

デジタルツインへの適用を見据えた降水短時間予報を用いた土中の水の状態の予測の妥当性

大阪産業大学 正会員 ○小田和広
大阪産業大学 学生会員 財田周・山本大介
地球観測株式会社 正会員 小泉圭吾
立命館大学 正会員 伊藤真一

1. はじめに

デジタルツインとは、現実世界と密接に関連した数値モデルをデジタル空間上に構築し、シミュレーションを可能にする仕組みである。デジタル空間上の数値モデルは現実世界と双子（ツイン）をなし、両者の間の情報交換によって、動的に更新される。デジタル空間上の数値モデルを利用すれば、検討対象の現状の把握や将来の状態の予測を高い精度で行うことが出来る。

筆者らは、土壌水分量のリアルタイムモニタリングと雨水浸透解析をデータ同化によって密接にリンクさせたデジタルツインにより、土中の水の状態を推定する手法の開発をすすめている。この手法を適用すれば、例えば、体積含水率しか計測していなかったとしても地下水位を推定することができるし、計測点以外の体積含水率や間隙水圧も推定できる。

本研究では、デジタルツインによる土中の水の状態の将来予測のための研究の一環として、予測のために用いる雨量としての降水短時間予報の適用性について考察した。

2. 予測解析の概要

予測解析にあたっては、まず、予測を行う時点までデータ同化によって土中の水の状態を予測するモデルの同定を行った。次に、同定された予測モデルに対し、降水短時間予報による降水量を適用し、5時間先まで土中の水の状態を予測した。当然ではあるが、予測解析中はシミュレーション解析のみであり、データ同化を行っていない。

3. 数値解析手法の概要

雨水浸透解析¹⁾には、赤井らの方法に基づく飽和不飽和浸透流解析を用いた。水分特性曲線モデルとして、van Genuchten モデル、また、不飽和透水係数モデルとして Mualem モデルを用いた。データ同化手法として、融合粒子フィルタ（MPF）を用いた。

3. 研究対象

研究対象とした斜面は、九州地方の高速道路沿いの切土斜面である²⁾。深度 30cm, 70cm および 100cm に土壌水分計を設置しており、体積含水率を 10 分間隔で計測した。また、雨量計も設置しており、現地における雨量を 10 分間隔で計測した。

図-1 は土壌水分計の設置状況と解析モデルを併せて示している²⁾。雨水浸透は鉛直下方向のみに起こるので一次元のモデルとした。また、土壌水分計の設置深度に合わせて 3 層に土層区分を行った。

図-2 は解析対象の 2018/7/6 の雨量と体積含水率の計測とデータ同化結果を示している。顕著な降雨が 2 回あった。それらによって、上（深度 30cm）の体積含水率は顕著に増加している。しかし、中（深度 70cm）と中（深度 100cm）では、体積含水率の増加はそれほど顕著ではない。これは、これらの深度では浸透してくる水の量と下方へ浸透していく水の量がほぼ釣り合っている擬飽和状態であったためであると考えられる。なお、データ同化における体積含水率が増加するタイミングが計測値のそれに多少遅れることを除けば、本解

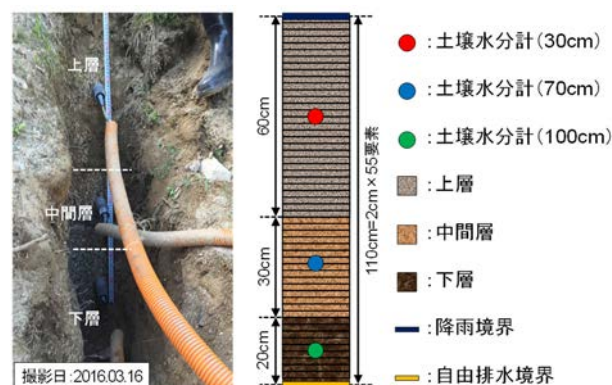


図-1 土壌水分計の設置状況と解析モデル

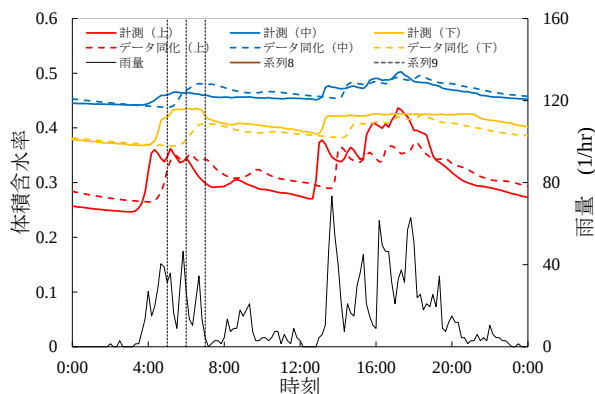


図-2 解析期間中の降雨、体積含水率の計測値とそれらに対するデータ同化結果

キーワード データ同化、雨水浸透、体積含水率、数値解析、現場計測

連絡先 〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3 丁目 1-1 大阪産業大学工学部都市創造工学科 TEL 072-875-3001

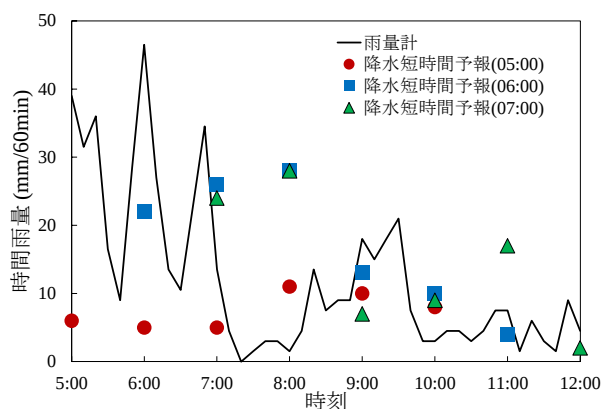


図-3 降水短時間予報の予測値と雨量計で観測された雨量との関係

析モデルによって適切にデータ同化できることがわかる。

4. 降水短時間予報

降水短時間予報は10分間隔で発表される降水量の予報である³⁾。予報値は6時間先までの降水量が1時間単位で与えられる。本研究では、5:00、7:00（図-2における点線）における予報値を用い、その後の5時間を解析することとした。図-3は降水短時間予報の予測値と雨量計で観測された雨量との関係を示している。雨量計の観測は10分間であったため、6倍して1時間当たりの降水量に変換している。5:00における予報では2時間後までの降水量を少なく予測している。7:00時の予報では、8:00における雨量をかなり過大に予測している。また、当然のことではあるが、実際の雨量は短時間での強弱が激しいが、降水短時間予報はそれを表現することが出来ない。

4. 降水短時間予報による予測

図-4は5:00~10:00までの体積含水率の予測結果を示している。図中、雨量計とは雨量計で観測された雨量を用いた予測結果を示している。5:00~7:00頃において下（深度100cm）の体積含水率では、計測値の方が解析値よりも大きいのは、図-2のデータ同化結果からも分かるように増加のタイミングの違いによるものである。また、5:00~8:00頃において上（深度30cm）の体積含水率は、雨量計の雨量を用いた方が大きいのは、雨量の違いによるものである。それら以外を除けば、雨量計の雨量と降水短時間予報の雨量を用いた結果に大きな違いはない。また、両者とも計測値とほぼ一致している。

図-5は7:00~12:00までの体積含水率の予測結果を示している。上（深度30cm）の体積含水率は、降水短時間予報の雨量を用いた方が大きいのは、雨量計の雨量よりも大きいためであろう。ただし、中（深度70cm）と下（深度100cm）の体積含水率については、雨量計の雨量と降水短時間予報の雨量を用いた結果に大きな違いはない。また、両者とも計測値とほぼ一致している。

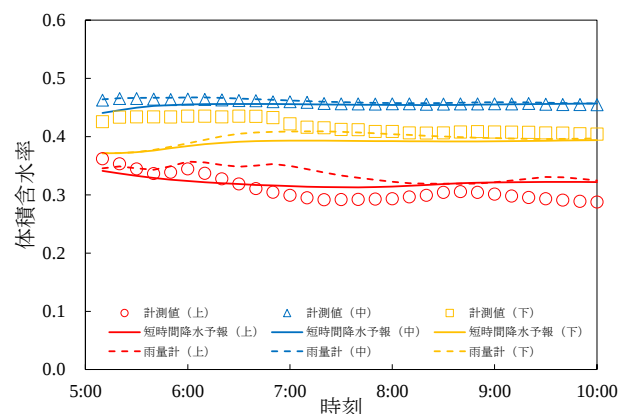


図-4 5:00~10:00 までの体積含水率の予測結果

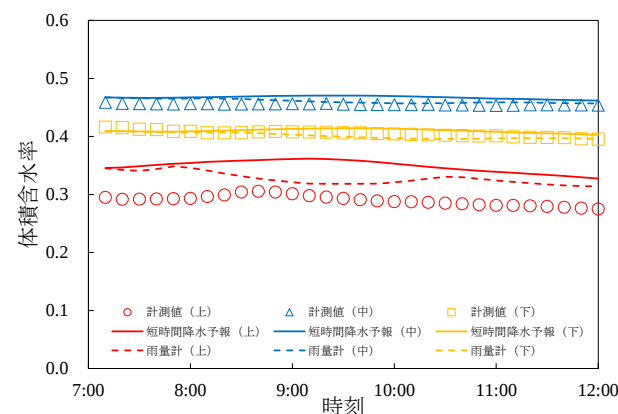


図-5 7:00~12:00 までの体積含水率の予測結果

6. まとめ

本研究では、土中の水の状態の予測において降水短時間予報における降水量を適用した。今回の適用事例では、深度70cmと100cmの体積含水率は、降水短時間予報による降水量を用いても、現地の雨量計から得られた降水量を用いた予測結果とほとんど違いはなく、また、計測値とほぼ一致した。すなわち、今回の事例に限れば、降水短時間予報による降水量は土中の水の状態の予測に適用できることが示唆された。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 21K04595 の助成を受けた。

参考文献

- 1) 伊藤真一ほか：融合粒子フィルタを用いた境界条件を含む浸透解析モデルの推定手法の提案，土木学会論文集 C, Vol.76, No.1, pp.52-66, 2020.
- 2) 伊藤真一ほか：現地計測に基づく土壌水分特性パラメータの逆解析における粒子フィルタの有用性，Kansai Geo-Symposium 2016 発表論文集, pp. 253-258, 2016.
- 3) 気象庁：降水ナウキャスト、降水短時間予報，https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/kurashi/kotan_nowcast.html, (last accessed: 2023/03/31)