

- ← ROS Pub/Sub通信
- ← Gazeboモデル生成・削除
- ← スレッド・内部通信



Gazebo APIの制約

- ① 生成済みのSDFモデルのメッシュへのアクセスができない
- ② モデルの生成・削除が非同期

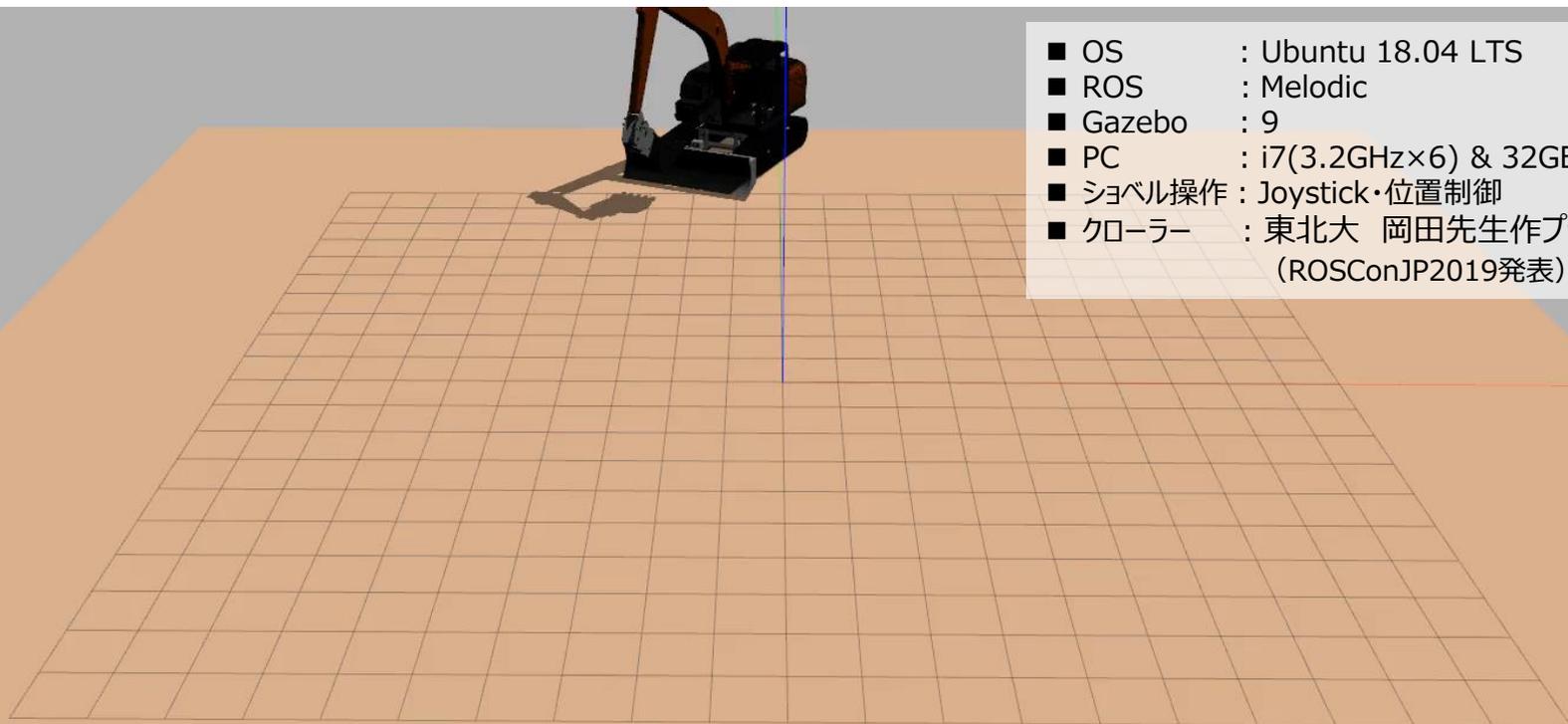


実装上の対策

- ① 地面を更新するときは新規で地面モデルを生成
 - ② 新しい地面を生成してから古い地面を削除（建設機械の落下防止）
- + a 数ステップに一度、地面モデルの生成を行うことで処理を分散



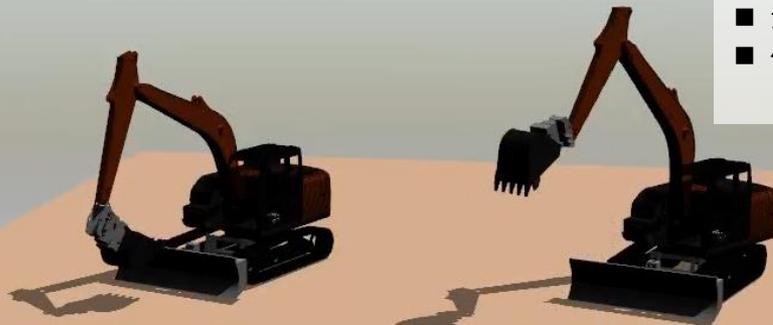
ショベルの動作に合わせた掘削・放土・整地動作を実現



- OS : Ubuntu 18.04 LTS
- ROS : Melodic
- Gazebo : 9
- PC : i7(3.2GHz×6) & 32GB RAM
- ショベル操作 : Joystick・位置制御
- クローラー : 東北大 岡田先生作プラグイン (ROSConJP2019発表)

複数のショベルによる掘削・放土動作を実現

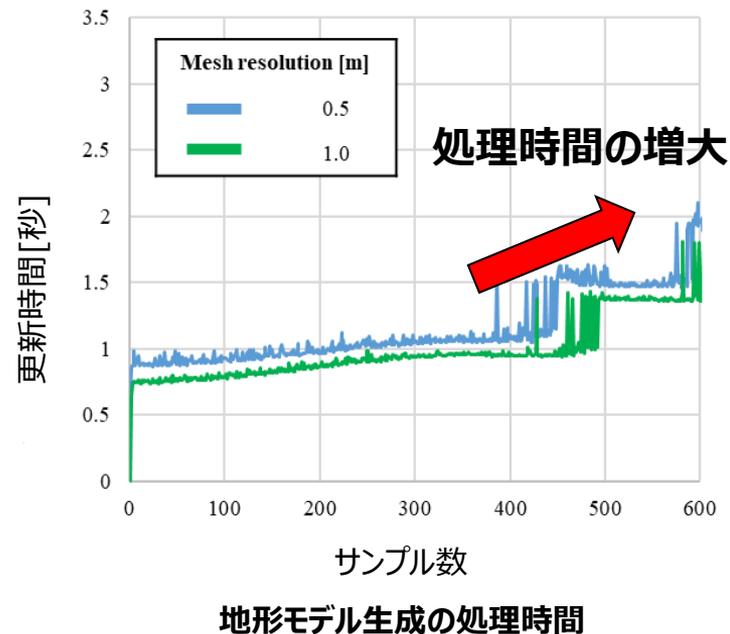
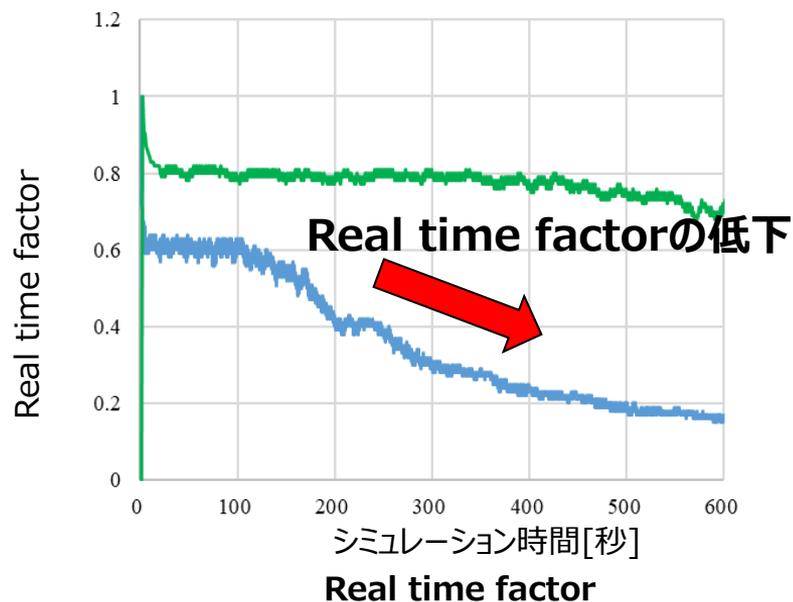
- OS : Ubuntu 18.04 LTS
- ROS : Melodic
- Gazebo : 9
- PC : i7(3.2GHz×6) & 32GB RAM
- ショベル操作 : Joystick・位置制御
- クローラー : 東北大 岡田先生作プラグイン
(ROSConJP2019発表)



地形モデルの更新にかかる処理時間に課題

Real time factorが1を割ってしまい、徐々に動作が遅くなっていく結果に・・・

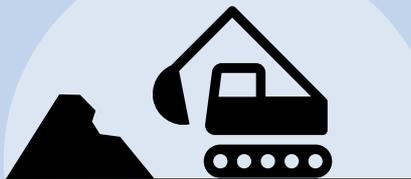
推定要因：メッシュファイルI/O、モデルの生成、SDFモデルのキャッシュの増加・・・



シミュレータの用途に応じて追加機能のカスタマイズが必要

出来ること

- 地面と機械の土の干渉のシミュレーション



- 仮想センサを用いた掘削後の地面の測定



出来ないこと

- 機械同士での土砂の受け渡し



- 長時間/多数機械のシミュレーション



地形変化・協調作業・実時間処理が可能なシミュレータ

□ 建設機械の動きに連動して地面が変形すること

目標：掘削・盛土・整地が可能なシミュレータ

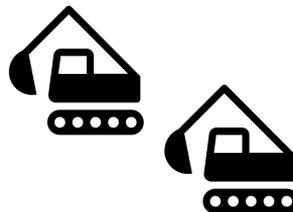
結果：簡易施工ロジックにより達成



□ 複数の建設機械で施工ができること

目標：2台以上の建設機械が動作可能

結果：2台での地形プラグイン動作を確認



□ 可能な限り実時間処理できること

目標：1秒に1回以上の地形更新が出来る

結果：1秒に1回以上の地形更新可能（5分程度）



ご清聴ありがとうございました！

The image shows a 3D simulation of two Hitachi excavators on a flat, light-brown terrain. The excavators are dark brown with black buckets. The terrain is composed of simple, low-poly blocks, suggesting a simplified model used for simulation. The background is a clear blue sky with some light clouds. The excavators are positioned on either side of the center, facing each other.

Gazebo を用いた施工シミュレータの開発

～簡易地形モデルを用いた地形変形プラグインの実装～

株式会社 日立製作所 研究開発グループ
西澤 匡士
tadashi.nishizawa.rh @ hitachi.com