

島原市におけるボーリングコアの画像解析と透水係数の推定

研究年度 平成 31 年度

研究代表者名 平岡 透

共同研究者名 片山 徹也

1. はじめに

現在、日本各地で地下水の汚染が問題となっており、地下水汚染の対策を行う必要がある。そのためには、数値計算を用いて汚染が広がってきた過程を再現することや汚染対策の効果について検討を加えることが必要となる。数値計算で必要となる透水係数や分散係数などのパラメータの設定において、経済的条件や土地条件から単一の観測孔しか設けることができないことが多いため、トレーサー試験によって各種パラメータの値を求めていることが多い。

本研究では、トレーサー試験を行わずに、ボーリングコアの画像を取得して、画像解析によって透水係数の値を推定する方法を開発することを目的とする。ボーリングコアは、ボーリングの際に必ず得られるので、別途手間が発生しない。本研究の方法が確立できれば、トレーサー試験よりも簡易かつ安価に透水係数を求めることができる。本研究の対象地域として、硝酸性窒素による地下水汚染が生じている長崎県島原市を取り上げる。しかしながら、ボーリングコアの状態が悪かったため、今回は長崎市浦上川で採取された川砂を用いて砂礫試料を作成し、その表面画像と飽和透水係数を用いた実験を行った。

2. 研究成果

2. 1 ボーリングコアの撮影

2019 年 9 月 5 日に長崎大学でボーリングコアの撮影を行った。ボーリングコアは、2012 年 9 月 18 日から 2019 年 11 月 30 日にかけて、島原市立三会小学校（島原市中原町 1462）で行われた地下水観測孔およびオールコアボーリングの業務（長崎大学中川啓教授担当）で採取されたものである。ボーリング孔は内径 5.1cm、深度 50m であり、長崎大学に保存されているボーリングコアは 1m 間隔で 50 本に分割されて保存されている。撮影したボーリングコアの一例を図 1 に示す。



図 1 撮影したボーリングコア

2. 2 川砂による砂礫試料の撮影

2019 年 11 月 22 日に長崎大学で川砂による砂礫試料の撮影を行った。砂礫試料は、長崎市浦上川で採取したものである。採取地点は、長崎大学文教キャンパスから北東方向に約 1km のところに位置し、山間部と平野部の中間に位置しており、川底には砂や礫の堆積物が見られた。採取した川砂は、ふるいによって 3 種類に分類した。ふるいは目開き 0.5 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm の 4 種類を使用し、0.5-1.0, 1.0 - 2.0, 2.0 - 4.0 mm の範囲に残存したものをそれぞれ砂礫試料 A, B, C と定義した。砂礫試料 A, B, C を一定の混合比で組み合わせることによって 25 種類の砂礫試料を作成した。撮影した砂礫試料の一例を図 2 に示す。砂礫試料の透水係数は、定水位透水試験を用いて求めた。



図 2 撮影した砂礫試料

2. 3 砂礫試料画像からの特徴量の抽出

砂礫試料画像から特徴量を抽出するために、同時生起行列から 13 種類の特徴量を計算した。同時生起行列に基づく行列の要素は、平行移動、拡大・縮小、45°、90°、135°の回転に関し不変である。

2. 4 特徴量と透水係数の相関分析

13 種類の特徴量と透水係数の相関分析を行った。この結果を表 1 に示す。

表 1 特徴量と透水係数の相関係数

特徴量	相関係数	特徴量	相関係数
f1	0.49985	f8	0.44325
f2	-0.68288	f9	-0.43806
f3	0.71261	f10	-0.67151
f4	0.44772	f11	-0.68275
f5	0.68777	f12	-0.74105
f6	-0.68187	f13	0.71095
f7	0.46412		

2. 5 特徴量と透水係数の重回帰分析

13 種類の特徴量と透水係数の重回帰分析を行った。13 種類の特徴量を用いた重回帰分析の結果を表 2 に示す。また、最終的に最適な 4 種類の特徴量を用いた重回帰分析の結果を表 3 に示す。また、4 種類の特徴量を用いた重回帰分析による予測値と残差の結果を表 4 に示す。

表 2 13 種類の特徴量を用いた重回帰分析の結果

説明変数	係数	標準誤差	t 値	p 値	下限 95%	上限 95%
切片	-145.7167	239.7130	-0.6079	0.5546	-668.0064	376.5730
f12	736.0372	487.1998	1.5108	0.1567	-325.4800	1797.5544
f3	-47.6262	242.3353	-0.1965	0.8475	-575.6294	480.3770
f13	298.7520	496.7638	0.6014	0.5588	-783.6033	1381.1074
f5	-20.6715	59.3245	-0.3484	0.7335	-149.9285	108.5854
f2	0.4020	0.4171	0.9637	0.3542	-0.5068	1.3108
f11	-61.7627	22.6626	-2.7253	0.0184	-111.1403	-12.3851
f6	-0.0323	0.0097	-3.3145	0.0062	-0.0535	-0.0111
f10	-0.2516	0.7022	-0.3583	0.7264	-1.7815	1.2783
f1	2903.6119	3824.6737	0.7592	0.4624	-5429.6362	11236.8600
f7	0.0001	0.0040	0.0324	0.9747	-0.0086	0.0088
f4	0.0005	0.0160	0.0324	0.9747	-0.0343	0.0353
f8	140.4518	116.7431	1.2031	0.2521	-113.9095	394.8132
f9	-64.4298	65.6911	-0.9808	0.3461	-207.5583	78.6988
決定係数		0.8709		自由度修正済み決定係数		0.6585

表 3 4 種類の特徴量を用いた重回帰分析の結果

説明変数	係数	標準誤差	t 値	p 値	下限 95%	上限 95%
切片	16.9117	4.0297	4.1968	0.00044	8.5059	25.3175
f12	217.0522	41.9119	5.1788	0.00004	129.6255	304.4790
f11	-35.0067	6.6337	-5.2771	0.00003	-48.8445	-21.1689
f6	-0.0347	0.0071	-4.8770	0.00009	-0.0496	-0.0199
f8	24.1957	4.5607	5.3053	0.00003	14.6823	33.7092
決定係数		0.8158		自由度修正済み決定係数		0.7790

表 4 予測値と残差

試料名	透水係数(cm/s)	予測値	残差
A	0.198209	0.19282	0.00538
B	0.625274	0.49208	0.13319
C	0.646581	0.56594	0.08064
AB11	0.240938	0.26957	-0.02863
AB12	0.272911	0.32501	-0.05210
AB13	0.301884	0.22315	0.07873
AB21	0.216289	0.23658	-0.02029
AB31	0.167738	0.15726	0.01048
BC11	0.451516	0.53679	-0.08527
BC12	0.460889	0.50905	-0.04816
BC13	0.643711	0.51641	0.12730
BC21	0.490630	0.54605	-0.05542
BC31	0.478969	0.47770	0.00127
ABC111	0.317013	0.27041	0.04660
ABC112	0.216749	0.26972	-0.05297
ABC113	0.264488	0.35131	-0.08682
ABC121	0.310105	0.34563	-0.03552
ABC131	0.326489	0.25307	0.07342
ABC211	0.238635	0.31521	-0.07658
ABC311	0.160252	0.17382	-0.01357
ABC123	0.322179	0.31117	0.01101
ABC213	0.198444	0.27585	-0.07741
ABC231	0.224609	0.24595	-0.02134
ABC312	0.181352	0.09300	0.08835
ABC321	0.189012	0.19132	-0.00230

3. おわりに

砂礫試料画像から透水係数を予測する式を導出するために、画像解析により画像の特徴量を求め、透水試験により求めた透水係数と特徴量を用いて重回帰分析を行った結果についてまとめた。

今後の課題は、本研究の成果をポーリングコア画像に適用することである。