

斜面土壌水分空間分布計測のための土壌水分計付貫入計の改良

京都大学農学研究科 ○山川陽祐・小杉賢一郎・梁偉立・林祐妃・水山高久
京都電子工業株式会社 梅川豊文

1. はじめに 山腹斜面の表層崩壊を正確にモデル化する上で、土層内部構造の情報として貫入試験による貫入抵抗だけでなく、雨水の挙動に関する情報が大変重要となる。このような背景により、小杉ら (2004) は長谷川式貫入計に TDR (Time Domain Reflectometry) 式コイル状センサーを取り付けた TDR 式土壌水分計付貫入計・CPTDR (Combined Penetrometer-TDR Moisture Probe) を開発し、土層の貫入抵抗値と土壌水分の鉛直分布を概ね良好に計測できることを示した。しかし、特に中程度の含水率において、センサーと土壌の接触不良により含水率が過小評価されるという問題がある。そこで本研究では、コイル状センサーの二本のワイヤー (信号線、シールド線) の巻き幅および直径の異なるセンサーを作製し、野外試験を行うことで、より精度の高いセンサー形状を明らかにすることを目的とした。また、CPTDR を貫入させることによる水分計測への影響を調べるため室内でカラムを用いた実験を行った。

2. 方法

2.1 野外試験 「(センサー直径) - (ワイヤー巻き幅)」が 19-5、20-2, 3, 4, 5、21-2, 3, 4, 5 (単位は mm) の 9 種類のコイル状センサーを作製した。滋賀県天神川砂防ダム堆砂地において、各センサーを取り付けた CPTDR により貫入試験をしながら水分計測を行った後、その土壌断面を掘削し既製の二種類の TDR 式水分センサー (MiniTDR、CS605) を用い CPTDR と同じ深度で水分計測を行った。ただし、20-2 は試験的に京都大学北部構内理学部植物園内にて行った。ここで CS605 はプローブ長が 30cm のものを扱いやすいように 10cm に切断して用いた。なお、9 種類のコイル状センサー、MiniTDR、CS605 はあらかじめ比誘電率が既知の有機液体化合物を用いてキャリブレーションを行った。

2.2 カラム実験 直径 20cm、高さ 10cm のアクリル製カラムに滋賀県大津市桐生水文試験地から採取したマサ土を詰めたものを MiniTDR で水分を測りながら五段積み上げ、コイル状センサー 20-4 を取り付けた CPTDR を用い貫入させながら水分を測った。これを貫入実験と呼び、マサ土に加える水分を数段階変えて実験を行った。また、同じカラムの中央に CPTDR のセンサー部をセットし、それに同じマサ土を入れ、押し固めた状態で水分を測った。これを埋設実験と呼び、同じく数段階の土壌含水率で行った。

3. 結果と考察

3.1 野外試験 図-1 に、野外試験における 9 種類の CPTDR と CS605 による同深度の土壌の比誘電率 (κ) の計測値の相関を示した。図-1 を全体的に見ると 1:1 のラインよりも上方にプロットがある傾向が見られるが、これは CPTDR が既製の TDR センサーに比べて土壌水分を過小評価していることを示している。なお、その傾向は特にグラフの中ほどの位置で顕著であり、中程度の含水率における水分の過小評価が考えられる。細かく見ていくと、センサー直径が 20mm の 20-3、20-4、20-5 が非常に良好に 1:1 のラインにのっており、続いて 21mm の 21-3、21-4、21-5 がよくのっている。このことは R^2 を見ても明らかである。一方、センサー直径の小さい 19-5 や巻き幅が小さい 20-2 や 21-2 はあまり 1:1 のラインにのっていない。以上より、ワイヤー巻き幅を 2mm より大きくすることによってセンサーの計測精度は向上するが、3, 4, 5mm と大きくしても計測精度が向上する結果とはならなかったと言える。

ここで、巻き幅 2mm のセンサーで不良な結果が得られたのは、巻き幅が狭い場合に計測領域の半径が小さくなるためと考えられる。ただし、巻き幅を大きくするにつれてワイヤー長が短くなり、測定精度が落ちることが考えられる。巻き幅 3~5mm で違いが見られなかったのは、上記の二つの誤差要因が関係してい

るものといえる。一方、センサー直径に関しては、直径が20mmの先端コーンよりも細い19mmでは土とセンサーの接触が悪いが、21mmと大きくしても接触性が向上する結果とはならなかった。これは先端コーンよりもセンサーが太い場合、センサー一部が土とセンサーの接触面を攪乱してしまうことが原因の一つであると考えられる。

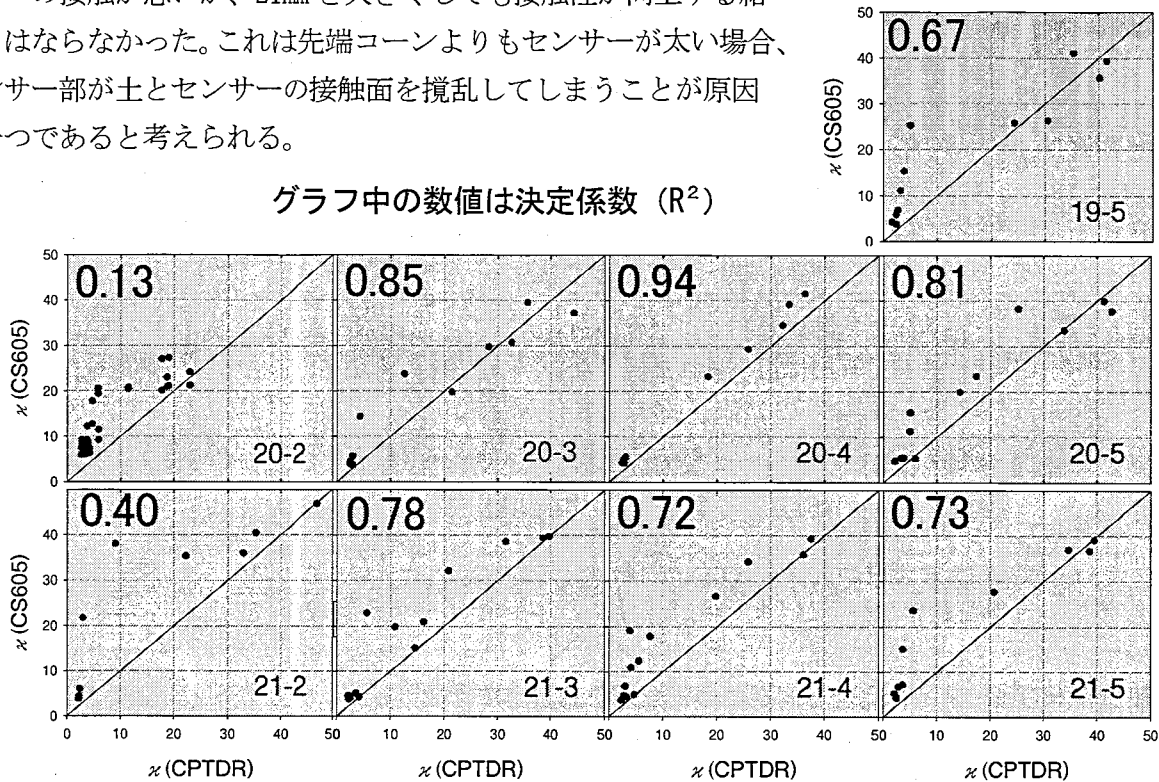


図-1 CPTDR と CS605 による土壌の比誘電率の計測値

3. 2 カラム実験 図-2にカラム実験におけるCPTDR (21-4) とMiniTDRによる土壌の比誘電率 (κ) の計測値の相関を示した。CPTDRを貫入させて水分計測を行った貫入実験と野外試験では1:1のラインよりも上方にプロットがあるのに対して、CPTDRを埋設した埋設実験では1:1のラインの方へプロットがシフトしている。この結果より、CPTDRを貫入させることによって土とセンサーの接触が低下し、含水率の過小評価につながると考えられる。また、カラム実験においても特に中程度の含水率域での過小評価が顕著であり、この領域における土壌とセンサーの接触の向上が、より高精度の計測を行う場合に重要になると考えられる。

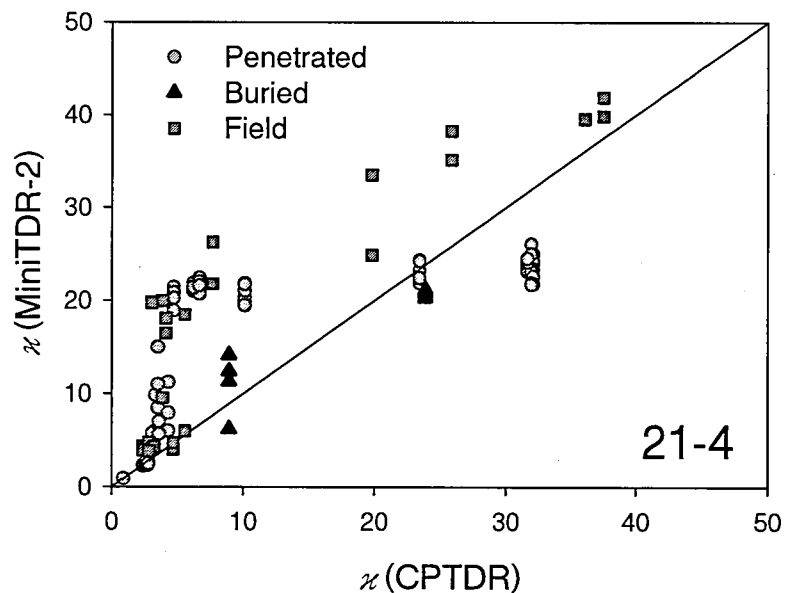


図-2 CPTDR と MiniTDR による土壌の比誘電率の計測値

引用文献：小杉賢一朗ら (2004) 斜面土壌水分空間分布計測のための土壌水分計付貫入計の開発、砂防学会誌, Vol. 57, No. 3, p. 3-13, 2004