

建設機械による土砂敷均し作業シミュレーション技術の開発

安藤ハザマ 正会員 ○徳永 亘、木川田 一弥、室山 拓生、西村 毅
筑波大学 正会員 松島 亘志

1. はじめに

日本は少子高齢化社会になり生産年齢人口が減少し続けており、特に建設業界は3Kのイメージから慢性的な人手不足に陥っている。国土交通省は建設工事における生産性向上のための施策として i-Construction を掲げて工事全般にわたって ICT の活用を推進しており、ゼネコンや建機メーカー等は工事の無人化施工技術の開発を進めている。著者らは、これまでに建設機械の自動運転技術開発の一策として共同でブルドーザ土砂敷均しシミュレータ¹⁾（以下「簡易敷均しソルバ」）を開発したが、本稿では MATLAB/Simulink のブルドーザ 3D モデルと簡易敷均しソルバの動作を連携させたシミュレータを開発したので報告する。

2. 開発概要

安藤ハザマでは、これまでに自動運転振動ローラ²⁾、及び自動運転ブルドーザ³⁾（図1）の開発を行ってきたが、建設機械の自動運転技術の開発を進めるためには様々な施工パターンの自動運転方法を検証する必要がある。シミュレータによる検証は安全管理上のリスクが低く、机上でいつでも行えるため極めて有用である。当社では、工事の無人化施工による生産性向上を目的として、シミュレーション技術の開発を行った。



図1 自動運転ブルドーザ

3. 開発内容

土砂の挙動を詳細に解析するための様々な手法が開発されているが、それらの解析を実行するためには高性能なコンピュータで長時間計算処理を行う必要があり、運用上現実的ではない。簡易敷均しソルバは簡易な解析手法を使用してブルドーザが押土をする土砂の挙動を短時間で解析するプログラムであるが、土砂の挙動のみを再現するため、シミュレータとして使用するにはブルドーザのモデルと組み合わせて、それぞれの挙動を連携させる必要がある。

図2にそれぞれのシステムの連携概念図を示す。シミュレータの動作環境は MATLAB/Simulink とし、ブルドーザはキャタピラー製 D6T をモデル化した。簡易敷均しソルバは MATLAB/Simulink からブルドーザの建機経路情報を受け取るとブレードの経路情報に変換してブレードの経路情報から得られる土砂の挙動を計算し、土砂の挙動から得られる反力や滑りなどの情報を MATLAB/Simulink にフィードバックする。このように互いに情報を変換することでブルドーザの動作と土砂の挙動を連携させたシミュレータを開発した。

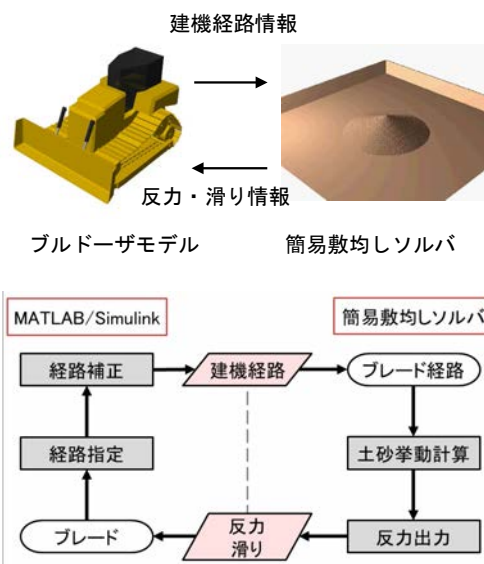


図2 システム連携概念図

キーワード シミュレーション技術、モデリング、ブルドーザ、敷均し

連絡先 〒305-0822 茨城県つくば市荏苒 515-1 Tel.029-858-8815 E-mail:tokunaga.wataru@ad-hzm.co.jp

4. 開発結果

4. 1 解析条件の入力

図3に土砂及びブルドーザの走行経路の設定画面を示す。土砂設定では、敷均し解析の範囲（本稿では 15m^2 に設定）、土砂の高さ（同 1.3m ）、敷均し施工目標の高さ（同 0.3m ）のパラメータを入力すると、図3左のようにパラメータに応じた敷均し解析を行う画面が表示される。ブルドーザの走行経路の設定では、ブルドーザの初期位置（ $(X, Y)=(0, 0)$ ）から、図3右のように土砂に対して①、②、③の順に3方向へ敷均すように設定した。土砂の設定及びブルドーザの走行経路のパラメータを入力して実行すると、ブルドーザの土砂敷均しシミュレーションが実行される。

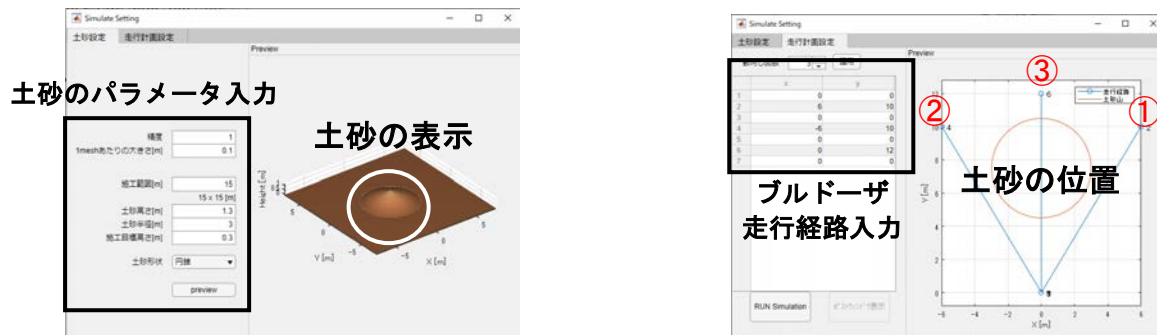


図3 設定画面（左：土砂の設定、右：ブルドーザの走行経路設定）

4. 2 シミュレーション結果

図4にブルドーザシミュレーション結果の再生画面を示す。図4左のようにブルドーザが前進して押土する動作と連携して、土砂が敷均されることを確認した。図4右はブルドーザの前方からのシミュレーションの画面であるが、ブルドーザが土砂に乗り上げると車体が傾いていることが確認できる。これは、図2に示す簡易敷均しソルバの土砂の情報が MATLAB/Simulink にフィードバックされたことによる。



図4 シミュレーション結果（左：ブルドーザ後方側面図, 右：ブルドーザ前方図）

5. まとめ

簡易敷均しソルバの土砂の挙動と MATLAB/Simulink のブルドーザのモデルの挙動を連携したシミュレータを開発し、ブルドーザと土砂の挙動が連動してシミュレートできることを確認した。今後は、ブルドーザ以外の建設機械にも拡大していくとともに、MATLAB/Simulink インストール環境によらない汎用的なアプリケーション化を目指し、開発したシミュレーション技術を用いて生産性向上の方法を検討していきたい。

参考文献

- 1) 松島亘志、徳永亘、室山拓生、木川田一弥：ブルドーザ土砂敷均しシミュレーターの開発，土木学会第24回応用力学シンポジウム 投稿中
- 2) 千野雅紀、武石学：振動ローラの自動運転システムに関する実験報告，土木学会第73回年次学術講演会講演概要集，VI-701，2018
- 3) 武石学、千野雅紀：ブルドーザの自動運転システムに関する撒き出し実験報告，土木学会第74回年次学術講演会講演集，VI-357，2019