

公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金  
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

## 研究概要書

研究課題：トモグラフィー方式のチップ型半導体センサプローブを用いた高速道路法面  
内での水分挙動の見える化

研究代表者：岡山大学学術研究院環境生命科学学域 教授 小松 満

共同研究者：静岡大学学術院工学領域電気電子工学系列 准教授 二川 雅登

はじめに

高速道路法面の豪雨時における安全性に対する維持・管理・対策にあたっては、法面内の水分量を適切に把握することが重要である。また、耐震性に関しても、法面内に保有されている水分量が大きく影響する。既存の土中水分センサは、設置した箇所・深度におけるいわゆる点での情報であり、法面内の全体的な水分量を把握するには多くのセンサを広域に配置する必要がある。本研究では、チップ型半導体式マルチモーダルセンサを用いたトモグラフィー方式により、点から線あるいは面的な計測に拡張する手法の確立を目的とし、センサ間における計測結果から面的な水分分布をリアルタイムに表示できるシステムを構築することで、高速道路法面内での水分挙動の見える化を実現することを目的とした。

### 1. 研究の目的

本研究グループは、これまで従来とは異なる新しいタイプのセンサを用い、地盤内の水分量をモニタリングする手法の確立とその有用性を検討してきた。具体的には、チップ型半導体式マルチモーダルセンサを用いたトモグラフィー方式での土中水分量の計測手法を確立し、図-1に示すようなセンサユニットと現地計測システムを製作し、実地盤での適用性を検証した。本研究では、更なる計測手法の高度化を目指し、センサ間における計測結果から面的な水分分布をリアルタイムに表示できるシステムを構築することを目的とした。トモグラフィ計測は、図-2のようにセンサを連携させることによって空間計測を可能にしている。チップ型センサによる計測方法は図-3のようなa~dのセンサを4つ配置した場合、片側のセンサを電圧源、もう片方のセンサを電流源として使用する。これを順次切り替えながら全てのセンサの組み合わせのパターンを順番に計測を行い、それらの結果を組み合わせることによって各径路におけるインピーダンスの計測を行っている。

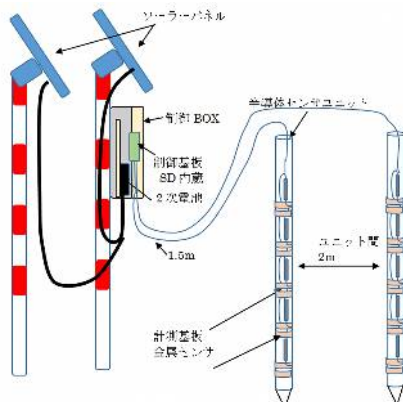


図-1 現地計測システム概略図

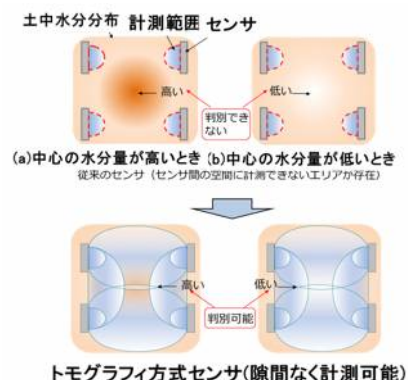


図-2 計測イメージ図

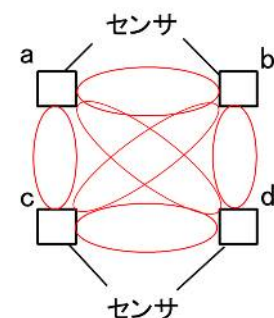


図-3 計測経路

## 2. 水分量出力方法及び計測システムの改良

センサユニットの計測データから体積含水率の断面二次元分布のイメージを表示するプログラムを作成した。具体的には、図-4に示すように向かい合うセンサ間の計測経路の組合せによるブロックを作成し、複数の経路に対して重み付けを行うことでそのブロックに割り当てる計測値が得られるようにした。さらに、図化プログラムを用い、各ブロックの結果を数値と色分けにより示し、水分分布の経時変化をリアルタイムに表示させるシステムを確立した。また、通信モジュールを4G対応に切り替えて制御するシステムに変更した。

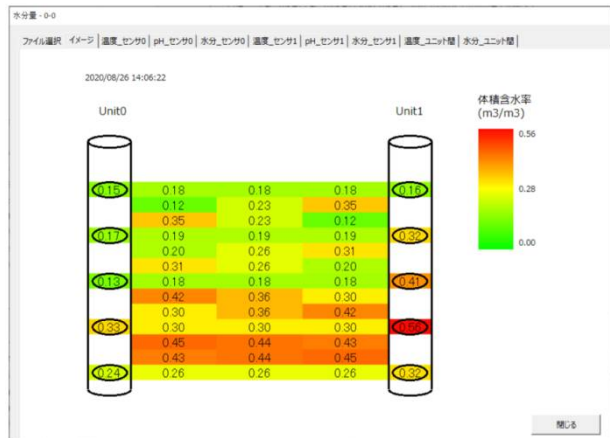


図-4 体積含水率の断面二次元分布イメージ表示

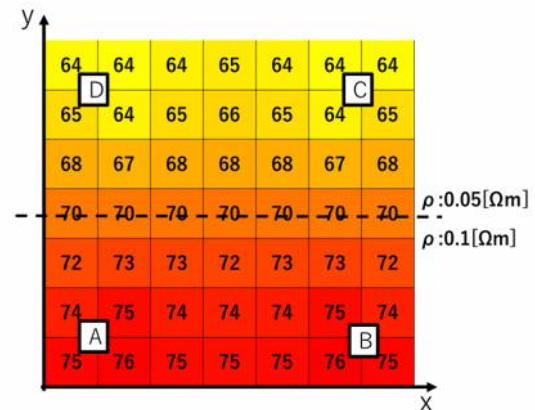


図-5 インピーダンスの算出結果

## 3. 2次元水分量測定のための任意点のインピーダンス算出方法

法面内での水分挙動の見える化において、センサ間の広い領域のインピーダンス値から水分量を適切に評価することが重要である。そこで、図-5に示すように二次元電界シミュレーターElecNETを用いて抵抗率が一樣な場合の電界による重みづけをし、電極間のインピーダンスとの比によって任意の点のインピーダンスの算出方法を検討するとともに、その結果から任意の点のインピーダンスのマッピングを行った。

## 4. まとめ

本研究では、法面内での水分挙動の見える化を実現することを目指し、センサ間における計測結果から面的な水分分布をリアルタイムに表示できるシステムを構築した。さらに、任意の点のインピーダンスを求めるため、電界シミュレーションの情報を用いることでマッピングが実現できることを確認した。

今後の実用化に向けた取り組みとしては、より精度の高いマッピングの算出方法の確立と室内試験による妥当性の検証が挙げられる。

### 【参考文献】

- [1] Futagawa M., S. Ogasahara, T. Ito, M. Komatsu, Y. Fuwa, H. Hirano, I. Akita, K. Kusano and M. Watanabe: Fabrication of a low leakage current type impedance sensor with shielding structures to detect a low water content of soil for slope failure prognostics, Sensors and Actuators A: Physical, Vol.271, pp.383~388, 2018.
- [2] 二川雅登, 小松満, 藤原優: 高速道路法面地下水監視に向けた高感度小型水分量センサ計測回路の開発, 電気学会論文誌 E (センサ・マイクロマシン部門誌), Vol.139, No.9, pp. 283-288, 2019.
- [3] 小松満, 二川雅登, 藤原優, 田久勉: 小型半導体チップ型センサを用いた土中水分量のトモ

グラフィー計測に関する室内実験, 地盤工学ジャーナル, Vol. 15, No. 1, pp. 171-183, 2020.