

降水量と河川水位の関係の可視化

理学専攻 情報科学コース 2340665 田中 悠来 (指導教員：伊藤 貴之)

1 はじめに

降水量と河川水位の関係は、洪水予測や水資源管理において非常に重要である。特に水位上昇に対する洪水予測システム構築に欠かせない要素となる。多くの場合、降水量が増加すると、河川水位は遅れて上昇し、これを正確に予測することが洪水発生リスクを減少させるための重要な要素である。

現在、降水量と河川水位データは主に地図上に可視化する手法が用いられている [1][2] が、既存手法では、複数地点や期間におけるデータを一度に可視化することが難しい場合が多い。

本論文では、二色塗り分けスパークラインと散布図を活用する手法を提案する。画面の縦方向で河川の上流から下流への流れを、横方向で支流などの接続構造を模したグラフを構成し、そのノードとなる観測所に一定期間における降水量と河川水位のデータをプロットした二色塗り分けスパークラインを配置することで、多くの観測地点におけるデータを河川の流れに注目して、可視化することを実現する。また、散布図を活用することで、多くの期間のデータを同時に比較することが難しいという二色塗り分けスパークラインによる可視化の問題点を解消した。

2 提案手法

2.1 降水量データの補間

一般的に降水量データは気象庁のアメダスによって観測されているのに対して、河川水位データは国土交通省所管の各自治体の整備局の河川部の管理する水位計によって観測されている。その結果、降水量データと河川水位データは異なる位置で計測される。そこで、河川水位観測地点における降水量を補間により求める。具体的には、3箇所の降水量観測地点 p_0, p_1, p_2 に囲まれた河川水位観測地点 p における降水量を、3角形要素内の線形補間で求める。

2.2 散布図行列

本論文では、複数の期間における降水量と河川水位の関係を観察し、その傾向を比較するために、散布図行列を適用する。具体的には、同一観測所における複数の期間の降水量と河川水位の関係に関するデータを用いる。そして、以下の5つの変数のうち任意の2変数を適用して各散布図を描画する。

- **水位差** (図中では Water level difference)
最大水位から最小水位を引いた値 (メートル)
- **水位上昇までの時間差** (図中では Time difference until water level rises)
3時間雨量が最大になる時間から最大水位になるまでの時間 (分)

- **水位が下がるまでの時間差** (図中では Time difference until water level recedes)
3時間雨量が最大になる時間から水位が雨の降り始める前の値にもどるまでの時間 (分)
- **最大雨量** (図中では Maximum rainfall)
3時間雨量の最大値 (ミリメートル)
- **降雨時間** (図中では Rainfall duration)
もっとも長く雨が降り続けた時間 (分)

2.3 クラスタリング

2.2節で示した5つの変数に正規化を適用した後に、複数の期間に対して、k-means法によるクラスタリングを適用する。クラスタリングにより、類似したパターンを持つ期間のクラスタが散布図行列にてどのように分布するかを可視化できる。これにより、異なる期間におけるデータの傾向が一致するかどうかを分析し、傾向のパターンを分類することができる。将来的には、現時点の降雨パターンと類似した過去のデータを使用することで、洪水の可能性を予測することが期待される。また、エルボー法とシルエットスコアを併用して、最適なクラスタ数を決定する。

2.4 二色塗り分けスパークライン

河川水位観測地点における河川水位データと、補間で求めた降水量データの表示方法として、本手法では二色擬似カラー表示を採用する。

河川水位データには線形スケール表示を適用する。各色が示す値の幅は一定であるため、読み取り精度も一定となる。それに対して降水量データには、少ない色数で広い数値幅に対応できるLogスケールを適用する。Logスケールを利用することで、稀にしか登場しない値の大きなデータにつぶされて、平常時の小さなデータの変化が読み取りづらくなる、という問題が生じるのを防ぐことができる。

2.5 動的時間伸縮法を利用したスパークラインの数の調整

複数の観測地点における時系列データの類似度の算出方法として、動的時間伸縮法 (DTW) を採用した処理について論じる。DTWは2つの時系列データの各点の距離を総当たりで求めて、2つの時系列が最短となるパスを特定する。そして、2つの時系列データ間の各対応点間の距離を求め、その合計値をDTW距離とする。DTW距離に近い波形は類似度が高く、距離が遠い波形は類似度が低いと考える。

類似度を算出する2つの時系列データを $S = s_1, s_2 \dots s_m$ および $T = t_1, t_2 \dots t_n$ とし、2つの時系列データにおける各点を結んだワーキングパスを

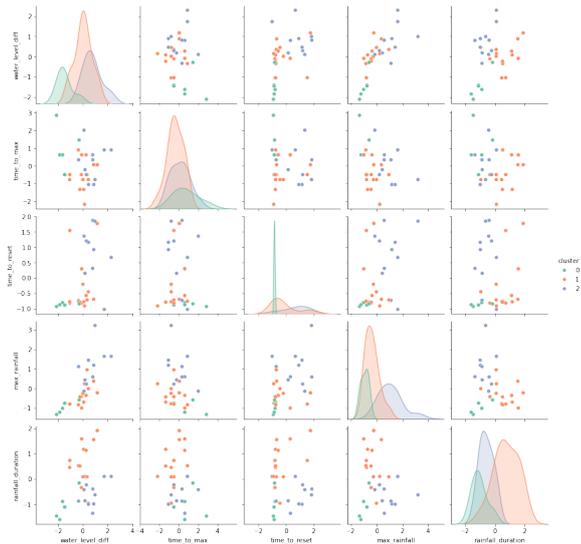


図 1: クラスタリング結果の描画

$W = w_1, w_2 \dots w_k$ と設定する. 各要素の距離 $\delta(i, j) = |s_i - t_j|$ と定義すると, DTW 距離は以下の式で求める.

$$DTW(S, T) = \min_W \sum_{k=1}^P \delta(w_k) \quad (1)$$

2.6 散布図行列と二色塗り分けスパークラインの併用

散布図行列で示された傾向にもとづき, 特徴的または代表的な期間をユーザが選択し, 二色塗り分けスパークラインを使用して各観測地点における降水後の水位の時間的な変化や個別の特性を詳細に確認する.

3 実行例

3.1 使用したデータ

本章では, 気象庁によって新潟県 43 箇所, 長野県 46 箇所の計 89 箇所において観測された 10 分ごとの降水量データおよび, 新潟県と長野県の河川部によって信濃川水系において観測された 1 時間ごとの河川水位データを適用した結果を示す. 本論文では, 2000 年 1 月から 2024 年 10 月までの間に, 過去最大水位を記録した上位 10 期間および, 新潟県で災害を引き起こした事例のうち, 降水起因の事例を抽出した計 40 期間におけるデータを使用する.

3.2 クラスタリング

3.1 節に示したデータに正規化を適用した後に, k-means 法を用いてクラス数 3 でクラスタリングを適用した結果を図 1 に示す.

- 雨量が最大になってから水位が最大になるまでの時間
- 最大雨量

の 2 変数において, クラスタリングの結果が良好であるため, 異なる期間のデータの分類に活用可能である.

3.3 二色塗り分けスパークラインの配置

計 28 箇所の降水量データと河川水位データを描画し

た二色塗り分けスパークラインを, 河川の流れてに沿って配置する. ここで,

- 河川本流に設置された観測所におけるデータのみを表示する.
- 全観測所におけるデータを表示する.
- 全観測所におけるデータの中から, 類似度の高いデータ (2 カ所の水位データに関する DTW 距離の合計が閾値より小さい場合) にはどちらか一方のみのデータを表示する.

の 3 つのモードをユーザが選択可能とする. これにより表示する情報量を調整することで, ユーザが求める情報を適切に読みとることができる. 信濃川における降水量と河川水位の関係を可視化し, 全観測所におけるデータを表示することで, 以下の情報を読みとることができた.

- 下流になるにつれて, いったん河川水位が上昇した後に, 水位が低下するまで時間がかかる傾向にある.
- 信濃川本流においては, 降水量が増加してから, 河川水位が上昇するまでに時間差が発生する傾向にあるものの, 支流である魚野川 (登川) と三国川においては, その時間差がほとんど確認されない.

4 まとめ

本論文では, 降水量と河川水位の関係を可視化するために, 二色塗り分けスパークラインと散布図を活用した新たな手法を提案した. 二色塗り分けスパークラインは, 時間的な変動と河川に沿った位置的関係を直感的に把握するために使用し, 散布図は複数期間における降水量と水位の変動パターンを簡潔に比較する. また, 本手法を信濃川水系のデータに適用し, その有用性を示した.

謝辞: 学会発表時の共著者として, 議論およびご指導いただいた, ウィーン工科大学の, Renata Raidou 助教授, Eduard Gröller 教授, Angeliki Grammatikaki 氏, Henry Ehlers 氏および, 本研究にあたり, 二色塗り分けスパークラインについてご助言いただいた東京農工大学の齋藤隆文教授, 気象データの近似算出等についてご助言いただいたお茶の水女子大学の神山翼講師に感謝の意を表す.

参考文献

[1] S. Yagi, T. Itoh, M. Kurokawa, Y. Izu, T. Yoneyama, T. Kohara, Data Layout and Level-of-Detail Control for Flood Data Visualization upon Maps, IIEEJ Transactions on Image Electronics and Visual Computing, Vol. 3, No. 2, pp. 101-113, 2015.

[2] Ibrahim Demir, Witold F. Krajewski, Towards an integrated Flood Information System: Centralized data access, analysis, and visualization, Environmental Modelling & Software, Vol. 50, Pages 77-84, 2013.