

水害の状況に応じた経路探索システムの設計

2020SE043 中井寧雄

指導教員：張漢明

1 はじめに

近年は、大規模な豪雨の発生が増加している。気象庁 [1] のデータによると、強度の強い雨の発生回数は 1980 年と比べて約 2 倍になっている。このことから水害の規模や回数が大きくなるのが懸念される。水害は地震や火災と違い、被害が出るまでに時間がかかるので、事前に避難することで被災者を減らすことができる。しかし実際は事前に避難する人は少なく、避難開始時には普段時と状況が変化していることがある。

現在は水害の浸水範囲を予測して、それらを避ける経路を通ることで被災を減らす研究がされている。しかし台風や地震による水害では、水害以外で道の通行が困難になる場合がある。浸水範囲を避けるだけでは、他の状況変化に対応することができないので、安全な経路を示すことができない。

本研究の目的は、水害時に変化する状況を考慮した経路探索システムの設計をすることである。洪水や津波は、発生するまでに豪雨や地震のような前兆がある。これらの被害で通ることが困難になっている道が避難経路上にあった場合、遠回りをする必要がある。この問題を解決するために、状況の変化を考慮した経路を探索することで、円滑に避難することを目指す。

目的を達成するために解決するべき技術課題は、

- 水害時の経路探索に必要な情報の分析と抽出
- 水害情報のグラフによる表現

である。

これらの課題を解決するための基本的なアイデアは

- 地図、ハザードマップ、水害情報を重み付きグラフで表現
- ダイクストラ法で経路探索

である。

上記のアイデアを実現するための研究手順は以下のようになる。

1. 地図情報からの経路探索
2. ハザードマップ情報のグラフ化と経路探索
3. 水位情報のグラフ化と経路探索
4. 重みづけグラフモデルへの対応付けと妥当性の考察

2 関連研究と関連技術

2.1 浸水シミュレーションを用いた経路探索

水害についての研究は、洪水や津波の被害範囲の予測について行っているものが進められている。北山らの研究

[2] では防波堤の破堤した箇所によって、浸水の範囲が変化することを示していた。この違いを考慮して行った避難経路を最適経路とした。最適経路で避難した場合の被災者数は、最短経路で避難した場合にいくつ避難所を追加した被災者数と等しくなるのかという検証を行った。その結果では、最短経路での被災者数は避難所を 25 箇所追加した場合と等しくなった。

坂田ら [3] は、津波のシミュレーションからデータベースを作成した。それらのデータを用いて津波の到達時間を予測した。その予測から津波の到達時間の遅い経路を探索した。この経路での予測される被災者数を、最短経路での被災者数と比較した。その結果は、津波の到達前後では被災者数は 10.9 % 低減した。

2.2 ダイクストラ法

経路探索には、ダイクストラ法を用いる。ダイクストラ法とは、始点から別の点までの最短経路を求めることを繰り返すことで、目的地までの最短経路を求める経路探索方法である。

2.3 関連研究の問題点

関連研究では、浸水範囲を予測することで経路を探索していた。しかし実際は、混雑や地震、強風などの影響で通ることが困難になる道ができることがある。浸水範囲のみを考慮しただけでは、それ以外の影響で通行困難になった道があった時に対応することができない。より多くの状況を想定した経路探索を行うことが必要である。

3 設計

3.1 対象のモデル化

今回は具体例として、愛知県西尾市の一部の地図を用いる。この地域は川や海が近いことから津波や洪水の発生が懸念されるため、この地域を選んだ。この地図データはオープンストリートマップから取得した。

図 1 は、それぞれ地図データとハザードマップをクラス図でモデル化したものである。地図データは地点と道の集合である。地点は座標で位置を表しており、道のデータには 2 地点間の距離がある。また避難する際は、避難者と避難所、河川の位置を知る必要があるため、これらの位置データがあるものとする。

ハザードマップはタイルの集合である。タイルは北西端の座標と危険度のデータがある。危険度は 3 段階あり、水害の種類に浸水範囲と危険度は変わる。

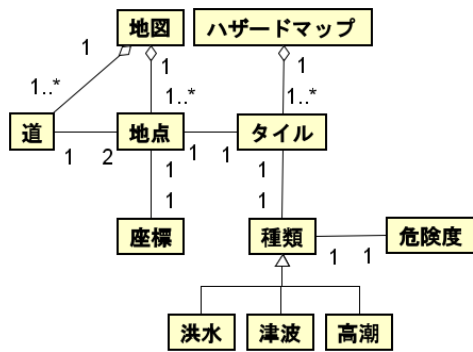


図 1: クラス図

3.2 グラフ化と重みづけ

地図データのグラフ化は、地図データにある交差点などの経路変更を可能とする点をノードとし、エッジはノード間の距離とする。始点と終点は、それぞれ避難者、避難所の位置情報である。

エッジの重みを変えるのは、ハザードマップの浸水範囲内にあるエッジとする。浸水範囲内を危険な道としているからである。重みづけの値は、ハザードマップの危険度に応じて変更する。重みづけは状況に合わせて変更する必要がある。今回は、取得した水位の情報を加えた重みづけを検討する。

4 結果

経路探索を行った結果は図 2 のようになった。表 1 は経路の色、危険度に応じたエッジへの重みづけ、始点から終点までの距離である。



図 2: 経路結果

表 1: 経路結果

危険度	危険度 1	危険度 2	危険度 3	総距離
0	× 1	× 1	× 1	2787
1	× 1	× 1	× 2	3264
2	× 1	× 1.5	× 2	3283
3	× 1.2	× 1.5	× 2.5	3164

5 考察

5.1 経路探索

表 1 の重みづけの値は、始点と終点を 3 つずつ変更して、それらの経路が変更される重みづけをした。始点と終点の位置によって経路の変化が見られない場合もあったが、最も危険度の高い範囲内の距離を減らすことができた。関連研究では、浸水範囲内の経路は通らないようにしていたが、本研究では重みづけを変更することで経路の変更を行ったことで、関連研究より適切な経路を示すことができた。

複数の経路探索ができたが、水害の状況に応じてどの経路が適切な経路かを示すことができていない。危険度、距離、水害状況などの情報から適切な評価方法を検討することが必要である。

5.2 水害情報との対応付け

エッジの重みは、水害情報として川の水位の値として入力した値から変更した。このことから川の水位を取得し、その値と重みづけを対応付けることで状況に応じた経路探索ができると考えられる。

今回は水位とハザードマップのみで経路の変更を行った。しかし水害時は、状況変化が激しく混雑などの問題が発生することがある。その状況が変化したときに、経路探索を改めて行うことで、リアルタイムの状況変化に対応することを検討する必要がある。

6 おわりに

本研究では水害時の状況を考慮した経路探索するシステムの設計を目的として、地図、ハザードマップ、水位の情報を用いた経路探索を行った。グラフの重みづけを行うことで、複数の経路を示すことができた。

今後の課題として、洪水以外の状況変化に対応する必要がある。情報を増やし、組み合わせることで、状況に応じた経路探索ができると考えられる。経路探索の結果に、どの経路が状況に適しているのかの評価方法を考案することが必要である。

参考文献

- [1] 気象庁, 大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- [2] 北山福太郎, 稲津大祐, 池谷毅, 岡安章夫: 複数の破堤シナリオを考慮した河川洪水からの最適避難経路の算出, 土木学会論文集 B1, Vol.73, No2, p.I.1333-I.1338(2019年)
- [3] 池田祐介, 鈴木亘, 有川太郎, 青井真: 津波シナリオバンクを用いた避難経路探索手法の検討, 土木学会論文集 B2, Vol76, No2, p.I.1249-I.1254(2020年)