

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29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・ミ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：

国立大学法人横浜国立大学

研究開発責任者

尾崎伸吾

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。また、マクロ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す。前年度までに個別要素法解析に基づくバケット掘削モデルを作成し、実験結果との比較を行うことでその妥当性の検証を終えている。また、慶応大グループが担当するマクロ掘削モデル構築に資する基本データとしてのフィードバック体制を整えている。

以上を踏まえ、当該年度は、開発した個別要素法掘削解析モデルをバーチャルテストと位置付け、マクロ掘削モデルの汎用化のためのデータベースの構築に取り組む。具体的には、下記の重点項目について研究を実施する。

- ・バケットのみならず、建設ロボットに搭載されている多指ハンドを対象とした個別要素法解析モデルの解析に取り組む。
- ・乾燥土壌（砂質土）のみならず、粘性土、木材瓦礫を対象とした個別要素法解析モデルを開発するとともに、各種掘削軌跡条件での掘削力のデータベースを構築する。

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

図1に示すように実験結果との整合性を確認済みの個別要素法解析を用いて、掘削時の土粒子の流動現象の詳細な把握に努めている。また、室内モデル実験では困難な多指ハンドによる土壌ハンドリング解析ならびに粘性土・木材瓦礫を対象とした解析モデルを作成し、掘削力の経時変化や土工量等の各種データの蓄積に努めている。

他方、土壌条件や掘削軌道のバリエーションを充実させることで、実験を補間するためのバーチャルテストとしての完成を目指している。詳細マイクロモデルに基づくバーチャルテストを活用することにより、動力学シミュレータに実装するためのマクロモデルの効率的な検討が可能となる。

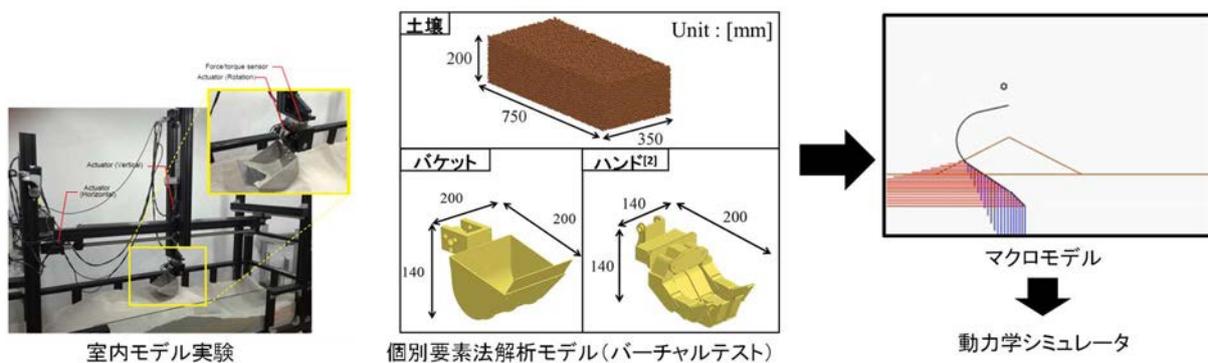


図1 個別要素法に基づく掘削解析モデル：バーチャルテストとしての活用することにより、室内モデル実験結果を補間し得る詳細データを蓄積できる。これより、マクロモデルの構築および検証が加速されることとなる。

2-2 成果

バケット掘削解析については、当初目標であった実験結果との誤差 10%以下を達成しており、掘削力や土工量の観点から、バケットの設計や制御（施工計画、高効率運用、自動掘削など）への援用が可能となっている。この基本モデルを踏まえ、図 2 に示すような粘性土を対象とした解析にも成功している。砂質土や粘性土といった土壌条件に応じた掘削挙動をマクロモデルへとフィードバックできる体制を整えることができた。

他方、図 3 に示すようなバケットおよび多指ハンドによる木材瓦礫を対象とした解析モデルを作成している。加えて、木材と土壌が混在するような災害現場を想定した解析モデルの作成にも成功している。ここに、木材モデルには接触判定を容易にするために個別要素法を採用している。三点曲げの解析を行うことで、木材の各種パラメータを設定することにより、弾性変形、移動、接触のみならず、破壊挙動も表現できるようになっている。これより、ロボットシミュレータに実装予定のマクロモデルの開発に寄与し得る各種力学データをフィードバックできるようになった。

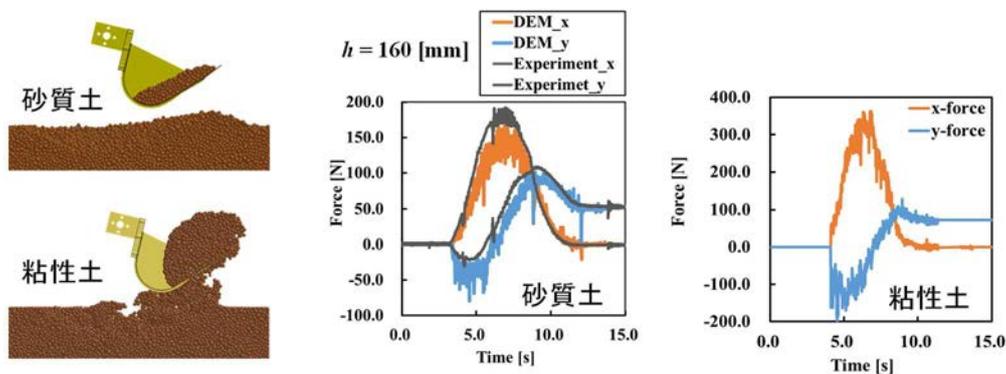


図 2 砂質土と粘性土を対象とした土壌掘削解析例：掘削力の時系列変化は、砂質土の場合の実験結果と非常に良い一致を見せている。砂質土と粘性土では、掘削力の経時変化の傾向は同じである。ただし、粘性土では、土粒子どうしの粘着力により土工量が大きくなり、掘削力は砂質土の場合よりも大きくなる。

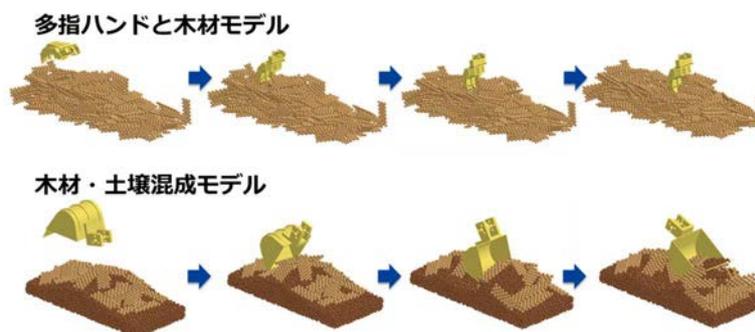


図 3 木材瓦礫のハンドリングモデルの解析例

2-3 新たな課題など

特になし。

3. アウトリーチ活動報告

特になし。