

体積含水率計測に基づく土壌雨量指数を活用した地下水位の発生予測モデル

大阪産業大学 ○小田 和広

1. はじめに

地下水位は斜面の安定性に非常に大きな影響を及ぼす。地下水位は水位計による観測が一般的ではあるが、継続的な計測は費用負担が大きい。また、計測結果は二次利用されることが少ない。さらに、土壌水分計やテンシオメータの方が土中の水の状態を把握出来るので、有用な場合がある。もし、土壌水分計の計測結果から地下水位を推定し、その結果を使って、気象情報から地下水位の推定モデルを開発することができれば、斜面防災の観点から有用であろう。本研究では、昨今道路の通行規制の指標としても導入が図られている体積含水率と地下水位の関係を明らかにするとともに、そのモデル化について確率論の立場から考察する。

2. 現地計測の概要

図-1 は現地計測器機の設置状況を概略的に示している。斜面の中腹と下部に測点を設定し、体積含水率を計測した。体積含水率は土壌水分計によって測定し、それぞれの測点において土壌水分計を地表面から20cm、80cm および 100cm の深度に設置した。なお、現地周辺の局地的な降雨量を把握するために雨量計も設置した。今回の考察では、中腹の計測値のみを使用した。

3. 地下水位の判定方法

図-2 は地下水位の変動と体積含水率の測定値の関係を概念的に示している。斜面に雨水が浸透すると体積含水率が上昇する。浸透した雨水は透水性の低い

地層に達すると浸透しきれなかった分だけ地下水として滞留する。雨水の浸透が継続すると地下水位は上昇し、土壌水分センサの位置を越える。この時、センサ位置における土は飽和状態に達するため、これ以上、体積含水率は増加しない。つまり、図-2 の②の黄色の線のように一定の値を示す。したがって、含水率が上昇から平坦に転じた時にセンサの設置位置に地下水位が達したと判断できる。また、逆に平坦だった体積含水率が減少をはじめると土は不飽和状態になったことを示しており、地下水位がセンサの設置深度以下になったことを示している。

4. 正規分布による確率

図-3 は地下水位が深度 100cm に達した時の土壌雨量指数の頻度分布を示している。但し、使用した観測期間は 2020/06~08, 2021/06~08 の6ヶ月間である。また、土壌雨量指数には現地の雨量計による雨量から計算されるものと解析雨量に基づくものの二種類を用いた。いずれの分布も山型である。雨量計に基づく土壌雨量指数を用いる場合、ピークは20~30である。一方、解析雨量に基づく土壌雨量指数の場合、30~40である。この違いは解析雨量が現地雨量を過大評価

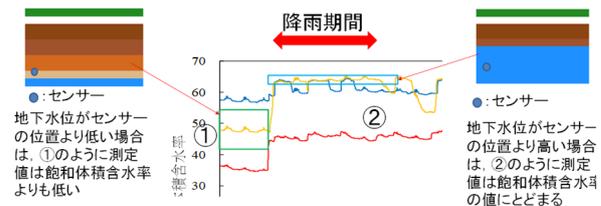


図-2 地下水位の変動と体積含水率の計測値の関係

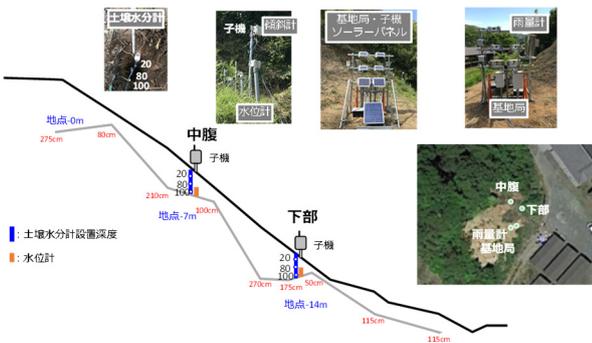


図-1 体積含水率の現地計測器機の設置状況

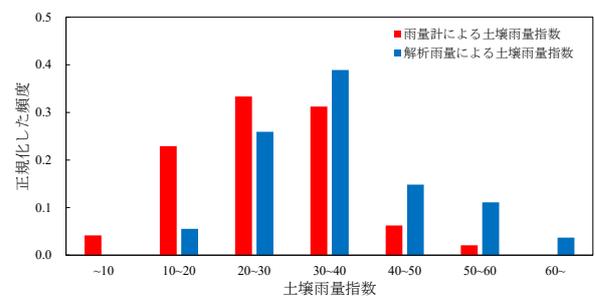


図-3 地下水位が深度 100cm に達した時の土壌雨量指数の頻度分布

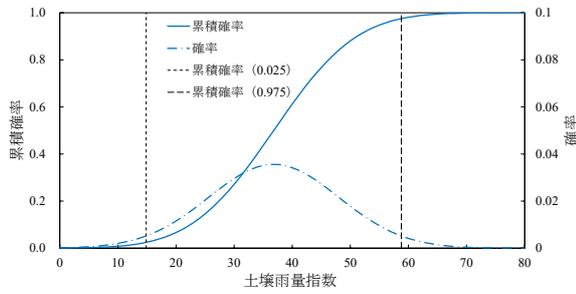


図-4 地下水位が深度 100cm に達した時の正規分布に基づく確率

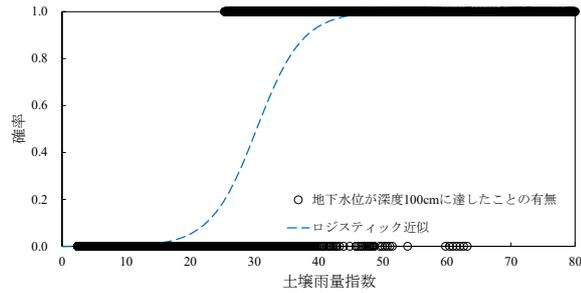


図-5 ロジスティック関数による地下水位が深度 100cm を越える確率

しているためであろう。

図-4 は図-3 に示す頻度分布に対する正規分布近似を示している。但し、土壌雨量指数は解析雨量に基づいている。図中の正規分布は、図-3 に示す頻度分布からえら得る平均 36.8、標準偏差 11.2 が適用することによって得られる。累積確率は、現在の土壌雨量指数に達するまでに地下水位が深度 100cm に達していることの確率を表している。

### 5. ロジスティック関数による確率

図-5 はロジスティック関数による確率を示している。なお、土壌雨量指数は解析雨量に基づいている。ロジスティック関数は次式で与えられる。

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{-(a+bx)}} \quad (1)$$

ここに、 $a$  はバイアス項、 $b$  は回帰係数、 $x$  は特徴量である。ロジスティック関数は 0~1 の値を与えるので、これを使うことで事象が起きるかどうかどうかという二値の問題を確率という連続的な値に変換して扱うことができるようになる。本研究では、地下水位が深度 100cm 以上の状態を 1、そうでない場合を 0 とし、ロジスティック関数を適用した。

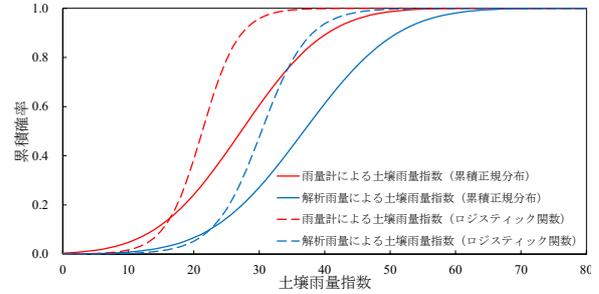


図-6 地下水位が深度 100cm を達する時の土壌雨量指数と確率の関係

### 6. 土壌雨量指数に基づく地下水位が深度 100cm に達する確率

図-6 は地下水位が 100cm の深度に達する時の土壌雨量指数と確率の関係を示している。正規分布を適用した場合に比べロジスティック関数は土壌雨量指数が小さいときに高い確率を与える。解析雨量に基づく場合、ロジスティック関数による確率が 0.95 に達する土壌雨量指数が約 40 であり、正規分布によるそれは約 55 である。このような違いがあるのは、ロジスティック関数は地下水位が深度 100cm 以上である確率であるのに対し、正規分布の場合には地下水位が深度 100cm に達した時の確率であるとの違いもあるだろう。また、使用するデータ数の影響も受けているのかもしれない。

### 7. まとめ

本研究では、体積含水率の現地計測結果を用いて、地下水位と土壌雨量指数の関係を確率論に基づき考察した。本研究の主な知見を以下にまとめる。

- ① 地下水位が深度 100cm を越える確率を正規分布によって求めることができる。
- ② ロジスティック関数による確率は正規分布に基づくものよりも高い。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 21K04595 の助成を受けた。また、地盤工学会関西支部の斜面災害のリスク低減に関する研究委員会からデータの提供を受けた。

### 参考文献

- 1) 小泉圭吾ほか：京都府綾部市安国寺測線①をモデル斜面とした動態観測手法の現状報告，Kansai Geo-Symposium 2020 発表論文集，pp. 239-244，2020。