

地図上の水防災データ可視化における画面配置と詳細度制御

八木 佐也香[†] 伊藤 貴之[†] 黒川 真由美[‡] 伊豆 裕一[‡] 米山 貴久[‡] 小原 隆志[‡]

[†]お茶の水女子大学理学部情報科学科 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

[‡]株式会社東芝 デザインセンター 〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1

E-mail: [†] {sayaka, itot}@itolab.is.ocha.ac.jp,

[‡] {mayumi.kurokawa, yuuichi.izu, takahisa.yoneyama, takashi.kohara}@toshiba.co.jp

あらまし 局地的集中豪雨などの被害対策として、水防災情報の表示、および過去の危険時の数値情報（降水量、河川水位など）の分析が重要である。その際、単純な降雨量と水位の依存関係だけではなく、地理的分布や地形の特徴などの影響による知見が得られれば、より複合的な警告が可能になると考えられる。そこで本報告では、水防災データを地図上に可視化する一手法を提案する。本手法では、地図上に詳細情報を表示する矩形を選択的に配置する。また、カラーバーによる詳細表示と折れ線グラフを用いた詳細表示の2種類の画面表示モードを選択・切替が可能である。これにより、ユーザは数日間の数値情報の時間変化を広域と局所を切り替えつつ観察できる。

キーワード 可視化, 水防災データ, 地図, 詳細度制御

Layout and Level-of-Detail Control for Flood Data Visualization upon Maps

Sayaka YAGI[†] Takayuki ITOH[†]

Mayumi KUROKAWA[‡] Yuuichi IZU[‡] Takahisa YONEYAMA[‡] and Takashi KOHARA[‡]

[†] Department of Information Sciences, Ochanomizu University 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8610 Japan

[‡] Toshiba Corporation, Principal Office 1-1, Shibaura 1-Chome, Minato-ku, Tokyo, 105-8001 Japan

E-mail: [†] {sayaka, itot}@itolab.is.ocha.ac.jp,

[‡] {mayumi.kurokawa, yuuichi.izu, takahisa.yoneyama, takashi.kohara}@toshiba.co.jp

1. はじめに

近年の局地的集中豪雨などの被害対策として、水防災データの表示、および過去の危険時の数値情報（降水量、河川水位など）の分析が重要である。その際、単純な降雨量と水位の依存関係だけではなく、地理的分布や地形の特徴などの影響による知見が得られれば、より複合的な警告が可能になると考えられる。そこで本報告では水防災データを地図上に可視化する一手法を提案する。

水防災データの可視化に際して、我々は以下の要件を満たす可視化システムの開発を考えた。

- 水位、流量などの河川に関する数値情報と降雨量の複合的な可視化の実現。
- 数日単位の長期間の豪雨等における時間変化を読み取れる機能の搭載。
- 広域表示と局所表示の切り替え。
- 多数の地点の中から危険度の高い地点に注目し

やすい表示方法の実現。

これらを踏まえて本手法では、各地点における計測値の詳細情報を選択的に地図上に配置することで、地理的特徴と関連付けながら多数の数値情報を表示する。また、本手法では詳細表示にカラーバーと折れ線グラフの2種類を用いる。折れ線グラフによる表示は、局所的な数値変化を読み取りやすい。一方、カラーバーによる表示は、広域を表示した際に特徴的な値を示す地点や時間に注目しやすい。これらの画面表示モードを切り替えることで、数日間にわたる時間変化を広域と局所を切り替えつつ、複数の表示方法を用いて観察することができる。

2. 関連研究

地図上での数値情報等の可視化手法は、既に多数発表されている。Lundblad ら[1]は道路気象情報を地図上に可視化し、結果を通信するアプリケーションを提案している。Speckmann ら[2]は地理的な統計値を示すシ

ンボルを地図の周囲に円形に並べて表示することで、地理的特徴を保持しつつ、シンボル同士の重なりを回避している。気象に関係ある可視化として、Sanyalら[3]は従来用いられている spaghetti plots と合わせて、地図上に重ねて表示したグリフとリボンにより、気象変数の集合の不確かさを可視化している。このうちグリフによる可視化は、多数の要素の中から不確かさの小さいものに着目しやすくなっている。また、地図上の多数の spaghetti plots から範囲を指定・選択することで、局所的な温度等の変化を読み取ることができる。ただし、この手法は防災などの警告目的に特化していない。

3. 提案手法

本手法で用いるデータは、位置情報（緯度・経度）を有する多数の観測所において、降水量・水位などの時系列数値情報を有することを前提とする。

本手法では画面の左側に対象地域の地図画像を表示し、その上に河川を近似した折れ線と矩形の詳細情報欄を重ねて表示する。詳細情報欄には一地点における時系列数値情報を表示する。なお、現段階では茶色の矩形で降水量、紺色の矩形で水位を示している。この地図表示エリアはマウス操作に応じて、拡大縮小・平行移動が可能である。また、ユーザはタブをクリックすることで2種類の画面表示モードを切り替えることができる。

3.1. 河川の描画

水位の各観測所について緯度・経度を地図上にプロットし（この点を理想位置と定義する）、それらを河川の連結に基づいて直線で結ぶ。現段階では単色の折れ線として描画しているが、今後はこの河川上に色や矢印等で情報を付与することを想定している。

3.2. 地図上の詳細表示の配置最適化機能

本手法ではユーザの拡大縮小や平行移動の操作に合わせて、詳細情報欄の最適な位置をその都度再計算する。このとき単に各々の理想位置を基準とし、その付近に配置させようとすると、微小な操作であっても詳細情報欄の位置が急激に変化することがあり、ユーザの混乱を招く恐れがある。そのため、理想位置と拡大縮小・平行移動操作を行う直前の配置位置との中点（この点を基準点とする）を算出する操作を繰り返し、基準点に近くなるように操作後の配置位置を決定する。

また、地図上に詳細情報欄を重ねて表示する際、単に各々に付与された緯度・経度情報に基づいて配置すると、矩形同士の重なりや河川と矩形との重なりが発生し、可読性や操作性の減少につながる。そこで本手法では、以下の重なり回避処理を適用する。

1. 地図表示画面を格子状に分割し、河川を近似した折れ線を重ねる。折れ線が通っている領域を

詳細情報欄の配置先候補から除外する。

2. 詳細情報欄の配置順を定義する。（現時点の我々の実装では水系ごとに上流から下流の順）
3. 格子上の基準点（緯度・経度に基づいた位置）の近くに、詳細情報欄を配置可能な一定面積の矩形を探し、見つければそこに配置する。既に詳細情報欄のある領域は配置先候補から除く。
4. 理想位置と詳細情報欄の中心を線で結ぶ。

3.3. タイムラインと折れ線グラフによる詳細表示

詳細表示欄に折れ線グラフを用いた表示例を図1に示す。左側の地図表示画面には、詳細情報として降水量および水位変化の折れ線グラフを表示した矩形を配置する。右側はタイムラインエリアとし、横軸で時刻を表し、雨量および水位ごとに1つの観測所を1本のバーとして各観測所を縦に配置する。このとき河川の水位には上流から下流へという依存関係があるため、それによって支流ごとに並び順を決定する。また、色相で降水量および水位の数値情報を表す。具体的には、観測所ごとに危険水位（洪水警報発令の目安となる避難判断水位を使用）との相対値を基に算出しており、赤色に近いほど危険水位に近く、青色に近いものほど水位が低いことを示す。

この表示方法によって、降水量および水位の細かな数値情報の時間的な変化を読み取ることができる。さらにタイムラインを観察することにより、降水量・水位間の変化の依存関係を読み取ることが容易になる。ただし、折れ線グラフを読み取るためには、個々の矩形に一定以上の大きさが必要となる。そのため非常に多くの観測所を同時に表示した場合には、地図の大部分が矩形に覆われ、可読性が低下する恐れがある。この問題点を解消するために、3.3節の表示方法を提案する。

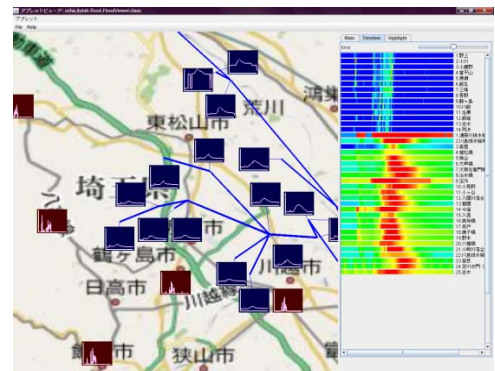


図1：詳細表示に折れ線グラフを用いた表示例

3.4. カラーバーによる詳細表示

地図上の詳細情報欄に、折れ線グラフの代わりにカラーバーを用いた表示例を図2に示す。矩形上のカラーバーの明度で降水量または水位の数値情報、色相で日時を表す。また右側のグラデーション表示は色相と

日時の対応関係を示す。図2からもわかるように、カラーバーは折れ線グラフよりも小さな矩形で表示した場合においても、十分な可読性を得ることができる。ゆえにカラーバーによる表示は、3.2節で議論した問題点の解消につながると考えられる。

この表示方法により、ユーザはまずカラーバーの明るい部分に目が届くはずである。それにより、重要度の高い（降雨量または水位の数値が大きい）観測所に着目し、さらにその色相から重要度の高い日時を知ることが容易になる。

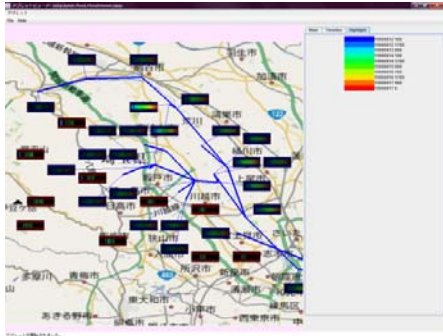


図2：詳細表示にカラーバーを用いた表示例

具体的な色算出の手順は以下の通りである。まず時刻 t の値を表現する幅 a_i を、明度 B から重みづけする以下の式によって算出する。

$$\begin{cases} a_i = 3.0B + 0.5 & (1) \\ B = \frac{v_t - v_{\min}}{v_{\max} - v_{\min}} & (2) \end{cases}$$

ここで v_t は時刻 t のときの降雨量または水位を、 v_{\max} 、 v_{\min} はそれぞれ降雨量または水位の全観測所の最大値、最小値を表す。

こうして算出した a_i をもとに、カラーバーを描画する際に時刻 t が横軸上に占める幅 w_t を算出する。

$$w_t = \frac{a_i}{\sum a_i} \times (x_{\max} - x_{\min}) \quad (3)$$

ここで x_{\max} 、 x_{\min} はそれぞれカラーバーの x 座標の最大値と最小値を表す。

そしてカラーバーの左端点 x_0 、右端点 x_1 を以下のように設定する。

$$\begin{cases} x_0 = x_{\min} & (4) \\ x_1 = x_{\min} + \sum w_t & (5) \end{cases}$$

これらの処理によってカラーバーの明度に対して詳細制御を行うことで、明度の高い部分すなわち重要度の高い時間帯の見落としを防ぐことができる。

4. 適用事例

今回用いたデータはインターネット上の「国土交通省 水文水質データベース」[4]に公開されているものである。[4]には観測所ごとに、水系名、河川名、所在地、緯度・経度などの情報と、降雨量、水位、流量、水質などの数値が記載されている。

4.1. 1999年の熱帯低気圧による豪雨被害

我々は、1999年8月12～17日の熱帯低気圧による豪雨被害のあった埼玉県荒川水系（雨量観測所14箇所、水位観測所25箇所）について可視化を実施した。

図3はカラーバーによる詳細表示を用いて、すべての観測所を表示させた例である。まず水位について、上方の明るく表示されている観測所を中心に、河川に沿って、周辺で長時間にわたって高い値を観測していることがわかる。続いて降雨量について、オレンジ色で囲まれた観測所においては降雨が比較的長時間に及んでいるのに対し、桃色で囲まれた観測所においては短時間であるなど、地域による降り方の違いが観察できる。また、興味深い点として、破線で囲まれた観測所においては長時間に及ぶ降雨の前に青の縦線で示された短時間の降雨が見られるということがある。このようにまずカラーバーを使って全体を俯瞰することにより、特徴的な観測所に着目することができる。そして着目した観測所を拡大表示し、折れ線グラフおよびタイムライン表示に切り替えることで、より正確に局所的な数値情報を読み取ることができる。



図3：実行結果（カラーバーによる詳細表示）

図4はタイムラインエリアを表示したものである。上が降水量、下が水位を示し、水位は支流ごとに上流から下流の順で並んでいる。この例において、まず全体的に上部の降雨の影響で少し遅れて水位が上昇していること、上流から下流へ向かって徐々に水位が変化していることが観察できる。また円で囲まれた短時間の降雨について、水位への影響に差があることがわかる。

さらに着目すべき点として、水位が上昇した後すぐに下がっている箇所となかなか下がらない箇所があることが観察できる。このとき、後者においては数時間

後に再び降雨があった場合には危険度が高いと考えられる。また観測所(1)と(2)について、他に比べて特に数値が大きく、長時間水位が上昇した状態が持続するという共通した変化をしていることがわかる。これらは支流が異なるため離れて表示されているが、水門でつながっており高い関連性がある。このような観測所については、地図上の配置や折れ線グラフによる詳細表示を用いることにより、タイムラインエリアの並び順からでは観察できない関連性を読み取ることが容易になる。さらに(3)は下流の観測所であるにもかかわらず、他の観測所に比べ水位の上昇が早く始まっていることも読み取れる。

このように一定の順番で並べたタイムラインで観測所全体を観察することで、地図上に点在する詳細情報の矩形からだけでは発見しづらい特徴をとらえることができる。また逆にタイムラインを見るだけではわからない地理的特徴による影響も、地図上の詳細情報と照らし合わせることで発見しやすくなる。

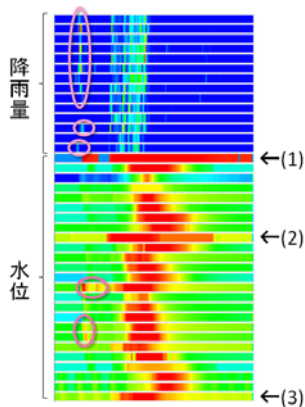


図 4：実行結果 1(タイムライン)

4.2. 2000 年の台風 3 号による豪雨被害

4.1 節と同地域（雨量観測所 14 箇所，水位観測所 28 箇所）について，2000 年 7 月 2～9 日の台風 3 号による被害を適用した例を図 5 に示す。図 5 はカラーバーによる詳細表示，図 6 はタイムラインを用いた例である。図中の数字はそれぞれの表示における観測所の対応を示している。

図 5 の円で囲まれた観測所においては，長時間にわたって水位が上昇していることが観察でき，図 6 のタイムラインと照らし合わせると，オレンジから赤で示される高い値が数日間に及んでいることがわかる。また図 5 において，その他の観測所では全体的に黄色が目立つ結果となっている。この黄色は 7 月 8 日を示しており，図 6 s の灰色の枠で囲んだ部分から，たしかにその日時で高い値を示す観測所が多数あることが観察できる。

このように，カラーバーを日時で色分けしていることにより，地図表示のみで重要度の高い地点や日時を

知ることができる。



図 5：実行結果 2（カラーバーによる詳細表示）

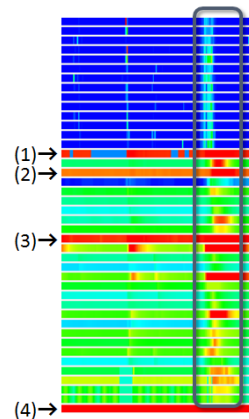


図 6：実行結果 2（タイムライン）

5. まとめ

本報告では，多数の観測所からなる水防災データを地図上に可視化する一手法を提案した。なお，本手法は水防の専門家が過去の事例を分析し，雨量・水位・流量・流速などの数値から意外な関連性を発見するという使い方を想定している。これにより，水位変化をより複合的に予測し，警告を出すことが可能になると考えられる。

今後の課題として，流量データを適用するとともに以下に取り組みたい。

- 地図上における数値情報の表示方法の検討
 - 詳細情報欄配置の探索の実用的な優先順位付け
- 地図上における数値情報の表示として，現在は雨量・水位ともに詳細情報欄の背景の色分けのみで，同一の形式をとっている。そのため，水位や流量など河川上の各地点における数値情報については，河川上に色や矢印を重ねることで表示するなど，ユーザの視覚認知を高める表示方法を検討したい。詳細情報欄配置の探索については，現段階では単に河川水系の上流から下流という順で行っているが，危険度の高い地点や自宅周辺などから自動選択的に表示するなど，より実用的

な優先順位付けを目指す。

参 考 文 献

- [1] P. Lundblad, J. Thoursie, M. Jern, Swedish Road Weather Visualization, 14th International Conference Information Visualization, 313-321, 2010.
- [2] B. Speckmann, K. Verbeek, Necklace Maps, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, 16(6), 881-889, 2010.
- [3] J. Sanyal, et al., Noodles: A Tool for Visualization of Numerical Weather Model Ensemble Uncertainty, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, 16(6), 1421-1430, 2010.
- [4] 「国土交通省 水文水質データベース」
<http://www1.river.go.jp/>