

■ 学術論文 ■

時系列水温データの成分分解による下水量解析

佐藤 克己*
保坂 成司****

中根 進**
森田 弘昭****

高橋 岩仁***

要旨：雨天時不明水調査法の1つである水温法で得られる時系列水温データに着目し、計測水温の特徴を踏まえ計測水温を移動平均法により成分分解し、分解した水温を晴天時と雨天時に分けた。晴天時と雨天時の水温を分布の形にして、それぞれの分布の違い(差)を非超過確率(検出力)で表し、この確率を指標にすることにより、計測点間における雨天時浸入水量割合を水温から評価できるようにした。

AI学習の1つであるニューラルネットワークを使い、降雨による計測水温の低下水温を推定し、計測期間中の計測水温の総和に対する降雨による低下水温の総和の比を求め、この比と成分分解で得られた非超過確率を比較することにより、非超過確率が降雨による水温低下を表すことを示した。また、一部の水温計測点で流量調査を行い、これもニューラルネットワークで雨天時浸入水量割合(=総雨天時浸入水量/総流量)を推定し、非超過確率との相関性があることを確かめ、非超過確率が雨天時浸入水量割合を表すことを確認した。

キーワード：水温法, 成分分解, 雨天時浸入水, ニューラルネットワーク, 検出力

1. はじめに

分流式下水道では、降雨により誤接合や宅内排水管の接続不良などにより雨水が污水管に浸入し、この雨天時浸入水量が処理施設の処理能力や処理費用の増加などの問題を引き起こしている。筆者らは、水温法により管路内水温を計測し、水温を解析することにより雨天時浸入水による下水水温の変化とそれを使った計測点間の比較検討をした。

水温法¹⁾は、下水管きよを流下する汚水の水温(以下、計測水温という)をマンホール内の管底で計測する方法である。

水温法で測定する水温には、気温や水道水温の変動、使用する水の利用状況(加温、冷却)により変動する上に、降雨の水温、管きよ埋設周辺の地温、地下水温などの影響や雨天時浸入水の水温変動が加わる。そのため、雨天時浸入水の影響を水温で評価することを難しくしている。また、時系列の水温データは、降雨を待って計測するため、計測期間が長くなり、膨大なデータ量になる。

このため、本研究では、計測水温を効率的に短時間に解析する方法として成分分解法を使い、計測水温を長期変動水温、周期変動水温、さらに不規則変動水温

に分解した。この不規則変動水温には、降雨の影響があるとして、雨天時と晴天時に分離し、それぞれを極値分布あるいは正規分布の形で回帰し、晴天時と雨天時の不規則変動水温分布のずれ(差)を非超過確率(検出力)で表し、計測点間における雨天時浸入水の影響を水温で評価できる²⁾と考えた。

中根は、汚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た³⁾。

時系列の計測水温についてもニューラルネットワークを使い、計測水温を教師データ(目的変数)、降雨量や曜日などのカテゴリー変数を説明変数として時系列水温を回帰した。その結果と成分分解の解析結果を比較し、成分分解による非超過確率(検出力)で水温低下を表せることを明らかにする。

2. 時系列水温データの特徴

2.1 計測水温の長期的な変動

本稿で示す計測水温は、分流式下水道を採用しているある地方都市の住居地域の污水管路内水温である。

計測期間中の管路内水温は、時間の経過ととも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。本稿で使用した時系列データ

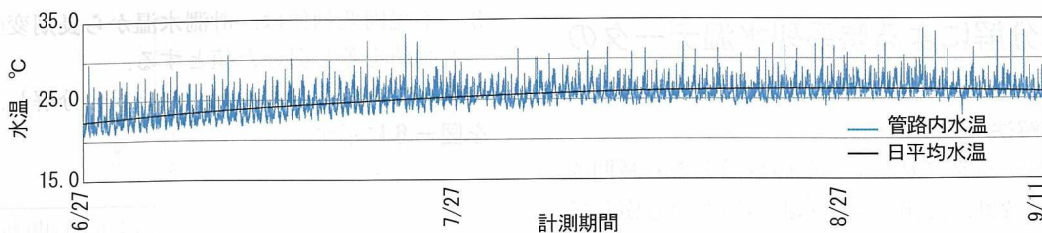


図-1 時系列水温データの一部

の間隔は、10分である。

計測水温とその日平均水温の時系列データの一部を図-1に示すが、計測期間中(2018年6月下旬~9月中旬)に水温が5℃程度上昇しており、管路内水温は長期的に変動することがわかる。

なお、調査区域は総面積403.7ha、水温調査27ヵ所であり、降雨量は約2.0km四方の区域に対して、調査区域内の建屋屋上1ヵ所に転倒ます式雨量計(最小計測量:0.5mm)を設置し、10分単位で積算した。

2.2 計測水温の1日の時間変動

1日の計測水温を図-2に示す。早朝と午後、水温が低く、夕刻と深夜にかけて、水温が高い傾向にあり、1日をとってみても5℃程度の変動があり、この変動は計測期間中繰り返される。

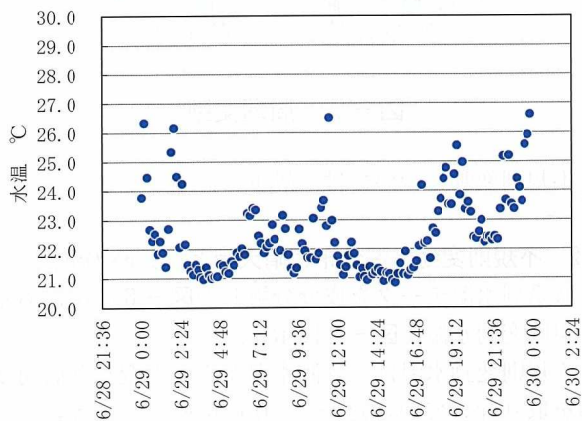


図-2 水温の1日の時間変動の例

2.3 降雨による計測水温の変動

計測水温は、上記のように長期的な変動と1日単位の周期的な変動に加え、降雨に伴う雨天時浸入水による水温変動などがある。計測点No.13を例に降雨による計測水温の変動を具体的に示す。降雨量を0.5mm/10分間隔で区切って計測水温を抽出し、降雨量と計測水温の関係を図-3に示す。

降雨量に対する計測水温の分布は正規分布しないので、計測水温 $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ 、降雨量 $\Delta R = 2\text{mm}/10\text{min}$ に区切って降雨量に対しての頻度を計算し、降雨量ごとに計測水温のモーメント平均をとり、図-3に併せて示す。

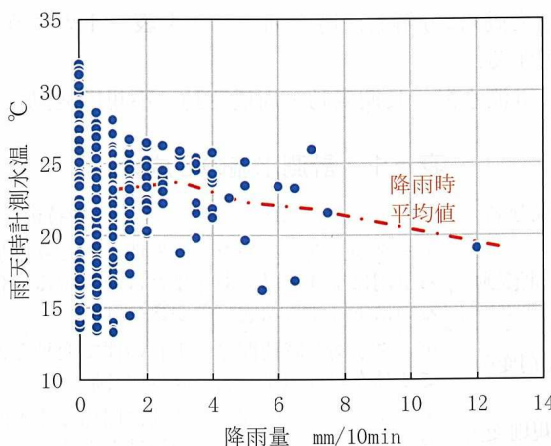


図-3 降雨量に対する雨天時計測水温

後述する表-3の計測点3ヵ所を追加して、4ヵ所の計測水温のモーメント平均値を図-4に示す。

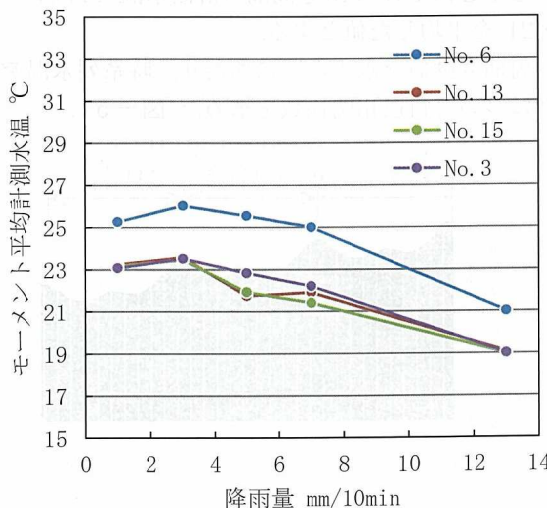


図-4 計測点4ヶ所のモーメント平均計測水温

各計測点ともに降雨量によって計測水温が変動する。本計測では水温が低下する傾向にあり、降雨量によって雨天時浸入水量が多くなることにより水温が低下するものと考えられる。

しかし、降雨量に対する平均計測水温の低下では、計測点No.6を除いて他の3ヵ所の計測点間に水温の明確な差異が見いだせず、計測点間の水温低下の大小は確認できなかった。

3. 成分分解による時系列水温データの解析

3.1 成分分解法

時系列水温データに対して、その特徴となる長期的な変動、時間変動、降雨による水温の影響を考慮して3成分に分解することを試みた。

計測水温の時系列水温データを移動平均法による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-1のように整理する。

$$\text{計測水温} = \text{長期変動} + \text{周期変動} + \text{不規則変動}$$

表-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計測により上昇、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-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)
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。

1) 時系列水温データは、図-1では水温の上昇傾向のように表れているのが長期変動であり、長期変動値は、移動平均法によって求め、時系列データの時点を中心に1日の10分間隔の計測水温(144個(=6×24))を平均した値とする。

2) 周期変動値を求めるのにあたり、時系列水温データについて自己相関係数を求めた(図-5)。

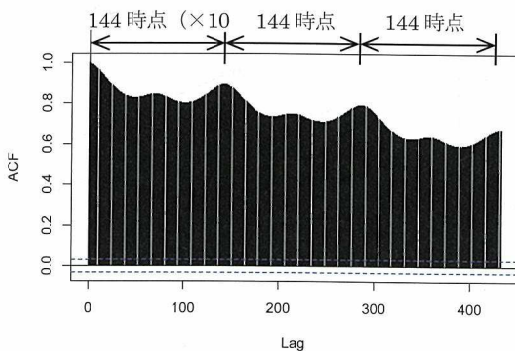


図-5 コレログラム(自己相関)の一部

図-5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)間で自己相関が高くなっており、さらにその自己相関が継続している。このことから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。

そこで周期変動値は、1日を周期と考え、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。

3) 不規則変動値は、計測水温から長期変動値と周期変動値を差し引いた値とする。

図-1の時系列水温データを成分分解し、その結果を図-6に示す。

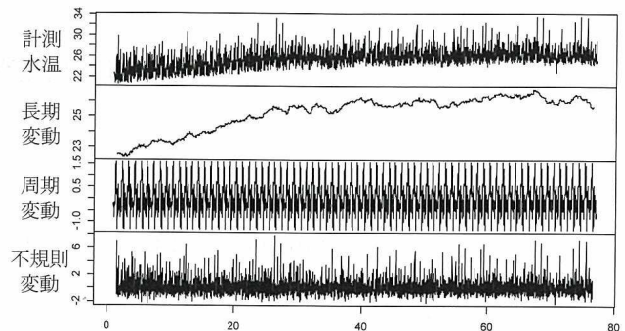


図-6 計測水温の時系列データの成分分解の例

長期変動値は、計測期間中に水温が上昇している傾向を示している。周期変動値は、周期性が確認しにくいので一部を拡大して図-7に示す。

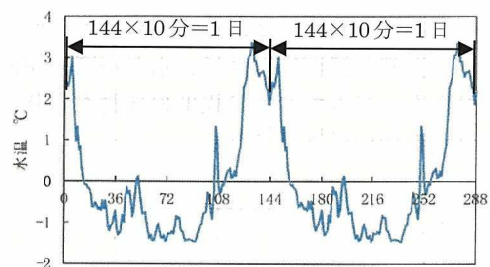


図-7 周期変動

不規則変動については、以下に詳述する。

3.2 不規則変動水温分布と晴天時と雨天時の分離

時系列水温データを成分分解した図-6の中にある不規則変動水温を図-8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°C付近を境にばらついている。図-8の不規則変動水温に雨天時の不規則変動水温を○印で付す。

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多くは、変動する水温の中に位置している。

図-8から雨天時の不規則変動水温と晴天時の不規則変動水温のそれぞれの頻度を求め、それぞれの分布を極値分布³⁾で回帰して、図-9に示す。

降雨時と晴天時の分布がわずかに左右にずれており、降雨時と晴天時の不規則変動水温を分離できることが判明した。降雨時の不規則変動水温は、晴天時より水温が低い側にずれており、これは計測期間中の雨天時は、低温の雨天時浸入水により晴天時水温より左側にずれるものと示唆される。

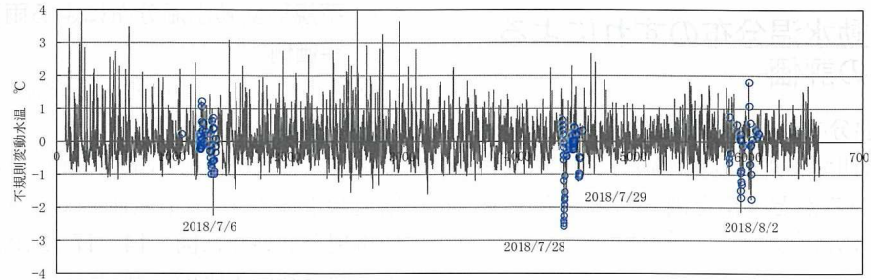


図-8 不規則変動水温と雨天時不規則水温

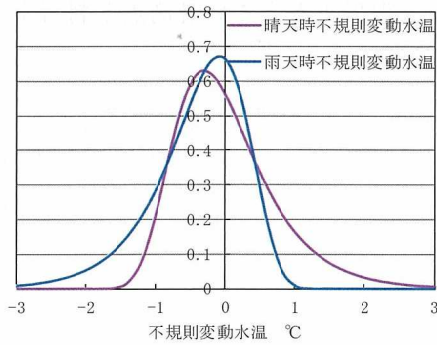


図-9 不規則変動水温分布

なお、不規則変動水温の分布は、不規則変動水温をステージスの公式によって級の幅を設定し、頻度分布を作り、この頻度分布を最大または最小極値分布が正規分布でモデル化した。どの分布でモデル化するかについては、赤池情報量規準値(AIC)の大きさで決定する。

3.3 1時間間隔の時系列データの成分分解

上記データ(2018年6月下旬~12月中旬)とは別に非超過確率値(検出力)が雨天時浸入水の影響を表しているかを実際に流量調査して検証した。非超過確率値(検出力:計測点 No.2=0.295, 計測点 No.5=0.132)の大,小の2ヵ所の計測点で2019年6月15日~7月15日にかけて流量と水温の調査を行った。

計測点 No.2の計測水温について成分分解を行い、周期変動を24(時間)として成分分解した結果を図-10に示す。

図-10の不規則変動水温のグラフに降雨時の不規則変動水温を○印で図-11に示す。不規則変動水温を雨天時と晴天時に分離し、それぞれの不規則変動水温を分布で表すと図-12となる。晴天時不規則水温と雨天時不規則水温の差は認められない。

一方、2018年度の10分間隔の時系列データの解析では、非超過確率(検出力)が0.295であり、晴天時不規則水温と雨天時不規則水温の違い(差)が大きかった。水温調査する対象面積が小さいため計測点までの流下時間が短く、降雨による水温の影響は、時間単位で影響しないと考えられる。水温データは、成分分解法で解析する上では10分間隔といった短時間の時系列データが必要となる。

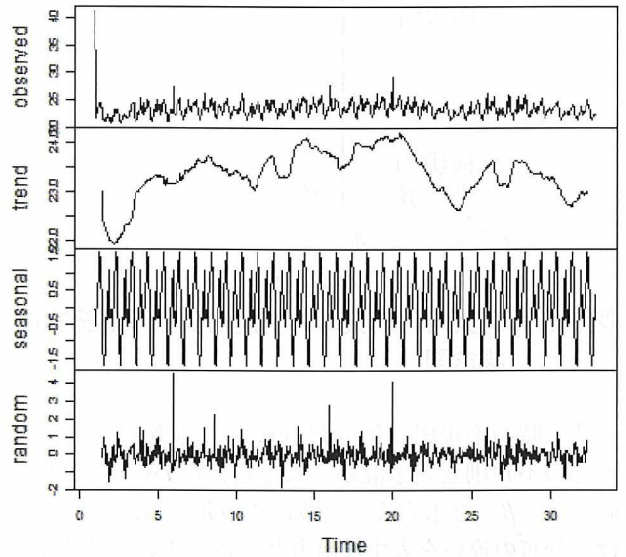


図-10 1hr 間隔の水温時系列データの成分分解の例

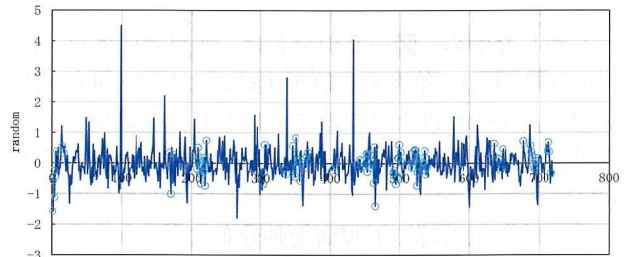


図-11 不規則変動水温の推移と降雨時の不規則変動水温

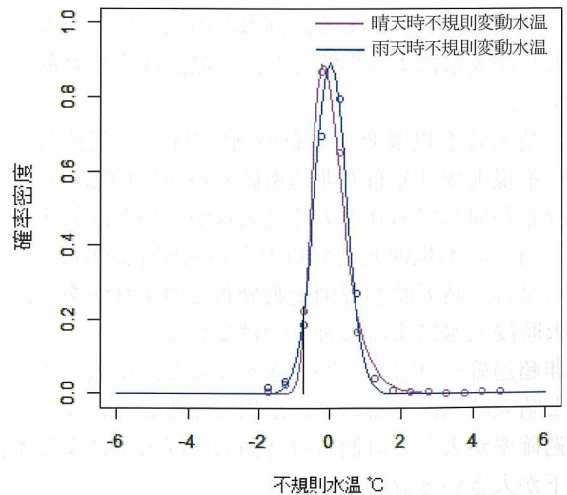


図-12 晴天時及び雨天時不規則変動水温の分布(1hr 間隔時系列データ)

4. 不規則変動水温分布のずれによる計測水温の評価

4.1 不規則変動水温分布のずれの表し方

晴天時と雨天時の間で不規則変動水温の分布が図-13のようにずれているかどうかを調べる方法として検出力という概念がある⁴⁾。

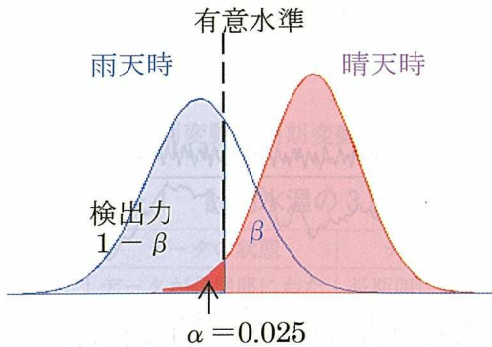


図-13 晴天時と雨天時の不規則変動水温分布の概念図

晴天時の不規則変動分布の95%下限値に対して雨天時の不規則変動水温がこれを超えない確率(非超過確率 $(1-\beta)$)を求める。一般にこの非超過確率 $(1-\beta)$ は、分布の違いを表す検出力といい、統計的には非超過確率 $(1-\beta) > 0.80$ になると二つの分布が異なると判定する。

しかしながら、図-9の分布は、非超過確率 $(1-\beta) = 0.153$ であり、筆者らの解析実績によれば、非超過確率 $(1-\beta)$ が0.8以上になることはなく、統計的には晴天時水温と雨天時水温の分布に差があるとはいえない。

晴天時と雨天時の不規則変動分布にずれがあり、雨天時の不規則変動分布が晴天時より左側に寄っている、すなわち低い温度側に寄っていると雨天時不規則変動分布の非超過確率の値は、晴天時より大となる。この非超過確率値による計測水温の水温低下をもって雨天時浸入水による影響とし、計測点間を相対的に比較する。

- i) 晴天時不規則変動分布の両側95%下限値と雨天時不規則変動分布の非超過確率が同値0.025の場合、分布が同じであり雨天時浸入水がないと評価する。
- ii) 雨天時不規則変動分布の非超過確率が0.025以上の場合、晴天時不規則変動分布とのずれがあり、雨天時浸入水による影響を受けている。

非超過確率(検出力)が大きくなると、雨天時水温分布と晴天時水温分布のずれが出てくることになり、非超過確率が大きい計測点ほど雨天時浸入水による水温低下が大きいと評価する。

4.2 不規則変動水温分布による雨天時浸入水の影響評価例

文献⁵⁾に示した不規則水温分布を例に雨天時浸入水の影響評価について示す。

晴天時と雨天時の不規則変動水温分布と晴天時不規則変動水温の95%下限値および非超過確率(検出力)の事例を高い順に図-14~17に示す。

(1) 雨天時浸入水の影響 大

非超過確率が0.533と0.025より大きく、雨天時浸入水による水温低下が大きい計測点と判断する(図-14)。

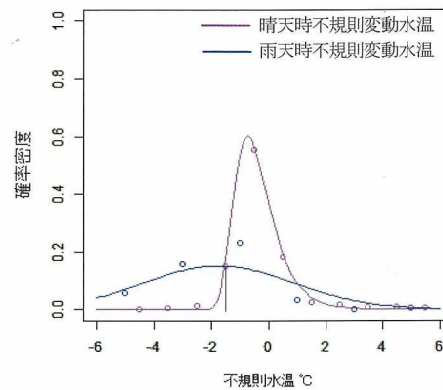


図-14 非超過確率が大の不規則変動水温分布(雨天時浸入水の影響大)

(2) 雨天時浸入水の影響 中

非超過確率が0.379と0.025より大きく、雨天時浸入水による水温低下が中程度の計測点と判断する(図-15)。

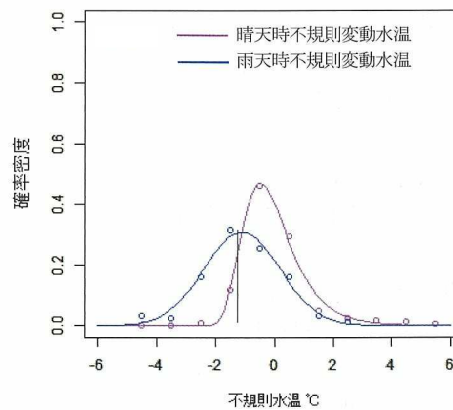


図-15 非超過確率が中の不規則変動水温分布(雨天時浸入水の影響中)

(3) 雨天時浸入水の影響 小

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、雨天時浸入水による水温低下が上記2例より少ない計測点と判断する(図-16)。

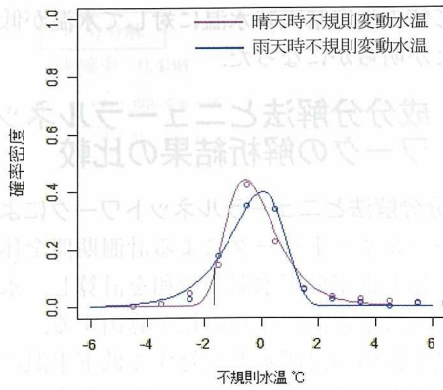


図-16 非超過確率が小の不規則変動水温分布(雨天時浸入水の影響小)

(4) 雨天時浸入水の影響無し

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、雨天時浸入水による水温低下が無い計測点と判断する(図-17)。

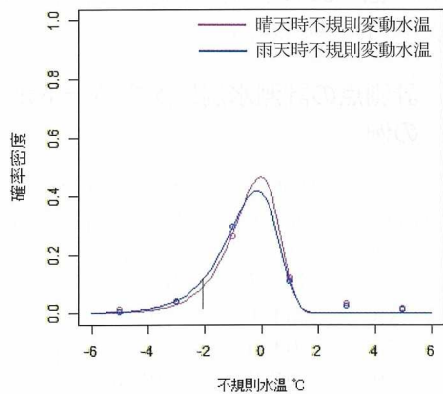


図-17 非超過確率がない不規則変動水温分布(雨天時浸入水の影響無し)

図-14~17の計測点の自治体と異なる自治体で、2018年6月下旬~12月中旬にかけて27ヵ所で計測した水温の成分分解から得られた非超過確率を使い計測点の逓加面積と非超過確率の関係を図-18に示す。

測点の逓加面積が大きくなると相対的に計測点上流

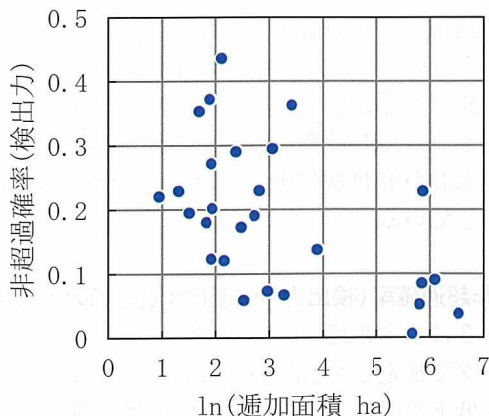


図-18 各計測点の逓加面積と非超過確率の関係

の管路長が長くなり、上流からの雨天時浸入水による水温の影響には時間遅れが生じる。その結果、雨天時浸入水による水温影響時間が長くなり、晴天時と雨天時の水温のずれも小さくなる傾向となる。逓加面積と非超過確率の関係を使って計測点間での評価方法については本稿では割愛するが、本研究での範囲では、同じ逓加面積の計測点ごとに非超過確率で評価する必要がある。

5. ニューラルネットワークによる時系列水温データの解析

5.1 ニューラルネットワーク

ニューラルネットワークの解析手法については、中根が行った時系列流量データの解析と同じ手法であり、文献³⁾に示しているので本論では割愛する。

時系列水温データについては、図-19に示す中間層1層でユニットを5個配置した構成で解析する。

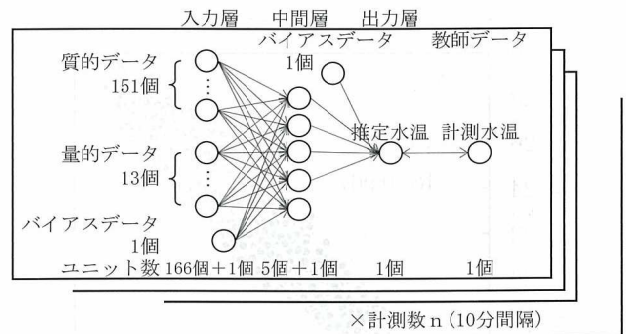


図-19 ニューラルネットワーク構成

ニューラルネットワークでは、表-2に示す質的データ、量的データを使って推定水温と計測水温がよく一致する重みを同定する。

同定した重みを使い降雨のない新たなデータを作り、再計算することにより、降雨のない、すなわち晴天時の水温(以下、推定晴天時水温という)を推定した。

表-2 教師データと入力層データ

データ項目	データ構成
教師データ	・計測水温
入力層データ：10分間隔	
質的データ	・時刻カテゴリ：144個 ^{*1} ・曜日カテゴリ：7個 ^{*2} 計 151個
量的データ	・10分降雨量データ：12個 ^{*3} ・成分分解長期変動水温：1個 計 13個
合計 164個	

*1 時刻カテゴリ：1日の水温の周期性を表す (144=24hour×60min÷10min)
*2 曜日カテゴリ：1週間の生活活動の変動を表す
*3 量的データは、対象とする計測水温の時刻を0時間として、影響のある時刻(2時間分)までさかのぼるデータ

同様の手法により、計測水温(以下、推定水温という)も推定し、この推定晴天時水温から推定水温を引いて雨天時の影響水温(以下、低下水温という)を計算する。なお、長期計測による水温変動を表すために、成分分解した長期変動水温値をデータに加えた。

$$\text{低下水温} = \text{推定晴天時水温} - \text{推定計測水温}$$

ただし、低下水温 > 0 とする。解析した実績として 2%程度が負となる。

5.2 ニューラルネットワークによる解析結果

図-18 の計測点の No. 3 を例として時系列水温データをニューラルネットワークで表-2 の説明変数を使って回帰する。推定した計測水温と計測水温の関係を図-20 に示す。

推定計測水温と計測水温の関係は、

$$\text{計測水温} = 1.0 \times \text{推定計測水温}$$

とした場合、寄与率 R^2 が 0.967 となり、よく一致している。

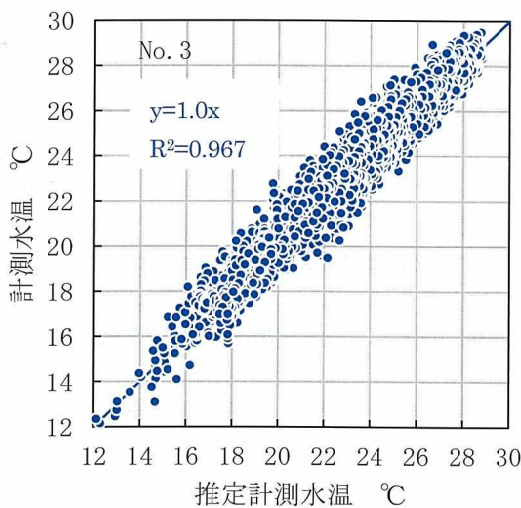


図-20 計測期間中のすべての推定計測水温と計測水温の関係

ニューラルネットワークで求めた重みを使って降雨のないデータから晴天時水温を推定し、一例として降雨日 2018 年 11 月 19 日の推定晴天時水温と推定水温の関係を図-21 に示す。推定晴天時水温に対して降雨に

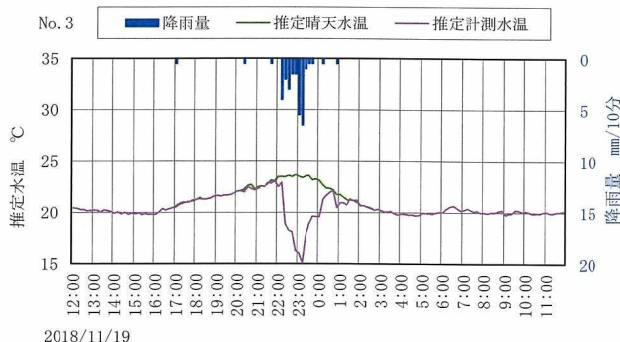


図-21 推定晴天時水温と推定計測水温の推移

より同じ値の推定晴天時水温に対して水温が低下していることが明らかになった。

6. 成分分解法とニューラルネットワークの解析結果の比較

6.1 成分分解法とニューラルネットワークによる解析

ニューラルネットワークによる計測期間全体の推定水温の総和と推定低下水温の総和を計算し、水温の総和に対する低下水温の総和の比を算出する。

計測期間中の計測水温に対する低下水温の比

$$= \frac{\text{計測期間中の低下水温の総和}}{\text{推定計測水温の総和}}$$

図-18 に示した計測点は、流下方向に直列的に複数設置した箇所や、集水面積 5~10ha 程度の単独系統の箇所がある。この中から単独系統の集水面積がほぼ同程度(5.5~8.8ha)な計測点(No. 3, 6, 7, 10, 13, 14, 15)を抽出し、ニューラルネットワークによって推定した計測期間中の計測水温に対する低下水温の比を表-3 に示す。図-20 に示す推定計測水温と計測水温の間の寄与率 R^2 を併せて示す。

表-3 計測点の計測水温に対する低下水温の比の例

計測点	追加面積 ha	成分分解	ニューラルネットワーク	
		非超過確率(検出力)	推定計測水温と計測水温の寄与率 R^2	Σ 低下水温 / Σ 推定計測水温
No. 7	8.8	0.121	0.883	0.0007
No. 6	6.3	0.180	0.951	0.0009
No. 10	7.0	0.202	0.953	0.0007
No. 15	6.9	0.272	0.928	0.0008
No. 13	5.5	0.353	0.896	0.0014
No. 14	6.7	0.372	0.961	0.0013
No. 3	8.4	0.436	0.967	0.0016

成分分解法とニューラルネットワークの出力結果の一例を図-22 に示す。図-22 の右図は、図-21 の 1 日だけの推移でなく、計測期間全データで推定した推定晴天時水温と推定計測水温の関係を示す。45 度線より下の打点が降雨により水温が低下したことを示す。

非超過確率が高い計測点 No. 3 の水温は、ニューラルネットワークでは、推定晴天時水温に対して推定水温が下側に多く分布している。雨天時と晴天時の不規則水温がほぼ同じ計測点 No. 7 では、推定晴天時水温と推定水温が 45 度線に乗っており、すなわちほぼ同じ値を示している。

6.2 非超過確率(検出力)と低下水温総和の比の関係

表-3 に示す非超過確率(検出力)とニューラルネットワークで推定した水温から求めた計測水温の総和に対する低下水温の総和の比の関係を図-23 に示す。

非超過確率(検出力)が大きくなるとこの比も大きく

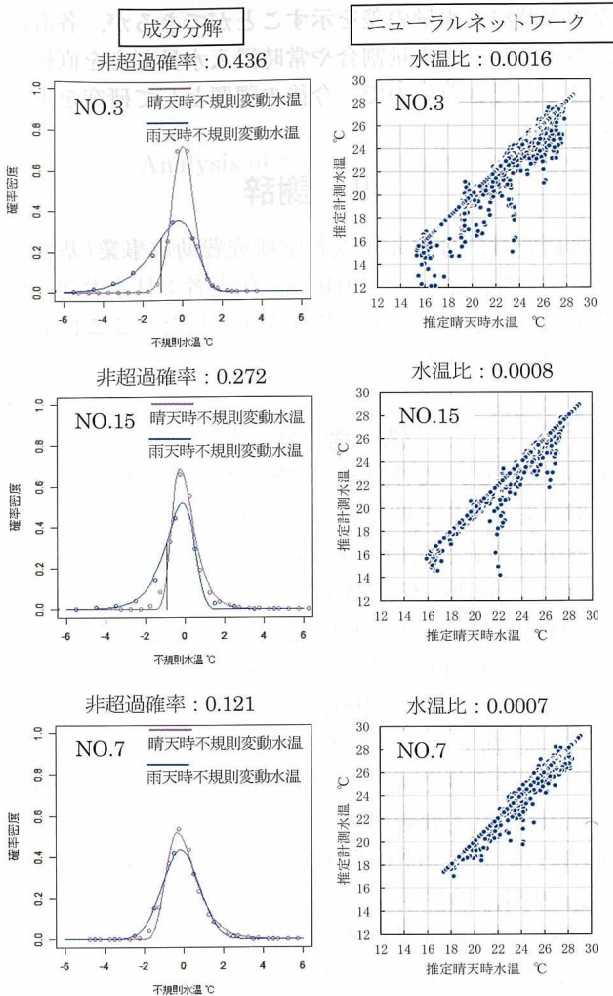


図-22 成分分解とニューラルネットワークの出力結果

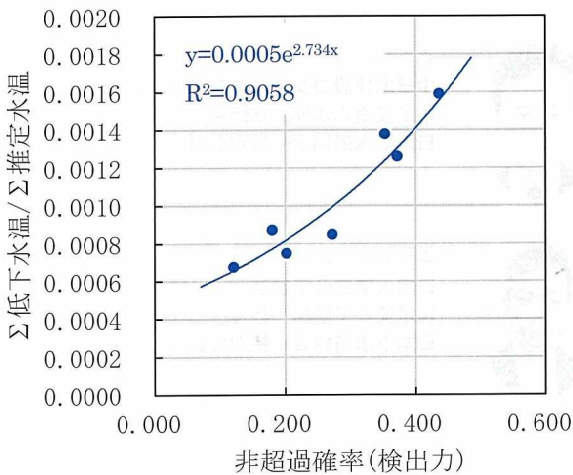


図-23 検出力(非超過確率)と計測期間中の計測水温に対する低下水温の比の関係

なり、不規則水温から推定した非超過確率が降雨による水温低下を表していると判断できる。

7. 非超過確率(検出力)とニューラルネットワークによる雨天時浸入水量割合の比較

3.3 に示した 2019 年 6 月 15 日～7 月 15 日の流量調査概要を以下に示す。

流量調査計測点：No.2(管種 HP, 口径 250)

No.5(管種 HP, 口径 250)

流量計：PB フリューム

水温の解析と同様にニューラルネットワークにより解析し、計測流量を回帰し、その重みを使い降雨量のない晴天時流量を推定した。

下式により計測期間中の雨天時浸入水量を算出し、雨天時浸入水量割合を推定した。

雨天時浸入水量 = 推定流量 - 推定晴天時流量

雨天時浸入水量割合に水温法による非超過確率を付記して、表-4 に示す。

表-4 雨天時浸入水量割合と非超過確率

	計測点 No.2	計測点 No.5	備考	
通加面積	ha	21.6	18.9	
総降雨量	mm	212	212	
総計測流量	m ³	14,855	12,323	
①総推定計測流量	m ³	14,852	12,324	
②総推定晴天時流量	m ³	13,346	11,205	
③総雨天時浸入水量	m ³	1,506	1,119	=①-②
雨天時浸入水量割合	-	0.101	0.091	=③/①
非超過確率	-	0.295	0.132	

この非超過確率(検出力)とニューラルネットワークによる雨天時浸入水量割合の関係を図-24 に示す。

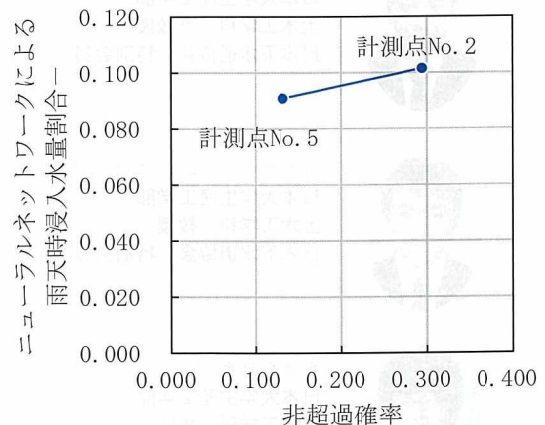


図-24 非超過確率とニューラルネットワークによる雨天時浸入水量割合の関係

非超過確率が大きい計測点 No.2 は、非超過確率が小さい計測点 No.5 より雨天時浸入水量割合は大きい結果を得た。

本研究では、2 計測点の例を示したが、非超過確率

は、雨天時浸入量割合と相関性があることが示唆される。

8. まとめ

汚水の水温を計測することにより、計測水温を晴天時と雨天時水温に分け、降雨量と雨天時水温の関係を調べたが、計測点間における差を見出すことができなかった(図-4)。

計測水温に長期的な変動と1日の時間変動があることから、成分分解という手法でそれらの変動を取り除き、不規則変動水温を抽出し、晴天時と雨天時の不規則変動水温の差を非超過確率(検出力)で表した(図-13)。

一方、計測水温をニューラルネットワークで晴天時と雨天時の水温を推定し、計測期間中の推定水温の総和と推定低下水温の比と非超過確率の関係を示すことにより、非超過確率の値が雨天時浸入水による水温低下を表していることを示した(図-23)。

また、2例ではあるが、実際に流量を計測することにより、同様にニューラルネットワークで晴天時と雨天時浸入水量を推定し、雨天時浸入水量割合を計算し、非超過確率と雨天時浸入水量割合に相関性があることを示した(図-24)。

これらのことから、水温を計測することにより、雨天時浸入水量の影響を水温低下で評価でき、非超過確率(検出力)を評価指標値とし計測点間の相対的な比較に利用することとした。

本稿の非超過確率による評価は、計測点間の相対的

な雨天時浸入水量の差を示すことができるが、各計測点の雨天時浸入水量割合や常時浸入水量割合を直接示すことができないので、今後の課題として研究を進める。

9. 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, 長谷川孝, 高橋岩仁, 保坂成司, 仙波不二夫, 森田弘昭: 管路内下水温の連続測定による不明水調査手法の実用化研究, 環境技術, VOL. 46 NO. 5, pp.262-271, 2017.
- 2) 材料強度確率モデル研究会編: 材料強度の統計的性質-各種材料強度データの分布特性-, 株式会社養賢堂, pp.59-61, 1992.
- 3) 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, Vol. 45, pp.162-169, 2008.
- 4) J.C. ミラー, 村上正康訳: 統計学の基礎, 培風館, pp.59-61, 1997.
- 5) 堀田 孝行, 中根 進: 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, 第56回下水道研究発表会講演集, pp.722-724, 2019.

(R2. 2. 13 受付)



* (さとう かつみ)
日本大学生産工学部
土木工学科 准教授
日本下水道協会 特別会員



** (なかね すすむ)
中日本建設コンサルタント株式会社
水工技術本本部 技師長
日本下水道協会 特別会員



*** (たかはし いわひと)
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)
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)
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

A b s t r a c t

Analysis of Sewage Volume by Decomposition of Time Series Water Temperature Data

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

Based on the characteristics of the measured water temperature by the water temperature method, which is one of the methods for infiltration and inflow, the water temperature measured using the moving average method was decomposed. And the decomposed water temperature was divided into fine weather water temperature and rainy weather water temperature. The difference in water temperature distribution between fine weather and rainy weather is expressed as a non-excess probability (power of detection), and this probability can be used as an index to evaluate the effect of infiltration of storm-water between sewage water. By using a neural network to estimate the water temperature drop due to rainfall in the measured water temperature, and then analyze the ratio of the total water temperature drop due to rainfall to the total water temperature measured during the measurement period. It was confirmed that the non-exceedance probability represents the decrease in water temperature due to rainfall. Then we conducted a flow rate survey at some water temperature measurement points. And also estimated the infiltration of storm-water ratio (= total infiltration of storm-water rate/total flow rate) using a neural network, and confirmed that there was a correlation with the non-excess probability. Therefore, by using a neural network, it was confirmed that the non-excess probability expresses the infiltration of storm-water ratio.