

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

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

八木 佐也香^{*1} 伊藤 貴之^{*1} 黒川 真由美^{*2} 伊豆 裕一^{*2} 米山 貴久^{*2} 小原 隆志^{*2}
 Sayaka Yagi Takayuki Itoh Mayumi Kurokawa Yuuichi Izu Takahisa Yoneyama Takashi Kohara

^{*1} お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 Ochanomizu University Graduate School of Humanities and Sciences
^{*2} 株式会社東芝デザインセンター Design Center, Toshiba Corporation Principal Office

Analysis of weather and water level is very important to protect our inhabitable area from the damages of floods. Visualization of numeric information related to the weather and water level is also important to analyze, monitor, and alert the danger. Here, we think it is important to geographically represent such numeric information, so that we can realize combinational analysis of multivariate numeric information and its geographic distribution. This paper introduces our prototype software for visualization of flood data including river stage and precipitation amount on the map. This software adequately and quickly places rectangles which represents numeric information according to users' interaction. Our implementation provides two types of representation of the numeric information: polyline charts and color bars. Users can switch the two types according to their preferences, usages, and characteristics of datasets. This paper introduces two use cases of the software that demonstrates the effectiveness of the software.

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(降雨量、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 2010]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。しかし、この手法においては、地図上に表示されている情報から直接時間変

化を読み取ることはできない。Sanyal らの Noodles[Sanyal 2010]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。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。

矩形を画面の上に配置する問題は、データ要素の画面上での重なりを回避する問題として、広く研究されている[Fekete 1999]。中でも、地図上に情報を配置する問題は、地理的な関連性という制約があるためより複雑となるが、これについても様々な手法が提案されている[Skupin 2002]。最近発表されたものとして、Speckmann らの Necklace Maps [Speckmann 2010]では、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。

3. 提案手法

水防災に関する情報は、数値的性質を考慮すると以下の2種類に分類されると考えられる。

数値 1:水位・流量など、河川に関連する数値

数値 2:降雨量など、気象に関連する数値

本手法で用いるデータは、これらの数値情報を用いた以下の構造を有することを前提とする。

- $D=\{R,W\}$, ここで D は全データセット、 R は数値 1 の情報、 W は数値 2 の情報を示す。
- $R=\{r_1, \dots, r_m\}$, ここで r_i は数値 1 を有する i 番目の観測所、 m は観測所数を示す。
- $W=\{w_1, \dots, w_l\}$, ここで w_i は数値 2 を有する i 番目の観測所、 l は観測所数を示す。
- $r_i=\{r_{i1}, \dots, r_{in}, h_i, u_i, v_i\}$, ここで r_{ij} は i 番目の観測所の時刻 j における数値、 n は対象とする時刻数、 h_i は r_i の危険水位(洪水警報発令の目安となる避難判断水位を使用)、 u_i は r_i の経度、 v_i は r_i の緯度を示す。
- $w_i=\{w_{i1}, \dots, w_{in}, u_i, v_i\}$, ここで w_{ij} は i 番目の観測所の時刻 j における数値、 n は対象とする時刻数、 u_i は w_i の経度、 v_i は w_i の緯度を示す。

連絡先: 八木 佐也香, お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科, 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1, sayaka@itolab.is.ocha.ac.jp

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雨量、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 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、詳細情報として降雨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、タイムラインの色相で降雨量および水位の数値情報を表す。

折れ線グラフの形状とタイムラインの色算出は以下の手順に従う。まず全観測所における降雨量の最大値 w_{max} を算出する。続いてその時点の水位 r_{ij} および降雨量 w_{ij} を、以下の式から求める。なお、水位については、観測所ごとに危険水位 h_i との相対値を用いている。

$$r_{ij}' = r_{ij} / h_i, \quad r_{ij}' = 1 \ (r_{ij}' > 1 \text{ のとき}) \quad (1)$$

$$w_{ij}' = w_{ij} / w_{max}, \quad w_{ij}' = 1 \ (w_{ij}' > 1 \text{ のとき}) \quad (2)$$

これらの式に従い、各時刻の r_{ij}' または w_{ij}' から折れ線グラフの高さおよびタイムラインの色相を算出し、青から赤の色を割り当てる。よって、 r_{ij}' または w_{ij}' が 1.0 に近いほど赤、0.0 に近いほど青に置き換えられる。

この表示方法によって、ユーザは降雨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、降雨量・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。この問題を解消するために、3.2節の表示方法を提案する。

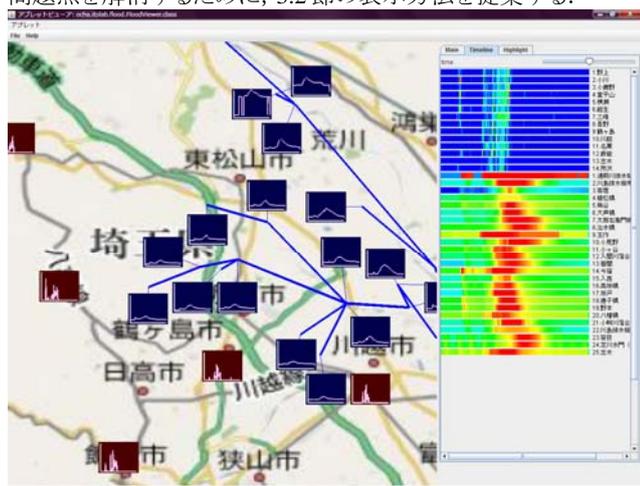


図1: 詳細表示に折れ線グラフを用いた表示例

3.2 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雨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。

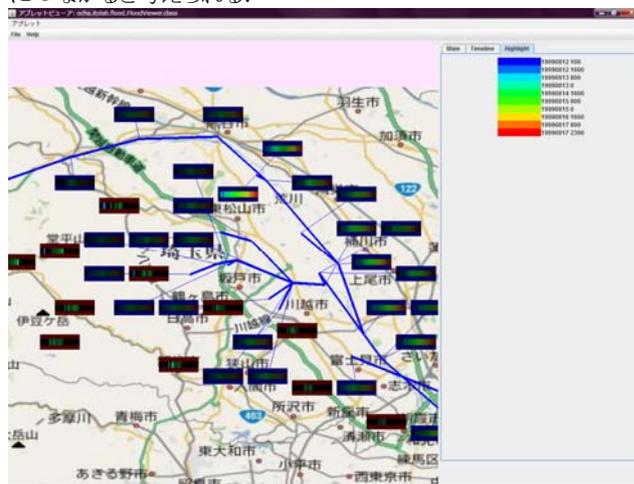


図2: 詳細表示にカラーバーを用いた表示例

本手法において、カラーバーを描画する際に、数値に応じて各時刻の幅を不均等に配分し、さらに明暗づけをするという詳細制御を行っている。図2において、1つの小区画は1つの時刻を示す。図2(b)に示されるように、降雨量または水位の数値が大きい時刻の幅を広く設定することで、小さい矩形内であっても重要度の高い時刻を見落とすことを防ぐことができる。

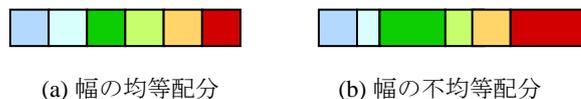


図3: カラーバーにおける幅の配分の比較

ここで、数値の大きい部分を明るく、数値の小さい部分を暗く、というように明暗づけをすることで、ユーザはまずカラーバーの明るい部分に目が届かずである。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。

具体的な幅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_t を、明度 B から重みづけする以下の式によって算出する。

$$a_t = 3.0B + 0.5 \quad (3)$$

$$B = \frac{v_t - v_{min}}{v_{max} - v_{min}} \quad (4)$$

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_t 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。

$$w_t = \frac{a_t}{\sum a_i} \times (x_{max} - x_{min}) \quad (5)$$

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。

3.3 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。

3.4 地図上の詳細情報の配置最適化機能

3.1 節および 3.2 節で説明した矩形の詳細情報欄を画面上に多数表示する際に, 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, 図 4 で示されるような以下の重なり回避処理を適用して, 各矩形領域の位置を決定する。

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。

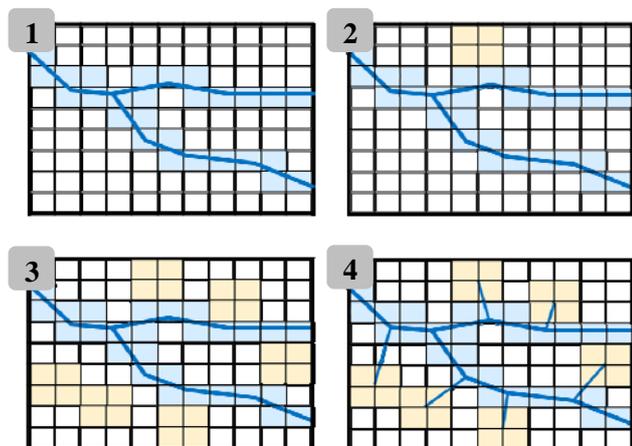


図 4: 詳細情報欄の配置最適化機能

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。

4. 適用事例

今回用いたデータはインターネット上の[水文水質データベース]に公開されているものである。[水文水質データベース]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 5 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 5: 実行結果 1(カラーバーによる詳細表示)

図 6 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。実際, 図 6 において観測所(1), (2)は紫色で囲まれたような地理的配置となっており, 同一の基準点を持っていることがわかる。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。

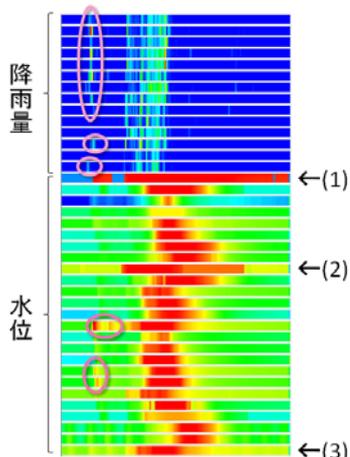


図 6: 実行結果 1(タイムライン)

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 7 はカラーバーによる詳細表示, 図 8 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 7 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 8 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 7 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 8 の灰色の枠で囲んだ部分から, たしかにその日時に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 7: 実行結果 2(カラーバーによる詳細表示)

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

[Lundblad 2010] P. Lundblad, J. Thoursie, M. Jern: Swedish Road Weather Visualization, 14th International Conference Information Visualization, 313-321, 2010.

[Sanyal 2010] 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.

[Fekete 1999] J.-D. Fekete, C. Plaisant, Excentric Labeling: Dynamic Neighborhood Labeling for Data Visualization, SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 512-519, 1999.

[Skupin 2002] A. Skupin: A Cartographic Approach to Visualizing Conference Abstracts, IEEE Computer Graphics and Applications, 22(1), 50-58, 2002.

[Speckmann 2010] B. Speckmann, K. Verbeek: Necklace Maps, IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, 16(6), 881-889, 2010.

[水文水質データベース] 国土交通省 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/>

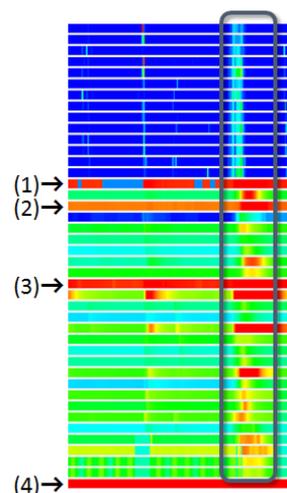


図 8: 実行結果 2(タイムライン)