

時系列水温データの成分分解による雨天時浸入水の影響評価手法

中日本建設コンサルタント株式会社 ○堀田 孝行 中根 進

1 はじめに

水温測定法による水温値は、気温や水道水温の変動、水道水の利用状況(加温、冷却)により変動する上に、降雨の水温、管渠埋設周り地温、地下水水温などにより、雨天時浸入水の水温変動が加わる。そのため水温測定法で雨天時浸入の影響を評価することを難しくしている。

筆者の1人は、流下水量を深層学習法の1つであるニューラルネットワーク法を使って晴天時水量と雨天時水量を分離することにより、雨天時浸入水量を推定している¹⁾。ニューラルネットワーク法を使い流下水温を目的変数、説明変数として降雨量や曜日などのカテゴリ変数を使って流下水温の変動を推定できるが、解析に時間を要する。そこで、計測水温の特徴を考慮して、成分分解という方法を使い計測水温を不規則水温という形で晴天時と雨天時に分離し、それぞれの不規則水温を極値分布²⁾などの形で表し、晴天時と雨天時の分布の違いから計測点間における雨天時浸入水の影響を評価する手法を考えた。

2 時系列水温データの特徴

計測期間中の流下水温は、時間の経過と共に変化するデータであり、一定時間ごとに記録したデータを時系列データという。図 2.1 は時系列データの一例であり、計測期間中に水温の上昇が見られ、計測始めから計測終わりにかけて5℃程度上昇しており、降雨による水温変化もこのデータの中に記録されている。長期にわたって計測していると、計測の始めのころに全く降雨が無く、計測期間の後半で水温が高くなった時期に降雨があった場合、計測期間中の水温を晴天時と雨天時水温を分離しても、晴天時水温の分布の中に雨天時水温の分布が入ってしまい、雨天時浸入水によって流下水温が低下したかを判断することが難しい。

1日の計測水温の例を見ると図 2.2 となり、昼間、水温が低く、深夜、水温が高い傾向にあ

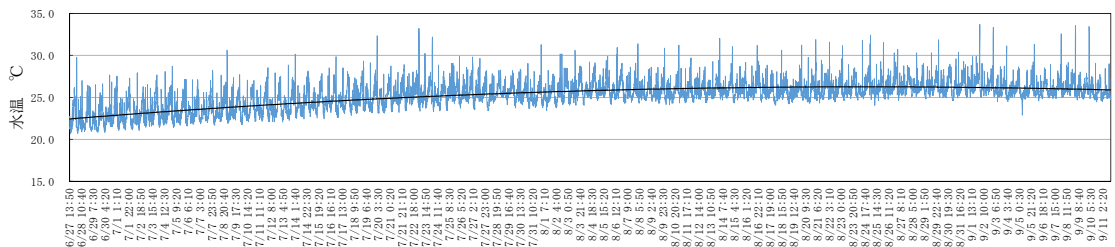


図 2.1 時系列水温データの一例

り、1日だけとっても5℃程度の変動がある。

そこで、図 2.1 から計測期間中の長期的な変動傾向と図 2.2 の1日の水温変動を取り除くことにより雨天時浸入水による水温の解析が可能になると考えた。

3. 計測水温の時系列データの成分分解

計測水温の時系列データを加法モデルによって3つの成分(長期変動、周期変動、不規則変動)に分解し、時系列データを表 3.1 のように整理する。

計測水温 = 長期変動 + 周期変動 + 不規則変動

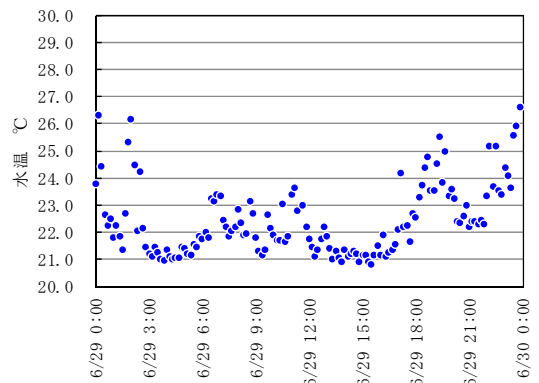


図 2.2 1日の水温変動の例

表 3.1 計測水温の3成分

| 成分名 | データの状態 | データの特徴 |
|-------|-------------------------------|-----------------------------|
| 長期変動 | データが長期間にわたる観測により上昇、あるいは下降する状態 | 長期間にわたり増加または減少する変化がある(図2.1) |
| 周期変動 | データがある時間間隔で変動を繰り返す状態 | 1日の間で変動を繰り返す(図2.2) |
| 不規則変動 | データの動きが時間の経過に依存しない状態 | 時間に関係なく水温の増減がある。 |

時系列水温データは、前掲図 2.1 では水温の上昇傾向のよ
うに表れている。時系列水温データについて自己相関係数を求めたところ図 3.1 を得た。図 3.1 の自己相関を表すグラフをコレログラムといい、144 時点(1 日)間で自己相関が大きくなっており、自己相関が続いている。水温の時系列データは1 日の間(144 時点)で水温の周期性があることが判明した。

本稿で使用した成分分解の長期変動値は、移動平均法と言われる方法で、時系列データの時点を中心に周期分(144 個)の計測水温を平均した値とする。周期変動値は、計測水温から長期変動値を差し引いた水温に対して計測期間全部の時点1 ごと、時点2 ごと……、時点 144 ごとの平均値とし、その平均値を計測期間中に並べる。不規則変動値は、(=計測水温-長期変動値-周期変動値)とする。

図 2.1 の時系列水温データを成分分解し、その結果を図 3.2 に示す。

長期変動は、計測期間中に水温が上昇している傾向を示している。

周期変動は、周期性が見づらいので一部拡大して図 3.3 に示す。

不規則変動については、以下に詳述する。

4. 不規則変動成分の解析

4.1 不規則変動成分の解析手法

時系列水温データを成分分解し、そのうち不規則変動成分の中に降雨による水温変動が含まれていると考えた。

時系列水温データを成分分解した図 3.2 の不規則変動水温を図 4.1 に示す。不規則変動水温は、計測水温から長期変動と周期変動を取り除いているため、0℃付近を境に高低にばらついている。図 4.1 に雨天時不規則変動水温を○印で示した。雨天時の不規則変動水温は、高低している水温の低い側に位置しているところもあるが

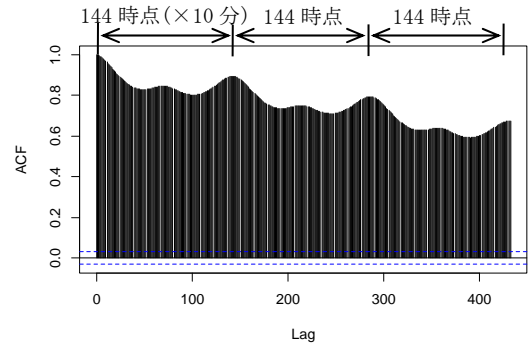


図 3.1 コレログラム (自己相関)の一部

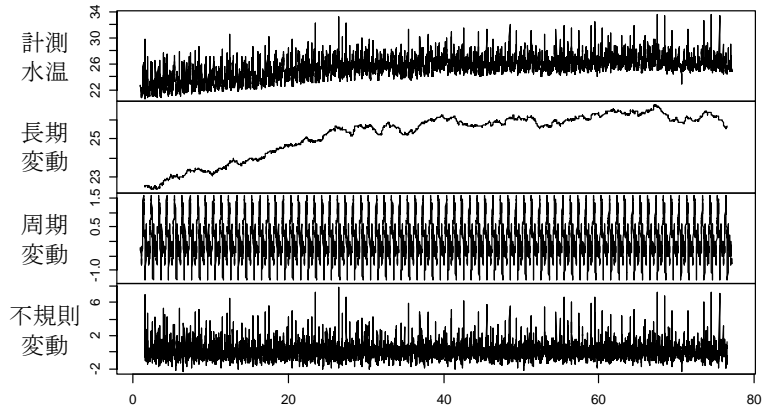


図 3.2 計測水温の時系列データの成分分解

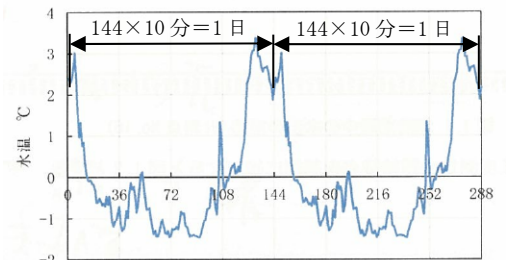


図 3.3 周期変動

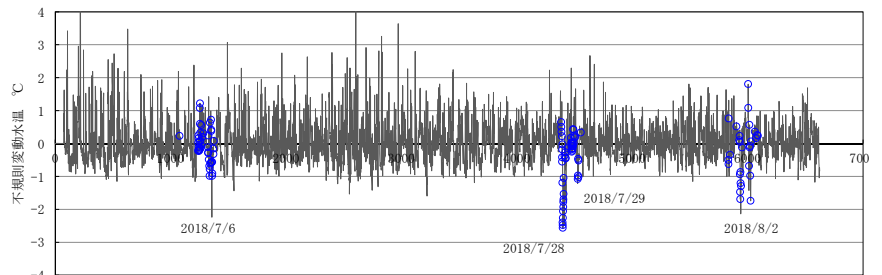


図 4.1 不規則変動と雨天時不規則水温

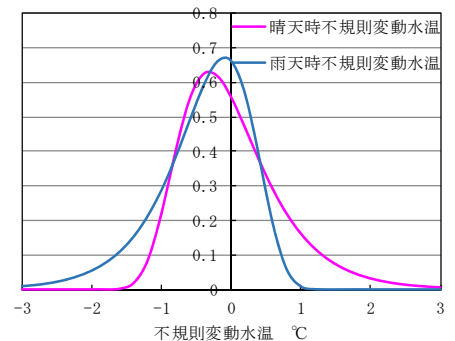


図 4.2 不規則変動水温分布

多くは、高低する水温の中に位置している。

図 4.1 から雨天時の不規則変動水温と降雨の無い時点の不規則変動水温(晴天時不規則変動水温という)をそれぞれ抽出し、雨天時とともに分布で表す。それぞれの分布を極値分布²⁾で回帰して、図 4.2 に示す。

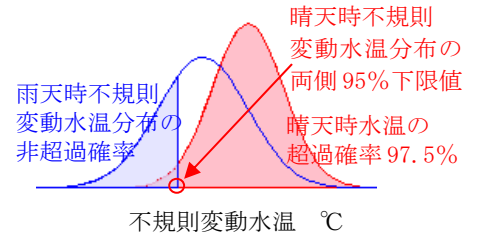


図 4.3 雨天時と晴天時の不規則変動水温分布の両側 95% 下限値

雨天時と晴天時の不規則変動水温分布のずれを図 4.3 のように晴天時不規則変動水温分布の両側 95% 下限値の水温に対する雨天時不規則の水温が雨天時不規則変動水温分布の中で何%の確率(非超過確率: 青色面積)になっているかを計算する。晴天時の 2.5% 確率以上であれば、雨天時不規則変動水温分布が晴天時より左側にずれていることを表し、この非超過確率を雨天時浸入水の評価指標とする。

4.2 不規則変動水温分布の解析による雨天時浸入水の影響評価事例

雨天時不規則変動水温分布の非超過確率を指標とした評価事例を次に示す。

| | | | |
|--|--|--|--|
| | <p>非超過確率: 0.533 非超過確率が 0.533 と 0.025 より大きく、雨天時浸入水の影響が大きい計測点と判断する。</p> | | <p>非超過確率: 0.379 非超過確率が 0.379 と 0.025 より大きく、雨天時浸入水の影響が大きい計測点と判断する。</p> |
| | <p>非超過確率: 0.146 非超過確率が 0.146 となり、計測値(○印確率密度)を見ると不規則変動水温の低い側で晴天時より雨天時の水温の確率密度値が小さいので、雨天時浸入水の影響が上記 2 例より少ない計測点と判断する。</p> | | <p>非超過確率: 0.042 非超過確率が 0.025 より大ではあるが、計測値は、不規則変動水温の高い側も低い側もほぼ同じであり、雨天時浸入水の影響が無い計測点と判断する。</p> |

5. おわりに

本報告の評価手法は、雨天時浸入水による水温の影響の大きさを計測点間で相対的に評価する方法である。今後、各計測点の計測期間中の常時浸入水量割合や雨天時浸入水量割合を推定する予定である。

【参考文献】

- 1) 中根 進: ニューラルネットワークを用いた雨天時浸入水を含む流量の再現 下水道協会誌論文集 平成 20 年 8 月号
- 2) 極値統計法による下水道用マンホールのふた裏腐食量の推定 2013 年度第 50 回下水道研究発表会

【問い合わせ先】 中日本建設コンサルタント(株) 水工技術本部 中根 進 TEL052-232-6055 E-mail s_nakane@nakanihon.co.jp