

信濃川中流域を対象とした水害区域図に掲載された水害と洪水危険度指標の関係

長岡工業高等専門学校 非会員 中村拓真
長岡工業高等専門学校 正会員 山本隆広

1. はじめに

平成 23 年新潟・福島豪雨において、同時多発的な水害が発生した。このような同時多発的な水害を軽減させるためには、いつ、どこで、どの程度洪水の危険度が高まっているかを評価することにより複数の水防組織が判断に迷わずに水防活動を行うことが重要である。多くの中小河川も含めた洪水の危険度を水位で予測することは河川特性を得るための地理情報などの不足により困難である。そこで星野ら¹⁾は現在の河川流量と過去の長期間の河川流量の統計関係から新たな洪水危険度指標（Flood Hazard Index, これ以降、FHI という。）を提案し、その有用性を明らかにした。しかしながら、水害を引き起こす FHI の閾値は明らかになっていない。そこで本研究では市町村が作成し、国土交通省がまとめている水害区域図から水害情報を抽出し、FHI との関係性を調べることによってその閾値の設定に寄与することを目的とした。具体的には、上流域面積が同じ河川位置においては同程度の洪水危険度を有すると仮定し、水害の起きた期間の最大 FHI と上流域面積の関係を分析した。

2. 対象流域と使用データ

対象流域は信濃川中流域とし、最上流地点は新潟県南部の湯沢町、最下流域地点は大河津分水路の最下流までである。使用データは解析に用いた分布型水文モデルの駆動に必要な気象データとして、気象庁の地域気象観測システム（Automatic Meteorological Data Acquisition System, これ以降、AMeDAS という）の降水、気温、および日照時間の 1 時間値と国土交通省の水文水質データベースの降水の 1 時間値データを用いた。データ期間は 1980 年から 2011 年までの 32 年間である。図-1 は AMeDAS 観測所と水文水質データベースの位置とデータの種類を示している。図中の○印は AMeDAS 観測所の降水、気温、および日照時間を観測している地点、▲印は降水のみを観測している地点である。また、☆は水文水質データベースの降水を観測している地点である。

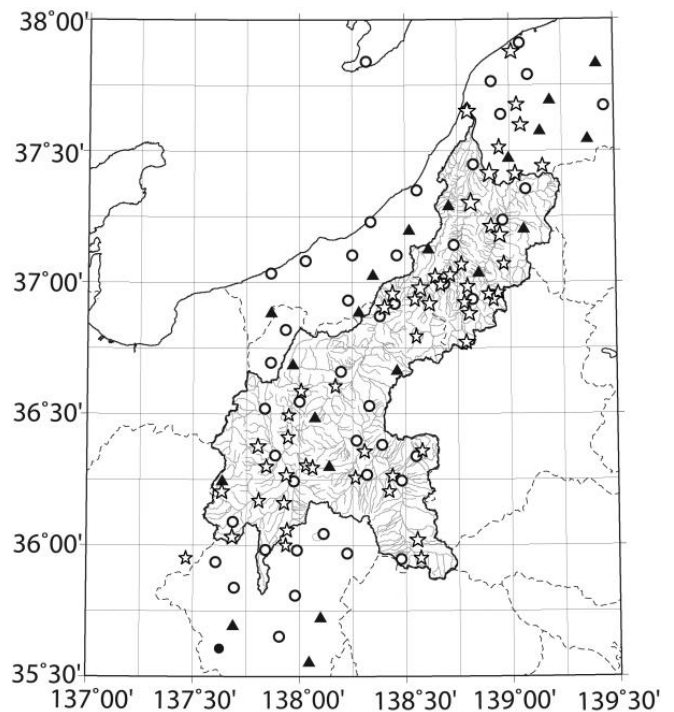


図-1 信濃川上中流域図と研究に用いた観測所を示した。最下流地点は大河津分水路の最下流である。

さらに、水害情報を知るために市町村が作成し、国土交通省がまとめている水害区域図を用いた。水害区域図は信濃川中流域を網羅する市町村を対象として、1993 年から 2011 年まで収集した。収集した水害区域図から水害種類、水害が発生した緯度・経度、水害を発生させた事象の期間をデータベースとしてまとめた。期間は日単位で記述されているため水害が発生した時刻は不明である。

3. 解析手法

(1) 水害期間中の最大 FHI の推定

ここでは水害を引き起こす FHI の閾値を決定するための解析の流れを説明する。FHI は時々刻々変化する河川流量に応じてあらかじめ規定された統計関係から計算される。星野ら¹⁾が信濃川上中流域を対象に構築した 250 m グリッドの分布型水文モデルを用いることで、水害区域図の存在する 1993 年から 2011 年までの信濃川中流域の全ての河川の流量を計算することができる。本研究では上流域面積が 1 km²以上のグリッドを実河川グリッドとした。FHI は現在の河川流量と過去の長期間の河川流量との統計的な関係から推定される。具体的には FHI はグリッド毎に年最大流量の確率分布を一般化極値分布を用いて同定し、その分布に基づいた現在の河川流量の非超過確率として定義される。例えば、FHI が 0.99 の場合、100 年確率規模の河川流量が生起していると考えることができる。

水害区域図に掲載されている期間は日単位のため、実際に水害が発生した時刻の FHI を得ることができない。さらに、水害区域図は pdf 形式のファイルになっており、そのままでは水害の発生を引き起こした河川位置が分からない。そこで、まず水害区域図を目視しながら Google Earth を用いて水害発生河川位置の緯度経度情報をデジタル化した。本研究で対象とした水害区域図に記載されていた水害種類は「溢水」、「無堤部溢水」、「有堤部溢水」、「内水」、「浸水」、「融雪による川の増水」、「種類不明」の 7 種類でこれを溢水と無堤部溢水を「溢水」、有堤部溢水を「越水」、浸水と融雪による川の増水を「浸水」、「種類不明」と「内水」はそのまま用いた。それにより 5 種類にまとめた。一般に、水害区域図内に水害の場所と水害の種類が掲載されているが、水害の種類が掲載されていないものは種類不明とした。本研究では土砂災害などを除外した結果、1,082 件の水害情報が抽出された。また、水害発生位置は目視で実河川グリッドとリンクさせた。基本的には距離的な近さで特定し、距離が同程度の場合には大きい河川を優先した。最後に、水害期間内の最大 FHI を抽出することで最大 FHI と上流域面積の関係を分析した。全ての実河川グリッドの閾値を個別に設定することは困難なため、本研究では上流域面積が同じ河川位置においては同程度の洪水危険度を有すると仮定した。最終的にこの 2 つの関係から包絡線を描くことができれば FHI の閾値が設定可能であると考えられる。

(2) 分布型水文モデル

信濃川上中流域の分布型水文モデルは陸ら²⁾のモデリングシステムを用いて星野ら¹⁾が構築した。このモデルは流域を約 250 m 空間解像度のグリッドに分割し、グリッド毎に流出量、蒸発量などを計算する。降雨流出モデルには流出 3 成分を考慮した新安江モデル、蒸発モデルにはマッキング法、河川水の河道追跡モデルには kinematic wave 法を用いた。信濃川上中流域には多数のダムが存在している。しかし本研究では洪水軽減機能を有するダムなどをモデルに考慮しておらず、取水施設などその他排水施設による影響も考慮していない。信濃川本川や魚野川など大河川の河川流量のみが用いられてこのモデルのパラメータが同定されていることに留意せよ。本研究では多数の中小河川も考慮することを念頭にしているが中小河川の計算河川流量や FHI の精度は不明である。

4. 結果と考察

(1) FHI と上流域面積の関係

図-2 は 1993 年から 2011 年までに信濃川中流域で発生した水害イベントすべての最大 FHI と上流域面積の関係を水害種類別にまとめたものである。まず最大 FHI と上流域面積の関係をみると上流域面積がどの程度の大きさであっても FHI の値が高い傾向であることが分かる。具体的に最大 FHI の数値が 0.9 (10 年に 1 度起こる程度の流量) 以上が図-2 において約 75 % を占めた。後述の図-3 では約 80 % を占めた。一方で、最大 FHI が小さかった水害も見られた。例えば、最大 FHI がかなり低い 0.1 未満のグリッドが 43 件見られた。そ

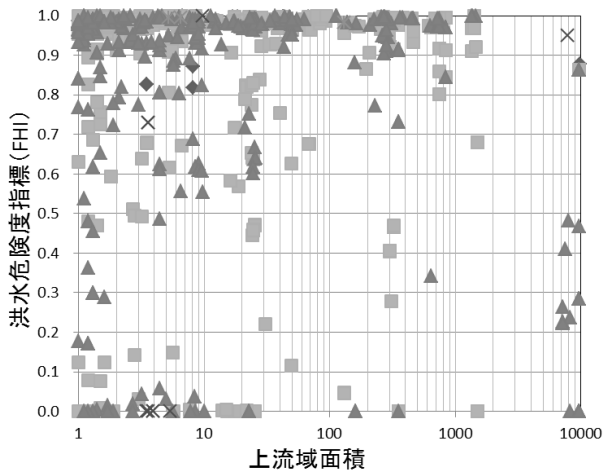


図-3 すべての水害イベントの最大 FHI と上流域面積の関係を示したグラフ

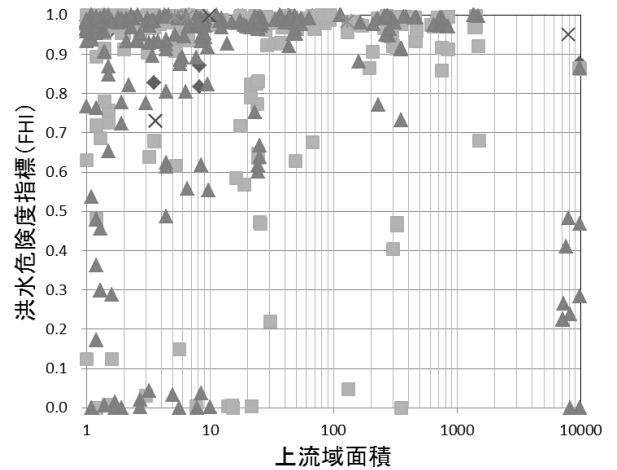


図-2 棄却後の水害イベントの最大 FHI と上流域面積の関係を示したグラフ

の原因の一つとして、本研究では図-1 に示すように複数の地上降水から最近隣法を用いて空間分布情報を作成している。流域面積が小さい河川の場合、地上降水地点よりも距離が離れていると適切な精度の降水情報を分布型水文モデルに与えられていない可能性が高いと考えられる。図-2 をみると流域面積が小さいほど最大 FHI が小さい水害イベントが増えている。降水の誤差による影響を排除するために、1993 年から 2011 年までの間で水害区域図に示されている水害発生期間以外の最大 FHI が期間内の最大 FHI を超えていたらその水害イベントを棄却した。その結果、図-3 に示すように棄却された水害イベントは 199 件であり、その中で最大 FHI が 0.1 未満のグリッドは半数ほど減り 25 件となった。例えば、排水不良に起因する内水の場合、河川の流量が大きくない（最大 FHI が大きくない）場合に水害が発生したことも十分に考えられる。図-3 をみると、最大 FHI が低い水害イベントは内水と種類不明のみであった。筆者らは水害区域図を作成する実務者が排水不良に起因する内水と明確に判断することは難しいと考えている。河川の流量の増大と排水不良の両方も考えられるだろう。さらに、水害イベントの中で内水は全体の約半分以上を占める。そのため、FHI の閾値の設定にあっても内水も考慮した。

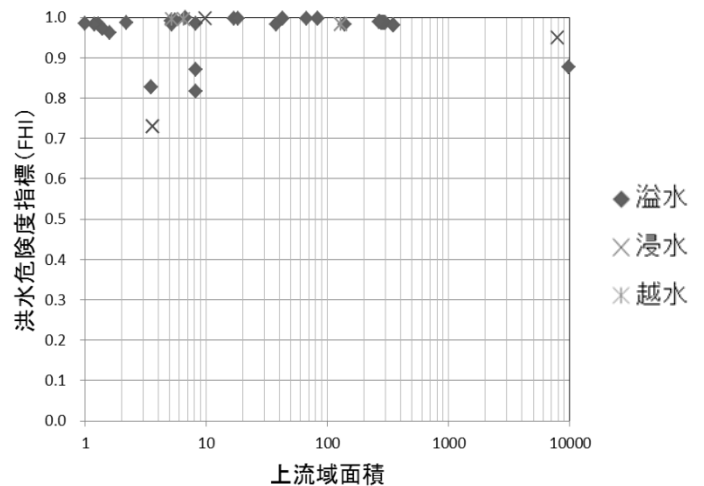


図-4 図-3 の 3 種類のグラフ

その他の原因として、目視で水害区域図から緯度経度情報をデジタイズし、実河川グリッドと水害情報をリンクする際も目視だったため、実際に水害が発生した河川グリッドとは別の河川のグリッドとリンクしてしまったことも考えられる。

図-2、図-3 では溢水、浸水、及び越水の判別が困難であったため図-4 に図-3 内の 3 種類の水害イベントのみを示した。図-4 で示した 3 種類の水害イベントは FHI の値が全体的に高くなっている。

図-2、図-3 では溢水、浸水、及び越水の判別が困難であったため図-4 に図-3 内の 3 種類の水害イベントのみを示した。図-4 で示した 3 種類の水害イベントは FHI の値が全体的に高くなっている。

(2) 河川ごとに起きやすい水害

図-2 の水害種類と緯度・経度情報を図-5、図-3 の水害種類と緯度・経度情報を図-6 にまとめた。図中には◇、●、□、☆、△の 5 種類があり、順番に「越水」、「種類不明」、「浸水」、「溢水」、「内水」となっている。多くの水害が発生している場所は平地で、かつ人口の集まる市街地が多い。水害種類のデータの多さとしては

種類不明を除くと内水が一番多く、広い範囲で発生している。次に発生数が多かった溢水は広く分布しているが長岡や魚沼、南魚沼などで発生していることが多い。溢水とは逆で浸水と越水は十日町や湯沢など上流域で発生していて長岡や大河内分水河口ではほとんど発生していなかった。また図-2 から図-3 になると 199 件データが棄却されているが、図上ではその違いがあまり見られない。これは長岡や魚沼などの都市部で主に内水などの発生数が多いデータが棄却されているためである。

5. まとめ

今研究では水害区域図から水害情報を抽出し、FHI との関係を探ることによってその閾値を設定することを目的とした。目視によるデータの解析で水害種類と水害が発生した緯度・経度情報、水害発生期間をまとめて水害の空間分布情報、FHI と上流域面積の関係を分析した。その結果、平地で比較的人が集まっている場所で水害が多く起きていた。その中でも内水が最も発生している水害種類で FHI、上流域面積関係なく発生していることが分かった。しかし、水害が起きているにもかかわらず、最大 FHI が 0 のグリッドや種類不明のグリッドもあることから閾値の設定は行うことができなかった。この原因は目視でグリッドにあてはめているため近くの違う河川のグリッドであることや水害区域図内に水害種類の記載がなかったことに原因の可能性がある。今後、水害イベントごとに河川状況や河川流量、FHI などの時系列をみることで詳細に分析を行い、FHI の設定を行っていく予定である。

謝辞：本研究で使用した水害区域図は国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所から提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 星野大雅・平沢勇之助・戸倉駿人・山本隆広：年最大流量の非超過確率を用いた洪水危険度指標の開発の試み，水文学論文集，Vol.59, pp.1489-1494, 2015.
- 2) 陸 旻皎・小池俊雄・早川典生：分布型水文情報に対応した流出モデルの開発，土木学会論文集，411/II-12, pp.135-142, 1989.

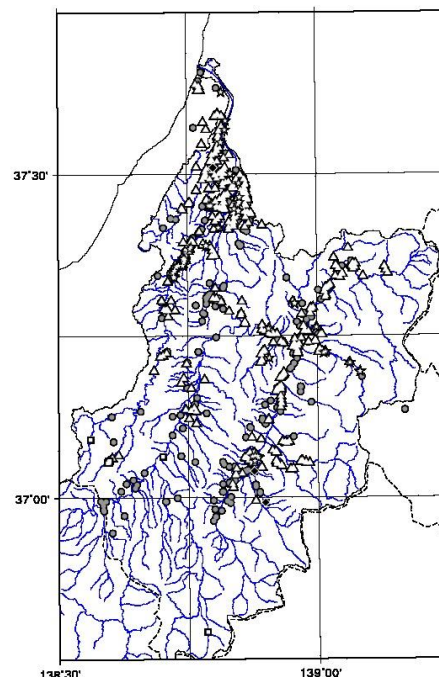


図-5 図-2 の水害種類図

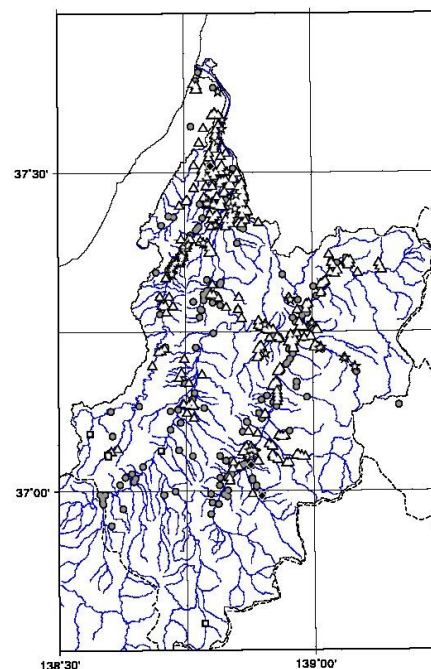


図-6 図-3 の水害種類図