

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所 諭

プロジェクト名：フィールド評価試験・安全・シミュレーション

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 27 年 度

研究開発課題名：機械と土壌の相互力学における

マクロ・マイクロモデルを実装した掘削シミュレータの開発

研究開発機関名：慶應義塾大学

研究開発責任者

石上 玄也

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

本研究課題では、建設ロボットを対象プラットフォームとし、マクロ・マイクロモデルに基づいた土壌掘削モデルの構築を行うことを目的としている。さらに、同掘削モデルおよび走行システムの接触モデルをロボットシミュレータに実装することによって、土壌掘削変形を考慮した、より高精度なロボットシミュレータを提供することを目指している。

当該年度（平成 27 年度）の開発目標および計画について、下記にまとめる。

- 課題 A1. バケット掘削実験装置の開発

当該年度においては、バケット掘削実験装置を開発し、土壌掘削時のバケットへの反力を計測するセンサ系の組み込み、土壌変形のベクトル場を計測可能な装置の開発に取り組む。同装置の設計から試作を概ね 6 ヶ月程度で実施し、次年度（平成 28 年度）において実施する土壌掘削時のデータ取得、土壌掘削モデルの構築に活用する。達成目標としては、実機に対して 1/10 以上のスケール規模での実験装置とすること、サンプリング周期を 50Hz 程度とすることとしている。

- 課題 B1. シミュレータ環境の導入

当該年度において、TRC 参加グループ（産総研、大阪大）から提供予定である Choreonoid のシミュレータ環境を導入する。バケット CAD モデルの導入、地形データの読み込みなどのプラグイン設定を確認する。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

本研究課題は平成 27 年度第 3 四半期（9 月）より開始しており、概ね計画通り進捗している。

まず、課題 A1 について、バケット掘削実験装置は当初 1/10 スケールでの設計を検討していたが、TRC 参加他グループへの同装置の供与や実験規模の汎用性を考慮し、1/2 スケールでの設計に変更した。この設計変更により、力覚センサの仕様変更、機械部品などの再選定、開発予算の追加などが発生したが、当初の計画通り平成 27 年度第 4 四半期末において実験装置（次項、図 1）が完成し、さらに次年度予定としていた掘削試験データ獲得に先行して着手することができている。

課題 B1 については、TRC 内におけるシミュレータ開発グループ（主に産総研、大阪大、横国大、慶應大）のメンバと第 3 四半期、第 4 四半期の 2 度にわたり会合を持ち、各グループのこれまでのシミュレータ開発状況、運動方程式と接触力学の関係性、地形情報（変形情報、物理情報）の取り扱いについて議論を行った。

### 2-2 成果

課題 A1 において開発したバケット掘削実験装置を図 1 に示す。本装置は、バックホウなどに使用されるバケットの掘削模擬が可能であり、水平・垂直方向に任意の軌道を生成することが可能となっている。外寸は 3000 x 960 x 2300 mm であり、実際のバックホウ部のワークスペースは、1880 x 840 mm となっている。手首部には、様々なアタッチメントの取り付けが可能な治具と、高精度・高レンジの六分力計（サンプリング周期、最大 1kHz）を備えている。図 2 は、土壌掘削時の水平・垂直反力のプロファイ

を示している。2種類の掘削深さにて予備試験を行った結果、基本的な土質力学の理論に沿った力学データが取得可能であることが確認できており、これら実験データをもとに、次年度以降に予定している土壌掘削モデルの構築に着手していく。

課題 B1 については、TRC 内において使用される Choreonoid シミュレータを本研究開発グループにおいても導入し、さらに、接触点情報、外力情報の取り入れ方、ユーザサブルーチンの開発に着手している。

### 2-3 新たな課題など

上述の通り、実験装置の規模を実機の 1/10 スケールから 1/2 スケールへと拡張したため、センサ、機械部品の仕様変更に伴って、予算の組み換えを行った。ただし、基本的な設計コンセプトは同一であったため、研究進捗に大幅な遅れは発生せず、当初の計画通り遂行できている。今後、同実験装置を用いて様々な掘削プロファイルを模擬する予定であるが、実際の現場で使用される掘削方法、軌道が多岐に渡っている。このため現場での頻度や重要度などから、実験で再現すべき掘削プロファイルの優先度を選定していく予定である。

## 3. アウトリーチ活動報告

特になし。

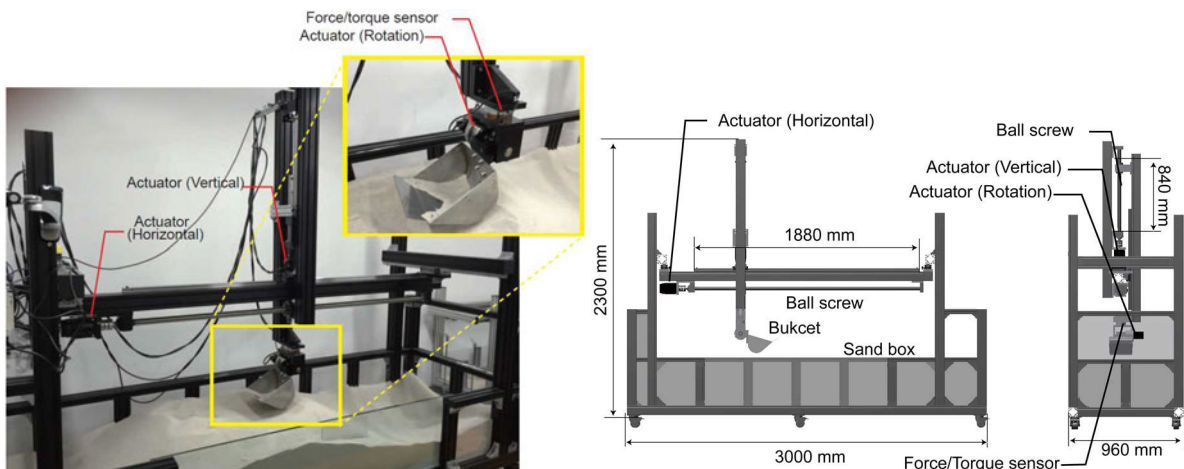


図 1：バケット掘削実験装置（左：実機，右：CAD 図）

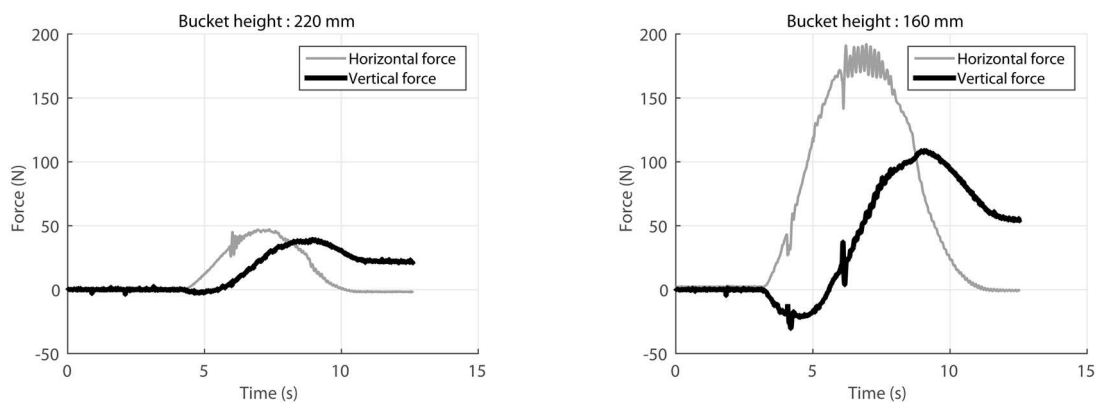


図 2：土壌掘削時の並進・垂直反力データ