

下水温の成分分解法を用いた ノンパラメトリック手法による 雨天時浸入水量割合の推定

佐藤 克己 中根 進 堀田 孝行
高橋 岩仁 保坂 成司 森田 弘昭

要 旨：管路を流下する下水温は，雨天時浸入水の影響によって変動する。既報では，計測水温を長期変動水温，周期変動水温ならびに不規則変動水温に成分分解した。雨天時浸入水によって変動する不規則変動水温をさらに晴天時と雨天時の水温に分類し，それぞれパラメトリックな極値分布，正規分布の形で回帰した。そして晴天時と雨天時の不規則変動水温分布の違いから雨天時浸入水の影響を評価した。しかしながら，この手法では集水面積が小さい計測点における解析が難しかった。

本研究では，晴天時と雨天時の不規則変動水温をノンパラメトリックなカーネル密度分布で表し，カーネル密度の累積確率曲線を使って降雨時における降雨の影響の無い水温を推定（推定晴天時水温）することで水温変動量を明らかにした。この手法により，狭小な集水面積の解析も可能となり，さらに雨水温度を計測することにより，雨水温度と計測水温から推定晴天時水温を算出して雨天時浸入水量割合を推定できるようにした。

キーワード：水温法，成分分解，雨天時浸入水量割合，雨水温度，カーネル密度分布

1. はじめに

既報^{1), 2)}では，水温法において，流下する下水の水温計測で得られた時系列水温データを長期変動水温，周期変動水温および不規則変動水温に成分分解し（以下，成分分解法と表す），抽出した不規則変動水温を晴天時と雨天時の水温に分類し，それぞれの不規則変動水温の分布差を検出力（以下，非超過確率と表す）で表し，水温計測点間の雨天時浸入水の多寡を評価した。

統計用語では，第二種の過誤を犯す確率 β と表す際，「 $1 - \beta$ 」を検出力（非超過確率）という³⁾が，この非超過確率では，雨天時浸入水量の多寡のみが分かる。そこで，水温法による計測水温から直接，雨天時浸入水量の割合を示すべく，時間単位，日単位で雨天時浸入水量割合を推定する手法を開発した。

この開発に際し，既報では晴天時と雨天時の不規則変動水温の分布に，パラメトリックな極値分布，正規分布，さらには一部これらの分布で表わしにくい場合に一般分布⁴⁾を使っていたが，本研究ではノンパラメトリックなカーネル密度分布⁵⁾に統一して表し，このカーネル密度の累積確率曲線を使って降

雨時における降雨の影響の無い水温を推定（以下，推定晴天時水温と表す）した。また，計測水温（本稿では，水温法で計測した下水温を計測水温と表す）とともに新たに雨水温度を計測し，この数値を解析に加えることで雨天時浸入水量割合を算定する。

2. 計測水温の成分分解と 不規則変動水温の分布

2.1 計測水温の成分分解

計測水温を成分分解法で（1）式に示す3成分に分ける。その例を図-1に示す。

$$\text{計測水温} = \text{長期変動水温} + \text{周期変動水温} + \text{不規則変動水温} \quad (1)$$

成分分解法では，計測水温から長期変動水温と周期変動水温を差し引いて不規則変動水温を求める。長期変動水温は移動平均値であり，たとえば図-1は，計測時刻を挟んで1日（144回（ $= 24 \text{時} \times 6$ ） $\times 10$ 分）の平均値をとっている。周期変動（時間変動）水温は，計測水温から長期変動水温を差し引いた上で，計測期間中のその値の1日の各時刻の平均値から求めている。

降雨が長く継続あるいは雨量が大きいと，長期変動水温に降雨の影響が現れる。図中，長期変動水温

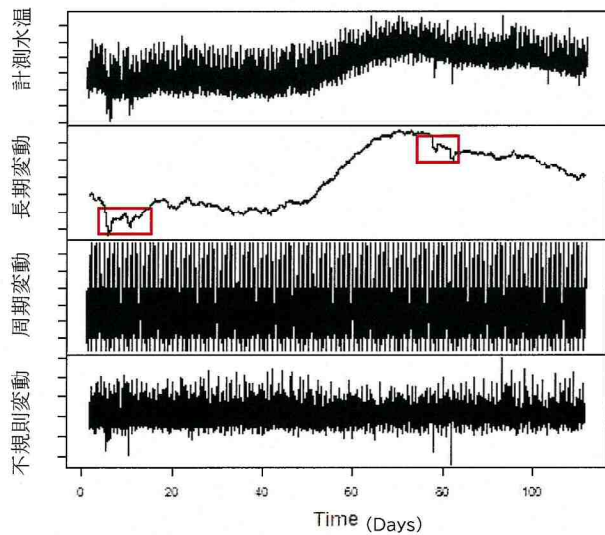


図-1 長期変動水温に1日(144×10分)の平均値を使った成分分解例

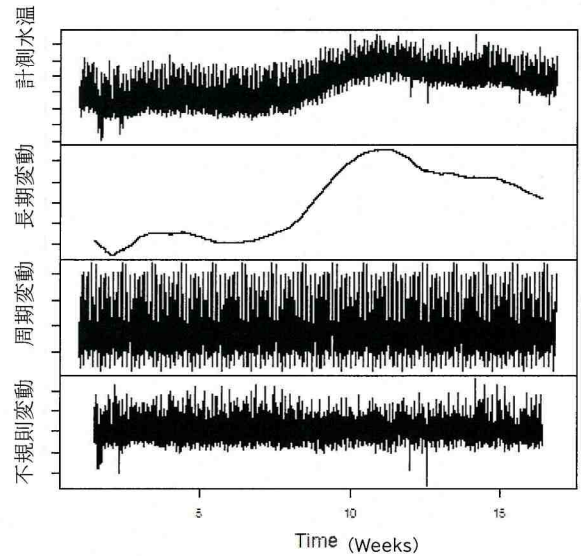


図-3 長期変動水温に1週間(1008×10分)の平均値を使った成分分解例

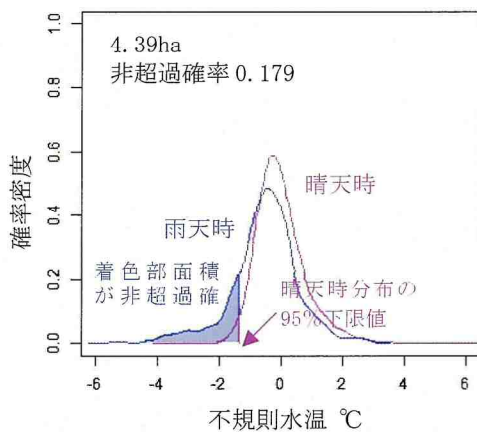


図-2 長期変動に1日(144×10分)の移動平均値を使った不規則変動水温のカーネル密度分布

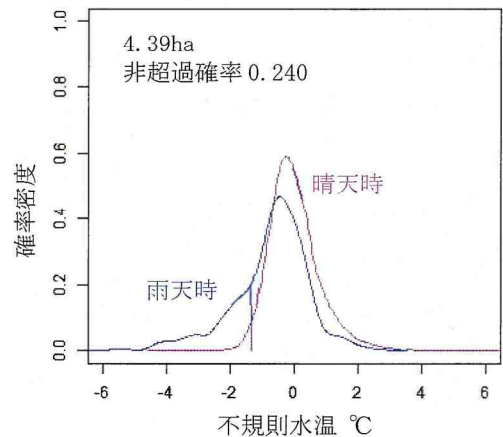


図-4 長期変動に1週間(1008×10分)の移動平均値を使った不規則変動水温のカーネル密度分布

の赤枠で囲った部分は、降雨の影響により水温が変動(低下)していることを示している。

成分分解法で得た不規則変動水温を晴天時と雨天時に分け、計測期間中の全データを使ってそれぞれの頻度分布を作り、これを既報¹⁾では極値分布または正規分布で表し、どの分布に従うかは赤池情報量規準(AIC)を使って判断した。

長期変動を1日(144回)の移動平均値を使った図-1について、雨天時ならびに晴天時の不規則変動水温それぞれを後述するカーネル密度で表したものが図-2である。晴天時不規則変動水温分布の両側95%の下限値を超えない晴天時不規則変動水温の確率(図中の着色部の面積)が非超過確率となる。この時の晴天時不規則変動水温の95%下限値を使った非超過確率は0.179となる。

長期変動水温は、季節変動による水温であり、極力、降雨の影響を受けないようにするため、事前に試行検討した結果、長期変動の移動平均を1日では

なく、1週間(1,008回(=7日×24時×6)×10分)に設定した。移動平均を1週間(1,008×10分)とした長期変動水温を図-3に示す。

長期変動水温が図-1より平滑な線となり、降雨による水温の変動が緩和され、これによって得た雨天時、晴天時不規則変動水温を図-4に示すようにカーネル密度分布で表した。算出した非超過確率は、0.240と図-2の1日(144×10分)の移動平均値から算定した非超過確率0.179より大きい値となり、雨天時と晴天時の不規則変動水温の差異を明確に表している。

計測点間の相対的な雨天時浸入水量の多寡を評価するうえでは、長期変動は1日(144×10分)の移動平均値でも1週間(1,008×10分)であっても計測点間でいずれかに統一して評価すれば問題はない。しかし、雨天時浸入水量割合の推定においては、長期変動水温の算出は降雨の影響をより少なくするために、1週間の移動平均値を用いるのが妥当

と考える。

2.2 極値分布およびカーネル密度分布による不規則変動水温分布の回帰

カーネル密度分布などのノンパラメトリック分布の差の検定^{6), 7)}には、種々の検定方法があるが、2つのデータ間の中央値に差があるかどうかを検定するウィルコクソンの順位和検定がある。晴天時と雨天時の水温が時系列に並んでいるデータに対して、その並び順をウィルコクソンの順位和検定を使って、p 値 (Probability value) を算出した。

統計学では、有意水準を一般的には 0.05 と設定している^{8), 9)}ため、両側の有意水準は 0.025 となる。したがって、求めた p 値が 0.025 より小さければ帰無仮説が棄却されて「2つの標本の間には差があること」になり、すなわち有意差があるといえる。本研究では、ウィルコクソンの順位和検定に統計用言語 R のライブラリ「exactRankTests」を使った。

2.2.1 極値分布でうまく回帰できていない例

不規則変動水温を極値分布で回帰した例を図-5 に示す。極値分布から計算した非超過確率は、0.091

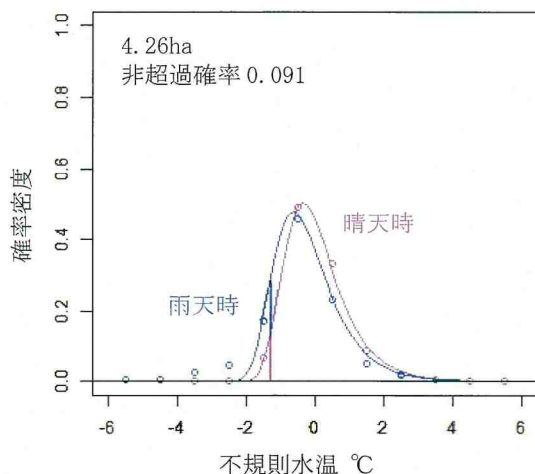


図-5 極値分布で回帰した不規則変動水温

であるが、雨天時の不規則変動水温の低水温側の裾野 (青色○印打点) は、極値分布の裾野 (青色実線) と一致しておらず、非超過確率が小さく算出されている。

一方、不規則変動水温をカーネル密度分布で表すと図-6 となり、低水温側の裾野をよく表している。カーネル密度分布から計算した非超過確率は 0.208 であり、極値分布で回帰した値より大きい値となり、雨天時浸入水の影響が大きいことを示している。

図-6 の雨天時と晴天時の不規則変動水温分布には、明らかに差があると判断できるが、この差をウィルコクソンの順位和検定で検定した結果と p 値は以下の通りである。

順位和統計量 $W = 4902300$

p 値 = $5.2 \times 10^{-6} < 0.025$

ウィルコクソンの順位和検定の帰無仮説は「二つの標本の (2 群) 間に差がないこと」であり、有意水準 0.05、すなわち両側有意水準 0.025 とすると、帰無仮説が棄却されて「有意差あり」となる。すなわち、雨天時不規則変動水温と晴天時不規則変動水温の分布には差があり、カーネル密度分布を用いた

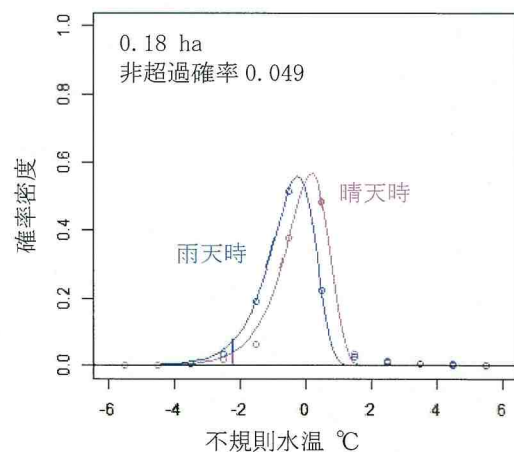


図-7 極値分布で回帰した不規則変動水温

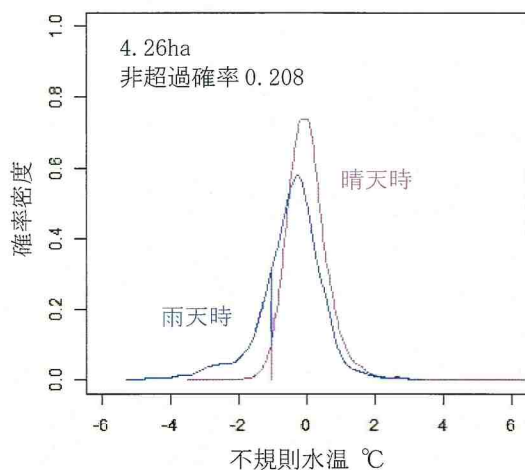


図-6 カーネル密度分布で回帰した不規則変動水温

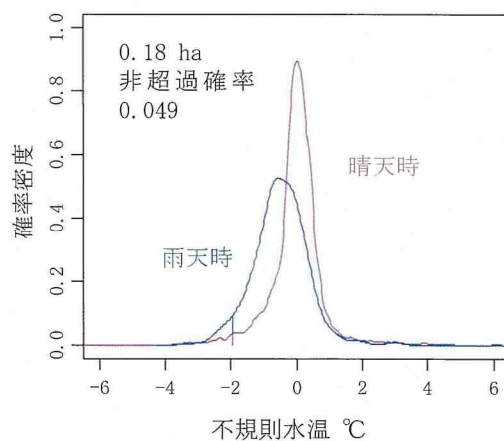


図-8 カーネル密度分布で回帰した不規則変動水温

解析では、雨天時浸入水の影響が判断できるといえる。

2.2.2 極値分布で回帰できている例

極値分布での回帰具合が良好で、集水面積が狭小なある計測点の不規則変動水温を極値分布で回帰した例を図-7、カーネル密度分布で表した例を図-8に示す。

図-7, 8 は非超過確率が 0.049 と小さいが、図-8 の雨天時と晴天時について、ウィルコクソンの順位和検定を行うと以下となる。

順位和統計量 $W = 6150100$

p 値 = $2.2 \times 10^{-16} < 0.025$

その結果、帰無仮説が棄却されて「有意差あり」となり、雨天時不規則変動水温と晴天時不規則変動水温の分布には差があるといえ、極値分布であってもカーネル密度分布と同様に回帰できるといえる。

2.2.3 晴天時と雨天時の不規則変動水温分布が一致している例

次に、計測値から得られた雨天時の不規則変動水温（青色○印打点）と晴天時の不規則変動水温（マゼンタ色○印打点）はよく一致しているが、雨天時

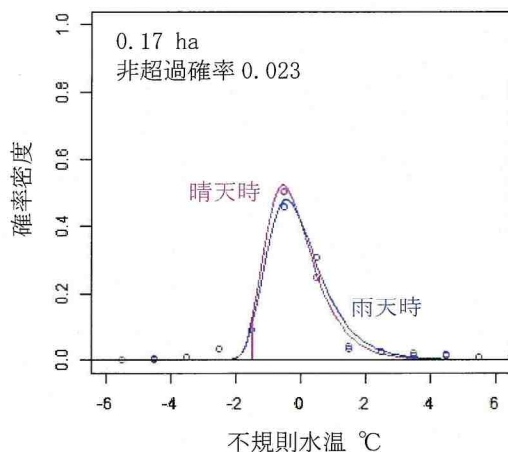


図-9 極値分布で回帰した不規則変動水温

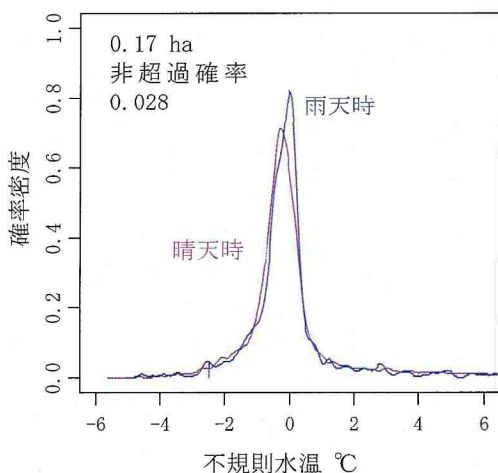


図-10 カーネル密度分布で回帰した不規則変動水温

と晴天時における水温の極値分布曲線が一致していない、集水面積が狭小な計測点の不規則変動水温を極値分布により回帰した例を図-9 に、カーネル密度分布で表した例を図-10 に示す。カーネル密度分布では各水温の低水温側の裾野がよく表されており、ウィルコクソンの順位和検定を行うと以下となる。

順位和統計量 $W = 4237000$

p 値 = 0.1074 > 0.025

その結果、帰無仮説が棄却されず、「有意差なし」となる。なお、カーネル密度分布から算定した非超過確率は 0.028 ではあるが、統計的には雨天時浸入水の影響がない計測点と考えられる。

2.2.4 極値分布ならびにカーネル密度分布による回帰の相違

極値分布ならびにカーネル密度分布で回帰した不規則変動水温と非超過確率、さらにカーネル密度分布のウィルコクソン順位和検定の判定結果を表-1 に示す。両分布とも、それぞれで計測点間における雨天時浸入水量の影響を判定することは、図の不規則変動水温のずれや非超過確率の相対的な大小から判断するため問題ないと思えるが、カーネル密度分布をウィルコクソン順位和検定により検定を行うことにより、極値分布より明確に、さらに 1 ha 未満といった狭小な調査面積での雨天時浸入水量の影響が判断できる。

表-1 各調査面積の非超過確率と p 値

調査面積			
集水面積 (ha)	4.26	0.18	0.17
非超過確率			
極値分布	0.091	0.049	0.023
カーネル密度分布	0.208	0.049	0.028
カーネル密度分布のウィルコクソン順位和検定			
p 値	5.2×10^{-6}	2.2×10^{-16}	0.1074
両側有意水準を 0.025 とした判定結果	有意差あり (分布に差がある)	有意差あり (分布に差がある)	有意差なし (分布に差がない)

3. 降雨時における推定晴天時水温の算定手法と雨天時浸入水量割合の算定

3.1 雨水温度と計測水温の関係

雨水温度の計測は、転倒ます型雨量計の転倒ます排水先に設置した受皿に水温センサーを設置して計測する。

計測期間中の計測水温、降雨時の計測水温（降雨時水温）と雨水温度を図-11 に示す。雨水温度の多くは計測水温より低く、降雨に起因する雨天時浸入水があれば計測水温が低下することが予測できる。

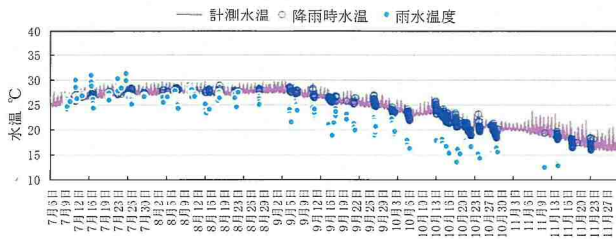


図-11 計測期間中の計測水温，降雨時水温，雨水温度の推移

3.2 降雨時における推定晴天時水温の算出手法

図-12 に計測期間中の全データを使った雨天時と晴天時の不規則変動水温をカーネル密度分布で示す。図-13 にその確率密度分布を累積確率で示す。

次に，雨天時の不規則変動水温を晴天時の不規則変動水温に置き換えることにより，この降雨時における推定晴天時水温を求める。具体的には図-13 に示すが，ある時刻の雨天時不規則変動水温が -0.40°C とすると，その累積確率が求まる。次に，雨

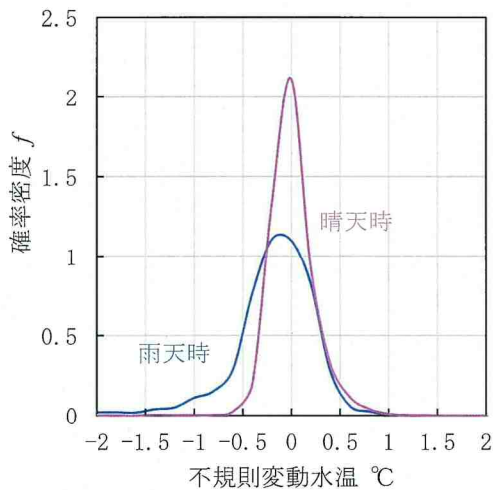


図-12 カーネル密度分布で回帰した不規則変動水温 (縦軸：確率密度)

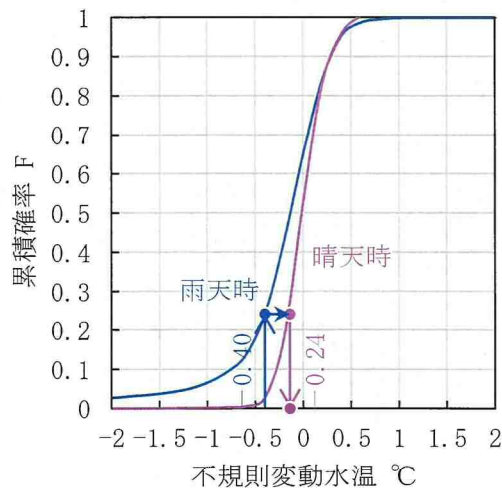


図-13 カーネル密度分布で回帰した不規則変動水温 (縦軸：累積確率)

天時累積確率と同値になる晴天時不規則変動水温 (-0.24°C) を求める。

この値を (1) 式の不規則変動水温に代入し，降雨時における推定晴天時水温とする。

計測水温，推定晴天時水温ならびに降雨量の推移の一例を図-14 に示す。降雨により水温が低下したことが表されている。計測期間中すべての 10 分単位の推定晴天時水温と計測水温の関係を図-15 に示す。45°の線より下側が降雨による水温低下を表している。

この手法においては，ある降雨時刻の雨天時不規則変動水温の累積確率値と晴天時不規則変動水温の累積確率値に置き換えて解析したが，図-16 に示す既報と同じニューラルネットワーク手法²⁾で算出した推定晴天時水温と図-14 を比較しても同様な推定晴天時水温を表しており，この置き換えは妥当と考

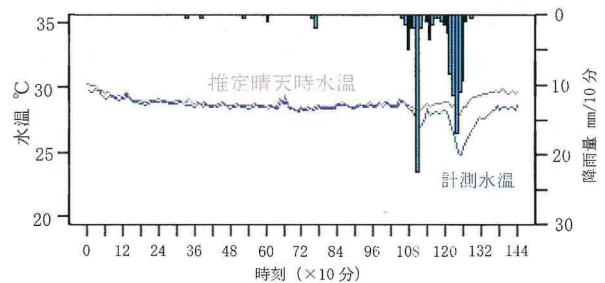


図-14 降雨日における計測水温と推定晴天時水温の推移の一例 (成分分解法)

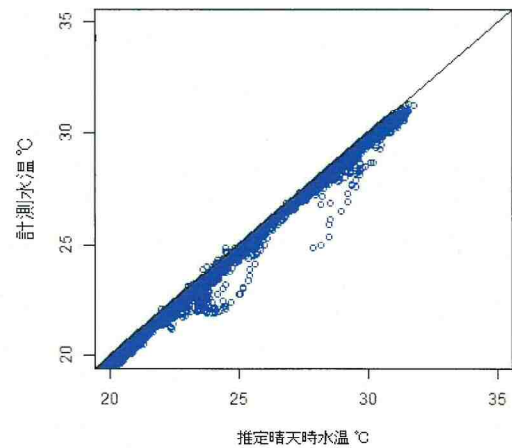


図-15 推定晴天時水温と計測水温の関係

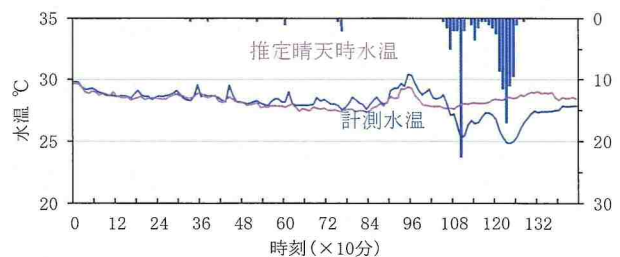


図-16 降雨日における計測水温と推定晴天時水温の推移の一例 (ニューラルネットワーク法)

える。

また、雨天時浸入水の影響が小さい計測点の事例を図-17 および図-18 に、雨天時浸入水の影響が狭小な計測点の事例を図-19 および図-20 に示すが、図-14, 図-17, 図-19 で計測水温と推定晴天時水温の乖離が大きいほど、図-15, 図-18, 図-20 の45°線より下に多くが打点され、降雨により計測水温が変動、特に低下していることが確認できる。

3.3 雨天時浸入水量割合の推定

雨水温度を雨天時浸入水の水温として、雨天時浸入水量割合を推定する。

雨天時浸入水量割合は、汚水量（晴天時水量）に対する雨天時浸入水量の比とする。

3.3.1 10分データに基づく各時点の雨天時浸入水量割合 r_i'

各時点の汚水、雨天時浸入水の水量と水温の構成を図-21 に示す。図より(2)式が成り立つ。

$$q_i^S \times T_i^S + q_i^R \times T_i^R = (q_i^S + q_i^R) \times T_i \quad (2)$$

ここで、両辺を q_i^S で除し、 q_i^R/q_i^S を雨天時浸入水量割合 r_i' とすると、(3)式になる。

$$1.0 \times T_i^S + r_i' \times T_i^R = (1.0 + r_i') \times T_i \quad (3)$$

$$r_i' = \frac{T_i^S - T_i}{T_i - T_i^R}$$

ここに、

i : 計測 (10分ごと) の順番 1 ~ n (計測期間)

q_i^S : 晴天時流量

T_i^S : 推定晴天時水温 °C

q_i^R : 雨天時浸入水量

T_i^R : 計測雨水温度 °C

T_i : 計測水温 °C

r_i' : 汚水量 (晴天時水量) に対する雨天時浸入水量の割合

r_i : 流下水量に対する雨天時浸入水量の割合

$$r = r' / (1 + r')$$

10分ごとの雨天時浸入水量割合は、一定量の雨



図-19 雨天時浸入水の影響が狭小な計測点の推移の一例

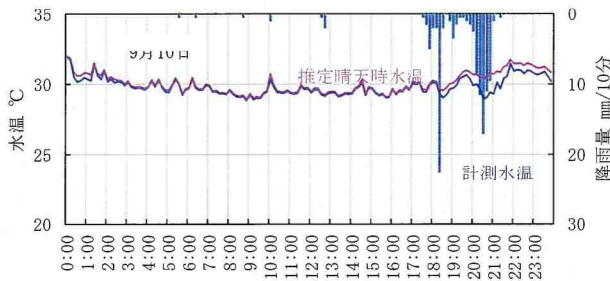


図-17 雨天時浸入水の影響が小さい計測点の推移の一例

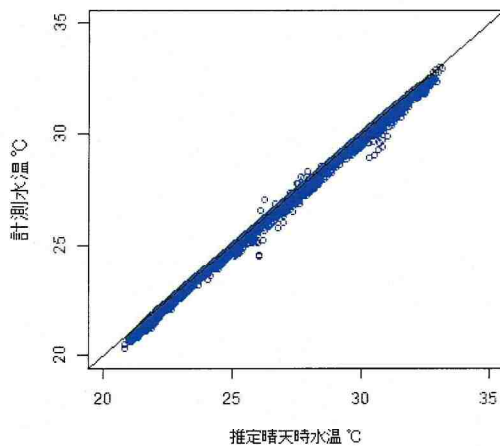


図-18 雨天時浸入水の影響が小さい計測点の推定晴天時水温と計測水温の関係

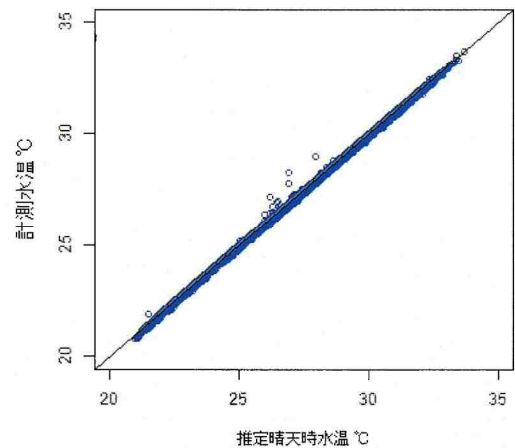


図-20 雨天時浸入水の影響が狭小な計測点の推定晴天時水温と計測水温の関係

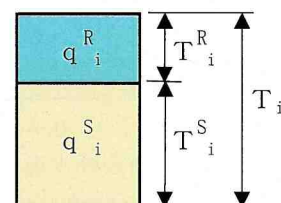


図-21 汚水、雨天時浸入水の水量と水温の構成

天時浸入水量があるとすれば、晴天時流量 q_i^S が少ない時間帯に降雨があると大きくなり、晴天時水量が多い時間帯では小さくなる。

3.3.2 10分データによる時間当りの雨天時浸入水量割合 r_h'

10分データによる時間当りの雨天時浸入水量割合 r_h' は (4) 式により算定する。

$$r_h' = \frac{\sum_{i=1}^6 T_i^S - \sum_{i=1}^6 T_i}{\sum_{i=1}^6 T_i - \sum_{i=1}^6 T_i^R} \quad (4)$$

ここに、

i : 計測 (10分ごと) の順番 1~6 (1時間分)

計測期間中の晴天日の流量の時間変動を図-22に示すが、晴天日の時間当り流量は、時刻により大きく増減するので、降雨の時間帯により時間当りの雨天時浸入水量割合も大きく変化する。

3.3.3 10分データによる日当りの雨天時浸入水量割合 r_d'

1日当りの晴天日流量は、計測期間中の範囲では図-23のようにほぼ一定である。

降雨の影響による計測水温の変動は、降雨量や時

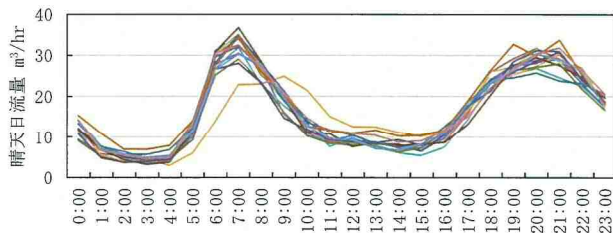


図-22 晴天日流量の時間変動例

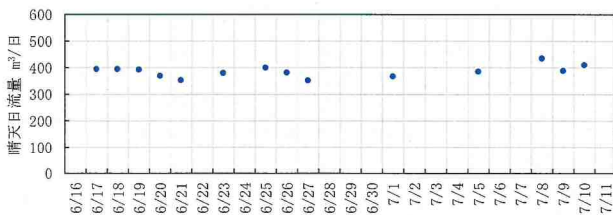


図-23 計測期間中の1日当りの晴天日流量の例

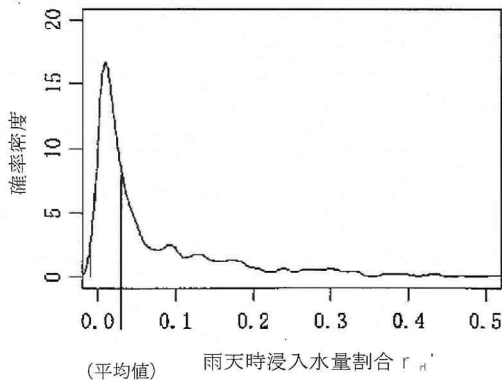


図-24 日当たり雨天時浸入水量割合 r_d' のカーネル密度分布とその平均値

間帯によって異なるが、計測日数が多くなり、降雨の時間帯も広く分布するようになれば、(5)式に示す1日当りの雨天時浸入水量割合を算出すれば、流量調査による流量実績から得られる雨天時浸入水量割合に近いものが得られると考える。

$$r_d' = \frac{\sum_{i=1}^{144} T_i^S - \sum_{i=1}^{144} T_i}{\sum_{i=1}^{144} T_i - \sum_{i=1}^{144} T_i^R} \quad (5)$$

ここに、

i : 各時刻 (10分ごと) の順番 1~144 (1日分)

3.4 雨天時浸入水量割合 r' の算出

図-24は、ある計測点における計測期間の日当り雨天時浸入水量割合 r_d' の分布を示したものであり、その平均値 $r' (= 0.030)$ がその計測点における雨天時浸入水量割合である。

前述2章とは異なる表-2の調査区域における計測点ごとの雨天時浸入水量割合 r' の例を図-25に示す。

1日の汚水の流量変動が大きく降雨の時間帯により雨天時浸入水量割合は変化し、以下の順となる。

表-2 調査区域の管きよ諸元

土地区分	住居地域
管種	鉄筋コンクリート管
人孔種別	組立人孔
計測点面積	8.3~47.4ha, 113.2ha

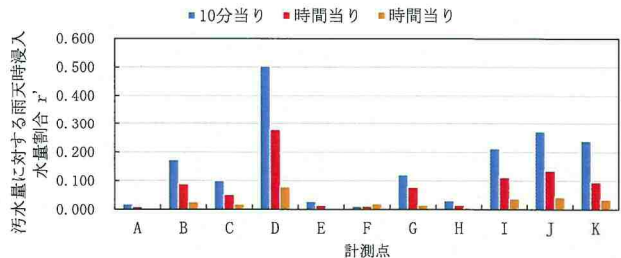


図-25 計測点ごとの雨天時浸入水量割合 r' の例

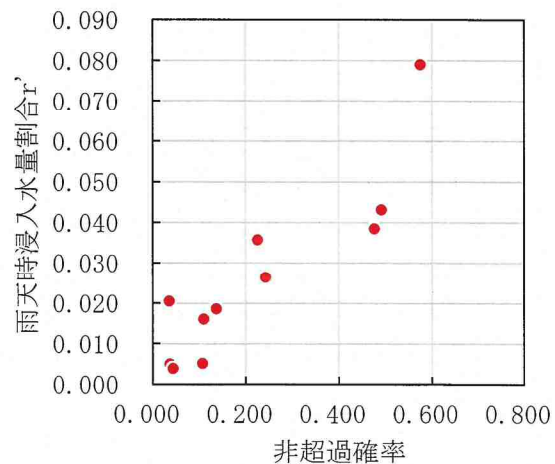


図-26 各計測点の非超過確率と日当り雨天時浸入水量割合 r' の関係

10分当り>時間当り>日当り

日当りの雨天時浸入水量割合 r_d' の方が流量調査により求めた雨天時浸入水量割合に近いと考えられる。

雨天時浸入水対策ガイドライン (案)¹⁰⁾ では、雨天時浸入水対策計画の立案にあたり、処理施設およびポンプ施設などにおいて、雨天時に計測した下水量と雨量データに基づいて降雨量に対する日最大及び時間最大の雨天時浸入水量の割合として、浸入率を算定する。本研究結果において、計測点間の相対的な雨天時浸入水の影響を評価するには、10分当り、時間当り、日当りのどれを用いてもよいが、流量調査により整理した結果に近いと考えられる日当り雨天時浸入水量割合で評価することが妥当といえる。

3.5 非超過確率と雨天時浸入水量割合 r' の関係

本研究の雨天時浸入水量割合は、10分単位の水温度と計測水温の計測から時間単位、日単位で雨天時浸入水量割合を計算する方法を示した。

計測水温を成分分解法で得られるカーネル密度分布の非超過確率と、同様に得られた雨水温度を使って計算した雨天時浸入水量割合 r' の関係を図-26に示す。非超過確率が大きくなると、雨天時浸入水量割合 r' も大きくなっており、相関関係にある。すなわち、水温法において、計測水温と雨水温度から雨天時浸入水量割合を推定可能といえる。

4. まとめ

本研究で得られた知見は、以下の通りである。

- 1) 雨天時浸入水量割合の推定においては、長期変動水温の算出は降雨の影響をより少なくするために、1週間の移動平均値を用いるのが妥当である。
- 2) カーネル密度で表した雨天時と晴天時の不規則変動水温分布は、ウィルコクソンの順位和検定によりその差を明確にでき、さらに1ha未満といった狭小な調査面積での雨天時浸入水量の影響が判断できることが明らかになった。
- 3) 雨天時と晴天時の不規則変動水温のカーネル密度分布の累積確率を使い、雨天時の不規則変動水温を晴天時の不規則変動水温に置き換えることにより、降雨時における推定晴天時水温を求める手法を開発した。
- 4) 既報では、非超過確率で計測点間の雨天時浸入水量の多寡の評価を行っていたが、10分単位の水温度と計測水温の計測から、成分分解法

により時間単位、日単位の雨天時浸入水量割合の推定が可能である。

- 5) 計測水温を成分分解法で得られるカーネル密度分布の非超過確率と、雨水温度から計算した雨天時浸入水量割合は相関関係にあり、水温法において、非超過確率から雨天時浸入水量割合の推定が可能といえる。

5. 謝辞

本研究は、令和元年度科学研究費助成事業（基盤研究(C)）（課題番号：19K04670、代表者：日本大学 佐藤克己）の支援を受けて実施されました。ここに記して感謝の意を表します。

〈参考文献〉

- 1) 佐藤克己, 中根進, 高橋岩仁, 保坂成司, 森田 弘昭: 時系列水温データの成分分解による下水量解析, 下水道協会誌, Vol.57 pp.88-96, 2020
- 2) 佐藤克己, 中根進, 高橋岩仁, 保坂成司, 森田 弘昭: 流量・水温法データの AI 機械学習による雨天時浸入水量解析の研究, 下水道協会誌, Vol.58 pp.88-99, 2021
- 3) 村上正康, 安田正實: 統計学演習, 培風館, p.115, 1992
- 4) デビット・ヴォーズ著, 長谷川専訳, 堤盛人訳: 入門リスク分析 基礎から実践, 株式会社 勁草書房, p.369, 2003
- 5) 馬場真哉: R と stan で始めるベイズ統計モデリングによるデータ分析入門, 講談社, pp.94-96, 2019
- 6) 浜田知久馬: 解説論文 ノンパラメトリック検定の考え方, アプライド・セラピューティクス, Vol.6 pp.63-69, 2015
- 7) 放送大学: マルチメディア統計百科事典, 統計学概説, https://www.ouj.ac.jp/mijika/tokei/contents/sub_contents/c01_11_00.xml (2022年8月閲覧)
- 8) 李為: p 値の是非を考える, 京都マネジメント・レビュー第 38 号, pp.143-159, 2021
- 9) 柳川堯: P 値 その正しい理解と適用, 近代科学社, 2018
- 10) 国土交通省 水管理・国土保全局 下水道部: 雨天時浸入水対策ガイドライン (案), 令和 2 年 1 月, pp.15-17

(R4.3.17 受付)



さとう かつみ
佐藤 克己

日本大学生産工学部
土木工学科 教授
日本下水道協会 特別会員



なかね すすむ
中根 進

中日本建設コンサルタント(株)
水工技術本部 技師長
日本下水道協会 特別会員



ほった たかゆき
堀田 孝行

中日本建設コンサルタント(株)
事業推進室
事業企画グループ



たかはし いわひと
高橋 岩仁

日本大学生産工学部
土木工学科 教授
日本下水道協会 特別会員



ほさか せいじ
保坂 成司

日本大学生産工学部
環境安全工学科 教授
日本下水道協会 特別会員



もりた ひろあき
森田 弘昭

日本大学生産工学部
土木工学科 教授
日本下水道協会 特別会員

Abstract

Estimating the Rate of Infiltration of Stormwater Volume by a Non-parametric Method Using the Component Decomposition Method of Sewage Temperature

Katsumi Sato, Susumu Nakane, Takayuki Hotta, Iwahito Takahashi, Seiji Hosaka and Hiroaki Morita

The temperature of sewage flowing through sewer pipes fluctuates due to the infiltration of stormwater. In the previous report, the measured sewage temperature was decomposed into long-term fluctuation water temperature, periodic fluctuation water temperature, and irregular fluctuation water temperature. Irregularly fluctuating water temperature due to infiltration of stormwater was further classified into fine weather and rainy weather, and regressed in the form of a parametric distribution for each. The effect of infiltration of stormwater was evaluated from the difference in irregularly fluctuating water temperature distribution between fine weather and rainy weather. However, it was difficult to analyze a small catchment area with this method. In this study, irregular water temperature fluctuations during fine weather and rainy weather are represented by non-parametric kernel density distributions. Then, the cumulative probability curve of kernel density was used to estimate water temperature in clear weather. This clarified the amount of water temperature fluctuation. This method also enables the analysis of narrow catchment areas. Furthermore, we estimated the water temperature in fine weather from rainwater temperature and sewage temperature, and then estimated the rate of infiltration of stormwater volume.